

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RADYE TEMELLERİN TASARIMINDA KULLANILAN HESAP
YÖNTEMLERİNİN
ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMALI OLARAK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Kemal EFENDİOĞLU

ARALIK 2008
TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**RADYE TEMELLERİN TASARIMINDA KULLANILAN HESAP
YÖNTEMLERİNİN
ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMALI OLARAK İNCELENMESİ**

İnş. Müh. Kemal EFENDİOĞLU

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“İnşaat Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.11.2008
Tezin Savunma Tarihi : 17.12.2008**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ing. Ahmet DURMUŞ

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ömer İskender TULUK

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2008

ÖNSÖZ

Radye temellerin tasarımında kullanılan hesap yöntemlerinin etkinliklerinin karşılaştırılmalı olarak incelenmesini konu alan bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Ana Bilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığını üstlenerek konu seçimi ve tezimin yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen sayın Hocam Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN' e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Araştırmalarımnda kaynak bulmamda bana yardımcı olan Prof. Dr. Ing. Ahmet DURMUŞ'a, Ar.Gör. Kağan AKBULUT'a ve Ar. Gör. Mehmet G. GÜLER'e teşekkür ederim.

Yardımlarını esirgemeyen Yalçın EFENDİOĞLU, Levent KURTOĞLU ve Rıza OKUR'a teşekkür ederim.

Manevi desteklerini esirgemeyen Oğuzhan YAVUZ'a, Rıdvan ÇELİK'e, Serkan EROĞLU'na, Suat G. ÖZKAYA'ya, Hasan T. TEMÜZ'e ve diğer tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca hep yanımda olan, bana güven ve sevgi veren, maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiren, bütün zorluklara katlanarak beni yetiştiren başta annem ve babam olmak üzere tüm aileme şükranlarımı sunarım.

Kemal EFENDİOĞLU
Trabzon 2008

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
1.3. Literatür Taraması.....	2
1.4. Temeller.....	3
1.5. Temellerin Sağlaması Gereken Koşullar.....	4
1.5.1. Taşıma Gücü Koşulu.....	4
1.5.1.1. Sınır Taşıma Gücünün Belirlenmesi.....	8
1.5.1.2. Emin Taşıma Gücünün Belirlenmesi.....	18
1.5.1.3. Zemin Dayanımının Belirlenmesi.....	18
1.5.2. Oturma Koşulu.....	20
1.5.2.1. Oturma Nedenleri.....	21
1.5.2.2. Yapılarda Oturma Tipleri.....	22
1.5.2.3. Zemin Cinslerine Göre Oturmalar.....	23
1.5.2.4. Oturma Ölçütleri.....	24
1.5.3. Ekonomik Olma Koşulu.....	24
1.6. Temellerin Sınıflandırılması.....	25
1.6.1. Yüzeysel Temeller.....	26
1.6.1.1. Duvar Altı Temeller.....	27
1.6.1.2. Tekil Temeller.....	27
1.6.1.3. Birleşik Kolon Temelleri.....	28
1.6.1.4. Sürekli Temeller.....	29

1.6.1.5.	Radye (Jeneral) Temeller	30
1.6.2.	Derin Temeller	30
1.6.2.1.	Kazıklı Temeller	30
1.6.2.2.	Ayak (Kuyu) Temeller	31
1.6.2.3.	Keson (Kutu) Temeller	32
1.7.	Radye (Jeneral) Temeller	33
1.7.1.	Radye Temellerin Üstünlükleri	33
1.7.2.	Radye Temel Türleri	34
1.7.3.	Radye Temellerin Taşıma Gücü	37
1.7.4.	Yatak Katsayısı Kavramı	37
1.7.5.	Radye Temel Yapısal Tasarımı	39
1.7.5.1.	Rijit Kabulde Çözüm	39
1.7.5.2.	Esnek Radye Yaklaşımı (Rijit Olmayan) Çözümü	41
1.7.5.3.	Sayısal Yöntemlerle Çözüm.....	44
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	45
2.1.	Birinci Tip Radye Temelin Hesap ve Tasarımı	45
2.1.1.	Birinci Tip Radye Temelin Rijit Yöntem Kullanılarak Çözümlemesi	47
2.1.2.	Birinci Tip Radye Temelin PROBİNA Programı ile Yapılan Analizi.....	57
2.1.3.	Birinci Tip Radye Temelin SAP2000 Programı ile Yapılan Analizi.....	62
2.1.4.	Birinci Tip Radye Temelin SAFE Programı ile Yapılan Analizi	67
2.2.	İkinci Tip Radye Temelin Hesap ve Tasarımı	74
2.2.1.	İkinci Tip Radye Temelin Rijit Yöntem Kullanılarak Çözümlemesi	75
2.2.2.	İkinci Tip Radye Temelin PROBİNA Programı ile Yapılan Analizi	96
2.2.3.	İkinci Tip Radye Temelin SAP2000 Programı ile Yapılan Analizi.....	103
2.2.4.	İkinci Tip Radye Temelin SAFE Programı ile Yapılan Analizi	109
3.	BULGULAR VE İRDELEME	119
3.1.	Birinci Tip Radye Temel Bulgularının İrdelenmesi	119
3.2.	İkinci Tip Radye Temel Bulgularının İrdelenmesi	121
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	126
5.	KAYNAKLAR	128
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Marmara (1999) Depremi'nde de bir kez daha görülmüştür ki zemine uygun olmayan temel sisteminin uygulanması birçok yapının hasar görmesine ve yıkılmasına yol açmıştır. Bu deneyim ülkemizde zemin incelemelerini gündeme getirmiş ve daha emniyetli yapı arayışına yöneltmiştir. Konu ile ilgili olarak da yeni yasal düzenlemeler getirilmiş ve denetimler sıklaştırılmıştır.

Bu gelişmeler sonucunda radye temel uygulamaları ülke gündemine yaygın olarak girmiştir. Firmalar, binalarının sağlamlığını radye temelle ilişkilendirerek, alıcıları ikna etmeye çalışmışlardır. Buna bağlı olarak, ülkemizde radye temel uygulamalarının sayısı ve oranı artmıştır. Ancak radye temel hesabı ve tasarımı konusunda mühendislerin yararlanabileceği kaynaklar yok denecek kadar azdır. Bu açığı gidermek amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, radye temeller için kullanılan hesap yöntemleri karşılaştırılmalı olarak irdelenmekte ve sayısal uygulamalar yapılmaktadır. Çalışma 4 ana bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölümde konuyla ilgili genel bilgileri içermektedir. Temellerin sınıflandırılması ve hesapları konusunda bilgiler verilerek taşıma gücü ve oturma kavramları üzerinde durulmaktadır. Bu konuyla ilgili olarak Terzaghi, Meyerof, Brinch-Hansen ve Vesic taşıma gücü denklemleri irdelenmektedir. Zemin oturma koşulları ve nedenleri hakkında bilgiler verilip oturma tipleri tanıtılmaktadır. Temel çeşitleri genel olarak alt başlıklar halinde öz olarak sunulmakta bunlardan radye temel çeşitleri ve hesap yöntemleri ise daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

İkinci bölümde, seçilen iki tip radye temelin, rijit yöntemle ve sayısal analiz yöntemleriyle yapısal çözümlemesi yapılmaktadır.

Üçüncü bölümde ise bu çalışmadan elde edilen bulgular irdelenmektedir.

Dördüncü bölümde ise bu çalışmadan çıkarılan sonuç ve önerilere yer verilmektedir. Dördüncü bölümü kaynaklar dizimi ile özgeçmiş izlemektedir.

Anahtar Kelimeler: Radye Temeller, Rijit Çözüm, SAP2000, SAFE, PROBINA

SUMMARY

The Comparative Analysis of the Effectiveness of the Calculation Methods Used for Mat Foundations

The Marmara Earthquake in 1999 has shown that buildings out of the standards and not applying the foundation system suitable for the soil have caused the damage to be very huge. This unfortunate experience has led the people to seek for more secure building systems. In accordance with this topic, there has been new regulations and checks have been more often.

As a result of these developments, applications of mat-foundations system have begun to spread in the country (in Turkey). The firms have tried to persuade the purchasers by making a relation between the strength of the building and the mat-foundation and accordingly, the use of mat-foundation in our country has increased. However ; there have been few studies about the applications which the engineers can make use of.

In this study, the calculation methods used for mat-foundations have been handled comparatively. The study consists of three main parts ;

The first part includes literature analysis on the subject. General information about the foundations is given and the bearing capacity is described. In relation with this subject, bearing capacity equations of Terzaghi, Myerof, Brinc-Hansen and Vesic are searched .

It also includes information about soil-settlement conditions and reasons and the settlement types are described. The foundation types are given as subtitles. The firs part finally includes the mat foundation types and calculation methods.

In the second part , two types of mat-foundations are being analyzed by using rigid and numerical analysis methods.

The third part includes the results of this study and the recommendations.

Key words: Mat Foundations, Rigid Solution, SAP2000, SAFE, PROBINA

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Temelerde farklı taban basıncı dağılımları.....	4
Şekil 1.2. Prandtl'ın plastik denge teorisinin şematik gösterimi	5
Şekil 1.3. Taşıma gücü göçmesi	6
Şekil 1.4. Genel kayma göçmesi.....	7
Şekil 1.5. Zımbalama göçmesi.....	7
Şekil 1.6. Kısmi (bölgesel) kayma göçmesi	7
Şekil 1.7. Taşıma gücü değerlendirmesinde oturma kriteri	8
Şekil 1.8. Terzaghi yöntemi.....	9
Şekil 1.9. Yük eğim geometrisi	14
Şekil 1.10. Vesic geometrisi	16
Şekil 1.11. Yüzeysel temel taban basıncı dağılışı.....	19
Şekil 1.12. Oturma.....	20
Şekil 1.13. Oturma terimleri	22
Şekil 1.14. Yapılardaki başlıca oturma tipleri	22
Şekil 1.15. Kohezyonsuz zeminlerde, oturma-zaman ilişkisi.....	23
Şekil 1.16. Kohezyonlu zeminlerde, oturma-zaman ilişkisi	24
Şekil 1.17. Temellerin sınıflandırılması	26
Şekil 1.18. Duvar altı temelleri.....	27
Şekil 1.19. Simetrik (a) ve simetrik olmayan tekil temel (b).....	28
Şekil 1.20. Dikdörtgen ve yamuk taban alanlı birleşik temellerin genel görünüşleri	29
Şekil 1.21. Sürekli temeller.....	30
Şekil 1.22. Kazıklı temelli yapı	31
Şekil 1.23. Ayak temel.....	32
Şekil 1.24. Radye temel	33
Şekil 1.25. Kirişsiz radye temel.....	35
Şekil 1.26. Alttan kirişli radye temel	35
Şekil 1.27. Üstten kirişli radye temel.....	36
Şekil 1.28. Mantar şeklinde radye temel.....	36
Şekil 1.29. Rijit temel	37

Şekil 1.30.	Rijit çözümle radye tasarımı.....	40
Şekil 1.31.	Esnek radye tasarımı.....	42
Şekil 1.32.	Esnek radye tasarımında katsayılar	43
Şekil 2.1.	Birinci tip radye temel planı	46
Şekil 2.2.	Taban basıncı için dikkate alınan köşe noktaları.....	49
Şekil 2.3.	Birinci tip radye temel in şeritlere ayrılmış görüntüsü	50
Şekil 2.4.	Birinci tip radye temel in y ekseni doğrultusundaki [1,2,8,9] şeridinin M,T diyagramları.....	51
Şekil 2.5.	Birinci tip radye temel in y ekseni doğrultusundaki [2,3,7,8] şeridinin M,T diyagramları.....	52
Şekil 2.6.	Birinci tip radye temel in y ekseni doğrultusundaki [3,4,6,7] şeridinin M,T diyagramları.....	54
Şekil 2.7.	Birinci tip radye temel in x ekseni doğrultusundaki [9,6,5,10] şeridinin M,T diyagramları.....	55
Şekil 2.8.	Birinci tip radye temel in x ekseni doğrultusundaki [1,4,5,10] şeridinin M,T diyagramları.....	56
Şekil 2.9.	Birinci tip radye temel planı	57
Şekil 2.10.	PROBİNA’da kullanılan bina modeli	58
Şekil 2.11.	Birinci tip radye temel deplasman dağılımı.....	59
Şekil 2.12.	Birinci tip radye temel M_{xx} dağılımı	60
Şekil 2.13.	Birinci tip radye temel M_{yy} dağılımı	61
Şekil 2.14.	Birinci tip radye temel zemin gerilmesi dağılımı	62
Şekil 2.15.	Bina modeli	63
Şekil 2.16.	Birinci tip radye temel in SAP2000 modeli	64
Şekil 2.17.	Birinci tip radye temel yüklemeleri SAP2000.....	65
Şekil 2.18.	Birinci tip radye temel xz deplasman diyagramı SAP2000.....	65
Şekil 2.19.	Birinci tip radye temel M_{xx} moment dağılımı SAP2000.....	66
Şekil 2.20.	Birinci tip radye temel M_{yy} moment dağılımı SAP2000.....	67
Şekil 2.21.	Birinci tip radye temel planı SAFE	68
Şekil 2.22.	Birinci tip radye temel yüklemesi SAFE.....	69
Şekil 2.23.	Birinci tip radye temel deplasman dağılımı SAFE.....	70
Şekil 2.24.	Birinci tip radye temel M_{xx} açıklık moment diyagramı SAFE	70
Şekil 2.25.	Birinci tip radye temel M_{xx} dağılımı SAFE.....	71

Şekil 2.26.	Birinci tip radye temel M_{yy} açıklık moment diyagramı SAFE	72
Şekil 2.27.	Birinci tip radye temel M_{yy} dağılımı SAFE	73
Şekil 2.28.	Birinci tip radye temel zemin gerilmeleri dağılımı SAFE.....	73
Şekil 2.29.	İkinci tip radye temel planı.....	74
Şekil 2.30.	İkinci tip radye temelin şeritlere ayrılmış görüntüsü.....	78
Şekil 2.31.	İkinci tip radye temelin y eksenini doğrultusunda [1,2,20,21] şeridinin M,T diyagramları.....	79
Şekil 2.32.	İkinci tip radye temelin y eksenini doğrultusunda [2,3,19,20] şeridinin M,T diyagramları.....	81
Şekil 2.33.	İkinci tip radye temelin y eksenini doğrultusunda [3,4,18,19] şeridinin M,T diyagramları.....	82
Şekil 2.34.	İkinci tip radye temelin y eksenini doğrultusunda [4,5,17,18] şeridinin M,T diyagramları.....	83
Şekil 2.35.	İkinci tip radye temelin y eksenini doğrultusunda [5,6,16,17] şeridinin M,T diyagramları.....	84
Şekil 2.36.	İkinci Tip Radye Temelin y eksenini doğrultusunda [6,7,15,16] şeridinin M,T diyagramları.....	85
Şekil 2.37.	İkinci tip radye temelin y eksenini doğrultusunda [7,8,14,15] şeridinin M,T diyagramları.....	87
Şekil 2.38.	İkinci tip radye temelin x eksenini doğrultusunda [1,8,9,26] şeridinin M,T diyagramları.....	88
Şekil 2.39.	İkinci tip radye temelin'nin x eksenini doğrultusunda [26,9,10,25] şeridinin M,T diyagramları	89
Şekil 2.40.	İkinci tip radye temelin'nin x eksenini doğrultusunda [25,10,11,24] şeridinin M,T diyagramları.	90
Şekil 2.41.	İkinci tip radye temelin'nin x eksenini doğrultusunda [24,11,12,23] şeridinin M,T diyagramları.	92
Şekil 2.42.	İkinci tip radye temelin'nin x eksenini doğrultusunda [23,12,13,22] şeridinin M,T diyagramları	93
Şekil 2.43.	İkinci tip radye temelin'nin x eksenini doğrultusunda [22,13,14,21] şeridinin M,T diyagramları.....	94
Şekil 2.44.	İkinci tip radye temel planı.....	96
Şekil 2.45.	Bina modeli	97
Şekil 2.46.	İkinci tip radye temel deplasman dağılımı	99
Şekil 2.47.	İkinci tip radye temel M_{xx} dağılımı	100
Şekil 2.48.	İkinci tip radye temel M_{yy} dağılımı.....	101

Şekil 2.49.	İkinci tip radye temel zemin gerilmesi dağılımı.....	102
Şekil 2.50.	İkinci tip radye temelin SAP2000 modeli	103
Şekil 2.51.	Bina modeli	104
Şekil 2.52.	İkinci tip radye temel yüklemeleri SAP2000	106
Şekil 2.53.	İkinci tip radye temel xz deplasman diyagramı SAP2000	106
Şekil 2.54.	İkinci tip radye temel M_{xx} moment dağılımı SAP2000.....	107
Şekil 2.55.	İkinci tip radye temel M_{yy} moment dağılımı SAP2000	108
Şekil 2.56.	İkinci tip radye temel planı SAFE	110
Şekil 2.57.	İkinci tip radye temel yüklemesi SAFE.....	112
Şekil 2.58.	İkinci tip radye temel deplasman dağılımı SAFE.....	113
Şekil 2.59.	İkinci tip radye temel M_{xx} açıklık moment diyagramı SAFE	114
Şekil 2.60.	İkinci tip radye temel M_{xx} dağılımı SAFE	115
Şekil 2.61.	İkinci tip radye temel M_{yy} açıklık moment diyagramı SAFE	116
Şekil 2.62.	İkinci tip radye temel M_{yy} dağılımı SAFE	117
Şekil 2.63.	İkinci tip radye temel zemin gerilmeleri dağılımı SAFE	118

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Terzaghi taşıma gücü katsayıları	10
Tablo 1.2. Meyerhof faktörleri	11
Tablo 1.3. Meyerhof taşıma gücü katsayıları.....	12
Tablo 1.4. Brinch Hansen taşıma gücü katsayıları	13
Tablo 1.5. Vesic taşıma gücü katsayıları	15
Tablo 1.6. Vesic faktörleri	17
Tablo 1.7. Betonarme binalar için izin verilebilir oturmalar	24
Tablo 1.8. Bazı zeminlerde $k_{0,3}$ değerleri	38
Tablo 2.1. Kolonlara gelen yükler	47
Tablo 2.2. Birinci tip radye temelin rijit çözüm sonuçları.....	56
Tablo 2.3. Birinci radye temel tipi PROBİNA çözüm sonuçları.....	59
Tablo 2.4. Birinci radye temel tipi SAP2000 çözüm sonuçları	64
Tablo 2.5. Birinci radye temel tipi SAFE çözüm sonuçları.....	68
Tablo 2.6. Kolonlara gelen yükler	75
Tablo 2.7. İkinci tip radye temelin rijit çözüm sonuçları.....	95
Tablo 2.8. İkinci tip radye temel tipi PROBİNA çözüm sonuçları.....	98
Tablo 2.9. İkinci radye temel tipi SAP2000 çözüm sonuçları.....	105
Tablo 2.10. İkinci radye temel tipi SAFE çözüm sonuçları.....	111
Tablo 3.1. Birinci radye temel tipi deplasman değerleri.....	119
Tablo 3.2. Birinci radye temel tipi x ekseni doğrultusundaki moment değerleri	120
Tablo 3.3. Birinci radye temel tipi y ekseni doğrultusundaki moment değerleri	120
Tablo 3.4. Birinci radye temel tipi zemin gerilmesi değerleri	121
Tablo 3.5. İkinci radye temel tipi deplasman değerleri	122
Tablo 3.6. İkinci radye temel tipi x ekseni doğrultusundaki moment değerleri	123
Tablo 3.7. İkinci radye temel tipi y ekseni doğrultusundaki moment değerleri	124
Tablo 3.8. İkinci radye temel tipi zemin gerilmesi değerleri.....	125

SEMBOLLER DİZİNİ

a_x	: Planda x eksenini doğrultusundaki girinti ya da çıkıntı
a_y	: Planda y eksenini doğrultusundaki girinti ya da çıkıntı
A	: Radye temel alanı
A_1, A_2	: Şekil 31'den (r/L') ' e göre alınacak katsayılar
A_p	: Zımbalama alanı
b_c, b_d, b_q, b_γ	: Taban eğimi faktörü
b_x	: Tekil temelin x eksenini doğrultusundaki boyu
b_y	: Tekil temelin y eksenini doğrultusundaki boyu
b_1, b_2	: Zımbalama evresinin eğilme doğrultusundaki boyutu
B	: Temel genişliği
B_1, B_2, B_3	: Sürekli temel Şerit genişliği
c	: Kohezyon
c_u	: Drenajsız kayma mukavemeti
d	: Faydalı yükseklik
d_c, d_q, d_γ	: Gömme derinliği faktörü
D_f	: Temel derinliği
e_y	: y eksenindeki eksantriklik
e_x	: x eksenindeki eksantriklik
E_F	: Temel için elastisite modülü
E_s	: Zemin elastisite modülüdür
f_{ctd}	: Betonun eğilme çekme dayanımı
f_{zn}	: Net zemin dayanımı
f_{zu}	: Zemin dayanımı
g_c, g_d, g_γ	: Zemin eğimi faktörü
G_s	: Güvenlik katsayısına

H	: Radye kalınlığı
I_x	: x yönündeki atalet momenti
I_y	: y yönündeki atalet momenti
I_F	: Temel için atalet momenti
i_c, i_q, i_γ	: Taşıma gücü yük faktörü
k	: Yatak katsayısı
k_{BB}	: Standart plaka için tanımlanmış yatak katsayısı kumda kare temel
k_{BL}	: Standart plaka için tanımlanmış yatak katsayısı temel şekli dikdörtgen ise
$k_{0,3}$: Standart plaka için tanımlanmış yatak katsayısı
K_p	: Pasif zemin basınç katsayısı
L	: Temelin uzunluğu
L'	: Efektif rijitlik yarıçapı
M	: Moment
M_r	: Radyal Moment
M_t	: Teğetsel Moment
M_x	: Yüklerin x ekseninde oluşturduğu moment
M_y	: Yüklerin y ekseninde oluşturduğu moment
N	: Normal kuvvet
N_c, N_q, N_γ	: Taşıma kapasitesi katsayısı
q_{av}	: Ortalama gerilme
q_d	: Taşıma gücü
q_{emin}	: Zemin emniyet gerilmesi
q_{net}	: Net zemin taşıma gücü
$q_{sımr}$: Sınır taşıma gücü
q_{tmax}	: Temel taban basıncının en büyük (max) değeri
r	: Göz önüne alınan noktanın kolondan uzaklığı
R	: Radye eğilme rijitliği
s_c, s_q, s_γ	: Taşıma gücü biçim faktörü
T	: Kesme kuvveti

U_p	: Zımbalama çevresi
V_{pd}	: Tasarım zımbalama kuvveti
V_{pr}	: Zımbalama dayanımı
Δ	: Yer değiştirmesi
ΔH	: Mutlak (toplam) oturma
α	: Temel tabanın eğimi
β	: Açısal çarpılma (distorsiyon)
γ	: Eğilme etkisini yansıtan ve zımbalama dayanımını azaltan bir katsayı
δ	: Farklı oturma
ρ	: Birim hacim ağırlığı
ρ_1	: Zeminin gömme derinliği boyunca birim hacim ağırlığı
ρ_2	: Temelin altındaki birim hacim ağırlığı
σ	: Normal gerilme
σ_{zem}	: Emin taşıma gücü
$\sigma_{z \max}$: Temel tabanında hesaplanan en büyük basıncın
τ	: Kırılma anındaki zeminin kayma direnci
ν	: Poisson oranı
μ	: Zemin poisson oranı
μ_F	: Temelin poisson oranı
ϕ	: İçsel sürtünme açısı

Kısaltmalar

ACI	: American Concrete Institute
CPT	: Koni Penetrasyon Deneyi
DİE	: Türkiye Devlet İstatistik Kurumu
SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi
TS	: Türk Standartları

Not: Yukarıdaki semboller diziminde yer almayan semboller metin içinde ilgili oldukları yerde tanımlanmıştır.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Yapıların en önemli yapısal elemanlarından biri temellerdir. Temellerin görevi; yapıdan gelen yükleri ve kendi ağırlığını taşımak ve bu yükleri yapıya zarar vermeyecek miktarda oturmalarına neden olacak şekilde temel zeminine aktarmaktır.

Türkiye, Dünya'nın aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp – Himalaya Deprem Kuşağı içinde kalır. Ülkemiz topraklarının % 42'si birinci derece deprem bölgesidir ve nüfusumuzun yarısı da bu bölgelerde yaşamaktadır (İzbırak, 1991).

Ülkemizde 1950'lerden itibaren hızlanan köyden kente göç sonucu birçok kentimiz hızla büyümüş; büyük bir nüfus kitlesi barındırır duruma gelmiştir. Nüfus artışına paralel olarak konut ihtiyacı da giderek artmıştır. Şehirlerde yoğun bir yapılaşma süreci yaşanmış, ancak bu süreç planlı bir şehirleşme süreci şeklinde gerçekleşmemiştir. Sadece 1999 Marmara Depremi'nde 70.503 (DİE, 2001) binanın ağır hasar görmesi ve çok sayıda binanın temel yetersizliğinden dolayı göçmesi depremde bina temelleri ve temellerin üzerinde oturduğu zeminlerle etkileşiminin ne kadar önemli olduğu gerçeğini ortaya çıkarmıştır.

Yerleşim alanlarının sınırlı ve nüfus yoğunluğunu fazla olduğu bölgelerde konut gereksinimini karşılamak için çok katlı bina yapımına gidilir. Bazı zeminlerde, zeminin emniyetle taşıyabileceği gerilme o kadar düşük olur ki tekil veya sürekli temel, temel sistemi için yeterli olmaz. Bu zeminler için radye temel sistemi uygulanması ekonomik ve pratik bir çözüm seçeneği olarak ortaya çıkar.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Ülkemiz, Dünya'nın en çok deprem üreten alanlarından biri olan Alp - Himalaya Deprem Kuşağı üzerinde bulunur. Bu kuşak ülkemizde Kuzey Anadolu, Batı Anadolu ve Güney Anadolu Fay hatlarından oluşan üç temel ve onların tali kolları halinde yayılmış gösterir. Her biri aktif olan bu faylar, boyutları yıkıcı ölçütlere varan depremler üretir. Yaşanan depremlerin büyüklüğü, sıklığı, can ve mal kayıpları fazlalığı bu durumdan

tedirgin olan insanları güvenli bina arayışına yöneltmiştir. Toplumda, olası muhtemel depremlere karşı başlıca iki eğilim belirlemiştir. Bunlardan birincisi, güvenli bulunmayan eski binaları depreme dayanıklı hale getirici çalışmalardır. İkincisi ise daha güvenli olduğuna inanılan analizler kullanılarak ve yeni tekniklerle inşa edilmiş konut edinme arayışıdır. Deprem felaketleri sebebiyle özellikle bina-zemin ilişkisi daha çok ön plana çıkmıştır. Bu bağlamda radye temel sistemi deprem bölgelerinde çok kullanılan bir sistem haline gelmiştir. Bunda depremin dışında hızla artan nüfusun kentlerde yoğunlaşmasının, yeterli olmayan arsa sorunları nedeniyle çok katlı yüksek ve ağır binaların yapılmasının da etkisi bulunmaktadır. Artış gösteren radye temel uygulamalarına rağmen mühendislerin bu temel çeşidi ve hesap yöntemleri hakkında yararlanabileceği çalışma sayısı azdır.

Bu çalışmanın amacı; literatürdeki mevcut radye temel hesap yöntemlerini irdelemek ve radye temel hesabının el ve bilgisayarla yapılmış örnek çözümlerini mühendislik camiasına karşılaştırmalı olarak sunmaktır.

1.3. Literatür Taraması

Konuyla ilgili literatür çalışmaları özetlenerek aşağıda verilmiştir.

Önalp ve Sert (2006), çalışmalarında temel çeşitleri ayrıntılı olarak açıklanmışlardır. Rijit yöntem ve sayısal yöntemlerle temellerin hesaplama yöntemleri anlatılarak, kaya ve zemin mekaniği hakkında bilgi verilmiştir.

Özcan (2000), çalışmasında zeminde yüklerden doğan kuvvetlerin etkisiyle oluşan deformasyonlara karşı dengenin etüt edilmesinin önemini vurgulamıştır. Radye temel ve radye temel türleri hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca her radye temel türünün hangi durumlar için daha uygun olacağı açıklanmıştır.

Coduto (2005), çalışmasında temel mühendisliğinin esasları hem de bu esasları pratik mühendislik problemlerine uygulanması ele alınmıştır. Ayrıca radye tasarımında kullanılan rijit yöntemler ve rijit olmayan yöntemler anlatılmaktadır.

Celep (2001), çalışmasında temel çeşitleri ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Temel çeşitleri sayısal uygulamalarla yapısal çözümleri gösterilmektedir.

Çamlıbel (2000), çalışmasında temel tasarımı ve boyutlandırılması konusunda kapsamlı bilgi verilmektedir. Bu kitapta düşük gerilmelerde çalışacağı varsayılarak doğru boyutlandırma için kesit hesapları emniyet gerilmesi yöntemi ile yapılmıştır.

1.4. Temeller

Temeller farklı kaynaklarda değişik biçimde tanımlanmaktadır. Bunlardan üçünde temel tanımı aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

Temel, kaya ve / veya zemin üzerine inşa edilen mühendislik yapılarını taşıyan ve yapı yüklerini zemine ve / veya kayaya aktaran yapı elemanlarıdır (Ulusay, 2001).

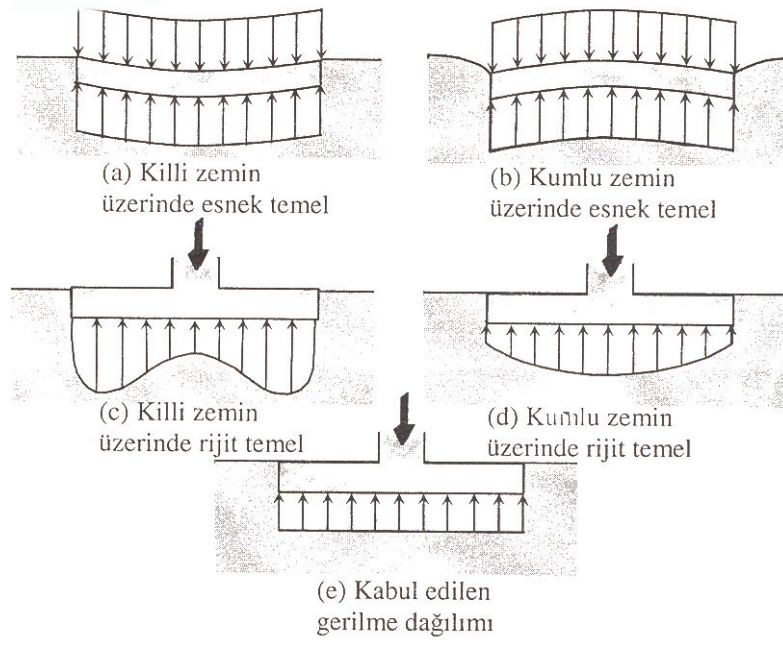
Temel üzerindeki yapıdan gelen yükleri, kendi ağırlığı ile birlikte güvenlikle taşıyan ve bu yükleri yapıya zarar vermeyecek ölçüdeki oturmalarla taşıyıcı ortama aktaran yapı düzenekleridir (Köseoğlu, 1987).

Bir yapıya etkileyen tüm yüklerin güvenle zemine aktarılması gerekmektedir. Duvar, perde ve kolon gibi elemanlardan gelen yükleri zemine aktarmak amacıyla oluşturulan elemanlara “temel” adı verilir (Ersoy, 1995).

Temel altında zeminin davranışı;

Zemine aktarılan yükler nedeniyle temel altındaki zeminde gerilme meydana gelir. Zemin gerilme dağılımının şekli zeminin cinsine temelin rijitliğine ve yükleme çeşidine göre değişmektedir. Kısa bir deyişle gerilmeler hemen hemen sabit yani taban basıncı dağılımı üniform değildir. Ancak temel hesaplarında kolaylık olsun diye bazen zemindeki basınç dağılımı üniform kabul edilmektedir.

Temellerin yükü aktarım sırasında, bina taşıyıcı sisteminde ek etkiler meydana getirecek çökmelerin ve dönmelerin meydana gelmemesi istenen durumdur. Farklı oturmaların mümkün olduğunca önlenmesi ile taşıyıcı sistemin gereksiz yere zorlanması engellenmiş olur. Bu koşulları sağlayan temel sisteminin belirlenmesinden sonra, temel yapısının iç kesit etkilerinin belirlenmesi ve bunların uygun kesit ve donatı düzeniyle karşılanması sağlanır. Zemin durumuna ve temel esnekliğine bağlı olarak meydana gelen şematik taban basıncı dağılımları Şekil 1,1’de görülmektedir.



Şekil 1.1. Temelerde farklı taban basıncı dağılımları (Doğangün, 2002).

1.5. Temelerin Sağlaması Gereken koşullar

Temel sistemi ve boyutlarını belirlemede, taşıyıcı sistemden gelen etkiler yanında, temel zeminin taşıma kapasitesi de belirleyici olur. Bu nedenle temel sisteminin belirlenmesinden önce zeminin taşıma kapasitesi hakkında güvenilir bilgi edinilmelidir. Geoteknik bilgileri ışığında inşaat alanındaki zeminin detaylı olarak incelenmesi ve yapılan sondajların değerlendirilmesi ile zemin için güvenlik ya da emniyet gerilmesi olarak adlandırılan gerilmeler belirlenir.

Temel sistemi seçilirken taşıma gücü, oturma ve ekonomik olma koşulları incelenir. Bu koşulları aynı anda sağlaması ilkesi dikkate alınarak en uygun temel sistemi seçilmiş olur.

1.5.1. Taşıma Gücü Koşulu

Bir temelin taşıma gücü zeminin gözle görünür biçimde batmadan taşıyabileceği en yüksek gerilme olarak tanımlanabilir (Önalp ve Sert, 2006). Diğer bir deyişle, temel zemini aktarılan yükleri güvenle taşımalı, zeminlerde kırılma (göçme) meydana gelmemeli ve kırılmaya karşı belli bir güvenlik olmalıdır (Uzuner , Moroğlu ve Cüre, 2007).

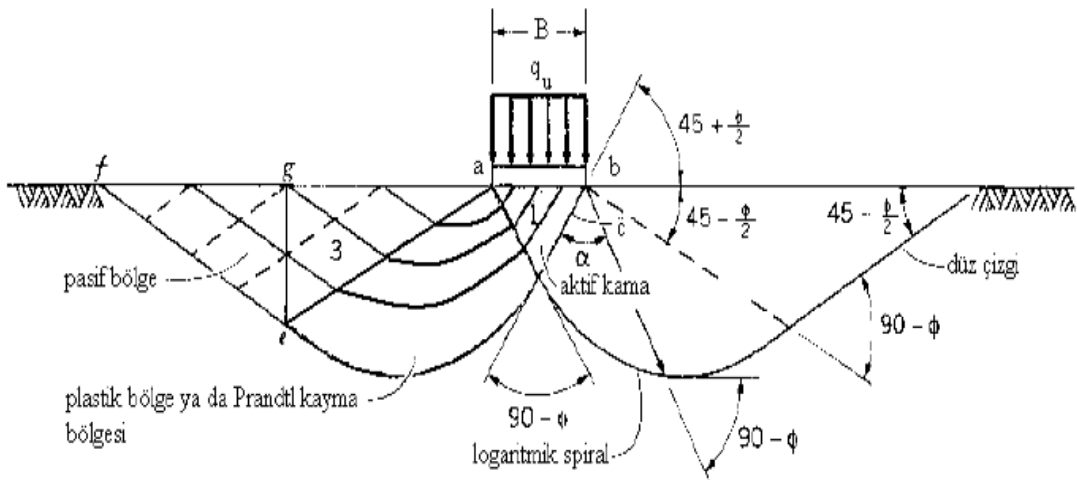
Bu bağlamda taşıma gücü koşulu; temel taban basıncının en büyük (maksimum) değerinin zeminin emin taşıma gücünü (zemin emniyet gerilmesi) aşmaması olarak ifade edilebilir (Uzuner, 2006).

$$q_{t\max} \leq q_{e\min} \quad (1.1)$$

Güvenli bir temel bütünü oluşturmanın ilk koşulu temelın konumlandırıldığı zeminde kayma yenilmesi (göçmesi) olmamasıdır. Dolayısıyla bu durum için taşıma kapasitesi yenilmesi olmamalı diye de söylenebilir (Kanıt, 2002). Bu durum şöyle açıklanabilir:

“B” genişliğinde bir temel olsun. Bu temele etkiyen yük giderek arttırılsın. Artış doğrusal ve / veya doğrusal olmayan biçimde uygulanırsa zeminde gittikçe ilerleyen bir deformasyon oluşur. Belli bir yük değerinden sonra zemindeki kayma gerilmeleri artarak zeminin kayma dayanımını aşar. Zeminde yeni kayma düzlemleri meydana gelir. Kayma düzlemleri birleşerek sürekli hale geldiğinde zeminde kayma yenilmesi oluşur (Kanıt, 2002).

Şekil 1.2’de karakterize edilen durum ilk olarak Prandtl (1920) tarafından betimlenmiştir. Prandtl (1920) zeminde oluşan kayma düzlemini üç ana bölüme ayırmıştır. Bunlar; aktif kama (1), kayma bölgesi (2) ve pasif kamadır (3). Aktif kama bölgesi temele etkiyen gerilmelerin bu bölgedeki zemine basınç yapması sonucu onu hareketlendirmesi ile oluşur. Aktif kama bölgesindeki dinamik zemin, kayma düzlemindeki zemini tetikleyerek kayma yenilmesi oluşmasına neden olur. Pasif kama bölgesindeki zemin kütlesi ise kendi ağırlığı ile kayma bölgesindeki bölümün kaymasına engel olmaya çalışır. Zeminin bu üç bölgesinin tamamının yenilmesini karşılayacak gerilme miktarına “taşıma kapasitesi” denir.



Şekil 1.2. Prandtl'in plastik denge teorisinin şematik gösterimi (Cernica, 1994).

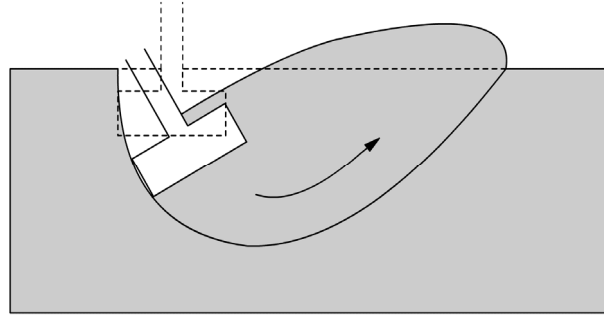
Bir temelin taşıma kapasitesini belirlemede; temel derinliği (D_f), temel genişliği (B), taşıma kapasitesi faktörleri (N_c, N_q, N_γ), kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) gibi faktörler etkili olurlar. Bu ifadeleri kullanarak, geliştirerek ve / veya yenileyerek çeşitli araştırmacılar ve bilim adamları yeni taşıma kapasitesi teorileri geliştirmişlerdir.

Temelden aktarılan yüklerin zeminde oluşturduğu kayma gerilmeleri zeminin kayma mukavemetini aşarsa Şekil 1.3'deki gibi taşıma gücü göçmesi oluşur. Bu tür göçmeler yıkıcıdır ve mutlaka kaçınılmalıdır.

Taşıma gücü; zeminin türü ve özellikleri, temelin boyutları, temelin gömülme derinliği, yükün eğim ve eksantrikliği, temelin şekli, yer altı su seviyesinin temele göre yeri ve tabanın pürüzlülüğü gibi birçok değişkene bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Taşıma gücü göçmeleri üç grupta tanımlanabilir (Çinicioğlu, 2005) (Şekil 1.4, 1.5, 1.6):

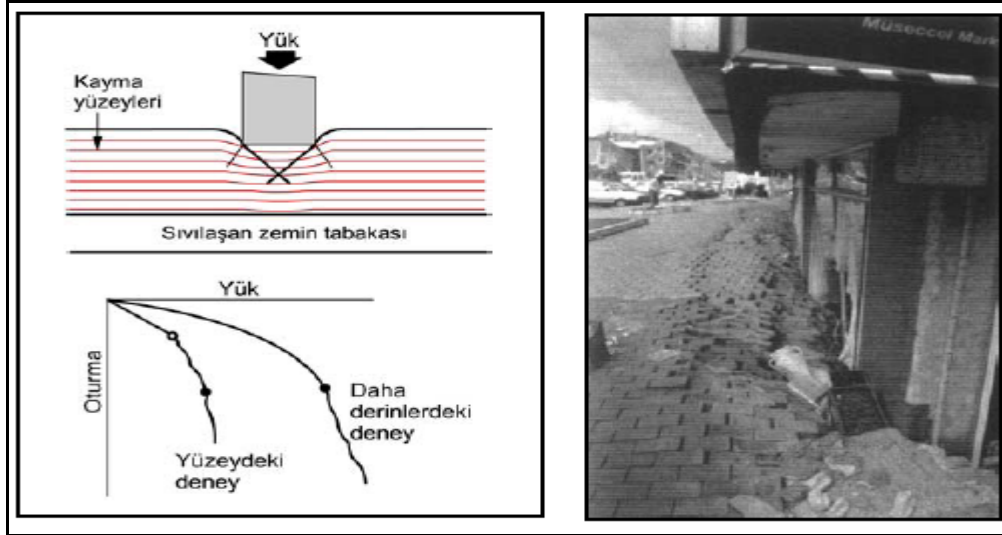
- (1) Genel kayma göçmesi
- (2) Zımbalama göçmesi
- (3) Kısmi (bölgesel) kayma göçmesi



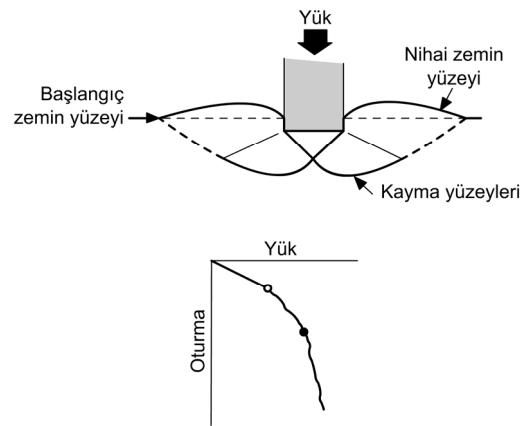
Şekil 1.3. Taşıma gücü göçmesi (Coduto, 1999).



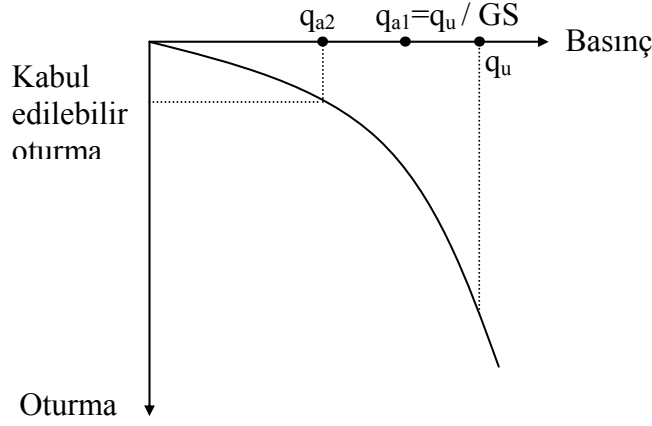
Şekil 1.4. Genel kayma göçmesi (Çinicioğlu, 2003).



Şekil 1.5. Zımbalama göçmesi (Çinicioğlu, 2003).



Şekil 1.6. Kısmi (bölgesel) kayma göçmesi (Çinicioğlu, 2003).



Şekil 1.7. Taşıma gücü değerlendirmesinde oturma kriteri (Çinicioğlu, 2003).

Genel kesme kırılması sıkı ve sert zeminlerde olur. Kırılma yüzeyleri belirgin olup yanlardaki kabarmalar görülebilir (Şekil 1.4).

Orta sıkı-gevşek kumlar ve hafif-orta aşırı konsolide killerde taşıma gücüne hangi evrede ulaşıldığını kestirmek daha güçtür. Bu bölgeyi saptamak için doğrusal (elastik) kesime çizilen teğetle düşeye yönelen sağ ayağının uzantısının kesişim noktası aranabilir. Bu yenileme biçimi bölgesel göçme olarak adlandırılabilir. Kırılma yüzeyleri belirgin olmaz ve yanlarda bir miktar kabarma gözükür (Şekil 1.6).

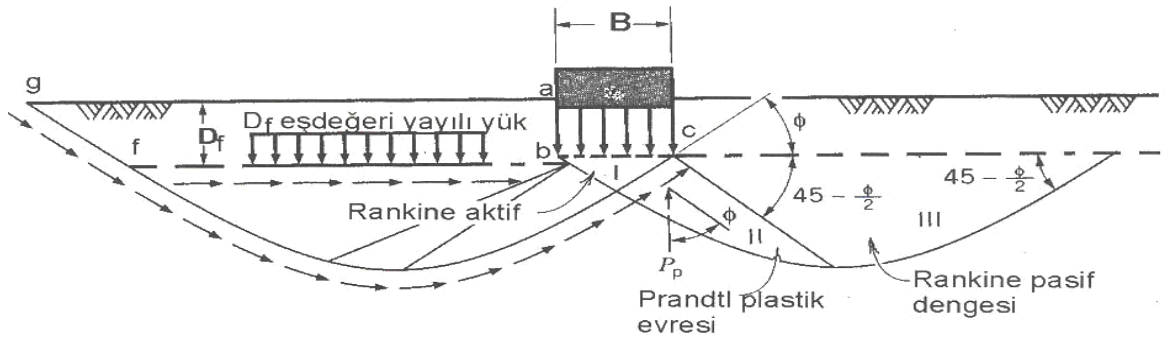
Gevşek kumlar moloz ve dolgular, yumuşak killerde temel zemine bir zımba gibi girer. Zımbalama göçmesi olarak adlandırılan bu gibi durumlarda zemin yüzeyinde herhangi bir şekil değiştirme gözlenemez. Bu gibi durumun meydana geldiği ortamlarda aşırı oturma ile taşıma gücü aşılmasını ayırt etmek kolay değildir (Şekil 1.5).

1.5.1.1. Sınır Taşıma Gücünün Belirlenmesi

Temel zeminin ve temelin özelliklerine bağlı olarak sınır taşıma gücünün ($q_{sınır}$) belirlenmesi için Terzaghi, Meyerhof, Hansen ve Vesic tarafından bağıntılar geliştirilmiştir.

Terzaghi Yöntemi

Yaygın olarak kullanılan ve Şekil 1.8'de yaklaşımı görülen Terzaghi yönteminde aşağıdaki kabuller yapılmıştır.



Şekil 1.8. Terzaghi yöntemi (Önalp ve Sert, 2006).

- Temel derinliği temel genişliğinden büyük değildir.
- Temelin tabanı cilalı değil pürüzlü kabul edilir. Temel ve zemin arasında kayma gerilmesi oluşmaz.
- Temelin altındaki kütle homojen ve yarı sonsuz kütle kabul edilir.
- Kırılma çeşitlerinden genel kesme kırılması oluşabilir.
- Konsolidasyon oluşmaz.
- Temel, zemine göre daha çok rijittir.
- Zemin yüzeyi ile temel derinliği arasındaki zemin kayma dayanımına sahip değildir.

- Uygulanan yük tekil ve temelin ağırlık merkezine etkir.
- Zemin kesme dayanımı $\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi$ bağıntısıyla tanımlanır.

Yukarıdaki kabuller ışığında sınır taşıma gücü Terzaghi Yöntemine göre aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$q_d = c \cdot (N_c) + \rho \cdot D_f \cdot (N_q) + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot B \cdot (N_\gamma) \quad (1.2)$$

$$q_d = 1,3 \cdot c \cdot (N_c) + \rho_1 \cdot D_f \cdot (N_q) + 0,4 \cdot \rho_2 \cdot B \cdot (N_\gamma) \rightarrow \text{Kare temeller için} \quad (1.3)$$

$$q_d = c \cdot N_c \left(1 + 0,2 \cdot \frac{B}{L} \right) + \rho \cdot D_f \cdot (N_q) + \rho \cdot B \cdot (N_\gamma) \cdot \left(0,5 - 0,1 \cdot \frac{B}{L} \right) \rightarrow \text{Dikdörtgen}$$

temeller için (1.4)

$$q_d = 1,3 \cdot c \cdot N_c + \rho \cdot D_f \cdot N_q + 0,3 \cdot \rho \cdot B \cdot N_\gamma \rightarrow \text{Dairesel temeller için} \quad (1.5)$$

N_c, N_q, N_γ : Taşıma gücü katsayıları

B : Temel genişliği ya da çapı

L : Temelin uzunluğu

ρ : Birim hacim ağırlığı

ρ_1 : Zeminin gömme derinliği boyunca birim hacim ağırlığı

ρ_2 : Temelin altındaki birim hacim ağırlığı

D_f : Temel derinliği

ϕ : İçsel sürtünme açısı

c : Temel altındaki zeminin kohezyonu

τ : Kırılma anındaki zeminin kayma direnci

σ : Normal gerilme

Tablo 1.1'de Terzaghi Taşıma gücü katsayıları verilmiştir.

Tablo 1.1. Terzaghi taşıma gücü katsayıları (Önalp ve Sert, 2006).

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,70	1,00	0,00
2	6,30	1,22	0,18
4	6,97	1,49	0,38
6	7,73	1,81	0,62
8	8,60	2,21	0,91
10	9,61	2,69	1,25
12	10,76	3,29	1,70
14	12,11	4,02	2,23
16	13,68	4,92	2,94
18	11,52	6,04	3,87
20	17,69	7,44	4,97
22	20,27	9,19	6,61
24	23,36	11,40	8,58
26	27,09	14,21	11,35
28	31,61	17,81	15,15
30	37,16	22,46	19,73
32	44,04	28,52	27,49
34	52,64	36,51	36,96
36	63,53	47,16	51,70
38	77,50	61,55	73,47
40	95,67	81,27	100,39

Meyerhof Taşıma Gücü Denklemi

Meyerhof, kullanımı basit ancak ayrıntıya girmeyen Terzaghi denklemlerini biçim (s), derinlik (d) ve eğim (i) faktörleri ile geliştirilmiştir. Böylece düşey eksenel yükleme durumu için (Önalp ve Sert, 2006)

$$q_d = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + \rho \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + 0,5 \cdot \rho \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \quad (1.6)$$

Eğik yükleme durumu için ise

$$q_d = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \rho \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \rho \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \quad (1.7)$$

Denklemlerini önermiştir. Söz konusu s, d ve i faktörleri için gerekli ifadeler Tablo 1.2'de verilmektedir.

Tablo 1.2. Meyerhof faktörleri (Önalp ve Sert, 2006).

	Şekil s_c s_γ	Derinlik d_c d_q	Eğiklik i_c i_γ
Herhangi ϕ	$s_c = 1 + 0,2 \cdot K_p \cdot \frac{B}{L}$	$d_c = 1 + 0,2 \cdot \sqrt{K_p} \cdot \frac{D_f}{B}$	$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right)^2$
$\phi = 0^\circ$	$s_q = s_\gamma = 1,0$	$d_q = d_\gamma = 1,0$	$i_\gamma = 1$
$\phi \geq 10^\circ$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0,1 \cdot K_p \cdot \frac{B}{L}$	$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{K_p} \cdot \frac{D_f}{B}$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha}{\phi}\right)^2$

Tablo 1.3. Meyerhof taşıma gücü katsayıları (Önalp ve Sert, 2006).

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,10	1,00	0,00
2	5,63	1,20	0,01
4	6,19	1,43	0,04
6	6,81	1,72	0,11
8	7,53	2,06	0,21
10	8,34	2,47	0,37
12	9,28	2,97	0,60
14	10,37	3,59	0,92
16	11,63	4,34	1,37
18	13,10	5,26	2,00
20	14,33	6,40	2,37
22	16,88	7,82	4,07
24	19,32	9,60	5,72
26	22,25	11,85	8,00
28	25,80	14,72	11,19
30	30,14	18,40	15,67
32	35,49	23,18	22,02
34	42,16	29,44	31,15
36	50,59	37,75	44,43
38	61,35	48,93	64,08
40	75,32	64,20	93,69

Brinch Hansen Taşıma Gücü Denklemi

Brinch hansen denklemleri bir anlamda Meyerhof'unukilerin uzantısı gibidir. N_c ve N_q katsayıları farksızdır ve sonuçlar Meyerhof'a oranla biraz muhafazakar yanda kalmaktadır. Yapılan eklemeler Şekil 1.9'da gösterildiği gibi yer ve taban faktörleri olarak nitelendirilen ve yamaca yakın oturan temeli de kapsayan $q_d = c \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c) + \rho \cdot D_f \cdot (s_q \cdot d_d \cdot i_d \cdot b_d \cdot g_d) + 0,5 \cdot \rho \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma)$ ifadesini oluşturulmuştur. Arazi yüzeyi yatay ise bu denklem

$$q_d = -c \cdot \cot \phi + (\rho \cdot D_f + c \cdot \cot \phi) \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q + 0,5 \cdot \rho' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma$$

şekline dönüşmektedir.

Tablo 1.4'de Brinch Hansen taşıma gücü katsayıları verilmiştir.

Tablo 1.4. Brinch Hansen taşıma gücü katsayıları (Önalp ve Sert, 2006).

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,10	1,00	0,00
2	5,63	1,20	0,01
4	6,19	1,43	0,05
6	6,81	1,72	0,11
8	7,53	2,06	0,22
10	8,34	2,47	0,39
12	9,28	2,97	0,63
14	10,37	3,59	0,97
16	11,63	4,34	1,43
18	13,10	5,26	2,08
20	14,83	6,40	2,95
22	16,88	7,82	4,13
24	19,32	9,60	5,75
26	22,25	11,85	7,94
28	25,80	14,72	10,94
30	30,14	18,40	15,07
32	35,49	23,18	20,79
34	42,16	29,44	28,77
36	50,59	37,75	40,05
38	61,35	48,93	56,18
40	75,32	64,20	79,54

Biçim Faktörleri (s)

Taşıma gücü uzun ve kısa kenarlarda aşılabildiğinden iki takım faktör öneriliyor:

$$s_{cB}^a = 0,2 \cdot i_{cB}^a \cdot B/L \quad (1.8)$$

$$s_{cL}^a = 0,2 \cdot i_{cL}^a \cdot B/L \quad (1.9)$$

$$s_{qB} = 1 + \sin \phi \cdot B \cdot i_{qB} / L \quad (1.10)$$

$$s_{qL} = 1 + \sin \phi \cdot L \cdot i_{qL} / B \quad (1.11)$$

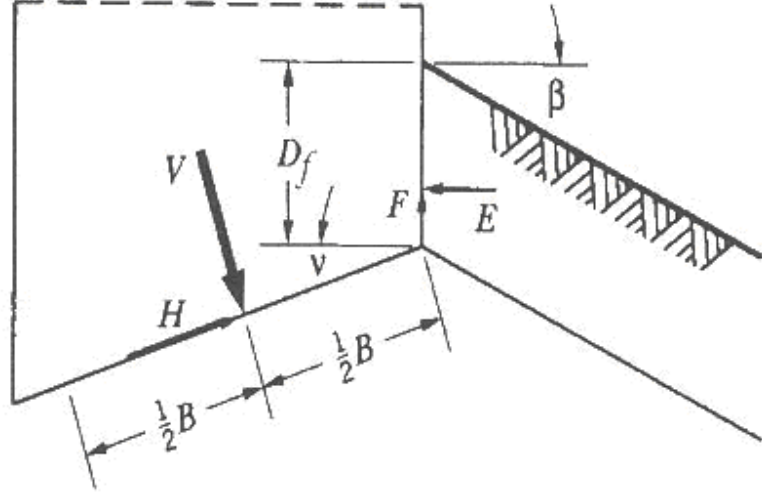
$$s_{\gamma B} = 1 - 0,4 \cdot (B \cdot i_{\gamma B}) / (L \cdot i_{\gamma L}) \quad (1.12)$$

$$s_{\gamma L} = 1 - 0,4 \cdot (L \cdot i_{\gamma L}) / (B \cdot i_{\gamma B}) \quad (1.13)$$

Son iki faktörde kural : 0,6'yı aşan değer kullanılmamıştır.

Yük eğim faktörleri (i).

Şekil 1,9'da yük eğim geometrisi görülmektedir.



Şekil 1.9. Yük eğim geometrisi (Önalp ve Sert, 2006).

Yukarıdaki şekil ve formüller V : temel tabanına dikey yük; H : temel tabanı boyunca etkiyen yük; ν : taban eğimi; β : arazinin eğimi; B : temelin küçük boyutu; L : temelin uzunluğunu göstermektedir (Önalp ve Sert, 2006).

$$i_c^a = 0,5 - 0,5 \cdot \sqrt{1 - H/Ac_u} \quad (1.14)$$

$$i_q = [1 - 0,5H/(V + A \cdot c \cdot \cot \phi)]^5 \quad \nu = 0^\circ \quad (1.15)$$

$$i_\gamma = [1 - 0,7H/(V + A \cdot c \cdot \cot \phi)]^5 \quad (1.16)$$

$$i_\gamma = [1 - (0,7 - \nu^\circ / 450^\circ) \cdot H/(V + A \cdot c \cdot \cot \phi)]^5 \quad \nu > 0 \quad (1.17)$$

Temel Tabanı ve Zemin Eğimi Faktörleri (b)

$$b_c^a = \frac{2 \cdot \nu}{\pi + 2} = \frac{\nu^\circ}{147^\circ} \quad b_q = e^{-2 \cdot \nu \cdot \tan \phi} \quad b_\gamma = e^{-2,7 \cdot \nu \cdot \tan \phi} \quad (1.18)$$

$$g_c^a = \frac{2 \cdot \beta}{\pi + 2} = \frac{\beta^\circ}{147^\circ} \quad g_q = [1 - 0,5 \cdot \tan \beta]^5 = g_\gamma \quad (1.19)$$

Gömme derinliği Faktörleri (d)

$$d_c^a = 0,4 \cdot D_f/B \quad (1.20)$$

$D_f \leq B$ için

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot D_f/B \quad (1.21)$$

$$d_c^a = 0,4 \cdot \arctan D_f/B \quad (1.22)$$

$$D_f > B$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \arctan D_f / B \quad (1.23)$$

$$d_\gamma = 1$$

Vesic Taşıma Gücü Denklemi

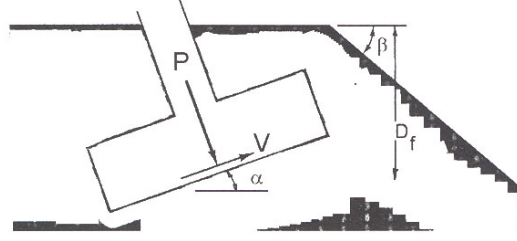
Vesic kendisinden önceki çalışmalarını irdeleyip bulgularını deneysel olarak da kontrol etmiştir. Sonuçlar Brich Hansen'ininkini andırmakta ancak N_γ katsayıları $\phi < 40^\circ$ için daha yüksek çıkmaktadır (Önalp ve Sert, 2006). Bu ve diğer bazı nedenlerle son taşıma güçleri daha yüksek hesaplanacaktır. Böylece formül aşağıdaki hale gelmektedir:

$$q_d = c' \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c) + \rho' \cdot D_f \cdot N_q \cdot (s_q \cdot d_d \cdot i_d \cdot b_d \cdot g_d) + 0,5 \cdot \rho' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma) \quad (1.24)$$

Formül 1.24'teki taşıma gücü katsayıları Tablo 1.5'de verilmiştir.

Tablo 1.5. Vesic taşıma gücü katsayıları (Önalp ve Sert, 2006).

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,1	1,0	0,0
2	5,6	1,2	0,2
4	6,2	1,4	0,3
6	6,8	1,7	0,6
8	7,5	2,1	0,9
10	8,3	2,5	1,2
12	9,3	3,0	1,7
14	10,4	3,6	2,3
16	11,6	4,3	3,1
18	13,1	5,3	4,1
20	14,8	6,4	5,4
22	16,9	7,8	7,1
24	19,3	9,6	9,4
26	22,3	11,9	12,5
28	25,8	14,7	16,7
30	30,1	18,4	22,4
32	35,5	23,2	30,2
34	42,2	29,4	41,1
36	50,6	37,8	56,3
38	61,4	48,9	78
40	75,3	64,2	109,4



Şekil 1.10. Vesic geometrisi (Önalp ve Sert, 2006).

Bu yöntemde yükün ve temel tabanının yatay olma zorunluluğu bulunmaması diğerlerinden önemli bir farktır. Çözüm için α ve β 'nin sıfırdan büyük olmaları, ancak bunların toplamının da 90° den küçük olması gerekmektedir. Ancak en önemli fark, derinlik için Terzaghi'de olduğu gibi $D_f/B < 1$ koşulunun aranmamasıdır. q_d formülünde temsil edilen model temel geometrisi Şekil 1.10'daki gibi gösterilirse faktörler Tablo 1.6'daki gibi belirtilmektedir.

Tablo 1.6. Vesic faktörleri (Önalp ve Sert, 2006).

Şekil	Derinlik	Yük Eğimi	Taban Eğimi	Zemin Eğimi
$s_c = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \cdot \left(\frac{N_q}{N_c}\right)$	$d_c = 1 + 0,4 \cdot \frac{D_f}{B}$	$i_c = 1 - \frac{m \cdot V}{c \cdot A \cdot N_c} \geq 0$	$b_c = 1 - \frac{\alpha}{147}$	$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$
$s_q = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \cdot \tan \phi'$	$d_q = 1 + 2 \cdot \left(\frac{D_f}{B}\right) \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)$ $(D_f / B > 1)$ ise $k = \tan - 1 D_f / B$	$i_q = \left[1 - \frac{V}{P + \frac{c \cdot A}{\tan \phi}} \right]^m \geq 0$	$b_q = \left(1 - \frac{\alpha \cdot \tan \phi}{57} \right)^2$	$g_q = (1 - \tan \beta)^2$
$s_\gamma = 1 - \left(0,4 \cdot \frac{B}{L} \right)$	$d_\gamma = 1,0$	$i_\gamma = \left[1 - \frac{V}{P + \frac{c \cdot A}{\tan \phi}} \right]^{m+1} \geq 0$	$b_\gamma = b_q$	$g_\gamma = (1 - \tan \beta)^2$

* Yükler B yönünde eğimli ise $m = (2 + B/L) \div (1 + B/L)$, L yönünde eğimli ise $m = (2 + L/B) \div (1 + L/B)$

1.5.1.2. Emin Taşıma Gücünün Belirlenmesi

Belirlenen sınır taşıma gücü bir güvenlik katsayısına (G_s) bölünerek emin taşıma gücü hesaplanmaktadır (Doğangün, 2002).

Temel zemininde göçme olması istenmez ve bu olaya karşı belli bir güvenlik (emniyet) olması gerekir. Emin (emniyetli, güvenli) taşıma gücü (kapasitesi), q_{emin} , kN/m^2 vb. zeminde kırılma meydana gelmeden ve yapıya zarar verebilecek oturmalar oluşmadan, temel zemininin güvenli olarak taşıyabileceği gerilme (basınç) değeridir. Temellerin tasarımında (taban boyutlarının belirlenmesinde), zemin emin taşıma gücünün bilinmesi gereklidir (Uzuner, 2006).

$$q_{emin} = \frac{q_{sum}}{G_s} \text{ ya da } \sigma_{zem} = \frac{q_{sum}}{G_s} \quad (1.25)$$

q_{emin} : Zeminin emin taşıma gücü (kN/m^2), G_s : Güvenlik sayısı (taşıma gücü için) 2-5 arasında değişir.

G_s , zeminin ve yapının koşullarına göre seçilir. İyi özelliklere sahip (taşıma gücü yüksek, oturma eğilimi düşük, iyi öğrenilmiş, homojen vb.) zeminlerde veya sıradan yapılarda düşük, sorunlu zemin veya önemli yapılarda yüksek alınır. Emin taşıma gücü aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Uzuner, 2006).

$$q_{emin} = \frac{q_{sum} - \gamma \cdot D_f}{G_s} + \gamma \cdot D_f \quad (1.26)$$

D_f : Temel derinliği

γ : Temel derinliği boyunca zeminin birim ağırlığı

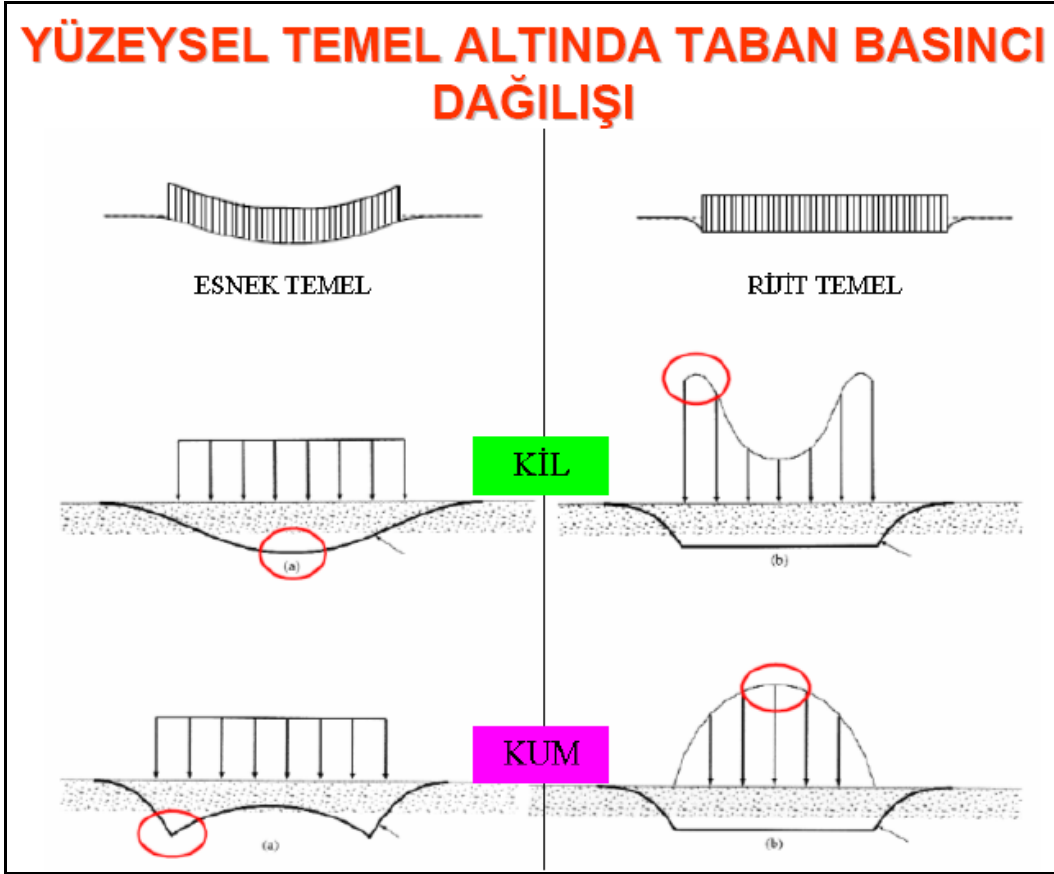
$$\text{Bir temel için bileşke kuvvet } Q_{emin} ; q_{emin} \cdot A = \frac{q_{sum}}{G_s} \cdot A \quad (1.27)$$

1.5.1.3. Zemin Dayanımının Belirlenmesi

Yapılan yükler dikkate alınarak temel tabanında hesaplanan en büyük basıncın (σ_{zmax}) aşağıdaki koşulu sağlayıp sağlamadığını kontrol edilir.

$$\sigma_{zmax} \leq q_{emin} \rightarrow \text{ya da } \sigma_{zmax} \leq \sigma_{zem} \quad (1.28)$$

Şekil 1.11'de yüzeysel temel altında taban basıncı dağılışı gösterilmektedir.



Şekil 1.11. Yüzeysel temel altında taban basıncı dağılışı (URL-5, 2008).

Günümüzde betonarme kesitlerin hesap ve tasarımları taşıma gücü yöntemiyle yapılmaktadır. Emniyet gerilmeleri yöntemi ile yapılan hesaplarda yükler doğrudan alınırken, taşıma gücü yöntemiyle yapılan hesaplarda yük katsayıları ile çarpılmaktadır. Dolayısıyla zemin emniyet gerilmesi ya da emin taşıma gücü kavramları betonarmede kullanılan taşıma gücü kavramları ile çelişir. Bu çelişkiyi ortadan kaldırmak için betonarme hesaplarda yükler yük katsayıları ile çarpıldığından, zemin emniyet gerilmesi de benzer bir katsayı ile çarpılarak hesaplarda kullanılır (Doğangün, 2002).

Bilindiği gibi emniyet gerilmelerine göre yapılan hesapta zemin emniyet gerilmesi 1/3 oranında arttırılmaktadır. Bu durumda taşıma gücü ile yapılan hesapta emniyet gerilmesinin 1,33 ile çarpılması gerekir. Zemindeki emniyet katsayısının çok büyük olduğu göz önüne alındığında, depremlili durumda da çarpan olarak 1,5 kullanılması sakıncalı olmayacak ve hesapları basitleştirecektir (Ersoy, 1995).

Bu duruma göre zemin dayanımı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.

$$f_{zu} = 1,5 \cdot \sigma_{zem} \quad (1.29)$$

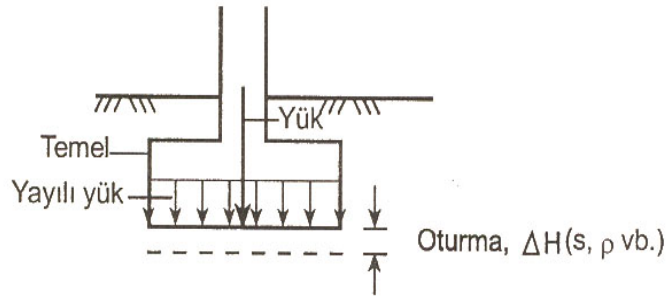
Katsayı ile çarpılarak elde edilen zemin dayanımı hesaplarda esas alınmalıdır. Ancak temel ağırlığı da yapıdan gelen yükün oluşturduğu zemin gerilmelerini arttıracaktır. bu sebepten dolayı meydana gelen bu ek gerilmeler dikkate alınarak zemin dayanımı azaltılmalıdır. Temelin ağırlığı nedeni ile oluşan bu ek gerilmelerin, birim beton ve zemin ağırlıkları arasındaki fark kadardır. Bu fark yaklaşık $1,2 \text{ t/m}^3$ kabul edilirse ve yük katsayısı olarak 1,5 kullanılırsa, zemin dayanımının $1,2 \times 1,5 \times h$ kadar azaltılması gerekir. Bu azaltılmış dayanıma “net zemin dayanımı” (f_{zn}) denir (Ersoy, 1995).

$$f_{zn} = f_{zu} - 1,8 \cdot h \quad (1.30)$$

1.5.2. Oturma Koşulu

Ülkemizde temeller daha çok taşıma gücü koşulu açısından tasarlanmakta, oturma koşulu genelde ihmal edilmektedir. Oysa oturma önemlidir ve üst yapı kusurunun olmadığı yapı hasarlarında, en önemli neden temel oturmaları, özellikle de farklı oturmalarıdır. Bu açıdan temellerin oturmaları temel tasarımında dikkate alınmalıdır. Temellerin oturmaları hesaplanmalı ve hesaplanmış oturmaların izin verilebilir değerleri aşmadığı gösterilmelidir (Uzuner vd., 2007).

Oturma: Yapının (dolayısıyla temelin, zeminin) Şekil 1.12’deki gibi düşey yönde (daha çok aşağı yönde) hareketidir (Uzuner, 2006).



Şekil 1.12. Oturma

1.5.2.1. Oturma Nedenleri

Oturma olayına birçok neden yol açar. Bunların başlıcaları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Özmen, 1990).

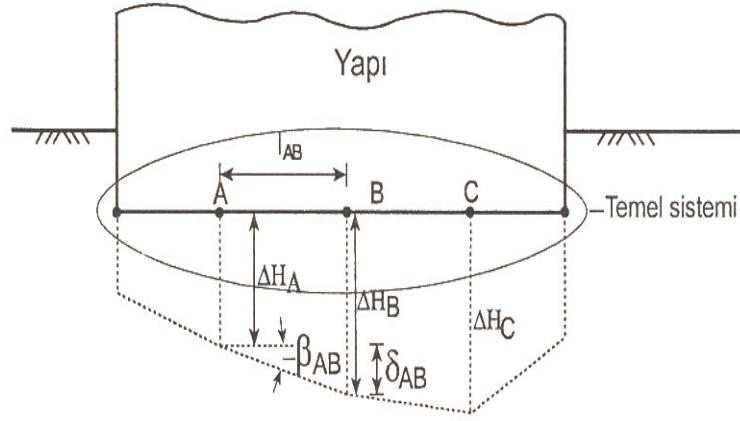
- Zeminin yüklenmesi.
- Yer altı su düzeyinin alçalması veya indirilmesi.
- Taneli zeminlerde meydana gelen titreşimler (depremler, kazık çakma işlemleri vb.)
- Bitişik kazıklar nedeniyle, mevcut temel veya temellerin altındaki zemin durumunun bozulması.
- Yeraltındaki su akımlarının yol açtığı erozyon.
- Toprak kaymaları.
- Temel elemanlarının tahrip olması (sülfatlı suların betonu etkilemesi, çelik kazıkların paslanması(korozyon), ahşap kazıkların çürümesi veya kurt, solucanlar tarafından kemirilmesi) vb.
- Yeraltındaki boşluk, mağara, tünel, galeri vb.nin çökmesi.
- Don olayı (kabarma).
- Killerin şişmesi.
- Killi zeminlerde, çabuk büyüyen ağaçlar.
- Zeminde meydana gelen kimyasal olaylar.

Oturma terimleri

Temel sisteminde, herhangi bir noktanın düşey yer değiştirme miktarına, mutlak (toplam) oturma, ΔH , denilir (Şekil 1.13).

Birbirine komşu iki noktanın mutlak oturmaları arasındaki farka oturma farkı veya farklı oturma, δ , denilir (Şekil 1.13).

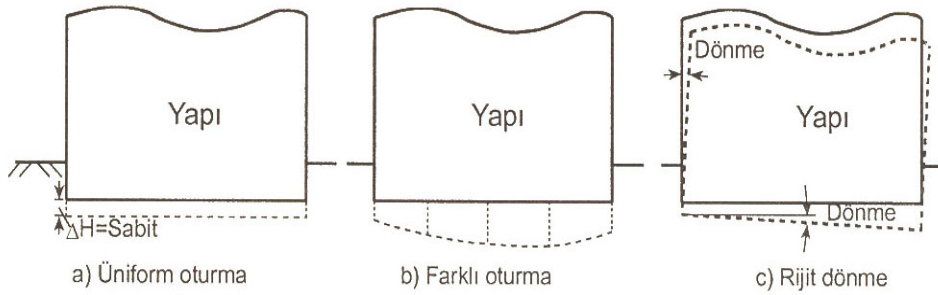
İki nokta arasındaki farklı oturmanın, aradaki uzaklığa oranı ise, açısal çarpılma (distorsiyon), β , olarak tanımlanır (Şekil 1.13).



Şekil 1.13. Oturma terimleri (Uzuner, 2006)

1.5.2.2. Yapılarda Oturma Tipleri

Oturmaya uğramış yapılarda, oturma durumu genel olarak üç tipte özetlenebilir (Şekil 1.14).



Şekil 1.14. Yapılardaki başlıca oturma tipleri

Üniform oturmada, yapının her noktası eşit miktarda oturmuştur. İlk bakışta yapının kendisine hasar vermeyeceği düşünülse de bu tip oturmalar çeşitli sakıncalar yol açar (Uzuner, 2006) (Şekil 1.14).

Farklı oturmada, yapının çeşitli noktaları farklı oturmaya uğramıştır. Oturma kesiti genellikle çanak biçimlidir. Yapılara en çok hasar veren bu tip oturmadır (Uzuner, 2006) (Şekil 1.14).

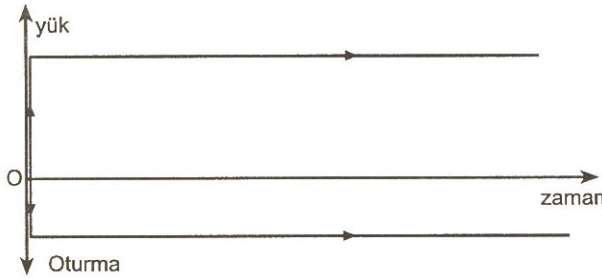
Rijit dönmeye, yapı düşeye göre toptan birkaç derece bir tarafa yatmıştır. Bu tip oturma, yapıda işlev veya yapısal hasar oluşturmadığı durumlarda, dışarıdan bakıldığında güvensiz bir durum yaratır (Uzuner, 2006) (Şekil 1.14).

1.5.2.3. Zemin Cinslerine Göre Oturmalar

Zemin çeşitli büyüklükte (birkaç desimetreden birkaç mikrona kadar) ve biçimde (yuvarlak, köşeli, yassı, iğne biçimli vb.) taneler ve taneler arası boşluklardan oluşan doğal bir malzemedir. Taneler arası boşluklar tamamen hava, tamamen su veya kısmen su ve kısmen hava ile dolu olabilir. Genel anlamda; uygulanan yüklerden veya etkilerden dolayı taneler arası boşlukların azalması ile oluşan kısa veya uzun süreli bir hacim azalması, sıkışması olayıdır (Özmen, 1990).

Kohezyonsuz zeminlerde (kum, çakıl gibi) oturma kısa sürelidir. Yani yük uygulanır uygulanmaz oturma kısa sürede meydana gelir (Şekil 1.15). Böyle zeminlerde tanelerin yeniden yerleşmesi veya doymun zeminlerde, yüksek geçirimsizlikten dolayı boşluklardaki suyun bir kısmının dışarı akarak boşluk hacminin azalması kısa sürede olur (Uzuner, 2006).

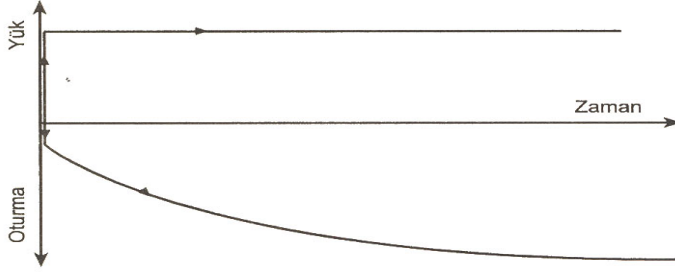
Taneli zeminlerde oturmaların tahmini daha çok arazi deneylerinin Standart penetrasyon deneyi (SPT), Koni penetrasyon deneyi (CPT), Presiyometre vb. sonuçlarında tahmin edilir (Uzuner vd., 2007).



Şekil 1.15. Kohezyonsuz zeminlerde, oturma-zaman ilişkisi (Uzuner vd., 2006).

Kohezyonlu (kil, silt gibi ince taneli zeminler) suya doymun zeminlerde oturma olayı, (Şekil 1.16) düşük geçirimsizlikten dolayı, boşluklardaki suyun bir kısmının dışarı çıkması sonucu uzun zamanda meydana gelir (Uzuner vd., 2006).

Suya doymun kohezyonlu zeminlerde oturma hesaplanması Terzaghi Konsolidasyon Teorisi'ne göre yapılır. Oturma hesaplarında gerekli olan düşey gerilme artışları Bousinesq Çözümüne göre bulunur. Oturma hesaplarında net taban basıncı kullanılır, temeller arasındaki etkileşim dikkate alınır (Uzuner vd., 2006).



Şekil 1.16. Kohezyonlu zeminlerde, oturma-zaman ilişkisi (Uzuner vd., 2006)

1.5.2.4. Oturma Ölçütleri

Yapılardaki izin verilebilir oturmalar, yapının taşıyıcı sistem türü, yapının yapıldığı malzeme, yapının temel sistemi vb. parametrelere bağlıdır. Bu bakımdan tüm yapılar veya inşaat işleri için tek bir oturma ölçütü verilemez. Betonarme binalar için Tablo 1,7'deki ortalama değerler verilebilir (Skempton ve Mc Donald 1956'den Uzuner, 2006).

Tablo 1.7. Betonarme binalar için izin verilebilir oturmalar (Uzuner, 2006)

Ölçüt	Zemin Cinsi	Tekil, Şerit	Radye
Açısal çarpılma, β		$1/300$	$1/300$
Maksimum farklı oturma, δ (mm)	Kil Kum	40 25	40 25
Maksimum mutlak oturma, ΔH (mm)	Kil Kum	65 40	65-100 40-45

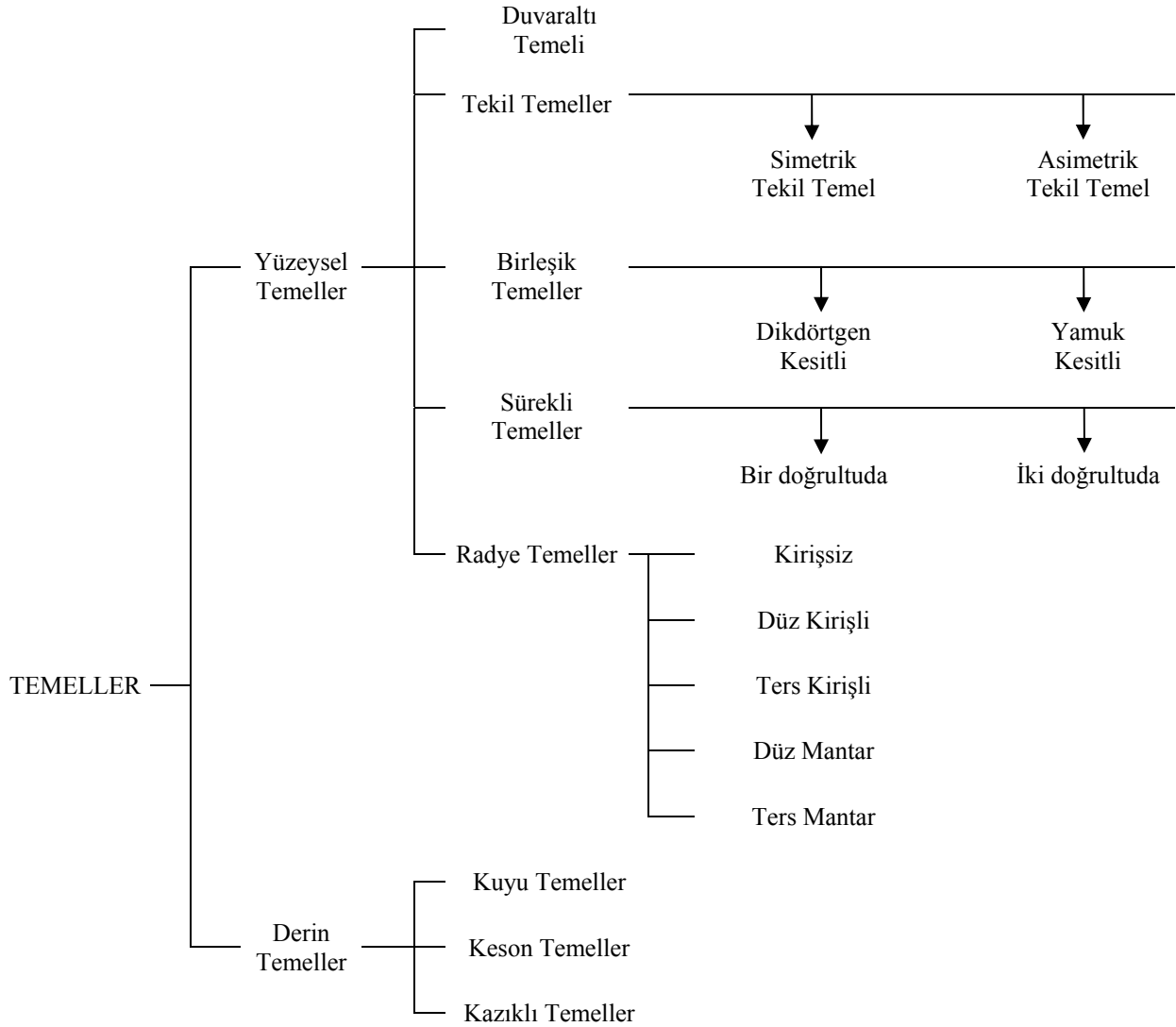
1.5.3. Ekonomik Olma Koşulu

Temeller taşıma gücü ve oturmalar açısından güvenli olmakla birlikte, en az harcama ile yapılmalıdır (Uzuner, 2006). Temellerle ilgili harcamaların toplamı, yapının maliyetinin

% 20'lerine kadar varılabilir. Temelleri projelendiren inşaat mühendisi; yukarıdaki koşulları gözetererek, temelleri veya temel sistemini, güvenli olmayı gözetererek en az harcama ile oluşturmalıdır. Bu da uygun temel sisteminin seçimi ile sağlanır. Kabaca temel sistemlerini düşük maliyetten yüksek maliyete doğru sırlayabiliriz; Tekil temel sistemi, şerit temel sistemi (bir doğrultuda uzanan sistem, iki doğrultuda uzanan sistem), radye, kazıklı temel vb.

1.6. Temellerin Sınıflandırılması

Temel sınıfına karar verilirken üzerine etkiyen yükün büyüklüğü ve çeşidi, temele mesnetlenen elemanın çeşidi, zemin özellikleri gibi parametreler etkili olmaktadır (Doğangün, 2002). Bu özellikler dikkate alınarak temelleri Şekil 1.17'deki gibi sınıflandırabiliriz.



Şekil 1.17. Temellerin sınıflandırılması

1.6.1. Yüzeysel Temeller (Sığ)

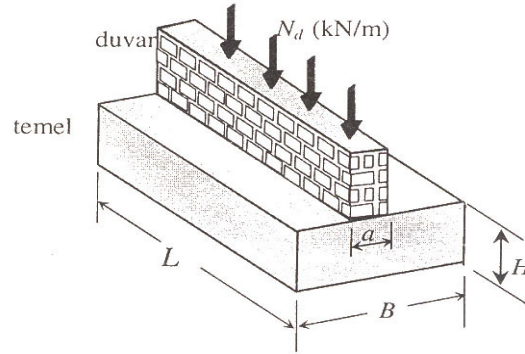
Yapı yükünün, zemin yüzeyine yakın bir yerde ve tasman sınırı içerisinde, güvenle aktarılmasına uygun zemin bulunması durumunda uygulanır. Temel, kaya dahi olsa zemin yüzeyine oturtulmaz. Mutlaka don seviyesinin altına inmelidir. Bu tür temeller, hem kuru ve hem de sulu zeminlerde uygulanabilir. Zeminin yeterli, binanın çok ağır olmadığı ve yer altı su seviyesinin etkin bulunmadığı bir durumda yüzeysel temel tercih edilir.

Yüzeysel temelleri 5 grupta inceleyebiliriz.

1.6.1.1. Duvar Altı Temeller

Duvar altı temeller genelde Şekil 1.18'deki gibi kâgir yapılarda taşıyıcı duvar atlarında kullanılır. Boyutlandırma yapılırken temel altında oluşan ve düzgün yayılı olduğu varsayılan zemin gerilmesinin “net zemin dayanımını” geçmemesi gerekir. Ayrıca, genelde duvar eksenine dik yönde donatı bulundurulmadığından, zemin gerilmeleri altında birer konsol gibi çalışan temel çıkıntılarında oluşacak çekme gerilmelerinin, betonun eğilme çekme dayanımını (f_{cf}) aşmaması gerekir. Bu tür temellerde eğilme yönünde etriye bulunmadığından, kesme kuvvetinin de eğik çatlama dayanımının altında kalmasına dikkat edilmelidir (Ersoy, 1995).

Bu temeller taşıyıcı duvar uzunluğunca devam ettiği için ve uygulanan yük genellikle uzunluk boyunca sabit olduğundan hesap tasarımında 1,0 m'lik duvar kısmı dikkat alınmalıdır (Doğangün, 2002).



Şekil 1.18. Duvar altı temelleri (Doğangün, 2002).

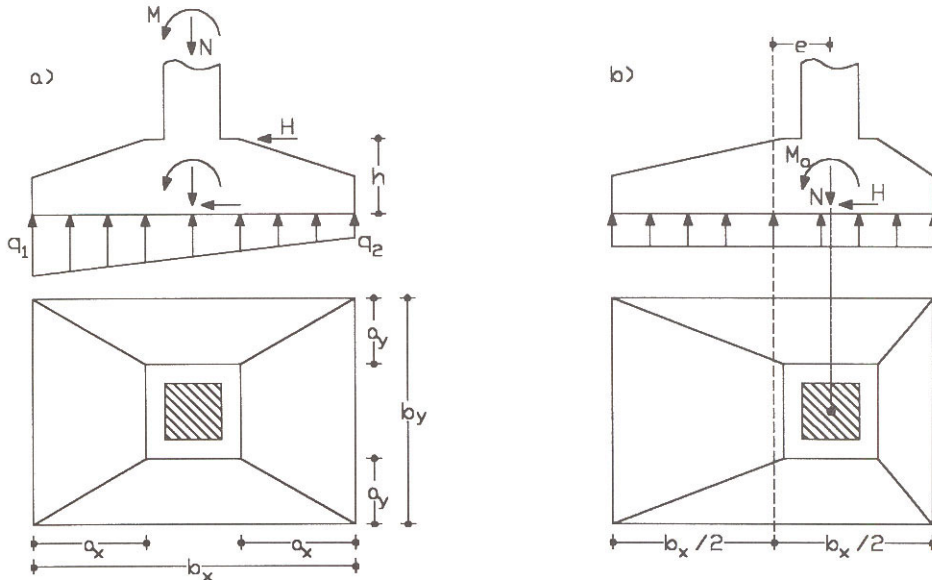
1.6.1.2. Tekil Temeller

Binalarda, her kolonun altında yer alırlar. Betonarme olan bu tekil; kolon yükünü daha geniş bir alana yayarak temel zeminine iletirler (Uzuner, 2006).

Münferit veya ayak temel de denilen bu temeller, temel zemininin orta sertlikte ve bina ağırlığının daha az olması durumlarında uygulanır. Tekil temeller zemine, genellikle kare veya dikdörtgen, nadiren de daire ya da çokgen tabanlı temeller oturtulur (Özcan, 2000).

Temel sistemleri içinde uygulaması en kolay olan temel sisteminin tekil temel olduğu söylenebilir. Yapım kolaylığının olması ve genellikle daha az malzeme kullanılması, bu temelleri diğerlerine göre üstün kılan özelliklerindedir. Ancak, bu temeller her yapı için uygun olmamaktadır. Çünkü zeminin zayıf olduğu, zeminin sağlam ancak yapı tabanında değişken özelliklere sahip olduğu ve kolonların birbirine yakın olduğu durumlarda bu temeller uygulanmaz. TS500'e göre tekil temelin en küçük boyutu 0,7 m'den, alanı 1,0 m² den, kalınlığı ise 250 mm den ve konsol açıklığının 1/4 'ünden daha küçük alınmaz (Doğangün, 2002).

Ayrıca tekil temeller, Şekil 1.19'daki gibi yüklenme ve kolon yeri açısından da kendi aralarında simetrik tekil temeller ve asimetrik tekil temeller diye sınıflandırılır.



Şekil 1.19. Simetrik (a) ve simetrik olmayan tekil temel (b) (Celep, 2001).

1.6.1.3. Birleşik Kolon Temelleri

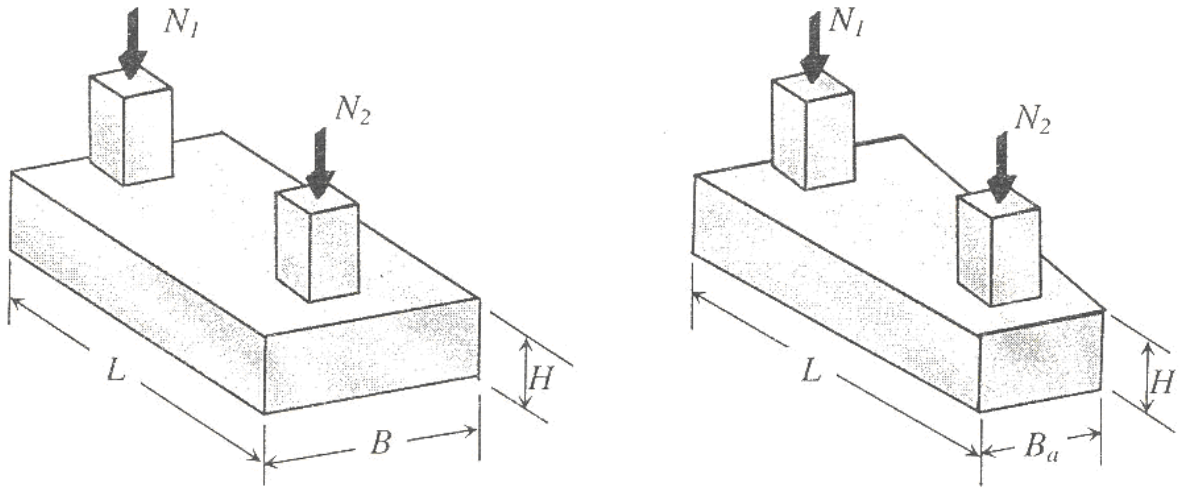
İki kolonun birbirine yakın ve yüklerinin büyük olduğu durumlarda bu iki kolonun temeli çakışabilir. Bu gibi durumlarda sürekli temel yapılmıyorsa, iki temel birleştirilip bir "birleşik temel" yapılabilir. Bazı durumlarda da dış kolon arsa sınırına çok yakın olduğundan, temeli o yönde çok kısa yapmak, dolayısıyla kolona göre simetrik olmayan bir

temel oluşturmak gerekebilir. Bunun yerine iki kolonu birleştirmek daha sağlıklı bir çözüm olur (Ersoy, 1995).

Birleşik temeller yapının güvenliği için yapılması gereken denetimler tekil temellerdekilerin aynısı olup sadece donatının belirlenmesi farklıdır (Doğangün, 2002).

Birleşik temel tasarımında boyutlar seçilirken kolonlardan gelen yüklerin bileşkesi ile temelin geometrik merkezi çakıştırılmaya çalışılmalıdır. Bu başarıldığı takdirde temelin altında düzgün yayılı bir zemin gerilmesi oluşturulabilir (Ersoy, 1995).

Birleşik temeller Şekil 1.20'deki görüldüğü gibi genellikle dikdörtgen ve yamuk ortak taban alanlı birleşik temeller olarak iki sınıfa ayrılmaktadır.



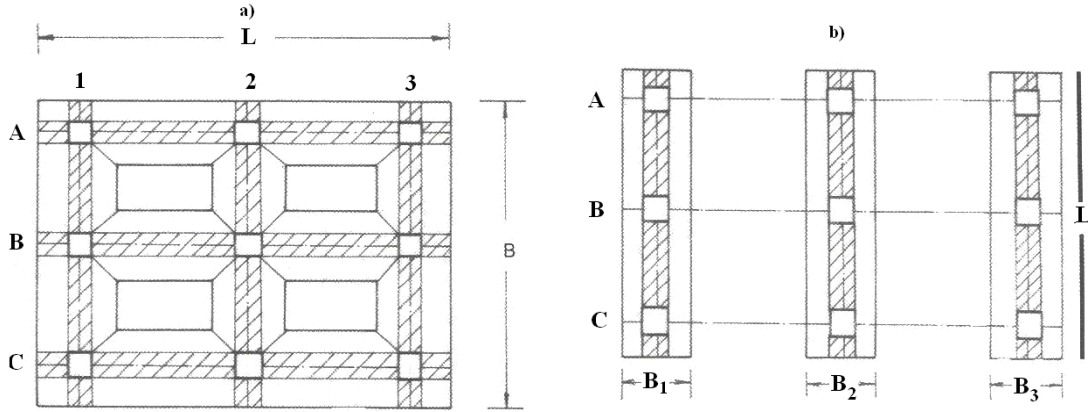
Şekil 1.20. Dikdörtgen ve yamuk taban alanlı birleşik temellerin genel görünüşleri (Doğangün, 2002).

1.6.1.4. Sürekli Temeller

İkiden fazla kolon ve perde duvar gibi düşey taşıyıcı elemanların yüklerini bir bütün olarak yeterli rijitlikle zemine aktarabilen temeller sürekli temellerdir. Bir doğrultuda sıralanmış düşey taşıyıcı elemanlar altında düzenlenen sürekli temeller şerit temel ve birden fazla doğrultuda yerleştirilmiş düşey taşıyıcı elemanlar altında düzenlenen temeller ise ızgara temeller olarak adlandırılır (Doğangün, 2002).

Kolon ve perde yükleri bir veya iki yönde aynı temel taşılıyorsa ve $L > 5 \cdot B$ ise bu temele sürekli temel denir. Bu temeller zeminin özelliklerine göre Şekil 1.21'deki gibi tek

ya da çift yönde sürekli yapırlar. Deprem yönetmeliği temellerin her durumunda bağ kirişi ile desteklenmesini şart koşmaktadır (Önalp ve Sert, 2006).



Şekil 1.21. Sürekli temeller a) çift yönde, b) tek yönde sürekli (Önalp ve Sert, 2006).

1.6.1.5. Radye (Jeneral) Temeller

Radye Jeneral olarak da isimlendirilen bu temeller, dolgu zeminlerde ya da emniyet gerilmesinin çok düşük olduğu ve temel zeminin fazlaca sıkışabilme özelliği gösterdiği veya temel duvarı ve kolonların birbirine çok yakın olması durumlarında tekil ve sürekli temeller uygun olmayabilir. Bu durumda radye temellerden birini seçmek gerekebilir (Özcan, 2000).

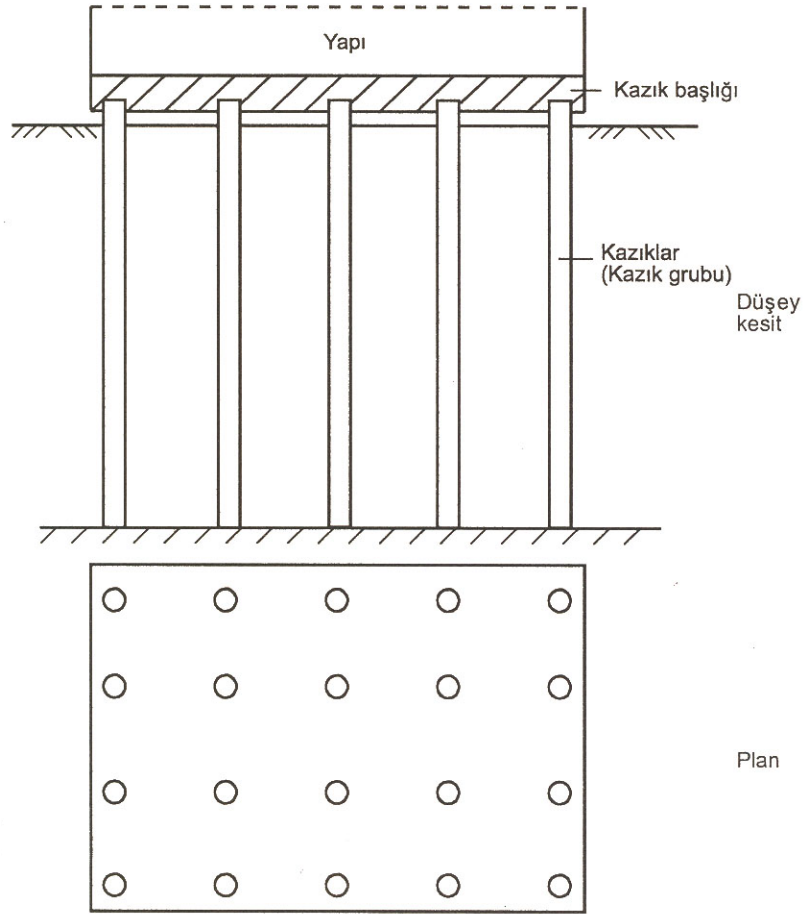
1.6.2. Derin Temeller

1.6.2.1. Kazıklı Temeller

Yapı yükü, zemine çakılan kazıklar kanalıyla, derinlerde bulunan sağlam zemine, kazık uçlarıyla ya da kazığın yan yüzeylerinin sürtünmesinden yararlanarak aktarılır. Zemine belirli aralıklarla çakılan bu kazıklar birbirine, üst kısımlarına atılan bağ kirişleri ve ızgaralarla bağlanır (Özcan, 2000).

Kazıklı temeller birçok kazıktan oluşur (kazık grubu). Kazık; uzun silindirik veya prizmatik, ahşap, beton(arme), çelik vb. elemandır (Şekil 1.22). Kazıklar; ya hazır olarak

zemine çakılır veya zeminde çeşitli yollarla kaplanmış veya kaplanmamış uzun silindirik bir boşluk oluşturarak içine donatı konularak, beton dökülerek oluşturulur (Uzuner, 2006).



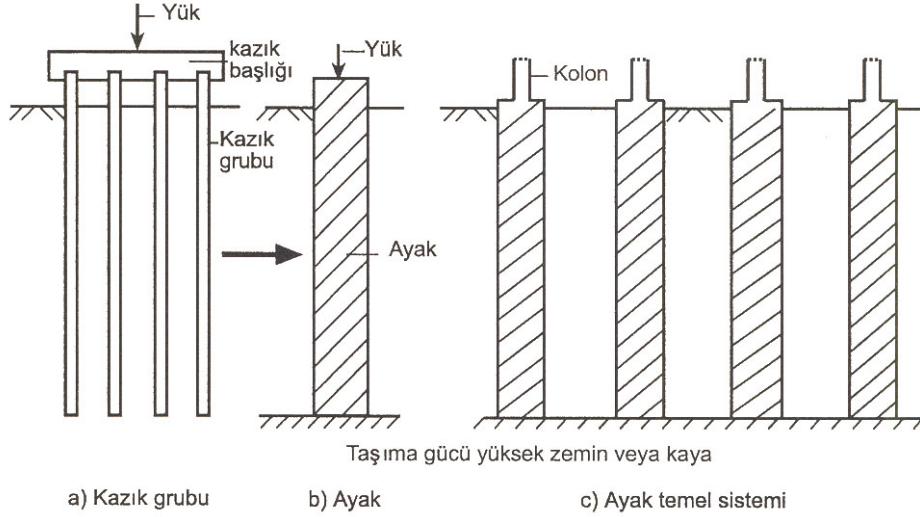
Şekil 1.22. Kazıklı temelli yapı (Uzuner, 2006).

1.6.2.2. Ayak (Kuyu) Temeller

Kuyu temeller tekil temeller gibi ve genellikle betonarme olarak inşa edilir (Şekil 1.23). Ayaklar, planda belirtilen duvarların birleşme noktalarına getirilir ve tabanları, kare veya çan şeklinde genişletilir. Açık temel çukurunda inşa edilen bu ayakların üst kısımları, birbirine betonarme kirişlerle bağlanır (Özcan, 2000).

Ayak, yerinde oluşturulan, çapı büyük (tipik olarak 1-3 m) olan kazık anlamına gelir. Ayaklar, genellikle taşıma gücü yüksek zemine otururlar (Uzuner, 2006).

Kuyu temelin olumsuz yönleri ise çalışmaların yağışlı ve kötü havalarda yapılamaması ve kazı hacminin fazlalığı nedeniyle yakındaki yapıların etkilenebilme olasılığıdır (Önalp ve Sert, 2006).



Şekil 1.23. Ayak temel (Uzuner,2006).

1.6.2.3. Keson (Kutu) Temeller

Keson: Bu adlandırma serbest su yüzeyi veya su seviyesinin derin ve yüksek olduğu, özellikle köprü ayağı veya arıtma tesisi gibi yapılarda zemine indirilerek içinde çalışılan kutu biçimli temelden kaynaklanmıştır. Kutu temelin özelliği kuruda imal ve inşa edilerek yerine indirilmesi ve gerektiğinde içinde elle kazı yapılabilmesidir (Önalp ve Sert, 2006).

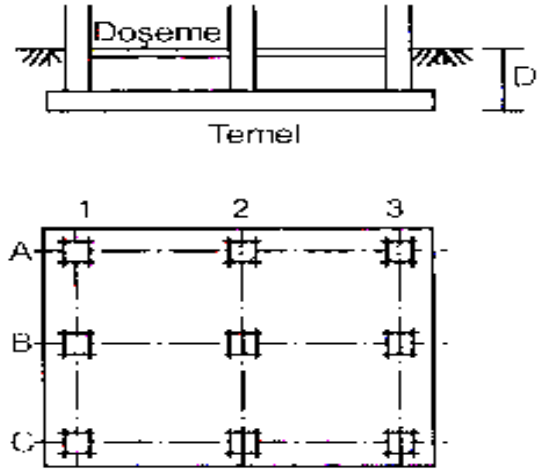
Sağlam zeminin derinde olması keson temel ve kazık temellere göre daha geniş ve sağlam temel yapmak gerektiği durumlarda uygulanır. Bu tip temeller, zemin üzerinde içerisi boş olarak inşa edilip, ağırlığından da yararlanılarak istenilen derinliğe indirmek suretiyle oluşturulur. Genellikle köprü ayağı, deniz feneri, dalga kıran vb. yapılarda kullanılır (Özcan, 2000).

Genellikle üç tipte yapılır:

- Açık kesonlar
- Pnömatik kesonlar
- Yüzen kesonlar (yüzen sandıklar)

1.7. Radye (Jeneral) Temeller

Radye, jeneral, radye jeneral, yayılı, plak ve plaka temel olarak da adlandırılırlar. Temel zemininin çok fazla sıkışabilir olması gibi durumlarda, temelin gerekli genişleme miktarı komşu temelleri birbirine yaklaştıracak kadar fazla olabilir. Bu durumlarda ayırık temel yerine, yapı tabanını tamamıyla örten temeller yapılır. Bu nedenle yükün ve oturmaların düzenli (üniform) olması sağlanır. Bu tür temellere radye temel adı verilir (Çamlıbel, 2000) (Şekil 1.24).



Şekil 1.24. Radye temel (Ulusay, 2001)

1.7.1. Radye Temellerin Üstünlükleri

Radye temel çift yönde çalışan bir betonarme plak olması nedeni ile yük aldığı zaman zeminle yakından etkileştiğinden gerekli donatı miktarı eşdeğer tekil temellere oranla daha yüksek olur. Bu nedenle de radye temel sisteminin seçimi bazı kriterlere bağlanmıştır.

- Zemin özelliklerinin bina yüklerini tekil veya sürekli temellerle taşımayacak kadar kötü olması; Zemin dayanımı çok küçük olursa yükler büyük olmasa da taban basıncının en büyük değeri kolay bir şekilde zemin dayanımını aşabilir. Bu durumda temel sistemini radye temel seçmek uygun olur.

- Yapı yükünün çok büyük olması nedeni ile tekil temel boyutlarının bir diğeri ile kesişecek kadar aşırı büyümesi durumu; Yapının kat sayısının çok fazla olması veya ağır yükler taşımasından dolayı zeminde oluşan taban basıncının en büyük değeri zemin

dayanımını aşabilir. Bu durum için yüklere göre belirlenen bir ya da iki doğrultudaki sürekli temellerin taban alanlarının toplamının toplam yapı alanına oranı çok büyük değer teşkil eder bundan dolayı temel sistemi için radye temel tercih edilir.

- Alandaki zeminin değişken özelliklerine bağlı olarak yapının tekil kolon temel yükleri altında farklı oturma gösterme olasılığı; Yapının oturduğu zemin tüm taban alanı boyunca aynı özelliklere sahip olmaz. Özellikler arasındaki fark fazla olduğu durumlarda radye temel seçilir. Radye temel mesnetlerde meydana gelecek olan farklı oturmaları önleyecektir.

- Yapı yüklerinin değişken ve belirsiz olması; Yapının belirli bir kısmı fazla katlı olabilir ya da yükler yapının belli bölgelerinde yoğunlaşmış olabilir. Bu durumda meydana gelebilecek farklı oturmaları engellemek için radye temel sistemi seçilebilir.

- Yanal yüklerin değişkenliği; Yapı yüksekliği arttıkça özellikle inşa edilecek alanın bulunduğu coğrafik yerlerin özellikleri de dikkate alınarak yapıya etkiyen rüzgar yükünün etkisinin artması ve yüksek yapıların ağırlıklarının da daha fazla olması nedeniyle bu tür yapıların temel sisteminde radye temel kullanılır.

- Yer altı su seviyesinden kaynaklanan kaldırma kuvvetinin büyüklüğü; Yapı tabanının yer altı su seviyesinin altında olduğu durumlarda kaldırma kuvvetinin sürekli temelli yapı yüklerine göre büyük olma ihtimali oluşur. Bu durumda radye temel sistemi seçilerek yapı ağırlığının arttırılmasına gidilir.

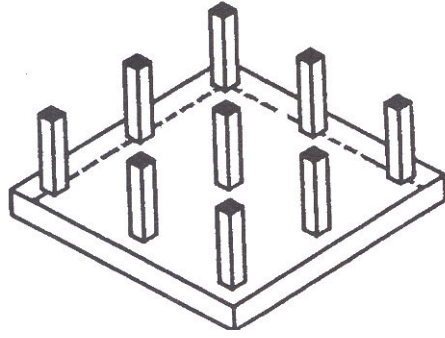
- Su yalıtımı gereksinimleri; Yapı tabanının yer altı su seviyesi altında olduğu durumlarda su geçirimsizliğini sağlamak daha önem kazanır. Radye temeller sistemlerinde bu geçirimsizliği sağlamak daha kolay olur.

1.7.2. Radye Temel Türleri

Radye temeller zeminin yapısına, bina yüküne ve temel duvarı ya da kolonların açıklıklarına göre farklı şekillerde uygulanır.

1. Kirişsiz Radye Temel

Genellikle duvar veya kolonlar birbirine yakın ve yükleri de az ise temel, kirişsiz radye temel yapılıdır (Şekil 1.25). Bodrum katlarda düz bir alan sağladıkları için kirişsiz radye temellerin bulunduğu yapıların bodrum katlarının kullanımı daha rahat olmaktadır.

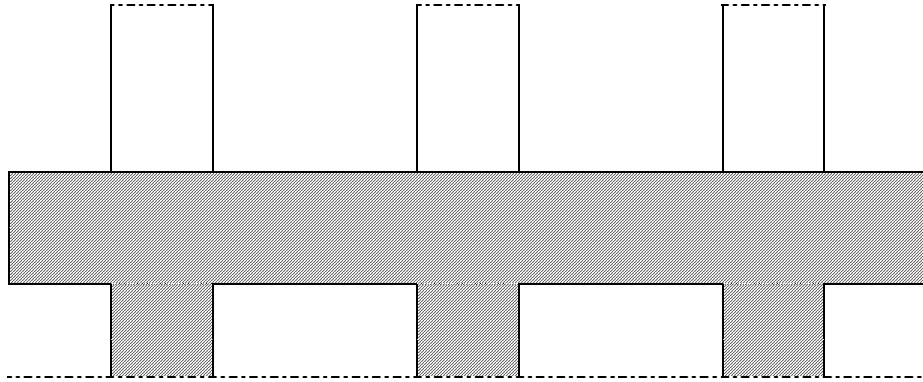


Şekil 1.25. Kirişsiz radye temel (Önalp ve Sert, 2006).

2.Kirişli Radye Temel

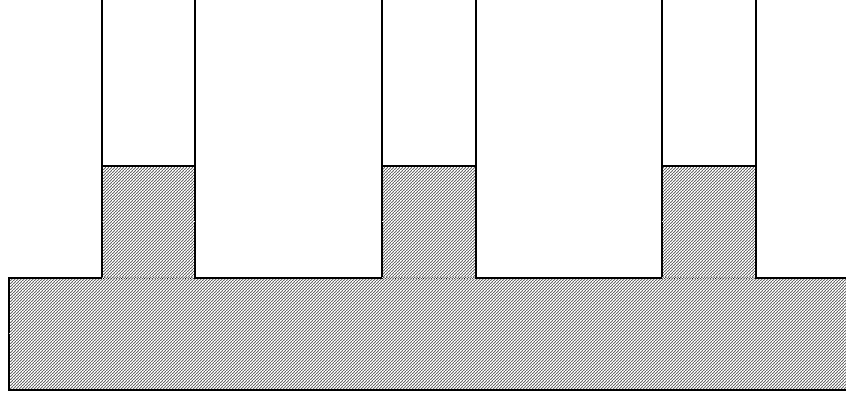
Duvar ya da kolonların aralıkları fazla ise temel, kirişli radye olarak yapılır. Bu temel çeşidinde kirişler nedeniyle plak kalınlığı azaldığından ekonomik olmaktadır. İki şekilde uygulanır.

a) Alttan Kirişli Radye Temel: Kirişler hem bodrum döşemesinin düz olması istendiğinde ve hem de temelin, zemin üzerinde kaymasına engel olmak için radyenin altında düzenlenir.



Şekil 1.26. Alttan kirişli radye temel

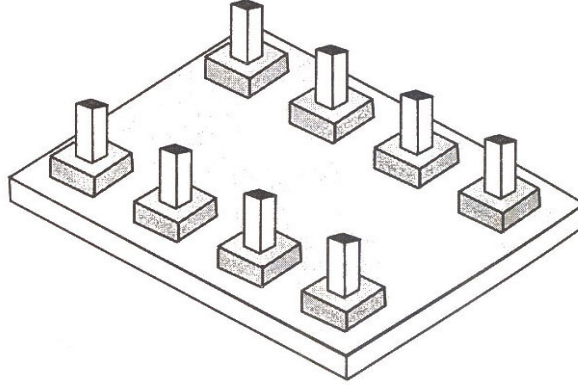
b) Üstten Kirişli Radye Temel: Kirişler radye temelin üzerine oturtulur. Ancak bodrum döşemesinin düz olması istendiğinden; kiriş aralıkları, kiriş yüksekliğince cüruf perlit vb. ile doldurularak, üzerine düz döşeme yapılır (Özcan, 2000).



Şekil 1.27. Üstten kirişli radye temel

3.Mantar Şeklinde Radye Temel

Kirişsiz radye temelerde kolon yüklerinin aşırı artması durumunda buralarda yüksek kesme kuvvetleri oluşturur. Kolon yüklerini, daha geniş bir alana yayarak radye temele aktarmak için kolonların alt uçlarına kalınlaştırma yapılır. Böylece meydana gelebilecek zımbalama probleminin ortadan kaldırmak için kirişsiz radye temelerde bu yöntem uygulanır (Doğangün, 2002).

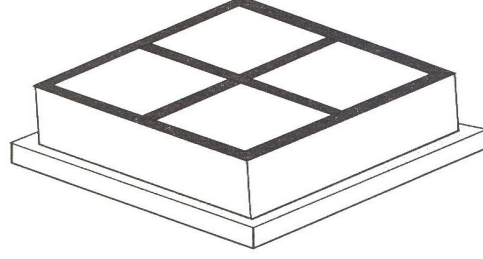


Şekil 1.28. Mantar şeklinde radye temel (Doğangün, 2002).

4.Rijit Temel

Derinliği fazla olan temelerde elastiki şişmeleri ve farklı oturmaları; ayrıca temel duvarlarına yanlarından gelecek zemin basınçlarını karşılamak için uygulanır.

Betonarmeden bir bütün olarak yapılan rijit temel; döşeme perde duvarı kolon ve kirişlerden oluşur (Özcan, 2000).



Şekil 1.29. Rijit temel (Doğangün, 2002).

1.7.3. Radye Temel Taşıma Gücü

Radye temelerde taşıma gücü bu bölümde önceden açıklanan genel taşıma gücü eşitlikleri kullanılarak tahmin edilebilir.

- Güvenli taşıma gücünün bulunuşunda kalıcı ve maksimum hareketli yük altında güvenlik sayısı 3'den büyük seçilmemektedir.
- Granüler zeminlerde taşıma gücü yönünden güvenlik sayısı genelde çok büyük çıkmaktadır.

Suya doymun kohezyonlu zeminlerde 3 güvenlik sayısı için,

$$q_{net_a} = 1,73 \cdot c_u \cdot \left(1 + 0,195 \cdot \frac{B}{L}\right) \cdot \left(1 + 0,4 \cdot \frac{D_f}{B}\right) \quad (1.31)$$

olacağı genel taşıma gücü eşitlikleri kullanılarak kolaylıkla gösterilebilir.

Eşitlikte B ve L radye genişliği ve uzunluğu, D_f radye derinliği,

c_u ise drenajsız kayma mukavemetidir ($\phi = 0$)

1.7.4. Yatak Katsayısı Kavramı

- Zemin yaylarla modellenmesinde kullanılan yatak katsayısı kavramı $0,3 \times 0,3$ m boyutlu bir plaka üzerine uygulanacak yük altında oluşan yer değiştirmelerin ölçümü ile belirlenir.

- Daha önce değinildiği gibi oturmalar boyuta bağlı olduğundan gerçek temel için tanımlanacak yatak katsayısının gerçek temel boyutlarına bağlı olacağı açıktır.

- $k_{0,3}$ ile tanımlanan standart plaka için tanımlanmış yatak katsayısı değerlerinin gerçek temel için aşağıdaki şekilde dönüştürülmesi gerekmektedir (URL-1, 2008).

Kumda kare temel:

$$k_{BB} = k_{0,3} \cdot \left(\frac{B + 0,3}{2 \cdot B} \right)^2 \quad (1.32)$$

Kilde kare temel:

$$k_{BB} = k_{0,3} \cdot \left(\frac{0,3}{B} \right) \quad (1.33)$$

- Temel şekli dikdörtgen ise, kare temel için bulunan bu değerler

$$k_{BL} = \frac{k_{BB} \cdot \left(1 + \frac{B}{L} \right)}{1,5} \quad (1.34)$$

eşitliği ile yeniden dönüştürülmelidir.

Deneysel olarak bulunan yatak katsayılarının plaka etki alanı ile sınırlılığı ve kohezyonlu zeminde konsolidasyona olanak tanımayan hızda yapılması nedeniyle kullanımda özen gösterilmesi gerekmektedir. Deneysel veri olmaması durumunda bazı zeminler için kullanılabilir $k_{0,3}$ değerleri Tablo 1.8'de görülmektedir (URL-1,2008).

Tablo 1.8. Bazı zeminlerde $k_{0,3}$ değerleri (DAS, 1990).

Zemin	Sıklık-Kıvam	$k_{0,3}$ (MN/m^3)
Kuru veya nemli kum	Gevşek	8-25
	Orta Sıkı	25-125
	Sıkı	125-375
Suya doymuş kum	Gevşek	10-15
	Orta Sıkı	35-40
	Sıkı	130-150
Kil	Katı ($s_u = 50 - 100$) ^{kPa}	12-25
	Çok Katı ($s_u = 100 - 200$) ^{kPa}	25-50
	Sert ($s_u > 200$) ^{kPa}	>50

- Scott'a göre kumlu zeminlerde $k_{0,3}(\text{MN/m}^3) = 1,8 \cdot N$ bağıntısı kullanılabilir.

Burada N düzeltilmiş SPT sayısıdır.

- Vesic (1961) uzun kirişler için

$$k' = B \cdot k = 0,654 \cdot \sqrt[12]{\frac{E_s \cdot B^4}{E_F \cdot I_F}} \cdot \frac{E_s}{1 - \mu^2} \quad (1.35)$$

bağıntısını önermektedir.

Bu eşitlik pratik amaçlar için,

$$k = \frac{E_s}{B \cdot (1 - \mu^2)} \quad (1.36)$$

olarak kullanılabilir.

Burada,

μ : Zemin poisson oranı

B : Temel genişliği

E_F ve I_F temel için elastisite modülü ve atalet momenti

E_s : Zemin elastisite modülüdür.

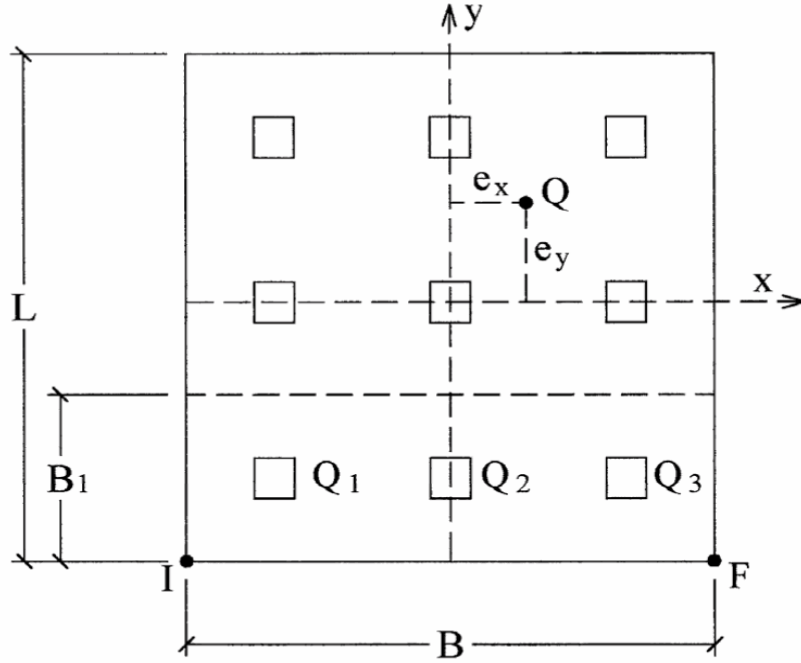
1.7.5. Radye Temel Yapısal Tasarımı

Radye temellerin yapısal tasarımında rijit ya da esnek olmalarına göre iki yöntem geliştirilmiştir.

1.7.5.1. Rijit Kabul Çözüm

Bu geleneksel yöntemde temel, üzerinde oturduğu zemine oranla sonsuz rijitlikle kabul edildiğinden betonarme plağın şekil değiştirmelerinin taban basınçlarında önemsenecek değişimler oluşturmayacağı sonucu çıkmaktadır. Buna bağlı olarak taban basıncı dağılımının sadece yapı yükleri ve temelin ağırlığına bağlı olduğu ve bu dağılımın kuvvetler bileşkesinin etkime yerine göre üniform ya da lineer değişkene dönüşmesi söz konusudur. Konuyu böylece basitleştiren statikçiler temeli iki yönde birbirinden bağımsız olarak çalışan kiriş gibi çözmüşlerdir. Bu tür bir bakış sonucu temelin altında gerçekte dağılımı yeniden değişen gerilmeleri göz ardı ettiğinden hesaplanan moment, kesme ve

çökme değerleri hatalı çıkmaktadır. Ancak bu yaklaşım elle hesaplamaya olanak sağladığından yakın zamana kadar kullanılmıştır (Önalp ve Sert, 2006).



Şekil 1.30. Rijit çözümlü radye tasarımı (URL-1, 2008).

Rijit yöntemde izlenecek yol:

• Radye köşeleri altında zemine aktarılabacak gerilmeler mukavemetin bilinen eşitlikleri ile tahmin edilir ve q_{net} ile karşılaştırılır.

$$q = \frac{\sum Q_i}{A} \mp \frac{M_y \cdot x}{I_y} + \frac{M_x \cdot y}{I_x} \quad (1.37)$$

$$I_x = \frac{B \cdot L^3}{12} \quad I_y = \frac{L \cdot B^3}{12} \quad (1.38)$$

$$M_x = Q \cdot e_y \quad M_y = Q \cdot e_x \quad (1.39)$$

• Kolonlar arasından geçen fiktif çizgilerle radye şeritlere bölünür. Örneğin x doğrultusundaki en alt B_1 genişlikteki şeritte ortalama gerilme

$$q_{av} = \frac{q_1 + q_F}{2} \quad (1.40)$$

olarak bulunur. Şeritler birbirinden bağımsız olmayıp kesme kuvveti aktardığından

$B \cdot B_1 \cdot q_{av}$ ile bulunacak toplam zemin gerilmesinin bu dilim üzerindeki yükler toplamı olan $(Q_1 + Q_2 + Q_3)$ ' e eşit olmayacağı açıktır.

Bu şerit için ortalama yük:

$$\frac{B \cdot B_1 \cdot q_{av} + Q_1 + Q_2 + Q_3}{2} \quad (1.41)$$

Bu şerit için düzeltilmiş ortalama zemin gerilmesi:

Şerit ortalama yükü

$$B \cdot B_1 \cdot q_{av} \quad (1.42)$$

Benzer şekilde kolon yüklerini düzeltme faktörü:

$$F = \frac{\text{Şerit ortalama yükü}}{Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad (1.43)$$

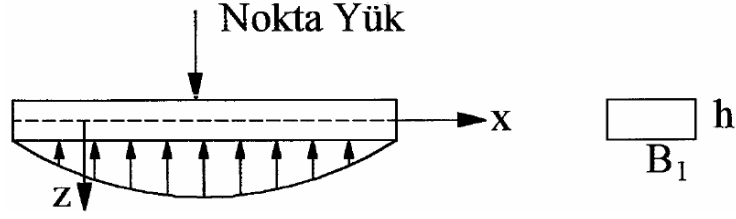
İncelenen şerit için yükler $F \cdot Q_1, \dots, F \cdot Q_3$ olurken taban gerilmesi yukarıda bulunan düzeltilmiş ortalama zemin gerilmesi olacaktır.

Ele alınan bu kirişin belirtilen yük ve taban gerilmesi için kesit tesirleri (moment ve kesme kuvveti diyagramları) belirlenebilir.

1.7.5.2. Esnek Radye Yaklaşımı (Rijit Olmayan) Çözümü

Yayıllı temelin tam rijit olarak kabul etmeyen yaklaşımlar, taban basıncı dağılımlarını ve temelin şekil değiştirmeleri etkinliğini göz önüne alırlar. Ancak rijit çözüme oranla bu yaklaşım daha gerçekçi sonuç vermesine karşın, çözümde ciddi problemlerle karşılaşabilmektedir. Zira temel-zemin etkileşimini kestirmek görüldüğü kadar kolay değildir. Bu konuda ilk girişimlerden biri Terzaghi tarafından zemin birbirinden bağımsız elastik yaylarla modellemiş, böylece temel altındaki taban basıncı ile oturmalar arasında bir bağıntı sağlanmaya çalışılmıştır. Daha sonraları bağımsız yay modelinin önemli sakıncaları fark edildiğinden bu yayların birbiri ile bağlantısı modele katılarak çözüme gidilmiştir (Önalp ve Sert, 2006).

Esnek radye yaklaşımında izlenecek yol :



Şekil 1.31. Esnek radye tasarımı

- Esnek tasarım için B_1 genişliğinde h yüksekliğinde sonsuz bir kiriş düşünüp üzerine tek bir noktasal yük geliyorsa mukavemet biliminin temel ilkeleri gereği kiriş için aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.

$$M = E \cdot I \cdot \frac{d^2 z}{dx^2} \quad I = \frac{B_1 \cdot h^3}{12} \quad (1.44)$$

$$V = \frac{dM}{dx} \quad q = \frac{d^2 M}{dx^2} = E \cdot I \cdot \frac{d^4 z}{dx^4} \quad (1.45)$$

Diğer yandan q yükü altında Δ yer değiştirmesi yapan bir temel elemanı için yatak katsayısı $k = q/\Delta$ ile tanımlanır ve birimi kN/m^3 dür.

Diğer bir deyişle $q = k \cdot \Delta$ olup yön göz önüne alınarak yukarıdaki kiriş için,

$$q = -z \cdot k \cdot B_1 = E \cdot I \cdot \frac{d^4 z}{dx^4} \quad (1.46)$$

bağıntısı yazılabilir. Bu diferansiyel denklemin çözümü,

$$z = e^{-\alpha x} \cdot (A' \cdot \cos \beta x + A'' \cdot \sin \beta x) \quad (1.47)$$

şeklinde. A' ve A'' sabitler, β ise rijitlik boyunun tersidir ve

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{B_1 \cdot k}{4 \cdot E \cdot I}} \quad (1.48)$$

olarak tanımlanır.

Amerika Beton Enstitüsüne (ACI)' göre kolon araları $1,75 / \beta$ değerinden küçük ise rijit, büyük ise esnek radye tasarımı yapılabilir.

Esnek radye tasarımı için izlenecek yol şöyledir:

- Radye kalınlığı h en olumsuz kolon yüküne göre belirlenir.
- Radye eğilme rijitliği, R bulunur.

$$R = \frac{E_F \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu_F^2)} \quad (1.49)$$

Burada E_F beton elastisite modülü $\mu_F = 0,15$ alınabilecek Poisson oranıdır.

- Efektif rijitlik yarıçapı L' bulunur

$$L' = \sqrt[4]{\frac{R}{k}} \quad (1.50)$$

- Polar koordinat sisteminde bir kolonun neden olduğu momentler bulunur.

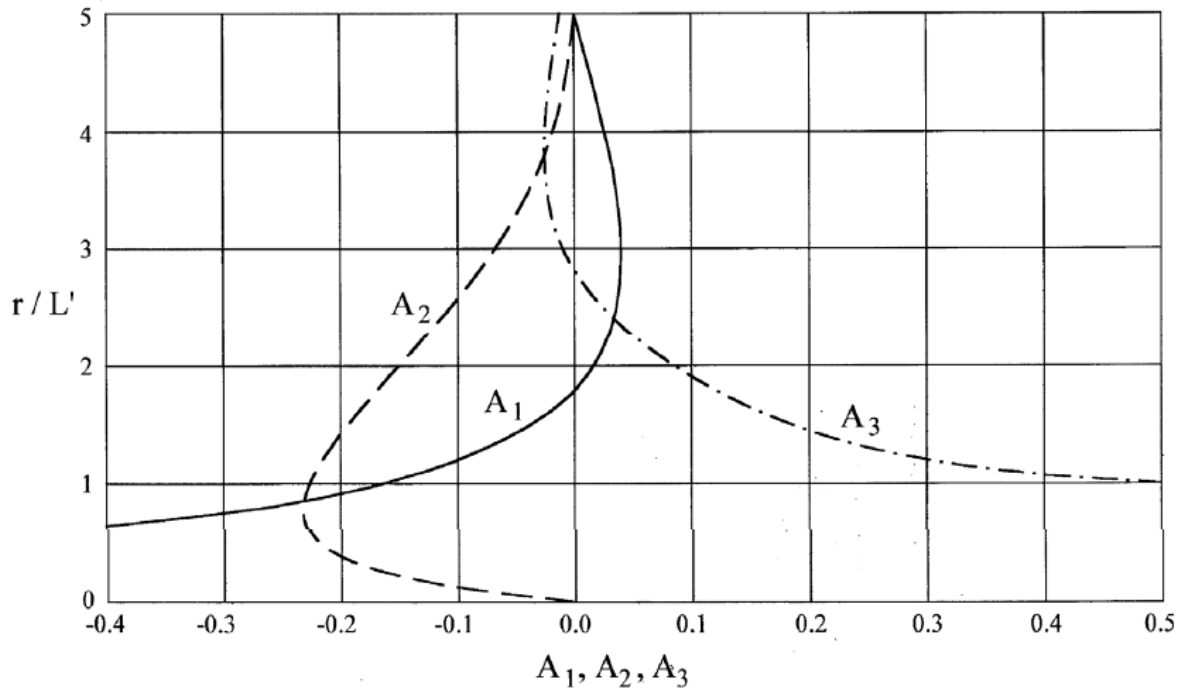
Teğetsel Moment:

$$M_t = -\frac{Q}{4} \cdot \left[A_1 - \frac{(1 - \mu_F) \cdot A_2}{\frac{r}{L'}} \right] \quad (1.51)$$

Radyal Moment:

$$M_r = -\frac{Q}{4} \cdot \left[\mu_F \cdot A_1 + \frac{(1 - \mu_F) \cdot A_2}{\frac{r}{L'}} \right] \quad (1.52)$$

Burada, r göz önüne alınan noktanın kolondan uzaklığı A_1 ve A_2 Şekil 1.32'den (r/L') ' e göre alınacak katsayıdır.



Şekil 1.32. Esnek radye tasarımında katsayılar

- Kesme kuvveti hesaplanır, A_3 'de Şekil 1.32'den alınabilir.

$$V = -\frac{Q}{4 \cdot L'} \cdot A_3 \quad (1.53)$$

- Radye kenarı bir kolonun etki alanı içerisinde ise kenardaki noktada moment ve kesme kuvveti radyenin sürekli olduğu varsayılarak yukarıda önerildiği biçimde belirlenir. Bu etkilerin ters yönde olanlarının doğuracağı etki göz önüne alınarak sınır koşullar gözetlenir.

Bu yöntemin olumsuzlukları şöyle sıralanabilir:

- Ağırleksiz giriş kavramı girişin zeminden ayrılma gösterdiği kesimde sorun yaratabilir ve bu yerlerde zemin etkisini ortadan kaldırmak zordur.

- Belirli noktalarda dönme ve yer değiştirme sınır koşullarını göz önüne almak zordur.

- Bir temele değişik yükleri uygulamak zordur.

- Temel özelliklerini (atalet momenti, genişlik vs.) değiştirmek zordur.

- Yatak katsayısındaki değişimi göz önüne almak zordur.

1.7.5.3. Sayısal Yöntemlerle Çözüm

Bilgisayar teknolojisinde ve buna paralel olarak sayısal analiz yöntemlerinde son yıllarda görülen hızlı gelişmeler, geoteknik mühendisliğinde yapı-zemin etkileşiminin etkili olduğu temel problemlerinde sayısal analiz yöntemlerinin kullanımını öne çıkarmıştır. Rijit yöntemle veya rijit olmayan basitleştirilmiş yöntemlerle çözümde dikkate alınamayan zemin-temel etkileşimi, zemin-temel ve üst yapıyı bir arada modelleyebilen ve çoğunlukla sonlu farklar ve sonlu eleman yöntemlerine dayanan sayısal analiz yazılımlarıyla yeterli doğrulukta göz önüne alınabilmektedir.

Sayısal analizde problem üç boyutlu modellenenbilmekte, çökme ve şekil değiştirmeler yanında komşu yapıların durumu veya etkisi de aynı anda incelenebilmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

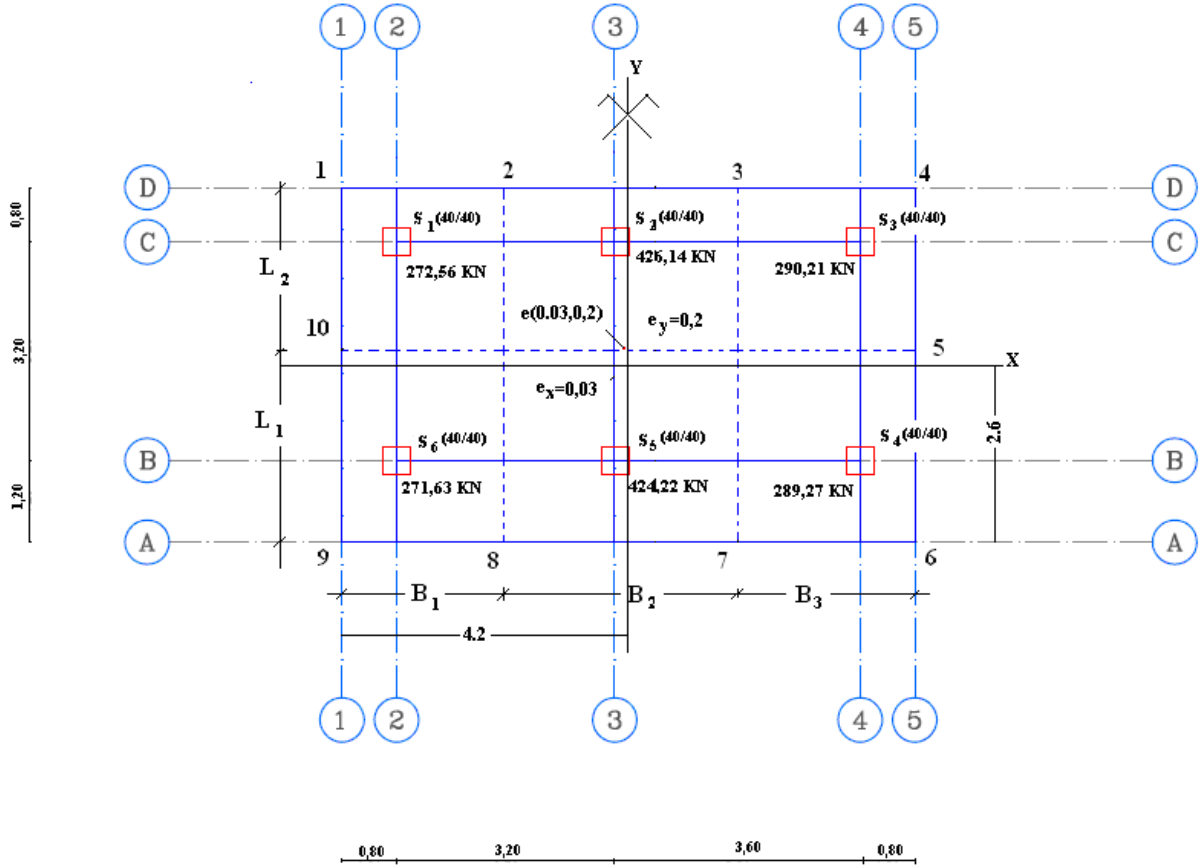
Özellikle 1999 depremlerinden sonra radye temel ülke gündemine çok yaygın olarak girmiş ve firmalar binalarının sağlam olduğu konusunda alıcıları ikna etmek için binalarının radye temelli olduğunu reklamlarda vurgulamışlardır. Radye temelin daha önce de belirtildiği gibi farklı oturmalar açısından son derece yararlı bir temel olduğu söylenebilir. Ancak bu temellerin nasıl hesaplanacağına ilişkin çok genel bilgiler bulunsa da bunların hesaplarını mühendislerin istifade edebileceği şekilde sunan çalışmalar yok denebilecek kadar azdır. Bu bağlamda tezin bu bölümünde mühendislik camiasına iki radye temel uygulaması sunulmaktadır.

2.1. Birinci Tip Radye Temelin Hesap ve Tasarımı

Birinci tip radye temelin geometrik boyutları sonuçların karşılaştırılabilmesi ve yorumlanmasında yardımcı olması bakımından (Özmen 2007) kaynağından alınmıştır. Bu radye temel boyutlarına uygun olarak kirişsiz radyeye sahip 3 katlı betonarme bir bina tasarlanmıştır.

Radye temelin yapısal çözümlemesinde dört farklı analiz gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi elle yapılan çözüm diyebileceğimiz rijit çözüm. Diğer üçü bilgisayar yazılımlarından yararlanarak gerçekleştirilen çözümdür. Bu amaçla kullanılan yazılımlar (yapısal analiz programları) mühendislik camiasında bilinen PROBİNA, SAP2000 ve SAFE programlarıdır. Bütün çözümlerden elde edilen bulguların karşılaştırılabilmesi için radye temele etkiyen düşey yüklerin konumları ve büyüklükleri aynı seçilmiştir.

Tez kapsamında yapısal çözümlemesi yapılacak olan birinci tip radye temelin (RT1) plan görünümü Şekil 2.1' de görülmektedir.



Şekil 2.1. Birinci tip radye temel planı

Radye temel in mesnetlendiği zemin için net zemin emniyet gerilmesi $\sigma_{em(net)} = 80 \text{ kN/m}^2$ ve yatak katsayısı: 20.000 kN/m^3 olarak dikkate alınmaktadır.

Bu tip radye temel in betonu C30 betonudur. Radye temel kalınlığı $H=0,50 \text{ m}$ dir. Temel $B=8,4 \text{ m}$, $L=5,2 \text{ m}$ plan boyutlarına sahiptir.

Radye teme le toplam 6 kolondan düşey yük gelmektedir. Bu kolonlar S1 den S6 ya kadar numaralandırılmıştır. Plandaki konumları Şekil 2.1'de gösterilen bu kolonlarda temel yük birleşimi (kombinezonu) için belirlenen aksel kuvvet değerleri Tablo 2.1'de görülmektedir.

Tablo 2.1. Kolonlara gelen yükler

KOLON ADI	BOYUT (m)	1,4G+1,6Q (kN)
S1	0,4 x 0,4	272,56
S2	0,4 x 0,4	426,14
S3	0,4 x 0,4	290,21
S4	0,4 x 0,4	289,27
S5	0,4 x 0,4	424,22
S6	0,4 x 0,4	271,61

2.1.1. Birinci Tip Radye Temelin Rijit Yöntem Kullanılarak Çözülmesi

Radye temelin rijit çözümünde radye plağının kendi içinde şekil değiştirme yapmayacak oranda rijit olduğu kabul edilmektedir. Bu kabule göre çözümde düşey yükler toplanarak tek bir tekil yük olarak temele etkililmektedir. Kolon tabanlarındaki her iki doğrultudaki eğilme momentleri de toplanarak yine temele etkililmekte ve zemin açısından adeta tekil temel hesabına benzer şekilde hesap yapılmaktadır.

A – Taban basınç dağılımının belirlenmesi:

$$\text{Temel alanı} \Rightarrow A = L \cdot B = 5,2 \cdot 8,4 = 43,68 \text{ m}^2$$

Toplam Kolon Yüğü

$$\Rightarrow Q = 272,56 + 426,14 + 290,21 + 271,61 + 424,22 + 289,27 = 1.974,01 \text{ kN}$$

Her iki doğrultudaki eylemsizlik momentleri (I_x ve I_y):

$$I_x = \frac{B \cdot L^3}{12} = \frac{8,4 \cdot 5,2^3}{12} = 98,43 \text{ m}^4 \quad I_y = \frac{B^3 \cdot L}{12} = \frac{8,4^3 \cdot 5,2}{12} = 256,84 \text{ m}^4$$

Yüklerin x ekseninde etki merkezi olan x' ;

$$x' = \frac{0,8 \cdot (272,56 + 271,61) + 4 \cdot (426,14 + 424,22) + 7,6 \cdot (290,21 + 289,27)}{1974,01} = 4,17 \text{ m}$$

$$x' = 4,17 \text{ m}$$

x eksenindeki eksantriklik olan e_x ;

$$e_x = x' - \frac{B}{2} = 4,17 - \frac{8,4}{2} = -0,03 \text{ m}$$

Yüklerin y ekseninde etki merkezi olan y' ;

$$y' = \frac{1,2 \cdot (271,61 + 424,22 + 289,27) + 4,4 \cdot (272,56 + 426,14 + 290,21)}{1974,01} = 2,80 \text{ m}$$

$$y' = 2,80 \text{ m}$$

y eksenindeki eksantriklik olan e_y ;

$$e_y = y' - \frac{L}{2} = 2,80 - \frac{5,2}{2} = 0,2 \text{ m}$$

Her iki doğrultu için dikkate alınacak eğilme momentleri (M_x ve M_y) aşağıdaki gibi belirlenir.

$$M_x = Q \cdot e_y = 1.974,01 \cdot 0,2 = 394,80 \text{ kNm}$$

$$M_y = Q \cdot e_x = 1.974,01 \cdot 0,03 = 59,22 \text{ kNm}$$

Temele etkiyecek eksen kuvvet ve eğilme momentleri belirlendikten sonra mukavemetten bilinen gerilme bağıntısı ile radye tabanının herhangi bir noktasındaki taban basıncı değeri belirlenebilmektedir.

Sayısal uygulamaya konu olan radye temel için taban basıncı dağılımı aşağıdaki bağıntı ile belirlenebilir:

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x \cdot y}{I_x} \pm \frac{M_y \cdot x}{I_y} = \frac{1.974,01}{43,68} \pm \frac{394,80 \cdot y}{98,43} \pm \frac{59,22 \cdot x}{256,84} = 45,19 \pm 4,01 \cdot y \pm 0,23 \cdot x$$

Bu bağıntıdan yararlanarak 6 kolonun altındaki taban basınçları x ve y koordinat değerleri girilerek aşağıdaki gibi belirlenebilir:

$$q_{s1} = 45,19 + 4,01 \cdot 1,8 + 0,23 \cdot 3,4 = 53,19 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{s2} = 45,19 + 4,01 \cdot 1,8 + 0,23 \cdot 0,2 = 52,454 \text{ kN/m}^2$$

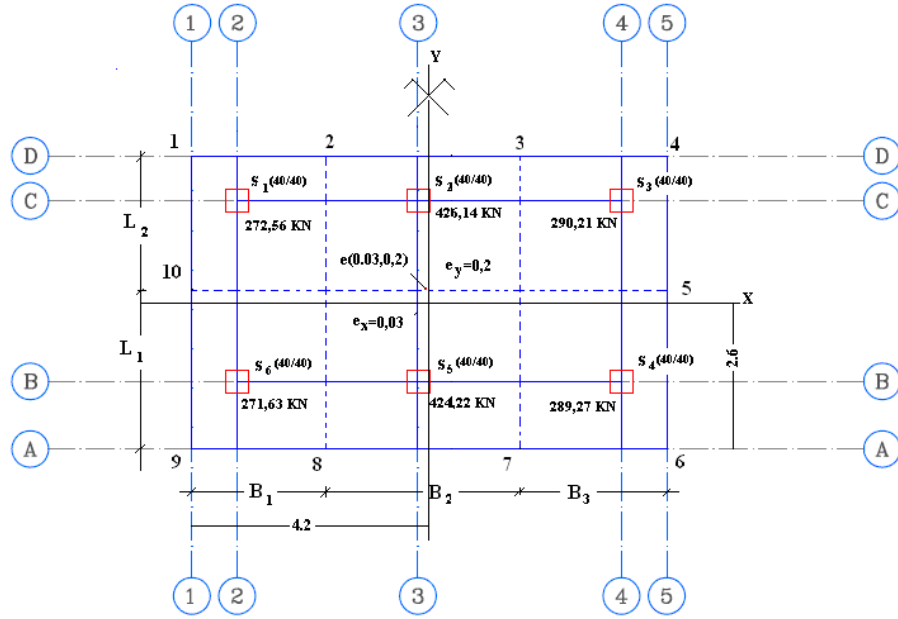
$$q_{s3} = 45,19 + 4,01 \cdot 1,8 - 0,23 \cdot 3,4 = 51,626 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{s4} = 45,19 - 4,01 \cdot 1,4 - 0,23 \cdot 3,4 = 38,794 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{s5} = 45,19 - 4,01 \cdot 1,4 + 0,23 \cdot 0,2 = 39,62 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{s6} = 45,19 - 4,01 \cdot 1,4 + 0,23 \cdot 3,4 = 40,36 \text{ kN/m}^2$$

Zeminde meydana gelen taban basıncının net zemin emniyet gerilmesini aşip aşmadığının kontrolü için Şekil 2.2'de görüldüğü gibi temelin dört köşesindeki taban basınçları aşağıdaki gibi belirlenebilir.



Şekil 2.2. Taban basıncı için dikkate alınan köşe noktaları

$$q_1 = 45,19 + 4,01 \cdot 2,6 + 0,23 \cdot 4,2 = 56,582 \text{ kN/m}^2$$

$$q_4 = 45,19 + 4,01 \cdot 2,6 - 0,23 \cdot 4,2 = 54,65 \text{ kN/m}^2$$

$$q_9 = 45,19 - 4,01 \cdot 2,6 + 0,23 \cdot 4,2 = 35,73 \text{ kN/m}^2$$

$$q_6 = 45,19 - 4,01 \cdot 2,6 - 0,23 \cdot 4,2 = 33,798 \text{ kN/m}^2$$

Yukarıdaki değerlere göre maksimum taban basıncı $56,6 \text{ kN/m}^2$ olmaktadır. Bu değer de dikkate alınan net zemin emniyet gerilmesinden ($q < \sigma_{em(net)} = 80 \text{ kN/m}^2$) küçüktür. Dolayısıyla taban basıncı açısından zemin güvenle üzerindeki yükü taşıyabilmektedir.

B – Zımbalama denetiminin gerçekleştirilmesi:

Kesme açısından temelin yeterli olup olmadığının denetimi için aksenal kuvvetin en büyük değerde olduğu S2 kolonu için zımbalama denetimi yapılmıştır. Zımbalama denetimi için beton örtü kalınlığı 50 mm olarak seçilmiştir.

Bu kolon için zımbalama denetimi aşağıdaki gibi gerçekleştirilebilir:

$$d = (500 - 50) = 450 \text{ mm}$$

$$b_1 = b_2 = (400 + 450) = 850 \text{ mm}$$

$$U_p = (b_1 + b_2) \cdot 2 = (850 + 850) \cdot 2 = 3.400 \text{ mm}$$

$$A_p = b_1 \cdot b_2 = 0,85 \cdot 0,85 = 0,722 \text{ m}^2$$

$$V_{pr} = \frac{\gamma \cdot f_{ctd} \cdot U_p \cdot d}{1000} = \frac{1 \cdot 12,5 \cdot 340 \cdot 45}{1000} = 191,25 \text{ t} \cong 1.912,5 \text{ kN}$$

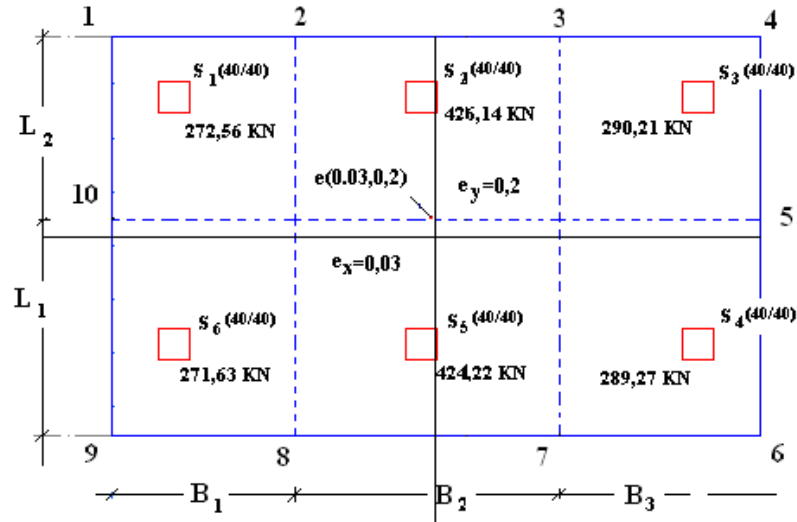
$$\sigma_z \approx \frac{197,4}{5,2 \cdot 8,4} = 4,51 \text{ t/m}^2$$

$$V_{pd} = N_d - \sigma_z \cdot A_p = 42,61 - 4,51 \cdot 0,722 = 39,35 \text{ t} \cong 393,5 \text{ kN}$$

$V_{pr} > V_{pd}$ olduğundan zımbalama dayanımı yeterlidir bu nedenle de zımbalama açısından plak kalınlığı $H = 500 \text{ mm}$ uygundur. Bu bağıntılardaki γ : zımbalama dayanımını azaltan bir katsayı, H : radye kalınlığı, b_1 : zımbalama çevresinin eğilme doğrultusundaki boyutu, b_2 : zımbalama çevresinin eğilme doğrultusuna dik boyutu, U_p : zımbalama çevresi, A_p : zımbalama alanı, V_{pd} : Tasarım zımbalama kuvveti, V_{pr} : zımbalama dayanımı, d : Faydalı yükseklik, σ_z : düşey toplam gerilmedir.

C – Kesme kuvveti ve moment diyagramlarının çizimi :

Eğilme momentlerinin belirlenebilmesi için rijit çözümlenmede dikkate alınan şeritler Şekil 2.3’de görülmektedir.



Şekil 2.3. Birinci tip radye temel in şeritlere ayrılmış görüntüsü

y doğrultusunda şeritler:

[1,2,8,9] şeridi $B_1 = 2,4 \text{ m}$;

$$q_{ort} = \frac{q_1 + q_6}{2} = \frac{53,19 + 40,36}{2} = 46,78 \text{ kPa}$$

Şeritteki toplam zemin tepkisi $\Rightarrow q_{ort} \cdot B_1 \cdot L = 46.78 \cdot 2,4 \cdot 5,2 = 583,81$ kN

Şeritteki toplam kolon yükü $\Rightarrow Q_1 + Q_6 = 544,17$ kN

$$\text{Ortalama yük} = \frac{583,81 + 544,17}{2} = 564 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmis} = \frac{ort.yük}{B_1 \cdot L} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmis} = \frac{564}{2,4 \cdot 5,2} = 45,19 \text{ kN/m}^2$$

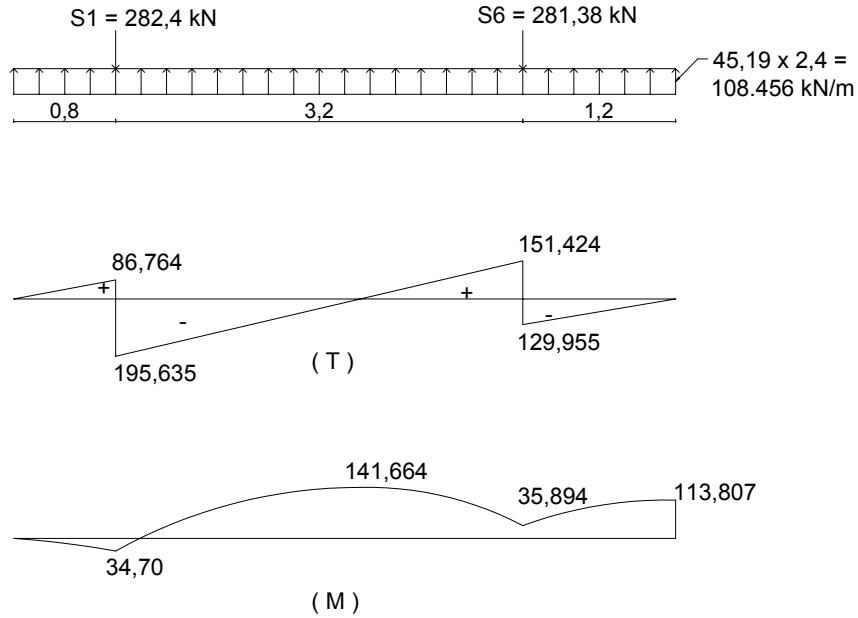
$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{Ort.yük}{Q_1 + Q_6} = \frac{564}{544,17} = 1,036$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

$$Q_{düz1} = F \cdot Q_1 = 1,036 \cdot 272,56 = 282,4 \text{ kN}$$

$$Q_{düz6} = F \cdot Q_6 = 1,036 \cdot 271,61 = 281,38 \text{ kN}$$

[1,2,8,9] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.4'te görülmektedir.



Şekil 2.4. Birinci tip radye temelini y eksenine doğru olan [1,2,8,9] şeridinin M,T diyagramları

[2,3,7,8] şeridi $B_2 = 3,4$ m

$$q_{ort} = \frac{q_2 + q_5}{2} = \frac{52,454 + 39,62}{2} = 46,04 \text{ kPa}$$

Şeritteki toplam zemin tepkisi $\Rightarrow q_{ort} \cdot B_2 \cdot L = 46,04 \cdot 3,4 \cdot 5,2 = 813,98$ kN

Şeritteki toplam kolon yükü $\Rightarrow Q_2 + Q_5 = 850,36$ kN

$$\text{Ortalama yük} = \frac{850,36 + 813,98}{2} = 832,17 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmis} = \frac{ort.yük}{B_2 \cdot L} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmis} = \frac{832,17}{3,4 \cdot 5,2} = 47,06 \text{ kN/m}^2$$

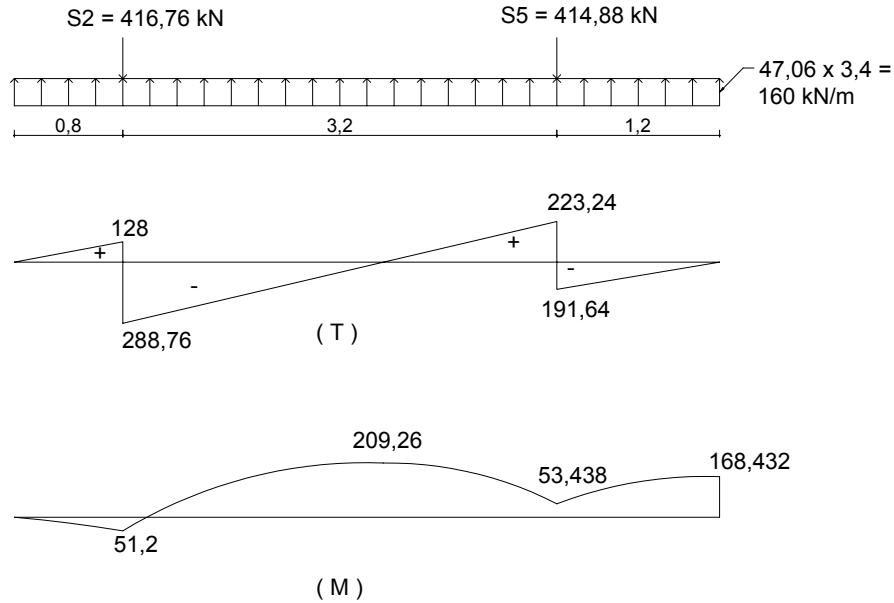
$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{Ort.yük}{Q_2 + Q_5} = \frac{832,17}{850,36} = 0,978$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

$$Q_{düz2} = F \cdot Q_2 = 0,978 \cdot 426,14 = 416,76 \text{ kN}$$

$$Q_{düz5} = F \cdot Q_5 = 0,978 \cdot 424,22 = 414,88 \text{ kN}$$

[2,3,7,8] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.5'te görülmektedir.



Şekil 2.5. Birinci tip radye temelin y eksenini doğrultusunda [2,3,7,8] şeridinin M,T diyagramları

[3,4,6,7] şeridi $B_3 = 2,6 \text{ m}$;

$$q_{ort} = \frac{q_3 + q_4}{2} = \frac{51,626 + 38,794}{2} = 45,21 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot B_3 \cdot L = 45,21 \cdot 2,6 \cdot 5,2 = 611,23 \text{ kN}$$

$$\text{Şeritteki toplam kolon yükü} \Rightarrow Q_3 + Q_4 = 579,48 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{611,23 + 579,48}{2} = 595,36 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{ort.yük}{B_3 \cdot L} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{595,36}{2,6 \cdot 5,2} = 44,04 \text{ kN/m}^2$$

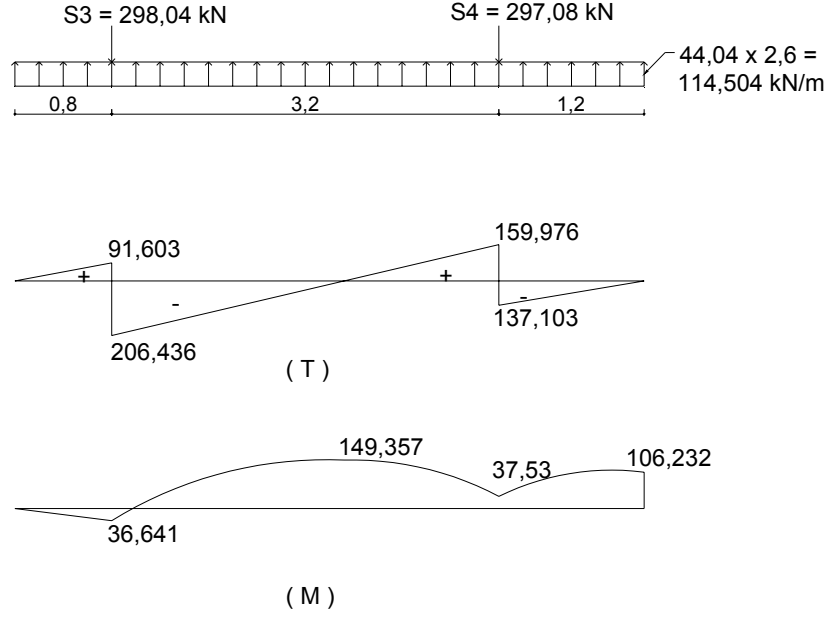
$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı} F = \frac{Ort.yük}{Q_3 + Q_4} = \frac{595,36}{579,48} = 1,027$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

$$Q_{düz3} = F \cdot Q_3 = 1,027 \cdot 290,21 = 298,04 \text{ kN}$$

$$Q_{düz4} = F \cdot Q_4 = 1,027 \cdot 289,27 = 297,08 \text{ kN}$$

[3,4,6,7] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.6'da görülmektedir.



Şekil 2.6. Birinci tip radye temelin y eksenini doğrultusundaki [3,4,6,7] şeridinin M,T diyagramları

x doğrultusunda şeritler:

[9,6,5,10] şeridi $L_1 = 2,4$ m ;

$$q_{ort} = \frac{q_6 + q_5 + q_4}{2} = \frac{53,19 + 52,454 + 51,626}{3} = 52,42 \text{ kPa}$$

Şeritteki toplam zemin tepkisi $\Rightarrow q_{ort} \cdot B \cdot L_1 = 52,42 \cdot 8,4 \cdot 2,4 = 1.056,78$ kN

Şeritteki toplam kolon yükü \Rightarrow

$$Q_6 + Q_5 + Q_4 = 272,56 + 426,14 + 290,21 = 988,91 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{1.056,78 + 988,91}{2} = 1.022,85 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{ort.yük}{B \cdot L_1} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{1.022,85}{8,4 \cdot 2,4} = 50,73 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{Ort.yük}{Q_6 + Q_5 + Q_4} = \frac{1.022,85}{988,91} = 1,034$$

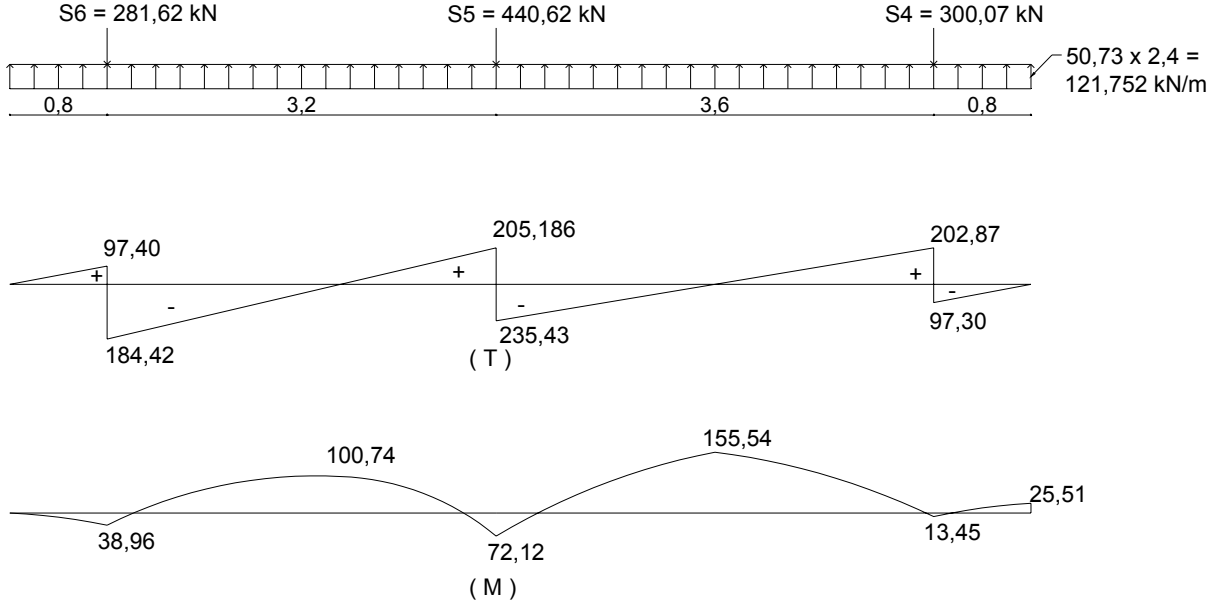
Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

$$Q_{düz6} = F \cdot Q_6 = 1,034 \cdot 272,56 = 281,82 \text{ kN}$$

$$Q_{düz5} = F \cdot Q_5 = 1,034 \cdot 426,14 = 440,62 \text{ kN}$$

$$Q_{düz4} = F \cdot Q_4 = 1,034 \cdot 290,21 = 300,07 \text{ kN}$$

[9,6,5,10] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.7'de görülmektedir.



Şekil 2.7. Birinci tip radye temelin x eksenini doğrultusundaki [9,6,5,10] şeridinin M, T diyagramları

[1,4,5,10] şeridi $L_2 = 2,8$ m ;

$$q_{ort} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{2} = \frac{40,36 + 39,62 + 38,794}{3} = 39,59 \text{ kPa}$$

Şeritteki toplam zemin tepkisi $\Rightarrow q_{ort} \cdot B \cdot L_2 = 39,59 \cdot 8,4 \cdot 2,8 = 931,15$ kN

Şeritteki toplam kolon yükü $\Rightarrow Q_1 + Q_2 + Q_3 = 271,61 + 424,22 + 289,27 = 985,1$ kN

$$\text{Ortalama yük} = \frac{985,1 + 931,15}{2} = 958,13 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{ort.yük}{B \cdot L_2} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{958,13}{8,4 \cdot 2,8} = 40,73 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{Ort.yük}{Q_1 + Q_2 + Q_3} = \frac{958,13}{985,1} = 0,972$$

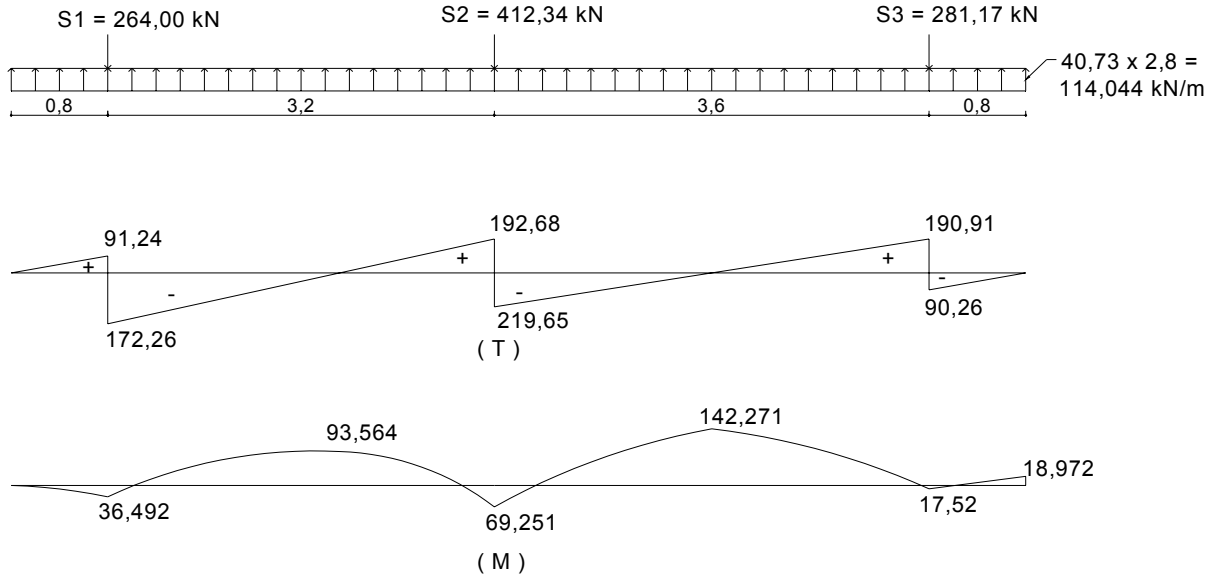
Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

$$Q_{düz1} = F \cdot Q_1 = 0,972 \cdot 271,61 = 264 \text{ kN}$$

$$Q_{düz2} = F \cdot Q_2 = 0,972 \cdot 424,22 = 412,34 \text{ kN}$$

$$Q_{düz3} = F \cdot Q_3 = 0,972 \cdot 289,17 = 281,17 \text{ kN}$$

[1,4,5,10] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.8'de görülmektedir.



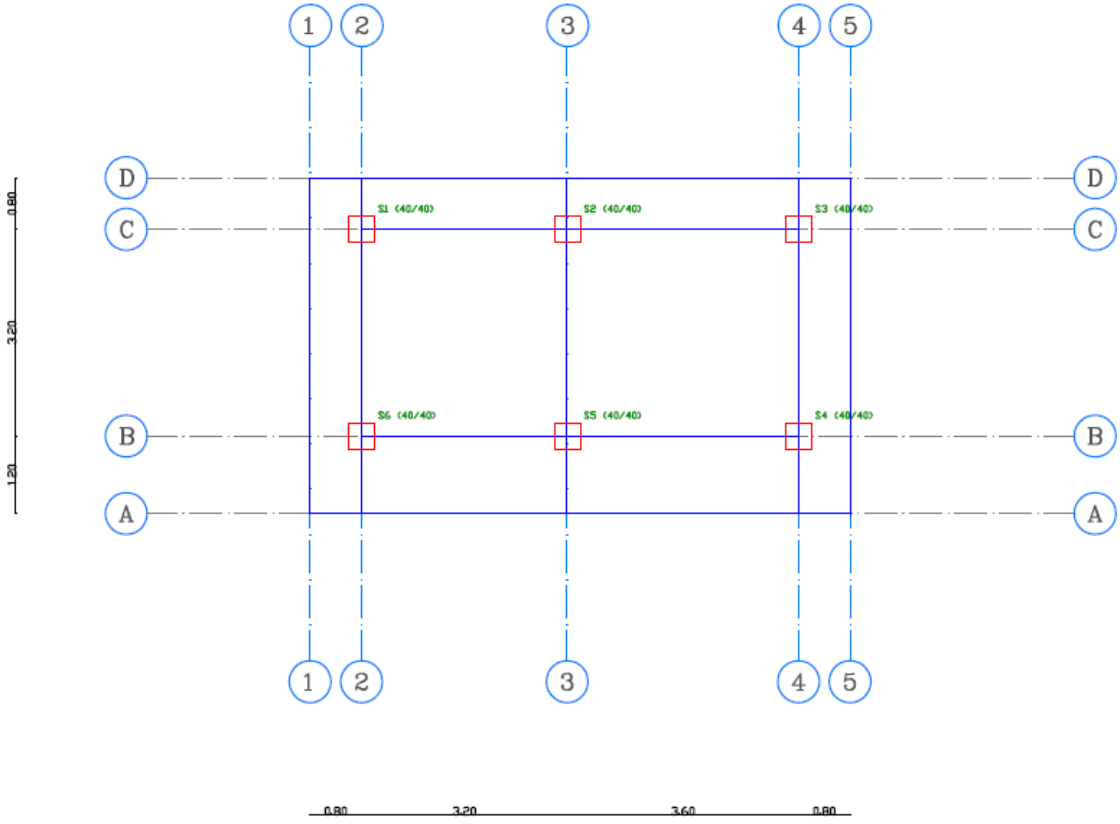
Şekil 2.8. Birinci tip radye temelin x eksenine doğru [1,4,5,10] şeridinin M,T diyagramları

Birinci tip radye temelin yapılan rijit çözümle kolonların altında elde edilen deplasman eğilme momenti ve gerilme değerleri toplu olarak Tablo 2.2' de verilmektedir.

Tablo 2.2. Birinci tip radye temelin rijit çözüm sonuçları

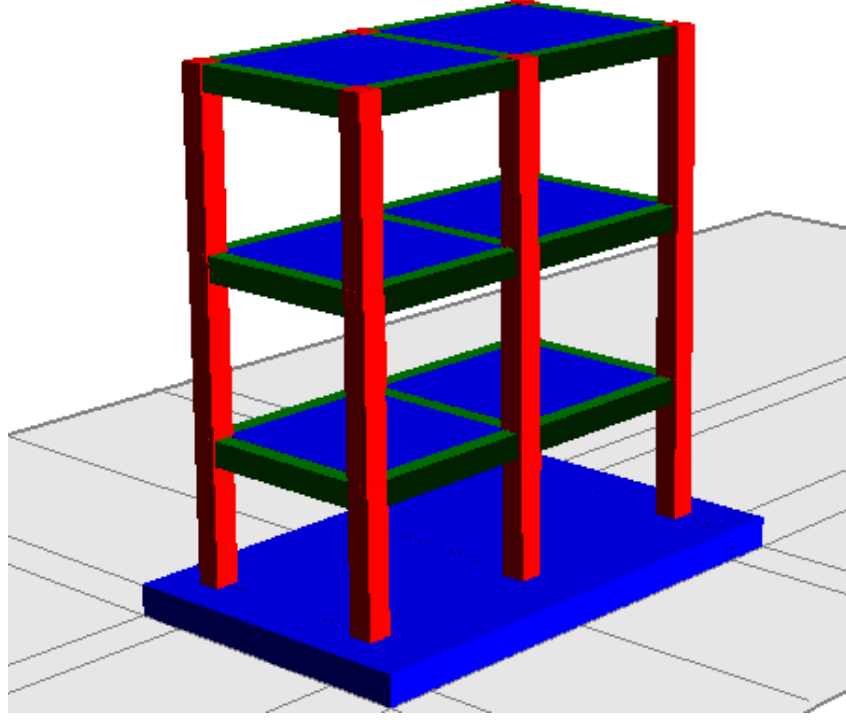
	Deplasman (m)	M_x (kNm)	M_y (kNm)	Gerilme, σ (kN/m ²)
S1	-0,00265	36,492	34,70	53,19
S2	-0,002622	69,251	51,20	52,454
S3	-0,002581	17,521	36,41	51,626
S4	-0,00194	13,45	-37,53	38,798
S5	-0,00198	72,12	-53,43	39,62
S6	-0,00202	38,96	-35,89	40,36

2.1.2. Birinci Tip Radye Temelin PROBİNA Programı ile Yapılan Analizi



Şekil 2.9. Birinci tip radye temel planı (PROBİNA)

PROBİNA programı mühendislik camiasında bilinen bir ticari yazılımdır (Probina 2005). Bu programda modellenen üç katlı yapının görünümü Şekil 2.10'da görülmektedir.



Şekil 2.10. PROBİNA’da kullanılan bina modeli

Bu yapının altındaki temel rijit çözümde dikkate alınan radye temelin aynısıdır. Birinci tip radye temelin PROBİNA program parametreleri;

Radye kalınlığı: $H = 0,5 \text{ m}$

Zemin Yatak katsayısı (k) : 20.000 kN/m^3

Zemin Emniyet Gerilmesi (σ_{em}) : 80 kN/m^2

Deprem bölgesi: 2.Derece

Yerel zemin sınıfı : Z_2

Malzeme: C30, S420

Yapının Süneklilik Düzeyi: Yüksek

Kat Adedi: 3

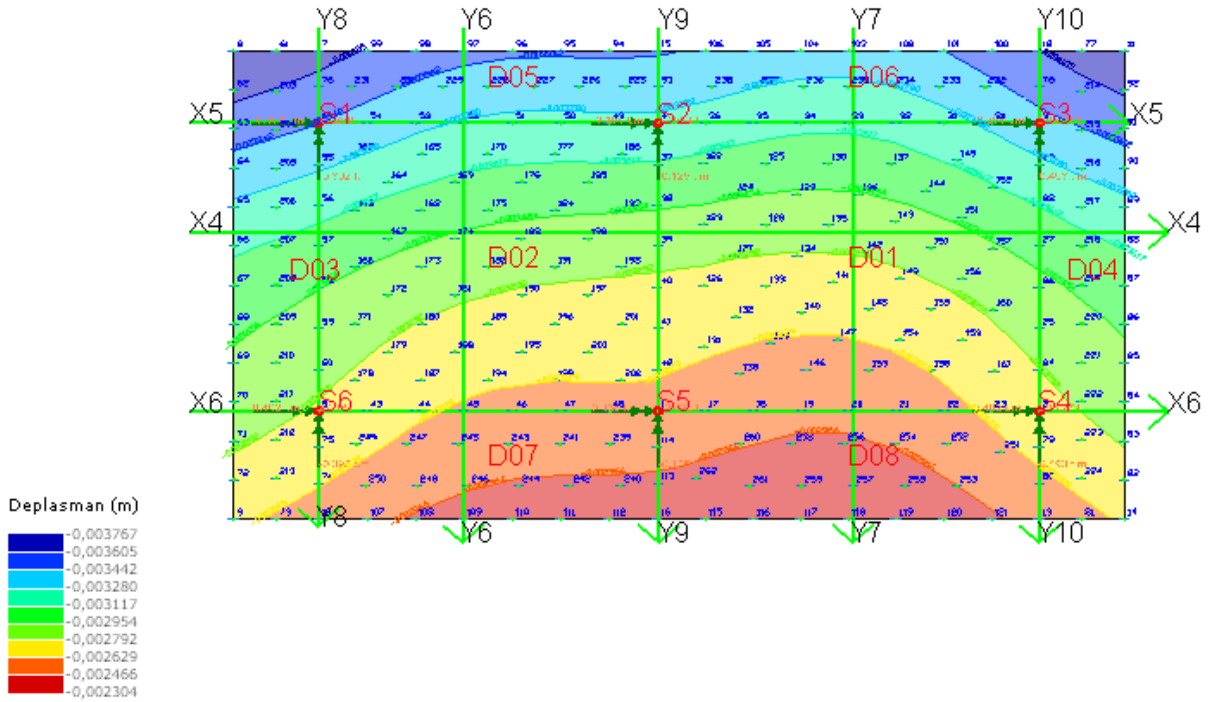
TS500–2000, TDY–2007, TS498 koşulları dikkate alındı

Birinci tip radye temelin PROBİNA ile yapılan çözümünden kolonların altında elde edilen deplasman eğilme momenti ve gerilme değerleri toplu olarak Tablo 2.3’de verilmektedir.

Tablo 2.3. Birinci radye temel tipi PROBİNA çözüm sonuçları

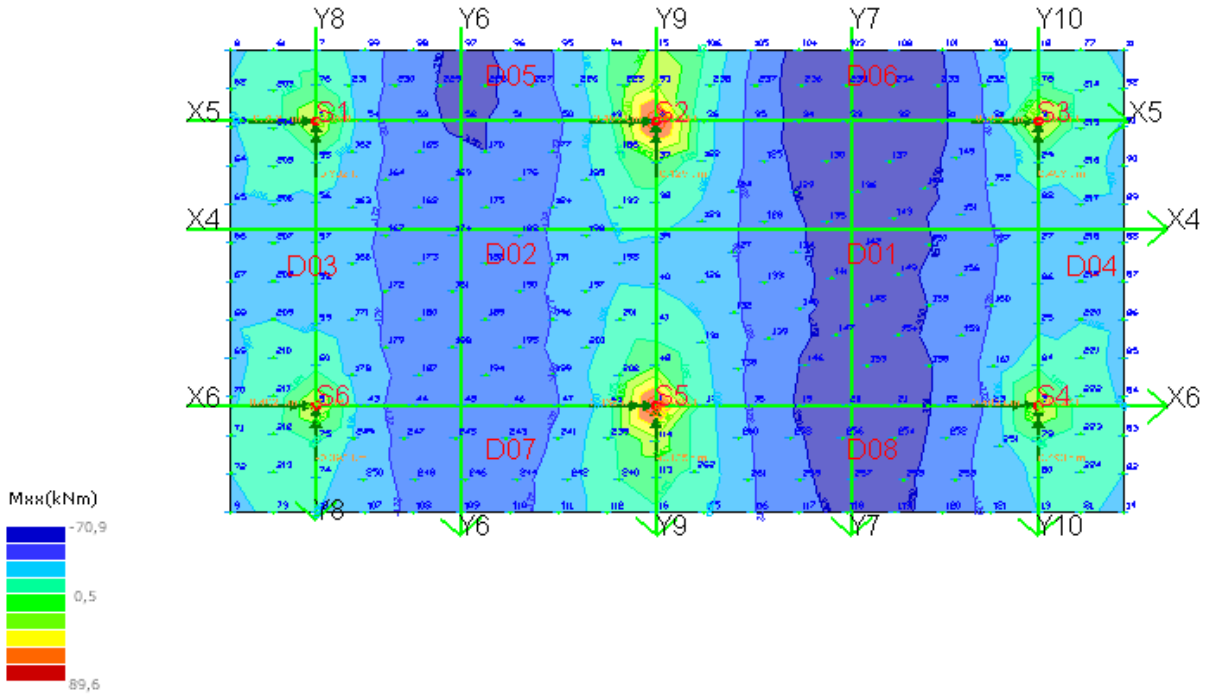
	Deplasman (m)	M_{xx} (kNm)	M_{yy} (kNm)	Zemin gerilmesi, σ (kN/m ²)
S1	-0,00349	38,70	38,50	69,80
S2	-0,003211	85,60	72,19	64,22
S3	-0,00337	40,17	42,25	67,40
S4	-0,00275	40,56	51,79	54,91
S5	-0,00258	84,50	83,28	51,60
S6	-0,00271	39,10	49,46	54,20

Birinci tip radye temel in yapısal analiz programı ile yapılan analizinden radye temelde meydana gelen düşey yer değiştirmelerin alansal dağılımı belirlenmiştir. Bu değişimin renklendirilmiş hali Şekil 2.11’de görülmektedir. Bu şekildeki renklendirmede kırmızı ile gösterilen bölgeler en küçük yer değiştirmelerin meydana geldiği bölgeyi, koyu mavi ile gösterilen alanlar ise büyük yer değiştirmelerin meydana geldiği radye temel kısımlarını göstermektedir. Bu durumda Şekil 2.11’de görüldüğü gibi maksimum yer değiştirmeler X5-Y8 ve X5-Y10 aksları arasındaki alanda meydana gelmektedir. Bu kısımdaki radye temel ucunda ise maksimum değerine (0,0038 m = 3,8 mm) ulaşmaktadır.



Şekil 2.11. Birinci tip radye temel deplasman dağılımı

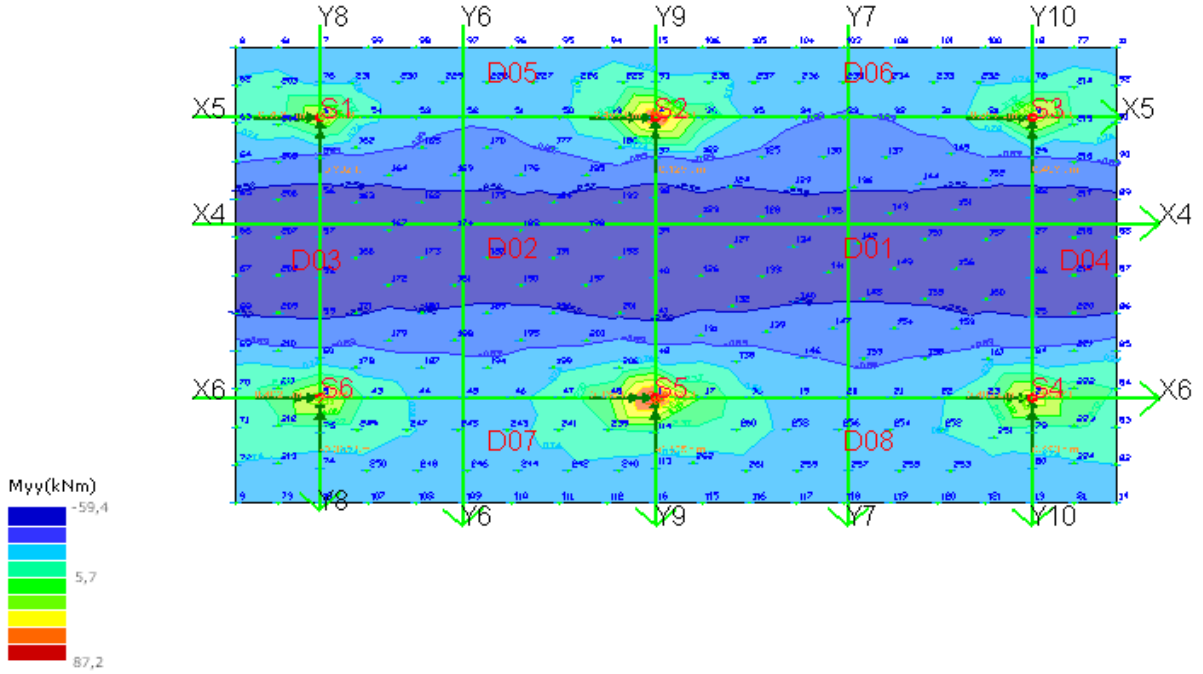
Birinci tip radye temelde meydana gelen M_{xx} eğilme momentinin alansal dağılımı Şekil 2.12’de görülmektedir. Bu şekilden görüldüğü gibi momentin alansal dağılımında kabaca kirişsiz döşemelerdeki kolon ve orta şeritlerdeki moment dağılımına benzer bir dağılım görülmektedir. Kolonların bulunduğu şeritlerde M_{xx} momentinde işaret ve değer olarak daha büyük değişiklikler meydana gelmekte, orta şeritlerde ise değişim daha küçük düzeylerde kalmaktadır. Pozitif momentin en büyük değeri S_2 ve S_5 kolonlarının tabanında ($\cong 85$ kNm) olarak gerçekleşmektedir. Negatif moment değerleri ise maksimuma açıklık şeridinde Y7 (- 70,9 kNm) ulaşmaktadır.



Şekil 2.12. Birinci tip radye temel M_{xx} dağılımı

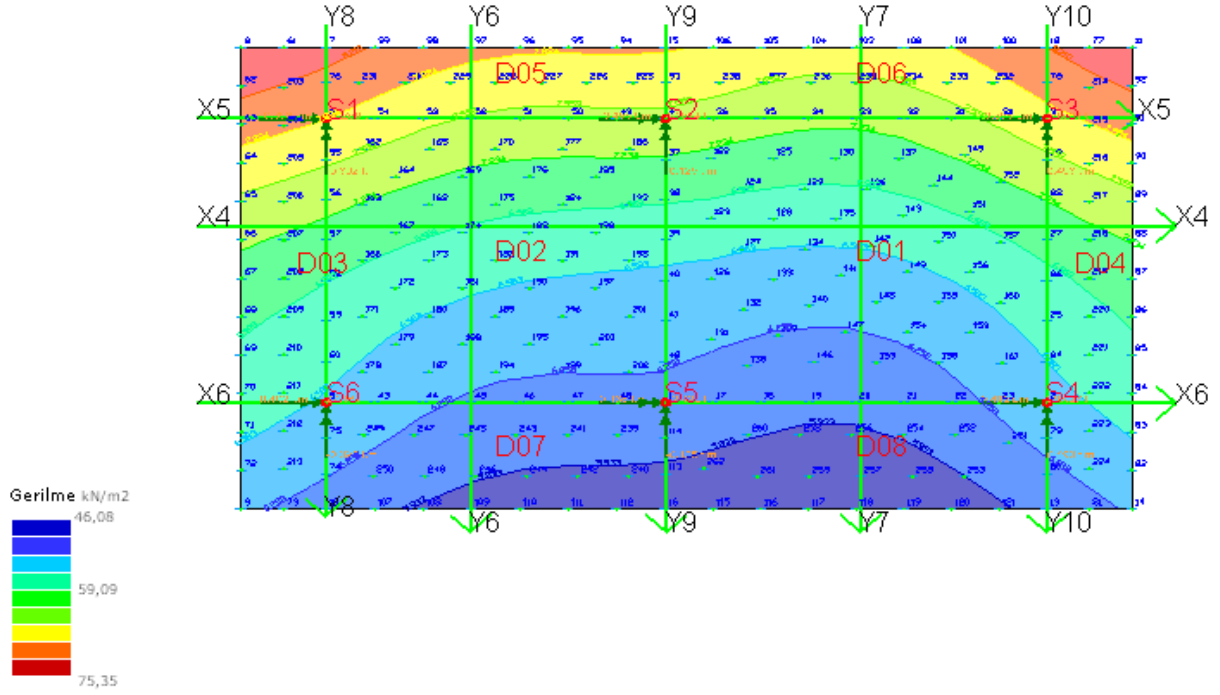
Birinci tip radye temelde meydana gelen M_{yy} eğilme momentlerinin alansal dağılımı Şekil 2.13’de görülmektedir. Bu doğrultuda da M_{xx} momentinde olduğu gibi kolonların bulunduğu kısımlar kolon şeridi, orta kısım ise orta şerit gibi çalışmaktadır. Bu şekilden de görüldüğü gibi eğilme momentinin maksimum değeri kolon tabanında meydana gelmiştir.

Yine S_2 ve S_5 kolonlarının tabanları en büyük eğilme momentinin meydana geldiği kısımlar olmaktadır.



Şekil 2.13. Birinci tip radye temel M_{yy} dağılımı

Birinci tip radye temel tabanında zeminde meydana gelen gerilmenin alansal dağılımı Şekil 2.14'de görülmektedir. Bu şekil düşey yer değiştirme şekliyle karşılaştırıldığında renklendirme tersi gibi olsa da hemen hemen aynı dağılım görülür. Bu da sonuçların birbiriyle uyumlu olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla maksimum gerilme değerleri de X5-Y8 ve X5-Y10 akslarının uçlarında meydana gelmiştir.



Şekil 2.14. Birinci tip radye temel zemin gerilmesi dağılımı

2.1.3. Birinci Tip Radye Temelin SAP2000 Programı ile Yapılan Analizi

Birinci sayısal uygulamaya konu olan radye temelin sonlu elemanlar yöntemiyle SAP2000 (2005) programını kullanarak yapısal analizi gerçekleştirilmiştir.

Birinci tip radye temelin SAP2000 program parametreleri;

Boyutlar : 5,2 m x 8,4 m

Radye kalınlığı : H = 0,5 m

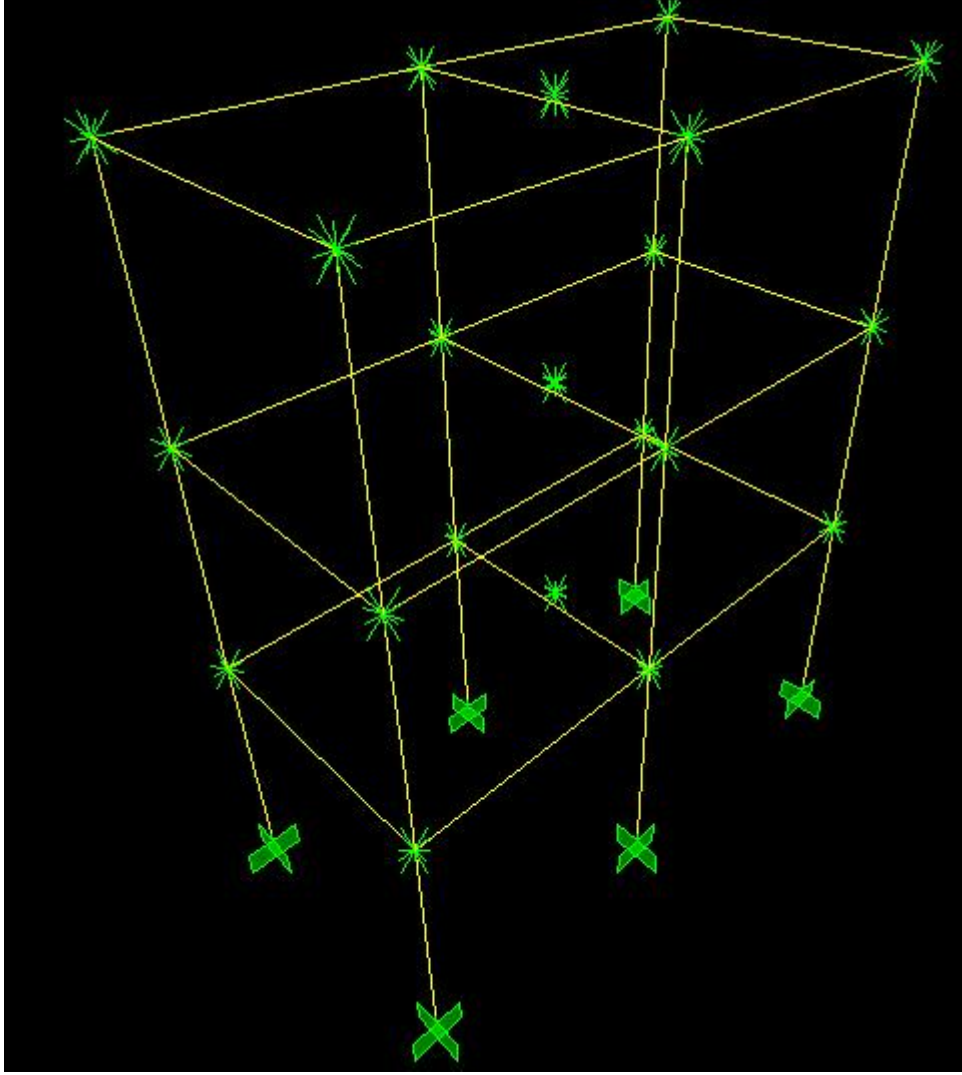
Zemin Yatak katsayısı (k) : 20.000 kN/m³

Poisson Oranı : 0,2

Elastisite Modülü : 32.000.000 kPa

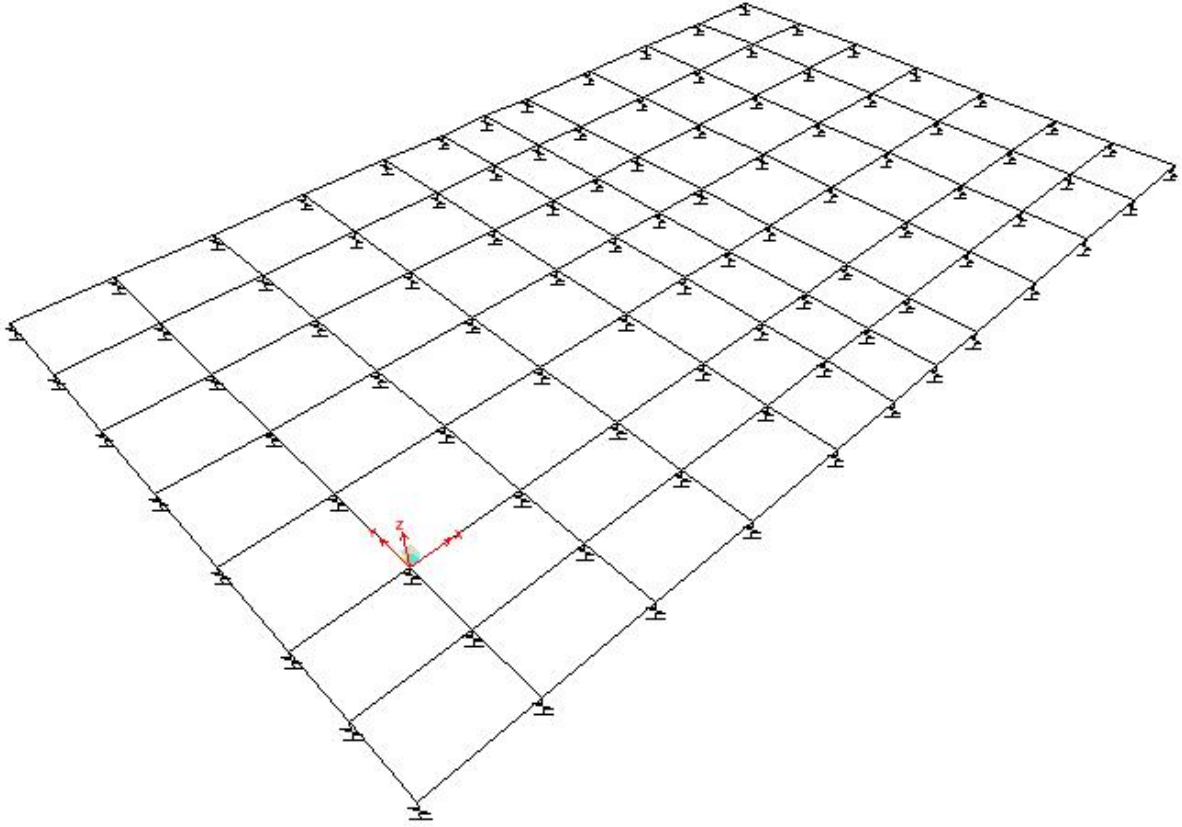
Tipi : Kalın plak (Shell/Plate-Thick, Mebrane: 0,5 m, Bending : 0,5 m)

SAP2000 programı ile üst yapının modellendirilmesi Şekil 2.15’de görülmektedir.



Şekil 2.15. Bina modeli

Bu bağlamda radye temel Şekil 2.16’da görüldüğü gibi modellenmiştir. Bu şekilde de görüldüğü gibi radye temel altındaki zemin yaylarla modellenmiştir. Bu yayların rijitliği için zemin cinsine bağlı olarak tanımlanan yatak katsayısından yararlanılmaktadır.



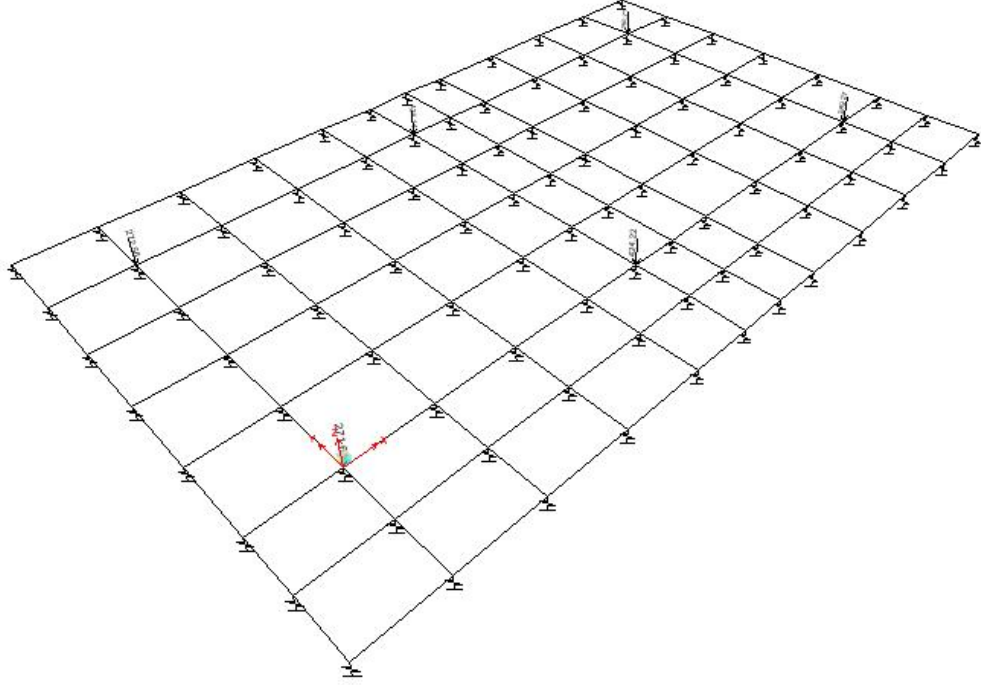
Şekil 2.16. Birinci tip radye temelin SAP2000 modeli

Birinci tip radye temelin SAP2000 ile yapılan çözümünden kolonların altında elde edilen deplasman, eğilme momenti ve gerilme değerleri toplu olarak Tablo 2.4'de verilmektedir.

Tablo 2.4. Birinci radye temel tipi SAP2000 çözüm sonuçları

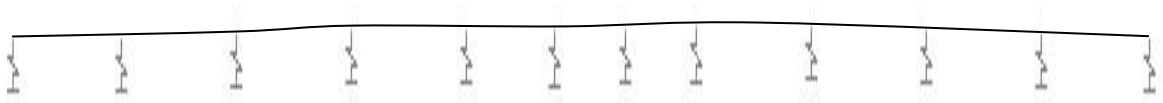
	Deplasman (m)	M_{xx} (kNm)	M_{yy} (kNm)	Zemin gerilmesi (kN/m ²)
S1	-0,0028	33,651	33,554	55,778
S2	-0,0026	74,435	61,025	52,732
S3	-0,0027	34,915	36,733	54,827
S4	-0,0021	35,123	46,411	42,127
S5	-0,0020	73,423	72,410	39,993
S6	-0,0021	34,066	43,013	42,895

Temele etkiyen düşey yükler Şekil 2.17’de görüldüğü gibi modele yüklenmiştir.



Şekil 2.17. Birinci tip radye temel yüklemeleri SAP2000

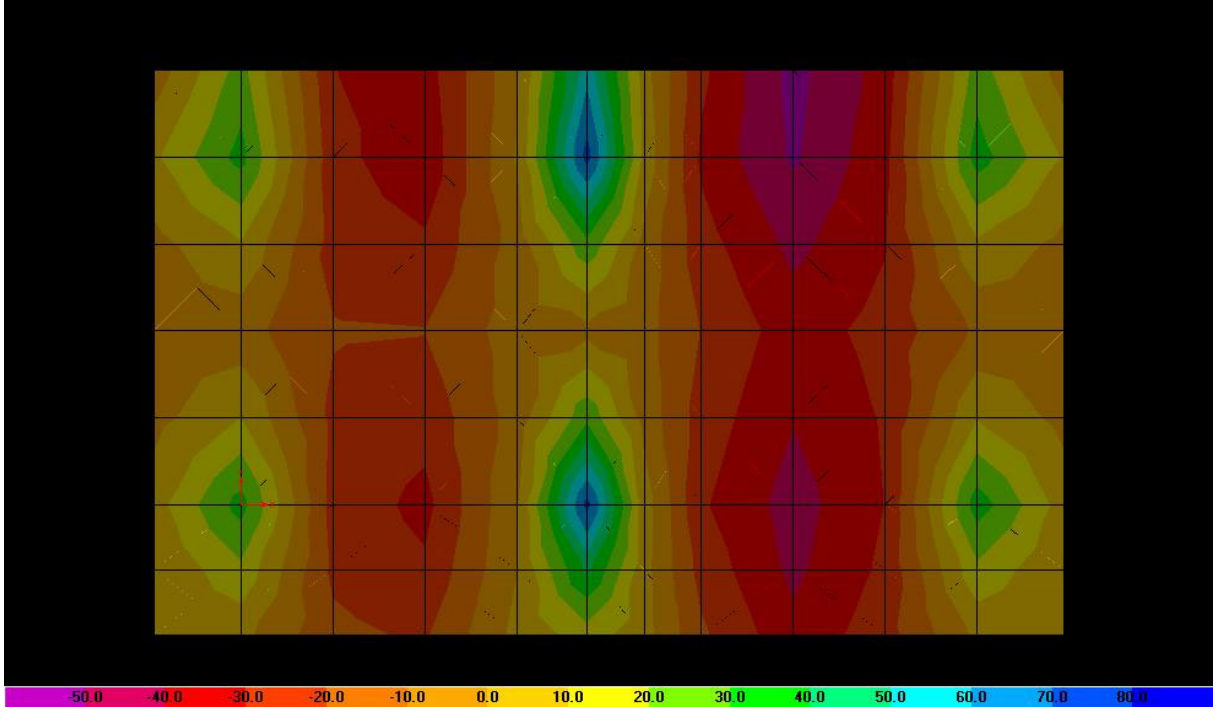
SAP2000’le yapılan çözümleme sonucunda elde edilen deplasman şekli bir kesit üzerinde Şekil 2.18’de görülmektedir.



Şekil 2.18. Birinci tip radye temel xz deplasman diyagramı SAP2000

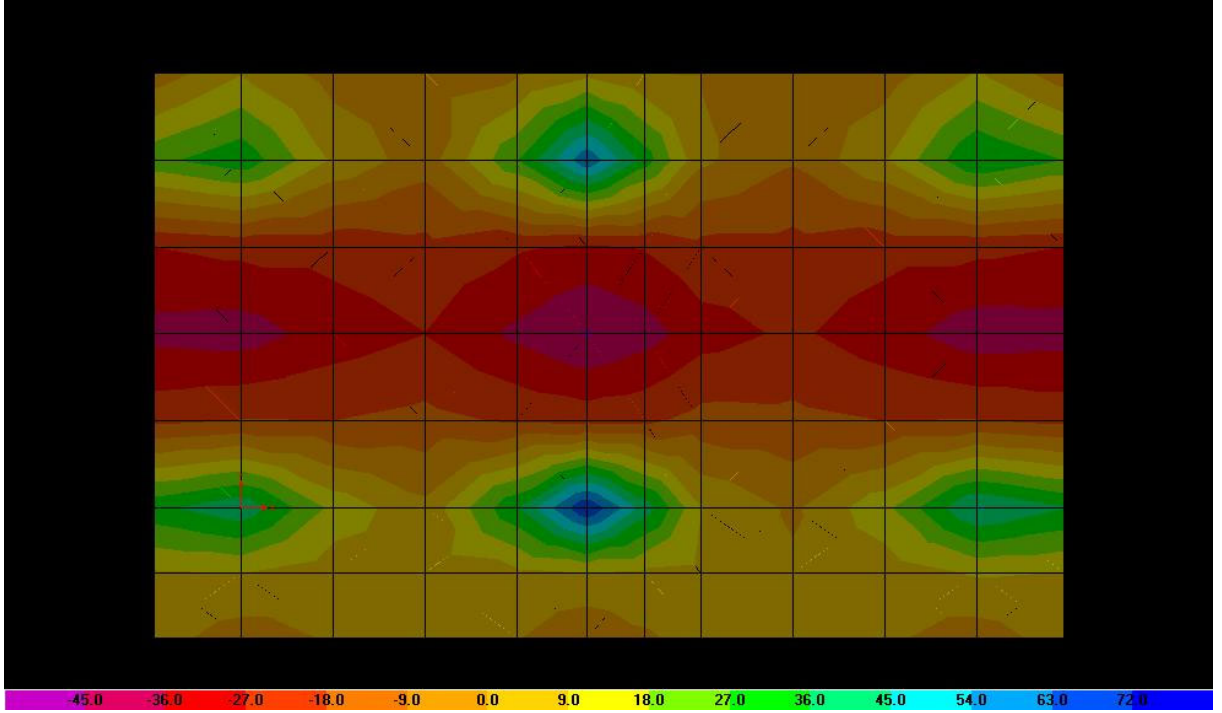
Birinci tip radye temelde meydana gelen M_{xx} eğilme momentinin alansal dağılımı Şekil 2.19’da görülmektedir. Bu şekilde görüldüğü gibi x doğrultusundaki pozitif en büyük momentlerin S_2 ve S_5 kolonlarında olduğu görülüyor ($\cong 74$ kNm). Negatif momentin en

büyük değeri $S_2 - S_3$ kolonları arasında kalan y doğrultusu boyunca şeridin uç kısmında görülüyor ($\cong -50$ kNm).



Şekil 2.19. Birinci tip radye temel M_{xx} moment dağılımı SAP2000

Birinci tip radye temelde meydana gelen M_{yy} eğilme momentlerinin alansal dağılımı Şekil 2.20’de görülmektedir. PROBİNA programına benzer olduğu gibi bu doğrultuda da M_{xx} momentinde olduğu gibi kolonların bulunduğu kısımlar kolon şeridi, orta kısım ise orta şerit gibi çalışmaktadır. Eğilme momentinin maksimum değeri kolon tabanında meydana gelmiştir. Yine S_2 ve S_5 kolonlarının tabanları en büyük eğilme momentinin meydana geldiği kısımlar olmaktadır.



Şekil 2.20. Birinci tip radye temel M_{yy} moment dağılımı SAP2000

2.1.4. Birinci Tip Radye Temelin SAFE Programı ile Yapılan Analizi

Birinci sayısal uygulamaya konu olan radye temelin sonlu elemanlar yöntemiyle SAFE (2004) programını kullanarak yapısal analizi gerçekleştirilmiştir.

Birinci tip radye temelin SAFE program parametreleri;

Boyutlar : 5,2 m x 8,4 m

Radye kalınlığı : H = 0,5 m

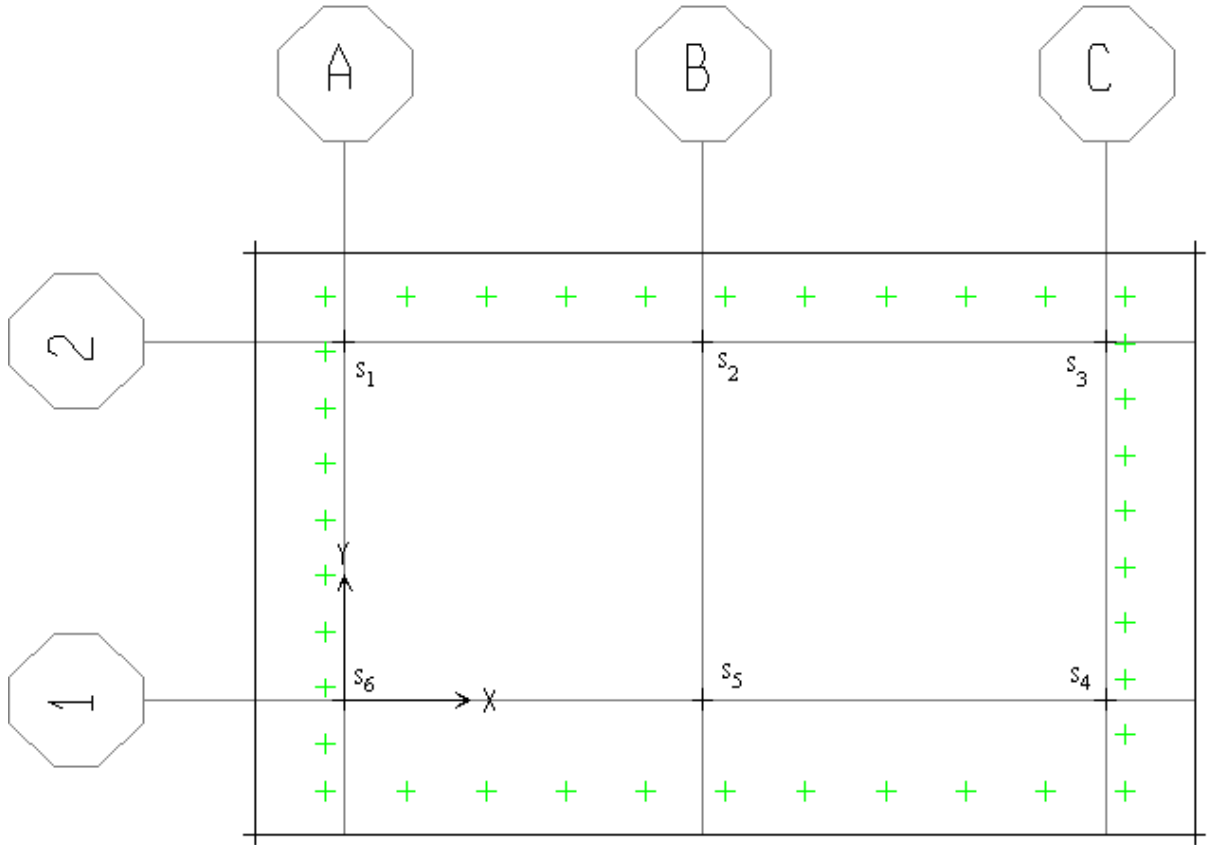
Zemin Yatak katsayısı (k) : 20.000 kN/m³

Poisson Oranı : 0,2

Elastisite Modülü : 32.000.000 kPa

Tipi : Kalın plak (Shell/Plate-Thick, Mebrane: 0,5 m, Bending : 0,5 m)

SAFE programı ile radye temel plağının modellendirilmesi Şekil 2.21'de görülmektedir.



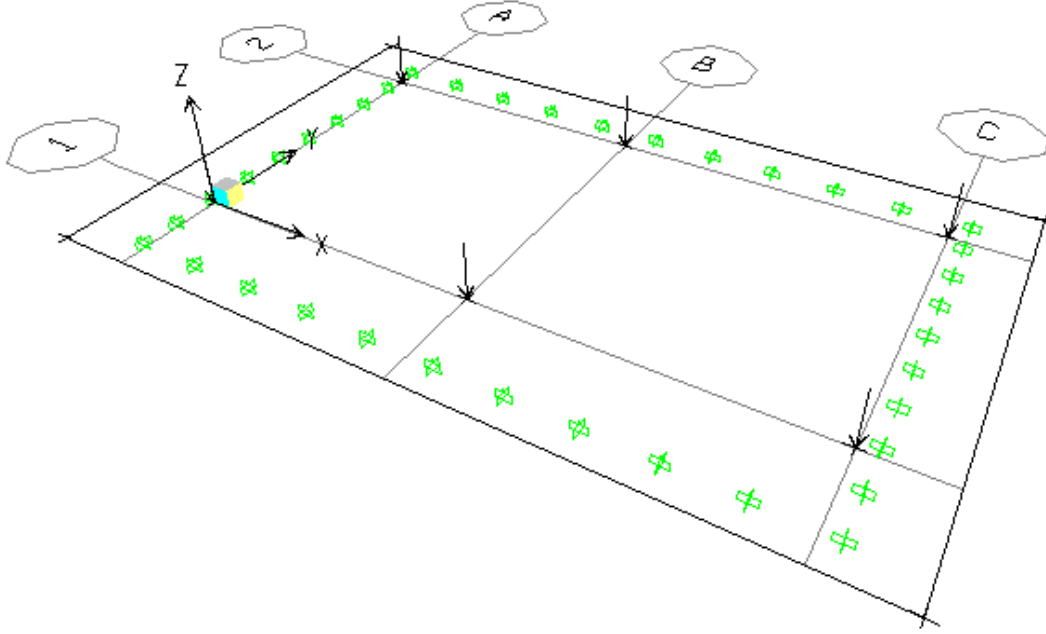
Şekil 2.21. Birinci tip radye temel planı SAFE

Birinci tip radye temel için SAFE ile yapılan çözümünden kolonların altında elde edilen deplasman, eğilme momenti ve gerilme değerleri toplu olarak Tablo 2.5’de verilmektedir.

Tablo 2.5. Birinci radye temel tipi SAFE çözüm sonuçları

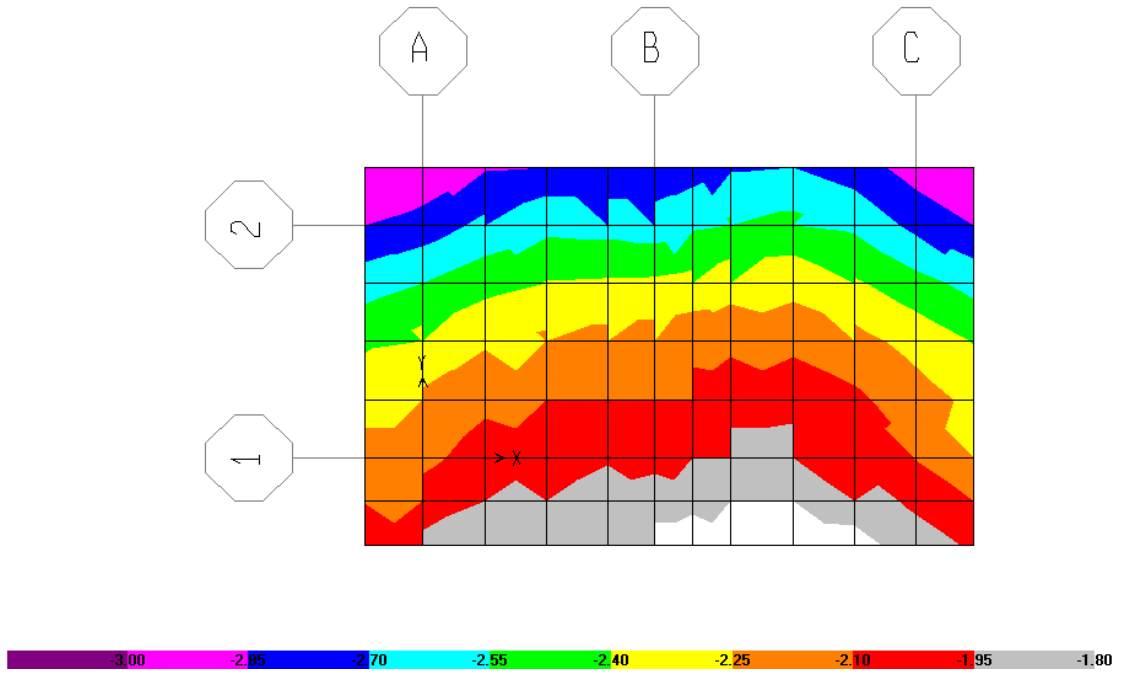
	Deplasman (m)	M_{xx} (kNm)	M_{yy} (kNm)	Zemin gerilmesi (kN/m ²)
S1	-0,0028	33,656	33,551	55,778
S2	-0,0026	74,435	61,062	52,732
S3	-0,0027	34,939	36,746	54,827
S4	-0,0021	35,273	46,456	42,127
S5	-0,0020	73,552	72,425	39,993
S6	-0,0021	34,069	43,011	42,895

SAFE programını kullanarak yapılan yapısal çözümlemede radye temele etkiyen düşey yükler Şekil 2.22'de görüldüğü gibi dikkate alınmıştır.



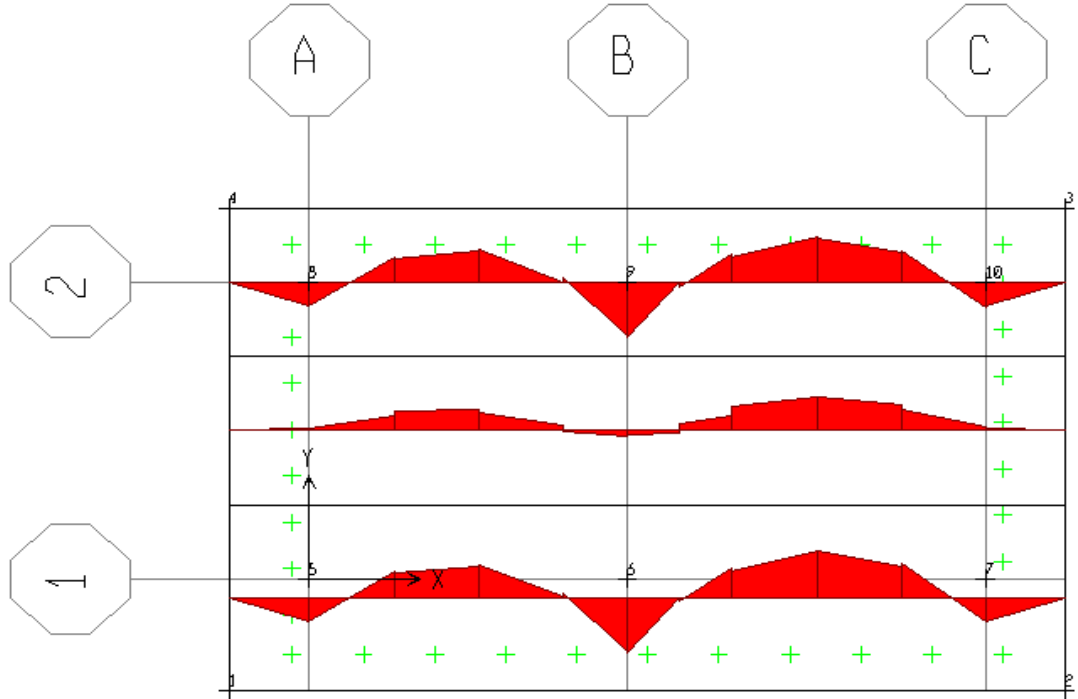
Şekil 2.22. Birinci tip radye temel yüklemesi SAFE

Birinci tip radye temelin yapısal analiz programı ile yapılan analizinden radye temelde meydana gelen düşey yer değiştirmelerin alansal dağılımı belirlenmiştir. Bu değişim renklendirilmiş hali Şekil 2.23'de görülmektedir. Bu şekildeki renklendirmede beyaz ile gösterilen bölgeler en küçük yer değiştirmelerin meydana geldiği bölgeyi, pembe ile gösterilen alanlar ise büyük yer değiştirmelerin meydana geldiği radye temel kısımlarını göstermektedir. Bu şekildeki deplasman dağılımı incelendiğinde 2-2 Aksı boyunca özellikle A ve C köşelerinde deplasmanların büyük değerler aldığı görülmektedir.



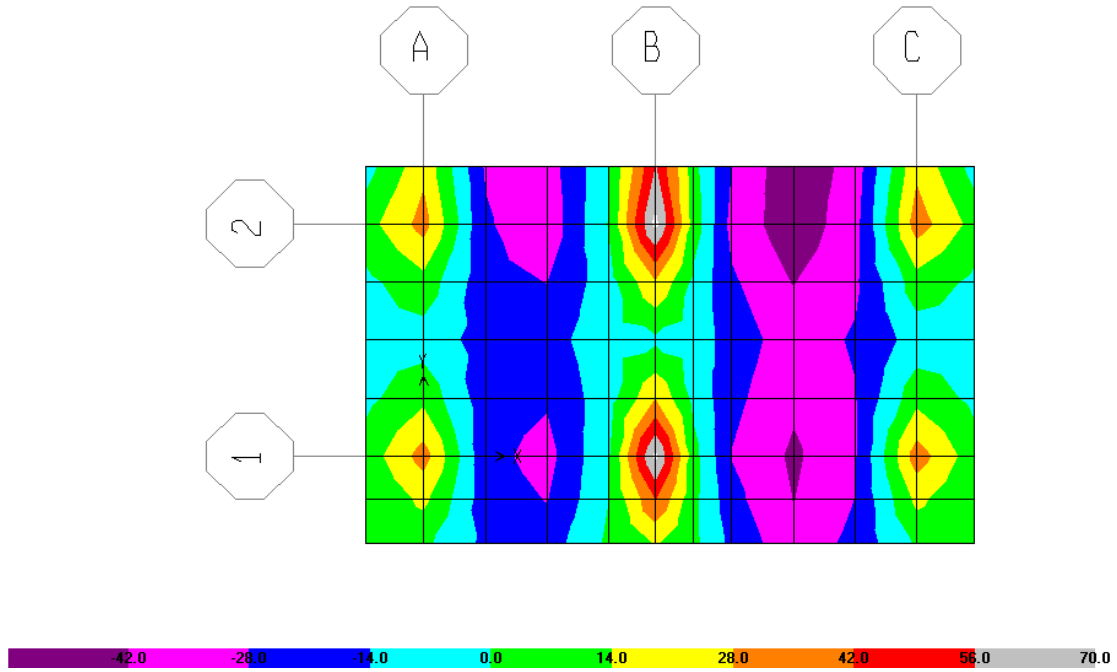
Şekil 2.23. Birinci tip radye temel deplasman dağılımı SAFE

Birinci tip radye temelde meydana gelen M_{xx} eğilme momentinin diyagramı Şekil 2.24'de görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi en büyük pozitif moment değerleri 1B ve 2B kolonların bulunduğu kısımda görülmüştür.



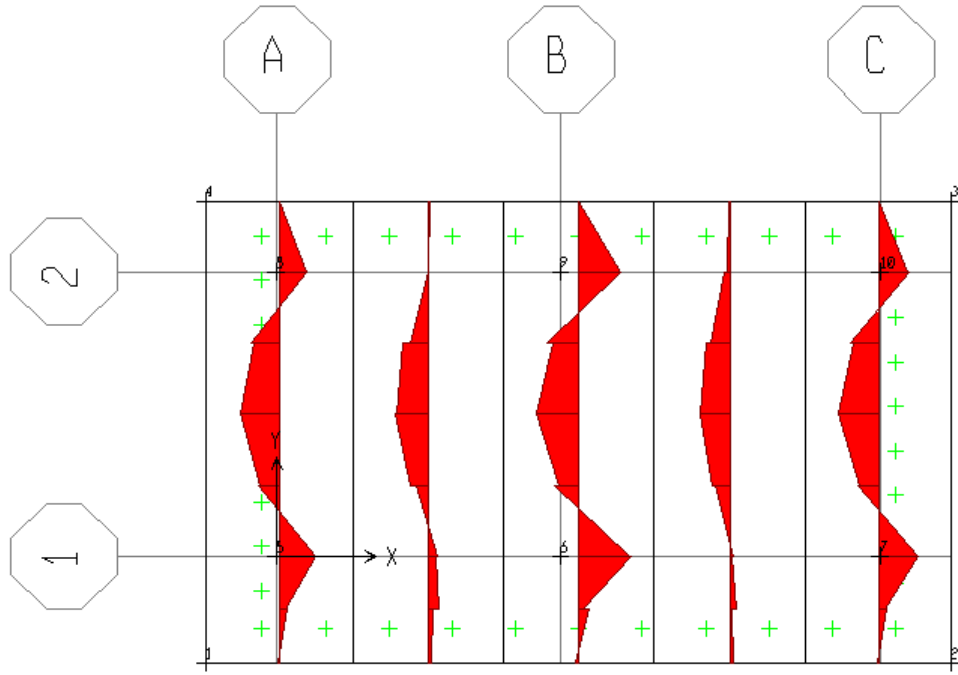
Şekil 2.24. Birinci tip radye temel M_{xx} açıklık moment diyagramı SAFE

Birinci tip radye temelde meydana gelen M_{xx} eğilme momentinin alansal dağılımı Şekil 2.25’de görülmektedir. Bu şekilde görüldüğü gibi x doğrultusundaki pozitif en büyük momentler S_2 ve S_3 kolonlarında görülüyor ($\cong 74 \text{ kNm}$). Negatif momentin en büyük değeri $S_2 - S_3$ kolonları arasında kalan y doğrultusu boyunca şeridin uç kısmında görülüyor ($\cong -50 \text{ kNm}$).



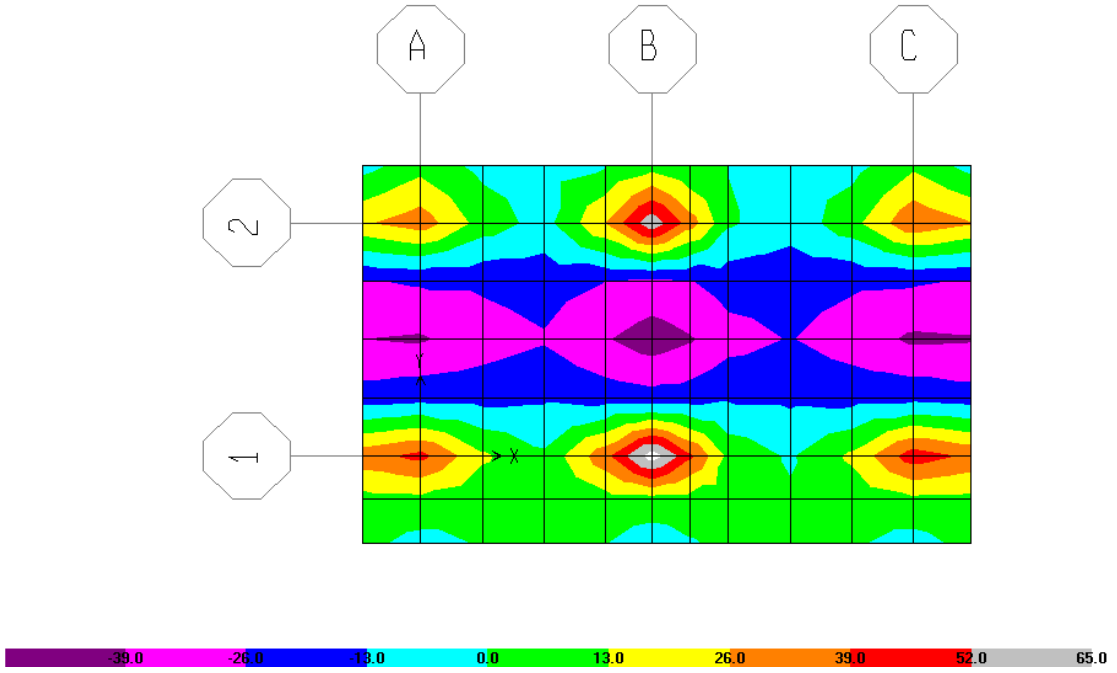
Şekil 2.25. Birinci tip radye temel M_{xx} dağılımı SAFE

Birinci tip radye temelde meydana gelen M_{yy} eğilme momentinin diyagramı Şekil 2.26’da görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi 1 ve 2 aksları arasında kalan bölgede momentler negatif değerler almaktadır.



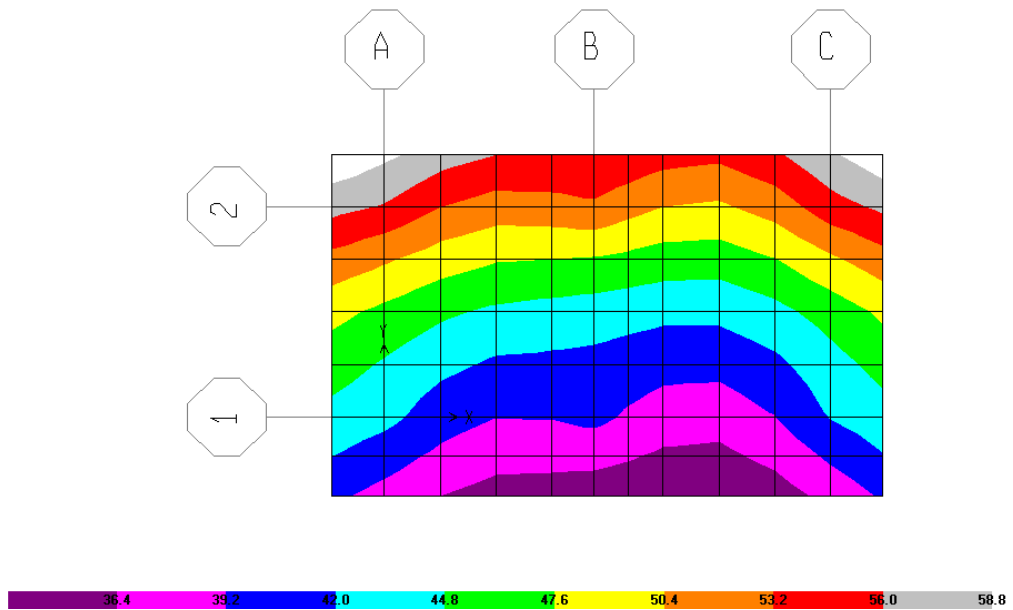
Şekil 2.26. Birinci tip radye temel M_{yy} açıklık moment diyagramı SAFE

Birinci tip radye temelde meydana gelen M_{yy} eğilme momentlerinin alansal dağılımı Şekil 2.27’de görülmektedir. Şekilden momentlerin 1B ve 2B noktalarında maksimum pozitif değerler aldığı görülmektedir. M_{yy} momentinin en küçük olduğu değer ($\cong -39$ kNm) koyu pembe ile gösterilen kısımda gerçekleşmektedir.



Şekil 2.27. Birinci tip radye temel M_{yy} dağılımı SAFE

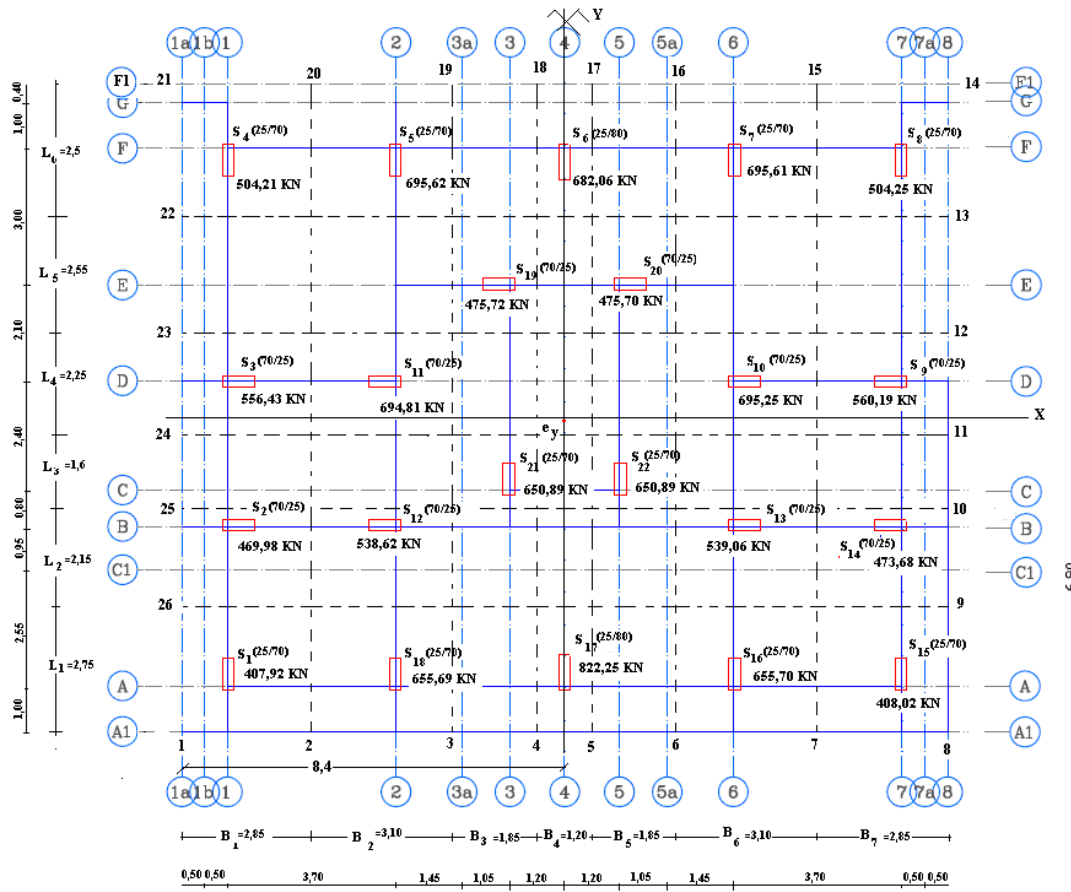
Birinci tip radye temel için SAFE programı kullanılarak elde edilen zeminde meydana gelen gerilmenin alansal dağılımı Şekil 2.28'de görülmektedir. Bu şekil düşey yer değiştirme şekliyle karşılaştırıldığında hemen hemen aynı dağılım görülür. Bu da sonuçların birbirine uyumlu olduğunu göstermektedir. Şekilde de görüldüğü üzere kolonlar içinde en az gerilme 1-B'de olan S_5 kolonunda görülüyor.



Şekil 2.28. Birinci tip radye temel zemin gerilmeleri dağılımı SAFE

2.2. İkinci Tip Radye Temelin Hesap ve Tasarımı

İkinci tip radye temel uygulanmış bir projeden alınmıştır. Proje PROBİNA programı kullanılarak 3 katlı ve temel sistemi kirişsiz radye temel olan bir bina çözümlemesi yapılmıştır. Bu çözümlemeden radye temele gelen yükler alınarak rijit çözüm, SAP2000 ve SAFE programlarında kullanılmıştır. Tez kapsamında yapısal çözümlemesi yapılacak olan ikinci tip radye temelin (RT2) plan görünümü Şekil 2.29’da görülmektedir.



Şekil 2.29. İkinci tip radye temel planı

İkinci tip radye temelin parametreleri;

Radye temel boyutları $\Rightarrow B = 16,8 \text{ m}$, $L = 13,8 \text{ m}$

Radye kalınlığı $\Rightarrow H = 0,60 \text{ m}$

$$\sigma_{em(net)} = 100 \text{ kN/m}^2$$

Beton sınıfı: C30

Kolonlara gelen yükler;

Tablo 2.6. Kolonlara gelen yükler

KOLON ADI	BOYUT (m)	1,4G+1,6Q (kN)
S1	0,25x0,7	407,92 kN
S2	0,7x0,25	469,98 kN
S3	0,7x0,25	556,43 kN
S4	0,25x0,7	504,21 kN
S5	0,25x0,7	695,62 kN
S6	0,25x0,8	682,06 kN
S7	0,25x0,7	695,62 kN
S8	0,25x0,7	504,25 kN
S9	0,7x0,25	560,19 kN
S10	0,7x0,25	695,25 kN
S11	0,7x0,25	694,81 kN
S12	0,7x0,25	538,62 kN
S13	0,7x0,25	539,06 kN
S14	0,7x0,25	473,68 kN
S15	0,25x0,7	408,02 kN
S16	0,25x0,7	655,70 kN
S17	0,25x0,8	822,25 kN
S18	0,25x0,7	655,69 kN
S19	0,7x0,25	475,72 kN
S20	0,7x0,25	475,70 kN
S21	0,25x0,7	650,89 kN
S22	0,25x0,7	650,89 kN

2.2.1. İkinci Tip Radye Temelin Rijit Yöntem Kullanılarak Çözümlemesi

A – Taban Basınçlarının Belirlenmesi

$$\text{Temel alanı: } L \cdot B \Rightarrow 13,8 \times 16,80 = 231,84 \text{ m}^2$$

Toplam kolon yükü:

$$S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8 + S_9 + S_{10} + S_{11} + S_{12} + S_{13} + S_{14} + S_{15} + S_{16} + S_{17} + S_{18} + S_{19} + S_{20} + S_{21} + S_{22}$$

$$\Sigma S = 12.812,55 \text{ kN}$$

$$I_x = \frac{B \cdot L^3}{12} = \frac{16,8 \cdot 13,8^3}{12} = 3.679,30 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{B^3 \cdot L}{12} = \frac{16,8^3 \cdot 13,8}{12} = 5.452,87 \text{ m}^4$$

$$x' = \frac{(S_1 + S_2 + S_3 + S_4) \cdot 1 + (S_{18} + S_{12} + S_{11} + S_5) \cdot 4,7 + (S_{21} + S_{19}) \cdot 7,2 + (S_{17} + S_6) \cdot 8,4 + (S_{22} + S_{20}) \cdot 9,6 + (S_{16} + S_{13} + S_{10} + S_7) \cdot 12,1 + (S_{15} + S_{14} + S_9 + S_8) \cdot 15,8}{12.812,55} \text{ kN}$$

$$x' = 8,4 \text{ m} \quad e_x = x' - \frac{B}{2} = 8,4 - \frac{16,8}{2} = 0 \text{ m}$$

$$y' = \frac{(S_1 + S_{18} + S_{17} + S_{16} + S_{15}) \cdot 1 + (S_2 + S_{12} + S_{13} + S_{14}) \cdot 4,5 + (S_{21} + S_{22}) \cdot 5,3 + (S_3 + S_{11} + S_{10} + S_9) \cdot 7,7 + (S_{19} + S_{20}) \cdot 9,8 + (S_4 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8) \cdot 12,8}{12.812,55}$$

$$y' = 6,8 \text{ m} \quad e_y = y' - \frac{L}{2} = 6,8 - \frac{13,8}{2} = -0,1 \text{ m}$$

$$M_x = Q \cdot e_y = 12.812,55 \cdot 0,1 = 1.281,25 \text{ kNm}$$

$$M_y = Q \cdot e_x = 12.812,55 \cdot 0 = 0 \text{ kNm}$$

Taban basıncı dağılımı x ve y koordinatlarına bağlı olarak aşağıdaki bağıntı yardımıyla belirlenebilir.

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x \cdot y}{I_x} \pm \frac{M_y \cdot x}{I_y} = \frac{12.812,55}{231,84} \pm \frac{1.281,25 \cdot y}{3.679,30} \pm \frac{0 \cdot x}{5.452,87} = 55,26 \pm 0,34 \cdot y \pm 0$$

$$q_{S1} = 55,26 + 0,34 \cdot 5,9 = 57,26 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow q_{S1} = q_{S18} = q_{S17} = q_{S16} = q_{S15}$$

$$q_{S2} = 55,26 + 0,34 \cdot 2,4 = 56,076 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow q_{S2} = q_{S12} = q_{S13} = q_{S14}$$

$$q_{S21} = 55,26 + 0,34 \cdot 1,6 = 55,8 \text{ kN/m}^2 = q_{S22}$$

$$q_{S3} = 55,26 + 0,34 \cdot 0,8 = 54,98 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow q_{S3} = q_{S11} = q_{10} = q_{S9}$$

$$q_{S20} = 55,26 + 0,34 \cdot 2,9 = 54,27 \text{ kN/m}^2 = q_{S19}$$

$$q_{S4} = 55,26 + 0,34 \cdot 5,9 = 53,25 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow q_{S4} = q_{S5} = q_{S6} = q_{S7} = q_{S8}$$

Zeminde meydana gelen taban basıncının net zemin emniyet gerilmesini aşmış olduğunun kontrolü için temelin dört köşesindeki taban basınçları aşağıdaki gibi belirlenebilir.

$$q_1 = 55,26 + 0,34 \cdot 6,9 = 57,6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_8 = 55,26 + 0,34 \cdot 6,9 = 57,6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{14} = 55,26 - 0,34 \cdot 6,9 = 52,91 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{21} = 55,26 - 0,34 \cdot 6,9 = 52,91 \text{ kN/m}^2$$

Yukarıdaki değerlere göre maksimum taban basıncı $57,6 \text{ kN/m}^2$ olmaktadır. Bu değer de dikkate alınan zemin emniyet gerilmesinden ($q < \sigma_{em(net)} = 100 \text{ kN/m}^2$) küçüktür.

B – Zımbalama denetiminin gerçekleştirilmesi:

Kesme açısından temelin yeterli olup olmadığının denetimi için eksenel kuvvetin en büyük değerde olduğu S_{17} kolonu için zımbalama denetimi yapılmıştır. Zımbalama denetimi için beton örtü kalınlığı 50 mm olarak seçilmiştir.

Bu kolon için zımbalama denetimi aşağıdaki gibi gerçekleştirilebilir:

$H = 600$ mm ($d=550$ mm) varsayılacak

$$b_1 = (250 + 550) = 800 \text{ mm}$$

$$b_2 = (700 + 550) = 1.250 \text{ mm}$$

$$U_p = (b_1 + b_2) \cdot 2 = (1.250 + 800) \cdot 2 = 4.100 \text{ mm}$$

$$A_p = b_1 \times b_2 = 0,80 \times 1,25 = 1 \text{ m}^2$$

$$V_{pr} = \frac{\gamma \cdot f_{ctd} \cdot U_p \cdot d}{1.000} = \frac{1 \cdot 12,5 \cdot 410 \cdot 55}{1.000} = 281,87 \text{ t} \cong 2.818,7 \text{ kN}$$

$$\sigma_z \approx \frac{1.281,25}{16,8 \cdot 13,8} = 5,52 \text{ t/m}^2$$

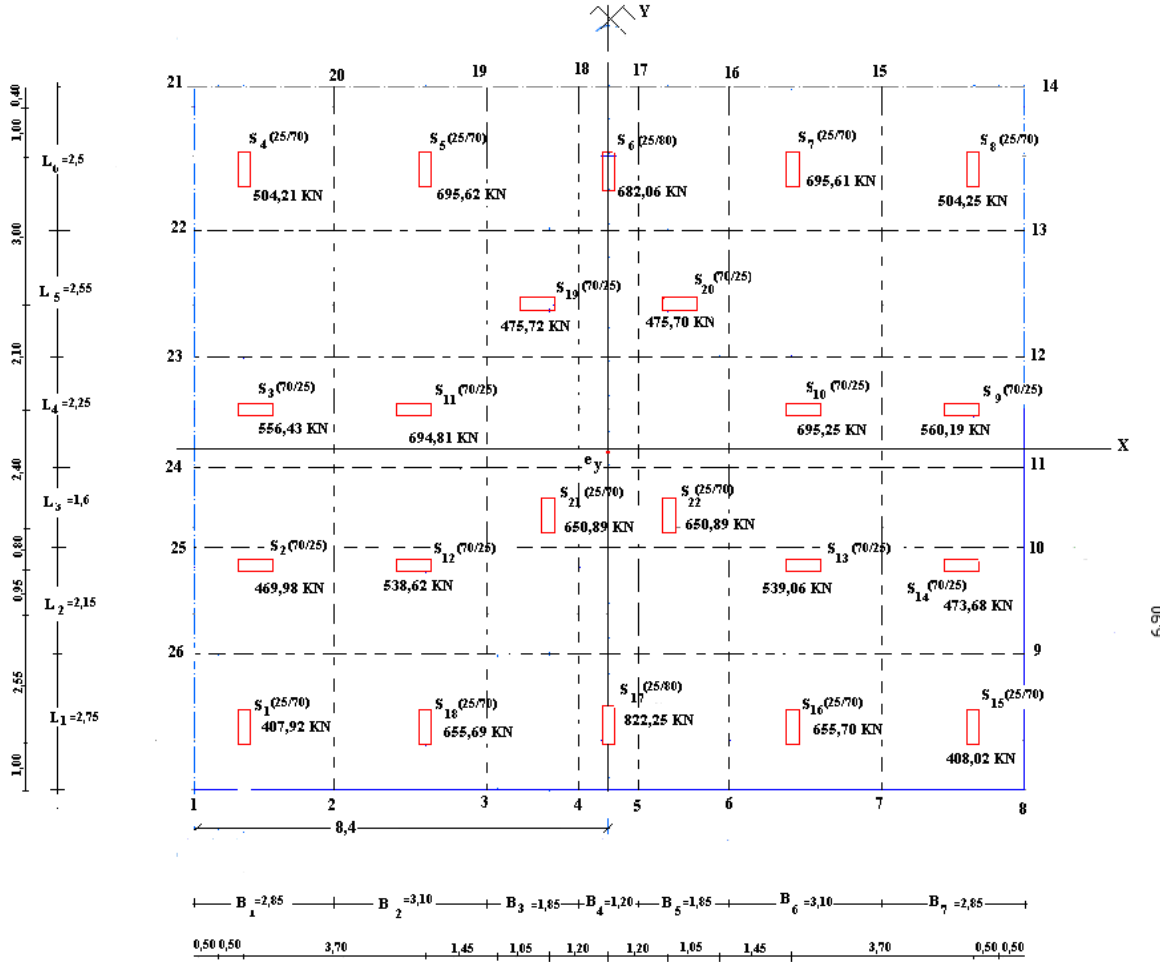
$$V_{pd} = N_d - \sigma_z \cdot A_p = 82,22 - 5,52 \cdot 1 = 76,70 \text{ t} \cong 767,0 \text{ kN}$$

$V_{pr} > V_{pd}$ Olduğundan $H = 0,60$ m uygundur.

C – Kesme kuvveti ve moment diyagramlarının çizimi:

Eğilme momentlerinin belirlenmesi için rijit çözümleme de dikkate alınış şekiller

Şekil 2.30'da verilmiştir.



Şekil 2.30. İkinci radye temel şeritlerine ayrılmış görüntüsü

Radye temeli y yönünde şeritlere bölünm

[1,2,20,21] şeridi $B_1 = 2,85$ m

$$q_{ort} = \frac{q_{S1} + q_{S2} + q_{S3} + q_{S4}}{4} = \frac{57,26 + 56,076 + 54,98 + 53,25}{4} = 55,39 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot B_1 \cdot L = 55,39 \cdot 2,85 \cdot 13,8 = 2.178,48 \text{ kN}$$

Şeritteki toplam kolon yükü

$$\Rightarrow Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3} + Q_{S4} = 407,92 + 469,98 + 556,43 + 504,21 = 1.938,54 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{2.178,48 + 1.938,54}{2} = 2.058,51 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmis} = \frac{ort.yük}{B_1 \cdot L} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmis} = \frac{2.058,51}{2,85 \cdot 3,8} = 52,34 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{Ort.yük}{Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3} + Q_{S4}} = \frac{2.058,51}{1.938,54} = 1,06$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

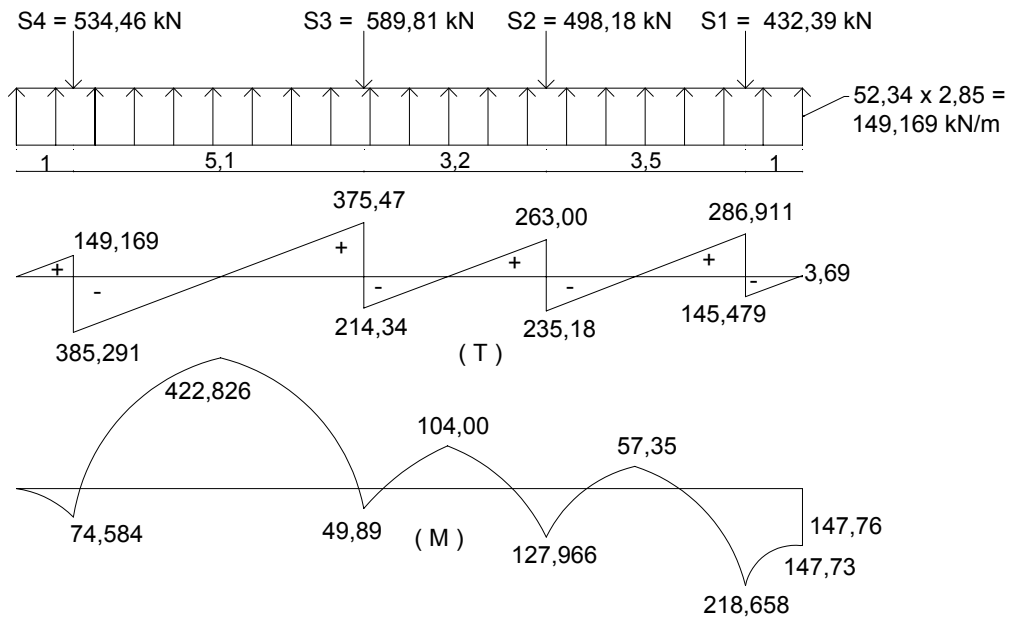
$$Q_{düzS1} = F \cdot Q_{S1} = 1,06 \cdot 407,92 = 432,39 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS2} = F \cdot Q_{S2} = 1,06 \cdot 469,98 = 498,18 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS3} = F \cdot Q_{S3} = 1,06 \cdot 556,43 = 589,81 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS4} = F \cdot Q_{S4} = 1,06 \cdot 504,21 = 534,46 \text{ kN}$$

[1,2,20,21] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.31'de görülmektedir.



Şekil 2.31. İkinci tip radye y eksenini doğrultusunda [1,2,20,21] şeridinin M,T diyagramları

[2,3,19,20] şeridi $B_2 = 3,1$ m

$$q_{ort} = \frac{q_{S18} + q_{S12} + q_{S11} + q_{S5}}{4} = \frac{57,26 + 56,076 + 54,98 + 53,25}{4} = 55,39 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot B_2 \cdot L = 55,39 \cdot 3,1 \cdot 13,8 = 2.369,58 \text{ kN}$$

Şeritteki toplam kolon yükü

$$\Rightarrow Q_{S18} + Q_{S12} + Q_{S11} + Q_{S5} = 655,69 + 538,62 + 694,81 + 695,62 = 2.584,74 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{2.369,58 + 2.584,74}{2} = 2.477,16 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{ort.yük}{B_2 \cdot L} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{2.477,16}{3,1 \cdot 13,8} = 57,90 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{Ort.yük}{Q_{S18} + Q_{S12} + Q_{S11} + Q_{S5}} = \frac{2.477,16}{2.584,74} = 0,96$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

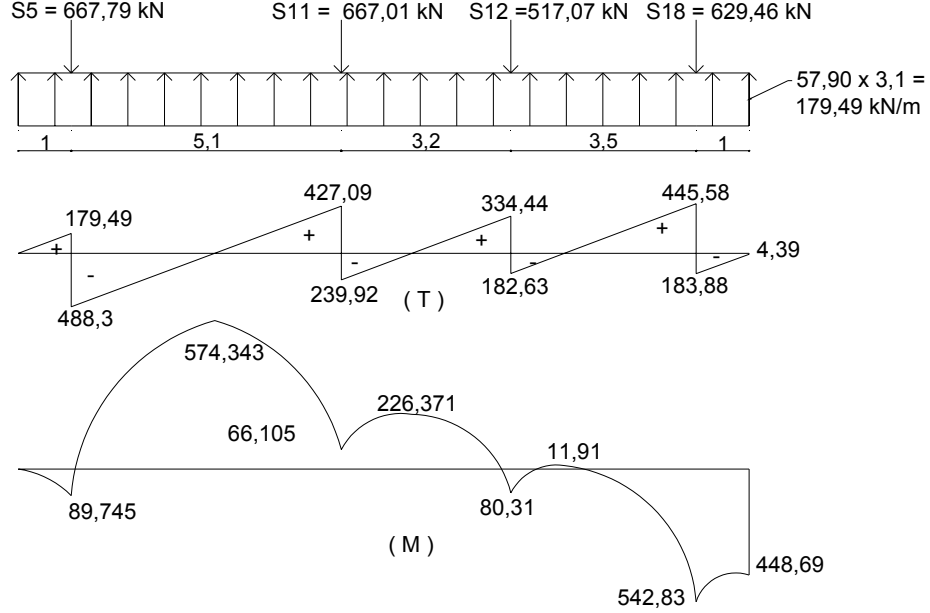
$$Q_{düzS18} = F \cdot Q_{S18} = 0,96 \cdot 655,69 = 629,46 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS12} = F \cdot Q_{S12} = 0,96 \cdot 538,62 = 517,07 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS11} = F \cdot Q_{S11} = 0,96 \cdot 694,81 = 667,01 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS5} = F \cdot Q_{S5} = 0,96 \cdot 695,62 = 667,79 \text{ kN}$$

[2,3,19,20] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.32'de görülmektedir.



Şekil 2.32. İkinci tip radye y eksenini doğrultusunda [2,3,19,20] şeridinin M,T diyagramları

[3,4,18,19] Şeridi $B_3 = 1,85$ m

$$q_{ort} = \frac{q_{S21} + q_{S19}}{2} = \frac{55,8 + 54,27}{2} = 55,03 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot B_3 \cdot L = 55,03 \cdot 1,85 \cdot 13,8 = 1.404,91 \text{ kN}$$

$$\text{Şeritteki toplam kolon yükü} \Rightarrow Q_{S21} + Q_{S19} = 1.126,61 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{1.404,91 + 1.126,61}{2} = 1.265,76 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmis} = \frac{ort.yük}{B_3 \cdot L} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmis} = \frac{1.265,76}{1,85 \cdot 13,8} = 49,57 \text{ kN/m}^2$$

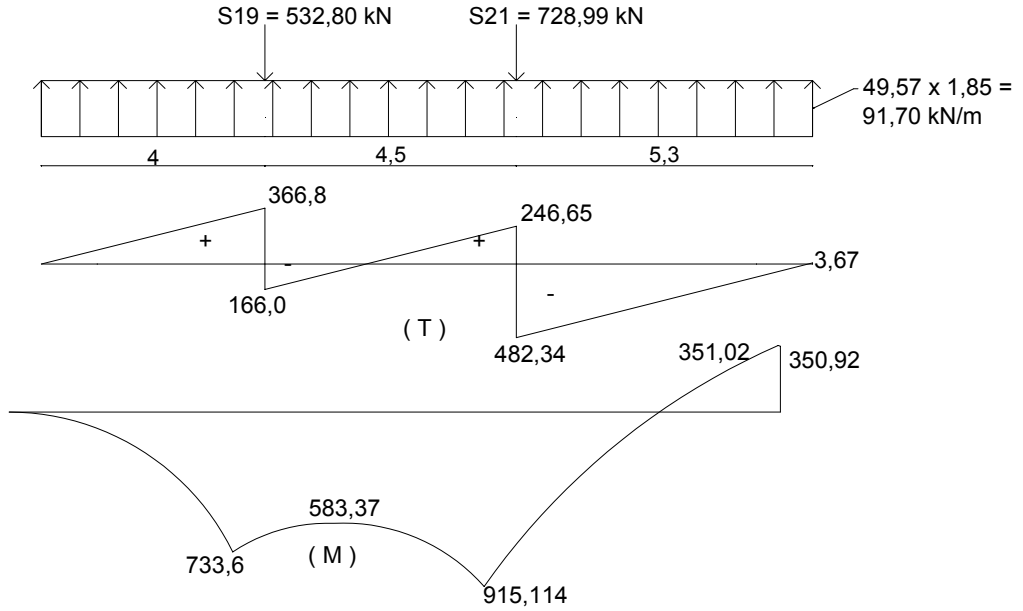
$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{\text{Ort.yük}}{Q_{S21} + Q_{S19}} = \frac{1.265,76}{1.126,61} = 1,12$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

$$Q_{düzS21} = F \cdot Q_{S21} = 1,12 \cdot 650,89 = 728,99 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS19} = F \cdot Q_{S19} = 1,12 \cdot 475,72 = 532,80 \text{ kN}$$

[3,4,18,19] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.33'de görülmektedir.



Şekil 2.33. İkinci tip radye y eksenini doğrultusunda [3,4,18,19] şeridinin M,T diyagramları

[4,5,17,18] şeridi $B_4 = 1,2 \text{ m}$

$$q_{ort} = \frac{q_{S17} + q_{S6}}{2} = \frac{53,25 + 57,26}{2} = 55,255 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot B_4 \cdot L = 55,25 \cdot 1,2 \cdot 13,8 = 914,94 \text{ kN}$$

$$\text{Şeritteki toplam kolon yükü} \Rightarrow Q_{S17} + Q_{S6} = 1.504,31 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{1.504,31 + 914,94}{2} = 1.209,62 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{ort.yük}{B_4 \cdot L} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{1.209,62}{1,2 \cdot 13,8} = 73,04 \text{ kN/m}^2$$

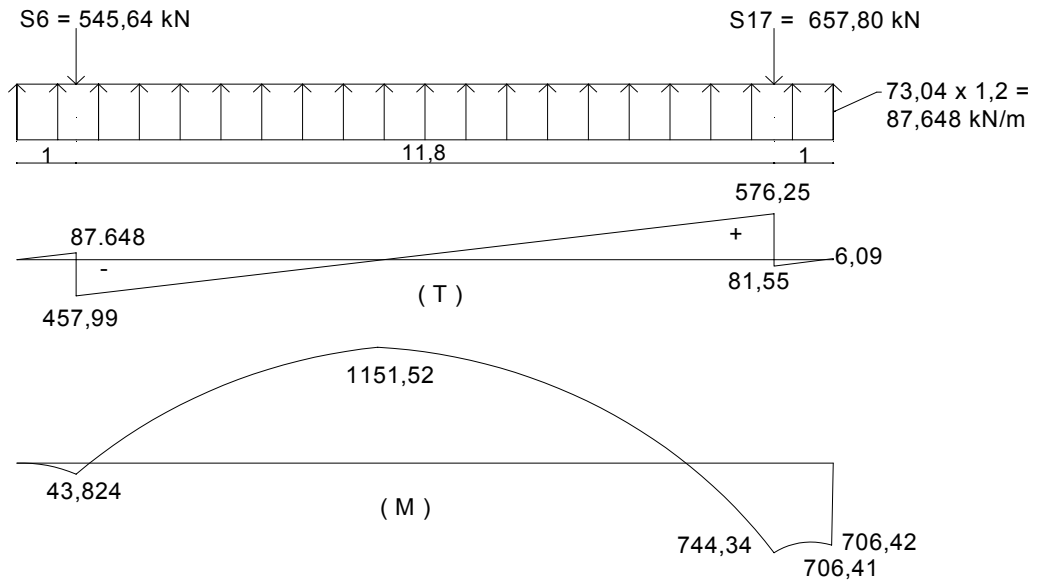
$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{Ort.yük}{Q_{S17} + Q_{S6}} = \frac{1.209,62}{1.504,31} = 0,80$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

$$Q_{düzS17} = F \cdot Q_{S17} = 0,80 \cdot 822,25 = 657,80 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS6} = F \cdot Q_{S6} = 0,80 \cdot 682,06 = 545,64 \text{ kN}$$

[4,5,17,18] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.34'de görülmektedir.



Şekil 2.34. İkinci tip radye y eksenini doğrultusunda [4,5,17,18] şeridinin M,T diyagramları

[5,6,16,17] şeridi $B_5 = 1,85 \text{ m}$

$$q_{ort} = \frac{q_{S22} + q_{S20}}{2} = \frac{55,8 + 54,27}{2} = 55,03 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot B_5 \cdot L = 55,03 \cdot 1,85 \cdot 13,8 = 1.404,91 \text{ kN}$$

$$\text{Şeritteki toplam kolon yükü} \Rightarrow Q_{S22} + Q_{S20} = 1.126,59 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{1.404,91 + 1.126,59}{2} = 1.265,75 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{ort.yük}{B_5 \cdot L} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{1.265,75}{1,85 \cdot 13,8} = 49,56 \text{ kN/m}^2$$

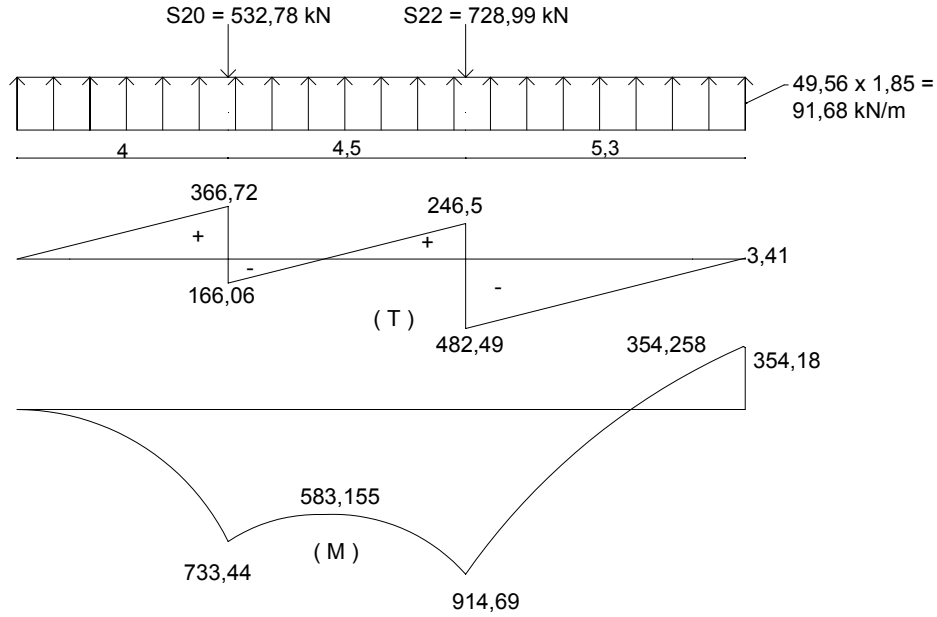
$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{Ort.yük}{Q_{S22} + Q_{S20}} = \frac{1.265,75}{1.126,59} = 1,12$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

$$Q_{düzS22} = F \cdot Q_{S22} = 1,12 \cdot 650,89 = 728,99 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS20} = F \cdot Q_{S20} = 1,12 \cdot 475,72 = 532,78 \text{ kN}$$

[5,6,16,17] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.35'de görülmektedir.



Şekil 2.35. İkinci tip radye y eksenini doğrultusunda [5,6,16,17] şeridinin M,T diyagramları

[6,7,15,16] şeridi $B_6 = 3,1 \text{ m}$

$$q_{ort} = \frac{q_{S16} + q_{S13} + q_{S10} + q_{S7}}{4} = \frac{57,26 + 56,076 + 54,98 + 53,25}{4} = 55,39 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot B_6 \cdot L = 55,39 \cdot 3,1 \cdot 13,8 = 2.369,58 \text{ kN}$$

Şeritteki toplam kolon yükü

$$\Rightarrow Q_{S16} + Q_{S13} + Q_{S10} + Q_{S7} = 655,70 + 539,06 + 695,25 + 695,61 = 2.585,62 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{2.369,58 + 2.585,62}{2} = 2.477,6 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{\text{ort.düzeltilmiş}} = \frac{\text{ort.yük}}{B_6 \cdot L} \Rightarrow q_{\text{ort.düzeltilmiş}} = \frac{2.477,6}{3,1 \cdot 13,8} = 57,91 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{\text{Ort.yük}}{Q_{S16} + Q_{S13} + Q_{S10} + Q_{S7}} = \frac{2.477,6}{2.585,62} = 0,96$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

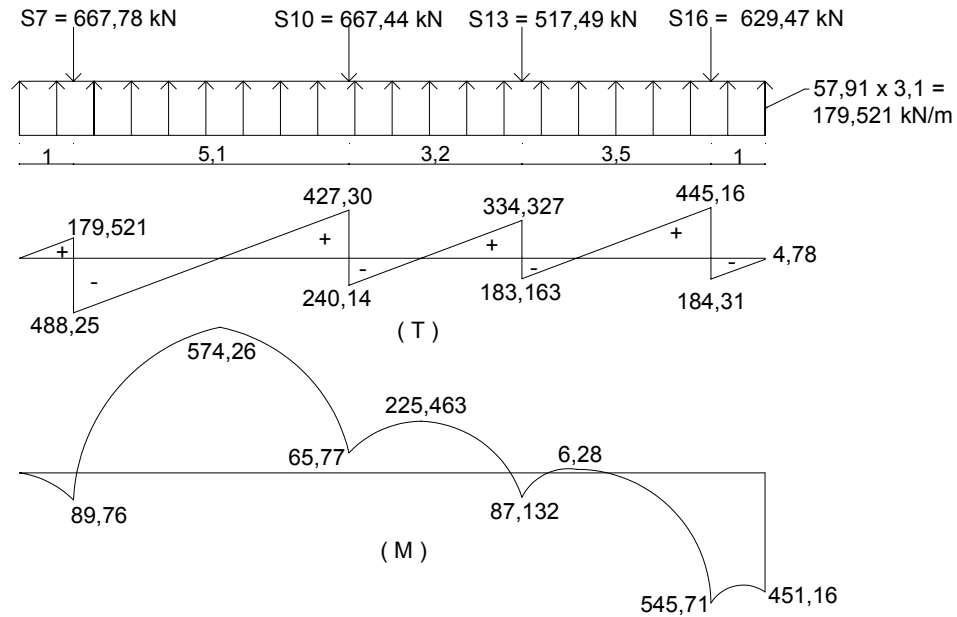
$$Q_{\text{düz}S16} = F \cdot Q_{S16} = 0,96 \cdot 655,70 = 629,47 \text{ kN}$$

$$Q_{\text{düz}S13} = F \cdot Q_{S13} = 0,96 \cdot 539,06 = 517,49 \text{ kN}$$

$$Q_{\text{düz}S10} = F \cdot Q_{S10} = 0,96 \cdot 695,25 = 667,44 \text{ kN}$$

$$Q_{\text{düz}S7} = F \cdot Q_{S7} = 0,96 \cdot 695,62 = 667,78 \text{ kN}$$

[6,7,15,16] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.36'da görülmektedir.



Şekil 2.36. İkinci tip radye y eksenini doğrultusunda [6,7,15,16] şeridinin M,T diyagramları

[7,8,14,15] şeridi $B_7=2,85$ m

$$q_{ort} = \frac{q_{S15} + q_{S14} + q_{S9} + q_{S8}}{4} = \frac{57,26 + 56,076 + 54,98 + 53,25}{4} = 55,39 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot B_7 \cdot L = 55,39 \cdot 2,85 \cdot 13,8 = 2.178,48 \text{ kN}$$

Şeritteki toplam kolon yükü

$$\Rightarrow Q_{S15} + Q_{S14} + Q_{S9} + Q_{S8} = 408,02 + 473,68 + 560,19 + 504,25 = 1.946,14 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{2.178,48 + 1.946,14}{2} = 2.062,31 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmis} = \frac{ort.yük}{B_7 \cdot L} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmis} = \frac{2.062,31}{2,85 \cdot 13,8} = 52,43 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{Ort.yük}{Q_{S15} + Q_{S14} + Q_{S9} + Q_{S8}} = \frac{2.062,31}{1.946,14} = 1,06$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

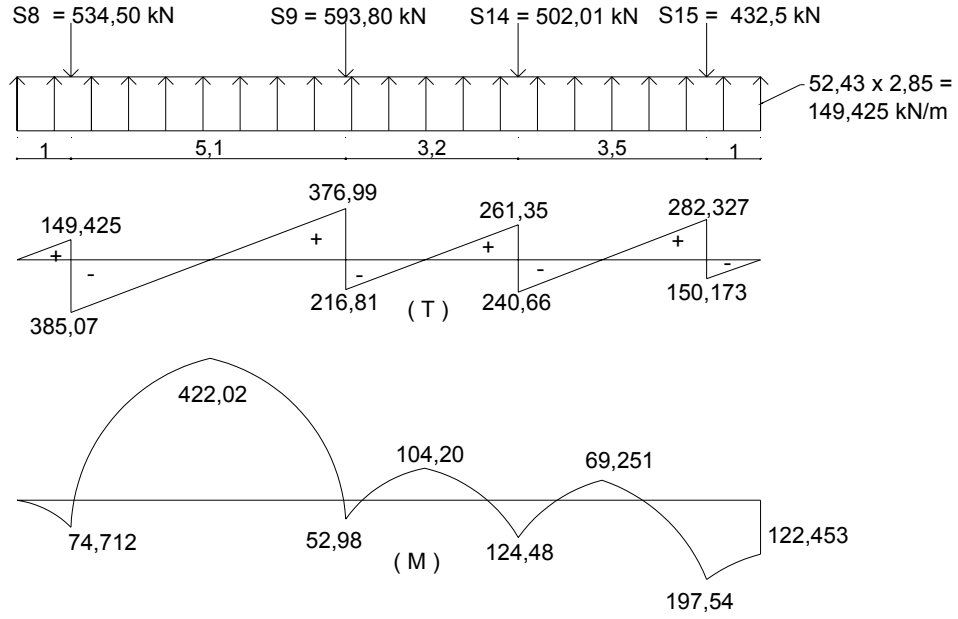
$$Q_{düzS15} = F \cdot Q_{S15} = 1,06 \cdot 408,02 = 432,50 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS14} = F \cdot Q_{S14} = 1,06 \cdot 473,68 = 502,1 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS9} = F \cdot Q_{S9} = 1,06 \cdot 560,19 = 593,80 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS8} = F \cdot Q_{S8} = 1,06 \cdot 504,25 = 534,50 \text{ kN}$$

[7,8,14,15] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.37'de görülmektedir.



Şekil 2.37. İkinci tip radye y eksenine doğrultusunda [7,8,14,15] şeridinin M,T diyagramları

Radye temelin x yönünde şeritlere bölelim.

[1,8,9,26]şeridi $L_1 = 2,75$ m

$$q_{ort} = \frac{q_{S1} + q_{S18} + q_{S17} + q_{S16} + q_{S15}}{4} = \frac{57,26 \cdot 5}{5} = 57,26 \text{ kPa}$$

Şeritteki toplam zemin tepkisi $\Rightarrow q_{ort} \cdot L_1 \cdot B = 57,26 \cdot 2,75 \cdot 16,8 = 2.645,41$ kN

Şeritteki toplam kolon yükü

$$\Rightarrow Q_{S1} + Q_{S18} + Q_{S17} + Q_{S16} + Q_{S15} = 407,92 + 655,69 + 822,25 + 655,70 + 408,02 \\ = 2.949,58 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{2.645,41 + 2.949,58}{2} = 2.797,49 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{ort.yük}{L_1 \cdot B} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{2.797,49}{2,75 \cdot 16,8} = 60,55 \text{ kN/m}^2$$

Kolon yükleri için düzeltme katsayısı

$$F = \frac{Ort.yük}{Q_{S1} + Q_{S18} + Q_{S17} + Q_{S16} + Q_{S15}} = \frac{2.797,49}{2.949,58} = 0,95$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri;

$$Q_{düzS1} = F \cdot Q_{S1} = 0,95 \cdot 407,92 = 387,52 \text{ kN}$$

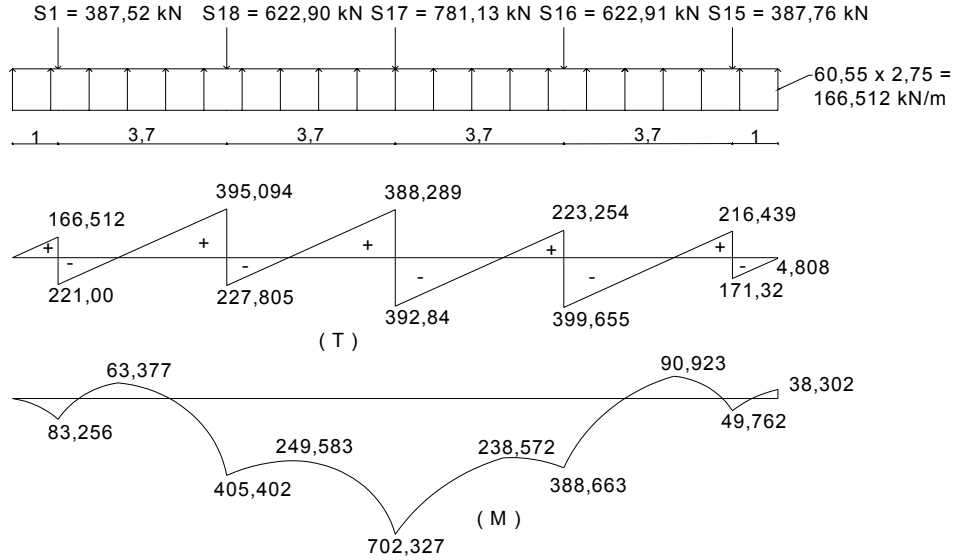
$$Q_{düzS18} = F \cdot Q_{S18} = 0,95 \cdot 655,69 = 622,90 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS17} = F \cdot Q_{S17} = 0,95 \cdot 822,25 = 781,13 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS16} = F \cdot Q_{S16} = 0,95 \cdot 655,70 = 622,91 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS15} = F \cdot Q_{S15} = 0,95 \cdot 408,02 = 387,76 \text{ kN}$$

[1,8,9,26] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.38'de görülmektedir.



Şekil 2.38. İkinci tip radye x eksenini doğrultusunda [1,8,9,26] şeridinin M,T diyagramları

[26,9,10,25] şeridi $L_2 = 2,15 \text{ m}$

$$q_{ort} = \frac{q_{S2} + q_{S12} + q_{S13} + q_{S14}}{4} = \frac{56,076.4}{4} = 56,076 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot L_1 \cdot B = 56,076 \cdot 2,15 \cdot 16,8 = 2.025,46 \text{ kN}$$

Şeritteki toplam kolon yükü

$$\Rightarrow Q_{S2} + Q_{S12} + Q_{S13} + Q_{S14} = 469,98 + 538,62 + 539,06 + 473,68 = 2.021,34 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{2.025,46 + 2.021,34}{2} = 2.023,4 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{ort.yük}{L_2 \cdot B} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{2.023,4}{2,15 \cdot 16,8} = 56,01 \text{ kN/m}^2$$

Kolon yükleri için düzeltme katsayısı

$$F = \frac{Ort.yük}{Q_{S1} + Q_{S18} + Q_{S17} + Q_{S16} + Q_{S15}} = \frac{2.023,4}{2.021,34} = 1,00$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

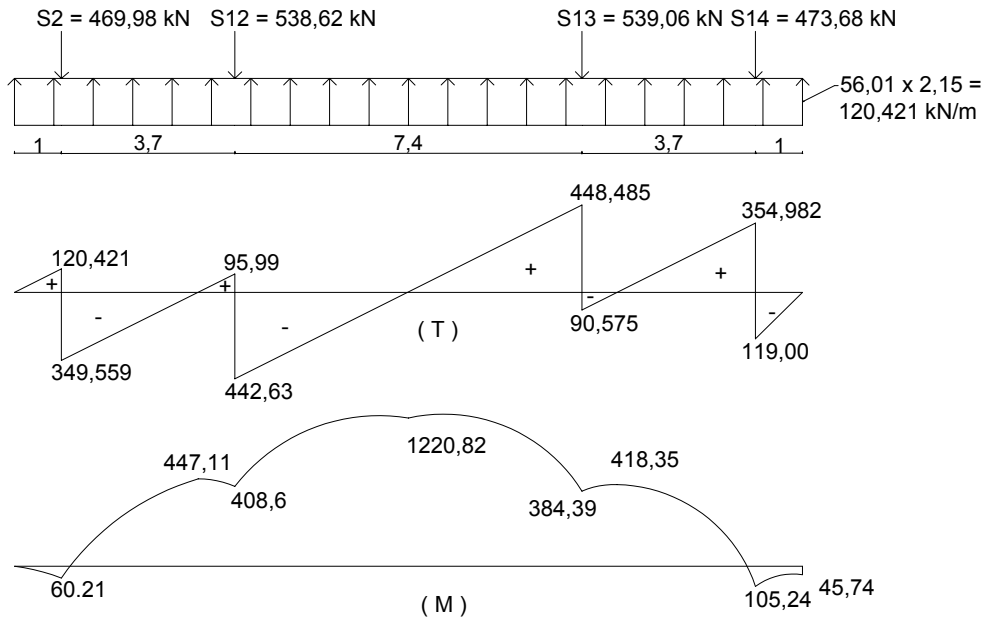
$$Q_{düzS2} = F \cdot Q_{S2} = 1,00 \cdot 469,98 = 469,98 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS18} = F \cdot Q_{S18} = 1,00 \cdot 538,62 = 538,62 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS17} = F \cdot Q_{S17} = 1,00 \cdot 539,06 = 539,06 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS16} = F \cdot Q_{S16} = 1,00 \cdot 473,68 = 473,68 \text{ kN}$$

[26,9,10,25] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.39'da görülmektedir.



Şekil 2.39. İkinci tip radye x ekseninde [26,9,10,25] şeridinin M,T diyagramları

[25,10,11,24] şeridi $L_3=1,6$ m

$$q_{ort} = \frac{q_{S21} + q_{S22}}{2} = \frac{55,8,2}{2} = 55,8 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot L_3 \cdot B = 55,8 \cdot 1,6 \cdot 16,8 = 1.499,9 \text{ kN}$$

$$\text{Şeritteki toplam kolon yükü} \Rightarrow Q_{S21} + Q_{S22} = 650,89 + 650,89 = 1.301,78 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{1.499,9 + 1.301,78}{2} = 1.400,84 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmis} = \frac{ort.yük}{L_3 \cdot B} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmis} = \frac{1.400,84}{1,6 \cdot 16,8} = 52,11 \text{ kN/m}^2$$

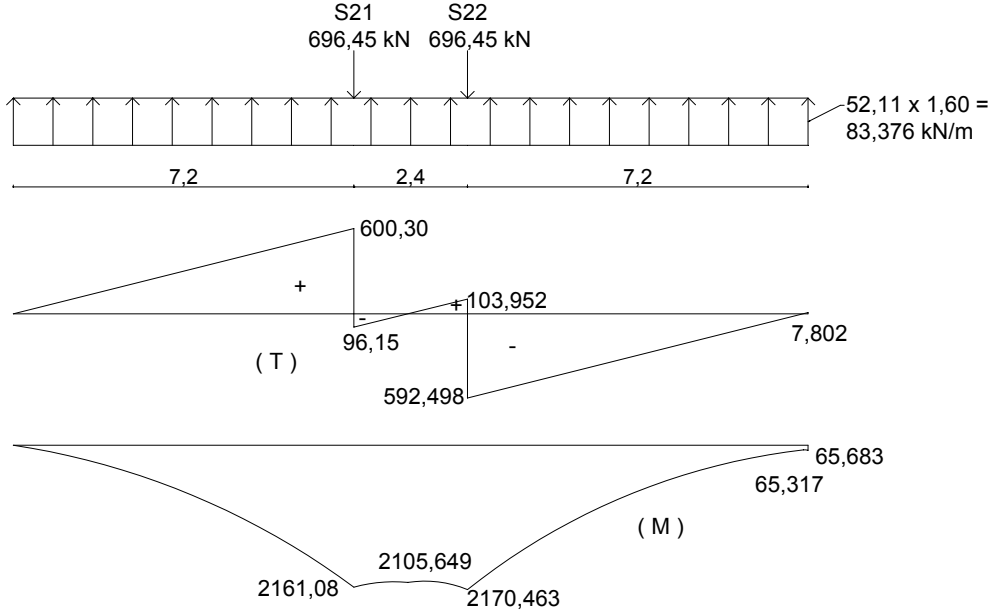
$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı} F = \frac{Ort.yük}{Q_{S21} + Q_{S22}} = \frac{1.400,84}{1.301,78} = 1,07$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri;

$$Q_{düzS21} = F \cdot Q_{S21} = 1,07 \cdot 650,89 = 696,45 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS22} = F \cdot Q_{S22} = 1,07 \cdot 650,89 = 696,45 \text{ kN}$$

[25,10,11,24] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.40'da görülmektedir.



Şekil 2.40. İkinci tip radye x eksenini doğrultusunda [25,10,11,24] şeridinin M, T diyagramları

[24,11,12,23] şeridi $L_4=2,25$ m

$$q_{ort} = \frac{q_{S3} + q_{S11} + q_{S10} + q_{S9}}{4} = \frac{54,98 \cdot 4}{4} = 54,98 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot L_3 \cdot B = 54,98 \cdot 2,25 \cdot 16,8 = 2.078,24 \text{ kN}$$

Şeritteki toplam kolon yükü

$$\Rightarrow Q_{S3} + Q_{S11} + Q_{S10} + Q_{S9} = 556,43 + 694,81 + 695,25 + 560,19 = 2.506,68 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{2.078,24 + 2.506,68}{2} = 2.292,46 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmis} = \frac{ort.yük}{L_4 \cdot B} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmis} = \frac{2.292,46}{2,25 \cdot 16,8} = 60,64 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{Ort.yük}{Q_{S3} + Q_{S11} + Q_{S10} + Q_{S9}} = \frac{2.292,46}{2.506,68} = 0,91$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri;

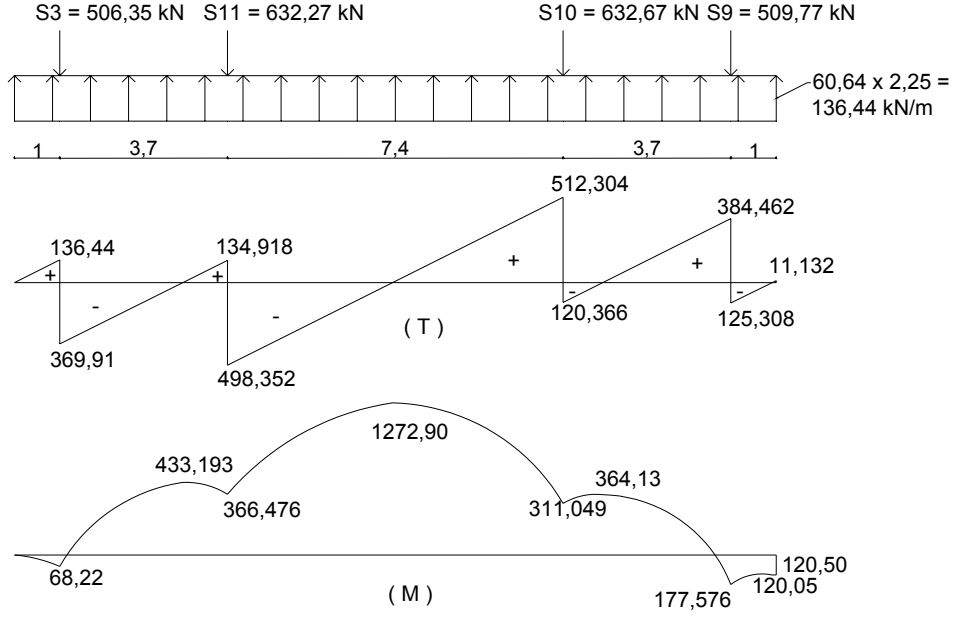
$$Q_{düzS3} = F \cdot Q_{S3} = 0,91 \cdot 556,43 = 506,35 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS11} = F \cdot Q_{S11} = 0,91 \cdot 694,81 = 632,27 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS10} = F \cdot Q_{S110} = 0,91 \cdot 695,25 = 632,67 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS9} = F \cdot Q_{S9} = 0,91 \cdot 560,14 = 509,77 \text{ kN}$$

[24,11,12,23] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.41'de görülmektedir.



Şekil 2.41. İkinci tip radye x eksenini doğrultusunda [24,11,12,23] şeridinin M,T diyagramları

[23,12,13,22] şeridi $L_5=2,55$ m

$$q_{ort} = \frac{q_{S19} + q_{S20}}{2} = \frac{55,8,2}{2} = 54,27 \text{ kN/m}^2$$

Şeritteki toplam zemin tepkisi $\Rightarrow q_{ort} \cdot L_5 \cdot B = 54,27 \cdot 2,55 \cdot 16,8 = 2.324,92$ kN

Şeritteki toplam kolon yükü $\Rightarrow Q_{S19} + Q_{S20} = 475,72 + 475,70 = 951,42$ kN

$$\text{Ortalama yük} = \frac{2.324,92 + 951,42}{2} = 1.638,17 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{ort.yük}{L_5 \cdot B} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{1.638,17}{2,55 \cdot 16,8} = 38,23 \text{ kN/m}^2$$

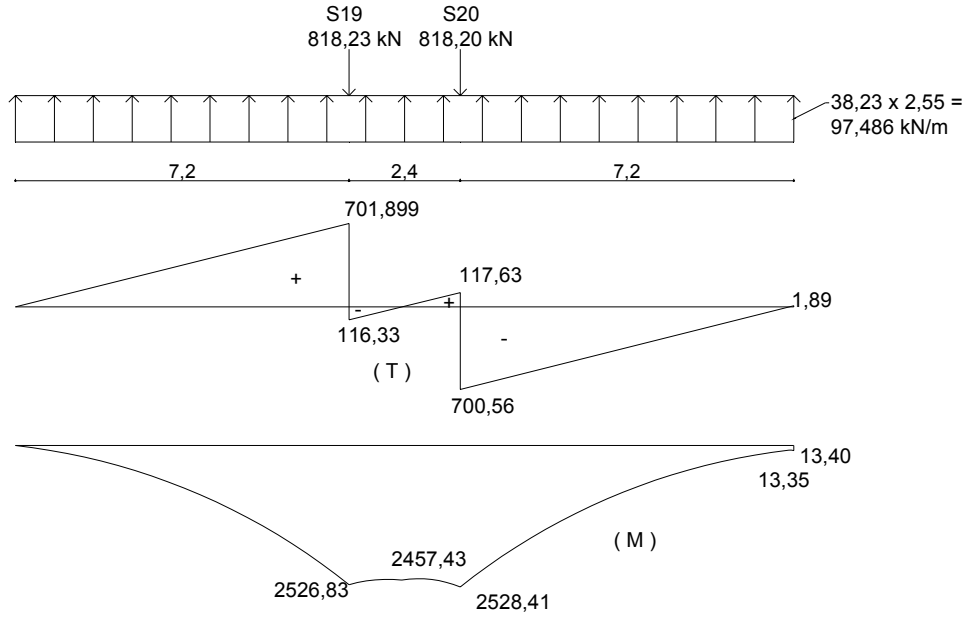
$$\text{Kolon yükleri için düzeltme katsayısı } F = \frac{Ort.yük}{Q_{S19} + Q_{S20}} = \frac{1.638,17}{951,42} = 1,72$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri,

$$Q_{düzS19} = F \cdot Q_{S19} = 1,72 \cdot 475,72 = 818,23 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS20} = F \cdot Q_{S20} = 1,72 \cdot 475,70 = 818,20 \text{ kN}$$

[23,12,13,22] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.42'de görülmektedir.



Şekil 2.42. İkinci tip radye x eksenine doğrultusunda [23,12,13,22] şeridinin M,T diyagramları

[22,13,14,21] şeridi $L_6 = 2.50$ m

$$q_{ort} = \frac{q_{S4} + q_{S5} + q_{S6} + q_{S7} + q_{S8}}{4} = \frac{53,25 \cdot 5}{5} = 53,25 \text{ kPa}$$

$$\text{Şeritteki toplam zemin tepkisi} \Rightarrow q_{ort} \cdot L_6 \cdot B = 53,25 \cdot 2,5 \cdot 16,8 = 2.236,5 \text{ kN}$$

Şeritteki toplam kolon yükü

$$\Rightarrow Q_{S4} + Q_{S5} + Q_{S6} + Q_{S7} + Q_{S8} = 504,21 + 695,62 + 682,06 + 695,61 + 504,25 \\ = 3081,75 \text{ kN}$$

$$\text{Ortalama yük} = \frac{2.236,5 + 3.081,75}{2} = 2.659,12 \text{ kN}$$

Bu durumda düzeltilmiş ortalama taban basınçları;

$$q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{ort.yük}{L_6 \cdot B} \Rightarrow q_{ort.düzeltilmiş} = \frac{2.659,12}{2,5 \cdot 16,8} = 63,31 \text{ kN/m}^2$$

Kolon yükleri için düzeltme katsayısı

$$F = \frac{Ort.yük}{Q_{S4} + Q_{S5} + Q_{S6} + Q_{S7} + Q_{S8}} = \frac{2.659,12}{3.081,75} = 0,86$$

Buna göre düzeltilmiş kolon yükleri

$$Q_{düzS4} = F \cdot Q_{S4} = 0,86 \cdot 504,21 = 433,62 \text{ kN}$$

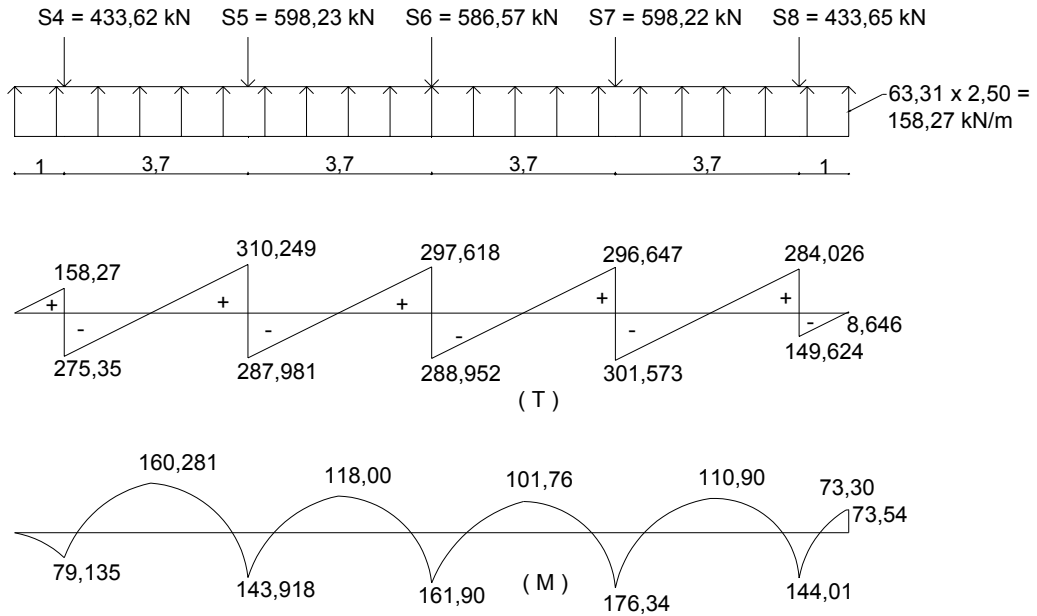
$$Q_{düzS5} = F \cdot Q_{S5} = 0,86 \cdot 695,62 = 598,23 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS6} = F \cdot Q_{S6} = 0,86 \cdot 682,06 = 586,57 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS7} = F \cdot Q_{S7} = 0,86 \cdot 695,61 = 598,22 \text{ kN}$$

$$Q_{düzS8} = F \cdot Q_{S8} = 0,86 \cdot 504,25 = 433,65 \text{ kN}$$

[22,13,14,21] şeridi için hesaplanan bu düzeltilmiş kolon yüklerine ve taban basıncı dağılımına bağlı olarak çizilen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları Şekil 2.43'de görülmektedir.

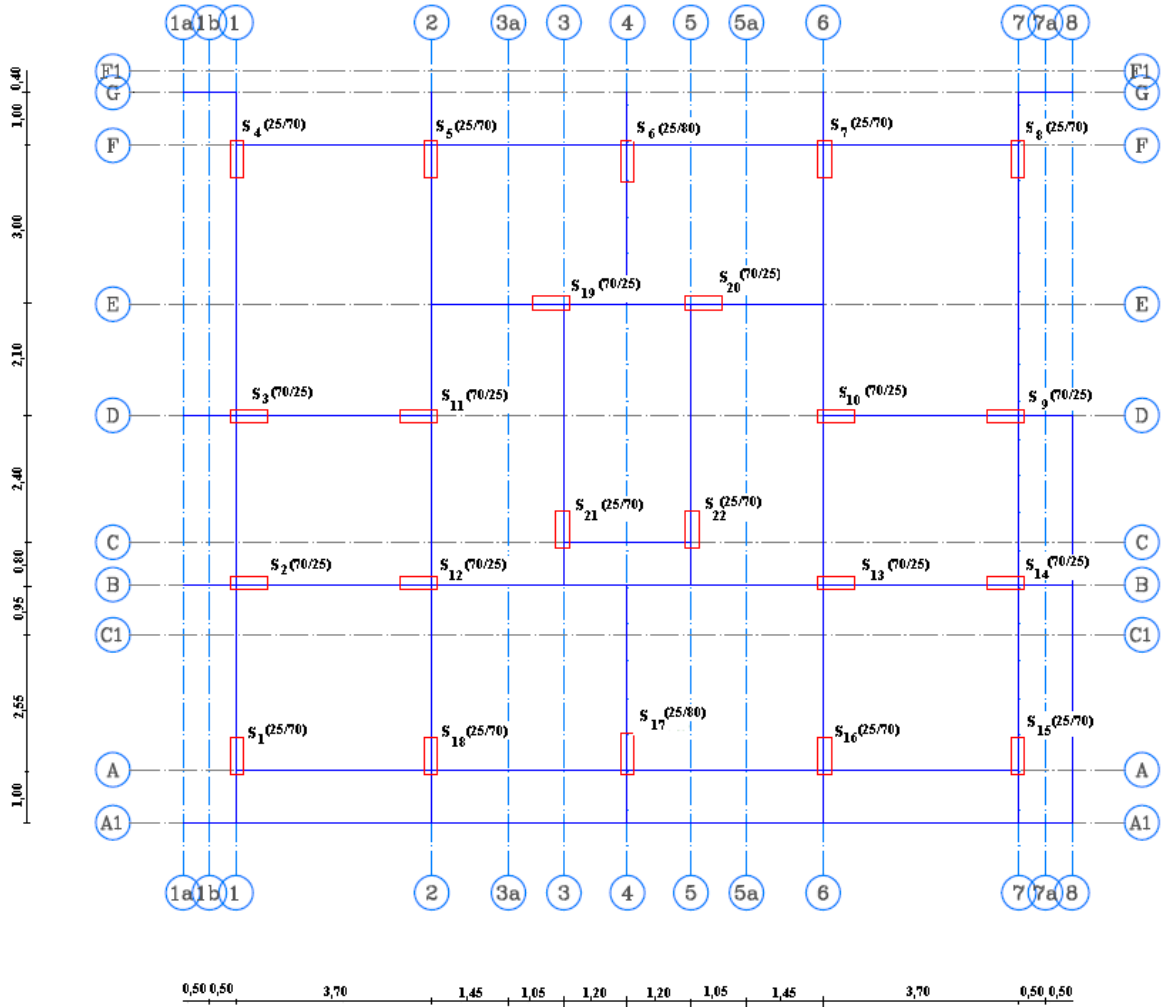


Şekil 2.43. İkinci tip radye x eksenini doğrultusunda [22,13,14,21] şeridinin M,T diyagramları

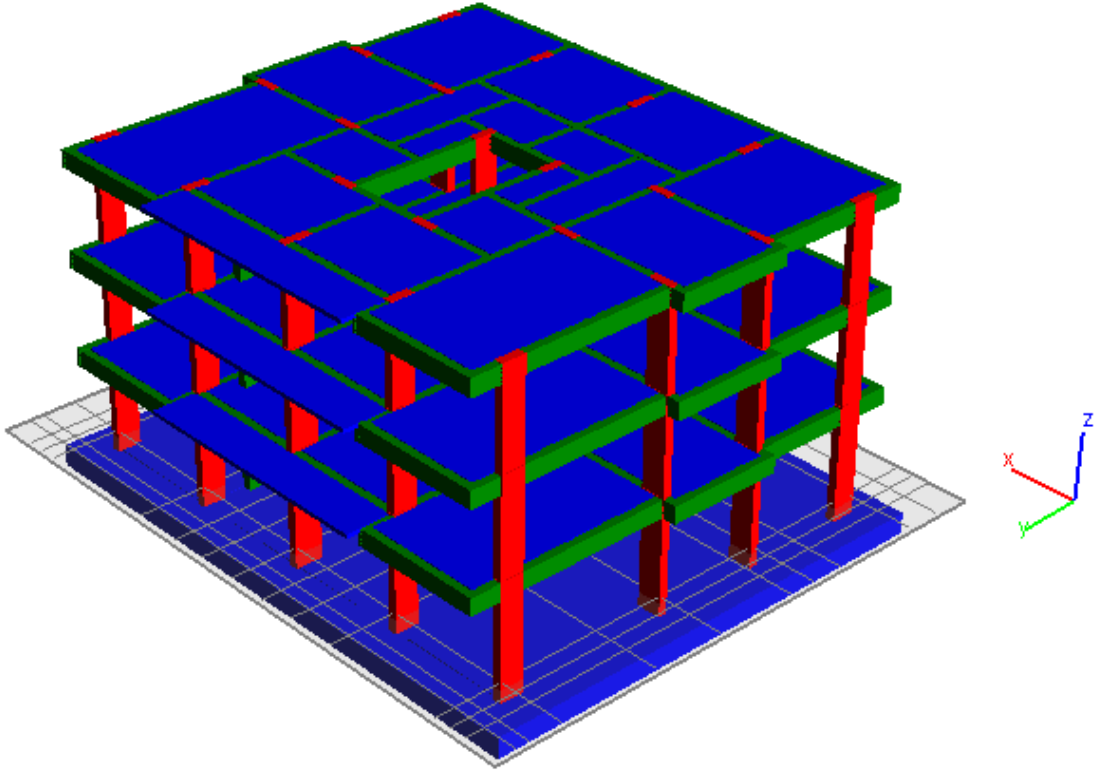
Tablo 2.7. İkinci tip radye temelin rijit çözüm sonuçları

KOLON ADI	Deplasman (m)	M_x (kNm)	M_y (kNm)	Gerilme(σ) $\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
S1	-0,00286	83,256	218,658	57,260
S2	-0,00280	60,210	127,966	56,076
S3	-0,00275	68,220	49,890	54,980
S4	-0,00266	79,135	74,584	53,250
S5	-0,00266	143,918	89,745	53,250
S6	-0,00266	161,900	43,824	53,250
S7	-0,00266	176,340	89,760	53,250
S8	-0,00266	144,010	74,712	53,250
S9	-0,00275	177,576	52,98	54,980
S10	-0,00275	-311,049	-65,770	54,980
S11	-0,00275	-366,476	-66,105	54,980
S12	-0,0028	-408,600	80,31	56,076
S13	-0,0028	-384,390	87,132	56,076
S14	-0,0028	105,240	124,48	56,076
S15	-0,00286	49,762	197,54	57,260
S16	-0,00286	388,603	545,71	57,260
S17	-0,00286	702,327	744,340	57,260
S18	-0,00286	405,402	542,83	57,260
S19	-0,00271	2526,830	733,60	54,270
S20	-0,00271	2528,410	733,44	54,270
S21	-0,00279	2161,080	915,114	55,800
S22	-0,00279	2170,463	914,69	55,800

2.2.2. İkinci Tip Radye Temelin PROBİNA Programı ile Yapılan Analizi



Şekil 2.44. İkinci tip radye temel planı



Şekil 2.45. Bina modeli

İkinci tip radye temelin PROBİNA program parametreleri;

Radye kalınlığı: $H = 0,6$ m

Zemin Yatak katsayısı (k) : 20.000 kN/m^3

Zemin Emniyet Gerilmesi (σ_{em}) : 100 kN/m^2

Deprem bölgesi: 2.Derece

Yerel zemin sınıfı : Z_2

Malzeme: C30, S420

Yapının Süneklilik Düzeyi: Yüksek

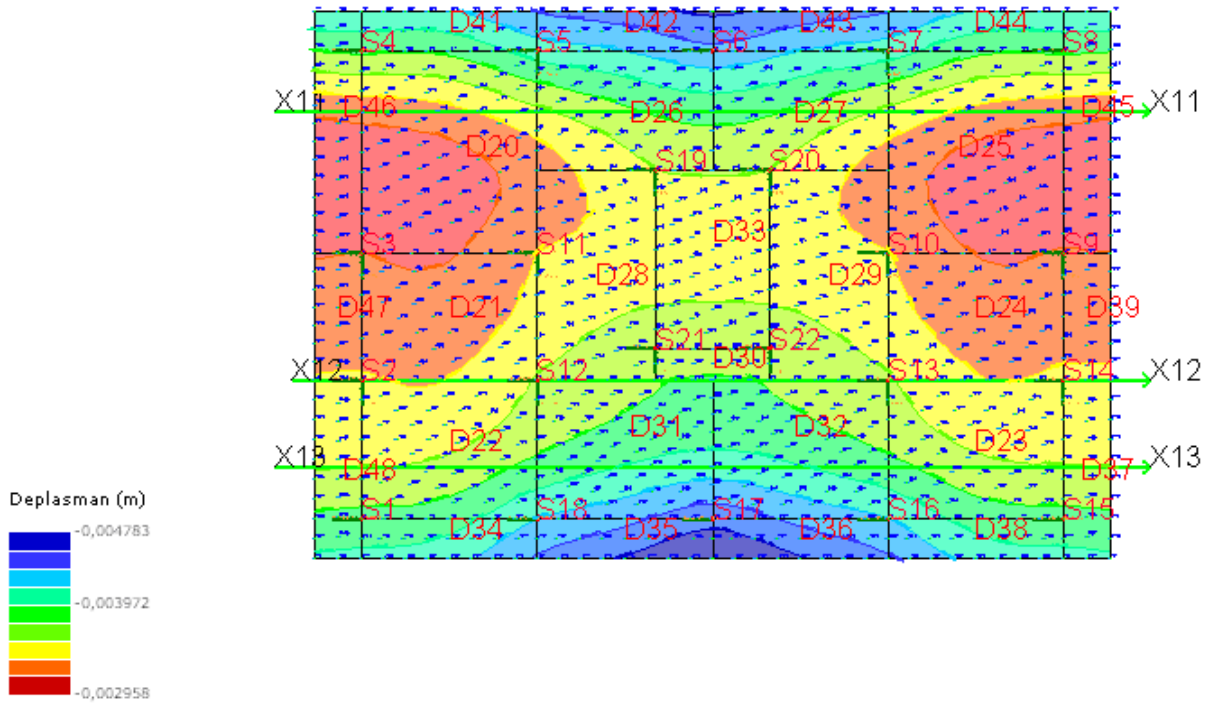
Kat Adedi: 3

TS500–2000, TDY–2007, TS498

Tablo 2.8. İkinci tip radye temel tipi PROBİNA çözüm sonuçları

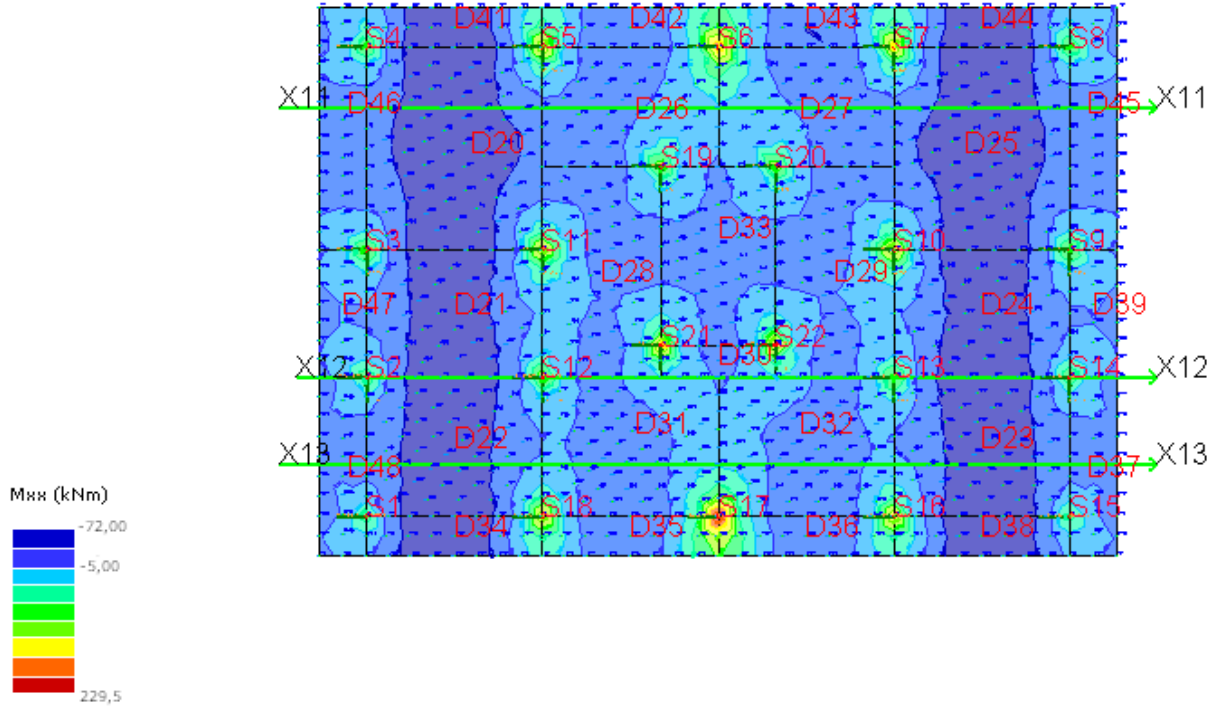
KOLON ADI	Deplasman (m)	M_{xx} (kNm)	M_{yy} (kNm)	Zemin gerilmesi $\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
S1	-0,00382	64,88	66,03	76,40
S2	-0,00337	82,24	87,15	67,40
S3	-0,00308	103,71	120,23	61,60
S4	-0,00389	82,91	86,93	77,80
S5	-0,003853	144,61	123,32	77,06
S6	-0,00418	172,69	120,25	83,06
S7	-0,004005	148,30	126,51	80,10
S8	-0,003829	84,12	87,10	76,58
S9	-0,00308	102,66	120,31	61,60
S10	-0,003216	157,37	135,43	64,31
S11	-0,003215	154,81	133,98	64,30
S12	-0,00343	111,69	99,56	68,60
S13	-0,00351	104,87	93,86	70,20
S14	-0,003222	87,48	87,61	64,43
S15	-0,00379	63,40	62,26	75,80
S16	-0,00403	145,75	121,50	80,60
S17	-0,00411	202,17	149,76	82,20
S18	-0,004027	138,64	115,47	80,54
S19	-0,00342	128,04	66,12	68,40
S20	-0,003423	127,76	62,78	68,45
S21	-0,00359	168,27	170,31	71,80
S22	-0,00358	161,48	164,35	71,60

İkinci tip radye temel in yapısal analiz programı ile yapılan analizinden radye temelde meydana gelen düşey yer değiştirmelerin alansal dağılımı belirlenmiştir. Bu değişim renklendirilmiş hali Şekil 2.46'da görülmektedir. Bu şekildeki renklendirmede kırmızı ile gösterilen bölgeler en küçük yer değiştirmelerin meydana geldiği bölgeyi, koyu mavi ile gösterilen alanlar ise büyük yer değiştirmelerin meydana geldiği radye temel kısımlarını göstermektedir. Şekil 2.46'da radye temelin kolonları arasında en çok deplasman S_6 ve S_{17} kolonlarında görülmüştür.



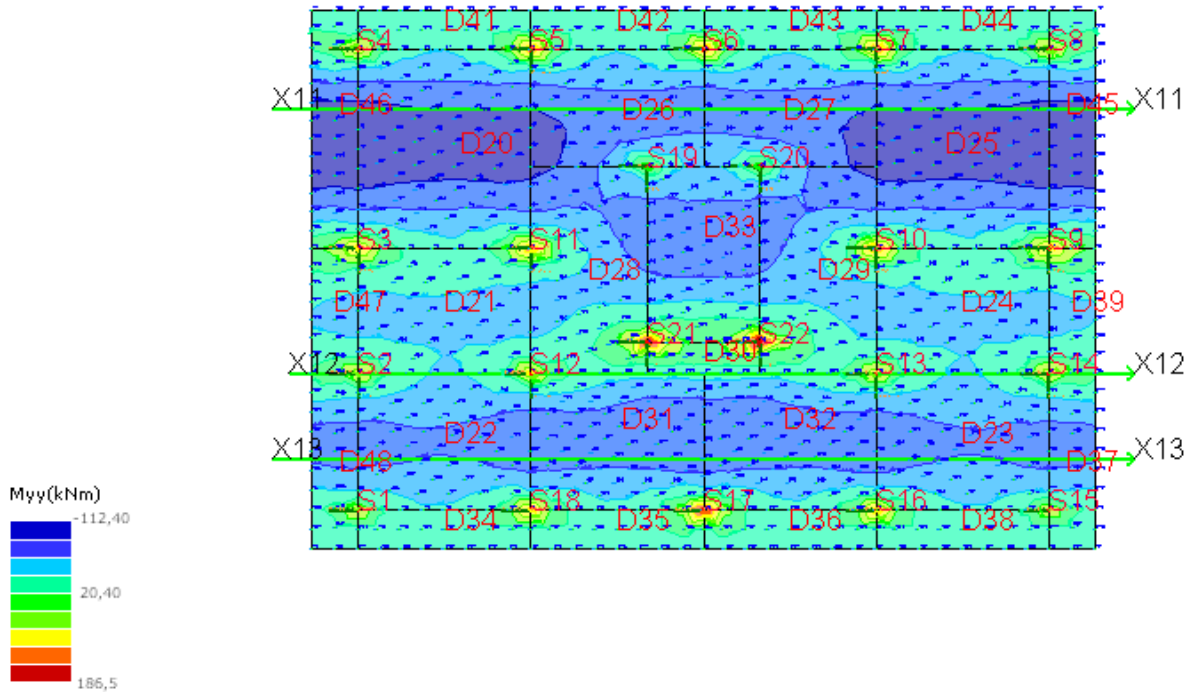
Şekil 2.46. İkinci tip radye temel deplasman dağılımı

İkinci tip radye temelde meydana gelen M_{xx} eğilme momentinin alansal dağılımı Şekil 2.47’de görülmektedir. Şekil 2.47’de eğilme momentinin yine kolon bölgelerinde pozitif büyük değer aldığı ve en büyük pozitif momentin de S₁₇ kolonunda olduğu görülüyor.



Şekil 2.47. İkinci tip radye temel M_{xx} dağılımı

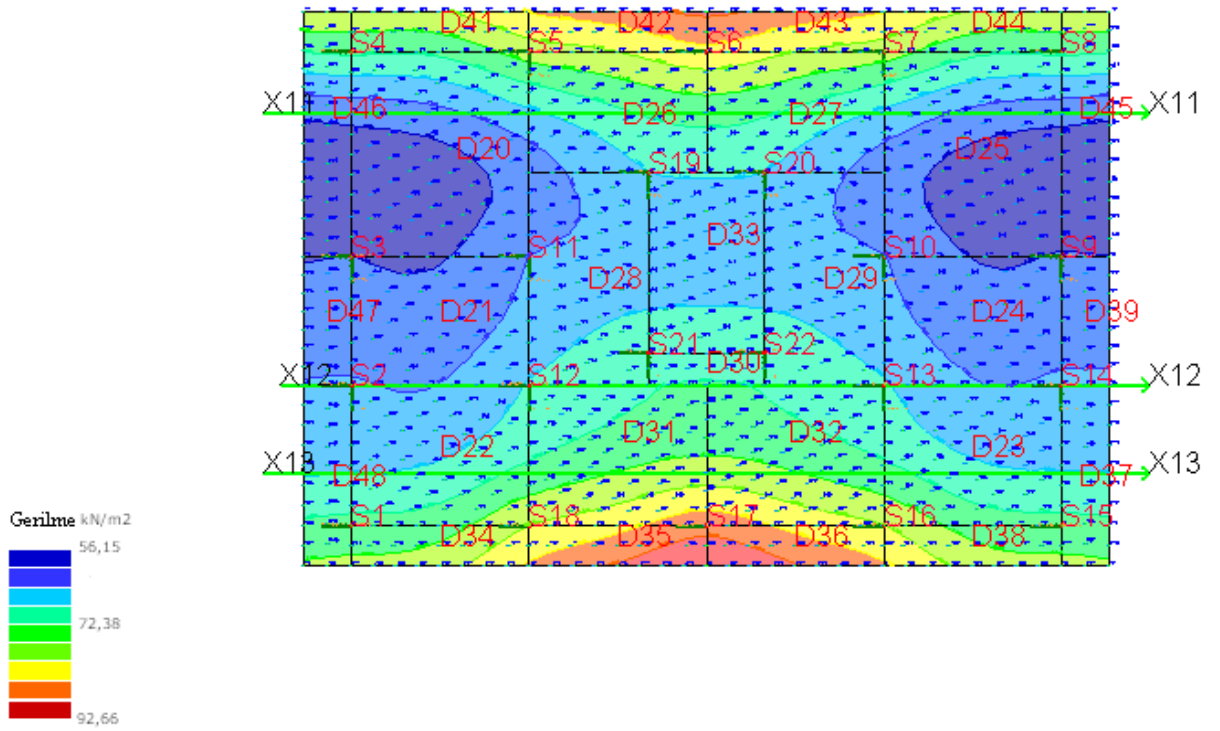
İkinci tip radye temelde meydana gelen M_{yy} eğilme momentlerinin alansal dağılımı Şekil 2.48’de görülmektedir. Bu dağılımın renklendirilmiş hali şekil 2.48’de görülmektedir. Bu şekildeki renklendirmede çok dar bir bölgedeki kırmızı ile gösterilen bölgeler en büyük momentlerin görüldüğü bölgeyi, koyu mavi ile gösterilen alanlar ise en küçük momentlerin görüldüğü radye temel kısımlarını göstermektedir. Şekil 2.48’de X11 ve X13 aksları boyunca moment değerlerinin büyük negatif değerler olduğu görülmüyor.



Şekil 2.48. İkinci tip radye temel M_{yy} dağılımı

İkinci tip radye temelin tabanında zeminde meydana gelen gerilmenin alansal dağılımı Şekil 2.49'da görülmektedir. Birinci tip radye temelin düşey yer değiştirme şekli ikinci tip radyenin düşey yer değiştirme şekliyle karşılaştırıldığında hemen hemen aynı dağılımın olduğu görülür. Bu da sonuçların birbirine uyumlu olduğunu göstermektedir

Şekil 2.49'da S_6 ve S_{17} kolonlarındaki gerilmelerin diğer kolonlara göre daha büyük değerler aldığı görülüyor ($\cong 84 \text{ kN/m}^2$).



Şekil 2.49. İkinci tip radye temel zemin gerilmesi dağılımı

2.2.3. İkinci Tip Radye Temelin SAP2000 Programı ile Yapılan Analizi

İkinci sayısal uygulamaya konu olan radye temelin sonlu elemanlar yöntemiyle SAP2000 (2005) programını kullanarak yapısal analizi gerçekleştirilmiştir.

Birinci tip radye temelin SAP2000 program parametreleri;

Boyutlar: 16,8 m x 13,8 m

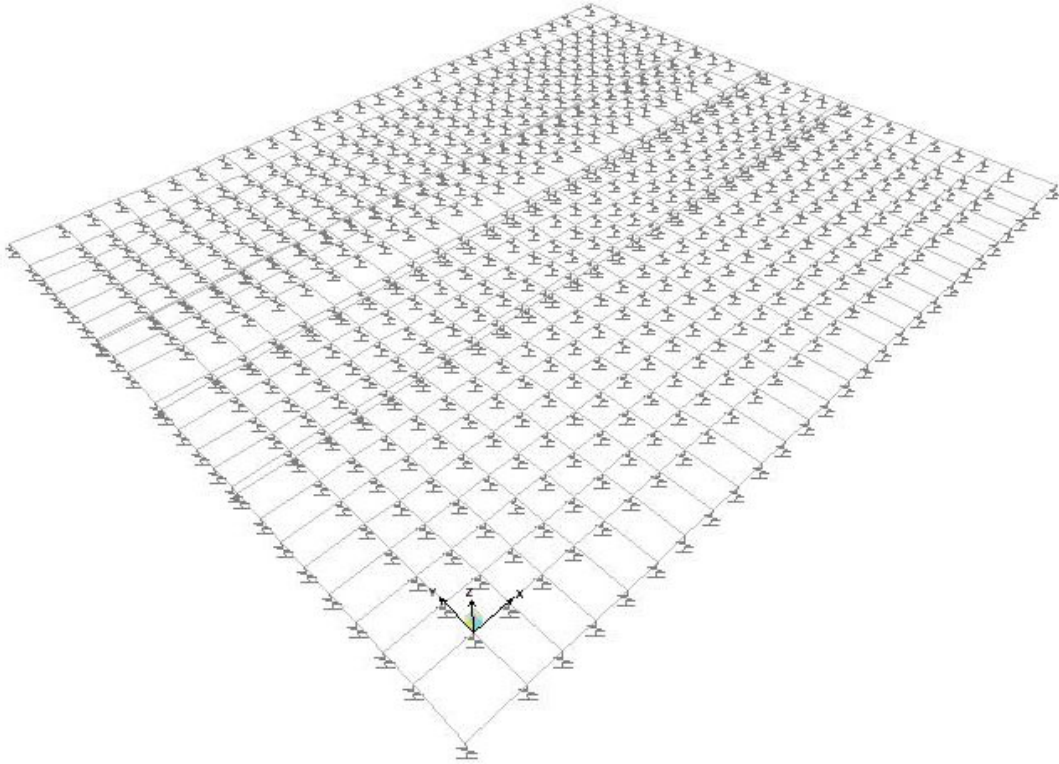
Radye kalınlığı : H = 0,6 m

Zemin Yatak katsayısı (k) : 20.000 kN/m³

Poisson Oranı : 0,2

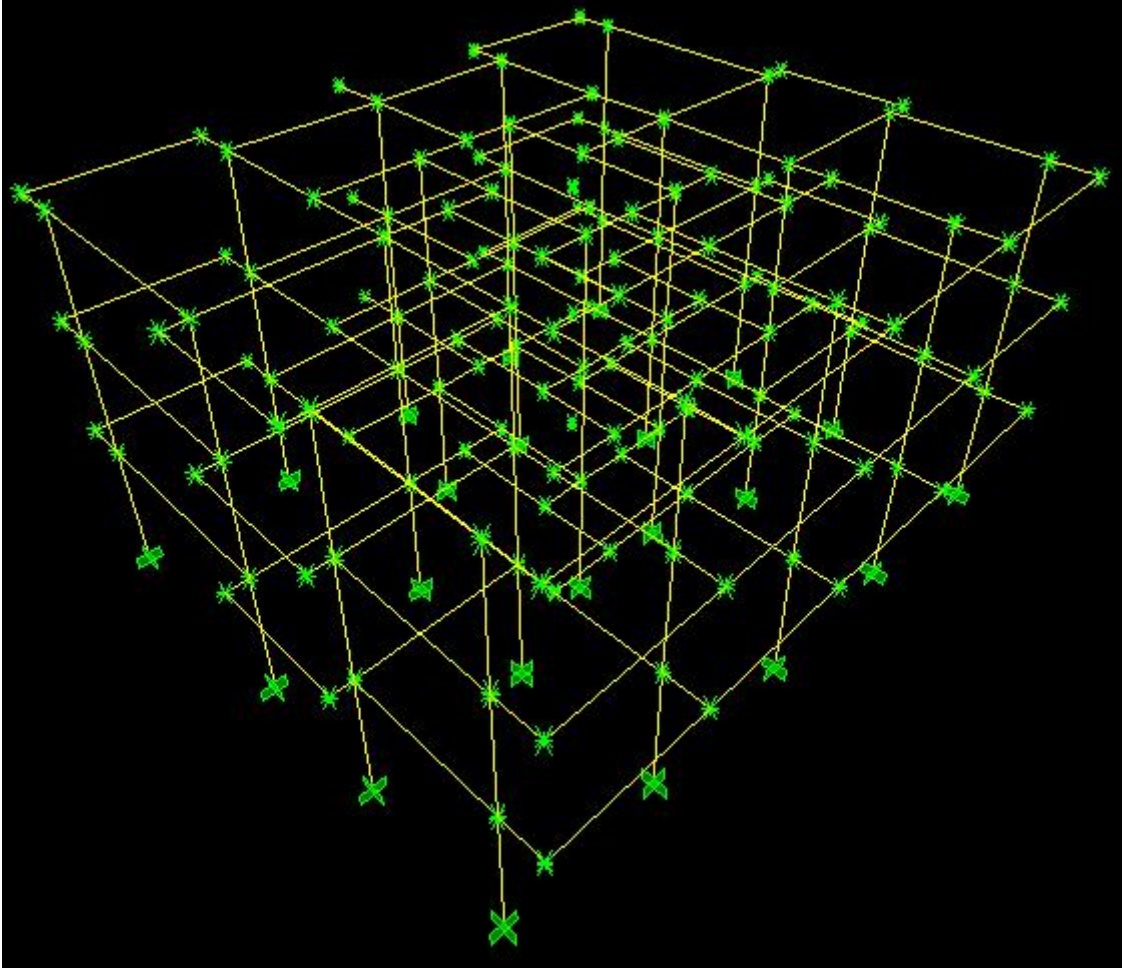
Elastisite Modülü : 32.000.000 kPa

Tipi : Kalın plak (Shell/Plate-Thick, Mebrane: 0,6 m, Bending : 0,6 m)



Şekil 2.50. İkinci tip radye temelin SAP2000 modeli

SAP2000 programı ile üst yapının modellendirilmesi Şekil 2.51’de görülmektedir.

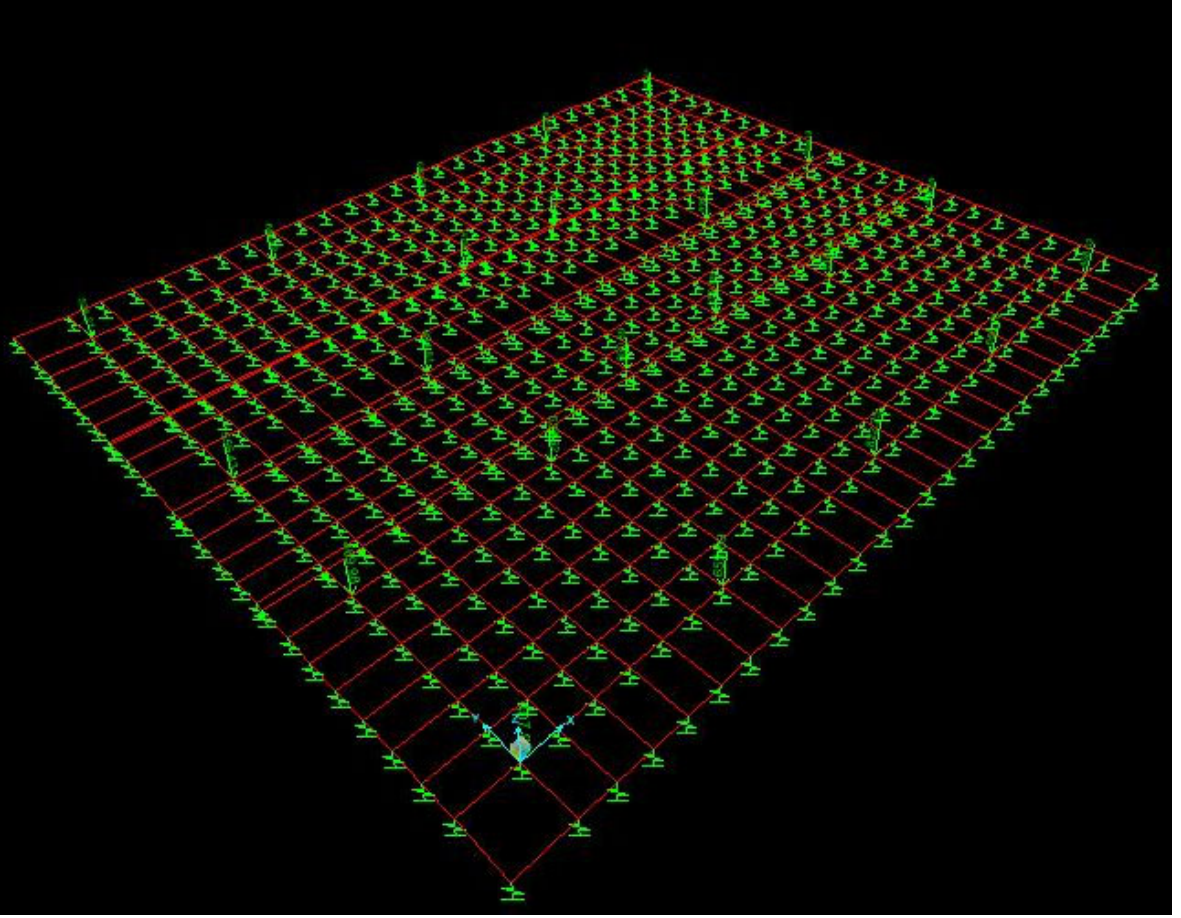


Şekil 2.51. Bina modeli

Tablo 2.9. İkinci radye temel tipi SAP2000 çözüm sonuçları

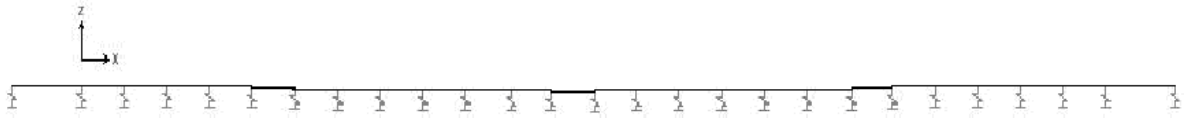
KOLON ADI	Deplasman (m)	M_{xx} (kNm)	M_{yy} (kNm)	Zemin gerilmesi kN/m ²
S1	-0,00302	55,769	56,755	59,98
S2	-0,00261	74,740	74,687	51,97
S3	-0,00240	92,509	104,098	47,09
S4	-0,00301	75,390	72,233	59,58
S5	-0,00330	131,430	112,108	65,12
S6	-0,00350	156,960	107,539	70,31
S7	-0,00331	131,369	112,023	65,39
S8	-0,00330	75,420	72,055	60,00
S9	-0,00240	93,331	105,260	47,75
S10	-0,00260	140,749	121,128	51,73
S11	-0,00260	140,740	120,929	51,39
S12	-0,00280	98,390	87,719	55,33
S13	-0,00280	98,210	87,905	55,64
S14	-0,00260	75,610	75,727	51,86
S15	-0,00300	55,80	56,601	60,55
S16	-0,00340	125,848	104,918	67,44
S17	-0,00370	190,303	138,600	73,87
S18	-0,00340	126,031	104,977	67,11
S19	-0,00280	117,308	60,110	55,12
S20	-0,00280	117,057	60,147	55,10
S21	-0,00290	147,470	149,310	58,36
S22	-0,00290	147,710	149,411	58,46

Temele etkiyen dūşey yūkler Őekil 2.52’de gōrūldūđū gibi modele yūklenmiŐtir.



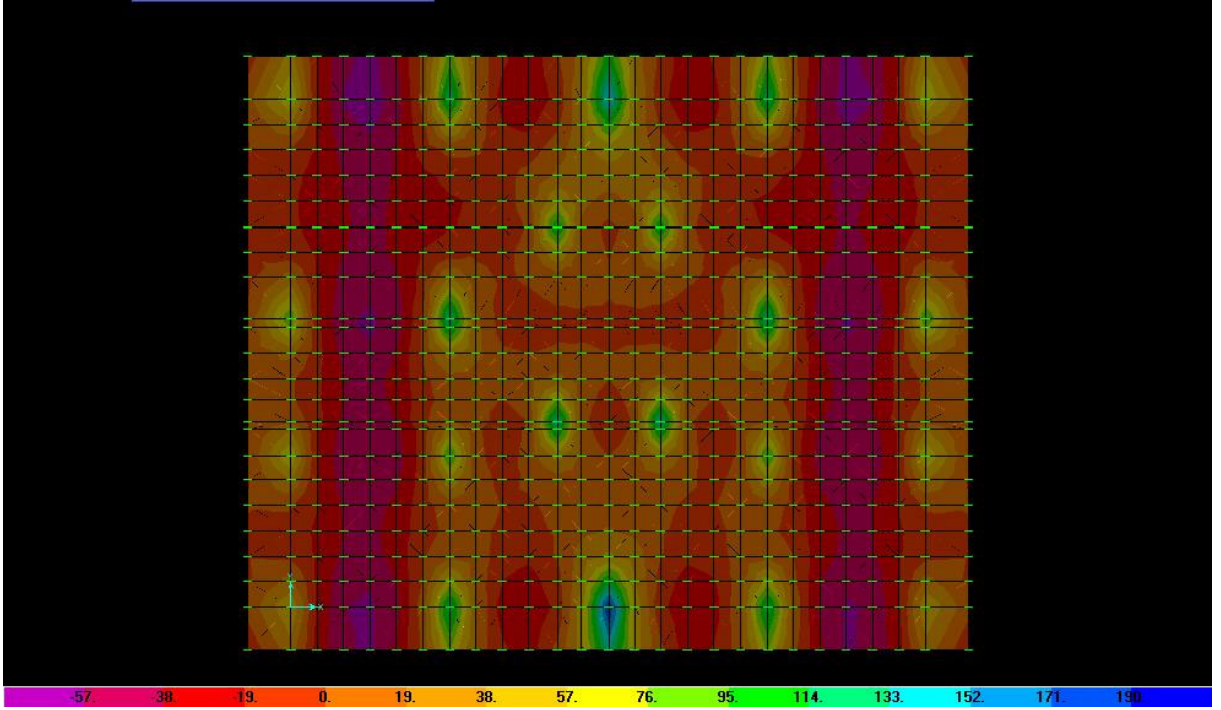
Őekil 2.52. İkinci tip radye temel yūklemeleri SAP2000

SAP2000’le yapılan çōzūleme sonucunda elde edilen deplasman Őekli bir kesit ūzerinde Őekil 2.53’de gōrūlmektedir.



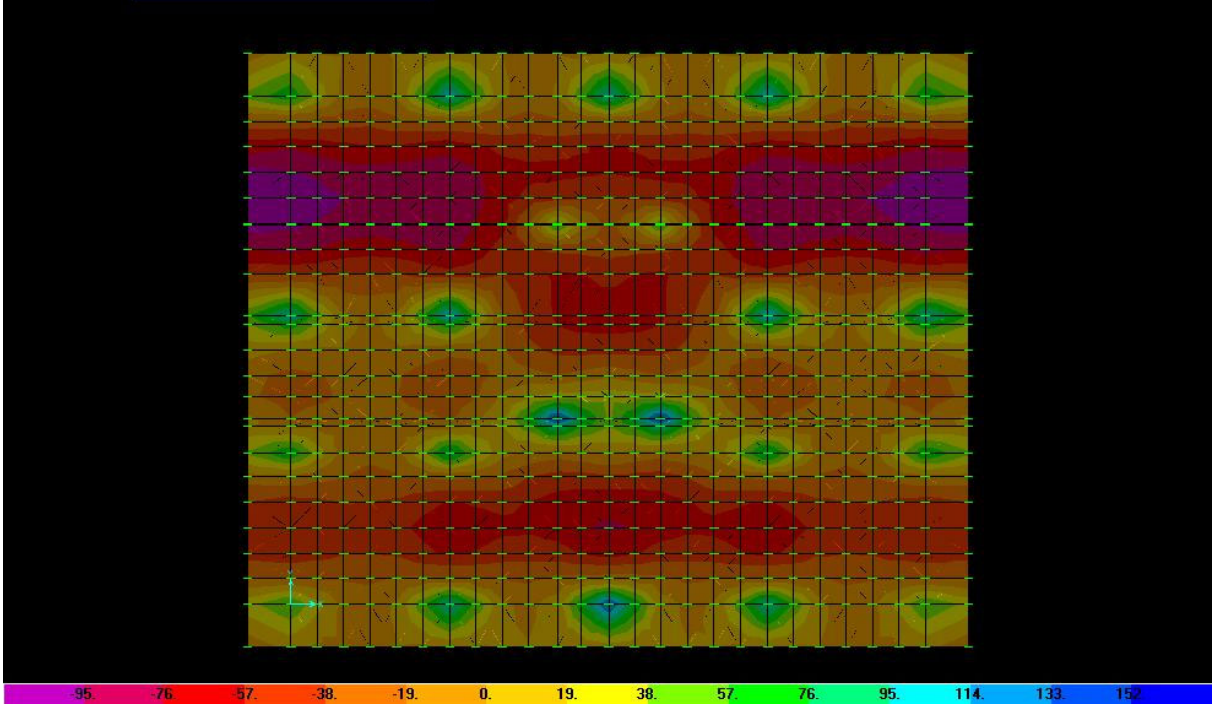
Şekil 2.53. İkinci tip radye temel xz deplasman diyagramı SAP2000

İkinci tip radye temelde meydana gelen M_{xx} eğilme momentinin alansal dağılımı Şekil 2.54'de görülmektedir. Şekil 2.54'de eğilme momenti yine kolon bölgelerinde pozitif büyük değerler aldığı ve en büyük pozitif momentin de S₁₇ kolonunda olduğu görülüyor. ($\cong 191$ kNm)



Şekil 2.54. İkinci tip radye temel M_{xx} moment dağılımı SAP2000

İkinci tip radye temelde meydana gelen M_{yy} eğilme momentinin alansal dağılımı Şekil 2.55’de görülmektedir. Renk dağılımına bakıldığında Şekil 2.55’de S_1 ve S_{15} kolonlarındaki moment değerlerinin diğer kolonlara göre daha küçük olduğu görülüyor.



Şekil 2.55. İkinci tip radye temel M_{yy} moment dağılımı SAP2000

2.2.4. İkinci Tip Radye Temelin SAFE Programı ile Yapılan Analizi

İkinci sayısal uygulamaya konu olan radye temelin sonlu elemanlar yöntemiyle SAFE (2004) programını kullanarak yapısal analizi gerçekleştirilmiştir.

İkinci tip radye temelin SAFE program parametreleri;

Boyutlar: 16,8 m x 13,80 m

Radye kalınlığı: $H = 0,6$ m

Zemin Yatak katsayısı (k) : 20.000 kN/m³

Poisson Oranı: 0,2

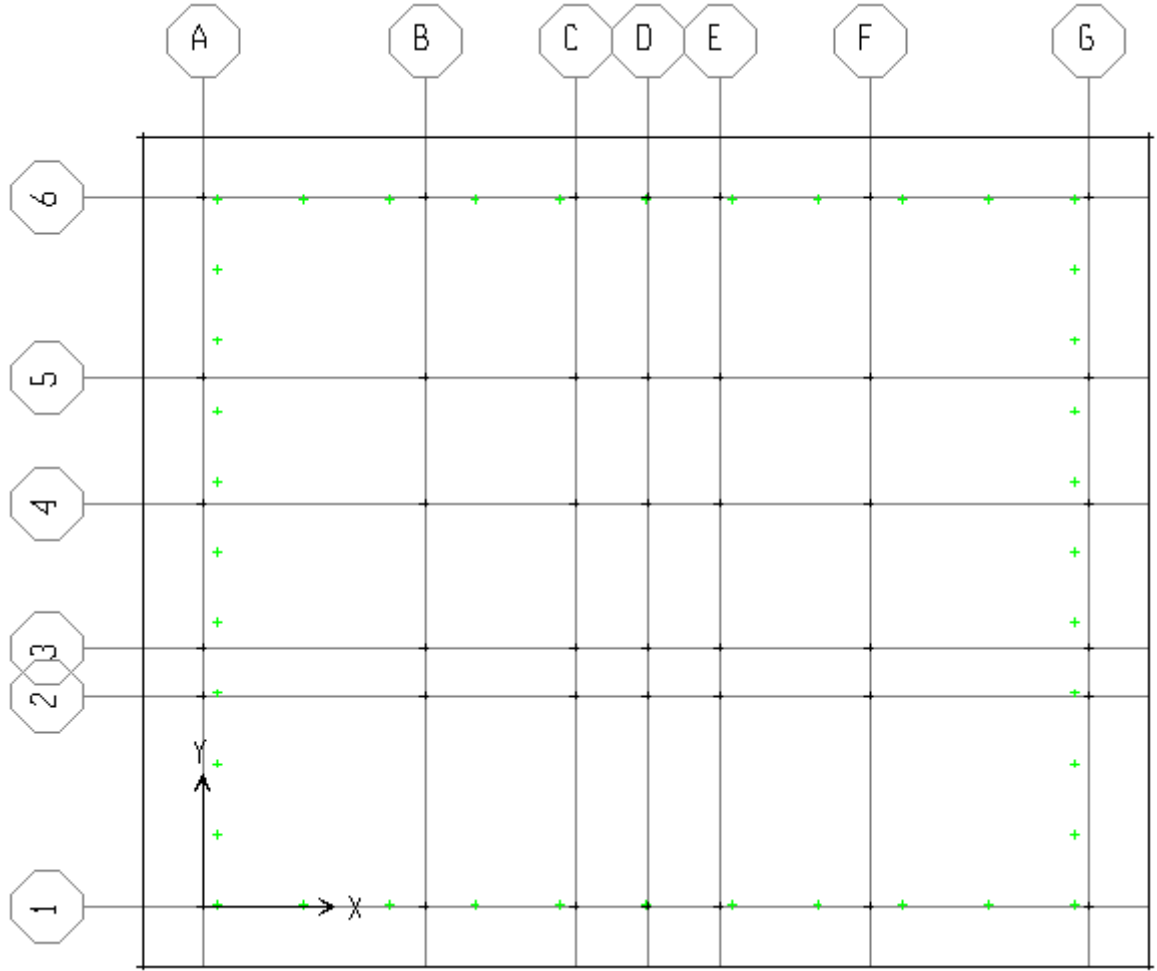
Elastisite Modülü: 32.000.000 kPa

Tipi : Shell/Plate-Thick

Mebrane: 0,6 m

Bending : 0,6 m

SAFE programı ile radye temel plağının modellendirilmesi Şekil 2.56'da görölmektedir.



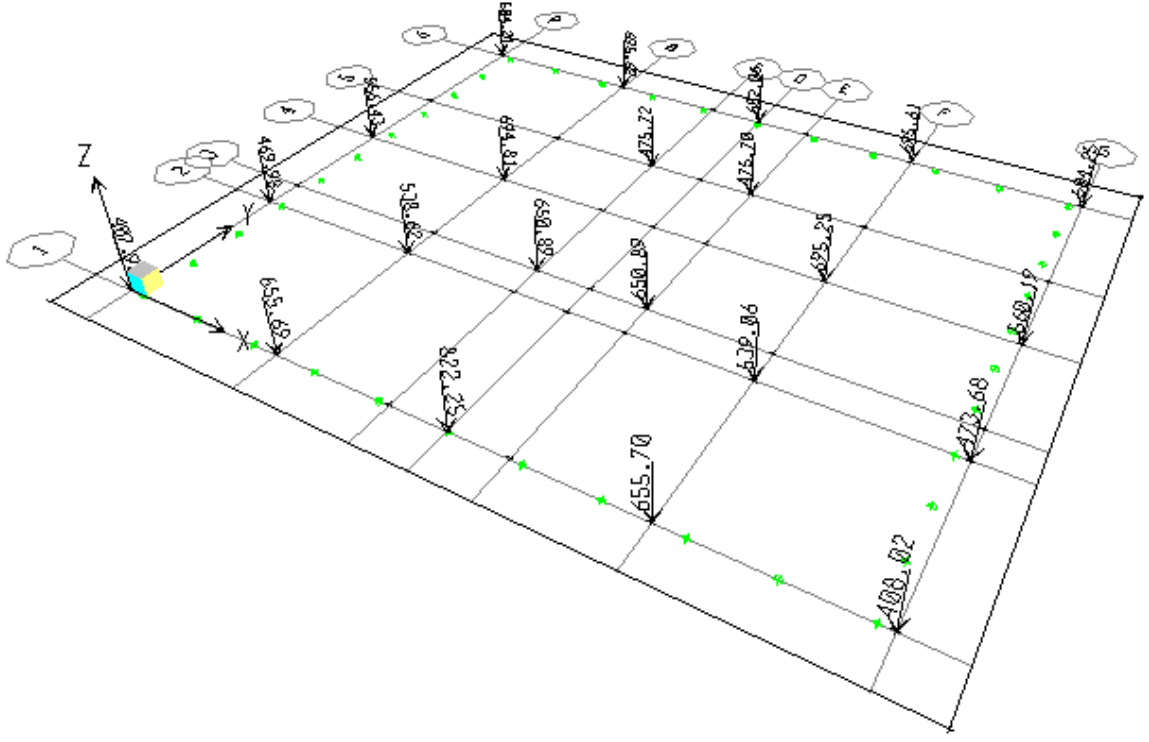
Şekil 2.56. İkinci tip radye temel planı SAFE

İkinci tip radye temelin SAFE ile yapılan çözümünden kolonların altında elde edilen deplasman eğilme momenti ve gerilme değerleri toplu olarak Tablo 2.10'da verilmektedir.

Tablo 2.10. İkinci radye temel tipi SAFE çözüm sonuçları

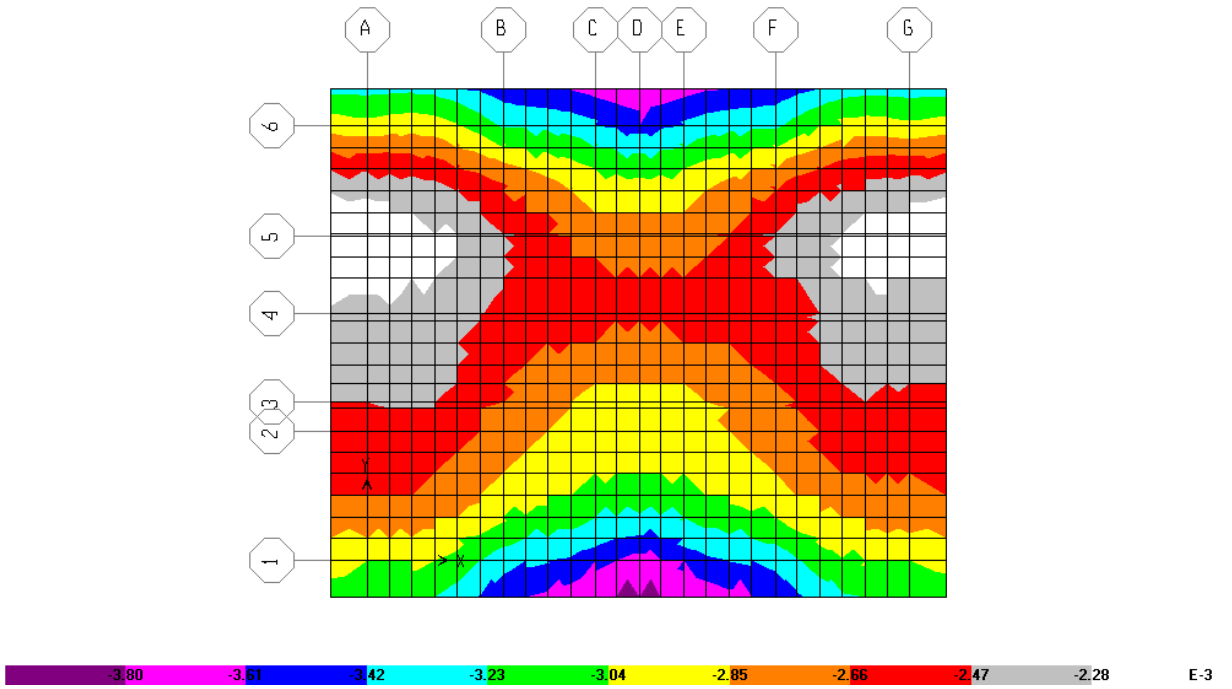
KOLON ADI	Deplasman (m)	M_{xx} (kNm)	M_{yy} (kNm)	Zemin gerilmesi kN/m ²
S1	-0,0030	55,77	56,76	59,98
S2	-0,0026	74,77	74,69	51,21
S3	-0,00240	92,51	104,096	47,09
S4	-0,0030	75,38	72,230	59,58
S5	-0,00330	131,46	112,110	65,12
S6	-0,00350	156,99	107,540	70,31
S7	-0,0033	131,37	112,026	65,39
S8	-0,00330	75,42	72,055	60,00
S9	-0,00240	93,33	105,260	47,70
S10	-0,00260	140,75	121,130	51,71
S11	-0,00260	140,74	120,93	51,38
S12	-0,00280	98,41	87,720	55,30
S13	-0,00280	98,23	87,920	55,64
S14	-0,00260	75,62	75,730	51,85
S15	-0,00300	55,82	56,600	60,55
S16	-0,00340	125,85	104,920	67,44
S17	-0,00370	190,306	138,600	73,86
S18	-0,00340	126,036	104,980	67,11
S19	-0,00280	117,311	60,110	55,12
S20	-0,00280	117,056	60,150	55,10
S21	-0,00290	147,52	149,310	58,35
S22	-0,00290	147,71	149,41	58,46

Temele etkiyen düşey yükler Şekil 2.57’de görüldüğü gibi modele yüklenmiştir.



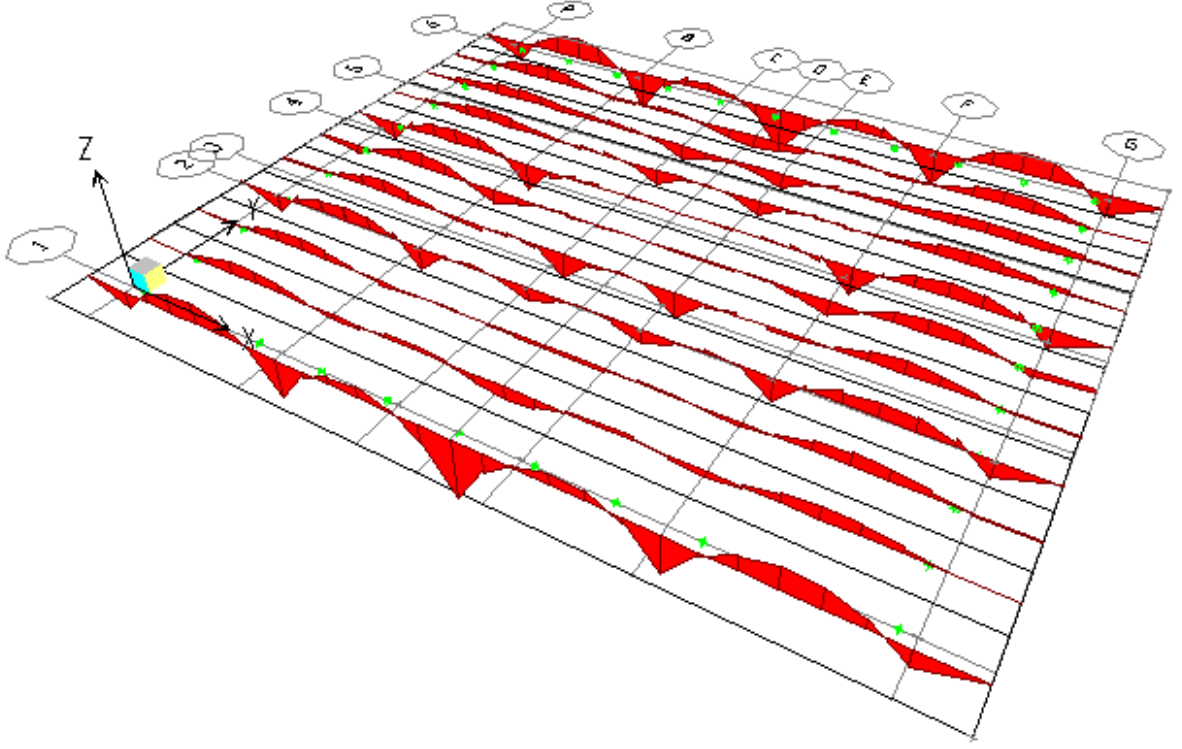
Şekil 2.57. İkinci tip radye temel yüklemesi SAFE

İkinci tip radye temel in yapısal analiz programı ile yapılan analizinden radye temelde meydana gelen düşey yer değiştirmelerin alansal dağılımı belirlenmiştir. Bu değişimin renklendirilmiş hali Şekil 2.58’de görülmektedir. Bu Şekildeki renklendirmede beyaz ile gösterilen bölgeler en küçük yer değiştirmelerin meydana geldiği bölgeyi, pembe ile gösterilen alanlar ise büyük yer değiştirmelerin meydana geldiği radye temel kısımlarını göstermektedir. Şekil 2.58’de en büyük deplasmanlar 5 aksının uç kısımlarında görülüyor.



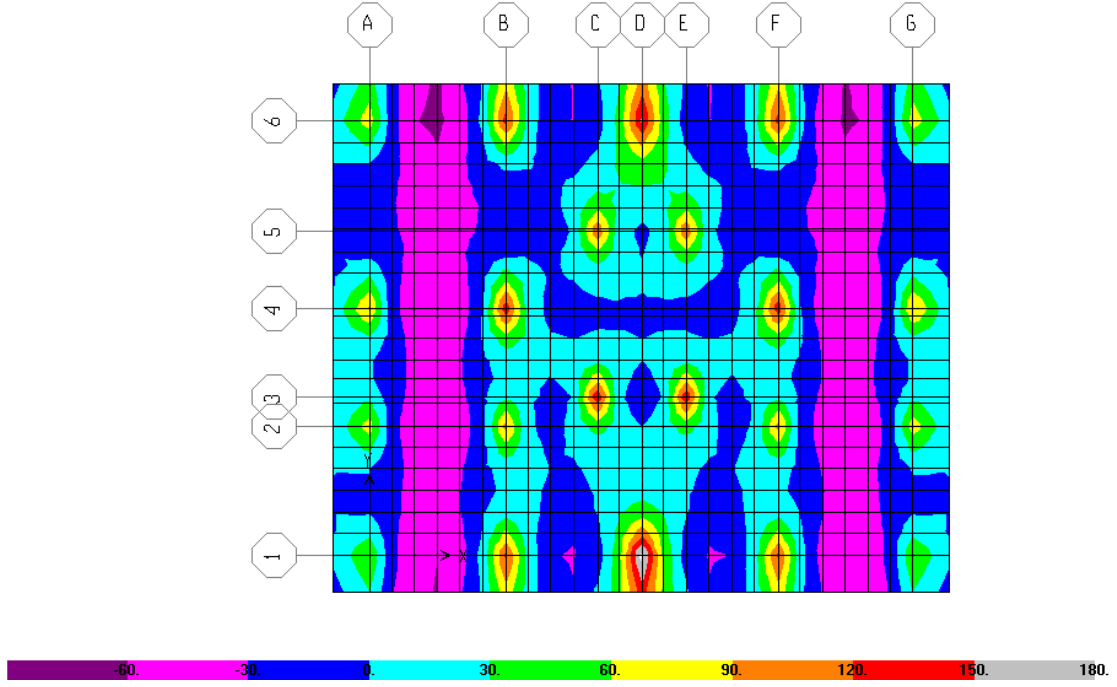
Şekil 2.58. İkinci tip radye temel deplasman dağılımı SAFE

İkinci tip radye temelde meydana gelen M_{xx} eğilme momentinin diyagramı Şekil 2.59'da görülmektedir. Bu şekilde görüldüğü gibi 1-D ve 6-D'deki M_{xx} pozitif en büyük momentlerin S₆ ve S₁₇ kolonlarında olduğu görülüyor.



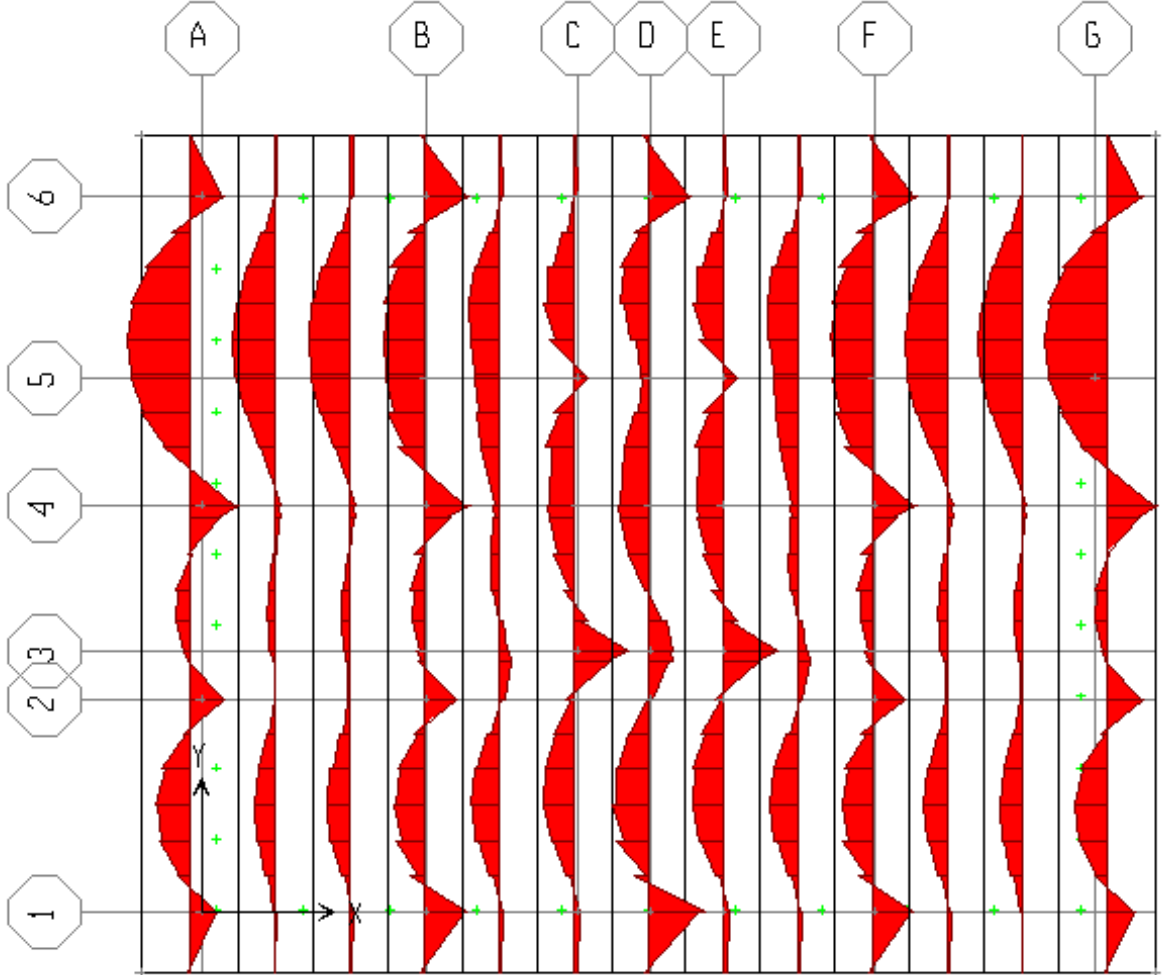
Şekil 2.59. İkinci tip radye temel M_{xx} açıklık moment diyagramı SAFE

İkinci tip radye temelde meydana gelen M_{xx} eğilme momentlerinin alansal dağılımı Şekil 2.60'da görülmektedir. Şekil 2.60'da A ve B aksları ile F ve G aksları arasında kalan bölgelerin orta kısımlarında momentlerin y doğrultusu boyunca negatif değerler aldığı görülüyor.



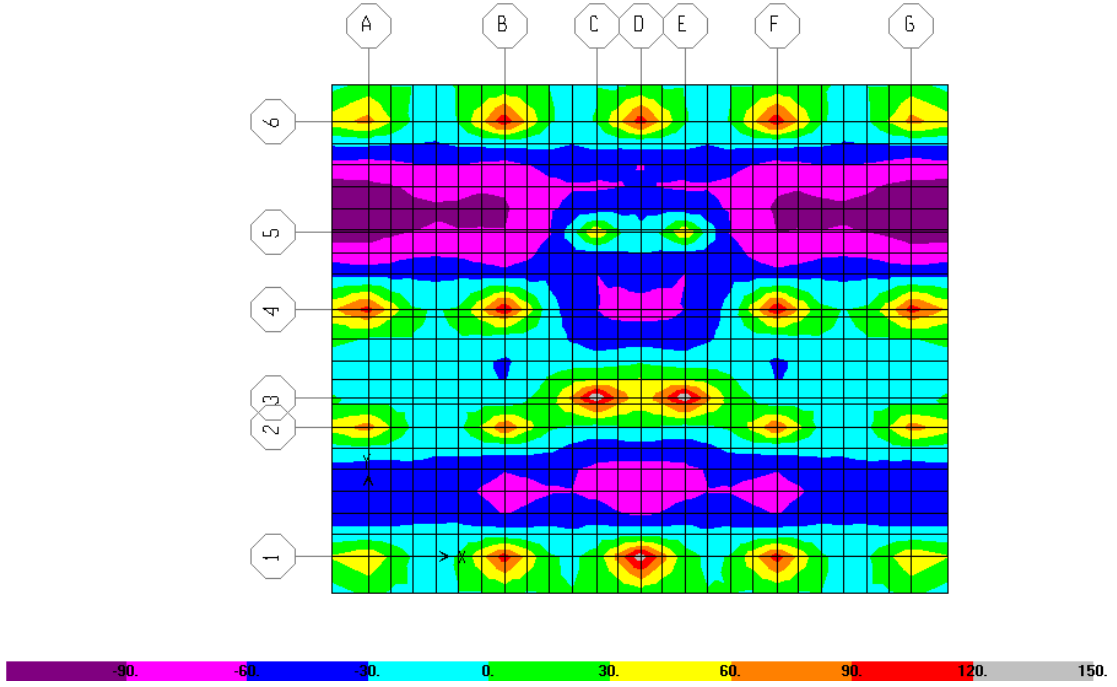
Şekil 2.60. İkinci tip radye temel M_{xx} dağılımı SAFE

İkinci tip radye temel M_{yy} açıklık moment diyagramı Şekil 2.61’de gibi görülmektedir. Şekil 2.61’de M_{yy} açıklık momentlerinin en büyük negatif değerleri 5–6 aksları arasında aldığı görülüyor.



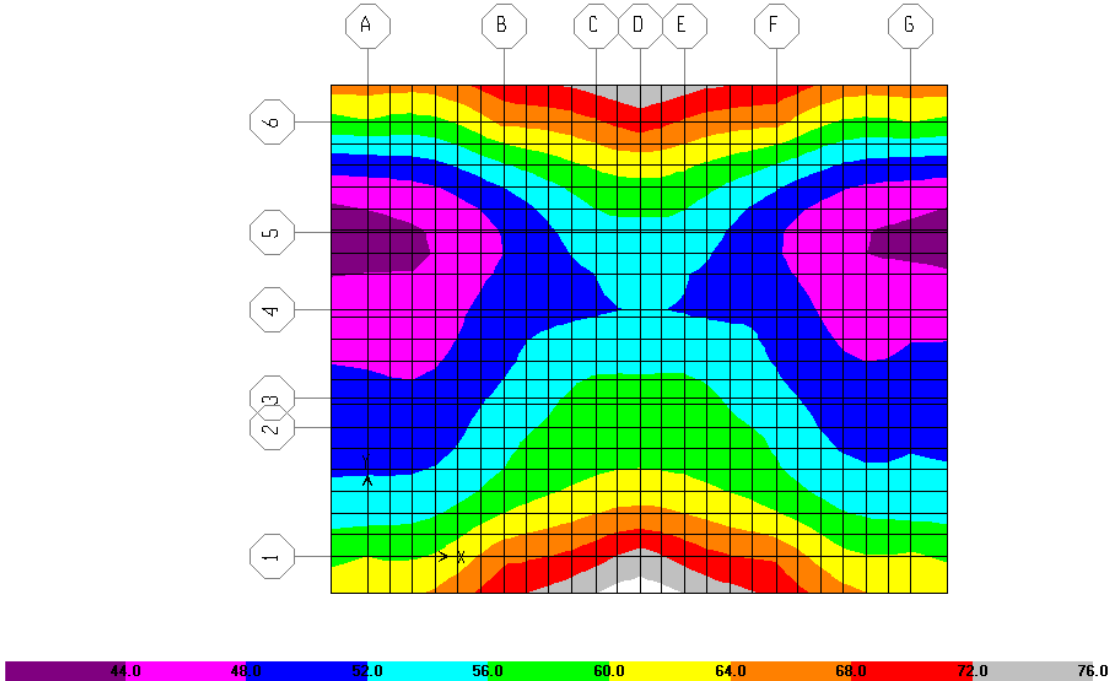
Şekil 2.61. İkinci tip radye temel M_{yy} açıklık moment diyagramı SAFE

İkinci tip radye temelde meydana gelen M_{yy} eğilme momentinin alansal dağılımı Şekil 2.62’de görülmektedir. Renk dağılımına baktığımızda Şekil 2.62’de kolonlarda görülen pozitif momentlerin en büyük olanının 1D noktası etrafında olduğu görülmektedir.



Şekil 2.62. İkinci tip radye temel M_{yy} dağılımı SAFE

İkinci tip radye temelin tabanında zeminde meydana gelen gerilmenin alansal dağılımı Şekil 2.63’de görülmektedir. Bu şekil düşey yer değiştirme şekliyle karşılaştırıldığında hemen hemen aynı dağılım görülür. Bu da sonuçların birbirine uyumlu olduğunu göstermektedir. Şekil 2.63’de en düşük zemin gerilme değerleri 5 aksının uç kısımlarında görülüyor.



Şekil 2.63.İkinci tip radye temel zemin gerilmeleri dağılımı SAFE

3. BULGULAR VE İRDELEME

3.1. Birinci Tip Radye Temel Bulgularının İrdelenmesi

Birinci tip radye temel için daha önce ayrı ayrı verilmiş olan deplasman değerleri toplu olarak Tablo 3.1’de verilmektedir. Bu tabloda görüldüğü gibi PROBİNA ile yapılan çözümleme en büyük deplasman değerini (3,49 mm) vermiştir. En düşük deplasman değeri de 2 mm olarak elde edilmiştir. Beklendiği gibi SAFE ve SAP2000 programları aynı deplasman değerlerini vermiştir. Rijit çözümden elde edilen bulgular PROBİNA ile diğer programlardan elde edilen değerler arasında kalmıştır.

Tablo 3.1. Birinci radye temel tipi deplasman değerleri, (m)

Kolon Adı	RİJİT	PROBİNA	SAP2000	SAFE
S1	-0,00265	-0,00349	-0,0028	-0,0028
S2	-0,00262	-0,00321	-0,0026	-0,0026
S3	-0,00258	-0,00337	-0,0027	-0,0027
S4	-0,00194	-0,00275	-0,0021	-0,0021
S5	-0,00198	-0,00258	-0,0020	-0,0020
S6	-0,00202	-0,00271	-0,0021	-0,0021

Birinci tip radye temelin kolonlarının bulunduğu kısımda rijit çözüm ve sayısal çözümlerinden elde edilen M_{xx} momentlerinin değerleri Tablo 3.2’de verilmektedir. Bu tablodan görüldüğü gibi en büyük M_{xx} momentleri S2 ve S5 kolonlarının bulunduğu radye temel kısmında meydana gelmiştir. Her ne kadar değerleri farklı olsa da bu kolonlarda büyük olma durumu gerçekleştirilen dört çözümlemeye de aynıdır. Momentler açısından da en büyük değerler yine PROBİNA ile yapılan analizlerden elde edilen değerler olmuştur. Yine beklediği gibi SAP2000 ve SAFE programları, bire bir aynı değerler vermesede oldukça yakın değerler vermiştir. Burada vurgulanması gereken bir diğer husus da programlar yardımıyla elde edilen değerlerdeki en düşük değer 34 kNm civarındayken rijit çözümde 13 kNm’ye kadar düşebilen değerlerin elde edilmiş olmasıdır.

Tablo 3.2. Birinci radye temel tipi x eksenini doğrultusundaki moment değerleri

Kolon Adı	RİJİT M_x (kNm)	PROBİNA M_{xx} (kNm)	SAP2000 M_{xx} (kNm)	SAFE M_{xx} (kNm)
S1	36,492	38,70	33,651	33,656
S2	69,251	85,60	74,435	74,435
S3	17,521	40,17	34,915	34,939
S4	13,45	40,56	35,123	35,273
S5	72,12	84,50	73,423	73,552
S6	38,96	39,10	34,066	34,069

Birinci tip radye temelini kolonlarının bulunduğu kısımda rijit çözüm ve sayısal çözümlerinden elde edilen M_{yy} momentlerinin değerleri Tablo 3.3'te verilmektedir. Bu doğrultu için de S2 ve S5 kolonların bulunduğu radye kısmında yine en büyük eğilme momenti değerleri elde edilmiştir. PROBİNA programı yine en büyük eğilme momenti değerlerini vermiştir. Ancak burada çok önemli bir husus var ki buda rijit çözümde elde edilen değerlerin diğer çözümlere göre oldukça farklı olmasıdır. Tablo incelendiğinde S4, S5 ve S6 kolonların bulunduğu radye kısmında rijit çözümde negatif moment değerleri elde edilmiştir. Diğer bir deyişle burada elde edilen eğilme momenti değerleri işaret olarak diğer program sonuçlarından farklıdır.

Tablo 3.3. Birinci radye temel tipi y eksenini doğrultusundaki moment değerleri

Kolon Adı	RİJİT M_y (kNm)	PROBİNA M_{yy} (kNm)	SAP2000 M_{yy} (kNm)	SAFE M_{yy} (kNm)
S1	34,70	38,5	33,554	33,551
S2	51,20	72,19	61,025	61,062
S3	36,41	42,25	36,733	36,746
S4	-37,53	51,79	46,411	46,456
S5	-53,43	83,28	72,410	72,425
S6	-35,89	49,46	43,013	43,011

Birinci tip radye temelini altındaki zeminde meydana gelen gerilme dağılımları daha önce verilmişti. Radye temelini kolonların bulunduğu kısımdaki gerilme değerlerinin karşılaştırılması toplu olarak Tablo 3.4'te verilmektedir. Bu tabloda görüldüğü gibi en büyük değer S1 kolonunun bulunduğu kısımda gerçekleşmektedir. Gerilme açısından da en

büyük değerleri PROBİNA vermiştir. Rijit çözümlene ise en küçük değerleri vermesine rağmen yine de değerler diğer analiz sonuçlarından önemli oranda uzaklaşmamıştır.

Tablo 3.4. Birinci radye temel tipi zemin gerilmesi değerleri

Kolon Adı	RİJİT ÇÖZÜM kN/m ²	PROBİNA kN/m ²	SAP2000 kN/m ²	SAFE kN/m ²
S1	53,19	69,80	55,778	55,778
S2	52,454	64,22	52,732	52,732
S3	51,626	67,40	54,827	54,827
S4	38,798	54,91	42,127	42,127
S5	39,62	51,60	39,993	39,993
S6	40,36	54,20	42,895	42,895

3.2. İkinci Tip Radye Temel Bulgularının İrdelenmesi

İkinci tip radye temel için daha önce ayrı ayrı verilmiş olan deplasman değerleri toplu olarak Tablo 3.5’de verilmektedir. Bu tabloda görüldüğü gibi PROBİNA ile yapılan çözümlene en büyük deplasman değerini (4,18 mm) vermiştir. En düşük deplasman değeri ise 2,4 mm olmuştur. Beklendiği gibi SAFE ve SAP2000 programları hemen hemen aynı deplasman değerlerini vermiştir. PROBİNA ile elde edilen değerler diğer programlardan elde edilen değerlerin üstünde olmuştur.

Tablo 3.5. İkinci radye temel tipi deplasman değerleri

Kolon Adı	RİJİT (m)	PROBİNA (m)	SAP2000 (m)	SAFE (m)
S1	-0,00286	-0,00382	-0,00302	-0,0030
S2	-0,00280	-0,00337	-0,00261	-0,0026
S3	-0,00275	-0,00308	-0,00240	-0,00240
S4	-0,00266	-0,00389	-0,00301	-0,0030
S5	-0,00266	-0,003853	-0,00330	-0,00330
S6	-0,00266	-0,00418	-0,00350	-0,00350
S7	-0,00266	-0,004005	-0,00331	-0,0033
S8	-0,00266	-0,003829	-0,00330	-0,00330
S9	-0,00275	-0,00308	-0,00240	-0,00240
S10	-0,00275	-0,003216	-0,00260	-0,00260
S11	-0,00275	-0,003215	-0,00260	-0,00260
S12	-0,0028	-0,00343	-0,00280	-0,00280
S13	-0,0028	-0,00351	-0,00280	-0,00280
S14	-0,0028	-0,003222	-0,00260	-0,00260
S15	-0,00286	-0,00379	-0,00300	-0,00300
S16	-0,00286	-0,00403	-0,00340	-0,00340
S17	-0,00286	-0,00411	-0,00370	-0,00370
S18	-0,00286	-0,004027	-0,00340	-0,00340
S19	-0,00271	-0,00342	-0,00280	-0,00280
S20	-0,00271	-0,003423	-0,00280	-0,00280
S21	-0,00279	-0,00359	-0,00290	-0,00290
S22	-0,00279	-0,00358	-0,00290	-0,00290

İkinci tip radye temelin kolonlarının bulunduğu kısımda rijit çözüm ve sayısal çözümlerinden elde edilen M_{xx} momentlerinin değerleri Tablo 3.6'da verilmektedir. Bu tabloda görüldüğü gibi en büyük M_{xx} momentleri Rijit çözümde S_{19} ve S_{20} kolonlarında, PROBİNA, SAP2000 ve SAFE programlarında ise S_{17} kolonunda meydana gelmiştir. Momentler açısından da en büyük değer 2.528,41kNm Rijit çözümde, en düşük değer ise 55,76 kNm SAP2000 programından elde edilmiştir.

Tablo 3.6. İkinci radye temel tipi x eksenini doğrultusundaki moment değerleri

Kolon Adı	RİJİT M_x (kNm)	PROBİNA M_{xx} (kNm)	SAP2000 M_{xx} (kNm)	SAFE M_{xx} (kNm)
S1	83,256	64,88	55,769	55,77
S2	60,210	82,24	74,740	74,77
S3	68,220	103,71	92,509	92,51
S4	79,135	82,91	75,390	75,38
S5	143,918	144,61	131,430	131,46
S6	161,900	172,69	156,960	156,99
S7	176,340	148,30	131,369	131,37
S8	144,010	84,12	75,420	75,42
S9	177,576	102,66	93,331	93,33
S10	-311,049	157,37	140,749	140,75
S11	-366,476	154,81	140,740	140,74
S12	-408,600	111,69	98,390	98,41
S13	-384,390	104,87	98,210	98,23
S14	105,240	87,48	75,610	75,62
S15	49,762	63,40	55,80	55,82
S16	388,603	145,75	125,848	125,85
S17	702,327	202,17	190,303	190,306
S18	405,402	138,64	126,031	126,036
S19	2.526,830	128,04	117,308	117,311
S20	2.528,410	127,76	117,057	117,056
S21	2.161,080	168,27	147,470	147,52
S22	2.170,463	161,48	147,710	147,71

İkinci tip radye temelini kolonlarının bulunduğu kısımda rijit çözüm ve sayısal çözümlerinden elde edilen M_{yy} momentlerinin değerleri Tablo 3.7’de verilmektedir. Bu doğrultu için de S_{21} ve S_{22} kolonların bulunduğu radye kısmında yine en büyük eğilme momenti değerleri elde edilmiştir. SAP2000 ve SAFE programlarından elde edilen değerler Rijit çözüm ve PROBİNA programından elde edilen değerlerden düşük olmuştur. PROBİNA, SAP2000 ve SAFE programlarında en düşük moment değeri S_{15} kolonunda, Rijit çözümde ise S_3 kolonunda meydana gelmiştir. Rijit çözümde S_{19} , S_{20} , S_{21} ve S_{22} kolonlarından elde edilen değerler, PROBİNA, SAP2000 ve SAFE programlarından elde edilen değerlerden belirgin biçimde büyüktür.

Tablo 3.7. İkinci radye temel tipi y eksenini doğrultusundaki moment değerleri

Kolon Adı	RİJİT M_y (kNm)	PROBİNA M_{yy} (kNm)	SAP2000 M_{yy} (kNm)	SAFE M_{yy} (kNm)
S1	218,658	66,03	56,755	56,76
S2	127,966	87,15	74,687	74,69
S3	49,890	120,23	104,098	104,096
S4	74,584	86,93	72,233	72,230
S5	89,745	123,32	112,108	112,110
S6	43,824	120,25	107,539	107,540
S7	89,760	126,51	112,023	112,026
S8	74,712	87,10	72,055	72,055
S9	52,98	120,31	105,260	105,260
S10	-65,770	135,43	121,128	121,130
S11	-66,105	133,98	120,929	120,93
S12	80,31	99,56	87,719	87,720
S13	87,132	93,86	87,905	87,920
S14	124,48	87,61	75,727	75,730
S15	197,54	62,26	56,601	56,600
S16	545,71	121,50	104,918	104,920
S17	744,340	149,76	138,600	138,600
S18	542,83	115,47	104,977	104,980
S19	733,60	66,12	60,110	60,110
S20	733,44	62,78	60,147	60,150
S21	915,114	170,31	149,310	149,310
S22	914,69	164,35	149,411	149,41

İkinci tip radye temelini altındaki zeminde meydana gelen gerilme dağılımları daha önce verilmişti. Radye temelini kolonların bulunduğu kısmındaki gerilme değerlerinin karşılaştırılması toplu olarak Tablo 3.8'de verilmektedir. Bu tablodan görüldüğü gibi en büyük değer Rijit çözüm ($S_1, S_{15}, S_{16}, S_{17}, S_{18}$), PROBİNA (S_6) ve SAP2000 (S_{17}) programlarının hepsinde farklı kolonlarda gerçekleşmiştir. Gerilme açısından da en büyük değerleri PROBİNA vermiştir.

Tablo 3.8. İkinci radye temel tipi zemin gerilmesi değerleri

Kolon Adı	RİJİT kN/m ²	PROBİNA kN/m ²	SAP2000 kN/m ²	SAFE kN/m ²
S1	57,260	76,40	59,98	59,98
S2	56,076	67,40	51,97	51,21
S3	54,980	61,60	47,09	47,09
S4	53,250	77,80	59,58	59,58
S5	53,250	77,06	65,12	65,12
S6	53,250	83,06	70,31	70,31
S7	53,250	80,10	65,39	65,39
S8	53,250	76,58	60,00	60,00
S9	54,980	61,60	47,75	47,70
S10	54,980	64,31	51,73	51,71
S11	54,980	64,30	51,39	51,38
S12	56,076	68,60	55,33	55,30
S13	56,076	70,20	55,64	55,64
S14	56,076	64,43	51,86	51,85
S15	57,260	75,80	60,55	60,55
S16	57,260	80,60	67,44	67,44
S17	57,260	82,20	73,87	73,86
S18	57,260	80,54	67,11	67,11
S19	54,270	68,40	55,12	55,12
S20	54,270	68,45	55,10	55,10
S21	55,800	71,80	58,36	58,35
S22	55,800	71,60	58,46	58,46

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Radye temel; özellikle 1999 depremlerinden sonra mühendislerin gündemine yaygın olarak girmiştir. Radye temellerin özellikle farklı mesnet çökmelerini engelleme yönündeki üstünlüğü bunları son derece önemli kılmıştır.

Radye temellerin hesap ve tasarımı konusunda ülkemiz mühendislik camiasının kullanımına sunulmuş yeterince kaynak olduğunu söylemek imkansızdır. Bu boşluğun doldurulmasına katkıda bulunmak amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada genel olarak temeller hakkında öz bilgiler verildikten sonra radye temel çeşitlerine ve hesap yöntemlerine ilişkin ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Böylece mühendislerin radye temeller konusunda ihtiyaç duyabilecekleri konulardan başlıcaları toplu olarak sunulmuştur.

Tez kapsamında iki farklı sayısal uygulama gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi nispeten basit bir yapıyı temsil etmesi bakımından literatürde boyutları verilen bir radye temel seçilmiştir. İkincisi ise uygulamada inşa edilmiş gerçek bir yapıya ilişkin olarak seçilen radye temeldir. Seçilen iki tip radye temelin yapısal çözümlemesinde elle çözüme imkan tanıyan rijit yaklaşım ve sayısal yöntemlerden yararlanan üç farklı bilgisayar yazılım kullanılmıştır. Böylece her bir radye temel için dört farklı yapısal çözüm gerçekleştirilmiştir.

Birinci tip radye temelin analizinden elde edilen bulgular irdelendiğinde, deplasman açısından en büyük değeri PROBİNA çözümleri vermiştir. SAFE ve SAP2000 programlarının çözümleri aynı deplasman değerlerini vermiştir. Rijit çözümden elde edilen deplasman değerleri ise PROBİNA ile diğer programlardan elde edilen değerler arasında kalmıştır. Eğilme momentleri açısından da en büyük değerler PROBİNA yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen çözümlerden elde edilmiştir. Ancak eğilme momentleri açısından rijit çözümler, programdan elde edilen çözümlerden önemli oranda uzaklaşmaya başlamıştır. Hatta rijit çözümlerden M_{yy} momenti için işaret olarak da farklı değerler elde edilmiştir. Zeminde oluşan gerilmeler açısından da gerçekleştirilen dört çözümlerden deplasman dağılımına uygun bir gerilme dağılımı elde edilmiştir.

İkinci tip radye temelin analizinden de genel olarak birinci tipe benzer sonuçlar elde edilse de bu uygulama daha kapsamlı ve gerçek bir yapıya uygun olarak tasarlanmış radye temel olduğundan, radye temel ve zemin için hesaplanan kesit etkileri ve tepkilerin

dağılımı da daha karmaşık olmaktadır. Bu durumdan en fazla etkilenen çözüm rijit çözüm olmuş ve özellikle eğilme momenti diyagramlarında diğer çözümlere göre oldukça farklı değerlerde diyagramlar elde edilmiştir.

Elle çözüme imkan tanıyan rijit yaklaşım radye temelinin deplasman değerinin belirlenmesinde ve zemin gerilmelerinin belirlenmesinde yaklaşık olarak kullanılabilir. Ancak radye temelin eğilme momentine göre hesap ve tasarımında oldukça farklı sonuçlar verebilmekte, diyagramlar kapanmamaktadır. Dolayısıyla radye temellerin eğilmeye göre hesabında ve donatının belirlenmesinde sayısal yöntemlerle gerçekleştirilen çözümlerin kullanılması daha gerçekçi olacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Celep, Z., Kumbasar, N., 2001. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, ISBN 975-95405-3-3, İstanbul, 440-507
- Cernica, J.N., 1994. Geotechnical Engineering Foundation Desing ,Jonh Wiley & Sons, Inc., New York, 488 pp.
- Çamlıbel, A.N., 2000. Yüzeysel Yapı Temelleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 254 s.
- Çinicioğlu, S.F., 2003. Zeminlerde Statik ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı, İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Ders Notları
- Coduto, D., 2005. Temel Tasarımı İlkeler ve uygulamalar, Murat, Kamil, 2. baskı, Gazi Kitapevi, Ankara, 319 s.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara
- DİE, 2001. Türkiye İstatistik Yıllığı, DİE yayınları, Ankara
- Doğangün, A., 2002. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı,Birsen Yayınevi, İstanbul, 780 s.
- Ersoy, U., 1995. Betonarme 2 Döşeme ve Temeller 1.Baskı, Evrim Yayınevi, İstanbul, 125-245
- Çinicioğlu, S.F., 2005. Zeminlerde Statik ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı, İmo İstanbul Seminer Notları, 25 s.
- İzbrak, R., 1996. Türkiye I-II, M.E.B. Yayınları, İstanbul, 920 s.,
- İzbrak, R., 1991. Yerbilim Bilgileri, M.E.B. Yayınları, İstanbul, 183 s.
- Kanıt, R., 2002. Temel İnşaatı, Gazi Kitapevi, Ankara, 250 s.
- Köseoğlu, S., 1987. Temeller Statiği ve Konstruksiyonu 1 Temel Bilgiler, 3.Basım, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 264 s.
- Mollamahmutoğlu, M., Kayabalı, K. Çevirenler, 2005. Temel Tasarımı İlkeler ve uygulamalar Donald P. Coduto, Gazi Kitapevi, Ankara, 815 s.
- Önalp, A., Sert, S., 2006. Geoteknik Bilgisi 3 Bina Temelleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 375 s.
- Özcan, K., 2000. Yapı, 8.Baskı, Bilim Yayınları, Ankara, 345 s.

- Özmen, G., 2007. Orakdögen, E., Darılmaz, K., Örneklerle SAP 2000-V10, Birsen Yayınevi, İstanbul, 423 s.
- Özmen, F., 1990. Bazı Trabzon Killerinin Konsolidasyon Özellikleri Sığ Temel Sistemleri Kondalisdasyon Oturmaları Yüksek Lisans Tezi., K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Probina, 2005. Orion Bina Sistemleri 3-Boyutlu Sonlu Elemanlar Analizi-Dizaynı-Çizimi, Prota Yazılım Ltd. Şti., Versiyon 14.0.,
- SAFE Slab Analysis by The Finite Element Method, 2004. Computers and Structures Inc., Version 8.0.4., Berkeley, California.
- SAP 2000 Structural Analysis Programme, 2005. Computers and Structures Inc., Version 10.0.1, Berkeley, California.
- Skempton, A.W., Mc Donald, D.H., 1956. Allowable Settlement of Buildings, Proc. Institute of Civil Engineers, Part 3, Vol.5, s. 727-768
- T.M.M.O.B İnşaat Mühendisleri İzmir Şubesi, 1981/1. Temeller El Kitabı, 60 s.
- TS 498, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap ve Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü
- TS-500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü
- Ulusay, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, Genişletilmiş 4. Baskı, TMMOB Jeoloji Mühendisler Odası Yayınları, Ankara, 38 s.
- URL-1, [http:// www.yildiz.edu.tr/~ozcoban/imoantalya/26mayis06/radyetemel.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/~ozcoban/imoantalya/26mayis06/radyetemel.pdf), 22 Ekim 2008.
- URL-2, <http://www.bilgipasaji.com/forum/p-q-r-s-460/130416-radye-temel-radye-jeneral-nedir.html> - 99k, 25 Ekim 2008.
- URL-3, http://www.insaatofisi.com/forum_posts.asp?TID=1515&PID=2901 - 36k, 19 Eylül 2008.
- URL-4, http://www.prota.com.tr/probina/neden_orion.html - 32, 20 Temmuz 2008.
- URL-5, <http://web.sakarya.edu.tr/udagdeviren/temeller/formuller.pdf>, 23 Eylül 2008.
- Uzuner, B.A., 2006. Temel Mühendisliğine Giriş, 3.Baskı, Derya Kitabevi, Trabzon, 305 s.
- Uzuner, B.A., Moroğlu, B. ve Cüre, E., 2007. Geotekstil, bir model Şerit Temelin Taşıma Gücünü Nasıl Artırıyor, Yapı Dünyası Dergisi, 133, 15-19

Uzuner, B.A.ve Şadoğlu, E., 2006. Temellerin Oturmaları,Yapı Dünyası Dergisi,123-124, 56-59

ÖZGEÇMİŞ

Kemal EFENDİOĞLU 1980 yılında Sürmene’de doğdu. İlkokulu Trabzon Dumlupınar İlköğretim okulunda, ortaokulu Trabzon Kanuni Ortaokulu’nda tamamladı. 1995 yılında Trabzon Affan Kitapçıoğlu Lisesi’nde tamamladı. 1999 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı ve 2003 yılı bahar döneminde mezun oldu. 2005 yılı güz döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. EFENDİOĞLU halen Efendioğlu İnşaat Tic. San. Ltd. Şti. ‘nde inşaat mühendisi olarak çalışmakta olup iyi derecede İngilizce bilmektedir.