

T.C.
TOROS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MERSİN YENİŞEHİR'DE ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA
UYGULANAN KAZIKLI RADYE TEMEL SİSTEMLERİNİN YAPI
MALİYETLERİNE VE YAPI DEPREM GÜVENLİĞİNE OLAN
ETKİSİNİN İNCELENMESİ

HÜSEYİN SAÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mart 2017

MERSİN

ONAY SAYFASI

Toros Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 148060006 numaralı yüksek lisans öğrencisi Hüseyin SAÇ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "Mersin Yenişehir'de, Çok Katlı Betonarme Yapılarda Uygulanan Kazıklı Radye Temel Sistemlerinin Yapı Maliyetlerine ve Yapı Deprem Güvenliğine Olan Etkisinin İncelenmesi" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

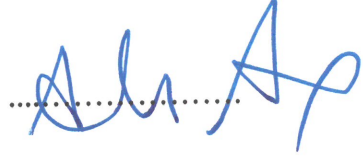
**Jüri Başkanı
(Danışman)**

: **Prof.Dr.Aziz ERTUNÇ**



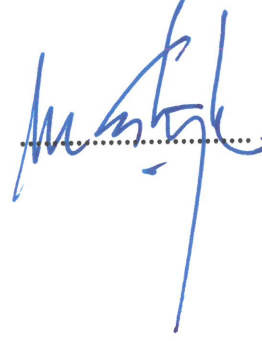
Jüri Üyesi

: **Prof.Dr. İsmail Altay ACAR**
(Çukurova Üniversitesi)



Jüri Üyesi

: **Prof.Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU**



Tez Teslim Tarihi : 02.03.2017

Savunma Sınav Tarihi : 31.03.2017

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylım.

03./04/2017



Prof.Dr.Fügen ÖZCANARSLAN
Enstitü Müdürü

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

ETİK BEYAN

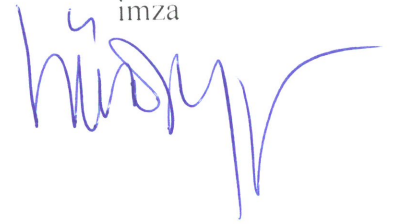
Toros Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez çalışması içinde sunduğum verileri, bilgiler ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tez çalışmada sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

31.03.2017

Hüseyin SAÇ

imza



ÖNSÖZ

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup ve bana tez çalışmam süresince değerli fikirlerinden faydalandığım, bundan sonraki çalışmalarında bana her konuda ışık tutacak değerli hocalarım Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ, Prof. Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU, Prof. Dr. Altay ACAR, Jeoloji Mühendisi Berna GÜNTEL'e ve değerli arkadaşım İnş. Müh. M. Fadıl ÇAKICI'ya teşekkür ederim. Bu zorlu tez sürecinde benden desteğini bir an için bile esirgemeyen değerli arkadaşım, İnş. Yük. Müh. Ahmet ARSLAN'a ve tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Hüseyin SAÇ

Mersin, Mart 2017

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER	ix
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1 GİRİŞ	1
1.1 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
1.2 MERSİN İLİ, YENİŞEHİR İLÇESİ KUZEY BÖLGEDE İNŞA EDİLECEK ÇOK KATLI BİNALARDA YAPILAN ARAŞTIRMANIN AMACI VE İZLENEN YOL	3
1.3 KULLANILAN TAŞIYICI SİSTEM MODELLERİ VE ÖZELLİKLERİ	5
2 HESAPLARDA KULLANILAN TEORİK ESASLAR VE KAZIKLI RADYE TEMEL SİSTEMİ GEREKİNİMİ	10
2.1 KAZIKLI RADYE TEMEL SİSTEMLERİNE KULLANIM GEREKİNİMLERİ.....	10
2.2 KAZIKLI RADYE TEMEL SİSTEMLERİNİN ÇALIŞMA ŞEKLİ.....	10
2.3 ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA UYGULANAN KAZIK TÜRÜ	11
2.4 FORE KAZIKLARIN AVANTAJLARI	14
2.5 FORE KAZIKLARIN DEZAVANTAJLARI	15
2.6 YAPILARA ETKİYEN KARAKTERİSTİK YÜKLER	15
2.6.1 Düşey yükler	15

2.6.2	<i>Yatay yükler</i>	16
2.6.3	<i>Hesaplarda kullanılan yük katsayıları ve yük birleşimleri</i>	16
2.7	DEPREM BÜYÜKLÜĞÜNÜ ETKİLEYEN KRİTERLER	17
2.7.1	<i>Deprem parametreleri</i>	18
2.7.2	<i>Yerel zemin sınıfı</i>	18
2.7.3	<i>Yapı özellikleri</i>	19
3	DEPREME KARŞI DAYANIKLI YAPI TASARIMI VE ANA İLKELER	21
3.1	YAPI GEOMETRİSİ	22
3.2	TAŞIYICI ELEMANLARDA SÜREKLİLİK.....	22
3.3	DAYANIM, SÜNEKLİK VE RİJİTLİK	23
4	YAPI DÜZENSİZLİKLERİ	26
4.1	PLANDAKİ DÜZENSİZLİKLER	26
4.1.1	<i>A1 Türü burulma düzensizliği</i>	26
4.1.2	<i>A2 türü döşeme süreksizlik düzensizliği</i>	28
4.2	A4 TÜRÜ TAŞIYICI ELEMAN EKSENLERİNİN PARALEL OLMAMASI DÜZENSİZLİĞİ	30
4.3	DÜŞEY DOĞRULTUDA BULUNAN DÜZENSİZLİKLER	32
4.3.1	<i>B1 Türü komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)</i>	32
4.3.2	<i>B2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)</i>	34
4.3.3	<i>B3 taşıyıcı sistemdeki düşey elemanların süreksizlik durumu</i>	35
5	HESAP YÖNTEMLERİ	38
5.1	EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ	38
5.2	MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ	46
5.3	ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ	47
5.4	ANALİZ SONRASI YAPILMASI GEREKEN TASARIM KONTROLLERİ	47
5.4.1	<i>Güçlü kolon zayıf kiriş kontrolü</i>	48
5.4.2	<i>Süneklik düzeyi yüksek yapılarda kesme güvenliği kontrolü</i>	51
5.5	ÇALIŞMADA KULLANILAN ANALİZ PROGRAMININ TANITILMASI.....	52

6	BULGULAR	55
6.1	METRAJ, KEŞİF VE YAPI MALİYETİ	55
6.2	TEMEL DEPLASMAN DURUMU	57
7	SONUÇLAR	59
8	KAYNAKLAR	61
	EKLER	64
	EK-A: FARKLI ZEMİN GRUPLARINDA YAPILARA ETKİ EDEN DEPREM TABAN KESME KUVVETİ.....	65
	EK-B: FARKLI ZEMİN GRUPLARINDA OLUŞAN MAKSİMUM ZEMİN GERİLME DURUMLARI.....	67
	EK-C: METRAJ HESABI.....	85
	EK-D: YAPI TAŞIYICI SİSTEM MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	88
	EK-E: RADYE TEMEL İLE KAZIKLI RADYE TEMEL ZEMİN GERİLME DURUMLARININ GRAFİKSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI.....	90
	ÖZGEÇMİŞ.....	102

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1 Etkin Yer İvme Katsayıları (TDY, 2007)	18
Çizelge 2.2 Spektrum Karakteristik Periyotları (TDY, 2007).	19
Çizelge 5.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanabileceğı binalar (TDY, 2007).	39
Çizelge 5.2 Yapı Önem Katsayısı (TDY, 2007).	44
Çizelge C.0.1 25 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıksız).	85
Çizelge C.0.2 25 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıklı).	85
Çizelge C.0.3 28 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıksız).	87
Çizelge C.0.4 28 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıklı).	86
Çizelge C.0.5 33 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıksız)	88
Çizelge C.0.6 33 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıklı).	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Sta4 CAD V13.1 Ekran Görüntüsü.	4
Şekil 1.2 Çok Katlı Betonarme Binaların 3 Boyutlu Yapısal Modelleri (Sıra ile 25 katlı, 28 katlı ve 33 katlı).	5
Şekil 1.3 Seçilen 25 katlı binanın kalıp planı.	7
Şekil 1.4 Seçilen 28 katlı binanın kalıp planı.	8
Şekil 1.5 Seçilen 33 katlı binanın kalıp planı.	9
Şekil 2.1 Seçilen 25 katlı binanın fore kazık saha çalışmasından görünümü.	11
Şekil 2.2 Seçilen 25 katlı binanın kazıklı radye temel sistemi Sta4CAD v13.1 deki görünümü.	12
Şekil 2.3 Seçilen 28 katlı binanın fore kazık saha çalışmasından görünümü.	12
Şekil 2.4 Seçilen 28 katlı binanın kazıklı radye temel sistemi Sta4CAD v13.1 deki görünümü.	13
Şekil 2.5 Seçilen 33 katlı binanın fore kazık saha çalışmasından görünümü.	13
Şekil 2.6 Seçilen 33 katlı binanın kazıklı radye temel sisteminin Sta4CAD v13.1 deki görünümü.	14
Şekil 3.1 Kolonların Kirişlerden daha güçlü olma koşulu (TDY, 2007).	25
Şekil 4.1 Burulma düzensizliği durumu.	27
Şekil 4.2 A2 türü döşeme süreksizlik düzensizliği.	29
Şekil 4.3 A3 türü planda çıkıntıların bulunması durumu düzensizliği.	30
Şekil 4.4 A4 Türü taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği.	30
Şekil 4.5 A4 Türü taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği (3d görseli).	31
Şekil 4.6 B1 Türü Zayıf Kat Düzensizliği Kesit Görünümü (Topçu, 2008).	34

Şekil 4.7 B2 Türü Yumuşak Kat Düzensizliği Görünümü (Koçak, 2017).....	35
Şekil 4.8 B3 Türü Düşey Elemanların Süreksizlik Durumu (TDY, 2007).	36
Şekil 5.1 Eşdeğer deprem yükü yönteminde deprem etkisi.	40
Şekil 5.2 Spektrum eğrisi.....	43
Şekil 5.3 Kolonların Kirişlerden daha güçlü olma koşulu (TDY, 2007).	49
Şekil 5.4 Kolon kiriş birleşim bölgelerindeki kesme kuvveti ve kuşatılmış kolon kiriş birleşim bölgesi durumu.....	51
Şekil A.0.1 25 katlı Binaya x-x ve y-y yönünde etki eden deprem taban kesme kuvveti.....	65
Şekil A.0.2 28 katlı Binaya x-x ve y-y yönünde etki eden deprem taban kesme kuvveti.....	66
Şekil A.0.3 33 katlı Binaya x-x ve y-y yönünde etki eden deprem taban kesme kuvveti.....	66

SİMGELER

$A(T)$ = Spektral İvme Katsayısı

A_0 = Etkin Yer İvmesi Katsayısı

d_{fi} = Binanın i 'inci katında F fiktif yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme

d_i = Binanın i 'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme

F_{fi} = Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i 'inci kata etkiyen fiktif yük

F_i = Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde i 'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yüğü

g = Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²)

g_i = Binanın i 'inci katındaki toplam sabit yük

H_i = Binanın i 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i 'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)

H_N = Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik)

H_w = Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği

h_i = Binanın i 'inci katının kat yüksekliği

I = Yapı Önem Katsayısı

l_w = Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu

M_n = n 'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle

m_i = Binanın i 'inci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)

N = Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)

n = Hareketli Yük Katılım Katsayısı

q_i = Binanın i 'inci katındaki toplam hareketli yük

R = Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

$R_a(T)$ = Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

$S(T)$ = Spektrum Katsayısı

$S_{ae}(T)$ = Elastik spektral ivme [m/s^2]

T = Bina doğal titreşim periyodu [s]

T_1 = Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]

T_A, T_B = Zemin Sınıfına Göre Spektrum Karakteristik Periyotları [s]

T_m, T_n = Binanın m 'inci ve n 'inci doğal titreşim periyotları [s]

V_i = Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i 'inci katına etki eden kat kesme kuvveti

V_t = Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)

V_{tB} = Mod Birleştirme Yöntemi'nde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yüğü (taban kesme kuvveti)

W = Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı

w_i = Binanın i 'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

Y = Mod Birleştirme Yöntemi'nde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı

α_S = Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı

β = Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı

Δ_i = Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{ort}$ = Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi

Δ_{FN} = Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü

δ_i = Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi

$(\delta_i)_{max}$ = Binanın i'inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi

η_{bi} = i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı

η_{ci} = i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı

η_{ki} = i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı

θ_i = i'inci katta tanımlanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri

ÖZET

Bu tez çalışmasında; Mersin İlinde son dönemlerde yoğun olarak yapılmaya başlanan Çok Katlı Betonarme Binalarda uygulanan kazıklı radye temel sistemlerinin yapı sistem maliyetine ve yapı deprem güvenliğine olan etkileri incelenmiştir.

Ticari alan ve konut olarak inşa edilecek 3 adet Çok Katlı Betonarme Binalar; 25 katlı, 28 katlı ve 33 katlı olmak üzere radye temelli ve kazıklı radye temelli olarak Sta4Cad v.13.1 analiz programı yardımı ile modellenerek çözülmüş, daha sonra temel sistemleri, zemin gerilmeleri ve zemin oturmaları incelenmiştir. Oluşturulan modellerin her biri için mevcut zemin sınıfına göre statik ve betonarme analizleri yapılmıştır. Her bir çözüm sonucunda maliyet hesabı için taşıyıcı sisteme ait beton, demir ve kalıp metrajları çıkarılmıştır. Yine her bir çözüm için yapı deprem güvenliğine olan etkiler hesaplanmıştır.

Hesaplamalar neticesinde; yapı taşıyıcı sistem maliyetinin, 25 katlı binada %16, 28 katlı binada %6, 33 katlı binada %6 değiştiği görülmüştür.

Deprem yapı güvenliğine olan etkilerinin incelenmesi sonucunda ise; 25 katlı binada Yapı Periyodunun 2.6 sn, eşdeğer deprem taban kesme kuvvetinin maksimum değerinin 257 ton, deprem salınıminin x yönü=0.00072, y yönü=0.00057, temel deplasmanlarının %80 azaldığı, 28 katlı binada Yapı Periyodunun 2.67 sn, eşdeğer deprem taban kesme kuvvetinin maksimum değerinin 362 ton, deprem salınıminin x yönü=0.00050, y yönü=0.00067, temel deplasmanlarının %90 azaldığı ve 33 katlı binada ise Yapı Periyodunun 2.49 sn, eşdeğer deprem taban kesme kuvvetinin maksimum değerinin 365 ton, deprem salınıminin x yönü=0.00049, y yönü=0.00055, temel deplasmanlarının %75 azaldığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, Mersin İlinde yapılacak çok katlı betonarme yapılarda, yüzeysel temel (radye) sistemlerini iyileştirmek ve yapı emniyetini arttırmak için radye altına yapılacak betonarme kazıklar büyük önem taşımaktadır. Kazıklı radye temel

sistemlerinin çok katlı betonarme yapılarda uygulanması durumunda deprem yapı güvenliğine olan olumlu etkilerin artması, bazı art niyetli üreticilerin yapı maliyetindeki artış oranını bahane ederek tasarrufa gitmesi, donatı çeliği ve beton malzemesinde kısıntıya gitmeleri anlamsız ve gereksizdir.

Anahtar Kelimeler: betonarme binalar, kazıklı radye, deprem yapı güvenliği, yapı maliyeti



SUMMARY

In the study; in Mersin, the effects of pile foundation systems applied to multi-storey reinforced concrete buildings, which have recently been intensively done, on the construction system cost and structure earthquake safety have been investigated.

Residential and commercial space will be built of reinforced concrete 3 Multi-Storey Buildings; It was solved by modelling with the help of Sta4Cad v.13.1 analysis program on the base of 25-storey, 28-storey and 33-storey, based on radish and pile, and then the basic systems, ground tensions and floor seats were investigated. Static and reinforced concrete analyses were carried out for each of the models created according to the existing floor class. Concrete, iron and mold quantities of the conveyor system were removed for the cost calculations at the end of each solution. For each solution, the effects on building earthquake safety were calculated.

As a result of the calculations; it is seen that the cost of the 25-storey building structure system is 16%, the cost of the 28-storey building is 6%, and the floor space of the 33-storey building is 6%.

As a result of examining the effects of earthquake on building safety; The 25-story building has been found to have 2.6 s of Building Period, the maximum value of equivalent earthquake base shear force is 257 ton, x direction of earthquake = 0.00072, y direction = 0.00057, 80% of base displacements, The 28-story building has been found to have 2.67 s of Building Period, the maximum value of equivalent earthquake base shear force is 362 ton, x direction of earthquake = 0.00050, y direction = 0.00067, 90% of base displacements and The 33-story building has been found to have 2.49 s of Building Period, the maximum value of equivalent earthquake base shear force is

365 ton, x direction of earthquake = 0.00049, y direction = 0.00055, 75% of base displacements.

As a result, Mersin to be developing multi-storey concrete buildings, superficial raft foundation systems in order to improve and to increase the safety of the structure to be constructed under the rafts are of great importance in with it he. In case of the piled raft foundation systems applied in multi-story reinforced concrete structures has a positive effect on earthquake reliability. Nevertheless, it is pointless and unnecessary for some abusive producers to go to the disposal by going to the disposal of excavation on the reinforcement steel and concrete materials for the reason of the increase in the construction cost.

Keywords: reinforced concrete buildings, piled raft, earthquake construction safety, construction cost

1 GİRİŞ

İnsanlık tarihinin en uzun dönemi olarak kabul edilen tarih öncesi devirde, taş devrinde, insanlar doğal ortamda ve doğada buldukları hazır yiyeceklerle göçebe olarak yaşamışlardır. Ateşin keşfi ile cilalı taş devri döneminde zamanla yerleşik hayata geçerek yaşadıkları ortamın kaynaklarını kullanmaya başlamışlardır. Yerleşik hayata geçildiğinde ihtiyaçlarını karşılamak için diğer insan grupları ile kültür etkileşimi ve ticari ilişki kurmuşlardır. Anadolu'da ilk şehir yerleşimleri Konya-Çatalhöyük'te karşımıza çıkmaktadır. Maden devri ile birlikte yazının bulunmasıyla ticaretin önemi artmış ve el sanatları geliştirilmiştir. Bu devirde ilk kez şehirler ve şehir devletleri kurulmuştur. Tüm dünya ülkelerinin varlıklarının devamlılıkları için önemli bir güç kaynağı olan nüfus oranlarını arttırmaları gerekmektedir.

Ülkemizde nüfusun hızla artmasıyla birim alana düşen insan sayısı da artmaktadır. Ülkemizin kıyı kesimleri daha fazla göç aldığından birim alana düşen insan sayısı daha fazladır. Konut ihtiyaçlarının karşılanması için mevcut imarlı alanların sınırlı olması, satış bedellerinin yüksek oluşu, birçok ihtiyaç sahiplerinin çok katlı betonarme yapılarını tercih etmesi, yüklenici firmaları çok katlı betonarme yapılara yönlendirmiştir. Üstyapı taşıyıcı sistemlerinin yapısal olarak güvenliğinin sağlanmış olması, kullanılabilirliği ve güvenliği, bu yapının üzerine oturduğu temel sistemi ve zemin koşullarına bağlıdır. Mersin İlinde yapılacak çok katlı betonarme yapılarda, yüzeysel temel (radye) sistemlerini iyileştirmek ve yapı emniyetini arttırmak için radye altına yapılacak betonarme kazıklar büyük önem taşımaktadır.

Bu yüksek lisans tezinde amaç, Mersin İli, Yenişehir İlçesi Kuzey Yerleşim Bölgesi olarak anılan farklı parsellerde yapılacak üç adet çok katlı betonarme yapının, kazıklı

radye temel sistemlerine göre çözümünün ve bu çözümün yapı maliyetlerine, yapı deprem güvenliğine olan etkisinin incelenmesidir.

1.1 Önceki Çalışmalar

TDY (1975, 1994 ve 1995) tarihli taslak deprem yönetmelikleri incelenmiş ve bir model oluşturularak, söz konusu yönetmelik kurallarına uygun betonarme yapının statik betonarme analizleri yapılarak fayda - fiyat ilişkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda; yeni deprem yönetmeliğine esas olacak 1994 ve 1995 tarihli deprem taslaklarına göre yapılması halinde beş katlı betonarme bir yapının taşıyıcı sistem maliyetindeki artışın, 1975 tarihli deprem yönetmeliğine göre tasarım yapılması durumundakinden, yalnızca %5-10 oranında fazla olduğu tespit edilmiştir. Kaba inşaat maliyetinin %40 olduğu kabul edilirse; taşıyıcı sistemde meydana gelen %5-10 mertebesindeki artışın, binanın toplam maliyetini %2-4 mertebesinde arttıracığı belirtilmiştir (Sağlam, 1996).

Deprem yükü artışının, yapı taşıyıcı sistemindeki maliyet artışına etkileri konusunda yapılan çalışmada, yapı ağırlığının %15'i kadar bir yükün, yapıya yatay deprem yükü olarak etkimesi durumunda, deprem hesabının hiç yapılmaması durumuna göre, kat adedine bağlı taşıyıcı sistem maliyetinde %50'ye varan artışların olabileceğini belirtmiştir (İpek,1968).

Perdeli taşıyıcı sisteme sahip dört, altı ve on katlı konut tipi betonarme binalar; 1975 ve 1997 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarlanmış ve taşıyıcı sistem maliyetleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda; 1997 Deprem Yönetmeliği'ne göre, düşey taşıyıcı elemanlarda metraj artışların olduğu, enine donatılarında ve kesitlerdeki artışların taşıyıcı sistem üzerindeki maliyet artışı, %20 olarak tahmin edilmiştir (Şapçı, 1998).

Son yıllarda yüksek yapılara artan talep, kazıklı radye temel uygulamasını zorunlu kılmıştır. Kazıklı radye de üst yapıdan gelen yük paylaşımı, radye temel ile kazıklar arasında olmaktadır. Yük paylaşımının kazık sayısını önemli ölçüde azalttığı

görülmüştür. Mavişehir / İzmir bölgesinde yapılan çok katlı bir betonarme binanın oturma analizleri sabit yükün tamamı ve hareketli yükün yarısı alınarak incelenmiştir.

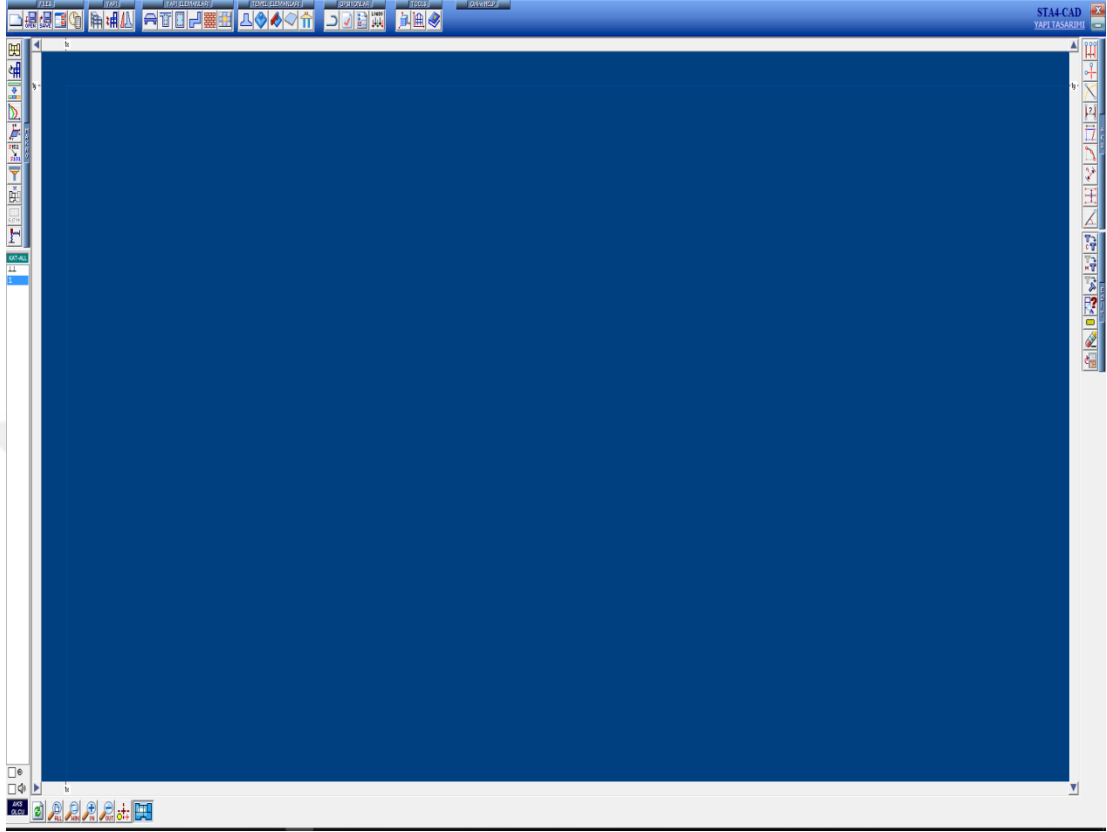
Kazık sayısının artışı, belirli bir noktadan sonra oturmalarda önemli bir azalmaya sebep olmamaktadır. Bu davranışın ana sebebi kazık-zemin-kazık etkileşimidir (Alver ve Özden, 2015).

Betonarme kazıklar, çakma ve yerinde dökme kazıklar olarak uygulanır. Kazıklar tekil olarak kullanıldığı gibi, kazık grupları olarak da kullanılır. Kazıklar, daha çok yük taşıma kapasitesi düşük zemin bulunması durumunda, yapı temellerinde oluşan düşey ve yatay yüklerin zeminin alt tabakalarına iletilmesini sağlamak için kullanılır. Bina gibi yapıların temellerinde yüzeye yakın zemin tabakalarının taşıyıcılığının yeterli olmaması veya oluşabilecek düşey yer değiştirmelerin sınırlandırılması için kazıklar kullanılabilir. Kazıklı temellerin tasarımında diğer yapılarda olduğu gibi, kuvvetin taşınması yanında, yatay ve düşey yer değiştirmelerin sınırlandırılması etkili olur (Celep, 2007)

1.2 Mersin İli, Yenişehir İlçesi Kuzey Bölgede İnşa Edilecek Çok Katlı Binalarda Yapılan Araştırmanın Amacı ve İzlenen Yol

Bu çalışmada; çok katlı betonarme bina olarak inşa edilecek farklı kat âdetine sahip üç adet ticari alan ve konut tipi binaya; mevcut zemin sınıfına göre radye ve kazıklı radye temel sistemi oluşturularak, 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kurallarına göre radye temel ve kazıklı radye temel sistemlerinin yapı maliyetine ve deprem yapı güvenliğine etkisi incelenmiştir.

Statik ve betonarme hesaplarında, çok katlı betonarme binaların 3 boyutlu analizleri için geliştirilmiş ve entegre olarak çizimlerini de yapan, ülkemizde çok sayıda mühendisin kullandığı, yönetmelik ve şartnamelere uygun Sta4 CAD v13.1 paket programı kullanılmıştır (Şekil 1.1).



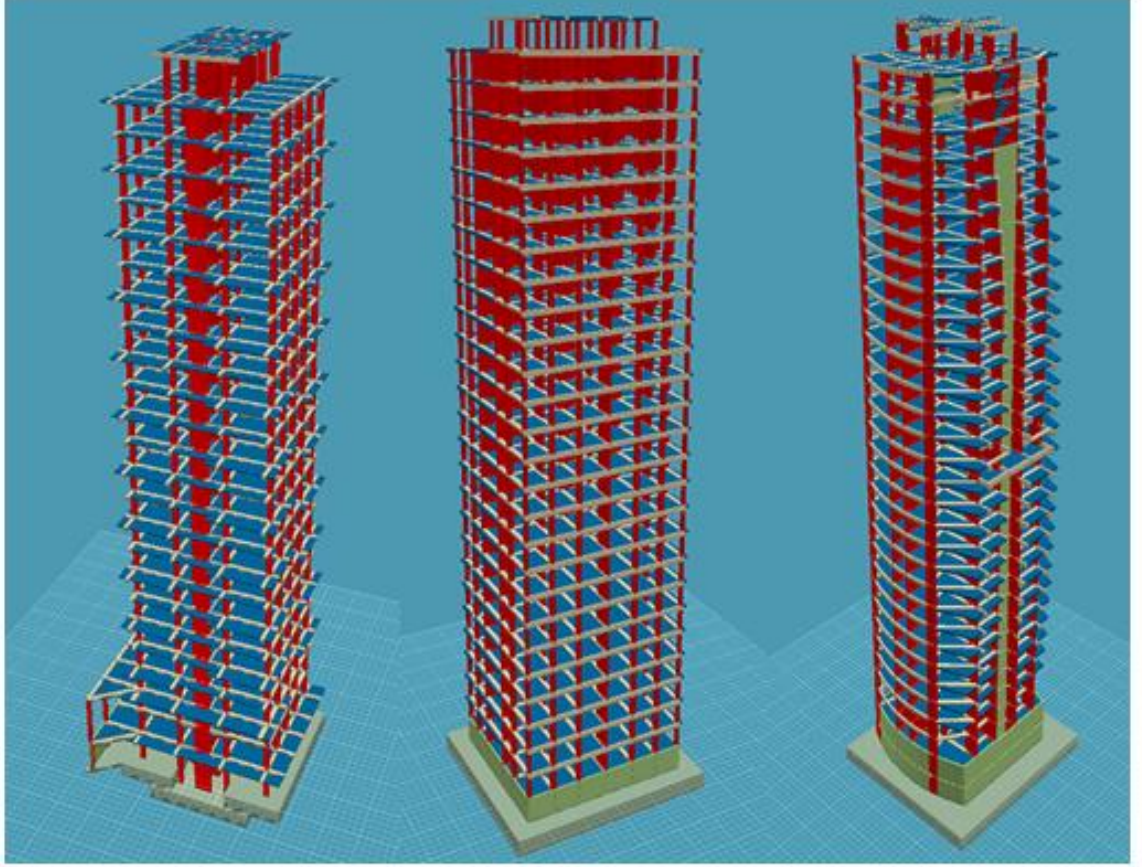
Şekil 1.1 Sta4 CAD V13.1 Ekran Görüntüsü.

Yapılan analizler sonucunda; ortaya çıkan kesit yetersizlikleri ve yapı düzensizlikleri kesitlerin büyütülmesi ile giderilmiştir.

İncelenen Binalar:

25 Katlı Çok Katlı Betonarme Bina	} Depremlı Durumda	} Radye temelli
28 Katlı Çok Katlı Betonarme Bina		
33 Katlı Çok Katlı Betonarme Bina		} Kazıklı radye temelli

Her bir modelin, radye temel ve kazıklı radye temel olarak statik betonarme analizleri yapılmış olup, analiz sonuçlarına göre; donatı, beton ve kalıp metrajları çıkarılmış ve ayrıca deprem yapı güvenliğine etkileri incelenmiştir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Çok Katlı Betonarme Binaların 3 Boyutlu Yapısal Modelleri (Sıra ile 25 katlı, 28 katlı ve 33 katlı).

1.3 Kullanılan Taşıyıcı Sistem Modelleri ve Özellikleri

Çalışmaya konu edilen Mersin İli, Yenişehir İlçesi Kuzey bölgede inşa edilecek çok katlı binalara ait taşıyıcı sistem modelleri ve özellikleri aşağıdaki gibidir.

Yapı Türü: Ticari Alan+Konut

Kat Sayıları: 25, 28, 33

Kat Yükseklikleri: 3.10m (ortalama)

Bina Yükseklikleri:78.50m, 87.80m, 100.20m

Kullanılan Beton Sınıfı: C35/45 Hazır Beton

Kullanılan Çelik Sınıfı: S420

Deprem Bölgesi: 3. Deprem Bölgesi

Zemin Sınıfı: Z3, Z2, Z2

Zemin Taşıma Gücü: 186,0 kN/m², 260,0 kN/m², 260,0 kN/m²

Döşeme Tipi: 25 katlı binada normal döşeme kalınlığı t=13 cm plak, konsol döşeme 15 cm plak. Diğer binalarda 32 cm asmolen (7 cm plak+25 cm asmolen)

Kiriş Tipi : (60/40, 50/40, 30/60), (32 cm yüksekliğinde farklı genişlikte kısmen 25/50 ve 30/60), (32 cm yükseklikte farklı genişlikte kısmen 25/60, 30/60)

Dış Duvar: 20 cm gaz beton, ısı camlı doğrama

İç Duvar: 1/2 Tuğla duvar

Döşeme Yükleri: 25 katlı binada; konsol döşemede Q=5 kN/m²; G=0.545 kN/m²
Normal döşemede Q=0.35 kN/m²; G=0.495 kN/m²

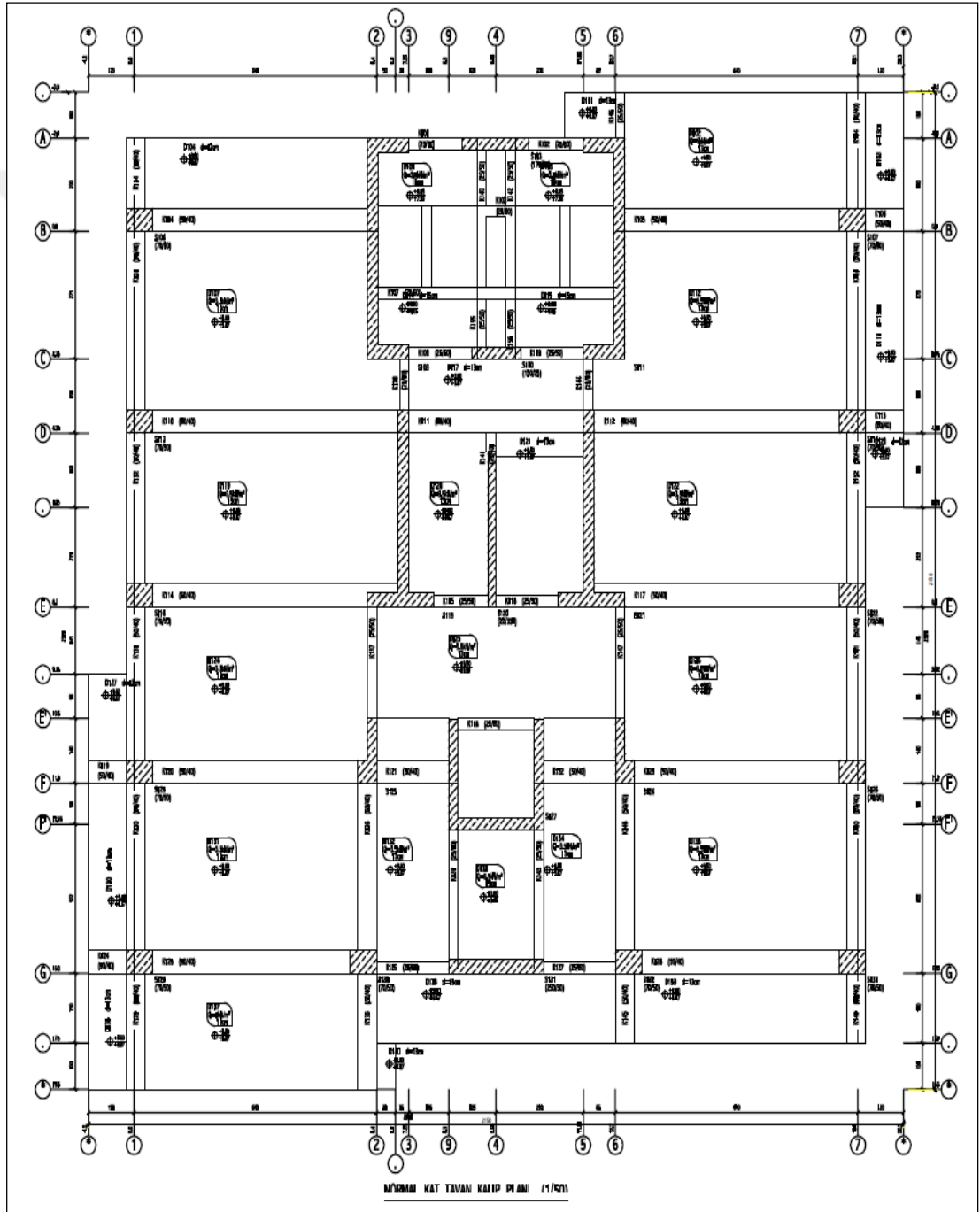
Diğer binalarda; konsol döşemede Q=5 kN/m²; G=0.545 kN/m²

Normal döşemede Q=0.30 kN/m²; G=0.49 kN/m²

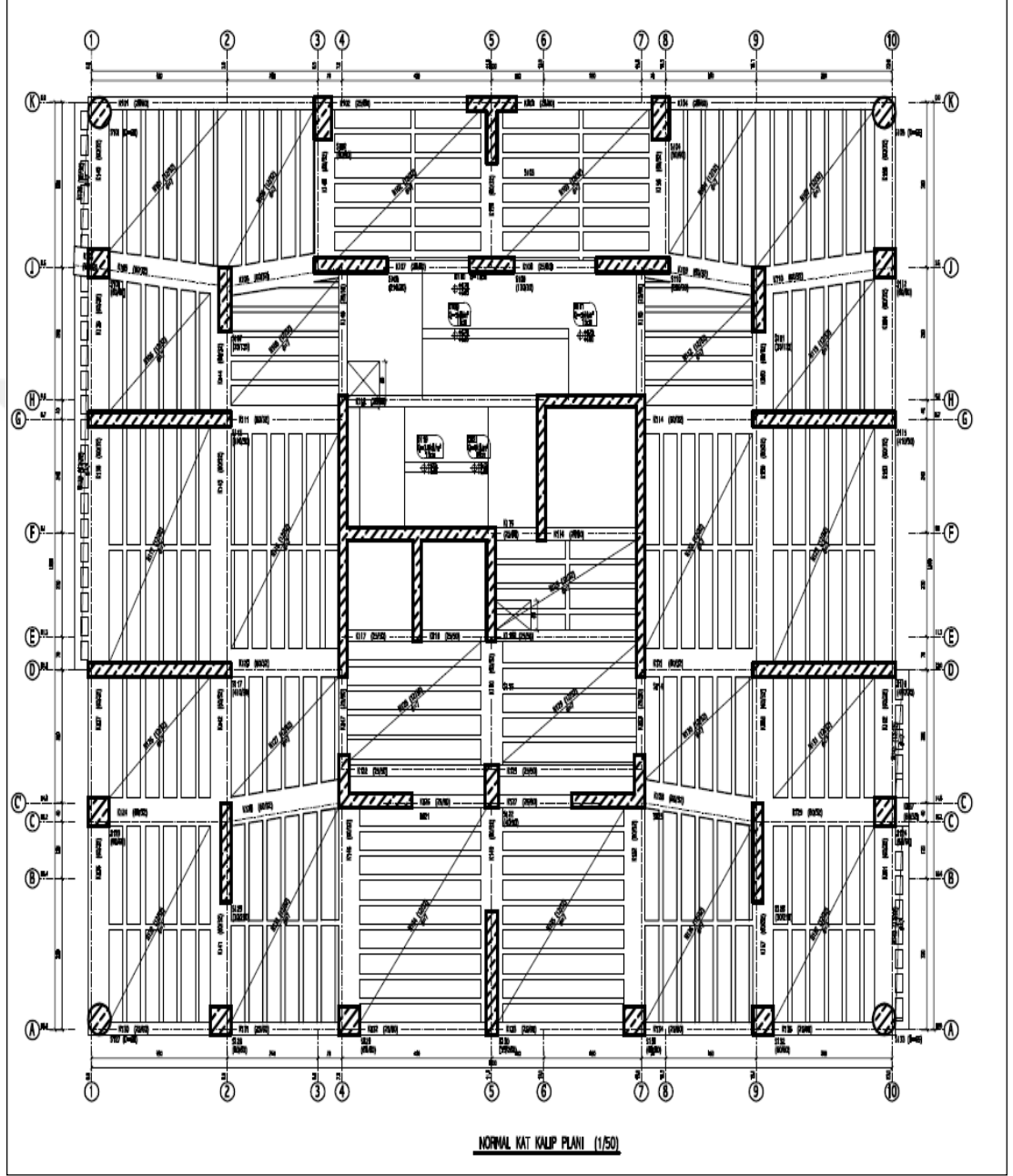
Kolon Boyutları: Boyutlar yönetmeliğin uygun gördüğü minimum en kesitler kullanılarak, taşıma gücü hesapları sonucunda kesiti yetersiz elemanlar kesiti yeterli hale gelinceye kadar arttırılarak yetersizlikler giderilmiştir.

2007 Türk Deprem Yönetmeliğine göre, birinci ve ikinci deprem bölgelerindeki betonarme binalarda, süneklik düzeyi yüksek sistemlerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde ise, bina yüksekliğinin $H_N \leq 25$ m olduğu durumlarda süneklik düzeyi normal sistemlere izin verilebiliyor. Bu çalışmada süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler ile süneklik düzeyi normal sistem bir arada kullanılarak karma taşıyıcı sistem oluşturulmuştur.

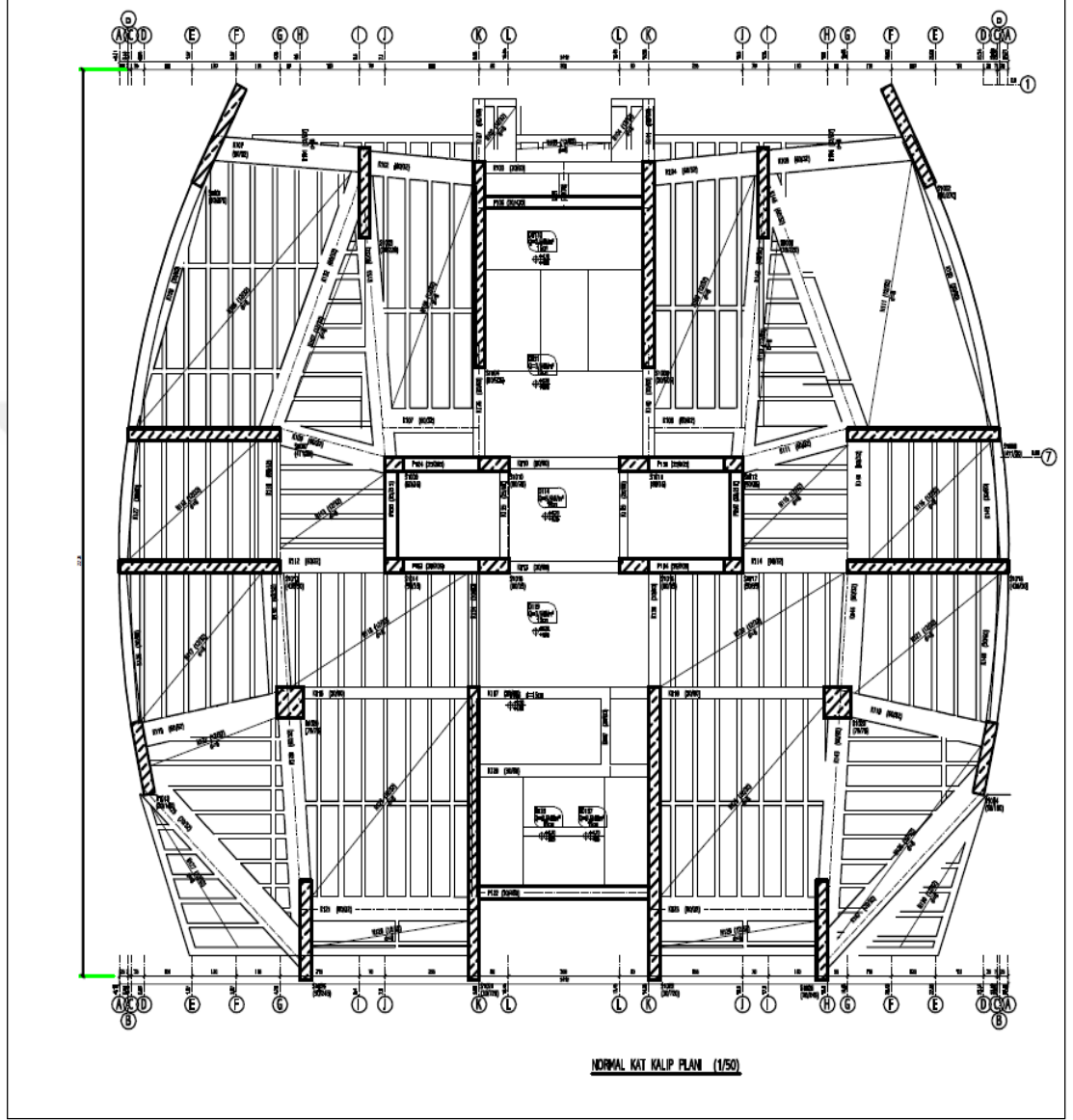
Seçilen 25, 28 ve 33 katlı binalara ait kalıp planları Şekil 1.3, Şekil 1.4 ve Şekil 1.5'te gösterilmektedir.



Şekil 1.3 Seçilen 25 katlı binanın kalıp planı.



Şekil 1.4 Seçilen 28 katlı binanın kalıp planı.



Şekil 1.5 Seçilen 33 katlı binanın kalıp planı.

2 HESAPLARDA KULLANILAN TEORİK ESASLAR VE KAZIKLI RADYE TEMEL SİSTEMİ GEREKSİNİMİ

2.1 Kazıklı Radye Temel Sistemlerine Kullanım Gereksinimleri

Kazıklı radye sistemlerinin kullanım sistemleri aşağıda açıklanmıştır;

- Üstyapı yüklerinin fazla olduğu
- Çok katlı betonarme yapılarda
- Sağlam zeminin çok derinlerde olduğu durumlarda
- Zemin taşıma gücünde radye temelin yetersiz kaldığı durumlarda
- Yüzeysel temelde oluşan zemin maksimum gerilmeleri ve oturmaları kabul edilebilir sınırlı bir düzeyde tutmak için.

2.2 Kazıklı Radye Temel Sistemlerinin Çalışma Şekli

Kazıklı radye temel sistemlerinin çalışma şekli aşağıda özetlenmiştir;

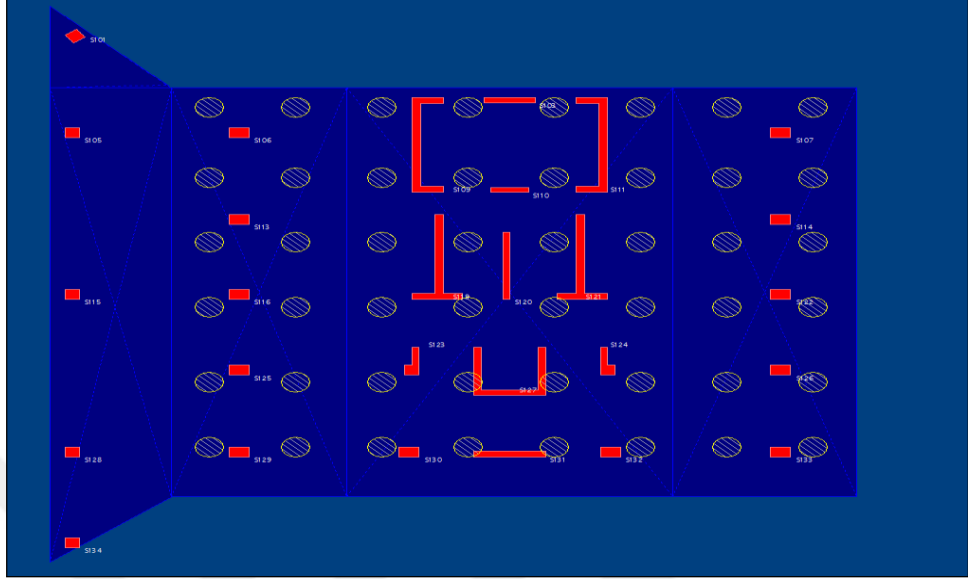
- Radye temel elemanı, kazık grubu elemanlarına bağlanarak üstyapı yükü, radye temel ile kazık grubu arasında paylaşılır.
- Üstyapı yükünün bir kısmının radye temel elemanı tarafında karşılandığı kabul edilir.
- Kazıklı radye temelde en ekonomik çözüm, oturmaları sınırlı düzeyde tutarak yapılan tasarımıdır.
- Kazıklı radye temel sistemleri, sert killer ve/veya sıkı kumların yüzeye yakın olduğu zemin profilinde uygulanması en uygun koşullardır.
- Kazıklı radye sistemlerinde kazıklar oturmaları azaltıcı eleman olarak da kullanılır.

2.3 Çok Katlı Betonarme Yapılarda Uygulanan Kazık Türü

Çok katlı betonarme yapılarda kullanılan kazık türü iş yerinde dökülen kazıklar (Fore kazıklar) grubuna girmektedir. “Fore Kazık” olarak adlandırılan bu tür kazıklar, delme teknikleri ile boş bir boru zemine çakılmak sureti ile zeminde oluşturulan bir deliğin içine donatı da kullanılarak betonla doldurulması yolu ile imal edilen kazık tipidir. Bu çalışma kapsamındaki seçilen 25, 28 ve 33 katlı betonarme binalar için uygulanan fore kazık çalışmasına ait saha görüntüleri ve kazıklı radye temel sisteminin Sta4CAD v13.1 deki görünümü Şekil 2.1, Şekil 2.2, Şekil 2.3, Şekil 2.4, Şekil 2.5 ve Şekil 2.6’da verilmiştir.



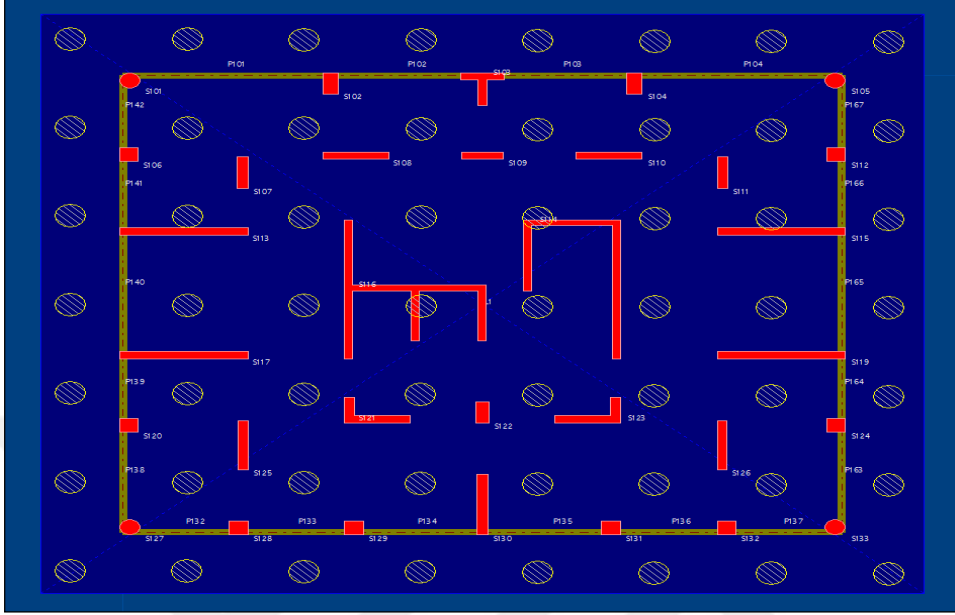
Şekil 2.1 Seçilen 25 katlı binanın fore kazık saha çalışmasından görünümü.



Şekil 2.2 Seçilen 25 katlı binanın kazıklı radye temel sistemi Sta4CAD v13.1 deki görünümü.



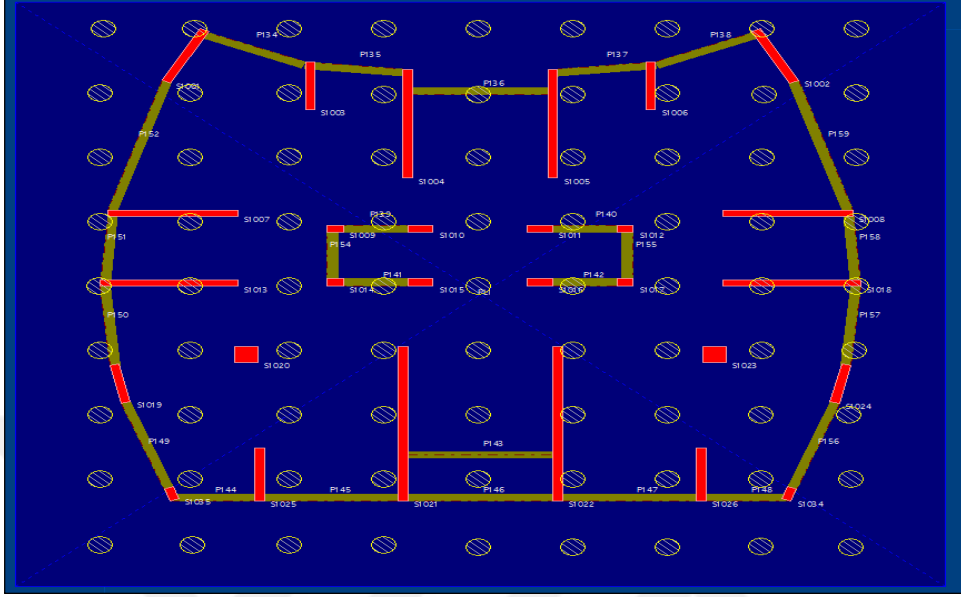
Şekil 2.3 Seçilen 28 katlı binanın fore kazık saha çalışmasından görünümü.



Şekil 2.4 Seçilen 28 katlı binanın kazıklı radye temel sistemi Sta4CAD v13.1 deki görünümü.



Şekil 2.5 Seçilen 33 katlı binanın fore kazık saha çalışmasından görünümü.



Şekil 2.6 Seçilen 33 katlı binanın kazıklı radye temel sisteminin Sta4CAD v13.1 deki görünümü.

2.4 Fore kazıkların avantajları

Fore kazıkların avantajları aşağıda açıklanmıştır;

- Temel kazısının yapılmasına gerek yoktur.
- Zemin şartları uygun ise kısa bir zamanda imal edilebilirler.
- İstenilen çap ve derinlikte imal edilebilirler.
- Zemin içinde çakma kazıkların çakılmasına engel olan taş ve bloklar, fore kazık için delme işlemi yapılırken uygun teçhizatlarla geçilebilir.
- Zeminde delik açılması esnasında ve betonlama yapılırken çevrede önemli sarsıntı ve titreşim oluşmaz
- Kazıklar uygulama yerinde yapıldığı için, gereken malzeme kum, çakıl, su, çimento ve donatı sağlanması daha kolaydır.

g. Sondaj deliğinden çıkan malzeme incelenerek istenilen derinliğe inildiği ve sağlam tabakaya erişildiği kolayca kontrol edilebilir.

h. Kazıkların boyu delme sırasında çıkarılıp incelenen zeminin niteliğine göre kolayca hesaplanabilir.

2.5 Fore kazıkların dezavantajları

Fore kazıkların dezavantajları aşağıda açıklanmıştır;

- a. Kötü hava koşulları imalat işlerini aksatabilir.
- b. Beklenmeyen zemin şartlarında önemli gecikmeler yaşanabilir.
- c. Teknik denetimin tam yapılmadığı durumunda kazıklı sistem istenildiği gibi çalışmayabilir.
- d. Yeraltı suyunun olması durumunda beton kalitesi etkilenebilir.

2.6 Yapılara Etkiyen Karakteristik Yükler

Yapılara etkiyen yükleri yatay ve düşey olmak üzere iki grupta toplanabilir.

2.6.1 Düşey yükler

Kalıcı Yükler: Kalıcı yükler sabit yükler olup, sürekli yapı üzerinde bulunan yüklerdir. Bunlar yapı elemanlarının öz ağırlıklarıdır. Döşeme ağırlığı, kiriş ağırlığı, duvar ağırlığı (dolgu malzemesi + sıva v.s), kolon ağırlığı gibi yüklerdir. G simgesi ile gösterilir.

Hareketli Yükler: Yapı elemanı üzerinde zaman zaman bulunan ve yer değiştiren statik yüklerdir. Bunlar; eşya yükleri, insan yükleri ve kar yükü gibi yüklerdir. Q simgesi ile gösterilir.

2.6.2 Yatay yükler

Yapı üzerine yatay olarak etki ettiği düşünülen statik veya dinamik yüklerdir.

- Deprem Yüğü (E)
- Rüzgar Yüğü (W)
- Toprak İtkisi (H)
- Sıvı yüğü

Bir de bu yükler dışında var olan diğer yükler vardır. Bunlar da; sıcaklık farklarından meydana gelen yük, büzölme ve sünme yüğü, buz yüğü ve farklı oturmalarından meydana gelen yüklerdir. Karakteristik yükler, TS 498 (1997), TS İSO 9194 (1997) yönetmeliklerinden alınmıştır.

2.6.3 Hesaplarda kullanılan yük katsayıları ve yük birleşimleri

TS498 (1997), TS İSO 9194 (1997) ve Deprem Yönetmeliği'nde verilen yükler karakteristik yüklerdir. Bu yüklerden oluşan yük etkileri de karakteristik olur.

Yük etkilerinin karakteristik değerleri yerine; hesaplarda tasarım etkileri ve birleşimleri kullanılır. Tasarım etkileri, karakteristik yüklerin belli bir katsayı ile çarpılarak ve uygun birleştirilmesi ile belirlenir. Bu yolla yapı yük güvenliği sağlanır.

Yalnız düşey yükler etkin ise (deprem ve rüzgarın etkin olmadığı durumlarda);

$$F_d = 1.4G + 1.6Q$$

$$F_d = 1.0G + 1.2Q + 1.2T$$

Depremi etkin olduğu durumlarda;

$$F_d = 1.4G + 1.6Q$$

$$F_d = 1.0G + 1.2Q + 1.2T$$

$$F_d = 1.0G + 1.0Q + 1.0E$$

$$F_d = 1.0G + 1.0Q - 1.0E$$

$$F_d = 0.9G + 1.0E$$

$$F_d = 0.9G - 1.0E$$

Rüzgârın etkin olduğu durumlarda;

$$F_d = 1.4G + 1.6Q$$

$$F_d = 1.0G + 1.2Q + 1.2T$$

$$F_d = 1.0G + 1.3Q + 1.3W$$

$$F_d = 1.0G + 1.3Q - 1.3W$$

$$F_d = 0.9G + 1.3W$$

$$F_d = 0.9G - 1.3W$$

(Önemli not: rüzgârın etkin olduğu durumlarda sıvı etkisi bulunması durumunda, bu etki 1.4 ile çarpılır ve içinde Q etkisi olan tüm birleşimlere eklenir (Topçu, 2008).

2.7 Deprem Büyüklüğünü Etkileyen Kriterler

Depreme dayanıklı yapı tasarımındaki amaç; yapının hafif şiddetteki depremlerde binanın yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlanmasıdır (TDY, 2007).

Deprem büyüklüğünü etkileyen kriterler;

- Deprem parametreleri,
- Yerel zemin sınıfı ve
- Yapı özellikleri (Çanakçı ve Göğüş, 2001).

2.7.1 Deprem parametreleri

2007 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te (TDY, 2007) deprem etkileri belirlenirken, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremin etkileri esas alınarak ülkemiz dört ayrı deprem bölgesine ayrılmıştır. Birinci derece deprem bölgesi, deprem riski en yüksek olan bölgeyi gösterirken; dördüncü derece deprem bölgesi deprem riski en az olan bölgeyi ifade etmektedir. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında yerleşim birimlerinin hangi deprem bölgesinde olduğu belirtilmiştir.

Deprem etkisini belirleyen en önemli parametre etkin yer ivmesi katsayısıdır. Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) değeri arttıkça deprem riski de artmaktadır. Aşağıda verilen Çizelge 2.1'de etkin yer ivmesi kat sayıları gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Etkin Yer İvme Katsayıları (TDY, 2007)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.30
4	0.10

2.7.2 Yerel zemin sınıfı

2007 Deprem Yönetmeliğinde yapılan zemin gruplandırma ve sınıflandırmasındaki amaç; yapı üzerine etki edecek deprem kuvvetlerinin bulunmasıdır. Zemin grupları iyiden kötüye doğru A, B, C ve D olarak isimlendirilmiştir (Çizelge 2.2). Yerel zemin sınıfları, mevcut zeminin depremi ne kadar büyüteceğini gösterir. Zemin sınıfları iyiden kötüye doğru, Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak isimlendirilir. Z1 sınıfı zemin, en iyi

zemin olup depremi en az büyüten zemindir. Z4 sınıfı zemin ise en kötü zemin olup depremi en çok büyüten zemindir.

Son yıllarda yaşanan depremlerde yapılarda oluşan hasarlar ile bu konuda yapılmakta olan araştırmalar ve deneylerden elde edilen sonuçlar, yerel zemin koşulları ile deprem özellikleri arasındaki karşılıklı etkileşimin çok önemli olduğu görülmüştür.

Çizelge 2.2 Spektrum Karakteristik Periyotları (TDY, 2007).

Yerel Zemin Sınıfı	T _A (saniye)	T _B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Farklı zeminler üzerinde bulunan binalara deprem aynı şekilde etki etmez. Yerin derinliklerinden gelen deprem dalgası geçtiği zemin tabakalarının hakim titreşim periyotlarını büyüterek bina üzerine gelecek yükü arttırmaları. Şöyle ki; ayrılmamış kayalara deprem ivmesi geldiğinde bu ivme hiç değişmeden yani herhangi bir büyütme olmadan olduğu gibi kayacın sonuna kadar iletilir. Gevşek ve sıkışmamış bir zemine deprem ivmesi geldiğinde zemin hakim titreşim periyotlarını büyüterek depremden binaya gelecek deprem ivmesini arttırmaları.

2.7.3 Yapı özellikleri

Yerin derinliklerinden gelen deprem dalgaları, yer üstündeki yapıya vardığında yapıda titreşim hareketi oluşturur. Deprem dalgalarının yapıda oluşturduğu etki dinamik bir

olaydır. Dinamik olay, rüzgâr basıncı gibi diğer dinamik yüklemelerden farklılık gösterir. Dinamiğin temel prensibi ve kütleli bir cismin tarifi; bir cisme uygulanan sabit bir yük, aynı cisme sabit bir ivme kazandırır. Kuvvet ivme arasındaki orana hareket eden cismin kütlesi denir ($m=F/a$). Depremde yapı üzerinde oluşan kuvvetler eylemsizlik kuvvetleridir.

$F=$ Kuvvet

$a=$ ivme

$m=$ kütle

Yapı üzerinde oluşan kuvvetler gelen deprem dalgası ve yapının özelliklerine bağlıdır. Deprem yükü büyüklüğünü etkileyen bu yapı özelliklerini; yapının kütlesi ve kütle dağılımı, yapının geometrisi, yapıda seçilen sistem taşıyıcı türü, yapının yerden yüksekliği, yapının kullanım amacı ve yapıda kullanılacak malzeme olarak sıralanabilir (Ersoy, 2012).

Tüm bu yapı özellikleri, yönetmeliklerde belirtilen katsayılarla hesaplara etki etmektedir.

Depreme karşı yapı güvenliğinin sağlanması için; düzensiz taşıyıcı sistemlerden kaçınmak gerekir. Bu düzensiz durumlar; döşeme süreksizlikleri, planda girinti çıkıntılar, burulma düzensizlikleri, taşıyıcı eleman eksenlerinin birbirine paralel olmayışı, kolon ve kirişlerin süreksizlikleri, yumuşak kat ve zayıf kat gibi durumları sayılabilir. Düzensizlik durumunda iç kuvvetler yapı içinde dolanır, giderek katlanarak büyür ve zayıf noktalarda yapıya zarar verir, yapıda hasar oluşturur. Yapıda düşey ve yatay düzlemde düzensizlik oluşturacak taşıyıcı sistemlerden kaçınılmalıdır. Ayrıca düşey taşıyıcı elemanların rijitliklerinde, katlar arasında fazla fark yaratılmamalıdır.

3 DEPREME KARŞI DAYANIKLI YAPI TASARIMI VE ANA İLKELER

Deprem, yer kabuğunun ani sarsıntısı ve yer değiştirme hareketidir. Bu ani yer değiştirmelerde bir noktada biriken birim deformasyon enerjisinin açığa çıkması boşalması yani mekanik enerjiye dönüşmesi ile ve sonuç olarak yer katmanlarının kırılma ve yırtılma hareketi ile olmaktadır.

Deprem etkileri yapı üzerinde ani bir zorlama etkisi yapar. Deprem kuvvetinin büyüklüğü yapının bulunduğu bölge ve zeminin yapısına göre değişiklik gösterir. Deprem kuvvetini etkileyen parametreler;

- Yapının kütlesi,
- Taşıyıcı sistemin rijitliği ve
- Sönüm oranlarıdır.

Deprem bölgelerinde yapılacak yapı; deprem kuvvetini güvenle taşıyacak sistemlerden oluşmalıdır. Yapı tasarlanırken ana hedef; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır (TDY, 2007).

Depreme karşı dayanıklı yapı tasarımında en önemli husus, yapı taşıyıcı sisteminin belirlenmesidir. Sistemin doğru seçilmesi bizi doğru çözümlere götürür. Çünkü taşıyıcı sistemi düzgün seçilmemiş bir yapı çözümü ne kadar doğru yapılırsa yapılsın yapı güvenliğinden uzaklaşılır. Yapı güvenliğini sağlamak için ek tedbirler alınması gerekebilir. Bu ek tedbirler ilave maliyet yaratabilir. Basit uygulanabilir, karmaşık olmayan sistemlerin imalatı kolay olduğunda hata yapma riski de az olur. Bunun için yapı taşıyıcı sistemi seçerken, yüklerin en kısa yoldan temele ve oradan zemine iletecek şekilde seçilmesi amaçlanmalıdır.

Yapı projelendirme ve imalat ne kadar düzgün olursa olsun yapı güvenliği için bunlar yeterli sayılmaz. Yapıda kullanılan donatı ve beton malzemesinin kalitesi iyi olmalıdır. Mümkün mertebe hazır/fabrikasyon betonlar tercih edilmelidir.

Taşıyıcı sistem düşey elemanları, her iki yöndeki toplam rijitlikleri birbirine yakın değerde olacak şekilde ayarlanmalıdır. Yapı ağırlığı ile sistem rijitlik merkezi mümkün mertebe birbirine yakın olmalıdır. Aksi durumda yapıda burulma etkileri ortaya çıkar.

3.1 Yapı Geometrisi

Bir yapının deprem güvenliğini büyük ölçüde mimari proje etkiler. Mimari proje tasarımında, mutlaka bir inşaat mühendisi ile beraber çalışmak gerekir. Mimari projede taşıyıcı sistemi düzgün seçilmeyen bir yapıyı depreme karşı dayanıklı hale getirmek statikçiyi genelde pahalı çözümlere götürür (Ersoy, U.1992).

Daha önce yaşanmış depremler incelendiğinde, yapılarda meydana gelen hasarların; taşıyıcı sistemi düzgün, simetrik ve yükleri en kısa yoldan zemine ileten yapıların depreme dayanıklılığının, bu özellikleri sağlamayan yapılara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Çünkü bu tarz yapıların çözümlenmesi ve imalatı kolay olduğu için, imalat sırasında hata yapma riski az olur. Ayrıca taşıyıcı sistemde yük aktarımları karmaşılaştıkça çözümler de zorlaşacak ve elemanlarda ilave zorlamalar artar. Bu da elemanların dayanımının azalmasına sebep olur (Celep ve Kumbasar, 2004).

3.2 Taşıyıcı Elemanlarda Süreklilik

Yapıda; A (planda), B (düşeyde) bulunan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların simetrik, düzgün ve sürekli tasarlanması depreme karşı yapı güvenliğini olumlu etkiler. Düşey taşıyıcı elemanlarda süreklilik sağlarken düşey eksenlerinde kaçıklık olmamasına da dikkat edilmelidir. Düşey elemanlarda kaçıklıkların olması deprem yüklemesi dışında ek bir kuvvetin gelmesi moment etkisi doğurur.

Yatay yük taşıyan düşey elemanlar temelden en üst kata kadar devam etmelidir. Katlarda yanal rijitlik ve kütlelerinde ani bir değişiklik yapılmamalıdır. Mevcut kat dayanım oranı, alt ve üst komşu katlara göre çok fark etmemelidir. Yapıda eksenel simetriyi koruyan çıkmalar ve geri çekmeler %20 den büyük olmamalıdır. Taşıyıcı elemanları sürekli olan sistemlerde donatı düzeni de düzgün olur.

3.3 Dayanım, Süneklik ve Rijitlik

Bir betonarme binanın depreme karşı dayanıklı olması için şu üç ögenin bulunması gerekir; yeterli dayanım, yeterli süneklik ve yeterli yanal rijitlik.

Dayanım:

Yapı üzerine etkidiği düşünülen tasarım yüklerinin, yapının tüm elemanları ve ayrı ayrı her bir yapı elemanının bu yükleri zorlanmadan, hiçbir hasar yaratmadan güvenle taşıyabileceği yeteneğe sahip olmasıdır.

Süneklik:

Taşıyıcı yapı elemanlarının, taşıma kapasitelerinde önemli bir azalma olmadan plastik deformasyon yapabilmesi yeteneğidir. Bir eleman içerisine konulacak donatı miktarının belirlenmesi ve detaylandırılması süneklikle yakından ilgilidir.

Yanal rijitlik:

Taşıyıcı sistemin, başta deprem yüklemesi olmak üzere yatay yükler altında yapacağı yanal ötelenmelere karşı koyabilme yeteneğidir.

Aşırı yanal ötelenmeler taşıyıcı sistem elemanlarında aşırı zorlamaları beraberinde getirir. Bu aşırı zorlamalar elemanlarda büyük hasara yol açar. Bunu önlemenin yolu, yapıda yeterli miktarda perde elemanlarını bulundurmaktır.

Yapıda yeterli miktarda perde olan sistemler rijit olduğunda ikinci merteye moment etkileri daha düşüktür. Bu tür yapılarda yer değiştirmeler sınırlı olur. Yer değiştirmeler ne kadar büyük olursa yapıdaki hasarlar da o denli büyük olur.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (3.1)$$

Δ_i : görelî kat ötelenmesi

d_i : i. kattaki görelî kat ötelenmesi değeri

d_{i-1} : (i-1). kattaki görelî kat ötelenmesi değeri

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,0035 \quad (3.2)$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02/R$$

$(\Delta_i)_{\max}$: i. katta hesaplanan görelî kat ötelemelerin en büyük değeri

h_i : i. Kat yüksekliği

R : Yapı davranış katsayısı

Denklem (3.2) koşulunun herhangi bir katta sağlanmaması durumunda rijitlikleri artırılarak çözümler yenilenir.

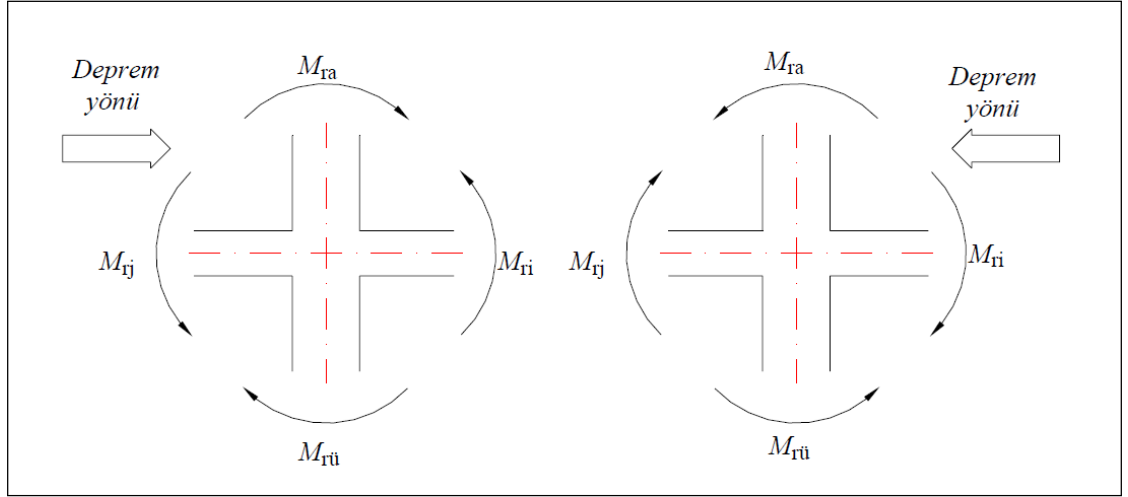
Yapı rijitliğinin artırılmasıyla, komşu katlar arası görelî yer değiştirmeler sınırlandırılarak yapı içerisinde bulunan eşyalar ve taşıyıcı olmayan elemanların hasarları azaltılmış olur. Böylece deprem yüklemesinin oluşturacağı maddî kayıplar aza indirgenmiş olur.

Yapı rijitliğini arttırmak için mümkün mertebe iki yönde perde elemanlarını sisteme yerleştirip kolon kesitlerinde de cömert davranmak gerekiyor.

Yapı sisteminde bulunan yatay ve düşey elemanların rijitlikleri yapı rijitliğini etkilemektedir. Deprem Yönetmeliğinde plastikleşmenin kolon kiriş birleşim noktasında ve kirişte meydana gelmesi arzulanır. Bu nedenle kolonların kirişlerden daha güçlü olması gereklidir.

Her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır (Şekil 3.1) : (TDY, 2007).

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (3.3)$$



Şekil 3.1 Kolonların Kirişlerden daha güçlü olma koşulu (TDY, 2007).

4 YAPI DÜZENSİZLİKLERİ

Düzensiz binaların depreme karşı olumsuz etkileri nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması için 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde bu tarz yapılar cezalandırılmıştır.

Taşıyıcı sistem elemanları düzensiz olan yapı elemanlarından oluşan kesit tesirlerinin, taşıyıcı sistem elemanlarının düzenli hale getirilmesi ile yapı elemanlarından oluşan kesit tesirlerine göre çok daha fazla değerler alabilmektedir. Yaşanmış depremlerden sonra yapılarda oluşan hasarların düzensiz yapılarda daha çok ortaya çıkmaktadır.

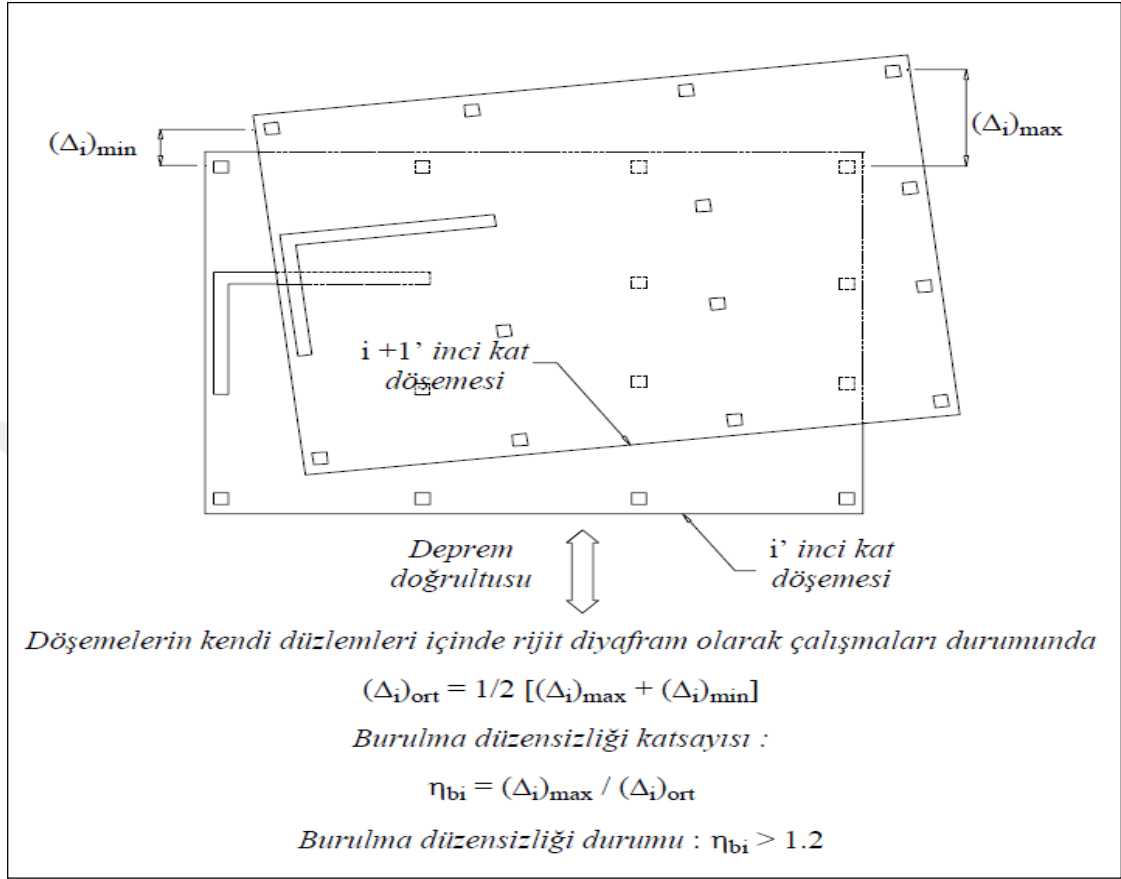
Deprem Yönetmeliğinde yapı düzensizlikleri iki gruba ayrılmıştır. Bunlardan 1. grup plandaki düzensizlikler, 2. grup ise düşeydeki düzensizliklerdir.

4.1 Plandaki Düzensizlikler

4.1.1 A1 Türü burulma düzensizliği

Planda düzensizlik durumları içinde A1 burulma düzensizliği, ortaya çıkardığı sorunlar bakımından en kritik olanıdır. Bu düzensizlik durumunda taşıyıcı sistem, deprem etkisi altında ötelenmeler yanında düşey eksen etrafında burulmalara maruz kalır ve bu nedenle taşıyıcı sistem elemanlarında düzenli olmayan yer değiştirmeler ve iç kuvvetler oluşur (Aydinoğlu ve diğerleri, 2009).

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 4.1). [$\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} > 1.2$] ise Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dış merkezlik etkileri de göz önüne alınarak, 2.7'ye göre yapılacaktır (TDY, 2007)



Şekil 4.1 Burulma düzensizliği durumu.

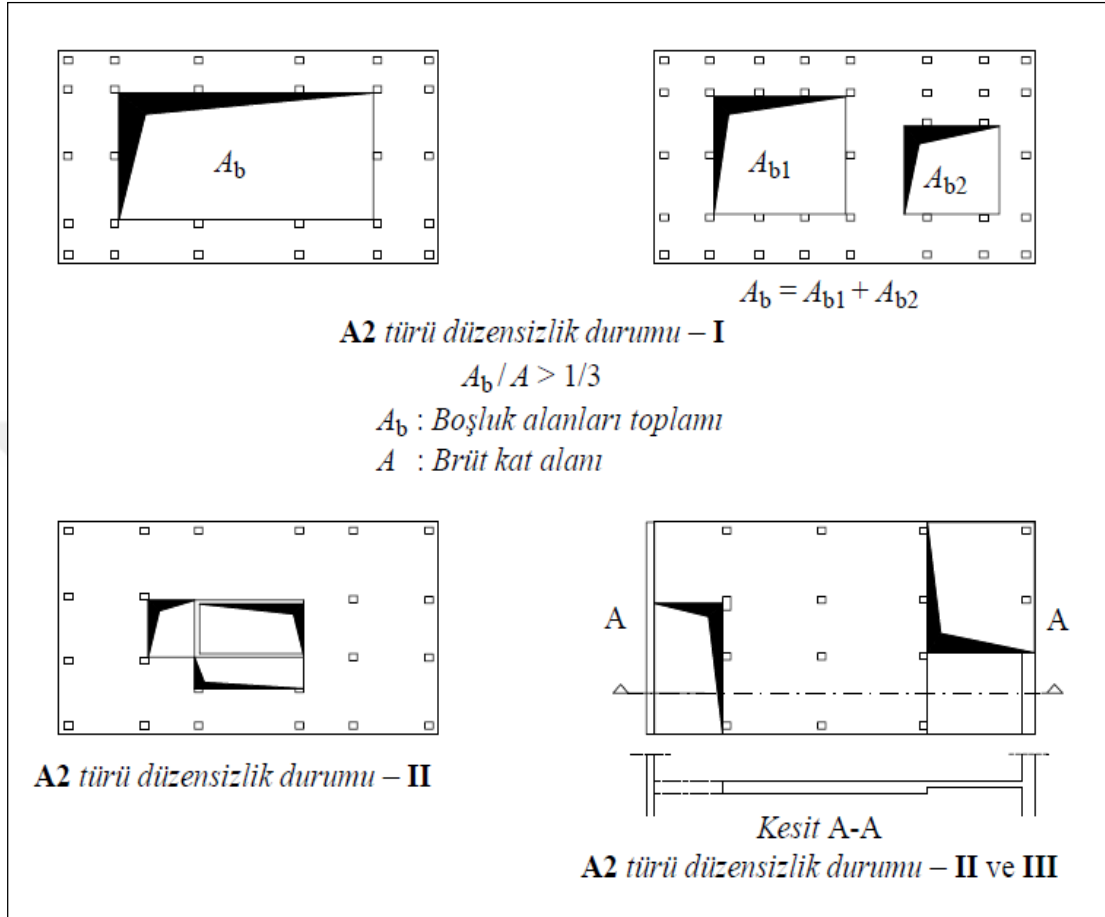
Deprem yönetmeliği; $\eta_{bi} \geq 2,00$ olması durumunda birinci ve ikinci deprem bölgelerinde dinamik hesap yapılması zorunluluğunu getirmiştir. Burulma düzensizlik katsayısının $1,2 \leq \eta_{bi} \leq 2,0$ olması durumunda ise katlara etkiyen eşdeğer deprem yükü için kabul edilen $\pm \%5$ dış merkezliği $D_i = (\eta_{bi} / 1,2)^2$ katsayı ile artırılarak yeniden analiz yapılması öngörülmektedir (Celep ve Kumbasar, 2004).

4.1.2 A2 türü döşeme süreksizlik düzensizliği

Herhangi bir kattaki döşemede;

- a) Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3 ünden fazla olması durumu (Şekil 4.2),
- b) Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabilmesini zorlaştıracak yerel döşeme boşluklarının bulunması,
- c) Döşeme düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu, döşeme süreksizlik düzensizliği olarak adlandırılır (TDY, 2007).

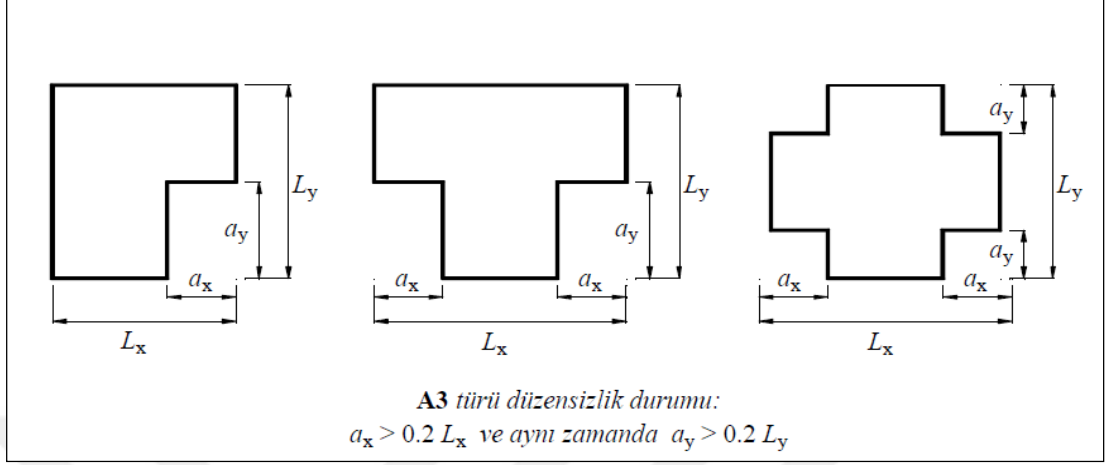
Binalarda aydınlatma, havalandırma bacaları, asansör boşlukları ve merdiven boşlukları, zemin katta yapılan asma katlar nedeniyle her zaman boşluklar olmaktadır. Ancak TDY (2007) yönetmeliği bu boşluk alanlarının toplamının, kat brüt alanına oranının 1/3 ten fazla olmasını yasaklamıştır. Aksi takdirde A2 türü döşeme süreksizlik düzensizliği olan yapılarda döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmayacağı kabul edilir. Bu tür düzensizlik içeren binalarda birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin hesapla doğrulanması istenmektedir.



Şekil 4.2 A2 türü döşeme süreksizlik düzensizliği.

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu(Şekil 4.3), (TDY, 2007).

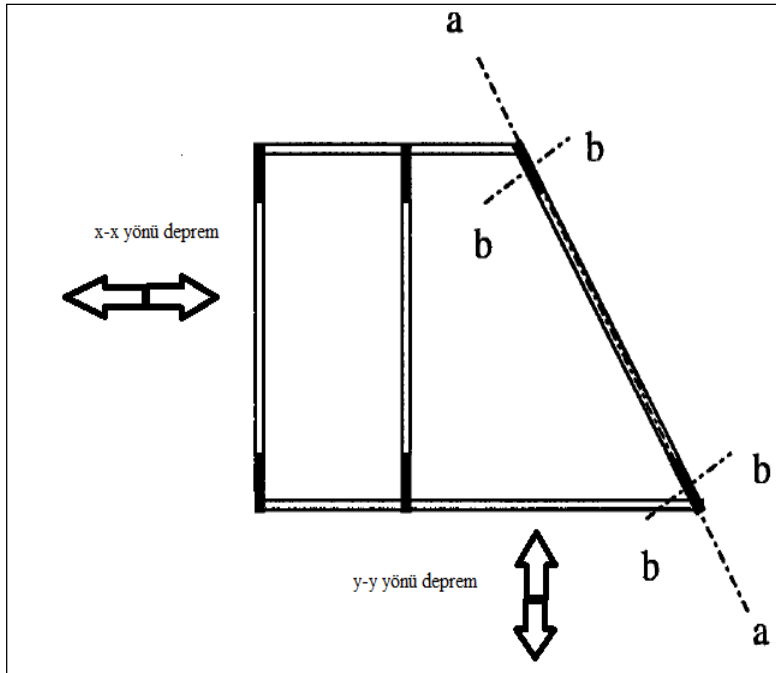
Bu tür düzensizliğe sahip, L, H, T ve U tarzı döşemeleri deprem yüklemesini diğer elemanlara (kiriş, kolon, perde gibi) iletirken, rijit diyafram gibi davranmadığı kabul edilir.



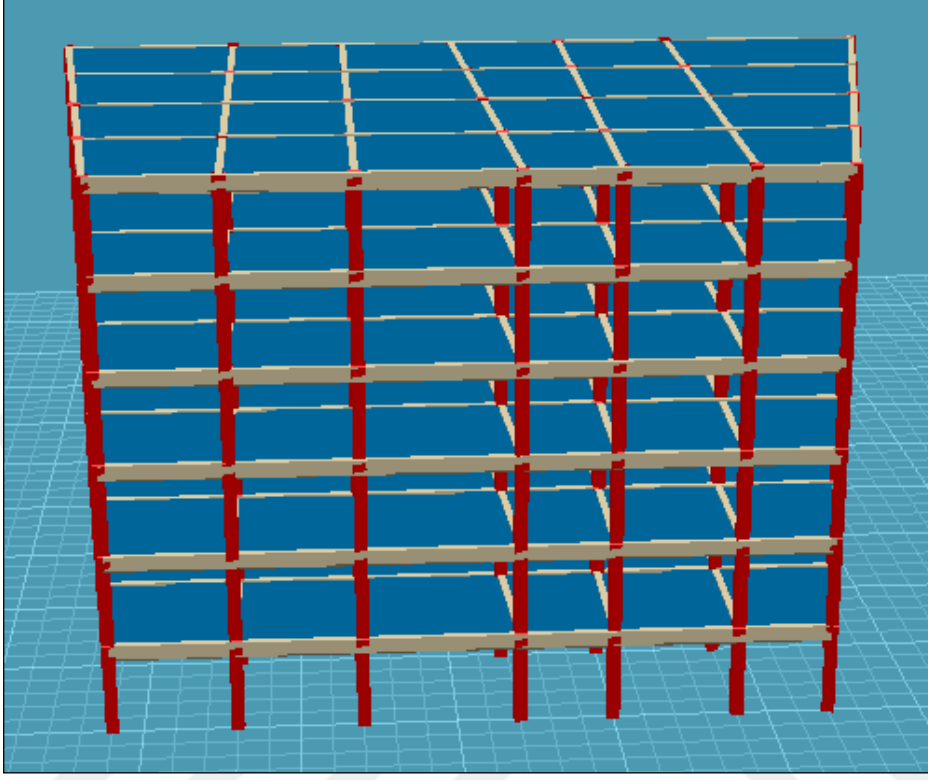
Şekil 4.3 A3 türü planda çıkıntılarının bulunması durumu düzensizliği.

4.2 A4 Türü Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Düzensizliği

Düşey taşıyıcı sistem elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan (a-a, ve b-b) birbirine dik deprem doğrultularına (x ve y) paralel olmaması durumu (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).



Şekil 4.4 A4 Türü taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği.



Şekil 4.5 A4 Türü taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği (3d görseli).

Genellikle taşıyıcı sistemdeki kolonların yönleri, yapısal analizlerde önem arz etmektedir. Taşıyıcı sistem kolonları her iki yönde birbirine dik yerleştirildiği durumlarda ortogonal, her iki yöne dik kolonların yanında bu yönlere belli bir açıyla yerleşen kolonların bulunduğu durumlara da ortogonal olmayan yapılar denir. Ortogonal olmayan yapılar, ortogonal olmayan taşıyıcı sistemlerden ve/veya ortogonal olmayan elemanlardan oluşur. Ortogonal olmayan taşıyıcı sistem aksları değişik açılarda olup elemanlar ortogonal değildir ve yapıda düzensizlik oluşturur. Ortogonal olmayan eleman ise taşıyıcı sistem ortogonal görünse bile taşıyıcı sistemdeki kolonların her iki yöne de dik olmadığı elemandır.

Yapısal analizlerde depremin; global olarak seçilen, birbirine dik olan x ve y doğrultularında ayrı ayrı etkidiği varsayılır ve daha sonra elverişsiz etkinin bulunması için;

$$B = \pm B_x \pm 0,30 B_y \quad (4.1)$$

$$B = \pm B_y \pm 0,30 B_x \quad (4.2)$$

değerlerin en büyüğü, kesit hesaplarında kullanılacak değer olarak alınır.

4.3 Düşey Doğrultuda Bulunan Düzensizlikler

4.3.1 B1 Türü komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)

Zayıf kat; komşu katlar arası dayanım düzensizliği olarak adlandırılır. Betonarme binalarda, birbirine göre dik iki deprem doğrultusunun herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, komşu bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tarif edilen dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} 'nin (4.3)'deki koşulu sağlaması durumu; komşu katlar arası dayanım düzensizliği olarak tanımlanır (TDY, 2007). Herhangi bir kattaki etkili kesme alanı (A_e), (4.4) bağıntısı ile bulunabilir.

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (4.3)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

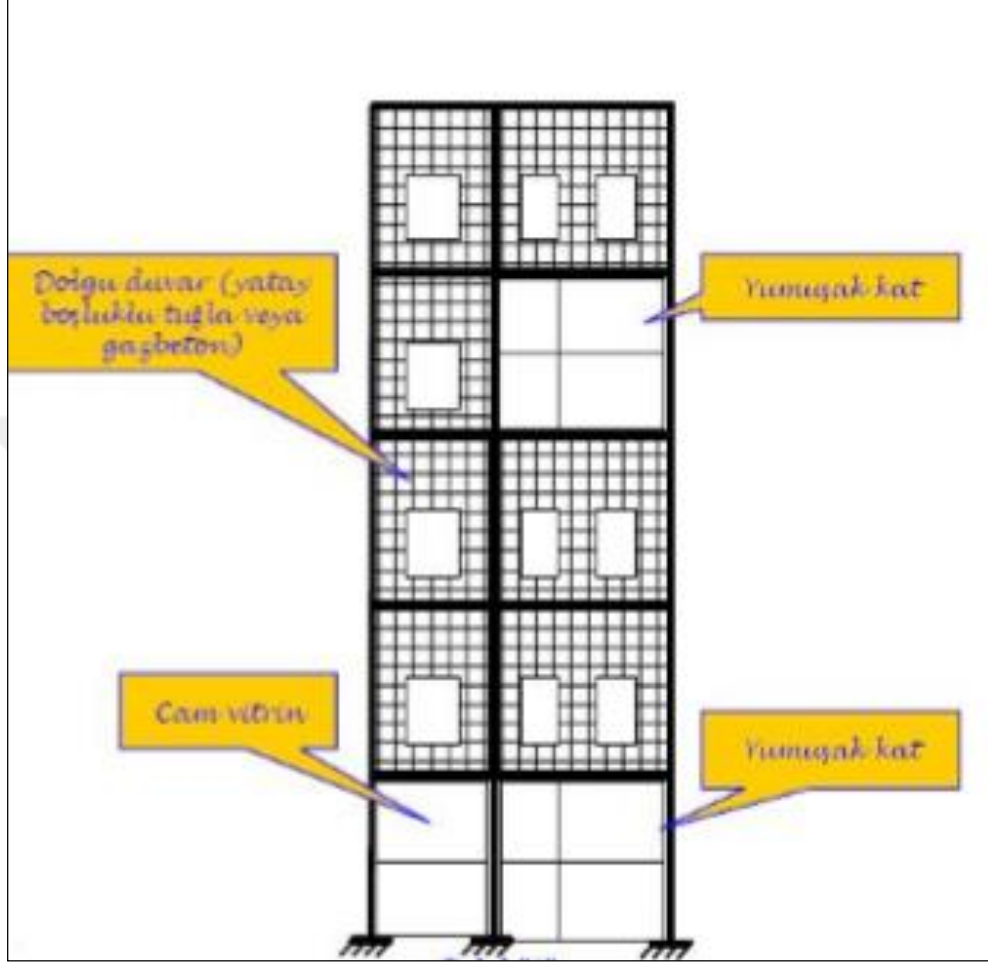
$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k \quad (4.4)$$

Her katın bir etkili kesme alanı vardır. Yapıya gelen yatay kuvvetler (kesme kuvvetleri) bu kattaki etkili kesme alanları tarafından karşılanır. Bu kat etkili kesme alanlarını kolonların ve perdelerin enkesit alanları oluşturur. Az da olsa kesme alanlarına çerçeveler arasındaki dolgu duvarlarında katkıları vardır. Eğer bir yapı sadece kolonlardan oluşuyorsa, üst katlara dek tüm kolonlar aynı ebatta çıkıyorsa (kolon küçülmesi yok), bu durumda her katın etkili kesme alanı aynıdır.

Geçmiş yıllarda yaşanan depremler incelendiğinde, zemin katlarındaki yığma dolgu duvarları, üst katlardaki yığma dolgu duvarlara nazaran hiç veya çok az olan binaların, zemin kat hizasında büyük hasar gördüğüne tanık olunmuştur. Çünkü yığma dolgu duvarlarından yoksun olan zemin katın yatay deplasmanlara karşı direnci, yığma dolgu duvarları bakımından zengin olan üst katlara göre çok azdır.

Bu yüzden düşey yönde dayanım süreksizliği bulunan katlara zayıf kat denir. Zemin kat yüksekliğinin üst katlara nazaran daha fazla olması da, zayıf kat düzensizliği yaratır. Mağaza, lokanta ve banka gibi çeşitli ticari fonksiyonlara geniş alanlar sağlayabilmek için, dolgu duvar örülmemen ve/veya kat yüksekliği göreceli olarak büyük olan zemin katlar, çok katlı binalarda deprem hasarlarının odak noktasıdır (Tezcan ve diğerleri, 2007).

Eğer $0,60 < \eta_{ci} \leq 0,80$ ise, bu düzensizliği gidermek için, taşıyıcı sistem davranış katsayısı $1,25 \times \eta_{ci}$ ile çarpılarak küçültülür. Böylece varsayılan her iki doğrultuda deprem etkisi büyütülmüş olur. Buna karşılık $\eta_{ci} < 0,60$ durumuna izin verilmediği için, zayıf katın kolon ve perde kesitleri uygun şekilde arttırılarak bu oranın büyümesi sağlanmalıdır (Celep ve Kumbasar, 2004). B1 türü zayıf kat düzensizliği kesit görünümü Şekil 4.6 'da gösterilmektedir (Topçu, 2008).



Şekil 4.6 B1 Türü Zayıf Kat Düzensizliği Kesit Görünümü (Topçu, 2008)

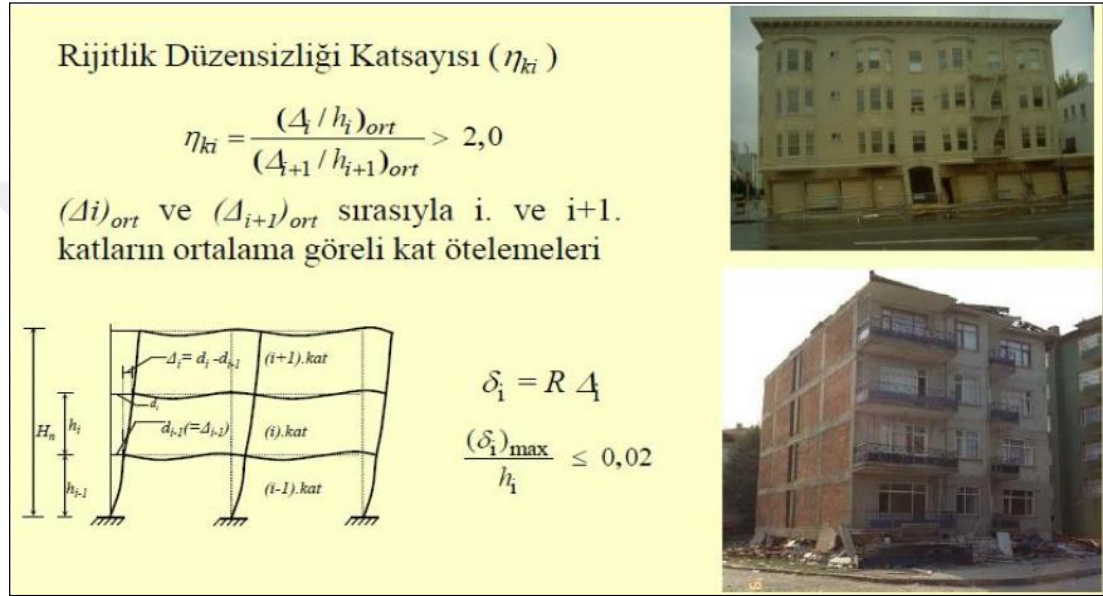
4.3.2 B2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi birinci kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat öteleme oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu ile açıklanır.

$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0$
Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlilik etkileri de gözönüne alınarak 4.5'ye göre yapılacaktır (TDY, 2007).

$$V = \Delta F + \Sigma Fi \quad (4.5)$$

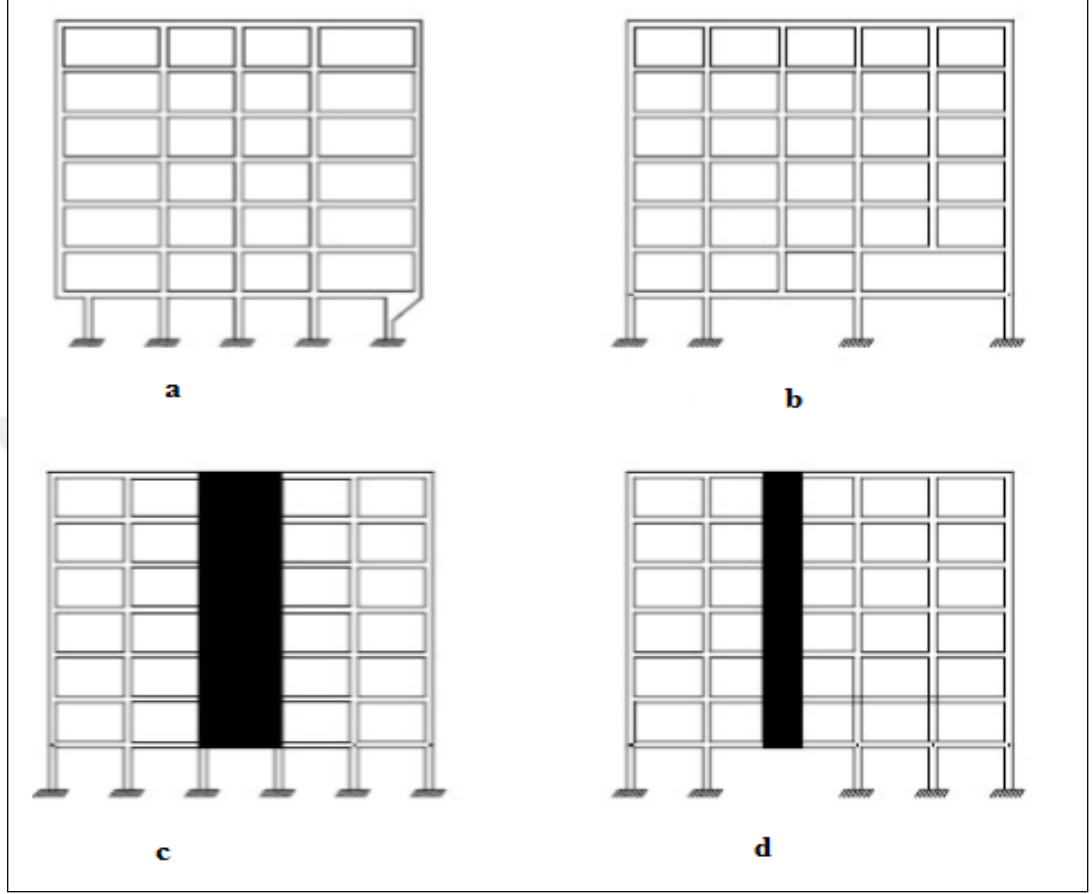
B2 türü yumuşak düzensizliği kesit görünümü Şekil 4.7 'de gösterilmektedir (Koçak, 2017).



Şekil 4.7 B2 Türü Yumuşak Kat Düzensizliği Görünümü (Koçak, 2017)

4.3.3 B3 taşıyıcı sistemdeki düşey elemanların süreksizlik durumu

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 B3 Türü Düşey Elemanların Süreksizlik Durumu (TDY, 2007).

TDY (2007); B3 düzensizliği olan sistemleri yasaklamış veya deprem yüklemesini arttırarak sistemi cezalandırmıştır. Buna göre;

- a) Tüm deprem bölgelerinde, düşey taşıyıcı elemanın binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alt kattaki kolonlarda oluşturulan guselerin üzerine oturtulmasına hiçbir zaman müsaade edilemez (Şekil 4.8a).
- b) Düşey taşıyıcı elemanın iki ucu mesnetli bir kiriş üzerine oturması durumunda, kirişin tüm kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarında birleşen diğer kiriş ve düşey taşıyıcı elemanların tüm kesitlerinde, düşey yükler ve deprem etkisinden oluşan iç kuvvetler %50 oranında arttırılacaktır (Şekil 4.8b).

- c) Bir perdenin iki ucundan alt kattaki kolonlara oturması durumunda, bu kolonlarda düşey yükler ve deprem etkisinden oluşan iç kuvvetler %50 oranında arttırılacaktır. Perdeye mesnet görevi yapan kolonların sarılma bölgesindeki enine donatı tüm kolon yüksekliğince devam ettirilir (Şekil 4.8c).
- d) Bir perdenin alt kattaki kirişin üstüne açıklık ortasına oturtulmasına binanın hiçbir katında müsaade edilmez (Şekil 4.8d).



5 HESAP YÖNTEMLERİ

Deprem tehlikesi altında bulunan bölgelerde yapılacak bina türü yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanmasında esas alınacak deprem yükleri ve uygulanacak hesap yöntemleri; Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Kullanımı belli koşullara bağlıdır*) ve Dinamik Yöntem (Basit ve karmaşık her tür yapıya uygulanabilir) olmak üzere ikiye ayrılır. Dinamik Hesap Yöntemi de, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

5.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, mod birleştirme yönteminin basitleştirilmiş yaklaşık bir özel hali olarak değerlendirilebilir. Bu yöntemde sadece deprem doğrultusundaki hakim titreşim modu (1.mod) göz önüne alınmakta, bu moda ait mod ekli ise doğrusal (ters üçgen) şeklindedir.

Hakim titreşim modunda titreşime katılan etkin kütlelerin bina kütlelerinden daha küçük olduğu bilinmesine karşın, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde taban kesme kuvvetinin hesabında binanın toplam kütlesi göz önüne alınmaktadır.

Eşdeğer deprem yükleri her bir katta kat kütle merkezine ve ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılması amacı ile göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılarak belirlenen noktalara uygulanmaktadır.

Ayrıca burulma düzensizliği olan binalarda, burulma etkisinin yaklaşık olarak göz önüne alınmasını sağlamak üzere her katta $\pm\%5$ ek dış merkezlik, her iki deprem doğrultusu için **Yönetmelik Denklem (2.10)**'da verilen $D_i = (\eta_{bi}/1,2)^2$ katsayı ile büyütülecektir.

TDY (2007), bu yöntemin uygulanabileceği şartları belirlemiştir. Bu şartlar Çizelge 5.1’de verilmiştir. Çizelgenin dışında kalan tüm durumlar için dinamik hesap yöntemleri kullanılabilir.

Çizelge 5.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanabileceği binalar (TDY, 2007).

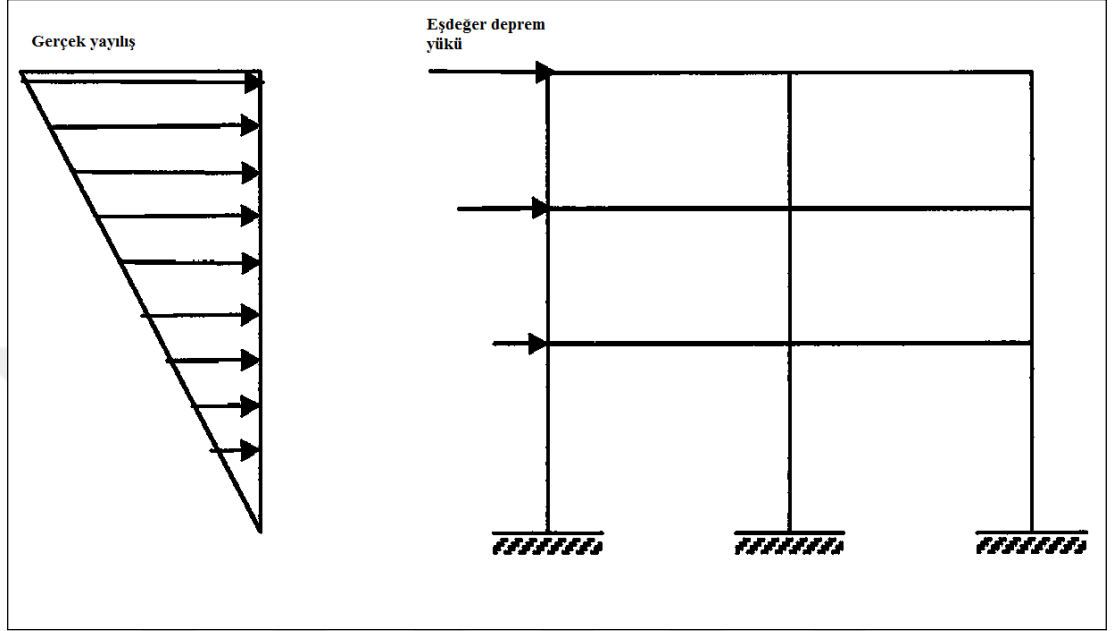
Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	A1 türü burulma düzensizliğı olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	A1 türü burulma düzensizliğı olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 düzensizliğı olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m

Burulma düzensizliğı katsayısı $\eta_{bi} = \Delta_{imax}/\Delta_{iort}$

Δ_{imax} = Herhangi bir kattaki en büyük görelî kat ötelemesi

Δ_{iort} = Kattaki görelî kat ötelemelerinin ortalaması

Çok katlı betonarme yapılarda deprem etkisi ters üçgen şeklindedir. Statik hesaplarda bu etki tekil yüğe dönüştürülür. Kat ağırlıklarının kat seviyesinde toplandığı kabul edilir. Bu sebeple, üçgen yayılı yük etkisi kat seviyelerine eşdeğer deprem yüğü olarak etkilidir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Eşdeğer deprem yükü yönteminde deprem etkisi.

Yapılara etki eden deprem yükü yapı ağırlıkları ile doğru orantılıdır. Yapının ağırlığı yönlere göre değişmediği için deprem etkisinin iki asal yönlerde gelen yüklerin önemli bir farkı yoktur. Fakat yapı rijitliklerinin her iki yönde farklı olması sebebi ile her iki yöndeki bina doğal titreşim periyotları farklı olacaktır. Bina ağırlığı, 5.1 ve 5.3'te verilen bağıntılarla hesaplanır.

$$w_i = G_i + n \times Q \quad (5.1)$$

$$W = \sum_{i=1}^n w_i \quad (5.2)$$

G_i = i. katın zati ağırlığı

Q_i = i. kata gelen hareketli yük

n = Hareketli yük katılım katsayısı

w_i = i. katın ağırlığı

W = Binanın tüm ağırlığı

Yapı periyot hesabı için çeşitli yöntemler ve ampirik formüller kullanılmaktadır. Bu formül A.B.D ve Japonya’da kullanılmış güvenilir sonuçlar alınmıştır. Basit ampirik formüllerle yapılan hesaplarda yapılan hatalar çok kez güvenli tarafta kalmaktadır (Çamlıbel, 1994).

Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N \leq 25$ m koşulunu sağlayan binaların, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu yaklaşık olarak 5.3’te verilen bağıntı ile hesap edilebilir.

$$T_1 = T_{1A} = C_t \times (H_N)^{3/4} \quad (5.3)$$

C_t = Bina taşıyıcı sistemine bağlı bir katsayı

H_N = Binanın temel üstü yüksekliği

C_t katsayısı;

- Deprem yüklerinin tamamen betonarme perdelerle taşındığı binalarda;

$$C_t = 0,075 / (A_t)^{1/2} \leq 0,05 \quad (5.4)$$

$(L_{wj} / H_N) \leq 0,9$ olması koşulu ile;

$$A_t = \sum_j A_{wj} \times \left[0,2 + \left(\frac{L_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \quad (5.5)$$

A_t = Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında kullanılan eşdeğer alan

A_{wj} = Binanın temel üstündeki ilk katında j. Perdenin brüt en kesit alanı

L_{wj} = Binanın temel üstündeki ilk katında j. Perdenin, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki boyu

H_N = Binanın temel üstündeki yüksek

- Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dış merkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t = 0,07$; taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0,08$; diğer tüm binalarda $C_t = 0,05$ alınacaktır.

Yapı periyodunun daha doğru hesaplanması gerektiği durumlarda; (5.6)'daki denklem kullanılacaktır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (5.6)$$

m_i = i. katın kütlesi ($m_i = w_i / g$)

F_{fi} = i. kata etkiyen fiktif deprem yükü

d_{fi} = Fiktif yüklerin etkisi altında, aynı noktalarda deprem doğrultusunda hesaplanan yer değiştirmeler

Kata etkiyen fiktif deprem yükü; (5.7)'deki denklem ile hesaplanacaktır.

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (5.7)$$

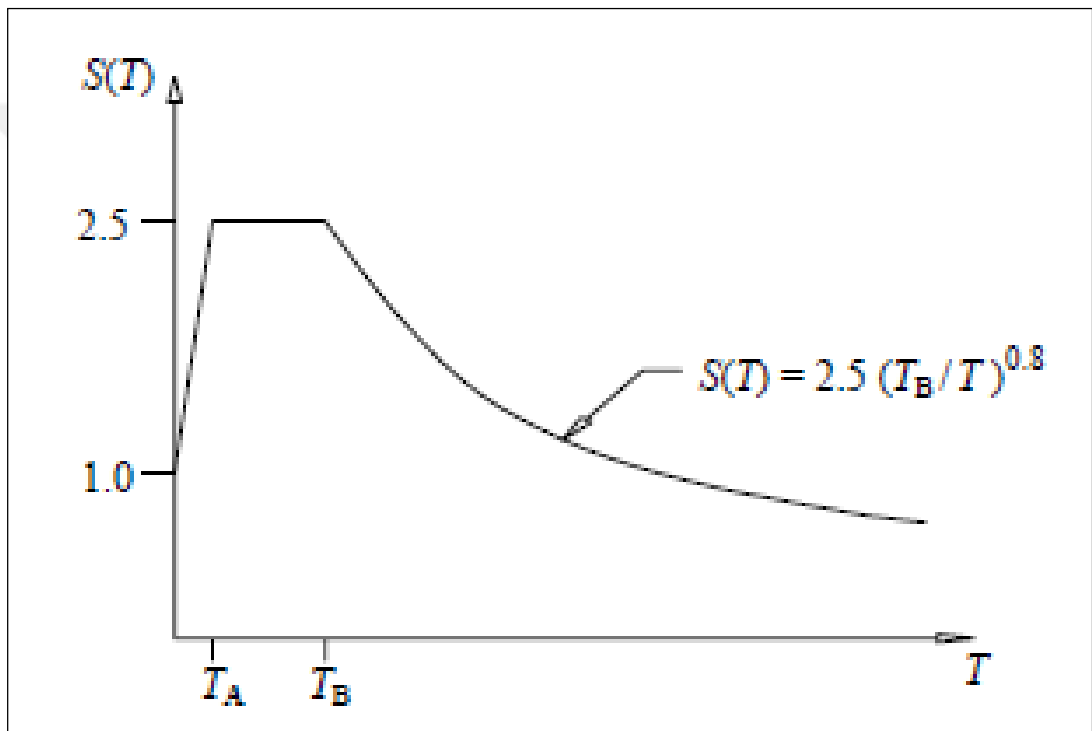
Burada;

w_i = i. katın ağırlığı

H_i = i. katın temel üstündeki yüksekliği ifade etmektedir.

Yönetmeliklere göre yapıların tasarımında, kullanılacak yatay yüklerin hesaplanmasında; yapının bulunduğu deprem bölgesindeki en büyük ivme değeri (A_0); yapının üzerinde inşaa edileceği zeminin dinamik özellikleri ($S(T)$), yapının taşıyıcı sisteminin davranış özellikleri (R) ve yapının önemi (I) gibi parametreler etkili olmaktadır (Bayülke, 1998).

Eşdeğer deprem yüklerinin hesabında; $S(T)$ spektrum katsayısı, yerel zemin koşullarına ve binanın doğal periyoduna bağlı olarak hesaplanır. Zemin sınıfına göre; spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B , 2007 TDY'den alınacaktır. Yapı periyodu ile zemin spektrum karakteristikleri karşılaştırılır. $S(T)$; 5.8, 5.9, 5.10 denklemlerinden uygun olanı ile hesaplanır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Spektrum eğrisi

$$0 \leq T_1 \leq T_A \text{ ise; } S(T) = 1 + 1,5 \times (T/T_A) \quad (5.8)$$

$$T_A \leq T_1 \leq T_B \text{ ise; } S(T) = 2,5 \quad (5.9)$$

$$T > T_B \text{ ise; } S(T) = 2,5 \times (T_B / T_A)^{0,8} \quad (5.10)$$

Yapı önem katsayısı (I), yapının kullanım amacına bağlı olarak 2007 TDY'de Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Yapı Önem Katsayısı (TDY, 2007).

<i>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</i>	<i>Bina Önem Katsayısı (I)</i>
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminaleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1,4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1,2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1,0

TDY (2007)' de özel bir önemi olmayan binalar için tasarıma esas olan depremin 50 yıllık sürede aşılma olasılığının %10 olduğu kabul edilmiştir. Bu depremin dönüş periyodu 475 yıla denk gelmektedir.

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, A(T), Denk.(5.11 ve 5.12) ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu' nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, Sae (T), Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T) \quad (5.11)$$

$$S_{ae} = A(T) \times g \quad (5.12)$$

Yapı davranış katsayısı (R); 2007 TDY' de bina taşıyıcı sistemine göre seçilir. Deprem yükü azaltma katsayısı Denk.(5.13 ve 5.14) ile bulunur.

$$0 \leq T \leq T_A \text{ ise;} \quad R_a(T) = 1,5 + (R-1,5) \times T / T_A \quad (5.13)$$

$$T > T_A \text{ ise;} \quad R_a(T) = R \quad (5.14)$$

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda tasarım deprem yükü olarak kullanılmak üzere, bina toplam ağırlığı (W); spektral ivme katsayısı $A(T_1)$, deprem yükü azaltma katsayısı R_a 'ya bağlı olarak binanın tümüne etkiyen "toplam eşdeğer deprem yükü", V_t , Denklem (5.15) ile hesaplanır.

$$V_t = (W \times A(T_1)) / R_a(T_1) \geq 0,10 \times A_0 \times W \quad (5.15)$$

Her bir kata gelen deprem yükünü bulmak için Denk.(5.16) kullanılır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (5.16)$$

$$H_N \leq 25 \text{ m için } \Delta F_N = 0 \quad (5.17)$$

$$H_N > 25 \text{ m için } \Delta F_N = 0,07 \times T_1 \times V_t \leq 0,20 \times V_t \quad (5.18)$$

V_t = Toplam eşdeğer deprem yükü

w_i = i.katın ağırlığı

H_i = i. katın temel üstünden yüksekliği

ΔF_N = Binanın en son katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü

5.2 Mod Birleştirme Yöntemi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi' nde yapının birinci modu esas alınır ve katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin kat kütleleri ve katın temelden yüksekliği ile orantılı kabul edilir. Titreşim periyodunun hesabında ve deprem yükünün dağıtılmasında binanın kütleleri hesaba katıldığı için bu yöntem de yapının birinci serbestlik derecesini esas alan dinamik bir yöntem olarak da kabul edilebilir. Mod Birleştirme Yöntemi' nde ise toplam deprem kuvvetinin bulunmasında diğer titreşim periyotları ve mod Őekilleri hesaba katılır ve bu toplam kuvvetin katlara dağıtılmasında ilgili mod Őekilleri esas alınır. Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod Şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da görülebilir (Celep ve Kumbasar, 2004).

Çok katlı çerçeve türünde taşıyıcı sistemlerin çözümünde, özellikle döşemelerin kendi düzlemlerinde rijit diyafram kabul edildiği durumda, kütlelerin bulunduğu noktaların serbestlik derecesini yatay düzlemde iki öteleme ve düşey eksen etrafında dönme olarak ayırmak mümkündür. Bu durumda i. kattaki kat kütlelerinin yatay iki doğrultuda öteleme ataleti ve düşey eksen etrafında dönme ataleti momenti olacaktır (Celep ve Kumbasar, 2004).

Deprem etkilerinin yön değiştirebilen özelliğinden dolayı spektrum eğrilerinin hazırlanmasında ilgili parametrelerin işaretleri göz önüne alınmaz. Ayrıca her titreşim mod Şekli için bulunan değer depremin belirli bir zamanında olduğu için elde edilen maksimum değerlerin üst üste toplanması uygun bir sonuç vermez. Bunun yerine binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvetler, yer değiştirme ve rölatif kat yer değiştirmesi gibi her mod için elde edilen büyüklüklerin birleştirilmesi ve T_i, T_j gibi herhangi iki mod periyotlarının ($T_i < T_j$) birbirinden $T_i / T_j < 0,80$ koşulunu sağlayacak kadar ayrı olmaları durumunda, Karelerinin Toplamının Karekökü Kuralı kullanılarak yapılabilir (Celep ve Kumbasar, 2004).

5.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bu yöntemde yönetmelikteki ana kuralların ötesine geçilerek deprem mühendisliği bilgileri ile gerçek veya üretilmiş bir deprem kaydının kullanılması gerekir. Yurdumuzdaki geçmiş depremlerin ivme kayıtları *Deprem Araştırma Dairesi*'nde mevcuttur. Boyutlama sırasında gerçek deprem kayıtlarının esas alınması, hesaba esas olan deprem büyüklüğü, merkez üssü ve odak uzaklığı, kaynak mekanizması ve zemin koşullarının gerçek durumla en iyi şekilde uyuşturulması bakımından tercih edilir. Böylece pek çok belirsizlik önlenmiş ve deprem gerçekte uyumlu bir şekilde tanımlanmış olur. Deprem kaydının bulunamaması durumunda deprem hareketini rasgele bir titreşim kabul ederek yapay deprem kayıtları elde (Celep ve Kumbasar, 2004).

Burada hesapta üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınır (Aydınoglu ve diğerleri, 2009).

5.4 Analiz Sonrası Yapılması Gereken Tasarım Kontrolleri

Yapı sistemlerinde süneklik, genel bir tanım olarak, "yapının dayanımında önemli bir azalma ve kararsız denge hali oluşmaksızın, deprem sırasında yapıya transfer olan enerjinin büyük bir kısmını, elastik olmayan davranışla ve tersinir, dönüşümlü büyük şekil değiştirmelerle yutma yeteneği" olarak tanımlanmaktadır (Hasgür ve Gündüz, 1996). Sünekliğin ölçüsü "süneklik oranı" dır.

Süneklik düzeyi yüksek yapılarda kolon ve kirişlerin kesme güvenliğine, kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunun sağlanmasına, kolon eğilme moment kapasitelerinin kiriş eğilme moment kapasitelerinden daha büyük olması durumu kontrol edilir. Süneklik düzeyi yüksek yapılarda kirişlerin kolonlardan önce mafsallaşması arzu edilir. Bunu elde etmek için kolon moment taşıma kapasitesinin

bağlı bulunduğu kirişlerin moment taşıma kapasitelerinden daha büyük olması koşulu aranır.

5.4.1 Güçlü kolon zayıf kiriş kontrolü

Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır.

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (5.19)$$

M_{ri} :Sağdaki kirişin kolona birleştiği yerdeki moment taşıma gücü

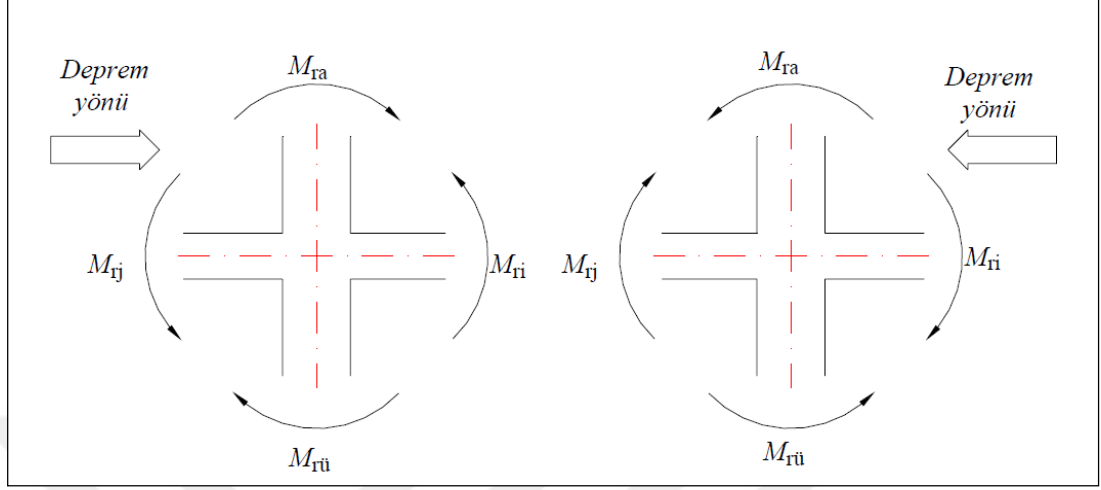
M_{rj} :Soldaki kirişin kolona birleştiği yerdeki moment taşıma gücü

M_{ra} :Kolonun alt ucundaki taşıma gücü momenti

$M_{r\bar{u}}$:Kolonun üst ucundaki taşıma gücü momenti dir .

Yapı elemanlarının dayanımlarını birbirine göre biraz farklı düzenleyerek kuvvetli bir depremde oluşacak göçme mekanizmasını kontrol etmek ve orta büyüklükteki bir depremde, deprem sonrası hasarları sınırlı tutmak mümkündür. Örneğin; sistemin ani göçmesini önlemek için kolonların güçlü, kirişlerin buna göre daha zayıf düzenlenmesini ve böylece ilk plastik mafsalların kirişlerde oluşmasını sağlamak yönetmeliklerde önerilmektedir (Celep, 2007)

Denk.(5.19), her bir deprem doğrultusunda ve depremin her iki yönü için elverişsiz sonuç verecek şekilde ayrı ayrı uygulanacaktır (**Şekil 5.3**). Kolon taşıma gücü momentlerinin hesabında, depremin yönü ile uyumlu olarak bu momentleri en küçük yapan Nd eksenel kuvvetleri göz önüne alınacaktır (TDY, 2007).



Şekil 5.3 Kolonların Kirişlerden daha güçlü olma koşulu (TDY, 2007).

Denk.(5.19)'ün uygulanmasına ilişkin özel durumlar aşağıda belirtilmiştir:

(a) Düğüm noktasına birleşen kolonların her ikisinde de $N_d \leq 0.10 A_c \times f_{ck}$ olması durumunda, **Denk.(5.19)**'ün sağlanması zorunlu değildir.

(b) Tek katlı binalarda ve çok katlı binaların kolonları üst kata devam etmeyen düğüm noktalarında Denk. (5.19)'ün sağlanıp sağlanmadığına bakılmayacaktır.

(c) Kirişlerin saplandığı perdenin zayıf doğrultuda kolon gibi çalışması durumunda, Denk.(5.19)'ün sağlanıp sağlanmadığına bakılmayacaktır (TDY, 2007).

Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun sağlanmadığı durumlarda sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın herhangi bir i' inci katında, Denk. (5.20)' nin sağlanması koşulu ile ilgili katın alt ve/veya üstündeki bazı düğüm noktalarında Denk.(5.19)'ün sağlanamamış olmasına izin verilebilir.

$$\alpha_i = V_{is} / V_{ik} \geq 0.70 \quad (5.20)$$

$N_d \leq 0.10 A_c \times f_{ck}$ koşulunu sağlayan kolonlar, **Denk. (5.19)**'u sağlamasalar bile, V_{is} ' nin hesabında göz önüne alınabilir(TDY, 2007).

Denk.(5.20)'nin sağlanması durumunda, $0.70 \leq \alpha_i \leq 1.00$ aralığında, Denk. (5.19)'un hem alttaki, hem de üstteki düğüm noktalarında sağlandığı kolonlara etkiyen eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri ($1/\alpha_i$) oranı ile çarpılarak arttırılacaktır.

Denk. (5.19)'u sağlamayan kolonlar, kesitlerinde oluşan düşey yük ve deprem etkileri altında donatılacaktır.

Eğer $\alpha_i < 0,70$ ise tüm çerçeve süneklik düzeyi normal alınacaktır.

Birleşim bölgelerinde kesme kuvveti güç tükenmesinden önce bölgede birleşen kiriş donatılarının akmaya başlaması ve böylece sünek güç tükenmesinin sağlanması gereklidir. Birleşim bölgesindeki kesme kuvveti ve (5.21) bağıntısı ile hesaplanır.

$$V_e = 1,25 \times f_{yk} \times \max(A_{s1} + A_{s2}; A_{s3} + A_{s4}) - V_{kol} \quad (5.21)$$

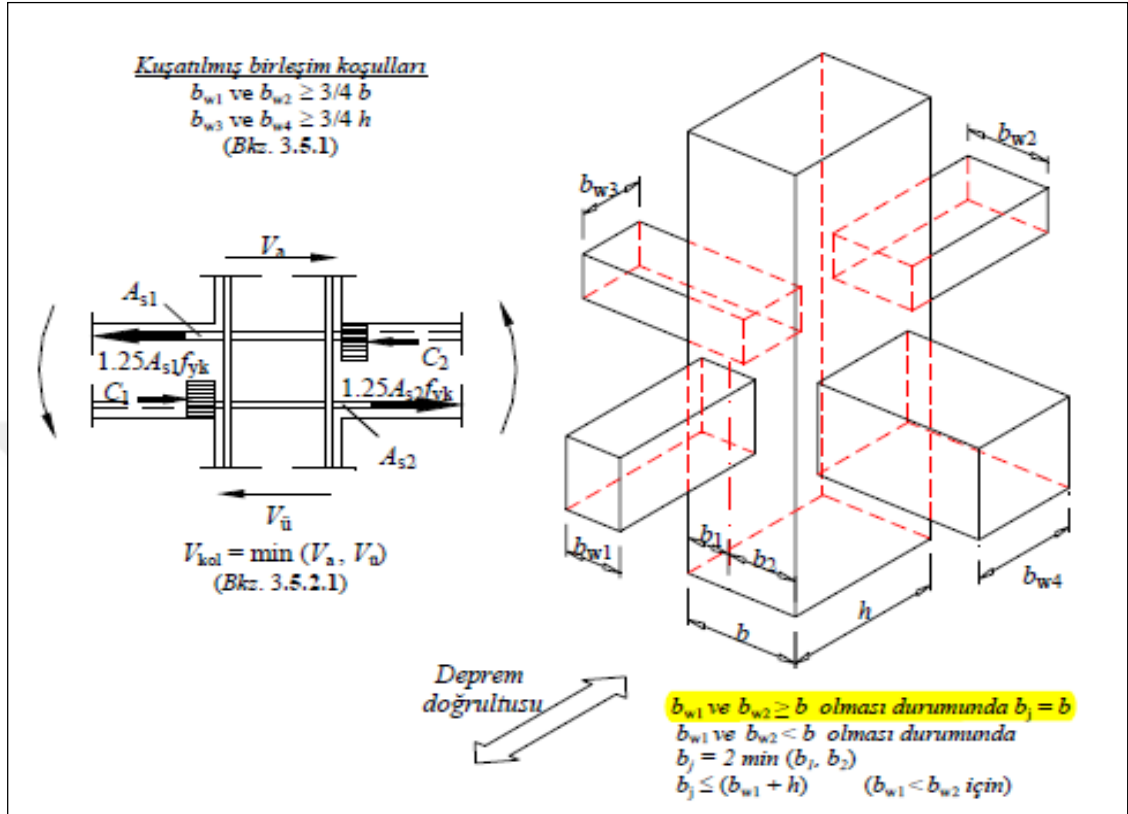
V_{kol} = Deprem etkisinden oluşan kolon kesme kuvveti (5.21) bağıntısı ile bulunan kesme kuvveti dört taraftan kuşatılmış birleşim bölgelerinde (kirişlerin kolona dört taraftan birleşmesi ve her bir kirişin genişliğinin birleştiği kolon genişliğinin $3/4$ 'ünden daha az olmaması durumu);

$$V_e \leq 0,60 \times f_{cd} \times b_j \times h \quad (5.22)$$

Kuşatılmamış birleşim bölgelerinde (kuşatılmış kolon birleşim şartını sağlamayan birleşimler)

$$V_e \leq 0,45 \times f_{cd} \times b_j \times h \quad (5.23)$$

koşullarını sağlamalıdır. Burada h , kolonun deprem doğrultusundaki boyutu ve diğer boyutu $b_j = 2 \min(b_1, b_2)$ olarak tanımlanmaktadır (**Şekil 5.4**).



Şekil 5.4 Kolon kiriş birleşim bölgelerindeki kesme kuvveti ve kuşatılmış kolon kiriş birleşim bölgesi durumu

5.4.2 Süneklik düzeyi yüksek yapılarda kesme güvenliği kontrolü

Süneklik düzeyi yüksek yapılarda kolon ve kirişlerin kesme güvenliğini sağlaması, kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunun sağlanmasına bağlı olarak, tasarıma esas olan kesme kuvveti; kiriş ve kolon kesitlerinin kapasitelerine erişmesi kabulü ile elde edilir (Aydinoğlu ve diğerleri, 2009). Bu durumda kolonlarda $M_{\bar{u}}=1,4M_{r\bar{u}}$ ve $M_a=1,4M_{ra}$ kolon uç kesit eğilme momenti kapasiteleri kullanılarak;

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}}) / l_n = 1,4 (M_{ra} + M_{r\bar{u}}) / l_n \quad (5.24)$$

tasarımına esas olan kesme kuvveti bulunur. Tasarım sonucu güçlü kolon zayıf kiriş durumu sağlanırsa, plastik mafsallaşma ilk önce kiriş uçlarında oluşacaktır. Bu

durumda kolon tasarım kesme kuvvetinin, kiriş uç kesitlerinin eğilme momenti kapasitelerinden hesaplanması gerekmektedir. Bu amaçla birleşim bölgesinde birleşen kirişlerin uç kesitlerinin taşıma gücü eğilme momentlerinin toplamının %40 arttırılmış $1,4(M_{ri}+M_{rj})$ değerlerinin alt ve üst kolonlara rijitlikleri oranında dağıtılması sonucu kolonun alt ve üst ucunda bulunan M_a ve M_u momentleri tasarıma esas kesme kuvveti bulunacaktır. Eğer kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulu sağlanmamışsa, plastik mafsallaşma ilk önce kolon uç kesit bölgesinde başlayacaktır. Bu da istenilmeyen bir durumdur. Bu durumda kolon tasarım kesme kuvvetinin, kolon uç kesitlerinin $M_u=1,4M_{r_u}$ ve $M_a=21,4M_{r_a}$ eğilme moment kapasiteleri kullanılarak hesap edilecektir.

Kolonlarda ve kirişlerde olduğu gibi kesme kuvvetinde eğik gerilmelerin oluşturacağı gevrek kırılmaları önlemek için tasarım kesme kuvveti üst sınırı **Denk.(5.25)**'de verilmiştir.

$$V_e \leq 0,22 \times f_{cd} \times b_w \times d \quad (5.25)$$

b_w = Kiriş genişliği

5.5 Çalışmada Kullanılan Analiz Programının Tanıtılması

STA4 (2017) programı, çok katlı betonarme yapıların 3 boyutlu analizini ve entegre olarak çizimlerini yapan entegre paket programdır. Yapının tümü için global stiffnes matrisi bir defada kurulur ve bloklama tekniği ile deplasmanlar bulunur. Kat düzlemindeki plakların yatay düzlemde sonsuz rijitliğini dikkate alarak, kat düzlemindeki \bar{e}_x , \bar{e}_y , \bar{e}_z deplasmanları için her katta 3 bilinmeyen, eleman uçlarında \bar{e}_x , \bar{e}_y , \bar{e}_z deplasmanları için her noktada 3 bilinmeyen kullanarak bir noktada 6 serbestlikli betonarme yapılara özgün stiffnes matrisi ile çözülmektedir. Kiriş ve kolon elemanlarında kayma deformasyonları ile burulma etkileri dikkate alınmaktadır.

Denklem takımını, çözümünün hızlı olabilmesi için uç nokta numaraları, program tarafından nokta optimizasyonu ile minimum hafızada çözecek şekilde düzenlenir.

Yapı + temel birlikte çözülebilmekte olup, temel stiffnes matrisleri winkler hipotezi ile kurulmaktadır.

Global stiffnes matrisinde dikkate alınan hususlar:

- Kirişlerin kolon ve perdeler içindeki kısımları, sonsuz rijit alınarak yük ve rijitlik matrislerinin düzenlenmesi.
- Geniş perdeler zayıf yönde saplanan kirişlerin, fiktif kolon kontrollü elastik ankastre olarak çözümü.
- Geniş perdeler rijitliği yönünde saplanan kirişlerde, kayma deformasyonların dikkate alınması.
- Altındaki kolon ile statik eksenlerinde kaçıklık olan kolonlarda, eksenel yük eksantrikliğinin stiffnes matrisinde dikkate alınması.
- Dinamik analizde; CQC(Complete Quadratic Combination) metodu ile %5 sönüm yüzdesine göre kuvvetlerin bulunması (Amasralı, 2014)

STATİK ANALİZ YÜK KOMBİNASYON NOTASYONLARI:

1. $G+G+G+G+G$: Genel ölü yük
2. $Q+Q+Q+Q+Q$: 1. Genel hareketli yük
3. $Q+o+Q+o+Q$: 2. Hareketli yük
4. $o+Q+o+Q+o$: 3. Hareketli yük
5. $Q+Q+o+Q+Q$: 4. Hareketli yük
6. $o+Q+Q+o+Q$: 5. Hareketli yük
7. $Q+o+Q+Q+o$: 6. Hareketli yük
8. S_z : Yatay zemin itkisi
9. $E_x + \%5 \times e_y$: X yönü deprem + %5 eksantrisite
10. $E_x - \%5 \times e_y$: X yönü deprem - %5 eksantrisite

11. $E_y + \%5 \times e_x$: Y yönü deprem + %5 eksantrisite

12. $E_y - \%5 \times e_x$: Y yönü deprem - %5 eksantrisite

13. W_x : X yönü rüzgar

14. W_y : Y yönü rüzgar

15. T : Isı yükü

Programda kullanılan standartlar:

1 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (TDY, 1975, 1997, 2007)

2 - TS-498 hareketli ve rüzgâr yükü standardı (TS 498, 1997)

3 - TS-500 betonarme yapıların hesap standardı (TS 500, 2000)

4 - ACI-318 (2014), UBC (1997) code

5 - EUROCODE-2 (EC 2, 1998)

6 – SNIP 2.03.01(1984) code

Sta 4 CAD (2017) Programı ile yapılan analizlerin sonucunda tüm çizimler alınabilmektedir. Ayrıca yapıda kullanılacak beton, kalıp, demir ve asmolen miktarını da hesaplayabilme özelliğine sahiptir (Amasralı, 2014).

6 BULGULAR

6.1 Metraj, Keşif ve Yapı Maliyeti

Bir yapıyı meydana getiren bütün bölümlerin ve elemanların ölçülerek birim miktarının bulunmasına “metraj” denir. Diğer bir deyişle; inşaat ve diğer işlerde, yapılan ürün ya da inşaa da kullanılacak malzeme miktarının hesabıdır. Ölçümlerde uzunluklar m, alanlar m², hacimler m³ ve ağırlıklar ton olarak hesaplanmaktadır.

Metraja bağlı maliyet hesaplarında bulunacak maliyetin gerçekçi olması metrajın doğru yapılması ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, metrajın hazırlanması ile ilgili temel ilkelerin iyi bilinmesi gerekli olmaktadır.

- Bir yapının yapılması için ilk önce imar durumuna göre projeleri çizilir.
- Yapının projeleri üzerinden maliyet bedeli hesaplanır.
- Yapı için harcanacak malzeme miktarı teker teker hesaplanır.
- Yapının maliyetinin bilinmesi yapı sahibi açısından çok önemlidir.
- Yapı sahibi özel şahıs ise mali durumunu maliyet bedeline göre planlayabilir.
- Yapı sahibi kamu kurumu ise, mali iş programlarını maliyet bedeline göre yapabilirler.

Keşif; Bir imalatta kullanılacak iş kalemlerinin belirlenmesi ve fiyatlandırılması işine keşif çıkartılması denilmektedir. İnşaat işlerinde ise çok fazla iş kaleminin bulunmasından dolayı yapılacak imalatlar; keşif çıkartılmasını ve bu çıkartılan keşfe göre fiyatlandırma yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu zorunluluk keşif çıkartılmasında çeşitli yöntemlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Keşifler, Ön keşif (1. Keşif) ve kesin keşif olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır.

Ön keşif; imalata başlamadan önce imalat kalemlerinin belirlenmesi ve fiyatlandırılması işine ön keşif veya birinci keşif denir.

Ön keşif bedelinin gerçeği yansıtma düzeyi; keşfin yapıldığı aşamada sahip olunan bilgi düzeyi ile yakından ilişkilidir.

Ön keşif aşamasında yaklaşık maliyetin belirlenmesi için;

- Birim hacim yöntemi
- Hizmet birimi yöntemi
- Birim alan yöntemi

kullanılır.

İmalat tamamlandıktan sonra kesin keşif çıkartılmaktadır. Kesin keşif bedelinin belirlenmesinde iki yöntem kullanılmaktadır:

- Yapı üretimi için yapılacak tüm harcamalar muhasebe tekniğine göre kaydedileceğinden, imalatın sonunda yapılan masraf kayıtlarının toplamı yapının maliyetini verecektir.
- İnşaat süresince gerçekleştirilen iş miktarları hesaplanarak bunların birim fiyatlar ile çarpılması sonucu bulunan maliyet (Balıkesir Üniversitesi Ders Notları).

Bu çalışmada kullanılan analiz programı tarafından taşıyıcı sisteme ait demir, kalıp, beton ve asmolen metrajlarını hesaplamaktadır. Taşıyıcı sistem maliyetinde bu metrajlar kullanılmıştır. Bina maliyetinde ise; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca yayınlanan (09.04.2016 tarih ve 29679 sayılı Resmi Gazete), "Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında kullanılacak 2016 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri" cetvelinden yararlanılmıştır.

Hesap Sonuçlarının Tanıtılması

Şekil 1,2' de üç boyutlu modelleri verilmiş 25 , 28 ve 33 katlı olarak inşaa edilmekte olan üç adet çok katlı betonarme yapının mevcut zemin üzerine radye temelli ve kazıklı radye temelli olarak toplam altı adet çözüm ile birlikte zemin sınıflarının farklı olması durumu da göz önüne alınarak (Z4, Z3, Z2 ve Z1) yapılara etkiyen deprem taban kesme kuvveti oranları bulunmuştur (EK-A). Analizlerde Sta4Cad, (2017) V13.1 Paket programı kullanılmıştır.

Analiz sonrası kesitlerde görülen yetersizlikler kademeli bir şekilde arttırılarak kesitlerin yeterliliği ve sistemdeki düzensizlikler giderilmiştir. Analiz sonrası kesit ve donatılarla ilgili konstrüktif esaslara uyularak gerekli boyut ve donatı çap veya adetleri arttırılmıştır. Ayrıca Radye Temel ile Kazıklı Radye Temel zemin gerilme durumlarının grafiksel olarak karşılaştırılması Ek-B'de verilmiştir.

Her bir çözüm sonucunda, model yapıların deprem güvenliği ve taşıyıcı sistemine ait (kolon, kiriş, döşeme, temel); beton, kalıp, asmolon metrajları ile ahşap iskelesi metrajları hesaplanmıştır.

Hesaplara ait metrajlar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2016 yılı birim fiyatı, tutarı, ve maliyeti EK-C'de verilmiştir. Ayrıca yapı taşıyıcı sistem maliyetlerine ait karşılaştırma grafikleri EK-D' de sunulmuştur.

6.2 Temel Deplasman Durumu

Üç adet Yüksek Katlı Betonarme Yapının, normal radye durumu ile kazıklı radye durumu temel deplasmanları incelendiğinde, kazıklı radye temelde oturmaların %75 ile % 90 Aralığında azaldığı ve temel altında deplasmanların birbirine çok yakın değerde olduğu görülmüştür (EK-E).

Her bir yapı için, radye temel ve fore kazıklı radye temel sistem maliyetleri karşılaştırıldığında; fore kazıklı radye temelin 25 katlı yapıda yerel zemin sınıfının Z3 olması sistem maliyetini %15 arttırmıştır. Bunun yanında yapı deprem taban kesme kuvvetini %15 azaltmıştır. Ayrıca yapı temel çökmeleri %83 azalmıştır.

Fore kazıklı radye temelin 28 katlı yapıda yerel zemin sınıfının Z2 olması sistem maliyetini %6 arttırmıştır. Bunun yanında yapı deprem taban kesme kuvvetinde x-x yönünde %7 azalma olmakla beraber y-y yönünde bir değişiklik olmamıştır. Ayrıca yapı temel çökmeleri %90 azalmıştır.

Fore kazıklı radye temelin 33 katlı yapıda yerel zemin sınıfının Z2 olması sistem maliyetini %6 arttırmıştır. Bunun yanında yapı deprem taban kesme kuvvetinde x-x yönünde ve y-y yönünde bir değişiklik olmamıştır. Ayrıca yapı temel çökmeleri %77 azalmıştır (EK-E).

7 SONUÇLAR

Yapılan çalışmalar sonucunda; betonarme konut türü yüksek katlı binalarda, yerel zemin sınıflarına bağlı olarak fore kazıklı ve normal radye temelli statik betonarme çözümlere yapılmıştır. 4 yerel zemin sınıfı için yapılara etki eden deprem taban kesme kuvveti bulunmuştur. Yapıların üzerine inşaa edileceği mevcut yerel zemin sınıfları için de deprem taban kesme kuvveti, temel deplasmanları ve taşıyıcı sistem maliyeti hesabı yapılmıştır.

- Deprem taban kesme kuvvetinin yerel zemin sınıfına bağlı olarak değiştiği, 25 katlı yapıda %15 azaldığı, Z2 yerel zeminden Z1 yerel zemin sınıfına geçişte ise deprem taban kesme kuvvetinde fazla bir değişikliğin olmadığı görülmüştür.
- Fore kazıklı radye temelli yapılarda temel deplasmanlarının %75-90 aralığında azaldığı, deplasmanların birbirine çok yakın değerlerde kaldığını görmek mümkündür. Deplasman değerlerinin uniform olması, yapıda olabilecek oturmaları ve hasarları sınırlı kılacaktır.
- Fore kazıklı radye temellerin maliyeti, sistem taşıyıcı maliyeti içerisinde % 6 ile %15 arasında olmaktadır. Yapının tüm maliyetine göre (ince işlerin maliyetini de eklersek kaba inşaat maliyetinin %60'ı) fore kazık maliyeti %2,4 ile %6 arasında değişecektir.
- Fore kazıklı radye temel maliyeti, yapıda ileride olabilecek oturmalardan kaynaklı hasarlar, olası bir depremde binanın kullanılmayacak kadar ağır ve ileri derecede hasar görmesi sonucu oluşacak maddi kayıp %100 dür.
- Yerel zemin sınıfının değişmesi taşıyıcı sistem maliyetinde önemli artışlara neden olurken, bina toplam maliyeti içerisinde küçük bir yüzde oluşturmaktadır.

- Taşıyıcı sistem elemanlarında (kolon, perde, kiriş, döşeme, temel v.s) kullanılan/kullanılacak malzeme hakkında bilgi sahibi iken (malzemelerin üretiminde insan faktörü işin içine girdiği için güvenlik katsayıları 1,15 ile 1,7 arasında alınmakta), yapı temelinin üzerine oturacağı zemin ise birçok bilinmezi içinde barındırır. Bu bilinmezlerle beraber risk oranı da artmaktadır.
- Yüksek Katlı Betonarme Yapılarda bina ağırlığının fazla olması ve ağırlıkla beraber yapıya etki eden deprem kuvvetinin büyümesi riskleri arttırmaktadır.
- Fore kazıklı radye temel yapmakla zemin ile ilgili bilinmeyen riskleri ve yapıya etki eden deprem kuvvetini azaltmış olmaktadır. Böylece fore kazıklı radye temel ile yapıda oluşacak oturmalar minimum seviyeye getirilmiş olup depreme karşı dayanıklı bir yapı oluşmuş olmaktadır. Yapıyı ve içinde yaşayanların tümünü kaybetmektense; bedeli bina maliyetinin içerisinde küçük bir yüzde olan fore kazıklı radye temel yapmak en sağlıklı çözüm görünmektedir.

8 KAYNAKLAR

ACI 318 (2014) Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary.
The American Concrete Institute.

Alver O., Özden G. (2015) Tabakalı Zeminlerde Kazıklı Radye Temellerin Optimum
Tasarımı. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik
Bilimleri Dergisi - MBD, Cilt 17, Sayı 49.

Amasralı S. (2014) Sta 4- Cad Çok Katlı Betonarme Yapıların Analizi ve Tasarımı.
İstanbul: Birsen Yayınevi, 2014.

Aydınoglu N., Celep Z., Özer E., Sucuoğlu H. (2009) Deprem Bölgelerinde Yapılacak
Yapılar Hakkında Yönetmelik. İTÜ Ders Notları. T. C. Bayındırlık ve İskan
Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü. İstanbul Proje
Koordinasyon Birimi.

Bayülke N. (1998) Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yiğma Yapı Tasarımı. İzmir : İMO
İzmir Şubesi , 1998. Yayın No:27.

Çanakçı H. ve Göğüş M. (2001) Yerel Zemin Sınıfının Hatalı Belirlenmesinin Yapıya
Gelen Yatay Yüklere Etkisi. s.l. : Türkiye İnşaat Mühendisliği XVI. Teknik
Kongre ve Sergisi, 2001.

Celep Z. (2007) Yapı Elemanı Olarak Yerinde Dökme Betonarme Kazıklar. TMMOB
İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Yapı Tasarım Kursları. 13s.

Celep Z. ve Kumbasar N. (2004) Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı
Yapı Tasarımı. İstanbul : Sema Matbaacılık.

EC 2 (1998) Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance, when concrete structures are built in seismic regions. the Eurocode series of European standards (EN).

Ersoy, U. (2012) Betonarme. İstanbul : Evrim Yayınevi.

Hasgür Z., Gündüz A. N. (1996) Betonarme Çok Katlı Yapılar, 1. Baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 33-40.

İpek M. (1968) Increase in Building Cost Due to Seismic Coefficient. CENTO Conference on Earthquake Hazard Minimization, Held in Ankara, Turkey July 22-27.

Koçak A. (2017) Mimari ve Taşıyıcı Düzensizlikler. Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ders Notları (yayınlanmamış).

Sağlam, E. (1996) Depreme Dayanıklı Yapılarda Yarar-Fiyat İlişkisi. İstanbul: İ.T.Ü Yüksek Lisans Tezi, 1996.

Şapçı M. (1998) Performance and Cost Evaluation of Reinforced Concrete Buildings Designed According to 1975 and 1997 Turkish Seismic Design Codes, MSc Thesis, ODTÜ, 96 s., Ankara.

SNiP 2.03.01 (1984) Reference Manual. Reference manual on design of concrete and reinforced concrete structures made of heavy and light concrete without reinforcement prestressing. Russian Standards.

STA4 (2017) Sta4CAD V13.1Tasarım ve Analiz Yazılımı. STA Mühendislik.

TDY (2007) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar. Ankara : Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü, 160s.

Tezcan, S. Yazıcı, A. Özdemir, Z., Erkal, A.,(2007). Zayıf Kat-Yumuşak Kat Düzensizliği.
Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, s.339-350, İstanbul

Topçu A. (2008) Betonarme1 ve 2. Eskişehir : Osman Gazi Üniversitesi.

TS 498 (1997) Yapi Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ Ankara, 24s.

TS 498 (1997) Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri. TSE, Türk Standardı, 24 sayfa.

TS 500 (2000) Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları. TSE, Türk Standardı, 79 sayfa.

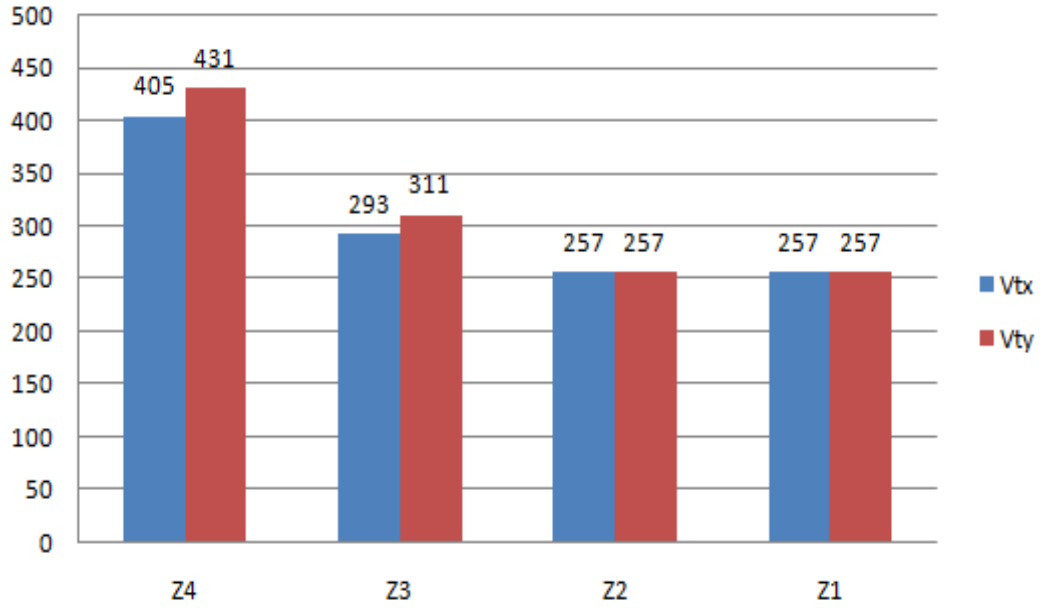
TS İSO 9194 (1997) Yapıların Projelendirilme Esasları-Taşıyıcı Olan Ve Olmayan Elemanlar Depolanmış Malzemeler-Yoğunluk . TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ Ankara, 16s.

UBC (1997) Uniform Building Code. International Conference of Building Officials

EKLER

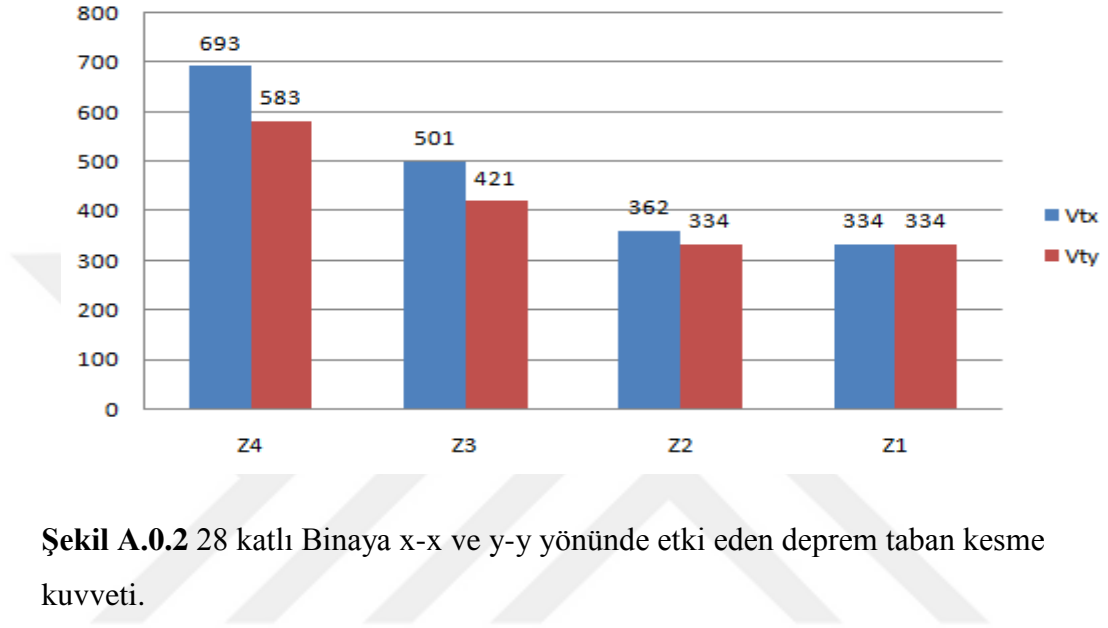
EK-A: Farklı Zemin Gruplarında Yapılara Etki Eden Deprem Taban Kesme Kuvveti

**25 KATLI BİNA
DEPREM YÜKÜ TABAN KESME KUVVETİ
(ton)**



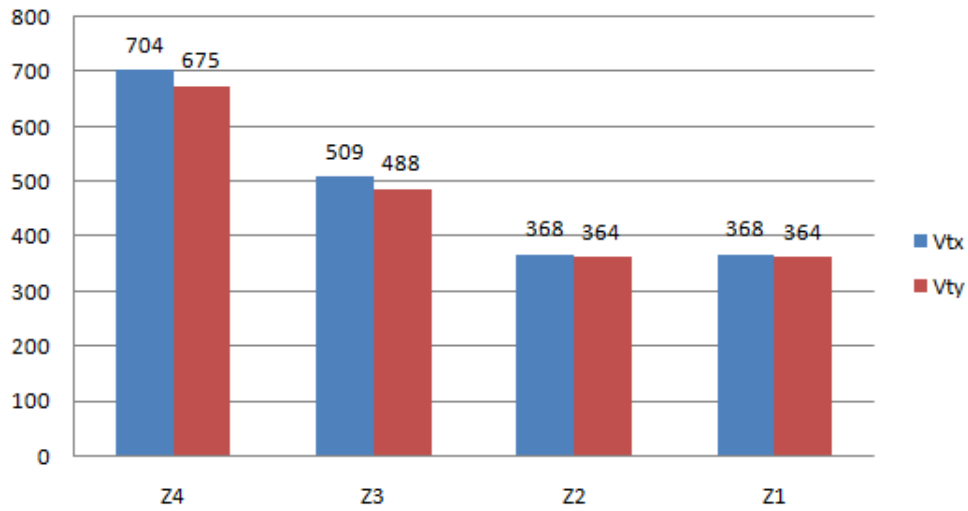
Şekil A.0.1 25 katlı Binaya x-x ve y-y yönünde etki eden deprem taban kesme kuvveti.

28 KATLI BİNA DEPREM YÜKÜ TABAN KESME KUVVETİ (ton)



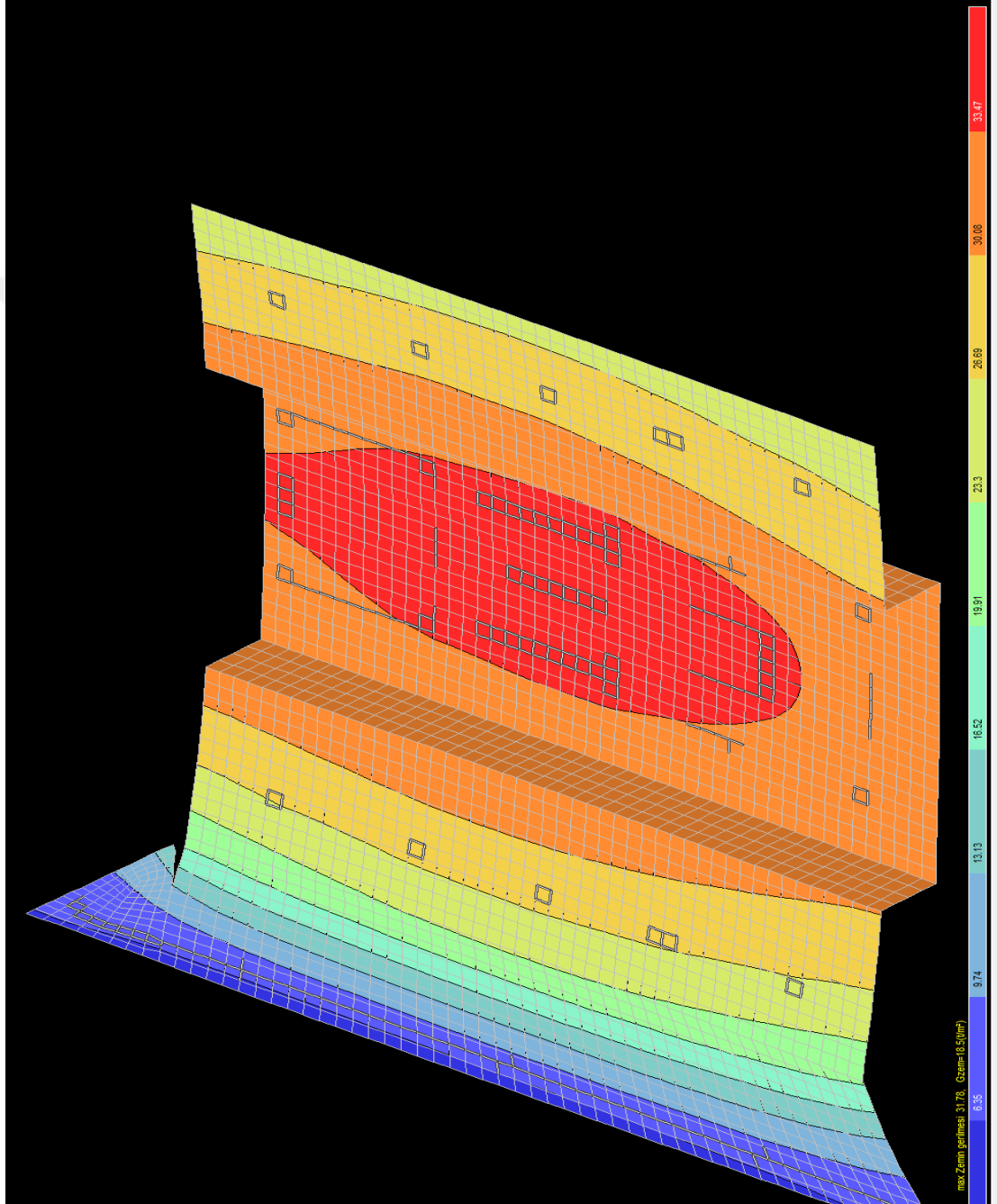
Şekil A.0.2 28 katlı Binaya x-x ve y-y yönünde etki eden deprem taban kesme kuvveti.

33 KATLI BİNA DEPREM YÜKÜ TABAN KESME KUVVETİ (ton)

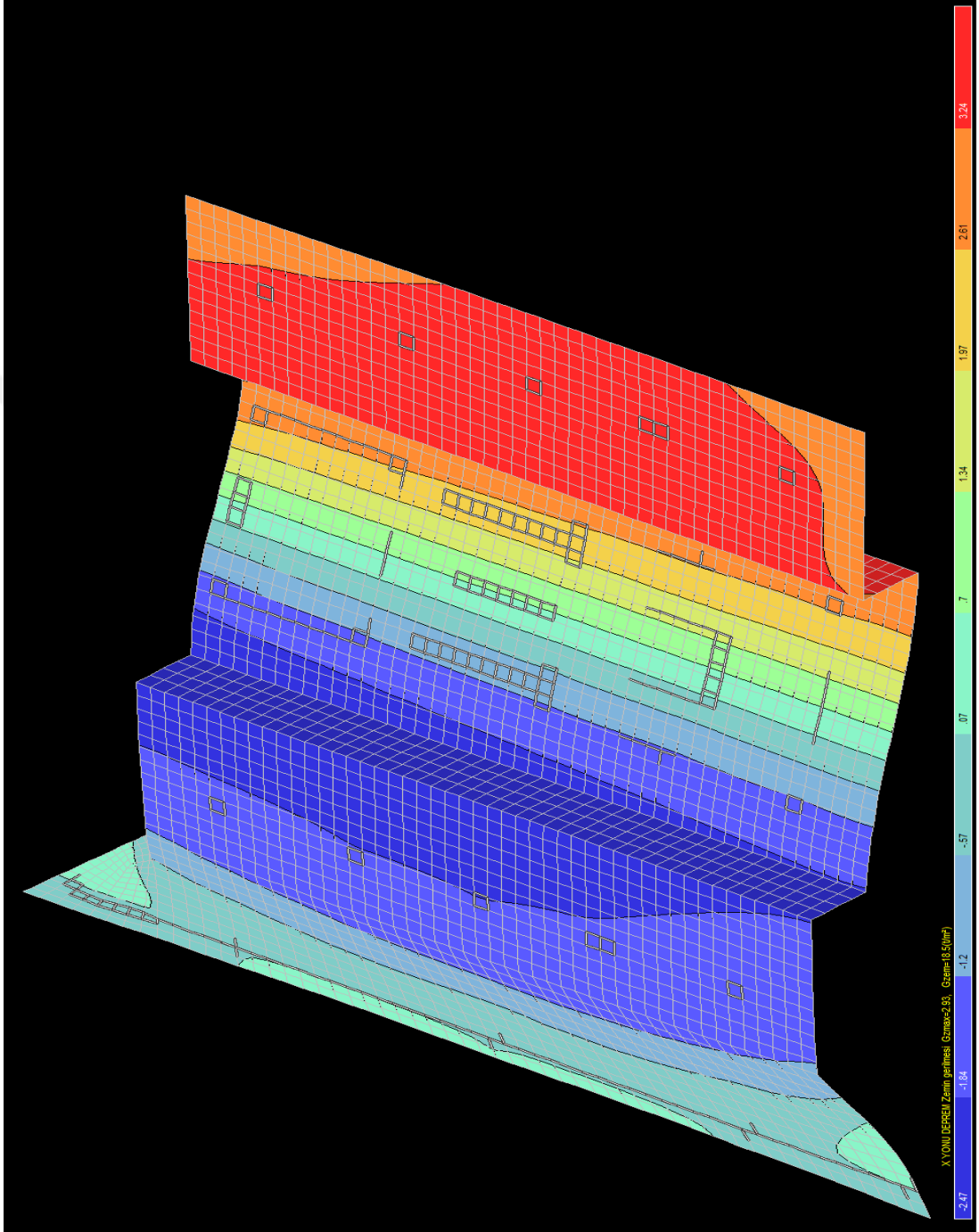


Şekil A.0.3 33 katlı Binaya x-x ve y-y yönünde etki eden deprem taban kesme kuvveti.

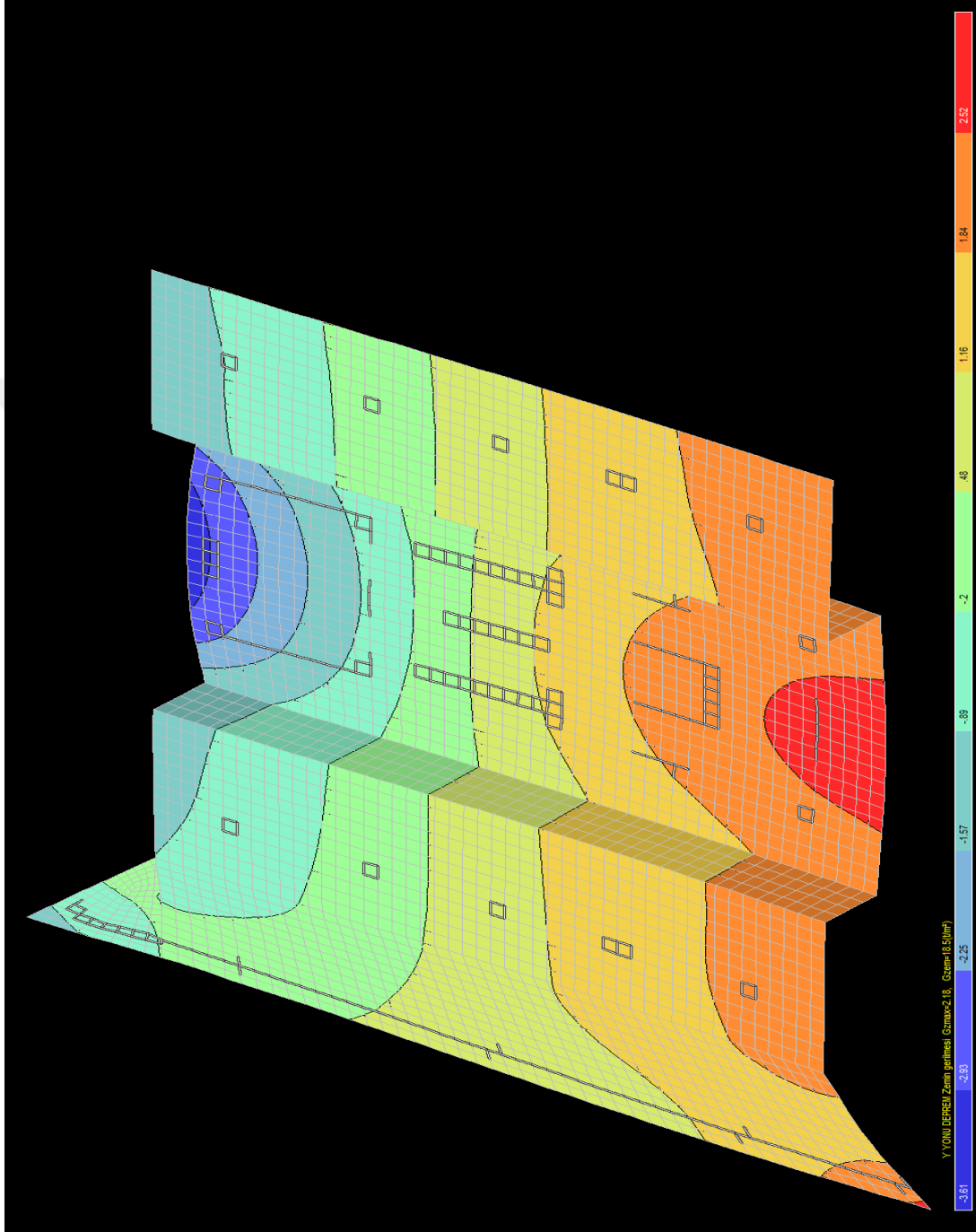
EK-B: Farklı Zemin Gruplarında Oluşan Maksimum Zemin Gerilme Durumları



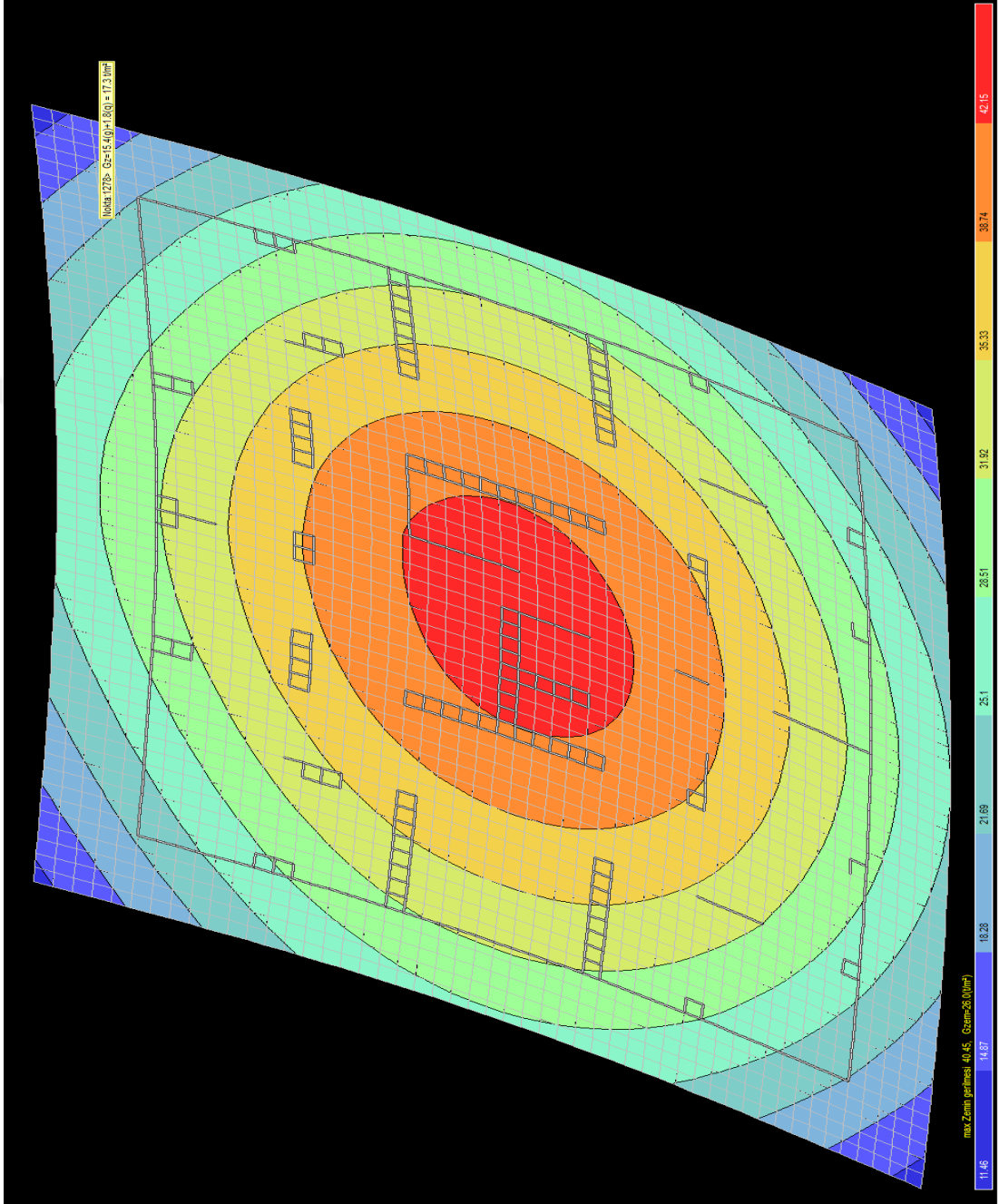
Şekil B.1 25 Katlı Bina Radye Temeli (G+Q) Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (31,78 t/m²) Durumu.



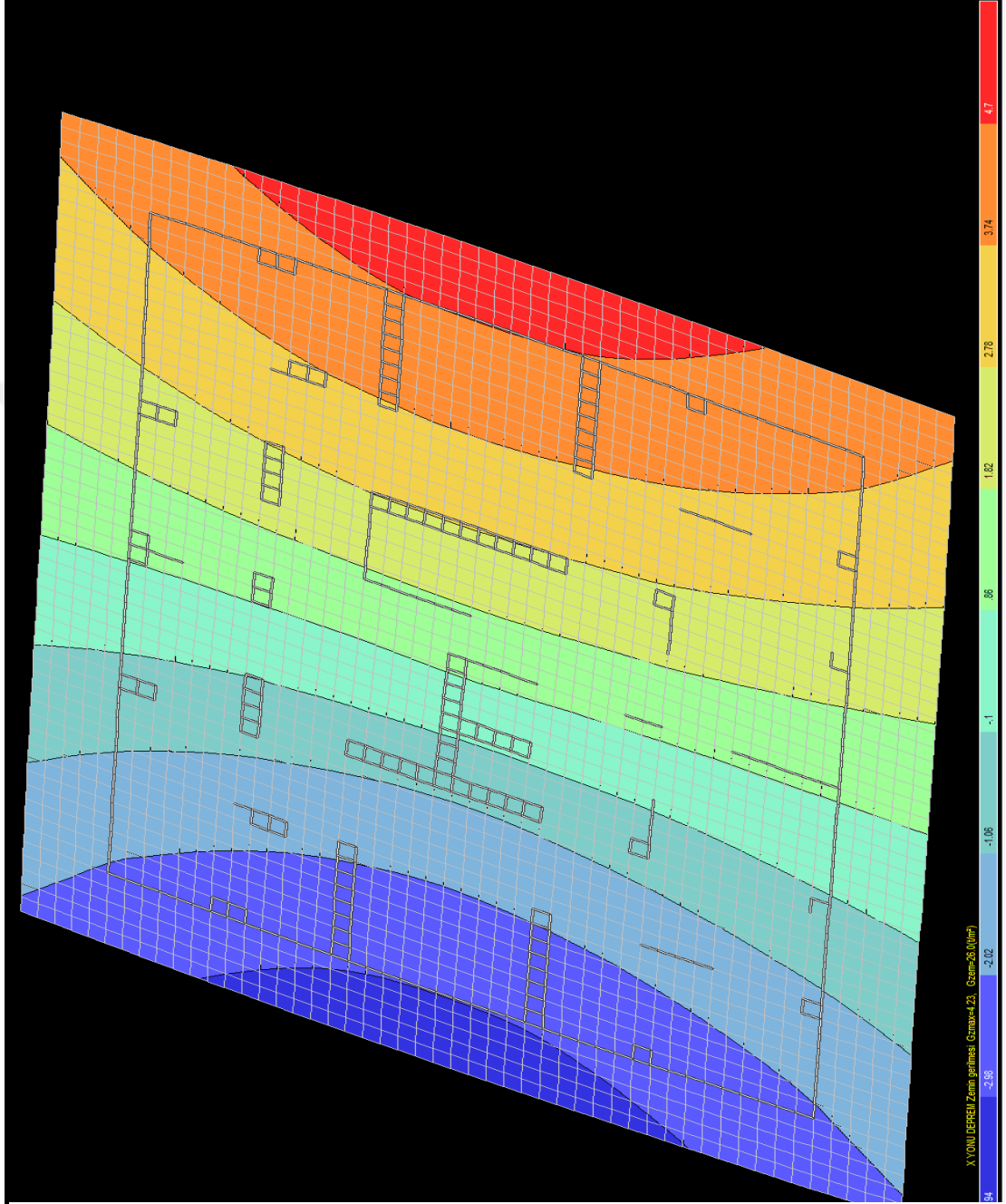
Şekil B.2 25 Katlı Bina Radye Temeli Temeli X-X Yönü Deprem Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (2,93 t/m²) Durumu.



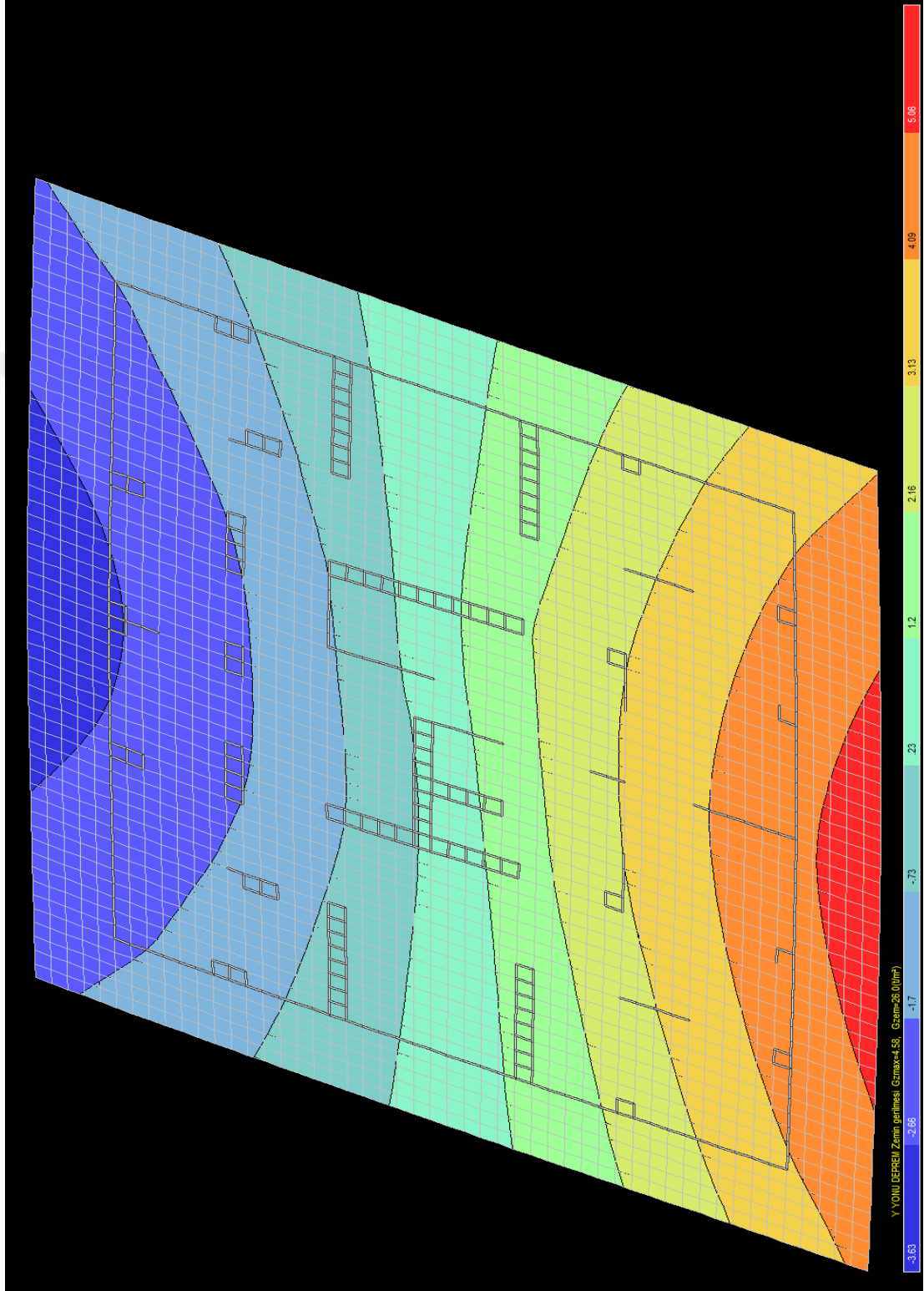
Şekil B.3 25 Katlı Bina Radye Temeli Y-Y Yönü Deprem Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (2,18 t/m²) Durumu.



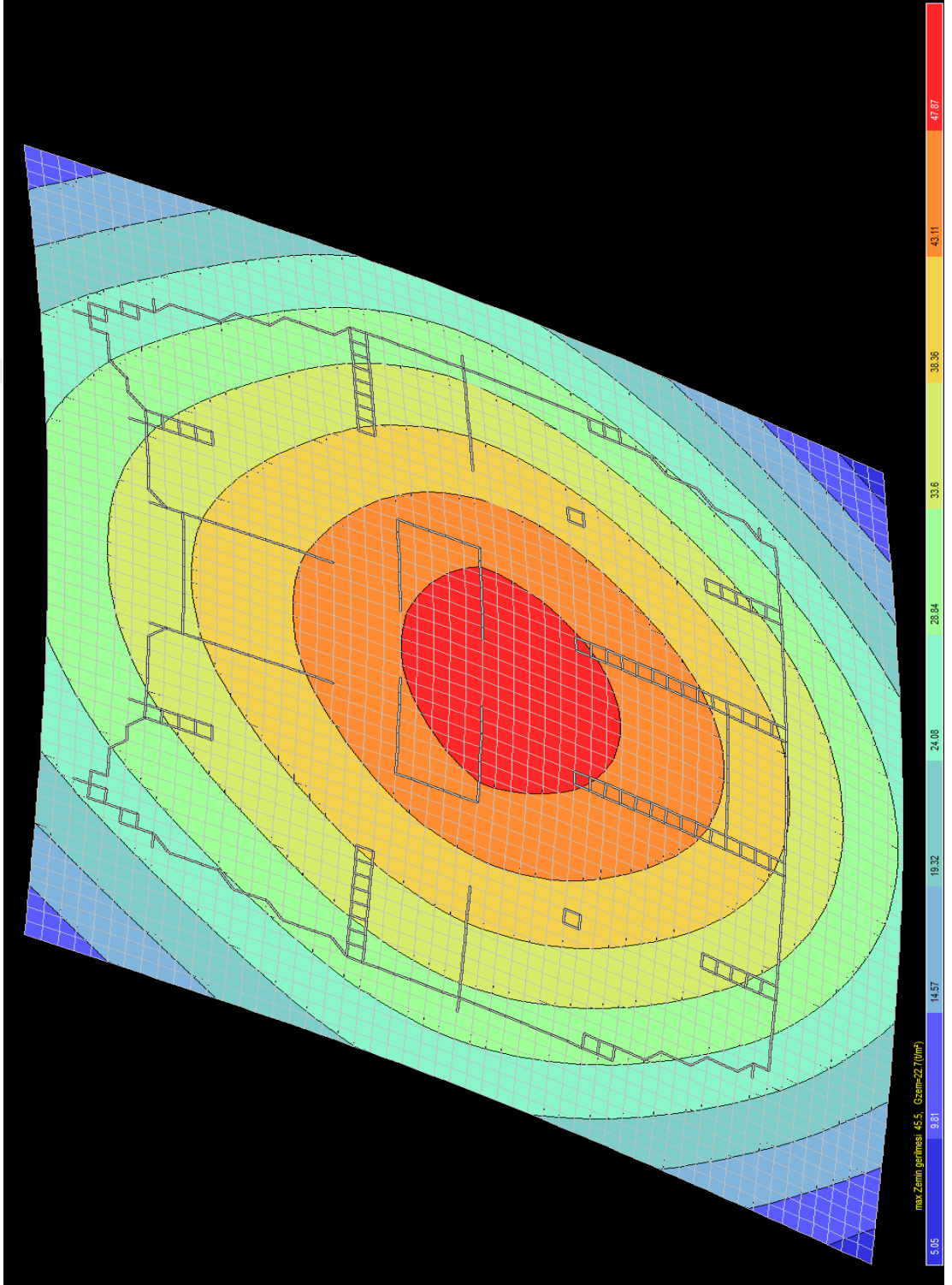
Şekil B.4 28 Katlı Bina Radye Temeli(G+Q) Yükleme Maksimum Zemin Gerilme (40,45 t/m²) Durumu.



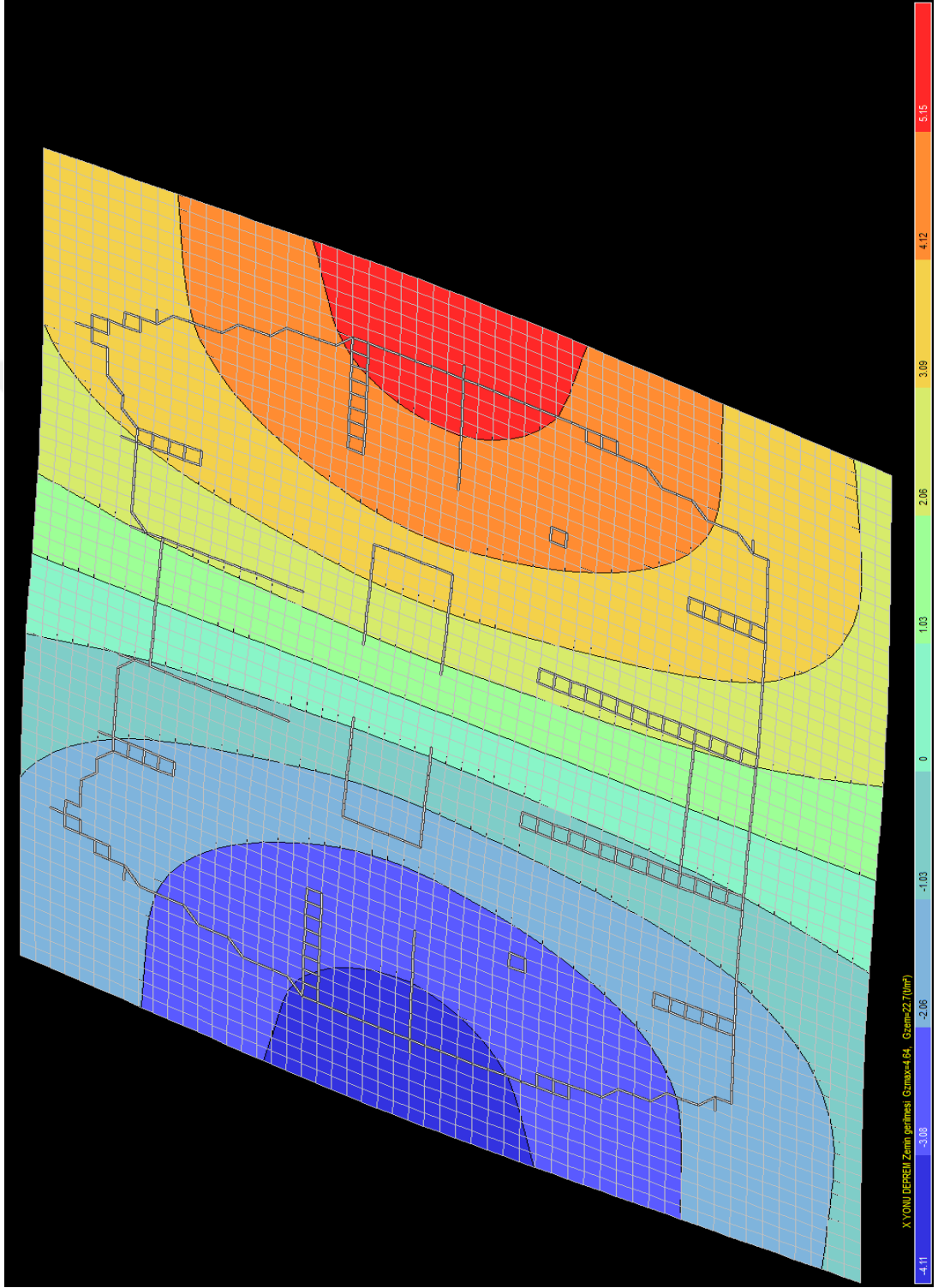
Şekil B.5 28 Katlı Bina Radye Temeli Y-Y Yönü Deprem Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (4,58 t/m²) Durumu.



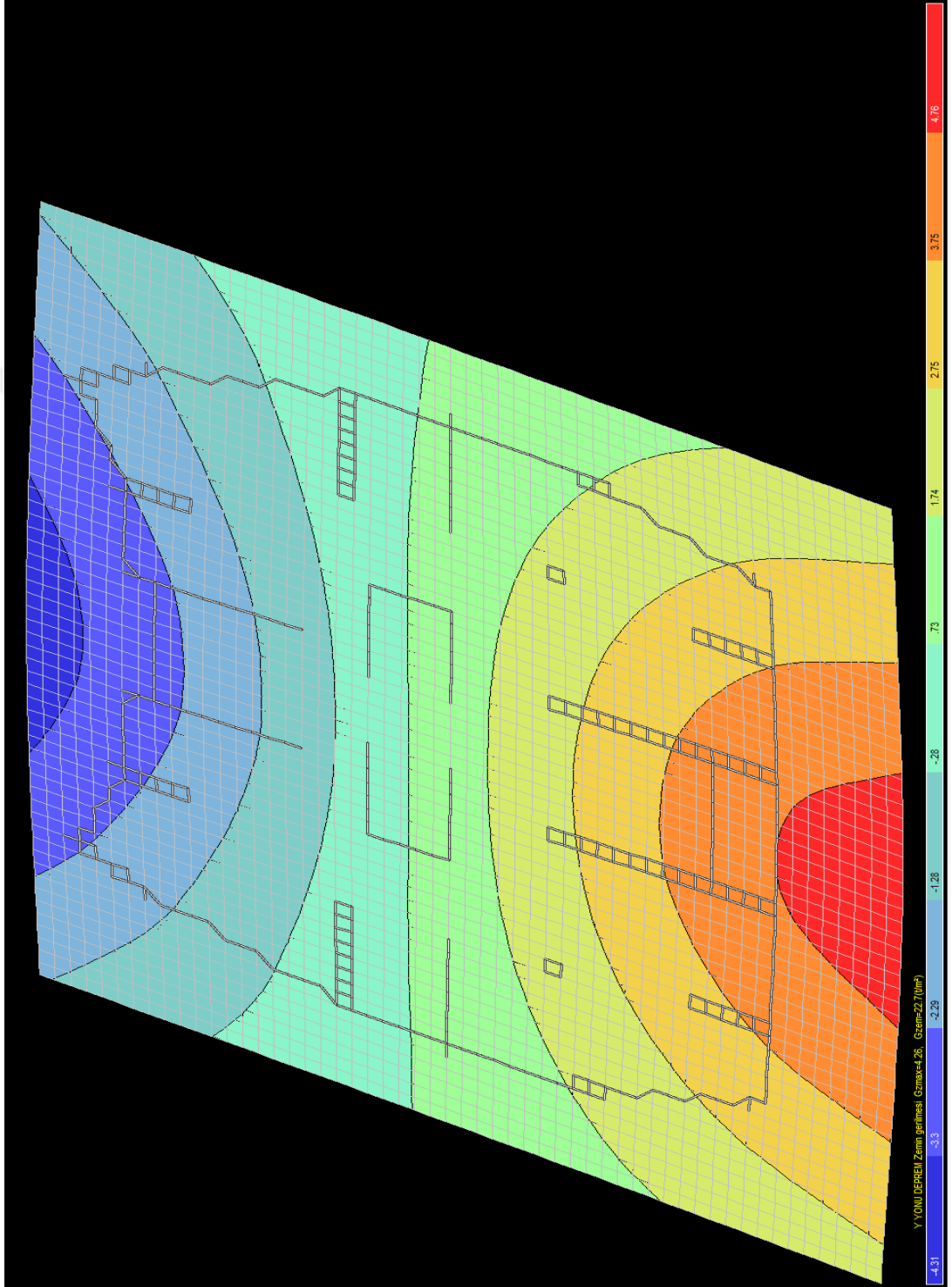
Şekil B.6 28 Katlı Bina Radye Temeli X-X Yönü Deprem Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (4,23 t/m²) Durumu.



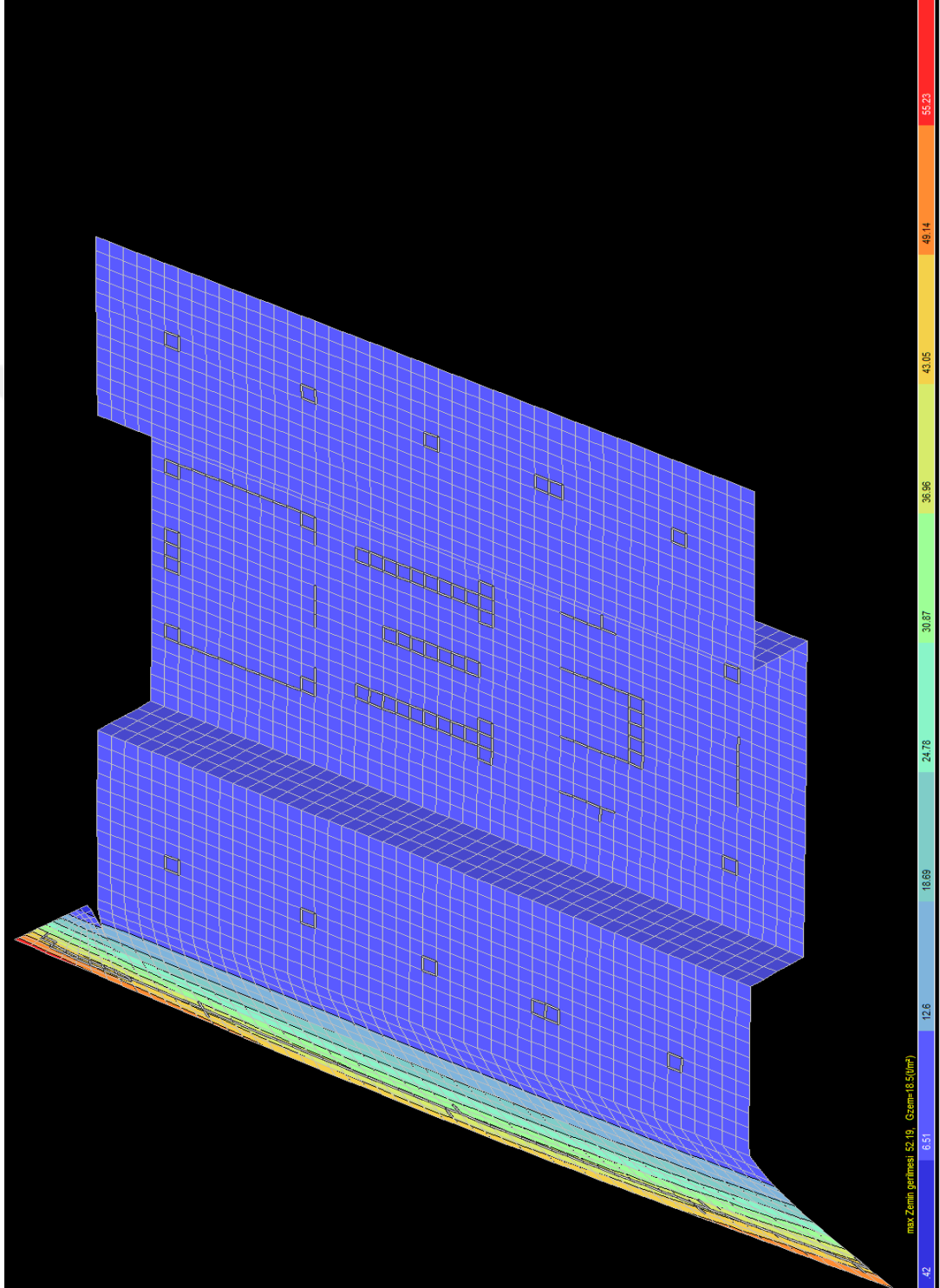
Şekil B.7 33 Katlı Bina Radye Temeli(G+Q) Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (45,50 t/m²) Durumu.



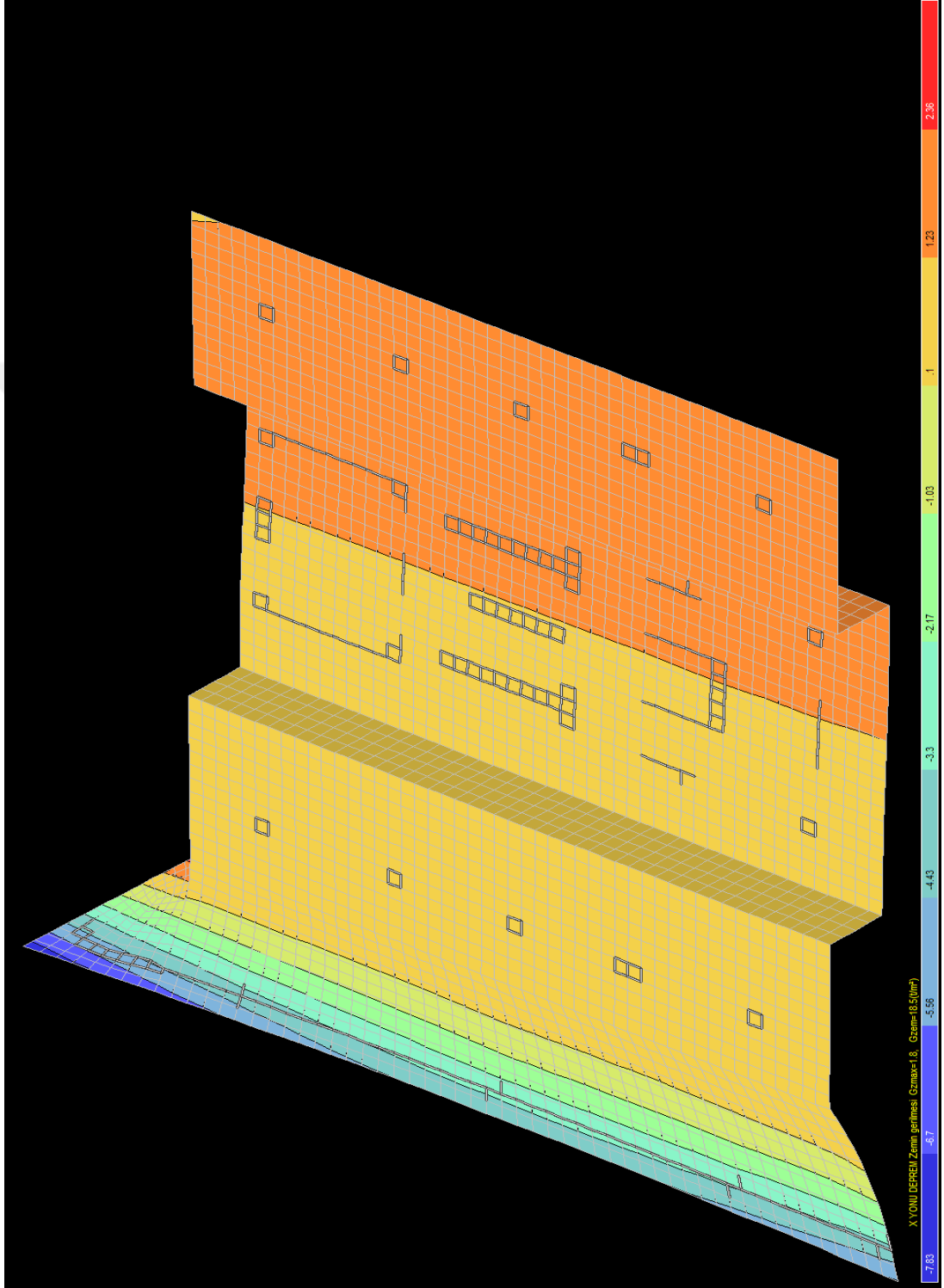
Şekil B.8 33 Katlı Bina Radye Temeli X-X Yönü Deprem Yükleme Maksimum Zemin Gerilme (4,64 t/m²) Durumu.



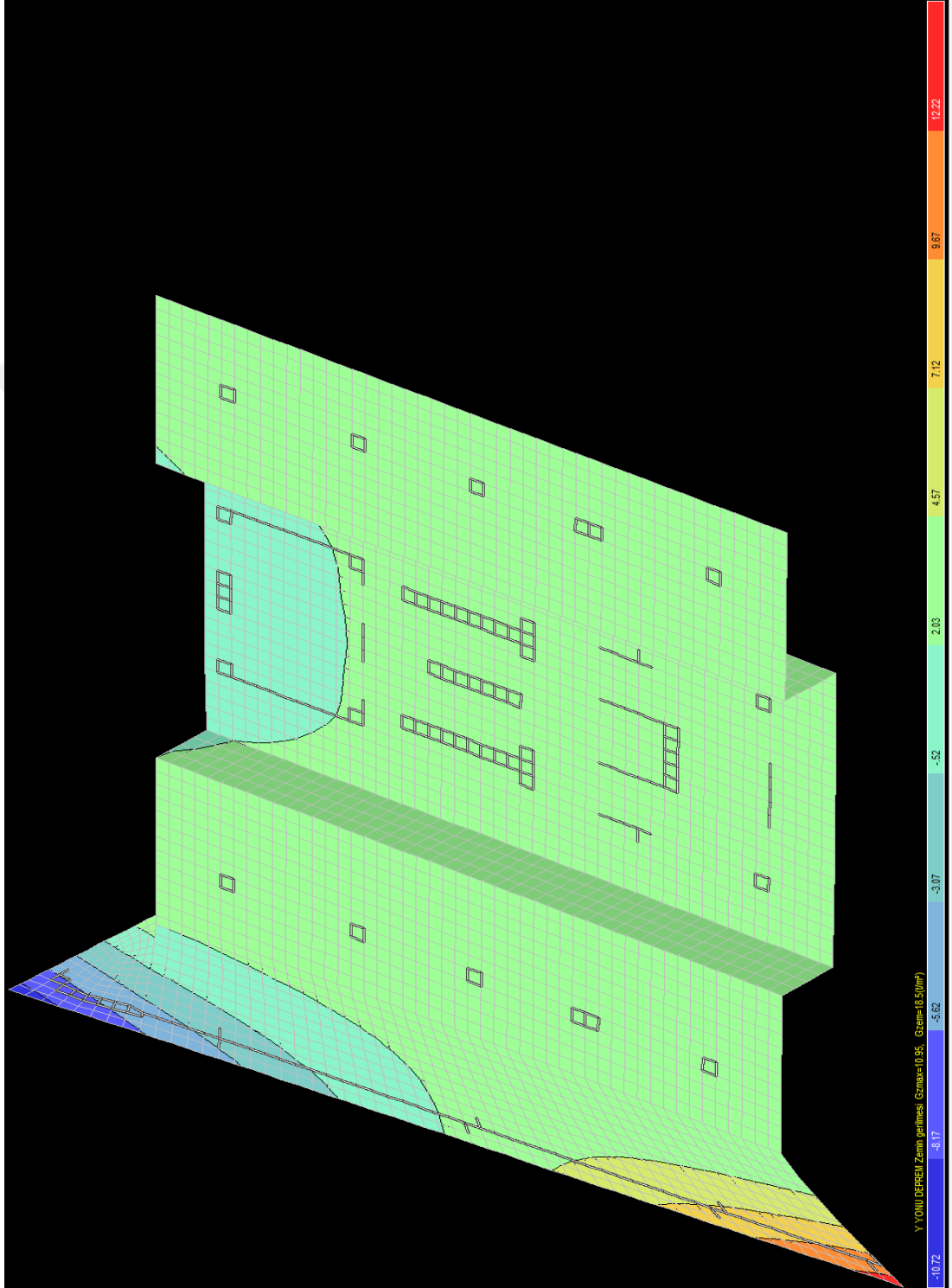
Şekil B.9 33 Katlı Bina Radye Temeli Y-Y Yönü Deprem Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (4,26 t/m²) Durumu.



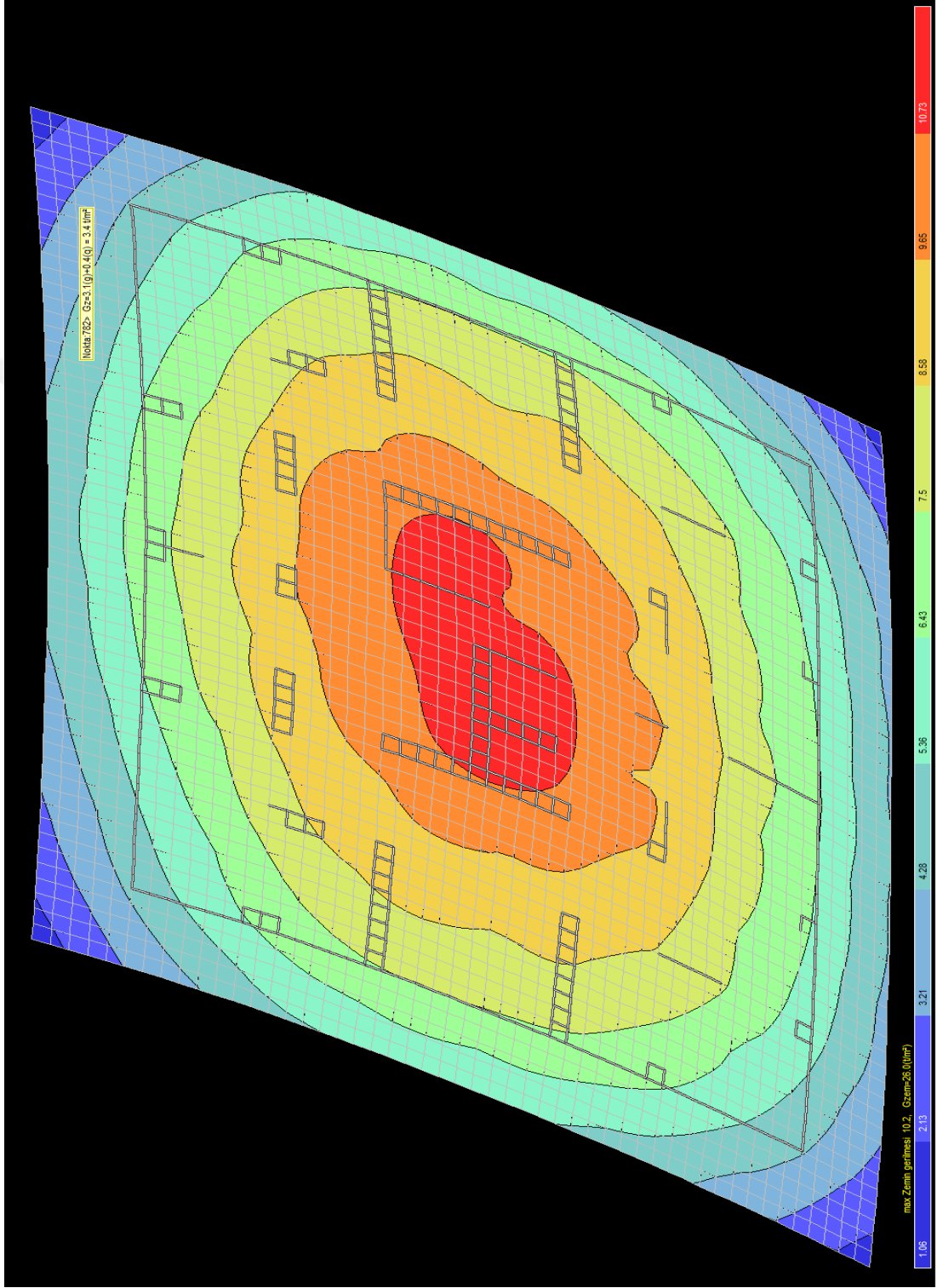
Şekil B.10 25 Katlı Bina Kazıklı Radye Temeli(G+Q) Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (6,51 t/m²) Durumu.



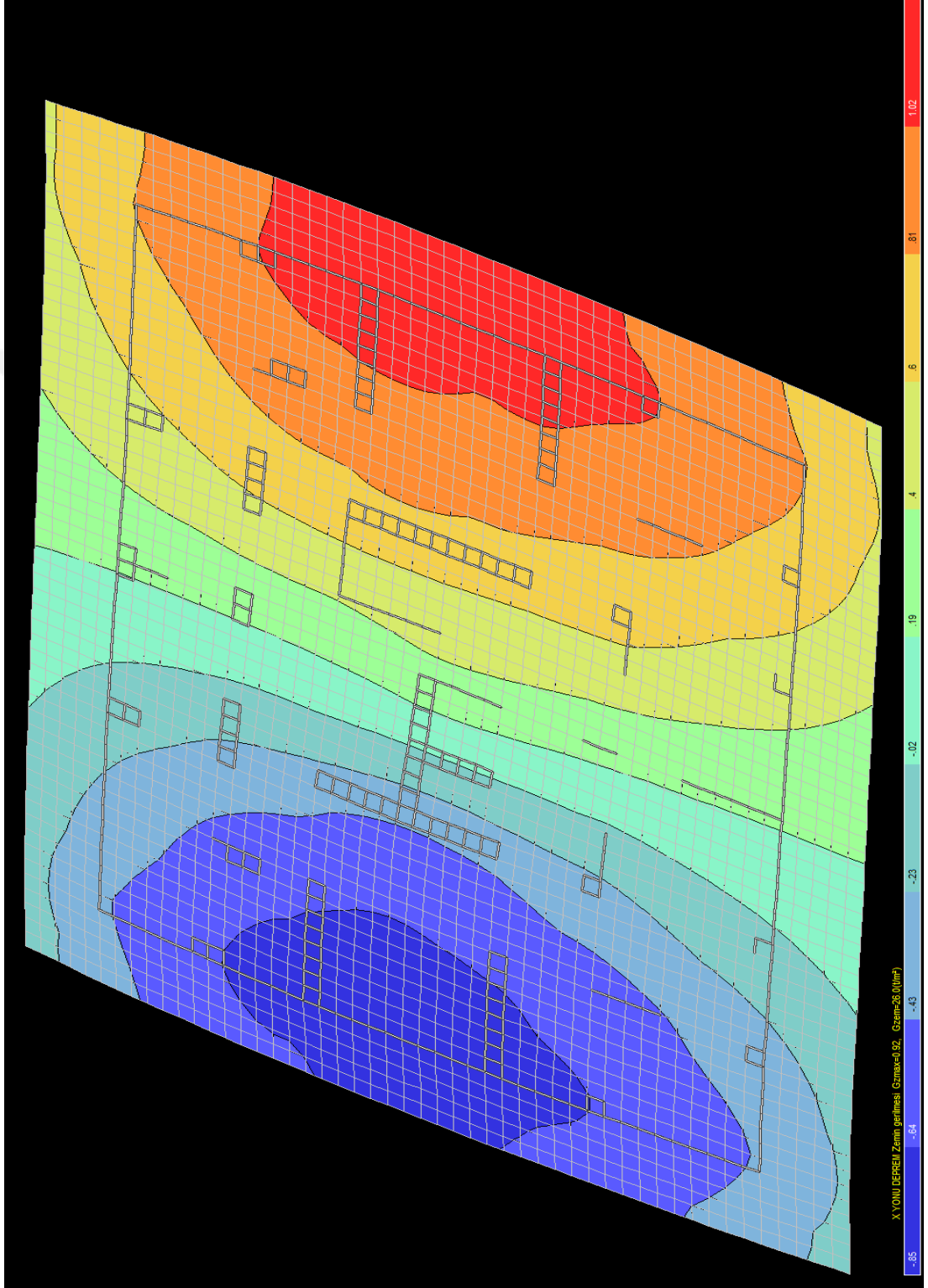
Şekil B.11 25 Katlı Bina Kazıklı Radye Temeli X-X Yönü Deprem Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (1,80 t/m²) Durumu.



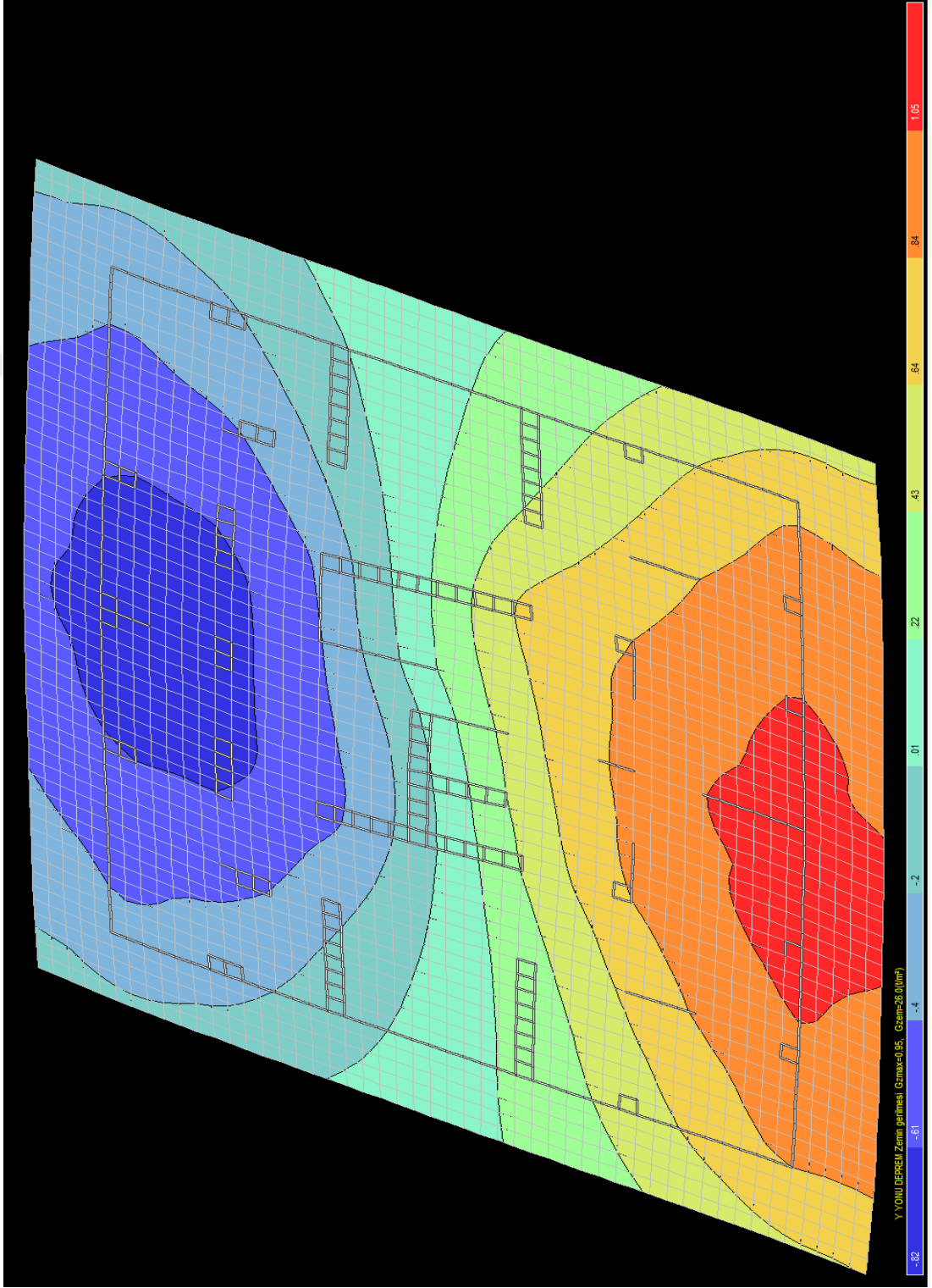
Şekil B.12 25 Katlı Bina Kazıklı Radye Temeli Y-Y Yönü Deprem Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (2,03 t/m²) Durumu.



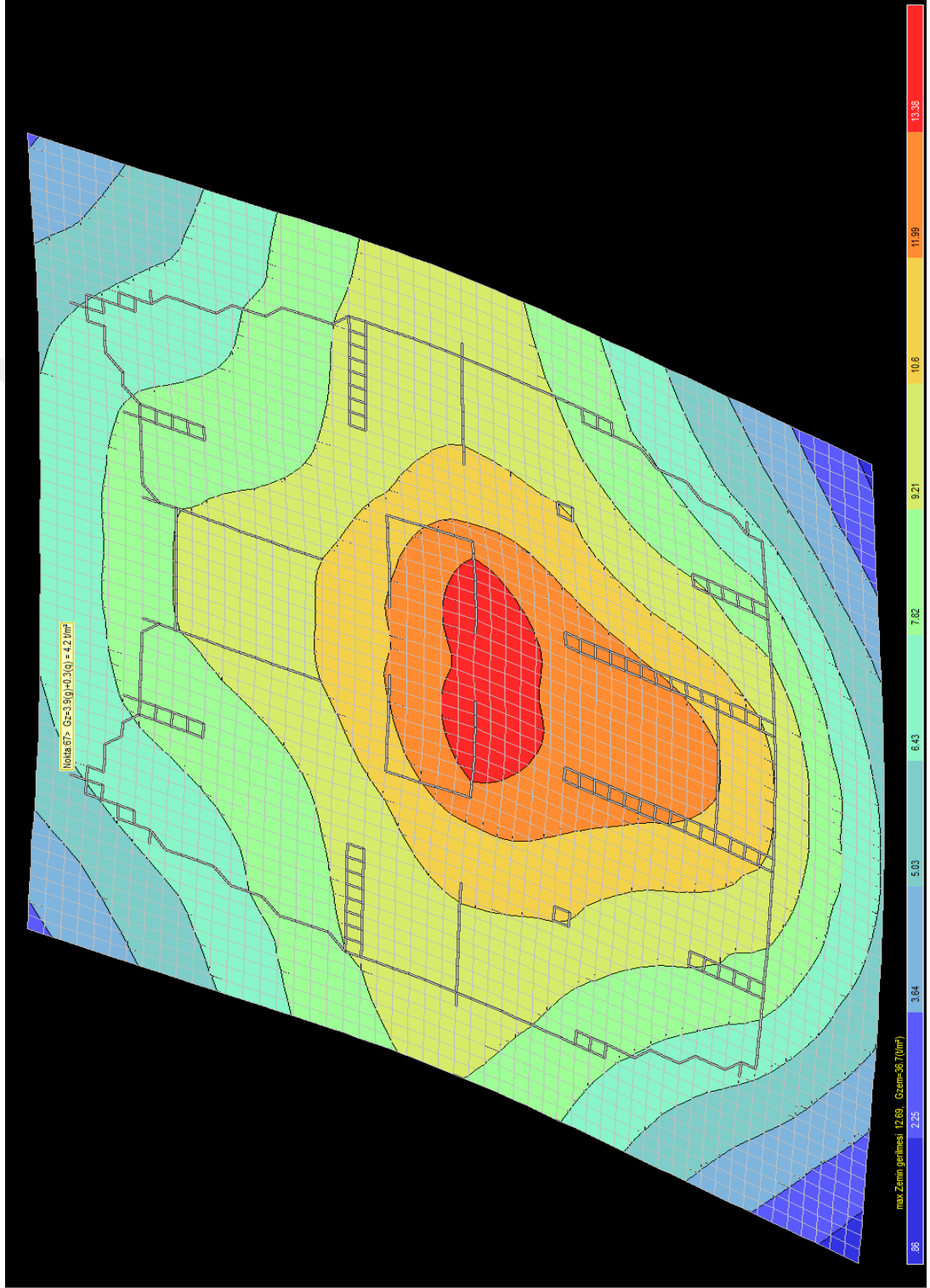
Şekil B.13 28 Katlı Bina Kazıklı Radye Temeli(G+Q) Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (10,20 t/m²) Durumu.



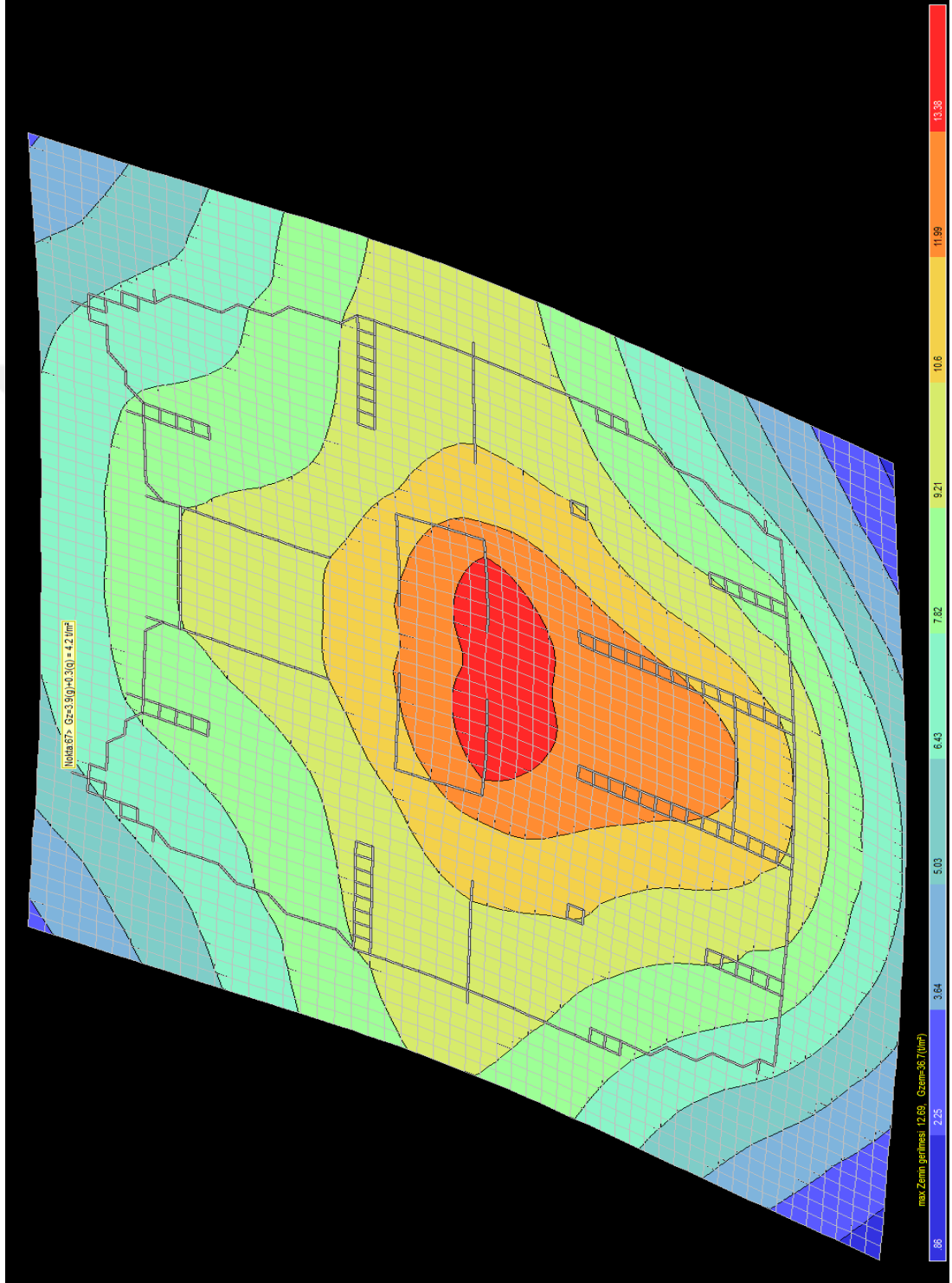
Şekil B.14 28 Katlı Bina Kazıklı Radye Temeli X-X Yönü Deprem Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (0,92 t/m²) Durumu.



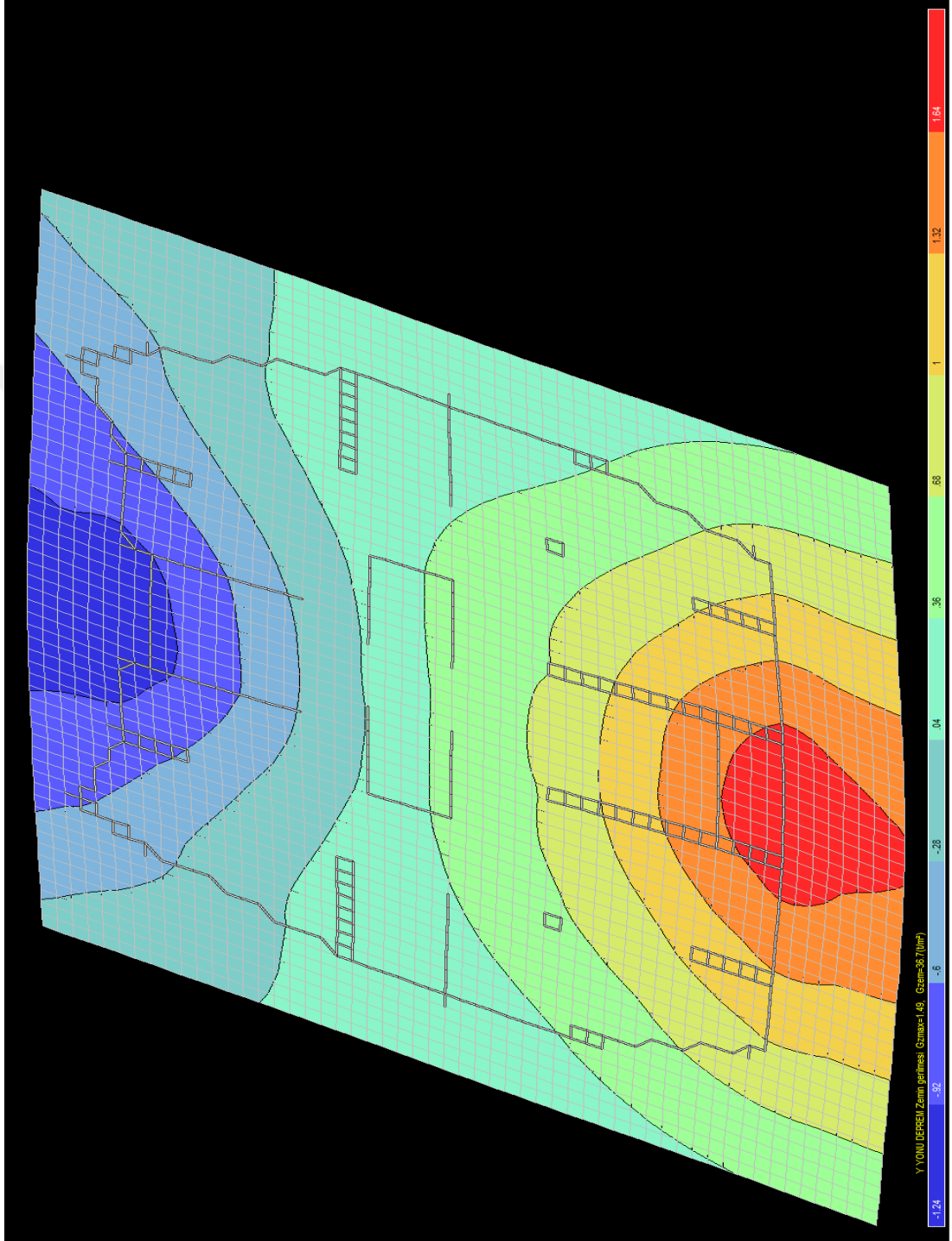
Şekil B.15 28 Katlı Bina Kazıklı Radye Temeli Y-Y Yönü Deprem Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (0,95 t/m²) Durumu.



Şekil B.16 33 Katlı Bina Kazıklı Radye Temeli(G+Q) Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (12,69 t/m²) Durumu.



Şekil B.17 33 Katlı Bina Kazıklı Radye Temeli X-X Yönü Deprem Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (1,93 t/m²) Durumu.



Şekil B.18 33 Katlı Bina Kazıklı Radye Temeli Y-Y Yönü Deprem Yüklemesi Maksimum Zemin Gerilme (1,49 t/m²) Durumu.

EK-C: Metraj Hesabı

Çizelge C.0.1 25 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıksız).

S.No	Poz No	İmalatın adı	Birim	Birim Fiyatı	Miktarı	Tutarı (TL)
1	Y16.050/07	C35/45 Hazır Beton	m3	185.03	4056	750481.68
2	Y21.001/02	Ahşap Kalıp	m2	36.24	22510	815762.4
3	21.054	Ahşap Kalıp İskelesi	m3	3.68	27144	99889.92
4	Y18.110/22C03	Asmolen Dolgu	m2	34.83	0	0
5	Y23.014	Nervürlü İnce Demir	ton	1807.64	238	430218.32
6	Y23.015	Nervürlü Kalın Demir	ton	1751.08	194	339709.52
7	Y16.062/06	Q80 cm çapında fore kazık	m	215.93	0	0
8	Y16.062/08	Q100 cm çapında fore kazık	m	326.99	0	0
GENEL TOPLAM						2436061.84

Çizelge C.0.2 25 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıklı).

S.No	Poz No	İmalatın adı	Birim	Birim Fiyatı	Miktarı	Tutarı (TL)
1	Y16.050/07	C35/45 Hazır Beton	m3	185.03	4056	750481.68
2	Y21.001/02	Ahşap Kalıp	m2	36.24	22510	815762.4
3	21.054	Ahşap Kalıp İskelesi	m3	3.68	27144	99889.92
4	Y18.110/22C03	Asmolen Dolgu	m2	34.83	0	0
5	Y23.014	Nervürlü İnce Demir	ton	1807.64	238	430218.32
6	Y23.015	Nervürlü Kalın Demir	ton	1751.08	194	339709.52
7	Y16.062/06	Q80 cm çapında fore kazık	m	215.93	0	0
8	Y16.062/08	Q100 cm çapında fore kazık	m	326.99	1120	366228.8
GENEL TOPLAM						2802290.64

Çizelge C.0.3 28 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıksız).

S.No	Poz No	İmalatın adı	Birim	Birim Fiyatı	Miktarı	Tutarı (TL)
1	Y16.050/07	C35/45 Hazır Beton	m3	185.03	5617	1039313.51
2	Y21.001/02	Ahşap Kalıp	m2	36.24	28290	1025229.6
3	21.054	Ahşap Kalıp İskelesi	m3	3.68	35240	129683.2
4	Y18.110/22C03	Asmolen Dolgu	m2	34.83	7304	254398.32
5	Y23.014	Nervürlü İnce Demir	ton	1807.64	356	643519.84
6	Y23.015	Nervürlü Kalın Demir	ton	1751.08	207	362473.56
7	Y16.062/06	Q80 cm çapında fore kazık	m	215.93	0	0
8	Y16.062/08	Q100 cm çapında fore kazık	m	326.99	0	0
GENEL TOPLAM						3454618.03

Çizelge C.0.4 28 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıklı).

S.No	Poz No	İmalatın adı	Birim	Birim Fiyatı	Miktarı	Tutarı (TL)
1	Y16.050/07	C35/45 Hazır Beton	m3	185.03	5617	1039313.51
2	Y21.001/02	Ahşap Kalıp	m2	36.24	28290	1025229.6
3	21.054	Ahşap Kalıp İskelesi	m3	3.68	35240	129683.2
4	Y18.110/22C03	Asmolen Dolgu	m2	34.83	7304	254398.32
5	Y23.014	Nervürlü İnce Demir	ton	1807.64	356	643519.84
6	Y23.015	Nervürlü Kalın Demir	ton	1751.08	207	362473.56
7	Y16.062/06	Q80 cm çapında fore kazık	m	215.93	0	0
8	Y16.062/08	Q100 cm çapında fore kazık	m	326.99	672	219737.28
GENEL TOPLAM						3674355.31

Çizelge C.0.5 33 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıksız)

S.No	Poz No	İmalatın adı	Birim	Birim Fiyatı	Miktarı	Tutarı (TL)
1	Y16.050/07	C35/45 Hazır Beton	m3	185.03	6971	1289844.13
2	Y21.001/02	Ahşap Kalıp	m2	36.24	43283	1568575.92
3	21.054	Ahşap Kalıp İskelesi	m3	3.68	45936	169044.48
4	Y18.110/22C03	Asmolen Dolgu	m2	34.83	0	0
5	Y23.014	Nervürlü İnce Demir	ton	1807.64	315	569406.6
6	Y23.015	Nervürlü Kalın Demir	ton	1751.08	384	672414.72
7	Y16.062/06	Q80 cm çapında fore kazık	m	215.93	0	0
8	Y16.062/08	Q100 cm çapında fore kazık	m	326.99	0	0
GENEL TOPLAM						4269285.85

Çizelge C.0.6 33 Katlı Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyeti (Fore Kazıklı).

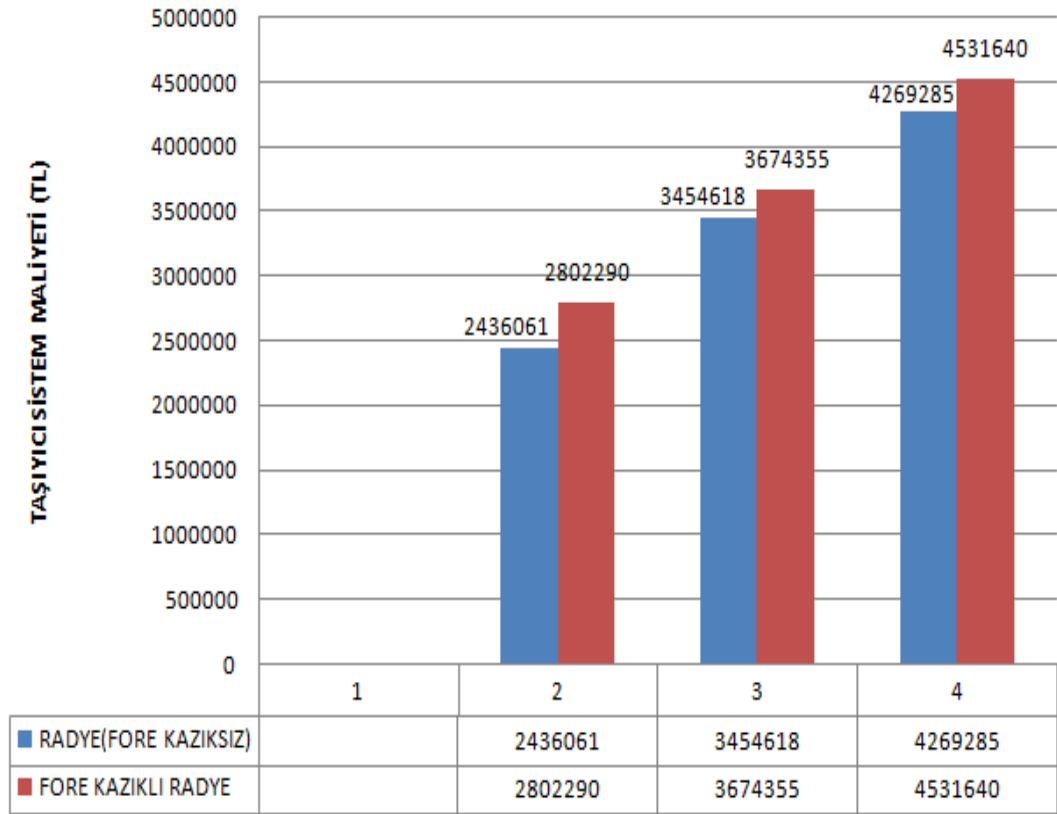
S.No	Poz No	İmalatın adı	Birim	Birim Fiyatı	Miktarı	Tutarı (TL)
1	Y16.050/07	C35/45 Hazır Beton	m3	185.03	6971	1289844.13
2	Y21.001/02	Ahşap Kalıp	m2	36.24	43283	1568575.92
3	21.054	Ahşap Kalıp İskelesi	m3	3.68	45936	169044.48
4	Y18.110/22C03	Asmolen Dolgu	m2	34.83	0	0
5	Y23.014	Nervürlü İnce Demir	ton	1807.64	315	569406.6
6	Y23.015	Nervürlü Kalın Demir	ton	1751.08	384	672414.72
7	Y16.062/06	Q80 cm çapında fore kazık	m	215.93	1215	262354.95
8	Y16.062/08	Q100 cm çapında fore kazık	m	326.99	0	0
GENEL TOPLAM						4531640.8

EK-D: Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyetlerinin Karşılaştırılması

2 : 25 KATLI YAPI

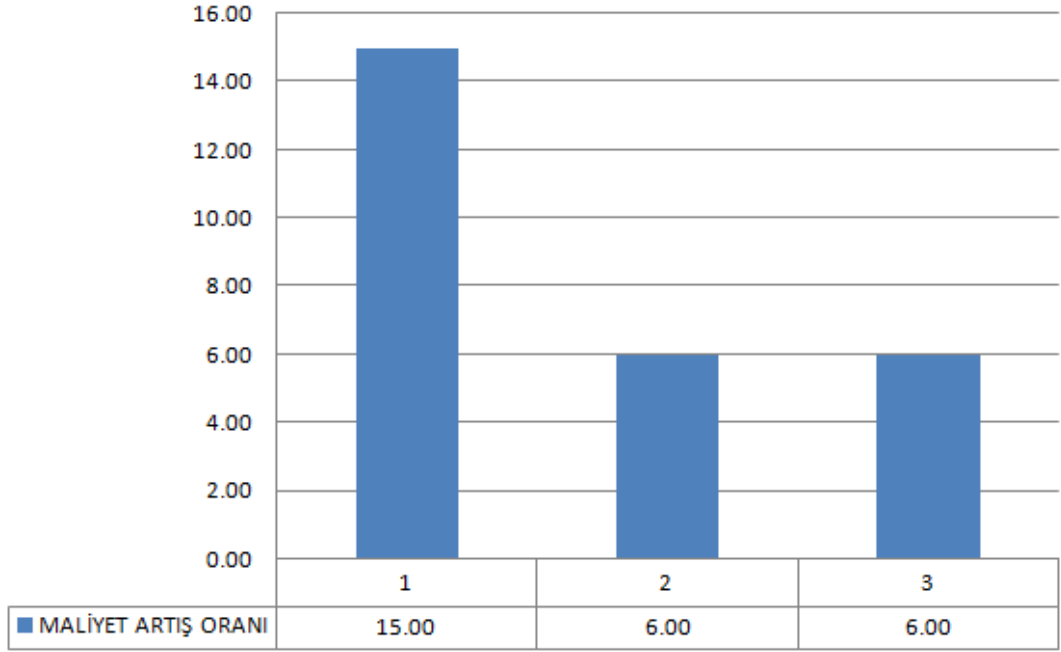
3: 28 KATLI YAPI

4: 33 KATLI YAPI



Şekil D.1 Yapı Taşıyıcı Sistem Maliyetlerinin Karşılaştırılması

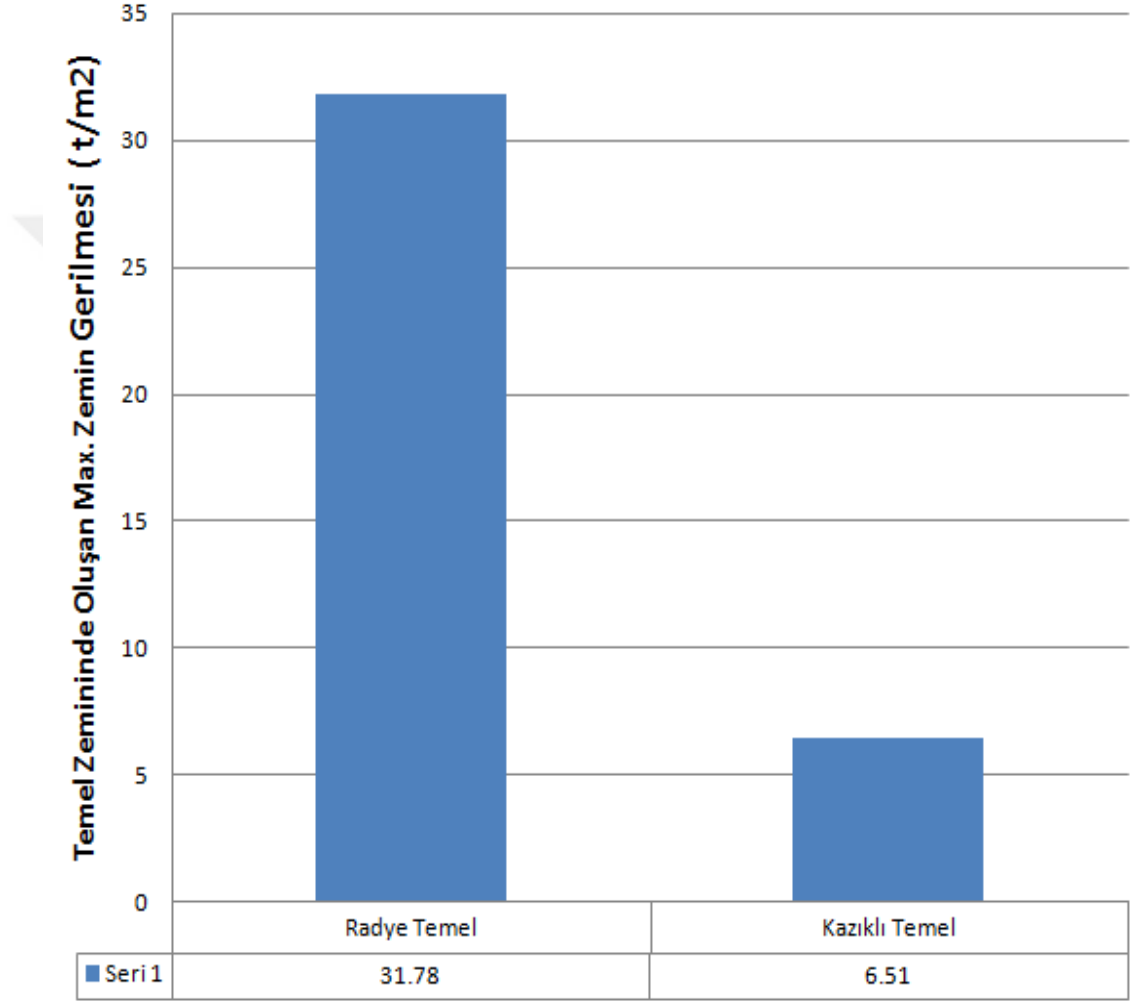
MALİYET ARTIŞ ORANI
1:25 KATLI YAPI ZEMİN SINIFI Z3
2:28 KATLI YAPI ZEMİN SINIFI Z2
3:33 KATLI YAPI ZEMİN SINIFI Z2



Şekil D.2 Maliyet Artış Oranı

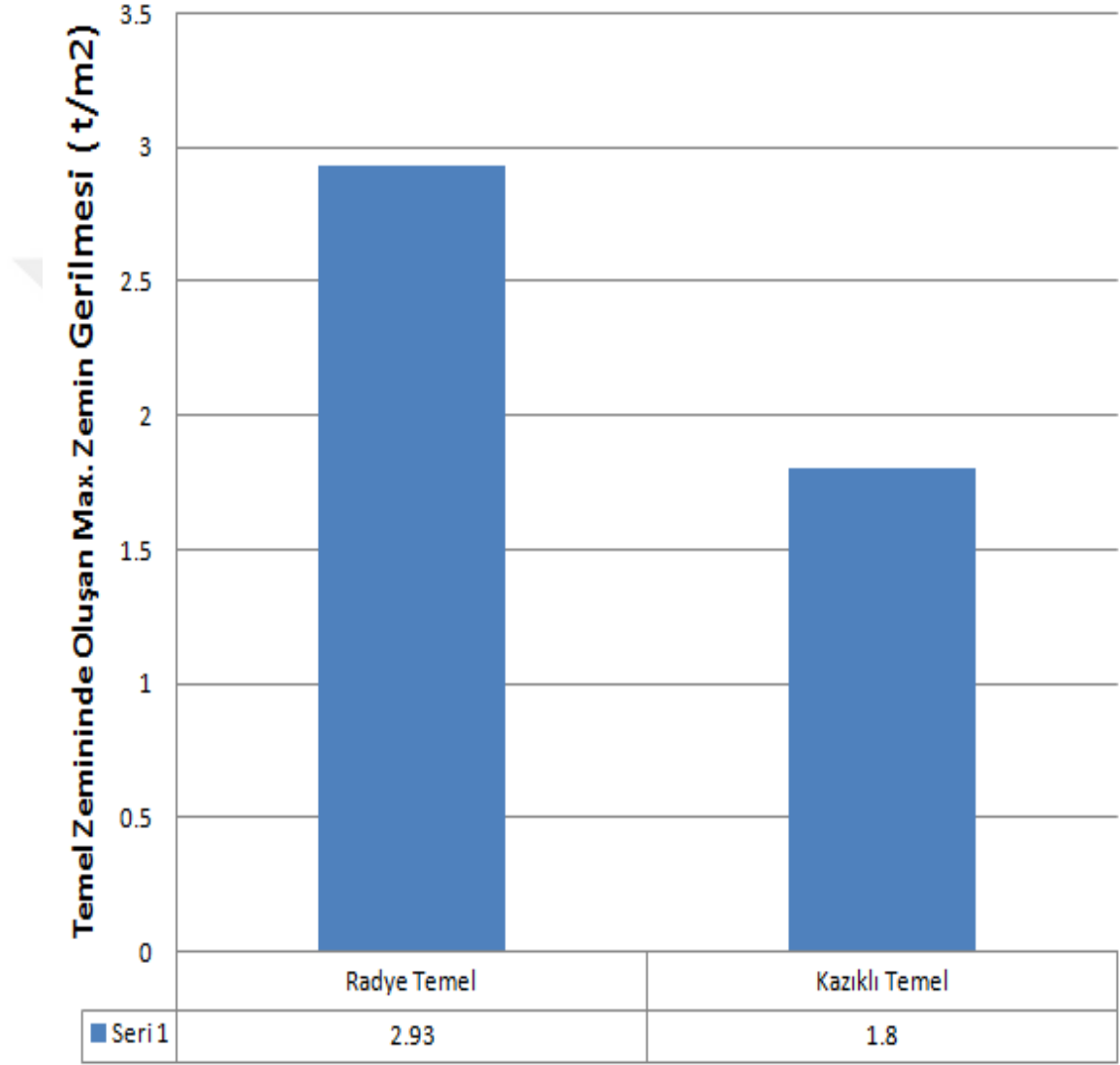
EK-E: Radye Temel ile Kazıklı Radye Temel Zemin Gerilme Durumlarının Grafiksels Olarak Karşılaştırılması

25 KATLI BİNA (G+Q) YÜKLEMESİ DURUMU



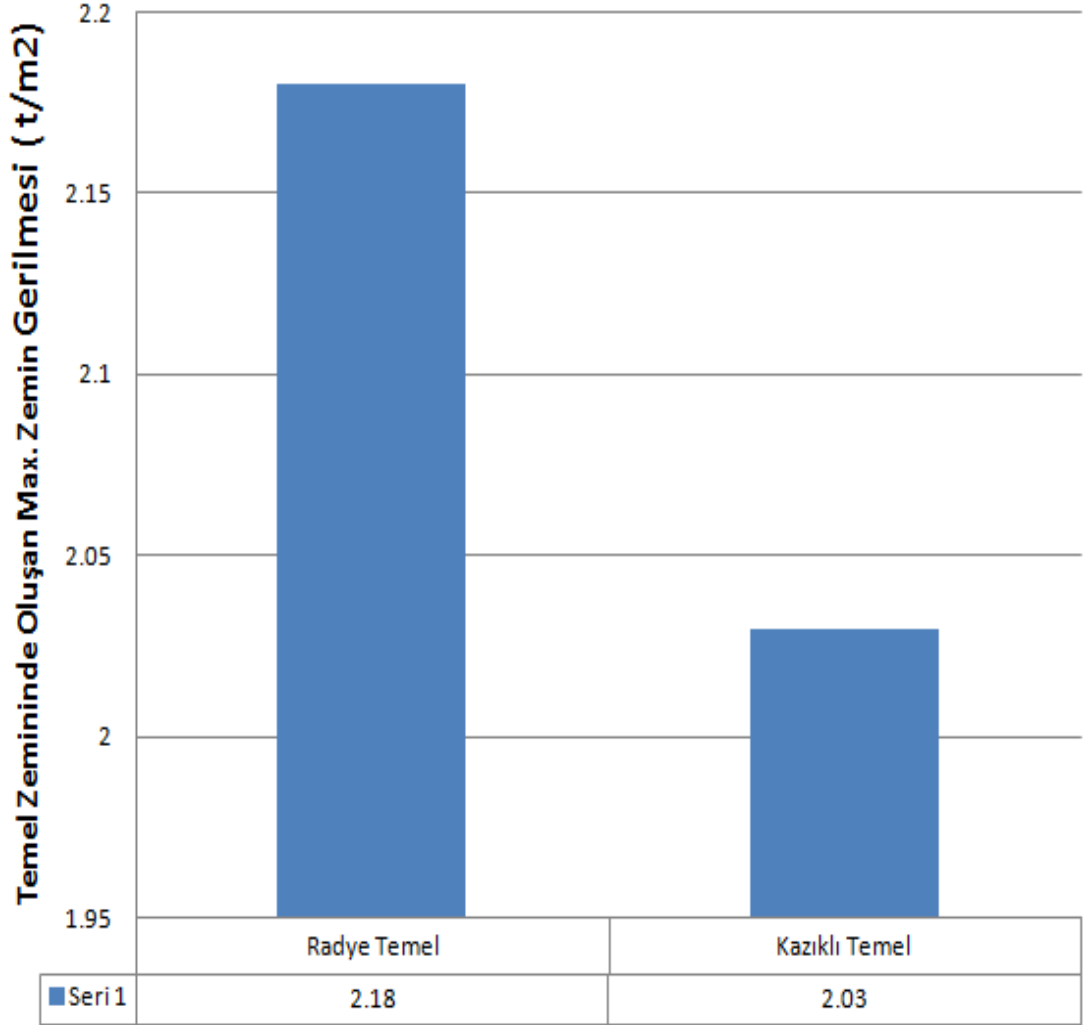
Şekil E.1 25 Katlı Bina Temeli (G+Q) Yüklemesinde Radye Temel ile Kazıklı Radye Temelde Oluşan Maksimum Zemin Gerilmesi Durumu.

25 KATLI BİNA X-X YÖNÜ DEPREM YÜKLEMESİ DURUMU



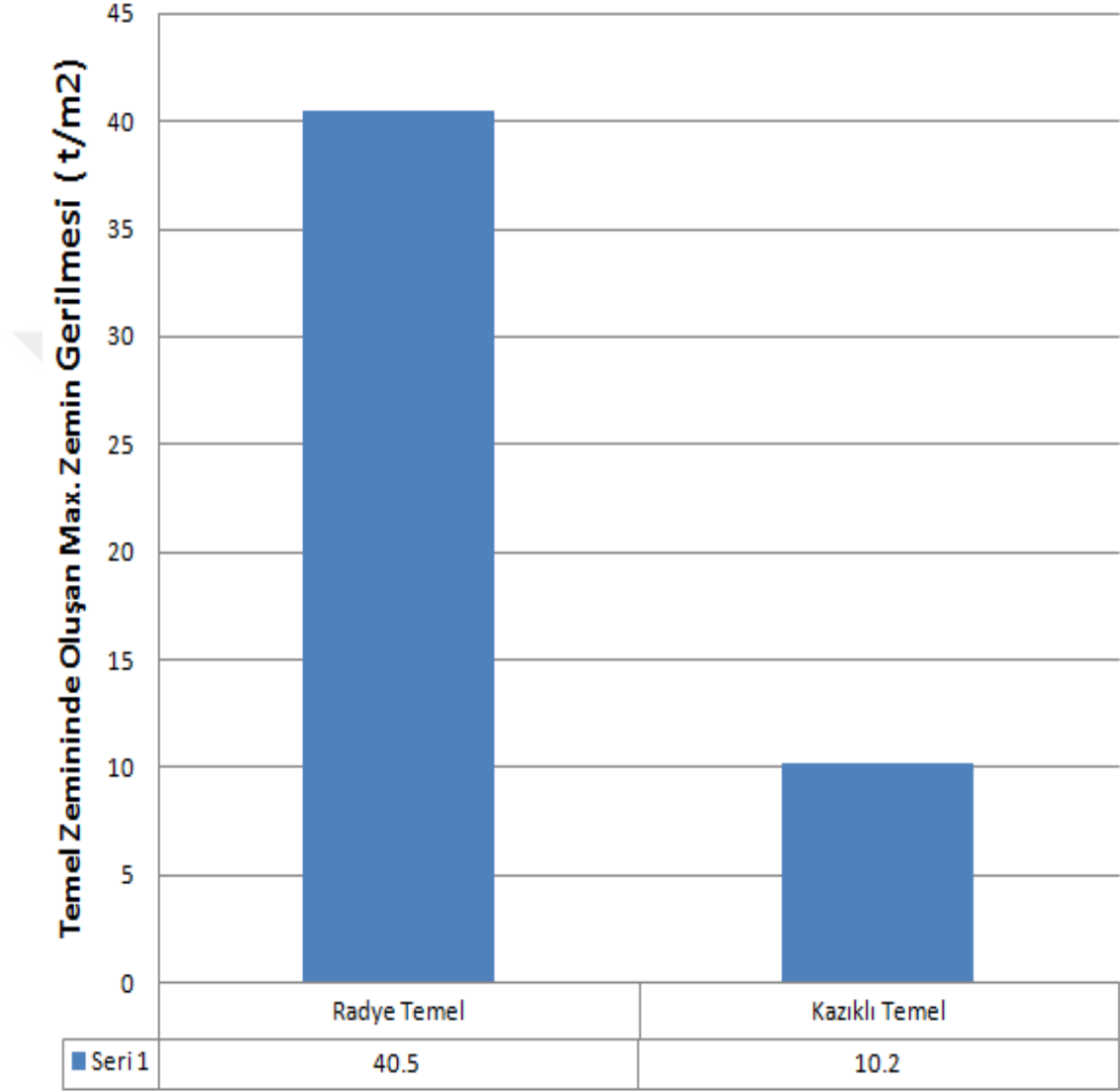
Şekil E.2 25 Katlı Bina Temeli X-X Yönü Deprem Yüklemesinde Radye Temel ile Kazıklı Radye Temelde Oluşan Maksimum Zemin Gerilmesi Durumu.

25 KATLI BİNA Y-Y YÖNÜ DEPREM YÜKLEMESİ DURUMU



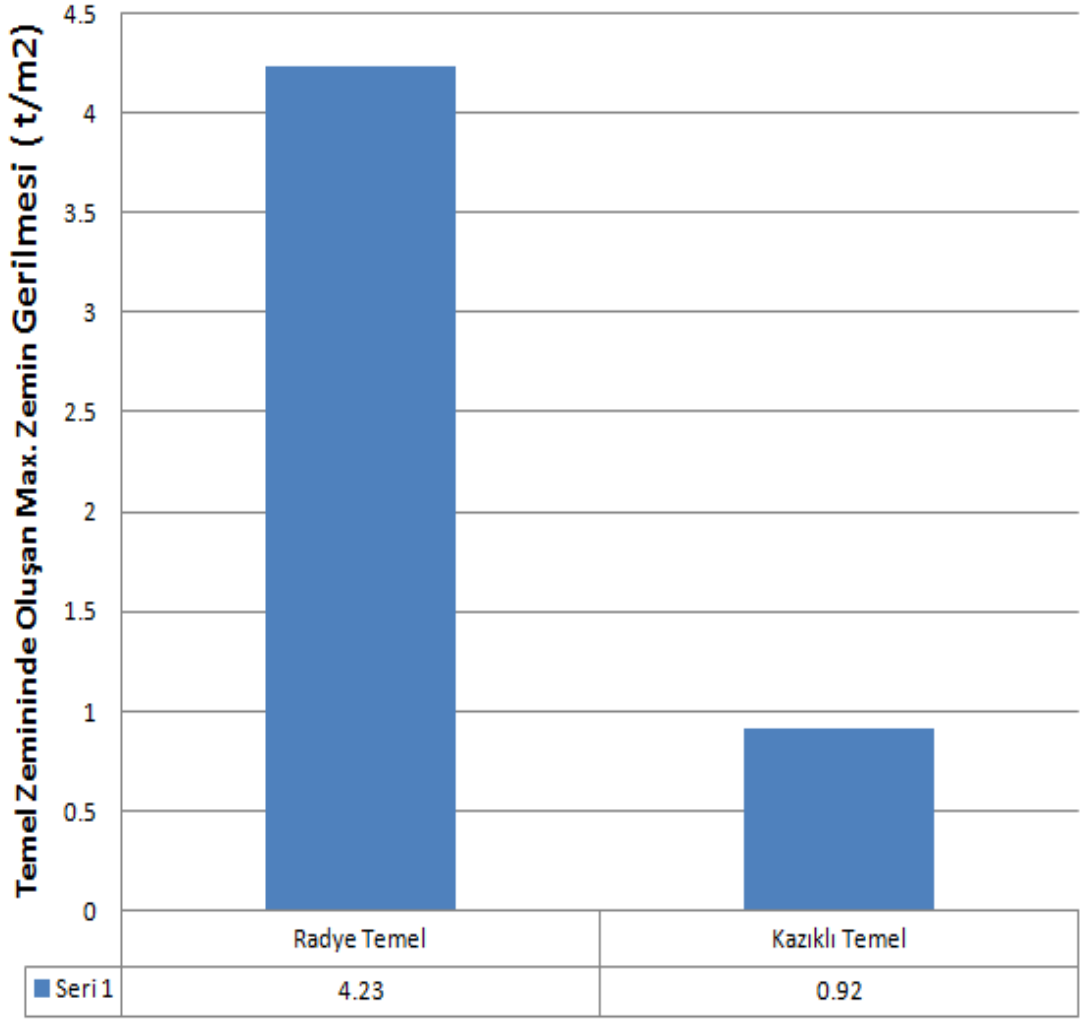
Şekil E.3 25 Katlı Bina Temeli Y-Y Yönü Deprem Yüklemesinde Radye Temel ile Kazıklı Radye Temelde Oluşan Maksimum Zemin Gerilmesi Durumu.

28 KATLI BİNA (G+Q)YÜKLEMESİ DURUMU



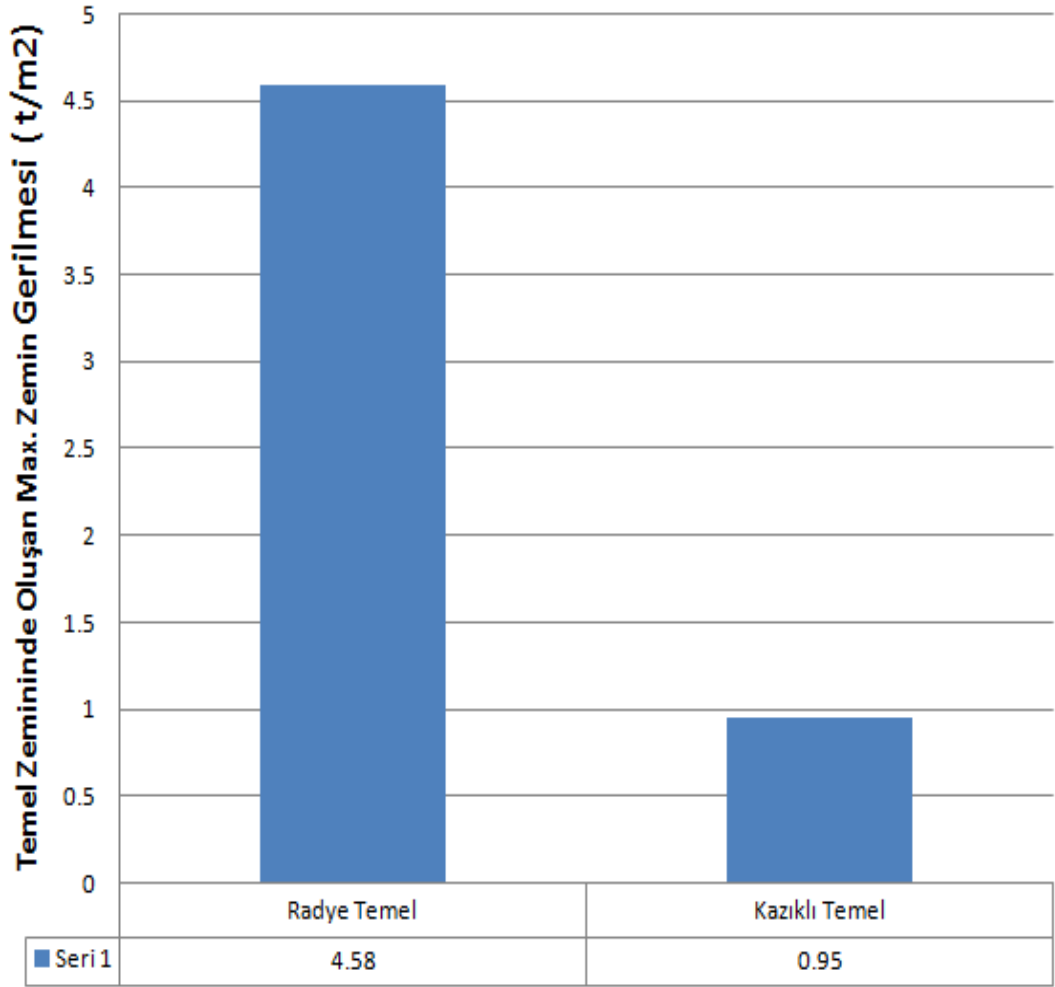
Şekil E.4 28 Katlı Bina Temeli (G+Q) Yüklemesinde Radye Temel ile Kazıklı Radye Temelde Oluşan Maksimum Zemin Gerilmesi Durumu.

28 KATLI BİNA X-X YÖNÜ DEPREM YÜKLEMESİ DURUMU



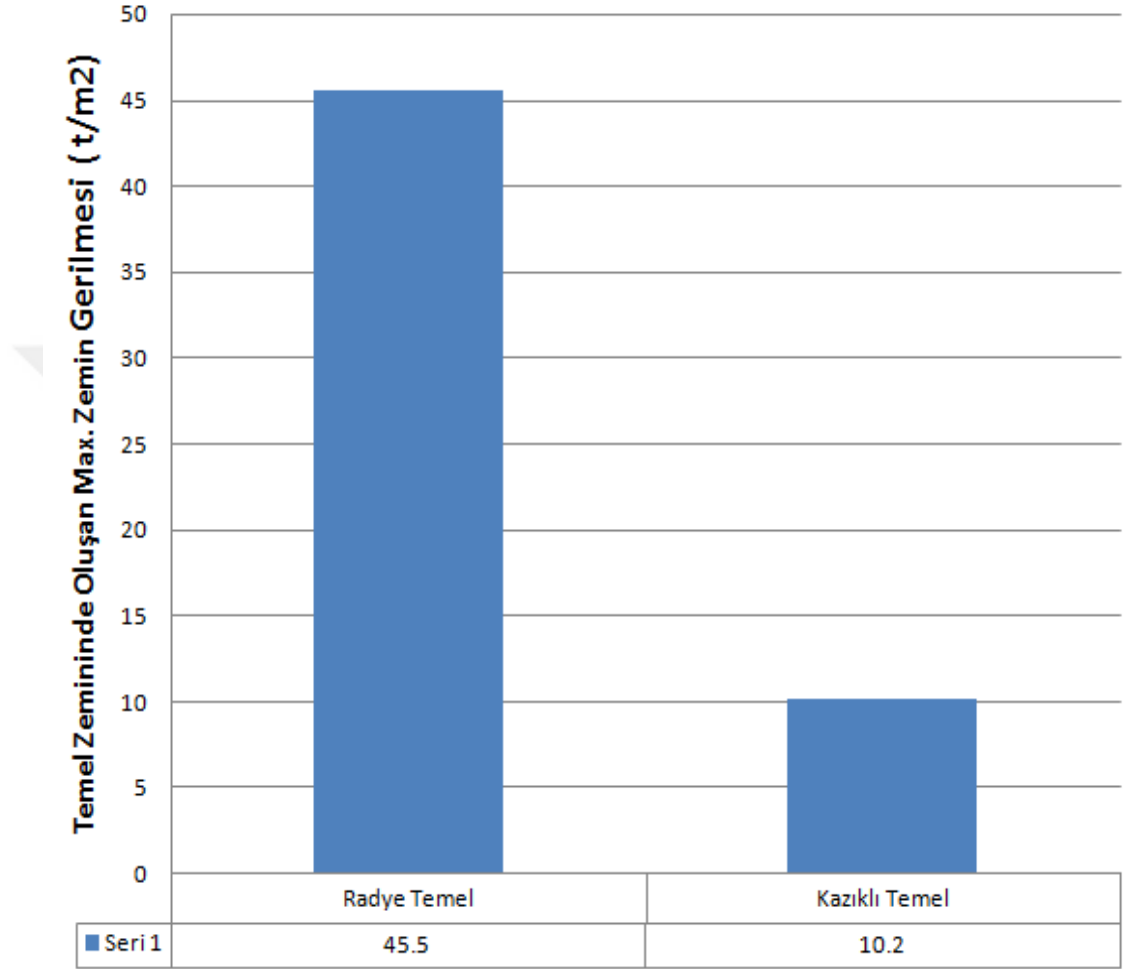
Şekil E.5 28 Katlı Bina Temeli X-X Yönü Deprem Yüklemede Radye Temel ile Kazıklı Radye Temelde Oluşan Maksimum Zemin Gerilmesi Durumu.

28 KATLI BİNA Y-Y YÖNÜ DEPREM YÜKLEMESİ DURUMU



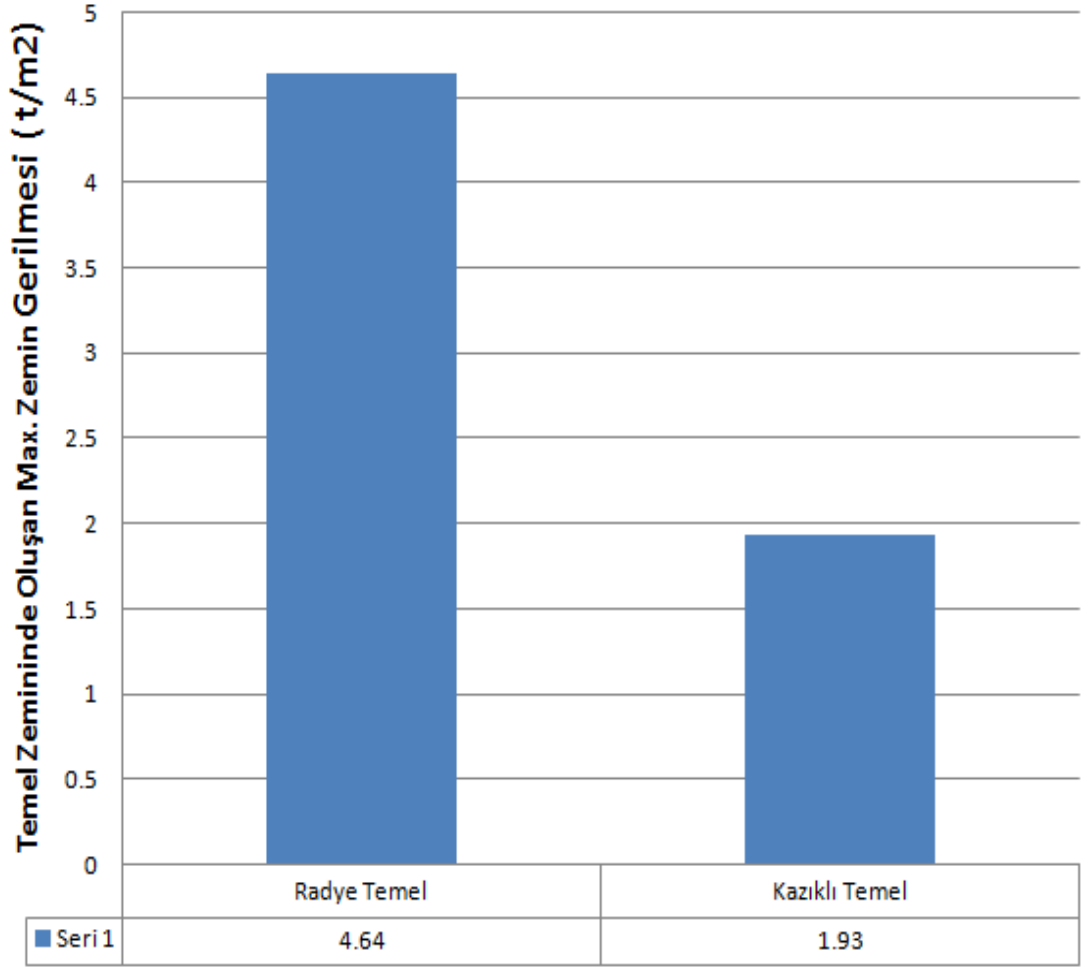
Şekil E.6 28 Katlı Bina Temeli Y-Y Yönü Deprem Yüklemeğinde Radye Temel ile Kazıklı Radye Temelde Oluşan Maksimum Zemin Gerilmesi Durumu.

33 KATLI BİNA (G+Q)YÜKLEMESİ DURUMU



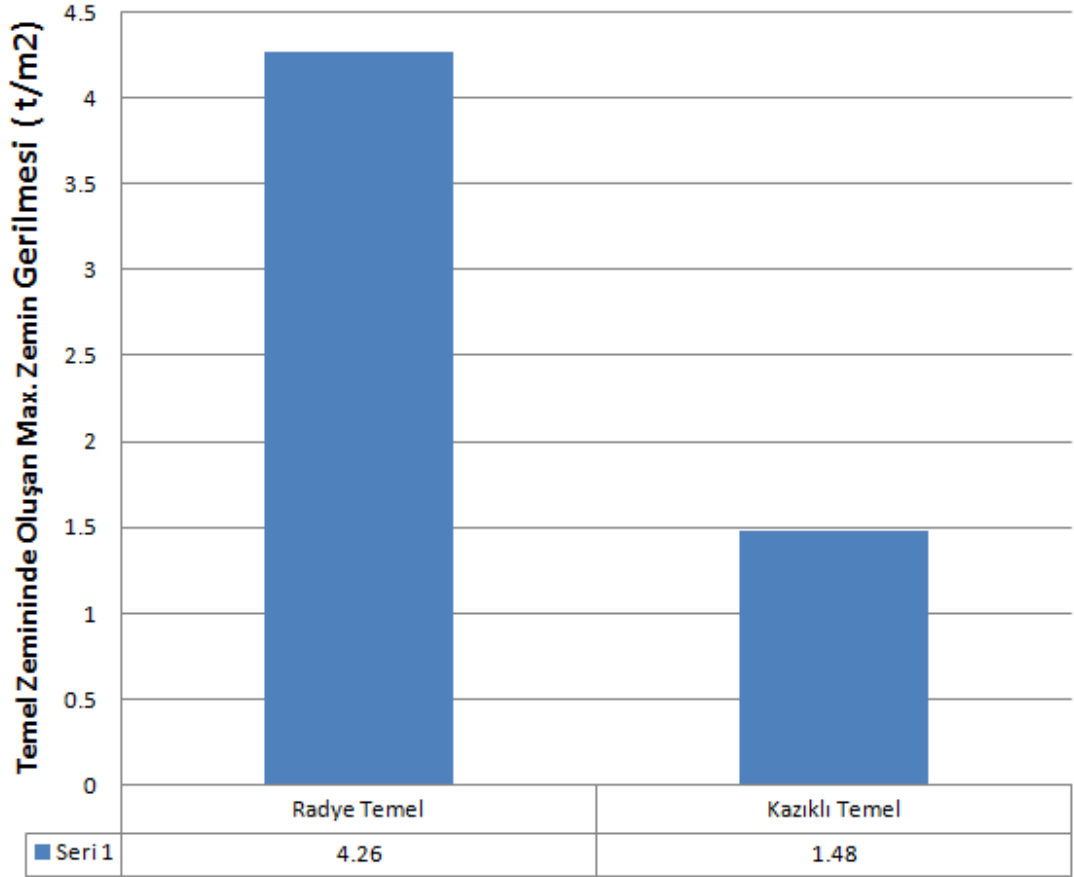
Şekil E.7 33 Katlı Bina Temeli (G+Q) Yüklemeinde Radye Temel ile Kazıklı Radye Temelde Oluşan Maksimum Zemin Gerilmesi Durumu.

33 KATLI BİNA X-X YÖNÜ DEPREM YÜKLEMESİ DURUMU



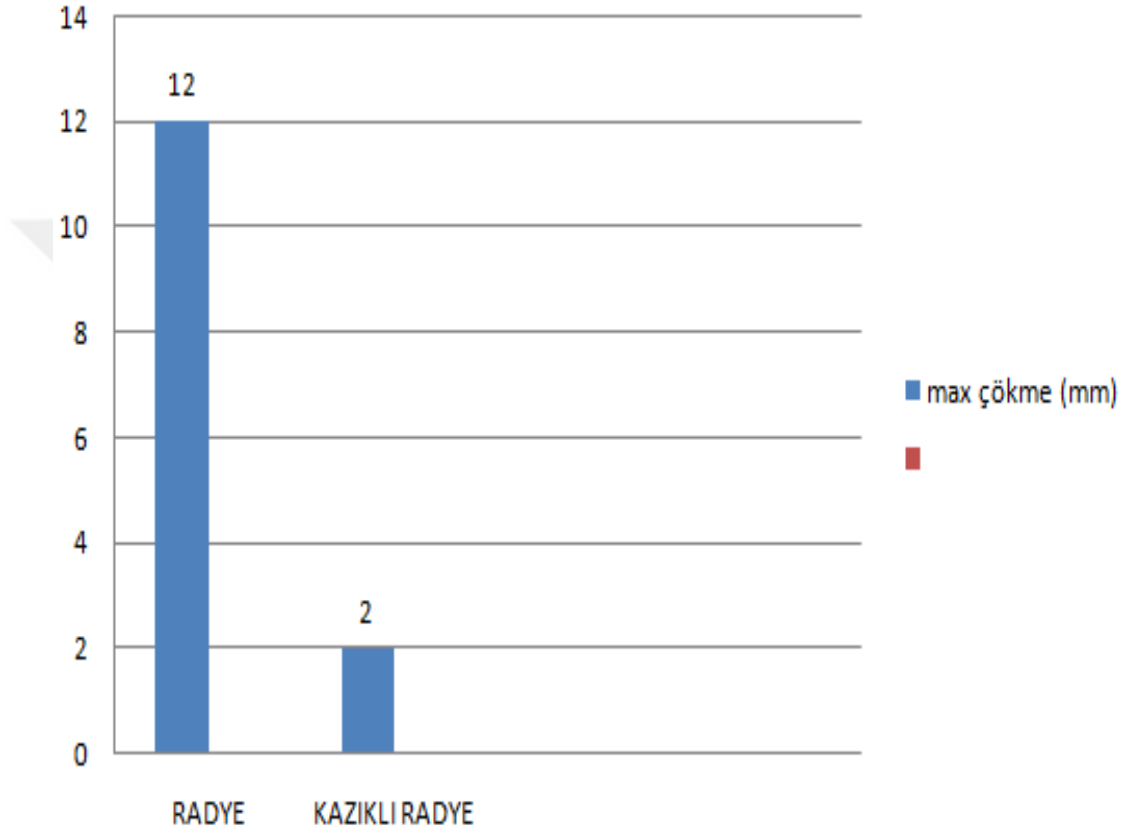
Şekil E.8 33 Katlı Bina Temeli X-X Yönü Deprem Yüklemede Radye Temel ile Kazıklı Radye Temelde Oluşan Maksimum Zemin Gerilmesi Durumu.

33 KATLI BİNA Y-Y YÖNÜ DEPREM YÜKLEMESİ DURUMU



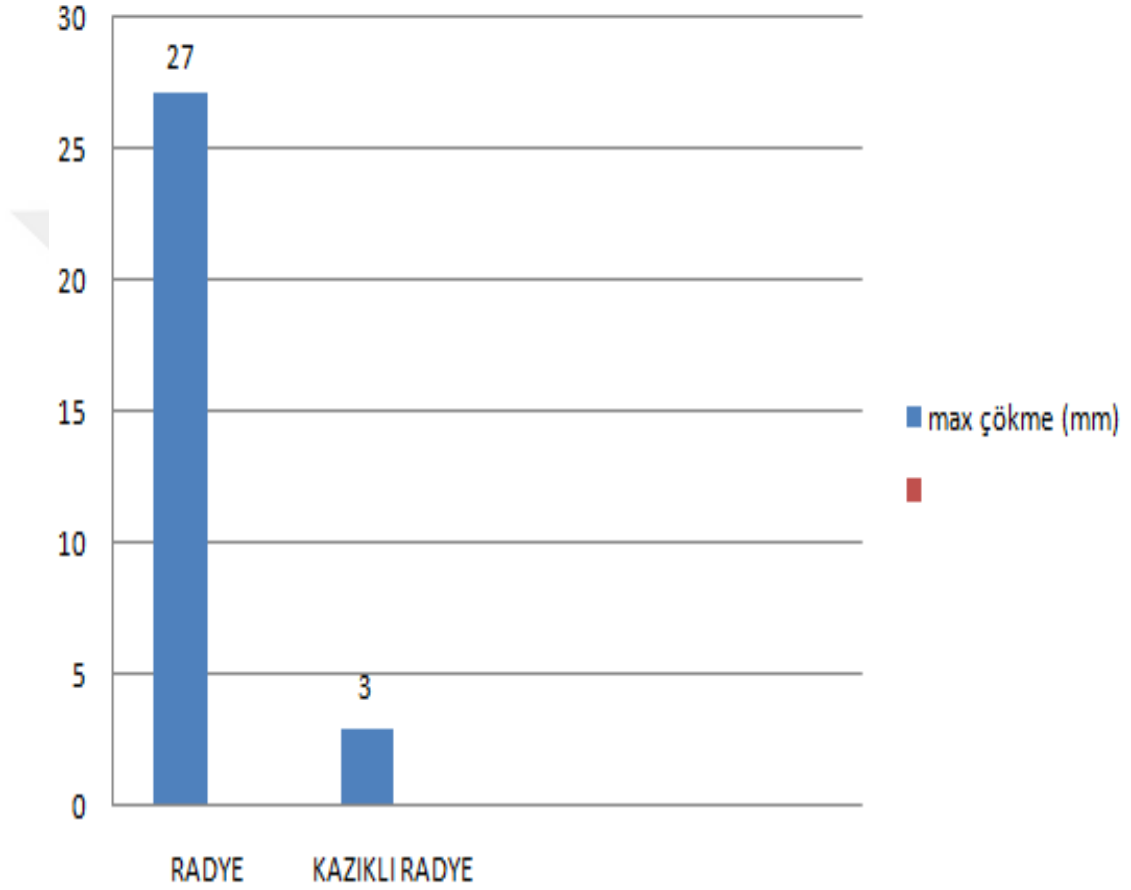
Şekil E.9 33 Katlı Bina Temeli Y-Y Yönü Deprem Yüklemede Radye Temel ile Kazıklı Radye Temelde Oluşan Maksimum Zemin Gerilmesi Durumu.

25 KATLI BİNA TEMEL DEPLASMAN DURUMU (MM)



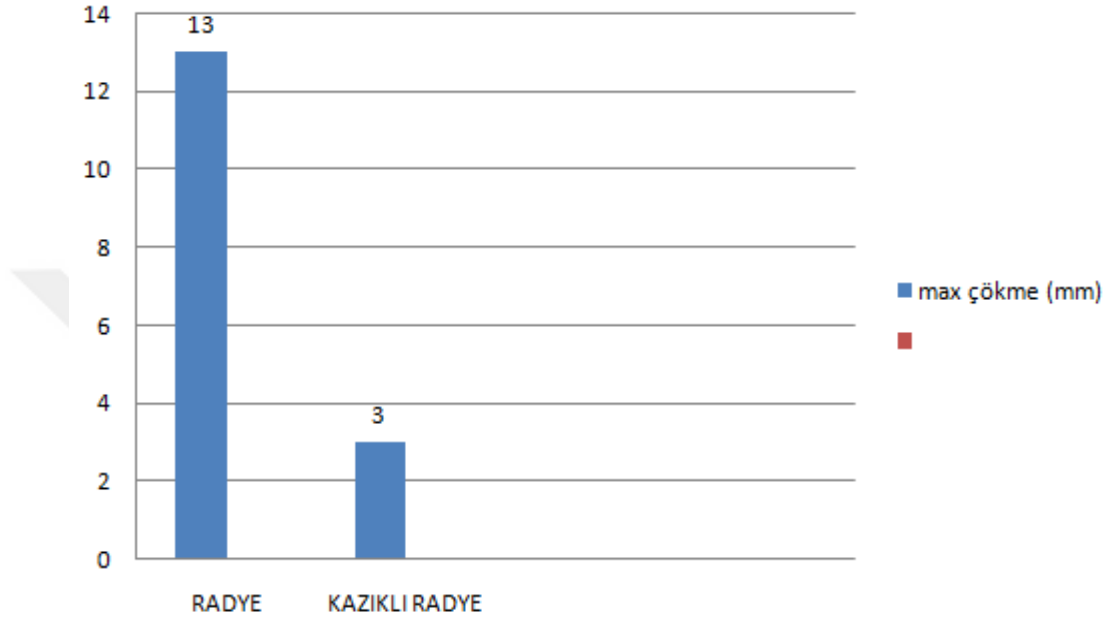
Şekil E.10 25 Katlı Binada Radye Temel ve Kazıklı Radye Durumunda Oluşan Maksimum Çökme Miktarı (mm).

28 KATLI BİNA TEMEL DEPLASMAN DURUMU (MM)



Şekil E.11 28 Katlı Binada Radye Temel ve Kazıklı Radye Durumunda Oluşan Maksimum Çökme Miktarı (mm).

33 KATLI BİNA TEMEL DEPLASMAN DURUMU (MM)



Şekil E.12 33 Katlı Binada Radye Temel ve Kazıklı Radye Durumunda Oluşan Maksimum Çökme Miktarı (mm).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Hüseyin SAÇ

Doğum Yeri: Afşin

Doğum Tarihi: 10.10.1968

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise 1983-1986 : Elbistan Mükrimin Halil Lisesi

Lisans 1987-1991 : İstanbul Teknik Üniversitesi (İ.T.Ü) İnşaat Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

İş Denevimi:

1991-..... : Serbest Mühendislik –Müşavirlik - Projecilik