



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**BİNA TÜRÜ YAPI SİSTEMLERİNİN ANALİZİ ÜZERİNE
RİJİT DÖŞEME VE SINIR ŞARTLARI İLE İLGİLİ
VARSAYIMLARIN ETKİSİ**

**İnş. Yük. Müh. Rasim TEMÜR
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

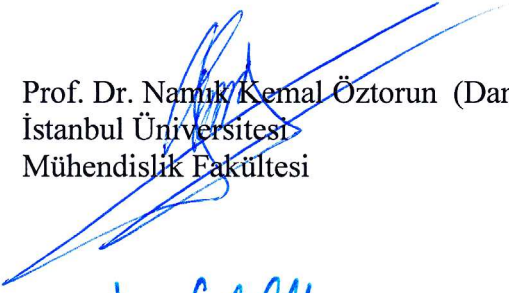
**Danışman
Prof. Dr. Namık Kemal ÖZTORUN**

Aralık, 2012

İSTANBUL

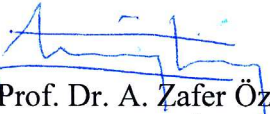
2602060008 öğrenci numaralı Rasim Temür tarafından hazırlanan bu çalışma 07/12/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

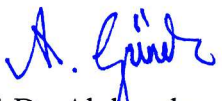
Tez Jürisi


Prof. Dr. Namık Kemal Öztörün (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Prof. Dr. Ekrem Manisalı
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Prof. Dr. Yusuf Cengiz Toklu
Bayburt Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Prof. Dr. A. Zafer Öztürk
Yıldız Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi


Prof. Dr. Abdurrahman Güner
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği'nin 10211 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bina modellerinin yapısal analizlerinde yaygın olarak ihmal edilen bazı etkilerin incelendiği bu çalışmanın, daha güvenli binalar inşa edilmesine katkı sağlamasını temenni ediyorum.

Lisans, yüksek lisans ve doktora öğrenimim süresince, ayrıca tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımlarından dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Namık Kemal ÖZTORUN'a şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Erdem DAMCI'ya ve çalışma arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Aralık, 2012

Rasim TEMÜR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. RİJİT DÖŞEME VARSAYIMI	3
2.2. YAPI -ZEMİN ETKİLEŞİMİ	6
2.2.1. Winkler Zemin Modeli	7
2.2.2. Filonenko-Borodich Zemin Modeli	8
2.2.3. Hetenyi Zemin Modeli	9
2.2.4. Pasternak Zemin Modeli	10
2.2.5. Vlasov Zemin Modeli	10
3. MALZEME VE YÖNTEM	11
3.1. ZEMİN MODELİ	11
3.2. DÖŞEME MODELİ	12
3.3. DİKDÖRTGEN SONLU ELEMAN FORMÜLASYONU	13
3.3.1. Düzlem Gerilme Elemanı	15
3.3.2. Eğilme Elemanı	17
3.4. TUNAL YAZILIMI	19

3.5. GELİŞTİRİLEN YARDIMCI YAZILIMLAR	22
3.5.1. TUNAL Veri Hazırlama Yazılımı	22
3.5.2. TUNAL Zemin Etkileşim Yazılımı	24
3.2.3. TUNAL Sonuç Analiz Yazılımı.....	24
4. BULGULAR	25
4.1. ANALİZLERDE KULLANILAN YAKLAŞIMLAR	25
4.2. ÖRNEK BİNA MODELİ 1	26
4.3. ÖRNEK BİNA MODELİ 2	45
4.4. ÖRNEK BİNA MODELİ 3	57
4.5. ÖRNEK BİNA MODELİ 4	72
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	81
KAYNAKLAR	85
EKLER	88
ÖZGEÇMİŞ	94

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Nakashima tarafından incelenen model.....	4
Şekil 2.2	: Saffarini ve Qudaimat tarafından incelenen modellerin kat planları.....	5
Şekil 2.3	: Winkler Zemin Modeli	8
Şekil 2.4	: Filonenko-Borodich Zemin Modeli	9
Şekil 2.5	: Hetenyi Zemin Modeli	9
Şekil 2.6	: Pasternak Zemin Modeli.....	10
Şekil 2.7	: Vlasov Zemin Modeli.....	10
Şekil 3.1	: Örnek bir binanın tekrarlı analizleri sonucunda yay elemanlarının kuvvet dağılımı	12
Şekil 3.2	: Döşeme modelinin hazırlanması	13
Şekil 3.3	: Düzlem gerilme elemanı ile ilgili kuvvet ve yer değiştirme bileşenleri.	14
Şekil 3.4	: Eğilme plağı ile ilgili kuvvet ve yer değiştirme bileşenleri.....	14
Şekil 3.5	: Eğilme plağı elemanında birim uzunluğa karşılık gelen moment.....	19
Şekil 3.6	: TUNAL Yazılımı Makro Akış Şeması.....	20
Şekil 3.7	: Bant matrisin “Geliştirilmiş Cholesky Yöntemi”ne uyarlanması	21
Şekil 3.8	: Tek kat bilgisi tanımlanan bina modelinin üretilmesi	22
Şekil 3.9	: Modelin akslara göre bölünmesi	23
Şekil 3.10	: Tunal Zemin Etkileşim yazılımı akış diyagramı	24
Şekil 4.1	: Örnek Bina 1’e ait kat kalıp planı.....	26
Şekil 4.2	: Örnek Bina 1’in farklı kat sayıları ile modellenmesi	27
Şekil 4.3	: Örnek Bina 1’e ait kat kalıp planında PY6 perdesinin konumu.....	28
Şekil 4.4	: Örnek Bina 1’in 10 katlı modellerinde PY6 perdesine ait eksenel kuvvet grafiğı.....	28
Şekil 4.5	: Örnek Bina 1’in 20 katlı modellerinde PY6 perdesine ait eksenel kuvvet grafiğı.....	29
Şekil 4.6	: Örnek Bina 1’in 30 katlı modellerinde PY6 perdesine ait eksenel kuvvet grafiğı.....	30
Şekil 4.7	: Örnek Bina 1’in temel üst seviyesine ait kat kalıp planı	30
Şekil 4.8	: Örnek Bina 1’in 10 katlı modeline ait A-A’ kesiti	31
Şekil 4.9	: Örnek Bina 1’in 10 katlı modeline ait B-B’ kesiti	31
Şekil 4.10	: Örnek Bina 1’e ait kat kalıp planında PX26 perdesinin konumu.....	31
Şekil 4.11	: Örnek Bina 1’in 10 katlı modellerinde PX26 perdesine ait eksenel kuvvet grafiğı.....	32
Şekil 4.12	: Örnek Bina 1’in 20 katlı modellerinde PX26 perdesine ait eksenel kuvvet grafiğı.....	32
Şekil 4.13	: Örnek Bina 1’in 30 katlı modellerinde PX26 perdesine ait eksenel kuvvet grafiğı	33
Şekil 4.14	: Örnek Bina 1’e ait kat kalıp planında PX3 perdesinin konumu.....	34
Şekil 4.15	: Örnek Bina 1’in 10 katlı modellerinde PX3 perdesine ait kesme kuvveti grafiğı	34

Şekil 4.16	: Örnek Bina 1'in 20 katlı modellerinde PX3 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	35
Şekil 4.17	: Örnek Bina 1'in 30 katlı modellerinde PX3 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	35
Şekil 4.18	: Örnek Bina 1'e ait kat kalıp planında PX19 perdesinin konumu	36
Şekil 4.19	: Örnek Bina 1'in 10 katlı modellerinde PX19 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	37
Şekil 4.20	: Örnek Bina 1'in 20 katlı modellerinde PX19 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	38
Şekil 4.21	: Örnek Bina 1'in 30 katlı modellerinde PX19 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	38
Şekil 4.22	: Örnek Bina 1'e ait kat kalıp planında PX11 perdesinin konumu	40
Şekil 4.23	: Örnek Bina 1'in 10 katlı modellerinde PX11 perdesine ait moment grafiği	40
Şekil 4.24	: Örnek Bina 1'in 20 katlı modellerinde PX11 perdesine ait moment grafiği	41
Şekil 4.25	: Örnek Bina 1'in 30 katlı modellerinde PX11 perdesine ait moment grafiği	41
Şekil 4.26	: Örnek Bina 1'e ait kat kalıp planında PY11 perdesinin konumu	42
Şekil 4.27	: Örnek Bina 1'in 10 katlı modellerinde PY11 perdesine ait moment grafiği	43
Şekil 4.28	: Örnek Bina 1'in 20 katlı modellerinde PY11 perdesine ait moment grafiği	43
Şekil 4.29	: Örnek Bina 1'in 30 katlı modellerinde PY11 perdesine ait moment grafiği	44
Şekil 4.30	: Örnek Bina 2'ye ait kat kalıp planı	45
Şekil 4.31	: Örnek Bina 2'nin farklı kat sayıları ile modellenmesi	46
Şekil 4.32	: Örnek Bina 2'ye ait kat kalıp planında PX4 perdesinin konumu	47
Şekil 4.33	: Örnek Bina 2'nin 10 katlı modellerinde PX4 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği	47
Şekil 4.34	: Örnek Bina 2'nin 20 katlı modellerinde PX4 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği	48
Şekil 4.35	: Örnek Bina 2'nin 30 katlı modellerinde PX4 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği	48
Şekil 4.36	: Örnek Bina 2'ye ait kat kalıp planında PY1 perdesinin konumu	49
Şekil 4.37	: Örnek Bina 2'nin 10 katlı modellerinde PY1 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	49
Şekil 4.38	: Örnek Bina 2'nin 20 katlı modellerinde PY1 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	50
Şekil 4.39	: Örnek Bina 2'nin 30 katlı modellerinde PY1 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	50
Şekil 4.40	: Örnek Bina 2'ye ait kat kalıp planında PY19 perdesinin konumu	51
Şekil 4.41	: Örnek Bina 2'nin 10 katlı modellerinde PY19 perdesine ait moment grafiği	52
Şekil 4.42	: Örnek Bina 2'nin 20 katlı modellerinde PY19 perdesine ait moment grafiği	53
Şekil 4.43	: Örnek Bina 2'nin 30 katlı modellerinde PY19 perdesine ait moment grafiği	53
Şekil 4.44	: Örnek Bina 2'ye ait kat kalıp planında PX7 perdesinin konumu	54

Şekil 4.45	: Örnek Bina 2'nin 10 katlı modellerinde PX7 perdesine ait moment grafiği	55
Şekil 4.46	: Örnek Bina 2'nin 20 katlı modellerinde PX7 perdesine ait moment grafiği	55
Şekil 4.47	: Örnek Bina 2'nin 30 katlı modellerinde PX7 perdesine ait moment grafiği	56
Şekil 4.48	: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planı.....	57
Şekil 4.49	: Örnek Bina 3'ün farklı kat sayıları ile modellenmesi	58
Şekil 4.50	: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planında PY1 perdesinin konumu.....	59
Şekil 4.51	: Örnek Bina 3'ün 10 katlı modellerinde PY1 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği.....	59
Şekil 4.52	: Örnek Bina 3'ün 20 katlı modellerinde PY1 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği.....	60
Şekil 4.53	: Örnek Bina 3'ün 30 katlı modellerinde PY1 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği.....	60
Şekil 4.54	: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planında PX9 perdesinin konumu.....	62
Şekil 4.55	: Örnek Bina 3'ün 10 katlı modellerinde PX9 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	62
Şekil 4.56	: Örnek Bina 3'ün 20 katlı modellerinde PX9 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	63
Şekil 4.57	: Örnek Bina 3'ün 30 katlı modellerinde PX9 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	63
Şekil 4.58	: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planında PX26 perdesinin konumu.....	64
Şekil 4.59	: Örnek Bina 3'ün 10 katlı modellerinde PX26 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	64
Şekil 4.60	: Örnek Bina 3'ün 20 katlı modellerinde PX26 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	65
Şekil 4.61	: Örnek Bina 3'ün 30 katlı modellerinde PX26 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	65
Şekil 4.62	: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planında PY8 perdesinin konumu.....	67
Şekil 4.63	: Örnek Bina 3'ün 10 katlı modellerinde PY8 perdesine ait moment grafiği	67
Şekil 4.64	: Örnek Bina 3'ün 20 katlı modellerinde PY8 perdesine ait moment grafiği	68
Şekil 4.65	: Örnek Bina 3'ün 30 katlı modellerinde PY8 perdesine ait moment grafiği	68
Şekil 4.66	: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planında PY4 perdesinin konumu.....	69
Şekil 4.67	: Örnek Bina 3'ün 10 katlı modellerinde PY4 perdesine ait moment grafiği	70
Şekil 4.68	: Örnek Bina 3'ün 20 katlı modellerinde PY4 perdesine ait moment grafiği	70
Şekil 4.69	: Örnek Bina 3'ün 30 katlı modellerinde PY4 perdesine ait moment grafiği	71
Şekil 4.70	: Örnek Bina 4'e ait kat kalıp planı.....	72
Şekil 4.71	: Örnek Bina 4'ün farklı kat sayıları ile modellenmesi	73
Şekil 4.72	: Örnek Bina 4'e ait kat kalıp planında PX3 perdesinin konumu.....	74
Şekil 4.73	: Örnek Bina 4'ün 10 katlı modellerinde PX3 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği.....	74

Şekil 4.74	: Örnek Bina 4'ün 20 katlı modellerinde PX3 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği.....	75
Şekil 4.75	: Örnek Bina 4'ün 30 katlı modellerinde PX3 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği.....	75
Şekil 4.76	: Örnek Bina 4'e ait kat kalıp planında PX11 perdesinin konumu.....	76
Şekil 4.77	: Örnek Bina 4'ün 10 katlı modellerinde PX11 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	77
Şekil 4.78	: Örnek Bina 4'ün 20 katlı modellerinde PX11 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	77
Şekil 4.79	: Örnek Bina 4'ün 30 katlı modellerinde PX11 perdesine ait kesme kuvveti grafiği	78
Şekil 4.80	: Örnek Bina 4'e ait kat kalıp planında PX17 perdesinin konumu.....	79
Şekil 4.81	: Örnek Bina 4'ün 10 katlı modellerinde PX17 perdesine ait moment grafiği	79
Şekil 4.82	: Örnek Bina 4'ün 20 katlı modellerinde PX17 perdesine ait moment grafiği	80
Şekil 4.83	: Örnek Bina 4'ün 30 katlı modellerinde PX17 perdesine ait moment grafiği	80

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1	: Rijit döşeme varsayımının PY6 perdesinde oluşan eksenel kuvvetler üzerindeki etkisi.....	30
Tablo 4.2	: Rijit döşeme varsayımının PX26 perdesinde oluşan eksenel kuvvetler üzerindeki etkisi	33
Tablo 4.3	: Ankastre temel varsayımının PX3 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	34
Tablo 4.4	: Rijit döşeme varsayımının PX3 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	36
Tablo 4.5	: Ankastre temel varsayımının PX19 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	36
Tablo 4.6	: Rijit döşeme varsayımının PX19 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	37
Tablo 4.7	: Ankastre temel varsayımının PX11 perdesinde oluşan momentler üzerindeki etkisi	39
Tablo 4.8	: Rijit döşeme varsayımının PX11 perdesinde oluşan momentler üzerindeki etkisi	39
Tablo 4.9	: Rijit döşeme varsayımının PY11 perdesinde oluşan momentler üzerindeki etkisi	42
Tablo 4.10	: Ankastre temel varsayımının PY11 perdesinde oluşan momentler üzerindeki etkisi	42
Tablo 4.11	: Rijit döşeme varsayımının PY1 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	51
Tablo 4.12	: Ankastre temel varsayımının PY1 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	51
Tablo 4.13	: Ankastre temel varsayımının PY1 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi	52
Tablo 4.14	: Rijit döşeme varsayımının PY1 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi	52
Tablo 4.15	: Ankastre temel varsayımının PX7 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi	54
Tablo 4.16	: Rijit döşeme varsayımının PX7 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi	54
Tablo 4.17	: Rijit döşeme varsayımının PY1 perdesinde oluşan eksenel kuvvetler üzerindeki etkisi	61
Tablo 4.18	: Rijit döşeme varsayımının PX9 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	61
Tablo 4.19	: Ankastre temel varsayımının PX9 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	61
Tablo 4.20	: Rijit döşeme varsayımının PX26 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	66

Tablo 4.21	: Ankastre temel varsayımının PX26 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	66
Tablo 4.22	: Rijit döşeme varsayımının PY8 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi	66
Tablo 4.23	: Ankastre temel varsayımının PY8 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi	66
Tablo 4.24	: Ankastre temel varsayımının PY4 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi	69
Tablo 4.25	: Rijit döşeme varsayımının PY4 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi	69
Tablo 4.26	: Ankastre temel varsayımının PX11 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	76
Tablo 4.27	: Rijit döşeme varsayımının PX11 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi	76
Tablo 4.28	: Rijit döşeme varsayımının PX17 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi	78
Tablo 4.29	: Ankastre temel varsayımının PX17 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi	79

SEMBOL LİSTESİ

D	: Hetenyi zemin modelinde kullanılan tabakanın eğilme rijitliği
E	: elastisite (Young) modülü
G	: kayma modülü
T	: Filonenko-Borodich zemin modelindeki membrana uygulanan kuvvet
k	: yay sabiti, zemin modülü
k_G	: Pasternak zemin modelinde kayma tabakası parametresi
[K]	: rijitlik matrisi
NBAND	: bant genişliği
p	: taban basıncı
w	: düşey yer değiştirme
Δ,u,v	: doğrusal yer değiştirme
φ	: açısal yer değiştirme
ε	: birim şekil değiştirme
σ	: normal gerilme
τ	: kayma gerilmesi
ν	: poisson oranı

ÖZET

BİNA TÜRÜ YAPI SİSTEMLERİNİN ANALİZİ ÜZERİNE RİJİT DÖŞEME VE SINIR ŞARTLARI İLE İLGİLİ VARSAYIMLARIN ETKİSİ

Bu çalışmanın amacı; bina türü yapı sistemlerinin analizi üzerine rijit döşeme ve sınır şartları ile ilgili varsayımların etkisini araştırmaktır.

Bilgisayarların gelişmesine kadar kullanılan el hesaplarında sadece sınırlı sayıda denklemle analiz yapılabilmekteydi. Bu sebeple işlem hacmini küçültmek için bazı basitleştirme yöntemleri geliştirilmiştir.

Bina türü yapıların analizinde döşemelerin düzlemlerinde sonsuz rijit modellenmesi yaygın olarak kullanılan bir varsayımdır. Buna göre her kat döşemesi ağırlık merkezinde, kendi düzleminde iki öteleme ve eksen dışında bir açısız yer değiştirme olmak üzere toplam üç serbestlik derecesi ile tanımlanmaktadır.

Zemin-Yapı etkileşimi ve zemin rijitliğinin etkisi, bina türü yapıların tasarımında dikkate alınmalıdır. Zemin rijitliğinin etkisi üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda zemin rijitliğinin yapısal elemanlar arasındaki gerilme dağılımını önemli ölçüde etkilediği gözlenmiştir.

Bu çalışmada döşemeler rijit diyafram ve elastik diyafram olarak modellenmiş, temel ise ankastre bağlantı ve winkler temeli ile modellenmiş ve doğrusal elastik analiz yapılmıştır. Her örnek bina için üç boyutlu sonlu elemanlar modeli hazırlanmış ve dört farklı durum için analiz yapılmıştır.

SUMMARY

EFFECTS OF ASSUMPTIONS ABOUT FLOOR RIGIDITY AND BOUNDARY CONDITIONS ON THE ANALYSIS OF BUILDING TYPE STRUCTURES

The purpose of this study is to establish the effects of assumptions about floor rigidity and of boundary conditions on the analysis of building type structures.

Before the advent of computers only limited number of equations could be solved manually. Therefore simplification methods have been developed to reduce the total processes.

In the structural analysis of buildings, floor slabs are usually assumed to be rigid in their planes. At the mass center of each rigid floor, there is a master node having three degrees of freedom to represent the two in plane translations and one out of plane rotation.

Soil-structure interaction and the effect of soil rigidity must be considered in the design of building type structures. The effect of the rigidity of the soil is investigated and it is observed that soil rigidity may change the distribution of the stresses in the components of the structure significantly.

In this work, the linear elastic design analysis is carried out modeling floors as rigid diaphragm and flexible diaphragm, foundation as rigid joints and Winkler foundation. A three-dimensional finite element model is constructed for each example building, and four analyses are conducted.

1 GİRİŞ

Bina türü yapı sistemlerinin sonlu elemanlar yöntemi ile analizindeki işlem hacmi; sistemin serbestlik derecesi, eleman sayısı ve eleman türüne bağlıdır. Yöntemin en büyük işlem hacmine sahip adımı ise sistem rijitlik matrisinin tersinin hesaplanmasıdır. Sistem rijitlik matrisinin eleman sayısının, sistemdeki toplam serbestlik sayısının karesine eşit olması, sistemin serbestlik derecesinin, sisteme ait işlem hacmini en çok etkileyen parametre olması anlamına gelmektedir. Bu sebeple işlem hacmini azaltmak için yapısal sistemin serbestlik derecesini azaltan bazı basitleştirme yöntemleri geliştirilmiş ve yaygınlaşmıştır. Perdelerin çubuk elemanlarla modellenmesi, uzay çerçeve sistemlerin bir veya birden fazla düzlem çerçeve sistemi olarak modellenmesi, döşemelerin rijit diyafram kabulü ve temellerin ankastre olarak mesnetlenmesi bunlardan bazılarıdır (Çıtıpıtıoğlu ve Boz, 1987).

Yapısal sistemlerin serbestlik derecesinin azaltılması için döşemelerin düzlemlerinde sonsuz rijit modellenmesi yaygın olarak kullanılan bir varsayımdır. Buna göre her kat döşemesi iki yatay öteleme ve düşey eksen etrafında açılabilir yer değiştirme olmak üzere toplam üç serbestlik derecesi ile tanımlanır (MacLeod, 1970; Wilson, 1972; Ju ve Lin, 1999). Bu sayede kat döşemesi, her düğüm noktasında altı serbestlik bulunan çok sayıda plak elemanı yerine, toplamda üç serbestliğe sahip tek elemana indirgenerek analiz edilir. Döşemelerdeki serbestlik sayısını büyük oranda azaltan bu varsayım, analizdeki işlem hacmini küçültüp buna bağlı olarak analiz süresini kısaltmakla birlikte döşemelerin düzlemin içinde oluşan şekil değiştirmeleri ve bunun yapısal sisteme olan etkilerini ihmal etmektedir.

Bina temelinin ankastre mesnetlenerek modellenmesi yaygın olarak kullanılan bir diğer varsayımdır. Buna göre yapı, temeli ankastre mesnetli olarak modellenip analiz edilir. Analizden elde edilen mesnet tepkileri elastik zemine oturan radye temelin sonlu elemanlar modeline ters işaretli uygulanarak binanın radye temel analizi yapılmaktadır. Yapının zeminle etkileşimi, radye temel analiz modelindeki sonlu elemanların düğüm noktalarında tanımlanan doğrusal elastik yaylarla göz önüne alınmaktadır (Çelik ve

Öztorun, 1999). Bu durumda görelî temel oturmalari ve bu oturmaların yapısal sisteme olan etkileri, diğeri bir deyişle yapı-zemin etkileşimi ihmal edilmektedir. Gerçekçi yaklaşım ise sistemi temelde ankastre kabul etmeyip, zemine yaylarla bağlandıklarının varsayılmasıdır (Çıtıptıoğlu ve Boz, 1987).

Bilgisayar kapasitelerinin yetersiz olması sebebiyle geliştirilen, işlem hacmini azaltıp hesap kolaylığı sağlayan bu varsayımlar, bilgisayar teknolojilerinin gelişmesine rağmen yaygın bir alışkanlık olarak kullanılmaya devam etmektedir.

Mevcut çalışmada, yaygın olarak kullanılan, döşemelerin rijit diyafram varsayımı ve yapısal sistemlerin sınır şartları ile ilgili varsayımın bina türü yapı sistemlerinin analizi üzerine etkileri incelenmiştir.

2 GENEL KISIMLAR

2.1 RİJİT DÖŞEME VARSAYIMI

Çok katlı betonarme yapıların analizinde kat döşemeleri ile ilgili üç farklı varsayım kullanılır:

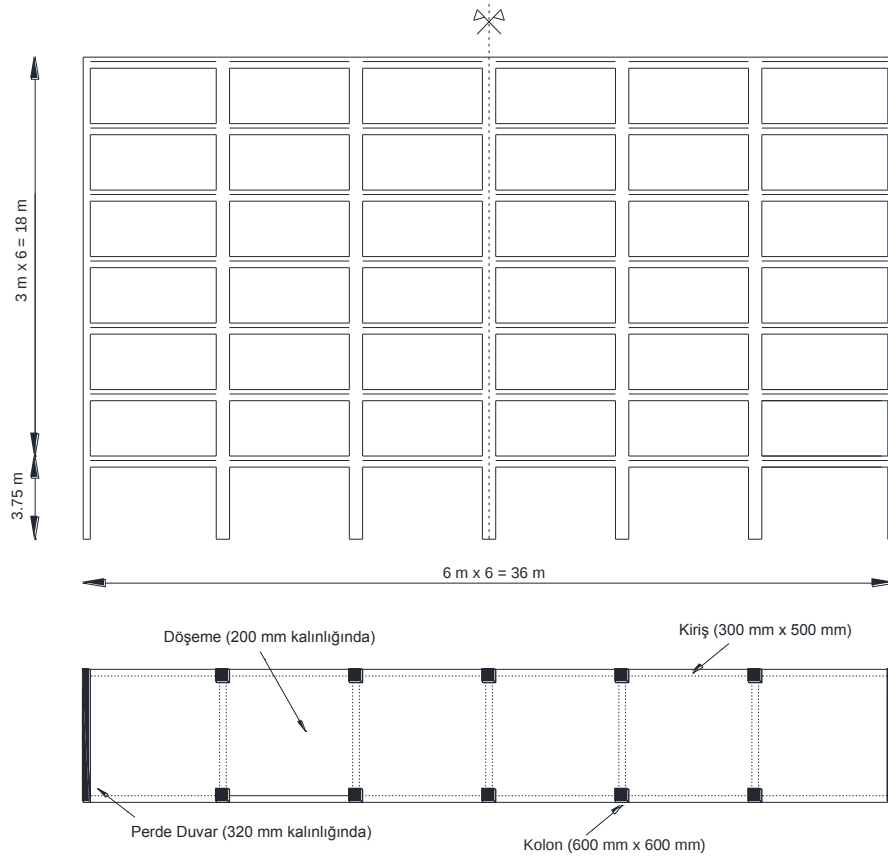
- Döşemeler kendi düzlemleri içinde sonsuz rijittir,
- Döşemeler kendi düzlemleri dışında eğilme açısından sonsuz rijittir,
- Döşemeler kendi düzlemleri dışında eğilme açısından sonsuz esnektir
(Çıtıptıoğlu ve Boz, 1987).

MacLeod (1970) tarafından yapılan öneriye göre; döşemeler, düzleminde sonsuz rijit kabul edilerek, düzlem içi gerilmeler ve düzleme paralel şekil değiştirmeler ihmal edilir. Dolayısıyla her kattaki düşey taşıyıcı elemanların yatay düzlemdeki göreceli yer değiştirmeler göz ardı edilir.

Muto (1974) düzleminde sonsuz rijit varsayımı yapılan döşemelerin diğer serbestliklerinin modellenmesi için döşeme yerine, eşdeğer kesme ve eğilme rijitlikleri olan kirişlerin kullanılmasını önermiştir.

Karadoğan (1980) kısa kenarın bulunduğu dış akslarda perde, diğer akslarda kolon kullanılan dikdörtgen planlı örnek bir bina modeli üzerinde döşeme rijitliğini incelemiştir. Buna göre rijit diyafram kabulünün, çok katlı yapıların alt katlarındaki orta akslar üzerinde bulunan ve üst katlarındaki dış akslarda bulunan düşey taşıyıcı elemanlarla, üst katlardaki döşemeler için güvenli tarafta kalan bir yaklaşım olmadığını söylemiştir.

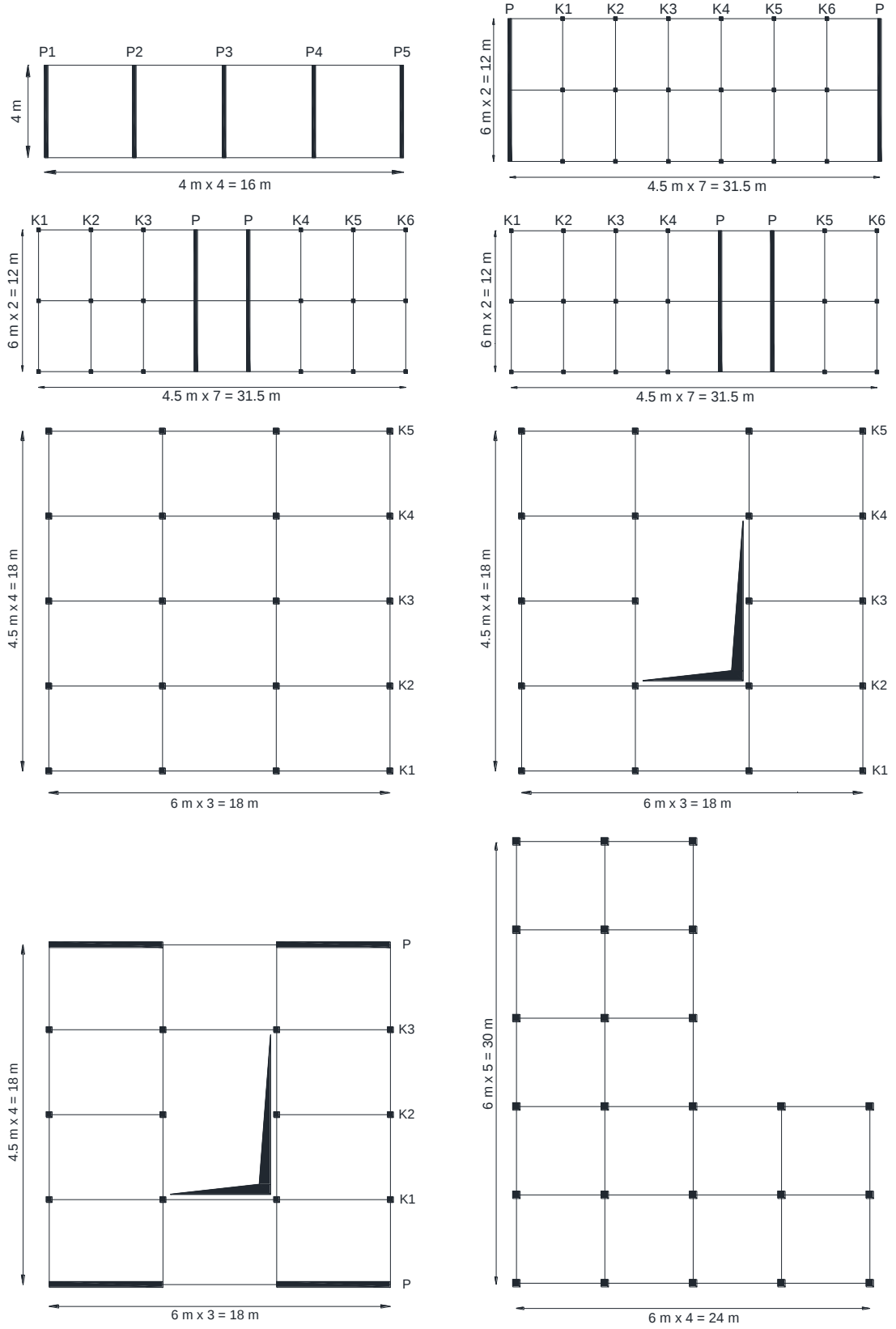
Nakashima (1984) dış aksları perde, iç aksları kolonlardan oluşan bir model üzerinde (Şekil 2.1) yaptığı çalışmada, rijit diyafram varsayımının orta aksta bulunan kolonlarda %23 daha düşük kesme kuvveti oluşturduğunu belirtmiştir.



Şekil 2.1: Nakashima (1984) tarafından incelenen model

Çıtıptıoğlu ve Boz (1987) döşemelerin düzlemleri içinde sonsuz rijit kabul edilmesinin bir çok yapı türü için geçerli olmakla birlikte, yüksek kule tipi yapıların etrafındaki az katlı kısımları bulunan yapılar, bazı perdeli yapılar, büyük yatay kuvvete maruz rijit düşey elemanlı yapılar ve planda ince uzun olan yapılarda geçerli olmayabileceğini söylemişlerdir.

Saffarini ve Qudaimat (1992) Şekil 2.2’de yer alan 8 farklı kat kalıp planına sahip betonarme binayı farklı kat sayıları ile modelleyip incelemişlerdir. 37 model üzerinde yaptıkları analizlerde, rijit diyafram kabulünün düşey taşıyıcı elemanları çerçeve olan sistemlerde kabul edilebilir sonuçlar verdiğini ancak perde duvarlı sistemlerde hatalara sebep olabileceğini belirtmektedirler.



Şekil 2.2: Saffarini ve Qudaimat (1992) tarafından incelenen modellerin kat planları

Ju ve Lin (1999) tarafından yapılan çalışmada, döşemelerin düzlemindeki rijitliklerinin kolonların eksen dışı rijitliklerine oranının çok büyük olmasından ötürü, düşey taşıyıcı elemanları çerçevelerden oluşan, perde içermeyen sistemlerde rijit döşeme varsayımının kabul edilebilir sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Aynı şekilde döşemelerin düzlemindeki rijitliklerinin perdelerin düzlem dışı rijitliğine oranının çok küçük olması sebebiyle döşemelerin düzlemindeki şekil değiştirmelerin ihmal edilmesinin uygun olmadığı belirtilmiştir.

Çelik ve Özturun (1999) rijit diyafram varsayımında döşemelerin eksenel gerilmeleri ihmal edildiğinden donatı tasarımının yalnızca eğilmeye karşı yapıldığını, gerçekte yapının geometrisine bağlı olarak döşemelerin eksenel gerilmelere maruz kaldığını ve gerilme değerlerinin 4 N/mm^2 çekme değerine ulaşabildiğini vurgulamışlardır. Eğilmeye karşı konulan yatay donatıların ise bu çekme gerilmeleri karşısında yetersiz kaldığını belirtmişlerdir.

Barron ve Hueste (2004) düşey taşıyıcı sistemi perde ve kolonlardan oluşan, dikdörtgen planlı ve kat döşemeleri kenar oranı 1/2 ve 1/3 olan iki farklı modeli, 3'er ve 5'er katlı modelleyerek döşeme rijitliklerinin etkilerini incelemişlerdir. Buna göre analizlerin neredeyse tamamında, rijit diyafram kullanılan döşeme modellerinin, esnek diyaframa göre daha düşük kat ötelemesine sebep olduğu görülmüştür. Söz konusu analizlerin sonucunda, rijit diyafram kabulünün, çerçevelere gelen taban kesme kuvveti dağılımına ve binanın periyoduna kayda değer bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

2.2 YAPI-ZEMİN ETKİLEŞİMİ

Yaygın olarak kullanılan yapısal analiz yazılımlarında yapı önce ankastre mesnetli olarak analiz edilir. Analiz sonucu elde edilen mesnet tepkileri, elastik zemine oturan radye temelin sonlu elemanlar modeline ters işaretli uygulanarak radye temel analizi yapılır. Yapının zeminle etkileşimi, radye temel analizindeki düğüm noktalarında doğrusal elastik yaylar tanımlanarak sağlanır (Çelik ve Özturun, 1999). Alt sistem yaklaşımı olarak adlandırılan ve iki aşamada yapılan bu analizlerde yalnızca temel ile zemin arasındaki etkileşim göz önünde bulundurulur. Yapının tamamı ile zeminin

etkileşimi söz konusu değildir. Yapı-Zemin etkileşimini gözönünde bulunduran gerçekçi çözüm ise binanın, temel ve zemin ile birlikte modellenip analiz edilmesidir.

Yapı ile zemin arasındaki etkileşimi sağlayabilmek için zeminin sonlu elemanlar yönteminde yay elemanları ile modellenmesi yaygın olarak kullanılan bir yaklaşımdır. Zemindeki düşey yer değiştirmeler için kullanılan doğrusal yaylar hem çekme hem de basınç kuvveti taşıyabilmektedirler. Yapısal analiz sonucunda zemini tanımlayan yaylarda çekme kuvveti çıkması, zeminin yapıya çekme kuvveti uyguladığı anlamına geldiğinden binadaki kesit tesirleri dağılımı gerçekçi olmayabilmektedir. Bu davranış, ters konsol gibi davranan radye temel uzantılarının üst kısmında ağır donatıların çıkmasına sebep olabilmektedir. Zemin, yapısı itibariyle üst yapıya çekme kuvveti uygulayamayacağından sonlu elemanlar analizi sonucunda yay elemanlarında oluşan kuvvetler kontrol edilmeli, çekme kuvveti oluşan yaylar varsa bu elemanlar silinerek sistem tekrar analiz edilmeli ve bu işleme bütün yaylar sadece basınç kuvveti taşıyana kadar devam edilmelidir (Çelik ve Öztörün, 1999).

Yapı ile zemin arasındaki ilişkiye ait ilk model Winkler (1867) tarafından önerilmiştir. Winkler zemin modeli sadece zeminde oluşan normal gerilmeleri göz önünde bulundurduğundan tek parametrelili zemin modeli olarak tanımlanmaktadır. Kayma veya eğilme etkisini de hesaplamak için farklı yaklaşımlar içeren iki parametrelili modeller geliştirilmiştir.

- Filonenko-Borodich (1940) zemin modeli
- Hetenyi (1946) zemin modeli
- Pasternak (1954) zemin modeli
- Vlasov (1960) zemin modeli

bunlardan en yaygın olanlarıdır.

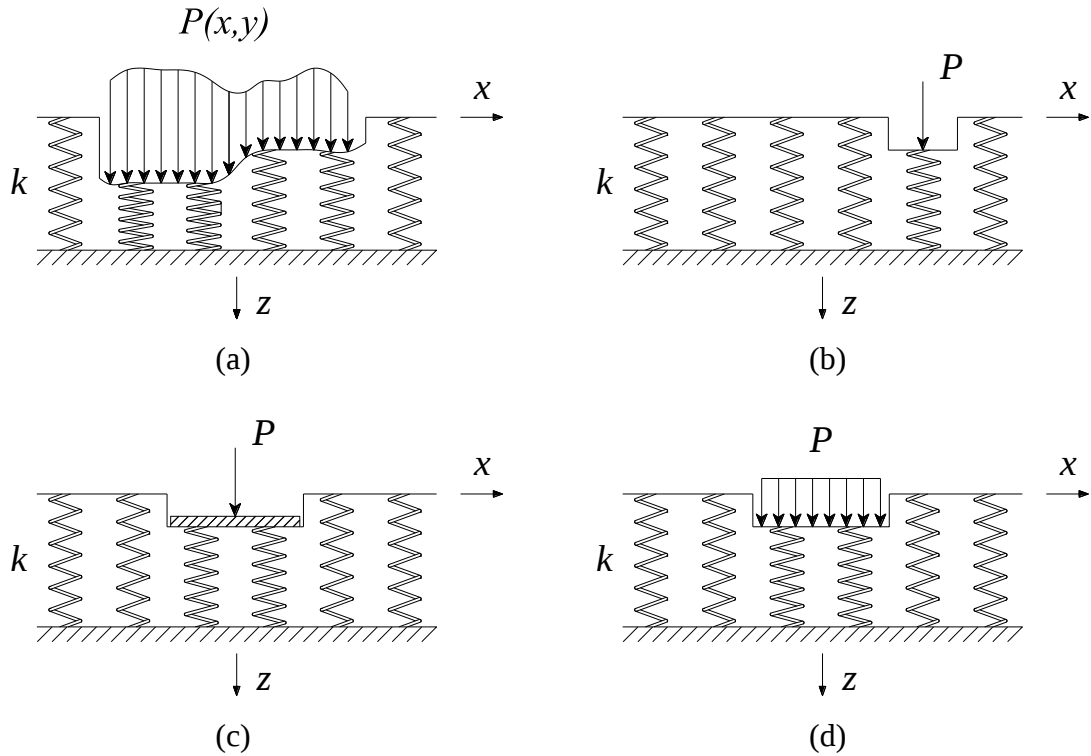
2.2.1 Winkler Zemin Modeli

Zeminin karmaşık yapısı, elastik ve plastik şekil değiştirebilmesi gibi özellikleri sebebiyle zeminin mekanik özellikleri yapısal analizlerde çeşitli varsayımlarla modellenmektedir. Winkler modeli olarak literatüre giren modele göre zemin, birbirine sonsuz yakın doğrusal ve elastik yaylardan oluşan (Şekil 2.3), düşey yer değiştirmenin

(w) sadece o noktaya etki eden taban basıncına (p) ve idealleştirilmiş zemindeki yay sabitine (k) bağlı olduğu bir ortam olarak kabul edilmektedir (Winkler, 1867; Hetenyi, 1950; Özgan ve Daloğlu, 2011). Tek boyutlu bir zemin modeli olan Winkler modelinde zemin tepkisi:

$$p(x) = kw(x) \quad (2.1)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır.



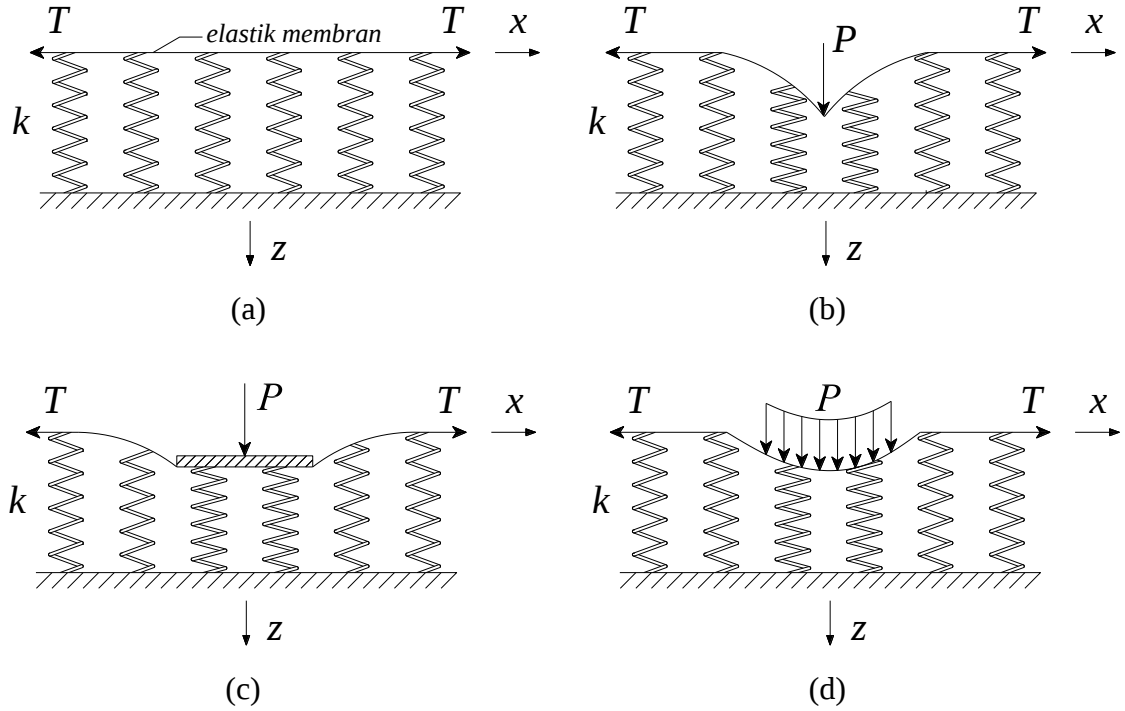
Şekil 2.3: Winkler Zemin Modeli (a) Yayılı yük etkisindeki davranış (b) Tekil yük etkisindeki davranış (c) Rijit plak üzerine uygulanan tekil yük etkisindeki davranış (d) Düzgün yayılı yük etkisindeki davranış

2.2.2 Filonenko-Borodich Zemin Modeli

Filenenko-Borodich (1940) tarafından geliştirilen zemin modelinde, Winkler modelinde zemini tanımlamak için kullanılan düşey yayların arasındaki etkileşimi sağlamak için, yayların iki ucundan T çekme kuvvetine maruz elastik bir membrana bağlı olduğu kabul edilmektedir (Şekil 2.4). Buna göre zemin tepkisi;

$$p(x) = kw(x) - T \frac{d^2 w(x)}{dx^2} \quad (2.2)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada T , membrandaki çekme kuvvetinin değerini ifade etmektedir.



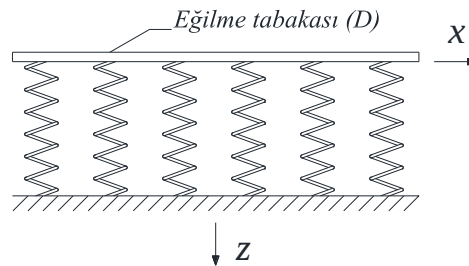
Şekil 2.4: Filonenko-Borodich Zemin Modeli (a) T çekme kuvvetine maruz elastik membran (b) Tekil yük etkisindeki davranış (c) Rijit plak üzerine uygulanan tekil yük etkisindeki davranış (d) Düzgün yayılı yük etkisindeki davranış

2.2.3 Hetenyi Zemin Modeli

Hetenyi (1946) tarafından yapılan çalışmada Winkler yaylarının üzerinde eğilme rijitliği D olan bir eleman eklenmesi önerilmiştir. Bu eleman üç boyutlu analizlerde elastik plak, iki boyutlu analizlerde ise elastik kiriştir. Buna göre zemin tepkisi:

$$p(x) = kw(x) - D \frac{d^4 w(x)}{dx^4} \quad (2.3)$$

bağıntısıyla elde edilmektedir.



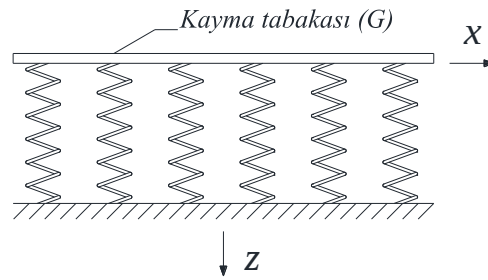
Şekil 2.5: Hetenyi Zemin Modeli

2.2.4 Pasternak Zemin Modeli

Pasternak (1954) zemin modelinde ise Winkler modelinde kullanılan yayların arasında kayma gerilmelerini hesaba katmak için, yayların üst uçlarından sadece kayma şekil değiştirmelerine karşı dirençli sıkıştırılamayan bir tabaka ile bağlandığı varsayılmıştır (Şekil 2.6). Buna göre k_G kayma tabakası parametresi olmak üzere zemin tepkisi:

$$p(x) = kw(x) - k_G \frac{d^2w(x)}{dx^2} \quad (2.4)$$

bağıntısıyla elde edilmektedir.



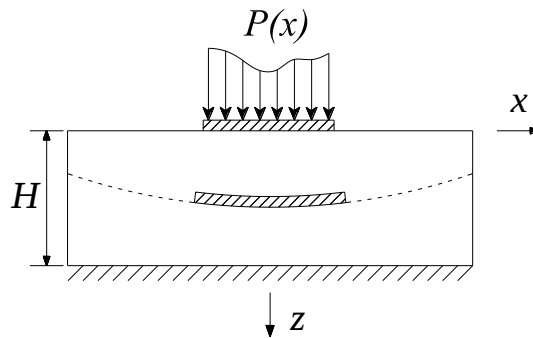
Şekil 2.6: Pasternak Zemin Modeli

2.2.5 Vlasov Zemin Modeli

Vlasov ve Leont'ev (1960) tarafından yapılan çalışmada zemindeki gerilme dağılımı sıkıştırılabilen tabaka kalınlığı boyunca modellenerek, zemin yarı sonsuz bir ortam olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.7). Vlasov modelinde zemin tepkisi:

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

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Bu ifadede $2t$ kayma şekil değiştirmesini temsil eden zemin kayma parametresidir.



Şekil 2.7: Vlasov Zemin Modeli

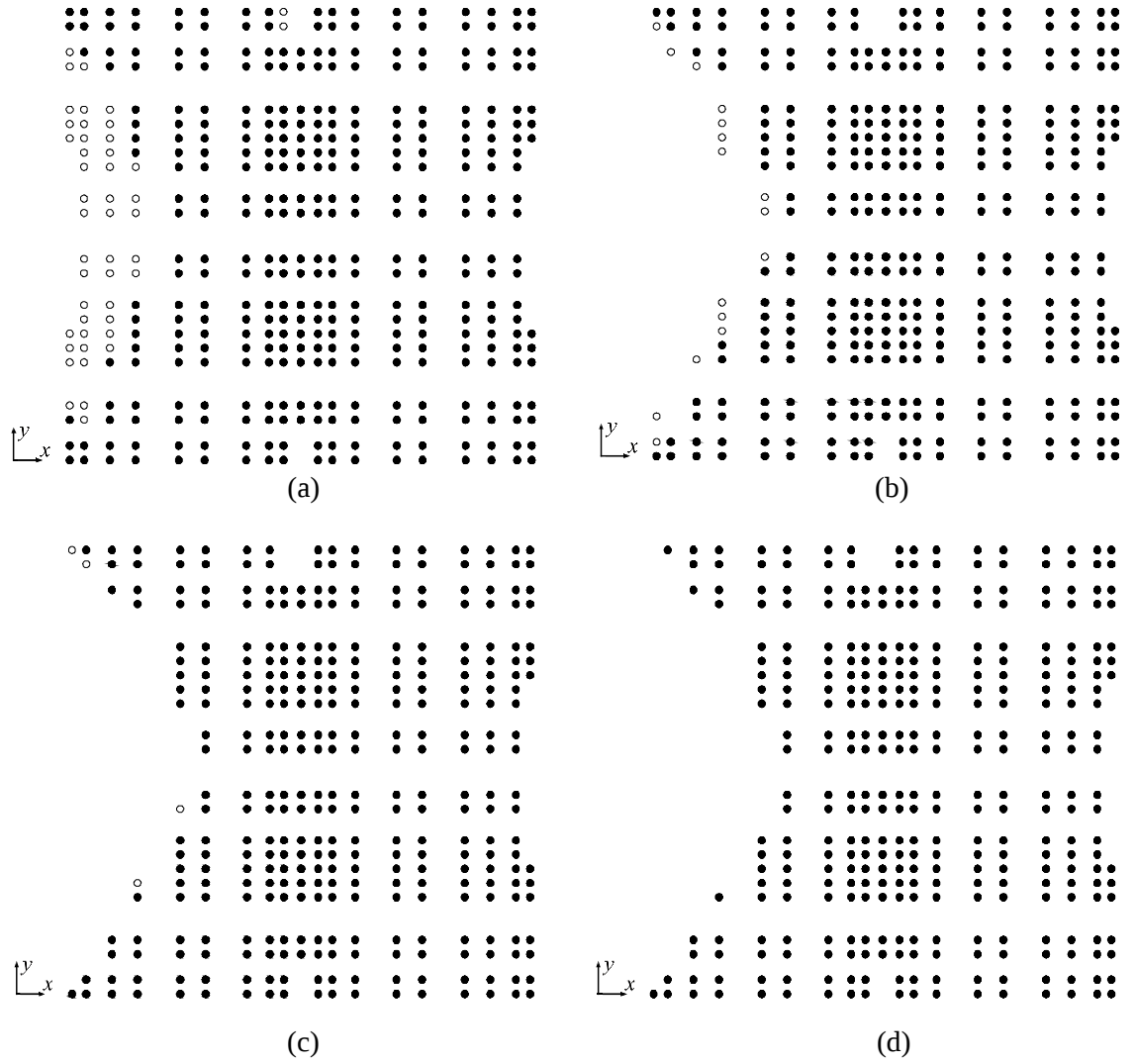
3 MALZEME VE YÖNTEM

3.1 ZEMİN MODELİ

Bina türü yapıların temelinde ankastre olarak modellenmesinin yapısal analize etkisini incelemek için, Winkler zemin modeli kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Buna göre bina, temeli ankastre mesnetli ve Winkler zemin modelinde önerildiği şekilde zemini temsil eden yaylar ile iki farklı şekilde modellenerek analiz edilmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Zeminin sadece normal gerilmeleri taşıyan birbirinden bağımsız düşey yaylarla modellendiği Winkler yönteminde; zeminin mekanik davranışının doğrusal elastik olduğu ve zeminin birbirine komşu olan noktalarında etkileşim olmadığı varsayılmaktadır. Yayların rijitlik değeri (k), zemin yatak katsayısı olarak adlandırılır ve birim gerilme altında, zemindeki birim alanda meydana gelen oturmayı ifade eder.

Zemin, davranışı itibarıyla üst yapıya çekme kuvveti uygulayamayacağından mevcut çalışmada zemin rijitliğinin gözönünde bulundurulduğu modellerin analizlerinde yay elemanlarının sadece basınç kuvveti taşıması için iteratif çözüm yapılmıştır. Analiz sonucunda temelde kullanılan yaylarda çekme kuvveti çıkması durumunda, söz konusu yaylar silinerek model tekrar analiz edilmiştir. Bu iterasyona zemin rijitliğini temsil eden yay elemanlarının tamamı basınç kuvveti taşıyana kadar devam edilmiş ve yapı ile zemin arasında çekme kuvveti oluşması engellenmiştir. Şekil 3.1’de, örnek bir bina modeline ait yay elemanlarının tekrarlı analizler sonucundaki durumu yer almaktadır. Buna göre +X yönünde ve %5 ek dışmerkezlilik etkitilmiş deprem yükleri altındaki binanın zemini 414 yay elemanı ile modellenmiştir. İlk analiz sonucunda çekme kuvveti oluşan 46 yay elemanı silinerek bina modeli yeniden analiz edilmiştir. Bu şekilde yapılan 4 tekrarlı analiz sonucunda zemin davranışını temsil eden yay elemanlarının tamamı basınç kuvveti taşımaktadırlar.



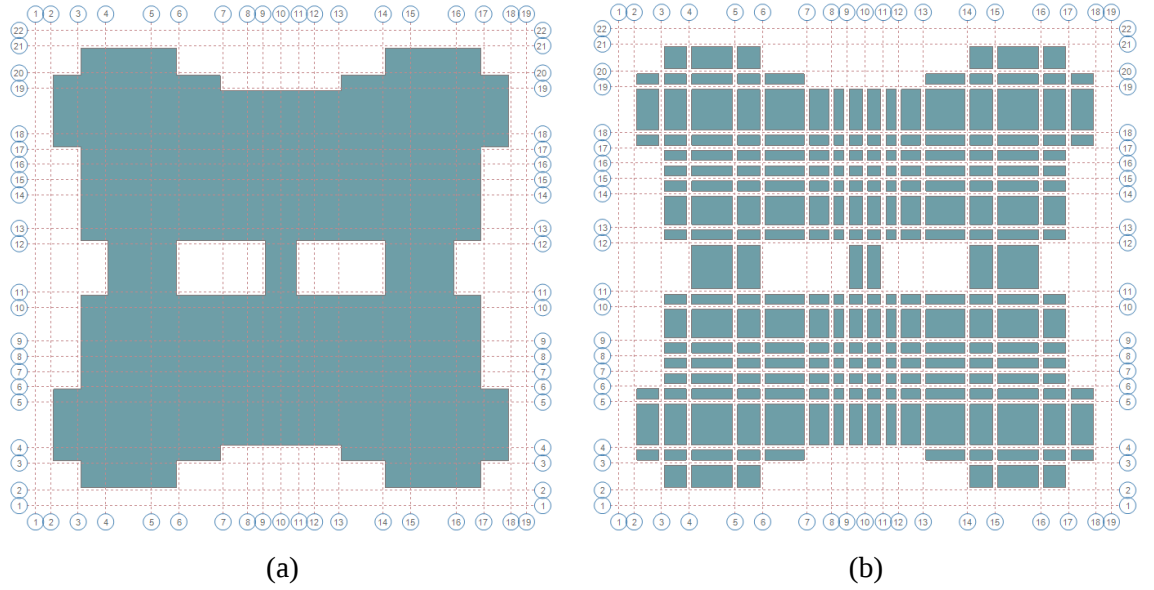
○ : Çekme kuvveti taşıyan yay elemanları ● : Basınç kuvveti taşıyan yay elemanları

Şekil 3.1: Örnek bir bina modelinin tekrarlı analizleri sonucunda yay elemanlarının kuvvet dağılımı (a) 1. analiz (b) 2. analiz (c) 3. analiz (d) 4. analiz

3.2 DÖŞEME MODELİ

Döşeme rijitliğinin bina türü yapı sistemlerinin analizleri üzerindeki etkisini belirlemek için mevcut çalışmada örnek yapısal sistemler, düzleminde sonsuz rijit döşemeler ve gerçek rijitlik değerlerine sahip döşemeler ile modellenip analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Plak elemanlarının modellenmesinde kullanılan ve Bölüm 3.3'te anlatılan sonlu eleman, dikdörtgen geometriye sahip elemanlar için geçerli olduğundan, döşemeler dikdörtgen elemanlar olarak modellenmiştir. Örnek binaların matematiksel modelinde aks sistemi, yapısal elemanlar arasındaki bağlantıyı sağlamak ve yırtılmayı önlemek için, elemanların her düğüm noktasında X , Y ve Z doğrultularında birer aks

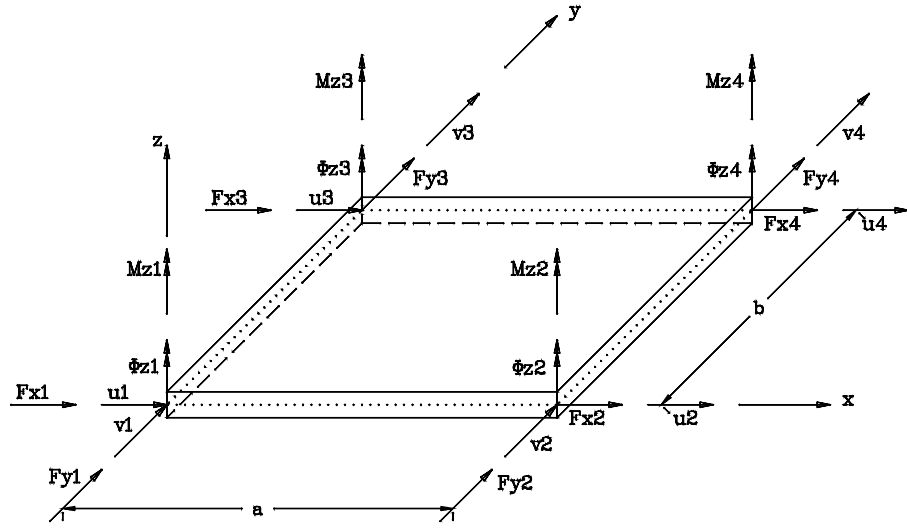
geçecek şekilde oluşturulmuştur. Aksların kesiştiği noktalara, sisteme ait düğüm noktaları tanımlanmıştır. Aks kesişim noktalarının herhangi bir eleman üzerinde, elemanın düğüm noktasından farklı bir yere denk gelmesi durumunda, söz konusu yapısal eleman sisteme ait düğüm noktalarına uygun olacak şekilde bölünerek modellenmiştir (Şekil 3.2). Bu durum matematiksel modelde yer alan elemanların birlikte çalışmalarını sağlamakla birlikte, modellerin eleman sayılarını ve serbestliklerini artırmaktadır.



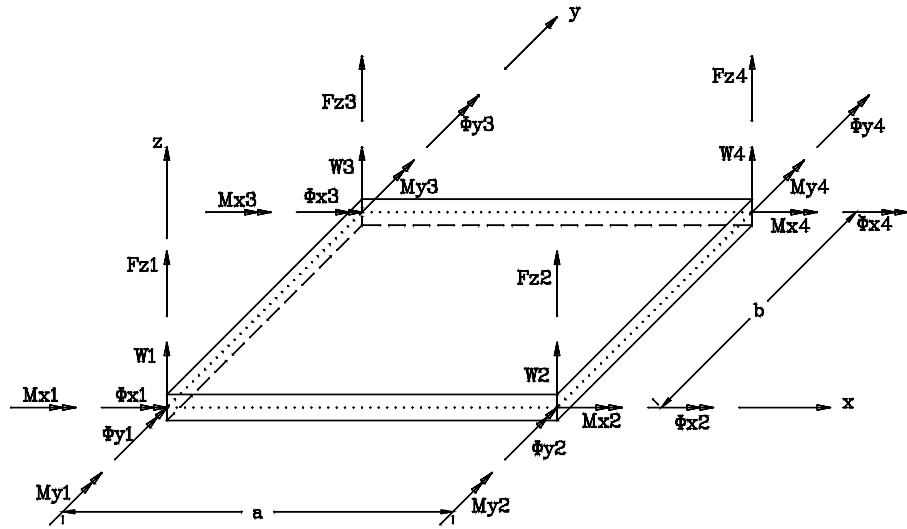
Şekil 3.2: Döşeme modelinin hazırlanması (a) Örnek kat döşemesi (b) Analizlerde kullanılmak üzere hazırlanan model

3.3 DİKDÖRTGEN SONLU ELEMAN FORMÜLASYONU

Mevcut çalışmada incelenen bina türü yapıların yapısal analizlerinde plak elemanları, Öztörün (2006) tarafından geliştirilen ve minimum sayıda eleman kullanılmasında dahi hata oranı %3'ten daha küçük olan bir sonlu eleman ile modellenmiştir.



Şekil 3.3: Düzlem gerilme elemanı ile ilgili kuvvet ve yer değiştirme bileşenleri



Şekil 3.4: Eğilme plağı ile ilgili kuvvet ve yer değiştirme bileşenleri

Dikdörtgen şeklinde, dört düğüm noktasına sahip ve her düğüm noktasında altı serbestliği bulunan sonlu eleman formülasyonu, Şekil 3.3'te görülen düzlem gerilme elemanının formülasyonu ile Şekil 3.4'te görülen eğilme elemanının formülasyonlarının küçük yer değiştirmeler teorisine uygun olarak birleştirilmesi sonucunda elde edilen karma bir elemandır.

Düzlem gerilme etkilerinin eğilme etkilerinden bağımsız olduğu kabulüne dayanan, hem düzlem gerilme hem de eğilme etkilerini göz önünde bulunduran karma elemanın

rijitlik matrisi $[K]$, düzlem gerilme elemanının rijitlik matrisi $[K_S]$ ile eğilme elemanının rijitlik matrisi $[K_B]$ birleştirilerek elde edilir.

3.3.1 Düzlem Gerilme Elemanı

Şekil 3.3'te görülen düzlem gerilme elemanının formülasyonu, elemanın köşe noktalarının rijit olduğu kabulüne dayanmaktadır. Elemanın düzlemindeki açısallık şeklini değiştirmesini ifade eden θ_z , eleman köşe noktalarındaki açısallık yer değiştirmesi bileşenidir. Δ_x ve Δ_y yer değiştirmesi fonksiyonları, düğüm noktası yer değiştirmelerinin fonksiyonu olarak Hermitian interpolasyon formülü ile elde edilmiştir. (Öztorun, 2006)

$$\begin{aligned} \Delta_x(x, y) = & \left(1 - \frac{x}{a}\right) \cdot \left[\frac{1}{b^3} \cdot (2 \cdot y^3 - 3 \cdot b \cdot y^2 + b^3) \cdot \Delta_{x1} - \frac{1}{b^3} \cdot (2 \cdot y^3 - 3 \cdot b \cdot y^2) \cdot \Delta_{x3} \right. \\ & \left. - \frac{1}{b^2} \cdot (y^3 - 2 \cdot b \cdot y^2 + b^2 \cdot y) \cdot \theta_{z1} - \frac{1}{b^2} \cdot (y^3 - b \cdot y^2) \cdot \theta_{z3} \right] \\ & + \left(\frac{x}{a}\right) \cdot \left[\frac{1}{b^3} \cdot (2 \cdot y^3 - 3 \cdot b \cdot y^2 + b^3) \cdot \Delta_{x2} - \frac{1}{b^3} \cdot (2 \cdot y^3 - 3 \cdot b \cdot y^2) \cdot \Delta_{x4} \right. \\ & \left. - \frac{1}{b^2} \cdot (y^3 - 2 \cdot b \cdot y^2 + b^2 \cdot y) \cdot \theta_{z2} - \frac{1}{b^2} \cdot (y^3 - b \cdot y^2) \cdot \theta_{z4} \right] \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} \Delta_y(x, y) = & \left(1 - \frac{y}{b}\right) \cdot \left[\frac{1}{a^3} \cdot (2 \cdot x^3 - 3 \cdot a \cdot x^2 + a^3) \cdot \Delta_{y1} - \frac{1}{a^3} \cdot (2 \cdot x^3 - 3 \cdot a \cdot x^2) \cdot \Delta_{y3} \right. \\ & \left. + \frac{1}{a^2} \cdot (x^3 - 2 \cdot a \cdot x^2 + a^2 \cdot x) \cdot \theta_{z1} + \frac{1}{a^2} \cdot (x^3 - a \cdot x^2) \cdot \theta_{z2} \right] \\ & + \left(\frac{y}{b}\right) \cdot \left[\frac{1}{a^3} \cdot (2 \cdot x^3 - 3 \cdot a \cdot x^2 + a^3) \cdot \Delta_{y2} - \frac{1}{a^3} \cdot (2 \cdot x^3 - 3 \cdot a \cdot x^2) \cdot \Delta_{y4} \right. \\ & \left. + \frac{1}{a^2} \cdot (x^3 - 2 \cdot a \cdot x^2 + a^2 \cdot x) \cdot \theta_{z3} + \frac{1}{a^2} \cdot (x^3 - a \cdot x^2) \cdot \theta_{z4} \right] \end{aligned} \quad (3.2)$$

Düzlem gerilme elemanının düğüm noktası yer değiştirmeleri (Δ_S) ve eleman kuvvetleri (F_S),

$$\{\Delta_S\}^T = [\Delta_{x1} \quad \Delta_{y1} \quad \theta_{z1} \quad \Delta_{x2} \quad \Delta_{y2} \quad \theta_{z2} \quad \Delta_{x3} \quad \Delta_{y3} \quad \theta_{z3} \quad \Delta_{x4} \quad \Delta_{y4} \quad \theta_{z4}] \quad (3.3)$$

$$\{F_S\}^T = [F_{x1} \quad F_{y1} \quad M_{z1} \quad F_{x2} \quad F_{y2} \quad M_{z2} \quad F_{x3} \quad F_{y3} \quad M_{z3} \quad F_{x4} \quad F_{y4} \quad M_{z4}] \quad (3.4)$$

bağıntıları ile elde edilir.

Kullanılmakta olan yer değiştirme fonksiyonu, matematiksel model ağı incelidikçe;

- Rijit cisim hareketinin gerçekleşmesi,
- Sabit gerilme durumunda dűzgűn birim deformasyon daęılımının saęlanması,
- Dűęűm noktalarındaki sűreklilięin yanı sıra komřu elemanlarla ortak sınırlar boyunca deplasman sűreklilięi saęlanması

gibi özűm sonuçlarının yaklaşımını artıran şartları yerine getirmektedir (Öztorun ve dię., 1994).

Elemanın kűőe noktalarında kayma gerilmeleri ve birim řekil deęiřtirmeler oluřmamakla birlikte bu durum, sabit dűzlemsel asal gerilmeleri yerine getirme űzellięini etkilememektedir. Rijit kűőe noktalarının etkisi elemanı kayma řekil deęiřtirmelerine karřı rijit yapmakta ancak kűbik yer deęiřtirme fonksiyonu kullanılması sebebiyle dűzlemsel eęilmelerin tanımlanmasında makul sonuçlar vermektedir. (Öztorun, 2006)

3.3.1.1 Gerilme – Birim Deformasyon İlişkisi

İzotropik malzeme kullanılması durumunda iki boyutlu dűzlem – gerilme problemleri için Hook kanunu;

$$\begin{Bmatrix} \sigma_X \\ \sigma_Y \\ \tau_{XY} \end{Bmatrix} = \frac{E_s}{1-\nu_s^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu_s}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \varepsilon_X \\ \eta_Y \\ \gamma_{XY} \end{Bmatrix} \quad (3.5)$$

veya

$$\{ \sigma_s \} = [\pi_s] \cdot \{ \varepsilon_s \} \quad (3.6)$$

bağıntıları ile tanımlanmaktadır. Bu bağıntıda;

$$\{\sigma_s\} = \begin{Bmatrix} \sigma_X \\ \sigma_Y \\ \tau_{XY} \end{Bmatrix} \quad (3.7)$$

$$[\pi_s] = \frac{E_s}{1-\nu_s^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu_s}{2} \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

$$\{\varepsilon_s\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_X \\ \eta_Y \\ \gamma_{XY} \end{Bmatrix} \quad (3.9)$$

olup,

E_s : Düzlem gerilme elemanının malzemesi için elastisite modülü,

ν_s : Poisson oranıdır.

3.3.2 Eğilme Elemanı

Elemanda kullanılan eğilme plağı formülasyonu için literatürde bulunan beş farklı formülasyon incelenmiştir (Melosh, 1961, 1963; Adini ve Clough 1960; Papenfuss 1959). Clough ve Tocher (1966) tarafından yapılan karşılaştırmalı çalışmada Adini ve Clough (1960) ve Melosh (1961) tarafından yapılan iki çalışmanın, eğilmeye çalışan plak analizlerinde daha başarılı olduğu ifade edilmiştir. Adini ve Clough (1960) tarafından önerilen model, Melosh (1961) tarafından önerilen modele kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğinden, dikdörtgen sonlu eleman formülasyonunda gerilme etkilerinin, eğilme etkileri ile birlikte analizi için tercih edilmiştir.

Her düğüm noktasında altı bilinmeyen bulunduran dikdörtgen sonlu elemanın formülasyonunda kullanılan dikdörtgen eğilme plağı elemanının koordinat sistemi, düğüm noktası kuvvetleri ve yer değiştirme bileşenleri Şekil 3.4'te görülmektedir. Eğilme elemanında rijitlik matrisini elde etmek için Argyris (1965) tarafından önerilen Δ_z yer değiştirme fonksiyonu kullanılmıştır (Denklemler 3.12).

$$x_0 = \frac{x}{a} \quad (3.10)$$

$$y_0 = \frac{y}{b} \quad (3.11)$$

olmak üzere;

$$\begin{aligned} \Delta_z(x, y) = & \left[1 - x_0 \cdot y_0 - (3 - 2x_0) \cdot (1 - y_0) \cdot x_0^2 - (1 - x_0) \cdot (3 - 2y_0) \cdot y_0^2 \right] \cdot \Delta_{z1} \\ & + \left[y \cdot (1 - x_0) \cdot (1 - y_0)^2 \right] \cdot \theta_{x1} - \left[x \cdot (1 - x_0)^2 \cdot (1 - y_0) \right] \cdot \theta_{y1} \\ & + \left[(3 - 2x_0) \cdot (1 - y_0) \cdot x_0^2 + (1 - y_0) \cdot (1 - 2y_0) \cdot x_0 \cdot y_0 \right] \cdot \Delta_{z2} \\ & + \left[y \cdot x_0 \cdot (1 - y_0)^2 \right] \cdot \theta_{x2} + \left[x \cdot x_0 \cdot (1 - x_0) \cdot (1 - y_0) \right] \cdot \theta_{y2} \\ & + \left[(1 - x_0) \cdot (3 - 2y_0) \cdot y_0^2 + (1 - x_0) \cdot (1 - 2x_0) \cdot x_0 \cdot y_0 \right] \cdot \Delta_{z3} \\ & - \left[y \cdot y_0 \cdot (1 - x_0) \cdot (1 - y_0) \right] \cdot \theta_{x3} - \left[x \cdot y_0 \cdot (1 - x_0)^2 \right] \cdot \theta_{y3} \\ & + \left[(3 - 2x_0) \cdot x_0^2 \cdot y_0 - x_0 \cdot y_0 \cdot (1 - y_0) \cdot (1 - 2y_0) \right] \cdot \Delta_{z4} \\ & - \left[y \cdot x_0 \cdot y_0 \cdot (1 - y_0) \right] \cdot \theta_{x4} + \left[x \cdot x_0 \cdot y_0 \cdot (1 - x_0) \right] \cdot \theta_{y4} \end{aligned} \quad (3.12)$$

Eğilme elemanının düğüm noktası yer değiştirmeleri (Δ_B) ve elemanın kuvvetleri (F_B),

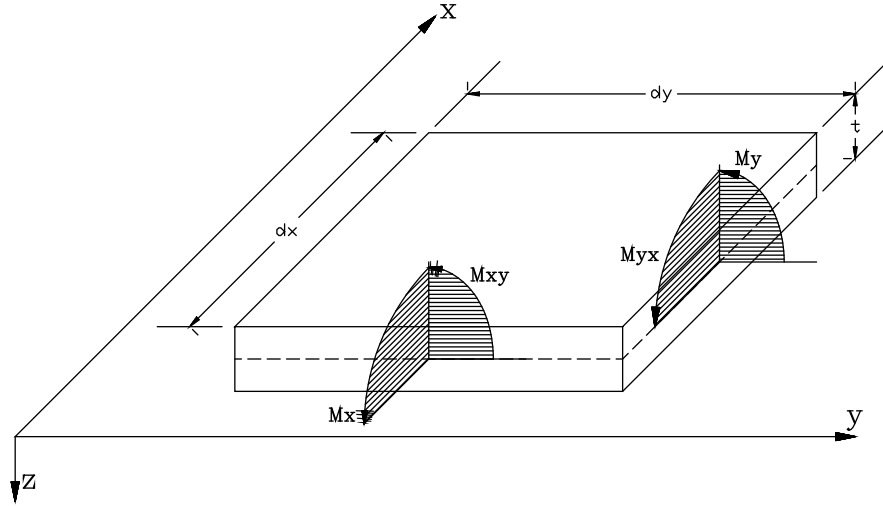
$$\{\Delta_B\}^T = \left[\Delta_{z1} \quad \theta_{x1} \quad \theta_{y1} \quad \Delta_{z2} \quad \theta_{x2} \quad \theta_{y2} \quad \Delta_{z3} \quad \theta_{x3} \quad \theta_{y3} \quad \Delta_{z4} \quad \theta_{x4} \quad \theta_{y4} \right] \quad (3.13)$$

$$\{F_B\}^T = \left[F_{z1} \quad M_{x1} \quad M_{y1} \quad F_{z2} \quad M_{x2} \quad M_{y2} \quad F_{z3} \quad M_{x3} \quad M_{y3} \quad F_{z4} \quad M_{x4} \quad M_{y4} \right] \quad (3.14)$$

bağıntıları ile elde edilir

Denklem 3.12’de verilen yer değiştirme fonksiyonuna karşılık gelen eğilme elemanının rijitlik matrisi $[K_B]$ EK’te sunulmuştur.

Eğilme plağı analizlerinde, eğilme ve burulma momentlerine karşılık gelen gerilme dağılımları plağın birim uzunluğu için ve düzlem gerilme elemanının analiz sonuçları ile uyumlu olması için plak elemanının orta noktasında elde edilir. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5: Eğilme plağı elemanında birim uzunluğa karşılık gelen moment

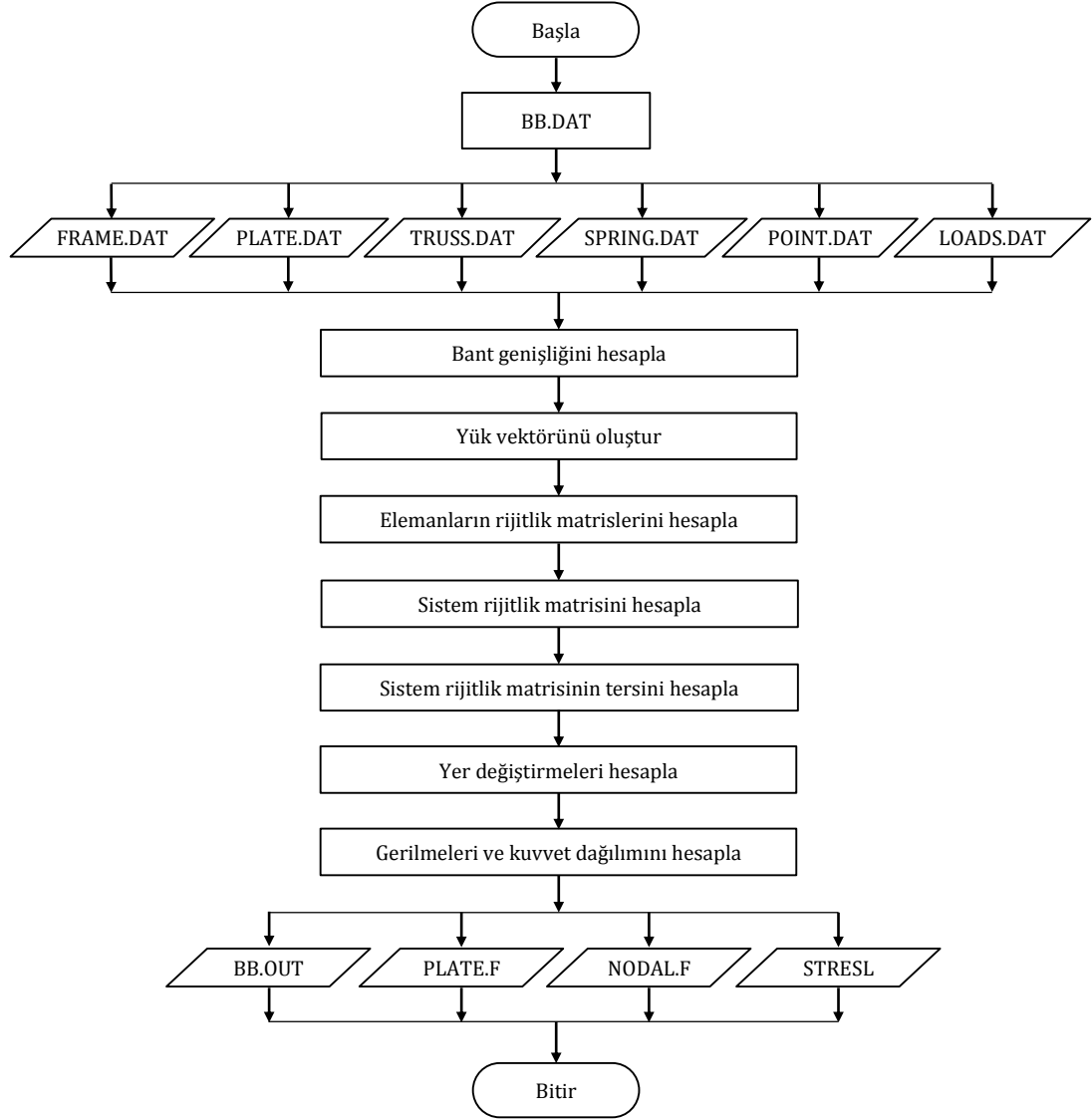
3.4 TUNAL YAZILIMI

Yapısal analizlerde bilinmeyen sayısı arttıkça, çözülecek denklem sayısı ve dolayısıyla işlem hacmi ve süresi artmaktadır. Elle yapılan analizler, gerek işlem hacminin fazlalığı gerekse de hata ihtimalinin yüksek olması sebebiyle bina türü yapıların analizinde kullanışlı olmamaktadır. Bu sebeple işlem süresini ve hata oranını azaltmak için, yapı türlerine göre tasarlanan (bina, köprü, tünel vb.) özel amaçlı yazılımların yanı sıra, yapı türlerinden bağımsız olarak analiz yapabilen genel amaçlı yazılımlar da geliştirilmiştir.

Mevcut çalışmadaki yapısal analizlerde, sonlu elemanlar yöntemini kullanan genel amaçlı yapısal analiz yazılımı TUNAL (Şekil 3.6) kullanılmıştır. Çerçeve, kafes, yay ve dikdörtgen plak elemanlarını içeren TUNAL yazılımı gerçek üç boyutlu analiz yapabilmektedir.

Sonlu elemanlar yönteminin, analizlerdeki işlem süresini en çok etkileyen aşaması olan sistem rijitlik matrisinin tersinin hesaplanmasında TUNAL yazılımı “Geliştirilmiş Cholesky Yöntemi”ni kullanmaktadır. Bant özelliği taşıyan simetrik matrislerin, yarım bant üzerindeki elemanlarıyla işlem yapan bu yöntemde, işlem hacmi bant genişliğiyle orantılıdır (Şekil 3.7). Sonlu elemanlar yönteminde, sistem rijitlik matrisinin bant genişliği düğüm noktalarının numaralandırılmasıyla ilişkili olduğundan, mevcut

çalışmada hazırlanan bina modellerinde düğüm noktaları, bant genişliğini azaltacak şekilde numaralandırılmıştır.



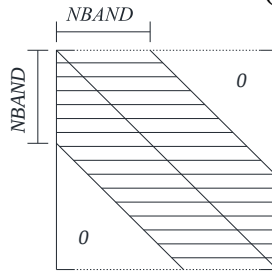
Şekil 3.6: TUNAL Yazılımı Makro Akış Şeması

Zemin rijitliğinin göz önünde bulundurulduğu modellerde yapılacak iteratif çözümler için, TUNAL yazılımının kaynak kodlarında bazı düzenlemeler yapılmıştır. Buna göre yazılım çalıştırıldığında herhangi bir müdahale gerekmezken veri dosyalarını okuyup analizleri yapmaktadır. Bu özelliğiyle, iteratif çözümleri yöneten yardımcı yazılımın analiz birimi olarak etkileşimli çalışabilmektedir.

TUNAL yazılımı, ASCII (Bilgi Değişimi İçin Amerikan Standart Kodlama Sistemi) karakterli veri dosyalarıyla çalışmakta ve analiz sonuçlarını da ASCII karakterlerden oluşan dosyalara kaydetmektedir. Veri dosyalarının matematiksel modele uygunluğunun denetlenebilmesi ve analiz sonuçlarının değerlendirilebilmesi için bir çizim yazılımı mevcuttur. Bu yazılım, matematiksel modeli ve analiz sonuçlarını içeren dosyaları kullanarak modele ait çizim dosyasını DXF formatında hazırlayıp, CAD yazılımlarında görüntülenebilmesini sağlamaktadır. Yazılım plak elemanlarını, çerçeve elemanlarını, şekil değiştirmiş sistemi, düğüm noktası numaralarını ve konumlarını ayrı ayrı çizim dosyalarına kaydedebilmektedir.

$$[K] = \begin{bmatrix} K_{1,1} & K_{1,2} & K_{1,3} & \cdots & K_{1,NBAND} & 0 & \cdots & 0 \\ K_{2,1} & K_{2,2} & K_{2,3} & \ddots & \ddots & K_{2,NBAND} & \ddots & \vdots \\ K_{3,1} & K_{3,2} & K_{3,3} & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & K_{n,NBAND} \\ K_{NBAND,1} & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & K_{n-2,n-2} & K_{n-1,n-2} & K_{n,n-2} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & K_{n-2,n-1} & K_{n-1,n-1} & K_{n,n-1} \\ 0 & \cdots & 0 & K_{n,n-NBAND-1} & \cdots & K_{n-2,n} & K_{n-1,n} & K_{n,n} \end{bmatrix}$$

(a)



(b)



(c)

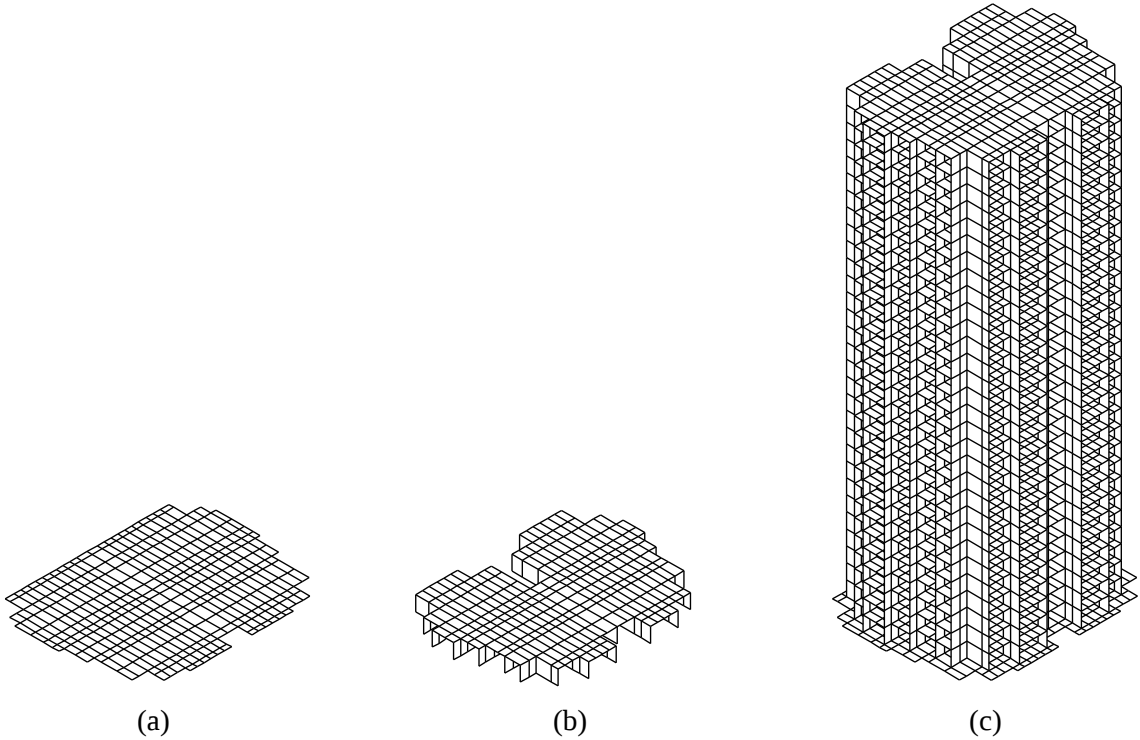
Şekil 3.7: Bant matrisin “Geliştirilmiş Cholesky Yöntemi”ne uyarlanması (a) Bant özelliğine sahip sistem rijitlik matrisinin yapısı (b) Bant özelliğine sahip matris (c) Uyarlanmış matris

3.5 GELİŞTİRİLEN YARDIMCI YAZILIMLAR

3.5.1 TUNAL Veri Hazırlama Yazılımı

TUNAL yazılımının veri dosyaları ASCII karakterlerden oluşur, “.DAT” uzantılıdır ve kelime işlem yazılımlarıyla hazırlanabilmektedir. Bina türü yapı sistemlerinin matematiksel modellerinde bulunan eleman, düğüm noktası, yükleme ve sınır şartı sayılarının fazlalığı sebebiyle kelime işlem yazılımlarında veri dosyalarını oluşturmak kullanışlı olmadığından mevcut çalışma kapsamında bir “Veri Hazırlama Yazılımı” geliştirilmiştir.

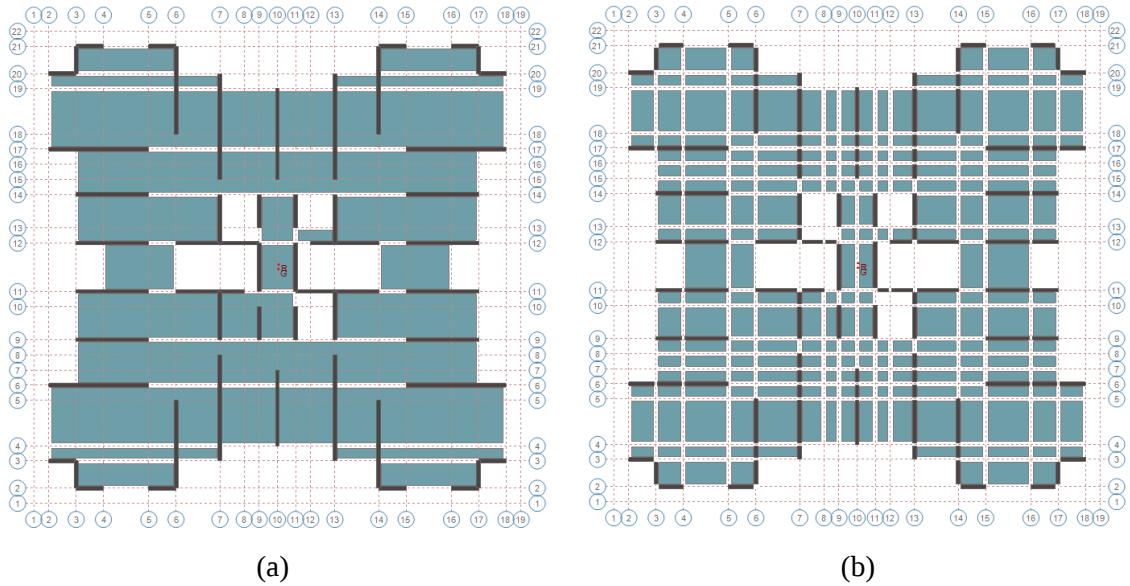
Bina türü yapı sistemleri için özel amaçlı olarak geliştirilen yazılım, bir düzlemde girilen bilgilerle matematiksel modelin tamamını hazırlayabilmektedir. Değişken kat planlarına sahip binaların modellenmesi için, eleman tanımları sadece mevcut bulundukları katlarda yapılabilmektedir. Bu özellikleri ile “Veri Hazırlama Yazılımı” binaların hızlı ve hatasız modellenerek, analiz için gerekli veri dosyalarının hazırlanmasına imkan sağlamaktadır.



Şekil 3.8: Tek kat bilgisi tanımlanan bina modelinin üretilmesi (a) Temel bilgisi
(b) Tek kat bilgisi (c) Yazılım tarafından oluşturulan bina modeli

Yazılımda modele ait düğüm noktalarını oluşturmak için akslar kullanılmıştır. Z eksenini düşey eksen olarak kabul edildiğinden, bu eksenle tanımlanan aks aralıkları binanın kat yüksekliklerini ifade etmektedir. Veri dosyaları oluşturulurken öncelikle X, Y ve Z eksenlerinde tanımlanan aksların kesişim noktalarına düğüm noktaları atanır. Model tamamlandıktan sonra herhangi bir yapısal elemanın bağlı olmadığı noktalar silinerek matematiksel modelde en az sayıda düğüm noktası tanımlanmaktadır. Düğüm noktaları, sistem rijitlik matrisi bant genişliği en az olacak şekilde numaralandırılmaktadır. Bu amaçla numaralandırma en az düğüm noktası içeren eksenlerdeki noktalardan başlayıp, en fazla düğüm noktası içeren eksenlerdeki noktalara doğru yapılmaktadır.

Perde duvar, döşeme, temel, kolon ve kiriş gibi yapısal elemanlar ekranda çizilerek yazılıma tanımlanabilmektedir. Perde ve kiriş elemanları kat kalıp planındaki başlangıç ve bitiş noktalarında tanımlanabilirler. Aynı şekilde döşeme ve temel elemanları da dikdörtgen biçiminde tanımlanabilmektedirler. Tanımlanan elemanların açıklıklarında düğüm noktası olması durumunda, bu noktaya göre elemanlar birden fazla sonlu elemana bölünmektedir (Şekil 3.9). Bu sayede bütün elemanların, gerçek davranışta olduğu gibi birbirine bağlı olmasını sağlayıp, analiz sonucunda yırtılma diye tabir edilen durum engellenmektedir.

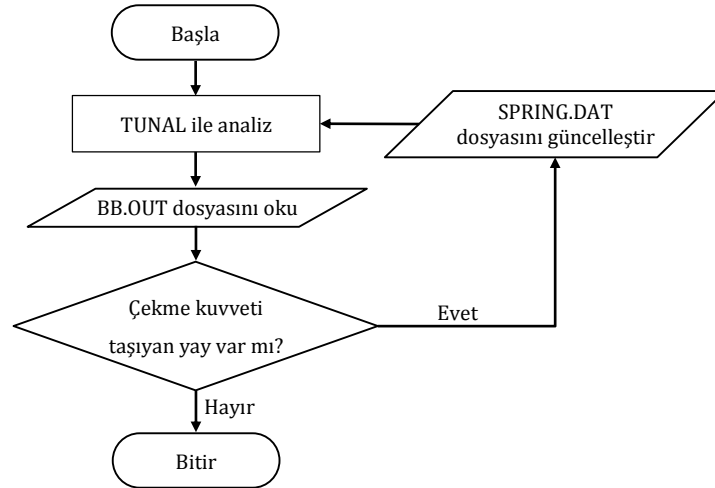


Şekil 3.9: Modelin akslara göre bölünmesi (a) Yazılımda tanımlanan kat planı
(b) Yazılım tarafından bölünmüş model

Bina modeline uygulanan yatay yükler, düğüm noktalarına “Veri Hazırlama Yazılımı” tarafından dağıtılmaktadır. Zemin rijitliğini temsilen analizde kullanılan yaylar, yazılıma tanımlanan “Zemin Yatak Katsayısı” değeri kullanılarak modellenmektedir.

3.5.2 TUNAL Zemin Etkileşim Yazılımı

Bölüm 3.1’de anlatılan tekrarlı çözümle, zemine sadece basınç kuvvetlerinin etki etmesini sağlayan bir yardımcı yazılım geliştirilmiştir. Sonlu elemanlar analizleri için TUNAL’ı alt program olarak kullanan bu yazılım çalıştırıldığında, aynı dizinde bulunan modele ait veri dosyalarını TUNAL’ı çalıştırarak analiz etmektedir. Analiz sonucunda çekme kuvveti taşıyan yayları silerek veri dosyalarını günceller ve tekrar analiz eder. Bu tekrarlı çözüm bütün yaylar sadece basınç kuvveti taşıyana kadar devam etmektedir. Yazılım sonlandığında elde edilen sonuçlar yapıya ait nihai çözümdür (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Tunal Zemin Etkileşim yazılımı akış diyagramı

3.5.3 TUNAL Sonuç Analiz Yazılımı

TUNAL sonuç dosyalarında, yapısal elemanların düğüm noktalarında taşıdığı kuvvetler yer almaktadır. Düğüm noktalarındaki kuvvetleri kullanarak elemanların kesit tesirlerini hesaplamak ve grafik çizimine uygun biçimde veri oluşturmak için bir yazılım geliştirilmiştir. “TUNAL Sonuç Analiz” adı verilen bu yazılım, matematiksel modelde yer alan plak elemanlarının ait olduğu perde, döşeme ve temel elemanlarını belirleyebilmektedir. Modelleme sırasında düğüm noktalarına uyarlamak ve diğer yapısal elemanlarla bağlantıyı sağlamak adına birden fazla sonlu elemanla tanımlanan perdelerle ait kesit tesirlerini, eleman parçalarının bilgilerini birleştirerek hesaplamaktadır.

4 BULGULAR

4.1 ANALİZLERDE KULLANILAN YAKLAŞIMLAR

Düzleminde rijit döşeme ve zemin rijitliği ile ilgili varsayımların yatay yükler altındaki binaların analizleri üzerindeki etkisi, düşey taşıyıcı sistemi perde duvarlardan oluşan dört farklı bina üzerinde incelenmiştir. Varsayımların kat adedi ve bina yüksekliğine bağlı etkilerinin görülebilmesi için binalar 10, 20 ve 30 kat olmak üzere üç farklı kat adediyle modellenmiştir. Yatay yükler, birinci moda göre hesaplanarak modellere +X ve +Y yönlerinde iki farklı yükleme durumuyla etkilmiştir. Zemin yapı etkileşiminin analiz sonuçlarına etkisini incelemek için yapıların temeli hem ankastre mesnetlenerek rijit zemin varsayımı ile hem de Winkler zemin modeli ile modellenmiştir. Zemin rijitliğinin etkisini incelemek amacıyla Winkler zemin modeli kullanılarak hazırlanan modellerde $k=100000 \text{ kN/m}^3$ ve $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olmak üzere iki farklı zemin yatak katsayısı kullanılmıştır.

Mevcut çalışma kapsamında her bina;

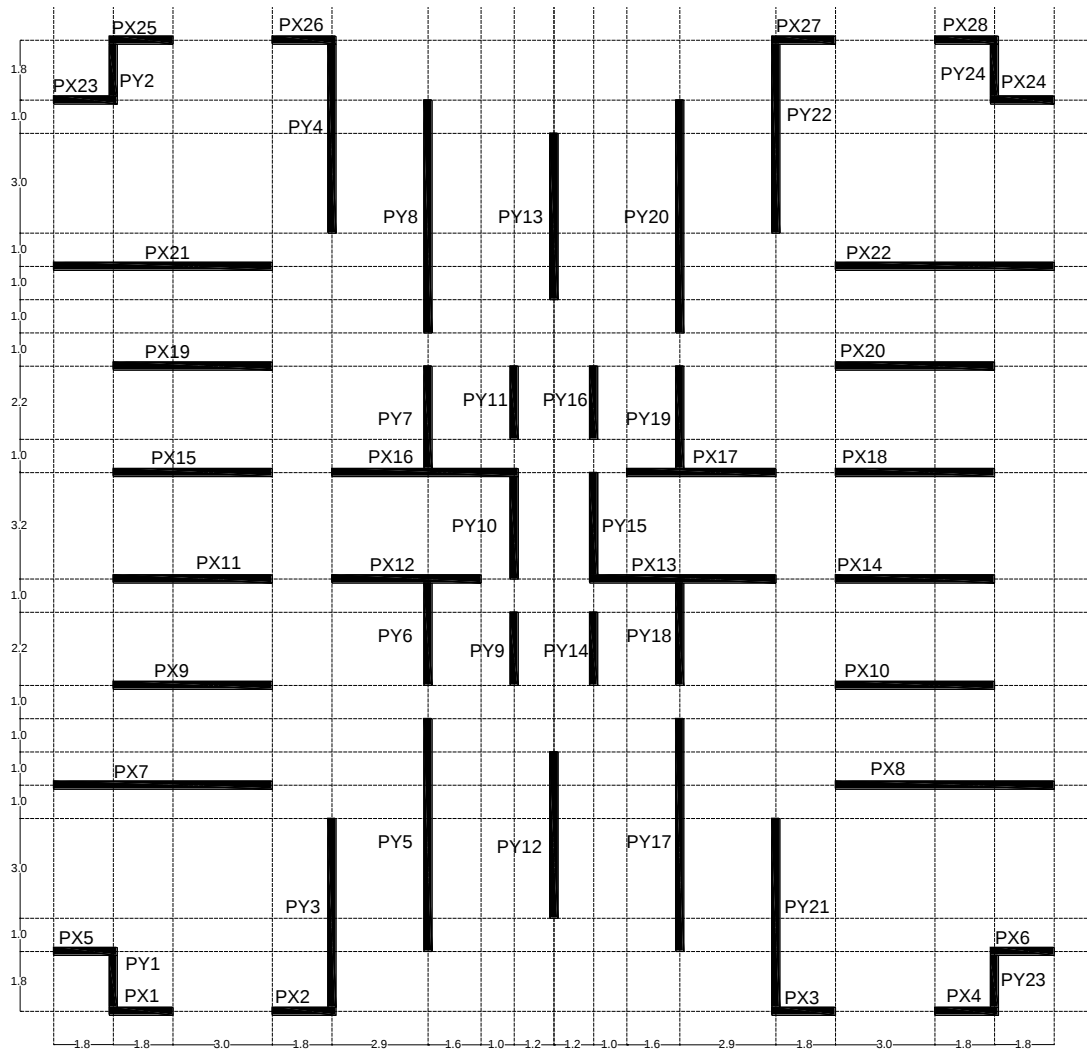
- Elastik Döşeme – Elastik Zemin ($k=100000 \text{ kN/m}^3$)
- Elastik Döşeme – Elastik Zemin ($k=24000 \text{ kN/m}^3$)
- Elastik Döşeme – Rijit Zemin
- Rijit Döşeme – Elastik Zemin ($k=100000 \text{ kN/m}^3$)
- Rijit Döşeme – Elastik Zemin ($k=24000 \text{ kN/m}^3$)
- Rijit Döşeme – Rijit Zemin

olmak üzere altı farklı şekilde modellenmiş ve yukarıda açıklanan iki farklı yükleme durumuyla analiz edilmiştir. Analiz sonuçları kullanılarak her düşey taşıyıcı elemanın alt ve üst noktalarında oluşan kuvvetleri ifade eden; aksel kuvvet, kesme kuvveti ve moment grafikleri hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan toplam 144 analiz

sonucunda düşey taşıyıcı elemanlara ait 3312 grafik elde edilmiştir. Bu grafiklerden çalışmanın amacına uygun olanları seçilerek ilgili bölümlerde sunulmuştur.

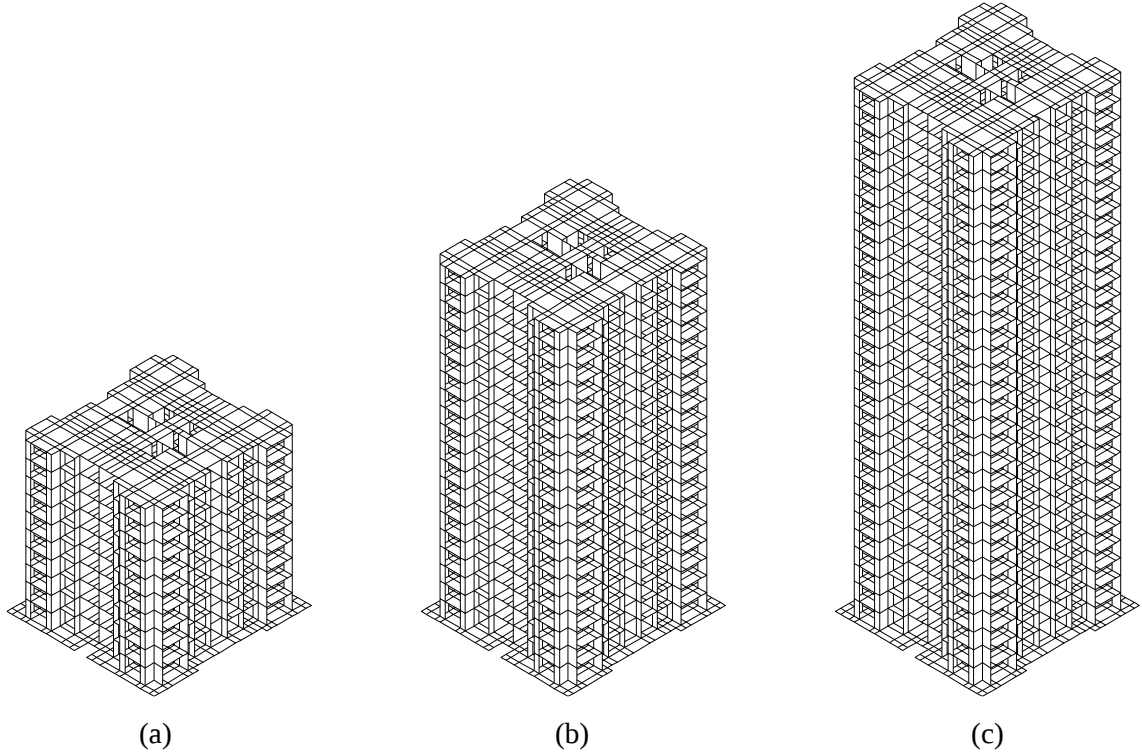
4.2 ÖRNEK BİNA 1

X doğrultusunda 30.2 m, Y doğrultusunda ise 29.2 m boyutlarına sahip olan 1 numaralı örnek binada perde duvarların kalınlığı 250 mm, döşeme plaklarının kalınlığı ise 140 mm'dir. Malzeme elastisite modülü $3.2E7 \text{ kN/m}^2$ olarak kullanılmıştır. Kat yükseklikleri bütün katlarda aynı olup, 2.8 m olarak modellenmiştir. Binaya ait Şekil 4.1'deki kat kalıp planı, Bulgu (2007) tarafından yapılan çalışmada yer alan bir kat kalıp planı kullanılarak hazırlanmıştır.



Şekil 4.1: Örnek Bina 1'e ait kat kalıp planı

Bina Şekil 4.2'deki gibi 10, 20 ve 30 katlı olarak üç farklı şekilde modellenmiş ve modellerin her biri iki farklı yükleme durumu ile analiz edilmiştir. Buna göre yapıya etkiyen yatay yükler $+X$ ve $+Y$ yönlerinde ayrı ayrı etkitilmiştir. Her iki yükleme durumunda da yapıya etkiyen düşey yükler hesaba katılmıştır.



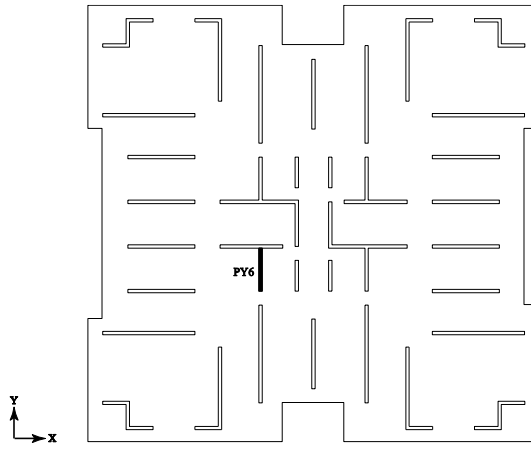
Şekil 4.2: Örnek Bina 1'in farklı kat sayıları ile modellenmesi (a) 10 katlı model
(b) 20 katlı model (c) 30 katlı model

Analizler sonucunda, zemin ve döşeme ile ilgili varsayımların, perde duvarlarda oluşan kesit tesirleri üzerine, özellikle zemin kat seviyesinde etkili olduğu görülmüştür. Temelin ankastre mesnetlenmesinin, bazı perde duvarlarda eksenel kuvvetlerin ters yönde oluşmasına sebep olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre; ankastre mesnetlenen 10 katlı modelin PY6 perdesinde (Şekil 4.3) basınç kuvvetleri oluşurken, zemin rijitliklerinin tanımlandığı modellerde zemin kat seviyesinde çekme kuvvetleri oluşmaktadır (Şekil 4.4). 20 ve 30 katlı modellerde ise PY6 perdesi çalışmaya esas bütün zemin ve mesnetlenme koşullarında sadece basınç kuvveti taşımaktadır (Şekil 4.5, 4.6).

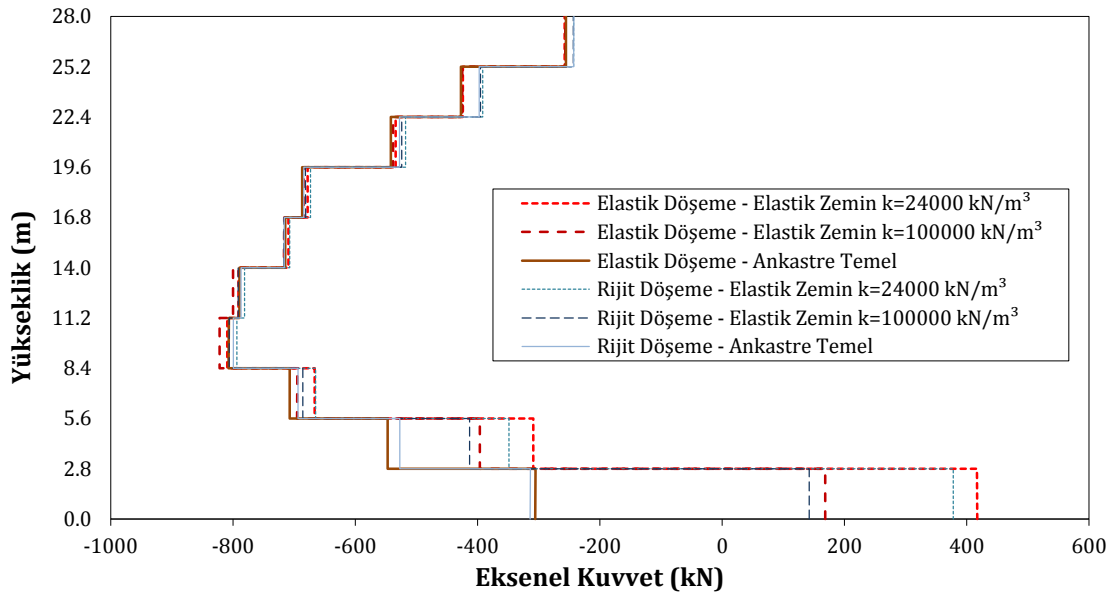
Bina temelinin ankastre mesnetlenmesi durumunda zemin oturmaları, temelde şekil değiştirmeler ve buna bağlı olarak temelde kesit tesirleri oluşmadığından; zemin

rijitliğinin tanımlandığı modellere göre perde elemanlarda oluşan aksenal kuvvetler, özellikle zemin kat seviyesinde büyük farklılıklar göstermektedir.

Zemindeki oturmalar ve temelde oluşan şekil değiştirmelere bağlı olarak $k=24000$ kN/m^3 olan zemin koşulunda +Y yüklemesi altındaki 10 katlı modelin PY6 perdesinde (Şekil 4.3) oluşan etkilerle ilgili şekil değiştirmiş duruma ait kesitler Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9’da görülmektedir. Buna göre göreceli olarak daha büyük eğilme rijitliğine sahip PY5 perdesinde oluşan momentlerin temel aracılığıyla iletilmesi sonucu, PY6 perdesinde zemin kat seviyesinde çekme kuvvetleri oluşmaktadır.

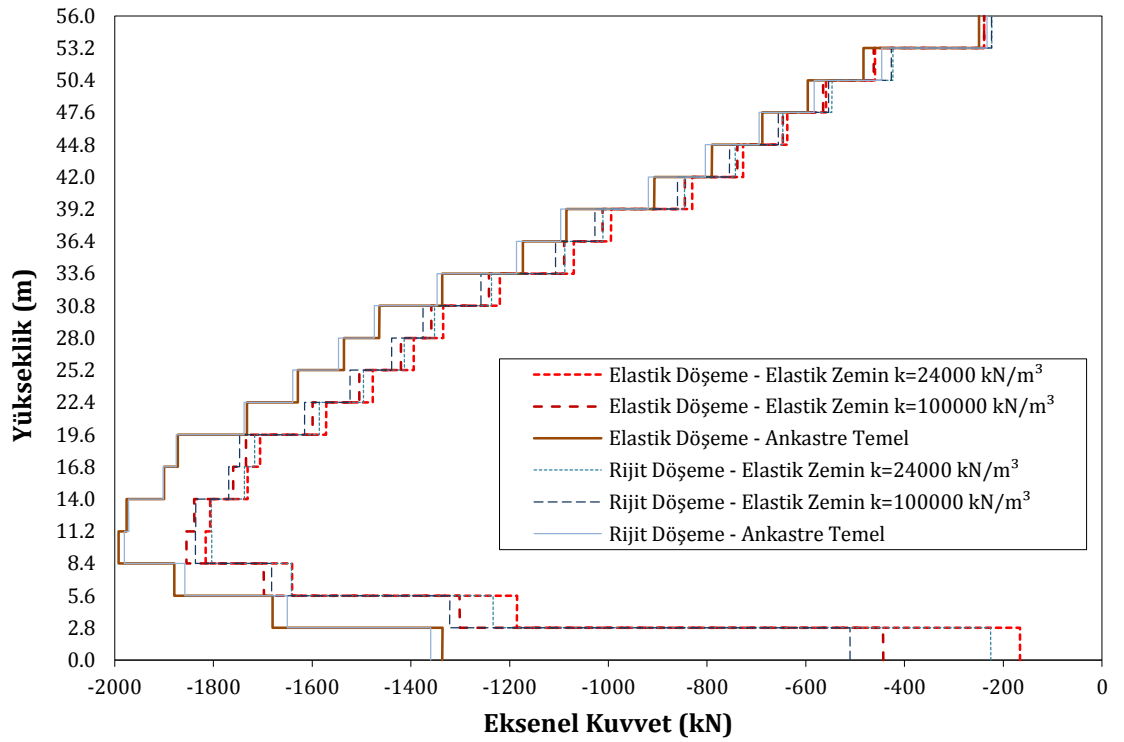


Şekil 4.3: Örnek Bina 1’e ait kat kalıp planında PY6 perdesinin konumu

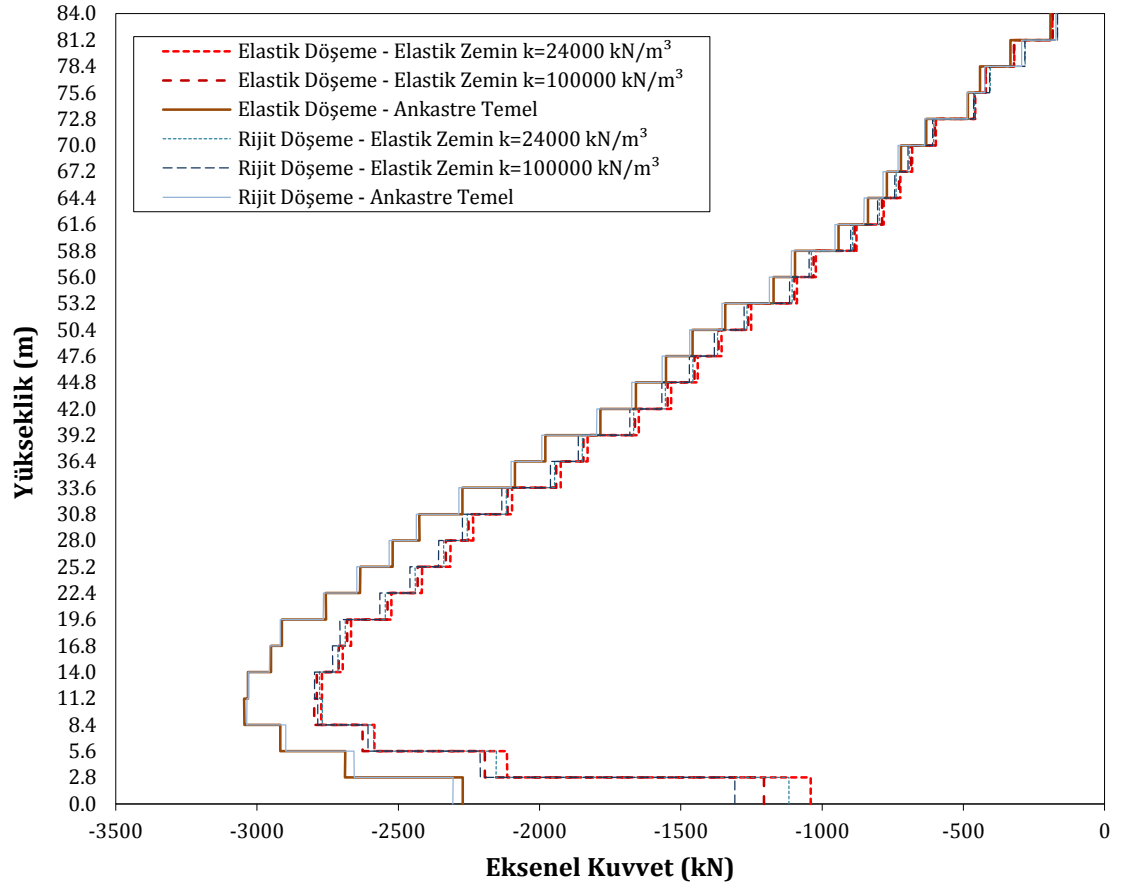


Şekil 4.4: Örnek Bina 1’in 10 katlı modellerinde PY6 perdesine ait aksenal kuvvet grafiği

Rijit döşeme varsayımının, Örnek Bina 1'e ait analizlerde eksenel kuvvetlerin işaret değişimine sebep olmadığı görülmüştür. PY6 perdesinde oluşan zemin kat seviyesindeki eksenel kuvvetlerin 10 katlı modelde; $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşullarında %15, $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşullarında ise %9 oranında daha düşük çıktığı belirlenmiştir. PY6 perdesinin yüksekliği boyunca oluşan en büyük eksenel kuvvetler göz önünde bulundurulduğunda rijit döşeme varsayımı sonucu 10 katlı modelde; $k=100000 \text{ kN/m}^3$ ve $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşullarında %2, temelin ankastre mesnetlenmesi durumunda ise %1 oranında daha düşük eksenel kuvvetler oluştuğu belirlenmiştir. 20 katlı modellerde bu fark %1 seviyesinde iken, 30 katlı modellerde etkisi ihmal edilebilecek düzeydedir. (Tablo 4.1).



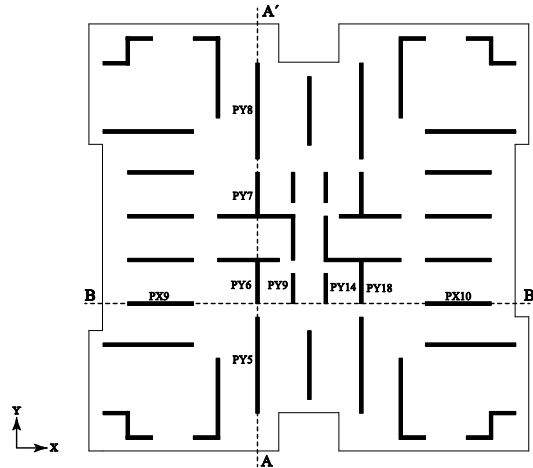
Şekil 4.5: Örnek Bina 1'in 20 katlı modellerinde PY6 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği



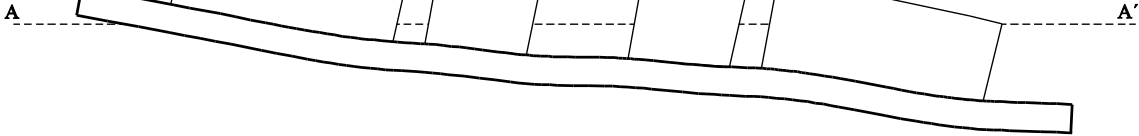
Şekil 4.6: Örnek Bina 1'in 30 katlı modellerinde PY6 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği

Tablo 4.1 Rijit döşeme varsayımının PY6 perdesinde oluşan en büyük eksenel kuvvetler üzerindeki etkisi

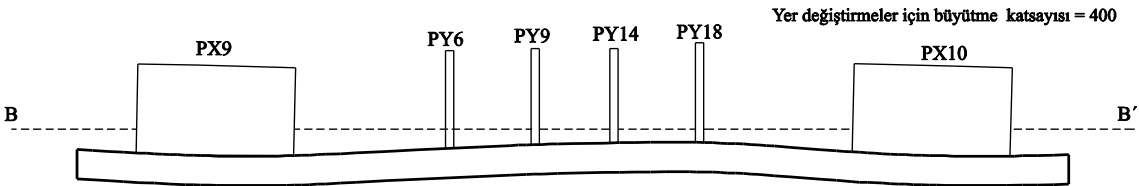
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	-2%	-2%	-1%
20	-1%	-1%	-1%
30	0%	0%	0%



Şekil 4.7: Örnek Bina 1'in temel üst seviyesine ait kat kalıp planı

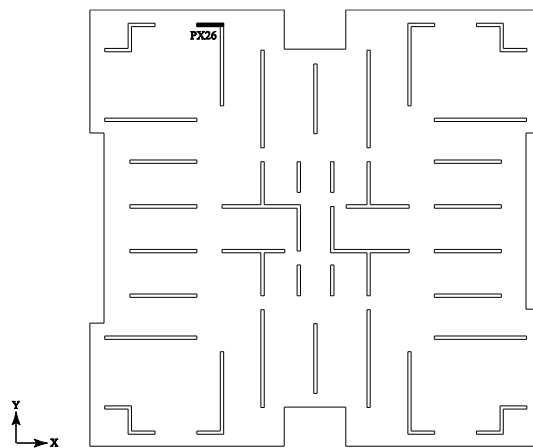


Şekil 4.8: Örnek Bina 1'in 10 katlı modeline ait A-A' kesiti (Yatay yükler +Y yönündedir)

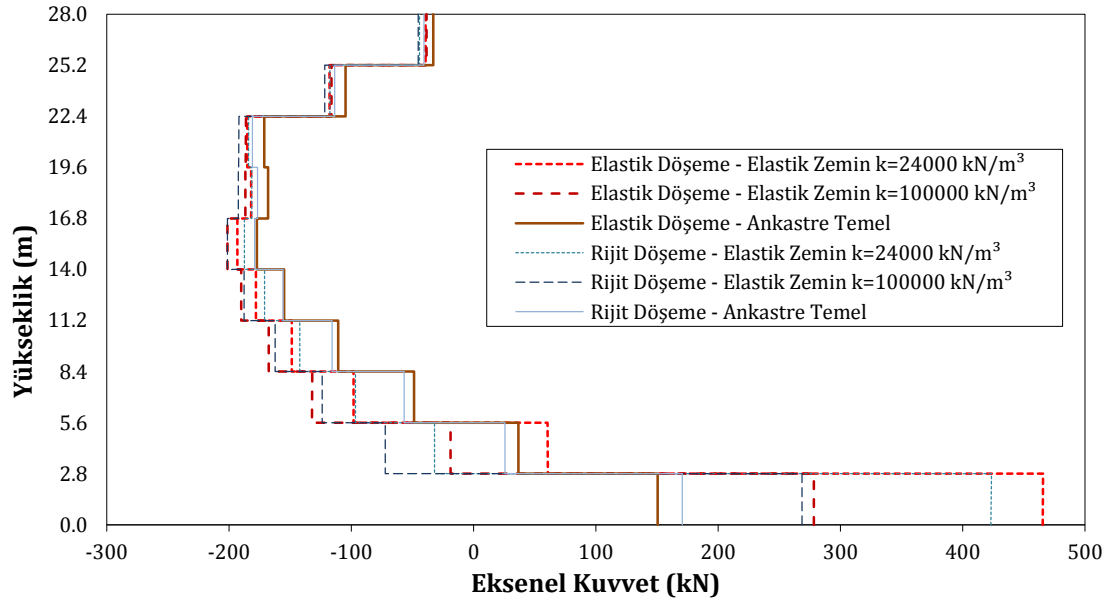


Şekil 4.9: Örnek Bina 1'in 10 katlı modeline ait B-B' kesiti (Yatay yükler +Y yönündedir)

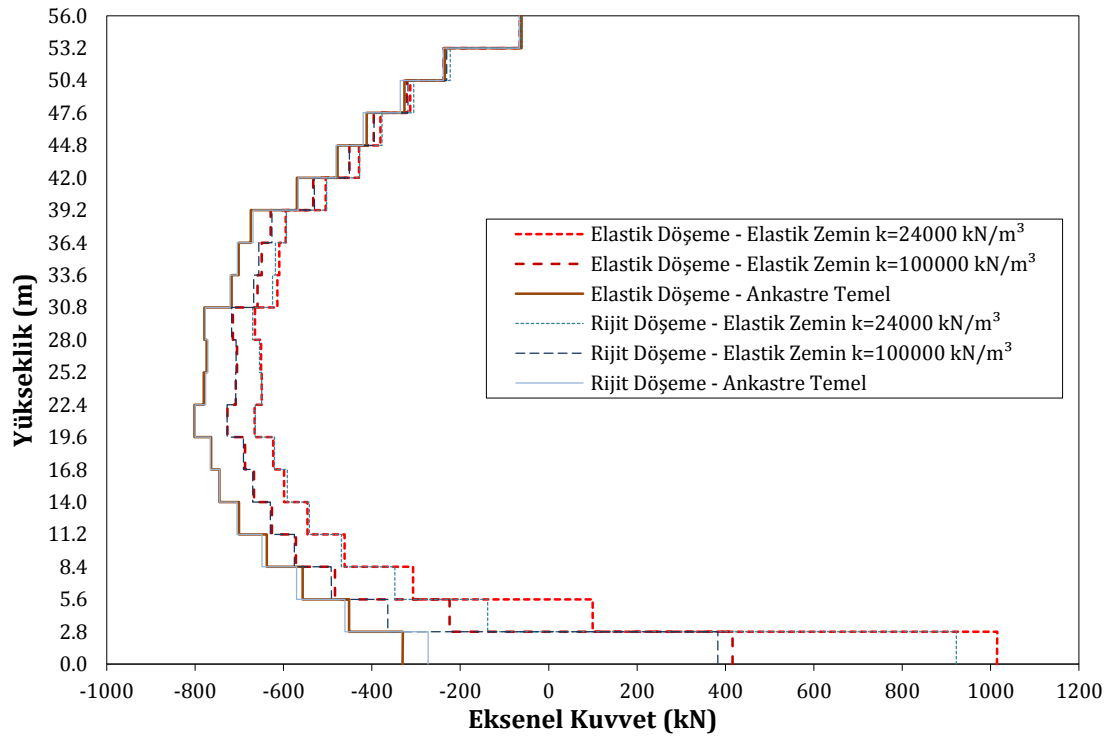
PX26 perdesinde (Şekil 4.10) 10 katlı modelin zemin kat seviyesinde bütün zemin koşullarında sadece çekme kuvveti oluşurken (Şekil 4.11), 20 ve 30 katlı modellerde ankastre mesnetlenme durumunda basınç, zemin rijitliklerinin kullanıldığı modellerde ise çekme kuvvetlerinin olduğu görülmüştür (Şekil 4.12, 4.13). 10 katlı ankastre mesnetli modelin zemin kat seviyesinde, zemin rijitliklerinin kullandığı modellerle aynı yönde eksenel kuvvet oluşmakla birlikte, $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan modele göre %46, $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan modele göre ise %67 oranında daha düşük çıkmaktadır (Şekil 4.11).



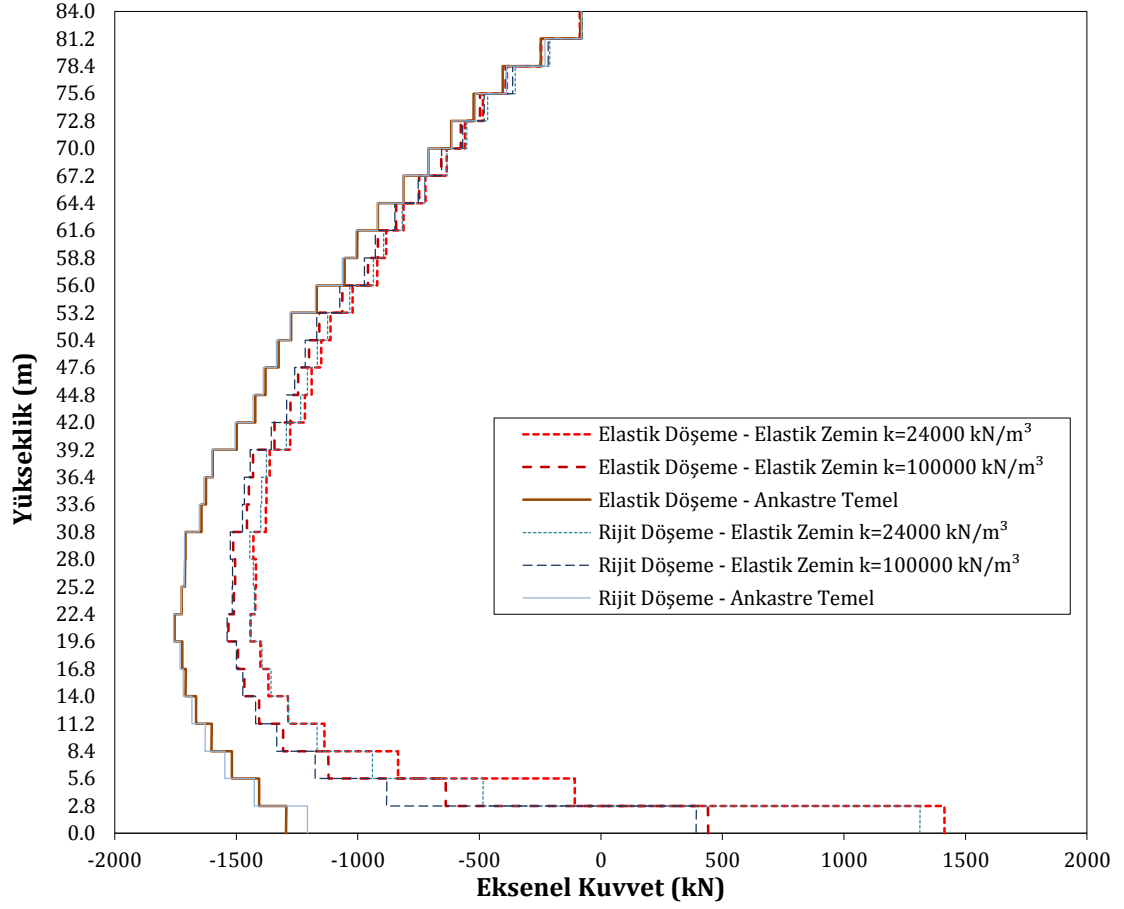
Şekil 4.10: Örnek Bina 1'e ait kat kalıp planında PX26 perdesinin konumu



Şekil 4.11: Örnek Bina 1'in 10 katlı modellerinde PX26 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği



Şekil 4.12: Örnek Bina 1'in 20 katlı modellerinde PX26 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği



Şekil 4.13: Örnek Bina 1'in 30 katlı modellerinde PX26 perdesine ait eksenel kuvveti grafiği

Döşemelerin düzleminde sonsuz rijit modellenmesi PX26 perdesinde oluşan eksenel kuvvetler üzerinde; ankastre mesnetli temel için %17'ye, $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin için %9'a, $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin için ise %11'e varan oranlarda farklı sonuçlara sebep olmuştur (Tablo 4.2).

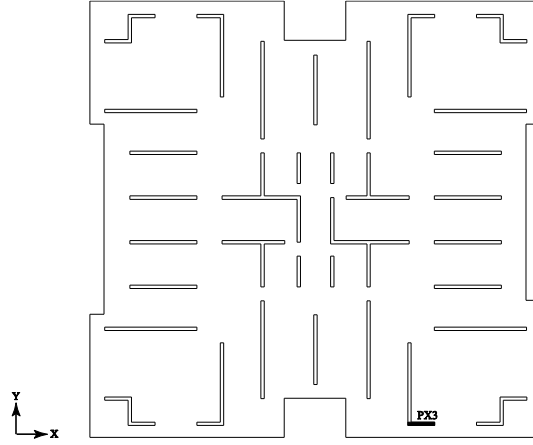
Tablo 4.2: Rijit döşeme varsayımının PX26 perdesinde oluşan eksenel kuvvetler üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	-9%	-3%	13%
20	-9%	-8%	-17%
30	-7%	-11%	-7%

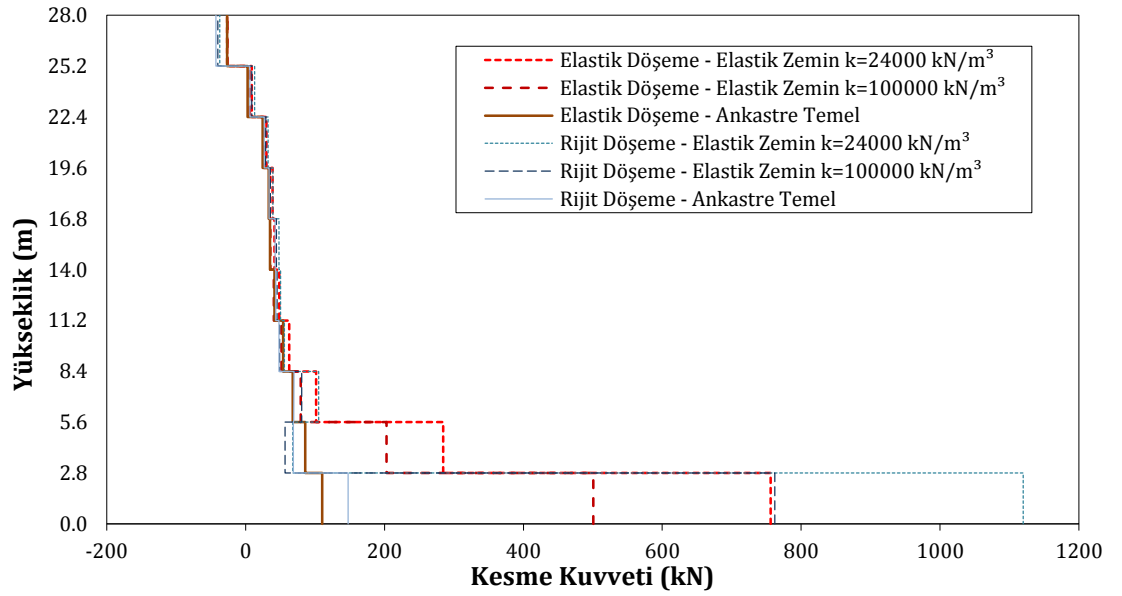
+X yönündeki yatay yükleme durumuyla yapılan analizlerde, PX3 perdesinde (Şekil 4.14) ankastre mesnetli modellerin, zemin rijitliğinin tanımlandığı modellere oranla % 89'a varan oranlarda daha düşük kesme kuvvetlerine sebep olmaktadır. (Tablo 4.3, Şekil 4.15, 4.16, 4.17).

Tablo 4.3: Ankastre temel varsayımının PX3 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

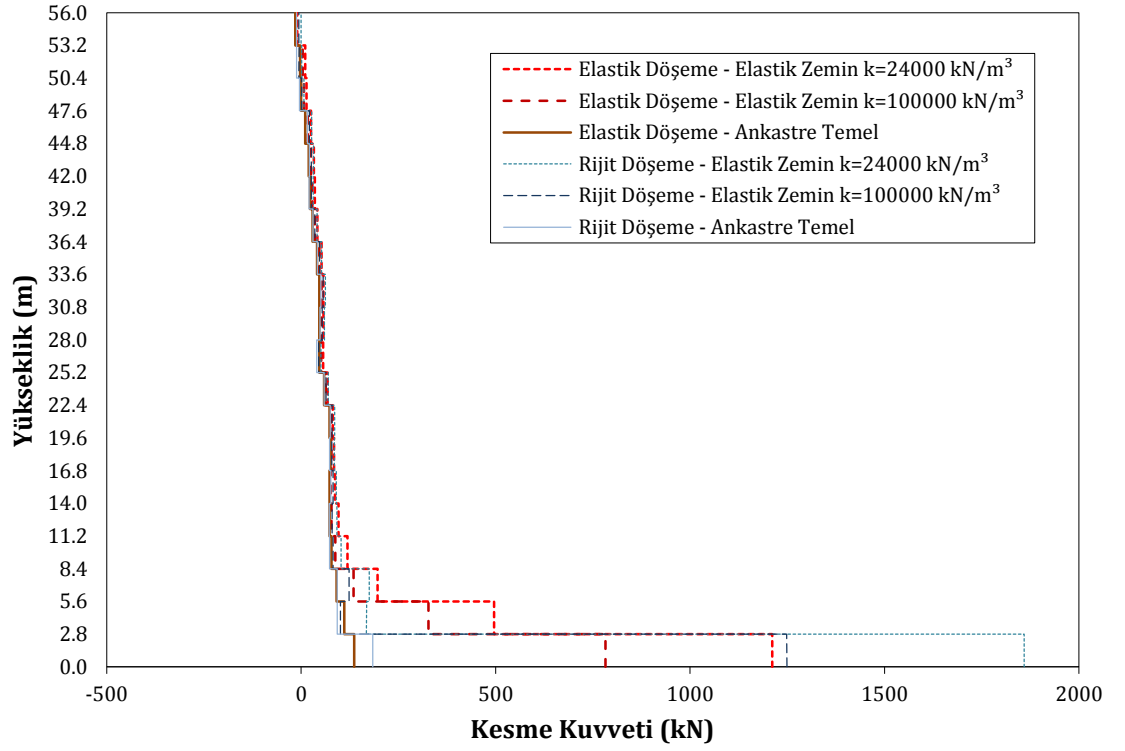
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	-85%	-78%
20	-89%	-83%
30	-89%	-83%



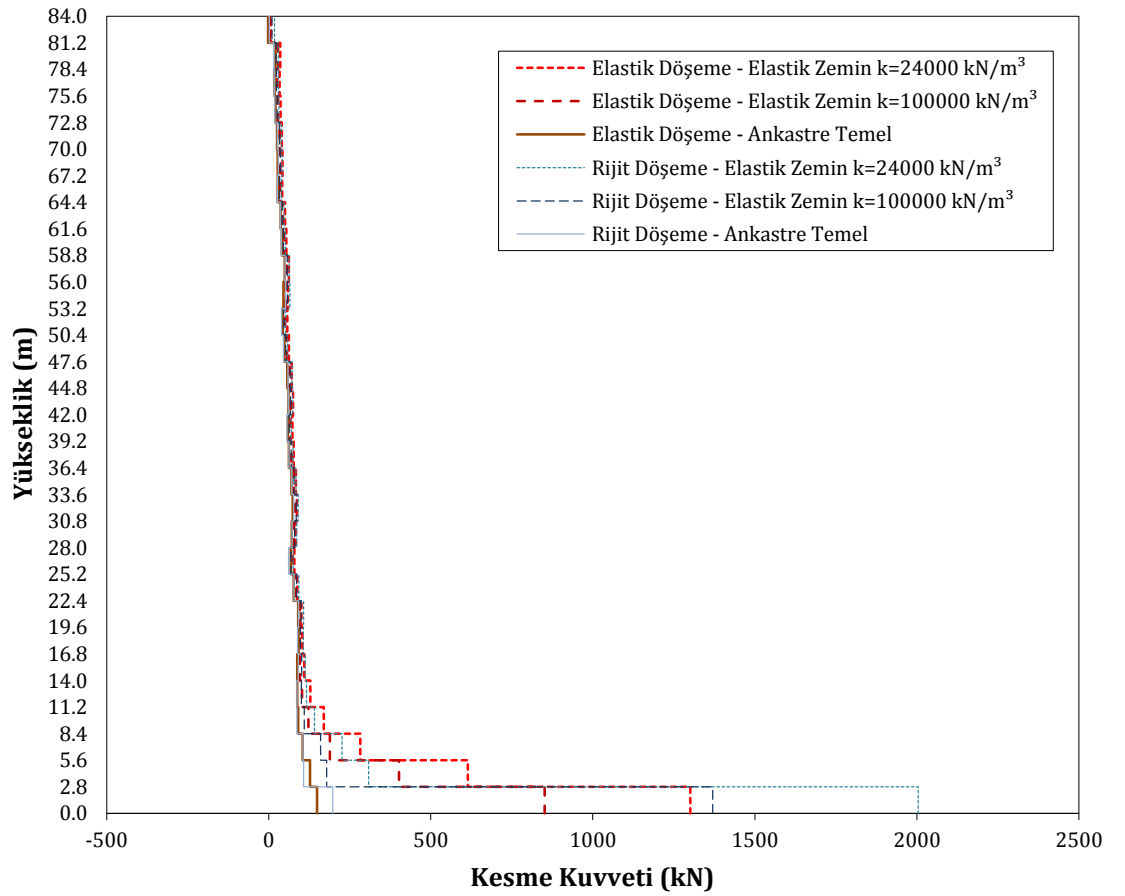
Şekil 4.14: Örnek Bina 1'e ait kat kalıp planında PX3 perdesinin konumu



Şekil 4.15: Örnek Bina 1'in 10 katlı modellerinde PX3 perdesine ait kesme kuvveti grafiği



Şekil 4.16: Örnek Bina 1'in 20 katlı modellerinde PX3 perdesine ait kesme kuvveti grafiği

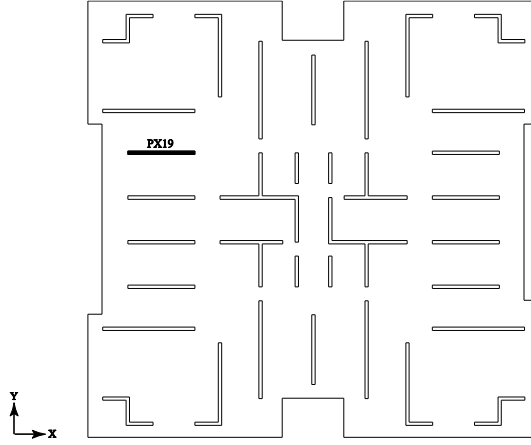


Şekil 4.17: Örnek Bina 1'in 30 katlı modellerinde PX3 perdesine ait kesme kuvveti grafiği

Döşemelerin düzleminde sonsuz rijit kabul edilmesi durumunda, PX3 perdesinde oluşan kesme kuvvetlerinin, temelin ankastre kabul edildiği modellerde en fazla % 35 oranında farklı olduğu görülmüştür. Zemin rijitliğinin tanımlandığı modellerde ise bu farkın $k=24000 \text{ kN/m}^3$ için %48 ila %54, $k=100000 \text{ kN/m}^3$ için ise %52 ila %61 olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Rijit döşeme varsayımının PX3 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	48%	52%	33%
20	53%	60%	35%
30	54%	61%	32%



Şekil 4.18: Örnek Bina 1'e ait kat kalıp planında PX19 perdesinin konumu

Yatay yüklerin +Y yönünde etkilmesi sonucu ankastre mesnetli 20 ve 30 katlı modellerin zemin kat seviyesinde PX19 perdesi (Şekil 4.18) zemin rijitliğinin tanımlandığı modellere göre ters yönde kesme kuvvetleri elde edilmektedir. (Şekil 4.20, 4.21). PX19 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri incelendiğinde ankastre temel varsayımı ile elde edilen kesme kuvvetlerinin zemin ve döşeme rijitliklerinin tanımlandığı modellere oranla daha büyük çıktığı görülmüştür. Bu oran her iki zemin koşulu için de % 83'e varmaktadır (Tablo 4.5).

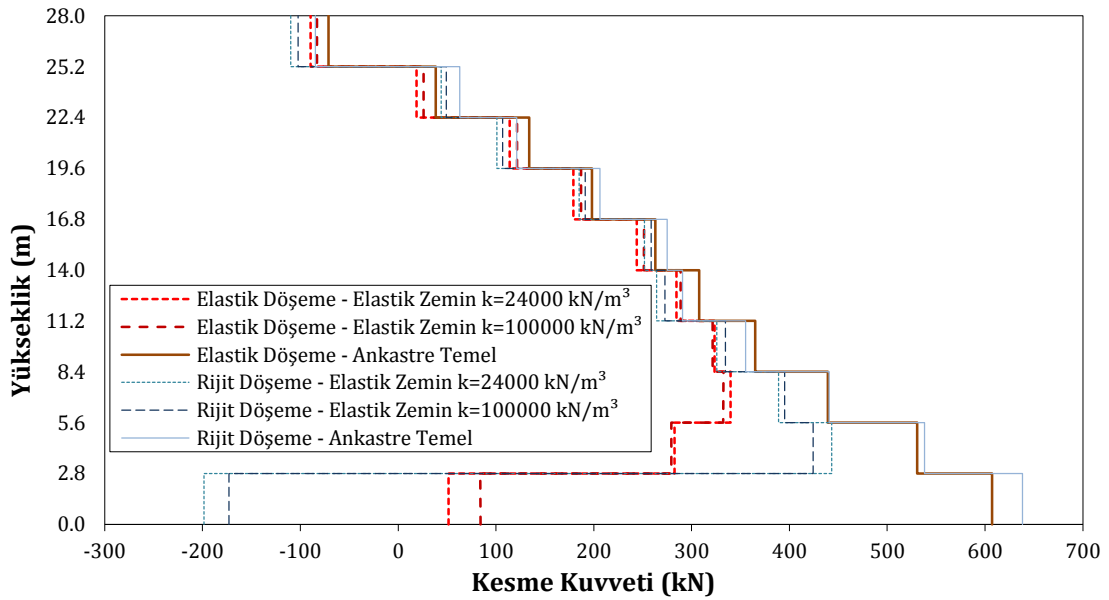
Tablo 4.5: Ankastre temel varsayımının PX19 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	79%	83%
20	83%	82%
30	31%	20%

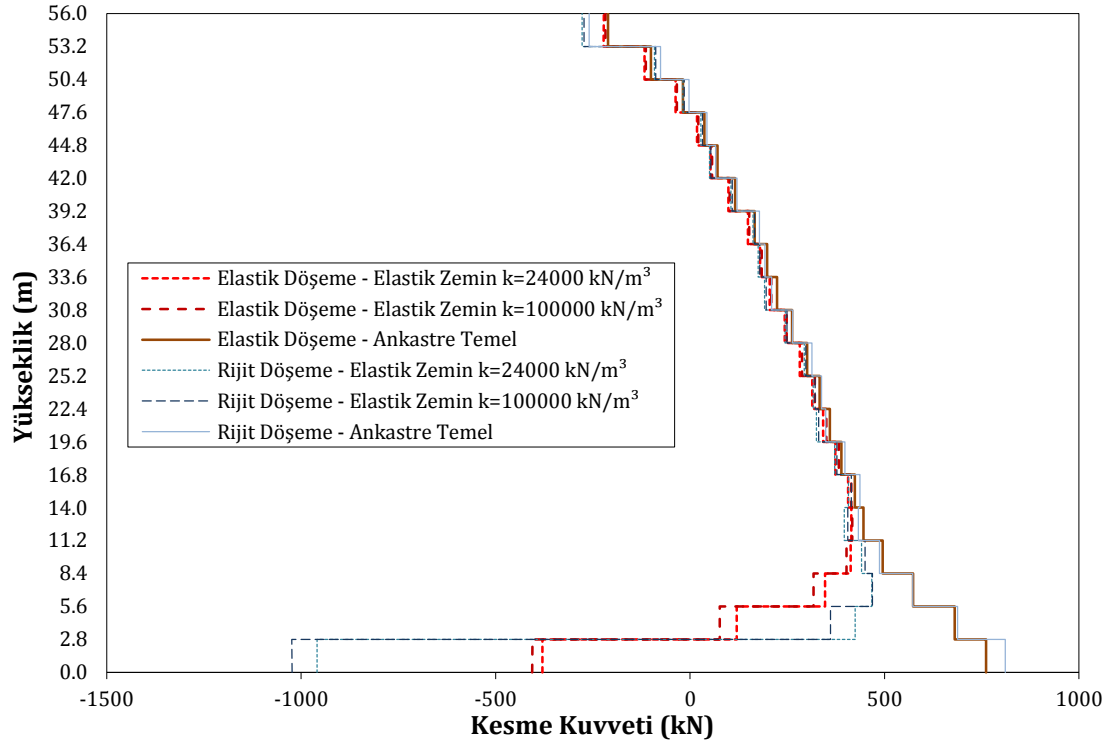
Zeminin rijitliklerinin yaylarla tanımlanması durumunda döşemelerin düzleminde sonsuz rijit modellenmesinin PX19 perdesinde, %28 ila %145 oranında daha büyük kesme kuvvetleri çıkmasına sebep olduğu görülmüştür (Tablo 4.6). Temelin ankastre modellenmesi durumunda rijit döşeme varsayımı PX3 perdesinde en az %32 etkili olurken (Tablo 4.3), PX19 perdesinde bu etki %5 ila %8 oranında gerçekleşmektedir. (Tablo 4.6, Şekil 4.19, 4.20, 4.21)

Tablo 4.6: Rijit döşeme varsayımının PX19 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

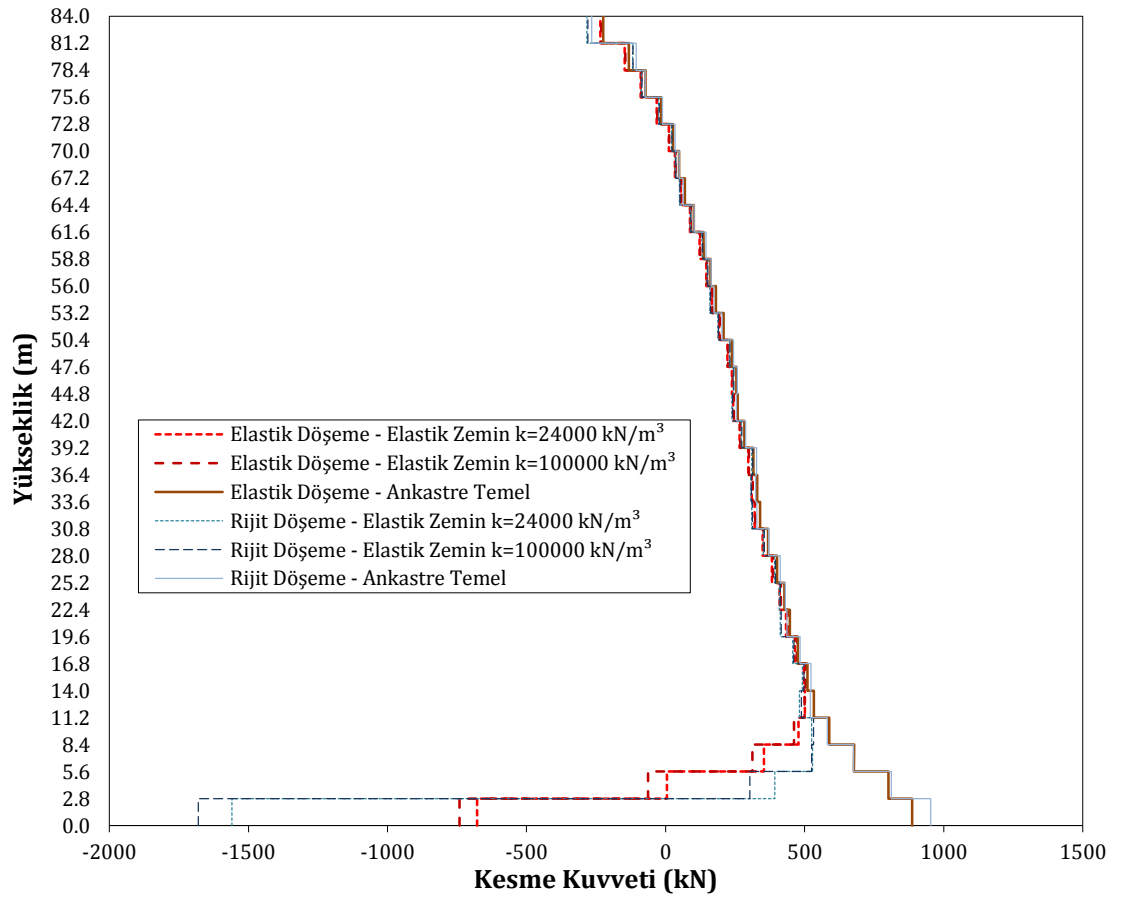
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	30%	28%	5%
20	131%	145%	7%
30	130%	127%	8%



Şekil 4.19: Örnek Bina 1'in 10 katlı modellerinde PX19 perdesine ait kesme kuvveti grafiği



Şekil 4.20: Örnek Bina 1'in 20 katlı modellerinde PX19 perdesine ait kesme kuvveti grafiği



Şekil 4.21: Örnek Bina 1'in 30 katlı modellerinde PX19 perdesine ait kesme kuvveti grafiği

Perde elemanların düzleminde oluşan momentler incelendiğinde, temelin ankastre mesnetlenmesi varsayımının, döşemelerin düzleminde sonsuz rijit modellenmesi varsayımına oranla, momentler üzerinde daha etkili olduğu görülmüştür (Şekil 4.23, 4.24, 4.25).

PX11 perdesinde (Şekil 4.22) ankastre mesnetli temel varsayımı sonucu, zemin rijitliğinin tanımlandığı modellere oranla $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin için %81'e, $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin için ise %82'ye varan oranlarda daha büyük momentler oluşmaktadır. (Tablo 4.7).

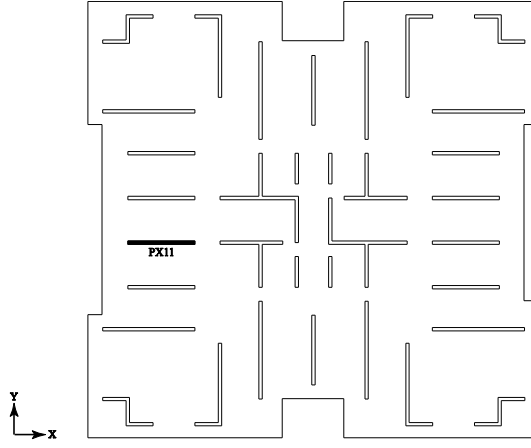
Tablo 4.7: Ankastre temel varsayımının PX11 perdesinde oluşan momentler üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	58%	59%
20	71%	71%
30	81%	82%

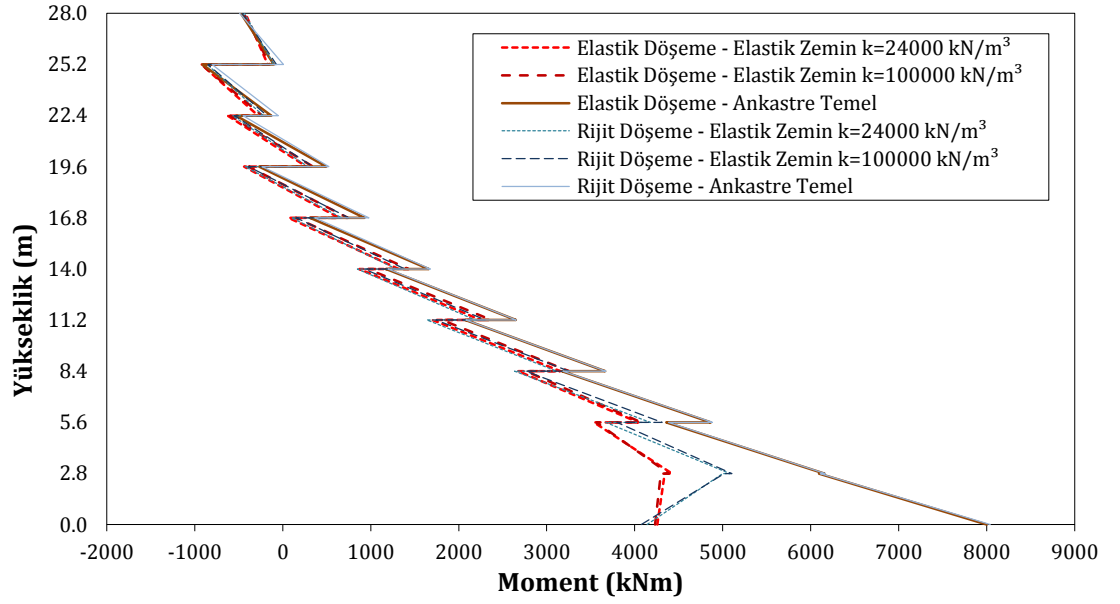
Döşemelerin düzleminde sonsuz rijit modellenmesinin PX11 perdesinde, gerçek rijitliğe oranla daha düşük momentler oluşturabildiği görülmüştür. En büyük farkın olduğu 30 katlı modellerde $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin için %16 olan bu oran $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin için %15 olarak elde edilmektedir. Temelin ankastre mesnetlendiği modellerde ise döşemelerin düzlemindeki rijitliğinin PX11 perdesinde oluşan momentler üzerindeki etkisi ihmal edilebilecek düzeydedir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8: Rijit döşeme varsayımının PX11 perdesinde oluşan momentler üzerindeki etkisi

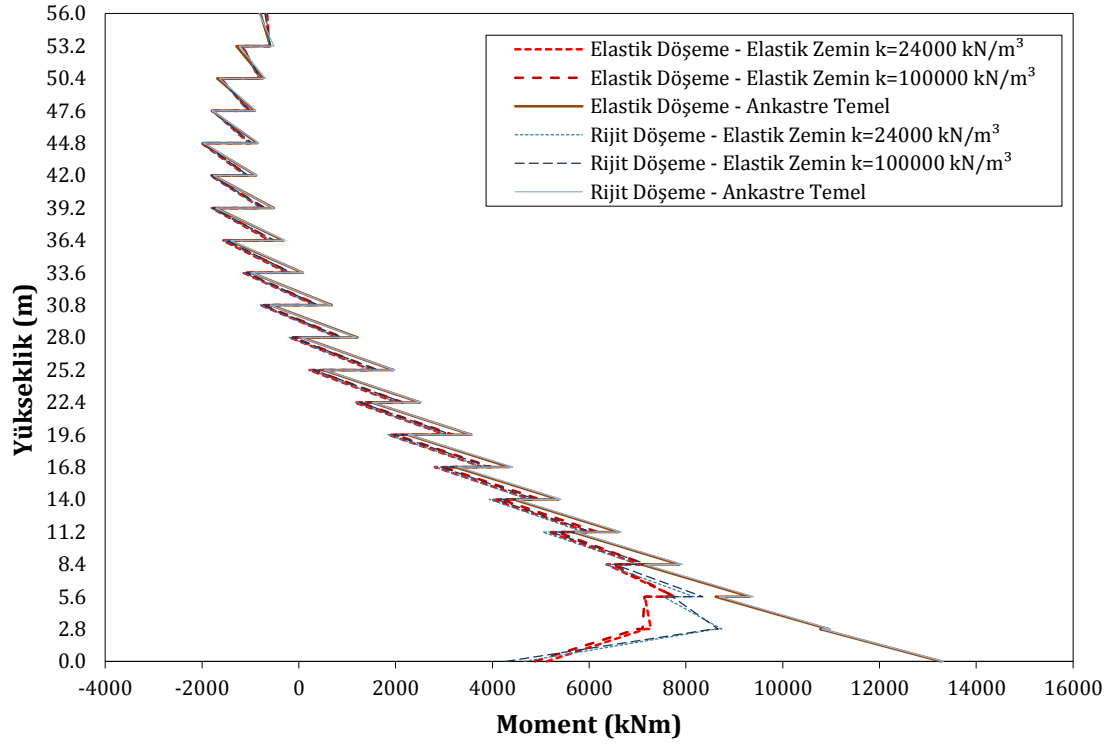
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	8%	7%	0%
20	12%	12%	0%
30	15%	16%	0%



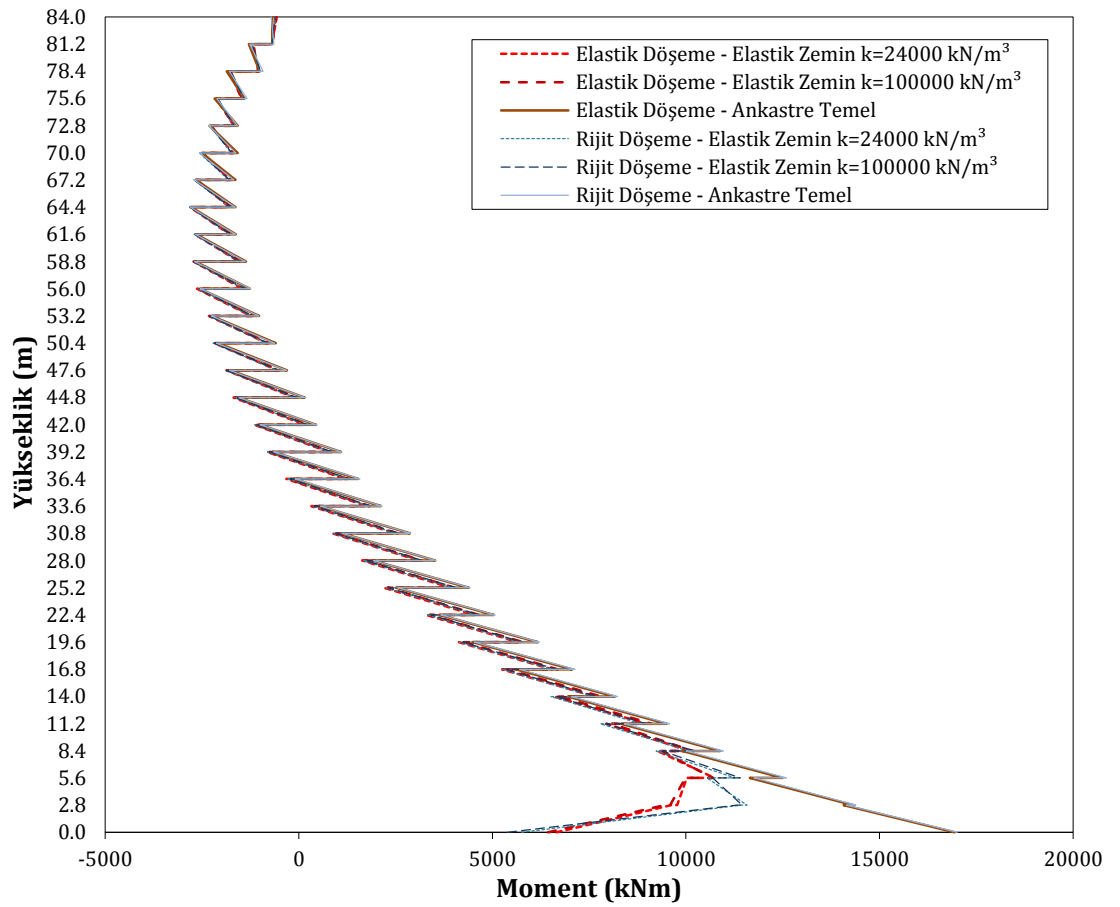
Şekil 4.22: Örnek Bina 1'e ait kat kalıp planında PX11 perdesinin konumu



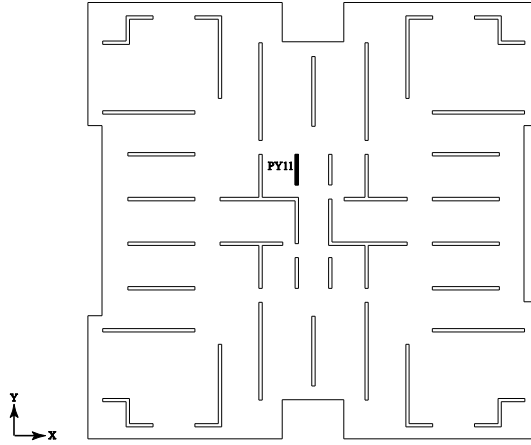
Şekil 4.23: Örnek Bina 1'in 10 katlı modellerinde PX11 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.24: Örnek Bina 1'in 20 katlı modellerinde PX11 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.25: Örnek Bina 1'in 30 katlı modellerinde PX11 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.26: Örnek Bina 1'e ait kat kalıp planında PY11 perdesinin konumu

PY11 perdesinde (Şekil 4.26) rijit döşeme varsayımıyla yapılan analizler sonucunda elde edilen moment değerlerinin zemin rijitliklerinin tanımlandığı modellere göre %18'e, temelin ankastre mesnetli kabul edildiği modellere göre ise %10'a varan oranlarda büyük olduğu görülmüştür (Tablo. 4.9).

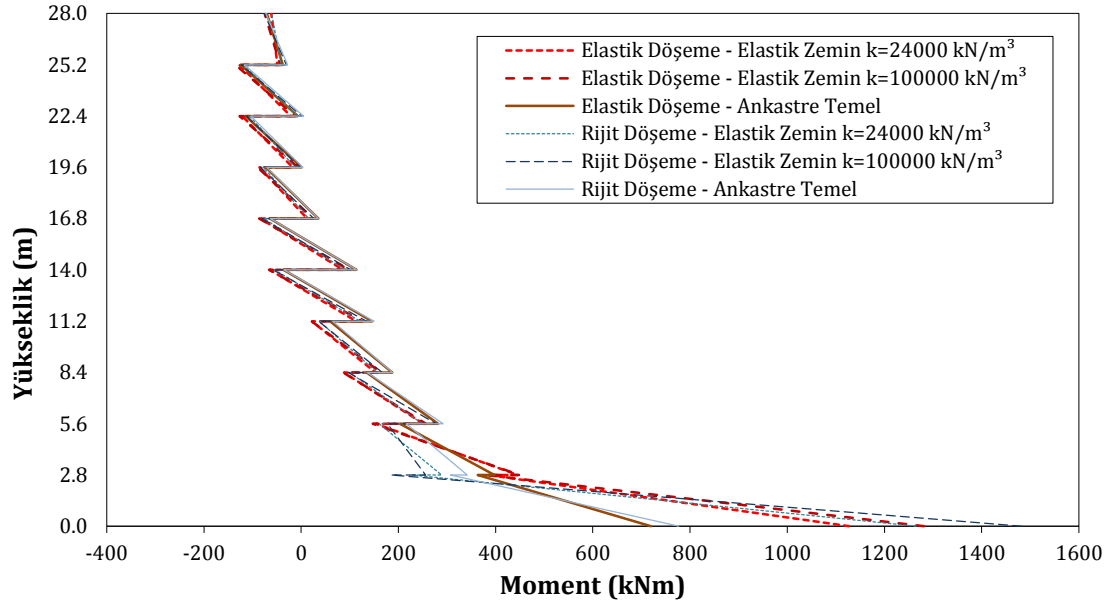
Tablo 4.9: Rijit döşeme varsayımının PY11 perdesinde oluşan momentler üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	12%	16%	8%
20	12%	16%	9%
30	15%	18%	10%

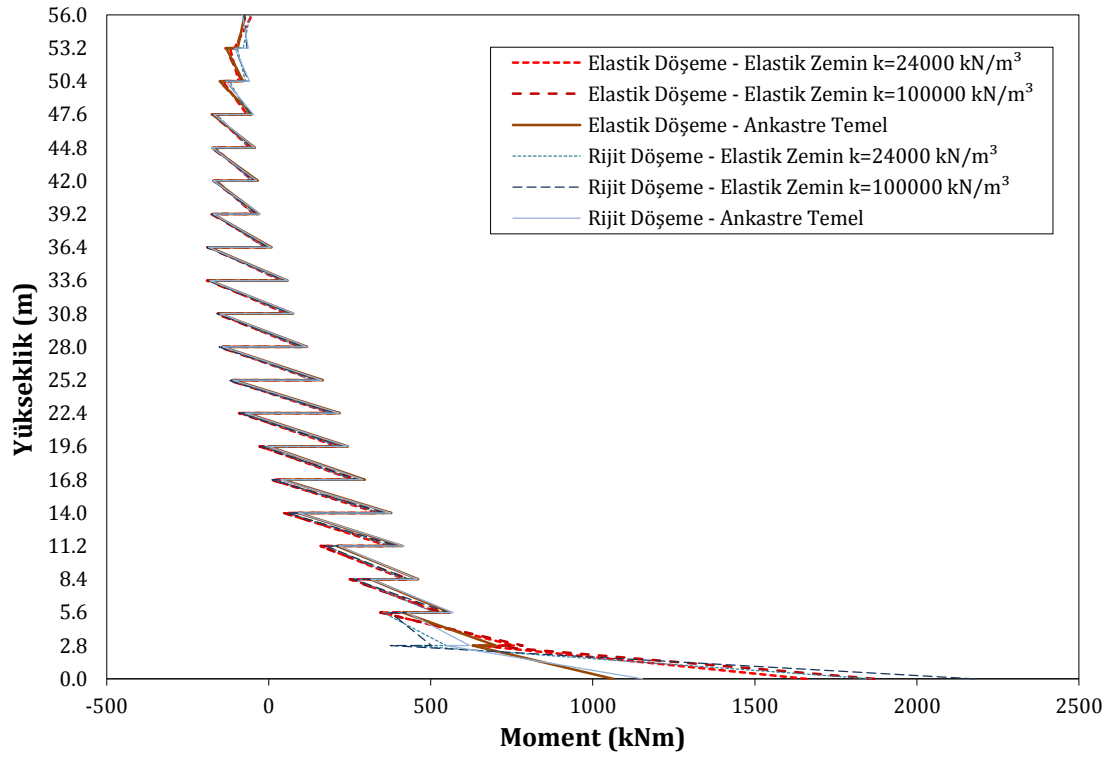
Temelin ankastre mesnetlenmesi varsayımıyla yapılan analizler sonucunda, $k = 24000 \text{ kN/m}^3$ olma zemin koşuluna göre %36'ya, $k = 100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşuluna göre ise %44'e varan oranlarda daha küçük momentler elde edilmiştir. (Tablo 4.10, Şekil 4.27, 4.28, 4.29)

Tablo 4.10: Ankastre temel varsayımının PY11 perdesinde oluşan momentler üzerindeki etkisi

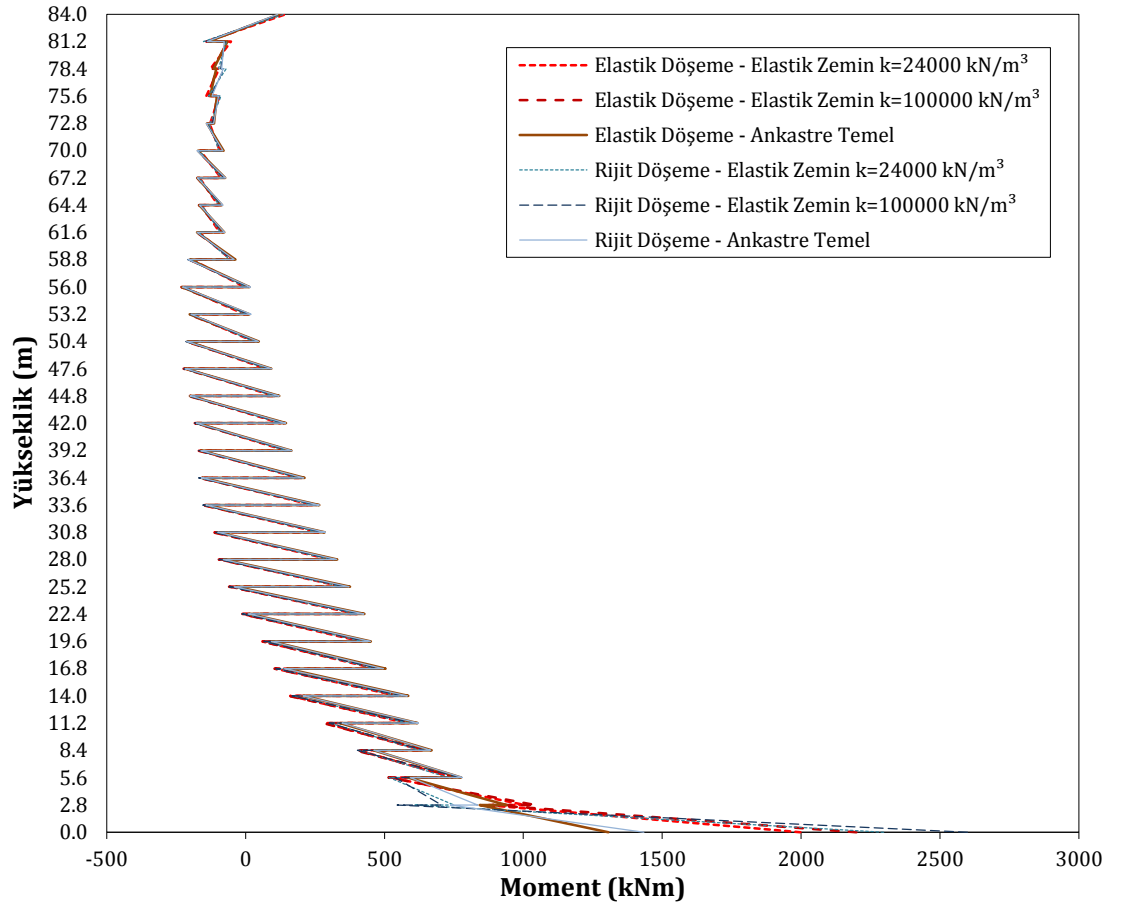
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	-36%	-44%
20	-36%	-43%
30	-35%	-41%



Şekil 4.27: Örnek Bina 1'in 10 katlı modellerinde PY11 perdesine ait moment grafiği



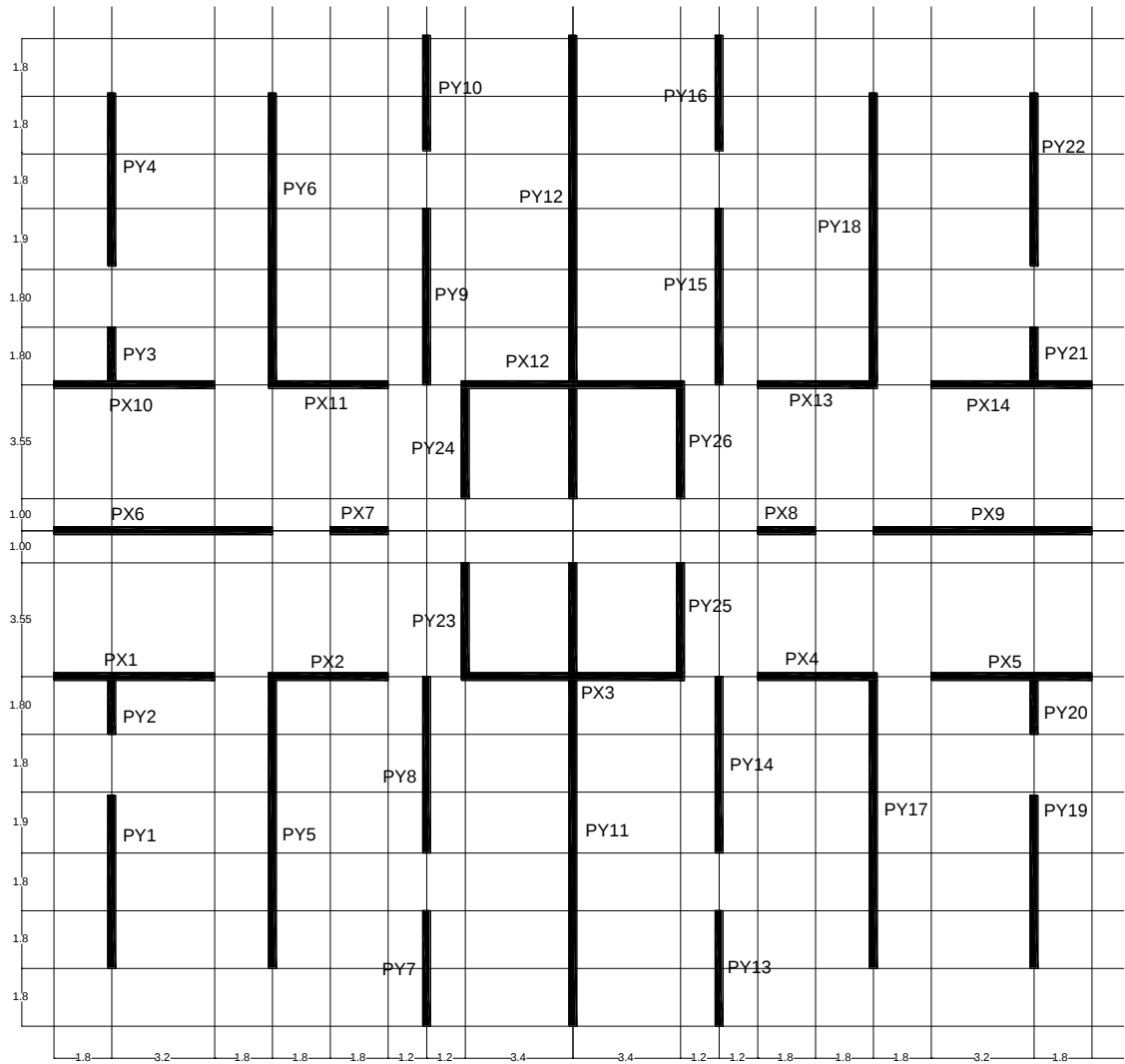
Şekil 4.28: Örnek Bina 1'in 20 katlı modellerinde PY11 perdesine ait moment grafiği



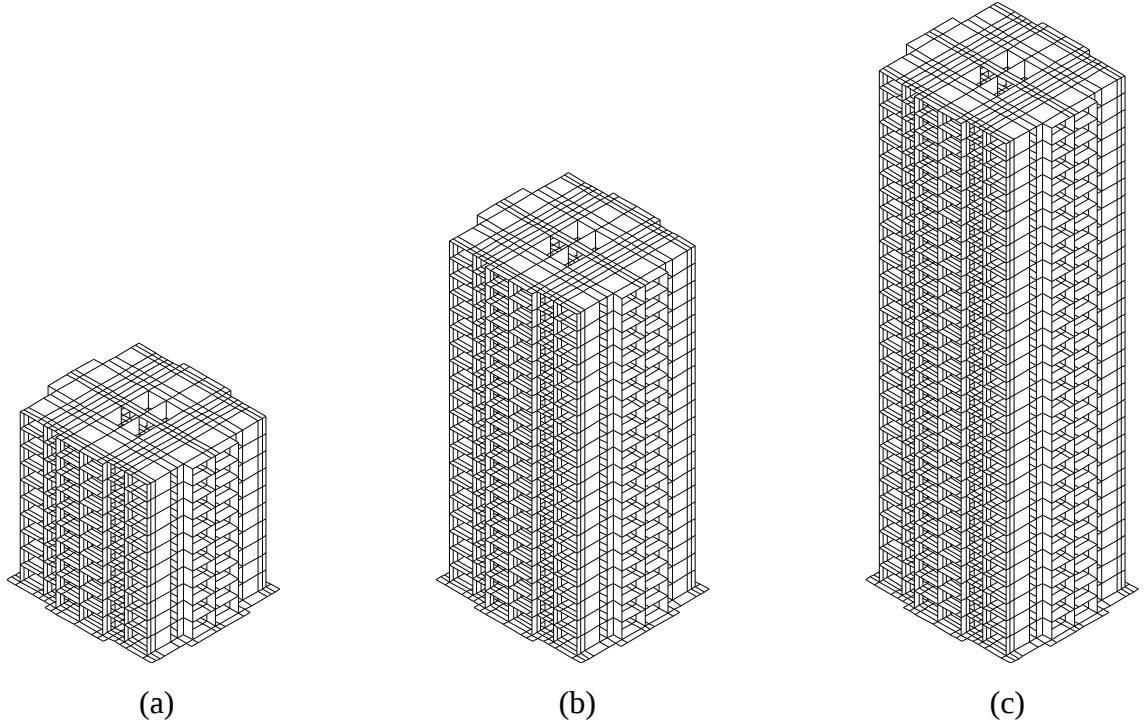
Şekil 4.29: Örnek Bina 1'in 30 katlı modellerinde PY11 perdesine ait moment grafiği

4.3 ÖRNEK BİNA 2

X doğrultusunda 32.4 m, Y doğrultusunda ise 30.9 m boyutlarına sahip olan 2 numaralı örnek binada perde duvarların kalınlığı 250 mm, döşeme plaklarının kalınlığı ise 140 mm'dir. Malzeme elastisite modülü $3.2E7 \text{ kN/m}^2$ olarak kullanılmıştır. Kat yükseklikleri bütün katlarda aynı olup, 2.8 m olarak modellenmiştir. 10, 20 ve 30 katlı olarak modellenen binaya ait kat kalıp planı, Diker (2000) tarafından yapılan çalışmada yer alan Şekil 4.30'daki kat kalıp planı kullanılarak hazırlanmıştır.



Şekil 4.30: Örnek Bina 2'ye ait kat kalıp planı

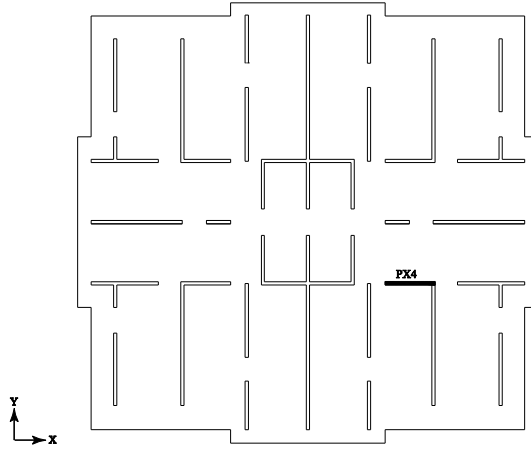


Şekil 4.31: Örnek Bina 2'nin farklı kat sayıları ile modellenmesi (a) 10 katlı model
(b) 20 katlı model (c) 30 katlı model

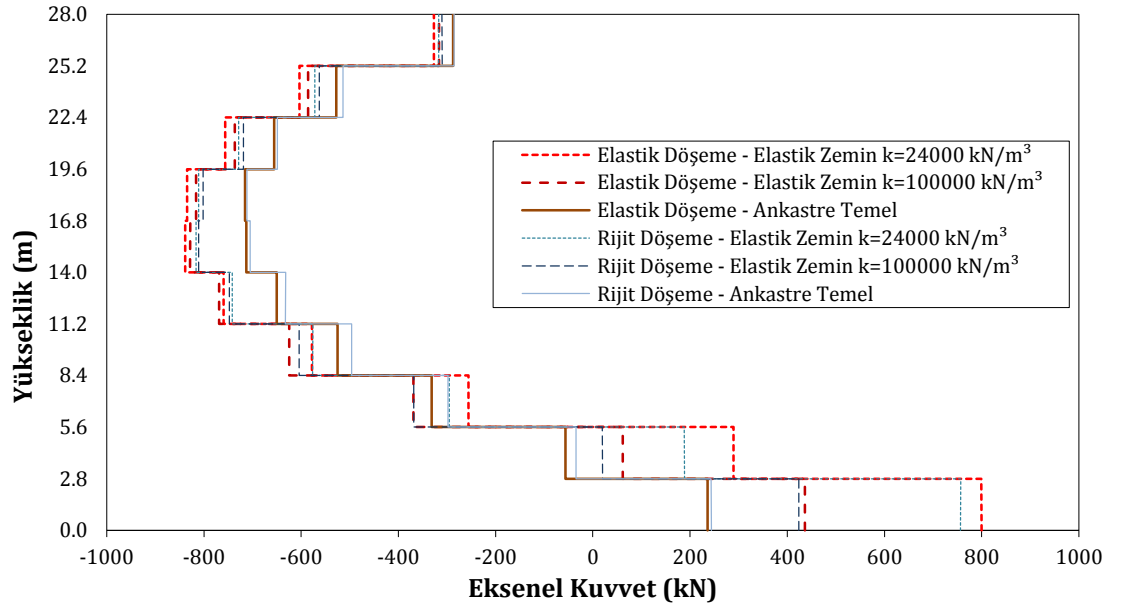
Yatay yüklerin $+X$ yönünde uygulandığı yükleme durumu ile yapılan analizler sonucunda PX4 perdesine (Şekil 4.32) ait zemin kat seviyesindeki eksenel kuvvetlerin, 10 katlı bütün modelleme durumlarında $+$ yönde oluştuğu belirlenmiştir. Ankastre mesnetli modelde PX4 perdesinde zemin kat seviyesindeki eksenel kuvvetlerin $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemine göre %70'e, $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemine göre ise %46'ya varan oranlarda daha düşük çıktığı görülmüştür (Şekil 4.33).

20 katlı modelde, ankastre mesnetli modelin PX4 perdesinde bütün katlar boyunca basınç kuvvetleri oluşurken, $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin modelinde çekme kuvveti de oluşmaktadır. $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin durumunda ise döşeme rijitliğinin tanımlandığı modelin zemin kat seviyesinde 0'a yakın bir değerde çekme kuvveti taşıyan PX4 perdesinin diğer katlar boyunca yalnızca basınç kuvvetleri etkisi altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.34).

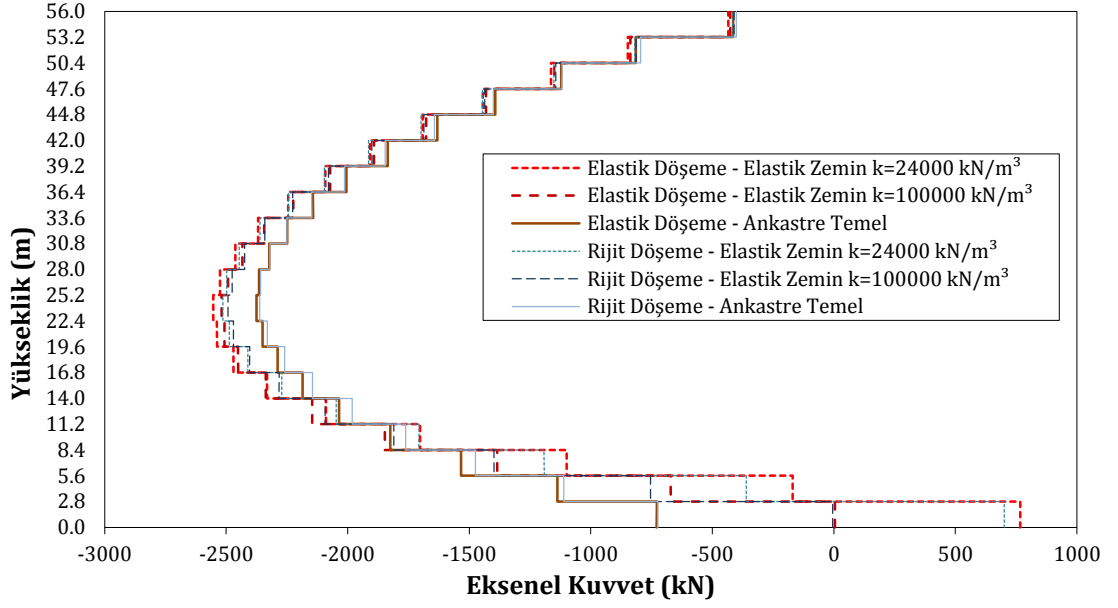
30 katlı modelde PX4 perdesinin yalnızca $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşulunda ve zemin kat seviyesinde çekme kuvveti taşıdığı diğer durumlarda ise elemanda sadece basınç kuvvetleri oluştuğu görülmüştür (Şekil 4.35).



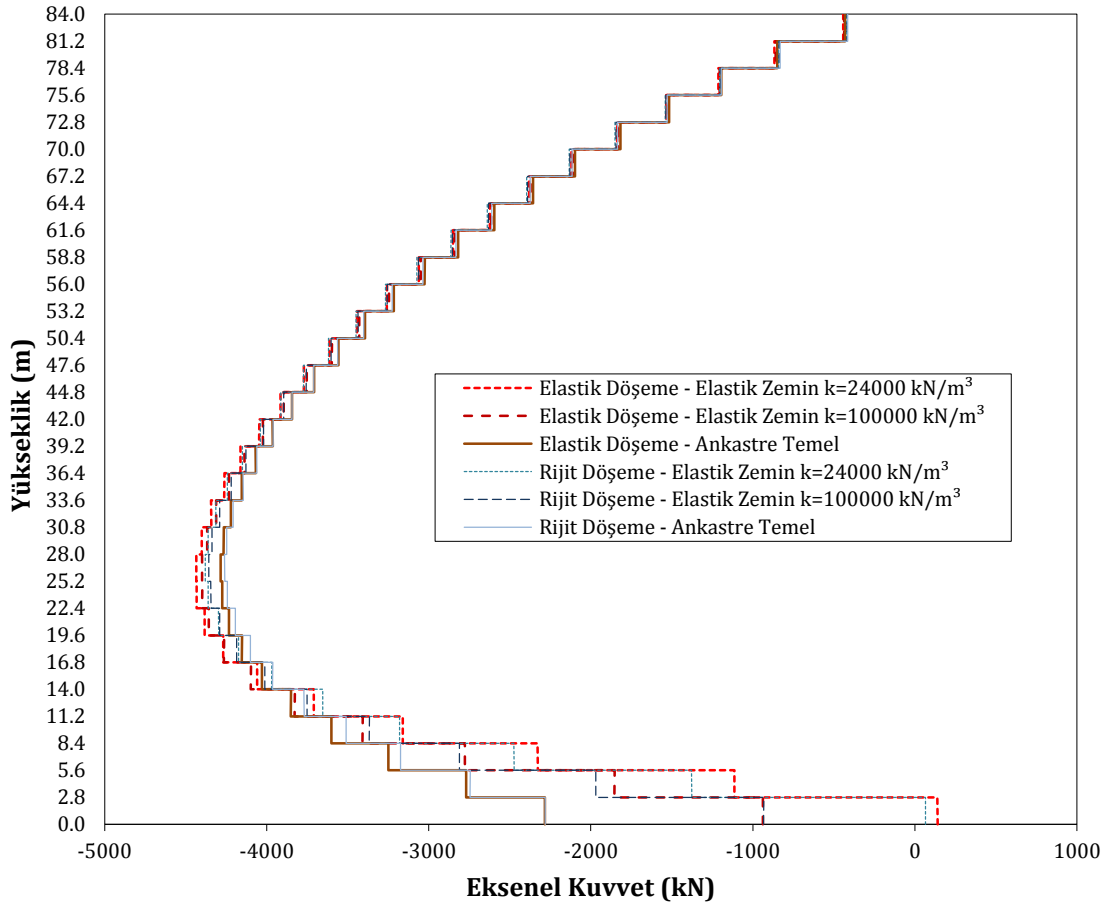
Şekil 4.32: Örnek Bina 2'ye ait kat kalıp planında PX4 perdesinin konumu



Şekil 4.33: Örnek Bina 2'nin 10 katlı modellerinde PX4 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği



Şekil 4.34: Örnek Bina 2'nin 20 katlı modellerinde PX4 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği

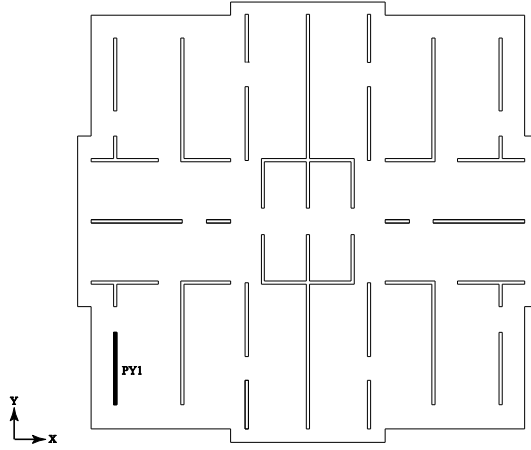


Şekil 4.35: Örnek Bina 2'nin 30 katlı modellerinde PX4 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği

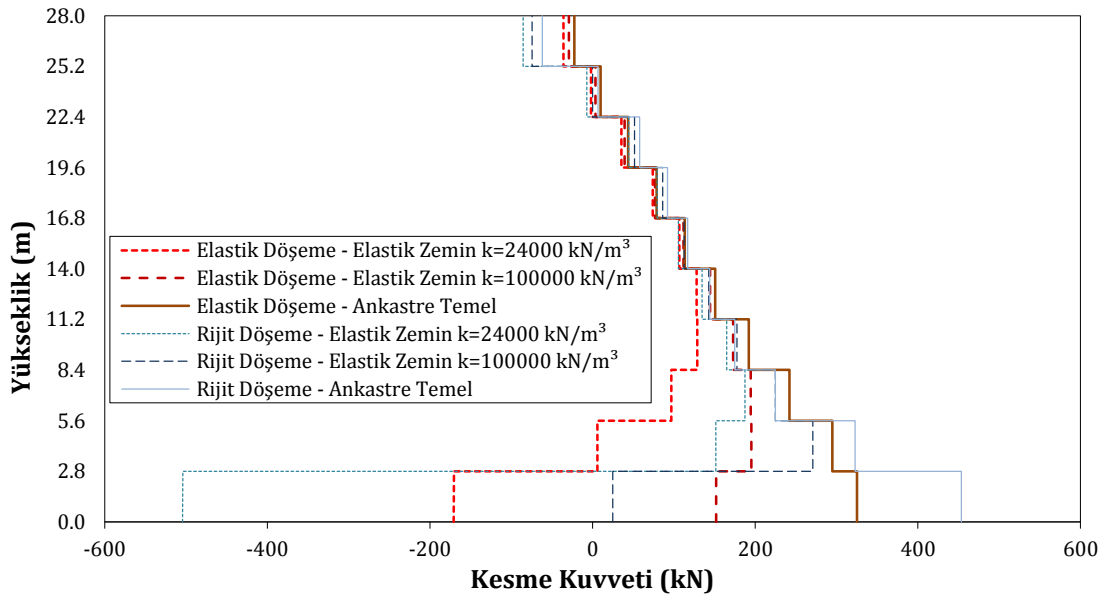
Örnek Bina 2'ye ait analizlerin sonucunda +Y yönünde yatay yükleme durumu altındaki PY1 perdesinin (Şekil 4.36) 10, 20 ve 30 katlı modellerinin kesme kuvveti grafikleri

Şekil 4.37, Şekil 4.38 ve Şekil 4.39’da sunulmuştur. Buna göre ankastre mesnetle modellenmesi durumunda PY1 perdesinde oluşan kesme kuvvetleri özellikle zemin kat seviyesinde ters yönde oluşabilmektedir. $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşulunda elde edilen kesme kuvvetleri bütün kat sayılarında, ankastre mesnetli modellere göre ters yönde oluşmaktadır. $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşulunda ise 10 katlı modelde, ankastre mesnet durumuyla aynı yönde, 20 ve 30 katlı modellerde ise ters yönde kesme kuvvetlerinin oluştuğu gözlenmiştir.

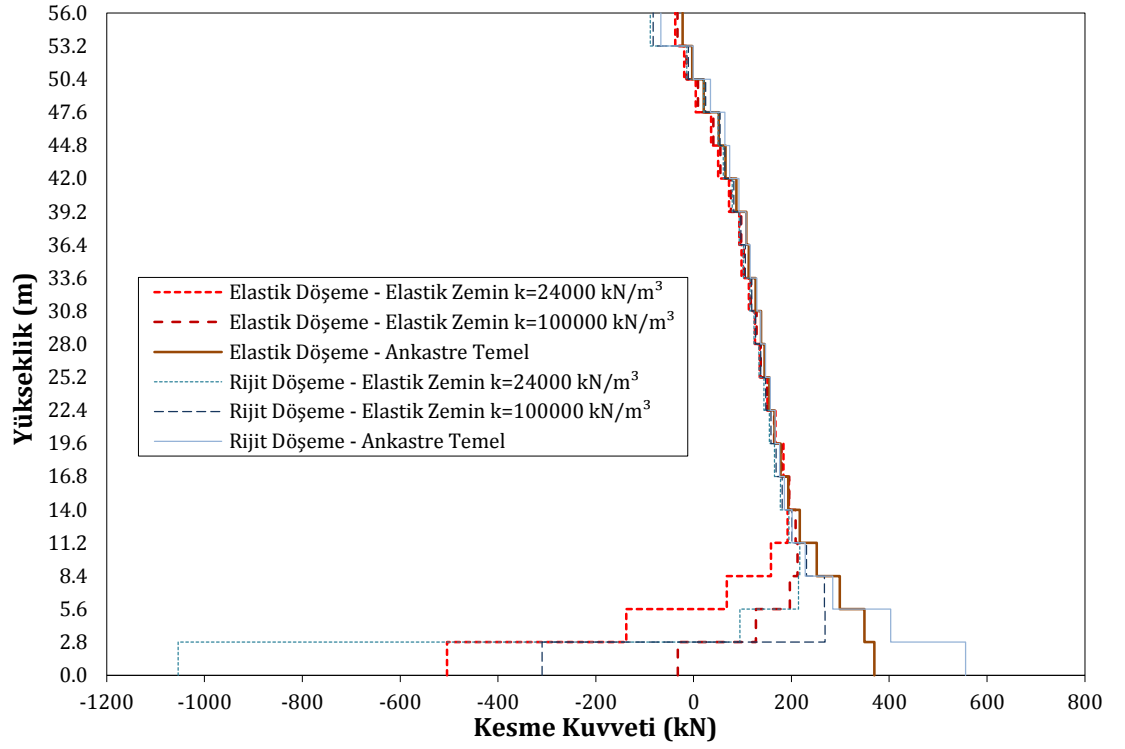
Düzleminde sonsuz rijit döşeme varsayımının PY1 perdesinde, gerçek rijitliğe göre %195’e varan oranlarda daha büyük kesme kuvvetleri oluşturduğu görülmüştür. (Tablo 4.11)



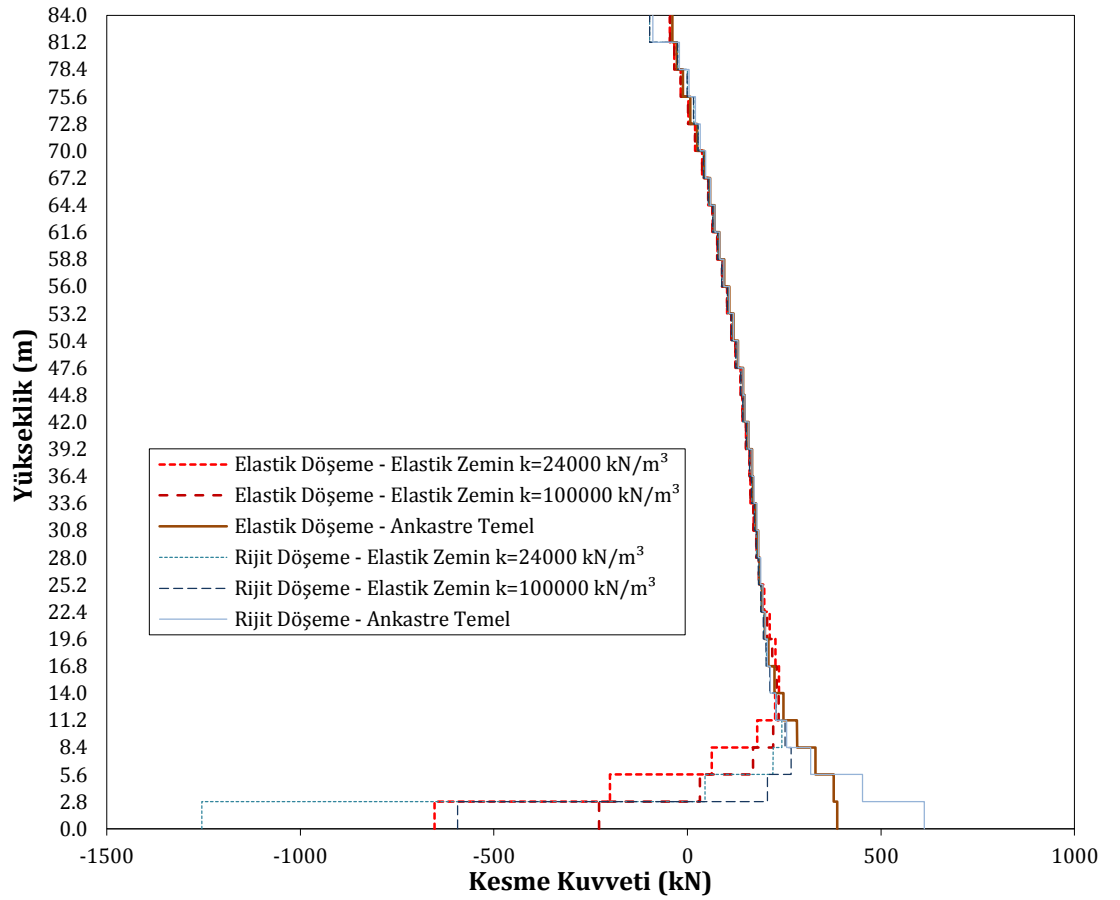
Şekil 4.36: Örnek Bina 2’ye ait kat kalıp planında PY1 perdesinin konumu



Şekil 4.37: Örnek Bina 2’nin 10 katlı modellerinde PY1 perdesine ait kesme kuvveti grafiği



Şekil 4.38: Örnek Bina 2'nin 20 katlı modellerinde PY1 perdesine ait kesme kuvveti grafiği



Şekil 4.39: Örnek Bina 2'nin 30 katlı modellerinde PY1 perdesine ait kesme kuvveti grafiği

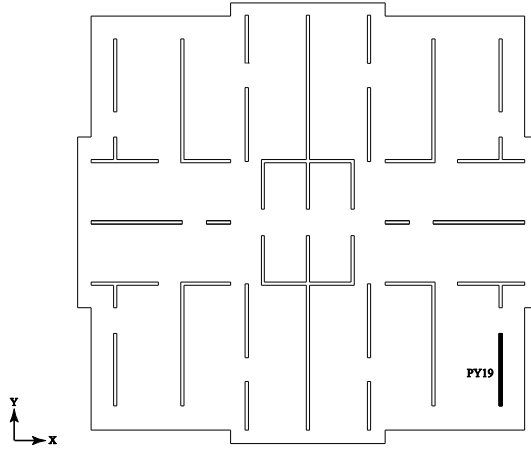
Tablo 4.11: Rijit döşeme varsayımının PY1 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	195%	39%	40%
20	109%	46%	50%
30	92%	152%	58%

Bina temelinin ankastre mesnetlenmesiyle PY1 perdesinde $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşulu için 10 katlı modelde %90 oranında büyük, 20 katlı modelde %27, 30 katlı modelde ise %41 oranında küçük kesme kuvvetleri elde edilmektedir. $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşulunda %64 ila %74 oranlarında büyük kesme kuvvetleri oluşmuştur. (Tablo 4.12)

Tablo 4.12: Ankastre temel varsayımının PY1 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	90%	67%
20	-27%	74%
30	-41%	64%



Şekil 4.40: Örnek Bina 2'ye ait kat kalıp planında PY19 perdesinin konumu

Örnek Bina 2'ye ait analizler sonucunda elde edilen moment değerleri incelendiğinde, modelleme durumları arasındaki en büyük farkın zemin kat seviyesinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.41, 4.42, 4.43). PY19 (Şekil 4.40) perdesine ait moment değerleri, temelin ankastre mesnetlenmesi durumunda zemin rijitliklerinin tanımlandığı durumlara göre %160'a varan oranlarda daha büyük oluşmaktadır (Tablo 4.13).

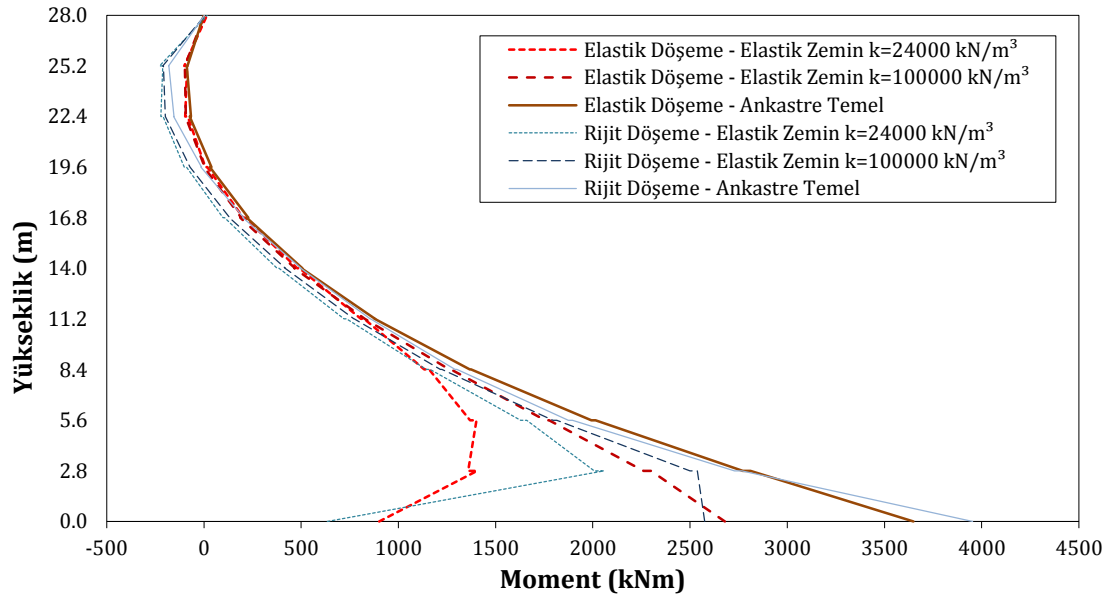
Tablo 4.13: Ankastre temel varsayımının PY19 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	160%	36%
20	92%	51%
30	65%	50%

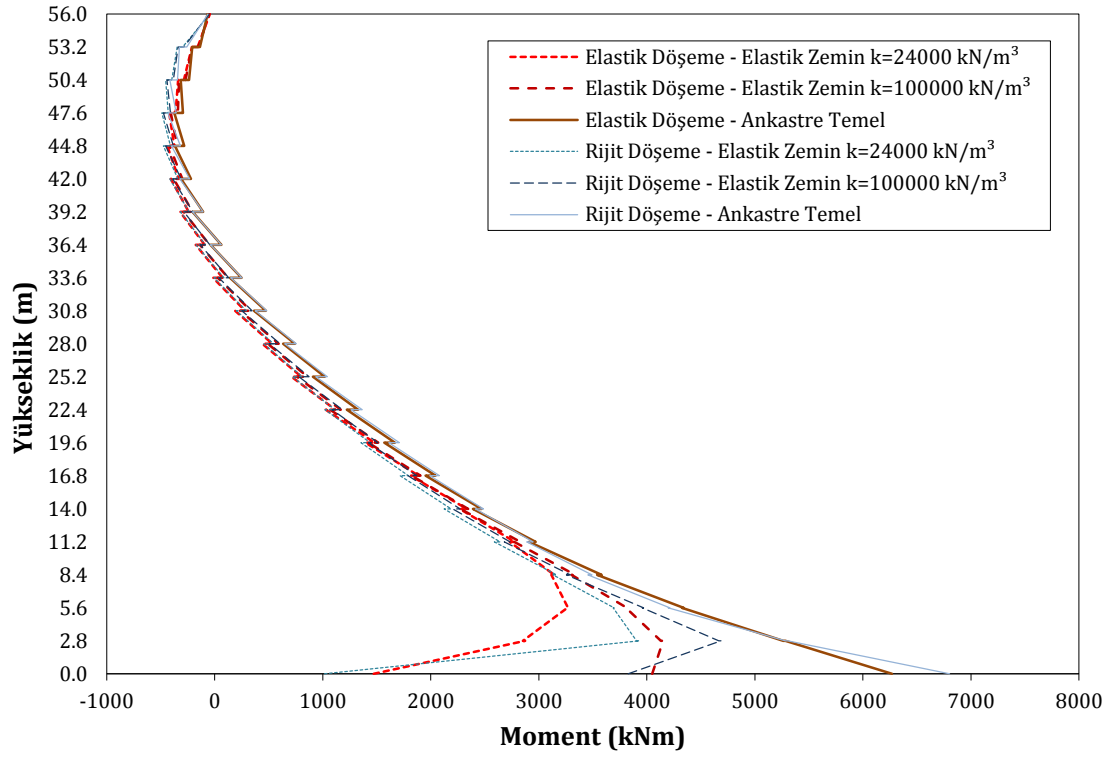
Döşemelerin düzleminde sonsuz rijit kabul edilmesi durumunda PY19 perdesinde, %46'ya varan oranlarda daha büyük momentler oluşabilmektedir(Tablo 4.14).

Tablo 4.14: Rijit döşeme varsayımının PY19 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi

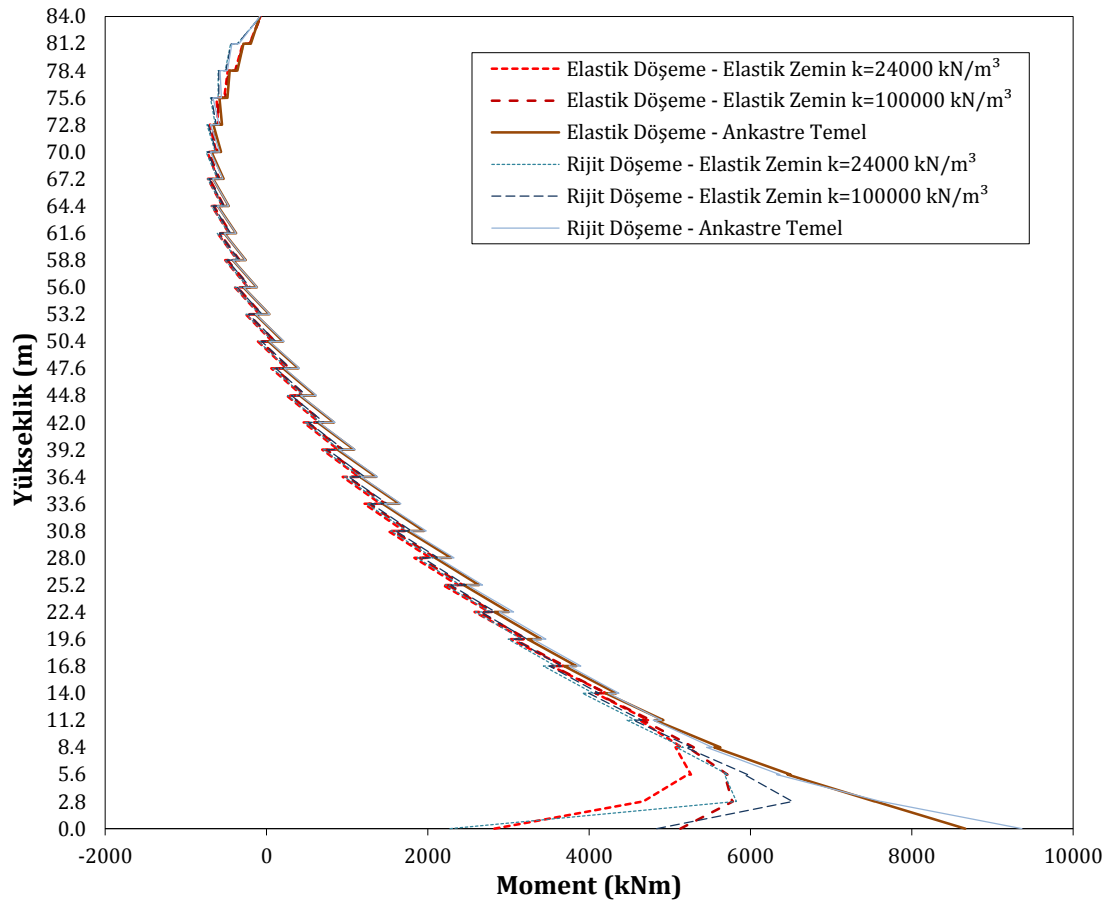
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	46%	-4%	8%
20	20%	13%	9%
30	11%	13%	8%



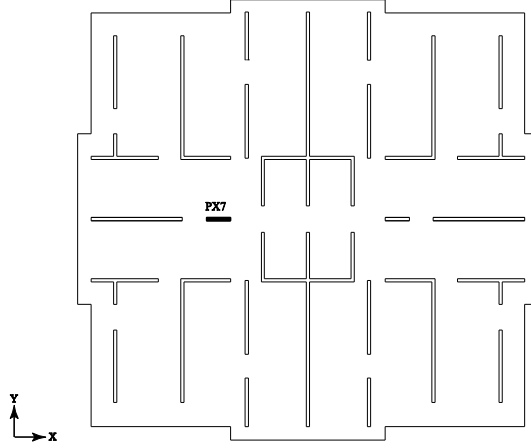
Şekil 4.41: Örnek Bina 2'nin 10 katlı modellerinde PY19 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.42: Örnek Bina 2'nin 20 katlı modellerinde PY19 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.43: Örnek Bina 2'nin 30 katlı modellerinde PY19 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.44: Örnek Bina 2'ye ait kat kalıp planında PX7 perdesinin konumu

Örnek Bina 2'nin göreceli olarak yüksek rijitlikli PX6 perdesiyle aynı aksta ve yakınında bulunan PX7 perdesinde (Şekil 4.44), temelin ankastre mesnetlenmesi durumunda %75'e varan oranlarda daha küçük momentler oluşmaktadır (Tablo 4.15, Şekil 4.45, 4.46, 4.47).

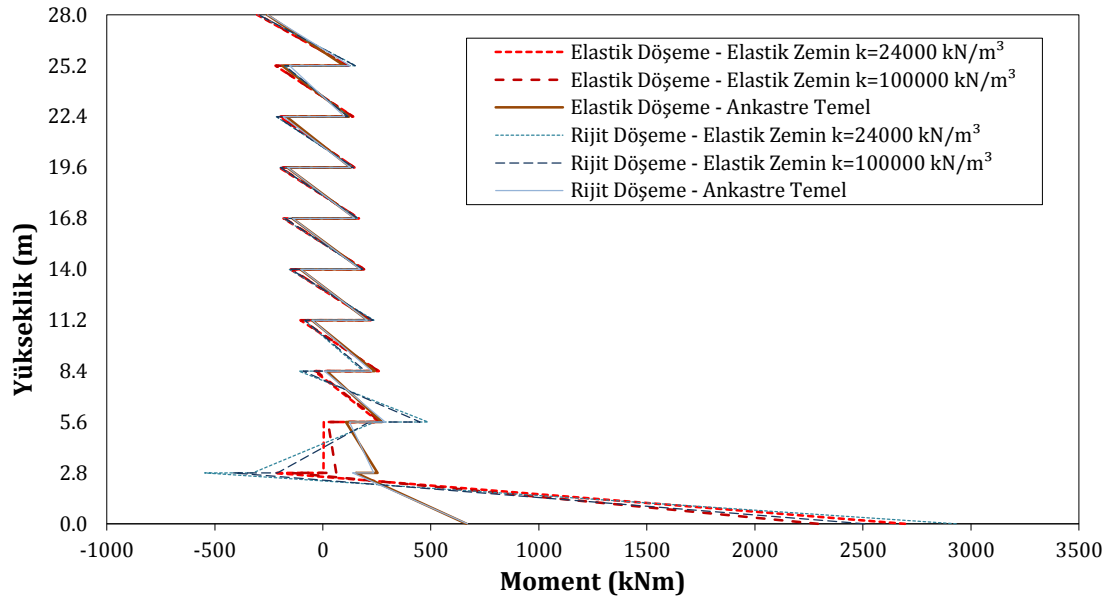
Tablo 4.15: Ankastre temel varsayımının PX7 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	-75%	-71%
20	-69%	-66%
30	-54%	-54%

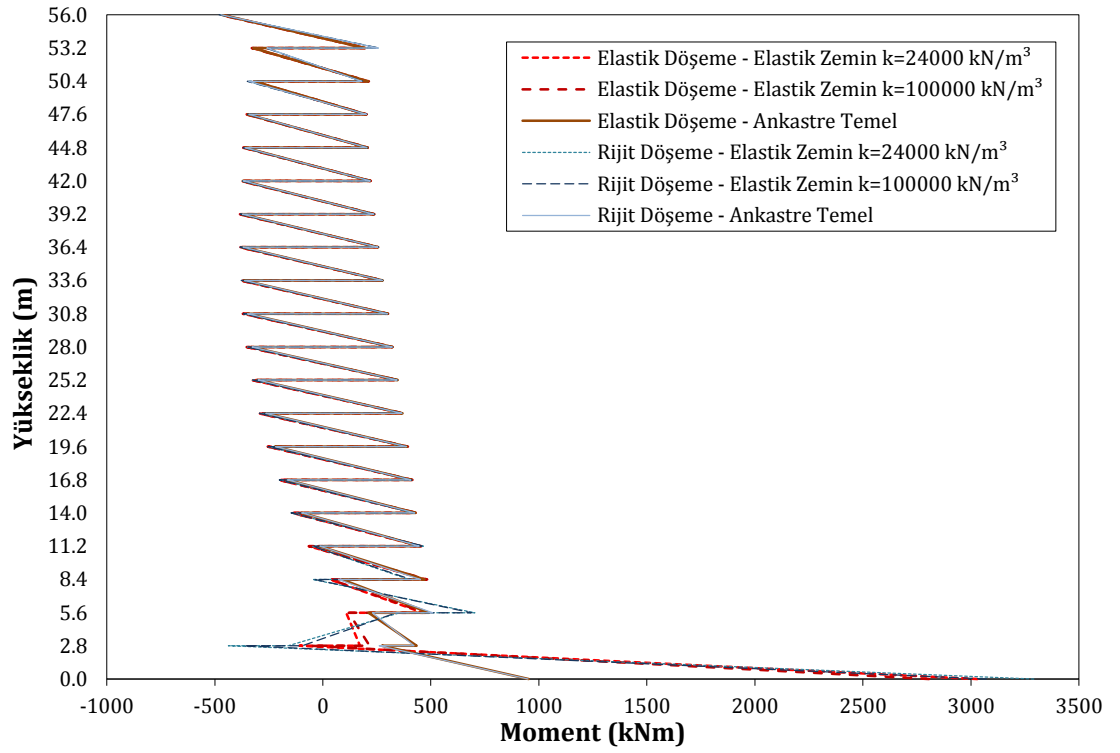
Kat döşemelerinin düzleminde sonsuz rijit varsayımıyla modellenmesinin PX7 perdesinde oluşan momentler üzerindeki etkisi, zemin rijitliklerinin tanımlandığı modellerde %9, temelin ankastre mesnetlenmesi durumunda ise %1 ile sınırlı kalmaktadır (Tablo 4.16).

Tablo 4.16: Rijit döşeme varsayımının PX7 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi

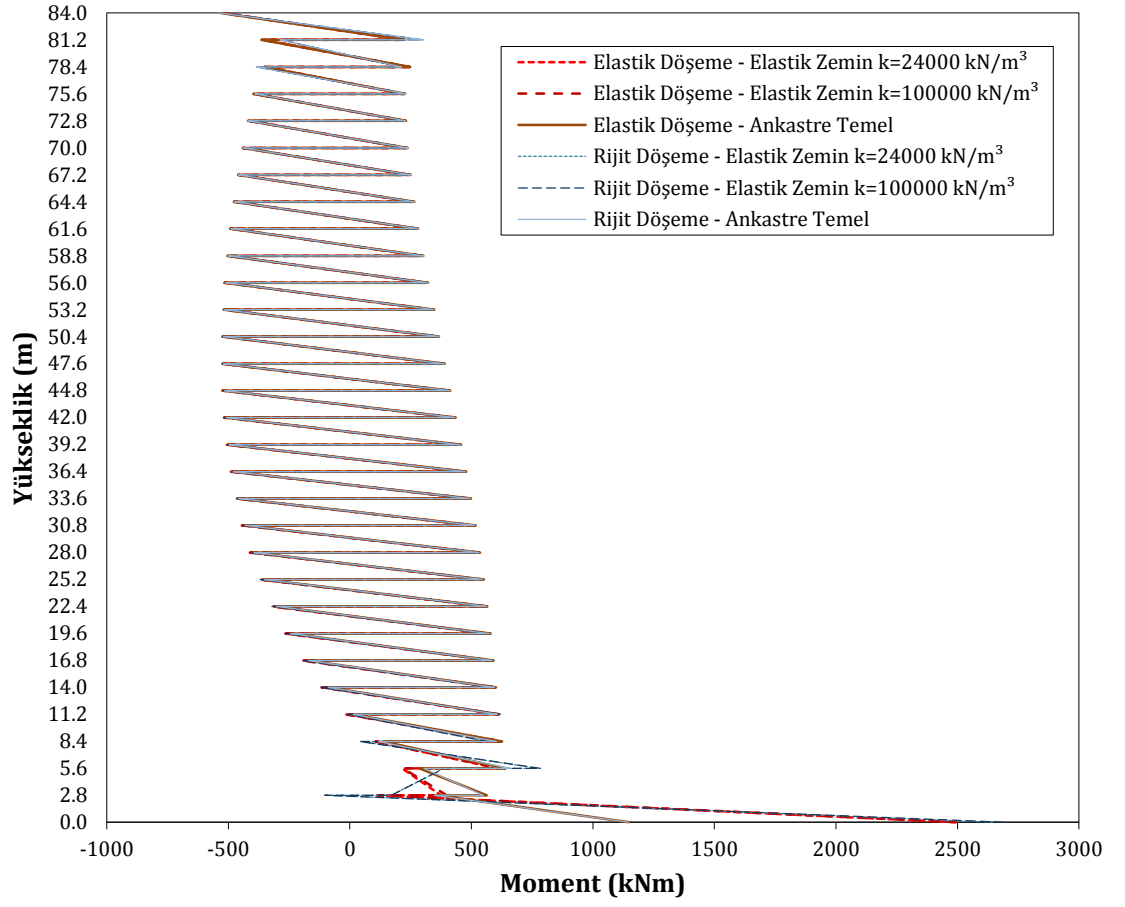
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	9%	9%	1%
20	9%	9%	0%
30	6%	8%	0%



Şekil 4.45: Örnek Bina 2'nin 10 katlı modellerinde PX7 perdesine ait moment grafiği



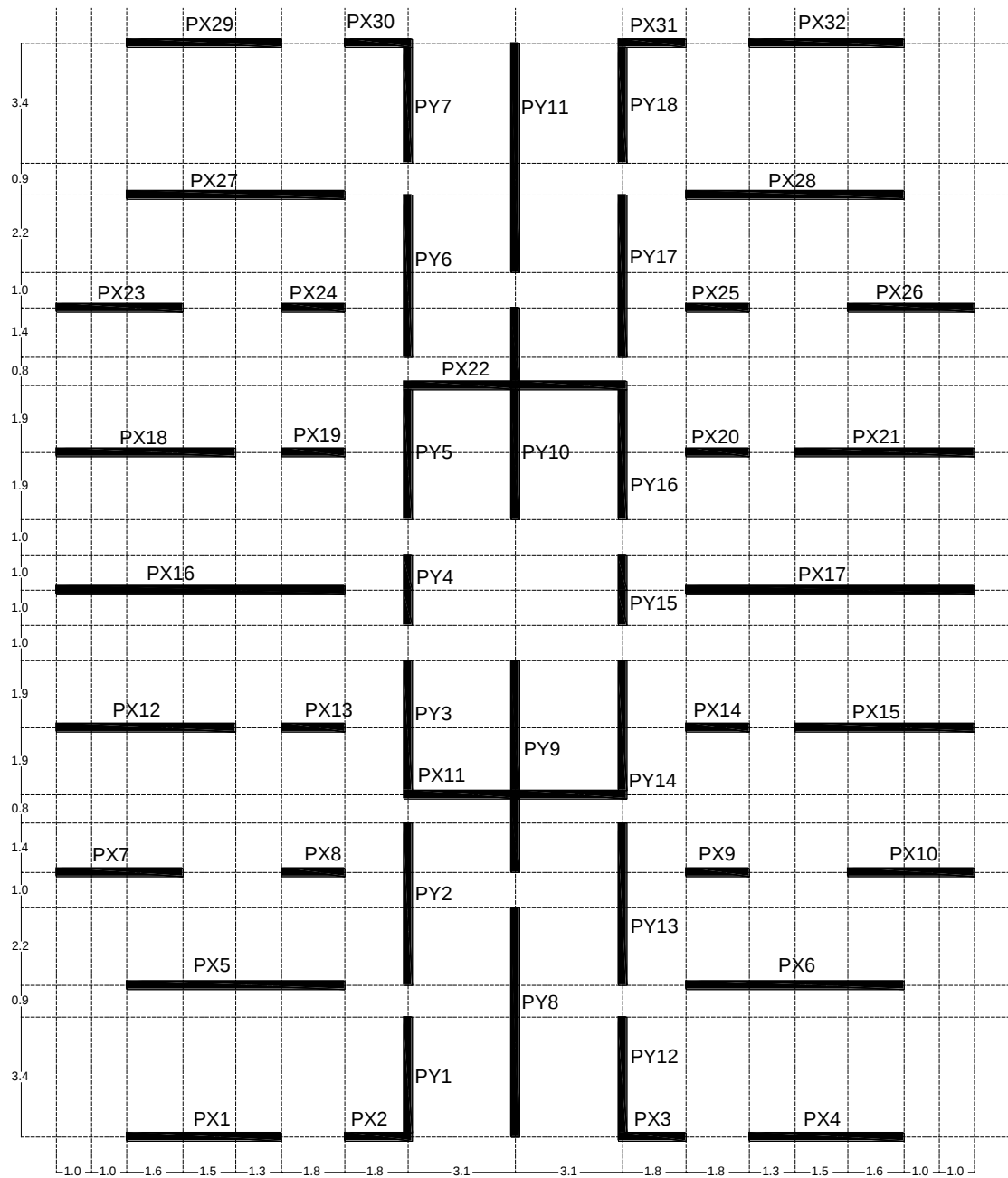
Şekil 4.46: Örnek Bina 2'nin 20 katlı modellerinde PX7 perdesine ait moment grafiği



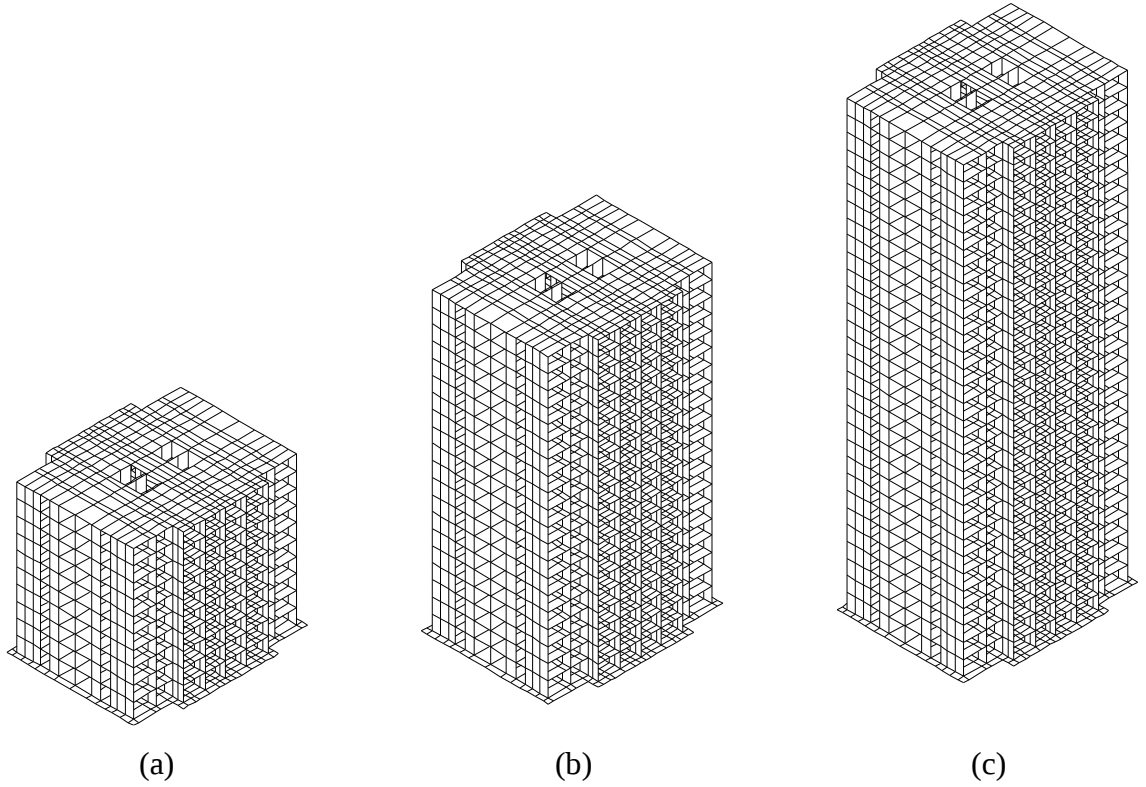
Şekil 4.47: Örnek Bina 2'nin 30 katlı modellerinde PX7 perdesine ait moment grafiği

4.4 ÖRNEK BİNA 3

X doğrultusunda 25 m, Y doğrultusunda ise 31 m boyutlarına sahip olan 3 numaralı örnek binada perde duvarların kalınlığı 250 mm, döşeme plaklarının kalınlığı ise 140 mm'dir. Beton elastisite modülü $3.2E7 \text{ kN/m}^2$ olarak kullanılmıştır. Kat yükseklikleri bütün katlarda aynı olup, 2.8 m olarak modellenmiştir. Modele ait kat kalıp planı, Diker (2000) tarafından yapılan çalışmada yer alan bir kat kalıp planı kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 4.48).



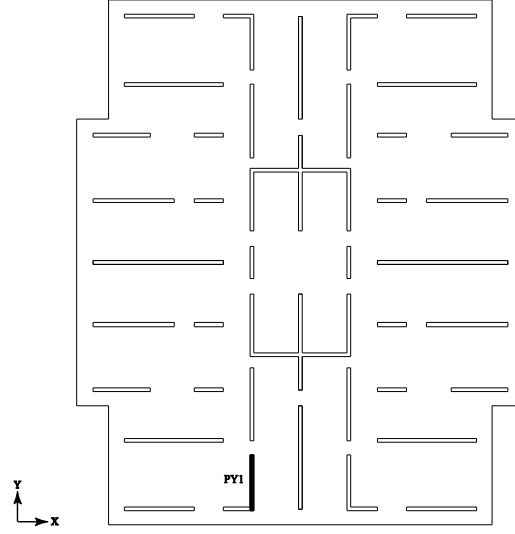
Şekil 4.48: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planı



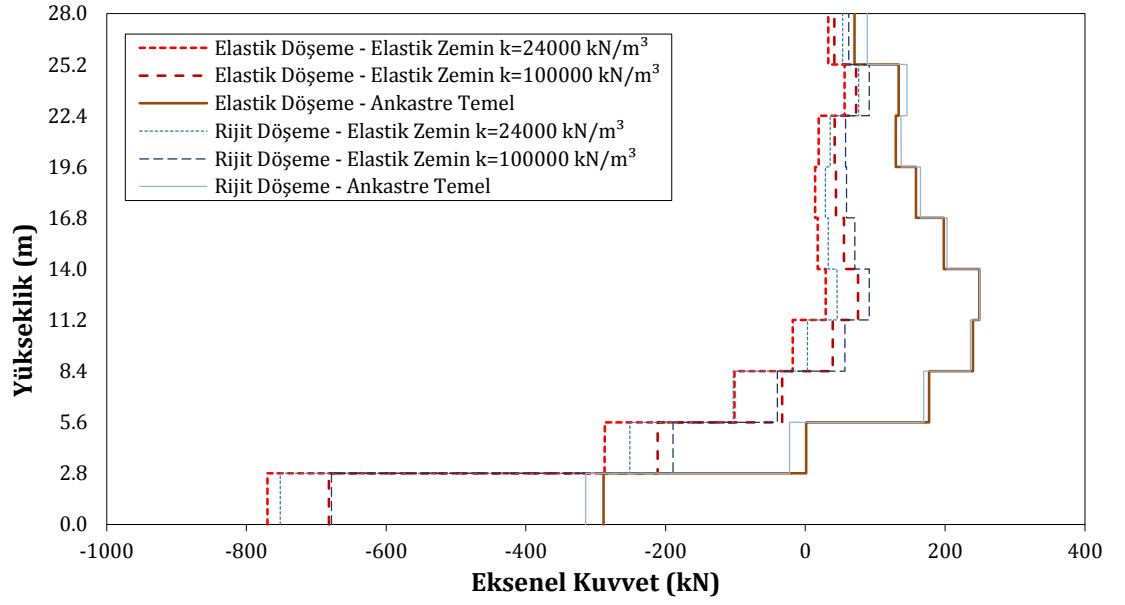
Şekil 4.49: Örnek Bina 3'ün farklı kat sayıları ile modellenmesi (a) 10 katlı model
(b) 20 katlı model (c) 30 katlı model

10, 20 ve 30 katlı olarak modellenen (Şekil 4.49) Örnek Bina 3'e ait analizlerin sonucunda, temelin ankastre mesnetlenmesi ve döşemenin sonsuz rijit modellenmesi varsayımlarının eksenel kuvvetler üzerindeki etkisini açıklamak üzere PY1 perdesinde (Şekil 4.50) oluşan eksenel kuvvetler incelenmiştir. Buna göre yatay yüklerin +Y yönünde uygulanması durumunda ankastre mesnetli temel varsayımı kullanılan modellerde, zemin rijitliğinin tanımlandığı modellere oranla; 10 katlı modelde %62'ye varan oranlarda daha düşük, 20 katlı modelde ise %133'e varan oranlarda daha yüksek eksenel kuvvetlerin oluştuğu görülmüştür (Şekil 4.51, 4.52).

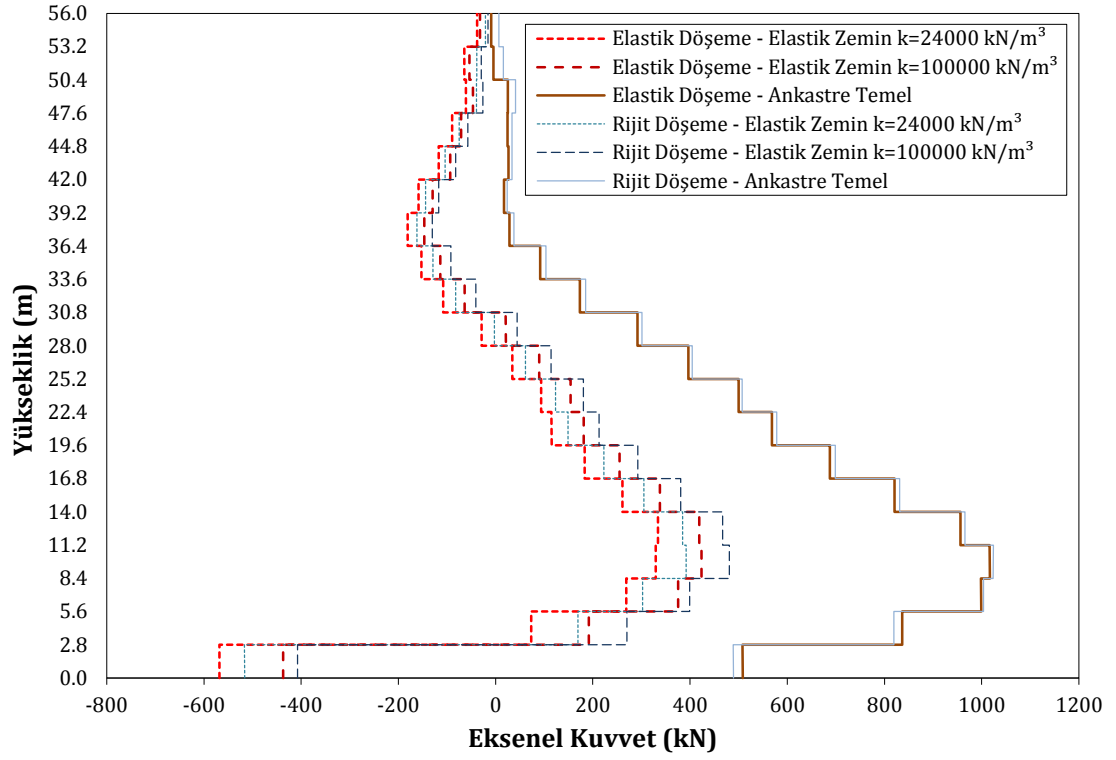
30 katlı modelde PY1 perdesinin yüksekliği boyunca oluşan en büyük eksenel kuvvet değerleri karşılaştırıldığında ankastre mesnetli modelin, zemin yatak katsayısı $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemine göre % 94, $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemine göre ise %79 daha büyük eksenel kuvvetler oluşturduğu görülmektedir (Şekil 4.53).



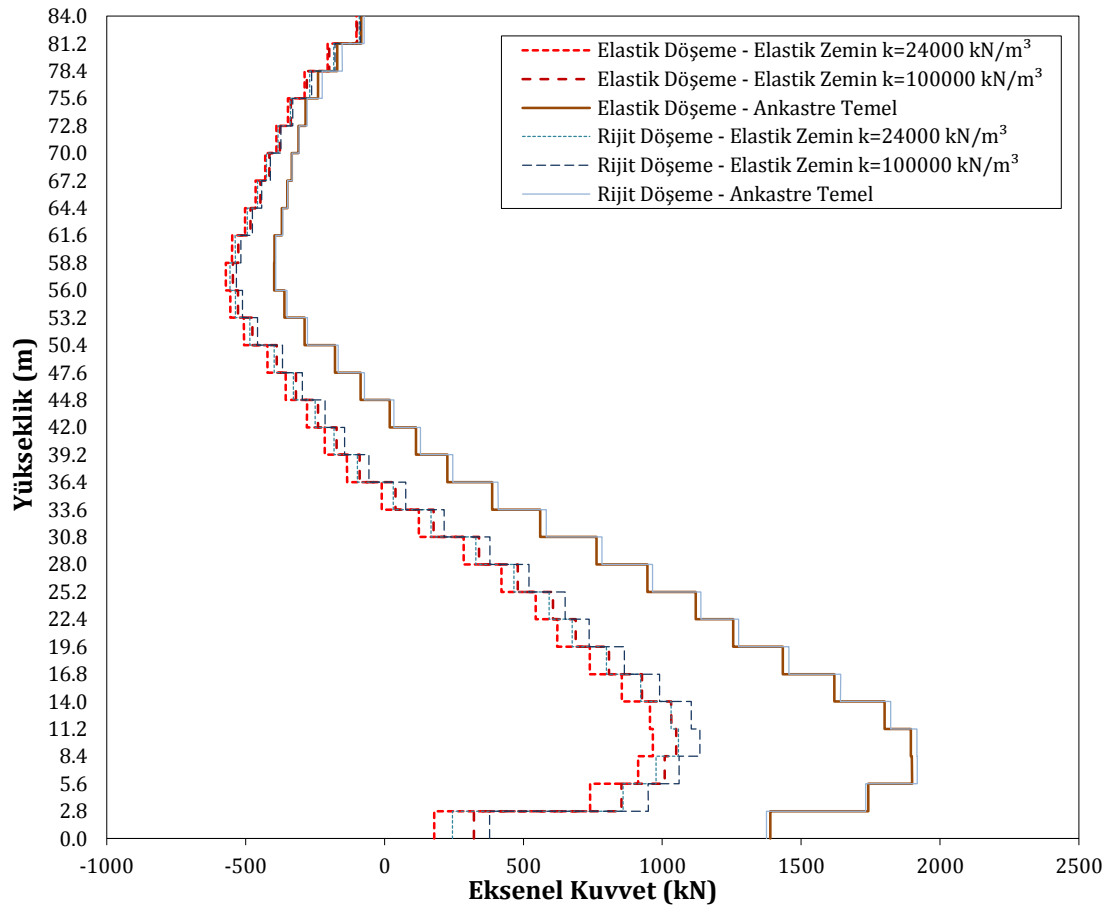
Şekil 4.50: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planında PY1 perdesinin konumu



Şekil 4.51: Örnek Bina 3'ün 10 katlı modellerinde PY1 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği



Şekil 4.52: Örnek Bina 3'ün 20 katlı modellerinde PY1 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği



Şekil 4.53: Örnek Bina 3'ün 30 katlı modellerinde PY1 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği

Döşemelerin düzleminde sonsuz rijit modellenmesinin 10 ve 20 katlı modellerde PY1 perdesinde oluşan aksenal kuvvetleri %9'a varan oranlarda etkilediği görülmüştür. 30 katlı ve zemin rijitliğinin tanımlandığı modellerde ise zemin kat seviyesinde oluşan aksenal kuvvet değerlerinin $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zeminde %37, $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zeminde ise % 18 oranında daha büyük aksenal kuvvetler oluşmaktadır (Tablo 4.17).

Tablo 4.17: Rijit döşeme varsayımının PY1 perdesinde oluşan aksenal kuvvetler üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	% -2	% 0	% 9
20	% -9	% -7	% 4
30	% 37	% 18	% -1

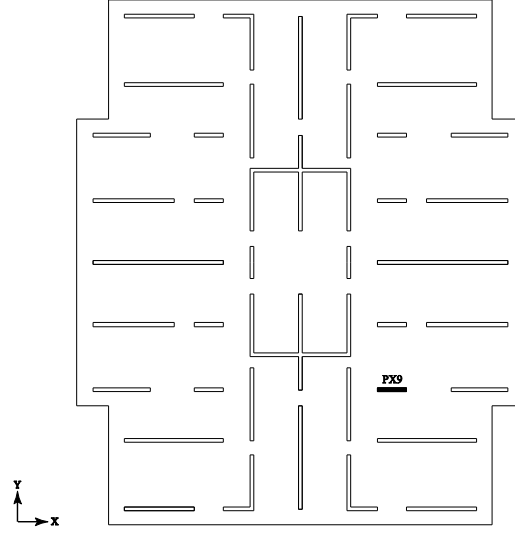
+X yönünde yatay yükleme etkisindeki modellerin analizleri sonucu, PX9 perdesinde (Şekil 4.54) oluşan kesme kuvvetleri Şekil 4.55, Şekil 4.56 ve Şekil 4.57'de sunulmuştur. Buna göre analizlerde kullanılan ankastre mensetli temel ve düzleminde sonsuz rijit döşeme varsayımlarının en büyük etkisi zemin kat seviyesinde oluşmaktadır. Düzleminde rijit döşeme varsayımı sonucu PX1 perdesinde $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşulunda %18 ila %26, $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşulunda %16 ila %25, ankastre temel varsayımında ise %8 ila % 18 oranlarında büyük kesme kuvvetleri oluşmaktadır(Tablo 4.18). Temelin ankastre mesnetlenmesi PX9 perdesinde $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemine göre %81'e, $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşuluna göre ise %76'ya varan oranlarda daha küçük kesme kuvvetlerinin oluşmasına sebep olmaktadır (Tablo 4.19).

Tablo 4.18: Rijit döşeme varsayımının PX9 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

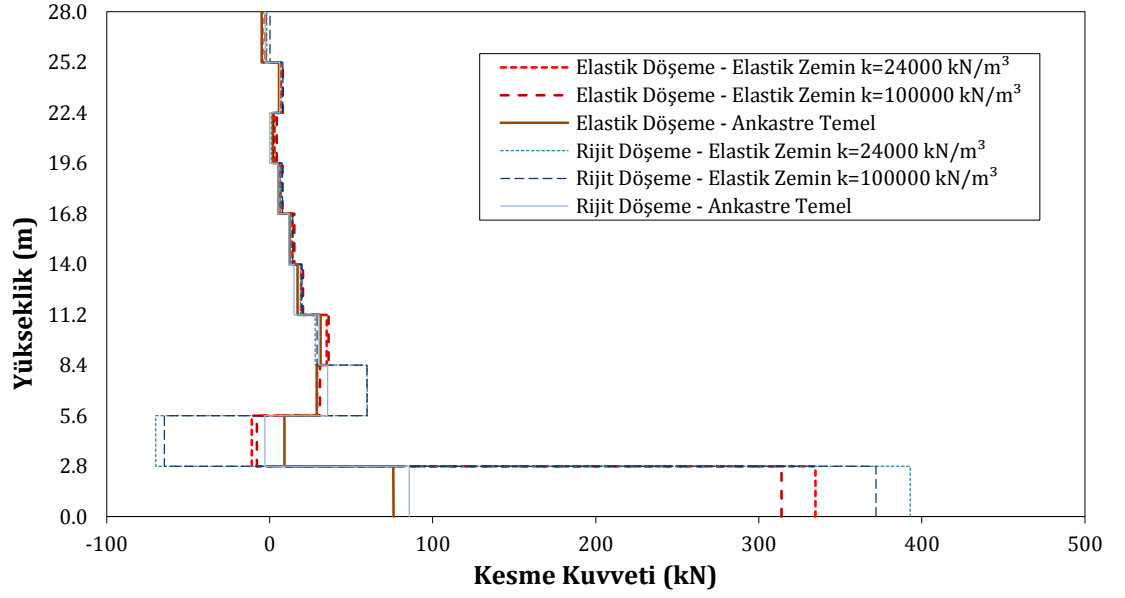
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	18%	16%	8%
20	21%	20%	15%
30	26%	25%	18%

Tablo 4.19: Ankastre temel varsayımının PX9 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

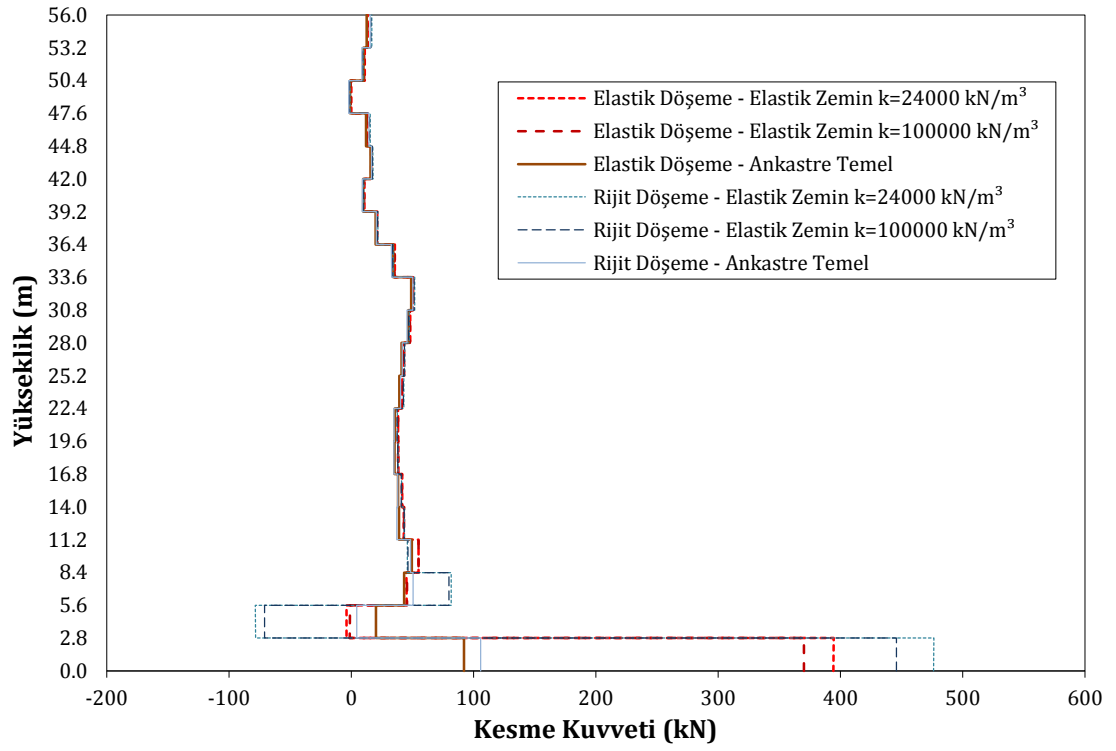
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	-81%	-76%
20	-77%	-75%
30	-72%	-70%



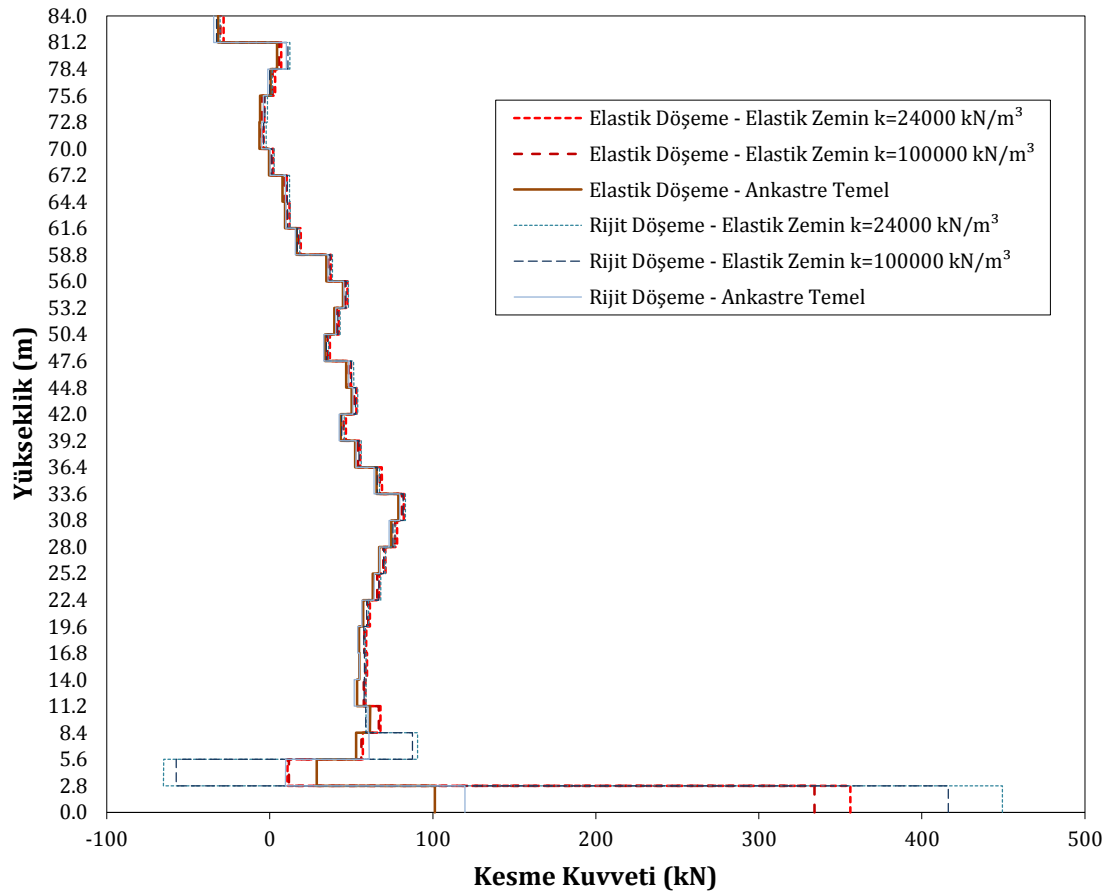
Şekil 4.54: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planında PX9 perdesinin konumu



Şekil 4.55: Örnek Bina 3'ün 10 katlı modellerinde PX9 perdesine ait kesme kuvveti grafiği

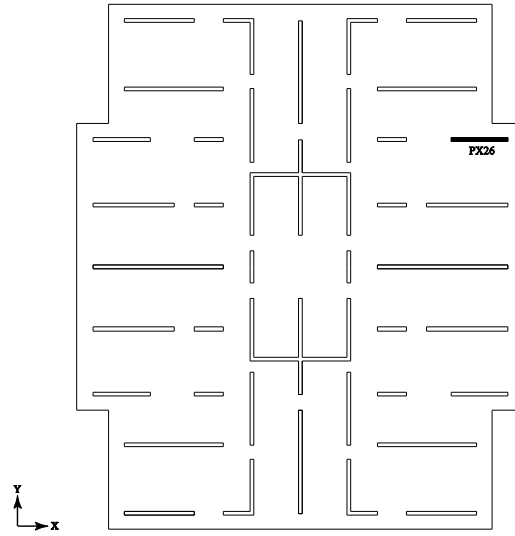


Şekil 4.56: Örnek Bina 3'ün 20 katlı modellerinde PX9 perdesine ait kesme kuvveti grafiği

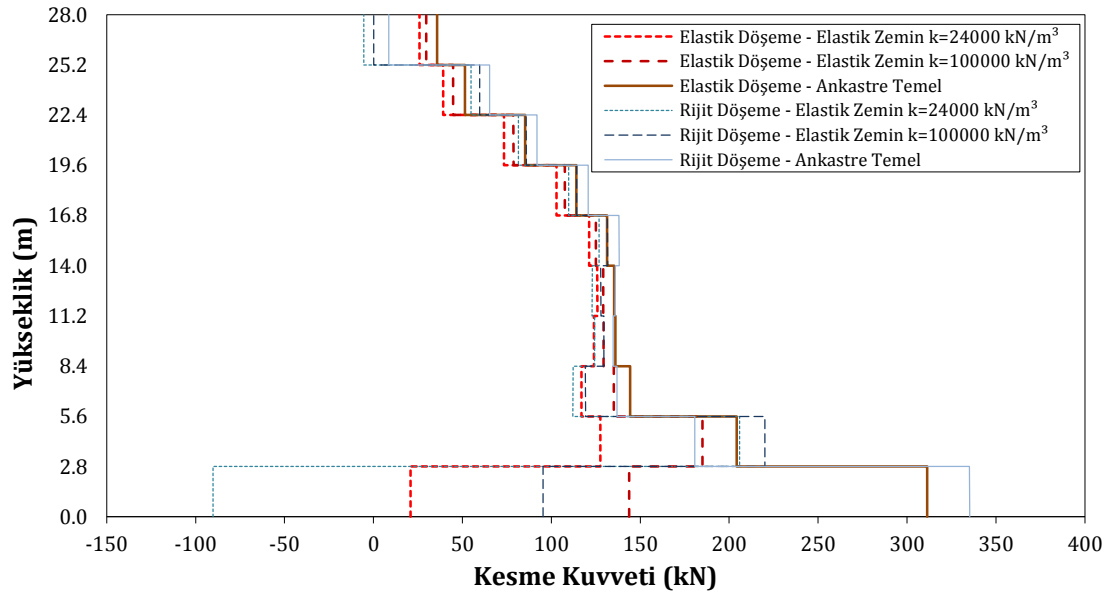


Şekil 4.57: Örnek Bina 3'ün 30 katlı modellerinde PX9 perdesine ait kesme kuvveti grafiği

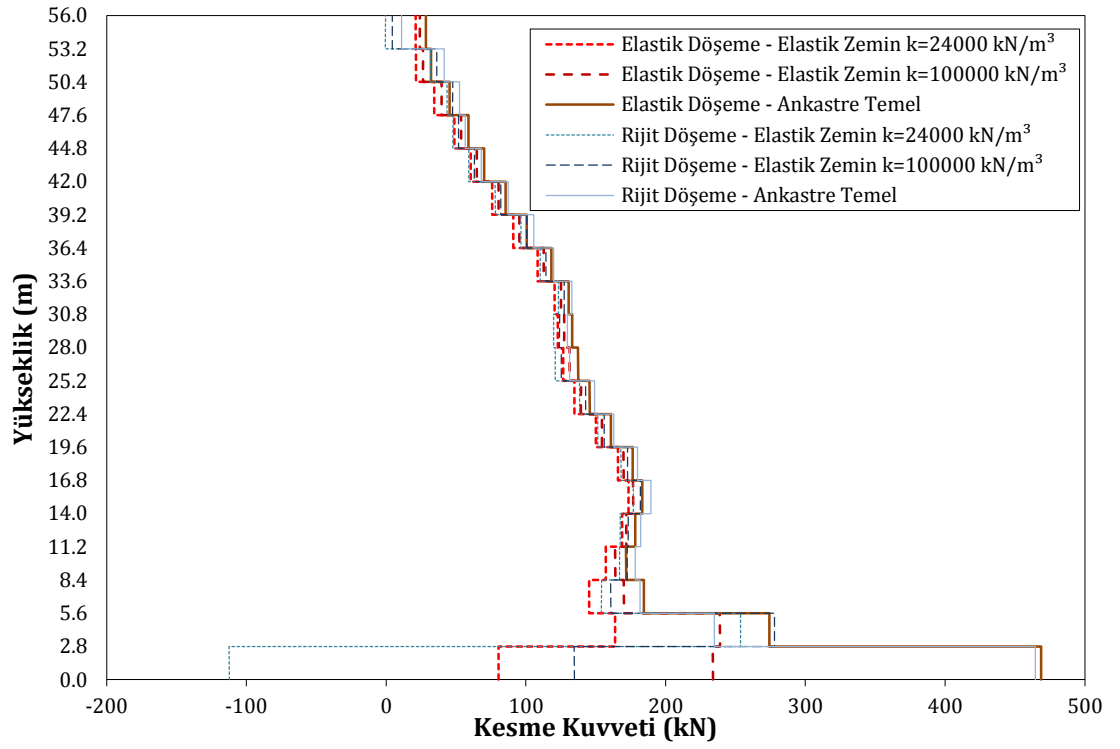
Rijit döşeme varsayımıyla PX26 perdesinde (Şekil 58) oluşan kesme kuvvetleri, gerçek döşeme rijitliğinin tanımlandığı modellere göre %61'e varan oranlarda büyük ve %23'e varan oranlarda daha küçük oluşabilmektedir (Tablo 4.20). Temelin ankastre mesnetlenmesi durumunda $k = 24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşuluna göre %118 ila %170, $k = 100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşuluna göre ise %52 ila %96 oranlarında daha büyük kesme kuvvetleri oluşmaktadır (Tablo 4.21, Şekil 4.59, 4.60, 4.61).



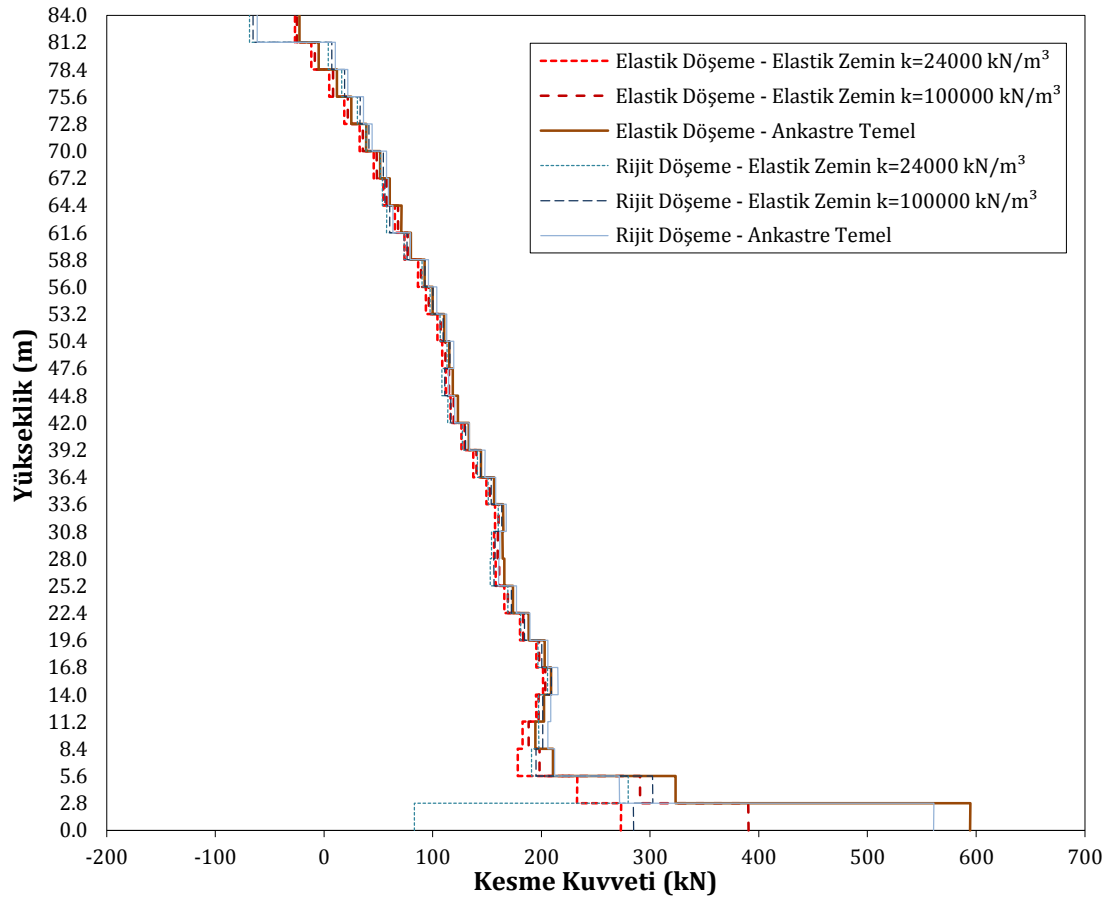
Şekil 4.58: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planında PX26 perdesinin konumu



Şekil 4.59: Örnek Bina 3'ün 10 katlı modellerinde PX26 perdesine ait kesme kuvveti grafiği



Şekil 4.60: Örnek Bina 3'ün 20 katlı modellerinde PX26 perdesine ait kesme kuvveti grafiği



Şekil 4.61: Örnek Bina 3'ün 30 katlı modellerinde PX26 perdesine ait kesme kuvveti grafiği

Tablo 4.20: Rijit döşeme varsayımının PX26 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	61%	19%	8%
20	46%	16%	-1%
30	2%	-23%	-6%

Tablo 4.21: Ankastre temel varsayımının PX26 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	144%	68%
20	170%	96%
30	118%	52%

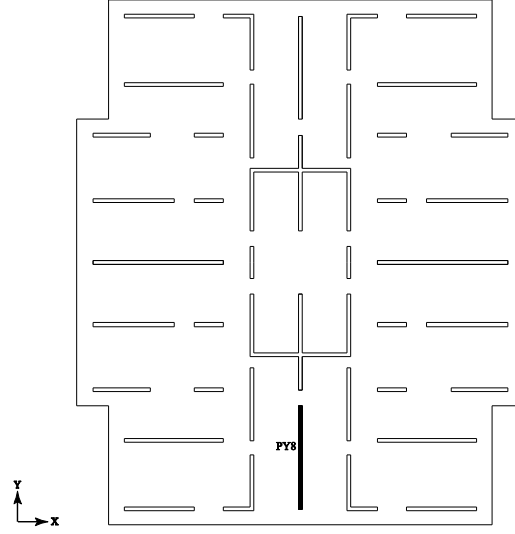
+Y yönündeki yatay yükleme durumundaki modellerin analiz sonuçlarına göre döşemelerin düzleminde sonsuz rijit modellenmesi sonucu, PY8 perdesinde (Şekil 4.62) %19'a varan oranlarda daha büyük momentler elde edilmektedir (Tablo 4.22). Temelin ankastre mesnetlenmesi varsayımının elemanda oluşan momentler üzerindeki etkisi $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin için %112 ila %137, $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin için ise %109 ila %131 oranlarında gerçekleşmektedir (Tablo 4.23, Şekil 4.63, 4.64, 4.65).

Tablo 4.22: Rijit döşeme varsayımının PY8 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi

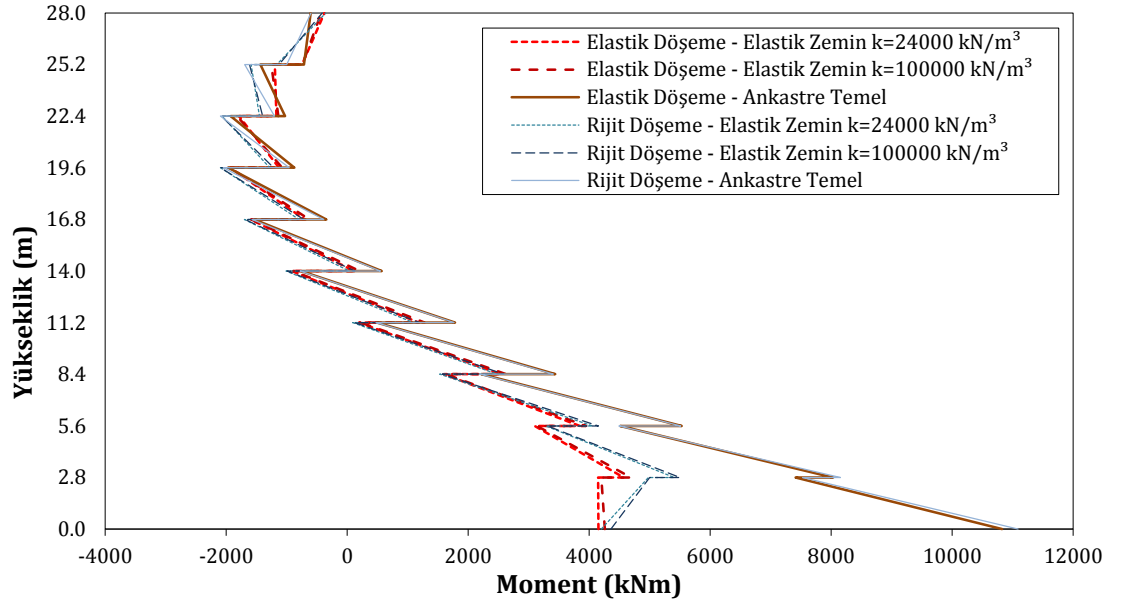
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	18%	17%	2%
20	19%	18%	3%
30	12%	11%	3%

Tablo 4.23: Ankastre temel varsayımının PY8 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi

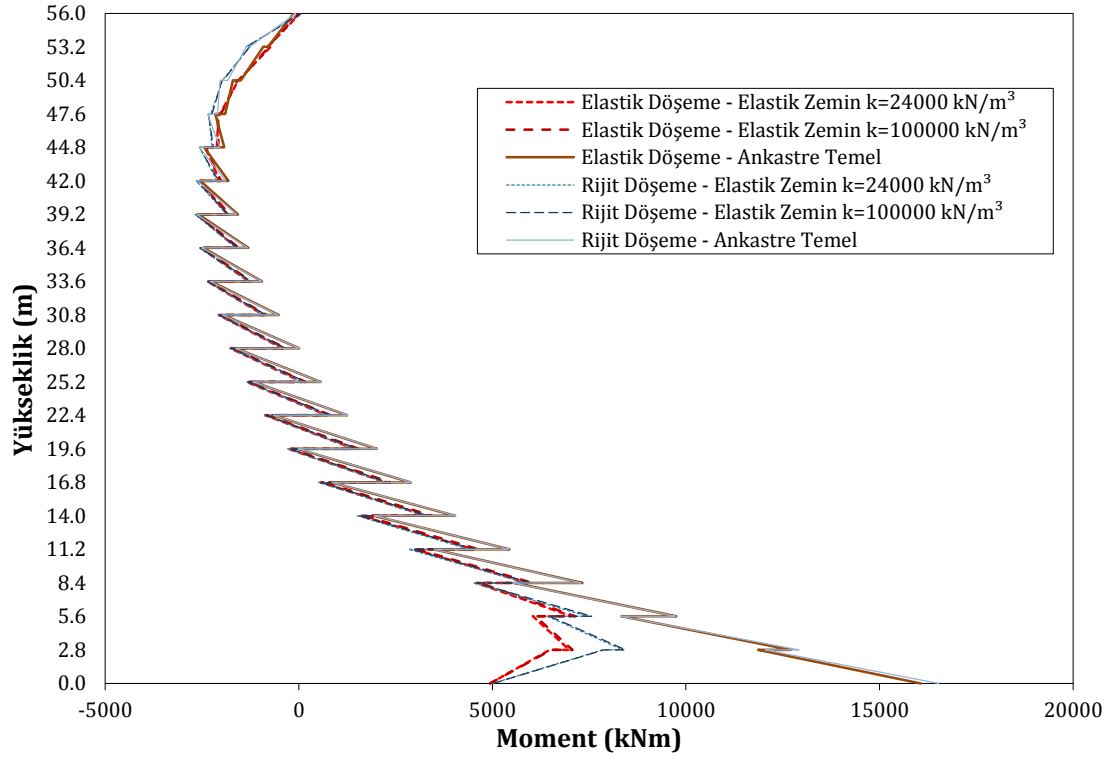
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	137%	131%
20	128%	125%
30	112%	109%



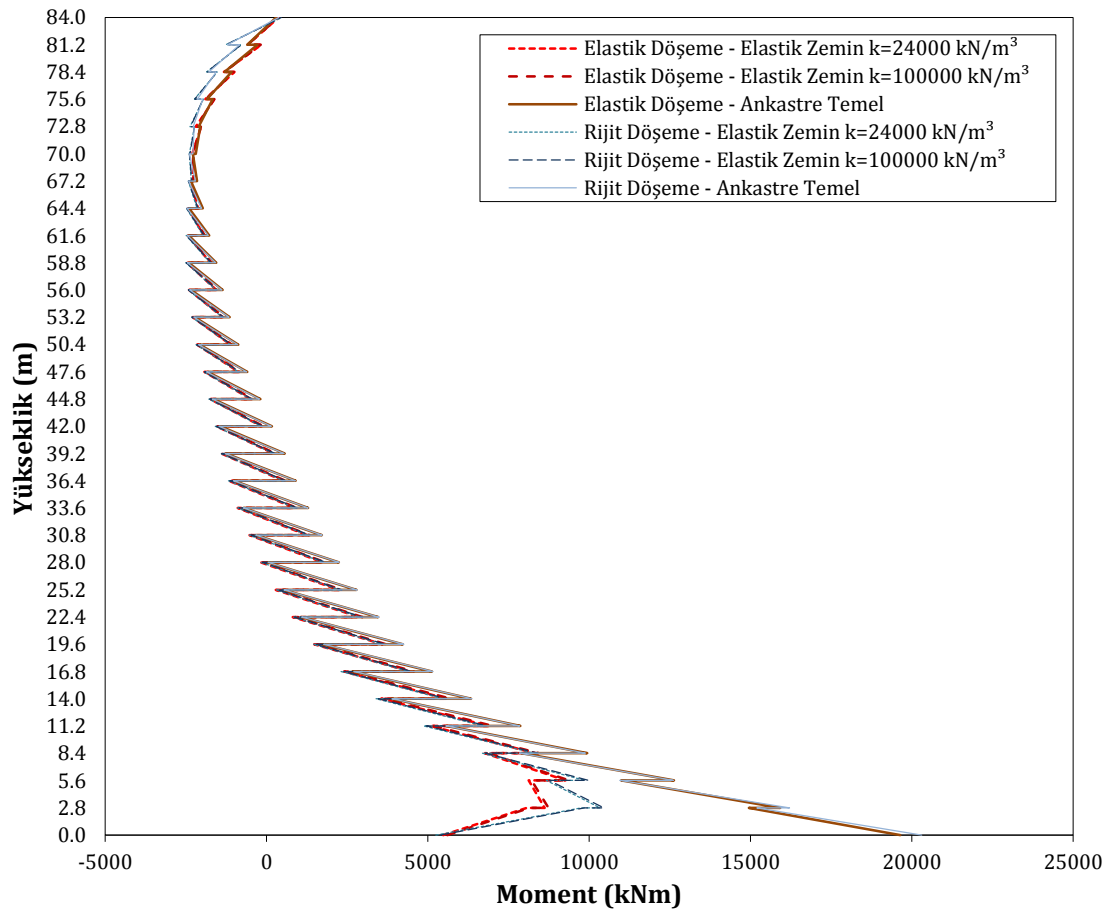
Şekil 4.62: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planında PY8 perdesinin konumu



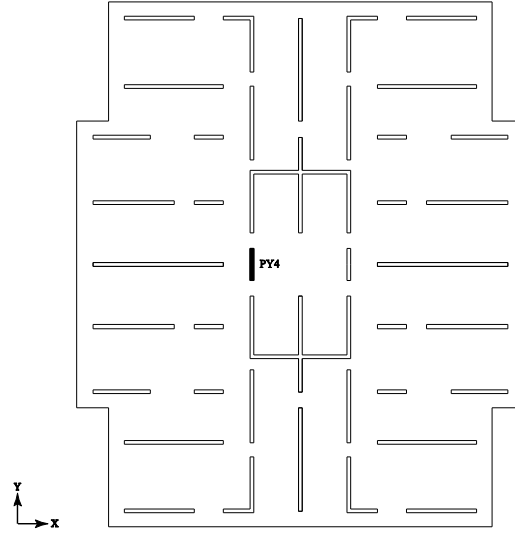
Şekil 4.63: Örnek Bina 3'ün 10 katlı modellerinde PY8 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.64: Örnek Bina 3'ün 20 katlı modellerinde PY8 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.65: Örnek Bina 3'ün 30 katlı modellerinde PY8 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.66: Örnek Bina 3'e ait kat kalıp planında PY4 perdesinin konumu

Kat planının orta aksında, göreceli olarak yüksek rijitlikli perdelerin arasında yer alan PY4 perdesinin (Şekil 4.66) düzleminde oluşan momentlerin grafikleri Şekil 4.67, 4.68 ve 4.69'da sunulmuştur. Buna göre temelin ankastre mesnetlenmesi ve +Y yönündeki yatay yükleme durumunda oluşan momentlerin, $k = 24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşuluna göre %65 ila %74, $k = 100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşuluna göre ise %61 ila %68 oranlarında daha küçük olduğu görülmüştür (Tablo 4.24).

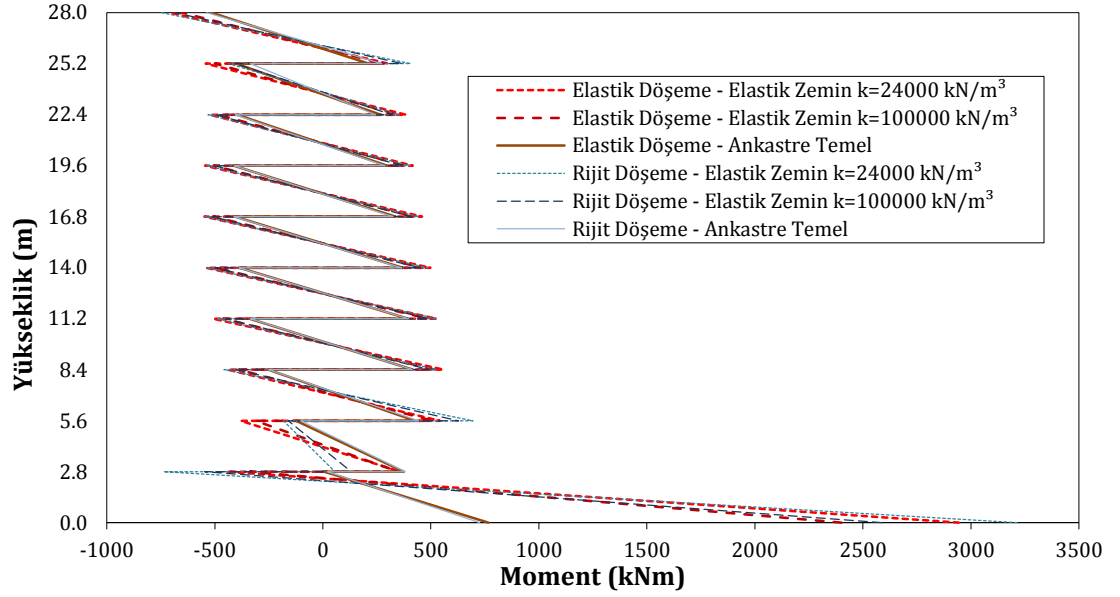
Rijit döşeme varsayımıyla yapılan analizler sonucu elde edilen momentlerin ankastre mesnetli temel varsayımı durumunda %5'e varan oranlarda daha küçük, zemin rijitliklerinin tanımlanması durumunda ise %12'ye varan oranlarda daha büyük olduğu hesaplanmıştır (Tablo 4.25).

Tablo 4.24: Ankastre temel varsayımının PY4 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi

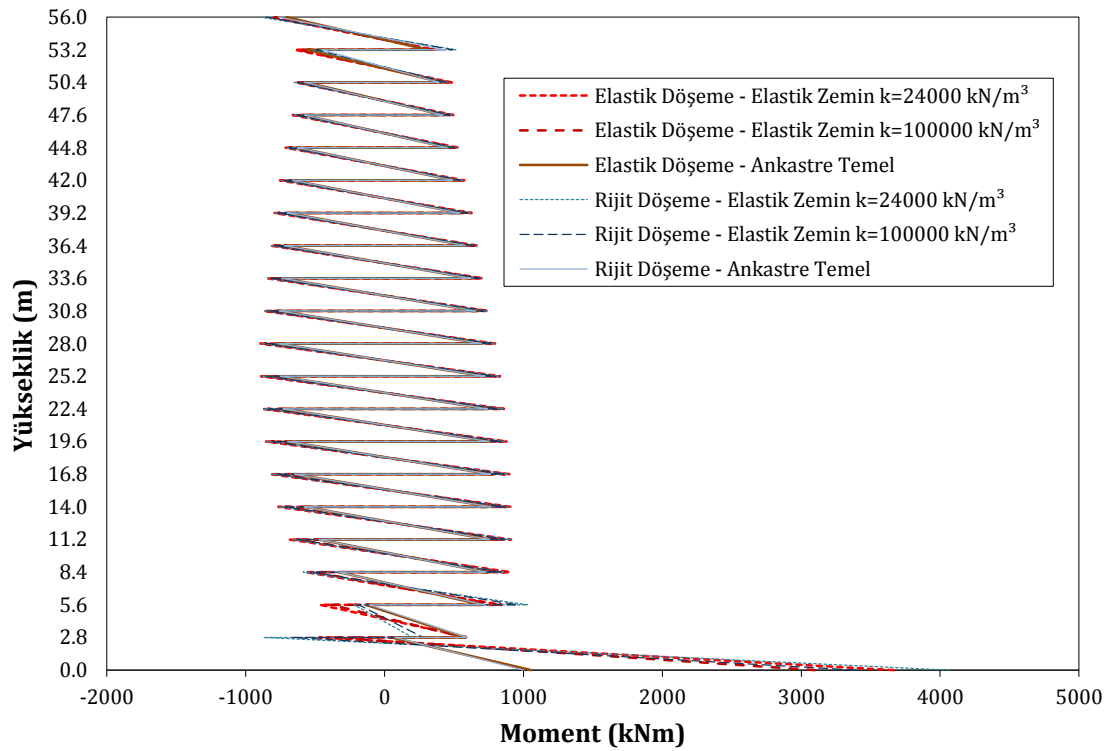
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	-74%	-68%
20	-71%	-66%
30	-65%	-61%

Tablo 4.25: Rijit döşeme varsayımının PY4 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi

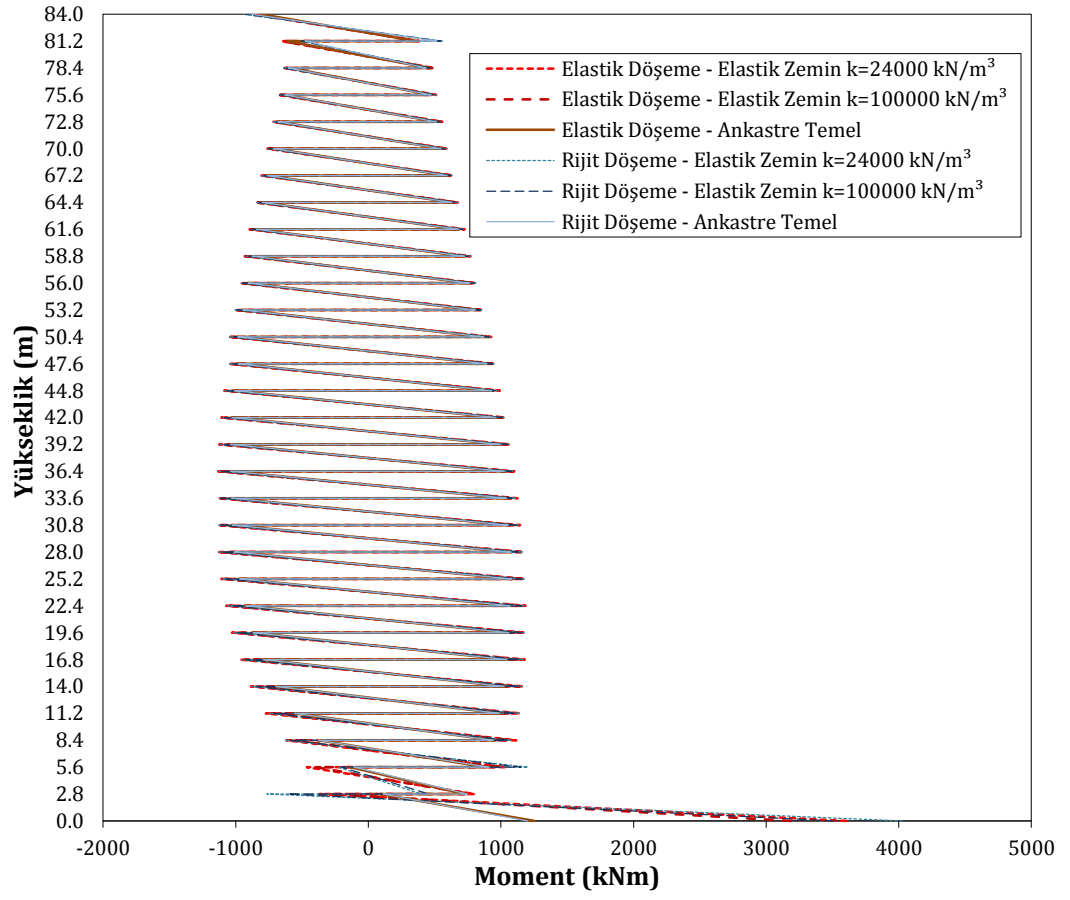
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	9%	8%	-5%
20	11%	9%	-5%
30	12%	10%	-4%



Şekil 4.67: Örnek Bina 3'ün 10 katlı modellerinde PY4 perdesine ait moment grafiği



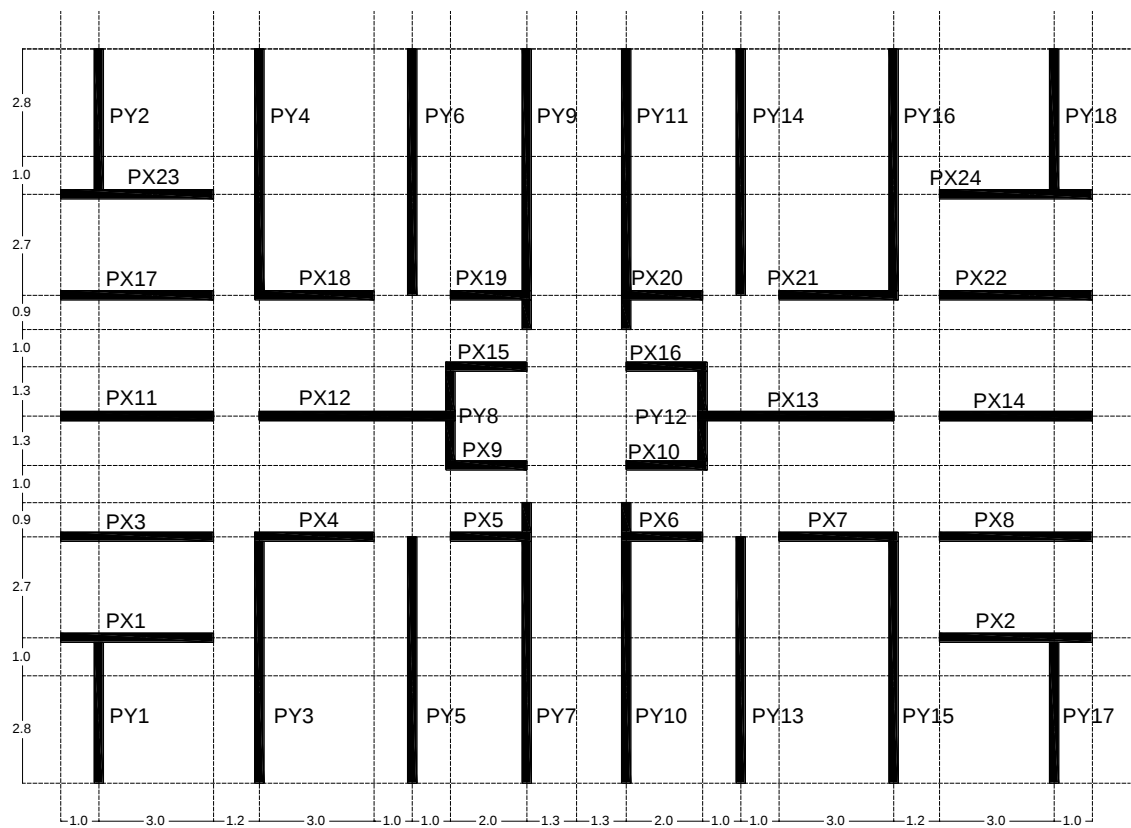
Şekil 4.68: Örnek Bina 3'ün 20 katlı modellerinde PY4 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.69: Örnek Bina 3'ün 30 katlı modellerinde PY4 perdesine ait moment grafiği

4.5 ÖRNEK BİNA 4

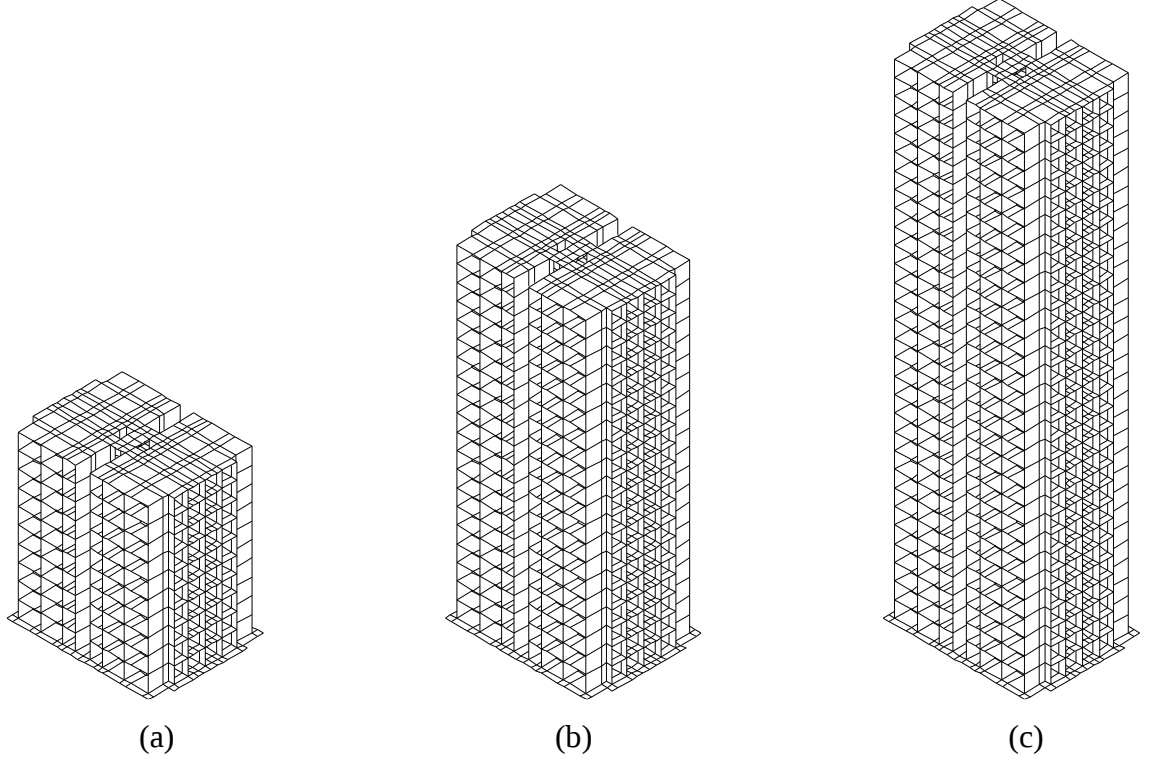
X doğrultusunda 27 m, Y doğrultusunda ise 19.4 m açıklığa sahip olan 4 numaralı örnek binada perde duvarların kalınlığı 250 mm, döşeme plaklarının kalınlığı ise 140 mm'dir. Malzeme elastisite modülü $3.2E7 \text{ kN/m}^2$ olarak kullanılmıştır. Kat yükseklikleri bütün katlarda aynı olup, 2.8 m olarak modellenmiştir. Şekil 4.70'de sunulan Örnek Bina 4'e ait kat kalıp planı, Sucu (2006) tarafından yapılan çalışmada yer alan bir kat kalıp planı kullanılarak hazırlanmıştır. Bina Şekil 4.71'de görüldüğü gibi 10, 20 ve 30 katlı olmak üzere üç farklı kat sayısı ile modellenmiştir.



Şekil 4.70: Örnek Bina 4'e ait kat kalıp planı

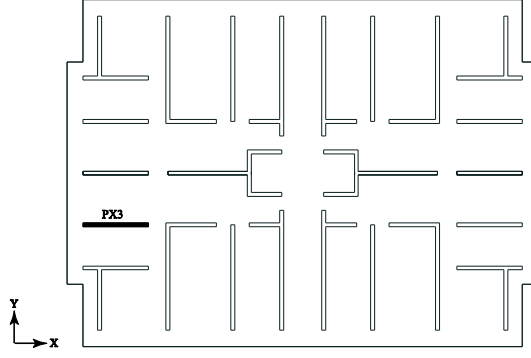
Yatay yüklerin +X yönünde uygulandığı 10 katlı modellerle yapılan analizlerin sonucunda temelin ankastre mesnetlenmesinin Şekil 4.72’de kat planındaki konumu sunulan PX3 perdesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Buna göre ankastre mesnetli temel varsayımının $k=24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşuluna göre %39, $k=100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşuluna göre ise %32 oranında daha küçük eksenel kuvvetlere sebep olduğu görülmüştür (Şekil 4.73).

20 katlı modellerde ise Şekil 4.74'te görüldüğü gibi PX3 perdesinde zemin rijitliklerinin tanımlanması sonucu yalnızca basınç kuvvetleri oluşurken, temelin ankastre modellenmesi sonucu zemin üstündeki ilk altı katta çekme kuvvetleri oluşmaktadır. Diğer katlarda ise zemin rijitliği tanımlanan modellere oranla daha küçük basınç kuvvetleri meydana gelmektedir.

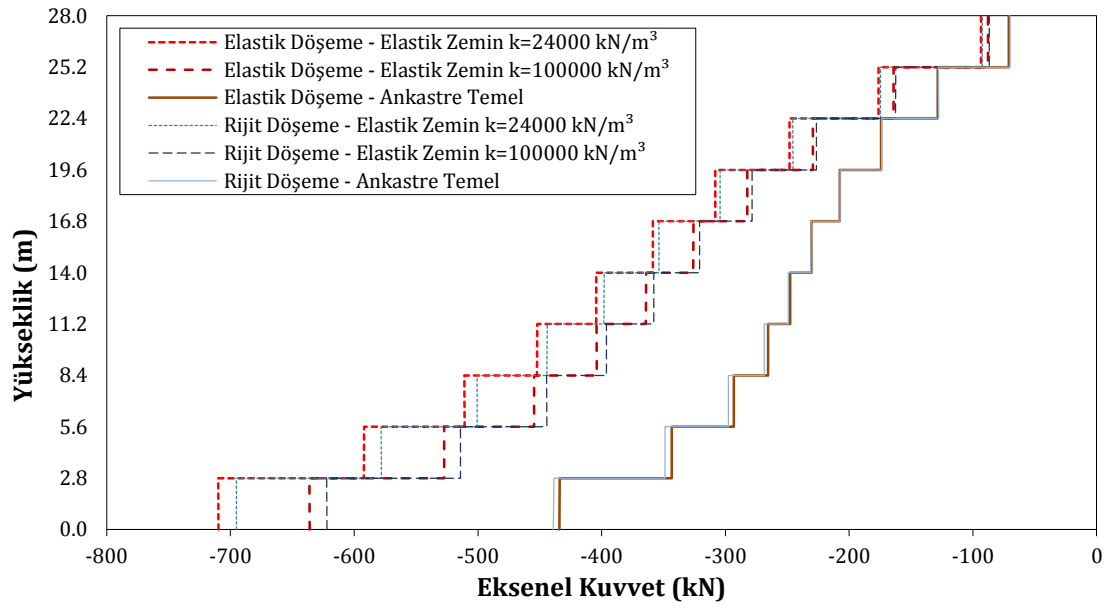


Şekil 4.71: Örnek Bina 4'ün farklı kat sayıları ile modellenmesi (a) 10 katlı model
(b) 20 katlı model (c) 30 katlı model

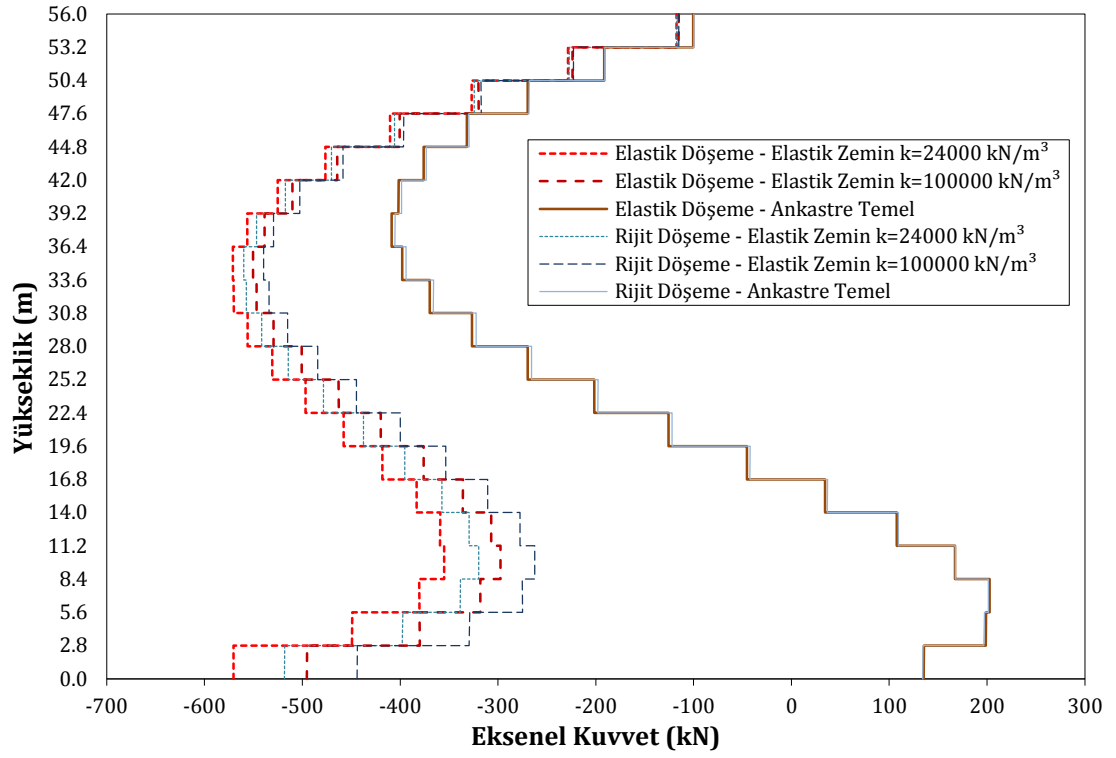
30 katlı modellerde PX3 perdesinin yüksekliği boyunca oluşan aksenal kuvvetler incelendiğinde, ankastre mesnetli modelde, zemin rijitliğinin tanımlandığı modellere oranla daha büyük çekme kuvvetleri ve daha küçük basınç kuvvetleri olduğu Şekil 4.75'te görülmektedir.



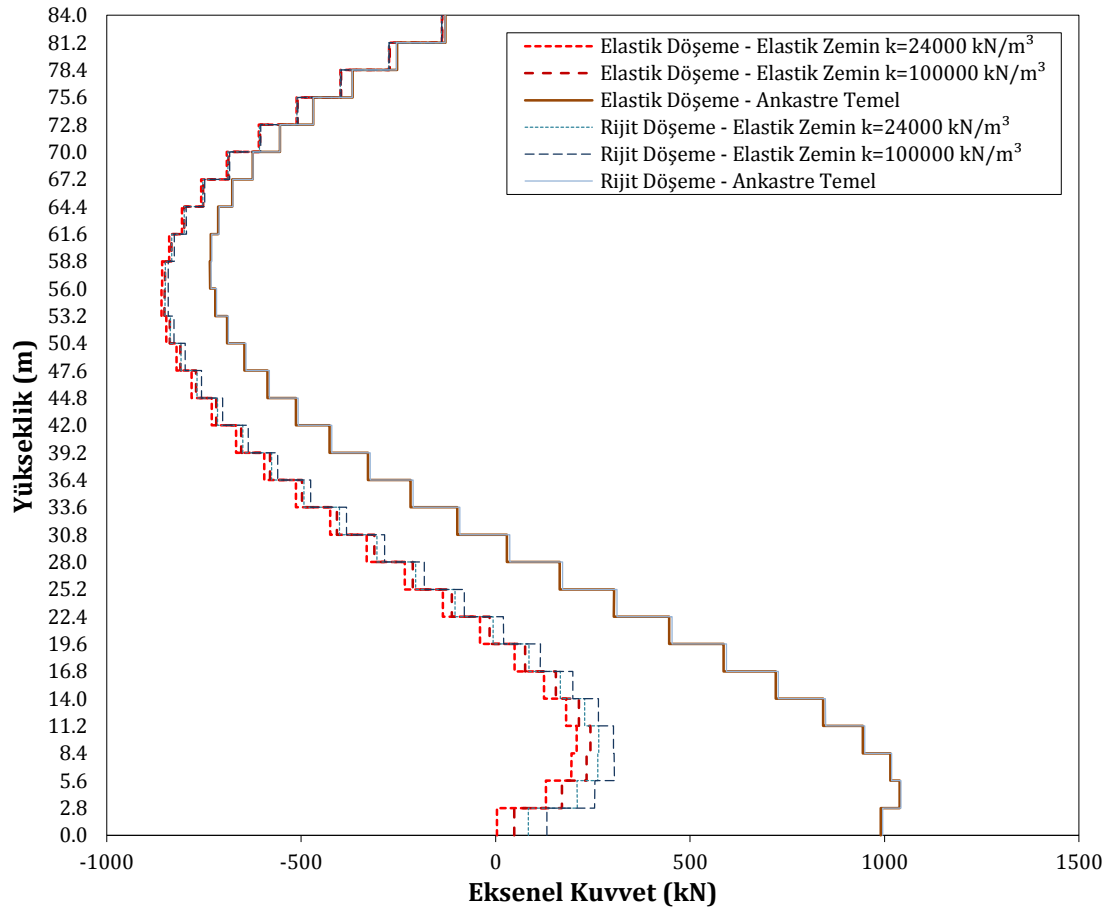
Şekil 4.72: Örnek Bina 4'e ait kat kalıp planında PX3 perdesinin konumu



Şekil 4.73: Örnek Bina 4'ün 10 katlı modellerinde PX3 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği



Şekil 4.74: Örnek Bina 4'ün 20 katlı modellerinde PX3 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği



Şekil 4.75: Örnek Bina 4'ün 30 katlı modellerinde PX3 perdesine ait eksenel kuvvet grafiği

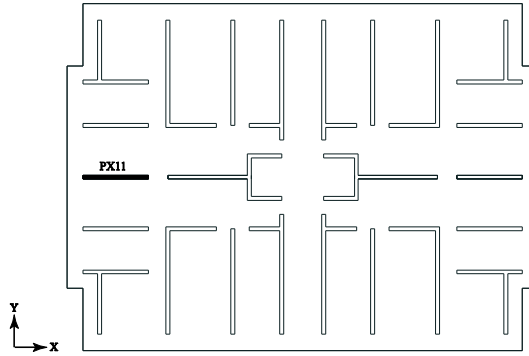
PX11 perdesinde (Şekil 4.76) oluşan kesme kuvvetleri incelendiğinde 20 ve 30 katlı modellerin zemin kat seviyelerinde ankastre mesnetli modelin, zemin rijitliği tanımlanan modellere göre ters işaretli kesme kuvvetleri oluşturduğu görülmektedir. Temelin ankastre mesnetlenmesi durumunda PX11 perdesinde oluşan kesme kuvvetleri $k = 24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşuluna göre %59'a, $k = 100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşuluna göre ise % 58'e varan oranlarda daha büyük olmaktadır(Tablo 4.26). Şekil 4.77, Şekil 4.78 ve Şekil 4.79'da görüldüğü gibi döşemelerin düzleminde sonsuz rijit modellenmesi varsayımı PX11 perdesinde %110'a varan oranlarda daha büyük kesme kuvvetlerine sebep olabilmektedir(Tablo 4.27).

Tablo 4.26: Ankastre temel varsayımının PX11 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

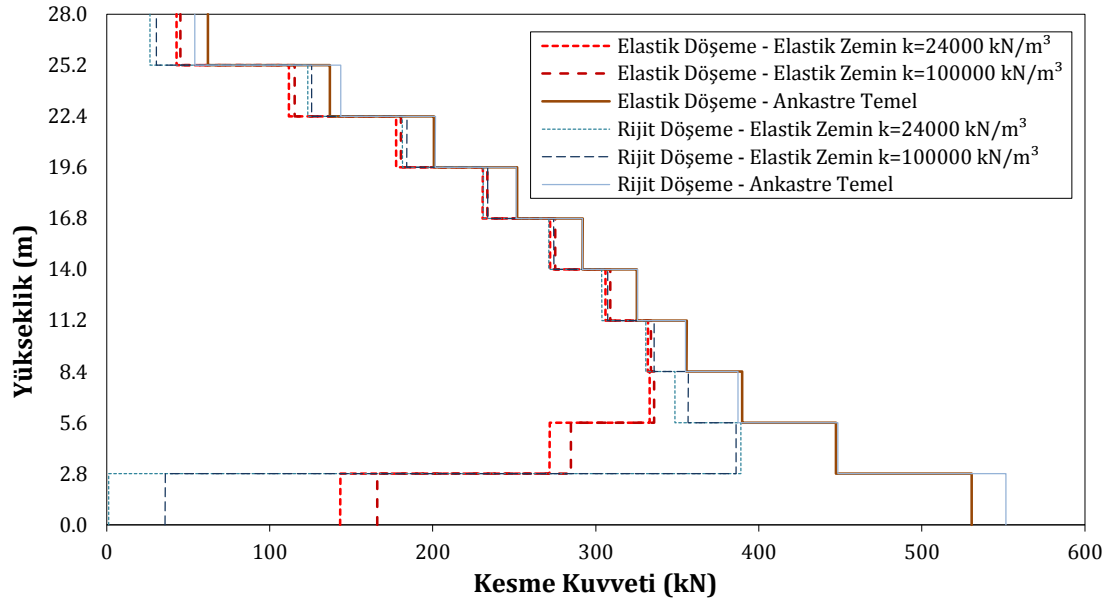
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	59%	58%
20	53%	52%
30	44%	48%

Tablo 4.27: Rijit döşeme varsayımının PX11 perdesinde oluşan en büyük kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi

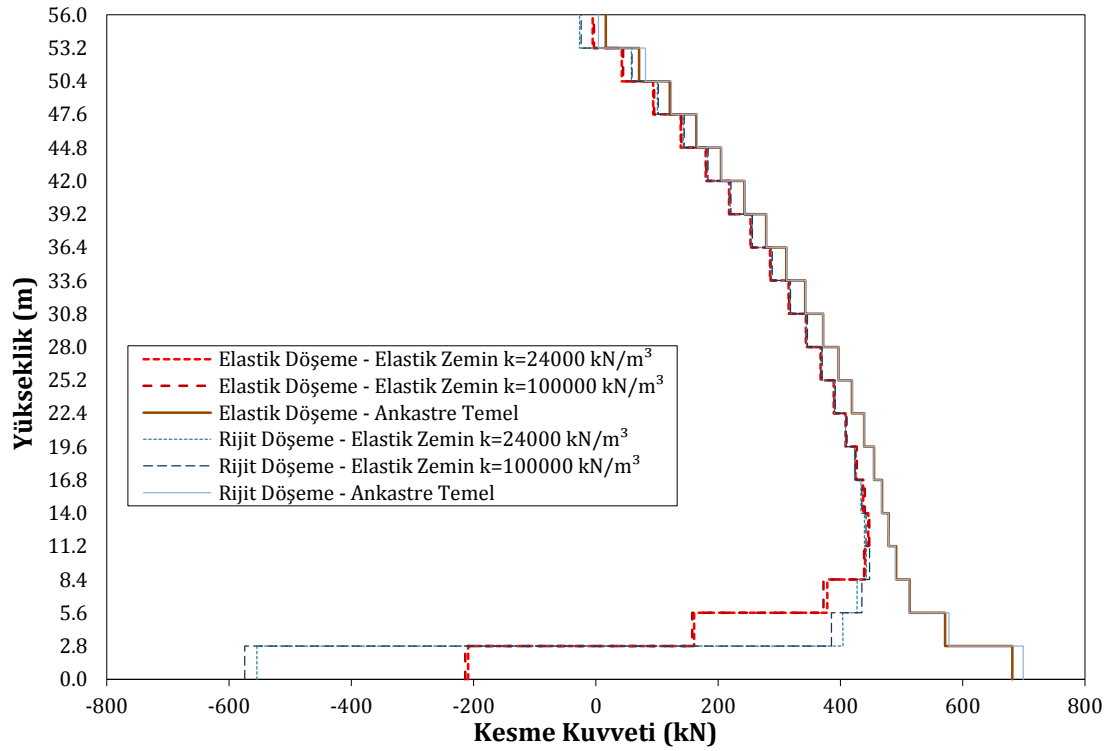
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	17%	15%	4%
20	24%	28%	3%
30	104%	110%	2%



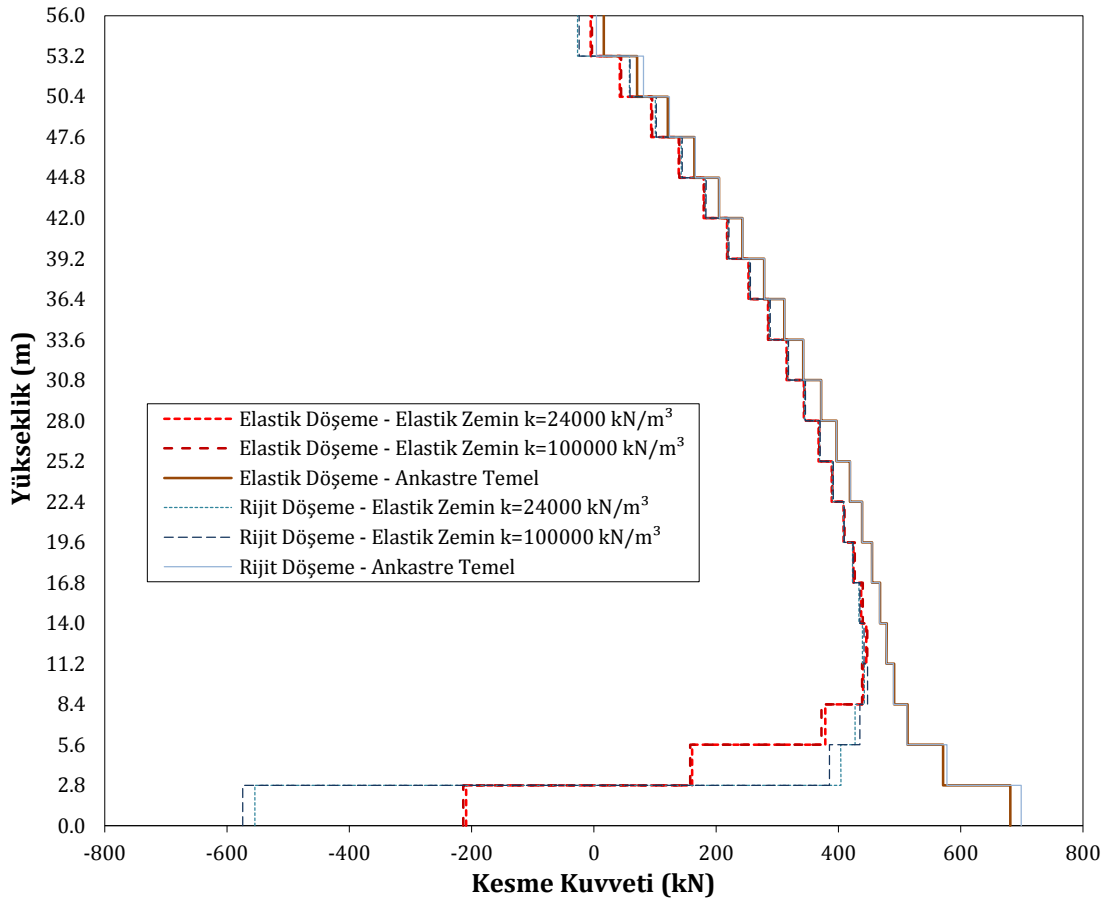
Şekil 4.76: Örnek Bina 4'e ait kat kalıp planında PX11 perdesinin konumu



Şekil 4.77: Örnek Bina 4'ün 10 katlı modellerinde PX11 perdesine ait kesme kuvveti grafiği



Şekil 4.78: Örnek Bina 4'ün 20 katlı modellerinde PX11 perdesine ait kesme kuvveti grafiği



Şekil 4.79: Örnek Bina 4'ün 30 katlı modellerinde PX11 perdesine ait kesme kuvveti grafiği

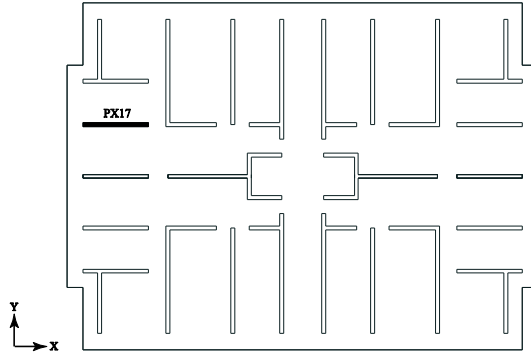
Kat kalıp planındaki konumu Şekil 4.80'deki gibi olan PX17 perdesine ait, +X yönündeki yatay yüklemeler altındaki analizler sonucunda elde edilen momentlerin grafikleri Şekil 4.81, Şekil 4.82 ve Şekil 4.83'te sunulmuştur. Buna göre rijit döşeme varsayımı ile PX17 perdesinde elde edilen momentlerin, gerçek rijitliklerin tanımlandığı analizlerde edilen momentlere göre zemin rijitliklerinin tanımlandığı modellerde %25'e varan oranlarda, temelin ankastre mesnetlendiği modellerde ise %4 oranında daha büyük olduğu görülmektedir (Tablo 4.28). Temelin ankastre mesnetlenmesi sonucu PX17 perdesinde oluşan momentlerin %95 ila % 108 oranlarında daha büyük olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.29).

Tablo 4.28: Rijit döşeme varsayımının PX17 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi

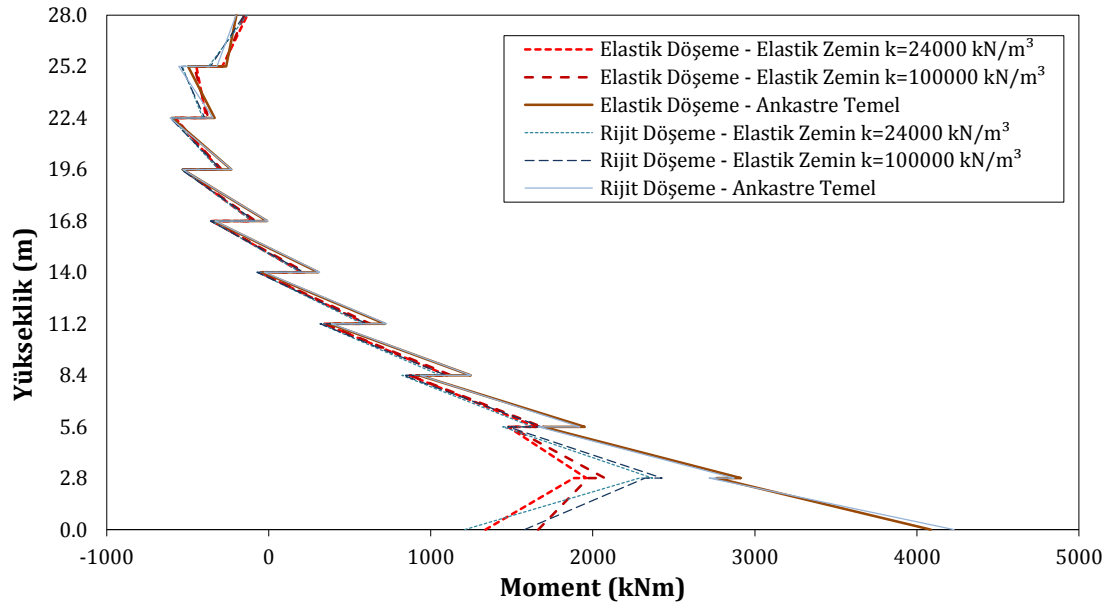
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$	Ankastre Temel
10	21%	17%	4%
20	25%	25%	4%
30	18%	18%	4%

Tablo 4.29 – Ankastre temel varsayımının PX17 perdesinde oluşan en büyük momentler üzerindeki etkisi

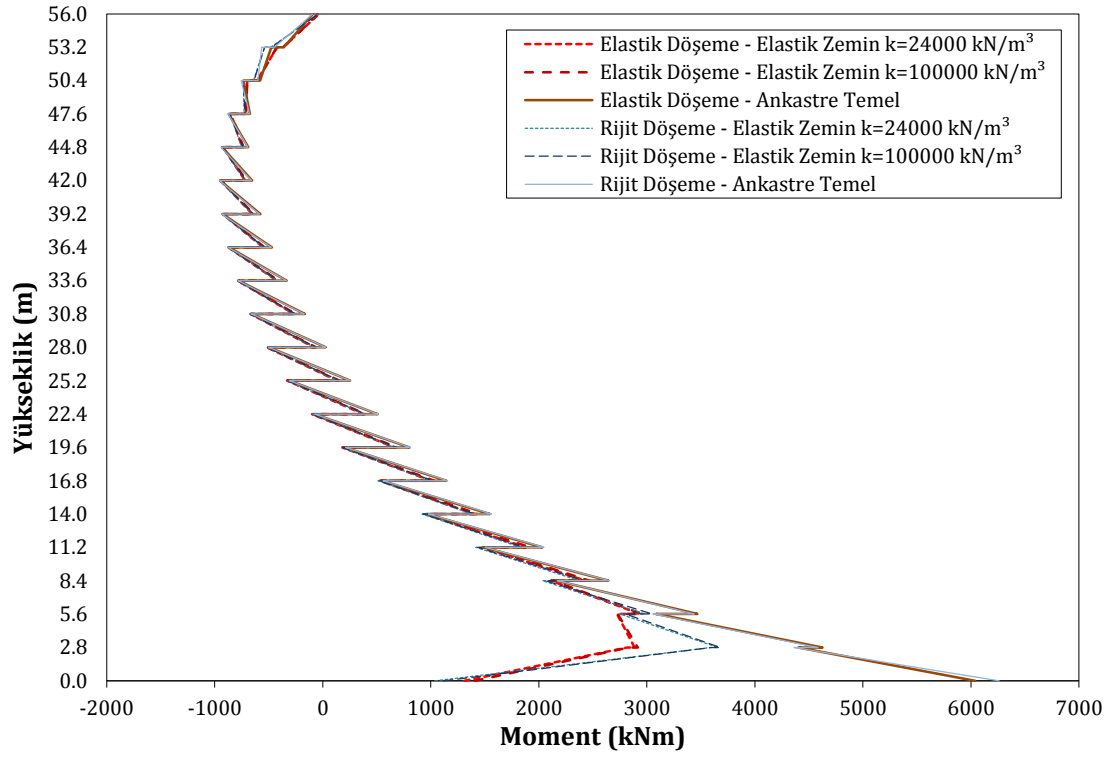
Kat Sayısı	$k = 24000 \text{ kN/m}^3$	$k = 100000 \text{ kN/m}^3$
10	108%	97%
20	106%	104%
30	96%	95%



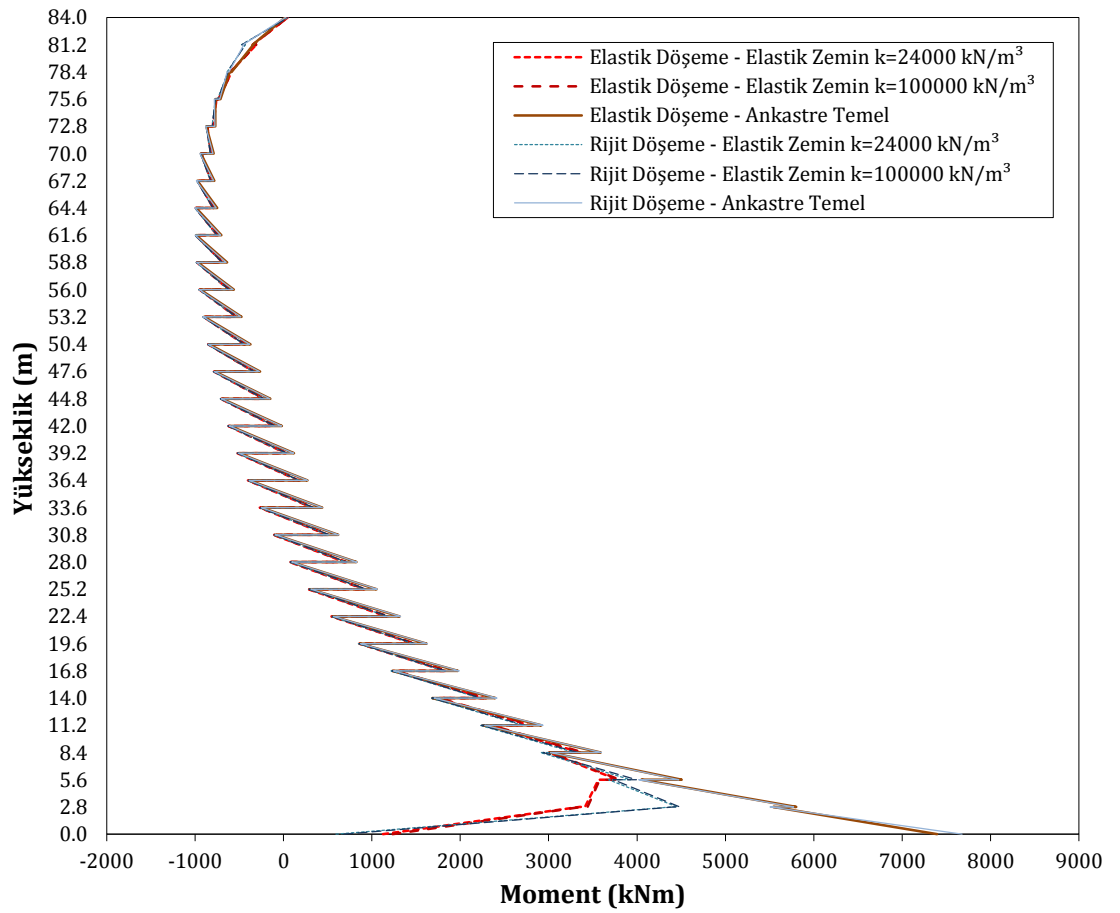
Şekil 4.80: Örnek Bina 4'e ait kat kalıp planında PX17 perdesinin konumu



Şekil 4.81: Örnek Bina 4'ün 10 katlı modellerinde PX17 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.82: Örnek Bina 4'ün 20 katlı modellerinde PX17 perdesine ait moment grafiği



Şekil 4.83: Örnek Bina 4'ün 30 katlı modellerinde PX17 perdesine ait moment grafiği

5 TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada bina türü yapı sistemlerinin yapısal analizinde yaygın olarak kullanılan, düzleminde sonsuz rijit döşeme varsayımı ve ankastre mesnetli temel varsayımının, analizler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Dört farklı kat planının kullanıldığı çalışmada her kat planı 10, 20 ve 30 katlı olarak modellenmiştir. Düzleminde sonsuz rijit döşeme ve ankastre temel varsayımlarıyla yapılan analizlerin sonuçları kesin çözümlerle karşılaştırılmıştır. Kesin çözüm kabul edilen analizlerde döşeme plakları gerçek rijitlik değerleriyle tanımlanmıştır. Yapı-zemin etkileşimini sağlamak için zemin rijitliğinin tanımlanmasında Winkler zemin modeli kullanılmıştır.

Ankastre mesnetli temel varsayımında yapı zemin etkileşimi yerine yalnızca temel zemin etkileşimi söz konusu olduğundan, temelde oluşan şekil değiştirmelerin ve kesit tesirlerinin üst yapıya etkileri hesaba katılmamaktadır. Bu durum düşey taşıyıcı elemanların diğer elemanlara temel aracılığıyla olan etkilerinin de göz ardı edilmesine sebep olmaktadır. Zeminin yaylarla tanımlanarak yapı-zemin etkileşiminin sağlandığı modellerde zemin, temel ve üst yapı birlikte modellenip analiz edildiğinden yapının davranışına etkisi olan bütün bileşenlerin birbirleriyle etkileşimi sağlanmaktadır. Bu sayede yapısal sistemdeki kuvvet dağılımı ve yapısal elemanlarda oluşan kesit tesirleri yapı davranışını daha gerçekçi ifade edebilmektedir.

Mevcut çalışma kapsamında yapılan analizler sonucunda temelin ankastre mesnetlenmesinin perde duvarlarda oluşan eksenel kuvvetlerde işaret değişimine sebep olabildiği görülmüştür. Ankastre mesnetli temel varsayımı ile yapılan analizlerde, bulunduğu bütün katlar boyunca sadece çekme veya basınç kuvveti taşıyan bazı perde duvarlarda, zeminin yaylarla modellenmesi durumunda, özellikle giriş kat seviyesinde ters yönde eksenel kuvvetler oluşabilmektedir. Bu durum öngörülmeven eksenel kuvvetlerin oluşmasına ve buna bağlı olarak betonarme binalarda yanlış donatı tasarımına sebep olabilmektedir.

Temelin ankastre mesnetlenmesi varsayımının eksenel kuvvetler üzerinde özellikle kendi düzleminin dışında başka bir perde duvarla bağlantılı olan ve aynı doğrultuda rijitliği göreceli olarak yüksek perde elemanlara yakın olan perdelerde etkili olduğu görülmüştür.

Ankastre mesnetli temel varsayımıyla, bazı perde duvarlarda ve özellikle giriş kat seviyelerinde ters yönde kesme kuvvetleri oluşabildiği görülmüştür. Yapılan analizlerde ankastre mesnetli temel varsayımı sonucu zemin rijitliğinin tanımlandığı modellere oranla bazı perde duvarlarda $k = 24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşulu için %170'e varan oranlarda daha büyük kesme kuvvetleri oluşurken, bazı perdelerde ise %90'a varan oranlarda daha küçük kesme kuvvetleri oluşmaktadır. Zemin yatak katsayısı $k = 100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin koşulu için ise bazı perdelerde %96'ya varan oranlarda daha büyük kesme kuvvetleri elde edilirken, bazı perdelerde %86'ya varan oranlarda daha küçük kesme kuvvetleri oluşabilmektedir.

Bina modellerinin ankastre mesnetlenerek analiz edilmesi durumunda elde edilen sonuçlar, zemindeki oturmaların ve bu oturmalar sebebiyle temelde oluşan momentlerin üst yapı elemanlarına etkilerini içermemektedir. Mevcut çalışma kapsamında yapılan analizlerde, ankastre mesnetli temel varsayımı sonucu perde duvarların düzleminde oluşan en büyük moment değerlerinin; bina, temel ve zeminin birlikte modellenerek analiz edilmesiyle elde edilen değerlere göre $k = 24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin için %160'a varan oranlarda daha büyük ve %85'e varan oranlarda daha küçük, $k = 100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin için %131'e varan oranlarda daha büyük ve %73'e varan oranlarda daha küçük oluşabildiği görülmüştür.

Gerçek döşeme rijitliklerinin tanımlandığı modellerde eğilme rijitlikleri birbirinden farklı olan düşey taşıyıcı elemanlar, döşeme düzlemindeki şekil değiştirmeler sebebiyle farklı yatay ötelemelere sahip olabilmektedirler. Bina kat döşemelerinin düzlemlerinde sonsuz rijit kabul edildiği modellerde ise döşemeler düzlemlerinde şekil değiştiremediğinden bina modelindeki bütün düşey taşıyıcı elemanların her kat seviyesindeki yatay yer değiştirmeleri eşit olmaktadır.

Yapılan analizlerde, ankastre mesnetli temel varsayımı sonucu perde duvarlarda gerçek davranışa göre ters işaretli eksenel kuvvetler oluşabiliyorken, döşemelerin düzlemlerinde sonsuz rijit kabul edilmesi sonucu eksenel kuvvetlerde işaret değişimi gerçekleşmemiştir. Döşeme rijitliğiyle ilgili varsayımın kullanıldığı modellerde, perde elemanlara ait eksenel kuvvetlerin döşeme rijitliği tanımlanan modellere oranla $k = 24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin durumu için %14'e varan oranlarda büyük ve %14'e varan oranlarda küçük, $k = 100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin durumu için %18'e varan oranlarda büyük ve %15'e varan oranlarda küçük, temelin ankastre mesnetlenmesi durumunda ise %10'a varan oranlarda büyük ve %14'e varan oranlarda küçük olduğu belirlenmiştir.

Döşemelerin düzleminde sonsuz rijit modellenmesi ile yapılan analizler sonucu, perde elemanlarda oluşan kesme kuvvetlerinin gerçek döşeme rijitliği tanımlanan modellere oranla $k = 24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin durumu için %195'e varan oranlarda büyük ve %45'e varan oranlarda küçük, $k = 100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin durumu için %152'ye varan oranlarda büyük ve %36'ya varan oranlarda küçük, temelin ankastre mesnetlenmesi durumunda ise %98'e varan oranlarda büyük ve %24'e varan oranlarda küçük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu varsayım bazı perde duvarların giriş kat seviyesinde gerçek döşeme rijitliğinin tanımlandığı modellere göre ters yönde kesme kuvvetleri oluşmasına sebep olabilmektedir.

Mevcut çalışma kapsamında analiz edilen bina modellerinin perde elemanlarında oluşan en büyük moment değerleri incelendiğinde rijit döşeme varsayımı, döşeme rijitliği tanımlanan modellere oranla $k = 24000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin durumu için %46'ya varan oranlarda büyük ve %45'e varan oranlarda küçük, $k = 100000 \text{ kN/m}^3$ olan zemin durumu için %32'ye varan oranlarda büyük ve %31'e varan oranlarda küçük, temelin ankastre mesnetlenmesi durumunda ise %16'ya varan oranlarda büyük ve %12'ye varan oranlarda küçük momentlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Rijit döşeme varsayımı sonucu perde duvarlarda oluşan momentler üzerindeki en büyük etkiler perde elemanların temele bağlandığı, perde alt uçlarında gerçekleşmektedir.

Bina türü yapıların analizlerinde bilinmeyen sayısını azaltarak işlem hacmini küçülten ve bu sayede analiz süresini kısaltan ankastre mesnetli temel ve düzleminde sonsuz rijit döşeme varsayımlarının, bina modelindeki rijitlik dağılımını etkilemesi sebebiyle perde

duvarlarda oluşan kesit tesirlerinde farklılıklara sebep olabilmektedir. Bazı perdelerde, varsayımların kullanılmadığı modellere oranla daha büyük kesit tesirleri oluşurken, bazılarında ise daha küçük kesit tesirleri oluşabilmektedir. Söz konusu varsayımlar, çalışma kapsamında incelenen bina modellerinin perde duvarlarında %195'e varan oranlarda daha büyük ve %90'a varan oranlarda daha küçük kesit tesirlerinin elde edilmesine sebep olmaktadır. Bu oranlar mühendislikte kabul edilebilir oranların üzerindedir. Ayrıca gerçek davranışa göre ters yönde eksenel kuvvetler ve kesme kuvvetleri de oluşabilmektedir. Perde elemanlardaki kesit tesirlerinde oluşan bu etkiler bina türü yapıların yanlış tasarımına sebep olabilmektedir. Bu sebeple bina türü yapı sistemlerinde zemindeki oturmaların ve temeldeki şekil değiştirmelerin üst yapı elemanlarına etkilerini ihmal eden ankastre mesnetli temel varsayımı yerine üst yapı, temel ve zemin birlikte modellenerek analiz edilmelidir. Ayrıca rijit döşeme varsayımı bir modelleme alışkanlığı olarak değil, binanın yapısal davranışı göz önünde bulundurularak kullanılmalıdır. Eğilme rijitliği yüksek düşey taşıyıcı elemanlar bulunduran sistemlerde rijit döşeme varsayımı yerine, döşemelerin gerçek rijitlikleri tanımlanmalıdır.

Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, yapısal analizlerin süresini kısaltmak için yeni imkanlar sunmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemini kullanan yapısal analiz yazılımlarının çok çekirdekli işlemcilerle uygun hale getirilmesiyle, bilinmeyen sayısını azaltmadan işlem süresini kısaltmak, analizleri işlemcide yer alan çekirdek sayısı kadar hızlandırmak mümkün olabilir.

KAYNAKLAR

- ADINI, A., CLOUGH, R.W., 1960, *Analysis of Plate Bending by the Finite Element Method*, National Science Foundation Report, Grant G7337.
- ARGYRIS, J.H., 1965, Triangular Elements With Linearly Varying Strain for the Matrix Displacement Method, *Journal of the Royal Aeronautical Technical Note*, 69, pp 711-713.
- BARRON, J.M., HUESTE, M.B.D., 2004, Diaphragm Effects in Rectangular Reinforced Concrete Buildings, *ACI Structural Journal*, 101(5), pp.615-24.
- BULGU, N.N., 2007, *Tünel Kalıpla İnşa Edilen Binaların Deprem Yükleri Etkisindeki Davranışının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- CLOUGH, R.W., TOCHER, J.L., 1966, "Finite Element Stiffness Matrices for Plate Bending", *Proceedings of Conference on Matrix Methods in Structural Mechanics*, AFFDL-TR-66-80.
- ÇELİK, T., ÖZTORUN, N.K., 1999, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ile İlgili Tartışma, *Türkiye İnşaat Mühendisliği XV. Teknik Kongresi*, 24-26 Kasım 1999 Ankara: Minpa Matbaacılık, 273-286.
- ÇİTİPİTİOĞLU, E., BOZ, C.T., 1987, Çok Katlı Betonarme Yapıların Yatay Yük Analizi İçin Modellenmesi, *Türkiye İnşaat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi*, 16-20 Kasım 1987 Ankara: Bizim Büro Basım Evi, 133-148.
- DİKER, Y., 2000, Seismic Analysis and Design of Tunnel Form Buildings, Thesis (MSc), Ortadoğu Teknik Üniversitesi.

- FILONENKO-BORODICH, M.M., 1940, *Some Approximate theories of Elastic Foundation* (Rusça), Uchenyie Zapiski Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Mekhanika, Moskova.
- HETENYI, M., 1950, A General Solution for The Bending of Beams on an Elastic Foundation of Arbitrary Continuity, *Journal of Applied Physics*, 21(1), pp.55-58.
- JU, S.H., LIN, M.C., 1999, Comparison of Building Analyses Assuming Rigid or Flexible Floors, *Journal of Structural Engineering*, 125(1), pp.25-31.
- KARADOĞAN, H.F., 1980, Earthquake Analysis of 3D Structures with Flexible Floors, *7th World Conference on Earthquake Engineering*, 8-13 Eylül 1980 İstanbul, 261-268.
- MACLEOD, I.A., 1970, *Shear Wall-Frame Interaction: A Design Aid*, Engineering Bulletin No.3, Portland Cement Association.
- MELOSH, R.J., 1961 , A Stiffness Matrix for the Analysis of Thin Plates in Bending, *Journal of the Aerospace Sciences*, 28(34).
- MELOSH, R.J., 1963, Basis for Derivation of Matrices for the Direct Stiffness Method, *AIAA Journal*, 1(7), 1631-1637.
- MUTO, K., 1974, *A seismic design analysis of buildings*, Marunzen Co. Ltd., Tokyo. 241-260.
- NAKASHIMA, M., HUANG, T., Lu, L.W., 1984, Effect of Diaphragm Flexibility on Seismic response of Building Structures, *8th World Conference on Earthquake Engineering*, San Francisco. 735-742.
- ÖZGAN, K., DALOĞLU, A.T., 2011, Elastik Zeminde Oturan Kalın Plaklar İçin Kayma Kilitlenmesiz Bir Sonlu Eleman Modeli, *İMO Teknik Dergi*, 22(2), pp.5341-58.

- OZTORUN, N.K., CITIPITIOGLU, E., AKKAS, N., 1994, Computerized investigation of the common assumptions for the analysis of shear wall buildings, *International Conference on Computational Methods in Structural and Geotechnical Engineering*, Hong Kong. 170-175.
- OZTORUN, N.K., 2006, A Rectangular Finite Element Formulation, *Finite Elements in Analysis and Design*, 42(12), 1031-1052.
- PAPENFUSS, S.W., 1959, *Lateral Plate Deflection By Stiffness Matrix Methods with Application to a Marquee*, M.S. Thesis, University of Washington.
- PASTERNAK, P.L., 1954, *On a New Method of Analysis of an Elastic Foundations by means of Two Foundation Constants* (Rusça), Gosudarstvennoe Izdatelstvo Literaturi po Stroitelstvu i Arkhitekture, Moskova.
- SAFFARINI, H.S., QUDAIMAT, M.M., 1992, In-Plane Floor Deformations in RC Structures, *Journal of Structural Engineering*, 118(11), 3089-3102.
- SUCU, Ö., 2006, *Tünel Kalıplarla İnşa Edilen Tamamen Perdeli Betonarme Yapıların Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- VLASOV, V.Z., LEONT'EV, N.N., 1960, *Beams, Plates and Shells on Elastic Foundations* (Rusça), Gos. izd-vo Fiziko-Matematicheskoi lit-ry, Moskova.
- WILSON, E.L., DOVEY, H.H., 1972, *Three Dimensional Analysis Of Building Systems – TABS*, EERC 72-8, University of California, Berkeley
- WINKLER, E., 1867, *Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit* (Almanca), H. Dominicus, Prag.

EKLER

SONLU ELEMANIN RİJİTLİK MATRİSİ

Tablo Ek.1: Sonlu eleman rijitlik matrisinin düzlem gerilme ile ilgili parametreleri [K_P]

$D_S = \frac{E_S \cdot t_S}{(1 - \nu_S^2)}, \quad \beta = \frac{b}{A}$	
$S_{1,1} = D_S \cdot \left[\frac{13 \cdot \beta}{35} + \frac{(1 - \nu_S)}{5 \cdot \beta} \right]$	$S_{2,3} = D_S \cdot b \cdot \left[\frac{11}{210 \cdot \beta^2} + \frac{(9 - 19 \cdot \nu_S)}{240} \right]$
$S_{1,2} = D_S \cdot \frac{(1 + \nu_S)}{8}$	$S_{2,5} = D_S \cdot \left[\frac{9}{70 \cdot \beta} - \frac{\beta \cdot (1 - \nu_S)}{5} \right]$
$S_{1,3} = -D_S \cdot a \cdot \left[\frac{11 \cdot \beta^2}{210} + \frac{(9 - 19 \cdot \nu_S)}{240} \right]$	$S_{2,6} = D_S \cdot b \cdot \left[-\frac{13}{420 \cdot \beta^2} + \frac{(9 + \nu_S)}{240} \right]$
$S_{1,4} = D_S \cdot \left[-\frac{13 \cdot \beta}{35} + \frac{(1 - \nu_S)}{10 \cdot \beta} \right]$	$S_{2,8} = D_S \cdot \left[-\frac{13}{35 \cdot \beta} + \frac{\beta \cdot (1 - \nu_S)}{10} \right]$
$S_{1,5} = D_S \cdot \frac{(3 \cdot \nu_S - 1)}{8}$	$S_{2,9} = -D_S \cdot b \cdot \left[\frac{11}{210 \cdot \beta^2} + \frac{(3 - 13 \cdot \nu_S)}{240} \right]$
$S_{1,6} = D_S \cdot a \cdot \left[\frac{11 \cdot \beta^2}{210} + \frac{(3 - 13 \cdot \nu_S)}{240} \right]$	$S_{2,11} = -D_S \cdot \left[\frac{9}{70 \cdot \beta} + \frac{\beta \cdot (1 - \nu_S)}{10} \right]$
$S_{1,7} = D_S \cdot \left[\frac{9 \cdot \beta}{70} - \frac{(1 - \nu_S)}{5 \cdot \beta} \right]$	$P_{2,12} = D_P \cdot b \cdot \left[\frac{13}{420 \cdot \beta^2} - \frac{(3 + 7 \cdot \nu)}{240} \right]$
$S_{1,9} = D_S \cdot a \cdot \left[\frac{13 \cdot \beta^2}{420} - \frac{(9 + \nu_S)}{240} \right]$	$S_{3,3} = D_S \cdot a \cdot b \cdot \left[\frac{1}{105} \cdot \left(\beta^2 + \frac{1}{\beta^2} \right) + \frac{(27 - 37 \cdot \nu_S)}{720} \right]$
$S_{1,10} = -D_S \cdot \left[\frac{9 \cdot \beta^2}{70} + \frac{(1 - \nu_S)}{10 \cdot \beta} \right]$	$S_{3,6} = D_S \cdot a \cdot b \cdot \left[-\frac{1}{420} \cdot \left(4 \cdot \beta^2 + \frac{3}{\beta^2} \right) + \frac{(9 + \nu_S)}{720} \right]$
$S_{1,12} = D_S \cdot a \cdot \left[-\frac{13 \cdot \beta^2}{420} + \frac{(3 + 7 \cdot \nu_S)}{240} \right]$	$S_{3,9} = D_S \cdot a \cdot b \cdot \left[-\frac{1}{420} \cdot \left(3 \cdot \beta^2 + \frac{4}{\beta^2} \right) + \frac{(9 + \nu_S)}{720} \right]$
$S_{2,2} = D_S \cdot \left[\frac{13}{35 \cdot \beta} + \frac{\beta \cdot (1 - \nu_S)}{5} \right]$	$S_{3,12} = D_S \cdot a \cdot b \cdot \left[\frac{3}{420} \cdot \left(\beta^2 + \frac{1}{\beta^2} \right) - \frac{(9 + \nu_S)}{720} \right]$

Tablo Ek.2: Sonlu eleman rijitlik matrisinin eğilme ile ilgili parametreleri [K_B]

$D_B = \frac{E_B \cdot t_B^3}{a \cdot b \cdot (1 - \nu_B^2) \cdot 12}, \quad \beta = \frac{b}{A}$	
$B_{1,1} = D_B \cdot \left[4 \cdot \left(\beta^2 + \frac{1}{\beta^2} \right) + \frac{(14 - 4 \cdot \nu_B)}{5} \right]$	$B_{1,12} = D_B \cdot a \cdot \left[-\beta^2 + \frac{(1 - \nu_B)}{5} \right]$
$B_{1,2} = D_B \cdot b \cdot \left[\frac{2}{\beta^2} + \frac{(1 + 4 \cdot \nu_B)}{5} \right]$	$B_{2,2} = D_B \cdot b^2 \cdot \left[\frac{4}{3 \cdot \beta^2} + \frac{4 \cdot (1 - \nu_B)}{15} \right]$
$B_{1,3} = -D_B \cdot a \cdot \left[2 \cdot \beta^2 + \frac{(1 + 4 \cdot \nu_B)}{5} \right]$	$B_{2,3} = -D_B \cdot \nu_B \cdot a \cdot b$
$B_{1,4} = -D_B \cdot \left[2 \cdot \left(2 \cdot \beta^2 - \frac{1}{\beta^2} \right) + \frac{(14 - 4 \cdot \nu_B)}{5} \right]$	$B_{2,5} = D_B \cdot b^2 \cdot \left[\frac{2}{3 \cdot \beta^2} - \frac{4 \cdot (1 - \nu_B)}{15} \right]$
$B_{1,5} = D_B \cdot b \cdot \left[\frac{1}{\beta^2} - \frac{(1 + 4 \cdot \nu_B)}{5} \right]$	$B_{2,8} = D_B \cdot b^2 \cdot \left[\frac{2}{3 \cdot \beta^2} - \frac{(1 - \nu_B)}{15} \right]$
$B_{1,6} = -D_B \cdot a \cdot \left[2 \cdot \beta^2 + \frac{(1 - \nu_B)}{5} \right]$	$B_{2,11} = D_B \cdot b^2 \cdot \left[\frac{1}{3 \cdot \beta^2} + \frac{(1 - \nu_B)}{15} \right]$
$B_{1,7} = D_B \cdot \left[2 \cdot \left(\beta^2 - \frac{2}{\beta^2} \right) - \frac{(14 - 4 \cdot \nu_B)}{5} \right]$	$B_{3,3} = D_B \cdot a^2 \cdot \left[\frac{4 \cdot \beta^2}{3} + \frac{4 \cdot (1 - \nu_B)}{15} \right]$
$B_{1,8} = D_B \cdot b \cdot \left[\frac{2}{\beta^2} + \frac{(1 - \nu_B)}{5} \right]$	$B_{3,6} = D_B \cdot a^2 \cdot \left[\frac{2 \cdot \beta^2}{3} - \frac{(1 - \nu_B)}{15} \right]$
$B_{1,9} = D_B \cdot a \cdot \left[-\beta^2 + \frac{(1 + 4 \cdot \nu_B)}{5} \right]$	$B_{3,9} = D_B \cdot a^2 \cdot \left[\frac{2 \cdot \beta^2}{3} - \frac{4 \cdot (1 - \nu_B)}{15} \right]$
$B_{1,10} = D_B \cdot \left[-2 \cdot \left(\beta^2 + \frac{1}{\beta^2} \right) + \frac{(14 - 4 \cdot \nu_B)}{5} \right]$	$B_{3,12} = D_B \cdot a^2 \cdot \left[\frac{\beta^2}{3} + \frac{(1 - \nu_B)}{15} \right]$
$B_{1,11} = D_B \cdot b \cdot \left[\frac{1}{\beta^2} - \frac{(1 - \nu_B)}{5} \right]$	

Tablo Ek.3: Rijitlik Matrisinin Düzlem Gerilme Elemanları $\{F_s\} = [K_s] \cdot \{\Delta_s\}$

[illegible]

Tablo Ek.4: Rijitlik Matrisinin Eğilme Elemanları $\{F_B\} = [K_B] \cdot \{\Delta_B\}$

[illegible]

Tablo Ek.5: Rijitlik Matrisinin Düzlem Gerilme ve Eğilme Elemanları $\{F\} = [K] \cdot \{\Delta\}$

Δ^T	Δ_{X1}	Δ_{Y1}	Δ_{Z1}	θ_{X1}	θ_{Y1}	θ_{Z1}	Δ_{X2}	Δ_{Y2}	Δ_{Z2}	θ_{X2}	θ_{Y2}	θ_{Z2}	Δ_{X3}	Δ_{Y3}	Δ_{Z3}	θ_{X3}	θ_{Y3}	θ_{Z3}	Δ_{X4}	Δ_{Y4}	Δ_{Z4}	θ_{X4}	θ_{Y4}	θ_{Z4}
1/J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	S _{1,1}	S _{1,2}	0	0	0	S _{1,3}	S _{1,4}	S _{1,5}	0	0	0	S _{1,6}	S _{1,7}	-S _{1,5}	0	0	0	S _{1,9}	S _{1,10}	-S _{1,2}	0	0	0	S _{1,12}
2		S _{2,2}	0	0	0	S _{2,3}	-S _{1,5}	S _{2,5}	0	0	0	S _{2,6}	S _{1,5}	S _{2,8}	0	0	0	S _{2,9}	-S _{1,2}	S _{2,11}	0	0	0	S _{2,12}
3			B _{1,1}	B _{1,2}	B _{1,3}	0	0	0	B _{1,4}	B _{1,5}	B _{1,6}	0	0	0	B _{1,7}	B _{1,8}	B _{1,9}	0	0	0	B _{1,10}	B _{1,11}	B _{1,12}	0
4				B _{2,2}	B _{2,3}	0	0	0	B _{1,5}	B _{2,5}	0	0	0	0	-B _{1,8}	B _{2,8}	0	0	0	0	-B _{1,11}	B _{2,11}	0	0
5					B _{3,3}	0	0	0	-B _{1,6}	0	B _{3,6}	0	0	0	B _{1,9}	0	B _{3,9}	0	0	0	-B _{1,12}	0	B _{3,12}	0
6						S _{3,3}	S _{1,6}	-S _{2,6}	0	0	0	S _{3,6}	-S _{1,9}	S _{2,9}	0	0	0	S _{3,9}	-S _{1,12}	-S _{2,12}	0	0	0	S _{3,12}
7							S _{1,1}	-S _{1,2}	0	0	0	S _{1,3}	S _{1,10}	S _{1,2}	0	0	0	S _{1,12}	S _{1,7}	S _{1,5}	0	0	0	S _{1,9}
8								S _{2,2}	0	0	0	-S _{2,3}	S _{1,2}	S _{2,11}	0	0	0	-S _{2,12}	-S _{1,5}	S _{2,8}	0	0	0	-S _{2,9}
9									B _{1,1}	B _{1,2}	-B _{1,3}	0	0	0	B _{1,10}	B _{1,11}	-B _{1,12}	0	0	0	B _{1,7}	B _{1,8}	-B _{1,9}	0
10										B _{2,2}	-B _{2,3}	0	0	0	-B _{1,11}	B _{2,11}	0	0	0	0	-B _{1,8}	B _{2,8}	0	0
11											B _{3,3}	0	0	0	B _{1,12}	0	B _{3,12}	0	0	0	-B _{1,9}	0	B _{3,9}	0
12												S _{3,3}	-S _{1,12}	S _{2,12}	0	0	0	S _{3,12}	-S _{1,9}	-S _{2,9}	0	0	0	S _{3,9}
13													S _{1,1}	-S _{1,2}	0	0	0	-S _{1,3}	S _{1,4}	-S _{1,5}	0	0	0	-S _{1,6}
14														S _{2,2}	0	0	0	S _{2,3}	S _{1,5}	S _{2,5}	0	0	0	S _{2,6}
15															B _{1,1}	-B _{1,2}	B _{1,3}	0	0	0	B _{1,4}	-B _{1,5}	B _{1,6}	0
16																B _{2,2}	-B _{2,3}	0	0	0	-B _{1,5}	B _{2,5}	0	0
17																	B _{3,3}	0	0	0	-B _{1,6}	0	B _{3,6}	0
18																		S _{3,3}	-S _{1,6}	-S _{2,6}	0	0	0	S _{3,6}
19																			S _{1,1}	S _{1,2}	0	0	0	-S

ÖZGEÇMİŞ

Rasim TEMUR 1980 yılında İstanbul’da doğmuştur. Kocatepe İlkokulu, Ebussuud Ortaokulu ve Fatih Vatan Lisesi’ni tamamlamasının ardından 1998 yılında İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ne kayıt olmuştur. 2003 yılında lisans, 2006 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamlayarak aynı bölümde doktora öğrenimine başlamıştır. Halen İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.