

İL BANK MALTEPE
KONUT - AVM - OFİS PROJESİ
Maltepe, İstanbul

Salacak Gayrimenkul Yatırım İnşaat
Turizm Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi –
Rönesans Gayrimenkul Yatırım Anonim
Şirketi İş Ortaklığı

Deprem Tasarımı Değerlendirme Raporu

Bu çalışma, 23 Eylül 2016 Tarihli Boğaziçi Üniversitesi Döner Sermaye İşletme
Müdürlüğü Projesi olarak gerçekleştirilmiştir

İÇİNDEKİLER

1.	Giriş	5
2.	Yapı kompleksinin tanımı	6
3.	Zemin Parametreleri	10
4.	Deprem tasarımına esas spektrumların belirlenmesi	11
5.	Analiz modeli	13
6.	Malzeme Parametreleri.....	14
7.	Rötre ve Sünme Hesapları	14
8.	Deprem tasarımının değerlendirilmesi	16
9.	Deprem yüklerinin belirlenmesi ve deprem hesapları	22
9.1.	Deprem yüklerinin belirlenmesi	22
9.1.1.	Konut Bloğu	22
9.1.2.	Ofis Bloğu	24
9.1.3.	AVM Bloğu	25
9.2.	Deprem hesaplamaları	25
9.2.1.	Ofis Bloğu	25
9.2.2.	Konut bloğu	29
9.2.3.	Alışveriş Merkezi Bloğu.....	32
10.	Yapısal Sistem Betonarme Tasarımının Değerlendirilmesi	35
10.1	Ofis bloğu	36
10.2	Konut Bloğu	45
10.3	Alışveriş Merkezi	56
11.	Döşeme Hesapları.....	62
11.1.	Ofis Bloğu	62
11.2.	Konut Bloğu	64
11.3.	Alışveriş Merkezi Bloğu.....	65
12.	Çelik ve Kompozit Döşeme.....	72
13.	Ard-germe Döşeme	72
14.	Genel Değerlendirme ve sonuçlar	75
15.	Kaynakça	77

1. Giriş

Bu rapor, Ülker Mühendislik Müşavirlik A.Ş. tarafından yapısal analizi ve tasarımı yapılan Salacak Gayrimenkul Yatırım İnşaat Turizm Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi – Rönesans Gayrimenkul Yatırım Anonim Şirketi İş Ortaklığı tarafından İstanbul İli, Maltepe İlçesi, Cevizli Mahallesi 2588 Ada 25, 27, 29, 31, 33 parseller, 2543 ada 10,18,36,37,39 parseller ve 496 Ada 3 Parsel’de inşa edilecek toplam 3 bloklu karma kullanımlı yapı kompleksinin deprem tasarımının değerlendirilmesini içermektedir.

2. Yapı kompleksinin tanımı

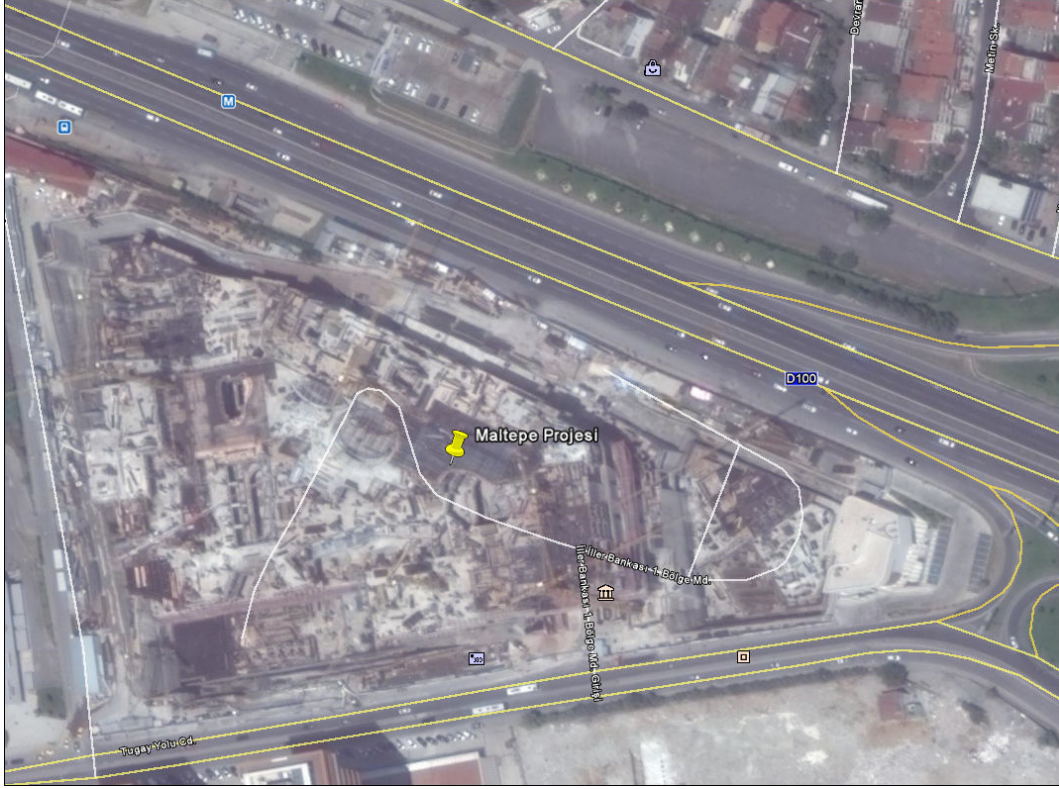
Söz konusu yapı kompleksi İstanbul ili Maltepe ilçesi sınırları Cevizli Mahallesi içinde yer almaktadır. Yapı kompleksindeki binaların kat sayıları, coğrafi konumu ve vaziyet planı aşağıdaki Tablo-1, Şekil-1 ve Şekil-2’de verilmiştir. Ayrıca söz konusu yapıların birbirine göre konumlarını gösteren kesit Şekil-3’te verilmiştir. Diğer taraftan üç farklı bloktan oluşan yapı kompleksinde baza yapısı ise 5 bodrum, 1 zemin ve 4 normal kattan oluşmaktadır. Ofis kulesi ve konut kulesine ait kat yükseklikleri bilgisi ise Tablo 2 ve Tablo 3’te verilmiştir.

Kompleks içindeki Ofis Bloğu, Konut Bloğu ve Alışveriş Merkezi binaları tek bir sistem olarak tasarlanmış ve aralarında diletasyon (genleşme derzi) bulunmamaktadır. Tüm blokların ortak bölümü olan bazaya kadar sistem 5 Bodrum Kat + 1 Zemin Kat + 4 Normal Kat’tan oluşmaktadır. Bu seviyenin üzerinde ayrı olarak yükselen kulelerden Ofis Bloğu 19 kat, Konut Bloğu da 29 kat olarak devam etmektedir. Söz konusu yapı kompleksindeki toplam inşaat alanı yaklaşık olarak 245000 m²’dir.

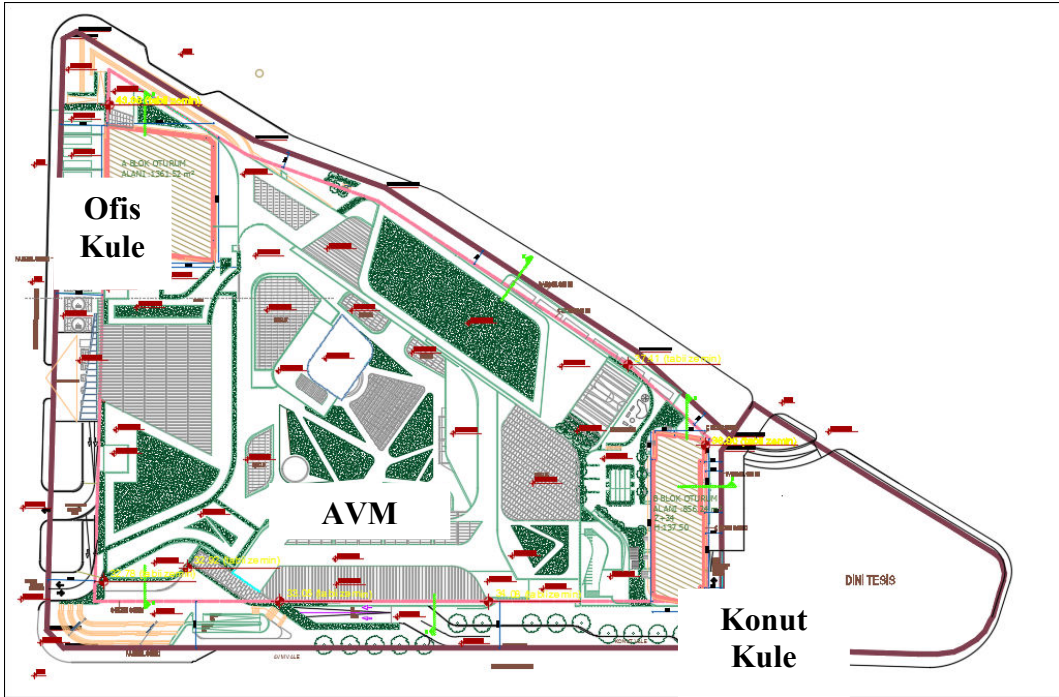
Yapı kompleksinin alışveriş merkezi bölümlerinde mimari ve fonksiyonel olarak tasarlanan büyük konsol ve açıklıklar belirli bölümlerde “ard-germeli ve “kompozit” olarak tasarlanmıştır.

Tablo 1. Blok kat bilgileri

	Kat Adedi	Kullanım Amacı
Konut Bloğu	5 Bodrum + 1 Zemin +33 Normal	Konut
Ofis Bloğu	5 Bodrum + 1 Zemin +23 Normal	Ofis
Alışveriş Merkezi Bloğu	5 Bodrum + 1 Zemin +4 Normal	Ticari



Şekil 1. Yapı kompleksinin coğrafi konumu



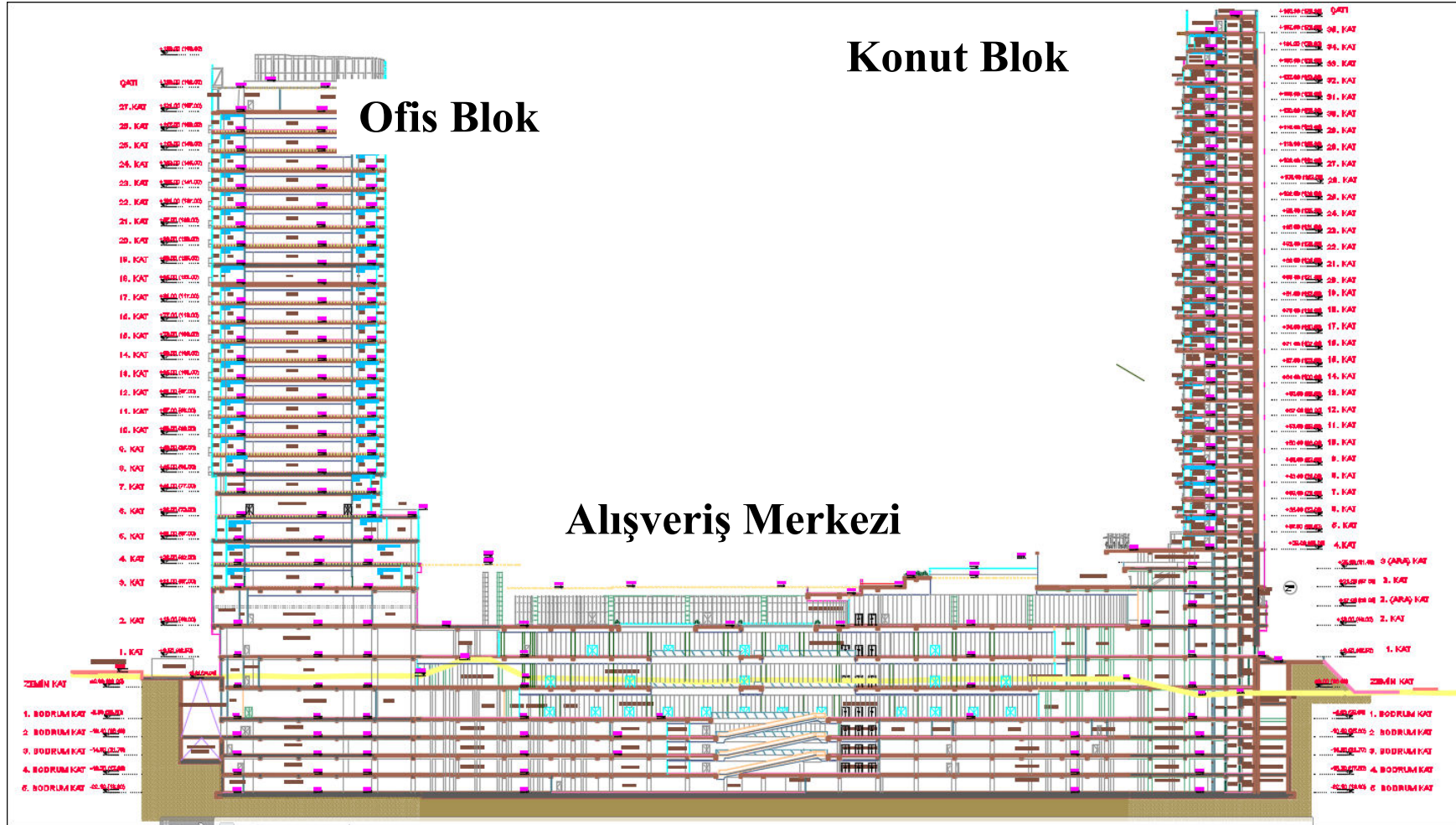
Şekil 2. Yapı kompleksi vaziyet planı

Tablo 2. Ofis Blok Kat Yükseklikleri Bilgileri

OFİS KATLARI	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	KOT (m)	OFİS KATLARI	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	KOT (m)
ÇATI KATI	-	+108.00	9.NORMAL KAT	4.00	+48.80
AS.MAKİNE DAİRESİ	3.30	+104.70	8.NORMAL KAT	4.00	+44.80
22. NORMAL KAT	3.50	+101.20	7.NORMAL KAT	4.00	+40.80
21. NORMAL KAT	4.40	+96.80	6.NORMAL KAT	5.00	+35.80
20. NORMAL KAT	4.00	+92.80	5.NORMAL KAT	5.00	+30.80
19.NORMAL KAT	4.00	+88.80	4.NORMAL KAT	5.00	+25.80
18.NORMAL KAT	4.00	+84.80	3.NORMAL KAT	5.00	+20.80
17.NORMAL KAT	4.00	+80.80	2.NORMAL KAT	7.80	+13.00
16.NORMAL KAT	4.00	+76.80	1.NORMAL KAT	6.50	+6.50
15.NORMAL KAT	4.00	+72.80	ZEMİN KAT	6.50	±0.00
14.NORMAL KAT	4.00	+68.80	1.BODRUM KAT	6.50	-6.50
13.NORMAL KAT	4.00	+64.80	2.BODRUM KAT	3.90	-10.40
12.NORMAL KAT	4.00	+60.80	3.BODRUM KAT	3.90	-14.30
11.NORMAL KAT	4.00	+56.80	4.BODRUM KAT	3.90	-18.20
10.NORMAL KAT	4.00	+52.80	5.BODRUM KAT	3.90	-22.10

Tablo 3. Konut Blok Kat Yükseklikleri Bilgileri

KONUT KATLARI	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	KOT (m)	KONUT KATLARI	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	KOT (m)
ÇATI KATI	-	+127.50	12.NORMAL KAT	3.50	+57.00
AS.MAKİNE DAİRESİ	3.25	+124.25	11.NORMAL KAT	3.50	+53.50
MEKANİK KAT	3.35	+120.90	10.NORMAL KAT	3.50	+50.00
33.NORMAL KAT	3.80	+117.10	9.NORMAL KAT	3.50	+46.50
32.NORMAL KAT	3.80	+113.30	8.NORMAL KAT	3.50	+43.00
31.NORMAL KAT	3.80	+109.50	7.NORMAL KAT	3.50	+39.50
30.NORMAL KAT	3.50	+106.00	6.NORMAL KAT	3.50	+36.00
25.NORMAL KAT	3.50	+102.50	5.NORMAL KAT	3.50	+32.50
24. NORMAL KAT	3.50	+99.00	4.NORMAL KAT	3.50	+29.00
23. NORMAL KAT	3.50	+95.50	3.ARA KAT	4.00	+25.00
22. NORMAL KAT	3.50	+92.00	3.NORMAL KAT	4.00	+21.00
21. NORMAL KAT	3.50	+88.50	2.ARA KAT	4.00	+17.00
20. NORMAL KAT	3.50	+85.00	2.NORMAL KAT	4.00	+13.00
19.NORMAL KAT	3.50	+81.50	1.NORMAL KAT	6.50	+6.50
18.NORMAL KAT	3.50	+78.00	ZEMİN KAT	6.50	±0.00
17.NORMAL KAT	3.50	+74.50	1.BODRUM KAT	6.50	-6.50
16.NORMAL KAT	3.50	+71.00	2.BODRUM KAT	3.90	-10.40
15.NORMAL KAT	3.50	+67.50	3.BODRUM KAT	3.90	-14.30
14.NORMAL KAT	3.50	+64.00	4.BODRUM KAT	3.90	-18.20
13.NORMAL KAT	3.50	+60.50	5.BODRUM KAT	3.90	-22.10



Şekil 3. Yapı kompleksi birimleri kesit ve konumları

3. Zemin Parametreleri

Kompleksin inşa edileceği alanda zemin etütleri Kilci Müh. Müş. Ltd. Şirketi tarafından yapılmış ve İlbank Maltepe Projesi Zemin Etüt ve Temel Mühendisliği Raporu, Kilci Müh. Müş. Ltd., Şubat 2014 başlığı ile sunulmuştur. Zemin parametreleri bu rapora dayalı olarak belirlenmiştir.

Bina kompleksine ait sahada yapılan zemin etüdü sonucunda inceleme alanı İstanbul İli, Maltepe İlçesi, Cevizli Mahallesinde olup hafifi eğimli bir topoğrafyaya sahip olduğu belirtilmiştir. Etüd alanında yapılan sondajlarda yüzeyde kalınlığı 0.00-3.00 m arasında değişen kalınlığa sahip inşaat dolgusu bulunmaktadır. Yıkım yapılan bina cephelerinde yakın sondajlarda dolgu malzeme kalınlığı daha da fazladır. Proje alanına hakim zemin birimi sarımsı mavimsi gri renkli, kalsit damarları içeren, yer yer çok parçalı, kırıklı, çok orta derece ayrışmış kireçtaşı kayaçlarından oluşmaktadır. Üst seviyelerde geçilen bazı sondajlarda kireçtaşları içerisinde kil dolgulu bölgelere de rastlanmıştır. Formasyon Şemsettin Formasyonuna ait kireçtaşı birimidir.

Bu çalışmaya göre proje alanında yüzeydeki 1.50-6.00m. dolgu sonrası yer alan zeminler sarımsı-mavimsi-gri renkli, kalsit damarları içeren, yer yer çok parçalı, kırıklı , çok – orta derecede ayrışmış kireçtaşı kayaçlarından oluşmakta olup taşıma kapasitesi, oturma veya deprem durumunda sıvılaşma riski olmayan sağlam zeminlerden oluşmaktadır.

İlgi rapora göre, inceleme alanında yapılan sondajlarda kireçtaşı formasyonu içerisinde tünük yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Raporunda, bu sular gerçek anlamıyla yeraltı su seviyesi olarak değerlendirilmeyerek, kireçtaşı içerisinde kil dolgulu bölgelerde kümelenmiş tünük sular olarak yorumlanmıştır.

Zemin emniyet gerilmesi 1200 kN/m² ve zemin yatak katsayısı 144000 kN/m³ olarak belirlenmiştir. Yerel zemin sınıfı Z1 ve zemin grubu A olarak belirlenmiştir.

DBYYHY (2007) kapsamında Zemin Grubu: B, Yerel Zemin Sınıfı ise Z1 olarak nitelendirilen bu temel zemini İYBDY (2008) veya IBC (2009) şartnameleri kapsamında da “B” Zemin Sınıfına karşılık gelmektedir. Ayrıca sahaya özel deprem tehlikesi analizi çalışmasında zemin sınıfı NEHRP şartnamesine göre “B” olarak dikkate alınmıştır.

4. Deprem tasarımına esas spektrumların belirlenmesi

Tasarım esaslı davranış spektrumunun elde edilmesi için IBC (2009) veya İYBDY (2008) deprem şartnamesinde 0.2s ve 1.0s periyotlarındaki zemin-bağımlı spektral genliklere (SA(0.2s) ve SA(1s)) dayalı olarak elde edilen ivme spektrumları (Uniform Hazard Spectra) kullanılmıştır.

Tekrar aralığı sırasıyla 72 yıl, 475 yıl ve 2475 yıl olmak üzere D1, D2 ve D3 deprem düzeyleri için tasarım spektrumları elde edilmiştir. Bu bağlamda söz konusu spektrumların oluşturulmasında kullanılan spektral ivme değerleri her bir deprem düzeyi için Tablo-4'de verilmiştir.

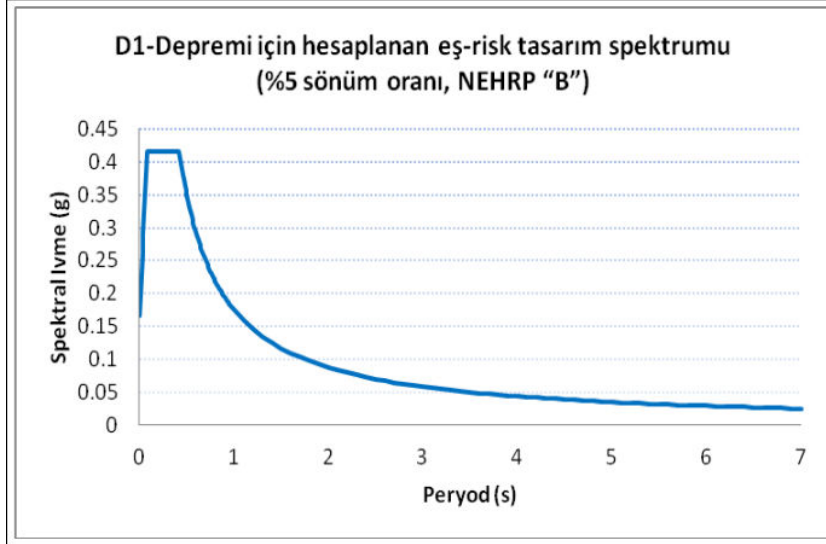
Tablo 4 Sahaya Özel Deprem Tehlikesi Analizi Sonuçları

PROBABİLİSİK ENBÜYÜK VE SPEKTRAL İVME DEĞERLERİ (NEHRP Zemin Sınıfı "B")				
TASARIM DEPREMİ	ORTALAMA YİNELENME SÜRESİ - Aşılma Olasılığı	ENBÜYÜK YER İVMESİ	SPEKTRAL İVME	
			Ss=0.2s	S1=1.0s
D1-Depremi	72 Yıl – 50 yılda %50	0.195g	0.415g	0.175g
D2-Depremi	475 Yıl – 50 yılda %10	0.420g	0.975g	0.435g
D3-Depremi	2475 Yıl – 50 yılda %2	0.605g	1.380g	0.690g

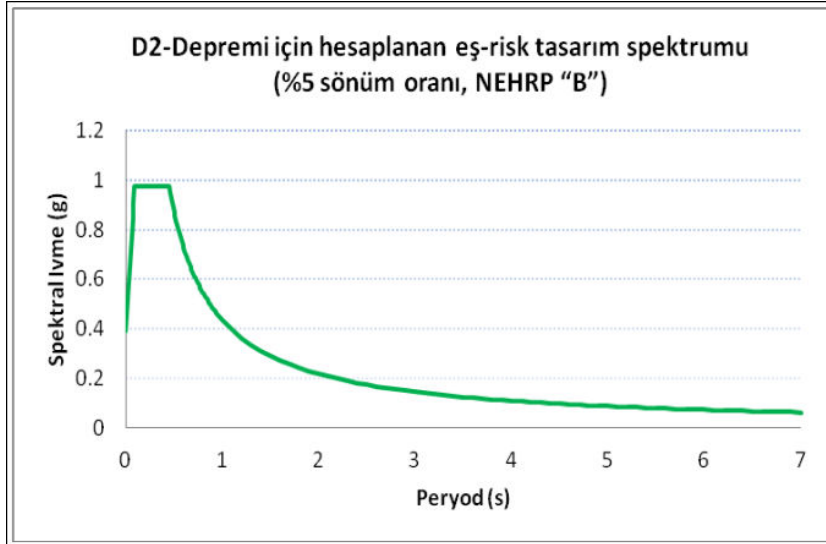
Bu değerlere göre D1, D2 ve D3 deprem düzeyleri için elde edilen ivme spektrumları sırasıyla Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.

Deprem tasarım spektrumlarının yanı sıra, yine deprem analizinde kullanılmak üzere bina önem katsayısı, hareketli yük azaltma katsayısı gibi parametreler DBYBHY 2007'nin ilgili bölümlerinden alınmıştır.

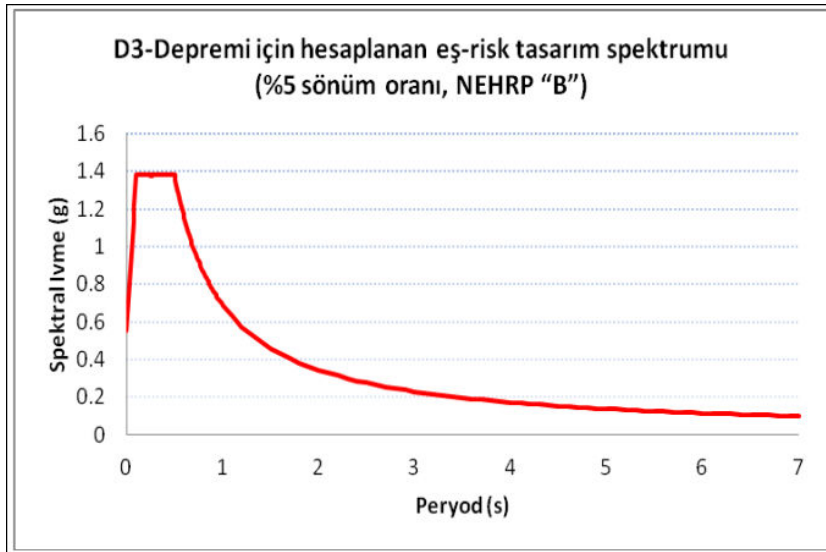
Binayı oluşturan sisteme ait "taşıyıcı sistem davranış kat sayısı" (R), her iki doğrultuda da süneklik düzeyi karma (süneklik düzeyi yüksek perde, süneklik düzeyi normal çerçeve) sistem olarak tasarımı yapılan bina için R=6 olarak alınmıştır. Ancak, bu değer DBYBHY 2007 gereği sistemdeki kesme kuvveti dağılımına göre modifiye edilmiştir.



Şekil 4. D1 deprem düzeyi ivme spektrumu



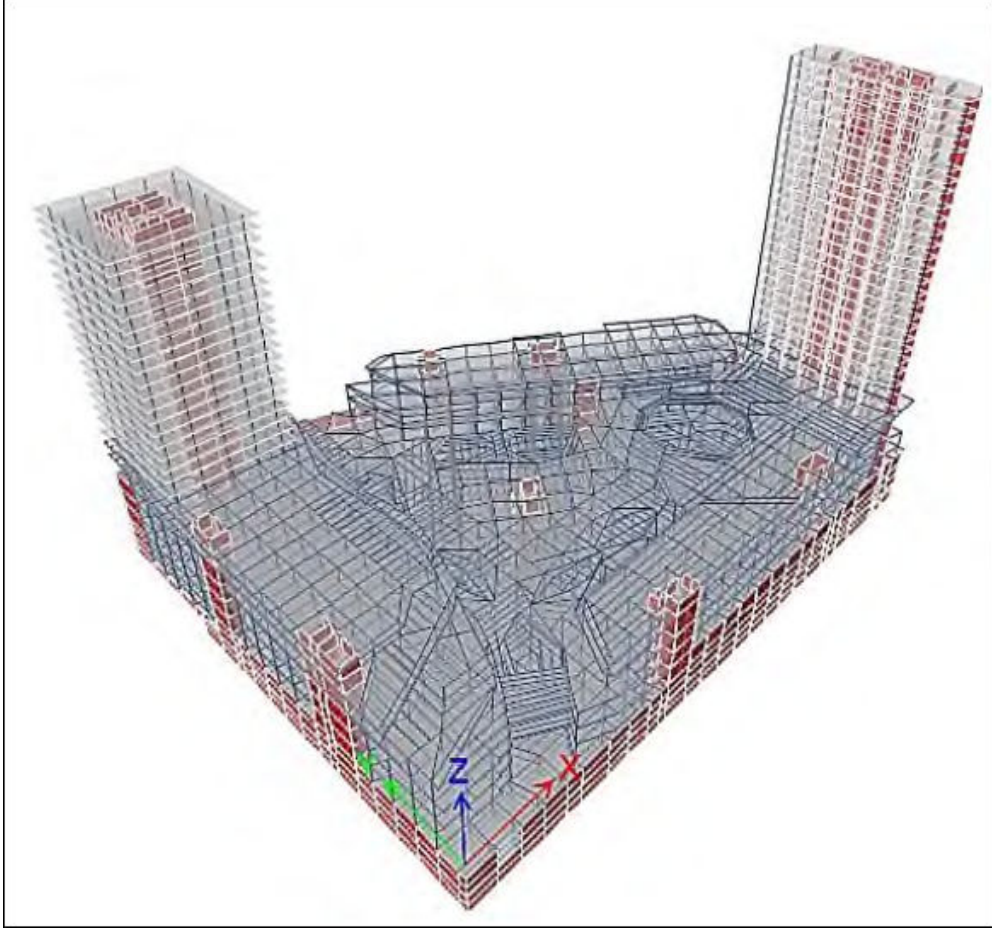
Şekil 5. D2 deprem düzeyi ivme spektrumu



Şekil 6. D3 deprem düzeyi ivme spektrumu

5. Analiz modeli

Söz konusu yapı kompleksi baza ve üzerinde iki kule tek bir model içinde analiz edilmiştir. Tüm sistemi temsil eden tek bir matematiksel model oluşturulmuştur. Söz konusu matematiksel model Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Yapı kompleksi matematiksel modeli

Matematiksel model üzerine etkiyen tüm yüklemeler tanımlanmış ve elde edilen kesit tesirlerine göre elemanların betonarme tasarımı yapılmıştır.

6. Malzeme Parametreleri

Bina kompleksinin analiz ve tasarımında kullanılan beton sınıfı, donatı sınıfı ve yapılsak çelik sınıfına ait mukavemet parametreleri aşağıdaki gibi öngörülmüştür,

- **BETON : C30/37**

Karakteristik basınç dayanımı, f_{ck} : 30 MPa

Elastisite modülü, E_c : 32000 MPa

Poisson oranı, ν : 0.2

Isıl genişleme katsayısı; α_t : 1×10^{-5}

- **BETON : C50/60**

Karakteristik basınç dayanımı, f_{ck} : 50 MPa

Elastisite modülü, E_c : 37000 MPa

Poisson oranı, ν : 0.2

Isıl genişleme katsayısı; α_t : 1×10^{-5}

- **DONATI ÇELİĞİ: B420C**

Akma dayanımı; f_{yk} : 420 MPa

Kopma dayanımı; f_{su} : 550 MPa

Kopma uzaması; ϵ_{su} : 0.12

Elastisite modülü, E_c : 210000 MPa

7. Rötne ve Sünme Hesapları

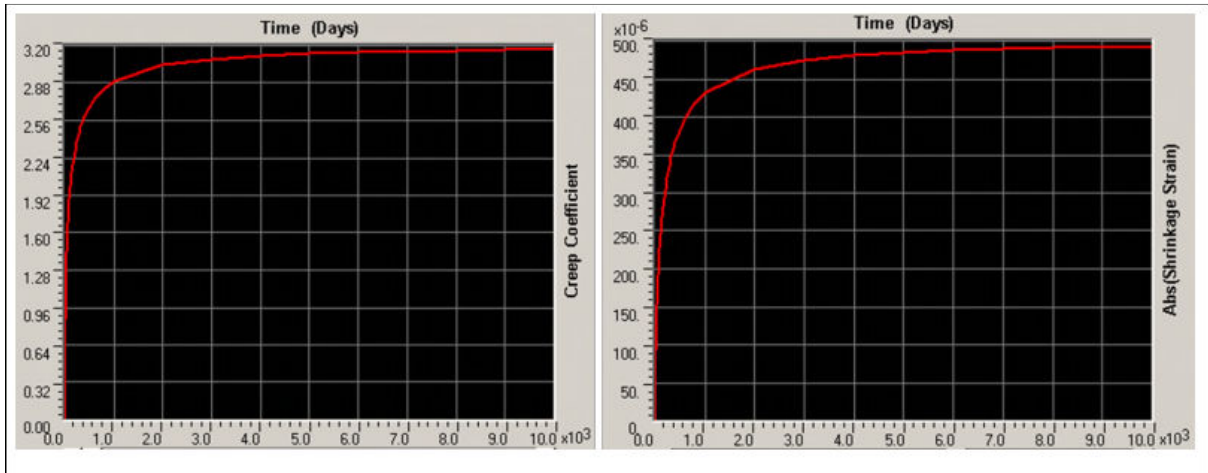
Söz konusu yapı kompleksinde diletasyon uygulanmaması nedeniyle rötne ve büzülme etkilerinin hesabı için ACI 209R-08 yönetmeliğinde bulunan B3 ve GL2000 modelleri dikkate alınmıştır. Bu modeller kapsamında malzeme özellikleri aşağıdaki şekillerde gösterildiği gibi belirlenmiş; rötne ve sünme etkileri modellerde tanımlanarak, analizlerde ilgili kombinasyonlara dahil edilmiştir. Rötne ve sünme etkilerinin hesabı için ACI 209R-08 yönetmeliğinde bulunan B3 ve GL2000 modelleri dikkate alınmıştır. Bu modeller kapsamında kullanılan parametreler aşağıdaki Tablo 5’de verilmiştir.

Yine bu verilere bağlı olarak rötne ve sünme ve rötne hesaplarında kullanılan olan birim şekil değiştirmeleri olan “ ϵ_{shr} ” ve “ ϵ_{cr} ” değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 8’de gösterilmiştir.

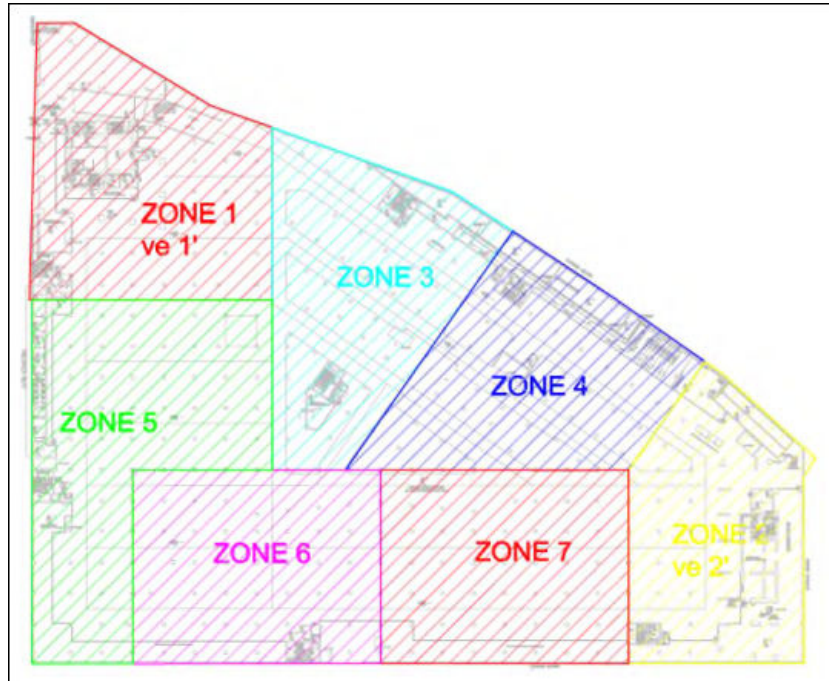
Hesaplarda rÖtre ve sünme tesirlerinin azaltılması için inşaat uygulaması için Şekil 9'da verilen soğuk derz planının kullanılması öngörülmüştür.

Tablo 5 RÖtre ve sünme hesapları parametreleri

Parametre	Değer
Betonun karakteristik mukavemeti	30 MPa
Ortam bağıl nem oranı	0.5
Nemli kÖr süresi	7 gün
Yükleme başlangıcı	21.gün
Çimento tipi	Tip 1 (ACI 209)
Donatı oranı	Minimum 0.0018 her yön her doğrultu



Şekil 8. Sünme ve rÖtre birim şekil değişirme zaman ilişkisi



Şekil 9. Soğuk derz döküm planı

8. Deprem tasarımının değerlendirilmesi

Tasarım çalışmalarında kullanılmış olan her bir birime ait bilgiler, analiz ve tasarım parametreleri aşağıda özetlenmiştir,

- **Konut Bloğu Bina Bilgileri**

Kat Adedi : 39

Toplam Yükseklik : 149.60 m

Taşıyıcı Sistem : Perde + Çerçeve

Analiz Yöntemi : Mod Süperpozisyonu

Modal Birleştirme Kuralı : Tam Karesel Birleştirme (CQC)

Süneklik Düzeyi : Karma

- **Deprem Analizi Parametreleri**

- Deprem Tasarım Spektrumu : Sahaya Özel Deprem Tehlikesi Analizi D2 Deprem Düzeyi

- Bina Önem Katsayısı (I) = 1.0

- Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R_a) : $R_{ax} = 6.0$, $R_{ay} = 6.0$ (Başlangıç Değeri)

- Zemin Sınıfı : Z1 (DBYBHY 2007)

- **Betonarme Tasarım Parametreleri**

- Beton Sınıfı : C 40 ($f_{ck} = 40$ MPa)

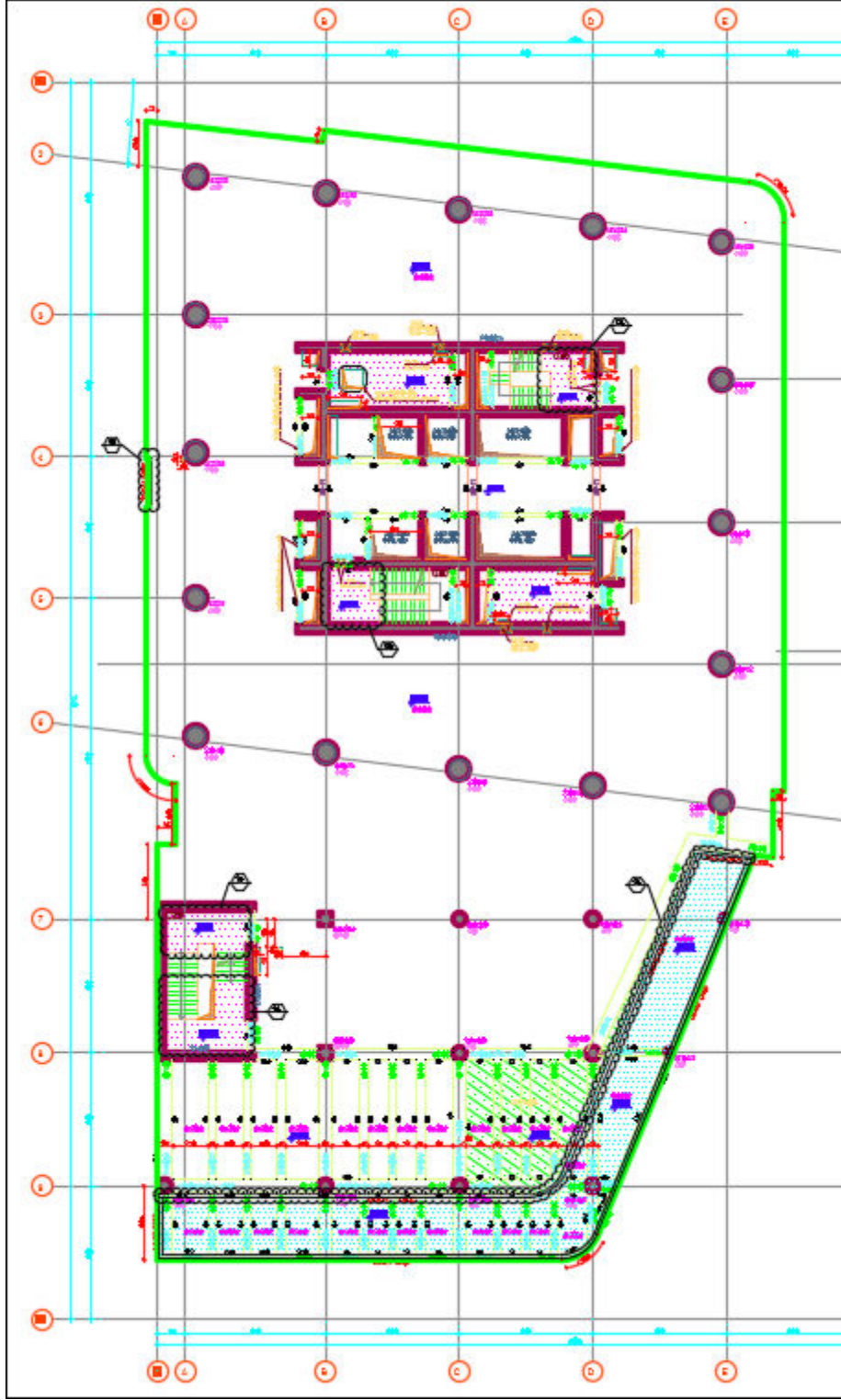
- Donatı Sınıfı : S420 ($f_{yk} = 420$ MPa)

- **Zemin Tasarım Parametreleri**

- Zemin Emniyet Gerilmesi = 1200 kN/m²

- Zemin Yatak Katsayısı = 144000 kN/m³

Söz konusu bloğa ait tipik kalıp planı Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Konut bloğu tipik kat kalıp planı

- **Ofis Bloğu Bina Bilgileri**

Kat Adedi : 29

Toplam Yükseklik : 130.10 m

Taşıyıcı Sistem : Perde + ereve

Analiz Yöntemi : Mod Süperpozisyonu

Modal Birleştirme Kuralı : Tam Karesel Birleştirme (CQC)

Süneklik Düzeyi : Karma

- **Deprem Analizi Parametreleri**

- Deprem Tasarım Spektrumu : Sahaya zel Deprem Tehlikesi Analizi D2 Deprem Düzeyi

- Bina nem Katsayısı (I) = 1.0

- Deprem Yükü Azaltma Katsayısı (R_a) : $R_{ax} = 6.0$, $R_{ay} = 6.0$ (Başlangıç Değeri)

- Zemin Sınıfı : Z1 (DBYBHY 2007)

- **Betonarme Tasarım Parametreleri**

- Beton Sınıfı : C 40 ($f_{ck} = 40$ MPa)

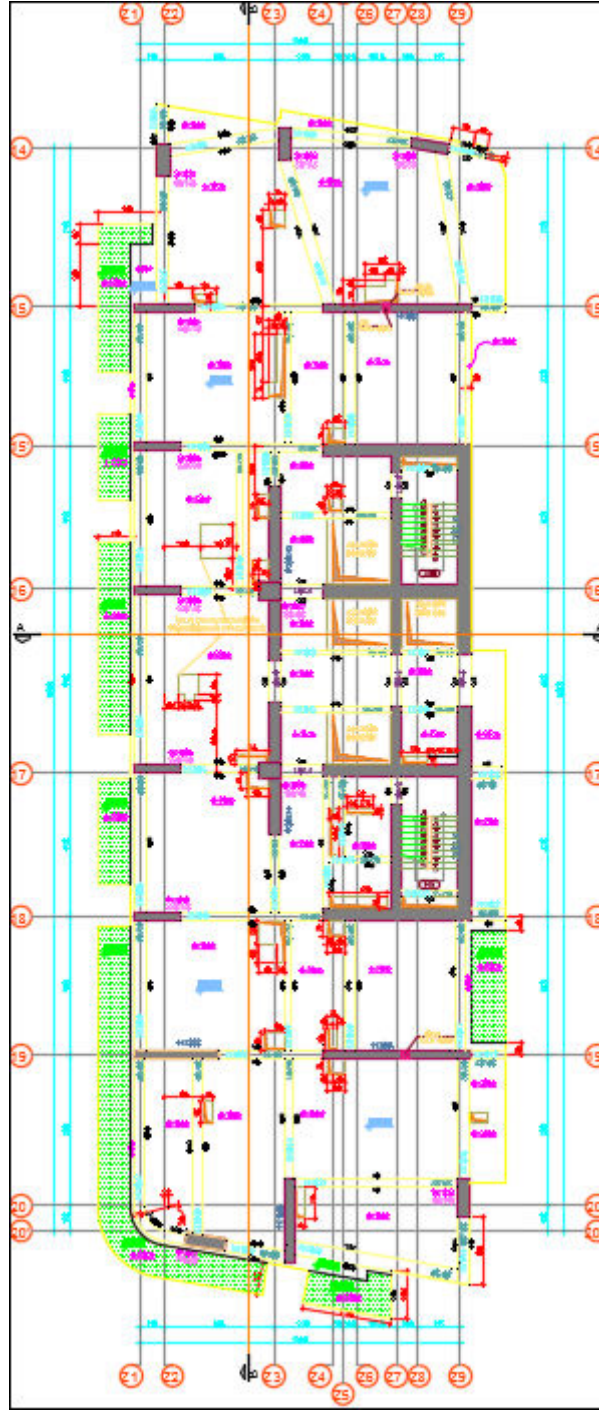
- Donatı Sınıfı : S420 ($f_{yk} = 420$ MPa)

- **Zemin Tasarım Parametreleri**

- Zemin Emniyet Gerilmesi = 1200 kN/m²

- Zemin Yatak Katsayısı = 144000 kN/m³

Söz konusu bloğa ait tipik kalıp planı ise Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Konut bloğu tipik kat kalıp planı

- ***Alışveriş Merkezi Bloğu Bina Bilgileri***

Kat Adedi : 10

Toplam Yükseklik : 55.20 m

Taşıyıcı Sistem : Perde + Çerçeve

Analiz Yöntemi : Mod Süperpozisyonu

Modal Birleştirme Kuralı : Tam Karesel Birleştirme (CQC)

Süneklik Düzeyi : Karma

- ***Deprem Analizi Parametreleri***

- Deprem Tasarım Spektrumu : Sahaya Özel Deprem Tehlikesi Analizi D2 Deprem Düzeyi

- Bina Önem Katsayısı (I) = 1.0

- Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R_a) : $R_{ax} = 6.0$, $R_{ay} = 6.0$ (Başlangıç Değeri)

- Zemin Sınıfı : Z1 (DBYBHY 2007)

- ***Betonarme Tasarım Parametreleri***

- Beton Sınıfı : C 40 ($f_{ck} = 40$ MPa)

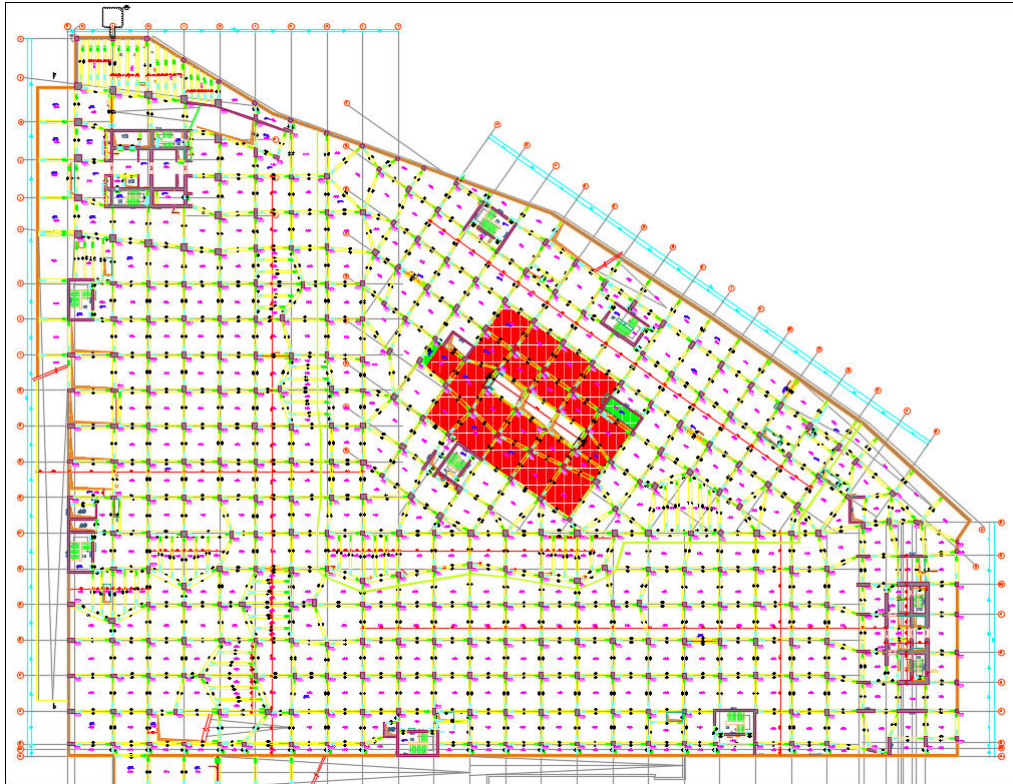
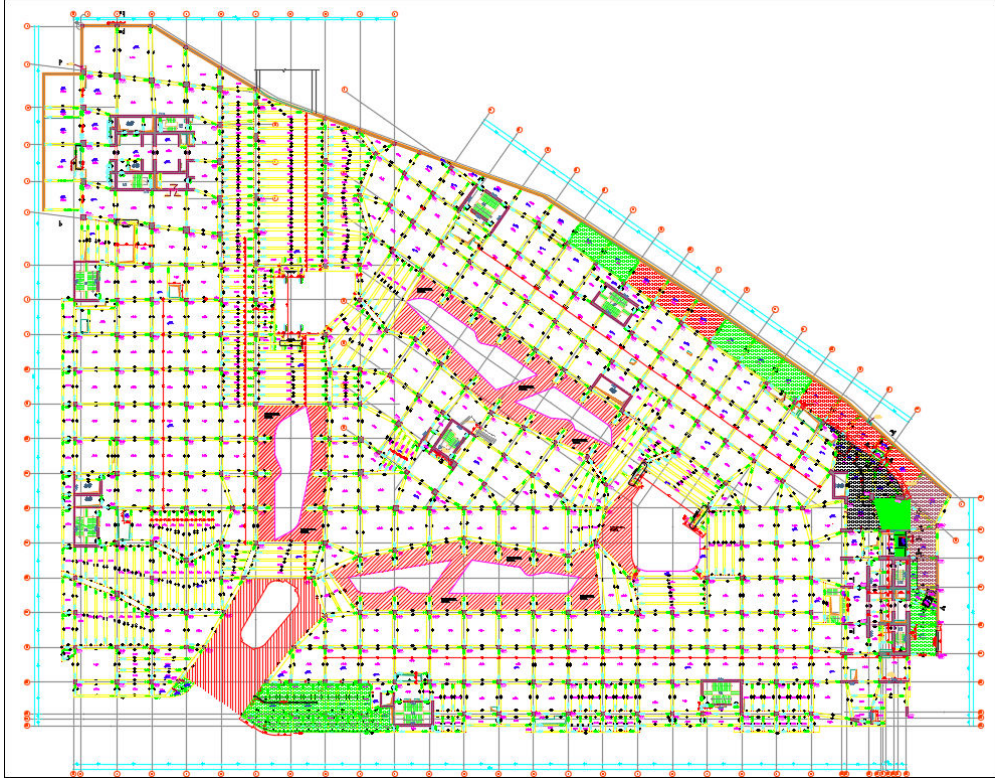
- Donatı Sınıfı : S420 ($f_{yk} = 420$ MPa)

- ***Zemin Tasarım Parametreleri***

- Zemin Emniyet Gerilmesi = 1200 kN/m²

- Zemin Yatak Katsayısı = 144000 kN/m³

Söz konusu bloğa ait tipik kalıp planı ise Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Alışveriş merkezi bloğu kat kalıp planı örnekleri

9. Deprem yüklerinin belirlenmesi ve deprem hesapları

Söz konusu yapı kompleksini oluşturan binaların süneklik düzeyi “karma” olarak belirlendiği için deprem yüklerinin belirlenmesi için deprem yükü azaltma katsayısı “ R_a ” hesabı DBYBHY 2007 Madde 2.5.4.’de belirtilen kontrol ve hesaplamaların kontrolleri yapılmıştır.

Deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılan R_a katsayıları her bir blok için aşağıda özetlenmiştir.

9.1. Deprem yüklerinin belirlenmesi

9.1.1. Konut Bloğu

DBYBHY 2007 Madde 2.5.4. gereği hesaplamaların ilk aşamasında $R=6$ katsayısı ile azaltılan spektrum ile elde edilen kat kesme kuvvetlerinin (baza katlarının üzerinde) kütleyle oranı aşağıdaki gibidir.

$$\text{SpecX-R6} = \%1.66$$

$$\text{SpecY-R6} = \%2.07$$

Elde edilen kesme kuvvetleri TDY 2007’ye göre en küçük taban kesme kuvveti olarak belirlenen %4 değerine karşılaştırılarak oran katsayıları aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$\text{X Doğrultusu: } 4/1.66 = 2.415$$

$$\text{Y Doğrultusu: } 4/2.07 = 1.935$$

Bu oranda göre modifiye edilmiş ve yapının tasarımında kullanılmış olan R katsayıları aşağıdaki gibidir.

$$\text{X Doğrultusu: } R_a = 6/2.415 = 2.5$$

$$\text{Y Doğrultusu: } R_a = 6/1.935 = 3.1$$

Konut Bloğu		
Kat	α -X Doğr.	α -Y Doğr.
Cati Kati +127.50	0.85	0.94
Makine Dairesi +124.25	0.85	0.92
Mekanik Kat +120.90	0.67	0.86
L29 +117.1	0.72	0.90
L28 +113.30	0.68	0.91
L27 +109.50	0.70	0.91
L26 +106.60	0.70	0.90
L25 +102.50	0.71	0.91
L24 +99.00	0.69	0.91
L23 +95.50	0.69	0.91
L22 +92.00	0.69	0.91
L21 +88.50	0.70	0.90
L20 +85.00	0.79	0.93
L19 +81.50	0.76	0.93
L18 +78.00	0.76	0.92
L17 +74.50	0.76	0.92
L16 +71.00	0.76	0.93
L15 +67.50	0.77	0.93
L14 +64.00	0.77	0.93
L13 +60.50	0.78	0.94
L12 +57.00	0.77	0.94
L11 +53.50	0.78	0.95
L10 +50.00	0.78	0.95
L9 +46.50	0.78	0.95
L8 +43.00	0.78	0.96
L7 +39.50	0.79	0.96
L6 +36.00	0.80	0.96
L5 +32.50	0.80	0.95
L4 +29.00	0.86	0.98
L3 +25.00	0.84	0.98
L2 +21.00	0.81	0.98
L1 +16.75	0.72	0.95

Hesaplamalar sonucunda tasarım için yukarıdaki tabloda belirtilen çekirdek perde duvarların taşıdığı kesme kuvvetinin, kat kesme kuvvetine oranı tüm katlarda 0.66'dan büyük olarak belirlenmiş ve TDY(2007)'de 2.5.4 maddesine göre R_{YP} katsayısı sistemin tümü için kullanılması yoluna gidilmiştir.

9.1.2. Ofis Bloğu

Tasarım çalışmasında ofis bloğunda minimum taban kesme kuvvetlerinin yanında, spektrum analizi sonucu bulunan kesme kuvvetlerinin eşdeğer deprem kuvveti yöntemi ile bulunan kesme kuvvetlerinin %90'ına oranları kontrol edilmiştir. Bu orana göre deprem kuvvetleri X doğrultusunda yaklaşık %29, Y doğrultusunda %41 arttırılmıştır. Buna raporlanan R_a katsayıları aşağıdaki gibidir:

$$X \text{ Doğrultusu: } R = 6/1.29 = 4.65$$

$$Y \text{ Doğrultusu: } R = 6/1.41 = 4.25$$

Ofis Bloğu		
Kat	α -X Doğr.	α -Y Doğr.
+108	1.00	1.00
+106.5	0.78	0.86
+104.7	0.80	0.86
+101.2	0.91	0.91
+96.8	0.99	0.99
+92.8	0.97	0.95
+88.8	0.98	0.96
+84.8	0.98	0.96
+80.8	0.97	0.96
+76.8	0.98	0.97
+72.8	0.97	0.97
+68.8	0.97	0.97
+64.8	0.98	0.97
+60.8	0.96	0.95
+56.8	0.97	0.96
+52.8	0.98	0.95
+48.8	0.94	0.80
+44.8	0.95	0.77
+40.8	0.91	0.71
+35.8	0.85	0.61
+30.8	0.89	0.43
+25.8	0.89	0.46
+20.8	0.86	0.54

Yukarıdaki tabloda çekirdek perde duvarların taşıdığı kesme kuvvetinin, kat kesme kuvvetine oranı verilmiştir.

X doğrultusunda tüm katlarda söz konusu oran 0.66'dan büyüktür, dolayısıyla TDY(2007)'de 2.5.4 maddesine göre R_{YP} katsayısı sistemin tümü için kullanılabilceği tasarımda çalışmalarında öngörülmüştür.

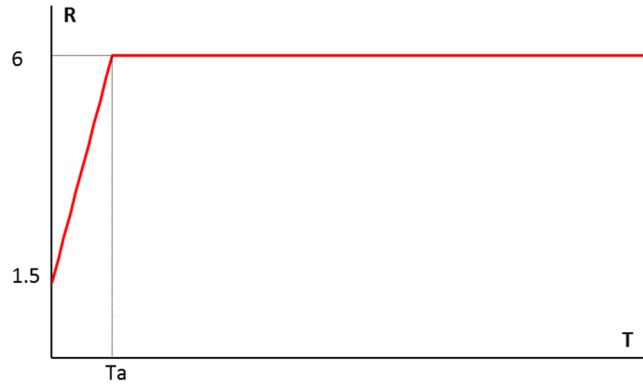
Y Doğrultusunda en küçük oran 0.43'dür. Buna göre sistem taşıyıcı sistem davranış katsayısı şu şekilde hesaplanabilir:

$$R = R_{NÇ} + 1.5 * \alpha_s * (R_{YP} - R_{NÇ}) = 4.0 + 1.5 * 0.43 * 2 = 5.29$$

Diğer kriterler sonucunda elde edilen elde edilen R_a katsayısı daha elverişsiz durum oluşturduğu için, analizlerde $R_a = 4.25$ değerinin kullanılması uygun bulunmuştur.

9.1.3. AVM Bloğu

Alışveriş Merkezi bloğu hesaplamalarında R_a katsayısı aşağıdaki Şekil 13'de gösterilen grafikteki ilişki ile tanımlanmıştır. Bu ilişkiye göre binanın her bir serbest titreşim periyoduna karşılık gelen taşıyıcı sistem davranış katsayısı belirlenmiştir.



Şekil 13. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı periyot ilişkisi

9.2. Deprem hesaplamaları

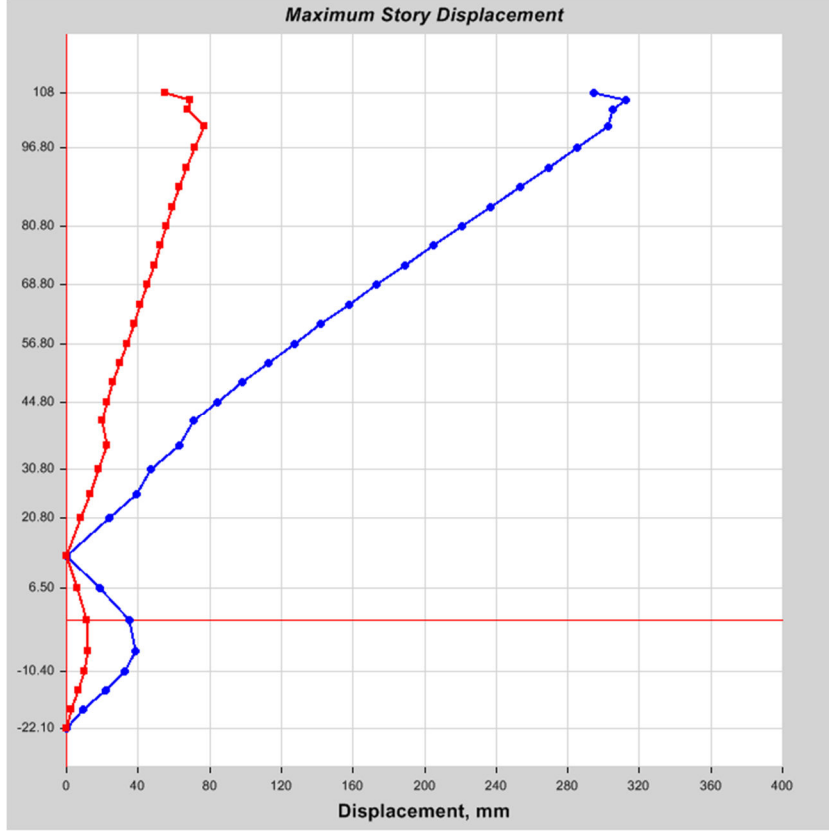
9.2.1. Ofis Bloğu

Kule bloğunun modal analiz sonucunda elde edilen her moda ait titreşim periyotları ve kütle katılım oranları Tablo-6'da sunulmuştur. Tasarımda Tablo-6'daki kütle katılım oranları dikkate alınarak, binanın davranışına birden çok modun katkısının olduğu ve birden fazla modun etkisinin dikkate alındığı bir analiz yönteminin kullanılması gerektiğine karar verilmiştir. Bu bağli olarak binanın deprem analizi çalışmaları için "Mod Süperpozisyonu Yöntemi" seçilmiş ve kullanılmıştır.

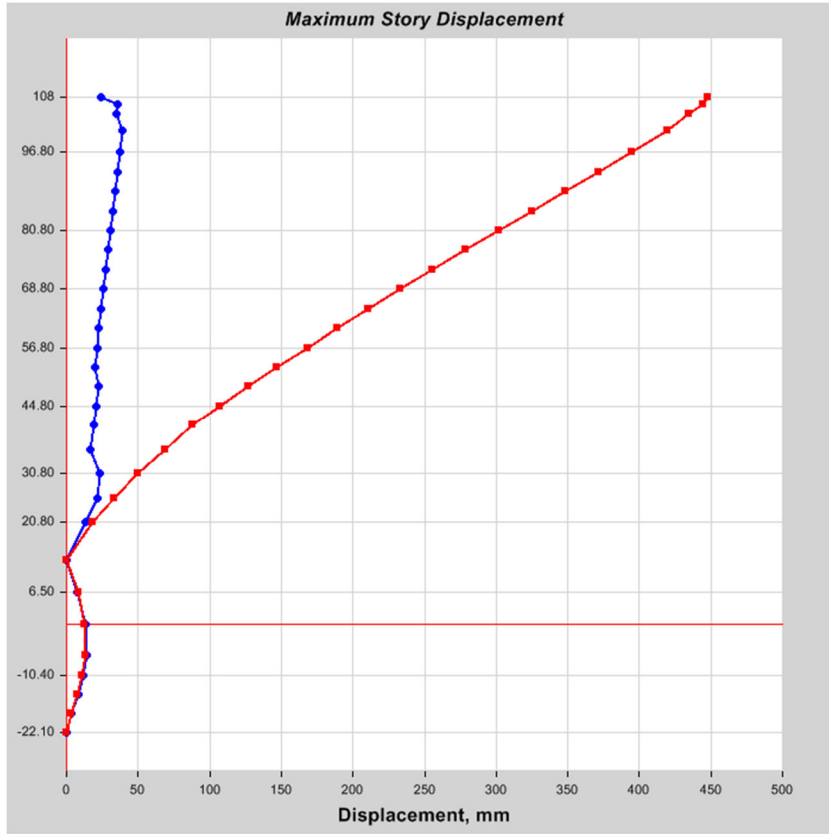
Tablo 6. Ofis bloğu doğal titreşim modları ve kütle katılım oranları

Ofis Blok Modal Analiz Sonuçları							
Kütle Katılım Oranları							
Case	Period	UX	UY	RZ	Σ UX	Σ UY	Σ RZ
	sec	Mx%	My%	Mr%	Mx%	My%	Mr%
Modal	3.300	0.0%	28.8%	0.0%	0.0%	28.8%	0.0%
Modal	2.317	28.2%	0.0%	15.2%	28.2%	28.8%	15.2%
Modal	1.777	1.3%	0.0%	2.9%	29.5%	28.8%	18.1%
Modal	0.889	0.1%	10.7%	0.1%	29.6%	39.5%	18.2%
Modal	0.707	2.9%	0.2%	2.9%	32.5%	39.7%	21.1%
Modal	0.474	3.5%	0.0%	3.5%	36.0%	39.8%	24.6%
Modal	0.463	5.7%	0.2%	0.5%	41.7%	39.9%	25.0%
Modal	0.408	1.6%	2.4%	1.3%	43.2%	42.3%	26.4%
Modal	0.370	18.9%	1.3%	45.1%	62.1%	43.6%	71.4%
Modal	0.280	1.8%	0.0%	2.6%	64.0%	43.6%	74.0%
Modal	0.262	0.5%	21.3%	0.6%	64.5%	64.9%	74.6%
Modal	0.230	1.1%	23.3%	0.9%	65.6%	88.2%	75.5%
Modal	0.204	0.7%	0.0%	0.9%	66.3%	88.2%	76.4%
Modal	0.185	0.2%	0.5%	0.2%	66.5%	88.7%	76.6%
Modal	0.176	0.0%	0.0%	0.0%	66.5%	88.7%	76.6%
Modal	0.161	0.1%	2.4%	0.0%	66.6%	91.1%	76.6%
Modal	0.146	21.5%	0.2%	11.3%	88.1%	91.3%	87.9%
Modal	0.142	0.2%	0.1%	0.5%	88.3%	91.4%	88.4%
Modal	0.123	2.5%	0.0%	2.0%	90.8%	91.4%	90.4%
Modal	0.118	0.2%	0.4%	0.1%	91.0%	91.7%	90.5%
Modal	0.117	0.7%	0.0%	0.0%	91.8%	91.8%	90.5%
Modal	0.113	0.0%	0.3%	0.0%	91.8%	92.1%	90.5%
Modal	0.106	2.0%	0.1%	3.7%	93.8%	92.2%	94.2%
Modal	0.102	0.9%	0.1%	2.2%	94.7%	92.3%	96.5%
Modal	0.092	0.1%	0.4%	0.0%	94.8%	92.7%	96.5%
Modal	0.089	0.1%	0.0%	0.0%	94.9%	92.7%	96.5%
Modal	0.086	0.7%	0.0%	0.4%	95.7%	92.7%	96.9%
Modal	0.080	0.0%	0.0%	0.0%	95.7%	92.7%	96.9%
Modal	0.077	0.0%	0.0%	0.0%	95.7%	92.8%	96.9%
Modal	0.075	0.0%	0.0%	0.0%	95.7%	92.8%	96.9%

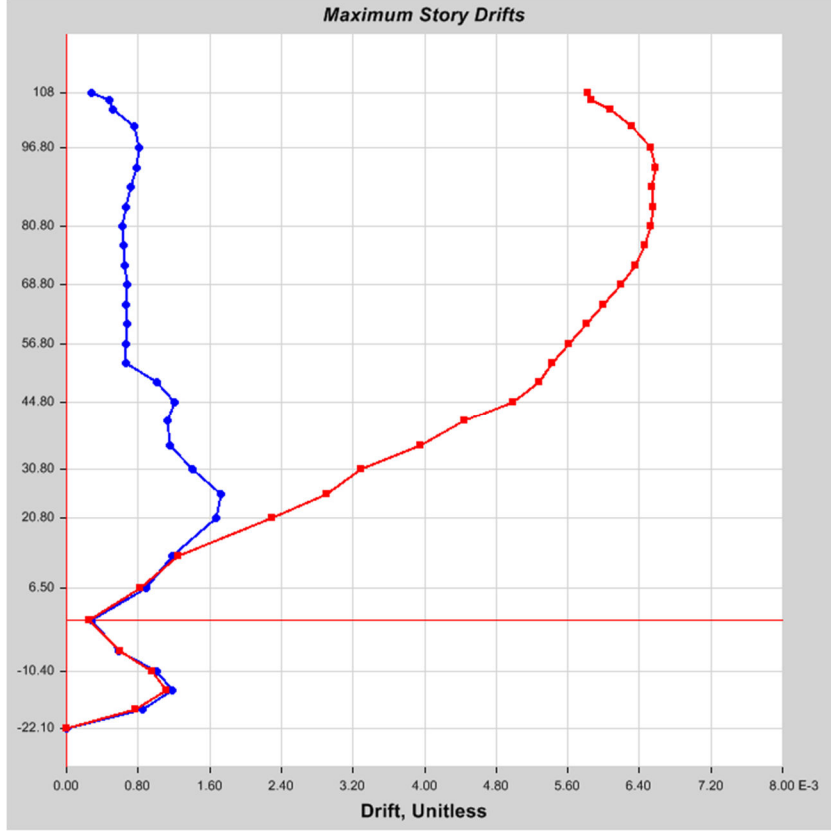
Tarafımıza sunulan ofis bloğuna ait analitik modelin analiz sonuçlarından birbirine dik doğrultudaki deprem yüklemeleri altında meydana gelen kat yatay deplasmanları ve görelî kat ötelemeleri DBYBYH 2007’de verilen sınırlar ile karşılaştırıldığı görülmüştür. Çalışmada elde edilen değerler Şekil 14-17’de sunulmuştur.



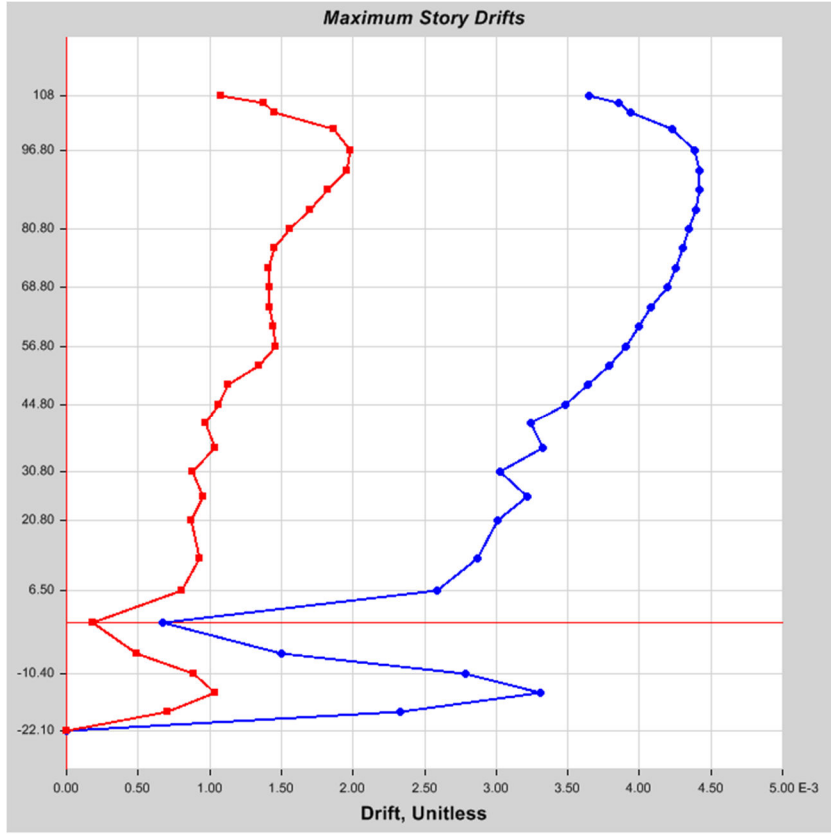
Şekil 14. Maksimum yatay deplasman dağılımı (X yönü deprem yüklemesi, $d_{max}=0.31m$)



Şekil 15. Maksimum yatay deplasman dağılımı (Y yönü deprem yüklemesi, $d_{max}=0.45m$)



Şekil 16. Maksimum görel kat ötelemesi dağılımı (X yönü deprem yüklemesi, $\delta_{max}=0.65\%$)



Şekil 17. Maksimum görel kat ötelemesi dağılımı (Y yönü deprem yüklemesi, $\delta_{max}=0.44\%$)

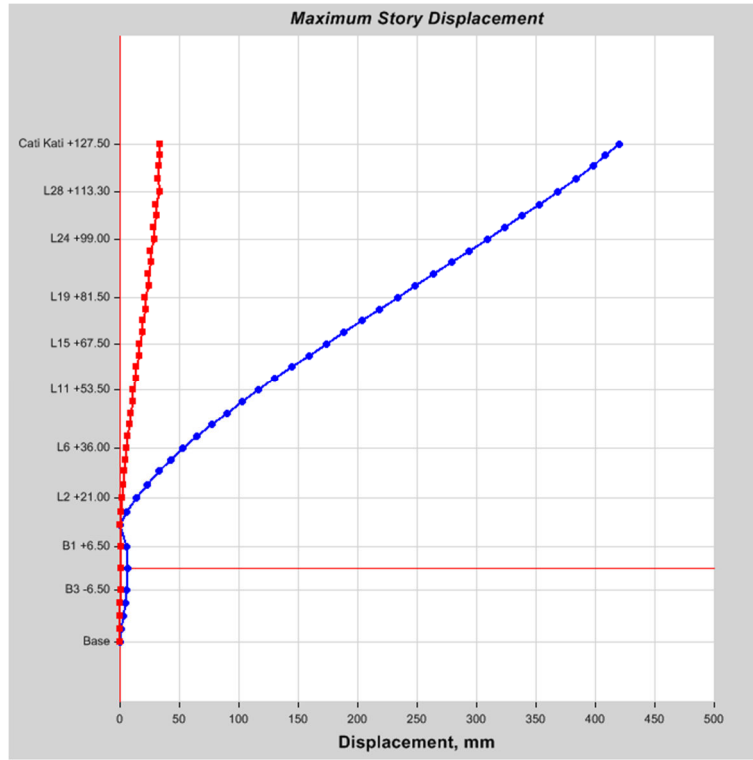
9.2.2. Konut bloğu

Konut bloğunun modal analiz sonucunda elde edilen her moda ait titreşim periyotları ve kütle katılım oranları Tablo-7’de sunulmuştur. Tablo-7’deki kütle katılım oranları dikkate alındığında binanın davranışına birden çok modun katkısının olduğu ve birden fazla modun etkisinin dikkate alındığı bir analiz yönteminin kullanılması gereği doğmuştur. Bu nedenden dolayı binanın deprem analizinde “Mod Süperpozisyonu Yöntemi” kullanılmıştır.

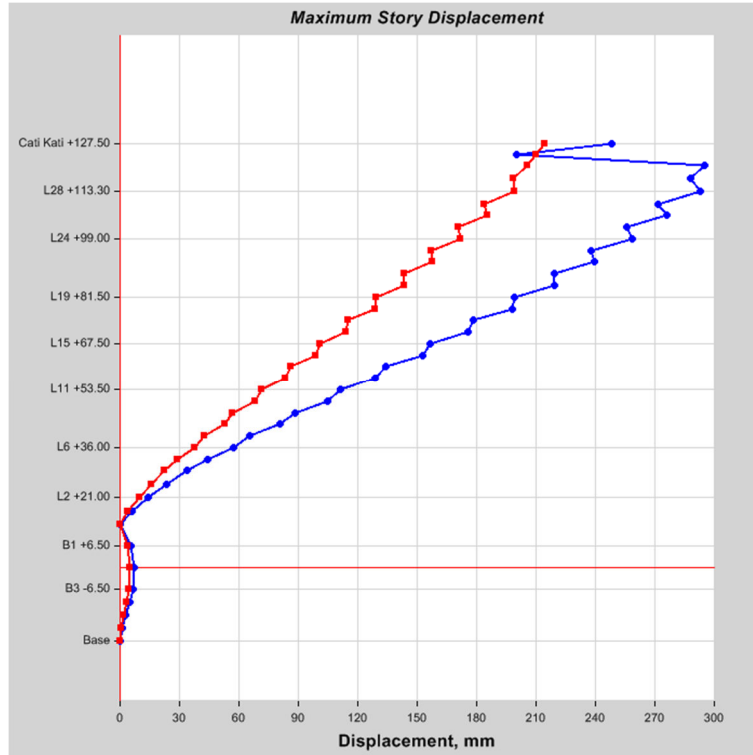
Tablo 7. Konut bloğu doğal titreşim modları ve kütle katılım oranları

Konut Blok Modal Analiz Sonuçları Kütle Katılım Oranları								
Case	Mode	Period	UX	UY	RZ	Σ UX	Σ UY	Σ RZ
		sec						
Modal	1	4.836	52.1%	0.3%	0.5%	52.1%	0.3%	0.5%
Modal	2	4.517	0.8%	13.8%	44.6%	52.8%	14.1%	45.1%
Modal	3	2.668	0.0%	40.2%	13.7%	52.8%	54.2%	58.8%
Modal	4	1.315	0.0%	2.6%	6.8%	52.9%	56.8%	65.6%
Modal	5	1.164	12.1%	0.0%	0.0%	65.0%	56.8%	65.7%
Modal	6	0.688	0.0%	7.9%	3.4%	65.0%	64.6%	69.0%
Modal	7	0.64	0.0%	1.7%	1.4%	65.0%	66.3%	70.4%
Modal	8	0.505	3.3%	0.0%	0.0%	68.3%	66.3%	70.4%
Modal	9	0.382	0.0%	0.1%	0.7%	68.3%	66.3%	71.1%
Modal	10	0.319	0.0%	2.4%	0.6%	68.3%	68.8%	71.7%
Modal	11	0.285	0.8%	0.0%	0.0%	69.1%	68.8%	71.7%
Modal	12	0.257	0.0%	0.1%	0.1%	69.1%	68.9%	71.8%
Modal	13	0.213	0.1%	2.8%	11.4%	69.2%	71.6%	83.1%
Modal	14	0.193	0.0%	1.1%	0.0%	69.2%	72.7%	83.1%
Modal	15	0.188	0.2%	0.1%	0.1%	69.3%	72.7%	83.2%
Modal	16	0.178	0.1%	0.6%	3.5%	69.4%	73.3%	86.7%
Modal	17	0.155	15.9%	0.1%	0.0%	85.3%	73.4%	86.7%
Modal	18	0.139	0.1%	0.1%	1.4%	85.3%	73.5%	88.0%
Modal	19	0.134	0.1%	0.8%	0.0%	85.5%	74.3%	88.0%
Modal	20	0.129	4.5%	0.1%	0.0%	90.0%	74.4%	88.0%
Modal	21	0.119	0.1%	13.9%	4.2%	90.0%	88.2%	92.2%
Modal	22	0.111	0.0%	0.7%	0.4%	90.1%	89.0%	92.6%
Modal	23	0.1	1.5%	0.1%	0.0%	91.5%	89.1%	92.6%
Modal	24	0.098	0.0%	2.1%	0.7%	91.6%	91.2%	93.3%
Modal	25	0.093	0.0%	0.3%	0.1%	91.6%	91.5%	93.4%
Modal	26	0.088	0.0%	0.0%	0.1%	91.6%	91.5%	93.5%
Modal	27	0.081	0.8%	0.0%	0.0%	92.4%	91.5%	93.5%
Modal	28	0.078	0.0%	0.6%	0.4%	92.5%	92.1%	93.9%
Modal	29	0.077	0.0%	0.4%	0.1%	92.5%	92.5%	94.0%
Modal	30	0.068	0.3%	0.0%	0.0%	92.7%	92.5%	94.0%

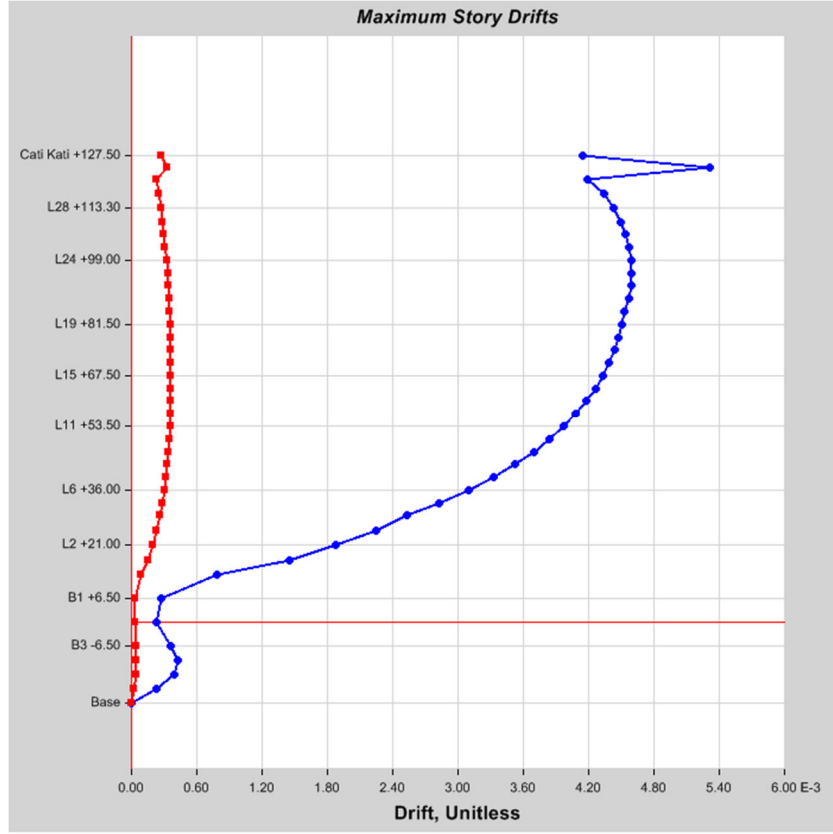
Tarafımıza sunulan konut bloğuna ait analitik modelin analiz sonuçlarından birbirine dik doğrultudaki deprem yüklemeleri altında meydana gelen kat yatay deplasmanları ve göreceli kat ötelemeleri DBYBYH 2007’de verilen sınırlar ile karşılaştırılmıştır.



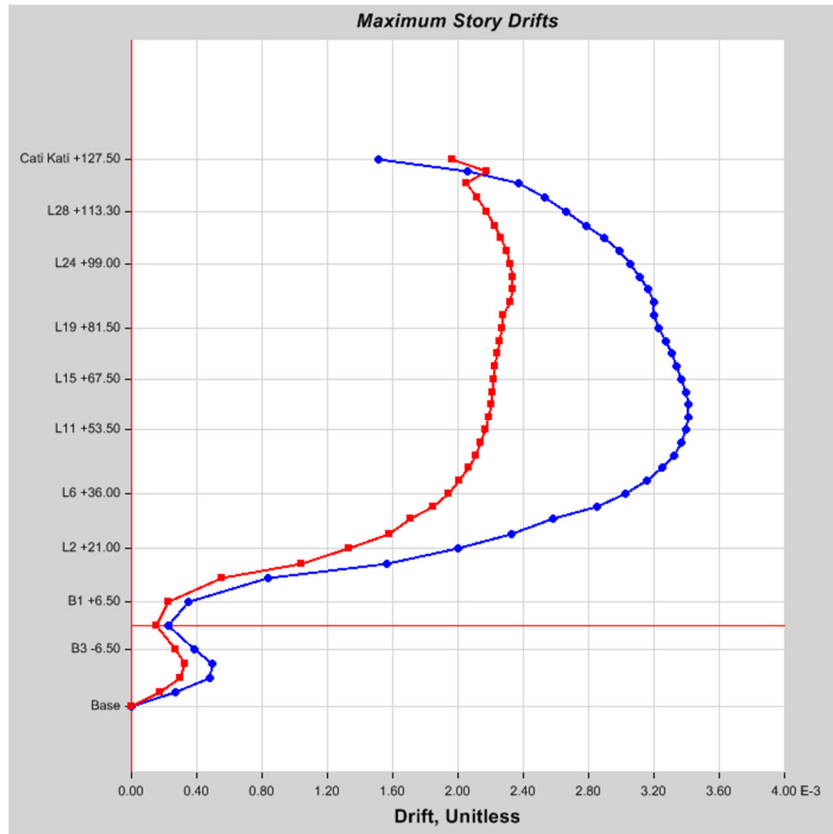
Şekil 18. Maksimum yatay deplasman dağılımı (X yönü deprem yüklemesi, $d_{max}=0.42m$)



Şekil 19. Maksimum yatay deplasman dağılımı (Y yönü deprem yüklemesi, $d_{max}=0.30m$)



Şekil 20. Maksimum görelî kat ötelemesi dağılımı (X yönü deprem yüklemesi, $\delta_{max}=0.50\%$)



Şekil 21. Maksimum görelî kat ötelemesi dağılımı (Y yönü deprem yüklemesi, $\delta_{max}=0.34\%$)

9.2.3. Alışveriş Merkezi Bloğu

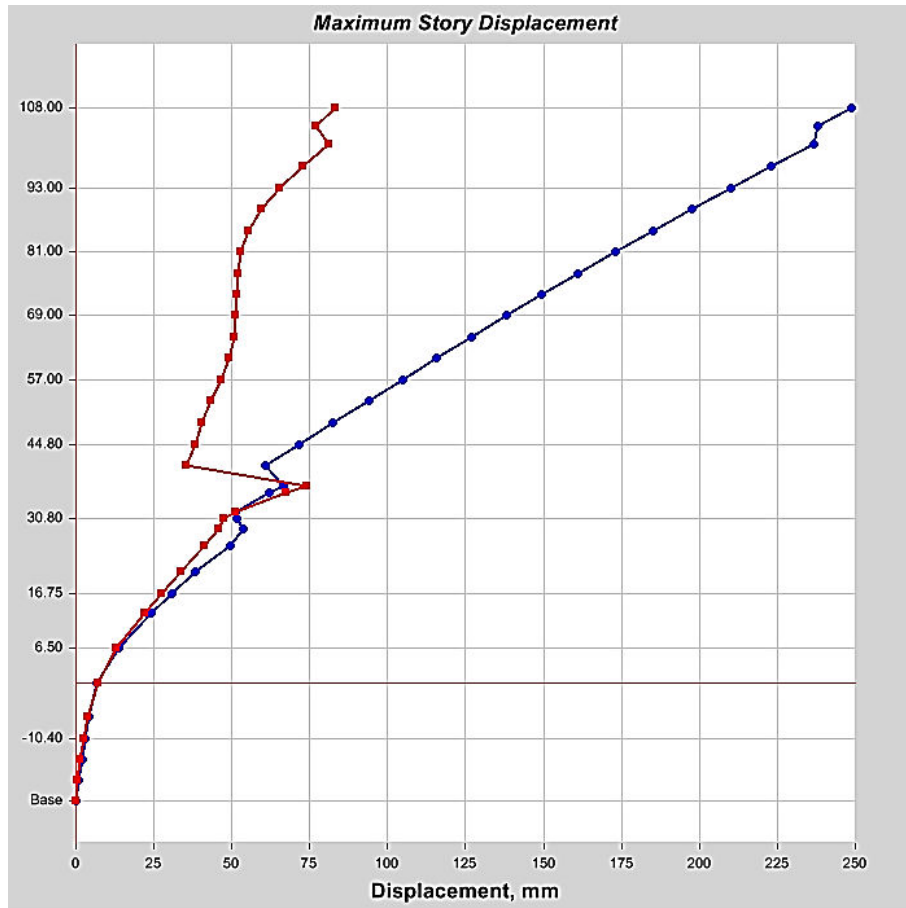
Alışveriş Merkezi bloğunun modal analiz sonucunda elde edilen her moda ait titreşim periyotları ve kütle katılım oranları Tablo-9’de sunulmuştur. Tablo-9’deki kütle katılım oranları dikkate alındığında binanın davranışına birden çok modun katkısının olduğu ve birden fazla modun etkisinin dikkate alındığı bir analiz yönteminin kullanılması gerektiği görülmektedir. Bu nedenden dolayı binanın deprem analizinde “Mod Süperpozisyonu Yöntemi”ni kullanılması uygun olmuştur.

Tablo 9. Alışveriş bloğu doğal titreşim modları ve kütle katılım oranları

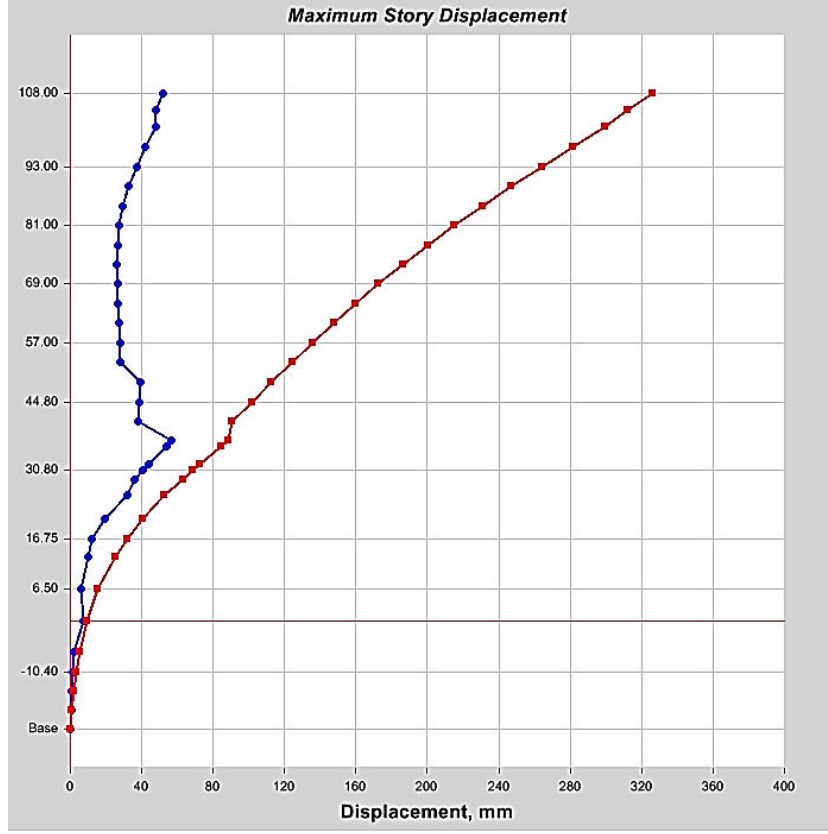
Alışveriş Merkezi Blok Modal Analiz Sonuçları Kütle Katılım Oranları								
Case	Mode	Period	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
		sec						
Modal	1	3.251	0.06%	13.01%	7.39%	0.06%	13.01%	7.39%
Modal	2	2.225	13.50%	0.02%	5.22%	13.55%	13.04%	12.61%
Modal	3	1.665	0.86%	0.01%	0.40%	14.41%	13.05%	13.01%
Modal	4	1.047	1.05%	25.12%	0.00%	15.46%	38.17%	13.02%
Modal	5	0.924	14.36%	0.82%	16.89%	29.82%	38.99%	29.91%
Modal	6	0.637	9.23%	7.32%	1.62%	39.04%	46.31%	31.52%
Modal	7	0.562	2.43%	2.96%	9.29%	41.48%	49.27%	40.82%
Modal	8	0.524	1.08%	2.47%	8.04%	42.56%	51.74%	48.85%
Modal	9	0.518	4.76%	0.93%	0.86%	47.32%	52.67%	49.72%
Modal	10	0.399	0.15%	0.61%	0.09%	47.46%	53.29%	49.81%
Modal	11	0.357	0.05%	4.30%	0.00%	47.51%	57.58%	49.81%
Modal	12	0.335	1.30%	0.00%	0.10%	48.81%	57.59%	49.91%
Modal	13	0.314	0.62%	5.40%	0.33%	49.43%	62.98%	50.24%
Modal	14	0.288	17.28%	0.58%	2.57%	66.70%	63.56%	52.81%
Modal	15	0.258	4.02%	1.65%	0.62%	70.72%	65.21%	53.44%
Modal	16	0.240	0.00%	7.15%	7.38%	70.72%	72.36%	60.82%
Modal	17	0.212	1.14%	0.13%	5.43%	71.87%	72.50%	66.24%
Modal	18	0.186	2.35%	0.64%	1.84%	74.22%	73.13%	68.09%
Modal	19	0.176	0.59%	2.67%	1.77%	74.81%	75.80%	69.86%
Modal	20	0.172	0.91%	2.48%	0.00%	75.72%	78.28%	69.86%
Modal	21	0.155	0.10%	0.10%	1.22%	75.83%	78.38%	71.08%
Modal	22	0.153	8.62%	3.72%	1.22%	84.45%	82.10%	72.30%
Modal	23	0.133	0.10%	0.50%	1.26%	84.54%	82.60%	73.57%
Modal	24	0.130	0.46%	0.80%	0.01%	85.00%	83.41%	73.58%
Modal	25	0.126	3.43%	3.71%	5.09%	88.42%	87.12%	78.67%
Modal	26	0.118	0.02%	0.02%	1.80%	88.44%	87.14%	80.48%
Modal	27	0.114	0.75%	0.86%	0.90%	89.19%	88.00%	81.38%
Modal	28	0.110	0.33%	0.13%	0.14%	89.52%	88.13%	81.52%

Modal	29	0.107	1.45%	0.77%	0.36%	90.97%	88.90%	81.87%
Modal	30	0.103	0.02%	0.06%	0.01%	90.99%	88.97%	81.88%
Modal	31	0.101	0.07%	0.01%	0.25%	91.05%	88.98%	82.13%
Modal	32	0.097	0.15%	0.46%	3.03%	91.20%	89.44%	85.15%
Modal	33	0.096	0.22%	0.00%	0.10%	91.42%	89.44%	85.25%
Modal	34	0.096	0.01%	0.33%	0.52%	91.43%	89.78%	85.77%
Modal	35	0.095	1.24%	0.27%	0.26%	92.67%	90.04%	86.03%
Modal	36	0.093	0.02%	0.07%	0.12%	92.69%	90.11%	86.15%
Modal	37	0.092	0.00%	0.37%	1.67%	92.69%	90.48%	87.83%
Modal	38	0.091	0.57%	1.07%	0.17%	93.26%	91.55%	88.00%
Modal	39	0.090	0.02%	0.00%	0.11%	93.27%	91.55%	88.11%
Modal	40	0.088	0.14%	1.02%	0.00%	93.41%	92.57%	88.11%

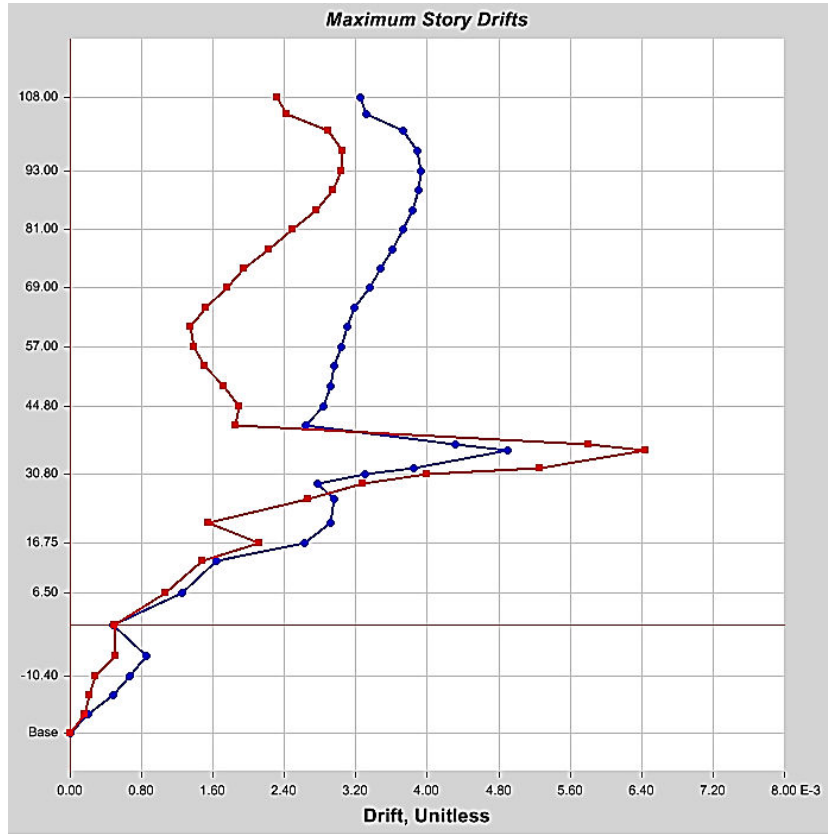
Tarafımıza sunulan alışveriş merkezi bloğuna ait analitik modelin analiz sonuçlarından birbirine dik doğrultudaki deprem yüklemeleri altında meydana gelen kat yatay deplasmanları ve görel kat ötelemeleri DBYBYH 2007’de verilen sınırlar ile karşılaştırılmıştır.



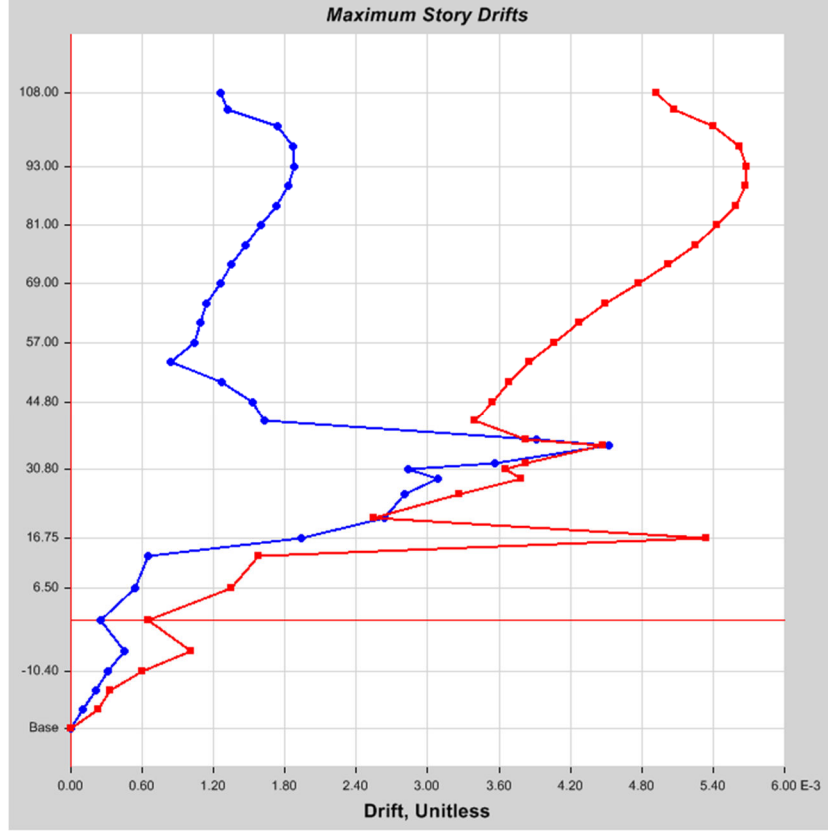
Şekil 22. Maksimum yatay deplasman dağılımı (X yönü deprem yüklemesi, $d_{max}=0.25m$)



Şekil 23. Maksimum yatay deplasman dağılımı (Y yönü deprem yüklemesi, $d_{max}=0.326m$)



Şekil 24. Maksimum görelî kat ötelemesi dağılımı (X yönü deprem yüklemesi, $\delta_{max}=0.64\%$)



Şekil 25. Maksimum görelî kat ötelemesi dağılımı (Y yönü deprem yüklemesi, $\delta_{max}=0.57\%$)

10. Yapısal Sistem Betonarme Tasarımının Değerlendirilmesi

Söz konusu yapı kompleksinin betonarme tasarımı süneklik düzeyi “karma” olarak seçilmesinden dolayı taşıyıcı sistemdeki perde elemanları süneklik düzeyi “yüksek” olarak tasarlanmıştır. Tasarım aşamasında perdelerin boyuna donatıları analiz sonucunda elde edile kesit tesirleri ve yönetmelikte belirtilen minimum koşullar dikkate alınarak belirlenmiştir. Enine donatılar ise perdelerin eğilme kapasiteleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Perdelerde gevrek davranışın önüne geçilmesi amacı ile DBYBHY 2007 Madde 3.6.6.3’de belirtilen “ β_v ” (kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı) dikkate alınarak tasarımı yapılmıştır. Ayrıca taşıyıcı sistemi oluşturan kolon ve kirişlerin betonarme tasarımı DBYBHY 2007’de belirtilen ilgili maddeler uygulanarak tasarlanmış ve detaylandırılmıştır. Betonarme elemanlara etkiyen dış yüklerin dikkate alınarak oluşturulan tasarım yük kombinasyonları aşağıda Tablo 10’da belirtilmiştir.

Tablo 10. Betonarme tasarımda kullanılan kombinasyonlar

Combo	Type	Case	Factor	CaseType
G	ADD	SELF	1	Static
		SDL	1	Static
		FACADE	1	Static
		PARTITION	1	Static
		SERVICE	1	Static
Q	ADD	LIVE	1	Static
		LIVE-R	1	Static
G+Q	ADD	G	1	Combo
		Q	1	Combo
1.4G+1.6Q	ADD	G	1.4	Combo
		Q	1.6	Combo
G+Q+SPECX	ADD	G	1	Combo
		Q	1	Combo
		SPECX	1	Spectrum
		SPECY	0.3	Spectrum
G+Q-SPECX	ADD	G	1	Combo
		Q	1	Combo
		SPECX	-1	Spectrum
		SPECY	-0.3	Spectrum
G+Q+SPECY	ADD	G	1	Combo
		Q	1	Combo
		SPECX	0.3	Spectrum
		SPECY	1	Spectrum
G+Q-SPECY	ADD	G	1	Combo
		Q	1	Combo
		SPECX	-0.3	Spectrum
		SPECY	-1	Spectrum
0.9G+SPECX	ADD	G	0.9	Combo
		SPECX	1	Spectrum
		SPECY	0.3	Spectrum

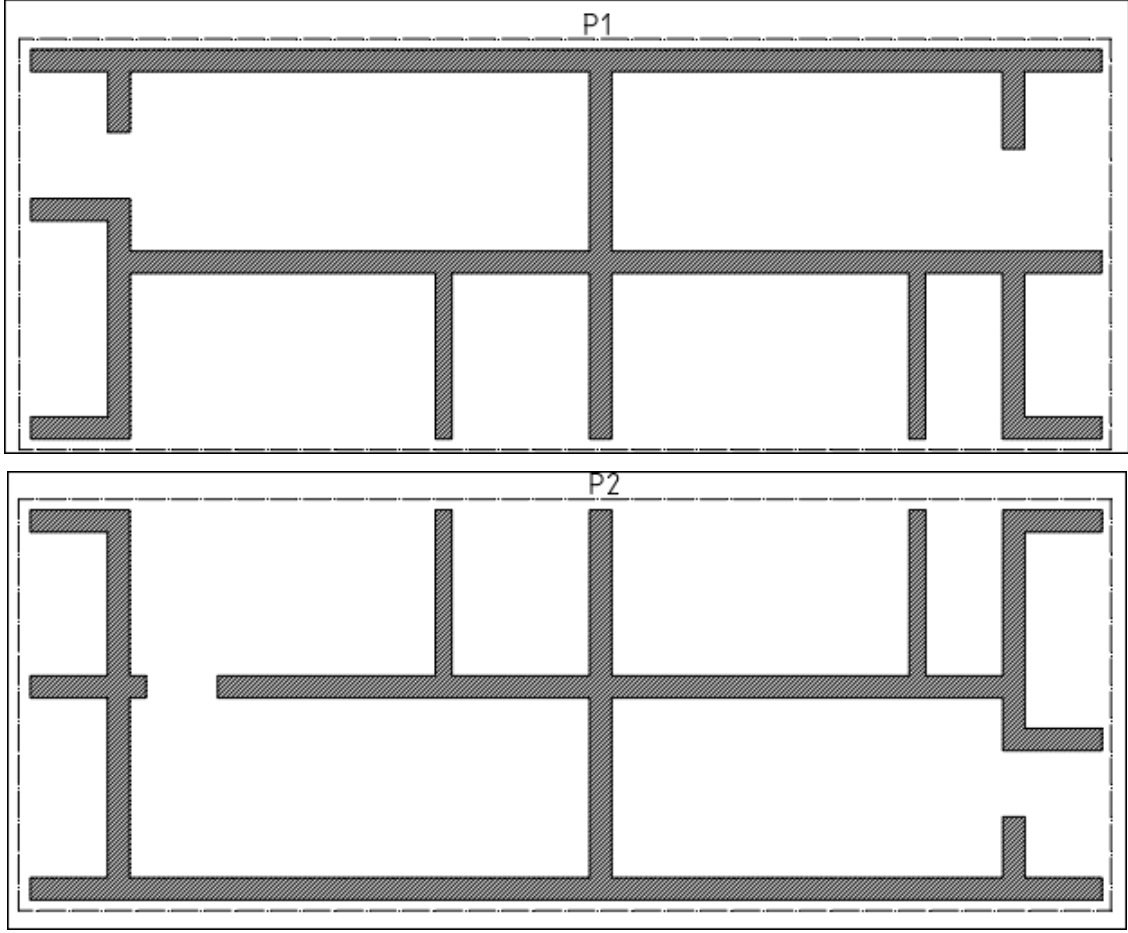
0.9G+SPECX	ADD	G	0.9	Combo
		SPECX	1	Spectrum
		SPECY	0.3	Spectrum
G+1.2Q+1.2T	ADD	G	1	Combo
		Q	1.2	Combo
		T	1.2	Combo
0.9G+SPECY	ADD	G	0.9	Combo
		SPECX	0.3	Spectrum
		SPECY	1	Spectrum
0.9G-SPECX	ADD	G	0.9	Combo
		SPECX	-1	Spectrum
		SPECY	-0.3	Spectrum
0.9G-SPECY	ADD	G	0.9	Combo
		SPECX	-0.3	Spectrum
		SPECY	-1	Spectrum
ENV	ENVELOPE	G+Q+SPECX	1	Combo
		G+Q-SPECX	1	Combo
		G+Q+SPECY	1	Combo
		G+Q-SPECY	1	Combo
		0.9G+SPECX	1	Combo
		0.9G-SPECX	1	Combo
		0.9G-SPECY	1	Combo
		G+1.2Q+1.2T	1	Combo
		G+Q+SPECX-R2	1	Combo
		G+Q-SPECX-R2	1	Combo
ENV-R2	ENVELOPE	G+Q+SPECY-R2	1	Combo
		G+Q-SPECY-R2	1	Combo
		0.9G+SPECX-R2	1	Combo
		0.9G-SPECY-R2	1	Combo
		0.9G-SPECX-R2	1	Combo
		0.9G-SPECY-R2	1	Combo

Binanın yatay yükler altındaki davranışını ve dayanımını temel olarak belirleyen perdelerin yükleme kombinasyonları altında meydana gelen eksenel kuvvet – moment ikililerini söz konusu elemanların taşıma kapasitelerini gösteren “etkileşim diyagram”ları ile karşılaştırması her bir yapı bloğu için ilerleyen bölümlerde verilen grafiklerde gösterilmiştir.

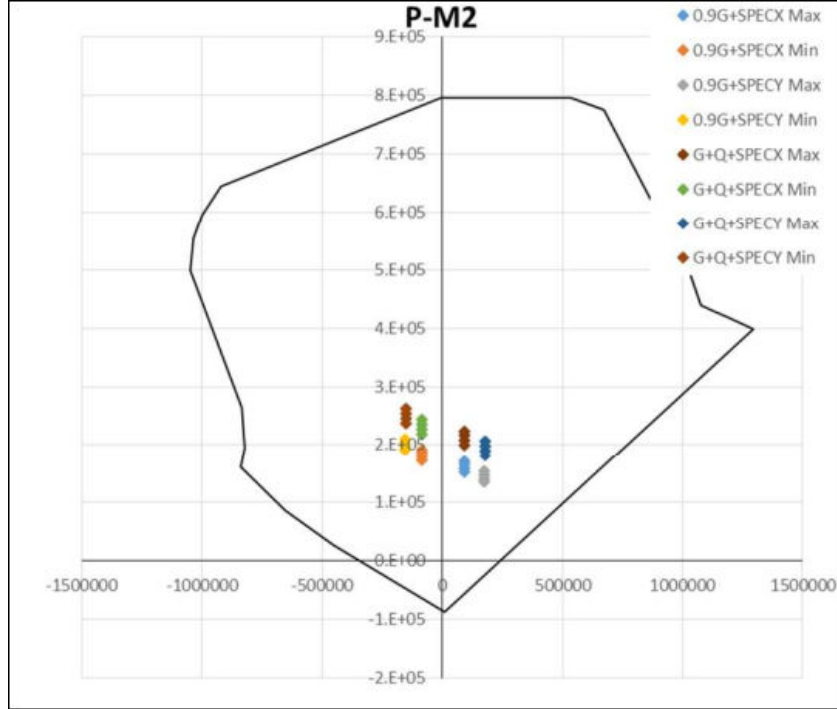
10.1 Ofis bloğu

Ofis bloğundaki perde elemanları tasarım yaklaşımı gereği eğilme etkilerine karşı “sünek” olarak tasarlanmış ve gevrek kırılma oluşmaması için kesitin eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak ve dinamik büyütme katsayısı dikkate alınarak kesme tasarımı yapılmıştır.

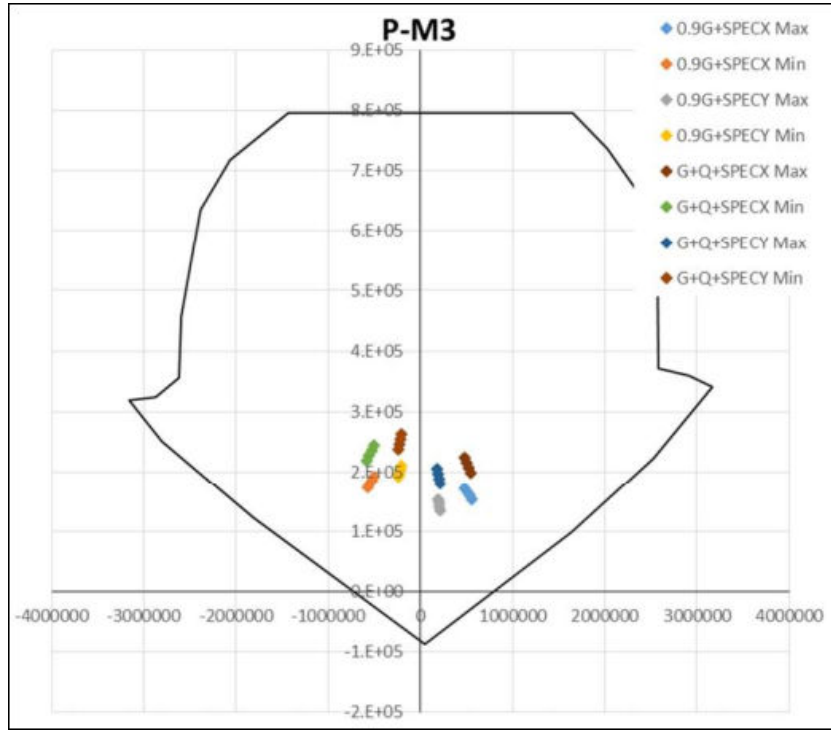
Söz konusu binadan yatay kuvvetlere karşı temel eleman olarak tasarlanan 2 adet P1 ve P2 “çekirdek perdesi”nin eğilme kapasiteleri gösteren karşılık etki diyagramları ile analiz sonucunda elde edilen kesit tesirlerinin gösterildiği grafikler ve eğilme kapasiteleri uyumlu olarak elde edilen kesme kapasitelerinin yönetmelik limitleri ile karşılaştırılmasını gösteren grafikler aşağıda Şekil 26 ile Şekil 32 arasında gösterilmiştir.



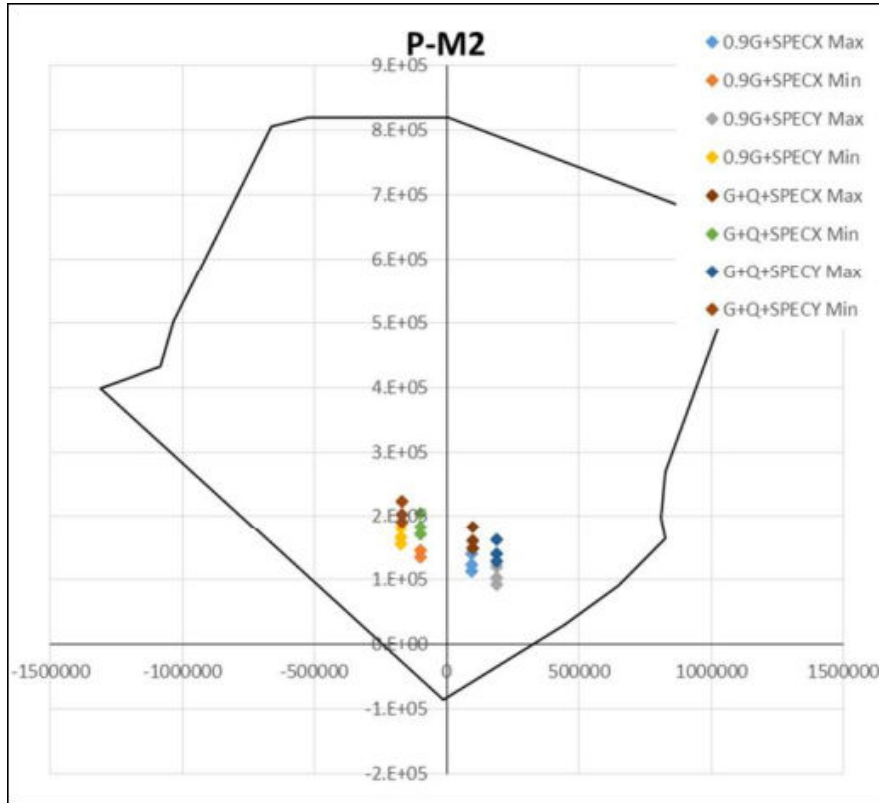
Şekil 26. Ofis bloğu P1 ve P2 çekirdek perdesi geometrisi



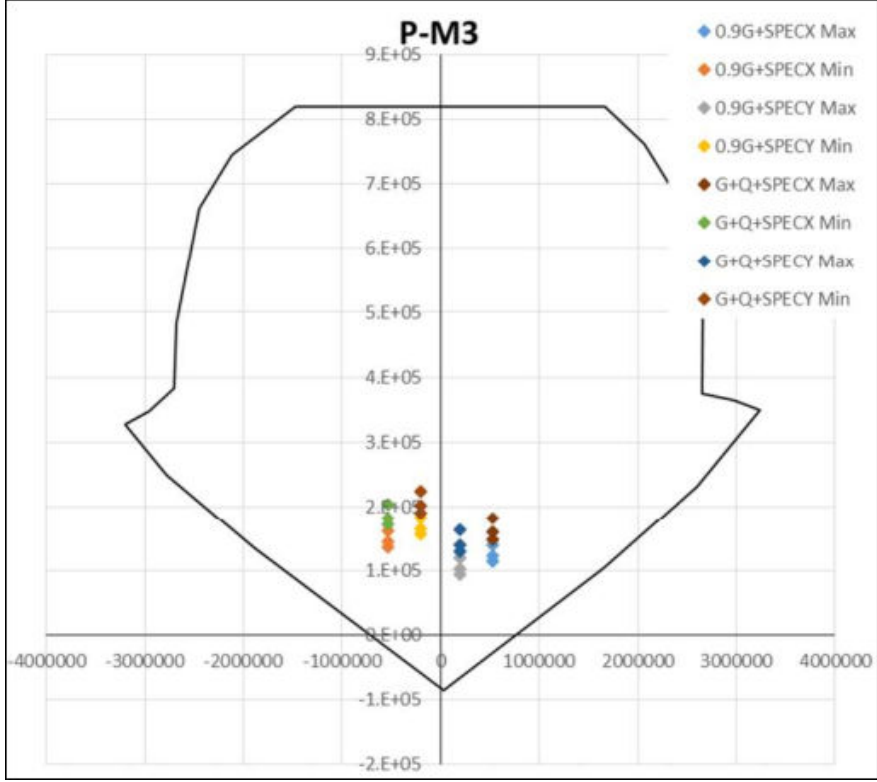
Şekil 27. P1 perdesi M2 yönü etkileşim diagramı ve analiz sonuçları



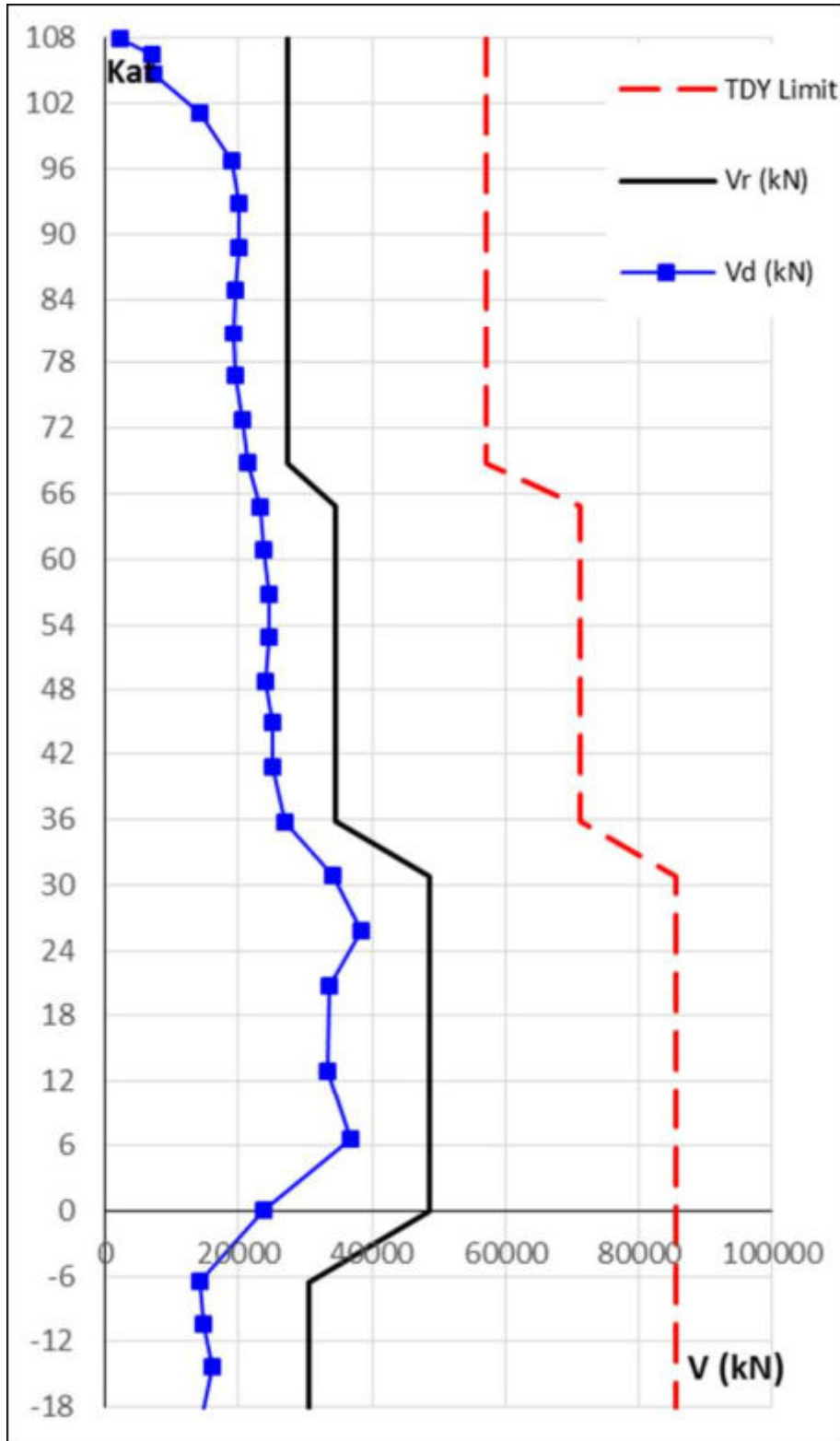
Şekil 28. P1 perdesi M3 yönü etkileşim diagramı ve analiz sonuçları



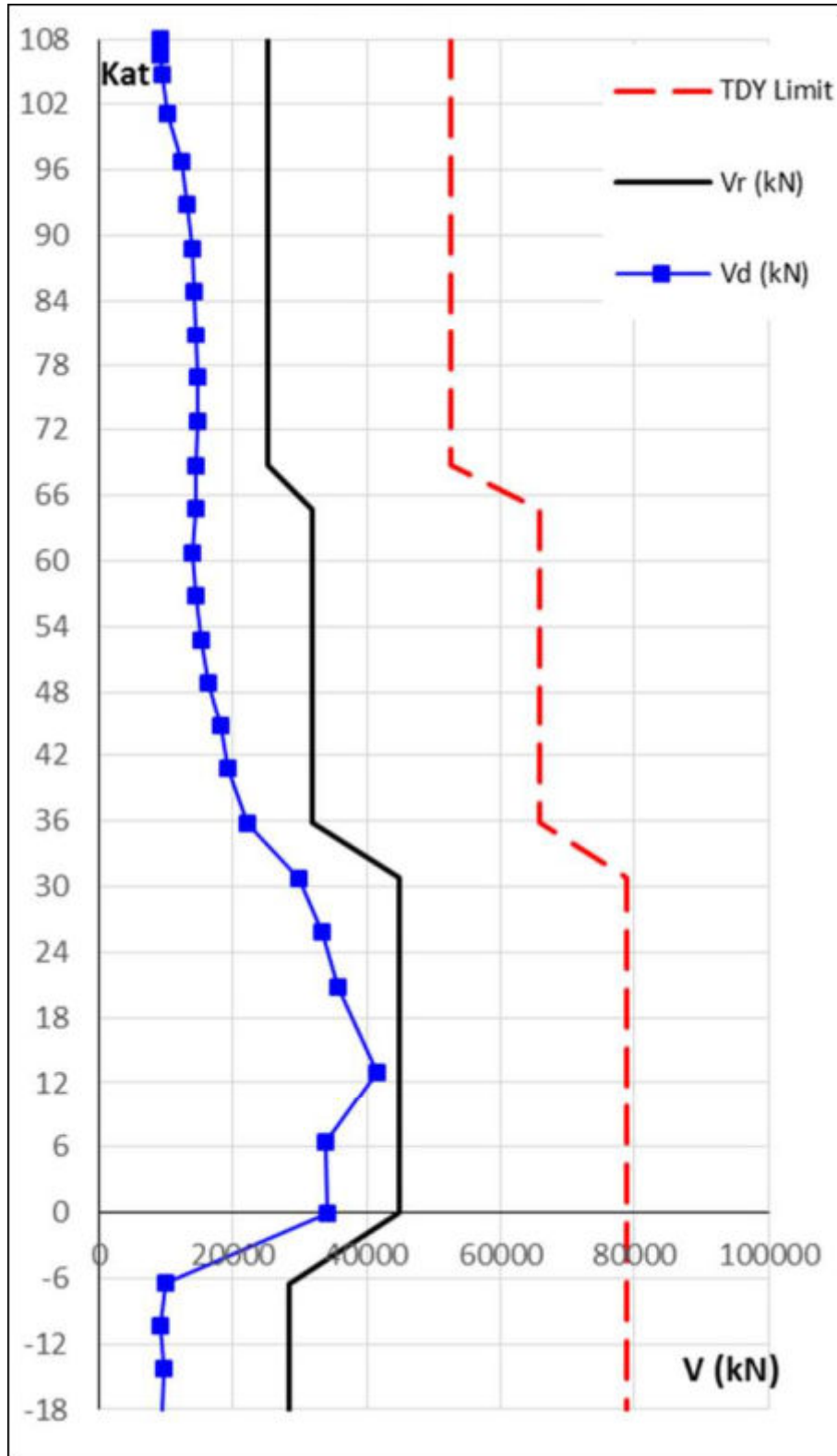
Şekil 29. P2 perdesi M2 yönü etkileşim diagramı ve analiz sonuçları



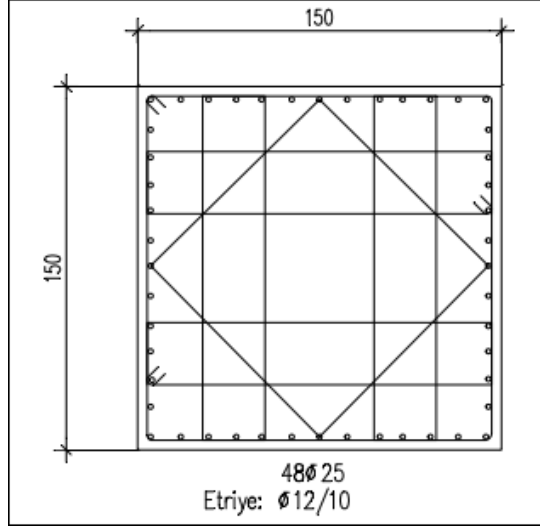
Şekil 30. P2 perdesi M3 yönü etkileşim diagramı ve analiz sonuçları



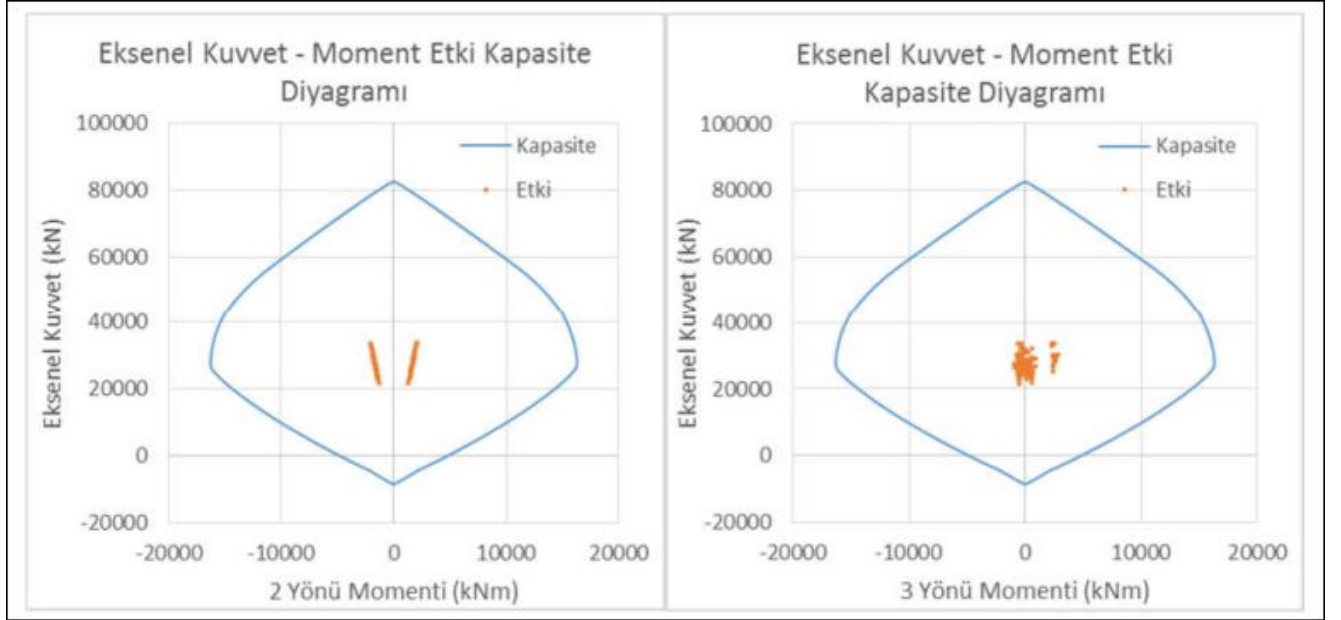
Şekil 31. P1 perdesi kesme tasarımı kontrolü



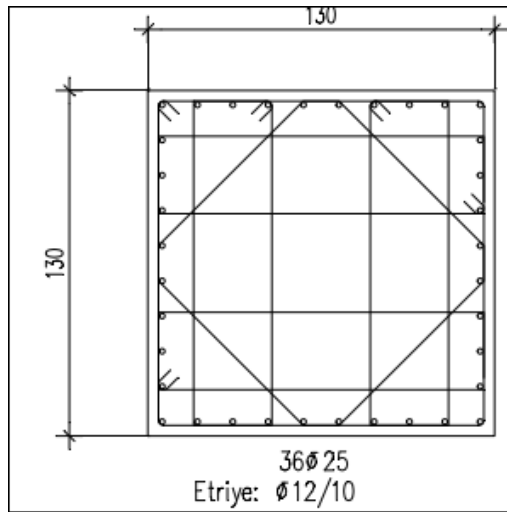
Şekil 32. P2 perdesi kesme tasarımı kontrolü



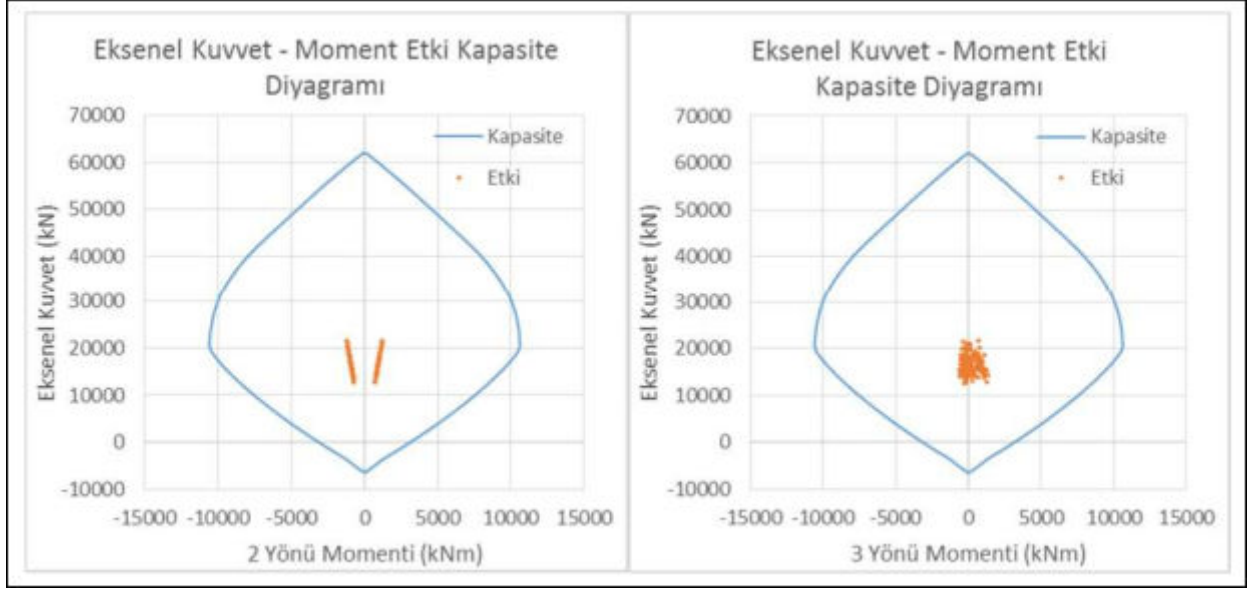
Şekil 34. -22.1-+6.50 kotu arası tüm kolon kesit ve donatı konfigürasyonu



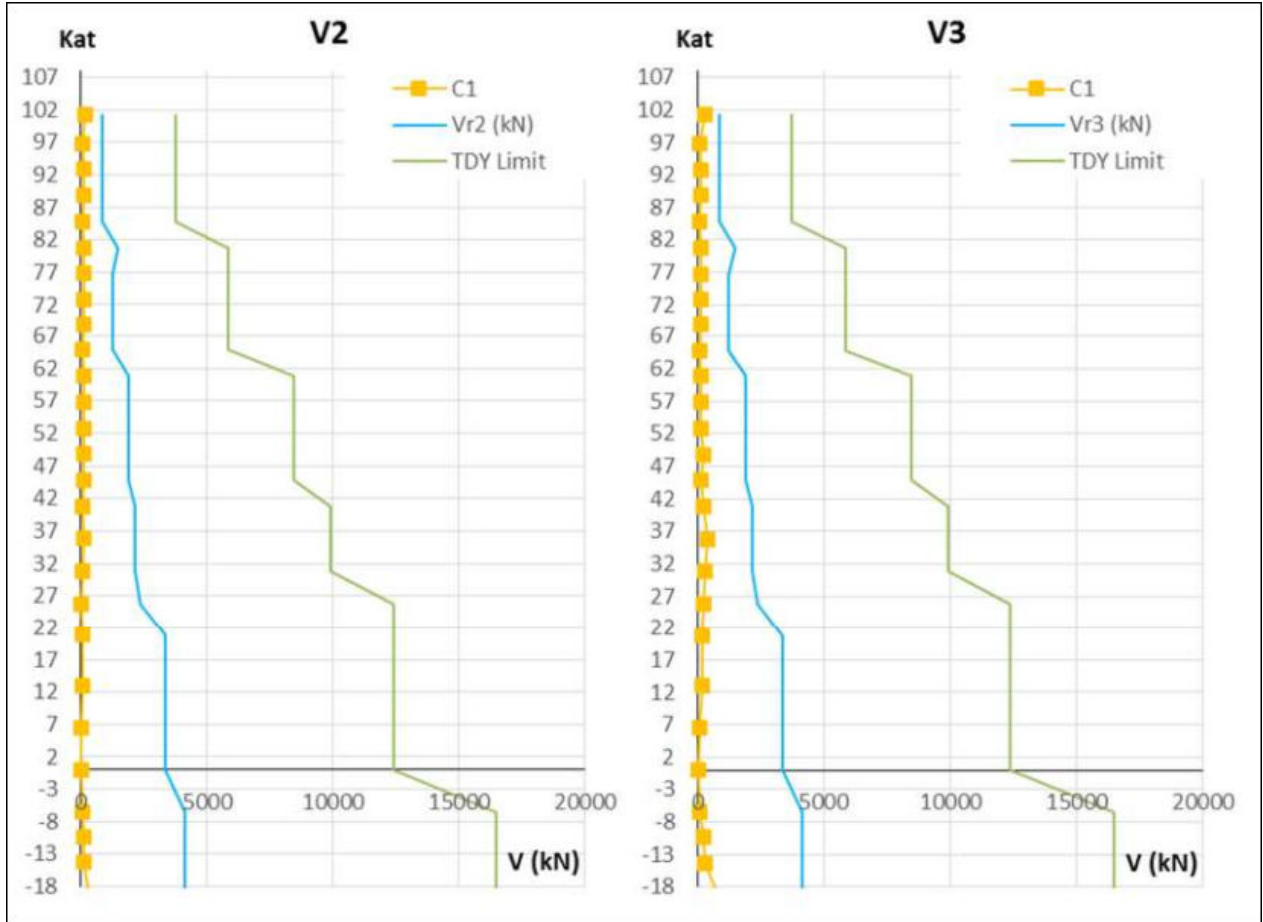
Şekil 35. -22.1-+6.50 kotu arası tüm kolonları eğilme kapasitesi kontrolü



Şekil 36. +6.50 - +20.80 kotu arası tüm kolon kesit ve donatı konfigürasyonu



Şekil 37. +6.50 - +20.80 kotu arası tüm kolonları eğilme kapasitesi kontrolü

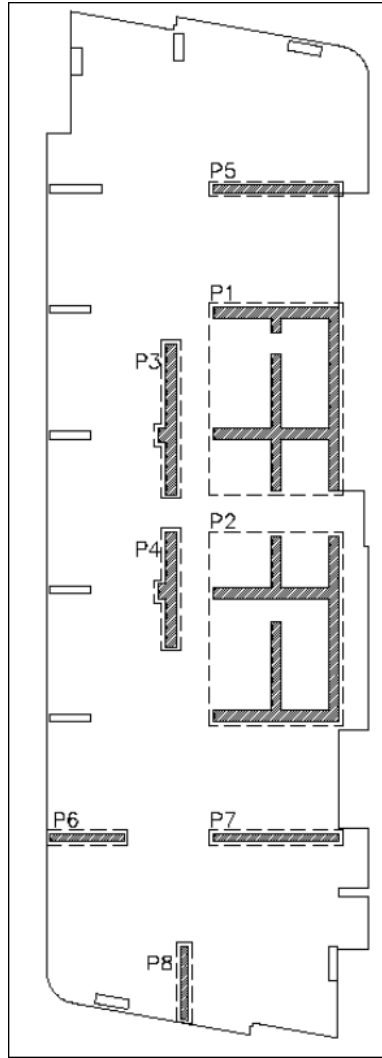


Şekil 38. -22.1+6.50 kotu arası tüm kolonların kesme kapasitesi kontrolü

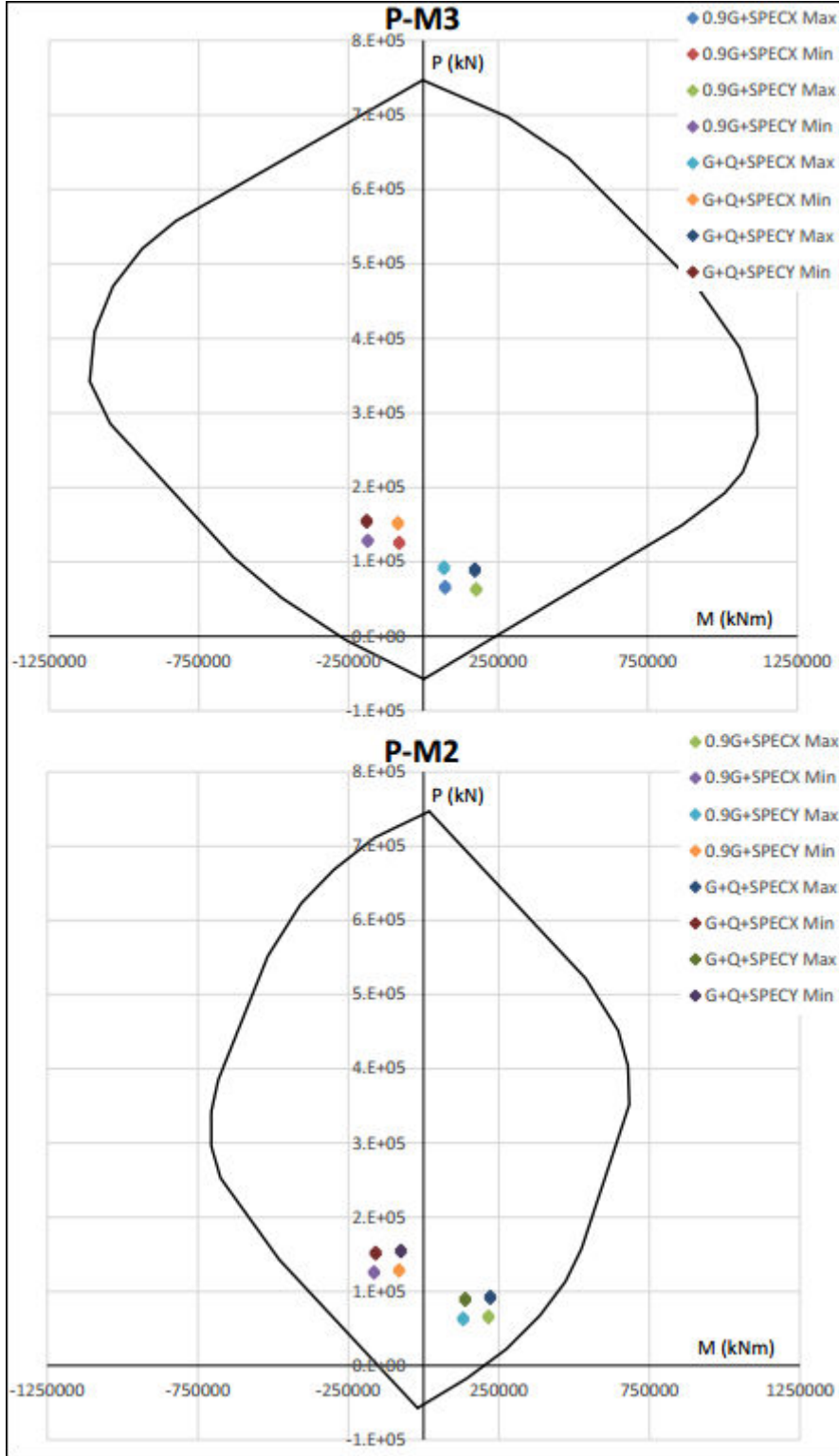
10.2 Konut Bloğu

Konut bloğundaki perde elemanları tasarım yaklaşımı gereği eğilme etkilerine karşı “sünek” olarak tasarlanmış ve gevrek kırılma oluşmaması için kesitin eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak ve dinamik büyütme katsayısı dikkate alınarak kesme tasarımı yapılmıştır.

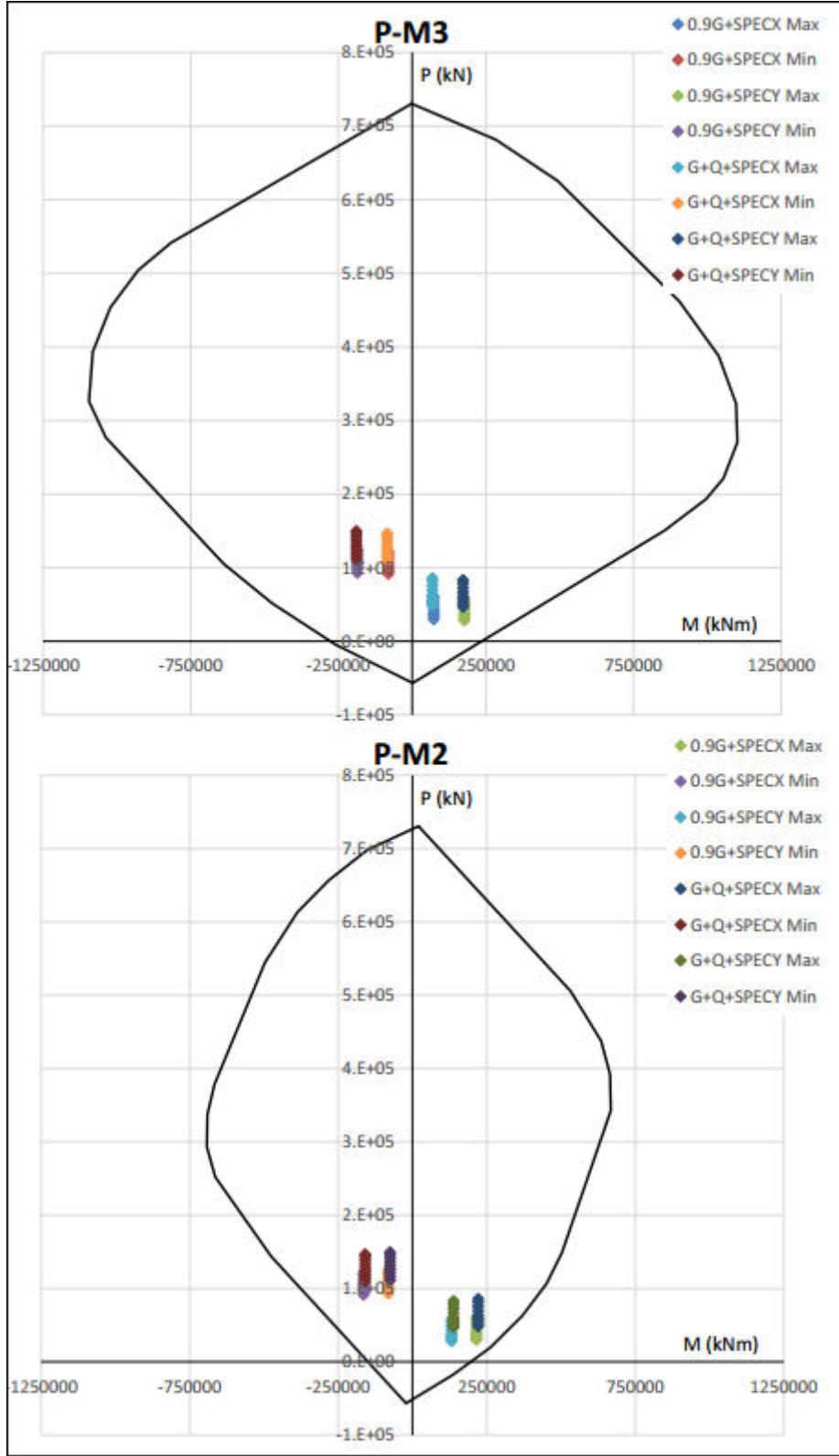
Söz konusu binadan yatay kuvvetlere karşı temel eleman olarak tasarlanan 2 adet P1 ve P2 çekirdek perdesinin eğilme kapasiteleri gösteren karşılık etki diyagramları ile analiz sonucunda elde edilen kesit tesirlerinin gösterildiği grafikler ve eğilme kapasiteleri uyumlu olarak elde edilen kesme kapasitelerinin yönetmelik limitleri ile karşılaştırılmasını gösteren grafikler aşağıda Şekil 39 ile Şekil 45 arasında gösterilmiştir.



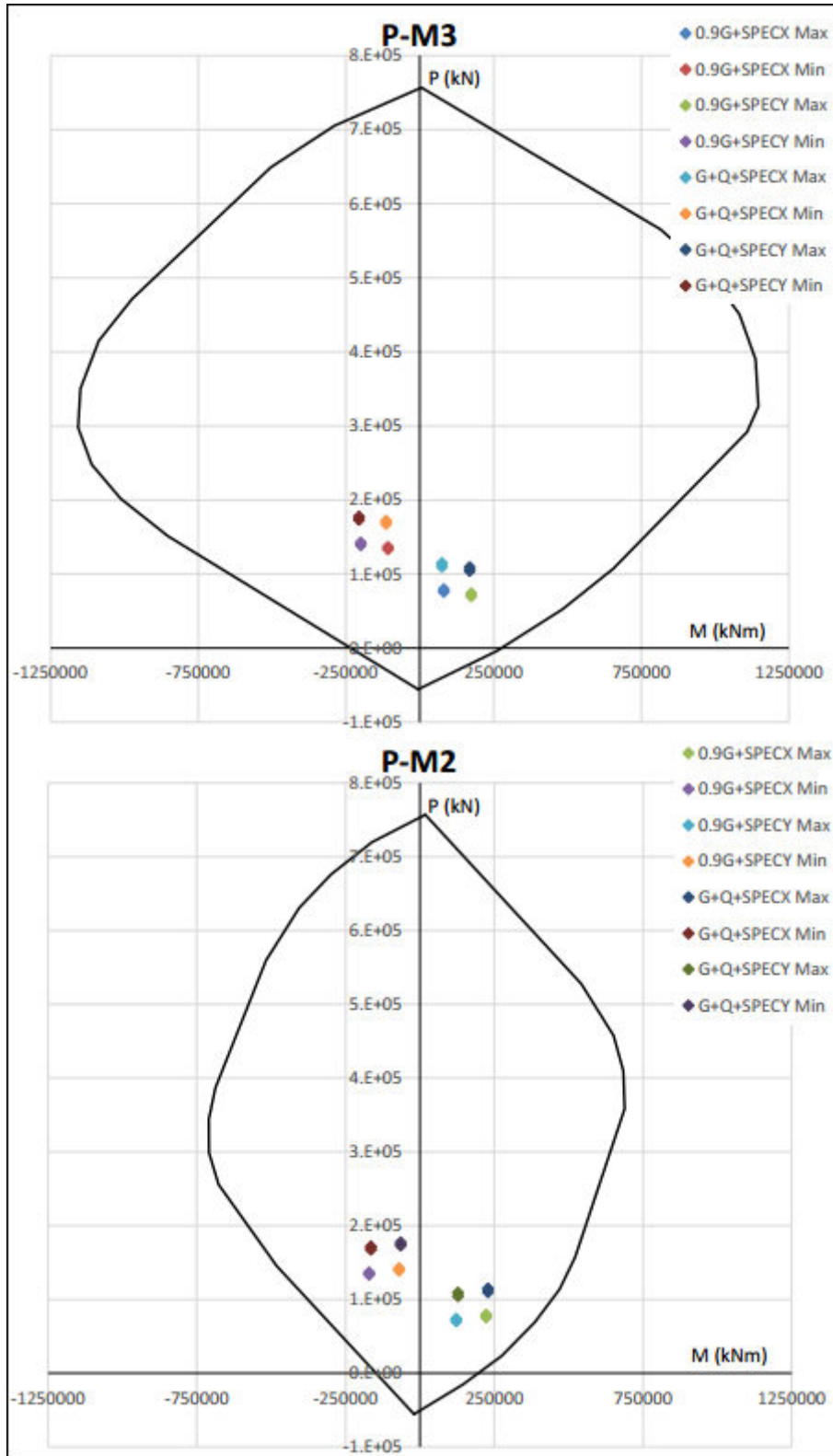
Şekil 39. Ofis bloğu P1 ve P2 çekirdek perdesi geometrisi



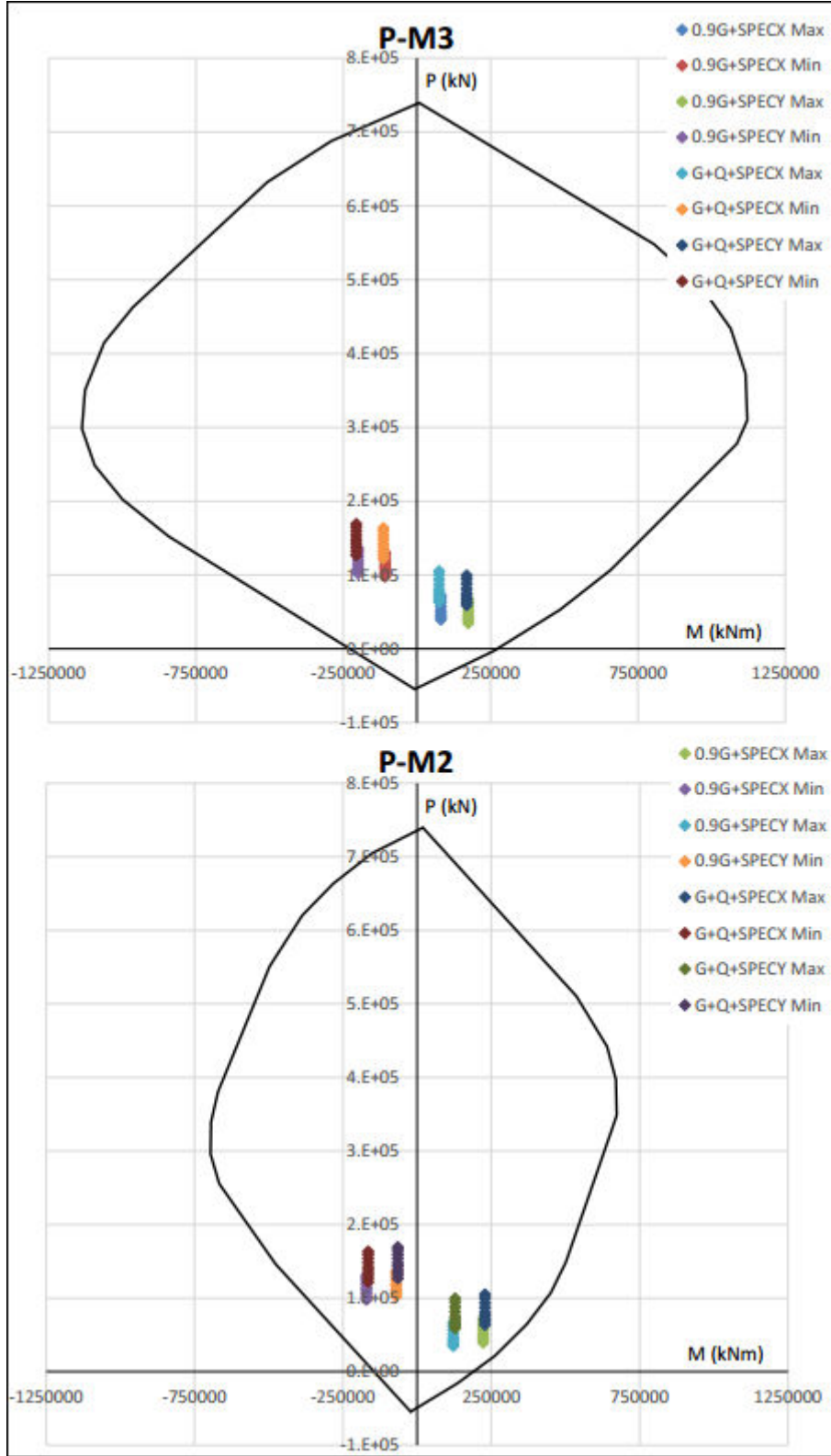
Şekil 40. P1 perdesi -22.10 – 14.30m kotları arası
M2 ve M3 yönü etkileşim diagramı ve analiz sonuçları



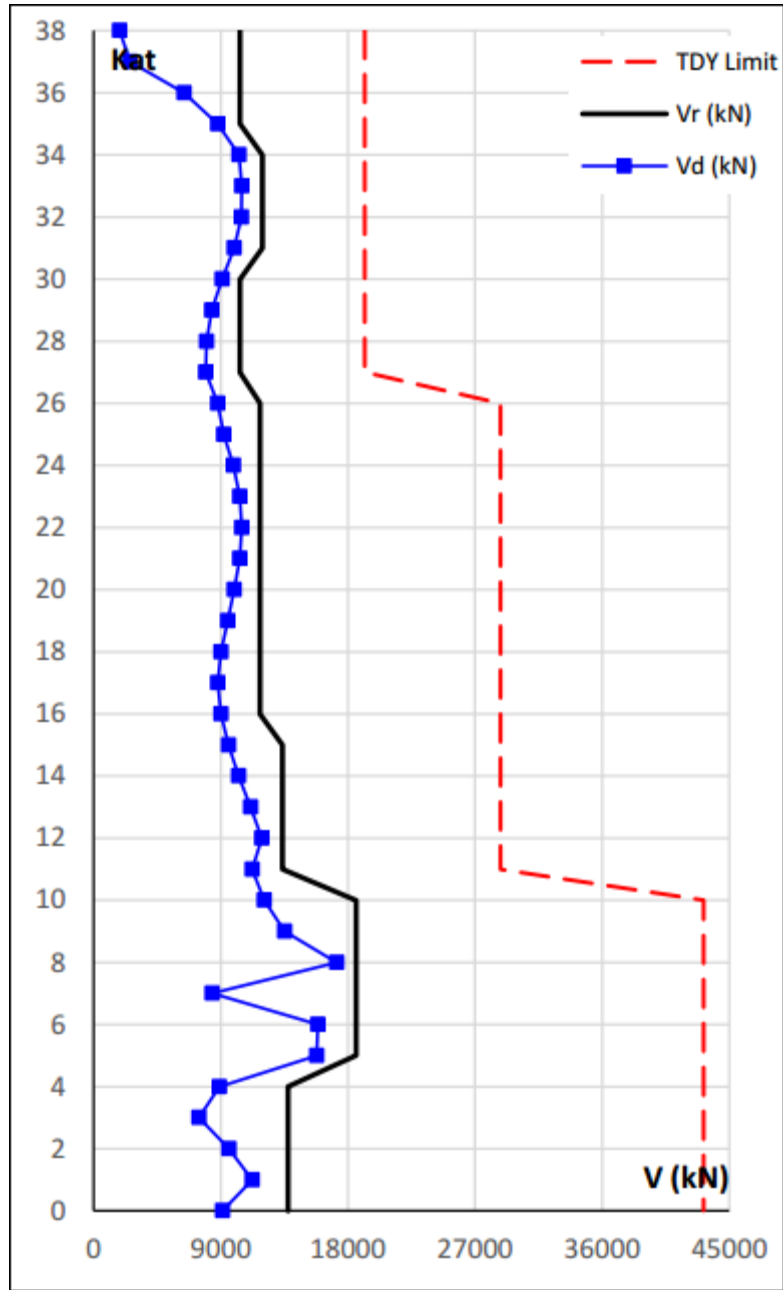
Şekil 41. P1 perdesi -+14.30 – 29.00m kotları arası
M2 ve M3 yönü etkileşim diagramı ve analiz sonuçları



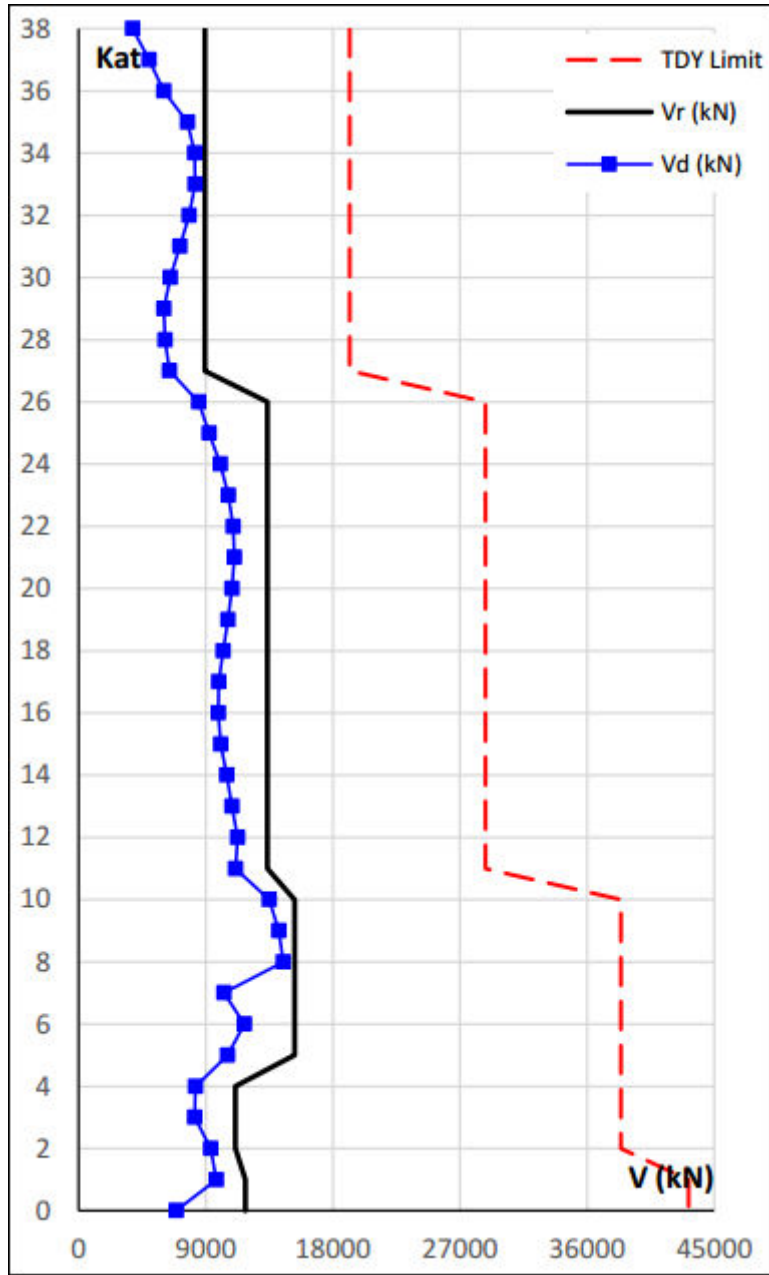
Şekil 42. P2 perdesi -22.10 – 14.30m kotları arası
M2 ve M3 yönü etkileşim diagramı ve analiz sonuçları



Şekil 43. P1 perdesi -+14.30 – 29.00m kotları arası
M2 ve M3 yönü etkileşim diagramı ve analiz sonuçları

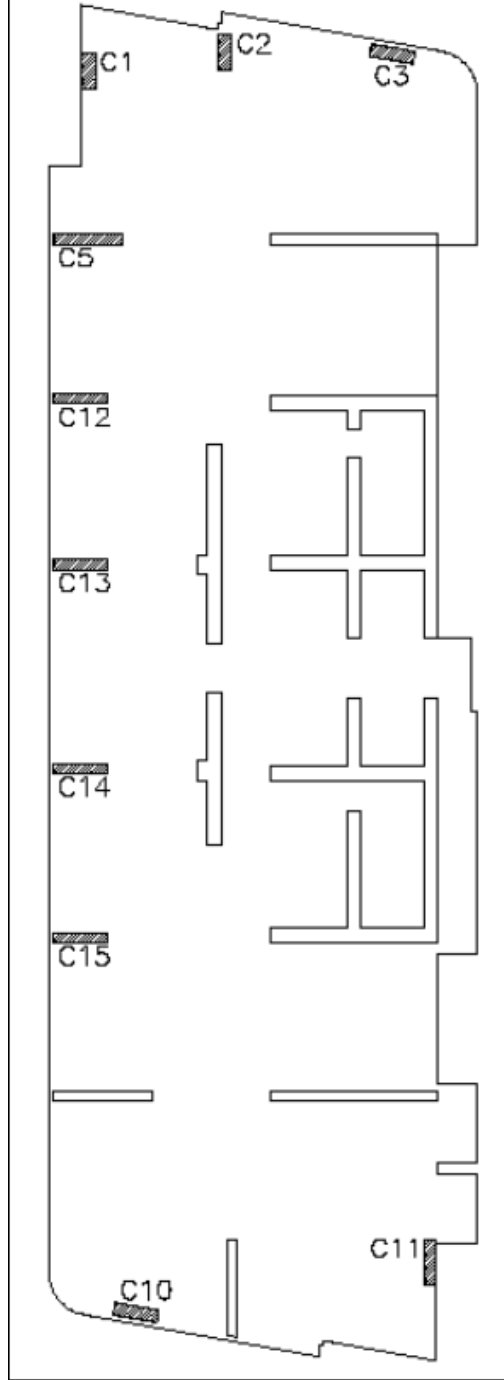


Şekil 44. P1 perdesi kesme tasarımı kontrolü

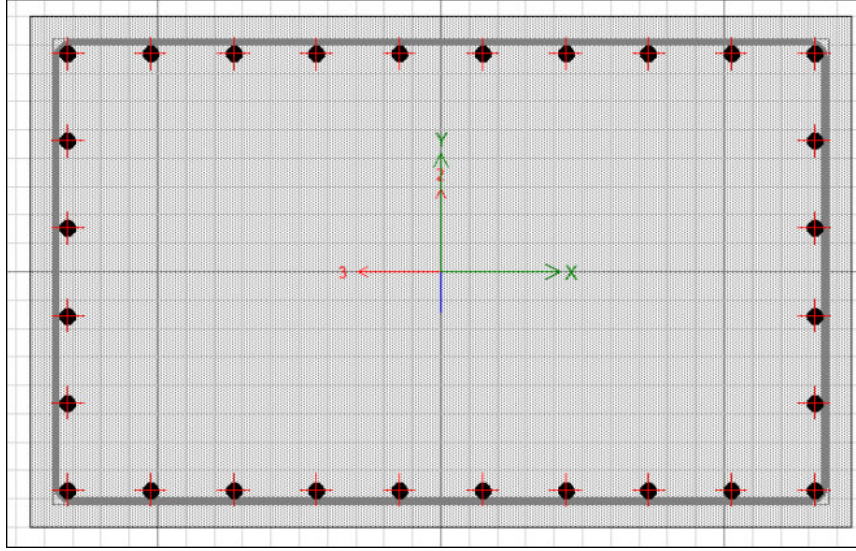


Şekil 45. P2 perdesi kesme tasarımı kontrolü

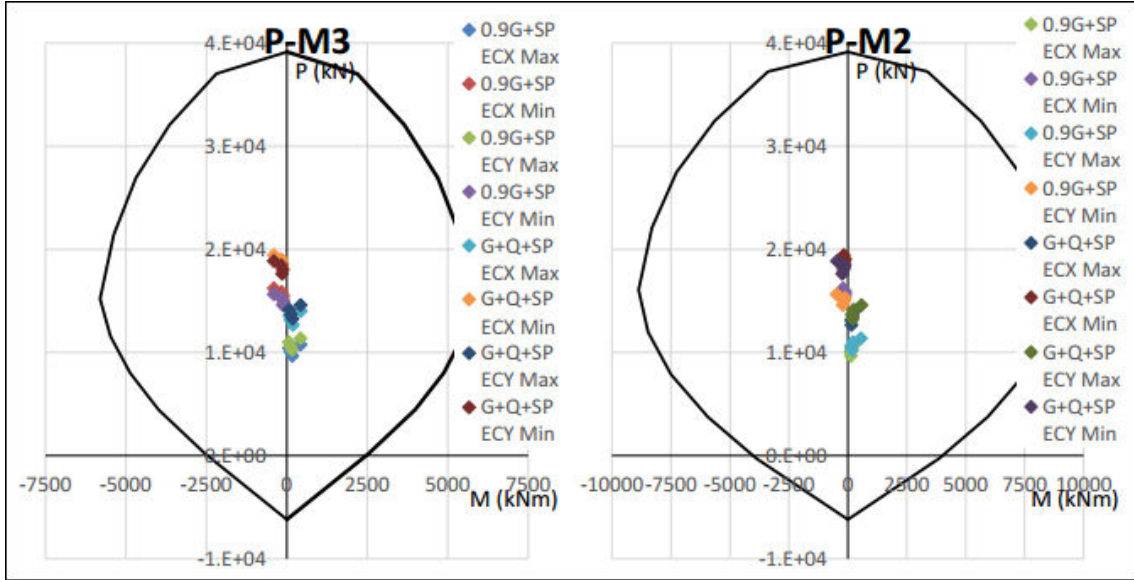
Ayrıca söz konusu binada bulunan kolonların eğilme kapasiteleri gösteren karşılık etki diyagramları ile analiz sonucunda elde edilen kesit tesirlerinin gösterildiği grafikler ve eğilme kapasiteleri uyumlu olarak elde edilen kesme kapasitelerinin yönetmelik limitleri ile karşılaştırılmasını gösteren grafikler aşağıda Şekil 46 ile Şekil 52 arasında gösterilmiştir.



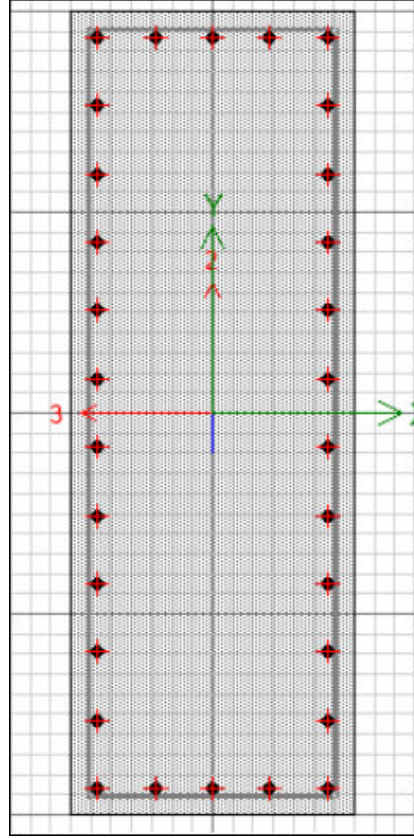
Şekil 46. Konut bloğu kolon yerleşim şeması



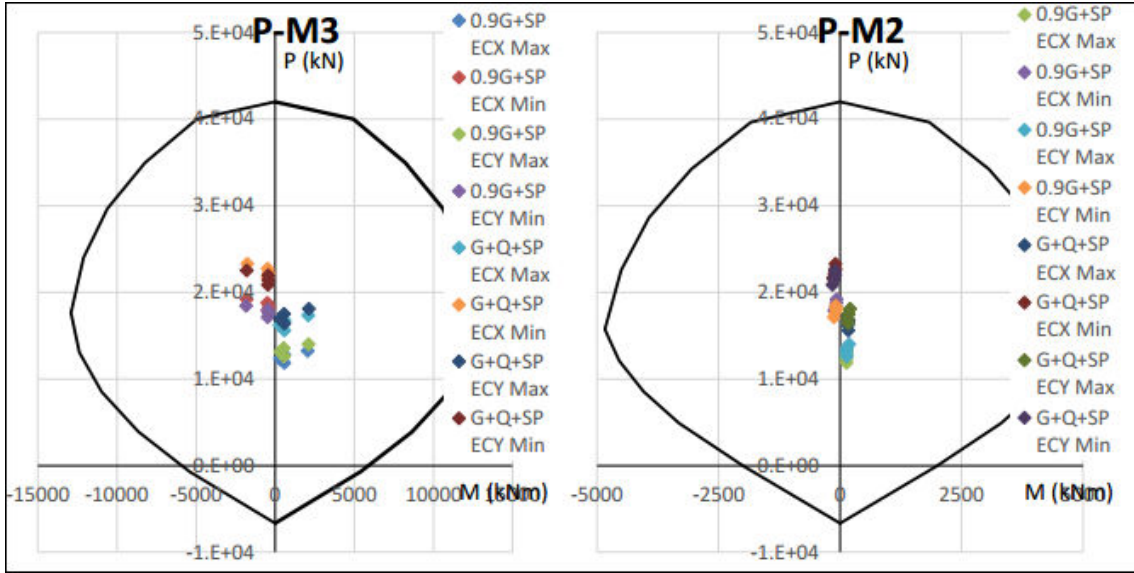
Şekil 47. -22.1-+6.50 kotu arası C1 ve C2 kolon kesit ve donatı konfigürasyonu



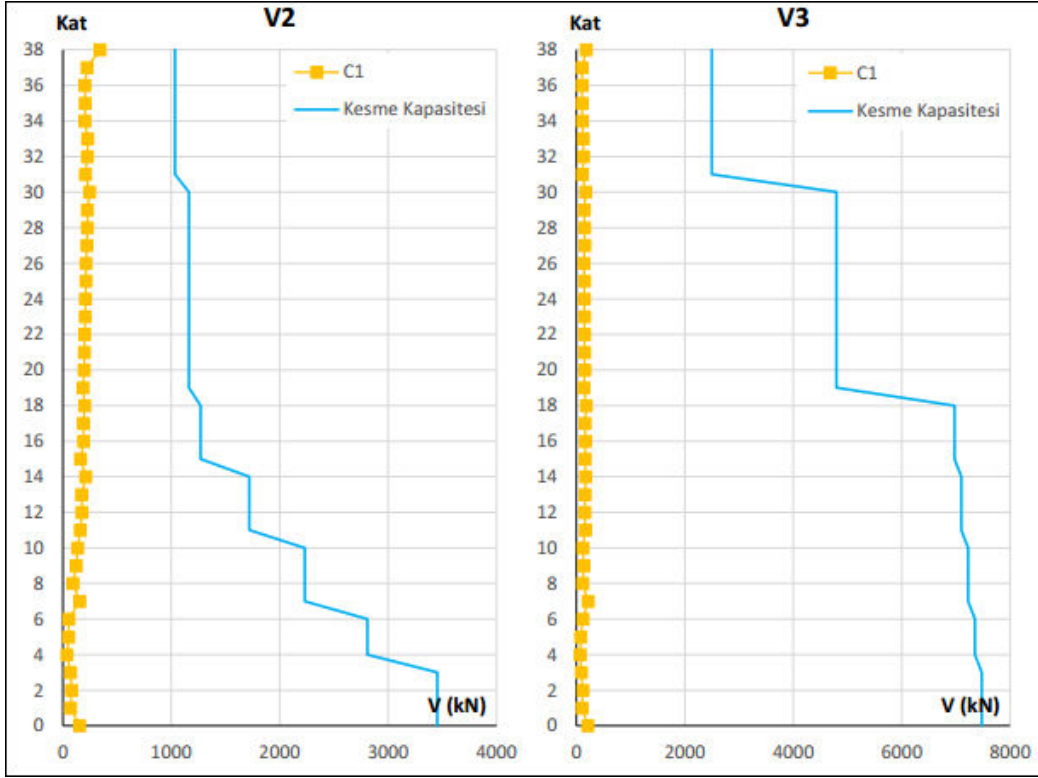
Şekil 48. -22.1-+6.50 kotu arası C1 ve C2 kolonları eğilme kapasitesi kontrolü



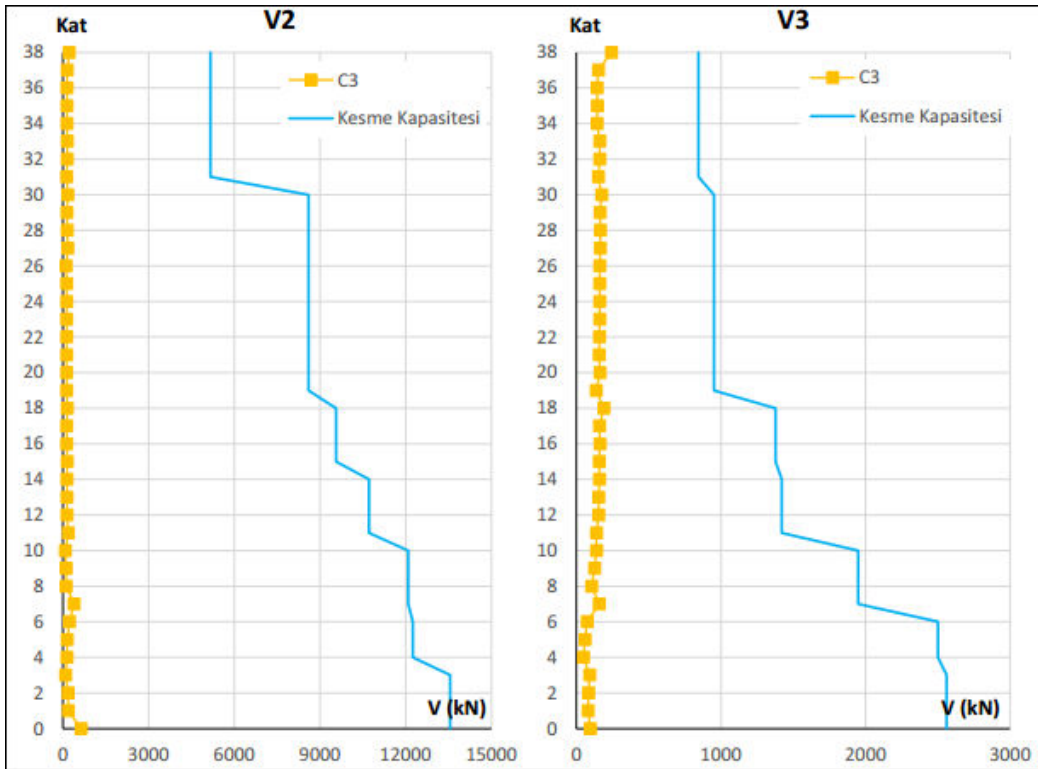
Şekil 49. -22.1-+6.50 kotu arası C3 kolon kesit ve donatı konfigürasyonu



Şekil 50. -22.1-+6.50 kotu arası tüm kolonları eğilme kapasitesi kontrolü



Şekil 51. C1 ve C2 kolonları kesme kapasitesi kontrolü

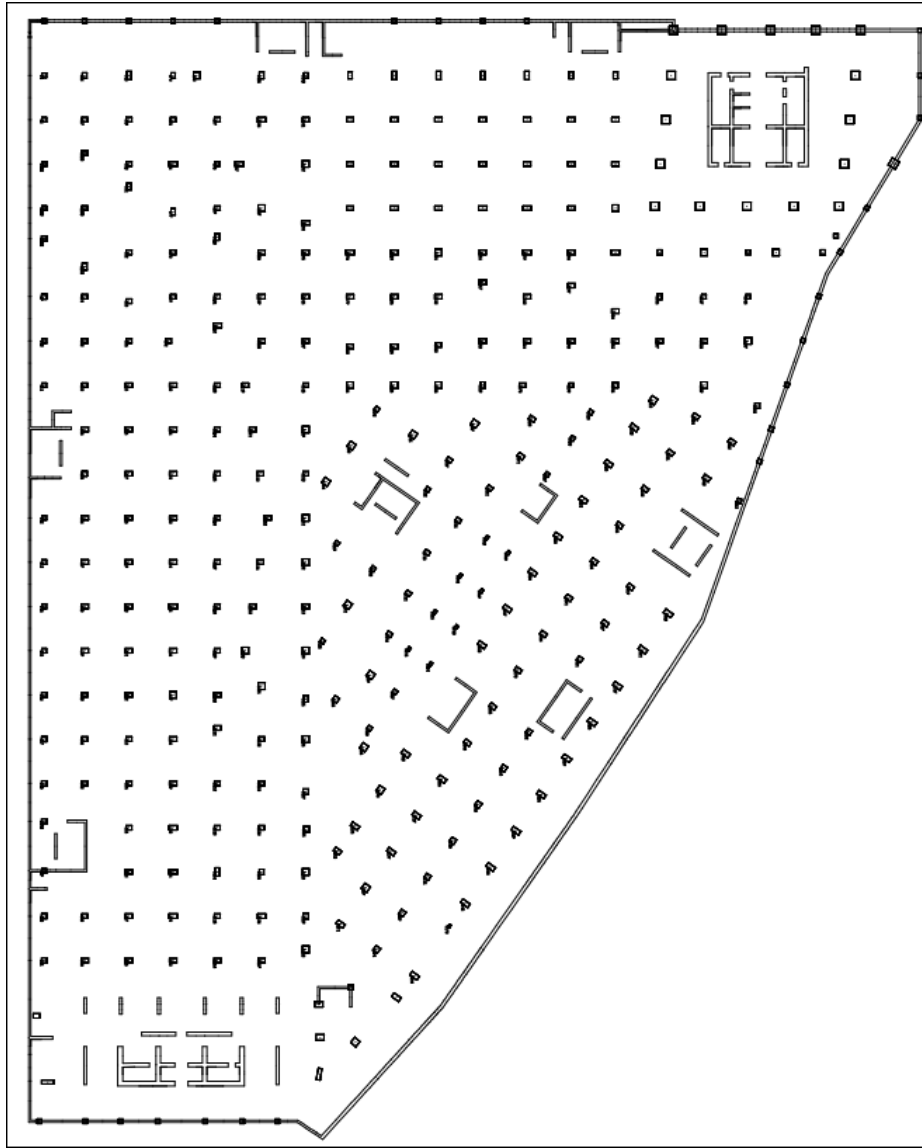


Şekil 52. C3 kolonu kesme kapasitesi kontrolü

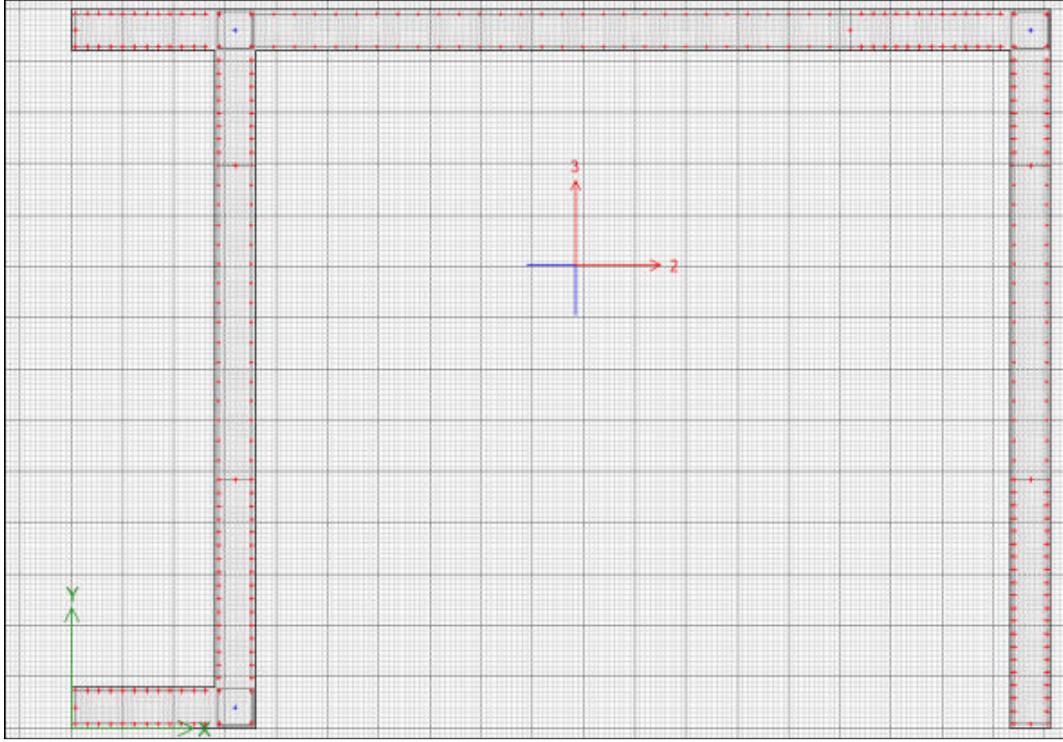
10.3 Alışveriş Merkezi

Alışveriş merkezi bloğundaki perde elemanları tasarım yaklaşımı gereği eğilme etkilerine karşı “sünek” olarak tasarlanmış ve gevrek kırılma oluşmaması için kesitin eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak ve dinamik büyütme katsayısı dikkate alınarak kesme tasarımı yapılmıştır.

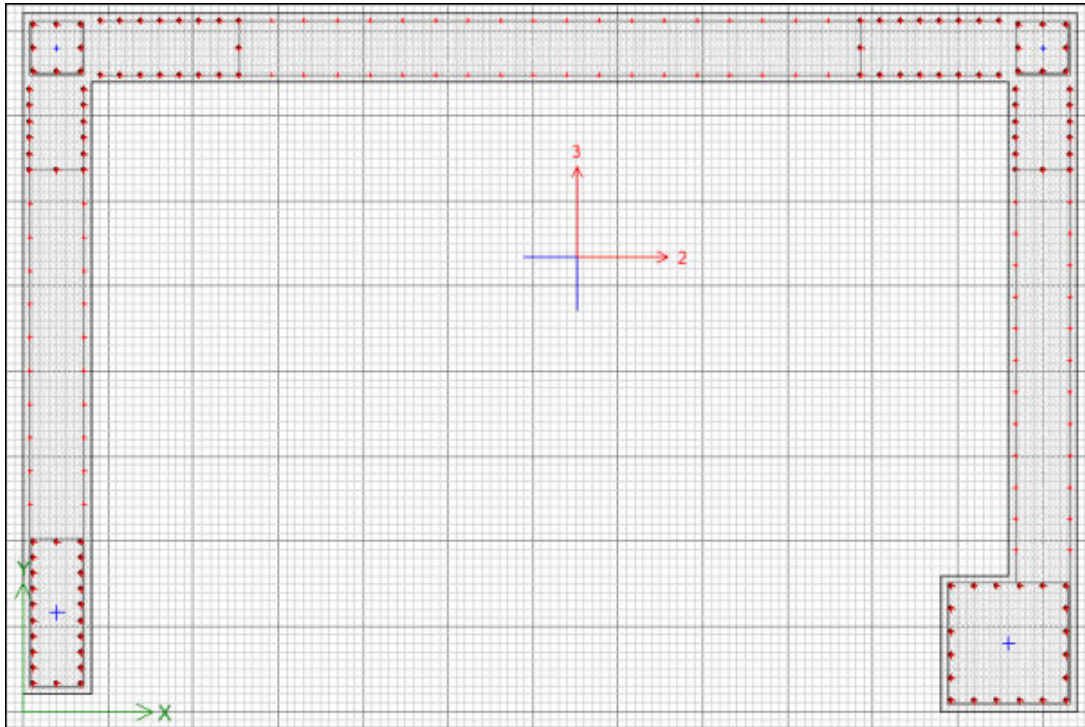
Söz konusu binanın geometrisinin boyutu nedeniyle ve mimari gereksinimlerden dolayı farklı bölgelerde farklı boyut ve geometride perde tasarlanmıştır. Burada söz konusu plandan seçilen bazı perdelerin eğilme ve kesme kapasitelerinin kontrolü gösterilmiştir. Alışveriş merkezi bloğuna ait tipik kat planı ve taşıyıcı sisteme ait plan Şekil 53’de verilmiştir.



Şekil 53. Alışveriş bloğu tipik kat planı ve taşıyıcı sistemi



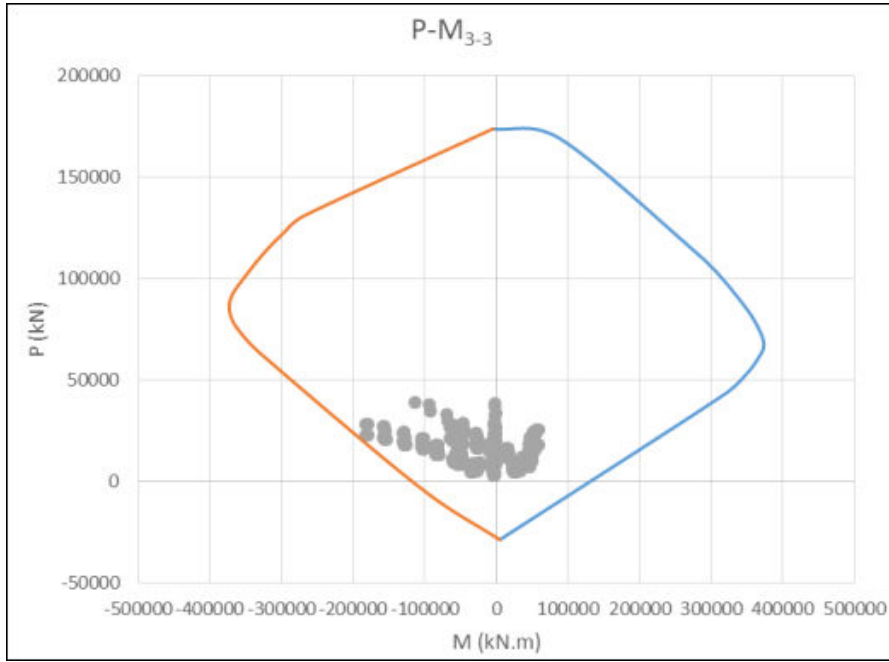
Şekil 54. PA105A perdesi boyuna geometri ve donatı konfigürasyonu



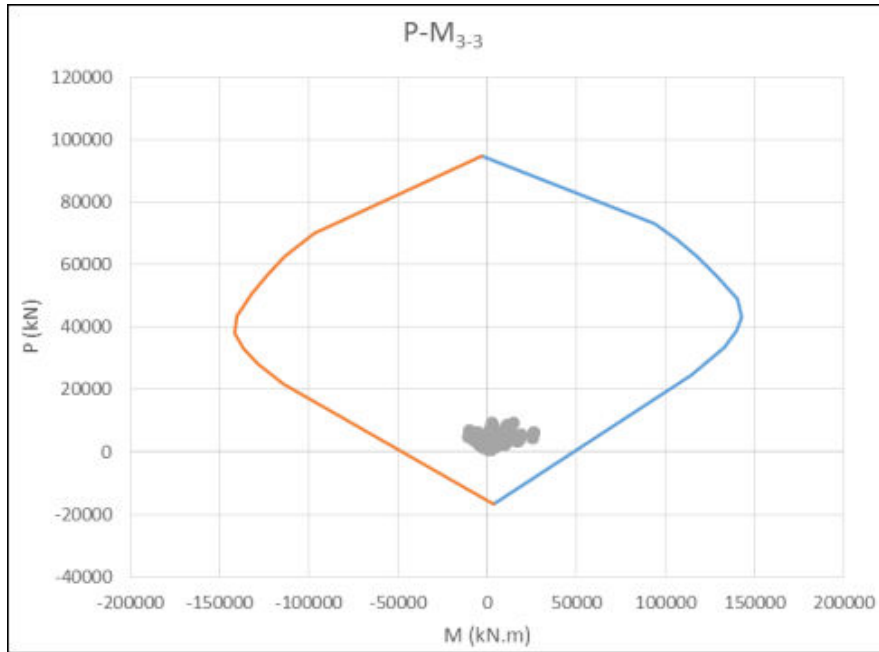
Şekil 55. PA104A perdesi boyuna geometri ve donatı konfigürasyonu

Aşağıda seçilen perde PA105A ve PA104A elemanlarının eğilme kapasiteleri gösteren karşılık etki diyagramları ile analiz sonucunda elde edilen kesit tesirlerinin gösterildiği grafikler

ve eğilme kapasiteleri uyumlu olarak elde edilen kesme kapasitelerinin yönetmelik limitleri ile karşılaştırılmasını gösteren grafikler aşağıda Şekil 56 ve Şekil 57’de gösterilmiştir.

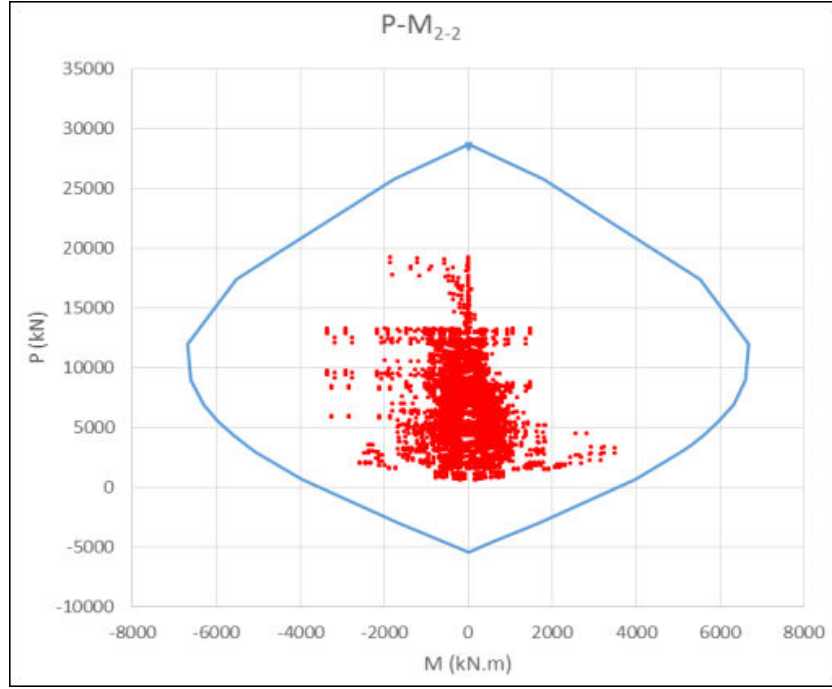


Şekil 56. Alışveriş bloğu PA105A perdesi eğilme kapasitesi kontrolü

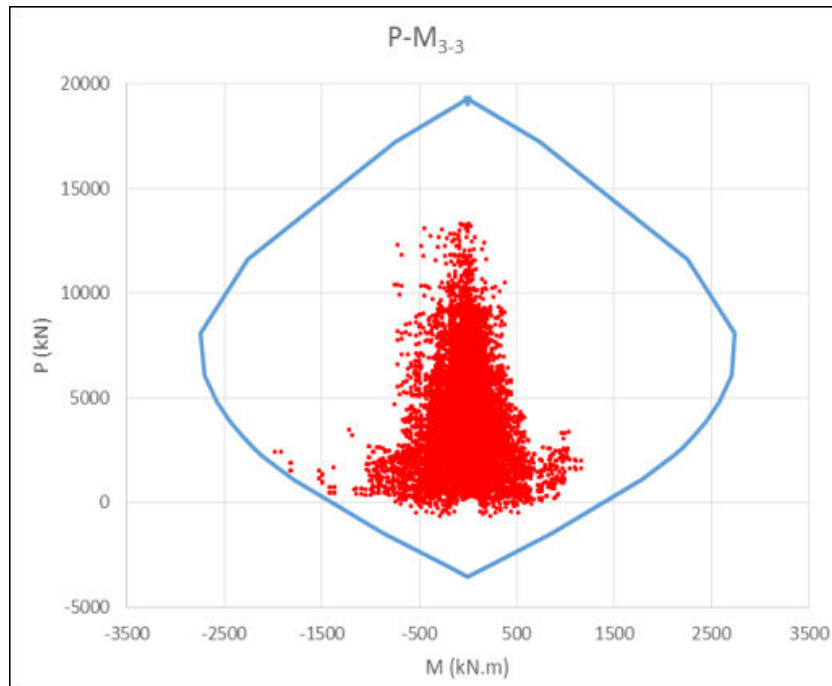


Şekil 57. Alışveriş bloğu PA104A perdesi eğilme kapasitesi kontrolü

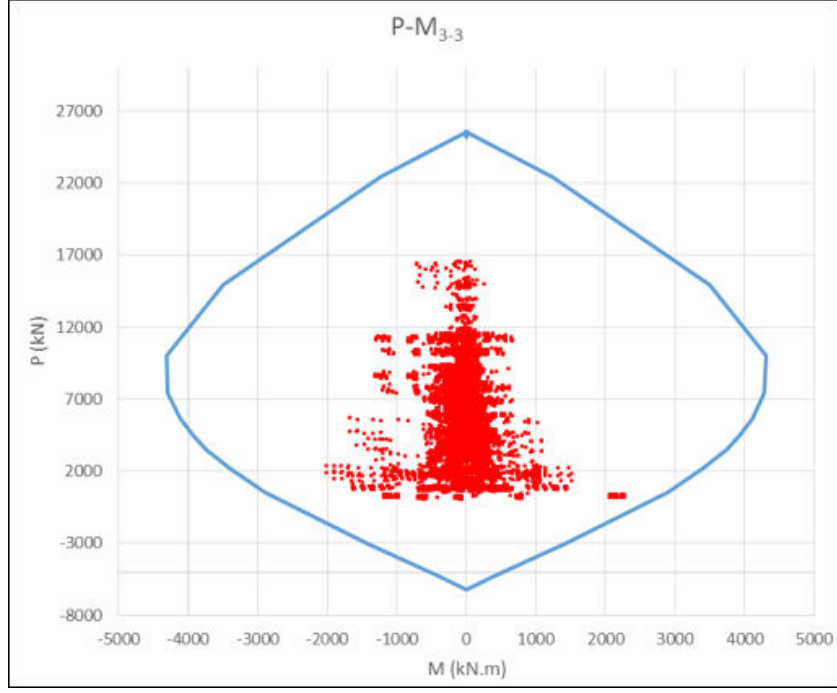
Ayrıca söz konusu binada bulunan kolonların eğilme kapasiteleri gösteren karşılık etki diyagramları ile analiz sonucunda elde edilen kesit tesirlerinin gösterildiği grafikler ve eğilme kapasiteleri uyumlu olarak elde edilen kesme kapasitelerinin yönetmelik limitleri ile karşılaştırılmasını gösteren grafikler aşağıda Şekil 58 ile Şekil 61 arasında gösterilmiştir.



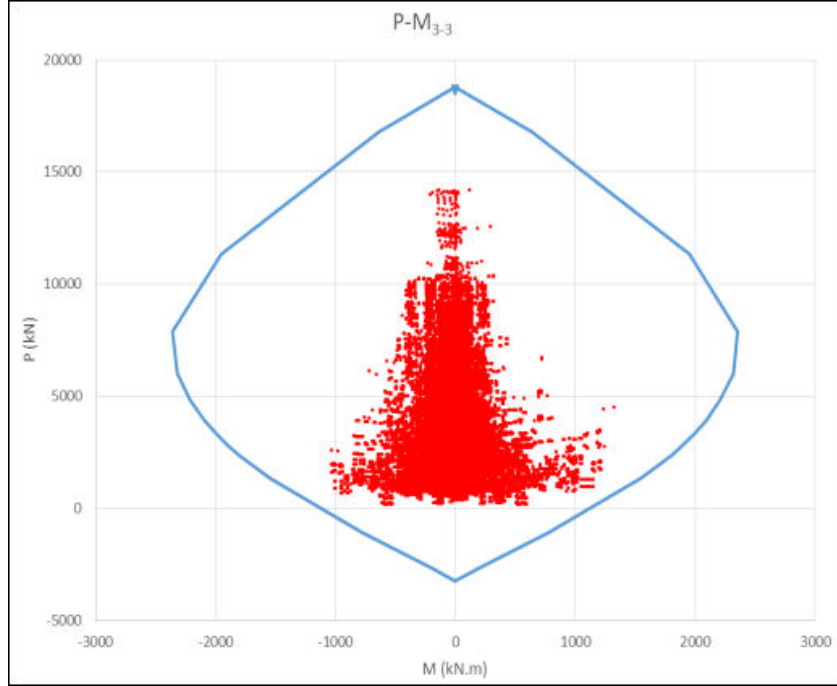
Şekil 58. Alışveriş merkezi bloğu 80/150 boyutlu kolonların eğilme kapasitesi kontrolü



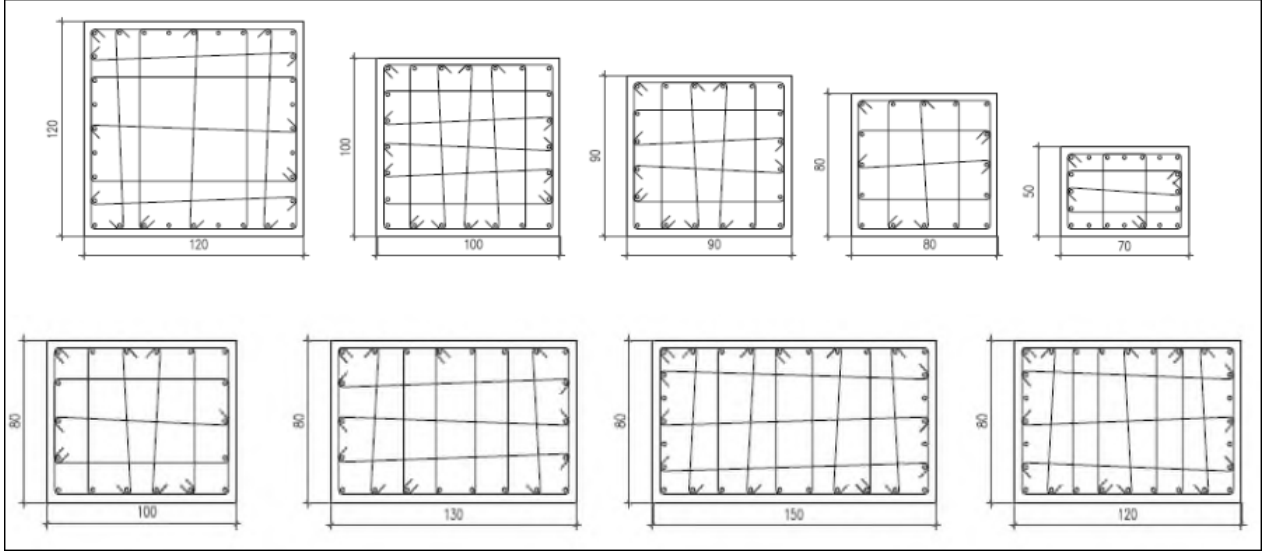
Şekil 59. Alışveriş merkezi bloğu 90/90 boyutlu kolonların eğilme kapasitesi kontrolü



Şekil 60. Alışveriş merkezi bloğu 100/100 boyutlu kolonların eğilme kapasitesi kontrolü



Şekil 61. Alışveriş merkezi bloğu 80/100 boyutlu kolonların eğilme kapasitesi kontrolü



Şekil 62. Alışveriş merkezi bloğu kolon etriye konfigürasyonları

Tablo 11. Alışveriş merkezi bloğu kolonları kesme kapasitesi kontrolü

Kolon	Donatı Çapı	b_w (m)	d (m)	A_{sw} (m ²)	A_{sw} (mm ²)	Kol Sayısı (2-2)	Kol Sayısı (3-3)	Aralık (m)	V_{w2} (kN)	V_{w3} (kN)
C100X100	12	1.000	1.000	0.0001130	113.04	7	7	0.100	2772.645	2772.645
C100X80	12	1.000	0.800	0.0001130	113.04	6	5	0.100	2376.553	1567.865
C120X120	12	1.200	1.200	0.0001130	113.04	7	7	0.100	3350.280	3350.280
C120X80	12	1.200	0.800	0.0001130	113.04	9	5	0.100	4307.502	1567.865
C130X80	12	1.300	0.800	0.0001130	113.04	8	5	0.100	4158.968	1567.865
C150X80	12	1.500	0.800	0.0001130	113.04	10	5	0.100	6023.902	1567.865
C50X70	12	0.500	0.700	0.0001130	113.04	5	4	0.100	948.971	1089.253
C80X100	12	0.800	1.000	0.0001130	113.04	5	6	0.100	1567.865	2376.553
C80X120	12	0.800	1.200	0.0001130	113.04	5	9	0.100	1567.865	4307.502
C80X130	12	0.800	1.300	0.0001130	113.04	5	8	0.100	1567.865	4158.968
C80X150	12	0.800	1.500	0.0001130	113.04	5	10	0.100	1567.865	6023.902
C80X80	12	0.800	0.800	0.0001130	113.04	5	5	0.100	1567.865	1567.865
C90X90	12	0.900	0.900	0.0001130	113.04	6	6	0.100	2128.995	2128.995

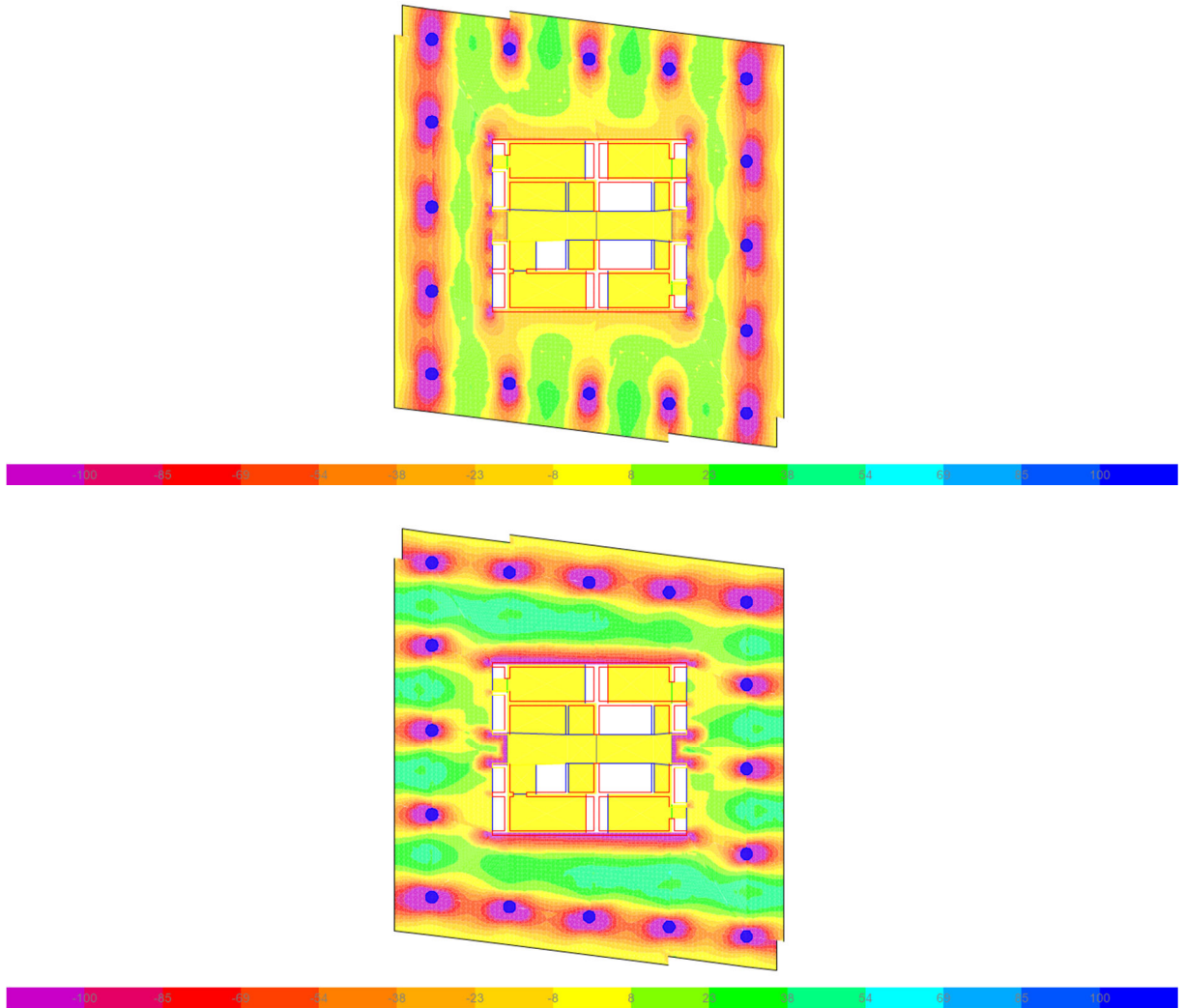
11. Döşeme Hesapları

11.1. Ofis Bloğu

Ofis bloğunda bulunan kirişsiz döşemelerin eğilme ve zımbalama kontrolleri sonlu eleman yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Eğilme tasarımı için 30 cm döşeme kalınlığı için çeşitli donatı miktarlarına göre hesaplanan eğilme momenti kapasiteleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

d = 30 cm için döşeme eğilme momenti kapasiteleri									
	Ø10/30	Ø10/15	Ø12/30	Ø12/15	Ø12/10	Ø14/15	Ø14/10	Ø16/15	Ø16/10
M (kNm/m)	24	48	34	68	100	91	133	116	169

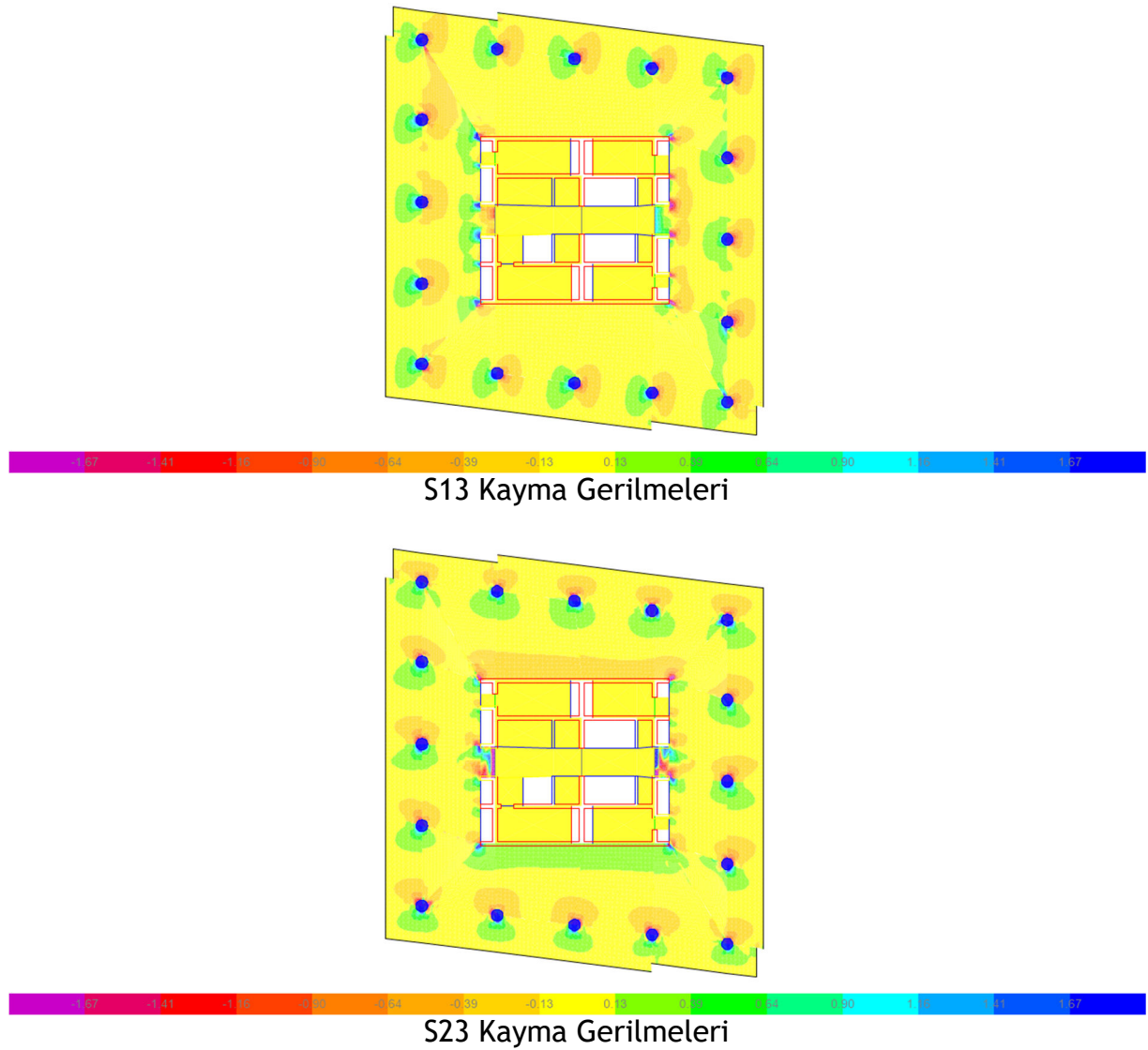
1 doğrultusunda ve 2 doğrultusunda oluşabilecek en büyük eğilme momentleri Şekil 70'de gösterilmiştir. Ø14/20 uniform donatının yanında gerekli bölgelerde ilave donatılarla birlikte gerekli kapasite sağlanmıştır.



Şekil 63. Ofis bloğu tipik kirişsiz döşeme M11 & M22 moment dağılımı

- Zımbalama Tasarımı

Kirişsiz döşemelerde zımbalama kontrolü sonlu eleman modeli çözümünden elde tasarım iç kuvvetlerine göre yapılmıştır. Tasarım danışmanın önerisi ile taslak halinde olan “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği -2016”da belirtildiği şekliyle kontroller tamamlanmıştır. Düşey yüklerle birlikte “dayanım fazlalığı katsayısı” (D) ile büyütülmüş deprem etkileri altında oluşan düşey doğrultudaki kayma gerilmeleri kontrol edilerek, betonun çekme tasarım dayanım (f_{ctd}) değerini geçmeyecek şekilde döşeme kalınlığı belirlenmiştir. Kayma gerilmelerinin tasarım değerleri, kolon ve perde yüzeyinden $d/2$ mesafedeki değerlerine göre belirlenmiştir.



Şekil 64. Ofis bloğu tipik kirişsiz döşeme zımbalama kontrol S13 & M23 gerilmeleri dağılımı

Ofis döşemelerinin kalınlıkları monotonik yük altında zımbalama dayanımını sağlayacak durumdadır. Ancak kesme davranışı gevrek bir davranış olduğu için, yapının görece kat ötelemesinin belirli bir değerin üstünde olması durumunda, deprem gibi tersinir yük altında

zımbalama donatısı koyulması gerekli bir durumdur. Aksi durumda, deprem anında kesme kapasitesine ulaşan betonun çatlamasından sonra o birleşimde yük aktaracak bir süreklilik sağlanamayacaktır ve durum aşamalı göçmeye kadar gidebilme olasılığı vardır. Bu nedenle ACI 318M-14’de 18.14.5.1 maddesinde belirtildiği gibi kolon-döşeme birleşimlerinde kayma kaması detayı da kullanılmıştır.

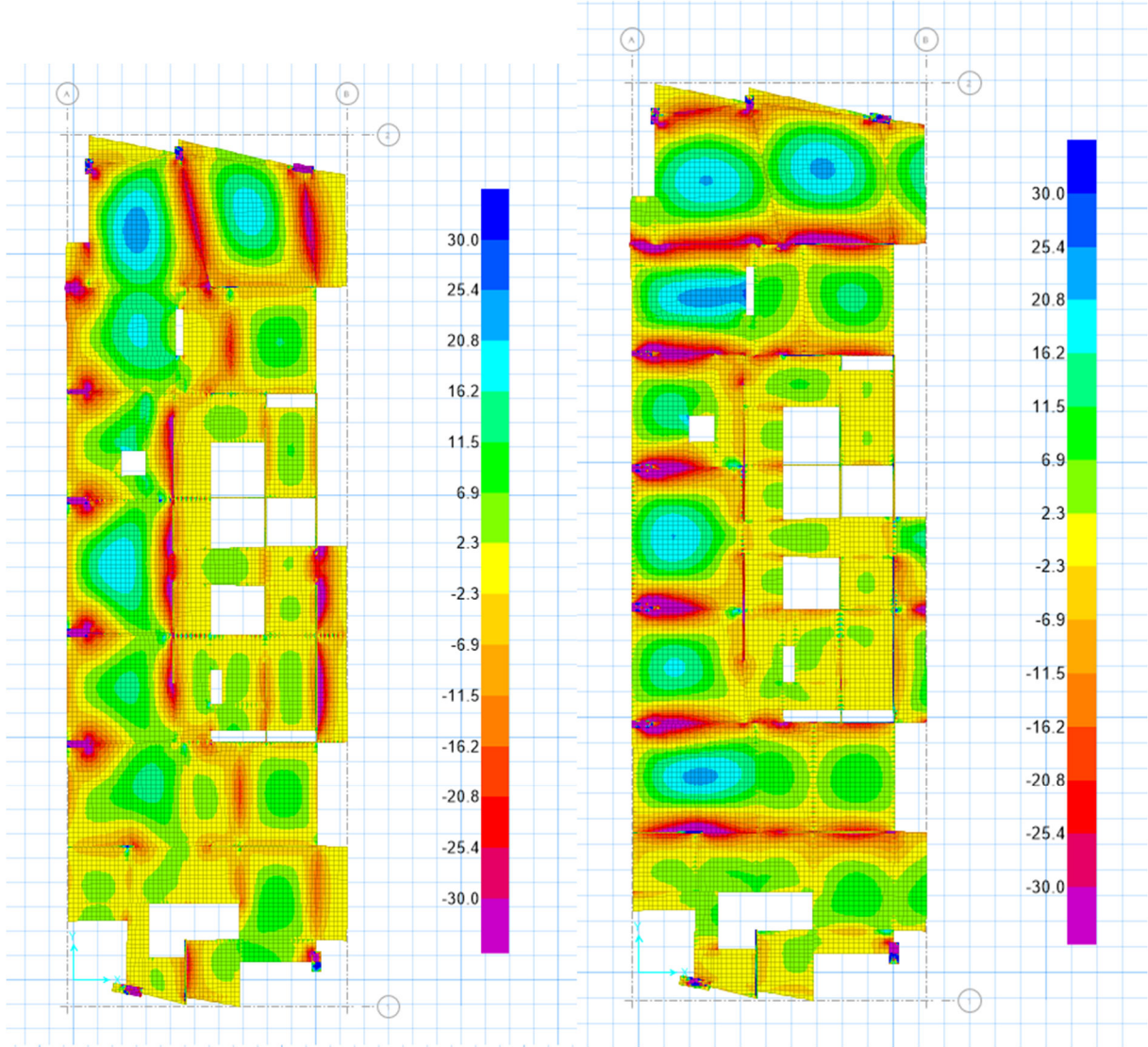
11.2. Konut Bloğu

Konut bloğunda bulunan kirişli döşemelerin eğilme kontrolleri sonlu eleman modelleri yardımıyla yapılmıştır. Farklı döşeme kalınlıklarına ve donatı miktarlarına göre eğilme momenti kapasiteleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 11. Konut bloğu kirişli döşeme eğilme kapasiteleri

Konut Bloğu Döşeme Eğilme Momenti kapasiteleri									
	$\emptyset 10/30$	$\emptyset 10/15$	$\emptyset 12/30$	$\emptyset 12/15$	$\emptyset 12/10$	$\emptyset 14/15$	$\emptyset 14/10$	$\emptyset 16/15$	$\emptyset 16/10$
d = 16 cm	11	21	15	29	42	38	54	48	66
d = 18 cm	13	25	18	35	50	46	65	58	81
d = 20 cm	15	29	21	40	59	53	77	67	96

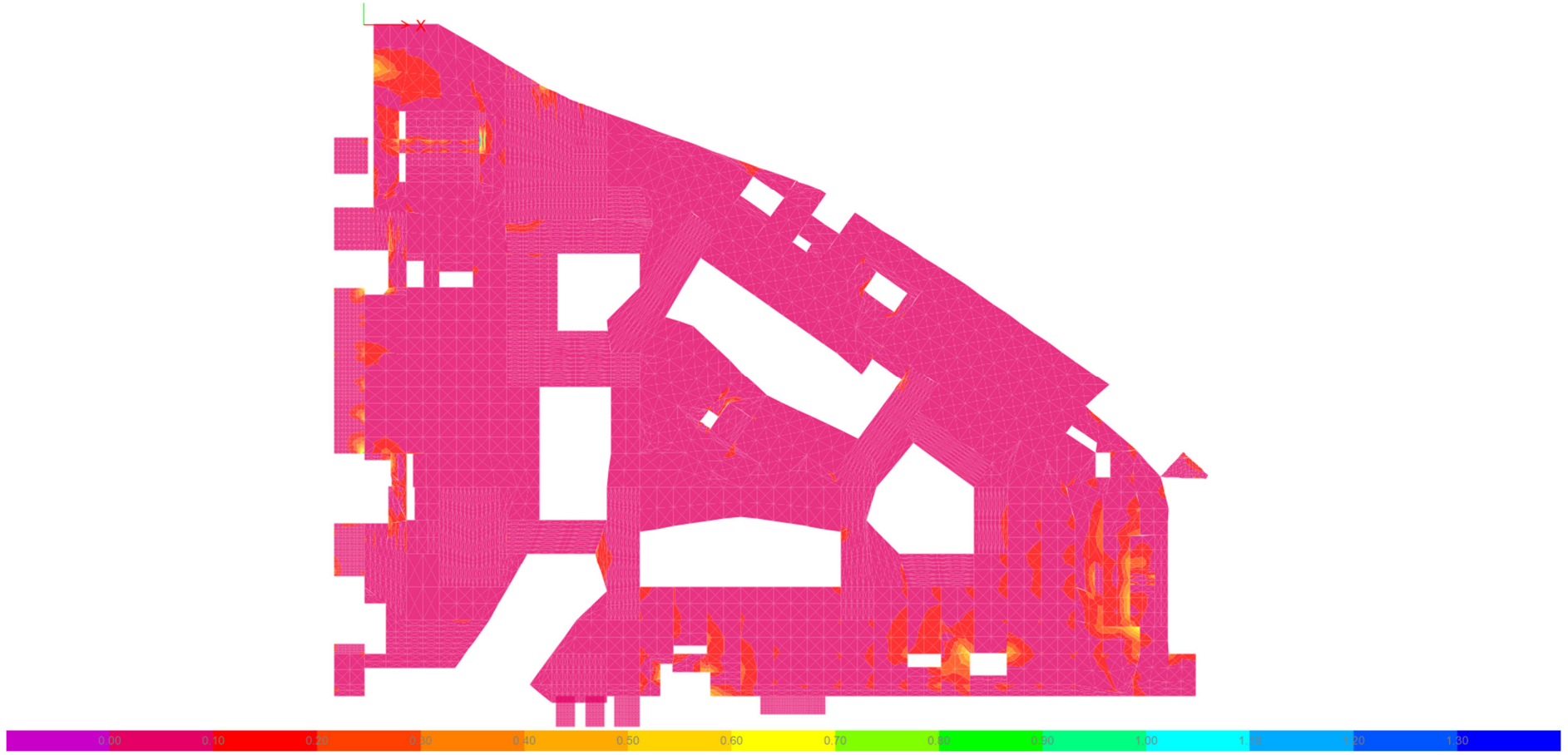
Konut bloğundaki farklı tip döşeme planları için her iki yönde de eğilme momenti değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre uygun donatılar seçilerek tasarım tamamlanmıştır.



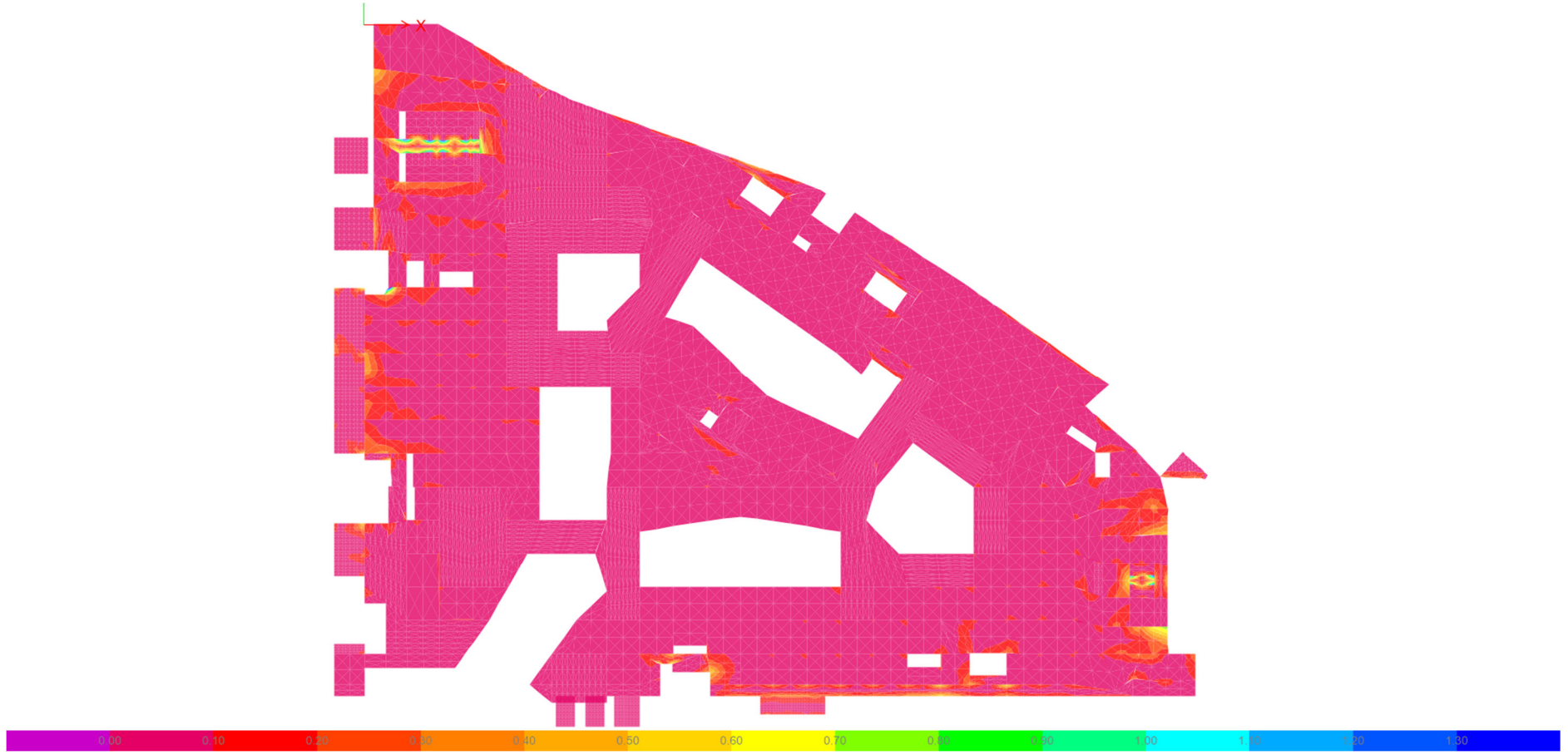
Şekil 65. Konut bloğu A tipi kirişli döşeme M11 & M22 moment dağılımı

11.3. Alışveriş Merkezi Bloğu

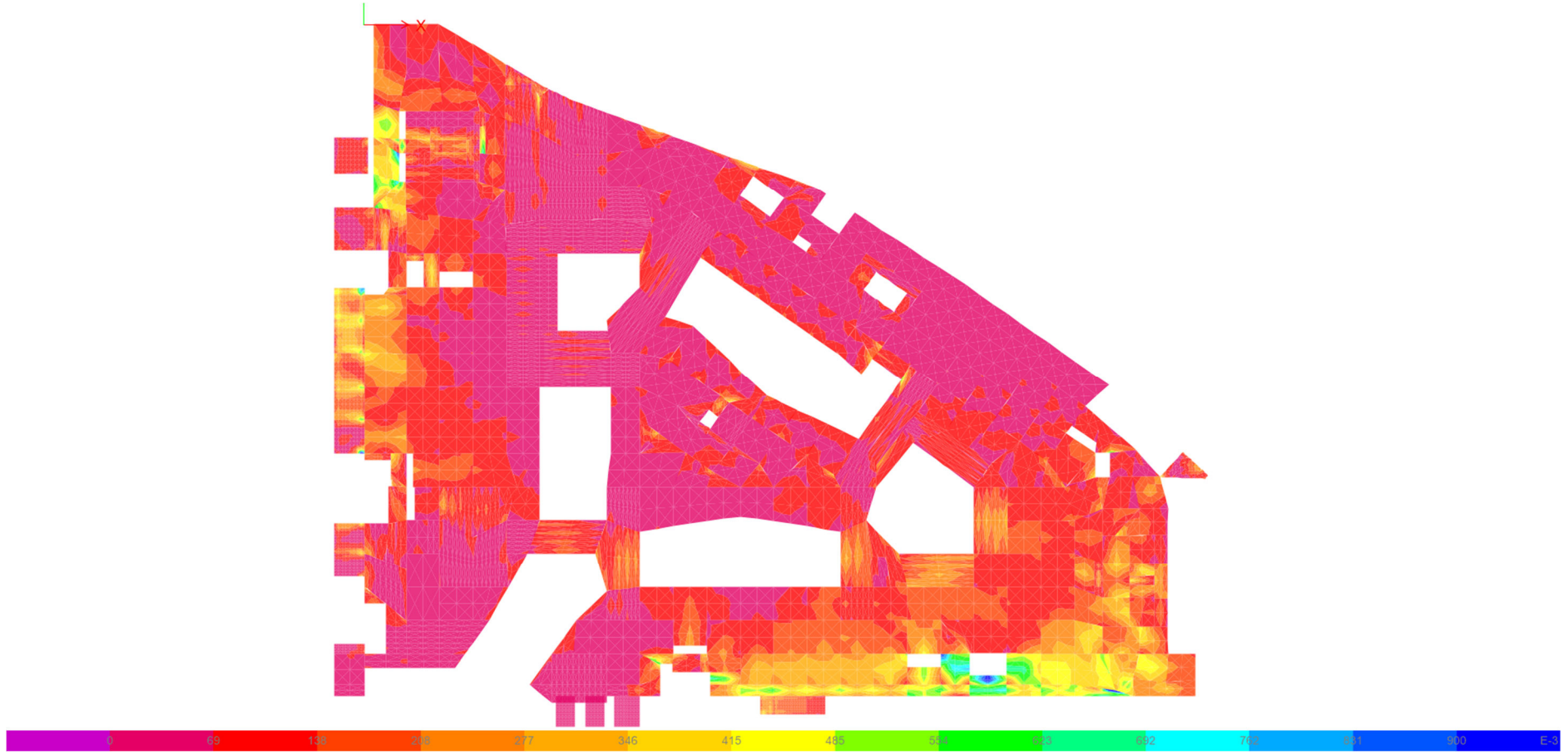
Kule bloklarından podyum bloklarına geçişte döşemelerin düzlem içi aksenal gerilmeleri ve düzlem dışı kesme gerilmeleri kontrol edilmiştir. Kesme gerilmeleri için öngörülen limit değerler $0.65 \sqrt{f_{ctk}}$, aksenal çekme gerilmeleri için f_{ctd} , aksenal basınç gerilmeleri için $0.85f_{cd}$ 'dir. Tüm katlarda kontroller yapılmış olup, en kritik katlar olan +13.00 ve +0.00 katları ile ilgili diyagramlar sunulmuştur. Bölgesel ortalama değerler göz önüne alındığında kritik bir durum gözlenmemiştir.



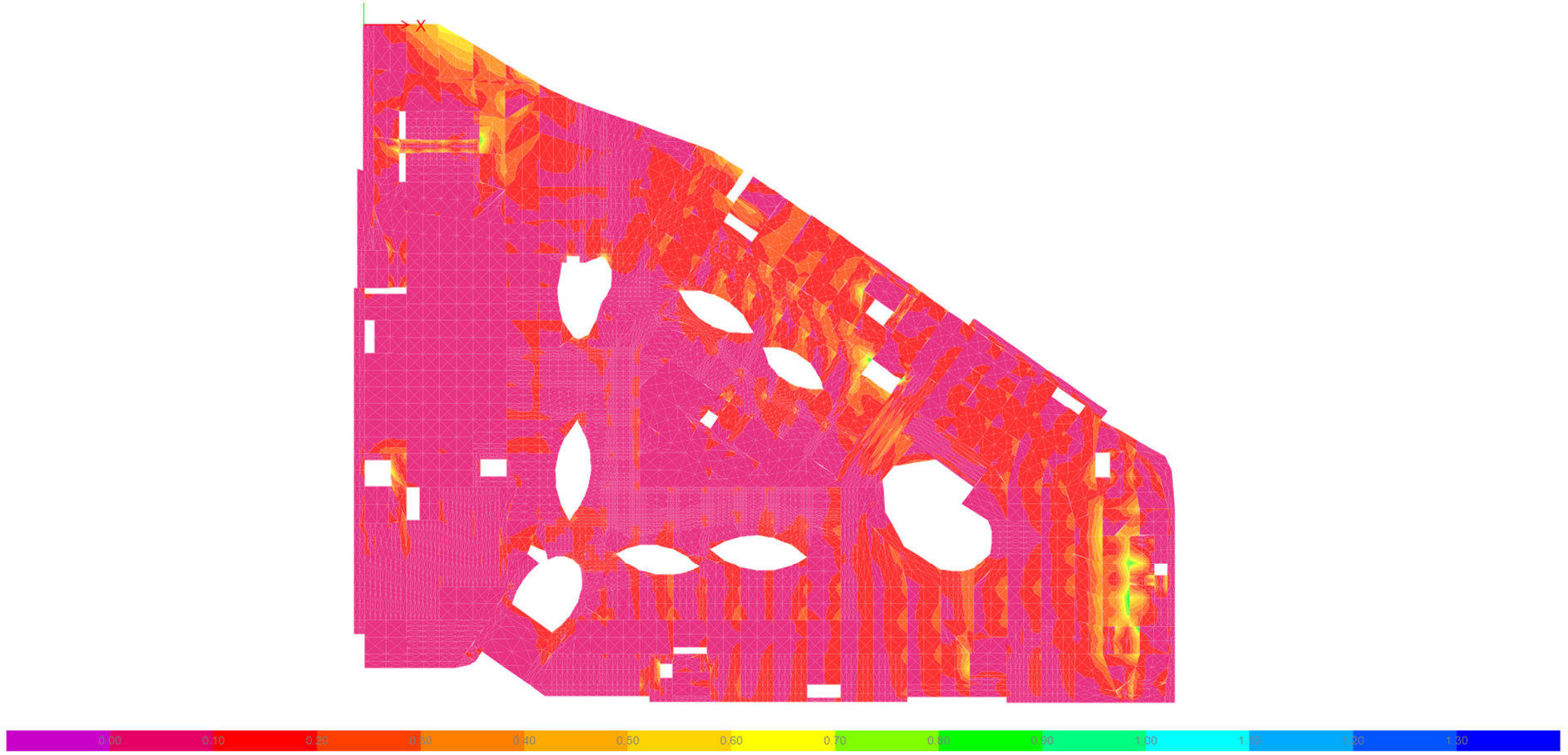
Şekil 66. Alışveriş merkezi bloğu +0.00 kotu S11 doğrultusu çekme gerilmeleri dağılımı



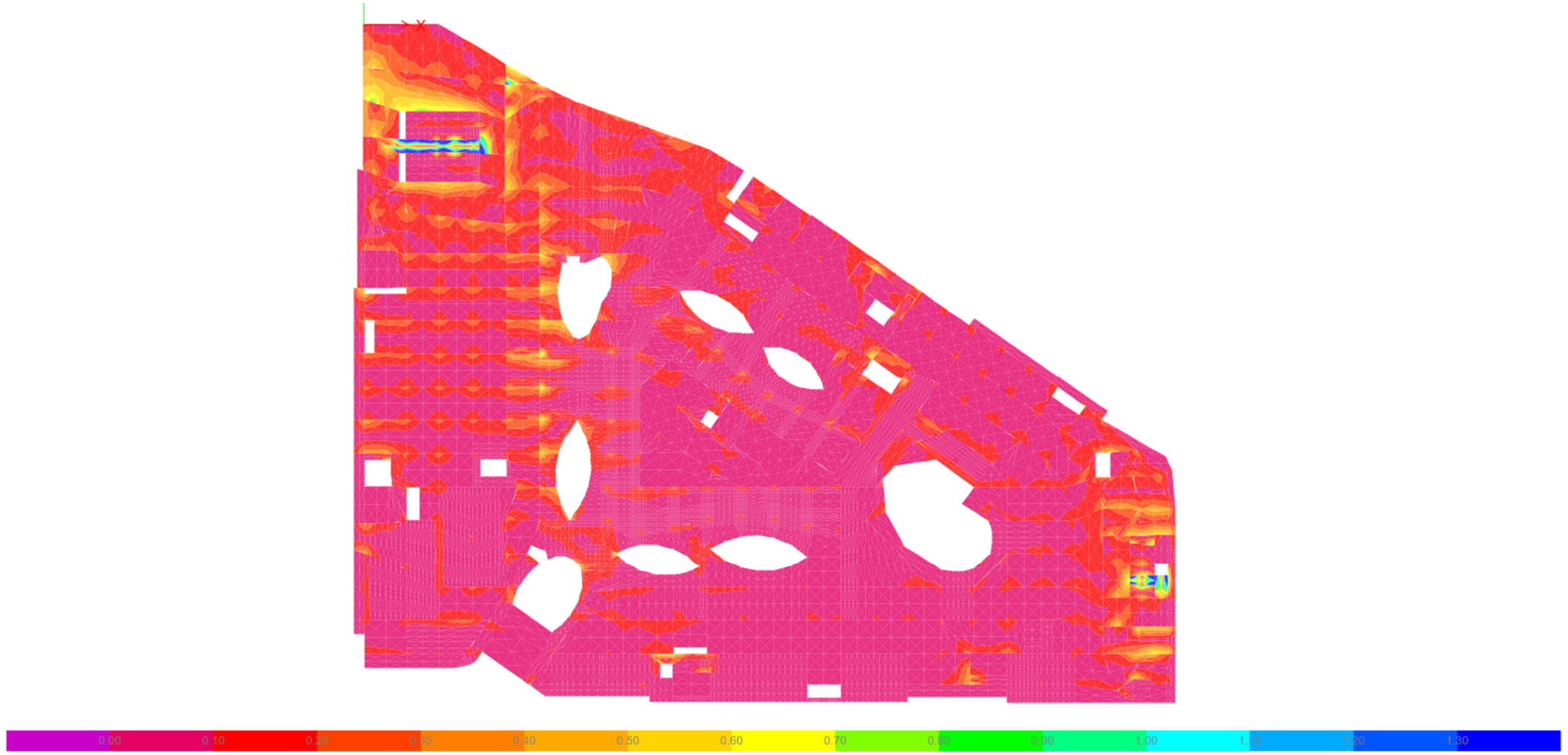
Şekil 67. Alışveriş merkezi bloğu +0.00 kotu S22 doğrultusu çekme gerilmeleri dağılımı



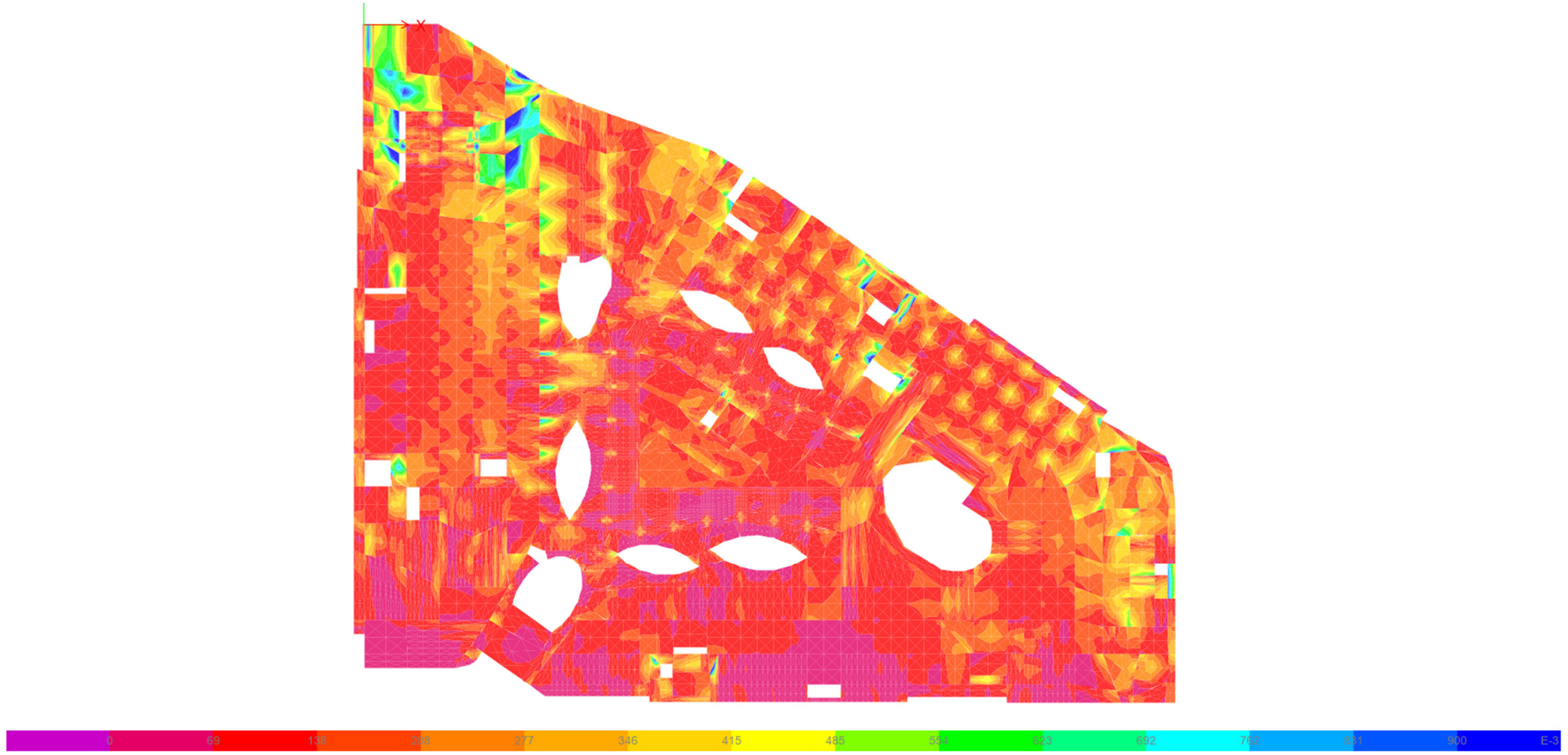
Şekil 68. Alışveriş merkezi bloğu +0.00 kotu S12 doğrultusu kayma gerilmeleri dağılımı



Şekil 69. Alışveriş merkezi bloğu +13.00 kotu S11 doğrultusu çekme gerilmeleri dağılımı



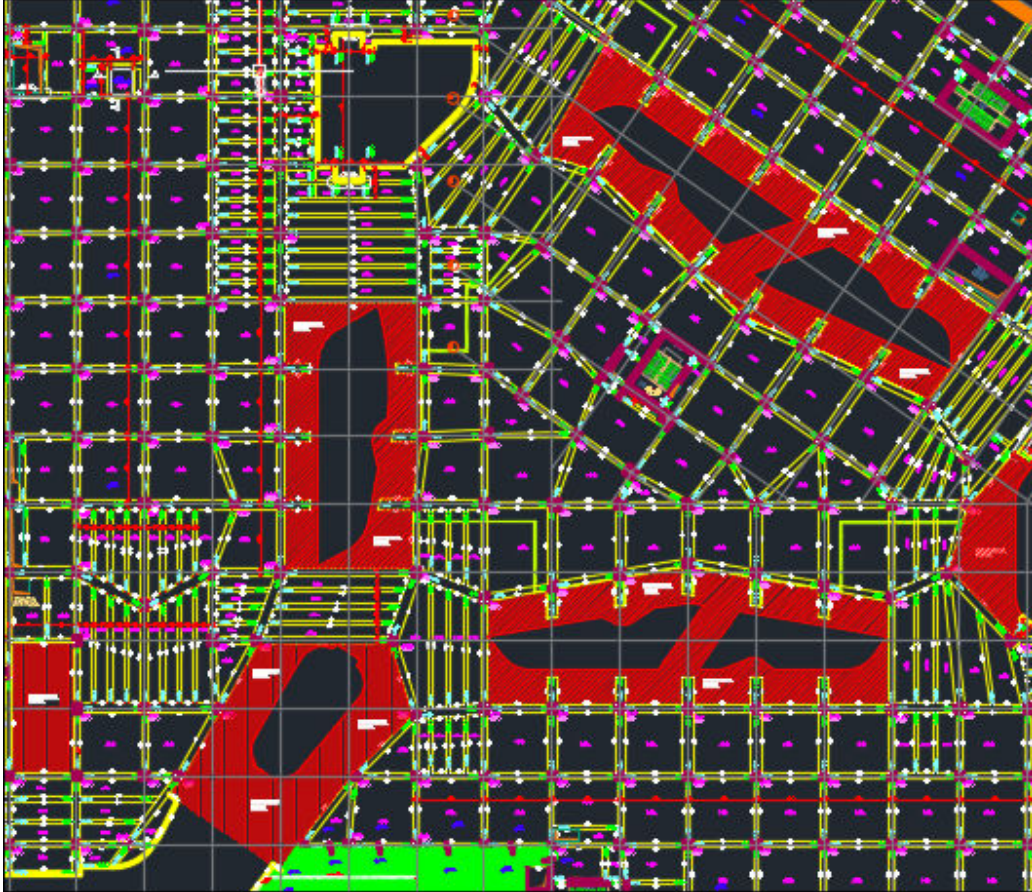
Şekil 70. Alışveriş merkezi bloğu +13.00 kotu S22 doğrultusu çekme gerilmeleri dağılımı



Şekil 71. Alışveriş merkezi bloğu +13.00 kotu S12 doğrultusu kayma gerilmeleri dağılımı

12. Çelik ve Kompozit Döşeme

Söz konusu yapı kompleksinin içinde bulunan Alışveriş Merkezi'nde ± 0.00 kotunda mimari ve fonksiyon gereksinimlerinden dolayı aşağıdaki Şekil 72'de belirtilen bölgeler (kırmızı ile taralı) çelik ve kompozit döşeme olarak tasarlanmıştır.

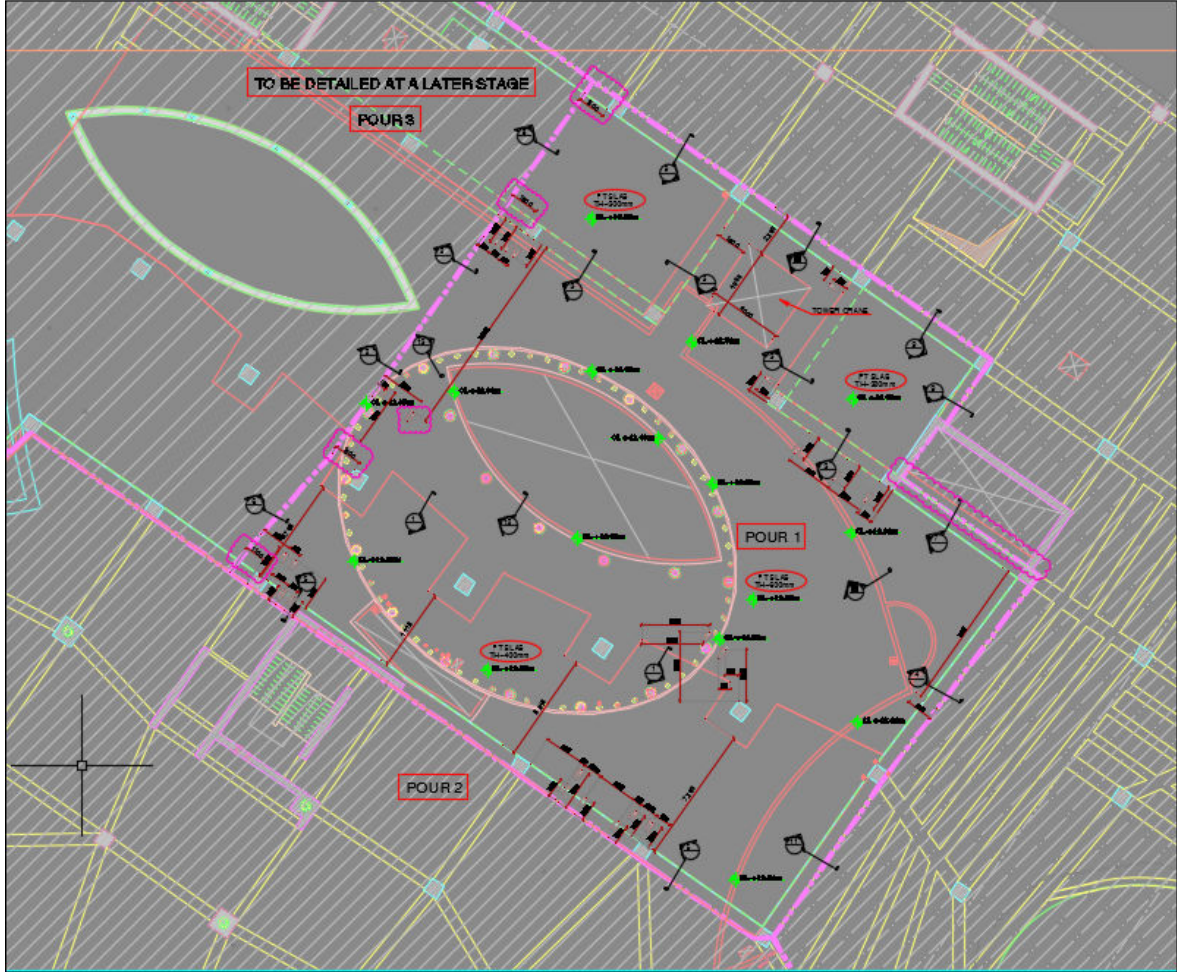


Şekil 72. Alışveriş merkezi çelik ve kompozit tasarım yapılan bölgeler

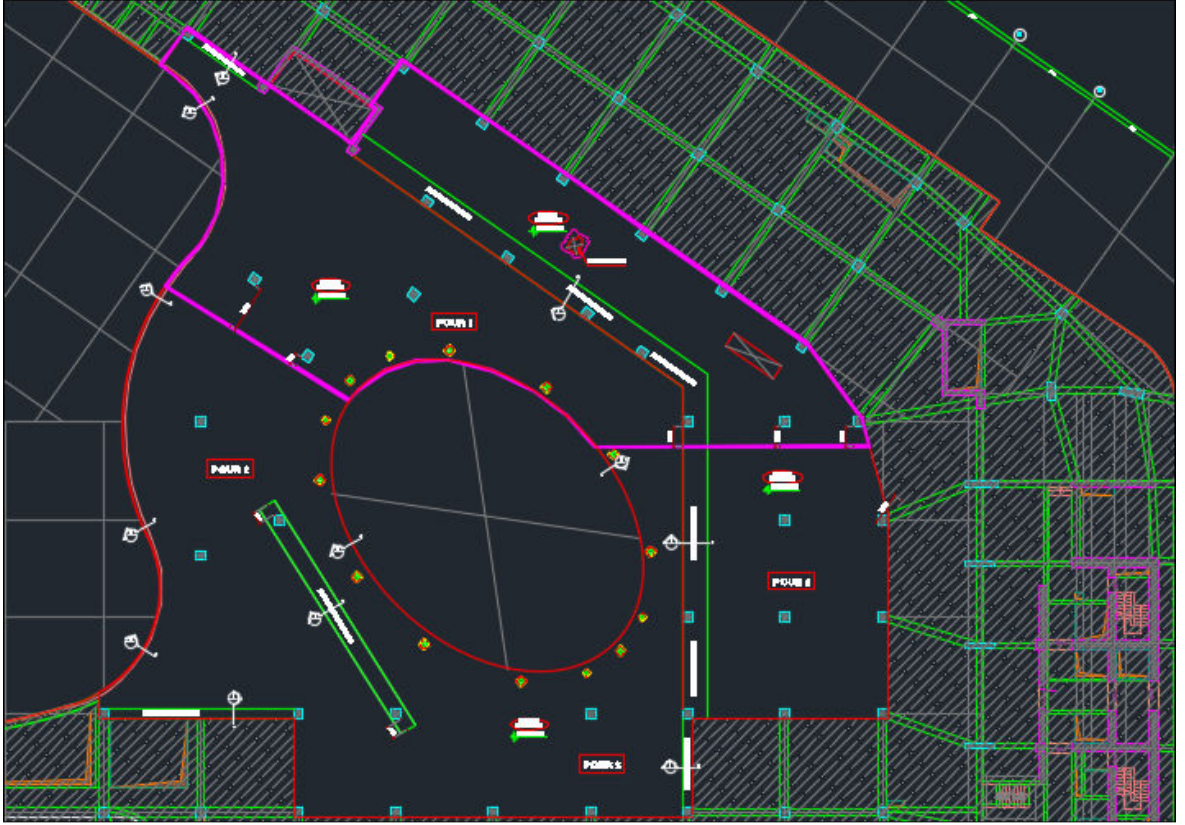
13. Ard-germe Döşeme

Söz konusu yapı kompleksinin yine Alışveriş Merkezi bloğunun +13.00 ve +21.0.00 kotlarında gerek mimari ve fonksiyonel gereksinimlerden dolayı aşağıda Şekil 73 ve Şekil 74'deki planlarda belirtilen büyük açıklık ve yüke sahip döşemeler ard-germeli olarak tasarlanmıştır.

Ardgerme tasarımı Ülker Mühendislik firması dışında bir firma tarafından gerçekleştirilmiştir. Söz konusu hesaplamaların ilgili yönetmelik ve mühendislik kuralları çerçevesinde gözden geçirilmesi, arg-germeli sistemin imalatının mevcut yapı sistemi ile birlikte davranması için gerekli uygulama şartnamelerinin ve kontrollerin yapılması uygun olacaktır görüşündeyiz.



Şekil 73. Alışveriş merkezi +13.00 kotu ard-germe ile tasarlanan döşeme lokasyonu



Şekil 74. Alışveriş merkezi +21.00 kotu ard-germe ile tasarlanan döşeme lokasyonu

14. Genel Değerlendirme ve sonuçlar

Yukarıdaki bölümlerde, Ofis, Konut ve Alışveriş merkezi bloklarını içeren yapı kompleksinin deprem tasarımı değerlendirilmiştir.

Kompleksin, betonarme perde-çerçeve olarak oluşturulan taşıyıcı sisteminin deprem analizlerinde “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007” (DBYBHY 2007), betonarme elemanların tasarımında ise TS500-2000 yönetmelikleri kullanılmıştır. Bu bağlamda, yapı kompleksindeki Ofis ve Konut kulelerinde gerek yapısal sistemi gerekse yükseklikleri dikkate alındığında yatay yük taşıyıcı sistemi “çekirdek” perdeleri ile yine DBYBHY 2007 yönetmeliği çerçevesinde yapılan deprem tasarımına uygun bir sistem oluşturulmuştur.

Tasarım ve analizlerde, DBYBHY 2007’de belirtilen deprem parametrelerinden farklı olarak bina kompleksinin bulunduğu bölge için yapılan sahaya özel deprem tehlikesi analizi sonuçlarında elde edilen “ivme spektrumu” analiz aşamasında kullanılmıştır. Binaların tasarımında kullanılan DBYBHY 2007 kaynaklı spektrumlar ayrıca yere-özgü deprem hareketleri ile karşılaştırılmış ve aradaki farkın yönetmelikte belirtilen sınır içinde kaldığı gözlenmiştir. Özellikle binaların deprem tasarımında kullanılan deprem tehlikesi parametreleri ve her bir binanın deprem tasarımında dikkate alınan taban kesme kuvveti değerlerinin DBYBHY 2007 Madde 2.8.5’de belirtilen “taban kesme kuvveti alt sınırı”nda tanımlanan değerden büyük olduğu görülmüştür. Tarafımıza sunulan, analizlerin sonucu olarakta yapılan betonarme tasarımının yapının davranışını kontrol eden perdeler açısından yeterli olduğu, gerek eğilme gerekse kesme tasarımı kontrollerinde gösterilmiştir. Ayrıca yapılan tasarım sonucu hazırlanan betonarme elemanlara ait uygulama detaylarının DBYBHY 2007’deki ilgili maddeleri sağladığı gözlenmiştir.

Analiz ve tasarımlarda DBYBHY 2007’de belirtilen ilgili maddelerdeki kural ve parametrelere uyulduğu gözlenmiştir. Yapı kompleksi içinde bulunan binalarda gerek taşıyıcı sistemleri gerekse dinamik karakteristikleri gözönüne alındığında, DBYBHY 2007 kapsamında “can güvenliği” performansı temin edilmiş görülmektedir.

Yapı kompleksinde herhangi bir diletasyon kullanılmadığı için TS500’de belirtilen sünme, büzülme ve sıcaklık etkileri dikkate alınarak gerekli analizler yapılmış, döşeme ve diğer yapı elemanlarının betonarme tasarımı söz konusu etkiler dikkate alınarak yapılmıştır.

Sonuç olarak, tarafımıza sunulan analiz modelleri ve raporları üzerinde yapılan incelemede söz konusu tasarımı ilgili yönetmelikler çerçevesinde hazırlandığı ve genel yapı mühendisliği teknik kurallarına uygun olduğu intibai hasıl olmuştur.

Son olarak tüm analiz ve tasarım aştamalarında ağdaşt yapı mühendisliği bilgileri ve yöntemleri uygulanan bir yapının yapım aştamasında da gerekli dikkat ve özenin gösterilmesinin önemi vurgulanmalıdır. Tasarım aştamasında öngörülen davranıştın, yapılan kabullerin geçerliliği ve analiz aştamasında elde edilen sonuçların güvenilirliği uygulama aştamasında gösterilecek zen ve dikkat ile doğrudan bağımlı olduğu gözden kaçırılmamalıdır.

Doç. Dr. S. Ümit DİKMEN

Dr. Cüneyt TZN

15. Kaynakça

- TS500-2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
- TS 498-1997, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
- DBYBHY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
- ACI318-11, Building Code Requirements For Structural Concrete
- ASCE7-10, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
- ANSI-AISC 341-10-Seismic Provisions for Structural Steel Buildings
- ANSI-AISC 360-10-Specification for Structural Steel Buildings