



T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**MİMARİ TASARIMDA PLAN ÖZELLİKLERİNİN DEPREM
YÜKLERİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ**

LEYLA GÜNDOĞDU TURHAN
MİMARLIK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Erdem ÇOBAN

İSTANBUL-2025





**T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MİMARİ TASARIMDA PLAN ÖZELLİKLERİNİN DEPREM
YÜKLERİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ**

**LEYLA GÜNDOĞDU TURHAN
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Erdem ÇOBAN**

İSTANBUL-2025



T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
TEZ/PROJE SAVUNMASI
TUTANAK FORMU

DOKÜMAN NO: ENS.FR.007
İLK YAYIN TARİHİ:
REVİZYON NO:
REVİZYON TARİHİ:
SAYFA NO: 2 / 3

Tez Savunma Tarihi: 20/06/2025

Leyla GÜNDOĞDU TURHAN tarafından hazırlanan ***"MİMARİ TASARIMDA PLAN ÖZELLİKLERİNİN DEPREM YÜKLERİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ"*** adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Haliç Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdem ÇOBAN
Mimarlık Fakültesi, Haliç Üniversitesi

İmza

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Kemal Ferit ÇETİNTAŞ
Mimarlık Fakültesi, Haliç Üniversitesi

İmza

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan BALCIOĞLU
İç Mimarlık Fakültesi/ İstanbul Gelişim Üniversitesi

İmza

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi/Proje olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

..... Ünvanı, Adı-Soyadı

.....Enstitüsü Müdürü

% **11**

BENZERLİK ENDEKSİ

% **9**

İNTERNET KAYNAKLARI

% **8**

YAYINLAR

% **5**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	% 2
2	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	% 1
3	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 1
4	hdl.handle.net İnternet Kaynağı	% 1
5	acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	% 1
6	lisansustuprogramlar.halic.edu.tr İnternet Kaynağı	% 1
7	www.tandfonline.com İnternet Kaynağı	<% 1
8	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	<% 1
9	Submitted to Ankara University Öğrenci Ödevi	<% 1

ETİK BEYANI

Haliç Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- o Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- o Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- o Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- o Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- o Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Leyla GÜNDOĞDU TURHAN

Temmuz 2025

ÖZET

MİMARİ TASARIMDA PLAN ÖZELLİKLERİNİN DEPREM YÜKLERİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ

Haliç Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdem ÇOBAN
Temmuz 2025, 95 sayfa

Türkiye, aktif tektonik kuşakta yer alması nedeniyle yüksek derecede sismik risk taşıyan ülkeler arasında bulunmaktadır. Ülke genelinin yaklaşık %45'i birinci derece deprem bölgesi içerisinde yer almakta olup, bu bölgelerde meydana gelen depremler ciddi yapısal hasarlara ve can kayıplarına neden olabilmektedir. Bu doğrultuda, yapıların deprem etkilerine karşı güvenliğini artırmak amacıyla atılması gereken adımlar büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, depremler sonucunda ortaya çıkan yapısal hasarları en aza indirgeyebilmek için mimari tasarım kararlarının, özellikle plan düzlemindeki düzensizliklerin yapı davranışına olan etkilerini ortaya koymaktır. Yapının strüktürel sistem özellikleri kadar mimari planlamada yapılan tercihler de sismik performansı doğrudan etkilemektedir. Çalışma kapsamında, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) ve ilgili literatür ışığında, plan düzlemindeki düzensizlikler arasında yer alan burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği ve planda girinti-çıkıntı bulunması düzensizlikleri ele alınmıştır. Her bir düzensizlik türü için farklı geometrik özelliklere sahip beşer model tasarlanmış ve bu modeller STA4CAD programı aracılığıyla analiz edilmiştir. Analiz sonuçları doğrultusunda, burulma oranları, eleman kesit yetersizlikleri gibi kriterler değerlendirilmiş, düzensizliklerin yapıların sismik performansı üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak ortaya konmuştur. Bu analizler, mimari tasarım aşamasında alınan kararların deprem güvenliği açısından kritik rol oynadığını göstermektedir. Sonuç olarak, yapıların strüktür tasarımlarının önemi olduğu kadar mimari tasarım kararlarının da yapıların deprem güvenliği açısından belirleyici bir unsur olduğu açıkça ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Mimari Tasarım, Türkiye Deprem Yönetmeliği, Yapısal Düzensizlikler

ABSTRACT

AN EXAMINATION OF PLAN CHARACTERISTICS IN ARCHITECTURAL DESIGN WITHIN THE SCOPE OF SEISMIC LOADS

Haliç University
Institute of Graduate Studies
Department of Architecture, Master's Thesis
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Erdem ÇOBAN
Juny 2025, 95 pages

Due to its location within an active tectonic zone, Turkey is among the countries with a high seismic risk. Approximately 45% of the country's territory lies within the first-degree earthquake zone, where earthquakes can cause significant structural damage and loss of life. In this context, the measures to be taken to enhance the safety of structures against seismic effects are of great importance. The primary objective of this study is to elucidate the effects of architectural design decisions, particularly plan irregularities, on structural behavior in order to minimize structural damage resulting from earthquakes. Architectural planning preferences directly influence seismic performance as much as the characteristics of the structural system itself. Within the scope of this study, and in light of the Turkey Building Earthquake Code (TBDY-2018) and relevant literature, plan irregularities such as torsional irregularity, discontinuity in floor slabs, and setbacks/protrusions in the plan are examined. For each type of irregularity, five models with different geometric properties were designed and analyzed using the STA4CAD software. Based on the analysis results, criteria such as torsional ratios and element section deficiencies were evaluated, and the impacts of these irregularities on the seismic performance of structures were comparatively presented. These analyses demonstrate that architectural design decisions play a critical role in seismic safety during the design phase. Consequently, it is clearly established that, alongside the importance of structural design, architectural design decisions constitute a decisive factor for the seismic safety of buildings.

Keywords: Earthquake, Architectural Design, Turkey Earthquake Code, Structural Irregularities.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, mimarlık disiplini çerçevesinde depremlere karşı daha dayanıklı yapılar tasarlamak ve bu alanda bilimsel katkı sunmak amacıyla hazırlanmıştır. Deprem gerçeğiyle yüzleşen coğrafyamızda, mimarlık mesleğinin sorumluluğunu ve önemini derinlemesine hissettiğim bu süreç, akademik olduğu kadar kişisel bir farkındalık süreci de oluşturmuştur.

Tezimin oluşum sürecinde bilgi, deneyim ve yönlendirmeleriyle bana rehberlik eden değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Erdem Çoban'a sonsuz teşekkür ederim. Kendisi yalnızca bir akademisyen olarak değil, aynı zamanda bir mentor olarak da bu çalışmanın şekillenmesinde büyük rol oynamıştır. Her zor anımda, onun “Her şey kendi varoluşumuz için” sözüyle yeniden toparlandım ve bu sürece daha anlamlı bir gözle bakabildim. Bu yaklaşım, yalnızca akademik bir rehberlik değil, aynı zamanda hayat yolculuğuma dair derin bir farkındalık da kazandırdı. Bu yola çıkarken en büyük motivasyon kaynağım olan ve her zaman yanımda olan canım ablam Dicle Çağla'ya en derin teşekkürlerimi sunuyorum. Çalışma sürecimde gösterdiği sabır ve anlayış için sevgili eşime de kalpten teşekkür ederim. Ayrıca, tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen biricik aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürler. Bu çalışmanın, deprem ve mimarlık ekseninde yapılacak diğer araştırmalara katkı sunmasını ve daha güvenli bir yaşam çevresi oluşturma çabalarına destek olmasını temenni ederim.

İstanbul, 2025

Leyla GÜNDOĞDU TURHAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR.....	x
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI ve GENEL BİLGİLER	3
2.1. Deprem	6
2.1.1. Deprem Oluşumu ve Türleri	6
2.1.2. Deprem Parametreleri	6
2.1.3. Türkiye ve Deprem	7
2.1.4. Türkiye’deki Deprem Yönetmelikleri	8
2.2. Deprem Etkisi Altında Yapıların Sismik Performansı.....	10
2.2.1. Deprem Yükleri.....	10
2.2.2. Deprem Yüğü Hesabı ve Mod Birleştirme Yöntemi.....	11
2.2.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi	12
2.3. Yapıların Deprem Davranışı.....	13
2.3.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı	14
2.3.2. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım Kriterleri	15
2.3.3. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Önemi	16
2.3.4. Depreme Dayanıklı Yapı ve Mimari Tasarım Kararları	16
2.4. Türkiye Deprem Yönetmeliğindeki Yapı Düzensizlikleri	18
2.4.1. A- Plan Düzleminde Düzensizlik Durumları	20
2.5. Mimari Tasarım ve Yapı Düzensizlikleri.....	22
2.5.1. Mimari Tasarımda Plan Düzlemindeki Yapı Düzensizlikleri.....	23
3. MODELLERİN DEPREM PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ.....	29
3.1. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği	30
3.1.1. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği Model A1	31

3.1.2. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği Model A2	32
3.1.3. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği Model A3	33
3.1.4. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği Model A4	34
3.2. Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri Düzensizliği Model B	35
3.2.1. Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri Düzensizliği Model B1	36
3.2.2. Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri Düzensizliği Model B2	37
3.2.3. Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri Düzensizliği Model B3	38
3.2.4. Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri Düzensizliği Model B4	39
3.3. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu Model C	40
3.3.1. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu Model C1	41
3.3.2. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu Model C2	42
3.3.3. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu Model C3	43
3.3.4. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu Model C4	44
4. BULGULAR	45
4.1. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği	45
4.2. Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri Düzensizliği	53
4.3. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu	61
4.4. Modellerin Zemin Sınıfı ZC, ZD ve ZE Kapsamında Donatı Alanı	68
5. SONUÇLAR	73
6. KAYNAKÇA.....	79
EKLER.....	83
EK 1 Referans Model A Kat Planı	83
EK 2 Model A1 Kat Planı	84
EK 3 Model A2 Kat Planı	85
EK 4 Model A3 Kat Planı	86
EK 5 Model A4 Kat Planı	87
EK 6 Referans Model B Kat Planı	88
EK 7 Model B1 Kat Planı	89
EK 8 Model B2 Kat Planı	90
EK 9 Model B3 Kat Planı	91
EK 10 Model B4 Kat Planı	92
EK 11 Referans Model C Kat Planı	93
EK 12 Model C1 Kat Planı	94
EK 13 Model C2 Kat Planı	95
EK 14 Model C3 Kat Planı	96

EK 15 Model C4 Kat Planı	97
ÖZGEÇMİŞ.....	98



KISALTMALAR

A1	Burulma Düzensizliği
A2	Döşeme Süreksizliği Düzensizliği
A3	Planda Çıkıntılar Bulunması Düzensizliği
ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
AFAD	T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
B1	Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği
B2	Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği
B3	Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanlar Süreksizliği
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
KAKS	Kat Alanı Kat Sayısı
TAKS	Taban Alanı Kat Sayısı
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TSBB	T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı

SEMBOLLER

$(\Delta i)_{\max}$	Katlar içinde en büyük öteleme değeri
$(\Delta i)_{\text{ort}}$	Katların ortalama öteleme değeri
A	Brüt kat alanı
A_b	Boşluk alanları toplamı
cm	Santimetre
DR	Rijitlik matrisi
F	Düğüm noktası yük vektörü
M	Metre
T (sn)	Periyot = $2\pi / \omega$. Her modun salınım süresi
U	Deplasman vektörü
H_{bi}	i'ninci kat için burulma düzensizliği katsayısı
Ω	Her modun doğal frekansı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

2.1. Deprem Yönetmeliklerinin Kronolojik Sıralaması	8
2.2. Türkiye Deprem Yönetmeliği Düzensiz Binalar	19
3.1. Tasarlanan Yapıların Boyut ve Malzeme Bilgileri.....	29
4.1. Referans Model A Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	46
4.2. Model A1 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	48
4.3. Model A2 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	49
4.4. Model A3 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	51
4.5. Model A4 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	52
4.6. Model B Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	54
4.7. Model B1 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	56
4.8. Model B2 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	57
4.9. Model B3 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	59
4.10. Model B4 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	60
4.11. Referans Model C Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	62
4.12. Model C1 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	63
4.13. Model C2 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	64
4.14. Model C3 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	66
4.15. Model C4 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri	67
4.16. A Tipi Modeller Donatı Metrajı.....	69
4.17. B Tipi Modeller Donatı Metrajı.....	70
4.18. C Tipi Modeller Donatı Metrajı.....	71
5.1. Model Analiz Sonuçları	73

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

2.1. Deprem Yüğü İle Yapı Salınımı.....	10
2.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi.....	13
2.3. Deprem esnasında yapı hareketi	13
2.4. Burulma Düzensizliğı Hesabı.....	20
2.5. A2 Düzensizliğı (TBDY, 2018).	21
2.6. A2 Düzensizliğı	21
2.7. A3 Düzensizliğı	22
2.8. A4 Düzensizliğı	22
2.9. Burulma Düzensizliğı	24
2.10. Kahramanmaraş Depremi, Malatya 2023	25
2.11. Burulma Düzensizliğı, Kolon Hasarı.....	25
2.12. Kahramanmaraş Depremi, Malatya 2023	26
2.13. Plan Düzleminde Girinti ve Çıkıntı Düzensizliğı.....	27
2.14. Düzensiz çıkma ve Geometrisi Düzensiz Yapı Örnekleri.....	27
2.15. Saplama Kiriş Örneğı	28
2.16. Saplama Kirişin Etki Ettiğı Ana Kiriş Hasarları.....	28
3.1. Referans Model A Kat Planı	30
3.2. Model A1 Kat Planı	31
3.3. Model A2 Kat Planı	32
3.4. Model A3 Kat Planı	33
3.5. Model A4 Kat Planı	34
3.6. Referans Model B Kat Planı	35
3.7. Model B1 Kat Planı	36
3.8. Model B2 Kat Planı	37
3.9. Model B3 Kat Planı	38
3.10. Model B4 Kat Planı	39
3.11. Referans Model C Kat Planı	40
3.12. Model C1 Kat Planı	41
3.13. Model C2 Kat Planı	42
3.14. Model C3 Kat Planı	43
3.15. Model C4 Kat Planı	44
4.1. Referans Model A 3D Model.....	45

4.2. Model A1 3D Model.....	47
4.3. Model A2 3D Model.....	49
4.4. Model A3 3D Model.....	50
4.5. Model A4 3D Model.....	52
4.6. Referans Model B 3D Model.....	54
4.7. Model B1 3D Model.....	55
4.8. Model B2 3D Model.....	57
4.9. Model B3 3D Model.....	58
4.10. Model B4 3D Model.....	60
4.11. Referans Model C 3D Model.....	61
4.12. Model C1 3D Model.....	63
4.13. Model C2 3D Model.....	64
4.14. Model C3 3D Model.....	65
4.15. Model C4 3D Model.....	67

1. GİRİŞ

İnsanoğlu geçmişten bu yana barınma ihtiyacını karşılayabilmek için çeşitli yapılara ihtiyaç duymuştur. Geçmişte ihtiyaç duyulan yapıların temel kriteri güvenilirlik iken zaman içerisinde artan ihtiyaçlar ve estetik anlayışı doğrultusunda bu yapılar yeniden geliştirilmiştir. Ülkemiz aktif deprem bölgesinde yer almakta ve ülkemizin %45'i birinci derece deprem bölgesinde olup şiddetli sarsıntılara maruz kalmaktadır (Özmen, Nurlu, & Güler, 1997). Günümüzde meydana gelen depremlerin yol açtığı yapısal hasarları, can ve mal kayıplarını önlemek için belirli kuralları içeren deprem yönetmelikleri ortaya çıkmıştır. Deprem anında sismik dalgaların beraberinde getirdiği titreşimler yapıyı harekete geçirmektedir. Yapıların bu harekete karşı dayanım gösterebilmesi için oluşacak olan etkilerin ve deprem yüklerinin bilinmesi gerekmektedir. Depremin özellikleri ve yapıların kütsel formu deprem yüklerini belirlemektedir (Öztürk, 2000). Depreme dayanıklı yapı tasarımı, çoğunlukla inşaat mühendislerinin uzmanlık alanına giren bir konu olarak kabul edilmektedir (Morales-Beltran, Charleson ve Aydın, 2020). Fakat yapıların strüktür sistemlerinin, yapının mimari tasarımına göre şekillendiği göz önünde bulundurulduğunda, tasarım kararlarının yapıların depreme karşı dayanıklılığı üzerinde önemli bir etken olduğu görülmektedir (Arbabian, 2000; Estrada ve Lee, 2009). Yapıların tasarımı ve strüktür sistemi deprem yüklerine karşı bir bütün halinde hareket etmelidir (Hünük, 2006). Deprem karşısındaki olumsuz davranışları ile inşasından ve tasarımından kaçınılması gereken yapılar; düzensiz yapılar olarak adlandırılmaktadır (Bingöl, 2020). Deprem yönetmeliğine göre bu düzensizlikler planda ve düşeyde olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (TBDY, 2018). Arazi koşulları, depremin yapı üzerine etki eden yükleri, mimarlar ve mühendislerin koordinasyon halinde çalışmaları göz önüne alınıp değerlendirildiğinde, depremler can kaybına yol açmadan minimum hasarla aşılabilmektedir (Atımtay, 2009).

Yapıların depreme karşı daha dayanıklı olabilmesi için mimarların ve inşaat mühendislerinin, tasarım ve statik süreçlerini iş birliği içerisinde yürütmeleri büyük önem taşımaktadır (Solak, 2022). Geçmişten günümüze kadar elde edilen verilere ve

deneyimlere bakıldığında, depreme dayanıklı yapıların temeli mimari tasarım aşamasından başlamaktadır (Albay, 1994). Yapı mühendisliği alanında gelişen bilgisayar destekli analiz ve tasarım yazılımları, özellikle deprem etkilerinin yapı davranışı üzerindeki karmaşık etkilerinin değerlendirilmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. STA4CAD programı, Türkiye’de yaygın olarak kullanılan betonarme yapıların üç boyutlu (3D) analizini gerçekleştiren, lineer elastik davranış esasına dayanan bir yapı analiz programıdır. Program, döşeme sistemlerinde rijit diyafram kabulüyle çalışmakta ve üç boyutlu yapı modelleme imkânı sunmaktadır. Bu özelliği sayesinde, yapıdaki kolon, kiriş, perde ve döşeme elemanları birlikte analiz edilerek taşıyıcı sistemin daha gerçekçi bir şekilde modellenmesi sağlanmaktadır. Yapıların deprem etkileri altında davranışını değerlendirmek için modal analiz yöntemini kullanan STA4CAD, bu kapsamda doğal titreşim modlarının ve periyotlarının belirlenmesine imkân vermektedir (Aydemir ve Doğan, 2016). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) doğrultusunda, spektral ivme katsayıları kullanılarak yatay deprem yüklerinin otomatik hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Program ayrıca, yapının burulma düzensizliği, kat ötelemeleri ve diğer plan düzensizlikleri açısından yönetmelik esaslarına uygunluk kontrolünü de gerçekleştirmektedir (Erdoğan, 2018). Mimari tasarım sürecinde sıkça karşılaşılan döşeme boşlukları, çıkımlar ve diğer plan düzensizlikleri, yapıların deprem davranışında önemli bir etkiye sahiptir. STA4CAD, bu tür düzensizliklerin etkilerini değerlendirme ve mühendislik kararlarını optimize etme açısından kullanıcılarına önemli analiz imkânları sunmaktadır. Programın raporlama ve görselleştirme özellikleri sayesinde, mühendisler hem deprem performansı değerlendirmesi hem de yönetmelik uygunluğu açısından detaylı bilgiye erişebilmektedir (Dündar, 2015). Tüm bu incelemeler ışığında, depremlerde oluşan hasarları ve kayıpları en aza indirmek adına mimari tasarımda alınan kararlar, mimari tasarım plan özellikleri kapsamında ele alınacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI ve GENEL BİLGİLER

Mimari tasarım ve strüktür kararları, yapıların deprem tepkilerini etkileyen iki önemli unsurdur. Bir yapının güvenilirliği, dayanımı sadece taşıyıcı elemanların işleyişine bağlı olduğu düşünülür, ancak mimari tasarım kararlarının da yapıların deprem davranışı üzerinde büyük bir etkisi vardır. Depremlerde meydana gelen hasarlarda strüktür kararlarının etkisi olduğu kadar mimari tasarım kararlarının da etkisi bulunmaktadır. Aşağıda konu ile ilgili bazı çalışmalar özet halinde sunulmaktadır. Mimari tasarım kararlarının deprem yükleri üzerine etkisi ile ilgili olarak; Albay (1994), geçmiş veriler ve deneyimler ışığında depreme dayanıklı yapı temelinin mimari tasarım aşamasında başladığını öne süren bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında, yapı tasarımının ve taşıyıcı sistem tasarımının ayrılmaz bir bütün olduğunu ve belirli kriterlere uyulması gerektiğini vurgulayıp, 1992’de meydana gelen Erzincan depremi sonrası yapılan çalışmaları incelemektedir. Nady, Mahfouz ve Taher (2022), Modern yapılaşmada, mimari ve işlevsel ihtiyaçları karşılamak adına çok fazla düzensiz bina inşa edildiğini öne sürmektedirler. Bu yapıların olumsuz sismik davranış sergilediğini vurgulayıp çalışmanın devamında yapıların dinamik özelliklerine dayanarak, çeşitli düzensizlikleri ölçmek için bir düzensizlik endeksi önermişlerdir. Bu endeks, her türlü düzensizliği başarıyla ölçebilmiştir. Ergün ve Şahin (2019), mimari tasarım faktörlerinin deprem direncine olan etkilerini ele alarak çeşitli örnekler doğrultusunda analizler ortaya sunmaktadır. Moon, Lee ve Lee (2018), geçmişte yaşanan depremlerde, planlarında yapısal düzensizlik bulunan yapıların ciddi hasar gördüğünü belirtmektedirler. Çalışmalarında yapısal düzensizliğin sismik kırılmalık üzerindeki etkilerini incelemektedirler. Öztürk (2000), çalışmasında deprem özelliklerinin olduğu kadar yapıların kütsel biçiminin de deprem yükleri üzerine etkisi olduğunu vurgulamaktadır. Depreme dayanıklı ve nitelikli yapı tasarım unsurlarını inceleyip, mimari tasarımda dikkat edilmesi gereken konulara değinip birtakım tasarım kriterleri ortaya sunmaktadır. Tüm bu veriler doğrultusunda depreme dayanıklı yapı tasarımının mimari tasarım aşamasında başladığını öne sürmektedir. Shareef (2023), araştırmasında mimari tasarımcıların sismik olaylara gerekli önemi vermesi gerektiğini öne sürmektedir.

Binalarda sismik dayanıklılığı artırmak için mimarlar tarafından kullanılan temel kavram ve metodolojileri araştırmaktadır. Mimari tasarım çözümlerinin ve yaklaşımlarının sismik ve sismik olmayan yerlerde deprem riskini azaltma tekniklerini önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir. Teddy, Hardiman, Nuroji ve Tudjono (2017), Endonezya’da meydana gelen depremlerde oluşan can ve mal kayıplarını en aza indirmek adına bir çalışma yapmıştır. Çalışmalarında, paralel bir sisteme sahip olmayan düzensiz yapı konfigürasyonuna sahip yapıların deprem davranışlarını incelemektedirler. Araştırmalarındaki ana hedef düzensiz yapı ile mimari geometrideki deprem davranışını belirlemektir. Morales-Beltran, Charleson ve Aydın (2020), yapı sektörü ve topluma göre depreme dayanıklı yapı tasarımının inşaat mühendislerinin sorumluluğunda olduğunu belirtip, yapı strüktürünün mimari forma göre belirlenmesi ve bir bütün halinde çalışmaları gerektiğini öne sürüp mimari tasarım kararlarının da deprem dayanımına büyük etkisi olduğunu öne sürmektedirler. Konak (2002), çalışmasında yapıların depremde hasara uğramasının nedenlerine değinip, mimari tasarım yanlışlarının da oluşan hasarlar üzerinde büyük etkisinin olduğunu öne sürmektedir. Harmankaya ve Soyluk (2012), Türkiye deprem yönetmelikleri ışığında depreme dayanıklı yapı tasarımını ele alıp simetrik yapıların deprem dayanımının diğer düzensiz formlara göre daha fazla olduğunu vurgulamaktadır. Günaydın ve Akdemir (2023), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğindeki yapı düzensizliklerine değinip, tasarım aşamasında plan düzleminde bulunan burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği, planda orantısız çıkıntılar bulunması gibi faktörlerden kaçınılması gerektiğini öne sürmektedirler. Algül (2015), çalışmasında mimari tasarım plan düzleminde çıkıntı düzensizliğini ele alıp bu düzensizliğe sahip yapıların deprem davranışını incelemektedir. Algül, ortak kat planına sahip örnek bir yapıyı farklı taşıyıcı sistem çözümleri kullanarak, yapıya etkileyen yatay ve düşey yükleri rijit ve esnek diyafram kriterleri ile çözümlemektedir. Çalışma sonunda elde edilen verileri karşılaştırmaktadır. Sadat (2021), mimari tasarım aşamasında oluşan plan düzensizliklerinin deprem davranışına etkisini yapay zekâ uygulamaları aracılığıyla modelleyip, çalışma sonucunda düzensiz mimari plana sahip yapılarda daha fazla sismik performans oluştuğunu göstermektedir.

Hünük (2006), deprem dayanıklılığına etkisi olan mimari tasarım ölçütlerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma yapıp, dayanıklı binalar için strüktür hesaplamalarının ve tasarımının doğru çözülebilmesine olanak sağlayan yapıların daha yalın, düzgün

geometrik forma sahip olması gerektiğini ve doğru taşıyıcı sistem tasarımında mimari tasarımın ve mimarın büyük rolü olduğunu vurgulamaktadır. Şengül (2023), çalışmasında deprem performansına olumsuz etkileri olan yapıdaki yatay ve düşey düzensizlikleri ele alıp çalışma sonucunda bu düzensizlikleri önlemek adına çeşitli çözüm önerileri araştırmaktadır. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve depreme dayanıklı tasarım ile ilgili verileri inceleyerek gelecekte yapılacak olan çalışmalara kaynak sunmayı hedeflemiştir. Solak (2022), çalışmasında depreme dayanıklı yapı tasarımının, mimarlık eğitimindeki yerine değinmiş ve lisans eğitiminde depreme dayanıklı yapı tasarımı dersi alan öğrenciler ile almayan öğrenciler arasında bir incelemeye gitmektedir. Çalışma sonunda, yeterli bilgiye sahip öğrencilerin; yapı tasarımlarında deprem faktörünü göz önünde bulundurduklarını gözlemlemiştir. Soyuluk ve Dabaz (2024), araştırma yazılarında 6 Şubat Kahramanmaraş depreminden sonra mimarın sorumluluklarını ve yerel yönetimlerde yer alan mimarların rolünü incelemektedirler. Tasarım aşamasından iskân ve ruhsat sürecine kadar olan çalışma diliminde mimarların rollerini incelemiş ve yerel yönetimlerde görev yapan mimarların meslek etiğini ve sorumluluklarını daha fazla benimsemeleri gerektiğini açıklamaktadırlar. Şahbaz (2005), çalışmasında plan düzleminde girinti-çıkıntı düzensizliği bulunan betonarme binaların deprem yüklerine nasıl tepki vereceğini göstermeyi hedeflemiştir. Yapısal düzensizlik, deprem verilerini incelemiş ve üç farklı yapı sistemini ele alarak iki ayrı modelleme yapmıştır. Sayısal verilerin olduğu bu aşamada çeşitli karşılaştırmalar ve deprem analizleri ortaya koymaktadır. Özen (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamında mimari tasarım kararlarının taşıyıcı sistem düzenini etkilediğini vurgulayan bir çalışma yapmıştır. Bir alan çalışması yaparak çeşitli formdaki yapıların taşıyıcı sistem düzenini inceleyip, tespit edilen hatalara uygun çözüm önerileri sunmaktadır.

İdemen (2003), çalışmasında yapıların ağırlık ve rijitlik merkezinin deprem yüklerine karşı önemini vurgulayarak, çeşitli yapay zekâ ve uzman sistem programları ile daha pratik ve gerçeğe yakın hesaplamalara ulaşılabileceğini belirtip bu programlar aracılığı ile çeşitli örnekler ve hesaplamalar sunmaktadır. Ayrıyeten çalışmasında, mimari tasarım sürecinden itibaren bu tür yapay zekâ ve uzman sistemlerinin kullanılmasının yararlarını göz önüne sermektedir. Erol (1999), plan düzleminde düzensizlik içeren yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarını inceleyen bir çalışma yapmıştır.

Deprem yönetmelikleri kapsamında düzensizlik oluşturan durumları incelemiş ve düzensizliğe sahip üç ayrı yapı örneğini Sap90 programı ile analiz etmektedir.

2.1. Deprem

Deprem, yerkabuğunda meydana gelen kırılmalar sonucu aniden ortaya çıkan enerjinin bir noktadan başlayıp dalgalar halinde yayılması ile oluşan sarsıntı olayıdır (İşçi, 2008). Dünya düzleminde fay hatları üzerinde sıkışan şekil değiştirme enerjisinin bir anda patlamasıyla meydana gelen tabakaların hareketi ve bu hareketten kaynaklanan titreşimlerin dalgalar halinde yayılması ile yer tabakasının ve dalgaların geçtiği çevreleri sarsıntıya uğratması durumuna deprem denir (Köroğlu, 2017).

2.1.1. Deprem Oluşumu ve Türleri

Depremler oluş nedenlerine göre; çöküntü, volkanik ve tektonik olmak üzere üç ayrı grupta toplanabilmektedir (Albay, 1994). Tektonik depremler dünya üzerindeki depremlerin %90'ını kapsamaktadır (Yanık, 2008). Tektonik deprem esnasında, yer kabuğunu oluşturan plakalar fay hattı boyunca hareket eder ve bu hareket sebebiyle nüfuz eden yer değiştirme dalgaları azalarak uzak noktalara yayılır (Albay, 1994). Yer kabuğundaki fayın kırılmasıyla açığa çıkan enerji yeryüzünde bulunan yapıları da etkilemektedir. Yapıların bu enerjiyi en az hasarla atlatabilmesi için sünek bir davranış sergilemesi gerekmektedir. Sünek davranış gösterebilen yapılarda, yapı elemanlarının enerjiyi hapsedebilmesinden dolayı bazı çatlama ve ötelenmeler oluşabilmektedir. Sünek davranış sergileyemeyen yapılarda ise göçmeler meydana gelmektedir (Düzoylum, 2023). Deprem esnasında ortaya çıkan enerji ve bu enerjinin yapıya verdiği hasarlar göz önüne alındığında, deprem enerjisini sönmüleyebilecek dayanıklı yapı tasarımları, yapı-inşa sektörünün en önemli kriterlerinden biri olmalıdır.

2.1.2. Deprem Parametreleri

Deprem parametreleri, meydana gelen depremleri tanımlayabilmek ve anlayabilmek adına kullanılan birtakım kavramları kapsamaktadır (İşçi, 2008). Bunlar; odak noktası, dış merkez, odak derinliği, şiddet ve büyüklük gibi kavramlardır. Odak Noktası (Hiposantr): İç merkez olarak da adlandırılan bu kavram, deprem enerjisinin ortaya çıktığı noktadır. Uygulamalarda nokta olduğu varsayılan kavram aslında bir alanı

kapsamaktadır (Edemen vd., 2023). Dış Merkez (Episantr): Merkez üssü olarak da ifade edilen, deprem enerjinin ortaya çıktığı noktaya en yakın olan yeryüzündeki alandır (Öztürk, 2000). Hiposantra yakın olması sebebiyle, depremlerin en çok hasara uğrattığı ve en yoğun hissedildiği noktadır. Depremin şiddetine göre farklı boyutlara ulaşabilmektedir. Odak Derinliği: Hiposantr ile episantr arasındaki mesafe odak derinliği olarak adlandırılmaktadır. Tektonik depremlerde bu mesafe; sığ, orta ve derin olmak üzere üç farklı derinlikte ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde meydana gelen depremler, derinliği genellikle 10-30 km aralığında olan sığ depremlerdir. Sığ depremler, yeryüzüne olan mesafe daha az olduğundan yeryüzüne daha hızlı ulaşmakta ve daha yıkıcı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Düzoylum, 2023). Şiddet: Depremlerin, yeryüzünde hissedilen herhangi bir noktaya olan etkisini ölçülendirebilmek için kullanılan kavramdır. Depremlerin; doğaya, yapılara ve insanlara verdiği hasar bu ölçüyü belirlemektedir (Ferlibaş, 2020). Büyüklük (Magnitüd): Deprem esnasında ortaya çıkan enerjinin ölçüsü, depremin büyüklüğü ya da magnitüd olarak adlandırılmaktadır. Günümüzde bu büyüklük, sismografik gözlemlere ve Richter ölçeğine göre belirlenmektedir (Öztürk, 2000). Geçmişten günümüze kadar oluşan depremler arasındaki ölçülen en yüksek büyüklük 8,9 olarak saptanmıştır (Düzoylum, 2023).

2.1.3. Türkiye ve Deprem

Türkiye Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Ülkemiz içinde bulunduğu kuşak, topografik, sismik ve iklim şartlarından ötürü doğal afetlere sürekli maruz kalmaktadır. Depremler ülkemizde meydana gelen doğal afetler arasında ilk sırada yerini almaktadır (Soyluk ve Dabaz, 2023). 1900 yılından itibaren ülkemiz can kaybıyla sonuçlanan 269 depreme maruz kalmıştır ve can kaybı bakımından değerlendirildiğinde dünya genelinde üçüncü sırada yer almaktadır. Yaşanan depremlerin en büyükleri 2023 Kahramanmaraş 7,8, 1939 Erzincan 7,9 ve 1999 Marmara 7,4 büyüklüğündeki depremlerdir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı [TSBB], 2023; T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı [AFAD]). Ülkemizde ağır kayıplarla sonuçlanan bu depremler deprem tehlikesinin boyutunu göstermektedir (İnan ve Korkmaz, 2012). Günümüz teknolojisinde, yapıların yüksek şiddetli depremlere maruz kalması durumunda bile yıkılmaması ve depremden sonra kullanılabilecek düzeyde olmasını sağlayan imkanlar

bulunmaktadır. Bu teknolojik imkanları değerlendiren ve kullanan Japonya, ABD, Yeni Zelanda gibi ülkelerdeki depremler, ülkemizde yaşanan depremlerden daha büyük olmasına rağmen daha az can ve mal kaybı ile sonuçlanmaktadır (Küçük, 2006). Ülkemizde doğal afetler içerisinde en büyük risk taşıyan depremlere karşı alınabilecek önlemlerin başında dayanıklı yapı tasarımı gelmektedir. Dayanıklı yapılar, çeşitli yönetmelikler doğrultusunda tasarlanan, deprem enerjisine karşı koyarak, sünekliliğini ve rijitliğini sağlayarak üzerine etkiyen deprem yüklerini zemine kontrollü bir biçimde aktarabilmektedirler (Düzoylum, 2023).

2.1.4. Türkiye’deki Deprem Yönetmelikleri

Ülkemizde 27 Aralık 1939’da yaşanan Erzincan depreminden sonra ilk deprem yönetmeliği çıkmıştır ve günümüze kadar 9 kez revizeye uğramıştır (Sezen vd., 2000). Yönetmeliklerin ortak hedefi, dayanıklı yapı tasarımını ön planda tutarak depremlerde yaşanan can ve mal kayıplarını en aza indirmektir. Geçmişten bu yana çıkan deprem yönetmeliklerine bakıldığında, ilk yönetmeliklerin deprem-yapı arasındaki ilişkiyi tam olarak sağlayamadığı bilinmektedir (Cansız, 2022).

Dönem içerisinde çıkan yönetmelikler yetersiz kaldıklarında güncellenerek değiştirilmişlerdir (Düzoylum, 2023). İlk yönetmelik 1940 “Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi” adı ile yayınlanmış ve zaman içerisinde değişimlere uğrayarak yeniden ilan edilmiştir (Tablo 2.1) (Adar vd., 2021).

2.1. Deprem Yönetmeliklerinin Kronolojik Sıralaması

Çıkış Tarihi	Yönetmeliğin Adı
1940	Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi
1944	Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi
1949	Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği
1953	Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1962	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1968	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1968)

Çıkış Tarihi	Yönetmeliğin Adı
1975	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1975)
1998	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998)
2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)
2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)

Kaynak: Cansız (2022).

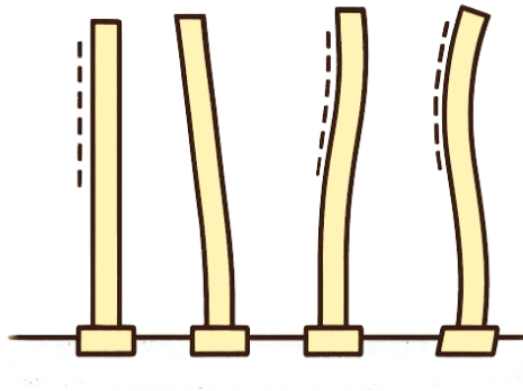
Betonarme yapıların henüz yaygınlaşmadığı dönemde çıkarılan 1940 Zelzele Mintikalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesinde daha çok mimari unsurlara yer verilmiş, duvar kalınlıkları, hacimsel yükseklikler üzerinde yoğunlaşmıştır (Adar vd., 2021). 1944 Zelzele Mintikaları Muvakkat Yapı Talimatnamesinde ise daha çok resmi işlere, ruhsat ve cezai hükümler gibi unsurlara değinilmiştir (Parlar, 2019). Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği adı ile çıkan 1949 yönetmeliğinde, yapılardaki temel türü ile ilgili birtakım zorunluluklar getirilip radyejeneral temel ya da temel kazık kullanılması önerilmiştir (Alyamaç ve Erdoğan, 2005). Betonarme teriminin ilk defa kullanıldığı yönetmelik olan ve 1968 yılında çıkarılan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik; yapıların olabildiğince yalın bir şekilde inşa edilmesi gerektiğini vurgulamakta ve sadece deprem değil diğer farklı afetlerden de korunmanın yollarını kapsamaktadır. 1968 yönetmeliği güncellenerek 1975 yönetmeliğinde de yer almaktadır (Adar vd., 2021). 1999 yılında çok sayıda can ve mal kaybı ile sonuçlanan Marmara Depremi'nden sonra, 1998 yönetmeliğinin yenilenmesi zorunluluğu sonucunda; 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik güncellenerek 2007 tarihli Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik çıkarılmıştır (DBYBHY, 2007). Günümüzde değişmekte ve gelişmekte olan teknik ve bilim ışığında oluşturulup halen kullanılmakta olan 2018 de Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikte yapısal sorunlar ve deprem unsuru daha geniş bir ölçüde ele alınmaktadır (Adar vd., 2021).

2.2. Deprem Etkisi Altında Yapıların Sismik Performansı

Yer kabuğundaki fayın kırılmasıyla açığa çıkan enerji ile beraber yayılan sismik dalgalar yeryüzünde bulunan yapılara da etkiyerek, yapıları harekete geçirmektedir. Yapıların bu hareket sonucu dayanım gösterebilmeleri için yapıya etki eden deprem yüklerinin özellikleri bilinmelidir (Öztürk, 2000).

2.2.1. Deprem Yükleri

Yapılar, yapıya etki eden her türlü düşey ve yatay yükleri taşıyarak zemine iletmelidir. Düşey yükler; yapıdaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan her türlü yapısal elemanı veya sabit yükleri kapsarken, yatak yükler; deprem ve rüzgâr yüklerini kapsamaktadır (Şahbaz, 2005). Deprem esnasında yapılar, yıkıcı deprem yükleri etkisinde kalmaktadır. Bu etki sonucu kimi yapılar yıkılırken kimi yapılar ise çeşitli hasarlar almaktadır (Şengül, 2023). Yapılara etkiyen deprem yükleri, yapının ve depremin özelliklerine göre değişmektedir. Hafif yapılar ağır kütleli yapılara oranla deprem hareketinden daha az etkilenmektedir (Öztürk, 2000). Deprem etkisi ile yapı birtakım kuvvetlere maruz kalmakta ve bu kuvvetlere karşı davranış sergilemektedir (Darılmaz, 2019). Şekil 2.1’de deprem esnasındaki yapı davranışı basit bir şekilde ele alınmaktadır. Depremin etki ettiği titreşim, zemini ve dolayısıyla yapının tabanını harekete geçirerek yer değişimine sebep olmaktadır. Yapı eylemsizliği bu harekete karşı tepki gösterir, yapıda yatay ve düşey eksenlerde kuvvetlerin oluşmasına neden olmaktadır (Öztürk,2000). Bu eylemsizlik kuvveti sonucunda yapılarda dalgalı ve düzensiz salınımlar ortaya çıkmaktadır.



2.1. Deprem Yüğü ile Yapı Salınımı

Deprem yükleri; yapının ve depremin özelliklerine göre değişiklik göstermektedir.

Yapının Özellikleri: Deprem dalgası ile beraber yapıya etki eden kuvvetler yapının; kütle, tasarım ve malzemelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Kütleli ağırlığı fazla olan yapılar, daha fazla deprem yüküne maruz kalmakta ve depremden daha fazla etkilenmektedir. Bu doğrultuda aynı büyüklükte oluşan depremlerde ağır yapılar hafif yapılara oranla daha fazla zarara uğramaktadır (Bayülke, 1998).

Depremin Özellikleri: Depremin büyüklüğüne ve yapının deprem merkezine olan uzaklığına bağlı olarak, depremin yapıya etki ettiği yük değişiklik göstermektedir (Öztürk, 2000). Deprem esnasında ortaya çıkan enerji ölçüsünün fazla olduğu durumlarda ve yapıların deprem merkez üssüne yakın olduğu noktalarda depremin şiddeti daha büyük olmaktadır. Deprem yükünü etkileyen bir diğer faktör ise deprem hareketinin süresi olarak açıklanmaktadır. Yer salınımının oluşturduğu eylemsizlik yüklerinin yapıya etki edebildiği süre 10-50 sn. aralığında değişmektedir. Hareketin devam ettiği süre ne kadar uzar ise depremin şiddeti de bu doğrultuda artmaktadır (Öztürk, 2000).

2.2.2. Deprem Yüğü Hesabı ve Mod Birleştirme Yöntemi

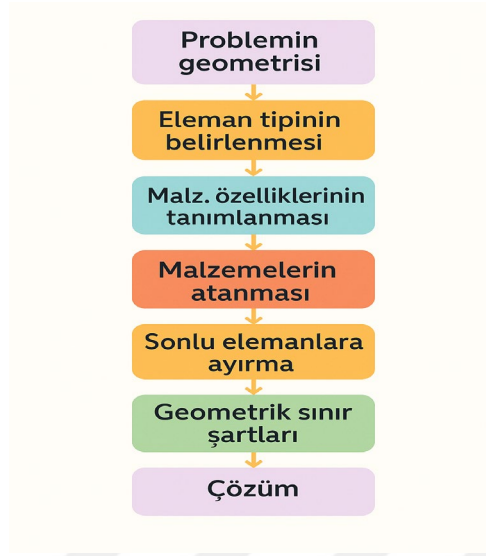
Yapı strüktürüne etkiyen deprem yüklerinin hesabında birden fazla yol izlenebilmektedir. Deprem yönetmeliklerinde, hesaplamaların yapılabilmesi için birtakım sınırlamalar mevcuttur. 1975’de yürürlüğe giren deprem yönetmeliğinde; hesaplama yöntemleri, yapı yüksekliği 75 metre ve altında kalan yapılar için kullanılmaktaydı. Gelişen teknoloji ve hesaplama yöntemleri ile beraber; yeni yönetmeliklerde deprem yükü hesabı, yapı yüksekliği ile sınırlı kalmamış, yapı yüksekliğinin yanı sıra deprem bölgesi ve yapı düzensizliği gibi faktörler de hesaplamalarda kullanılan kriterler arasında sayılmıştır (Bahçecioğlu,2005). Yeni yönetmelikler ve belirtilen kriterler doğrultusunda deprem yükü hesaplama yöntemleri; eşdeğer deprem yükü, mod birleştirme ve zaman tanım alanında hesap yöntemi olarak üç farklı şekilde yapılabilir. Eşdeğer deprem yükü hesabında, yapıların ilk modu esas kabul edilmektedir. Deprem yüklerinin dağıtılması ve titreşim hesaplamasında yapı kütlesi etken olduğundan bu hesaplamada yapının ilk serbestlik derecesi ele alınmaktadır. Mod birleştirme yönteminde ise; deprem yüklerinin bulunabilmesi için tüm titreşim zamanları, mod şekilleri ve toplam yüklerin katlara yayılması ile ilgili mod şekilleri hesaba katılmaktadır (Özdemir, 2005). Mod

birleştirme yöntemi kapsamında, yapılarda ağırlığın katlarda toplandığı kabul edilmekte ve her kat özelinde öteleme ve dönme hareketi ele alınmaktadır. Hesaba katılan dönme hareketi sonucunda katlarda meydana gelen ağırlık ve rijitlik merkezlerinin çakışma etkisi de hesaplanmaktadır. Mod birleştirme yöntemi; bir tür elastik çözümleme yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Deprem etkisi altında bulunan yapıda, serbest titreşim modlarının ve sistem davranışının deprem yüklerine karşı tepkilerinin ayrı ayrı ele alınması ve sonrasında birleştirilmesi ile sonuca ulaşılan bir hesaplama yöntemidir (Özdemir, 2005). Mod birleştirme yöntemi, çok fazla mod etkisini kapsadığından dolayı tüm yapılarda uygulanabilmektedir. Yukarıda bahsedilen yöntemler aracılığı ile hesaplanan deprem yüklerinin yapılarda meydana getirebilecek hasarları saptayabilmek adına birtakım araçlar geliştirilmiştir. Deprem yüklerinin yapı üzerindeki etkilerini belirleme ve yapı performansını değerlendirebilme aşamalarında sonlu elemanlar yöntemi devreye girmektedir. Yapı düzensizliklerinin bulunduğu ve karmaşık formlara sahip yapılar için sonlu elemanlar yöntemi tercih edilir bir araçlardan biridir.

2.2.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Gelişmiş bilgisayar teknolojileri beraberinde mühendislik problemlerinde kullanılan sayısal hesaplamaları da geliştirmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi, gelişen teknoloji ve hesaplamalarla çözüme ulaşan modern bir hesaplama yöntemi olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda mühendislik hesaplamalarının çözümünde birçok yöntem kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi diğer yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Sonlu elemanlar yönteminin uygulandığı ortamın bütünü çok sayıda sonlu bölgeye bölünmektedir. Hesaplamanın yapılacağı ortamın çok sayıda parçaya bölünmesi, çözümü yapılacak ortamın karmaşık olması, düzensiz bir forma sahip olması gibi zor problemlere de kolay çözüm olanağı sağlamaktadır. Sonlu sayıda elemanlara bölünen ortam düğüm noktaları ile birbirine bağlanmaktadır (Kaplan, 2021). Sistemdeki kuvvet dağılımını daha net hesaplayabilmek için sistemi çok sayıda elemana bölmek önemlidir. Oluşturulan bu sayısal modelde, düğüm noktalarına dış etken uygulanarak sistemde değişiklikler oluşturulmakta ve sistemde meydana gelen bu değişimler bilgisayar yardımı ile çözülmektedir. Bu hesaplamalar ile sistemdeki gerilmeler ve form değiştirmeler incelenebilmektedir (Güler ve Şen, 2015). Sonlu elemanlar yönteminde; DR: Rijitlik matrisi, U: Deplasman vektörü ve F: Düğüm

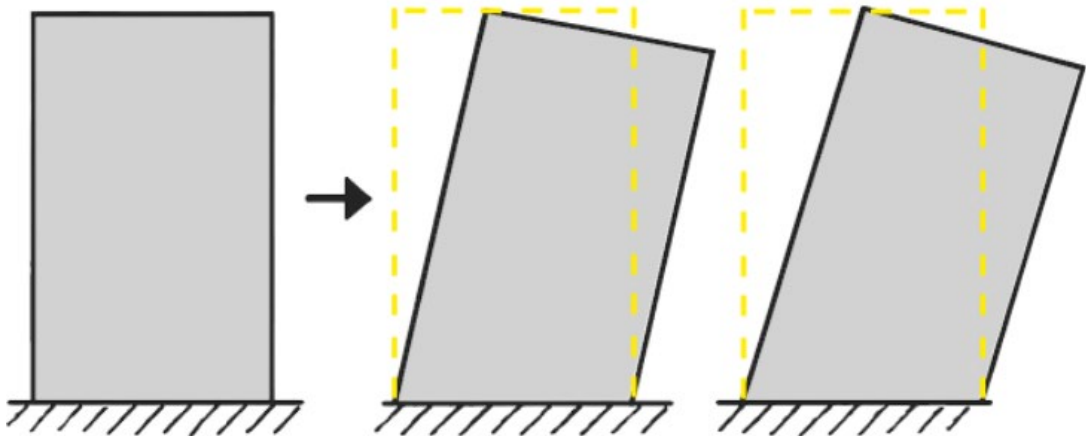
noktası yük vektörü olmak üzere $(DR).(U)=(F)$ formülü kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar yönteminin uygulama aşamaları Şekil 2.2’de gösterilmektedir.



2.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi

2.3. Yapıların Deprem Davranışı

Deprem esnasında ortaya çıkan sismik dalgalar, özelliklerinden dolayı zeminde üç boyutlu salınımlara sebep olmaktadır. Bu salınımlar sonucu yapılar yatayda ve düşeyde hareket ederek hasara uğramaktadır (Hünük, 2006). Yapıların strüktür sistemi meydana gelen bu harekete eylemsizlik kuvveti uygulayarak karşı koymaktadır (Albay, 1994). Yapıların deprem esnasındaki davranışı en yalın hali ile Şekil 2.3’de gösterilmektedir.



2.3. Deprem esnasında yapı hareketi

Yapıların depreme karşısındaki davranışları birden fazla faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Mertol, 2002). Bu faktörler;

- Depremin büyüklüğü, ivmesi ve enerjisi.
- Hiposantr (iç merkez) ve episantr (merkez üssü) noktalarının yapı merkezine olan uzaklığı.
- Depremin iç merkezi ile deprem alanı arasındaki zemin tabakalarının özellikleri.
- Depremin yeryüzünde hissedilen etkisi yani şiddeti.
- Fay hattının yapılara olan mesafesi.
- Yapının tasarımı, formu, malzemesi, strüktür sistemi, taşıyıcı sistemin rijit veya esnek oluşu gibi faktörler depreme karşı yapı davranışını şekillendirmektedir.

2.3.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı

Depreme dayanıklı yapı; deprem vb. dinamik dış kuvvetlere karşı dayanım sağlayarak ayakta durabilecek nitelikte olan yapılar olarak tanımlanmaktadır (Solak, 2022). Deprem yükleri, yapılara etki eden yükler arasında önemli yer tutmaktadır. Yapılara etki eden deprem yükleri birden fazla faktöre bağlı olduğundan ve yapıya etkisinin şiddeti kestirilemediğinden dolayı depreme dayanıklı yapı tasarımı büyük önem taşımaktadır (Akçaer, Özdemir ve Soyluk, 2015; Akbulut, 2005). Bu doğrultuda depreme dayanıklı yapı tasarımlarının ana hedefi, depremin yapılara etki ettiği yatay eylemsizlik yüklerini sürekli bir taşıyıcı sistem düzeni ile zemine aktarılmasını sağlamaktır. Toplumda ve yapı sektöründe depreme dayanıklı yapı tasarımının, inşaat mühendislerinin çalışma kapsamında olduğu düşünülmektedir (Morales-Beltran, Charleson ve Aydın, 2020). Fakat yapı strüktür sisteminin, yapının geometrik formuna göre tasarlanması gerektiği göz önünde bulundurulduğunda, mimari tasarım kararları depreme dayanıklı yapı tasarımında önemli bir etken olmaktadır (Arbabian, 2000; Estrada ve Lee, 2009). Yapının deprem esnasında yeterli dayanımı sağlayarak, sünekliğini ve rijitliğini bozmadan gelen yükleri kontrollü bir şekilde zemine aktarabilmesi için yapının taşıyıcı sisteminin ve geometrik formunun bir uyum içerisinde çalışması gerekmektedir (Hünük, 2006). Bu doğrultuda dayanıklı bir yapı tasarımı için yapıların tasarım aşamasından uygulama aşamasına kadar olan süre

zarfında mühendislerin ve mimarların bir bütün halinde çalışmayı sürdürmeleri büyük önem taşımaktadır.

2.3.2. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım Kriterleri

2007 yılında yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik kapsamında, dayanıklı yapı tasarımının ilkeleri üç madde altında toplanmaktadır. Bu ilkeler;

- Yapısal veya yapısal olmayan tüm yapı elemanlarının hafif şiddetli depremlerde zarar görmemesi,
- Orta şiddetli depremlerde tüm yapı elemanlarında meydana gelecek olan zararların onarılabilecek boyutta olması,
- Yüksek şiddetle sonuçlanan depremlerde ise can kaybına sebep olmamak adına yapıların göçmesi önlenmelidir (TBDY, 2018).

Yapı formunun deprem yükleri düşünülmeden tasarlanmış olması, strüktür elemanlarının kesit yetersizliği, işçilik kusurları ve yeterli denetimlerin uygulanmaması deprem hasarlarına sebep olan büyük etkenler olarak görülmektedir (Küçük, 2006). Yapıların deprem yükleri altındaki tepkisinde, ağırlığı, strüktür elemanlarının konumu, boyutları ve yapının inşa edildiği zemin durumu gibi faktörlerin yanında mimari tasarımda alınan kararlarda etkili olmaktadır. Deprem esnasında yapılarda burulma etkilerinin oluşmaması adına yapılar olabildiğince simetrik tasarlanmalıdır (Gümrükçü, 2002). Yapıların depreme karşı yeterli performansı gösterebilmesi adına; dayanım, rijitlik ve süneklik gibi koşulları sağlayabilmesi gerekmektedir (Özen, 2018). Dayanım; yapıya etki eden yükler karşısında taşıyıcı elemanların, yapıda hiçbir hasar meydana gelmeden yapıyı ayakta tutabilmesi olarak adlandırılmaktadır. Rijitlik; yapının deprem yükü başta olmak üzere yatayda etkileyen tüm yükler karşısında yanal eğilimlere karşılık verebilmesidir. Süneklik; strüktür elemanlarının, taşıma limitlerinde ciddi azalmalar meydana gelmeden elastik davranış sergileyebilme yeteneğidir (Gümrükçü, 2002). Mimari tasarım kararlarının da deprem yükleri karşısında yeterli dayanımı sağlayabilmek adına iyi planlanmış olması gerekmektedir. Bu doğrultuda tasarım aşamasında; yapının hafifliği, yapının formu ve yapının sürekliliği gibi faktörler dikkatle ele alınmalıdır (Özen, 2018).

2.3.3. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Önemi

Sismik tasarım, mühendis ve mimarların ortaklaşa üstlenmeleri gereken bir sorumluluktur. Yapıların deprem karşısındaki etkilerini inceleyen uzmanlar, mimari tasarımın sismik tasarıma etki eden en önemli unsurlardan biri olduğunu öne sürmektedir. Deprem sonrası yapılan gözlemlerde mühendislik kusurları göz önünde olsa da genel olarak mimari tasarımdaki sismik hareketlere zıt tasarımlar yapıların deprem dayanımını belirlemektedir (Özgen, 2002). Yapı formunun, mimari tasarım aşamasında şekillenmesi deprem dayanımının da yine tasarım aşamasında şekillendiğini göstermektedir (Ersoy, 1999). Binaların depremde hasara uğramasının sebepleri; tasarım hataları, yetersiz ve kalitesiz malzeme, işçilik hataları, kullanım hataları, düzensiz yapılaşmalar ve zemin sıkıntıları gibi unsurlardan kaynaklanmaktadır (Konak, 2002). Yapılan çalışmalar, deprem dayanımının büyük bir oranda mimari tasarım evresinde belirlendiğini öne sürmektedir. Tasarım evresinde deprem davranışına aykırı olabilecek bir formun seçilmesi olumsuz sonuçlara yol açmaktadır (Öztürk, 2000). Taşıyıcı sistemin ve statik hesaplamaların mimari forma göre şekillendiği göz önünde bulundurulduğunda, statik çözümlerin zorluğu ve kolaylığı mimari tasarım ile doğrudan bağlantılıdır. Statik çözümü karmaşık olan yapılar, deprem yükleri karşısında zorlanmaktadır. Bu doğrultuda; mimari tasarım ve statik çözüm evrelerinde mimar ile inşaat mühendisinin iş birliği içerisinde çalışmaları, depreme dayanıklı yapı uygulamaları açısından göz ardı edilmemesi gereken bir konu olmaktadır.

2.3.4. Depreme Dayanıklı Yapı ve Mimari Tasarım Kararları

Mimari tasarım ve strüktür tasarımı, yapı tasarımlarında beraber yürütülmesi ve etkileşim içerisinde olması gereken iki aşamadır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında; mimarlar, inşaat mühendisleri, jeoloji mühendisleri, yapı denetimciler vb. disiplinler arasındaki etkileşimler oldukça önem taşımaktadır (David, 1997; Bachmann, 2003). Yapıların geometrisi, kullanım amacı gibi faktörler taşıyıcı sistem seçimini doğrudan etkilemektedir (Albay, 1994). Yapılara etkiyen yükler içerisinde deprem yükleri büyük önem taşımaktadır. Taşıyıcı sistem çözümlerinin deprem yüklerine göre tasarlanması depreme dayanıklı yapı tasarımı için yeterli olmamaktadır. Taşıyıcı sistem tasarımına geçilmeden önce mimari tasarım aşamasında alınan kararların deprem yükleri kapsamında ele alınması gerekmektedir. Deprem yükleri yapılara çok kısa zaman

içerisinde etki etmektedir. Deprem yükleri ile karşılaşana dek herhangi bir yatay yüke maruz kalmamış olan taşıyıcı sistem, deprem esnasında ciddi bir yatay yük ile karşılaşmaktadır (Özdaş, 2008). Taşıyıcı sistem çözümlemelerinde ele alınan davranış şekilleri ve deprem yükleri altındaki davranışlar birbirleri ile benzer hareketlerdir. Bu sebeple deprem yükleri karşısında yeterli dayanımı sağlayabilmek adına taşıyıcı sistem tasarımı büyük önem taşımaktadır. Gelişen teknoloji ışığında yapılan bilimsel araştırmalar, depreme dayanıklı yapı tasarımında en önemli aşamalardan biri olarak mimari tasarım aşamasını öne sürmektedir. Tasarım ve uygulama aşamalarında zemin etkilerinin, yapı geometrisinin ve strüktür tercihinin depreme dayanıklı yapı tasarımları için göz ardı edilmemesi gerekmektedir (Akbulut, 2005).

Depremlerin yıkıma uğrattığı yapılar incelendiğinde, yanlış ve yetersiz malzeme kullanımı ve hatalı hesaplamaların yanında depreme dayanıklılık kriterlerini karşılayamayan mimari tasarımların sistemi sarstığı görülmektedir (Özen, 2018). Dolayısıyla daha dayanıklı, kullanışlı ve ekonomik bir yapı ortaya çıkarabilmek doğru planlanmış bir tasarım süreci ile mümkün olabilmektedir. Bu sebep ile yapı tasarım aşamasında; deprem yüklerinin, hareketinin ve yapıya etki edebilecek etkilerinin mimarlar tarafından hesaba katılması gerekmektedir (Ersoy ve Ersoy, 1992; Küçük, 2006). Yaşanan depremler sonrası yapılan çalışmalar, depreme dayanıklı yapı tasarımı için dikkate alınması gereken üç ana koşulu öne çıkarmaktadır (Özen, 2018). Bu koşullar;

- Depreme dayanıklı mimari tasarım
- Kanun ve yönetmeliklere uygunluk
- Standartlara uygun malzeme ve uygun denetim olarak sıralanabilmektedir.

Mimari tasarım aşamasında yukarıda bahsedilen koşulların göz ardı edilmesi, yanlış tasarım kararları, burulma ve rezonans gibi çeşitli salınımların sebep olduğu gerilme yükleri, deprem yükü altındaki bazı yapı bölümlerinin zayıflaması ve yüklerin belirli noktalarda birikmesi yıkıcı sonuçlara sebep olabilmektedir (Zacek, 1996). Mimarlar her türlü güvenlik ve rahatlık olanaklarını sağlayan yapıların yapımıyla yükümlüdür. Yapıların deprem direncini hesaplayabilmek sadece standartlara uygunluk ile saptanamayacağından, tasarım aşamasında standartların eksik ve olumsuz yönleri de ele alınmalıdır.

2.4. Türkiye Deprem Yönetmeliğindeki Yapı Düzensizlikleri

Yapıların tasarım ve projelendirme evrelerinde taşıyıcı sistem kararları verilirken; tasarlanan taşıyıcı sistemin kendi yükleri ile yapıya etki eden diğer tüm yükler ve hareketli yükler haricinde yapıya etki edebilecek deprem yüklerini de kaldırabilmesi gerekmektedir (Akbaş ve Çalışkan, 2023). Taşıyıcı sistemin yükleri güvenli bir şekilde taşıyıp zemine iletebilmesi yapıların simetrik ve düzenli bir sisteme sahip olmasıyla mümkün olabilmektedir (Aşıkkutlu, 2003). İlk olarak Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (ABYBHY 1998)'de karşımıza çıkan yapısal düzensizlik kavramı, 2007'de Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik adı altında genişletilerek tekrardan ele alınmaktadır (DBYBHY, 2007). Günümüzde kullanılmakta olan TBDY 2018'de yapısal düzensizlik kavramı revize edilmeyip DBYBHY 2007'deki tanımları dahilinde aktarılmaktadır (TBDY, 2018).

Yapısal düzensizlik, DBYBHY 2007 kapsamında plan düzleminde ve düşey doğrultuda olmak üzere ele alınmaktadır.

a. Plan Düzleminde Düzensizlik

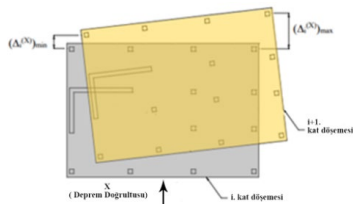
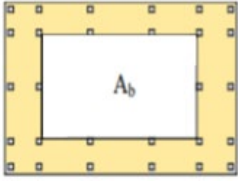
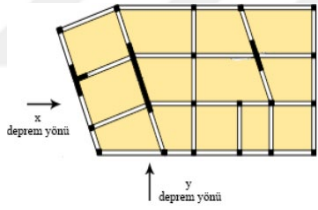
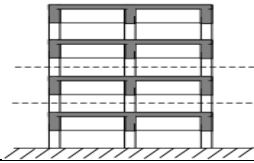
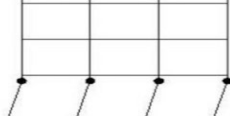
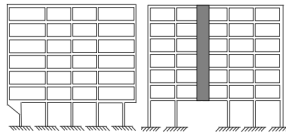
- Burulma Düzensizliği (A1)
- Döşeme Süreksizliği (A2)
- Plan Düzleminde Çıkıntılar Bulunması (A3)
- Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması (A4)

b. Düşey Doğrultuda Düzensizlik

- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği/Zayıf Kat (B1)
- Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği/Yumuşak Kat (B2)
- Taşıyıcı Sistem Düşey Eleman Süreksizlikleri (B3)

Deprem etkisi altında olumsuz davranış sergileyen düzensiz binaların tanımı ile bağlantılı olarak, plan düzleminde ve düşey doğrultuda ortaya çıkan düzensizlik durumları Tablo 2.2'de gösterilmektedir.

2.2. Türkiye Deprem Yönetmeliği Düzensiz Binalar

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI			
A1 Burulma Düzensizlikleri		Katlar arasında oluşan yatay doğrultudaki öteleme oranının uyuşmaması.	
A2 Döşeme Süreksizliği		Döşeme boşluklarının kat toplam alanının 1/3 oranından fazla olması durumu.	
A3 Planda Çıkıntılar Bulunması		Çıkıntıların, plan boyutlarının %20'sinden fazla olması.	
A4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması		Yatay kuvvetleri taşıyan elemanların, yapının asal eksenine paralel olmaması.	
B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI			
B1 Zayıf Kat Düzensizliği		Katlar arasındaki dayanım düzensizliği katsayısının 0.80'den küçük olması.	
B2 Yumuşak Kat Düzensizliği		Komşu katlar arası rijitlik farkı, yükseklik farkı durumlarının olması.	
B3 Taşıyıcı Sistem Düşey Eleman Süreksizliği		Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin ya da kolonlara oturtulması.	

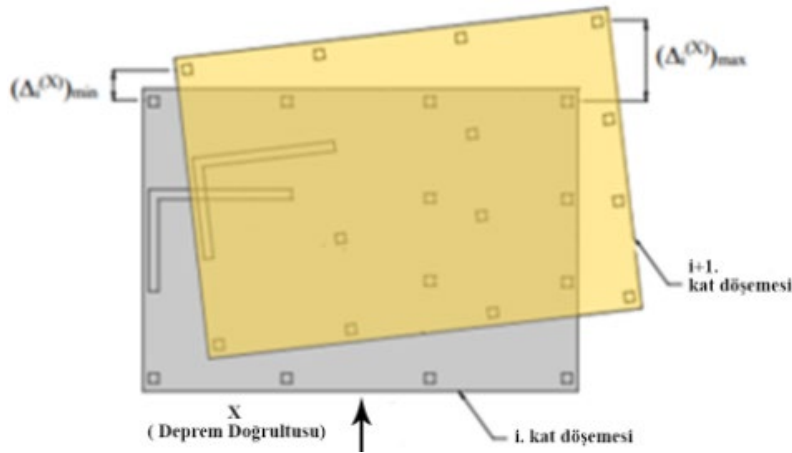
Kaynak: TBDY (2018).

2.4.1. A- Plan Düzleminde Düzensizlik Durumları

Yapılara etki eden deprem kuvvetlerini güvenle zemine aktarabilmek için taşıyıcı sistemin ve yapısal elemanların belirli bir dayanım ve rijitlikte olması beklenmektedir. Deprem yüklerinin güvenli bir şekilde zemine aktarılması ancak taşıyıcı sistemin ve yapısal elemanların sürekliliği ile sağlanabilmektedir (Sadat,2021). Bu doğrultuda yönetmeliklerde bazı sınırlamalar içerisinde düzensizliklere izin verilse de düzensiz yapıların yapımından ve tasarımından kaçınılması gerektiği belirtilmektedir. Plan düzleminde düzensizlik durumları DBYBHY 2007’de detaylı olarak ele alınmaktadır. DBYBHY 2007 kapsamında plan düzleminde düzensizlikler; A1 burulma düzensizliği, A2 döşeme süreksizlikleri, A3 planda çıkıntılar olması, A4 taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması şeklinde tanımlanmaktadır (DBYBHY, 2007).

• A1- Burulma Düzensizlikleri

İki birbirine dik olan deprem doğrultularından herhangi birinin, kat fark etmeksizin en büyük kat ötelemesinin aynı doğrultuda aynı katta bulunan ortalama kat ötelemesine oranı burulma düzensizlik faktörü olarak adlandırılmaktadır (Sadat, 2021). Burulma düzensizlik faktörünün (η_{bi}) 1,2’den fazla olması, yapıda burulma düzensizliğinin olduğunu göstermektedir (Şekil 2.4). (TBDY, 2018).



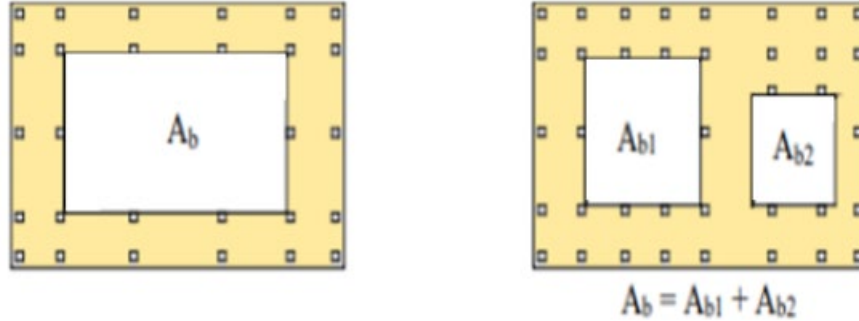
2.4. Burulma Düzensizliği Hesabı

Kaynak: TBDY (2018).

• A2- Döşeme Süreksizliği

Herhangi bir kat düzleminde döşemede bulunan toplam boşluk alanının, kat brüt alanının 1/3’ünden fazla olması (Şekil 2.5), döşeme boşluklarının, yatay yüklerin

taşıyıcı sistem elemanlarına aktarabilmesini zorlaştıracak düzensizlikte olması, döşemelerin düzlem içi dayanım ve rijitliğinde azalmaların meydana gelmesi (Şekil 2.6) gibi durumlarda döşeme süreksizlikleri ile karşılaşmaktadır (Özdemir, 2005).



2.5. A2 Düzensizliği (TBDY, 2018).

Kaynak: TBDY (2018).

A: Brüt Kat Alanı ve A_b : Boşluk Alanları olmak üzere;

$A_b/A > 1/3$ ise döşeme süreksizliği var kabul edilmektedir.

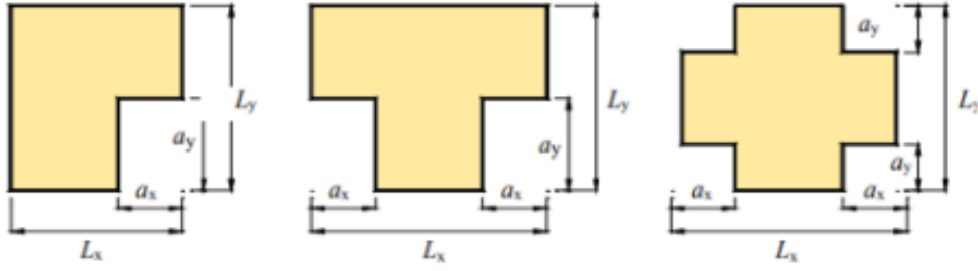


2.6. A2 Düzensizliği

Kaynak: TBDY (2018).

• A3- Planda Çıkıntılar Bulunması

Yapı kat planlarında çıkıntı bulunan bölümlerin, birbirine dik olan eksendeki boyutlarının aynı kat ve aynı eksendeki plan boyutları toplamının %20'sinden fazla olması durumunda ortaya çıkan düzensizlik durumudur (Şekil 2.7).



2.7. A3 Düzensizliği

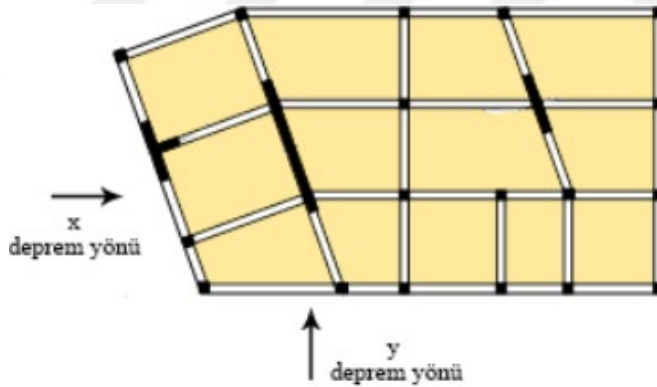
Kaynak: TBDY (2018).

L_x - L_y yapı uzunları ve a_x - a_y çıkıntı boyutları olmak üzere;

$a_x > 0.2 L_x$ ve $a_y > 0.2 L_y$ durumunda A3 türü düzensizliği ile karşılaşılmaktadır.

• A4- Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması

Yapıda yatay kuvvetleri taşıyan elemanların, depremin etki ettiği asal eksenlere paralel olmaması durumunda ortaya çıkan düzensizlik durumudur (Şekil 2.8) (Özdemir, 2005).



2.8. A4 Düzensizliği

Kaynak: TBDY (2018).

2.5. Mimari Tasarım ve Yapı Düzensizlikleri

Deprem yükleri karşısında meydana gelen yapısal hasarlar, genel olarak yapıların esnek davranış gösterememesinden ve deformasyonlara karşı yeterli elastikite olmamasından kaynaklanmaktadır (Akıncıtürk, 2003). Yapıların esneklik ve rijitlik durumları strüktürel davranışı doğrudan etkilemektedir. Kısa açıklıklar, kısa kolon etkisi ve sehim yapmaya engel olan unsurların noktasal olması gibi faktörler esnek yapı tasarımlarında göz ardı edilmemelidir. Yapı rijitliğinin fazla olduğu tasarımlarda

ise perde sistemleri ve büyük boyuttaki taşıyıcı elemanlar ele alınmaktadır (Akıncıtürk, 2003). Yapı düzensizliklerinin önüne geçmek amacıyla tasarımlarda, süreklilik ön plana çıkmakta ve bunun yanı sıra malzeme kalitesi, donatı yeterliliği ve yerleşimi bir de burulmaya karşı dayanım gösterebilecek simetrik tasarım önem kazanmaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde ele alınan düzensiz binalar ve tanımlamalarını, mimari tasarım açısından ifade etmek gerekir ise;

- Burulma Düzensizliği – A1: Yapıda düşey sirkülasyonu sağlayan merdiven, asansör gibi elemanların yapısal simetriği bozacak şekilde konumlandırılması
- Döşeme Süreksizliği – A2: İmar durumu verilerine göre TAKS VE KAKS oranlarını sağlamak amacı ile havalandırmalar, şaftlar ve galeri boşluklarının döşeme toplam alanının 1/3'ünden fazla olması
- Planda Çıkıntılar Olması ve Taşıyıcı Sistem Eksenlerinin Paralel Olmaması – A3, A4: Yapı tasarımında, yapının geometrik formunun orantısız çıkıntılar bulundurması veya taşıyıcı sistem paralelliğine engel olabilecek formda olması
- Yumuşak Kat Düzensizliği – B2: Zemin katlarının ticari alan olarak kullanıldığı yapılarda daha çok karşılaşılan, üst katlarda bulunan dolgu duvarların zemin katta devam etmemesi ve yerini cam vb. gibi elemanlara bırakması
- Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanlarının Süreksizliği B3: Mekân içerisinde daha büyük açıklık elde etmek amacıyla üst katlardan gelen kolonların alt katlarda iptal edilmesi şeklinde sıralanabilmektedir (Özen, 2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan düzensizlikler haricinde, katlar arası yükseklik farkları, orantısız kütle ve rijitlik dağılımı, hatalı taşıyıcı sistem seçimi, nitelsiz malzeme kullanımı, yapının fonksiyonu ve diğer başka unsurlar ile de düzensizlikler meydana gelebilmektedir.

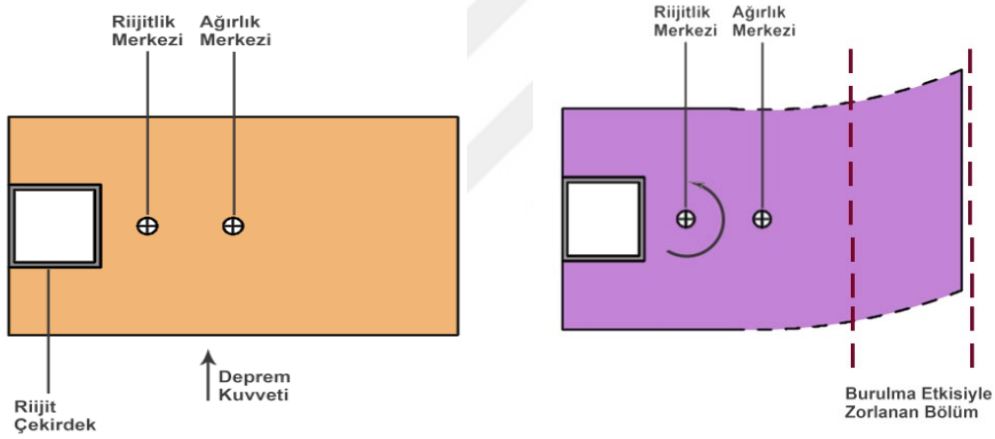
2.5.1. Mimari Tasarımda Plan Düzlemindeki Yapı Düzensizlikleri

Mimari tasarım kararlarında estetik algısı, genel olarak vazgeçilmez bir unsur olmaktadır. Bu doğrultuda yapı geometrik formları farklı biçimlerde karşımıza çıkabilmektedir. Depreme karşı sağlamlık faktörü göz önüne alındığında tasarımların daha yalın formlar halinde ve daha simetrik olması beklenmektedir (Hünük, 2006). Tasarımı daha yalın ve simetrik olmayan yapılar deprem yüklerine karşı yeterli direnci

göstermeyebilmektedir. Mimari tasarım kapsamında plan düzlemindeki yapı düzensizlikleri; burulma düzensizliği ve tek yönde rijitlik, döşeme süreksizliği, plan boyutları ile orantısız çıkıntılarının olması ve düşey taşıyıcıdan bağımsız kirişler olarak ele alınabilmektedir (Erten, 2019).

• Tek Yönde Rijitlik ve Burulma Düzensizliği

Yapılarda kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmadığı durumlarda burulma düzensizliği ortaya çıkmaktadır (Şekil 4). Deprem esnasında yapıya etki eden yüklerin biriktiği nokta yapının kütle merkezi olarak tanımlanırken, taşıyıcı elemanların ağırlık merkezi rijitlik merkezi olarak tanımlanmaktadır (Akçae, Özdemir ve Soyluk,2015). Taşıyıcı sistem elemanlarının plan düzleminde simetrik olmayan yapılarda, deprem anında yatay yüklerin etkisi ile rijitlik merkezi çevresinde dönme hareketi oluşmaktadır (Wakabayashi, 1986) (Şekil 2.9). Bu dönme hareketi, taşıyıcı sistem elemanlarında iç yükler meydana getirmektedir.



2.9. Burulma Düzensizliği

Kaynak: Akçae, Özdemir ve Soyluk, (2015).

Burulma düzensizliği farklı unsurlara bağlı olabilmektedir. Bunlardan bazıları; plan geometrisi, düşey elemanların konum ve boyutları, plan üzerinde taşıyıcı olmayan duvarlar olarak sıralanabilmektedir (Sadat, 2021). Deprem sonrası yapılan çalışmalar doğrultusunda burulma düzensizliği nedeniyle yıkıma uğrayan veya ağır hasar alan birden fazla yapı tespit edilmiştir (Akbaş & Çalışkan, 2023) (Şekil 2.10).



2.10. Kahramanmaraş Depremi, Malatya 2023

Kaynak: Akbaş & Çalışkan (2023)

Burulma etkisi ile hasar alan kolonlarda, kolon alt uçlarının dışa doğru bükülmesi ve kolon boy kısaltmaları yapının düşey taşıyıcılığını riske atmaktadır (Kurt, 2010) (Şekil 2.11).



2.11. Burulma Düzensizliği, Kolon Hasarı

Kaynak: Kurt (2010).

• Döşeme Süreksizliği

Yapı işlevselliğini sağlamak adına yapıda açılan; tesisat shaftı, asansör-merdiven, galeri ve aydınlatma boşluğu gibi açıklıklar döşeme toplam alanının üçte birini geçmeyecek

şekilde planlanmalıdır. Bu planlamanın doğru yapılmadığı durumda döşeme süreksizliği meydana gelmektedir. Döşeme süreksizliğinin bulunduğu yapılarda, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara aktarılması güçleşmektedir (Bayülke, 1998).

Yapılarda gerekli hesaplamalar yapılmadan bırakılan düzensiz boşluklar, döşemeyi kesintiye uğratarak sürekliliğini bozmaktadır. Bu sebeple döşemelere aktarılan yükler taşıyıcı elemanlara aktarılamayarak yapı içerisinde düzensiz dağılım yapmaktadır. Düşey taşıyıcı elemanlara aktarılamayan yükler, kolonlarda yer değiştirmeye sebep olmaktadır (Akbaş ve Çalışkan, 2023). Döşeme boşluklarının düzensiz olduğu yapılarda, sürekliliğin sağlanamadığı bölümlerde hasarlar meydana gelmektedir (Akbaş & Çalışkan, 2023) (Şekil 2.12).

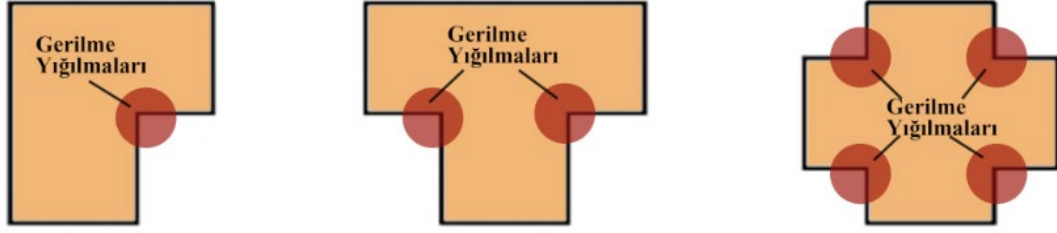


2.12. Kahramanmaraş Depremi, Malatya 2023

Kaynak: Akbaş & Çalışkan (2023)

• Plan Düzleminde Girinti ve Çıkıntılar

TBDY 2018’de belirtilen hesaplamalara uymayan, plan düzleminde orantısız tasarlanan girinti ve çıkıntılar veya farklı yöndeki blokların birleşmesi sonucu tasarlanan yapılar, deprem esnasında birbirlerinden ayrı hareket edebilmektedir. Bu hareket sonucunda yapı köşe noktalarında hasar meydana gelmekte ve ayrılmalar oluşabilmektedir (Demirbaş, 2008). Yapı köşe noktalarında biriken yığılmalar, deprem yükleri esnasında yapıda daha fazla hasar oluşmasına sebep olmaktadır (Şekil 2.13).



2.13. Plan Düzleminde Girinti ve Çıkıntı Düzensizliği

Düzensiz girinti ve çıkıntıların bulunduğu simetrik olmayan yapılar dilatasyon derzi ile ayrılmalı, kırılma noktaları perde duvarlar ile güçlendirilmelidir (Erten, 2019). Genellikle zemin katının üst katlara oranla daha küçük tasarlandığı yapılarda karşımıza çıkan düzensizlik durumu sonucunda, yapının kütle merkezi çıkma yoğunluğunun fazla olduğu noktaya doğru kayma göstermektedir (Akbaş ve Çalışkan, 2023). Şekil 2.14’de orantısız çıkma tasarımına sahip olan yapı örnekleri gösterilmektedir.



2.14. Düzensiz çıkma ve Geometrisi Düzensiz Yapı Örnekleri

Kaynak: Akbaş & Çalışkan (2023)

• Düşey Taşıyıcıdan Bağımsız Kirişler

TBDY’ ne göre uygulama hatası olarak kabul edilen, düşey taşıyıcılardan bağımsız uçları başka bir kiriş ile desteklenen saplama kirişler olarak tanımlanmaktadır (Topçu, 2017). Kirişlerin birbirine sapanan bölgelerinde yanal etkiler ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.15).



2.15. Saplama Kiriş Örneği

Kaynak: Özen (2018).

Mekanlarda daha büyük açıklık elde etmek amacıyla kolon olmadan elde edilmeye çalışılan açıklıklarda döşemeyi desteklemek için saplama kirişler kullanılmaktadır. Moment ve kesme kuvvetinin yüksek olduğu esas kirişler, deprem esnasında yatay yüklere maruz kalmakta ve bu sebeplere etkiyen yatay yüklerin kolonlara aktarılması güçleşmektedir (Çelikkollu, 2017). Yapı üzerinde pozitif etkileri de olan saplama kirişler, yatay yüke maruz kalan yapıda esas kirişe tekil yük olarak etki ettiğinden sakıncalı görülmektedir (Ali, 2022). Yapılan çalışmalar neticesinde, esas kirişe daha fazla yük bindirmemesi adına saplama kirişin ana kirişten daha sağlam olmaması gerektiği ortaya konulmaktadır (Topçu, 2017). Deprem yükleri altında olan yapıda kirişlerin esas kiriş ile birleşim noktalarında eğilme ve çapraz kesme çatlakları meydana gelmektedir (Şekil 2.16).



2.16. Saplama Kirişin Etki Ettiği Ana Kiriş Hasarları

Kaynak: AFAD (2020)

3. MODELLERİN DEPREM PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

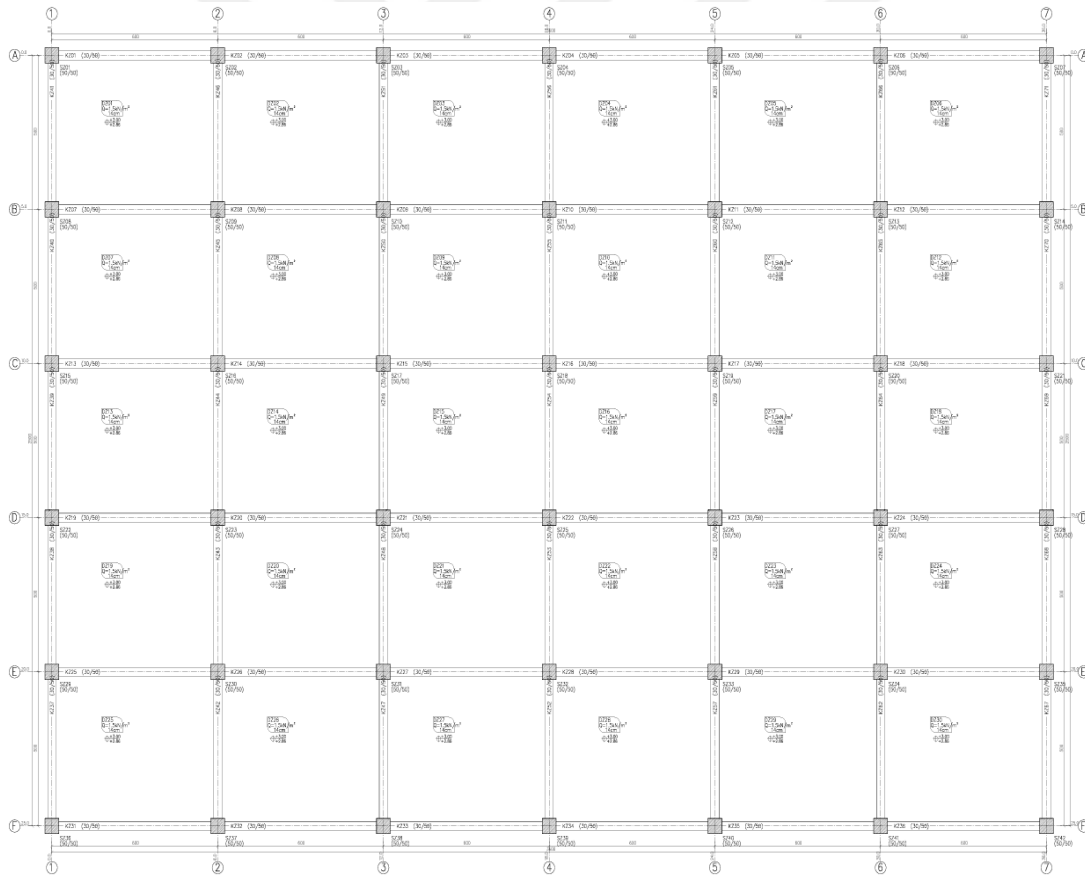
Bu bölümde çalışma kapsamında ele alınan plan düzlemindeki düzensizliklerden; döşeme süreksizliği, farklı geometriye sahip yapılar ve planda çıkıntılar bulunması, rijitlik ve kütle merkezi noktalarına göre oluşan burulma düzensizliği gibi düzensizlikleri barındıran modeller tasarlanmıştır. Bilgisayar ortamında tasarlanan bu modeller Sta4cad programı aracılığıyla deprem yüklerine tabii tutulmuş, Sta4cad programı kullanılarak mod birleştirme ve sonlu elemanlar yöntemi ile çözülerek incelenmektedir. A, B ve C modelleri olmak üzere üç farklı düzensizlikte yapı modelleri seçilmiştir. Ele alınan üç farklı düzensizlik türünün her biri için biri referans model olmak üzere beş farklı model tasarlanmış ve modeller arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılara ait bilgiler Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

3.1. Tasarlanan Yapıların Boyut ve Malzeme Bilgileri

Zemin Sınıfı	ZC
Bina Kullanım Amacı	Konut
Bina Koordinatı	38.33301° / 26.79651°
Deprem Bölgesi	I.Derece Deprem Bölgesi
Kat Adedi	5
Kat Yüksekliği	Her katta 3 m
Kolon Boyutu	50*50 cm
Kiriş Boyutu	30*50 cm
Döşeme Kalınlığı	14 cm
Temel	50 cm Radye temel
Duvar Kalınlığı	15 cm
Beton Sınıfı	C30
Donatı Sınıfı	B420C
Deprem Analizi	Mod Süperpozisyonu ile Modal Analiz
Yapı Davranış Katsayısı	R:8 Çerçeve Yapılar
Yapı Davranış Katsayısı	R:7 Perde Yapılar
Yerel Spectral İvme Katsayısı	Ss/S1 : 1.118 / 0.266
Tasarım Spectral İvme Katsayısı	Sds/Sd1 : 1.342 / 0.399 DD2, 0.436 / 0.104 DD3
Deprem Tasarım Sınıfı	DTS: 1

3.1. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği

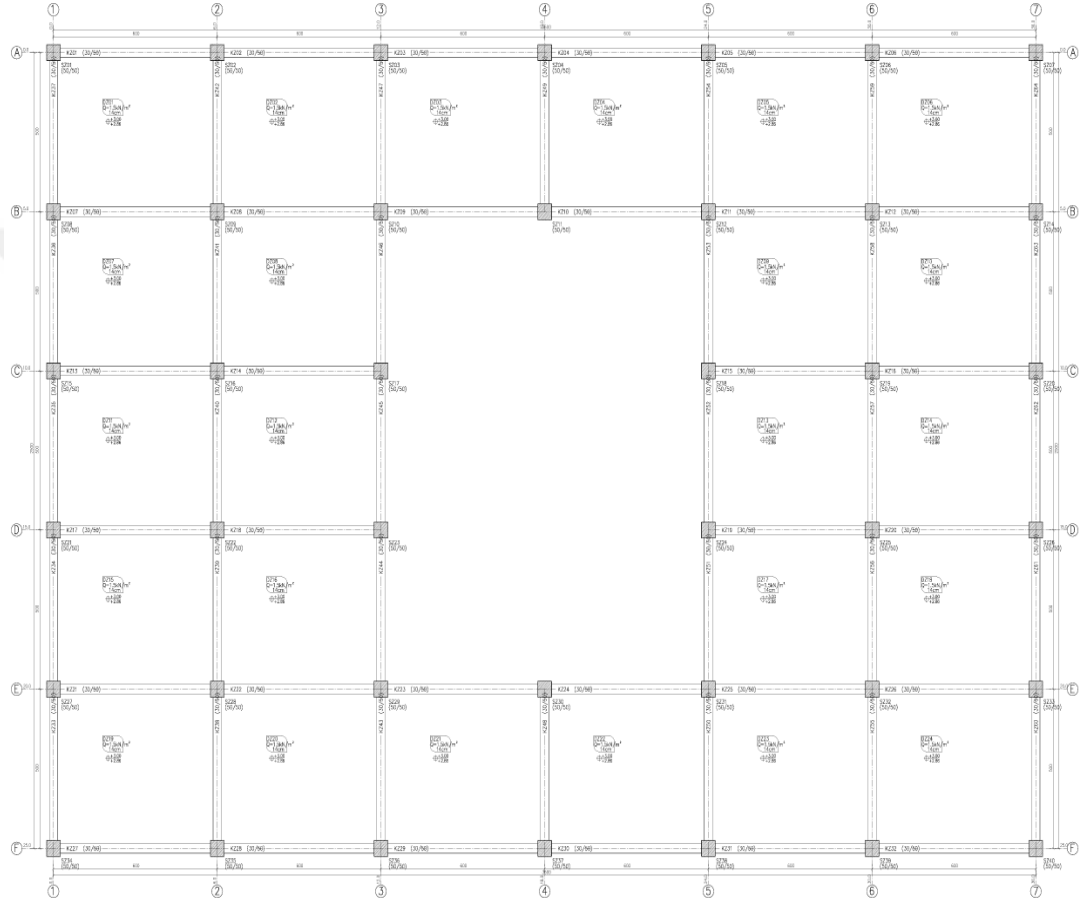
Model A Yapılan araştırmalarda ve TBDY 2018’de döşeme boşluklarının, döşeme alanına oranı ve döşemedeki konumu yapılarda döşeme süreksizliği düzensizliğine sebep olduğu belirtilmektedir. Döşeme boşluklarının boyutu ve konumu dikkate alınarak, deprem etkisiyle yapılarda oluşabilecek rijit düzensizlikler, eleman kesit yetersizlikleri, burulma değerleri incelenmektedir. Döşeme süreksizliği düzensizliğini inceleyebilmek adına beş farklı model tasarlanmıştır (Model A, Model A1, Model A2, Model A3 ve Model A4). Öncelikle döşeme boşluğu bulundurmeyen, referans yapı modeli oluşturulmuştur. Referans Model A’ya ait kat planı Şekil 3.1’de gösterilmektedir. Yapıda x yönündeki aks aralıkları 6 metre ve y yönündeki aks aralıkları 5 metre olarak tasarlanmıştır.



3.1. Referans Model A Kat Planı

3.1.1. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği Model A1

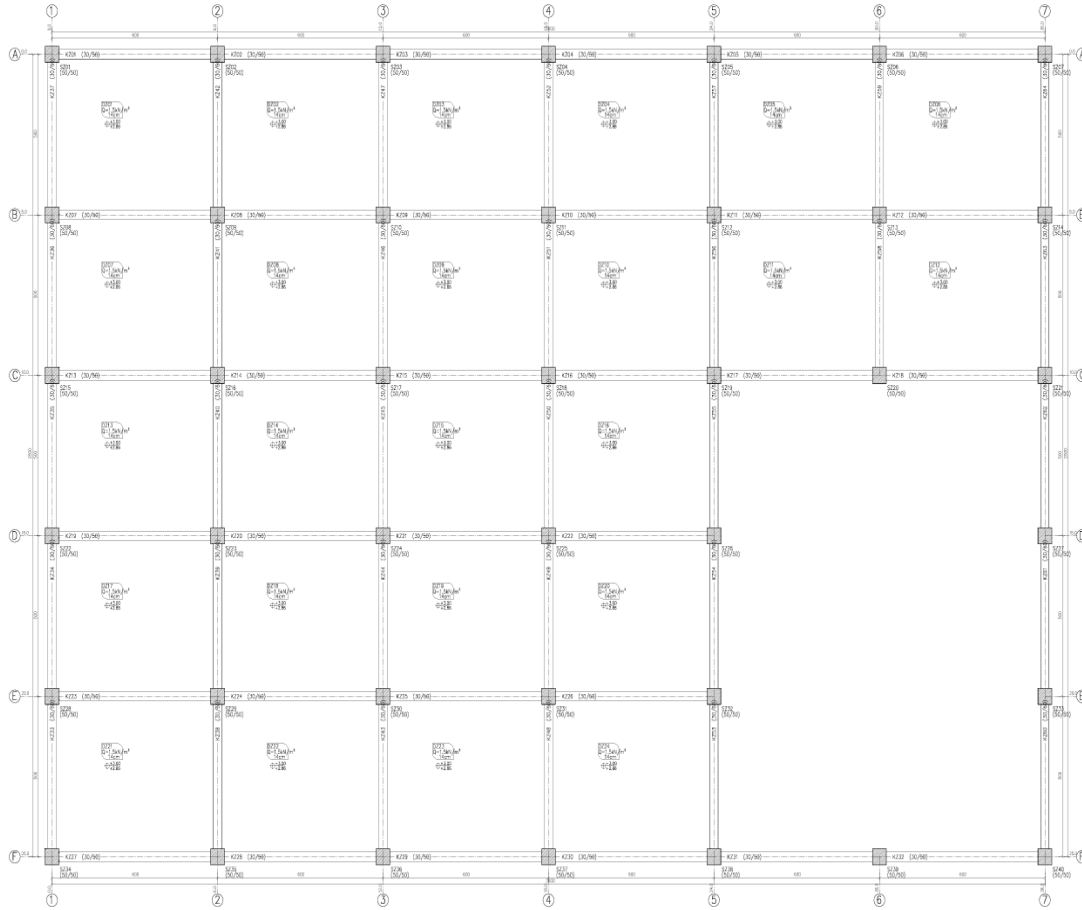
İncelenen yapıya ait kat planı Şekil 3.2’de verilmiştir. Model A1’in mimari tasarımında yapının orta noktasında bulunan ve simetrik bir şekilde konumlanan döşeme boşluğu tasarlanmıştır. Tasarlanan döşeme boşluğu 171,65 m²’dir. Yapıda x yönündeki aks aralıkları 6 metre ve y yönündeki aks aralıkları 5 metre olarak tasarlanmıştır.



3.2. Model A1 Kat Planı

3.1.2. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği Model A2

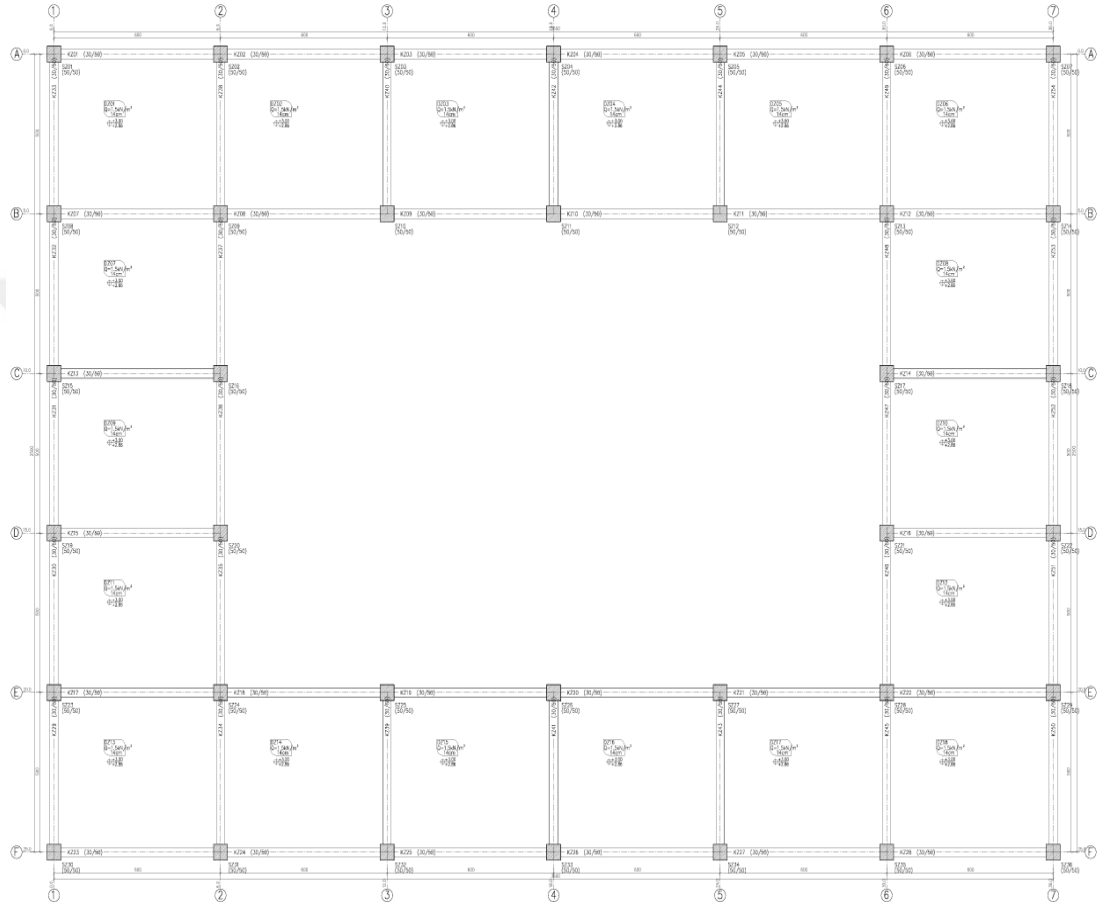
İncelenen yapıya ait kat planı Şekil 3.3'te verilmiştir. Model A2'de yapının sağ alt köşesinde bulunan ve yapıya simetrik konumlanmayan döşeme boşluğu tasarlanmıştır. Yapıda bırakılan döşeme boşluğu 171,65 m²'dir. Yapıda x yönündeki aks aralıkları 6 metre ve y yönündeki aks aralıkları 5 metre olarak tasarlanmıştır.



3.3. Model A2 Kat Planı

3.1.3. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği Model A3

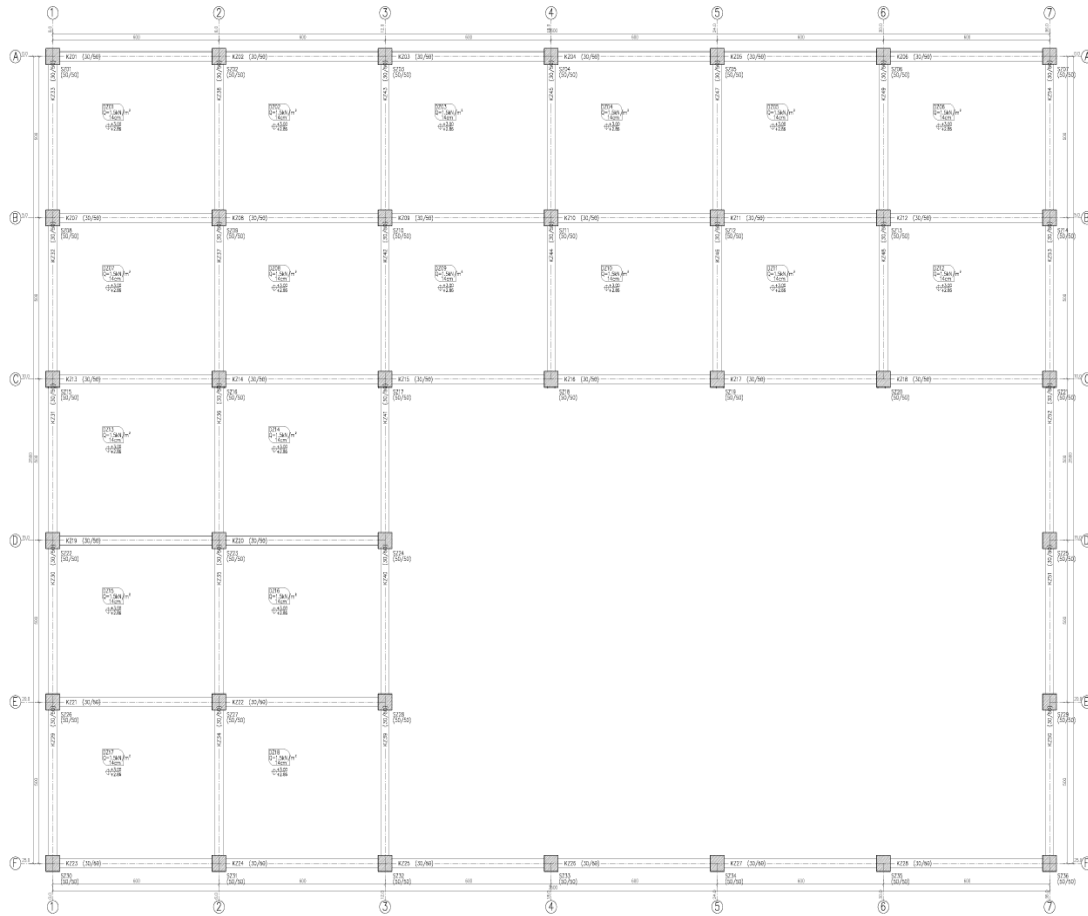
İncelenen yapıya ait kat planı Şekil 3.4'te verilmiştir. Model A3'ün mimari tasarımında yapının orta noktasında bulunan ve simetrik bir şekilde konumlanan döşeme boşluğu tasarlanmıştır. Tasarlanan döşeme boşluğu 347,88 m²'dir. Yapıda x yönündeki aks aralıkları 6 metre ve y yönündeki aks aralıkları 5 metre olarak tasarlanmıştır.



3.4. Model A3 Kat Planı

3.1.4. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği Model A4

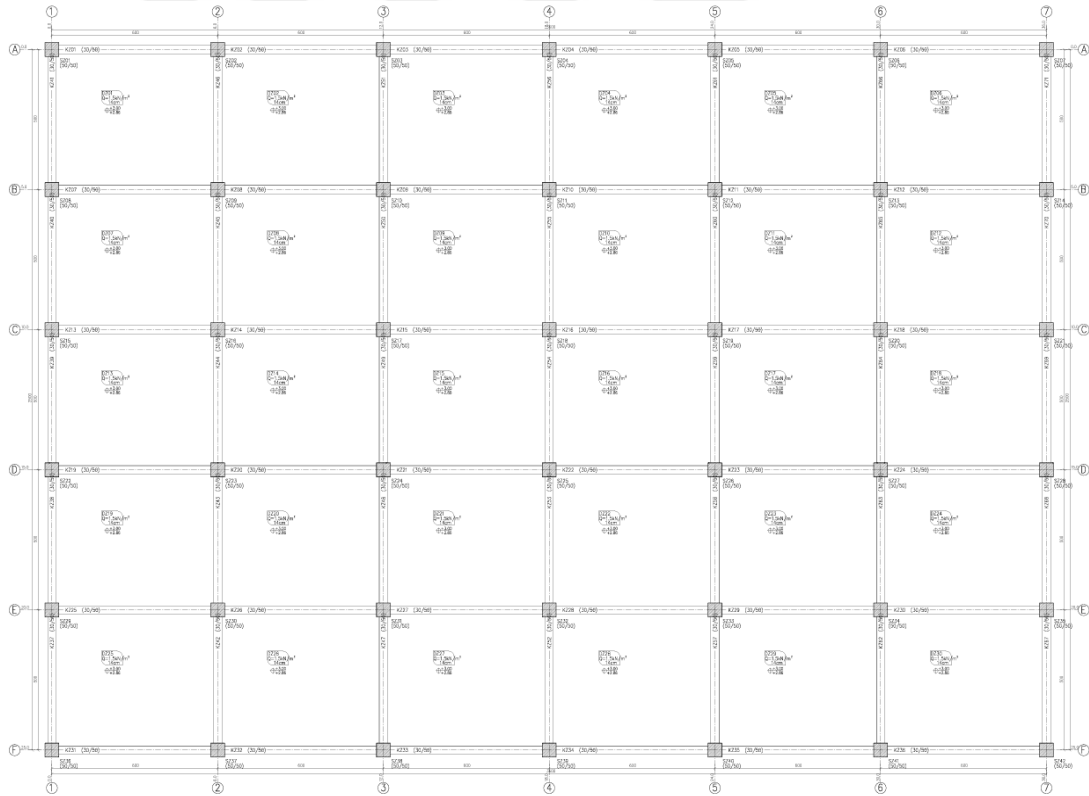
İncelenen yapıya ait kat planı Şekil 3.5'te verilmiştir. Model A4'te yapının sağ alt köşesinde bulunan ve yapıya simetrik konumlanmayan döşeme boşluğu tasarlanmıştır. Yapıda bırakılan döşeme boşluğu 347,88 m²'dir. Yapıda x yönündeki aks aralıkları 6 metre ve y yönündeki aks aralıkları 5 metre olarak tasarlanmıştır.



3.5. Model A4 Kat Plan1

3.2. Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri Düzensizliği Model B

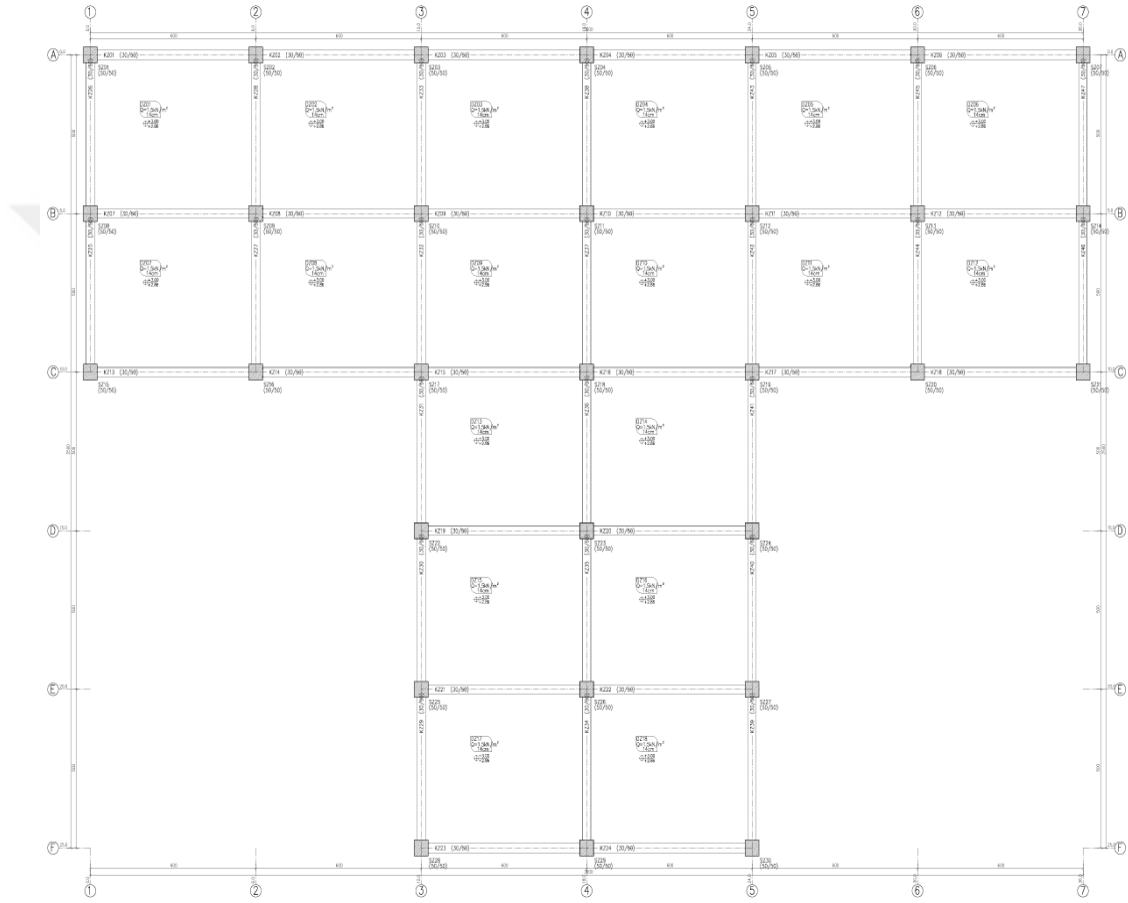
Yapılan araştırmalar ve TBDY 2018 ışığında, farklı geometriye sahip ve plan düzleminde çıkıntı düzensizliği barındıran yapılarda yapısal düzensizlikler oluşmaktadır. Farklı geometrileri ve çıkıntı düzensizliğini inceleyebilmek adına beş farklı model oluşturulmuştur (Model B, Model B1, Model B2, Model B3 ve Model B4). Tasarımda tercih edilen yapısal formların, deprem esnasında nasıl davranış göstereceği, yapı elemanlarında meydana gelebilecek bozulmalar, gerilme yığılmaları ve burulma düzensizlikleri Sta4cad programı ile analiz edilmektedir. Modellerin davranışlarını kıyaslayabilmek için yalın, dikdörtgen formunda ve planında çıkıntı bulunmayan referans model oluşturulmuştur. Model B olarak adlandırdığımız yapı planı Şekil 3.6’da gösterilmektedir. Tasarlanan yapıda x yönündeki aks aralıkları 6 metre ve y yönündeki aks aralıkları 5 metredir.



3.6. Referans Model B Kat Planı

3.2.2. Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri Düzensizliği Model B2

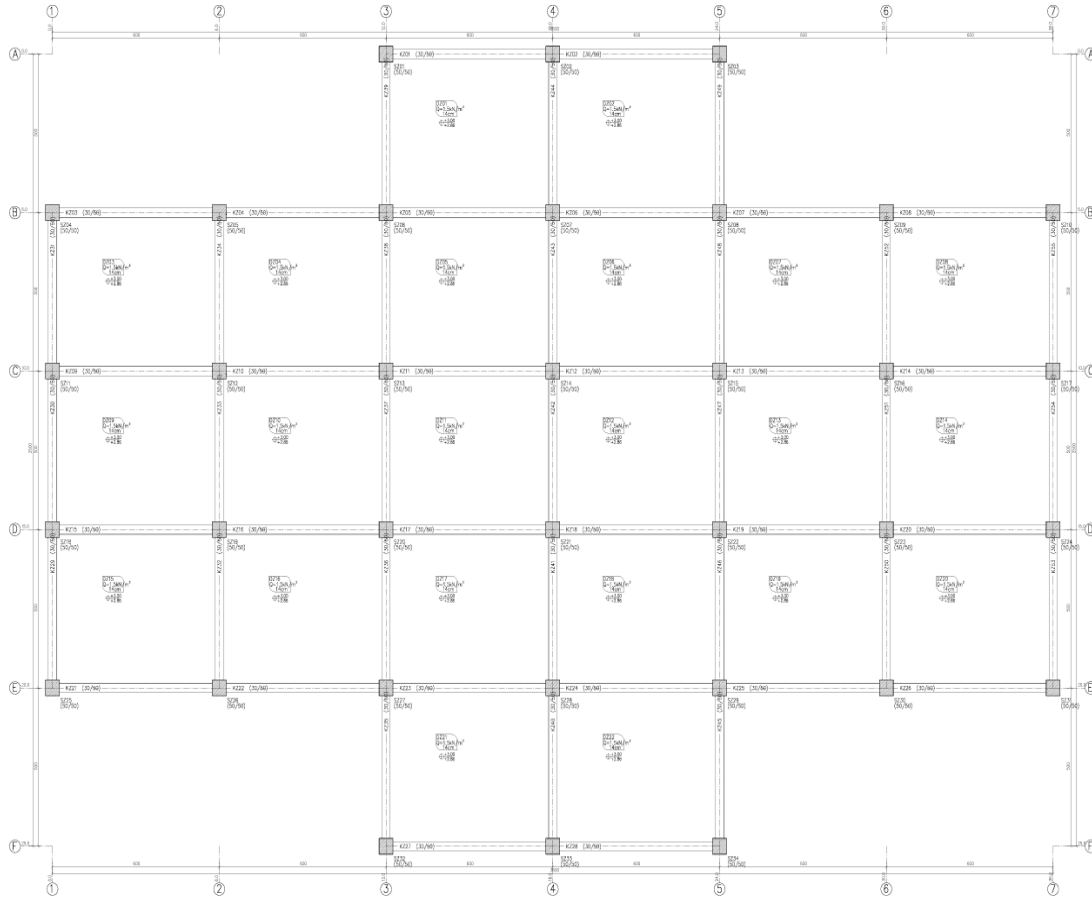
Tasarlanan Model B2'ye ait kat planı Şekil 3.8'de verilmiştir. Mimari tasarım kararları alınırken yapı 'T' formunda tasarlanmıştır. Yapıda x yönündeki aks aralıkları 6 metre ve y yönündeki aks aralıkları 5 metredir. Yapının x yönündeki çıkıntı uzunlukları 12 metre ve y yönündeki çıkıntı uzunluğu 15 metredir.



3.8. Model B2 Kat Planı

3.2.3. Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri Düzensizliği Model B3

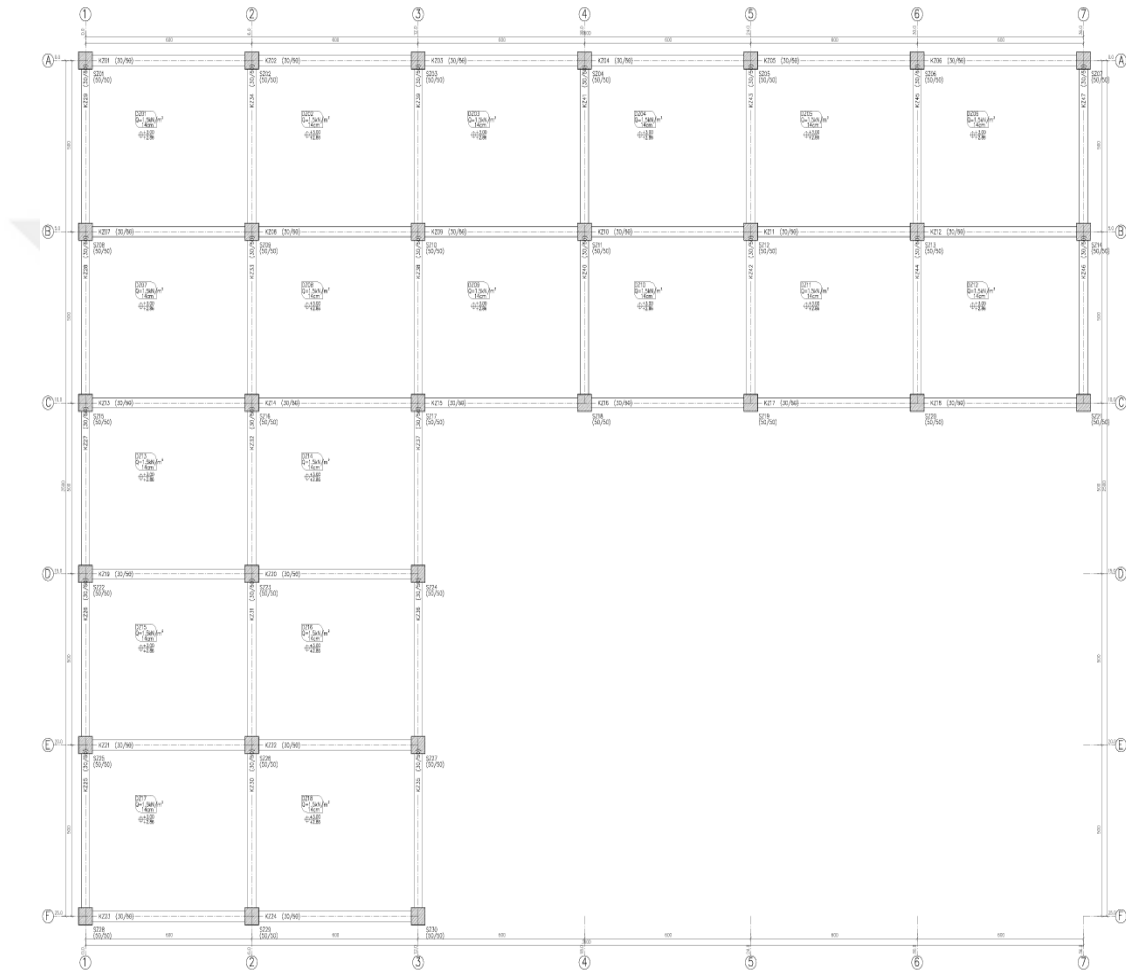
Tasarlanan Model B3'e ait kat planı Şekil 3.9'da verilmiştir. Mimari tasarım kararları alınırken yapı '+' formunda tasarlanmıştır. Yapıda x yönündeki aks aralıkları 6 metre ve y yönündeki aks aralıkları 5 metredir. Yapının x yönündeki çıkıntı uzunlukları 12 metre ve y yönündeki çıkıntı uzunlukları 5 metredir.



3.9. Model B3 Kat Planı

3.2.4. Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri Düzensizliği Model B4

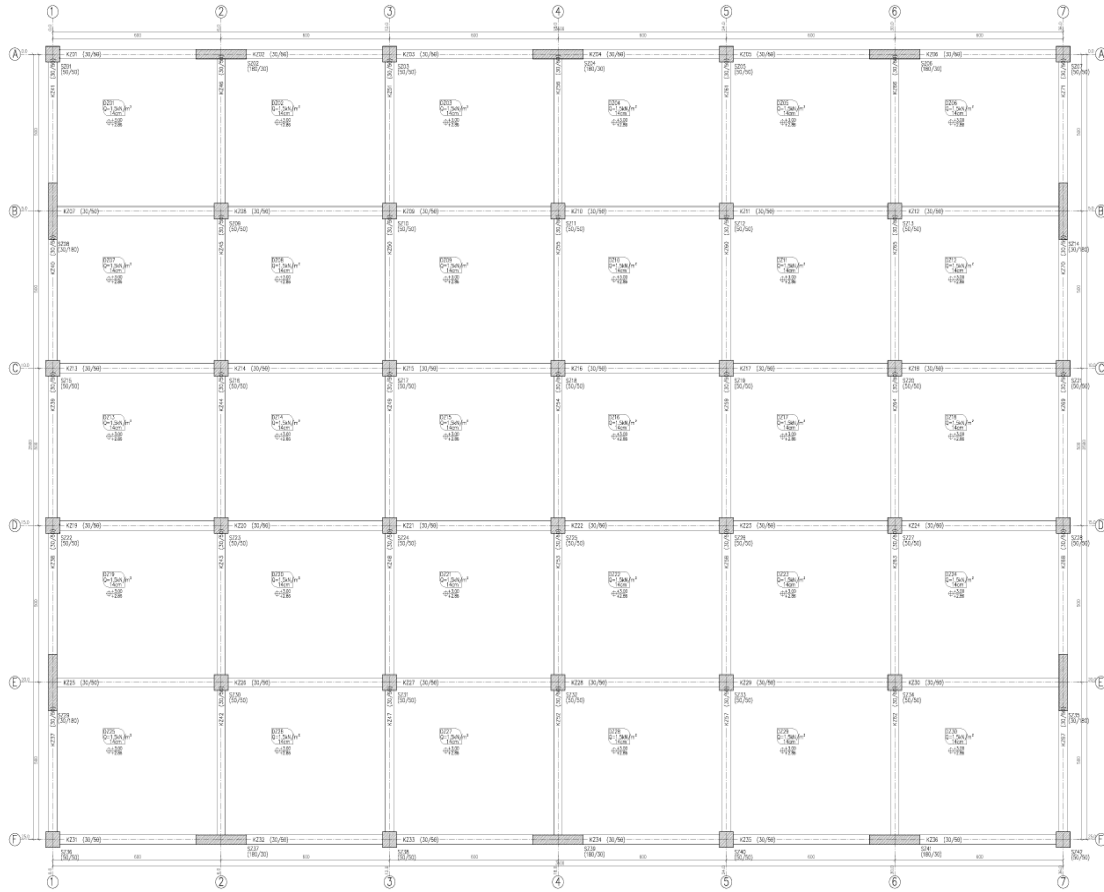
Tasarlanan Model B4'e ait kat planı Şekil 3.10'da verilmiştir. Mimari tasarım kararları alınırken yapı ters 'L' formunda tasarlanmıştır. Yapıda x yönündeki aks aralıkları 6 metre ve y yönündeki aks aralıkları 5 metredir. Yapının x yönündeki çıkıntı uzunluğu 24 metre ve y yönündeki çıkıntı uzunluğu 15 metredir.



3.10. Model B4 Kat Planı

3.3. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu Model C

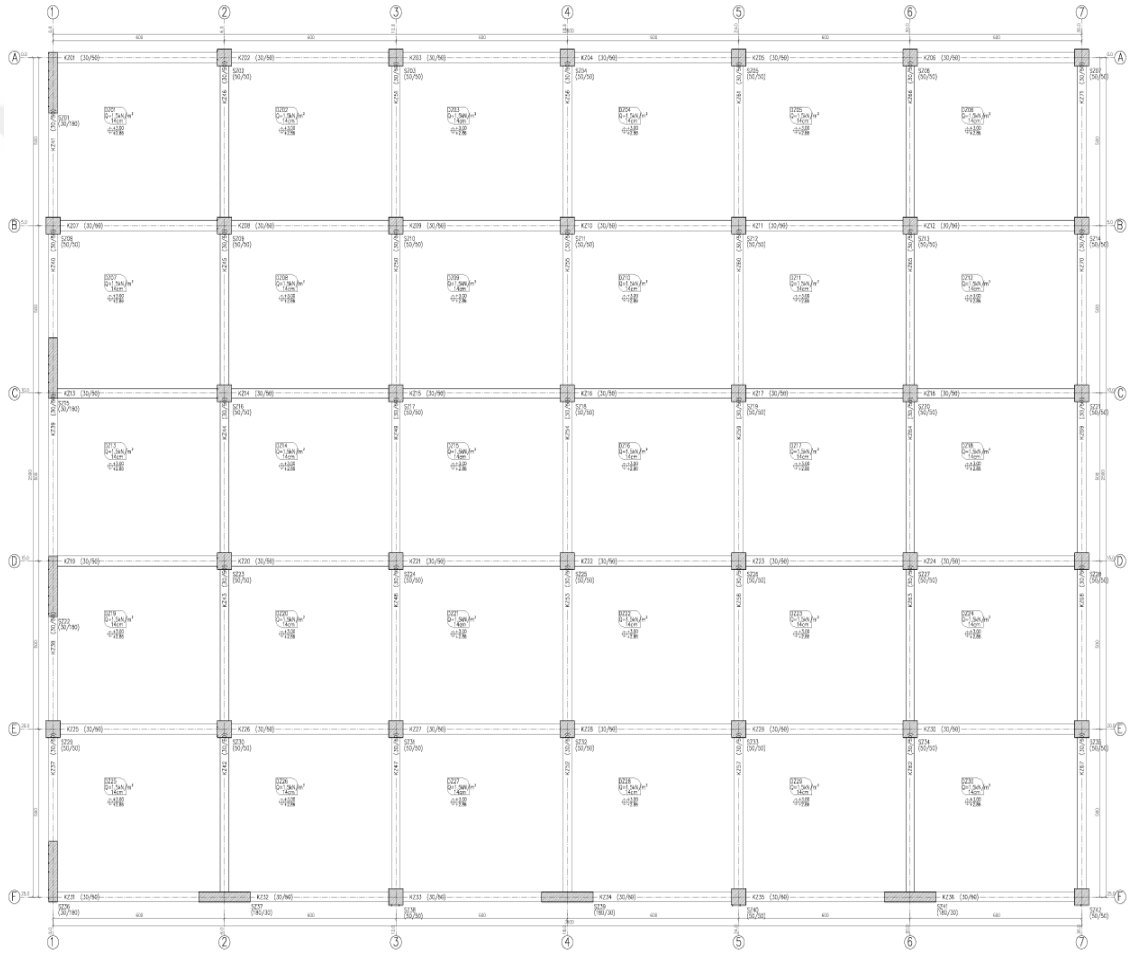
Kütle merkezi ve rijitlik merkezinin çakışmadığı veya birbirine uzak olduğu yapılarda, deprem etkisiyle burulma düzensizlikleri ortaya çıkmaktadır. Perde duvar ve yapı çekirdek yerleşimleri ile farklı noktalarda bulunan rijitlik ve kütle merkezinin, yapı davranışına etkisini incelemek adına beş farklı model oluşturulmuştur (Model C, Model C1, Model C2, Model C3 ve Model C4). Referans model olmak koşuluyla, yapıda simetrik yerleştirilmiş perde duvarlar bulunan Model C tasarlanmıştır. Model C kat planı Şekil 3.11’de verilmiştir. Yapıda x yönündeki aks aralıkları 6 metre ve y yönündeki aks aralıkları 5 metredir. Tasarımda x yönünde karşılıklı olmak üzere 3-3 perde duvar ve y yönünde karşılıklı olmak üzere 2-2 perde duvar kullanılmıştır. Perde duvar boyutları 30/180 cm’dir.



3.11. Referans Model C Kat Planı

3.3.1. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu Model C1

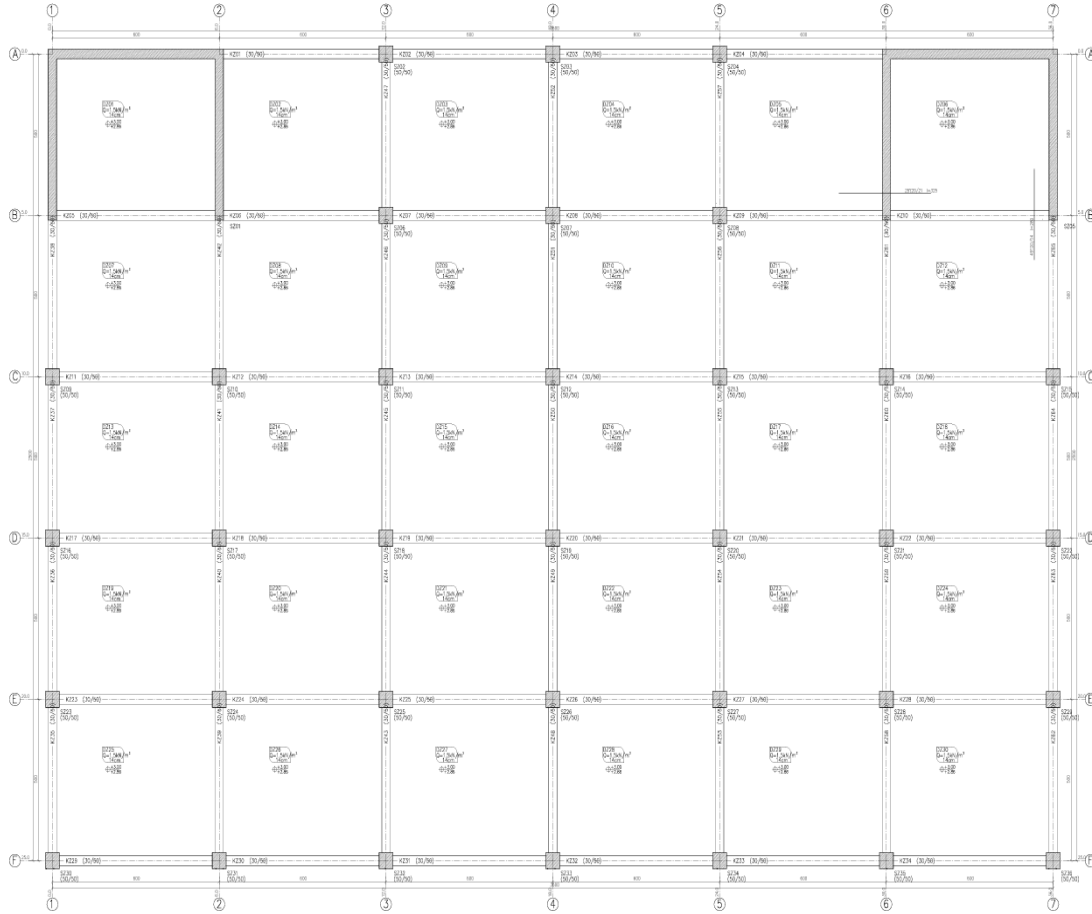
Tasarlanan Model C1'e ait kat planı Şekil 3.12'de verilmiştir. Model C1'de perde duvarlar yapının sol ve alt kenarlarına konumlandırılarak simetrik tasarlanmamıştır. Böylelikle yapıda simetrik yerleştirilen perde duvarlar ile simetrik yerleştirilmeyen perde duvarların doğuracağı rijitlik ve kütle merkezi çakışmaması düzensizliği analiz edilebilmektedir. Tasarımda x yönünde 3 ve y yönünde 4 perde duvar kullanılmıştır. Perde duvar boyutları 30/180 cm'dir.



3.12. Model C1 Kat Planı

3.3.2. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu Model C2

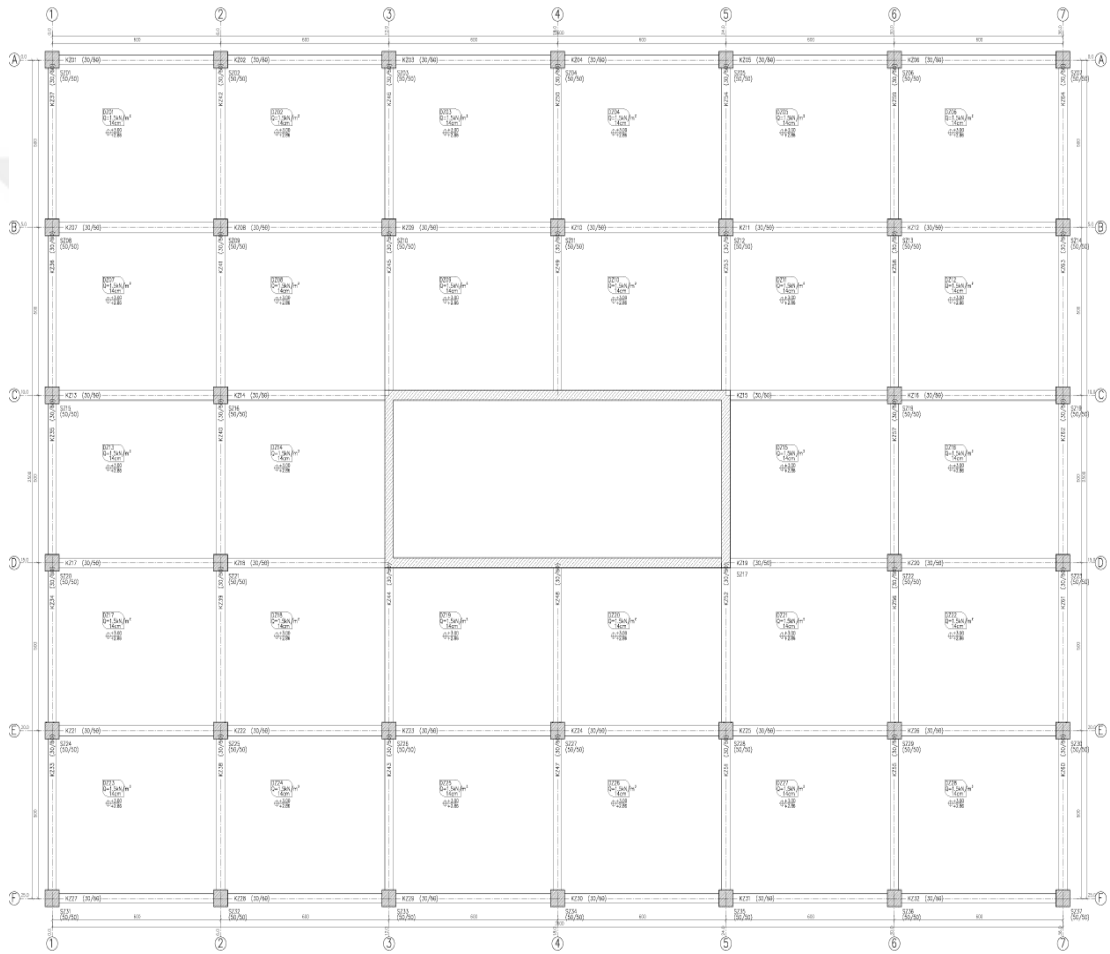
Tasarlanan Model C2'ye ait kat planı Şekil 3.13'te verilmiştir. Model C2'de tasarlanan perde duvarlar yapının sol ve sağ üst köşelerine birer aks aralıkları boyunca 30 cm kalınlığında U şeklinde yerleştirilmiştir.



3.13. Model C2 Kat Planı

3.3.3. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu Model C3

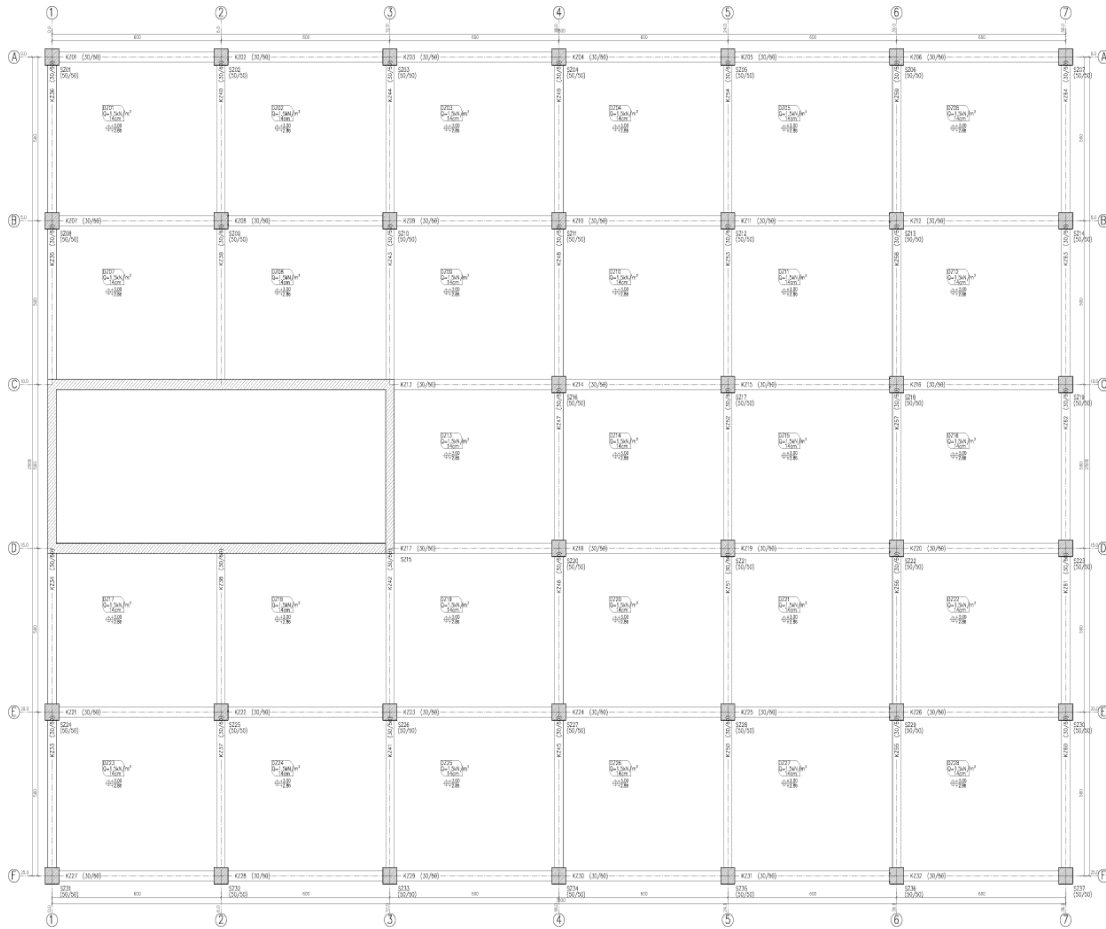
Tasarlanan Model C3'e ait kat planı Şekil 3.14'te verilmiştir. Model C3'te konumlanan perde duvarlar yapı çekirdek yerleşimi göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Tasarlanan perde duvar simetriği sağlamak adına; yapının orta noktasında, 30 cm kalınlığında, x yönünde iki aks ve yönünde tek aks boyunca, dikdörtgen çerçevede yerleştirilmiştir.



3.14. Model C3 Kat Planı

3.3.4. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu Model C4

Tasarlanan Model C4'e ait kat planı Şekil 3.15'te verilmiştir. Model C4'te konumlanan perde duvarlar yapı çekirdek yerleşimi göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Tasarlanan perde duvar; yapının sol kenar hattında 30 cm kalınlığında, x yönünde iki aks ve yönünde tek aks boyunca, dikdörtgen çerçevede, yapıda simetriği sağlamayacak bir konuma yerleştirilmiştir.



3.15. Model C4 Kat Planı

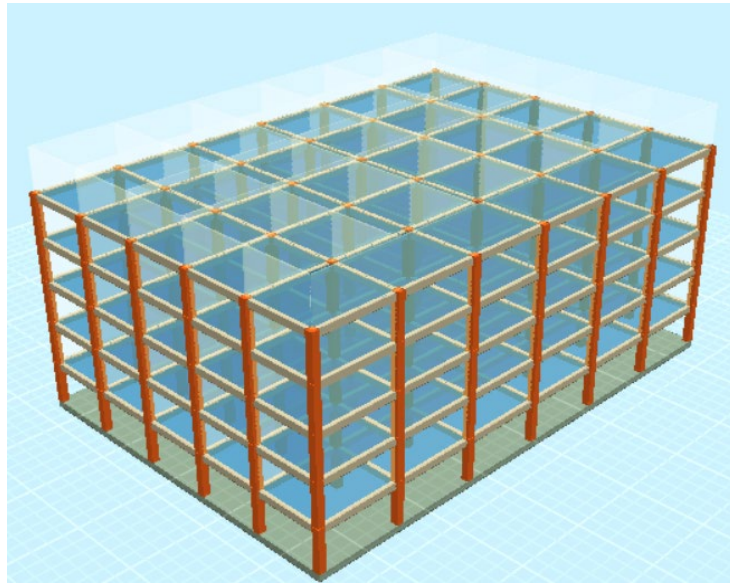
4. BULGULAR

Çalışmanın bu kısmında, yukarıda özellikleri verilen plan modellerinin düzensizlikleri incelenmektedir. Sta4cad programı kullanılarak mod süper pozisyonu ile modal analiz sonucunda; modellerde bulunan burulma düzensizlikleri, eleman kesit yetersizlikleri gibi faktörler ele alınmaktadır. Çalışma kapsamında, zemin sınıfı ZC, ZD ve ZE olarak üç farklı zemin türünde incelemeler yapılmış ancak verileri tek bir standartta toplayabilmek adına ZC sınıfı tercih edilerek çalışma ZC sınıfında yürütülmüştür. Çalışmanın devamına ve literatüre ek bir katkı sunmak adına tasarlanan 15 modelin ZC, ZD ve ZE sınıflarına ait donatı metraj verileri incelenmektedir.

4.1. Döşeme Süreksizliği Düzensizliği

Referans Model A, Model A1, Model A2, Model A3 ve Model A4 için;

Referans Model A; Şekil 4.1’de belirtilen döşeme boşluğu içermeyen bir referans yapı modelinin dinamik davranışı, özellikle burulma etkileri kapsamında incelemektedir. Modal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapının doğal titreşim modları, frekansları ve mod katılım oranları üzerinden değerlendirilmiş, burulma rijitliğinin yapısal davranışa etkisi detaylı olarak analiz edilmiştir.



4.1. Referans Model A 3D Model

Modellenen referans yapının dinamik özellikleri, mod şekilleri ve katılım oranları, yapının x, y ve burulma (b) yönlerindeki titreşim karakteristiklerini ortaya koymak için kullanılmıştır. Analizlerde, yapının geometrik düzenliliği ve döşeme sürekliliği nedeniyle burulma etkilerinin saf hali gözlemlenmiştir. Referans Model A'ya ait mod verileri Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

4.1. Referans Model A Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
ω	7.07	7.36	8.36	23.38	24.15	27.55	45.41	46.37	53.26
T	0.8886	0.8540	0.7516	0.2687	0.2602	0.2281	0.1384	0.1355	0.1180
yön	x	y	b	x	y	b	x	y	b
1/1x	0.01144	0.00000	0.00000	0.03529	0.00000	0.00000	0.05867	0.00000	0.00000
2/2x	0.03026	0.00000	0.00000	0.06672	0.00000	0.00000	0.04451	0.00000	0.00000
3/3x	0.04812	0.00000	0.00000	0.05061	0.00000	0.00000	-0.04601	0.00000	0.00000
4/4x	0.06184	0.00000	0.00000	-0.00501	0.00000	0.00000	-0.05093	0.00000	0.00000
5/5x	0.07039	0.00000	0.00000	-0.06242	0.00000	0.00000	0.04591	0.00000	0.00000
1/1y	0.00000	0.01169	0.00000	0.00000	0.03584	0.00000	0.00000	0.05895	0.00000
2/2y	0.00000	0.03055	0.00000	0.00000	0.06690	0.00000	0.00000	0.04362	0.00000
3/3y	0.00000	0.04828	0.00000	0.00000	0.05005	0.00000	0.00000	-0.04683	0.00000
4/4y	0.00000	0.06182	0.00000	0.00000	-0.00576	0.00000	0.00000	-0.05036	0.00000
5/5y	0.00000	0.07015	0.00000	0.00000	-0.06229	0.00000	0.00000	0.04618	0.00000
1/1b	0.00000	0.00000	0.00091	0.00000	0.00000	0.00280	0.00000	0.00000	0.00464
2/2b	0.00000	0.00000	0.00240	0.00000	0.00000	0.00528	0.00000	0.00000	0.00349
3/3b	0.00000	0.00000	0.00381	0.00000	0.00000	0.00398	0.00000	0.00000	-0.00366
4/4b	0.00000	0.00000	0.00489	0.00000	0.00000	-0.00042	0.00000	0.00000	-0.00401
5/5b	0.00000	0.00000	0.00556	0.00000	0.00000	-0.00493	0.00000	0.00000	0.00364
Mxr%	81.297	0.000	0.000	11.108	0.000	0.000	4.660	0.000	0.000
Myr%	0.000	81.599	0.000	0.000	10.992	0.000	0.000	4.559	0.000
Mbr%	0.000	0.000	81.423	0.000	0.000	11.046	0.000	0.000	4.623

Doğal Frekanslar ve Periyotlar:

1. Mod (x yönü): 7.07 Hz (T=0.8886 s)
2. Mod (y yönü): 7.36 Hz (T=0.8540 s)
3. Mod (burulma, b): 8.36 Hz (T=0.7516 s)

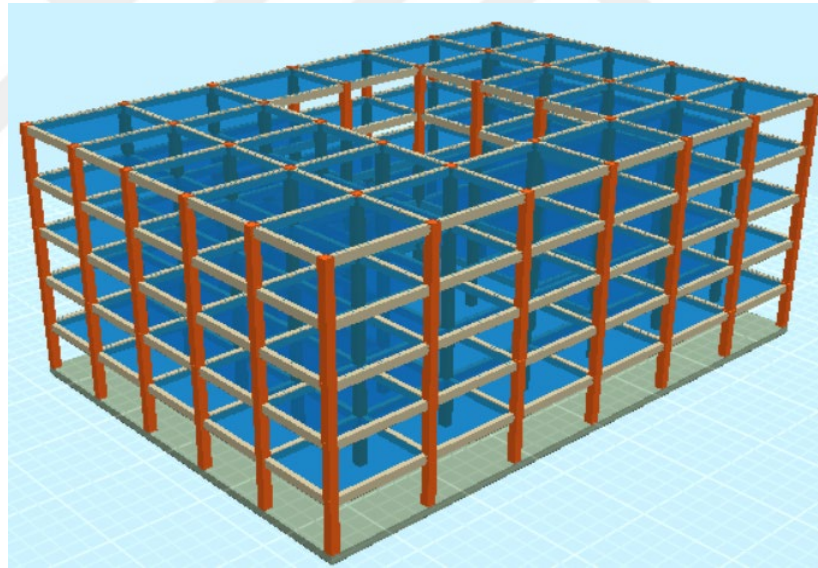
Yüksek Modlar: 4-9. modlar 23.38 Hz ile 53.26 Hz aralığında dağılım göstermektedir. Burulma modunun (3. mod), x ve y modlarına kıyasla %13 daha yüksek frekansa sahip olması, yapının burulma rijitliğinin ötelenme rijitliğinden daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, yapıda merkezi çekirdek veya perde duvarların burulma stabilitesini artırdığını düşündürmektedir.

Mod Katılım Oranları ve Burulma Etkisi:

X ve Y Yönleri: 1.mod (x): %81.297, 2.mod (y): %81.599, yüksek modların katılımı <%12 (4. ve 7. modlar). Burulma yönü; 3. mod (b): %81.423, 6.mod (b): %11.046 ve 9.mod (b): %4.623.

Burulma modlarının katılım oranlarının x/y modlarıyla benzer olması, yapının düzensizlik riskinin düşük olduğunu, ancak yüksek modlarda burulma etkilerinin artabileceğini göstermektedir. Burulma katsayısı $n_{bi}=1.15<1.2$ koşulunu sağlamaktadır. Mod şekil vektörlerinde x/y ve burulma yönleri arasındaki çapraz katılımların sıfıra yakın olması, yapının bu yönlerde dinamik olarak bağımsız davrandığını kanıtlamaktadır. STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda referans Model A'da kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

Model A1; Şekil 4.2'de belirtilen mimari tasarımında yapının orta noktasında 171,65 m² döşeme boşluğu bulunan yapı modelinin dinamik davranışı, özellikle burulma etkileri kapsamında incelemektedir. Modal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapının doğal titreşim modları, frekansları ve mod katılım oranları üzerinden değerlendirilmiş, burulma rijitliğinin ve döşeme boşluğunun yapısal davranışa etkisi detaylı olarak analiz edilmiştir.



4.2. Model A1 3D Model

Model A1 analizinde; döşeme boşluğunun geometrik simetrisi korunarak kütle dağılımı ayarlanmış, mod şekilleri x, y öteleme ve burulma (b) yönlerinde ayrıştırılmış ve mod katılım oranları, boşluğun yüksek modlara etkisini değerlendirmek için kullanılmıştır. Model A1'e ait mod verileri Tablo 4.2'de gösterilmektedir.

4.2. Model A1 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod ω T Yön	1.mod 7.23 0.8689 x	2.mod 7.59 0.8279 y	3.mod 8.23 0.7634 b	4.mod 24.07 0.2610 x	5.mod 25.04 0.2509 y	6.mod 27.15 0.2314 b	7.mod 47.25 0.1330 x	8.mod 48.46 0.1297 y	9.mod 52.57 0.1195 b
1/1x	0.01217	0.00000	0.00000	0.03778	0.00000	0.00000	0.06341	0.00000	0.00000
2/2x	0.03251	0.00000	0.00000	0.07221	0.00000	0.00000	0.04916	0.00000	0.00000
3/3x	0.05200	0.00000	0.00000	0.05551	0.00000	0.00000	-0.04910	0.00000	0.00000
4/4x	0.06710	0.00000	0.00000	-0.00456	0.00000	0.00000	-0.05587	0.00000	0.00000
5/5x	0.07666	0.00000	0.00000	-0.06776	0.00000	0.00000	0.04945	0.00000	0.00000
1/1y	0.00000	0.01249	0.00000	0.00000	0.03850	0.00000	0.00000	0.06379	0.00000
2/2y	0.00000	0.03290	0.00000	0.00000	0.07248	0.00000	0.00000	0.04800	0.00000
3/3y	0.00000	0.05222	0.00000	0.00000	0.05477	0.00000	0.00000	-0.05022	0.00000
4/4y	0.00000	0.06707	0.00000	0.00000	-0.00560	0.00000	0.00000	-0.05511	0.00000
5/5y	0.00000	0.07632	0.00000	0.00000	-0.06759	0.00000	0.00000	0.04982	0.00000
1/1b	0.00000	0.00000	0.00090	0.00000	0.00000	0.00277	0.00000	0.00000	0.00459
2/2b	0.00000	0.00000	0.00237	0.00000	0.00000	0.00522	0.00000	0.00000	0.00347
3/3b	0.00000	0.00000	0.00377	0.00000	0.00000	0.00395	0.00000	0.00000	-0.00361
4/4b	0.00000	0.00000	0.00484	0.00000	0.00000	-0.00040	0.00000	0.00000	-0.00398
5/5b	0.00000	0.00000	0.00550	0.00000	0.00000	-0.00488	0.00000	0.00000	0.00359
Mxz%	81.000	0.000	0.000	11.250	0.000	0.000	4.746	0.000	0.000
Myz%	0.000	81.375	0.000	0.000	11.099	0.000	0.000	4.623	0.000
Mbz%	0.000	0.000	81.388	0.000	0.000	11.062	0.000	0.000	4.634

Doğal Frekanslar:

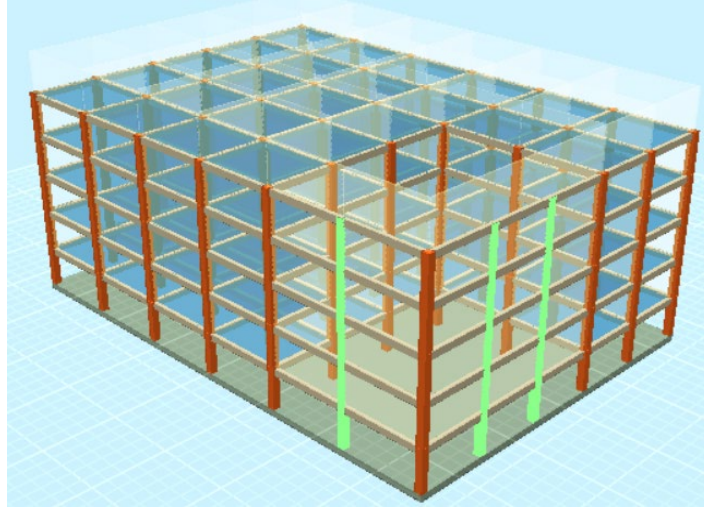
1.mod (x): 7.23 Hz, 2.mod (y): 7.59 Hz, 3.mod (b): 8.23 Hz

Burulma modu, öteleme modlarına kıyasla %12 daha yüksek frekans göstermektedir. Boşluk, burulma rijitliğini beklenenden daha az etkilemiştir. Burulma katsayısı $n_{bi}=1.143 < 1.2$ koşulunu sağlamaktadır. Yüksek modlarda (6.mod: 27.15 Hz, 9.mod: 52.57 Hz) frekans artışı, boşluğun lokal sertlik kaybını telafi eden çevre elemanların varlığına işaret eder.

Döşeme Boşluğunun Mod Şekillerine Etkisi;

X/Y Yönlerinde: 1/1x ve 1/1y katılımları sırasıyla 0.01217 ve 0.01249 ile benzerdir. Boşluk, global rijitlik dengesini bozmamıştır. 5/5x (0.07666) ve 5/5y (0.07632) değerleri, üst katlarda simetrik deformasyon olduğunu doğrular. Burulma yönünde; 5/5b=0.00550, boşluğun üst katlarda burulma deformasyonunu artırdığını gösterir. Birinci mod katılımları boşluğun global davranışı değiştirmediğini, yüksek modlardaki katılımların referans modele göre $< 0,5$ farkla benzer çıkması, boşluğun lokal etki sınırlılığını kanıtlar. Simetrik boşluk, yapının global rijitliğini kritik düzeyde etkilememiştir. Burulma modu, öteleme modlarına göre daha rijit çıkmıştır (8.23 Hz - 7.23/7.59 Hz). STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda Model A1'de kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

Model A2; Şekil 4.3'te belirtilen köşe noktasında 171,65 m² asimetrik döşeme boşluğu tasarlanan bir yapının dinamik davranışını incelemektedir. Modal analiz sonuçları, boşluğun konumunun yapının burulma rijitliği ve mod katılım oranları üzerindeki etkilerini sistematik olarak ortaya koymaktadır.



4.3. Model A2 3D Model

Model A2 analizinde; asimetrik boşluğun kütle dağılımı ve rijitlik merkezi üzerindeki etkisi dikkate alınmıştır. Mod şekilleri x, y öteleme ve burulma (b) yönlerinde ayrıştırılmıştır. Mod katılım oranları, asimetrinin yapısal davranışa etkisini nicel olarak değerlendirmek için kullanılmıştır. Model A2'ye ait mod verileri Tablo 4.3'te gösterilmektedir.

4.3. Model A2 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

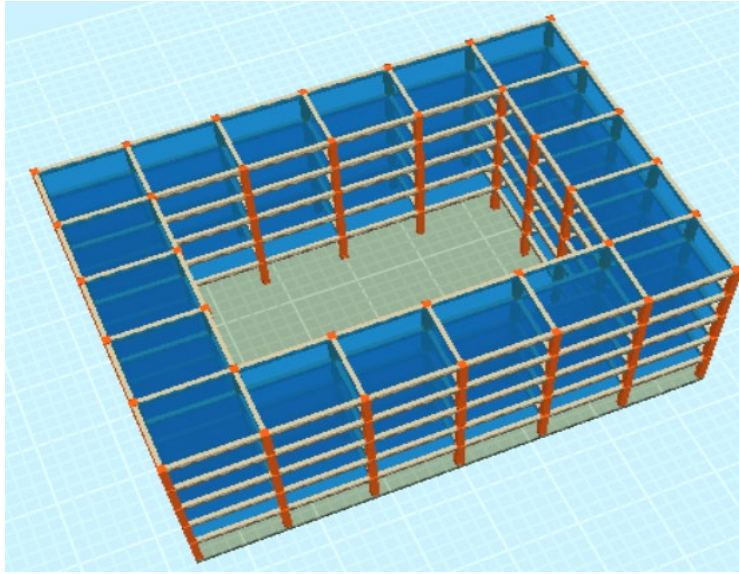
Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
ω	7.19	7.53	9.17	23.94	24.80	30.50	46.96	47.91	59.85
T	0.8736	0.8347	0.6850	0.2625	0.2533	0.2060	0.1338	0.1311	0.1050
yön	x	y	b	x	y	b	x	y	b
1/1x	0.01214	-0.00020	0.00011	0.03764	-0.00145	0.00081	0.06272	-0.00819	0.00269
2/2x	0.03247	-0.00057	0.00050	0.07208	-0.00288	0.00212	0.04883	-0.00652	0.00293
3/3x	0.05196	-0.00093	0.00098	0.05550	-0.00229	0.00216	-0.04846	0.00628	-0.00194
4/4x	0.06707	-0.00123	0.00143	-0.00444	0.00009	0.00039	-0.05543	0.00739	-0.00341
5/5x	0.07665	-0.00144	0.00188	-0.06771	0.00276	-0.00246	0.04893	-0.00643	0.00257
1/1y	0.00021	0.01241	0.00128	0.00140	0.03811	0.00479	0.00772	0.06245	0.00996
2/2y	0.00053	0.03268	0.00369	0.00257	0.07172	0.00987	0.00573	0.04698	0.00870
3/3y	0.00082	0.05185	0.00615	0.00190	0.05416	0.00824	-0.00610	-0.04914	-0.00752
4/4y	0.00104	0.06657	0.00814	-0.00025	-0.00558	0.00005	-0.00657	-0.05393	-0.00997
5/5y	0.00117	0.07570	0.00972	-0.00236	-0.06688	-0.00983	0.00599	0.04874	0.00828
1/1b	-0.00003	-0.00014	0.00102	-0.00014	-0.00047	0.00317	-0.00038	-0.00085	0.00529
2/2b	-0.00007	-0.00035	0.00273	-0.00023	-0.00086	0.00605	-0.00024	-0.00059	0.00410
3/3b	-0.00011	-0.00055	0.00437	-0.00015	-0.00061	0.00465	0.00034	0.00072	-0.00409
4/4b	-0.00013	-0.00069	0.00563	0.00005	0.00011	-0.00038	0.00031	0.00072	-0.00466
5/5b	-0.00014	-0.00077	0.00643	0.00023	0.00081	-0.00567	-0.00034	-0.00070	0.00412
Mxr%	80.908	0.027	0.034	11.219	0.018	0.012	4.666	0.081	0.012
Myr%	0.020	80.166	1.178	0.014	10.854	0.223	0.067	4.431	0.130
Mbr%	0.048	1.228	79.790	0.011	0.188	11.007	0.018	0.105	4.610

Doğal Frekanslar:

1.mod (x): 7.19 Hz, 2.mod (y): 7.53 Hz, 3.mod (b): 9.17 Hz Burulma modu, öteleme modlarına kıyasla %22 daha yüksek frekans göstermektedir. Yüksek modlarda (6.mod: 30.50 Hz, 9.mod: 59.85 Hz) frekans dağılımı, boşluğun lokal etkilerini yansıtmaktadır. Döşeme Süreksizliğinin Dinamik Etkileri:

Mod şekil vektörlerinde x/y ve burulma yönleri arasındaki çapraz katılımlar, asimetrik boşluğun dinamiği zayıflattığını doğrulamaktadır. Burulma katsayısı $n_{bi}=1.238>1.20$ sınır değerdedir. 5/5b değerlerindeki artış, boşluğun üst katlarda burulma deformasyonlarını %25 artırdığını göstermektedir. Asimetrik boşluk, yapının global rijitliğinde %1,5'e varan azalmaya neden olmuştur. Burulma modu, öteleme modlarına göre daha rijit çıkmıştır (9.17 Hz vs 7.19/7.53 Hz). Üst katlarda burulma deformasyonları %25 artış göstermiştir. Asimetrik döşeme boşluklarının; yapısal dinamiklerde rijitlik kaybına yol açtığı ve üst katlarda burulmayı arttırdığı gözlenmektedir. STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda Model A2'de kesiti yetersiz elemanlar saptanmıştır. Bunlar; S127, S133, S139, S227, S233, S239, S237, S333, S339, S427, S433, S439, SZ27, SZ33 ve SZ39 elemanlarıdır. Model A2'ye ait 3D modelde kesiti yetersiz elemanların, boşluk çevresindeki elemanlar olduğu görülmektedir.

Model A3; Şekil 4.4'te belirtilen mimari tasarımında yapının orta noktasında 347,88 m² döşeme boşluğu bulunan yapı modelinin dinamik davranışı, özellikle burulma etkileri kapsamında incelemektedir. Modal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapının doğal titreşim modları, frekansları ve mod katılım oranları üzerinden değerlendirilmiş, burulma rijitliğinin ve döşeme boşluğunun yapısal davranışa etkisi detaylı olarak analiz edilmiştir.



4.4. Model A3 3D Model

Model A3 analizinde; döşeme boşluğunun geometrik simetrisi korunarak kütle dağılımı ayarlanmış, mod şekilleri x, y öteleme ve burulma (b) yönlerinde ayrıştırılmış ve mod katılım oranları, boşluğun yüksek modlara etkisini değerlendirmek için kullanılmıştır. Model A3'e ait mod verileri Tablo 4.4'te gösterilmektedir.

4.4. Model A3 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod ω T yön	1.mod 7.49 0.8386 x	2.mod 7.70 0.8162 y	3.mod 8.36 0.7519 b	4.mod 25.06 0.2507 x	5.mod 25.62 0.2452 y	6.mod 27.64 0.2273 b	7.mod 49.54 0.1268 x	8.mod 50.26 0.1250 y	9.mod 53.75 0.1169 b
1/1x	0.01341	0.00000	0.00000	0.04185	0.00000	0.00000	0.07068	0.00000	0.00000
2/2x	0.03607	0.00000	0.00000	0.08053	0.00000	0.00000	0.05549	0.00000	0.00000
3/3x	0.05791	0.00000	0.00000	0.06243	0.00000	0.00000	-0.05429	0.00000	0.00000
4/4x	0.07492	0.00000	0.00000	-0.00446	0.00000	0.00000	-0.06279	0.00000	0.00000
5/5x	0.08582	0.00000	0.00000	-0.07564	0.00000	0.00000	0.05493	0.00000	0.00000
1/1y	0.00000	0.01359	0.00000	0.00000	0.04231	0.00000	0.00000	0.07092	0.00000
2/2y	0.00000	0.03627	0.00000	0.00000	0.08071	0.00000	0.00000	0.05478	0.00000
3/3y	0.00000	0.05801	0.00000	0.00000	0.06201	0.00000	0.00000	-0.05499	0.00000
4/4y	0.00000	0.07490	0.00000	0.00000	-0.00504	0.00000	0.00000	-0.06234	0.00000
5/5y	0.00000	0.08566	0.00000	0.00000	-0.07551	0.00000	0.00000	0.05514	0.00000
1/1b	0.00000	0.00000	0.00093	0.00000	0.00000	0.00286	0.00000	0.00000	0.00477
2/2b	0.00000	0.00000	0.00246	0.00000	0.00000	0.00542	0.00000	0.00000	0.00363
3/3b	0.00000	0.00000	0.00391	0.00000	0.00000	0.00412	0.00000	0.00000	-0.00373
4/4b	0.00000	0.00000	0.00502	0.00000	0.00000	-0.00039	0.00000	0.00000	-0.00415
5/5b	0.00000	0.00000	0.00572	0.00000	0.00000	-0.00507	0.00000	0.00000	0.00372
Mxr%	80.808	0.000	0.000	11.347	0.000	0.000	4.801	0.000	0.000
Myr%	0.000	80.985	0.000	0.000	11.297	0.000	0.000	4.729	0.000
Mbr%	0.000	0.000	81.274	0.000	0.000	11.117	0.000	0.000	4.668

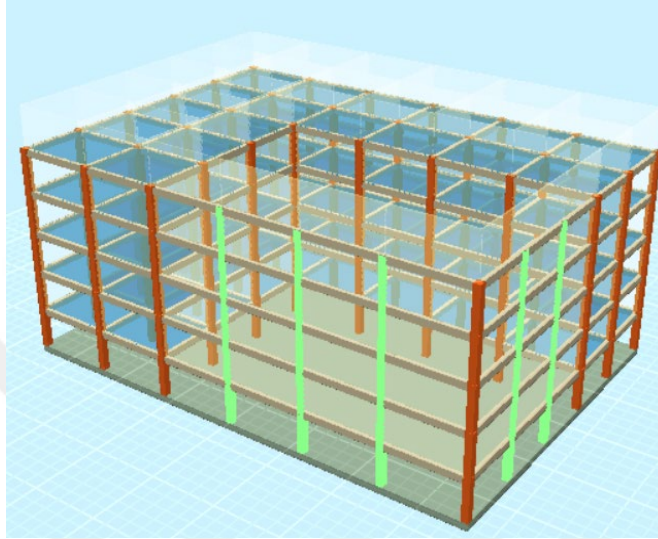
Doğal Frekanslar:

1.mod (x): 7.49 Hz, 2.mod (y): 7.70 Hz, 3.mod (b): 8.36 Hz. Burulma modu, öteleme modlarına kıyasla %10 daha yüksek frekans göstermektedir. Yüksek modlarda (6.mod: 27.64 Hz, 9.mod: 53.75 Hz) frekans dağılımı, boşluğun lokal etkilerini yansıtmaktadır.

Döşeme Süreksizliğinin Dinamik Etkileri:

Mod şekil vektörlerinde x/y ve burulma yönleri arasındaki çapraz katılımların sıfıra yakın olması, dinamiğin korunduğunu göstermektedir. 4/4x (-0.00446) ve 4/4y (-0.00504) gibi negatif değerler, boşluk çevresinde lokal faz farklılaşması olduğunu işaret etmektedir. Burulma katsayısı $n_{bi}=1.126 < 1.2$ ile sınır değerdedir. Yapıda bulunan 347,88 m²'lik boşluk oranı yapı kat alanının %38,65'ini oluşturmaktadır. TBDY 2018'e göre döşeme alanının 1/3'ünü geçen boşlukların, döşemede süreksizliğe yol açtığı belirtilmektedir. Model A3'de tasarlanan boşluk standart değerlerin çok üzerindedir. STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda, tasarlanan boşluğun simetrik olmasından dolayı yapıda kesiti yetersiz elemanlara rastlanmamıştır.

Model A4; Şekil 4.5’te belirtilen mimari tasarımında yapının köşe noktasında 347,88 m² asimetrik döşeme boşluğu bulunan yapı modelinin dinamik davranışı, özellikle burulma etkileri kapsamında incelemektedir. Modal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapının doğal titreşim modları, frekansları ve mod katılım oranları üzerinden değerlendirilmiş, burulma rijitliğinin ve döşeme boşluğunun yapısal davranışa etkisi detaylı olarak analiz edilmiştir.



4.5. Model A4 3D Model

Model A4 analizinde; asimetrik boşluğun kütle dağılımı ve rijitlik merkezi üzerindeki etkisi dikkate alınmıştır. Mod şekilleri x, y öteleme ve burulma (b) yönlerinde ayrıştırılmıştır. Mod katılım oranları, asimetrinin yapısal davranışa etkisini nicel olarak değerlendirmek için kullanılmıştır. Model A4’e ait mod verileri Tablo 4.5’te gösterilmektedir.

4.5. Model A4 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
ω	7.41	7.62	9.42	24.75	25.31	31.48	48.74	49.59	62.35
T	0.8479	0.8248	0.6673	0.2538	0.2483	0.1996	0.1289	0.1267	0.1008
yön	x	y	b	x	y	b	x	y	b
1/1x	0.01331	-0.00092	0.00072	0.04103	-0.00654	0.00334	0.06338	-0.02969	0.00849
2/2x	0.03585	-0.00254	0.00236	0.07905	-0.01281	0.00760	0.04984	-0.02368	0.00833
3/3x	0.05757	-0.00414	0.00419	0.06134	-0.01011	0.00699	-0.04856	0.02267	-0.00620
4/4x	0.07450	-0.00541	0.00578	-0.00429	0.00052	0.00068	-0.05631	0.02676	-0.00957
5/5x	0.08534	-0.00626	0.00721	-0.07431	0.01218	-0.00810	0.04916	-0.02318	0.00748
1/1y	0.00095	0.01352	0.00066	0.00641	0.04148	0.00360	0.02858	0.06389	0.00982
2/2y	0.00245	0.03611	0.00232	0.01204	0.07926	0.00841	0.02187	0.04965	0.00979
3/3y	0.00387	0.05773	0.00423	0.00909	0.06094	0.00788	-0.02222	-0.04937	-0.00714
4/4y	0.00494	0.07450	0.00593	-0.00093	-0.00489	0.00091	-0.02491	-0.05642	-0.01124
5/5y	0.00558	0.08515	0.00753	-0.01118	-0.07427	-0.00904	0.02215	0.04969	0.00871
1/1b	-0.00011	-0.00010	0.00107	-0.00042	-0.00035	0.00333	-0.00105	-0.00049	0.00557
2/2b	-0.00026	-0.00024	0.00289	-0.00076	-0.00062	0.00640	-0.00070	-0.00031	0.00438
3/3b	-0.00040	-0.00036	0.00463	-0.00053	-0.00042	0.00496	0.00093	0.00044	-0.00426
4/4b	-0.00050	-0.00045	0.00599	0.00012	0.00011	-0.00035	0.00089	0.00040	-0.00494
5/5b	-0.00056	-0.00049	0.00686	0.00073	0.00059	-0.00601	-0.00092	-0.00043	0.00430
Mxr%	79.878	0.418	0.463	10.945	0.291	0.114	3.873	0.861	0.085
Myr%	0.356	80.130	0.482	0.247	10.878	0.143	0.762	3.866	0.116
Mbr%	0.581	0.471	79.824	0.117	0.074	11.111	0.131	0.027	4.631

Doğal Frekanslar:

1.mod (x): 7.41 rad/s binanın en esnek yönü, 2.mod (y): 7.62 rad/s y yönünde %2,8 daha rijit ve 3.mod (b): 9.42 rad/s ile burulma rijitliği ötelemelere göre %27 daha yüksek. Yüksek frekanslı modlar (7-9.mod), 9.mod (b) 62.35 rad/s ile en rijit mod olarak öne çıkmakta ve lokal eleman titreşimlerini temsil etmektedir.

Döşeme Süreksizliğinin Dinamik Etkileri:

Mod şekil vektörlerinde x/y ve burulma yönleri arasında gözlemlenen %1.24 çapraz katılım (2.mod y ve 3.mod b arası), asimetrik köşe boşluğunun dinamiği zayıflatıldığını doğrulamaktadır. Burulma katsayısı $n_{bi}=1.21>1.20$ ile sınır değeri geçmektedir. $5/5b=0.00686$ değeri, referans modele kıyasla %40'lık burulma deformasyon artışına işaret etmektedir.

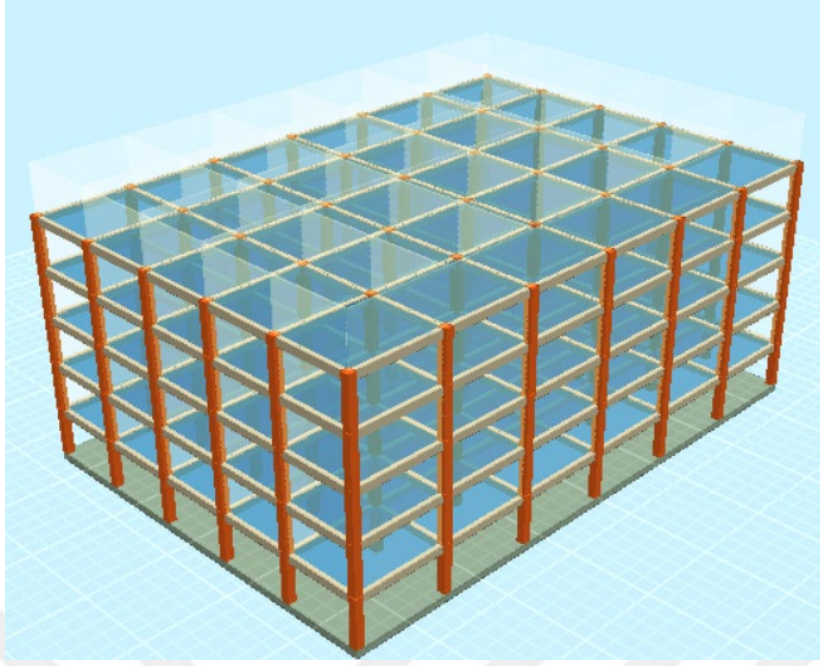
Asimetrik köşe boşluğu, yapının global rijitliğinde:

X yönünde %1,6 (79.878%, 80.808'e kıyasla), y yönünde %1,5 (80.130%, 80.985'e kıyasla) ve burulmada %1,85 (79.824%, 81.274'e kıyasla) azalmaya neden olmuştur. Yapıda bulunan 347,88 m²'lik boşluk oranı yapı kat alanının %38,65'ini oluşturmaktadır. TBDY 2018'e göre döşeme alanının 1/3'ünü geçen boşlukların, döşemede süreksizliğe yol açtığı belirtilmektedir. STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda, tasarlanan asimetrik boşluklu yapıda kesiti yetersiz elemanlara rastlanmıştır. Bunlar; S125, S129, S133, S134, S135, S225, S229, S233, S234, S235, S325, S329, S333, S334, S335, S425, S429, S433, S434, S435, SZ25, SZ29, SZ33, SZ34, SZ35 elemanlarıdır. Model A4'e ait 3D modelde kesiti yetersiz elemanların, boşluk çevresindeki elemanlar olduğu görülmektedir.

4.2. Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri Düzensizliği

Referans Model B, Model B1, Model B2, Model B3 ve Model B4 için;

Geometrik düzensizliklerin yapısal davranışa etkisini incelemek amacıyla oluşturulan 5 farklı model serisinin temel referansını teşkil eden dikdörtgen planlı (36m×25m) Model B'ye ait 3D görsel Şekil 4.6'da gösterilmektedir. Modal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapının doğal titreşim modları, frekansları ve mod katılım oranları üzerinden değerlendirilmiştir.



4.6. Referans Model B 3D Model

Modellenen referans yapının dinamik özellikleri, mod şekilleri ve katılım oranları, yapının x, y ve burulma (b) yönlerindeki titreşim karakteristiklerini ortaya koymak için kullanılmıştır. Analizlerde, yapının geometrik düzenliliği ve döşeme sürekliliği nedeniyle burulma etkilerinin saf hali gözlemlenmiştir. Referans Model B'ye ait mod verileri Tablo 4.6'da gösterilmektedir.

4.6. Model B Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

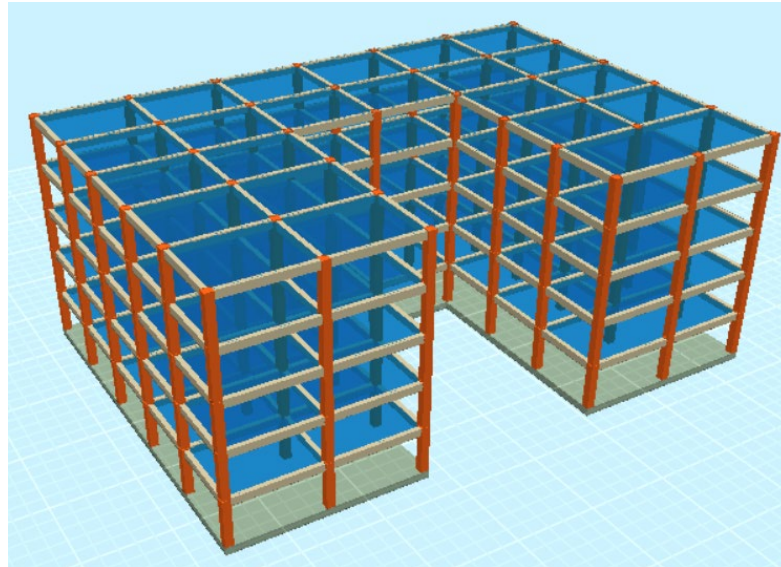
Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
ω	7.07	7.36	8.36	23.38	24.15	27.55	45.41	46.37	53.26
T	0.8886	0.8540	0.7516	0.2687	0.2602	0.2281	0.1384	0.1355	0.1180
yön	x	y	b	x	y	b	x	y	b
1/1x	0.01144	0.00000	0.00000	0.03529	0.00000	0.00000	0.05867	0.00000	0.00000
2/2x	0.03026	0.00000	0.00000	0.06672	0.00000	0.00000	0.04451	0.00000	0.00000
3/3x	0.04812	0.00000	0.00000	0.05061	0.00000	0.00000	-0.04601	0.00000	0.00000
4/4x	0.06184	0.00000	0.00000	-0.00501	0.00000	0.00000	-0.05093	0.00000	0.00000
5/5x	0.07039	0.00000	0.00000	-0.06242	0.00000	0.00000	0.04591	0.00000	0.00000
1/1y	0.00000	0.01169	0.00000	0.00000	0.03584	0.00000	0.00000	0.05895	0.00000
2/2y	0.00000	0.03055	0.00000	0.00000	0.06690	0.00000	0.00000	0.04362	0.00000
3/3y	0.00000	0.04828	0.00000	0.00000	0.05005	0.00000	0.00000	-0.04683	0.00000
4/4y	0.00000	0.06182	0.00000	0.00000	-0.00576	0.00000	0.00000	-0.05036	0.00000
5/5y	0.00000	0.07015	0.00000	0.00000	-0.06229	0.00000	0.00000	0.04618	0.00000
1/1b	0.00000	0.00000	0.00091	0.00000	0.00000	0.00280	0.00000	0.00000	0.00464
2/2b	0.00000	0.00000	0.00240	0.00000	0.00000	0.00528	0.00000	0.00000	0.00349
3/3b	0.00000	0.00000	0.00381	0.00000	0.00000	0.00398	0.00000	0.00000	-0.00366
4/4b	0.00000	0.00000	0.00489	0.00000	0.00000	-0.00042	0.00000	0.00000	-0.00401
5/5b	0.00000	0.00000	0.00556	0.00000	0.00000	-0.00493	0.00000	0.00000	0.00364
Mxr%	81.297	0.000	0.000	11.108	0.000	0.000	4.660	0.000	0.000
Myr%	0.000	81.599	0.000	0.000	10.992	0.000	0.000	4.559	0.000
Mbr%	0.000	0.000	81.423	0.000	0.000	11.046	0.000	0.000	4.623

Doğal Frekanslar ve Periyotlar:

1. Mod (x yönü): 7.07 Hz (T=0.8886 s), 2. Mod (y yönü): 7.36 Hz (T=0.8540 s), 3. Mod (burulma, b): 8.36 Hz (T=0.7516 s) ve yüksek 4-9. modlar 23.38 Hz ile 53.26 Hz

aralığında dağılım göstermektedir. Burulma modunun (3. mod), x ve y modlarına kıyasla daha yüksek frekansa sahip olması, yapının burulma rijitliğinin ötelenme rijitliğinden daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, yapıda merkezi çekirdek veya perde duvarların burulma stabilitesini artırdığını düşündürmektedir. Mod katılım oranları ve burulma etkisi; x ve y Yönleri: 1.mod (x): %81.297, 2.mod (y): %81.599, burulma yönü; 3. mod (b): %81.423, 6.mod (b): %11.046 ve 9.mod (b): %4.623. Burulma modlarının katılım oranlarının x/y modlarıyla benzer olması, yapının düzensizlik riskinin düşük olduğunu, ancak yüksek modlarda burulma etkilerinin artabileceğini göstermektedir. Yapının yalın dikdörtgen bir formda olması modların saf x, y veya b yönlerinde gerçekleşmesini sağlamıştır. Mod şekil vektörlerinde x/y ve burulma yönleri arasındaki çapraz katılımların sıfıra yakın olması, yapının bu yönlerde dinamik bir şekilde bağımsız davrandığını kanıtlamaktadır. STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda referans Model B’de kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

Model B1; mimari tasarımında U tipinde planlanan Model B1’e ait 3D görsel Şekil 4.7’de gösterilmektedir. Modal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapının doğal titreşim modları, frekansları ve mod katılım oranları üzerinden değerlendirilmiştir. U formunda tasarlanan yapının yapısal düzensizlikleri dikdörtgen formlu referans model ile kıyaslanmaktadır.



4.7. Model B1 3D Model

Modellenen yapının dinamik özellikleri, mod şekilleri ve katılım oranları, yapının x, y ve burulma (b) yönlerindeki titreşim karakteristiklerini ortaya koymak için

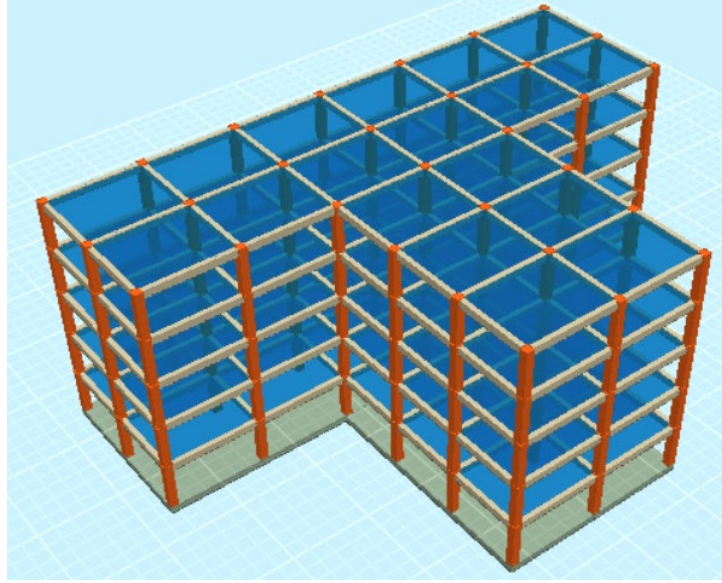
kullanılmıştır. U tipi tasarıma sahip Model B1'e ait mod verileri Tablo 4.7'de verilmektedir.

4.7. Model B1 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod ω T yön	1.mod 7.13 0.8814 x	2.mod 7.50 0.8373 y	3.mod 8.21 0.7653 b	4.mod 23.77 0.2643 x	5.mod 24.77 0.2536 y	6.mod 27.16 0.2313 b	7.mod 46.77 0.1344 x	8.mod 48.00 0.1309 y	9.mod 52.87 0.1188 b
1/1x	0.01219	-0.00015	-0.00050	0.03795	-0.00004	-0.00037	0.06374	0.00119	0.00298
2/2x	0.03266	-0.00039	-0.00112	0.07271	-0.00002	-0.00013	0.04963	0.00097	0.00307
3/3x	0.05232	-0.00059	-0.00157	0.05605	0.00003	0.00042	-0.04921	-0.00089	-0.00202
4/4x	0.06759	-0.00074	-0.00183	-0.00441	0.00006	0.00056	-0.05631	-0.00108	-0.00340
5/5x	0.07731	-0.00082	-0.00190	-0.06834	0.00000	-0.00021	0.04973	0.00092	0.00252
1/1y	0.00009	0.01244	-0.00169	0.00000	0.03846	-0.00429	-0.00097	0.06401	-0.00467
2/2y	0.00024	0.03285	-0.00432	0.00001	0.07258	-0.00776	-0.00076	0.04840	-0.00309
3/3y	0.00039	0.05218	-0.00676	0.00001	0.05496	-0.00561	0.00075	-0.05029	0.00382
4/4y	0.00050	0.06705	-0.00859	0.00000	-0.00550	0.00086	0.00085	-0.05551	0.00361
5/5y	0.00058	0.07632	-0.00972	-0.00002	-0.06783	0.00709	-0.00075	0.05009	-0.00354
1/1b	0.00002	0.00011	0.00091	-0.00002	0.00029	0.00281	-0.00025	0.00032	0.00469
2/2b	0.00006	0.00030	0.00241	-0.00001	0.00056	0.00533	-0.00015	0.00027	0.00359
3/3b	0.00010	0.00049	0.00383	0.00002	0.00044	0.00406	0.00023	-0.00023	-0.00366
4/4b	0.00014	0.00063	0.00493	0.00004	-0.00002	-0.00038	0.00020	-0.00030	-0.00410
5/5b	0.00017	0.00073	0.00562	0.00001	-0.00053	-0.00500	-0.00022	0.00024	0.00367
Mxx%	80.844	0.010	0.066	11.290	0.000	0.000	4.752	0.002	0.014
Myz%	0.004	80.008	1.331	0.000	10.980	0.120	0.001	4.613	0.022
Mbz%	0.061	1.301	79.847	0.000	0.128	11.016	0.009	0.026	4.651

Geometri etkisi ile U formu, burulma rijitliğini azaltmıştır. Çapraz mod etkileşimi, y yönü ve burulma modları arasında %1.33 katılım (dikdörtgende $\approx 0\%$) göstermektedir. Bu durum plan düzensizliğinin dinamiği bozduğunu yansıtmaktadır. Burulma rijitliği, 3. Mod (Burulma): 8.21 rad/s (Dikdörtgen forma göre %1,8 daha az rijit). Üst katlarda artan burulma; 5/5b=0.0056, dikdörtgen forma göre %12 daha yüksek. TBDY 2018 $n_{bi}=1.184 < 1.20$ ile sınır sağlansa da zayıf burulma performansı riski taşımaktadır. Rijitlik dağılımı, x ve y yönü farkı: $\omega_2/\omega_1=1.05$, %5 asimetri (dikdörtgen formda %4) göstermektedir. Yüksek modlarda, 6.mod(b) %11.016 katılım göstermekte ve bu da U formunun iç köşe noktalarında gerilme yığılmalarının artabileceğini yansıtmaktadır. STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda referans Model B1'de kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

Model B2; mimari tasarımında T formunda planlanan Model B2'ye ait 3D görsel Şekil 4.8'de gösterilmektedir. Modal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapının doğal titreşim modları, frekansları ve mod katılım oranları üzerinden değerlendirilmiştir. T formunda tasarlanan yapının yapısal düzensizlikleri dikdörtgen formu referans model ile kıyaslanmaktadır.



4.8. Model B2 3D Model

Modellenen yapının dinamik özellikleri, mod şekilleri ve katılım oranları, yapının x, y ve burulma (b) yönlerindeki titreşim karakteristiklerini ortaya koymak için kullanılmıştır. T tipi tasarıma sahip Model B2'ye ait mod verileri Tablo 4.8'de verilmektedir.

4.8. Model B2 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
ω	7.25	7.52	8.48	24.14	24.86	28.28	47.38	48.28	55.74
T	0.8669	0.8359	0.7411	0.2603	0.2528	0.2222	0.1326	0.1301	0.1127
yön	x	y	b	x	y	b	x	y	b
1/1x	0.01407	0.00000	-0.00094	0.04374	0.00000	-0.00178	0.07346	0.00000	-0.00007
2/2x	0.03760	0.00000	-0.00227	0.08361	0.00000	-0.00279	0.05697	0.00000	0.00076
3/3x	0.06015	0.00000	-0.00341	0.06429	0.00000	-0.00157	-0.05687	0.00000	0.00031
4/4x	0.07763	0.00000	-0.00419	-0.00526	0.00000	0.00076	-0.06474	0.00000	-0.00082
5/5x	0.08872	0.00000	-0.00455	-0.07850	0.00000	0.00222	0.05731	0.00000	0.00022
1/1y	0.00000	0.01436	0.00000	0.00000	0.04438	0.00000	0.00000	0.07377	0.00000
2/2y	0.00000	0.03799	0.00000	0.00000	0.08389	0.00000	0.00000	0.05599	0.00000
3/3y	0.00000	0.06043	0.00000	0.00000	0.06370	0.00000	0.00000	-0.05780	0.00000
4/4y	0.00000	0.07772	0.00000	0.00000	-0.00613	0.00000	0.00000	-0.06413	0.00000
5/5y	0.00000	0.08857	0.00000	0.00000	-0.07839	0.00000	0.00000	0.05762	0.00000
1/1b	0.00006	0.00000	0.00126	0.00010	0.00000	0.00393	-0.00003	0.00000	0.00662
2/2b	0.00017	0.00000	0.00338	0.00023	0.00000	0.00754	0.00003	0.00000	0.00519
3/3b	0.00028	0.00000	0.00542	0.00021	0.00000	0.00583	0.00007	0.00000	-0.00509
4/4b	0.00038	0.00000	0.00701	0.00003	0.00000	-0.00043	0.00000	0.00000	-0.00588
5/5b	0.00045	0.00000	0.00803	-0.00021	0.00000	-0.00710	-0.00005	0.00000	0.00516
Mxr%	80.751	0.000	0.246	11.240	0.000	0.010	4.747	0.000	0.000
Myr%	0.000	81.263	0.000	0.000	11.150	0.000	0.000	4.655	0.000
Mbr%	0.227	0.000	80.630	0.015	0.000	11.306	0.000	0.000	4.783

Geometri etkisi kapsamında T formu, dikdörtgen ve U formuna göre daha yüksek burulma deformasyonuna sahiptir ($5/5b=0.00803$, dikdörtgendenden %44, U formundan %43 daha yüksek). Burulma katsayısı $n_{bi}=1.214>1.20$ ile sınır değer üzerinde. Çapraz mod etkileşimleri, x ve burulma modları arasında %0.246 katılım (U formunda %1.33) göstermektedir. Yüksek modların, 6.mod (b) %11.306 katılım göstermesi T

formunun kol kısımlarında lokal gerilme riski taşıdığını yansıtmaktadır. Köşe keskinlikleri, T bağlantı noktalarında gerilme yığılmaları riskini doğurmaktadır.

TBDY 2018' e göre düzensizlik kontrolü;

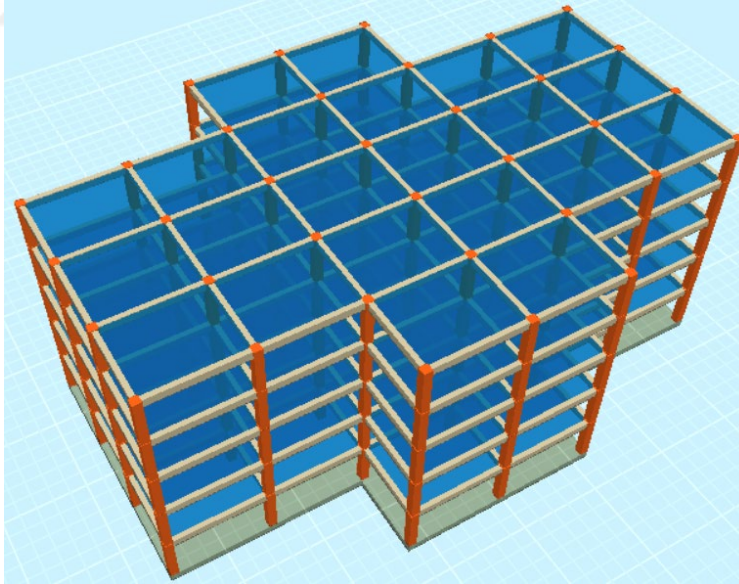
X yönü toplam uzunluk: 36m, x yönü toplam çıkıntı uzunluğu: 24m

Y yönü toplam uzunluk: 25m, y yönü çıkıntı uzunluğu: 10m

$24m > 7.2m$ ($0.2 \cdot 36$) ve $15m > 5m$ ($0.2 \cdot 25$) olduğundan düzensizlik var kabul edilmektedir.

STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda referans Model B2'de kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

Model B3; mimari tasarımında + tipinde planlanan Model B3'e ait 3D görsel Şekil 4.9'da gösterilmektedir. Modal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapının doğal titreşim modları, frekansları ve mod katılım oranları üzerinden değerlendirilmiştir. + formunda tasarlanan yapının yapısal düzensizlikleri dikdörtgen formlu referans model ve farklı geometriye sahip diğer modeller ile kıyaslanmaktadır.



4.9. Model B3 3D Model

Modellenen yapının dinamik özellikleri, mod şekilleri ve katılım oranları, yapının x, y ve burulma (b) yönlerindeki titreşim karakteristiklerini ortaya koymak için kullanılmıştır. + tipi tasarıma sahip Model B3'e ait mod verileri Tablo 4.9'da verilmektedir.

4.9. Model B3 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod ω T yön	1.mod 7.17 0.8763 x	2.mod 7.44 0.8441 y	3.mod 8.54 0.7362 b	4.mod 23.80 0.2640 x	5.mod 24.54 0.2561 y	6.mod 28.31 0.2219 b	7.mod 46.51 0.1351 x	8.mod 47.43 0.1325 y	9.mod 55.32 0.1136 b
1/1x	0.01301	0.00000	0.00000	0.04028	0.00000	0.00000	0.06734	0.00000	0.00000
2/2x	0.03463	0.00000	0.00000	0.07665	0.00000	0.00000	0.05178	0.00000	0.00000
3/3x	0.05525	0.00000	0.00000	0.05861	0.00000	0.00000	-0.05240	0.00000	0.00000
4/4x	0.07116	0.00000	0.00000	-0.00521	0.00000	0.00000	-0.05901	0.00000	0.00000
5/5x	0.08118	0.00000	0.00000	-0.07188	0.00000	0.00000	0.05262	0.00000	0.00000
1/1y	0.00000	0.01327	0.00000	0.00000	0.04087	0.00000	0.00000	0.06765	0.00000
2/2y	0.00000	0.03494	0.00000	0.00000	0.07687	0.00000	0.00000	0.05083	0.00000
3/3y	0.00000	0.05542	0.00000	0.00000	0.05801	0.00000	0.00000	-0.05330	0.00000
4/4y	0.00000	0.07114	0.00000	0.00000	-0.00603	0.00000	0.00000	-0.05842	0.00000
5/5y	0.00000	0.08092	0.00000	0.00000	-0.07174	0.00000	0.00000	0.05291	0.00000
1/1b	0.00000	0.00000	0.00117	0.00000	0.00000	0.00361	0.00000	0.00000	0.00603
2/2b	0.00000	0.00000	0.00310	0.00000	0.00000	0.00687	0.00000	0.00000	0.00465
3/3b	0.00000	0.00000	0.00495	0.00000	0.00000	0.00526	0.00000	0.00000	-0.00469
4/4b	0.00000	0.00000	0.00638	0.00000	0.00000	-0.00046	0.00000	0.00000	-0.00530
5/5b	0.00000	0.00000	0.00728	0.00000	0.00000	-0.00645	0.00000	0.00000	0.00471
Mxr%	81.123	0.000	0.000	11.187	0.000	0.000	4.712	0.000	0.000
Myr%	0.000	81.406	0.000	0.000	11.079	0.000	0.000	4.615	0.000
Mbr%	0.000	0.000	81.119	0.000	0.000	11.186	0.000	0.000	4.712

Geometri etkisi kapsamında + formu; dikdörtgen, U formuna göre daha yüksek burulma katsayısına $n_{bi}=1.202$ sahip olmasına rağmen, T formundan daha düşük çıkmıştır. 3. Mod (Burulma): 8.54 rad/s değeri dikdörtgenden formdan %2.2 daha rijit ve yüksek katlara etkisi, $5/5b=0.00728$ dikdörtgenden formdan %31, T formundan %10 daha düşüktür. 6. moddaki (b): %11.186 katılım kesişim bölgelerinde lokal gerilmelere işaret etmektedir. + formunun kesişim bölgelerindeki köşe keskinlikleri köşe noktalarda gerilme yığılmaları riskini taşımaktadır.

TBDY 2018' e göre düzensizlik kontrolü;

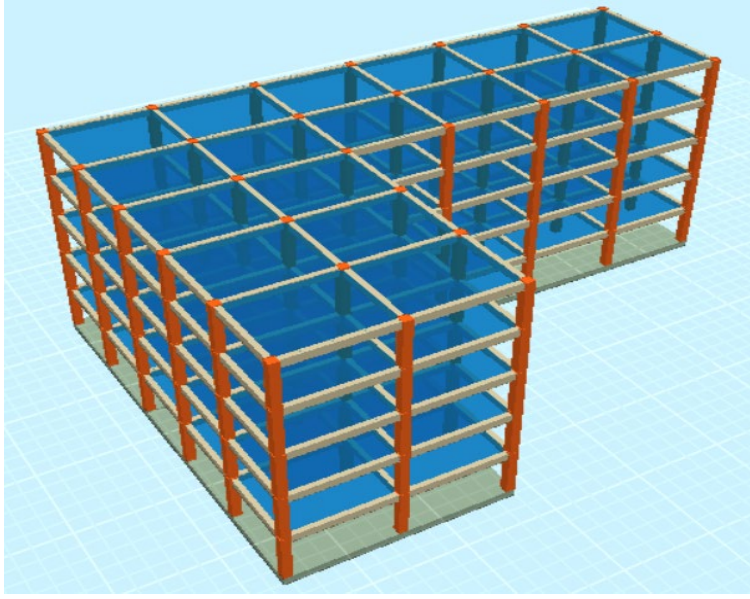
X yönü toplam uzunluk: 36m, x yönü toplam çıkıntı uzunluğu: 24m

Y yönü toplam uzunluk: 25m, y yönü çıkıntı uzunluğu: 10m

$24m > 7.2m$ ($0.2 \cdot 36$) ve $10m > 5m$ ($0.2 \cdot 25$) olduğundan düzensizlik var kabul edilmektedir.

STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda referans Model B3'de kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

Model B4; mimari tasarımında L tipinde planlanan Model B4'e ait 3D görsel Şekil 4.10'da gösterilmektedir. Modal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapının doğal titreşim modları, frekansları ve mod katılım oranları üzerinden değerlendirilmiştir. L formunda tasarlanan yapının yapısal düzensizlikleri dikdörtgen formu referans model ve farklı geometriye sahip diğer modeller ile kıyaslanmaktadır.



4.10. Model B4 3D Model

Modellenen yapının dinamik özellikleri, mod şekilleri ve katılım oranları, yapının x, y ve burulma (b) yönlerindeki titreşim karakteristiklerini ortaya koymak için kullanılmıştır. L tipi tasarıma sahip Model B4'e ait mod verileri Tablo 4.10'da verilmektedir.

4.10. Model B4 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
ω	7.25	7.50	8.34	24.14	24.83	27.69	47.39	48.28	54.27
T	0.8667	0.8381	0.7537	0.2603	0.2531	0.2269	0.1326	0.1301	0.1158
yön	x	y	b	x	y	b	x	y	b
1/1x	0.01406	-0.00053	-0.00094	0.04373	-0.00073	-0.00181	0.07347	0.00014	0.00003
2/2x	0.03757	-0.00139	-0.00230	0.08360	-0.00136	-0.00292	0.05696	0.00011	0.00074
3/3x	0.06011	-0.00220	-0.00347	0.06428	-0.00100	-0.00174	-0.05688	-0.00010	0.00024
4/4x	0.07758	-0.00281	-0.00429	-0.00526	0.00013	0.00071	-0.06473	-0.00012	-0.00076
5/5x	0.08865	-0.00319	-0.00470	-0.07849	0.00125	0.00241	0.05731	0.00010	0.00022
1/1y	0.00038	0.01415	-0.00244	0.00054	0.04410	-0.00506	-0.00013	0.07374	-0.00257
2/2y	0.00102	0.03747	-0.00613	0.00105	0.08342	-0.00879	-0.00011	0.05598	-0.00093
3/3y	0.00164	0.05966	-0.00944	0.00082	0.06342	-0.00595	0.00009	-0.05777	0.00239
4/4y	0.00213	0.07678	-0.01187	-0.00006	-0.00601	0.00141	0.00012	-0.06411	0.00121
5/5y	0.00244	0.08755	-0.01320	-0.00100	-0.07799	0.00777	-0.00009	0.05759	-0.00176
1/1b	0.00006	0.00016	0.00112	0.00010	0.00033	0.00350	-0.00003	0.00017	0.00591
2/2b	0.00017	0.00044	0.00299	0.00022	0.00068	0.00669	0.00002	0.00020	0.00458
3/3b	0.00028	0.00072	0.00478	0.00020	0.00056	0.00514	0.00006	-0.00007	-0.00457
4/4b	0.00038	0.00094	0.00617	0.00002	0.00001	-0.00042	0.00000	-0.00018	-0.00521
5/5b	0.00044	0.00110	0.00705	-0.00021	-0.00064	-0.00628	-0.00005	0.00010	0.00461
Mxx%	80.634	0.107	0.257	11.237	0.003	0.011	4.747	0.000	0.000
Myx%	0.061	79.266	1.934	0.002	11.044	0.109	0.000	4.652	0.003
Mbx%	0.284	1.812	78.893	0.017	0.133	11.110	0.000	0.007	4.737

Geometri etkisi kapsamında L formu, en yüksek çapraz mod etkileşimine (%1.934 y-b) sahip olup, geometrik asimetrinin dinamik davranışı önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Burulma değeri $n_{bi}=1.227>1.20$ ile sınır değerin üzerindedir. 3. Mod (Burulma): 8.34 rad/s, dikdörtgen forma oranla %0.2 daha az rijit çıkmıştır. Burulmanın yüksek katlara etkisi, $5/5b=0.00705$ dikdörtgenden formdan %27, T formundan %12 daha düşüktür. 6. Moddaki (b): %11.110 katılım, L köşesinde lokal gerilme konsantrasyonu göstermektedir. $5/5y:0.01320$ değeri L formunun düşey kol

ucunda yüksek eğilmeye işaret etmektedir. L formunun birleşim köşesi hem burulma hem de kesme riski taşımaktadır.

TBDY 2018'e göre düzensizlik kontrolü;

X yönü toplam uzunluk: 36m, x yönü toplam çıkıntı uzunluğu: 24m

Y yönü toplam uzunluk: 25m, y yönü çıkıntı uzunluğu: 10m

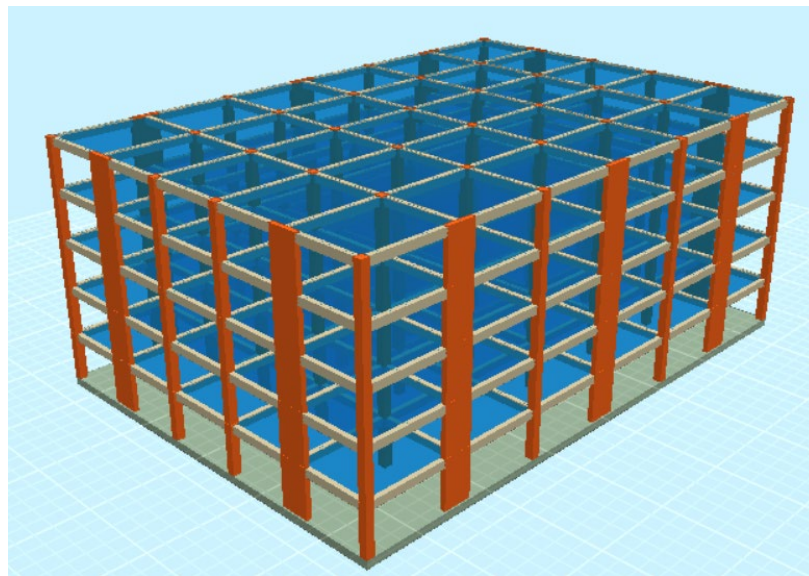
$24m > 7.2m$ ($0.2 \cdot 36$) ve $15m > 5m$ ($0.2 \cdot 25$) olduğundan düzensizlik var kabul edilmektedir.

STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda referans Model B4'de kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

4.3. Kütle Merkezi ve Rijitlik Merkezi Konumu

Referans Model C, Model C1, Model C2, Model C3 ve Model C4 için;

Perde duvar ve yapı çekirdek yerleşimleri ile farklı noktalarda bulunan rijitlik ve kütle merkezinin, yapı davranışına etkisini incelemek adına oluşturulan beş farklı modelden referans model olmak koşuluyla, yapıda simetrik yerleştirilmiş perde duvarlar bulunan Model C tasarlanmıştır. Model C'ye ait 3D görsel Şekil 4.11'de gösterilmektedir. Modal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapının doğal titreşim modları, frekansları ve mod katılım oranları üzerinden değerlendirilmiştir. Kütle merkezi ve rijitlik merkezinin konumu incelenmiştir.



4.11. Referans Model C 3D Model

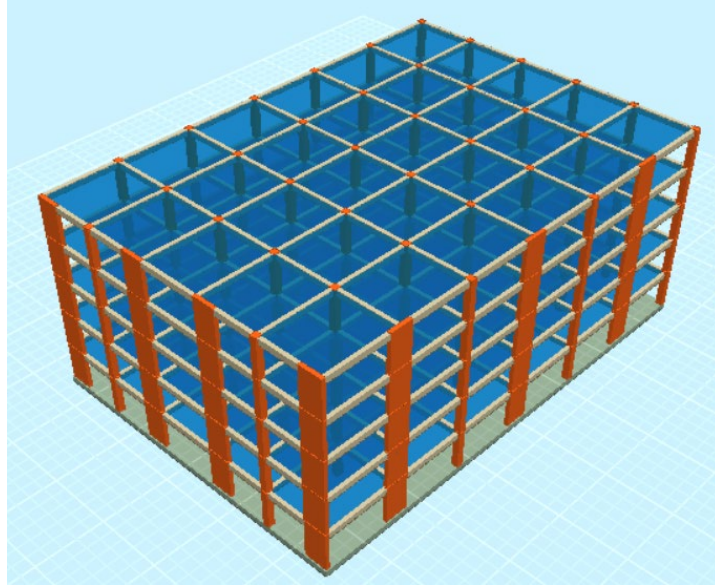
Modellenen yapının dinamik özellikleri, mod şekilleri ve katılım oranları, yapının x, y ve burulma (b) yönlerindeki titreşim karakteristiklerini ortaya koymak için kullanılmıştır. Simetrik yerleştirilmiş perde duvarlara sahip referans Model C'ye ait mod verileri Tablo 4.11'de verilmektedir.

4.11. Referans Model C Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod ω T yön	1.mod 8.00 0.7857 y	2.mod 8.12 0.7742 x	3.mod 10.46 0.6007 b	4.mod 27.94 0.2249 y	5.mod 29.37 0.2140 x	6.mod 39.14 0.1606 b	7.mod 57.93 0.1085 y	8.mod 63.14 0.0995 x	9.mod 86.39 0.0727 b
1/1x	0.00000	0.00905	0.00000	0.00000	0.03160	0.00000	0.00000	0.05885	0.00000
2/2x	0.00000	0.02620	0.00000	0.00000	0.06418	0.00000	0.00000	0.04962	0.00000
3/3x	0.00000	0.04474	0.00000	0.00000	0.05551	0.00000	0.00000	-0.03915	0.00000
4/4x	0.00000	0.06108	0.00000	0.00000	0.00396	0.00000	0.00000	-0.05352	0.00000
5/5x	0.00000	0.07380	0.00000	0.00000	-0.06154	0.00000	0.00000	0.04181	0.00000
1/1y	0.00977	0.00000	0.00000	0.03265	0.00000	0.00000	0.05888	0.00000	0.00000
2/2y	0.02742	0.00000	0.00000	0.06473	0.00000	0.00000	0.04796	0.00000	0.00000
3/3y	0.04576	0.00000	0.00000	0.05395	0.00000	0.00000	-0.04106	0.00000	0.00000
4/4y	0.06124	0.00000	0.00000	0.00129	0.00000	0.00000	-0.05268	0.00000	0.00000
5/5y	0.07254	0.00000	0.00000	-0.06192	0.00000	0.00000	0.04288	0.00000	0.00000
1/1b	0.00000	0.00000	0.00067	0.00000	0.00000	0.00245	0.00000	0.00000	0.00467
2/2b	0.00000	0.00000	0.00199	0.00000	0.00000	0.00504	0.00000	0.00000	0.00400
3/3b	0.00000	0.00000	0.00346	0.00000	0.00000	0.00448	0.00000	0.00000	-0.00299
4/4b	0.00000	0.00000	0.00481	0.00000	0.00000	0.00048	0.00000	0.00000	-0.00427
5/5b	0.00000	0.00000	0.00592	0.00000	0.00000	-0.00482	0.00000	0.00000	0.00324
Mxr%	0.000	77.371	0.000	0.000	13.762	0.000	0.000	5.702	0.000
Myz%	78.665	0.000	0.000	12.867	0.000	0.000	5.401	0.000	0.000
Mbz%	0.000	0.000	76.270	0.000	0.000	14.606	0.000	0.000	5.924

Simetrik yerleştirilen perdelerin etkisi ile x ve y yönlerinde eşit frekans dağılımı ile ideal simetri sağlanmıştır. Burulma faktörü $n_{bi}=1.14<1.2$ ile TBDY 2018 koşulunu sağlamaktadır. 3.mod (b) 10.46 rad/s ile öteleme modlarından %30 daha rijit çıkmıştır. 6.modun (b) %14.606 katılım göstermesi, üst katlarda burulma etkisinin artabileceğine işaret etmektedir. Mod şekillerinde görülen x/y/b yönleri arası çapraz katılımların $\approx 0\%$ (max: %0.003) olması kütle ve rijitlik merkezinin birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Bu sayede yüksek burulma rijitliği sağlanmaktadır. Perde duvar düzeni ve yönsel rijitlik farkından dolayı (konum olarak etkisiz), yapıda y yöndeki rijitlik x yönüne oranla daha düşük çıkmıştır. STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda referans Model C'de kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

Model C1; perde duvarlar yapının sol ve alt kenarlarına konumlandırılarak simetrik tasarlanmamıştır. Model C1'e ait 3D görsel Şekil 4.12' de gösterilmektedir. Modal analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapının doğal titreşim modları, frekansları ve mod katılım oranları üzerinden değerlendirilmiştir. Kütle merkezi ve rijitlik merkezi konumları incelenmiştir.



4.12. Model C1 3D Model

Modellenen yapının dinamik özellikleri, mod şekilleri ve katılım oranları, yapının x, y ve burulma (b) yönlerindeki titreşim karakteristiklerini ortaya koymak için kullanılmıştır. Asimetrik yerleştirilen perde duvarlara sahip Model C1'e ait mod verileri Tablo 4.12'de verilmektedir.

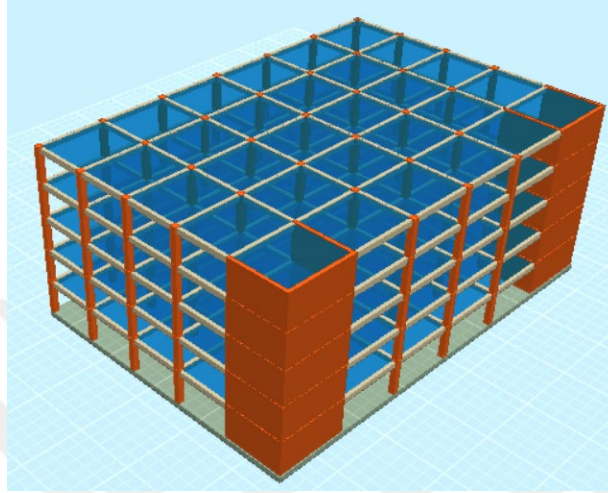
4.12. Model C1 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
ω	7.29	7.78	10.38	24.20	26.97	39.15	46.86	55.72	74.75
T	0.8621	0.8073	0.6056	0.2597	0.2330	0.1605	0.1341	0.1128	0.0841
yön	x	y	b	x	x	b	y	x	y
1/1x	0.00833	0.00565	0.00075	0.02224	0.02400	0.00389	-0.03348	0.04697	-0.03769
2/2x	0.02261	0.01622	0.00287	0.04258	0.04810	0.01006	-0.02605	0.03876	0.01559
3/3x	0.03672	0.02746	0.00584	0.03318	0.04059	0.01141	0.02495	-0.03274	0.02169
4/4x	0.04806	0.03713	0.00905	-0.00192	0.00142	0.00309	0.02868	-0.04259	-0.03520
5/5x	0.05574	0.04438	0.01213	-0.03960	-0.04642	-0.01194	-0.02492	0.03450	0.01495
1/1y	-0.00618	0.00809	-0.00234	-0.02300	0.02195	-0.01026	0.04101	0.03496	0.04823
2/2y	-0.01611	0.02205	-0.00778	-0.04311	0.04272	-0.02369	0.03122	0.02791	-0.02106
3/3y	-0.02540	0.03599	-0.01467	-0.03244	0.03454	-0.02422	-0.03117	-0.02486	-0.02748
4/4y	-0.03248	0.04734	-0.02165	0.00337	-0.00037	-0.00509	-0.03467	-0.03075	0.04636
5/5y	-0.03683	0.05519	-0.02797	0.03977	-0.04034	0.02554	0.03078	0.02551	-0.02007
1/1b	-0.00033	0.00019	0.00064	-0.00116	0.00039	0.00229	0.00196	0.00048	0.00254
2/2b	-0.00084	0.00049	0.00187	-0.00214	0.00073	0.00462	0.00132	0.00036	-0.00097
3/3b	-0.00129	0.00076	0.00323	-0.00154	0.00055	0.00398	-0.00184	-0.00036	-0.00143
4/4b	-0.00161	0.00097	0.00445	0.00030	-0.00005	0.00035	-0.00178	-0.00040	0.00227
5/5b	-0.00178	0.00109	0.00544	0.00209	-0.00068	-0.00427	0.00183	0.00035	-0.00099
Mxr%	48.982	28.549	1.572	4.955	7.125	0.423	1.634	3.459	0.662
Myr%	22.795	47.402	9.254	4.764	5.321	2.215	2.380	1.846	1.044
Mbr%	9.101	3.266	65.229	1.473	0.219	12.184	0.626	0.052	0.502

Yapının karşılıklı olmayan iki kenarında tasarlanan perde duvarlar, yapıda simetrik yerleştirilmemiştir. Veriler incelendiğinde; Mod 3'ün yüksek burulma katılımı (%65.22), kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir. Asimetrik perde duvar yerleşimi, rijitlik merkezini bir yöne kaydırmıştır. 1.mod ile 2.mod arasındaki katılım oranı farkı iki ana yöndeki rijitlik dağılımının dengeli olmadığını göstermektedir. Burulma faktörünün, $n_{bi}=1.465>1.20$

olması burulma düzensizliğine işaret etmektedir. STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda Model C1’de kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

Model C2; tasarlanan perde duvarlar yapının sol ve sağ üst köşelerine birer aks aralıkları boyunca 30 cm kalınlığında U şeklinde yerleştirilmiştir. Model C2’ye ait 3D görsel Şekil 4.13’te gösterilmektedir.



4.13. Model C2 3D Model

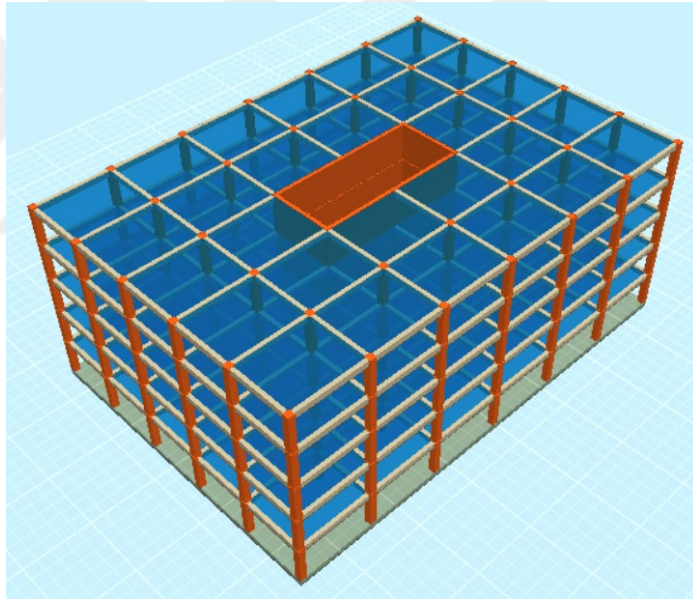
Model C2, yapının sol ve sağ üst köşelerine U şeklinde yerleştirilmiş 30 cm kalınlığında perde duvarlara sahip asimetrik bir sistemdir. Modellenen yapının dinamik özellikleri, mod şekilleri ve katılım oranları, yapının x, y ve burulma (b) yönlerindeki titreşim karakteristiklerini ortaya koymak için kullanılmıştır. Sadece iki köşe noktaya yerleştirilen perde duvarlara sahip Model C2’ye ait mod verileri Tablo 4.13’te verilmektedir.

4.13. Model C2 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
ω	16.82	17.09	33.18	63.47	74.16	124.17	129.61	153.36	177.78
T	0.3736	0.3676	0.1894	0.0990	0.0847	0.0506	0.0485	0.0410	0.0353
yön	x	y	b	x	y	x	b	y	x
1/1x	0.00762	0.00000	-0.00471	0.03462	0.00000	0.06069	0.00679	0.00000	0.05772
2/2x	0.02037	0.00000	-0.01176	0.05693	0.00000	0.04346	-0.01369	0.00000	-0.03643
3/3x	0.03548	0.00000	-0.02040	0.04535	0.00000	-0.02478	-0.04226	0.00000	-0.02904
4/4x	0.05105	0.00000	-0.02979	0.00330	0.00000	-0.03515	-0.02103	0.00000	0.05683
5/5x	0.06558	0.00000	-0.03873	-0.04751	0.00000	0.01982	0.04063	0.00000	-0.02335
1/1y	0.00000	0.00725	0.00000	0.00000	0.03795	0.00000	0.00000	0.06590	0.00000
2/2y	0.00000	0.02126	0.00000	0.00000	0.06528	0.00000	0.00000	0.03926	0.00000
3/3y	0.00000	0.03921	0.00000	0.00000	0.05532	0.00000	0.00000	-0.04458	0.00000
4/4y	0.00000	0.05880	0.00000	0.00000	0.00811	0.00000	0.00000	-0.04748	0.00000
5/5y	0.00000	0.07807	0.00000	0.00000	-0.05354	0.00000	0.00000	0.04009	0.00000
1/1b	0.00034	0.00000	0.00057	0.00152	0.00000	0.00092	0.00359	0.00000	0.00229
2/2b	0.00094	0.00000	0.00156	0.00259	0.00000	-0.00079	0.00470	0.00000	-0.00146
3/3b	0.00165	0.00000	0.00277	0.00211	0.00000	-0.00321	0.00238	0.00000	-0.00105
4/4b	0.00237	0.00000	0.00403	0.00020	0.00000	-0.00173	-0.00056	0.00000	0.00243
5/5b	0.00303	0.00000	0.00523	-0.00219	0.00000	0.00311	-0.00254	0.00000	-0.00108
Mxx%	55.958	0.000	19.169	14.035	0.000	7.050	1.352	0.000	1.056
Myx%	0.000	72.289	0.000	0.000	20.960	0.000	0.000	5.000	0.000
Mbz%	19.185	0.000	55.291	4.667	0.000	0.688	15.184	0.000	0.323

Yapının sağ ve sol kenarlarında U şeklinde tasarlanan perde duvarların yapıda etki ettiği mod verileri incelendiğinde; 1.mod (x yönü), en uzun periyoda sahip temel mod (0.3736 s) ve x yönünde %55.958 etkin kütle katılımı, 2.mod (y yönü), 1.moda çok yakın periyotta (0.3676 s) ve y yönünde %72.289 etkin kütle katılımı göstermektedir. 3. Mod (burulma) belirgin burulma özelliği göstererek %55.291 burulma katılım oranına sahiptir. Burulma faktörünün, $n_{bi}=1.434>1.20$ olması burulma düzensizliğine işaret etmektedir. Üst köşelere yerleştirilen U şeklindeki perdeler; rijitlik merkezini yukarı kaydırılmıştır. STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda Model C2’de kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

Model C3; konumlanan perde duvarlar yapı çekirdek yerleşimi göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Tasarlanan perde duvar simetriği sağlamak adına; yapının orta noktasında, 30 cm kalınlığındadır. Model C3’e ait 3D görsel şekil 4.14’te gösterilmektedir.



4.14. Model C3 3D Model

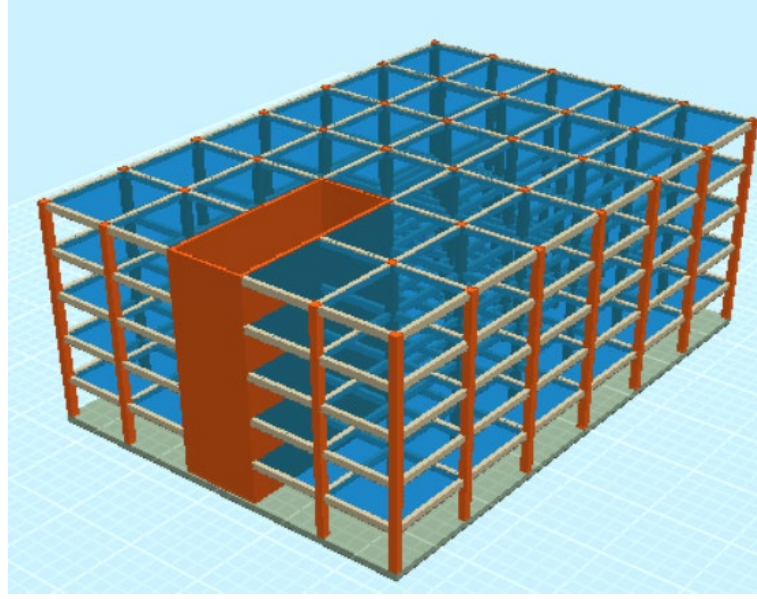
Model C3, perde duvarlar yapının orta noktasına çekirdek tasarımı düşünülerek yerleştirilmiş ve yapıda simetriği sağladığı düşünülmektedir. Modellenen yapının dinamik özellikleri, mod şekilleri ve katılım oranları, yapının x, y ve burulma (b) yönlerindeki titreşim karakteristiklerini ortaya koymak için kullanılmıştır. Model C3’e ait mod verileri Tablo 4.14’te gösterilmektedir.

4.14. Model C3 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
ω	17.89	21.22	30.53	53.57	85.68	89.08	100.38	123.87	152.94
T	0.3512	0.2961	0.2058	0.1173	0.0733	0.0705	0.0626	0.0507	0.0411
yön	b	y	x	b	y	b	x	b	b
1/1x	0.00000	0.00000	0.01199	0.00000	0.00000	0.00000	0.04630	0.00000	0.00000
2/2x	0.00000	0.00000	0.02759	0.00000	0.00000	0.00000	0.06744	0.00000	0.00000
3/3x	0.00000	0.00000	0.04432	0.00000	0.00000	0.00000	0.04721	0.00000	0.00000
4/4x	0.00000	0.00000	0.06040	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00337	0.00000	0.00000
5/5x	0.00000	0.00000	0.07420	0.00000	0.00000	0.00000	-0.05625	0.00000	0.00000
1/1y	0.00013	0.00821	0.00000	0.00026	0.04143	0.00052	0.00000	0.00031	0.00026
2/2y	0.00032	0.02265	0.00000	0.00041	0.06711	0.00050	0.00000	-0.00021	-0.00031
3/3y	0.00053	0.04062	0.00000	0.00030	0.05404	0.00001	0.00000	-0.00017	0.00030
4/4y	0.00074	0.05993	0.00000	0.00001	0.00558	-0.00020	0.00000	0.00033	-0.00024
5/5y	0.00092	0.07860	0.00000	-0.00028	-0.05415	-0.00005	0.00000	-0.00013	0.00009
1/1b	0.00121	-0.00002	0.00000	0.00333	-0.00004	0.00470	0.00000	0.00498	0.00349
2/2b	0.00263	-0.00003	0.00000	0.00514	-0.00004	0.00241	0.00000	-0.00292	-0.00489
3/3b	0.00380	-0.00005	0.00000	0.00320	0.00000	-0.00419	0.00000	-0.00247	0.00481
4/4b	0.00465	-0.00006	0.00000	-0.00104	0.00002	-0.00341	0.00000	0.00511	-0.00333
5/5b	0.00512	-0.00006	0.00000	-0.00470	0.00001	0.00374	0.00000	-0.00241	0.00110
Mxr%	0.000	0.000	79.472	0.000	0.000	0.000	16.156	0.000	0.000
Myr%	0.012	73.572	0.000	0.001	20.557	0.001	0.000	0.000	0.000
Mbr%	85.789	0.013	0.000	9.274	0.001	3.150	0.000	1.363	0.411

Yapının orta noktasında çekirdek yerleşimi düşünülerek tasarlanan perde duvarların yapıda etki ettiği mod verileri incelendiğinde; 1.mod; burulma (b) 0.3512 s, 2.mod; y yönü 0.2961 s, 3.mod; x yönü 0.2058 s, 4.mod; burulma (b) 0.1173 s ve 5.mod; y yönü 0.0733s olarak karşımıza çıkmaktadır. 1.modun burulma hakimiyeti (%85.789) beklenmedik bir durumdur ve tasarım hedefleriyle çelişmektedir. Burulma faktörünün, $n_{bi}=1.50>1.20$ çıkması burulma düzensizliğine işaret etmektedir. 1.modun burulma modu olması, rijitlik merkezinin beklenenden farklı konumlandığını göstermektedir. Simetrik rijit dağılım ve tasarım faktörleri doğrultusunda yapının orta noktasına konumlanan çerçeve tipli perde duvarlar yapıda beklenmedik etkiye sebep olmuş ve burulma riski oluşturmuştur. STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda Model C3’de kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

Model C4; konumlanan perde duvarlar yapı çekirdek yerleşimi göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Tasarlanan perde duvarlar dikdörtgen formundaki yapının kısa kenarına 30 cm kalınlığında çerçeve tipiyle yerleştirilmiştir. Model C4’e ait 3D görsel Şekil 4.15’te gösterilmektedir.



4.15. Model C4 3D Model

Model C4, perde duvarlar yapının sol cephesine çekirdek tasarımı düşünülerek yerleştirilmiştir. Modellenen yapının dinamik özellikleri, mod şekilleri ve katılım oranları, yapının x, y ve burulma (b) yönlerindeki titreşim karakteristiklerini ortaya koymak için kullanılmıştır. Model C4'e ait mod verileri Tablo 4.15'te gösterilmektedir.

4.15. Model C4 Modal Analiz-Yapı Periyot ve Vektörleri

Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
ω	13.46	30.52	30.53	43.14	73.07	100.40	104.87	120.67	132.40
T	0.4669	0.2059	0.2058	0.1457	0.0860	0.0626	0.0599	0.0521	0.0475
yön	y	b	x	y	b	x	y	b	y
1/1x	0.00000	0.00002	0.01198	0.00000	0.00000	0.04631	0.00000	0.00000	0.00000
2/2x	0.00000	0.00005	0.02758	0.00000	0.00000	0.06745	0.00000	0.00000	0.00000
3/3x	0.00000	0.00007	0.04431	0.00000	0.00000	0.04723	0.00000	0.00000	0.00000
4/4x	0.00000	0.00010	0.06041	0.00000	0.00000	-0.00336	0.00000	0.00000	0.00000
5/5x	0.00000	0.00012	0.07422	0.00000	0.00000	-0.05624	0.00000	0.00000	0.00000
1/1y	0.01032	0.00335	-0.00001	0.03117	0.04301	0.00000	0.04938	-0.02606	0.03501
2/2y	0.02457	0.00011	0.00000	0.05251	0.02371	0.00000	-0.02327	-0.04781	-0.04509
3/3y	0.03798	-0.01354	0.00002	0.03929	-0.03976	0.00000	-0.02291	-0.03427	0.04588
4/4y	0.04922	-0.03459	0.00006	0.00255	-0.03470	0.00000	0.04859	-0.00073	-0.03085
5/5y	0.05751	-0.05728	0.00010	-0.03143	0.03536	0.00000	-0.02315	0.03327	0.00910
1/1b	0.00070	0.00114	0.00000	0.00195	0.00339	0.00000	0.00349	0.00262	0.00250
2/2b	0.00158	0.00241	0.00000	0.00303	0.00208	0.00000	-0.00215	0.00369	-0.00360
3/3b	0.00231	0.00324	-0.00001	0.00155	-0.00270	0.00000	-0.00209	0.00320	0.00333
4/4b	0.00284	0.00366	-0.00001	-0.00157	-0.00246	0.00000	0.00356	0.00041	-0.00232
5/5b	0.00311	0.00388	-0.00001	-0.00431	0.00254	0.00000	-0.00151	-0.00348	0.00084
Mxr%	0.000	0.000	79.455	0.000	0.000	16.174	0.000	0.000	0.000
Myr%	53.614	17.537	0.000	14.128	1.345	0.000	1.270	9.059	0.335
Mbr%	29.464	54.291	0.000	0.068	2.231	0.000	0.405	10.422	0.157

Dikdörtgen bir yapının kısa cephesine 30 cm kalınlığında çerçeve tipi olarak yerleştirilen perde duvarların, yapıda etki ettiği mod verileri incelendiğinde; 1.mod; y yönünde 0.4669 s, 2.mod; burulma (b) 0.2059 s, 3.mod; x yönünde 0.2058 s, 4.mod; y yönünde 0.1457 s ve 5.mod; burulma (b) 0.0860 s olarak karşımıza çıkmaktadır. 2.modun burulma hakimiyeti (%54.291) yüksek katılım oranı göstermekte ve burulma faktörünün, $n_{bi}=1.959>1.20$ olması kritik burulma düzensizliğine işaret etmektedir.

Tek taraflı çekirdek tasarımına sahip yapıda; rijitlik merkezi sola kaymıştır. Bu durum sağ cephede daha büyük burulmalara sebep olabilmektedir. STA4CAD programı ile yapılan analizler sonucunda Model C4’de kesiti yetersiz elemana rastlanmamıştır.

4.4. Modellerin Zemin Sınıfı ZC, ZD ve ZE Kapsamında Donatı Alanı

Bu analiz, çalışmada incelediğimiz 15 farklı modelin ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarına göre donatı metraj alanlarını karşılaştırmaktadır. Veriler, her bir modelin farklı katlarda ve toplamda kullanılan donatı miktarlarını göstermektedir.

- Model A, A1, A2, A3 ve A4 verileri Tablo 4.16’da gösterilmektedir.

Elde edilen veriler, zemin sınıfının ve model seçiminin donatı miktarları üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Tüm modellerde zemin sınıfı kötüleştikçe (ZC'den ZE'ye) donatı ihtiyacı sistemli olarak artmaktadır. ZE zeminleri için donatı miktarı, ZC zeminlerine göre ortalama %5-10 daha fazladır. Örneğin, Referans A modelinde ZC için 133,792.2 birim olan toplam donatı miktarı, ZE için 140,642.4 birime çıkmaktadır. Modeller arasında belirgin donatı farkları gözlemlenmiştir. Referans A modeli en yüksek donatı değerlerine sahipken (ZE için 140,642.4 birim), Referans A3 modeli en ekonomik çözümü sunmaktadır (ZC için 107,493.6 birim). Bu fark, model seçiminin maliyetlere doğrudan etkisini göstermektedir. Kat seviyeleri incelendiğinde, temel ve zemin katlarda donatı yoğunluğunun en yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Normal katlara çıkıldıkça donatı miktarında düzenli bir azalma gözlenmekte olup, 1. normal kat ile 4. normal kat arasında ortalama %10-15'lik bir azalma söz konusudur. Zemin sınıfının doğru belirlenmesi donatı miktarını doğrudan etkilemektedir.

4.16. A Tipi Modeller Donatı Metrajı

MODEL	ZEMİN SINIFI	TEMEL	ZEMİN	1.NORMAL	2. NORMAL	3.NORMAL	4. NORMAL	TOPLAM
Referans A	ZC	40421.6	19053.1	19170.3	19042.0	18808.6	17296.6	133792.2
	ZD	41466.1	19538.9	19726.3	19453.3	19073.8	17346.0	136604.4
	ZE	42720.9	20234.7	20598.9	20106.0	19435.8	17546.2	140642.4
Referans A1	ZC	39800.4	16624.0	16764.2	16643.4	16449.4	15018.5	121299.9
	ZD	40781.0	17054.4	17276.5	17025.1	16653.1	15051.2	123841.2
	ZE	42193.2	17671.1	17979.0	17633.8	17004.7	15230.4	127712.3
Referans A2	ZC	40661.9	17446.3	16847.0	16727.3	16551.2	15155.6	123389.2
	ZD	42085.1	18292.8	17398.3	17157.4	16786.9	15200.2	126920.9
	ZE	43817.1	19390.5	18176.6	17778.4	17195.8	15400.7	131759.1
Referans A3	ZC	38814.8	14012.5	14142.1	14039.7	13876.5	12608.0	107493.6
	ZD	39755.1	14367.7	14529.2	14357.0	14073.6	12661.8	109744.5
	ZE	41051.6	14866.3	15147.7	14843.6	14362.4	12842.6	113114.2
Referans A4	ZC	40360.9	14932.8	13993.5	13906.7	13764.3	12531.0	109489.2
	ZD	42052.7	15917.7	14477	14283.3	13999.9	12568	113298.6
	ZE	44148.9	17235.9	15107.4	14826.8	14332.9	12737.4	118389.3

- Model B, B1, B2, B3 ve B4 verileri Tablo 4.17’de gösterilmektedir.

B serisi yapı modellerinin farklı zemin sınıflarındaki donatı gereksinimlerini detaylı olarak incelemektedir. Beş farklı referans model (B, B1, B2, B3 ve B4) üzerinde yapılan analizler, zemin sınıfının ve model seçiminin donatı miktarları üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Zemin sınıfının donatı miktarına etkisi tüm modellerde belirgin şekilde görülmektedir. Zemin sınıfı ZC'den ZE'ye doğru ilerledikçe, donatı ihtiyacı ortalama %5-7 oranında artış göstermektedir. Bu artış en çok Referans B modelinde dikkat çekmektedir. Örneğin, ZC zemininde 133,792.2 birim olan toplam donatı miktarı, ZE zemininde 140,642.4 birime yükselerek %5,1'lik bir artış kaydetmiştir. Modeller arasında yapılan karşılaştırmada, donatı miktarları açısından Referans B> B1> B3> B4> B2 şeklinde bir sıralama görülmektedir. Referans B tüm zemin sınıflarında en yüksek donatı değerlerine sahipken, Referans B2 en ekonomik çözümü sunmaktadır. Bu iki model arasındaki fark %38'e kadar ulaşabilmektedir. Kat seviyelerine göre yapılan incelemede, temel katlarda donatı yoğunluğunun en yüksek seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Değerler genellikle 25,000-42,000 birim aralığında seyretmektedir. Üst katlara çıkıldıkça ise düzenli bir azalma görülmekte, 1. normal kat ile 4. normal kat arasında %10-15'lik bir düşüş kaydedilmektedir.

4.17. B Tipi Modeller Donatı Metraji

MODEL	ZEMİN SINIFI	TEMEL	ZEMİN	1.NORMAL	2. NORMAL	3.NORMAL	4. NORMAL	TOPLAM
	ZC	40421.6	19053.1	19170.3	19042.0	18808.6	17296.6	133792.2
Referans B	ZD	41466.1	19538.9	19726.3	19453.3	19073.8	17346.0	136604.4
	ZE	42720.9	20234.7	20598.9	20106.0	19435.8	17546.2	140642.4
	ZC	33086.7	16388.6	16534.6	16413.4	16207.2	14845.2	113475.8
Referans B1	ZD	35903.6	16811.0	17032.3	16786.7	16449.8	14888.1	117871.5
	ZE	35748.0	17417.7	17756.5	17377.1	16782.1	15054.9	120136.2
	ZC	25646.1	12494.7	12609.7	12527.3	12356.1	11288.8	86922.6
Referans B2	ZD	26613.0	12811.8	12967.2	12808.2	12538.6	11328.9	89067.7
	ZE	27319.2	13279.3	13536.8	13237.8	12812.2	11474.5	91659.8
	ZC	30543.8	14843.9	14956.8	14842.2	14682.6	13447.2	103316.5
Referans B3	ZD	31233.1	15226.5	15374.9	15183.1	14858.8	13489.8	105366.1
	ZE	31945.1	15778.5	16085.4	15678.9	15192.7	13655.0	108335.5
	ZC	25612.7	12443.1	12556.1	12459.1	12308.7	11249.1	86628.8
Referans B4	ZD	26568.0	12762.5	12934.5	12747.4	12486.6	11287.7	88786.7
	ZE	27486.7	13239.9	13467.5	13187.5	12757.1	11424.7	91563.5

- Model C, C1, C2, C3 ve C4 verileri Tablo 4.18’de gösterilmektedir.

Bu teknik değerlendirme raporu, beş farklı C serisi yapı modelinin çeşitli zemin koşullarındaki donatı gereksinimlerini incelemektedir. Zemin sınıfları dayanım açısından ZC (en sağlam), ZD (orta) ve ZE (en zayıf) şeklinde sıralanmaktadır. Modellerden C ve C1, beklenen normal davranışı sergilemektedir. Zemin dayanımı azaldıkça (ZC'den ZE'ye) donatı ihtiyacı artmaktadır. C modelinde bu artış %13, C1 modelinde ise %11 seviyesindedir. Her iki modelde de katlar arasında dengeli bir donatı dağılımı gözlenmektedir. C1 modeli, ekonomik çözüm arayanlar için özellikle uygundur. C2 modelinde dikkat çekici bir durum gözlemlenmiştir. Zemin dayanımı azaldıkça donatı ihtiyacında %39'a varan olağanüstü bir artış görülmektedir. Bu artışın temel nedeni, temel kattaki aşırı yüklenmedir. ZE zemininde temel kat donatısı 143,243 birime ulaşarak toplamın %55'ini oluşturmaktadır. Bu nedenle, C2 modelinin özellikle zayıf zeminlerde kullanımı risk oluşturmaktadır. C3 ve C4 modelleri ise teorik beklentilere aykırı bir davranış sergilemektedir. Bu modellerde zemin dayanımı azaldıkça donatı ihtiyacı azalmaktadır. C3 modelinde %29, C4 modelinde ise %21'lik bir düşüş kaydedilmiştir. Maliyet yönetimi açısından, ZE zeminlerinde genel olarak donatı maliyetlerinin arttığı görülmektedir. C2 modeli ZE zeminlerinde %39'a varan

maliyet artışına neden olabilmektedir. C3-C4 modellerinin beklenmeyen davranışları ise bütçe planlamasını zorlaştırabilmektedir.

4.18. C Tipi Modeller Donatı Metraji

MODEL	ZEMİN SINIFI	TEMEL	ZEMİN	1.NORMAL	2. NORMAL	3.NORMAL	4. NORMAL	TOPLAM
	ZC	40544.4	19815.7	19543.7	19516.0	19423.9	18025.3	136869.0
Referans C	ZD	42145.9	20613.7	20751.7	20247.8	19873.3	18262.4	141894.8
	ZE	48270.1	22351.3	22783.9	21752.3	20731.9	18652.5	154542.1
	ZC	40715.7	19804.0	19691.3	19555.3	19281.4	17825.4	136873.1
Referans C1	ZD	42181.6	20550.3	20597.5	20282.6	19738.3	18047.9	141398.4
	ZE	46854.3	22082.0	22191.3	21493.2	20439.2	18382.0	151442.0
	ZC	77474.2	22860.0	22518.3	22519.4	22332.5	20802.9	188507.3
Referans C2	ZD	96922.1	24486.3	23672.5	23292.1	22720.9	20917.8	212011.7
	ZE	143242.7	25710.2	24611.6	24098.6	23064.0	21024.5	261751.6
	ZC	160536.3	23106.6	23156.0	23170.9	23221.6	21341.4	274532.8
Referans C3	ZD	136043.7	23106.6	23162.2	23182.0	23250.9	21358.1	250103.6
	ZE	80060.2	23130.2	23176.9	23216.2	23278.3	21381.3	194243.2
	ZC	178739.7	23402.2	23416.2	23393.5	23384.8	21482.7	293819.2
Referans C4	ZD	153298.3	23450.8	23446.7	23404.2	23398.3	21484.9	268483.3
	ZE	117666.4	23510.0	23517.4	23471.4	23435.2	21498.3	233098.7



5. SONUÇLAR

Deprem esnasında yapılarda meydana gelen hasarlar ve bu hasarlara sebep olan düzensizlikler incelendiğinde; hasarlara sebep olan diğer tüm faktörlerin yanı sıra mimari tasarım kararlarının da etkisi olduğu açıkça görülmektedir. Modellere ait analiz sonuçları Tablo 5.1’de belirtilmektedir.

5.1. Model Analiz Sonuçları

Model	Düzensizlik Türü	Model Özelliği	1. Mod	2. Mod	3. Mod	Burulma Katsayısı
A	Döşeme Süreksizliği	Referans Model	x yönü	y yönü	burulma	1.15
A1	Döşeme Süreksizliği	Simetrik 171,65 m ² boşluk	x yönü	y yönü	burulma	1.143
A2	Döşeme Süreksizliği	Asimetrik 171,65 m ² boşluk	x yönü	y yönü	burulma	1.238
A3	Döşeme Süreksizliği	Simetrik 347,88 m ² boşluk	x yönü	y yönü	burulma	1.126
A4	Döşeme Süreksizliği	Asimetrik 347,88 m ² boşluk	x yönü	y yönü	burulma	1.21
B	Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri	Dikdörtgen plan (çıkıntı yok)	x yönü	y yönü	burulma	1.15
B1	Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri	U tipi plan	x yönü	y yönü	burulma	1.184
B2	Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri	T tipi plan	x yönü	y yönü	burulma	1.214
B3	Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri	+ tipi plan	x yönü	y yönü	burulma	1.202
B4	Planda Çıkıntı ve Farklı Geometri	L tipi plan	x yönü	y yönü	burulma	1.227
C	Kütle ve Rijitlik Merkezi Konumu	Simetrik perde duvar	y yönü	x yönü	burulma	1.14
C1	Kütle ve Rijitlik Merkezi Konumu	Asimetrik (karşılıklı olmayan perdeler)	x yönü	y yönü	burulma	1.465
C2	Kütle ve Rijitlik Merkezi Konumu	Asimetrik (U şeklinde perdeler)	x yönü	y yönü	burulma	1.434
C3	Kütle ve Rijitlik Merkezi Konumu	Merkezi çekirdek perde	burulma	y yönü	x yönü	1.50
C4	Kütle ve Rijitlik Merkezi Konumu	Tek taraflı çekirdek perde	y yönü	burulma	x yönü	1.959

- Model A, A1, A2, A3 ve A4 için;

A tipi modeller için yapılan incelemede, beş farklı yapı modelinin döşeme süreksizlikleri açısından karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Elde edilen bulgular, mimari tasarım kararlarının yapısal deprem performansını doğrudan etkilediğini açıkça göstermektedir. Referans model (Model A), boşluk içermeyen yapısıyla dengeli bir davranış sergilemiştir. %80'in üzerinde mod katılım oranları ve 1.15 burulma katsayısı ile ideal özellikler göstermiştir. Buna karşılık, büyük ve asimetrik boşluk içeren modellerde ciddi sorunlar tespit edilmiştir. Model A1'deki merkezi ve simetrik boşluk, yapı davranışını önemli ölçüde etkilememiştir. Ancak Model A2'de aynı büyüklükteki köşe boşluğu, burulma deformasyonlarında %25 artışa ve 15 elemanın kesit yetersizliğine yol açmıştır. Bu durum, boşluğun konumunun önemini ortaya koymaktadır. En kritik sonuçlar, %38.65 oranında büyük boşluk içeren modellerden gelmiştir. Simetrik yerleştirilen Model A3'te beklenenden daha iyi performans gözlenirken, asimetrik Model A4'te 25 elemanın yetersiz kaldığı ve burulma deformasyonlarının %40 arttığı görülmüştür. Bu çalışmanın en önemli bulgusu, TBDY 2018'de belirtilen %20 boşluk sınırının geçerliliğinin bir kez daha teyit edilmesidir. Büyük boşlukların mutlaka merkezi ve simetrik olarak konumlandırılması gerektiği, aksi takdirde ciddi yapısal sorunların ortaya çıkabileceği anlaşılmıştır. Sonuç olarak, mimari tasarım aşamasında yapısal performansın dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Döşeme süreksizliklerinin boyut ve konumuna ilişkin kararlar, mutlaka yapı mühendisleriyle koordineli şekilde ele alınmalıdır. Özellikle yüksek riskli bölgelerde, bu çalışmada Model A4'te görülen olumsuz sonuçlara yol açabilecek tasarımlardan kaçınılmalıdır. Zemin sınıfı doğru belirlenmeli ve tasarım buna göre optimize edilmelidir. Özellikle yüksek riskli (ZE) zeminlerde ek donatı gereksinimleri proje maliyetlerine yansıtılmalıdır. Model A3 gibi ekonomik çözümler, benzer zemin koşullarında maliyet etkinliği sağlamak amacıyla değerlendirilebilir.

- Model B, B1, B2, B3 ve B4 için;

B tipi modeller için yapılan incelemede, referans Model B (dikdörtgen) ile U, T, + ve L formlarındaki düzensiz geometrilere sahip modellerin dinamik davranışları modal analiz yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen bulgular, geometrik düzensizliklerin burulma rijitliği, mod katılım oranları ve gerilme dağılımları üzerinde belirgin etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Dikdörtgen planlı referans modelin analiz sonuçları, simetrik ve düzenli geometrilerin en uygun deprem davranışını sergilediğini

göstermiştir. Bu modelde, x ve y doğrultularındaki temel titreşim modları birbirine yakın frekans değerleri göstermiş ve burulma modu bu değerlerden sadece %13 daha yüksek çıkmıştır. Mod katılım oranlarının dengeli dağılımı ve modlar arası çapraz etkileşimlerin ihmal edilebilir düzeyde olması bu tip yapıların deprem yükleri altında öngörülebilir ve kontrollü bir davranış sergileyebileceğini kanıtlamaktadır. Buna karşılık, U, T, + ve L formları gibi düzensiz geometrilerin analiz sonuçları, plan düzensizliklerinin yapısal davranış üzerindeki olumsuz etkilerini açıkça ortaya koymuştur. Özellikle T formu, referans modele kıyasla %44 daha yüksek burulma deformasyonu göstermiş ve kol birleşim noktalarında belirgin gerilme yığılmaları oluşmuştur. L formunda ise çapraz mod etkileşimi gözlemlenmiş, bu da yapının farklı doğrultulardaki deprem etkilerine karşı daha karmaşık bir tepki vereceğine işaret etmiştir. Çalışmanın dikkat çekici bulgularından biri de + formunun burulma/öteleme oranının (1.19) yüksek değere ulaşmasına rağmen, burulma deformasyonunun T formundan %10 daha düşük çıkmış olmasıdır. Bu sonuç, geometrik düzensizliklerin yapısal davranış üzerindeki etkilerinin doğrusal olmadığını ve her bir formun kendine has dinamik karakteristikler sergilediğini göstermektedir. Bu çalışmanın bulguları, yapı tasarım sürecinde hem zemin koşullarının hem de geometrik form seçiminin titizlikle değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Yüksek deprem riski taşıyan bölgelerde; zemin etüdü sonuçları doğrultusunda uygun donatı miktarları belirlenmeli ve zemin sınıfındaki bir derecelik kötüleşmenin donatı ihtiyacını artırabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Geometrik form seçiminde, referans B2 modelinin gösterdiği üzere uygun tasarım stratejileriyle %38'e varan maliyet avantajları sağlanabilir. Ancak bu seçimler yapılırken yapının deprem performansı iyileştirilmeli ve taşıyıcı sistem performansından ödün verilmemelidir.

- Model C, C1, C2, C3 ve C4 için;

C tipi modeller için yapılan incelemede, beş farklı perde duvar yerleşim modelinin kütle ve rijitlik merkezi konumlarının yapı davranışına etkileri detaylı olarak incelenmiştir. TBDY 2018'de belirtilen $\eta_{bi} \leq 1.20$ sınır değeri temel alınarak yapılan değerlendirmeler, burulma düzensizliği açısından önemli sonuçlar ortaya koymuştur. Referans Model C'de simetrik perde yerleşimi sayesinde x ve y yönlerinde eşit frekans dağılımı sağlanmış ve burulma rijitliği öteleme modlarına göre %30 daha yüksek bulunmuştur. Kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışması, burulma etkilerini minimize etmiş ve yapıda herhangi bir kesit yetersizliği tespit edilmemiştir. Asimetrik

modellerde ise farklı sonuçlar gözlemlenmiştir. Model C1'de $\eta_{bi}=1.465>1.20$ ve %64.05 burulma katılım oranı, burulma düzensizliğine işaret etmektedir. Model C2'de $\eta_{bi}=1.434$ ve %55.291 burulma katılımı ile benzer bir düzensizlik gözlenirken, üst köşelere yerleştirilen U şeklindeki perdelerin rijitlik merkezini yukarı kaydırıldığı tespit edilmiştir. En kritik sonuçlar Model C3 ve C4'te elde edilmiştir. Model C3'te merkezi çekirdek tasarımına rağmen $\eta_{bi}=1.50$ ve %85.789 burulma katılımı beklenmeyen bir davranış olarak kaydedilmiştir. Perdenin ek rijitliği, yanal yük dağılımını değiştirerek burulma düzensizliğini arttırmıştır. Model C4'te ise tek taraflı çekirdek yerleşimi nedeniyle $\eta_{bi}=1.959$ gibi oldukça yüksek bir değer ve %54.291 burulma katılımı ölçülmüştür. Bu çalışmanın sonuçlarında, yapı tasarımında simetrik ve merkezi perde yerleşiminin yeterli olmadığını, rijitlik merkezi ile kütle merkezi uyumunun da kritik öneme sahip olduğu görülmektedir. Özellikle $\eta_{bi}>1.20$ ve burulma katılım oranı $>\%50$ olan modellerde, yapısal revizyonların kaçınılmaz olduğu ortaya çıkmıştır. Gelecek çalışmalarda, farklı perde geometrileri ve malzeme modellerinin burulma davranışına etkilerinin araştırılması önerilmektedir. C ve C1 modellerinde, zemin dayanımı azaldıkça donatı ihtiyacında gözlenen %11-13'lük artışlar teorik beklentilerle uyumludur. Özellikle C1 modelinin dengeli donatı dağılımı ve ekonomik avantajları, pratik uygulamalar için uygun bir seçenek sunmaktadır. C2 modelinde tespit edilen %39'a varan aşırı donatı artışı ve temel kattaki yoğun yüklenme (toplamın %55'i), bu modelin zayıf zeminlerde yüksek risk taşıdığını göstermektedir. C3 ve C4 modellerinde gözlenen donatı miktarındaki ters etki; sert zeminde (ZC), burulma etkileri daha agresif ve lokal olduğu için büyük çaplı donatı ihtiyacı ortaya çıkar. Zemin deforme olmaz ancak tüm yükleri yapıya iletir, büyük kesitlerde büyük momentler oluşur.

Yumuşak zeminde (ZE), bu etkiler yapıya yayılı biçimde iletildiğinden yapı zemine gömülür gibi davranır. Daha az donatı yeterli olabilir. Ancak bu durumlarda yapı zemin etkileşimleri için doğrusal olmayan analizlerin yapılması şarttır. Yeterli analizler yapılmadan donatı azaltılması riskli bir durumdur. Bu bulgular, benzer yapısal konfigürasyonların zemin etüdü verileri dikkatle değerlendirilmeden uygulanmaması gerektiğine işaret etmektedir.

Bu çalışma, deprem davranışı üzerinde kritik etkileri olan üç temel parametreyi (döşeme süreksizlikleri, geometrik düzensizlikler ve perde duvar konfigürasyonları) sistematik olarak incelemiştir. Elde edilen bulgular, yapısal tasarım ile mimari tasarım

arasındaki ilişkinin deprem güvenliği açısından hayati önem taşıdığını ortaya koymaktadır. Mimari tasarım kararlarının salt estetik değil, aynı zamanda yapısal bir mühendislik problemi olduğunu kanıtlamaktadır. Deprem güvenliği açısından optimal mler, ancak mimari ve yapısal tasarımın güvenlik elemanları üzerine kurulması ile mümkündür. Bulgularımız, gelecekteki yönetmelik revizyonlarında mimari planlama kısıtlarının yeniden tanımlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Sonuçlar, yapı tasarım süreçlerinde karar vericiler için bilimsel bir rehber niteliği taşımaktadır.





6. KAYNAKÇA

Adar, K., Büyüksaraç, A., Işık, E., & Ulu, A. E. (2021). 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Yapısal Analizler Işığında Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25, 306-317.

Akbaş, A., & Çalışkan, Ö. (2023). Deprem Etkisinde Hasar Alan Betonarme Yapıların Düzensizlik Türleri Yönü ile İncelenmesi. *International Conference on Scientific and Academic Research*, 1, 428-435.

Akbulut, M. T. (2005). Depreme dayanıklı yapı tasarımı eğitimi yaklaşımı. *Deprem Sempozyumu*, 23-25.

Akdemir, A., & Günaydın, T. İ. (2024). Türkiye'nin depremselliği ve burulma düzensizliği. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 11(104), 301-309.

Akincitürk, N. (2003). Yapı tasarımında mimarın deprem bilinci. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8(1), 189-201.

Algül, Ö. (2015). Planda Çıkıntı Düzensizliğine Sahip Betonarme Yapıların Deprem Davranışının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Alı, J. I. (2022). Saplama Kiriş Sebebiyle Oluşan Hasarların Deneysel Olarak İncelenmesi ve Uygun Donatılandırma ve Güçlendirme Yönteminin Belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya.

Atabey, M. S. (1999). Planda düzensiz yapılarda kat döşemelerinin deprem etkileri altındaki davranışı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Ayyıldız Potur, A., & Metin, H. (2021). Mimarlık Eğitiminde Deprem Yeri ve Deprem Eğitsel Boyutu: Küresel Gündem ve Türkiye Bağlamı Üzerine Bir Değerlendirme. *Megaron*, 16(2), 223-254.

Bahçecioğlu, A. Ş. (2015). Planda düzensiz yapıların deprem etkileri altındaki davranışı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Cansız, S. (2022). Türkiye'de kullanılan deprem yönetmeliklerinin özellikleri ve deprem hesabının değişimi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 14(1), 58-71.

Düzoylum, F. B. (2023). Farklı döşeme sistemlerine sahip betonarme yapıların 2007 ve 2018 Türkiye deprem yönetmeliklerine göre deprem davranışlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.

Edemen, M., Okay, M., Tugrul, R., Kurt, M. Ş., Bircan, O., Yoldaş, H., ... & Aslan, A. (2023). Deprem Nedir? Nasıl Oluşur? Türkiye’de Oluşmuş Depremler ve Etkileri Nelerdir? Depremlere Karşı Alınabilecek Tedbirler Hususunda Öneriler. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 10(93), 719-734.

Ercömert, M. (2007). A2 ve A3 yapısal düzensizliklerinin çok katlı yapıların deprem davranışına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elâzığ.

Erol, O. (1999). Planda düzensiz yapıların deprem yönetmeliğine göre incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Ferlibaş, M. (2020). Betonarme bir yapının statik ve dinamik analiz sonuçlarının TDY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya.

Güler, M., & Şen, S. (2016). Sonlu Elemanlar Yöntemi Hakkında Genel Bilgiler. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(1), 56-66.

Gümrükçü, A. (2002). Depreme dayanıklı yüksek yapı tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Hünük, T. N. (2006). Betonarme yapılarda depreme dayanıklılığı sağlayan mimari tasarım ölçütlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Isobe, D., Yamashita, T., Tagawa, H., Kaneko, M., Takahashi, T., & Motoyui, S. (2018). Motion analysis of furniture under seismic excitation using the finite element method. *Japan Architectural Review*, 1(1), 44-55.

İdemen, A. E. (2003). Bina ağırlık merkezi-rijitlik merkezi ilişkisini mimari tasarım aşamasında kuran bir uzman sistem. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

İlerisoy, Z. Y. (2019). Discussion of the structural irregularities in the plan for architectural design within the scope of earthquake codes. *Periodica Polytechnica Architecture*, 50(1), 50-62.

İnan, T., & Korkmaz, K. (2011). Evaluation of structural irregularities based on architectural design considerations in Turkey. *Structural Survey*, 29(4), 303-319.

Kemaloğlu, M. (2015). Türkiye’de afet yönetiminin tarihi ve yasal gelişimi. *Akademik Bakış Dergisi*, 52, 126-147.

Korkmaz, H. H. (2018). Overhangs in structural systems and earthquake behaviour from torsional irregularity point of view. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(3), 406-416.

Moon, D. S., Lee, Y. J., & Lee, S. (2018). Fragility analysis of space reinforced concrete frame structures with structural irregularity in plan. *Journal of Structural Engineering*, 144(8), 04018096.

Nady, O., Mahfouz, S. Y., & Taher, S. E. D. F. (2022). Quantification of vertical irregularities for earthquake resistant reinforced concrete buildings. *Buildings*, 12(8), 1160.

Özdaş, H. İ. (2008). Depreme dayanıklı yapı tasarımında pasif sismik kontrol yöntemleri. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.

Özdemir, M. Y. (2005). Yapıların deprem hesabında A2 düzensizlik durumunun incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Özen, R. S. (2018). Mimari tasarımda betonarme yapıların Türk Deprem Yönetmeliği açısından taşıyıcı sistem düzensizliğinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Öztürk, Ş. (2000). Depreme dayanıklı bina tasarım sorunlarının tanıtılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Polat, A., Kaya, Y., & Özşahin, T. Ş. (2018). Elastik yarı sonsuz düzlem üzerine oturan ağırlıklı tabakanın sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak sürtünmesiz temas problemi analizi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 357-368.

Sadat, Z. (2021). Plan Düzensizliğinin Yapıların Deprem Davranışına Etkisinin Yapay Zekâ Sistemleri ile Optimizasyonu ve Modellenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Sezen, H., Whittaker, A. S., Elwood, K. J., & Mosalam, K. M. (2003). Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practise in Turkey. *Engineering Structures*, 25(1), 103-114.

Shareef, S. S. (2023). Earthquake consideration in architectural design: Guidelines for architects. *Sustainability*, 15(18), 13760.

Solak, A. (2022). Depreme dayanıklı yapı tasarımının inşaat mühendisliği ve mimarlık eğitimindeki yeri ve önemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 38, 76-87.

Soyluk, A., & Dabaz, E. (2024). Türkiye’de Yerel Yönetimlerde Mimarın Rolü ve 6 Şubat Depremlerinde Yaşanan Kayıplarda Mimarın Sorumluluklarının Meslek Etiği Açısından Değerlendirilmesi. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 9(Special Issue), 163-178.

Şahbaz, U. (2005). Planda Çıkıntı Düzensizliğine Sahip Betonarme Yapıların Deprem Yüğü Etkisi Altında Karşılaştırmalı Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Taş, M. (2000). *Depreme dayanıklı yapı tasarımında mimari planlamanın önemi*.

Teddy, L., Hardiman, G., & Tudjono, S. (2017, December). The effect of earthquake on architecture geometry with non-parallel system irregularity configuration. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 99(1), 012004.

Toprak, T. (2012). Burulma düzensizliği olan yapılarda sismik izolasyon kullanımının deprem yükleri altındaki davranışa olan etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

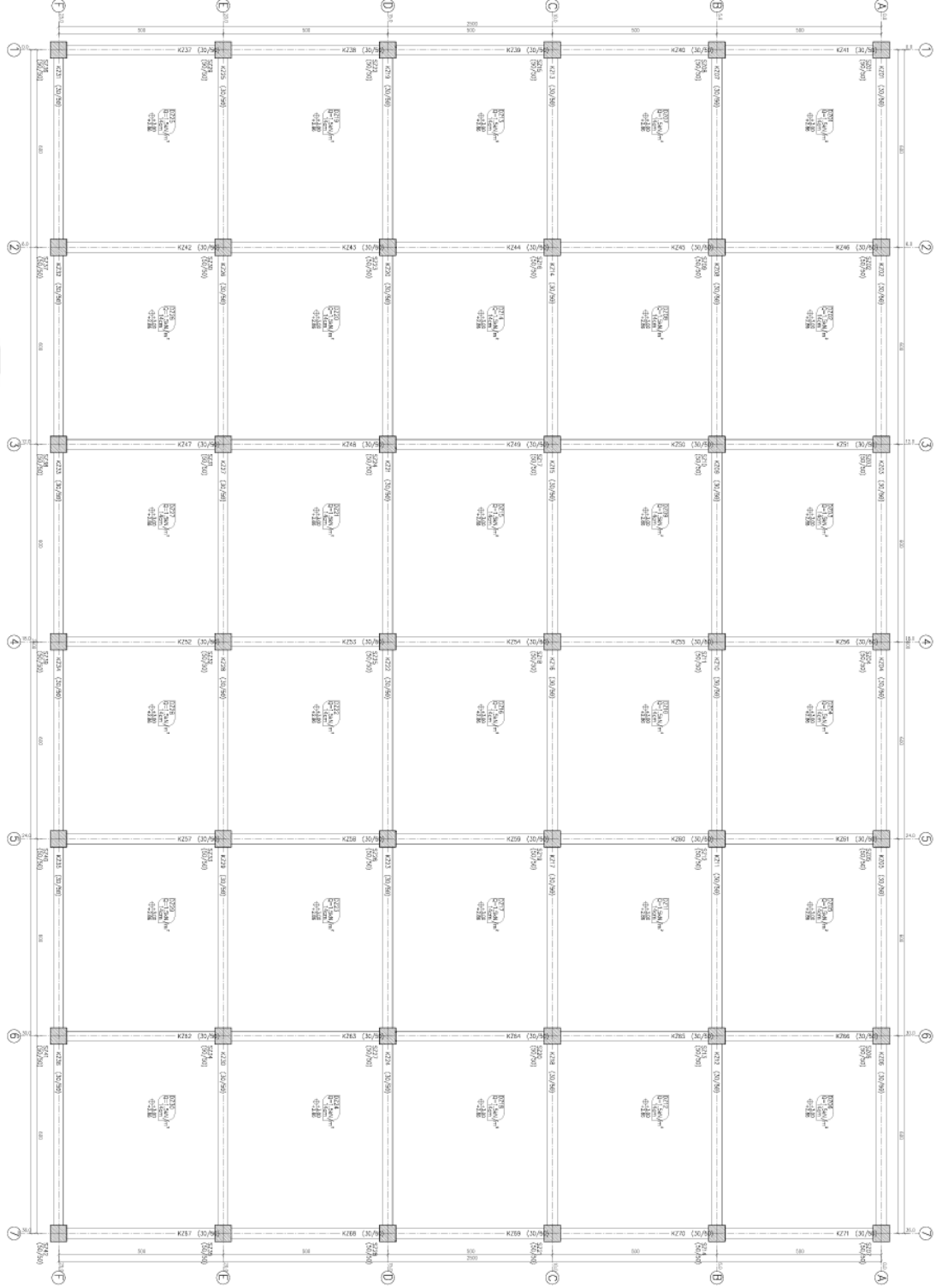
Tuxhari, M., Baballëku, M., & Asllani, M. (2023, March). Architectural design and earthquake consequences in buildings. *Proceedings of the Croatian Conference on Earthquake Engineering* (pp. 856-867).

Yılmaz Erten, Ş. (2019). Yapım sistemi seçiminin deprem riskli bölgelerdeki sağlık yapılarında BAHP Yöntemi ile belirlenmesine yönelik bir yaklaşım. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne.

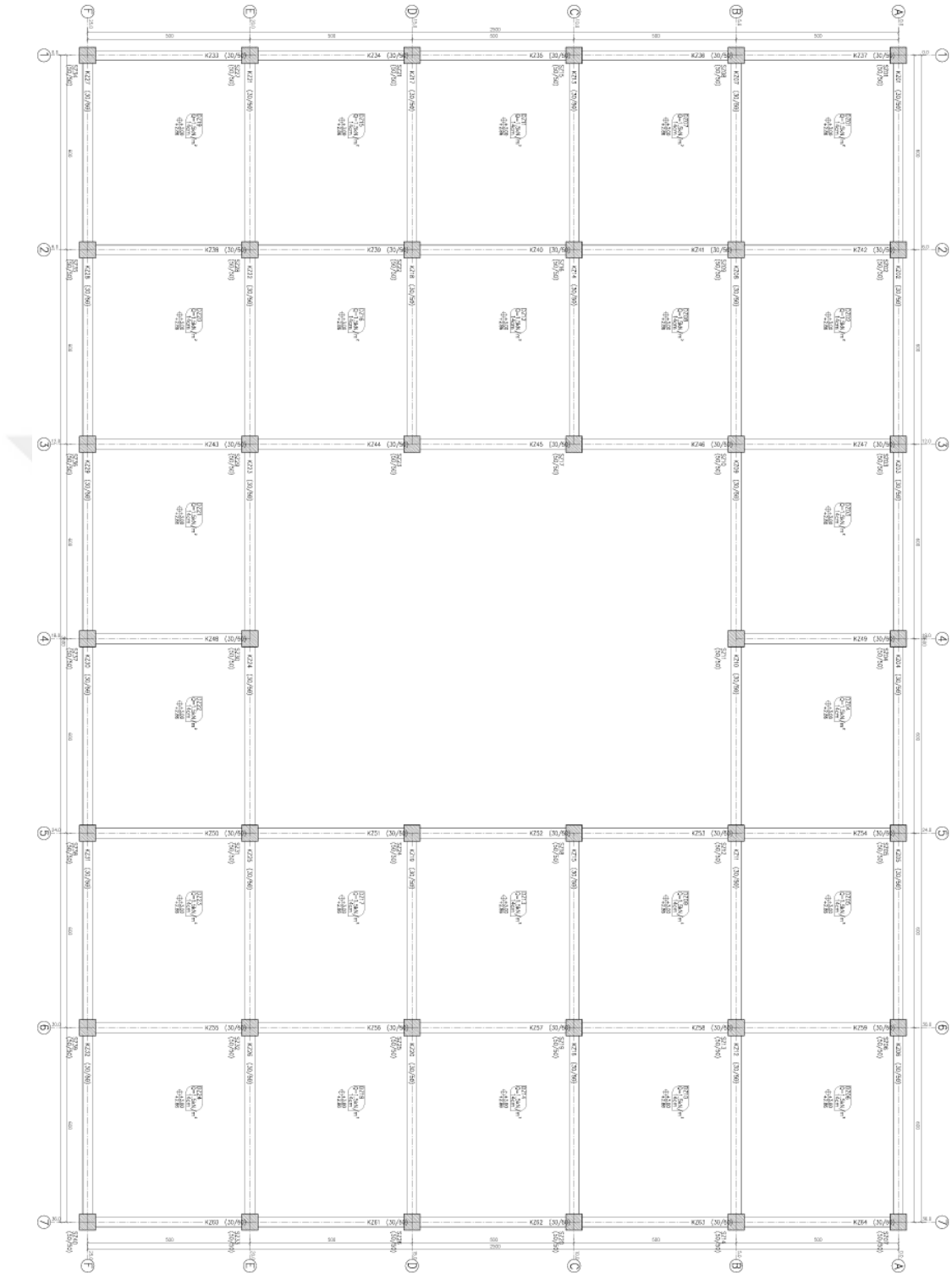


EKLER

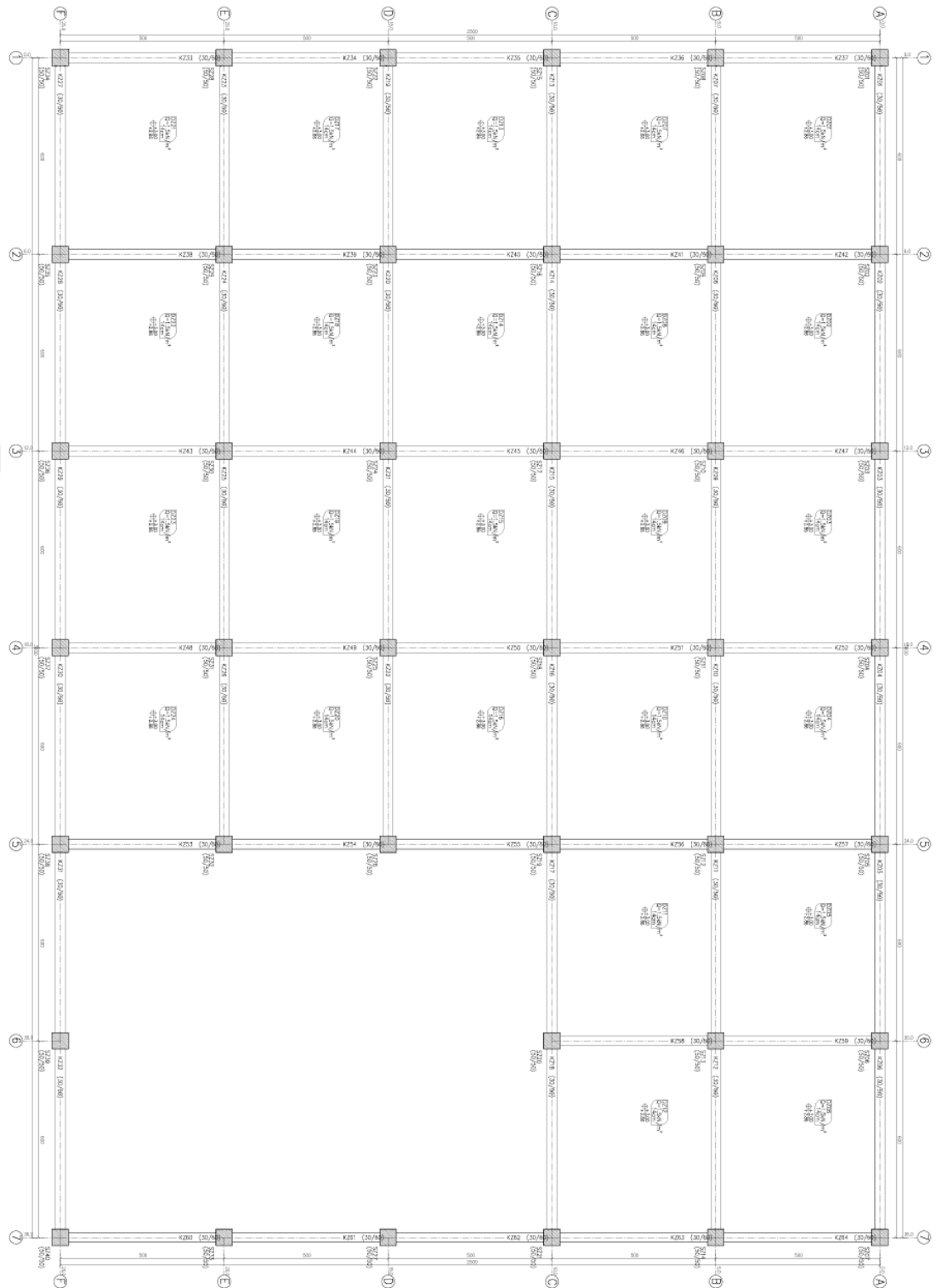
EK 1 Referans Model A Kat Planı



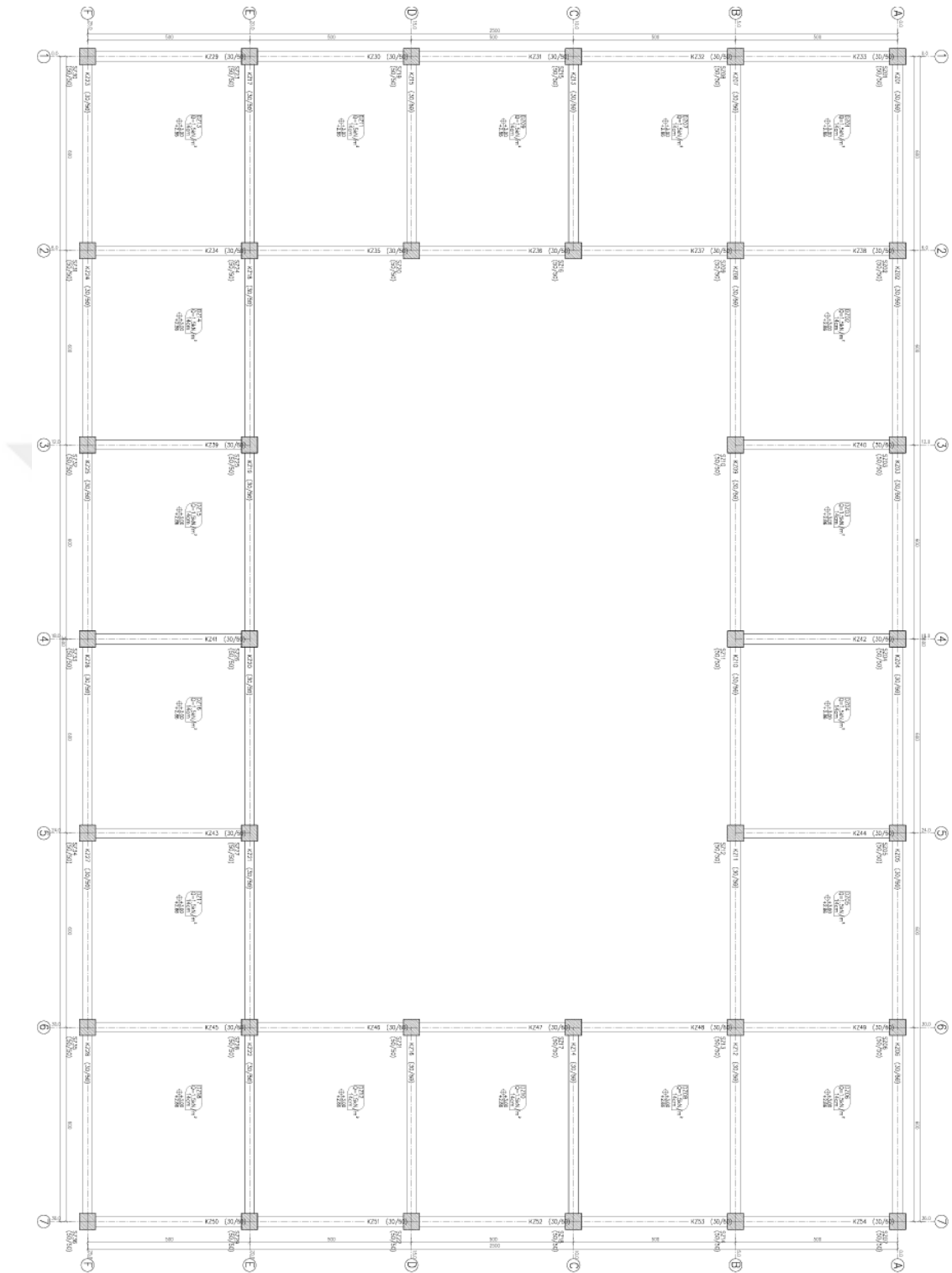
EK 2 Model A1 Kat Planı



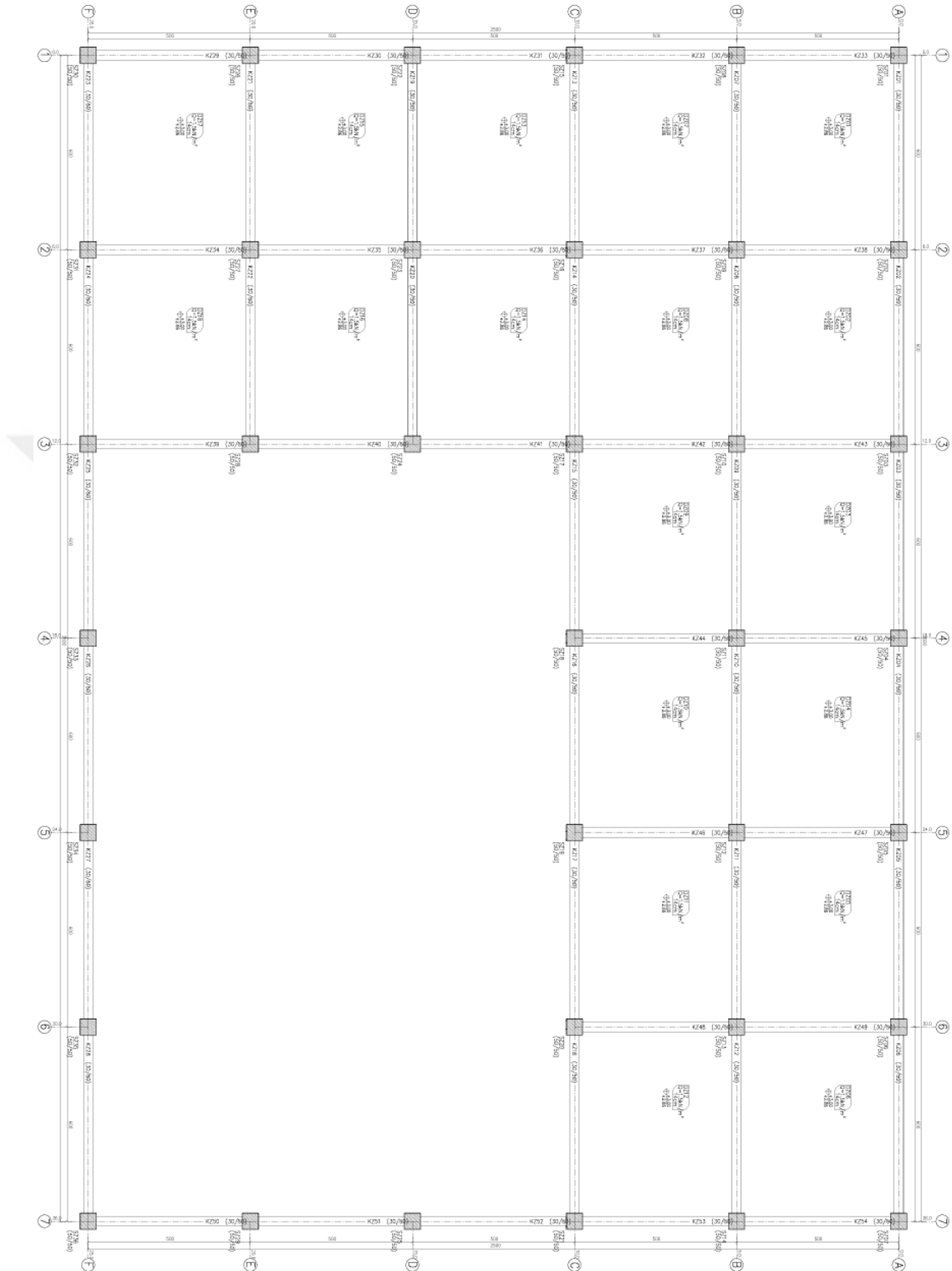
EK 3 Model A2 Kat Planı



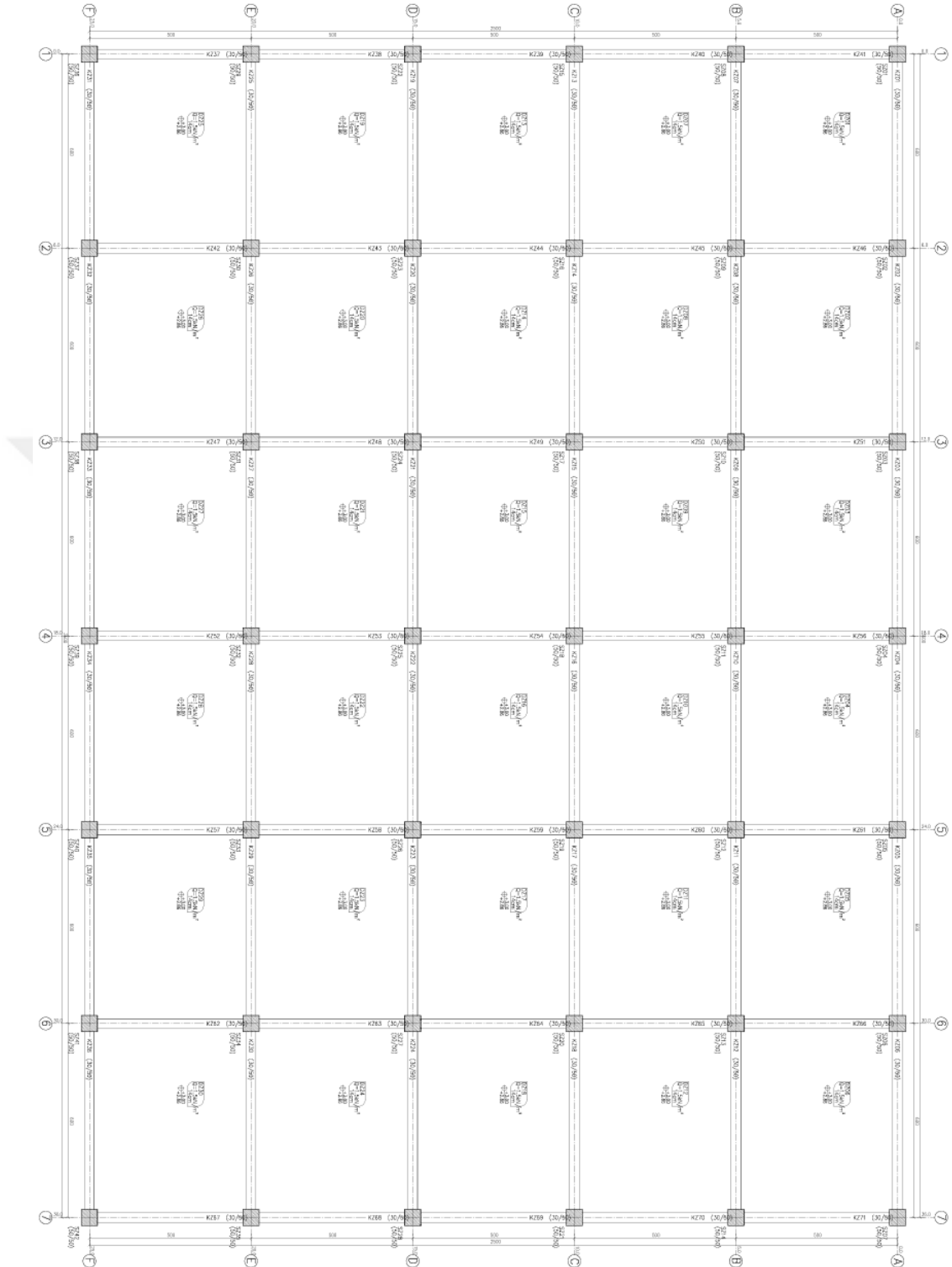
EK 4 Model A3 Kat Planı



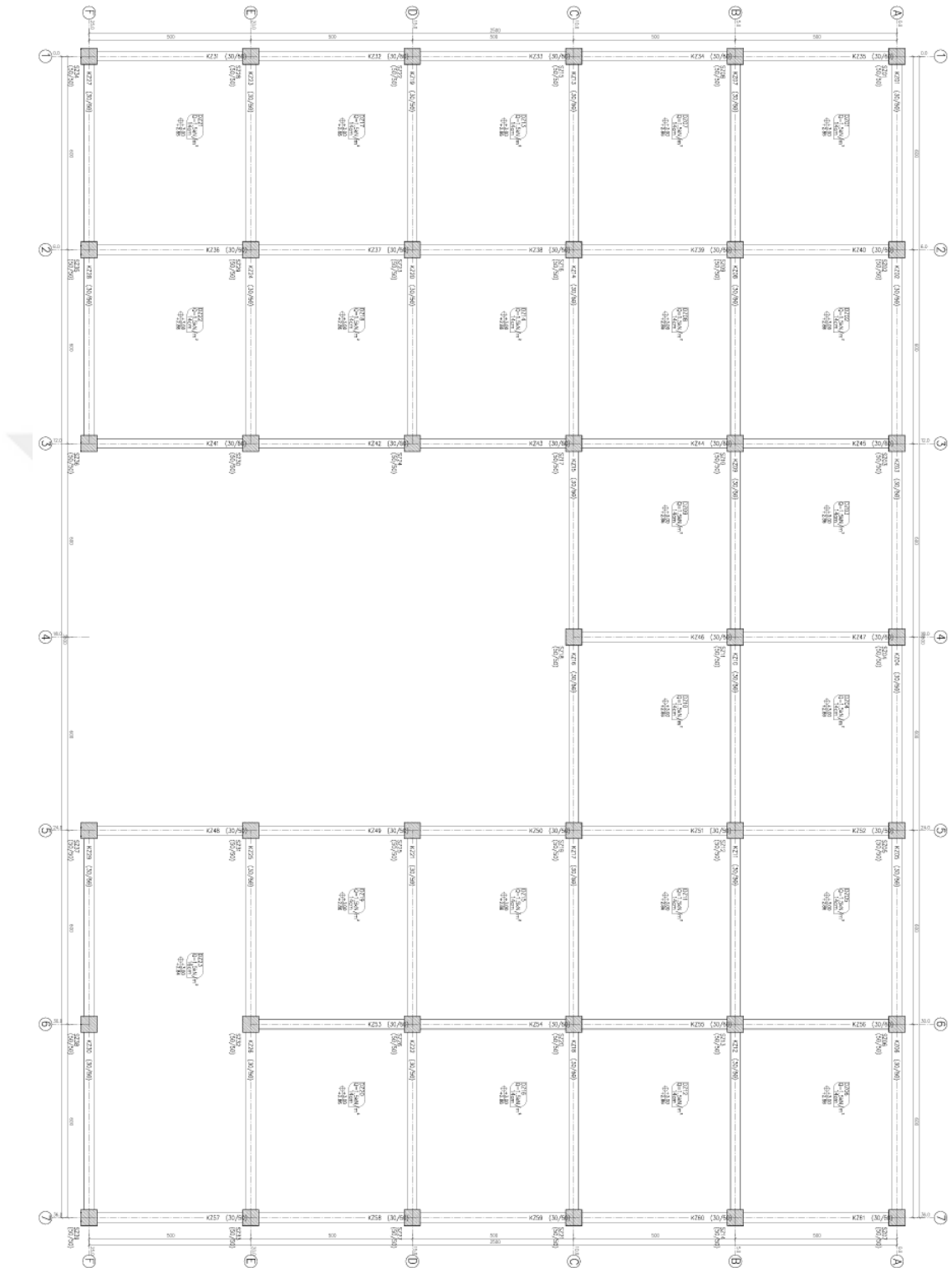
EK 5 Model A4 Kat Planı



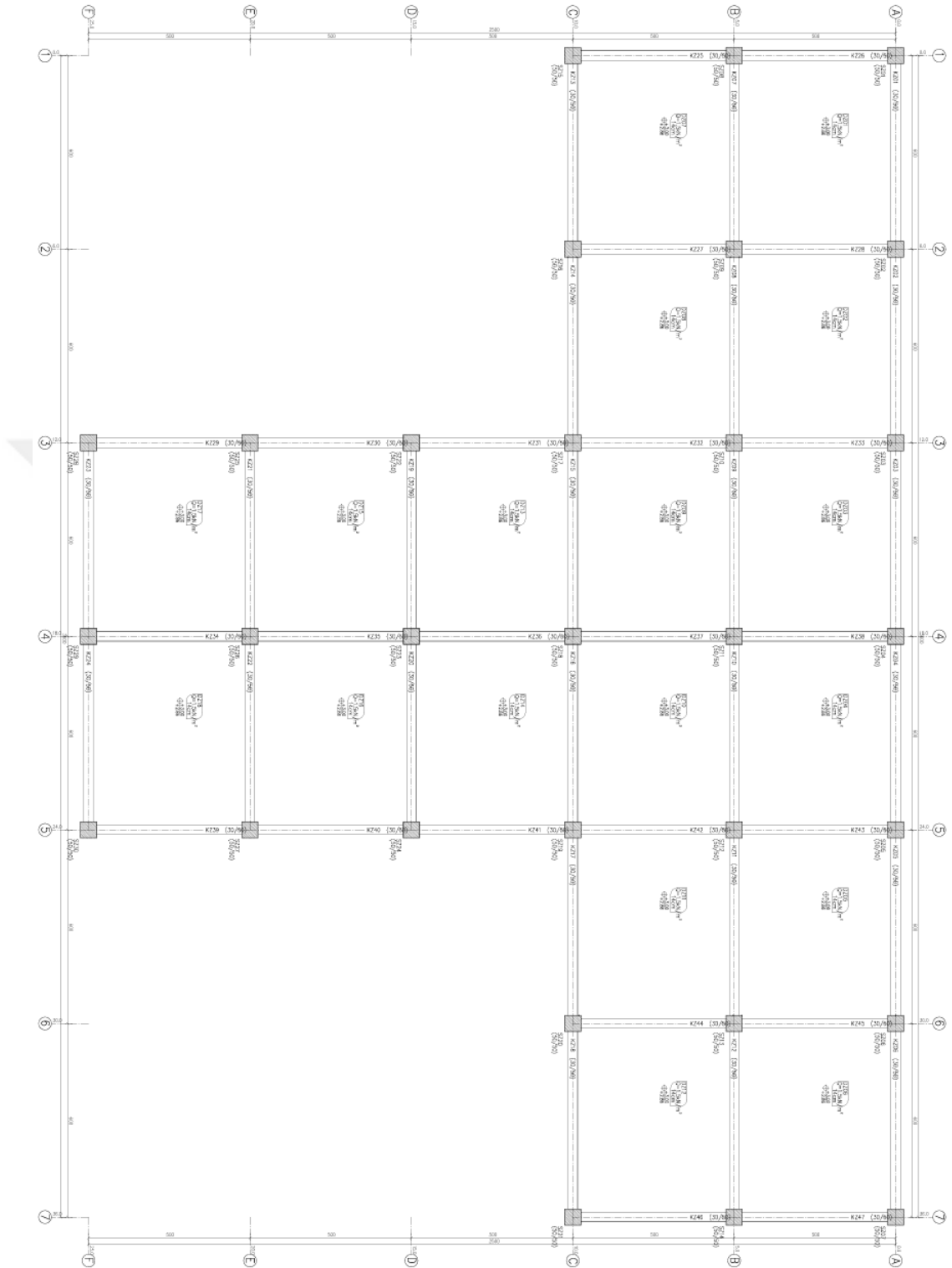
EK 6 Referans Model B Kat Planı



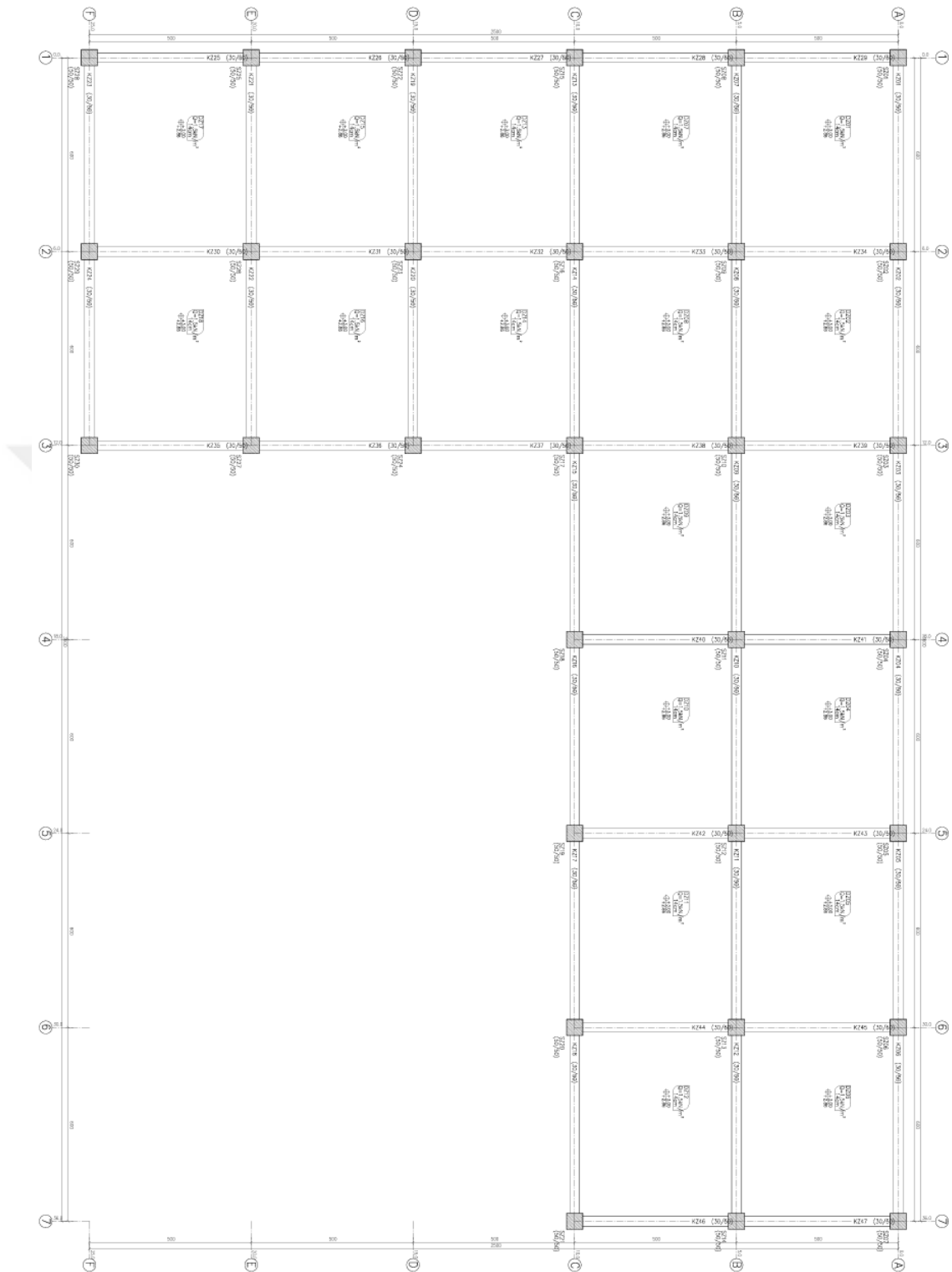
EK 7 Model B1 Kat Planı



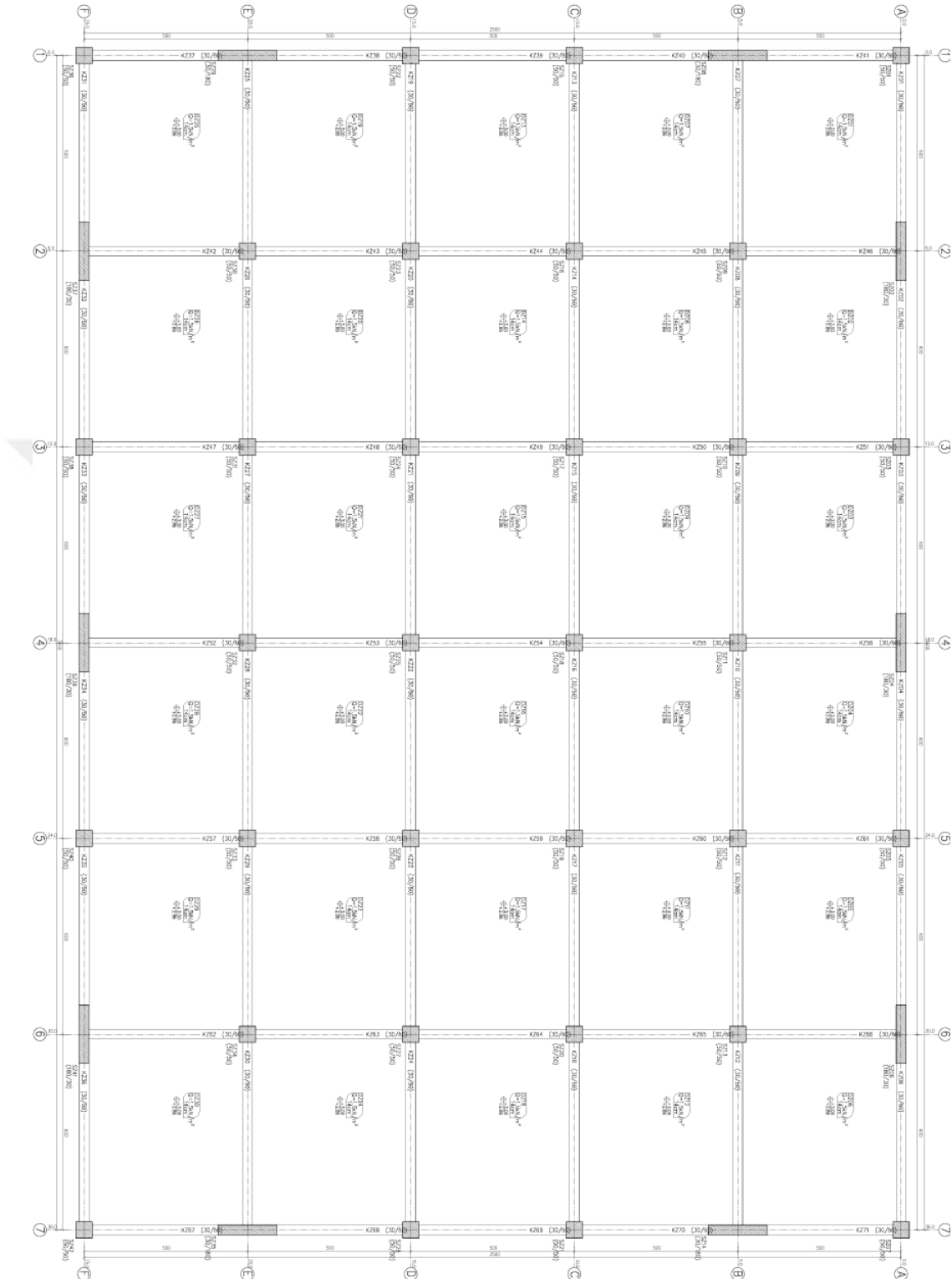
EK 8 Model B2 Kat Planı



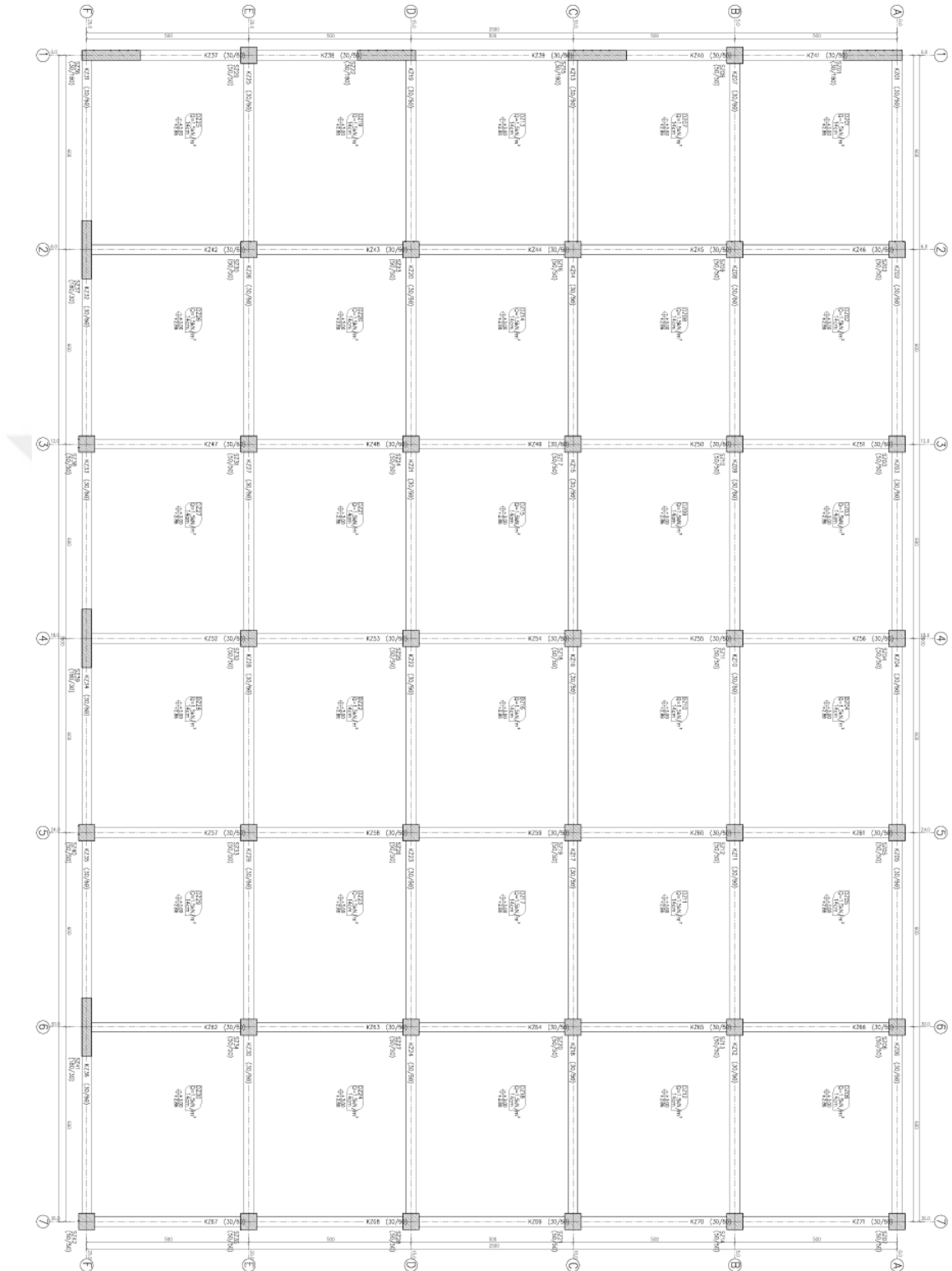
EK 10 Model B4 Kat Planı



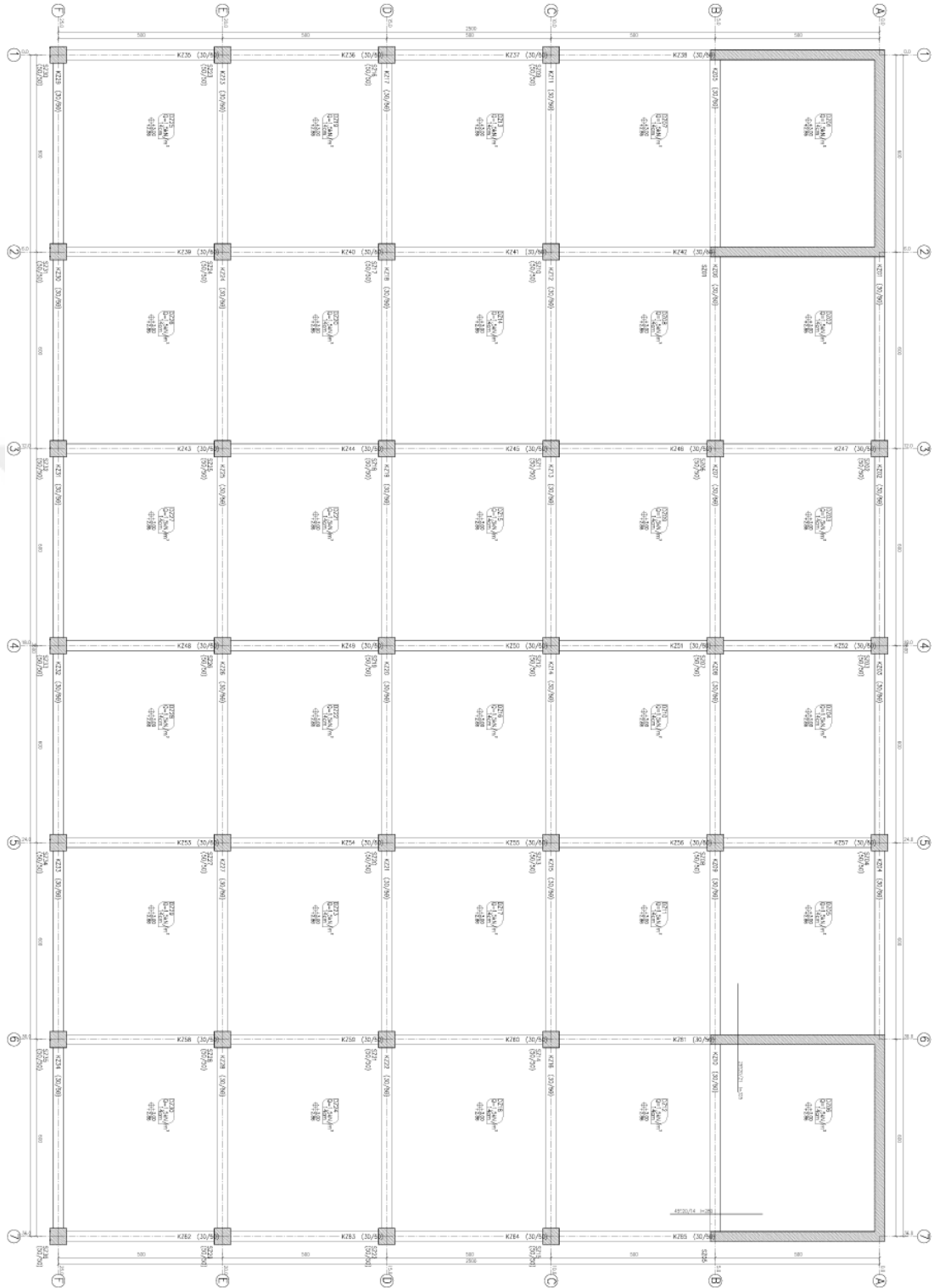
EK 11 Referans Model C Kat Planı



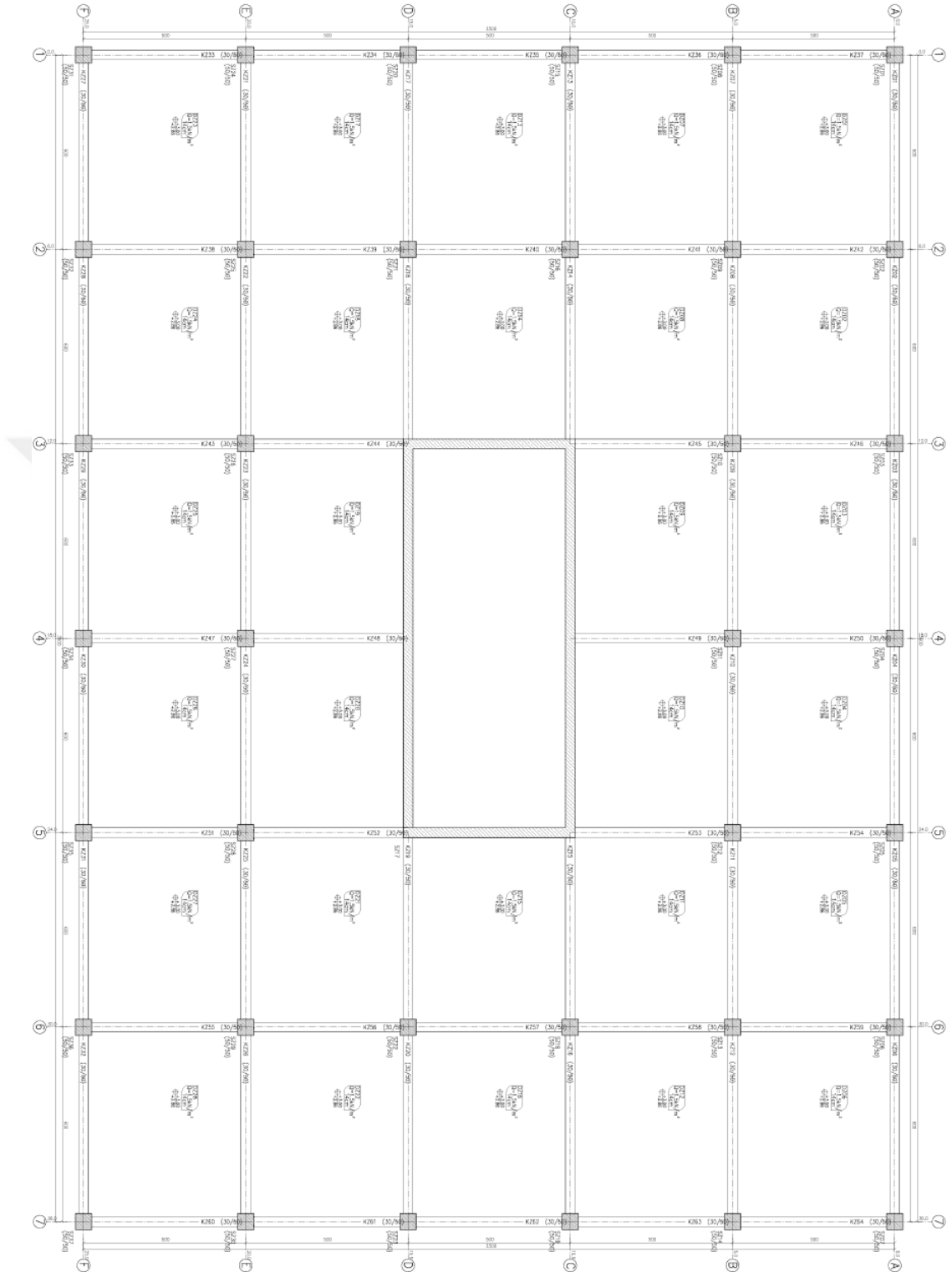
EK 12 Model C1 Kat Planı



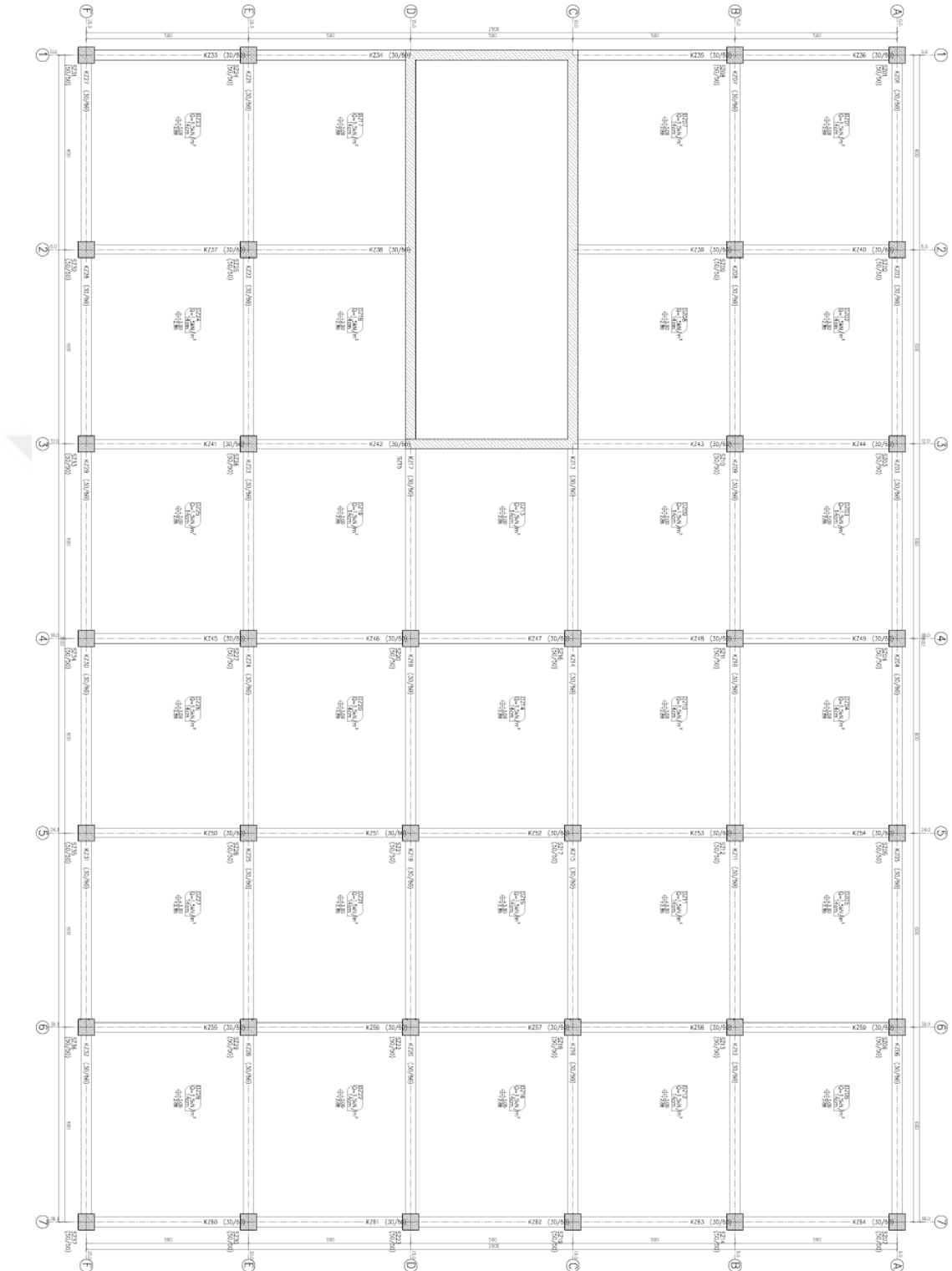
EK 13 Model C2 Kat Planı



EK 14 Model C3 Kat Planı



EK 15 Model C4 Kat Planı



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Leyla GÜNDOĞDU TURHAN

Eğitim Durumu

Lisans : İstanbul Kültür Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü,2015

Yüksek Lisans : Haliç Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı,2025

