

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yusuf Ziya NOMANOĞLU

**ÇOK KATLI BETONARME YAPILARIN 2018 TÜRKİYE BİNA
DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE ANALİZİ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2023

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇOK KATLI BETONARME YAPILARIN 2018 TÜRKİYE BİNA
DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE ANALİZİ**

Yusuf Ziya NOMANOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 06/01/2023 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof.Dr.Beytullah TEMEL
DANIŞMAN

.....
Prof.Dr.İsmail Hakkı ÇAĞATAY
ÜYE

.....
Prof.Dr.Faruk Fırat ÇALIM
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇOK KATLI BETONARME YAPILARIN 2018 TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE ANALİZİ

Yusuf Ziya NOMANOĞLU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Beytullah TEMEL
Yıl:2023, Sayfa: 155

Jüri : Prof. Dr. Beytullah TEMEL
: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY
: Prof. Dr. Faruk Fırat ÇALIM

Bu tez çalışmasında, çok katlı betonarme yüksek binaların 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) kapsamındaki hususlara göre analizleri yapılmıştır. Salt betonarme çerçeve sistemler, perdeli sistemler ve bodrum perdeli sistemlerin statik ve dinamik analizleri Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre yapılmıştır. Bununla beraber analizlerde, farklı modeller için etrafı rijit bodrum perdeleri ile çevrili binaların deprem etkisi altındaki davranışları incelenmiştir. Ayrıca, bina üst katlarında farklı perde konum ve şekilleri için parametrik çalışmalar yapılmış olup, bunlara bağlı yapı düzensizlikleri araştırılmıştır. Bina modellemeleri ve analizleri için SAP2000 sonlu elemanlar paket programından faydalanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi, Mod Birleştirme yöntemi, Yapı düzensizlikleri, Yüksek betonarme binalar

ABSTRACT

MSc THESIS

ANALYSIS OF MULTI-STOREY REINFORCED CONCRETE BUILDINGS ACCORDING TO 2018 TÜRKİYE BUILDING EARTHQUAKE REGULATIONS

Yusuf Ziya NOMANOĞLU

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Beytullah TEMEL

Year:2023, Page: 155

Jury : Prof. Dr. Beytullah TEMEL

: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY

: Prof. Dr. Faruk Fırat ÇALIM

In this thesis, the analysis of tall multi-story buildings is performed based on the regulations of the 2018 Türkiye Building Earthquake Code (TSC-2018). The static and dynamic analysis of reinforced concrete frame structures, structures with shear walls, and structures with shear walls at their basement floors are carried out using equivalent seismic load and mode-superposition methods. In addition, the response of several models of buildings having their basements surrounded by rigid shear walls is examined under the seismic loads in the analysis. Moreover, parametric studies are performed for several locations and shapes of the shear walls on upstairs floors and related structural irregularities are investigated in detail. The SAP 2000 finite element package program is used for the modelling and analysis of the buildings.

Keywords: Türkiye Building Earthquake Code, Equivalent Seismic Load method, Mode Combination method, Structural irregularities, High-rise reinforced concrete buildings

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Betonarme yapıların geçmişten günümüze kadar ulaşım, yerleşim amaçlı olarak yapılmakta olup, mevcut arazi türlerini en verimli şekilde kullanmak ve dikine yapılaşma gibi mimari kaygıların ortadan kaldırılmasında önemi büyüktür.

Gün geçtikte gelişen teknoloji ve artan imkânların doğru mühendislik çözümleri üzerindeki etkisi büyüktür. Bu doğrultuda öncelikli olarak yüksek katlı betonarme binaların daha gerçekçi ve doğru analiz ve çözümlerinin yapılması, bu tür binaların tanımlamasının doğru şekilde yapılmasından geçer. Bu tür betonarme binalarda yapılacak olan tanımlamalar ve analiz yöntemleri normal yapılara göre farklılaşmaktadır. Bu sebepten yüksek binalar diğer yapılardan ayrılarak deprem etkileri altında analizleri normal binalara göre zorlaşmakta ve gereklilikleri artmaktadır. Bu sebeple yüksek binalarda kullanılacak olan performans tabanlı analiz sonuçlarının ve hesap adımlarının sonuçlarının yorumlanması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, çok katlı betonarme yapıların 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre analiz ve tasarımı üzerine bir araştırma yapılmıştır. İlk olarak, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018), Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) hakkında açıklamalar yapıldıktan sonra, farklı modeller üzerinden betonarme çerçeve sistem, perdeli betonarme sistem, etrafı rijit perdelerle çevrili bodrumdan oluşan çerçeve sistem ve etrafı rijit perdelerle çevrili perdeli betonarme sistemlerin tasarımı ve analizleri yapılmıştır. Ayrıca kat perdeler ve şekilleri, sayısı ve konumu gibi parametreler göz önünde bulundurularak yapısal düzensizlikleri incelenmiştir.

Analiz sonucu elde edilen veriler ışığında yapısal düzensizlikler belirlenmiştir. Modeller arasındaki farklılıklardan kaynaklanan sonuçlar

karşılaştırmalı olarak yorumlanmış ve alınması gereken önlemler açıklanmıştır. Modelleme ve analizlerde SAP2000 sonlu elmanlar paket programından faydalanılmıştır.

Özet olarak bu tez çalışmasında;

Tez çalışmasının birinci bölümünde; çalışma konusunun tanıtılması, tezin konusu, amacı ve tez kapsamı genel olarak yer almaktadır.

İkinci bölümde; çalışma konusu ile ilgili olan kaynak veya literatür araştırmaları üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde; 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'den yapı analiz modelinde kullanılan temel kavramlar özetlenmiştir.

Dördüncü bölümde; ele alınan modeller hakkında (malzeme, yükler ve yöntemler) bilgiler verilmiştir. Bu modellerin TBDY-2018'e göre analizleri gerçekleştirilmiş ve bunların karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Beşinci bölümde ise; analizlerden yola çıkarak sonuçlar ve önerilere yer verilmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, yardımlarını ve zamanını benden esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Beytullah TEMEL'e teşekkür ederim.

Tez çalışması için yardımlarını, bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen bölümümüzün araştırma görevlilerinden Timuçin Alp ASLAN ve Seda SEVER'e, değerli arkadaşlarım İnşaat Yüksek Mühendisi Ufuk TUNÇ'a ve Ecem KARAAĞAÇ'a teşekkür ederim.

Son olarak, hayatımın her aşamasında yanımda olan ve benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XX
SİMGELER VE KISALTMALAR	XXII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3. MATERYAL VE METOT.....	9
3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Doğrusal Deprem Genel Hesap	
Esas ve Adımları	9
3.1.1. Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısının Bulunması	9
3.1.2. Deprem Yer Harekeyi Düzeyinin Belirlenmesi ve Elastik Tasarım	
Spektrumunun Oluşturulması	10
3.1.3. Deprem Tasarım Sınıfının Belirlenmesi	11
3.1.4. Bina Yükseklik Sınıfının Bulunması.....	11
3.1.5. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Belirlenmesi	12
3.1.6. Kat Kütlelerinin Tanımlanması.....	13
3.1.7. Etkin Kesit Rijitliklerinin Tanımlanması	14
3.1.8. Modal Analiz ve Yeterli Titreşim Modu Sayısının Belirlenmesi.....	15
3.1.9. Bina Tabanı ve Bina Yüksekliğinin Belirlenmesi.....	15
3.1.10. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlenmesi	15
3.1.11. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı.....	16
3.1.12. Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme	
Spektrumu.....	17

3.1.13. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi	17
3.1.14. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi	17
3.1.15. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi	18
3.2. Deprem Düzensizlikleri	18
3.2.1. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	21
3.2.2. İkinci Mertebe Etkileri	22
3.2.3. Taşıyıcı Sistem Davranış Fazlalığı katsayısının Kontrolü	22
3.2.4. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar	23
3.3. Mod Birleştirme Yöntemi	24
3.3.1. Azaltılmış İç Kuvvet ve Yer Değiştirmelerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi	24
3.3.2. Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumunun Oluşturulması	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1. Uygulama 1	25
4.1.1. Bina Konumu ve Zemin Bilgileri	25
4.1.2. Genel Hesap Adımları	26
4.1.2.1. Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısının Bulunması	26
4.1.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyinin Belirlenmesi ve Elastik Tasarım Spektrumunun Oluşturulması	26
4.1.2.3. Deprem Tasarım Sınıfının Belirlenmesi	26
4.1.2.4. Bina Yükseklik Sınıfının Belirlenmesi	26
4.1.2.5. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Belirlenmesi	27
4.1.3. Tasarım ve Analiz	27
4.1.3.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması	29
4.1.3.2. Bina Tabanı ve Bina Yüksekliğinin Belirlenmesi	30
4.1.4. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	31
4.1.4.1. Kat Kütlelerinin Belirlenmesi	31
4.1.4.2. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlenmesi	32

4.1.4.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi	33
4.1.5. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi	34
4.1.6. Düzensizlik Kontrolleri	34
4.1.6.1. A-1 Burulma Düzensizliği	34
4.1.6.2. A2-Döşeme Süreksizliği	39
4.1.6.3. A3-Planda Çıkıntılar Bulunması	39
4.1.6.4. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği	39
4.1.6.5. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği	39
4.1.6.6. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elamanlarının Süreksizliği	43
4.1.6.7. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	43
4.1.6.8. İkinci Mertebe Etkileri	47
4.1.6.9. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Kontrolü	48
4.2. Uygulama 2	50
4.2.1. Tasarım ve Analiz	51
4.2.1.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması	52
4.2.1.2. Bina Taban Yüksekliğinin Belirlenmesi	53
4.2.2. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	54
4.2.2.1. Kat Kütlelerinin Belirlemesi	54
4.2.2.2. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlemesi	54
4.2.2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi	55
4.2.3. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi	56
4.2.4. Düzensizlik Kontrolleri	56
4.2.4.1. A1 Burulma Düzensizliği	56
4.2.4.2. A2 Döşeme Süreksizliği	60
4.2.4.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması	60
4.2.4.4. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği	60
4.2.4.5. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği	60
4.2.4.6. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elamanlarının Süreksizliği	64
4.2.4.7. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	64

4.2.4.8. İkinci Mertebe Etkileri.....	67
4.3. Uygulama 3.....	68
4.3.1. Tasarım ve Analiz	69
4.3.1.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması.....	70
4.3.1.2. Bina Taban Yüksekliğinin Belirlenmesi	71
4.3.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	71
4.3.2.1. Kat Kütlelerinin Belirlemesi	71
4.3.2.2. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlemesi	72
4.3.2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğüünün Belirlenmesi	72
4.3.3. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi.....	72
4.3.4. Düzensizlik Kontrolleri.....	72
4.3.4.1. A1 Burulma Düzensizliği	72
4.3.4.2. A2 Döşeme Süreksizliği	76
4.3.4.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması	76
4.3.4.4. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği.....	76
4.3.4.5. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği	76
4.3.4.6. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elamanlarının Süreksizliği	80
4.3.4.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması.....	80
4.3.4.8. İkinci Mertebe Etkileri.....	83
4.3.4.9. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Kontrolü	84
4.4. Uygulama 4.1	87
4.4.1. Tasarım ve Analiz	88
4.4.1.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması.....	88
4.4.1.2. Bina Taban Yüksekliğinin Belirlenmesi	89
4.4.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	89
4.4.2.1. Kat Kütlelerinin Belirlemesi	89
4.4.2.2. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlemesi	89
4.4.2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğüünün Belirlenmesi	90
4.4.3. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi.....	90

4.4.4. Düzensizlik Kontrolleri.....	91
4.4.4.1. A1 Burulma Düzensizliği	91
4.4.4.2. A2 Döşeme Süreksizliği	94
4.4.4.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması	94
4.4.4.4. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği	95
4.4.4.5. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği	95
4.5. Uygulama 4.2.....	98
4.5.1. Tasarım ve Analiz	99
4.5.1.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması.....	99
4.5.1.2. Bina Taban Yüksekliğinin Belirlenmesi	100
4.5.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	100
4.5.2.1. Kat Kütlelerinin Belirlemesi	100
4.5.2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğüünün Belirlenmesi	101
4.5.3. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi	101
4.5.4. Düzensizlik Kontrolleri.....	102
4.5.4.1. A1 Burulma Düzensizliği	102
4.5.4.2. A2 Döşeme Süreksizliği	105
4.5.4.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması	105
4.5.4.4. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği.....	106
4.5.4.5. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği	106
4.5.4.6. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elamanlarının Süreksizliği ..	109
4.5.4.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması.....	109
4.5.4.8. İkinci Mertebe Etkileri.....	113
4.6. Uygulama 5.....	114
4.6.1. Tasarım ve Analiz	115
4.6.1.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması.....	117
4.6.1.2. Bina Taban Yüksekliğinin Belirlenmesi	117
4.6.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	118
4.6.2.1. Kat Kütlelerinin Belirlemesi	118

4.6.2.2. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlemesi	119
4.6.2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi	119
4.6.3. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi	120
4.6.4. Düzensizlik Kontrolleri	120
4.6.4.1. A1 Burulma Düzensizliği	120
4.6.4.2. A2 Döşeme Süreksizliği	126
4.6.4.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması	127
4.6.4.4. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği	127
4.6.4.5. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği	127
4.6.4.6. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elamanlarının Süreksizliği ..	133
4.6.4.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	133
4.6.4.8. İkinci Mertebe Etkileri	139
4.6.4.9. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Kontrolü	141
4.6.5. Model Birleştirme Yöntemi	145
4.6.5.1. Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumunun Oluşturulması ..	145
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	149
KAYNAKLAR	151
ÖZGEÇMİŞ	155

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları (TBDY-2018).....	9
Çizelge 3.2. Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY-2018)	11
Çizelge 3.3. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY-2018).....	11
Çizelge 3.4. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları (TBDY-2018).....	12
Çizelge 3.5. Hareketli yük kütle katılım katsayısı (TBDY-2018).....	13
Çizelge 3.6. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları (TBDY-2018).....	14
Çizelge 3.7. Düzensiz binalar (TBDY-2018).....	19
Çizelge 4.1. Kat kütleleri	31
Çizelge 4.2. Katlara etkiye eşdeğer deprem yükleri	34
Çizelge 4.3. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	35
Çizelge 4.4. “EXÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	36
Çizelge 4.5. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	36
Çizelge 4.6. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	37
Çizelge 4.7. “EYÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	37
Çizelge 4.8. “EYÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	38
Çizelge 4.9. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	40

Çizelge 4.10. “EXÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	40
Çizelge 4.11. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	41
Çizelge 4.12. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	41
Çizelge 4.13. “EYÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	42
Çizelge 4.14. “EYÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	42
Çizelge 4.15. “EXÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	44
Çizelge 4.16. “EXÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	45
Çizelge 4.17. “EXÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	45
Çizelge 4.18. “EYÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	46
Çizelge 4.19. “EYÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	46
Çizelge 4.20. “EYÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	47
Çizelge 4.21. “EXÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri.....	47
Çizelge 4.22. “EYÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri	48
Çizelge 4.23. Toplam devrilme momenti.....	48
Çizelge 4.24. Toplam devrilme momenti (kNm).....	49
Çizelge 4.25. M_{DEV} / M_0 oranı.....	49
Çizelge 4.26. M_{DEV} / M_0 oranı.....	50
Çizelge. 4.27. Kat kütleleri	54
Çizelge 4.28. Katlara etkiye eşdeğer deprem yükleri	55
Çizelge 4.29. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	57
Çizelge 4.30. “EXÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	57
Çizelge 4.31. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	58

Çizelge 4.32. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	58
Çizelge 4.33. “EYÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	59
Çizelge 4.34. “EYÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	59
Çizelge 4.35. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	61
Çizelge 4.36. “EXÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	61
Çizelge 4.37. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	62
Çizelge 4.38. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	62
Çizelge 4.39. “EYÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	63
Çizelge 4.40. “EYÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	63
Çizelge 4.41. “EXÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	64
Çizelge 4.42. “EXÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	65
Çizelge 4.43. “EXÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	65
Çizelge 4.44. “EYÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	66
Çizelge 4.45. “EYÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	66
Çizelge 4.46. “EYÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	67
Çizelge 4.47. “EXÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri.....	67
Çizelge 4.48. “EYÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri.....	68
Çizelge 4.49. Kat kütleleri	71
Çizelge 4.50. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	73
Çizelge 4.51. “EXÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	73

Çizelge 4.52. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	74
Çizelge 4.53. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	74
Çizelge 4.54. “EYÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	75
Çizelge 4.55. “EYÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	75
Çizelge 4.56. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	75
Çizelge 4.57. “EXÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	77
Çizelge 4.58. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	77
Çizelge 4.59. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	78
Çizelge 4.60. “EYÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	78
Çizelge 4.61. “EYÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	79
Çizelge 4.62. “EXÜ” yüklemesi için görel kat ötelemesi kontrolü	79
Çizelge 4.63. “EXÜ+%5” yüklemesi için görel kat ötelemesi kontrolü.....	80
Çizelge 4.64. “EXÜ-%5” yüklemesi için görel kat ötelemesi kontrolü.....	81
Çizelge 4.65. “EYÜ” yüklemesi için görel kat ötelemesi kontrolü	82
Çizelge 4.66. “EYÜ+%5” yüklemesi için görel kat ötelemesi kontrolü.....	82
Çizelge 4.67. “EYÜ-%5” yüklemesi için görel kat ötelemesi kontrolü.....	83
Çizelge 4.68. “EXÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri.....	83
Çizelge 4.69. “EYÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri.....	84
Çizelge 4.70. Toplam devrilme momenti.....	84
Çizelge 4.71. Perde taban devrilme momentleri (kNm)	85

Çizelge 4.72. Perdelere etkiyen M_{DEV}/M_0 oranı	85
Çizelge 4.73. Toplam M_{DEV}/M_0 oranı	86
Çizelge 4.74. Kat kütleleri	89
Çizelge 4.75. Katlara etkiye eşdeğer deprem yükleri	90
Çizelge 4.76. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	91
Çizelge 4.77. “EXÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	92
Çizelge 4.78. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	92
Çizelge 4.79. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	93
Çizelge 4.80. “EYÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	93
Çizelge 4.81. “EYÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	94
Çizelge 4.82. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	95
Çizelge 4.83. “EXÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	96
Çizelge 4.84. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	96
Çizelge 4.85. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	97
Çizelge 4.86. “EYÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	97
Çizelge 4.87. “EYÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	98
Çizelge 4.88. Kat kütleleri	100
Çizelge 4.89. Katlara etkiye eşdeğer deprem yükleri	101
Çizelge 4.90. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	102

Çizelge 4.91. “EXÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	103
Çizelge 4.92. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	103
Çizelge 4.93. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	104
Çizelge 4.94. “EYÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	104
Çizelge 4.95. “EYÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü.....	105
Çizelge 4.96. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	106
Çizelge 4.97. “EXÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	107
Çizelge 4.98. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	107
Çizelge 4.99. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	108
Çizelge 4.100. “EYÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü	108
Çizelge 4.101. “EYÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	109
Çizelge 4.102. “EXÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	110
Çizelge 4.103. “EXÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	110
Çizelge 4.104. “EXÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	111
Çizelge 4.105. “EYÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	111
Çizelge 4.106. “EYÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	112
Çizelge 4.107. “EYÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	112
Çizelge 4.108. “EXÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri	113
Çizelge 4.109. “EYÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri	113

Çizelge 4.110. Kat kütleleri.....	118
Çizelge 4.111. Toplam eşdeğer deprem yükü	119
Çizelge 4.112. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü...	121
Çizelge 4.113. “EXÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	122
Çizelge 4.114. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	123
Çizelge 4.115. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü...	124
Çizelge 4.116. “EYÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	125
Çizelge 4.117. “EYÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü	126
Çizelge 4.118. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	137
Çizelge 4.119. “EXÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	138
Çizelge 4.120. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	139
Çizelge 4.121. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	130
Çizelge 4.122. “EYÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	131
Çizelge 4.123. “EYÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	132
Çizelge 4.124. “EXÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	133
Çizelge 4.125. “EXÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	134
Çizelge 4.126. “EXÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	135
Çizelge 4.127. “EYÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü.....	136
Çizelge 4.128. “EYÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	137

Çizelge 4.129. “EYÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü	138
Çizelge 4.130. “EXÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri	139
Çizelge 4.131. “EYÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri	140
Çizelge 4.132. Toplam taban devrilme momentleri	141
Çizelge 4.133. Perde taban devrilme momentleri (kNm)	142
Çizelge 4.134. Perdelere etkiyen M_{DEV}/M_0 oranı	143
Çizelge 4.135. Perdelere etkiyen toplam M_{DEV}/M_0 oranı	144
Çizelge 4.136. Azaltılmış tasarım ivme spektrumu	145
Çizelge 4.137. Toplam kat kuvvetleri, devrilme ve burulma momentleri	146

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Türkiye deprem tehlike haritaları kullanıcı girdileri	10
Şekil 3.2. Türkiye deprem tehlike haritaları çıktıları (AFAD).....	10
Şekil 3.3. Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY-2018)	16
Şekil 3.4. A1 – Burulma düzensizliği (TBDY-2018).....	20
Şekil 3.5. A2 – Döşeme süreksizlikleri (TBDY-2018)	20
Şekil 3.6. A3 – Planda çıkıntılar bulunması (TBDY-2018).....	21
Şekil 3.7. B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği	21
Şekil 4.1. SAP2000 malzeme özellikleri ekran alıntısı	27
Şekil 4.2. SAP2000 3 boyutlu kat perspektif görünüşü	28
Şekil 4.3. SAP2000 Döşeme sonlu elemanlar modeli ve bina perspektif görünüşü.....	28
Şekil 4.4. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri	29
Şekil 4.5. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri (Bodrum kat kütle ve yükleri ihmal edilen)	30
Şekil 4.6. DD-3 deprem yer hareketi spektral ivme katsayıları	43
Şekil 4.7. SAP2000 Kat planı perdelerin perspektif görünüşü.....	49
Şekil 4.8. SAP2000 Bina döşeme modeli ve bina perspektifi görünüşü ekran alıntısı.....	52
Şekil 4.9. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri	52
Şekil 4.10. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri (Bodrum kat kütle ve yükleri ihmal edilen)	53
Şekil 4.11. SAP2000 Bina döşeme modeli ve bina perspektifi görünüşü ekran alıntısı.....	70
Şekil 4.12. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri	70
Şekil 4.13. SAP2000 Kat planı ve perdelerin perspektif görünüşleri.....	85
Şekil 4.14. SAP2000 Döşeme sonlu elemanlar modeli ve bina perspektif görünüşü.....	88

Şekil 4.15. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri	88
Şekil 4.16. Kat kolon planı	99
Şekil 4.17. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri	99
Şekil 4.18. Döşeme sonlu elemanlar modeli	115
Şekil 4.19. Bina bodrum kat perspektif görünüşü	115
Şekil 4.20. Bina perspektif görünüşü	116
Şekil 4.21. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri	117
Şekil 4.22. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri (Bodrum kat yükleri ihmal edilen)	117
Şekil 4.23. Kat perdeleri perspektif görünüşü	142

SİMGELER VE KISALTMALAR

HK	: Hemen kullanım
KK	: Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi
CG	: Can güvenliği
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi
DGT	: Dayanıma göre tasarım
ŞDGT	: Şekil değiştirmeye göre tasarım
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısının
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
DD-1	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	: 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
h	: Kesit yüksekliği [m]
g	: Yerçekimi ivmesi [$g = 9.81 \text{ m/s}^2$]
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
G	: Sabit yük etkisi
S	: Kar yükü etkisi
I	: Bina Önem Katsayısı
N	: Binanın bodrum katlarının üstündeki toplam kat sayısı
S	: Kısa periyot bölgesi için tanımlanan tasarım spektral ivme katsayısı
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]

T_L	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiř periyodu [s]
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
T	: Doğal titreşim periyodu [s]
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
H_N	: Bina Toplam Yüksekliği [m]
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
η_{ci}	: i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
η_{ki}	: i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
C_t	: Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan katsayı
M_o	: Binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti [kNm]
m_i	: i'inci katın toplam kütleı [t]
λ	: Göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı
κ	: İzin verilen göreli kat ötelemelerinin tanımında betonarme ve elik taşıyıcı sistemler için farklı olarak kullanılan katsayı
$\theta_{II,i}$	: (X) deprem doğrultusunda her bir i'inci kat için tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri
$(\delta_i)_{max}$	: (X) deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki enbüyük değeri [m]

1. GİRİŞ

Betonarme yapılar, geçmişten günümüze kadar ulaşım yerleşim amaçlı olarak yapılmakta olup, bu yapıların mevcut arazi türlerini en verimli şekilde kullanmak ve dikey yapılaşma gibi mimari kaygıların ortadan kaldırılmasında önemi büyüktür. Gün geçtikte gelişen teknoloji ve artan imkânların doğru mühendislik çözümleri üzerindeki etkisi büyüktür. Bu doğrultuda öncelikli olarak yüksek katlı yapıların daha gerçekçi, doğru analiz ve çözümlerinin yapılması yüksek katlı binaların tanımlamasının doğru şekilde yapılmasından geçer. Bu binalarda yapılacak olan tanımlamalar ve analiz yöntemleri normal yapılara göre farklılaşmaktadır. Bu sebepten yüksek yapılar, diğer yapılardan ayrılarak deprem etkileri altında analizleri normal yapılara göre zorlaşmakta ve gereklilikleri artmaktadır. Bu sebeple yüksek yapılarda kullanılacak olan performans tabanlı analiz sonuçlarının ve hesap adımlarının sonuçlarının yorumlanması önem arz etmektedir.

1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) bina tasarım esasları ve deprem yüklerinin hesabında bir önceki deprem yönetmeliğine (DBYBHY-2007) göre önemli ölçüde değişiklikler içermektedir. Son yönetmelikte ilk dikkat çeken değişiklik, dinamik ve dinamik yüklerin hesaplanmasında kullanılan elastik tasarım spektrumunun bulunmasında yenilenmiş olan Türkiye Deprem Tehlike Haritalarının kullanılacak olmasıdır; yeni ve güncellenmiş haritalarda deprem bölgeleri kavramları kaldırılmıştır.

Elastik tasarım ivme spektrumu kısa periyod ve 1 saniye periyod bölgelerine karşılık gelen spektral ivme katsayısına bağlı olarak oluşturulmaktadır. Türkiye'deki herhangi bir parselin koordinat değeri ile Türkiye Deprem Tehlike Haritasından okunabilmektedir. Ayrıca elastik spektrum köşe periyotları doğrudan zemin özelliklerine göre hesaplanmaktadır. Zemin Sınıfları iyi zeminden kötü zemine doğru sırasıyla ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olarak sınıflandırılmıştır. ZF sınıfı en kötü zemin türünü ifade eder ve sahaya özel araştırma ve hesaplamalar gerektirmektedir.

Aşağıda diğer bazı önemli değişikliklerden bahsedilmiştir;

Önceki deprem yönetmeliğinde (DBYBHY-2007) “Bina kullanım amacı veya türü” adı altında 4 farklı sınıfa ayrılan binalar, TBDY-2018’de 3 ayrı Bina kullanım sınıfına (BKS) ayrılmıştır. Kısa periyod tasarım ivme spektral katsayısına ve BKS’sine bakılarak deprem tasarım sınıfı belirlenmektedir. Bina yüksekliği ve deprem tasarım sınıfına bakılarak Bina yükseklik sınıfı belirlenmektedir. Çok katlı yapılar veya yüksek binaların tasarımı ve analizi yüksek binaların tasarım kurallarını içeren bölüme göre yapılacaktır.

Özel yapı ve binalar haricinde standart deprem yer hareketleri TDY-2007 deprem yönetmeliğinde olduğu gibi, 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem hareketi kullanılmaktadır. Fakat özel yapı ve binalarda deprem tasarım sınıfı (DTS) ve bina yükseklik sınıfı (BYS)’ye bağlı olarak farklı deprem düzeylerini kullanılması zorunlu tutulmuştur. Bu deprem düzeyleri DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olmak üzere 4 ayrı kategoride tanımlanmıştır.

Bina performans düzeyleri Hemen Kullanım (HK), Kesintisiz Kullanım (KK), Can Güvenliği (CG) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) olmak üzere 4 farklı şekilde tanımlanmıştır. DTS ve BYS’ye bakılarak performans hedefi belirlenmeli ve bu hedefe uygun tasarım adımları uygulanmalıdır. Dayanıma göre tasarım (DGT) ve şekil değiştirmeye göre tasarım (ŞDGT) yaklaşımları ve uygulama esasları farklı bölümlerde verilmiştir.

DGT hesap esaslarına göre taşıyıcı sistem davranış katsayısının (R) yanında dayanım fazlalığı katsayısı (D) kullanılmaktadır. Sünek davranış beklenmeyen yapı elemanlarında davranış katsayısı ile azaltılmış deprem yükleri ile hesaplanan azaltılmış iç kuvvetler, dayanım fazlalığı katsayısı ile arttırılmaktadır. DGT hesap esaslarına göre ise yapılan bina tasarım ve analizlerinde TBDY-2018 ile beraber etkin kesit rijitliklerinin dikkate alınması zorunlu tutulmuştur. Aynı zamanda bodrumlu binalarda tasarıma esas iç kuvvetlerin bulunmasında, bodrum katlarıyla üstyapı arasında kuvvet aktarımını sağlayan döşemelerin tasarlanmasında, temellere etki eden kuvvetlerin bulunmasında yeni düzenlemeler yapılmıştır.

Bu çalışmada çok katlı betonarme yüksek binaların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamındaki hususlara göre tasarım ve analizi yapılmıştır. Salt çerçeve sistem, perdeli sistemler ve bodrum perdeli sistem için incelemeler, Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod birleştirme yöntemleri ile aşamalar halinde yapılmış, her aşama sonucunda elde edilen veriler yorumlanmıştır. Analizlerde farklı modeller üzerinden etrafı rijit perdelerle çevrili bodrum katının yapı davranışına etkisi incelenmiştir. Ayrıca kat perdeleri ve şekilleri, sayısı ve konumu gibi parametreler göz önünde bulundurularak deprem düzensizlikleri incelenmiştir. Modellemelerde SAP2000 sonlu elemanlar paket programından faydalanılmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatür araştırması yapıldığında, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) üzerine çok fazla araştırma bulunamamaktadır. Bunun sebebi Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) 01 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmesidir. Bu konu üzerine daha fazla araştırma yapıldıkça yönetmelikte bulunan maddeler ve yapı düzensizlikleri ile ilgili daha net ve güncel bilgiler ortaya çıkacaktır.

Akbulut (2019), farklı betonarme istinat duvarı modeller kullanarak 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerini karşılaştırmıştır. Çalışmasında, hesap kolaylığı sağlanması ve yapılan işlemleri sürekli yenilenmesinden ötürü istinat duvarlarının yüksekliği ve genişliği, temel yüksekliği gibi parametreler değişken olarak kullanılmıştır. MathCad ve “Microsoft Excel Visual Basic for Applications (VBA)” yazılımları kullanarak oluşturulan grafikler yardımıyla iki yönetmelik arasında oluşan iç kuvvetler (moment ve kesme kuvveti gibi) ve istinat duvarının stabilite güvenlik katsayılarını (devrilme ve kayma) karşılaştırmıştır.

Kürkçü (2019), yüksek katlı bir betonarme yapının TBDY-2018 göre tasarımı yapmıştır. Tasarımını ETABS programı üzerinde yapmış olup, farklı deprem kayıtları kullanarak analizini yapmıştır.

Asığçel (2019), betonarme binalarda deprem etkisini DBYBH-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerine göre karşılaştırmıştır. Karşılaştırmalarını doğrusal analiz metodu kullanarak eski ve yeni yönetmelik kurallarına göre ayrı ayrı yapmıştır.

Hamsici (2019), çok katlı betonarme binalarda 2018 deprem yönetmeliği ile tanımlanan spektrum eğrilerini araştırmıştır. Çalışmasında Farklı katlardaki binaların İDECAD programı yardımıyla TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 deprem yönetmeliklerine göre analizleri yapılarak taban kesme kuvvetleri ve maksimum görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılmalarını yapmıştır.

Kapıdaş (2019), Betonarme yüksek binaların TBDY-2018 deprem yönetmeliğine göre analizini yapmıştır. Çalışmada, kapsamında yüksek bina sınıfına yapılara etkileyen yükler incelenmiştir ve ETABS programı kullanılarak tasarım ve analiz yapılmıştır.

Adar (2019), DBYBH-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerini karşılaştırmış ve deprem yükü hesabındaki farkları incelemiştir. Çalışmasında İdeCad Programı kullanılarak 13 katlı bir yapı analiz edilip, meydana gelen yer değiştirmeler incelenmiştir.

Kefeli (2019), planda düzensizliği bulunan betonarme yapıların TBDY-2018'e göre performanslarını değerlendirmiştir. Çalışmada, farklı katlı yapılar SAP2000 programında modellenip, deprem performanslarının belirlenmesi için itme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi uygulanmıştır.

Topçu (2019) yüksek katlı bir betonarme binanın TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 tasarımını karşılaştırmıştır. Tez çalışmasında 30 katlı bir betonarme binanın çekirdek perde ve çerçeve sistemi kullanarak tasarımını yapmıştır.

Deliktaş (2020), eski ve yeni deprem (DBYBHY-2007 ve TBDY-2018) yönetmeliklerinin revizyonlarını karşılaştırmıştır. Çalışmasında geometrik özellik ve kullanım amaçları bakımından aynı olan taşıyıcı sistemleri iki deprem yönetmeliğine göre oluşan gerilmeler ve yükleri hesaplayıp karşılaştırmıştır.

Tekdemir (2020), betonarme binaların deprem karşısındaki performanslarını TBDY-2018 göre değerlendirmiştir. Çalışmasında Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme yöntemini kullanarak 4 katlı betonarme bir binanın tasarım ve analiz ve karşılaştırmasını yapmıştır.

Fraidoon (2020), yüksek katlı bir betonarme binanın TBDY-2018'e göre tasarımını ve deprem performanslarının incelemesini yapmıştır. Çalışmasında perde çerçeve ve taşıyıcı sisteme sahip 24 katlı bir betonarme binanın tasarım ve analizini yapmıştır.

Akçora (2020), yüksek katlı bir betonarme binayı TBDY-2018'e göre incelemiştir. SAP2000 ve ETABS programları kullanılarak binanın 3 boyutlu sonlu eleman modelleri hazırlanmış ve mod birleştirme yöntemi ile analizini yapmıştır.

Karaca (2022), bodrumlu betonarme binaları TBDY 2018'e göre irdelemiş ve bodrumun önemini ve hesaplamalarda dikkat edilmesi gereken hususları ortaya koymuştur.

Zeybek (2022) çalışmasında TBDY-2018'e göre yüksek katlı bir yapının analizi için yönetmelikte yapılması gerekenleri, aşamalar halinde anlatmış ve her aşama sonucunda elde ettiği verileri yorumlayarak karşılaşılan zorlukları ve eksiklikleri sonuç ve öneriler kısmında vermiştir.

Uludağ (2022), TBDY-2018'de verilen yükseklik sınırına göre tasarım kurallarını örneklerle karşılaştırarak incelemiştir.

Literatür incelendiğinde, güncel yönetmelikler çerçevesinde hazırlanan tez çalışmalarında eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi kullanıldığı gözlemlenmektedir. Bu tez çalışmasında, ele alınan 6 tane örnekten 5 tanesinin analizi eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılırken 1 tanesi ise mod birleştirme yöntemine göre yapılmıştır.



3. MATERYAL VE METOT

Bu kısımda, 4. Bölümde analizi ve tasarımı yapılan farklı örnekleri için kullanılan TBDY-2018 maddelerinden ayrıntılı şekilde söz edilmiştir.

3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Doğrusal Deprem Genel Hesap Esas ve Adımları

3.1.1. Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısının Bulunması

TBDY-2018'e göre bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayı TBDY-2018'de Çizelge 3.1 incelenerek bina kullanım amacına uygun olacak şekilde seçilir.

Çizelge 3.1. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları (TBDY-2018)

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

3.1.2. Deprem Yer Harekeyi Düzeyinin Belirlenmesi ve Elastik Tasarım Spektrumunun Oluşturulması

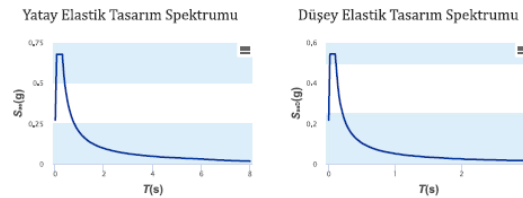
Farklı deprem yer hareketi düzeyleri için tanımlanmış olan deprem tehlike haritalarına <https://tdth.afad.gov.tr> web adresinden erişim sağlanmaktadır. Koordinat bilgilerini, deprem yer hareketi bilgilerini ve zemin sınıfı bilgilerini kullanarak zemin sınıfına bağlı olarak hesaplanan spektral ivme katsayıları ve bu katsayılar ile oluşturulan yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları bulunmaktadır (Şekil 3.1-3.2).



Şekil 3.1. Türkiye deprem tehlike haritaları kullanıcı girdileri

Çıktılar

$S_0 = 0.527$	$S_1 = 0.130$	$S_{D0} = 0.679$	$S_{D1} = 0.195$
$PGA = 0.231$	$PGV = 11.826$		
S_0 : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]			
S_1 : 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]			
S_{D0} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]			
S_{D1} : 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]			
PGA : En büyük yer ivmesi [g]			
PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]			



Şekil 3.2. Türkiye deprem tehlike haritaları çıktıları (AFAD)

3.1.3. Deprem Tasarım Sınıfının Belirlenmesi

Deprem tasarım sınıfı bina kullanım sınıfına ve kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı S_{DS} , Bina Kullanım Sınıfına (BKS) göre TBDY-2018 Çizelge 3.2.'den bulunur.

Çizelge 3.2. Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY-2018)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

3.1.4. Bina Yükseklik Sınıfının Bulunması

TBDY-2018 Çizelge 3.3' ten bina toplam yüksekliği ve DTS' ye göre Bina yükseklik sınıfı (BYS) bulunur.

Bina toplam yüksekliği sayısal model oluşturulduktan sonra TBDY-2018 Madde 3.3.1'e göre yeniden belirlenir.

Çizelge 3.3. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY-2018)

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

3.1.5. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Belirlenmesi

Süneklik düzeylerine göre bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları Çizelge 3.4. üzerinde verilmiştir.

Çizelge 3.4. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları (TBDY-2018)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	$BYS \geq 4$
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2.5	$BYS \geq 4$
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı dolgu (asmolen) veya dolgu tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 6$
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı dolgu (asmolen) veya dolgu tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5	$BYS \geq 6$
A3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.3, 4.3.4.7)			
A31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	$BYS \geq 7$
A32. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$
A33. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$

Çizelge 3.4'den seçilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı, sayısal model oluşturulduktan sonra TBDY-2018 4.3.2.4. ve 4.3.2.5. maddelerine göre tekrardan değerlendirilir.

TBDY-2018, madde 4.3.2.3'e göre rijit bodrum perdeleriyle çevrili bodrumların olduğu binalarda, bodrum katının tasarım ve analizde $R/I=2,5$ $D=1,5$ olarak kabul edilir. Sayısal model oluşturulduktan sonra bodrum perdelerin rijitliği TBDY-2018, madde 3.3.1'e göre yeniden değerlendirilir.

3.1.6. Kat Kütlelerinin Tanımlanması

Dinamik analiz yönteminde yer değiştirmelerin zamana bağlı olması sebebiyle kütle atalet kuvvetleri oluşmaktadır. Bu sebepten dinamik harekete maruz kalan herhangi bir yapı elemanı, hareketi meydana getiren dış yükler ve cisimden kendinden kaynaklanan kütlesi sebebiyle hareketin ivmelenmesine karşı gelen atalet kuvvetlerin etkisi altındadır. Atalet kuvvetlerinin hesaplanabilme içinse binaya etki eden tüm kütlelerin belirlenmesi gerekmektedir. TBDY-2018' de madde 4.5.9'a göre kat kütleleri belirlenirken sabit yüklerin tamamı ve hareketli yüklerin ise binanın kullanım amacına göre Çizelge 3.5' te verilen katılım katsayısına (n) göre belirli bir kısmı dikkate alınmaktadır. Ayrıca çatı katı yüklerinin ise %30'u göz önüne alınır.

Çizelge 3.5. Hareketli yük kütle katılım katsayısı (TBDY-2018)

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

3.1.7. Etkin Kesit Rijitliklerinin Tanımlanması

Betonarme taşıyıcı sistemlerde düşey ve yatay yükler etkisindeki çözümlerde kesit rijitliklerinin, yer değiştirmelerin hesaplanabilmesi ve hiperstatik sistemlerin çözümünde düğüm noktalarındaki kuvvetlerin yapı elamanlarına dağılımının tespiti için bilinmesi gerekmektedir. Küçük eğilme momenti değerleri için kesitin eğilme rijitliğine beton kesitin elastisite modülü ve atalet momentinin etkisi olmaktadır. Eğilme momentlerin artması betonun çekme bölgesinde çatlamlara ve tarafsız eksen basınç bölgesine kaymasına sebep olur. Bu noktada momentin eğrilığe oranı olarak tanımlanan kesit rijitliği bir miktar azalır. Eğilme momentleri, donatı akma gerilmesi seviyesine ulaşana kadar arttırıldığında beton basınç gerilmelerinde doğrusal olmayan bir değişme meydana gelir. Donatının akma gerilmesine ulaştığı andaki moment/eğrilik oranı etkin kesit rijitliği olarak adlandırılmaktadır. TBDY-2018 madde 4.5.8'e göre, dayanıma göre tasarım kapsamında betonarme taşıyıcı sistem elamanlarının kesit özelliklerinin tanımlanmasında TBDY-2018 Çizelge 3.6'da verilen etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılır (TBDY-2018).

Çizelge 3.6. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları (TBDY-2018)

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

3.1.8. Modal Analiz ve Yeterli Titreşim Modu Sayısının Belirlenmesi

TBDY-2018 Madde 4.8.1.2 'ye göre modal hesap yöntemlerinde hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, “modal etkin kütleleri” toplamının binanın toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmaması kuralına göre belirlenir. Ayrıca katkısı %3 'ten büyük olan bütün modlar dikkate alınmaktadır (TBDY-2018).

3.1.9. Bina Tabanı ve Bina Yüksekliğinin Belirlenmesi

TBDY-2018 Madde 3.3.1.1 de verilen koşulların her ikisini de sağlayan bodrumlu binalarda bina tabanı, bodrum perdelerinin üst konundaki kat döşeme seviyesinde tanımlanır (TBDY-2018).

1) Bodrumun her taraftan veya en az üç taraftan rijit perdeler ile çevrilmesi

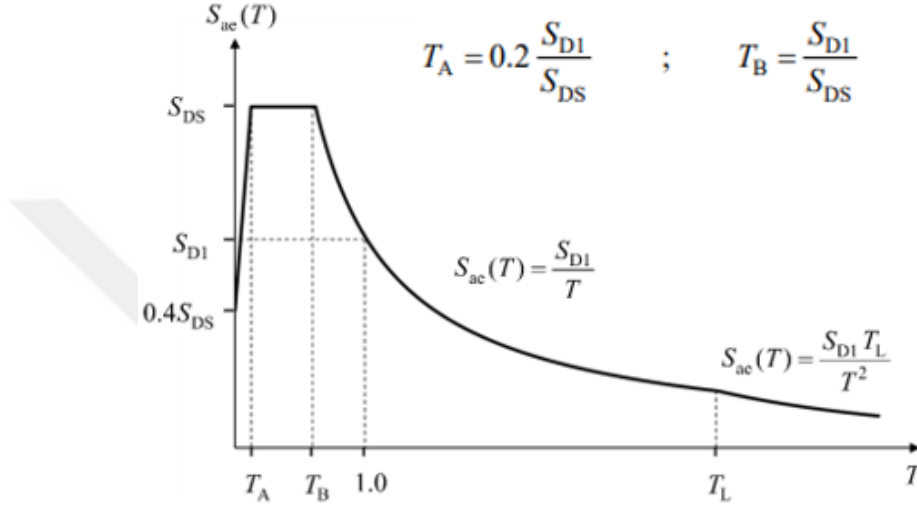
2) Bina eksenlerinin birbirine dik doğrultularındaki hâkim titreşim modunda, bodrum katlar dâhil binanın tümü için hesaplanan hâkim doğal titreşim periyodunun, aynı taşıyıcı sistemin zemin katının döşeme yükleri ve bodrum yükleri hesaba katılmadan aynı doğrultuda hesaplanan doğal titreşim periyoduna oranının 1,1'den küçük olması durumudur.

3.1.10. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlenmesi**Yatay Elastik Tasarım Spektrumu**

TBDY-2018 e göre herhangi bir deprem hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumu ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna göre yer çekim ivmesi cinsinden

$$\begin{aligned}
 S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\
 S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L \leq T)
 \end{aligned}$$

denklemleri yardımıyla bulunur. Denklemlerde görüldüğü üzere tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} yatay tasarım spektrumu köşe periyotlarına T_A ve T_B 'ye bağlı olarak tanımlanır. (TBDY-2018).



Şekil 3.3. Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY-2018)

3.1.11. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

TBDY-2018'e göre dayanıma göre tasarım yaparken elastik deprem yüklerini azaltırken

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad \text{için} \quad T > T_b$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_b} \quad \text{için} \quad T \leq T_b$$

denklemleri kullanılır (TBDY-2018).

3.1.12. Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

TBDY-2018'e göre $S_{aR}(T)$ yatay deprem etkisi altında azaltılmış ivme spektrumu, bulunan T doğal titreşim periyoduna göre aşağıdaki denklem ile bulunur (TBDY-2018).

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)}$$

3.1.13. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

TBDY-2018'e göre (x) deprem yönünde, binanın tamamına etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) $V_{tE}^{(x)}$ aşağıdaki denklem ile belirlenir. (TBDY-2018).

$$V_{tE}^{(x)} = m_t S_{aR}(T_p^{(x)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g$$

3.1.14. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Toplam eşdeğere deprem yüküne göre bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yükleri toplamı aşağıdaki denklem ile ifade edilir (TBDY-2018).

$$V_{tE}^{(x)} = \Delta F_{NE}^{(x)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(x)}$$

Binanın en son katına (N) etkiyen eşdeğer deprem yükü $\Delta F_{NE}^{(x)}$, in değeri aşağıdaki denklem yardımıyla bulunur.

$$\Delta F_{NE}^{(x)} = 0,0075 N V_{tE}^{(x)}$$

Binanın diğer katlarına etkiyen eşdeğer deprem yükü ise

$$\Delta F_{iE}^{(x)} = (V_{tE}^{(x)} - \Delta F_{NE}^{(x)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j}$$

denklemleri yardımıyla bulunur (TBDY-2018).

3.1.15. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi

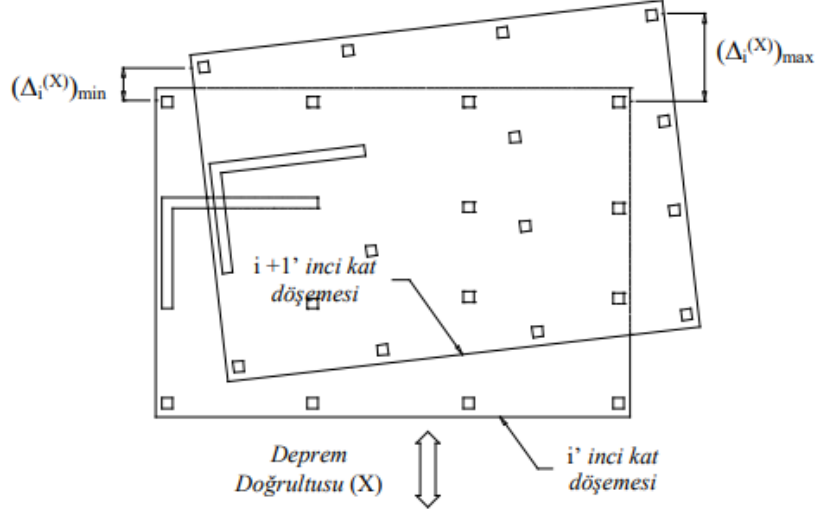
TBDY-2018, madde 4.5.10'a göre kat döşemelerinin rijit diyafram olarak modellenmesi durumunda, kat kütle merkezlerine etkiyen yatay deprem yükleri, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun +%5 ve - %5' i kadar kaydırılarak bu durumlar için ayrıca deprem hesabı yapılacaktır (TBDY-2018).

3.2. Deprem Düzensizlikleri

Deprem düzensizlikleri kontrol edilirken depreme karşı davranıştaki olumsuzluklar sebebiyle tasarım yapılırken dikkat edilmesi gereken düzensiz binaların tanımlanmasında, planda ve düşey doğrultuda meydana gelen düzensizliklerle ilgili durumlar aşağıdaki Çizelge 3.7. ve Şekil 3.4-3.7'de verilmiştir (TBDY-2018).

Çizelge 3.7. Düzensiz binalar (TBDY-2018)

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
A1 – Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden <i>Burulma Düzensizliği Katsayısı</i> η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 3.1). $[\eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{\max} / (\Delta_i^{(X)})_{\text{ort}} > 1.2]$. Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 4.7'ye göre yapılacaktır.	3.6.2.1
A2 – Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 3.2); I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	3.6.2.2
A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (Şekil 3.3).	3.6.2.2
B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i> 'nın, bir üst kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i> 'na oranı olarak tanımlanan <i>Dayanım Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$ <i>Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:</i> $(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i$ Not: 4.9.1.3(b)'de tanımlanan duvarlar için $A_k = 0$ alınacaktır.	3.6.2.3
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan <i>Rijitlik Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i+1}^{(X)} / h_{i+1})_{\text{ort}} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i-1}^{(X)} / h_{i-1})_{\text{ort}} > 2.0]$ <i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 4.7'ye göre yapılacaktır.</i>	3.6.2.1
B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak girişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (Şekil 3.4).	3.6.2.4



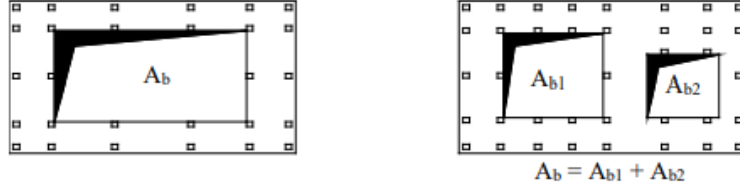
Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i^{(X)})_{ort} = 1/2 [(\Delta_i^{(X)})_{max} + (\Delta_i^{(X)})_{min}]$$

Burulma düzensizliği katsayısı: $\eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{max} / (\Delta_i^{(X)})_{ort}$

Burulma düzensizliği durumu: $\eta_{bi} > 1.2$

Şekil 3.4. A1 – Burulma düzensizliği (TBODY-2018)

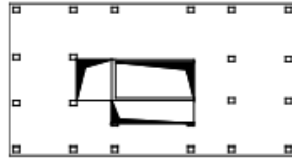


A2 türü düzensizlik durumu – I

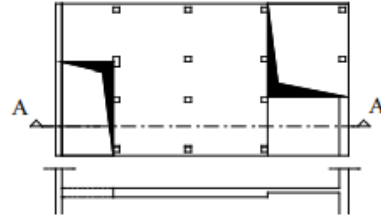
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı

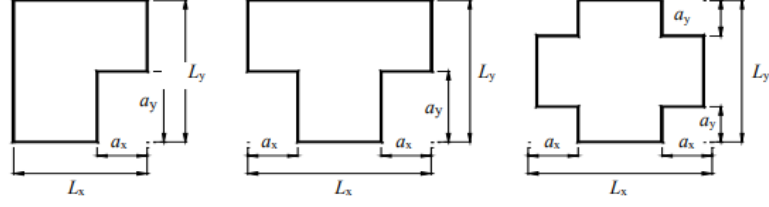


A2 türü düzensizlik durumu – II



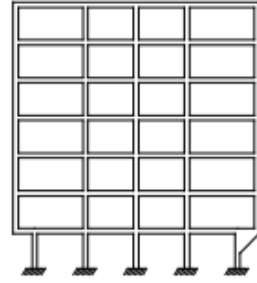
A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

Şekil 3.5. A2 – Döşeme süreksizlikleri (TBODY-2018)

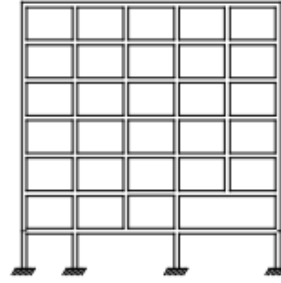


A3 türü düzensizlik durumu:
 $a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2 L_y$

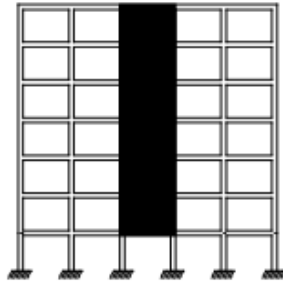
Şekil 3.6. A3 – Planda çıkıntılar bulunması (TBDY-2018)



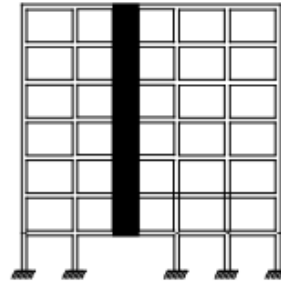
Bkz. 3.6.2.4 (a)



Bkz. 3.6.2.4 (b)



Bkz. 3.6.2.4 (c)



Bkz. 3.6.2.4 (d)

Şekil 3.7. B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

3.2.1. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

X deprem doğrultusundaki bir kolon veya perde elemanın ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkının ifade edilmesine göreli kat ötelemesi denir ve $\Delta_i^{(x)} = u_i^{(x)} - u_{i-1}^{(x)}$ denklemi yardımıyla elde edilir. Tipik x deprem doğrultusundaki

bir binanın i ' inci katındaki perde veya kolon yapı elemanlarının göre kat ötelemesi ise $\delta_i^{(x)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(x)}$ denklemi ile elde edilir. TBDY-2018 e göre her hangi bir deprem doğrultusu için hesaplanan binanın Gevrek malzemeden yapılmış olup boşluklu boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elamanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz ve veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumunda $\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(x)}}{h_i} \leq 0.008\kappa$ koşulunu sağlaması gerekmektedir.

λ katsayısı, binanın herhangi bir deprem doğrultusundaki hesaplanan DD-3 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesinin, DD-2 deprem yer hareketine oranıdır. Betonarme binalar için κ katsayısı $\kappa = 1$ alınacaktır. (TBDY-2018)

3.2.2. İkinci Mertebe Etkileri

Herhangi bir x deprem yönündeki bir i ' inci kattaki ikinci mertebe değeri $\theta_{II,i}^{(X)}$ ile ifade edilmektedir. $\theta_{II,i}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{k=i}^N W_k}{V_i^{(X)} h_i}$ denklemi ile elde edilir. Bu bağlantıdaki $(\Delta_i^{(X)})_{ort}$ hesaplanan azaltılmış göreli kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeri olarak bulunacaktır.

Tüm i ' inci katlar için hesaplanan $\theta_{II,i}^{(X)}$ 'lerin maksimum değeri $\theta_{II,max}^{(X)} \leq 0.12 \frac{D}{C_h R}$ koşulunu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkilerinin tasarıma esas iç kuvvetlerin hesabında göz önüne alınması gerekli değildir. Betonarme binalarda $C_h=0.5$ alınmıştır(TBDY-2018).

3.2.3. Taşıyıcı Sistem Davranış Fazlalığı katsayısının Kontrolü

TBDY-2018'e göre hesap yaparken bodrum katının dıştan rijit perdelerle çevrili olması durumunda, bodrum katının bulunduğu alt bölmede $(R/I)=2.5$ ve $D=1.5$ alınmıştır.

DTS=1, 1a, 2, 2a olan betonarme perdeli yapılarda herhangi bir doğrultuda a ve b’de tanımlanan koşullardan herhangi birinin sağlanmaması durumunda R yerine $4/5 R$ göz önüne alınarak hesap adımları tekrarlanması gerekmektedir. Fakat Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)’ de herhangi bir değişiklik yapılmamaktadır.

a) Taşıyıcı sistemdeki herhangi bir perdenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} , binanın o doğrultudaki tüm deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_o ’ ın $1/3$ ’ ünden fazla olmayacaktır.

b) Binanın her bir kenar aksında yer alan perdelerin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} veya M_{DEV} ’lerin toplamı, o doğrultuda binanın tamamına etkiyen deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_o ’ ın $1/6$ ’sından az olmayacaktır(TBDY-2018).

3.2.4. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar

Süneklik düzeyi yüksek boşluklu veya boşluksuz ön üretimle veya yerinde dökme perdelerin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çerçeve elemanlar ile birlikte kullanıldığı yapılarda, perdelerin tabanında meydana gelen deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden dolayı tabanda oluşan toplam devrilme momentinin %40’ından az %75’ inden fazla olmayacaktır.

Toplam devrilme momentinin %40’ından az olmama koşulunun sağlanmaması durumunda R ve D katsayılarında değişiklik yapılmaz fakat izin verilen en üst BYS’nin bir fazlası dikkate alınır.

Toplam devrilme momentinin %75’inden büyük olmama koşulunun sağlanmaması durumunda deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle karşılandığı durumlar için tanımlanan R ve D katsayıları ile izin verilen en üst BYS dikkate alınacaktır. (TBDY-2018)

3.3. Mod Birleştirme Yöntemi

TBDY-2018 madde 4.8.1.2'e göre modal hesap yöntemi kullanılırken hesaba katılması gerek yeterli titreşim modu “modal etkin kütleleri” toplamının yapının toplam kütlelerinin %95 inden az olmaması kuralına göre belirlenir. Ayrıca yapıya katkısı %3 ten büyük olan tüm modların hesaba katılması gereklidir.

3.3.1. Azaltılmış İç Kuvvet ve Yer Değiştirmelerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi

TBDY-2018 Madde 4.8.4'e göre herhangi bir x doğrultusundaki modal hesap ile yöntemi ile bulunan bütün azaltılmış iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{ie} ile çarpılarak büyütülecektir.

$$\beta_{ie}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{ie}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} \geq 1$$

γ_e çarpanı mod birleştirme yöntemi kullanılırken A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerin yapıda bulunması durumunda “0,90” bulunmaması durumunda ise “0,80” olarak alınmaktadır(TBDY-2018).

3.3.2. Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumunun Oluşturulması

Azaltılmış tasarım ivme spektrum değerleri bulunurken tdth.afad.gov.tr adresli internet sitesinden indirilen elastik tasarım spektrumu ordinat değerlerini TBDY-2018' e göre

$$T > T_B \text{ için } R_a(T) = \frac{R}{I} \quad , \quad T \leq T_B \text{ için } R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B}$$

denklemleriyle hesaplanan deprem yükü azaltma katsayılarına bölerek azaltılmış tasarım ivme spektrumu ordinat değerleri hesaplanır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde TBDY 2018'e göre 6 adet farklı modelin bina düzensizlikleri SAP2000 programından alınan sonuçlar yardımıyla incelenmiştir. Modellemeler oluşturulurken bodrum perdelerinin ve kat perdelerinin bina davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca modellerde simetrik ve asimetrik perdelerin deprem düzensizlikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

4.1. Uygulama 1**4.1.1. Bina Konumu ve Zemin Bilgileri**

Binanın Adana/Sarıçam' da Çukurova üniversitesi arazisinde inşa edilmesi planlanmaktadır.

Yerel zemin sınıfı ZC olarak belirlenmiştir

Etrafı Rijit Perdelerle Çevrili Bodrum + Perdeli Sistem**Bina Bilgileri:**

Kat adedi	: 1 Bodrum + 10 Kat
Kat Yüksekliği	: 3m
Kolon	: 80x80 cm
Kiriş	: 40x60 cm
Döşeme Kalınlığı	: 20 cm
Perde	: 40 cm

Bodrum kat bodrum perdeleri ile çevrilmiştir.

Malzeme:

Beton	: C40/50
Donatı Çeliği	: S420

Yükler:

Normal katlar için;

Sabit (Zati) Yük	: 3,5 kN/m ²
------------------	-------------------------

Hareketli Yük	: 5 kN/m ²
Çatı katı için;	
Sabit (Zati) Yük	: 4 kN/m ²
Hareketli Yük	: 1,5 kN/m ²
Kar yükü	: 1,15 kN/m ²

4.1.2. Genel Hesap Adımları

4.1.2.1. Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısının Bulunması

Binamız konut amacı ile kullanılacaktır. TBDY-2018 Çizelge 3.1' e göre bina kullanım sınıfı BKS=3 bina önem katsayısı I=1 olarak belirlenmiştir.

4.1.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyinin Belirlenmesi ve Elastik Tasarım Spektrumunun Oluşturulması

Deprem hareketi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2) standart tasarım deprem yer hareketi olarak dikkate alınarak yatay elastik tasarım spektrumu oluşturulur.

DD-2 deprem düzeyi ve ZC zemin sınıfı için Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre aldığımız çıktılar sonucunda;

$S_S=0,527$ $S_I=0,130$ $S_{DS}=0,679$ $S_{D1}=0,195$ $PGA=0,231$ $PGV=11,826$
olarak bulunmuştur.

4.1.2.3. Deprem Tasarım Sınıfının Belirlenmesi

Kısa Periyod Spektral İvme Katsayısı (S_{DS}) ve Bina Kullanım Sınıfı (BKS) kullanılarak TBDY-2018 Çizelge 3.2'den Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)=1 belirlenir.

4.1.2.4. Bina Yükseklik Sınıfının Belirlenmesi

TBDY-2018 Çizelge 3.3' ten yararlanılarak DTS ve Kat yüksekliği bilgilerini kullanarak Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)=4 sonucu elde edilir.

4.1.2.5. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Belirlenmesi

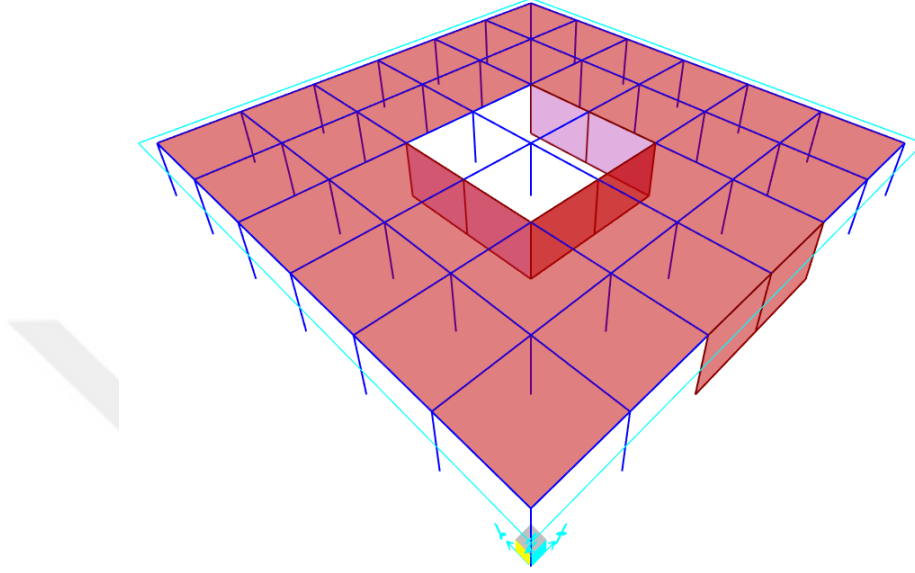
TBDY-2018 Çizelge 3.4' e göre izin verilen bina yükseklik sınıfları içerisinde $BYS \geq 2$ ve A15. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarmeler tarafından birlikte karşılandığı binalar için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=7$ $D=2,5$ olarak bulunur.

4.1.3. Tasarım ve Analiz

Tasarım ve analiz kısmında bina modelimizi SAP2000 programı kullanarak tasarlayıp eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanarak analizimizi yapacağız.

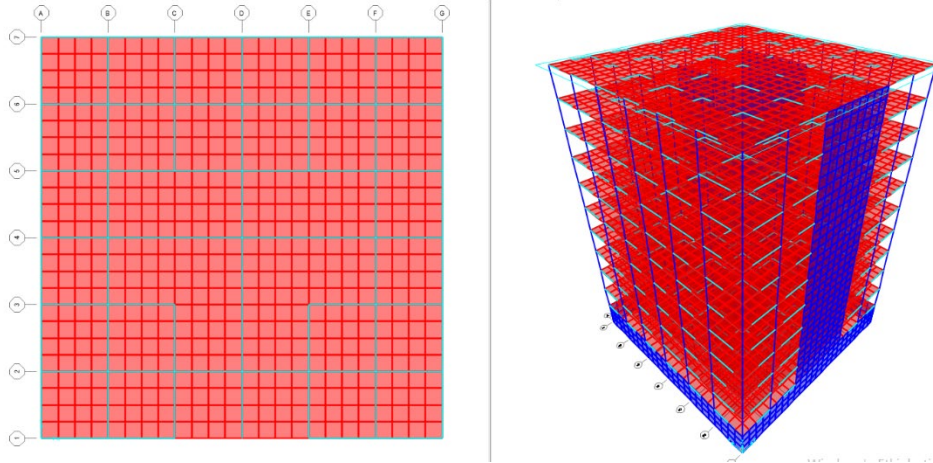
The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box in SAP2000. The 'General Data' section is active, showing 'Material Name and Display Color' as 'C40' with a green color swatch. 'Material Type' is set to 'Concrete'. The 'Weight and Mass' section shows 'Weight per Unit Volume' as 25 and 'Mass per Unit Volume' as 2,5493. The 'Isotropic Property Data' section shows 'Modulus Of Elasticity, E' as 34000000, 'Poisson, U' as 0,2, 'Coefficient Of Thermal Expansion, A' as 1,000E-05, and 'Shear Modulus, G' as 14166667. The 'Other Properties For Concrete Materials' section shows 'Specified Concrete Compressive Strength, f_c' and 'Expected Concrete Compressive Strength' both as 40000. There is a checkbox for 'Lightweight Concrete' which is unchecked. At the bottom, there is a checkbox for 'Switch To Advanced Property Display' which is also unchecked. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom right.

Şekil 4.1. SAP2000 Malzeme özellikleri ekran alıntısı



Şekil 4.2. SAP2000 3 boyutlu kat perspektif görünüşü

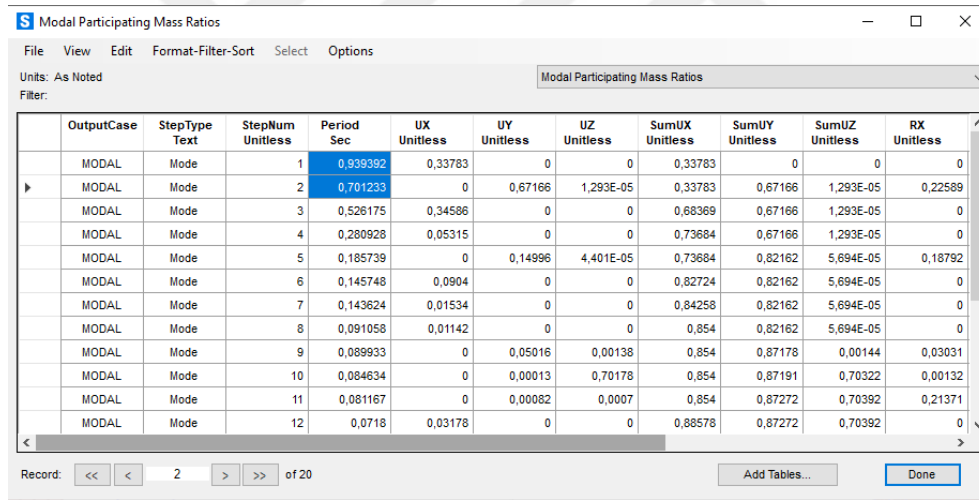
Bina modelinde 1 adet merkezde olmak üzere C perdemiz ve 1 adette binanın dış kenarında perdemiz bulunmaktadır ve bodrum katının etrafı dıştan rijit perdelerle çevrilmiştir.



Şekil 4.3. SAP2000 Döşeme sonlu elemanlar modeli ve bina perspektif görünüşü

4.1.3.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması

Hâkim titreşim periyodu değerlerini bulduğumuzda bu değerler ile bina modelimizin doğruluğu hakkında bazı yorumlar yapabiliriz. Taşıyıcı sistem olarak kolon-kiriş çerçeve sistem olan bir betonarme binada hâkim titreşim periyodunun kat başına 0,1 değerini geçmemesi beklenir. Eğer hesaplanan değerde 10-20 kat gibi bir farklılık görülürse tanımlanan yük değerleri ve kesit özellikleri kontrol edilmelidir. Birimlere dikkat edilmemesi ya da programın ondalık kesirleri algılaması sonucu mertebe hataları yapılmış olabilir. Fakat hesaplanan hâkim titreşim periyodunda 1000-10000 kat gibi yüksek mertebeden hatalar görülürse mesnet tanımlaması unutulmuş veya düğüm noktalarında birbirine bağlanmamış yapı elemanları mevcut olabilir. Sayısal model kontrol edilmelidir.



OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,939392	0,33783	0	0	0,33783	0	0	0
MODAL	Mode	2	0,701233	0	0,67166	1,293E-05	0,33783	0,67166	1,293E-05	0,22589
MODAL	Mode	3	0,526175	0,34586	0	0	0,68369	0,67166	1,293E-05	0
MODAL	Mode	4	0,280928	0,05315	0	0	0,73684	0,67166	1,293E-05	0
MODAL	Mode	5	0,185739	0	0,14996	4,401E-05	0,73684	0,82162	5,694E-05	0,18792
MODAL	Mode	6	0,145748	0,0904	0	0	0,82724	0,82162	5,694E-05	0
MODAL	Mode	7	0,143624	0,01534	0	0	0,84258	0,82162	5,694E-05	0
MODAL	Mode	8	0,091058	0,01142	0	0	0,854	0,82162	5,694E-05	0
MODAL	Mode	9	0,089933	0	0,05016	0,00138	0,854	0,87178	0,00144	0,03031
MODAL	Mode	10	0,084634	0	0,00013	0,70178	0,854	0,87191	0,70322	0,00132
MODAL	Mode	11	0,081167	0	0,00082	0,0007	0,854	0,87272	0,70392	0,21371
MODAL	Mode	12	0,0718	0,03178	0	0	0,88578	0,87272	0,70392	0

Şekil 4.4. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri

Bu modelde perde elamanlarının asimetric konumlarından dolayı bina modelinin simetrikliğı bozulduğundan x ve y yönlerinde farklı hâkim titreşim periyodu elde edilmiştir.

TBDY-2018 Madde 4.7.3.2' ye göre binada hesaplanan hâkim doğal titreşim periyodu $T_{pA}=C_t H_N^{3/4}$ değerinin 1.4 katını geçmemelidir.

$C_t=0,07$ Binanın bodrum katındaki üstündeki toplam yükseklik (H_N)=30 m için $1,4 \times T_{pA}=1,256$ sn

$(T^{(x)}=0,94$ sn, $T^{(y)}=0,70$ sn) $< 1,4 \times T_{pA} = 1,79$ sn şartını sağlamaktadır.

4.1.3.2. Bina Tabanı ve Bina Yüksekliğinin Belirlenmesi

Bina kat yüksekliğinin belirlenmesi için bodrum kat yükleri ihmal edilerek hâkim doğal titreşim periyodu değerleri bulunmalıdır (Şekil 4.5.).

S Modal Participating Mass Ratios

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Participating Mass Ratios

Filter:

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
	MODAL	Mode	1	0,939386	0,36724	0	0	0,36724	0	0	0
▶	MODAL	Mode	2	0,701215	0	0,72936	1,32E-05	0,36724	0,72936	1,32E-05	0,17338
	MODAL	Mode	3	0,52616	0,37501	0	0	0,74225	0,72936	1,32E-05	0
	MODAL	Mode	4	0,280908	0,0566	0	0	0,79885	0,72936	1,32E-05	0
	MODAL	Mode	5	0,185659	0	0,15731	5,296E-05	0,79885	0,88667	6,616E-05	0,26204
	MODAL	Mode	6	0,145655	0,09143	0	0	0,89028	0,88667	6,616E-05	0
	MODAL	Mode	7	0,143596	0,01692	0	0	0,90721	0,88667	6,616E-05	0
	MODAL	Mode	8	0,090987	0,01025	0	0	0,91746	0,88667	6,616E-05	0
	MODAL	Mode	9	0,089761	0	0,04706	0,00146	0,91746	0,93373	0,00153	0,03836
	MODAL	Mode	10	0,084848	0	9,691E-05	0,75076	0,91746	0,93383	0,75229	9,991E-05
	MODAL	Mode	11	0,081166	0	0,00078	5,905E-05	0,91746	0,93461	0,75235	0,25466
	MODAL	Mode	12	0,071656	0,027	0	0	0,94446	0,93461	0,75235	0

Record: << < 2 > >> of 20

Add Tables... Done

Şekil 4.5.SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri (Bodrum kat kütle ve yükleri ihmal edilen)

Zemin kat döşemeleri dâhil olmak üzere tüm bodrum kat kütleleri hesaba katılmadan çözümlenen modelinde x ve y doğrultularındaki serbest titreşim periyodunu, binanın tümü için hesaplanan x ve y doğrultusundaki periyodlarla karşılaştığımızda yaşanan değişimin çok az olduğu görülmüştür. Bu sebepten bina tabanı, bodrum katla zemin kat arasındaki kat döşemesinden tanımlanacaktır. $H_N=30$ m olarak alınır.

4.1.4. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Eşdeğer deprem yüğü yönteminin adımları ve sonuçları ayrıntılı ve detaylı bir şekilde sırasıyla verilmiştir.

4.1.4.1. Kat Kütlelerinin Belirlenmesi

Eşdeğer deprem yüğü yönteminde tüm kat kütleleri kat hizasında yığılı olarak hesaplanır. Kat hizasında bulunan döşeme kiriş gibi tüm taşıyıcı yapı elemanları kat kütlelerinde dâhil edilir. Fakat kolon perde gibi düşey taşıyıcı elemanların ise uzunluklarının yarısı bulundukları katın kütlelerine katılır.

Çizelge 4.1. Kat kütleleri

Kat No	Kütle (Ton)
10	906
9	997
8	997
7	997
6	997
5	997
4	997
3	997
2	997
1	997
Bodrum	1131

Buna göre üst bölüm toplam kat kütleleri 9876 ton, bodrum kat toplam kütleleri 1131 ton olarak hesaplanmıştır.

4.1.4.2. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlenmesi

TBDY-2018'e göre yatay tasarım spektrumu köşe periyodları hesaplanmıştır.

$$T_A = 0,2 \frac{0,195}{0,679} \Rightarrow T_A = 0,057 \text{ sn}$$

$$T_B = \frac{0,195}{0,679} \Rightarrow T_B = 0,287 \text{ sn}$$

Üst Katlar:

TBDY-2018'e göre yatay elastik tasarım spektral ivmeleri sırasıyla x ve y doğrultularında aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

$$S_{ae}(T^{(x)}) = \frac{0,195}{0,94} \Rightarrow S_{ae}(T^{(x)}) = 0,207 \text{ g}$$

$$S_{ae}(T^{(y)}) = \frac{0,195}{0,7} \Rightarrow S_{ae}(T^{(y)}) = 0,278 \text{ g}$$

TBDY-2018'e göre deprem yükü azaltma katsayısı sırasıyla x ve y doğrultularında aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$R_a(T^{(x)}) = \frac{7}{1} \Rightarrow R_a(T^{(x)}) = 7, \quad R_a(T^{(y)}) = \frac{7}{1} \Rightarrow R_a(T^{(y)}) = 7$$

TBDY-2018'e göre azaltılmış tasarım spektral ivmesi sırasıyla aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$S_{aR}(T^{(x)}) = \frac{0,207}{7} \Rightarrow S_{aR}(T^{(x)}) = 0,030 \text{ g}$$

$$S_{aR}(T^{(y)}) = \frac{0,278}{7} \Rightarrow S_{aR}(T^{(y)}) = 0,039 \text{ g}$$

Bodrum katı:

TBDY-2018’de T=0 için elde edilen azaltılmış spektral ivme;

$$S_{aR}(0) = \frac{0,4 \times 1,198}{1,5} \Rightarrow S_{aR}(0) = 0,181 \text{ g}$$

olarak hesaplanır.

4.1.4.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi**Üst Katlar:**

TBDY-2018’e göre x ve y doğrultularındaki toplam eşdeğer deprem yükü aşağıdaki şekilde bulunur.

$$V_{tE} = m_t S_{aR}(T)g \geq 0,04 m_t I S_{DS}g$$

$$V_{tE}^{(x)} = 9876 * 0,030 * 9,81 \geq 0,04 * 9875,64 * 1 * 0,679 * 9,81$$

$$V_{tE}^{(x)} = 2906 \text{ kN} \geq 2631 \text{ kN}$$

$$V_{tE}^{(y)} = 9876 * 0,039 * 9,81 \geq 0,04 * 9876 * 1 * 0,679 * 9,81$$

$$V_{tE}^{(y)} = 3778 \text{ kN} \geq 2631 \text{ kN}$$

Bodrum Kat:

$$V_{tE} = m_t S_{aR}(T)g$$

$$V_{tE}^{(x)} = 1331 * 0,181 * 9,81 = 2008 \text{ kN}$$

TBDY-2018’e göre katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri,

$$F_{iE} = (V_{tE} - \Delta F_{NE}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j}$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada binanın tepesine etkiyen x ve y doğrultusundaki ek eşdeğer deprem yükleri;

$$\Delta F_{NE}^{(x)} = 0,0075 N V_{tE} = 217,98 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(y)} = 0,0075 N V_{tE} = 283,374 \text{ kN}$$

olarak hesaplanmıştır. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Katlara etkiye eşdeğer deprem yükleri

Kat No	h_i m	H_i m	m_i ton	$m_i H_i$ Tonm	$F_{iE}^{(x)}$ (kN)	$F_{iE}^{(y)}$ (kN)
10	3	30	906	27176	670	871
9	3	27	997	26909	447	582
8	3	24	997	23919	398	517
7	3	21	997	20929	348	452
6	3	18	997	17940	298	388
5	3	15	997	14950	249	323
4	3	12	997	11960	199	258
3	3	9	997	8970	149	194
2	3	6	997	5980	99	129
1	3	3	997	2990	50	65

4.1.5. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi

TBDY-2018, madde 4.5.10’a göre kat döşemlerinin rijit diyafram olarak modellenmesi durumunda, kat kütle merkezlerine etkiyen yatay deprem yükleri, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun +%5 ve - %5’ i kadar kaydırılarak bu durumlar için ayrıca deprem hesabı yapılacaktır.

4.1.6. Düzensizlik Kontrolleri

4.1.6.1. A-1 Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.7’de A-1 Burulma Düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî kat ötelemesine oranını ifade eden Burulma düzensizliği kat sayısı η_{bi} ‘nin 1.2’den büyük olması durumu olarak tanımlanmıştır.

Örnek binada sırasıyla “EXÜ”, “EXÜ+%5”, “EXÜ-%5”, “EYÜ”, “EYÜ+%5” ve “EYÜ-%5” yüklemeleri altında burulma düzensizliği kontrolleri Çizelge 4.3-4.8’de verilmiştir.

TBDY-2018, madde 4.5.10'a göre kat kütle merkezlerine etkiyen yatay deprem yükleri, x ve y deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun +%5 ve - %5' i kadar kaydırılarak analiz edilip burulma düzensizliği kontrolleri yapılmıştır.

“EXÜ” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ+%5” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda +%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ-%5” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda -%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ+%5” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda +%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ-%5” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda -%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

Çizelge 4.3. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,2422	0,3181	0,0748	0,0342	0,0545	1,372
9	1,1674	0,2839	0,0938	0,0357	0,06475	1,448
8	1,0736	0,2482	0,1117	0,036	0,07385	1,512
7	0,9619	0,2122	0,1282	0,0361	0,08215	1,560
6	0,8337	0,1761	0,1419	0,0353	0,0886	1,601
5	0,6918	0,1408	0,1515	0,0336	0,09255	1,636
4	0,5403	0,1072	0,1555	0,0312	0,09335	1,665
3	0,3848	0,076	0,152	0,0276	0,0898	1,692
2	0,2328	0,0484	0,1356	0,0231	0,07935	1,708
1	0,0972	0,0253	0,0972	0,0253	0,06125	1,586

Çizelge 4.4. “EXÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,3902	0,26	0,0833	0,0297	0,0565	1,474
9	1,3069	0,2303	0,1045	0,0304	0,06745	1,5492
8	1,2024	0,1999	0,1249	0,0303	0,0776	1,609
7	1,0775	0,1696	0,1435	0,0297	0,0866	1,657
6	0,934	0,1399	0,159	0,0286	0,0938	1,695
5	0,775	0,1113	0,1699	0,0268	0,09835	1,727
4	0,6051	0,0845	0,1745	0,0243	0,0994	1,755
3	0,4306	0,0602	0,1704	0,0211	0,09575	1,779
2	0,2602	0,0391	0,1521	0,0177	0,0849	1,791
1	0,1081	0,0214	0,1081	0,0214	0,06475	1,669

Çizelge 4.5. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,0953	0,3765	0,0665	0,0388	0,05265	1,263
9	1,0288	0,3377	0,0831	0,0408	0,06195	1,341
8	0,9457	0,2969	0,0987	0,0419	0,0703	1,403
7	0,847	0,255	0,113	0,0424	0,0777	1,454
6	0,734	0,2126	0,1249	0,0421	0,0835	1,495
5	0,6091	0,1705	0,1332	0,0406	0,0869	1,532
4	0,4759	0,1299	0,1367	0,038	0,08735	1,564
3	0,3392	0,0919	0,1335	0,0341	0,0838	1,593
2	0,2057	0,0578	0,1194	0,0287	0,07405	1,612
1	0,0863	0,0291	0,0863	0,0291	0,0577	1,495

Çizelge 4.6. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	0,9041	0,9041	0,0815	0,0815	0,0815	1
9	0,8226	0,8226	0,0897	0,0897	0,0897	1
8	0,7329	0,7329	0,0954	0,0954	0,0954	1
7	0,6375	0,6375	0,0999	0,0999	0,0999	1
6	0,5376	0,5376	0,1024	0,1024	0,1024	1
5	0,4352	0,4352	0,1022	0,1022	0,1022	1
4	0,333	0,333	0,0985	0,0985	0,0985	1
3	0,2345	0,2345	0,0908	0,0908	0,0908	1
2	0,1437	0,1437	0,0782	0,0782	0,0782	1
1	0,0655	0,0655	0,0655	0,0655	0,0655	1

Çizelge 4.7. “EYÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,038	0,7702	0,0899	0,0731	0,0815	1,103
9	0,9481	0,6971	0,1001	0,0793	0,0897	1,115
8	0,848	0,6178	0,1077	0,0831	0,0954	1,128
7	0,7403	0,5347	0,1139	0,0858	0,09985	1,140
6	0,6264	0,4489	0,1179	0,087	0,10245	1,150
5	0,5085	0,3619	0,1186	0,0857	0,10215	1,161
4	0,3899	0,2762	0,1153	0,0817	0,0985	1,170
3	0,2746	0,1945	0,107	0,0746	0,0908	1,178
2	0,1676	0,1199	0,0925	0,064	0,07825	1,182
1	0,0751	0,0559	0,0751	0,0559	0,0655	1,146

Çizelge 4.8. “EYÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,038	0,7702	0,0899	0,0731	0,0815	1,103
9	0,9481	0,6971	0,1001	0,0793	0,0897	1,115
8	0,848	0,6178	0,1077	0,0831	0,0954	1,128
7	0,7403	0,5347	0,1139	0,0858	0,09985	1,140
6	0,6264	0,4489	0,1179	0,087	0,10245	1,150
5	0,5085	0,3619	0,1186	0,0857	0,10215	1,161
4	0,3899	0,2762	0,1153	0,0817	0,0985	1,170
3	0,2746	0,1945	0,107	0,0746	0,0908	1,178
2	0,1676	0,1199	0,0925	0,064	0,07825	1,182
1	0,0751	0,0559	0,0751	0,0559	0,0655	1,146

Örnek binada X doğrultusunda A1-Burulma Düzensizliğinin en elverişsiz değerleri EXÜ+%5 yükleme durumu için elde edilmiştir. Binada x doğrultusuna dik doğrultuda asimetrik perde elemanları bulunduğuundan η_{bi} kat sayısı $1.2 < \eta_{bi} < 2.0$ koşulu oluşmaktadır. Bu durumda TBDY-2018, madde 4.7.4'e göre x doğrultusunda uygulanan $\pm\%5$ ek dış merkezlik, her katta hesaplanan D_{bi} katsayısıyla çarpılarak büyütülmeli ve analiz tekrarlanarak tasarıma esas iç kuvvetler ve yer değiştirmeler hesaplanmalıdır.

Binada EYÜ $\pm\%5$ yükleme durumu için ise y doğrultusuna dik yöndeki perdeler simetrik olarak yerleştirildiğinden burulma düzensizliği katsayı $\eta_{bi} < 1.2$ koşulunu sağlamaktadır. Aynı zamanda EYÜ yükleme durumu için binanın rijitlik merkezi ve kütle merkezi aynı noktada olduğundan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} = 1$ olarak incelenmiştir.

4.1.6.2. A2-Döşeme Süreksizliği

Örnek binada brüt kat alanı (A): $24 \times 24 = 576 \text{ m}^2$

Örnek binada kat içindeki boşluk alanı (A_b): $8 \times 8 = 64 \text{ m}^2$

$64 < 576/3 = 192 \text{ m}^2$ koşulunu sağlamaktadır.

Aynı zamanda deprem yüklerinin düşey doğrultuda sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşlukları bulunmadığından ve döşemenin düzlem içi rijitliği ile dayanımında ani azalmalar olmadığından binada A2 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.1.6.3. A3-Planda Çıkıntılar Bulunması

Örnek binamızın kat planında balkon gibi çıkıntı yapan kısım bulunmadığından dolayı A3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.1.6.4. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği

Örnek bina modelinde etkili kesme alanları katlar arası değişmediğinde B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.1.6.5. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği

Örnek binada sırasıyla “EXÜ”, “EXÜ+%5”, “EXÜ-%5”, “EYÜ”, “EYÜ+%5” ve “EYÜ-%5” yüklemeleri için B2 düzensizliği kontrolleri Çizelge 4.9-4.14’te verilmiştir.

Çizelge 4.9. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0545	0,00018	-----	0,84
9	300	0,06475	0,00022	1,19	0,88
8	300	0,07385	0,00025	1,14	0,90
7	300	0,08215	0,00027	1,11	0,93
6	300	0,0886	0,0003	1,08	0,96
5	300	0,09255	0,00031	1,04	0,99
4	300	0,09335	0,00031	1,01	1,04
3	300	0,0898	0,0003	0,96	1,13
2	300	0,07935	0,00026	0,88	1,30
1	300	0,06125	0,0002	0,77	-----

Çizelge 4.10. “EXÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0565	0,00019	-----	0,84
9	300	0,06745	0,00022	1,19	0,87
8	300	0,0776	0,00026	1,15	0,90
7	300	0,0866	0,00029	1,12	0,92
6	300	0,0938	0,00031	1,08	0,95
5	300	0,09835	0,00033	1,05	0,99
4	300	0,0994	0,00033	1,01	1,04
3	300	0,09575	0,00032	0,96	1,13
2	300	0,0849	0,00028	0,89	1,31
1	300	0,06475	0,00022	0,76	-----

Çizelge 4.11. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,05265	0,00018	-----	0,85
9	300	0,06195	0,00021	1,18	0,88
8	300	0,0703	0,00023	1,13	0,90
7	300	0,0777	0,00026	1,11	0,93
6	300	0,0835	0,00028	1,07	0,96
5	300	0,0869	0,00029	1,04	0,99
4	300	0,08735	0,00029	1,01	1,04
3	300	0,0838	0,00028	0,96	1,13
2	300	0,07405	0,00025	0,88	1,28
1	300	0,0577	0,00019	0,78	-----

Çizelge 4.12. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0815	0,00027	-----	0,91
9	300	0,0897	0,0003	1,10	0,94
8	300	0,0954	0,00032	1,06	0,95
7	300	0,0999	0,00033	1,05	0,98
6	300	0,1024	0,00034	1,03	1,00
5	300	0,1022	0,00034	1,00	1,04
4	300	0,0985	0,00033	0,96	1,08
3	300	0,0908	0,0003	0,92	1,16
2	300	0,0782	0,00026	0,86	1,19
1	300	0,0655	0,00022	0,84	-----

Çizelge 4.13. “EYÜ+5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0815	0,00027	-----	0,91
9	300	0,0897	0,0003	1,10	0,94
8	300	0,0954	0,00032	1,06	0,96
7	300	0,09985	0,00033	1,05	0,97
6	300	0,10245	0,00034	1,03	1,00
5	300	0,10215	0,00034	1,00	1,04
4	300	0,0985	0,00033	0,96	1,08
3	300	0,0908	0,0003	0,92	1,16
2	300	0,07825	0,00026	0,86	1,19
1	300	0,0655	0,00022	0,84	-----

Çizelge 4.14. “EYÜ-5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0815	0,00027	-----	0,91
9	300	0,0897	0,0003	1,10	0,94
8	300	0,0954	0,00032	1,06	0,96
7	300	0,09985	0,00033	1,05	0,97
6	300	0,10245	0,00034	1,03	1,00
5	300	0,10215	0,00034	1,00	1,04
4	300	0,0985	0,00033	0,96	1,08
3	300	0,0908	0,0003	0,92	1,16
2	300	0,07825	0,00026	0,86	1,19
1	300	0,0655	0,00022	0,84	-----

Çizelgeler incelendiğinde hesaplanan η_{ki} 2,0 sınır değerini aşmadığından bina modelinde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat-B2) bulunmamaktadır.

4.1.6.6. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elamanlarının Süreksizliği

Örnek bina modelinde taşıyıcı yapı elamanlarının bazı katlarda kaldırılma ya da hareket etme gibi bir durumu olmadığından taşıyıcı elamanlarda herhangi bir süreksizlik yoktur.

Örnek bina modelinde B3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.1.6.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Örnek bina modelimiz TBDY-2018, madde 4.9.1 ile tanımlanan duruma uymaktadır. κ katsayısı betonarme binalarda “1” alınacaktır. λ katsayısı ise DD-3 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesinin, DD-2 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesine oranı olarak tanımlanmıştır. DD-3 deprem yer hareketi spektral ivme katsayıları aşağıdaki Şekil 4.6. görüldüğü gibi elde edilmiştir.

Çıktılar

$$S_S = 0.187$$

$$S_1 = 0.051$$

$$S_{DS} = 0.243$$

$$S_{D1} = 0.076$$

$$PGA = 0.083$$

$$PGV = 4.538$$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

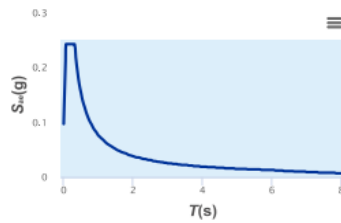
S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

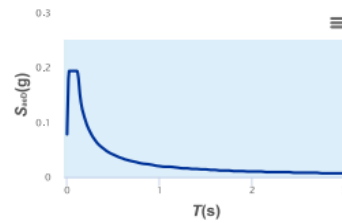
PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



Şekil 4.6. DD-3 Deprem yer hareketi spektral ivme katsayıları

DD-2 yer hareketi için:

$$S_{ae}(T^{(x)}) = 0,207 \text{ g} \quad S_{ae}(T^{(y)}) = 0,278 \text{ g}$$

DD-3 yer hareketi için:

$$T_A = 0,2 \frac{0,076}{0,243} = 0,062 \text{ sn} \quad T_B = \frac{0,076}{0,243} = 0,313 \text{ sn}$$

$$S_{ae}(T^{(x)}) = \frac{0,076}{0,94} = 0,08 \text{ g} \quad S_{ae}(T^{(y)}) = \frac{0,076}{0,7} = 0,11 \text{ g}$$

$$\lambda^{(x)} = \frac{0,08}{0,207} = 0,386 \quad \lambda^{(y)} = \frac{0,08}{0,207} = 0,396$$

Çizelge 4.15. “EXÜ” yüklemesi için görel kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda * \frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i}$
10	1,2422	0,0748	0,5236	300	0,386	0,0006737
9	1,1674	0,0938	0,6566	300	0,386	0,00084483
8	1,0736	0,1117	0,7819	300	0,386	0,00100604
7	0,9619	0,1282	0,8974	300	0,386	0,00115465
6	0,8337	0,1419	0,9933	300	0,386	0,00127805
5	0,6918	0,1515	1,0605	300	0,386	0,00136451
4	0,5403	0,1555	1,0885	300	0,386	0,00140054
3	0,3848	0,152	1,064	300	0,386	0,00136901
2	0,2328	0,1356	0,9492	300	0,386	0,0012213
1	0,0972	0,0972	0,6804	300	0,386	0,00087545

Çizelge 4.16. “EXÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda * \frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i}$
10	1,3902	0,0833	0,5831	300	0,386	0,00075026
9	1,3069	0,1045	0,7315	300	0,386	0,0009412
8	1,2024	0,1249	0,8743	300	0,386	0,00112493
7	1,0775	0,1435	1,0045	300	0,386	0,00129246
6	0,934	0,159	1,113	300	0,386	0,00143206
5	0,775	0,1699	1,1893	300	0,386	0,00153023
4	0,6051	0,1745	1,2215	300	0,386	0,00157166
3	0,4306	0,1704	1,1928	300	0,386	0,00153474
2	0,2602	0,1521	1,0647	300	0,386	0,00136991
1	0,1081	0,1081	0,7567	300	0,386	0,00097362

Çizelge 4.17. “EXÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda * \frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i}$
10	1,0953	0,0665	0,4655	300	0,386	0,00059894
9	1,0288	0,0831	0,5817	300	0,386	0,00074845
8	0,9457	0,0987	0,6909	300	0,386	0,00088896
7	0,847	0,113	0,791	300	0,386	0,00101775
6	0,734	0,1249	0,8743	300	0,386	0,00112493
5	0,6091	0,1332	0,9324	300	0,386	0,00119969
4	0,4759	0,1367	0,9569	300	0,386	0,00123121
3	0,3392	0,1335	0,9345	300	0,386	0,00120239
2	0,2057	0,1194	0,8358	300	0,386	0,0010754
1	0,0863	0,0863	0,6041	300	0,386	0,00077728

Çizelge 4.18. “EYÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda * \frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i}$
10	0,9041	0,0815	0,5705	300	0,396	0,00075306
9	0,8226	0,0897	0,6279	300	0,396	0,00082883
8	0,7329	0,0954	0,6678	300	0,396	0,0008815
7	0,6375	0,0999	0,6993	300	0,396	0,00092308
6	0,5376	0,1024	0,7168	300	0,396	0,00094618
5	0,4352	0,1022	0,7154	300	0,396	0,00094433
4	0,333	0,0985	0,6895	300	0,396	0,00091014
3	0,2345	0,0908	0,6356	300	0,396	0,00083899
2	0,1437	0,0782	0,5474	300	0,396	0,00072257
1	0,0655	0,0655	0,4585	300	0,396	0,00060522

Çizelge 4.19. “EYÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda * \frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i}$
10	1,038	0,0899	0,6293	300	0,396	0,00083068
9	0,9481	0,1001	0,7007	300	0,396	0,00092492
8	0,848	0,1077	0,7539	300	0,396	0,00099515
7	0,7403	0,1139	0,7973	300	0,396	0,00105244
6	0,6264	0,1179	0,8253	300	0,396	0,0010894
5	0,5085	0,1186	0,8302	300	0,396	0,00109586
4	0,3899	0,1153	0,8071	300	0,396	0,00106537
3	0,2746	0,107	0,749	300	0,396	0,00098868
2	0,1676	0,0925	0,6475	300	0,396	0,0008547
1	0,0751	0,0751	0,5257	300	0,396	0,00069392

Çizelge 4.20. “EYÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda * \frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i}$
10	1,038	0,0899	0,6293	300	0,396	0,00083068
9	0,9481	0,1001	0,7007	300	0,396	0,00092492
8	0,848	0,1077	0,7539	300	0,396	0,00099515
7	0,7403	0,1139	0,7973	300	0,396	0,00105244
6	0,6264	0,1179	0,8253	300	0,396	0,0010894
5	0,5085	0,1186	0,8302	300	0,396	0,00109586
4	0,3899	0,1153	0,8071	300	0,396	0,00106537
3	0,2746	0,107	0,749	300	0,396	0,00098868
2	0,1676	0,0925	0,6475	300	0,396	0,0008547
1	0,0751	0,0751	0,5257	300	0,396	0,00069392

Çizelgeler incelendiğinde görelî kat ötelemesi kontrolünde 0,008 sınır değerinin aşılmadığı görülmüştür.

4.1.6.8. İkinci Mertebe Etkileri

TBDY-2018, madde 4.9.1’e göre göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir i katında ikinci mertebe gösterge değeri $\theta_{II,i}$ hesaplanacaktır.

Çizelge 4.21. “EXÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri

Kat No	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	$m_k(\text{ton})$	$w_k(\text{kN})$	$V_t(\text{kN})$	h_i	$\theta_{II,i}$
10	0,0545	905,9	8.886,6828	670	300	0,00241
9	0,06475	996,6	9.777,0384	447	300	0,00361
8	0,07385	996,6	9.777,0384	398	300	0,00462
7	0,08215	996,6	9.777,0384	348	300	0,00562
6	0,0886	996,6	9.777,0384	298	300	0,00656
5	0,09255	996,6	9.777,0384	249	300	0,00740
4	0,09335	996,6	9.777,0384	199	300	0,00806
3	0,0898	996,6	9.777,0384	149	300	0,00839
2	0,07935	996,6	9.777,0384	99	300	0,00806
1	0,06125	996,6	9.777,0384	50	300	0,00681

Çizelge 4.22. “EYÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$	$m_k(\text{ton})$	$w_k(\text{kN})$	$V_t(\text{kN})$	h_i	$\theta_{II,i}$
10	0,0815	905,9	8.886,6828	871	300	0,00277
9	0,0897	996,6	9.777,0384	582	300	0,00384
8	0,0954	996,6	9.777,0384	517	300	0,00459
7	0,0999	996,6	9.777,0384	452	300	0,00526
6	0,1024	996,6	9.777,0384	388	300	0,00583
5	0,1022	996,6	9.777,0384	323	300	0,00628
4	0,0985	996,6	9.777,0384	258	300	0,00654
3	0,0908	996,6	9.777,0384	194	300	0,00653
2	0,0782	996,6	9.777,0384	129	300	0,00611
1	0,0655	996,6	9.777,0384	65	300	0,00560

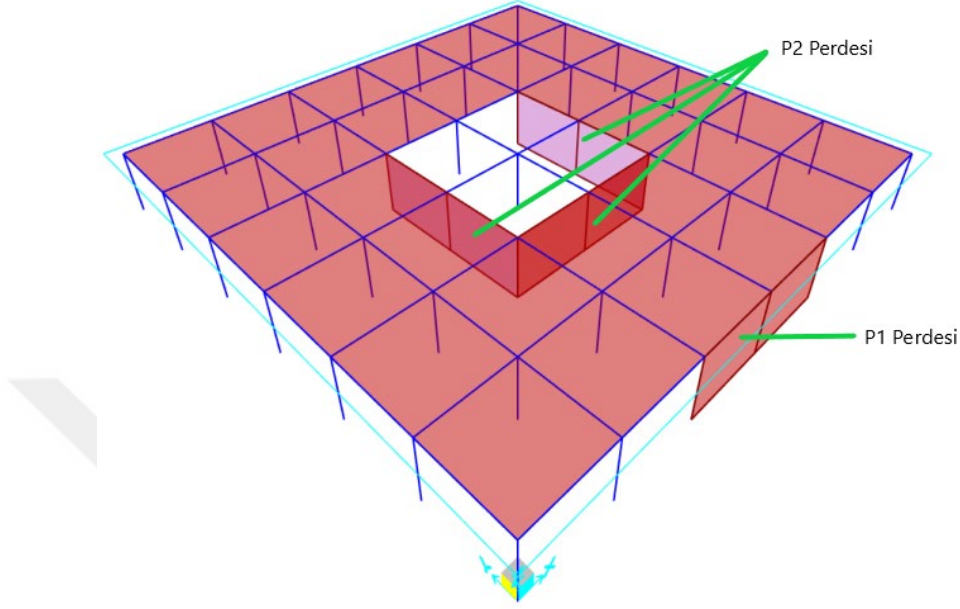
$\theta_{II,max} = 0,12 \frac{D}{C_{hR}}$ İkinci mertebe etkileri kontrolünde 0,085 sınır değeri aşılmamıştır.

4.1.6.9. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Kontrolü

Örnek modelinde bina tabanında meydana gelen toplam devrilme momenti çizelge 4.23.’te verilmektedir.

Çizelge 4.23. Toplam devrilme momenti

Kat No	$H_i(\text{m})$	$F_{IE}^{(X)} (\text{kN})$	$F_{IE}^{(Y)} (\text{kN})$	$H_i * F_{IE}^{(X)} (\text{kNm})$	$H_i * F_{IE}^{(Y)} (\text{kNm})$
10	30	670	871	20093	26120
9	27	447	582	12078	15701
8	24	398	517	9543	12406
7	21	348	452	7306	9498
6	18	298	388	5368	6978
5	15	249	323	3728	4846
4	12	199	258	2386	3101
3	9	149	194	1342	1745
2	6	99	129	596	775
1	3	50	65	149	194
				62589	81366



Şekil 4.7. SAP2000 Kat planı perdelerin perspektif görünüşü

Çizelge 4.24. Toplam devrilme momenti (kNm)

P1 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	3897
P2 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	22399
P2 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	33678

TBDY-2018, madde 4.3.2.4 (a)'ya göre taşıyıcı sistemde tek bir perdenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} , o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_0 ' in $1/3$ ' ünden fazla olmayacaktır.

Çizelge 4.25. M_{DEV} / M_0 oranı

P1 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} / M_0 =	6%
P2 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} / M_0 =	36%
P2 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} / M_0 =	41%

P1 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamaktadır.

P1 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamamaktadır.

P1 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamamaktadır.

TBDY-2018, madde 4.3.2.4.(a) şartı her iki doğrultuda da sağlanmamaktadır. Bu durumda taşıyıcı sistem davranış katsayısı R yerine 4/5 R alınarak tüm hesaplar tekrarlanmalıdır.

TBDY-2018 madde 4.3.4.5'e göre, perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %40'ından az %75'inden fazla olmayacaktır.

Çizelge 4.26. M_{DEV} / M_0 oranı

X-DOĞRULTUSUNDAKİ TOPLAM $M_{DEV} / M_0 =$	42%
Y-DOĞRULTUSUNDAKİ TOPLAM $M_{DEV} / M_0 =$	41%

X doğrultusunda TBDY-2018 Madde 4.3.4.5 ($0,40 < A < 0,75$) koşulunu sağlamaktadır.

Y doğrultusunda TBDY-2018 Madde 4.3.4.5 ($0,40 < A < 0,75$) koşulunu sağlamaktadır.

4.2. Uygulama 2

Model 2'de model 1'deki bina modelinin kat perdelerini çıkartıp kat perdelerinin yapı düzensizlikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Etrafı Rijit Perdelerle Çevrili Bodrum + Çerçeve Sistem

Bina Bilgileri:

Kat adedi	: 1 Bodrum + 10 Kat
Kat Yüksekliği	: 3m
Kolon	: 80x80 cm

Kiriş : 40x60 cm

Döşeme Kalınlığı : 20 cm

Perde : 40 cm

Bodrum kat bodrum perdeleri ile çevrilmiştir.

Malzeme:

Beton: C40/50

Donat Çeliği: S420

Yükler:

Normal katlar için;

Sabit (Zati) Yük : 3,5 kN/m²

Hareketli Yük : 5 kN/m²

Çatı katı için;

Sabit (Zati) Yük : 4 kN/m²

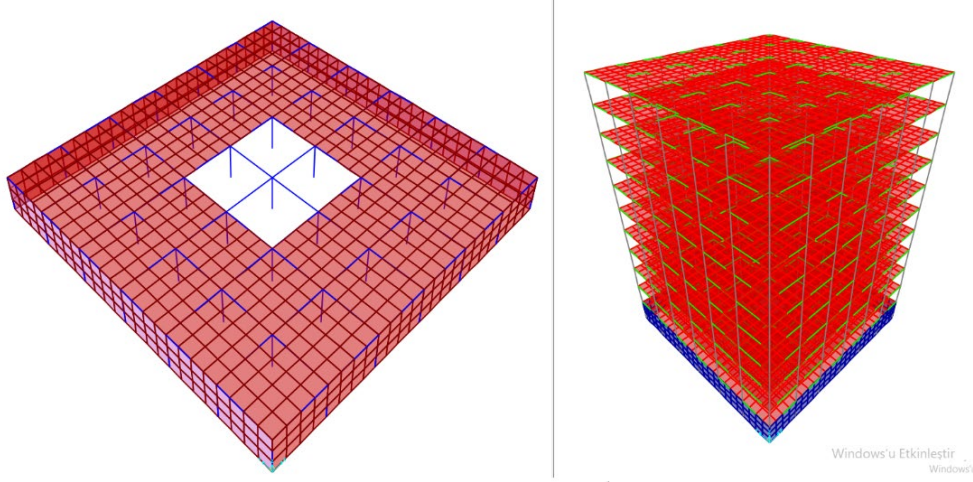
Hareketli Yük : 1,5 kN/m²

Kar yükü : 1,15 kN/m²

İkinci bina modelinde yukarıdaki bina bilgilerine göre ilk örnekte kullanılan tasarım ve hesap adımları kullanılarak analiz edilmiştir.

4.2.1. Tasarım ve Analiz

İkinci bina modelinde etrafı rijit perdelerle çevrili bodrum katı bulunmakta olup bina katlarında perde elemanı bulunmamaktadır. İkinci modelde birinci modele göre kat perde elemanlarını bina modelinden çıkartarak kat perde elemanlarının bina periyoduna ve yapı düzensizliklerine olan etkisi incelenmiştir.



Şekil 4.8. SAP2000 Bina döşeme modeli ve bina perspektifi görünüşü ekran alıntısı

4.2.1.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması

SAP2000 programından elde edilen modal analiz değerleri Şekil 4.9'da verilmiştir.

Modal Participating Mass Ratios

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
	MODAL	Mode	1	1,069363	0,70944	0,00302	0	0,70944	0,00302	0	0,0008
	MODAL	Mode	2	1,069363	0,00302	0,70944	0	0,71247	0,71247	0	0,18869
	MODAL	Mode	3	0,949224	0	0	0	0,71247	0,71247	0	0
	MODAL	Mode	4	0,332238	0,09439	0,00039	0	0,80685	0,71286	0	0,00083
	MODAL	Mode	5	0,332238	0,00039	0,09439	0	0,80725	0,80725	0	0,19882
	MODAL	Mode	6	0,177595	0,04025	0,00018	0	0,8475	0,80743	0	0,00011
	MODAL	Mode	7	0,177595	0,00018	0,04025	0	0,84768	0,84768	0	0,02541
	MODAL	Mode	8	0,111484	8,197E-05	0,02438	0	0,84776	0,87206	0	0,03793
	MODAL	Mode	9	0,111484	0,02438	8,197E-05	0	0,87215	0,87215	0	0,00013
	MODAL	Mode	10	0,082853	8,094E-08	2,408E-05	0	0,87215	0,87217	0	0,21806
	MODAL	Mode	11	0,076381	0,01669	5,611E-05	0	0,88884	0,87223	0	1,369E-05
	MODAL	Mode	12	0,076298	5,74E-05	0,01707	0	0,88889	0,8893	0	0,02038

Record: << < 2 > >> of 20

Add Tables... Done

Şekil 4.9. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri

$C_t=0,1$ ve $H_N=30$ için

$(T^{(x)}=1,07 \text{ sn}, T^{(y)}=1,07 \text{ sn}) < 1,4 \times T_{pA} = 1,79 \text{ sn}$ şartını sağlamaktadır.

Yapıdan kat perdeleri çıkartıldığı için ikinci modelde daha yüksek hakim titreşim periyodu değerleri bulunmuştur. Bunun yanı sıra binada asimetrik perde bulunmadığından dolayı x ve y yönlerinde aynı hâkim titreşim periyodu değerleri bulunmuştur.

4.2.1.2. Bina Taban Yüksekliğinin Belirlenmesi

Zemin kat döşemeleri dahil olmak üzere tüm bodrum kat kütleleri hesaba katılmadan çözümlenen modelinde x ve y doğrultularındaki serbest titreşim periyodunu, binanın tümü için hesaplanan x ve y doğrultusundaki periyodlarla karşılaştığımızda yaşanan değişimin çok az olduğu görülmüştür. Bu sebepten bina tabanı, bodrum katla zemin kat arasındaki kat döşemesinden tanımlanacaktır. $H_N=30$ m olarak alınabilir.

S Modal Participating Mass Ratios

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Participating Mass Ratios

Filter:

	OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
		Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
	MODAL	Mode	1	1,069356	0,79001	0,00337	0	0,79001	0,00337	0	0,0005
	MODAL	Mode	2	1,069356	0,00337	0,79001	0	0,79338	0,79338	0	0,11727
	MODAL	Mode	3	0,949222	0	0	0	0,79338	0,79338	0	0
	MODAL	Mode	4	0,332212	0,10295	0,00043	0	0,89633	0,79381	0	0,00128
	MODAL	Mode	5	0,332212	0,00043	0,10295	0	0,89676	0,89676	0	0,30539
	MODAL	Mode	6	0,177538	0,04167	0,00018	0	0,93843	0,89694	0	0,00018
	MODAL	Mode	7	0,177538	0,00018	0,04167	0	0,93862	0,93862	0	0,04179
	MODAL	Mode	8	0,111375	7,691E-05	0,02286	0	0,9387	0,96148	0	0,05187
	MODAL	Mode	9	0,111375	0,02286	7,691E-05	0	0,96156	0,96156	0	0,00017
	MODAL	Mode	10	0,082838	5,704E-08	1,696E-05	0	0,96156	0,96157	0	0,27356
	MODAL	Mode	11	0,076337	0,01123	3,776E-05	0	0,97278	0,96161	0	2,412E-05
	MODAL	Mode	12	0,076115	4,533E-05	0,01348	0	0,97283	0,97509	0	0,02312

Record: << < 2 > >> of 20 Add Tables... Done

Şekil 4.10. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri (Bodrum kat kütle ve yükleri ihmal edilen)

4.2.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi**4.2.2.1. Kat Kütlelerinin Belirlenmesi**

Çizelge. 4.27. Kat kütleleri

Kat No	m _i ton
10	901
9	967
8	967
7	967
6	967
5	967
4	967
3	967
2	967
1	967
Bodrum	1114

Buna göre üst bölüm toplam kat kütlesi 9606 ton, bodrum kat toplam kütlesi 1114 olarak hesaplanmış olur.

4.2.2.2 Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlenmesi

Önceki modelinde kullanılan denklemler yardımıyla aşağıdaki değerler bulunur.

$$T^{(x,y)}=1,07 \text{ sn} \quad T_A=0,057 \text{ sn}, \quad T_B=0,287 \text{ sn}$$

$$S_{ae}(T^{(x)}) = 0,182 \text{ g} \quad , \quad S_{ae}(T^{(y)}) = 0,182 \text{ g}$$

$$R_a(T^{(x)}) = 8 \quad , \quad R_a(T^{(y)}) = 8$$

$$S_{aR}(T^{(x)}) = 0,023 \text{ g} \quad , \quad S_{aR}(T^{(y)}) = 0,023 \text{ g}$$

$$S_{aR}(0) = 0,181 \text{ g}$$

4.2.2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Üst Katlar:

$$V_{tE}^{(x,y)} = 9606 * 0,023 * 9,81$$

$$V_{tE}^{(x,y)} = 2167 \text{ kN}$$

Bodrum kat:

$$V_{tE}^{(x,y)} = 1131 * 0,181 * 9,81 \text{ kN}$$

$$V_{tE}^{(x,y)} = 2008 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(x)} = 0,0075 N V_{tE} = 162,549 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(y)} = 0,0075 N V_{tE} = 162,549 \text{ kN}$$

TBDY-2018'e göre hesaplanan katlara etkiye eşdeğer deprem yükleri Çizelge 4.28.'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri

Kat No	h_i m	H_i m	m_i ton	$m_i H_i$ Tonm	$F_{iE}^{(x)}$ (kN)	$F_{iE}^{(y)}$ (kN)
10	3	30	901	27027	506	506
9	3	27	967	26114	332	332
8	3	24	967	23213	295	295
7	3	21	967	20311	258	258
6	3	18	967	17409	221	221
5	3	15	967	14508	185	185
4	3	12	967	11606	148	148
3	3	9	967	8705	111	111
2	3	6	967	5803	74	74
1	3	3	967	2902	37	37

4.2.3. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi

TBDY-2018, madde 4.5.10'a göre kat döşemlerinin rijit diyafram olarak modellenmesi durumunda, kat kütle merkezlerine etkiyen yatay deprem yükleri, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun $+ \%5$ ve $- \%5$ i kadar kaydırılarak bu durumlar için ayrıca deprem hesabı yapılmıştır.

4.2.4. Düzensizlik Kontrolleri**4.2.4.1. A1 Burulma Düzensizliği**

Örnek binada sırasıyla “EXÜ”, “EXÜ+ $\%5$ ”, “EXÜ- $\%5$ ”, “EYÜ”, “EYÜ+ $\%5$ ” ve “EYÜ- $\%5$ ” yüklemeleri altında burulma düzensizliği kontrolleri aşağıdaki Çizelgelerde verilmiştir.

“EXÜ” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ+ $\%5$ ” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda $+ \%5$ eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ- $\%5$ ” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda $- \%5$ eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ+ $\%5$ ” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda $+ \%5$ eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ- $\%5$ ” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda $- \%5$ eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

Çizelge 4.29. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,112	1,112	0,051	0,051	0,051	1
9	1,061	1,061	0,0708	0,0708	0,0708	1
8	0,9902	0,9902	0,0914	0,0914	0,0914	1
7	0,8988	0,8988	0,1104	0,1104	0,1104	1
6	0,7884	0,7884	0,1268	0,1268	0,1268	1
5	0,6616	0,6616	0,1395	0,1395	0,1395	1
4	0,5221	0,5221	0,1477	0,1477	0,1477	1
3	0,3744	0,3744	0,148	0,148	0,148	1
2	0,2264	0,2264	0,1332	0,1332	0,1332	1
1	0,0932	0,0932	0,0932	0,0932	0,0932	1

Çizelge 4.30. “EXÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,2249	0,9991	0,056	0,046	0,051	1,098
9	1,1689	0,9531	0,0779	0,0637	0,0708	1,100
8	1,091	0,8894	0,1006	0,0822	0,0914	1,100
7	0,9904	0,8072	0,1217	0,0992	0,11045	1,101
6	0,8687	0,708	0,1397	0,1137	0,1267	1,102
5	0,729	0,5943	0,1539	0,1253	0,1396	1,102
4	0,5751	0,469	0,1628	0,1324	0,1476	1,102
3	0,4123	0,3366	0,1633	0,1327	0,148	1,103
2	0,249	0,2039	0,1471	0,1195	0,1333	1,103
1	0,1019	0,0844	0,1019	0,0844	0,09315	1,093

Çizelge 4.31. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,2249	0,9991	0,056	0,046	0,051	1,098
9	1,1689	0,9531	0,0779	0,0637	0,0708	1,100
8	1,091	0,8894	0,1006	0,0822	0,0914	1,100
7	0,9904	0,8072	0,1217	0,0992	0,11045	1,101
6	0,8687	0,708	0,1397	0,1137	0,1267	1,102
5	0,729	0,5943	0,1539	0,1253	0,1396	1,102
4	0,5751	0,469	0,1628	0,1324	0,1476	1,102
3	0,4123	0,3366	0,1633	0,1327	0,148	1,103
2	0,249	0,2039	0,1471	0,1195	0,1333	1,103
1	0,1019	0,0844	0,1019	0,0844	0,09315	1,093

Çizelge 4.32. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,112	1,112	0,051	0,051	0,051	1
9	1,061	1,061	0,0708	0,0708	0,0708	1
8	0,9902	0,9902	0,0914	0,0914	0,0914	1
7	0,8988	0,8988	0,1104	0,1104	0,1104	1
6	0,7884	0,7884	0,1268	0,1268	0,1268	1
5	0,6616	0,6616	0,1395	0,1395	0,1395	1
4	0,5221	0,5221	0,1477	0,1477	0,1477	1
3	0,3744	0,3744	0,148	0,148	0,148	1
2	0,2264	0,2264	0,1332	0,1332	0,1332	1
1	0,0932	0,0932	0,0932	0,0932	0,0932	1

Çizelge 4.33. “EYÜ+5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(Δ _i) _{max}	(Δ _i) _{min}	(Δ _i) _{ort}	η _{bi}
10	1,2249	0,9991	0,056	0,046	0,051	1,098
9	1,1689	0,9531	0,0779	0,0637	0,0708	1,100
8	1,091	0,8894	0,1006	0,0822	0,0914	1,100
7	0,9904	0,8072	0,1217	0,0992	0,11045	1,101
6	0,8687	0,708	0,1397	0,1137	0,1267	1,102
5	0,729	0,5943	0,1539	0,1253	0,1396	1,102
4	0,5751	0,469	0,1628	0,1324	0,1476	1,102
3	0,4123	0,3366	0,1633	0,1327	0,148	1,103
2	0,249	0,2039	0,1471	0,1195	0,1333	1,103
1	0,1019	0,0844	0,1019	0,0844	0,09315	1,093

Çizelge 4.34. “EYÜ-5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(Δ _i) _{max}	(Δ _i) _{min}	(Δ _i) _{ort}	η _{bi}
10	1,2249	0,9991	0,056	0,046	0,051	1,098
9	1,1689	0,9531	0,0779	0,0637	0,0708	1,100
8	1,091	0,8894	0,1006	0,0822	0,0914	1,100
7	0,9904	0,8072	0,1217	0,0992	0,11045	1,101
6	0,8687	0,708	0,1397	0,1137	0,1267	1,102
5	0,729	0,5943	0,1539	0,1253	0,1396	1,102
4	0,5751	0,469	0,1628	0,1324	0,1476	1,102
3	0,4123	0,3366	0,1633	0,1327	0,148	1,103
2	0,249	0,2039	0,1471	0,1195	0,1333	1,103
1	0,1019	0,0844	0,1019	0,0844	0,09315	1,093

Örnek binada X ve Y doğrultusunda A1-Burulma Düzensizliği bulunmamaktadır.

Burulma düzensizliğinin en elverişsiz değerleri, x ve y deprem doğrultularında EXÜ ve EYÜ ±5 yüklemeleri için hesaplanmıştır. Önceki modelimize göre perdelerin olmaması burulma düzensizliği açısından dezavantaj

oluşturulurken, binanın simetrik bir modele sahip olduğundan daha elverişli η_{bi} değerleri elde edilmiştir.

4.2.4.2. A2 Döşeme Süreksizliği

Örnek binada brüt kat alanı (A): $24 \times 24 = 576 \text{ m}^2$

Örnek binada kat içindeki boşluk alanı (A_b): $8 \times 8 = 64 \text{ m}^2$

$64 < 576/3 = 192 \text{ m}^2$ koşulunu sağlamaktadır.

Aynı zamanda deprem yüklerinin düşey doğrultuda sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşlukları bulunmadığından ve döşemenin düzlem içi rijitliği ile dayanımında ani azalmalar olmadığından binada A2 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.2.4.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması

Örnek binamızın kat planında balkon gibi çıkıntı yapan kısım bulunmadığından dolayı A3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.2.4.4. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği

Örnek Bina modelinde etkili kesme alanları katlar arası değişmediğinde B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.2.4.5. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği

Örnek binada sırasıyla “EXÜ”, “EXÜ+%5”, “EXÜ-%5”, “EYÜ”, “EYÜ+%5” ve “EYÜ-%5” yüklemeleri için B2 düzensizliği kontrolleri Çizelge 4.35-4.40’ta verilmiştir.

Çizelge 4.35. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,051	0,00017	-----	0,720
9	300	0,0708	0,00024	1,388	0,774
8	300	0,0914	0,0003	1,290	0,827
7	300	0,1104	0,00037	1,207	0,870
6	300	0,1268	0,00042	1,148	0,908
5	300	0,1395	0,00047	1,100	0,944
4	300	0,1477	0,00049	1,058	0,997
3	300	0,148	0,00049	1,002	1,111
2	300	0,1332	0,00044	0,9	1,429
1	300	0,0932	0,00031	0,699	-----

Çizelge 4.36. “EXÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,051	0,00017	-----	0,720
9	300	0,0708	0,00024	1,388	0,774
8	300	0,0914	0,0003	1,290	0,827
7	300	0,11045	0,00037	1,208	0,871
6	300	0,1267	0,00042	1,147	0,907
5	300	0,1396	0,00047	1,101	0,945
4	300	0,1476	0,00049	1,057	0,997
3	300	0,148	0,00049	1,002	1,110
2	300	0,1333	0,00044	0,900	1,431
1	300	0,09315	0,00031	0,698	-----

Çizelge 4.37. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,051	0,00017	-----	0,720
9	300	0,0708	0,00024	1,388	0,774
8	300	0,0914	0,0003	1,290	0,827
7	300	0,11045	0,00037	1,208	0,871
6	300	0,1267	0,00042	1,147	0,907
5	300	0,1396	0,00047	1,101	0,945
4	300	0,1476	0,00049	1,057	0,997
3	300	0,148	0,00049	1,002	1,110
2	300	0,1333	0,00044	0,900	1,431
1	300	0,09315	0,00031	0,698	-----

Çizelge 4.38. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,051	0,00017	-----	0,720
9	300	0,0708	0,00024	1,388	0,774
8	300	0,0914	0,0003	1,290	0,827
7	300	0,1104	0,00037	1,207	0,870
6	300	0,1268	0,00042	1,148	0,908
5	300	0,1395	0,00047	1,100	0,944
4	300	0,1477	0,00049	1,058	0,997
3	300	0,148	0,00049	1,002	1,111
2	300	0,1332	0,00044	0,9	1,429
1	300	0,0932	0,00031	0,699	-----

Çizelge 4.39. “EYÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,051	0,00017	-----	0,720
9	300	0,0708	0,00024	1,388	0,774
8	300	0,0914	0,0003	1,290	0,827
7	300	0,11045	0,00037	1,208	0,871
6	300	0,1267	0,00042	1,147	0,907
5	300	0,1396	0,00047	1,101	0,945
4	300	0,1476	0,00049	1,057	0,997
3	300	0,148	0,00049	1,002	1,110
2	300	0,1333	0,00044	0,900	1,431
1	300	0,09315	0,00031	0,698	-----

Çizelge 4.40. “EYÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,051	0,00017	-----	0,720
9	300	0,0708	0,00024	1,388	0,774
8	300	0,0914	0,0003	1,290	0,827
7	300	0,11045	0,00037	1,208	0,871
6	300	0,1267	0,00042	1,147	0,907
5	300	0,1396	0,00047	1,101	0,945
4	300	0,1476	0,00049	1,057	0,997
3	300	0,148	0,00049	1,002	1,110
2	300	0,1333	0,00044	0,900	1,431
1	300	0,09315	0,00031	0,698	-----

Çizelgeler incelendiğinde hesaplanan η_{ki} 2,0 sınır değerini aşmadığından bina modelinde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat-B2) bulunmamaktadır.

4.2.4.6. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elamanlarının Süreksizliği

Örnek bina modelinde taşıyıcı yapı elamanlarının bazı katlarda kaldırılma ya da hareket etme gibi bir durumu olmadığından taşıyıcı elamanlarda herhangi bir süreksizlik yoktur.

Örnek bina modelinde B3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.2.4.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

DD-3 yer hareketine göre gerekli işlemler yapıldıktan sonra

$$\lambda^{(xy)} = 0,390 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Çizelge 4.41. “EXÜ” yüklemesi için göreli kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,112	0,051	0,408	300	0,390	0,00053
9	1,061	0,0708	0,5664	300	0,390	0,00074
8	0,9902	0,0914	0,7312	300	0,390	0,00095
7	0,8988	0,1104	0,8832	300	0,390	0,00115
6	0,7884	0,1268	1,0144	300	0,390	0,00132
5	0,6616	0,1395	1,116	300	0,390	0,00145
4	0,5221	0,1477	1,1816	300	0,390	0,00154
3	0,3744	0,148	1,184	300	0,390	0,00154
2	0,2264	0,1332	1,0656	300	0,390	0,00139
1	0,0932	0,0932	0,7456	300	0,390	0,00097

Çizelge 4.42. “EXÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,2249	0,056	0,448	300	0,390	0,00058
9	1,1689	0,0779	0,6232	300	0,390	0,00081
8	1,091	0,1006	0,8048	300	0,390	0,00105
7	0,9904	0,1217	0,9736	300	0,390	0,00127
6	0,8687	0,1397	1,1176	300	0,390	0,00145
5	0,729	0,1539	1,2312	300	0,390	0,0016
4	0,5751	0,1628	1,3024	300	0,390	0,00169
3	0,4123	0,1633	1,3064	300	0,390	0,0017
2	0,249	0,1471	1,1768	300	0,390	0,00153
1	0,1019	0,1019	0,8152	300	0,390	0,00106

Çizelge 4.43. “EXÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,2249	0,056	0,448	300	0,390	0,00058
9	1,1689	0,0779	0,6232	300	0,390	0,00081
8	1,091	0,1006	0,8048	300	0,390	0,00105
7	0,9904	0,1217	0,9736	300	0,390	0,00127
6	0,8687	0,1397	1,1176	300	0,390	0,00145
5	0,729	0,1539	1,2312	300	0,390	0,0016
4	0,5751	0,1628	1,3024	300	0,390	0,00169
3	0,4123	0,1633	1,3064	300	0,390	0,0017
2	0,249	0,1471	1,1768	300	0,390	0,00153
1	0,1019	0,1019	0,8152	300	0,390	0,00106

Çizelge 4.44. “EYÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,112	0,051	0,408	300	0,390	0,00053
9	1,061	0,0708	0,5664	300	0,390	0,00074
8	0,9902	0,0914	0,7312	300	0,390	0,00095
7	0,8988	0,1104	0,8832	300	0,390	0,00115
6	0,7884	0,1268	1,0144	300	0,390	0,00132
5	0,6616	0,1395	1,116	300	0,390	0,00145
4	0,5221	0,1477	1,1816	300	0,390	0,00154
3	0,3744	0,148	1,184	300	0,390	0,00154
2	0,2264	0,1332	1,0656	300	0,390	0,00139
1	0,0932	0,0932	0,7456	300	0,390	0,00097

Çizelge 4.45. “EYÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,2249	0,056	0,448	300	0,390	0,00058
9	1,1689	0,0779	0,6232	300	0,390	0,00081
8	1,091	0,1006	0,8048	300	0,390	0,00105
7	0,9904	0,1217	0,9736	300	0,390	0,00127
6	0,8687	0,1397	1,1176	300	0,390	0,00145
5	0,729	0,1539	1,2312	300	0,390	0,0016
4	0,5751	0,1628	1,3024	300	0,390	0,00169
3	0,4123	0,1633	1,3064	300	0,390	0,0017
2	0,249	0,1471	1,1768	300	0,390	0,00153
1	0,1019	0,1019	0,8152	300	0,390	0,00106

Çizelge 4.46. “EYÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,2249	0,056	0,448	300	0,390	0,00058
9	1,1689	0,0779	0,6232	300	0,390	0,00081
8	1,091	0,1006	0,8048	300	0,390	0,00105
7	0,9904	0,1217	0,9736	300	0,390	0,00127
6	0,8687	0,1397	1,1176	300	0,390	0,00145
5	0,729	0,1539	1,2312	300	0,390	0,0016
4	0,5751	0,1628	1,3024	300	0,390	0,00169
3	0,4123	0,1633	1,3064	300	0,390	0,0017
2	0,249	0,1471	1,1768	300	0,390	0,00153
1	0,1019	0,1019	0,8152	300	0,390	0,00106

Çizelgeler incelendiğinde görelî kat ötelemesi kontrolünde 0,008 sınır değerinin aşılmadığı görülmüştür.

4.2.4.8. İkinci Mertebe Etkileri

TBDY-2018, madde 4.9.1’e göre göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir i katında ikinci mertebe gösterge değeri $\theta_{II,i}$ hesaplanmıştır.

Çizelge 4.47. “EXÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri

Kat No	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	$m_k(\text{ton})$	$w_k(\text{kN})$	$V_t(\text{kN})$	$h_i(\text{cm})$	$\theta_{II,i}$
10	0,051	900,9	8.837,9271	506	300	0,00297
9	0,0708	967,2	9.488,1339	332	300	0,00516
8	0,0914	967,2	9.488,1339	295	300	0,00747
7	0,1104	967,2	9.488,1339	258	300	0,00986
6	0,1268	967,2	9.488,1339	221	300	0,01226
5	0,1395	967,2	9.488,1339	185	300	0,01455
4	0,1477	967,2	9.488,1339	148	300	0,01664
3	0,148	967,2	9.488,1339	111	300	0,01805
2	0,1332	967,2	9.488,1339	74	300	0,01766
1	0,0932	967,2	9.488,1339	37	300	0,01351

Çizelge 4.48. “EYÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$	$m_k(\text{ton})$	$w_k(\text{kN})$	$V_t(\text{kN})$	h_i	$\theta_{II,i}$
10	0,051	900,9	8.837,9271	506	300	0,00297
9	0,0708	967,2	9.488,1339	332	300	0,00516
8	0,0914	967,2	9.488,1339	295	300	0,00747
7	0,1104	967,2	9.488,1339	258	300	0,00986
6	0,1268	967,2	9.488,1339	221	300	0,01226
5	0,1395	967,2	9.488,1339	185	300	0,01455
4	0,1477	967,2	9.488,1339	148	300	0,01664
3	0,148	967,2	9.488,1339	111	300	0,01805
2	0,1332	967,2	9.488,1339	74	300	0,01766
1	0,0932	967,2	9.488,1339	37	300	0,01351

$\theta_{II,max} = 0,12 \frac{D}{C_{hR}}$ İkinci mertebe etkileri kontrolünde 0,085 sınır değeri aşılmamıştır.

4.3. Uygulama 3

Model 3’te model 1’deki bina modelimizin bodrum katı çıkartılıp bodrumun yapı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Çerçeve Sistem

Bina Bilgileri:

Kat adedi	: 10 Kat
Kat Yüksekliği	: 3m
Kolon	: 80x80 cm
Kiriş	: 40x60 cm
Döşeme Kalınlığı	: 20 cm
Perde	: 40 cm

Malzeme:

Beton : C40/50

Donat Çeliği : S420

Yükler:

Normal katlar için;

Sabit (Zati) Yük : 3,5 kN/m²Hareketli Yük : 5 kN/m²

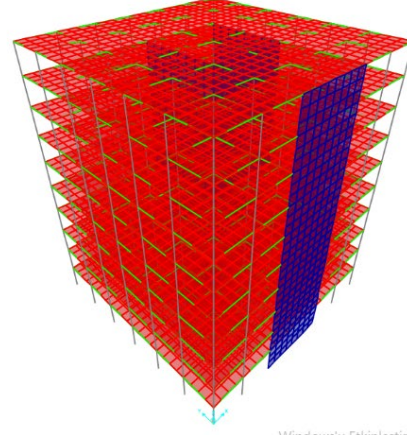
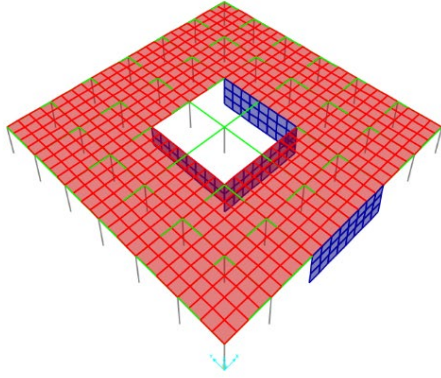
Çatı katı için;

Sabit (Zati) Yük : 4 kN/m²Hareketli Yük : 1,5 kN/m²Kar yükü : 1,15 kN/m²

3. bina modelinde yukarıdaki bina bilgilerine göre ilk örnekte kullanılan tasarım ve hesap adımları kullanılarak analiz edilmiştir.

4.3.1. Tasarım ve Analiz

Üçüncü modelde 1 adet binanın merkezinde olmak üzere ve 1 adette binamızın dış kenarında perde bulunmakta olup modelde bodrum katı bulunmamaktadır. Üçüncü modelde birinci bina modelinden bodrum katı modelden çıkartılarak bodrumun hâkim titreşim periyodu ve deprem düzensizlikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.



Şekil 4.11. SAP2000 Bina döşeme modeli ve bina perspektifi görünüşü ekran alıntısı

4.3.1.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması

Modal Participating Mass Ratios											
File View Edit Format-Filter-Sort Select Options											
Units: As Noted											
Filter:											
	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
	MODAL	Mode	1	0,899744	0,35369	0	0	0,35369	0	0	0
▶	MODAL	Mode	2	0,841021	0	0,71775	1,553E-05	0,35369	0,71775	1,553E-05	0,18164
	MODAL	Mode	3	0,487205	0,38301	0	0	0,7367	0,71775	1,553E-05	0
	MODAL	Mode	4	0,270651	0,06001	0	0	0,7967	0,71775	1,553E-05	0
	MODAL	Mode	5	0,1743	0	0,16859	6,129E-05	0,7967	0,88634	7,682E-05	0,25253
	MODAL	Mode	6	0,139819	0,02041	0	0	0,81711	0,88634	7,682E-05	0
	MODAL	Mode	7	0,137418	0,09318	0	0	0,9103	0,88634	7,682E-05	0
	MODAL	Mode	8	0,088004	0,01121	0	0	0,92151	0,88634	7,682E-05	0
	MODAL	Mode	9	0,085357	0	0,05358	0,00105	0,92151	0,93992	0,00112	0,04617
	MODAL	Mode	10	0,078824	0	0,00016	0,70202	0,92151	0,94008	0,70315	0,01237
	MODAL	Mode	11	0,076247	0	0,00056	0,01589	0,92151	0,94064	0,71904	0,24569
	MODAL	Mode	12	0,068578	0,02875	0	0	0,95026	0,94064	0,71904	0

Şekil 4.12. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri

$C_t=0,1$ ve $H_N=30$ m için

$(T^{(x)}=0,90$ sn, $T^{(y)}=0,64$ sn) $< 1,4 \times T_{pA} = 1,79$ sn şartını sağlamaktadır.

Model 3'te yapıdaki etrafı rijit perdelerle çevrili bodrum katın çıkartılması sonucunda bina toplam ağırlığının azalmasından dolayı periyodların değerlerinde bir miktar düşüş yaşanmıştır. Ama aynı zamanda bina rijitliği azaldığından dolayı x ve y doğrultularındaki hâkim titreşim periyodu değerleri arasındaki farkın büyüdüğü görülmüştür.

4.3.1.2. Bina Taban Yüksekliğinin Belirlenmesi

Bu bina modelinde bodrum kat bulunmadığından bina kat yüksekliğimiz zemin kat taban kotundan itibaren hesaplanacaktır.

4.3.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

4.3.2.1. Kat Kütlelerinin Belirlemesi

Çizelge 4.49. Kat kütleleri

Kat No	m _i ton
10	906
9	997
8	997
7	997
6	997
5	997
4	997
3	997
2	997
1	997

Buna göre toplam kat kütlesi 9876 ton olarak hesaplanmış olur.

4.3.2.2. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlenmesi

$$T^{(x)}=0,90 \text{ sn} , T^{(y)}=0,64 \text{ sn}$$

$$S_{ae}(T^{(x)})=0,217 \text{ g} , S_{ae}(T^{(y)})=0,30 \text{ g}$$

$$R_a(T^{(x)})=7 , R_a(T^{(y)})=7$$

$$S_{aR}(T^{(x)})=0,031 \text{ g} , S_{aR}(T^{(y)})=0,03 \text{ g}$$

4.3.2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

$$V_{tE}^{(x)} = 3003 \text{ kN} , V_{tE}^{(y)} = 4166 \text{ kN}$$

4.3.3. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi

TBDY-2018, madde 4.5.10'a göre kat döşemlerinin rijit diyafram olarak modellenmesi durumunda, kat kütle merkezlerine etkiyen yatay deprem yükleri, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun +%5 ve - %5' i kadar kaydırılarak bu durumlar için ayrıca deprem hesabı yapılacaktır.

4.3.4. Düzensizlik Kontrolleri**4.3.4.1. A1 Burulma Düzensizliği**

Örnek binada sırasıyla “EXÜ”, “EXÜ+%5”, “EXÜ-%5”, “EYÜ”, “EYÜ+%5” ve “EYÜ-%5” yüklemeleri altında burulma düzensizliği kontrolleri aşağıdaki Çizelgelerde verilmiştir.

“EXÜ” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ+%5” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda +%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ-%5” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda -%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ+5” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda +5 eksantrisine ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ-5” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda -5 eksantrisine ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

Çizelge 4.50. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,1866	0,2675	0,0752	0,0309	0,05305	1,417
9	1,1114	0,2366	0,0944	0,0321	0,06325	1,492
8	1,017	0,2045	0,1127	0,0324	0,07255	1,553
7	0,9043	0,1721	0,1291	0,0323	0,0807	1,599
6	0,7752	0,1398	0,1423	0,0313	0,0868	1,639
5	0,6329	0,1085	0,1508	0,0294	0,0901	1,673
4	0,4821	0,0791	0,1528	0,0266	0,0897	1,703
3	0,3293	0,0525	0,1452	0,0227	0,08395	1,729
2	0,1841	0,0298	0,1223	0,0181	0,0702	1,742
1	0,0618	0,0117	0,0618	0,0117	0,03675	1,681

Çizelge 4.51. “EXÜ+5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,331	0,2124	0,0838	0,0263	0,05505	1,522
9	1,2472	0,1861	0,1055	0,0271	0,0663	1,591
8	1,1417	0,159	0,1262	0,0267	0,07645	1,650
7	1,0155	0,1323	0,1447	0,0261	0,0854	1,694
6	0,8708	0,1062	0,1598	0,0247	0,09225	1,732
5	0,711	0,0815	0,1694	0,0227	0,09605	1,763
4	0,5416	0,0588	0,1716	0,02	0,0958	1,791
3	0,37	0,0388	0,1632	0,0166	0,0899	1,815
2	0,2068	0,0222	0,1374	0,0131	0,07525	1,825
1	0,0694	0,0091	0,0694	0,0091	0,03925	1,768

Çizelge 4.52. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,0421	0,3225	0,0665	0,0353	0,0509	1,306
9	0,9756	0,2872	0,0833	0,0372	0,06025	1,382
8	0,8923	0,25	0,0992	0,0381	0,06865	1,445
7	0,7931	0,2119	0,1134	0,0385	0,07595	1,493
6	0,6797	0,1734	0,125	0,0379	0,08145	1,534
5	0,5547	0,1355	0,1322	0,0362	0,0842	1,570
4	0,4225	0,0993	0,1338	0,0331	0,08345	1,603
3	0,2887	0,0662	0,1273	0,0287	0,078	1,632
2	0,1614	0,0375	0,1071	0,0231	0,0651	1,645
1	0,0543	0,0144	0,0543	0,0144	0,03435	1,580

Çizelge 4.53. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	0,8555	0,8555	0,0825	0,0825	0,0825	1
9	0,773	0,773	0,0909	0,0909	0,0909	1
8	0,6821	0,6821	0,0965	0,0965	0,0965	1
7	0,5856	0,5856	0,1008	0,1008	0,1008	1
6	0,4848	0,4848	0,1024	0,1024	0,1024	1
5	0,3824	0,3824	0,1006	0,1006	0,1006	1
4	0,2818	0,2818	0,0948	0,0948	0,0948	1
3	0,187	0,187	0,0838	0,0838	0,0838	1
2	0,1032	0,1032	0,0669	0,0669	0,0669	1
1	0,0363	0,0363	0,0363	0,0363	0,0363	1

Çizelge 4.54. “EYÜ+5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	0,9938	0,7171	0,0915	0,0733	0,0824	1,110
9	0,9023	0,6438	0,1021	0,0797	0,0909	1,123
8	0,8002	0,5641	0,1099	0,0832	0,09655	1,138
7	0,6903	0,4809	0,116	0,0856	0,1008	1,150
6	0,5743	0,3953	0,119	0,0858	0,1024	1,162
5	0,4553	0,3095	0,1182	0,0831	0,10065	1,174
4	0,3371	0,2264	0,1124	0,0771	0,09475	1,186
3	0,2247	0,1493	0,1005	0,0671	0,0838	1,199
2	0,1242	0,0822	0,0809	0,053	0,06695	1,208
1	0,0433	0,0292	0,0433	0,0292	0,03625	1,194

Çizelge 4.55. “EYÜ-5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	0,9938	0,7171	0,0915	0,0733	0,0824	1,110
9	0,9023	0,6438	0,1021	0,0797	0,0909	1,123
8	0,8002	0,5641	0,1099	0,0832	0,09655	1,138
7	0,6903	0,4809	0,116	0,0856	0,1008	1,150
6	0,5743	0,3953	0,119	0,0858	0,1024	1,162
5	0,4553	0,3095	0,1182	0,0831	0,10065	1,174
4	0,3371	0,2264	0,1124	0,0771	0,09475	1,186
3	0,2247	0,1493	0,1005	0,0671	0,0838	1,199
2	0,1242	0,0822	0,0809	0,053	0,06695	1,208
1	0,0433	0,0292	0,0433	0,0292	0,03625	1,194

Örnek binada X ve Y doğrultusunda A1-Burulma Düzensizliği bulunmaktadır. Modelden etrafı rijit perdelerle çevrili bodrum katın çıkartılması sonucu bina rijitliği azaldığından burumla düzensizliği değeri oldukça artmıştır.

Burulma düzenliği katsayısının en elverişsiz değerleri “EXÜ+%5” yükleme için hesaplanmıştır. Bu durumda TBDY-2018, madde 4.7.4’e göre x doğrultusunda uygulanan $\pm\%5$ ek dışmerkezlik, her katta hesaplanan D_{bi} katsayısıyla çarpılarak büyütülmeli ve analiz tekrarlanarak tasarıma esas iç kuvvetler ve yer değiştirmeler hesaplanmalıdır.

4.3.4.2. A2 Döşeme Süreksizliği

Örnek binada brüt kat alanı (A): $24 \times 24 = 576 \text{ m}^2$

Örnek binada kat içindeki boşluk alanı (A_b): $8 \times 8 = 64 \text{ m}^2$

$64 < 576/3 = 192 \text{ m}^2$ koşulunu sağlamaktadır.

Aynı zamanda deprem yüklerinin düşey doğrultuda sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşlukları bulunmadığından ve döşemenin düzlem içi rijitliği ile dayanımında ani azalmalar olmadığından binada A2 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.3.4.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması

Örnek binamızın kat planında balkon gibi çıkıntı yapan kısım bulunmadığından dolayı A3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.3.4.4. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği

Örnek Bina modelinde etkili kesme alanları katlar arası değişmediğinde B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.3.4.5. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği

Örnek binada sırasıyla “EXÜ”, “EXÜ+%5”, “EXÜ-%5”, “EYÜ”, “EYÜ+%5” ve “EYÜ-%5” yüklemeleri için B2 düzensizliği kontrolleri Çizelge 4.56-4.61’de verilmiştir.

Çizelge 4.56. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,05305	0,00018	-----	0,838
9	300	0,06325	0,00021	1,192	0,871
8	300	0,07255	0,00024	1,147	0,899
7	300	0,0807	0,00027	1,112	0,929
6	300	0,0868	0,00029	1,075	0,963
5	300	0,0901	0,0003	1,038	1,004
4	300	0,0897	0,0003	0,995	1,068
3	300	0,08395	0,00028	0,935	1,195
2	300	0,0702	0,00023	0,836	1,910
1	300	0,03675	0,00012	0,523	-----

Çizelge 4.57. “EXÜ+5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,05505	0,00018	-----	0,830
9	300	0,0663	0,00022	1,204	0,867
8	300	0,07645	0,00025	1,153	0,895
7	300	0,0854	0,00028	1,117	0,925
6	300	0,09225	0,00031	1,080	0,960
5	300	0,09605	0,00032	1,041	1,002
4	300	0,0958	0,00032	0,997	1,065
3	300	0,0899	0,0003	0,938	1,194
2	300	0,07525	0,00025	0,837	1,917
1	300	0,03925	0,00013	0,521	-----

Çizelge 4.58. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0509	0,00017	-----	0,844
9	300	0,06025	0,0002	1,183	0,877
8	300	0,06865	0,00023	1,139	0,903
7	300	0,07595	0,00025	1,106	0,932
6	300	0,08145	0,00027	1,072	0,967
5	300	0,0842	0,00028	1,033	1,008
4	300	0,08345	0,00028	0,991	1,069
3	300	0,078	0,00026	0,934	1,198
2	300	0,0651	0,00022	0,834	1,895
1	300	0,03435	0,00011	0,527	-----

Çizelge 4.59. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0825	0,00028	-----	0,907
9	300	0,0909	0,0003	1,101	0,941
8	300	0,0965	0,00032	1,061	0,957
7	300	0,1008	0,00034	1,044	0,984
6	300	0,1024	0,00034	1,015	1,017
5	300	0,1006	0,00034	0,982	1,061
4	300	0,0948	0,00032	0,942	1,131
3	300	0,0838	0,00028	0,883	1,252
2	300	0,0669	0,00022	0,798	1,842
1	300	0,0363	0,00012	0,542	-----

Çizelge 4.60. “EYÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0824	0,00027	-----	0,906
9	300	0,0909	0,0003	1,103	0,941
8	300	0,09655	0,00032	1,062	0,957
7	300	0,1008	0,00034	1,044	0,984
6	300	0,1024	0,00034	1,015	1,017
5	300	0,10065	0,00034	0,982	1,062
4	300	0,09475	0,00032	0,941	1,130
3	300	0,0838	0,00028	0,884	1,251
2	300	0,06695	0,00022	0,798	1,846
1	300	0,03625	0,00012	0,541	-----

Çizelge 4.61. “EYÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0824	0,00027	-----	0,906
9	300	0,0909	0,0003	1,103	0,941
8	300	0,09655	0,00032	1,062	0,957
7	300	0,1008	0,00034	1,044	0,984
6	300	0,1024	0,00034	1,015	1,017
5	300	0,10065	0,00034	0,982	1,062
4	300	0,09475	0,00032	0,941	1,130
3	300	0,0838	0,00028	0,884	1,251
2	300	0,06695	0,00022	0,798	1,846
1	300	0,03625	0,00012	0,541	-----

Çizelgeler incelendiğinde hesaplanan η_{ki} 2,0 sınır değerini aşmadığından bina modelinde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat-B2) bulunmamaktadır.

4.3.4.6. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elamanlarının Süreksizliği

Örnek bina modelinde taşıyıcı yapı elamanlarının bazı katlarda kaldırılma ya da hareket etme gibi bir durumu olmadığından taşıyıcı elamanlarda herhangi bir süreksizlik yoktur.

Örnek bina modelinde B3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.3.4.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

DD-3 yer hareketine göre gerekli işlemler yapıldıktan sonra $\lambda^{(x)} = 0,387$ $\lambda^{(y)} = 0,396$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.62. “EXÜ” yüklemesi için göreli kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,1866	0,0752	0,5264	300	0,387	0,00068
9	1,1114	0,0944	0,6608	300	0,387	0,00085
8	1,017	0,1127	0,7889	300	0,387	0,00102
7	0,9043	0,1291	0,9037	300	0,387	0,00117
6	0,7752	0,1423	0,9961	300	0,387	0,00128
5	0,6329	0,1508	1,0556	300	0,387	0,00136
4	0,4821	0,1528	1,0696	300	0,387	0,00138
3	0,3293	0,1452	1,0164	300	0,387	0,00131
2	0,1841	0,1223	0,8561	300	0,387	0,0011
1	0,0618	0,0618	0,4326	300	0,387	0,00056

Çizelge 4.63. “EXÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,331	0,0838	0,5866	300	0,387	0,00076
9	1,2472	0,1055	0,7385	300	0,387	0,00095
8	1,1417	0,1262	0,8834	300	0,387	0,00114
7	1,0155	0,1447	1,0129	300	0,387	0,00131
6	0,8708	0,1598	1,1186	300	0,387	0,00144
5	0,711	0,1694	1,1858	300	0,387	0,00153
4	0,5416	0,1716	1,2012	300	0,387	0,00155
3	0,37	0,1632	1,1424	300	0,387	0,00147
2	0,2068	0,1374	0,9618	300	0,387	0,00124
1	0,0694	0,0694	0,4858	300	0,387	0,00063

Çizelge 4.64. “EXÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,0421	0,0665	0,4655	300	0,387	0,0006
9	0,9756	0,0833	0,5831	300	0,387	0,00075
8	0,8923	0,0992	0,6944	300	0,387	0,0009
7	0,7931	0,1134	0,7938	300	0,387	0,00102
6	0,6797	0,125	0,875	300	0,387	0,00113
5	0,5547	0,1322	0,9254	300	0,387	0,00119
4	0,4225	0,1338	0,9366	300	0,387	0,00121
3	0,2887	0,1273	0,8911	300	0,387	0,00115
2	0,1614	0,1071	0,7497	300	0,387	0,00097
1	0,0543	0,0543	0,3801	300	0,387	0,00049

Çizelge 4.65. “EYÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	0,8555	0,0825	0,5775	300	0,396	0,00076
9	0,773	0,0909	0,6363	300	0,396	0,00084
8	0,6821	0,0965	0,6755	300	0,396	0,00089
7	0,5856	0,1008	0,7056	300	0,396	0,00093
6	0,4848	0,1024	0,7168	300	0,396	0,00095
5	0,3824	0,1006	0,7042	300	0,396	0,00093
4	0,2818	0,0948	0,6636	300	0,396	0,00088
3	0,187	0,0838	0,5866	300	0,396	0,00077
2	0,1032	0,0669	0,4683	300	0,396	0,00062
1	0,0363	0,0363	0,2541	300	0,396	0,00034

Çizelge 4.66. “EYÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	0,9938	0,0915	0,6405	300	0,396	0,00085
9	0,9023	0,1021	0,7147	300	0,396	0,00094
8	0,8002	0,1099	0,7693	300	0,396	0,00102
7	0,6903	0,116	0,812	300	0,396	0,00107
6	0,5743	0,119	0,833	300	0,396	0,0011
5	0,4553	0,1182	0,8274	300	0,396	0,00109
4	0,3371	0,1124	0,7868	300	0,396	0,00104
3	0,2247	0,1005	0,7035	300	0,396	0,00093
2	0,1242	0,0809	0,5663	300	0,396	0,00075
1	0,0433	0,0433	0,3031	300	0,396	0,0004

Çizelge 4.67. “EYÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	0,9938	0,0915	0,6405	300	0,396	0,00085
9	0,9023	0,1021	0,7147	300	0,396	0,00094
8	0,8002	0,1099	0,7693	300	0,396	0,00102
7	0,6903	0,116	0,812	300	0,396	0,00107
6	0,5743	0,119	0,833	300	0,396	0,0011
5	0,4553	0,1182	0,8274	300	0,396	0,00109
4	0,3371	0,1124	0,7868	300	0,396	0,00104
3	0,2247	0,1005	0,7035	300	0,396	0,00093
2	0,1242	0,0809	0,5663	300	0,396	0,00075
1	0,0433	0,0433	0,3031	300	0,396	0,0004

Çizelgeler incelendiğinde görelî kat ötelemesi kontrolünde 0,008 sınır değerinin aşılmadığı görülmüştür.

4.3.4.8. İkinci Mertebe Etkileri

TBDY-2018, madde 4.9.1’e göre göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir i katında ikinci mertebe gösterge değeri $\theta_{II,i}$ hesaplanacaktır.

Çizelge 4.68. “EXÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri

Kat No	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	$m_k(\text{ton})$	$w_k(\text{kN})$	$V_t(\text{kN})$	h_i	$\theta_{II,i}$
10	0,05305	905,9	8.886,6828	692	300	0,00227
9	0,06325	996,6	9.777,0384	462	300	0,00341
8	0,07255	996,6	9.777,0384	411	300	0,00439
7	0,0807	996,6	9.777,0384	360	300	0,00534
6	0,0868	996,6	9.777,0384	308	300	0,00622
5	0,0901	996,6	9.777,0384	257	300	0,00697
4	0,0897	996,6	9.777,0384	205	300	0,00749
3	0,08395	996,6	9.777,0384	154	300	0,00759
2	0,0702	996,6	9.777,0384	103	300	0,00690
1	0,03675	996,6	9.777,0384	51	300	0,00395

Çizelge 4.69. “EYÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$	$m_k(\text{ton})$	$w_k(\text{kN})$	$V_i(\text{kN})$	h_i	$\theta_{II,i}$
10	0,0825	905,9	8.886,6828	960	300	0,00255
9	0,0909	996,6	9.777,0384	641	300	0,00353
8	0,0965	996,6	9.777,0384	570	300	0,00421
7	0,1008	996,6	9.777,0384	499	300	0,00481
6	0,1024	996,6	9.777,0384	427	300	0,00529
5	0,1006	996,6	9.777,0384	356	300	0,00561
4	0,0948	996,6	9.777,0384	285	300	0,00571
3	0,0838	996,6	9.777,0384	214	300	0,00547
2	0,0669	996,6	9.777,0384	142	300	0,00474
1	0,0363	996,6	9.777,0384	71	300	0,00281

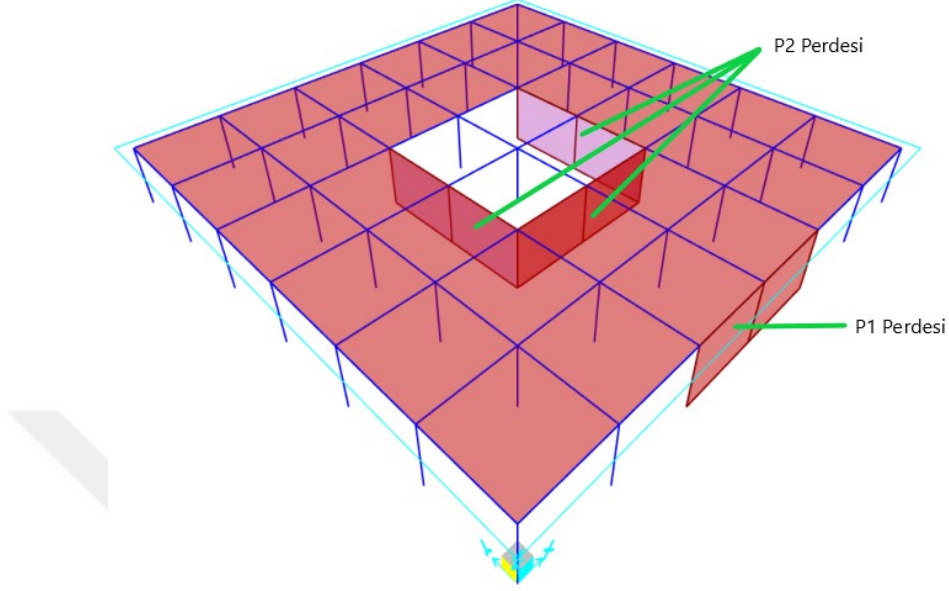
$\theta_{II,max} = 0,12 \frac{D}{C_{hR}}$ İkinci mertebe etkileri kontrolünde 0,085 sınır değeri aşılmamıştır.

4.3.4.9. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Kontrolü

Örnek modelinde bina tabanında meydana gelen toplam devrilme momenti çizelge 4.70’de verilmektedir.

Çizelge 4.70. Toplam devrilme momenti

Kat No	$H_i(\text{m})$	$F_{IE}^{(X)}(\text{kN})$	$F_{IE}^{(Y)}(\text{kN})$	$H_i * F_{IE}^{(X)}(\text{kNm})$	$H_i * F_{IE}^{(Y)}(\text{kNm})$
10	30	692	960	20762	28799
9	27	462	641	12481	17312
8	24	411	570	9861	13678
7	21	360	499	7550	10472
6	18	308	427	5547	7694
5	15	257	356	3852	5343
4	12	205	285	2465	3420
3	9	154	214	1387	1924
2	6	103	142	616	855
1	3	51	71	154	214
				64675	89711



Şekil 4.13. SAP2000 Kat planı ve perdelerin perspektif görünüşleri

Çizelge 4.71. Perde taban devrilme momentleri(kNm)

P1 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	3994
P2 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	25763
P2 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	42853

TBDY-2018, madde 4.3.2.4 (a)'ya göre Taşıyıcı sistemde tek bir perdenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} , o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_0 ' in 1/3' ünden fazla olmayacaktır.

Çizelge 4.72. Perdelere etkiyen M_{DEV}/M_0 oranı

P1 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} / M_0 =	6%
P2 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} / M_0 =	40%
P2 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} / M_0 =	48%

P1 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamaktadır.

P1 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamamaktadır.

P1 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamamaktadır.

TBDY-2018, madde 4.3.2.4. (a) şartı her iki doğrultuda da sağlanmamaktadır. Bu durumda taşıyıcı sistem davranış katsayısı R yerine 4/5 R alınarak tüm hesaplar tekrarlanmalıdır.

TBDY-2018 madde 4.3.4.5' e göre, perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %40'ından az %75'inden fazla olmayacaktır.

Çizelge 4.73. Toplam M_{DEV}/M_0 oranı

X-DOĞRULTUSUNDAKİ TOPLAM $M_{DEV} / M_0 =$	46%
Y-DOĞRULTUSUNDAKİ TOPLAM $M_{DEV} / M_0 =$	48%

X doğrultusunda TBDY-2018 Madde 4.3.4.5 ($0,40 < A < 0,75$) koşulunu sağlamaktadır.

Y doğrultusunda TBDY-2018 Madde 4.3.4.5 ($0,40 < A < 0,75$) koşulunu sağlamaktadır.

4.4. Uygulama 4.1

Model 4'te, model 1'deki bina modelinin bodrum katı ve kat perdeleri binadan çıkartılıp yapıdaki düzensizlikler incelenmiştir.

Bodumsuz Çerçeve Sistem**Bina Bilgileri:**

Kat adedi	: 10 Kat
Kat Yüksekliği	: 3m
Kolon	: 80x80 cm
Kiriş	: 40x60 cm
Döşeme Kalınlığı	: 20 cm
Perde	: 40 cm

Bodrum kat bodrum perdeleri ile çevrilmiştir.

Malzeme:

Beton	: C40/50
Donat Çeliği	: S420

Yükler:

Normal katlar için;

Sabit (Zati) Yük	: 3,5 kN/m ²
Hareketli Yük	: 5 kN/m ²

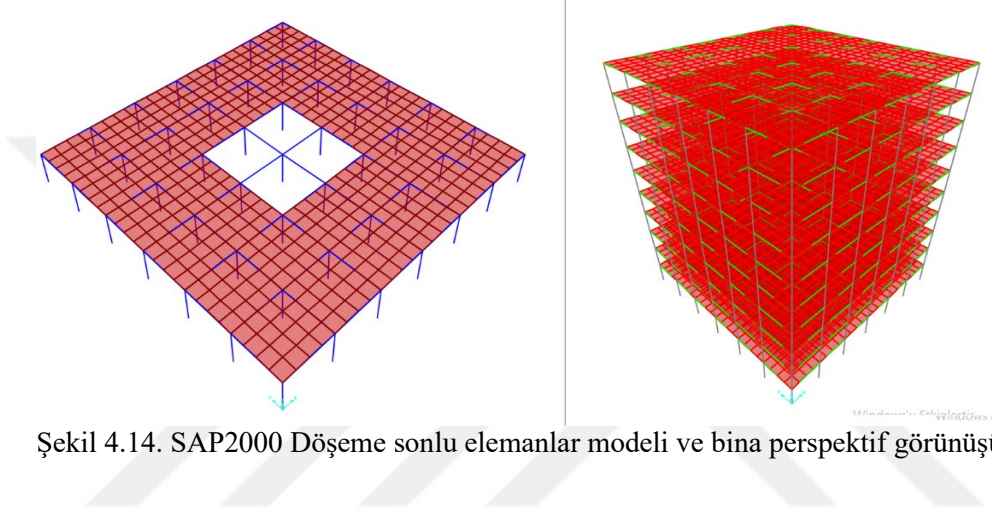
Çatı katı için;

Sabit (Zati) Yük	: 4 kN/m ²
Hareketli Yük	: 1,5 kN/m ²
Kar yükü	: 1,15 kN/m ²

2. bina modeli yukarıdaki bina bilgilerine göre ilk örnekte kullanılan tasarım ve hesap adımları kullanılarak analiz edilmiştir.

4.4.1. Tasarım ve Analiz

Dördüncü modelde binada hem bodrum katı bulunmamakta hem de kat perdeleri bulunmamaktadır yani yapılan modeller arasında en elverişsiz düzensizliklerin çıkması beklenen bina modelidir. Yapılan analizler sonucunda en elverişsiz deprem düzensizlikleri bu modelde gözenmiştir.



Şekil 4.14. SAP2000 Döşeme sonlu elemanlar modeli ve bina perspektif görünüşü

4.4.1.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması

Modal Participating Mass Ratios											
File View Edit Format-Filter-Sort Select Options											
Units: As Noted											
Filter:											
	OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
		Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
	MODAL	Mode	1	1,036007	0,77881	0,00327	8,764E-20	0,77881	0,00327	8,764E-20	0,00056
	MODAL	Mode	2	1,036007	0,00327	0,77881	0	0,78208	0,78208	8,765E-20	0,13305
	MODAL	Mode	3	0,929158	0	0	0	0,78208	0,78208	8,765E-20	0
	MODAL	Mode	4	0,321355	0,0767	0,02709	6,508E-16	0,85878	0,80917	6,509E-16	0,0735
	MODAL	Mode	5	0,321355	0,02709	0,0767	2,51E-19	0,88587	0,88587	6,512E-16	0,20811
	MODAL	Mode	6	0,290111	0	0	0	0,88587	0,88587	6,512E-16	1,255E-20
	MODAL	Mode	7	0,170982	0,02473	0,01892	2,038E-18	0,9106	0,9048	6,532E-16	0,01749
	MODAL	Mode	8	0,170982	0,01892	0,02473	2,726E-15	0,92952	0,92952	3,379E-15	0,02286
	MODAL	Mode	9	0,156065	5,953E-20	3,308E-18	8,121E-18	0,92952	0,92952	3,388E-15	4,685E-16
	MODAL	Mode	10	0,106855	0,00263	0,02277	1,632E-15	0,93215	0,95229	5,019E-15	0,04677
	MODAL	Mode	11	0,106855	0,02277	0,00263	6,189E-15	0,95492	0,95492	1,121E-14	0,00541
	MODAL	Mode	12	0,098329	2,271E-17	2,003E-17	1,422E-16	0,95492	0,95492	1,135E-14	1,155E-15

Şekil 4.15. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri

$T^{(x,y)}=1,03$ sn $T_{pA} = 0,897$ sn $T < 1,4 \times T_{pA}$ şartını sağlamaktadır.

4.4.1.2. Bina Taban Yüksekliğinin Belirlenmesi

Bu bina modelinde bodrum kat bulunmadığından bina kat yüksekliğimiz zemin kat taban kotundan itibaren hesaplanacaktır.

4.4.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi**4.4.2.1. Kat Kütlelerinin Belirlemesi**

Çizelge 4.74. Kat kütleleri

Kat No	m_i ton
10	901
9	967
8	967
7	967
6	967
5	967
4	967
3	967
2	967
1	967

Buna göre toplam kat kütlesi 9606 ton olarak hesaplanmış olur.

4.4.2.2. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlemesi

$$T(x)=1,035 \text{ sn} , \quad T(y)=1,035 \text{ sn}$$

$$S_{ac}(T^{(x)})=0,188 \text{ g} , \quad S_{ac}(T^{(y)})=0,188 \text{ g}$$

$$R_a(T^{(x)})=8 , \quad R_a(T^{(y)})=8$$

$$S_{aR}(T^{(x)})=0,0235 \text{ g} , \quad S_{aR}(T^{(y)})=0,0235 \text{ g}$$

4.4.2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

$$V_{tE}^{(x)} = 2214 \text{ kN}, V_{tE}^{(y)} = 2214 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(x)} = 0,0075 N V_{tE} = 166,082 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(y)} = 0,0075 N V_{tE} = 166,082 \text{ kN}$$

TBDY-2018, denklem 4.23'e göre hesaplanan katlara etkiye eşdeğer deprem yükleri Çizelge 4.75.'de verilmiştir.

Çizelge 4.75. Katlara etkiye eşdeğer deprem yükleri

Kat No	h_i	H_i m	m_i ton	$m_i H_i$ ton.m	$F_{iE}^{(X)}$ (kN)	$F_{iE}^{(Y)}$ (kN)
10	3	30	901	27027	517	517
9	3	27	967	26114	339	339
8	3	24	967	23213	302	302
7	3	21	967	20311	264	264
6	3	18	967	17409	226	226
5	3	15	967	14508	189	189
4	3	12	967	11606	151	151
3	3	9	967	8705	113	113
2	3	6	967	5803	75	75
1	3	3	967	2902	38	38

4.4.3. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi

TBDY-2018, madde 4.5.10'a göre kat döşemlerinin rijit diyafram olarak modellenmesi durumunda, kat kütle merkezlerine etkiyen yatay deprem yükleri, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun +%5 ve - %5' i kadar kaydırılarak bu durumlar için ayrıca deprem hesabı yapılacaktır.

4.4.4. Düzensizlik Kontrolleri**4.4.4.1. A1 Burulma Düzensizliği**

Örnek binada sırasıyla “EXÜ”, “EXÜ+%5”, “EXÜ-%5”, “EYÜ”, “EYÜ+%5” ve “EYÜ-%5” yüklemeleri altında burulma düzensizliği kontrolleri Çizelge 4.76.-4.81.’de verilmiştir.

“EXÜ” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ+%5” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda +%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ-%5” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda -%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ+%5” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda +%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ-%5” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda -%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

Çizelge 4.76. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,0823	1,0823	0,0515	0,0515	0,0515	1
9	1,0308	1,0308	0,0718	0,0718	0,0718	1
8	0,959	0,959	0,0929	0,0929	0,0929	1
7	0,8661	0,8661	0,1122	0,1122	0,1122	1
6	0,7539	0,7539	0,1288	0,1288	0,1288	1
5	0,6251	0,6251	0,1415	0,1415	0,1415	1
4	0,4836	0,4836	0,1489	0,1489	0,1489	1
3	0,3347	0,3347	0,1469	0,1469	0,1469	1
2	0,1878	0,1878	0,126	0,126	0,126	1
1	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	1

Çizelge 4.77. “EXÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,1941	0,9706	0,0567	0,0465	0,0516	1,098
9	1,1374	0,9241	0,079	0,0646	0,0718	1,100
8	1,0584	0,8595	0,1023	0,0834	0,09285	1,101
7	0,9561	0,7761	0,1236	0,1007	0,11215	1,102
6	0,8325	0,6754	0,142	0,1156	0,1288	1,102
5	0,6905	0,5598	0,1562	0,1269	0,14155	1,103
4	0,5343	0,4329	0,1643	0,1335	0,1489	1,103
3	0,37	0,2994	0,1623	0,1315	0,1469	1,104
2	0,2077	0,1679	0,1393	0,1127	0,126	1,105
1	0,0684	0,0552	0,0684	0,0552	0,0618	1,106

Çizelge 4.78. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,1941	0,9706	0,0567	0,0465	0,0516	1,098
9	1,1374	0,9241	0,079	0,0646	0,0718	1,100
8	1,0584	0,8595	0,1023	0,0834	0,09285	1,101
7	0,9561	0,7761	0,1236	0,1007	0,11215	1,102
6	0,8325	0,6754	0,142	0,1156	0,1288	1,102
5	0,6905	0,5598	0,1562	0,1269	0,14155	1,103
4	0,5343	0,4329	0,1643	0,1335	0,1489	1,103
3	0,37	0,2994	0,1623	0,1315	0,1469	1,104
2	0,2077	0,1679	0,1393	0,1127	0,126	1,105
1	0,0684	0,0552	0,0684	0,0552	0,0618	1,106

Çizelge 4.79. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,0823	1,0823	0,0515	0,0515	0,0515	1
9	1,0308	1,0308	0,0718	0,0718	0,0718	1
8	0,959	0,959	0,0929	0,0929	0,0929	1
7	0,8661	0,8661	0,1122	0,1122	0,1122	1
6	0,7539	0,7539	0,1288	0,1288	0,1288	1
5	0,6251	0,6251	0,1415	0,1415	0,1415	1
4	0,4836	0,4836	0,1489	0,1489	0,1489	1
3	0,3347	0,3347	0,1469	0,1469	0,1469	1
2	0,1878	0,1878	0,126	0,126	0,126	1
1	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	1

Çizelge 4.80. “EYÜ+5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,1941	0,9706	0,0567	0,0465	0,0516	1,098
9	1,1374	0,9241	0,079	0,0646	0,0718	1,100
8	1,0584	0,8595	0,1023	0,0834	0,09285	1,101
7	0,9561	0,7761	0,1236	0,1007	0,11215	1,102
6	0,8325	0,6754	0,142	0,1156	0,1288	1,102
5	0,6905	0,5598	0,1562	0,1269	0,14155	1,103
4	0,5343	0,4329	0,1643	0,1335	0,1489	1,103
3	0,37	0,2994	0,1623	0,1315	0,1469	1,104
2	0,2077	0,1679	0,1393	0,1127	0,126	1,105
1	0,0684	0,0552	0,0684	0,0552	0,0618	1,106

Çizelge 4.81. “EYÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(Δ _i) _{max}	(Δ _i) _{min}	(Δ _i) _{ort}	η _{bi}
10	1,1941	0,9706	0,0567	0,0465	0,0516	1,098
9	1,1374	0,9241	0,079	0,0646	0,0718	1,100
8	1,0584	0,8595	0,1023	0,0834	0,09285	1,101
7	0,9561	0,7761	0,1236	0,1007	0,11215	1,102
6	0,8325	0,6754	0,142	0,1156	0,1288	1,102
5	0,6905	0,5598	0,1562	0,1269	0,14155	1,103
4	0,5343	0,4329	0,1643	0,1335	0,1489	1,103
3	0,37	0,2994	0,1623	0,1315	0,1469	1,104
2	0,2077	0,1679	0,1393	0,1127	0,126	1,105
1	0,0684	0,0552	0,0684	0,0552	0,0618	1,106

Örnek binada X ve Y doğrultusunda A1-Burulma Düzensizliği bulunmamaktadır.

4.4.4.2. A2 Döşeme Süreksizliği

Örnek binada brüt kat alanı (A): $24 \times 24 = 576 \text{ m}^2$

Örnek binada kat içindeki boşluk alanı (A_b): $8 \times 8 = 64 \text{ m}^2$

$64 < 576/3 = 192 \text{ m}^2$ koşulunu sağlamaktadır.

Aynı zamanda deprem yüklerinin düşey doğrultuda sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşlukları bulunmadığından ve döşemenin düzlem içi rijitliği ile dayanımında ani azalmalar olmadığından binada A2 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.4.4.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması

Örnek binamızın kat planında balkon gibi çıkıntı yapan kısım bulunmadığından dolayı A3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.4.4.4. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği

Örnek Bina modelinde etkili kesme alanları katlar arası değişmediğinde B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.4.4.5. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği

Örnek binada sırasıyla “EXÜ”, “EXÜ+%5”, “EXÜ-%5”, “EYÜ”, “EYÜ+%5” ve “EYÜ-%5” yüklemeleri için B2 düzensizliği kontrolleri Çizelge 4.82-4.87’de verilmiştir.

Çizelge 4.82. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0515	0,00017	-----	0,717
9	300	0,0718	0,00024	1,394	0,772
8	300	0,0929	0,00031	1,293	0,827
7	300	0,1122	0,00037	1,207	0,871
6	300	0,1288	0,00043	1,147	0,910
5	300	0,1415	0,00047	1,098	0,950
4	300	0,1489	0,0005	1,052	1,013
3	300	0,1469	0,00049	0,986	1,165
2	300	0,126	0,00042	0,857	2,038
1	300	0,0618	0,00021	0,490	-----

Çizelge 4.83. “EXÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0516	0,00017	-----	0,718
9	300	0,0718	0,00024	1,391	0,773
8	300	0,09285	0,00031	1,293	0,827
7	300	0,11215	0,00037	1,207	0,870
6	300	0,1288	0,00043	1,148	0,909
5	300	0,14155	0,00047	1,098	0,950
4	300	0,1489	0,0005	1,051	1,013
3	300	0,1469	0,00049	0,986	1,165
2	300	0,126	0,00042	0,857	2,038
1	300	0,0618	0,00021	0,490	-----

Çizelge 4.84. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0516	0,00017	-----	0,718
9	300	0,0718	0,00024	1,391	0,773
8	300	0,09285	0,00031	1,293	0,827
7	300	0,11215	0,00037	1,207	0,870
6	300	0,1288	0,00043	1,148	0,909
5	300	0,14155	0,00047	1,098	0,950
4	300	0,1489	0,0005	1,051	1,013
3	300	0,1469	0,00049	0,986	1,165
2	300	0,126	0,00042	0,857	2,038
1	300	0,0618	0,00021	0,490	-----

Çizelge 4.85. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0515	0,00017	-----	0,717
9	300	0,0718	0,00024	1,394	0,772
8	300	0,0929	0,00031	1,293	0,827
7	300	0,1122	0,00037	1,207	0,871
6	300	0,1288	0,00043	1,147	0,910
5	300	0,1415	0,00047	1,098	0,950
4	300	0,1489	0,0005	1,052	1,013
3	300	0,1469	0,00049	0,986	1,165
2	300	0,126	0,00042	0,857	2,038
1	300	0,0618	0,00021	0,490	-----

Çizelge 4.86. “EYÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0516	0,00017	-----	0,718
9	300	0,0718	0,00024	1,391	0,773
8	300	0,09285	0,00031	1,293	0,827
7	300	0,11215	0,00037	1,207	0,870
6	300	0,1288	0,00043	1,148	0,909
5	300	0,14155	0,00047	1,098	0,950
4	300	0,1489	0,0005	1,051	1,013
3	300	0,1469	0,00049	0,986	1,165
2	300	0,126	0,00042	0,857	2,038
1	300	0,0618	0,00021	0,490	-----

Çizelge 4.87. “EYÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

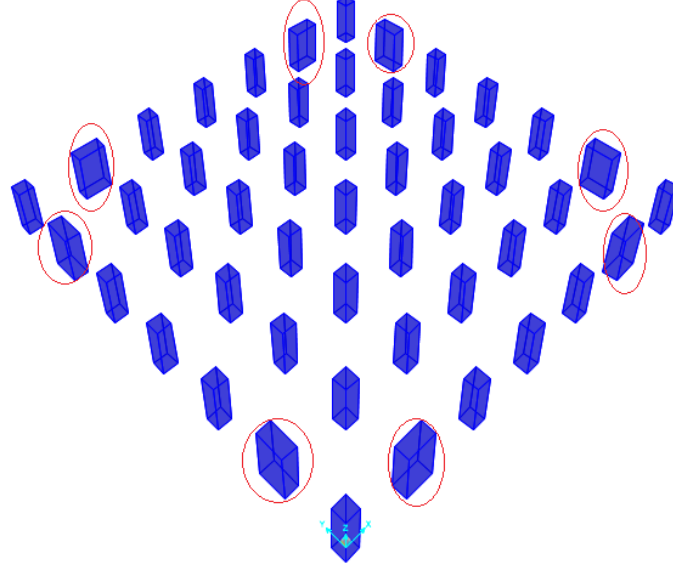
Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0516	0,00017	-----	0,718
9	300	0,0718	0,00024	1,391	0,773
8	300	0,09285	0,00031	1,293	0,827
7	300	0,11215	0,00037	1,207	0,870
6	300	0,1288	0,00043	1,148	0,909
5	300	0,14155	0,00047	1,098	0,950
4	300	0,1489	0,0005	1,051	1,013
3	300	0,1469	0,00049	0,986	1,165
2	300	0,126	0,00042	0,857	2,038
1	300	0,0618	0,00021	0,490	-----

Çizelgeler incelendiğinde hesaplanan η_{ki} 2,0 sınır değerini aşıldığından bina modelinde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat-B2) bulunmaktadır.

TBDY-2018’e göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalarda kullanılabilir. Modelimiz $\eta_{bi} \leq 2$ koşulunu sağlamaktadır fakat sistemden perde elemanlar ve bodrum katın eksilmesinden dolayı B2 türü düzensizlik ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple modelde eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmadığı için aynı bina modelinde bazı kolon boyutları bulundukları bina kenarlarına paralel yönde büyütülerek model 4.2 adı altında yeniden çözümleme yapılacaktır.

4.5. Uygulama 4.2

Model 4.1’ de yumuşak kat düzensizliği bulunduğundan dolayı yönetmelik eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılmasına izin vermemektedir. Bu sebeple yumuşak kat düzensizliğini gidermek için modelde bazı kolon boyutları bulunduğu kenara paralel olacak biçimde büyütülecektir. Modelinde bazı kolon boyutları 80x80cm den 80x160cm’a çıkarılmıştır.



Şekil 4.16. Kat kolon planı

Ebatları değiştirilen kolonlar yukarıdaki Şekil 4.16.'da verilmiştir. Kolonlardaki ebat değişikliği bina zemininden bina tepesine sürekliliği bozmadan yapılmıştır.

4.5.1. Tasarım ve Analiz

4.5.1.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması

Modal Participating Mass Ratios											
File View Edit Format-Filter-Sort Select Options											
Units: As Noted											
Filter:											
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	
	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	
MODAL	Mode	1	1,069746	0,71399	0,06777	0	0,71399	0,06777	0	0,01175	
MODAL	Mode	2	1,069746	0,06777	0,71399	0	0,78176	0,78176	0	0,12375	
MODAL	Mode	3	0,956827	0	0	0	0,78176	0,78176	0	0	
MODAL	Mode	4	0,316735	0,09792	0,00829	0	0,87967	0,79005	0	0,02265	
MODAL	Mode	5	0,316735	0,00829	0,09792	0	0,88797	0,88797	0	0,26741	
MODAL	Mode	6	0,161061	0,00083	0,04285	0	0,88879	0,93081	0	0,0351	
MODAL	Mode	7	0,161061	0,04285	0,00083	0	0,93164	0,93164	0	0,00068	
MODAL	Mode	8	0,124499	1,088E-05	0,00057	0	0,93165	0,93221	0	0,22558	
MODAL	Mode	9	0,124492	0,00057	1,091E-05	0	0,93222	0,93222	0	0,0043	
MODAL	Mode	10	0,112476	1,123E-05	0,00059	0	0,93223	0,93281	0	0,00901	
MODAL	Mode	11	0,112364	0,0006	1,138E-05	0	0,93283	0,93282	0	0,00017	
MODAL	Mode	12	0,097176	0,00051	0,02686	0	0,93334	0,95968	0	0,03825	
MODAL	Mode	13	0,097169	0,02686	0,00051	0	0,96021	0,9602	0	0,00073	
MODAL	Mode	14	0,065958	0,00041	0,02144	0	0,96061	0,96163	0	0,03002	
MODAL	Mode	15	0,065804	0,02201	0,00042	0	0,98262	0,98205	0	0,0006	

Şekil 4.17. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri

4.5.1.2. Bina Taban Yüksekliğinin Belirlenmesi

Bu bina modelinde bodrum kat bulunmadığından bina kat yüksekliğimiz zemin kat taban kotundan itibaren hesaplanacaktır.

4.5.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi**4.5.2.1. Kat Kütlelerinin Belirlenmesi**

Çizelge 4.88. Kat kütleleri

Kat No	m_i ton
10	921
9	1006
8	1006
7	1006
6	1006
5	1006
4	1006
3	1006
2	1006
1	1006

Buna göre toplam kat kütlesi 9978 ton olarak hesaplanmış olur.

4.5.2.2. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlenmesi

$$T(x)=1,07 \text{ sn} , \quad T(y)=1,07 \text{ sn}$$

$$S_{ae}(T^{(x)})=0,182 \text{ g} , \quad S_{ae}(T^{(y)})=0,182 \text{ g}$$

$$R_a(T^{(x)})=8 , \quad R_a(T^{(y)})=8$$

$$S_{aR}(T^{(x)})=0,0235 \text{ g}, \quad S_{aR}(T^{(y)})=0,0235 \text{ g}$$

4.5.2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

$$V_{tE}^{(x)} = 2300 \text{ kN}$$

$$V_{tE}^{(y)} = 2300 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(x)} = 0,0075 N V_{tE} = 172,5 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(y)} = 0,0075 N V_{tE} = 172,5 \text{ kN}$$

TBDY-2018, denklem 4.23'e göre hesaplanan katlara etkiye eşdeğer deprem yükleri aşağıdaki Çizelge 4.89.'da verilmiştir.

Çizelge 4.89. Katlara etkiye eşdeğer deprem yükleri

Kat No	h_i m	H_i m	m_i ton	$m_i H_i$ Tonm	$F_{iE}^{(X)}$ (kN)	$F_{iE}^{(Y)}$ (kN)
10	3	30	921	27615	532	532
9	3	27	1006	27173	354	354
8	3	24	1006	24153	314	314
7	3	21	1006	21134	275	275
6	3	18	1006	18115	236	236
5	3	15	1006	15096	196	196
4	3	12	1006	12077	157	157
3	3	9	1006	9058	118	118
2	3	6	1006	6038	79	79
1	3	3	1006	3019	39	39

4.5.3. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi

TBDY-2018, madde 4.5.10'a göre kat döşemlerinin rijit diyafram olarak modellenmesi durumunda, kat kütle merkezlerine etkiyen yatay deprem yükleri, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun +%5 ve - %5' i kadar kaydırılarak bu durumlar için ayrıca deprem hesabı yapılacaktır.

4.5.4. Düzensizlik Kontrolleri**4.5.4.1. A1 Burulma Düzensizliği**

Örnek binada sırasıyla “EXÜ”, “EXÜ+%5”, “EXÜ-%5”, “EYÜ”, “EYÜ+%5” ve “EYÜ-%5” yüklemeleri altında burulma düzensizliği kontrolleri Çizelge 4.90-4.95’te verilmiştir.

“EXÜ” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ+%5” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda +%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ-%5” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda -%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ+%5” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda +%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ-%5” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda -%5 eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

Çizelge 4.90. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,1643	1,1643	0,0634	0,0634	0,0634	1
9	1,1009	1,1009	0,0809	0,0809	0,0809	1
8	1,02	1,02	0,1002	0,1002	0,1002	1
7	0,9198	0,9198	0,1187	0,1187	0,1187	1
6	0,8011	0,8011	0,1347	0,1347	0,1347	1
5	0,6664	0,6664	0,147	0,147	0,147	1
4	0,5194	0,5194	0,1541	0,1541	0,1541	1
3	0,3653	0,3653	0,1536	0,1536	0,1536	1
2	0,2117	0,2117	0,1398	0,1398	0,1398	1
1	0,0719	0,0719	0,0719	0,0719	0,0719	1

Çizelge 4.91. “EXÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,2805	1,0482	0,0698	0,057	0,0634	1,100
9	1,2107	0,9912	0,0889	0,073	0,08095	1,098
8	1,1218	0,9182	0,11	0,0905	0,10025	1,097
7	1,0118	0,8277	0,1303	0,1071	0,1187	1,097
6	0,8815	0,7206	0,1477	0,1216	0,13465	1,096
5	0,7338	0,599	0,1613	0,1326	0,14695	1,097
4	0,5725	0,4664	0,1693	0,139	0,15415	1,098
3	0,4032	0,3274	0,1689	0,1382	0,15355	1,099
2	0,2343	0,1892	0,1543	0,1254	0,13985	1,103
1	0,08	0,0638	0,08	0,0638	0,0719	1,112

Çizelge 4.92. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,2805	1,0482	0,0698	0,057	0,0634	1,100
9	1,2107	0,9912	0,0889	0,073	0,08095	1,098
8	1,1218	0,9182	0,11	0,0905	0,10025	1,097
7	1,0118	0,8277	0,1303	0,1071	0,1187	1,097
6	0,8815	0,7206	0,1477	0,1216	0,13465	1,096
5	0,7338	0,599	0,1613	0,1326	0,14695	1,097
4	0,5725	0,4664	0,1693	0,139	0,15415	1,098
3	0,4032	0,3274	0,1689	0,1382	0,15355	1,099
2	0,2343	0,1892	0,1543	0,1254	0,13985	1,103
1	0,08	0,0638	0,08	0,0638	0,0719	1,112

Çizelge 4.93. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,1643	1,1643	0,0634	0,0634	0,0634	1
9	1,1009	1,1009	0,0809	0,0809	0,0809	1
8	1,02	1,02	0,1002	0,1002	0,1002	1
7	0,9198	0,9198	0,1187	0,1187	0,1187	1
6	0,8011	0,8011	0,1347	0,1347	0,1347	1
5	0,6664	0,6664	0,147	0,147	0,147	1
4	0,5194	0,5194	0,1541	0,1541	0,1541	1
3	0,3653	0,3653	0,1536	0,1536	0,1536	1
2	0,2117	0,2117	0,1398	0,1398	0,1398	1
1	0,0719	0,0719	0,0719	0,0719	0,0719	1

Çizelge 4.94. “EYÜ+5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
10	1,2805	1,0482	0,0698	0,057	0,0634	1,100
9	1,2107	0,9912	0,0889	0,073	0,08095	1,098
8	1,1218	0,9182	0,11	0,0905	0,10025	1,097
7	1,0118	0,8277	0,1303	0,1071	0,1187	1,097
6	0,8815	0,7206	0,1477	0,1216	0,13465	1,096
5	0,7338	0,599	0,1613	0,1326	0,14695	1,097
4	0,5725	0,4664	0,1693	0,139	0,15415	1,098
3	0,4032	0,3274	0,1689	0,1382	0,15355	1,099
2	0,2343	0,1892	0,1543	0,1254	0,13985	1,103
1	0,08	0,0638	0,08	0,0638	0,0719	1,112

Çizelge 4.95. “EYÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(Δ _i) _{max}	(Δ _i) _{min}	(Δ _i) _{ort}	η _{bi}
10	1,2805	1,0482	0,0698	0,057	0,0634	1,100
9	1,2107	0,9912	0,0889	0,073	0,08095	1,098
8	1,1218	0,9182	0,11	0,0905	0,10025	1,097
7	1,0118	0,8277	0,1303	0,1071	0,1187	1,097
6	0,8815	0,7206	0,1477	0,1216	0,13465	1,096
5	0,7338	0,599	0,1613	0,1326	0,14695	1,097
4	0,5725	0,4664	0,1693	0,139	0,15415	1,098
3	0,4032	0,3274	0,1689	0,1382	0,15355	1,099
2	0,2343	0,1892	0,1543	0,1254	0,13985	1,103
1	0,08	0,0638	0,08	0,0638	0,0719	1,112

Örnek binada X ve Y doğrultusunda A1-Burulma Düzensizliği bulunmamaktadır.

4.5.4.2. A2 Döşeme Süreksizliği

Örnek binada brüt kat alanı (A): $24 \times 24 = 576 \text{ m}^2$

Örnek binada kat içindeki boşluk alanı (A_b): $8 \times 8 = 64 \text{ m}^2$

$64 < 576/3 = 192 \text{ m}^2$ koşulunu sağlamaktadır.

Aynı zamanda deprem yüklerinin düşey doğrultuda sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşlukları bulunmadığından ve döşemenin düzlem içi rijitliği ile dayanımında ani azalmalar olmadığından binada A2 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.5.4.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması

Örnek binamızın kat planında balkon gibi çıkıntı yapan kısım bulunmadığından dolayı A3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.5.4.4. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği

Örnek Bina modelinde etkili kesme alanları katlar arası değişmediğinde B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.5.4.5. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği

Örnek binada sırasıyla “EXÜ”, “EXÜ+%5”, “EXÜ-%5”, “EYÜ”, “EYÜ+%5” ve “EYÜ-%5” yüklemeleri için B2 düzensizliği kontrolleri Çizelge 4.96-4.101 verilmiştir.

Çizelge 4.96. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0634	0,000211	-----	0,783
9	300	0,0809	0,00027	1,276	0,807
8	300	0,1002	0,000334	1,238	0,844
7	300	0,1187	0,000396	1,184	0,881
6	300	0,1347	0,000449	1,134	0,916
5	300	0,147	0,00049	1,091	0,953
4	300	0,1541	0,000514	1,048	1,003
3	300	0,1536	0,000512	0,996	1,098
2	300	0,1398	0,000466	0,910	1,944
1	300	0,0719	0,00024	0,514	-----

Çizelge 4.97. “EXÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0634	0,000211	-----	0,783
9	300	0,08095	0,00027	1,276	0,807
8	300	0,10025	0,000334	1,238	0,844
7	300	0,1187	0,000396	1,184	0,881
6	300	0,13465	0,000449	1,134	0,916
5	300	0,14695	0,00049	1,091	0,953
4	300	0,15415	0,000514	1,048	1,003
3	300	0,15355	0,000512	0,996	1,097
2	300	0,13985	0,000466	0,910	1,945
1	300	0,0719	0,00024	0,514	-----

Çizelge 4.98. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0634	0,000211	-----	0,783
9	300	0,08095	0,00027	1,276	0,807
8	300	0,10025	0,000334	1,238	0,844
7	300	0,1187	0,000396	1,184	0,881
6	300	0,13465	0,000449	1,134	0,916
5	300	0,14695	0,00049	1,091	0,953
4	300	0,15415	0,000514	1,048	1,003
3	300	0,15355	0,000512	0,996	1,097
2	300	0,13985	0,000466	0,910	1,945
1	300	0,0719	0,00024	0,514	-----

Çizelge 4.99. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0634	0,000211	-----	0,783
9	300	0,0809	0,00027	1,276	0,807
8	300	0,1002	0,000334	1,238	0,844
7	300	0,1187	0,000396	1,184	0,88
6	300	0,1347	0,000449	1,134	0,916
5	300	0,147	0,00049	1,091	0,953
4	300	0,1541	0,000514	1,048	1,00
3	300	0,1536	0,000512	0,996	1,098
2	300	0,1398	0,000466	0,910	1,944
1	300	0,0719	0,00024	0,514	-----

Çizelge 4.100. “EYÜ+5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0634	0,000211	-----	0,783
9	300	0,08095	0,00027	1,276	0,807
8	300	0,10025	0,000334	1,238	0,844
7	300	0,1187	0,000396	1,184	0,881
6	300	0,13465	0,000449	1,13	0,916
5	300	0,14695	0,00049	1,091	0,953
4	300	0,15415	0,000514	1,048	1,003
3	300	0,15355	0,000512	0,996	1,097
2	300	0,13985	0,000466	0,910	1,945
1	300	0,0719	0,00024	0,514	-----

Çizelge 4.101. “EYÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
10	300	0,0634	0,000211	-----	0,783
9	300	0,08095	0,00027	1,27	0,807
8	300	0,10025	0,000334	1,238	0,844
7	300	0,1187	0,000396	1,184	0,881
6	300	0,13465	0,000449	1,134	0,916
5	300	0,14695	0,00049	1,09	0,953
4	300	0,15415	0,000514	1,048	1,003
3	300	0,15355	0,000512	0,996	1,097
2	300	0,13985	0,000466	0,910	1,945
1	300	0,0719	0,00024	0,514	-----

Çizelgeler incelendiğinde hesaplanan η_{ki} 2,0 sınır değerini aşmadığından bina modelinde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat-B2) bulunmamaktadır.

4.5.4.6. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elamanlarının Süreksizliği

Örnek bina modelinde taşıyıcı yapı elamanlarının bazı katlarda kaldırılma ya da hareket etme gibi bir durumu olmadığından taşıyıcı elamanlarda herhangi bir süreksizlik yoktur.

Örnek bina modelinde B3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.5.4.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

DD-3 yer hareketine göre gerekli işlemler yapıldıktan sonra $\lambda^{(x)} = 0,390$ $\lambda^{(y)} = 0,390$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.102. “EXÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,1643	0,0634	0,5072	300	0,390	0,0006594
9	1,1009	0,0809	0,6472	300	0,390	0,0008414
8	1,02	0,1002	0,8016	300	0,390	0,0010421
7	0,9198	0,1187	0,9496	300	0,390	0,0012345
6	0,8011	0,1347	1,0776	300	0,390	0,0014009
5	0,6664	0,147	1,176	300	0,390	0,0015288
4	0,5194	0,1541	1,2328	300	0,390	0,0016026
3	0,3653	0,1536	1,2288	300	0,390	0,0015974
2	0,2117	0,1398	1,1184	300	0,390	0,0014539
1	0,0719	0,0719	0,5752	300	0,390	0,0007478

Çizelge 4.103. “EXÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,2805	0,0698	0,5584	300	0,390	0,0007259
9	1,2107	0,0889	0,7112	300	0,390	0,0009246
8	1,1218	0,11	0,88	300	0,390	0,001144
7	1,0118	0,1303	1,0424	300	0,390	0,0013551
6	0,8815	0,1477	1,1816	300	0,390	0,0015361
5	0,7338	0,1613	1,2904	300	0,390	0,0016775
4	0,5725	0,1693	1,3544	300	0,390	0,0017607
3	0,4032	0,1689	1,3512	300	0,390	0,0017566
2	0,2343	0,1543	1,2344	300	0,390	0,0016047
1	0,08	0,08	0,64	300	0,390	0,000832

Çizelge 4.104. “EXÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,2805	0,0698	0,5584	300	0,390	0,0007259
9	1,2107	0,0889	0,7112	300	0,390	0,0009246
8	1,1218	0,11	0,88	300	0,390	0,001144
7	1,0118	0,1303	1,0424	300	0,390	0,0013551
6	0,8815	0,1477	1,1816	300	0,390	0,0015361
5	0,7338	0,1613	1,2904	300	0,390	0,0016775
4	0,5725	0,1693	1,3544	300	0,390	0,0017607
3	0,4032	0,1689	1,3512	300	0,390	0,0017566
2	0,2343	0,1543	1,2344	300	0,390	0,0016047
1	0,08	0,08	0,64	300	0,390	0,000832

Çizelge 4.105. “EYÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,1643	0,0634	0,5072	300	0,390	0,0006594
9	1,1009	0,0809	0,6472	300	0,390	0,0008414
8	1,02	0,1002	0,8016	300	0,390	0,0010421
7	0,9198	0,1187	0,9496	300	0,390	0,0012345
6	0,8011	0,1347	1,0776	300	0,390	0,0014009
5	0,6664	0,147	1,176	300	0,390	0,0015288
4	0,5194	0,1541	1,2328	300	0,390	0,0016026
3	0,3653	0,1536	1,2288	300	0,390	0,0015974
2	0,2117	0,1398	1,1184	300	0,390	0,0014539
1	0,0719	0,0719	0,5752	300	0,390	0,0007478

Çizelge 4.106. “EYÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,2805	0,0698	0,5584	300	0,390	0,0007259
9	1,2107	0,0889	0,7112	300	0,390	0,0009246
8	1,1218	0,11	0,88	300	0,390	0,001144
7	1,0118	0,1303	1,0424	300	0,390	0,0013551
6	0,8815	0,1477	1,1816	300	0,390	0,0015361
5	0,7338	0,1613	1,2904	300	0,390	0,0016775
4	0,5725	0,1693	1,3544	300	0,390	0,0017607
3	0,4032	0,1689	1,3512	300	0,390	0,0017566
2	0,2343	0,1543	1,2344	300	0,390	0,0016047
1	0,08	0,08	0,64	300	0,390	0,000832

Çizelge 4.107. “EYÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
10	1,2805	0,0698	0,5584	300	0,390	0,0007259
9	1,2107	0,0889	0,7112	300	0,390	0,0009246
8	1,1218	0,11	0,88	300	0,390	0,001144
7	1,0118	0,1303	1,0424	300	0,390	0,0013551
6	0,8815	0,1477	1,1816	300	0,390	0,0015361
5	0,7338	0,1613	1,2904	300	0,390	0,0016775
4	0,5725	0,1693	1,3544	300	0,390	0,0017607
3	0,4032	0,1689	1,3512	300	0,390	0,0017566
2	0,2343	0,1543	1,2344	300	0,390	0,0016047
1	0,08	0,08	0,64	300	0,390	0,000832

Çizelgeler incelendiğinde görelî kat ötelemesi kontrolünde 0,008 sınır değerinin aşılmadığı görülmüştür.

4.5.4.8. İkinci Mertebe Etkileri

TBDY-2018, madde 4.9.1'e göre göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir i katında ikinci mertebe gösterge değeri $\theta_{II,i}$ hesaplanacaktır.

Çizelge 4.108. “EXÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$	$m_k(\text{ton})$	$w_k(\text{kN})$	$V_t(\text{kN})$	h_i	$\theta_{II,i}$
10	0,0634	920,5	9.030,2031	532	300	0,00359
9	0,0809	1.006,4	9.872,6859	354	300	0,00576
8	0,1002	1.006,4	9.872,6859	314	300	0,00801
7	0,1187	1.006,4	9.872,6859	275	300	0,01037
6	0,1347	1.006,4	9.872,6859	236	300	0,01273
5	0,147	1.006,4	9.872,6859	196	300	0,01500
4	0,1541	1.006,4	9.872,6859	157	300	0,01699
3	0,1536	1.006,4	9.872,6859	118	300	0,01833
2	0,1398	1.006,4	9.872,6859	79	300	0,01814
1	0,0719	1.006,4	9.872,6859	39	300	0,01020

Çizelge 4.109. “EYÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$	$m_k(\text{ton})$	$w_k(\text{kN})$	$V_t(\text{kN})$	h_i	$\theta_{II,i}$
10	0,0634	920,5	9.030,2031	532	300	0,00359
9	0,0809	1.006,4	9.872,6859	354	300	0,00576
8	0,1002	1.006,4	9.872,6859	314	300	0,00801
7	0,1187	1.006,4	9.872,6859	275	300	0,01037
6	0,1347	1.006,4	9.872,6859	236	300	0,01273
5	0,147	1.006,4	9.872,6859	196	300	0,01500
4	0,1541	1.006,4	9.872,6859	157	300	0,01699
3	0,1536	1.006,4	9.872,6859	118	300	0,01833
2	0,1398	1.006,4	9.872,6859	79	300	0,01814
1	0,0719	1.006,4	9.872,6859	39	300	0,01020

$\theta_{II,max} = 0,12 \frac{D}{C_h R}$ İkinci mertebe etkileri kontrolünde 0,085 sınır değeri aşılmamıştır.

4.6. Uygulama 5

6. modelde 18 kat ve bodrumlu bir yüksek yapı modeli mod birleştirme yöntemiyle çözümlenmiştir.

Etrafı Rijit Perdelerle Çevrili Bodrum + Perdeli Sistem**Bina Bilgileri:**

Kat adedi	: 1 Bodrum + 18 Kat
Kat Yüksekliği	: 3m
Kolon	: Bodrum ve 1-9 kat 80x80 cm 10-18 kat 100x100 cm
Kiriş	: 40x60 cm
Döşeme Kalınlığı	: 20 cm
Perde	: 40 cm
Bodrum kat bodrum perdeleri ile çevrilmiştir.	

Malzeme:

Beton	: C40/50
Donat Çeliği	: S420

Yükler:

Normal katlar için;

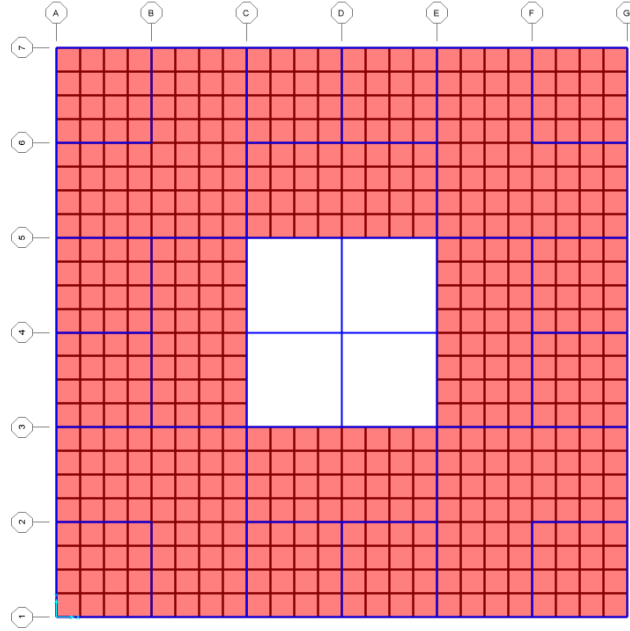
Sabit (Zati) Yük	: 3,5 kN/m ²
Hareketli Yük	: 5 kN/m ²

Çatı katı için;

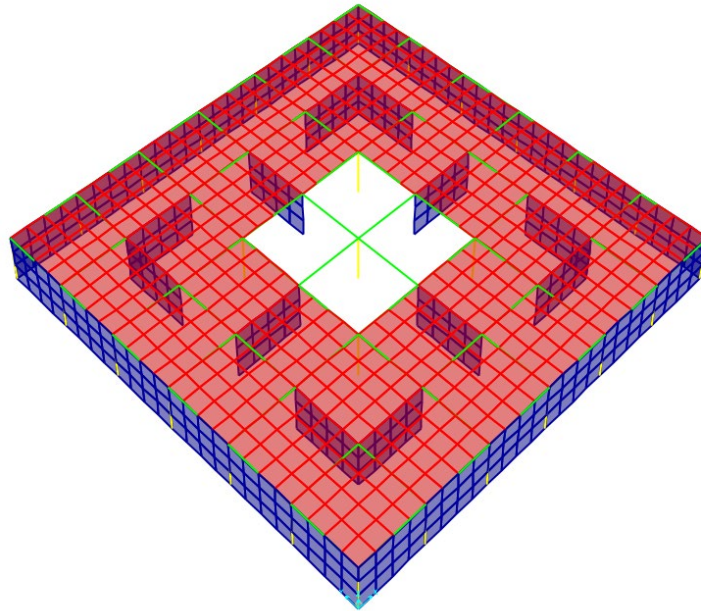
Sabit (Zati) Yük	: 4 kN/m ²
Hareketli Yük	: 1,5 kN/m ²
Kar yükü	: 1,15 kN/m ²

Bu modelde mod birleştirme yöntemi ile analiz yapılmıştır.

4.6.1. Tasarım ve Analiz

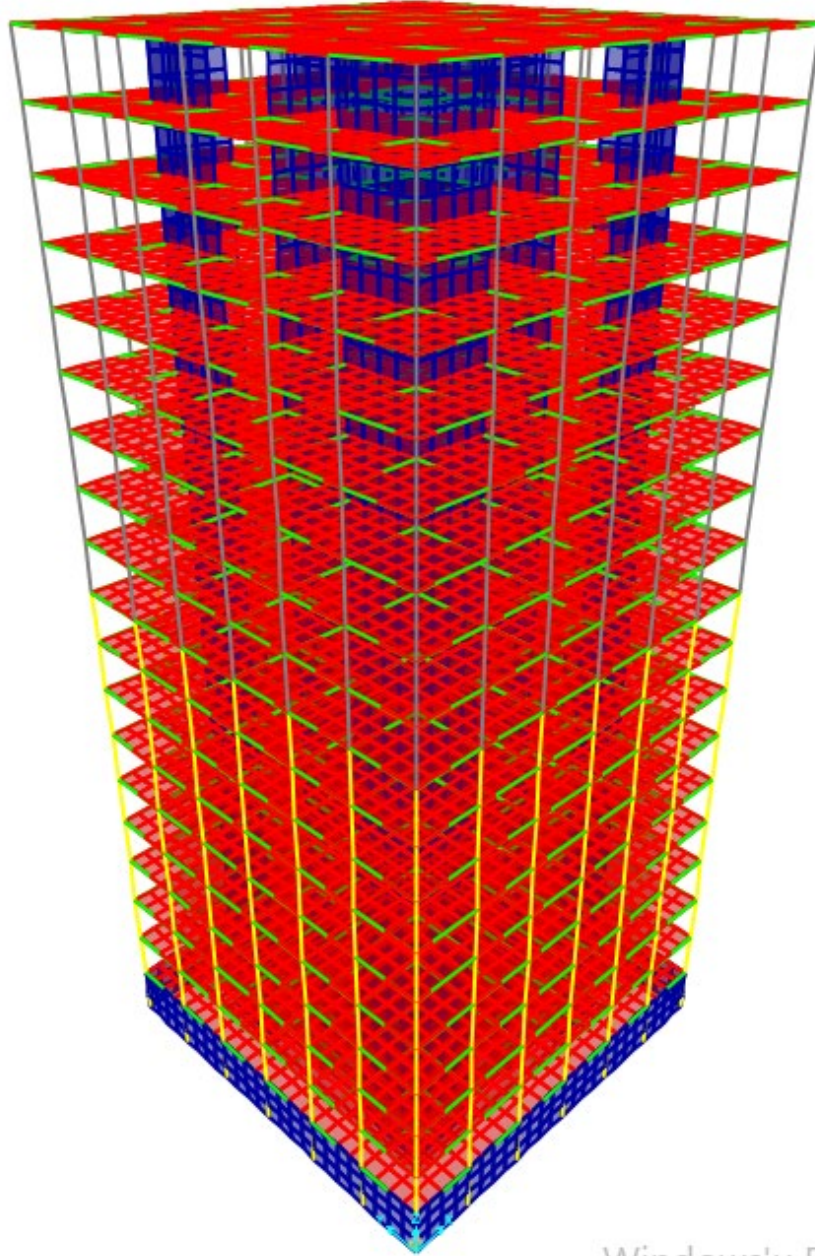


Şekil 4.18. Döşemenin SAP2000 sonlu elemanlar modeli



Şekil 4.19. Bina bodrum kat perspektif görünüşü

Bu modelde bodrum katımızın etrafı rijit perdelerle çevrilmiştir ve 8 adet kat perdemiz bulunmaktadır.



Şekil 4.20. Bina perspektif görünüşü

Windows'u Ftk

4.6.1.1. Hâkim Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
	MODAL	Mode	1	1,653904	0,68003	0,01484	0	0,68003	0,01484	0	0,00561
	MODAL	Mode	2	1,653904	0,01484	0,68003	0	0,69487	0,69487	0	0,25735
	MODAL	Mode	3	1,385934	0	0	0	0,69487	0,69487	0	0
	MODAL	Mode	4	0,489327	0,10913	0,01154	0	0,804	0,70641	0	0,0249
	MODAL	Mode	5	0,489327	0,01154	0,10913	0	0,81554	0,81554	0	0,23548
	MODAL	Mode	6	0,239849	0,04746	0,00285	0	0,863	0,81839	0	0,00313
	MODAL	Mode	7	0,239849	0,00285	0,04746	0	0,86585	0,86585	0	0,05204
	MODAL	Mode	8	0,14489	0,00408	0,02428	0	0,86994	0,89013	0	0,05146
	MODAL	Mode	9	0,14489	0,02428	0,00408	0	0,89421	0,89421	0	0,00865
	MODAL	Mode	10	0,130014	6,614E-06	3,933E-05	0	0,89422	0,89422	0	0,06658
	MODAL	Mode	11	0,129581	4,069E-05	6,842E-06	0	0,89426	0,89426	0	0,01142
	MODAL	Mode	12	0,098516	0,00258	0,01532	0	0,89684	0,90958	0	0,02321

Şekil 4.21. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri

$C_t=0,07$ Bina bodrum katındaki üstündeki toplam yükseklik (H_N)=54 m için $1,4 \times T_{pA}=1,95$ sn

$T=1,654$ sn, $T_{pA}=0,897$ sn, $T < 1,4 \times T_{pA}$ şartını sağlamaktadır.

4.6.1.2. Bina Taban Yüksekliğinin Belirlenmesi

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
	MODAL	Mode	1	1,069356	0,79001	0,00337	0	0,79001	0,00337	0	0,0005
	MODAL	Mode	2	1,069356	0,00337	0,79001	0	0,79338	0,79338	0	0,11727
	MODAL	Mode	3	0,949222	0	0	0	0,79338	0,79338	0	0
	MODAL	Mode	4	0,332212	0,10295	0,00043	0	0,89633	0,79381	0	0,00128
	MODAL	Mode	5	0,332212	0,00043	0,10295	0	0,89676	0,89676	0	0,30539
	MODAL	Mode	6	0,177538	0,04167	0,00018	0	0,93843	0,89694	0	0,00018
	MODAL	Mode	7	0,177538	0,00018	0,04167	0	0,93862	0,93862	0	0,04179
	MODAL	Mode	8	0,111375	7,691E-05	0,02286	0	0,9387	0,96148	0	0,05187
	MODAL	Mode	9	0,111375	0,02286	7,691E-05	0	0,96156	0,96156	0	0,00017
	MODAL	Mode	10	0,082838	5,704E-08	1,696E-05	0	0,96156	0,96157	0	0,27356
	MODAL	Mode	11	0,076337	0,01123	3,776E-05	0	0,97278	0,96161	0	2,412E-05
	MODAL	Mode	12	0,076115	4,533E-05	0,01348	0	0,97283	0,97509	0	0,02312

Şekil 4.22. SAP2000 Hâkim doğal titreşim periyodu değerleri (Bodrum kat kütle ve yükleri ihmal edilen)

Zemin kat döşemeleri dahil olmak üzere tüm bodrum kat kütleleri hesaba katılmadan çözümlenen modelinde x ve y doğrultularındaki serbest titreşim periyodunu, binanın tümü için hesaplanan x ve y doğrultusundaki periyodlarla karşılaştığımızda yaşanan değişimin çok az olduğu görülmüştür. Bu sebepten bina tabanı, bodrum katla zemin kat arasındaki kat döşemesinden tanımlanacaktır. $H_N=54$ m olarak alınabilir.

4.6.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

4.6.2.1. Kat Kütlelerinin Belirlemesi

Çizelge 4.110. Kat kütleleri

Kat No	m_i ton
18	896
17	987
16	987
15	987
14	987
13	987
12	987
11	987
10	987
9	1027
8	1067
7	1067
6	1067
5	1067
4	1067
3	1067
2	1067
1	1067
Bodrum	1214

Buna göre üst bölüm toplam kat kütlesi 18353 ton, bodrum kat toplam kütlesi 1214 ton olarak hesaplanmış olur.

4.6.2.2. Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesinin Belirlenmesi

$$T_{(x)}=0,1654 \text{ sn} ; \quad T_{(y)}=1,654 \text{ sn}$$

$$S_{ac}(T^{(x)})=0,118 \text{ g} , \quad S_{ac}(T^{(y)})=0,118 \text{ g}$$

$$R_a(T^{(x)})=7, \quad R_a(T^{(y)})=7$$

$$S_{aR}(T^{(x)})=0,0169 \text{ g} , \quad S_{aR}(T^{(y)})=0,0169 \text{ g}$$

4.6.2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

$$V_{tE}^{(x)} = 3043 \text{ kN} , \quad V_{tE}^{(y)} = 3043 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(x)}=0,0075NV_{tE} = 410,7635 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(y)}=0,0075NV_{tE} = 410,7635 \text{ kN}$$

TBDY-2018'e göre hesaplanan katlara etkiye eşdeğer deprem yükleri aşağıdaki Çizelge 4.111.'de verilmiştir.

Çizelge 4.111. Toplam eşdeğer deprem yükü

Kat No	h_i m	H_i m	m_i ton	$m_i H_i$ Tonm	$F_{iE}^{(X)} \text{ (kN)}$	$F_{iE}^{(Y)} \text{ (kN)}$
18	3	54	896	48388	660	660
17	3	51	987	50330	259	259
16	3	48	987	47370	244	244
15	3	45	987	44409	229	229
14	3	42	987	41449	213	213
13	3	39	987	38488	198	198
12	3	36	987	35527	183	183
11	3	33	987	32567	168	168
10	3	30	987	29606	152	152
9	3	27	1027	27726	143	143
8	3	24	1067	25605	132	132
7	3	21	1067	22404	115	115
6	3	18	1067	19203	99	99
5	3	15	1067	16003	82	82
4	3	12	1067	12802	66	66
3	3	9	1067	9602	49	49
2	3	6	1067	6401	33	33
1	3	3	1067	3201	16	16

4.6.3. Ek Dış Merkezlik Etkilerinin Belirlenmesi

TBDY-2018, madde 4.5.10'a göre kat döşemlerinin rijit diyafram olarak modellenmesi durumunda, kat kütle merkezlerine etkiyen yatay deprem yükleri, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun $+ \%5$ ve $- \%5$ i kadar kaydırılarak bu durumlar için ayrıca deprem hesabı yapılacaktır.

4.6.4. Düzensizlik Kontrolleri**4.6.4.1. A1 Burulma Düzensizliği**

Örnek binada sırasıyla “EXÜ”, “EXÜ+ $\%5$ ”, “EXÜ- $\%5$ ”, “EYÜ”, “EYÜ+ $\%5$ ” ve “EYÜ- $\%5$ ” yüklemeleri altında burulma düzensizliği kontrolleri 4.112-4.117’de verilmiştir.

“EXÜ” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ+ $\%5$ ” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda $+ \%5$ eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EXÜ- $\%5$ ” Deprem kuvvetlerinin x doğrultusunda $- \%5$ eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ+ $\%5$ ” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda $+ \%5$ eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

“EYÜ- $\%5$ ” Deprem kuvvetlerinin y doğrultusunda $- \%5$ eksantrisite ile kat kütle merkezine etki edildiği yükleme durumu

Çizelge 4.112. “EXÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
18	0,022728	0,022728	0,000897	0,000897	0,000897	1
17	0,021831	0,021831	0,00097	0,00097	0,00097	1
16	0,020861	0,020861	0,001046	0,001046	0,001046	1
15	0,019815	0,019815	0,001128	0,001128	0,001128	1
14	0,018687	0,018687	0,001214	0,001214	0,001214	1
13	0,017473	0,017473	0,001297	0,001297	0,001297	1
12	0,016176	0,016176	0,001373	0,001373	0,001373	1
11	0,014803	0,014803	0,00144	0,00144	0,00144	1
10	0,013363	0,013363	0,001499	0,001499	0,001499	1
9	0,011864	0,011864	0,001524	0,001524	0,001524	1
8	0,01034	0,01034	0,001546	0,001546	0,001546	1
7	0,008794	0,008794	0,001546	0,001546	0,001546	1
6	0,007248	0,007248	0,001518	0,001518	0,001518	1
5	0,00573	0,00573	0,001458	0,001458	0,001458	1
4	0,004272	0,004272	0,001356	0,001356	0,001356	1
3	0,002916	0,002916	0,001201	0,001201	0,001201	1
2	0,001715	0,001715	0,000976	0,000976	0,000976	1
1	0,000739	0,000739	0,000739	0,000739	0,000739	1

Çizelge 4.113. “EXÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
18	0,02477	0,02068	0,00098	0,00082	0,0009	1,089
17	0,0238	0,01987	0,00106	0,00088	0,00097	1,090
16	0,02274	0,01898	0,00114	0,00095	0,00105	1,090
15	0,0216	0,01803	0,00123	0,00103	0,00113	1,090
14	0,02037	0,01701	0,00132	0,0011	0,00121	1,091
13	0,01904	0,0159	0,00142	0,00118	0,0013	1,091
12	0,01763	0,01473	0,0015	0,00125	0,00137	1,091
11	0,01613	0,01348	0,00157	0,00131	0,00144	1,090
10	0,01456	0,01217	0,00164	0,00136	0,0015	1,091
9	0,01292	0,01081	0,00166	0,00139	0,00152	1,089
8	0,01126	0,00942	0,00169	0,00141	0,00155	1,089
7	0,00958	0,00801	0,00168	0,00141	0,00155	1,089
6	0,00789	0,0066	0,00165	0,00138	0,00152	1,089
5	0,00624	0,00522	0,00159	0,00133	0,00146	1,089
4	0,00465	0,00389	0,00148	0,00123	0,00136	1,090
3	0,00317	0,00266	0,00131	0,00109	0,0012	1,089
2	0,00186	0,00157	0,00107	0,00089	0,00098	1,090
1	0,0008	0,00068	0,0008	0,00068	0,00074	1,081

Çizelge 4.114. “EXÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
18	0,02477	0,02068	0,00098	0,00082	0,0009	1,089
17	0,0238	0,01987	0,00106	0,00088	0,00097	1,090
16	0,02274	0,01898	0,00114	0,00095	0,00105	1,090
15	0,0216	0,01803	0,00123	0,00103	0,00113	1,090
14	0,02037	0,01701	0,00132	0,0011	0,00121	1,091
13	0,01904	0,0159	0,00142	0,00118	0,0013	1,091
12	0,01763	0,01473	0,0015	0,00125	0,00137	1,091
11	0,01613	0,01348	0,00157	0,00131	0,00144	1,090
10	0,01456	0,01217	0,00164	0,00136	0,0015	1,091
9	0,01292	0,01081	0,00166	0,00139	0,00152	1,089
8	0,01126	0,00942	0,00169	0,00141	0,00155	1,089
7	0,00958	0,00801	0,00168	0,00141	0,00155	1,089
6	0,00789	0,0066	0,00165	0,00138	0,00152	1,089
5	0,00624	0,00522	0,00159	0,00133	0,00146	1,089
4	0,00465	0,00389	0,00148	0,00123	0,00136	1,090
3	0,00317	0,00266	0,00131	0,00109	0,0012	1,089
2	0,00186	0,00157	0,00107	0,00089	0,00098	1,090
1	0,0008	0,00068	0,0008	0,00068	0,00074	1,081

Çizelge 4.115. “EYÜ” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
18	0,02273	0,02273	0,0009	0,0009	0,0009	1
17	0,02183	0,02183	0,00097	0,00097	0,00097	1
16	0,02086	0,02086	0,00105	0,00105	0,00105	1
15	0,01982	0,01982	0,00113	0,00113	0,00113	1
14	0,01869	0,01869	0,00121	0,00121	0,00121	1
13	0,01747	0,01747	0,0013	0,0013	0,0013	1
12	0,01618	0,01618	0,00137	0,00137	0,00137	1
11	0,0148	0,0148	0,00144	0,00144	0,00144	1
10	0,01336	0,01336	0,0015	0,0015	0,0015	1
9	0,01186	0,01186	0,00152	0,00152	0,00152	1
8	0,01034	0,01034	0,00155	0,00155	0,00155	1
7	0,00879	0,00879	0,00155	0,00155	0,00155	1
6	0,00725	0,00725	0,00152	0,00152	0,00152	1
5	0,00573	0,00573	0,00146	0,00146	0,00146	1
4	0,00427	0,00427	0,00136	0,00136	0,00136	1
3	0,00292	0,00292	0,0012	0,0012	0,0012	1
2	0,00172	0,00172	0,00098	0,00098	0,00098	1
1	0,00074	0,00074	0,00074	0,00074	0,00074	1

Çizelge 4.116. “EYÜ+%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
18	0,02477	0,02068	0,00098	0,00082	0,0009	1,089
17	0,0238	0,01987	0,00106	0,00088	0,00097	1,090
16	0,02274	0,01898	0,00114	0,00095	0,00105	1,090
15	0,0216	0,01803	0,00123	0,00103	0,00113	1,090
14	0,02037	0,01701	0,00132	0,0011	0,00121	1,091
13	0,01904	0,0159	0,00142	0,00118	0,0013	1,091
12	0,01763	0,01473	0,0015	0,00125	0,00137	1,091
11	0,01613	0,01348	0,00157	0,00131	0,00144	1,090
10	0,01456	0,01217	0,00164	0,00136	0,0015	1,091
9	0,01292	0,01081	0,00166	0,00139	0,00152	1,089
8	0,01126	0,00942	0,00169	0,00141	0,00155	1,089
7	0,00958	0,00801	0,00168	0,00141	0,00155	1,089
6	0,00789	0,0066	0,00165	0,00138	0,00152	1,089
5	0,00624	0,00522	0,00159	0,00133	0,00146	1,089
4	0,00465	0,00389	0,00148	0,00123	0,00136	1,090
3	0,00317	0,00266	0,00131	0,00109	0,0012	1,089
2	0,00186	0,00157	0,00107	0,00089	0,00098	1,090
1	0,0008	0,00068	0,0008	0,00068	0,00074	1,081

Çizelge 4.117. “EYÜ-%5” yüklemesi için A1-Burulma Düzensizliği kontrolü

Kat No	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(Δ _i) _{max}	(Δ _i) _{min}	(Δ _i) _{ort}	η _{bi}
18	0,02477	0,02068	0,00098	0,00082	0,0009	1,089
17	0,0238	0,01987	0,00106	0,00088	0,00097	1,090
16	0,02274	0,01898	0,00114	0,00095	0,00105	1,090
15	0,0216	0,01803	0,00123	0,00103	0,00113	1,090
14	0,02037	0,01701	0,00132	0,0011	0,00121	1,091
13	0,01904	0,0159	0,00142	0,00118	0,0013	1,091
12	0,01763	0,01473	0,0015	0,00125	0,00137	1,091
11	0,01613	0,01348	0,00157	0,00131	0,00144	1,090
10	0,01456	0,01217	0,00164	0,00136	0,0015	1,091
9	0,01292	0,01081	0,00166	0,00139	0,00152	1,089
8	0,01126	0,00942	0,00169	0,00141	0,00155	1,089
7	0,00958	0,00801	0,00168	0,00141	0,00155	1,089
6	0,00789	0,0066	0,00165	0,00138	0,00152	1,089
5	0,00624	0,00522	0,00159	0,00133	0,00146	1,089
4	0,00465	0,00389	0,00148	0,00123	0,00136	1,090
3	0,00317	0,00266	0,00131	0,00109	0,0012	1,089
2	0,00186	0,00157	0,00107	0,00089	0,00098	1,090
1	0,0008	0,00068	0,0008	0,00068	0,00074	1,081

Örnek binada X ve Y doğrultusunda A1-Burulma Düzensizliği bulunmamaktadır.

4.6.4.2. A2 Döşeme Süreksizliği

Örnek binada brüt kat alanı (A): $24 \times 24 = 576 \text{ m}^2$

Örnek binada kat içindeki boşluk alanı (A_b): $8 \times 8 = 64 \text{ m}^2$

$64 < 576/3 = 192 \text{ m}^2$ koşulunu sağlamaktadır.

Aynı zamanda deprem yüklerinin düşey doğrultuda sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşlukları bulunmadığından ve döşemenin düzlem içi rijitliği ile dayanımında ani azalmalar olmadığından binada A2 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.6.4.3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması

Örnek binamızın kat planında balkon gibi çıkıntı yapan kısım bulunmadığından dolayı A3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.6.4.4. B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği

Örnek Bina modelinde etkili kesme alanları katlar arası değişmediğinde B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.6.4.5. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği

Çizelge 4.118. “EXÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
18	300	0,000897	2,99E-06	-----	0,924
17	300	0,00097	3,23333E-06	1,081	0,927
16	300	0,001046	3,48667E-06	1,078	0,927
15	300	0,001128	0,00000376	1,078	0,929
14	300	0,001214	4,04667E-06	1,076	0,936
13	300	0,001297	4,32333E-06	1,068	0,944
12	300	0,001373	4,57667E-06	1,058	0,953
11	300	0,00144	0,0000048	1,048	0,960
10	300	0,001499	4,99667E-06	1,040	0,983
9	300	0,001524	0,00000508	1,016	0,989
8	301	0,001546	5,13621E-06	1,011	1,00
7	302	0,001546	5,11921E-06	0,996	1,021
6	303	0,001518	5,0099E-06	0,978	1,044
5	304	0,001458	4,79605E-06	0,957	1,078
4	305	0,001356	4,4459E-06	0,926	1,132
3	306	0,001201	3,92484E-06	0,882	1,234
2	307	0,000976	3,17915E-06	0,810	1,325
1	308	0,000739	2,39935E-06	0,754	-----

Çizelge 4.119. “EXÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
18	300	0,000897	2,98833E-06	-----	0,923
17	300	0,00097	0,000003235	1,082	0,928
16	300	0,001045	3,48333E-06	1,076	0,925
15	300	0,001129	3,76333E-06	1,080	0,930
14	300	0,001214	0,000004045	1,074	0,935
13	300	0,001297	4,32333E-06	1,068	0,944
12	300	0,001373	4,57667E-06	1,058	0,953
11	300	0,00144	4,79833E-06	1,048	0,959
10	300	0,0015	4,99833E-06	1,041	0,983
9	300	0,001524	0,00000508	1,016	0,985
8	300	0,001546	5,15333E-06	1,0144	1
7	300	0,001546	5,15333E-06	1	1,018
6	300	0,001518	0,00000506	0,981	1,040
5	300	0,001459	4,86167E-06	0,960	1,075
4	300	0,001356	0,00000452	0,929	1,129
3	300	0,001201	4,00167E-06	0,885	1,229
2	300	0,000977	0,000003255	0,813	1,322
1	300	0,000739	2,46167E-06	0,756	-----

Çizelge 4.120. “EXÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
18	300	0,000897	2,98833E-06	-----	0,923
17	300	0,00097	0,000003235	1,082	0,928
16	300	0,001045	3,48333E-06	1,076	0,925
15	300	0,001129	3,76333E-06	1,080	0,930
14	300	0,001214	0,000004045	1,074	0,935
13	300	0,001297	4,32333E-06	1,068	0,944
12	300	0,001373	4,57667E-06	1,058	0,953
11	300	0,00144	4,79833E-06	1,048	0,959
10	300	0,0015	4,99833E-06	1,041	0,983
9	300	0,001524	0,00000508	1,016	0,985
8	300	0,001546	5,15333E-06	1,014	1
7	300	0,001546	5,15333E-06	1	1,018
6	300	0,001518	0,00000506	0,981	1,040
5	300	0,001459	4,86167E-06	0,960	1,075
4	300	0,001356	0,00000452	0,929	1,129
3	300	0,001201	4,00167E-06	0,885	1,229
2	300	0,000977	0,000003255	0,813	1,322
1	300	0,000739	2,46167E-06	0,756	-----

Çizelge 4.121. “EYÜ” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
18	300	0,000897	2,99E-06	-----	0,924
17	300	0,00097	3,23333E-06	1,081	0,927
16	300	0,001046	3,48667E-06	1,078	0,927
15	300	0,001128	0,00000376	1,078	0,929
14	300	0,001214	4,04667E-06	1,076	0,936
13	300	0,001297	4,32333E-06	1,068	0,944
12	300	0,001373	4,57667E-06	1,058	0,953
11	300	0,00144	0,0000048	1,048	0,960
10	300	0,001499	4,99667E-06	1,040	0,983
9	300	0,001524	0,00000508	1,016	0,985
8	300	0,001546	5,15333E-06	1,014	1
7	300	0,001546	5,15333E-06	1	1,018
6	300	0,001518	0,00000506	0,981	1,041
5	300	0,001458	0,00000486	0,960	1,075
4	300	0,001356	0,00000452	0,930	1,129
3	300	0,001201	4,00333E-06	0,885	1,230
2	300	0,000976	3,25333E-06	0,812	1,320
1	300	0,000739	2,46333E-06	0,757	-----

Çizelge 4.122. “EYÜ+%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
18	300	0,000897	2,98833E-06	-----	0,923
17	300	0,00097	0,000003235	1,082	0,928
16	300	0,001045	3,48333E-06	1,076	0,925
15	300	0,001129	3,76333E-06	1,080	0,930
14	300	0,001214	0,000004045	1,074	0,935
13	300	0,001297	4,32333E-06	1,068	0,944
12	300	0,001373	4,57667E-06	1,058	0,953
11	300	0,00144	4,79833E-06	1,048	0,959
10	300	0,0015	4,99833E-06	1,041	0,983
9	300	0,001524	0,00000508	1,016	0,985
8	300	0,001546	5,15333E-06	1,014	1
7	300	0,001546	5,15333E-06	1	1,018
6	300	0,001518	0,00000506	0,981	1,040
5	300	0,001459	4,86167E-06	0,960	1,075
4	300	0,001356	0,00000452	0,929	1,129
3	300	0,001201	4,00167E-06	0,885	1,229
2	300	0,000977	0,000003255	0,813	1,322
1	300	0,000739	2,46167E-06	0,756	-----

Çizelge 4.123. “EYÜ-%5” yüklemesi için B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
18	300	0,000897	2,98833E-06	-----	0,923
17	300	0,00097	0,000003235	1,082	0,928
16	300	0,001045	3,48333E-06	1,076	0,925
15	300	0,001129	3,76333E-06	1,080	0,930
14	300	0,001214	0,000004045	1,074	0,935
13	300	0,001297	4,32333E-06	1,068	0,944
12	300	0,001373	4,57667E-06	1,058	0,953
11	300	0,00144	4,79833E-06	1,048	0,959
10	300	0,0015	4,99833E-06	1,041	0,983
9	300	0,001524	0,00000508	1,016	0,985
8	300	0,001546	5,15333E-06	1,014	1
7	300	0,001546	5,15333E-06	1	1,018
6	300	0,001518	0,00000506	0,981	1,040
5	300	0,001459	4,86167E-06	0,960	1,075
4	300	0,001356	0,00000452	0,929	1,129
3	300	0,001201	4,00167E-06	0,885	1,229
2	300	0,000977	0,000003255	0,813	1,322
1	300	0,000739	2,46167E-06	0,756	-----

Çizelgeler incelendiğinde hesaplanan η_{ki} 2,0 sınır değerini aşmadığından bina modelinde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat-B2) bulunmamaktadır.

4.6.4.6. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elamanlarının Süreksizliği

Örnek bina modelinde taşıyıcı yapı elamanlarının bazı katlarda kaldırılma ya da hareket etme gibi bir durumu olmadığından taşıyıcı elamanlarda herhangi bir süreksizlik yoktur.

Örnek bina modelinde B3 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.6.4.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

DD-3 yer hareketine göre gerekli işlemler yapıldıktan sonra

$\lambda^{(x)} = 0,246$ $\lambda^{(y)} = 0,246$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.124. “EXÜ” yüklemesi için göreli kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
18	0,022728	0,000897	0,006279	300	0,246	5,14878E-06
17	0,021831	0,00097	0,00679	300	0,246	5,5678E-06
16	0,020861	0,001046	0,007322	300	0,246	6,00404E-06
15	0,019815	0,001128	0,007896	300	0,246	6,47472E-06
14	0,018687	0,001214	0,008498	300	0,246	6,96836E-06
13	0,017473	0,001297	0,009079	300	0,246	7,44478E-06
12	0,016176	0,001373	0,009611	300	0,246	7,88102E-06
11	0,014803	0,00144	0,01008	300	0,246	8,2656E-06
10	0,013363	0,001499	0,010493	300	0,246	8,60426E-06
9	0,011864	0,001524	0,010668	300	0,246	8,74776E-06
8	0,01034	0,001546	0,010822	300	0,246	8,87404E-06
7	0,008794	0,001546	0,010822	300	0,246	8,87404E-06
6	0,007248	0,001518	0,010626	300	0,246	8,71332E-06
5	0,00573	0,001458	0,010206	300	0,246	8,36892E-06
4	0,004272	0,001356	0,009492	300	0,246	7,78344E-06
3	0,002916	0,001201	0,008407	300	0,246	6,89374E-06
2	0,001715	0,000976	0,006832	300	0,246	5,60224E-06
1	0,000739	0,000739	0,005173	300	0,246	4,24186E-06

Çizelge 4.125. “EXÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
18	0,024772	0,000977	0,006839	300	0,246	5,60798E-06
17	0,023795	0,001058	0,007406	300	0,246	6,07292E-06
16	0,022737	0,00114	0,00798	300	0,246	6,5436E-06
15	0,021597	0,001231	0,008617	300	0,246	7,06594E-06
14	0,020366	0,001324	0,009268	300	0,246	7,59976E-06
13	0,019042	0,001415	0,009905	300	0,246	8,1221E-06
12	0,017627	0,001498	0,010486	300	0,246	8,59852E-06
11	0,016129	0,00157	0,01099	300	0,246	9,0118E-06
10	0,014559	0,001636	0,011452	300	0,246	9,39064E-06
9	0,012923	0,001661	0,011627	300	0,246	9,53414E-06
8	0,011262	0,001685	0,011795	300	0,246	9,6719E-06
7	0,009577	0,001684	0,011788	300	0,246	9,66616E-06
6	0,007893	0,001654	0,011578	300	0,246	9,49396E-06
5	0,006239	0,001589	0,011123	300	0,246	9,12086E-06
4	0,00465	0,001478	0,010346	300	0,246	8,48372E-06
3	0,003172	0,001308	0,009156	300	0,246	7,50792E-06
2	0,001864	0,001065	0,007455	300	0,246	6,1131E-06
1	0,000799	0,000799	0,005593	300	0,246	4,58626E-06

Çizelge 4.126. “EXÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
18	0,024772	0,000977	0,006839	300	0,246	5,60798E-06
17	0,023795	0,001058	0,007406	300	0,246	6,07292E-06
16	0,022737	0,00114	0,00798	300	0,246	6,5436E-06
15	0,021597	0,001231	0,008617	300	0,246	7,06594E-06
14	0,020366	0,001324	0,009268	300	0,246	7,59976E-06
13	0,019042	0,001415	0,009905	300	0,246	8,1221E-06
12	0,017627	0,001498	0,010486	300	0,246	8,59852E-06
11	0,016129	0,00157	0,01099	300	0,246	9,0118E-06
10	0,014559	0,001636	0,011452	300	0,246	9,39064E-06
9	0,012923	0,001661	0,011627	300	0,246	9,53414E-06
8	0,011262	0,001685	0,011795	300	0,246	9,6719E-06
7	0,009577	0,001684	0,011788	300	0,246	9,66616E-06
6	0,007893	0,001654	0,011578	300	0,246	9,49396E-06
5	0,006239	0,001589	0,011123	300	0,246	9,12086E-06
4	0,00465	0,001478	0,010346	300	0,246	8,48372E-06
3	0,003172	0,001308	0,009156	300	0,246	7,50792E-06
2	0,001864	0,001065	0,007455	300	0,246	6,1131E-06
1	0,000799	0,000799	0,005593	300	0,246	4,58626E-06

Çizelge 4.127. “EYÜ” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
18	0,022728	0,000897	0,006279	300	0,246	5,14878E-06
17	0,021831	0,00097	0,00679	300	0,246	5,5678E-06
16	0,020861	0,001046	0,007322	300	0,246	6,00404E-06
15	0,019815	0,001128	0,007896	300	0,246	6,47472E-06
14	0,018687	0,001214	0,008498	300	0,246	6,96836E-06
13	0,017473	0,001297	0,009079	300	0,246	7,44478E-06
12	0,016176	0,001373	0,009611	300	0,246	7,88102E-06
11	0,014803	0,00144	0,01008	300	0,246	8,2656E-06
10	0,013363	0,001499	0,010493	300	0,246	8,60426E-06
9	0,011864	0,001524	0,010668	300	0,246	8,74776E-06
8	0,01034	0,001546	0,010822	300	0,246	8,87404E-06
7	0,008794	0,001546	0,010822	300	0,246	8,87404E-06
6	0,007248	0,001518	0,010626	300	0,246	8,71332E-06
5	0,00573	0,001458	0,010206	300	0,246	8,36892E-06
4	0,004272	0,001356	0,009492	300	0,246	7,78344E-06
3	0,002916	0,001201	0,008407	300	0,246	6,89374E-06
2	0,001715	0,000976	0,006832	300	0,246	5,60224E-06
1	0,000739	0,000739	0,005173	300	0,246	4,24186E-06

Çizelge 4.128. “EYÜ+%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
18	0,024772	0,000977	0,006839	300	0,246	5,60798E-06
17	0,023795	0,001058	0,007406	300	0,246	6,07292E-06
16	0,022737	0,00114	0,00798	300	0,246	6,5436E-06
15	0,021597	0,001231	0,008617	300	0,246	7,06594E-06
14	0,020366	0,001324	0,009268	300	0,246	7,59976E-06
13	0,019042	0,001415	0,009905	300	0,246	8,1221E-06
12	0,017627	0,001498	0,010486	300	0,246	8,59852E-06
11	0,016129	0,00157	0,01099	300	0,246	9,0118E-06
10	0,014559	0,001636	0,011452	300	0,246	9,39064E-06
9	0,012923	0,001661	0,011627	300	0,246	9,53414E-06
8	0,011262	0,001685	0,011795	300	0,246	9,6719E-06
7	0,009577	0,001684	0,011788	300	0,246	9,66616E-06
6	0,007893	0,001654	0,011578	300	0,246	9,49396E-06
5	0,006239	0,001589	0,011123	300	0,246	9,12086E-06
4	0,00465	0,001478	0,010346	300	0,246	8,48372E-06
3	0,003172	0,001308	0,009156	300	0,246	7,50792E-06
2	0,001864	0,001065	0,007455	300	0,246	6,1131E-06
1	0,000799	0,000799	0,005593	300	0,246	4,58626E-06

Çizelge 4.129. “EYÜ-%5” yüklemesi için görelî kat ötelemesi kontrolü

Kat No	$(d_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\delta_i)_{\max}$	h_i	λ	$\lambda^*(\delta_i)_{\max}/h_i$
18	0,024772	0,000977	0,006839	300	0,246	5,60798E-06
17	0,023795	0,001058	0,007406	300	0,246	6,07292E-06
16	0,022737	0,00114	0,00798	300	0,246	6,5436E-06
15	0,021597	0,001231	0,008617	300	0,246	7,06594E-06
14	0,020366	0,001324	0,009268	300	0,246	7,59976E-06
13	0,019042	0,001415	0,009905	300	0,246	8,1221E-06
12	0,017627	0,001498	0,010486	300	0,246	8,59852E-06
11	0,016129	0,00157	0,01099	300	0,246	9,0118E-06
10	0,014559	0,001636	0,011452	300	0,246	9,39064E-06
9	0,012923	0,001661	0,011627	300	0,246	9,53414E-06
8	0,011262	0,001685	0,011795	300	0,246	9,6719E-06
7	0,009577	0,001684	0,011788	300	0,246	9,66616E-06
6	0,007893	0,001654	0,011578	300	0,246	9,49396E-06
5	0,006239	0,001589	0,011123	300	0,246	9,12086E-06
4	0,00465	0,001478	0,010346	300	0,246	8,48372E-06
3	0,003172	0,001308	0,009156	300	0,246	7,50792E-06
2	0,001864	0,001065	0,007455	300	0,246	6,1131E-06
1	0,000799	0,000799	0,005593	300	0,246	4,58626E-06

Çizelgeler incelendiğinde görelî kat ötelemesi kontrolünde 0,008 sınır değerinin aşılmadığı görülmüştür.

4.6.4.8. İkinci Mertebe Etkileri

Çizelge 4.130. “EXÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$	$m_k(\text{ton})$	$w_k(\text{kN})$	$V_t(\text{kN})$	h_i	$\theta_{II,i}$
18	0,000897	896,1	8.790,4467	660	300	0,00004
17	0,00097	986,9	9.681,1947	259	300	0,00006
16	0,001046	986,9	9.681,1947	244	300	0,00008
15	0,001128	986,9	9.681,1947	229	300	0,00010
14	0,001214	986,9	9.681,1947	213	300	0,00012
13	0,001297	986,9	9.681,1947	198	300	0,00014
12	0,001373	986,9	9.681,1947	183	300	0,00015
11	0,00144	986,9	9.681,1947	168	300	0,00017
10	0,001499	986,9	9.681,1947	152	300	0,00019
9	0,001524	1.026,9	10.073,7909	143	300	0,00020
8	0,001546	1.066,9	10.465,8966	132	300	0,00021
7	0,001546	1.066,9	10.465,8966	115	300	0,00022
6	0,001518	1.066,9	10.465,8966	99	300	0,00023
5	0,001458	1.066,9	10.465,8966	82	300	0,00023
4	0,001356	1.066,9	10.465,8966	66	300	0,00023
3	0,001201	1.066,9	10.465,8966	49	300	0,00021
2	0,000976	1.066,9	10.465,8966	33	300	0,00018
1	0,000739	1.066,9	10.465,8966	16	300	0,00015

Çizelge 4.131. “EYÜ” yüklemesi için ikinci mertebe gösterge değeri

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$	$m_k(\text{ton})$	$w_k(\text{kN})$	$V_t(\text{kN})$	h_i	$\theta_{II,i}$
18	0,000897	896,1	8.790,4467	660	300	0,00004
17	0,00097	986,9	9.681,1947	259	300	0,00006
16	0,001046	986,9	9.681,1947	244	300	0,00008
15	0,001128	986,9	9.681,1947	229	300	0,00010
14	0,001214	986,9	9.681,1947	213	300	0,00012
13	0,001297	986,9	9.681,1947	198	300	0,00014
12	0,001373	986,9	9.681,1947	183	300	0,00015
11	0,00144	986,9	9.681,1947	168	300	0,00017
10	0,001499	986,9	9.681,1947	152	300	0,00019
9	0,001524	1.026,9	10.073,7909	143	300	0,00020
8	0,001546	1.066,9	10.465,8966	132	300	0,00021
7	0,001546	1.066,9	10.465,8966	115	300	0,00022
6	0,001518	1.066,9	10.465,8966	99	300	0,00023
5	0,001458	1.066,9	10.465,8966	82	300	0,00023
4	0,001356	1.066,9	10.465,8966	66	300	0,00023
3	0,001201	1.066,9	10.465,8966	49	300	0,00021
2	0,000976	1.066,9	10.465,8966	33	300	0,00018
1	0,000739	1.066,9	10.465,8966	16	300	0,00015

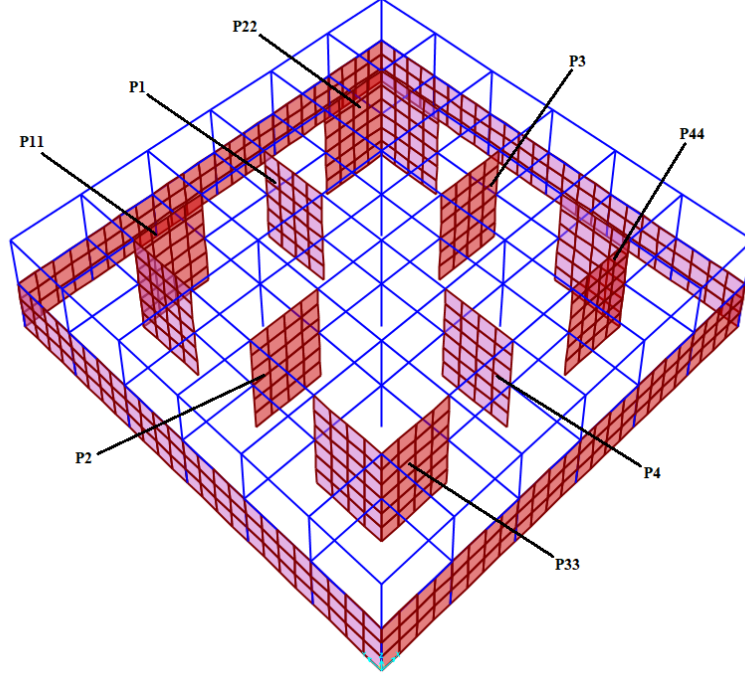
$\theta_{II,max} = 0,12 \frac{D}{c_h R}$ İkinci mertebe etkileri kontrolünde 0,085 sınır değeri aşılmamıştır.

4.6.4.9. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Kontrolü

Örnek modelde bina tabanında meydana gelen toplam devrilme momenti çizelge 4.132’ te verilmiştir.

Çizelge 4.132. Toplam taban devrilme momentleri

Kat No	H _i (m)	F _{IE} ^(X) (kN)	F _{IE} ^(Y) (kN)	H _i *F _{IE} ^(X) (kNm)	H _i *F _{IE} ^(Y) (kNm)
18	54	660	660	35637	35637
17	51	259	259	13219	13219
16	48	244	244	11709	11709
15	45	229	229	10291	10291
14	42	213	213	8965	8965
13	39	198	198	7730	7730
12	36	183	183	6586	6586
11	33	168	168	5534	5534
10	30	152	152	4574	4574
9	27	143	143	3855	3855
8	24	132	132	3165	3165
7	21	115	115	2423	2423
6	18	99	99	1780	1780
5	15	82	82	1236	1236
4	12	66	66	791	791
3	9	49	49	445	445
2	6	33	33	198	198
1	3	16	16	49	49
				118188	118188



Şekil 4.23. Kat perdeleri perspektif görünüşü

Çizelge 4.133. Perde taban devrilme momentleri(kNm)

P1 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	1891
P2 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	1891
P3 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	1891
P4 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	1891
P11 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	4065
P11 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	4065
P22 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	4065
P22 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	4065
P33 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	4065
P33 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	4065
P44 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	4065
P44 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ M_{DEV} =	4065

TBDY-2018, madde 4.3.2.4 (a)'ya göre Taşıyıcı sistemde tek bir perdenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} , o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_0 ' in 1/3' ünden fazla olmayacaktır.

Çizelge 4.134. Perdelere etkiyen M_{DEV}/M_0 oranı

P1 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	2%
P2 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	2%
P3 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	2%
P4 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	2%
P11 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	3%
P11 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	3%
P22 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	3%
P22 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	3%
P33 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	3%
P33 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	3%
P44 PERDESİ İÇİN X-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	3%
P44 PERDESİ İÇİN Y-DOĞRULTUSUNDAKİ $M_{DEV} / M_0 =$	3%

P1 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamaktadır.

P2 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamaktadır.

P3 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamaktadır.

P4 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamaktadır.

P11 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamaktadır.

P22 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamaktadır.

P33 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamaktadır.

P44 perdesi için TBDY-2018 MADDE 4.3.2.4.A koşulunu sağlamaktadır.

TBDY-2018 madde 4.3.4.5' e göre, perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %40'ından az %75'inden fazla olmayacaktır.

Çizelge 4.135. Perdelere etkiyen toplam M_{DEV}/M_0 oranı

X-DOĞRULTUSUNDAKİ TOPLAM $M_{DEV} / M_0 =$	17%
Y-DOĞRULTUSUNDAKİ TOPLAM $M_{DEV} / M_0 =$	17%

X doğrultusunda TBDY-2018 Madde 4.3.4.5 ($0,40 < A < 0,75$) koşulunu sağlamamaktadır.

Y doğrultusunda TBDY-2018 Madde 4.3.4.5 ($0,40 < A < 0,75$) koşulunu sağlamamaktadır.

TBDY-2018 madde 4.3.4.5'e göre ($0,40 < A$) alt koşulunun sağlanmaması durumunda Çizelge 3.7'de verilen R ve D katsayılarında değişiklik yapılmayacak, ancak izin verilen en üst BYS 'nin bir fazlası dikkate alınacaktır. Modelimiz hali hazırda izin verilen BYS' nin bir fazlası olma koşulunu sağladığı için herhangi bir değişiklik yapmaya gerek duyulmamıştır.

4.6.5. Model Birleştirme Yöntemi**4.6.5.1. Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumunun Oluşturulması**

Tdth.afad.gov.tr web adresinden excel dosyası olarak alınmış elastik tasarım spektrumu ordinat değerlerine göre hesaplanan azaltılmış tasarım ivme spektrumu ordinat değerleri 0.5 sn periyot değerine kadar gösterilmiştir.

Çizelge 4.136. Azaltılmış tasarım ivme spektrumları

T(s)	S _{ae} (g)	R _a	S _{aR} (g)
0,000	0,272	2,5	0,1088
0,050	0,627	3,283972	0,190927
0,057	0,679	3,400047	0,199703
0,100	0,679	4,067944	0,166915
0,150	0,679	4,851916	0,139945
0,200	0,679	5,635889	0,120478
0,250	0,679	6,419861	0,105766
0,287	0,679	7	0,097
0,300	0,650	7	0,092857
0,350	0,557	7	0,079571
0,400	0,487	7	0,069571
0,450	0,433	7	0,061857
0,500	0,390	7	0,055714

Periyot değerleri ve azaltılmış tasarım ivme spektrum değerleri “S_{aR}” bir metin belgesine kaydedilerek SAP2000 programında spektrum değerleri tanımlanmış ve analizi yapılmıştır. Analiz Sonucunda deprem yükleri ExSpec = 3113, EySpec = 3096 elde edilmiştir. Elde edilen deprem yükleri büyütme katsayısı β_{te} ile çarpılarak x ve y doğrultusunda sırasıyla $\beta_{te}^x = 0,782$ $\beta_{te}^y = 0,786$ olarak hesaplanır. Elde edilen değerler sonucunda SAP2000 programında yapılan analizler sonucunda Çizelge 4.137’de toplam kat kuvvetleri, devrilme ve burulma momentleri okunur.

Çizelge 4.137. Toplam kat kuvvetleri, devrilme ve burulma momentleri

TABLE: Section Cut Forces - Analysis							
SectionCut	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
KKB	ExSpec	2435	769	0	20875	69246	8747
KKB	EySpec	770	2432	0	69530	20790	8691
KKB3	ExSpec	2397	740	0	18872	62618	8612
KKB3	EySpec	739	2402	0	62876	18795	8542
KKB6	ExSpec	2244	683	0	17333	57502	7981
KKB6	EySpec	680	2255	0	57744	17261	7941
KKB9	ExSpec	2112	648	0	15883	52704	7364
KKB9	EySpec	648	2112	0	52921	15818	7333
KKB12	ExSpec	1982	605	0	14524	48160	6792
KKB12	EySpec	602	1992	0	48364	14463	6756
KKB15	ExSpec	1890	575	0	13227	43816	6231
KKB15	EySpec	574	1894	0	44016	13167	6207
KKB18	ExSpec	1804	550	0	11969	39655	5716
KKB18	EySpec	548	1811	0	39838	11915	5694
KKB21	ExSpec	1733	527	0	10755	35666	5218
KKB21	EySpec	525	1740	0	35822	10709	5193
KKB24	ExSpec	1665	503	0	9599	31842	4733
KKB24	EySpec	503	1669	0	31979	9558	4721
KKB27	ExSpec	1589	485	0	8501	28173	4278
KKB27	EySpec	482	1599	0	28303	8462	4255
KKB30	ExSpec	1521	461	0	7450	24645	3821
KKB30	EySpec	459	1527	0	24774	7412	3808
KKB33	ExSpec	1450	438	0	6431	21258	3392
KKB33	EySpec	437	1454	0	21372	6397	3384

KKB36	ExSpec	1367	416	0	5438	18001	2977
KKB36	EySpec	413	1376	0	18086	5412	2960
KKB39	ExSpec	1291	390	0	4476	14841	2546
KKB39	EySpec	388	1295	0	14904	4457	2539
KKB42	ExSpec	1209	366	0	3545	11753	2136
KKB42	EySpec	364	1214	0	11806	3529	2132
KKB45	ExSpec	1108	339	0	2640	8719	1744
KKB45	EySpec	336	1118	0	8773	2624	1734
KKB48	ExSpec	1001	303	0	1760	5734	1341
KKB48	EySpec	302	1007	0	5800	1740	1336
KKB51	ExSpec	850	256	0	929	2942	981
KKB51	EySpec	255	853	0	3010	909	982
KKB54	ExSpec	536	165	0	263	792	600
KKB54	EySpec	163	542	0	829	253	597
KKB57	ExSpec	0	0	0	0	0	0
KKB57	EySpec	0	0	0	0	0	0



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada çok katlı betonarme yüksek binaların 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamındaki hususlara göre tasarım ve analizleri yapılmıştır. Salt betonarme çerçeve sistemler, perdeli sistemler ve bodrum perdeli sistemlerin statik ve dinamik analizleri Eşdeğer deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre yapılmıştır. Çalışmalarda 6 adet farklı model ele alınmıştır. Modellemeler üzerinden bodrum katında ve üst katlarda perdelerin konum ve şekillerini değiştirerek, deprem yüklerinin bu değişimler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Farklı modeller üzerine yapısal düzensizlikler incelenmiş ve ortaya çıkan bu düzensizliklerin giderilmesine yönelik çözüm yolları araştırılmıştır.

Yapılan incelemelerde; etrafı rijit perdelerle çevrili betonarme bodrum katlı binaların yapı düzensizlikleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu anlaşılmıştır. Bunun yanı sıra, kat perdelerinin sadece üst yapıya konulmasından ziyade yapı üzerindeki pozisyonlarının deprem davranışına olan etkileri araştırılmıştır. Binaya eklenen perdeler, yapının rijitlik merkezi ile geometrik merkezi arasındaki fark artıyorsa, yani yapıya etkiyen deprem yükleri simetrik bir şekilde yapıya dağılmıyorsa, bunun yapı düzensizliklerini olumsuz yönde etkileyebileceği görülmüştür. Bu sebepten, bina planları modellenirken veya kat planı oluşturulurken, yapı elemanlarının (kolon ve perdelerin) her iki doğrultuda planda simetrik olarak yerleştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca kat planına perde elemanları eklenirken, sayıca az ve büyük perdeler yerine, sayıca çok ve daha küçük perdeler konulması bina taban devrilme momentleri açısından daha elverişlidir.

TBDY-2018'e göre yüksek katlı binalarda sadece eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analiz yapmayıp, aynı zamanda modal analiz de yapılması gerekmektedir.

Yapılan incelemeler sonucu, ele alınan betonarme modellerde kat perdelerinin yumuşak kat düzensizliği üzerinde önemli bir katkısı olduğu gözlemlenmiştir. Perdelerin eksik ya da yetersiz olduğu yapılarda yumuşak kat

düzensizliği gözlenebilmektedir. Bu durumda TBDY-2018'ne göre eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analiz yapılamamaktadır. Yumuşak kat düzensizliğinin giderilmesiyle ilgili olarak; salt betonarme karkas çerçeveli sistemlerde bazı kolon boyutları iki yönde de büyütülerek yumuşak kat düzensizliği giderilebilecektir.

Sonuç olarak; çok katlı binalar üzerinde yapılan hesaplamalar ve analizler, TBDY-2018 ilkelerinin dikkatli şekilde uygulanması gerektiği ortaya konulmuştur.



KAYNAKLAR

- Adar, K., 2019. 2007 Deprem Yönetmeliği'nin 2018 Deprem Yönetmeliği ile Karşılaştırılması ve Deprem Yüğü Hesabındaki Farklar. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 79s.
- AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası. www.afad.gov.tr, Erişim Tarihi: 15.11.2021.
- Akbulut, M., 2019. Betonarme İstinat Duvarlarının 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 195s.
- Akçora, A. A., 2020. Betonarme Yüksek Binaların 2018 Yılı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi: 30 Katlı Bina Örneği. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 161s.
- Altunışık, A.C. ve Ateş Ş. Adanur, S., 2019. İnşaat Mühendisliğinde SAP2000 Uygulamaları. Trabzon: Dynamic Academy Yazılım, 768s.
- Asıgçel, Z., 2019. Betonarme Binalarda Deprem Etkisinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır, 86s.
- Celep, Z., 2018. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. İstanbul: Beta Basın Yayın Dağıtım A.Ş., 764s.
- Darılmaz, K., 2019. Depreme Dayanıklı Binaların Tasarımına Giriş. İstanbul: Birsen Yayın Dağıtım Ltd. Şti., 369s.
- Deliktaş, M., 2020. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) ile Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) Revizyonlarının Karşılaştırılması. Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 161s.

- Doğan, S., 2019. Farklı Deprem Etkilerine Maruz Kalan Betonarme Yapılar İçin Deprem Yüğü Azaltma Katsayılarının İlişkilerinin Değerlendirilmesi. Turan-Sam Stratejik Araştırmalar Merkezi, 11(43): 353-358.
- Ertürk, E., 2020. Tarihi Çorum Saat Kulesi için Sahaya Özel Tasarım Spektrumlarının Oluşturulması ve TBDY-2018 Deprem Yer Hareketi Ölçeklendirme Yöntemlerine Dayalı Dinamik Davranışın İncelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 171s.
- Fraidoon, A. B., 2020. Betonarme Yüksek Bir Binanın TBDY 2018'e Göre Tasarımı ve Deprem Performansının İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 190s.
- Hamsici, M., 2019. Çok Katlı Betonarme Binalarda 2018 Deprem Yönetmeliği ile Tanımlanan Spektrum Eğrilerinin Etkisinin Araştırılması. Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 206s.
- Kapıdaş, İ.F., 2019. Betonarme Yüksek Binaların TBDY 2018 Kapsamında Analizi. Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Konya, 144s.
- Karaca, B., 2022. Bodrumlu Betonarme Binaların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e Göre İrdelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 112s.
- Kefeli, E., 2019. Planda Düzensizliği Bulunan Betonarme Binaların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e Göre Performanslarının Değerlendirilmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 205s.

- Kürkçü, F., 2019. 20 Katlı Betonarme Bir Yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne Göre Tasarımı ve Deprem Performansının Belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 237s.
- SAP2000 V20,(2019) Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc. Berkeley, California.
- Sucuoğlu, H., 2019. 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde Başlıca Yenilikler. Türk Deprem Araştırma Dergisi, 1(1): 63-75.
- TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) Eğitim El Kitabı, Ankara.
- Tekdemir, H. 2020. Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e Göre Değerlendirilmesi. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır, 83s.
- Topçu, S. 2019. Betonarme Yüksek Bir Binanın Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne Göre Tasarımının İrdelenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 141s.
- Uludağ, A.B., 2022. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde Verilen Yükseklik Sınırına Göre Tasarım Kurallarının Örneklerle Karşılaştırılmalı İncelenmesi. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 145s.
- Zeybek, K.F., 2022. Deprem Etkisi Altındaki Yüksek Binaların 2018 Türk Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kütahya. 114s.



ÖZGEÇMİŞ

Yusuf Ziya Nomanoglu, ilkokul, ortaokul ve lise eğitimlerini Adana’da tamamladı. 2015 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nü kazandı ve 2019 yılında bu bölümden mezun oldu. 2019 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

