

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

BETONA GÖMÜLÜ ÇELİK KOMPOZİT KOLONLAR İLE
TEŞKİL EDİLMİŞ ÇOK KATLI YAPILARIN
DAVRANIŞININ ÇOK MODLU DOĞRUSAL OLMAYAN
ANALİZ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Merve ÇALIŞKAN

Danışman: Prof. Dr. Bengi ARISOY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İzmir
2022

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Betona gömülü çelik kompozit kolonlar ile teşkil edilmiş çok katlı yapıların davranışının çok modlu doğrusal olmayan analiz yöntemi ile incelenmesi ” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

21 / 06 / 2022

İmzası

ÖZET**BETONA GÖMÜLÜ ÇELİK KOMPOZİT KOLONLAR İLE TEŞKİL
EDİLMİŞ ÇOK KATLI YAPILARIN DAVRANIŞININ TEK MODLU
VE ÇOK MODLU DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMİ
İLE İNCELENMESİ**

Merve ÇALIŞKAN

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Danışman: Prof. Dr. Bengi ARISOY

Tez çalışması kapsamında, taşıyıcı sistemi kompozit olan ve taşıyıcı sistemi çelik elemanlar ile teşkil edilmiş iki yapının deprem yükleri altındaki davranışı incelenecektir. Her iki yapının deprem yükleri altında doğrusal olmayan davranışlarını belirlemek için çeşitli analiz yöntemleri vardır. Bunlar, doğrusal olmayan artımsal statik itme analizleri ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizidir. Doğrusal olmayan artımsal itme analizi yöntemlerinden çok modlu itme analizi yöntemi tercih edilmiştir. Çok modlu itme analizi yöntemi artımsal spektrum analizi olarak çokça kullanılmaktadır. Bu yöntem yapının mod davranışlarını baz alarak gerçek sonuçlara olabildiğince yakınsamak amacıyla oluşturulmuştur. Zaman tanım alanında dinamik analiz ise gerçek deprem kayıtlarının ölçeklenerek yapıya etki etmesinden dolayı en doğru sonuçları göstermektedir. Fakat seçilecek kayıtların niteliği ve ölçeklendirme hassasiyetinden dolayı uygulanması zor bir yöntemdir. Bu çalışma yüksek yapılar için performans noktası ve hasar dağılımları açısından kompozit kolonlar ve çelik kolonlar arasındaki farka ışık tutacaktır. Yapılacak yüksek yapılar için taşıyıcı sistem seçiminde yol gösterici olarak rol oynayacaktır. Taşıyıcı sistem elemanlarının farkları gözlemlenecektir. Çok modlu doğrusal olmayan itme analizi sonuçları değerlendirilecek. Çok modlu itme analiz yöntemi zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemine alternatif bir yöntem olması için bu çalışma yapılmıştır.

Mevcut yapı 30 m ×30 m toplam 900 m² oturma alanına sahip ve toplam yapı yüksekliği 90 m taşıyıcı sistem elemanları farklı iki yapı incelenecektir. Binaların kullanım amacı konut binasıdır. Her iki yapı için taşıyıcı sistem dizilimi aynıdır. Yapı 1 olarak adlandırılan yapı; çelik gömme kompozit kolon ve çelik kirişlerden teşkil edilmiştir. Yapı 2 olarak adlandırılan yapı; çelik kolon ve çelik kirişlerden

teşkil edilmiştir. Her iki yapının taşıyıcı sistemi moment aktaran çerçevelerden oluşmuştur. Taşıyıcı sistem elemanları için beton sınıfı C30, yapısal çelik sınıfı S275 ve donatı çeliği sınıfı olarak S420C kullanılmıştır. Yapı 1'deki çelik gömme kompozit kolon elemanların enkesit boyutları 800 mm × 800 mm ve yapısal çelik eleman olarak HEB 600 çelik profili, kiriş elemanlarında HEB 400 çelik profili, tali kiriş elemanlarında IPE 240 çelik profili, merkezi çelik çapraz elemanlarda ise boru kesit 165.5×10 cm çelik profil kullanılmıştır. Yapı 2'deki kolon elemanlar da HEB 900 çelik profili, kiriş elemanlarda HEB 300 çelik profili, tali kiriş elemanlarda IPE 240 çelik profili, merkezi çelik çapraz elemanlarda ise boru kesit 165.5×8 cm çelik profil kullanılmıştır. Yapıların katlar arası yükseklikleri 3 metre, toplam yapı yüksekliği 90 metre olarak belirlenmiştir. Yapı planda X doğrultusunda akstan aksa uzunluğu 30 metre ve Y doğrultusunda akstan aksa 30 metredir. Taşıyıcı sistem modellenmesi için Sap2000 V20.2.0 yapısal analiz programı kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanları çubuk eleman olarak modellenmiştir. Döşeme modeli eğilme rijitliği olmayan ve yüklerin doğru aktarılmasını sağlayan mebran davranışı olarak tasarlanmıştır.

Taşıyıcı sistem kompozit ve çelik olan elemanların boyutlandırılması Çelik Yapıların Tasarımı, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar ve TBDY 2018 yönetmelikleri baz alınmıştır. Yapıya gelen döşeme hareketli yükü ve çatı hareketli yükü TS498 yönetmeliği baz alınarak hesaplanmıştır. Çelik gömme kompozit kolonun karakteristik karşılıklı etki diyagramı C# yazılım programında kod yazılmıştır. Yazılan kodlara göre çelik gömme kompozit kolonun karakteristik karşılıklı etki diyagramı elde edilmiştir. Aynı kesit Sap2000 V20.2.0 programında modellenerek uygunluğu araştırılmıştır. Tasarımda narinlik etkilerine dikkat etmek için hesaplamalar yapılmıştır.

Yapının deprem hesabı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'den faydalanılarak hesaplanmıştır. Deprem yer hareket düzeyi olarak DD-2, yerel zemin sınıfı olarak ZC olduğu belirlenmiştir. Bina kullanım sınıfı 3, bina yükseklik sınıfı 1 olarak belirlenmiştir. Binanın performans hedefi olarak Kontrollü Hasar ve tasarım yaklaşımı olarak Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım olarak belirlenmiştir. Yapının deprem hesabı Mod Birleştirme Hesap modeli uygulanmıştır. Deprem etkileri altında meydana gelen plastik şekil değiştirmeler, plastik dönmeler, iç kuvvet

kapasiteleri hesaplanarak Kontrollü Hasar performans hedefi ulaşıp ulaşmadığı konusunda doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden; çok modlu itme analiz yöntemi uygulanmıştır. Yüksek mod etkileri açısından farklılıkları görebilmek açısından çok modlu itme analiz yöntemi kullanılmıştır.

Statik itme analizinde Sap2000 V20.2.0 programı kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda yapının performans düzeyi belirlenmiştir. Çok modlu itme analizi sonucunda değerlendirmeler yapılmıştır. Analiz yöntemi ile elde edilen sonuçlar tez çalışmasının ilgili bölümlerinde verilmiştir. Deprem etkisi altında olan yapıların spektral ivme ve spektral yer değiştirme grafikleri üzerinden taban kesme kuvveti ve tepe noktası yer değiştirme eğrileri çizilerek kapasite spektrum eğrisi gösterilir. Deprem etkisi altındaki yapının yer değiştirme talebi bu noktada kesişmektedir. Bu nokta performans noktası olarak adlandırılmaktadır. Performans noktasına bakılarak plastik mafsallardan oluşan elemanlar belirlenmektedir. Sap2000 V20.2.0 analiz programı kullanılarak performans noktasına ulaşıncaya kadar yapıya deprem etkisini göstermek üzere yanal yükler uygulanmaktadır. Yanal yüklemeler sonucuna belirlenen yer değiştirme için bir taban kesme kuvveti elde edilir.

Çok modlu itme analizi sonucunda yapının deprem anındaki taban kesme kuvveti-tepe noktası yer değiştirme grafikleri elde edilmiştir. Yapı elemanlarında oluşan şekil değiştirmeler ve plastik mafsallar incelenmiştir. İncelemeler sonucunda plastik mafsallar güçlü kolon zayıf kiriş prensibine uygun olduğu görülerek kiriş elemanlar gözlemlenmiştir. Yapılarda oluşan plastik mafsallardan dağılımları ve hasar sınır durumları incelenmiştir. Yapıların hasar sınır durumunun Kontrollü Hasar Sınır durumunda olması amaçlanmıştır. Çelik gömme kompozit kolonla teşkil edilmiş yapının çelik kolonla teşkil edilmiş yapı arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Çok modlu itme analiz yöntemi değerlendirmiştir. Zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemine alternatif bir yöntem olması amaçlanmıştır. Bundan sonraki çalışmalara temel hazırlayacaktır.

Anahtar sözcükler: Doğrusal olmayan analiz yöntemi, çok modlu doğrusal olmayan analiz, çelik gömme kompozit kolon, çelik kolon

ABSTRACT
NON-LINEER ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF MULTI-STORY
CONCRETE ENCASED STEEL COMPOSITE MOMENT
RESISTING FRAME USING SINGLE AND MULTI-MODE PUSH
OVER ANALYSIS

Merve ÇALIŞKAN

MSC in Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Bengi ARISOY

Within the scope of the thesis, the behavior of two structures, whose structural system is composite and whose structural system is formed by steel elements, under earthquake loads will be examined. There are various analysis methods to determine the nonlinear behavior of both structures under earthquake loads. These are nonlinear incremental static pushover analyzes and nonlinear time history dynamical analysis. Multimodal pushover analysis method was preferred among non-linear incremental pushover analysis methods. Multimodal pushover analysis method is widely used as incremental spectrum analysis. This method was created in order to get as close as possible to the real results based on the modal behavior of the structure. Dynamic analysis in the time domain shows the most accurate results since the real earthquake records are scaled and affect the structure. However, it is a difficult method to implement due to the nature of the records to be selected and the scaling sensitivity. This study will shed light on the difference between composite columns and steel columns in terms of performance point and damage distributions for tall buildings. It will play a guiding role in the selection of the carrier system for the tall buildings to be built. The differences of the carrier system elements will be observed. Multimodal nonlinear pushover analysis results will be evaluated. This study was carried out in order that the multimodal pushover analysis method is an alternative method to the nonlinear analysis method in the time history.

The existing building is 30 m × 30 m, with a total seating area of 900 m² and a total height of 90 m. Two buildings with different structural system elements will be examined. The purpose of use of the buildings is residential building. The carrier system sequence is the same for both structures. The so-called Structure 1; It is

composed of steel recessed composite columns and steel beams. The structure called Structure 2; It is composed of steel columns and steel beams. The load-bearing system of both structures consists of moment-transmitting frames. Concrete class C30, structural steel class S275 and reinforcement steel class S420C were used for structural system elements. Cross-section dimensions of the steel recessed composite column elements in Structure 1 are 800 mm $\times$ 800 mm and HEB 600 steel profile as structural steel element, HEB 400 steel profile for beam elements, IPE 240 steel profile for secondary beam elements, pipe section 165.5 $\times$ for central steel cross members 10 cm steel profile is used. HEB 900 steel profile was used for column elements in Structure 2, HEB 300 steel profile was used for beam elements, IPE 240 steel profile was used for secondary beam elements, and pipe section 165.5 $\times$ 8 cm steel profile was used for central steel cross members. The heights between the floors of the buildings were determined as 3 meters and the total height of the buildings was determined as 90 meters. In the plan, the axis-to-axle length in the X direction is 30 meters and in the Y direction is 30 meters from the axis to the axis. Sap2000 V20.2.0 structural analysis program was used for modeling the structural system. The structural elements are modeled as rod elements. The slab model is designed as a membrane behavior that does not have bending stiffness and ensures the correct transfer of loads.

Dimensioning of the elements with composite and steel structural systems is based on the Design, Calculation and Construction Principles of Steel Structures and TBDY 2018 regulations. The floor live load and roof live load on the building are calculated based on the TS498 regulation. The characteristic interaction diagram of the steel embedded composite column was written in the C# software program. According to the written codes, the characteristic mutual influence diagram of the steel embedded composite column was obtained. The same section was modeled in the Sap2000 V20.2.0 program and its suitability was investigated. Calculations have been made to pay attention to the slenderness effects in the design.

The earthquake calculation of the building was calculated using the Turkish Building Earthquake Code 2018. It was determined that the earthquake ground motion level was DD-2 and the local ground class was ZC. The building usage class has been determined as 3 and the building height class as 1. Controlled Damage was determined as the performance target of the building and Design by

Deformation as the design approach. The seismic calculation of the structure was applied using the Mode Combination Calculation model. Plastic deformations, plastic rotations, internal force capacities that occur under the effects of earthquakes are calculated and non-linear calculation methods are used to determine whether the Controlled Damage performance target is reached or not.

From non-linear calculation methods; Multimodal impulse analysis method was applied. Multimodal pushover analysis method was used to see the differences in terms of high mode effects.

The Sap2000 V20.2.0 program was used in the static pushover analysis. As a result of the analysis, the performance level of the building was determined. Evaluations were made as a result of multimodal pushover analysis. The results obtained by the analysis method are given in the relevant sections of the thesis. The capacity spectrum curve is shown by drawing the base shear force and peak displacement curves over the spectral acceleration and spectral displacement graphs of the structures under the influence of earthquakes. The displacement demand of the structure under the effect of the earthquake intersects at this point. This point is called the performance point. By looking at the performance point, the elements with plastic joints are determined. By using the Sap2000 V20.2.0 analysis program, lateral loads are applied to the structure to show the earthquake effect until the performance point is reached. A base shear force is obtained for the displacement determined as a result of the lateral loadings.

As a result of the multimodal thrust analysis, the base shear force-peak point displacement graphs of the structure at the time of the earthquake were obtained. The deformations and plastic hinges in the building elements were investigated. As a result of the examinations, it was observed that the plastic hinges were in accordance with the strong column weak beam principle and the beam elements were observed. Distribution of plastic hinges and damage boundary conditions in the structures were investigated. The damage limit state of the structures is intended to be the Controlled Damage Limit state. Comparisons were made between the structure formed by the steel embedded composite column and the structure formed by the steel column. Multimodal impulse analysis method is evaluated. It is

intended to be an alternative method to the dynamic analysis method in the time domain. It will lay the groundwork for future work.

Key words: Nonlinear analysis methods, multimode nonlinear analysis, steel composite column, steel column



ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezim ile yakından ilgilenen ve İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı hakkında çok şey öğrendiğim ve hala öğrenmekte olduğum Tez Danışmanım Prof. Dr. Bengi ARISOY'a eğitim ve sosyal hayatımda çok emeği geçen aileme, öğrenim hayatım boyunca emeği geçen tüm hocalarıma teşekkürü borç bilirim.

İZMİR

21/06/2022

Merve Çalışkan



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLOLAR DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
1.GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı.....	1
1.2 Literatür Çalışması.....	2
2.ÇELİK GÖMME KOMPOZİT KOLONLA VE ÇELİK KOLONLA TEŞKİL EDİLMİŞ İKİ YAPININ İNCELENMESİ.....	7
2.1 Yapı Hakkında Genel Bilgiler.....	7
2.2 Yükler	13
2.2.1 Düşey Yükler.....	13
2.3 Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi.....	13
2.3.1 Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısının Belirlenmesi.....	16
2.3.2 Deprem Tasarım Sınıfının Belirlenmesi.....	16
2.3.3 Bina Yükseklik Sınıfının Belirlenmesi.....	16
2.3.4 Deprem Etkisi Altında Bir Yapının Performans Hedefi ve Uygulanacak Tasarım Yaklaşımlarının Belirlenmesi.....	16
2.3.5 Tasarım Sistem Davranış Katsayısı, R ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D Belirlenmesi.....	17
2.4 Eş Değer Deprem Yükü Hesabı.....	17
2.4.1 Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi.....	17
2.4.2 Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi.....	20
2.4.3 Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi.....	21
2.5 Mod Birleştirme Yöntemi İle Deprem Hesabı.....	22
2.6 Yük Bileşimleri.....	25

İÇİNDEKİLER (devamı)

2.7 Sistem Analizleri.....	25
2.7.1 Görelî Kat Ötelemesi Kontrolü.....	26
2.7.2 Düzensizlik Kontrolü.....	31
2.8 Çelik Gömme Kompozit Kolonla Teşkil Edilmiş Yapının Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Boyutlandırılması.....	44
2.8.1 Çelik Gömme Kompozit Kolonun Boyutlandırılması.....	44
2.8.2 Çerçeve Kirişlerinin Boyutlandırılması.....	53
2.8.3 Tali Kirişlerin Boyutlandırılması.....	59
2.8.4 Çapraz Elemanların Boyutlandırılması.....	61
2.9 Çelik Kolonla Teşkil Edilmiş Yapının Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Boyutlandırılması.....	63
2.9.1 Çelik Kolonun Boyutlandırılması.....	63
2.9.2 Çerçeve Kirişlerinin Boyutlandırılması.....	67
2.9.3 Tali Kirişlerin Boyutlandırılması.....	71
2.9.4 Çapraz Elemanların Boyutlandırılması.....	74
3. TAŞIYICI SİSTEMİN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİ.....	76
3.1 Giriş.....	76
3.2 Bina Performans Düzeyinin Belirlenmesi.....	76
3.3 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri.....	77
3.4 Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin Seçilmesi.....	77
3.5 Doğrusal Olmayan Hesap Modeli.....	78
3.6 Plastik Mafsal Teorisi.....	80
3.7 Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	82
4. DOĞRUSAL OLMAYAN İTME YÖNTEMİ.....	84
4.1 Çok Modlu İtme Analiz Yöntemi.....	84
4.1.1 Çok Modlu Analiz Modeli.....	85
5. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ SONUÇLARI.....	89
5.1 Çok Modlu İtme Analizi Sonuçları.....	89
5.1.1 Tepe Noktası Yer Değiştirme- Taban Kesme Kuvvet Eğrilerinin Elde Edilmesi.....	89
5.1.2 Yapı Performans Sınır Durumunun Belirlenmesi.....	91

İÇİNDEKİLER (devamı)

5.1.3 Yapıda Oluşan Plastik Mafsal Dağılımları ve Hasar Sınır Durumu.....	92
6. SONUÇLAR.....	98
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	101
TEŞEKKÜR.....	103
ÖZGEÇMİŞ.....	104
EKLER.....	105



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Kolon aplikasyonu.....	7
Şekil 2.2: Taşıyıcı sistem genel görünüş.....	8
Şekil 2.3: A aksı çerçeve en kesiti.....	8
Şekil 2.4: 1 aksı çerçeve en kesiti.....	9
Şekil 2.5: Çatı katı sistem planı.....	10
Şekil 2.6: Proje bölgesinin konumu.....	14
Şekil 2.7: Deprem parametreleri.....	15
Şekil 2.8: Yatay elastik tasarım spektrum.....	16
Şekil 2.9: Düşey elastik tasarım spektrum.....	16
Şekil 3.0: Yapı 1 X doğrultusu periyot değeri.....	18
Şekil 3.1: Yapı 1 Y doğrultusu periyot değeri.....	18
Şekil 3.2: Yapı 2 X doğrultusu periyot değeri.....	19
Şekil 3.3: Yapı 2 Y doğrultusu periyot değeri.....	20
Şekil 3.4: Çelik gömme kompozit kolon kesiti.....	45
Şekil 3.5: Çelik gömme kompozit kolonun narinlik etkisi.....	47
Şekil 3.6: Çelik gömme kompozit elemanlarının kuvvetli ve zayıf eksen etrafında bileşik eğilme değerlerinin hesaplanmasını sağlayan MS Visual Studio programının tasarımı.....	49
Şekil 3.7: C# programında yazılan kodlar.....	49
Şekil 3.8: Çelik Gömme kolon kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme grafiği...	53
Şekil 3.9: Çelik Gömme kolon zayıf eksen etrafında bileşik etkileşim grafiği....	54
Şekil 4.0: HEB400 çelik kiriş kesiti	55
Şekil 4.1: IPE240 çelik tali kiriş kesiti.....	60
Şekil 4.2: Çelik çapraz elemanın boru kesiti (165.1×10mm).....	63
Şekil 4.3: HEB 900 çelik kolon kesiti.....	65
Şekil 4.4: HEB300 çelik kiriş kesiti.....	69

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.5: IPE 240 çelik tali kiriş kesiti.....	73
Şekil 4.6: Çelik çapraz elemanın boru kesiti (165.1×8mm).....	75
Şekil 4.7: Yığılı plastik mafsallık davranış modeli ve moment-dönme ilişkisi (Dalyan, ve Şahin, 2019).....	79
Şekil 4.8: Sap2000 programına kolon için plastik mafsallık tanımlaması.....	80
Şekil 4.9: Sap2000 programına kiriş için plastik mafsallık tanımlaması.....	80
Şekil 5.0: Eğilme momenti-eğilme grafiği (Özer, 2009).....	81
Şekil 5.1: Belirli bir kesitte gerçekleşen doğrusal olmayan şekil değiştirmeler (Özer, 2009).....	82
Şekil 5.2: İdealleştirilmiş eğilme momenti-eğrilik bağıntısı (Özer, 2009).....	83
Şekil 5.3: İç kuvvet ve deplasman grafiğinde hasar bölgeleri (TBDY 2018).....	83
Şekil 5.4: Çok modlu analiz sonucunda çelik gömme kompozit kolonla teşkil edilmiş yapının taban kesme kuvveti- tepe noktası yer değiştirme eğrisi.....	90
Şekil 5.5: Çok modlu analiz sonucunda çelik kolonla teşkil edilmiş yapının taban kesme kuvveti-tepe noktası yer değiştirme eğrisi.....	91
Şekil 5.6: Çok modlu analiz sonucunda çelik gömme kompozit ve çelik kolonla teşkil edilmiş yapıların taban kesme kuvveti- tepe noktası yer değiştirme eğrilerinin karşılaştırılması.....	91
Şekil 5.7: Çok modlu analiz sonucunda çelik gömme kompozit kolon ve çelik kolonla teşkil edilmiş yapıların plastik mafsallık dağılımları ve hasar sınır durumu..	94

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: Malzeme Özellikleri.....	12
Tablo 2.2: Yapı 1'in toplam ağırlığı.....	21
Tablo 2.3: Yapı 2'in toplam ağırlığı.....	21
Tablo 2.4: Yapı 1 Modal analiz sonuçları ve kütle katılımlar.....	23
Tablo 2.5: Yapı 2 Modal analiz sonuçları ve kütle katılımlar.....	24
Tablo 2.6: Yapı 1 X doğrultusu görelî kat öteleme değerleri.....	28
Tablo 2.7: Yapı 1 Y doğrultusu görelî kat öteleme değerleri.....	29
Tablo 2.8: Yapı 2 X doğrultusu görelî kat öteleme değerleri.....	30
Tablo 2.9: Yapı 2 Y doğrultusu görelî kat öteleme değerleri.....	31
Tablo 3.0: Yapı 1 X doğrultusu A1- burulma düzensizliğı kontrolü.....	33
Tablo 3.1: Yapı 1 Y doğrultusu A1- burulma düzensizliğı kontrolü.....	34
Tablo 3.2: Yapı 2 X doğrultusu A1- burulma düzensizliğı kontrolü.....	36
Tablo 3.3: Yapı 2 Y doğrultusu A1- burulma düzensizliğı kontrolü.....	37
Tablo 3.4: Yapı 1 X doğrultusu B2- komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı.....	39
Tablo 3.5: Yapı 1 Y doğrultusu B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı.....	40
Tablo 3.6: Yapı 2 X doğrultusu B2- komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı.....	42
Tablo 3.7: Yapı 2 Y doğrultusu B2- komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı.....	43
Tablo 3.8: Çelik gömme kompozit kolonun en kesit ölçüleri.....	45
Tablo 3.9: HEB600 çelik profil değerleri.....	45
Tablo 4.0: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler.....	48
Tablo 4.1: Çelik gömme kompozit elemanlar kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme değerlerinin hesaplanmasını sağlayan dayanım denklemleri (ÇYTHYDE 2018).....	50
Tablo 4.2: Çelik gömme kompozit elemanlar zayıf eksen etrafında bileşik eğilme değerlerinin hesaplanmasını sağlayan dayanım denklemleri (ÇYTHYDE 2018).....	51

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.3: Çelik Gömme kolon kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme.....	52
Tablo 4.4: Çelik Gömme kolon zayıf eksen etrafında bileşik eğilme.....	52
Tablo 4.5: Kiriş kesiti HEB400 en kesit değerleri.....	54
Tablo 4.6: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler.....	54
Tablo 4.7: Tali kiriş kesiti IPE240 en kesit özellikleri.....	60
Tablo 4.8: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler.....	60
Tablo 4.9: Çapraz elemanın en kesit değerleri.....	62
Tablo 5.0: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler.....	62
Tablo 5.1: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler.....	64
Tablo 5.2: Çelik kolon kesiti HEB900 en kesit değerleri.....	64
Tablo 5.3: Kiriş kesiti HEB300 en kesit değerleri.....	68
Tablo 5. 4: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler.....	68
Tablo 5.5: Tali kiriş kesiti IPE240 en kesit özellikleri.....	72
Tablo 5.6: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler.....	72
Tablo 5.7: Çapraz elemanın en kesit değerleri.....	74
Tablo 5.8: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler.....	74
Tablo 5.9: Çok modlu itme analizi sonucunda yapılarda plastikleşen mesnet sınır durumu.....	92

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AFAD: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

BKS: Bina Kullanım Sınıfı

BYS: Bina Yükseklik Sınıfı

ÇYTHYE: Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Es

DGT: Dayanıma Göre Tasarım

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

TBDY-2018: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

TS 498: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri

GÖ: Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi

KH: Kontrollü Hasar Performans Düzeyi

KK: Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi

SH: Sınırlı Hasar Performans Düzeyi

YDKT: Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım

Yapı 1: Çelik Gömme Kompozit Kolonla Teşkil Edilmiş Yapı

Yapı 2: Çelik Kolonla Teşkil Edilmiş Yapı

Sap2000: Integrated Software for Structural Analysis and Design

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devamı)

A: Enkesit alanı

Asr: Boyuna donatının alanı

Ag: Kompozit elemanın toplam enkesit alanı

Aw: Profil gövde alanı

A(T): Spektral İvme Katsayısı

Ao: Etkin Yer İvmesi Katsayısı

G: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)

I: Bina Önem Katsayısı

R: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

Ra(T): Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

S(T): Spektrum Katsayısı

Sae(T): Elastik spektral ivme [m /s^2]

SaR(Tr): r'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [m /s^2]

T: Bina doğal titreşim periyodu [s]

Δ_i : Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi

(Δ_i)ort: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi

Δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi

(δ_i)max: Binanın i'inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi

η_{bi} : i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliğı Katsayısı

ϕ_p : Plastik eğrilik istemi

ϕ_t : Toplam eğrilik istemi

ϕ_y : Eşdeğer akma eğriliğı

Γ_{x1} : x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı

Tp: Binanın hâkim doğal titreşim periyodu

V_{tE} : Taban kesme kuvveti

m_t : Binanın toplam ağırlığı

b_f : Başlık genişliğı

t_f : Başlık kalınlığı

t_w : Gövde kalınlığı

S: İkincil eleman arası uzaklık

H₁: Çelik gömme kompozit kolonun beton en kesit kenar uzunluğu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devamı)

H₂: Çelik gömme kompozit kolonun beton en kesit kenar uzunluğu

F_{ysr}: Beton çeliğinin karakteristik akma gerilmesi

R: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

n: Hareketli yük katılım katsayısı

P_{no}: Kompozit kesitin kuvvet basınç

P_e: Elastik burkulma yükü

(EI)_e: En kesitin etkin eğilme rijitliği

P_r: YDKT veya GKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli eksenel kuvvet dayanımı

P_c: Mevcut eksenel kuvvet dayanımı (YDKT için tasarım eksenel kuvvet dayanımı veya GKT için güvenli eksenel kuvvet dayanımı)

f_{ce}: Betonun ortalama basınç dayanımı

f_{ck}: Betonun karakteristik basınç dayanımı

f_y: Taşıyıcı sistemin akma dayanımı

f_{ye}: Çeliğin ortalama akma dayanımı

f_{yk}: Çeliğin karakteristik akma dayanımı

L_p: Plastik mafsallık boyu

V_n: Karakteristik kesme kuvveti dayanımı

F_e: Elastik burulma gerilimi

F_{cr}: Kritik burulma gerilimi

P_d: Tasarım basınç dayanımı

M_d: Tasarım eğilme moment dayanımı

M_u: Eğilme momenti

M_y: Çubuk elemanın uçlarındaki plastik mafsalların etkin akma momenti

KK: Kesintisiz hasar

SH: Sınırlı hasar

KH: Kontrollü hasar

GÖ: Göçme öncesi hasar

(Δ_i)_{ort}: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi

(Δ_i)_{maks}: Binanın i'inci katındaki maksimum azaltılmış görelî kat ötelemesi

η_{bi}: i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devamı)

η_{ki} : i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı

θ : Rüzgar yönü

$\delta_i^{(x)}$: X deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi

$\delta_{i,max}^{(x)}$: X deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri

λ : Görelî kat ötemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayısı

k : İzin verilen görelî kat ötelemelerinin tanımında betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler için farklı olarak kullanılan katsayı

θ_y : Çubuk elemanın ucundaki plastik mafsalların akma dönmesi

θ_p : Plastik mafsalın dönmesi

1.GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada; taşıyıcı sistemi kompozit olan ve taşıyıcı sistemi çelik elemanlar ile teşkil edilmiş çerçeve sistemlerinin deprem yükleri altındaki davranışı incelenecektir. Yapının deprem yükleri altında doğrusal olmayan davranışlarını belirlemek için birçok analiz yöntemi vardır. Bunlar, doğrusal olmayan artımsal statik itme analizleri ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizidir. Doğrusal olmayan artımsal itme analizi yöntemlerinden çok modlu itme analiz yöntemi kullanılmıştır. Çok modlu itme analizi yönteminde artımsal spektrum analizi çokça kullanılmaktadır. Bu yöntem yapının mod davranışlarını baz alarak gerçek sonuçlara olabildiğince yakınsamak amacıyla oluşturulmuştur. Zaman tanım alanında dinamik analiz ise gerçek deprem kayıtlarının ölçeklenerek yapıya etki etmesinden dolayı en doğru sonuçları göstermektedir. Fakat seçilecek kayıtların niteliği ve ölçeklendirme hassasiyetinden dolayı uygulanması zor bir yöntemdir. Bu çalışma yüksek yapılar için performans noktası ve hasar dağılımları açısından kompozit kolonlar ve çelik kolonlar arasındaki farka ışık tutacaktır. Yapılacak yüksek yapılar için taşıyıcı sistem seçiminde yol gösterici olarak rol oynayacaktır. Ayrıca çok modlu itme analiz yöntemi değerlendirilecektir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemine alternatif bir yöntem olması için ve sonraki çalışmalara temel hazırlaması için bu çalışmaya başvurulmuştur.

Mevcut yapı 900 m² oturma alanına sahip ve toplam yüksekliği 90 m olan taşıyıcı sistemi çelik gömme kompozit kolon, kirişleri çelik kiriş olan çerçeve sisteme sahip yapı ile taşıyıcı sistemi sadece çelik elemandan oluşan çerçeve sisteme sahip iki yapı incelenecektir. Her iki yapı için de taşıyıcı sistem planı aynıdır. Her iki yapının taşıyıcı sistemi moment aktaran çerçevelerden oluşmuştur. Bu yapılar çok modlu itme analizi yöntemleri incelenecektir. Yapılan bu inceleme sonucunda yapıların performans noktaları, mod şekilleri, hasar dağılımları raporlanacak ve yorumlanacaktır.

Bu çalışma yüksek yapılar için performans noktası ve hasar dağılımları açısından kompozit kolonlar ve çelik kolonlar arasındaki farka ışık tutacaktır. Yapılacak yüksek yapılar için taşıyıcı sistem seçiminde yol gösterici olarak rol oynayacaktır. Çok modlu itme analiz yöntemleri zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemine alternatif bir yöntem olacaktır. Bundan sonraki çalışmalara temel hazırlayacaktır.

1.2 Literatür Çalışması

Tailor ve diğerlerinin yaptığı çalışmada, taşıyıcı sistemi beton dolgulu kompozit kolon olan ve çelik kolon olan yapının statik ve dinamik yükler altında performans durumu incelenmiştir. Beton dolgulu kompozit kolon kare ve dairesel olarak iki tip olarak incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Sonuçlara bakıldığında zaman; beton dolgulu kompozit kolonlu yapının sismik ve dinamik yükler altında çelik yapıya göre daha iyi performans gösterildiği görülmüştür. Maliyet açısından değerlendirme yapıldığında zaman beton dolgulu kompozit kolon çelik kolonlu yapıya göre daha ekonomik olduğu gözlemlenmiştir. Beton dolgulu kompozit kolon iki tip kare ve dairesel olarak değerlendirildiğinde kare beton dolgulu kompozit kolonun yanal deplasman açısından dairesel kolona göre daha iyi performans göstermiştir (Tailor vd, 2017).

Taşıyıcı sistemi çelik gömme kompozit kolon, kiriş ve bağ kirişli, betonarme boşluklu perde sistemi ve betonarme döşemeden oluşan 15 katlı yapının yapısal tasarımı, düşey yükler ve deprem yükleri altında performansını incelemek için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi yapılmıştır. Taşıyıcı sistem modellemesi ETABS yapısal analiz programında yapılmıştır. Yapının deprem hesabı Türkiye Bina ve Deprem Yönetmeliğinden faydalanarak yapılmıştır. Taşıyıcı sistemin kompozit elemanlarını boyutlandırmada Çelik Yapıların Tasarımı, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar diğer elemanlar için TS 500 ve TBDY 2018 yönetmelikleri esas alınarak yapılmıştır. Taşıyıcı sistemin performansını belirlemek için Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yöntemi tasarım yaklaşımı kullanılmıştır. Doğrusal olmayan hesap yönteminde ise Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi kullanılmıştır. Toplam 22 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Betonarme ve çelik elemanlar için seçilen veriler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır (Açıkkelli, 2019).

Kompozit kolon ve çelik kolonun sayısal analizleri sonucu karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında mevcut çelik kolona alternatif olarak kompozit kolon tasarlanmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında ise çelik kolon ve kompozit kolonun modellenmesinden oluşmuştur. Sayısal analizler sonlu elemanlar yönteminde yapılmıştır. Çelik ve kompozit kolonun geometrisi, yükleri, sınır koşulları aynı analitik hesapla tasarlanmıştır. Analiz sonuçlarında; kompozit kolonun çelik kolona göre daha sert ve daha az yer değiştirdiği gözlemlenmiştir. Kompozit kolonun çelik kolona göre yük taşıma kapasitesinin daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir (Lacki vd, 2018).

Kompozit kolon ve çelik kolonun yükler altında gerilme ve yer değiştirme değerleri sayısal olarak hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu analizler ANSYS sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılmıştır. Kompozit kolonun içindeki çelik profil, normal çelik kolondaki çelik elemana göre daha az akma dayanımına ulaştığı sonucuna varılmıştır. Kompozit kolondaki yer değiştirme çelik kolondaki yer değiştirmeye göre oldukça azdır. Bu yüzden kompozit kolonların çelik kolonlara göre daha avantajlı olduğu kanıtlanmıştır (Uslu vd, 2021).

Binaların deprem yükleri altında doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesinde genellikle doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılmıştır. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri artımsal itme ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleri olarak belirlenmiştir. Binaların performansını belirlemek için doğrusal olmayan artımsal itme analizi ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz, sismik davranışı belirlemede en iyi yöntem olmasına rağmen uygulanabilirliği açısından zor bulunmuştur. Doğrusal olmayan artımsal itme analizi ise uygulanabilirliği açısından oldukça kolay olduğundan dolayı yaygınlıkla kullanılmıştır (Korkmaz ve Düzgün, 2008) .

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemine alternatif olarak doğrusal olmayan itme analizi ve çok modlu itme analizleri yöntemleri türetilmiştir. Çok modlu itme analizinde amaç; doğrusal olmayan sismik davranışa katkısı olan tüm modları hesaba katarak yapı davranışını tahmin etmektir. Bu yüzden çok modlu itme analizinde önceden belirlenen sismik taleplere ulaşana kadar genel kuvvet vektörlerinin yapıya ayrı ayrı ve artımsal bir şekilde uygulanması işlemi

sağlanmıştır. Genel kuvvet vektörü önceden belirlenen tepki parametresinin yapının sismik davranışı sırasında en üst değere ulaştıran anlık kuvvet dağılımı olarak belirlenmiştir. Yapılmış çalışmada, genel itme analizinin yapının sismik tepkisine katkı yapan etkin modlarının sayısı ve bunların farklı kombinasyonları dikkate alınarak artımsal itme analizlerinin sayısının azaltıldığı kolaylıkla yapılabilen bir uygulama olması açısından geliştirmiş ve değerlendirilmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile çok modlu itme analiz yöntemini karşılaştırmak için 12 katlı çerçeve sistem ve 20 katlı perde duvarlı sistem üzerinde karşılaştırma yapılmıştır. Bir yer hareketi altında maksimum eleman deformasyonları ve eleman kuvvetlerini kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Çok modlu itme analizi sonuçlarının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçlarıyla tutarlı bir şekilde örtüştüğü gözlemlenmiştir (Alıcı vd, 2015).

Çeşitli kompozit yapılar hakkında incelemeler yapılmıştır. Üç tip yapı tasarlanmıştır bunlar; Tip 1 olarak kompozit kirişli ve kompozit kolonlu yapı; Tip 2 çelik kirişli ve çelik gömme kompozit kolonlu yapı; Tip 3 kompozit kirişli ve çelik kolonlu yapı olarak tasarlanmıştır. Bu üç tip yapı yatay ve düşey yükler altında boyutlandırılmış ve doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem performansları belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında; Tip 2'deki çelik gömme kompozit kolonlardaki beton elemanın ağırlığı yüzünden en ağır yapı olmuştur; fakat çelik gömme kompozit kolonun içindeki çelik elemandan dolayı yangına ve korozyona karşı dayanıklı olduğu ispatlanmıştır (Taşkıran, 2012) .

Yapıların deprem yükleri altında sismik davranışını belirlemek için doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden artımsal itme analizi ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemlerinin değerlendirilmesi araştırılmıştır. Çok katlı betonarme yapılar için artımsal itme analizi ve zaman tanım alanında dinamik itme analiz sonuçları değerlendirilmiş. Artımsal itme analizinin zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemine göre tercih edilmesinin sebepleri araştırılmıştır. Uygulama açısından kolay olduğundan ötürü artımsal itme analizi yöntemleri tercih edilmiştir. Artımsal itme analizi yöntemi uygulanırken uygulanacak yük tipi üzerinde araştırmalar yapılmış, tüm mod bileşenlerini de kapsaması istenildiği için dikdörtgen yük tipi uygun görülmüştür (Korkmaz, 2006).

Yatay yük taşıyıcı sistemi, kompozit kolonlar içeren süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı çerçevelerden oluşan bir bina tasarımı yapılmış ve deprem etkileri altında doğrusal olmayan davranışları incelenmiştir. Taşıyıcı sisteminde beton dolgulu kompozit kolon, yatay yük taşıyıcı sistemi dışmerkez çaprazlı çerçeveler oluşan 8 katlı bir bina tasarlanmıştır. Deprem etkileri altında davranışları incelenmiştir. Bina boyutlandırılırken Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 kullanılmıştır. Deprem etkileri altında davranışlarını incelemek için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılmıştır. Deprem bölgesinde yapılacak binaların kompozit kolonla yapılmasının daha güvenli ve daha ekonomik olacağı düşünülmüştür (Hadim, 2018).

Doğrusal olmayan itme analizi yapısal ve yapısal olmayan elemanların performanslarının hesaplanmasını için kullanılmaktadır. Modelleme işlemi yapılırken elemanların doğrusal olmayan özelliklerinin ve deformasyon kapasiteleri belirlenmektedir. İtme analizinde TBDY 2018 ve ASCE 41-17 yönetmelikleri kullanılarak plastik mafsallık özellikleri belirlenmiştir. Yapılan çalışmada ASCE 41-17 ve TBDY 2018 yönetmelikleri ile tek açıklıklı bir yapının performans analizi ve yönetmelik bazında karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapı sisteminin analiz sonuçlarına göre kapasite eğrileri elde edilmiştir. ASCE 41-17 'de hesaplanan tepe noktası yer değiştirme miktarı TBDY 2018'e göre daha fazladır. TBDY 2018 yönetmeliğinde de taban kesme kuvveti ve kat kesme kuvveti oldukça fazla olduğu gözlemlenmiştir. İki yönetmelik arasında farklı sonuçların çıkmasının sebebi ise; yapıya etkiyen düşey yük miktarına, elemanların etkili rijitliğine ve plastik mafsallık özelliklerine bağlı olduğu görülmüştür (Jamal ve Yüksel, 2021).

Moment aktaran çerçeve sisteminden oluşan 6 katlı bir ofis binası tasarlanmıştır. Taşıyıcı sistemi beton dolgulu çelik boru profillerden oluşan kompozit kolon kirişleri çelik elemanlarda oluşmaktadır. Eleman boyutlandırılmasında Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları Yönetmeliği 2016 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 yönetmelikleri baz alınarak boyutlandırılmıştır. Yapının deprem etkisi altında yer değiştirmeleri belirlenmiş, yapı elemanlarında meydana gelen şekil değiştirmelerde plastik mafsallar incelemiştir. İncelemeler sonucunda güçlü kolon zayıf kiriş modeli baz alınarak kiriş elemanlarında plastik mafsallık oluşurken, kolon elemanlarında plastik mafsallık oluşmamıştır. Boyutlandırılan binanın taşıyıcı sistemine statik itme doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak

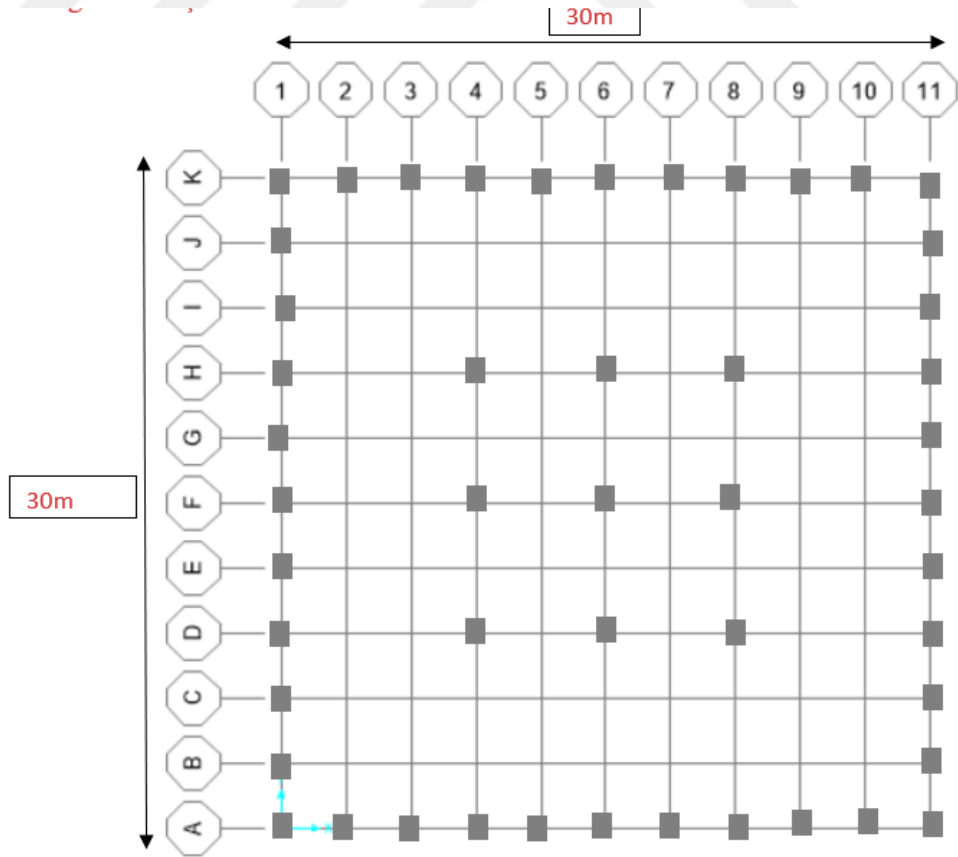
analiz edilmiştir. Bina taşıyıcı sisteminin boyutlandırılmasında ve doğrusal olmayan analiz yönteminin çözümünde ETAPS programı kullanılmıştır. Boyutlandırma aşamasında ve doğrusal olmayan analiz yönteminde kullanılan yönetmelikler ile analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Performans düzeyi olarak Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'ne ulaşıldığı gözlemlenmiştir. (Uzun, 2018).



2. ÇELİK GÖMME KOMPOZİT KOLONLA VE ÇELİK KOLONLA TEŞKİL EDİLMİŞ İKİ YAPININ İNCELENMESİ

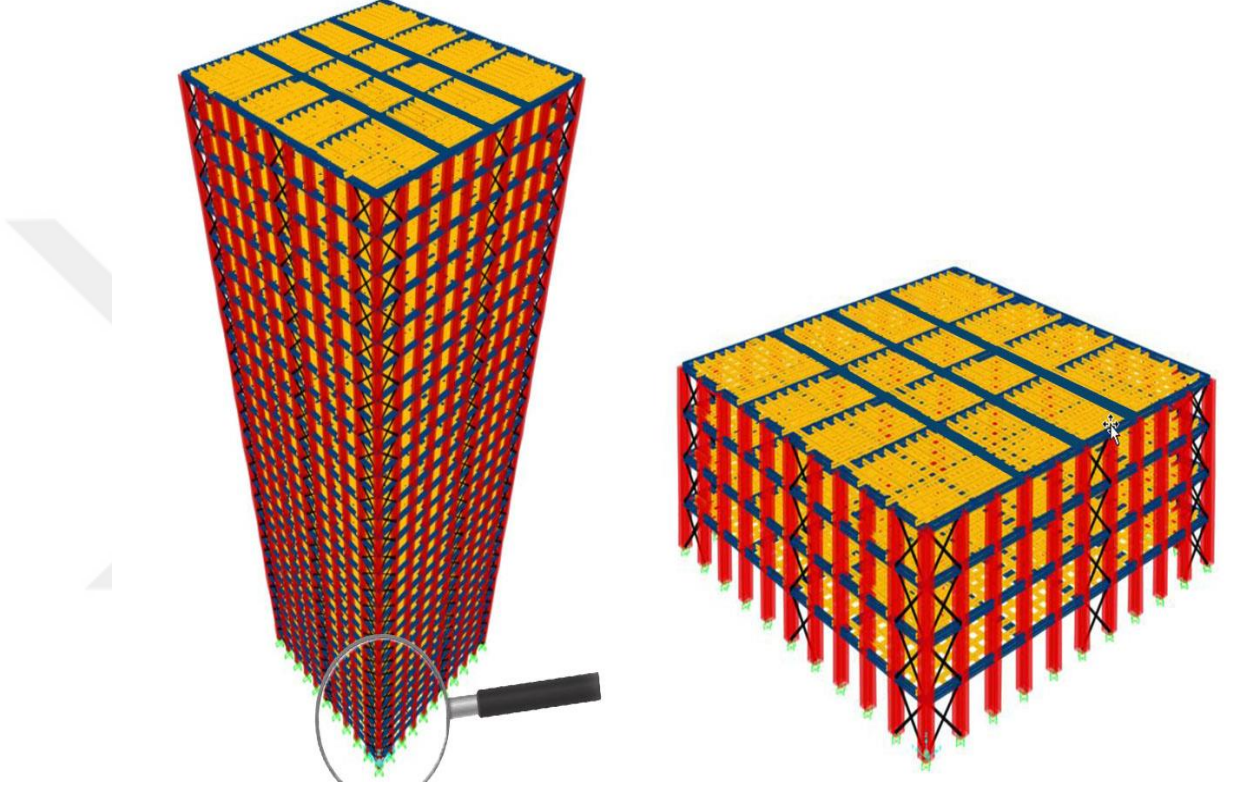
2.1 Yapı Hakkında Genel Bilgiler

Yapı moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden oluşmaktadır. Mevcut yapı 900 m² oturma alanına sahip ve toplam yapı yüksekliği 90 m olan taşıyıcı sistemi farklı şekilde incelenecektir. İki yapıda aynı oturma alanına ve planına sahiptir. Toplam kat adedi 30 kattır. Katlar arası yüksekliği 3 metredir. Yapının kullanım amacı konuttur. X ve Y doğrultuların da 3'er metrelik aralıklarla 10 açıklık bulunmaktadır. X doğrultusunda akstan aksa uzunluk 30 metre ve Y doğrultusunda 30 metredir. Kolon aplikasyon planı Şekil 2.1'de gösterilmektedir. Her iki yapı için taşıyıcı sistem dizilimi aynıdır. Yapı 1 olarak adlandırılan yapı; çelik gömme kompozit kolon ve çelik kirişlerden teşkil edilmiştir. Yapı 2 olarak adlandırılan yapı; çelik kolon ve çelik kirişlerden teşkil edilmiştir. Her iki yapının taşıyıcı sistemi moment aktaran çerçevelerden oluşmuştur.



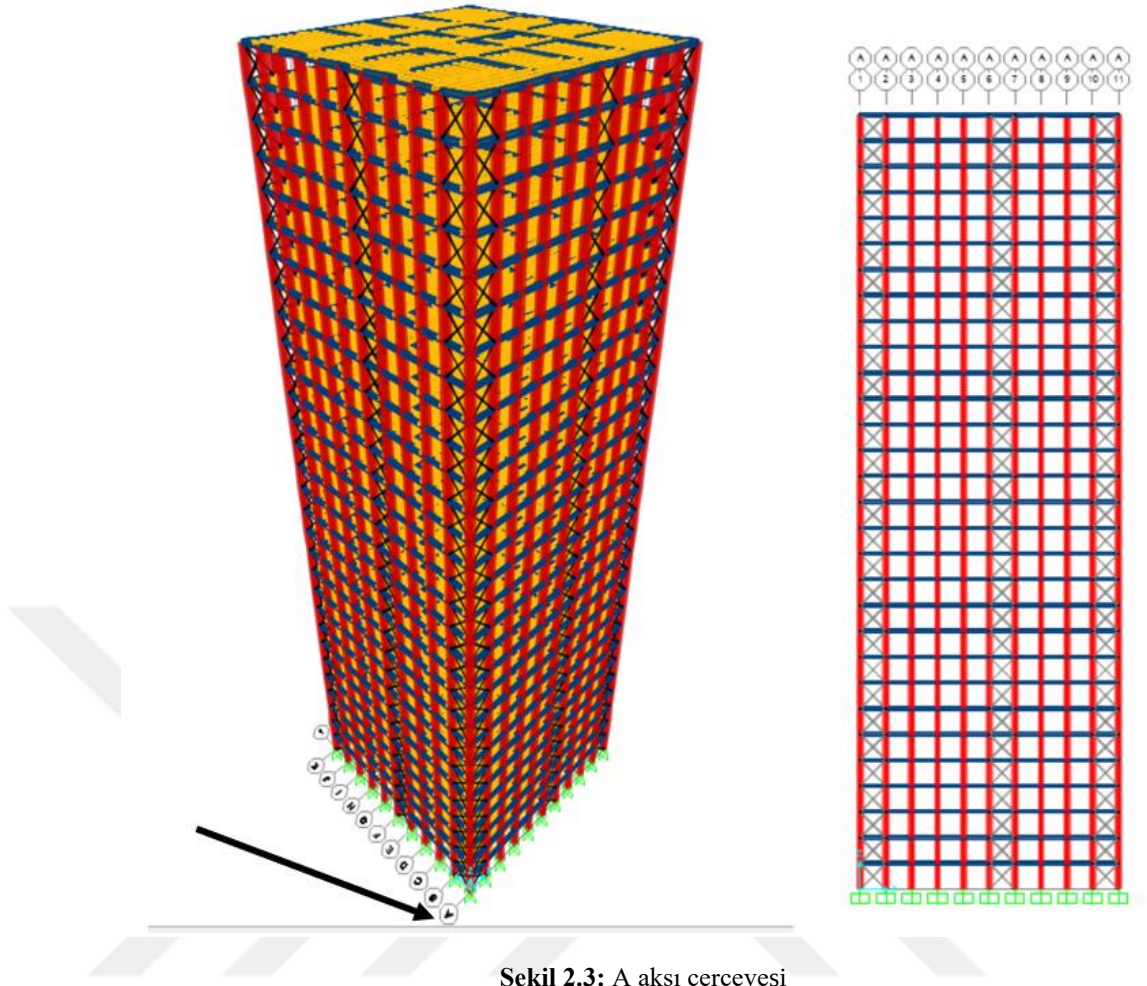
Şekil 2.1: Kolon aplikasyon planı

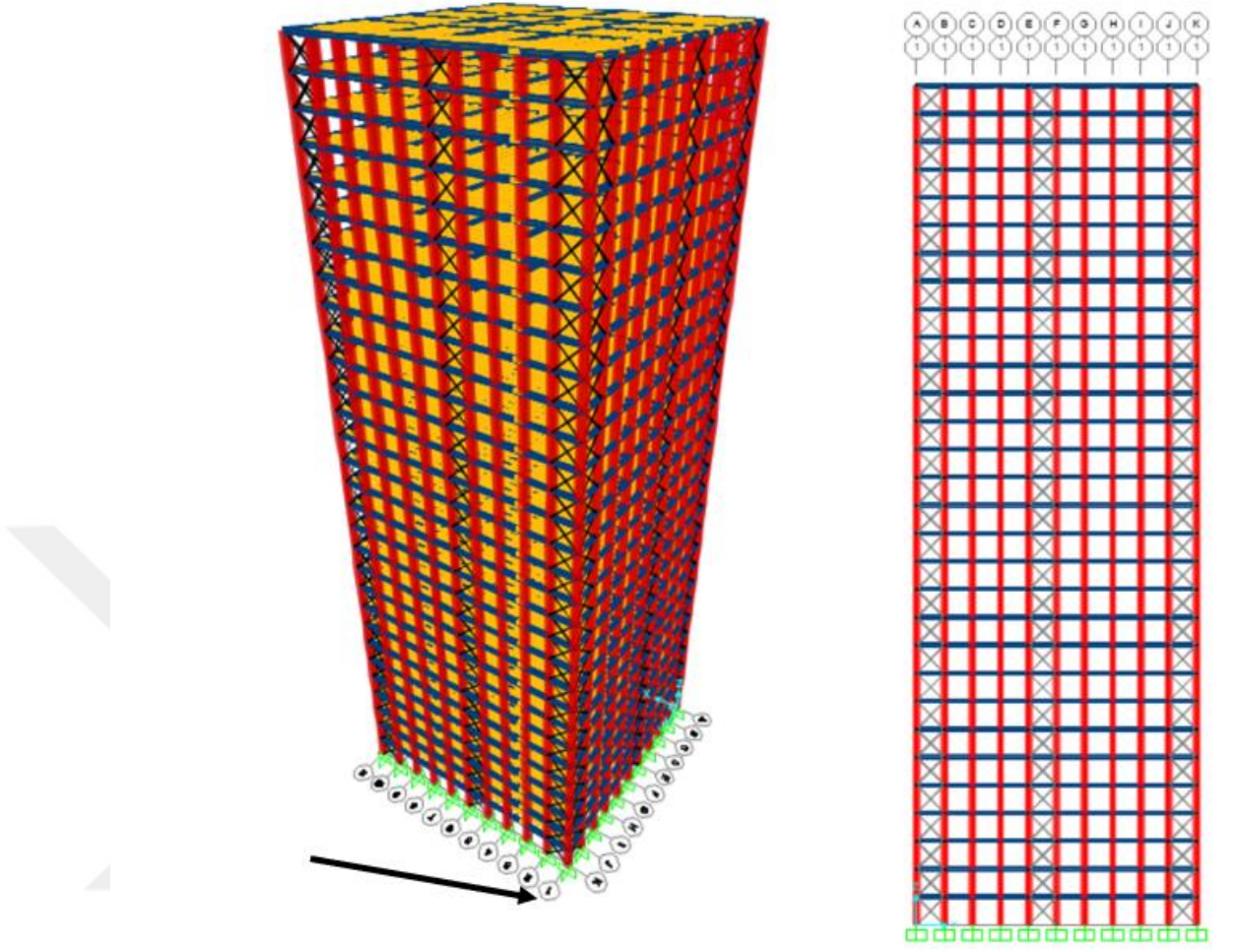
Yapıya ait üç boyutlu model görünümü Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



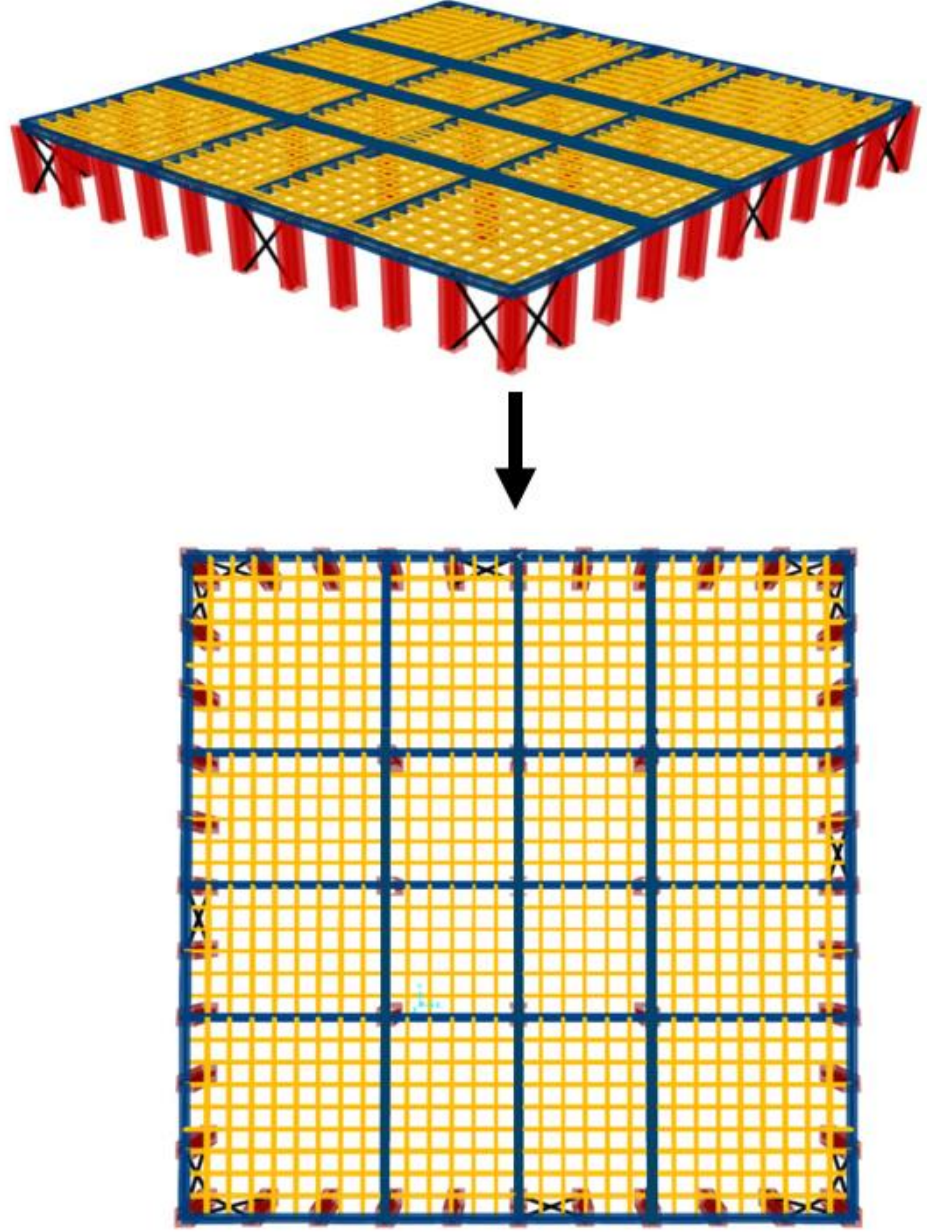
Şekil 2.2: Taşıyıcı sistem genel görünüş

X yönündeki A aksı çerçeve enkesiti Şekil 2.3’de, Y yönündeki 1 aksı çerçeve enkesiti Şekil 2.4’de, çatı katı planı Şekil 2.5’te gösterilmektedir.





Şekil 2.4: 1 aksı çerçevesi enkesiti



Şekil 2.5 Çatı katı sistem planı

Her iki yapının yatay yük taşıma sistem, x ve y doğrultuları için süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçevelerden oluşmaktadır. Sisteme döşeme yükleri çelik kirişlere aktarılmaktadır. Tali kirişler çerçeve kirişlere mafsallı olarak bağlanmıştır. Çelik çerçeve kirişler ise çelik gömme kompozit kolonlara moment aktaran olarak bağlanmıştır. Döşeme modeli eğilme rijitliği olmayan ve yüklerin doğru aktarılmasını sağlayan mebran davranışı olarak tasarlanmıştır. Kolonlar ± 0.00 kotunda, temele ankastre olarak mesnetlenmiştir.

Yapının analizi Sap2000 V20.2.0 kullanılarak yapılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanları çubuk eleman olarak modellenmiştir.

Yapı 1; taşıyıcı sistemini çelik gömme kompozit kolon içine yerleştirilecek olan çelik profil HEB600 profili, kirişler için HEB400 profili, tali kirişler için IPE 240 profili, merkezi çelik çaprazlar için ise boru kesit 165.5×10 cm çelik profil kullanılarak boyutlandırılmıştır.

Yapı 2; taşıyıcı sistemini çelik kolon HEB 900, kirişleri HEB300 profili, tali kirişleri IPE 240 profili, merkezi çelik çaprazlar ise boru kesit 165.5×8 cm çelik profil kullanılarak boyutlandırılmıştır.

Yapıda kullanılacak taşıyıcı sistem elemanları için beton sınıfı olarak C30, yapısal çelik olarak S275, donatı çeliği olarak S420C kullanılmıştır. Yapıda kullanılacak taşıyıcı sistem elemanları için malzemelerin özellikleri Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

Tablo 2.1: Malzeme Özellikleri

Çelik Malzeme (S275) Özellikleri	Akma Gerilmesi; F_y :	275 N/mm ²
	Kopma Gerilmesi, F_u :	430 N/mm ²
	Elastisite Modülü, E :	200000 N/mm ²
Beton Malzeme (C30) Özellikleri	Karakteristik Beton Dayanımı, f_{ck} :	30 N/mm ²
	Elastisite Modülü, E_c :	32000 N/mm ²
Donatı Çeliği Malzeme (S420) Özellikler	Karakteristik Akma Dayanımı, F_{ys} :	420 MPa
	Elastisite Modülü, E_s :	200000 N/mm ²

2.2 Yükler

2.2.1 Düşey Yükler

Yapıya gelen düşey yükler aşağıda gösterilmiştir.

Yapıya gelen döşeme hareketli yükü ve çatı hareketli yükü TS498 yönetmeliğİ baz alınarak hesaplanmıştır.

a) Çatı döşemesi:

Çatı döşemesinde hareketi yük 1.5 kN/m^2 olarak sisteme girilmiştir.

b) Normal kat döşemesi:

Normal kat döşemesinde hareketli yük 2.0 kN/m^2 olarak sisteme girilmiştir.

2.3 Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi

TBDY 2018 yönetmeliğİ kapsamında dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmaktadır. Bu deprem hareket yüzeyleri DD-1, DD-2, DD-3, DD-4 olarak sıralanmaktadır.

- Deprem yer hareket düzeyi-1 (DD-1): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 olduğu ve tekrarlanma periyodunun ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu depremi nitelendirmektedir. Gz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak adlandırılır.
- Deprem yer hareket düzeyi-2 (DD-2): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 olduğu ve tekrarlanma periyodunun ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu depremi nitelendirmektedir. Standart tasarım deprem yer hareketi olarak adlandırılır.
- Deprem yer hareket düzeyi-3 (DD-3): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 olduğu ve tekrarlanma periyodunun ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu depremi nitelendirmektedir. Sık deprem yer hareketi olarak adlandırılır.
- Deprem yer hareket düzeyi-4 (DD-4): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 olduğu ve tekrarlanma periyodunun ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu depremi nitelendirmektedir. Servis deprem yer hareketi olarak adlandırılır.

Mevcut yapının konum bilgileri Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Yapının kullanım amacı konut'tur. Bölgenin zemin özellikleri araştırıldığında yerel zemin sınıfı ZC olduğu saptanmıştır. Yukarıda belirtilen deprem yer hareket seviyelerinden DD-2 deprem düzeyi seçilmiştir. DD-2 deprem düzeyi için deprem verilerine online hizmet veren Türkiye Deprem Tehlike Haritaları'ndan ulaşılmıştır. Deprem parametreleri Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.6: Proje bölgesinin konumu

Enlem: 38.454113°

Boylam: 27.212727°

Şekil 2.7'deki parametreler;

S_s = kısa periyot harita spektral ivme katsayısı

S_1 = 1.0 sn periyot için harita spektral ivme katsayısı

S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

S_{D1} = 1.0 sn periyot için tasarım spektral ivme katsayısı

PGA = En büyük yer ivmesi [g]

PGV = En büyük yer hızı [cm/sn] olarak tanımlanmaktadır.

$$S_s = 1.108$$

$$S_1 = 0.273$$

$$PGA=0.451$$

$$PGV=27.376$$

Şekil 2.7: Deprem parametreleri

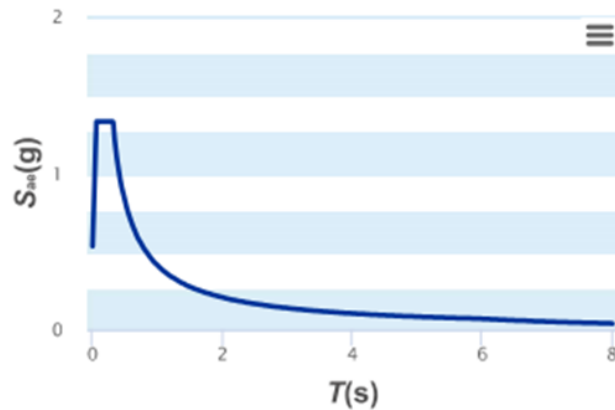
TBDY 2018 Tablo 2.1 ile Yerel Zemin Sınıfı ZC ve S_s değeri için 1.108 olan F_s için 1.200 değeri elde edilmiştir. TBDY 2018 Tablo 2.1'den kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayılarından faydalanılmıştır.

TBDY 2018 Tablo 2.2 ile Yerel Zemin Sınıfı ZC ve S_1 değeri 0.273 olan F_1 için 1500 değeri elde edilmiştir. TBDY 2018 Tablo 2.2'den 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayılarından faydalanılmıştır.

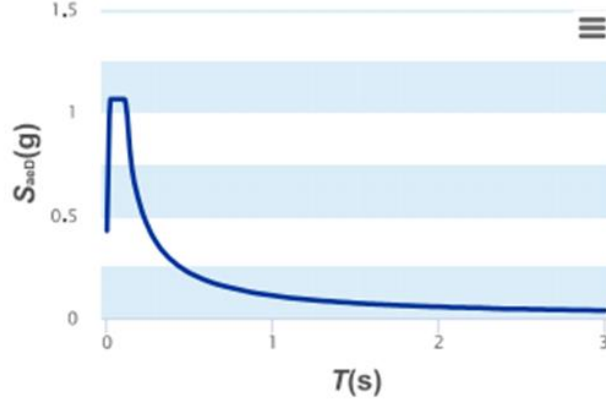
TBDY 2018 yönetmeliği Denklem 2.1'e göre tasarım spektral ivme katsayıları değerleri hesaplanır.

$$S_{DS} = S_s F_s ; S_{DS} = 1.108 \times 1.200 = 1.330,$$

$S_{D1} = S_1 F_1 ; S_{D1} = 0.273 \times 1.500 = 0.410$, değerleri bulundu. Aşağıda gösterilen tasarım spektral ivme katsayıları değerlerinin grafikleri otomatikman oluşturulur. Yatay elastik tasarım spektrum grafiği Şekil 2.8'da, düşey elastik spektrum grafiği Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Yatay elastik tasarım spektrum ($T_A = 0.062s$, $T_B = 0.308s$, $T_L = 6.000s$)



Şekil 2.9: Düşey elastik tasarım spektrum ($T_{AD} = 0.021s$, $T_{BD} = 0.103s$, $T_L D = 3.000s$)

2.3.1 Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısının Belirlenmesi

Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı TBDY 2018 yönetmeliği Tablo 3.1'e göre belirlendi. Bina kullanım amacı konut yapısı olduğu için BKS (Bina Kullanım Sınıfı) 3, I (Bina Önem Katsayısı) 1 olarak belirlendi.

2.3.2 Deprem Tasarım Sınıfının Belirlenmesi

DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı değerine TBDY 2018 yönetmeliği Tablo 3.2 faydalanılarak deprem tasarım sınıfı (DTS) belirlendi. $S_{Ds} = 1.330 \geq 0.75$, BKS :3 olduğundan DTS: 1 olarak belirlenmiştir.

2.3.3 Bina Yükseklik Sınıfının Belirlenmesi

Yapının yüksekliği $H_N = 90m'$ dir. TBDY 2018 Tablo 3.3' den faydalanılarak bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralığı bulundu. $DTS=1$, $H_N \geq 70$ olduğundan bina yükseklik sınıfı BYS=1 olarak belirlenmiştir.

2.3.4 Deprem Etkisi Altında Bir Yapının Performans Hedefi ve Uygulanacak Tasarım Yaklaşımlarının Belirlenmesi

Deprem tasarım sınıflarına göre yeni yapılacak olan yapının performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme tasarım yaklaşımları TBDY 2018 yönetmeliği Tablo 3.4(a)'dan faydalanarak belirlenmiştir. Deprem yer hareket düzeyi DD-2, BYS:1 ve DTS:1 için, normal performans hedefi için KH (Kontrollü Hasar),

değerlendirme/tasarım yaklaşımı için DGT (Dayanıma Göre Tasarım) belirlenmiştir.

2.3.5 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D Belirlenmesi

Tez kapsamında çelik gömme kompozit kolon, çelik kirişli kompozit yapı ve çelik kolon ve çelik kirişli, çelik yapının performans analizi yapılacaktır. TBDY 2018 yönetmeliği Tablo 4.1'den faydalanılarak taşıyıcı sistem başlığı altında C15 (Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar), taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R, 6; dayanım fazlalığı katsayısı, D,2.5 olacak şekilde belirlenmiştir. Yapıya ait hareketli yük kütle katılım katsayısı(n), bina kullanım amacına göre TBDY 2018 yönetmeliği Tablo 4.3' den faydalanarak belirlenmiştir. Hareketli yük kütle katılım katsayısı 0.30 olarak belirlenmiştir.

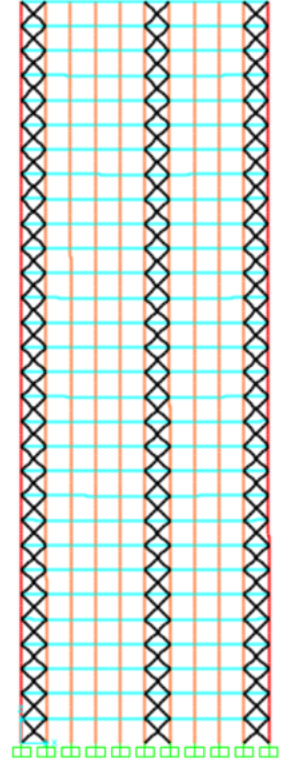
2.4 Eş Değer Deprem Yüğü Hesabı

Eş değer deprem yükünün hesaplanmasında TBDY 2018 yönetmeliği kullanılmıştır.

2.4.1 Binanın birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi

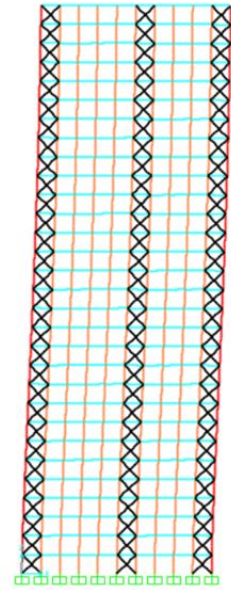
SAP2000 programı kullanılarak yapının her iki doğrultuda birinci doğal titreşim periyot değerleri belirlenmiştir. Şekil 3.0 Yapı 1'in X doğrultusu için periyot değerini Şekil 3.1 Yapı 1' in Y doğrultusu için periyot değerini göstermektedir.

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 3,00117; f = 0,3332



Şekil 3.0: Yapı 1 X doğrultusu periyot değeri

Deformed Shape (MODAL) - Mode 2; T = 2,99428; f = 0,33397

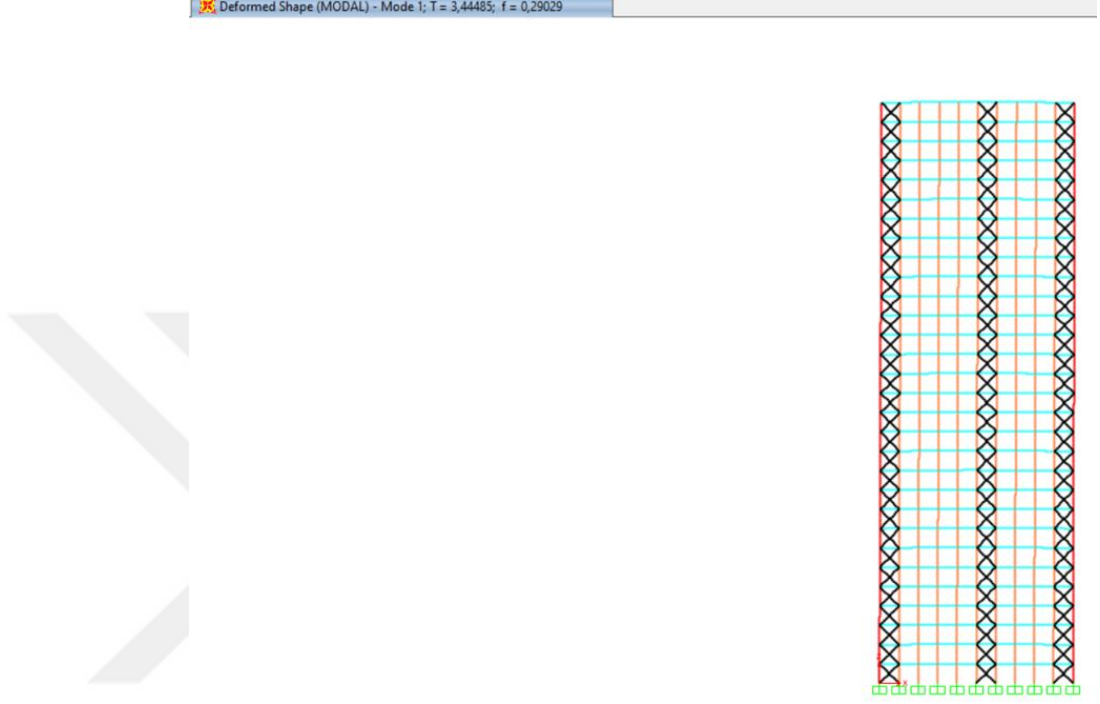


Şekil 3.1: Yapı 1 Y doğrultusu periyot değeri

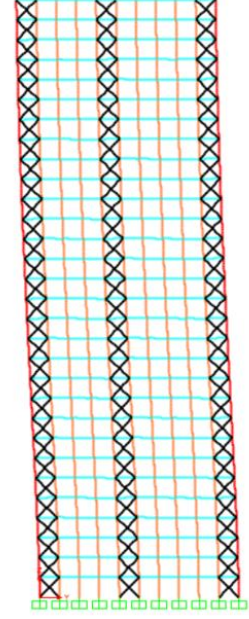
Yapı 1'e ait değerler; X doğrultusunun doğal titreşim periyodu; $T_p^{(x)}=3.00\text{sn}$

Y doğrultusu doğal titreşim periyodu; $T_p^{(y)}=3.00\text{sn}$

Şekil 3.2 Yapı 2'in X doğrultusu için periyot değerini Şekil 3.3 Yapı 2'in Y doğrultusu için periyot değerini göstermektedir.



Şekil 3.2: Yapı 2 X doğrultusu periyot değeri



Şekil 3.3: Yapı 2 Y doğrultusu periyot değeri

Yapı 2' ait değerler; X doğrultusunun doğal titreşim periyodu; $T_p^{(x)} = 3.44 \text{ sn}$

Y doğrultusu doğal titreşim periyodu; $T_p^{(y)} = 3.44 \text{ sn}$

2.4.2 Eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi

X deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü taban kesme kuvveti olan $V_{tE}^{(x)}$ belirlenecektir. $V_{tE}^{(x)}$ Denklem (2.0)'a göre hesaplanır.

$$V_{tE}^{(x)} = m_t S_{AR}(T_p^{(x)}) \geq 0.04 m_t I \cdot s_{Ds} \cdot g \quad (2.0)$$

$S_{AR}(T_p^{(x)})$: X deprem doğrultusunda hesaplanan binanın hakim titreşim periyodu

s_{Ds} : tasarım spektral ivme katsayısı

m_t : binanın toplam ağırlığı

Yapı 1'in toplam ağırlığı Sap2000 programında hesaplanmış Tablo 2.2'de gösterilmiştir. Bina'nın toplam ağırlığı $m_t = 223923 \text{ kN}$.

Tablo 2.2: Yapı 1'in toplam ağırlığı

	OutputCase	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
►	WEIGHT	Combination	1,302E-10	8,708E-10	223923,379

$$T_p(X) = T_p(Y) = 3.00 \text{ sn}$$

$$S_{ae}(T_p^x) = S_{ae}(T_p^y) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.41}{3.00} = 0.13$$

$$S_{aR(T)} = \frac{S_{ae(T)}}{R_a(T)} = \frac{0.13}{6} = 0.022$$

$$V_{tE}^x = V_{tE}^y = (223923) \times (0.022 \times 9.81) = 5100 \text{ kN}$$

$$\checkmark \quad 5100 \leq 0.04 \times 223923 \times 0.1 \times 1.33 \times 9.81 = 11912 \text{ kN}$$

Yapı 1'in; v_{tE} =11912 kN olarak hesaplanır.

Yapı 2'in toplam ağırlığı Sap2000 programında hesaplanmış Tablo 2.3 'de gösterilmiştir. Binanın toplam ağırlığı m_t =168401 kN.

Tablo 2.3: Yapı 2'in toplam ağırlığı

	OutputCase	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
	WEIGHT	Combination	3,986E-10	4,94E-10	168401,251

$$T_p(X) = T_p(Y) = 3.44 \text{ sn}$$

$$S_{ae}(T_p^x) = S_{ae}(T_p^y) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.41}{3.44} = 0.1191$$

$$S_{aR(T)} = \frac{S_{ae(T)}}{R_a(T)} = \frac{0.119186}{6} = 0.019864$$

$$V_{tE}^x = V_{tE}^y = (168401) \times (0.019864 \times 9.81) = 32816.16 \text{ kN}$$

$$\checkmark \quad 32816,16 \leq 0.04 \times 168401 \times 0.1 \times 1.33 \times 9.81 = 87887.13$$

Yapı 2'in; v_{tE} =87887,13 kN olarak hesaplanır.

2.4.3 Doğrusal hesap yönteminin seçilmesi

TBDY 2018 Tablo 4.4'te belirtildiği gibi yapının yükseklik sınıfından dolayı yapının deprem hesabında Eşdeğer Deprem Yüğü hesabı uygun değildir. TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 4.6.2.1'e göre Mod Birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Bu tez

kapsamında mod birleştirme deprem hesabı yöntemi kullanılmıştır. X ve Y yönleri için Sap2000 programına response spektrum fonksiyonları tanımlanmıştır.

2.5 Mod Birleştirme Yöntemi İle Deprem Hesabı

Mod birleştirme yöntemi deprem doğrultusunda deprem tasarım spektrumundan faydalananarak her bir titreşim modunda davranış büyüklüklerinin en büyük değerleri mod birleştirme yöntemi ile hesaplanır. En büyük mod davranış sayısı daha sonra istatistiksel olarak birleştirilerek en büyük davranış büyüklüklerinin yaklaşık değeri hesaplanır.

Mod birleştirme yönteminde TBDY 2018 yönetmeliğine göre etkin modal kütle toplamının toplam bina kütlelerinin %95'inden az olmamalıdır.

Tablo 2.4'te Yapı 1 için modal analiz sonuçları ve kütle katılım sonuçları gösterilmektedir. Tablo 2.5'te Yapı 2 için modal analiz sonuçları ve kütle katılım sonuçları gösterilmektedir.

30 katlı yapıda her kat için 3 modun yeterli olduğu düşünülmüş ve 90 mod kullanılarak yapıda modal çözüm yapılmıştır. Tablo 2.4 'ya göre 13. moddan sonra kütle katılım %95'in üzerinde çıkmıştır. Tablo 2.5'ye göre 14. Moddan sonra kütle katılım %95'in üzerinde çıkmıştır.

Tablo 2.4: Yapı 1 Modal analiz sonuçları ve kütle katılımlar

MOD	PERİYOT	X doğrultusu kütle katılım oranı	Y doğrultusu kütle katılım oranı
1	3.001173	0.0004	0.76299
2	2.994282	0.76297	0.76339
3	1.972659	0.76297	0.76339
4	0.944477	0.76299	0.87566
5	0.941785	0.8752	0.87568
6	0.627447	0.8752	0.87568
7	0.517911	0.8752	0.91746
8	0.515992	0.917	0.91746
9	0.350188	0.917	0.91746
10	0.346249	0.917	0.93917
11	0.344571	0.93876	0.93917
12	0.254703	0.93876	0.95228
13	0.253125	0.95193	0.95228
14	0.244845	0.95193	0.95228
15	0.23741	0.95193	0.95228
16	0.215944	0.95193	0.95237
17	0.215764	0.95201	0.95237
18	0.198489	0.95201	0.96121
19	0.196964	0.96091	0.96121
20	0.196184	0.96091	0.96121
21	0.177392	0.96091	0.96121
22	0.171562	0.96091	0.96121
23	0.168553	0.96091	0.96121
24	0.160915	0.96091	0.96372
25	0.160769	0.96097	0.96422
26	0.160611	0.96097	0.96764
27	0.159252	0.96738	0.96764
....			
80	0.135413	0.96835	0.96916
81	0.135412	0.96835	0.96916
82	0.135409	0.96835	0.96916
83	0.135405	0.96835	0.96916
84	0.135386	0.96835	0.96916
85	0.135372	0.96836	0.96916
86	0.13537	0.96836	0.96916
87	0.135359	0.96836	0.96916
88	0.135357	0.96836	0.96916
89	0.135348	0.96836	0.96916
90	0.135347	0.96836	0.96916

Tablo 2.5: Yapı 2 Modal analiz sonuçları ve kütle katılımlar

MOD	PERİYOT	X doğrultusu kütle katılım oranı	Y doğrultusu kütle katılım oranı
1	3.444853	0.00406	0.74957
2	3.44002	0.7537	0.75363
3	2.172647	0.7537	0.75363
4	1.06482	0.75404	0.86866
5	1.063486	0.86899	0.869
6	0.675199	0.86899	0.869
7	0.570525	0.86901	0.91332
8	0.56989	0.91331	0.91334
9	0.373609	0.91332	0.9366
10	0.373189	0.93658	0.93661
11	0.365687	0.93658	0.93661
12	0.295781	0.93658	0.93661
13	0.270601	0.93658	0.95055
14	0.270276	0.95051	0.95055
15	0.259216	0.95052	0.95069
16	0.259199	0.95067	0.9507
17	0.242496	0.95067	0.9507
18	0.231836	0.95067	0.9507
19	0.208417	0.95067	0.96018
20	0.208137	0.96015	0.96018
21	0.199787	0.96015	0.96018
22	0.195592	0.96015	0.96018
23	0.184004	0.96015	0.96018
24	0.183958	0.96015	0.96018
25	0.178412	0.96015	0.96018
26	0.168886	0.96015	0.96192
27	0.168823	0.9616	0.96192
....			
80	0.151027	0.96711	0.96715
81	0.151024	0.96711	0.96715
82	0.151022	0.96711	0.96715
83	0.151019	0.96711	0.96715
84	0.15101	0.96711	0.96715
85	0.151004	0.96711	0.96715
86	0.150996	0.96711	0.96715
87	0.150993	0.96711	0.96715
88	0.150983	0.96711	0.96715
89	0.150983	0.96711	0.96715
90	0.150968	0.96711	0.96715

2.6 Yük Bileşimleri

Yapıya uygulanacak yk bileşimleri TBDY 2018 yönetmeliği uyarınca ÇYTHYE yönetmeliği bölüm 5.3.1'e göre belirlendi. Tasarım yöntemi olarak YDKT yöntemi seçilmiştir. Yük birleşimlerinde yer alan yükler aşağıda sıralanmıştır.

G: Sabit yük,

Q: Hareketli yük,

Q_r : atı hareketli yükü,

W: Rzgr yükü,

E: Deprem yükü,

F: Akışkan madde basıncı yükü,

T: Sıcaklık değişmesi ve mesnet çökmesi etkileri,

H: Yatay zemin basıncı, zemin suyu basıncı veya yığılı madde basıncı.

Analizde kullanılacak yk bileşimleri aşağıdaki gibidir.

- (1) $1.4G$
- (2) $1.2G + 1.6Q_r$
- (3) $1.2G + 1.6Q + 0.5Q_r$
- (4) $1.2G + 1.6Q_r + (Q \text{ veya } 0.8W)$
- (5) $1.2G + 1.0Q + 0.5Q_r + 1.6W$
- (6) $1.2G + 1.0Q + 1.0E$
- (7) $0.9G + 1.6W$
- (8) $0.9G + 1.0E$

Yapıların deprem etkisi altında doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. Deprem etkisi gözönünde bulundurulduğundan dolayı (6). kombinasyondan yararlanılmıştır.

F, H, T yükleri bulunmadığından yk bileşenlerine uygulanmamıştır.

2.7 Sistem Analizleri

Yapı taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların boyutlandırılmasında yapısal analiz için Sap2000 V20.0.2 programı kullanılmıştır. Sabit ve hareketli yükler

döşemelerden kirişlere etki etmektedir. Deprem yükleri kat merkezlerine ve ek dış merkezlik noktalarına etki etmektedir.

Analizde Sap200 programı kullanılacak ve dayanım kontrolü YDKT yöntemine göre yapılacaktır. Taşıyıcı sistemi çelik gömme kompozit kolon ve çelik kolon olan yapılar için Sap2000 programında bazı kabuller yapılmıştır. Çelik gömme kompozit ve çelik kolon elemanlar Sap2000 programında “Section Designer” başlığı altında tasarlanmış ve “Base Material” segmenti ile çelik malzeme eklenmiştir. Yük bileşimleri belirlenmiş doğrusal analiz sistemi çalıştırılmıştır. “Design” başlığı altında çelik gömme kompozit kolonlar için bir başlık olmadığından dolayı Steel Frame Design seçmiştir. Tasarım tercihlerinin yapılması için “Design Code” başlığı altında ilgili yönetmelik AISC-360-16 seçilmiştir. “Framing Type” başlığı altında, tasarlanan yapı süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı bir yapı olduğundan dolayı SCBF seçilmiştir. “Design Provision” başlığı altında YDKT yöntemine eşdeğer olduğu LRFD şıkkı seçilmiştir. “Analysis Method” başlığında ise Direct Analysis seçilerek analiz işlemi başlatılmıştır.

2.7.1 Görelî Kat Ötelemesi Kontrolü

TBDY 2018 Bölüm 4.9’a göre görelî kat ötelemesi kontrolü yapılmıştır. 4.9.1.4 maddesine göre sınır değerlerinin hesaplanmasında kullanılan k katsayısı, betonarme binalar için 1, çelik binalar için 0,5 alınarak hesaplanmıştır. Taşıyıcı sistemi kompozit olan bir yapıya göre değer aralığı belirtilmediği için her iki katsayı için kontrol edilmiştir.

X deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelemesi olan, $\Delta_i^{(x)}$ Denklem (2.1)’e göre hesaplanır.

$$\Delta_i^{(x)} = u_i^{(x)} - u_{i-1}^{(x)} \quad (2.1)$$

$u_i^{(x)}$ ve $u_{i-1}^{(x)}$ terimleri X deprem doğrultusu için binanın i ’inci ve $(i-1)$ ’inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değiştirme değerini göstermektedir.

X deprem doğrultusu için, yapının i ’inci katındaki kolon için etkin görelî kat ötelemesi olan, $\delta_i^{(x)}$, Denklem (2.2)’e göre hesaplanmaktadır.

$$\delta_i^{(x)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(x)} \quad (2.2)$$

R, taşıyıcı sistem davranış katsayısını temsil etmektedir. TBDY 2018 yönetmeliği Tablo 4.1'den faydalanılarak R değeri elde edilir.

I, bina önem katsayısını temsil etmektedir. TBDY 2018 yönetmeliği Tablo 3.1'den faydalanılarak I değeri elde edilir.

TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 4.9.1.3 (a) maddesine göre Denklem (2.3)'ye, 4.9.1.3 (b) maddesine göre Denklem (2.4)'e göre hesaplanmıştır.

$$\frac{\lambda \delta_{i,max}^{(x)}}{h_i} \leq 0.008k \quad (2.3)$$

$$\frac{\lambda \delta_{i,max}^{(x)}}{h_i} \leq 0.016k \quad (2.4)$$

λ katsayısı, binada göz önüne alınan deprem doğrultusundaki hakim titreşim periyodu için DD-3 deprem yer hareketinde hesaplanan elastik tasarım spektral ivme değerinin, DD-2 deprem yer hareketinde hesaplanan elastik tasarım spektral ivme değerine oranlanması sonucu bulunur. K katsayısı ise betonarme binalar için 1, çelik binalar için 0.5 alınır.

Çelik gömme kompozit kolonlarla teşkil edilmiş yapının iki yönde görelî kat öteleme kontrolleri sonucunda sınır değerlerini aşan bir sonuç yoktur. Tablo 2.6'da Yapı 1 X doğrultusunda görelî kat öteleme değerlerini göstermektedir. Tablo 2.7'da Yapı 1 Y doğrultusunda görelî kat öteleme değerlerini göstermektedir.

Tablo 2.6: Yapı 1 X doğrultusu göreli kat öteleme değerleri

Kat	hi(m)	λ	$\frac{\delta_{i,max}}{h_i}$	$\lambda \cdot \frac{\delta_{i,max}}{h_i}$	K=1,0	K=0,5
1	3	0.405	0.0058	0.002349	0.016	0.008
2	3	0.405	0.011506	0.00465993	0.016	0.008
3	3	0.405	0.014014	0.00567567	0.016	0.008
4	3	0.405	0.015042	0.00609201	0.016	0.008
5	3	0.405	0.015538	0.00629289	0.016	0.008
6	3	0.405	0.01582	0.0064071	0.016	0.008
7	3	0.405	0.015958	0.00646299	0.016	0.008
8	3	0.405	0.015982	0.00647271	0.016	0.008
9	3	0.405	0.015912	0.00644436	0.016	0.008
10	3	0.405	0.015762	0.00638361	0.016	0.008
11	3	0.405	0.015548	0.00629694	0.016	0.008
12	3	0.405	0.015274	0.00618597	0.016	0.008
13	3	0.405	0.014946	0.00605313	0.016	0.008
14	3	0.405	0.014574	0.00590247	0.016	0.008
15	3	0.405	0.01416	0.0057348	0.016	0.008
16	3	0.405	0.013714	0.00555417	0.016	0.008
17	3	0.405	0.013232	0.00535896	0.016	0.008
18	3	0.405	0.012722	0.00515241	0.016	0.008
19	3	0.405	0.012186	0.00493533	0.016	0.008
20	3	0.405	0.011622	0.00470691	0.016	0.008
21	3	0.405	0.011034	0.00446877	0.016	0.008
22	3	0.405	0.01042	0.0042201	0.016	0.008
23	3	0.405	0.009788	0.00396414	0.016	0.008
24	3	0.405	0.009136	0.00370008	0.016	0.008
25	3	0.405	0.008466	0.00342873	0.016	0.008
26	3	0.405	0.007784	0.00315252	0.016	0.008
27	3	0.405	0.007088	0.00287064	0.016	0.008
28	3	0.405	0.006384	0.00258552	0.016	0.008
29	3	0.405	0.005702	0.00230931	0.016	0.008
30	3	0.405	0.005162	0.00209061	0.016	0.008

Tablo 2.7: Yapı 1 Y doğrultusu göreli kat öteleme değerleri

Kat	hi(m)	λ	$\frac{\delta_{i,max}}{h_i}$	$\lambda \cdot \frac{\delta_{i,max}}{h_i}$	K=1,0	K=0,5
1	3	0.405	0.0058	0.002349	0.016	0.008
2	3	0.405	0.011634	0.00471177	0.016	0.008
3	3	0.405	0.014094	0.00570807	0.016	0.008
4	3	0.405	0.015086	0.00610983	0.016	0.008
5	3	0.405	0.015562	0.00630261	0.016	0.008
6	3	0.405	0.015826	0.00640953	0.016	0.008
7	3	0.405	0.015962	0.00646461	0.016	0.008
8	3	0.405	0.015984	0.00647352	0.016	0.008
9	3	0.405	0.01591	0.00644355	0.016	0.008
10	3	0.405	0.015762	0.00638361	0.016	0.008
11	3	0.405	0.015546	0.00629613	0.016	0.008
12	3	0.405	0.015272	0.00618516	0.016	0.008
13	3	0.405	0.014944	0.00605232	0.016	0.008
14	3	0.405	0.014572	0.00590166	0.016	0.008
15	3	0.405	0.014158	0.00573399	0.016	0.008
16	3	0.405	0.013712	0.00555336	0.016	0.008
17	3	0.405	0.013232	0.00535896	0.016	0.008
18	3	0.405	0.01272	0.0051516	0.016	0.008
19	3	0.405	0.012184	0.00493452	0.016	0.008
20	3	0.405	0.01162	0.0047061	0.016	0.008
21	3	0.405	0.011032	0.00446796	0.016	0.008
22	3	0.405	0.01042	0.0042201	0.016	0.008
23	3	0.405	0.009786	0.00396333	0.016	0.008
24	3	0.405	0.009134	0.00369927	0.016	0.008
25	3	0.405	0.008466	0.00342873	0.016	0.008
26	3	0.405	0.007782	0.00315171	0.016	0.008
27	3	0.405	0.007086	0.00286983	0.016	0.008
28	3	0.405	0.00638	0.0025839	0.016	0.008
29	3	0.405	0.00569	0.00230445	0.016	0.008
30	3	0.405	0.005142	0.00208251	0.016	0.008

Çelik kolonlarla teşkil edilmiş çelik yapının iki yönde göreli kat öteleme kontrolleri sonucunda sınır değerlerini aşan bir sonuç yoktur. Tablo 2.8’de Yapı 2 X doğrultusunda göreli kat öteleme değerlerini göstermektedir. Tablo 2.9’da Yapı 2 Y doğrultusunda göreli kat öteleme değerlerini göstermektedir.

Tablo 2.8: Yapı 2 X doğrultusu göreli kat öteleme değerleri

Kat	hi(m)	λ	$\frac{\delta_i m_{ax}}{h_i}$	$\lambda \cdot \frac{\delta_i m_{ax}}{h_i}$	0,016×k
1	3	0.405	0.0058	0.002349	0.008
2	3	0.405	0.010828	0.00438534	0.08
3	3	0.405	0.013562	0.00549261	0.008
4	3	0.405	0.014938	0.00604989	0.008
5	3	0.405	0.015724	0.00636822	0.008
6	3	0.405	0.016218	0.00656829	0.008
7	3	0.405	0.016524	0.00669222	0.008
8	3	0.405	0.016694	0.00676107	0.008
9	3	0.405	0.016736	0.00677808	0.008
10	3	0.405	0.016672	0.00675216	0.008
11	3	0.405	0.016516	0.00668898	0.008
12	3	0.405	0.016286	0.00659583	0.008
13	3	0.405	0.015994	0.00647757	0.008
14	3	0.405	0.015644	0.00633582	0.008
15	3	0.405	0.015244	0.00617382	0.008
16	3	0.405	0.014798	0.00599319	0.008
17	3	0.405	0.014316	0.00579798	0.008
18	3	0.405	0.013802	0.00558981	0.008
19	3	0.405	0.013254	0.00536787	0.008
20	3	0.405	0.01268	0.0051354	0.008
21	3	0.405	0.01208	0.0048924	0.008
22	3	0.405	0.011458	0.00464049	0.008
23	3	0.405	0.01082	0.0043821	0.008
24	3	0.405	0.010164	0.00411642	0.008
25	3	0.405	0.009496	0.00384588	0.008
26	3	0.405	0.008824	0.00357372	0.008
27	3	0.405	0.00815	0.00330075	0.008
28	3	0.405	0.007482	0.00303021	0.008
29	3	0.405	0.006834	0.00276777	0.008
30	3	0.405	0.006322	0.00256041	0.008

Tablo 2.9: Yapı 2 Y doğrultusu göreli kat öteleme değerleri

Kat	hi(m)	λ	$\frac{\delta_{i,max}}{h_i}$	$\lambda \cdot \frac{\delta_{i,max}}{h_i}$	0,016×k
1	3	0.405	0.0058	0.002349	0.008
2	3	0.405	0.010844	0.004392	0.008
3	3	0.405	0.01358	0.0055	0.008
4	3	0.405	0.01495	0.006055	0.008
5	3	0.405	0.015726	0.006369	0.008
6	3	0.405	0.016208	0.006564	0.008
7	3	0.405	0.016518	0.00669	0.008
8	3	0.405	0.016684	0.006757	0.008
9	3	0.405	0.016728	0.006775	0.008
10	3	0.405	0.016664	0.006749	0.008
11	3	0.405	0.01651	0.006687	0.008
12	3	0.405	0.01628	0.006593	0.008
13	3	0.405	0.015988	0.006475	0.008
14	3	0.405	0.01564	0.006334	0.008
15	3	0.405	0.015238	0.006171	0.008
16	3	0.405	0.014794	0.005992	0.008
17	3	0.405	0.014312	0.005796	0.008
18	3	0.405	0.013798	0.005588	0.008
19	3	0.405	0.013252	0.005367	0.008
20	3	0.405	0.012678	0.005135	0.008
21	3	0.405	0.012078	0.004892	0.008
22	3	0.405	0.011458	0.00464	0.008
23	3	0.405	0.010818	0.004381	0.008
24	3	0.405	0.010164	0.004116	0.008
25	3	0.405	0.009498	0.003847	0.008
26	3	0.405	0.008824	0.003574	0.008
27	3	0.405	0.008152	0.003302	0.008
28	3	0.405	0.007482	0.00303	0.008
29	3	0.405	0.006836	0.002769	0.008
30	3	0.405	0.006324	0.002561	0.008

2.7.2 Düzensizlik Kontrolü

TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 3.6 Tablo 3.6'dan faydalanarak düzensizlik kontrolleri yapılmıştır.

- A1 -Burulma Düzensizliği; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli öteleme oranını ifade eden A1- Burulma

Düzensizliği Katsayısı olan, η_{bi} 1.2' den büyük olması durumudur. A1-Burulma düzenliği kontrolü Denklem (2.5)'e göre hesaplanmaktadır.

$$[\eta_{bi} = \Delta_i(x)_{\max} / \Delta_i(x)_{\text{ort}} > 1.2] \quad (2.5)$$

$\Delta_i(x)_{\max}$; görelî kat öteleme değeriinin maksimum değeriini, $\Delta_i(x)_{\text{ort}}$; görelî kat öteleme değeriinin ortalama değeriini temsil etmektedir.

Yapılan kontroller sonucunda çelik gömme kompozit kolonla teşkil edilmiş yapıda A1-Burulma düzensizliği bulunmamaktadır. Tablo 3.0'da Yapı 1'in X doğrultusu A1-burulma düzensizliği kontrolü, Tablo 3.1'de Yapı 1'in Y doğrultusu A1-burulma düzensizliği kontrolünü göstermektedir.



Tablo 3.0: Yapı 1 X doğrultusu A1- burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat	hi(m)	$\Delta_{ix,max}$ (m)	$\Delta_{ix,ort}$ (m)	η_{biX}
1	3	0.0058	0.005472898	1.059767612
2	3	0.011506	0.011437429	1.005995354
3	3	0.014014	0.013912898	1.007266785
4	3	0.015042	0.014998531	1.002898243
5	3	0.015538	0.015521306	1.001075546
6	3	0.01582	0.015798122	1.00138482
7	3	0.015958	0.015933347	1.001547262
8	3	0.015982	0.015957714	1.001521879
9	3	0.015912	0.015886449	1.001608353
10	3	0.015762	0.015738204	1.001511984
11	3	0.015548	0.015524367	1.001522294
12	3	0.015274	0.015251224	1.001493356
13	3	0.014946	0.014924408	1.001446747
14	3	0.014574	0.014551306	1.001559577
15	3	0.01416	0.014139755	1.001431771
16	3	0.013714	0.013693061	1.001529152
17	3	0.013232	0.013213265	1.00141787
18	3	0.012722	0.012703755	1.001436181
19	3	0.012186	0.012166735	1.001583441
20	3	0.011622	0.011603959	1.001554712
21	3	0.011034	0.011016122	1.001622853
22	3	0.01042	0.010404531	1.001486793
23	3	0.009788	0.009771878	1.001649882
24	3	0.009136	0.009120653	1.001682658
25	3	0.008466	0.008452571	1.001588697
26	3	0.007784	0.007770041	1.001796539
27	3	0.007088	0.007075347	1.001788331
28	3	0.006384	0.006370776	1.002075805
29	3	0.005702	0.005662204	1.007028344
30	3	0.005162	0.004971469	1.038324808

Tablo 3.1: Yapı 1 Y doğrultusu A1- burulma düzensizliği kontrolü

Kat	hi(m)	$\Delta_{iy,max}$ (m)	$\Delta_{iy,ort}$ (m)	η_{biY}
1	3	0.0058	0.0055	1.054545
2	3	0.011634	0.011562	1.006227
3	3	0.014094	0.013994327	1.007122
4	3	0.015086	0.015046327	1.002637
5	3	0.015562	0.015552204	1.00063
6	3	0.015826	0.015822776	1.000204
7	3	0.015962	0.015955469	1.000409
8	3	0.015984	0.015977673	1.000396
9	3	0.01591	0.015905714	1.000269
10	3	0.015762	0.01575698	1.000319
11	3	0.015546	0.015542571	1.000221
12	3	0.015272	0.015268776	1.000211
13	3	0.014944	0.01494151	1.000167
14	3	0.014572	0.014568367	1.000249
15	3	0.014158	0.014156327	1.000118
16	3	0.013712	0.013709224	1.000202
17	3	0.013232	0.013229061	1.000222
18	3	0.01272	0.012718735	1.000099
19	3	0.012184	0.012181102	1.000238
20	3	0.01162	0.011617755	1.000193
21	3	0.011032	0.011029265	1.000248
22	3	0.01042	0.010417143	1.000274
23	3	0.009786	0.009783714	1.000234
24	3	0.009134	0.009131673	1.000255
25	3	0.008466	0.008463061	1.000347
26	3	0.007782	0.007779388	1.000336
27	3	0.007086	0.007083306	1.00038
28	3	0.00638	0.006375878	1.000647
29	3	0.00569	0.005661347	1.005061
30	3	0.005142	0.004959551	1.036787

Yapılan kontroller sonucunda elik kolonlarla teşkil edilmiş elik yapıda A1-Burulma düzensizliği bulunmamaktadır. Tablo 3.2’de Yapı 2’in X doğrultusu A1-burulma düzensizliği kontrolü, Tablo 3.3’de Yapı 2’in Y doğrultusu A1-burulma düzensizliği kontrolünü göstermektedir.



Tablo 3.2: Yapı 2 X doğrultusu A1- burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat	hi(m)	$\Delta_{ix,max}$ (m)	$\Delta_{ix,ort}$ (m)	$\eta_{bi}x$
1	3	0.006	0.0055	1.090909091
2	3	0.010828	0.010774	1.005015873
3	3	0.013562	0.013497	1.004835637
4	3	0.014938	0.014905	1.002245585
5	3	0.015724	0.015698	1.001684911
6	3	0.016218	0.016183	1.002186776
7	3	0.016524	0.016486	1.002280171
8	3	0.016694	0.016653	1.00247799
9	3	0.016736	0.016697	1.002341875
10	3	0.016672	0.016632	1.002427143
11	3	0.016516	0.016476	1.00243274
12	3	0.016286	0.016246	1.002444515
13	3	0.015994	0.015954	1.00249182
14	3	0.015644	0.015605	1.002492644
15	3	0.015244	0.015205	1.002544761
16	3	0.014798	0.014761	1.002516308
17	3	0.014316	0.014279	1.00257259
18	3	0.013802	0.013765	1.002662705
19	3	0.013254	0.01322	1.002571861
20	3	0.01268	0.012647	1.002643291
21	3	0.01208	0.012047	1.002737573
22	3	0.011458	0.011427	1.002754063
23	3	0.01082	0.010788	1.002935902
24	3	0.010164	0.010134	1.002952252
25	3	0.009496	0.009468	1.002922741
26	3	0.008824	0.008796	1.00315068
27	3	0.00815	0.008124	1.003195354
28	3	0.007482	0.007455	1.003651953
29	3	0.006834	0.006791	1.006286549
30	3	0.006322	0.006147	1.028520393

Tablo 3.3: Yapı 2 Y doğrultusu A1- burulma düzensizliği kontrolü

Kat	hi(m)	$\Delta_{ix,max}$ (m)	$\Delta_{ix,ort}$ (m)	$\eta_{bi}x$
1	3	0.006	0.0055	1.090909091
2	3	0.010844	0.010793	1.004696789
3	3	0.01358	0.013516	1.00472906
4	3	0.01495	0.014924	1.0017449
5	3	0.015726	0.015718	1.000529756
6	3	0.016208	0.016204	1.000269529
7	3	0.016518	0.016509	1.00051671
8	3	0.016684	0.016677	1.000403825
9	3	0.016728	0.016723	1.000324625
10	3	0.016664	0.016659	1.000325873
11	3	0.01651	0.016503	1.000403134
12	3	0.01628	0.016275	1.000328544
13	3	0.015988	0.015983	1.000316664
14	3	0.01564	0.015634	1.000373332
15	3	0.015238	0.015235	1.000227732
16	3	0.014794	0.01479	1.000264932
17	3	0.014312	0.014308	1.00025103
18	3	0.013798	0.013794	1.000275182
19	3	0.013252	0.013249	1.000255706
20	3	0.012678	0.012674	1.000283393
21	3	0.012078	0.012075	1.000287331
22	3	0.011458	0.011454	1.000374177
23	3	0.010818	0.010815	1.000317033
24	3	0.010164	0.01016	1.000389682
25	3	0.009498	0.009494	1.000447125
26	3	0.008824	0.008821	1.000328526
27	3	0.008152	0.008148	1.000480894
28	3	0.007482	0.007478	1.00052398
29	3	0.006836	0.006814	1.003294755
30	3	0.006324	0.006167	1.025434329

- A2 Döşeme Süreksizlikleri; herhangi bir kattaki döşemede; merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanlarının toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumunu kapsamaktadır.

Çelik gömme kompozit kolonla ve çelik kolonla teşkil edilmiş yapılarda A2 döşeme süreksizliği durumu bulunmamaktadır.

- A3 Planda Çıkıntıların Bulunması; bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur.

Çelik gömme kompozit kolonla ve çelik kolonla teşkil edilmiş yapılarda A3 planda çıkıntılarının bulunması düzensizliği bulunmamaktadır.

- B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği kontrolü sadece betonarme binalar için yapılmaktadır. Bu yüzden B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği kontrolü yapılmamıştır.
- B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında kalanlar, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanır. Denklem (2.6)'a göre hesaplanır.

$$n_{ki} = \left(\Delta_i^{(x)} / h_i \right)_{\text{ort}} / \left(\Delta_{i+1}^{(x)} / h_{i+1} \right)_{\text{ort}} > 2.0 \quad (2.6)$$

Rijitlik düzensizlik katsayısı olan η_{ki} 2.0 değerinden büyük olması durumunda düzensiz olduğu kabul edilmektedir.

Çelik gömme kompozit kolonla teşkil edilmiş yapıda yapılan kontroller sonucu B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizlik bulunmamaktadır. Tablo 3.4'te Yapı 1'in X doğrultusunda Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizlik kontrolünü, Tablo 3.5'te Yapı 1'in Y doğrultusunda Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizlik kontrolünü göstermektedir.

Tablo 3.4: Yapı 1 X doğrultusu B2- komşu katlar arası rijitlik düzensizliği

Kat	hi(m)	$\Delta_{ix,ort}(m)$	$\eta_{ki,x}$
1	3	0.005472898	
2	3	0.011437429	1.870021
3	3	0.013912898	1.216435834
4	3	0.014998531	1.078030663
5	3	0.015521306	1.034855115
6	3	0.015798122	1.017834603
7	3	0.015933347	1.008559529
8	3	0.015957714	1.00152933
9	3	0.015886449	0.995534116
10	3	0.015738204	0.990668469
11	3	0.015524367	0.986412888
12	3	0.015251224	0.98240554
13	3	0.014924408	0.978571142
14	3	0.014551306	0.975000547
15	3	0.014139755	0.971717245
16	3	0.013693061	0.968408655
17	3	0.013213265	0.964960653
18	3	0.012703755	0.961439493
19	3	0.012166735	0.957727428
20	3	0.011603959	0.953744737
21	3	0.011016122	0.94934171
22	3	0.010404531	0.944482113
23	3	0.009771878	0.939194464
24	3	0.009120653	0.933357281
25	3	0.008452571	0.92675068
26	3	0.007770041	0.919251719
27	3	0.007075347	0.910593278
28	3	0.006370776	0.900418816
29	3	0.005662204	0.888777838
30	3	0.004971469	0.878009573

Tablo 3.5: Yapı 1 Y doğrultusu B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliği

Kat	hi(m)	$\Delta_{iy,ort}(m)$	$\eta_{ki,y}$
1	3	0.0055	
2	3	0.011562	1.897844837
3	3	0.013994327	1.210372473
4	3	0.015046327	1.075173321
5	3	0.015552204	1.033621333
6	3	0.015822776	1.017397626
7	3	0.015955469	1.008386258
8	3	0.015977673	1.001391628
9	3	0.015905714	0.995496266
10	3	0.01575698	0.990648977
11	3	0.015542571	0.986392813
12	3	0.015268776	0.98238413
13	3	0.01494151	0.978566369
14	3	0.014568367	0.97502643
15	3	0.014156327	0.971716747
16	3	0.013709224	0.968416804
17	3	0.013229061	0.964975169
18	3	0.012718735	0.961423829
19	3	0.012181102	0.957729077
20	3	0.011617755	0.953752383
21	3	0.011029265	0.949345653
22	3	0.010417143	0.944500161
23	3	0.009783714	0.939193637
24	3	0.009131673	0.933354471
25	3	0.008463061	0.926780973
26	3	0.007779388	0.919216764
27	3	0.007083306	0.910522312
28	3	0.006375878	0.900127347
29	3	0.005661347	0.887932193
30	3	0.004959551	0.876037288

Çelik kolonla teşkil edilmiş çelik yapıda yapılan kontroller sonucu B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizlik bulunmamaktadır. Tablo 3.6’da Yapı 2’in X doğrultusunda Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizlik kontrolünü, Tablo 3.7’de Yapı 2’in Y doğrultusunda Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizlik kontrolünü göstermektedir.



Tablo 3.6: Yapı 2 X doğrultusu B2- komşu katlar arası rijitlik düzensizliği

Kat	hi(m)	$\Delta_{ix,ort}$ (m)	$\eta_{ki,x}$
1	3	0.0055	
2	3	0.010774	1.95890167
3	3	0.013497	1.252718194
4	3	0.014905	1.104306408
5	3	0.015698	1.053206668
6	3	0.016183	1.030900439
7	3	0.016486	1.018772984
8	3	0.016653	1.010088706
9	3	0.016697	1.002652013
10	3	0.016632	0.996091172
11	3	0.016476	0.990637462
12	3	0.016246	0.986062528
13	3	0.015954	0.982024149
14	3	0.015605	0.97811599
15	3	0.015205	0.974380435
16	3	0.014761	0.970770139
17	3	0.014279	0.967373721
18	3	0.013765	0.964009467
19	3	0.01322	0.960382623
20	3	0.012647	0.956624163
21	3	0.012047	0.952591813
22	3	0.011427	0.948494335
23	3	0.010788	0.944147169
24	3	0.010134	0.93935622
25	3	0.009468	0.934305335
26	3	0.008796	0.929022218
27	3	0.008124	0.923576278
28	3	0.007455	0.91761916
29	3	0.006791	0.911000756
30	3	0.006147	0.905082729

Tablo 3.7: Yapı 2 Y doğrultusu B2- komşu katlar arası rijitlik düzensizliği

Kat	hi(m)	$\Delta_{ix,ort}$ (m)	$\eta_{ki,x}$
1	3	0.0055	
2	3	0.010793	1.962419295
3	3	0.013516	1.252265198
4	3	0.014924	1.104163144
5	3	0.015718	1.053183896
6	3	0.016204	1.03091801
7	3	0.016509	1.018874578
8	3	0.016677	1.010163617
9	3	0.016723	1.00271664
10	3	0.016659	0.996172837
11	3	0.016503	0.990682005
12	3	0.016275	0.986142576
13	3	0.015983	0.982075545
14	3	0.015634	0.978178262
15	3	0.015235	0.974438501
16	3	0.01479	0.970826211
17	3	0.014308	0.96743267
18	3	0.013794	0.964062803
19	3	0.013249	0.960447748
20	3	0.012674	0.956659304
21	3	0.012075	0.952670173
22	3	0.011454	0.948584641
23	3	0.010815	0.944197765
24	3	0.01016	0.939476972
25	3	0.009494	0.934420961
26	3	0.008821	0.929147839
27	3	0.008148	0.923703364
28	3	0.007478	0.917772056
29	3	0.006814	0.911136218
30	3	0.006167	0.905129035

- B3 taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği; taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonların oturtulmasıdır.

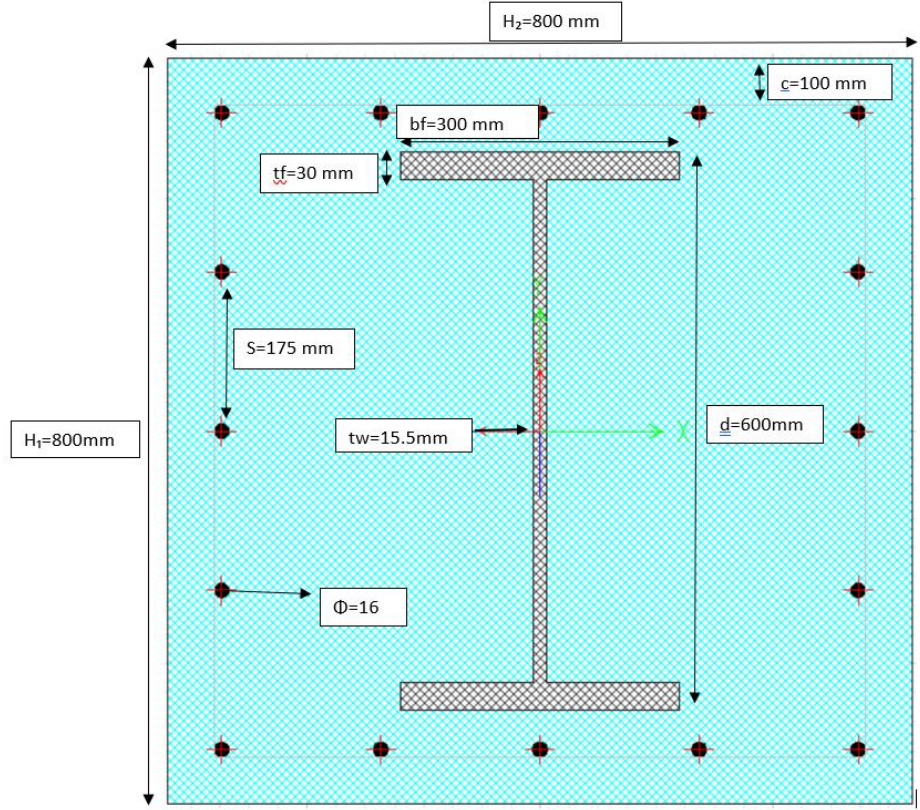
Her iki yapıda da B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği bulunmamaktadır.

2.8 Çelik Gömme Kompozit Kolonla Teşkil Edilmiş Yapının Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Boyutlandırılması

2.8.1 Çelik Gömme Kompozit Kolonun Boyutlandırılması

Çelik gömme kompozit kolon TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 7 ve Bölüm 9 ile ÇYTHYDE yönetmeliği Bölüm 12'ye göre boyutlandırılacaktır. ÇYTHYDE yönetmeliği Bölüm 12.1'e göre çelik gömme kompozit elemanlar, beton dolgulu kompozit elemanlar, çelik ankrajlı kompozit kiriş elemanların tasarımından bahsedilmektedir. Bu tez kapsamında, Yapı 1 olarak adlandırılan yapının kolonları çelik gömme kompozit kolon olarak tasarlanmıştır Şekil 3.4 'de gösterilmektedir. Şekil 3.4'te görüldüğü gibi çelik gömme kompozit kolonun boyutlandırılması Sap2000 V20.2.0 programında yapılmıştır. Sap2000 V20.2.0 analiz programında 'Section Design' başlığının altında çelik gömme kompozit kolonun boyutlandırılması ve malzeme seçimi yapılmıştır.

Yapıda çelik gömme kompozit kolonun kesit boyutları 800×800 mm'dir. Çelik sınıfı olarak S275, yapısal çelik profili HEB600, donatı çeliği S420C tercih edilmiştir. 16Φ16 donatı kullanılmıştır. Beton sınıfı C30 ve paspayı 50 cm'dir. Kesitte Φ14/200 etriye kullanılmıştır. Tablo 3.8'de çelik gömme kompozit kolonun en kesit ölçüleri verilmektedir. Tablo 3.9'da çelik gömme kompozit kolonun içindeki çelik profilin (HEB600) değerleri verilmiştir.



Şekil 3.4: Çelik gömme kompozit kolon kesiti

Tablo 3.8: Çelik gömme kompozit kolonun en kesit ölçüleri

H1: 800mm	
H2: 800 mm	d : 600mm
S: 175mm	b _f : 300mm
Φ:16	t _f : 30mm
c: 100mm	t _w : 15.5mm
Beton: C30	Çelik sınıfı: S275

Tablo 3.9: HEB600 çelik profil değerleri

HEB600	G(KG/M)	h(mm)	b _f (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r(mm)	A(mm ²)
	212	600	300	15.5	30	24	27000

- ÇYTHYDE yönetmeliği 12.2.3(a) maddesine göre beton basınç dayanımı olan f_{ck} 20 MPa ile 70 Mpa arasında olmalıdır.

$$20\text{MPa} \leq f_{ck} \leq 70\text{MPa}$$
- ÇYTHYDE yönetmeliği 12.2.3.(b) maddesine göre beton çeliğinin karakteristik akma gerilmesi, F_{ysr} , 500 MPa ile sınırlıdır.

$$F_{ysr}=420 \text{ MPa} \leq 500 \text{ MPa} \checkmark$$

- ÇYTHYDE yönetmeliği 12.2.3.(c) maddesine göre yapısal çelik elemanın karakteristik akme gerilmesi, F_y , 460MPa ile sınırlıdır.

$$F_y=275 \text{ MPa} \leq 460 \text{ MPa} \checkmark$$

- ÇYTHYDE yönetmeliği 12.3.1.1(a) maddesine göre sınırlama kontrollerince yapısal çeliğin enkesit alanı, toplam kompozit enkesit alanının en az %1'i kadar olmalıdır.

$$A_s=2 \times 13500=27000 \text{ mm}^2$$

$$A_g=800 \times 800=640000 \text{ mm}^2$$

$$A_s/A_g=0.042 \geq 0,01 \checkmark$$

- 12.3.1.1(b) maddesine göre 12 mm'den büyük olan etriyeler en fazla 400 mm aralığında teşkil edilmelidir.

$$s=200 \text{ mm} \leq s_{max}=0.5 \times 800 \text{ mm}=400 \text{ mm} \quad s=200 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm} \checkmark$$

- 12.3.1.1(c) maddesine göre boyuna donatı oranı ρ_{sr} 'nin minimum değeri 0.04 olmalıdır. A_{sr} boyuna donatısının alanını, A_g kompozit elemanın toplam enkesit alanını temsil etmektedir.

$$A_{sr} = 16 \times (\pi \times 16^2) = 3215.36$$

$$A_g=640000 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{sr} = A_{sr}/A_g=0.0050 \geq 0.004 \checkmark$$

- Eksenel basınç kuvveti etkisindeki, çift simetri eksenli çelik gömme kompozit elemanların basınç dayanımı çelik yapılar yönetmeliği 12.3.1.2' ye ve Denklem (2.7) göre belirlenecektir. Eksenel yük altında bulunan kompozit kesitin kuvvet basınç P_{no} Denklem (2.8) göre belirlenmektedir. P_e elastik burkulma yüküdür Denklem (2.9), enkesitin etkin eğilme rijitliği denklem (3.0) göre hesaplanmaktadır. Narinlik etkilerinin azaltılması için karakteristik eksenel kuvvet dayanımları, azaltma katsayısı λ ile azaltılır.

$$P_{no}/P_e \leq 2,25 \text{ için; } P_n = P_{no} \left[0.658^{\frac{P_{no}}{P_e}} \right] \quad (2.7)$$

$$P_{no}=F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f_{ck} A_c \quad (2.8)$$

$$P_{no}=24324959.5 \text{ kN}$$

$$P_e=\pi^2(EI)e / (L_c)^2 \quad (2.9)$$

Kompozit kolonların yüksekliği 3m olduğundan $L_c=3000\text{mm}$ 'dir.

$$(EI)_e = E_s I_s + E_{sr} I_{sr} + C_1 E_c I_c \quad (3.0)$$

$$(EI)_e = 4.86 \times 10^{14} \text{ Nmm}^2$$

$$C_1 = 0.25 + 3 \left(\frac{A_s + A_{sr}}{A_g} \right) = 0.39 \leq 0.7$$

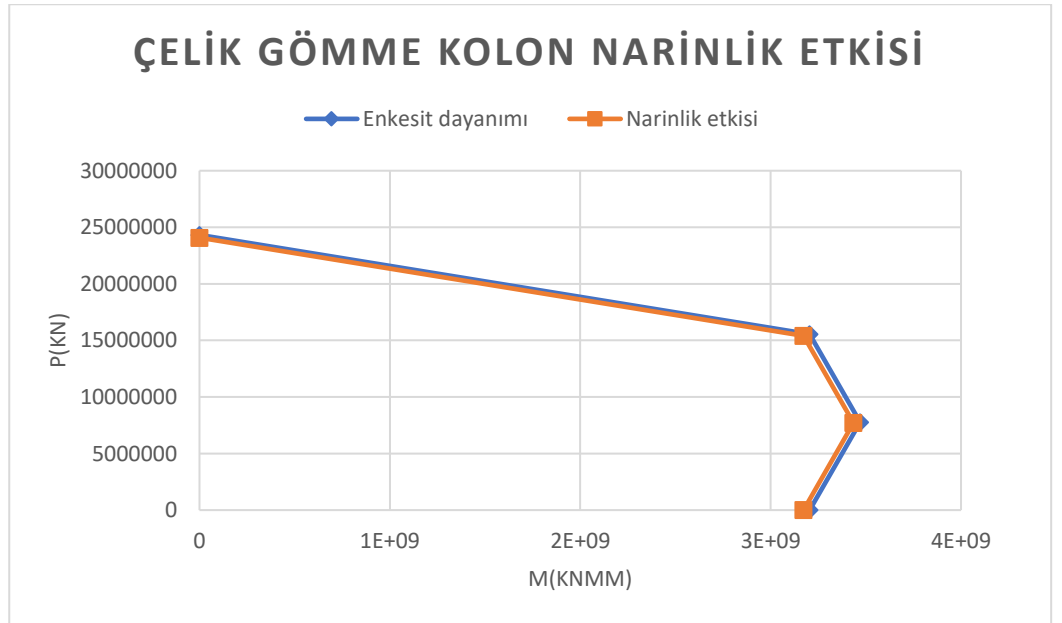
$$P_e = \frac{\pi^2 (EI)_e}{L_c^2} = 532418400 \text{ kN}$$

$$P_{no}/P_e = 0.045 \leq 2.25$$

$$P_n = 24213223,5 \text{ kN}$$

$$\text{Azaltma katsayısı, } \lambda = \frac{P_n}{P_{no}} = 0.99$$

Narinlik etkisi göz önüne alınarak elde edilmiş etki grafiği Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5: Çelik gömme kompozit kolonun narinlik etkisi

- ÇYTHYDE yönetmeliği bölüm 12.6'dan faydalanarak eksenel kuvvet ve eğilme momentinin bileşik etkisi tanımlanmıştır. Çelik gömme

kompozit kolon elemanının bileşik etiler altında kontrolleri yapılmıştır. Çelik gömme kompozit kolon en elverişsiz yük kombinasyonu altında bileşik etki değerleri Tablo 4.0'da gösterilmiştir.

Tablo 4.0: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler

Kombinasyon:	1.2G+Q+Qr+Ed
$P_r=896.69$ kN	
$P_c=1554$ kN	
$P_A=2432$ kN	
$M_{rx}=308.08$ kNm	
$M_{ry}=153.03$ kNm	
$M_{cx}=3204$ kNm	
$M_{cy}=3204$ kNm	

$P_r < P_c$ olduğundan dolayı; $M_{rx} / M_{cx} + M_{ry} / M_{cy} \leq 1.0$

$$0.14 \leq 1.0 \checkmark$$

- ÇYTHYDE yönetmeliği Bölüm 12.5'e göre çelik gömme kompozit kolonlu kesitin kesme kuvveti dayanım kontrolü yapılmıştır.

Profil gövde alanı: $A_w=27000\text{mm}^2$

$F_y=275$ MPa

$C_{v_1} = 1.0$

$V_n=0,6 \times 275 \times 27000 \times 1.0 \times 10^{-3}=445.5$ kN

$V_d=\Phi V_n=445.5$ kN

En elverişsiz yük kombinasyonundan elde edilen V_u değeri 73.48 kN'dur.

$$V_u/V_d=0.16 \leq 1.0 \checkmark$$

Yapıda tasarlanan çelik gömme kompozit kolonun kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme değerleri Tablo 4.1'e göre, zayıf eksen etrafında bileşik eğilme değerleri Tablo 4.2'ye göre hesaplanmıştır.

Kuvvetli ve zayıf eksen etrafında bileşik eğilme değerlerini hesaplamak için Microsoft Visual Studio programında C# dili kullanılarak program tasarlanmıştır.

Tasarlanan program Şekil 3.6'da gösterilmektedir. Tasarlanan program EKA kısmında detaylıca anlatılmaktadır.

Şekil 3.6: Çelik gömme kompozit elemanlarının kuvvetli ve zayıf eksen etrafında bileşik eğilme değerlerinin hesaplanmasını sağlayan MS Visual Studio programının tasarımı

Şekil 3.7'de C# programında yazılan kodlar gösterilmektedir.

```
public List<ResultValue> listResultValue;

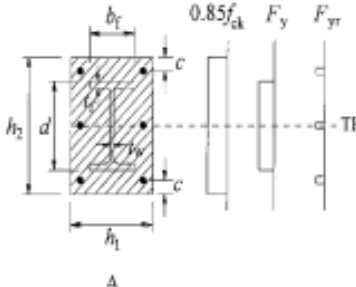
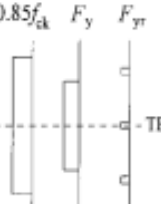
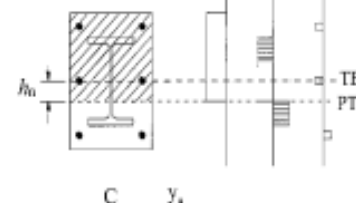
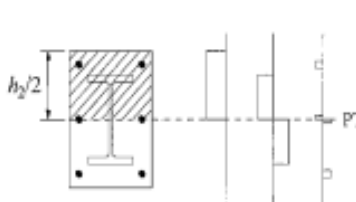
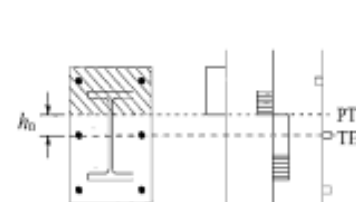
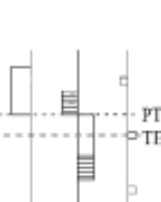
private ValueModel _valueModel;
private double _h1, _h2, _alan, _adet;
private double fy = 275.00, fysr = 420.00, fck = 30.00;

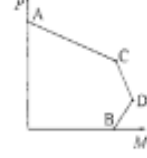
private double asr = 0, ac = 0, asrs = 0, c = 100;
```

Şekil 3.7: C# programında yazılan kodlar

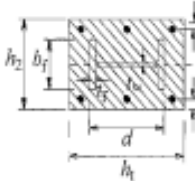
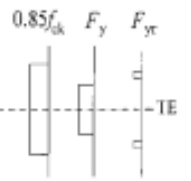
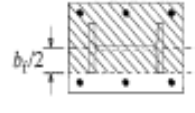
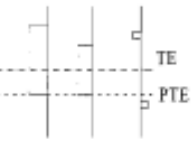
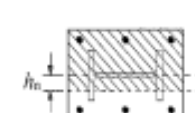
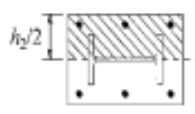
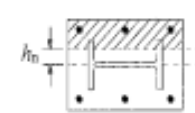
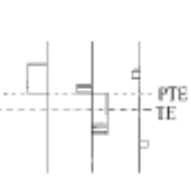
Tablo 4.1: Çelik gömme kompozit elemanlar kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme değerlerinin hesaplanmasını sağlayan dayanım denklemleri (ÇYTHYDE 2018)

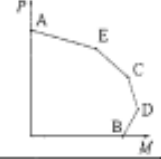
**TABLO 12.2 – ÇELİK GÖMME KOMPOZİT ELEMANLAR
(KUVVETLİ EKSEN ETRAFINDA BİLEŞİK EĞİLME)**

Kesit	Gerilme Yayılsı	Nokta	Dayanım Denklemleri
 A		A	$P_A = A_s F_y + A_{sr} F_{yr} + 0.85 f_{ck} A_c$ $M_A = 0$ $A_c = h_1 h_2 - A_s - A_{sr}$ A_s : Çelik enkesit alanı A_{sr} : Boyuna donatı alanı
 C		C	$P_C = 0.85 f_{ck} A_c$ $M_C = M_B$
 D		D	$P_D = \frac{0.85 f_{ck} A_c}{2}$ $M_D = W_{px} F_y + W_r F_{yr} + \frac{W_s}{2} (0.85 f_{ck})$ $W_s = (A_u - A_{sr}) \left(\frac{h_2}{2} - c \right)$ $W_c = \frac{h_1 h_2^2}{4} - W_{px} - W_r$ W_{px} : Çelik enkesitin x-eksenine göre plastik mukavemet momenti A_{sr} : Simetri eksenindeki boyuna donatı alanı
 B		B	$P_B = 0$ $M_B = M_D - W_{sx} F_y - \frac{1}{2} W_{sx} (0.85 f_{ck})$ $W_{sx} = h_1 h_2^2 - W_{rx}$ $\left(h_0 \leq \frac{d}{2} - t_f \right)$ için $h_s = \frac{0.85 f_{ck} (A_u + A_{sr}) - 2 F_y A_{sr}}{2 [0.85 f_{ck} (h_1 - t_n) + 2 F_y t_n]}$ $W_{rx} = t_n h_s^2$ $\left(\frac{d}{2} - t_f < h_0 \leq \frac{d}{2} \right)$ için $h_s = \frac{0.85 f_{ck} (A_u + A_s - db_f + A_{sr}) - 2 F_y (A_u - db_f) - 2 F_{yr} A_{sr}}{2 [0.85 f_{ck} (h_1 - b_f) + 2 F_y b_f]}$ $W_{rx} = W_{px} - b_f \left(\frac{d}{2} - h_s \right) \left(\frac{d}{2} + h_0 \right)$ $\left(h_0 > \frac{d}{2} \right)$ için $h_s = \frac{0.85 f_{ck} (A_u + A_s + A_{sr}) - 2 F_y A_u - 2 F_{yr} A_{sr}}{2 [0.85 f_{ck} h_1]}$ $W_{rx} = W_{px}$



Tablo 4.2: Çelik gömme kompozit elemanlar zayıf eksen etrafında bileşik eğilme değerlerinin hesaplanmasını sağlayan dayanım denklemleri (ÇYTHYDE 2018)

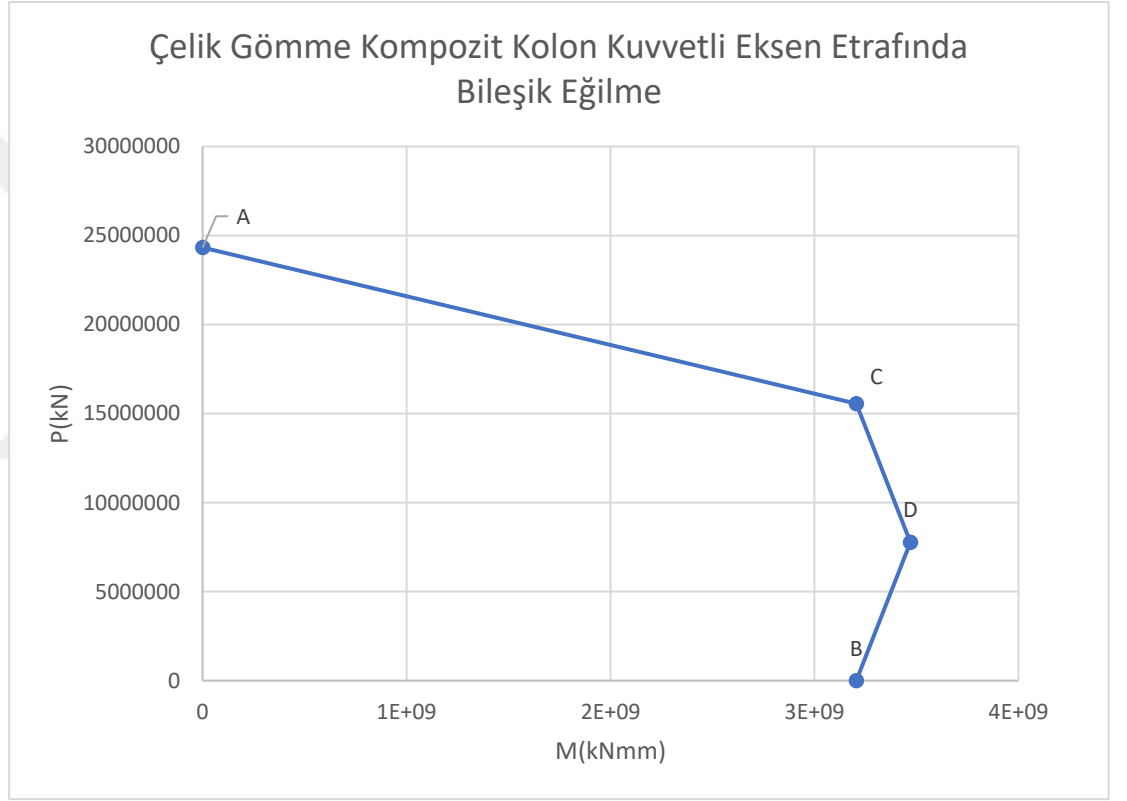
Kesit	Gerilme Yayılsı	Nokta	Dayanım Denklemleri
 A		A	$P_A = A_s F_y + A_u F_{yc} + 0.85 f_{ck} A_c$ $M_A = 0$ $A_c = h_1 h_2 - A_s - A_u$ $A_s : \text{Çelik enkesit alanı}$ $A_u : \text{Boyuna donatı alanı}$
 E		E	$P_E = A_s F_y + (0.85 f_{ck}) \left[A_c - \frac{h_1}{2} (h_1 - b_f) + \frac{A_u}{2} \right]$ $M_E = M_D - W_{se} F_y - \frac{W_{se}}{2} (0.85 f_{ck})$ $W_{se} = W_{sy}$ $W_{se} = \frac{h_1 b_f^2}{4} - W_{se}$ $W_{sy} : \text{Çelik enkesitin y-eksenine göre plastik mukavemet momenti}$
 C		C	$P_C = 0.85 f_{ck} A_c$ $M_C = M_B$
 D		D	$P_D = \frac{0.85 f_{ck} A_c}{2}$ $M_D = W_{sy} F_y + W_{se} F_{yc} + \frac{W_{se}}{2} (0.85 f_{ck})$ $W_s = A_u \left(\frac{h_2}{2} - c \right)$ $W_{se} = \frac{h_1 b_f^2}{4} - W_{sy} - W_s$
 B		B	$P_B = 0$ $M_B = M_D - W_{se} F_y - \frac{1}{2} W_{se} (0.85 f_{ck})$ $W_{se} = h_1 h_2^2 - W_{se}$ $\left(\frac{t_w}{2} < h_k \leq \frac{b_f}{2} \right) \text{ için}$ $h_k = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s - 2t_f b_f) - 2F_y (A_s - 2t_f b_f)}{2[4t_f F_y + (h_1 - 2t_f) 0.85 f_{ck}]}$ $W_{se} = W_{sy} - 2t_f \left(\frac{b_f}{2} + h_k \right) \left(\frac{b_f}{2} - h_k \right)$ $\left(h_k > \frac{b_f}{2} \right) \text{ için}$ $h_k = \frac{0.85 f_{ck} (A_c + A_s) - 2F_y A_s}{2[0.85 f_{ck} h_k]}$ $W_{se} = W_{sy}$



ÇYTHYDE Tablo 12.2'ye göre hesaplanan kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme kuvvetli ve kapasite değerleri Tablo 4.3'te ve grafiği Şekil 3.8'da verilmiştir. ÇYTHYDE yönetmeliği Tablo 12.3'e göre hesaplanan zayıf eksen etrafında bileşik eğilme kuvvet ve kapasite değerleri Tablo 4.4'te ve grafiği Şekil 3.9'da verilmiştir.

Tablo 4.3: Çelik Gömme kolon kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme

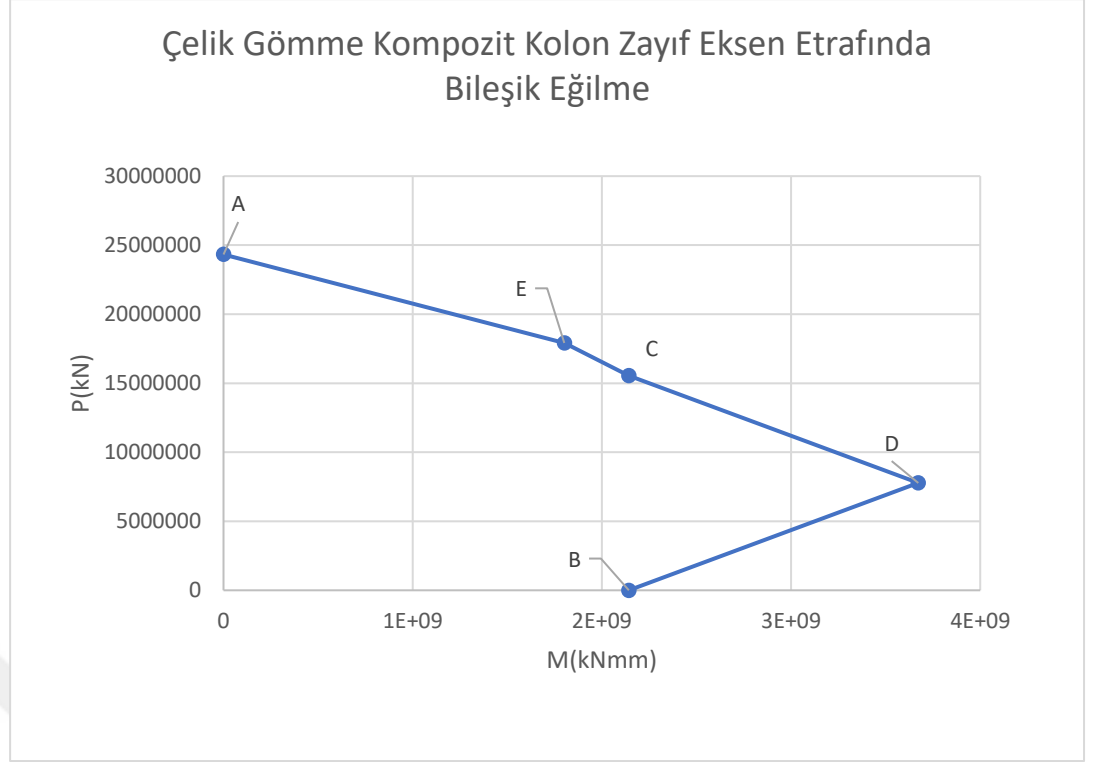
Bölge	P(kN)	M(kNmm)
A	24324959.5	0
C	15549508.3	3204610271
D	7774754.16	3470090192
B	0	3204610271



Şekil 3.8: Çelik Gömme kolon kuvvetli eksen etrafında bileşik eğilme grafiği

Tablo 4.4: Çelik Gömme kolon zayıf eksen etrafında bileşik eğilme

Bölge	P(kN)	M(kNmm)
A	24324959.5	0
E	17915504.2	1801485984
C	15549508.3	2142630255
D	7774754.16	3672657872
B	0	2142630255

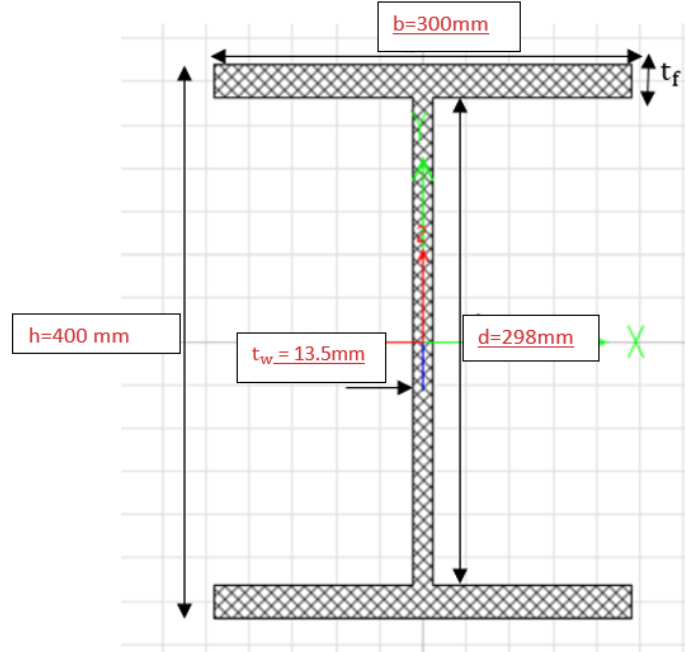


Şekil 3.9: Çelik Gömme kolon zayıf eksen etrafında bileşik etkileşim grafiği

2.8.2 Çerçeve kirişlerinin boyutlandırılması

Yapıda çerçeve kirişlere süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçeve sistemlerine göre tasarlanmıştır. Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran kirişler, yanal destek elemanlarıyla desteklenmektedir.

Çelik çerçeve kirişler HEB400 kesitinden oluşmaktadır. Kesitin tasarımında ve dayanım kontrollerinde en elverişsiz kombinasyon kullanılmış meydana gelen iç kuvvet değerlerinden yararlanılmıştır. Şekil 4.0'da HEB400 profil kesiti gösterilmiştir. Tablo 4.5'te kiriş kesiti HEB400 elemanın en kesit değerleri verilmiştir.



Şekil 4.0: HEB400 çelik kiriş kesiti

Tablo 4.5: Kiriş kesiti HEB400 en kesit değerleri

Çelik: HEB400

$h = 400\text{mm}$	$r = 27\text{mm}$	$i_x = 170.8\text{mm}$	$h_o = d - t_f = 274\text{mm}$
$b = 300\text{mm}$	$A = 19780\text{mm}^2$	$I_y = 10820\text{cm}^4$	$i_y = 39.4\text{mm}$
$t_w = 13,5\text{mm}$	$d = 298\text{mm}$	$w_{e_x} = 2884\text{cm}^3$	$w_{p_x} = 3125\text{ cm}^3$
$t_f = 24\text{mm}$	$I_x = 57680\text{cm}^4$	$w_{e_y} = 721.3\text{ cm}^3$	

Tablo 4.6’da en elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvet değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.6: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler

Kombinasyon: $1.37G+Q+Q_r \pm 0.3E_x \pm E_y$

P	100.63 kN
M	82.15 kNm
V	50.48 kN

TBDY 2018 9.2.2.3'te çelik bir yapı tasarımında Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmeliğinde tanımlanan “Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)” veya “Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)” yöntemleri kullanılabilir. Taşıyıcı sistemi kompozit kolon olan sistemlerde YDKT yönteminin kullanılması uygun görüldüğü için; kirişlerin boyutlandırılmasında YDKT yöntemi kullanıldı.

Yapıda süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçevelerden tasarımı yapıldığından TBDY 2018 yönetmeliği 9.3.1.1 maddesine göre çelik çerçeve kiriş başlık ve gövde oranları Tablo 9.3'te belirtilen λ_{hd} sınır değerini aşmayacaktır.

- Başlık elemanı enkesit koşulu kontrolü;

$$\text{Narinlik oranı} = b/t = b_f/2t_f = 300/(2 \times 24) = 6.25$$

$$\lambda_{hd} = 0.30 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.30 \sqrt{\frac{200.000}{275}} = 8.09$$

$$6.25 < 8.09 \quad \checkmark$$

- Gövde elemanı enkesit koşulu kontrolü,

$$\text{Narinlik oranı} = h/t_w = 300/13.5 = 22.22$$

$$C_a = P_u/P_d \approx 0$$

$$C_a \leq 0.125 \text{ olduğundan,}$$

$$\lambda_{hd} = 2 \cdot 45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1.0 - 0.93 C_a) = 58.39$$

$$22.22 < 58.39 \quad \checkmark$$

- Stabilite bağlantılarının kontrolü,

$$L_b \leq 0.086 i_y E / F_y = 2464.29 \text{ mm}$$

Kiriş açıklık ortasında yanal olarak tali kirişle desteklendiğinden $L_b = 3000 \text{ mm} / 2 = 1500 \text{ mm}$ olarak belirlenir.

$$1500 \text{ mm} \leq 2464.69 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Sonucun böyle çıkması sistemin doğrusal olmayan şekil değiştirme sırasında plastik mafsallara oluşabilecek noktalarda, tekil yüklerin kirişi etkilediği noktalarda kiriş başlıkları yanal ötelemeye ve burulmaya karşı destekleneceği anlamına gelmektedir.

- Yerel burulma sınır durumu kontrolü;

ÇYTHYDE yönetmeliği Tablo 5.1A’da verilen $\lambda > \lambda_r$ olması durumunda narin enkesit, $\lambda < \lambda_r$ narin olmayan kesit olarak sınıflandırılır.

$$\text{Genişlik/kalınlık oranı} = \lambda = b/t = b_f/(2t_f) = 6.25$$

$$\text{Genişlik/kalınlık oranı sınır değeri} = \lambda_r = \sqrt[0.56]{\frac{E}{F_y}} = 15.10$$

ÇYTHYDE yönetmeliğince başlık parçasının $\lambda < \lambda_r$ olarak bulunur.

ÇYTHYDE yönetmeliği gövde elemanının λ ve λ_r değerlerinin bulunması.

$$\text{Genişlik/kalınlık oranı} = \lambda = h/t_w = 400/13.5 = 29.67$$

$$\text{Genişlik/kalınlık sınır değeri} = \lambda_r = \sqrt[1.49]{\frac{E}{F_y}} = 40.18$$

ÇYTHYDE yönetmeliği gövde elemanının $\lambda < \lambda_r$ olarak bulunur.

Yerel burkulma sınır durum değerlendirilmesi kontrolünde, $\lambda < \lambda_r$ sonucu elde edildiğinden narin olmayan kesit grubuna girmektedir.

- Eksenel basınç kuvveti dayanımı, P_n , ÇYTHYDE Bölüm 8’e göre hesaplanacaktır. Basınç etkisindeki elemanın burulma sınır durumuna göre hesaplanacak ve dayanım bazında küçük değere göre basınç kuvvet dayanımı, P_n hesaplanacaktır.

ÇYTHYDE yönetmeliği bölüm 8.1.1’e göre burkulma boyu L_c Denklem (4.0)’a göre belirlenecektir. Burkulma boyu katsayısı olan K , değer yaklaşımı sabit olmadığından 1.0 alınacaktır.

$$L_c = KL \quad (4.0)$$

HEB400 kirişleri kuvvetli ekseninde herhangi bir noktada destekli olmadığından boyu 3m, zayıf ekseninde orta noktasından tali kiriş ile destekli olduğundan zayıf eksen için 1.5m olarak alınacaktır.

$$L_{cx} = K_x L_x = 1.0 \times 3.000 = 3.000 \text{ mm},$$

$$L_{cy} = K_y L_y = 1.0 \times 1.500 = 1.500 \text{ mm olarak elde edilir.}$$

Narinlik oranı kontrolünde $L_c/i \leq 200$ koşulunu sağlamalıdır.

$$L_{cx} / i_x = 3.000 / 170.8 = 17.56 \leq 200 \checkmark$$

$$L_{cy} / i_y = 1.500 / 39.4 = 38.07 \leq 200 \checkmark$$

$$38.07 > 17.56$$

Kiriş elemanının aksenal basınç kuvveti dayanımı; y asal eksenindeki narinlik değerine göre belirlenecektir.

Elastik burulma gerilmesi F_e 'nin bulunması Denklem (3.1)'e göre yapıldı.

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i}\right)^2_{\text{maks}}} \quad (3.1)$$

$F_e = 1360.57 \text{ N/mm}^2$ olarak elde edildi.

Kritik burkulma gerilmesi F_{cr} Denklem (3.2)'i sağladığından denklem (3.3)'e göre hesaplanır.

$$\frac{L_c}{i} \leq \sqrt[4]{\frac{E}{F_y}} \quad (3.2)$$

$$38.07 \leq 127.01$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y \quad (3.3)$$

$F_{cr} = 266.57 \text{ N/mm}^2$ olarak elde edildi.

ÇYTHYDE yönetmeliği bölüm 8.2'ye göre karakteristik aksenal basınç kuvvet dayanımı olan P_n Denklem (3.4)'e göre hesaplanmaktadır.

$$P_n = F_{cr} \times A_g \quad (3.4)$$

$P_n = 5272.75 \text{ kN}$ olarak bulunur.

- Tasarım basınç dayanımı olan P_d , ÇYTHYDE yönetmeliği bölüm 8.1.2'e göre hesaplanır. YDKT'ye göre tasarlandığından Φ_c değeri 0,90 olarak alınır.

$P_d = P_n \times \Phi_c = 5272.75 \times 0.90 = 4745.47 \text{ kN}$ olarak bulunur.

En elverişsiz yük kombinasyonu sonucu eksenel basınç kuvveti 100,53 kN Olarak bulunmuştur.

$$\frac{P_u}{P_d} < 1$$

$$\frac{100.53}{4745.47} = 0.0021 < 1 \checkmark$$

- Karakteristik eğilme momenti dayanımı M_n ÇYTHYDE yönetmeliği 9.2.1'de akma sınır durumu, 9.2.2'de yanal burulmalı burkulma sınır durumu belirlenecektir.

Akma sınır durumu, $M_n = F_y \times W_{px} = 275 \times 3125.10^{-3} = 859.37 \text{ kNm}$ olarak bulunur.

Kirişin başlığının yanal burulmalı burkulmaya karşı desteklenmeyen uzunluğu, kirişin açıklık ortasında yanal olarak tali kirişle desteklendiğinden dolayı $L_b = 3.000/2 = 1.500 \text{ mm}$ olarak belirlenir.

ÇYTHYDE yönetmeliği 9.2.2'de bahsedilen sırayla (a), (b), (c), durumları hesaplanır.

$$L_p = \frac{1.76 i_y \sqrt{E}}{\sqrt{F_y}} = 1.76 \times 39.4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1870.06 \text{ mm olarak hesaplanır.}$$

$L_b \leq L_p$ olduğundan dolayı sınır durumunun göz önüne alınmasına gerek yoktur. Bu yüzden karakteristik eğilme moment dayanımı $M_n = 859.37 \text{ kNm}$ olarak bulunur.

Tasarım eğilme moment dayanımı olan, M_d , ÇYTHYDE yönetmeliği bölüm 9.1'e göre hesaplanır. YDKT'ye göre tasarladığından Φ_c değeri 0.90 olarak alınır.

$$M_d = 0.90 \times 859.37 = 773.43 \text{ kNm olarak bulunur.}$$

En elverişsiz yük kombinasyonu sonucuna göre eğilme momenti $M_u = 82.15 \text{ kNm}$ 'dir.

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{82.15}{773.43} = 0.11 < 1.0 \checkmark$$

- ÇYTHYDE yönetmeliği bölüm 10.2.1'e göre karakteristik kesme kuvveti dayanımı, V_n Denklem (3.5) göre hesaplandı.

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v1} \quad (3.5)$$

ÇYTHYDE yönetmeliği bölüm 10.2.1(a) maddesine göre $\Phi_v=1,00$ (YDKT) ve $C_v1=1,0$ olarak alınacaktır.

$$A_w = h t_w = 400 \times 13.5 = 5400 \text{ mm}^2$$

Bu durumda karakteristik kesme dayanımı;

$$V_n = 0.6 \times 275 \times 5400 \times 1.0 \times 10^{-3} = 891 \text{ kN}$$

Tasarım kesme kuvveti dayanımı V_d denklem (3.6) 'ya göre bulunur.

$$V_d = \Phi_v V_n \quad (3.6)$$

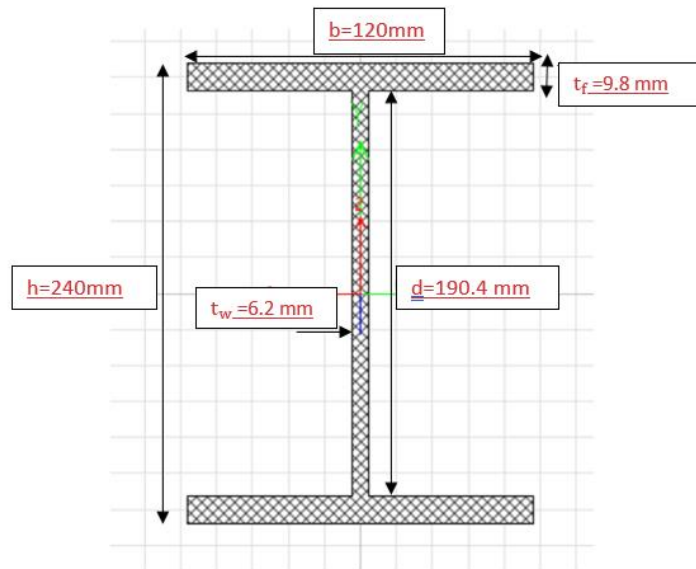
$$V_d = 1.0 \times 891 = 891 \text{ kN' dur.}$$

En elverişsiz yük kombinasyonunda elde edilen taban kesme kuvveti $V_u = 50,48$ kN'dur.

$$V_u / V_d = \frac{50.48}{891} = 0.056 \leq 1.0 \quad \checkmark$$

2.8.3 Tali kirişlerin boyutlandırılması

Tali kirişler IPE240 kesitinden oluşmaktadır. Şekil 4.1 'de IPE240 profil kesiti gösterilmektedir. Tablo 4.7'de IPE240 tali kiriş kesitinin en kesit değerleri verilmiştir. Kesitin tasarımında ve dayanım kontrollerinde en elverişsiz kombinasyon kullanılmış meydana gelen iç kuvvet değerlerinden yararlanılmıştır. En elverişsiz kombinasyon üzerindeki değerler Tablo 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.1: IPE240 çelik tali kiriş kesiti

Tablo 4.7: Tali kiriş kesiti IPE240 en kesit özellikleri**Çelik: IPE240**

$h = 240\text{mm}$	$r = 15\text{mm}$	$i_x = 99.7\text{mm}$
$b = 120\text{mm}$	$A = 3912\text{mm}^2$	$I_y = 283.6\text{cm}^4$
$t_w = 6.2\text{mm}$	$d = 190.4\text{mm}$	$h_o = d - t_f = 180.6\text{mm}$
$t_f = 9.8\text{mm}$	$I_x = 3892\text{cm}^4$	$w_{p_x} = 3460\text{ cm}^3$

Tablo 4.8: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler**Kombinasyon:** $1.37G+Q+Q_r \pm 0.3E_x \pm E_y$

M	57.27 kNm
V	10.91 kN

- TBDY 2018 yönetmeliği 9.3.1.1 maddesine göre elemanın başlık ve gövde oranları Tablo 9.3'te belirtilen λ_{h_d} sınır değerleri belirlenecektir. λ_{h_d} sınırının aşılmadığı durumlarda kesit kompakt kesit olarak adlandırılmaktadır.

Başlık elemanı enkesit koşulu kontrolü;

$$\text{Narinlik oranı} = b/t = b_f/2t_f = 120/(2 \times 9.8) = 6.12$$

$$\lambda_{h_d} = 0.30 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.30 \sqrt{\frac{200.000}{275}} = 8.09$$

$$6.12 < 8.09 \quad \checkmark$$

Gövde elemanı enkesit koşulu kontrolü,

$$\text{Narinlik oranı} = h/t_w = 240/6.2 = 38.70$$

$$\lambda_{h_d} = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200.000}{275}} = 101.39$$

$$38.70 < 101.39 \quad \checkmark$$

- Tasarım kesme dayanım değerinin hesaplanması için ilk olarak karakteristik kesme kuvveti dayanımı Denklem (3.7)'ye göre hesaplanır. YDKT'de Φ_v değeri 1.00 ve C_{v_1} değeri 1.00 olarak alınır.

$$V_n = 0.6F_y A_w C_{v_1} \quad (3.7)$$

$$V_n = 0.6 \times 275 \times (240 \times 6.2) \times 1.00 \times 10^{-3} = 245.52 \text{ kN}$$

En elverişsiz kombinasyona göre V_u değeri 10.91 kN olarak hesaplanmıştır.

$$V_d = \Phi V_n = 1.0 \times 245.52 = 245.52 \text{ kN}$$

$$V_u/V_d = 10.91/245.52 = 0.04 \leq 1.0 \checkmark$$

Tasarım kesme dayanım değeri yeterlidir.

- Tasarım eğilme moment değerinin hesaplanması için ilk olarak karakteristik eğilme moment değeri Denklem (3.8)'e göre hesaplanır.

$$M_n = M_p = F_y W_{p_x} \quad (3.8)$$

$$M_n = 275 \times 3460 \times 10^{-3} = 951.5 \text{ kNm}$$

En elverişsiz kombinasyona göre M_u değeri 57.27 kNm olarak hesaplanmıştır.

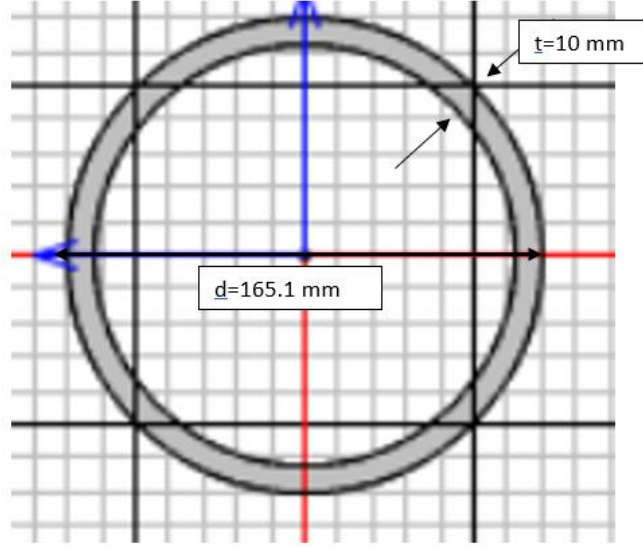
$$M_d = \Phi M_n = 0.9 \times 951.5 = 856.35 \text{ kNm}$$

$$M_u/M_d = 57.27/856.35 = 0.06 \leq 1.0 \checkmark$$

Tasarım eğilme moment değeri yeterlidir.

2.8.4 Çapraz Elemanın Boyutlandırılması

TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 9.6.1.1 maddesinde bahsedildiği üzere; süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çaprazların çap/kalınlık oranları λ_{hd} sınır değerini aşmamalıdır. Çapraz elemanın boru en kesiti Şekil 4.2'de gösterilmektedir. Çapraz elemanın en kesit değerleri Tablo 4.9'da gösterilmiştir. Kesitin tasarımında ve dayanım kontrollerinde en elverişsiz kombinasyon kullanılmış meydana gelen iç kuvvet değerlerinden yararlanılmıştır. En elverişsiz kombinasyon içindeki iç kuvvetler Tablo 5.0'da verilmiştir.



Şekil 4.2: Çelik çapraz elemanın boru kesiti (165.1×10mm)

Tablo 4.9: Çapraz elemanın en kesit değerleri

Ebat (Çap)	Et Kalınlığı (mm)	Kesit Alanı (mm ²)	Yüzey Alanı m ²	Atalet Momenti mm ⁴	Atalet Yarıçapı mm	Plastik Mukavemet Momenti Mm ³
165.1	10	4870	0.5	14713000	55	240900

Tablo 5.0: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler

Kombinasyon: 1.37G+Q+Qr±0.3Ex±Ey

P 11.21 kN

M 69.8 kNm

- TBDY 2018 yönetmeliği Tablo 9.3'e göre; λ_{hd} sınır durumu aşılmamıştır.

$$D/t=165.1/10=16.51$$

$$\lambda_{hd}=0.038\frac{E}{F_y}=27.63$$

$$16.51<27.63 \checkmark$$

- TBDY 2018 yönetmeliği 9.6.3.1 maddesine göre çapraz elemanlarda narinlik oranı $KL/i \leq 200$ koşulunu sağlamalıdır.

$$K \times L = 1.0 \times 3.000 = 3.000 \text{ mm},$$

$$3.000\text{mm}/55=54.54$$

$$54.54 \leq 200 \quad \checkmark$$

- Narinlik oranları ;

$$\frac{L_{cx}}{i_x} = \frac{3000}{55} = 54.54$$

$$\frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{3000}{55} = 54.54 \text{ olarak bulunur.}$$

Eğilmeli burkulma sınır durumunda kritik burkulma gerilmesi, F_{cr} , ve elastik burkulma gerilmesi F_e değerleri şöyle;

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_{cx}}{i_x}\right)^2} = 662.916 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y = 231.24 \text{ N/mm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

- Karakteristik basınç dayanımı olan, P_n ,
 $P_n = F_{cr} \times A_g = 231.24 \times 0.5 = 115.62 \text{ kN}$ olarak bulunur.
- Tasarım basınç kuvveti olan, P_d ,
 $P_d = \Phi P_n = 0.90 \times 115.62 = 104.05 \text{ kN}$ olarak bulunur.
 $P_u/P_d = 11.21/104.05 = 0.11 \geq 0.2 \quad \checkmark$
- Karakteristik eğilme momenti olan M_n ;
 $M_n = M_p = F_y W_{px} = 662475 \text{ kNm}$ olarak bulunur.
- Tasarım eğilme momenti, M_d ;
 $M_d = \Phi M_n = 0.90 \times M_n = 596.227 \text{ kNm}$ olarak bulunur.
 $M_u/M_d = 69.8/596.227 = 0.11 < 0.2 \quad \checkmark$

2.9 Çelik Kolonla Teşkil Edilmiş Yapının Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Boyutlandırılması

2.9.1 Çelik Kolonun Boyutlandırılması

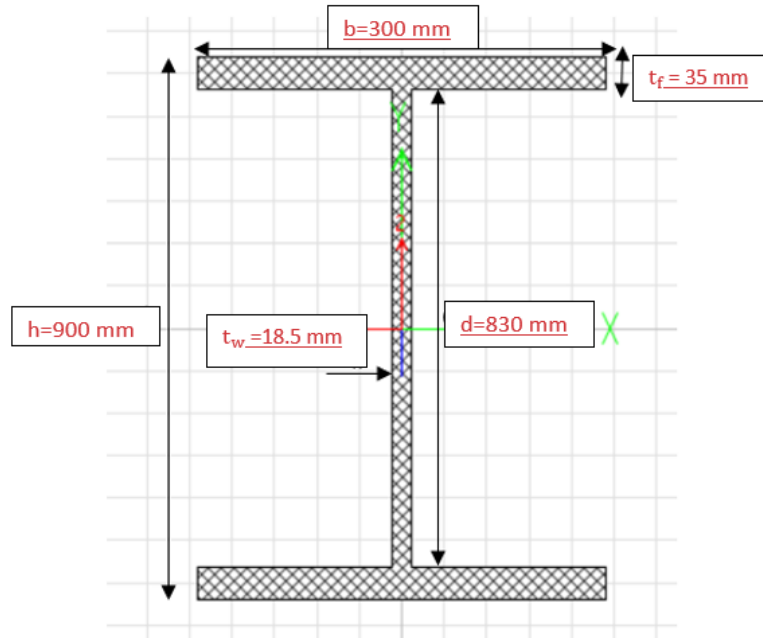
Çelik yapıda kolon elemanı yapısal çelik profili HEB900 , yapısal çelik sınırı olarak S275 tercih edilmiştir. Kesitin tasarımında ve dayanım kontrollerinde en elverişsiz kombinasyon kullanılmış ve meydana gelen iç kuvvet değerlerinden yararlanılmıştır. Tablo 5.1’te en elverişsiz yük birleşiminden oluşan iç kuvvet değerleri gösterilmektedir. Çelik kolon kesiti HEB 900 yapısal çelik profilinin en

kesit değerleri Tablo 5.2 'de gösterilmiştir. şekil 4.3'te HEB 900 en kesit değerleri gösterilmektedir.

Tablo 5.1: En elverişsiz yk birleşiminde oluşan iç kuvvetler

Kombinasyon: $1.2G+Q+Qr+Ed$

P	5147.25 kN
M	2962102kNm



şekil 4.3: HEB 900 elik kolon kesiti

Tablo 5.2: elik kolon kesiti HEB900 en kesit değerleri

elik: HEB900

$h = 900\text{mm}$	$r = 30\text{mm}$	$i_x = 364.8\text{mm}$	$h_o = d - t_f = 274\text{mm}$
$b = 300\text{mm}$	$A = 37130\text{mm}^2$	$I_y = 15820\text{cm}^4$	$i_y = 49.7\text{mm}$
$t_w = 18.5\text{mm}$	$d = 830\text{mm}$	$w_{e_x} = 10980\text{cm}^3$	$w_{p_x} = 12268662 \text{ kNm}$
$t_f = 35\text{mm}$	$I_x = 494100\text{cm}^4$	$w_{e_y} = 1054.0 \text{ cm}^3$	

- elik kolonun TBDY 2018 Tablo 9.3'e göre en kesit kontrolleri yapıldı.

Tablo 9.3'e göre λ_{hd} sınır değerini aşmaması gerekmektedir.

Gövde elemanını enkesit koşulu kontrolü;

$$\text{Narinlik oranı: } h/t_w = 900/18.5 = 48.64$$

$$C_a = P_u/P_d \approx 0$$

$$C_a \leq 0.125 \text{ olduğundan dolayı,}$$

$$\lambda_{hd} = 2 \cdot 45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1 - 0.93 C_a) = 59.31$$

$$48.64 < 59.31 \checkmark$$

Başlık elemanı en kesit koşulu kontrolü;

$$\text{Narinlik oranı: } b/t_f = 300/(2 \times 35) = 4.28$$

$$\lambda_{hd} = 0.30 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.30 \sqrt{\frac{200.000}{275}} = 8.09$$

$$4.28 < 8.09 \checkmark$$

- ÇYTHYE yönetmeliği Tablo 5.1A'ya göre eksenel basınç kuvveti altında enkesit elemanlarının kontrolü yapılmıştır. $\lambda > \lambda_r$ olması durumunda narin enkesit, $\lambda < \lambda_r$ narin olmayan kesit olarak sınıflandırılmaktadır.

Başlık elemanının kontrolü;

$$\text{Narinlik oranı: } b/t_f = 300/(2 \times 35) = 4.28$$

$$\lambda_r = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 15.10$$

$$4.28 < 15.10 \checkmark$$

Gövde elemanının kontrolü;

$$\text{Narinlik oranı: } h/t_w = 900/18.5 = 48.64$$

$$\lambda_r = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 101.39$$

$$48.64 < 101.39 \checkmark$$

ÇYTHYE yönetmeliği Tablo 5.1A'ya göre $\lambda < \lambda_r$ çıkması sonucunda narin olmayan kesit olarak adlandırılmıştır.

- ÇYTHYE yönetmeliğine Bölüm 8.2'ye göre Tablo 5.1A 2'ye göre hesaplanan eleman narin kesit ise elemanların eksenel basınç kuvveti altındaki karakteristik eksenel basınç kuvvet dayanımı olan, P_n , Denklem 4.8 göre hesaplanır.

$$P_n = F_{Cr} A_g \quad (4.8)$$

Kritik burulma gerilmesi olan, F_{Cr} Denklem (3.9)'a

$$\frac{L_c}{i} \leq 4 \cdot 71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ olduğunda; } F_{Cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (3.9)$$

$$\frac{L_c}{i} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ olduğunda; } F_{Cr} = 0.877 F_e \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Elastik burulma gerilmesi olan, F_e , Denklem (4.0) göre hesaplanmaktadır.

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i} \right)^2_{\text{maks}}} \quad (4.0)$$

ÇYTHYE yönetmeliği Bölüm 8.1.1'e göre burkulma boyu olan, L_c , Denklem (4.1) göre hesaplanmaktadır. Burkulma boyu katsayısı olan K değeri 1.0 olarak alınmalıdır. HEB900 çelik kolon profilinin boyu 3m'dir.

$$L_{cxy} = K \times L_{xy} \quad (4.1)$$

$$L_{cx} = K \times L_x = 1.0 \times 3.000 = 3.000 \text{ mm,}$$

$$L_{cy} = K \times L_y = 1.0 \times 3.000 = 3.000 \text{ mm olarak elde edilir.}$$

Narinlik oranı kontrolünde $\frac{L_c}{i} \leq 200$ koşulunu sağlamalıdır.

$$L_{cx} / i_x = 3.000 / 364.8 = 8.22 \leq 200 \quad \checkmark$$

$$L_{cy} / i_y = 3.000 / 49.7 = 60.36 \leq 200 \quad \checkmark$$

60.36 > 8.22 olduğundan dolayı büyük olan sayı kabul edilir.

Elastik burulma gerilmesi olan, F_e ;

$$F_e = 541241 \text{ N/mm}^2 \text{ olarak elde edilir.}$$

Kritik burkulma gerilmesi olan, F_{Cr} ;

$$\frac{L_c}{i} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \quad 60.36 \leq 127.01 \text{ olduğundan dolayı}$$

$$F_{Cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y = 274.94 \text{ N/mm}^2 \text{ olarak elde edilmiştir.}$$

Karakteristik eksenel basınç kuvvet dayanımı olan, P_n ;

$P_n = F_{cr} A_g = 10208.52$ kN olarak bulunur.

- Tasarım basınç dayanımı olan P_d , Denklem (4.2)'e göre hesaplanır. YDKT'ye göre tasarlandığından Φ_c değeri 0,90 olarak alınır.

$$P_d = P_n \times \Phi_c \quad (4.2)$$

$P_d = 10208.52 \times 0.90 = 9187.66$ kN olarak bulunur.

- En elverişsiz yük kombinasyon sonucunda eksenel basınç kuvveti olan P_u , 5147.25 kN olarak bulunur. Eksenel basınç kuvveti ile tasarım basınç dayanımının oranlanması sonucunun 1'den küçük olma ($\frac{P_u}{P_d} < 1$) bu koşulunu sağlaması gerekmektedir.

$$\frac{5147.25}{9187.66} = 0.56 < 1.0 \quad \checkmark$$

- Karakteristik eğilme moment dayanımı olan M_n , Denklem (4.3)'e göre hesaplanır.

$$M_n = F_y W_{px} \quad (4.3)$$

$M_n = 275 \times 12268662.10^{-3} = 3373882$ kNm olarak bulunur.

- Tasarım eğilme momenti olan, M_d Denklem (4.4)'a göre hesaplanmaktadır. YDKT'ye göre tasarladığından Φ_c değeri 0,90 olarak alınır.

$$M_d = M_n \Phi_c \quad (4.4)$$

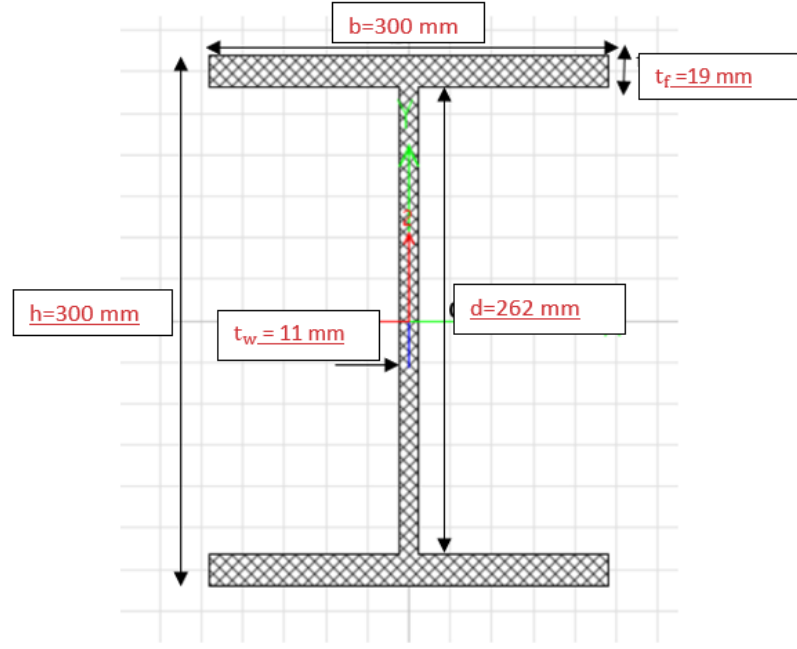
$M_d = 3036493$ kNm olarak bulunur.

- En elverişsiz yük kombinasyonu sonucunda eğilme momenti, $M_u = 2962102$ kNm'dir. $\frac{M_u}{M_d} < 1.0$ koşuluna uyması gerekmektedir.

$$\frac{M_u}{M_d} = 0.97 < 1.0 \quad \checkmark$$

2.9.2 Çerçeve kirişlerinin boyutlandırılması

Çelik çerçeve kirişler için HEB300 çelik profili seçilmiştir. Kesitin tasarımında ve dayanım kontrollerinin yapılmasında en elverişsiz kombinasyon baz alınarak meydana gelen iç kuvvetlerden yararlanılmıştır. Şekil 4.4'te HEB300 çelik kiriş kesiti gösterilmiştir. Tablo 5.3'te kiriş kesiti HEB300 elemanının en kesit değerleri verilmiştir.



Şekil 4.4: HEB300 çelik kiriş kesiti

Tablo 5.3: Kiriş kesiti HEB300 en kesit değerleri

Çelik: HEB300

$h = 300\text{mm}$	$r = 27\text{mm}$	$i_x = 129.9\text{mm}$	$h_o = d - t_f = 243\text{mm}$
$b = 300\text{mm}$	$A = 14910\text{mm}^2$	$I_y = 8563\text{cm}^4$	$i_y = 32.1\text{mm}$
$t_w = 11.0\text{mm}$	$d = 262\text{mm}$	$w_{ex} = 1678\text{cm}^3$	$w_{Px} = 1790\text{ cm}^3$
$t_f = 19\text{mm}$	$I_x = 57680\text{cm}^4$	$w_{ey} = 570.9\text{ cm}^3$	

Tablo 5.4'te en elverişsiz yük kombinasyonundan oluşan iç kuvvet değerleri gösterilmiştir.

Tablo 5. 4: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler

Kombinasyon: $1.37G+Q+Qr\pm 0.3Ex\pm Ey$

P	72.18 kN
M	11.5882 kNm
V	2.413 kN

- Yapı süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçevelerden tasarımı yapıldığından TBDY 2018 yönetmeliği 9.3.1.1 maddesine göre çelik çerçeve kiriş kesitinin Tablo 9.3'e göre başlık ve gövde sınırlarının λ_{hd} sınır değerini aşmamalıdır.

Başlık elemanı enkesit koşulu kontrolü;

$$\text{Narinlik oranı} = b/t = b_f/2t_f = 300/(2 \times 19) = 7.89$$

$$\lambda_{hd} = 0.30 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.30 \sqrt{\frac{200.000}{275}} = 8.09$$

$$7.89 < 8.09 \quad \checkmark$$

Gövde elemanı enkesit koşulu kontrolü,

$$\text{Narinlik oranı} = h/t_w = 300/11.0 = 27.27$$

$$C_a = P_u/P_d \approx 0$$

$C_a \leq 0.125$ olduğundan,

$$\lambda_{hd} = 2 \cdot 45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1.0 - 0.93 C_a) = 58.39$$

$$27.27 < 58.39 \quad \checkmark$$

- Yerel burulma sınır durumunun kontrolü ÇYTHYE yönetmeliği Tablo 5.1A'dan yararlanılarak yapılır. $\lambda > \lambda_r$ olması durumunda narin enkesit, $\lambda < \lambda_r$ narin olmayan kesit olarak sınıflandırılır.

Başlık parçasının kontrolü;

$$\text{Genişlik/kalınlık oranı} = \lambda = b/t = b_f/(2t_f) = 7.89$$

$$\text{Genişlik/kalınlık oranı sınır değeri} = \lambda_r = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 15.10$$

$\lambda < \lambda_r$ olarak bulunur.

Gövde parçasının kontrolü;

$$\text{Genişlik/kalınlık oranı} = \lambda = h/t_w = 300/11.0 = 27.27$$

$$\text{Genişlik/kalınlık sınır değeri} = \lambda_r = 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 40.18$$

$\lambda < \lambda_r$ olarak bulunur.

Yerel burulmanın sınır durumu kontrolünde, $\lambda < \lambda_r$ sonucunun elde edilmesi sonucunda narin olmayan kesit grubuna girmektedir.

- ÇYTHYE bölüm 8'e göre eksenel basınç kuvveti olan, P_n hesaplanır. ÇYTHYE yönetmeliği bölüm 8.1.1'e göre burkulma boyu L_c Denklem 4.0'a göre belirlenir. HEB300 çelik kirişin kuvvetli ekseninde herhangi bir noktada destekli olmadığından boyu 3m'dir. Zayıf ekseninde orta noktasında tali kiriş ile destekli olduğundan dolayı zayıf eksen için boyu 1.5 m'dir.

$$L_{cx} = K_x L_x = 1.0 \times 3.000 = 3.000 \text{ mm},$$

$$L_{cy} = K_y L_y = 1.0 \times 1.500 = 1.500 \text{ mm} \text{ olarak elde edilir.}$$

Narinlik oranı kontrolünde $L_c/i \leq 200$ koşulunu sağlamalıdır.

$$L_{cx}/i_x = 3.000/129.9 = 23.09 \leq 200 \quad \checkmark$$

$$L_{cy}/i_y = 1.500/32.1 = 46.72 \leq 200 \quad \checkmark$$

Kiriş elemanının eksenel basınç kuvvet dayanımı $46.72 > 23.09$ olduğundan dolayı y asal eksenindeki narinlik değerine göre belirlenecektir.

Elastik burulma gerilmesi olan, F_e Denklem (4.0)'a göre hesaplanır.

$$F_e = 903.40 \text{ N/mm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Kritik burkulma gerilmesi olan F_{cr} hesaplandı.

$$F_{cr} = 245.08 \text{ N/mm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Eksenel basınç kuvveti olan, P_n , hesaplanır.

$$P_n = F_{cr} \times A_g = 245.08 \times 14910 = 3654.14 \text{ kN} \text{ olarak bulunur.}$$

- ÇYTHYE yönetmeliği bölüm 8.1.2'ye göre tasarım basınç dayanımı olan P_d belirlenir. YDKT'ye göre tasarlandığından Φ_c değeri 0,90 olarak alınır.

$$P_d = P_n \times \Phi_c = 3654.14 \times 0.90 = 3288.72 \text{ kN} \text{ olarak bulunur.}$$

- $\frac{P_u}{P_d} < 1$ koşulu sağlanması gerekmektedir. Tablo 5.4'den bakılarak $P_u = 72.18 \text{ kN}$ 'dur.

$$\frac{72.18}{3288.72} = 0.022 < 1 \quad \checkmark$$

- Karakteristik eğilme momenti dayanımı M_n ÇYTHYE yönetmeliği 9.2.1'de akma sınır durumu, 9.2.2'de yanal burulmalı burkulma sınır durumu belirlenecektir.

$$\text{Akma sınır durumu, } M_n = F_y \times W_{px} = 275 \times 1790.10^{-3} = 492.25 \text{ kNm} \text{ olarak bulunur.}$$

Kirişin başlığının yanal burulmalı burkulmaya karşı desteklenmeyen uzunluğu, kirişin açıklık ortasında yanal olarak tali kirişle desteklendiğinden dolayı $L_b=3.000/2=1.500\text{mm}$ olarak belirlenir.

ÇYTHYDE yönetmeliği 9.2.2’de bahsedilen sırayla (a),(b),(c), durumları hesaplanır.

$$L_p = 1.76 i y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 \times 32.1 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1523.58 \text{ mm olarak hesaplanır.}$$

$L_b \leq L_p$ olduğundan dolayı sınır durumunun göz önüne alınmasına gerek yoktur. Bu yüzden karakteristik eğilme moment dayanımı $M_n=492.25 \text{ kNm}$ olarak bulunur.

- Tasarım eğilme moment dayanımı olan, M_d , ÇYTHYDE yönetmeliği Bölüm 9.1’e göre hesaplanır. YDKT’ye göre tasarladığından Φ_c değeri 0,90 olarak alınır.

$$M_d = M_n \times \Phi_c = 0.90 \times 492.25 = 443.02 \text{ kNm olarak bulunur.}$$

- $\frac{M_u}{M_d} < 1$ koşulunun sağlanması gerekmektedir. Tablo 5.6’dan bakılarak $M_u = 11.5882 \text{ kN’dur.}$

$$\frac{11.5882}{443.02} = 0.026 < 1 \quad \checkmark$$

- Karakteristik kesme kuvveti dayanımı olan, V_n , ÇYTHYDE yönetmeliği Bölüm 10.2.1’e göre belirlenir. ÇYTHYDE yönetmeliği bölüm 10.2.1(a) maddesine göre $\Phi_v=1,00$ (YDKT) ve $C_v=1,0$ olarak alınacaktır.

$$A_w = h \times t_w = 300 \times 11.0 = 3300 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v_1} = 0.6 \times 275 \times 3300 \times 1.0 \times 10^{-3} = 544.5 \text{ kN olarak bulunur.}$$

- Tasarım kesme kuvveti dayanımı olan, V_d hesaplandı.

$$V_d = \Phi_v V_n = 1.0 \times 544.5 = 544.5 \text{ kN’dur.}$$

- $\frac{V_u}{V_d} < 1$ koşulu sağlanması gerekmektedir. Tablo 5.4’den bakılarak

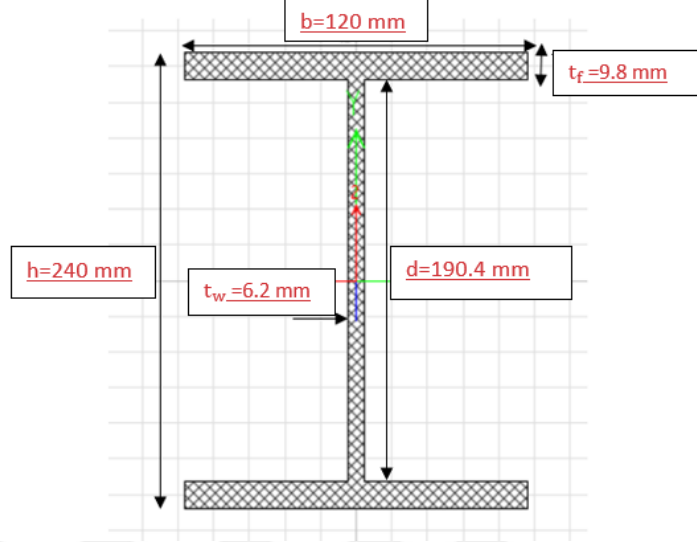
$$V_u = 2.413 \text{ kN’dur.}$$

$$\frac{V_u}{V_d} = \frac{2.413}{544.5} = 0.00443 \leq 1.0 \quad \checkmark$$

2.9.3 Tali Kirişlerin Boyutlandırılması

Tali kirişler IPE240 kesitinden oluşmaktadır. Şekil 4.5’de IPE240 çelik tali kiriş kesiti gösterilmektedir. Tablo 5.5’de IPE240 tali kiriş kesitinin en kesit değerleri

verilmiştir. Kesitin tasarımında ve dayanım kontrollerinde en elverişsiz kombinasyon kullanılmış meydana gelen iç kuvvet değerlerinden yararlanılmıştır. En elverişsiz kombinasyon üzerindeki değerler Tablo 5.6’da verilmiştir.



Şekil 4.5: IPE 240 çelik tali kiriş kesiti

Tablo 5.5: Tali kiriş kesiti IPE240 en kesit özellikleri

Çelik: IPE240

$h = 240\text{mm}$	$r = 15\text{mm}$	$i_x = 99.7\text{mm}$
$b = 120\text{mm}$	$A = 3912\text{mm}^2$	$I_y = 283.6\text{cm}^4$
$t_w = 6.2\text{mm}$	$d = 190.4\text{mm}$	$h_o = d - t_f = 180.6\text{mm}$
$t_f = 9.8\text{mm}$	$I_x = 3892\text{cm}^4$	$w_{p_x} = 3460\text{ cm}^3$

Tablo 5.6: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler

Kombinasyon: $1.37G+Q+Qr\pm 0.3Ex\pm Ey$

M	49.33 kNm
V	4.60 kN

- TBDY 2018 yönetmeliği 9.3.1.1 maddesine göre elemanın başlık ve gövde oranları Tablo 9.3'te belirtilen λ_{hd} sınır değerleri belirlenecektir. λ_{hd} sınırının aşılmadığı durumlarda kesit kompakt kesit olarak adlandırılmaktadır.

Başlık elemanı enkesit koşulu kontrolü;

$$\text{Narinlik oranı} = b/t = b_f/2t_f = 120/(2 \times 9.8) = 6.12$$

$$\lambda_{hd} = 0.30 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.30 \sqrt{\frac{200.000}{275}} = 8.09$$

$$6.12 < 8.09 \quad \checkmark$$

Gövde elemanı enkesit koşulu kontrolü,

$$\text{Narinlik oranı} = h/t_w = 240/6.2 = 38.70$$

$$\lambda_{hd} = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200.000}{275}} = 101.39$$

$$38.70 < 101.39 \quad \checkmark$$

- Tasarım kesme dayanım değerinin hesaplanması için ilk olarak karakteristik kesme kuvveti dayanımı hesaplandı. YDKT'de Φ_v değeri 1.00 ve C_{v_1} değeri 1.00 olarak alınır.

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v_1} = 0.6 \times 275 \times (240 \times 6.2) \times 1.00 \times 10^{-3} = 245.52 \text{ kN}$$

En elverişsiz kombinasyona göre V_u değeri 4.60 kN olarak hesaplanmıştır.

$$V_d = \Phi V_n = 1.0 \times 245.52 = 245.52 \text{ kN}$$

$$V_u/V_d = 4.60/245.52 = 0.018 \leq 1.0 \quad \checkmark$$

Tasarım kesme dayanım değeri yeterlidir.

- Tasarım eğilme moment değerinin hesaplanması için ilk olarak karakteristik eğilme moment değeri hesaplandı.

$$M_n = M_p = F_y W_{p_x} (4.7) = 275 \times 3460 \times 10^{-3} = 951.5 \text{ kNm}$$

En elverişsiz kombinasyona göre M_u değeri 49.33 kNm olarak hesaplanmıştır.

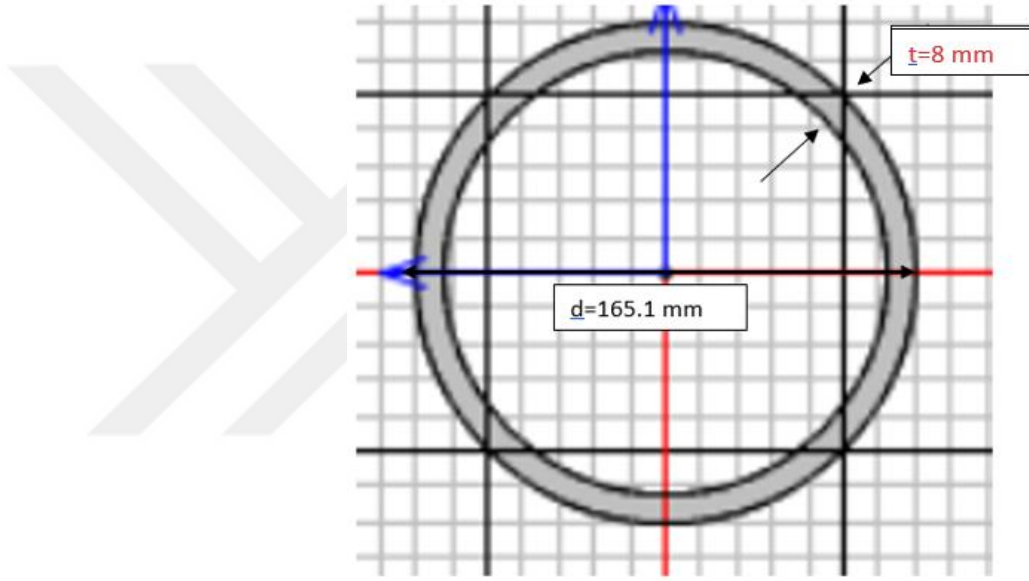
$$M_d = \Phi M_n = 0.9 \times 951.5 = 856.35 \text{ kNm}$$

$$M_u/M_d = 49.33/856.35 = 0.057 \leq 1.0 \quad \checkmark$$

Tasarım eğilme moment değeri yeterlidir.

2.9.4 Çapraz Elemanın Boyutlandırılması

TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 9.6.1.1 maddesinde bahsedildiği üzere; süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çaprazların çap/kalınlık oranları λ_{hd} sınır değerini aşmamalıdır. Çapraz elemanın en kesit değerleri Tablo 5.7’de gösterilmiştir. Çelik çapraz eleman boru kesitin 165.1×8mm ebatı tercih edilmiştir. Şekil 4.6 ’de çapraz elemanın profil kesiti gösterilmiştir. Kesitin tasarımında ve dayanım kontrollerinde en elverişsiz kombinasyon kullanılmış meydana gelen iç kuvvet değerlerinden yararlanılmıştır. En elverişsiz kombinasyon içindeki iç kuvvetler Tablo 5.8’de verilmiştir.



Şekil 4.6: Çelik çapraz elemanın boru kesiti (165.1×8mm)

Tablo 5.7: Çapraz elemanın en kesit değerleri

Ebat (Çap)	Et Kalınlığı (mm)	Kesit Alanı (mm ²)	Yüzey Alanı m ²	Atalet Momenti mm ⁴	Atalet Yarıçapı mm	Plastik Mukavemet Momenti Mm ³
165.1	8	3950	0.5	12212000	56	197600

Tablo 5.8: En elverişsiz yük birleşiminde oluşan iç kuvvetler

Kombinasyon: 1.37G+Q+Qr±0.3Ex±Ey	
P	16.81 kN
M	63.1 kNm

- TBDY 2018 yönetmeliği Tablo 9.3'e göre; λ_{hd} sınır durumu aşılmamıştır.

$$D/t=165.1/8=20.63$$

$$\lambda_{hd} = 0.038 \frac{E}{F_y} = 27.63$$

$$20.63 < 27.63 \quad \checkmark$$

- TBDY 2018 yönetmeliği 9.6.3.1 maddesine göre çapraz elemanlarda narinlik oranı $KL/i \leq 200$ koşulunu sağlamalıdır.

$$K \times L = 1.0 \times 3.000 = 3.000 \text{ mm},$$

$$3.000 \text{ mm} / 56 = 53.57$$

$$53.57 \leq 200 \quad \checkmark$$

- Narinlik oranları;

$$\frac{L_{cx}}{i_x} = \frac{3000}{56} = 53.57$$

$$\frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{3000}{55} = 53.57 \text{ olarak bulunur.}$$

Eğilmeli burkulma sınır durumunda kritik burkulma gerilmesi, F_{cr} , ve elastik burkulma gerilmesi F_e değerleri şöyle;

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_{cx}}{i_x}\right)^2} = 687.14 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y = 232.58 \text{ N/mm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

- Karakteristik basınç dayanımı olan, P_n ,
 $P_n = F_{cr} \times A_g = 232.58 \times 0.5 = 116.29 \text{ kN}$ olarak bulunur.
- Tasarım basınç kuvveti olan, P_d ,
 $P_d = \Phi P_n = 0.90 \times 116.29 = 104.66 \text{ kN}$ olarak bulunur.
 $P_u / P_d = 16.81 / 104.66 = 0.16 < 0.2 \quad \checkmark$
- Karakteristik eğilme momenti olan M_n ;
 $M_n = M_p = F_y W_{px} = 543.400 \text{ kNm}$ olarak bulunur.
- Tasarım eğilme momenti, M_d ;
 $M_d = \Phi M_n = 0.90 \times M_n = 489.060 \text{ kNm}$ olarak bulunur.
 $M_u / M_d = 63.1 / 489.060 = 0.12 < 0.2 \quad \checkmark$

3. TAŞIYICI SİSTEMİN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİ

3.1 Giriş

Yapı sistemlerinde hesaplanan yer değiştirme, şekil değiştirme ve gerilme durumları doğrusal teori için yapılan kabuller içerisine girer. Dış etkiler ile sınır durumu aşıldığı ve taşıma gücüne yaklaştırıldığında şekil değiştirme ve lineer-elastik sınır durumu alışır. Bu durumda yer değiştirmeler çok küçük olmaz ve doğrusal teori geçerliliğini yitirir. Lineer-elastik sınır ötesi durumunda doğrusal olmayan analiz teorisinde geçerlidir.

Doğrusal olmayan analiz yöntemi, geometri ve malzeme yönünden doğrusal olmayan, yer değiştirmelerin küçük olmadığı doğrusal olmayan davranış durumlarını hesaplayan hesap yöntemidir. Yapı deprem etkisi altında olduğu zaman iç kuvvetlerde artış meydana gelmektedir, bu da yapıdaki kesitlerde elastik ötesi davranışın oluşmasıyla doğrusal olmayan şekil değiştirmeler meydana gelmektedir. Sünek davranışlarda şekil değiştirme talepleri, gevrek davranışlarda iç kuvvet talepleri hesaplanır. Hesaplanan değerler ile yapısal performans değerlendirmesi yapılır.

Bu tez kapsamında; çelik gömme kompozit kolonlarla ve çelik kolonlarla teşkil edilmiş iki yapının doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden çok modlu itme analiz yöntemi uygulanacaktır. Performansa dayalı tasarım ile hesaplanan yer değiştirmeler gözlemlenecek hedeflenen hasar durumu ve performans düzeyi kontrolü yapılır. Yapıların deprem etkisi altında deplasman ve kapasite sınırına ulaşan eleman durumları belirlenir. Yapıların performans değerlendirilmesi karşılaştırılacaktır.

3.2 Bina Performans Düzeyinin Belirlenmesi

TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 3.4'ten yararlanılarak bina performans düzeyleri belirlenmiştir. Deprem etkisi altında bulunan binaların taşıyıcı sistemleri için bina performans düzeyleri tanımlanmıştır.

- Kesintisiz kullanım (KK) performans düzeyi; bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir bir boyutta olması durumudur.

- Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi; bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer bir yandan doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı bir hasar durumudur.
- Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi; can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar durumudur.
- Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi; bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri derece ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi durumudur.

Bu tez kapsamında yapının performans düzeyleri TBDY 2018 yönetmeliği bölüm 3.4.3'te bahsedildiği üzere, can güvenliği sağlamak üzere bina taşıyıcı elemanları çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan kontrollü hasar düzeyine karşı gelen “Kontrollü Hasar” performans düzeyi seçilmiştir.

3.3 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri

TBDY 2018 yönetmeliğine göre deprem etkileri altında olan bir yapının doğrusal olmayan analiz yöntemi iki yöntemle yapılmaktadır. TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 5.6'da İtme Analiz Yöntemleri ve Bölüm 5.7'de Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi bahsedilmektedir. TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 5.6.6'da bahsedilen çok modlu itme analiz yöntemi uygulanmıştır.

Çok modlu itme yöntemi bina yükseklik sınıfı ($BYS \geq 2$) olan yapılarda kullanılmaktadır. Fakat yüksek katlı yapılarda da kullanılması ve alternatif bir yöntem olması açısından tez kapsamında uygulanmıştır.

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ise bina yükseklik sınıfı ($BYS=1$) olan yapılarda zorunludur.

Bu tez kapsamında tasarlanan yapı $BYS=1$ sınıfına girmesine rağmen Zaman Tanım Alanında doğrusal olmayan hesap yöntemine alternatif bir yöntem olması için Çok Modlu İtme doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılacaktır.

3.4 Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin Seçilmesi

Bu tez kapsamında doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden TBDY 2018 Bölüm 5.6.6'da Çok Modlu İtme Yöntemi kullanılacaktır.

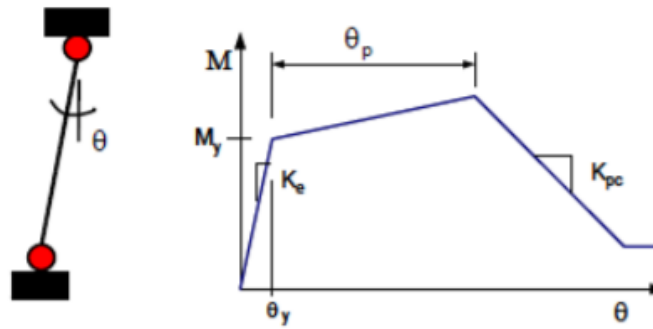
Çok Modlu İtme Yönteminde TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 5.6.6.2'ye göre binanın farklı titreşim modları için tanımlanan bağımsız sabit modlar yük vektörlerinin yapıya artımsal olarak ayrı ayrı uygulanacaktır.

3.5 Doğrusal Olmayan Hesap Modeli

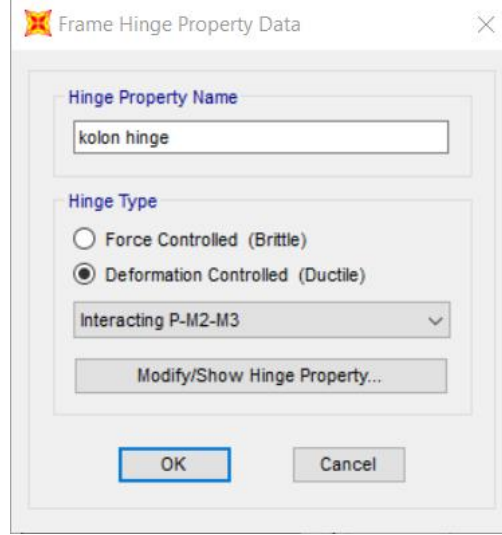
Doğrusal olmayan hesap modeli için Sap2000 V20.2.0 yazılımı kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanları çubuk sonlu eleman modeli ile modellenmiştir. TBDY 2018 yönetmeliği 5.3.3.1'e göre kolon ve kiriş elemanlarında geometrik koşul sağlandığı takdirde yapı elemanlarının doğrusal olmayan davranış modeli Yığılı Plastik Davranış (Plastik Mafsal) Modeli olarak tanımlanmıştır.

Bu tez kapsamında; yapının elemanları Yığılı Plastik Davranış (Plastik Mafsal) Modeli olarak tanımlanmıştır.

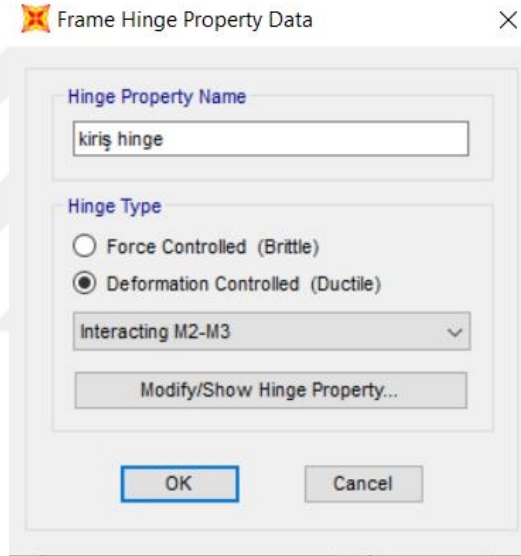
TBDY 2018 yönetmeliği 5.4.2.1'e göre yığılı plastik mafsallar çubuk elamanın iki ucuna yerleştirilir. Şekil 4.7'de yığılı plastik mafsal davranış modeli ve moment-dönme ilişkisi gösterir. Kolonlarda P-M2-M3, kirişlerde M2-M3 plastik mafsalı tanımlandı. Sap2000 programa kolonlar için Şekil 4.8'de, kirişler için Şekil 4.9'da görüldüğü gibi plastik mafsal tanımlaması yapılmıştır. 5.4.2.2'ye göre kolon ve kirişlerin birleştiği düğüm noktalarında altı serbestlik derecesinin tümüne dikkat edildi. 5.4.2.3'e göre kolon ve kirişlerdeki plastik mafsallar, kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konuldu.



Şekil 4.7: Yığılı plastik mafsal davranış modeli ve moment-dönme ilişkisi (Dalyan, ve Şahin, 2019)



Şekil 4.8: Sap2000 programına kolon için plastik mafsıl tanımlaması



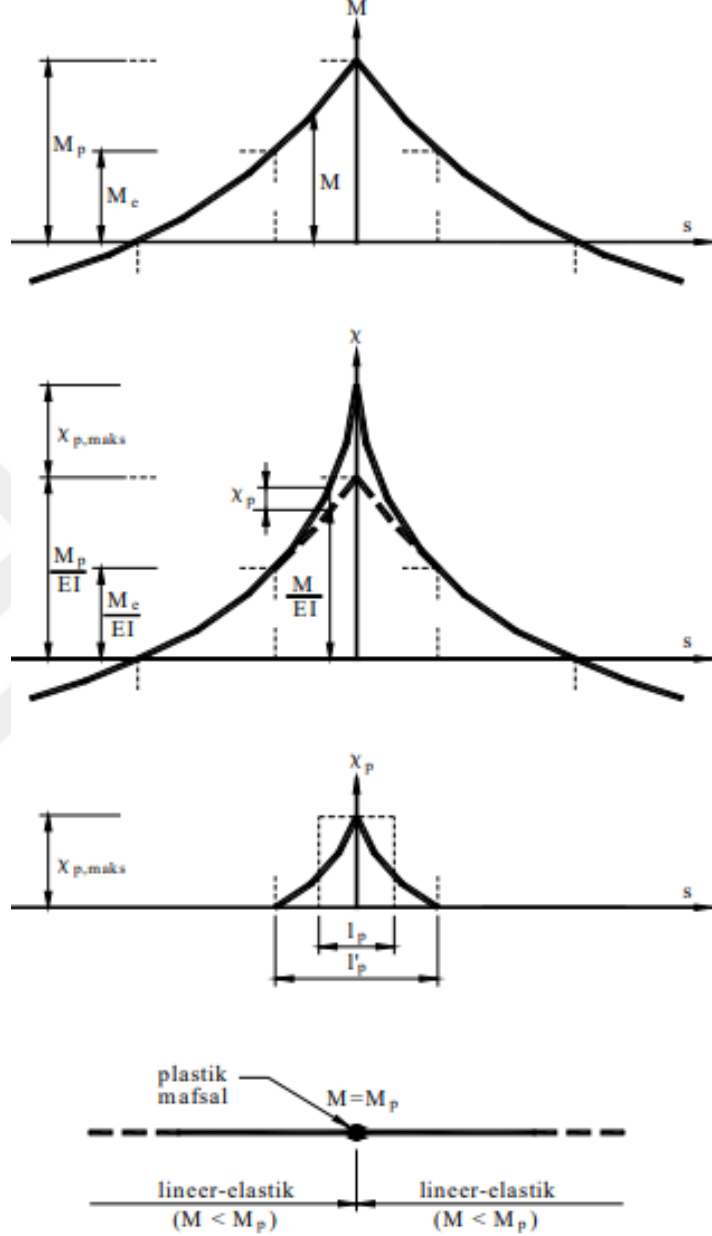
Şekil 4.9: Sap2000 programına kiriş için plastik mafsıl tanımlaması

TBDY 2018 yönetmeliği 5.3.1.2'ye göre yığılı plastik mafsıl modelinde iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır. Plastik mafsıl boyu olarak adlandırılan L_p ise, çalışan doğrultudaki kesit boyunun yarısına eşit olmaktadır. ($L_p \approx 0.5h$)

TBDY 2018 yönetmeliği 5.4.5.2 maddesine göre yığılı plastik davranışa göre modellenen kolon ve kirişlerin etkin kesit rijitliği Denklem (4.5)'e göre hesaplanmaktadır.

$$(EI)_e = \frac{M_y I_s}{\theta_y 3} \quad (4.5)$$

Çubuk elemanın belirli bir bölgesinde olan eğilme momenti grafiği, toplam eğilme şekil değiştirmeleri ve lineer olmayan şekil değiştirmeleri Şekil 5.1’de gösterilmektedir.



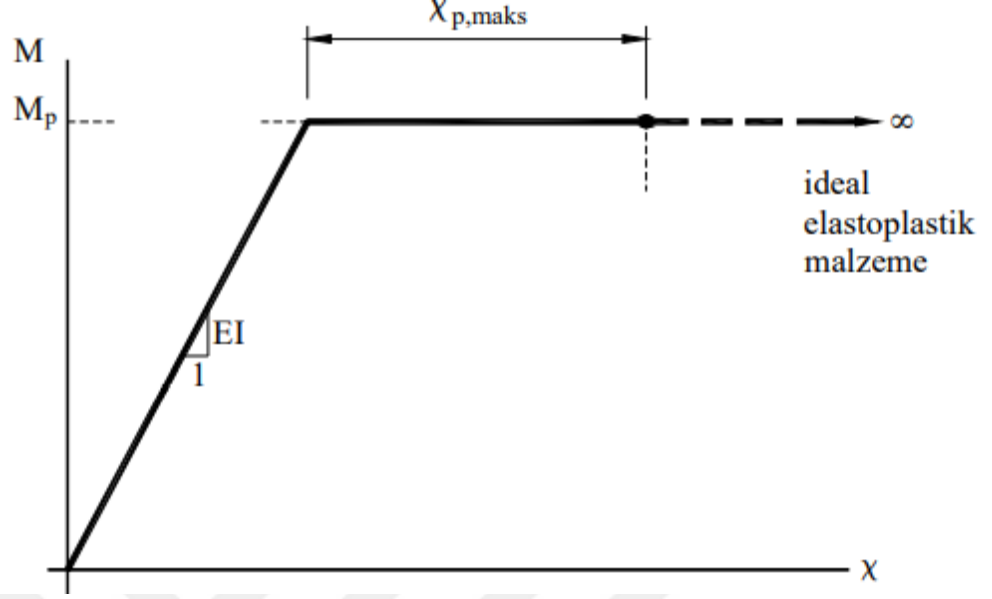
Şekil 5.1: Belirli bir kesitte gerçekleşen doğrusal olmayan şekil değiştirmeler (Özer,2009)

Plastik mafs'ın dönmesi Φ_p Denklem (4.7)'e göre hesaplanmaktadır.

$$\theta_p = \int_{L_p} x_p ds \quad (4.7)$$

Plastik mafs' hipotezinin uygulanması için, gerçek eğilme momenti-eğrilik bağıntısının $M < M_p$ olduğu durumda $x = M/EI$ veya $M = M_p$ olduğu durumda $x = x_u$

olacak şekilde iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmesine karşılık Şekil 5.2’de gösterilmektedir.



Şekil 5.2: İdealleştirilmiş eğilme momenti-eğrilik bağıntısı (Özer,2009)

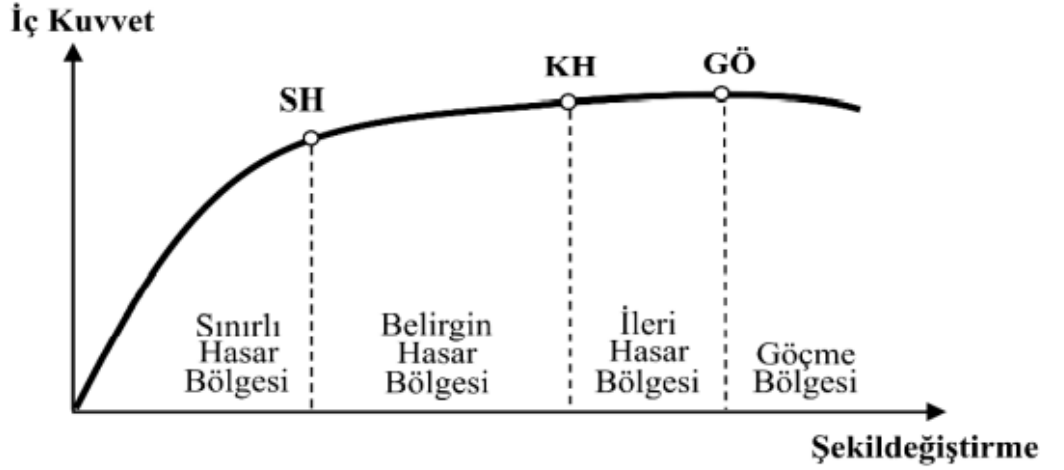
Plastik mafsallı hipotezi kısaca;

- Bir kesitteki eğilme momenti artarsa M_p plastik moment değeri ile eşitlenirse bu kesitte plastik mafsallı durumu oluşur. Kesitteki eğilme momenti sabit kalarak, kesit serbest şekilde döner. Kesitteki eğilme moment değeri, plastik moment değerinde sabit olarak kalır. Plastik mafsaldaki Φ_p plastik dönme artarak dönme kapasitesine erişir ve erişim işlemi tamamlandığında sistem kullanılamaz hale gelir ve göçer.
- Plastik mafsallar arasında sistem doğrusal elastik şekilde davranış sergiler.
- Kesite eğilme momenti ile beraber normal kuvvetinde etkimesi durumunda indirgenmiş plastik moment M_p' kullanılır.

3.7 Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

TBDY 2018 Bölüm 15.3.1’de kesit hasar durumlarından bahsedilmektedir. Bunlar Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH), Göçme Öncesi Hasar (GÖ) şeklinde gösterilmektedir. Sınırlı hasar kesit üzerinde sınırlı miktarda elastik ötesi davranışı, kontrollü hasar kesit dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranışı, göçme öncesi hasar durumu ise kesitte ileri düzey elastik ötesi davranışı göstermektedir. SH, KH, GÖ durumları sünek elemanlar için geçerlidir. Gevrek olan hasar durumuna göre bu sınıflandırma geçerli değildir.

TBDY 2018 Bölüm 15.3.2’de kesit hasar bölgelerinden bahsedilmektedir. Hasar bölgeleri iç kuvvet-deplasman grafiği üzerinde Şekil 5.3’te gösterilmiştir. Kritik kesitlerin hasar durumu SH noktasına ulaşmadığında Sınırlı Hasar Bölgesinde, SH ve KH noktalarının arasında kaldığında Belirgin Hasar Bölgesi’nde, KH ve GÖ noktalarının arasında kaldığında İleri Hasar Bölgesi’nde, GÖ noktasını aştığı durumda ise Göçme Bölgesi’nde olduğu belirlenmektedir.



Şekil 5.3: İç kuvvet ve deplasman grafiğinde hasar bölgeleri (TBDY 2018)

Sap2000 programında hasar sınırı “Immediate Occupancy(IO)” olarak isimlendirilen hasar sınırı TBDY’de SH’ye; “Life Safety(LS)” olarak isimlendirilen KH’ye; “Collapse Prevention(CP)” olarak isimlendirilen GÖ’ye karşı gelmektedir.

4. DOĞRUSAL OLMAYAN İTME YÖNTEMİ

İtme analiz yöntemi, yapının deprem etkileri altında dayanım durumunu ve deformasyon kapasitesini belirlemek amacı için uygulanır. Doğrusal olmayan itme analizi yapının yatay yük etkisi altındaki davranışını ve performansını belirlemek için uygulanmaktadır. Yanal yükleri artımsal bir şekilde artırarak elemanda üzerinde oluşacak rijitlik ile dayanım değişimlerinin, inelastik davranış biçimleri hesaplanır ve hesaplanan değerlerin performans düzeyleri için belirlenen sayısal değerlerle karşılaştırılır ve incelenir. Sonuçlara göre performans sınırları belirlenir. İtme analiz yönteminde iki farklı analiz yöntemi vardır. Bunlar; Deplasman Kontrollü Analiz ve Yük Kontrollü Analizdir. Deplasman kontrollü analiz yönteminde yatay yük etki etmesi yapının en üst katında ağırlık merkezine uygulanır ve bu işlem deplasman seviyesine ulaşınca kadar devam eder. Yük kontrollü analiz yönteminde; yapı belirli bir yatay yük seviyesine gelinceye kadar yatay yük etki eder. Yüklemler belli aralıklarla artar ve yapı elemanında meydana gelen kuvvet- deplasman ilişkisi incelenir. Yapıda oluşan hasar dağılımları tespit edilir. Söz konusu performans analiz yöntemleri yeni yapılacak yapılar içinde kullanılması uygundur.

Tez kapsamında TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 5.6.6'da bahsedilen çok modlu itme analiz yöntemi uygulanmıştır.

4.1 Çok Modlu İtme Analiz Yöntemi

Tek modlu itme analizi mühendislik pratikliği açısından üstünlük sağlamaktadır fakat tek modlu analiz yöntemi kat sayısı az ve planda düzenli binalar için uygulanabilmektedir. Dolayısı ile yöntem birden fazla titreşim modunun etkin olduğu çok katlı binalarda ve planda düzensiz olan yapılarda yanlış ve güvensiz olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yüzden yüksek mod etkilerinin göz önüne alınmasını sağlayan çeşitli itme analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler şunlardır; Chopra ve Goel (2002) tarafından önerilen Modal İtme Analizi, Aydınoglu (2003,2004) tarafından önerilen Artımsal Spektrum Analizi yöntemidir. Çok modlu itme analizi yöntemi (Artımsal Spekturum Analizi) yapıların doğrusal olmayan analizlerin uygulanması için geliştirilmiştir. (Aydınoglu,2003)

TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 5.6.6'da Çok modlu itme analiz yöntemi açıklanmıştır. Çok modlu itme analizi yöntemine artımsal spektrum analizi de (ARSA) denilmektedir. Çok modlu itme analiz yöntemi ile yapılan itme analizinde TBDY 2018 bölüm 2.3.4'te bahsedilen yatay elastik tasarım spektrumundan faydalanılmaktadır. İtme adımlarında TBDY 2018 yönetmeliği bölüm EK4B.2'de bahsedilen mod birleştirme yöntemi kullanılır. Tez kapsamında da yönetmeliğe uyulup mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır.

TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 5.6.6.1'de çok modlu itme yönteminde verilen tasarım spektrumuna göre özel durumda başlangıç rijitlikleri kullanılarak doğrusal hesap için uygulanması sonucunda elde edilen tüm iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin aynı tasarım spektrum esas alınarak bölüm 4.8.2'de elde edilen büyüklüklerle birebir aynı olduğu hesap raposunda gösterilmesinden bahsedilmektedir.

Bölüm 5.6.6.2'de binanın farklı titreşim modları için tanımlanan bağımsız sabit modal yük vektörlerinin yapıya artımsal olarak ayrı ayrı uygulanması gerekmektedir. Elde edilen modal iç kuvvetler birleştirilmeyecektir.

Çok modlu itme yöntemlerinin aşamaları kısaca şöyledir.

- Yapının karakteristiklerinin belirlenmesi.
- Her bir mod ve her bir doğrultu için performans noktasının belirlenmesi.
- Modal sözde ivme, modal deplasman artımlarının ve birikimli ölçek katsayısının belirlenmesi.
- Her doğrultu ve mod için yer değiştirmelerin ve iç kuvvetlerin belirlenmesi.
- Tüm modların dinamik karşılıklarının belirlenmesi ve tam karesel birleştirme yönteminin uygulanması.
- Akma seviyesine ulaşan yapı elemanlarının belirlenmesi.

4.1.1 Çok Modlu Analiz Modeli

Analizin başlangıç($i=0$) adımıda TBDY 2018 yönetmeliği 5.6.1.2'de bahsedildiği üzere düşey yükler altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap yapılır. Bu hesap yöntemi ikinci mertebe etkilerini de içinde kapsamaktadır. Hesaptan elde edilen iç

kuvvet ve şekil değiştirme değerleri deprem hesabının başlangıç adımında göz önünde bulundurulur.

Analizin birinci adımında düşey yükler altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap yönteminin sonucunda elde edilen iç kuvvet ve şekil değiştirmeler kullanılarak sisteme modal analiz işlemi yaptırılır. Modal analiz sonucunda her n 'inci titreşim modu için periyot T_n ve mod şekli Φ_n elde edilir.

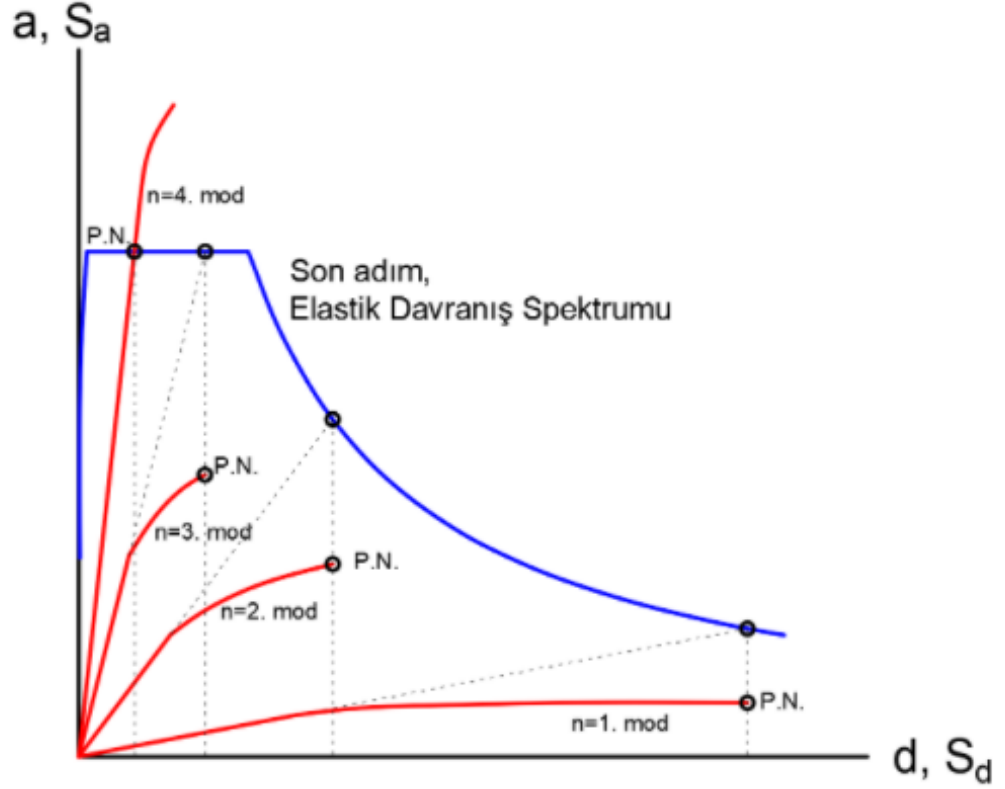
Çok modlu itme analizinin her bir adımı için modal katkı çarpanı, $\Gamma_{xn}^{(i)}$ hesaplanır.

Analizin her bir itme adımı sonucunda $\Gamma_{xn}^{(i)}$, $\Phi_{xn}^{(i)}$ değerleri elde edilmektedir.

Yöntemde yer değiştirme kontrollü bir şekilde uygulanmaktadır. Modal yer değiştirme artımları yapının anlık dinamik karakteristik durumuna göre doğrusal olmayan spektral yer değiştirme değerine göre ölçeklendirildi. Ölçeklendirme işlemi eşit yer değiştirme kuralına göre yapıldı. Kurala göre modal yer değiştirme artımları o moda ait elastik spektral yer değiştirmenin oranlarına eşit olduğu kabul edildi. İlk itme adımında n 'inci moda ait elastik spektral yer değiştirme olan S_{den} değerli tüm itme adımlarında aynı değer kullanıldı. Spektral yer değiştirme olan S_{den} , TBDY 2018 yönetmeliği Bölüm 2.3.4'te bahsedilen yatay elastik tasarım spektrumundan faydalanılarak bulundu. S_{den} Denklem (4.8)'e göre hesaplanır. $(w_n^1)^2$ birinci itme adımında n 'inci moda ait açısal frekansı, S_{aen}^1 birinci itme adımında n 'inci moda ait doğrusal spektral ivmeyi temsil etmektedir.

$$S_{den}^{(1)} = \frac{S_{aen}^1}{(w_n^1)^2} \quad (4.8)$$

Şekil (5.0)'da görüldüğü gibi spektral yer değiştirme (S_d), spektral ivme (S_a) koordinatları çizilen grafikte davranış spektrumunun, yapıdaki ilk plastik kesitin olduğu doğrusal elastik birinci adım sonundaki ölçeklendirilmiş durumu ve diğer adımların sonundaki ölçeklendirilmiş durumu göstermektedir. Son itme adımında eşit yer değiştirme kuralına uyularak elastik davranış spektrum değeri elde edilmiştir. Şekil 5.3'de görüldüğü gibi n 'inci titreşim modu elastik davranış spektrumu keserse, kestiği yer o modun performans noktasını temsil eder.



Şekil 5.3: Son itme adımındaki elastik davranış spektrumu (Aydinoğlu,2007)

Modal deplasman (yer değiştirme artımı) olan Δd_n Denklem (4.9)'e göre hesaplanır. $\Delta d_n^{(i)}$ teriminin anlamı n indisi kaçınıcı modda ve i indisi de kaçınıcı adımda işlem üzerinde uygulandığını ifade etmektedir.

$$\Delta d_n^{(i)} = \Delta F^{(i)} S_{den}^{(1)} ; d_n^{(i)} = d_n^{(i-1)} + \Delta d_n^{(i)} \quad (4.9)$$

Denklem (4.9)'daki $F^{(i)}$ terimi, i'inci adımdaki birikimli ölçek katsayısını gösterir. $F^{(i)}$ terimi Denklem (5.0)'e göre hesaplanır. $F^{(i)}$ değeri hesaplandığı zaman biri değeri aşıp aşmadığı açısından kontrolü yapılır. Birim değerden küçük olması durumunda analiz işlemine devam edilir. Ve bir sonraki adıma geçilir. Birim değerden büyük olması durumunda ise son adımda artımsal ölçek katsayısı Denklem (5.1)'ya göre tekrar hesaplanır.

$$F^{(i)} = F^{(i-1)} + \Delta F^{(i)} \leq 1 \quad (5.0)$$

$$\Delta F^{(p)} = 1 - F^{(p-1)} \quad (5.1)$$

Her doğrultu ve her mod için yer değiştirme artımı olan, $\Delta u_{sn}^{(i)}$ Denklem (5.2)'ye göre hesaplanır. $\phi_{sn}^{(i)}$ i'inci itme adımındaki plastik kesit konfigürasyonu gözönüne alınarak elde edilen n'inci mod şeklinin serbestlik derecesine ait genliği ifade eder.

$\Gamma_{xn}^{(i)}$ terimi ise n 'inci doğal titreşim modu için itme analizinin i'inci adımında hesaplanan modal katkı çarpanıdır.

$$\Delta u_{sn}^{(i)} = \phi_{sn}^{(i)} \Gamma_{xn}^{(i)} \Delta d_n^{(i)} \quad (5.2)$$

İç kuvvet artımı olan $\Delta r_{xn}^{(i)}$, Denklem (5.3)'e göre hesaplanır. $r_{xn}^{(i)}$ terimi TBDY 2018 yönetmeliği Ek 4B.2.4'te bahsedilen tam karesel birleştirme kuralına göre hesaplanır.

$$\Delta r_{xn}^{(i)} = r_{xn}^{(i)} \Delta F^{(i=1)} \quad (5.3)$$

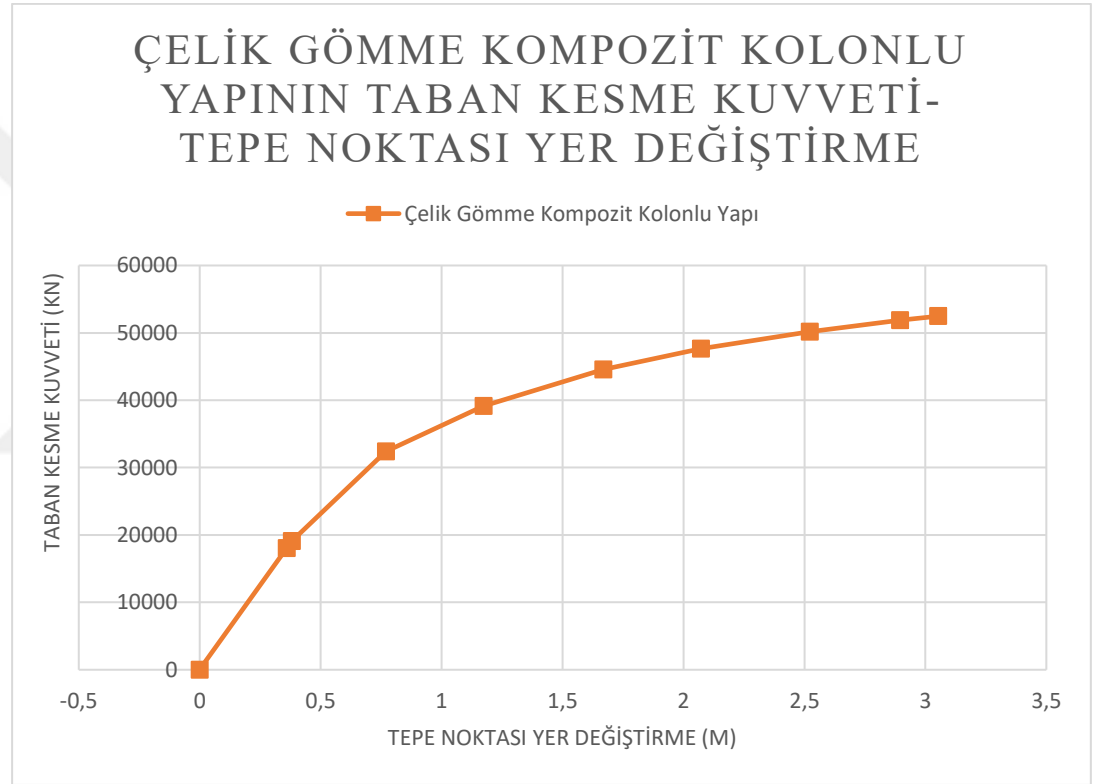
Hesaplanan iç kuvvet artımı değerleri sonucunda eksenel kuvvet ve moment diyagramları oluşmaktadır. Bu yüzden eleman uçlarına tanımlanmış olan plastik mafsallar eksenel kuvvet ve iki eksenli eğilme etkisi altında akma eğrisine ulaşp ulaşılmadığını kontrolleri yapılır. Akma düzlemine ulaşmış ise bu bölgede akmam moment sabit kalır ve sistemin rijitlik matrisi yeniden oluşturulur. İ'inci itme adımı sonunda plastikleşen elemanlar belirlenir. Sistem üzerindeki rijitlik matrisinde değişiklikler yapılır ve yeni bir itme adımı için işlem sırası başlar.

5. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ SONUÇLARI

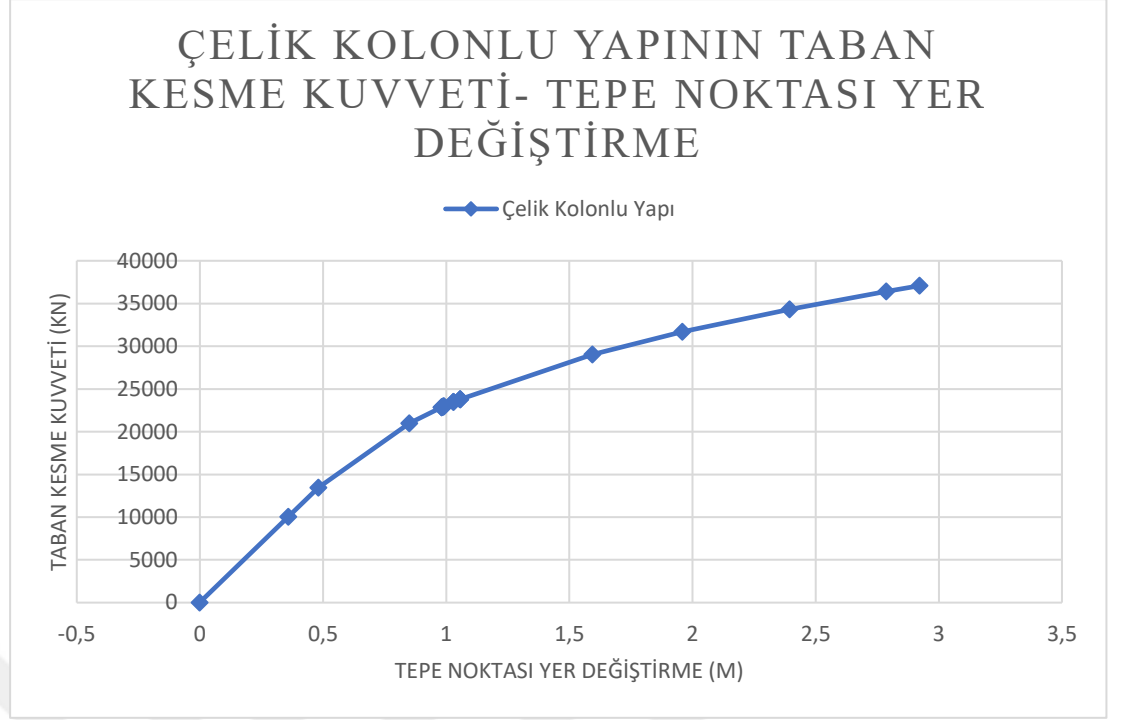
5.1 Çok Modlu İtme Analizi Sonuçları

5.1.1 Tepe Noktası Yer Değiştirme-Taban Kesme Kuvvet Eğrilerinin Elde Edilmesi

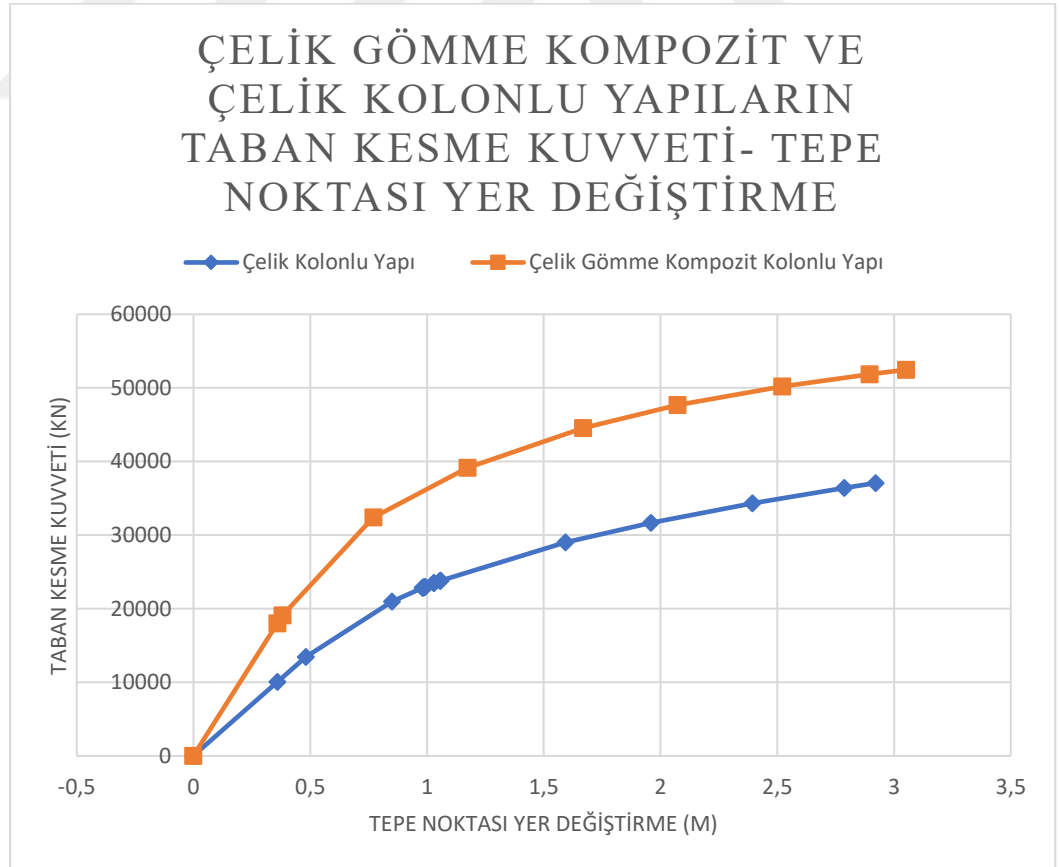
Şekil 5.4'te çelik gömme kompozit kolonla Şekil 5.5'te çelik kolonla teşkil edilmiş yapıların taban kesme – tepe noktası yer değiştirme eğrileri gösterilmektedir. Şekil 5.6'da ise çelik gömme kompozit kolon ile çelik kolonun taban kesme ve tepe noktası yer değiştirme eğrileri karşılaştırıldı.



Şekil 5.4: Çok modlu analiz sonucunda çelik gömme kompozit kolonla teşkil edilmiş yapının taban kesme kuvveti- tepe noktası yer değiştirme eğrisi



Şekil 5.5: Çok modlu analiz sonucunda çelik kolonla teşkil edilmiş yapının taban kesme kuvveti-tepe noktası yer değiştirme eğrisi



Şekil 5.6: Çok modlu analiz sonucunda çelik gömme kompozit ve çelik kolonla teşkil edilmiş yapıların taban kesme kuvveti- tepe noktası yer değiştirme eğrilerinin karşılaştırılması

Şekil 5.6’da çelik gömme kompozit kolon ile çelik kolonla teşkil edilmiş yapıların çok modlu itme analizi sonucunda taban kesme ve tepe noktası yer değiştirme eğrileri karşılaştırıldı. Çelik gömme kompozit kolonda betonun içersindeki çelik profil çelik kolonlu yapıya göre deprem etkisi altında tepe noktası yer değiştirme değeri daha fazladır. Çelik gömme kompozit kolonla teşkil edilmiş yapı sünek bir davranış göstermiştir.

Çelik gömme kompozit kolon ile çelik kolonla teşkil edilmiş yapıların süneklik kapasitelerini kıyaslayalım. Süneklik oranı; yapının göçme anında yaptığı tepe noktası yerdeğiştirme değerinin, akma anında yaptığı tepe noktası yer değiştirme değerine oranıdır. Çelik gömme kompozit kolonlu yapının süneklik oranı yaklaşık olarak $(3.051/1.17)$ 2.60 hesaplanmaktadır. Çelik kolonlu yapının süneklik oranı ise $(2.92/1.59)$ 1.83 hesaplanmaktadır. Süneklik oranları karşılaştırıldığı zaman çelik gömme kompozit kolonla teşkil edilmiş yapının süneklik oranı daha yüksektir.

5.1.2 Yapı Performans Sınır Durumunun Belirlenmesi

Çok modlu itme analizi sonucunda çelik gömme kompozit kolonlu ve çelik kolonlu yapılarda plastikleşen mesnet durumu Tablo 5.9’da gösterilmiştir.

Çelik gömme kompozit kolon elemanlarda %99.5 sınırlı hasar, % 0.18 kontrollü hasar, %0.0068 ileri hasar, %0.23 göçme sınır durumuna ulaştırmıştır. Çelik kolonlarda ise % 99.16 sınırlı hasar, %0.28 kontrollü hasar, %0.13 ileri hasar, %0.408 göçme sınır durumuna ulaşmıştır. Çelik gömme kompozit kolonlu yapıda çelik kirişlerde oluşan sınır durumları ise; % 89.2 sınırlı hasar, %8.17 kontrollü hasar, %1.26 ileri hasar, % 1.34 göçme sınır durumuna; çelik cephe çaprazlarında ise % 83.5 sınırlı hasar, %9.13 kontrollü hasar, %1.11 ileri hasar, % 6.25 göçme sınır durumuna ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Çelik kolonlu yapının çelik kirişlerinde oluşan sınır durumu ise; %92.3 sınırlı hasar, %2.52 kontrollü hasar, %1.74 ileri hasar, % 3.42 göçme sınır durumu, çelik cephe çaprazlarında ise; % 84.54 sınırlı hasar, % 7.63 kontrollü hasar, % 7.81 göçme sınır durumuna ulaştığı gözlemlenmiştir.

Elde edilen plastikleşen mesnet sınır durumuna göre güçlü kolon zayıf kiriş prensibi uygulanmış ve plastikleşen mesnet sınır durumunun kiriş ve cephe çaprazlarında toplandığı görülmektedir. Ayrıca çelik gömme kompozit kolonda

plastikleşen mesnet sayısı, çelik kolonda plastikleşen mesnet sayısına göre daha azdır. Buda çelik gömme kompozit kolonun çelik kolona göre daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.9: Çok modlu itme analizi sonucunda yapılarda plastikleşen mesnet sınır durumu

ÇOK MODLU İTME ANALİZİ SONUCUNDA YAPILARDA PLASTİKLEŞEN MESNET SINIR DURUMU						
		Eleman	Toplam Eleman	Sınırlı Hasar	Kontrollü Hasar	Göçme
ÇELİK GÖMME KOMPOZİT KOLONLU YAPI	KOLON		5880	5851	11	4
			Yüzdelik	99.5	0.18	0.068
	KİRİŞ		7560	6744	618	96
			Yüzdelik	89.2	8.17	1.26
	CEPHE ÇAPRAZI		2880	2405	263	32
			Yüzdelik	83.5	9.13	1.11
ÇELİK KOLONLU YAPI	KOLON		5880	5831	17	8
			Yüzdelik	99.16	0.28	0.13
	KİRİŞ		7560	6978	191	132
			Yüzdelik	92.3	2.52	1.74
	CEPHE ÇAPRAZI		2880	2435	220	-
			Yüzdelik	84.54	7.63	-

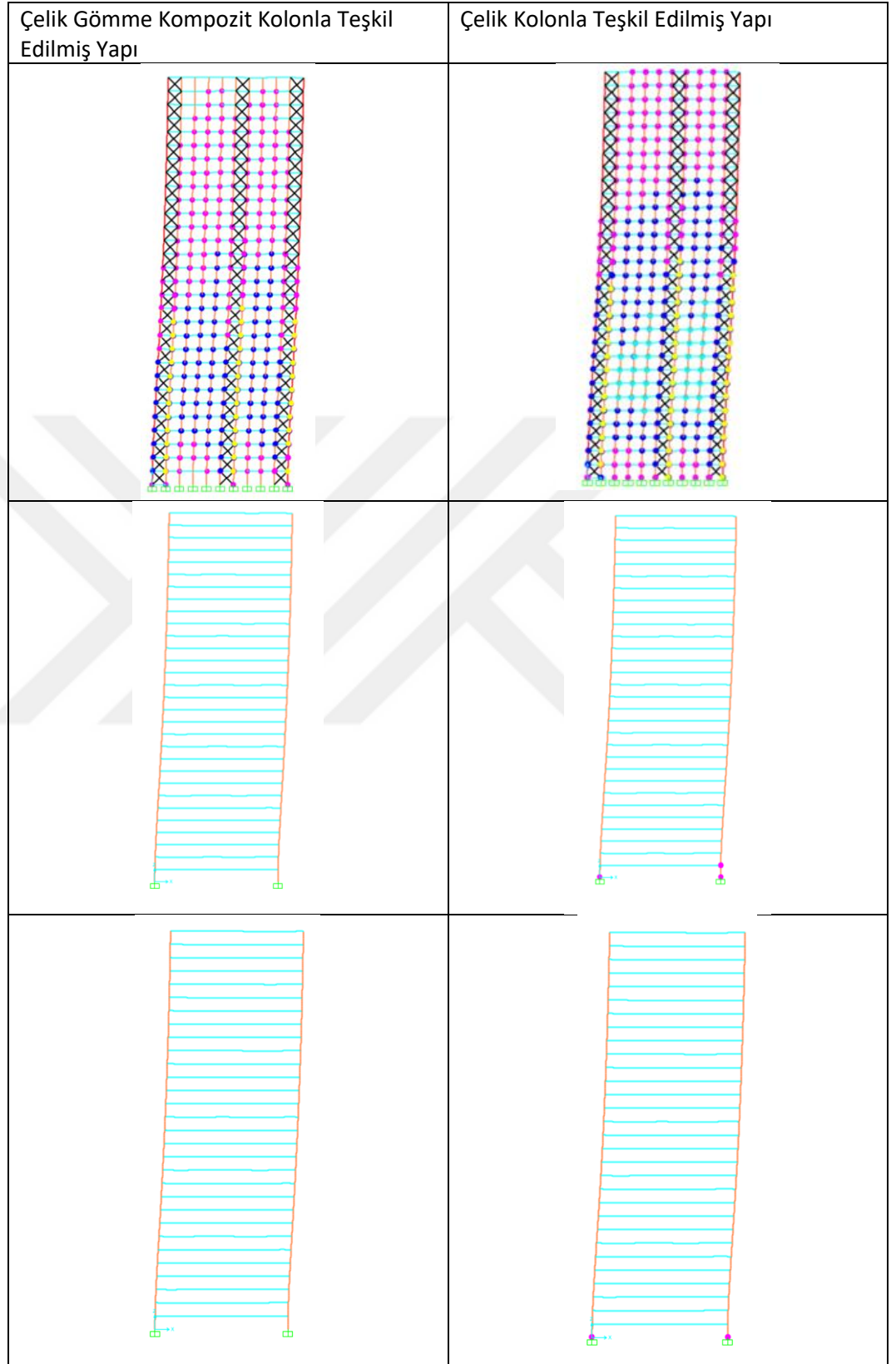
5.1.3 Yapıda oluşan plastik mafsalları dağılımları ve hasar sınır durumu

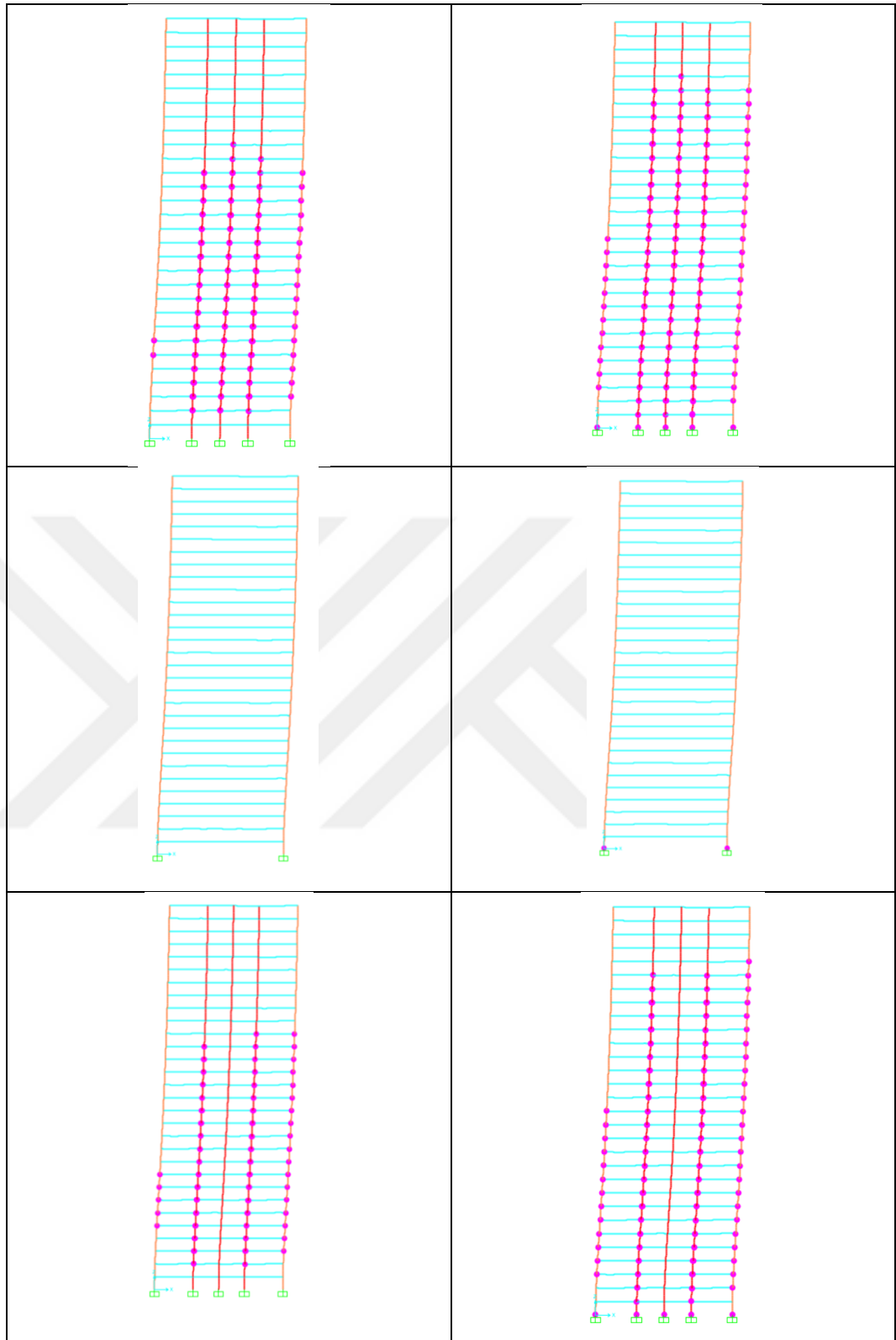
Çok modlu itme doğrusal olmayan analiz sonucunda yapıda gözlemlenmesi gereken bir noktada, yapıda oluşan plastik mafsalları dağılım noktalarıdır. Plastikleşen mafsalları dağılım noktaları kısaca; kapasite noktasına ulaşan elemanda plastik mafsalları oluşması durumudur. Tez çalışması kapsamında çelik gömme kompozit kolonla ve çelik kolonla teşkil edilen yapıların performans değerlendirmesini yapılması için plastik mafsalları dağılım noktaları incelenmiştir.

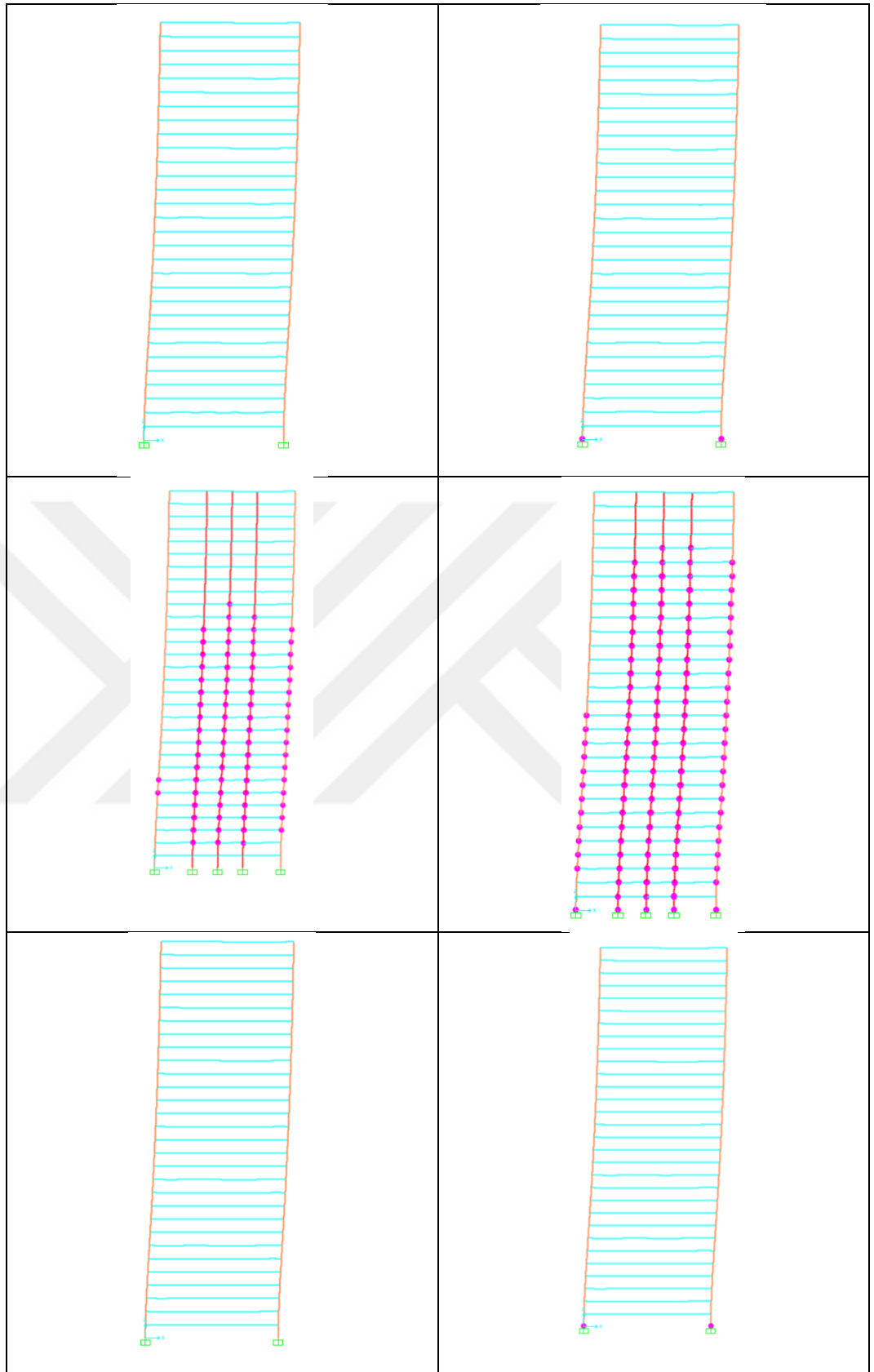
Plastik mafsalları dağılımlarında pembe renk sınırlı hasar, mavi renk kontrollü hasar, turkuaz renk ileri hasar, sarı renk ise göçme hasar durumunu temsil etmektedir.

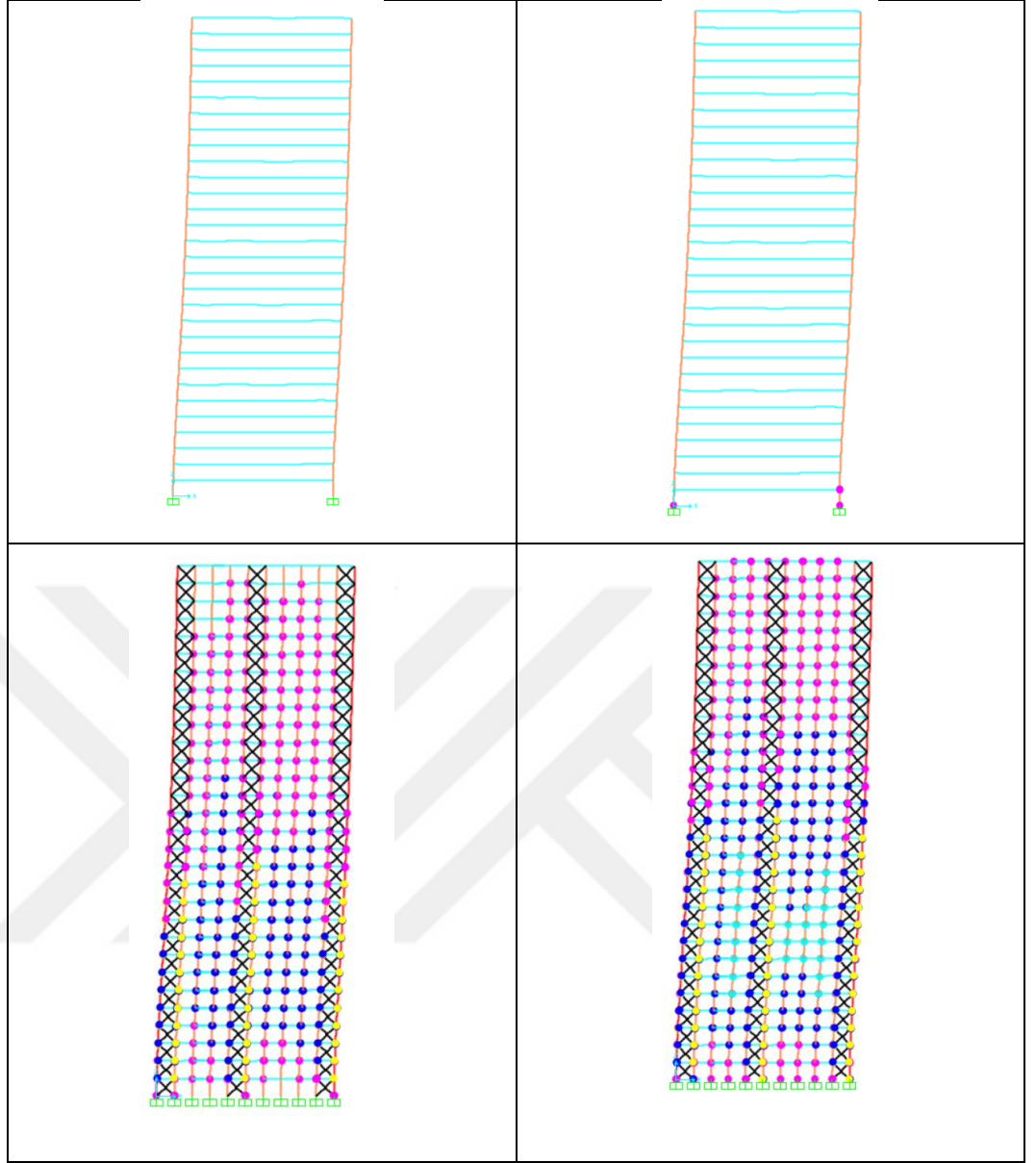
Şekil 5.7’de elemanların göçme sınır durumuna başladığı anda elde edilen çelik gömme kompozit kolonlu yapıda ve çelik kolonlu yapıda oluşan plastik mafsalları dağılımlarını ve hasar sınırlarını göstermektedir.

Şekil 5.7: Çok modlu analiz sonucunda çelik gömme kompozit kolon ve çelik kolonla teşkil edilmiş yapıların plastik mafsalları dağılımları ve hasar sınır durumu









Şekil 5.7’de görüldüğü gibi; çelik gömme kompozit kolonlu yapıda deprem etkisi altında, çelik gömme kompozit kolonlar moment ve kesme kuvvetinin büyük bir kısmını üzerinde toplamıştır. Moment aktaran çerçeve kirişlerin uç kısımlarında ve cephe çaprazlarının zemin + 10. Kat arasında bazı elemanlarda göçme sınır durumunda plastikleştiği gözlemlenmiştir. Çelik gömme kompozit kolon ise kontrollü hasar sınır durumu gözlemlenip, bazı kolonlarda ise deprem etkisi altında kapasitelerine ulaşmadığı gözlemlenmiştir.

Çelik kolonlu yapıda ise deprem etkisi altında kapasitesini aşan ileri hasar ve göçme hasar sınır durumuna ulaşan elemanların olduğu görülmektedir. Moment aktaran

ereve kiriş elemenlarda ve elik cephe çaprazlarında plastikleşme durumu oldukça fazladır.

Sonuç olarak plastik mafsal dağılım durumu incelendiğinde elik gömme kompozit kolonlu yapının kontrollü hasar sınır durumunu sağladığı görülmektedir. elik kolonlu yapıda ise fazlaca ileri hasar ve göçme hasar sınır durumu olduğu için kontrollü hasar sınır durumunu sağlayamamıştır. elik gömme kompozit kolonlu yapının plastik mafsal dağılımı elik kolonlu yapıya göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.



6. SONUÇLAR

Tez çalışması kapsamında taşıyıcı sistemi çelik gömme kompozit kolon ve taşıyıcı sistemi çelik kolon olan çok katlı çerçeve sistemlerden oluşan iki binanın yapısal tasarımı yapılmış, tek modlu ve çok modlu itme analizi hesabı yapılarak performansı belirlenmiştir.

Çelik gömme kompozit kolonla teşkil edilmiş yapının kısaltılmış hali Yapı 1, çelik kolonla teşkil edilmiş yapının kısaltılmış hali Yapı 2 olarak isimlendirilmiştir.

Taşıyıcı sistemin yapısal tasarımında TBDY 2018 ve ÇYTHYDE yönetmeliklerinden faydalanılmıştır. Yapıya etkiyen sabit ve hareketli yükleri belirlemek için TS498 yönetmeliğinden faydalanılmıştır. Deprem etkileri Mod Birleştirme Yöntemiyle yapılmıştır. Analiz modeli Sap2000 V20.0.0 yazılım programında oluşturulmuştur. Doğrusal analiz sonuçlarında taşıyıcı sistem elemanlarının iç kuvvet değerleri, eleman kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Taşıyıcı sistem eleman boyutlarının yeterliliği konusunda kontroller yapılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarının yeterli dayanım ve rijitliği sağlandıktan sonra boyutlandırılması belirlenerek doğrusal analiz tasarımı tamamlanmıştır.

Doğrusal olmayan itme analiz yöntemlerinden çok modlu itme yöntemi tercih edilmiştir. Taşıyıcı sistem elemanlarına plastik mafsallı model tanımlaması yapılmıştır. İtme analizi sonuçları şu şekilde özetlendi;

1. Çok modlu itme analizi sonuçlarından elde edilen verilere göre; Şekil 5.6'ya göre çelik gömme kompozit kolonlu yapı ile çelik yapının taban kesme- tepe noktası yer değiştirme eğrileri kıyaslanmıştır. Şekil 5.6'da görüldüğü üzere çelik gömme kompozit kolonlu yapının tepe noktası yer değiştirme değeri 3.05'tir. Şekil 5.6'a göre çelik kolonlu yapının tepe noktası yer değiştirme değeri 2.92 m'dir. Çelik gömme kompozit kolonlu yapının tepe noktası yer değiştirme değeri çelik kolonlu yapıya göre %95 daha büyüktür.
2. Çok modlu itme analizi sonucuna göre Şekil 5.6'ya göre yapıların süneklik davranışları kıyaslanmıştır. Şekil 5.6'da görüldüğü üzere çelik gömme kompozit kolonlu yapının süneklik oranı yaklaşık olarak (3.05/1.17) 2.60'dır. Çelik kolonlu yapının süneklik oranı yaklaşık olarak (2.92/1.59) 1.83'tür. Süneklik durumları karşılaştırıldığında, çelik gömme kompozit kolonlu yapı çelik kolonlu yapıya göre daha sünek olduğu görülmektedir.

3. Sap2000 programında yapıların ağırlıkları hesaplanmıştır. Tablo 2.2'den faydalanılarak çelik gömme kompozit kolonla teşkil edilmiş yapının ağırlığı 223923 kN'dur. Tablo 2.3'ten faydalanılarak çelik kolonla teşkil edilmiş yapının ağırlığı 168401 kN'dur. Kompozit kolonlu yapı çelik kolonlu yapıya göre daha ağırdır. Çok modlu itme analizi sonucu bazında çelik kolonlu yapının hafifliğinden dolayı Şekil 5.6'da görüldüğü üzere taban kesme kuvveti Yapı 1'e göre daha az olduğu görülmüştür.
4. Çok modlu itme analiz sonuçlarına göre Tablo 5.9'de görüldüğü gibi her iki yapının taşıyıcı sistem elemanlarının hasar sınır durumu karşılaştırılmıştır. Tablo 5.9'a göre Yapı 1 için çelik gömme kompozit kolon elemanlar da; %99.5 sınırlı hasar, %0.18 kontrollü hasar, %0.0068 ileri hasar, % 0.23 göçme, çelik kiriş elemanlar da; %89.2 sınırlı hasar, %8.17 kontrollü hasar, %1.26 ileri hasar, % 1.34 göçme, çelik cephe çapraz elemanlarda; %83.5 sınırlı hasar, % 9.13 kontrollü hasar, %1.11 ileri hasar, %6.25 göçme hasar sınırı durumu gözlemlenmiştir. Tablo 5.9'a göre Yapı 2 için çelik kolon elemanlar da; %99.16 sınırlı hasar, %0.28 kontrollü hasar, %0.13 ileri hasar, % 0.408 göçme, çelik kiriş elemanlar da; %92.3 sınırlı hasar, %2.52 kontrollü hasar, % 1.74 ileri hasar, % 3.42 göçme, çelik cephe çapraz elemanlar da; % 84.54 sınırlı hasar, % 7.63 kontrollü hasar, % 0 ileri hasar, % 7.81 göçme hasar sınır durumu gözlemlenmiştir. Yapılarda güçlü kolon zayıf kiriş prensibi uygulandığından dolayı genellikle kiriş elemanlarda plastikleşmeler oluşmuştur. Tablo 5.9'a göre taşıyıcı sistem elemanlarının hasar sınır durumu yüzdelerine göre Yapı 1, Yapı 2'e göre avantajlı olduğu söylenebilir.
5. Çelik gömme kompozit kolonla ve çelik kolonla teşkil edilmiş yapıların performans değerlendirmesi yapılmış ve plastik mafsalları incelenmiştir. Yapı 1 için; çelik gömme kompozit kolon elemanlar ilgili deprem yönünde moment ve kesme kuvvetinin büyük bir kısmını üzerinde toplamış ve moment aktaran kiriş elemanların uç kısımlarında plastik mafsallar oluşmuştur. Şekil 5.7'de çok modlu itme analizi sonuçlarına göre çelik gömme kompozit kolonla ve çelik kolonla teşkil edilmiş yapıların plastik mafsalları dağılımları kıyaslanmıştır. Şekil 5.7'ye göre çelik gömme kompozit kolonlu yapının plastik mafsalları dağılımları kontrollü hasar sınır durumunda kaldığı gözlemlenmiştir. Şekil 5.7'ye göre çelik kolonlu yapının

plastik mafsalları dağılımı kontrollü hasar sınır durumunu sağlamamış, ileri hasar ve göçme hasar sınır durumunun arasında kaldığı gözlemlenmiştir.

6. Çelik gömme kompozit kolon ve çelik kolon tipleri hakkında incelemeler yapılmıştır. Çelik gömme kompozit kolon elemanlardan oluşan bir yapının performansı karşılaştırıldığında çelik kolon elemanlı yapıya göre deprem etkisi altında daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir.
7. Doğrusal analiz sonuçlarına göre performans hedefine ulaşıp ulaşılmadığı konusunda yeterli bilgi yoktur. Bu yüzden yapıların analiz işlemlerinde mutlaka doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılmalıdır. Tez kapsamında çok modlu itme analiz yöntemi kullanılmıştır. Yapıların hedeflenen performans düzeylerine ulaşıp ulaşılmadıkları kontrol edilmiştir. Yüksek katlı yapılarda çok modlu itme analizi yönteminin kullanılması yönünde olumlu düşünülmektedir. Ayrıca çok modlu itme analizi zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemine alternatif bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Açıkelli, G.S., (2019), Çelik gömme kompozit kolon, kiriş ve bağ kirişli bir binanın yapısal tasarımı ve doğrusal olmayan analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi- Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 117s.

Alıcı, F.S., Kaatsız, K., Sucuoğlu, H., 2015, Bina yapılarının çok modlu itme analizi için genel yük vektörlerinin pratik uygulanması, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, İzmir.

Aydınoğlu, M.N. ve Önem, G., (2007), Artımsal Spektrum Analizi(ARSA) ile Köprülerin Nonlinear Performanslarının Değerlendirilmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.

ÇYTHYE. (2018). Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

Dalyan, İ., ve Şahin, B., 2019, Mevcut betonarme bir binanın 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre deprem yükleri altındaki taşıyıcı sistem performans değerlendirilmesi, Türk Deprem ve Araştırma Dergisi, İstanbul.

Hadim, O., 2018, Taşıyıcı sistemi beton dolgulu kompozit kolonlar içeren dışmerkez çaprazlı çerçevelerden oluşan bir binanın tasarımı ve doğrusal olmayan analizi, İstanbul Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 129s.

Jamal, R. and Yüksel S.B., 2021, TBDY 2018 ve ASCE 41-17 Yönetmeliklerine Göre Çerçevesel Bir Yapının Performans Analizlerinin Karşılaştırılması, Dergipark, 2148-3736, Konya.

Korkmaz, A., Düzgün, M., 2007, Doğrusal olmayan yapısal analiz yöntemlerinin değerlendirilmesi, İtü dergisi, 6,3, (11-23).

Korkmaz, A., 2006, Nonlinear push over analysis for high rise R/C frame structures, Dumlupınar Üniversitesi- Fen Bilimleri Enstitüsü, 11, 1302-3055.

Lacki, P., Derlatka, A., Kasza, P., 2018, Comparison of steel-concrete composite column and steel column, Czestochwa University of Technology, Dabrowskiego 69, 42-201, Czestochowa, Poland.

SAP2000, V20. (Computer Software). Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.

TBDY. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarım İçin Kurallar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

TS 498. (1977). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 1991-1-4 (2007), Yapılar Üzerindeki Etkiler- Bölüm 1-4: Genel Etkiler- Rüzga Etkileri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Tailor, A., Dalal, S., ve Desai. A.K., (2017), Comparative performance evaluation of steel column building & concrete filled tube column building under static and dynamic loading, Procedia Engineering , 173(2017) 1847-1853.

Taşkıran, A., 2012, Kompozit bir yapı örneğinde analiz yaklaşımları ve performans değerlendirilmesi, İstanbul Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 238s.

Uslu, F., Taşkın, K., Saraçoğlu, M. H., 2021, Eksenel yük ve moment etkisi altındaki çelik gömme kompozit kolonların dayanımları ve süneklikleri, Journal of the Institute of Science and Technology, 11(1): 333-344.

Uzun, S., 2018, Beton dolgulu kompozit kolonlu bir ofis binasının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 esas alınarak tasarımı ve doğrusal olmayan analizi, İstanbul Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 217s.



TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim süresince bilgi birikimlerini ve akademik çalışmalarıyla örnek aldığım ve İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim dalına dair birçok şey öğrendiği Tez Danışmanım Prof. Dr. Bengi ARISOY'a ve eğitim hayatım boyunca her daim yanımda olan aileme teşekkürü borç bilirim.

21/06/2022

İmza

Merve Çalışkan
(İnşaat Mühendisi)

EKLER

EK A: Microsoft Visual Studio Programında Çelik Gömme Kompozit Kolon Değerlerinin Hesaplanma Tasarımı

İlk olarak çelik gömme kompozit kolonun h1, h2 ve içerisindeki çelik profil HEB600 profilin tanımlanması yapılmıştır.

```
public List<ResultValue> listResultValue;

private ValueModel _valueModel;
private double _h1, _h2, _alan, _adet;
private double fy = 275.00, fysr = 420.00, fck = 30.00;

private double asr = 0, ac = 0, asrs = 0, c = 100;
```

```
1 reference
public Calculate(ValueModel valueModel, double h1, double h2, double alan, double adet)
{
    _valueModel = valueModel;
    listResultValue = new List<ResultValue>();
    _h1 = h1;
    _h2 = h2;
    _alan = alan;
    _adet = adet;

    asr = _adet * _alan;
    ac = _h1 * _h2 - _valueModel.A - asr;
    asrs = asr / 2;
}
```

Kuvvetli ve zayıf eksenindeki a,b,c,d ve e bölgelerindeki formüller kod şekline getirilip yazılmıştır.

```
1 reference
public ResultValue CalculateA()...
1 reference
public ResultValue CalculateC()...
5 references
public ResultValue CalculateD(int choice = 1)...
1 reference
public ResultValue CalculateB()...

1 reference
public ResultValue CalculateB2()...
1 reference
public ResultValue CalculateE()...
```

Örneğin D bölgesinin hesaplanması için kullanılarak olan formül kod haline getirilip aşağıdaki şekilde yazılmıştır.

```

public ResultValue CalculateD(int choice = 1)
{
    double wr = 0;

    if (choice == 1)
    {
        wr = CalculateWr();
    }
    else
    {
        wr = CalculateWr(2);
    }

    double Md = (CalculateWpx() * fy) + (wr * fysr) + (((CalculateWc() / 2) * 0.85 * fck));

    double Pd = (0.85 * fck * ac) / 2;

    ResultValue resultValue = new ResultValue
    {
        Group = choice == 1 ? "D" : "D2",
        P = Pd,
        M = Md
    };

    listResultValue.Add(resultValue);

    return resultValue;
}

```

Hesaplamaların içinde geçen W_{px} , W_r işlemlerinin kodları aşağıdaki gibidir.

```

8 references
private double CalculateWpx() (...)
3 references
private double CalculateWr(int choice = 1) (...)
1 reference
private double CalculateWc() (...)
#endregion

#region B işlemleri
1 reference
private double Calculateh1() (...)
1 reference
private double Calculateh2() (...)
1 reference
private double Calculateh3() (...)
#endregion

#region B2 işlemleri
1 reference
private double Calculateh11()
{
    double usBlok = 0.85 * fck * (ac + _valueModel.A - (2 * _valueModel.tf * _valueModel.b)) - 2 * fy * (_valueModel.A - (2 * _valueModel.tf * _valueModel.b));
    double altBlok = 2 * (4 * _valueModel.tf * fy + (_h1 - 2 * _valueModel.tf) * (0.85 * fck));

    return usBlok / altBlok;
}
1 reference
private double Calculateh22() (...)
#endregion

```

