

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ORTA YÜKSEKLİKLİ ÇELİK YAPILAR İÇİN PAYANDA TAKVİYE
SİSTEMLERİ İLE SİSMİK DAVRANIŞLARIN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUHAMMED EREN DEDE

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Deprem ve Yapı Mühendisliği Programı

Temmuz, 2023

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ORTA YÜKSEKLİKLİ ÇELİK YAPILAR İÇİN PAYANDA TAKVİYE
SİSTEMLERİ İLE SİSMİK DAVRANIŞLARIN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUHAMMED EREN DEDE

(Y2113.091001)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Deprem ve Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. MEHMET FATİH ALTAN

Temmuz, 2023

ONAY SAYFASI

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “ORTA YÜKSEKLİKLİ ÇELİK YAPILAR İÇİN PAYANDA TAKVİYE SİSTEMLERİ İLE SİSMİK DAVRANIŞLARIN BELİRLENMESİ” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazdığımı ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım. (04.07.2023)

ÖNSÖZ

Bu çalışmada çelik yapılarda sismik yanal yük etkileri karşı kullanılan merkezi çaprazlı çelik ve dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelere alternatif olarak eğimli payanda sistemi tasarlanmış ve bu konuda incelemelerde bulunulmuştur.

Tez çalışmasına başladığımız günden itibaren bilgisini, desteğini esirgemeyen Tez Danışmanım Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN, tez konusunun fikir sahibi olan ve gelişimindeki katkılarından dolayı Dr.Öğr.Üyesi Hafez KEYPOUR'a, öğrenim hayatım boyunca üzerimde emeği olan bütün hocalarıma teşekkür ederim.

Her zaman desteklerini yanımda hissettiğim aileme şükranlarımı sunarım.

Temmuz, 2023

Muhammed Eren DEDE

ORTA YÜKSEKLİKLİ ÇELİK YAPILAR İÇİN PAYANDA TAKVİYE SİSTEMLERİ İLE SİSMİK DAVRANIŞLARIN BELİRLENMESİ

ÖZET

Ülkemizdeki çelik yapıların tasarımı ve uygulamasına gerek Türkiye Bina Yönetmeliği-2018 (TDBY-2018) gerekse Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik-2018 (ÇYTHY-2018) yer verilmiştir. Bu yönetmeliklerde yapıların yanal yük etkisi altında yeterli dayanım ve rijitlikleri sağlayabilmesi için moment aktaran çelik çerçeve, merkezi çaprazlı çelik ve dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler gibi yöntemlere dair tanımlar ve hesap yöntemleri belirtilmiştir.

Bu çalışmada merkezi çaprazlı çelik ve dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelere alternatif olarak kolon giriş birleşim bölgelerinde eğimli payanda ile takviye yapılarak yapılardaki yer değiştirmeler ve gerilmeler incelenmiştir. Bu incelemeler için iki açıklıklı ve iki katlı payandasız ve farklı açı ve kesitlerde payanda elemanlarıyla tasarlanmış 2D Frame çerçeveler ile üç katlı iki açıklıklı payandasız, tek çıkıntılı T kesitli payandalı ve çift çıkıntılı T kesitli 3D Shell çerçevelerde incelemelerde bulunulmuştur, harici olarak Bodrum Kat, Zemin Kat, 1 normal Kat ve Çatı Katından oluşan yapının güçlendirmesi tasarım ve hesabında kullanılan elemanlardan biri olarak payanda sisteminden faydalanılmıştır, bahse konu yapının da payandalı ve payandasız tasarımları Sap2000 bilgisayar programında yapılmıştır. Sonuç olarak payanda kesitlerin geometrik şekilleri ve eğimleri ile uygulama modeline göre tasarımlar yaparak yatay yer değiştirmelerde, akma gerilmelerinde ve taşıma kapasitelerinde yapı için iyi bir performans sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çelik yapılar, Eğimli payanda takviyeli sistemler, Sismik performans

EVALUATION OF THE SEISMIC BEHAVIOR OF DIFFERENT STRUT SYSTEMS FOR MEDIUM-HEIGHT STEEL BUILDINGS

ABSTRACT

The Turkish Building Regulation-2018 (TDBY-2018) and the Regulation on the Design, Calculation and Construction Principles of Steel Structures-2018 (ÇYTHYEY-2018) are included in our country's design and implementation of steel structures. These regulations specify definitions and calculation methods for methods such as moment-transmitting steel frames, central braced steel and eccentrically braced steel frames so that the structures can provide sufficient strength and rigidity under lateral load.

In this study, as an alternative to central braced steel and eccentrically braced steel frames, the displacements and stresses in the structures were investigated by reinforcing with inclined struts in the column-beam junction areas. These investigations examined two-story and two-story 2D Frame frames designed with buttresses in different angles and sections, and 3D Shell frames with three-story two-span buttresses, single protruding T-section buttresses and double-protruding T-section 3D Shell frames. In addition, the strut system was used as one of the elements used in the design and calculation of the strengthening of the structure, which consists of 1 regular floor and an attic floor.

As a result, it has been seen that making designs according to the geometric shapes and slopes of the buttress sections and the application model provides good performance for the structure in horizontal displacements, yield stresses and bearing capacities.

Keywords: Steel structures, Curved buttress reinforced systems, Seismic performance

İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ	i
ÖNSÖZ	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
SEMBOLLER LİSTESİ	xii
II. GİRİŞ	1
A. Çalışmanın Amacı ve Önemi	2
B. Çalışmanın Yöntemi	2
C. Çalışmanın Aşamaları	2
III. GENEL BİLGİLER VE ÖNCEKİ YAYINLAR.....	3
A. Genel Bilgiler	3
B. Literatür Taraması	5
C. Çelik ve Tarihçesi.....	7
D. Çelik Yapıların Avantaj ve Dezavantajları.....	8
E. Çelik Yapı Malzemesinin Özellikleri	9
F. Deprem Etkisi ve Deprem Yönetmeliklerinin Gelişimi.....	10
Dünya var olduğundan beri	10
IV. ÇELİK YAPI TAŞIYICI SİSTEM VE ÇEŞİTLERİ	12
A. Moment Aktaran Çelik Çerçeveler.....	12
B. Merkezi Çelik Çaprazlı Sistemler	13
C. Dışmerkez Çelik Çaprazlı Sistemler	14
V. YAPI MODELLEME VE KABULLER.....	15
A. 2D Frame Elemanların Yapı Modellerinin Özellikleri.....	16

B.	3D Shell Elamanların Yapı Modellerinin Özellikleri.....	18
C.	4 Katlı Yapı Modelinin Payandalı Ve Payandasız Özellikleri	20
D.	Hesap Yöntemleri.....	26
1.	2D Frame Eleman İçin Sap2000 Programındaki Yapı Modelleme Malzeme Özellikleri Ve Analiz Sonuçları.....	27
2.	3D Shell Eleman İçin Sap2000 Programındaki Yapı Modelleme Malzeme Özellikleri Ve Analiz Sonuçları.....	37
E.	Kullanılan Zemin Parametreleri.....	42
F.	TBDY-2018'e Göre Binanın Kriterlerinin Belirlenmesi	47
a)	Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayılarının belirlenmesi.....	47
b)	Deprem tasarım sınıfları.....	48
c)	Bina yükseklik sınıflarının belirlenmesi	48
1.	Binanın Hakim X-Yönü Periyodunun Belirlenmesi	51
2.	Binanın Hakim Y-Yönü Periyodunun Belirlenmesi	52
G.	Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı	55
H.	Kullanılan Yüğüler	57
VI.	STATİK İTME (PUSHOVER) İLE PERFORMANS ANALİZİ.....	59
VII.	ÖNERİ VE SONUÇLAR.....	64
VIII.	KAYNAKÇA	65

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Moment aktaran çerçeve	13
Şekil 2. Merkezi çelik çaprazlı çerçeveler	13
Şekil 3. Dışmerkez çelik çaprazlı çerçeveler.....	14
Şekil 4. 2D Frame elemanların genel görünüşü	17
Şekil 5. 3D eleman kolon detayı	18
Şekil 6. 3D eleman kiriş detayı	18
Şekil 7. Çift çıkıntılı T profil payanda detayı	19
Şekil 8. Tek çıkıntılı T profil payanda detayı	19
Şekil 9. 3D Shell eleman genel görünüşü	20
Şekil 10. Volta Döşeme Detayı.....	21
Şekil 11. Kat kalıp planı.....	21
Şekil 12. Çatı kalıp planı.....	22
Şekil 14. Sap2000 bina genel görünüş	23
Şekil 15. Sap2000 payandalı 3D görünüşü	24
Şekil 16. Sap2000 payandasız 3D görünüşü	25
Şekil 17. Payanda uygulama detayı	26
Şekil 18. Sap2000 çelik malzemesinin karakteristik özellikleri	27
Şekil 19. Çelik yapı elemanının S355 değerleri.....	28
Şekil 20. Model kütle katılım oranları	29
Şekil 21. Model hesap kombinasyonları	30
Şekil 22. Model tasarımı için max. gerilme gösterimleri.....	36
Şekil 23. Sap2000 çelik malzemesinin karakteristik özellikleri	37
Şekil 24. Çelik yapı elemanının S355 değerleri.....	38
Şekil 25. Model hareketli ve ölü yük gösterimi	39
Şekil 26. Model X yönü deprem yükü gösterimi	39
Şekil 27. Deprem yükü için yük durum verileri.....	40
Şekil 28. Model hesap kombinasyonları	40

Şekil 29. T profil payandalı sistem ve payandasız sistemdeki gerilmeler	42
Şekil 30. T profil payandalı sistem ve payandasız sistemdeki deformasyon.....	42
Şekil 31. Afad interaktif deprem parametreleri.....	44
Şekil 32. Yük katılım oranları.....	58
Şekil 33. Hasar sınırları.....	60
Şekil 34. Taban kesme - yer değiştirme grafiği	60
Şekil 35. Taban kesme - yer değiştirme grafiği	61
Şekil 36. Taban kesme - yer değiştirme grafiği	61
Şekil 37. Taban kesme - yer değiştirme grafiği	62

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. Çelik ve betonarme yapıların karşılaştırılması	3
Tablo 1. Çelik ve betonarme yapıların karşılaştırılması devam.....	4
Tablo 2. Sıcak haddelenmiş yapısal çelik akma ve çekme gerilmeleri.....	9
Tablo 3. Yapısal boru ve kutu profillerde karakteristik akma ve çekme gerilmeleri.	10
Tablo 4. Bulonların karakteristik akma ve çekme gerilmeleri.....	10
Tablo 5. 2D Frame elemanların payanda uygulama yerleri.....	16
Tablo 5. 2D Frame elemanların payanda uygulama yerleri devam	17
Tablo 6. 2D Frame elemanın x yönünde yer değiştirmesi	31
Tablo 6. 2D Frame elemanın x yönünde yer değiştirmesi devam.....	32
Tablo 7. 2D Frame elemanın statik itme analizi sonrası oluşan nonlineer enerji	32
Tablo 7. 2D Frame elemanın statik itme analizi sonrası oluşan nonlineer enerji devam	33
Tablo 8. 2D Frame elemanların statik itme analizi sonrası tepe noktalarında oluşan yer değiştirme ve dönme açısı.....	34
Tablo 9. 3D Shell eleman için noktalara tanımlanan yükler.....	39
Tablo 10. T profil payandalı sistem ve payandasız sistemdeki X,Y ve Z yönündeki deplasmanları	41
Tablo 11. Yerel zemin sınıfları	45
Tablo 12. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.....	45
Tablo 13. 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları	46
Tablo 14. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.....	47
Tablo 15. Deprem tasarım sınıfları (DTS).....	48
Tablo 16. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları.....	48
Tablo 16. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları devam	49

Tablo 17. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları.....	49
Tablo 17. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları devam	50
Tablo 18. Kat kütleleri tablosu.....	51
Tablo 19. Fiktif deprem yükü hesabı tablosu.....	51
Tablo 20. Bina hakim periyod hesabı tablosu.....	52
Tablo 21. Kat kütleleri tablosu.....	53
Tablo 22. Fiktif deprem yükü hesabı tablosu.....	53
Tablo 23. Bina hakim periyod hesabı tablosu.....	53
Tablo 23. Bina hakim periyod hesabı tablosu devam	54
Tablo 24. Binanın periyot ve kütle katılım oranı	54
Tablo 25. X yönü eşdeğer deprem yükü katlara göre dağılımı	56
Tablo 25. X yönü eşdeğer deprem yükü katlara göre dağılımı devam	57
Tablo 26. Y yönü eşdeğer deprem yükü katlara göre dağılımı	57
Tablo 27. X ve Y yönleri için max. değerler.....	62
Tablo 28. Hasar sınır değerleri.....	63

KISALTMALAR LİSTESİ

AISC	: American Institute of Steel Construction
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
ÇYTHYE	: Çelik Yapıların Tasarımı, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar
GKT	: Güvenlik Katsayıları ile Tasarım
TBDY	: Türk bina deprem yönetmeliği
TS500	: Türk Standartları 500
YDKT	: Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım

SEMBOLLER LİSTESİ

DD-2	= 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DTS	= <i>Deprem Tasarım Sınıfı</i>
F_S	= Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_1	= 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
g	= Yerçekimi ivmesi [$g = 9.81 \text{ m/s}^2$]
$S_{ac}(T)$	= Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
$S_{aeD}(T)$	= Düşey elastik tasarım spektral ivmesi [g]
$S_{de}(T)$	= Yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesi [m]
S_{DS}	= Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{D1}	= 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_S	= Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1	= 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
T	= Doğal titreşim periyodu [s]
T_A	= Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{AD}	= Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	= Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{BD}	= Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_L	= Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
T_{LD}	= Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
T_p	= Binanın hakim doğal titreşim periyodu [s]
$(V_S)_{30}$	= Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı [m/s]
G	= Sabit yük etkisi
m_i	= i'inci katın toplam kütlesi [t]
m_t	= Binanın bodrum katlarının üstündeki <i>üst bölüm</i> 'ünün toplam kütlesi [t]
N	= Binanın bodrum katlarının üstündeki <i>üst bölüm</i> 'deki toplam kat sayısı

R	=	<i>Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı</i>
$R_a(T)$	=	Öngörülen süneklik kapasitesi ve periyoda bağlı <i>Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı</i>
Q	=	Hareketli yük etkisi
S	=	Kar yükü etkisi
$S_{aR}(T)$	=	Azaltılmış tasarım spektral ivmesi [g]
T_{pA}	=	Amirik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu [s]
$T_p^{(X)}$	=	(X) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu [s]
$V_{tE}^{(X)}$	=	(X) deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen <i>toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)</i> [kN]
H_N	=	Binanın bodrum katlarının üstündeki <i>üst bölüm</i> 'ünün toplam yüksekliği [m]

I. GİRİŞ

Çelik, malzeme olarak dayanımı yüksek olmasından dolayı genelde yüksek katlı binalar, köprü ve fabrika gibi endüstriyel yapılarda için tercih edilmektedir

Deprem kuşağı olan bölgelerde yapılar yerçekimine karşı kendi ağırlığını taşımanın yanı sıra yanal deprem kuvvetlerine de maruz kalabilmektedir. Bir yapının deprem anında performansı, depremin şiddetine ve yapının özelliklerine bağlıdır. Sismik olaylarda, bir çelik yapının tepkisinin elastikten yüksek derecede elastik olmayana kadar değiştiği bilinmektedir.

Çelik yapılar, şiddetli bir sismik uyarım sırasında büyük miktarlarda enerjiyi dağıtacak ve böylece yeterli yanal rijitlik ve mukavemeti sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Yüksek katlı binalarda rijitlik, mukavemetten daha önemlidir.

Moment aktaran çerçeveler ve çaprazlı çerçeveler çelik binalarda yatay yüke dayanıklı yapı elemanları olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Momente dayanıklı çerçeveler akma yoluyla süneklik sağlar, ancak sünek olmamalarından dolayı rijitlik kriterlerini karşılamazlar; bununla birlikte, merkezi çaprazlı ve dış merkez çaprazlı çerçevelerin, sınırlı süneklikleri nedeniyle rijitlik açısından mükemmeldir (Patil & Sangle, 2015).

A. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmanın amacı TBDY 2018 ve Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik 2018 (ÇYTHYEEY-2018) de belirtilen merkezi çaprazlı çelik ve dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelere alternatif olarak kolon kiriş birleşim bölgelerinde eğimli payanda ile takviye yapılarak yapılardaki yer değiştirmeler ve gerilmeleri daha önceki çalışmalar eşliğinde inceleyerek literatüre katkı sağlayarak yeni çalışmalara dayanak olmasıdır.

B. Çalışmanın Yöntemi

Bu tez kapsamında Sap2000 V.23.3.1 programı kullanılarak 13 farklı 2D, 3 farklı 3D çelik çerçeve ve bir adet güçlendirme hesap ve uygulamasında payanda ve başka elemanların beraber kullanıldığı bir yapının sadece payanda kısmının çalışma prensibi göre modellenmiş, davranışları analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

C. Çalışmanın Aşamaları

Bu tez 7 bölümden oluşmuştur. İlk iki bölümünde tezin amaç, kapsamına değinilecektir. Üçüncü bölümde genel tanımlar ve literatür taramalarından bahsedilecektir. Dördüncü çelik yapı taşıyıcı sistem ve çeşitlerinden bahsedilecektir. Beşinci bölümde yapı modelleme ve kabuller verilecektir. Altıncı statik itme ile performans analizi yapılacak ve değerler açıklanacaktır. Son bölüm olan altıncı bölümde payanda sistemi hakkında önerilerde bulunulacaktır.

II. GENEL BİLGİLER VE ÖNCEKİ YAYINLAR

Bu kısımda genel kavramlar ve yönetmelik hakkında bilgi verilecek sonrasında ise daha önce yapılan çalışmalara değinilecektir.

A. Genel Bilgiler

Ülkemizdeki yapıların çoğu betonarmeden oluşmaktadır. Betonarme yapıları çelik yapılarla kıyasladığımızda ;

Tablo 1. Çelik ve betonarme yapıların karşılaştırılması

	Çelik Yapılar	Betonarme Yapılar
1	Çelik yapıların yapısal elemanları küçük kesitlere sahiptir.	Betonarme yapılarda yapı elemanlarının kesit alanı geniştir.
2	Çelik yapılar doğal olarak sünektir, bu nedenle dinamik yüklere karşı dirençleri fazladır.	Betonarme yapılar doğası gereği oldukça kırılmandır. Bu tip yapılar deprem ve rüzgar gibi dinamik yüklere karşı daha az dirençlidir.
3	Çelik yapılar kayda değer bir yük taşıma kapasitesine sahiptir.	Betonarme yapılar çelik yapılara göre düşük yük taşıma kapasitesine sahiptir.
4	Genel olarak çelik, betona kıyasla yüzde 60 daha az ağırlığa sahiptir.	Beton ile yapıların inşası büyük miktarda ham madde tüketir. Bu nedenle betonarme yapıların öz ağırlıkları yüksektir.
5	Çelik yapılar ağır temel gerektirmez.	Betonarme yapı, büyük bir ölü ağırlığa sahiptir ve bu nedenle desteklemek için güçlü bir temel gerektirir.

Tablo 2. Çelik ve betonarme yapıların karşılaştırılması devam

6	Çelik yapı elemanları, betonarme yapılara göre yüksek çekme dayanımına sahiptir.	Betonarme yapılarda beton elemanların çekme dayanımı çelik yapı elemanlarına göre daha düşüktür.
7	Çelik yapıların inşası daha az işçilik gerektirir. Bileşenlerin çoğu atölyede üretilir ve şantiyede monte edilir.	Betonarme yapıların inşası emek yoğunudur.
8	Çelik yapılar yüksek hızla inşa edilir.	Betonarme yapılar, yavaş bir süreç olan betonlama, kürlenme vb. için zaman gerektirir.
9	Çelik yapılarda daha iyi kalite kontrol elde edilebilir.	Beton yapı ile kaliteyi korumak zordur.
10	Çelik hurdaları iyi bir hurda değerine sahiptir.	Betonun hurda değeri yoktur.
11	Çelik yapılar çok kolay tamir edilebildiği için bakım maliyetleri de düşüktür.	Beton yapının onarımı ve bakım maliyeti zor ve zaman alıcıdır.

Yukarıdaki tabloda da belirtildiği gibi çelik yapıların daha avantajlı olduğu görülmektedir. Son olarak yaşanan Kahramanmaraş depreminde de mevcut betonarme yapı stoklarındaki meydana gelen hasarlar çelik yapıların hem malzeme olarak hem de yapısal tasarım davranışlarındaki fonksiyonel avantajlarını daha yoğun bir şekilde uygulamaya konulması gerektiğini göstermiştir. Çelik yapılarla alakalı olarak TBDY-2018 Bölüm 9 da Deprem Etkisi Altında Çelik Bina Taşıyıcı Sistemlerin Tasarımı, Bölüm 10 da Deprem Etkisi Altında Hafif Çelik Bina Taşıyıcı Sistemlerin Tasarımı İçin Özel Kurallara değinilmiştir.

B. Literatür Taraması

Literatür taraması için anahtar sözcükler kullanılarak farklı veri tabanlarında aramalar yapılmıştır.

Moment dayanımı fazla olan çerçevelerin sünekliği yüksek olduğu için depreme dayanıklı tasarımlarda yaygın olarak kullanılır. Rijitlik ve yapısal dayanımın düşük olmasından kaynaklanan deformasyon sistemin uygulanabilirliğini kısıtlıyor. Buna karşı kavisli sönümleyici bir sistemle kolon ve kirişler birbirine bağlanarak enerji dağılımı sağlandı. Bu sistemde davranışı sönümleyicinin uzunluğu ve açısı belirliyor. Rijit çerçeveler kaynaklı birleşimlerden dolayı büyük güç bozulmalarına ve performans kayıplarına yol açar. Yarı rijit elemanların birleşimi de genellikle bulonlarla gerçekleştirilir. Döngüsel yüklerde yeterli performansı sağlasada sismik performans gerektiğinde bulon bağlantılarındaki enerji dağılımı yetersiz kaldığında problem oluşturur. Bu sistemle gelen yük kolon ve kiriş arasında kavisli olarak imalatı yapılan elemanlarca karşılanır. Kavis eksantristliğinden dolayı iç merkezde gerilme meydana gelir (Hsu & Halim, 2017).

Çelik kafes çerçevelerin yapısal davranışı çelik kavisli sönümleyiciler kullanarak incelenmiştir. Bu çalışmada tek eğimli ve simetrik çatı ve tek eğimli kafes çerçevelerde Eğimli Çelik Sönümleyici kullanılarak enerji dağılımı ve mukavemet incelenmiş etkili damper olarak 30° ve 60° tespiti yapılmıştır. Simetrik eğimli çatılarda 30° tek açıklıkta 60° idealdir (Ghabussi et al., 2020).

Bu çalışmada çelik kavisli sönümleyiciler ve güçlendirilmiş deformasyon çelik çaprazları üzerine yapılmıştır. Ayrıca test sonuçlarından önerilen çaprazların sönümleyici yerel burkulma olmaksızın %5 kat kaymasına eş değer büyük deformasyona sahip olduğu görülmüştür. Moment aktaran çelik çerçeveler (SMRF) enerji dağılımında iyi olmakla beraber düşük yapısal rijitlikten ötürü deformasyon dezavantajı ile uygulanabilirliği kısıtlar. Merkezi çaprazlı çerçeveler (CBF) ise rijitlikten dolayı deformasyonu önlediği için ekseriyetle seçilir ama düşük deformasyon kapasitesi yüksek aksenal yük altında çapraz burkulma yapmasında

bunun uygulanabilirliğini sınırlar. Bundan dolayı SMRF sünekliğini ve etkin çapraz rijitliliğini aynı anda sürdürerek performans sağlayan tasarım (A-Barace) gerçekleştirilmiştir (Hsu & Halim, 2018).

Yaygın olarak kullanılan düz çelik desteklerin akma yer değiştirmelerin ayarlanması zor olur. Çünkü bunlar doğal olarak çelik akma gerilimi ve destek uzunluğu ile orantılıdır. Bu çalışmada kavisli çelik destekler adı verilen özel bir çelik destek türü önerilmiştir. Akma yer değiştirmesinin ayarlamak için dairesel yay şeklindeki bir eksen tarafından kavisli çelik desteklere bir eksantristlik eklenerek akma yer değiştirmesinin ayarlanabilirliği görülmüştür (Zhou et al., 2019).

Bu çalışmada CSB olarak bilinen hilal şeklinde çelik histeretik destek cihazının doğrusal olmayan davranışını değerlendiren ilk deneysel çalışmanın sonuçlarını sunmaktadır. Deneysel CSB lerin geleneksel çelik köşegen eş merkezli çaprazlara veya daha gelişmiş burkulmaya dirençli çaprazlara alternatif olabileceğini göstermiştir. Harici olarak ağır lazer kesimle böyle bir eleman oluşturulamayacaksa kaynakla yapılan elemanın eğim düzleminden ve başlıklardan uzakta kaynatılması önerilmiştir (Palermo et al., 2017).

Bu çalışma az ve orta katlı yüksek mukavemetli çelik çerçeveler (HSSF) ve kavisli şekilli destekler (CKB) için performans dayalı tasarım çerçevesi amaçlanarak yapıldı. Çalışmada aynı yükseklikte HSSF ve CKBden oluşturulan tek serbestli dereceli sistemlere belirlenen 26 farklı sismik olayın en yüksek tepe değerine sahip 26 darbe benzeri yer hareketi seçildi. Prototip yapıların itme analizleri, çift doğrusal kinematik modeli kullanmanın ve tasarım aşamasından $P-\Delta$ etkisinin göz ardı edilmesinin rasyonelliğinin haklı çıkardığı. Sonuç olarak hasar kontrol HSSF ve CKB leri geliştirmek için tasarım yaklaşımının yeterliliğini doğruladı (Zhou et al., 2022).

Burkulması kısıtlanmış dirsek şeklindeki kafes moment çerçevesi (BRKB-TMF) adı verilen bir yapısal çerçeve sisteminin performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu sistemde açık ağırlı çelik kafes kirişlerin ve burkulmayı önleyen desteklerin avantajları birleştirilmiştir. Ağ kafes elastik olarak tasarlanırken BRB (burkulmayı önleyen destekler) özel yerleştirilerek sismik enerjiyi dağıtacak şekilde tasarlanmıştır. Performans dayalı plastik tasarım BRKB-TMF de kullanılabilir. Deformasyon kapasitesinin çoğu yönetmelikteki sapma sınırını aştığı görülmüştür. Kolon ve

kirişlerde bir dizi BRB kırılmaları olmuştur. Bunun için daha büyük sünekliğe sahip BRB kullanılması gerektiği vurgulanmıştır (Wongpakdee et al., 2014).

Bu çalışmada kavisli sönümleyici kafes kiriş moment çerçevesi adıyla bir tasarım önerilmiştir. Bu tasarımda kavisli sönümleyici ile açık ağılı çelik kafes sistemi ile birleştirilmiştir. Daha sonra elde edilen kavisli sönümleyici kafes momen çerçeve (CDTMF) verileri BRKB-TMF verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada CDTMFlerin daha sünek ve enerji dağıtımında daha iyi olduğunu göstermiştir (Fathizadeh et al., 2020).

Yeni bir sistem olan çelik dirsek bağlantılı çelik destekli sönümleyici (TBCD) önerilmiştir. Bu sistemin uygulanabilirliğini doğrulamak için çok amaçlı baskın olmayan sıralama genetik algoritması (NSGAI) yöntemi kullanılmış ve sonuçlar viskoz, visko elastik sönümleyici (VD,VED) ve BRB gibi diğer sistemlerle karşılaştırıldı. Bu sistemin MRF yapısının kiriş ve kolonlardaki plastik mafsallaşmasının, deprem enerjisinin dağıtılmasını ve elastik deformasyon konusunda avantaj sağladığını göstermiştir (Dehghani et al., 2021).

C. Çelik ve Tarihçesi

Çelik endüstrisi, birkaç kişinin periyodik olarak 10 kilogram üreten küçük bir fırını çalıştırdığı eski zamanlardan, yıllık yaklaşık 1 milyon ton çelik üretimi ile modern entegre demir ve çelik fabrikalarına kadar büyümüştür. Demir üretimi yaklaşık MÖ 2000'de başlamıştır ve Demir Çağı MÖ 1000'de anadoluya iyice yerleşmiştir. Demir yapmak için 18. yüzyılın başlarında, kömürden üretilen kok, yüksek fırın yakıtı olarak odun kömürünün yerini almaya başladı; sonuç olarak, dökme demir daha ucuz hale geldi ve hatta bir mühendislik malzemesi olarak daha yaygın bir şekilde kullanıldı. Teknolojisi daha sonra geniş çapta yayıldı; MÖ 500'de Avrupa'nın batı sınırlarına ulaştı ve MÖ 400'de Çin'e ulaştı (URL-1). 1779 yılında İngiltere de ilk çelik köprü olan Coalbrookdale inşa edilmiştir. Konut kullanımında tasarım ve uygulama olarak Ev Sigortası Binası, New York'taki Ev Sigortası Şirketi için 1884'te William Le Baron Jenney tarafından Chicago'da tasarlanan bir gökdelen olmuştur. Bir yıl sonra tamamlanan bina, genel olarak hem içten hem de dıştan yanmaz yapısal çelik

ve betonarme içeren metal çerçeve ile desteklenen ilk yüksek bina olarak dikkat çekiyor. Bina, çerçevesinde yapısal çelik kullanan ilk yüksek binaydı, ancak yapısının büyük bir kısmı dökme ve dövme demirden oluşuyordu (URL-3).

D. Çelik Yapıların Avantaj ve Dezavantajları

Tüm yapı malzemelerinde olduğu gibi çelik yapılarında olumlu ve olumsuz tarafları bulunmaktadır. Yapılacak tasarımlar bunlar göz önünde bulundurularak planlanmalıdır (URL-4).

Avantajları;

- Haddelenmiş çelik profiller fabrikalarda üretilmektedir. Şantiyelerde sadece montajı yapılmaktadır bundan ötürü endüstriyel davranış sağlamaktadır.
- Fabrikada üretildikleri için kalite kontrollerinden geçmektedir. Bundan dolayı çelik yapılar güvenilirdir.
- Endüstriyel özelliklerinden dolayı inşaat süresi daha azdır.
- Yüksek mukavemetlidir.
- Betonarme yapılara göre daha dayanıklı ve performansı yüksektir.
- Sünektir. Çelik, oldukça yüksek gerilimlere kadar Hooke yasasını takip ettiğinden, diğer malzemelerin çoğundan daha fazla tasarım varsayımına yakın davranır
- Uzun açıklıklar kolay geçilebilir.
- Hurda değeri vardır.
- Sökülüp tekrardan kullanılabilir.
- Burkulmaya karşı duyarlılıkları vardır.

Dezavantajları;

- Eğer düzenli bakım yapılmazsa korozyon tehlikesi bulunmaktadır.
- Çelik, mükemmel bir ısı iletkenidir ve binanın yanan bir bölümünden, binanın diğer bölümlerinde yangın çıkması için yeterli ısıyı iletir. Binayı uygun şekilde yangına dayanıklı hale getirmek için ekstra maliyet gereklidir.

- Mimari olarak asma tavan ve giydirme kullanılmayan çelik yapılarda estetik görünümü zayıf olarak değerlendirilmektedir.

E. Çelik Yapı Malzemesinin Özellikleri

Günümüzde çelik demir alaşımı ve yaklaşık %2 veya daha az karbondan oluşmaktadır. Saf demir yumuşaktır, ancak karbon onu büyük ölçüde sertleştirir. Isıl işlem, soğuk veya sıcak ısılarda mekanik çalışma veya alaşım elementlerinin eklenmesi de üstün özellikler verebilir. Üç ana sınıftır; karbon çelikleri, düşük alaşımli çelikler ve yüksek alaşımli çeliklerdir. Düşük alaşımli çelikler (%8'e kadar alaşım elementleri içeren) son derece güçlüdür ve makine parçaları, uçak iniş takımları, şaftlar, el aletleri, ve dişliler ve binalarda ve köprülerde. %8'den fazla alaşım elementi içeren yüksek alaşımli çelikler (örn. paslanmaz çelikler) sıra dışı özellikler sunar. Çelik kristal bir yapıya sahiptir. Karekteristik olarak izotrop ve homojen malzeme özelliğini taşır (URL-2). Günümüzde kullanılan yapı çeliği ise Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik 2018 (ÇYTHYEY-2018) de Bölüm 2 Tablo 2.1A sıcak haddelenmiş yapısal çeliklerde akma gerilmesi F_y ve çekme dayanımı F_u , Tablo 2.1B yapısal boru ve kutu profillerde karakteristik akma gerilmesi F_y ve çekme dayanımı F_u ve Tablo 2.2 bulonların karakteristik akma gerilmeleri F_{yb} ve çekme dayanımı F_{ub} verilmiştir.

Tablo 3. Sıcak haddelenmiş yapısal çelik akma ve çekme gerilmeleri

Standart ve Çelik Sınıfı	Karakteristik Kalınlık, t (mm)			
	$t < 40\text{mm}$		$40\text{mm} < t < 80\text{mm}$	
	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)
EN 10025-2				
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	410	550

Sıcak Haddelenmiş Yapısal Çeliklerde Akma Gerilmesi F_y ve Çekme Dayanımı F_u

Tablo 4. Yapısal boru ve kutu profillerde karakteristik akma ve çekme gerilmeleri

Standart ve Çelik Sınıfı	Karakteristik Kalınlık, t (mm)			
	$t < 40\text{mm}$		$40\text{mm} < t < 80\text{mm}$	
	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)
EN 10210-1				
S235 H	235	360	215	340
S275 H	275	430	255	410
S355 H	355	510	335	490
EN 10219-1				
S235 H	235	360		
S275 H	275	430		
S355 H	355	510		

Yapısal Boru ve Kutu Profillerde Karakteristik Akma Gerilmesi F_y ve Çekme Dayanımı F_u

Tablo 5. Bulonların karakteristik akma ve çekme gerilmeleri

Bulon sınıfı	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
F_{yb}	240	320	300	400	480	640	900
F_{ub}	400	400	500	500	600	800	1000

Bulonların Karakteristik Akma Gerilmeleri F_{yb} ve Çekme Dayanımı F_{ub}

F. Deprem Etkisi ve Deprem Yönetmeliklerinin Gelişimi

Dünya var olduğundan beri depremlerin çoğu, fay hatları boyunca birbirine baskı yapan kaya kütlelerinin aniden kırılması ve kaymasıyla meydana gelmektedir. Dünyanın büyük depremleri esas olarak tektonik plakaların bir birleriyle çakıştığı kuşaklarda oluşmaktadır. Tektonik plakalar her zaman yavaş hareket eder, ancak sürtünme nedeniyle kenarlarında sıkışıp kalmaktadırlar. Kenardaki baskı sürtünmeyi yendiğinde, yer kabuğunda dolaşan ve hissettiğimiz sarsıntıya neden olan dalgalar halinde enerji açığa çıkaran bir deprem meydana gelir. Bunun sonucunda da yakın zamanda ülkemizde Kahramanmaraş Pazarcık-Ekinözü depreminde yaşandığı gibi büyük doğal afetlerle çok sayıda can ve mal kaybının oluşmasına sebep olmaktadır. Deprem Bölgeleri Haritası'na göre, yurdumuzun %92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusumuzun %95'inin deprem tehlikesi altında yaşadığı

ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir (URL-5). Tüm bu bilgilerin ve yaşanan olumsuzlukların acı tecrübeleri, ülkemizin aktif deprem bölgesinde yer alması güvenli yapıların oluşturulması için standart ve yönetmeliklere olan ihtiyaçları meydana getirmiştir.

1. Ülkemizde ki yönetmelikleri yıllara göre şu şekilde sıralaya biliriz;
2. Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi (1940)
3. Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi (1944)
4. Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği (1949)
5. Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1953)
6. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1962)
7. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1968)
8. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1975)
9. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998)
10. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)
11. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)

Ortaya çıkan ihtiyaç, gelişen teknoloji ve kullanılan malzeme çeşitliliği yıllara göre yönetmeliklerde değişikliğe sebep olmuştur.

III. ÇELİK YAPI TAŞIYICI SİSTEM VE ÇEŞİTLERİ

Mevcut sismik tasarım kurallarına göre tasarlanan yapılar, güçlü depremler altında insan yaşamının güvenliğini etkili bir şekilde sağlayabilir. Ancak bu konvansiyonel yapılarda büyük yer değiştirmeler meydana gelecek, bu da bina işlevinin kesintiye uğramasına, yüksek onarım maliyetlerine ve ekonomik kayba yol açacaktır (Zhang et al., 2023). Öte yandan bağlantı yapılan yerlerde gevrek kırılma olmaması onun yerine sünek bir davranış sergileyerek dönme kapasitesine etki yapması istenmektedir. Gevrek kırılmanın aynı zamanda yapıda göçme sebeplerinden olduğu bilinmektedir (Zeki et al.).

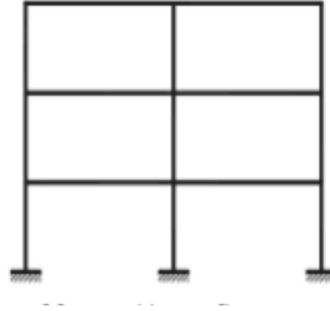
Çelik yapıların tasarım sırasında ve sonrasında birleşim yerlerinde meydana gelen aşırı rijitlik, narinlik, burkulma v.b. durumlar ve bunun sonucunda oluşan ve geri dönüşü olmayan ya da yüksek maliyet gerektiren bu problemlere karşı uzun süre çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda 3 tür taşıyıcı sistem geliştirilmiştir.

- Moment aktaran çelik çerçeveler
- Merkezi çelik çaprazlı çerçeveler
- Dışmerkez çelik çaprazlı çerçeveler

A. Moment Aktaran Çelik Çerçeveler

Yapılar yalnızca yerçekimi yüklerini taşıyacak şekilde değil, aynı zamanda rüzgar ve depremlerden kaynaklanan yanal yükleri de taşıyacak şekilde tasarlanması gerekir. Moment aktaran çerçeveler özünde kiriş ve kolonların kaynak ya da bulonlarla eğilme momenti ve kesme dayanımı nedeniyle üzerine etki eden devirme kuvvetlerine ve yanal kuvvetlere karşı koyabilecek şekilde bileşenlerinin birbirine rijit bir şekilde bağlı olduğu yine birleşimlerin kayma bölgesi içerisinde sınırlı miktarda şekil değiştirme yapabildiği özel tip çerçevelerdir. Moment çerçevelerinin sismik yükleri taşıyacak

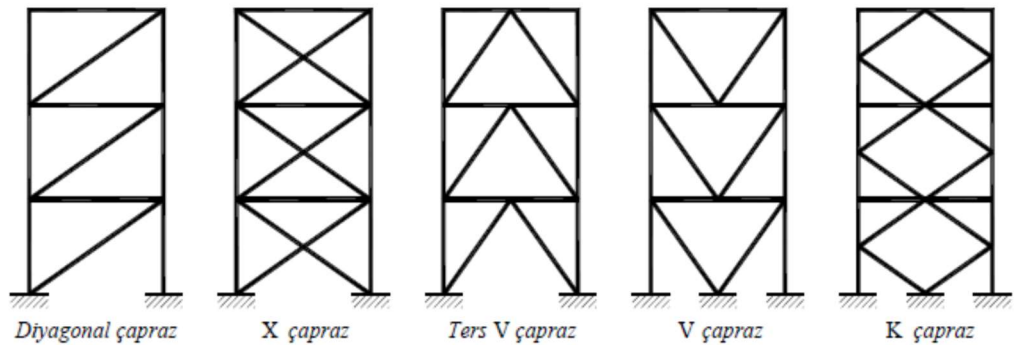
şekilde tasarlanması sırasındaki toplam dayanımı, temel olarak elemanların rijitlik ve dayanımına bağlıdır.



Şekil 1. Moment aktaran çerçeve

B. Merkezi Çelik Çaprazlı Sistemler

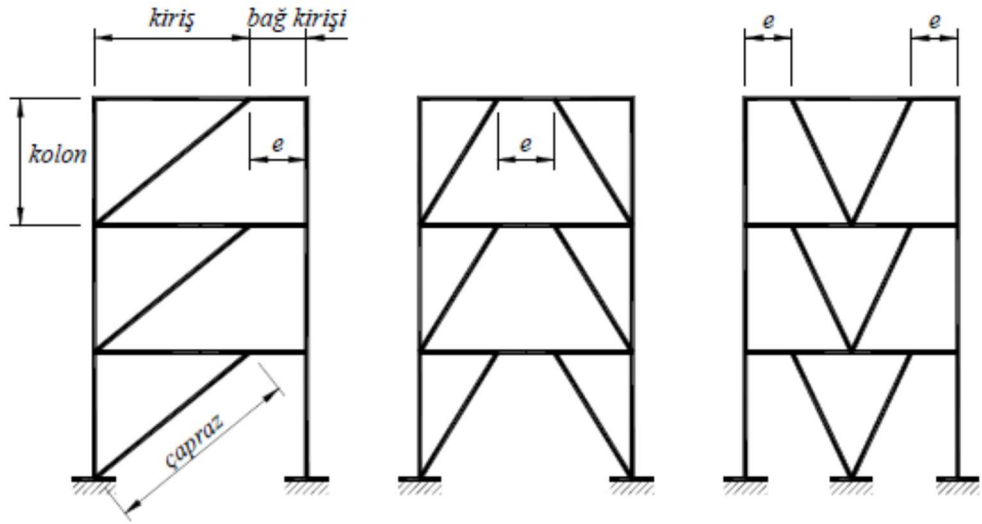
Çelik yapılarda yanal yük direncini artırmanın bir yolu olarak merkezli çelik çaprazlı çerçeveler kullanılır. Bu yapılar, moment aktaran çerçevelere ya da mafsallı birleşimlere sahip yapılardan daha yüksek yanal rijitlik gösterir ve daha az kat ötelenmesi yaşar. Avantajlarına rağmen çaprazlı çerçevelerin performansında enerji dağılımındaki düşük kapasite, geleneksel çapraz elemanların burkulması ve mukavemet ve rijitliğin bozulması gibi bazı önemli problemler vardır. Çaprazlı çerçevelerin enerji dağılımını artırmak için, geçmişte çaprazlı elemanların kesişme noktalarında merkezi akma elemanları önerilmiştir (Souri & Mofid, 2023).



Şekil 2. Merkezi çelik çaprazlı çerçeveler

C. Dışmerkez Çelik Çaprazlı Sistemler

Dışmerkez çaprazlı çerçeveler, yüksek süneklikleri, kararlı ve güvenilir akma mekanizmaları ve merkezi çelik çaprazlı çerçevelere kıyasla mimari çok yönlülüğü nedeniyle, özellikle yüksek sismik bölgelerde yanal yüke dayanıklı bir sistem olarak yaygın olarak kullanılır. Sismik tehlike sırasında dışmerkez çaprazlı çerçeveler sismik tasarımdan dolayı, destek sisteminde büyük yanal sertlik sağlar ve bağlantı kirişinin kararlı, güvenilir bir akma mekanizması oluşturduğu çerçeve hareketi ile kafes kiriş hareketinin bir kombinasyonu yoluyla yanal yüke direnirken bölme çerçeveleri boyunca büyük açıklıklar için kullanılır (Ashrafi & Imanpour, 2021).



Şekil 3. Dışmerkez çelik çaprazlı çerçeveler

IV. YAPI MODELLEME VE KABULLER

Bu çalışmada İstanbul ili Levent ilçesinde güçlendirme yapılmış bir binanın güçlendirme tasarımı ve uygulamasında görev yapan elemanlardan bir tanesi olan eğik payanda özelinde tasarım hesaplamaları yapılmıştır. Öncesinde konunun daha iyi anlaşılır olması için 2 boyutlu ve 3 boyutlu modellemeler oluşturularak plastik mafsallı oluşma ihtimali yüksek olan yerlerdeki gerilmeler ve yer değiştirmeler hayali deprem, ölü, hareketli yükler verilerek incelenmiştir. Konunun ilerleyen kısımlarında ise söz konusu 4 katlı yapı payandalı ve payandasız TBDY-2018'e göre hesaplanan eşdeğer deprem yükü kullanılarak pushover analizi yapılmıştır.

A. 2D Frame Elemanların Yapı Modellerinin Özellikleri

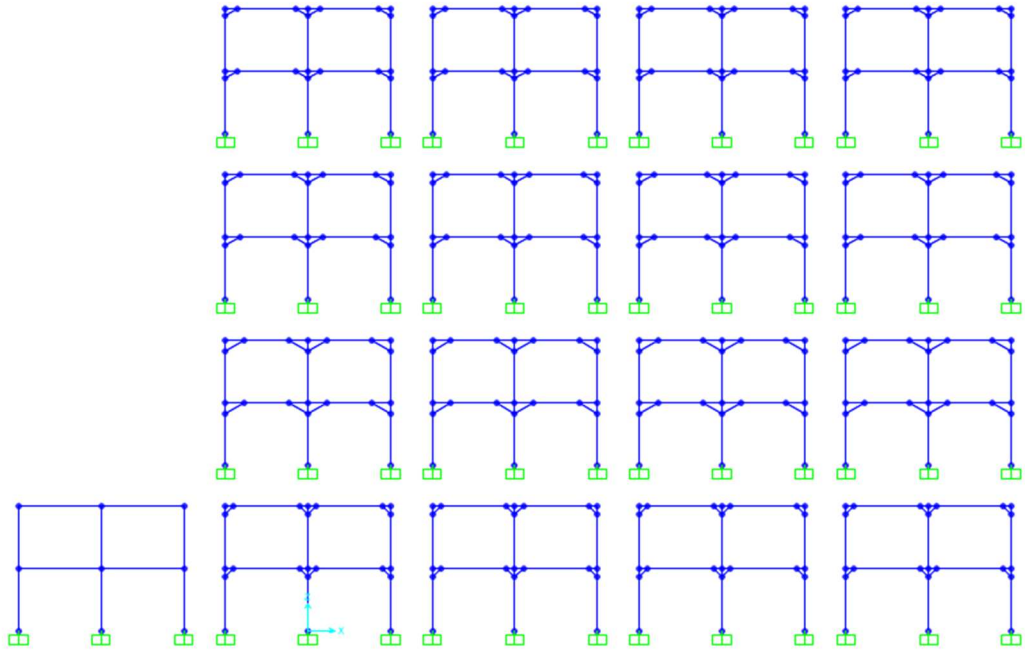
Çelik yapı çerçeveler, X düzleminde 4 m. aralıklarla 2 açıklıkta ve Z düzleminde 3 m. yükseklikte 2 açıklıktan oluşmaktadır. Yapının kolon ve kirişlerinde IPE, payanda elemanlarında ise silindir profil, kutu profil, T profil ve I profilden oluşmaktadır. Yapılan 17 adet modelden sadece 1 tanesi karşılaştırma amaçlı payandasız olarak tasarlanmıştır. Payanda üzerine yapılan çalışmalarda en uygun eğimin 60° olduğu belirtilmiştir . Yine bir başka çalışmada ise çelik çerçevede taşıma gücü kapasitesinde artış sağlayan guse uygulaması için en uygun açı olarak 30° olduğu belirtilmiştir (Sadid, 2021). Çelik çaprazlar üzerine yapılan başka bir çalışma ise en verimli bağlanma açısı olarak 45° yakın olan açılar olduğunu vurgulamıştır (Uz, 2020).

Tablo 6. 2D Frame elemanların payanda uygulama yerleri

	Payanda Tipi	1.Satır Düğüm noktasına x/y mesafeleri(c m.)	2.Satır Düğüm noktasına x/y mesafeleri(c m.)	3.Satır Düğüm noktasına x/y mesafeleri(c m.)	4.Satır Düğüm noktasına x/y mesafeleri(c m.)
Sütun	TUBO- D76.1X3.2 (PAYANDA SİLİNDİR)	60/30	70/40	90/50	40/40
Sütun	TUBO60X42 X4 (PAYANDA KUTU PROFİL)	60/30	70/40	90/50	40/40

Tablo 7. 2D Frame elemanların payanda uygulama yerleri devam

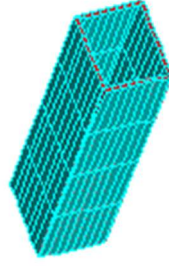
Sütun	T- IPE120/.6/ (PAYANDA T PROFİL)	60/30	70/40	90/50	40/40
Sütun	IPE120 (PAYANDA I PROFİL)	60/30	70/40	90/50	40/40



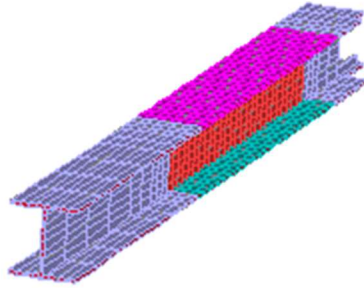
Şekil 4. 2D Frame elemanların genel görünüşü

B. 3D Shell Elamanların Yapı Modellerinin Özellikleri

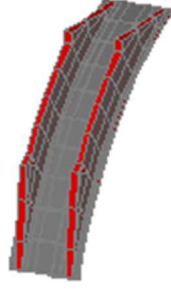
Çelik yapı çerçeveler, X düzleminde 5 m. aralıklarla 2 açıklıktan ve Z düzleminde 3 m. yükseklikte 3 açıklıktan oluşmaktadır. Kolonlar kutu profil Shell eleman olarak kirişler I profil olarak tasarlanmıştır. Yapılar payandasız, tek çıkıntılı T profil payandalı ve çift çıkıntılı T profil payandalı olma üzere 3 adet model oluşturulmuştur.



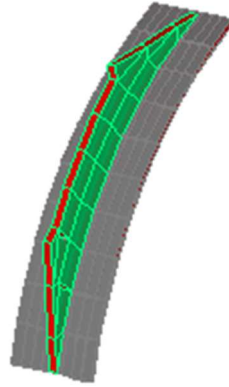
Şekil 5. 3D eleman kolon detayı



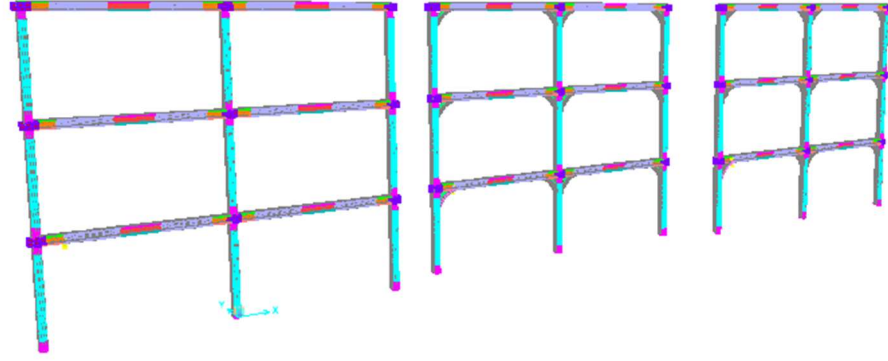
Şekil 6. 3D eleman kiriş detayı



Şekil 7. Çift çıkıntılı T profil payanda detayı



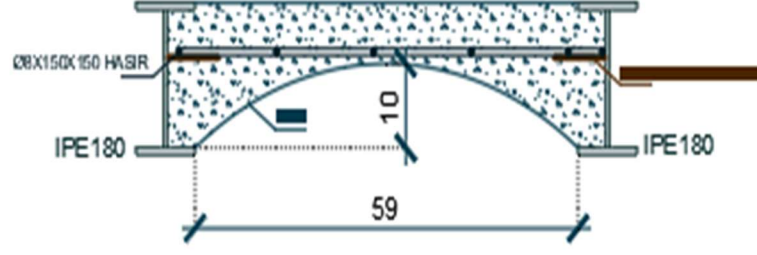
Şekil 8. Tek çıkıntılı T profil payanda detayı



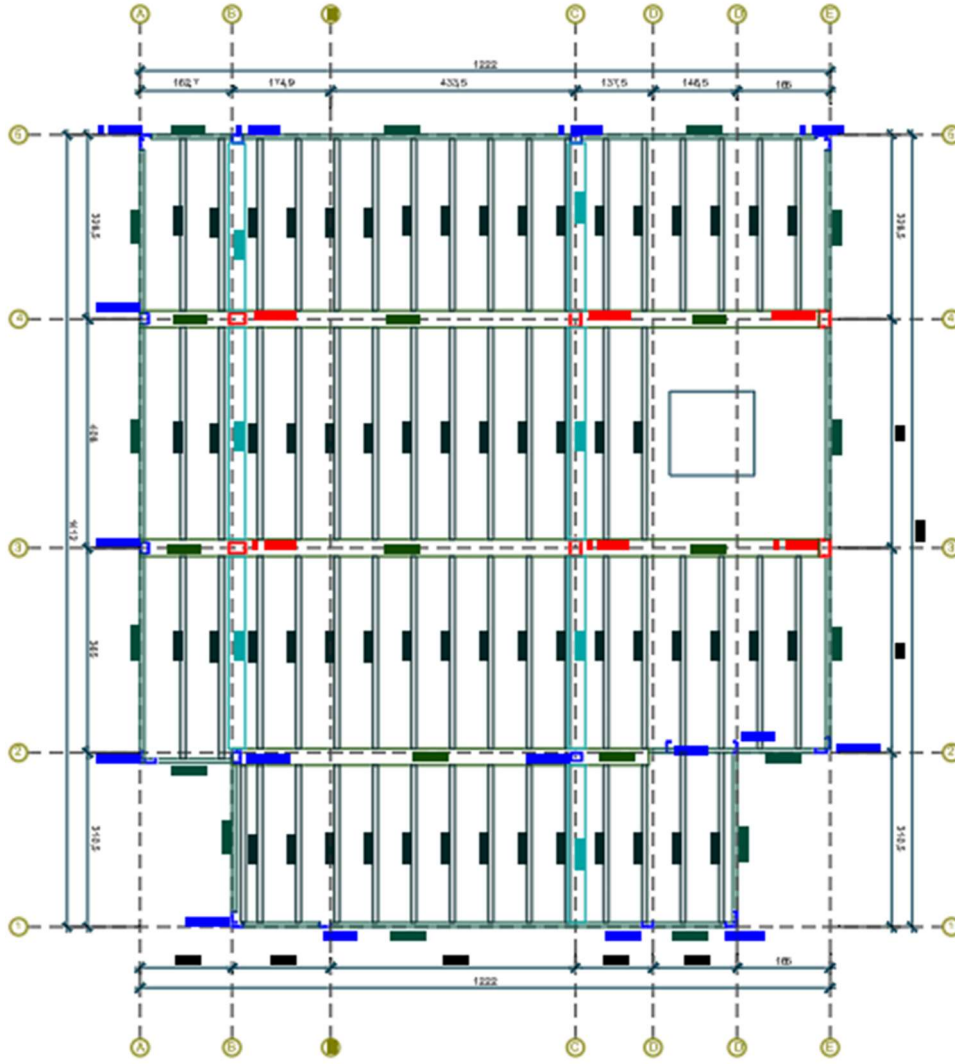
Şekil 9. 3D Shell elaman genel görünüşü

C. 4 Katlı Yapı Modelinin Payandalı Ve Payandasız Özellikleri

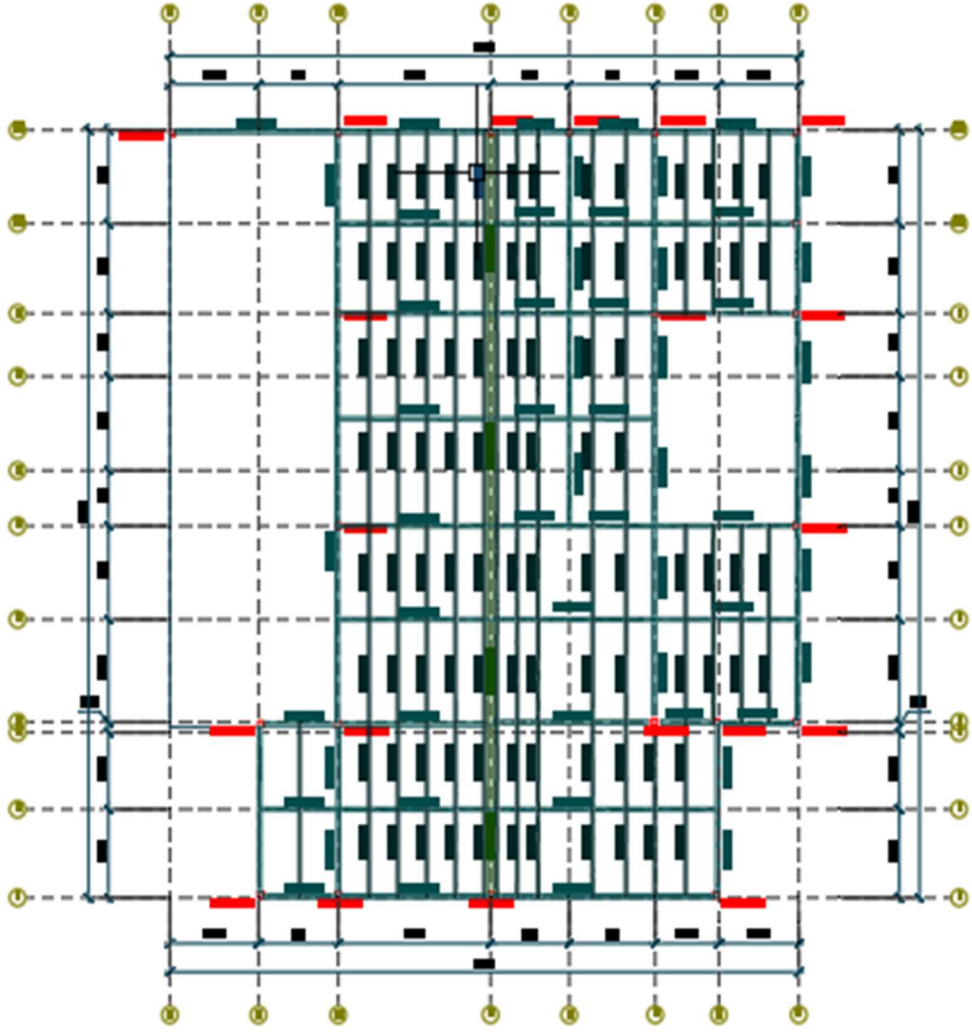
Çelik yapımız bodrum, zemin, 1 normal ve çatı katından oluşmaktadır. Aşağıda gösterilen kalıp planındaki gibi dış köşe kolonlar HEB300, kırmızı renkte görülen kutu profil şeklinde birleştirilen 2 adet UPN300, mavi renkte görülen kutu profil harfi şeklinde birleştirilen 2 adet UPN200 oluşmaktadır. Tali kirişlerin hepsi IPE180, dış çerçeve kiriş HEB300, 4-4 aksı HEB300, 3-3 aksı HEB300, 2-2 / B-D aks aralığı HEB300, B-B / 2-5 aks aralığı IPE260 ve C-C aks aralığı IPE260 kirişlerinden oluşmaktadır. Payandalar ise başlık genişliği 15cm., gövde yüksekliği 10cm., başlık ve gövde kalınlığı 1 cm., olacak şekilde Tprofil olarak tasarlanmıştır. Döşeme şekli olarak volta döşeme yapılmıştır. Tüm katlar aynı şekilde imal edilmiştir.



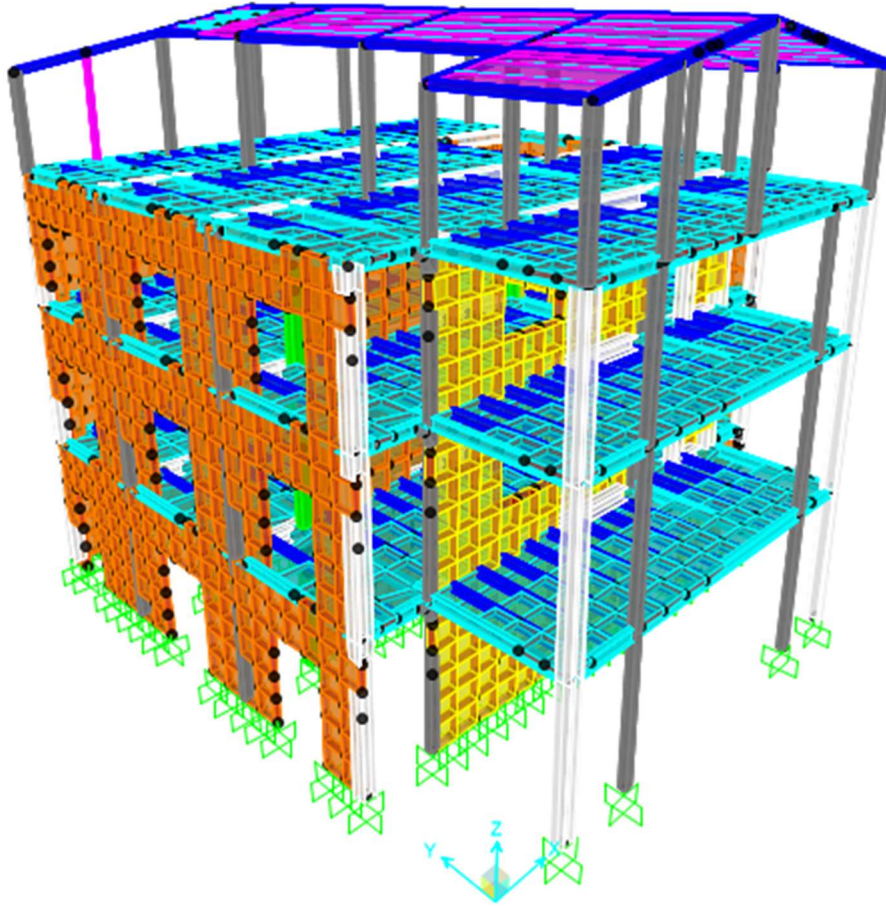
Şekil 10. Volta Döşeme Detayı



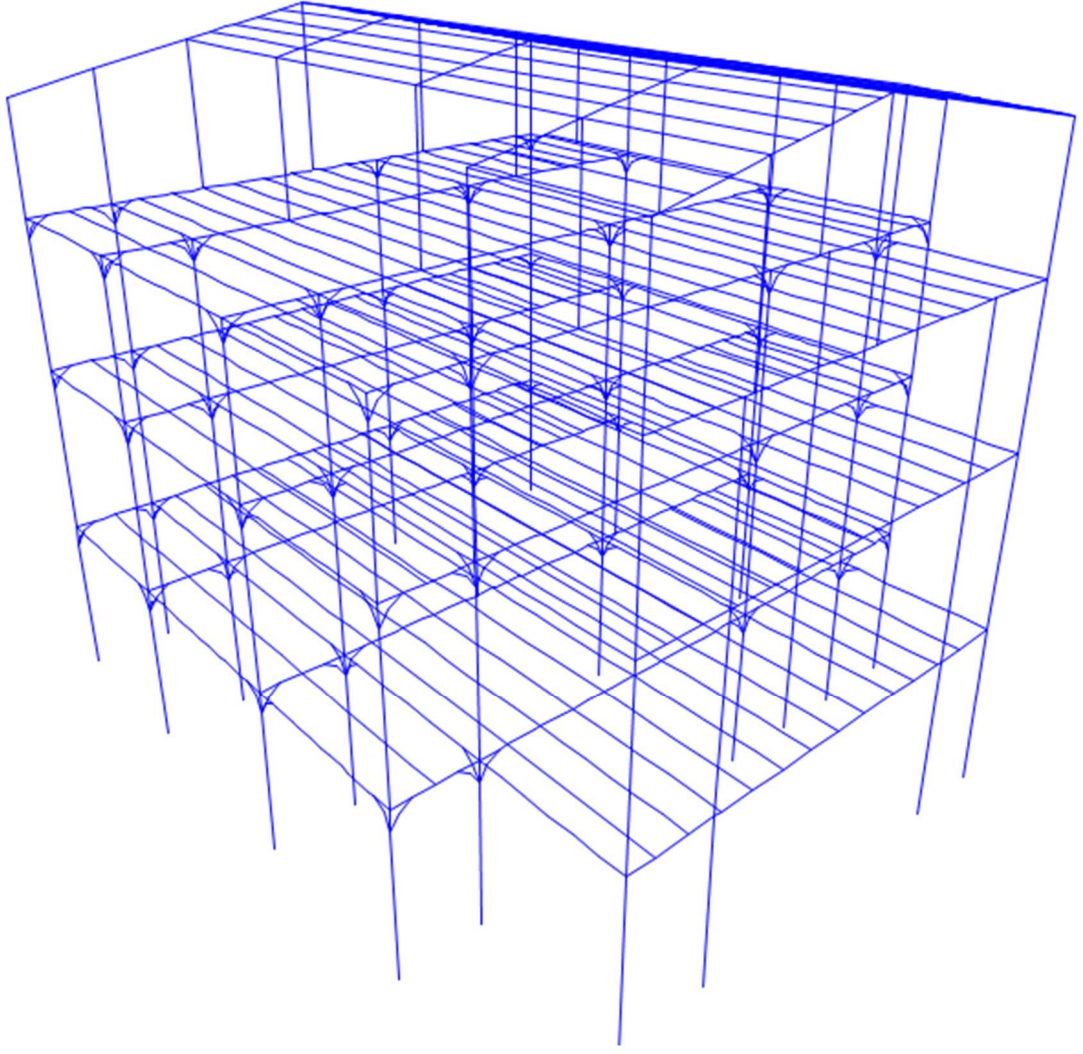
Şekil 11. Kat kalıp planı



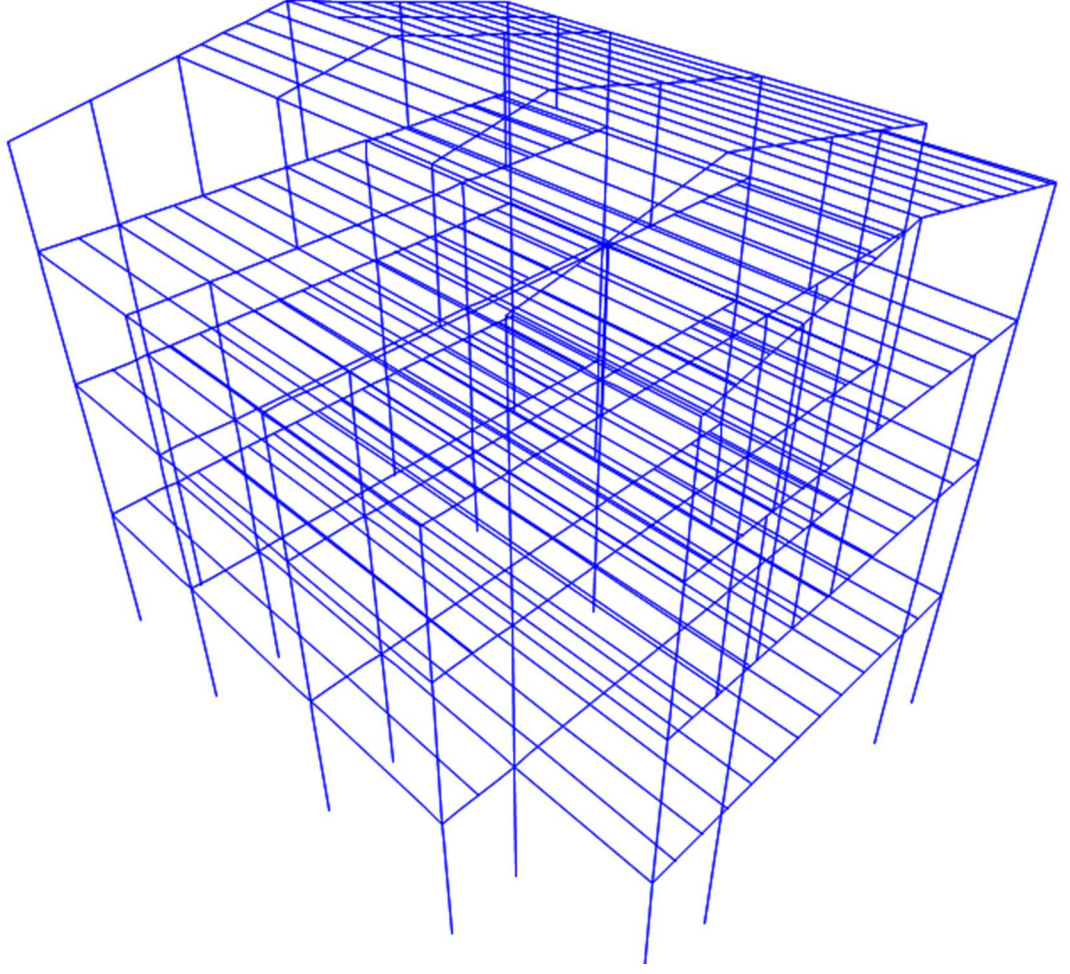
Şekil 12. Çatı kalıp planı



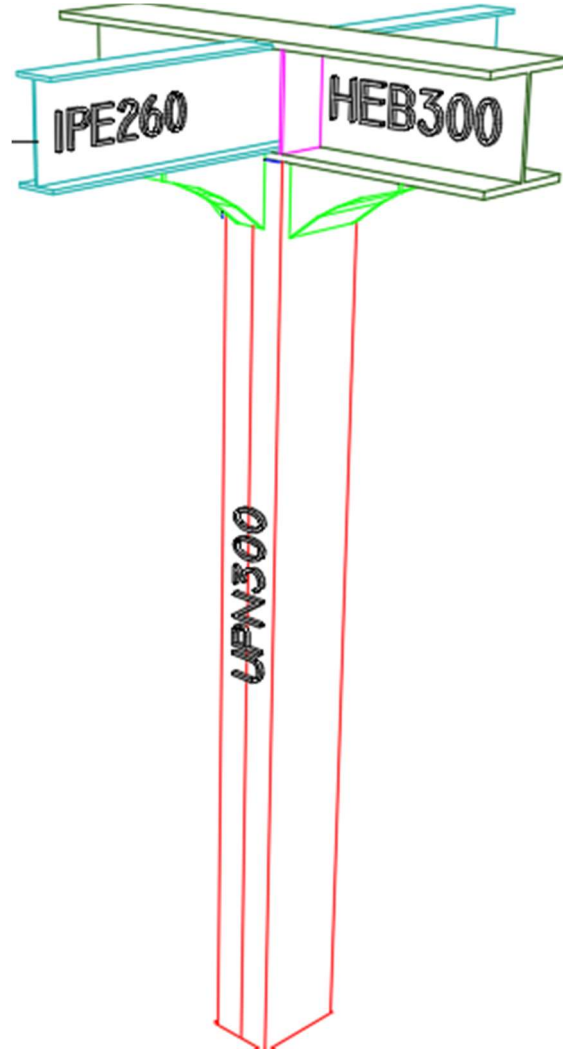
Şekil 13. Sap2000 bina genel görünüş



Şekil 14. Sap2000 payandalı 3D görünüşü



Şekil 15. Sap2000 payandasız 3D görünüşü



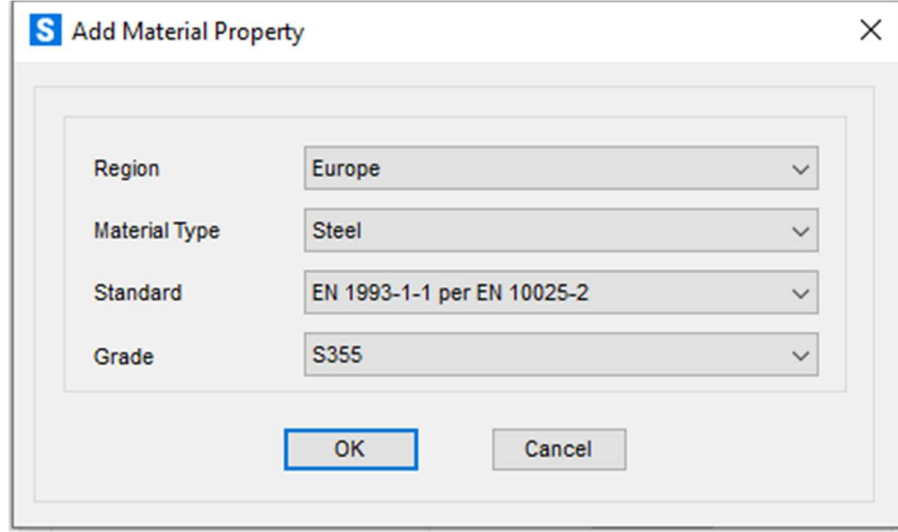
Şekil 16. Payanda uygulama detayı

D. Hesap Yöntemleri

Bu çalışmada Sap2000 V.23.3.1 2D Frame ve 3D Shell modellerinde modal analiz payandalı ve payandasız 4 katlı yapı modelinde ise TBDY-2018'e uygun olarak hesaplanana eşdeğer deprem yükü ile Statik İtme (Pushover) analizi yapılmıştır.

1. 2D Frame Eleman İçin Sap2000 Programındaki Yapı Modelleme Malzeme Özellikleri Ve Analiz Sonuçları

Modelimizde çelik malzeme olarak S355 (St.52) kullanılmıştır.



Şekil 17. Sap2000 çelik malzemesinin karakteristik özellikleri

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: S355

Material Type: Steel

Material Grade: S355

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76,9729

Mass per Unit Volume: 7,849

Units

KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2,100E+08

Poisson, U: 0,3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 80769231,

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 355000,

Minimum Tensile Stress, Fu: 510000,

Expected Yield Stress, Fye: 390500,

Expected Tensile Stress, Fue: 561000,

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Şekil 18. Çelik yapı elemanının S355 değerleri

Hesaplamalarda çelik birim hacim ağırlığı 76 KN/m, elastisite modülü ise 210000 MPa alınmıştır. Hesaplarda ölü yük olarak 3,5 KN/m, hareketli yük olarak 2 KN/m alınmıştır. Hesaplarda X-yönü deprem yükü olarak 1. Katta 10 KN/m, 2. Katta 20 KN/m varsayımı ile yükler tanımlanmıştır.

S Mass Source Data

Mass Source Name: MSSSRC1

Mass Source

Element Self Mass and Additional Mass

Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
G	1,
G	1,
Q	0,3

Add

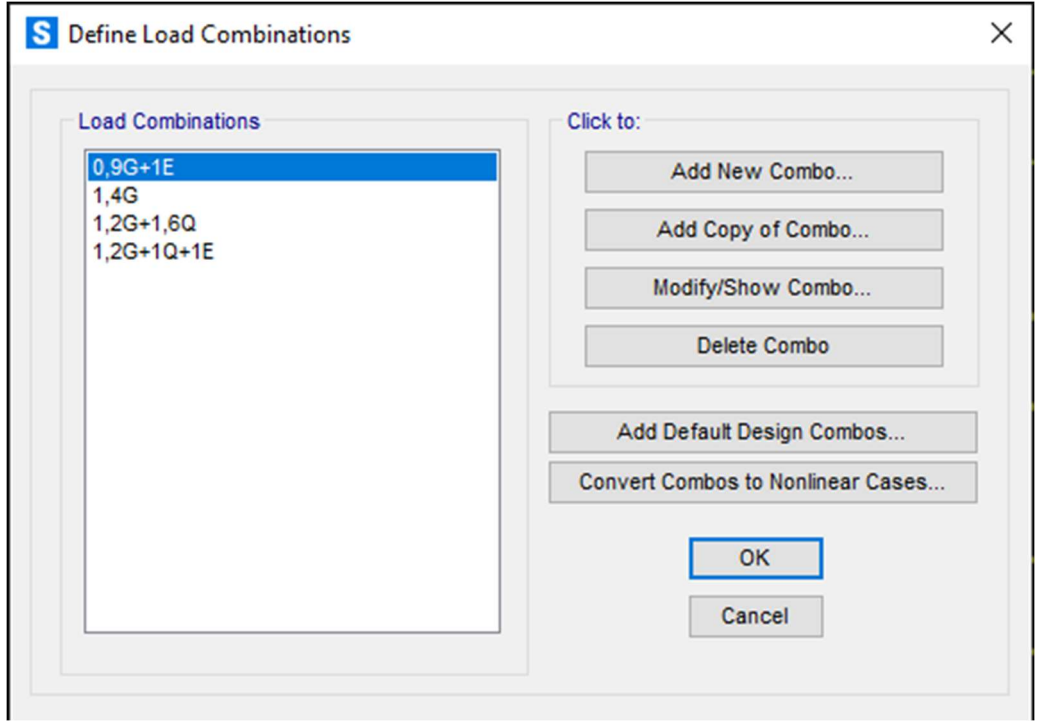
Modify

Delete

OK Cancel

Şekil 19. Model kütle katılım oranları

TBDY-2018 Tablo 4.3'e göre hareketli yük kütle katılım katsayısı 0,3 alınmıştır.



Şekil 20. Model hesap kombinasyonları

Hesaplamlarda kullanılan kombinasyonlar ÇYTHYAY-2018 bölüm 5.3.1 deki Yük Dayanım Katsayıları ile Tasarımına göre belirlenmiştir.

- (1) $1.4G$
- (2a) $1.2G + 1.6(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- (2b) $1.2G + 1.6Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- (3) $1.2G + 1.6(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + (Q \text{ veya } 0.8W)$
- (4) $1.2G + 1.0Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + 1.6W$
- (5) $1.2G + 1.0Q + 0.2S + 1.0E$
- (6) $0.9G + 1.6W$
- (7) $0.9G + 1.0E$

Tablo 8. 2D Frame elemanın X yönünde yer değiştirmesi

Nokta Numarası	Kombinasyon	Satır/Sütun	U1 cm	U2 cm	U3 cm
14	1,2G+1Q+1E	4/1	1,784809	0	- 0,019561
85	1,2G+1Q+1E	Payandasız	1,952694	0	- 0,021632
108	1,2G+1Q+1E	3/1	1,477762	0	- 0,020112
131	1,2G+1Q+1E	2/1	1,645455	0	- 0,020292
154	1,2G+1Q+1E	1/1	1,756792	0	- -0,02077
177	1,2G+1Q+1E	4/2	1,741947	0	- 0,019316
269	1,2G+1Q+1E	4/3	1,817746	0	- 0,019855
361	1,2G+1Q+1E	4/4	1,750472	0	- 0,019347
542	1,2G+1Q+1E	3/2	1,506769	0	- 0,020189
565	1,2G+1Q+1E	3/3	1,514249	0	- 0,020208
588	1,2G+1Q+1E	3/4	1,414	0	- 0,019956
662	1,2G+1Q+1E	2/2	1,673093	0	- 0,020412
674	1,2G+1Q+1E	1/2	1,777434	0	- 0,020856
708	1,2G+1Q+1E	2/3	1,69045	0	- 0,020466

Tablo 9. 2D Frame elemanın x yönünde yer değiştirmesi devam

720	1,2G+1Q+1E	1/3	1,796477	0	-0,020938
754	1,2G+1Q+1E	2/4	1,593484	0	-0,020148
766	1,2G+1Q+1E	1/4	1,713937	0	-0,020666

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü gibi en düşük X yönündeki deplasman kırmızı renkle gösterilmiş olan 3. Satır, 4. Sütündeki 588 numaralı nokta olarak görülmüştür. Yeşil renkli olarak gösterilen ise payandasız çerçevenin deplasmanının ise en yüksek değer olduğu görülmüştür.

Tablo 10. 2D Frame elemanın statik itme analizi sonrası oluşan nonlineer enerji

Satır/Sütun		Adım numarası	EnergyHyst kN-cm
1.SATIR/1.SÜTUN	PUSHX	6	39,34
		7	189,82
		8	254,17
1.SATIR/2.SÜTUN		6	39,72
		7	198,87
		8	264,57
1.SATIR/3.SÜTUN		6	79,14
		7	257,41
		8	330,93
1.SATIR/4.SÜTUN	6	33,3	
	7	138,52	
	8	201,19	
2.SATIR/1.SÜTUN	6	27,01	
	7	60,46	
	8	115,63	
2.SATIR/2.SÜTUN	6	27,38	
	7	78,13	
	8	137,53	
2.SATIR/3.SÜTUN	6	33,45	
	7	141	
	8	203,93	
2.SATIR/4.SÜTUN	6	18,08	
	7	40,71	
	8	56,09	
3.SATIR/1.SÜTUN	6	7,85	
	7	29,55	
	8	37,54	

Tablo 11. 2D Frame elemanın statik itme analizi sonrası oluşan nonlineer enerji devam

3.SATIR/2.SÜTUN	PUSHX	6	8,01
		7	30,13
		8	38,27
3.SATIR/3.SÜTUN		6	17,78
		7	40,04
		8	48,18
3.SATIR/4.SÜTUN		6	0
		7	21,23
		8	29,05
4.SATIR/1.SÜTUN		6	51,53
		7	243,14
		8	375,89
4.SATIR/2.SÜTUN		6	39,19
		7	195,38
		8	285,82
4.SATIR/3.SÜTUN		6	79,51
		7	284,7
		8	421,8
4.SATIR/4.SÜTUN		6	39,12
		7	189,72
		8	321,1
PAYANDASIZ		6	970,2
		7	2719,18
		8	3986,33

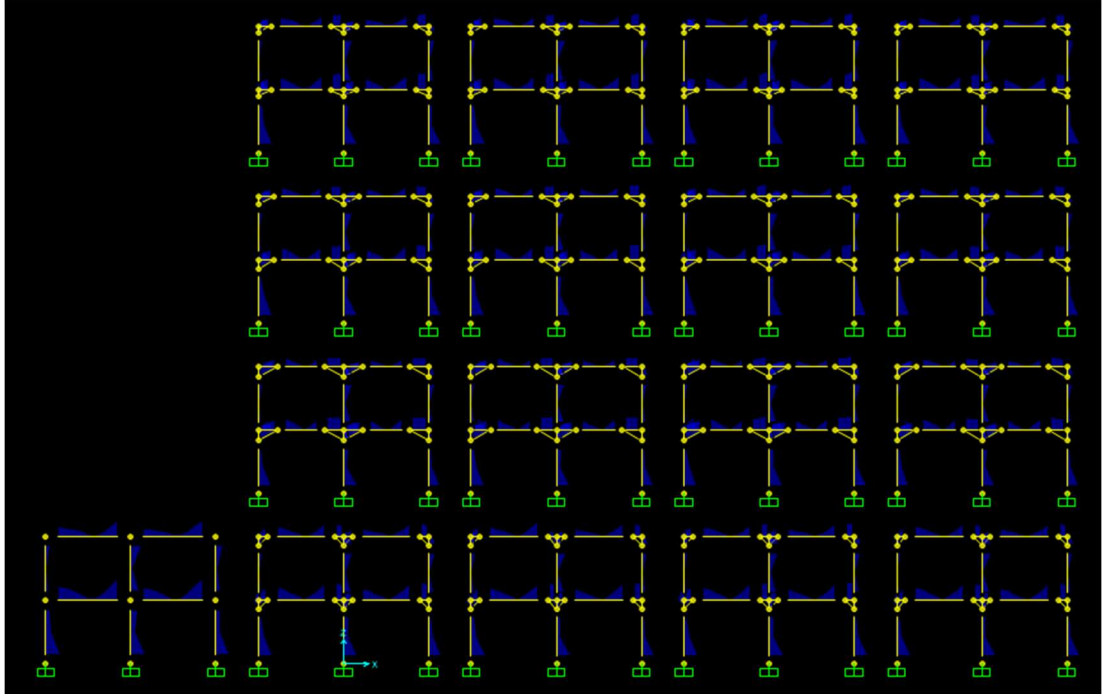
Tablo 12. 2D Frame elemanların statik itme analizi sonrası tepe noktalarında oluşan yer değıştirme ve dönme açısı

Joint	OutputCase	StepNum	U1 cm	U3 cm	R2 radians
14	PUSHX	0	-0,000949	-0,008508	-0,000201
		8	11,124916	-0,064786	0,013381
85		0	-0,001525	-0,008893	-0,000212
		8	23,142696	-0,07793	0,030901
108		0	0,000031	-0,008516	-0,0002
		8	8,385187	-0,066595	0,00977
131		0	-0,000276	-0,008597	-0,000203
		8	9,565097	-0,067629	0,011496
154		0	-0,000454	-0,008706	-0,000207
		8	10,604855	-0,070798	0,012692
177		0	-0,009218	-0,008476	-0,00022
		8	10,670828	-0,063318	0,012714
269		0	-0,001167	-0,008633	-0,000206
		8	11,573854	-0,067994	0,01394
361		0	-0,000837	-0,008446	-0,000198
		8	10,760895	-0,063441	0,012999
542		0	-0,000124	-0,008555	-0,000202
		8	8,607161	-0,067129	0,010141
565	0	-0,000421	-0,008612	-0,000205	
	8	8,960377	-0,067887	0,010823	
588	0	0,000271	-0,008447	-0,000196	
	8	7,980414	-0,066013	0,009129	

Tablo 8. 2D Frame elemanların statik itme analizi sonrası tepe noktalarında oluşan yer değiştirme ve dönme açısı devam

662	PUSHX	0	-0,000411	-0,00863	-0,000204
		8	9,793124	-0,068321	0,0118
674		0	-0,00058	-0,008729	-0,000208
		8	10,761341	-0,071267	0,012927
708		0	-0,000714	-0,008696	-0,000207
		8	10,328258	-0,069945	0,012492
720		0	-0,00087	-0,008781	-0,00021
		8	11,231504	-0,072542	0,013485
754		0	-0,000063	-0,00854	-0,0002
		8	9,092636	-0,066693	0,010915
766	0	-0,000251	-0,008664	-0,000205	
	8	10,195822	-0,070032	0,012183	

AISC 360-16 için elik ereve tasarımı için eleman kapasite gösterimi grafiklerine göre plastik mafsallaşmanın olabileceği alanlarda kapasite oranlarının kurtardığını geri kalan kısımlarda elemanların zorlandığı görülmüştür.

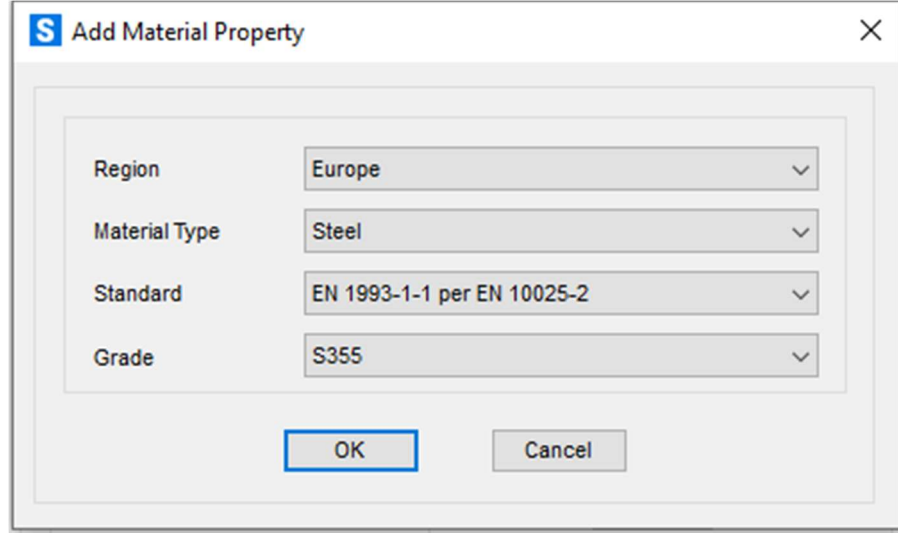


Şekil 21. Model tasarımı için max. gerilme gösterimleri

Çerçevelerdeki maximum gerilmeye bakıldığında payandasız çerçeveye göre payandalı sistemde azalma olduğu görülmüştür.

2. 3D Shell Eleman İçin Sap2000 Programındaki Yapı Modelleme Malzeme zellikleri Ve Analiz Sonuçları

Modelimizde elik malzeme olarak S355 (St.52) kullanılmıştır.



şekil 22. Sap2000 elik malzemesinin karakteristik zellikleri

S Material Property Data ×

General Data

Material Name and Display Color: S355 ■

Material Type: Steel ▼

Material Grade: S355

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76,9729

Mass per Unit Volume: 7,849

Units

KN, m, C ▼

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2,100E+08

Poisson, U: 0,3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 80769231,

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 355000,

Minimum Tensile Stress, Fu: 510000,

Expected Yield Stress, Fye: 390500,

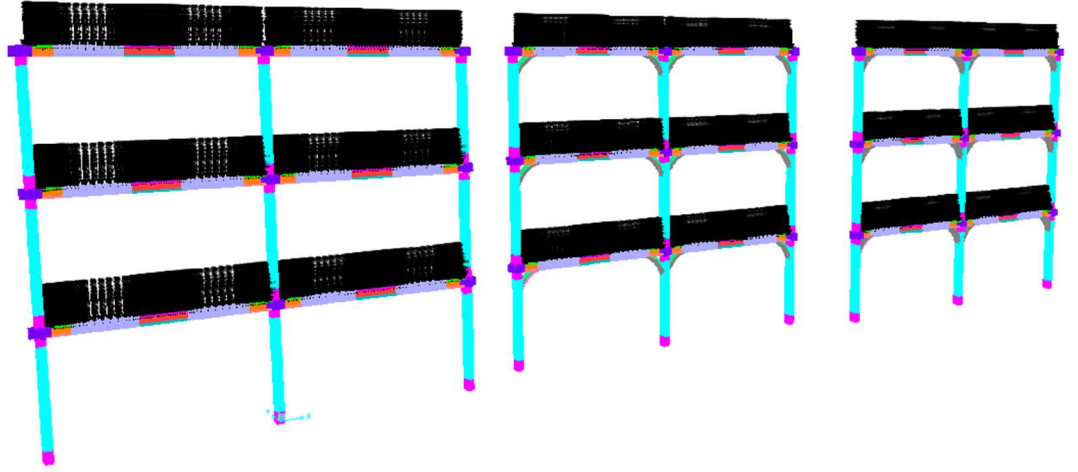
Expected Tensile Stress, Fue: 561000,

Switch To Advanced Property Display

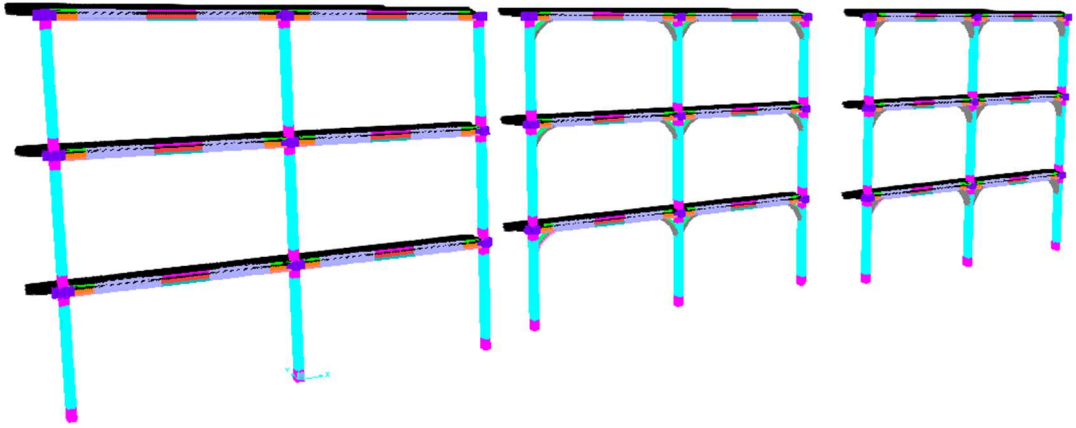
OK Cancel

Şekil 23. Çelik yapı elemanının S355 değerleri

Hesaplamalarda çelik birim hacim ağırlığı 76 KN/m, elastisite modülü ise 210000 MPa alınmıştır



Şekil 24. Model hareketli ve ölü yük gösterimi

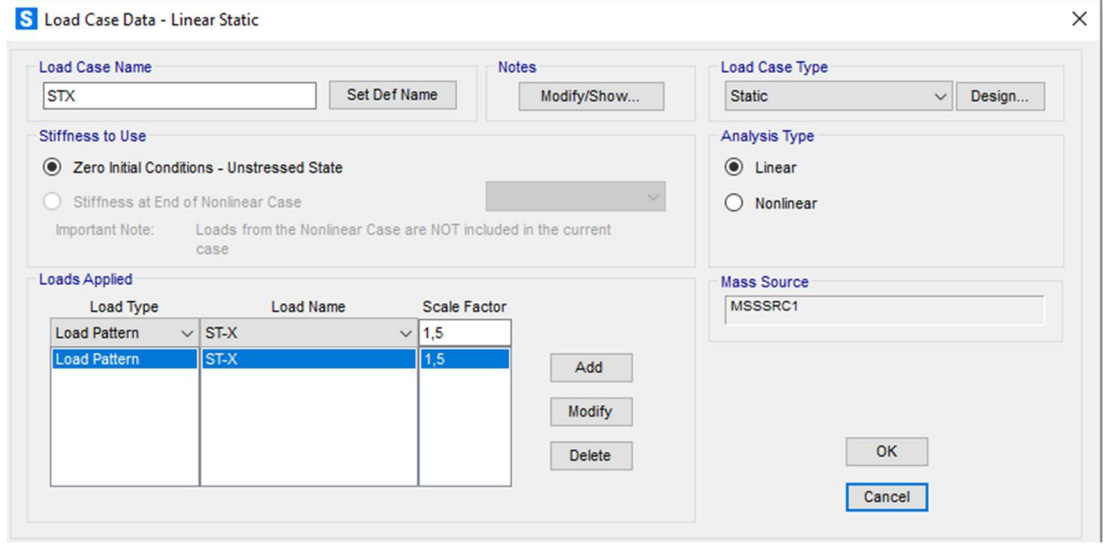


Şekil 25. Model X yönü deprem yükü gösterimi

Hesaplamlarda hareketli, zati ve X yönünde deprem yükleri kiriş olarak tasarlanan elemanın üzerindeki noktalara tanımlanmıştır.

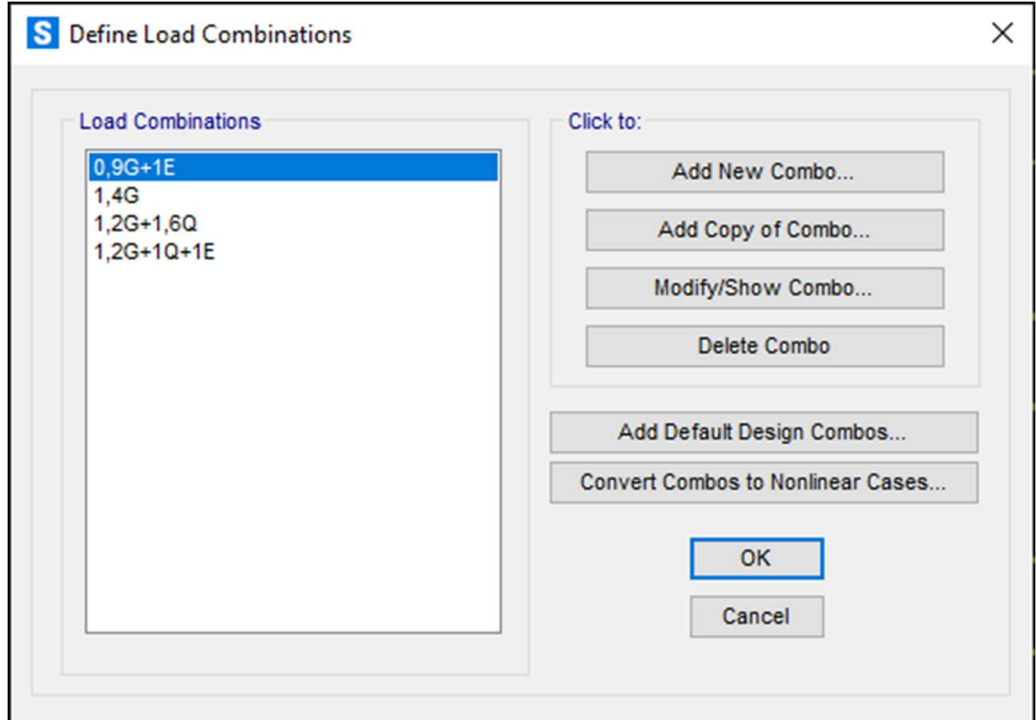
Tablo 13. 3D Shell eleman için noktalara tanımlanan yükler

Kat	Zati Yük	Hareketli Yük	Deprem Yükü
1	0,1499	0,0862	0,2152
2	0,1499	0,0862	0,4303
3	0,1499	0,0862	0,8617



Şekil 26. Deprem yükü için yük durum verileri

Hesaplamalarda plastikleşmenin olması muhtemel bölgelerdeki akma gerilmelerinin sınırlarını görebilmek için düzenli olarak scale factor de arttırım yapılmıştır.



Şekil 27. Model hesap kombinasyonları

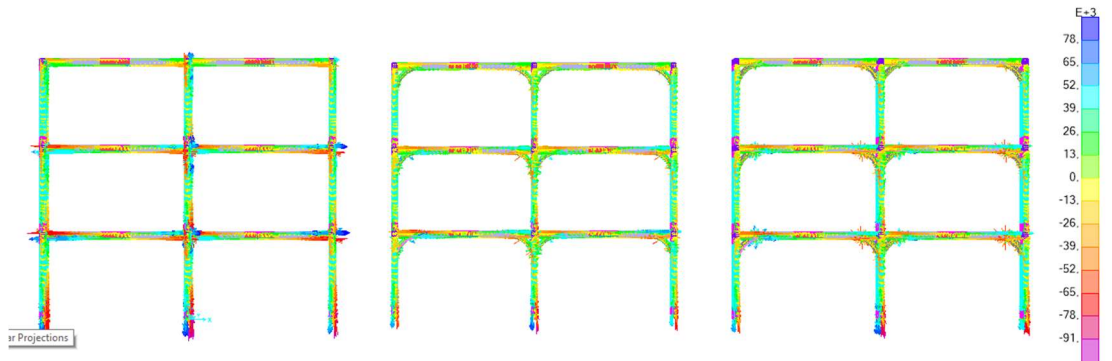
Hesaplamalarda kullanılan kombinasyonlar ÇYTHYFY-2018 bölüm 5.3.1 deki Yük Dayanım Katsayıları ile Tasarımına göre belirlenmiştir.

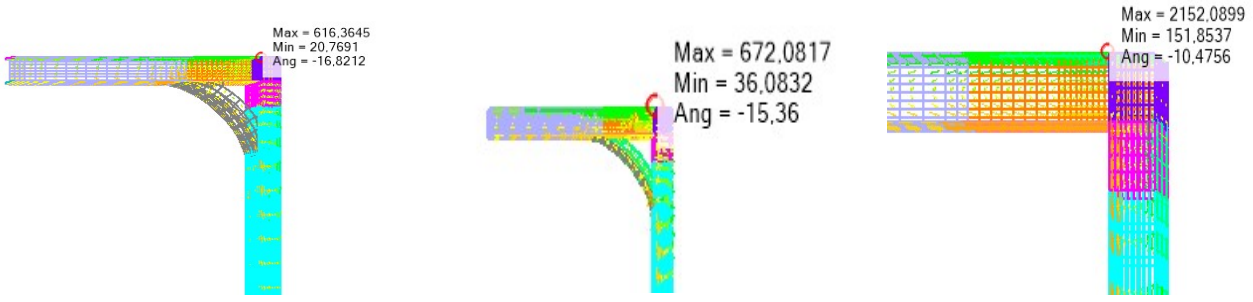
- (1) $1.4G$
- (2a) $1.2G + 1.6(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- (2b) $1.2G + 1.6Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- (3) $1.2G + 1.6(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + (Q \text{ veya } 0.8W)$
- (4) $1.2G + 1.0Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + 1.6W$
- (5) $1.2G + 1.0Q + 0.2S + 1.0E$
- (6) $0.9G + 1.6W$
- (7) $0.9G + 1.0E$

Tablo 14. T profil payandalı sistem ve payandasız sistemdeki X,Y ve Z yönündeki deplasmanları

Joint	OutputCase	Design	U1	U2	U3
18693	1,2G+1Q+1E	Payandasız	0,009828	0,000017	0,000156
105324	1,2G+1Q+1E	Payanda T	0,007178	7,622E-06	0,000111
36933	1,2G+1Q+1E	Payanda 2T	0,006955	-0,00003	0,0001

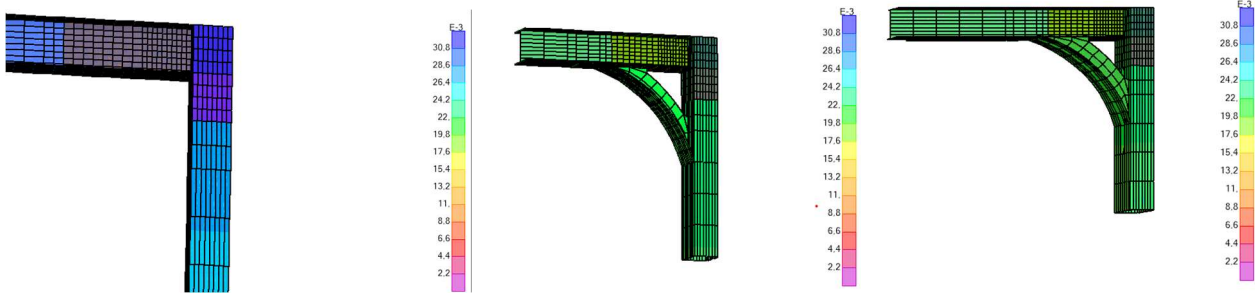
Yukarıdaki tabloda 1,2G+1Q+1E kombinasyonları sonucunda sırasıyla iki çıkıntılı, tek çıkıntılı T profil payandalı sistem ve payandasız sistemdeki X,Y ve Z yönündeki deplasmanları metre cinsinden sıralanmıştır.





Şekil 28. T profil payandalı sistem ve payandasız sistemdeki gerilmeler

Yukarıdaki şekillerde 1,2G+1Q+1E kombinasyonları sonucunda sırasıyla iki çıkıntılı, tek çıkıntılı T profil payandalı sistem ve payandasız sistemdeki gerilmeler görülmektedir.



Şekil 29. T profil payandalı sistem ve payandasız sistemdeki deformasyon

Yukarıdaki şekillerde 1,2G+1Q+1E kombinasyonları sonucunda sırasıyla iki çıkıntılı, tek çıkıntılı T profil payandalı sistem ve payandasız sistemdeki gerilmeler görülmektedir

E. Kullanılan Zemin Parametreleri

Çalışmalarda kullanılan zemin değerleri TBDY-2018 bölüm 2.2 de tanımlanan farklı dört deprem yer hareketi düzeyi için bölüm 2.1.2 de belirtilen Türkiye Deprem Haritaları ile tanımlanmış <https://tdth.afad.gov.tr/> adresinden alınmıştır. Zemin etüdünden alınan yerel zemin sınıfı bilgisi ZB, deprem yer hareket düzeyi DD-2 olarak

afad portalına koordinatlar ile birlikte girildiğinde şekilde görülen deprem parametreleri raporu alınmıştır.



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Levent Çelik Konut	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar

Çıktılar

$S_5 = 0,753$ $S_1 = 0,216$ $PGA=0,312$ $PGV=19,534$

S_5 : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

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

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Tasarım Spektral İvme Katsayıları

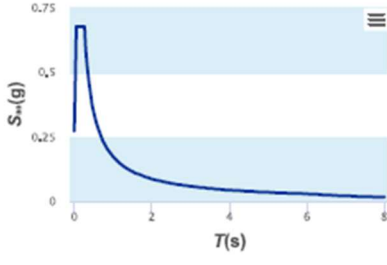
$$S_{DS} = S_5 F_5 = 0,753 \times 0,900 = 0,678$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0,216 \times 0,800 = 0,173$$

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

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

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



$$S_{ac}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S_{ac}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

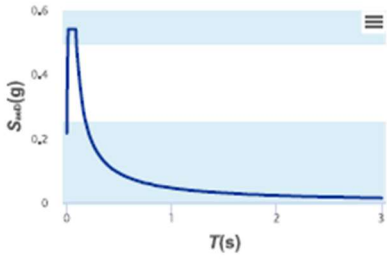
$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T)$$

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_L = 6s$$

$$T_A = 0.051 (s) \quad T_B = 0.255 (s) \quad T_L = 6.000 (s)$$

Düsey Elastik Tasarım Spektrumu



$$S_{acD}(T) = \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD})$$

$$S_{acD}(T) = 0.8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD})$$

$$S_{acD}(T) = 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})$$

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2}$$

$$T_{AD} = 0.017 (s) \quad T_{BD} = 0.085 (s) \quad T_{LD} = 3.000 (s)$$

Şekil 30. Afad interaktif deprem parametreleri

Tablo 15. Yerel zemin sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Tablo 16. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Afad'a ait interaktif üzerinden alınan S_s değeri ve zemin etüdünden alınan ZB zemin sınıfı TBDY-2018 Tablo 2.1 üzerinde eşleştirildiğinde $F_s=0,9$ değerini almaktadır.

Tablo 17. 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).</i>					

Afad'a ait interaktif üzerinden alınan S_1 değeri ve zemin etüdünden alınan ZB zemin sınıfı TBDY-2018 Tablo 2.2 üzerinde eşleştirildiğinde $F_1=0,8$ değerini almaktadır.

F. TBDY-2018'e Göre Binanın Kriterlerinin Belirlenmesi

a) Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayılarının belirlenmesi

Tablo 18. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları

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

Yapı ofis olarak kullanıldığı için ilgili tabloya uygun olarak BKS=3, I=1 alınmıştır.

b) Deprem tasarım sınıfları

Tablo 19. Deprem tasarım sınıfları (DTS)

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

$S_{DS}=0,675$ ve $BKS=3$ olduğu üstteki tablolardan belirlendi, buna istinaden tablodan $DTS=2$ seçilmiştir.

c) Bina yükseklik sınıflarının belirlenmesi

Tablo 20. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları

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

Tablo 21. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları devam

BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$

Yapı yüksekliği 12.76 m., DTS=2 ilgili tablodan bunlara karşılık gelen BYS=6 olduğu görülmüştür.

d) Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları binanın hakim periyodunun belirlenmesi

Tablo 22. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
C. ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
C1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS \geq 3
C12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2.5	BYS \geq 2
C13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2	BYS \geq 4
C14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	3	BYS \geq 2

Tablo 23. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları devam

C15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	6	2.5	BYS \geq 2
C16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	4	2	–
C2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
C21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	BYS \geq 4
C22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2	BYS \geq 4
C3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.7)			
C31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	BYS \geq 7
C32. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	3	2	BYS = 8
C33. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	BYS \geq 7

Yapıya ait $BYS=6$ olduğu belirlenmiştir. Yapının taşıyıcı sistem özelliğine en yakın tasarım için $R=8$, $D=3$ alınmıştır.

1. Binanın Hakim X-Yönü Periyodunun Belirlenmesi

Sap2000 programında tasarımı yapılan yapının analizi yapıldıktan sonra binanın kat kütleleri program üzerinden alınmıştır.

Tablo 24. Kat kütleleri tablosu

Bodrum Kat	233,21 kN
Zemin Kat	251,62 kN
1.Normal Kat	224,31 kN
Çatı Kat	20,16 kN

Alınan bu yapı kütleleri fiktif deprem yükü hesabında kullanılmıştır.

Tablo 25. Fiktif deprem yükü hesabı tablosu

FİKTİF DEPREM YÜKÜ HESABI					
KAT	Hi(m)	mi(ton)	miHi (t m)	$F_f^{(X)}$	$F_{fi}^{(X)}$ (kN)
Çatı Kat	12,676	20,16	255,55	100	5,28
1.Normal Kat	9,628	224,31	2159,66		44,66
Zemin Kat	6,632	251,62	1668,74		34,50
Bodrum Kat	3,226	233,21	752,34		15,56
		$\Sigma m_i H_i$	4836,28		

Bulunan bu fiktif değerler sap2000 programında her kat için ayrı ayrı tanımlanarak tekrardan analiz yapılmıştır. Yapının fiktif yükler etkisi altındaki yeni

yer değiştirme değerleri bulunmuştur. Bu değerlerde bina hakim periyod hesabında kullanılmıştır.

Tablo 26. Bina hakim periyod hesabı tablosu

BİNA HAKİM PERİYOD HESABI					
KAT	$d_{fi}^{(x)}$ (m)	$F_{fi}^{(X)}$ (kN)	m_i (ton)	$m_i(d_{fi}^{(x)})^2$	$F_{fi}^{(X)}.d_{fi}^{(x)}$
Çatı Kat	0,0055	5,28	20,16	0,00061	0,029062
1.Normal Kat	0,0037	44,66	224,31	0,003071	0,165225
Zemin Kat	0,0029	34,50	251,62	0,002116	0,100064
Bodrum Kat	0,0013	15,56	233,21	0,000394	0,020223
			729,3	0,006191	0,314573

Buradan elde edilen değerler TBDY-2018 Denk.4.26 yerine konularak X yönü hakim periyodu tespit edilmiştir.

$$T_p^{(X)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(X)2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(X)} d_{fi}^{(X)}} \right)^{1/2} = 0,8833 \text{ olarak belirlenmiştir.}$$

2. Binanın Hakim Y-Yönü Periyodunun Belirlenmesi

Sap2000 programında tasarımı yapılan yapının analizi yapıldıktan sonra binanın kat kütleleri program üzerinden alınmıştır.

Tablo 27. Kat kütleleri tablosu

Bodrum Kat	233,21 kN
Zemin Kat	251,62 kN
1.Normal Kat	224,31 kN
Çatı Kat	20,16 kN

Alınan bu yapı kütleleri fiktif deprem yükü hesabında kullanılmıştır.

Tablo 28. Fiktif deprem yükü hesabı tablosu

FİKTİF DEPREM YÜKÜ HESABI					
KAT	Hi(m)	mi(ton)	miHi (t m)	$F_f^{(Y)}$	$F_{fi}^{(Y)}$ (kN)
Çatı Kat	12,676	20,16	255,55	100	5,28
1.Normal Kat	9,628	224,31	2159,66		44,66
Zemin Kat	6,632	251,62	1668,74		34,50
Bodrum Kat	3,226	233,21	752,34		15,56
		$\Sigma m_j H_j$	4836,28		

Bulunan bu fiktif değerler sap2000 programında her kat için ayrı ayrı tanımlanarak tekrardan analiz yapılmıştır. Yapının fiktif yükler etkisi altındaki yeni yer değiştirme değerleri bulunmuştur. Bu değerlerde bina hakim periyod hesabında kullanılmıştır.

Tablo 29. Bina hakim periyod hesabı tablosu

BİNA HAKİM PERİYOD HESABI					
KAT	$d_{fi}^{(Y)}$ (m)	$F_{fi}^{(Y)}$ (kN)	mi(ton)	$mi(d_{fi}^{(Y)})^2$	$F_{fi}^{(Y)}.d_{fi}^{(Y)}$
Çatı Kat	0,0085	5,28	20,16	0,001457	0,044914
1. Normal Kat	0,0071	44,66	224,31	0,011307	0,317053

Tablo 30. Bina hakim periyod hesabı tablosu devam

Zemin Kat	0,0056	34,50	251,62	0,007891	0,193226
Bodrum Kat	0,0024	15,56	233,21	0,001343	0,037335
			729,3	0,021998	0,592527

Buradan elde edilen değerler TBDY-2018 Denk.4.26 yerine konularak Y yönü hakim periyodu tespit edilmiştir.

$$T_p^{(X)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(X)2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(X)} d_{fi}^{(X)}} \right)^{1/2} = 1,21065 \text{ olarak belirlenmiştir.}$$

Tablo 31. Binanın periyot ve kütle katılım oranı

Mod	Periyot	X Yönü Kütle Katılım Oranı UX	Y Yönü Kütle Katılım Oranı UY	Toplam UX	Toplam UY
1	1,21362	1,734E-07	0,8772	1,734E-07	0,8772
2	0,85087	0,32194	0,00001033	0,32194	0,87721
3	0,828491	0,5535	0,00001039	0,87544	0,87722
4	0,413941	0,01797	0,00225	0,89341	0,87948
5	0,400811	0,00145	0,03828	0,89485	0,91776
6	0,328766	0,00003607	0,06124	0,89489	0,97899
7	0,298279	0,00027	0,00198	0,89516	0,98097
8	0,242493	0,09012	0,000005677	0,98529	0,98098
9	0,215332	0,00003591	0,0186	0,98532	0,99958
10	0,181953	0,00125	0,000093	0,98658	0,99967
11	0,155873	0,0133	0,000001023	0,99987	0,99967
12	0,138083	0,00000358	0,00026	0,99988	0,99993

G. Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

TBDY-2018'e göre hakim periyod bölüm 4.7.3.4 belirtilen T_{pA} ampirik hakim doğal titreşim periyodunun 1,4 katından küçük olmalıdır. $T_{pA}=C_t \cdot H_N^{3/4}$ 4.7.3.4.a ya göre $C_t=0,08$ alınmalıdır. İlgili değerler formülde yerine koyulduğunda;

$$T_{pA}=C_t \cdot H_N^{3/4} =0,5374$$

$1,4 \cdot T_{pA}=0,75236$ değeri elde edilmiştir.

Bu değer iki yöndeki periyodlar için sağlanmamaktadır. Bunun sebebi yapının uygulama tasarımında kolon kiriş birleşim bölgelerinde harici levhalar mevcuttu ve bunlarda yapıya rijitlik avantajı sağlamaktaydı, bu çalışmada sadece payandaları incelediğimizden bahse konu elemanlar tasarıma dahil edilmediği için yeterince rijitlik sağlanamamıştır. Bu da periyot değerlerinin olmasından fazla çıkmasına sebep olmuştur. Yönetmelik gereği hakim periyot değeri $1,4 \cdot T_{pA}$ değerini geçemeyeceğinden $T^{(Y)}=T^{(Y)}=1,4 \cdot T_{pA}=0,75236$ alınmıştır. Ve eşdeğer deprem yükü her iki yön için hesaplanmıştır.

Bu çalışmada 4.7 ve 4.10 arasında belirlediğimiz değerler aşağıdaki TBDY-2018 de verilen formüllerle kullanılarak tasarım spektral ivme katsayıları olan T_A ve T_B değerleri hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_S F_S \\ S_{D1} &= S_1 F_1 \end{aligned} \quad \text{Denk.2.1}$$

$$S_{DS}=0,753 \cdot 0,9=0,678$$

$$S_{D1}=0,216 \cdot 0,8=0,173$$

$$T_A = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad \text{Denk.2.3}$$

$$T_A=0,2 \cdot \frac{0,173}{0,678}=0,051 \quad ; \quad T_B=\frac{0,173}{0,678}=0,255$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad \text{Denk. 2.2}$$

$$S_{ac}(T^{(X)}) = \frac{0,173}{0,75236} = 0,23$$

$$S_{ac}(T^{(Y)}) = \frac{0,173}{0,75236} = 0,23$$

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad \text{Denk.4.1a}$$

$$R_a(T) = \frac{8}{1} = 7$$

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ac}(T)}{R_a(T)} \quad \text{Denk. 4.8}$$

$$S_{aR}(T^{(X)}) = \frac{0,23}{8} = 0,02875 \quad ; \quad S_{aR}(T^{(Y)}) = \frac{0,23}{8} = 0,02875$$

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g \quad \text{Denk.4.19}$$

$$V_{tE}^{(X)} = 729,3 * 9,81 * 0,028038 \geq 0,04 * 729,3 * 1 * 0,678 * 9,81$$

$$= 205,6391 \geq 194,029 \text{ sağlamıştır.}$$

$$V_{tE}^{(Y)} = 729,3 * 9,81 * 0,02875 \geq 0,04 * 729,3 * 1 * 0,678 * 9,81$$

$$= 205,6391 \geq 194,029 \text{ sağlamıştır.}$$

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0,0075 * 4 * 205,6391 = 6,169172 \quad ; \quad \Delta F_{NE}^{(Y)} = 0,0075 * 4 * 205,6391 = 6,169172$$

Tablo 32. X yönü eşdeğer deprem yükü katlara göre dağılımı

EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ KATLARA GÖRE DAĞILIMI					
KAT	Hi(m)	mi(ton)	miHi (tm)	$F_E^{(x)} = V_{tE}^{(x)} - \Delta F_{NE}^{(x)}$	$F_{iE}^{(x)}$
Çatı Kat	12,676	20,16	255,55	199,4699	10,53994448
1.Normal Kat	9,628	224,31	2159,66		89,0738619

Tablo 33. X yönü eşdeğer deprem yükü katlara göre dağılımı devam

Zemin Kat	6,632	251,62	1668,74	199,4699	68,82642955
Bodrum Kat	3,226	233,21	752,34		31,02966573
		729,3	4836,28		

Tablo 34. Y yönü eşdeğer deprem yükü katlara göre dağılımı

EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ KATLARA GÖRE DAĞILIMI					
KAT	Hi(m)	mi(ton)	miHi (tm)	$F_E^{(Y)}=V_{iE}^{(Y)}-\Delta F_{NE}^{(Y)}$	$F_{iE}^{(Y)}$
Çatı Kat	12,676	20,16	255,55	199,4699	10,53994448
1.Normal Kat	9,628	224,31	2159,66		89,0738619
Zemin Kat	6,632	251,62	1668,74		68,82642955
Bodrum Kat	3,226	233,21	752,34		31,02966573
		729,3	4836,28		

H. Kullanılan Yükler

Çatı yükleri;

1. Kar yükü TS 498 Ek 1'e göre İstanbul / Levent 2. Bölge de yer almaktadır. Ve yine aynı yönetmelik bölüm 8 de denizden yüksekliği ile bölge karşılaştırıldığında 0,75kN/m² değer aldığı görülmektedir.
2. Asma tavan imalat için kullanılan aparatları ile 18 kg/m²
3. Taşyünü 40kg/m³

Normal, zemin ve bodrum kat ölü yükleri;

1. Volta döşemeden gelen 24 kN/m³

2. Mermer (1 cm. kalınlığında) 28 kg/m²
3. Şap (5 cm.) 18 kN/m³
4. Ø8/150/150 hasır donatı 5,26 kg/m²
5. Asma tavan imalat için kullanılan aparatları ile 18 kg/m²
6. Duvar yükü 22,5 cm gaz beton için; 87,42 kg/m²

12,5 cm gaz beton için; 58,28 kg/m²

7. Hareketli yük TS 498 bölüm 12 den 2kN/m²

8. Rüzgar yükü TS 498 bölüm 11 den

H: 13,3m yapıdan gelen Basınç : 64 kg/m²

V:36 m/s Emme : 32 kg/m²

q: 0,8 kN/ m²

Mass Source Name: MSSSRC1

Mass Source:

- Element Self Mass and Additional Mass
- Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
BINA DEAD	1,
BINA DEAD	1,
DUVAR	1,
CATI DEAD	1,
LIVE	0,3
KAR	0,3

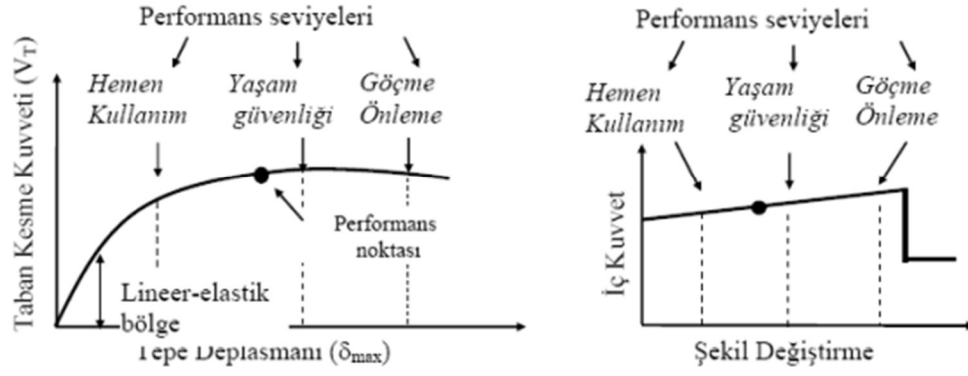
Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Şekil 31. Yük katılım oranları

V. STATİK İTME (PUSHOVER) İLE PERFORMANS ANALİZİ

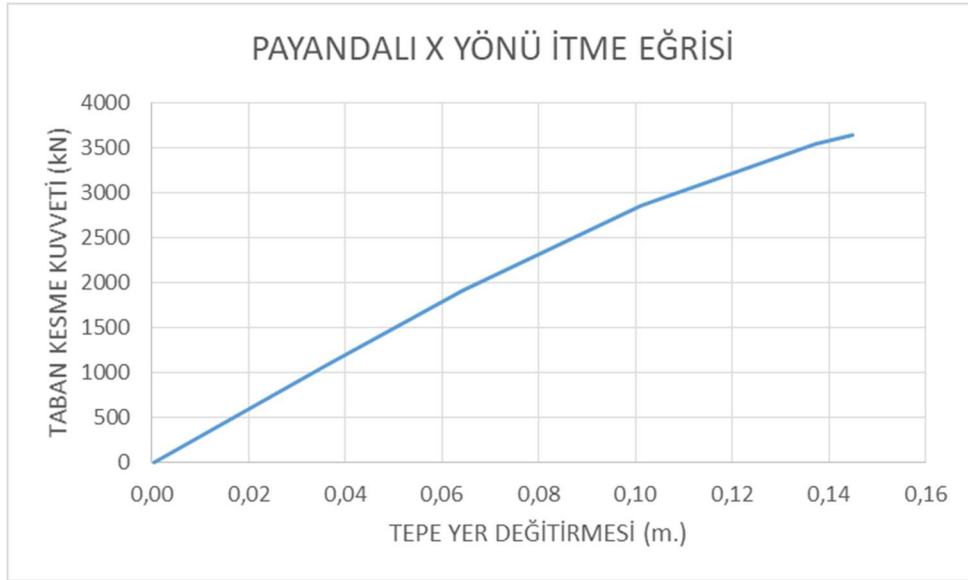
İtme analizi, bir binanın tamamen veya kısmen çökmenin eşiğine gelmeden önce elastik olmayan aralığın ne kadar ileri gidebileceğini araştırmak için kullanılan statik bir analizdir. Binanın bir modeli, tüm yüke dayanıklı elemanların hem akma öncesi hem de akma sonrası kuvvet-deformasyon ilişkileriyle birlikte ölü yükler ve hareketli yüklerle bir bilgisayarda bir araya getirilir. Daha sonra hesaplanan yer hareketlerinin etkilerini simüle etmek için küçük bir dizi yatay kuvvet uygulanır ve deformasyonlar hesaplanır. Kuvvetler daha sonra, taban hareketine karşı deformasyonun bir grafiğini geliştirmek için kademeli olarak artırılır. Bu grafiğin incelenmesi, binanın karşı koyabileceği en büyük taban hareketini ve yapının tepe noktasındaki maximum yer değiştirmeyi ortaya çıkarır. Bu yaklaşım, mevcut binaların analizine izin vermek ve bu binaları güçlendirme ve onlara daha fazla süneklik kazandırma planlarının etkinliğini incelemek için geliştirilmiştir (URL-6).

TBDY-2018'e göre yapı tasarımında DD-2 ve KH durumu için hesaplama yapılmıştır. Statik itme analizinde değerlerin IO ve LS arasında olması beklenmektedir. LS sonrası bir değer için taban kesme değerlerinin yük durumu sınırlarında tekrar düzenlenerek hesapların yapılması gerekmektedir. Böylelikle yapı KH bölgesi içerisinde istenilen performansı sağlayacaktır.

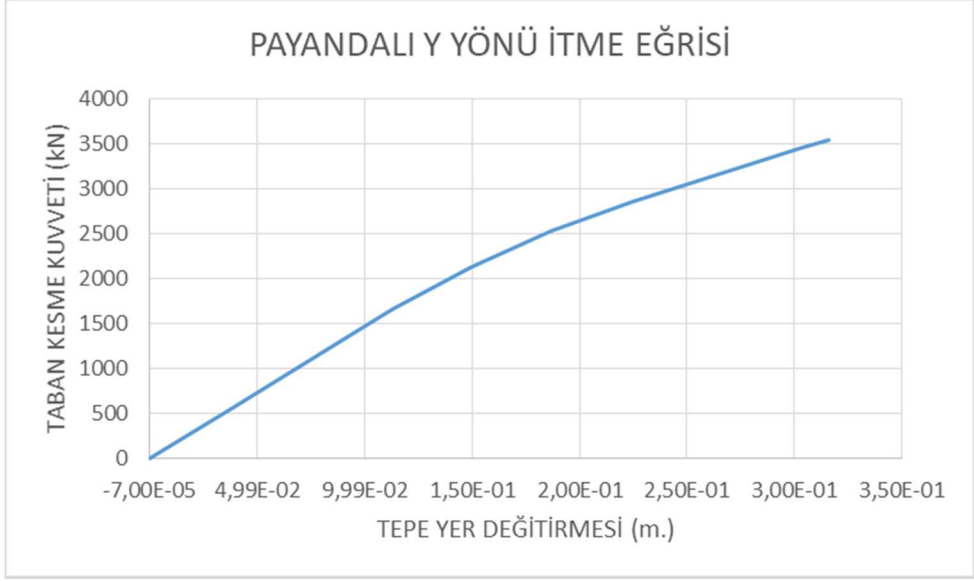


Şekil 32. Hasar sınırları

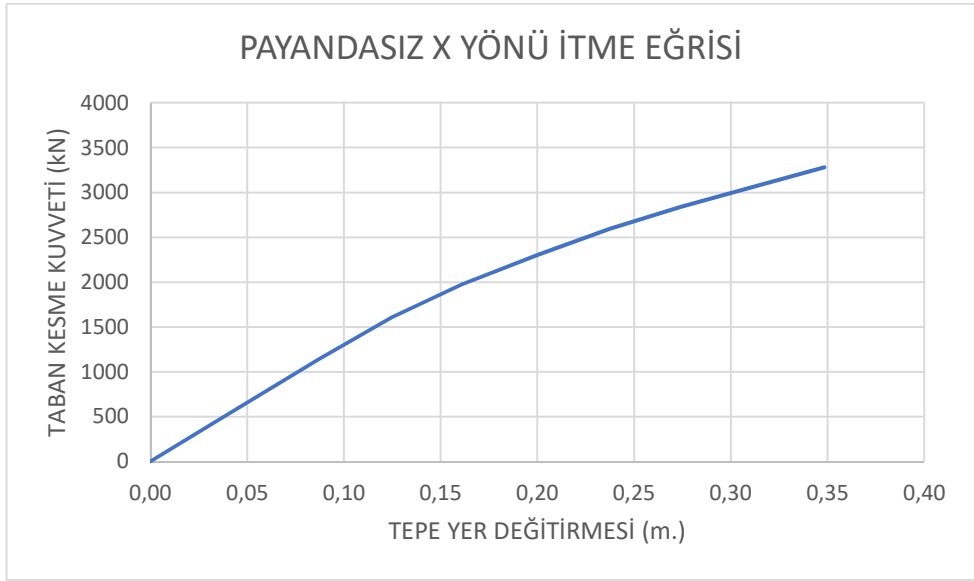
4.3.3.de geometrik özellikleri 4.12. yük durumları belirtilen yapının payandalı ve payandasız modellerinin pushover analizi yapılmıştır. Aşağıdaki şekillerde taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirme eğrileri verilmiştir.



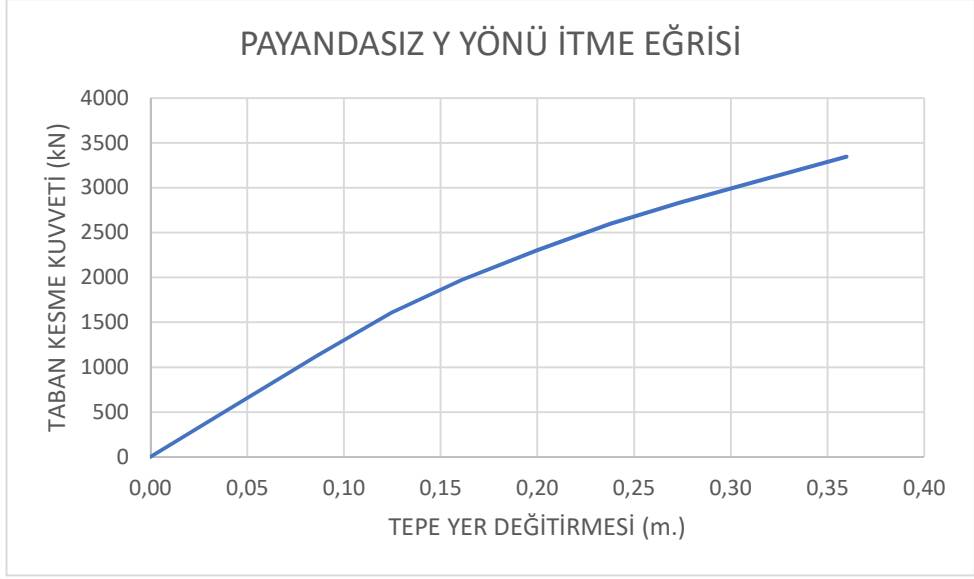
Şekil 33. Taban kesme - yer değiştirme grafiği



Şekil 34. Taban kesme - yer değıştirme grafiği



Şekil 35. Taban kesme - yer değıştirme grafiği



Şekil 36. Taban kesme - yer değiştirme grafiği

Eşdeğer deprem yükü etkilerek yapılan pushover analizinden gelen tepe noktasındaki yatay deplasman değerleri verilmiştir.

Tablo 35. X ve Y yönleri için max. değerler

Model Tipi	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Noktası Yer değiştirme (m.)
Payandalı	3648,745	0,144819
Payandasız	3344,91	0,359455

Tablo 36. Hasar sınır değerleri

Model Tipi	Yükleme Durumu	Taban Kesme (kN)	Yer değiştirme (m.)
Payandalı	PushX	1919	0,064
	PushY	2130	0,15
Payandasız	PushX	1879,76	0,067
	PushY	2305,87	0,2

Yukarıdaki tabloda hasar sınır değeri olarak LS (Life Safety) kabul edilmiştir.

VI. ÖNERİ VE SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında 15 adet 2D Frame, 3 adet 3D Shell, payandalı ve payandasız olmak üzere 2 adet bina yapısı ile birlikte toplam 20 adet model üzerinde incelemeler yapılmıştır. 2D Frame eleman ve 3D Shell eleman için yapılan modal analiz sonucunda payandalı sistemlerin payandasız sisteme göre daha rijit olduğu, çelik yapı tasarım kontrolünde daha düşük kesitlerde istenilen performansı sağladığı görülmüştür. Böylelikle daha ekonomik ve statik açıdan uygun modeller oluşturulmuştur. Eleman kesitlerinin küçülmesi modellerinde toplam kütlelerini azalttığı için deprem anında oluşacak yanal deprem yüklerinin de tabii olarak azalmasını sağlayarak avantaj oluşturmuştur.

Payandanın tasarımını yaparken uygulayacağımız yapının geometrik özellikleri, mimari disiplini göz önünde bulundurulmalıdır. Payandanın doğru bir şekilde uygulanması yapıların yükleri düzgün şekilde paylaşmasını sağlayacaktır. Çelik yapılar için doğru bir şekilde tasarlanıp uygulanan payandalar yapıyı daha güvenli hale getireceği görülmüştür. Modellemesi yapılan payandanın kesit özellikleri ve malzeme kalitesi yapıların güvenliğini arttırmaktadır. Uygulama açısı ve eğimine dikkat edilmelidir. Şu ana kadar yapılan akademik çalışmalar payandanın dairesel olarak eğim verilerek uygulanması üzerine, bu çalışmalar küçük et kalınlığına sahip kesitlerde sorunsuz deneysel sonuçlar vermiştir. Ama bizim bu incelemelerde yaptığımız gibi geniş açığa yakın üçgen eğimli payanda tasarımlarında deneysel olarak ne gibi sonuçların elde edileceğini görmek için bu bilgiler ışığında çalışmalar yapılmalıdır.

Sonuç olarak iyi tasarlanmış ve uygulanmış payanda elemanlarla ekonomik, estetik, güvenilir yapılar inşa edilebilir.

VII. KAYNAKÇA

MAKALELER

- ASHRAFI, A., & IMANPOUR, A. (2021). "Seismic response of steel multi-tiered eccentrically braced frames". **Journal of Constructional Steel Research**, *181*, 106600.
- DEGHANI, S., FATHIZADEH, S., VOSOUGHI, A., FARSANGI, E. N., YANG, T., & HAJIRASOULIHA, I. (2021). "Development of a novel cost-effective toggle-brace-curveddamper (TBCD) for mid-rise steel structures using multi-objective NSGA II optimization technique". **Structural and Multidisciplinary Optimization**, *63*, 661-688.
- FATHIZADEH, S., DEGHANI, S., YANG, T., FARSANGI, E. N., VOSOUGHI, A., HAJIRASOULIHA, I., TAKEWAKI, I., MÁLAGA-CHUQUITAYPE, C., & VARUM, H. (2020). "Trade-off Pareto optimum design of an innovative curved damper truss moment frame considering structural and non-structural objectives". **Structures**, Volume 28, December 2020, Pages 1338-1353
- GHABUSSI, A., MARNANI, J. A., & ROHANIMANESH, M. S. (2020). "Improving seismic performance of portal frame structures with steel curved dampers". **Structures**, Volume 24, April 2020, Pages 27-40
- HSU, H.-L., & HALIM, H. (2017). "Improving seismic performance of framed structures with steel curved dampers". **Engineering Structures**, *130*, 99-111.
- HSU, H.-L., & HALIM, H. (2018). "Brace performance with steel curved dampers and amplified deformation mechanisms". **Engineering Structures**, *175*, 628-644.
- PALERMO, M., PIERACCINI, L., DIB, A., SILVESTRI, S., & TROMBETTI, T. (2017). "Experimental tests on Crescent Shaped Braces hysteretic devices". **Engineering Structures**, *144*, 185-200.
- PATIL, D. M., & SANGLE, K. K. (2015). "Seismic behaviour of different bracing systems in high rise 2-D steel buildings". **Structures**, Volume 3, August 2015, Pages 282-305

- SADID, M. S. (2021). "Guse açısı ve berkitme tipinin statik yük etkisi altındaki kolon-kiriş birleşim davranışına etkisi= Effect of the haunch angle and stiffener types on column-beam connection behaviour under static loading".
- SOURI, O., & MOFID, M. (2023). "Seismic evaluation of concentrically braced steel frames equipped with yielding elements and BRBs". **Results in Engineering**, *17*, 100853.
- WONGPAKDEE, N., LEELATAVIWAT, S., GOEL, S. C., & LIAO, W.-C. (2014). "Performance-based design and collapse evaluation of buckling restrained knee braced truss moment frames". **Engineering Structures**, *60*, 23-31.
- ZEKI, A., ÇELİK, İ. D., & KIMILLI, N. A. "Çaprazlı çelik çerçevelerin sismik performansı üzerine bazı değerlendirmeler". **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi**, *26*(1), 7-17.
- ZHANG, C., ZONG, S., SUI, Z., & GUO, X. (2023). "Seismic performance of steel braced frames with innovative assembled self-centering buckling restrained braces with variable post-yield stiffness". **Journal of Building Engineering**, *64*, 105667.
- ZHOU, Z., KE, K., CHEN, Y., & YAM, M. C. (2022). "High strength steel frames with curved knee braces: Performance-based damage-control design framework". **Journal of Constructional Steel Research**, *196*, 107392.
- ZHOU, Z., YE, B., & CHEN, Y. (2019). "Experimental investigation of curved steel knee braces with adjustable yield displacements". **Journal of Constructional Steel Research**, *161*, 17-30.

TEZLER

- UZ, A. (2020). "Çok katlı bir çelik yapının TBDY-2019 ve çelik yapılar yönetmeliği-2016 kullanılarak modellenmesi" [Eskişehir Teknik Üniversitesi].

İNTERNET BAĞLANTILARI

URL-1 <https://www.britannica.com/technology/steel/History>

URL-2 <https://www.britannica.com/summary/steel>

URL-3 <https://architectuul.com/architecture/home-insurance-building>

URL-4 <https://structural.community/articles/advantages-of-steel-construction/>

URL-5 <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/deprenmedir/index.htm#KONU2>

URL-6 <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/pushover-analysis>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Muhammed Eren DEDE

Öğrenim Durumu

Ön Lisans : Hitit Üniversitesi İnşaat Teknikerliği (2007-2009)

Lisans : Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi (2011-2014)

Yüksek Lisans : İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Deprem ve Yapı Mühendisliği Yüksek Lisans (2021-2023)