

**SPOR SALONLARININ DEPREM PERFORMANSININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

HAKAN ULUĞ

ŞUBAT 2022

DIYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SPOR SALONLARININ DEPREM PERFORMANSININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

HAKAN ULUĞ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI YAPI MÜHENDİSLİĞİ
PROGRAMINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

ŞUBAT 2022

DİYARBAKIR

**SPOR SALONLARININ DEPREM PERFORMANSININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hakan ULUĞ tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

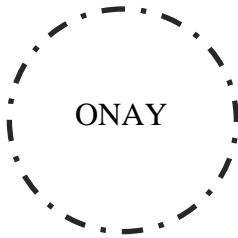
Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Dr. Öğr. Üyesi Senem Yılmaz ÇETİN^(*)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ^(**)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Ercan IŞIK
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis Eren Üniversitesi



Savunma Tarihi:18.02.2022

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.

(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Hakan ULUĞ

İmza:

TEŞEKKÜR

Öncelikle danışmanım Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ' ye tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösterdiği için teşekkürlerimi sunarım.

En önemlisi, kendime bazı zamanlar inanmasam da bana inandıkları için eşime, oğluma ve babama teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Konu	1
1.2 Konu İle İlgili Çalışmalar.....	2
1.3 Çalışmanın Amacı	3
2. Türkiye’deki Spor Salonlarının Sınıflandırılması.....	4
2.1 Taşıyıcı Sistemi Betonarme Çatı Sistemi Çelik Olan Spor Salonları	4
2.2 Taşıyıcı Sisteminin Tamamı Çelik Olan Spor Salonları.....	5
2.3 Tamamı Betonarme Spor Salonları	5
2.4 Modüler Spor Salonları	6
2.5 Prefabrik Spor Salonları	6
3. Performansa Göre Tasarımın Yapılması.....	7
3.1 Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı	7
3.1.1 Binalardan Toplanacak Bilgi Düzeyleri.....	7
3.1.2 Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi.....	7
3.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	8
3.2.1 Kesit Hasar Durumları	8
3.2.2 Kesit Hasar Bölgeleri	8
3.3 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar	8
3.3.1 Doğrusal Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabı.....	9
3.3.2 Mod Birleştirme Yöntemi	9
3.4 Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Türlerinin Belirlenmesi....	9
3.5 Doğrusal Hesap Yöntemlerinin Uygulama Sınırları	10
3.6 Birim Şekil Değiştirme ve Plastik Dönme Taleplerinin Belirlenmesi	11
3.7 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabı	12
3.8 Şekil Değiştirme Sınırları	12

3.8.1	Betonarme ve Elemanların Kesit Birim Şekil Değişirme ve Plastik Dönme Sınırları.....	12
3.8.2	Çelik Elemanların Şekil Değişirme ve Plastik Dönme Sınırları.....	13
3.8.2.1	Çelik Kiriş ve Kolonların Şekil Değişirme Sınırları	13
3.8.2.2	Moment Aktaran Çerçevelerin Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinin Şekildeğişirme Sınırları.....	14
3.8.2.3	Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Şekil Değişirme Sınırları	14
4.	Spor Salonlarının Performans Analizlerinin Yapılması	15
4.1	Betonarme Spor Salonunun (Çatı Makası Kafes Sistemli) Performans Analizinin Yapılması.....	15
4.1.1	Spor Salonundan Bilgi Toplanması	15
4.1.2	Spor Salonunun Konumunun Depremselliği	18
4.1.3	Bina Bilgi Düzeyinin Tespit Edilmesi	19
4.1.4	Deprem Yüklerinin Binaya Tanımlanması	19
4.1.5	Binaya Uygulanan Statik Yükler	21
4.1.6	Çatlamış Kesit Rijitliklerinin Binaya Tanımlanması	21
4.1.7	Performans Hesabında Kullanılacak Kombinasyonların Tanımlanması	22
4.1.8	Betonarme Taşıyıcı Sisteme Ait Kesit ve Donatı Özellikleri	22
4.1.9	Çelik Çatı Makası Kesit Özellikleri	23
4.1.10	Uygulanacak Çatı Sistemine Göre Bina Tepe Yer Değişirmelerinin Karşılaştırılması	24
4.1.11	Uygulanacak Çatı Sistemleri.....	25
4.1.11.1	Kafes Sistemin Tamamının Rijit Olması Durumu.....	25
4.1.11.2	Kafes Sisteminin Tamamının Mafsallı Olması Durumu	25
4.1.11.3	Kafes Sisteminin Dikme ve Diyagonallerinin Mafsallı Olması Durumu	25
4.1.11.4	Birleşimlerin %30 Oranında Moment Aktarma Durumu	26
4.1.11.5	Çatının Sistemden Ayrı Çözüldüğü Durum.....	26
4.1.12	Yönetmeliğe Göre EKO Değerlerinin Karşılaştırılması	28
4.1.13	S101 Kolonunun Performans Düzeyinin Belirlenmesi	29
4.1.14	Yapı Performansının Değerlendirmesi.....	35
4.2	Çelik Spor Salonunun Performans Analizinin Yapılması	36
4.2.1	Binaya Uygulanan Statik Yükler ve Tanımları.....	36

4.2.2	YDKT Sistemine Göre Kullanılacak Olan Yük Kombinasyonları	37
4.2.3	Sistemin YDKT Sistemine Göre Tasarımı.....	37
4.2.4	Yapının Performans Analizinin Yapılması ve Performans Düzeyinin Elde Edilmesi.....	38
4.2.4.1	Modal Kütle Katılım Oranlarının Tespit Edilmesi.....	38
4.2.4.2	Plastik Mafsalların Sisteme Tanımlanması	39
4.2.4.3	Kiriş Rijitliklerinin Hesaplanması.....	40
4.2.4.4	Doğrusal Olmayan Statik Analizi (Artımsal İtme) Kombinasyonlarının Tanımlanması	41
4.2.4.5	X ve Y Yönü İtme Analizi Sonucu Yer Değiştirme ve Taban Kesme Grafiklerinin Tespiti.....	42
4.2.4.6	Modal Katkı Çarpanı, Modal İvme ve Modal Yer Değiştirmelerin Tespit Edilmesi	42
4.2.4.7	Yer Değiştirme İstemlerinin Belirlenmesi	46
4.2.4.8	Kiriş Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi	48
4.2.4.9	Kolon Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi	50
4.2.4.10	Çapraz Elemanların Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi	52
4.2.5	Bulonların Kesme Kuvveti Kontrolü	55
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
	EKLER	59
	KAYNAKLAR	68
	ÖZGEÇMİŞ	69

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1 Karot Raporu.....	16
Tablo 4.2 Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları	21
Tablo 4.3 Bina Tepe Noktası Deplasman Değerleri	27
Tablo 4.4 Yönetmeliğe Göre EKO Değerlerinin Karşılaştırılması	28
Tablo 4.5 X Yönü Kiriş Hasar Yüzdeleri.....	34
Tablo 4.6 X Yönü Kiriş Hasar Yüzdeleri.....	34
Tablo 4.7 Kiriş Hasar Yüzdeleri Y YÖNÜ	34
Tablo 4.8 Kiriş Hasar Yüzdeleri Y YÖNÜ	34
Tablo 4.9 Düşey Elemanların Taşıdığı Kesme Kuvveti Yüzdeleri X Yönü	34
Tablo 4.10 Düşey Elemanların Taşıdığı Kesme Kuvveti Yüzdeleri X Yönü	34
Tablo 4.11 Düşey Elemanların Taşıdığı Kesme Kuvveti Yüzdeleri Y Yönü	34
Tablo 4.12 Düşey Elemanların Taşıdığı Kesme Kuvveti Yüzdeleri Y Yönü	35
Tablo 4.13 Kütle Katılım Oranları	38
Tablo 4.14 Kiriş Rijitliğinin Tespit Edilmesi.....	40
Tablo 4.15 X Yönü Modal İvme ve Modal Yer Değiştirme	44
Tablo 4.16 Y Yönü Modal İvme ve Modal Yer Değiştirme	45
Tablo 4.17 Kiriş Dönme Değerleri	48
Tablo 4.18 Şekildeğiştirme Sınırları	48
Tablo 4.19 Kiriş Hasar Bölgeleri	49
Tablo 4.20 Basınç Altındaki Çaprazlarla Bağlı Kolonlar Hasar Bölgeleri	52
Tablo 4.21 Çekme Altındaki Çaprazlarla Bağlı Kolonlar Hasar Bölgeleri	52
Tablo 4.22 Basınç Altındaki Kolonlar Hasar Bölgeleri	52
Tablo 4.23 Çekme Altındaki Çaprazların Hasar Bölgeleri	53
Tablo 4.24 Basınç Altındaki Çaprazların Hasar Bölgeleri.....	54
Tablo 4.25 Çekme ve Basınç Altındaki Çaprazların Hasar Bölgeleri	54

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Mardin Artuklu Spor Salonu.....	4
Şekil 2.2 Yeni Nesil Spor Salonu.....	5
Şekil 2.3 Betonarme Spor Salonu	5
Şekil 2.4 Modüler Spor Salonu	6
Şekil 2.5 Prefabrik Spor Salonu	6
Şekil 4.1 Binanın Üç Boyutlu Gösterimi	15
Şekil 4.2 Karot Alım Yerinin Belirlenmesi	16
Şekil 4.3 Zemin Kat Planı	17
Şekil 4.4 Donatı Tespitinin Yapılması	17
Şekil 4.5 Sıyırma İşlemi Yapıldıktan Sonra Donatı Ölçümü.....	18
Şekil 4.6 Web Uygulama Sayfası Görüntüsü.....	18
Şekil 4.7 X Yönü Deprem Yükleme.....	19
Şekil 4.8 Y Yönü Deprem Yükleme.....	20
Şekil 4.9 Sap 2000 Programına Spektrum Tanımlanması	20
Şekil 4.10 Çatlamış Kesit Rijitliklerinin Programda Tanımlanması.....	21
Şekil 4.11 Kombinasyonların Programda Tanımlanması	22
Şekil 4.12 50x70 cm Ebatlarındaki Kolon	23
Şekil 4.13 30x60 cm Ebatlarındaki Kiriş	23
Şekil 4.14 Çatı Makasında Kullanılan Profil Kesitleri.....	23
Şekil 4.15 Rijit Kafes Sistemi	25
Şekil 4.16 Mafsallı Kafes Sistemi.....	25
Şekil 4.17 Dikme ve Diyagonallerin Mafsallı Olduğu Kafes Sistemi	25
Şekil 4.18 %30 Oranında Moment Aktaran Sistem	26
Şekil 4.19 Sadece Çatının Çözüldüğü Sistem	26
Şekil 4.20 Çatı Yüklerinin Binaya Aktarılması	26
Şekil 4.21 Y Yönü Tepe Noktası Yer Değiştirme.....	27
Şekil 4.22 X Yönü Tepe Noktası Yer Değiştirme.....	28
Şekil 4.23 Moment Eğrilik Grafiği	32
Şekil 4.24 Moment Kapasite Diyagramı	33
Şekil 4.25 Beton Gerilme ve Şekil Değiştirme Grafiği.....	33
Şekil 4.26 Çelik Spor Salonu Üç Boyutlu Gösterimi.....	36
Şekil 4.27 AISC 360-10'a Göre Dizayn Edilmiş Sistem.....	37
Şekil 4.28 X Yönünde Sisteme Tanımlanan Plastik Mafsallar	39
Şekil 4.29 Sisteme Tanımlanan Plastik Mafsallar	39
Şekil 4.30 Statik İtme Analizinin Başlangıç Yükleme.....	41
Şekil 4.31 X Yönündeki Statik İtme Yükleme.....	41
Şekil 4.32 X Yönü Yer Değiştirme Taban Kesme Diyagramı.....	42
Şekil 4.33 Y Yönü Yer Değiştirme Taban Kesme Diyagramı.....	42
Şekil 4.34 X Yönü Yer Değiştirme Modal İvme Diyagramı	44
Şekil 4.35 Y Yönü Yer Değiştirme Modal İvme Diyagramı	45
Şekil 4.36 İvme Spektral Yer Değiştirme Davranış Spektrumu	46

Şekil 4.37 Çakıştırılmış İvme Spektral Yer Değiştirme Davranış Spektrumu.....	46
Şekil 4.38 X Yönünde Oluşan Plastik Mafsallar	47
Şekil 4.39 Statik İtme Eğrisi	47
Şekil 4.40 F_y - F_u - F_e Diyagramı	51
Şekil 4.41 Bulonların Dış Açılmış Gövde Bölümü Kayma Düzlemi	55
Şekil 4.42 Bulonların Karakteristik Akma Gerilmeleri ve Çekme Dayanımları	55
Şekil 4.43 Çapraz Elemana Ait N_d Değeri	56



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
V_e	Kolon, kiriş, birleşim bölgesi ve perde enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
V_r	Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme kuvveti dayanımı
f_{ck}	Betonun karakteristik basınç dayanımı [MPa]
f_y	Taşıyıcı sistemin akma dayanımı
θ	Yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
θ_y	Akma dönmesi [rad]
ϕ_t	Eleman uç kesitinin toplam eğrilik talebi
ϕ_y	Etkin akma eğriliği
ε_s	Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekil değiştirmesi
K_o	Dönme rijitliği
E	Elastisite modülü
V_{x1}	Taban kesme kuvveti [kN]
$a_1^{(i)}$	Modal ivme [m/sn^2]
Γ_{x1}	(X) deprem doğrultusu için birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekline göre hesaplanan modal katkı çarpanı
u_{xn1}	X yönü yerdeğiştirme istemi
u_{yn1}	Y yönü yerdeğiştirme istemi
P_c	Çelik elemanın beklenen eksenel basınç dayanımı [kN]
K_o	Alın levhalı ve başlık levhalı birleşim bölgesi dönme rijitliği [kNm/rad]
A_g	Kayıpsız en kesit alanı
Δ_C	Çelik elemanın eksenel basınç dayanımına karşı gelen akma yerdeğiştirmesi [m]
Δ_T	Çelik elemanın eksenel çekme dayanımına karşı gelen akma yerdeğiştirmesi [m]

Kısaltma

YDKT
LRFD
BYS
SH
KH
GÖ
R

I
BKS
DTS
 H_N
 S_{DS}

S_s

F_s

S_{D1}

S_1

F_1
katsayısı

PGA

PGV

ŞGDT

Açıklama

Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım
Taşıma gücü yöntemine göre tasarım
Bina yükseklik sınıfı
Sınırlı hasar performans düzeyi
Kontrollü hasar performans düzeyi
Göçme önlenmesi performans düzeyi
Davranış katsayısı

Bina önem katsayısı
Bina kullanım sınıfı
Deprem tasarım sınıfı
Bina toplam yüksekliği
Kısa periyot tasarım spektral ivme
katsayısı [boyutsuz]
Kısa periyot harita spektral ivme
katsayısı [boyutsuz]
Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki
katsayısı

1.0 saniye periyot için tasarım spektral
ivme katsayısı [boyutsuz]

1.0 saniye periyot için harita spektral
ivme katsayısı [boyutsuz]

1.0 saniye periyot için yerel zemin etki

En Büyük Yer İvmesi [g]

En Büyük Yer Hızı [cm/sn]

Şekil değiştirmeye göre tasarım

ÖZET

SPOR SALONLARININ DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Uluğ, Hakan

Yüksek Lisans, Yapı Mühendisliği Bölümü

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ

Şubat 2022, 85 sayfa

Aktif deprem kuşağında ve diri fay hatlarının bulunduğu Türkiye’de yapılan betonarme ve çelik spor salonlarında çelik taşıyıcı elemanlar ile bağlantı elemanlarının tahkikinde, performans analizlerinin dikkate alınması gerektiğinden yola çıkılarak bu tez çalışması hazırlanmıştır. Dört bölümden oluşan yüksek lisans tezinin birinci bölümü giriş bölümü olarak düzenlenerek bu bölümde konu ile ilgili açıklamalar, çalışmalar ve çalışmaların amaç ve kapsamı anlatılmıştır. İkinci bölümde Türkiye’de yapılan spor salonlarının yapı özellikleri anlatılmış ve çeşitli spor salonları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde performansa dayalı tasarım ve değerlendirmesi detaylı olarak verilmiştir. Bu bölümde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine (TBDY 2018) göre binalara ilişkin bilgilerin toplanması, bina taşıyıcı sistem elemanlarının hasar sınırları ve bina deprem performans düzeylerinin belirlenmesine ilişkin konular verilmiştir. Performans belirleme aşamasında, deprem hareketleri ve performans hedefleri belirtilmiş, kullanılan analiz yöntemleri açıklanmıştır. Dördüncü bölümde her iki spor salonunun mevcut durumları ele alınmış ve sayısal inceleme yapılmıştır. Spor salonlarına ait bilgiler kullanılarak SAP 2000 programı yardımıyla tasarımı yapılmış olan betonarme taşıyıcı sistemli ve çatısı çelik kafes sistem makaslardan oluşan yapının, çatıdaki makas elemanlarının moment aktaran (rijit), moment aktarmayan (mafsallı) ve % 30 oranında moment aktaran elemanlardan teşkil edilmesi halinde bina tepe noktası deplasman değerlerinde meydana gelen değişiklikler incelenmiş, çelik spor salonunun da doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden artımsal deprem yükü ile itme analizi yöntemi kullanılarak deprem performansı incelenmiş ve çapraz elemanların bağlantı noktalarının ezilme hesapları yapılmıştır. Sonuç bölümünde ise yapılan hesaplamaların sonuçları değerlendirilmiş, ilk uygulamada tepe noktası deplasmanının en çok etkileyen sistemin rijit olan birleşim, en az etkileyen sistemin ise dikme ve diyagonallerin mafsallı olarak belirlenen sistemin olduğu görülmüştür. İkinci sayısal uygulamada ise çapraz elemanların bulon deliklerinde ezilmelerin olduğu görülmüş, bu tür yapıların şekildeğiştirmeye göre tasarımların yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Spor Salonu, Çelik Yapılar, Performans Analizi, Şekil Değiştirme

ABSTRACT

EARTHQUAKE PERFORMANCE OF SPORTS HALLS EVALUATION

Uluğ, Hakan

Master of Science in, Department of Structure Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ

February 2022, 85 pages

This thesis study has been prepared based on the fact that performance analyzes should be taken into account in the investigation of steel carrier elements and fasteners in reinforced concrete and steel sports halls built in Turkey, where there are active fault lines and active seismic belts. The first part of the master's thesis, which consists of four parts, was arranged as the introduction, and in this part, the explanations, studies and the purpose and scope of the studies were explained. In the second part, the construction features of the sports halls built in Turkey are explained and general information about various sports halls is given. In the third chapter, performance-based design and evaluation are given in detail. In this section, topics related to collecting information about buildings, damage limits of building structural system elements and determining building earthquake performance levels are given in accordance with the Turkish Building Earthquake Code (TBEC 2018). In the performance determination phase, earthquake movements and performance targets were specified, and the analysis methods used were explained. In the fourth chapter, the current situations of both gyms are discussed and numerical analysis is made. If the structure, which has a reinforced concrete carrier system and whose roof consists of steel truss system trusses, designed with the help of the SAP 2000 program using the information of the sports halls, the truss elements on the roof are composed of moment-transmitting (rigid), non-moment-transmitting (articulated) and 30% moment-transmitting elements. The changes in the displacement values of the diagonal points were examined, the earthquake performance of the steel sports hall was examined using the incremental earthquake load and thrust analysis method, which is one of the nonlinear inelastic calculation methods, and the crushing calculations of the connection points of the cross members were made. In the conclusion part, the results of the calculations were evaluated, and it was seen that the system that most affected the peak displacement was the rigid joint, and the system that affected the least was the system that was determined as articulated struts and diagonals. In the second numerical application, it was observed that there were crushing in the bolt holes of the cross members, and it was concluded that such structures should be designed according to deformation.

Keywords: Sports Hall, Steel Structures, Performance Analysis, Strain

1. GİRİŞ

Türkiye’de mevcut bina stoğu incelendiğinde, büyük bir bölümünün mühendislik hizmeti alınmadan inşa edildiği, yeterli bilgi ve kapasiteye sahip olmayan kişiler tarafından yapıldığı veya eski deprem yönetmeliklerine statik hesaplarının yapıldığı görülmektedir.

Türkiye’nin deprem kuşağında bulunması ve olası deprem riskinin yüksek olduğu düşünüldüğünde, deprem sonrasında binaları depremde zarar gören veya hasar alan depremedelerin hayatlarını devam ettirebilmesi ve yeni bir konuta yerleşene kadar yaşamlarını idame ettirecekleri binaların bulunması gerekmektedir. Özellikle çok sayıda çok sayıda kişinin aynı anda barındırılabilen kamu binaları, misafirhaneler ve spor salonları gibi yapılar bu durumlarda kullanılacak yapılar arasında bulunmaktadır. Bu gibi yapıların inşaatı esnasında daha fazla özen ve dikkatin gösterilmesi gerekmektedir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 ile binaların şekil değiştirmeye göre tasarımına daha fazla vurgu yapılmaktadır. Bu yönetmelik esaslarına göre mevcut yapı stoğunun deprem performanslarının yapılması önem arz etmektedir.

1.1 Konu

Son yıllarda binaların statik tasarımının sadece taşıma gücü hesaplarına göre yapılmasının, binanın deprem esnasında karşılaştığı zorlanmalar ve şekil değiştirme taleplerinin belirlenmesinde yeterli olmadığı görülmüştür. Yapıların sadece taşıma gücü hesaplarının değil şekil değiştirmeye bağlı performans analizlerinin de yapılması gerektiği görülmüştür. 2018 Deprem Yönetmeliğinde de görüldüğü gibi taşıma tasarımı öncesi binaların şekil değiştirme isteminin incelenmesi gerekmektedir. Öncelikle yapıların bina geometrilerinin iyi analiz edilmesi ve yerinde kullanılan malzemenin karakteristik dayanımların ve donatı adetlerinin özenli bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Performans analizlerinin tespitinde iki temel yöntem doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler kullanılmaktadır. Dinamik analiz yöntemleri yapının deprem anındaki davranışı hakkında çok yakın değerler vermektedir. Ayrıca sadece performans noktası istenilen düzeyde yeterli olmamakta, taşıyıcı elemanların sünekliği, kolon ve kiriş birleşim bölgelerinin hesabı, zemin parametrelerinin düzenli bir şekilde belirlenmesi ve çevrede bulunan yapı şekillerinin tespiti de büyük önem arz etmektedir.

1.2 Konu İle İlgili Çalışmalar

Yapılara ait performans seviyelerinin değerlendirilmesinde, şekildeğiştirme ve yer değiştirmeye bağlı olan çalışma ve değerlendirmeler başta A.B.D. olmak üzere birçok ülkede çalışmalara konu olmaktadır.

TBDY 2018' de bu konuyla ilgili yapılacak çalışmalar için, hem betonarme yapılar olsun hem de çelik yapıları için şekildeğiştirme ve performans analizine yönelik ayrı bölümler bulunmaktadır. Ayrıca Eurocode 8.3 standardında ve A.B.D.'de ATC (Applied Technology Council) ve FEMA (Federal Management Agency) tarafından yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Türkiyede de bu konuyla ilgili birçok akademik çalışma yapılmış ve yapılmaktadır.

Yapılan performans analizi çalışmalarında, doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılmakta olup, TBDY 2018'e göre bu yöntemlerin uygulama sınırları açıkça belirtilmiştir.

Çavdar ve Ceylan (2017), yaptıkları bu çalışmada merkezi çaprazlı taşıyıcı sisteme sahip çelik bir spor salonunun artımsal eşdeprem yükü yöntemiyle performans analizi yapılmış olup, yapının uzun kenarına rijitleştirme amaçlı merkezi çaprazlar eklenmiş eklenen yeni çaprazlarla tekrardan performans analizi yapılmış olup, binada oluşan deplasman ve kesit değerleri incelenmiş olup ilk ve son akslara bırakılacak olan merkezi çaprazların kolon ve bazı giriş elemanlarının ebatlarının küçüldüğü ve ekonomik bakımdan daha avantajlı olduğu gözlenmiştir.

Ay, Z, vd., (2010), yaptıkları bu çalışmada çaprazlı çelik çerçevelerin sismik performansı üzerine çeşitli sayısal ve deneysel çalışmalar yapılmış ve karşılaşılan sorunlar belirlenmiştir. Özellikle çelik yapılarda, birleşim detayları ve eleman kesitlerinin sistem davranışını önemli ölçüde etkileyen faktörlerden olduğu, sistemde oluşacak plastik mafsalların konumu ve oluşum sırasının yapının performansını doğrudan etkilediği için yapı performansını önemli ölçüde etkilediği belirtilmiş olup, düzenli yapı sistemlerinde deplasmana dayalı sismik tasarım yaklaşımlarının iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Güvensoy (2019), yaptıkları bu çalışmada 2007 deprem yönetmeliğine göre yapılmış bir çelik binanın deprem performansı incelenmiş olup, yapının kolon ve girişlerinin hasar düzeyleri belirlenmiş ancak bağlantı elemanları ile çapraz elemanların güçlendirilmelerinin yapılması gerektiği görülmüştür.

Karagöz, Ö., vd., (2015), yaptıkları bu çalışmada çelik kafes sistem çatıların taşıyıcı sistemle birlikte ve ayrı analiz edilmesi sonucunda çatıyı oluşturan elemanlar üzerindeki kesit zorlarına olan etkisi araştırılmıştır. Çelik kafes sistem çatıların sistemden ayrı çözülmesi sonucunda çıkan değerler ile sistemle birlikte çözülmesi sonucu çıkan değerler arasında değer farklılıkları çıkmadığı görülmüş olup, ancak plan düzensizliği olan yapıların sistemle birlikte çözülmesinin faydalı olacağı görülmüştür.

Uygulamada bulunan tüm yönetmeliklerin muhakkak geliştirilmeye ve değiştirilmeye ihtiyacı bulunmaktadır. Mevcut yönetmeliğimizin performans analizinde şekildeğiştirmeye yönelik çalışmalarının başlangıç düzeyinde olduğu düşünüldüğünde ilerleyen yıllarda revize veya ek yönetmeliklerin düzenlenmesi gerekliliği de ortaya çıkacaktır. Yapılan çalışmalar ve uygulanan yöntemler ele alındığında uygulama ve tasarım süreci her ne kadar uzun ve yorucu olsada zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin, diğer yöntemlere göre daha gerçekçi sonuçlar verdiği görülmekte olup, bu hesap yönteminin yaygın olarak kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

1.3 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de bulunan tip spor salonlarından örnek olarak alınan betonarme taşıyıcı sistemli ve çelik taşıyıcı sistemli spor salonunun doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle performans analizi yapılmıştır.

Betonarme spor salonunun çelik kafes çatı sisteminin farklı birleşim sistemleriyle modellendiği zaman bina tepe noktası yer değiştirmeleri karşılaştırılmıştır. Çelik çatıların tamamı mafsallı, tamamı rijit, %30 oranında moment aktaran, dikme ve diyagonallerin mafsallı olduğu ve çelik çatının sistemden ayrı çözülerek yüklerin taşıyıcı sisteme aktarıldığı modellerin SAP 2000 programı ile hesapları yapılmıştır. Ayrıca çelik taşıyıcı sistemden oluşan spor salonunun doğrusal olmayan yöntemlerle performans analizi yapılmış olup yapının performans düzeyi ve birleşim noktalarında meydana gelen zorlanmalar incelenmiştir. TBDY 2018’e göre boyutlandırılacak olan çelik binaların boyutlandırılmasına geçilmeden önce çapraz birleşim hesabı yapılırken şekil değiştirmeye göre analiz yapılması gerekliliği, çapraz elemanlar ile çapraz elemanların kolonlara bağladığı plakaların tahkikinde performans analizinde çıkan hesaplar göz önünde bulundurulmasının deprem anında daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

2. Türkiye'deki Spor Salonlarının Sınıflandırılması

Türkiye'de bulunan spor salonları tamamı betonarme, taşıyıcı sistemi betonarme çatı sistemi çelik makas veya uzay kafes olarak tasarlananlar, tüm taşıyıcı sistemi çelik olanlar, prefabrik spor salonları ve modüler spor salonları olmak üzere beş ayrı türde tasarlanmaktadır. Türkiye'de yaygın olarak taşıyıcı sistemi betonarme çatı sistemi çelik olan spor salonları yapılmaktadır. Son yıllarda ise hem yapım hızı hem de maliyeti açısından yeni nesil olarak adlandırılan tüm taşıyıcı ve çatı sistemi çelik malzemeden imal edilmiş spor salonlarında inşa edilmektedir. Ayrıca sabit bir spor salonu kurulacak arazi bulunmayan bölgelerde veya gençlerin ulaşım sorunu yaşadığı yerlerde modüler spor salonları yapılabilmektedir.

Spor Salonlarının tasarımını belirleyen en önemli faktör kullanım amacıdır. Salonda yapılacak spor dalı ve spor dalı için gerekli olan oyun alanı büyüklüğüdür. Salonda yapılacak spor dalına göre bina tasarımı değişmektedir. Spor Salonu sadece voleybol maçlarının oynanması için yapılırsa oyun alanı ölçüleri 9 metreye 18 metre olduğundan salonun tamamı betonarme taşıyıcı sistemli olarak tasarlanabilmektedir. Basketbol veya hentbol müsabakalarının oynanması için tasarlanan spor salonlarında oyun alanı 40 metreye 20 metre olduğundan dolayı, bu açıklık betonarme kirişlerle geçilemeyeceğinden betonarme kolon üzerine çelik makas veya uzay kafes, tamamının prefabrik veya tamamının çelik olması gerekmektedir.

2.1 Taşıyıcı Sistemi Betonarme Çatı Sistemi Çelik Olan Spor Salonları

Bu özellikte olan spor salonları tüm spor branşları için hizmet verebilmekte olup genellikle resmi müsabakalar bu salonlarda oynanmaktadır. Seyirci kapasiteleri 250 kişilikten 15.000 kişiliğe kadar olabilmektedir.



Şekil 2.1 Mardin Artuklu Spor Salonu

2.2 Taşıyıcı Siteminin Tamamı Çelik Olan Spor Salonları

Bu özellikte olan spor salonlarında tüm spor branşları yapılabilir. Seyirci kapasiteleri 500 kişi ile sınırlı olduğundan dolayı resmi müsabakalarda tercih edilmemektedir. Genellikle antrenman amaçlı ve okul spor salonu olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.2 Yeni Nesil Spor Salonu

2.3 Tamamı Betonarme Spor Salonları

Bu özellikte olan spor salonlarında tüm spor branşları yapılamamakta olup, seyirci kapasiteleri kısıtlı sayıda olmaktadır. Genellikle antrenman amaçlı ve okul spor salonu olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.3 Betonarme Spor Salonu

2.4 Modüler Spor Salonları

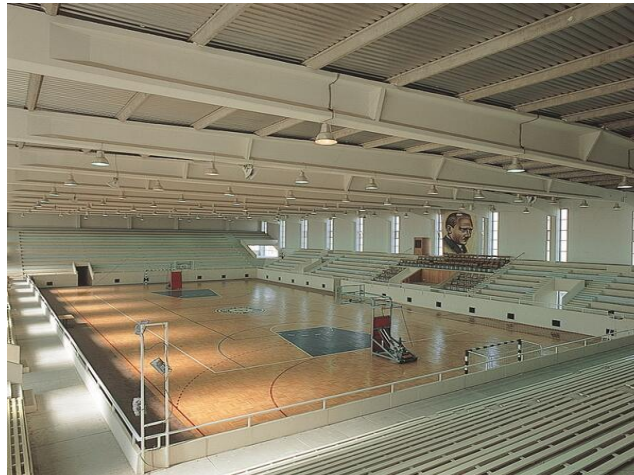
Bu özellikte olan spor salonlarında tüm spor branşları yapılamamakta olup, seyirci kapasiteleri kısıtlı sayıda olmaktadır. Genellikle gösteri amaçlı olan organizasyonlarda kullanılmaktadır.



Şekil 2.4 Modüler Spor Salonu

2.5 Prefabrik Spor Salonları

Bu özellikte olan spor salonları tüm spor branşları için hizmet verebilmektedir. Seyirci kapasiteleri 250 kişilikten 5.000 kişiliğe kadar olabilmektedir. Ancak her bölgede prefabrik imalatın bulunmaması, müşteriler kısmında yaşanan aksaklıklar ve estetik kaygılardan dolayı tercih edilmemektedir.



Şekil 2.5 Prefabrik Spor Salonu

3. Performansa Göre Tasarımın Yapılması

3.1 Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı

Binaların deprem dayanımlarının belirlenmesinde kolon ve kirişlerin kapasitelerinin değerlendirilmesinde taşıyıcı sistem ebatlarına ve yerinde kullanılan beton, demir ve çelik malzemelerinin özelliğine ait bilgiler, mevcut bina raporları ve projelerinden, binadan alınan beton karot ve demir örneklerine yapılacak testlerden elde edilecektir. Taşıyıcı sistemin belirlenmesi, bina taşıyıcı elemanları kolon, kiriş ve temelin ebatlarının zemin sınıfının saptanması, ayrıca binada önceden mevcut olan hasar ve değişiklikler belirlenerek mevcut bina projesine göre değerlendirilmesi binadan bilgi toplanması sürecinde yapılan işlemlerdir.

3.1.1 Binalardan Toplanacak Bilgi Düzeyleri

Binaların değerlendirmesinden sonra yapının bilgi düzeyi ve bilgi düzeyi katsayısı belirlenerek sisteme tanımlanacaktır. Sınırlı Bilgi Düzeyindeki binalar için 0.75, Kapsamlı Bilgi Düzeyindeki binalar için 1.00 katsayısı kullanılacaktır. Taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında bu bilgi düzeyleri ve katsayıları kullanılacaktır.

Sınırlı Bilgi Düzeyi sadece “ Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları” tablosundaki BKS-3 Diğer Binalar bölümü için kullanılacak olup, diğer sınıflar için Kapsamlı Bilgi Düzeyi kullanılacaktır.

3.1.2 Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Betonarme binanın uygulama projeleri var ise yerinde yapılacak ölçümlerle taşıyıcı sistem ebatlarının projeye uygun olup olmadığı kontrol edilecek ve yerinde yapılan ölçümler ile uygulama projesi arasında çok büyük değişiklikler tespit edilirse proje kabul edilmeyerek, yerinde yapılan röleve projeleri kullanılacaktır.

Binanın projeleri mevcut ise donatının projeye uygunluğu kontrolü için her katta en az birer adet olmak üzere kolonların %5'inin beton örtüsü sıyrılarak donatılar belirlenecektir. Ayrıca kolonların % 20'sinde ve çerçeve kirişlerin %10'nunda enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi belirlenecektir.

Kolonlardan TS EN 12504-1 'de belirtilen koşullara uygun olarak zemin katta üç, diğer katlarda iki adetten az olmamak üzere ve binada toplam dokuz adetten az olmamak üzere her 400 m²'den bir adet beton örneği alınarak deney yapılacaktır.

Yapılan deneyler sonucunda bulunan dayanım değerleri mevcut beton dayanımı olarak kabul edilecektir. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama eksi standart sapma) değeri ile (0.85 çarpı ortalama) değeri arasında büyük olanı mevcut beton dayanımı olarak değerlendirilecektir. Donatı sınıfı ise sıyrılan yüzeylerde yapılan incelemeler neticesinde tespit edilerek her sınıftaki çelik için (S220, S420) birer adet örnek alınarak deney yapılacak, çeliğin akma gerilmesi, kopma dayanımı ve şekil değiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu karşılaştırılacaktır. Bulunan değer mevcut çelik akma gerilmesi olarak alınacaktır.

3.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

3.2.1 Kesit Hasar Durumları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç hasar durumu ve hasar sınırı tanımlanmıştır. Bunlar Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi Hasar (GÖ) durumları ve bunların sınır değerleridir. Sınırlı hasar ilgili kesitte sınırlı miktarda elastik ötesi davranışı, kontrollü hasar kesit dayanımının güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışı, göçme öncesi hasar durumu ise kesitte ileri düzeyde elastik ötesi davranışı tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

3.2.2 Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitlerin hasarı SH'a ulaşmayan elemanlar Sınırlı hasar Bölgesinde, SH ile KH arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesinde, KH ile GÖ arasında kalan elemanlar İleri hasar Bölgesinde, GÖ'yü aşan elemanlar ise Göçme Bölgesinde yer almaktadırlar. Elemanların hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir

3.3 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Deprem hesabının amacı mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi

beklenmemelidir. Aşağıda tanımlanacak genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerli olacaktır.

Deprem etkisinin tanımında belirlenen deprem yer hareketi düzeyleri için yatay elastik tasarım spektrumu kullanılmıştır. Deprem Hesabında Bina Önem Katsayısı kullanılmamıştır.

Binaların deprem performansı, binaya etkileyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilmiştir. Kütlelerin hesabında hareketli yük kütle katılım oranları eklenerek hesaplanmıştır. Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilmiştir. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanmış, ayrıca ek dış merkezlik uygulanmamıştır. Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0.0035, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi ise 0.01 alınabilir. Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri kullanılmıştır.

3.3.1 Doğrusal Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabı

Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemidir. Bu yöntemlerle ilgili olarak aşağıda belirtilen ek kurallar uygulanacaktır.

3.3.2 Mod Birleştirme Yöntemi

Mod birleştirme yöntemine göre deprem hesabında $R_a = 1$ alınacaktır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında bu doğrultuda hakim olan modda elde edilen iç kuvvet yönleri esas alınacaktır.

3.4 Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Türlerinin Belirlenmesi

Bu hesap yöntemlerinin betonarme sistemler için uygulama sınırlarının belirlenmesinde, kiriş, kolon ve perde elemanların kesitlerinin eğilme etki/kapasite oranları (EKO) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır.

Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise sünek, kesme ise gevrek olarak sınıflandırılırlar.

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayım değerleri kullanılarak aşağıda verilen denklemdeki sınır değerleri sağlanması gereklidir.

$$V_e \leq V_r \quad (3.1)$$

$$V_e \leq 0.85 b_w d \sqrt{f_c k} \quad (3.2)$$

V_e 'nin hesabında kolonlar için;

$$V_e = (M_a + M_{ii}) / \ell_n \quad (3.3)$$

V_e 'nin hesabında kirişler içinse aşağıdaki formül kullanılacaktır;

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / \ell_n \quad (3.4)$$

Kolon, kiriş ve perdelerde V_e 'nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılacaktır. Düşey yükler ile birlikte $R_a=1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e 'den küçük olması durumunda V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır. Yukarıda belirtilen sünek eleman koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanacaktır.

Sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranı (EKO), düşey yükler ve deprem etkisi altında $R_a =1$ alınarak hesaplanan toplam kesit momentinin kesit moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. EKO hesabında uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınacaktır. Kolon ve perde kesitlerinin eğilme momenti kapasitelerine karşılık gelen eksenel kuvvetle, düşey yükler ve $R_a=4$ alınarak hesaplanan deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanacaktır.

3.5 Doğrusal Hesap Yöntemlerinin Uygulama Sınırları

Doğrusal hesap yöntemleri, aşağıda belirtilen durumlardan herhangi birinin oluşması durumunda uygulanamaz.

Bina yükseklik sınıfının 5'den küçük olması, binada B3 düzensizliğinin bulunması, betonarme binalarda, binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusu için düşey sünek elemanların (kolon, perde ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) kesme kuvveti ile ölçeklendirilmiş EKO değerlerinin ortalamasının deprem yönündeki kirişlerin ortalama EKO değerinden büyük olması. Binanın üst

katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusu için sünek perde, sünek kolon ve güçlendirilmiş bölme duvarların kesme kuvveti ile ölçeklendirilmiş EKO değerlerinin ortalamasınının 3'den büyük olması. Binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusundaki sünek kirişlerin ortalama EKO değerinin 5'den büyük olması.

Yukarıda belirtilen kesme kuvveti ile ölçeklendirilmiş EKO değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanacaktır.

$$EKO = \frac{\sum_i V_i (EKO)_i}{\sum_i V_i} \quad (3.5)$$

3.6 Birim Şekil Değiştirme ve Plastik Dönme Taleplerinin Belirlenmesi

Eleman kesitlerinin birim şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri eşdeğer deprem yükü yöntemi veya mod birleştirme yöntemine göre yapılan hesap sonucunda herhangi bir eleman ucunda elde edilen toplam yerdeğiştirmiş eksen dönmesi θ_k kullanılarak belirlenecektir.

Eğilme elemanı doğrusal elastik şekil değiştirme durumunda iken, i ucundaki yerdeğiştirmiş eksen ve düğüm noktası dönmeleri ile kat arası ötelemenin ilişkisi aşağıdaki formülle tanımlanır.

$$\theta_{ki} = \frac{\Delta}{l_c} - \theta_i \quad (3.6)$$

Eleman uç kesitinin toplam eğrilik talebi ϕ_t aşağıdaki bağıntıdan hesaplanacaktır.

$$\phi_t = \frac{(\theta_k - \theta_y)}{L_p} - \phi_y \quad (3.7)$$

Betonarme sistemlerde etkin akma eğriliği ϕ_y ve etkin akma momenti M_y , moment eğrilik analizi ile hesaplanacaktır. Eleman kesitlerinin plastik dönme talebi θ_p aşağıdaki formülle elde edilecektir.

$$\theta_{ki} = \theta_{yi} + \theta_{pi} \quad (3.8)$$

3.7 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabı

Mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem etkisi altında yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet taleplerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu talep büyüklükleri, şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılacaktır. Doğrusal olmayan hesap yöntemleri Tek Modlu İtme Yöntemleri, Çok Modlu İtme Yöntemleri ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemidir

3.8 Şekil Değiştirme Sınırları

3.8.1 Betonarme ve Elemanların Kesit Birim Şekil Değiştirme ve Plastik Dönme Sınırları

Beton ve donatı çeliğinin elde edilen birim şekil değiştirme talepleri, aşağıda tanımlanan birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir.

Şekil değiştirme hesabı yapılan betonarme elemanların boyuna donatıları nervürsüz (düz) donatı çeliği ile düzenlenmişse, donatı çeliği birim şekil değiştirme talebi ve plastik dönme talebi 1.5 ile çarpılarak arttırılacaktır.

Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek kiriş, perde ve kolon elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen birim şekil değiştirme ve plastik dönme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır.

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, mevcut betonarme bina elemanlarında verilen yayılı plastik davranış modeline göre hesaplanan beton ve donatı çeliği toplam birim şekil değiştirmeleri $\epsilon_c^{(GÖ)}$ ve $\epsilon_s^{(GÖ)}$ için izin verilen sınırlar aşağıda tanımlanmıştır

Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için beton birim kısılması

Dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdelerde:

$$\epsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (3.9)$$

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (3.10)$$

$$\alpha_{se} = \left[1 - \frac{\sum a_i}{6 b o h o} \right] \left[1 - \frac{s}{2 b o} \right] \left[1 - \frac{s}{2 h o} \right] \quad (3.11)$$

Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için donatı çeliği birim şekil değıştirmesi

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4 \varepsilon_{su}$$

Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönmeler

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (3.12)$$

Kontrollü Hasar Performans Düzeyi İçin yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere hesaplanan beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekil değıştirmeler $\varepsilon_c^{(KH)}$ ve $\varepsilon_s^{(KH)}$ ile plastik dönme $\theta_p^{(KH)}$ sınırları Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için tanımlanan değerlere bağılı olarak aşağıda verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_c^{(GÖ)}$$

$$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_s^{(GÖ)}$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)}$$

Sınırlı Hasar Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekil değıştirmeler $\varepsilon_c^{(SH)}$ ve $\varepsilon_s^{(SH)}$ ile plastik dönme $\theta_p^{(KH)}$ sınırları aşağıda verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025$$

$$\varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075$$

$$\theta_p^{(SH)} = 0$$

3.8.2 Çelik Elemanların Şekil Değıştirme ve Plastik Dönme Sınırları

Mevcut veya güçlendirilmiş çelik binalarda hesaplanan şekil değıştirmeler ve eleman uç dönmeleri için izin verilen sınırlar, ilgili performans düzeyleri aşağıda verilmiştir. Malzeme dayanımları olarak mevcut malzeme dayanımları kullanılacaktır.

3.8.2.1 Çelik Kiriş ve Kolonların Şekil Değıştirme Sınırları

Çelik kirişlerde ve kolonlarda (eğılme) şekil değıştirme sınırları akma dönmesi cinsinden hesaplanacaktır. Akma dönmelerinin hesabında aşağıda verilen bağıntılar kullanılacaktır.

Çelik Kirişler için Akma Dönmesinin Hesaplanması ve Plastik Dönme Sınırları

$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} \ell_b}{6EI_b} \quad (3.13)$$

Çelik Kolonlar için Akma Dönmesinin Hesaplanması ve Plastik Dönme Sınırları

$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} \ell_k}{6EI_k} \left[1 - \frac{P}{P_{ye}} \right] \quad (3.14)$$

3.8.2.2 Moment Aktaran Çerçevelerin Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinin Şekildeğiştirme Sınırları

Moment aktaran çelik çerçeve sistemlerde, kolon kiriş birleşim bölgeleri için aşağıda verilen formüller ile dönme rijitliği hesaplanacaktır.

Alın Levhali ve Başlık Levhali Birleşimlerin Dönme Rijitliği

$$K_o = \frac{M_{pe}}{0.005} \quad (3.15)$$

Alın Levhali ve Başlık Levhali Birleşimli Sistemlerin Kiriş Rijitliği

$$EI_{bn} = \frac{1}{\frac{3}{I_b K_o} + \frac{1}{EI_b}} \quad (3.16)$$

3.8.2.3 Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Şekil Değiştirme Sınırları

Merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemlerde çelik çaprazlar için aşağıda verilen formüller ile dönme rijitliği hesaplanacaktır.

Eksenel Basınç Kuvveti Altında Akma Şekil Değiştirmesi

$$\Delta_c = \frac{P_c l_c}{EA_c} \quad (3.17)$$

Eksenel Çekme Kuvveti Altında Akma Şekil Değiştirmesi

$$\Delta_T = \frac{P_y e l_c}{EA_c} \quad (3.18)$$

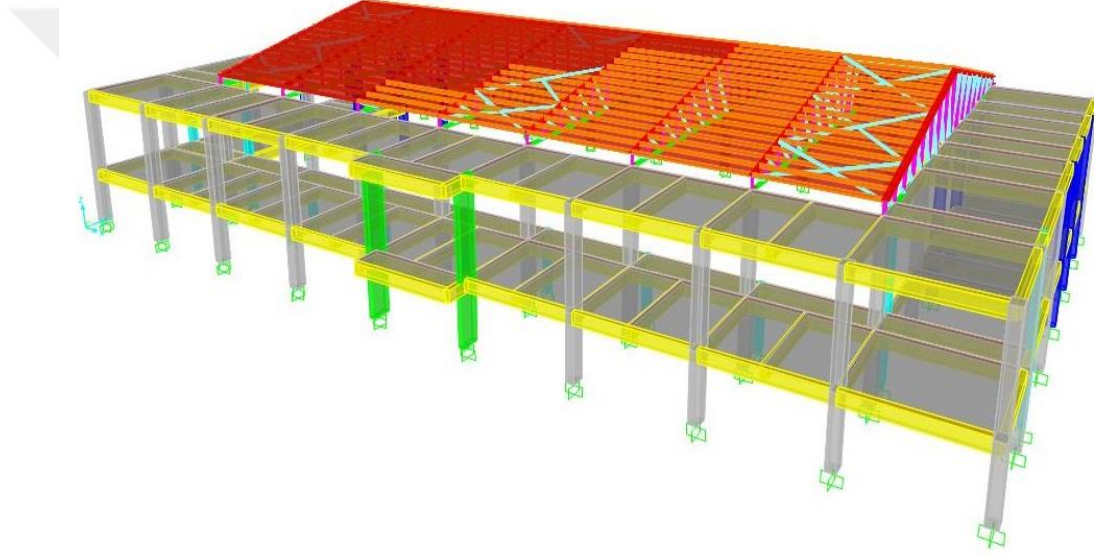
Burkulması Engellenmiş Çelik Çaprazın Akma Şekil Değiştirmesi

$$\Delta_y = \frac{P_{bec} l_{bec}}{EA_{bec}} \quad (3.19)$$

4. Spor Salonlarının Performans Analizlerinin Yapılması

4.1 Betonarme Spor Salonunun (Çatı Makası Kafes Sistemli) Performans Analizinin Yapılması

Performans analizi yapılan Spor Salonu Gençlik ve Spor Bakanlığı tarafından birçok şehirde uygulanan 500 seyirci kapasiteli tip Spor Salonudur. Binanın betonarme taşıyıcı sistemi kolon ve kirişlerden çerçeve şeklinde teşkil edilmiştir. Çatı sistemi ise makas şeklinde olup çift korniyerlerden oluşmaktadır. Bina x yönünde toplam 10 aks bulunmakta olup 57 m. uzunluğundadır, y yönünde ise toplam 8 aks bulunmakta olup 34m. uzunluğundadır. Binanın tepe noktası yüksekliği 11.40 m.dir.



Şekil 4.1 Binanın Üç Boyutlu Gösterimi

4.1.1 Spor Salonundan Bilgi Toplanması

Yapılan zemin etüdü çalışmalarının neticesinde yapının siltli çakıllı kil üzerinde oturduğu tespit edilmiş olup, yerel zemin sınıfının ZD olduğu belirlenmiş ve yapılan çalışmalarda yer altı su seviyesinin 7.50 metrede izlendiği tespit edilmiştir.

Karot numunelerinin alınmasına öncelikle beton yüzeyinin üzerindeki alçı ve sıvanın kazılmasıyla başlanılır, beton yüzeyine ulaşıldıktan sonra betonarme (kolon veya kiriş) içerisindeki donatıların yerleri röntgen cihazı ile tespit edildikten sonra alınacak beton numunesinin alınacağı yer tayin edilir numuneler donatıların bulunmadığı bölgeden alınmalıdır. Karot cihazı sabitlendikten sonra numune alınır.

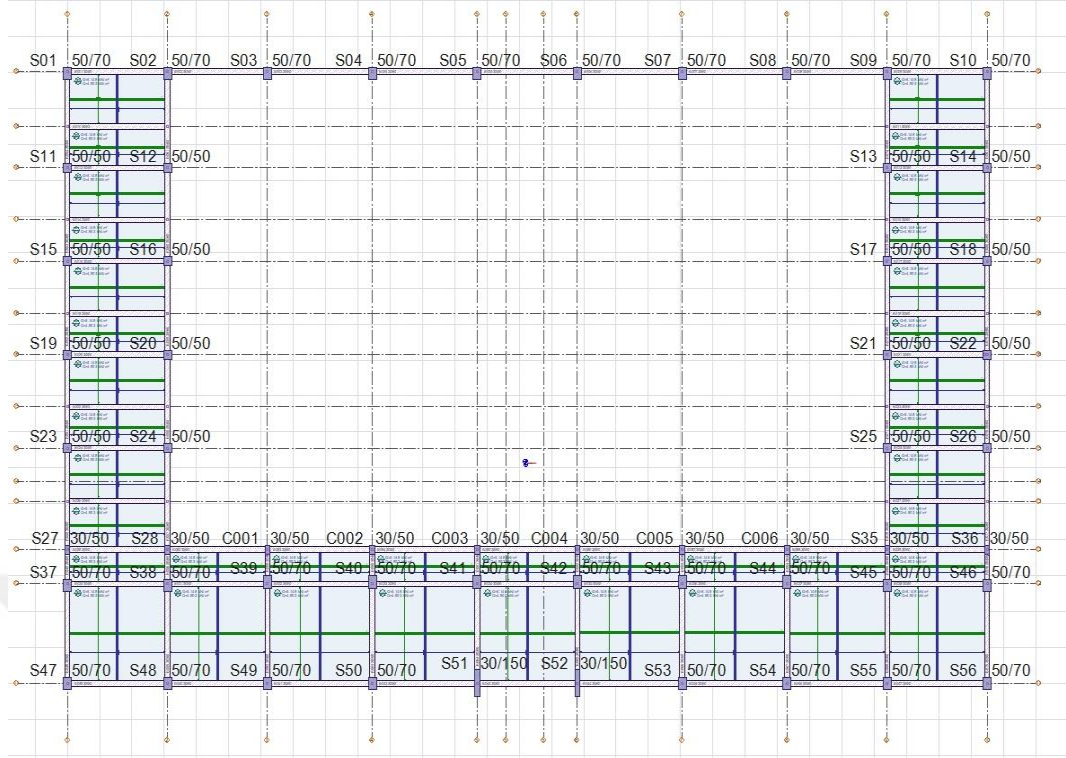


Şekil 4.2 Karot Alım Yerinin Belirlenmesi

Karot alma deneyi tahribatlı bir yöntem olduğundan dolayı yapıdaki tüm taşıyıcı sistem elemanlarından örnek alınmamaktadır. Tez projemizde Spor Salonunda yapılan incelemelerde taşıyıcı elemanların ebatlarının projeye uyduğu görülmüş olup zemin katta 14 adet ve birinci katta 7 adet kolon elemandan karot örnekleri alınmış olup mevcut karot raporu aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Alınan örneklerin mevcut beton basınç dayanımı 10 MPa olarak kabul edilmiştir. Donatı çeliğinden alınan numunelerde çelik sınıfının S420 olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.1 Karot Raporu

Numune Sıra No	Numunenin Alındığı Yapı Elemanı	Numune Çapı (mm)	Numune Yüksekliği (mm)	Yüzey Alanı (mm ²)	Kırılma Yüğü (kN)	Eşdeğer Basınç (N/mm ²)
Zemin Kat						
1	SZ01	96	96	7.238	74.507	10.30
2	SZ02	96	96	7.238	95.697	13.20
3	SZ03	96	96	7.238	127.452	17.60
4	SZ04	96	96	7.238	55.005	7.60
5	SZ05	96	96	7.238	117.906	16.30
6	SZ06	96	96	7.238	106.380	14.70
7	SZ07	96	96	7.238	57.732	8.00
8	SZ08	96	96	7.238	74.978	10.40
9	SZ09	96	96	7.238	96.383	13.30
10	SZ10	96	96	7.238	63.785	8.80
11	SZ11	96	96	7.238	65.776	9.10
12	SZ12	96	96	7.238	108.185	14.90
13	SZ13	96	96	7.238	108.185	14.90
14	SZ14	96	96	7.238	87.250	12.10
I. Kat						
1	S101	96	96	7.238	75.537	10.40
2	S102	96	96	7.238	60.802	8.40
3	S103	96	96	7.238	97.747	13.50
4	S104	96	96	7.238	68.592	9.50
5	S105	96	96	7.238	61.175	8.50
6	S106	96	96	7.238	54.956	7.60
7	S107	96	96	7.238	103.849	14.30



Şekil 4.3 Zemin Kat Planı

Yapıdaki mevcut donatıların tahkik edilmesi, analizinin yapılması, yapısal güçlendirme işlerinde geniş alanlarda pas payı kontrolünün yapılması amacıyla mevcut yapı donatıları tespit edilir.



Şekil 4.4 Donatı Tespitinin Yapılması

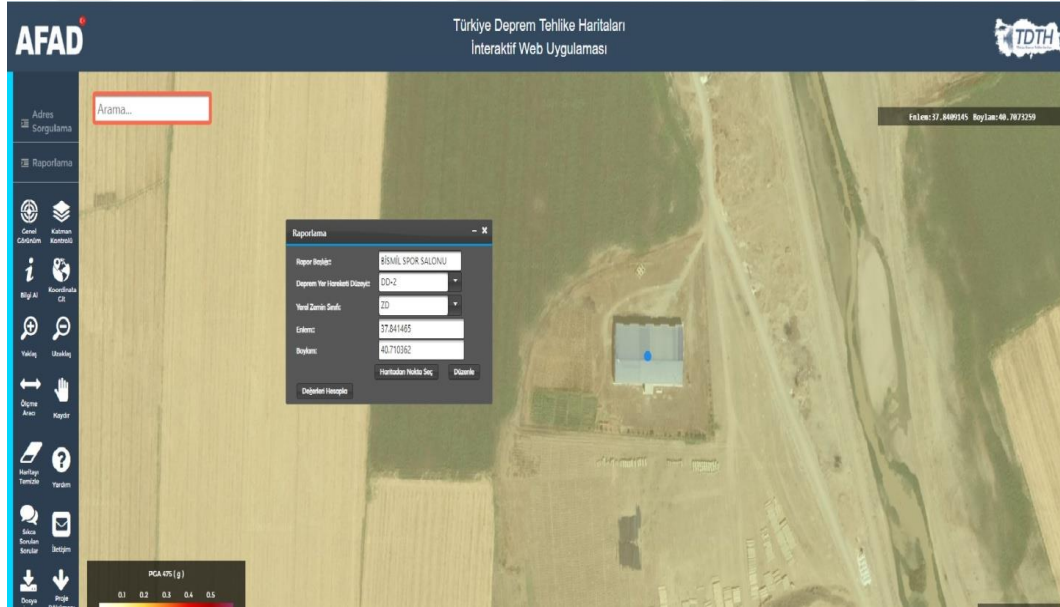
Yapıda kullanılan donatıların sayı ve ebatlarının net bir şekilde belirlenmesi amacıyla betonarme elemanlarda sıyırma yapılmış, donatı çapları elektronik kumpas

ile ölçülmüş olup boyuna donatılarının nervürlü $\phi 14$ - $\phi 16$ ve etriyelerin nervürlü $\phi 8$ olduğu görülmüş olup etriye aralıklarınının 15 cm olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.5 Stırırma İşlemi Yapıldıktan Sonra Donatı Ölçümü

4.1.2 Spor Salonunun Konumunun Depremselliği



Şekil 4.6 Web Uygulama Sayfası Görüntüsü

Binaya ait enlem ve boylamlar AFAD'ın Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web uygulamasına girilerek binaya ait Deprem Yer Hareketi Düzeyi DD-2 kabul edilmiş, Yerel Zemin Sınıfı yapılan zemin etüdü çalışmalarında ZD olarak bulunduğundan zemin sınıfı ZD olarak seçilmiştir. Sonuç olarak Kısa Periyot Harita

Spektral İvme Katsayısı $S_s = 0.273$, 1.0 Saniye Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı $S_1 = 0.119$ elde edilmiştir. En Büyük Yer İvmesi (g) $PGA = 0.122$, En Büyük Yer Hızı (cm/sn) $PGV = 9.247$ olarak elde edilmiştir. Yerel zemin etki katsayıları tablosundan ($F_s = 1.582$, $F_1 = 2.362$) değerleri bulunmuştur. Tasarım spektral ivme katsayıları $S_{DS} = 0.432$, $S_{D1} = 0.281$ olarak hesaplanmıştır.

4.1.3 Bina Bilgi Düzeyinin Tespit Edilmesi

Yerinde yapılan zemin etüdü, karot numunelerinin alınması, donatı okuması ve sıyırma işlemlerinin yapılarak mevcut donatının görülmesinden sonra yapının, uygulama projesindeki ebatlarda uygulandığı, yapı donatısının projesinde belirtilen adet ve aralıkta döşendiği tespit edilmiş olup, projeye aykırı olarak beton dayanım sınıfının düşük olduğu görülmüştür. Spor tesisi olarak tasarlanan binaların bina kullanım sınıfının BKS-2 olması ve yapılan incelemelerde projeye uygunluk sağlandığından dolayı bilgi düzeyi olarak Kapsamlı Bilgi Düzeyi seçilmiş ve Bilgi Düzeyi Katsayısı 1.00 olarak alınmıştır.

4.1.4 Deprem Yüklerinin Binaya Tanımlanması

Afad'ın web sitesinden elde edilen değerler SAP 2000 programındaki yük tanımlama bölümünden Quake bölümünden TSC 2018 seçilmiş, X ve Y yönü olarak girilmiştir.

Parameter	Value
0.2 Sec Spectral Accel, S_s	0,273
1 Sec Spectral Accel, S_1	0,119
Long-Period Transition Period	6,
Site Class	ZD
Site Coefficient, F_s	1,5816
Site Coefficient, F_1	2,362
Calculated Coefficients $SDS = F_s * S_s$	0,4318
Calculated Coefficients $SDS = F_1 * S_1$	0,2811
Response Modification, R	1,
System Overstrength, D	1,
Occupancy Importance, I	1,

Şekil 4.7 X Yönü Deprem Yükleme

Veri girişi yapılırken performans analizi yapacağımız için R (Response Modification), D (System Overstrength) ve I (Occupancy Importance) değerleri 1 olarak kabul edilmiş, ayrıca bina eksantrisitesi (Ecc Ratio) 'de 0 olarak kabul edilmiştir. Bu deprem yüklemelerinin haricinde eksenel yük hesabında kullanılmak üzere hem E_x hemde E_y yönü için R değeri 4 olan iki adet deprem yüklemesi daha yapılmıştır.

Şekil 4.8 Y Yönü Deprem Yüklemesi

Period	Acceleration
0,	0,1727
0,1302	0,4318
0,651	0,4318
0,8	0,3513
1,	0,2811
1,2	0,2342
1,4	0,2008
1,6	0,1757

Şekil 4.9 Sap 2000 Programına Spektrum Tanımlanması

4.1.5 Binaya Uygulanan Statik Yükler

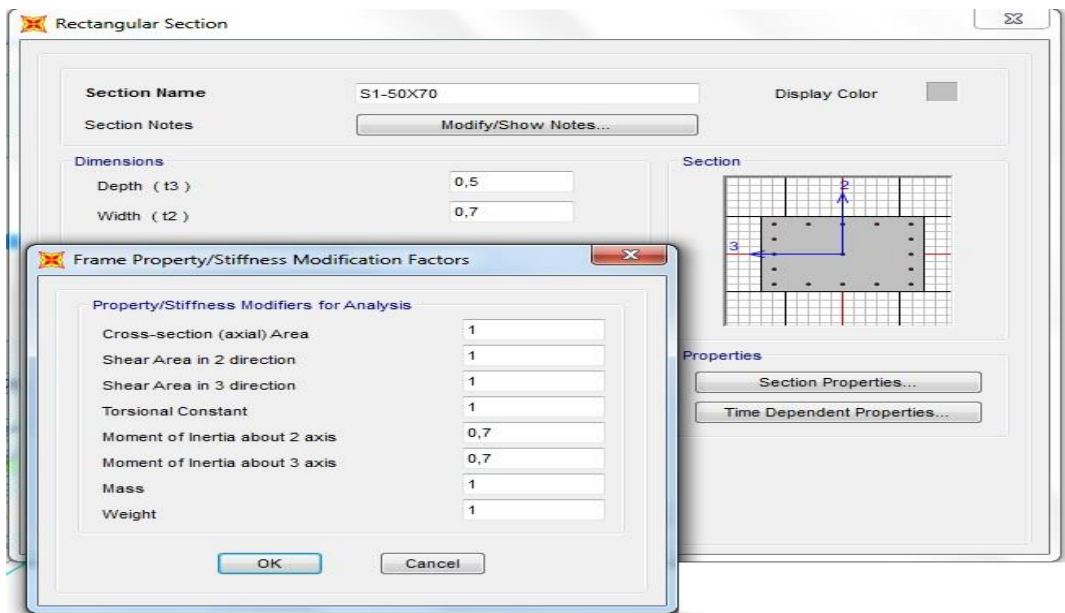
Binada duvar yükleri 3.14 kN/m^2 (19 cm tuğla duvar), sabit yükler 1.47 kN/m^2 (Seramik kaplama), hareketli yükler 4.90 kN/m^2 , kar yükü 1.50 kN/m^2 , rüzgar yükü 0.80 kN/m^2 , çatı kaplaması 0.15 kN/m^2 olarak alınmıştır. Uygulanan yüklerde TS498 yönetmeliği, TS EN 1991-1-3 kar yönetmeliği ve TS EN 1991-1-4 rüzgar yönetmeliği kullanılmıştır.

4.1.6 Çatlamış Kesit Rijitliklerinin Binaya Tanımlanması

Taşıyıcı sistem elemanlarında TBDY 2018 4.5.8'inci maddesi gereği kolon, kiriş ve döşeme elemanlarına etkin kesit rijitlikleri aşağıda belirtilen tablo gereği tanımlanmış ve SAP 2000 programında tanımlama görüntüleri aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eksenel	Kayma
Perde-Döşeme (Düzlem İçi)		
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde-Döşeme (Düzlem Dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk Eleman	Eğilme	Kesme
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve Kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	1.00



Şekil 4.10 Çatlamış Kesit Rijitliklerinin Programda Tanımlanması

4.1.7 Performans Hesabında Kullanılacak Kombinasyonların Tanımlanması

Performans hesabında kullanılacak kombinasyonlar ($G + nQ \pm E_x \pm 0.3E_y$) yüklemeleridir. Kombinasyonlarda kullanılan hareketli yük katılım oranı (TBDY 2018) Tablo 4.3'den Spor tesisleri için 0,60 olarak seçilmiş ve kombinasyonlar aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$G + 0.6Q + E_x + 0.3E_y$$

$$G + 0.6Q + E_x - 0.3E_y$$

$$G + 0.6Q - E_x + 0.3E_y$$

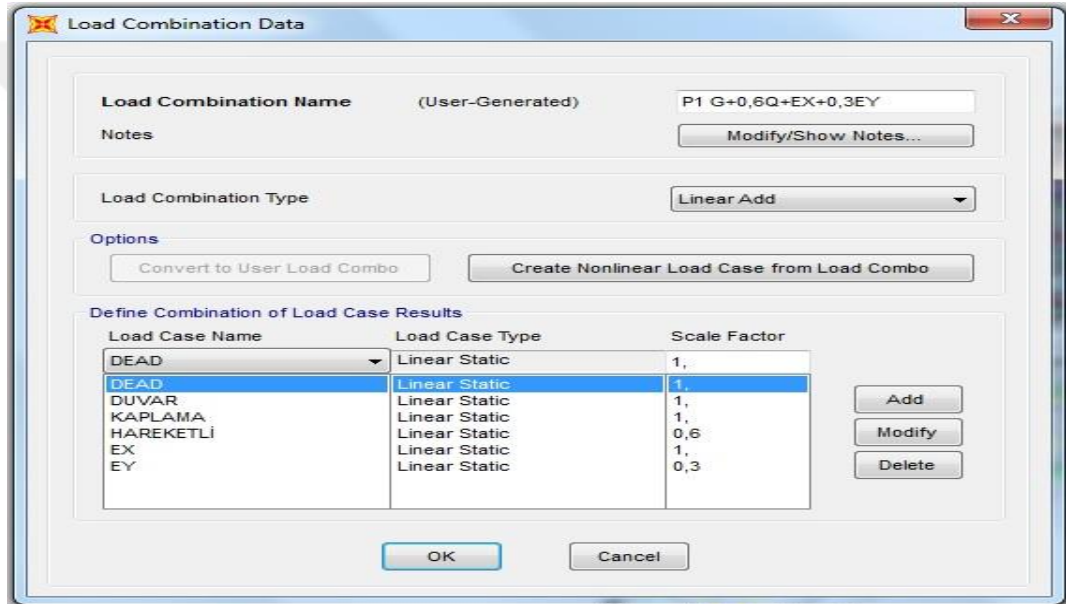
$$G + 0.6Q - E_x - 0.3E_y$$

$$G + 0.6Q + E_y + 0.3E_x$$

$$G + 0.6Q + E_y - 0.3E_x$$

$$G + 0.6Q - E_y + 0.3E_x$$

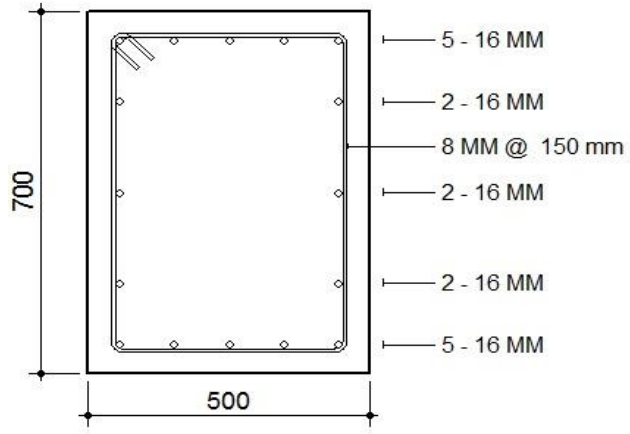
$$G + 0.6Q - E_y - 0.3E_x$$



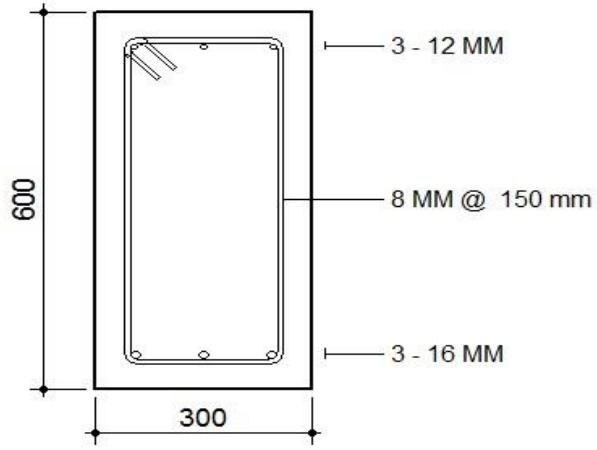
Şekil 4.11 Kombinasyonların Programda Tanımlanması

4.1.8 Betonarme Taşıyıcı Sisteme Ait Kesit ve Donatı Özellikleri

Binadaki tüm kirişler 30x60 cm. ebatlarında olup alt donatıları 3φ16, üst donatıları ise 3φ12 olup etriyeleri ise φ8/15 olarak belirlenmiştir. Kolonlar üç ayrı boyutta olup 50x50cm. ebatlarında olan kolonda 16φ14 boyuna donatı ve etriyeler ise φ8/15 cm olarak, 50x70 cm ebatlarında olan kolonlarda 16φ16 boyuna donatı ve etriyeler ise φ8/15cm olarak, 30x115cm. ebatlarında olan kolonlarda 20φ16 boyuna donatı ve etriyeler ise φ8/15cm olarak bırakılmıştır.



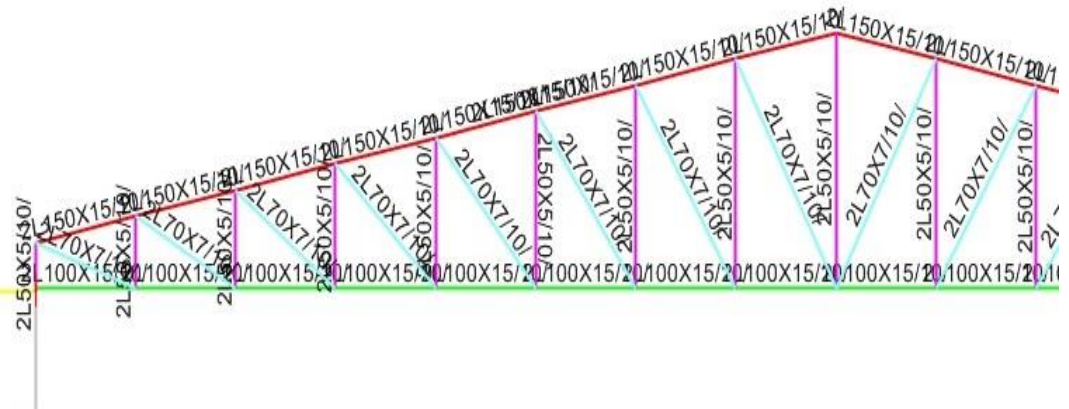
Şekil 4.12 50x70 cm Ebatlarındaki Kolon



Şekil 4.13 30x60 cm Ebatlarındaki Kiriş

4.1.9 Çelik Çatı Makası Kesit Özellikleri

Spor salonunun çelik çatısı SAP2000 programı ile modellenerek kullanılan makas profilleri ve aşık profilleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Çatı Makasında Kullanılan Profil Kesitleri

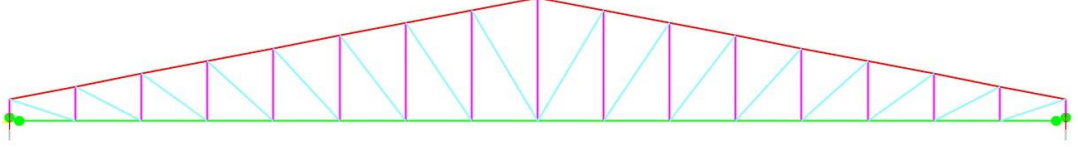
4.1.10 Uygulanacak Çatı Sistemine Göre Bina Tepe Yer Değiştirmelerinin Karşılaştırılması

Çalışmada uygulanan çatı sistemi kafes makas sistem olup, Şekil 4.14’de gösterildiği gibi makasımızda çift korniyerler (2L 50x5, 2L 70x7, 2L 150x15, 2L 100x15) kullanılmış, aşıklar (UPN 160) profilden teşkil edilmiş, rüzgâr çaprazlarımız ise yine çift korniyer (2L 70x7) ‘ den oluşturulmuştur. Korniyerlerin birleşimleri (kaynak + levha) Şeklinde teşkil edilmiştir. Çatı kaplamamız sandviç panel olup metre kare ağırlığı 0,15 kN/m² olarak alınmıştır. Kolon makas birleşimleri bulonlu olarak yapılmıştır. Kafes çatı sistemlerinin genel hesabı yapılırken makas elemanlarının eksenel olarak yükleri taşıdığı ve moment aktarmadığı kabulü yapılarak hesaplamalar yapılmaktadır. Ancak makas elemanlarının birleşimlerinin bulon veya kaynakla olmasından ötürü yapılan kabuller uygulama esnasında tam olarak gerçekleşmemektedir. Uygulama esnasında yapılan işçilik veya hesaplama hataları sonucunda bazı birleşim elemanlarında moment aktarılabileceği kaçınlmazdır. Bu çalışmamızda kafes sistem elemanlarının rijit, mafsallı ve %30 oranında moment aktardığı kabulleri yapılarak sistem çözümleri yapılmış ve bina deplasmanının bu çözümlerde ne oranda değiştiği karşılaştırılmıştır. Ayrıca proje firmaları tarafından piyasada yapılan betonarme taşıyıcı sistem üzerine kafes sistem çözümleri ayrı ayrı yapılarak kafes sistemdeki kuvvetler betonarme kolonlara aktarılarak hesaplama yapılmaktadır, her ne kadar kesit ebatlarının hesabında çok büyük değişiklikler olmadığı yapılan çalışmalarda görölse de sistemin ayrı ve birlikte çözümlenmesinin bina deplasmanının ne oranda değiştirdiği karşılaştırılmıştır. Betonarme kolon makas birleşimleri link eleman tanımlanarak yapılmış olup birleşimlerin rijit, yarı rijit ve mafsallı olması durumlarında görölen deplasman farklılıkları karşılaştırılmıştır. Uygulanacak çatı sistemleri bir sonraki bölümünde detaylı olarak gösterilmiştir. Bilindiği üzere performans analizinin en önemli belirleyici değişkenlerinden biri deplasmandır. Çatı sisteminin doğru olarak sisteme tanıtılması çıkan performans sonuçlarını da etkileyeceğinden çatı sistemi incelenmiştir. Betonarme sistemde yapılan rijit diyafram tanımı uygulanacak farklı durumlar için yapılmış olup, ancak rijit diyaframa tabii olmayan kolonlarda yapılmamıştır, çatı ile birlikte yapılan çözümlerde rijit diyaframa tabii olmayan kolonlar tanımlanmış ancak çatı sisteminin betonarme sistemden ayrı çözüldüğü sistemlerde (gerçeğe uygunluk olması için) rijit diyaframa tabii olmayan kolonların diyaframa dahil edilmesi gerektiği görölmüştür.

4.1.11 Uygulanacak Çatı Sistemleri

4.1.11.1 Kafes Sistemin Tamamının Rijit Olması Durumu

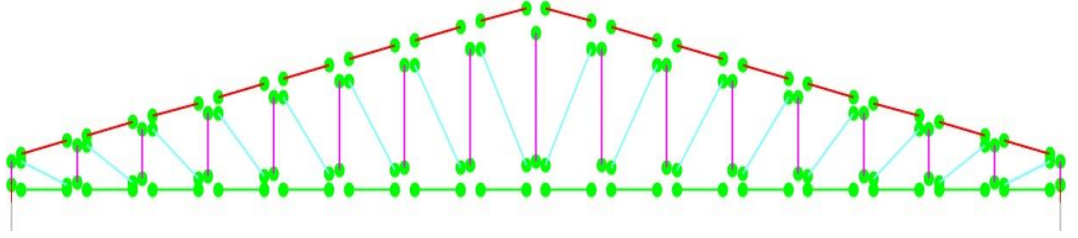
Uygulanan kafes sistemin tamamının rijit olarak kabulü yapılmış olup sadece kolon birleşim bölgelerinde mafsallı tanımlanmıştır.



Şekil 4.15 Rijit Kafes Sistemi

4.1.11.2 Kafes Sisteminin Tamamının Mafsallı Olması Durumu

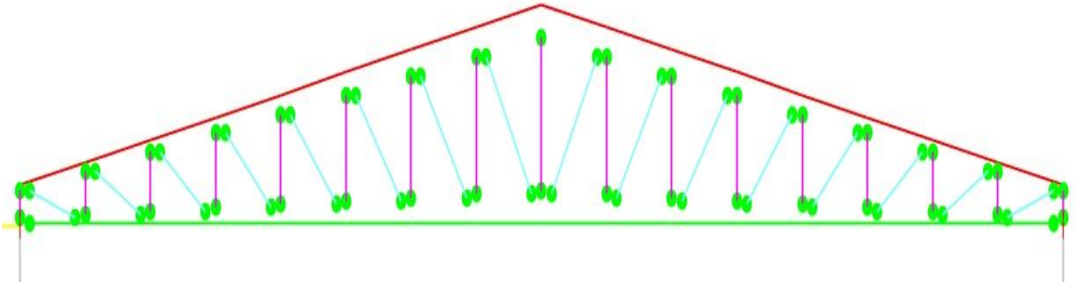
Uygulanan kafes sistemin tamamının mafsallı olarak kabulü yapılmıştır.



Şekil 4.16 Mafsallı Kafes Sistemi

4.1.11.3 Kafes Sisteminin Dikme ve Diyagonallerinin Mafsallı Olması Durumu

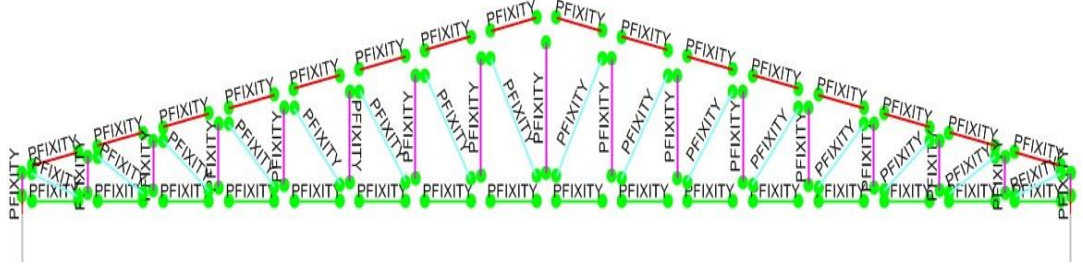
Uygulanan kafes sistemin üst ve alt başlığının rijit, dikme ve diyagonal elemanların mafsallı olarak kabulü yapılmıştır.



Şekil 4.17 Dikme ve Diyagonallerin Mafsallı Olduğu Kafes Sistemi

4.1.11.4 Birleşimlerin %30 Oranında Moment Aktarma Durumu

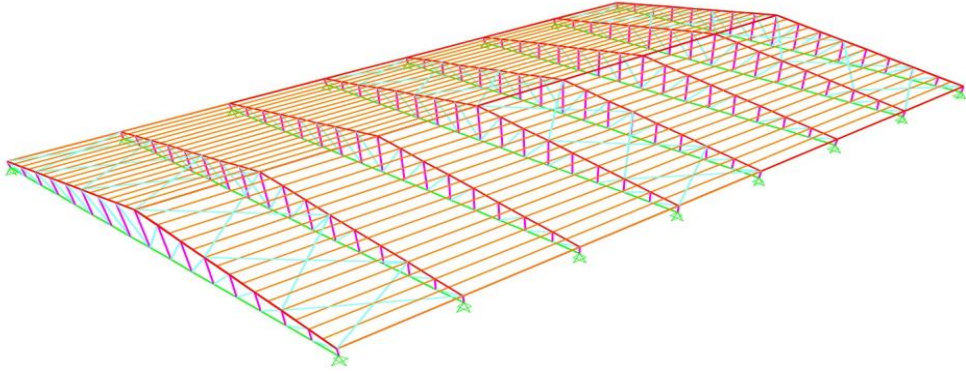
Uygulanan kafes sisteminin birleşim bölümlerinde toplam momentin %30 oranında aktarıldığının varsayıldığı kabulü yapılmıştır.



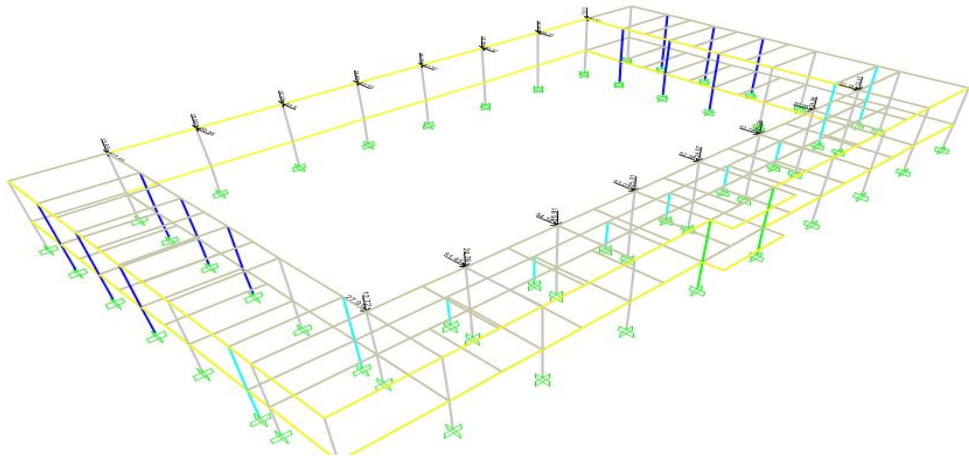
Şekil 4.18 %30 Oranında Moment Aktaran Sistem

4.1.11.5 Çatının Sistemden Ayrı Çözüldüğü Durum

Çatının çözümü sistemden ayrı yapılmış olup, sistemden çıkan aksenal yükler sadece betonarme çözülen sisteme aktarılmıştır.



Şekil 4.19 Sadece Çatının Çözüldüğü Sistem

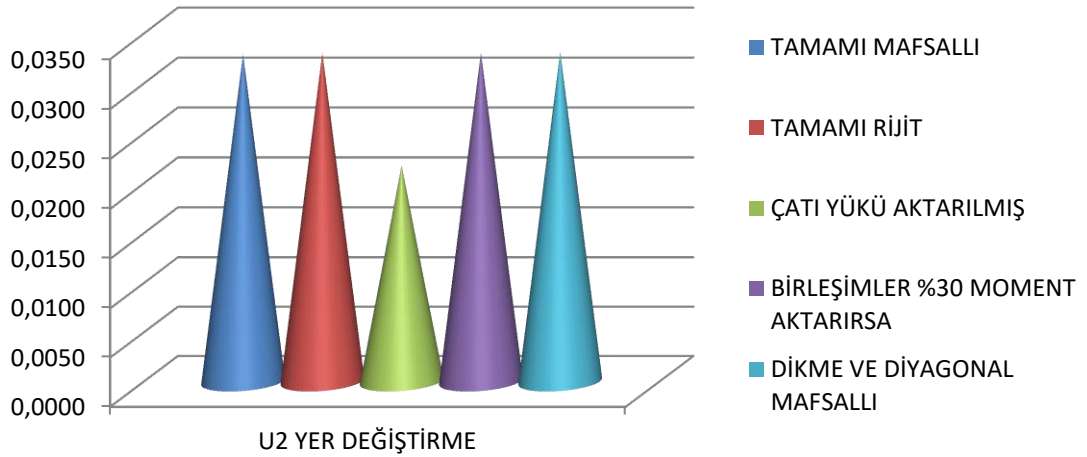


Şekil 4.20 Çatı Yüklerinin Binaya Aktarılması

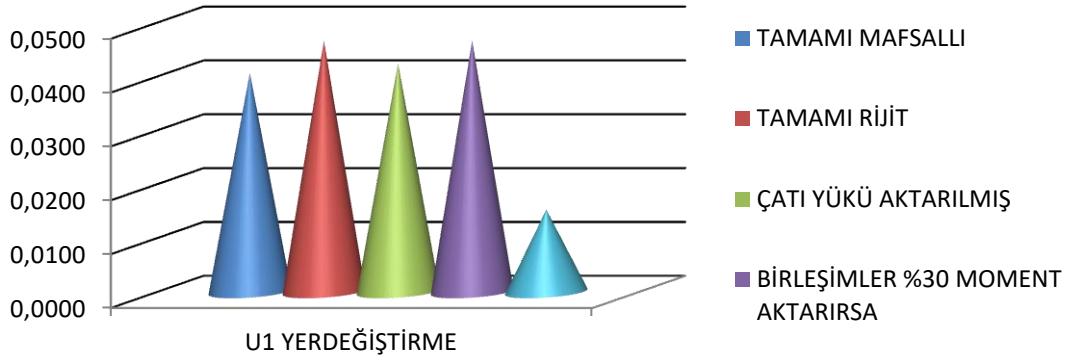
Tablo 4.3 Bina Tepe Noktası Deplasman Değerleri

KOMB.	TAMAMI MAFSALLI		TAMAMI RİJİT		ÇATI YÜKÜ AKTARILMIŞ		BİRLEŞİMLER %30 MOMENT AKTARIRSA		DİKME VE DİYAGONAL MAFSALLI	
	U1	U2	U1	U2	U1	U2	U1	U2	U1	U2
G+ 0.6 + E _x +0.3E _y	0.040	0.009	0.046	0.009	0.042	-0.0004	0.046	0.0098	0.0153	0.0100
G+ 0.6Q + E _x -0.3E _y	0.040	-0.010	0.046	-0.010	0.042	-0.018	0.046	-0.010	0.015	-0.009
G+ 0.6Q - E _x +0.3E _y	-0.040	0.010	-0.046	0.009	-0.042	0.002	-0.046	0.009	-0.015	0.009
G+ 0.6Q - E _x -0.3E _y	-0.040	-0.009	-0.046	-0.010	-0.042	-0.015	-0.046	-0.010	-0.015	-0.010
G+ 0.6Q + E _y +0.3E _x	0.012	0.033	0.014	0.033	0.012	0.021	0.014	0.033	0.004	0.033
G+ 0.6Q + E _y -0.3E _x	-0.011	0.033	-0.013	0.033	-0.012	0.022	-0.013	0.033	-0.004	0.033
G+ 0.6Q - E _y +0.3E _x	0.011	-0.033	0.013	-0.033	0.012	-0.039	0.013	-0.033	0.004	-0.033
G+ 0.6Q - E _y -0.3E _x	-0.012	-0.033	-0.014	-0.033	-0.013	-0.038	-0.014	-0.033	-0.004	-0.033

Tespit edilen tepe noktası deplasmanları yukarıdaki tabloda belirtildiği şekilde hesaplanmıştır. Hesaplanan deplasmanlar grafik olarak aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.21 Y Yönü Tepe Noktası Yer Değiştirme



Şekil 4.22 X Yönü Tepe Noktası Yer Değiştirmesi

4.1.12 Yönetmeliğe Göre EKO Değerlerinin Karşılaştırılması

İdestatik programı ile yapının doğrusal performans analizinde yapılmıştır. EKO değerlerinin karşılaştırılması yapılarak doğrusal performans analizinin yapıp yapılamayacağı kontrol edilmiş olup sistemin doğrusal performans analizi ile çözülebileceği TBDY 2018'deki koşulları sağladığı aşağıdaki tabloda görülmüştür.

Tablo 4.4 Yönetmeliğe Göre EKO Değerlerinin Karşılaştırılması

Zemin Kat					
Kombinasyon	Düşey Sünek Elemanların Kesme Kuvveti İle Ölçeklenmiş EKO Ortalaması	Deprem Yönündeki Kirişlerin Ortalama EKO Değeri	Düşey Elemanların EKO Değerlerinin Kirişlerin EKO Değerinden Küçük Olması	Düşey Elemanların EKO Değerinin 3 ten Küçük Olması	Kirişlerin EKO Değerinin 5 ten Küçük Olması
$G + 0.6Q + E_x + 0.3E_y$	1.01	1.08	√	√	√
$G + 0.6Q + E_x - 0.3E_y$	0.99	1.06	√	√	√
$G + 0.6Q - E_x + 0.3E_y$	0.98	1.05	√	√	√
$G + 0.6Q - E_x - 0.3E_y$	1.02	1.07	√	√	√
$G + 0.6Q + E_y + 0.3E_x$	0.81	1.01	√	√	√
$G + 0.6Q + E_y - 0.3E_x$	0.78	1.01	√	√	√
$G + 0.6Q - E_y + 0.3E_x$	0.80	1.02	√	√	√
$G + 0.6Q - E_y - 0.3E_x$	0.88	1.02	√	√	√

4.1.13 S101 Kolonunun Performans Düzeyinin Belirlenmesi

S101 kolonunun kesit birim şekildeğiştirme ve plastik dönme sınırları aşağıda SAP 2000 programından elde edilen veriler ve Response 2000 programı kullanılarak oluşturulan grafikler sayesinde elle çözülmüştür.

Dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdelerde;

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (4.1)$$

Burada:

$\varepsilon_c^{(GÖ)}$:Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı

ω_{we} : Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh, \min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (4.2)$$

Burada:

$\rho_{sh, \min}$: İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı

f_{ce} :Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]

f_{ywe} :Enine donatısının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]

α_{se} :Sargı donatısı etkinlik katsayısı

$$\alpha_{se} = \left[1 - \frac{\sum a_i}{6 b_o h_o} \right] \left[1 - \frac{s}{2 b_o} \right] \left[1 - \frac{s}{2 h_o} \right] \quad (4.3)$$

Burada:

a_i :Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]

b_o :Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]

s :Sargı donatısı aralığı [m]

$$\rho_{sh, \min} = \frac{2 A_{sh}}{s b_{ks}} = \frac{50.265}{644 \times 150} = 0.00104$$

Burada:

A_{sh} :Enine donatı alanı (dikdörtgen kesit) [mm²]

b_k :Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]

$$\alpha_{se} = \left[1 - \frac{\sum a_i}{6 b_o h_o} \right] \left[1 - \frac{s}{2 b_o} \right] \left[1 - \frac{s}{2 h_o} \right] = 0.602$$

Burada:

a_i :Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]

b_o :Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]

h_o :Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh, \min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} = 0.026$$

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{\omega_{we}} = 0.0099 \leq 0.018$$

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0074$$

G+ 0.6Q + E_x +0.3E_y Kombinasyonu için;

S101 kolonunun yer değiştirmiş eksen dönmesi aşağıdaki bağıntıdan hesaplanacaktır.

$$\theta_{ki} = \frac{\Delta}{\ell_c} - \theta_i \quad (4.4)$$

Burada:

θ_{ki} :i ucundaki yerdeğiştirmiş eksen dönmesi

Δ :Kat arası ötelenme

θ_i :i düğüm noktası dönmesi

ℓ_c :Eleman net açıklığı

Eleman uç kesitinin toplam eğrilik talebi ϕ_t aşağıdaki bağıntıdan hesaplanacaktır.

$$\phi_t = \frac{(\theta_k - \theta_y)}{L_p} - \phi_y \quad (4.5)$$

Burada:

ϕ_t :Toplam eğrilik

ϕ_y :Eşdeğer akma eğriliği

θ_k :Yerdeğiştirmiş eksen dönmesi

θ_y :Akma dönmesi

S101 kolonu üst ve alt uçlarının yerdeğiştirme ve dönmeleri SAP 2000 programından alınmıştır.

$$U_{1\text{üst}}=0.04667\text{m.} \quad U_{2\text{üst}}=0.00978\text{m.} \quad R_{1\text{üst}}= 7.73\text{E}10^{-04} \text{ rad} \quad R_{2\text{üst}}= 0.00346 \text{ rad}$$

$$U_{1\text{alt}}=0.01389\text{m.} \quad U_{2\text{alt}}=0.00264\text{m.} \quad R_{1\text{alt}}= 0.001 \text{ rad} \quad R_{2\text{alt}}= 0.00481 \text{ rad}$$

$$\theta_{ki} = \frac{\Delta}{\ell c} - \theta_i = 0.006389 \text{ rad.}$$

$$\theta_{kj} = \frac{\Delta}{\ell c} - \theta_j = 0.00197 \text{ rad.}$$

Düşey yükler ve $R_a = 4$ alınarak hesaplanan deprem yüklerinin ortak etkisi altında S101 kolonunun alt ucundaki $N = -174,91$ kN SAP 2000 programından bulunmuştur. Moment eğrilik analizi Response 2000 programından hesaplanıp sonucu $M_y = 339$ kNm $\phi_y = 0.00476$ rad/m bulunmuştur. Üst ucunda da aynı şekilde $M_y = 328$ kNm $\phi_y = 0.00476$ rad/m bulunmuştur.

Yukarıdaki değerler kullanılarak alt ve üst uçlar için akma dönmeleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\theta_{yi} = \frac{M_{yi}\ell c}{EI} \left[1 - \frac{M_{yj}}{2M_{yi}} \right] \quad (4.6)$$

Burada:

θ_{yi} :i ucundaki akma dönmesi

θ_{yj} :j ucundaki akma dönmesi

M_{yi} : i ucundaki etkin akma momenti

M_{yj} : j ucundaki etkin akma momenti

EI :çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği

$$\theta_{yj} = 0.004745$$

$$\theta_{yi} = 0.004298$$

Plastik dönme değerleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\theta_{ki} = \theta_{yi} + \theta_{pi} \quad (4.7)$$

$$\theta_{pi} = \theta_{ki} - \theta_{yi} \quad (4.8)$$

Burada:

θ_p :Plastik dönme talebi

θ_k :Yerdeğiştirmiş eksen dönmesi

θ_y :Akma dönmesi

θ_{ki} değeri θ_{yi} değerinden küçük olduğu durumlarda θ_{pi} değeri 0 olarak alınacaktır.

$$\theta_{pi} = 0.006389 - 0.004298 = 0.002091$$

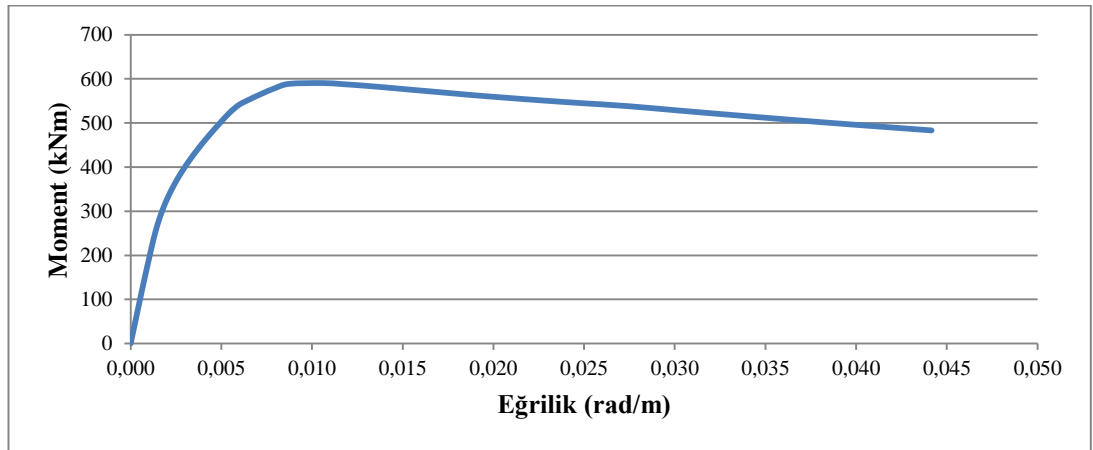
$\theta_{pj} = 0.00197 - 0.004745 < 0$ olduğu için 0 olarak alınacaktır.

Plastik mafsal boyu $L_p = 0.25$ alınacaktır. Eğrilik talebi aşağıdaki formülle hesaplanacaktır.

$$\Phi_{ti} = \frac{\theta_{ki} - \theta_{yi}}{L_{pi}} + \Phi_{yi} \quad (4.9)$$

$$\Phi_{ti} = \frac{\theta_{ki} - \theta_{yi}}{L_{pi}} + \Phi_{yi} = 0.012441 \text{ rad/m}$$

$$\Phi_{tj} = 0.011956 \text{ rad/m}$$

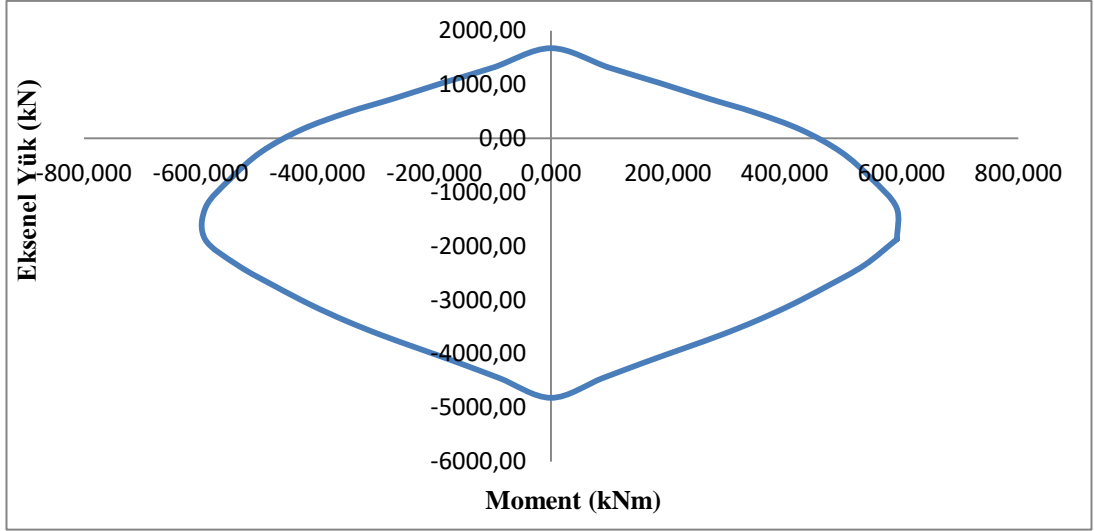


Şekil 4.23 Moment Eğrilik Grafiği

Eğrilik talebinde bulunan değerlere karşılık gelen moment değerleri grafikten okunup;

$$M_i = 584.884 \text{ kNm}$$

$M_j = 588.206 \text{ kNm}$ değerleri bulunmuştur.



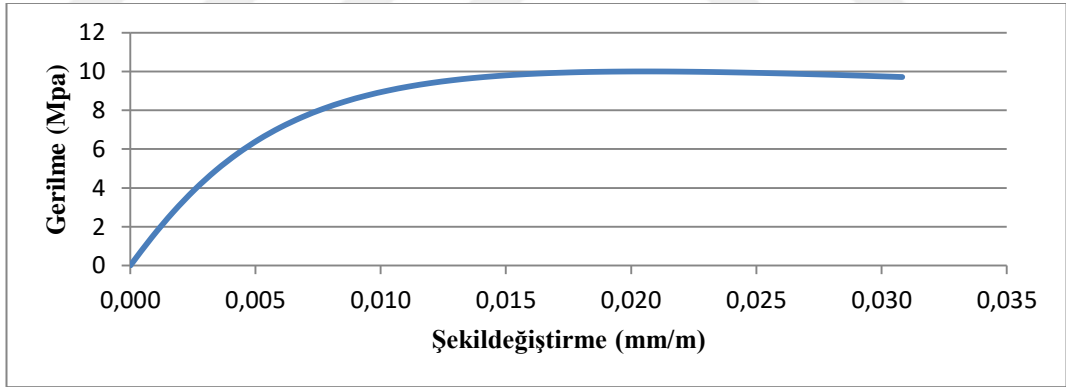
Şekil 4.24 Moment Kapasite Diyagramı

Bulunan moment değerlerine karşılık gelen aksel kuvvet değerleri grafikten okunup değerleri bulunmuştur;

$$P_i = 1238.65 \text{ kN} \quad P_j = 1190.23 \text{ kN}$$

Bulunan aksel kuvvet değerleri kesit alanına bölünüp betona ait gerilmeler elde edilecektir.

$$\sigma_i = 3.539 \text{ Mpa} \quad \sigma_j = 3.400 \text{ Mpa}$$



Şekil 4.25 Beton Gerilme ve Şekil Değişirme Grafiği

Bulunan gerilmelere karşılık gelen şekildeğiştirme değerleri yukarıdaki grafikten belirlenmiştir.

$$\varepsilon_{ci} = 0.0022 \quad \varepsilon_{cj} = 0.002193$$

S101 kolonunun her iki ucundaki şekildeğiştirme değeri de; $\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025$ değerinden küçük olduğundan dolayı S101 kolonunun alt ve üst uçlarının $G+ 0.6Q + E_x + 0.3E_y$ kombinasyonu için SH bölgesinde kaldığı tespit edilmiştir. Spor salonundaki kolonlara ait tüm kombinasyonlar için hasar sınırı bölgeleri ekteki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 4.5 X Yönü Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT	Kiriş Adedi	$G+0.6Q+E_x-0.3E_y$				$G+0.6Q+E_x+0.3E_y$			
		SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
1.KAT	37	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
ZEMİN KAT	44	97.7	2.3	0.0	0.0	97.7	2.3	0.0	0.0
Maks.		100	2.3	0.0	0.0	100	2.3	0.0	0.0

Tablo 4.6 X Yönü Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT	Kiriş Adedi	$G+0.6Q-E_x-0.3E_y$				$G+0.6Q-E_x+0.3E_y$			
		SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
1.KAT	37	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
ZEMİN KAT	44	97.7	2.3	0.0	0.0	97.7	2.3	0.0	0.0
Maks.		100	2.3	0.0	0.0	100	2.3	0.0	0.0

Tablo 4.7 Kiriş Hasar Yüzdeleri Y YÖNÜ

KAT	Kiriş Adedi	$G+0.6Q+E_y-0.3E_x$				$G+0.6Q+E_y+0.3E_x$			
		SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
1.KAT	34	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
ZEMİN KAT	40	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
Maks.		100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0

Tablo 4.8 Kiriş Hasar Yüzdeleri Y YÖNÜ

KAT	Kiriş Adedi	$G+0.6Q-E_y-0.3E_x$				$G+0.6Q-E_y+0.3E_x$			
		SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
1.KAT	34	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
ZEMİN KAT	40	95	5.0	0.0	0.0	95	5.0	0.0	0.0
Maks.		100	5.0	0.0	0.0	100	5.0	0.0	0.0

Tablo 4.9 Düşey Elemanların Taşdığı Kesme Kuvveti Yüzdeleri X Yönü

KAT	$G+0.6Q+E_x-0.3E_y$				$G+0.6Q+E_x+0.3E_y$			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
1.KAT	64.8	15.6	17.9	1.7	67.2	3.1	20.1	0.0
ZEMİN KAT	16.1	83.9	0.0	0.0	17.2	82.8	0.0	0.0
Maks.	64.8	83.9	17.9	1.7	67.2	82.8	20.1	0.0

Tablo 4.10 Düşey Elemanların Taşdığı Kesme Kuvveti Yüzdeleri X Yönü

KAT	$G+0.6Q-E_x-0.3E_y$				$G+0.6Q-E_x+0.3E_y$			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
1.KAT	66.6	2.5	28.6	2.3	72.2	11.4	16.4	0.0
ZEMİN KAT	11.4	88.6	0.0	0.0	24.3	75.7	0.0	0.0
Maks.	66.6	88.6	28.6	2.3	72.2	75.7	16.4	0.0

Tablo 4.11 Düşey Elemanların Taşdığı Kesme Kuvveti Yüzdeleri Y Yönü

KAT	$G+0.6Q+E_y-0.3E_x$				$G+0.6Q+E_y+0.3E_x$			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
1.KAT	91,6	5	3.3	0.0	80.4	3.1	16.5	0.0
ZEMİN KAT	74.6	25.4	0.0	0.0	29.9	70.1	0.0	0.0
Maks.	91.6	25.4	3.3	0.0	80.4	70.1	16.5	0.0

Tablo 4.12 Düşey Elemanların Taşıdığı Kesme Kuvveti Yüzdeleri Y Yönü

KAT	$G + 0.6Q - E_y - 0.3E_x$				$G + 0.6Q - E_y + 0.3E_x$			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
1.KAT	86.5	2.8	10.7	0.0	96.7	3.3	0.0	0.0
ZEMİN KAT	47.4	52.6	0.0	0.0	76.6	23.4	0.0	0.0
Maks.	86.5	52.6	10.7	0.0	96.7	23.4	0.0	0.0

4.1.14 Yapı Performansının Değerlendirmesi

Sınırlı Hasar Performans Düzeyi Değerlendirmesi

Sınırlı hasar performans düzeyi değerlendirmesinde iki hususa dikkat edilmesi gerekmektedir. Herhangi bir kattaki kirişlerin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesine geçebilmelidir. Tasarımımızda bu oran %5'te kalmıştır, ancak diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesinde olmalıdır şartı sağlanamadığından dolayı Sınırlı Hasar Performans Düzeyi aşılmıştır.

Kontrollü Hasar Performans Düzeyi Değerlendirmesi

Kontrollü Hasar performans düzeyinde dikkat edilmesi gereken beş husus bulunmaktadır. Herhangi kattaki kirişlerin %35'i İleri Hasar Bölgesine geçebilir projemizde ileri hasar bölgesine geçen kirişimiz bulunmamaktadır. İleri Hasar Bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır bu oran projemizde sağlanmıştır. En üst katta İleri Hasar Bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetine katkısı %40'ın altında olması gerekmektedir bu oran projemizde %28.6 olarak bulunmuştur. Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvveti oranı %30'u aşmaması gerekmektedir bu oranda projemizde sağlanmıştır, ancak diğer taşıyıcı elemanların tümü sınırlı ya da belirgin hasar bölgesinde olması gerektiği şartı sağlanamadığından dolayı Kontrollü Hasar Performans Düzeyi aşılmıştır.

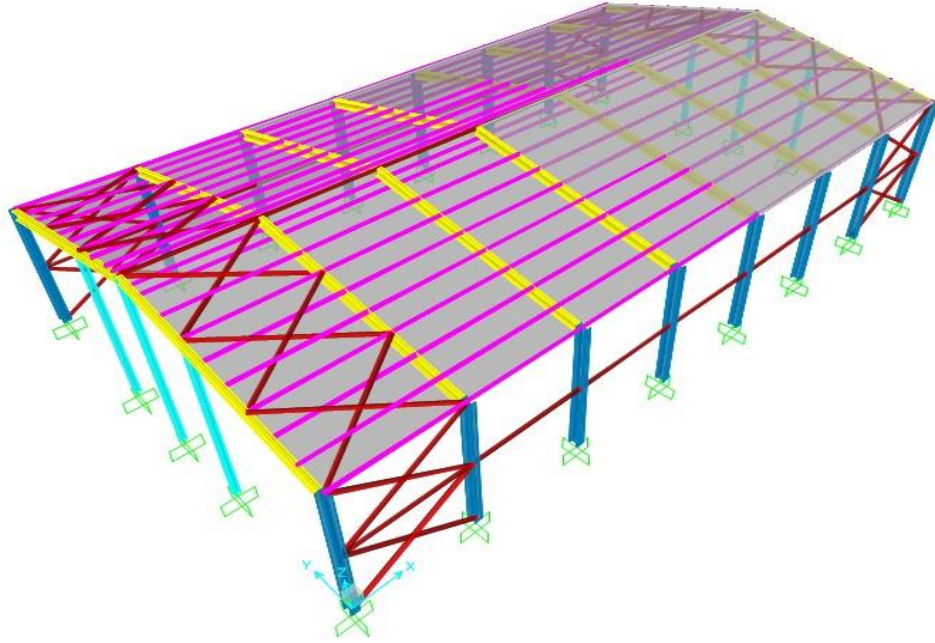
Göçmemin Önlenmesi Performans Düzeyi Değerlendirmesi

Göçmenin Önlenmesi performans düzeyinde dikkat edilmesi gereken üç husus bulunmaktadır. Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesine geçebilir şartı sağlanmıştır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı, Belirgin ya da İleri Hasar Bölgesinde olmalıdır şartı sağlanmamıştır. Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvveti oranı %30'u aşmamalıdır şartı sağlanmıştır.

Sonuç olarak binamızın performans düzeyinin göçme durumunda olduğu tespit edilmiştir.

4.2 Çelik Spor Salonunun Performans Analizinin Yapılması

Performans analizi yapılan Spor Salonu Gençlik ve Spor Bakanlığı tarafından Yeni Nesil Spor Salonu olarak adlandırılmış olan taşıyıcı sisteminin tamamı çelik malzemeden oluşan 250 seyirci kapasiteye sahip bir salondur. Binanın X aksı boyunca ilk ve son akslarında çapraz elemanlar bulunmaktadır. Binada X yönünde toplam 8 aks bulunmakta her aks aralığı 5,12m. olup toplam 35,84 m., Y yönünde toplam mesafe 21 m., Z yönünde kolon üst kotu 7,10 m. olup çatı tepe noktası 9,60 m. yüksekliğindedir. Binada kullanılan çelik malzeme sınıfı S275 olup zemin sınıfı ZD olarak bulunmuştur. Binada kullanılan profiller ise kolonlarda HEA 400, kirişler IPE 450, Çaprazlar-CHS 168,3*4 olarak uygulanmıştır.



Şekil 4.26 Çelik Spor Salonu Üç Boyutlu Gösterimi

4.2.1 Binaya Uygulanan Statik Yükler ve Tanımları

Binada Kar Yüğü 1.50 kN/m², rüzgar yüğü 0.80 kN/m², çatı kaplaması yüğü 0.15 kN/m² olarak alınmıştır. Uygulanan yüklerde TS498 yönetmeliğı, TS EN 1991-1-3 kar yönetmeliğı ve TS EN 1991-1-4 rüzgar yönetmeliğı kullanılmıştır. Binada (Dead Yükleme) yapı elemanların kendi ağırlıkların yüklerini, (Kaplama Yüğü) yapı çatı kaplamasının ölü yüklerini, (Hareketli Yüğü) bina üzerindeki kar yükünü, (Wind X) X yönündeki rüzgâr yükünü,(Wind Y) Y yönündeki rüzgâr yükünü,(PUSH O) statik

4.2.4 Yapının Performans Analizinin Yapılması ve Performans Düzeyinin Elde Edilmesi

4.2.3'üncü bölümde (TBDY 2018)'e göre statik tasarımı yapılan spor salonunun performans analizi için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan DD-2 depremi altında hedeflenen performans düzeyi Kontrollü Hasar performans düzeyidir. Kontrollü Hasar performans düzeyi şöyle açıklanabilir.(Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Düşey elemanlar düşey yüklerin taşınması için yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlarda hasar bulunmakla birlikte dolgu duvarları yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir; ancak gözle fark edilebilir değerlerde değildir.) Yapılacak performans analizi doğrusal olmayan tek modlu (artımsal itme) statik analizdir. Doğrusal olmayan statik analizin yapılabilmesi için gerekli ön koşulların sağlanmış olması gerekmektedir. Bina kat sayısının bodrum kat hariç 8'den küçük olması, doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının < 1.40 'dan küçük olması, doğrusal elastik davranış esas alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda, hakim moda ait etkin kütlelerin en az 0.70 olması gerekmektedir. Binamız yukarıda belirtilen ön koşulların tamamını sağlamıştır.

4.2.4.1 Modal Kütle Katılım Oranlarının Tespit Edilmesi

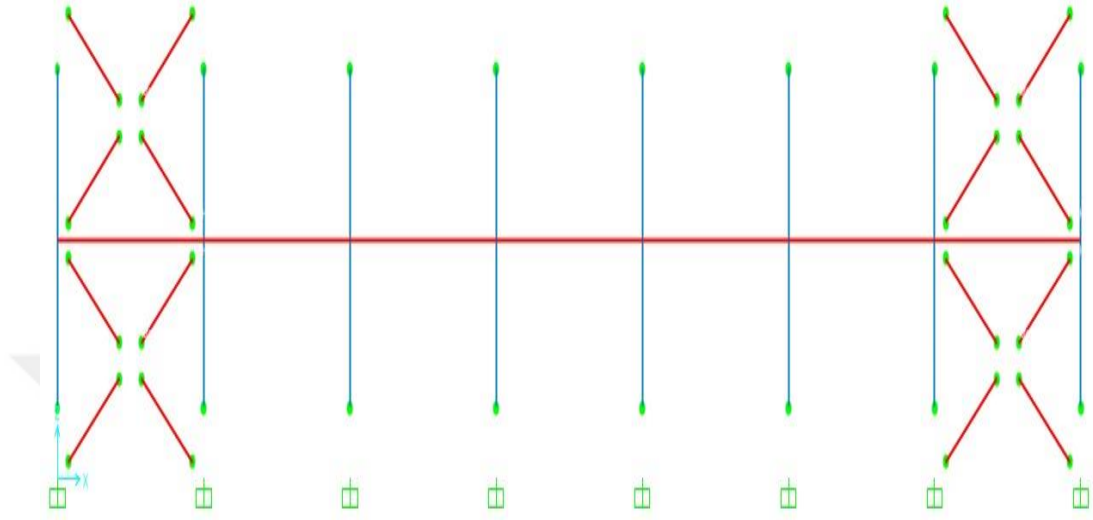
İtme analizinden önce SAP2000 programında serbest titreşim analizi yapılarak sisteme ait periyot-kütle katılım oranları belirlenmiştir.

Tablo 4.13 Kütle Katılım Oranları

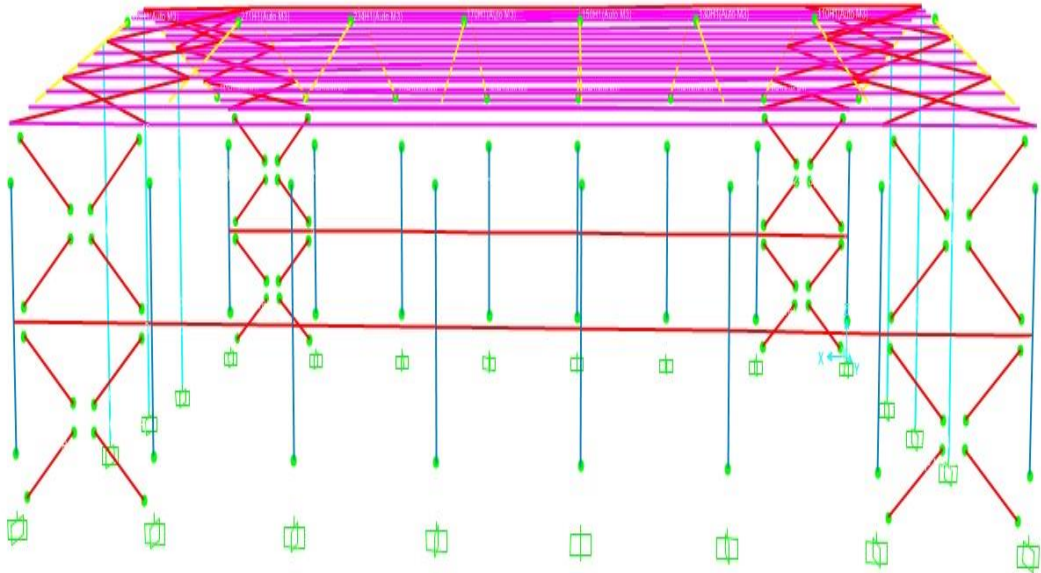
OutputCase Text	StepType Text	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
MODAL	Mode 1	0.23620	0.00000	0.89935	0.00000	0.00000	0.89935	0.00000
MODAL	Mode 2	0.11637	0.80287	0.00000	0.00000	0.80287	0.89935	0.00000
MODAL	Mode 3	0.11151	0.00000	0.00000	0.00000	0.80287	0.89935	0.00000
MODAL	Mode 4	0.06305	0.06312	0.00000	0.00000	0.86599	0.89935	0.00000
MODAL	Mode 5	0.05618	0.00000	0.00000	0.23084	0.86599	0.89935	0.23084
MODAL	Mode 6	0.05605	0.00002	0.00000	0.00000	0.86600	0.89935	0.23084
MODAL	Mode 7	0.05585	0.00000	0.00000	0.02082	0.86600	0.89935	0.25165
MODAL	Mode 8	0.05564	0.00001	0.00000	0.00000	0.86601	0.89935	0.25165
MODAL	Mode 9	0.05343	0.00000	0.00000	0.14013	0.86601	0.89935	0.39179
MODAL	Mode 10	0.05151	0.00000	0.02554	0.00000	0.86601	0.92489	0.39179
MODAL	Mode 11	0.04854	0.00952	0.00000	0.00000	0.87553	0.92489	0.39179
MODAL	Mode 12	0.04479	0.00519	0.00000	0.00000	0.88072	0.92489	0.39179

4.2.4.2 Plastik Mafsalların Sisteme Tanımlanması

Plastik mafsallara ait özellikler belirlenerek kolon, kiriş ve çapraz elemanlar için aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi plastik mafsallar sisteme tanımlanmıştır.



Şekil 4.28 X Yönünde Sisteme Tanımlanan Plastik Mafsallar



Şekil 4.29 Sisteme Tanımlanan Plastik Mafsallar

4.2.4.3 Kiriş Rijitliklerinin Hesaplanması

Performans analizi yapılan Spor Salonunun moment aktaran çerçevelerden oluşan sistemde birleşimler alın levhalı ve başlık levhalı olarak tasarlandığından dolayı yeni kiriş rijitliklerinin hesabın yapılmış ve aşağıdaki tabloda belirtildiği gibi kirişlerin rijitlikleri 0,83 olarak sisteme girilmiştir.

Alın Levhalı ve Başlık Levhalı Birleşimlerin Dönme Rijitliği

$$K_o = \frac{M_{pe}}{0.005} \quad (4.10)$$

Burada:

K_o : Alın levhalı ve başlık levhalı birleşim bölgesi dönme rijitliği [kNm/rad]

M_{pe} : Plastik moment kapasitesi [kNm]

Alın Levhalı ve Başlık Levhalı Birleşimli Sistemlerin Kiriş Rijitliği

$$EI_{bn} = \frac{1}{\frac{3}{l_b K_o} + \frac{1}{EI_b}} \quad (4.11)$$

Burada:

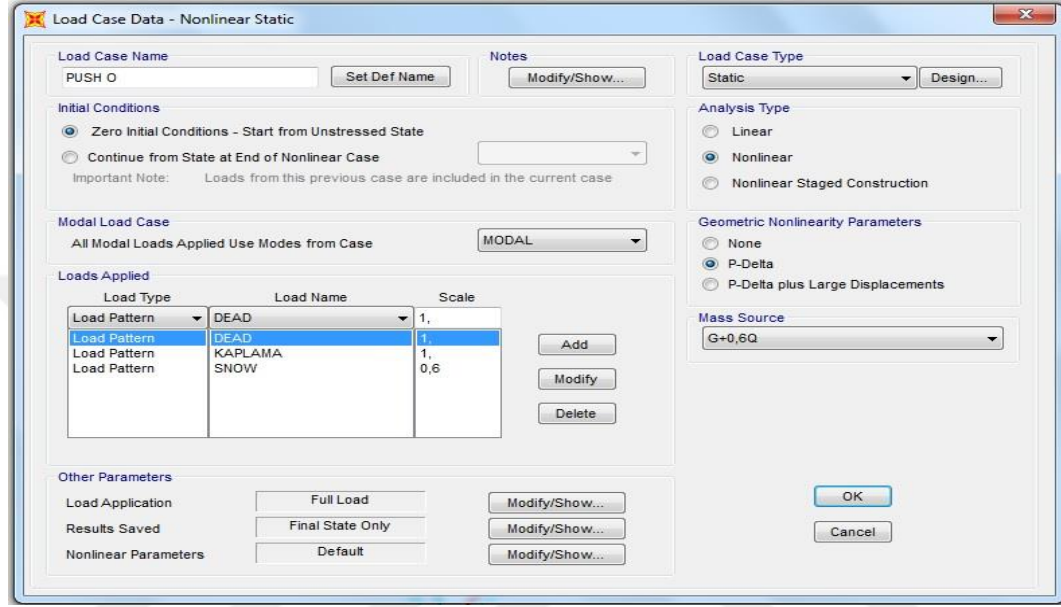
I_b : Kiriş kesit eylemsizlik momenti [m^4]

Tablo 4.14 Kiriş Rijitliğinin Tespit Edilmesi

Kesit	IPE 450
Eleman Boyu (m)	10.79
Atalet Momenti (cm^4)	33740
Plastik W_p (cm^3)	1702
F_{ye}	275
M_p (KNm)	468.05
K_o (KNm/Rad)	93610
EI_{bn} (KNm ²)	56213.41
EI_b (KNm ²)	67480
Rijitlik Oranı	0.83304

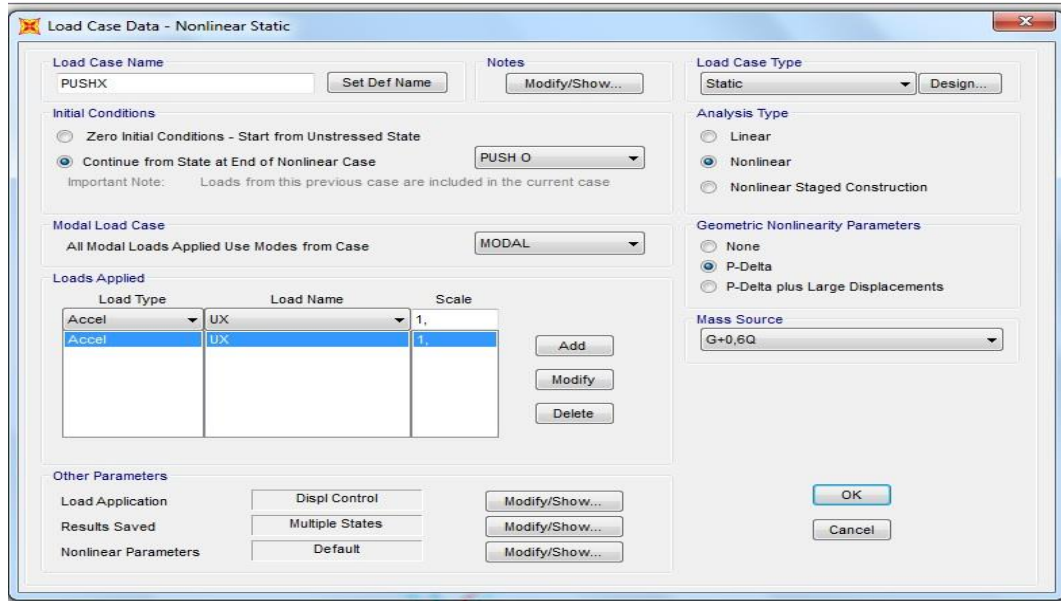
4.2.4.4 Doğrusal Olmayan Statik Analizi (Artımsal İtme) Kombinasyonlarının Tanımlanması

Artımsal itme analizinden önce kütlelerle uyumlu ($G+ 0,6Q$) kombinasyonu ile statik analiz yapılmış olup, bu analiz artımsal itme analizinin başlangıç koşullarını oluşturacaktır. Analiz tipi olarak Nonlinear ve P-Delta yöntemi seçilmiştir.



Şekil 4.30 Statik İtme Analizinin Başlangıç Yükleme

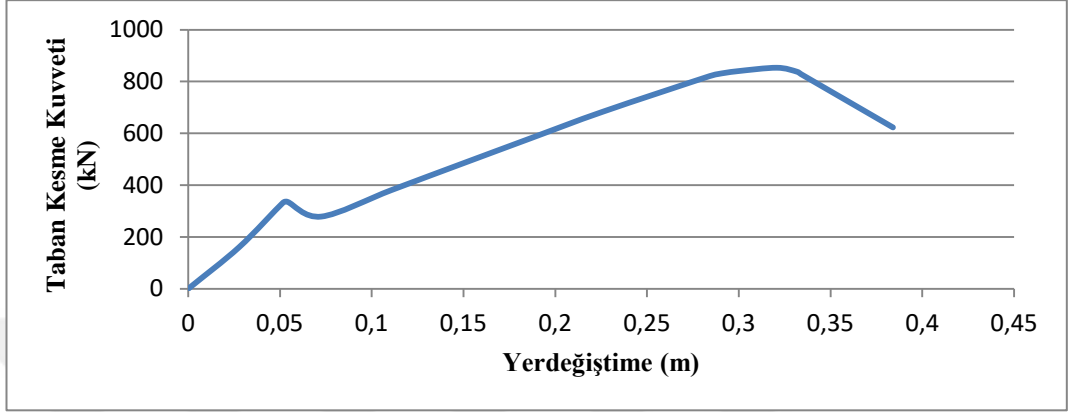
Sap 2000 programına başlangıç olarak PUSH O yüklemesi yapıldıktan sonra X ve Y yönlerinde olmak üzere PUSH X ve PUSH Y yüklemeleri sisteme tanımlanmıştır.



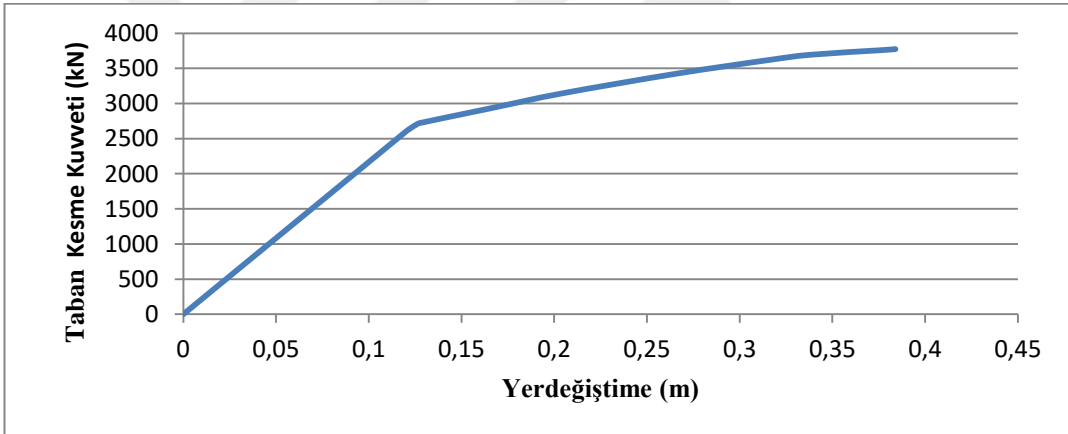
Şekil 4.31 X Yönündeki Statik İtme Yükleme

4.2.4.5 X ve Y Yönü İtme Analizi Sonucu Yer Değiştirme ve Taban Kesme Grafiklerinin Tespiti

Bina X ve Y yönünde tepe noktası deplasmanı toplam bina yüksekliğinin %4'ü olacak şekilde 0.384 m olarak ittirilerek tepe noktası yer değiştirme taban kesme kuvveti grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.32 X Yönü Yer Değiştirme Taban Kesme Diyagramı



Şekil 4.33 Y Yönü Yer Değiştirme Taban Kesme Diyagramı

4.2.4.6 Modal Katkı Çarpanı, Modal İvme ve Modal Yer Değiştirmelerin Tespit Edilmesi

Sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile eksenleri tepe noktası yer değiştirmesi ve kesme kuvveti olan itme eğrisi elde edilir. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüştürme işlemi ile modal yer değiştirme ve modal ivme diyagramları aşağıdaki formüller kullanılarak elde edilir.

Modal ivme;

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (4.12)$$

Burada:

$a_1^{(i)}$: (X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem'in modal sözde-ivmesi [m/s²]

M_{x1} : (X) deprem doğrultusu için x eksenini doğrultusunda birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan i'inci kat modal etkin kütlesi [t]

$V_{x1}^{(i)}$: (X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında x eksenini doğrultusunda hesaplanan taban kesme kuvveti [kN]

Modal yerdeğiştirme;

$$d_1^{(i)} = \frac{V_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1}\Gamma_{x1}} \quad (4.13)$$

Burada:

$d_1^{(i)}$: (X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem'in modal yerdeğiştirmesi [m]

Φ_{ix1} : i'inci katta birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'nin x doğrultusundaki genliği

Γ_{x1} : (X) deprem doğrultusu için birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan modal katkı çarpanı

$V_{xN1}^{(i)}$ = (X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında x eksenini doğrultusunda hesaplanan taban kesme kuvveti [kN]

Modal katkı çarpanı;

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (4.14)$$

Burada:

Γ_{x1} : (X) deprem doğrultusu için birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan modal katkı çarpanı

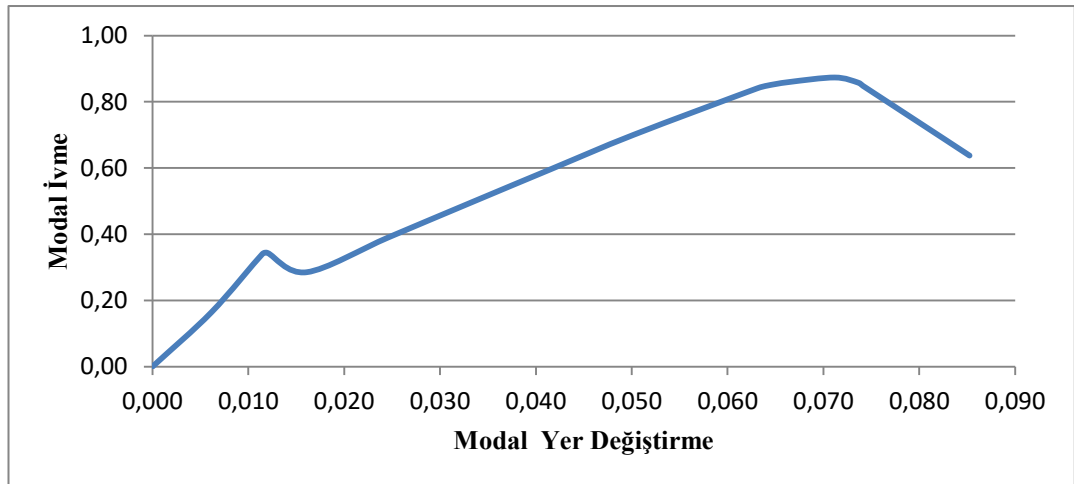
M_{x1} : (X) deprem doğrultusu için x eksenini doğrultusunda birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli'ne göre hesaplanan i'inci kat modal etkin kütlesi [t]

X yönündeki modal katkı çarpanı yukarıdaki formüller kullanılarak 20.29, Y yönündeki modal katkı çarpanı ise 30.52 olarak bulunmuştur. Yapılan itme analizi

sonucunda elde edilen modal katkı çarpanları kullanılarak binanın X ve Y yönündeki her bir itme adımı sonucunda elde edilen modal ivme ve modal yer değiştirme değerleri aşağıdaki tablolarda hesaplanmış ve grafik haline dönüştürülmüştür.

Tablo 4.15 X Yönü Modal İvme ve Modal Yer Değiştirme

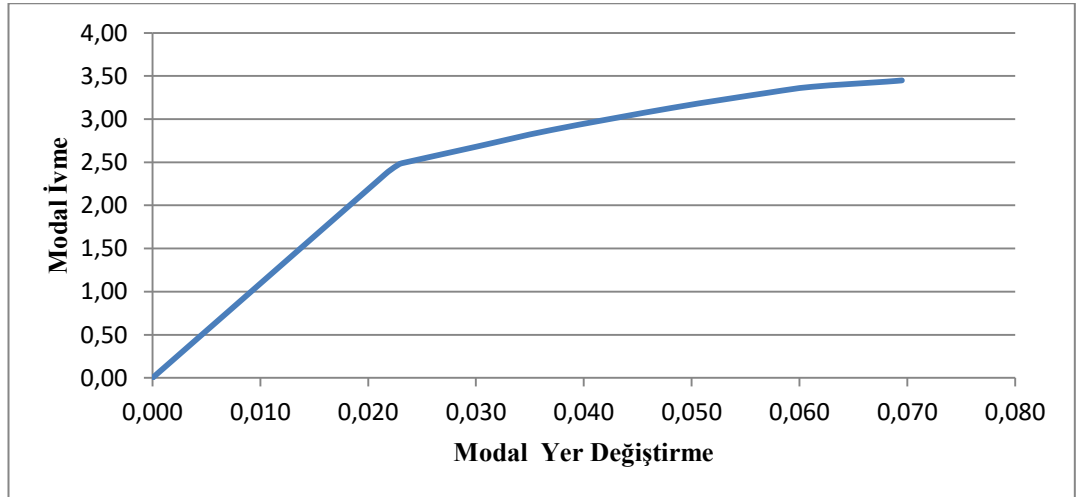
NO	YER DEĞİŞTİRME (m)	TABAN KESME (kN)	ETKİLİ MODAL KÜTLE (kN)	MODAL KATKI ÇARPANI	MODAL İVME (m/sn ²)	MODAL YER DEĞİŞTİRME (m)
0	0.00000	0.000	976.89448	20.29056	0.00000	0.00000
1	0.02771	160.368	976.89448	20.29056	0.16416	0.00615
2	0.05153	331.584	976.89448	20.29056	0.33943	0.01144
3	0.05409	335.386	976.89448	20.29056	0.34332	0.01201
4	0.07245	278.562	976.89448	20.29056	0.28515	0.01608
5	0.11085	381.300	976.89448	20.29056	0.39032	0.02461
6	0.14925	482.940	976.89448	20.29056	0.49436	0.03313
7	0.18765	583.804	976.89448	20.29056	0.59761	0.04166
8	0.22605	683.890	976.89448	20.29056	0.70007	0.05018
9	0.28408	820.926	976.89448	20.29056	0.84034	0.06307
10	0.28863	828.860	976.89448	20.29056	0.84846	0.06408
11	0.29927	839.872	976.89448	20.29056	0.85974	0.06644
12	0.32064	853.174	976.89448	20.29056	0.87335	0.07118
13	0.33149	838.360	976.89448	20.29056	0.85819	0.07359
14	0.33383	828.758	976.89448	20.29056	0.84836	0.07411
15	0.33383	828.758	976.89448	20.29056	0.84836	0.07411
16	0.37283	668.714	976.89448	20.29056	0.68453	0.08277
17	0.38400	622.770	976.89448	20.29056	0.63750	0.08525



Şekil 4.34 X Yönü Yer Değiştirme Modal İvme Diyagramı

Tablo 4.16 Y Yönü Modal İvme ve Modal Yer Değiştirme

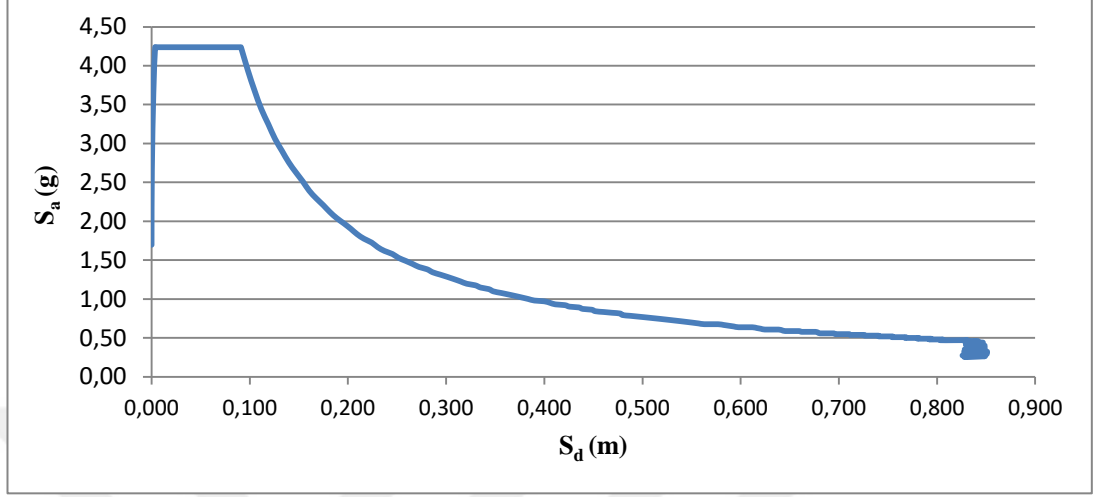
NO	YER DEĞİŞTİRME (m)	TABAN KESME (kN)	ETKİLİ MODAL KÜTLE (kN)	MODAL KATKI ÇARPANI	MODAL İVME (m/sn ²)	MODAL YER DEĞİŞTİRME (m)
0	0	0	1094.286811	30.52409878	0	0
1	0.0384	831.902	1094.286811	30.52409878	0.760222998	0.0069504
2	0.0768	1663.788	1094.286811	30.52409878	1.520431375	0.0139008
3	0.1152	2495.64	1094.286811	30.52409878	2.280608681	0.0208512
4	0.120755	2615.928	1094.286811	30.52409878	2.390532331	0.021856655
5	0.126277	2709.364	1094.286811	30.52409878	2.475917624	0.022856137
6	0.127825	2723.728	1094.286811	30.52409878	2.489043982	0.023136325
7	0.166225	2934.818	1094.286811	30.52409878	2.681945877	0.030086725
8	0.204625	3145.778	1094.286811	30.52409878	2.874728974	0.037037125
9	0.265819	3423.926	1094.286811	30.52409878	3.128910965	0.048113239
10	0.315034	3616.086	1094.286811	30.52409878	3.304513922	0.057021154
11	0.337866	3692.976	1094.286811	30.52409878	3.374778865	0.061153746
12	0.376266	3758.58	1094.286811	30.52409878	3.434730241	0.068104146
13	0.384	3773.742	1094.286811	30.52409878	3.44858584	0.069504



Şekil 4.35 Y Yönü Yer Değiştirme Modal İvme Diyarmanı

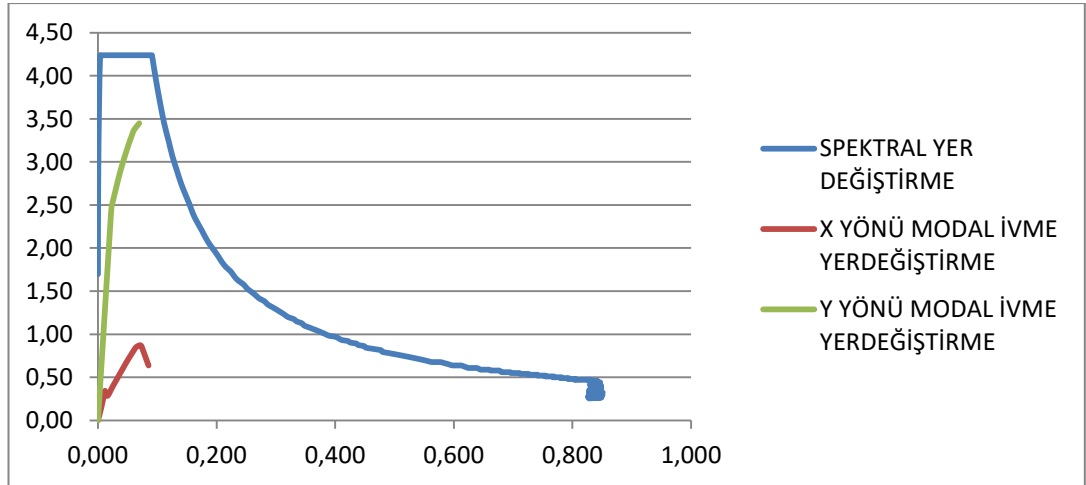
4.2.4.7 Yer Değiştirme İstemlerinin Belirlenmesi

Zemin parametrelerine bağlı olarak elastik ivme spektrumunun ordinatı olan elastik spektral ivme cinsinden spektrum aşağıdaki şekilde bulunmuştur.



Şekil 4.36 İvme Spektral Yer Değiştirme Davranış Spektrumu

Zemin parametrelerinden elde edilen ivme spektral – yer değiştirme davranış grafiği üzerine X ve Y yönlerinde bulunan modal ivme yer değiştirme diyagramları eklenmiş olup ana grafiği kestiği noktalardan yola çıkarak grafik üzerinde spektral yer değiştirmeler ve modal yer değiştirmeler bulunmuştur.



Şekil 4.37 Çakıştırılmış İvme Spektral Yer Değiştirme Davranış Spektrumu

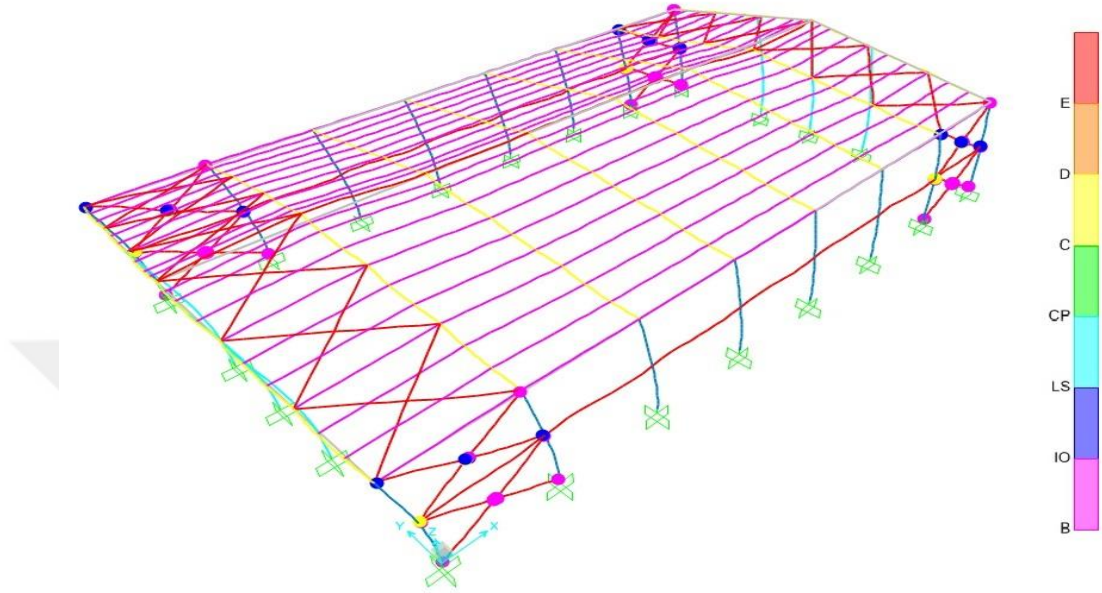
X yönünde okunan değer $S_{DE1} = 0,12$ m. $S_{D1} = 0,12$ m.

Y yönünde okunan değer $S_{DE1} = 0,0435$ m. olarak bulunmuştur. $S_{D1} = 0,0465$ m.

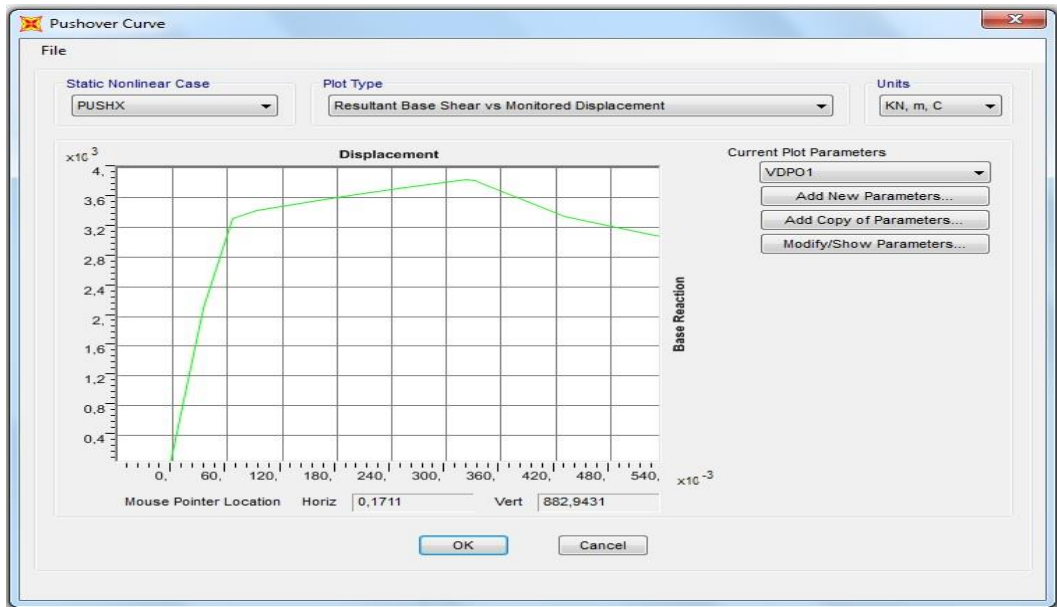
Sistemin X ve Y doğrultusundaki yer değiştirme istemi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$u_{xn1} = \phi_{xn1} \Gamma_{x1} d_1$$

$u_{xn1} = 0.06574$ m. , $u_{yn1} = 0.05398$ m. bulunmuş olup yer değiştirme istemlerine göre PUSH X ve PUSH Y analizleri tekrardan yapılmış ve itme analizi sonucunda X yönünde oluşan mafsallar ve itme eğrisi aşağıdaki gibi bulunmuştur.



şekil 4.38 X Yönünde Oluşan Plastik Mafsallar



şekil 4.39 Statik İtme Eğrisi

4.2.4.8 Kiriş Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi

Kiriş elemanların akma dönmeleri ile SAP 2000 programında X ve Y yönlerindeki statik itme yüklemelerinde oluşan dönme değerleri karşılaştırılarak kirişlerin hasar seviyesi bölgesi belirlenecektir.

Öncelikle kirişler için süneklik hesabı yapılarak hasar bölgelerinde uygulanacak oranlar hesaplanmıştır.

$$\frac{b}{t} \leq 0,30 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \text{Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar}$$

$$0,30 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \leq \frac{b}{t} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \text{Süneklik Düzeyi Sınırlı Elemanlar}$$

$$\frac{b}{t} = \frac{190,00}{14,6} = 13,02$$

$$13,02 \leq 25,58$$

Değeri bulunduğundan Süneklik Düzeyi Yüksek olarak kabul edilmiştir.

Çelik kirişler için akma dönmeleri aşağıda belirtilen formülle hesaplanmıştır.

$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} \ell_b}{6EI_b} \quad (4.15)$$

Burada;

θ_y : Akma dönmesi [rad]

W_p : Plastik mukavemet momenti [m^3]

F_{ye} : Yapı çeliğinin beklenen akma gerilmesi [kN/m^2]

ℓ_b : Kiriş boyu [m]

E : Yapı çeliği elastisite modülü, $E = 2 \times 10^8 [kN/m^2]$

I_b : Kiriş kesit eylemsizlik momenti [m^4]

Tablo 4.17 Kiriş Dönme Değerleri

SECTION	ELEMAN BOYU (m)	ATALET MOMENTİ (cm ⁴)	W _p (cm ³)	F _{ye}	Q _y (rad)
IPE 450	10.79	33740	1702	275	0.012473472

Tablo 4.18 Şekildeğiştirme Sınırları

Kiriş (Eğilme)	Şekil Değiştirme Sınırları		
	SH	KH	GÖ
Süneklik Düzeyi Yüksek	10 _v	60 _v	90 _v
Süneklik Düzeyi Sınırlı	0.250 _v	30 _v	40 _v

Hasar bölgeleri için akma dönmeleri Tablo 4.18'deki katsayılarla çarpılarak, SH Bölgesi için 0,01247 (rad), KH Bölgesi için 0,07484 (rad), GÖ Bölgesi için 0,11226 (rad) olarak bulunmuştur. İtme analizi sonucunda oluşan dönmelerle şekildeğiştirme sınır bölgeleri değerleri aşağıdaki tabloda karşılaştırılmış olup kirişlerin tamamının hasar bölgesi SH düzeyinde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.19 Kiriş Hasar Bölgeleri

ELEMAN NO	SH	KH	GÖ	PLASTİK DÖNMELER (Rad)	HASAR BÖLGESİ
66	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
82	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
100	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
110	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
120	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
130	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
140	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
150	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
160	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
170	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
224	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
234	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
255	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
271	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
280	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH
363	0.01247	0.07484	0.11226	0.000000	SH

4.2.4.9 Kolon Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi

Kolon elemanların akma dönmeleri ile akma şekil değiştirme değerleri SAP 2000 programında X ve Y yönlerindeki statik itme yüklemelerinde oluşan akma dönme değerleri ile akma şekil değiştirme değerleri karşılaştırılarak kolonların hasar seviyesi bölgesi belirlenecektir.

Çelik kolonlar için akma şekil değiştirmeleri aşağıda belirtilen formülle hesaplanmıştır.

Eksenel Basınç Kuvveti Altında Akma Şekil Değiştirmesi

$$\Delta_c = \frac{P_c l_c}{EA_c} \quad (4.16)$$

Burada;

P_c :Çelik elemanın beklenen eksenel basınç dayanımı [kN]

l_c :Çapraz boyu [m]

A_c :Çapraz enkesit alanı [m²]

Eksenel Çekme Kuvveti Altında Akma Şekildeğiştirmesi

$$\Delta_T = \frac{P_{ye} l_c}{EA_c} \quad (4.17)$$

Burada;

P_{ye} :Çelik elemanın beklenen eksenel akma kuvveti [kN]

Çelik kolonlar için akma dönmeleri aşağıda belirtilen formülle hesaplanmıştır.

$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} l_k}{6EI_k} \left[1 - \frac{P}{P_{ye}} \right] \quad (4.18)$$

Burada;

W_p :Plastik mukavemet momenti [m³]

F_{ye} :Yapı çeliğinin beklenen akma gerilmesi [kN/m²]

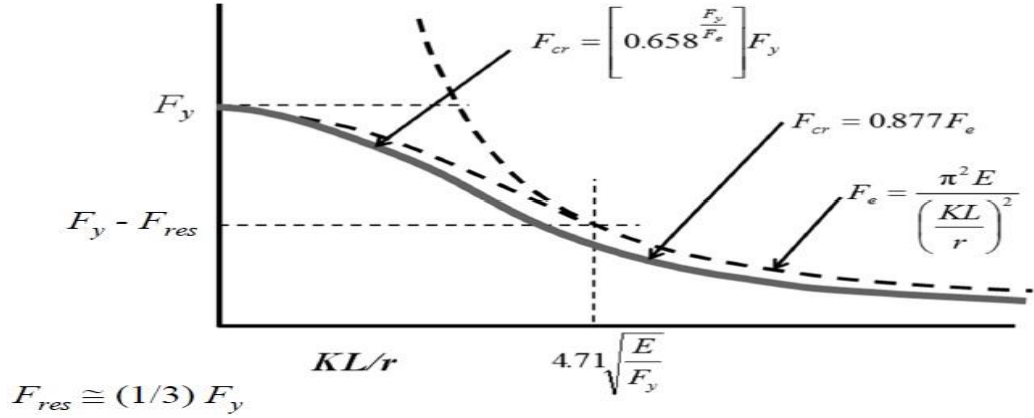
l_k :Kolon boyu [m]

E :Yapı çeliği elastisite modülü, $E = 2 \times 10^8$ [kN/m²]

I_k :Kolon kesit eylemsizlik momenti [m⁴]

P :Maksimum plastik dönmenin durumunda çelik kesitte bulunan eksenel yük [kN]

P_{ye} :Çelik elemanın beklenen eksenel akma kuvveti [kN]



Şekil 4.40 Fy-Fu-Fe Diyagramı

Yukarıdaki diyagramdan faydalanılarak F_e tespit edilmiştir.

$$F_e = \frac{E \pi^2}{\left[\frac{KL}{r}\right]^2} \quad (4.19)$$

$$F_e = 189 \text{ N/mm}^2$$

$$P_e = F_e A_g \quad (4.20)$$

$$P_e = 3005.10 \text{ kN}$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e}\right] F_y \quad (4.21)$$

$$F_{cr} = 149.57 \text{ N/mm}^2$$

$$P_c = F_{cr} A_g \quad (4.22)$$

$$P_c = 2140.34 \text{ kN}$$

Kolonlar için süneklik hesabı yapılarak hasar bölgelerinde uygulanacak oranlar hesaplanmıştır.

$$\frac{b}{t} \leq 0.30 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \text{Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar}$$

$$0.30 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \leq \frac{b}{t} \leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \text{Süneklik Düzeyi Sınırlı Elemanlar}$$

$$\frac{b}{t} = \frac{300.00}{11.00} = 27.27$$

$$25.58 \leq 27.27 \leq 32.41$$

değeri bulunduğundan Süneklik Düzeyi Sınırlı olarak bulunmuştur.

Tablo 4.20 Basınç Altındaki Çaprazlarla Bağlı Kolonlar Hasar Bölgeleri

No	P (kN)	P _{YE} (kN)	P _C (kN)	L _C (m)	A _C (cm ²)	Δ _C (m)	SH (m)	KH (m)	GÖ (m)	DELTA (m)	H.B.
S1	-1203.519	3005.10	2140,35	7.1	15.9	0.0047	0.0023	0.0334	0.0477	0.00	SH
S7	-1268.621	3005.10	2140,35	7.1	15.9	0.0047	0.0023	0.0334	0.0477	0.00	SH
S9	-1203.519	3005.10	2140,35	7.1	15.9	0.0047	0.0023	0.0334	0.0477	0.00	SH
S15	-1268.621	3005.10	2140,35	7.1	15.9	0.0047	0.0023	0.0334	0.0477	0.00	SH

Tablo 4.21 Çekme Altındaki Çaprazlarla Bağlı Kolonlar Hasar Bölgeleri

No	P (kN)	P _{YE} (kN)	P _C (kN)	L _C (m)	A _C (cm ²)	Δ _T (m)	SH (m)	KH (m)	GÖ (m)	DELTA (m)	H.B.
S2	514.459	3005.10	2140.35	7.1	15.9	0.0067	0.0033	0.04025	0.0469	0.00	SH
S10	514.459	3005.10	2140.35	7.1	15.9	0.0067	0.0033	0.04025	0.0469	0.00	SH
S8	261.927	3005.10	2140.35	7.1	15.9	0.0067	0.0033	0.04025	0.0469	0.00	SH

Tablo 4.22 Basınç Altındaki Kolonlar Hasar Bölgeleri

No	L _C (m)	P ₀ (kN)	P _{YE} (kN)	P _c (kN)	Q _{Y0} (m)	SH (m)	KH (m)	GÖ (m)	DELTA (m)	H.B.
S3	7.1	-22.02	3005.10	2140.35	0.01671	0.0042	0.05013	0.0668	0.00	SH
S4	7.1	-22.14	3005.10	2140.35	0.01671	0.0042	0.05014	0.0668	0.00	SH
S5	7.1	-22.04	3005.10	2140.35	0.01671	0.0042	0.05013	0.0668	0.00	SH
S6	7.1	-22.96	3005.10	2140.35	0.01671	0.0042	0.05014	0.0669	0.00	SH
S11	7.1	-22.02	3005.10	2140.35	0.01671	0.0042	0.05013	0.0668	0.00	SH
S12	7.1	-22.14	3005.10	2140.35	0.01671	0.0042	0.05014	0.0167	0.00	SH
S13	7.1	-22.04	3005.10	2140.35	0.01671	0.0042	0.05013	0.0668	0.00	SH
S14	7.1	-22.96	3005.10	2140.35	0.01671	0.0042	0.05014	0.0167	0.00	SH

4.2.4.10 Çapraz Elemanların Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi

Çapraz elemanların akma şekil değiştirme değerleri SAP 2000 programında X ve Y yönlerindeki statik itme yüklemelerinde oluşan akma şekil değiştirme değerleri karşılaştırılarak kolonların hasar seviyesi bölgesi belirlenecektir.

Çelik çapraz elemanlar için akma şekil değiştirmeleri aşağıda belirtilen formülle hesaplanmıştır.

Eksenel Basınç Kuvveti Altında Akma Şekil Değişirmesi

$$\Delta_c = \frac{P_c l_c}{EA_c} \quad (4.23)$$

Burada;

P_c :Çelik elemanın beklenen eksenel basınç dayanımı [kN]

l_c :Çapraz boyu [m]

A_c :Çapraz enkesit alanı [m²]

Eksenel Çekme Kuvveti Altında Akma Şekil Değişirmesi

$$\Delta_T = \frac{P_{ye} l_c}{EA_c} \quad (4.24)$$

Burada;

P_{ye} :Çelik elemanın beklenen eksenel akma kuvveti [kN]

Yukarıdaki diyagramdan faydalanılarak F_e tespit edilmiştir.

$$F_e = 170 \text{ N/mm}^2$$

$$P_e = 350.20 \text{ kN}$$

$$F_{c,r} = 139.73 \text{ N/mm}^2$$

$$P_c = 287.84 \text{ kN}$$

Tablo 4.23 Çekme Altındaki Çaprazların Hasar Bölgeleri

No	KESİT	P (kN)	P _{ye} (kN)	A _c (cm ²)	L _c (m)	Δ _T (m)	SH	KH	GÖ	H.B.
25	CHS 168.3X4	636.775	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	BH
26	CHS 168.3X4	634.093	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	BH
29	CHS 168.3X4	621.650	350.200	20.6	3.101	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	SH
30	CHS 168.3X4	621.555	350.200	20.6	3.101	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	SH
48	CHS 168.3X4	636.775	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	BH
49	CHS 168.3X4	634.093	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	BH
76	CHS 168.3X4	621.650	350.200	20.6	3.101	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	SH
81	CHS 168.3X4	621.555	350.200	20.6	3.101	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	SH

Tablo 4.24 Basınç Altındaki Çaprazların Hasar Bölgeleri

No	KESİT	P (kN)	P _{ye} (kN)	A _c (cm ²)	L _c (m)	Δ _c (m)	SH	KH	GÖ	H.B.
21	CHS 168.3X4	-530.774	287.84	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.019678	BH
22	CHS 168.3X4	-526.500	287.84	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.019678	BH
33	CHS 168.3X4	-525.691	287.84	20.6	3.101	0.00218	0.00109	0.01311	0.019678	BH
34	CHS 168.3X4	-528.105	287.84	20.6	3.101	0.00218	0.00109	0.01311	0.019678	SH
46	CHS 168.3X4	-530.774	287.84	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.019678	BH
47	CHS 168.3X4	-526.500	287.84	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.019678	BH
50	CHS 168.3X4	-525.691	287.84	20.6	3.101	0.00218	0.00109	0.01311	0.019678	BH
56	CHS 168.3X4	-528.105	287.84	20.6	3.101	0.00218	0.00109	0.01311	0.019678	SH

Tablo 4.25 Çekme ve Basınç Altındaki Çaprazların Hasar Bölgeleri

No	KESİT	P (kN)	P _{ye} (kN)	A _c (cm ²)	L _c (m)	Δ _T ve Δ _C (m)	SH	KH	GÖ	H.B.
5	CHS 168.3X4	637.463	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	BH
6	CHS 168.3X4	634.826	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	SH
9	CHS 168.3X4	-531.047	287.844	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.01967	BH
10	CHS 168.3X4	-526.964	287.844	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.01967	BH
13	CHS 168.3X4	625.849	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	SH
14	CHS 168.3X4	625.264	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	SH
17	CHS 168.3X4	-524.331	287.844	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.01967	BH
18	CHS 168.3X4	-524.101	287.844	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.01967	SH
35	CHS 168.3X4	-531.047	287.844	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.01967	BH
36	CHS 168.3X4	-526.964	287.844	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.01967	BH
37	CHS 168.3X4	637.463	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	BH
39	CHS 168.3X4	634.826	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	SH
40	CHS 168.3X4	-524.101	287.844	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.01967	SH
41	CHS 168.3X4	-524.331	287.844	20.6	3.129	0.00218	0.00109	0.01311	0.01967	BH
42	CHS 168.3X4	625.264	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	SH
43	CHS 168.3X4	625.849	350.200	20.6	3.129	0.00266	0.00133	0.01862	0.02394	SH

X ve Y yönünde yapılan statik itme analizleri sonucunda kirişlerin tamamının SH seviyesinde kaldığı, düşey taşıyıcı elemanlardan İH seviyesine geçen elemanların bulunmadığı ve çapraz elemanlardan da İH seviyesine geçen elemanların bulunmadığı görülmüştür. Plastik mafsallı oluşan çapraz elemanların X yönü itme analizi sonucunda okunan aksenal kuvvetler altında birleşim kontrollerinin yapılması gerekmektedir.

4.2.5 Bulonların Kesme Kuvveti Kontrolü

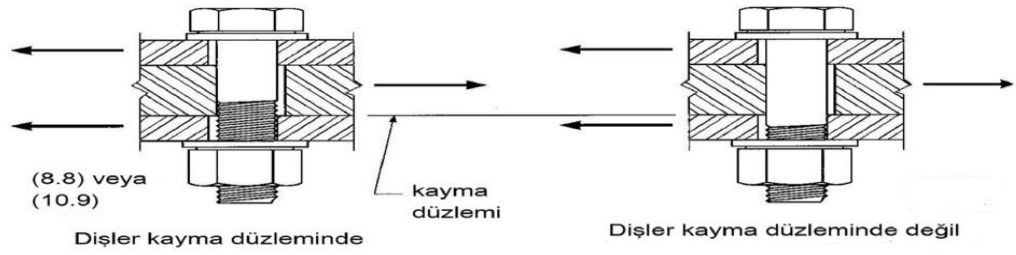
Bulonların karakteristik kayma gerilmesi dayanımı F_{nv} aşağıdaki iki durum dikkate alınarak elde edilecektir.

Bulonun dış açılmış gövde bölümü kayma düzlemi içindeyse,

$$F_{nv} = 0.450 F_{ub} \quad (4.25)$$

Bulonun dış açılmış gövde bölümü kayma düzlemi dışındaysa,

$$F_{nv} = 0.563 F_{ub} \quad (4.26)$$



Şekil 4.41 Bulonların Dış Açılmış Gövde Bölümü Kayma Düzlemi

Karakteristik kesme kuvveti dayanımı,

$$R_n = R_{nv} = F_{nv} n_{sp} A_b \quad (4.27)$$

Yerinde uygulanan bulonlar 4 M20 olup 8.8 yüksek dayanımlı olarak belirlenmiştir.

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

Şekil 4.42 Bulonların Karakteristik Akma Gerilmeleri ve Çekme Dayanımları

$$F_{nv} = 0.450 F_{ub} = 0.450 \times 800 = 360 \text{ Mpa}$$

$$R_n = R_{nv} = F_{nv} n_{sp} A_b = 360 \times \left(\pi \times \frac{20^2}{4} \right) / 1000$$

$$R_n = 113,04 \text{ kN}$$

Bulon deliği ezilme kuvveti dayanımı,

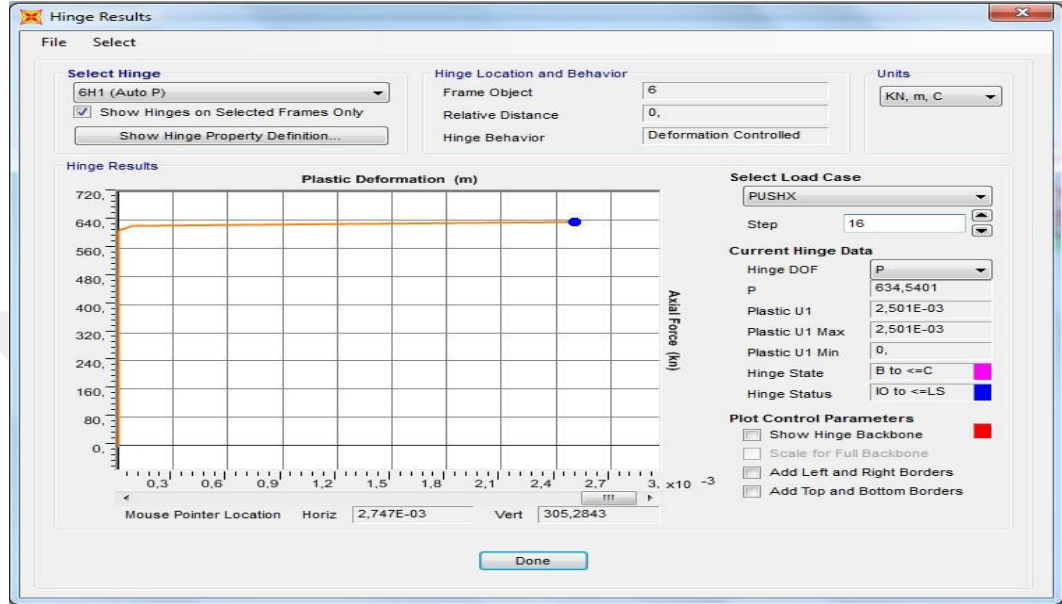
$$R_n = 1.2 l_c t F_u \leq 2.4 d t F_u$$

$$R_n = (1.2 \times 46 \times 10 \times 430) / 1000 \leq (2.4 \times 24 \times 10 \times 430) / 1000$$

$$R_n = 237.36 \leq 247.68$$

$$R_{nmin}, R_{nmax} (113.04, 237.36)$$

Bulon deliği ezilme kuvveti dayanımından minimum olan R_n olarak kabul edilir, birleşim bölgesinde 4 adet bulon bulunduğundan dolayı ezilme kuvveti dayanımı bulon sayısı ile çarpılarak mevcut dayanım elde edilir. Bu dayanım statik itme analizinden elde edilen N_d ile karşılaştırılmalıdır.



Şekil 4.43 Çapraz Elemana Ait N_d Değeri

$$N_d = 634.54 \text{ kN}$$

$$4 \times R_n = 4 \times 113.04 = 452.16 < 634.54 \text{ kN}$$

Yapılan karşılaştırma sonucunda bulon deliği ezilme kuvveti dayanımı statik itmenin uygulandığı kuvvetten az olduğundan dolayı bulon deliğinde ezilmenin olduğu görülmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüksek lisans tezi olarak yapılan bu çalışmalarda betonarme ve çelik spor salonlarının performans düzeyleri ve seviyeleri tespit edilmiş olup, birinci uygulamada çatı profilleri birleşim şekillerinin bina tepe noktası yer değiştirmelerini nasıl etkilediği incelenmiş, çatı sisteminin binadan ayrı çözülerek sadece çatı yüklerinin bina kolonlarına yansıtılması ile sistemin birlikte çözülmesinin tepe noktası yer değiştirmesi üzerinde büyük farklılıklar yaratmadığı belirlenmiştir. Ayrıca makas elemanlarının mafsallı veya rijit birleşimlerden oluşturulması durumları da incelenmiş olup, rijit olarak çözülen sistemin daha fazla deplasman yaptığı gözlemlenmiştir. Binanın doğrusal performans analizi yapılmış olup analiz sonucuna göre binanın GÖ bölgesinde bulunduğu görülmüştür.

İkinci uygulamada ise çelik spor salonunun önce YDKT sistemine göre analizi yapılmış olup uygulanan kesitlerin yeterliliği sağladığı tespit edilmiştir. Çelik taşıyıcı sistemli spor salonuna doğrusal olmayan sabit modlu statik itme performans analizi yapılmış olup binada İH seviyesinde olan taşıyıcı sistem elemanı olmadığı görülmüştür. Çapraz elemanların kolonlarla birleşim bölgesinin tahkiki yapılmış, bu tahkik sonucunda birleşim bölgelerindeki bulon deliklerinin ezildiği görülmüştür.

Spor salonlarına ait performans analizleri yapılırken aşağıda belirtilen hususların dikkate edilmesi gerekmektedir.

- 1-) Betonarme spor salonlarında sistemin çatıyla birlikte modellenmesinin daha gerçeğe yakın sonuçlar vereceğinden modellemenin üç boyutlu yapılması.
- 2-) Çatının binadan ayrı modellendiği sistemlerde rijit diyaframa bağlı olmayan kolonların diyaframa dahil edilmesi gerektiği.
- 3-) Bina modellemesi yapılırken salon oyun alanı açıklığının dört tarafında da döşemeli çerçeve sistemlerden oluşmasının bina performansı açısından daha uygun sonuçlar vereceği düşünülmektedir.
- 4-) Çelik taşıyıcı sistemli spor salonlarının ilk projelendirme aşamasında çapraz elemanların kolon birleşimleri ile kiriş kolon birleşimlerindeki plakaların kalınlık tayini yapılmadan önce performans analizindeki değerlerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Sonuç olarak büyük açıklıklı binaların projelendirme aşamalarında (TBDY 2018)'de belirtildiği gibi öncelikle şekildeğiştirmeye ve tepe noktası yer değiştirmelerinin analizi yapılmalı eğer uygun değerler gözlemleniyorsa taşıyıcı sistemin dayanıma göre analizine geçilmesi, yer değiştirme ve tepe noktası deplasmanları uygun değer aralıklarında kalmıyor ise başta mimari projenin değiştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca çelik binalarda çapraz elemanların boyutlandırılması yapılırken performans analizinin yapılarak karşılaştırılmasının daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmektedir.





EKLER

Ek 1a: Kirişlere ait şekil değiştirme ve dönme değerleri

Frame	OutputCase	AssignHinge	GenHinge	U3Plastic	R3Plastic
Text	Text	Text	Text	m	Radians
66	PUSHX	Auto M3	66H1	0	0
66	PUSHX	Auto M3	66H1	0	0
82	PUSHX	Auto M3	82H1	0	0
82	PUSHX	Auto M3	82H1	0	0
100	PUSHX	Auto M3	100H1	0	0
100	PUSHX	Auto M3	100H1	0	0
110	PUSHX	Auto M3	110H1	0	0
110	PUSHX	Auto M3	110H1	0	0
120	PUSHX	Auto M3	120H1	0	0
120	PUSHX	Auto M3	120H1	0	0
130	PUSHX	Auto M3	130H1	0	0
130	PUSHX	Auto M3	130H1	0	0
140	PUSHX	Auto M3	140H1	0	0
140	PUSHX	Auto M3	140H1	0	0
150	PUSHX	Auto M3	150H1	0	0
150	PUSHX	Auto M3	150H1	0	0
160	PUSHX	Auto M3	160H1	0	0
160	PUSHX	Auto M3	160H1	0	0
170	PUSHX	Auto M3	170H1	0	0
170	PUSHX	Auto M3	170H1	0	0
224	PUSHX	Auto M3	224H1	0	0
224	PUSHX	Auto M3	224H1	0	0
234	PUSHX	Auto M3	234H1	0	0
234	PUSHX	Auto M3	234H1	0	0
255	PUSHX	Auto M3	255H1	0	0
255	PUSHX	Auto M3	255H1	0	0
271	PUSHX	Auto M3	271H1	0	0
271	PUSHX	Auto M3	271H1	0	0
280	PUSHX	Auto M3	280H1	0	0
280	PUSHX	Auto M3	280H1	0	0
363	PUSHX	Auto M3	363H1	0	0
363	PUSHX	Auto M3	363H1	0	0

Ek 1b: Çaprazlara ait şekil değiştirme değerleri

Frame	OutputCase	StepType	AssignHinge	GenHinge	RelDist	P	UIPlastic
Text	Text	Text	Text	Text	Unitless	KN	m
5	PUSHX	Max	Auto P	5H1	0	637,177	0,003066
5	PUSHX	Max	Auto P	5H2	1	637,463	0,003135
5	PUSHX	Min	Auto P	5H1	0	-7,138	0,000000
5	PUSHX	Min	Auto P	5H2	1	-6,852	0,000000
6	PUSHX	Max	Auto P	6H1	0	634,540	0,002501
6	PUSHX	Max	Auto P	6H2	1	634,826	0,002500
6	PUSHX	Min	Auto P	6H1	0	-6,278	0,000000
6	PUSHX	Min	Auto P	6H2	1	-5,992	0,000000
9	PUSHX	Max	Auto P	9H1	0	2,071	0,000000
9	PUSHX	Max	Auto P	9H2	1	2,358	0,000000
9	PUSHX	Min	Auto P	9H1	0	-531,047	-0,010079
9	PUSHX	Min	Auto P	9H2	1	-530,761	-0,002077
10	PUSHX	Max	Auto P	10H1	0	2,960	0,000000
10	PUSHX	Max	Auto P	10H2	1	3,246	0,000000
10	PUSHX	Min	Auto P	10H1	0	-526,964	-0,001785
10	PUSHX	Min	Auto P	10H2	1	-526,677	-0,001786
13	PUSHX	Max	Auto P	13H1	0	626,128	0,000349
13	PUSHX	Min	Auto P	13H1	0	-5,176	0,000000
13	PUSHX	Min	Auto P	13H2	1	-5,454	0,000000
14	PUSHX	Max	Auto P	14H1	0	625,264	0,000268
14	PUSHX	Max	Auto P	14H2	1	624,986	0,000268
14	PUSHX	Min	Auto P	14H1	0	-6,052	0,000000
14	PUSHX	Min	Auto P	14H2	1	-6,330	0,000000
17	PUSHX	Max	Auto P	17H1	0	2,152	0,000000
17	PUSHX	Max	Auto P	17H2	1	1,873	0,000000
17	PUSHX	Min	Auto P	17H1	0	-524,053	-0,001139
17	PUSHX	Min	Auto P	17H2	1	-524,331	-0,001138
18	PUSHX	Max	Auto P	18H1	0	1,221	0,000000

18	PUSHX	Min	Auto P	18H1	0	-523,823	-0,000776
18	PUSHX	Min	Auto P	18H2	1	-524,101	-0,000776
21	PUSHX	Max	Auto P	21H1	0	-7,138	0,000000
21	PUSHX	Max	Auto P	21H2	1	-6,852	0,000000
21	PUSHX	Min	Auto P	21H1	0	-531,060	-0,009664
21	PUSHX	Min	Auto P	21H2	1	-530,774	-0,001888
22	PUSHX	Max	Auto P	22H1	0	-6,278	0,000000
22	PUSHX	Max	Auto P	22H2	1	-5,992	0,000000
22	PUSHX	Min	Auto P	22H1	0	-526,786	-0,001709
22	PUSHX	Min	Auto P	22H2	1	-526,500	-0,001710
25	PUSHX	Max	Auto P	25H1	0	636,488	0,002900
25	PUSHX	Max	Auto P	25H2	1	636,775	0,002969
25	PUSHX	Min	Auto P	25H1	0	2,071	0,000000
25	PUSHX	Min	Auto P	25H2	1	2,358	0,000000
26	PUSHX	Max	Auto P	26H1	0	633,807	0,002324
26	PUSHX	Max	Auto P	26H2	1	634,093	0,002323
26	PUSHX	Min	Auto P	26H1	0	2,960	0,000000
26	PUSHX	Min	Auto P	26H2	1	3,246	0,000000
29	PUSHX	Max	Auto P	29H1	0	621,372	0,000449
29	PUSHX	Max	Auto P	29H2	1	621,650	0,000449
29	PUSHX	Min	Auto P	29H1	0	0,943	0,000000
29	PUSHX	Min	Auto P	29H2	1	1,221	0,000000
30	PUSHX	Max	Auto P	30H1	0	621,276	0,000594
30	PUSHX	Max	Auto P	30H2	1	621,555	0,000593
30	PUSHX	Min	Auto P	30H1	0	1,873	0,000000
30	PUSHX	Min	Auto P	30H2	1	2,152	0,000000
33	PUSHX	Max	Auto P	33H1	0	-6,330	0,000000
33	PUSHX	Max	Auto P	33H2	1	-6,052	0,000000
33	PUSHX	Min	Auto P	33H1	0	-525,691	-0,001615
33	PUSHX	Min	Auto P	33H2	1	-525,412	-0,001615
34	PUSHX	Max	Auto P	34H1	0	-5,454	0,000000
34	PUSHX	Max	Auto P	34H2	1	-5,176	0,000000

34	PUSHX	Min	Auto P	34H1	0	-528,105	-0,000765
34	PUSHX	Min	Auto P	34H2	1	-527,827	-0,000765
35	PUSHX	Max	Auto P	35H1	0	2,071	0,000000
35	PUSHX	Max	Auto P	35H2	1	2,358	0,000000
35	PUSHX	Min	Auto P	35H1	0	-531,047	-0,010079
35	PUSHX	Min	Auto P	35H2	1	-530,761	-0,002077
36	PUSHX	Max	Auto P	36H1	0	2,960	0,000000
36	PUSHX	Max	Auto P	36H2	1	3,246	0,000000
36	PUSHX	Min	Auto P	36H1	0	-526,964	-0,001785
36	PUSHX	Min	Auto P	36H2	1	-526,677	-0,001786
37	PUSHX	Max	Auto P	37H1	0	637,177	0,003066
37	PUSHX	Max	Auto P	37H2	1	637,463	0,003135
37	PUSHX	Min	Auto P	37H1	0	-7,138	0,000000
37	PUSHX	Min	Auto P	37H2	1	-6,852	0,000000
39	PUSHX	Max	Auto P	39H1	0	634,540	0,002501
39	PUSHX	Max	Auto P	39H2	1	634,826	0,002500
39	PUSHX	Min	Auto P	39H1	0	-6,278	0,000000
39	PUSHX	Min	Auto P	39H2	1	-5,992	0,000000
40	PUSHX	Max	Auto P	40H2	1	1,221	0,000000
40	PUSHX	Min	Auto P	40H1	0	-524,101	-0,000776
40	PUSHX	Min	Auto P	40H2	1	-523,823	-0,000776
41	PUSHX	Max	Auto P	41H1	0	1,873	0,000000
41	PUSHX	Max	Auto P	41H2	1	2,152	0,000000
41	PUSHX	Min	Auto P	41H1	0	-524,331	-0,001138
41	PUSHX	Min	Auto P	41H2	1	-524,053	-0,001139
42	PUSHX	Max	Auto P	42H1	0	624,986	0,000268
42	PUSHX	Max	Auto P	42H2	1	625,264	0,000268
42	PUSHX	Min	Auto P	42H1	0	-6,330	0,000000
42	PUSHX	Min	Auto P	42H2	1	-6,052	0,000000
43	PUSHX	Max	Auto P	43H1	0	625,849	0,000349
43	PUSHX	Max	Auto P	43H2	1	626,128	0,000349
43	PUSHX	Min	Auto P	43H1	0	-5,454	0,000000

43	PUSHX	Min	Auto P	43H2	1	-5,176	0,000000
46	PUSHX	Max	Auto P	46H1	0	-7,138	0,000000
46	PUSHX	Max	Auto P	46H2	1	-6,852	0,000000
46	PUSHX	Min	Auto P	46H1	0	-531,060	-0,009664
46	PUSHX	Min	Auto P	46H2	1	-530,774	-0,001888
47	PUSHX	Max	Auto P	47H1	0	-6,278	0,000000
47	PUSHX	Max	Auto P	47H2	1	-5,992	0,000000
47	PUSHX	Min	Auto P	47H1	0	-526,786	-0,001709
47	PUSHX	Min	Auto P	47H2	1	-526,500	-0,001710
48	PUSHX	Max	Auto P	48H1	0	636,488	0,002900
48	PUSHX	Max	Auto P	48H2	1	636,775	0,002969
48	PUSHX	Min	Auto P	48H1	0	2,071	0,000000
48	PUSHX	Min	Auto P	48H2	1	2,358	0,000000
49	PUSHX	Max	Auto P	49H1	0	633,807	0,002324
49	PUSHX	Max	Auto P	49H2	1	634,093	0,002323
49	PUSHX	Min	Auto P	49H1	0	2,960	0,000000
49	PUSHX	Min	Auto P	49H2	1	3,246	0,000000
50	PUSHX	Max	Auto P	50H1	0	-6,330	0,000000
50	PUSHX	Max	Auto P	50H2	1	-6,052	0,000000
50	PUSHX	Min	Auto P	50H1	0	-525,691	-0,001615
50	PUSHX	Min	Auto P	50H2	1	-525,412	-0,001615
56	PUSHX	Max	Auto P	56H1	0	-5,454	0,000000
56	PUSHX	Max	Auto P	56H2	1	-5,176	0,000000
56	PUSHX	Min	Auto P	56H1	0	-528,105	-0,000765
56	PUSHX	Min	Auto P	56H2	1	-527,827	-0,000765
76	PUSHX	Max	Auto P	76H1	0	621,372	0,000449
76	PUSHX	Max	Auto P	76H2	1	621,650	0,000449
76	PUSHX	Min	Auto P	76H2	1	1,221	0,000000
81	PUSHX	Max	Auto P	81H1	0	621,276	0,000594
81	PUSHX	Max	Auto P	81H2	1	621,555	0,000593
81	PUSHX	Min	Auto P	81H1	0	1,873	0,000000
81	PUSHX	Min	Auto P	81H2	1	2,152	0,000000

Ek 1c :Kolonlara ait şekil değıştirme ve dönme değeri

Frame	OutputCase	StepType	AssignHinge	GenHinge	P	U3Plastic	R3Plastic
Text	Text	Text	Text	Text	kN	m	Radians
S1	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S1H1	-107,802	0	0
S1	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S1H2	-102,579	0	0
S1	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S1H1	-1203,519	0	0
S1	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S1H2	-534,705	0	0
S2	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S2H1	1164,879	0	0
S2	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S2H2	514,459	0	0
S2	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S2H1	-31,861	0	0
S2	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S2H2	-16,822	0	0
S3	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S3H1	-21,128	0	0
S3	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S3H2	-11,827	0	0
S3	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S3H1	-22,022	0	0
S3	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S3H2	-12,659	0	0
S4	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S4H1	-22,037	0	0
S4	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S4H2	-12,675	0	0
S4	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S4H1	-22,135	0	0
S4	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S4H2	-12,775	0	0
S5	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S5H1	-21,929	0	0
S5	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S5H2	-12,574	0	0
S5	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S5H1	-22,037	0	0

S5	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S5H2	-12,675	0	0
S6	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S6H1	-22,022	0	0
S6	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S6H2	-12,659	0	0
S6	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S6H1	-22,958	0	0
S6	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S6H2	-13,538	0	0
S7	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S7H1	-31,861	0	0
S7	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S7H2	-16,822	0	0
S7	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S7H1	-1268,621	0	0
S7	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S7H2	-598,715	0	0
S8	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S8H1	916,899	0	0
S8	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S8H2	261,927	0	0
S8	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S8H1	-107,802	0	0
S8	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S8H2	-102,579	0	0
S9	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S9H1	-107,802	0	0
S9	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S9H2	-102,579	0	0
S9	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S9H1	-1203,519	0	0
S9	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S9H2	-534,705	0	0
S10	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S10H1	1164,879	0	0
S10	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S10H2	514,459	0	0
S10	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S10H1	-31,861	0	0
S10	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S10H2	-16,822	0	0
S11	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S11H1	-21,128	0	0
S11	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S11H2	-11,827	0	0

S11	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S11H1	-22,022	0	0
S11	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S11H2	-12,659	0	0
S12	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S12H1	-22,037	0	0
S12	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S12H2	-12,675	0	0
S12	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S12H1	-22,135	0	0
S12	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S12H2	-12,775	0	0
S13	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S13H1	-21,929	0	0
S13	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S13H2	-12,574	0	0
S13	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S13H1	-22,037	0	0
S13	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S13H2	-12,675	0	0
S14	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S14H1	-22,022	0	0
S14	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S14H2	-12,659	0	0
S14	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S14H1	-22,958	0	0
S14	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S14H2	-13,538	0	0
S15	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S15H1	-31,861	0	0
S15	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S15H2	-16,822	0	0
S15	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S15H1	-1268,621	0	0
S15	PUSHX	Min	Auto P-M2-M3	S15H2	-598,715	0	0
S16	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S16H1	916,899	0	0
S16	PUSHX	Max	Auto P-M2-M3	S16H2	261,927	0	0

KAYNAKLAR

- AFAD, (2018). Türkiye Deprem Tehlike Haritası
- Ay, Z., Çelik, İ., Kıymılı, N. (2010). Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Sismik Performansı Üzerine Bazı Değerlendirmeler, *Erciyes Üniversitesi F.B.E. Dergisi*, Cilt 26, Sayı 1, Kayseri, Türkiye.
- Celep, Z. (2008). Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, İstanbul, Türkiye.
- Çavdar, Ö., Ceylan, M. (2017). Mevcut Çelik Bir Spor Salonunun Performans Analizi, *Uluslararası Katılımlı 7. Çelik Yapılar Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye.
- Güvensoy, S. (2019). Çelik Binaların Performans Düzeyinin Elde Edilmesi, Seminer Notları, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası*, İstanbul, Türkiye
- Özer, E., Celep, Z., Özaydın, K., Aydınoglu N. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Eğitim El Kitabı, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası*, İstanbul, Türkiye
- SAP2000 V20.2 Integrated Structural Analysis and Design Software, *Computer and Structure Inc. Berkeley, California, USA*.
- TS-EN, 1991-1-4, (2007). Eurocode 1, Yapılar Üzerindeki Etkiler, Rüzgar Etkileri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye
- TS-EN, 1991-1-4, (2007). Eurocode 1, Yapılar Üzerindeki Etkiler, Kar Yükleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye
- TS-498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye
- TS-500, (2000), Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY), (2018). *Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı*, Ankara
- Yorgun, C., Vatansever, C., Özer, E., (2016) Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları Yönetmeliği, İstanbul, Türkiye.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler / Personal Information

Soyad, Ad / **Surname, Name**

Uluğ Hakan

Web sayfası / **Web Page**
(Research Gate, Academia, etc.)

Eğitim Bilgileri / Education

Derece / Degree	Kurum / Institution	Mezuniyet Yılı / Year of Graduation
Yüksek Lisans / MS	Dicle Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği Programı	2022
Lisans / BS	Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği	2004
Lise / High School		

İş Deneyimi / Work Experience

Dönem (Yıl) / Period (Year)	Şirket, Kurum/ Company, Institution	Görev / Enrollment
2004-2005	Öcal Mühendislik	İnşaat Mühendisi
2005-2006	Ege Yapı-Bayındır İnşaat	İnşaat Mühendisi
2006-	Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü	İnşaat Mühendisi

Yabancı Dil / Foreign Languages

İngilizce, Almanca

Yayımlar / Publications

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Özel İlgiler / Hobbies

Çelik Yapılar

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Hakan ULUĞ		
Öğrenci No	18806012A		
Ana Bilim Dalı	İnşaat Mühendisliği		
Program Türü	Proje <input type="checkbox"/>	Yüksek Lisans <input checked="" type="checkbox"/>	Doktora <input type="checkbox"/>
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Doç.Dr.Mehmet Emin ÖNCÜ		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	Spor Salonlarının Deprem Performansının Değerlendirilmesi		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	85		
Raporlama Tarihi	10.03.2022		
Benzerlik Oranı (%)	19		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 85 sayfalık kısmına ilişkin, 10/03/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 19 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
Kaynaklar hariç
Alıntılar hariç/dâhil
Diğer (Her şey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Hakan ULUĞ

Tarih:16.03.2022

İmza:

Danışman Adı, Soyadı:Doç.Dr.Mehmet Emin ÖNCÜ

İmza:

Tarih:16.03.2022

Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı:Prof.Dr.Z.Fuat TOPRAK

İmza:

Tarih:16.03.2022
