



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA FARKLI SİSMİK İZOLATÖR
SİSTEMLERİN VE KAT ADETİNİN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ**

Hakan Abdulhamit TÜRK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hakan Abdulhamit TÜRK tarafından hazırlanan “**ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA FARKLI SİSMİK İZOLATÖR SİSTEMLERİNİN VE KAT ADETİNİN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ**” adlı tez çalışması 23/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doc. Dr. Murat ÖZTÜRK

Danışman

Doc. Dr. Murat ÖZTÜRK

Üye

Dr. Öğr. Üy. Nail KARA

Üye

Dr. Öğr. Üy. Süleyman Kamil AKIN

İmza

.....
.....
.....
.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hakan KARABÖRK
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Hakan Abdulhamit TÜRK

23.07.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA FARKLI SİSMİK İZOLATÖLER SİSTEMLERİN VE KAT ADETİNİN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ

Hakan Abdulhamit TÜRK

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doc. Dr. Murat ÖZTÜRK

2019, 121 Sayfa

Jüri

Doc. Dr. Murat ÖZTÜRK

Dr. Öğr. Üye. Nail KARA

Dr. Öğr. Üye .Süleyman Kamil AKIN

Bu çalışmada betonarme perdeli- çerçevesel taşıyıcı sisteme sahip örnek bir sağlık merkez binası, taşıyıcı elemanları (TS-500) yönetmeliğine göre boyutlandırılıp, üç farklı kat adeti için (6,12 ve 18 kat) üç farklı mesnetlenme durumuna göre (ankastre mesnetli, kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü, sürtümlü sarkaç izolatörlü) toplam 9 farklı model oluşturulmuştur. Tezin en önemli amacı, hedeflenen sismik izolatör türlerinin hangi kat adetinde daha etkili olduğunu ortaya çıkarmaktır. Ankastre olarak oluşturulan modellerin deprem davranışı analiz sonuçları incelenip, izolatör parametrelerini etkileyen deprem kuvvetleri analiz sonucunda elde edilmiş ve izolatör tasarımı yapılmıştır. Yapı tabanına yerleştirilen sismik izolatörlerin tasarımı ise, (TBDY-2018)' de yer alan (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) sismik izolasyon sistemlerinin tasarım ilkeleri ve yaklaşımları ile modellenmiştir. Bulunan mekanik parametrelerini SAP2000 analiz programında kullanılıp izolatör tasarımı yapılmıştır. Oluşturulan bu 9 farklı modelin SAP2000 analiz programında zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizi yapılmıştır. Taban kesme kuvveti, görelî kat ötelenmesi oranı, kat ivme değerleri karşılaştırılıp taşıyıcı elemanlardaki tesir kuvvetlerindeki değişim incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, sismik izolatör mesnetli yapıların ankastre mesnetli yapılara göre daha iyi deprem performansı gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Sismik izolatör mesnetli sistemlerin kullanılmasıyla artan yapı periyodu, azalan görelî kat ötelenmesi oranı, taban kesme kuvveti ve kat ivmeleri yapıyı daha güvenli hale getirilmiştir. Sürtümlü sarkaçlı izolatörlü mesnetlerin kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü mesnetlere göre daha iyi deprem davranışı gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İzolatör, deprem, betonarme, İvme, Çekirdek, Sarkaç,

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF DIFFERENT SEISMIC ISOLATOR SYSTEMS AND FLOOR NUMBER TO EARTHQUAKE BEHAVIOR ON MULTI-STOREY REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Hakan Abdulhamit TÜRK

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Assoc. Prof. Dr . Murat ÖZTÜRK

2019, 121 Page

Jury

Assoc. Prof. Dr . Murat ÖZTÜRK

Assist. Prof. Dr. Nail KARA

Assist. Prof. Dr. Süleyman Kamil AKIN

In this study, an exemplary health center building is modeled according to (TS-500) regulation and model dimensions of three different floors (6,12 and 18 storeys) are in accordance with three different support conditions (with built-in bearing, lead-core rubber insulator, friction pendulum isolator) total of 9 different model was created. The most significant goal of the thesis is to bring out which of the targeted seismic isolator species is more effective in the number of layers. Earthquake behavior analysis results of fixed modeled structure will be investigated and earthquake forces affecting the insulator parameters will be obtained as a result of analysis and insulator design will be made. The design of the seismic isolators placed on the base structure, (TBDY-2018) well located (Turkey Building Earthquake Regulation) seismic isolation system design principles and approaches will be modeled with the found of mechanical parameters of the SAP2000 analysis program used and insulator design will be made lead rubber bearings in the design and friction system pendulum isolator system will be used. These models were analyzed nonlinear (FNA) in time domain in SAP2000 program. When compared with seismic insulated bearing systems and fixed base dual systems; the internal forces, the relative displacement of the floor and the acceleration of the floor, base shear reaction were decreased, but the natural vibration period was increased. The system with friction pendulum isolator has better earthquake behavior than the system with lead core rubber.

Keyword: Isolator, earthquake, reinforced concrete, Acceleration, Core, Pendulum,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimi boyunca desteklerini esirgemeyen danışmanım, değerli hocam Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK'e verdiği sonsuz destek, rehberlik ve sabrı nedeniyle teşekkürlerimi iletmek isterim. Yine çalışmamda konu, kaynak ve yöntem açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren değerli hocam Dr. Öğr. Üy. İbrahim Hakkı ERKAN'a teşekkürlerimi sunarım. Bu tez depremlerde hayatını kaybeden bütün insanlara adanmıştır.

Hakan Abdulhamit TÜRK

Konya-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
1.GİRİŞ	1
2.LİTERATÜR TARAMASI.....	4
3.YAPISAL KONTROL SİSTEMLERİ	4
3.1.Sismik İzolasyonlu Sistemler	11
3.2.Sismik İzolasyon Sistemlerinin Türkiye Uygulamaları	11
3.3 Sismik İzolasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması	15
3.3.1.Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatör.....	15
3.3.2.Sürtünmeli sarkaç Sistemli İzolatör.....	19
3.4.Sismik İzolasyonların Deprem Davranışına Etkileri.....	22
3.5.Sismik Yalıtım Uygulamalarındaki Sınırlamalar	24
3.6 Yeni Deprem Yönetmeliğine(TBDY-2018) Göre Sismik İzolatörlerin Tasarımı 25	
3.6.1.Genel Tasarım İlkeleri	26
3.6.2.Tasarımda Kullanılacak Yük Bileşenleri.....	27
3.6.3.Performans Hedefleri.....	28
3.6.4. Hesap Yöntemleri	29
3.6.4.1.Hesap yönteminin seçilmesi	29
3.6.4.2.Etkin deprem yükü yöntemi.....	30
3.6.4.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi.....	33
3.6.4.5.Yalıtımlı Binalarda Göreli Kat Ötelemesi Sınırları ve Deprem Derzleri 34	
3.7. TBDY-2018 Yönetmeliğine Göre Sismik İzolatörlerin Mekanik Tasarımı	34
3.7.1.Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatör Tasarımı	34
3.7.1.1.Düşey Rijitlik.....	35
3.7.1.2. Yatay rijitlik	36
3.7.2.Sürtünmeli sarkaç izolatör	37
3.8. ASCE-7-10 Yönetmeliğine Göre Tasarımda Kullanılacak Olan Sürtünme	38
Sarkaç İzolatörün Mekanik Tasarımı	38

4.MATERYAL VE METHOD	40
4.1 Yapı Modellenmesi	40
4.3. Yapının Sap2000 Programında Ankastre Mesnetli Olarak Tasarlanması.....	43
4.3.1 6-katlı Ankastreli Yapının Binanın Tasarımı	44
4.3.2 12-katlı Ankastreli Yapının Binanın Tasarımı	46
4.3.3. 18-katlı Ankastreli Binanın Tasarımı	49
4.4.Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi	52
4.4.1. Tepki Spektrumun Oluşturulması.....	52
4.4.2. Kullanılan Deprem Kayıtları İvme Zaman Grafikleri	53
4.4.3 SAP2000 Programına İvme-Zaman Grafiklerinin Dahil Edilmesi	55
4.5. Kullanılacak Sismik İzolatörlerin Mekanik Parametrelerinin Bulunması	56
5.ANALİZ SONUÇLARI.....	59
5.1.Yapıların Doğal Titreşim Periyotlarının Karşılaştırılması	59
5.2. Yapı Modellerinin Dinamik Analiz Sonuçları	60
5.2.1.Maksimum Kesme Kuvveti Sonuçlarının Karşılaştırılması	60
5.2.2.Maksimum Moment Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	76
5.2.3. Maksimum Eksenel Kuvvet Karşılaştırılması	84
5.2.4. 6-katlı Yapı Modellerinin Görelî Kat Ötelenmesi ve İvme Değerlerinin Karşılaştırılması.....	90
5.2.4.1.Görelî Kat Ötelenmesi Oranının Karşılaştırılması.....	92
5.2.4.2.Kat İvme Değerlerinin Karşılaştırılması.....	95
5.2.5. 12-katlı Modellerin Görelî Kat Ötelenmesi ve İvme Değerlerinin Karşılaştırılması.....	96
5.2.5.1.Görelî Kat Ötelenmesinin Karşılaştırılması.....	99
5.2.5.2. Kat İvme Değerlerinin Karşılaştırılması.....	103
5.2.6. 18-katlı Modellerin Görelî Kat Ötelenmesi ve İvme Değerlerinin Karşılaştırılması.....	105
5.2.6.1 Görelî Kat Ötelenmesinin Karşılaştırılması.....	107
5.2.6.2.Kat İvme Değerlerinin Karşılaştırılması	112
5.2.7.Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	113
6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	115
KAYNAKÇA.....	118
ÖZGEÇMİŞ	121

SİMGELER VE KISALTMALAR

A: Kauçuk katmanı kenar yüzeyi alanı

Ap: Kurşun çekirdekli kauçuk(elastomer) izolasyon birimlerinde kurşun çekirdeğin alanı

Ar: Tek bir kauçuk(elastomer) katmanının çelik plaka ile yapışmış, yüke maruz bırakılan yüzey alanı

ΣAe = Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı[m²]

ΣAg = Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı [m²]

ΣAw = Herhangi bir katta, kolon en kesiti etkin gövde alanlarının toplamı [m²]

a: Sürtünmeli sarkaç sistemin için sürtünme katsayısı oran parametresi

B: Çelik plaka ile yapışmış elastomerin çapı

B_i: Kurşun çekirdek çapı

BKS = Bina Kullanım Sınıfı

BYS = Bina Yükseklik Sınıfı

B_w = Kiriş Genişliği

L_w = Perdenin plandaki uzunluğu(m)

D: İzolasyon birimi için yer değiştirme değeri

d: Sürtünmeli sarkaç izolatör disk çapı

DD: Tasarım depremi yer hareketi seviyesinde göz önüne alınan doğrultuda yalıtım sistemi etkin rijitlik merkezinde oluşacak yer değiştirme

D_M: En büyük deprem yer hareketi seviyesinde, göz önüne alınan doğrultuda yalıtım sistemi etkin rijitlik merkezinde oluşacak yer değiştirme

D_Y: Etkin akma miktarı

D: Kayma parametresi

(DD-1) = 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

(DD-2) = 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DTS = Deprem Tasarım Sınıfı

DGT: Dayanıma göre tasarım

D_{TM}: Toplam maksimum yer değiştirme

Ed^(H): Tasarıma esas yatay deprem etkisi

Ed: Tasarıma esas toplam deprem etkisi

Ec: Kauçuk (Elastomer) izolasyon biriminin basınç modülü

F: Yalıtım biriminde D yer değiştirmesine karşı gelen dayanım

F_A: Kısa periyot (0.2 saniye) spektral genlik düzeltme katsayısı

F_i: i katı seviyesinde göz önüne alınan deprem yönündeki yatay kuvvet

F_v: 1 saniye periyotta spektral genlik düzeltme katsayısı

F_{VD}: Tasarım depremi yer hareketi düzeyinde düşey deprem hareketinden kaynaklanan düşey kuvvet

F_{vm}: Tasarım depremi yer hareketi düzeyinde en büyük deprem hareketinden kaynaklanan düşey kuvvet

F_y: Etkin akma dayanımı
F: Sürtünmeli sarkaç sisteminde meydana gelen kuvvet
f_{max}, f_{min}: Sürtünme kuvvetinin maksimum ve minimum değerleri
G: Sabit yük
G_v: Elastomer (Kauçuk) malzemenin kayma modülü
g: Yer çekimi ivmesi
G_e: Etkin kayma modülü
GK: Can güvenliği
H_i: Yalıtım ara yüzü ile i katı seviyesi arasındaki mesafe h_i = i katı ile (i-1) katı arasındaki mesafe (kat yüksekliği)
h : Sürtünmeli sarkaç izolatör yüksekliği
KD: Tasarım depremi yer hareketi yer değiştirmesi seviyesinde yalıtım sisteminin nominal etkin rijitliği
K_v: Yalıtım sisteminin toplam düşey rijitliği
K_v: Kauçuk (Elastomer) izolasyon biriminin düşey rijitliği
k₁: Kauçuk (Elastomer) izolasyon biriminin başlangıç rijitliği (elastik rijitlik)
k₂: Kauçuk (Elastomer) izolasyon biriminin elastik ötesi rijitliği
k_e: D yer değiştirmesine karşılık gelen eş değer rijitlik
KK: Kesintisiz kullanım
K_H: Yatay rijitlik
H: Yalıtım birimi toplam yüksekliği
HK: Hemen kullanım
I = Bina Önem Katsayısı
M_x: Moment
η_M: En büyük deprem yer hareketi düzeyi için sönüm ölçeklendirme katsayısı
η_D: Tasarım depremi yer hareketi düzeyi için sönüm ölçeklendirme katsayısı
n: Hareketli yük katılım katsayısı
N: Yalıtım ara yüzü üstünde binanın toplam kat sayısı
P: Düşey yük ve deprem yükünün ortak etkisi altında meydana gelen en büyük düşey yük
PGA : En büyük yer ivmesi [g]
R: Deprem yükü azaltma katsayısı
R₁ :Yapısal sistem azaltma faktörü
R_c : Sürtünmeli sarkacın içbükey yüzeyinin eğrilik yarıçapı
ŞGDT: Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım
S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S₁ : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S: Şekil katsayısı
SH = Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{a_e^(DD-2)} : Tasarım depremi yer hareketi seviyesinde %5 sönüm için yatay spektral ivme (g)
S_{a_e^(DD-2)} (T_d) : Tasarım depremi yer hareketi seviyesinde TD periyodundaki spektral ivme (g)

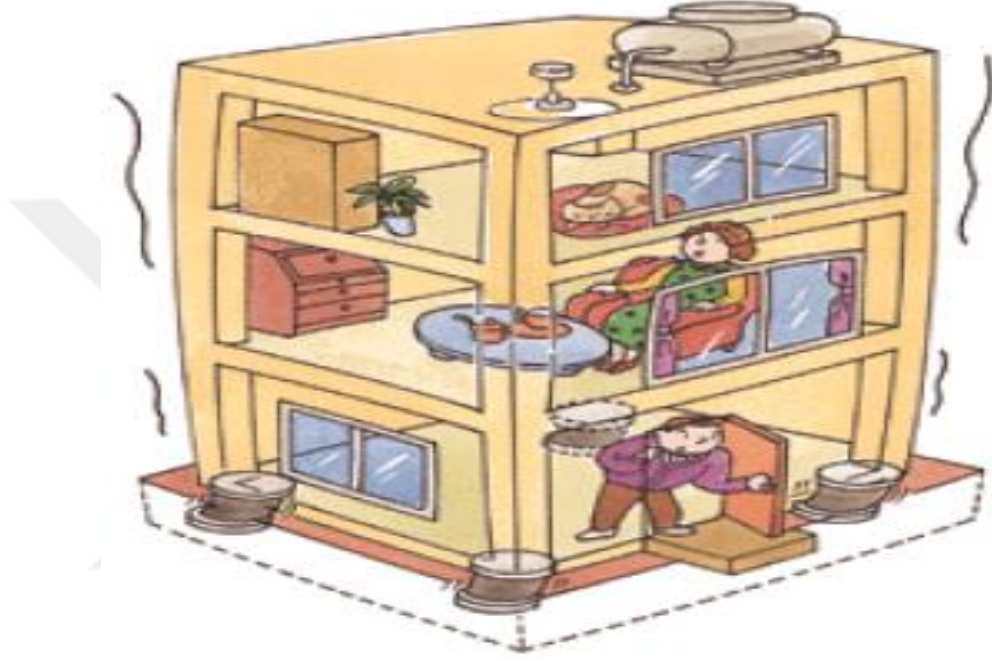
$S_{ae}^{(DD-1)}$: En büyük deprem yer hareketi seviyesinde %5 sönüm için yatay spektral ivme (g)
 $S_{ae}^{(DD-1)}(T_M)$: En büyük deprem yer hareketi seviyesinde T_M periyodundaki spektral ivme (g)
ŞGDT: Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım
 S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
sgn : İşaret fonksiyonu
T: Periyot (s)
t: Elastomer katman kalınlığı
 T_D : Deprem yalıtımlı binanın tasarım yer değiştirmesi seviyesinde etkin titreşim periyodu
 T_p : Yalıtım uygulanmamış binanın brüt kesit rijitliği kullanılarak hesaplanmış hakim mod titreşim periyodu
 T_L : Uzun periyot bölgesine geçiş periyodu
 T_M : En büyük yer değiştirme altında deprem yalıtımlı binanın etkin titreşim periyodu
 T_A : Deprem spektrumu birinci köşe periyodu
 T_r : Toplam elastomer kalınlığı
 T_B : Deprem spektrumu ikinci köşe periyodu
 T_v : Elastomer yalıtım birimleri ile yalıtılmış yapının düşey doğrultudaki titreşim periyodu
Vd: Tasarım yer değiştirmesi seviyesinde yalıtım sisteminde oluşacak kesme kuvveti.
 V_{xy} = Kesme Kuvveti
 V_{s30} : Zemin ortamının üst 30 metresi için hesaplanan ortalama kayma dalgası yayılma hızı
 W_d : Bir kuvvet-yer değiştirme eğrisinin içinde kalan alan
 W_i : Binanın i 'nci katının sabit yükü x_i ,
Q: TS 498'e göre azaltılmış hareketli yük
 x_i, y_i : i yalıtım biriminin yalıtım sistemi rijitlik merkezine göre koordinatları
 τ_{yp} : Kurşun malzemenin kayma akma gerilmesi
 γ_s : Toplam deprem tasarım yer değiştirmesinden kaynaklanan açılmalık şekil değiştirme
 μ : Etkin sürtünme katsayısı
 ξ : Sönüm sabiti
 Δ : Basınç etkisi altında meydana gelen kısalma miktarı
 δ_v : Düşey yer değiştirme

1.GİRİŞ

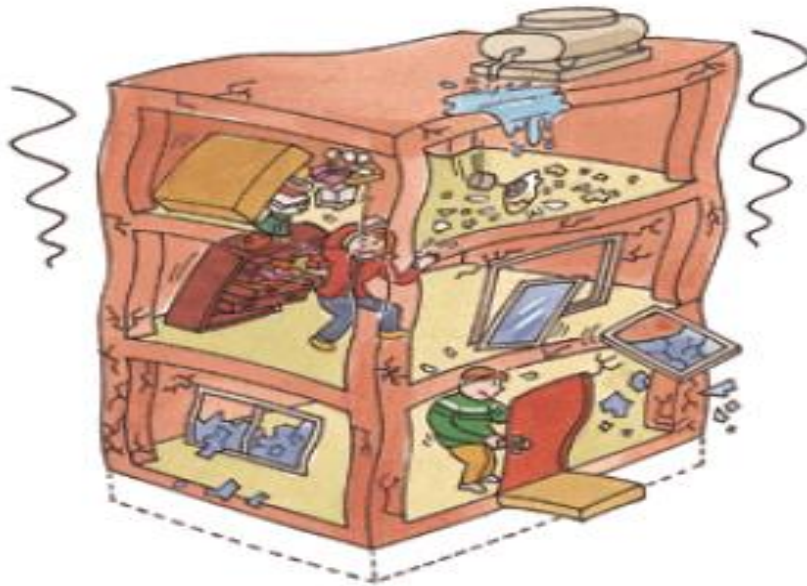
Yerkabuğu içindeki kırılmalar, çatlamlar sebebiyle zamansız olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak yer yüzeyini sarsma olayına "DEPREM" denir. Depremler zamanı tahmin edilemeyen ve kontrol edilemeyen doğa felaketleridir. Bu tahmin edilememelik, projelendirme ve tasarlama esnasında; yapıların yıkılmasının engellenmesi zorunluluğunu sağlamak şartıyla; taşıyıcı elamanları kolon ve perdelerden oluşan yapı elemanlarında sınırlı hasarın belirli düzeyde olması, taşıyıcı özellikte olmayan yapı elemanlarında ise kontrollü hasar oluşabileceği düşüncesini ortaya çıkarmıştır. Geleneksel tasarım yöntemini, yapıda meydana gelebilecek deprem yüklerinden dolayı taşıyıcı özelliği olan yapısal elamanların kesit kapasitelerini önceden belirlenen bir süneklik düzeyine göre arttırmayı mecburi kılan kapasite tasarım ilkesi oluşturmaktadır (Şekil 1.1). Bu method tasarım ve projelendirme sırasında önemli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. İlk olarak, yapılarda artan deprem yükleriyle orantılı olarak elemanların kapasitelerini arttırma zorunluluğunun hem çok maliyetli hem de yapı kat ivmelerini daha da arttırması beklenmektedir. İkinci olarak, elastik(lineer) dayanımın sınırlandırılarak sünek eleman detaylandırılmasına dayanan bu yöntem, yapı hasarının oluşumuna ilk aşamada izin verilmesidir. Bu durum yapının hasar görmesini kabul etmek anlamına gelmektedir Geleneksel tasarım yönteminin getirdiği bu sorunlar yeni tasarım yöntemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Sismik izolasyon tasarım yöntemi diğer yöntemden farklı bir düşünce ile, artan deprem yükleriyle orantılı olarak taşıyıcı elamanların kapasitenin arttırılmasını değil yapıya gelen deprem yüklerinin, taleplerinin en aza indirilmesini amaçlamaktadır (Güner,2012). Deprem nedeniyle yapıya etkileyen enerji ısıya dönüşüp kaybolabilir ya da kinetik ve potansiyel enerji olmak üzere iki çeşit enerjiye dönüşür. Sismik taban izolasyon sistemleri gibi yapıya ilave edilen bazı sistemler ile yapı sistemine giren sismik enerjinin bir kısmı sönmümlenir ve bir kısmı da üst yapıya aktarılır. Sismik izolasyonlu sistemler, yapının depremler, rüzgar gibi yüklere karşı dayanım kapasitesinin artırılması ya da yapıya zeminden aktarılan sismik kuvvetlerin azaltılması ilkesine dayanan depreme dayanıklı yapı tasarımı yaklaşımıdır (Yücesoy,2005). Depremi kontrol edilemeyebilir, fakat depremin zeminden yapıya iletimini engelleme yoluyla deprem talebi azaltılabilir. Bu da sismik izolasyon tasarım yöntemi ile mümkün olmaktadır (Şekil 1.2).

Sismik izolasyonlu sistemlerin amacı; bütün deplasmanların temel ile üst yapı arasında olmasını sağlamak ve sönümleyici elemanın mümkün olduğu kadar deprem enerjisini yutmasını ve sönümlemesini temin etmektir. Düşük yatay rijitliğe, yüksek düşey rijitliğe sahip olduklarından dolayı sismik izolasyonlu yapı tek serbestlik dereceli sarkaç görevi görür.



Şekil 1.1. Sismik izolasyonlu inşa edilmiş yapı örneği(Soyluk,2010)



Şekil 1.2. Geleneksel yöntem ile inşa edilmiş yapı örneği (Soyluk,2010)

Yapılan ulusal ve uluslararası literatür araştırmaları sonucunda yüksek katlı yapılar için sismik izolasyon uygulamalarında nasıl bir yol izlenmesi gerektiğine dair fazlaca bir çalışma olmadığı görülmüştür. Sağlık Bakanlığı, 2013/3 genelgesi (Deprem Yalıtımlı Olarak İnşa Edilen Yapılara Ait Proje ve Yapım İşlerinde Uygulanması Gereken Asgari Standartlar) 100 yataklı ve üzerinde olan hastane yapılarının sismik izolatörlü olarak projelendirilmesi zorunluluğu getirmiştir. Genelgede, projelendirme aşamasında katlar arası rölatif ötelenmenin %0,5 den daha az olması ve yapıdaki yatay kat ivmelerinin 200 cm/s^2 değerinden fazla olmaması olarak iki zorunlu kriter getirilmiştir. Sağlık bakanlığı genelgesinde belirtilen görelî kat ötelenmesi oranı ve kat ivme değer sınırları grafiklerde kırmızı çizgi ile belirtilmiştir. Projelendirme aşamasına geçmeden önce sahaya özgü deprem spektrumu ve sismik risk analizlerinin yapılması bu tür hastane binaları için mecbur kılınmıştır. Çalışma kapsamında hastane binasının seçilmesinin nedeni, kullanım amaçları, aynı anda pek çok kullanıcıyı barındırması ve ileri teknoloji gerektirmesi gibi özellikleri incelendiğinde hastane binasının tasarımı yüksek performans gerektirmesidir. Bu doğrultuda, deprem etkisi altındaki hastanelerin yapı elemanlarının deplasmana uğramadan, içindeki malzeme ve donanımların yüksek ivmeler altında etkilenmeden ve yapı konforunu kaybettirmeden, deprem sonrasında hemen kullanıma alınması sağlanmalıdır. Ülkemizde yalıtımlı yapıların projelendirilmesinde uyulması gereken kurallar ve tasarım kriterleri ilk defa 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren TBDY-2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) yönetmeliği Bölüm-14 (Deprem etkisi altında yalıtımlı bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı için özel kurallar) ile tanımlanmıştır.

Bu çalışmada örnek bir hastane yapısı, üç farklı kat adeti için (6,12 ve 18 kat) ve üç farklı mesnetlenme durumuna göre (ankastre mesnetli, kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü, sürtünme sarkaç izolatörlü) SAP2000 programında modellenmiş ve toplam 9 farklı model oluşturulmuştur. Tezin amacı, yalıtımlı binalarda, sismik izolatör çeşitleri ve kat adetine bağlı olarak davranış değişimlerini irdelemektir. Bazı hesaplamalar, grafik ve tablolar (TBDY-2018)'de bulunmadığı için Amerika'da yayınlamış (ASCE-7-10) yönetmeliğine başvurulmuştur. Ülkemizde son 10 yılda yeni yeni uygulanmaya başlayan sismik izolasyonlu yapıların yaygınlaşması öngörülmektedir. Sismik izolasyonlu sistemlerin sadece hastane binalarında değil okul, kamu binaları, özel binalar hatta konut projelerinde yaygınlaştırılması gerekmektedir. İleriki yıllarda sismik izolasyon üretim maliyetinin düşmesi halinde ülkemizde yeni bir dönemin başlayacağı aşıkardır.

2.LİTERATÜR TARAMASI

(Aldemir, 1994) çalışmasında; depreme dayanıklı yapı tasarımı için geliştirilen yapısal kontrol sistemlerinden aktif kontrol sistemleri incelemiştir. Daha önceden uygulanmış aktif kontrol sistemleri hakkında bilgi vermiş ve bu sistemlerin avantaj ve dezavantajlarını irdelemiştir.

(Kelly, 1998) çalışmasında; zemin hâkim periyotlarının düşük olduğu bölgelerde yapı periyodu düşük olan tasarımların yapılması durumunda, alçak ve orta yükseklikteki yapıların depreme dayanıklı olarak tasarımında problem yaşandığını belirtmiştir. Bu sorunun giderilmesi için binaların esnek olması gerektiği ancak esnek binalarda yapısal olmayan elemanların hasar görmesinden dolayı, yapısal olmayan elemanlarda kat ivmelenme değerlerini düşüren en etkin sistemin sismik izolatör kullanımının olduğunu belirtip Amerika'da hem yeni binalarda hem de tarihi yapıların güçlendirilmesinde bu sistemlerin kullanıldığını örneklerle açıklamıştır.

(Tezcan ve Cimilli, 2002) çalışmasında; binaların periyotlarını büyüterek deprem etkilerini azaltmak amacıyla kullanılan sismik izolatörlü yapıların deprem davranışını incelemiştir. Sismik taban izolasyonlu sistemlerin faydalarını göstermek amacıyla iki katlı örnek bir bina önceden ankastre temelli sonradan sismik taban izolasyonlu olarak ele alınmış, statik eşdeğer deprem yükleri ve ayrıca zaman tanım alanında deprem kayıtları altındaki davranış analizlerini yapılmıştır. Sismik izolasyon mesnetli yapının ankastre mesnetli yapıya göre daha iyi deprem performansı gösterdiğini dile getirmiştir.

(Yücesoy, 2005) çalışmasında; sismik izolatörlü yapı davranışını göstermek amacıyla 5 katlı örnek bir binayı önce ankastre mesnetli olarak, sonra kurşun çekirdekli kauçuk taban sismik izolatörlü olarak analiz etmiştir. Sismik taban izolatörlerinin yapıda meydana getirdiği görelî kat ötelenmeleri, maksimum momentler, taban kesme kuvvetleri ve yapı doğal titreşim periyodunun aldığı değerler tablo halinde vermiştir. Sonuçları iki farklı tasarım için karşılaştırmıştır.

(Mum, 2006) çalışmasında; betonarme köprülerde sismik izolatörlerin etkileri incelenmiş ve SAP2000 yapı analiz programında bir köprü tasarımı yapılarak sismik izolasyon etkileri araştırılmıştır.

(Ayhan, 2006) çalışmasında; sismik izolasyon sistemlerden biri olan sürtünmeli sarkaç mesnetleri konu almıştır. Yapıların sismik performansını artırmak için klasik güçlendirme yöntemi kullanmış ve yapı tabanına sürtünmeli sarkaç mesnetler yerleştirilerek güçlendirilmesi arasında çeşitli açılardan kıyaslamalar yapmıştır. Sürtünmeli sarkaç sistemlerin yapının deprem performansını klasik güçlendirme yöntemine göre daha fazla artırdığı analitik çalışmalar sonucu elde etmiştir.

(Tolay, 2006) çalışmasında; taban izolatör sistemlerini kauçuk esaslı ve kayıcı sistemler olarak ikiye ayırmıştır. Taban izolatörlerinin teorik esaslarını, mekanik karakteristiklerini ve modellenmesini açıklamıştır. Taban yalıtımlı ve ankastre olarak iki yapı modelini ele alarak Sta4Cad bilgisayar programı ile çözümlenmeler gerçekleştirmiş ve maliyetlerini karşılaştırmıştır.

(Pekgökgöz, 2007) çalışmasında; sismik taban yalıtımı yapılmış bir yapının maliyet analizini araştırmış ve bu araştırma için 6-katlı bir yapının taban izolasyonu ile modellenmesine ve bunun maliyet analizine yer vermiştir.

(Öztürk, 2007) çalışmasında; yapısal kontrol sistemlerini genel olarak incelenmiştir. Ayrıca örnek bir betonarme binaya kurşun çekirdekli kauçuk izolatör uygulamış, izolatörlü yapının ve ankastre temelli yapıya göre performans değerlendirmesini yapmıştır.

(Demir, 2008) çalışmasında sismik izolatörlerin çalışma performansı, sismik izolatör tip çeşitleri, izolasyonlu sistemlerin hesap yöntemlerini açıklamış ve sismik izolasyonlu yapılar incelenerek sismik izolatörün deprem davranışını açıklamaya çalışmıştır. Konya Selçuk Üniversitesi Ar-Ge binası SAP2000 programında sismik izolatörlü olarak analiz edilmiştir. Çalışmada, 1. ve 4. derece deprem bölgesi için temel ankastre bağlı olarak ayrı ayrı analiz edilerek karşılaştırmalar yapmıştır. Farklı deprem bölgelerinin sismik izolatör mesnetli yapılarda ve ankastre mesnetli yapılarda deprem performansında değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur.

(Şengel, 2009) çalışmasında; 5 katlı olan Erzurum Devlet Araştırma Hastanesi'ni ilk olarak geleneksel yöntemle yani ankastre mesnetli şekilde, daha sonrada sismik izolasyon tabanlı izolatörler kullanarak modellemiş ve yapılan analizler sonucu elde edilen deprem davranış sonuçlarını karşılaştırmıştır.

(Karabörk, 2010) çalışmasında; yumuşak zemin üzerinde tasarlanan ankastre mesnetli ve sismik izolatörlü iki yapının Kocaeli deprem kaydına göre dinamik analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır. İzolatörlü yapının deprem etkisinde daha iyi davranış gösterdiğini belirlemiştir.

(Şirin ve Boduroğlu, 2010) çalışmalarında; tek serbestlik dereceli betonarme sistemlerde hemen kullanım performans seviyesi için sürtünmeli sönüm elemanının rijitliği ve kayma yer değiştirme değerlerinin seçilmesine yönelik doğrusal olmayan dinamik analizlerin sonuçlarını sunmuştur. Optimum sürtünmeli sönüm elemanlarının özelliklerini karşılaştırdığında, aynı kayma yük seviyesinde sönüm elemanının rijitliğinin büyük olmasının yer değiştirme talebinde daha büyük azalmaya sebep olduğunu gözlemlemiştir.

(Soyluk ve Tuna, 2011) çalışmasında; taşıyıcı sistem düzensizliği içeren binalarda sismik taban izolasyonu yapılmasının mimarı tasarıma etkileri araştırılmış ve bu araştırma için 2007 Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanan 7 katlı bir yapının ankastre mesnetli ve sismik izolatörlü mesnetlenme sonucu elde edilen performans karşılaştırmalarına yer verilmiştir.

(Güner, 2012) çalışmasında; bir hastane yapısının klasik yöntemle ve UBC 97'ye göre tasarlanmış sismik izolatör kullanarak tasarımında dinamik yönden karşılaştırılmasının yapılmasına yönelik araştırmalara yer vermiştir.

(Toprak, 2012) çalışmasında; burulma düzensizliği ve yatay yükler altında bulunan yapının sismik izolatör kullanımı yöntemi ile düzensizlik durumunun giderilmesini hedeflemiştir. Üst yapı sünekliğinin etkisini de incelemek için 3, 5 ve 10 katlı yapılarda burulmanın olmadığı ve %5, %10, %20 olduğu modeller üretmiştir. Yüksek sönümlü ve kurşun çekirdekli kauçuk mesnet olmak üzere iki tür izolatörle ayrı ayrı analiz ederek görelî kat ötelenmesi (%), maksimum kesme kuvvetleri ve moment değerlerini karşılaştırmıştır. Burulma düzensizliğinin yapılara getirdiği yıkıcı etkisinin sismik izolatörlerle azaltıldığı sonucuna varmıştır.

(Doğru, 2014) alışmasında; hastane binasının sismik izolatörler kullanılarak tasarımı üzerinde çalışılmıştır. Modellemenin tamamlanmasıyla elde edilen sonuçlar analiz edilerek ankastreli ve sismik izolatörlü yapı arasında karşılaştırmalı sonuçlar değerlendirilmiştir.

(Kök, 2014) alışmasında; sismik izolatörlerin mimari tasarımda etkisi incelenmiştir. Çalışma kapsamında Türkiye’de sismik izolasyon uygulaması yapılan 11 adet yapı hakkında detaylı bilgi vermiştir

(Castaldo, 2015) alışmasında; sürtünmeli sarkaç izolatörlerin fiziksel özellikleri ve dayanıklılıkları nedeniyle binalar, köprüler, endüstriyel yapılarda hem yapım aşamasında hem de güçlendirme yöntemleri için kullanılabilecek bir teknik olduğunu belirtmiştir. Sürtünmeli sarkaç kullanılarak taban izole edilmiş bir yapının sismik güvenilirliği değerlendirmiş ve yapılarda izolatör sistem tasarımının yapılmasının uygun olduğunu belirtmiştir.

(Karakurt, 2015) alışmasında; sismik izolatör kullanımının bina kat adedine bağlı olarak yapısal davranışa ve maliyete olan etkisini araştırmıştır. Analizler sonucunda, tek yüzeyi sürtünmeli sarkaç izolatörlerin kullanıldığı 5 ve 10 katlı binaların deprem esnasında çok iyi performans sergilediği ancak, yüksek katlı yapılarda hem bina performansı hem de maliyet bakımından tek yüzeyi sürtünmeli sarkaç izolatörlerin kullanımının uygun olmadığı görülmüştür.

(Sevim, 2016) alışmasında deprem sonrası hemen kullanım gerektiren, kritik öneme sahip bir hastane yapısının taşıyıcı sistemini perdeli-çerçeveli sistem olarak çözümlemiştir. Aynı hastane yapısının taşıyıcı sistemi çerçeveli sisteme dönüştürülerek, temeline yüksek sönümlü kauçuk tip mesnet tanımlanmış ve analizleri yapılmıştır. Yapının üç durumu için sonuçlar karşılaştırılmıştır.

(Kaymaz, 2017) alışmasında %92’ si deprem kuşağı içinde yer alan ölkemizde, son yıllarda depreme dayanıklı yapı tasarımında yeni bir yöntem olan sismik izolasyon yönteminin geleneksel yapı tasarım yaklaşımlarıyla çeşitli açılardan karşılaştırılması yapmış ve üstünlükleri ortaya çıkarılmıştır.

3.YAPISAL KONTROL SİSTEMLERİ

Dünyada insan nüfusunun günden güne artmasının, kontrol edilemediği bilinmektedir. Artan nüfusun yaşama ve konut ihtiyacı yapıların tasarımında bazı değişiklikler meydana getirmektedir. Yüksek katlı yapıların yaygınlaşması beraberinde yapı mühendisliğinde bazı problemleri ortaya çıkarmaktadır. Bunlar; güvenlik, konfor, hizmet ömrü, yüksek proje maliyeti, yapı tasarımında sınırlamaları (taşıyıcı sistem sınırlamaları) olarak sıralanabilir. Tam da bu noktada devreye giren depreme dayanıklı ekonomik yapı tasarım hedefi yapısal kontrol sistemlerinin kullanılmasını gerektirmiştir. Yapılarda servis ömrü boyunca sismik ve dinamik yüklerden dolayı oluşan titreşimlerin sınırlı tutularak kontrol altına alınması gerekmektedir. Yapısal kontrol sistemleri adı verilen mekanizmalar ile hem yapının kendisi hem de yapıya eklenen sistemler sayesinde sismik kuvvetlere karşı koyulabilmektedir. Üç farklı yapısal kontrol sistemleri bulunmaktadır. Bunlar; aktif kontrol sistemleri, karma kontrol sistemleri ve pasif kontrol sistemleridir.

1.Aktif Kontrol Sistemleri

Aktif kontrol sistemleri, dışarıdan bir enerji kaynağı yardımıyla yapının deplasmanını istenilen düzeyde tutmak için geliştirilen sistemlerdir. Aktif kontrol sistemlerinin amacı yapıya gelecek dinamik yükün önceden belirlenmesi ve buna karşı koruyucu kuvvetlerin üretilmesi ile yapının ve değerli ekipmanlarının korunmasıdır. Aktif kontrol sistemlerinde kontrol kuvvetlerini üretebilmek için harici bir güç kaynağına ihtiyaç vardır. Yapı içerisinde gelişmiş bilgisayar teknolojisi kullanılarak etkili bir kontrol sistemi oluşturulur. Zemine ve yapıya yerleştirilen hassas sensörler aracılığıyla elde edilen bilgiler kontrol bilgisayarına iletilerek daha önceden belirlenmiş bir algoritmaya göre kontrol kuvvetleri hesaplanır. Aktif kontrol sistemleri sensörler yardımıyla yapı hareketini hisseder ve buna karşı koyar. Bu karşı koyma, istenen bölgelerde yapay ilave kuvvetler meydana getirerek ya da aktif elemanların yapısal özelliklerini değiştirerek gerçekleşir. Elektrikli kontrol üniteleri ve aktüatörler bulunmaktadır. Bu sistemde. Kendini yükün şiddetine göre ayarlama yeteneği vardır. Akıllı yapılar olarak ta bilinmektedir. Bu sistemlerde sismik kuvvetlerin büyüklüğü kontrol sistemini direkt olarak etkilemektedir. Güç kesimi durumunda cihazlar devre dışı kalabilmektedir. Aktif kontrol sistemleri beş ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar,

- Aktif Kütle Sönümleyici Sistemler
- Değişken Rijitlik Ve Sönüm Veren Sistemler
- Akıllı Malzemeler
- Aktif Kiriş Sönümleyici
- Yerçekimi-Harekete Geçirici Sistem

2.Karma Kontrol Sistemleri

Aktif ve Pasif kontrol sistemli cihazların birlikte kullanıldığı bir sistemdir. Aktif kontrol sistemlerinden daha güvenilir olduğu bilinmektedir. Güç kesintisi durumunda pasif kontrol sistemi çalışmaya devam eder. Karma kontrol sistemlerini üç başlık altında toplanmaktadır.

- Değişken rijitlik cihazı
- Kontrol edilebilen sıvı sönümleyici cihazlar
- Sürtünmeli sönümleyici cihazlar

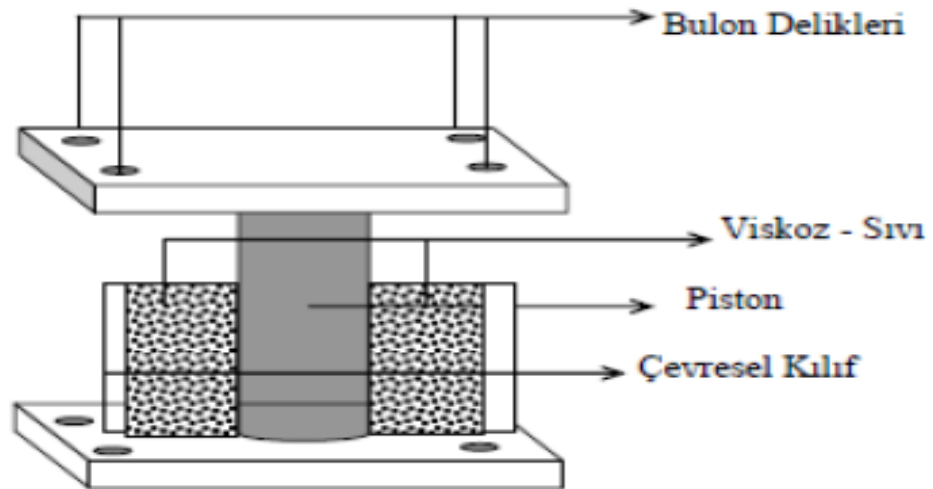
3.Pasif Kontrol Sistemleri

Pasif kontrol sistemleri; yapıya yerleştirilen özel elemanlar aracılığı ile deprem, şiddetli rüzgar vb. nedenlerle sisteme dışarıdan giren enerjiyi ısıya dönüştürür veya üzerlerine alırlar. Dolayısıyla yapının bu dış etkilere karşı tepkisinde azalma meydana getirmek suretiyle, yapının dayanma kapasitesinin artmasını sağlarlar. Pasif Kontrol Sistemleri doğal titreşim frekansının ve sismik yüklere karşı sönümlemenin artırılması amacı ile kullanılır. Dinamik etkilere maruz yapılardaki titreşim enerjisi esas olarak iç sürtünme ve plastik deformasyonlar ile yok edilmektedir. Pasif kontrol sistemlerinin çalışabilmesi için güç veya enerji kaynağı ihtiyacı yoktur. Yapısal kontrol sistemleri arasında ekonomik açıdan en avantajlı olması ve dizayn edildikleri depreme karşı maksimum koruma sağlamaları bu sistemlere olan talebi artırmaktadır (Sansarcı, 2002). Pasif kontrol sistemleri, yapının periyodu, kat ivmeleri, iç kuvvetleri, yapıda meydana gelen deplasmanlara müdahale edebilme imkanı vermektedir. Bu sistemler hem yeni yapılacak binalarda hem de hasarlı yapıların güçlendirilmesi için kullanılabilir. Pasif kontrol sistemleri iki başlık altında toplanmaktadır.

Bu başlıklar pasif enerji sönümleyici sistemler ve sismik izolasyonlu sönümleyici sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Pasif enerji sönümleyici sistemlerin en önemli çeşitlerinden biri olan visko-elastik sönümleyiciler yüksek yapılarda hem rüzgara hem depreme karşı korumada kullanılabilir. (Şekil 3.1).

a) Pasif Enerji Sönümleyici Sistemler

- Metalik sönümleyiciler
- Visko-elastik sönümleyiciler
- Ayarlı kütle sönümleyicileri
- Sürtünme tipi sönümleyeciler
- Ayarlı akışkan sönümleyiciler



Şekil 3.1. Visko-elastik sönümleyiciyi yapı içinde yerleştirilmesi (Düzel, 2010)

b) Taban (Sismik İzolasyonlu Sistemler)

- Sismik İzolatörler
- Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörler
- Sürtünme tipi sönümleyiciler
- Kayma tipi izolatörler
- Yüksek sönümlü kauçuk izolatörler
- Yaylı sistemler

3.1.Sismik İzolasyonlu Sistemler

Yapıların ve deprem kaynaklı yer hareketlerinin özellikleri göz önüne alınarak; yapıların rijitliklerini azaltarak periyotlarını uzatmak, sönümlerini artırıp yapılara daha küçük deprem yüklerinin gelmesini sağlamak, böylece yapıların orta şiddetli depremlerdeki hasarının önlenmesi ve çok şiddetli depremlerdeki hasarının da çok küçük boyutlara indirilmesi taban yalıtımının temel ilkesidir. Sismik taban izolasyonu yapıyı iki parçaya ayırarak dinamik yüklerin üst yapıya daha az oranda iletilmesini sağlar. Taban izolasyonunda kullanılan malzeme düşey yönde rijit, yatay yönlerde ise esnek davranış gösterir. Bu sayede doğal titreşim birinci modunda oluşan şekil değiştirmeler izolatörler üzerinde kalmaktadır. Diğer titreşim modları birinci moda ve yer hareketine ortogonal olmaları nedeniyle sismik enerji üst yapıya iletilmez ve üst yapı hemen hemen rijit bir davranış sergiler (Sansarcı 2002). Sismik izolasyonlu sistemlerin tasarımı ve uygulanma aşaması aşağıdaki sırayla gerçekleşmektedir.

- Mimari tasarım ve Yapı Tasarımı
- Yapının inşa edileceği bölgenin sismik tehlike analizinin yapılması
- İzolasyon sistemlerin ön tasarımı ve performans hedefinin belirlenmesi
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz.
- Üretici firma için teknik şartname oluşturulması ve montaj

3.2.Sismik İzolasyon Sistemlerinin Türkiye Uygulamaları

Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Yeni Zelanda, İtalya olmak üzere; gibi pek çok ülkede deprem izolatörlerinin birçok farklı uygulamaları bulunmaktadır. Ülkemizin deprem davranışları üzerindeki bilgi ve birikimi pek çok ülkeninkinden daha fazladır. Ancak bu deneyimlere rağmen, sismik yalıtım sistemleri üzerindeki araştırma ve uygulamalar, yeterli düzeyde gelişmemiştir. Özellikle yakın geçmişte yaşanan Van Depremi (2011) depreme dayanıklı yapı tasarımında geleneksel yöntemin ülkemiz için yetersiz kaldığını açıkça göstermektedir. Ancak bu deneyimlere rağmen, sismik yalıtım sistemleri üzerindeki araştırma ve uygulamalar, yeterli düzeyde gelişmemiştir. Konu hakkında Türkiye’de sadece sayılı uygulamalar mevcuttur.

Bu bölümde yapısal kontrol sistemleri kullanılarak Türkiye’de inşa edilmiş bazı yapılarla ilgili bilgilere kronolojik olarak yer verilmiştir.

1.1998 yılında yapımına başlanan, 1999 Kocaeli Depremi’nden sonra projesi sismik izolatörlü olarak güncellenen Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali’nde sürtünmeli sarkaç tip izolatör kullanılmıştır. Sismik izolasyon uygulaması, yapımı tamamlanan 6000 tonluk uzay çatı ile 162 tane taşıyıcı kolon arasına yapılmıştır (Şekil 3.2). Yapılan güçlendirme işlemiyle çelik çatıdan yapıya iletilen yüklerin azaltılması ve yer değiştirmelerin kontrol altına alınması hedeflenmiştir. Uzay çatı deprem esnasında 26 cm’e kadar yer değiştirme yapabilme özelliğine sahiptir (Sevim,2016).



Şekil 3.2. Kocaeli Üniversitesi Araştırma Hastanesi İzolatör Kullanımı (Sevim,2016)

2.Yapımı 2005 yılında tamamlanan Kocaeli Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, sismik izolasyon uygulamasının yapıldığı ilk hastane projesidir. Hastane 500 yatak kapasiteli olup, 5 katlı çelik ve betonarme karkas taşıyıcıya sahiptir. Kullanılan izolatörler 90x90 cm ebatlarında sürtünmeli sarkaç tiptir ve 27 cm yer değiştirme yapabilecek özelliktedir. Uygulama hastanenin 3 bloğu için temel altına, 5 bloğu için ise kolon üstüne yapılmıştır ve toplamda 256 adet izolatör kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kocaeli Üniversitesi Araştırma Hastanesi İzolatör Kullanımı (Düzel,2010)

3. 2008 yılında inşaatına başlanan Sabiha Gökçen havalimanının yeni terminalinde depreme dayanıklılığını en üst düzeye çıkarmak amacıyla 3119 adet kazık üzerine oturtulan temel yapısının dışında, dünyada az sayıda örneği bulunan, sismik izolatör sistemi kullanılmıştır. 252 kolonun her birine ve yolcu köprülerinin temeline yerleştirilen 16 adet ile toplamda 268 sismik izolatör cihazları ile yeni terminalin depreme dayanıklılığı en üst düzeye çıkartılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Sabiha Gökçen Havalimanı İzolatör Örneği (Zekioğlu,2009)

4.Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin yanında 2011 yılında yapımına başlanan 202 bin 187 metrekare alan üzerine kurulan Erzurum Şehir Hastanesi'nde kullanılan 'sismik izolasyon' teknolojisinde temel kolonlarına yerleştirilmiş 1248 izolatör bulunmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. .Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi (Kök,2014)

4. Adana Entegre Sağlık Kampüsü Projesi, Sağlık Bakanlığı tarafından Kamu Özel İş birliği modeli ile gerçekleştirilecek olup,1.550 yatak kapasiteli 3 farklı hastaneyi kapsayan bir entegre sağlık kampüsü projesidir. Dünyanın en büyük sismik izolatörlü yapısı olup 2020 yılında proje tamamlanıp kullanılmaya başlanacaktır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Adana Entegre Sağlık Kampüsü sismik izolatör sistemleri uygulaması(Kaymaz,2017)

3.3 Sismik İzolasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması

Sismik izolasyon tabanlı projelerde kullanılan izolatör tipleri sınıflandırılırken; şekil, kullanıldıkları yer, boyutları, üretildikleri malzeme, çalışma mekanizmaları gibi kriterler dikkate alınır. Taban izolasyon sistemleri 3 ana başlıkta toplanabilir. Bu ana başlıklar ve alt başlıkları şu şekildedir.

1.Elastomerik mesnetli sistemler

- Düşük sönümlü kauçuk tip mesnetler (LDRB)
- Yüksek sönümlü kauçuk tip mesnetler (HDRB)
- Kurşun çekirdekli kauçuk tip mesnetler (LRB)

2. Kayma esaslı sistemler

- Sürtünmeli sarkaç sistem (FPS)
- Esnek sürtünmeli taban izolasyon sistemi (R-FBI)

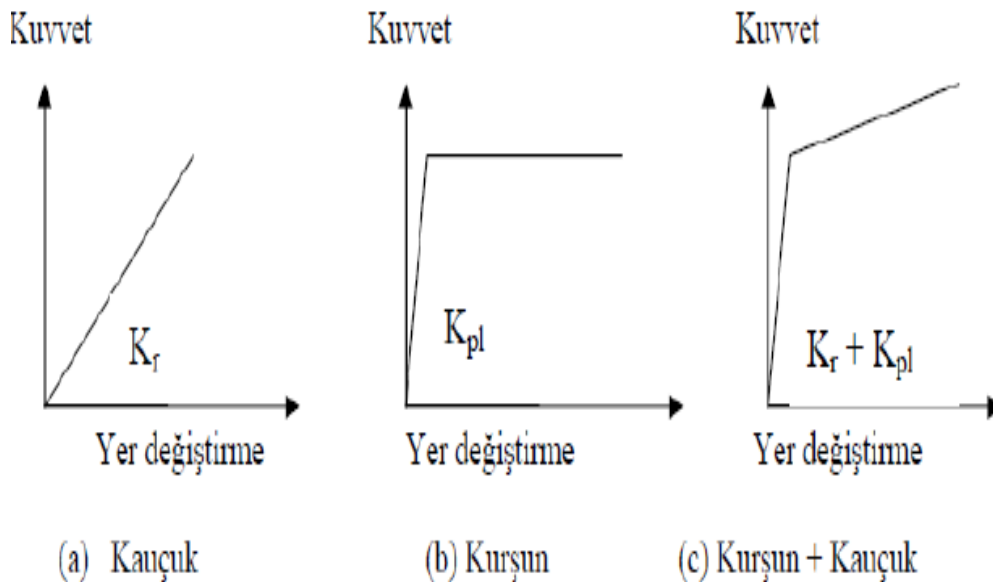
3. Kauçuk- kayıcı sistemler

- Fransa elektrik kurumu sistemleri (EDF)
- EERC birleşik sistemleri

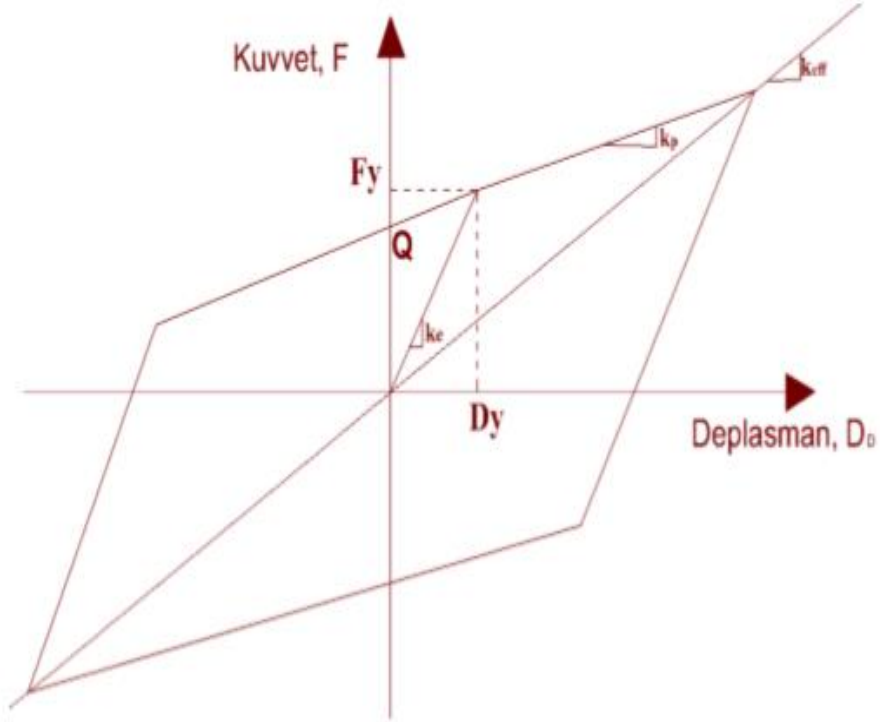
3.3.1.Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatör

Elastomerik (Kauçuk) izolatörler genellikle kare veya daire şeklinde olup yapının kendi ağırlığını yüksek düşey rijitlikle ve yatay yükleri daha düşük rijitlikle karşılayan mesnetlerdir. İçindeki çelik levhaların, düşey yönde rijitlik ve yatay yöndeki stabilitesini artırıcı özelliği bulunmaktadır. Bir elastomerik (kauçuk) izolatörün mekanik özelliklerini belirleyen en önemli faktörler arasında elastomerik tabakanın geometrisi, içerdiği elastomerik tabaka ve çelik plaka adet ve kalınlıkları ile elastomerin yapımında kullanılan malzeme özelliği bulunmaktadır (Doğru,2012). Kauçuk mesnetli izolatör çeşitlerinden biri olan kurşun çekirdekli kauçuk mesnetler, düşük sönümlü kauçuk mesnetin sönüm oranını arttırmak amacıyla merkezine kurşun çekirdek yerleştirilmesiyle oluşan, sönüm oranı %15-35 oranında olan, elastomer mesnet tipidir.

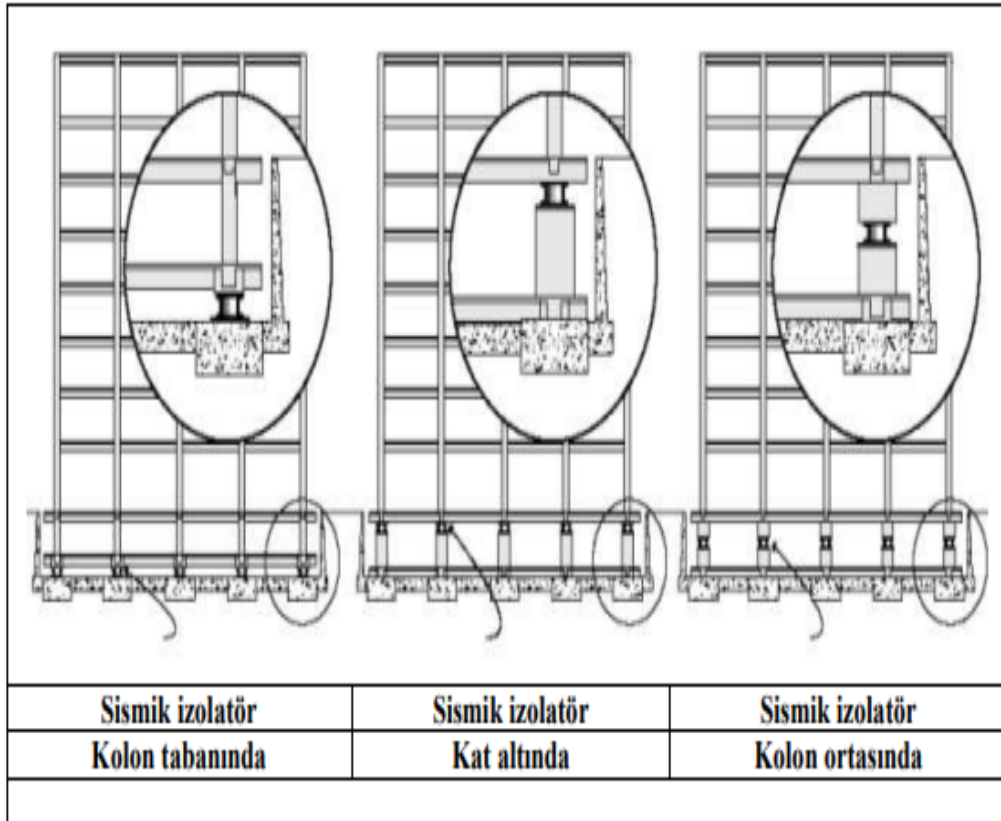
İlk kez 1975 yılında Yeni Zellanda’ da üretilmiştir ve sonraki süreçte Japonya, ABD gibi ülkelerdeki sismik izolasyon uygulamalarında sıklıkla kullanılmıştır. Projelendirme ve tasarımda özellikle düşük kayma modülü, yüksek enerji sönümleme kapasitesi, zamana bağlı mekanik özelliklerin olabildiğinde az değişmesi beklenir. Kayma modülü kauçuğun yaşına ve ortam sıcaklığına bağlıdır. Sönüm oranı kauçuğun mekanik özelliklerine bağlıdır ve %20-%30 oranında sönüm elde edilebilir. Kurşun çekirdekli izolatörle düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetin bir arada kullanıldığı sistemlerde çalışma biçimi olarak, kurşun çekirdek iç kısımda sönümleyici etki yaparken doğal kauçuk dış kısımlarda dengeyi sağlamaktadır. Kurşun çekirdek, elastomer mesnetin rijitliğini artırıcı etki yapmaktadır (Şekil 3.7). Düşük seviyede yük etkisindeki kurşun çekirdekli kauçuk mesnet, yatayda ve düşeyde rijit davranış gösterir. Çelik levha tabakaları kurşun çekirdeği dıştan sarmaktadır ve kayma gerilmesi altında şekil değiştirmeye zorlanmaktadır. Kurşun çekirdeğin akma dayanımı 10 MPA’dır. Kurşun akma dayanımına ulaştığında yatay rijitlik önemli ölçüde azalır. Kurşunun plastik şekil değiştirmesiyle gerçekleşen sönüm, histeresis döngüyle modellenir (Şekil 3.8). Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörler; uygulama aşamasında kolon tabanına, kolon ortasına kat aralarına yerleştirilebilir (Şekil 3.9). Güçlendirme yapılacak eski binalarda kolon ve temel arasına rijit platform oluşturulup kullanılabilir.



Şekil 3.7. Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetin kuvvet yer değiştirme değişimi (Toprak, 2012)

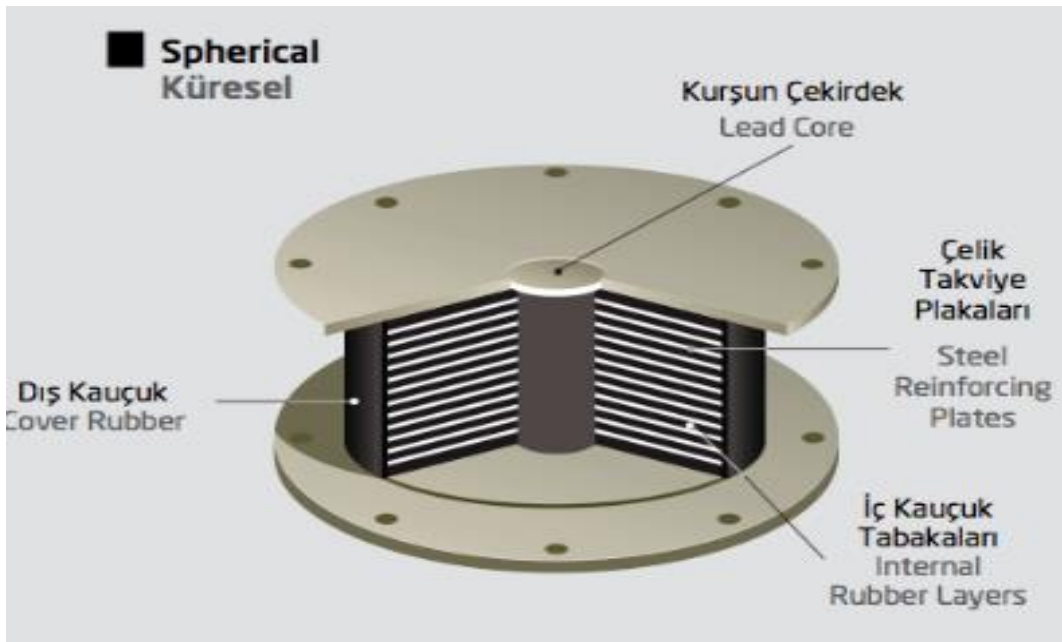


Şekil 3.8. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün kuvvet-yer değiştirme eğrisi (Doğru,2012)



Şekil 3.9. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün farklı bölgelere yerleştirilmesi (Pekgökgöz,2006)

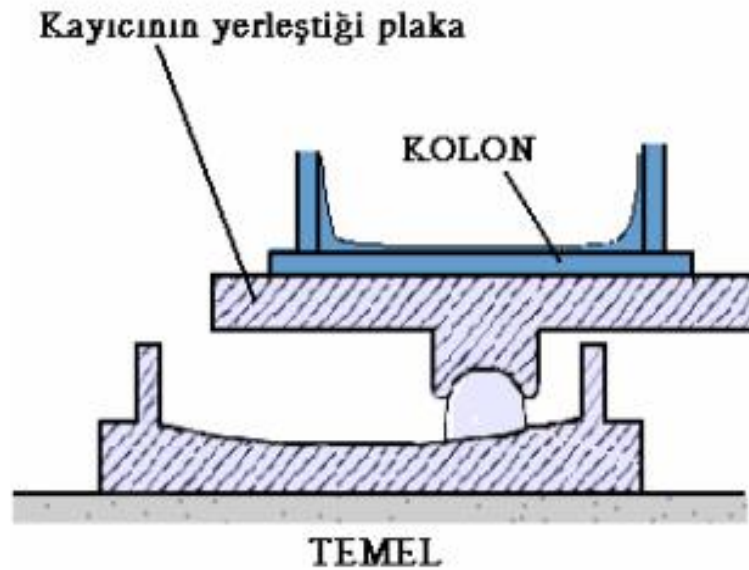
Kurşun çekirdekli izolatörlerin avantajları arasında deplasman yapabilme kapasitesinin büyük olması, kurşun çekirdek ve kauçuk elastomerlerin istenilen özelliklerle tasarlanabilmesi, Sismik kuvvetlerin yarattığı 15Mpa gibi düşük gerilmeler altında deplasman yapabilmeleri, tekrarlı yüklerde metal yorgunluğuna dayanıklı olması sayılabilir. Dezavantajı ise; şiddetli depremler esnasında kurşun çekirdeğin zarar görmesi ihtimali olmasıdır. Enerji sönmleme kuvveti gelen sismik yüklere ve izolatörün yapabileceği deplasmanlara bağlıdır. Ayrıca izolatörün montajı sırasında kurşun çekirdeğin mesnet ortasında bırakılan delikten bir miktar büyük yapılarak deliğe zorlanarak yerleştirilmesine dikkat edilmesi gerekmektedir (Şekil 3.10). Özel ayırma detaylarına ve izolatörlerin bağımsız olduklarından yangın önlemi alınmasına gerek kalmaması nedeniyle daha çok bodrum katta yerleştirilmesi tercih edilir. Eğer izolatörler temelde değil kolonlarda yerleştirilirse mutlaka yangın önlemi alınması gerekmektedir. Projelendirme ve tasarımda dikkat edilmesi gereken hususların başında; izolatörün üzerine gelen aksel yük ve moment yüklerinden dolayı oluşan burkulma etkisi gelmektedir. Bu nedenle geniş olmayan ve yüksek katlı yapılarda kullanıldığında bu faktörlerin özellikle düşünülmesi gerekmektedir. Bu izolatör tipinin hizmet süresi zaman ve sıcaklıkla değişmektedir. Depremden sonra bakım ve onarımı yapılması gerekmektedir. Sürtülmeli sarkaç izolatörlere göre daha ekonomiktir. Soğuk iklimli bölgelerde kullanılması beklenir.



Şekil 3.10. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör 3-d görünümü ve mekanik parçaları (Sevim,2016)

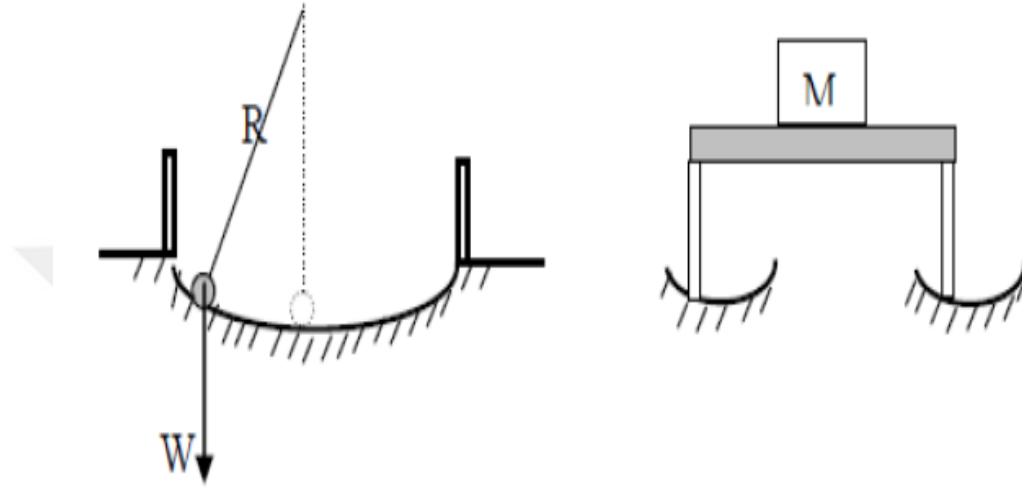
3.3.2.Sürtünmeli sarkaç Sistemli İzolatör

Sürtünmeli sarkaç sistemi, yapıların sismik kuvvetlere karşı dayanımını arttırmak amacıyla geliştirilmiştir. Sürtünmeli sarkaç sistemi, son yıllarda tasarım çeşitleri günden güne geliştirilen enerji iletim ve dağıtım modellerinden biridir. Mesnet elamanı, korucuyu silindir ring, sızdırmazlık contası ve küresel mafsallı kayıcı(çelik) aparatından oluşmaktadır (Şekil 3.11). Mafsallı kayıcının küresel yüzeyle temas eden bölümü düşük sürtünmeli kompozit bir malzemeye kaplanmıştır. Modelleme, yapı sisteminin basitleştirilerek sarkaç hareketine uyarlanması ile depremden yapıya ulaşan enerjinin metalik yüzeylerde sürtünerek kısmen ya da tamamen kaybolması prensibine dayanır. (Karakurt, 2015) İzolatöre gelen yatay kuvvetler statik sürtünme kuvvetini aşar ise alt ve üst plakalar arasında yer alan çelik küre konkav şekilde üretilmiş olan alt plakanın üzerinde kaymaya başlar. Aktif hale geçen izolatör, üzerindeki yapının sarkaç misali küçük salınımlar yapmasını sağlar. Oluşan dinamik sürtünme kuvveti ile izolatörün konkav geometrisi deprem enerjisinin sönmelenmesini sağlar. Sürtünmeli sarkaç izolatörü, sarkaç karakterleri kullanılarak yapının doğal periyodunun uzamasına ve dolayısıyla güçlü deprem kuvvetlerinden kaçınılmasını sağlar. Yapının doğal titreşim periyodu ve eğrisel yüzeye verilen eğimle yapının rijitliği kontrol edilir (Şekil 3.12). Dinamik yükler altında eğrilik yüzeyinin açısına bağlı olarak değişen kuvvet-deplasman histeresis döngüsü kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerden ayrılmaktadır (Şekil 3.13).

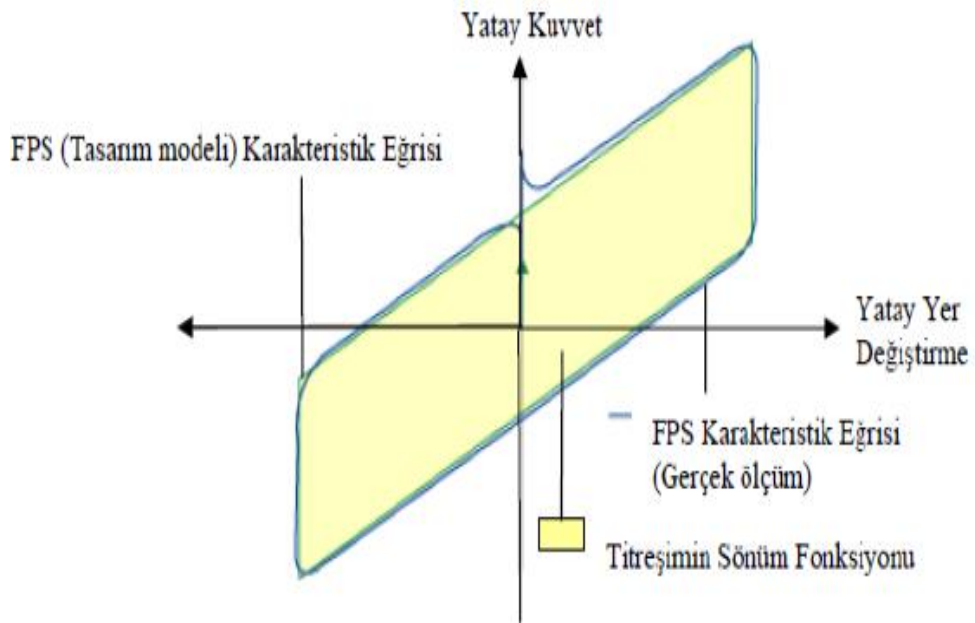


Şekil 3.11. Tek yüzeyli sürtünmeli sarkaç sistemli izolatörün karşıdan görünüşü (Elma,2006)

Sistemin periyodu iç bükey yüzeyin eğrilik yarıçapına bağlıdır, kütleden bağımsızdır. r Basit sarkaç prensibi ile çalışmasından dolayı statik ve dinamik modellenmesi çok kolaydır. Gerektiğinde çekmeye karşı çalışan tipte de üretim yapılabilmektedir. Gerçek boyutlarda test yapılabildiğinden tüm teknik özellikler kontrol edilebilmektedir.



Şekil 3.12. Sürtümlü sarkaç izolatörün tek serbestlik dereceli sistemler olarak çalışma şekli (Çağlar,2002)



Şekil 3.13. Sürtünme sarkaç sistemli izolatörün kuvvet-yer değiştirme histeresis davranışı (Murat,2007)

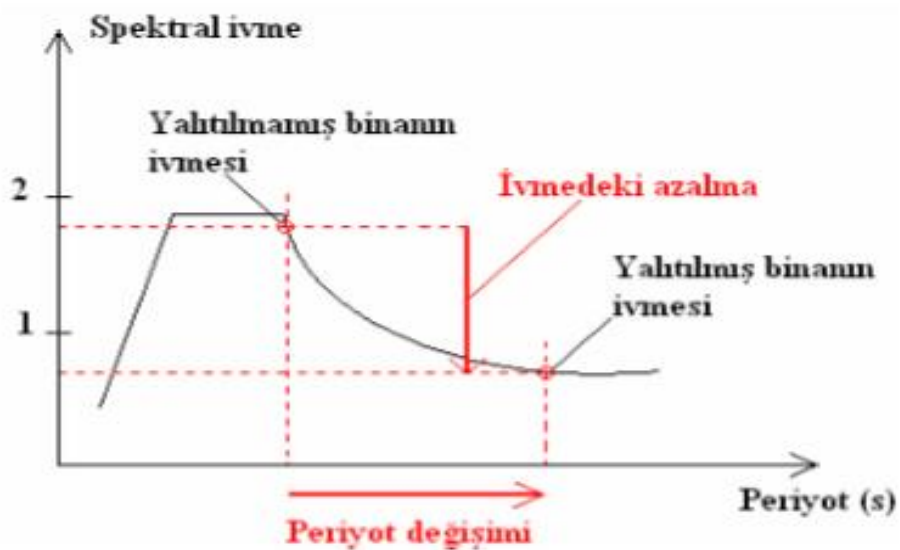
Teknik donanım özellikleri zamandan bağımsızdır. Hizmet süresi boyunca bakım ve onarım gerektirmemektedir. Kompakt yapısal özelliklerden dolayı montajı oldukça kolaydır. Kötü hava koşullarından etkilenmezler ve hizmet ömrü oldukça uzundur. Yangına karşı yüksek dayanım gösterir. Tasarım özelliğinden dolayı öngörülen deprem şiddetinden daha büyük bir deprem ile karşılaşılması durumunda bile izolatör parçalanmayıp görevine devam edebilmektedir. Her iki yönlü kullanılabilme özelliğine sahiptir. Çekme kuvvetlerine karşı önlem alınabilir ek uygulamaları mevcuttur. Boyutları diğer izolatör tiplerine göre daha küçük boyutta olduğundan daha az hacim kaplar ve yapıda mimari sorunlar teşkil etmez. Hesapta kullanılan tasarım depreminden büyük bir depremin yapıya etkimesi zayıf da olsa her zaman var olan bir ihtimaldir. Kauçuk izolatörlü mesnetlerde yatay yer değiştirme yaparken kopması durumunda üst yapıyı taşıyacak "back up (geri merkezleştirme)" sistemi adı verilen emniyet mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat Sürtünlü sarkaç sisteminde "back up (geri merkezleştirme)" sistemine gerek yoktur. Hesaplanan depremden daha büyük depremin oluşması durumunda izolatör parçalanmayıp görevine devam etmektedir (Karakurt, 2015). Yatay yüklere karşı iyi bir deprem davranışı gösteren bu izolatör tipinde düşey yükü çok fazla olan yapılarda izolatörün alt plakasının yırtılma riski bulunmaktadır. Bu nedenle, yükün çok fazla olduğu kolonların altına kauçuk izolatör, yükün az olduğu kolonların altına ise sürtünlü sarkaç kullanımı gibi karma sistem projelendirilip uygulamaya seçenek oluşturulabilmektedir (Şekil 3.14).



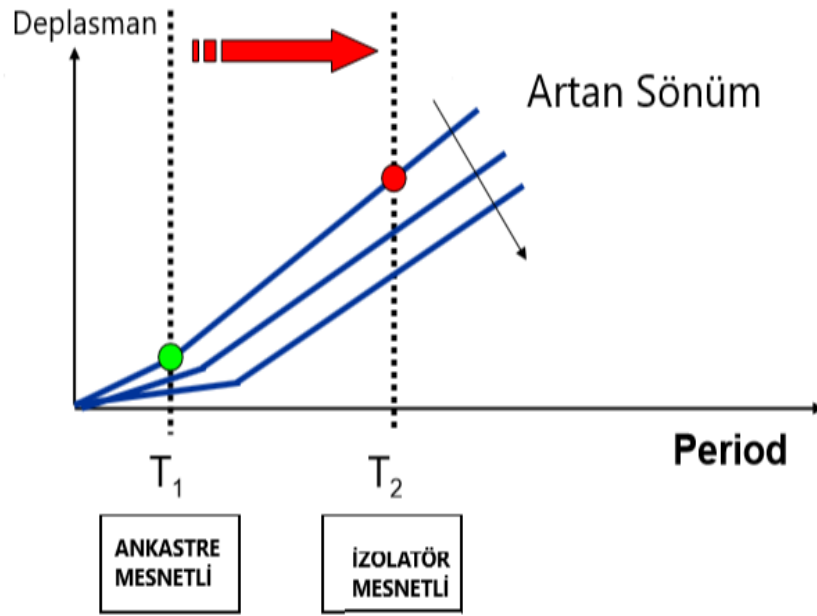
Şekil 3.14. İki kolon arasına yerleştirilebilen sürtünlü sarkaç izolatör (Karakurt,2015).

3.4.Sismik İzolasyonların Deprem Davranışına Etkileri

Sismik izolasyon sistemlerin yapıda kullanılmasıyla yapının deprem anında dinamik davranışı değişir. Sismik izolasyonlu sistemler, zeminden yapıya iletilen yüksek frekanslı titreşimleri düşük frekanslı titreşimlere dönüştürerek üst yapıya aktaran sistemlerdir. Salınım yapan sismik izolasyonlu yapıların hakim modlarında (ilk üç mod) hemen hemen tüm deplasmanın izolasyon seviyesinde olduğu, üst yapının rijit kütle hareketi yaptığı gözlenir. İzolatörler deprem anında görece yatay esneklik gösterir. Sismik izolasyonun kullanıldığı betonarme binalarda yapının sismik izolasyon ile periyodu artırılarak deprem ivmelerinin yüksek olduğu aralıktan uzaklaştırılır ve daha düşük deprem ivmeleri aralığına kaydırılır (Şekil 3.15). Böylece rezonans oluşma durumu ortadan kalkmaktadır. Üst katlara gelen sismik yükler azaldığından dolayı betonarme taşıyıcı elamanlara gelen iç kuvvetler azalır. Mekanik, elektrik donanımların korunması önem arz eden yapılarda ilave sönümleyici sistemler yerleştirilebilir. Sismik izolasyonlu sistemler; yapılarda yüksek can güvenliği sağlamakta, ayrıca ulaşım yapılarında da kullanım alanı bulunmaktadır. Ayrıca sismik izolasyon elemanlarının sönüm oranının artışı ile yine yapıya etkileyen deprem enerjisi azalmaktadır (Şekil 3.16). Göreceli kat ötelenmesinin azalması ile plandaki düzensizliklerin ve düşeydeki düzensizliklerin önüne geçilmesi sağlanmaktadır. Mimari açıdan daha büyük açıklı yapılar yapılmasına bu sistemlerde izin verilir.



Şekil 3.15. İzolasyonlu sistemlerde ivme- periyot ilişkisi (Polat,2007)



Şekil 3.16. İzolasyonlu sistemlerde artan sönüme bağlı olarak deplasman-periyod ilişkisi

Herhangi bir temel izolasyon sisteminin, depreme karşı koruma sağlayabilmesi için şu temel koşullara sahip olması gerekmektedir (Canbay ve ark ., 2010).

1.Şiddetli dinamik yükler altında yüksek yatay deplasman kabiliyeti

Bir izolasyon sisteminin frekansının pek çok şiddetli depremin etkin frekansından çok daha düşük olabilmesi için yeterince düşük yatay rijitliğe sahip olmalıdır.

2.Rüzgar yükü ve düşük sismik yükler altında yüksek yatay rijitlik

Bir izolasyon sistemi, rüzgar yükleri ve küçük depremler gibi düşük düzeydeki dinamik yüklemeler altında yapının hareketini engelleyebilmek için nispeten yüksek yatay rijitliğe sahip olmalıdır. Aksi durumun yapıya veya izolatörlere yapısal etkisi olmamasına rağmen yapıyı kullananları psikolojik olarak rahatsız edebilir.

3.Yüksek düşey rijitlik

Bir izolasyon sistemi, üstyapının ağırlığını ezilmeden ve bozulmadan taşıyabilmek için yüksek düşey rijitliğe sahip olmalıdır.

Düsey yöndeki yüksek rijitlik, elastomerik kauçuk yastıklardan oluşan izolasyon sistemlerinde kauçuğun düsey yükler altında yanal genişmesini sınırlamak ve binanın dönme rijitliği artırmak için de gereklidir. Bunun için kullanılan en yaygın yöntem, kauçuk tabakalar arasına çelik levhaların yerleştirilmesidir.

4.Geri-merkezleştirme etkisi

Bir izolasyon sistemi, sistemin hareket öncesindeki orijinal pozisyonuna geri dönebilmesi için geri-merkezleştirme etkisine sahip olmalıdır.

5.Sönüm (enerji tüketebilme kapasitesi)

İzolasyon sistemi, sistemdeki yer değiştirmelerin kabul edilebilir düzeyde kalabilmesi ve olası bir rezonans durumunu bastırabilmek için nispeten yüksek sönümlü hareket sağlamalıdır. Bu aynı zamanda olası bir depremde, sistemin daha çok enerji tüketmesine sebep olmaktadır.

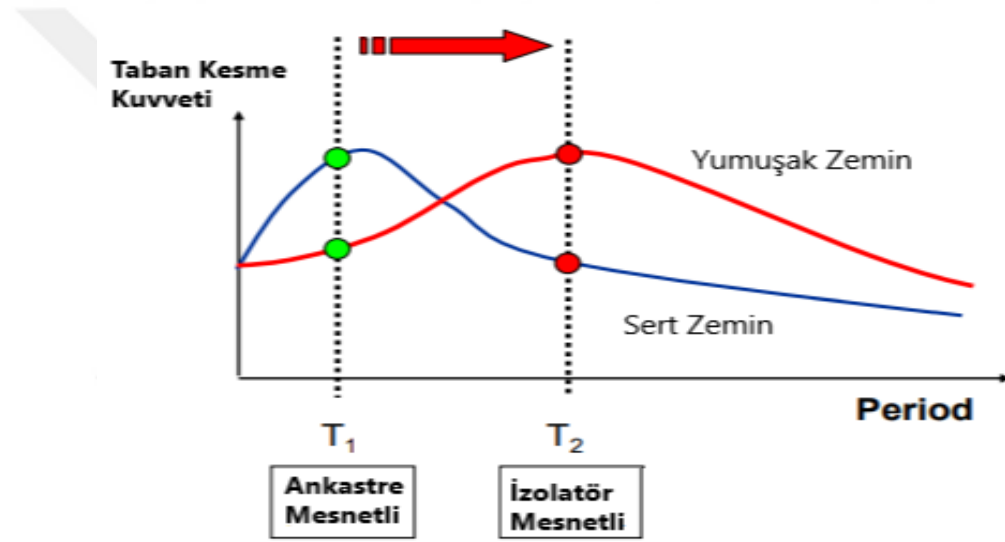
6.Göçme önleyici sistem

Bir izolasyon sistemi, beklenmeyen şiddetteki bir depremde önce izolatörün daha sonra da yapının göçmesini engelleyecek bir göçme önleyici sisteme mutlaka sahip olmalıdır.

3.5.Sismik Yalıtım Uygulamalarındaki Sınırlamalar

Sismik izolasyon sistemlerinin çalışma mekanizması, yapının periyodunu arttırmaya yönelik olduğundan; yumuşak zemin gruplarında uygulanması elverişli değildir (Şekil 3.17). Ayrıca zemin emniyet gerilmesinin $0,5 \text{ kg/cm}^2$ değerinin ve üstünün sağladığı zeminlerde uygulanabilir. Ayrıca sismik izolasyon kısa periyotlu yapılar için daha elverişlidir. 10 kattan daha az betonarme yapılar, 5 kattan daha az çelik yapılar, düşük düsey rijitliğe sahip yapılar sismik izolasyona uygundur. Çok katlı ve dar yapılarda yapılarda devrilme momentinin artması yapının havaya kalkma ve göçme olasılığını artırır.

Bu durum çok yüksek katlı binalarda izolasyon kullanımını zorlaştırır. İzolasyon yöntemleri basınç altında daha iyi çalışır. Deprem anında çekme kuvvetlerin oluşması halinde izolatörlerde, rijitliği olumsuz yönde etkileyen kavitsiyon (oyulma, aşınma) olayı meydana gelir. Yapı formu ve karakteristiği, sismik izolasyon tasarımında etkili olmaktadır. Rüzgar ve diğer yanal ikincil yükler de sismik izolasyon tasarımında önemlidir. Bu yüklerin sınırlandırılması yapılmalıdır. İkincil yüklerin etkisi araştırılırken yapılacak yapının etkin fay hatlarına uzaklığı da belirlenmelidir. Yapının, rijit kütle hareketini güvenli şekilde gerçekleştirebilmesi için komşu yapılarla gerekli salınım mesafesinin olması gerekmektedir. Komşu yapılar arası salınım mesafesi belirlenirken bölgenin depremselliği göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 3.17. Yumuşak zeminlerde sismik izolasyon kullanımının taban kesme kuvvetine etkisi

3.6 Yeni Deprem Yönetmeliğine(TBDY-2018) Göre Sismik İzolatörlerin Tasarımı

Ülkemizde 01.01.2019 tarihine kadar yürürlükte bulunan 2007-Türk Deprem Yönetmeliğinde (TDY-2007) izolasyon sistemleri ile ilgili esaslar bulunmamaktaydı. Bu yönetmelik, ülkemizde taban izolasyonlu yapı sistemlerinin uygulanma şekilleri ve kullanılacak yapıların özellikleri yabancı ülke yönetmelik şartları göz önüne alınarak tasarlanmasını zorunlu kılmaktaydı. Fakat, 2016 yılında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği adı altında taslak bir yönetmelik yayımlanmış ve tartışmaya açılmıştır. Taslak olarak yayınlanmış bu yönetmelik birçok yeni tasarım ilkesini beraberinde getirmiştir.

Nitekim 01.01.2019 tarihinde güncellenen ve resmi gazete de yayınlanarak yürürlüğe giren yönetmelikte, 14. Bölüm olarak “Deprem Etkisi Altında Yalıtımlı Bina Taşıyıcı Sistemlerin Tasarımı İçin Özel Kurallar” bölümü yönetmeliğe dahil edilmiştir. Bu bölümde yalıtımlı bina taşıyıcı sistemlerinin ve yalıtım birimlerinin sahip olması gereken özellikler verilmiştir. Yönetmeliğin ilgili bölümünde, yalıtım sistemlerinin projelendirilmesi ve uygulanmasına ilişkin değerlendirme süreçlerinde, projenin başlangıcından tamamlanmasına kadar ilgili tüm tasarım aşamalarında görev yapacak şekilde, ilgili alanda teorik ve mesleki bilgi ve teorik ve mesleki bilgi ve deneyim sahibi inşaat mühendislerinden “tasarım gözetimi ve kontrolü” hizmeti alınması zorunluluğu getirilmiştir.

3.6.1.Genel Tasarım İlkeleri

1.Sismik izolatör sistemlerinin uygulandığı yapılarda, Bina Önem Katsayısı $I=1$ alınabilir.

2. Tasarımda aşağıda tanımlanan iki farklı düzeyde deprem yer hareketi göz önüne alınması gerekmektedir.

- (DD-1) (Deprem Yer Hareketi Düzeyi-En Büyük Deprem Yer Hareketi)
- (DD-2) (Deprem Yer Hareketi Düzeyi-Tasarım Depremi Yer Hareketi)

Bu depremlerden DD-1, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan çok seyrek deprem yer hareketine, DD-2 ise spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan standart tasarım depremine karşılık gelmektedir.

3.Deprem yalıtımı uygulanan binaların alt ve üst yapıları sınırlı süneklik düzeyine göre tasarlanabilir.

4.Burulma etkilerinin azaltılması için yalıtım sisteminin etkin rijitlik merkezi ile üstyapı kütle merkezinin yalıtım ara yüzündeki düşey izdüşümünün mümkün olduğunca birbirine yakın olması gerekmektedir.

5.Yalıtım sisteminin en büyük yer değiştirme hesabı (DD-1) deprem yer hareketi düzeyinde yalıtım birimlerine ait parametrelerin alt sınır değerleri ile, üstyapıya etkileyen en büyük yatay kuvvetin hesabı ise (DD-2) deprem yer hareketi düzeyinde yalıtım birimlerine ait parametrelerin üst sınır değerleri ile yapılması öngörülmektedir.

6.Yalıtım sistemi herhangi bir D yer değiştirmesinde yatay merkezleme kuvveti oluşturabilecek şekilde tasarlanması ve ikincil (elastik ötesi) rijitliği kullanılarak hesaplanan titreşim periyodu 6 saniyeden daha büyük olmaması gerekmektedir.

7. Tüm yapı modelinde sadece yalıtım birimlerinin doğrusal olmayan davranış için modellenmesi, üst ve alt yapıların ise doğrusal elastik olarak modellenmesi mümkündür.

8. Yalıtım birimleri, (DD-1) deprem yer hareketi etkisi altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap ile elde edilen yer değiştirmeleri ve eksenel yükleri karşılayacak kapasitelere sahip olmalıdır

9.Yalıtım birimlerinin eşdeğer sönüm oranı %30 ile sınırlandırılmaması gerekmektedir.

3.6.2.Tasarımda Kullanılacak Yük Bileşenleri

1.Yalıtım Ara yüzü ve Altında Kalan Altyapı Elemanların Tasarımında Kullanılan yük birleşimleri aşağıda verilmiştir.

- $1.4G + 1.6Q$ (3.1)

- $1.2G + Q \pm E_D$ (3.2)

- $0.9G \pm E_D$ (3.3)

2. Yalıtım Ara yüzü Üzerindeki Üstyapı Elemanların Tasarımında Kullanılan yük birleşimleri ise şunlardır:

- $G + Q + 0.2S + E_D(H) + 0.3E_D(Z)$ (3.4)

- $0.9G + E_D(H) - 0.3E_D(Z)$ (3.5)

3. Yalıtım birimi deneylerinde kullanılacak yük birleşimleri şu şekilde öngörülmektedir:

• $1.4G + 1.6Q$ (3.6)

• $G + 0.5Q$ (3.7)

• $1.2G + Q \pm ED$ (3.8)

• $0.9G \pm ED$ (3.9)

3.6.3. Performans Hedefleri

Yalıtımlı binaların Deprem Tasarım Sınıfı'na göre performans hedefleri ve uygulanacak tasarım yaklaşımları Tablo 3.1'de verilmiştir. Ayrıca deprem yalıtımı uygulanan binaların tasarımında Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'de (DD-2 ve (DD-1) deprem yer hareketi altında hedeflenen performans düzeylerine ulaşmak için deprem yükü azaltma katsayısı (R) ve dayanım fazlalığı katsayısı (D) Tablo 3.1'e göre belirlenmektedir.

Tablo 3.1. Belirli performans düzeyine ulaşmak için gerekli katsayılar (TBDY-2018)

PERFORMANS HEDEFİ	R (Yük Azaltma Katsayısı)	D (Dayanım Fazlalığı Katsayısı)
KK	1,2	1,5
HK	1,5	2

Tablo 3.2. Yalıtımlı binaların performans ve tasarım yaklaşım hedefleri (TBDY-2018)

Yeni Yapılacak Deprem Yalıtımlı Binalar-Üstyapı				
Deprem Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
(DD-2)	SH	DGT	KK	DGT
(DD-1)	—	—	—	—

Tablo 3.3. Yalıtımlı binaların performans ve tasarım yaklaşım hedefleri (TBDY-2018)

Yeni Yapılacak Deprem Yalıtımlı Binalar – Yalıtım Sistemi ve Altyapı				
Deprem Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
(DD-2)	—	—	—	—
(DD-1)	KK	ŞGDT ^(Y) —DGT ^(A)	KK	ŞGDT ^(Y) —DGT ^(A)

3.6.4. Hesap Yöntemleri

TBDY-2018 yönetmeliğinde Deprem yalıtımlı binaların değerlendirilmesi ve tasarım aşamasında üç çeşit hesap yöntemi kullanılmaktadır.

3.6.4.1. Hesap yönteminin seçilmesi

Aşağıda tanımlanan koşulların tümünün sağlanması durumunda, üst yapı ve alt yapının deprem hesabı Etkin Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılabilir.

1. Bina, ZA, ZB, ZC veya ZD türü zemin sınıfı üzerine bulunmakta ise
2. Yalıtımlı binanın (DD-1) deprem yer hareketi etkisi altındaki etkin periyodu 4.0 saniyeden küçük ise,
3. Yalıtım sistemi üzerindeki binanın kat adedi en fazla 4, yalıtım arayüzü üzerindeki toplam yüksekliği ise en fazla 20 metre ise,
4. Yalıtım birimlerinde kalkma veya çekme oluşmamakta ise,
5. Yalıtım sistemi üzerindeki binanın her katında burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 2.0$ koşulu sağlanmakta ve binada B2 türü düzensizlik yok ise,
6. Binanın düşey doğrultudaki titreşim periyodu $T_v \leq 0.1s$ ise,

Yukarıda verilen 1, 2 ,4 koşullarının sağlandığı durumlarda üst yapı ve alt yapı Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanabilir. Üstyapı ve altyapı, her durumda Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi ile hesaplanabilir.

3.6.4.2.Etkin deprem yükü yöntemi

1.Tasarım depremi yer hareketi düzeyi (DD-2) için yalıtım birimi yer değiştirmesi D_D Denk.(3.10) ile hesaplanabilir.

$$D_D = 1,3 \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) T_D^2 \eta_D S_{ac}^{(DD-2)}(T_D) \quad (3.10)$$

1.1. $S_{ac}^{(DD-2)}(T_D)$ değeri aşağıdaki denklemler ile hesaplanmaktadır.

$$S_{ac}(T) = S_{DS}(T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.10.1)$$

$$S_{ac}(T) = \frac{SD1}{T}(T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.10.2)$$

$$T_A = 0,2x \frac{SD1}{SDS} \quad (3.10.3)$$

$$T_B = \frac{SD1}{SDS} \quad (3.10.4)$$

1.2. $SD1$ (Tasarım spektra ivme katsayıları) değeri ve S_{DS} (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı) Denk.(3.10.5) ve Denk.(3.10.6) ile hesaplanmaktadır.

$$SD1 = S_1 \times F_1 \quad (3.10.5)$$

$$S_{DS} = S_s \times F_s \quad (3.10.6)$$

1.3 S_1 (1.0 sn period için harita spektral ivme katsayısı)

Belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu $(V_s)_{30} = 760$ m/s esas alınarak %5 sönüm oranı için Deprem Tehlike Haritaları'nda (www.deprem.gov.tr/) verilen harita spektral ivmeleri'nin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır. F_1 -Yerel zemin etki katsayısı Tablo 3.4'e göre hesaplanır.

Tablo 3.4. Bir saniye periyod için yerel zemin etki katsayıları (TBDY-2018)

YEREL ZEMİN SINIFI	1.0 saniye period için (Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1)					
	$S_{1 \leq 0,10}$	$S_{1=0,20}$	$S_{1=0,30}$	$S_{1=0,40}$	$S_{1=0,50}$	$S_s \geq 0,60$
ZA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ZB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ZC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
ZD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
ZE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

1.4. Yeni yapılacak binaların koordinatlarına göre harita spektral değerleri elde edilmektedir. Tanımlanan harita spektral ivme katsayıları S_s değerleri Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.5. Kısa period bölgesi için yerel zemin etki katsayıları (TBDY-2018)

YEREL ZEMİN SINIFI	1.0 saniye period için (Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1)					
	$S_{s \leq 0,25}$	$S_s = 0,50$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,00$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,50$
ZA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ZB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
ZC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
ZD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
ZE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

2. Tasarım depremi yer hareketi düzeyi (DD-2) için bina etkin periyodu T_D Denk.(3.11) ile hesaplanmaktadır.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gKd}} \quad (3.11)$$

3. En büyük deprem yer hareketi düzeyi (DD-1) için yalıtım birimi yatay yer değiştirmesi (D_M) Denk.(3.12) ile hesaplanmaktadır. $S_{ac}^{(DD-1)}(T_M)$ değeri yukarıda 3.10.1(1) kısmındaki gibi hesaplanır. Değişen S_1 değerinin en büyük deprem yer hareketi düzeyi (DD-2) için verilen değeridir.

$$D_M = 1,3 \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) T_M^2 \eta_M S_{ac}^{(DD-1)}(T_M) \quad (3.12)$$

4. En büyük deprem yer hareketi düzeyi (DD-1) için bina etkin periyodu T_M Denk.(3.13) ile hesaplanmaktadır.

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gKm}} \quad (3.13)$$

5. Sönüm ölçeklendirme katsayıları η_D ve η_M Denk.(3.14) ile hesaplanır.

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5+\xi}} \quad (3.14)$$

6. (DD-2) ve (DD-1) deprem yer hareketi düzeylerindeki yalıtım ara yüzü toplam yer değiştirmesi, hesaplanan yer değiştirme değerlerine üstyapı ve yalıtım sistemi burulmasından gelen ilave yer değiştirmelerin eklenmesi ile hesaplanacaktır. Düzgün bir dağılım olması durumunda toplam yer değiştirmeler ve ile hesaplanan değerlerden daha az olamaz.

7. Üst yapıya etki eden kuvvet hiçbir durumda tasarım rüzgar kuvveti değerinin veya yalıtım sisteminin ikincil rijitliğe geçmesi için gerekli olan kuvvet değerinin altında olmamalıdır.

8. R değeri, (Tablo 3.2)'de ki gösterilen performans hedeflerine göre dikkate alınmaktadır..

9. (DD-2) ve (DD-1) deprem yer hareketi düzeylerindeki yalıtım arayüzü toplam yer değiştirmesi, hesaplanan yer değiştirme değerlerine üst yapı ve yalıtım sistemi burulmasından gelen ilave yer değiştirmelerin eklenmesi ile hesaplanacaktır. Denk.(3.15) ve Denk.(3.16) ile hesaplanır

$$D_{TD}=1,1x D_D \quad (3.15)$$

$$D_{TM}= 1,1 x D_M \quad (3.16)$$

3.6.4.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

1.Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi yönetmelikteki Bölüm 5.8 (Doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile bodrumlu binaların hesabı ve temellere aktarılan kuvvetler) göre uygulanır. 3.6.4.1.(6) 'ın sağlandığı durumlarda depremin 2 yatay bileşeni, sağlanamadığı durumlarda ise depremin 2 yatay bileşenine ek olarak düşey bileşeni de kullanılacaktır.

2.Deprem yalıtımlı binaların zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçiminde yönetmelikteki Bölüm-2.5 (Zaman tanım alanında deprem yer hareketi)'de verilen kuralların tümü geçerlidir. Zemin davranış analizlerinde veya zaman tanım alanında yapılacak diğer hesaplarda kullanılmak üzere deprem yer hareketleri, seçilen deprem kayıtlarının tanımlanan ve proje için seçilen nokta için (www.afad.gov.t) internet adresinde oluşturulan tasarım spektrumuna spektral uyum sağlanacak şekilde dönüştürülmesi ile de elde edilebilir. Dönüştürülen deprem yer hareketlerinin spektrumlarının ortalamaları, tüm periyotlar için tasarım spektrumu ordinatlarından daha küçük olmayacaktır.

3.Doğrusal olmayan hesap her deprem yer hareketi seviyesinde ve her doğrultuya göre en az 11 kayıt çifti için tekrarlanacak, ilgili deprem seviyesinde ve doğrultuda yapılan hesaplarda elde edilen en büyük değerlerin ortalamaları tasarıma esas değer olarak dikkate alınacaktır.

5.Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap sonucunda elde edilen yalıtım birimi yer değiştirmeleri, her bir zaman adımında meydana gelen birbirine dik doğrultuda yer değiştirmelerin vektörel bileşkesi olarak belirlenebilir.

6.Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap sonucunda yalıtım arayüzünde hesaplanan yer değiştirmeler Denk.(3.15) ve Denk.(3.16)'a göre hesaplan değerlerin %80'inden az olmayacaktır.

3.6.4.5.Yalıtımlı Binalarda Görelî Kat Ötelemesi Sınırları ve Deprem Derzleri

Üst yapıdaki görelî kat ötelenmesinin, Kontrollü Hasar (KH) performans seviyesi için $0.015h_i$ değerini, Kesintisiz Kullanım (KK) performans seviyesi için $0.005h_i$ değerini, Sınırlı Hasar (SH) performans seviyesi için ise $0.01h_i$ değerini aşmaması gerekmektedir.

3.7. TBDY-2018 Yönetmeliğine Göre Sismik İzolatörlerin Mekanik Tasarımı

Sismik izolasyonlu yapının yatay ve düşey kuvvetler altında doğrusal davranış gösterdiği varsayılmıştır. Ancak gerçekte hem yapı hem de sismik izolasyon elemanları lineer bir davranış göstermemektedir. Bunun temel nedeni malzemenin yükler altında doğrusal-elastik bir davranış göstermemesi ve dolayısıyla gerilme şekil değiştirme denklemlerinin doğrusal olmamasıdır. Ayrıca sismik izolasyon elemanların uygulandığı yapıya yakın fay hattının geçmesi ve yumuşak zemine oturtulan bu yapı doğrusal bir davranış göstermemektedir. Bir diğer neden ise sistemin geometrik değişimlerinin denge denklemlerini ve geometrik sürekliliğini değiştirmesidir. Bu sebeplerden dolayı sistemin analitik çözümlerinde doğrusal modellemenin yetersiz kaldığı ve buna çözüm olarak doğrusal olmayan çözümlerin gerekliliği kanıtlanmıştır.

3.7.1.Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatör Tasarımı

Kurşun çekirdekli izolatörle düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetin bir arada kullanıldığı sistemlerde çalışma biçimi, kurşun çekirdek iç kısımda sönümleyici etki yaparken doğal kauçuk dış kısımlarda dengeyi sağlamaktadır. Kurşun çekirdek, elastomer mesnetin rijitliğini arttırıcı etki yapmaktadır.

3.7.1.1.Düşey Rijitlik

1.Dairesel kesitli elastomer yalıtım birimleri için A_R (Tek bir elastomer katmanının çelik plaka ile yapışmış, yüke maruz yüzey alan) değeri Denk. (3.17) ile hesaplanmaktadır. B ile belirtilen çelik plaka ile yapışmış elastomerin çapı, B_L ile belirtilen ise kurşun çekirdek çapıdır.

$$A_R = (\pi/4) \times (B^2 - B_L^2) \quad (3.17)$$

2.Elastomer yalıtım birimlerinin düşey rijitliği K_v Denk. (3.18) ile hesaplanmaktadır .

$$K_v = \frac{E_v \times A_R}{t_r} \quad (3.18)$$

2. E_v (Düşey rijitlik modeli) Denk.(3.19) ile hesaplanacaktır.

$$E_v = \frac{E_c \times K}{E_c + K} \quad (3.19)$$

4. E_c elastomer yalıtım biriminin basınç modülüdür ve Denk.(3.20) ile hesaplanacaktır. E_o kauçuk malzemenin esneklik modülüdür. Kayma modülünün (G_v) dört katı büyüklüğüne eşittir. K katsayısı kauçuk malzemenin sertlik değerinin 50,60,70 olduğu durumlarda sıra ile 0.75, 0.60, 0.55 olarak alınmaktadır.

$$E_c = E_o \times (1 + 2kS^2) \quad (3.20)$$

5.Dairesel kesitli ve kurşun çekirdekli elastomer yalıtım birimleri için S (Şekil faktörü) değeri Denk. (3.21) ile hesaplanmaktadır. B_T ise Elastomer katman kalınlığıdır.

$$S = (B^2 - B_L^2) / (4 B_T) \quad (3.21)$$

3.7.1.2. Yatay rijitlik

1. Kurşun çekirdekli elastomer yalıtım biriminin karakteristik dayanımı F_Q , Denk.(3.22) ile elde edilmektedir.

$$F_Q = A_P \times \tau_{yp} \quad (3.22)$$

2. Kurşun çekirdekli yalıtım biriminin başlangıç rijitliği (elastik rijitliği) Denk. (3.23) ile hesaplanır.

$$K_2 = \frac{G_v \times A_r}{tr} \quad (3.23)$$

3. Yalıtıcı birimin efektif rijitliği (K_{eff}), yükleme döngüsünde uygulanan yatay kuvvetin (F) bu kuvvete karşılık gelen yatay yer değiştirme (D) değerine bölünmesi ile elde edilir. Denk.(3.24) ile hesaplanır.

$$K_{eff} = \frac{F}{D} \quad (3.24)$$

4. Yükleme döngüsünde tüketilen enerji (W_D) değeri Denk. (3.25) ile hesaplanacaktır.

$$W_D = 4Q \times (D - D_Y) \quad (3.25)$$

5. Eşdeğer sönüm oranı β_e bir yükleme döngüsünde tüketilen enerjinin (W_D), $(2\pi F_D)$ değerine bölünmesi ile Denk. (3.26) ile elde edilmektedir.

$$\beta_e = \frac{1}{2\pi} \times \left[\frac{W_D}{F_D} \right] \quad (3.26)$$

6. D_Y (kurşun çekirdeğin etkin akma yer değiştirmesi) yaklaşık kauçuğun toplam kalınlığının 0,05 ile 0,1 katı alınabilir.

3.7.2.Sürtünmeli sarkaç izolatör

1.Karakteristik dayanım veya etkin akma dayanımı Denk. (3.27)'de belirtildiği gibi (sıfır yer değiştirmedeki) etkin sürtünme katsayısı μ_e ile yalıtım birimi üzerine etkiyen düşey kuvvetin (P) çarpımına eşittir.

$$F_Q = \mu_e \times P \quad (3.27)$$

2. K_2 (İkincil Rijitlik) Denk.(3.28)'de belirtildiği gibi düşey kuvvetin (P) eğri yüzeyli sürtünmeli yalıtım birimi kayma yüzeylerinin etkin eğrilik yarıçapına (Rc) bölünmesi ile belirlenecektir.

$$K_2 = \frac{P}{Rc} \quad (3.28)$$

3.Verilen bir yükleme döngüsündeki etkin rijitlik (K_{eff}) söz konusu döngüde uygulanan maksimum yatay kuvvetin (F) ulaşılan maksimum yatay yer değiştirmeye (D_{TM}) bölünmesi ile Denk. (3.29)'de belirtilen formül ile elde edilecektir.

$$K_{eff} = \frac{F}{D_{tm}} = \frac{P}{Rc} + \frac{\mu_e \times P}{D_{tm}} \quad (3.29)$$

4. Etkin sönüm oranı β_e bir yer değiştirme döngüsünde tüketilen enerjinin (W_D), ($2\pi F_D$) değerine bölünmesi ile Denk.(3.30)'de belirtilen formül ile elde edilecektir.

$$\beta_e = \frac{1}{2\pi} \times \left[\frac{W_d}{F_d} \right] \quad (3.30)$$

5. Yapının hedeflenen periyodu izolatörün eğrilik yarıçapına bağlıdır. Denk.(3.31)'de belirtilen formül ile hesaplanır.

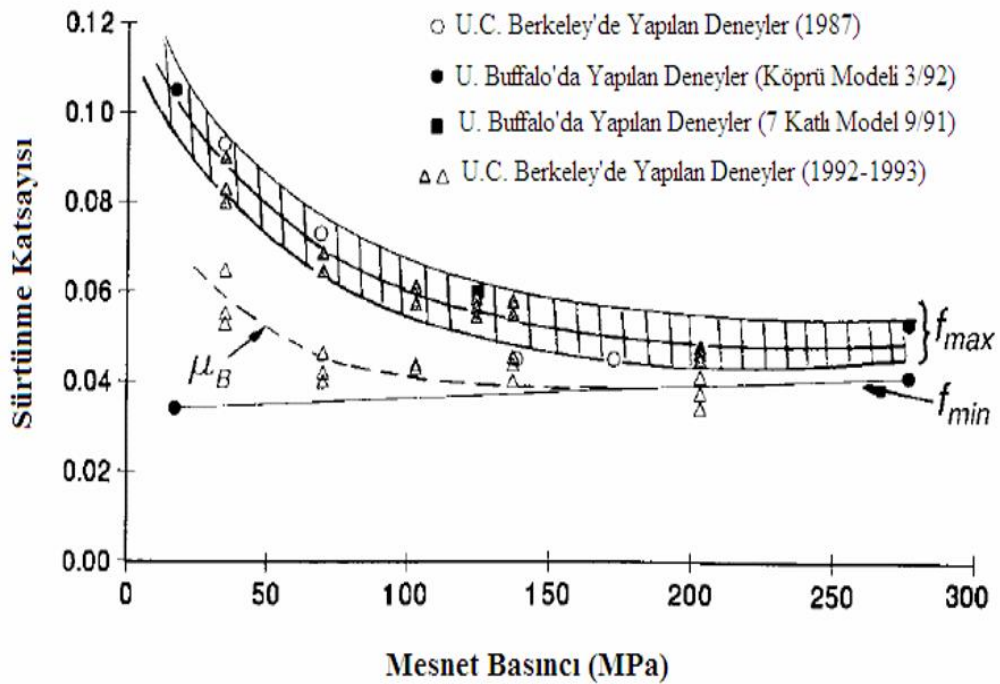
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{Rc}{g}} \quad (3.31)$$

3.8. ASCE-7-10 Yönetmeliğine Göre Tasarımda Kullanılacak Olan Sürtünme Sarkaç İzolatörün Mekanik Tasarımı

1.Etkin sürtünme katsayısının hesaplanması

Etkin sürtünme katsayısının hesaplanması Denk. (3.32)'de verilmiştir. Bu katsayı sürtünmeli sarkaç izolatörün üzerine deprem anında üzerine gelen basınç(p) ve kayma hızına(D) bağlı olarak değişir. Sürtünme katsayısının basınçla ve kayma hızına bağlı değişimi Şekil 3.18'de verilmiştir.

$$\mu_e = f_{max} - (f_{max} - f_{min}) \exp(-a(D)) \quad (3.32)$$



Şekil 3.18. Sürtünme katsayısının basınçla değişimi (Urgu,2006)

2.Sistemin Eski Konumuna Geri Dönebilme Yeteneğinin Hesaplanması

Sistemin merkezi konuma geri dönebilmesi için gerekli olan geri dönüş kuvveti sürtünme kuvvetinden büyük olmalıdır. Bu ifadeye istinaden Denk. (3.33)'in birinci terimi ikinci teriminden büyük olmalıdır.

$$\frac{Dtm}{Rc} > \mu_e \quad (3.33)$$

3.Maksimum Düşey Deplasmanın Hesaplanması (§)

Sürtünlü sarkaç sistemin düşey yer değıştirmesi ise Denk. (3.34)'den aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\xi_v = \frac{Dtm}{Rc} \quad (3.34)$$

4.Etkin Akma Yerdeğıştirmesinin Hesaplanması (D_Y)

Sürtünlü sarkaç sistemin etkin akma yerdeğıştirmesi Denk.(3.35)'dan aşağıdaki gibi elde edilir.

$$D_Y = \mu_e \times Rc \times 100 \quad (3.35)$$

5.Sistemin Düşey Rijitliğinin Hesaplanması (K_v)

Sürtünlü sarkaç sistemin düşey rijitliğinin(K_v) hesaplanması Denk.(3.36)'dan aşağıdaki gibi elde edilir. Ec yalıtım biriminin basınç modülüdür. Yalıtım birimin yüzey alanı A olarak ifade edilir.

$$K_v = \frac{Ec \times A}{h} \quad (3.36)$$

6.Disk Çapının Belirlenmesi (d)

Sürtünlü sarkaç sistemin disk çapının(d) uzunluğu Denk.(3.37)'de belirtilen tasarım deplasman uzunluğunun(D_{TM}) iki katından fazla olmalıdır.

$$d > 2D_{TM} \quad (3.37)$$

4.MATERYAL VE METHOD

4.1 Yapı Modellenmesi

Bu çalışmada 6, 12 ve 18-katlı perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip hastane binaları tasarlanmış ve SAP2000 bilgisayar programı ile bina analizi yapılmıştır. (TBDY-2018), (TS 498-500) yönetmelik ve standartları esas alınarak taşıyıcı elamanların kesitleri boyutlandırılmıştır. Bu yapının İstanbul-Kadıköy’de seçilen koordinatlarda yapılacağı varsayılarak bu çalışma yapılmıştır. <https://tdth.afad.gov.tr/main.xhtml> adresinde bulunan (Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web Uygulaması) ile seçilen yerel nokta ile deprem tehlike raporu oluşturulmuş ve bu raporda belirtilen ivme-zaman değerleri ile (DD-1) deprem düzeyinde oluşturulan deprem tepki-spektrum eğrisi oluşturulmuştur. Marmara bölgesinde meydana gelen Kocaeli Depremi (1999) kayıtları kullanılarak SeismoMatch programında ivme kayıtları benzeştirilmiştir. Deprem ivme-zaman grafikleri hem kuzey-güney hem doğu-batı doğrultularında yeniden oluşturularak TBDY-2018’de belirtildiği şekilde zaman tanım alanında yapılar etki ettirilmiştir. Binalar 28x28 m plan boyutlarında, (X) yönünde 7 açıklıklı, (Y) yönünde 7 açıklıklı olarak tasarlanmıştır. Binanın mimarisi, kolon ve perde yerleri değiştirilmeden yalnızca farklı taşıyıcı elaman boyutları tanımlanarak tasarlanmıştır. Yapının bulunduğu bölgenin zemin sınıfı (ZA) olarak dikkate alınmıştır. Yapıda kullanılan beton sınıfı (C30) olarak belirlenmiştir. Döşeme kalınlığı 15 cm olarak tasarlanmıştır. Diğer yapı parametreleri Tablo 4.1’de verilmiştir. <https://tdth.afad.gov.tr/> adresinde (Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web Uygulaması), harita spektrum ivme katsayıları belirlenmiştir. Deprem spektrum ivme katsayıları, harita spektrum ivme katsayılarının zemin sınıfı katsayıları ile çarpılmasıyla elde edilmektedir. Bu aşamada zemin sınıfı ZA olarak kabul edilmiştir. Sismik izolatörlerin deprem performans etkilerini görebilmek için deprem kuvvetinde azaltma yapılmamıştır. Hem ankastrelili hem de izolatörlü yapılar için deprem azaltma katsayısı (R) ve dayanım fazlalığı katsayısı (D) eşit alınmıştır. Tasarımda modal analiz yapıp, minimum gerekli kesitler belirlenmiştir. Yapıda tasarım açısından kolaylık sağlaması için ölü yük, hareketli yük ve duvar yükü üniform olarak girilmiştir. Kat yüksekliği 3m olarak belirlenmiştir. Duvar yükü 4 KN/m olarak alınmış ve programa dahil edilmiştir.

Tablo 4.1.a. Model Parametrelerinin Oluşturulması

Özellik	Sembol	Birim	6-katlı Yapı	12-katlı Yapı	18-katlı Yapı
Enlem-Boylam	-	D°	40,98-29,02	40,98-29,02	40,98-29,02
Kullanım Amacı	-	-	Hastane	Hastane	Hastane
Yerel Zemin Profili tipi	-	-	ZA	ZA	ZA
Bina önem katsayısı	I	-	1	1	1
Bina Kullanım Sınıfı	BKS	-	1	1	1
Yapı Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (DD-2)	R ₂	-	1,2	1,2	1,2
Yapı Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (DD-1)	R ₁	-	1	1	1
Yapı Dayanım Fazlalığı Katsayısı (DD-2)	D ₂	-	1,2	1,2	1,2
Beton Sınıfı	C	-	C30	C30	C30
Donatı Sınıfı	-	-	B420Ç	B420Ç	B420Ç
Bina Yükseklik Sınıfı	BYS	-	5	4	3
Deprem Tasarım Sınıf	DTS	-	1a	1a	1a
Beton Elastisite Modülü	Ebeton	kN/m ²	32000000	32000000	32000000
Beton birim Hacim Ağırlığı	-	kN/m ³	25	25	25
Döşeme kalınlığı	-	cm	15	15	15
Kat yüksekliği	-	m	3	3	3

Tablo 4.1.b Model Parametrelerinin Oluşturulması

Özellik	Sembol	Birim	6-katlı Yapı	12-katlı Yapı	18-katlı Yapı
Ölü yük (Üniform Alan)	G	kN/m ²	6	6	6
Hareketli yük (Üniform Alan)	Q	kN/m ²	5	5	5
Hareketli yük katılım sayısı	n	-	0.3	0.3	0.3
Bina ağırlığı (G+0,3Q)	W	kN	35424	79380	1461233
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (DD-2)	S _{DS}	g	0,79	0,79	0,79
Tasarım spektral ivme katsayısı (DD-2)	S _{D1}	g	0,216	0,216	0,216
Kısa periyot spektral ivme katsayısı (DD-1)	S _{DS}	g	1,374	1,374	1,374
Tasarım spektral ivme katsayısı (DD-1)	S _{D1}	g	0,383	0,383	0,383
Yatay elastik tasarım spektrumu köşe periyodu (DD-1)	T _A	sn	0,055	0,055	0,055
Yatay elastik tasarım spektrumu köşe periyodu (DD-1)	T _B	sn	0,278	0,278	0,278
İzolatör Hedef Etkin Titreşim Periyod (DD-1)	T _M	sn	2	3	4
İzolatörlerin Üzerine gelen maksimum yük (1,4G+1,6Q)	P ₃	kN	4394,6	10592,66	20970,64

4.2. Taşıyıcı Elamanların Boyutlarının Belirlenmesi

TBDY-2018 ve TS-500' e göre perde, kolon, kiriş ve döşeme yapı elamanlarının düşey yükler ve sismik yükler altında tasarlanması gereken minimum boyutları Tablo 4.2'de verilmiştir.

Optimizasyon yöntemi ile yapılara belirli kesit elemanları atayarak çeşitli statik programlarında eşdeğer deprem kuvveti yöntemi ve mod birleştirme yöntemine göre (DD-2) düzeyinde ön tasarım yapılmıştır. Bu programlarda oluşturulan analiz raporlarına göre yapı elemanlarının kesitleri incelenmiş, yetersiz kesitlerin tekrar boyutları artırılarak analiz edilmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ise SAP2000 programında yapılmıştır.

Tablo 4.2. Ön tasarımı yapılan bina modellemelerinin taşıyıcı kesit boyutları

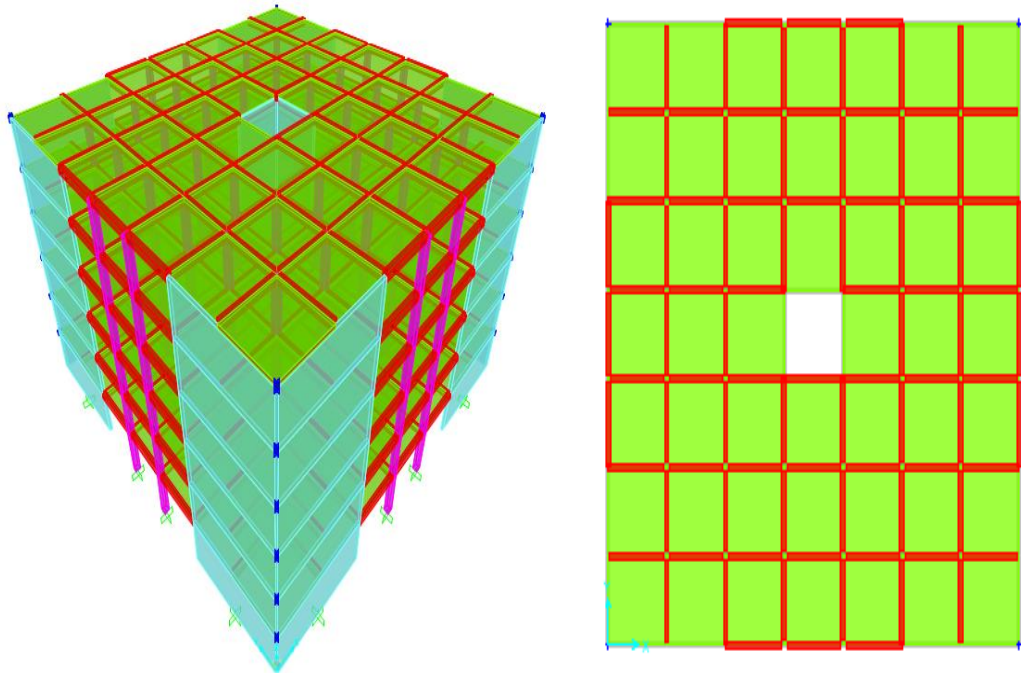
Kat Sayısı	Kolon boyutu (cm)	Kiriş boyutu (cm)	Perde Boyutu (cm)
6-katlı Yapı	40x40	30x45	P1-P2 (800x20) P3-P4 (400x20)
12-katlı Yapı	50x50	30x50	P1-P2 (800x25) P3-P4 (400x25)
18-katlı Yapı	60x60	30x60	P1-P2 (800x30) P3-P4 (400x30)

4.3. Yapının Sap2000 Programında Ankastre Mesnetli Olarak Tasarlanması

Yapının, düşey yükler ve yatay deprem yüklerinin etkisi altında yapacağı davranışı belirlemek amacıyla üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Modelleme aşamasında; kolonlar, kirişler ve perdeler çubuk eleman olarak atanmıştır. Döşemelerin her katta kendi düzlemleri içinde rijit çalıştığı kabul edilerek her kata rijit diyafram kabulü yapılmıştır. SAP2000 programında girilecek olan yapı parametreleri Tablo 4.1 tablosundan alınarak tasarım yapılmıştır. Binanın üç boyutlu modelinde, perde elemanları shell eleman yerine, çubuk eleman olarak tanımlanmıştır. Çünkü shell eleman olarak tanımlanan perdeler analiz süresini çok uzatmaktadır. Ayrıca çubuk eleman olarak tanımlanan her bir perde elemanın üstüne sonsuz rijit kiriş tanımlanmıştır. Sonsuz rijit kirişin ağırlığı ve kütlesi ihmal edilmiştir. Yönetmelikte taşıyıcı elemanlar için kullanılması zorunlu hale getirilen etkin kesit rijitlik çarpanları programa dahil edilmiştir.

4.3.1 6-katlı Ankastreli Yapının Binanın Tasarımı

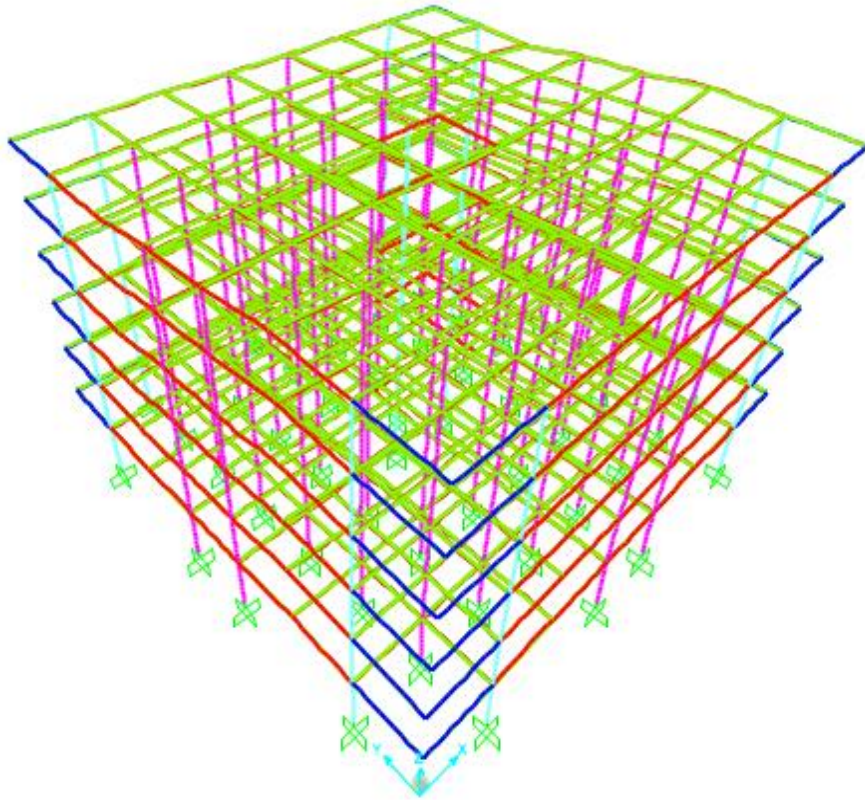
Şekil 4.1’de kat planı verilen 6-katlı ankastre mesnetli binanın kiriş kesiti 30x45 cm, kolon kesitleri 40x40 cm, perde kesitleri 800x20 cm, 400x20 cm, olarak tasarlanmıştır. Perde tasarımları (TBDY-2018)’de belirtilen perde tasarım kriterlerine uygun ve boşluksuz olarak gerçekleştirilmiştir. Döşeme kalınlığı ise 15 cm alınmıştır. Perdelerin çubuk olarak modellenmesi yönetmelikte belirtilen madde 4.5.3.8’ göre ‘Enkesit şekli dikdörtgen, I, T, L, U veya C olan perdeler, plandaki en büyük perde kolu uzunluğunun toplam perde yüksekliğine oranının 1/2’yi aşmadığı durumlarda, eksenini en kesit ağırlık merkezinden geçen eşdeğer çubuk sonlu eleman olarak modellenebilirler’’ maddesine uygun şekilde rijit kirişlerle modellenmiştir. Tablo 4.3’ de kütle katılım oranları ve mod numaralarına göre değişen periyodlar tablo halinde verilmiştir. İlk iki mod için kütle katılım oranı yüksekken ilerleyen modlarda sıfır değerini almaktadır. İlk modun yapısal harekete katkısının x yönünde %76, ikinci modun katkısının y yönünde %75 mertebesinde olduğu görülmektedir. Yapının ilk üç modundaki yapı davranışı Şekil 4.2 ,Şekil 4.3ve Şekil 4.4’de verilmiştir.

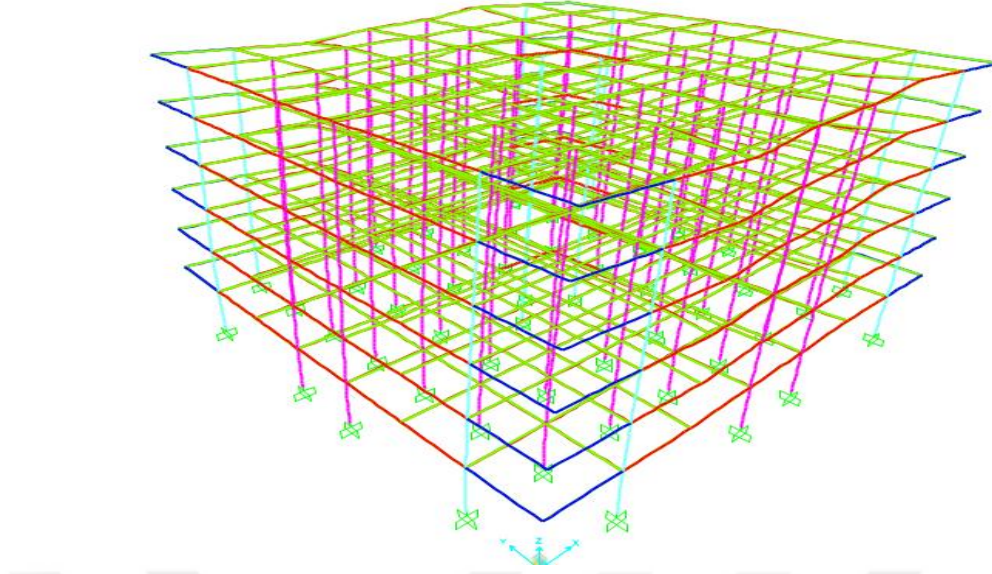


Şekil 4.1. 6 katlı ankastre mesnetli modelin (a) üç boyutlu (b) x-y düzleminde görünümü

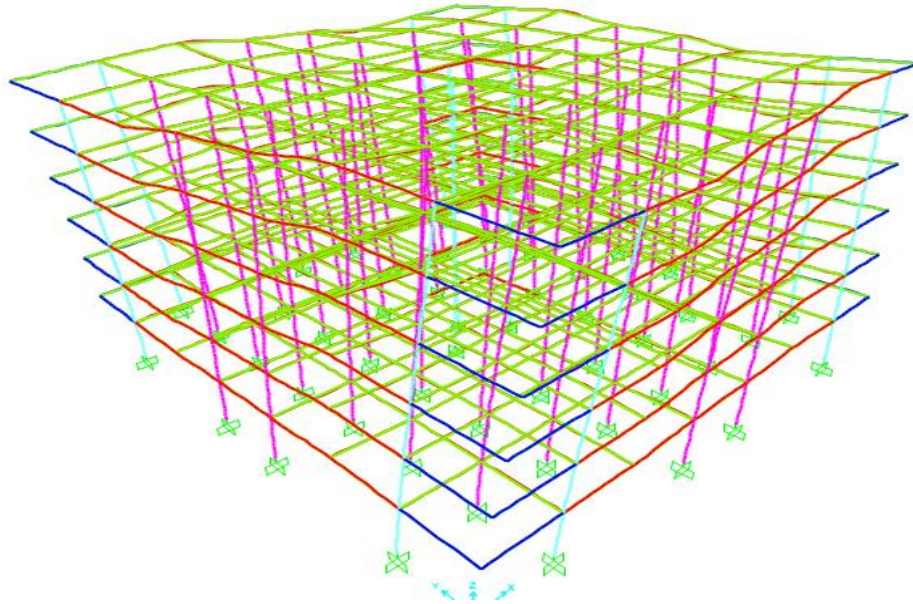
Tablo 4.3 6-katlı ankastre mesnetli model kütle katılım oranları

Modal	Numarası	Periyod (sn)	U-X	U-Y	U-Z
Mod	1	0,322027	$1,77 \times 10^{-12}$	0,75553	$1,84 \times 10^{-5}$
Mod	2	0,321617	0,7607	$1,76 \times 10^{-12}$	$4,53 \times 10^{-17}$
Mod	3	0,18006	$8,96 \times 10^{-5}$	$8,45 \times 10^{-19}$	0
Mod	4	0,103663	$3,61 \times 10^{-20}$	$2,51 \times 10^{-5}$	0,57055
Mod	5	0,10245	$5,4 \times 10^{-17}$	0,0002	0,01019

Şekil 4.2. 1.Mod (Y)- yönündeki şekil değıştirmesi : $T_{1Y}=0,32\text{sn}$



Şekil 4.3. 2.Mod (X)-yönündeki şekil değıştirmesi : $T_{2x}=0,32s$

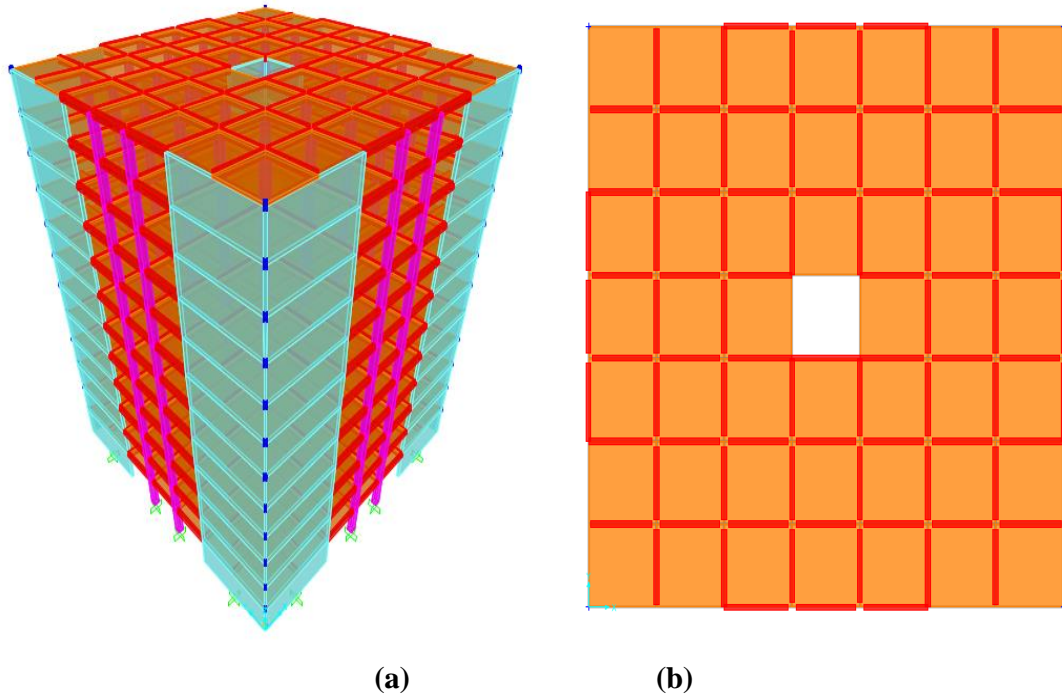


Şekil 4.4. 3.Mod (Z)- yönündeki şekil değıştirmesi : $T_{3z}=0,18sn$

4.3.2 12-katlı Ankastreli Yapının Binanın Tasarımı

Şekil 4.5’de kat planı verilen 12-katlı ankastre mesnetli binanın kiriş kesiti 30x50 cm, kolon kesitleri 50x50 cm, perde kesitleri 800x25 cm, 400X25 cm olarak tasarlanmıştır. Perde tasarımları (TBDY-2018) yönetmeliğinde perde tasarım kriterlerine uygun ve boşluksuz olarak gerçekleştirilmiştir.

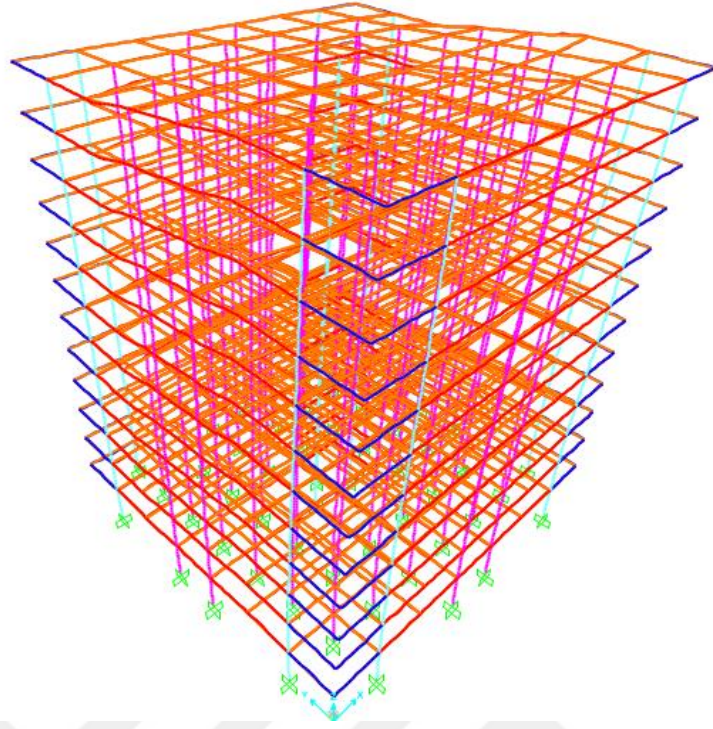
Döşeme kalınlığı ise 15 cm alınmıştır. Tablo 4.4.'de Kütle katılım oranları ve mod numaralarına göre değişen periyodlar tablo halinde verilmiştir. İlk modun yapısal harekete katkısının x yönünde %77, ikinci modun katkısının y yönünde %77 mertebesinde olduğu ve ilk üç modun çözüm için yeterli olduğu görülmektedir. Yapının ilk üç modundaki yapı davranışı Şekil 4.6 ,Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.



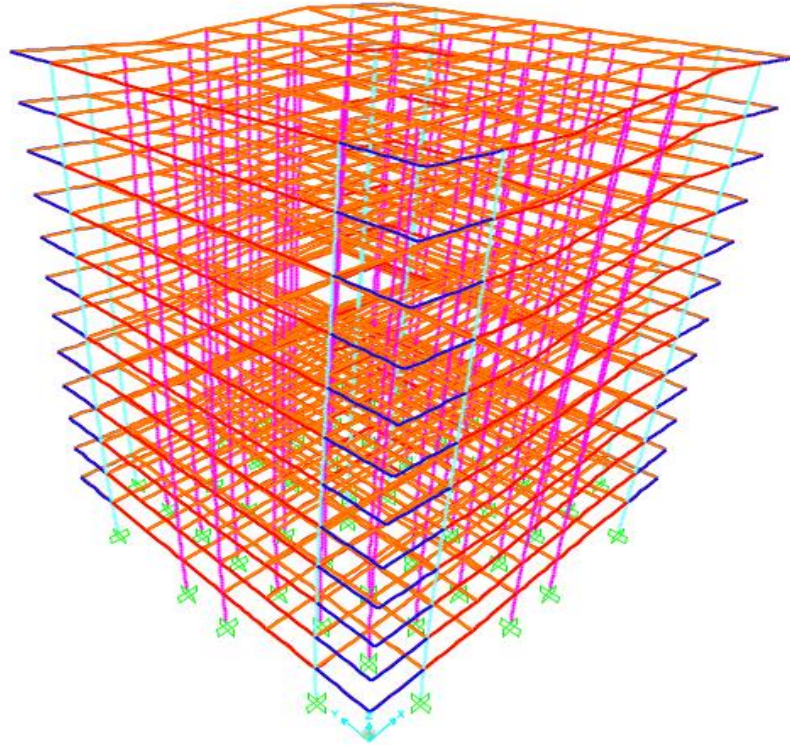
Şekil 4.5. 12-katlı ankastre mesnetli modelin (a) üç boyutlu (b) x-y düzleminde görünümü

Tablo 4.4. 12-katlı ankastre mesnetli model kütle katılım oranları

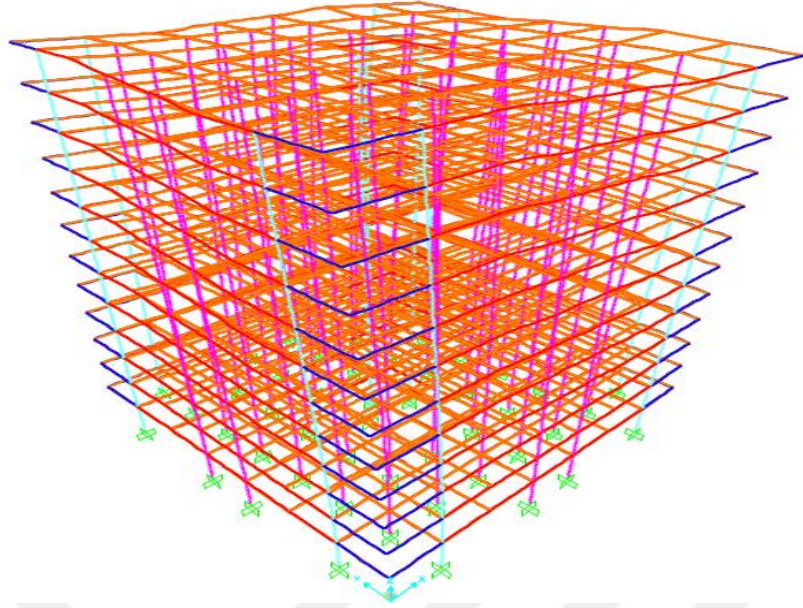
Modal	Numarası	Periyod(sn)	U-X	U-Y	U-Z
Mod	1	0,771275	$1,65 \times 10^{-12}$	0,70862	$6,81 \times 10^{-6}$
Mod	2	0,770514	0,70945	$1,65 \times 10^{-12}$	$1,6 \times 10^{-17}$
Mod	3	0,453861	0,00013	$2,88 \times 10^{-17}$	0
Mod	4	0,194548	0,18503	$9,2 \times 10^{-14}$	$3,34 \times 10^{-17}$
Mod	5	0,194192	$9,28 \times 10^{-14}$	0,18298	$7,1 \times 10^{-5}$



Şekil 4.6.(Y)- yönündeki 1.Mod şekil değıştirmesi : $T_{1Y}=0,77sn$



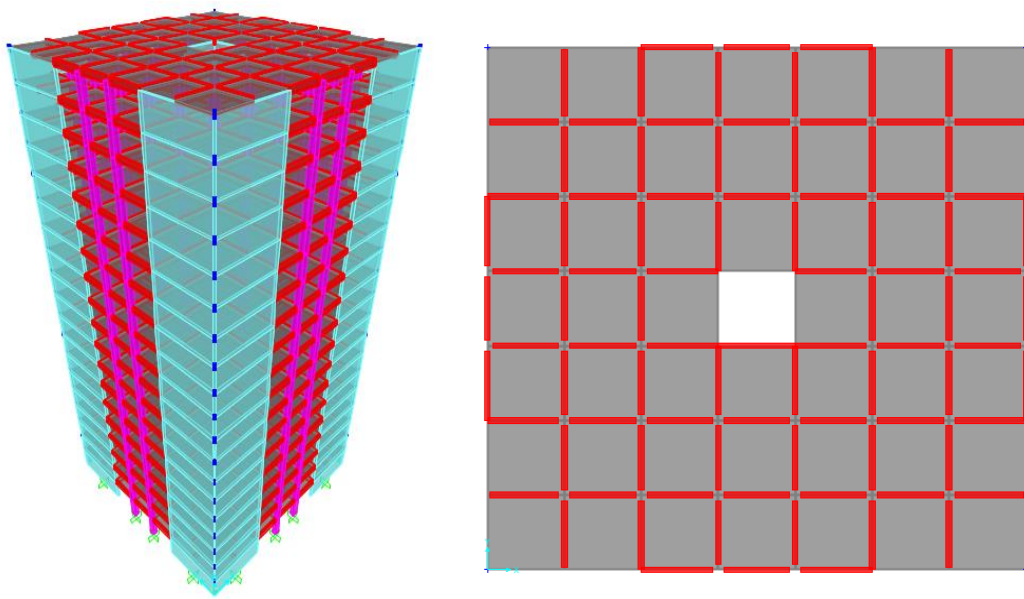
Şekil 4.7. 2. (X)- yönündeki 2.Mod şekil değıştirmesi : $T_{2X}=0,77sn$



Şekil 4.8. (Z)-yönündeki 3.Mod şekil değıştirmesi : $T_{3Z}=0,45sn$

4.3.3. 18-katlı Ankastreli Binanın Tasarımı

Şekil 4.9’ de kat planı verilen 18 -katlı ankastre mesnetli binanın kiriş kesiti 30x60 cm, kolon kesitleri 60x60 cm, perde kesitleri 800x30 cm, 400x30 cm olarak tasarlanmıştır. Perde tasarımları (TBDY-2018) yönetmeliğinde perde tasarım kriterlerine uygun ve boşluksuz olarak gerçekleştirilmiştir.

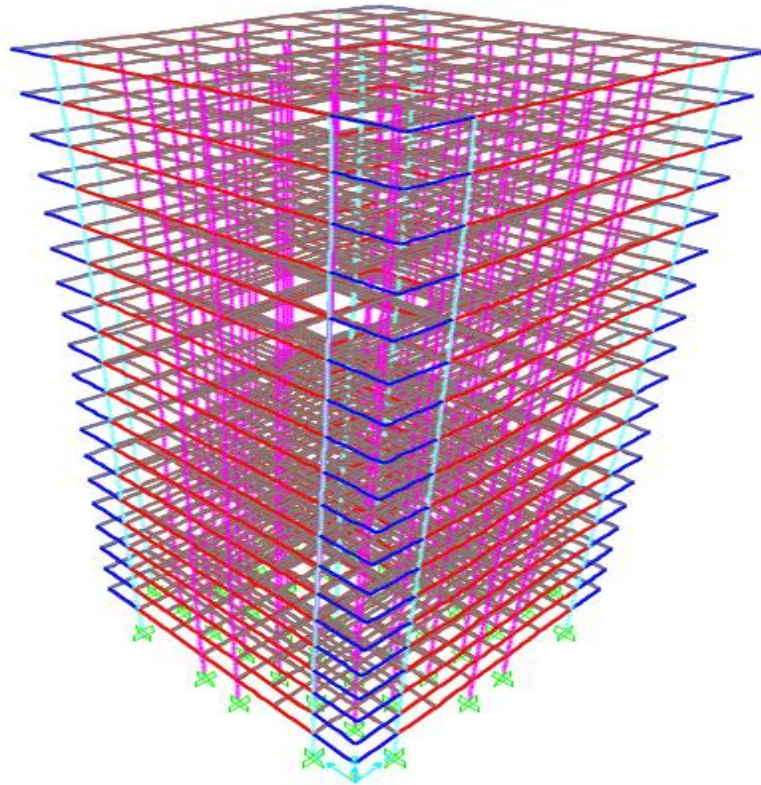


Şekil 4.9. 18-katlı ankastre mesnetli modelin üç boyutlu ve x-y düzleminde görünümü

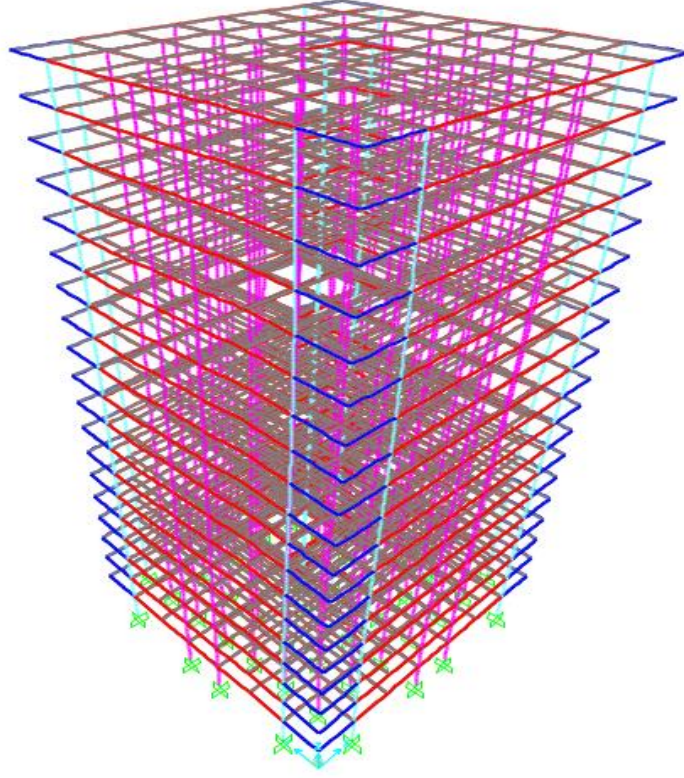
Tablo 4.5 'de kütle katılım oranları ve mode numaralarına göre değişen periyodlar tablo halinde verilmiştir. İlk modun yapısal harekete katkısının x yönünde %73, ikinci modun katkısının y yönünde %74 mertebesinde olduğu görülmektedir. Yapının ilk üç modundaki yapı davranışı Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.5. 18- katlı ankastre mesnetli model kütle katılım oranı

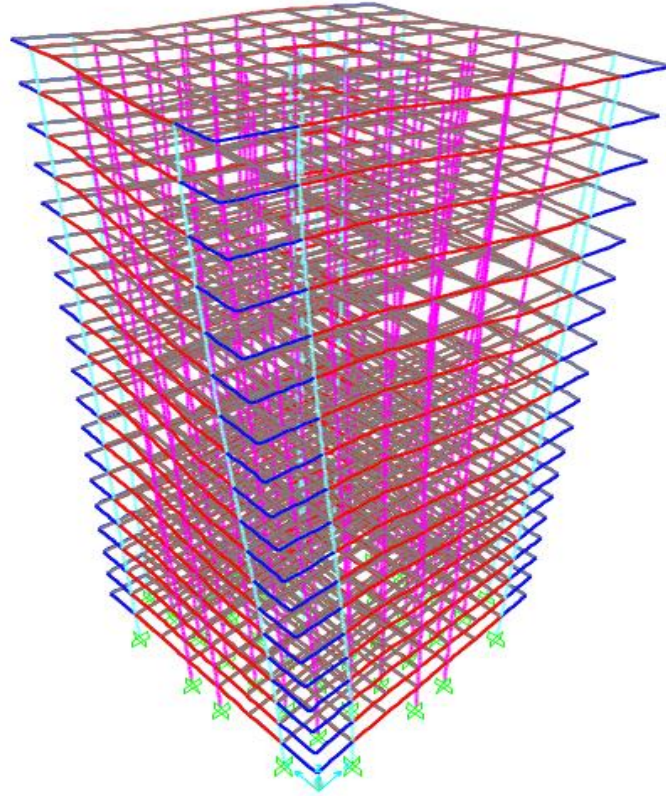
Modal	Numarası	Periyod(sn)	U-X	U-Y	U-Z
Mode	1	1,146566	0,73968	$1,73 \times 10^{-17}$	0
Mode	2	1,144649	$2,63 \times 10^{-17}$	0,74026	$2,15 \times 10^{-6}$
Mode	3	0,695478	0,00014	$2,21 \times 10^{-16}$	0
Mode	4	0,293071	0,1422	$1,05 \times 10^{-13}$	$1,09 \times 10^{-17}$
Mode	5	0,292294	$1,07 \times 10^{-13}$	0,14067	$1,32 \times 10^{-5}$



Şekil 4.10. X yönündeki 1.Mod şekil değiştirmesi : $T_{1x}=1,15sn$



Şekil 4.11. Y yönündeki 2.Mod şekil değiştirmesi : $T_{1Y}=1,15sn$



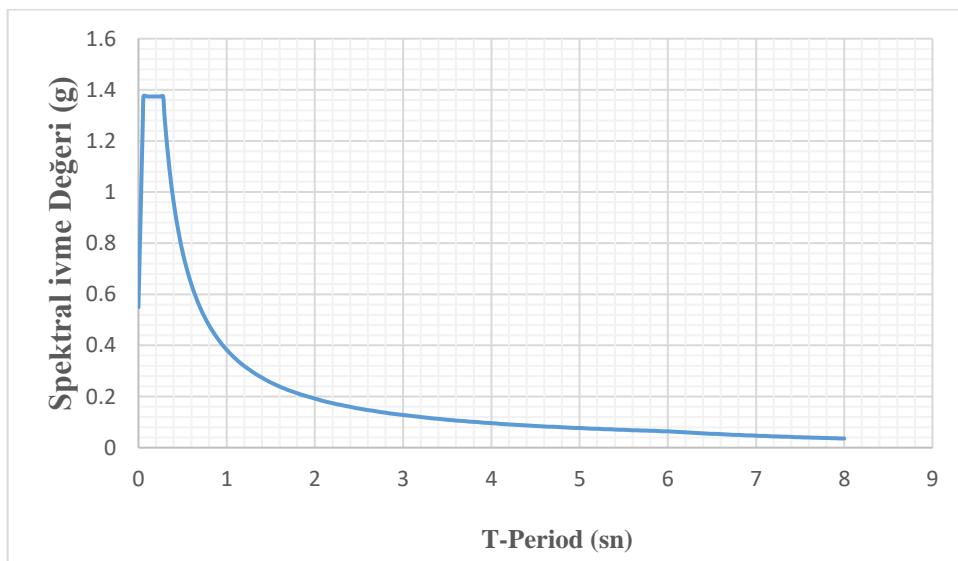
Şekil 4.12. (Z) yönündeki 3.Mod şekil değiştirmesi : $T_{1Z}=0,69sn$

4.4.Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

TBDY-2018 deprem yönetmeliğinde, bir alandaki sismik tehlike, tasarım ivme spektrumu ile tanımlandığı için yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan deprem hesaplamalarında tasarım ivme spektrumu ile uyumlu ivme kayıtlarının kullanılmasına izin verilmektedir. Yapay kayıtlar, benzeştirilmiş (simüle edilmiş) kayıtlar ve gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar zaman tanım alanında analiz hesabında kullanılabilir. Bu çalışmada TBDY-2018 yönetmeliğinde belirtilen bölüm 2.5.3.(Deprem Kayıtlarının Spektral Uyuşum Sağlanacak Şekilde Dönüştürülmesi) de verilen yönetmelik maddelerine uyularak deprem kayıtları SeismoMatch programında benzeşim yapıp SAP2000 programına dahil edilip zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır.

4.4.1. Tepki Spektrumunun Oluşturulması

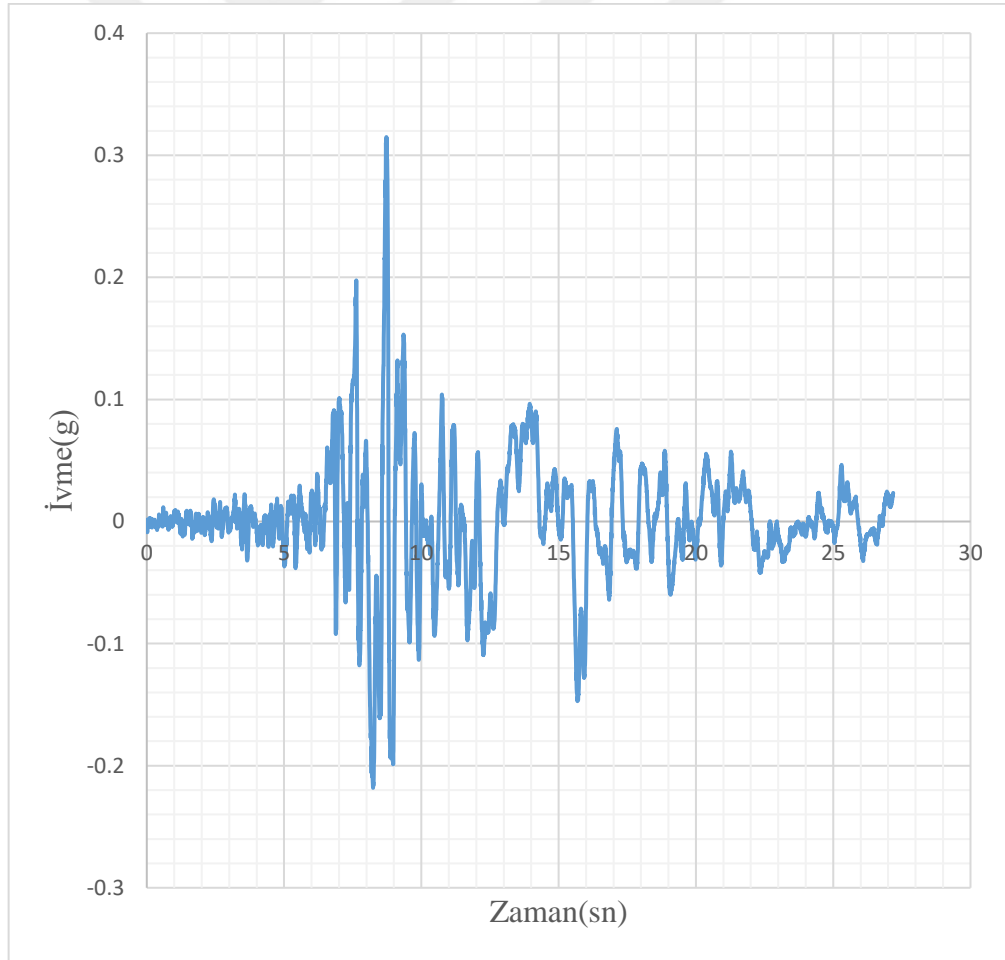
Bu çalışmada, ankastre mesnetli ve sismik izolasyonlu çok katlı yapıların deprem davranışının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için oluşturulan ankastre mesnetli 3 adet ve sismik izolasyonlu 6 adet modelin tasarımında esas olarak <https://tdth.afad.gov.tr> de verilen ve İstanbul-Kadıköy'e ait tasarım deprem spektrumu kullanılmıştır (Şekil 4.13) Bu spektrum oluşturulurken zemin sınıfı ZA olarak belirlenmiş ve (DD-1) deprem yer hareketine göre oluşturulan rapordan faydalanılmıştır.



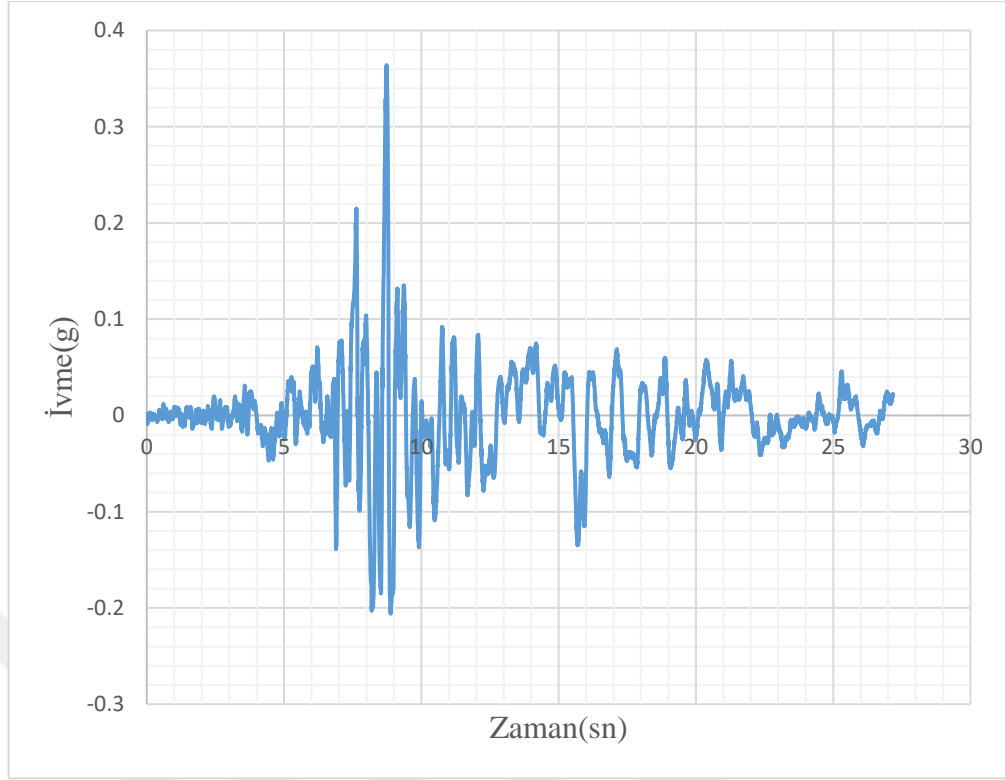
Şekil 4.13. (DD-1) düzeyinde tepki spektrum eğrisinin oluşturulması

4.4.2. Kullanılan Deprem Kayıtlarının İvme Zaman Grafikleri

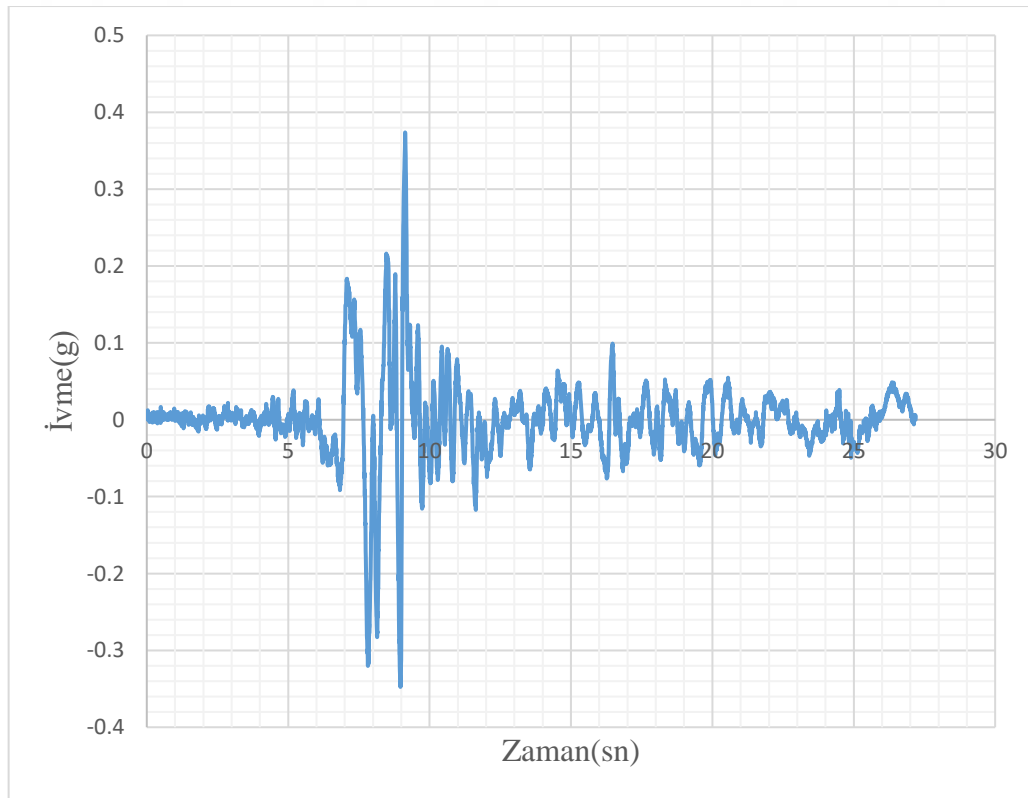
Zaman tanım alanında benzeştirilmiş yer hareketi kayıtları kullanılabilir. Bu tür kayıtların kullanılması durumunda, binanın bulunduğu sahanın sismik kaynak, dalga yayılım ve yerel zemin özellikleri göz önüne alınacaktır. Benzeştirme için kullanılacak model parametrelerinin, söz konusu bölgede meydana gelmiş depremlerde kaydedilmiş gerçek deprem kayıtları ile uyumlu olduğu gösterilecektir. Yerel noktanın (DD-1) düzeyinde belirli hedef spektrumu SeismoMatch programına dahil edildikten sonra, söz konusu bölgeye yakın yerde meydana gelmiş depremlerden kaydedilmiş gerçek deprem kayıtları(Kocaeli-1999) ,benzeşim yaptırılarak uyumlu hale getirilmiştir. Gerçek deprem kayıtlarının kuzey-güney yönlü olarak benzeştirilmiş hali Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de doğu-batı yönlü olarak benzeştirilmiş hali Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



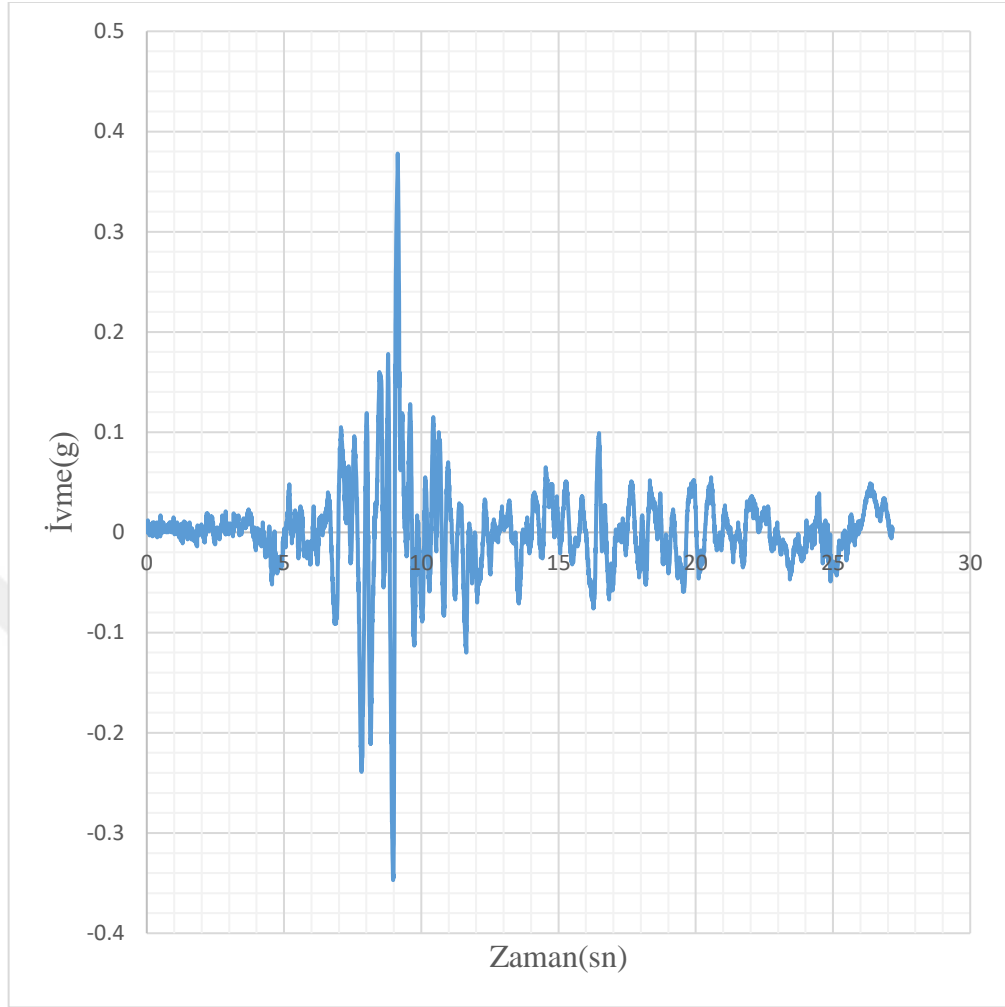
Şekil 4.14. Kocaeli Depremi (1999) kuzey-güney yönlü ivme-zaman grafiği $a_{max}=0,31g$



Şekil 4.15. Kocaeli Depremi (1999) kuzey-güney yönlü benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği $a_{\max}=0,36g$



Şekil 4.16. Kocaeli Depremi (1999) doğu-batı yönlü ivme-zaman grafiği $a_{\max}=0,37g$



Şekil 4.17. Kocaeli Depremi (1999) doğu-batı yönlü benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği $a_{max}=0,38g$

4.4.3 SAP2000 Programına İvme-Zaman Grafiklerinin Dahil Edilmesi

Dinamik analiz yöntemlerinden biri olan zaman tanım alanında hesap yöntemi; yapının belirli bir yer hareketindeki modal karşılıklarının eş zamanlı toplanmasını esas almaktadır. Bu hesap yöntemlerinden biri olan nonlinear modal analiz, diğer hesap yöntemi olan direct integration göre daha hızlı ve keskin çözümler üretmektedir. Modal analizinde ritz vektörleri kullanılmıştır. Ölü ve hareketli yüklerim deprem anında sismik izolasyonlu sistemlere nasıl etki edeceğini belirleyen ramp fonksiyonları oluşturulmuş ve programa dahil edilmiştir. Son yıllarda yapılan sismik izolasyonlu çalışmalarında nonlinear modal analiz yönteminin bu şekilde oluşturularak kullanıldığı görülmüştür (Kumar,2016).

TBDY-2018 yönetmeliği gereği gerçek ivme zaman kayıtları yapıya her iki yönde aynı anda etki ettirilmiş, üç farklı mesnetlenme durumuna göre ayrı ayrı zaman tanım alanında doğrusal olmayan modal analizi yapılmıştır (Şekil 4.18).

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	TEZ E-W	9,81
Accel	U1	TEZ E-W	9,81
Accel	U2	TEZ N-S	9,81

Şekil 4.18. Sürtüneli sarkaç izolator mesnetli yapı için zaman tanım alanında hesap girişi

4.5. Kullanılacak Sismik İzolatörlerin Mekanik Parametrelerinin Bulunması

TBDY-2018 ve ASCE-7-10 yönetmeliğine göre izolatörlerin mekanik parametrelerinin bulunması, tez çalışması içerisinde (Bölüm 3.7) verilen formüller esas alınarak yapılmıştır. Ön tasarımı yapılan yapılarda kullanılacak izolatörlerin üzerine gelen maksimum aksenal yük (1,4G+1,6Q) Tablo 4.1 'de verilmiş, bu kuvvet esas alınarak izolatör tasarımı yapılmıştır. Ayrıca, depremlili ve depremsiz durumda yalıtım sisteminin kararlılık hesapları yapılmıştır. (DD-1) deprem yer hareketi düzeyinde devrilme karşı güvenlik katsayısı en az 1.0 olacak şekilde izolatör birimlerinin mekanik parametreleri hesaplanmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6.a Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör mesnetlerin mekanik parametrelerinin bulunması

Özellik	Sembol	Birim	6-Kat	12-Kat	18-Kat
Mesnet Adedi	n	-	51	51	51
Tasarım Açısal Şekil Değiştirme Katsayısı	γ	-	1	1	1
Kayma Modülü	Gv	kN/m ²	900	900	900
Kurşun Çekirdek Çapı	B _L	m	0,17	0,18	0,21
Çelik Plaka ile Yapışmış Elastomerin Çapı	B	m	1,78	2	2,15
Tek Bir Elastomer Katmanının Yüke Maruz Yüzey Alanı	Ar	m ²	2,05	2,57	3
Toplam Kauçuk Tabaka Kalınlığı	Tr	m	0,28	0,58	0,78
Bir Adet Kauçuk Tabaka Kalınlığı	t	m	0,02	0,02	0,02
Şekil Faktörü	S	-	39,23	49,54	57,23
Elastomer Yalıtım Biriminin Basınç Modülü	Ec	-	817975,72	10605794,	14152778,93
Tasarım Deplasmanı	D _{TM}	m	0,28	0,58	0,78
Elastomer Yalıtımın İkincil Rijitliği	K ₂	kN/m	6625,51	3992,46	3504,40
İkincil Rijitlik/Elastik Rijitlik	K ₂ /K ₁	-	0,10	0,10	0,10
Etkin Akma Dayanımı	Fy	kN	345,70	431,51	510,59
Efektif Rijitlik	K _{eff}	kN/m	7860,16	4736,45	4167,36
Toplam Efektif Rijitlik	$\sum K_{eff}$	kN/m	400868,27	241559,11	212535,36
Sistemin Efektif Sönümü	ξ	-	0,10	0,10	0,10
Elastik Rijitlik	K ₁	kN/m	66255,1	39924,	35044
Düşey Rijitlik	K _v	kN/m	11258027	7456037,9	6807262,45

Tablo 4.6.b. Sürtünlü sarkaç izolatör mesnetlerin mekanik parametrelerinin bulunması

Özellik	Sembol	Birim	6-Kat	12-Kat	18-Kat
Mesnet Adedi	N	-	51	51	51
Yüksek Kayma Hızlarındaki Sürtünme Katsayısı	f _{min}	-	0,05	0,05	0,03
Düşük Kayma Hızlarındaki Sürtünme Katsayısı	f _{min}	-	0,03	0,03	0,01
Kayma Oran Parametresi	A	-	50	50	50
Küresel Yüzeyin Eğrilik Yarıçapı	R _c	m	1	2,23	3
Disk Çapı	d	m	0,6	1,2	1,6
Küresel Yüzeyin Yüksekliği	h	m	0,09	0,15	0,12
Elastomer Yalıtımın İkincil Rijitliği	K ₂	kN/m	4394,6	4750,07	4194,07
Etkin Akma Yer değiştirmesi	D _y	m	0,0005	0,001	0,0015
Yalıtım Biriminin En Büyük Yer değiştirmesi	D _{TM}	m	0,28	0,58	0,78
Elastik Rijitlik	K ₁	kN/m	439460	479754,55	423947,40
İkincil Rijitlik/Elastik Rijitlik	K ₂ /K ₁	-	0,01	0,01	0,01
Etkin Akma Dayanımı(Karakteristik)	F _y	kN	219,72	529,63	629,63
Efektif Rijitlik	K _{eff}	kN/m	5178,64	5663,23	5000,63
Toplam Efektif Rijitlik	$\sum K_{eff}$	kN/m	264110,64	288824,73	155032,12
Sistemin Efektif Sönümü	ξ	-	0,1	0,1	0,1
Düşey Rijitlik	K _v	kN/m	314159265	141371669	251327412

5. ANALİZ SONUÇLARI

SAP2000 programında 1999 Kocaeli depremi ivme kayıtları kullanılarak yapılan dinamik analiz sonucunda elde edilen sismik izolatörlü perdeli-çerçeve sistemlerin sonuçları; ankastre mesnetli perdeli-çerçeve sistemin analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar, alt başlıklar halinde, grafiksel ve tablolar halinde sunulmuştur. Model isimlerinin baş harfleri dikkate alınarak kısaltma yapılmış, ve aşağıda Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1 Yapı Modellerin adlandırılması ve kısaltmaları

KISALTMA	MODEL İSİMLERİ
6KMAN	6-Katlı Model Ankastreli Mesnetli Yapı
6KMSSİ	6-Katlı Model Sürtünme Sarkaç İzolatör Mesnetli Yapı
6KMKÇKİ	6-Katlı Model Kurşun Çekirdek Kauçuk İzolatör Mesnetli Yapı
12KMAN	12 -Katlı Model Ankastreli Mesnetli Yapı
12KMSSİ	12- Katlı Model Sürtünme Sarkaç İzolatör Mesnetli Yapı
12KMKÇKİ	12-Katlı Model Kurşun Çekirdek Kauçuk İzolatör Mesnetli Yapı
18KMAN	18-Katlı Model Ankastreli Mesnetli Yapı
18KMSSİ	18- Katlı Model Sürtünme Sarkaç İzolatör Mesnetli Yapı
18KMKÇKİ	18-Katlı Model Kurşun Çekirdek Kauçuk İzolatör Mesnetli Yapı

5.1.Yapıların Doğal Titreşim Periyotlarının Karşılaştırılması

Ankastre mesnet ve sismik izolatörlerle modellenmiş sistemlerin analizi sonucunda elde edilen birinci, ikinci ve üçüncü mod doğal titreşim periyotları Tablo 5.2’de verilmiştir. Buna göre yapı sismik izolatörlü olarak tasarlandığında yapının doğal titreşim periyodu ankastre mesnede göre (3-4) kat mertebesinde artmaktadır.

Tablo 5.2. Yapı Modellerin Doğal Titreşim Periyodlarının Karşılaştırılması

Kat Sayısı	Mod	T _{Ankastre Mesnet (sn)}	T _{Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatör Mesnet (sn)}	T _{Sürtünme Sarkaç İzolatör Mesnet (sn)}
6	1	0,32	1,74	1,53
6	2	0,32	1,32	1,51
6	3	0,18	1,28	1,41
12	1	0,77	2,98	2,69
12	2	0,77	2,93	2,69
12	3	0,45	2,66	2,42
18	1	1,14	3,70	3,36
18	2	1,14	3,70	3,36
18	3	0,69	3,37	3,35

5.2. Yapı Modellerinin Dinamik Analiz Sonuçları

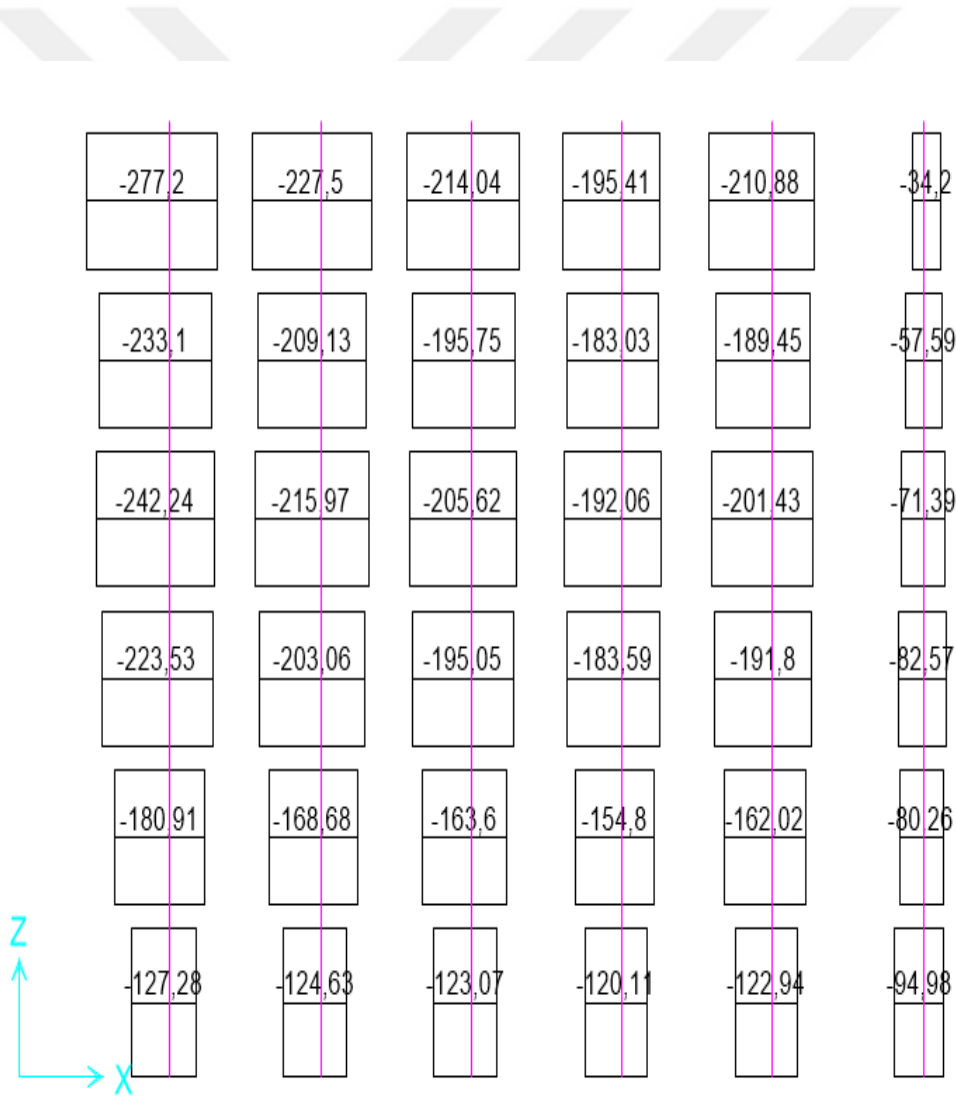
Sap2000 programında gerekli bilgiler ve kayıtlar girildikten sonra EQ(Kocaeli)-1999 deprem kaydı kullanılarak Bölüm 3.6.2’de verilen yük birleşimlerine göre zaman tanım alanında dinamik analiz yapılmıştır. Kesme, Eksenel Yük, Moment değerleri SAP2000 programında (x-z) düzleminde y=8 ve y=28 m kesitinde diyagramlar halinde üç farklı kat adeti için verilmiştir. Bu akslardan biri perdeli, diğeri sadece kolon-kiriş birleşiminden oluşmaktadır. Sağlık bakanlığın görelî kat ötelemeleri ve kat ivmeleri açısından belirlediği sınır değerleri kırmızı çizgi grafiklerde gösterilmiştir.

5.2.1.Maksimum Kesme Kuvveti Sonuçlarının Karşılaştırılması

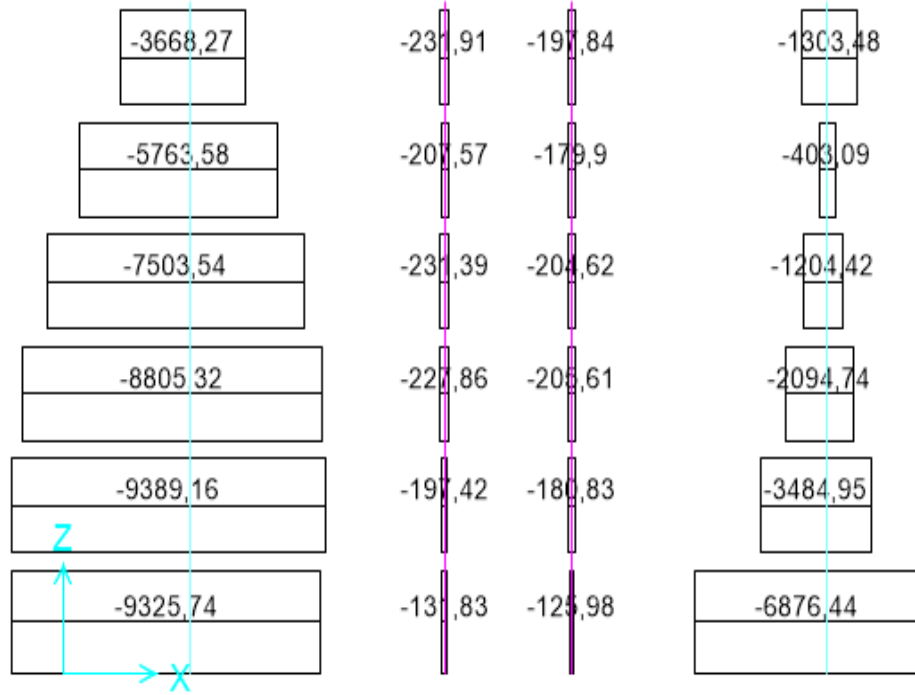
Yapıların depreme dayanıklı olarak tasarımında kesit özelliklerinin belirlenmesinde kesme kuvveti değerleri belirleyici rol oynamaktadır. 6-katlı yapının sadece kolonlardan oluşan y=8m kesiti için maksimum kesme kuvvetlerinin gösterildiği Şekil 5.1, Şekil 5.3 ve Şekil 5.5 incelendiğinde, sürtünmeli sarkaç izolatör mesnetli ve kurşun çekirdekli kauçuk izolatör mesnetli yapıda meydana gelen kesme kuvvetlerinin üst katlara doğru azaldığı, ankastre mesnetli yapıda ise kesme kuvvetlerinin üst katlara doğru arttığı görülmektedir.

6-katlı yapının perde ve kolonlardan oluşan $y=28\text{m}$ kesiti için kesme kuvvetlerinin gösterildiği Şekil 5.2, Şekil 5.4 ve Şekil 5.6 incelendiğinde, iki farklı izolator mesnetli yapı ile ankastre mesnetli yapının perdelerinde meydana gelen kesme kuvvetlerinin üst katlara doğru gidildikçe azaldığı görülmektedir.

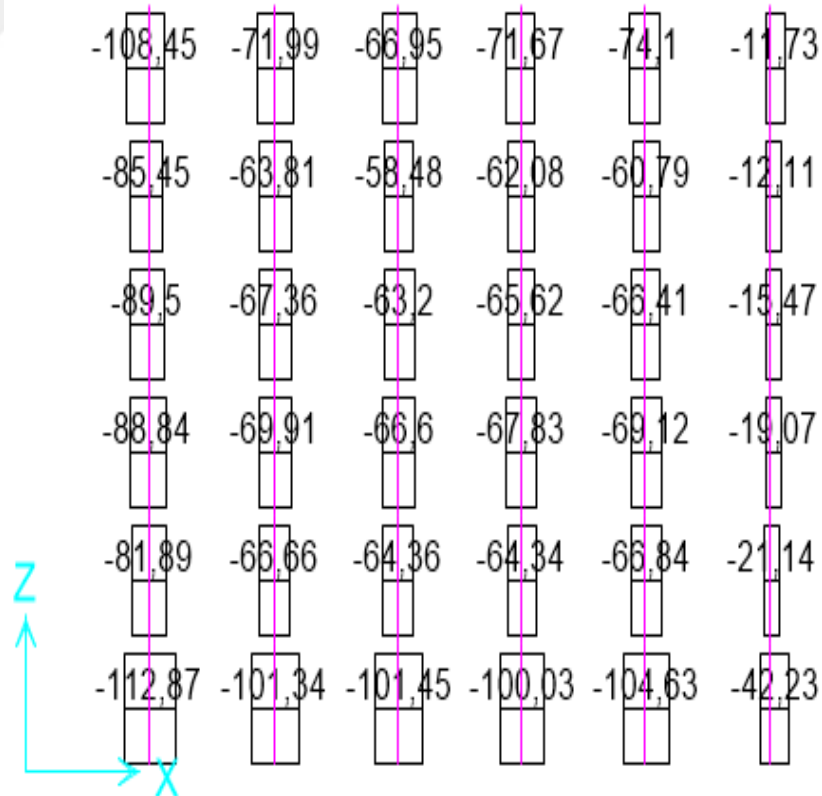
Üst katlardaki perde ve kolonlara bakıldığında izolatorlü yapılarda ankastreli yapıya göre kolonlarda %10-%60 perdelerde %10-%75 değişen oranda daha az kesme kuvvetlerinin oluştuğu belirlenmiştir. İzolatorlü yapılar kendi aralarında karşılaştırıldığında ise, kurşun çekirdekli kauçuk izolator mesnetli yapının sürtünmeli sarkaç izolatorlü yapıya göre kolonlarında ve perdelerinde daha fazla kesme kuvveti oluştuğu görülmektedir.



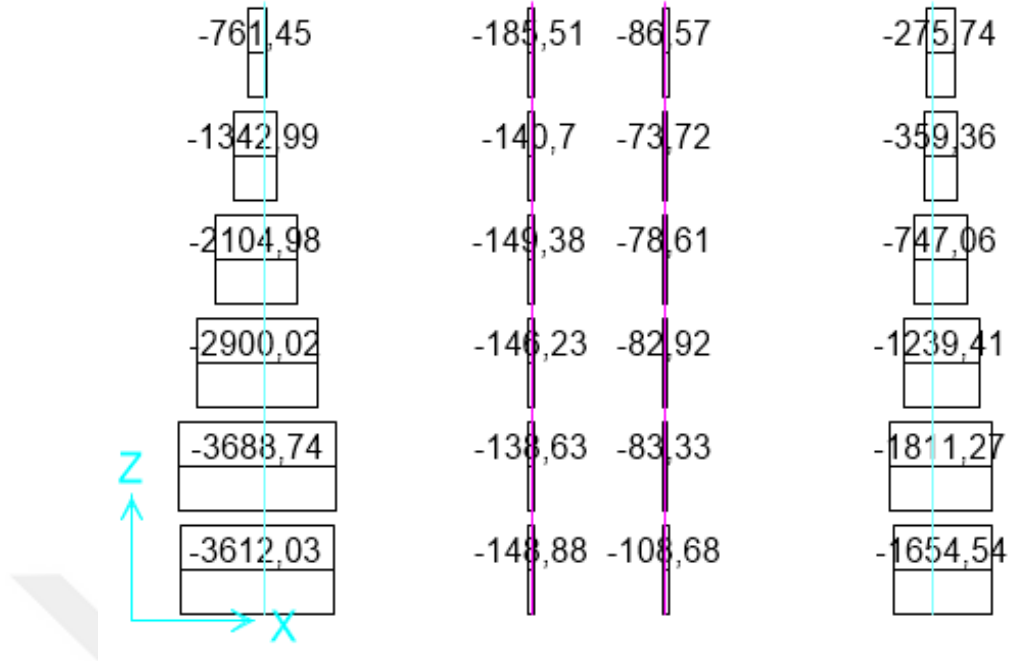
Şekil 5.1. (6KMAN) yapı modeli X-Z düzlemi $y=8\text{m}$ kesiti kolon V2-kesme kuvveti (kN) diyagramı



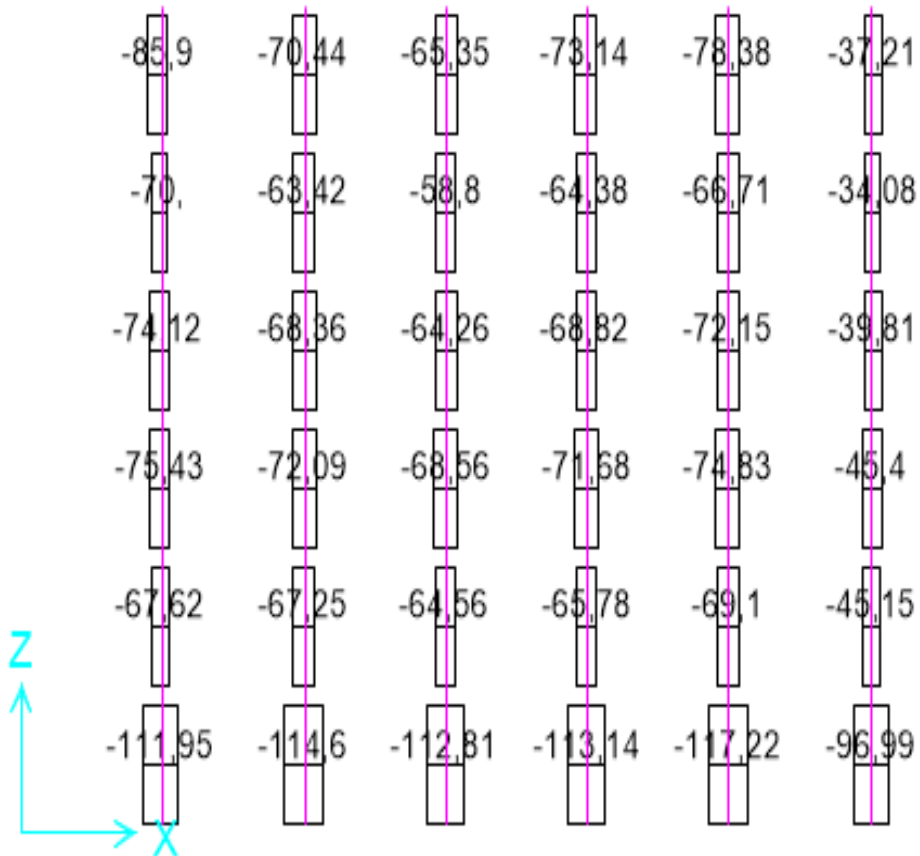
Şekil 5.2. (6KMAN) yapı modeli X-Z düzlemi y=28m kesiti perdeli-kolon V2-kesme(kN) diyagramı



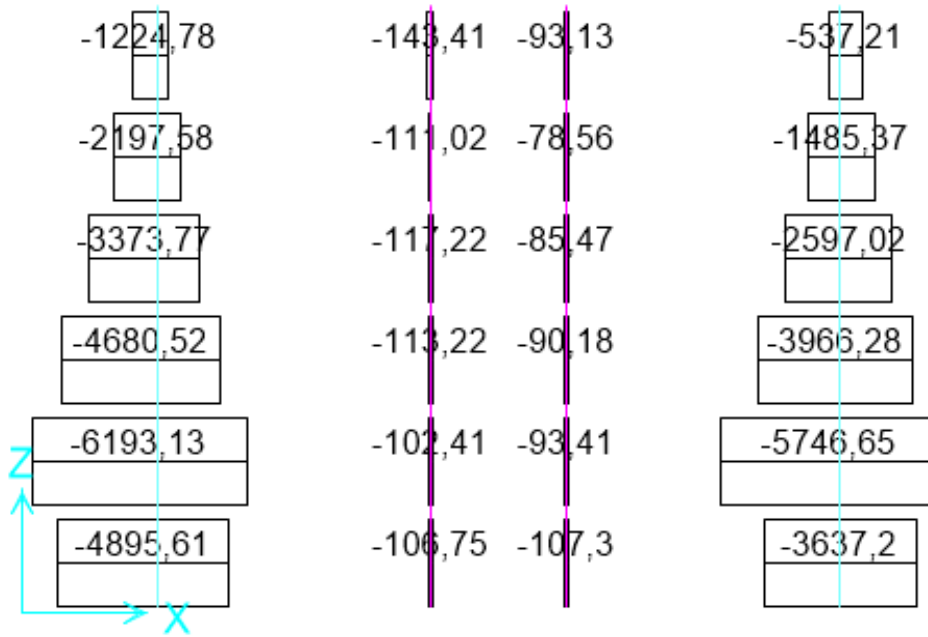
Şekil 5.3. (6KMSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları V2-kesme kuvveti (kN) diyagramı



Şekil 5.4. (6KMSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=28m kesiti perdeli-kolon V2-kesme kuvveti (KN) Diyagramı



Şekil 5.5. (6KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları V2-kesme kuvveti (kN) diyagramı

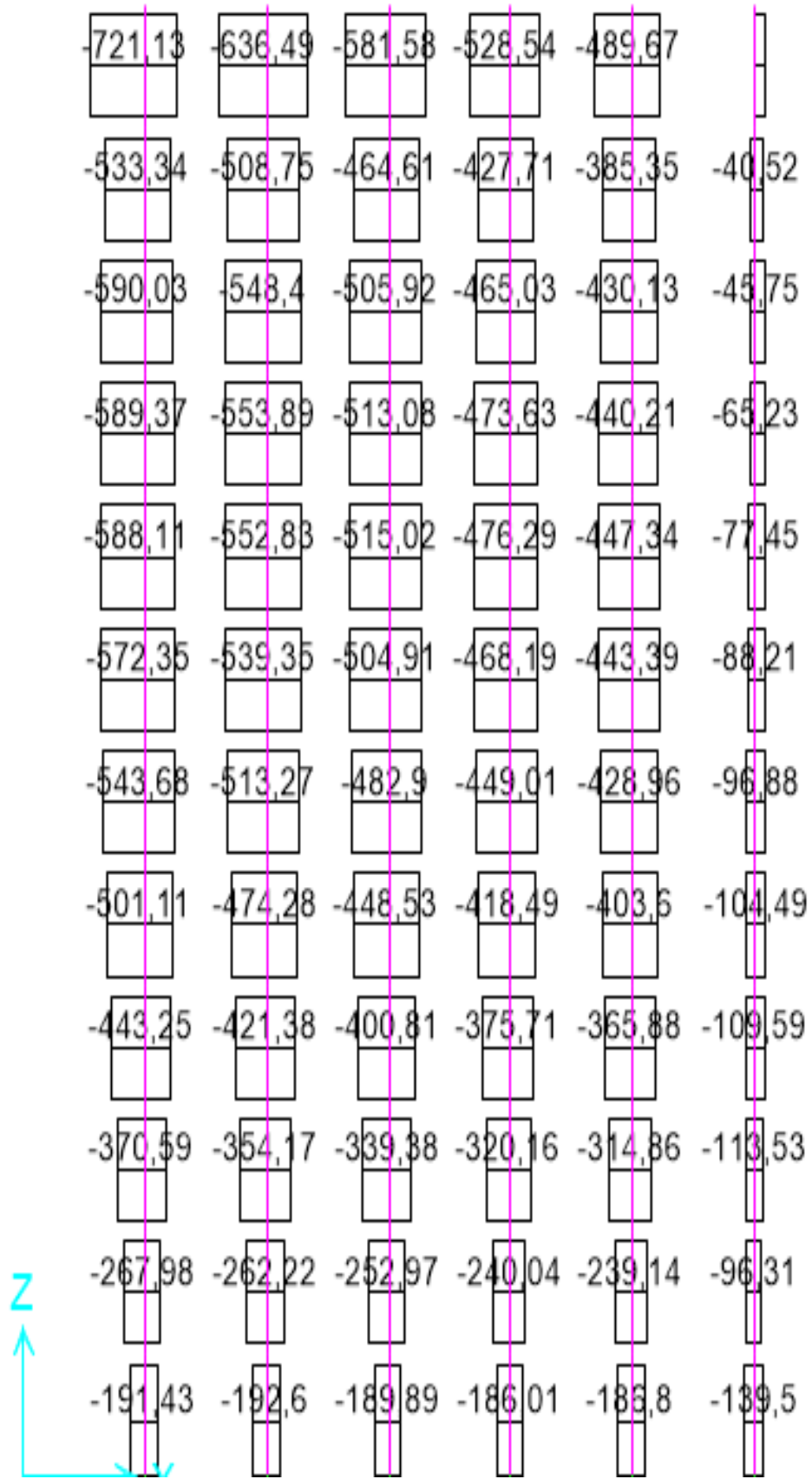


Şekil 5.6. (6KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=28m kesiti perdeli-kolon V2-kesme kuvveti (kN) diyagramı

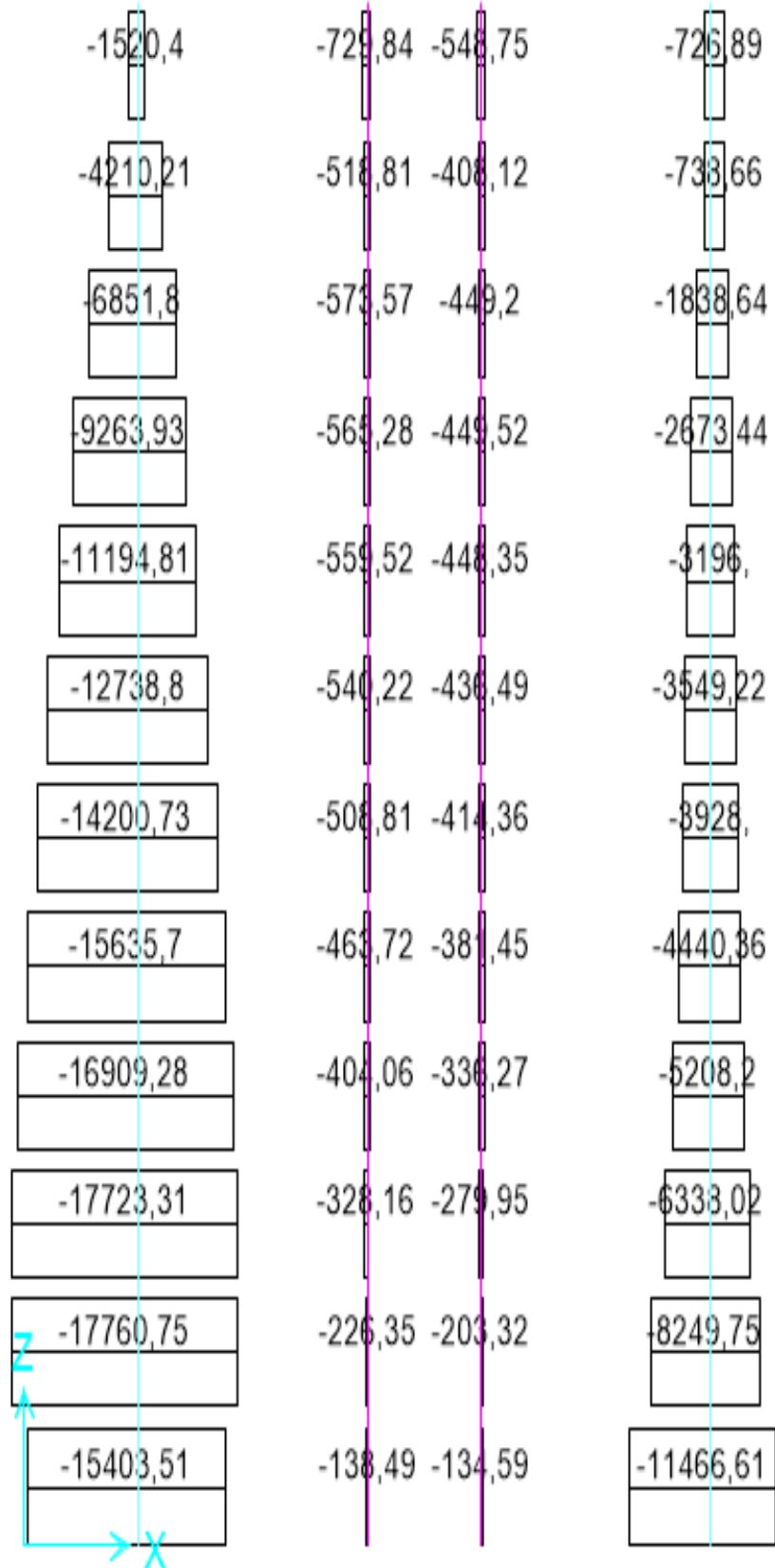
12-katlı yapının sadece kolonlardan oluşan y=8m kesiti için maksimum kesme kuvvetlerinin gösterildiği Şekil 5.7, Şekil 5.9 ve Şekil 5.11 incelendiğinde, sürtülmeli sarkaç izolatör mesnetli yapıda meydana gelen kesme kuvvetlerinin üst katlara doğru azaldığı, ankastre mesnetli mesnetli ve kurşun çekirdekli kauçuk izolatör mesnetli yapıda ise kesme kuvvetlerinin üst katlara doğru arttığı görülmektedir.

12-katlı yapının perde ve kolonlardan oluşan y=28m kesiti için kesme kuvvetlerinin gösterildiği Şekil 5.8, Şekil 5.10 ve Şekil 5.12 incelendiğinde, iki farklı izolatör mesnetli yapı ile ankastre mesnetli yapının perdelerinde meydana gelen kesme kuvvetlerinin üst katlara doğru gidildikçe azaldığı görülmektedir.

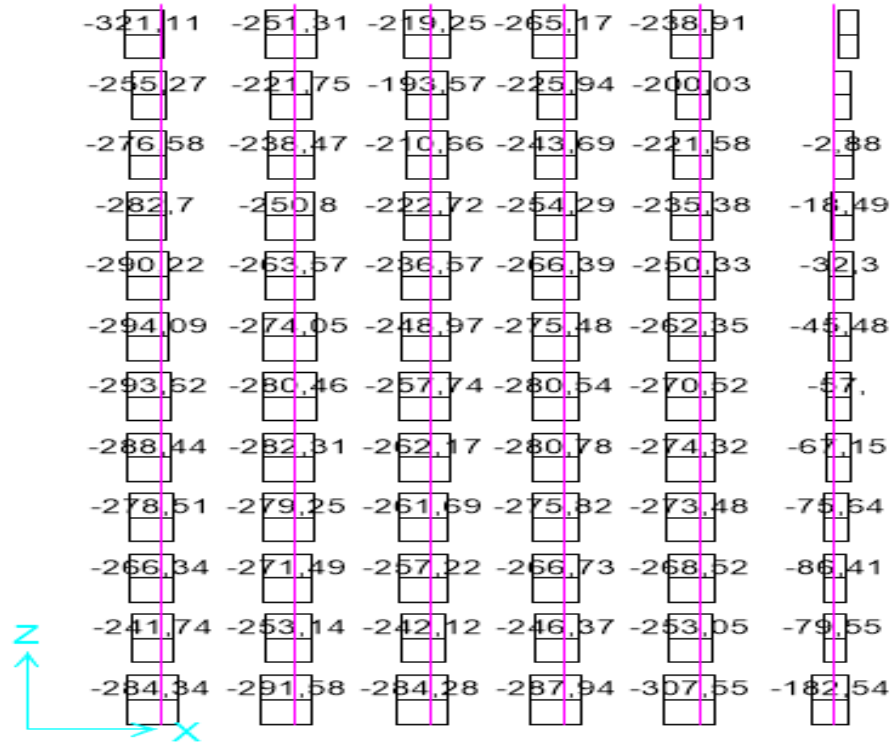
Üst katlardaki perde ve kolonlara bakıldığında izolatörlü yapılarda ankastreli yapıya göre kolonlarda %10-%70 perdelerde %10-%80 değişen oranda daha az kesme kuvvetlerinin oluştuğu belirlenmiştir. İzolatörlü yapılar kendi aralarında karşılaştırıldığında ise, kurşun çekirdekli kauçuk izolatör mesnetli yapının sürtülmeli sarkaç izolatörlü yapıya göre kolonlarında ve perdelerinde daha az kesme kuvveti oluştuğu görülmektedir.



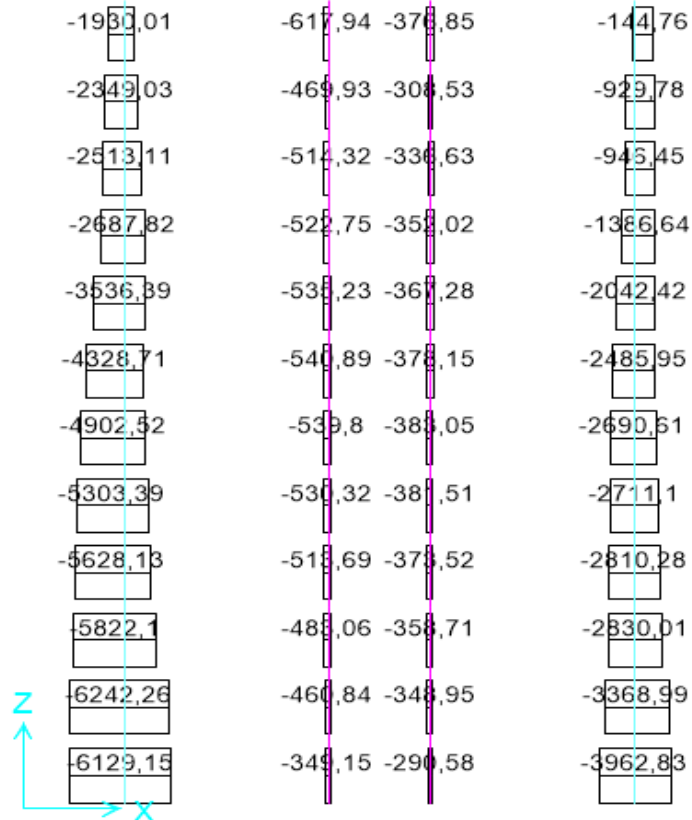
Şekil 5.7. (12KMHAN) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları V2-kesme kuvveti(kN) diyagramı



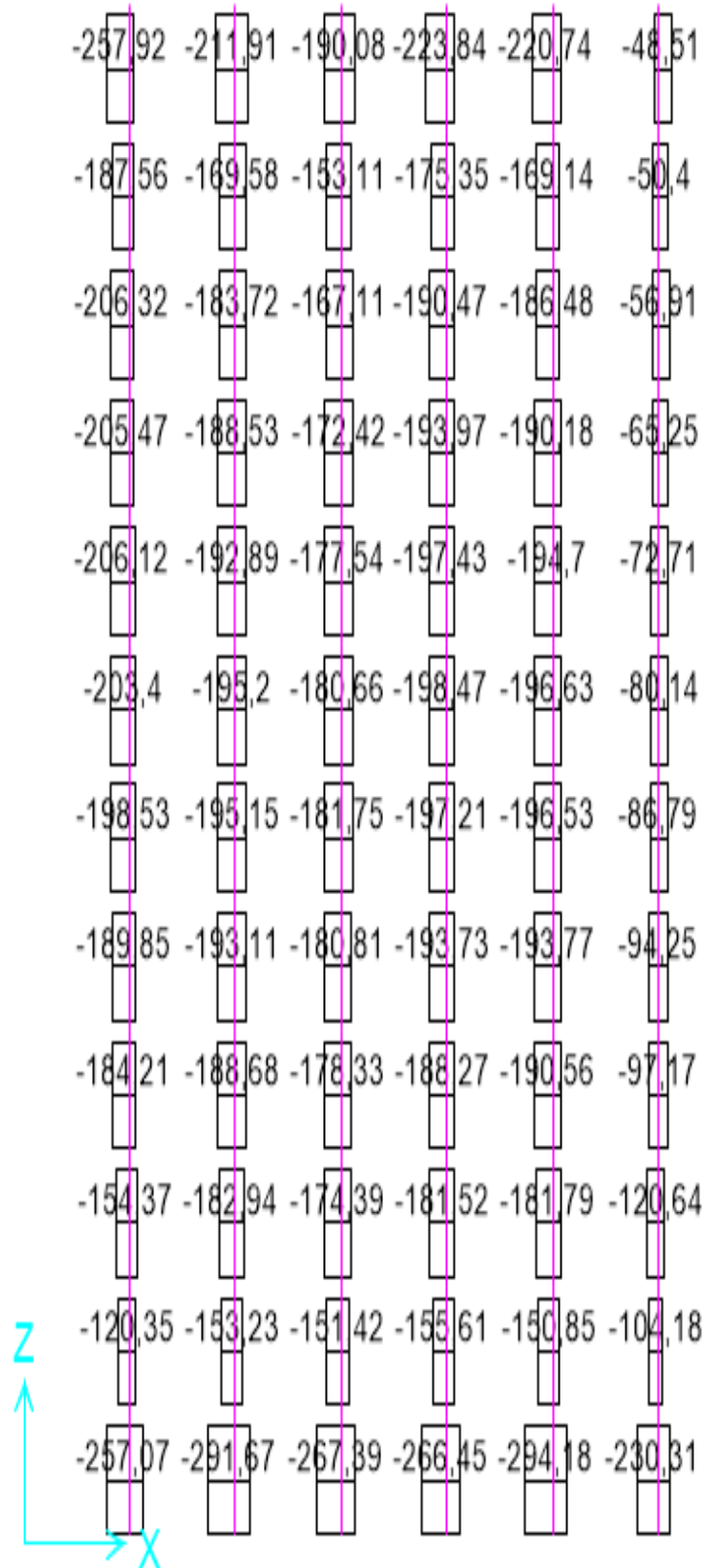
Şekil 5.8. (12KMAN) yapı modeli X-Z düzlemi y=28m kesiti perdeli- kolon V2-kesme kuvveti (kN) diyagramı



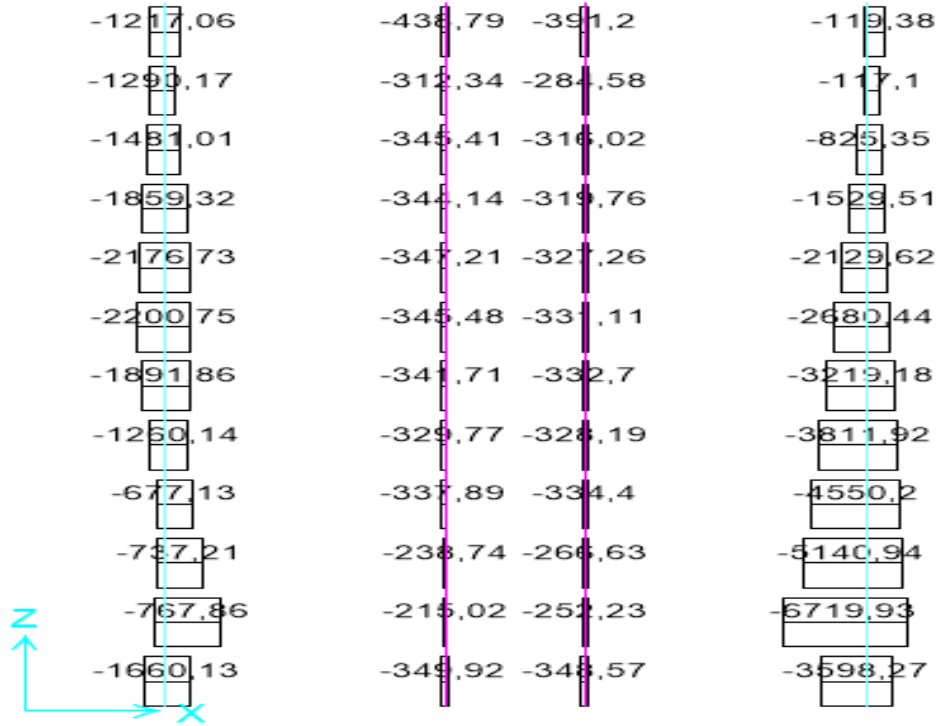
Şekil 5.9. (12KMSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları V2-kesme kuvveti (kN) diyagramı



Şekil 5.10. (12KMSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=28m kesiti perdeli-kolon V2-kesme kuvveti(kN) diyagramı



Şekil 5.11.. (12KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları V2-kesme kuvveti(kN) diyagramı

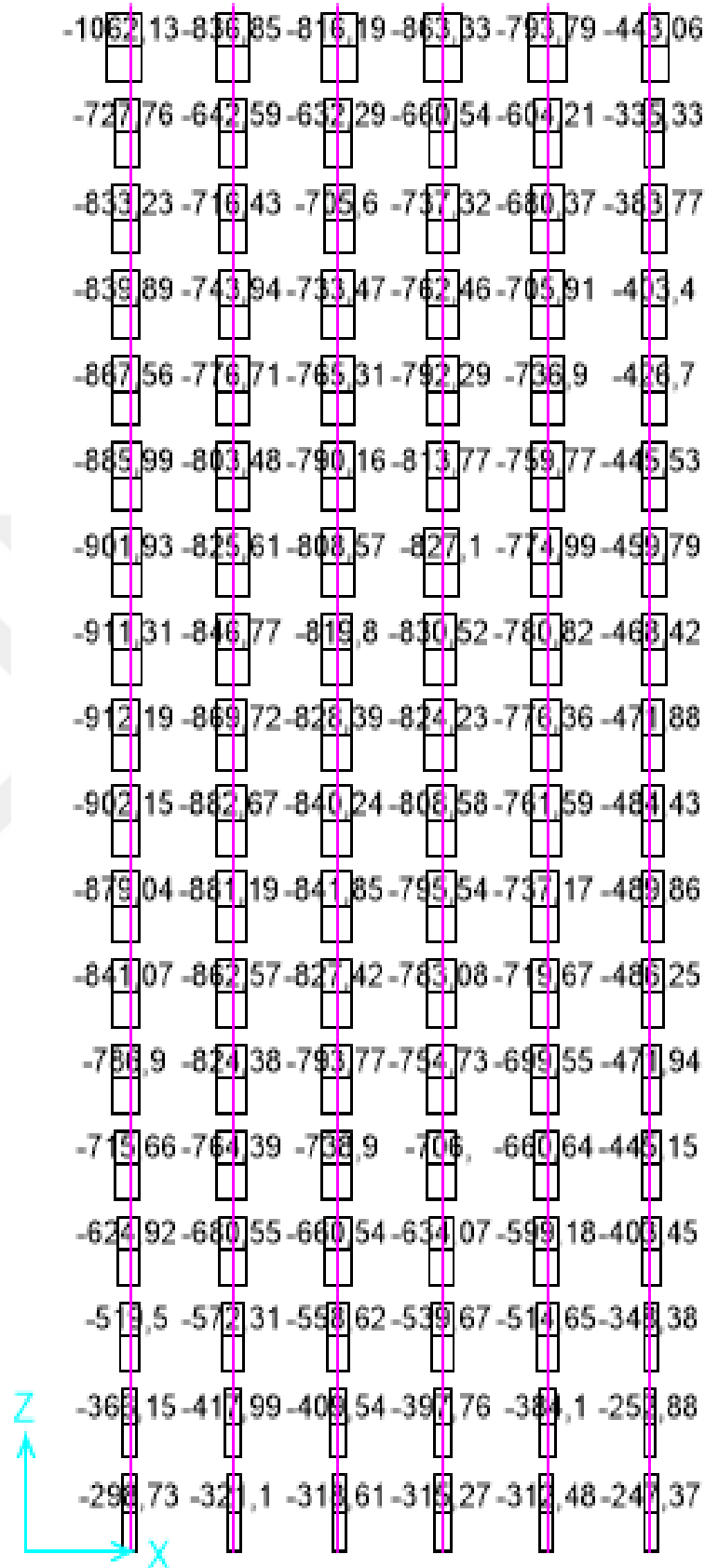


Şekil 5.12. (12KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi Y=28m kesiti perdeli-kolon V2-kesme kuvveti (kN) Diyagramı

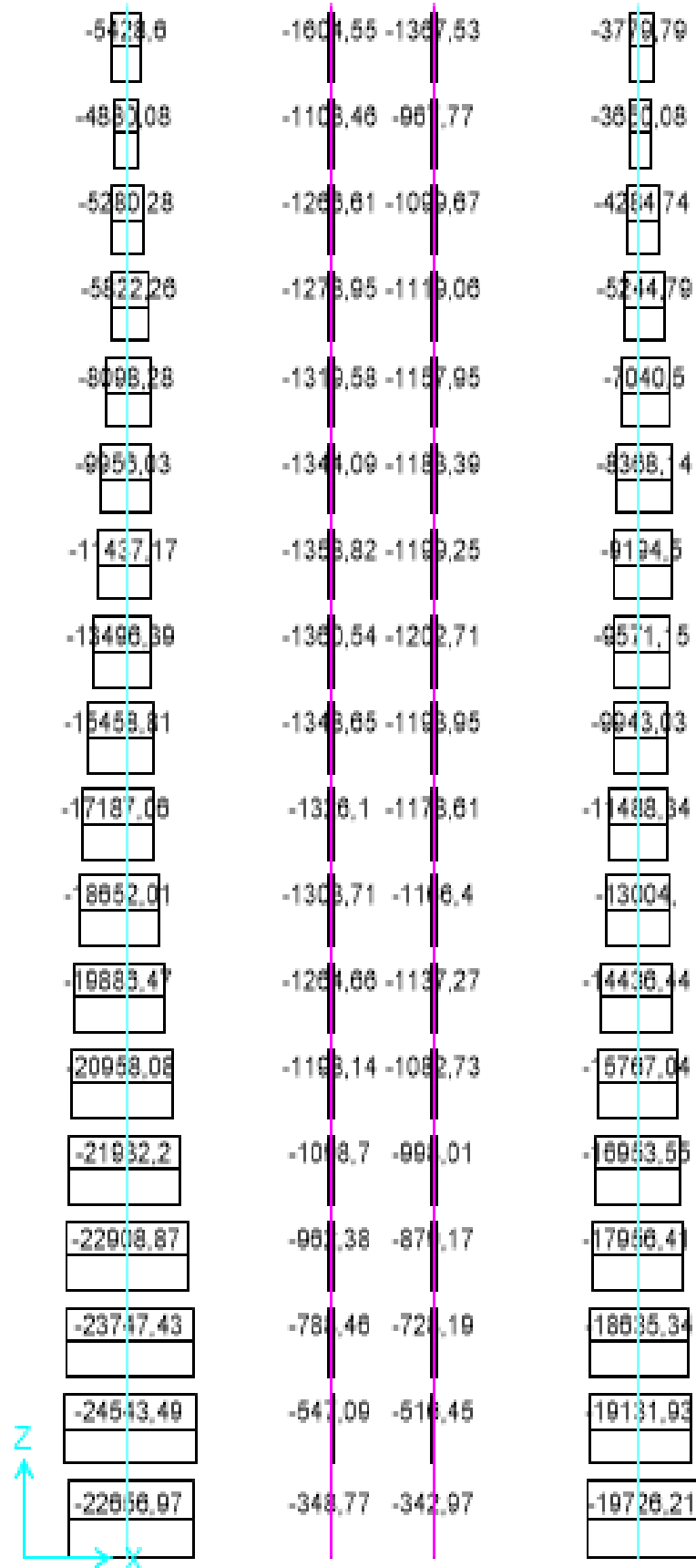
18-katlı yapının sadece kolonlardan oluşan $y=8m$ kesiti için maksimum kesme kuvvetlerinin gösterildiği Şekil 5.13, Şekil 5.15 ve Şekil 5.17 incelendiğinde, sürtülmeli sarkaç izolatör mesnetli yapıda meydana gelen kesme kuvvetlerinin üst katlara doğru azaldığı, ankastre mesnetli mesnetli ve kurşun çekirdekli kauçuk izolatör mesnetli yapıda ise kesme kuvvetlerinin üst katlara doğru arttığı görülmektedir.

18-katlı yapının perde ve kolonlardan oluşan $y=28m$ kesiti için kesme kuvvetlerinin gösterildiği Şekil 5.8, Şekil 5.10 ve Şekil 5.12 incelendiğinde, iki farklı izolatör mesnetli yapı ile ankastre mesnetli yapının perdelerinde meydana gelen kesme kuvvetlerinin üst katlara doğru gidildikçe azaldığı görülmektedir.

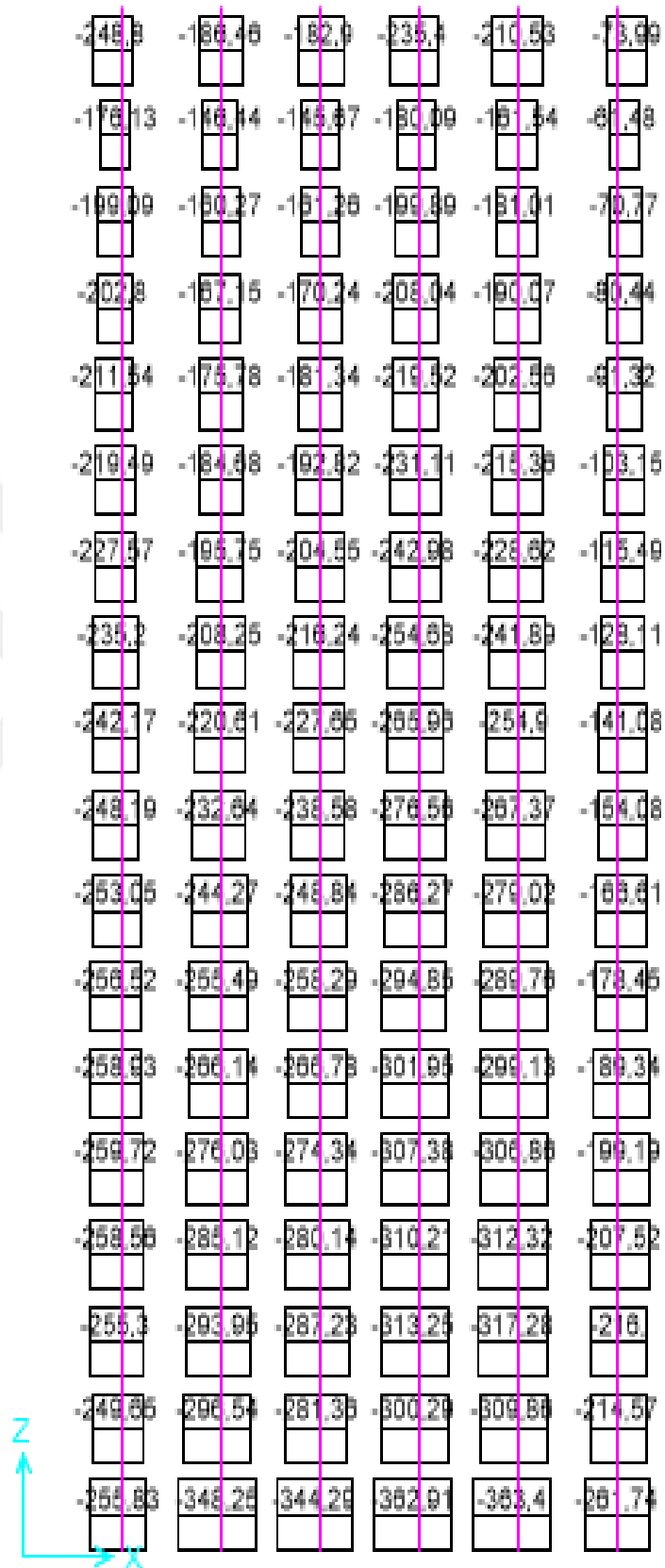
Üst katlardaki perde ve kolonlara bakıldığında izolatörlü yapılarda ankastreli yapıya göre kolonlarda %10-%70 perdelerde %10-%80 değişen oranda daha az kesme kuvvetlerinin oluştuğu belirlenmiştir. İzolatörlü yapılar kendi aralarında karşılaştırıldığında ise, kurşun çekirdekli kauçuk izolatör mesnetli yapının sürtülmeli sarkaç izolatörlü yapıya göre kolonlarında daha az perdelerinde daha fazla kesme kuvveti oluştuğu görülmektedir.



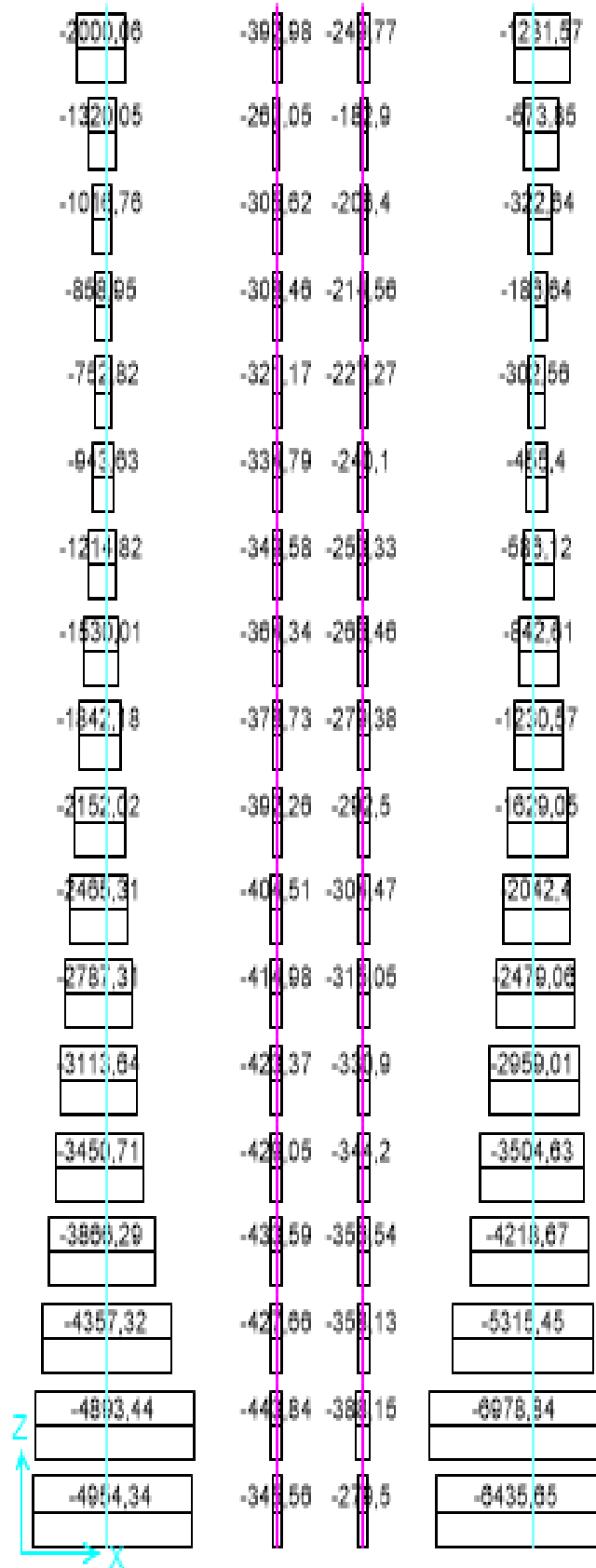
Şekil 5.13. (18KMAN) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları V2-kesme kuvveti(kN) diyagramı



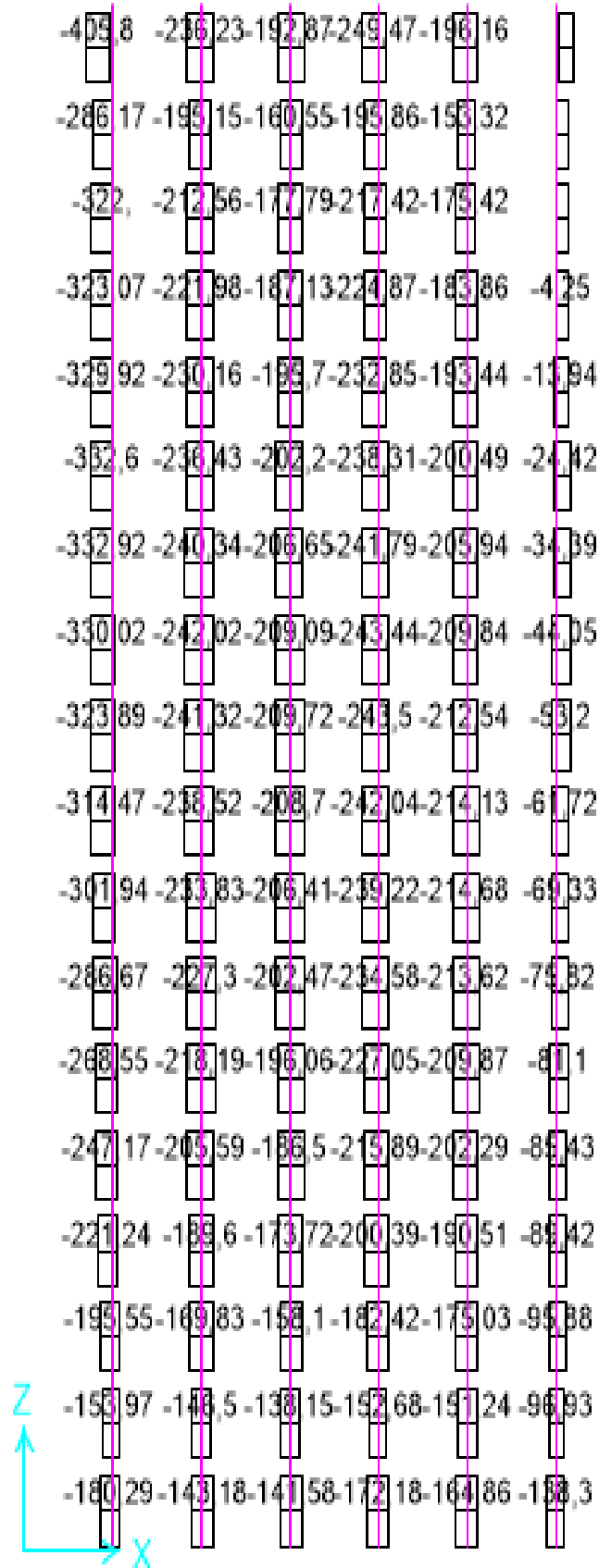
Şekil 5.14. (18KMAN) yapı modeli X-Z düzlemi y=28m kesitinde perdeli-kolon V2-kesme kuvveti(kN) diyagramı



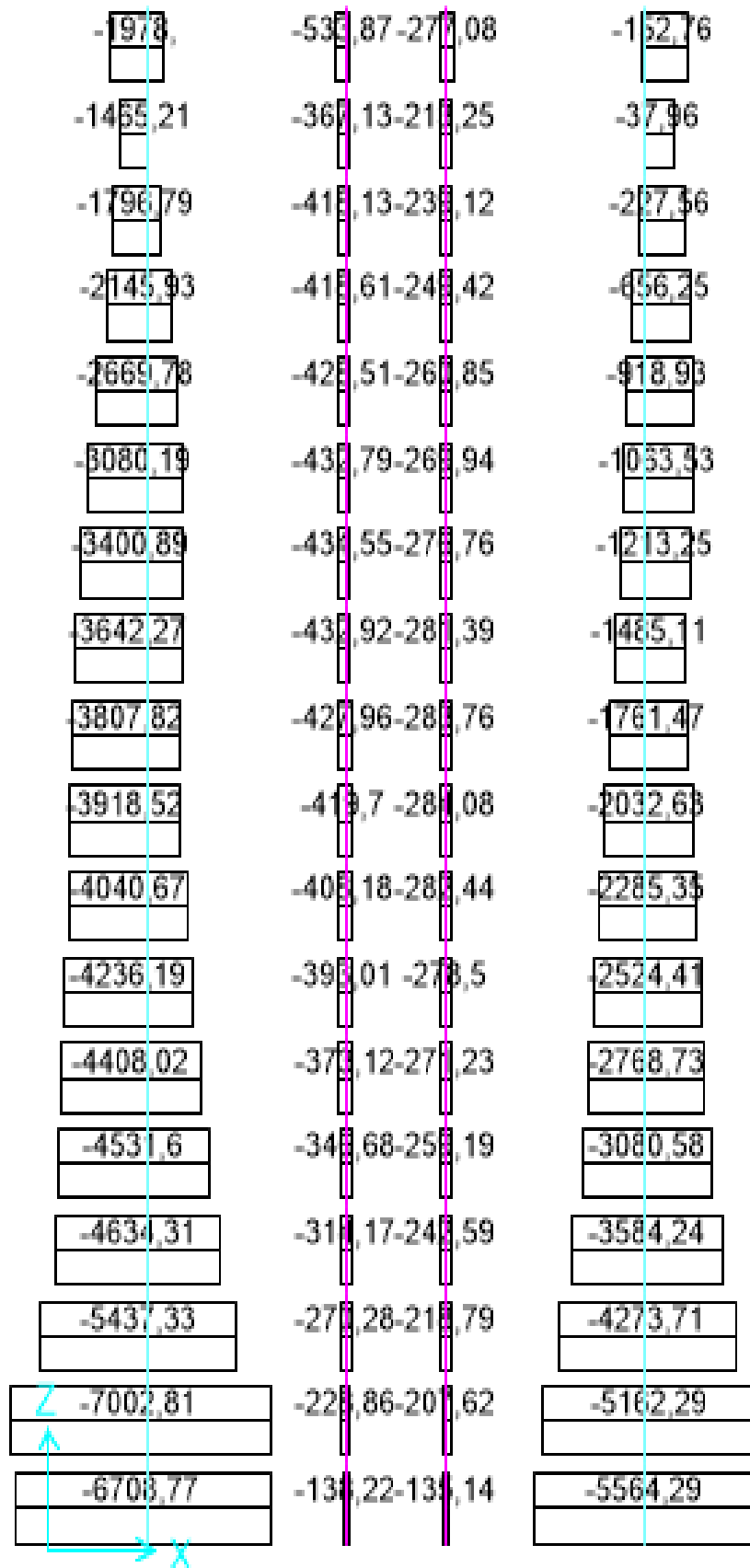
Şekil 5.15. (18KMSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları V2-kesme kuvveti(kN) diyagramı



Şekil 5.16. (18KMSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=28m kesitinde perdeli-kolon V2-kesme kuvveti(kN) diyagramı



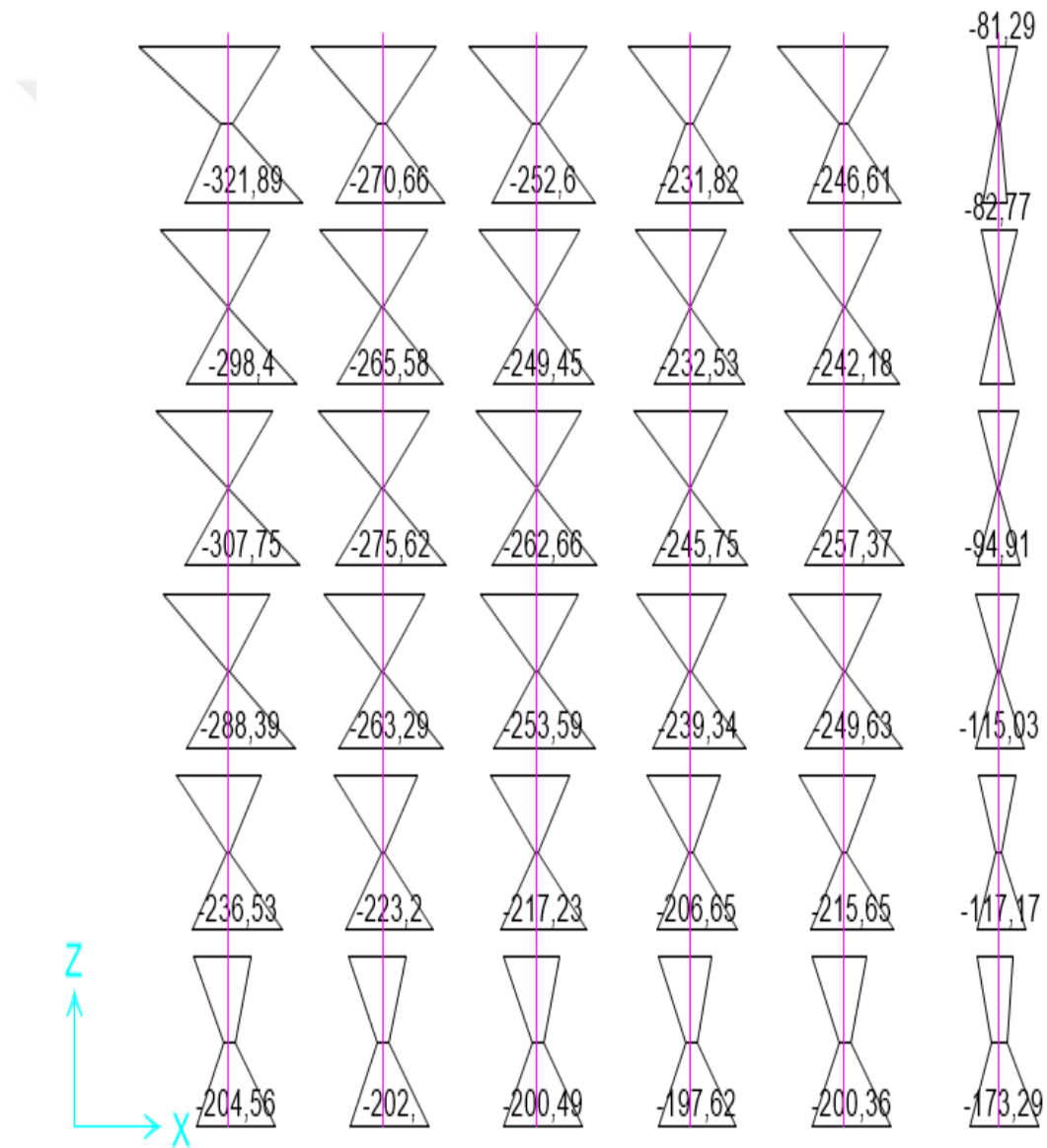
Şekil 5.17. (18KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları V2-kesme kuvveti(kN) diyagramı



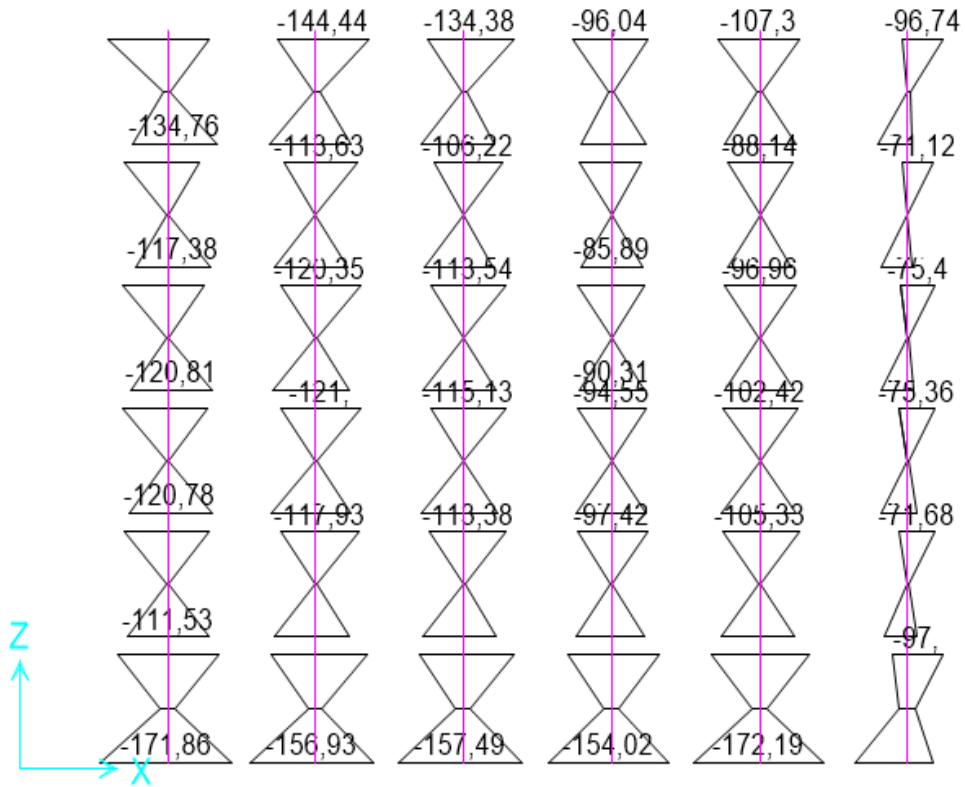
Şekil 5.18. (18KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=28m kesitinde perdeli-kolon V2-kesme kuvveti(kN) diyagramı

5.2.2. Maksimum Moment Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

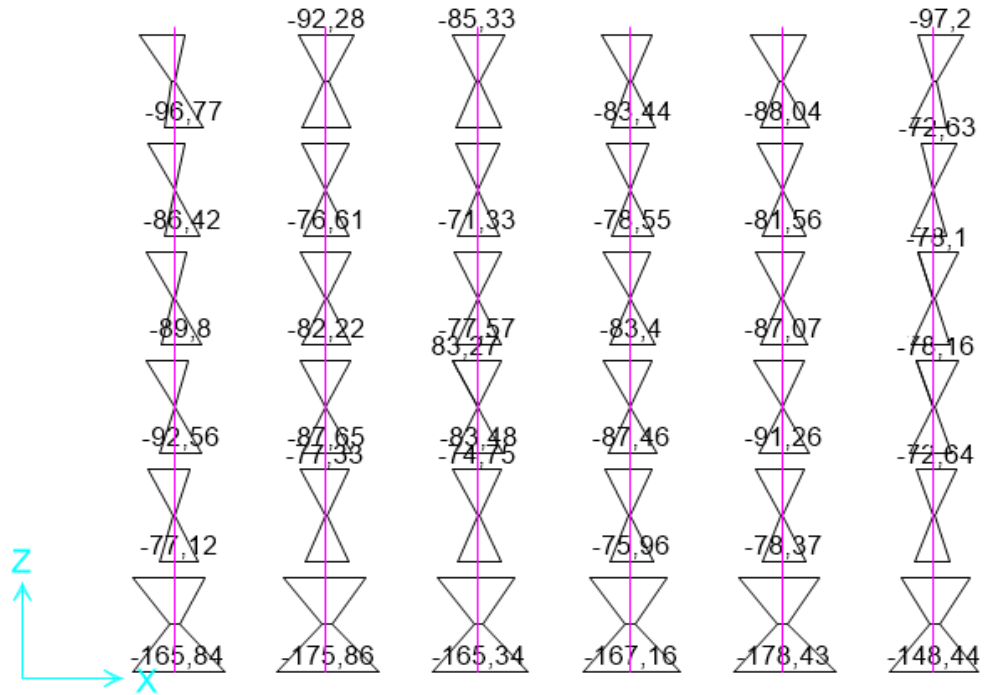
6 katlı yapının sadece kolonlardan oluşan $y=8\text{m}$ kesiti için maksimum moment kuvvetlerinin gösterildiği Şekil 5.19, Şekil 5.20 ve Şekil 5.21 incelendiğinde, iki farklı izolator mesnetli yapıda, ankastre mesnetli yapıya göre %10-%60 değişen oranlarda daha az moment kuvvetleri oluştuğu görülmüştür. İzolatörlü yapılardan kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapının sürtümlü sarkaç izolatörlü yapıya göre daha az moment kuvveti değerine sahip olduğu görülmüştür



Şekil 5.19. (6KMAN) yapı modeli X-Z düzlemi $y=8\text{m}$ kesiti kolonları M3-moment kuvvet(kN) diyagramı

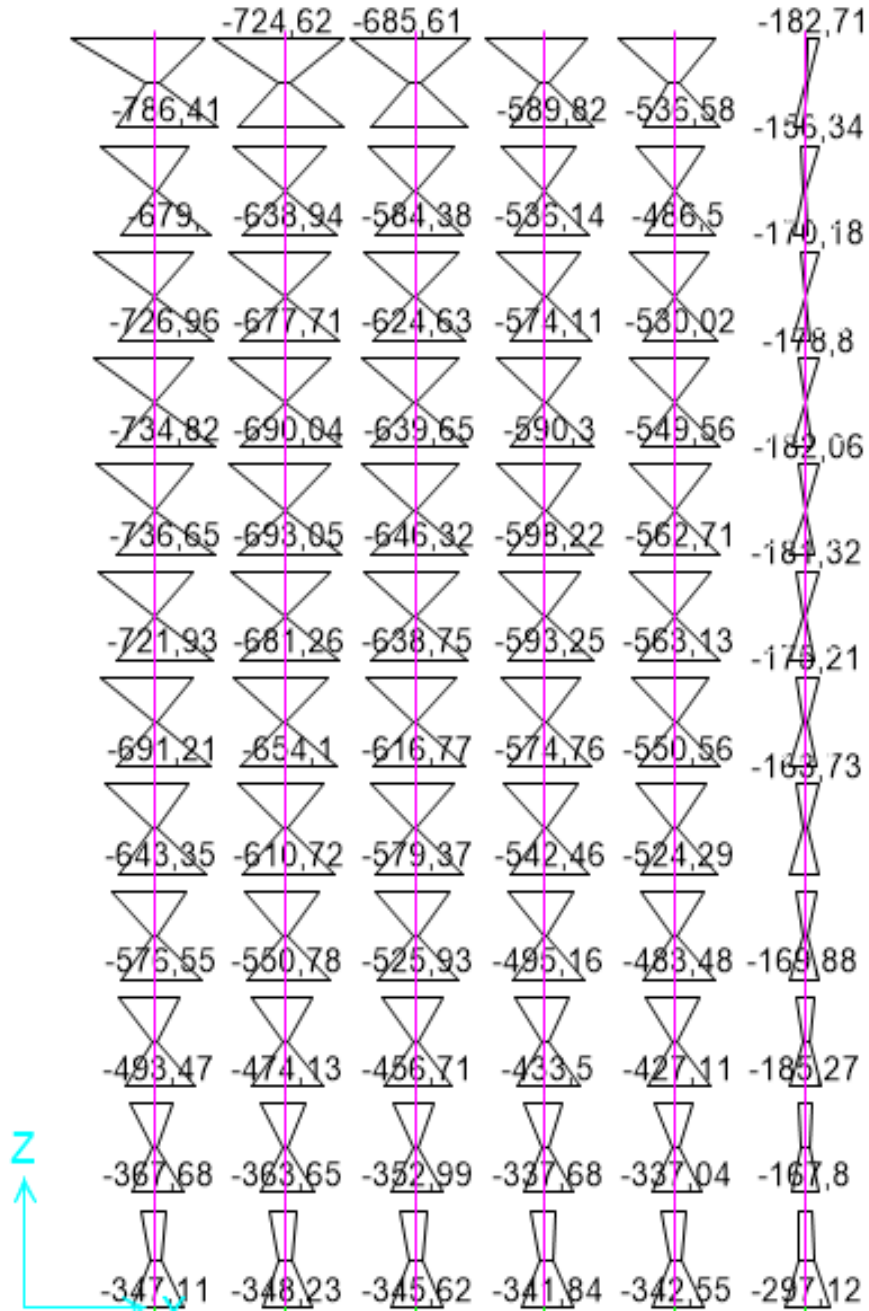


Şekil 5.20. (6KMHSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları M3-moment kuvveti (kN) diyagramı

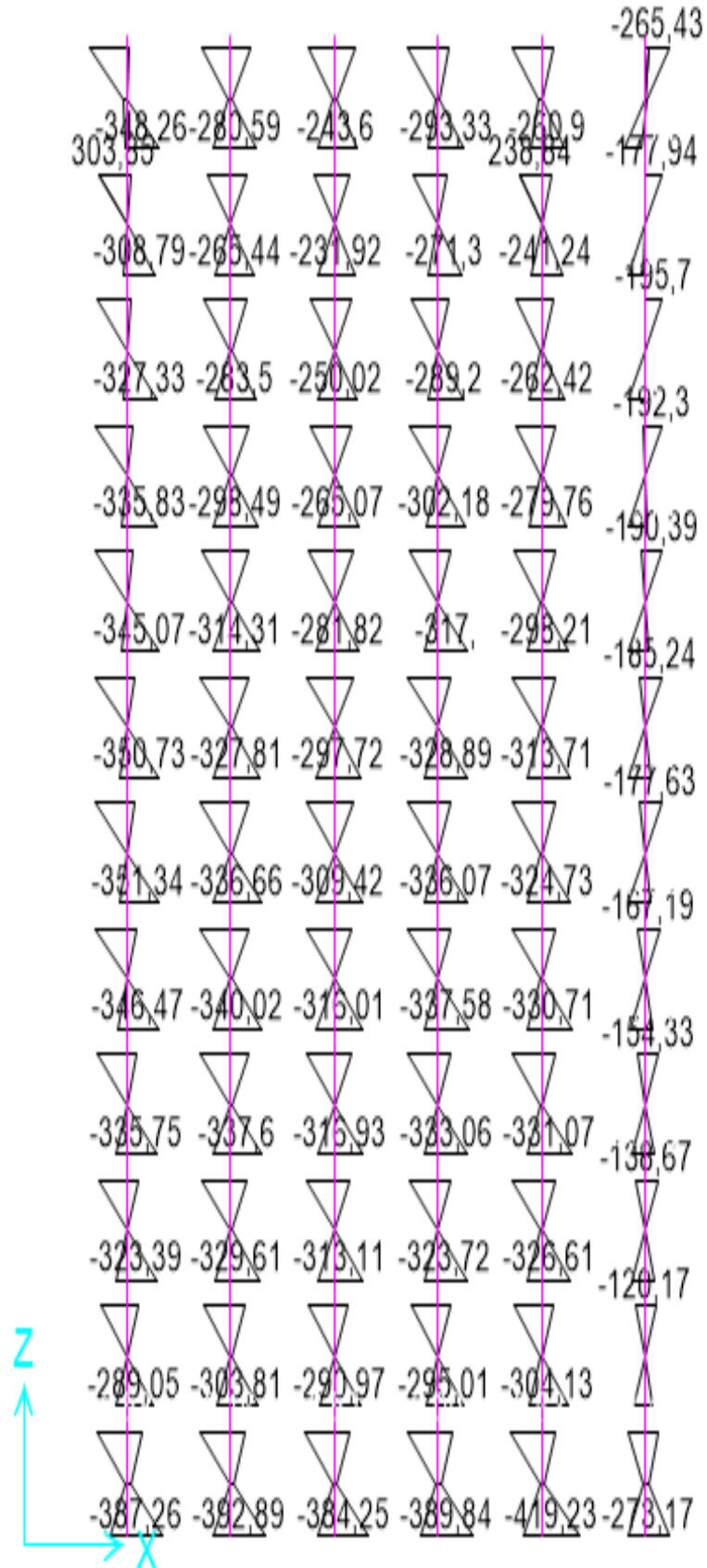


Şekil 5.21. (6KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları M3-moment kuvveti (kN) diyagramı

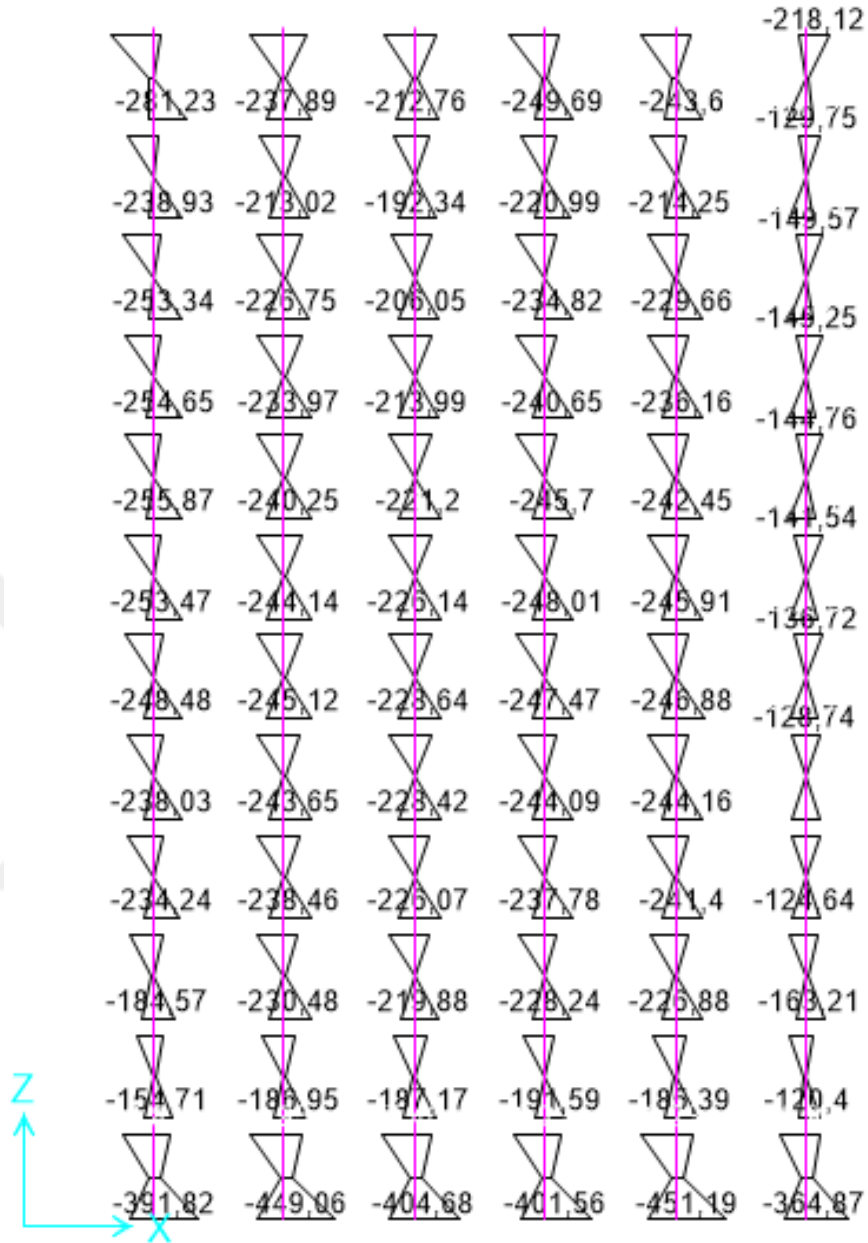
12 katlı yapının sadece kolonlardan oluşan $y=8\text{m}$ kesiti için maksimum moment kuvvetlerinin gösterildiği Şekil 5.22, Şekil 5.23 ve Şekil 5.24 incelendiğinde, iki farklı izolator mesnetli yapıda, ankastre mesnetli yapıya göre %10-%70 değişen oranlarda daha az moment kuvvetleri oluştuğu görülmüştür. İzolatörlü yapılardan kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapının sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapıya göre daha az moment kuvveti değerine sahip olduğu görülmüştür



Şekil 5.22. (12KMAN) yapı modeli X-Z düzlemi $y=8\text{m}$ kesiti kolonları M3-moment kuvveti (kN) diyagramı

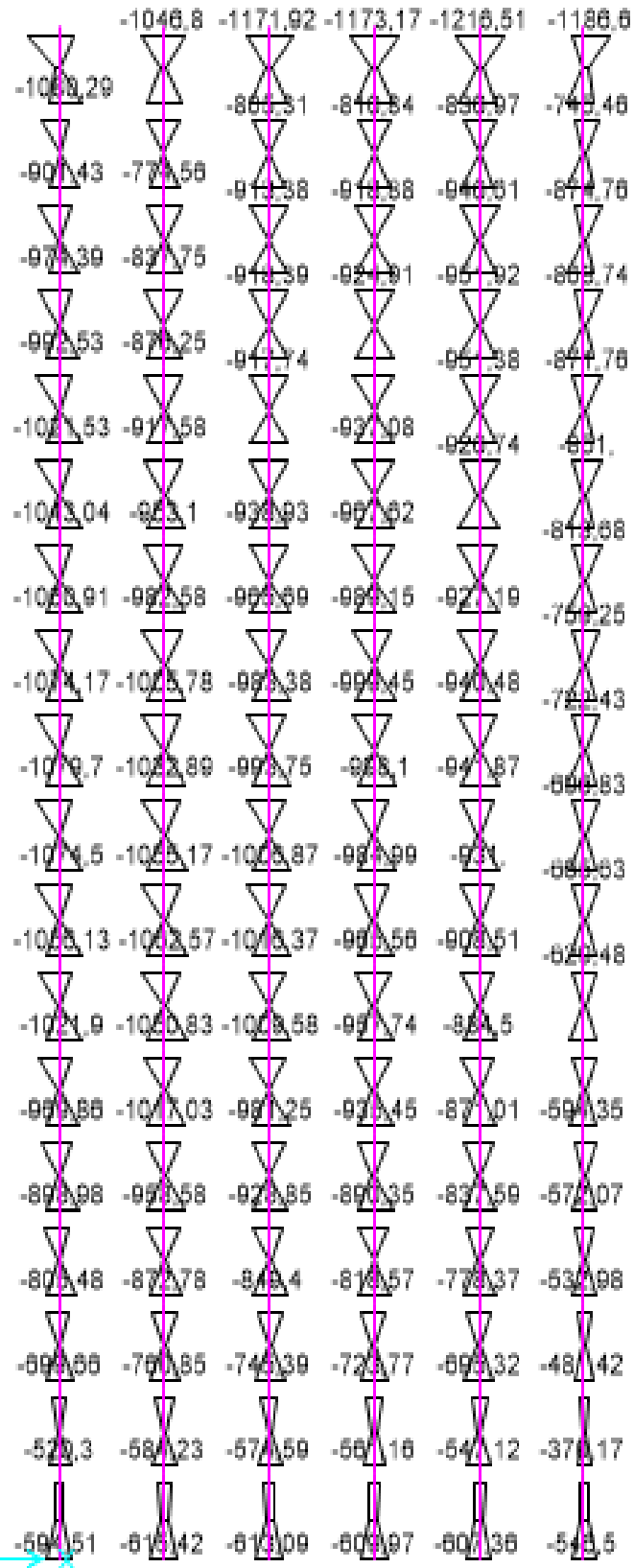


Şekil 5.23. (12KMSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları M3-moment kuvveti (kN) diyagramı

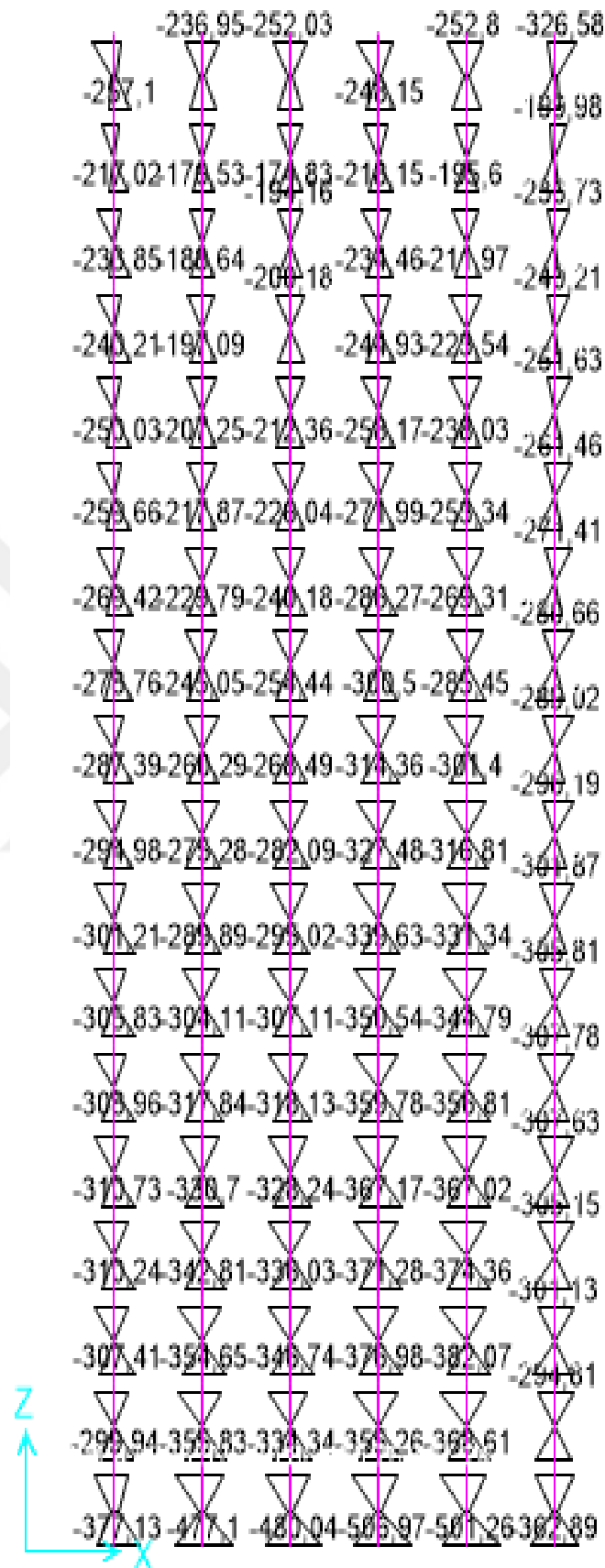


Şekil 5.24. (12KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi $y=8\text{m}$ kesiti kolonları M3-moment kuvveti (kN) diyagramı

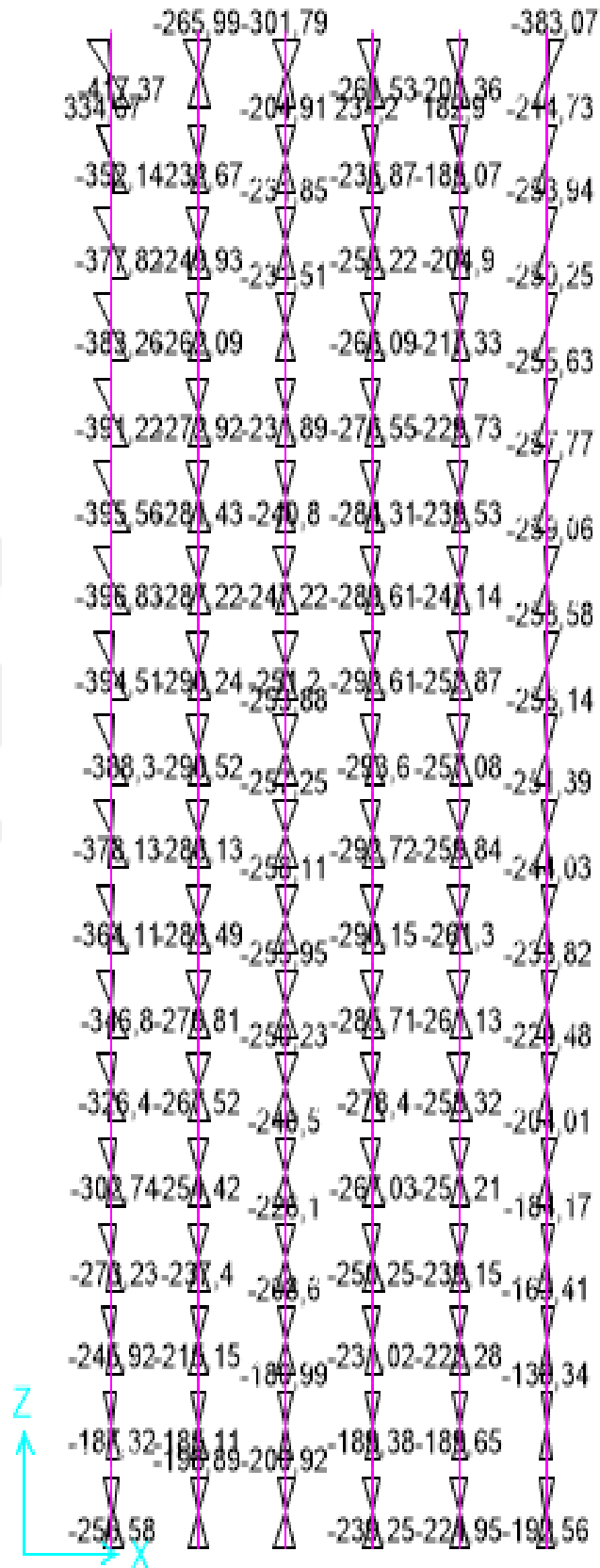
18 katlı yapının sadece kolonlardan oluşan $y=8\text{m}$ kesiti için maksimum moment kuvvetlerinin gösterildiği Şekil 5.25, Şekil 5.26 ve Şekil 5.27 incelendiğinde, iki farklı izolatör mesnetli yapıda, ankastre mesnetli yapıya göre %10-%80 değişen oranlarda daha az moment kuvvetleri oluştuğu görülmüştür. İzolatörlü yapılardan kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapının sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapıya göre daha az moment kuvveti değerine sahip olduğu görülmüştür



Şekil 5.25. (18KMAN) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları M3-moment kuvveti (kN) diyagramı



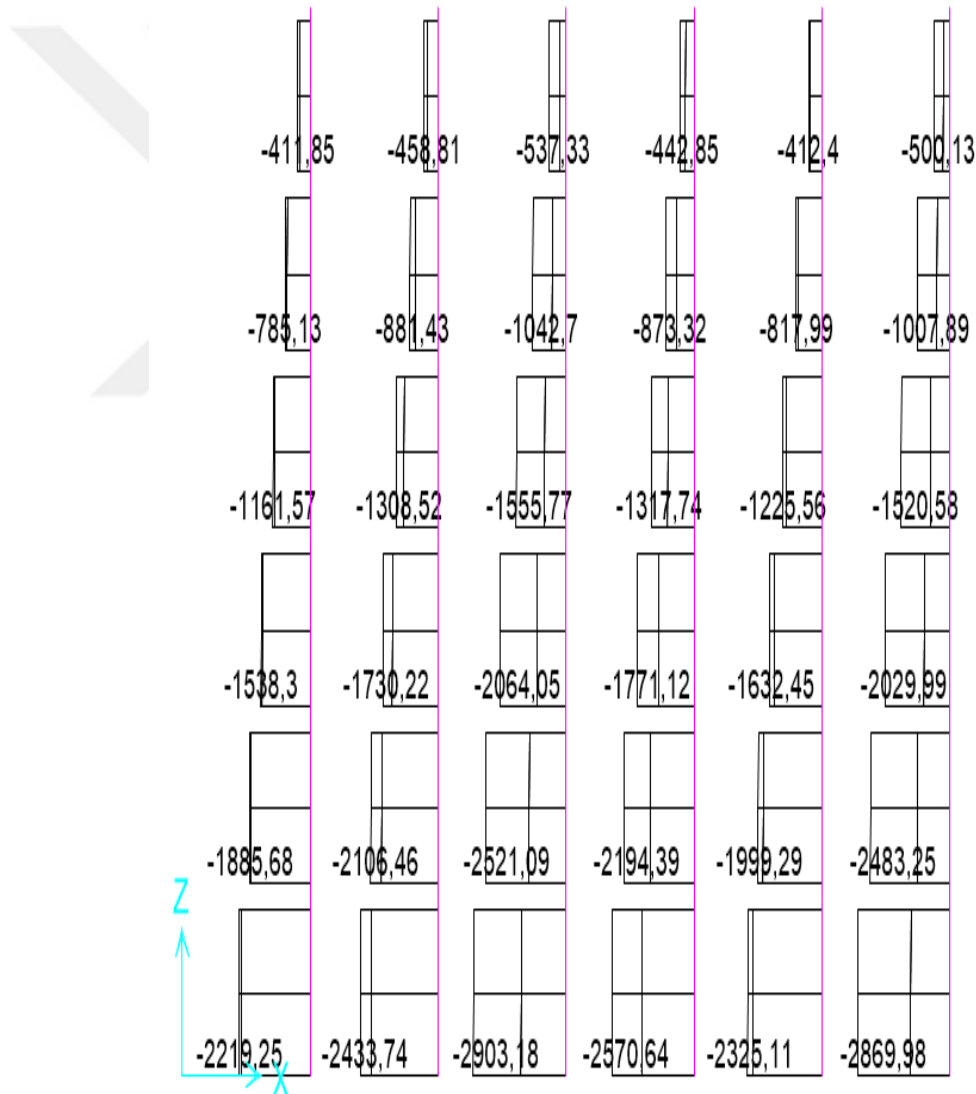
Şekil 5.26. (18KMSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları M3-moment kuvveti(kN) diyagramı



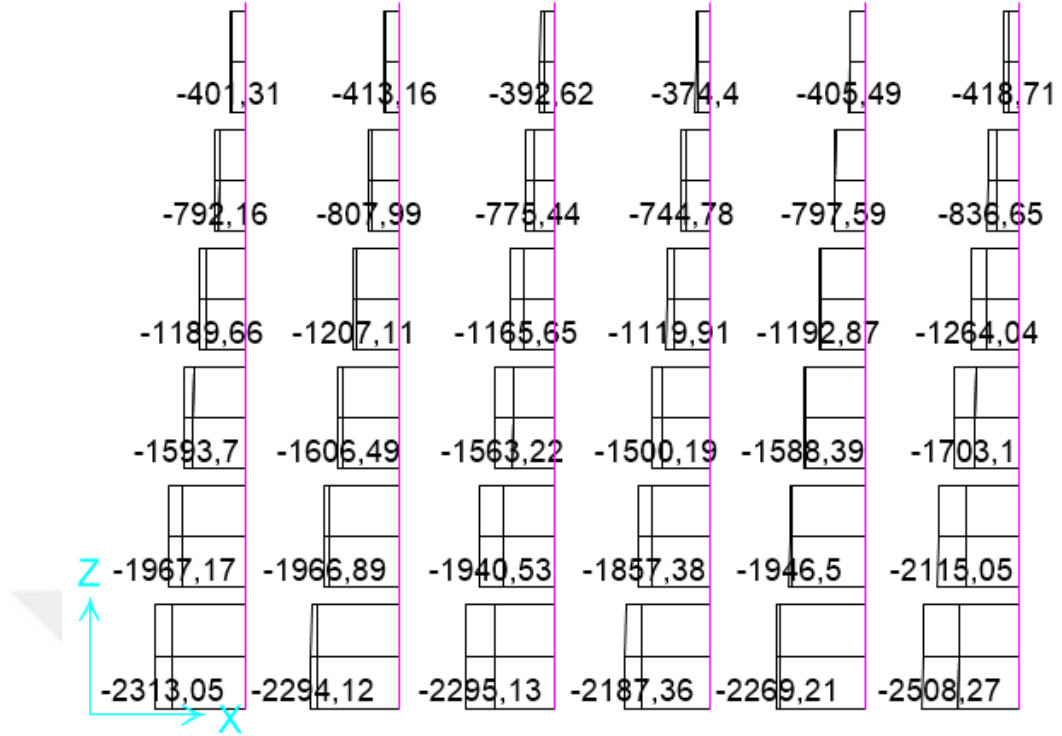
Şekil 5.27. (18KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları M3-moment kuvveti (kN) diyagramı

5.2.3. Maksimum Eksenel Kuvvet Karşılaştırılması

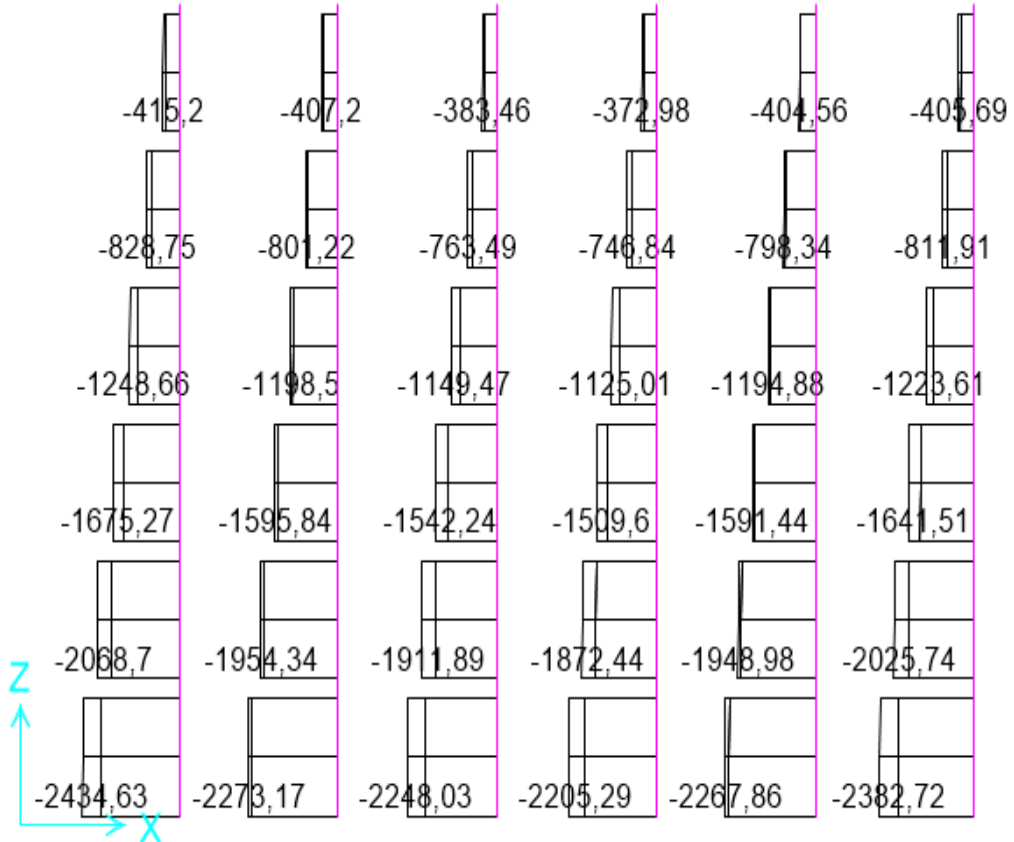
6 katlı yapının sadece kolonlardan oluşan $y=8\text{m}$ kesiti için maksimum eksenel kuvvetlerinin gösterildiği (Şekil 5.28), (Şekil 5.29) ve (Şekil 5.30) incelendiğinde, izolotörlü yapılarda ankastrel yapıya göre %5-%10 değişen oranlarda daha az eksenel kuvvetleri oluştuğu görülmüştür. İzolatörlü yapılardan, kurşun çekirdekli kauçuk izolotörlü yapının sürtünmeli sarkaç izolotörlü yapıya göre daha fazla eksenel kuvvet değerine sahip olduğu görülmüştür



Şekil 5.28. (6KMHAN) yapı modeli X-Z düzlemi $y=8$ kesiti kolonları P-Eksenel kuvveti (kN) diyagramı

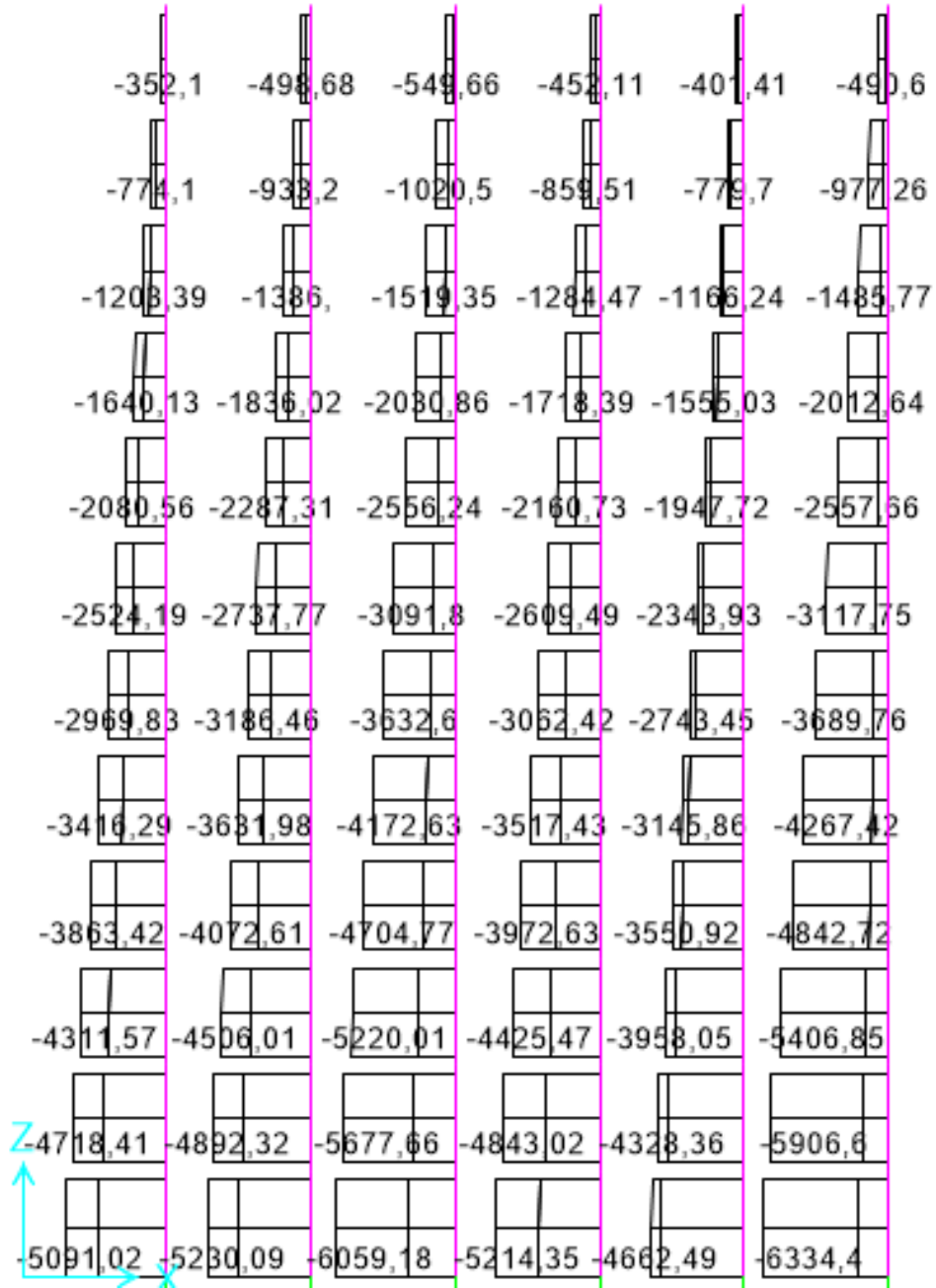


Şekil 5.29. (6KMSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi Y=8 kesiti kolonları P-Eksenel kuvveti (kN) diyagramı

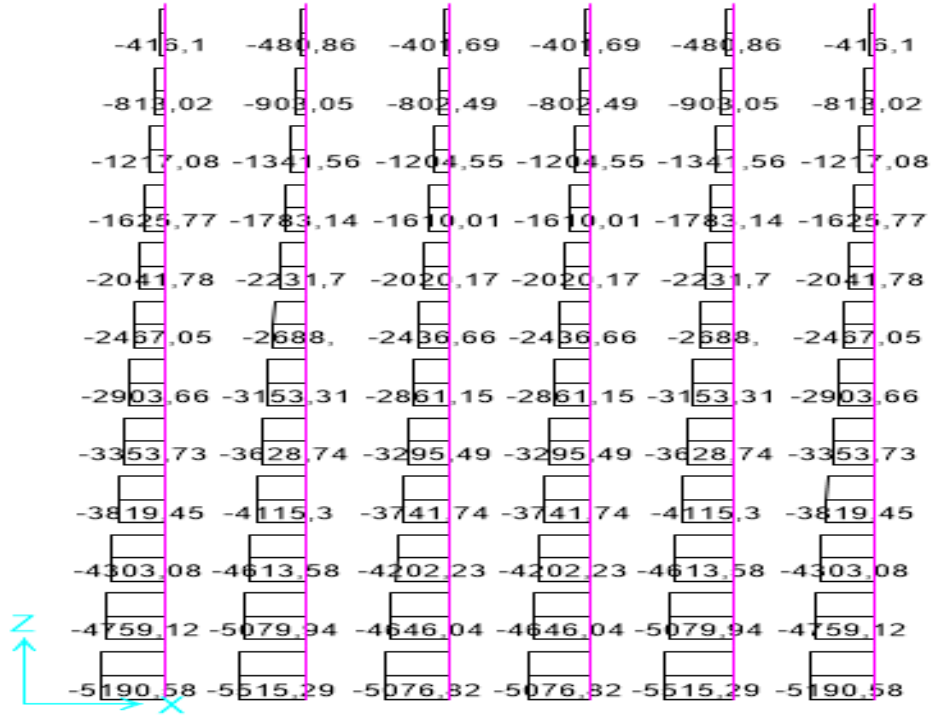


Şekil 5.30. (6KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi y=8m kesiti kolonları P-Eksenel kuvveti (kN) diyagramı

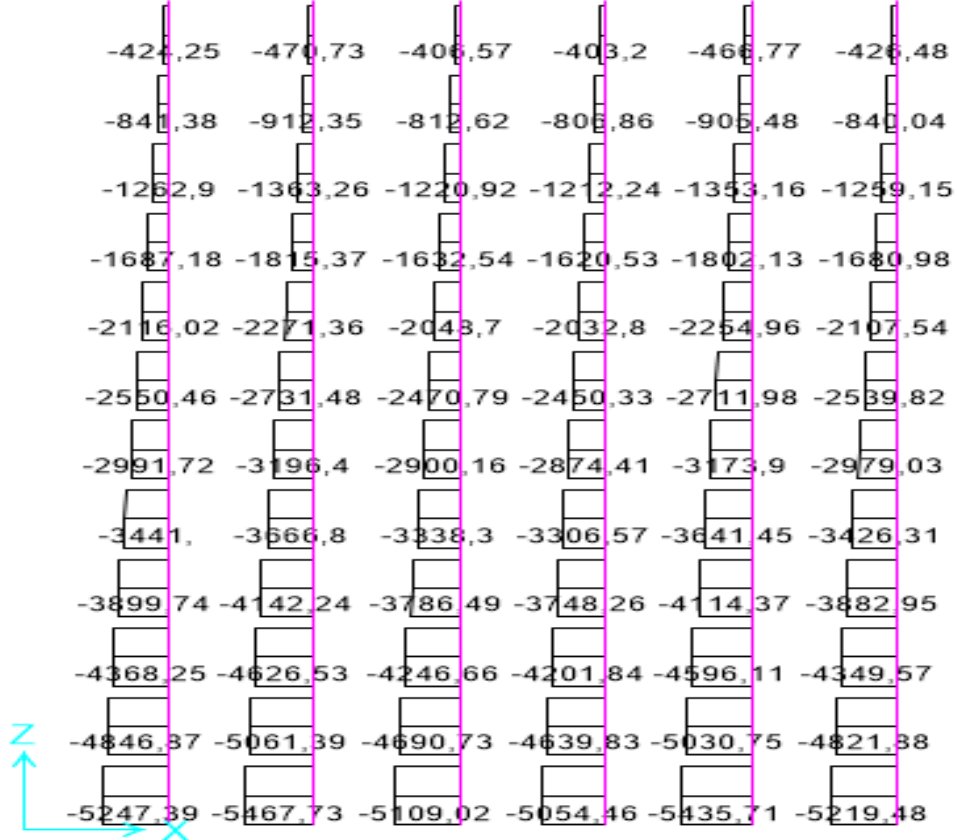
12 katlı yapının sadece kolonlardan oluşan $y=8\text{m}$ kesiti için maksimum aksenal kuvvetlerinin gösterildiği (Şekil 5.31), (Şekil 5.32) ve (Şekil 5.33) incelendiğinde, izolotörlü yapılarda ankastrelî yapıya göre %5-%15 değişen oranlarda daha az aksenal kuvvetleri oluştuğu görülmüştür. İzolatörlü yapılardan, kurşun çekirdekli kauçuk izolotörlü yapının sürtünmeli sarkaç izolotörlü yapıya göre daha fazla aksenal kuvvet değerine sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 5.31. (12KMAN) yapı modeli X-Z düzlemi $y=8\text{m}$ kesiti kolonları P-Eksenel kuvveti (kN) diyagramı

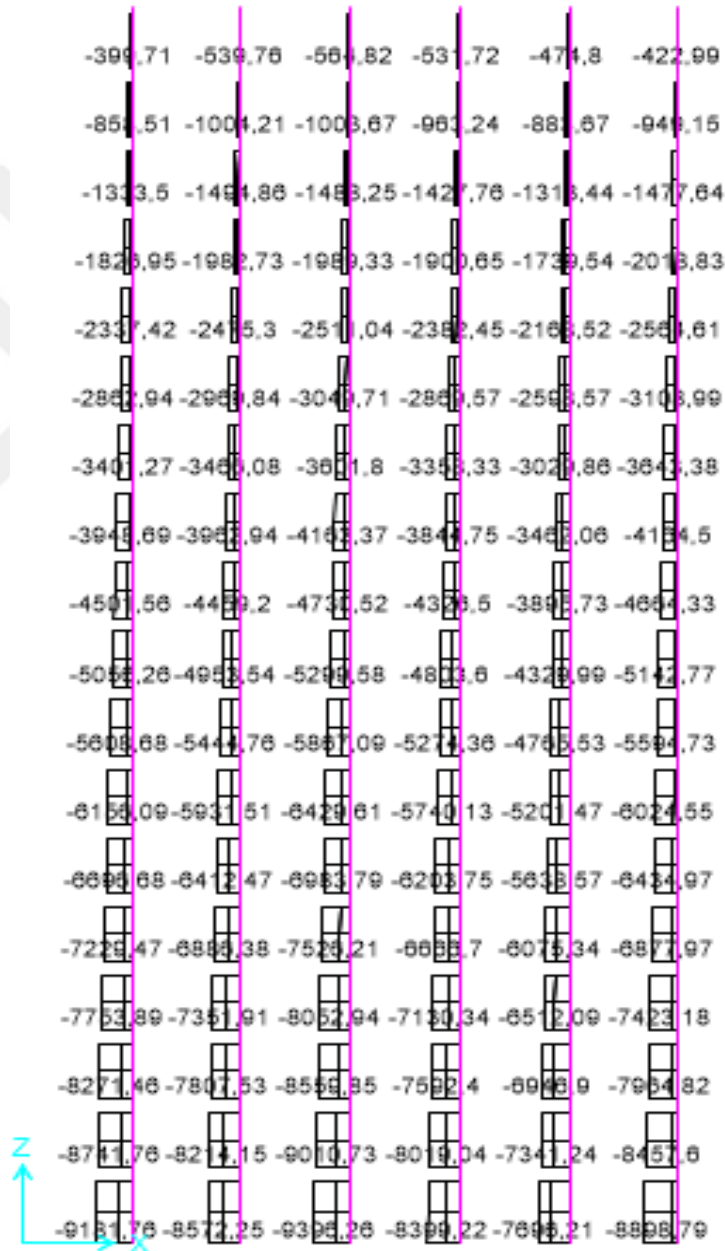


Şekil 5.32. (12KMHSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi Y=8 kesiti kolonları P-Eksenel kuvveti (kN) diyagramı

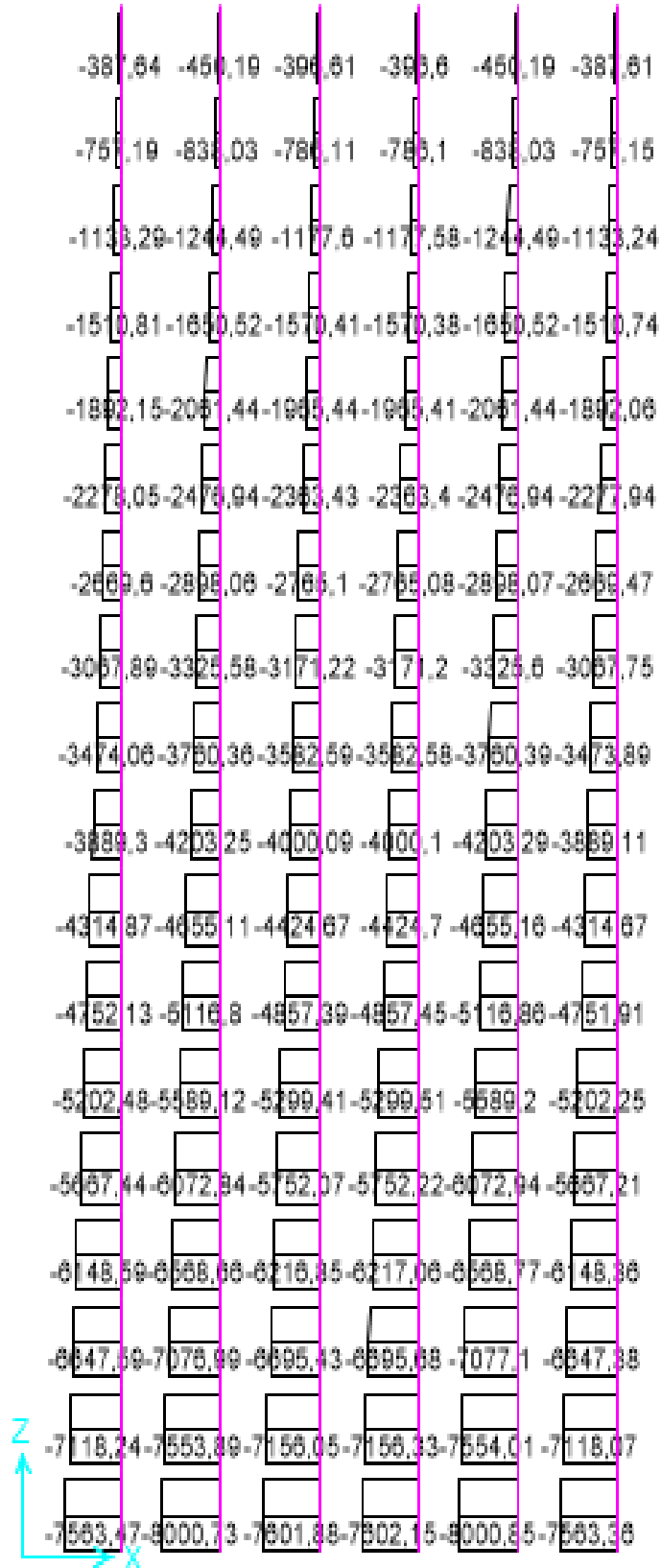


Şekil 5.33. (12KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi Y=8 kesiti kolonları P- Eksenel kuvveti (kN) diyagramı

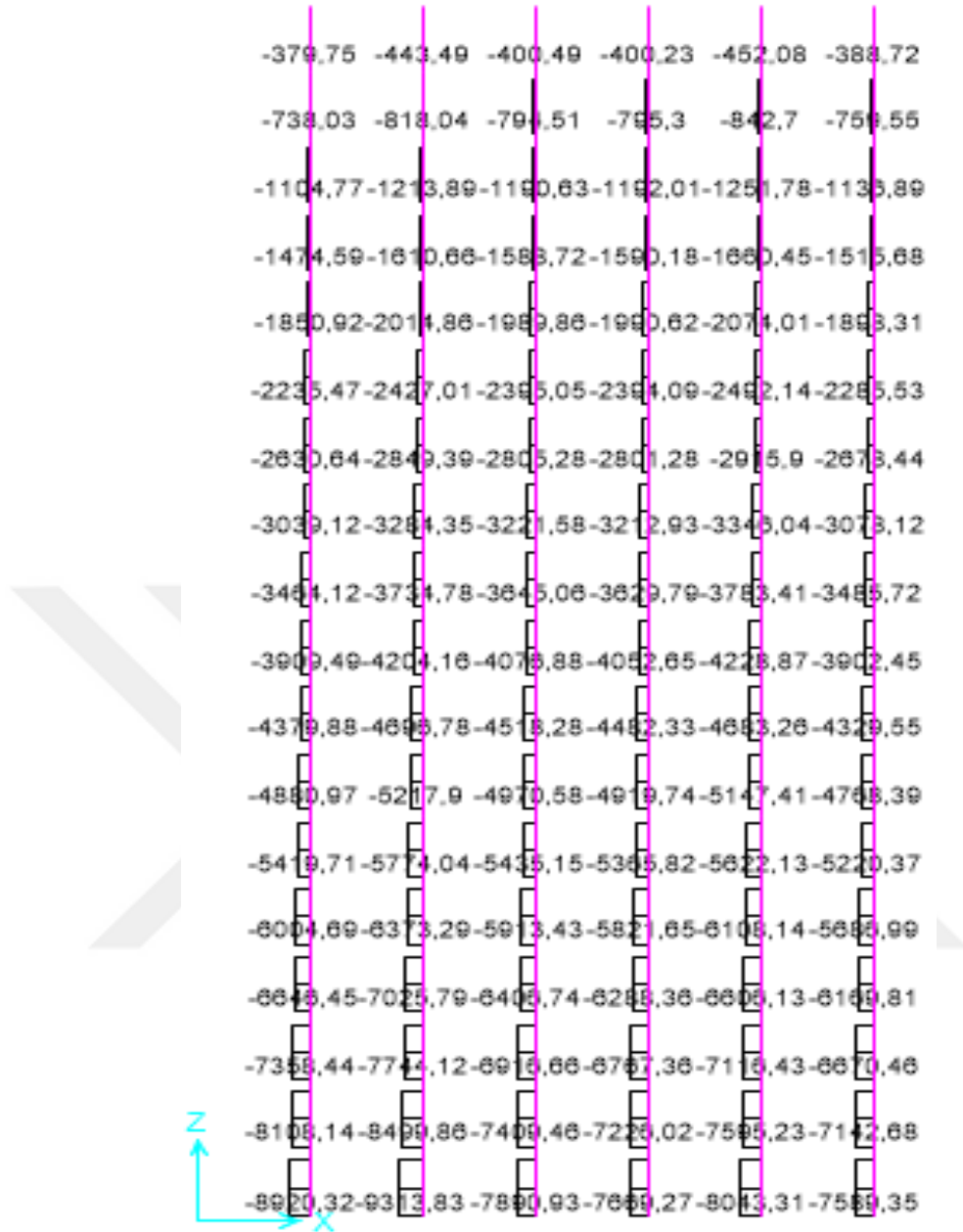
18 katlı yapının sadece kolonlardan oluşan $y=8\text{m}$ kesiti için maksimum aksenal kuvvetlerinin gösterildiği (Şekil 5.34), (Şekil 5.35) ve (Şekil 5.36) incelendiğinde, izolotörlü yapılarda ankastreli yapıya göre %5-%15 değişen oranlarda daha az aksenal kuvvetleri oluştuğu görülmüştür. İzolatörlü yapılardan, kurşun çekirdekli kauçuk izolotörlü yapının sürtünmeli sarkaç izolotörlü yapıya göre daha fazla aksenal kuvvet değerine sahip olduğu görülmüştür



Şekil 5.34. (18KMAN) yapı modeli X-Z düzlemi Y=8 kesiti kolonları P-Eksenal kuvveti (kN) diyagramı



Şekil 5.35. (18KMSSİ) yapı modeli X-Z düzlemi Y=8 kesiti kolonları P-Eksenel kuvveti (kN) diyagramı



Şekil 5.36. (18KMKÇKİ) yapı modeli X-Z düzlemi Y=8 kesiti kolonları P-Eksenel kuvveti (kN) diyagramı

5.2.4. 6-katlı Yapı Modellerinin Görelî Kat Ötelenmesi ve İvme Değerlerinin Karşılaştırılması

Yapılan dinamik analiz sonucu yapıda meydana gelen maksimum deplasman ve ivmelerin oluştuğu kesit ve doğrultu esas alınarak bulunan yer değiştirme ve ivme değerleri Tablo 5.3, Tablo 5.4 ve Tablo 5.5 'de verilmiştir. İvme değerleri ve deplasman değerleri, programda belirli kesit ve doğrultu üzerindeki değerlerin yukarıdan aşağıya doğru sıralanması esas alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 5.3 6-katlı ankastre mesnetli yapının ivme-yer değiştirme sonuçları (6KMAN)

-6KMAN- Maksimum İvme (m/s ²)			-6KMAN- Maksimum Yer değiştirme (cm)		
KATLAR	X yönünde (m/s ²)	Y yönünde (m/s ²)	KATLAR	X yönünde (cm)	Y yönünde (cm)
6	18,68	18,76	6	5,51	5,59
5	15,06	15,10	5	4,51	4,57
4	11,26	11,20	4	3,52	3,55
3	7,65	7,48	3	2,54	2,53
2	4,52	4,37	2	1,56	1,59
1	2,13	1,98	1	0,54	0,57
Temel Seviyesi	0	0	Temel Seviyesi	0	0

Tablo 5.4. 6-katlı sürtünmeli sarkaç izolatör mesnetli yapının ivme-yer değiştirme sonuçları (6KMSSİ)

-6KMSSİ- Maksimum İvme (m/s ²)			-6KMSSİ- MaksimumYer değiştirme (cm)		
KATLAR	X yönünde (m/s ²)	Y yönünde (m/s ²)	KATLAR	X yönünde (cm)	X yönünde (cm)
6	7,13	-7,85	6	-15,2	15,96
5	6,71	-7,48	5	-14,9	15,65
4	6,43	-7,09	4	-14,58	15,33
3	6,22	-6,68	3	-14,2	15,02
2	6,02	-6,28	2	-13,88	14,6
1	6,24	-5,88	1	-13,5	14,3
Temel Seviyesi	6,47	-5,18	Temel Seviyesi	-13,1	13,9

Tablo 5.5. 6 katlı kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapının ivme-yer değiştirme sonuçları (6KMKÇKİ)

-6KMKÇKİ- Maksimum İvme (m/s ²)			6KMKÇKİ- Maksimum Yer değiştirme (cm)		
KATLAR	X yönünde (m/s ²)	Y yönünde (m/s ²)	KATLAR	X yönünde (cm)	Y yönünde (cm)
6	-6,8	-6,6	6	-7,34	10,4
5	-6,6	-6,37	5	-7,14	10,48
4	-6,7	-6,2	4	-6,93	10,21
3	-6,8	-6,1	3	-6,7	10,01
2	-6,9	-6,05	2	-6,47	9,63
1	-7,11	-6,31	1	-6,23	9,33
Temel Seviyesi	-7,26	-6,65	Temel Seviyesi	-6,02	8,6

5.2.4.1. Görelî Kat Ötelenmesi Oranının Karşılaştırılması

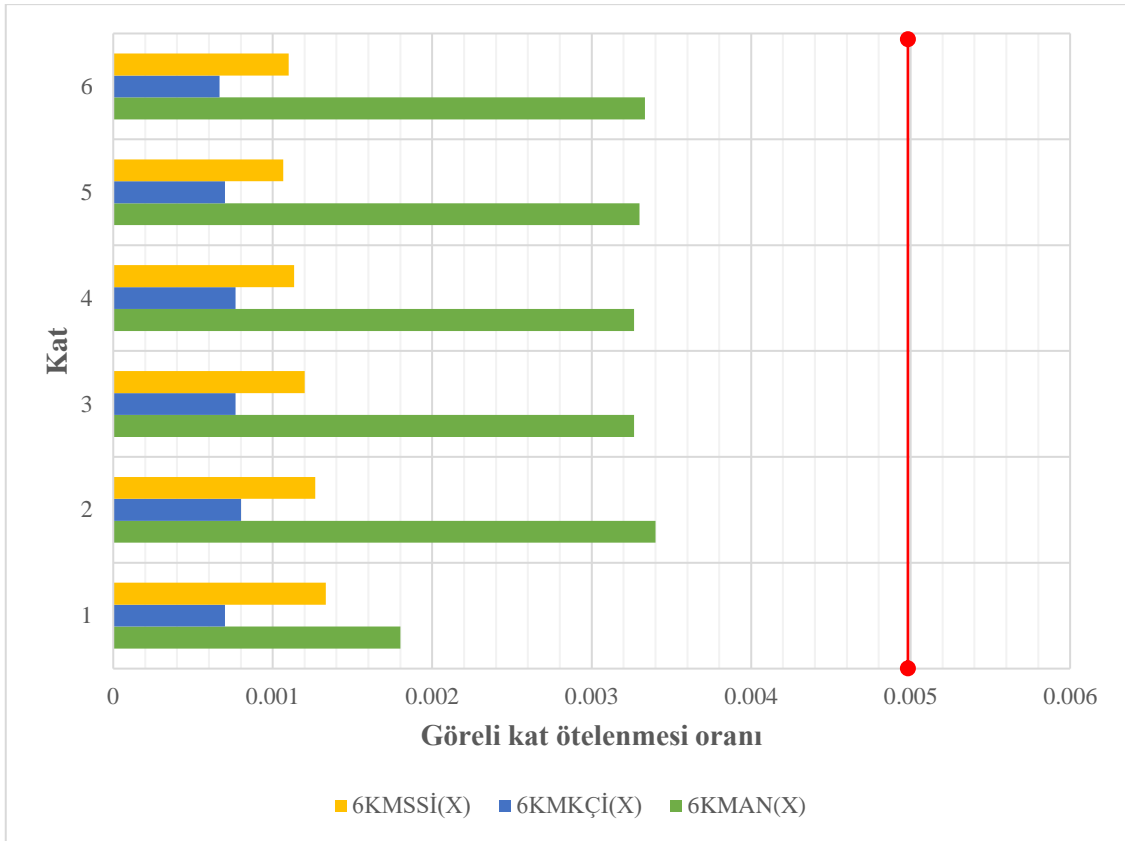
6-katlı hastane yapıları her iki yönde de (x, y) zaman tanım alanında analiz edilmiş ve görelî kat ötelenmesi oranı sayısal değerleri Tablo 5.6 ve Tablo 5.7’de verilmiştir. Sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapıda oluşan görelî kat ötelenmesi oranı kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapıdaki görelî kat ötelenmesi oranından her iki yönde (x, y) de daha fazla olduğu görülmüştür. Ankastre mesnetli yapılarda görelî kat ötelenmesinin izolatörlü mesnetli yapılara göre fazla olması beklenen durumdur ve analiz sonuçlarına göre en fazla görelî kat ötelenmesi ankastreli yapı da meydana gelmiştir. Şekil 5.37 ve Şekil 5.38’de iki izolatör ve ankastreli yapı için her iki yönde (x, y) kat ötelenme oranları karşılaştırılmalı olarak grafik halinde verilmiştir. Her ne kadar bazı katlarda ve bazı yönlerde kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapı, sürtünme sarkaç izolatörlü yapıya göre daha fazla görelî kat ötelenmesine sahipse de, genel olarak bakıldığında en az görelî kat ötelenmesine sahip model olarak görünmektedir..

Tablo 5.6. 6-katlı Modellerin Görelî kat ötelenmesi oranı(X)

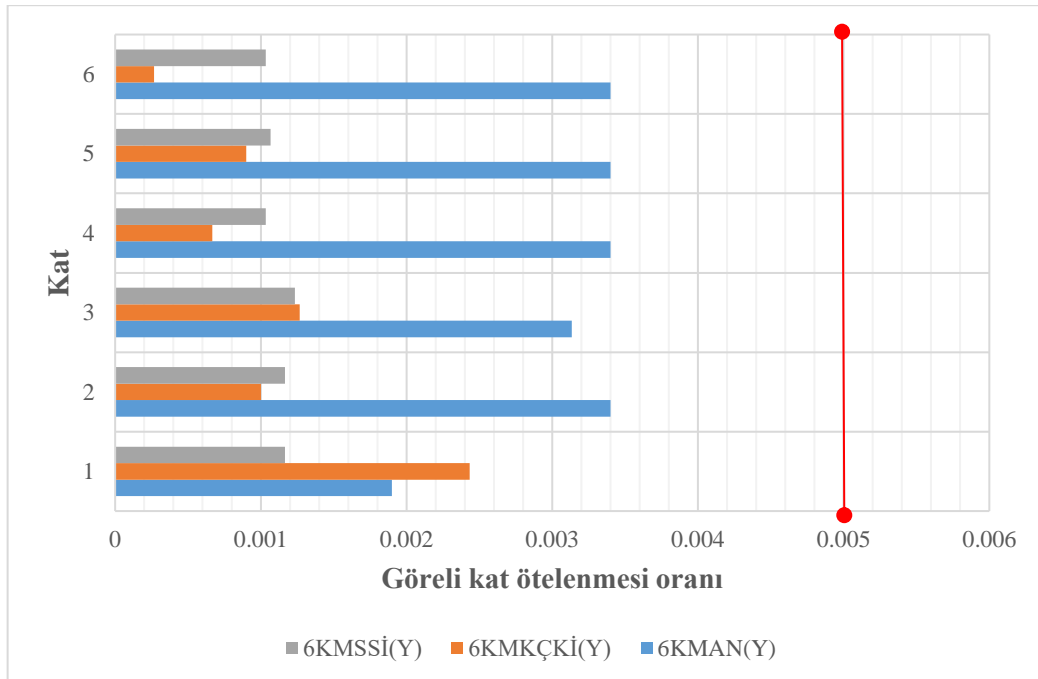
Katlar	6KMAN($\Delta x/h_i$)	6KMKÇKİ($\Delta x/h_i$)	6KMSSİ($\Delta x/h_i$)
6	0,003333333	0,000666667	0,0011
5	0,003333333	0,0007	0,001066667
4	0,003333333	0,000766667	0,001133333
3	0,003333333	0,000766667	0,0012
2	0,003333333	0,0008	0,001266667
1	0,001666667	0,0007	0,001333333

Tablo 5.7. 6-katlı Modellerin Görelî kat ötelenmesi oranı(Y)

Katlar	6KMAN($\Delta y/h_i$)	6KMKÇKİ($\Delta y/h_i$)	6KMSSİ($\Delta y/h_i$)
6	0,0034	0,000266667	0,001033333
5	0,0034	0,0009	0,001066667
4	0,0034	0,000666667	0,001033333
3	0,003133333	0,001266667	0,001233333
2	0,0034	0,001	0,001166667
1	0,0019	0,002433333	0,001166667



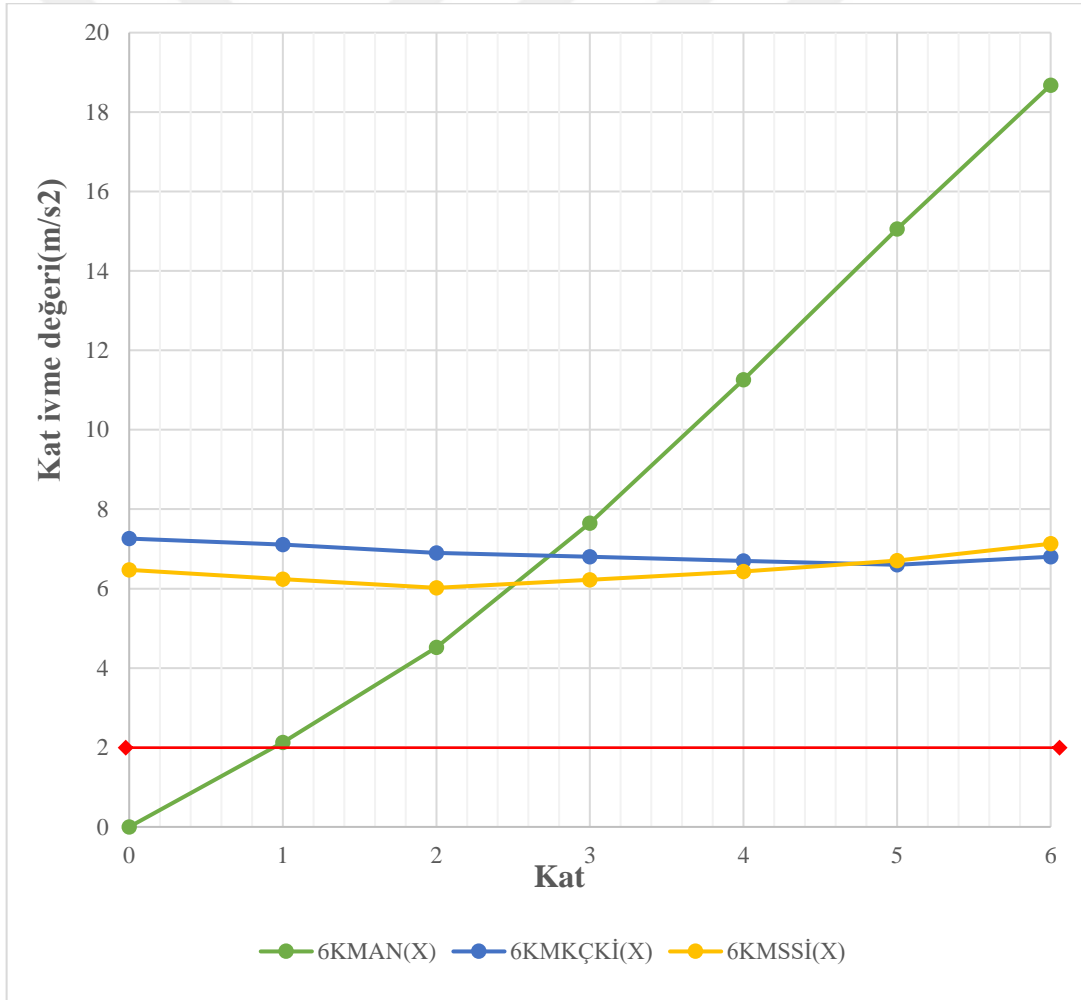
Şekil 5.37. Görelî kat ötelenmesi oranlarının (X) yönünde karşılaştırılması



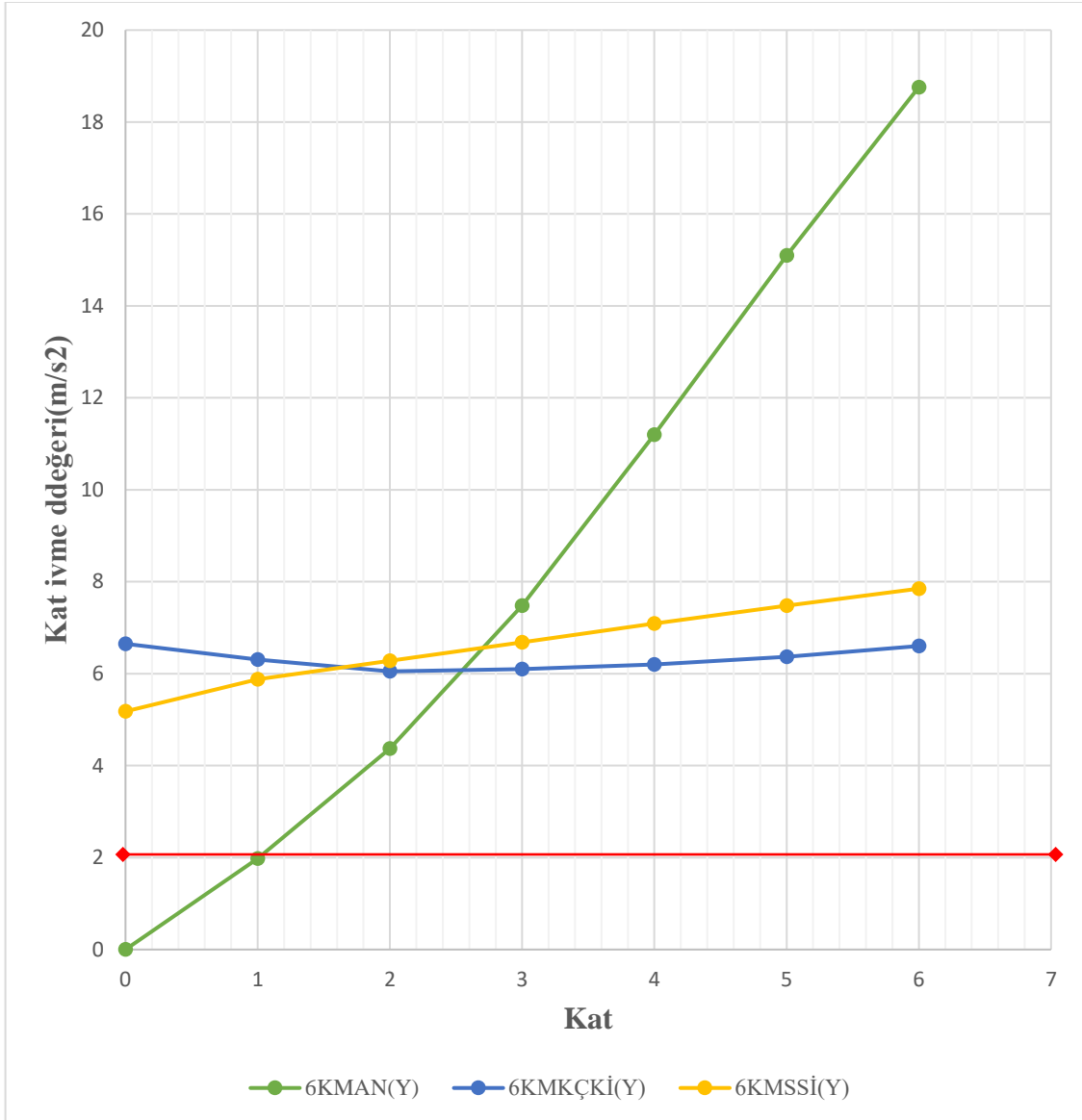
Şekil 5.38. Görelî kat ötelenmesi oranlarının (Y) yönünde karşılaştırılması

5.2.4.2. Kat İvme Değerlerinin Karşılaştırılması

Yapıların dinamik analizi yapılması sonucunda yapıda meydana gelen maksimum ivme değerleri Şekil 5.39 ve Şekil 5.40’de grafik halinde iki izolatör ve ankastreli yapı için her iki yönde ‘de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Sürtünlü sarkaç izolatörlü yapıda oluşan maksimum yatay ivme değerlerinin kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapıda meydana gelen maksimum ivme değerinden (X) yönünde az (Y) yönünde fazla olduğu görülmektedir. 3 kata kadar yapı davranışı açısından daha avantajlı olduğu görülen ankastreli yapı 3. kattan sonra izolatörlü yapılardan daha fazla kat ivme değerine sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 5.39. Maksimum ivme değerlerinin (X)-yönünde karşılaştırılması



Şekil 5.40. Maksimum ivme değerlerinin (Y)-yönünde karşılaştırılması

5.2.5. 12-katlı Modellerin Görelî Kat Ötelenmesi ve İvme Değerlerinin Karşılaştırılması

Yapılan dinamik analiz sonucu yapıda meydana gelen maksimum deplasman ve ivmelerin oluştuğu kesit ve doğrultu esas alınarak bulunan yer değiştirme ve ivme değerleri Tablo 5.8, Tablo 5.9 ve Tablo 5.10 'de verilmiştir. İvme değerleri ve deplasman değerleri, programda belirli kesit ve doğrultu üzerindeki değerlerin yukarıdan aşağıya doğru sıralanması esas alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 5.8 12-katlı ankastre model ivme-yer değiştirme sonuçları (12KMAN)

-12KMAN- İvme (m/s ²)			-12KMAN- Yer değiştirme (cm)		
KATLAR	X yönünde (m/s ²)	Y yönünde (m/s ²)	KATLAR	X yönünde (cm)	Y yönünde (cm)
12	-16,45	-16,45	-16	-16	-16
11	-13,82	-13,75	-14,5	-14,6	-14,6
10	-11,40	-11,40	-13	-13	-13
9	-9,2	-9,2	-11,3	-11,3	-11,3
8	-7,66	-7,66	-9,7	-9,7	-9,7
7	-6,39	6,39	-8	-8	-8
6	5,84	5,84	-6,5	-6,5	-6,5
5	5,15	5,12	-5	-5	-5
4	4,23	4,17	-3,5	-3,6	-3,6
3	3,19	3,13	-2,3	-2,3	-2,3
2	2,05	1,95	-1,3	-1,3	-1,3
1	-0,98	-0,89	-0,5	-0,5	-0,5
Temel Seviyesi	0	0	Temel Seviyesi	0	0

Tablo 5.9. 12-katlı sürtünmeli sarkaç izolatörlü model ivme-yer değiştirme sonuçları (12KMSSİ)

-12KMSSİ- İvme (m/s ²)			-12KMSSİ- Yer değiştirme (cm)		
KATLAR	X yönünde (m/s ²)	Y yönünde (m/s ²)	KATLAR	X yönünde (cm)	Y yönünde (cm)
12	-9,68	-6,55	12	-29,25	16,64
11	-8,02	-6,51	11	-28,79	16,41
10	-7,47	-6,47	10	-28,31	16,15
9	-6,66	-6,23	9	-27,8	15,9
8	-5,87	-6,49	8	-27,2	15,63
7	-6,26	-6,39	7	-26,71	15,38
6	-6,46	-6,32	6	-26,14	15,13
5	-6,78	-6,27	5	-25,25	15
4	-6,47	-6,15	4	-24,98	14,68
3	5,95	-5,95	3	-24,42	14,48
2	6,55	-5,87	2	-23,88	14,29
1	-7,13	-5,84	1	-23,36	14,11
Temel Seviyei	-8,66	-5,60	Temel Seviyesi	-22,87	13,93

Tablo 5.10. 12-katlı kurşun çekirdekli kauçuk izolator model ivme-yer değiştirme (12KMKÇKİ)

-12KMKÇKİ- İvme (m/s ²)			-12KMKÇKİ- Yer değiştirme (cm)		
KATLAR	X yönünde (m/s ²)	Y yönünde (m/s ²)	KATLAR	X yönünde (cm)	Y yönünde (cm)
12	-7,12	-5,92	12	-30	-22,79
11	-6,68	-5,9	11	-29,35	-22,41
10	-6,34	-5,9	10	-26,69	-22
9	-6,07	-5,9	9	-27,91	-21,62
8	-5,86	-5,90	8	-27,16	-21,21
7	-5,67	-5,91	7	-26,4	-20,77
6	-5,68	-5,93	6	-25,64	-20,32
5	-5,80	-5,98	5	-24,88	-19,86
4	-5,83	-6,04	4	-24,13	-19,38
3	-5,72	-6,10	3	-23,41	-18,80
2	-5,51	-6,15	2	-22,74	-18,39
1	-5,27	-6,19	1	-22,11	-17,89
Temel Seviyesi	-5,06	-6,19	Temel Seviyesi	-21,52	-17,4

5.2.5.1.Görelİ Kat Ötelenmesinin Karşılaştırılması

12-katlı hastane yapıları her iki yönde de (x,y) zaman tanım alanında analiz edilmiş ve görelİ kat ötelenmesi oranı sayısal değerleri Tablo 5.11 ve Tablo 5.12'de verilmiştir. Sürtünmeli sarkaç izolatorlı yapıda oluşan görelİ kat ötelenmesi oranı kurşun çekirdekli kauçuk izolatorlı yapıdaki görelİ kat ötelenmesi oranından her iki yönde (x, y) daha az olduğu görülmüştür.

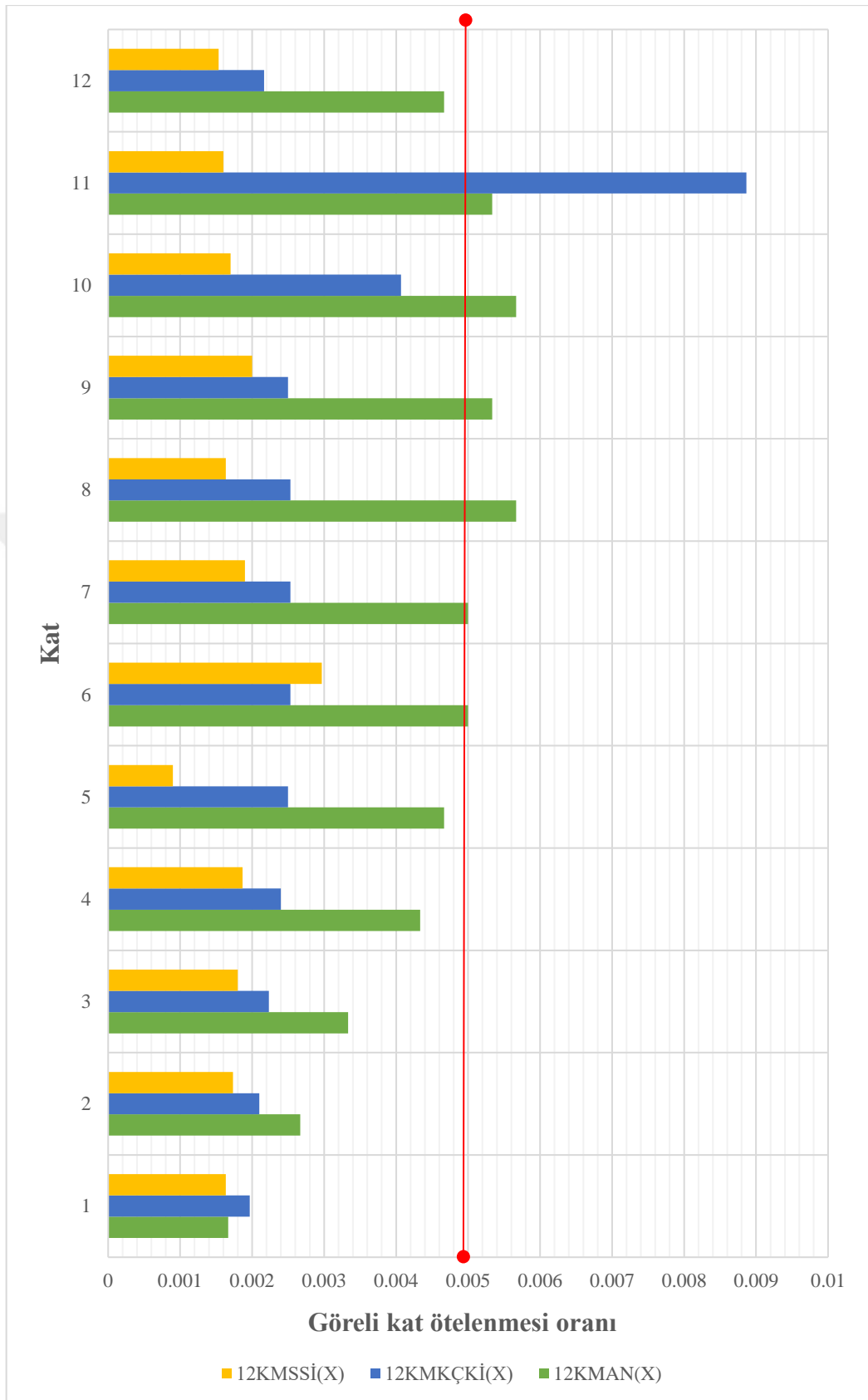
Ankastre mesnetli yapılarda görelî kat ötelenmesinin izolatörlü mesnetli yapılara göre fazla olması beklenen durumdur ve analiz sonuçlarına göre en fazla görelî kat ötelenmesi ankastrelî yapı da meydana gelmiştir. Şekil 5.41 ve Şekil 5.42’de iki izolatör ve ankastrelî yapı için her iki yönde (x, y) kat ötelenme oranları karşılaştırılmalı olarak grafik halinde verilmiştir. Her ne kadar bazı katlarda sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapı kurşun çekirdekli izolatörlü yapıya göre daha fazla görelî kat ötelenmesine sahipse de, genel olarak bakıldığında en az görelî kat ötelenmesine sahip model olarak sürtünmeli sarkaç görünmektedir.

Tablo 5.11. 12-katlı Modellerin Görelî kat ötelenmesi oranı(X)

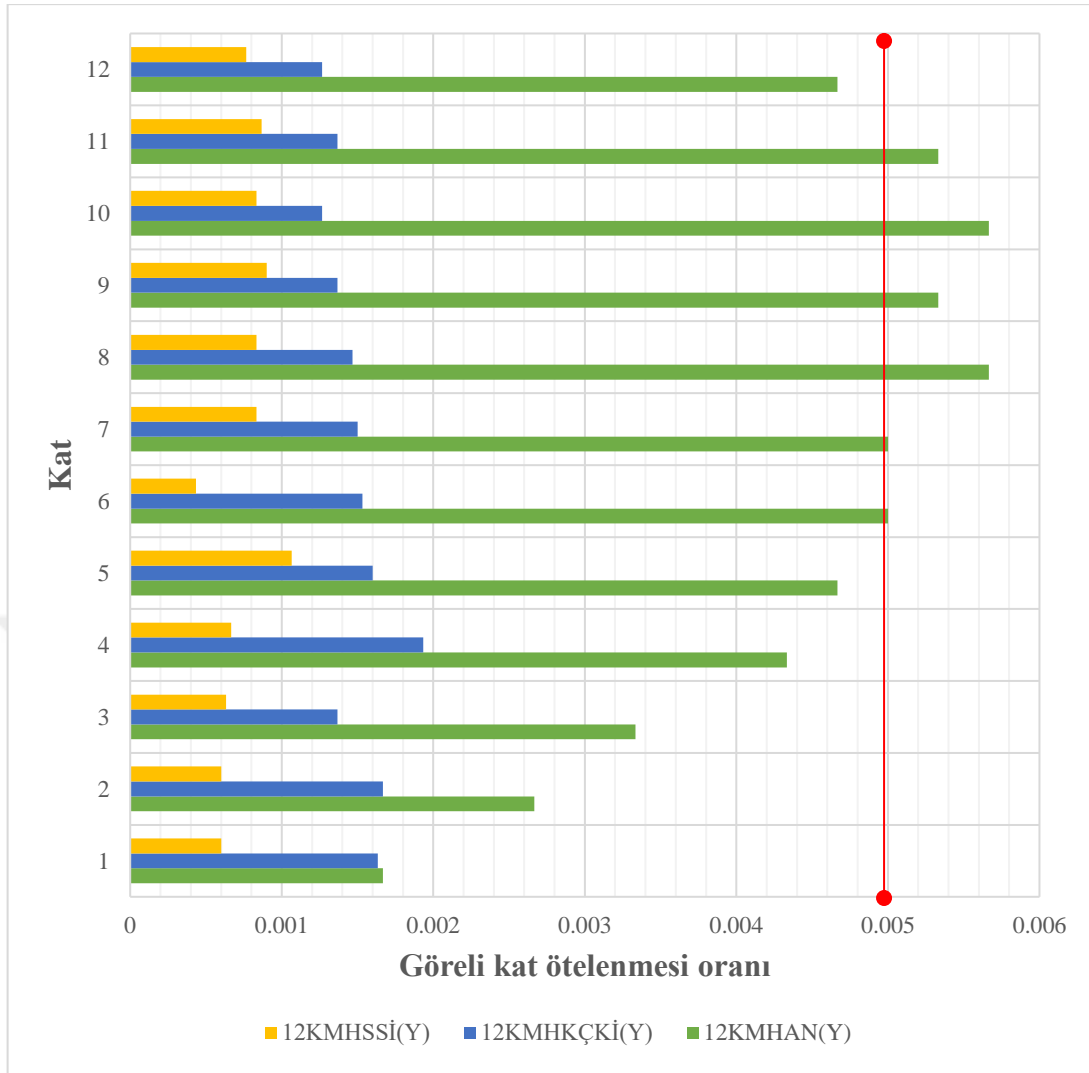
Katlar	12KMAN($\Delta x/h_i$)	12KMKÇKİ($(\Delta x/h_i)$)	12KMSSİ($\Delta x/h_i$)
12	0,004666667	0,002166667	0,001533333
11	0,005333333	0,008866667	0,0016
10	0,005666667	0,004066667	0,0017
9	0,005333333	0,0025	0,002
8	0,005666667	0,002533333	0,001633333
7	0,005	0,002533333	0,0019
6	0,005	0,002533333	0,002966667
5	0,004666667	0,0025	0,0009
4	0,004333333	0,0024	0,001866667
3	0,003333333	0,002233333	0,0018
2	0,002666667	0,0021	0,001733333
1	0,001666667	0,001966667	0,001633333

Tablo 5.12. 12-katlı Modellerin Görelî kat ötelenmesi oranı(Y)

Katlar	12KMAN ($\Delta y/h_i$)	12KMKÇKİ ($\Delta y/h_i$)	12KMSSİ ($\Delta y/h_i$)
12	0,004666667	0,001266667	0,000766667
11	0,005333333	0,001366667	0,000866667
10	0,005666667	0,001266667	0,000833333
9	0,005333333	0,001366667	0,0009
8	0,005666667	0,001466667	0,000833333
7	0,005	0,0015	0,000833333
6	0,005	0,001533333	0,000433333
5	0,004666667	0,0016	0,001066667
4	0,004333333	0,001933333	0,000666667
3	0,003333333	0,001366667	0,000633333
2	0,002666667	0,001666667	0,0006
1	0,001666667	0,001633333	0,0006



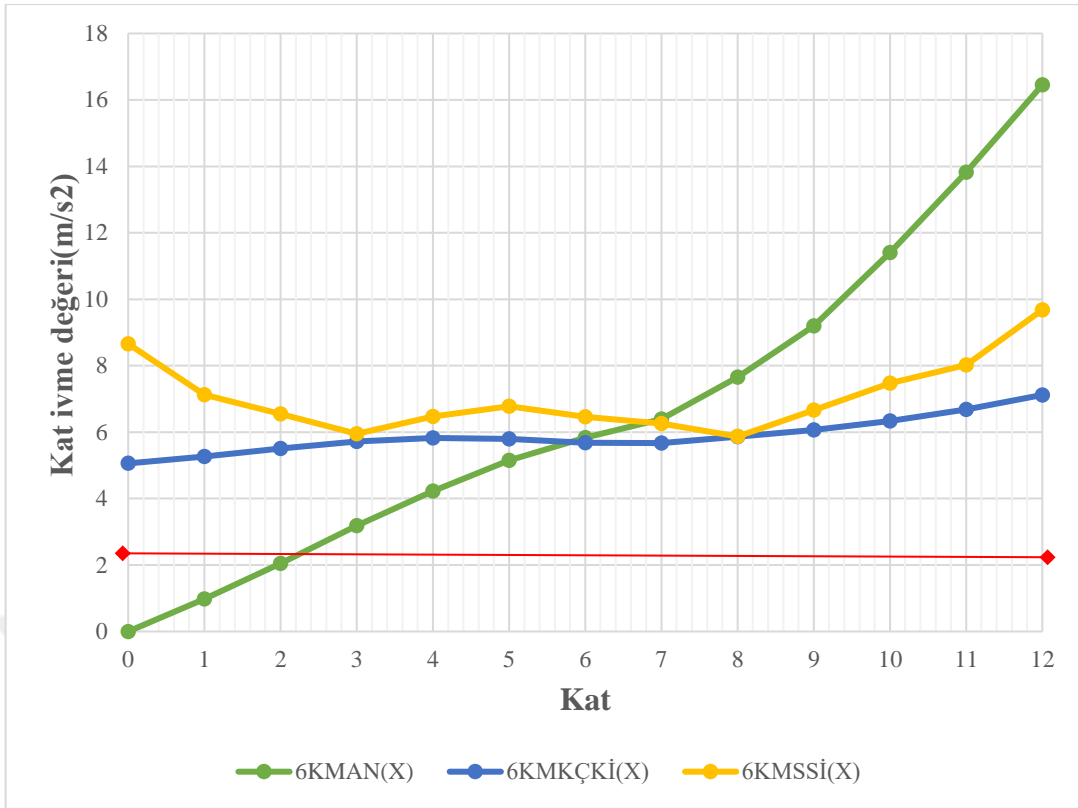
Şekil 5.41. Görelî kat ötelenmesi oranlarının (X)-yönünde karşılaştırılması



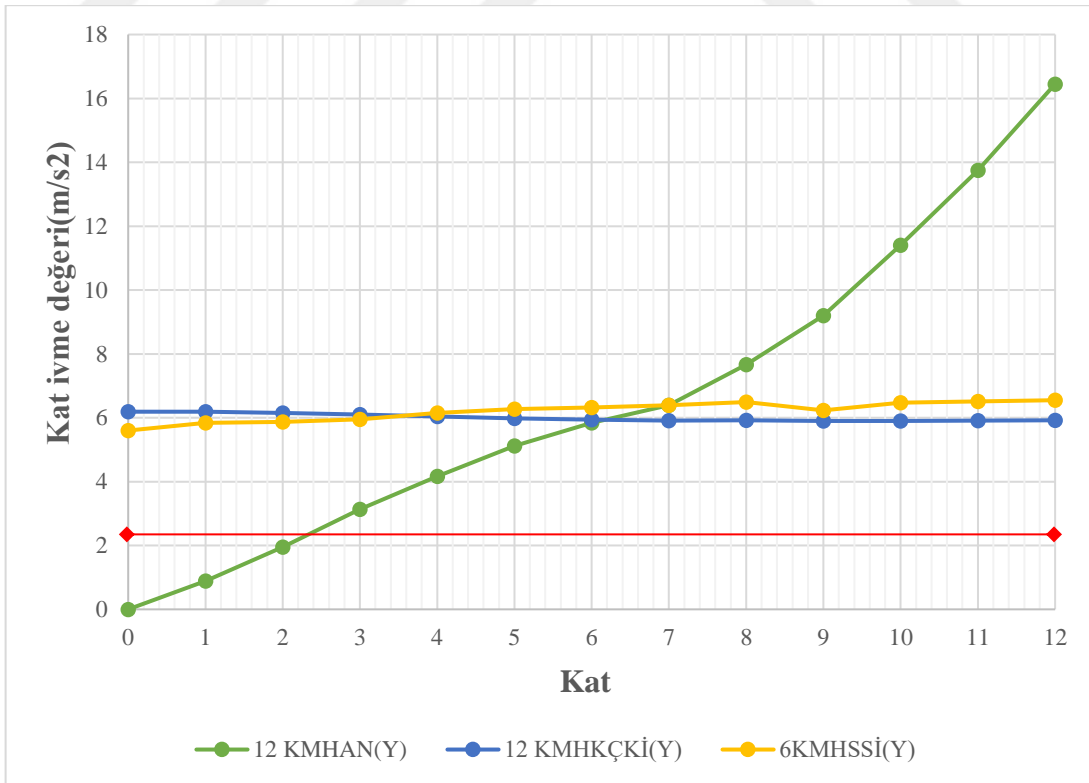
Şekil 5.42. Görel kat ötelenmesi oranlarının (Y)- yönünde karşılaştırılması

5.2.5.2. Kat İvme Değerlerinin Karşılaştırılması

Yapıların dinamik analizi yapılması sonucunda yapıda meydana gelen maksimum ivme değerleri Şekil 5.43 ve Şekil 5.44’de grafik halinde iki izolatör ve ankastreli yapı için her iki yönde ‘de karşılaştırılmalı olarak verilmiş Sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapıda oluşan maksimum yatay ivme değerlerinin kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapıda meydana gelen maksimum ivme değerinden her iki yönde(x,y) fazla olduğu görülmektedir. 6 kata kadar yapı davranışı açısından daha avantajlı olduğu görülen ankastreli yapı 6. kattan sonra izolatörlü yapılardan daha fazla kat ivme değerine sahip olduğu görülmüştür



Şekil 5.43. Maksimum ivme değerlerinin (X)-yönünde karşılaştırılması



Şekil 5.44. Maksimum ivme değerlerinin (X)-yönünde karşılaştırılması

5.2.6. 18-katlı Modellerin Görelî Kat Ötelenmesi ve İvme Değerlerinin Karşılaştırılması

Yapılan dinamik analiz sonucu yapıda meydana gelen maksimum deplasman ve ivmelerin oluştuğu kesit ve doğrultu esas alınarak bulunan yer değiştirme ve ivme değerleri Tablo 5.13, Tablo 5.14 ve Tablo 5.15 'de verilmiştir. İvme değerleri ve deplasman değerleri programda belirli kesit ve doğrultu üzerindeki değerlerin yukarıdan aşağıya doğru sıralanması esas alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 5.13. 18-katlı ankastre mesnetli model ivme-yer değiştirme sonuçları (18KMAN)

-18KMAN- İvme (m/s ²)			-18KMAN- Yer değiştirme (cm)		
KATLAR	X yönünde (m/s ²)	Y yönünde (m/s ²)	KATLAR	X yönünde (cm)	Y yönünde (cm)
18	-19,8	19,2	18	-23,32	-26,84
17	-16,9	16,5	17	-22	-25,17
16	-13,9	13,7	16	-20,7	-23,4
15	-10,7	11,2	15	-19,4	-21,6
14	-9,16	9,74	14	-18	-19,76
13	-9,43	8,56	13	-16,6	-17,8
12	-9,53	7,43	12	-15,1	-16
11	-9,45	6,56	11	-13,7	-13,4
10	-9,3	6,1	10	-12,2	-12,5
9	-9,7	5,98	9	-10,6	-10,9
8	-9,6	6,2	8	-9,1	-9,3
7	-8,9	6,33	7	-7,6	-7,8
6	-8,2	6	6	-6,1	-6,3
5	-7,3	5,6	5	-4,6	-4,9
4	-6,1	4,6	4	-3,3	-3,6
3	-4,4	3,4	3	2,1	-2,4
2	-2,9	2,2	2	1	-1
1	-1,4	1,8	1	0,4	-0,5
Temel Seviyesi	0	0	Temel Seviyesi	0	0

Tablo 5.14. 18-katlı sürtünmeli sarkaç izolatör mesnetli model ivme-yer değiştirme sonuçları (18KMSSİ)

-18KMSSİ- İvme (m/s ²)			-18KMSSİ- Yer değiştirme (cm)		
KATLAR	X yönünde (m/s ²)	Y yönünde (m/s ²)	KATLAR	X yönünde (cm)	Y yönünde (cm)
18	-5,91	-5,93	18	-65,54	68,95
17	-5,89	-5,89	17	-65,44	68,49
16	-5,87	-5,84	16	-65,32	68,02
15	-5,86	-5,79	15	-65,21	67,53
14	-5,82	-5,73	14	-65,08	67,02
13	-5,80	-5,67	13	-64,95	66,49
12	-5,77	-5,62	12	-64,81	65,93
11	-5,73	-5,54	11	-64,66	65,34
10	-5,70	-5,47	10	-64,5	64,73
9	-5,67	-5,40	9	-64,33	64,1
8	-5,63	-5,33	8	-64,15	63,45
7	-5,61	-5,25	7	-63,95	62,78
6	-5,59	-5,19	6	-63,76	62,09
5	-5,59	-5,13	5	-63,55	61,39
4	-5,61	-5,06	4	-63,34	60,69
3	-5,64	-5,01	3	-63,12	60
2	-5,71	-4,92	2	-62,91	59,28
1	-5,76	-4,93	1	-62,7	58,59
Temel Seviyesi	-5,41	-4,90	Temel Seviyesi	-62,5	57,93

Tablo 5.15. 18-katlı kurşun çekirdekli kauçuk izolatör mesnetli model ivme-yer değiştirme sonuçları(18KMKÇKİ)

-18KMKÇKİ- İvme (m/s ²)			-18KMKÇKİ- Yer değiştirme (cm)		
KATLAR	X yönünde (m/s ²)	Y yönünde (m/s ²)	KATLAR	X yönünde (cm)	Y yönünde (cm)
18	-5,46	-5,96	18	-27,17	-29,6
17	5,38	-5,92	17	-26,96	-29,35
16	-5,50	-5,88	16	-26,73	-29,1
15	-5,71	-5,84	15	-26,51	-28,83
14	-5,95	-5,79	14	-26,27	-28,25
13	-6,17	-5,75	13	-26,03	-28,25
12	-6,34	-5,71	12	-25,8	-27,94
11	-6,46	-5,68	11	-25,56	-27,61
10	-6,51	-5,64	10	-25,32	-27,27
9	-6,51	-5,62	9	-25,08	-26,92
8	-6,44	-5,59	8	-24,84	-26,57
7	-6,32	-5,58	7	-24,6	-26,21
6	-6,15	-5,57	6	-24,36	-25,85
5	-5,97	-5,56	5	-24,12	-25,49
4	-5,76	-5,55	4	-23,88	-25,14
3	-5,55	-5,54	3	-23,63	-24,82
2	-5,35	-5,53	2	-23,41	-24,52
1	-5,21	-5,51	1	-23,3	-24,25
Temel Seviyesi	-5,12	-5,49	Temel Seviyesi	-23	-24

5.2.6.1 Görelî Kat Ötelenmesinin Karşılaştırılması

18-katlı hastane yapıları her iki yönde de (x,y) zaman tanım alanında analiz edilmiş ve görelî kat ötelenmesi oranı sayısal değerleri Tablo 5.16 ve Tablo 5.17’de verilmiştir. Sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapıda oluşan görelî ötelenmesi oranı kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapıda oluşan görelî kat ötelenmesi oranından (x) yönünde az (Y) yönünde fazla olduğu görülmektedir.

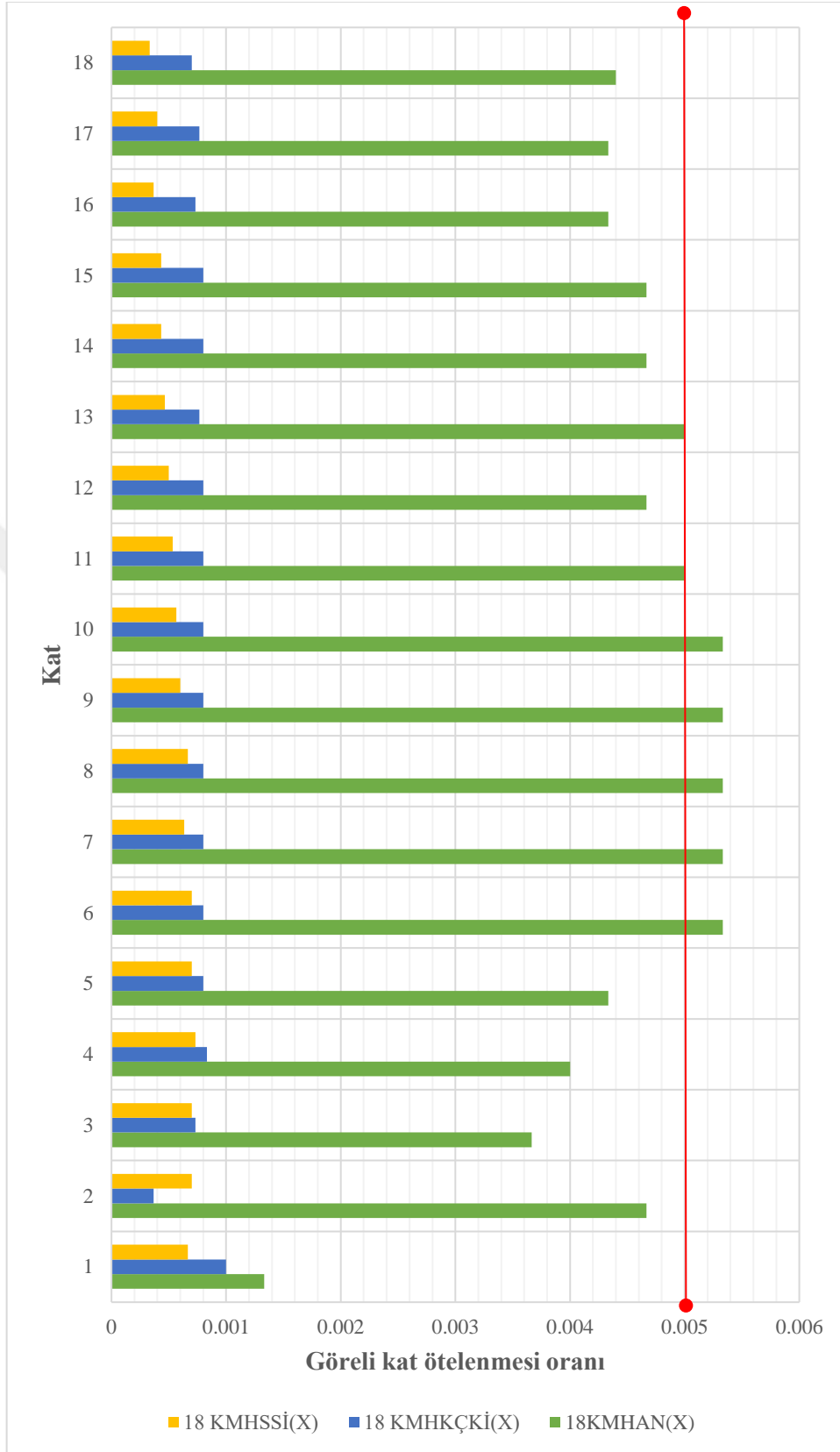
Ankastre mesnetli yapılarda görelî kat ötelenmesinin izolatörlü mesnetli yapılara göre fazla olması beklenen durumdur ve analiz sonuçlarına göre en fazla görelî kat ötelenmesi ankastreli yapı da meydana gelmiştir. Şekil 5.45 ve Şekil 5.46’de iki izolatör ve ankastreli yapı için her iki yönde (x,y) ‘de kat ötelenme oranları karşılaştırılmalı olarak grafik halinde verilmiştir.

Tablo 5.16. 18-katlı Modellerin Görelî kat ötelenmesin(X) Karşılaştırılmış Değerleri

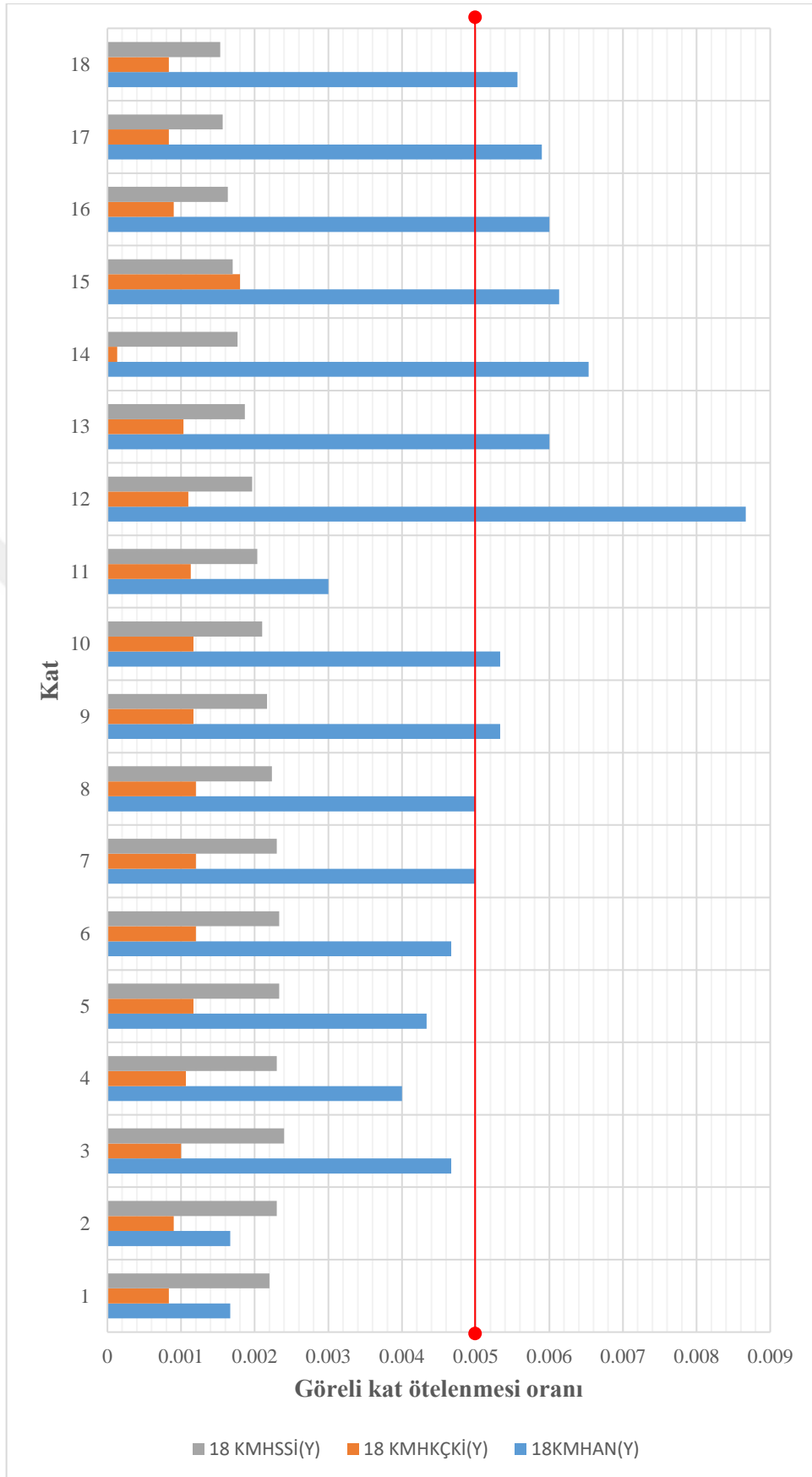
Katlar	18KMAN($\Delta x/h_i$)	18KMKÇKİ($\Delta x/h_i$)	18KMSSİ($\Delta x/h_i$)
18	0,0044	0,0007	0,000333333
17	0,00433333	0,00076667	0,0004
16	0,00433333	0,00073333	0,000366667
15	0,00466667	0,0008	0,000433333
14	0,00466667	0,0008	0,000433333
13	0,005	0,00076667	0,000466667
12	0,00466667	0,0008	0,0005
11	0,005	0,0008	0,000533333
10	0,00533333	0,0008	0,000566667
9	0,0053333	0,0008	0,0006
8	0,0053333	0,0008	0,000666667
7	0,0053333	0,0008	0,000633333
6	0,005333	0,0008	0,0007
5	0,0043333	0,0008	0,0007
4	0,004	0,00083333	0,000733333
3	0,00366667	0,00073333	0,0007
2	0,00466667	0,00036667	0,0007
1	0,00133333	0,001	0,000666667

Tablo 5. 17. 18-katlı Modellerin Göreli kat ötelenmesi(γ) Karşılaştırılmış Değerleri

Katlar	18KMAN($\Delta y/h_i$)	18KMKÇKİ($\Delta y/h_i$)	18KMSSİ($\Delta y/h_i$)
18	0,005566667	0,000833333	0,001533333
17	0,0059	0,000833333	0,001566667
16	0,006	0,0009	0,001633333
15	0,006133333	0,0018	0,0017
14	0,006533333	0,000133333	0,001766667
13	0,006	0,001033333	0,001866667
12	0,008666667	0,0011	0,001966667
11	0,003	0,001133333	0,002033333
10	0,005333333	0,001166667	0,0021
9	0,005333333	0,001166667	0,002166667
8	0,005	0,0012	0,002233333
7	0,005	0,0012	0,0023
6	0,004666667	0,0012	0,002333333
5	0,004333333	0,001166667	0,002333333
4	0,004	0,001066667	0,0023
3	0,004666667	0,001	0,0024
2	0,001666667	0,0009	0,0023
1	0,001666667	0,000833333	0,0022



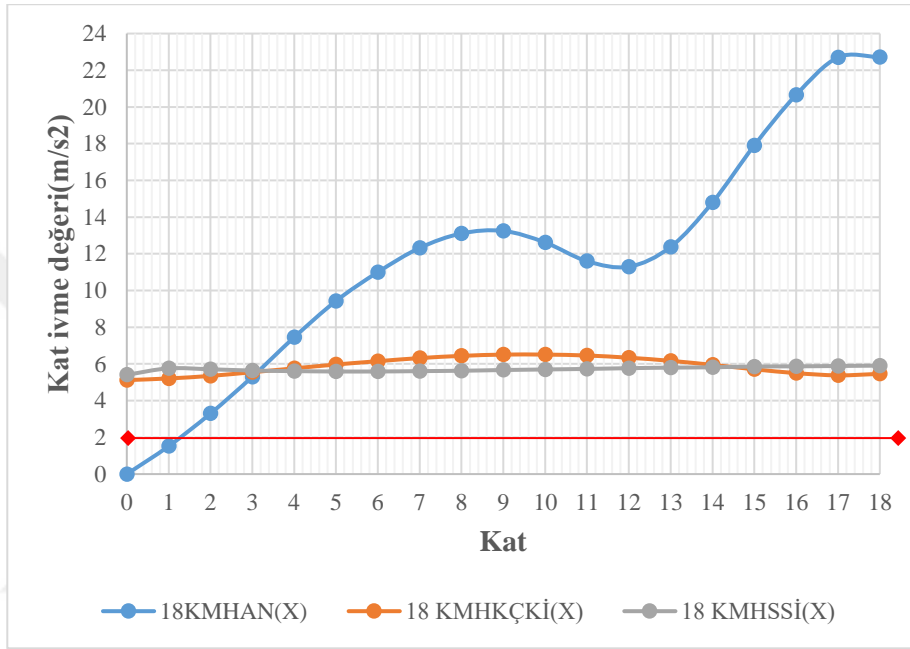
Şekil 5.45. Görelî kat ötelenmesi oranının (X) yönünde karşılaştırılması



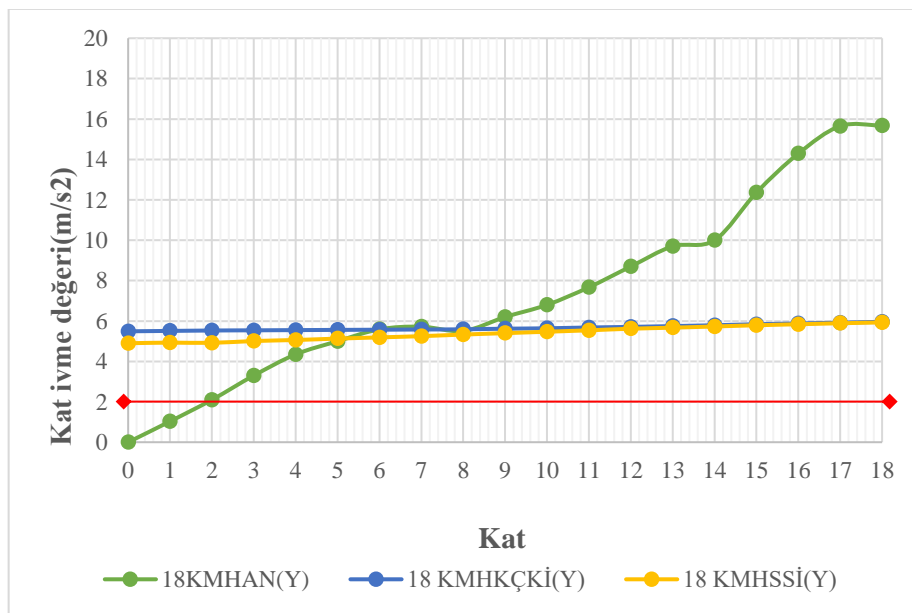
Şekil 5.46. Görel kat ötelenmesi oranının (X) yönünde karşılaştırılması

5.2.6.2. Kat İvme Değerlerinin Karşılaştırılması

Yapıların dinamik analizi yapılması sonucunda yapıda meydana gelen maksimum ivme değerleri Şekil 5.47 ve Şekil 5.48’de grafik halinde iki izolatör ve ankastreli yapı için her iki yönde ‘de karşılaştırılmalı olarak verilmiş



Şekil 5.47. Maksimum ivme değerlerinin (X)-yönünde karşılaştırılması

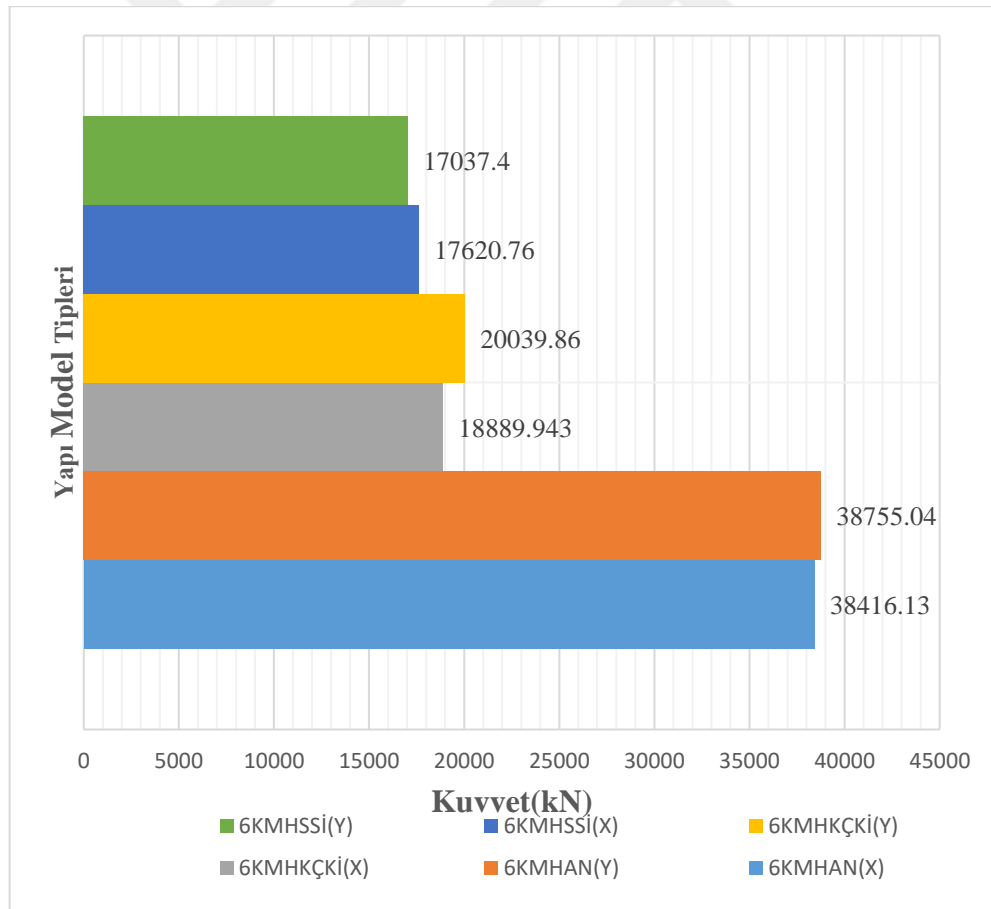


Şekil 5.48. Maksimum ivme değerlerinin (Y)-yönünde karşılaştırılması

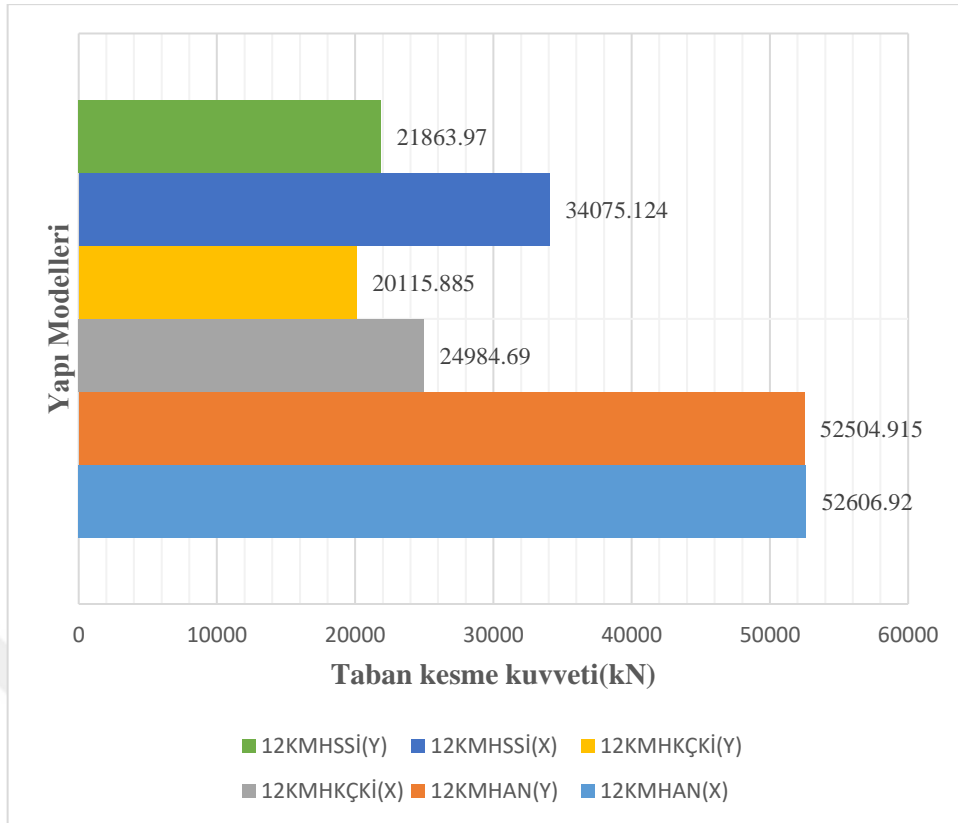
Sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapıda oluşan maksimum yatay ivme değerlerinin kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapıda meydana gelen maksimum ivme değerinden her iki yönde (x,y) daha az olduğu görülmektedir. 5 kata kadar yapı davranışı açısından daha avantajlı olduğu görülen ankastreli yapı 5. kattan sonra izolatörlü yapılardan daha fazla kat ivme değerine sahip olduğu görülmüştür

5.2.7.Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

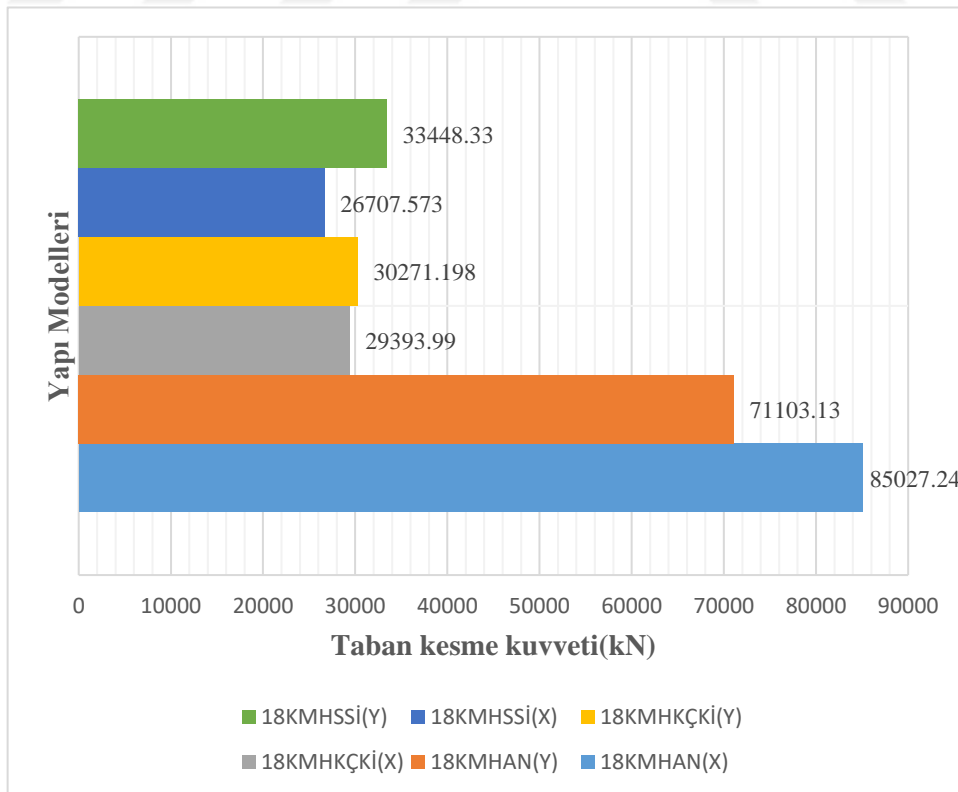
Zaman tanım alanında taban kesme kuvveti göre Şekil 5.49 ve Şekil 5.50, Şekil 5.51’de her kat için verilmiştir. Perdeli-çerçeve sistemi, sismik izolatörlü sisteme dönüştürülmesiyle taban kesme kuvveti yaklaşık olarak %30-%60 değerleri oranında azalmaktadır.



Şekil 5.49. 6-katlı yapının taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.50. 12-katlı yapının taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.51. 18-katlı yapının taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında ankastre mesnet, kurşun çekirdekli kauçuk izolatör ve sürtünmeli sarkaç izolatör kullanılarak, 6,12 ve 18 katlı olarak oluşturulan toplam 9 adet modelin her birisi Kocaeli (1999) deprem ivme kayıtları kullanılarak nonlinear modal zaman tanım alanında analiz yöntemi ile dinamik analize tabi tutulmuşlardır. Yapılan çalışmada sismik taban izolasyonu uygulanan yapıların ve ankastre mesnetli yapıların kat sayısının taşıyıcı sistem davranışına etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

1.Analiz sonuçlarından elde edilen 1. doğal titreşim periyot değerleri, bina kat adedinin ve sismik izolatör çeşidinin etkisini belirlemek üzere karşılaştırılmış ve sırasıyla Tablo 5.2’de verilmiştir. Ankastre mesnetli binalarda izolatörlü binalara kıyasla doğal titreşim periyot değerlerinin düşük olduğu görülmüştür. Sismik izolatör uygulanan binalarda doğal titreşim periyot değerleri çok büyük rakamlara ulaştığından (ankastre mesnetli yapıya göre 3-5 kat) deprem kuvvetlerine karşı daha emniyetli hale geldiği görülmektedir. Çünkü binanın salınımını tamamlaması esnasında binaya gelen enerjinin büyük bir kısmı izolatörler tarafından sönmümlenirken katlar arası deplasman da minimuma inmektedir. Ayrıca spektrum eğrisinin doğası gereği, periyot değerlerinin artması binada oluşan deprem atalet kuvvetlerinin azalmasını sağlamaktadır. Yine Tablo 5.2’de belirtilen değerlere bakıldığında 6,12,18 katlı her bina için kurşun çekirdekli kauçuk izolatör ile tasarlanan yapı modellerinin periyod açısından sürtünmeli sarkaç izolatörlü modellere daha büyük değerlere ulaştığı görülmektedir.

3.Daha önce yapılan çalışmalar neticesinde; sismik izolasyonlu yapıların doğal titreşim periyodunun maksimum değeri $T=5-6$ sn den fazla olması durumunda sismik izolasyon sistemlerinin yapı deprem davranışı için beklenen sonuçları vermeyeceği yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konmuştur. Yapı modellerinde doğal titreşim periyodu en fazla $T = 3,70$ sn ile 18-katlı kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü sistemde elde edilmiştir. Betonarme taşıyıcı sistemi perdeli-çerçevesi olan bu yapılar, perde sistemlerinin eklenmesi ile rijitlikleri artırılmış ve dolayısıyla doğal titreşim periyotları çerçevesi sistemlere göre azaltılmıştır. Böylece yüksek katlı yapılarda izolatör kullanılmasının istenilmemesinin sebeplerinden biri olarak görülen periyod sınırı değerinin aşılması durumu, sisteme perdeler eklenilerek belirlenen sınırlar içinde kalması sağlanabilir.

3. Sismik izolatörlü yapılarda oluşan maksimum kesme kuvveti değerlerinin ankastreli yapıdaki maksimum kesme kuvveti değerinden daha düşük değerler aldığı görülmüştür. 6-katlı bir hastane binası için sürtünmeli sarkaç izolatörün, 12-katlı bir hastane binası için kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün, 18-katlı bir hastane binası için sürtünmeli sarkaç izolatörün perde kesme kuvvetlerini azaltma bakımından daha iyi bir yapı davranışı sergilediği görülmüştür. Ayrıca, 12-katlı, 18-katlı hastane binası için kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün kolon kesme kuvvetlerini azaltma bakımından sürtünmeli sarkaç izolatörüne göre daha iyi bir yapı davranışı sergilediği görülmüştür.

4. Sismik izolatörlü yapılarda oluşan moment kuvvetlerinin ankastreli yapıda oluşan moment değerinden daha küçük değerler aldığı görülmüştür. 6-katlı, 12-katlı, 18-katlı hastane binası için kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün kolon moment kuvvetleri azaltma bakımından daha iyi bir yapı davranışı sergilediği görülmüştür. Ayrıca eksenel yük değerleri azaltma bakımından da sürtünmeli sarkaç izolatör kurşun çekirdekli kauçuk izolatöre göre daha iyi bir yapı davranışı sergilediği görülmüştür.

5. Yapılarda meydana gelen maksimum yatay ivme değerleri hastane gibi yapılarda çok önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Sağlık Bakanlığı'nın yayınladığı bildiri (2013/3) hastane binalarında meydana gelebilecek maksimum ivme değeri 2 m/s^2 olarak sınırlandırılmıştır. Ancak belirtilen bu kriterin de tartışmaya açık olduğu benzer çalışmalarda da vurgulanmıştır (Özdemir, 2016). Çünkü ivme değerleri seçilen deprem kayıtları ve analiz tipine göre oldukça farklı değerler alabilmektedir. Ayrıca izolatör sönüm oranı ve rijitlik değerleri de etkili parametrelerdir. Bu nedenle (TBDY-2018) kriterleri dikkate alındığında Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen hedef değerleri sağlamanın zor olacağı ve bu değerlerin yeniden revize edilmesinin gerekliliği anlaşılmaktadır. İzolatör mesnetli yapılarda kat ivme değerlerinin ankastre mesnetli yapıya göre daha az olması beklenen durumdur. Sismik izolasyonlu sistemlerde kat ivme değerlerinin düşmesi yapı deprem davranışını iyileştirmeye yönelik bir tasarım yaklaşımıdır. 6-katlı bir hastane binası için sürtünmeli sarkaç izolatörün (x) yönünde kat ivmeleri açısından daha iyi deprem davranışı sergilediği görülmüştür 12-katlı bir hastane binası için kurşun çekirdekli kauçuk izolatör, 18-katlı bir hastane binası için sürtünmeli sarkaç izolatörün her iki yönde kat ivme değerleri açısından daha iyi deprem davranışı sergilediği görülmüştür.

6.Yapılarda meydana gelen görelî kat ötelenmesi oranı hastane gibi yapılarda çok önemli bir yapı deprem davranışı parametresi olarak değerlendirilmektedir. Sağlık Bakanlığının yayınladığı bildiri (2013/3) hastane binalarında meydana gelebilecek maksimum görelî kat ötelenmesi oranının % 0,5 değerini aşmaması gerektiği belirtilmiştir. Sonuç olarak izolatörlü yapılarda görelî kat ötelenmesin ankastrelî mesnetli yapılardan daha küçük değerler aldığı görülmüştür. 6-katlı bir hastane binası için kurşun çekirdekli kauçuk izolatör, 12-katlı bir hastane binası için sürtünmeli sarkaç izolatörün her iki yönde görelî kat ötelenmesi açısından daha iyi deprem davranışı sergilediği görülmüştür. 18-katlı bir hastane binası için sürtünmeli sarkaç izolatörün (x) yönünde görelî kat ötelenmesi açısından daha iyi deprem davranışı sergilediği görülmüştür. Yapılan analizler neticesinde, yapı modellerinin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu meydana gelen maksimum görelî kat ötelenme oranı değeri % 0,5 'i sadece 12 ve 18 katlı yapıların ankastre mesnetli olanları geçmiş bulunmaktadır. Bütün izolatörlü yapı modellerin istenilen düzeyde görelî kat ötelenmelerine sahip olduğu görülmektedir

7.Hastane binalarının tasarımında perde kullanımı her ne kadar görelî kat ötelenmesini azaltsa da yapının kat ivme değerini yükseltmiştir. Dolayısıyla sismik izolasyonlu hastane yapılarında perde kullanımı optimizasyon yöntemi ve deneme yanılma yöntemi ile projeye dahil edilmeli, yapı öncelikle çerçevesiz sistem olarak tasarlanıp perde elemanları projeye sonradan dahil edilmelidir.

8.Her iki izolatör türünün de birbirlerine karşı avantajları ve dezavantajları vardır. Görelî kat ötelenmesi oranı, iç kuvvetler ve kat ivmeleri açısından değerlendirildiğinde sürtünmeli sarkaç izolatörün hastane yapıları için daha uygun ve kullanışlı olduğu görülmektedir.

9.Analitik olarak gerçekleştirilen bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlara bakılarak, doğru tasarlanmış sismik izolasyonlu yapıların depreme karşı etkin bir performans gösterdiği anlaşılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Aldemir, Ü., 1994, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Aktif Kontrolün Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Ayhan, O., 2006, Binaların Depreme Karşı Güçlendirilmesinde Klasik Yöntem İle Sürtünmeli Sarkaç Sistemlerin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- ASCE 7-10, 2010, "Minimum design loads for buildings and other structures", *American Society of Civil Engineers*", Amerika
- Batur, M.E., 2005, Standart Yapılarda Sismik İzolasyon, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze
- Canbay ve ark.,2010, "Binalar İçin Deprem Mühendisliği Temel İlkeleri", *Odtü Yayınevi*, Ankara
- Castaldo, P., Palazzo, B. ve Vecchiha, P.D., "Seismic reliability of base-isolated structures with friction pendulum bearings", *Dept. of Civil Engineering University of Salerno via Giovanni Paolo II*, 80-93, 2015.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N.,2004, " Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", *Beta Dağıtım*, İstanbul,34-36
- Çağlar Camgöz, M., 2002, Taban İzolasyonlu Sistemler, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul,
- Demir, S., 2008, Sismik İzolasyon Sistemleriyle Yapıların Tasarımı ve Mevcut Bir Yapıya Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi ,Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya
- Düzel, E., 2010, Düşeyde rijitlik düzensizliği bulunan çerçevelerin sönüm elamanları ve çelik çaprazlar ile rehabilitasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde
- Doğru, A., 2014, Hastane Binasının Sismik İzolatörlerle Depreme Dayanıklı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- FEMA-356,2000, "Prestandart and commentary for seismic rehabilitation of buildings", *Federal Emergency Management Agency, US*,
- Güner, G., 2012, Bir hastane yapısının klasik yöntemle ve sismik izolatör kullanılarak tasarımının dinamik yönden karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Karakurt, P., 2015, Sismik İzolatörlü Binalarda Kat Adeti Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde
- Kaymaz , K.,2017, " Türkiye'deki Depreme Dayanıklı Yapıların Sismik İzolasyon Tiplerinin İncelenmesi", *Bilim ve Gençlik Dergisi*, ISSN:2148-0273, Tunceli, 1-10

- Kelly, J.M., 1998, “Seismic Isolation of Civil Building in the USA”, *Construction Research Communication Limited*, San Francisco, 1(3):279-285
- Keskin, T., 2005, Betonarme Bir Binanın Tasarımında Taban İzolasyonunun Bina Maliyetine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Kök, S., 2014, Depreme Dayanımı için Sismik İzolasyon Sistemleri Kullanımı ve Türkiye’deki Uygulamalarının Analizi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Kumar, M., 2016, “Modelin Seismic Isolators in SAP2000”, *Research Communication of Science State University*, New York, 20-24
- Murat, E., 2007, Binaların Tabanlarına Elastomer Mesnetler Yerleştirilerek Sismik Yalıtım Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Mum, E., 2006, Betonarme Köprülerde Sismik İzolasyon Etkisinin İncelenmesi Ve Bir Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Naeim, F. and Kelly, J.M., 1999, “Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice”, *John Willey & Sons, Inc*, New York, ISBN: 978-0471149217, 12-100, 1999
- SAP2000, Integrated software for structural analysis and design: Computers and Struct. Inc. Berkeley, California
- Sansarcı, E., 2002, Yapısal Kontrol Sistemleri ve Sıvı Sönümleyicilerin Yapılarda kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- SeismoMatch program (tutorial), 2016 post tensioning 32-bit, Version 14.2.0, earthquake correct data
- Sevim, E., 2016, Sismik İzolatörlerin Bina Türü Yapıların Dinamik Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Soyluk, A., 2010, Sismik taban izolatörü kullanımının mimari tasarıma etkisi, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, s. 21-100, 2010.
- Şengel, H.S., Erol, H. ve Yavuz, E., (2009). Sismik İzolasyon Tekniği ve Kullanılışına İlişkin Örnek Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir
- Şirin, S. ve Boduroğlu, H., “Sürtünme sönümlü elemanlı betonarme sistemlerin sismik performansı”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, İstanbul, 9(6), 169-177, 2010.

- Öztürk, B.K., 2007, Yapısal Kontrol Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Taban İzolatörlerinin Betonarme Bir Binaya Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya
- Özdemir, S., 2016, “Bina Tipi Yapılarda Sismik İzolasyon Etkinliğinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara
- Pekgökgöz, K.,2007, Sismik Taban Yalıtım Sistemi Uygulanmış Bir Binada Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi , *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- TDY, 2007, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Türkiye”, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü*,Ankara
- Tezcan, S.S., Erkal, A., 2002, " Seismic Base Isolation and Energy Absorbing Devices ", *Yüksek Öğretim Eğitim ve Arastırma Vakfı Yayınları*, Yayın No: KT 005 / 02, İstanbul
- Türkiye Sağlık Bakanlığı, 2013, “Deprem Yalıtımlı olarak İnşaa Edilecek Yapılara Ait Proje ve Yapım İşlerinde Uyulması Gereken Asgari Standartlar”, *Sağlık Bakanlığı Yayınevi*, 2013(3), 1-7
- Toprak, T., 2012, Burulma Düzensizliği Olan Yapılarda Sismik İzolasyon Kullanımının Deprem Yükleri Altındaki Davranışa Olan Etkisi, Yüksek Lisans Tezi , *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, , İstanbul
- Urgu, M.İ., 2006,Sismik İzolasyonlu yapıların tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir
- TS -500, 2000, “Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara,
- TBDY,2018 “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü* , Ankara
- Tolay, A., 2006. Sismik İzolasyon Sistemlerinin ,Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web Uygulaması (online), Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, <https://deprem.afad.gov.tr> [Ziyaret Tarihi: 24 Mayıs 2019].
- Yücesoy, A., 2005, Sismik İzolatörler ile Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antakya
- Zekioğlu, A., Darama, H., Erkuş, B., 2009, “Performance-Based Seismic Design of a Large Seismically Isolated Structure”, *SEAOC 2009 Convention Proceedings*, California,95-97

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hakan Abdulhamit Türk

Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti

Doğum Yeri ve Tarihi : Bayburt/25.05.1993

E-mail/İletişim : turkhakan567@gmail.com /+90 507 631 32 45

EĞİTİM

Derece		Bitirme Yılı
Lise	: Karatay Fen lisesi /Konya	2011
Üniversite	: Gazi Üniversitesi/Ankara	2016

UZMANLIK ALANLARI

Üst Yapı Saha Mühendisi

Alt Yapı Saha Mühendisi

Yapı Tasarım Mühendisi

YABANCI DİLLER

-İngilizce

YAYINLAR

Çok Katlı Betonarme Yapılarda Farklı Sismik İzolatölerin Deprem Davranışına Etkisi
(Yüksek Lisans Tezinden yapılmıştır)