T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİ ANKRAJ ELEMANLARI'NIN DEPREM ETKİSİ ALTINDA DAVRANIŞLARININ İRDELENMESİ

ÖZGÜN BOZKURT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2014

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİ ANKRAJ ELEMANLARI'NIN DEPREM ETKİSİ ALTINDA DAVRANIŞLARININ İRDELENMESİ

ÖZGÜN BOZKURT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. YASİN FAHJAN

GEBZE
2014

T.R.

GEBZE INSTITUTE OF TECHNOLOGY

GRADUATE SCHOOL OF ENGINEERING AND SCIENCES

INVESTIGATION OF CURTAIN WALL SYSTEMS ANCHOR ELEMENTS' BEHAVIOUR UNDER EARTHQUAKE EFFECT

ÖZGÜN BOZKURT

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF EARTHQUAKE AND STRUCTURE ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR

DOÇ. DR. YASİN FAHJAN

GEBZE

2014

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ	**YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU**

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 03.11.2014 tarih ve 2014/61 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 10.11.2014 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Özgün BOZKURT'un tez çalışması Deprem ve Yapı Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Yasin FAHJAN

ÜYE : Prof. Dr. Bülent AKBAŞ

ÜYE : Doç. Dr. Eren UÇKAN (Boğaziçi Üniversitesi)

ONAY

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Geçmiş depremler göstermiştir ki, günümüzde kullanımı gittikçe artan giydirme cephe sistemlerinin yanlış tasarlanması insan hayatını ciddi anlamda tehlikeye sokmaktadır. Bu tez kapsamında, bu kadar çok kullanılan bir sistemin doğru tasarlanmasının önemi vurgulanmış ve giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarının deprem performanslarının incelenmesi hedeflenmiştir.

Bu tez çalışmasında, 30 katlı düzenli bir betonarme yapı dikkate alınmış ve bu yapı için iki farklı model oluşturulmuştur. Birinci modelde, giydirme cephe sistemi ölü yük olarak bina dış çerçevesine etki ettirilmiştir. İkinci modelde ise, giydirme cephe sistemi ve ankraj elemanları da modellenmiş ve bu detaylı modelden elde edilen sonuçlar gerçeğe en yakın sonuçlar olarak kabul edilmiştir. Bu sonuçlarla ve birbirleri ile karşılaştırılan şartnameler: Türk Deprem Yönetmeliği [TDY, 2007], İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği [İYYDY, 2008], Federal Emergency Management Agency [FEMA, 2003] ve European Standard [EUROCODE, 2004]. Bu çalışmada, İYYDY'de yer alan zaman tanım alanında analiz ve deprem spektrumu analiz yöntemleri kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında, giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarına tasarım aşamasında etki ettirilmesi gereken sismik kuvvet için, detaylı (tam) modelden elde edilen gerçeğe en yakın sonuçlara en fazla yaklaşan şartname İYYDY'dir. Ancak, bu sonuçlar gerçeğe en yakın sonuçlardan daha küçük değerlere sahip olduğundan güvenli olmayan bölgede yer almaktadır. Güvenli bölgede kalarak, gerçeğe en yakın sonuçlara en fazla yaklaşan şartname ise TDY'dir. Yine güvenli bölgede kalarak, gerçeğe en uzak değerlere sahip şartname ise FEMA'dır. Bu gerçeğe en yakın değerlere güvenli bölgede kalarak, İYYDY Şartnamesi en fazla 25. ve 30. katlar arasında %70 oranında yaklaşmış, EUROCODE Şartnamesi ise hemen hemen bütün katlarda yaklaşık %50 oranında yaklaşabilmiştir. Bu sonuçlar göstermiştir ki, giydirme cephe sistemleri ankraj elemanlarına tasarım aşamasında etki ettirilmesi gereken sismik kuvvet için en iyi önermeyi yapan şartname TDY'dir.

Anahtar Kelimeler: Giydirme Cephe Sistemleri Ankraj Elemanları, Zaman Tanım Alanında Deprem Analizi, Giydirme Cephe Deprem Performansı Tasarım Şartnameleri.

SUMMARY

Past earthquakes have shown that wrong design of the curtain wall systems, which have increasing use day by day, seriously endangers human life. In this thesis, importance of correct design of such a system widely used is emphasized, and investigation of the curtain wall systems anchor elements' earthquake performances is aimed.

In this thesis, a regular 30-storey reinforced concrete building is considered, and two different models are created for this structure. In the first model, the curtain wall system is applied to the outer frame of the building as dead load. In the second model, however, it and its anchor elements are modeled and the results, which are obtained from this second detailed model, are accepted as results of closest to the truth. Specifications that are compared with these outcomes and each other; Turkish Earthquake Code [TDY, 2007], Istanbul High-Rise Building Earthquake Regulation [IYYDY, 2008], Federal Emergency Management Agency [FEMA, 2003], European Standard [EUROCODE, 2004]. In this study, time history analysis method and seismic spectrum analysis method, which IYYDY contains, are used.

According to the results obtained, for seismic force to be applied to the curtain wall systems anchor elements at the design stage, the approaching maximum regulation to the actual results that are obtained from the detailed model is IYYDY. These IYYDY's outcomes don't take place in safe zone. Because, these outcomes are smaller than actual results. On the other hand, the approaching maximum regulation to the actual results by staying in safe zone is TDY. The regulation that has the most distant values to the actual results again by staying in safe zone is FEMA. IYYDY is approaching, at most, %70 to the actual results between twenty-fifth and thirtieth floors by staying in safe zone. EUROCODE is approaching %50 to the actual results in almost all floors. These results show that, the best regulation, which makes the best proposition for seismic force to be applied to the curtain wall systems anchor elements at the design stage, is TDY.

Key Words: Curtain Wall Systems Anchor Elements, Time History Earthquake Analysis, Curtain Wall Systems' Design Codes about Earthquake Performance.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasını oluşturmamda ve yüksek lisans eğitimimde büyük katkıları olan danışmanım Doç. Dr. Yasin FAHJAN'a,

Bana giydirme cephe konusunda çok şey öğreten, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Hasan BAHADIR'a,

Ve destekleri ile hep yanımda hissettiğim aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	vii
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLOLAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	2
2. GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİ	5
2.1. Çubuk Giydirme Cephe Sistemi	6
2.2. Panel Giydirme Cephe Sistemi	12
2.3. Transparan (Planer) Giydirme Cephe Sistemi	15
3. GİYDİRME CEPHE SİTEMLERİNİN TASARIMINDA KULLANILAN ŞARTNAMELER	19
3.1. Türk Deprem Yönetmeliği, 2007	19
3.2. İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği, 2008	22
3.2.1. Tasarımda Kullanılacak Deprem Yükü	24
3.2.2. Yer Değiştirmelerin Sınırlandırılması	26
3.3. EUROCODE - 8 Şartnamesi	26
3.4. FEMA - 450 Şartnamesi	28
3.4.1. Tasarımda Kullanılacak Deprem Yükü	28
3.4.2. Yer Değiştirmelerin Sınırlandırılması	29
3.4.3. Performans Hedefleri	29
3.5. Yeni Zelanda Şartnamesi, NZS - 1170.5	32
3.6. Japonya Şartnamesi, JASS - 14	33
3.7. Şartnamelerin Karşılaştırılması	34
3.8. Analiz Metotları	35
3.8.1. Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi	35

3.8.2. Deprem Spektrumu Analiz Yöntemi 36
4. UYGULAMA 37
4.1. Yapı Bilgileri 37
4.1.1. Yapı Taşıyıcı Sistemi 37
4.1.2. Yapı Yükleri 38
4.2. Giydirme Cephe Sistemi Bilgileri 39
4.2.1. Giydirme Cephe Sistemi Eleman Yükleri 39
4.3. Sistem Modeli 42
4.4. Yapı Modeli - 1 Mod Şekilleri 44
4.5. Yapı Modeli 2'ye (Tam Model) Zaman Tanım Alanında Analiz Uygulaması 46
4.6. Türk Deprem Yönetmeliği, 2007 Uygulaması 49
4.7. İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği, 2008 Uygulaması 51
4.7.1. Zaman Tanım Alanında Analiz 52
4.7.2. Deprem Spektrumu Analizi 59
4.7.3. Yer Değiştirmelerin Kontrolü 68
4.8. EUROCODE - 8 Şartnamesi Uygulaması 71
4.9. FEMA - 450 Şartnamesi Uygulaması 74
4.10. Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi 76
5. SONUÇLAR 80

KAYNAKLAR 81
ÖZGEÇMİŞ 83

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kısaltmalar		**Açıklamalar**
a	:	Etkin yer ivmesi
A_e	:	Mimari elemana etkiyen en büyük ivme
A_0	:	Etkin yer ivmesi kat sayısı
a_p	:	Mimari elemana ait büyütme faktörü
B_e	:	Mimari elemana uygulanan büyütme katsayısı
$C(0)$	:	Etkin yer ivmesi katsayısı
C_{Hi}	:	Kat yüksekliği katsayısı
$C_i(T_p)$	:	Mimari elemana ait spektral ivme katsayısı
$C_p(T_p)$	:	Mimari elemana ait yatay tasarım katsayısı
C_{ph}	:	Mimari elemana ait yatay davranış katsayısı
C_{pv}	:	Mimari elemana ait düşey davranış katsayısı
C_{vd}	:	Mimari elemana ait düşey tasarım katsayısı
δ_a	:	Yapısal olmayan mimari elemanın önem faktörü
δ_e	:	Mimari elemanla ilgili göreli yer değiştirme
$\delta i_{max} / h_i$	:	Bina taşıyıcı sistemi için i' inci katta izin verilen en büyük göreli kat ötelemesi oranı
Δ_{Aa}	:	A yapı türü için izin verilebilir göreli kat ötelemesi değeri
D_p	:	Göreli kat ötelemesi
F_a	:	Sismik aktiviteden dolayı yapısal olmayan mimari elemana uygulanan yatay kuvvet
f_e	:	Mimari elemanın ağırlık merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_e	:	Mimari elemana etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_p	:	Mimari elemana etkiyen yatay sismik tasarım kuvveti
F_{ph}	:	Mimari elemana uygulanan yatay sismik tasarım kuvveti
F_{pv}	:	Mimari elemana uygulanan düşey sismik tasarım kuvveti
H	:	Bina yüksekliği
H_i	:	İlgili elemanın bina temeli üzerinden itibaren olan yüksekliği
H_N	:	Toplam bina yüksekliği

h	:	Bina toplam yüksekliği
h_i	:	Kat yüksekliği
h_{sx}	:	Kat yüksekliği
$h_{x,y}$	:	Mimari elemanın üst ve alt bağlantı noktalarının ilgili kat tabanından itibaren olan yüksekliği
I	:	Bina önem katsayısı
I_p	:	Mimari elemanın önem faktörü
k_e	:	Mimari elemanın bina taşıyıcı sistemine bağlantısının etkin rijitlik katsayısı
m_e	:	Mimari elemanın kütlesi
q_a	:	Yapısal olmayan mimari elemanın davranış faktörü
R_e	:	Mimari elemana uygulanan davranış katsayısı
R_p	:	Mimari elemana ait davranış faktörü, FEMA
R_p	:	Mimari elemana ait risk faktörü, NZS
S	:	Zemin faktörü değeri
Sa	:	Yapısal olmayan elemanlar için sismik katsayı
S_{D1}	:	1 sn periyotlu spektral davranış ivme parametresi
S_{DS}	:	Kısa periyot spektral ivme parametresi
S_{MS}	:	Göz önüne alınan zemin sınıfı için kısa periyotlu spektral ivme değeri
T_1	:	Yapının etkin yöndeki doğal titreşim periyodu
T_a	:	Yapısal olmayan elemanın doğal titreşim periyodu
T_e	:	Mimari elemanın bina taşıyıcı sistemine bağlantısına ilişkin doğal titreşim periyodu
T_{flx}	:	Mimari elemanın doğal titreşim periyodu için sınır koşul periyodu
T_p	:	Mimari elemanın doğal titreşim periyodu
W_a	:	Mimari elemanın ağırlığı
w_e	:	Mimari elemanın ağırlığı
W_p	:	Mimari elemanın ağırlığı
X	:	İlgili mimari elemanın üst bağlantı noktasının bina temeli üzerinden itibaren olan yüksekliği
Y	:	İlgili mimari elemanın alt bağlantı noktasının bina temeli üzerinden itibaren olan yüksekliği

z	:	İlgili mimari elemanın bina temeli üzerinden itibaren olan yüksekliği
AAMA	:	American Architectural Manufacturers Association
EUROCODE	:	Avrupa Şartnamesi
FEMA	:	Federal Emergency Management Agency
İYYDY	:	İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği
JASS	:	Japanese Architectural Standard Specification
NZS	:	New Zeland Standard
TDY	:	Türk Deprem Yönetmeliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:		Sayfa
1.1:	Giydirme cephe sistemindeki hasar, 1985 Meksico City Depremi.	3
1.2:	Cephe sisteminden ayrılan parçalar, 1994 Northridge Depremi.	3
1.3:	Giydirme cephe sistemindeki hasar-1, 2010 Chile Depremi.	4
1.4:	Giydirme cephe sistemi cam hasarı-2, 2010 Chile Depremi.	4
2.1:	Çubuk giydirme cephe sistemi güneş kırıcı ankraj detayı.	7
2.2:	Çubuk giydirme cephe sistemi kompozit ankraj detayı.	7
2.3:	Çubuk giydirme cephe sistemi, Gazi Osman Paşa Semt Konağı.	8
2.4:	Çubuk giydirme cephesi cam montajı aşaması, Gazi Osman Paşa Semt Konağı.	8
2.5:	Çubuk giydirme cephesi ankraj detayı, Gazi Osman Paşa Semt Konağı.	9
2.6:	Çubuk giydirme cephesi bitmiş görünüm, Gazi Osman Paşa Semt Konağı.	9
2.7:	Çubuk giydirme bombeli cephe ankraj detayı, Bağcılar Cem Evi.	10
2.8:	Çubuk giydirme bombeli cephe iç görünüş, Bağcılar Cem Evi.	10
2.9:	Çubuk giydirme bombeli cephe dış görünüş, Bağcılar Cem Evi.	11
2.10:	Çubuk giydirme düz cephesi bitmiş görünüm, Bağcılar Cem Evi.	11
2.11:	Panel giydirme cephe sistemi imalat aşaması.	12
2.12:	Panel giydirme cephe sistemi vinç ile montaj aşaması.	13
2.13:	Panel giydirme cephe sistemi bitmiş örneği – 1.	13
2.14:	Panel giydirme cephe sistemi bitmiş örneği – 2.	14
2.15:	Panel giydirme cephe sistemi bitmiş örneği – 3.	14
2.16:	Çelik gergi taşıyıcılı transparan cephe sistemi detayı.	15
2.17:	Cam kirişli transparan cephe sistemi.	16
2.18:	Çelik taşıyıcılı transparan cephe sistemi.	16
2.19:	Cam kolonlu transparan cephe sistemi.	17
2.20:	Çelik konstrüksiyonlu transparan cephe sistemi.	17
2.21:	Transparan cephe bitmiş örneği – 1.	18
2.22:	Transparan cephe bitmiş örneği – 2.	18
3.1:	TDY-2007, İYYDY-2008, EUROCODE-8, FEMA-450 ve	21

NZS-1170.5 Şartnameleri'nde önerilen sismik kuvvetin, cephe sistemi ankraj elemanına etkime şekli.
3.2: Cephe sistemine test için uygulanan hareket. 23
4.1: Zemin kat kalıp planı. 38
4.2: Giydirme cephe sistemi ön görünüş. 40
4.3: Giydirme cephe sistemi ankraj detayı – 1. 40
4.4: Giydirme cephe sistemi ankraj detayı – 2. 41
4.5: Yapı modeli 1–SAP2000 3D görüntüsü. 42
4.6: Yapı modeli 2 (tam model)–SAP2000 3D görüntüsü. 43
4.7: Yapı modeli - 1'in x yönündeki 1., 2. ve 3. mod şekilleri. 44
4.8: Yapı modeli - 1'in x yönündeki 4., 5. ve 6. mod şekilleri. 45
4.9: Yapı modeli - 1'in x yönündeki 7., 8. ve 9. mod şekilleri. 45
4.10: Yapı modeli 2’den zaman tanım alanında analiz yöntemine göre elde edilen sismik kuvvet grafiği. 49
4.11: TDY-2007’ye göre elde edilen sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçları karşılaştırma grafiği. 51
4.12: P0017 - İmperial Valley depremi, H-E12230 bileşenine ait kayıt. 52
4.13: P0898 - Northridge depremi, FA1095 bileşenine ait kayıt. 53
4.14: P0012 – İmperial Valley depremi, H-E12140 bileşenine ait kayıt. 53
4.15: P0020 – İmperial Valley depremi, H-BRA315 bileşenine ait kayıt. 53
4.16: P0856 – Landers depremi, ABY090 bileşenine ait kayıt. 54
4.17: P0859 – Landers depremi, BAK140 bileşenine ait kayıt. 54
4.18: P0730 – Superstitn Hills depremi, B-WSM090 bileşenine ait kayıt. 54
4.19: İYYDY-2008 zaman tanım alanında analiz yöntemine göre elde edilen sismik kuvvet sonuçları ile model 2’ye ait sonuçları karşılaştırma grafiği. 59
4.20: Newmark ortalama ivme yöntemine göre x doğrultusundaki P0017-İmperial Valley depremi için oluşturulan kat spektrumları. 60
4.21: Newmark ortalama ivme yöntemine göre y doğrultusundaki P0017-İmperial Valley depremi için oluşturulan kat spektrumları. 61
4.22: İYYDY-2008 deprem spektrumu analiz yöntemine göre elde edilen sismik kuvvetler ile model 2’ye ait sonuçları karşılaştırma grafiği. 68
4.23: EUROCODE-8 Şartnamesi ile model 2’den elde edilen sismik kuvvet sonuçlarını karşılaştırma grafiği. 74

4.24: FEMA-450 Şartnamesi ile model 2'den elde edilen sismik kuvvet sonuçlarını karşılaştırma grafiği. 76
4.25: Şartnamelerden elde edilen bütün sismik kuvvet sonuçlarının, model 2'den elde edilen sonuçlarla karşılaştırma grafiği. 79

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No:		Sayfa
3.1:	İYYDY-2008'e göre elemana ait büyütme ve davranış katsayıları.	24
3.2:	EUROCODE-8'e göre elemana ait davranış katsayıları.	27
3.3:	FEMA-450'ye göre elemana ait büyütme ve davranış katsayıları.	31
3.4:	NZS-1170.5'e göre elemana ait davranış katsayıları.	33
4.1:	Yapı modeli – 1'e ait etkin modlar.	44
4.2:	Yapı modeli 2'den x doğrultusundaki deprem için elde edilen sismik kuvvet sonuçları.	47
4.3:	Yapı modeli 2'den y doğrultusundaki deprem için elde edilen sismik kuvvet sonuçları.	48
4.4:	TDY-2007'ye göre elde edilen sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması.	50
4.5:	Analizde kullanılan yer hareketleri.	52
4.6:	Zaman tanım alanında analiz yöntemi ile bir yer hareketi için giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etkiyen sismik kuvvetler (x yönü).	56
4.7:	Zaman tanım alanında analiz yöntemi ile bir yer hareketi için giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etkiyen sismik kuvvetler (y yönü).	57
4.8:	İYYDY-2008 zaman tanım alanında analiz yöntemine göre elde edilen sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması.	58
4.9:	Deprem spektrumu analiz yöntemine göre x doğrultusundaki deprem için çelik ankraj profiline etkiyecek maksimum ortalama ivme değerleri.	62
4.10:	Deprem spektrumu analiz yöntemine göre x doğrultusundaki deprem için alüminyum ankraj profiline etkiyecek maksimum ortalama ivme değerleri.	63
4.11:	Deprem spektrumu analiz yöntemine göre y doğrultusundaki deprem için çelik ankraj profiline etkiyecek maksimum ortalama ivme değerleri.	64
4.12:	Deprem spektrumu analiz yöntemine göre y doğrultusundaki deprem için alüminyum ankraj profiline etkiyecek maksimum ortalama	65

ivme değerleri.
4.13: İYYDY-2008 deprem spektrumu analiz yöntemine göre çelik ankraj profiline etkiyecek sismik kuvvetler. 66
4.14: İYYDY-2008 deprem spektrumu analiz yöntemine göre alüminyum ankraj profiline etkiyecek sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması. 67
4.15: İYYDY-2008'e göre x doğrultusundaki deprem için göreli kat ötelemesi oranları. 69
4.16: İYYDY-2008'e göre y doğrultusundaki deprem için göreli kat ötelemesi oranları. 70
4.17: EUROCODE-8'e göre çelik ankraj profiline etkiyecek sismik kuvvetler. 72
4.18: EUROCODE-8'e göre alüminyum ankraj profiline etkiyecek sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması. 73
4.19: FEMA-450'ye göre elde edilen sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması. 75
4.20: Şartnamelerden elde edilen bütün sismik kuvvet sonuçlarının, model 2'den elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması. 78

1. GİRİŞ

Giydirme cephe sistemi, dünyada ilk olarak 19. yüzyıl başlarında, ülkemizde ise 20. yüzyıl ortalarından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Dünyada ve ülkemizde, teknolojiyle beraber kullanılan malzemelerin gelişmesi ve çeşitliliğinin artması, giydirme cephe sistemlerinin kullanımını olumlu yönde etkilemektedir. Giydirme cephe sistemi; hafifliği, estetik görünümü ve kolay montajı sayesinde, özellikle artan yüksek yapı stoku ile beraber, popülerliğini her geçen gün arttırmaktadır.

Bu kadar çok kullanılan bir sistemin doğru tasarlanması da oldukça önem arz etmektedir. Giydirme cephe sistemi tasarımında dikkat edilmesi gereken iki temel nokta vardır. Bunlar; cephe sisteminin deprem esnasındaki davranışı ve iç konforun sağlanması için önemli olan su-hava geçirimsizliği, rüzgar dayanımı, güneş kontrolü vb. konularıdır. Cephe sisteminin deprem sırasındaki davranışı hayati öneme sahiptir. Şekil 1.1, Şekil 1.2, Şekil 1.3 ve Şekil 1.4'de de gösterildiği gibi cephe sisteminden ayrılabilecek herhangi bir malzeme insan hayatını tehlikeye sokabilir. Dünyada daha önce gerçekleşmiş olan bazı depremler bu durumu ispat eder niteliktedir. Ayrıca, giydirme cephe sistemi tasarımı ve bina bağlantılarında yapılacak bir hata, giydirme cephe sisteminin bina iç konforunu sağlamak için sahip olması gereken özelliklerini olumsuz yönde etkileyecektir. Bu sebeplerden dolayı, uygulanacak olan giydirme cephe sisteminin doğru tasarlanması çok önemlidir. Özellikle yüksek yapılarda, giydirme cephe sistemi tasarımında cephe sistemine etkiyen deprem yükü büyük rol oynamaktadır. Ancak, giydirme cephe sistemine etkiyen sismik yüklerin hesaplanması ve değerlendirilmesi konusu ülkemizde ve dünyada pek fazla araştırma konusu olmamıştır. Buna rağmen, dünyada yapılmış birkaç çalışma da mevcuttur. Umberto Galli, doktora tezinde çeşitli şartnamelerde verilen cephe sistemine etkiyen sismik kuvvetleri karşılaştırmış, aralarındaki farkları anlatmıştır [Galli, 2011]. Ayrıca, gerçek bir cepheye uygulanan çeşitli testlerin (rüzgar dayanımı testi, su-hava geçirimsizlik testi vb.) sonuçları ile bilgisayar programında modellenen bir cephenin sonuçlarını karşılaştırmıştır. Bunun yanında, Raymond Ting makalesinde deprem esnasında katların yaptığı göreli kat ötelemesine cephe elemanlarının nasıl cevap verdiği konusunda iki farklı yaklaşımdan bahsetmektedir [Ting, 2004]. Ülkemizde ise bu konuda yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Yapılan araştırmalarda, giydirme

cephe sistemine etkiyen sismik yüklerden ziyade, daha çok giydirme cephe sistemlerinde kullanılan profiller, yapılan testler ve giydirme cephe sistemlerinin ülkemizdeki tarihçesi anlatılmaktadır. Gökhan Tığ, yüksek lisans tezinde piyasada kullanılan cephe profillerinin ne ölçüde ekonomik olduğunu araştırmıştır [Tığ, 2005]. Çiğdem Çelik, bildirisinde giydirme cephe sisteminin ülkemizdeki gelişiminden, sınıflandırılmasından ve montaj esnasında dikkat edilmesi gerekenlerden bahsetmiştir [Çelik, 2004]. Neslihan Onat Güzel, bildirisinde saydam cephelerin estetiğinden ve çeşitlerinden bahsetmiştir [Güzel, 2006].

Bu sınırlı sayıdaki çalışmaların yanında, ülkemizde giydirme cephe sistemlerini deprem testine sokabilen merkezler de bulunmaktadır. Özellikle giydirme cephe sistemlerinin ilk uygulamalarında görüldüğü gibi, elemanların hatalı ve aşırı rijit birleşimlerinden dolayı cephe sistemleri yaşanan depremler sonrası hasar görmüş, kırılmış ve göçmüştür. Ancak, daha sonra bu rijit birleşimlerden esnek birleşimlere dönülmesi ve cephe sistemlerinin uygulanmadan önce deprem testine tabi tutulabilmesi sayesinde bu hasarların önüne geçilebilmektedir.

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bu tez kapsamında, yüksek bir yapının giydirme cephe sistemine etkiyecek deprem kuvvetinin araştırılıp, İYYDY, TDY, FEMA ve EUROCODE Şartnameleri'nde önerilen sismik kuvvetlerle karşılaştırılması hedeflenmektedir [İYYDY, 2008], [TDY, 2007], [FEMA, 2003], [EUROCODE, 2004]. Amacımız, artan yüksek yapı stoku ve her geçen gün popülerleşen alüminyum giydirme cephe sistemleri için, cephe sistemi tasarımında dikkate alınacak deprem kuvvetlerinin önemini ve şartnamelere uygunluğunu vurgulamaktır.

Bu tez, ülkemizde pek fazla araştırılmamış olan giydirme cephe sistemleri ankraj elemanlarına etkiyen sismik kuvvetlerin hesaplanması ve değerlendirilmesi konusunda, gelecekte yapılacak olan çalışmalara ve cephe tasarımlarına ışık tutacaktır.

Tez içeriği; giydirme cephe sistemlerinin sınıflandırılması, farklı türdeki bileşenleri, farklı şartnamelerde önerilen ilgili tasarım kuralları ve bu şartnamelerin birbiri ile karşılaştırılması, farklı analiz metotları ve bu metotların örnek çok katlı yüksek bir bina modeli üzerinde uygulanması konularını kapsamaktadır.

Şekil 1.1: Giydirme cephe sistemindeki hasar, 1985 Meksico City Depremi.

Şekil 1.2: Cephe sisteminden ayrılan parçalar, 1994 Northridge Depremi.

Şekil 1.3: Giydirme cephe sistemindeki hasar-1, 2010 Chile Depremi.

Şekil 1.4: Giydirme cephe sistemi cam hasarı-2, 2010 Chile Depremi.

2. GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİ

Giydirme cephe sistemleri hafif olması, estetik görünümü, iç mekan konforunu arttırması, kendi kendini taşıyabilmesi, kolay ve hızlı montajı sayesinde ülkemizde ve dünyada her geçen gün kullanılabilirliğini arttırmaktadır. Giydirme cephe sisteminin dünyada ilk uygulandığı yer; 1820 yılında Philadelphia'daki iki katlı bir banka binasıdır. Giydirme cephe sisteminin kalıcı olarak uygulandığı ilk yapılar; 1890 yılında Chicago'da inşa edilen Auditorium Building ve 1891 yılında yine Chicago'da inşa edilen Monadnock binasıdır. Türkiye' deki ilk giydirme cephe uygulamaları; 1959 yılında Ankara'da yapılan Kızılay İşhanı ve 1973-1979 yılları arasında İstanbul' da yapılan Karayolları 17. Bölge Müdürlüğü Binası'dır [Sezer, 2003]. Giydirme cephe kavramı, tarihten günümüze teknolojinin ilerlemesiyle birlikte gelişimini sürdürmüş ve kullanım alanlarını genişletmiştir. Özellikle giydirme cephe sistemi, alüminyum metalinin bu alanda kullanılmasıyla beraber popülerliğini oldukça arttırmıştır.

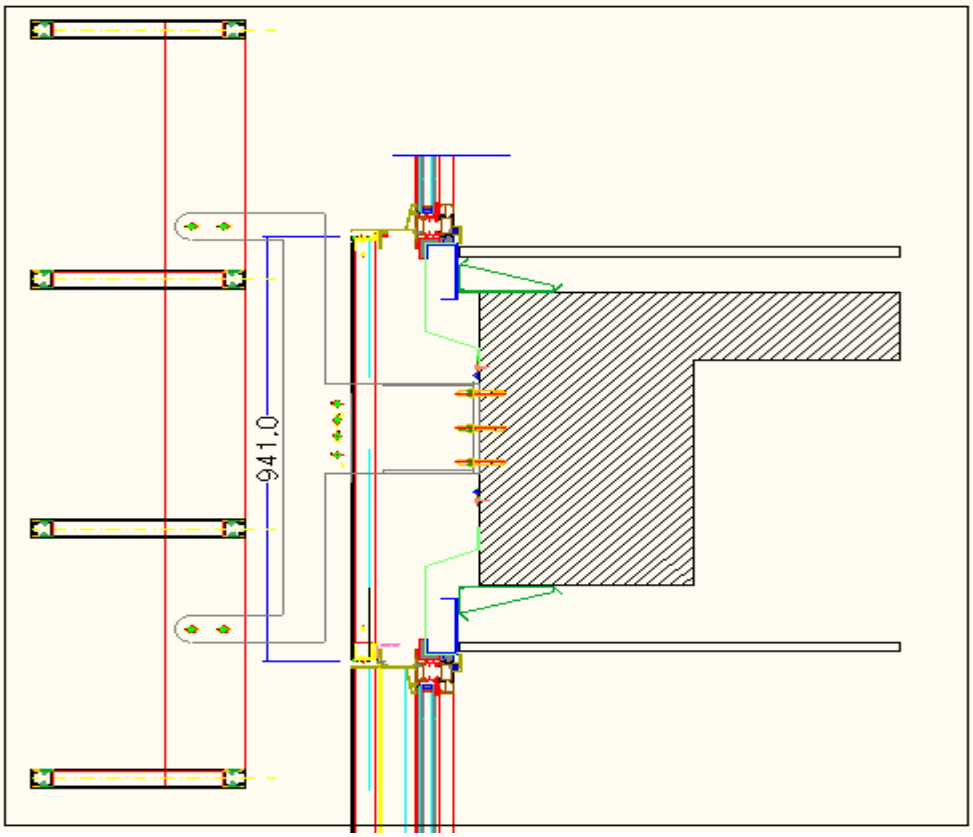
Giydirme cephe sistemi çeşitli bileşenlerden oluşur. Bu bileşenler; genellikle cephe sisteminin altındaki taşıyıcı konstrüksiyonu oluşturan profilleri, bu profillerin yapıya bağlanmasını sağlayan ankraj elemanlarını ve son olarak bu taşıyıcı profillerin üzerine monte edilen, bina estetiğini yansıtacak bir malzemeyi (cam, kompozit, prekast, seramik vb.) kapsar. Bütün bu elemanlar bir araya gelerek, su-hava geçirimsizliği, güneş yoğuşması kontrolü gibi testlere tabi tutulduğunda, bunları başarıyla geçmesi ve iç mekan konforunu arttırması gerekir. Rick Quirouette ve Ken Brenden makalelerinde bu test kurallarından ve bağlantıların hangi özelliklere sahip olması gerektiğinden bahsetmişlerdir [Web 1, 2014], [Web 2, 2014]. Bir giydirme cephe sistemindeki en önemli bileşen taşıyıcı profillerdir. Çünkü bu taşıyıcı profiller, cephe sisteminde sünek davranış göstermesi gereken ve en önemlisi deprem esnasında bina katlarının yaptığı hareketlere, deplasmanlara uyum sağlaması gereken bileşenlerdir. Özellikle alüminyumun bu sektörde kullanılmasıyla beraber, giydirme cephe sistemleri esnek davranış gösterebilmekte, kat hareketlerine uyum sağlayabilmekte ve gelen sismik kuvvetleri karşılayabilmektedir. Bir giydirme cephe sisteminde kullanılan, taşıyıcı profillere bağlanan, estetik görünümü sağlayan ve iç ortam ile dış ortam arasında filtre görevi gören cam, prekast, seramik vb. malzemeler daha rijit elemanlardır. Bu elemanlardan beklenenler; su-hava geçirimsizliğini, güneş

kontrolünü sağlamaları ve deprem esnasında üzerlerinde oluşabilecek gerilmeyi güvenli bir biçimde taşıyıcı profillere aktarmalarıdır. Cephe sistemindeki taşıyıcı profillerin binaya monte edilmesinde çok rijit bağlantı ve birleşimlerden kaçınılmalıdır. Çünkü herhangi bir deprem esnasında giydirme cephe sistemi, bina katları ile uyumlu hareket etmelidir.

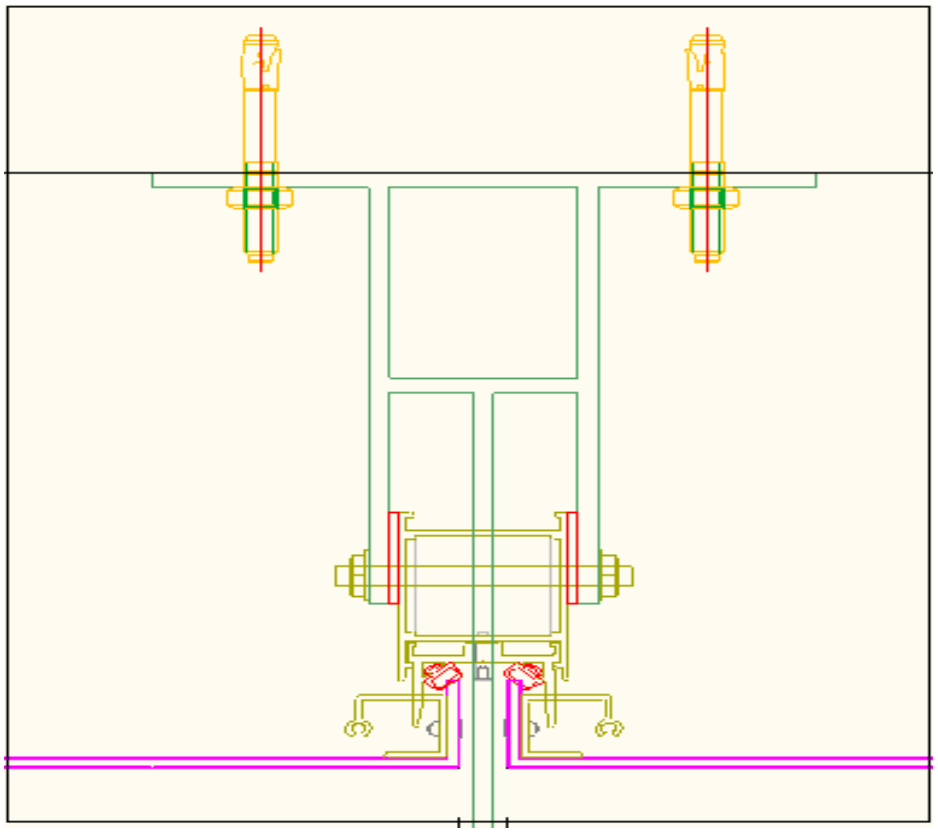
Giydirme cephe sistemi, özellikle ülkemizde yüksek yapıların artmasıyla beraber, çokça tercih edilmektedir. Bu sistemleri kullanım sıklığına bağlı olarak üç ana başlık altında sınıflandırabiliriz. Bunlar; çubuk giydirme cephe sistemi, panel giydirme cephe sistemi ve transparan (planer) giydirme cephe sistemidir.

2.1. Çubuk Giydirme Cephe Sistemi

Çubuk giydirme cephe sistemi, kolay ve hızlı monte edilebilmesi sayesinde en çok kullanılan giydirme cephe sistemlerinin başında gelmektedir. Taşıyıcı profiller, genellikle hafif olması ve esnekliği sebebiyle alüminyum profillerden tercih edilir. Bu taşıyıcı profiller, cephe sistemi projesine uygun olarak fabrika veya atölyede kesilir, hazırlanır ve bağlantı elemanları (dilatasyon profili, klips, civata, vida vb.) ile beraber şantiyeye sevk edilir. Şantiyeye gelen bu profiller, daha önceden kat döşemelerine veya taşıyıcı elemanlara bağlanmış ankraj profillerine montelenir. Profiller de bağlandıktan sonra siparişi verilen camlar şantiyeye gelir ve cam montajı da yerinde yapılır. Cam haricinde projede prekast, kompozit gibi farklı bir malzeme de kullanılmış olabilir. Bu malzeme de şantiyeye getirilir ve şantiyede profillere montajı yapılır. Bu sistem, hafif profillerden ve kolay bağlantılardan oluştuğu için, kalabalık bir ekip ile birlikte hızlı bir şekilde kısa sürede tamamlanır ve ekonomik tasarruf sağlayabilir. Ancak, uygulama şantiyede yapıldığından dolayı, şantiye şartlarının olumsuz etkilerinden zarar görebilir. Yine de, çabuk montajı sayesinde çok tercih edilir.



Şekil 2.1: Çubuk giydirme cephe sistemi güneş kırıcı ankraj detayı.



Şekil 2.2: Çubuk giydirme cephe sistemi kompozit ankraj detayı.

Şekil 2.3: Çubuk giydirme cephe sistemi, Gazi Osman Paşa Semt Konağı.

Şekil 2.4: Çubuk giydirme cephesi cam montajı aşaması, Gazi Osman Paşa Semt Konağı.

Şekil 2.5: Çubuk giydirme cephesi ankraj detayı, Gazi Osman Paşa Semt Konağı.

Şekil 2.6: Çubuk giydirme cephesi bitmiş görünüm, Gazi Osman Paşa Semt Konağı.

Şekil 2.7: Çubuk giydirme bombeli cephe ankraj detayı, Bağcılar Cem Evi.

Şekil 2.8: Çubuk giydirme bombeli cephe iç görünüş, Bağcılar Cem Evi.

Şekil 2.9: Çubuk giydirme bombeli cephe dış görünüş, Bağcılar Cem Evi.

Şekil 2.10: Çubuk giydirme düz cephesi bitmiş görünüm, Bağcılar Cem Evi.

2.2. Panel Giydirme Cephe Sistemi

Panel giydirme cephe sistemi, çubuk sistemden sonra en çok tercih edilen ikinci giydirme cephe sistemidir. Bu sistemde, bir kat yüksekliğindeki ve tercihe göre 1, 2, 3... aks aralığındaki cephe elemanları fabrikada veya atölyede toplanır. Atölyede cephe projesine uygun olarak taşıyıcı profiller birleştirilir. Daha sonra, kullanılan malzeme (cam, kompozit, prekast vb.) profillere bağlanır. Atölyede birbirine bağlanan bu elemanlar, şantiyeye hazır bir panel şeklinde getirilir. Panelin ağırlığı, çubuk sistemden farklı olarak, fazla olduğundan mekanik bir yöntemle (vinç vb. ile) yerine kaldırılır. Yerine kaldırılan panel, az sayıda insanla daha önce kat döşemelerine veya taşıyıcı elemanlara monte edilen ankraj profillerine bağlanır. Bu sistemin en büyük avantajı, cephe elemanlarının birleşimi atölye veya fabrika ortamında yapıldığından hata yapma olasılığı çok azdır.

Şekil 2.11: Panel giydirme cephe sistemi imalat aşaması.

Şekil 2.12: Panel giydirme cephe sistemi vinç ile montaj aşaması.

Şekil 2.13: Panel giydirme cephe sistemi bitmiş örneği – 1.

Şekil 2.14: Panel giydirme cephe sistemi bitmiş örneği – 2.

Şekil 2.15: Panel giydirme cephe sistemi bitmiş örneği – 3.

Yukarıdaki fotoğraflar çeşitli internet sitelerinden alınmıştır [Web 3, 2014], [Web 4, 2014].

2.3. Transparan (Planer) Giydirme Cephe Sistemi

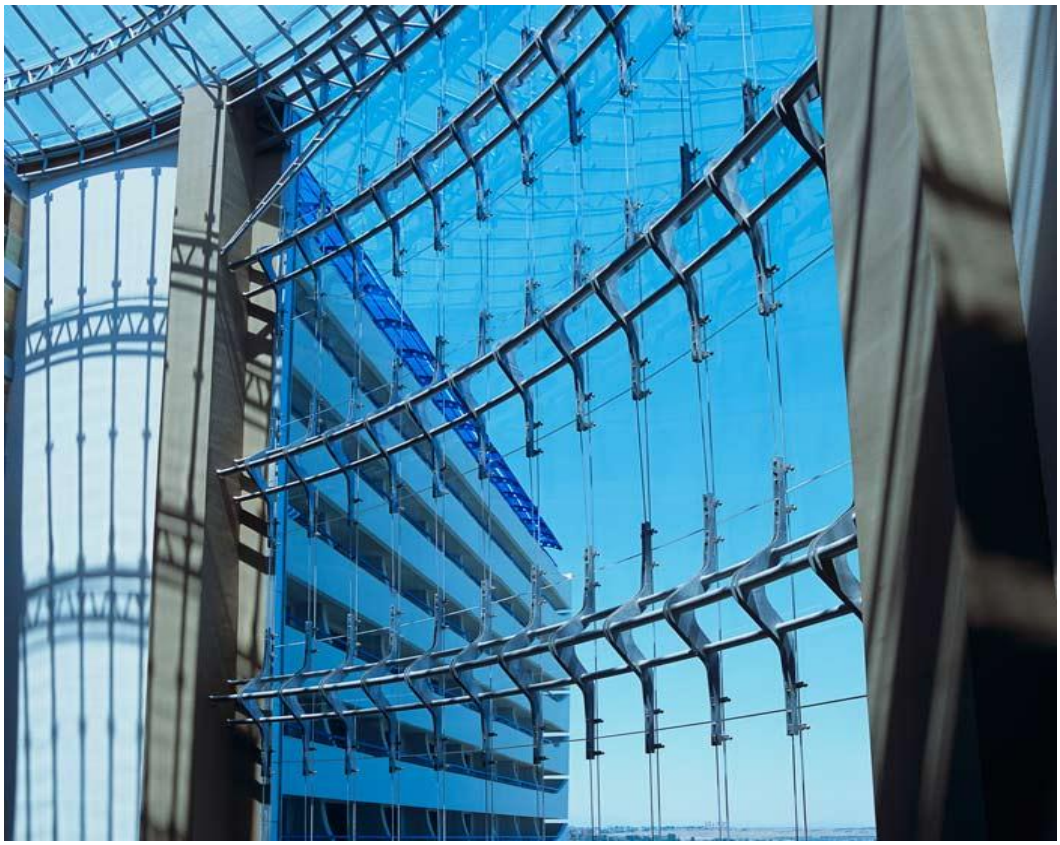
Transparan giydirme cephe sistemi, çubuk ve panel giydirme cephe sistemlerinden daha az tercih edilmektedir. Bu sistem, saydamlığın önemli olduğu ve farklı tasarlanmış taşıyıcı sistemlerin kullanıldığı projelerde uygulanmaktadır. Transparan giydirme cephe sistemi, estetik görünümün ön planda olduğu çerçevesiz bir cam cephe tekniğidir. Diğer cephe sistemlerinden farkı, alt taşıyıcı sisteminin alüminyum profillerden değil, cam veya paslanmaz elemanlardan oluşmasıdır. Cam, paslanmaz çelik veya epoksi boyalı demir, taşıyıcı konstrüksiyon üzerine paslanmaz 4'lü, 3'lü, 2'li, 1'li çelik bağlantı elemanları ve paslanmaz rotiller ile monte edilmektedir. Tutamaklar, camın üzerine gelen gerilmeyi alıp çelik konstrüksiyona iletebilmek için, hareket edebilen başlıklardan imal edilmektedir. Transparan giydirme cephe sisteminde uygulanan cam rengi şeffaftır. Bu sayede, hem içeriden hem dışarıdan bakıldığında cepheye zengin ve estetik bir görünüm sağlar. Bu sistemin uygulama alanları daha çok alışveriş merkezleri ve mağazalardır. Modern cephelerde vazgeçilmez bir sistemdir.

Şekil 2.16: Çelik gergi taşıyıcılı transparan cephe sistemi detayı.

Şekil 2.17: Cam kirişli transparan cephe sistemi.

Şekil 2.18: Çelik taşıyıcılı transparan cephe sistemi.

Şekil 2.19: Cam kolonlu transparan cephe sistemi.



Şekil 2.20: Çelik konstrüksiyonlu transparan cephe sistemi.

Şekil 2.21: Transparan cephe bitmiş örneği – 1.

Şekil 2.22: Transparan cephe bitmiş örneği – 2.

Yukarıdaki fotoğraflar çeşitli internet sitelerinden alınmıştır [Web 5, 2014], [Web 6, 2014], [Web 7, 2014], [Web 8, 2014].

3. GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN TASARIMINDA KULLANILAN ŞARTNAMELER

Ülkemizde ve dünyada, giydirme cephe sistemlerinin tasarım kurallarını içeren çeşitli şartnameler mevcuttur. Bu şartnamelerde yer alan ve önerilen tasarım kuralları bir hedef doğrultusunda kararlaştırılmıştır. Bu hedef; giydirme cephe sistemine sahip herhangi bir yapının, deprem esnasında göstereceği davranış ve yapacağı deplasmanlar sırasında, yapıya bağlanmış olan yapısal olmayan cephe elemanlarının bu deplasmanları ve deprem kuvvetlerini herhangi bir göçme olmadan ve can güvenliği için bir tehlike arz etmeden karşılamasıdır. Bu hedef doğrultusunda belirlenen, giydirme cephe sistemleri ile ilgili tasarım kurallarına sahip şartnamelerden bazıları; Türk Deprem Yönetmeliği [TDY, 2007], İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği [İYYDY, 2008], Avrupa Şartnamesi [EUROCODE, 2004], Amerikan Şartnamesi [FEMA, 2003], Yeni Zelanda Standardı [NZS, 2004], Japonya Şartnamesi [JASS, 1996].

3.1. Türk Deprem Yönetmeliği, 2007

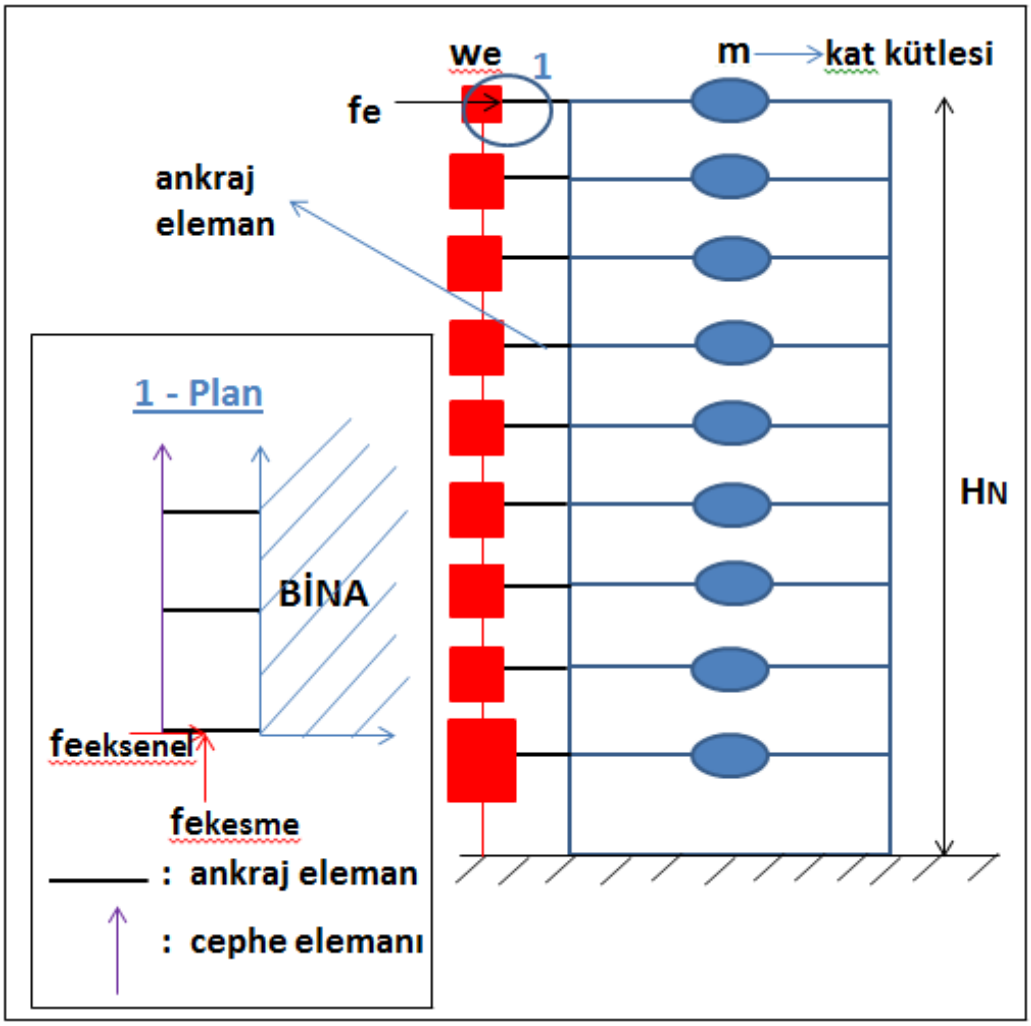
Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik–2007'de giydirme cephe sistemi elemanlarına etkiyecek sismik kuvvetle ilgili olarak açıkça bir bilgi verilmemiştir. Ancak yönetmelikte Bölüm 2.11'de, yapısal olmayan tüm mimari elemanlara uygulanacak ve bu elemanların bina taşıyıcı sistem elemanlarına bağlantılarının hesabında kullanılacak deprem kuvveti tanımı yapılmıştır. Dolayısıyla giydirme cephe sistemi, yapısal olmayan mimari elemanlar sınıfına girdiğinden, yönetmelikteki tanım kapsamında değerlendirilir. Bu tanım doğrultusunda, yönetmelikte tasarım için önerilen sismik kuvvet Denklem (3.1)'de verilmiştir.

$$f\mathrm{e} = 0.5 * Ao * I * we * \{1 + 2 * \left(\frac{Hi}{HN}\right)\} \tag{3.1}$$

Bu hesapla bulunan deprem yükü, yatay doğrultuda en elverişsiz iç kuvvetleri verecek yönde ilgili elemanın ağırlık merkezine uygulanır. Düşey konumda olmayan elemanlara, hesaplanan bu deprem yükünün yarısı düşey doğrultuda uygulanır.

- Ao = etkin yer ivmesi katsayısı
- I = bina önem katsayısı
- we = yapısal olmayan mimari eleman ağırlığı
- Hi = ilgili elemanın bina temeli üzerinden itibaren olan yüksekliği
- HN = toplam bina yüksekliği

Denklem (3.1)'de verilen formülde we ile ifade edilen yapısal olmayan mimari eleman ağırlıklarının binanın herhangi bir i' inci katındaki toplamının $0.2 * wi$'den büyük olması durumunda mimari eleman ağırlıklarının ve binaya bağlantılarının rijitlik özellikleri, bina taşıyıcı sisteminin deprem hesabında göz önüne alınacaktır.



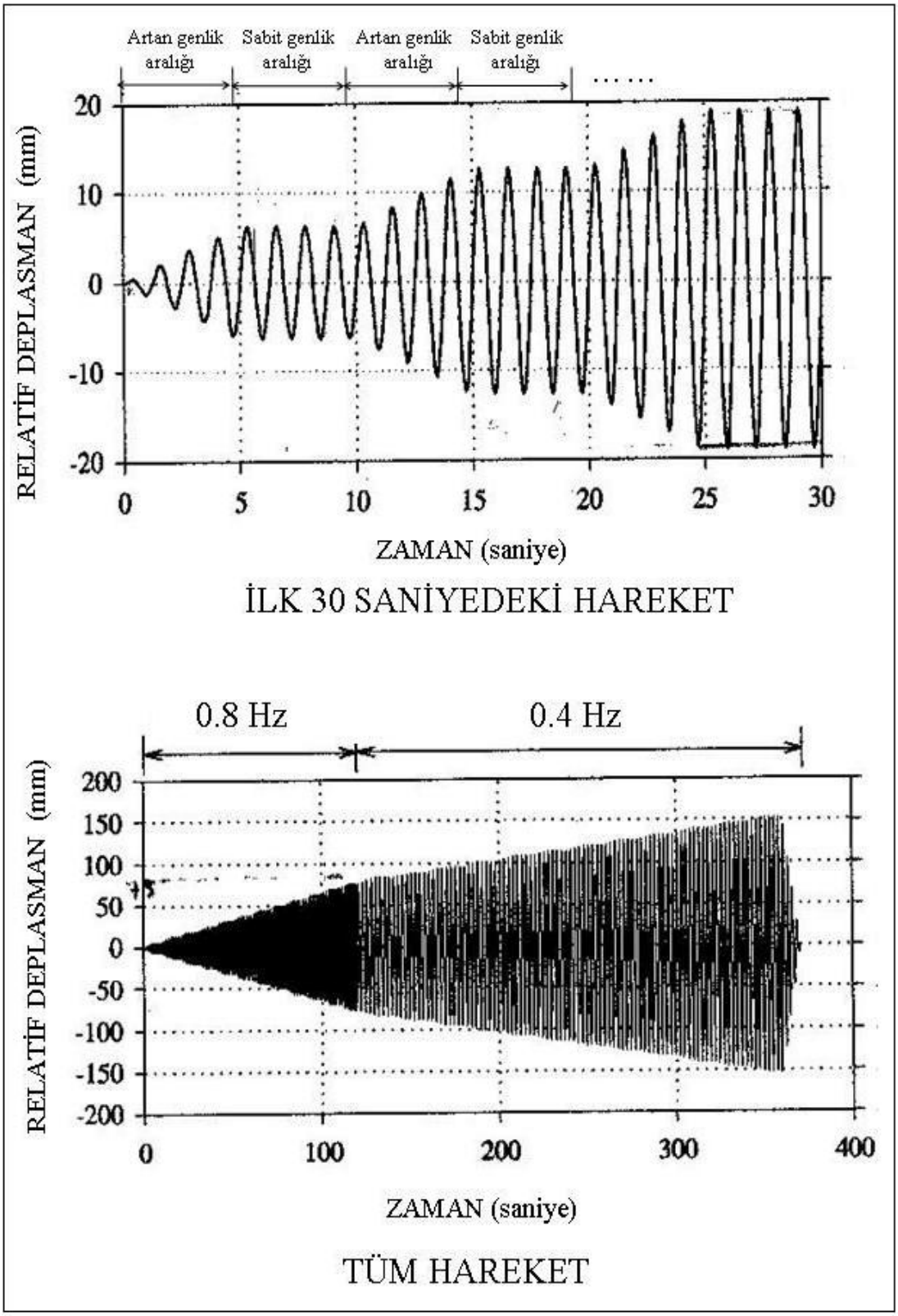
Şekil 3.1: TDY-2007, İYYDY-2008, EUROCODE-8, FEMA-450 ve NZS-1170.5 Şartnameleri'nde önerilen sismik kuvvetin, cephe sistemi ankraj elemanına etkime şekli.

Şekil 3.1'deki değişkenlerden;

- ***fe***: İYYDY-2008'de ***Fe***'ye, EUROCODE-8'de ***Fa***'ya, FEMA-450'de ***Fp***'ye ve NZS-1170.5'de ***Fph***'a eşittir.
- ***we***: İYYDY-2008'de ***me***'ye, EUROCODE-8'de ***Wa***'ya, FEMA-450'de ***Wp***'ye ve NZS-1170.5'de ***Wp***'ye eşittir.
- ***HN***: EUROCODE-8'de ***H***'a ve FEMA-450'de ***h***'a eşittir.

3.2. İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği, 2008

Yönetmelikte 5. Bölüm'de giydirme cephe sistemlerine ilişkin olarak, "Yapısal Olmayan Mimari Elemanlar ile Mekanik ve Elektrik Donanımların Tasarımına İlişkin Kurallar" başlığı altında, giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarına etki ettirilecek olan bir sismik kuvvet önerilmiştir. Bu sismik kuvvetin yanında, giydirme cephe sistemi elemanlarının deprem esnasında yapacağı hareketleri veya deplasmanları kontrol altında tutmak için yer değiştirme sınırlamaları getirilmiştir. Ayrıca bu yönetmelikte, giydirme cephe sistemlerinin deprem testlerine yönelik olarak deney şartlarını içeren bir bölüm de yer almaktadır. Bu bölüm, American Architectural Manufacturers Association yönetmeliğinden faydalanılarak oluşturulmuştur [AAMA, 2001]. İYYDY'de, giydirme cephe sistemi elemanlarını statik ve dinamik testlere tabi tutmak için çeşitli kurallar bulunmaktadır. Bu statik ve dinamik deprem deneylerinde, giydirme cephe sistemine uygulanacak hareketin frekansı göreli yer değiştirme-zaman diyagramı şeklinde verilmiştir. Bu hareket, giydirme cephe sistemi yönetmelikte yer alan deplasmanı yapıncaya kadar uygulanır. Daha sonra deney durdurulur ve cephe sistemi elemanlarının (cam, prekast, ankraj profili, taşıyıcı profil vb.) davranışları gözlemlenir.



Şekil 3.2: Cephe sistemine test için uygulanan hareket.

3.2.1. Tasarımda Kullanılacak Deprem Yükü

İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği, Türk Deprem Yönetmeliği'ne benzer olarak giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarına etki ettirilecek deprem kuvvetini, yapısal olmayan mimari elemanlar kapsamında ele almıştır. Bu kapsamda, yönetmelikte Bölüm 5.2'de tanımlanan deprem kuvveti Denklem (3.2)'de verilmiştir.

$$Fe = (me * Ae * Be)/Re \tag{3.2}$$

Bu formülde; me elemanın çalışır durumdaki kütlesini, Ae elemana etkiyen en büyük ivmeyi, Be elemanın büyütme katsayısını, Re ise eleman için tanımlanan davranış katsayısını ifade etmektedir. Yönetmelikte, çeşitli mimari elemanların yanında mekanik ve elektrik donanımlara da uygulanması gereken Be ve Re katsayıları için tablolar mevcuttur.

Tablo 3.1: İYYDY-2008'e göre elemana ait büyütme ve davranış katsayıları.

MİMARİ ELEMAN	Be	Re
Yapısal olmayan yığma iç duvarlar ve bölmeler	1.0	1.5
Yapısal olmayan diğer iç duvarlar ve bölmeler	1.0	2.5
Yanal desteği olmayan veya yanal desteği ağırlık merkezinin altında olan konsol elemanlar (parapetler, konsol iç duvarlar, bacalar vb.)	2.5	2.5
Yanal desteği ağırlık merkezinin üstünde olan konsol elemanlar (parapetler, konsol dış duvarlar, bacalar vb.)	1.0	2.5
Dış duvarlar ve bağlantıları	1.0	2.5
Ahşap paneller	1.0	1.5
Yapı sisteminden bağımsız çatı katları	2.5	3.5
Asma tavanlar	1.0	2.5
Depolama kabinleri ve laboratuvar ekipmanları	1.0	2.5
Ulaşım katları	1.0	1.5
Reklam panoları	2.5	2.5
Diğer rijit mimari elemanlar	1.0	2.5
Diğer esnek mimari elemanlar	**2.5**	**2.5**

Ayrıca yönetmelikte, Denklem (3.2)'de eleman veya donanıma etkiyen en büyük ivme değeri için (Ae), üç farklı analiz yöntemi verilmiş ve bu analizlerden elde edilecek en büyük Ae değerinin kullanılması önerilmiştir. Bu yöntemler;

- Yönetmelikte tanımlanan "Tasarım Aşaması 1 – A"'da bina taşıyıcı sistemi için yapılacak doğrusal (lineer) deprem analizi sonucunda, herhangi bir katta eleman veya donanımın bulunduğu yerde ilgili doğrultuda hesaplanan toplam ivme değeri, Ae olarak tanımlanabilir.
- Yine yönetmelikte tanımlanan "Normal Sınıf Binalarda Tasarım Aşaması 1 – B"'de veya "Özel Sınıf Binalarda Tasarım Aşaması 3"'de zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan (nonlineer) deprem analizi sonucunda, herhangi bir katta eleman veya donanımın bulunduğu yerde ilgili doğrultuda zaman tanım alanında yedi yer hareketi takımı için hesaplanan toplam ivmelerin ortalamalarının en büyüğü olan değer, Ae olarak tanımlanabilir.
- Eleman veya bağlantılarının kendi rijitlik ve kütlelerinin göz önüne alınması gereken özel durumlarda, elemanın bulunduğu yerde bir önceki yöntemde tanımlandığı gibi zaman tanım alanında elde edilmiş bulunan ivme fonksiyonundan yararlanılarak, kat spektrumunun ilgili ordinatı olarak elemanın Te doğal titreşim periyoduna karşı gelen spektral ivme, Ae olarak hesaplanabilir. Bu yöntem kullanılarak Ae hesaplanır ise, yukarıdaki tabloda eleman için verilen Be büyütme katsayısı 1 alınabilir. Te doğal titreşim periyodu, aşağıda Denklem (3.3)'de verilen formül kullanılarak hesaplanacaktır.

$$Te = 2 * \pi * \sqrt{(\frac{me}{ke})} \tag{3.3}$$

Denklem (3.2)'de hesaplanan deprem yükü, Denklem (3.4)'de verilen değerden daha küçük alınmayacaktır.

$$minFe = 0.3 * me * SMS * g \tag{3.4}$$

Eşdeğer deprem yükü, birbirine dik iki yatay deprem doğrultusunda ayrı ayrı olmak üzere, eleman veya donanımın ölü yükü, servis yükleri ve $\pm 0.2 * me * SMS * g$ büyüklüğünde düşey eşdeğer deprem yükü ile birlikte uygulanacaktır.

3.2.2. Yer Değiştirmelerin Sınırlandırılması

Yönetmelikte Bölüm 5.3'de, yapısal olmayan mimari elemanla ilgili deprem kuvvetine ek olarak, göreli yer değiştirme ile ilgili bir sınırlama da mevcuttur. Bu göreli yer değiştirme değeri (δe), aşağıda Denklem (3.5)'de verilen değerden daha fazla olamaz.

$$\delta e \leq (hx - hy) * \{\frac{(\delta i)max}{hi}\} \tag{3.5}$$

Burada hx ve hy sırası ile yapısal olmayan elemanın üst ve alt bağlantı noktalarının ilgili kat tabanından itibaren yüksekliğini ifade etmektedir. $\{(\delta i)max/hi\}$ ifadesi ise, yönetmelikte önerilen yöntemlerin hangisinin kullanıldığına bağlı olarak, izin verilen maksimum göreli kat ötelemesi oranını göstermektedir. Örneğin, can güvenliği performans hedefi için doğrusal olmayan analiz ile tasarımda, her katta her bir düşey taşıyıcı elemanın her bir doğrultudaki göreli kat ötelemesi oranı 0.025 değerini aşmayacaktır.

Ayrıca, yönetmelikte "Yapısal Olmayan Dış Cephe Elemanları ve Bağlantıları" başlığı altında giydirme cephe sistemlerinin statik ve dinamik testlere tabi tutularak binaya yapılan bağlantılarının kontrol edilmesi önerilmektedir. Bu kapsamda uygulanacak testler için, statik deneylerde AAMA 501.4-00 Şartnamesi'nin, dinamik deneylerde ise AAMA 501.6-01 Şartnamesi'nin dikkate alınması gerekmektedir.

3.3. EUROCODE - 8 Şartnamesi

EUROCODE Şartnamesi, Avrupa ülkelerinin kullandıkları bir şartnamedir. Bu şartnamede, giydirme cephe sistemleri ankraj elemanlarına gelecek deprem kuvveti, sismik aktiviteden dolayı yapısal olmayan elemana uygulanan yatay kuvvet olarak tanımlanmıştır. Şartnamede, Bölüm 4.3.5'de önerilen bu sismik kuvvet Denklem (3.6)'da verilmiştir.

$$Fa = (Sa * Wa * \delta a)/qa \tag{3.6}$$

Burada Wa ile ifade edilen, i'inci kattaki deprem kuvveti için i'inci katta ilgili elemanın ağırlığıdır. Formüldeki δa ise yine i'inci kattaki ilgili elemanın önem faktörünü ifade eder. Formüldeki qa değeri de yine i'inci kattaki ilgili elemanın davranış faktörünü göstermektedir. Bu davranış faktörü için, farklı yapısal olmayan elemanlara ait bir tablo yönetmelikte bulunmaktadır. Sa değeri ise, yapısal olmayan elemanlar için sismik bir katsayıyı ifade etmektedir ve aşağıda formülü verilmiştir.

$$Sa = a * S * [3 * \frac{1+z/H}{1+(1-Ta/T1)^2} - 0.5] \tag{3.7}$$

- a = etkin yer ivmesi
- S = zemin faktörü değeri
- Ta = yapısal olmayan elemanın ilgili doğrultudaki doğal titreşim periyodu
- $T1$ = yapının etkin yöndeki doğal titreşim periyodu
- z, H = yapısal olmayan elemanın yüksekliği ve toplam bina yüksekliği

Denklem (3.7)'de ifade edilen Sa değeri, $(a * S)$'den daha küçük bir değer olamaz. Yapısal olmayan elemanlar için önem faktörü değeri, δa; insan hayatını tehlikeye atabilecek zehirli veya patlayıcı maddeler içeren yapısal olmayan eleman ankrajları için 1.5'tan daha küçük alınamaz, diğer bütün durumlarda 1'e eşittir. EUROCODE Şartnamesi'nde, yapısal olmayan elemanlara ait davranış faktörü değeri, qa bir tablo halinde verilmiştir.

Tablo 3.2: EUROCODE-8'e göre elemana ait davranış katsayıları.

YAPISAL OLMAYAN ELEMAN	q_a
Cantilevering parapets or ornamentations Signs and Billboards Chimneys, masts and tanks on legs acting as unbraced cantilevers along more than one half of their total height	1.0
Exterior and interior walls, Partitions and facades Chimneys, masts and tanks on legs acting as unbraced cantilevers along less than one half of their total height, or braced or guyed to the structure at or above their centre of mass Anchorage elements for permanent cabinets and book stacks supported by the floor Anchorage elements for false (suspended) ceilings and light fixtures	**2.0**

3.4. FEMA - 450 Şartnamesi

Amerika'ya ait olan FEMA Şartnamesi, giydirme cephe sistemlerini mimari elemanlar kapsamında değerlendirmiştir. Bu kapsamda, çeşitli tasarım kuralları önerilmiştir. Giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarına etki ettirilmesi gereken bir sismik kuvvet verilmiş ve bu kuvvetin sınırlandırılması için bir aralık ifade edilmiştir. Bu önerilen sismik kuvvete ek olarak, giydirme cephe sistemi elemanlarının yapacağı göreli yer değiştirme hareketlerine de bir sınırlandırma getirilmiştir [Web 9, 2014].

3.4.1. Tasarımda Kullanılacak Deprem Yükü

Şartnamede, Bölüm 6.2.6'da önerilen yatay sismik tasarım kuvveti Denklem (3.8)'de verilmiştir.

$$Fp = \left[\frac{0.4*ap*SDS*Wp}{Rp/Ip}\right] * (1 + 2 * \frac{z}{h}) \tag{3.8}$$

- ap ve Rp = yapısal olmayan mimari elemanlar için katsayılar
- SDS = kısa periyot spektral ivme parametresi (TDY-2007'de bu değer; "$Ao * I * 2.5$" değerine karşılık gelir.)
- Wp = yapısal olmayan mimari elemanın ağırlığı
- Ip = yapısal olmayan mimari elemanın önem faktörü
- z = yapısal olmayan elemanın yüksekliği
- h = bina yüksekliği

Yönetmelikte istisnai durumlar için, yukarıda verilen sismik kuvvetin aşağıda verilen oran ile azaltılması önerilmiştir. Buna göre; eğer yapısal olmayan mimari elemanın doğal titreşim periyodu, $Tp > Tflx = (1 + 0.25 * z/h) * (SD1/SDS)$ ise, Fp değeri $(Tflx/Tp)$ değeri ile çarpılarak azaltılabilir. Bu istisnai durumun yanında, Fp değeri için bir sınırlama daha getirilmiştir. Bu sınırlama Denklem (3.9)'da verilmiştir.

$$(0.3 * SDS * Ip * Wp) < Fp < (1.6 * SDS * Ip * Wp) \tag{3.9}$$

Yönetmeliğe göre, Denklem (3.8)'de verilen yatay sismik kuvvet, ilgili elemanın ağırlık merkezine, her iki ortogonal doğrultuda, diğer yüklerle (ölü yükler, hareketli yükler, rüzgar yükü vb.) kombinasyonlu bir biçimde uygulanmalıdır. Ayrıca, yönetmelik yatay sismik kuvvetin yanında, düşey bir sismik kuvvet de önermiş ($\pm 0.2 * SDS * Wp$) ve tasarımda eşzamanlı olarak düşey bir kuvvetin de dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir.

3.4.2. Yer Değiştirmelerin Sınırlandırılması

FEMA Şartnamesi'nde Bölüm 6.2.7'de, giydirme cephe sistemlerinin eleman ve bağlantıları için önerilen sismik kuvvetin yanında, bu eleman ve bağlantıların yapacağı göreli yer değiştirmeler için de bir takım sınırlamalar getirilmiştir. Bu şartnamede verilen yapısal olmayan mimari elemana ait göreli yer değiştirme formülü, İYYDY'de verilen formülle aynıdır. Buna göre, göreli yer değiştirme, Dp formülü Denklem (3.10)'da verilmiştir.

$$Dp = (X - Y) * (\frac{\Delta Aa}{hsx}) \tag{3.10}$$

Yukarıdaki formülde ifade edilen X ve Y değeri sırasıyla, i'inci kattaki ilgili elemanın üst ve alt bağlantı noktasının bina temeli üzerinden olan yüksekliğini gösterir. ($\Delta Aa/hsx$) değeri de, yönetmelikte izin verilen maksimum göreli kat ötelemesi oranıdır. Yönetmeliğe göre, giydirme cephe sistemindeki bağlantılar ve elemanlar, katlar arasında göreli harekete izin vermeli ve bu hareket Dp'den veya 13mm'den küçük olmamalıdır. Cam giydirme cephe sistemlerinde, göreli deplasman değeri ($\geq 1.25 * I * Dp$ ve 13mm) koşulunu sağlamalıdır. Ayrıca, bağlantılarda bu hareketlere izin verecek delikler tasarlanmalı ve civatalar bu deliklerde hareket esnasında kaymalıdır. Bağlantı elemanları belli bir sünek kapasiteye sahip olmalıdır.

3.4.3. Performans Hedefleri

FEMA Şartnamesi'nde, giydirme cephe sistemi cam elemanlarının deprem esnasında gösterdikleri davranış biçimlerine bağlı olarak bazı performans kriterleri

belirlenmiştir. Camın deprem etkisi altında gösterebileceği dört farklı davranış biçimi tanımlanmıştır. Bunlar;

- Cam, çerçevesinde kırılmaz durumunu sürdürür.
- Cam çatlar, ancak çerçevesinden ayrılmaz ve hava geçirimsizliği özelliğini korur, kullanılmaya devam eder.
- Cam patlar, ancak çerçevesinden ayrılmadan güvencesiz durumunu sürdürür, her an çerçeveden ayrılıp düşebilir.
- Cam çerçevesinden ayrılarak düşer.

1. ve 2.davranış biçimleri, hemen kullanım ve can güvenliği performans hedeflerini sağlamaktadır. Ancak, 3. ve 4. davranış biçimleri hemen kullanım performans hedefini sağlamaz. Can güvenliği performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı, camın kırıldıktan sonraki özelliklerine ve ne kadar yükseklikten çerçevesinden ayrılıp düştüğüne bağlıdır. Örneğin, temperli camlar kırıldığında çakıl taşı büyüklüğünde parçalara ayrılır ve bir küme halinde aşağı düşer. Bu tarz cam kırılmaları, sınırlı bir yükseklikten çerçeveden ayrılıp düşüyorsa insanlar için zararsızdır. Ancak, çok yüksekten düşerse tehlikeli olabilir.

Giydirme cephe sistemi cam elemanı için sismik tasarım şartlarını içeren bir şartname yoktur ya da göreli kat ötelemesi ile sınırlıdır. Bu performans hedefleri belirlenirken, farklı tipteki camların, çerçevelerin veya cam kaplama sistemlerinin sismik performansları göz önüne alınmamaktadır. Ancak yapılan laboratuvar çalışmaları, özellikle farklı tip camların sismik performansları arasında anlamlı ölçüde farklılıkların olduğunu göstermiştir. Yapılan bir çalışmada, farklı tipteki camların çatlamaya ve çerçeveden ayrılıp düşmeye karşı dirençleri araştırılmıştır. Cam yüzey ön gerilmesi, laminasyon, çerçeve sisteminin tipi ve kuru yapısal silikon gibi özellikler dikkate alınmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, her cam çeşidi için elde edilen çatlama ve düşme için gerekli göreli kat ötelemesi değerleri farklılık gösteriyor. Çağdaş yapı tasarımında sıklıkla kullanılan cam tipleri arasında, sismik direnç ile ilgili olarak dikkat çekici farklar gözlenmiştir [FEMA, 2003].

Tablo 3.3: FEMA-450'ye göre elemana ait büyütme ve davranış katsayıları.

MİMARİ BİLEŞEN veya ELEMAN	$a_{p\ (a)}$	R_p
Interior nonstructural walls and partitions (b) Plain masonry walls All other walls and partitions	 1.0 1.0	 1.5 2.5
Cantilever elements, unbraced or braced (to structural frame) below their centers of mass Parapets and cantilevered interior nonstructural walls Chimneys and stacks where laterally supported by structures	 2.5 2.5	 2.5 2.5
Cantilever elements, braced (to structural frame) above their centers of mass Parapets Chimneys and stacks Exterior nonstructural walls (b)	 1.0 1.0 1.0	 2.5 2.5 2.5
Exterior nonstructural wall elements and connections (b) Wall element Body of wall-panel connections **Fasteners of the connecting system**	 1.0 1.0 **1.25**	 2.5 2.5 **1.0**
Veneer High deformability elements and attachments Low deformability elements and attachments	 1.0 1.0	 2.5 1.5
Penthouses (except where framed by extension of the building frame)	2.5	3.5
Ceilings All	 1.0	 2.5
Cabinets Storage cabinets and laboratory equipment	 1.0	 2.5
Access floors Special access floors All other	 1.0 1.0	 2.5 1.5
Appendages and ornamentations	2.5	2.5
Signs and billboards	2.5	2.5
Other rigid components High deformability elements and attachments Limited deformability elements and attachments Low deformability elements and attachments	 1.0 1.0 1.0	 3.5 2.5 1.5
Other flexible components High deformability elements and attachments Limited deformability elements and attachments Low deformability elements and attachments	 2.5 2.5 2.5	 3.5 2.5 1.5

3.5. Yeni Zelanda Şartnamesi, NZS - 1170.5

Yeni Zelanda'da kullanılan bu şartname, giydirme cephe sistemleri ile ilgili tasarım kurallarını içerir. Yönetmelikte, giydirme cephe sistemleri elemanları "part" olarak isimlendirilmiştir. Diğer şartnamelerden farklı olarak, giydirme cephe sistemleri ankraj elemanlarına etkiyecek olan deprem kuvvetini tanımlarken, hem yatay hem de düşey sismik kuvvetlerin dikkate alınmasını önermiştir. Yönetmelikte Bölüm 8.5'de tanımlanan bu sismik kuvvetler, tasarımda belli bir değerin üzerine çıkmaması için, cephe elemanının ağırlığına bağlı olan bir değerle sınırlandırılmıştır. Her iki yön için de sismik kuvvet formülasyonları mevcuttur [NZS, 2004]. Denklem (3.11)'de ve Denklem (3.13)'de bu yatay ve düşey sismik kuvvetler tanımlanmıştır.

$$Fph = Cp(Tp) * Cph * Rp * Wp \leq 3.6 * Wp \tag{3.11}$$

$$Cp(Tp) = C(0) * CHi * Ci(Tp) \tag{3.12}$$

- $Cp(Tp)$ = cephe sistemi elemanına ait yatay tasarım katsayısı
- Cph = cephe sistemi elemanına ait yatay davranış katsayısı
- Rp = cephe sistemi elemanına ait risk faktörü
- Wp = cephe sistemi elemanının ağırlığı
- $C(0)$ = etkin yer ivmesi katsayısı
- CHi = kat yüksekliği katsayısı
- $Ci(Tp)$ = elemana ait spektral ivme katsayısı

$$Fpv = Cpv * Cvd * Rp * Wp \leq 2.5 * Wp \tag{3.13}$$

- Cvd = cephe sistemi elemanına ait düşey tasarım katsayısı
- Cpv = cephe sistemi elemanına ait düşey davranış katsayısı

Şartnamede, sünekliğe bağlı olarak Cph ve Cpv değerlerine ait bir tablo verilmiştir.

Tablo 3.4: NZS-1170.5'e göre elemana ait davranış katsayıları.

ELEMAN DAVRANIŞ FAKTÖRÜ	
eleman sünekliği μp	**Cph ve Cpv**
1.00	1.00
1.25	0.85
2.00	0.55
≥ 3.00	0.45

3.6. Japonya Şartnamesi, JASS - 14

Japonya'ya ait olan bu cephe şartnamesinde sismik enerji iki şekilde tanımlanıyor. JASS Şartnamesi sismik enerjiyi iki şekle ayırarak, giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarına gelen sismik kuvveti de ikiye ayırmış oluyor [JASS, 1996]. Bu şartnameye göre, sismik enerji P ve S dalgalarından oluşmaktadır. P dalgaları, S dalgalarına göre daha hızlı ve uzun doğrultuda etki eden dalgalardır. S dalgaları ise, P dalgalarına göre daha yavaş ve enine doğrultuda etki eder. Sismik enerjideki bu ayırım, NZS Şartnamesi'ne benzer olarak yatay sismik kuvvet ve düşey sismik kuvvet olarak tanımlanmıştır. Ancak, tanımlanan bu kuvvetler sözlü olarak ifade edilmiş ve herhangi bir formül verilmemiştir. Buna göre aşağıdaki tanımlar yapılmıştır.

- Giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarında P dalgalarından dolayı oluşan sismik kuvvet; ilgili kattaki giydirme cephe elemanı ölü yükü ile düşey ivmenin çarpımına eşittir.
- Giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarında S dalgalarından dolayı oluşan sismik kuvvet; ilgili kattaki giydirme cephe elemanı ölü yükü ile yatay ivmenin çarpımına eşittir.

JASS Şartnamesi temel olarak göreli kat ötelemesine dayanan bir şartnamedir. Deprem esnasında katlar arasında oluşan kat ötelemesi giydirme cephe sistemine de yansır. Giydirme cephe sistemine ait olan taşıyıcı profiller, cam vb. elemanlar katlar arasında birbirlerine göre farklı deplasmanlar yaparlar. Dolayısıyla bu elemanların,

bu farklı kat ötelemelerini karşılayabilecek esneklikte ve dayanıklılıkta olduğu kontrol edilmelidir. Bu doğrultuda, JASS Şartnamesi giydirme cephe elemanlarının deprem esnasında yaptıkları kat ötelemelerine bağlı olarak aşağıdaki performans hedeflerini belirlemiştir.

- 1. Derece, $H/300$; cephe sisteminin iç ve dış bileşenlerinde hiç hasar olmayacak. Bu performans derecesi, Japonya'da sık sık gerçekleşen küçük ölçekli depremleri ifade eder.
- 2. Derece, $H/200$; cephe sisteminin bütün dış elemanları izin verilebilir gerilmeyi aşmayacak ve onarımlar yapılarak uzun süreli kullanım sağlanacak. Bu da, geçmişte meydana gelen büyük ölçekli depremlerin derecesidir.
- 3. Derece, $H/100$; cephe sisteminde bulunan camın veya herhangi bir elemanın hasarına izin verilmeyecek. Bu son performans derecesi de, gelecek 100 yıl içinde olması beklenen en büyük ölçeğe sahip depremlerin derecesidir.

$-H$ = kat yüksekliği

3.7. Şartnamelerin Karşılaştırılması

- Giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarına deprem esnasında etki edecek sismik kuvvet ile ilgili olarak, yukarıda incelenen şartnamelerden hemen hemen hepsinde bir sismik kuvvet tanımlaması yapılmıştır. Bir tek JASS Şartnamesi'nde bir sismik kuvvet formülasyonu verilmemiştir. Diğer bütün şartnamelerde çeşitli katsayılara bağlı olarak sismik kuvvet formülü mevcuttur.
- Deprem esnasında yapıda göreli kat ötelemesi meydana gelir. Katların yaptıkları bu farklı deplasmanlara, giydirme cephe sisteminin de ayak uydurması gerekir. Bu göreli yer değiştirmeyi cephe sistemleri için dikkate alan şartnameler mevcuttur. Bunlar; İYYDY, FEMA ve JASS Şartnameleri'dir. Bu şartnamelerde, göreli kat ötelemesi için bağıntılar ve sınırlamalar önerilmiştir.
- TDY, İYYDY, FEMA ve NZS Şartnameleri'nde yatay ve düşey sismik kuvvet formülü verilmiştir. JASS Şartnamesi ise, cephe sisteminin hem yatay hem de düşey ivme altında tahkik edilmesi gerektiğini söylemiştir. Ancak, bunun için herhangi bir formül tanımlamamıştır.

- NZS Şartnamesi, giydirme cephe sistemlerinin bağlantılarında kullanılacak ankraj elemanları için minimum süneklik değeri kullanma zorunluluğu getirmiştir. Ankraj elemanlarının sahip olması gereken süneklik değeri en az 1.25 olmalıdır.
- Sadece İYYDY ve EUROCODE Şartnameleri giydirme cephe sistemi ankraj elemanının doğal titreşim periyodunu, cephe sistemine etkiyecek sismik kuvvet önerisinde bulunurken dikkate almıştır.
- Sadece JASS Şartnamesi, giydirme cephe sistemi elemanlarının yapacağı deplasmanlar üzerinden performans kriterleri belirtmiştir. Üç farklı deplasman sınırlaması getirilmiş ve bu sınırlamalar üzerinden üç farklı deprem derecesi tanımlanmıştır.

3.8. Analiz Metotları

Giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarına etki ettirilmesi gereken deprem kuvveti hesaplanırken, şartnamelerde önerilen kuvvet formülasyonları haricinde temel olarak iki analiz yöntemi kullanılmıştır. Bunlar; zaman tanım alanında analiz yöntemi ve deprem spektrumu analiz yöntemidir.

3.8.1. Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi

İYYDY'de, yapısal olmayan mimari elemanlara etki ettirilmesi gereken deprem kuvveti hesabında zaman tanım alanında analiz yönteminin uygulanması önerilmiştir. Bu doğrusal olmayan analiz yöntemine göre, yapının üzerine inşa edileceği zemin sınıfı dikkate alınarak 7 yer hareketi takımı seçilmesi gerekmektedir. Bu yer hareketleri, her iki doğrultuda $(x\ ve\ y)$ yapı sistemine uygulanır. İlgili katta ve ilgili lokasyondaki giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etki eden maksimum ivme değeri, bu 7 yer hareketinden dolayı oluşan yine ilgili kat ve lokasyondaki maksimum ivme değerlerinin ortalaması alınarak bulunur. Hesaplanan bu ortalama maksimum ivme değeri, şartnamede önerilen sismik kuvvet formülünde yerine konularak ilgili giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etki ettirilmesi gereken deprem kuvveti hesaplanmış olur.

3.8.2. Deprem Spektrumu Analiz Yöntemi

Deprem spektrumu analiz yöntemi, zaman tanım alanında analiz yöntemine benzer olarak İYYDY'de önerilen analiz yöntemlerinden biridir. Bu analiz yönteminde ilgili elemanın periyodu, dolayısıyla kütlesi ve rijitliği dikkate alınır. İYYDY'in yanında, yapısal olmayan mimari elemanın kütle ve rijitliğini dikkate alan diğer bir şartname de EUROCODE Şartnamesi'dir. Bu şartnamede verilen sismik kuvvet formülünde, ilgili elemanın doğal titreşim periyodu da yer alır.

Deprem spektrumu analiz yöntemine göre, yine zaman tanım alanında kullanılan yer hareketleri dikkate alınır. Yapı sistemine uygulanan bu yer hareketleri, her kat için elde edilir. Farklı nümerik hesap yöntemleri kullanılarak (Newmark Ortalama İvme Yöntemi veya Merkezi Farklar Yöntemi), bu her kat için elde edilen zaman tanım alanında ivme fonksiyonları kat spektrumlarına dönüştürülür. Her kat için ilgili elemanın doğal titreşim periyoduna karşılık gelen maksimum ivme değeri alınır. Bütün yer hareketleri için yapılan bu işlem sonunda, her kat için ortalama alınır ve ortalama maksimum ivme değerleri bulunmuş olur. Her kat için bulunan bu ortalama maksimum ivme değerleri, şartnamedeki formülde yerine konularak ilgili elemana etki ettirilmesi gereken deprem kuvveti hesaplanır.

4. UYGULAMA

Bu bölümde, çok katlı yüksek bir yapıdaki giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarına deprem sırasında etki eden sismik kuvvet, SAP2000 bilgisayar programı ve farklı analiz yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, 3. Bölüm'de yer alan şartnamelerden bazıları da kullanılmıştır. Bu şartnamelerde önerilen sismik kuvvetler de hesaplanarak elde edilmiştir. Daha sonra, elde edilen bütün sonuçlar karşılaştırılmıştır.

4.1. Yapı Bilgileri

Analiz için 30 katlı, düzenli bir betonarme yapı seçilmiştir. Seçilen yapının plandaki boyutları $24m * 18m$ olup, 1 zemin kat ve 29 normal kattan oluşmaktadır. Kat yükseklikleri; zemin kat $4.5m$ ve her bir normal kat ise $3.5m$ olarak dikkate alınmıştır. Toplam bina yüksekliği $106m$'dir. Yapıda kullanılan beton sınıfı $C40$ ve donatı sınıfı $S420$ olarak seçilmiştir. Yapının bulunduğu konum 1. derece deprem bölgesi ve inşa edileceği zemin sınıfı $Z2$ olarak kabul edilmiştir.

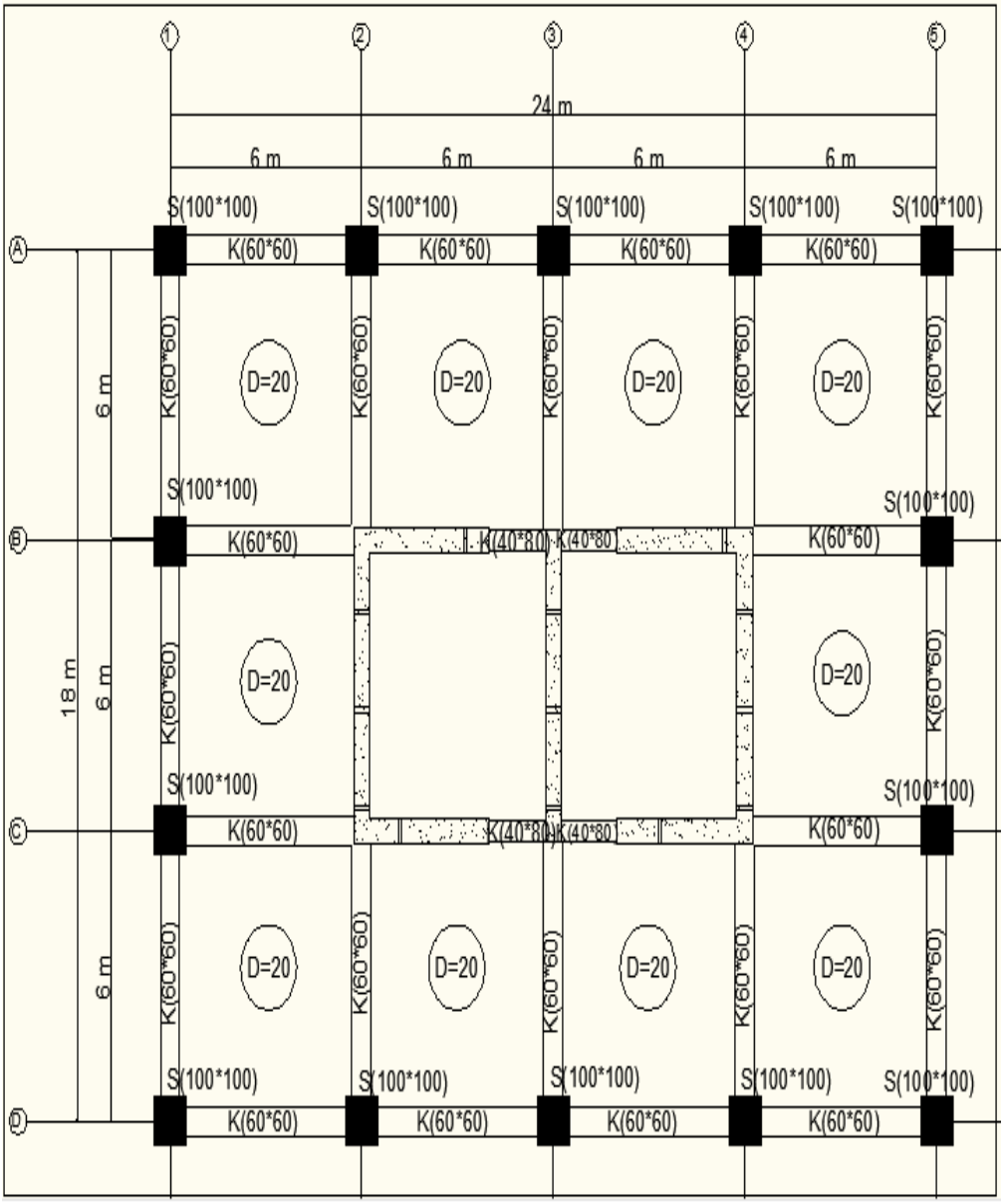
4.1.1. Yapı Taşıyıcı Sistemi

Yapı ana taşıyıcı sistemi, çekirdek perde ve kolonların ortak çalışmasıyla oluşan perde çerçeve sistemdir. Yapı aks aralıkları her iki doğrultuda da $6m$'dir. Döşeme kalınlığı $20cm$ olup bütün katlar için sabittir. Binanın ortasında yer alan çekirdek perde kalınlıkları bütün katlarda aynı olup $50cm$ olarak seçilmiştir. Çekirdek perde içindeki kiriş boyutları $40cm * 80cm$, çekirdek perde dışındaki bütün yerlerde $60cm * 60cm$ olarak seçilmiş ve bütün katlarda böyle uygulanmıştır. Kolon boyutları ise farklılık göstermekte olup aşağıda ifade edilmiştir. Her bir kolon, bütün katlar boyunca süreklidir.

- Zemin Kat – 9. Kat = $1m * 1m$
- 10. Kat – 19. Kat = $0.9m * 0.9m$
- 20. Kat – 29. Kat = $0.8m * 0.8m$

4.1.2. Yapı Yükleri

- Toplam ölü yük, $g = 7kN/m2$
  - Döşeme yükü $\rightarrow$ $0.2 * 25 = 5kN/m2$
  - Sıva + kaplama = $2kN/m2$
- Hareketli yük, $q = 3kN/m2$
- Giydirme cephe yükü $\cong 0.381kN/m2$



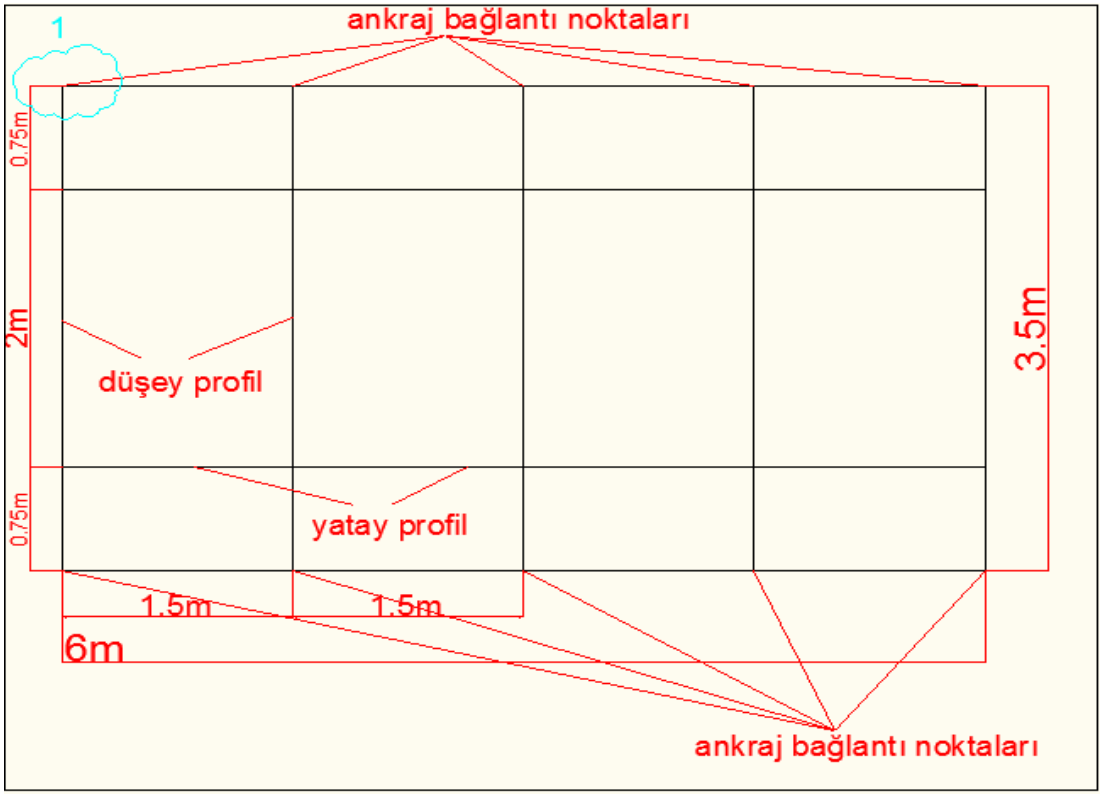
Şekil 4.1: Zemin kat kalıp planı.

4.2. Giydirme Cephe Sistemi Bilgileri

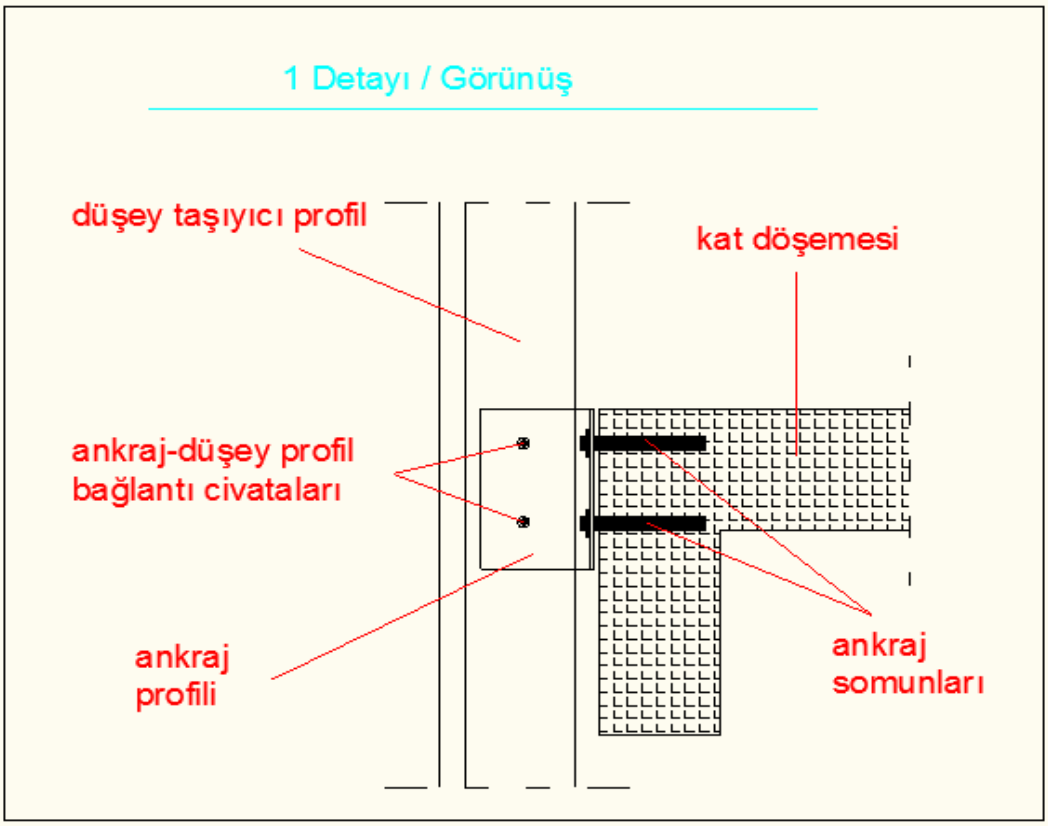
Analizde dikkate alınacak giydirme cephe sistemi, klasik çubuk alüminyum giydirme cephe sistemi olarak seçilmiştir. $6m$'lik bir aksta, cephe sistemi düşey taşıyıcı profilleri yatayda $1.5m$ ara ile sabitlenmiştir. Düşeyde ise yatay profiller alttan ve üstten $0.75m$ ara ile yerleştirilmiş, orta bölümün yüksekliği $2m$ olarak tasarlanmıştır. Cephe sisteminde kullanılan yatay ve düşey profil ebatları; $120mm * 50mm$'dir. Cephe sisteminde kullanılan malzeme ise cam olarak seçilmiştir. Alüminyum giydirme cephe sisteminin ön görünüşü ve ankraj detayları Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir.

4.2.1. Giydirme Cephe Sistemi Eleman Yükleri

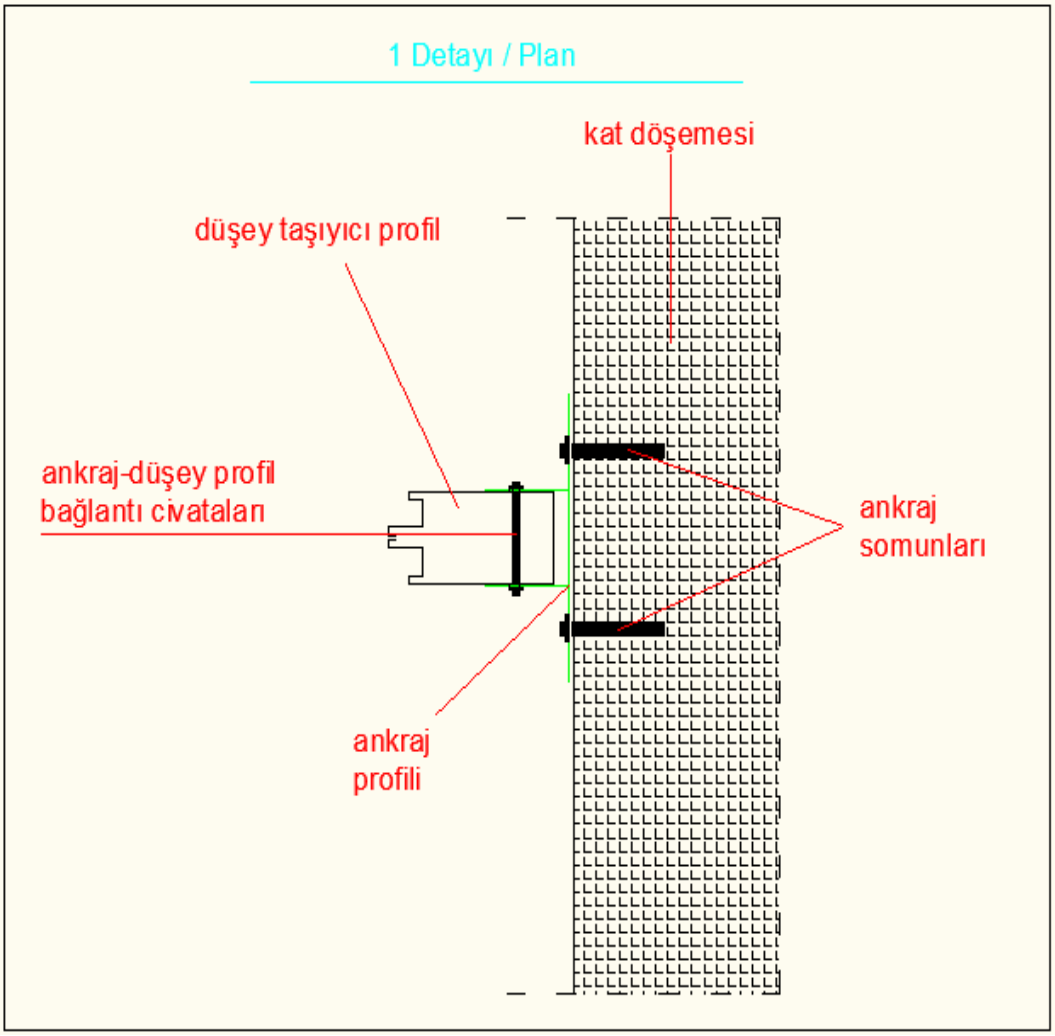
- Düşey taşıyıcı profil = $2.2kg/mt$
- Yatay profil = $1.97kg/mt$
- Düz cam = $30kg/m2$
- Kanat cam = $40kg/m2$



Şekil 4.2: Giydirme cephe sistemi ön görünüş.



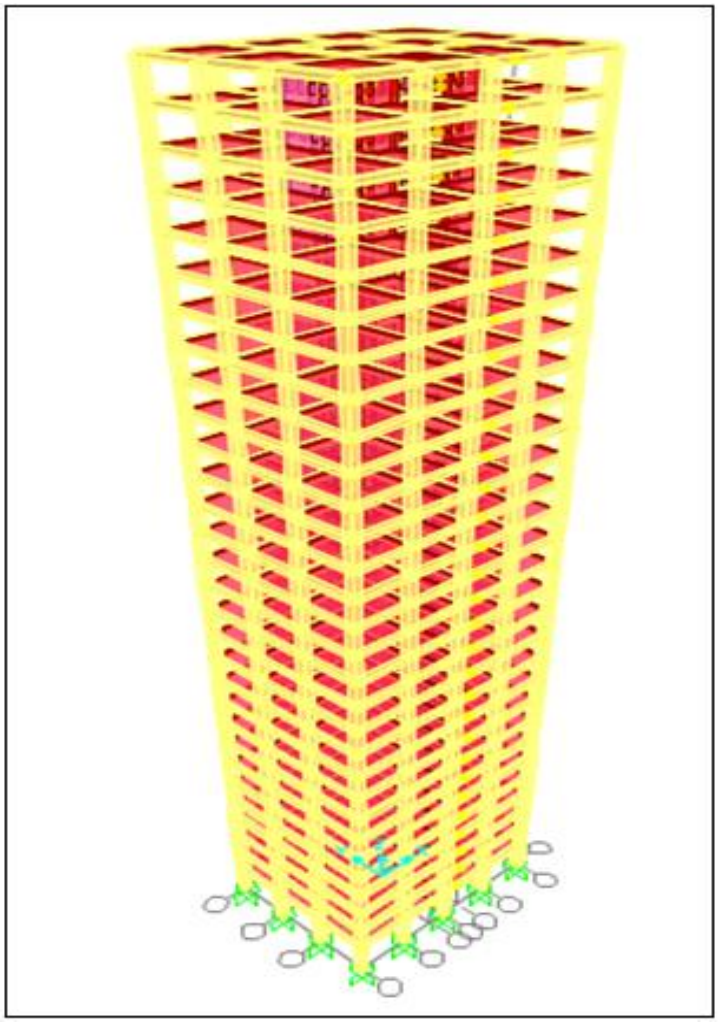
Şekil 4.3: Giydirme cephe sistemi ankraj detayı – 1.



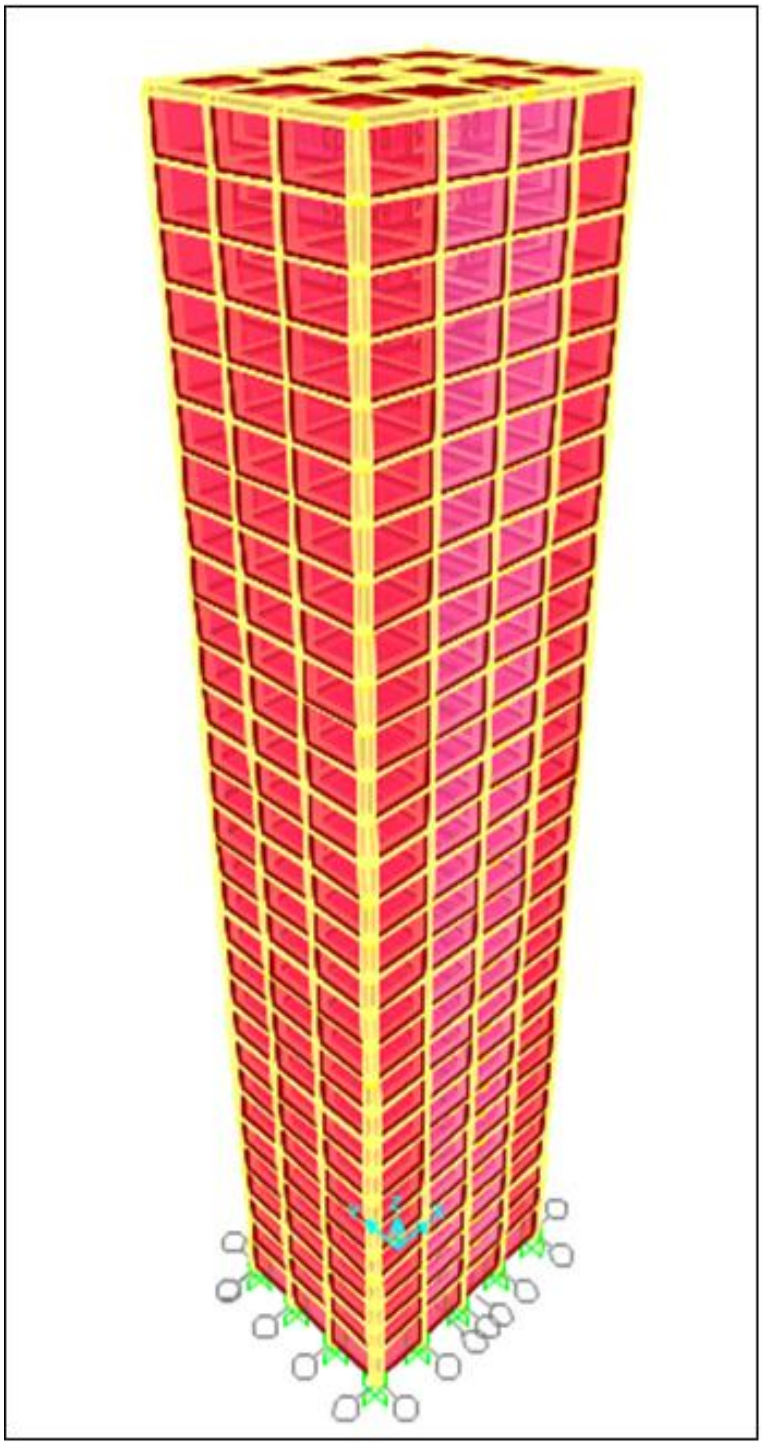
Şekil 4.4: Giydirme cephe sistemi ankraj detayı – 2.

4.3. Sistem Modeli

Analizi yapılacak olan yapı, SAP2000 programı kullanılarak modellenmiştir. Yapı modellenirken, kolon ve kiriş elemanlar "$frame$" olarak, döşemeler "$shell - thin$" ve yine perde elemanlar da fiktif kirişler yardımı ile "$shell - thin$" olarak modellenmiştir. Model oluşturulurken, giydirme cephe sistemi için iki farklı model oluşturulmuştur. Birinci modelde, giydirme cephe sistemine ait yükler yapının dış çerçevelerine noktasal yük olarak etki ettirilmiştir. İkinci olarak tam model uygulanmış ve giydirme cephe sistemi "$shell - thin$" olarak modellenip, "$frame$" eleman olarak modellenen ankraj profilleri ile yapıya bağlanmıştır. Modellenen bütün bu elemanların kesit ve malzeme özellikleri girilmiştir. Bütün kolonlar temele ankastre olarak mesnetlenmiştir.



Şekil 4.5: Yapı modeli 1–SAP2000 3D görüntüsü.



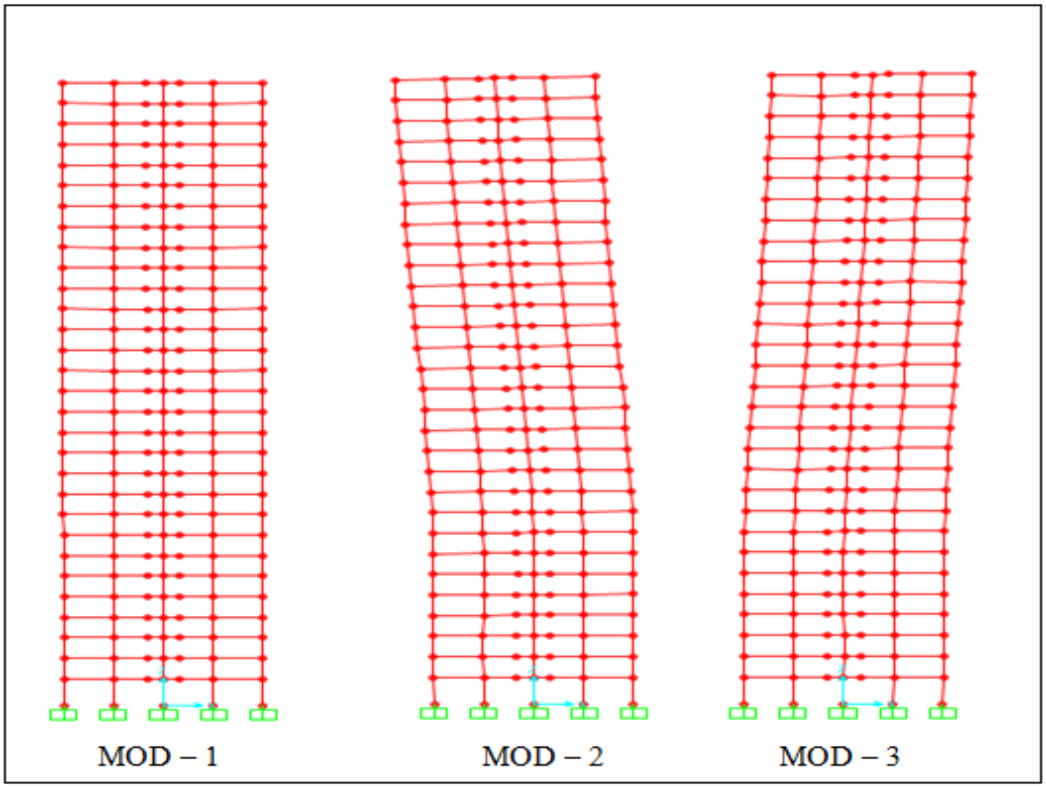
Şekil 4.6: Yapı modeli 2 (tam model)–SAP2000 3D görüntüsü.

4.4. Yapı Modeli - 1 Mod Şekilleri

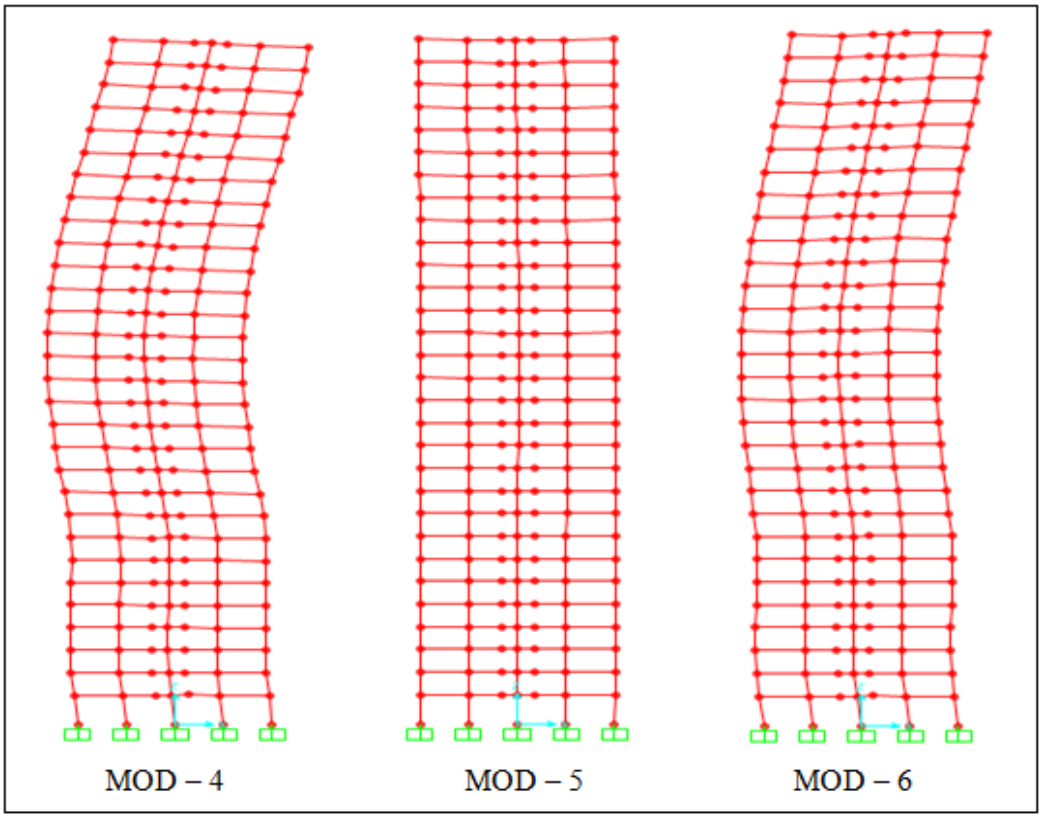
Yapı modeli – 1'in analizi sonucunda, yapının etkin modları elde edilmiştir. Bu modlara ait periyot ve modal kütle katılım oranları aşağıdaki tabloda sıralanmıştır.

Tablo 4.1: Yapı modeli - 1'e ait etkin modlar.

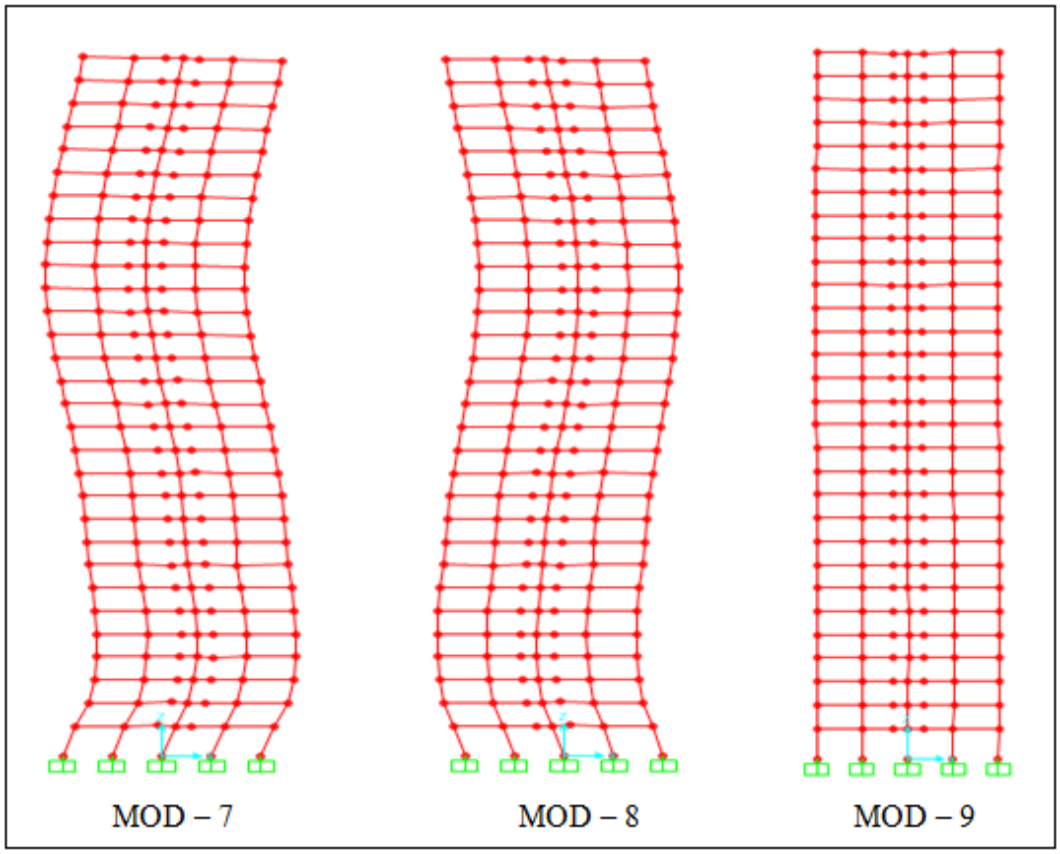
Modlar	Periyot (s)	Ux	Uy	Rz
1	1.86	0.00	0.51	0.00
2	1.65	0.55	0.00	0.00
3	1.19	0.00	0.00	0.59
4	0.43	0.18	0.00	0.00
5	0.39	0.00	0.19	0.00
6	0.36	0.00	0.00	0.19
7	0.25	0.24	0.00	0.00
8	0.23	0.00	0.00	0.20
9	0.20	0.00	0.27	0.00
Toplam:		**0.97**	**0.97**	**0.98**



Şekil 4.7: Yapı modeli - 1'in x yönündeki 1., 2. ve 3. mod şekilleri.



Şekil 4.8: Yapı modeli - 1'in x yönündeki 4., 5. ve 6. mod şekilleri.



Şekil 4.9: Yapı modeli - 1'in x yönündeki 7., 8. ve 9. mod şekilleri.

Elde edilen bu mod şekillerine baktığımızda, yapı modeli – 1'e zaman tanım alanında analiz veya yine zaman tanım alanında analiz sonucu elde edilen ivme grafiklerinden faydalanılarak yapılan deprem spektrumu analizi uygulandığında, katlardaki giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarına etkiyecek deprem kuvvetinin TDY, EUROCODE ve FEMA Şartnameleri'ndeki gibi üst katlara doğru lineer bir şekilde artmayacağını söyleyebiliriz. Yapının etkin mod şekillerinden anlıyoruz ki, katların gelen deprem hareketine karşı davranışları her katta (özellikle üst katlarda) farklılık gösteriyor. Bu zaman tanım alanında analiz ve deprem spektrumu analiz yöntemleri sonucunda, katlardaki cephe ankraj elemanlarına gelecek ilgili doğrultudaki sismik kuvvetin, yapının yine ilgili doğrultudaki etkin mod şekillerine benzerlik göstereceğini öngörebiliriz.

4.5. Yapı Modeli 2'ye (Tam Model) Zaman Tanım Alanında Analiz Uygulaması

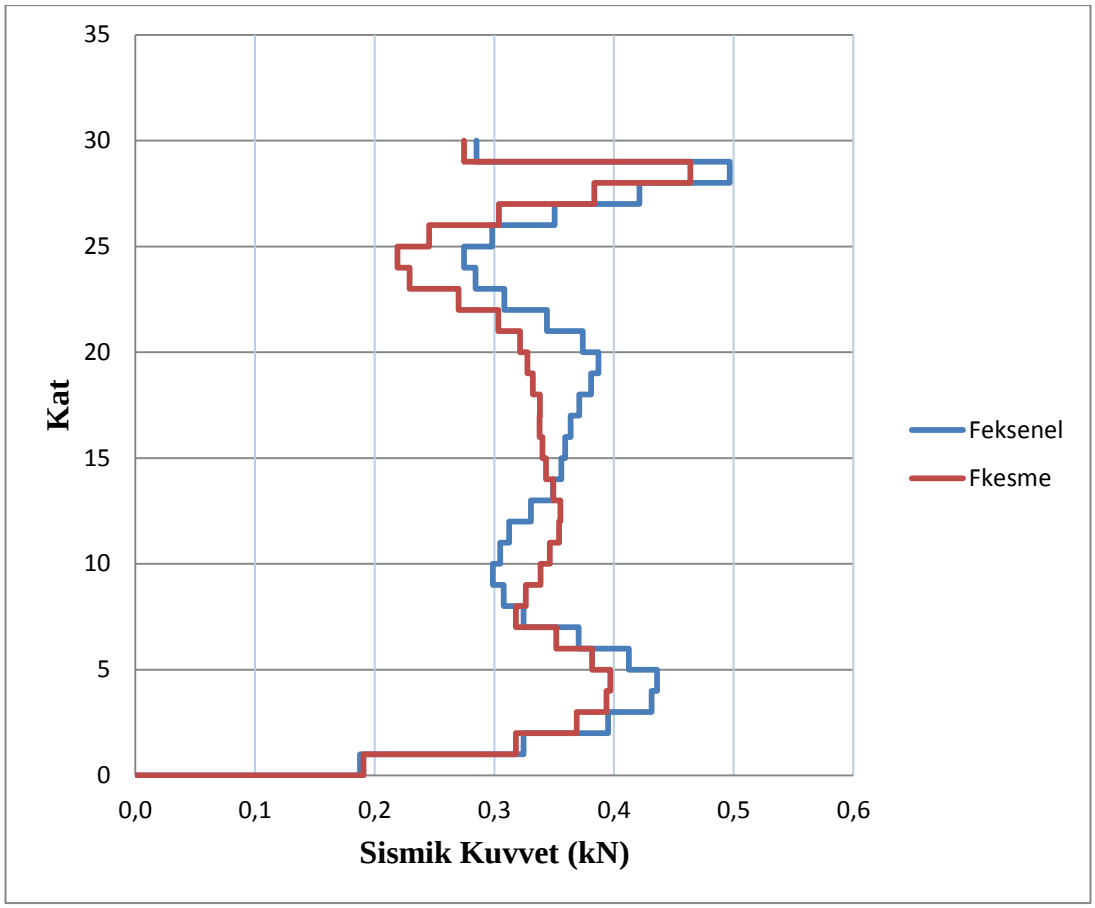
Bu model, giydirme cephe sistemini ve ankraj elemanlarını da içerdiği için bu tez çalışmasında oluşturulan en kapsamlı modeldir. Dolayısıyla, gerçeğe en yakın sonuçları elde edebileceğimiz bir modeldir. Bu nedenle, diğer analiz yöntemlerinden ve farklı şartnamelerden elde edeceğimiz sonuçları, bu tam modelden elde edeceğimiz sonuçlarla karşılaştıracağız. Bu tam modelde ankraj elemanlarını da modellediğimiz için, ankraj elemanlarına tasarım aşamasında etki ettirilmesi gereken sismik kuvvet, modele etki ettirilen deprem hareketi için modellenen bu ankraj elemanları üzerinde oluşan maksimum kuvvettir. Bu yapı modeline yedi tane deprem hareketi uygulanmış olup, sonuçlar alınırken bu yedi yer hareketi takımından dolayı ilgili ankraj elemanda oluşan maksimum sismik kuvvetlerin ortalaması alınır. Bu sayede, ilgili ankraj elemana tasarım aşamasında etki ettirilmesi gereken sismik kuvvet bulunmuş olur. Yer hareketleri her iki doğrultuda $(x\ ve\ y)$ uygulandığı için seçilen ankraj elemana ait sismik kuvvetler iki bileşen olarak elde edilmiştir. X doğrultusunda uygulanan yer hareketleri için $Feksenel,\ y$ doğrultusunda uygulanan yer hareketleri için $Fkesme$ elde edilmiştir. Tam modelde, ankraj elemanlarının malzemesi alüminyum ve giydirme cephe sistemi malzemesi de cam olarak seçilmiştir. Yapı tam modeline ait sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.2: Yapı modeli 2'den x doğrultusundaki deprem için elde edilen sismik kuvvet sonuçları.

Feksenel (kN)								
Katlar	**İ.V.230**	**Northr.**	**İ.V.140**	**İ.V.B.**	**Land. A.**	**Land. B.**	**Supers.**	**Fort.**
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**
1	0.207	0.176	0.203	0.157	0.190	0.202	0.179	**0.188**
2	0.361	0.303	0.349	0.273	0.329	0.348	0.308	**0.324**
3	0.449	0.366	0.421	0.338	0.402	0.419	0.371	**0.395**
4	0.497	0.397	0.456	0.374	0.440	0.454	0.402	**0.431**
5	0.507	0.398	0.458	0.381	0.446	0.456	0.405	**0.436**
6	0.481	0.377	0.433	0.361	0.422	0.431	0.383	**0.413**
7	0.427	0.340	0.392	0.321	0.379	0.389	0.346	**0.371**
8	0.361	0.303	0.349	0.273	0.329	0.348	0.308	**0.324**
9	0.331	0.297	0.341	0.241	0.303	0.342	0.300	**0.308**
10	0.321	0.295	0.338	0.208	0.289	0.344	0.296	**0.299**
11	0.314	0.288	0.328	0.232	0.298	0.387	0.288	**0.305**
12	0.313	0.281	0.306	0.279	0.299	0.422	0.287	**0.312**
13	0.320	0.276	0.325	0.317	0.312	0.443	0.321	**0.331**
14	0.346	0.266	0.348	0.344	0.328	0.448	0.364	**0.349**
15	0.360	0.256	0.359	0.358	0.331	0.435	0.393	**0.356**
16	0.363	0.272	0.357	0.357	0.321	0.407	0.438	**0.359**
17	0.353	0.284	0.344	0.342	0.300	0.452	0.471	**0.364**
18	0.334	0.292	0.379	0.314	0.297	0.498	0.483	**0.371**
19	0.344	0.295	0.410	0.315	0.310	0.521	0.472	**0.381**
20	0.392	0.319	0.423	0.311	0.309	0.518	0.437	**0.387**
21	0.421	0.322	0.417	0.291	0.301	0.489	0.376	**0.374**
22	0.430	0.316	0.392	0.254	0.290	0.433	0.292	**0.344**
23	0.418	0.309	0.349	0.237	0.263	0.354	0.228	**0.308**
24	0.386	0.296	0.291	0.239	0.271	0.300	0.208	**0.284**
25	0.337	0.318	0.257	0.238	0.278	0.284	0.210	**0.275**
26	0.305	0.356	0.279	0.268	0.288	0.330	0.262	**0.298**
27	0.338	0.391	0.325	0.297	0.365	0.383	0.354	**0.350**
28	0.410	0.424	0.385	0.324	0.479	0.434	0.493	**0.421**
29	0.479	0.455	0.442	0.379	0.587	0.509	0.625	**0.497**
30	0.272	0.243	0.247	0.223	0.344	0.293	0.374	**0.285**

Tablo 4.3: Yapı modeli 2'den y doğrultusundaki deprem için elde edilen sismik kuvvet sonuçları.

Fkesme (kN)								
Katlar	**İ.V.230**	**Northr.**	**İ.V.140**	**İ.V.B.**	**Land. A.**	**Land. B.**	**Supers.**	**Fort.**
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**
1	0.165	0.157	0.231	0.187	0.230	0.186	0.179	**0.191**
2	0.276	0.262	0.385	0.311	0.384	0.309	0.300	**0.318**
3	0.323	0.301	0.441	0.359	0.446	0.358	0.353	**0.369**
4	0.346	0.320	0.467	0.382	0.476	0.383	0.382	**0.394**
5	0.351	0.321	0.468	0.385	0.480	0.386	0.388	**0.397**
6	0.337	0.309	0.450	0.370	0.461	0.371	0.373	**0.382**
7	0.309	0.286	0.417	0.342	0.425	0.342	0.341	**0.352**
8	0.276	0.262	0.385	0.311	0.384	0.309	0.300	**0.318**
9	0.288	0.269	0.402	0.317	0.385	0.311	0.312	**0.326**
10	0.311	0.278	0.421	0.323	0.385	0.311	0.342	**0.339**
11	0.329	0.279	0.433	0.320	0.375	0.319	0.369	**0.346**
12	0.338	0.270	0.431	0.342	0.351	0.361	0.386	**0.354**
13	0.335	0.278	0.414	0.359	0.313	0.395	0.392	**0.355**
14	0.328	0.303	0.381	0.365	0.263	0.419	0.386	**0.349**
15	0.329	0.320	0.364	0.360	0.218	0.431	0.380	**0.343**
16	0.320	0.329	0.374	0.342	0.209	0.430	0.378	**0.340**
17	0.332	0.328	0.392	0.315	0.217	0.418	0.362	**0.338**
18	0.371	0.318	0.400	0.278	0.233	0.393	0.374	**0.338**
19	0.392	0.298	0.397	0.234	0.263	0.358	0.383	**0.332**
20	0.394	0.294	0.385	0.244	0.280	0.320	0.376	**0.328**
21	0.375	0.304	0.363	0.255	0.281	0.321	0.352	**0.322**
22	0.334	0.305	0.346	0.254	0.264	0.308	0.312	**0.303**
23	0.273	0.297	0.313	0.243	0.230	0.279	0.256	**0.270**
24	0.198	0.279	0.262	0.221	0.211	0.238	0.195	**0.229**
25	0.194	0.294	0.279	0.203	0.210	0.194	0.160	**0.219**
26	0.235	0.315	0.296	0.200	0.257	0.211	0.205	**0.246**
27	0.288	0.356	0.396	0.217	0.304	0.277	0.289	**0.304**
28	0.341	0.419	0.538	0.270	0.351	0.393	0.372	**0.383**
29	0.394	0.481	0.681	0.323	0.398	0.509	0.460	**0.464**
30	0.244	0.271	0.410	0.188	0.223	0.311	0.276	**0.275**



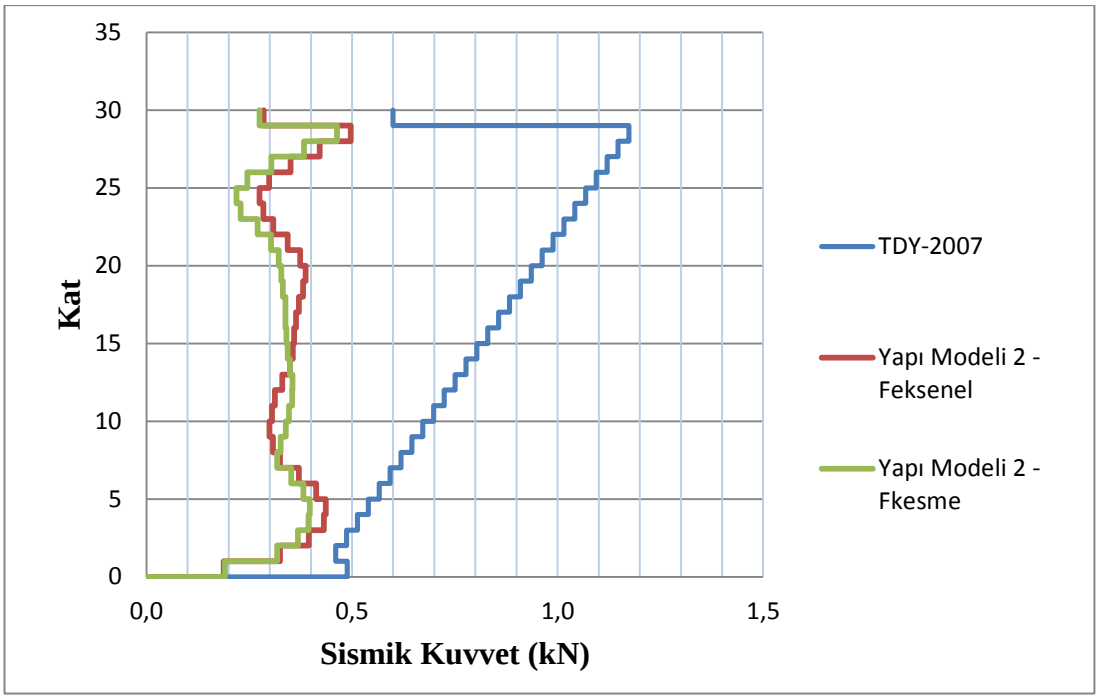
Şekil 4.10: Yapı modeli 2'den zaman tanım alanında analiz yöntemine göre elde edilen sismik kuvvet grafiği.

4.6. Türk Deprem Yönetmeliği, 2007 Uygulaması

Türk Deprem Yönetmeliği – 2007'de, tasarım aşamasında giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarına etki ettirilmesi gereken sismik kuvvet için bir formül tanımlanmıştır. Bu formül, ilgili noktadaki elemanın ağırlığı, etkin yer ivmesi katsayısı, yapı önem katsayısı ve ilgili noktadaki elemanın temel üzerinden olan yüksekliğinin toplam yapı yüksekliğine oranı gibi değişkenlere bağlıdır. Bu formül dikkate alınarak yapılan hesap sonucu aşağıdaki sonuçlar elde edilmiş ve gerçeğe en yakın değerler olarak kabul ettiğimiz yapı modeli 2'ye ait sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.4: TDY-2007'ye göre elde edilen sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması.

KAT	**TDY-2007 (fe=0.5*Ao*I*We*(1+2*(Hi/Hn)))**			**Tam Yapı Modeli**	
	Hi (m)	**We (kN)**	**Fe (kN)**	**Feksenel (kN)**	**Fkesme (kN)**
Z1	4.5	2.25	**0.488**	**0.188**	**0.191**
Z2	8	2.00	**0.460**	**0.324**	**0.318**
Z3	11.5	2.00	**0.487**	**0.395**	**0.369**
Z4	15	2.00	**0.513**	**0.431**	**0.394**
Z5	18.5	2.00	**0.540**	**0.436**	**0.397**
Z6	22	2.00	**0.566**	**0.413**	**0.382**
Z7	25.5	2.00	**0.592**	**0.371**	**0.352**
Z8	29	2.00	**0.619**	**0.324**	**0.318**
Z9	32.5	2.00	**0.645**	**0.308**	**0.326**
Z10	36	2.00	**0.672**	**0.299**	**0.339**
Z11	39.5	2.00	**0.698**	**0.305**	**0.346**
Z12	43	2.00	**0.725**	**0.312**	**0.354**
Z13	46.5	2.00	**0.751**	**0.331**	**0.355**
Z14	50	2.00	**0.777**	**0.349**	**0.349**
Z15	53.5	2.00	**0.804**	**0.356**	**0.343**
Z16	57	2.00	**0.830**	**0.359**	**0.340**
Z17	60.5	2.00	**0.857**	**0.364**	**0.338**
Z18	64	2.00	**0.883**	**0.371**	**0.338**
Z19	67.5	2.00	**0.909**	**0.381**	**0.332**
Z20	71	2.00	**0.936**	**0.387**	**0.328**
Z21	74.5	2.00	**0.962**	**0.374**	**0.322**
Z22	78	2.00	**0.989**	**0.344**	**0.303**
Z23	81.5	2.00	**1.015**	**0.308**	**0.270**
Z24	85	2.00	**1.042**	**0.284**	**0.229**
Z25	88.5	2.00	**1.068**	**0.275**	**0.219**
Z26	92	2.00	**1.094**	**0.298**	**0.246**
Z27	95.5	2.00	**1.121**	**0.350**	**0.304**
Z28	99	2.00	**1.147**	**0.421**	**0.383**
Z29	102.5	2.00	**1.174**	**0.497**	**0.464**
Z30	106	1.00	**0.600**	**0.285**	**0.275**



Şekil 4.11: TDY-2007'ye göre elde edilen sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçları karşılaştırma grafiği.

4.7. İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği, 2008 Uygulaması

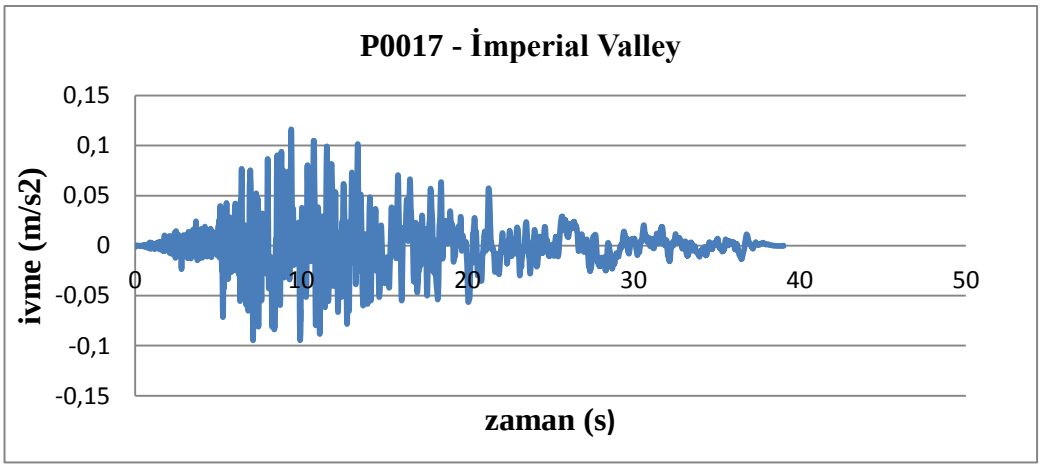
Bu yönetmelikte, tasarım aşamasında giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etki ettirilmesi gereken sismik kuvvet için bir formül tanımlanmıştır. Bu formül, ilgili elemanın kütlesine, elemana ait büyütme ve davranış katsayılarına ve yine ilgili elemana etkiyecek en büyük ivme değerine bağlıdır. Şartname, elemana ait büyütme ve davranış katsayıları için bir tablo vermiştir. Elemana etkiyecek en büyük ivme değerinin bulunabilmesi için de farklı yöntemler önermiştir. Bu yöntemlerden birincisi zaman tanım alanında analiz yöntemidir. Zaman tanım alanında analiz yöntemi ve bu yöntem dikkate alınarak yapılan hesap sonucu elde edilen sonuçlar Bölüm 4.5.1.'de açıklanmıştır. Diğer bir yöntem ise, Bölüm 4.5.2.'de sonuçları ile beraber açıklanan deprem spektrumu analiz yöntemidir. İYYDY Şartnamesi, sismik kuvvetin yanı sıra giydirme cephe sistemindeki elemanların deprem esnasında göreli yer değiştirmelerini kontrol altında tutmak için bazı sınırlamalar da getirmiştir. Giydirme cephe sistemi ankraj elemanlarının farklı katlar için birbirlerine göre yaptıkları göreli yer değiştirmeler ve bu yer değiştirmelerin İYYDY'deki sınırlama ile karşılaştırılması Bölüm 4.6.3.'de açıklanmıştır.

4.7.1. Zaman Tanım Alanında Analiz

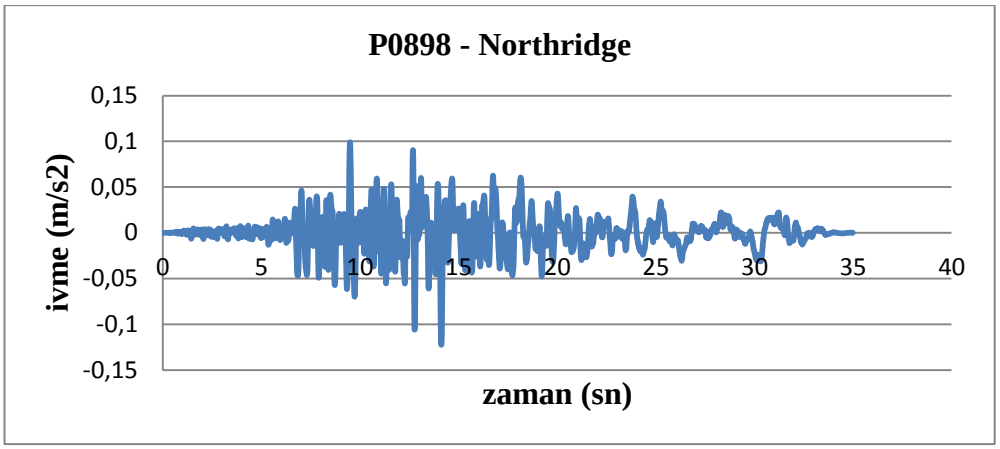
İYYDY'de de tanımlanan doğrusal olmayan bu analiz yönteminde, yapı modeline etki ettirilmek üzere 7 yer hareketi takımı seçilmiştir. Yasin Fahjan, yayınladığı bir makalesinde farklı istasyonlardaki deprem kayıtlarını ölçeklendirmiş ve yerel zemin sınıfına bağlı olarak sınıflandırmıştır [Fahjan, 2008]. Yapımızın üzerine inşa edileceği zemin sınıfı dikkate alınarak makaleden seçilen bu 7 yer hareketi ve ölçekleme katsayıları aşağıdaki tabloda sıralanmıştır. Analiz yapılırken ölçeklenmiş deprem kayıtları kullanılmıştır.

Tablo 4.5: Analizde kullanılan yer hareketleri.

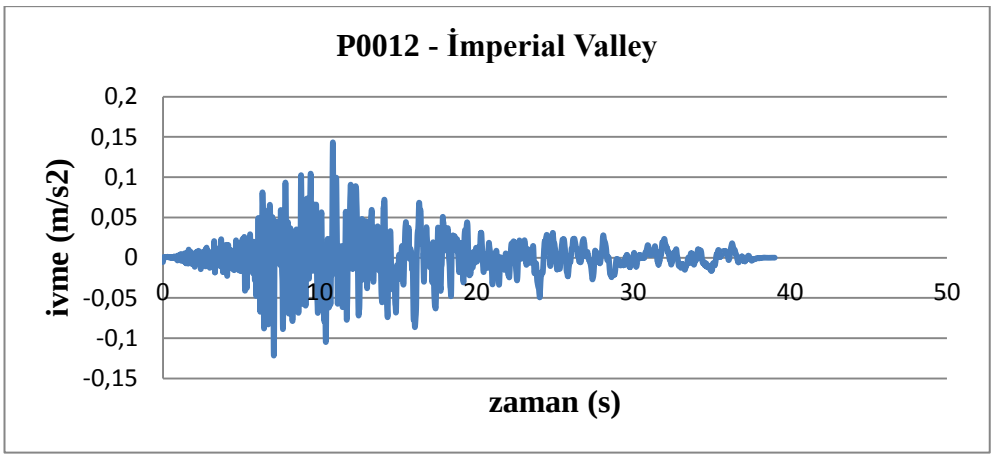
Kayıt No	Deprem	Tarih	İstasyon	Kayıt	Ölçekleme Katsayısı
P0017	İmperial Valley	15.10.1979	931 El Centro Array #12	H-E12230	8.31
P0898	Northridge	17.01.1994	90066 El-Monte Fairview Av	FA1095	8.99
P0012	İmperial Valley	15.10.1979	931 El Centro Array #12	H-E12140	7.01
P0020	İmperial Valley	15.10.1979	5060 Brawley Airport	H-BRA315	4.58
P0856	Landers	28.06.1992	21081 Amboy	ABY090	5.76
P0859	Landers	28.06.1992	32075 Baker Fire Station	BAK140	8.97
P0730	Superstitn Hills(B)	24.11.1987	11369 Westmorland Fire Station	B-WSM090	5.10



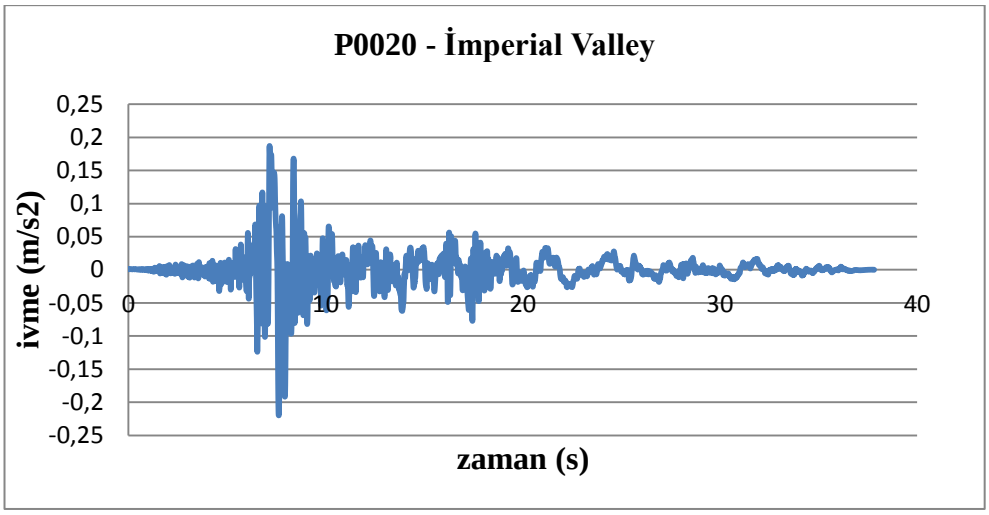
Şekil 4.12: P0017 - İmperial Valley depremi, H-E12230 bileşenine ait kayıt.



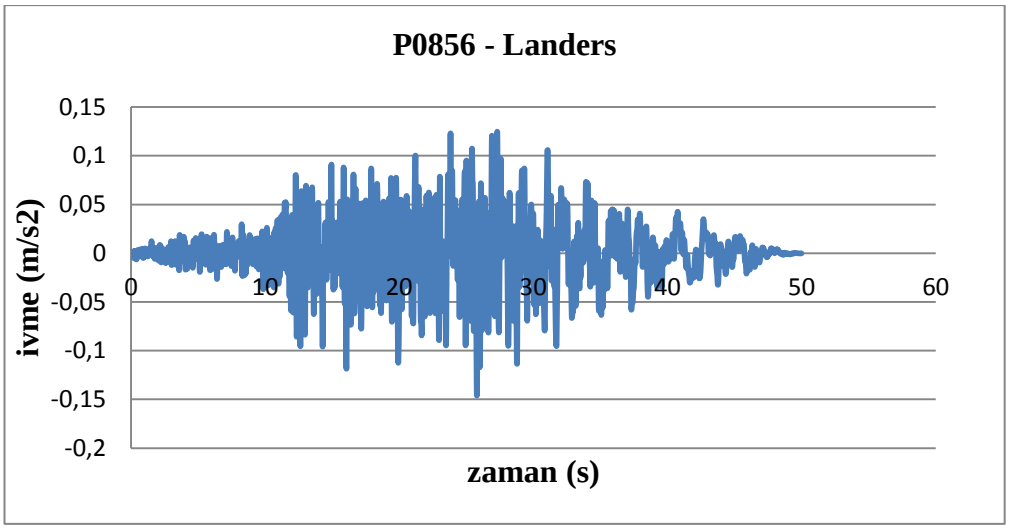
Şekil 4.13: P0898 - Northridge depremi, FA1095 bileşenine ait kayıt.



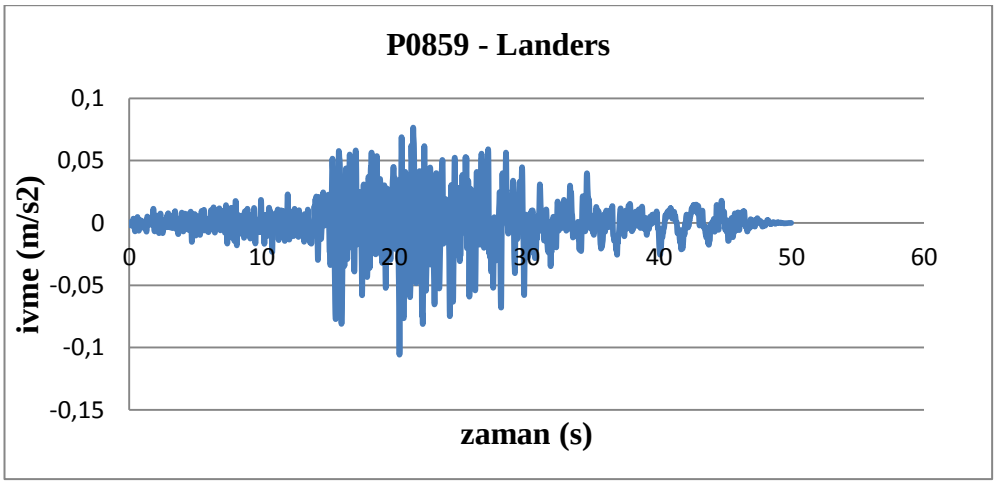
Şekil 4.14: P0012 – İmperial Valley depremi, H-E12140 bileşenine ait kayıt.



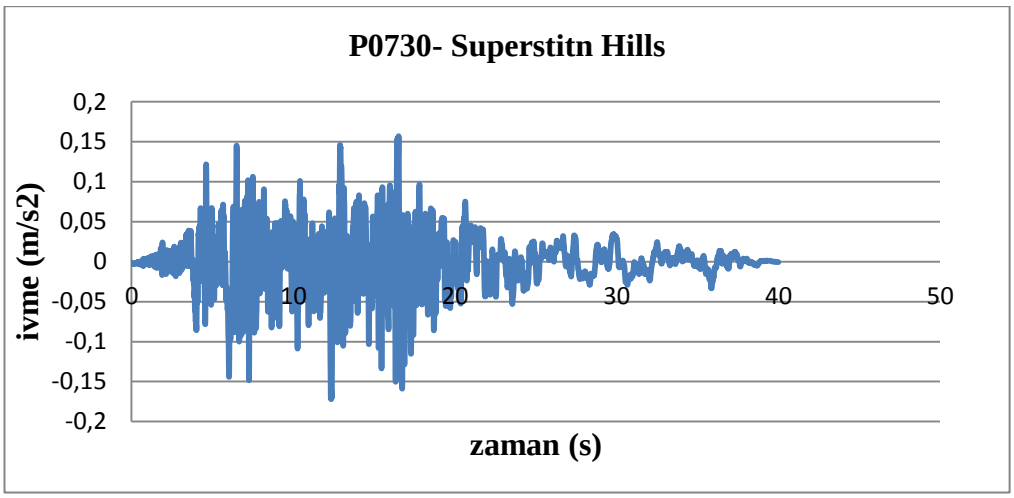
Şekil 4.15: P0020 – İmperial Valley depremi, H-BRA315 bileşenine ait kayıt.



Şekil 4.16: P0856 – Landers depremi, ABY090 bileşenine ait kayıt.



Şekil 4.17: P0859 – Landers depremi, BAK140 bileşenine ait kayıt.



Şekil 4.18: P0730 – Superstitn Hills depremi, B-WSM090 bileşenine ait kayıt.

Seçilen bu 7 yer hareketi, modellenen yapımıza her iki doğrultuda $(x\ ve\ y)$ uygulanmıştır. Modellenen yapıdan sonuçlar alınırken, her kat için aynı köşe olması koşuluyla yapı dış çerçevesinin herhangi bir köşesi seçilmiştir. Uygulanan bu 7 yer hareketinin her biri için, bütün katların ilgili köşe noktasında oluşan maksimum ivme değerleri alınmıştır. Bu ivme değerleri alınırken, aynı kat için x ve y doğrultusunda uygulanan depremlerden hangi doğrultuda uygulanan deprem daha büyük ivme değeri veriyorsa, o doğrultuda uygulanan depremden elde edilen ivme değeri dikkate alınmıştır. Herhangi bir katın ilgili köşe noktasında oluşan maksimum ivme değeri, uygulanan 7 yer hareketi için ilgili katın ilgili köşe noktasında oluşan maksimum ivme değerlerinin ortalamasına eşittir. Bu 7 yer hareketinin ortalaması alınarak bulunan ilgili kattaki maksimum ivme değeri, yine ilgili katın ilgili noktasında bulunan cephe kütlesi ile çarpılarak ilgili noktada giydirme cephe sistemine etkiyecek sismik kuvvet bulunmuştur. Bu zaman tanım alanında analiz yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, aşağıdaki tablolarda verilmiş ve gerçeğe en yakın olan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.6: Zaman tanım alanında analiz yöntemi ile bir yer hareketi için giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etkiyen sismik kuvvetler (x yönü).

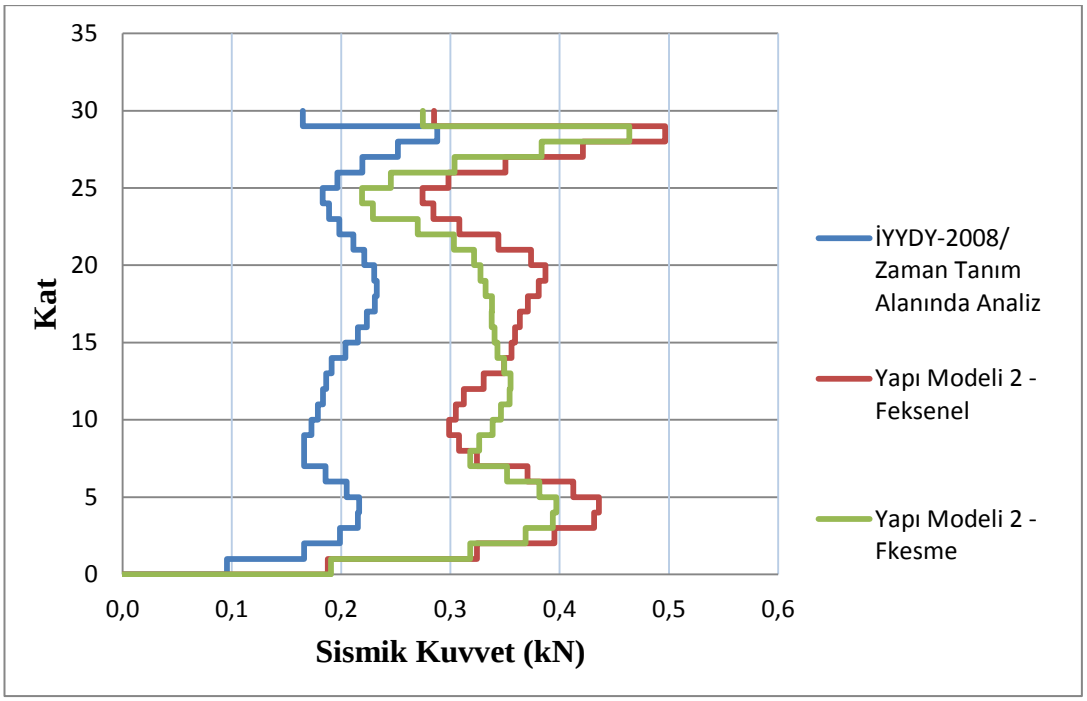
KAT	Earthquake-x	a (m/s2)	m (kNs2/m)	Fmax (kN)
Z1	imperail valley230x	-0.42114	0.229	0.0964411
Z2	imperail valley230x	-0.83766	0.204	0.1708826
Z3	imperail valley230x	-1.03614	0.204	0.2113726
Z4	imperail valley230x	-1.14428	0.204	0.2334331
Z5	imperail valley230x	-1.16437	0.204	0.2375315
Z6	imperail valley230x	-1.10419	0.204	0.2252548
Z7	imperail valley230x	-0.98355	0.204	0.2006442
Z8	imperail valley230x	-0.83766	0.204	0.1708826
Z9	imperail valley230x	0.79138	0.204	0.1614415
Z10	imperail valley230x	0.81718	0.204	0.1667047
Z11	imperail valley230x	0.83111	0.204	0.1695464
Z12	imperail valley230x	0.81814	0.204	0.1669006
Z13	imperail valley230x	0.83054	0.204	0.1694302
Z14	imperail valley230x	-0.94412	0.204	0.1926005
Z15	imperail valley230x	-1.0323	0.204	0.2105892
Z16	imperail valley230x	-1.09105	0.204	0.2225742
Z17	imperail valley230x	-1.11904	0.204	0.2282842
Z18	imperail valley230x	-1.22473	0.204	0.2498449
Z19	imperail valley230x	-1.30911	0.204	0.2670584
Z20	imperail valley230x	-1.34902	0.204	0.2752001
Z21	imperail valley230x	-1.34243	0.204	0.2738557
Z22	imperail valley230x	-1.2903	0.204	0.2632212
Z23	imperail valley230x	-1.19677	0.204	0.2441411
Z24	imperail valley230x	-1.06849	0.204	0.217972
Z25	imperail valley230x	0.91726	0.204	0.187121
Z26	imperail valley230x	1.03524	0.204	0.211189
Z27	imperail valley230x	1.16542	0.204	0.2377457
Z28	imperail valley230x	1.29999	0.204	0.265198
Z29	imperail valley230x	1.43224	0.204	0.292177
Z30	imperail valley230x	1.55743	0.102	0.1588579

Tablo 4.7: Zaman tanım alanında analiz yöntemi ile bir yer hareketi için giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etkiyen sismik kuvvetler (y yönü).

KAT	Earthquake-y	a (m/s2)	m (kNs2/m)	Fmax (kN)
Z1	imperail valley230y	0.3348	0.229	0.0766692
Z2	imperail valley230y	0.6368	0.204	0.1299072
Z3	imperail valley230y	0.73137	0.204	0.14919948
Z4	imperail valley230y	0.77525	0.204	0.158151
Z5	imperail valley230y	0.77824	0.204	0.15876096
Z6	imperail valley230y	0.74672	0.204	0.15233088
Z7	imperail valley230y	0.692	0.204	0.141168
Z8	imperail valley230y	0.6368	0.204	0.1299072
Z9	imperail valley230y	0.66306	0.204	0.13526424
Z10	imperail valley230y	0.6943	0.204	0.1416372
Z11	imperail valley230y	0.7464	0.204	0.1522656
Z12	imperail valley230y	0.79386	0.204	0.16194744
Z13	imperail valley230y	0.81963	0.204	0.16720452
Z14	imperail valley230y	-0.87227	0.204	0.17794308
Z15	imperail valley230y	-1.04456	0.204	0.21309024
Z16	imperail valley230y	-1.19324	0.204	0.24342096
Z17	imperail valley230y	-1.30986	0.204	0.26721144
Z18	imperail valley230y	-1.38727	0.204	0.28300308
Z19	imperail valley230y	-1.41999	0.204	0.28967796
Z20	imperail valley230y	-1.40478	0.204	0.28657512
Z21	imperail valley230y	-1.34022	0.204	0.27340488
Z22	imperail valley230y	-1.22746	0.204	0.25040184
Z23	imperail valley230y	-1.06995	0.204	0.2182698
Z24	imperail valley230y	0.92956	0.204	0.18963024
Z25	imperail valley230y	0.87876	0.204	0.17926704
Z26	imperail valley230y	0.8089	0.204	0.1650156
Z27	imperail valley230y	0.72565	0.204	0.1480326
Z28	imperail valley230y	-0.80337	0.204	0.16388748
Z29	imperail valley230y	-1.00099	0.204	0.20420196
Z30	imperail valley230y	-1.22727	0.102	0.12518154

Tablo 4.8: İYYDY zaman tanım alanında analiz yöntemine göre elde edilen sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması.

İYYDY-2008 Zaman Tanım Alanında Analiz									**Tam Yapı Modeli**	
KAT	**İ. V. 230**	**Northr.**	**İ. V. 140**	**İ. V. B.**	**Land. A.**	**Land. B.**	**Supers.**	**Fort. (kN)**	**Feksenel (kN)**	**Fkesme (kN)**
Z1	0.096	0.077	0.119	0.092	0.107	0.094	0.082	**0.095**	**0.188**	**0.191**
Z2	0.171	0.135	0.208	0.156	0.189	0.163	0.139	**0.166**	**0.324**	**0.318**
Z3	0.211	0.163	0.251	0.180	0.230	0.195	0.163	**0.199**	**0.395**	**0.369**
Z4	0.233	0.176	0.271	0.191	0.251	0.208	0.176	**0.215**	**0.431**	**0.394**
Z5	0.238	0.177	0.272	0.192	0.253	0.208	0.176	**0.216**	**0.436**	**0.397**
Z6	0.225	0.167	0.257	0.184	0.240	0.196	0.166	**0.205**	**0.413**	**0.382**
Z7	0.201	0.151	0.232	0.171	0.216	0.179	0.151	**0.186**	**0.371**	**0.352**
Z8	0.171	0.135	0.208	0.156	0.189	0.163	0.139	**0.166**	**0.324**	**0.318**
Z9	0.161	0.133	0.206	0.161	0.190	0.168	0.146	**0.166**	**0.308**	**0.326**
Z10	0.167	0.134	0.207	0.167	0.197	0.184	0.153	**0.173**	**0.299**	**0.339**
Z11	0.170	0.136	0.205	0.168	0.204	0.210	0.157	**0.179**	**0.305**	**0.346**
Z12	0.167	0.134	0.197	0.165	0.207	0.231	0.183	**0.183**	**0.312**	**0.354**
Z13	0.169	0.138	0.181	0.155	0.203	0.244	0.213	**0.186**	**0.331**	**0.355**
Z14	0.193	0.148	0.161	0.140	0.210	0.249	0.238	**0.191**	**0.349**	**0.349**
Z15	0.213	0.164	0.185	0.153	0.212	0.245	0.255	**0.204**	**0.356**	**0.343**
Z16	0.243	0.179	0.205	0.169	0.208	0.237	0.266	**0.215**	**0.359**	**0.340**
Z17	0.267	0.190	0.220	0.183	0.198	0.239	0.268	**0.224**	**0.364**	**0.338**
Z18	0.283	0.196	0.229	0.191	0.183	0.261	0.272	**0.231**	**0.371**	**0.338**
Z19	0.290	0.197	0.232	0.196	0.173	0.272	0.268	**0.233**	**0.381**	**0.332**
Z20	0.287	0.192	0.236	0.197	0.178	0.271	0.251	**0.230**	**0.387**	**0.328**
Z21	0.274	0.182	0.233	0.203	0.176	0.258	0.222	**0.221**	**0.374**	**0.322**
Z22	0.263	0.176	0.221	0.217	0.167	0.231	0.201	**0.211**	**0.344**	**0.303**
Z23	0.244	0.175	0.201	0.226	0.165	0.194	0.185	**0.198**	**0.308**	**0.270**
Z24	0.218	0.175	0.173	0.229	0.174	0.190	0.163	**0.189**	**0.284**	**0.229**
Z25	0.187	0.188	0.162	0.228	0.179	0.190	0.150	**0.183**	**0.275**	**0.219**
Z26	0.211	0.199	0.178	0.223	0.190	0.202	0.173	**0.197**	**0.298**	**0.246**
Z27	0.238	0.217	0.196	0.215	0.220	0.226	0.224	**0.219**	**0.350**	**0.304**
Z28	0.265	0.252	0.264	0.206	0.250	0.251	0.276	**0.252**	**0.421**	**0.383**
Z29	0.292	0.286	0.332	0.197	0.289	0.291	0.327	**0.288**	**0.497**	**0.464**
Z30	0.159	0.160	0.200	0.111	0.170	0.166	0.189	**0.165**	**0.285**	**0.275**

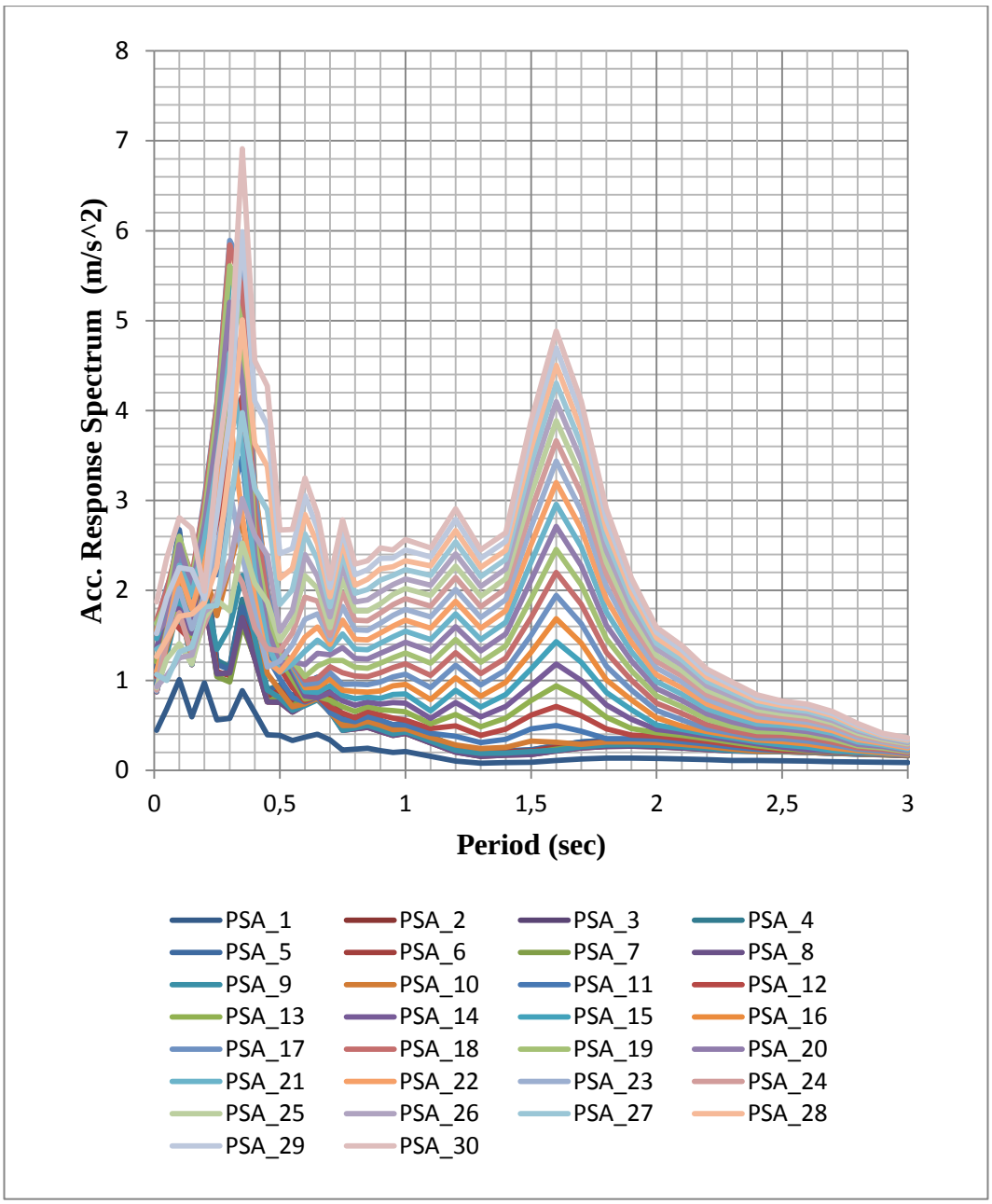


Şekil 4.19: İYYDY-2008 zaman tanım alanında analiz yöntemine göre elde edilen sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçları karşılaştırma grafiği.

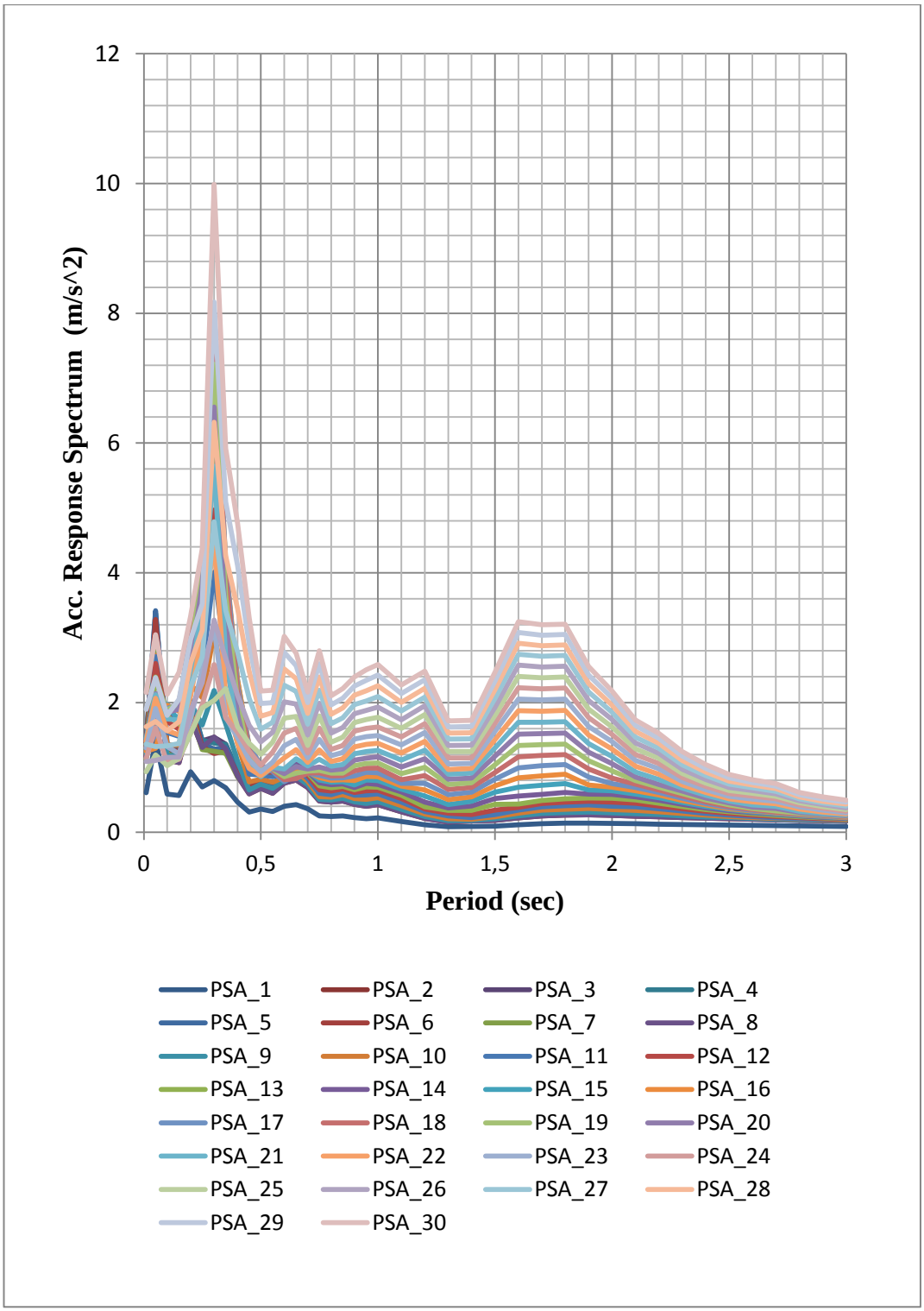
4.7.2. Deprem Spektrumu Analizi

İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği'nde yer alan, giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etkiyecek maksimum ivme değerinin hesaplanması için kullanılan yöntemlerden biri olan deprem spektrumu analiz yöntemi, zaman tanım alanında analiz yönteminde de kullanılan yer hareketi takımını dikkate alır. Seçilen bu 7 yer hareketi takımı, modellenen yapı sistemine uygulanmış ve her bir katta ilgili nokta(dikkate alınan cephe elemanın bulunduğu yer) için zaman tanım alanında ivme grafikleri elde edilmiştir. Her kat için elde edilen bu ivme grafikleri, Newmark Ortalama İvme Yöntemi kullanılarak kat spektrumlarına dönüştürülmüştür. Kullanılan bütün yer hareketleri ve bütün katlar için oluşturulan bu spektrumlarda, farklı periyotlara ait maksimum ivme değerleri bulunmaktadır. Giydirme cephe sistemi ankraj elemanının doğal titreşim periyodu dikkate alınarak, her kat için bu periyoda karşılık gelen maksimum ivme değeri seçilmiştir. Seçilen bu maksimum ivme değerlerinin 7 yer hareketi için her katta ortalaması alınmıştır. Sonuç olarak, giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etki ettirilmesi gereken ortalama maksimum ivme değeri her kat için elde edilmiştir. Bulunan bu ivme değerleri, şartnamede önerilen formülde yerine konularak sismik kuvvetler elde edilmiştir.

Deprem spektrumu analiz yönteminde, giydirme cephe sistemi ankraj elemanının doğal titreşim periyodu göz önüne alındığı için, uygulama iki farklı malzeme türüne göre yapılmış ve hem alüminyum ankraj hem de çelik ankraj profili için doğal titreşim periyotları hesaplanmıştır. Ayrıca yer hareketleri yapı sistemine uygulanırken her iki doğrultu da $(x\ ve\ y)$ göz önüne alındığı için, x doğrultusunda uygulanan yer hareketi için $Feksenel$ ve y doğrultusunda uygulanan yer hareketi için $Fkesme$ hesaplanmıştır. Sonuçlar bu değişkenlere göre elde edilmiştir.



Şekil 4.20: Newmark ortalama ivme yöntemine göre x doğrultusundaki P0017-İmperial Valley depremi için oluşturulan kat spektrumları.



Şekil 4.21: Newmark ortalama ivme yöntemine göre y doğrultusundaki P0017-İmperial Valley depremi için oluşturulan kat spektrumları.

Tablo 4.9: Deprem spektrumu analiz yöntemine göre x doğrultusundaki deprem için çelik ankraj profiline etkiyecek maksimum ortalama ivme değerleri.

ÇELİK ANKRAJ	**Earthquake - x**							**max aort. (m/s2)**
T=0.03 s	**i.v.230**	**northr.**	**i.v.140**	**i.v.b.**	**land.a.**	**land.b.**	**supers.**	
Z1	0.798	0.591	0.697	0.463	0.907	0.634	0.564	**0.665**
Z2	1.569	1.158	1.384	0.923	1.785	1.246	1.116	**1.312**
Z3	1.891	1.384	1.708	1.145	2.165	1.496	1.364	**1.593**
Z4	2.045	1.487	1.882	1.273	2.373	1.614	1.493	**1.738**
Z5	2.054	1.489	1.912	1.301	2.402	1.619	1.509	**1.755**
Z6	1.942	1.409	1.813	1.234	2.275	1.530	1.428	**1.662**
Z7	1.756	1.277	1.617	1.093	2.038	1.387	1.280	**1.493**
Z8	1.569	1.158	1.384	0.923	1.785	1.246	1.116	**1.312**
Z9	1.540	1.171	1.308	0.836	1.760	1.237	1.085	**1.277**
Z10	1.549	1.206	1.281	0.797	1.773	1.307	1.151	**1.295**
Z11	1.557	1.224	1.287	0.791	1.771	1.414	1.252	**1.328**
Z12	1.508	1.248	1.272	0.781	1.740	1.526	1.384	**1.351**
Z13	1.394	1.216	1.233	0.776	1.714	1.584	1.510	**1.347**
Z14	1.348	1.126	1.254	0.813	1.631	1.578	1.575	**1.332**
Z15	1.301	1.165	1.260	0.902	1.498	1.508	1.622	**1.322**
Z16	1.365	1.193	1.259	0.999	1.363	1.449	1.752	**1.340**
Z17	1.470	1.181	1.301	1.076	1.225	1.591	1.836	**1.383**
Z18	1.633	1.138	1.369	1.145	1.071	1.695	1.839	**1.413**
Z19	1.844	1.131	1.415	1.191	1.038	1.729	1.758	**1.444**
Z20	1.976	1.178	1.439	1.214	1.011	1.689	1.598	**1.444**
Z21	2.020	1.199	1.418	1.239	1.029	1.577	1.383	**1.409**
Z22	1.969	1.192	1.350	1.286	1.052	1.397	1.308	**1.365**
Z23	1.826	1.155	1.238	1.333	1.057	1.204	1.204	**1.288**
Z24	1.602	1.103	1.086	1.359	1.135	1.182	1.162	**1.232**
Z25	1.313	1.118	0.973	1.365	1.200	1.145	1.079	**1.170**
Z26	1.174	1.276	1.085	1.356	1.254	1.313	0.991	**1.207**
Z27	1.276	1.503	1.252	1.337	1.303	1.531	1.031	**1.319**
Z28	1.408	1.729	1.420	1.330	1.674	1.744	1.361	**1.524**
Z29	1.731	1.946	1.656	1.416	2.069	1.947	1.721	**1.784**
Z30	2.106	2.159	1.891	1.570	2.440	2.205	2.116	**2.070**

Tablo 4.10: Deprem spektrumu analiz yöntemine göre x doğrultusundaki deprem için alüminyum ankraj profiline etkiyecek maksimum ortalama ivme değerleri.

ALÜMİNYUM ANKRAJ	**Earthquake - x**							**max aort. (m/s2)**
T=0.05 s	**i.v.230**	**northr.**	**i.v.140**	**i.v.b.**	**land.a.**	**land.b.**	**supers.**	
Z1	0.950	0.732	0.751	0.624	1.113	0.789	0.683	**0.806**
Z2	1.861	1.432	1.506	1.251	2.196	1.552	1.359	**1.594**
Z3	2.222	1.705	1.895	1.575	2.665	1.869	1.681	**1.945**
Z4	2.387	1.827	2.120	1.763	2.936	2.022	1.857	**2.130**
Z5	2.386	1.827	2.174	1.809	2.981	2.030	1.889	**2.157**
Z6	2.254	1.731	2.065	1.718	2.825	1.921	1.790	**2.043**
Z7	2.049	1.568	1.823	1.515	2.521	1.737	1.594	**1.830**
Z8	1.861	1.432	1.506	1.251	2.196	1.552	1.359	**1.594**
Z9	1.886	1.469	1.371	1.075	2.120	1.523	1.289	**1.533**
Z10	1.947	1.541	1.312	0.976	2.083	1.513	1.389	**1.537**
Z11	1.975	1.594	1.339	0.948	2.026	1.568	1.542	**1.570**
Z12	1.931	1.600	1.362	0.922	1.947	1.661	1.725	**1.593**
Z13	1.798	1.542	1.339	0.875	1.928	1.691	1.815	**1.570**
Z14	1.575	1.418	1.371	0.851	1.845	1.649	1.797	**1.501**
Z15	1.376	1.426	1.422	0.914	1.704	1.536	1.779	**1.451**
Z16	1.430	1.426	1.459	1.012	1.518	1.478	1.956	**1.469**
Z17	1.598	1.382	1.481	1.100	1.306	1.618	2.033	**1.503**
Z18	1.914	1.304	1.487	1.169	1.086	1.740	2.007	**1.530**
Z19	2.159	1.237	1.475	1.220	1.101	1.786	1.882	**1.551**
Z20	2.315	1.306	1.445	1.249	1.079	1.753	1.669	**1.545**
Z21	2.368	1.353	1.393	1.259	1.094	1.641	1.418	**1.504**
Z22	2.310	1.368	1.320	1.265	1.155	1.455	1.514	**1.484**
Z23	2.145	1.347	1.226	1.305	1.146	1.219	1.527	**1.416**
Z24	1.883	1.290	1.113	1.333	1.240	1.201	1.432	**1.356**
Z25	1.544	1.198	0.983	1.352	1.326	1.173	1.238	**1.259**
Z26	1.168	1.362	1.067	1.363	1.401	1.366	1.052	**1.254**
Z27	1.269	1.665	1.243	1.371	1.478	1.596	0.999	**1.374**
Z28	1.428	1.969	1.419	1.409	1.987	1.819	1.457	**1.641**
Z29	1.878	2.264	1.663	1.636	2.468	2.030	1.921	**1.980**
Z30	2.345	2.555	1.888	1.847	2.912	2.363	2.360	**2.324**

Tablo 4.11: Deprem spektrumu analiz yöntemine göre y doğrultusundaki deprem için çelik ankraj profiline etkiyecek maksimum ortalama ivme değerleri.

ÇELİK ANKRAJ	**Earthquake - y**							**max aort. (m/s2)**
T=0.17 s	**i.v.230**	**northr.**	**i.v.140**	**i.v.b.**	**land.a.**	**land.b.**	**supers.**	
Z1	0.670	0.465	0.666	0.418	0.709	0.564	0.714	**0.601**
Z2	1.284	0.888	1.280	0.801	1.352	1.077	1.349	**1.147**
Z3	1.516	1.051	1.529	0.946	1.571	1.255	1.519	**1.341**
Z4	1.641	1.152	1.669	1.026	1.681	1.344	1.591	**1.443**
Z5	1.669	1.180	1.706	1.047	1.698	1.359	1.585	**1.464**
Z6	1.604	1.136	1.641	1.007	1.631	1.307	1.520	**1.407**
Z7	1.463	1.027	1.488	0.915	1.500	1.201	1.423	**1.288**
Z8	1.284	0.888	1.280	0.801	1.352	1.077	1.349	**1.147**
Z9	1.205	0.946	1.147	0.748	1.382	1.063	1.515	**1.144**
Z10	1.339	1.077	1.055	0.812	1.437	1.108	1.717	**1.221**
Z11	1.664	1.216	1.033	0.912	1.475	1.174	1.909	**1.340**
Z12	1.980	1.412	1.083	1.063	1.480	1.332	2.068	**1.488**
Z13	2.267	1.643	1.323	1.251	1.506	1.591	2.178	**1.680**
Z14	2.508	1.905	1.564	1.625	1.564	1.888	2.233	**1.898**
Z15	2.732	2.204	1.773	1.975	1.657	2.212	2.264	**2.117**
Z16	2.956	2.496	2.096	2.283	1.762	2.546	2.369	**2.358**
Z17	3.098	2.727	2.391	2.593	1.943	2.809	2.409	**2.567**
Z18	3.150	2.871	2.607	2.828	2.063	2.984	2.384	**2.698**
Z19	3.106	2.916	2.731	2.976	2.115	3.058	2.313	**2.745**
Z20	2.995	2.856	2.753	3.027	2.092	3.022	2.190	**2.705**
Z21	2.819	2.686	2.667	2.976	2.007	2.873	1.997	**2.575**
Z22	2.617	2.453	2.476	2.822	1.895	2.612	1.739	**2.374**
Z23	2.394	2.172	2.186	2.572	1.721	2.246	1.427	**2.103**
Z24	2.123	1.852	1.836	2.236	1.491	1.848	1.289	**1.811**
Z25	1.813	1.473	1.492	1.828	1.216	1.656	1.293	**1.539**
Z26	1.561	1.262	1.410	1.365	1.055	1.464	1.447	**1.366**
Z27	1.463	1.430	1.497	0.972	1.265	1.291	1.717	**1.376**
Z28	1.726	1.611	1.982	1.142	1.598	1.676	2.066	**1.686**
Z29	2.245	2.240	2.645	1.404	1.967	2.178	2.421	**2.157**
Z30	2.856	2.877	3.291	1.826	2.325	2.746	2.813	**2.676**

Tablo 4.12: Deprem spektrumu analiz yöntemine göre y doğrultusundaki deprem için alüminyum ankraj profiline etkiyecek maksimum ortalama ivme değerleri.

ALÜMİNYUM ANKRAJ	**Earthquake - y**							**max aort. (m/s2)**
T=0.30 s	**i.v.230**	**northr.**	**i.v.140**	**i.v.b.**	**land.a.**	**land.b.**	**supers.**	
Z1	0.500	0.583	0.460	0.322	0.486	0.529	0.796	**0.525**
Z2	0.922	1.079	0.850	0.604	0.911	0.978	1.464	**0.973**
Z3	0.934	1.110	0.872	0.653	0.988	0.999	1.468	**1.004**
Z4	0.886	1.070	0.854	0.658	1.039	0.957	1.379	**0.978**
Z5	0.828	1.009	0.850	0.646	1.055	0.899	1.277	**0.938**
Z6	0.789	0.962	0.814	0.620	1.013	0.857	1.215	**0.896**
Z7	0.802	0.966	0.764	0.590	0.925	0.865	1.248	**0.880**
Z8	0.922	1.079	0.850	0.604	0.911	0.978	1.464	**0.973**
Z9	1.346	1.525	1.210	0.757	1.130	1.401	2.186	**1.365**
Z10	1.867	2.072	1.650	0.945	1.398	1.964	3.070	**1.852**
Z11	2.440	2.651	2.190	1.142	1.673	2.571	4.009	**2.382**
Z12	3.006	3.217	2.778	1.330	1.956	3.170	4.966	**2.917**
Z13	3.526	3.734	3.339	1.497	2.240	3.746	5.865	**3.421**
Z14	3.970	4.168	3.843	1.634	2.474	4.261	6.634	**3.855**
Z15	4.311	4.496	4.251	1.735	2.646	4.667	7.226	**4.190**
Z16	4.529	4.697	4.538	1.796	2.745	4.942	7.603	**4.407**
Z17	4.672	4.759	4.684	1.816	2.766	5.065	7.737	**4.500**
Z18	4.668	4.675	4.677	1.795	2.706	5.027	7.610	**4.451**
Z19	4.512	4.473	4.519	1.736	2.580	4.821	7.215	**4.265**
Z20	4.205	4.175	4.222	1.643	2.407	4.450	6.556	**3.951**
Z21	3.751	3.750	3.778	1.520	2.183	3.920	5.645	**3.507**
Z22	3.163	3.211	3.200	1.372	1.882	3.244	4.503	**2.939**
Z23	2.457	2.574	2.581	1.204	1.530	2.441	3.159	**2.278**
Z24	1.651	1.857	2.074	1.021	1.171	1.748	2.586	**1.730**
Z25	1.521	1.480	1.903	1.191	1.136	1.625	2.033	**1.556**
Z26	1.989	2.093	2.662	1.459	1.658	2.292	3.272	**2.203**
Z27	2.805	2.796	3.545	1.725	2.279	3.133	4.786	**3.010**
Z28	3.839	3.584	4.519	1.988	2.906	4.059	6.321	**3.888**
Z29	4.904	4.575	5.487	2.249	3.530	4.997	8.174	**4.845**
Z30	5.946	5.545	6.436	2.507	4.142	6.010	9.988	**5.796**

Aşağıdaki katsayı değerleri bütün katlar için aynıdır.

- $Be = 1$ (elemana ait büyütme katsayısı)
- $Re = 2.5$ (elemana ait davranış katsayısı)

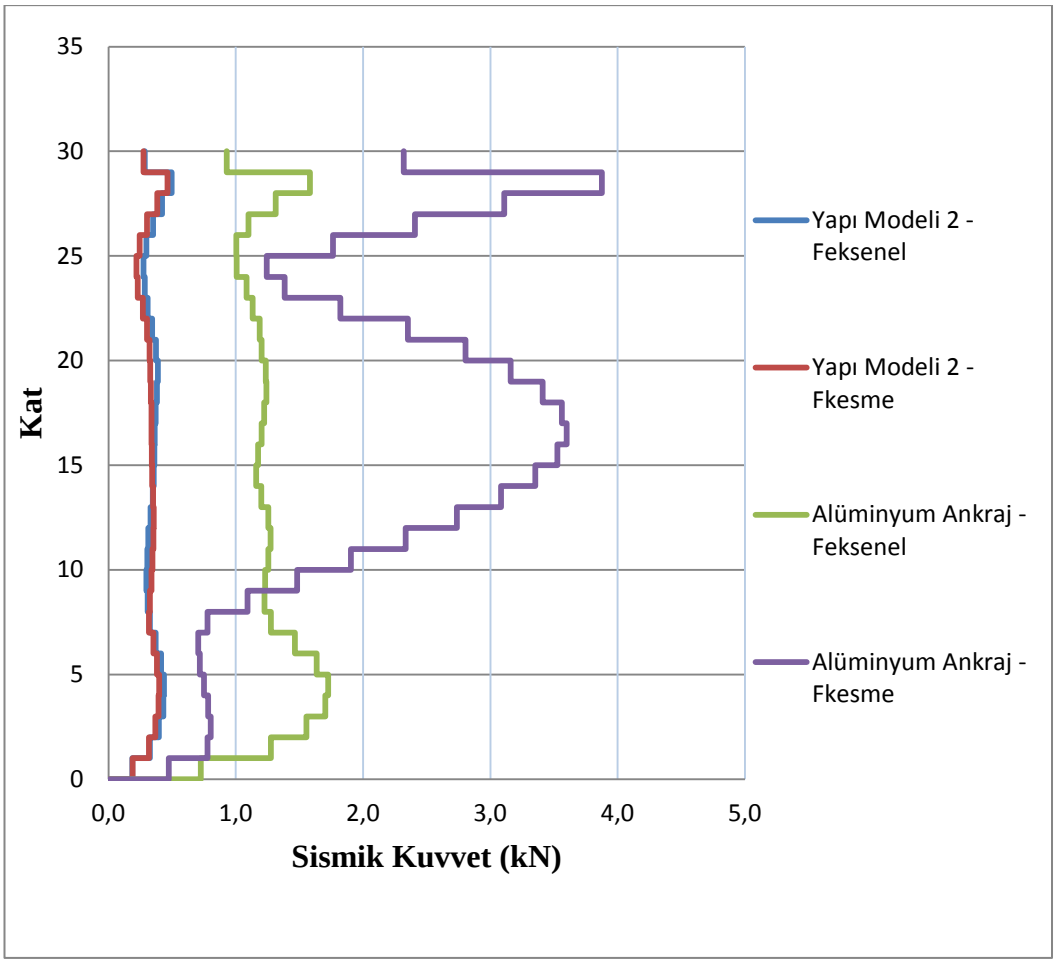
Tablo 4.13: İYYDY-2008 deprem spektrumu analiz yöntemine göre çelik ankraj profiline etkiyecek sismik kuvvetler.

ÇELİK ANKRAJ					
KAT	**Feksenel=(m*Ae*Be)/Re**			**Fkesme=(m*Ae*Be)/Re**	
	m (kNs^2/m)	**Ae (m/s2)**	**Fe (kN)**	**Ae (m/s2)**	**Fe (kN)**
Z1	0.229	0.665	**0.598**	0.601	**0.541**
Z2	0.204	1.312	**1.049**	1.147	**0.918**
Z3	0.204	1.593	**1.275**	1.341	**1.073**
Z4	0.204	1.738	**1.391**	1.443	**1.155**
Z5	0.204	1.755	**1.404**	1.464	**1.171**
Z6	0.204	1.662	**1.329**	1.407	**1.125**
Z7	0.204	1.493	**1.194**	1.288	**1.031**
Z8	0.204	1.312	**1.049**	1.147	**0.918**
Z9	0.204	1.277	**1.021**	1.144	**0.915**
Z10	0.204	1.295	**1.036**	1.221	**0.977**
Z11	0.204	1.328	**1.062**	1.340	**1.072**
Z12	0.204	1.351	**1.081**	1.488	**1.191**
Z13	0.204	1.347	**1.077**	1.680	**1.344**
Z14	0.204	1.332	**1.066**	1.898	**1.519**
Z15	0.204	1.322	**1.058**	2.117	**1.693**
Z16	0.204	1.340	**1.072**	2.358	**1.887**
Z17	0.204	1.383	**1.106**	2.567	**2.054**
Z18	0.204	1.413	**1.130**	2.698	**2.159**
Z19	0.204	1.444	**1.155**	2.745	**2.196**
Z20	0.204	1.444	**1.155**	2.705	**2.164**
Z21	0.204	1.409	**1.127**	2.575	**2.060**
Z22	0.204	1.365	**1.092**	2.374	**1.899**
Z23	0.204	1.288	**1.030**	2.103	**1.682**
Z24	0.204	1.232	**0.986**	1.811	**1.449**
Z25	0.204	1.170	**0.936**	1.539	**1.231**
Z26	0.204	1.207	**0.965**	1.366	**1.093**
Z27	0.204	1.319	**1.055**	1.376	**1.101**
Z28	0.204	1.524	**1.219**	1.686	**1.349**
Z29	0.204	1.784	**1.427**	2.157	**1.726**
Z30	0.102	2.070	**0.828**	2.676	**1.071**

Tablo 4.14: İYYDY-2008 deprem spektrumu analiz yöntemine göre alüminyum ankraj profiline etkiyecek sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması.

ALÜMİNYUM ANKRAJ							
KAT	**Feksenel=(m*Ae*Be)/Re**			**Tam Yapı Modeli**	**Fkesme=(m*Ae*Be)/Re**		**Tam Yapı Modeli**
	m (kNs^2/m)	**Ae (m/s2)**	**Fe (kN)**	**Feksenel (kN)**	**Ae (m/s2)**	**Fe (kN)**	**Fkesme (kN)**
Z1	0.229	0.806	**0.725**	**0.188**	0.525	**0.473**	**0.191**
Z2	0.204	1.594	**1.275**	**0.324**	0.973	**0.778**	**0.318**
Z3	0.204	1.945	**1.556**	**0.395**	1.004	**0.803**	**0.369**
Z4	0.204	2.130	**1.704**	**0.431**	0.978	**0.782**	**0.394**
Z5	0.204	2.157	**1.725**	**0.436**	0.938	**0.750**	**0.397**
Z6	0.204	2.043	**1.635**	**0.413**	0.896	**0.717**	**0.382**
Z7	0.204	1.830	**1.464**	**0.371**	0.880	**0.704**	**0.352**
Z8	0.204	1.594	**1.275**	**0.324**	0.973	**0.778**	**0.318**
Z9	0.204	1.533	**1.226**	**0.308**	1.365	**1.092**	**0.326**
Z10	0.204	1.537	**1.230**	**0.299**	1.852	**1.482**	**0.339**
Z11	0.204	1.570	**1.256**	**0.305**	2.382	**1.906**	**0.346**
Z12	0.204	1.593	**1.274**	**0.312**	2.917	**2.334**	**0.354**
Z13	0.204	1.570	**1.256**	**0.331**	3.421	**2.737**	**0.355**
Z14	0.204	1.501	**1.201**	**0.349**	3.855	**3.084**	**0.349**
Z15	0.204	1.451	**1.161**	**0.356**	4.190	**3.352**	**0.343**
Z16	0.204	1.469	**1.175**	**0.359**	4.407	**3.526**	**0.340**
Z17	0.204	1.503	**1.202**	**0.364**	4.500	**3.600**	**0.338**
Z18	0.204	1.530	**1.224**	**0.371**	4.451	**3.561**	**0.338**
Z19	0.204	1.551	**1.241**	**0.381**	4.265	**3.412**	**0.332**
Z20	0.204	1.545	**1.236**	**0.387**	3.951	**3.161**	**0.328**
Z21	0.204	1.504	**1.203**	**0.374**	3.507	**2.805**	**0.322**
Z22	0.204	1.484	**1.187**	**0.344**	2.939	**2.351**	**0.303**
Z23	0.204	1.416	**1.133**	**0.308**	2.278	**1.822**	**0.270**
Z24	0.204	1.356	**1.085**	**0.284**	1.730	**1.384**	**0.229**
Z25	0.204	1.259	**1.007**	**0.275**	1.556	**1.244**	**0.219**
Z26	0.204	1.254	**1.003**	**0.298**	2.203	**1.763**	**0.246**
Z27	0.204	1.374	**1.099**	**0.350**	3.010	**2.408**	**0.304**
Z28	0.204	1.641	**1.313**	**0.421**	3.888	**3.110**	**0.383**
Z29	0.204	1.980	**1.584**	**0.497**	4.845	**3.876**	**0.464**
Z30	0.102	2.324	**0.930**	**0.285**	5.796	**2.318**	**0.275**

- Yapı modeli 2'de ankraj elemanın malzemesi alüminyum seçildiği için, gerçeğe en yakın olan bu değerler İYYDY'de sadece alüminyum ankraj profiline ait sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.22: İYYDY-2008 deprem spektrumu analiz yöntemine göre elde edilen sismik kuvvetler ile model 2'ye ait sonuçları karşılaştırma grafiği.

4.7.3. Yer Değiştirmelerin Kontrolü

İYYDY'de sismik kuvvet tanımlamasının yanında, giydirme cephe sistemi ankraj elemanının deprem sırasında yapacağı deplasmanları kontrol altında tutmak için çeşitli yer değiştirme sınırlamaları belirtilmiştir. Bu sınırlamalar, tasarımda göz önüne alınan deprem derecesine göre değişmektedir. Bu uygulamada şiddetli deprem için can güvenliği hedef performansı dikkate alınmıştır. Bu hedef için belirtilen sınırlama ise; her katta, her bir düşey taşıyıcı elemanın her bir doğrultudaki göreli kat ötelemesi oranı (göreli kat ötelemesinin kat yüksekliğine oranı) 0.025 değerini aşmamalıdır. Aşağıdaki tabloda 7 yer hareketi takımı için tüm katlara ait göreli kat ötelemesi oranları verilmiş ve şartname ile karşılaştırılmıştır.

• Dix, y ; x veya y doğrultusundaki deprem için $i + 1$'inci kat ile i'inci katın yaptıkları deplasmanların farkının ilgili katlar arasındaki yüksekliğe oranıdır.

Tablo 4.15: İYYDY-2008'e göre x doğrultusundaki deprem için göreli kat ötelemesi oranları.

KAT	**EARTHQUAKE - X**							**Ortalama (m)**	**İYYDY 2008**
	i.v.230	**northr.**	**i.v.140**	**i.v.b.**	**l. a.**	**l. b.**	**supers.**		
D1x	0.00025	0.00024	0.00019	0.00018	0.00019	0.00023	0.00022	0.00021	**0.025**
D2x	0.00028	0.00027	0.00022	0.00019	0.00022	0.00026	0.00026	0.00024	
D3x	0.00011	0.00008	0.00009	0.00008	0.00009	0.00010	0.00009	0.00009	
D4x	0.00010	0.00010	0.00010	0.00009	0.00008	0.00010	0.00006	0.00009	
D5x	0.00008	0.00008	0.00007	0.00007	0.00008	0.00009	0.00006	0.00007	
D6x	0.00005	0.00005	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	
D7x	0.00008	0.00007	0.00008	0.00007	0.00006	0.00007	0.00006	0.00007	
D8x	0.00021	0.00021	0.00019	0.00019	0.00019	0.00021	0.00013	0.00019	
D9x	0.00042	0.00044	0.00038	0.00038	0.00043	0.00047	0.00034	0.00041	
D10x	0.00055	0.00059	0.00049	0.00050	0.00057	0.00063	0.00045	0.00054	
D11x	0.00066	0.00069	0.00058	0.00059	0.00067	0.00074	0.00052	0.00063	
D12x	0.00074	0.00077	0.00064	0.00065	0.00075	0.00081	0.00056	0.00070	
D13x	0.00080	0.00083	0.00068	0.00070	0.00080	0.00086	0.00057	0.00075	
D14x	0.00085	0.00086	0.00071	0.00073	0.00084	0.00090	0.00058	0.00078	
D15x	0.00088	0.00088	0.00072	0.00074	0.00086	0.00091	0.00058	0.00080	
D16x	0.00089	0.00089	0.00071	0.00075	0.00088	0.00091	0.00060	**0.00081**	
D17x	0.00089	0.00090	0.00070	0.00075	0.00088	0.00091	0.00061	**0.00081**	
D18x	0.00089	0.00091	0.00067	0.00074	0.00088	0.00091	0.00061	0.00080	
D19x	0.00087	0.00091	0.00064	0.00072	0.00087	0.00091	0.00061	0.00079	
D20x	0.00084	0.00091	0.00065	0.00070	0.00086	0.00090	0.00060	0.00078	
D21x	0.00081	0.00091	0.00066	0.00068	0.00084	0.00089	0.00060	0.00077	
D22x	0.00078	0.00090	0.00066	0.00068	0.00082	0.00087	0.00061	0.00076	
D23x	0.00078	0.00089	0.00066	0.00067	0.00080	0.00086	0.00061	0.00075	
D24x	0.00076	0.00087	0.00066	0.00065	0.00078	0.00085	0.00060	0.00074	
D25x	0.00075	0.00084	0.00065	0.00063	0.00075	0.00083	0.00059	0.00072	
D26x	0.00073	0.00081	0.00063	0.00061	0.00073	0.00080	0.00058	0.00070	
D27x	0.00070	0.00078	0.00061	0.00059	0.00070	0.00077	0.00056	0.00067	
D28x	0.00068	0.00075	0.00059	0.00057	0.00067	0.00074	0.00054	0.00065	
D29x	0.00066	0.00073	0.00057	0.00055	0.00065	0.00072	0.00051	0.00062	
D30x	0.00064	0.00070	0.00055	0.00053	0.00063	0.00069	0.00049	0.00060	

Tablo 4.16: İYYDY-2008'e göre y doğrultusundaki deprem için göreli kat ötelemesi oranları.

KAT	EARTHQUAKE - Y							Ortalama (m)	İYYDY 2008
	i.v.230	northr.	i.v.140	i.v.b.	l. a.	l. b.	supers.		
D1y	0.00013	0.00011	0.00015	0.00011	0.00014	0.00014	0.00015	0.00013	**0.025**
D2y	0.00013	0.00011	0.00017	0.00013	0.00015	0.00015	0.00017	0.00014	
D3y	0.00007	0.00010	0.00009	0.00008	0.00007	0.00008	0.00006	0.00008	
D4y	0.00007	0.00009	0.00009	0.00007	0.00007	0.00007	0.00006	0.00007	
D5y	0.00005	0.00006	0.00007	0.00004	0.00005	0.00005	0.00004	0.00005	
D6y	0.00001	0.00001	0.00002	0.00001	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	
D7y	0.00006	0.00007	0.00007	0.00006	0.00006	0.00006	0.00005	0.00006	
D8y	0.00014	0.00018	0.00018	0.00013	0.00014	0.00014	0.00011	0.00015	
D9y	0.00031	0.00039	0.00042	0.00026	0.00030	0.00028	0.00027	0.00032	
D10y	0.00040	0.00051	0.00055	0.00035	0.00040	0.00037	0.00035	0.00042	
D11y	0.00047	0.00061	0.00065	0.00042	0.00047	0.00044	0.00040	0.00049	
D12y	0.00053	0.00069	0.00073	0.00048	0.00054	0.00051	0.00044	0.00056	
D13y	0.00059	0.00076	0.00079	0.00054	0.00059	0.00057	0.00047	0.00062	
D14y	0.00064	0.00082	0.00084	0.00059	0.00064	0.00062	0.00049	0.00066	
D15y	0.00068	0.00089	0.00087	0.00064	0.00068	0.00066	0.00052	0.00070	
D16y	0.00071	0.00095	0.00089	0.00067	0.00073	0.00069	0.00055	0.00074	
D17y	0.00074	0.00100	0.00090	0.00070	0.00077	0.00072	0.00057	0.00077	
D18y	0.00076	0.00105	0.00090	0.00073	0.00082	0.00074	0.00059	0.00080	
D19y	0.00079	0.00109	0.00093	0.00075	0.00085	0.00075	0.00062	0.00083	
D20y	0.00081	0.00112	0.00096	0.00076	0.00089	0.00076	0.00064	0.00085	
D21y	0.00084	0.00115	0.00098	0.00077	0.00091	0.00077	0.00066	0.00087	
D22y	0.00085	0.00117	0.00100	0.00077	0.00093	0.00077	0.00067	0.00088	
D23y	0.00087	0.00119	0.00101	0.00077	0.00095	0.00076	0.00068	0.00089	
D24y	0.00088	0.00120	0.00101	0.00077	0.00096	0.00077	0.00068	0.00089	
D25y	0.00088	0.00120	0.00101	0.00078	0.00096	0.00077	0.00069	**0.00090**	
D26y	0.00088	0.00120	0.00101	0.00078	0.00096	0.00076	0.00069	**0.00090**	
D27y	0.00088	0.00119	0.00100	0.00077	0.00096	0.00076	0.00070	0.00089	
D28y	0.00087	0.00119	0.00099	0.00077	0.00095	0.00075	0.00070	0.00089	
D29y	0.00086	0.00118	0.00098	0.00076	0.00094	0.00075	0.00069	0.00088	
D30y	0.00085	0.00116	0.00097	0.00075	0.00093	0.00074	0.00068	0.00087	

4.8. EUROCODE - 8 Şartnamesi Uygulaması

EUROCODE Şartnamesi, tasarım aşamasında giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etki ettirilmesi gereken sismik kuvvet için bir formül tanımlaması yapmıştır. İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği'ne benzer olarak, bu formül tanımlamasında ankraj elemanının doğal titreşim periyodu göz önüne alınmıştır. Şartnamede belirtilen bu formül, ankraj elemanına ait doğal titreşim periyodunun yanı sıra elemanın ağırlığı, önem faktörü ($\delta a = 1$), davranış faktörü ($qa = 2$), zemin faktörü ($Z2\ yerel\ zemin\ sınıfı\ için\ S = 1.2$), etkin yer ivmesi katsayısı ($a = 0.4$) ve yapının etkin yöndeki periyodu ($Ty = 1.86\ s$) gibi değişkenlere bağlıdır. EUROCODE Şartnamesi, elemanın doğal titreşim periyodunu dikkate aldığından, ankraj elemanının x ve y yönleri için doğal titreşim periyotları hesaplanmıştır. Aynı zamanda, ankraj eleman için hem çelik hem de alüminyum malzeme türü için sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolarda açıklanmış ve gerçeğe en yakın sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

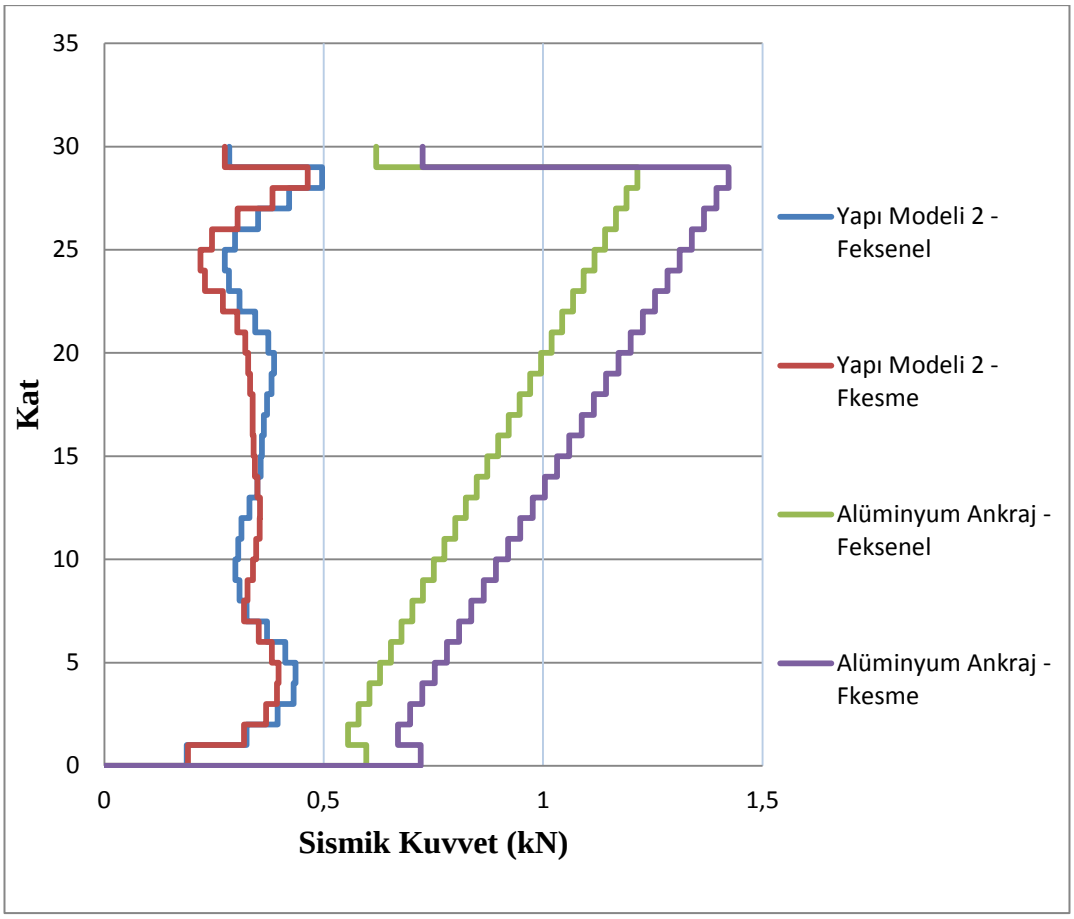
Tablo 4.17: EUROCODE-8'e göre çelik ankraj profiline etkiyecek sismik kuvvetler.

ÇELİK ANKRAJ					
KAT	**z (m)**	**Fkesme=(Sa*Wa*ɣa)/qa**		**Feksenel=(Sa*Wa*ɣa)/qa**	
		Sa	**Fa (kN)**	**Sa**	**Fa (kN)**
Z1	4.5	0.582	**0.655**	0.523	**0.588**
Z2	8	0.608	**0.608**	0.547	**0.547**
Z3	11.5	0.634	**0.634**	0.571	**0.571**
Z4	15	0.660	**0.660**	0.595	**0.595**
Z5	18.5	0.686	**0.686**	0.619	**0.619**
Z6	22	0.713	**0.713**	0.644	**0.644**
Z7	25.5	0.739	**0.739**	0.668	**0.668**
Z8	29	0.765	**0.765**	0.692	**0.692**
Z9	32.5	0.791	**0.791**	0.716	**0.716**
Z10	36	0.817	**0.817**	0.740	**0.740**
Z11	39.5	0.843	**0.843**	0.764	**0.764**
Z12	43	0.869	**0.869**	0.789	**0.789**
Z13	46.5	0.895	**0.895**	0.813	**0.813**
Z14	50	0.921	**0.921**	0.837	**0.837**
Z15	53.5	0.947	**0.947**	0.861	**0.861**
Z16	57	0.973	**0.973**	0.885	**0.885**
Z17	60.5	0.999	**0.999**	0.909	**0.909**
Z18	64	1.025	**1.025**	0.933	**0.933**
Z19	67.5	1.051	**1.051**	0.958	**0.958**
Z20	71	1.077	**1.077**	0.982	**0.982**
Z21	74.5	1.103	**1.103**	1.006	**1.006**
Z22	78	1.129	**1.129**	1.030	**1.030**
Z23	81.5	1.155	**1.155**	1.054	**1.054**
Z24	85	1.181	**1.181**	1.078	**1.078**
Z25	88.5	1.207	**1.207**	1.103	**1.103**
Z26	92	1.233	**1.233**	1.127	**1.127**
Z27	95.5	1.259	**1.259**	1.151	**1.151**
Z28	99	1.286	**1.286**	1.175	**1.175**
Z29	102.5	1.312	**1.312**	1.199	**1.199**
Z30	106	1.338	**0.669**	1.223	**0.612**

Tablo 4.18: EUROCODE-8'e göre alüminyum ankraj profiline etkiyecek sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması.

ALÜMİNYUM ANKRAJ							
KAT	**z (m)**	**Eurocode-8 Fkesme=(Sa*Wa*ɣa)/qa**		**Tam Yapı Modeli**	**Eurocode-8 Feksenel=(Sa*Wa*ɣa)/qa**		**Tam Yapı Modeli**
		Sa	**Fa (kN)**	**Fkesme (kN)**	**Sa**	**Fa (kN)**	**Feksenel (kN)**
Z1	4.5	0.641	**0.721**	**0.191**	0.531	**0.597**	**0.188**
Z2	8	0.669	**0.669**	**0.318**	0.555	**0.555**	**0.324**
Z3	11.5	0.697	**0.697**	**0.369**	0.580	**0.580**	**0.395**
Z4	15	0.725	**0.725**	**0.394**	0.604	**0.604**	**0.431**
Z5	18.5	0.753	**0.753**	**0.397**	0.629	**0.629**	**0.436**
Z6	22	0.781	**0.781**	**0.382**	0.653	**0.653**	**0.413**
Z7	25.5	0.809	**0.809**	**0.352**	0.678	**0.678**	**0.371**
Z8	29	0.837	**0.837**	**0.318**	0.702	**0.702**	**0.324**
Z9	32.5	0.865	**0.865**	**0.326**	0.726	**0.726**	**0.308**
Z10	36	0.892	**0.892**	**0.339**	0.751	**0.751**	**0.299**
Z11	39.5	0.920	**0.920**	**0.346**	0.775	**0.775**	**0.305**
Z12	43	0.948	**0.948**	**0.354**	0.800	**0.800**	**0.312**
Z13	46.5	0.976	**0.976**	**0.355**	0.824	**0.824**	**0.331**
Z14	50	1.004	**1.004**	**0.349**	0.848	**0.848**	**0.349**
Z15	53.5	1.032	**1.032**	**0.343**	0.873	**0.873**	**0.356**
Z16	57	1.060	**1.060**	**0.340**	0.897	**0.897**	**0.359**
Z17	60.5	1.088	**1.088**	**0.338**	0.922	**0.922**	**0.364**
Z18	64	1.116	**1.116**	**0.338**	0.946	**0.946**	**0.371**
Z19	67.5	1.144	**1.144**	**0.332**	0.971	**0.971**	**0.381**
Z20	71	1.172	**1.172**	**0.328**	0.995	**0.995**	**0.387**
Z21	74.5	1.199	**1.199**	**0.322**	1.019	**1.019**	**0.374**
Z22	78	1.227	**1.227**	**0.303**	1.044	**1.044**	**0.344**
Z23	81.5	1.255	**1.255**	**0.270**	1.068	**1.068**	**0.308**
Z24	85	1.283	**1.283**	**0.229**	1.093	**1.093**	**0.284**
Z25	88.5	1.311	**1.311**	**0.219**	1.117	**1.117**	**0.275**
Z26	92	1.339	**1.339**	**0.246**	1.142	**1.142**	**0.298**
Z27	95.5	1.367	**1.367**	**0.304**	1.166	**1.166**	**0.350**
Z28	99	1.395	**1.395**	**0.383**	1.190	**1.190**	**0.421**
Z29	102.5	1.423	**1.423**	**0.464**	1.215	**1.215**	**0.497**
Z30	106	1.451	**0.725**	**0.275**	1.239	**0.620**	**0.285**

- Yapı modeli 2'de ankraj elemanın malzemesi alüminyum seçildiği için, gerçeğe en yakın olan bu değerler EUROCODE'da sadece alüminyum ankraj profiline ait sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.



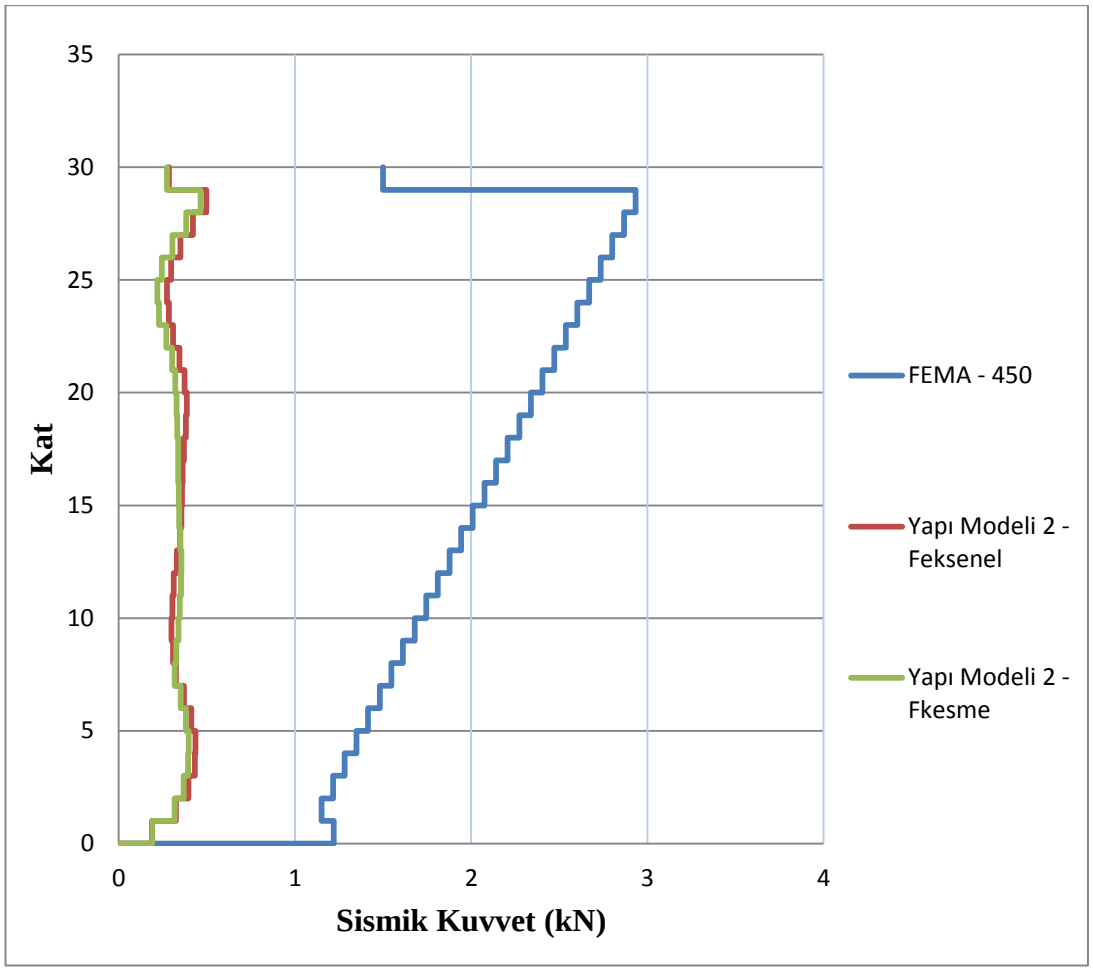
Şekil 4.23: EUROCODE-8 Şartnamesi İle model 2'den elde edilen sismik kuvvet sonuçlarını karşılaştırma grafiği.

4.9. FEMA - 450 Şartnamesi Uygulaması

FEMA Şartnamesi de tasarım aşamasında giydirme cephe sistemine etki ettirilmesi gereken bir sismik kuvvet formülü önermesinde bulunmuştur. Bu formülde dikkate alınanlar; ankraj elemanının ağırlığı (Wp), elemanın önem faktörü ($Ip = 1$), elemana ait katsayılar ($Rp = 1\ ve\ ap = 1.25$), kısa periyot spektral ivme parametresi ($SDS = 2.5 * Ao * I$) gibi değişkenlerdir. Eleman ağırlığı haricindeki bütün bu değişkenler, tüm katlar için ortaktır. Katlardaki ankraj elemanlara etkiyen sismik kuvvetlerin farklılık göstermesinin asıl sebebi, önerilen sismik kuvvet formülünde "ilgili kattaki elemanın yapı temeli üzerinden olan yüksekliğinin, toplam yapı yüksekliğine oranı" gibi bir değişkenin bulunmasıdır. Dolayısıyla, üst katlara doğru ankraj elemanlara etkiyecek olan sismik kuvvet artış göstermektedir. Sonuçlar Tablo 4.18'da verilmiş ve gerçeğe en yakın olan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.19: FEMA-450'ye göre elde edilen sismik kuvvet sonuçları ile model 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması.

KAT	FEMA-450 (Fp=0.4*ap*Sds*Wp*(1+2*(z/h))/(Rp/Ip))			Tam Yapı Modeli	
	z (m)	Wp (kN)	Fp (kN)	Feksenel (kN)	Fkesme (kN)
Z1	4.5	2.25	**1.221**	**0.188**	**0.191**
Z2	8	2.00	**1.151**	**0.324**	**0.318**
Z3	11.5	2.00	**1.217**	**0.395**	**0.369**
Z4	15	2.00	**1.283**	**0.431**	**0.394**
Z5	18.5	2.00	**1.349**	**0.436**	**0.397**
Z6	22	2.00	**1.415**	**0.413**	**0.382**
Z7	25.5	2.00	**1.481**	**0.371**	**0.352**
Z8	29	2.00	**1.547**	**0.324**	**0.318**
Z9	32.5	2.00	**1.613**	**0.308**	**0.326**
Z10	36	2.00	**1.679**	**0.299**	**0.339**
Z11	39.5	2.00	**1.745**	**0.305**	**0.346**
Z12	43	2.00	**1.811**	**0.312**	**0.354**
Z13	46.5	2.00	**1.877**	**0.331**	**0.355**
Z14	50	2.00	**1.943**	**0.349**	**0.349**
Z15	53.5	2.00	**2.009**	**0.356**	**0.343**
Z16	57	2.00	**2.075**	**0.359**	**0.340**
Z17	60.5	2.00	**2.142**	**0.364**	**0.338**
Z18	64	2.00	**2.208**	**0.371**	**0.338**
Z19	67.5	2.00	**2.274**	**0.381**	**0.332**
Z20	71	2.00	**2.340**	**0.387**	**0.328**
Z21	74.5	2.00	**2.406**	**0.374**	**0.322**
Z22	78	2.00	**2.472**	**0.344**	**0.303**
Z23	81.5	2.00	**2.538**	**0.308**	**0.270**
Z24	85	2.00	**2.604**	**0.284**	**0.229**
Z25	88.5	2.00	**2.670**	**0.275**	**0.219**
Z26	92	2.00	**2.736**	**0.298**	**0.246**
Z27	95.5	2.00	**2.802**	**0.350**	**0.304**
Z28	99	2.00	**2.868**	**0.421**	**0.383**
Z29	102.5	2.00	**2.934**	**0.497**	**0.464**
Z30	106	1.00	**1.500**	**0.285**	**0.275**



Şekil 4.24: FEMA-450 Şartnamesi ile model 2'den elde edilen sismik kuvvet sonuçlarını karşılaştırma grafiği.

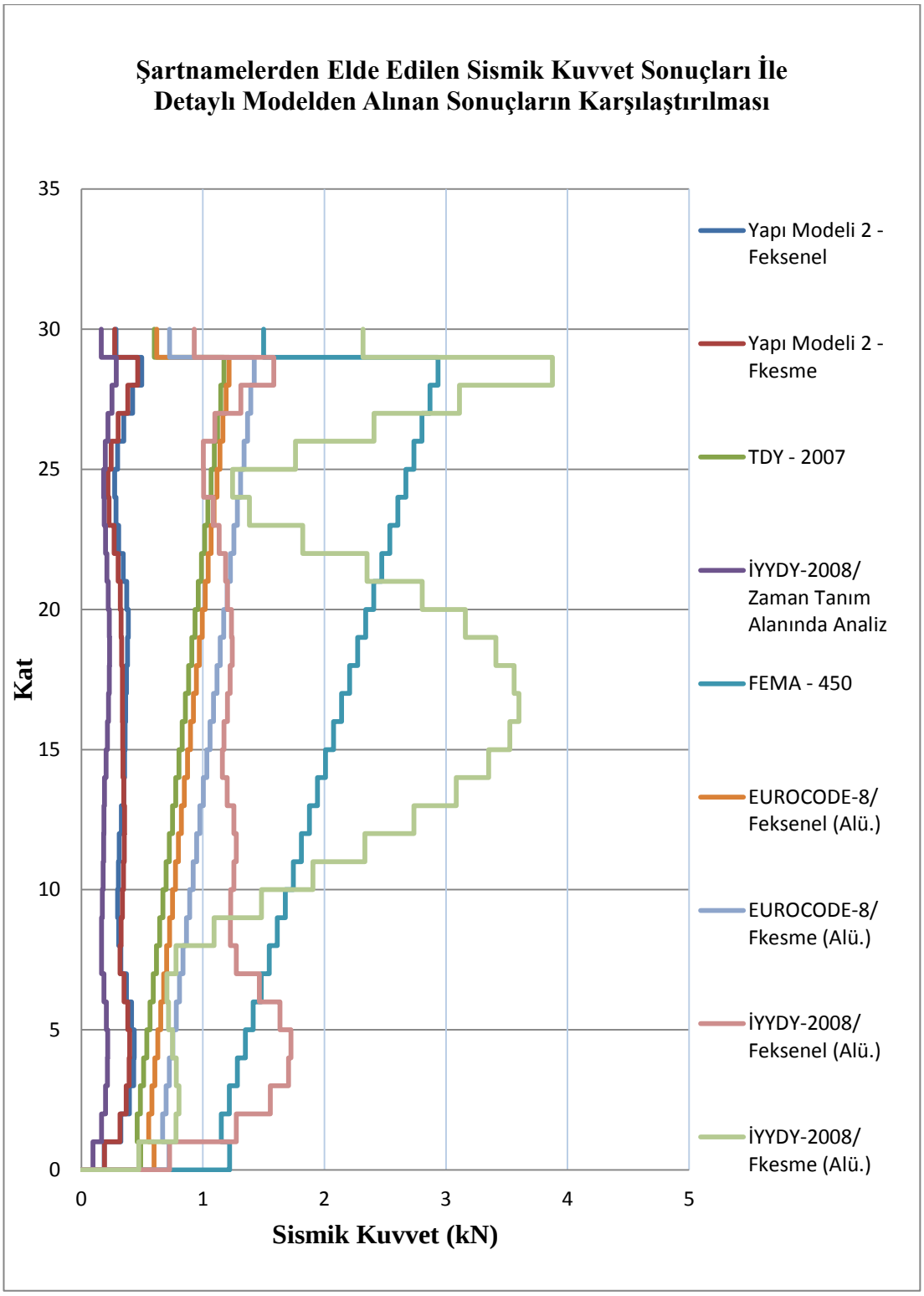
4.10. Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bölüm 4'teki şartnameler dikkate alınıp sonuçlar elde edildiğinde, ilgili şartnamelerin büyük bir çoğunluğunun, tasarım aşamasında giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etki ettirilmesi gereken sismik kuvvet ile ilgili olarak, güvenli bölgede yer aldıkları görülmüştür. İfade edilen bu güvenli bölge, gerçeğe en yakın sonuçları veren yapı modeli 2'den (giydirme cephe sistemi ve ankraj elemanların da modellendiği sistem) elde edilen sonuçlar dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu gerçeğe en yakın sonuçlardan daha büyük değerlere sahip olan şartname ve yöntemler, güvenli olarak tanımlanmıştır. Sadece, İYYDY'de yer alan zaman tanım alanında analiz yöntemine ait sonuçlar, yapı modeli 2'den elde edilen sonuçların altında kalmış ve giydirme cephe sistemi ankraj elemanına tasarım aşamasında uygulanması gereken sismik kuvvetle ilgili olarak güvenli bir yöntem olmadığı görülmüştür.

Ayrıca, ankraj elemanının doğal titreşim periyodunu dikkate alan iki şartname karşılaştırıldığında sonuçlarda farklılık görülmektedir. Özellikle 10. ve 25. katlar arasındaki sonuçlarda aradaki makas açılmaktadır ve EUROCODE'a göre İYYDY'e ait sonuçlar genellikle daha büyüktür. Bu iki şartnameyi kendi içlerinde ele aldığımızda, iki farklı malzeme türü için EUROCODE Şartnamesi'ne ait çekme ve kesme kuvvetleri birbirine çok yakındır. İYYDY Şartnamesi'nde, bu durum sadece çekme kuvvetleri için geçerlidir. FEMA'ya ait sonuçlar ile İYYDY'e ait çelik ankraj profili için kesme kuvveti sonuçları 15. ve 20. katlar arasında dikkat çekici bir biçimde yakınlık göstermektedir. Ayrıca, gerçeğe en yakın sonuç olarak yapı modeli 2'den elde edilen sonuçları dikkate aldığımızda, FEMA Şartnamesi'nin giydirme cephe sistemi ankraj elemanına etki ettirilmesi gereken sismik kuvvet anlamında aşırı ve en güvenlikli şartname olduğu söylenebilir. Gerçeğe en yakın sonuçlar olarak kabul edilen yapı modeli 2 kullanılarak elde edilen sonuçlara, kullanılan şartnamelerden güvenli bölgede kalarak en fazla yaklaşan şartname ise TDY Şartnamesi'dir. TDY, FEMA ve EUROCODE Şartnameleri önerdikleri sismik kuvvet formüllerinde yer hareketinden dolayı katlarda oluşacak olan ivmeyi dikkate almadıklarından, elde edilen sismik kuvvetler üst katlara doğru lineer bir şekilde artmaktadır. En üst katta cephe kütlesi yarıya düştüğünden sismik kuvvet de bir önceki kata göre yarı yarıya azalmıştır. İYYDY'de yer alan zaman tanım alanında analiz yöntemi ve deprem spektrumu analiz yöntemi ile birlikte yapı modeli 2'den elde ettiğimiz sonuçlar lineer olarak artmamaktadır. Bu yöntemler yer hareketinden kaynaklanan ivmeleri dikkate aldığından, bu ivmelere uygunluk gösteren sismik kuvvet sonuçları elde edilmiştir. Ayrıca, sismik kuvvetin yanında göreli kat ötelemesi için sonuçlara bakıldığında, giydirme cephe sistemi ankraj elemanının problem yaratacak ölçüde değerlere sahip olmadığı, İYYDY'de önerilen değerin oldukça altında kaldığı ve bu konuda güvenli bölgede yer aldığı görülmüştür. Bu değerlendirmelere yol açan sonuçlar aşağıdaki tablo ve grafikte gösterilmiştir.

Tablo 4.20: Şartnamelerden elde edilen bütün sismik kuvvet sonuçlarının, model 2'den elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması.

KAT	TDY - 2007 (kN)	FEMA - 450 (kN)	EUROCODE - 8 (kN)				İYYDY - 2008 (kN)					TAM YAPI MODELİ (kN)	
			Fkesme çelik	Fkesme alü.	Feksenel çelik	Feksenel alü.	Feksenel çelik	Feksenel alü.	Fkesme çelik	Fkesme alü.	zaman tanım alanında analiz	Feksenel	Fkesme
Z1	0.488	1.221	0.655	0.721	0.588	0.597	0.598	0.725	0.541	0.473	0.095	**0.188**	**0.191**
Z2	0.460	1.151	0.608	0.669	0.547	0.555	1.049	1.275	0.918	0.778	0.166	**0.324**	**0.318**
Z3	0.487	1.217	0.634	0.697	0.571	0.580	1.275	1.556	1.073	0.803	0.199	**0.395**	**0.369**
Z4	0.513	1.283	0.660	0.725	0.595	0.604	1.391	1.704	1.155	0.782	0.215	**0.431**	**0.394**
Z5	0.540	1.349	0.686	0.753	0.619	0.629	1.404	1.725	1.171	0.750	0.216	**0.436**	**0.397**
Z6	0.566	1.415	0.713	0.781	0.644	0.653	1.329	1.635	1.125	0.717	0.205	**0.413**	**0.382**
Z7	0.592	1.481	0.739	0.809	0.668	0.678	1.194	1.464	1.031	0.704	0.186	**0.371**	**0.352**
Z8	0.619	1.547	0.765	0.837	0.692	0.702	1.049	1.275	0.918	0.778	0.166	**0.324**	**0.318**
Z9	0.645	1.613	0.791	0.865	0.716	0.726	1.021	1.226	0.915	1.092	0.166	**0.308**	**0.326**
Z10	0.672	1.679	0.817	0.892	0.740	0.751	1.036	1.230	0.977	1.482	0.173	**0.299**	**0.339**
Z11	0.698	1.745	0.843	0.920	0.764	0.775	1.062	1.256	1.072	1.906	0.179	**0.305**	**0.346**
Z12	0.725	1.811	0.869	0.948	0.789	0.800	1.081	1.274	1.191	2.334	0.183	**0.312**	**0.354**
Z13	0.751	1.877	0.895	0.976	0.813	0.824	1.077	1.256	1.344	2.737	0.186	**0.331**	**0.355**
Z14	0.777	1.943	0.921	1.004	0.837	0.848	1.066	1.201	1.519	3.084	0.191	**0.349**	**0.349**
Z15	0.804	2.009	0.947	1.032	0.861	0.873	1.058	1.161	1.693	3.352	0.204	**0.356**	**0.343**
Z16	0.830	2.075	0.973	1.060	0.885	0.897	1.072	1.175	1.887	3.526	0.215	**0.359**	**0.340**
Z17	0.857	2.142	0.999	1.088	0.909	0.922	1.106	1.202	2.054	3.600	0.224	**0.364**	**0.338**
Z18	0.883	2.208	1.025	1.116	0.933	0.946	1.130	1.224	2.159	3.561	0.231	**0.371**	**0.338**
Z19	0.909	2.274	1.051	1.144	0.958	0.971	1.155	1.241	2.196	3.412	0.233	**0.381**	**0.332**
Z20	0.936	2.340	1.077	1.172	0.982	0.995	1.155	1.236	2.164	3.161	0.230	**0.387**	**0.328**
Z21	0.962	2.406	1.103	1.199	1.006	1.019	1.127	1.203	2.060	2.805	0.221	**0.374**	**0.322**
Z22	0.989	2.472	1.129	1.227	1.030	1.044	1.092	1.187	1.899	2.351	0.211	**0.344**	**0.303**
Z23	1.015	2.538	1.155	1.255	1.054	1.068	1.030	1.133	1.682	1.822	0.198	**0.308**	**0.270**
Z24	1.042	2.604	1.181	1.283	1.078	1.093	0.986	1.085	1.449	1.384	0.189	**0.284**	**0.229**
Z25	1.068	2.670	1.207	1.311	1.103	1.117	0.936	1.007	1.231	1.244	0.183	**0.275**	**0.219**
Z26	1.094	2.736	1.233	1.339	1.127	1.142	0.965	1.003	1.093	1.763	0.197	**0.298**	**0.246**
Z27	1.121	2.802	1.259	1.367	1.151	1.166	1.055	1.099	1.101	2.408	0.219	**0.350**	**0.304**
Z28	1.147	2.868	1.286	1.395	1.175	1.190	1.219	1.313	1.349	3.110	0.252	**0.421**	**0.383**
Z29	1.174	2.934	1.312	1.423	1.199	1.215	1.427	1.584	1.726	3.876	0.288	**0.497**	**0.464**
Z30	0.600	1.500	0.669	0.725	0.612	0.620	0.828	0.930	1.071	2.318	0.165	**0.285**	**0.275**



Şekil 4.25: Şartnamelerden elde edilen bütün sismik kuvvet sonuçlarının, model 2'den elde edilen sonuçlarla karşılaştırma grafiği.

5. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında, günümüzde her geçen gün artan yüksek yapı stoku ve popülerliğini arttıran giydirme cephe sistemleri dikkate alınarak, herhangi bir yüksek katlı yapıdaki giydirme cephe sistemleri ankraj elemanlarının deprem etkisi altındaki davranışlarının öneminin vurgulanması amaçlanmıştır. Ayrıca, bu ankraj elemanlar için şartnamelerde tasarım aşamasında kullanılması önerilen sismik kuvvetlerin yeterince güvenli olup olmadığının araştırılması hedeflenmiştir.

Bu tez çalışmasında, örnek model olarak 30 katlı düzenli bir betonarme yapı dikkate alınmıştır. İki farklı model oluşturulmuş, birinci modelde giydirme cephe sistemi ve ankraj elemanlar ölü yük olarak bina dış çerçevesine etki ettirilmiştir. İkinci modelde ise, giydirme cephe sistemi ve ankraj elemanlar da modellenmiş ve bu detaylı modelden alınan sonuçlar gerçeğe en yakın sonuçlar olarak kabul edilmiştir. Bu gerçeğe en yakın sonuçlar ve birbirleri ile karşılaştırılması yapılan şartnameler ise; TDY, İYYDY, FEMA ve EUROCODE şartnameleridir. Analiz yöntemi olarak, İYYDY'de yer alan zaman tanım alanında analiz ve deprem spektrumu analiz yöntemleri kullanılmıştır.

Elde edilen uygulama sonuçları göstermiştir ki, gerçeğe en yakın değerlere sahip olan yapı modeli 2'ye ait sonuçlara en fazla yaklaşan şartname İYYDY'dir. Ancak, İYYDY'de yer alan zaman tanım alanında analiz yöntemine göre elde edilen bu sonuçlar, gerçeğe en yakın sonuçlardan daha küçük değerlere sahip olduğu için güvenli olmayan bölgede yer almaktadır. Güvenli bölgede kalarak gerçeğe en yakın sonuçlara en fazla yaklaşan şartname ise TDY'dir. Bu gerçeğe en yakın değerlere, güvenli bölgede kalarak en uzak sonuçlara sahip ve aşırı güvenlikli olarak niteleyebileceğimiz şartname ise FEMA'dir. Bu gerçeğe en yakın değerlere, 1. ve 5. katlar arasında TDY Şartnamesi %80 oranında yaklaşmıştır. FEMA Şartnamesi ise en fazla 1. ve 5. katlar arasında %30 oranında yaklaşabilmiştir. EUROCODE Şartnamesi yaklaşık olarak bütün katlarda gerçeğe en yakın değerlere %50 oranında yaklaşabilmiştir. İYYDY Şartnamesi ise, en fazla 1. ve 8. katlar arasında ortalama %50 oranında yaklaşmıştır. Bu sonuçlara bakılarak, giydirme cephe sistemi ankraj elemanları için tasarım aşamasında dikkate alınması gereken sismik kuvvetle ilgili olarak, güvenli bölgede kalarak en iyi ve en yakın önermeyi yapan şartname TDY Şartnamesi'dir.

KAYNAKLAR

AAMA, (2001), Recommended Dynamic Test Method for Determining The Seismic Drift Causing Glass Fallout From A Wall System, American Architectural Manufacturers Association-AAMA, 501.6-01.

AAMA, (2001), Recommended Static Test Method for Evaluating Curtain Wall and Storefront Systems Subjected to Seismic and Wind Induced Inter-story Drifts, American Architectural Manufacturers Association-AAMA, 501.4-00.

Çelik Ç., (2004), "Türkiye'de Yeni İnşaat Teknolojileri İle Gelişen Cam Mimarisi", Çatı Cephe Fuarı, Bakırköy, İstanbul, Türkiye, 2-3 Nisan.

TDY, (2007), Bölüm 2.11: Yapısal Çıkıntılara, Mimari Elemanlara, Mekanik ve Elektrik Donanıma Etkiyen Deprem Yükleri , Türk Deprem Yönetmeliği.

EUROCODE, (2004), Design of Structures for Earthquake Resistance - Part1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, European Standard-EUROCODE, 8.

Fahjan Y., (2008), "Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumlarına Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi", İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, 19, 4423-4444.

FEMA, (2003), Nehrp Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures Part 1: Provisions, Federal Emergency Management Agency-FEMA, 450.

FEMA, (2003), Nehrp Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures Part 2: Commentary, Federal Emergency Management Agency-FEMA, 450.

Galli U., (2011), "Seismic Behaviour of Curtain Wall Facades", Doktorate Thesis, Politecnico Di Milano University.

Güzel N.O., (2006), "Saydam Giydirme Cepheler", Çatı ve Cephe Kaplamaları Sempozyumu, Taşkışla, İstanbul, Türkiye, 17-18 Ekim.

İrtem E., Tığ G., (2006), "Giydirme Cephe Taşıyıcı Sistem Profilleri İçin Optimum (Ekonomik) Kesit Boyutlarının Geliştirilmesi", 3. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, Taşkışla, İstanbul, Türkiye, 17-18 Ekim.

İYYDY, (2008), Bölüm 4.3.2: Tasarım Aşaması (1-B): Kontrollü Hasar/Can Güvenliği Hedef Performansı İçin Doğrusal Olmayan Analiz İle Tasarım, İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği.

İYYDY, (2008), Bölüm 5: Yapısal Olmayan Mimari Elemanlar İle Mekanik ve Elektrik Donanımların Tasarımına İlişkin Kurallar, İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği.

JASS, (1996), Japanese Architectural Standard Specification Curtain Wall, Japanese Architectural Standard Specification-JASS, 14.

NZS, (2004), Part 5: Structural Design Actions, New Zeland Standard-NZS, 1170.5.

Sezer F. Ş., (2003), "Giydirme Cephe Kavramı", Mimarlık Dergisi, 311, 46-49.

Ting R., (2004), "Curtain Wall Design Against Story Drift", ASCE Structure Congress & Exposition, Pittsburgh, Pensilvanya, USA, 24 May.

Web 1, (2014), www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/bude/himu/coedar/coedar_001.cfm, (Erişim Tarihi: 09/04/2014).

Web 2, (2014), www.structuremag.org/?p=6385, (Erişim Tarihi: 26/05/2014).

Web 3, (2014), www.aksoyaluminyum.com.tr, (Erişim Tarihi: 23/06/2014).

Web 4, (2014), www.raf.com.tr, (Erişim Tarihi: 02/07/2014).

Web 5, (2014), www.arteyapi.com.tr, (Erişim Tarihi: 05/07/2014).

Web 6, (2014), www.arvonacephe.com, (Erişim Tarihi: 05/07/2014).

Web 7, (2014), www.metalyapi.com, (Erişim Tarihi: 06/07/2014).

Web 8, (2014), www.proinoxpaslanmaz.com, (Erişim Tarihi: 06/07/2014).

Web 9, (2014), www.fema.gov, (Erişim Tarihi: 03/07/2014).

ÖZGEÇMİŞ

Özgün Bozkurt 1989 yılında İstanbul'da doğdu. 2008 yılında başladığı Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik–Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2012 yılında başarıyla tamamlayarak, aynı yıl yüksek lisans eğitimine Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Deprem ve Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladı. 2012 yılından bu yana inşaat sektöründe çalışmaktadır.