

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREM YALITIMLI SİSTEMLERDE TAŞIYICI
SİSTEM KONFIGÜRASYONUNUN YAPI
DAVRANIŞINA ETKİSİ

Mohammad AMMOURI

Ekim, 2018

İZMİR

DEPREM YALITIMLI SİSTEMLERDE TAŞIYICI SİSTEM KONFIGÜRASYONUNUN YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Yüksek Lisans Programı

Mohammad AMMOURI

Ekim, 2018

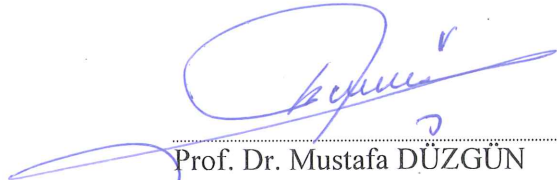
İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MOHAMMAD AMMOURI, tarafından DOÇ.DR. HASAN MURAT TANARSLAN yönetiminde hazırlanan “DEPREM YALITIMLI SİSTEMLERDE TAŞIYICI SİSTEM KONFIGÜRASYONUNUN YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Doç.Dr. Hasan Murat TANARSLAN

Yönetici


Prof. Dr. Mustafa DÜZGÜN

Jüri Üyesi


Dr. Öğr. Üyesi Mutlu SEÇER

Jüri Üyesi


Prof.Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen, hiç tereddüt etmeden tezin konusunda bana yardımcı olmayı kabul eden, gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerinden faydalanarak hayatımda katkısını unutamayacağım saygıdeğer hocam Cüneyt TÜZÜN'e, iki yıl boyunca tüm zorlukları benimle göğüsleyen sıkılmadan hatalarımı düzelten ve her zaman yardımcı olan saygıdeğer danışman hocam Murat TANARSLAN 'a, varlığımın sebebi olan ve hayatım boyunca her daim beni destekleyen annem, babam ve üç yılın yorgunluğunu benimle paylaşan tüm kardeş, arkadaş ve dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mohammad AMMOURI

DEPREM YALITIMLI SİSTEMLERDE TAŞIYICI SİSTEM KONFIGÜRASYONUNUN YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ

ÖZ

Bu çalışmada, taşıyıcı sistemi çerçeveli, kısa ve uzun yönde kesme perdeli olmak üzere üç farklı tipte bina yalıtımlı yapı sistemi incelenip analiz edilmiştir. Depremlerin, farklı yapı türlerine olumlu ve olumsuz olarak etkileri gözleyebilmek için üç farklı taşıyıcı sistem kullanılmıştır. Çalışma kapsamında Türkiye’de izolator olarak sıklıkla kullanılmakta olan sürtünmeli sarkaç izolatorlerinin özelliklerini baz alınarak 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne göre taşıyıcı sistemi üç farklı bina değerlendirilmiştir. İzolatörler bileşim- komposite-özelliklere sahip olduğundan dolayı, analizlerde doğrusal olmayan zaman alanı çözümlemesi uygulanmıştır. Binalar yedi farklı yer hareketlere ait olan kayıtlar kullanılarak çift yönlü olarak Etabs-16.0.3 programı ile modellenmiş ve analiz edilmiştir. İzolatörlerde oluşan düşey yönde maksimum çekme kuvvetleri, binalarda oluşan bileşik yatay yerdeğiştirmeler, maksimum kesme kuvvetleri, kat ivmeleri ve görel kat ötelemeleri gibi kriterler göz önüne alınarak üç farklı sistem arasındaki farklılıklar tez kapsamında sunulmuştur. Çalışmalar sonucunda, üç farklı sistem arasından yapısal açıdan en uygun olanının seçilmesi konusunda bilgiler verilmiştir. Taban yalıtımlı sistemlerde, yapısal taşıyıcı sistemin konfigürasyonunda, yapıların tasarım açısından elde edilmesi gereken sonuçlar ile tasarımları hangi yönde etkilediği gösterilmiştir. Betonarme sistemi seçilmesi konusunda Mühendislere yardımcı olabilecek bilgiler sunulup yalıtımlı binalarda kesme perdelerin kullanılması zorunlu olmadığı gösterilmiştir.

Tezin konusu ve dikkate alınan problemin temel hatları birinci bölümde yer almaktadır. Yalıtımlı sistemlere giriş ve yalıtımlı sistemlerinin türleri ikinci bölümde yer almaktadır. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne göre çalışmalarda kullanılmış olan parametreler bölüm üç’te sunulmuştur. Deprem yalıtım birimlerinin mekanik özelliklerine giriş, ayrıca, deprem etkisi altında yalıtımlı bina taşıyıcı sistemlerin tasarımı dördüncü

bölümde yer almaktadır. Sürtünme sarkaç sistemine ait izolatörlerin modellenmesi ve tasarımın önemli kriterlerinin elde edilmesi beşinci bölümde yer almaktadır. Her sisteme ait farklı sonuçlar, sonuçların incelemesi, sonuçların tartışılması altıncı bölümde açıklanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Yalıtımlı tabanlı sistem, sürtünmeli sarkaç izolatörleri, deprem yalıtımı, perdeli izolatör sistem



THE EFFECT OF STRUCTURAL SYSTEM CONFIGURATION ON THE ISOLATED SYSTEM RESPONSE

ABSTRACT

In this study, three different types of isolated structural system, with framed bearing structural system and short and long geometric shear walls systems were studied and analyzed. These three different systems were used to observe the both positive and negative effects of the earthquake on different type of structures. Working under the basis of the characteristics of the friction pendulum isolators which are frequently used as isolators in Turkey, and according to the 2018 Turkish Building Earthquake Directorate; three different type of structural buildings has been evaluated. Since isolators have a composite property, a non-linear time history analysis has been applied in the analyzes by using the records belonging to seven different ground motion; the buildings were modeled and analyzed bidirectional by Etabs16.0.3 program.

So in the scope of the thesis, considering important criteria such as maximum up lifting forces in vertical direction, compound horizontal displacements in the building, maximum shear forces, floor accelerations and story drift; differences between the three systems has been presented. As a result of the study, in aim of choosing the most suitable structural system, helpful information has been presented to the reader. In the isolated systems, during the configuration of the structural bearing system, by taking into consider design results and comparing how structural system affects the design; it has been shown how structural system configuration affect the design results.

Thesis's main ideas and considered problem are presented in the first chapter. Types of isolated systems and isolation principles are presented in the second chapter. Introduction to the mechanical properties of earthquake isolation units are in the third chapter. According to the 2018 Turkish Building Earthquake Directorate, the used parameters in the study are presented in third chapter either. Introduction to mechanical

properties of seismic isolation units; also the design of structural isolated building systems under earthquake effects have been presented in the fourth chapter. Isolators properties which belong to friction pendulum isolation and obtained design criteria are presented in the fifth chapter. Each system different results are introduced and explained in the sixth chapter.

Keywords: Base isolation design, friction pendulum isolators design, isolated shear walls system, seismic isolation using effects



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xv

BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
--------------------------------	----------

BÖLÜM İKİ – DEPREM YALITIMIN GENEL FELSEFESİ VE DEPREM YALITIM BİRİMLERİ	6
---	----------

2.1 Yalıtımlı Sistem İle İlgili Genel Kavramlar	6
2.2 Yalıtımlı Sistem Tasarım Ve Uygulamanın Disiplinleri.....	9
2.3 Yalıtımlı Sistem Tarihçesi Ve Gelişim Aşamaları.....	10
2.4 Yalıtımlı Sistemlerinin Kullanım Avantajları	12
2.5 Deprem Yalıtım Birim Türleri Ve Temel Özellikleri	13
2.5.1 Elastomer İzolatörler	13
2.5.2 Kurşun Çekirdekli İzolatörler	15
2.5.3 Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnetleri.....	16
2.5.4 Sürtünmeli Sarkaç Mesnetleri	17

BÖLÜM ÜÇ – TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2018	19
--	-----------

3.1 Tektonik Hareketlerin Sebepleri	19
3.2 Yeni Türkiye Deprem yönetmeliği Tehlikesi Haritası.....	20

3.3 Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları.....	21
3.3.1 Faya Yakınlık Katsayısı	22
3.4 Deprem Yer Hareketi Spektrumları	24
3.4.1 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu	31

BÖLÜM DÖRT – DEPREM YALITIM BİRİMLERİNİN MEKANİK VE TASARIM ÖZELLİKLERİ..... 26

4.1 Deprem Yalıtım Birimlerinin Temel Mekanik Özellikleri	19
4.2 Deprem Yalıtım Birimlerinin Özelliklerinin Hesaplanması	28
4.3 Eğri Yüzeli Sürtünmeli Yalıtım Birimlerinin Deprem Yüklerinin Altındaki Davranışın Özellikleri.....	30
4.4 Deprem Yalıtım Birimi Tasarım Kontrolleri	32
4.4.1 Deprem Yalıtım Birimi Tasarım Kontrolleri	33
4.4.2 Bina Performans Düzeyleri	33
4.4.3 Yalıtımlı Binalarda Görelî Kat Ötelemesi Sınırları Düzeyleri.....	34
4.4.4 Yalıtım Birimi Kontrol Deneyleri	35
4.5 Tez Kapsamında Kullanılan Binaların Özellikleri.....	36
4.6 Yapı Sistemlerinin Konfigürasyonu.....	40
4.7 Yapının özellikleri ve elemanlarının modellenmesi	43
4.8 Yapının Statik Analiz Özellikleri.....	44

BÖLÜM BEŞ – DEPREM YALITIMLI BİNALARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRÜNÜN TASARIM ETKİSİ 49

5.1 Deprem Yalıtım Birimlerinin Tasarım Parametreleri Hesaplaması	49
5.1.1 DD-1 Tasarım Aşaması İçin İlk Hesaplar	49
5.1.2 DD-2 Tasarım Aşaması İçin İlk Hesaplar	50
5.2 Yalıtım Birimlerinin Modele Eklenmesi.....	51

5.3 DD-1 Tasarım Aşamasının Periyodu Doğrulaması.....	53
5.4 DD-2 Tasarım Aşamasının Periyodu Doğrulaması	56
5.5 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yönetmeni İle Hesabi	59
5.6 Deprem Yalıtım Birimlerinin Doğrusal Olmayan Özelliklerinin Hesaplanması	60
5.6.1 F.S Sisteminin İkinci Tasarım Aşamasında İzolatörlerin Özelliklerinin Hesaplanması	60
5.6.2 L.S.W Sisteminin İkinci Tasarım Aşamasında İzolatörlerin Özelliklerinin Hesaplanması	65
5.6.3 S.S.W Sisteminin İkinci Tasarım Aşamasında İzolatörlerin Özelliklerinin Hesaplanması	69
5.7 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Adımları	73
5.7.1 Ramp Fonksiyonun Tanımlaması	73
5.7.2 Yedi Deprem Yer Hareketi Takımı Tanımlaması.....	74
5.7.3 Fonksiyonların Yük Durumu Olarak Tanımlaması	76
5.8 Yapının Kenarındaki İzolatörlere Ait Dinamik Analiz Sonuçları	78
5.9 Görelî Kat Ötelemesinin Değerleri	95
5.10 Kat İvmesi Değerleri	104
5.11 Sistemlerin Karşılaştırmaları.....	114
5.12 Perde Duvarlı Sistemin Rijitliğinde Perde Duvarın Katılma Pay Oranının Değerleri	123
BÖLÜM ALTI – SONUÇLAR	131
6.1 Üç Sistem Arasında Gerçekleştirilen Karşılaştırmaların Ana Kriterleri	131
6.2 Sonuçların Tartışılması ve Öneriler	135
KAYNAKLAR	137
EKLER.....	141

EK 1: Çalışmanın Geliştirilmesi İçin Yapılması Gerekli Ek Çalışmalar	141
Yapının Özellikleri Ve Elemanlarının Modellemesi.....	141
Ardışık Yaklaştırma	147
EK 2: İzolatörlerin Doğrusal Olmayan Özelliklerinin Modellemesi	150
EK 3:Fonksiyonları Yük Durumu Olarak Tanımlaması	155
Fonksiyonların Tanımlanmasının Doğrulanması.....	158
Yer Hareketi Kayıtların Grafikleri	159



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Sabit ve yalıtımlı taban binaları	7
Şekil 2.2 Yer hareketinin etkisi	7
Şekil 2.3 Sabit ve yalıtımlı binaların arasındaki fark	8
Şekil 2.4 Yalıtımlı binalarda periyodunun uzatma kavramı	9
Şekil 2.5 Binalarda izolatörün yerleştirmesi	13
Şekil 2.6 A Elastomer mesnetler-izolatörler	14
Şekil 2.6 B Elastomer mesnetler-izolatörler	14
Şekil 2.7 Kuruşun çekirdekli mesnetler	16
Şekil 2.8 Yüksek sönümlü kauçuk mesnetler	16
Şekil 2.9 Sürtünmeli sarkaç mesnetleri	17
Şekil 2.10 Sürtünmeli sarkaç mesnetleri	18
Şekil 3.1 Depremlerin etkinden yer kabuğunda görülen çatlaklar	20
Şekil 3.2 Deprem tehlike haritası görünümü	23
Şekil 3.3 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu	24
Şekil 4.1 Eğri Yüzeli Sürtünmeli Yalıtım Birimin Karakteristik özellikleri	30
Şekil 4.2 Google haritasında incelenen binanın konum	37
Şekil 4.3 Tez çalışmasında kullanılan blok planı	38
Şekil 4.4 Binanın üç boyutlu olarak görünümü	39
Şekil 4.5 Binanın X ve Y eksenindeki görünümü	41
Şekil 4.6 Sistemde kısa doğrultuda perde duvarların yerleştirilmesi	42
Şekil 4.7 Sistemde uzun doğrultuda perde duvarların yerleştirilmesi	43
Şekil 4.8 Binanın elemanlarının modellenmesini	45
Şekil 4.9 Kısa doğrultuda perde duvarlı sistemin genel görünümü	46
Şekil 4.10 Uzun doğrultuda perde duvarlı sistemin genel görünümü	47
Şekil 4.11 Yüklerin katılım payının oranı	48
Şekil 4.12 Yapının diaphragm oluşturmalarının görünümü	49
Şekil 5.1 Yapı izolatörlerinin doğrusal olarak modellenmesinin görünümü	52

Şekil 5.2 Yapı izolatörlerinin doğrusal olarak çerçevesi sisteminde görünümü	53
Şekil 5.3 link özellikleri seçilmesinin görünümü.....	54
Şekil 5.4 MCE- Link özellikleri modellemesinin görünümü.....	54
Şekil 5.5 MCE- Link özellikleri tanımlamasının görünümü.....	55
Şekil 5.6 yapının statik periyodunun doğrulama görünümü	56
Şekil 5.7 BDE- Link özellikleri modellemesinin görünümü	57
Şekil 5.8 BDE- Link özelliklerin tanımlamasının görünümü	57
Şekil 5.9 Yapının statik periyodunun doğrulama görünümü.....	58
Şekil 5.10 İzolatörün doğrusal olmayan karakteristik grafiğinin görünümü F.S sistemi.....	62
Şekil 5.11 Yapının dinamik periyodunun görünümü F.S sistemi	63
Şekil 5.12 Yapının en büyük yerdeğiştirmenin görünümü F.S sistemi.....	65
Şekil 5.13 İzolatörün doğrusal olmayan karakteristik grafiğinin görünümü L.S.W sistemi	67
Şekil 5.14 Yapının dinamik periyodunun görünümü L.S.W sistemi	68
Şekil 5.15 Yapının en büyük yerdeğiştirmenin görünümü L.S.W sistemi.....	69
Şekil 5.16 İzolatörün doğrusal olmayan karakteristik grafiğinin görünümü S.S.W sistemi.....	71
Şekil 5.17 Yapının dinamik periyodunun görünümü S.S.W sistemi	72
Şekil 5.18 Yapının dinamik periyodunun görünümü S.S.W sistemi	73
Şekil 5.19 Ramp fonksiyonun tanımlanması	74
Şekil 5.20 Yer hareketleri ve TBDY 18 spektrumunun uyumluluğu.....	75
Şekil 5.21 Yer hareketi fonksiyonun tanımlanması	75
Şekil 5.22 Yer hareketi takımlarının tanımlanması.....	76
Şekil 5.23 İzolatörün deprem etkisi altında X doğrultusunda kuvveti- deplasmanın grafiği.....	77
Şekil 5.24 İzolatörün deprem etkisi altında Y doğrultusunda kuvveti- deplasmanın grafiği.....	77
Şekil 5.25 S.S.W sisteminde incelenen köşe izolatörlerinin konum görünümü	80
Şekil 5.26 L.S.W sisteminde incelenen köşe izolatörlerinin konum görünümü	84
Şekil 5.27 F.S sisteminde incelenen köşe izolatörlerinin konum görünümü	88

Şekil 5.28 Sistemlerin iç noktalarda incelenen izolatörlerinin konumu görünümü .	114
Şekil 6.1 Binanın beton özelliklerinin Etabs programı yardımıyla modellenmesi ..	141
Şekil 6.2 Binanın çelik özelliklerinin Etabs programı yardımıyla modellenmesi ...	142
Şekil 6.3 Binanın kolonlarının özellikleri, Etabs programı modellemesi	143
Şekil 6.4 Binanın kirişlerinin özellikleri, Etabs programı yardımıyla modellemesi	143
Şekil 6.5 Binanın perde duvarların özellikleri, Etabs programı modellemesi	144
Şekil 6.6 Binanın döşemelerin özellikleri, Etabs programı modellemesi	145
Şekil 6.7 Yapının çerçevelerinde ölü yüklerinin görünümü	146
Şekil 6.8 Yapının çerçevelerinde hareket yüklerinin görünümü.....	146
Şekil 6.9 Yapının döşemelerinin hareket yüklerinin görünümü	150
Şekil 6.10 İzolatörlerin non-lineer özelliklerinin modellemesi.....	151
Şekil 6.11 İzolatörlerin U2 doğrultusunda doğrusal olmayan özelliklerinin modellemesi F.S sistemi	158
Şekil 6.12 İzolatörlerin U3 doğrultusunda doğrusal olmayan özelliklerinin modellemesi F.S sistemi	151
Şekil 6.13 İzolatörlerin U2 doğrultusunda doğrusal olmayan özelliklerinin modellemesi L.S.W sistemi	152
Şekil 6.14 İzolatörlerin U3 doğrultusunda doğrusal olmayan özelliklerinin modellemesi L.S.W sistemi	153
Şekil 6.15 İzolatörlerin non-lineer özelliklerinin modellemesi S.S.W sistemi	154
Şekil 6.16 Fonksiyonların Load cases olarak tanımlanması	155
Şekil 6.17 Dead load case tanımlanmasının aşaması	156
Şekil 6.18 Fonksiyonları Load cases olarak tanımlanmasının görünümü.....	157
Şekil 6.19 Fonksiyonların tanımlanmasının doğrulanması	158
Şekil 6.20 Sönüm oranının ilk üç mod'ta değerleri	158

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1 Kısa periyod bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları.....	23
Tablo 3.2 1.0 Saniye periyod için Yerel Zemin Etki Katsayıları.....	23
Tablo 4.1 Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)	32
Tablo 4.2 Yeni Yapılacak Deprem Yalıtımlı Binalar – Üstyapı.....	33
Tablo 4.3 Bina Yükseklik Sınıfları	34
Tablo 4.4 Yeni Yapılacak ve Güçlendirilecek Deprem Yalıtımlı Binalar	34
Tablo 4.5 Yapının statik özellikleri.....	39
Tablo 4.6 Binanındaki elemanların ölü yüklerin değerleri	44
Tablo 4.7 Binadaki elemanların hareket yüklerinin değerleri.....	44
Tablo 4.8 Binanın sismik özellikleri	47
Tablo 5.1 İzolatörlerin tabakası oluşturmasının görünümü	52
Tablo 5.2 İzolatörün non-lineer karakteristik hesaplanan noktalar F.S sistemi.....	63
Tablo 5.3 Yapının kütle ve dış merkezlik koordineninin değerleri	64
Tablo 5.4 İzolatörün doğrusal olmayan karakteristik hesaplanan noktaları L.S.W sistemi.....	67
Tablo 5.5 İzolatörün doğrusal olmayan karakteristik hesaplanan noktalarının S.S.W sistemi.....	71
Tablo 5.6 Dinamik analiz üç sisteme ait sonuçları	79
Tablo 5.7 Köşe izolatörün maksimum çekme deplasmanı- S.S.W sistemi.....	81
Tablo 5.8 Köşe izolatörün maksimum bileşke yatay yer değiştirmesi S.S.W sistemi	82
Tablo 5.9 Köşe izolatörün maksimum bileşke kesme kuvveti- S.S.W sistemi.....	83
Tablo 5.10 Köşe izolatörün maksimum çekme deplasmanı- L.S.W sistemi	85
Tablo 5.11 Köşe izolatörün maksimum bileşke yatay yer değiştirmesi LS.W sistemi	86
Tablo 5.12 Köşe izolatörün maksimum bileşke kesme kuvveti- L.S.W sistemi.....	87
Tablo 5.13 Köşe izolatörün maksimum çekme deplasmanı- F.S sistemi	89
Tablo 5.14 Köşe izolatörün maksimum bileşke yatay yer değiştirmesi F.S sistemi..	87
Tablo 5.15 Köşe izolatörün maksimum bileşke kesme kuvveti F.S sistemi.....	90

Tablo 5.16 Köşe izolatörün maksimum çekme deplasmanı- üç sistemin karşılaştırması	91
Tablo 5.17 Köşe izolatörün maksimum bileşke yatay yer değiştirmesi – üç sistemin karşılaştırması	93
Tablo 5.18 Köşe izolatörün maksimum bileşke kesme kuvveti- üç sistemin karşılaştırması	94
Tablo 5.19 X Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri S.S.W sistemi.....	95
Tablo 5.20 Y Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri S.S.W sistemi.....	95
Tablo 5.21 Görelî Kat Ötelemesinin grafiğı X doğrultusu- S.S.W sistemi.....	96
Tablo 5.22 Görelî Kat Ötelemesinin grafiğı Y doğrultusu- L.S.W sistemi	97
Tablo 5.23 X Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri L.S.W sistemi	98
Tablo 5.24 Y Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri L.S.W sistemi	98
Tablo 5.25 Görelî Kat Ötelemesinin grafiğı X doğrultusu L.S.W sistemi.....	99
Tablo 5.26 Görelî Kat Ötelemesinin grafiğı Y doğrultusu L.S.W sistemi.....	100
Tablo 5.27 X Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri F.S sistemi	101
Tablo 5.28 Y Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri F.S sistemi	101
Tablo 5.29 Görelî Kat Ötelemesinin grafiğı X doğrultusu- F.S sistemi	102
Tablo 5.30 Görelî Kat Ötelemesinin grafiğı Y doğrultusu- F.S sistemi	103
Tablo 5.31 Maksimum kat ivmesi sonuçları-Ux doğrultusunda S.S.W sistemi	105
Tablo 5.32 Maksimum kat ivmesi sonuçları-Uy doğrultusunda S.S.W sistemi	106
Tablo 5.33 Maksimum kat ivmesi sonuçları-Uz doğrultusunda S.S.W sistemi	107
Tablo 5.34 Maksimum kat ivmesi sonuçları-Ux doğrultusunda L.S.W sistemi	108
Tablo 5.35 Maksimum kat ivmesi sonuçları-Uy doğrultusunda L.S.W sistemi	109
Tablo 5.36 Maksimum kat ivmesi sonuçları-Uz doğrultusunda L.S.W sistemi	110
Tablo 5.37 Maksimum kat ivmesi sonuçları-Ux doğrultusunda F.S sistemi	111
Tablo 5.38 Maksimum kat ivmesi sonuçları-Uy doğrultusunda – F.S sistemi	112
Tablo 5.39 Maksimum kat ivmesi sonuçları-Uz doğrultusunda – F.S sistemi	113
Tablo 5.40 Sistemlerin A konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum bileşke yatay yerdeğıştirmesi	115

Tablo 5.41 Sistemlerin A konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum kuvveti	116
Tablo 5.42 Sistemlerin B konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum bileşke yatay yerdeğiştirmesi	117
Tablo 5.43 Sistemlerin B konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum kuvveti	118
Tablo 5.44 Sistemlerin C konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum bileşke yatay yerdeğiştirmesi	119
Tablo 5.45 Sistemlerin C konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum kuvveti	120
Tablo 5.46 Sistemlerin D konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum bileşke yatay yerdeğiştirmesi	121
Tablo 5.47 Sistemlerin D konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum kuvveti	122
Tablo 5.48 Taban kesme kuvvetlerin değerleri S.S.W sistemi	123
Tablo 5.49 Perde duvarın katılma payı oranının değerleri S.S.W sistemi	124
Tablo 5.50 Perdeli sistemlerde perde Katılma Payının değerleri ve sisteminin taban kesme kuvvet değerleri S.S.W sistemi	125
Tablo 5.51 Perdeli sistemlerde perde Katılma Payının oranı-S.S.W sistemi	126
Tablo 5.52 Taban kesme kuvvetlerin değerleri L.S.W sistemi	127
Tablo 5.53 Perde duvarın katılma payı oranının değerleri L.S.W sistemi	128
Tablo 5.54 Perdeli sistemlerde perde Katılma Payının değerleri ve sisteminin taban kesme kuvvet değerleri L.S.W sistemi	129
Tablo 5.55 Perdeli sistemlerde perde Katılma Payının oranı L.S.W sistemi	130
Tablo 6.1 Üç sistemlerin arasında karşılaştırmanın ana kriterleri	131
Tablo 6.2 Uç sistemin arasında maksimum çekme deplasmanı-cm	132
Tablo 6.3 Üç sistemin arasında maksimum bileşke kesme kuvveti-KN	132
Tablo 6.4 Üç sistemin arasında maksimum bileşke yer değiştirmesi-cm	133
Tablo 6.5 Üç sistemin arasında $\alpha_{X,Y}$ % oranının değerleri	134

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve dünyada yer alan yönetmeliklerde, tasarım sonucunda beklenen hedef performansın “can güvenliği” olduğu açıktır. Ayrıca deprem mühendisliği alanında 1999 Marmara depremlerinden sonra tasarım yaklaşımının başka bir boyut aldığını ve deprem tasarımında “Performansa Dayalı Tasarım Felsefesi (Performance Based Design Approach)” nin son yıllarda ülkemizde ve dünyada yeni yaklaşım olarak uygulamaya geçtiği bilinmektedir.

Ancak, gelişen teknoloji ve artan yatırım maliyetleri nedeniyle yeni yapılan yapıların, deprem tasarımında “hemen kullanım” performans hedefine göre tasarlanmaya başlanmıştır. Ayrıca deprem sonrası hemen kullanılması gereken sağlık, iletişim, enerji yapılarının büyük bir deprem sonrası işlevlerini yerine getirecek şekilde tasarlanması da ancak bu yaklaşım ile mümkün olduğu yönetmeliklerde belirtilmektedir.

Deprem sonrası binaların fonksiyonlarını sürdürecektir şekilde tasarlanmasının yöntemi yapılarda “deprem yalıtımı”nın kullanılmasıdır. Deprem yalıtımı Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Yeni Zelanda ve İtalya gibi yüksek deprem tehlikesi olan ülkelerde son 30 yıldır kullanılmaktadır. Bu ülkelerde büyük depremler meydana geldiği zaman, deprem yalıtımlı binaların, yalıtım birimlerinin görevlerini yerine getirdiği görülmektedir.

Ülkemizdeki deprem yalıtımı uygulamalarının 2013 yılında Sağlık Bakanlığı’nın çıkardığı genelge ile hastane binalarda uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Uygulamaların başlaması ile gerek tasarım, gerekse saha çalışmalarında bazı sorunların ortaya çıktığı görülmektedir. Bu sorunlardan biri de tasarımda yapı mühendisinin “deprem yalıtımlı” binanın taşıyıcı sistemini kararını uygun şekilde belirleyememesidir. Bu çalışmada deprem yalıtımlı bir binanın farklı taşıyıcı sistem düzenlemeleri ile tasarlayarak gerek üst yapıdaki elemanlarının davranışı, gerekse yalıtım sisteminin davranışı incelenecektir. Binalarda, binaların deprem performansını artırabilmek için

uygun bölgelerde, çok sayıda kısa ve uzun perdeler kullanılmaktadır. Yapılarda perde kullanılması sıradan temeli yapılarda deprem performansına olumlu katkı sağlamaktadır. Ancak yalıtımlı binalarda perde kullanılmasının sağlayacağı katkı incelenmesi gereken önemli bir konudur.

Binalarda perde kullanım alışkanlığı, yalıtım sistemli yapılarda da perde kullanma isteğini doğurabilir. Bu nedenle binalarda kesme perdeleri kullanımının yapı davranışına etkilerini inceleyip gösterebilmek adına bu tez çalışması yapılmıştır. Bu bölümde son zamanlardaki yalıtımlı sistemlerin tasarım ve incelemesi alanında yapılan son çalışmalar özetlenmiştir.

A. Filiatrault & S. Cherry (1988), bu çalışmada iki çelik çerçeveli sistem arasındaki karşılaştırmalar yapılmıştır. Sönüm cihazlarına sahip olan sistem birinci sistemdir. Diğeri ise yalıtımlı taban sistemdir. İki farklı sistemin arasında performans açısından farklılıklar incelenmiştir. Doğrusal olmayan zaman alanı analizi uygulanarak en uyumlu ve uygun sistem seçilmiştir. Düşük frekanslı depremler etkisi altında sönümlü sistem yeterli performans sahiptir. Diğer sistemin performans ve davranışı ise hemen hemen diğer sisteme eşittir.

Tolay (2006), bu tez çalışmasında, yalıtım taban sistemleri esas olarak kauçuk esaslı ve kayıcı sistemler olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Taban yalıtımının teorik esasları açıklanmış ve hareket denklemlerinin çıkarılışı sunulmuştur. İki ana gruba ait izolatörlerin, mekanik karakteristikleri ve modellenmesi konuları tarif edilmistir. Tez çalışmasının konusu olarak, iki adet yapı modeli dikkate alınmış, taban yalıtımlı ve ankastre olarak, yapı modelleri Sta4Cad bilgisayar programları ile çözülmüş ve her iki durum için boyutlandırma yapılarak yapı maliyetleri araştırılmaya çalışılmıştır.

R.Jangid (2007), bu çalışmada yalıtımlı taban sistem, aktif depremlerin faylara yakın olmasının etkileri incelenmiştir. Tekrarlı katlı binalarda (LRB) mesnetlerin kullanılması için araştırmalar yapılmıştır. Üst yapı ve altı yapı doğrusal olmayan olarak 6 yer Hareketi

takımı etkisi altında adım-adım analizi uygulanmıştır. Aktif faylara yakın binalarda, düşük dayanma mükavemetli özelliğine sahip olan mesnetlerin büyük bir düzeyde mesnetler deplasmanları arttırılmış durumundadır. Son katın ötelemesi ise büyük değere sahiptir. Sonuçları incelendikten sonra, binanın özellikleri (Binanın periyodu, Rijitliği... vb) göz önüne getirilerek aktif faylara yakın yapılarda mesnetlerin dayanma mükavemeti ve binanın kütlesi olarak (10-15%)’den geçmemesi gerektiği tespit edilmiştir.

M.Constantinou, I.Kalpakidis, A.Filiarault and R.Ecker (2011), bu çalışmada klasik Elastomer ve “PTEF” dairesel mesnetlerin analiz ve tasarımı sunulmuştur. California’ya ait köprü izolatörlerin; kurşun çekirdekli mesnet, yüzeyli sürtünmeli sarkaç mesnet ve üçlü sürtünmeli sarkaç mesnet olmak üzere üç farklı yalıtım sistemi oluşturulup tasarımları incelenmiştir.

V.Oprisareana (2011), bu çalışmada yalıtım mesentleri mekaniksel ve tasarım (Laminated Rubber Bearing) mesnetlerin üzerine odaklanıp gerilme ve deformasyon teorileri kullanılmasının ardından üç farklı yönetmeliğe göre(Avrupa, İtalyan ve Romen kodu) tanımlanmıştır. Tasarım düzeyleri ve aşamalarının analşabilmesi için çalışmalar yürütüp her yönetmeliğin koşullarına göre karşılaştırmalar yapılmıştır.

Güner (2012), tezin çalışmasında, perdeli ve çerçeveli bir yapı taşıyıcı sistemine sahip 8 katlı bir betonarme hastane yapısının öncelikle klasik yönteme (kapasite tasarımı ilkesi) göre tasarımı yapılmış. Ardından ise klasik yönteme göre tasarımı tamamlanmış olan yapının kesit ölçüleri temel alınmak kaydıyla mevcut yapı bir kez de kurşun çekirdekli kauçuklu izolatörler kullanılarak tasarlanmıştır.

L.Ywan, C.Lin, G.Lang Lin (2012), bu çalışmada faya yakın olan yalıtımlı taban binalar, uzun periyotlu yer hareketlerine maruz kaldığı zaman aşırı tepki verecektir. Özellikle mesnetlerin büyük (zirve) yerdeğiştirme anında yüksek vurum etkisi altında kalırsa aşırı tipki verecektir. Çözüm bulmak adına viskos sönümleme cihazların

(söndürme kuvveti özellikle yer sarsıntılara karşılık veren cihazlar)’ın kullanılması yapının tepkisini büyük bir oranla azaltacağı gözlemlenmiştir.

Basdoğan (2012), bu tez çalışmasında, sekiz katlı bir bina ETABS programının yardımıyla modellenmiş ve analizi yapılmıştır. Bu binaya ait taşıyıcı sistem; perdeli sistem, perdesiz çerçeve sistem ve perdesiz çerçeve sistem tabanına yerleştirilen yalıtım sistemi ile oluşturulmuş. İzolasyonlu bina olmak üzere üç farklı şekilde tasarlanmıştır. İlk aşamada öncelikle perdeli bina programda oluşturulmuş ve ASCE 07-05 yönetmeliği Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre çözülmüştür. İzolasyonlu bina ETABS programında modellenerek yedi farklı deprem kaydına göre zaman tanım alanında analizleri yapılmıştır. Özellikleri birbirinden farklı bu depremler büyüklüklerine göre seçilmiş ve analizde kullanılacak deprem kayıtlarından yakın beş tanesi yakın fay etkisinin görülebilmesi amacı ile faya yakın olan kayıtlardan seçilmiştir.

N. Marras (2013), bu çalışmada yalıtımlı taban sistemlerin davranış ve performansları, kapsamlı bir biçimde anlaşılması için 12 katlı çelik çerçeveli sistem ve sabit taban sistem seçilip arasında farklılıklar gösterilmiştir. Çelik çerçeveli sistemlerde yalıtım teknolojisinin kullanılmasının uygun olup olunmadığı ortaya çıkmıştır. İzolasyon sistemi yapılarda kullanıldığı zaman ne kadar ek maliyete sahip olduğu araştırılmıştır.

J.Enrique (2014), bu çalışmada yapının sitesindeki toprağın türü ve özellikleri, yalıtım tabanlı sistemlerinin üzerine nasıl bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Doğrusal olmayan özelliği olan yalıtımlı taban sistem ve sitenin taprağı arasından uyum ve uyumsuzluğu, sitedeki toprağın yaratabileceği sarsıntı ve titreşimler araştırılarak yalıtımlı sistemin performans davranışları incelenmiştir.

Bu tez çalışmasında tek çerçevesi, kısa ve uzun yönde kesme perdeli olmak üzere üç yalıtımlı sistem incelenip analiz edilmiştir. Etabs-16.0.3¹ programının yardımıyla 7 farklı çift yer hareketlere ait olan kayıtlar kullanılarak modellenmiş ve analiz edilmiştir. Maksimum çekme kuvvetleri, bileşik yatay yerdeğiştirmeler ve benzeri önemli kriterler göz önüne alınarak üç farklı sistem arasında çıkan sonuçlardaki farklılıklar sunulmuştur.

Taban yalıtımlı sistemlerde, yapısal taşıyıcı sisteminin konfigürasyonunda, tasarım açısından elde edilmesi beklenen sonuçlar, yapıların tasarımları hangi yönde etkilediğı gösterilmiştir. En uygun sistemin seçilmesi konusunda mühendisler yardımcı olabilecek bilgiler verilerek yalıtımlı binalarda, kesme perdelerinin kullanılmasının şart olmadığı gösterilmiştir. Yukarıda bahsedilen çalışmalar 6 bölümde yer almaktadır. İlk bölümde yalıtımlı tabanlı sistem kavramlarının tanıtımı, gelişmiş aşamaları ve dünyadaki izolatörlerin en önemli türleri sunulmuştur. Yalıtımlı taban sistemlerin, yapılar için ne kadar büyük öneme sahip olduğu ve binalarda yalıtım sistemlerin kullanılmasının büyük bir avantaj sağladığından bahsedilmiştir.

¹ ETABS programı İnşaat Mühendislerine yönelik her türlü yapısal elemanın tasarımını yapan ve yapılan üç boyutlu tasarıma göre statik-dinamik analiz yapabilen uluslararası bir programdır (tekCad İstanbul, 2013).

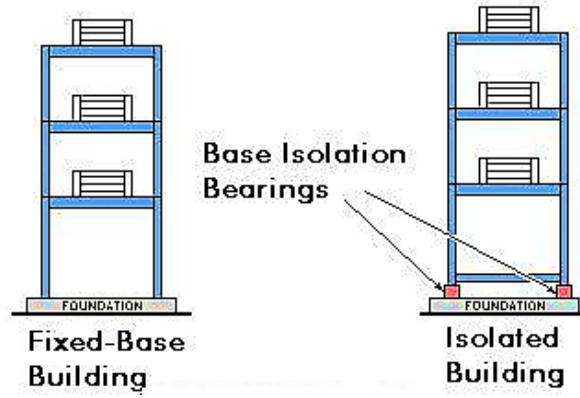
BÖLÜM İKİ

DEPREM YALITIMININ GENEL FELSEFESİ VE DEPREM YALITIM BİRİMLERİ

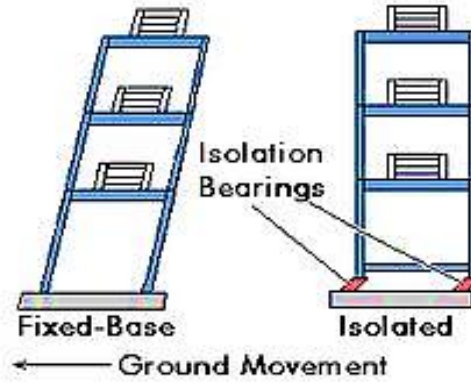
2.1 Yalıtımlı Sistem İle İlgili Genel Kavramlar

Sismik tasarım ibaresi sadece sözcük olarak düşünüldüğünde anlam olarak yetersiz kalmaktadır. Aslında sismik tasarım kavramı, yatay kuvvetleri, görelî kat ötelemelerini, kat ivmelerini, perdeli sistem ve momente karşı çerçevesel sistem binalarını içermektedir. Yıllar içinde yalıtım sistemlerin uygulamaları gelişip analiz ve modelleme metodları artış göstererek ilerlemiştir. Böylelikle bu kavram hakkındaki mevcut sorunlar ve belirsizliği azaltılmıştır. Son yıllarda gerçekleşen depremlerde yalıtımlı binaların davranışları değerlendirildiğinde, doğa güçlerine karşı koymak amaçlı taban yalıtımlı yapıların inşa edilmesinin son derece doğru bir karar olduğu görülmüştür. Taban yalıtımlı ve klasik yalıtımsız taban binalar Şekil 2.1’de yer almaktadır.

Yönetmelikler, katlar arasında yatay kuvvetleri büyütmesine rağmen, binanın aşırı ve şiddetli sarsıntılara maruz kaldığı zaman, yapı Şekil 2.2’deki gibi elastik kalsa bile dayanım gücünün 50% civarında açılma olasılığı büyüktür. Bu durum yalıtımsız binalarda düşey kuvvet hesabında açık bir hata oluşması durumunda meydana gelebilir taban yalıtımlı binaların deprem yükleri tasarım aşamasında; Yalıtımsız binalarda düşey kuvvetlerin tasarım aşamasındaki güven ve yeterliliği elde edilebilmesi için yüksek maliyeti harç yapılması gerekmektedir. Bu durumda bina, mimari esneklik özelliğini, kaybetmiş olacaktır (Martin, J., çev., 2001).

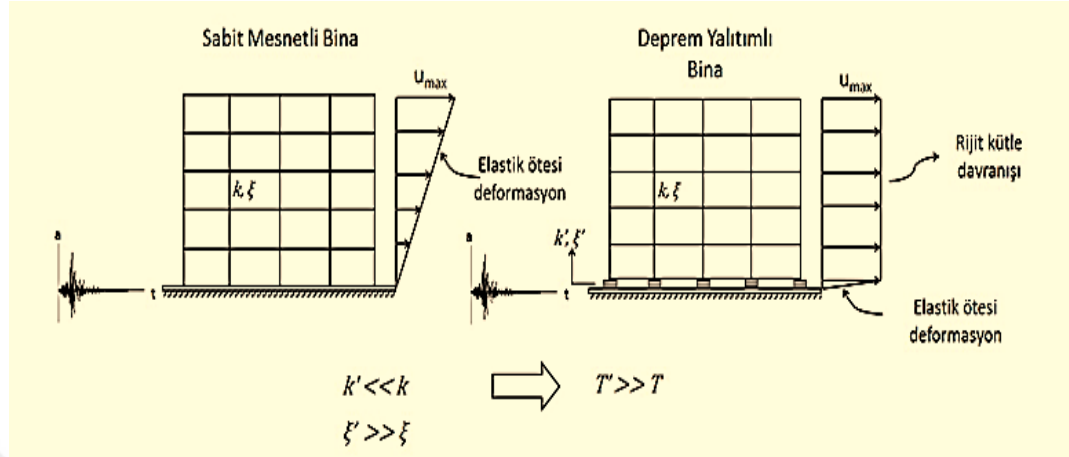


Şekil 2.1 Sabit ve yalıtımlı taban binaları (Martin, 2001)



Şekil 2.2 Yer hareketinin etkisi (Martin, 2001)

Şekil 2.2’de sunulan iki tasarım arasında farklılıklar gösterilmektedir. Yeni ve çağdaş binalar, aşırı hassas ve pahalı donanımlara sahiptir. Bu donanımlar ticari, ekonomik ve sağlık açısından büyük bir önem taşımaktadır. Öte yandan toplum hayatını kolaylaştıran aygıtları içerdiği de açıktır. Bu donanımların bulunduğu binalar daha önemlidir. Hastaneler, iletişim merkezleri, acil ve olağanüstü çağrı merkezleri, polis, itfaiye binalarında kullanılmaktadır. Söz konusu yapılar, deprem sırasında ve depremden sonra hemen kullanılacak olan yapılarıdır (Martin, J., çev., 2001).



Şekil 2.3 Sabit ve yalıtımlı binaların arasındaki fark (Google, 2017)

Taban yalıtım sistemin tasarım teorisi kısa bir şekilde anlatılacak olursak, Şekil 2.3'te gösterildiği gibi yer hareketleri sırasında binalar zeminden ayrılıp depremin yarattığı yatay kuvvetler katlar arasında dağıtılmasını engellenmektedir (Constantinou, M., Kalpakidis, I., Filiarault, A., Ecker, R., çev., 2011).

Ancak yöntemin basit olmasına rağmen hem sahada uygulanması hemde hesap adımları zordur. Yöntemin doğrusal ve doğrusal olmayan özelliği barındırmasından dolayı günümüze kadar kullanılması mümkün olmamıştır (Oprısareana, V. çev., 2011).

Bu yeni kavramlar, literatürde gerçekleştirilen çeşitli çalışmalar ile açık bir şekilde ortaya koyulmasıyla yöntem daha bütünleşmiş bir hal almıştır. Düşünce kapasitesi, materyallerin karmaşık özelliğinin incelenmesi ve önceden yapamadığımız deneylerin yapılabilmesi, yalıtım yöntemlerinin gelişmesinde aracı olmuştur.

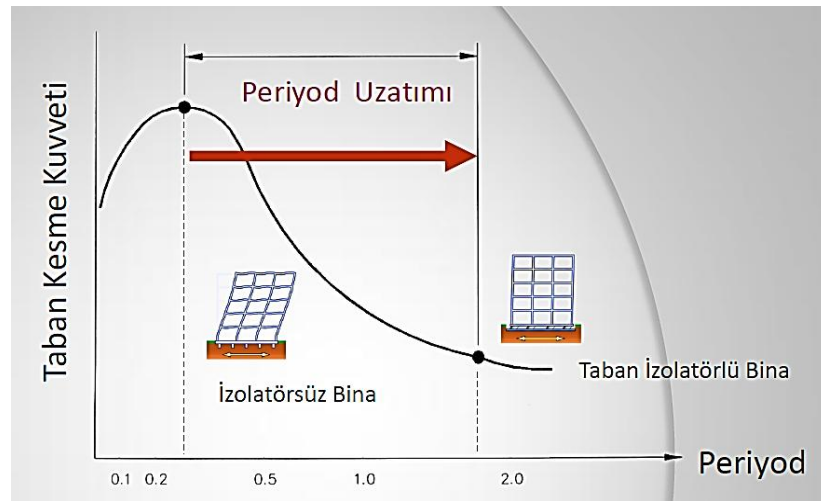
Artık yönetmeliklerde taban yalıtımlı yapılar, klasik olanların yerine geçmektedir. Taban yalıtımlı sistem normal yapılarda çok yaygın bir şekilde kullanım yeri bulamamıştır. Konvansiyonel sistemin yeni yapılarda kullanıma geçilebilmesi için, yalıtımlı yapı performanslarının doğru şekilde ve kabul göreceği şekilde sunulması gerekmektedir (Martin, J., çev., 2001).

2.2 Yalıtımlı Sistem Tasarım Ve Uygulamanın Disiplinleri

Yalıtımlı sistemlerde temel ilkeler:

- Yapının sismik periyodu uzatılabilmesi gereklidir.
- Deperm sönümlendirici katlararası göreceli yerdeğiştirmeleri azaltılabilir.

Taban yalıtımlı yapı, düşey yük, rüzgâr yükü ve deprem yüklerine karşı yeterli rijitlik sahibi olmalı ve yönetmelik şartlarını sağlamalıdır. Yalıtımlı sistemler çok yüksek yapılar için yeterince etkin olmamaktadır. Orta ve az yüksek yapılarda yapı davranışına daha etkin şekilde katkı sağlamaktadır. Yalıtım sisteminin katkısı kat sayılarına doğrudan bağlantılıdır. Yapılar, depremlere karşı tepki yer hareketleri ve sabit tabanlı sistemin periyot değerine bağlıdır. Katlara etkiyen yatay kuvvet değerinin etkili bir şekilde azaltılabilmesi için, yalıtım sistemi yapı periyodunu uzatılmalıdır. Genelde sabit (yalıtımsız) tabanlı binaların sismik periyodları 1,0 saniyeden küçüktür (Constantinou, M, Kalpakidis, I, Filiarault, A, Ecker. R.çev. 2011). Yalıtımlı sistemlerde ise bu değer genelde 1,5-3,5 saniye arasında değiştiği gerçekleştirilen çalışmalardan görölmektedir. Yalıtımlı binaların periyodunun uzatma kavramı Şekil 2.4'te yer almaktadır (Constantinou, M, Kalpakidis, I, Filiarault, A, Ecker. R.çev. 2011).



Şekil 2.4 Yalıtımlı binalarda periyodunun uzatma kavramı (Martin, 2001)

Tasarım gerekçeleri:

Yapılarda yalıtım sistemin uygulayabilmesi için bazı temel özelliklerin yapıda bulunması gerekmektedir.

1. Bina, iki kattan fazla olmalıdır.
2. Yapının deprem sırasında yatay deplasman yapabilmesi için yapının ve komşu bina arasındaki boşluk 20cm'den az olmamalıdır. Eğer boşluk bu değerden az ise yalıtım sistemin kullanılmaması tavsiye edilir.

Zemin türü, uzun periyodlu yer hareketlerine olanak sağlamalıdır. Taban yalıtımlı sistemlerde rüzgâr yükleri ve deprem yükleri yapının kütlesinin %10'nun fazla olmamalıdır (Oprissareana, V.çev, 2011).

2.3 Yalıtımlı Sistem Tarihçesi ve Gelişim Aşamaları

1906'daki San Francisco depreminden sonra sismik yalıtım kullanımı ve gelişiminde büyük bir başarı elde edilmiştir (Meyes, 2002). Çünkü depreme dayanıklı yapılarda, deprem sırasında ortaya çıkacak katlararası deformasyon ve kuvvetlere karşı güvenli bir taşıyıcı sistem oluşturması gerektiği açıktır. Bu tür sismik yalıtımlardaki gelişmeler sayesinde esnek ve ekonomik bir sistemin elde edilmesi mümkün olmuştur. Viyadük ve perdesiz yapılar, yapı stoğuna hızlı bir giriş yapmıştır. Mimari gereksinimler dikkate alındığında da bu yapılar esneklik özelliği sağlamaktadır. Bu şekilde betonarme ve çelik binalar, taban yalıtım sistemleri sayesinde konut yapımında yer almaya başlamıştır (Martin,J., çev., 2001).

Ancak bu kavramlar yeni değildir. Yalıtım kavramı ilk olarak 1909'de kullanılmıştır². Bu tarihten sonraki son yirmi yıl içerisinde, taban yalıtımlı yapı sistemleri yöntemleri az sayıda uygulanmıştır. Mekanik sönümleme teknikleri, enerji sönümlendirici, elastomer ve sürtünmeli sarkaç mesnetleri alanında elde edilen başarılar sayesinde taban yalıtımlı yapı

² (Martin, 2001) : Kaynaklar (14-2)'den (14-8)' a kadar.

sistemleri yönetmeliği bugünkü aşamaya gelmiştir. Enerji sönümlendiriciler, elastomerler mesnetler ile beraber bir araya geldiği zaman binaların yatay yerdeğiştirme değerlerinin ve tabandaki oluşan kesme kuvvetlerinin uygun sınır altında kaldığı tespit edilmiştir. Son zamanlarda yalıtım sistemlerinin kullanılmasının deprem enerjisi sönümleme konusunda açık ve net bir şekilde istenilen sonuçları sağlayabildiği görülmüştür. İzolatörler ayrıca kiriş ve kolonlara gelen deprem etkilerini önemli oranda azaltmaktadır. 2002 yılına kadar izolatör kullanılan binaların sayısı yaklaşık 200' iken³, 2017 yılında bu sayı 10,000'a yaklaşmıştır. İzolasyon sistemlerinin gelişimi sadece enerji sönümleme alanında olan gelişmelere değil bunun yanında üç farklı sebebe borçludur (Constantinou,M, Kalpakidis,I, Filiarault,A, Ecker.,R.,çev., 2011).

Bunlar; ilki olarak, taşıyıcı sistemlerin modellenmesi ve analiz edilmesinde, programlanma dillerinin gelişimi ve bilgisayarın kullanılmaya başlanması ile olmuştur. Yapısal açıdan binaların davranışlarını tespit edebilecek programların gelişmesiyle bu tür binaların detaylı analiz yapılabilinmiştir. Bilgisayar yardımıyla doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizlerinin yapılması daha kolay hale gelmiştir. Bu şekilde yalıtımlı sistemlerin incelemesinin yolu açılmıştır (Oprissareana,V.,çev, 2011).

İkincisi, depremler sırasında farklı yapısal özelliğe sahip olan yapılar, yapının sarsıntı kayıtları ve çizelge tablolarının incelenip benzer şekilde simüle edilmesiyle gerçek depremlerin davranış etkileri analiz edilebilir olmuştur. Son 20 yılda elde edilmiş olan kayıtların sonuçları araştırılıp inceledikten sonra depremler sırasında yapıların gerçek davranışlarının analiz edilme mekanizmaları konusunda yeni gelişmeler elde edilmiştir. Bu nedenlerle sismik tasarım konusu kararlı ve güvenli hale gelmiştir.

Üçüncüsü ise sismolog jeofizik mühendislerince, farklı yapılara ait sismoloji ve yer hareketlerin belirlenmesi ve tahmin becerileri gelişmesidir (Martin, çev, 2001).

³ (Martin, çev,2001); Kalynaklar; Kelly (14-6), Buckle and Mayes (14-7), ve Naeim and kelly (14-8).

2.4 Yalıtımlı Sistemlerinin Kullanım Avantajları

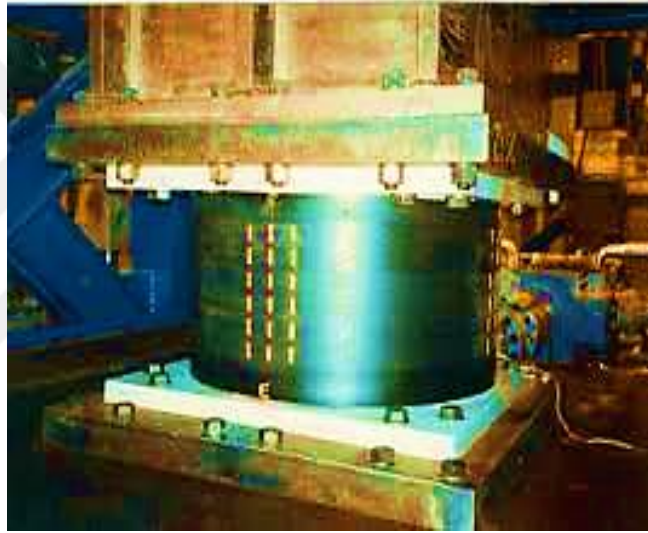
Yapılarda deprem yalıtım sistemlerin uygulanması, yatay kuvvetlerin katlararası farklılık göstermesini engellemiş olacaktır. Bu şekilde katlararası sapma ve ivmelerin değeri büyük bir oranda azalacaktır. Taban yalıtımlı sistemleri yapılara esneklik özelliği kazandıran sistemlerdir. Bu sistemler aynı zamanda deprem enerjisinden kaynaklanan sarsıntı ve titreşimi azaltmaktadır. Bu amaçları gerçekleştirebilmek için sönüm elemanlarının kullanılması şarttır. Bu uygulama ile deprem sırasında zeminden gelen büyük kuvvetlerin katlara erişimini engelleyip büyük miktarda azaltılabilmesi amaçlanmaktadır. Bu şekilde yapının mimari özelliği ve teçhizatları hasara uğramamış olacaktır (Constantinou,M, Kalpakidis,I, Filiarault,A, Ecker.,R.,çev., 2011).

Düşük ve orta yükseklikte olan köprülerin, hastaneların, nükleer santrallerin ve güvenlik merkezlerinin yalıtım sistemli olması, yapıların depreme karşı davranışlarını geliştireceği önem taşımaktadır. Yapıların teçhizatlarının hasar oluşmasında iki özel temel mekanizma vardır. Birincisi, katlararası görelî deformasyonu, ikincisi ise kat ivmesine bağlı olan katlararası görelî deformasyon mekanizmasıdır. İzalotörler ile bu mekanizmaların engellenmesi yapıların performansını olumlu bir şekilde etkileyecektir.

Katlararası görelî deformasyon; katlararası deformasyon değerinin, iki kat arasındaki yükseklik değerine bölünmesiyle elde edilmektedir. Kat ivmesi ise, depremin yarattığı yer çekiminin incelenen kata ait mutlak değeridir. Genel olarak bu iki ölçüt, klasik yapılarda zeminden başlayarak en üst katlara doğru artmaktadır. Yapılarda, mimari tasarımın sahip olduğu özellik, mekanik ekipmanları (asansör, ısıtma soğutma aygıtları) ve inşaaî olmayan teçhizatların büyük hasar görmesine neden olmaktadır. Hasarları azaltmak amacıyla, taban yalıtımlı sistemleri temel alınarak yapılan tasarımları, büyük başarıya sahip olduğu düşünülmektedir. Yalıtımlı sistemlerin, bu gereksinimleri hem ekonomik açıdan hem de can güvenliği açısından dikkate alındığında sağlayacağı katkılar önemlidir (Martin,J., çev., 2001).

2.5 Deprem Yalıtım Birim Türleri ve Temel Özellikleri

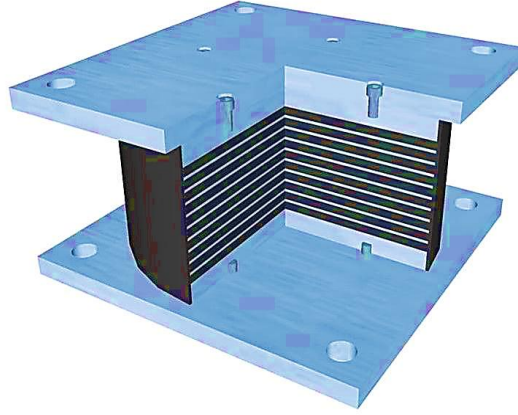
Genel olarak izolatörler ya da mesnetler iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar, elastomer mesnetler ve kayıcı tip mesnetlerdir. Elastomer izolatörleri kauçuk ve çelik levhalardan; kayıcı tip mesnetler ise işlenmiş birleştirici birimler arasındaki sürtünmeli (tabaka) yüzeylerden oluşmaktadır. Bu iki ana tür izolatörler dünyada en yaygın olup kullanılan mesnetlerdir (Tolay, 2006).



Şekil 2.5 Binalarda izolatörün yerleştirilmesi (Tolay, 2006)

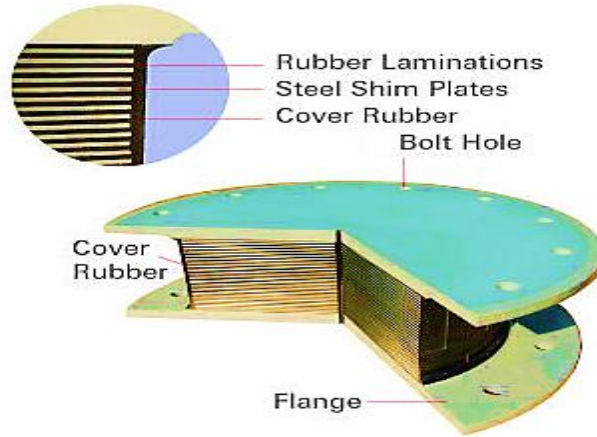
2.5.1 Elastomer İzolatörler

Elastomer mesnetler doğal kauçuktan yapılmaktadır. Son yıllarda özelliği geliştirmek adına çelik plaklar ve sac levhaları, Şekil 2-5, Şekil 2-6 A ve Şekil 2-6 B’de gösterildiği gibi, mesnetlere ilave edilmiştir.



Şekil 2.6 A Elastomer mesnetler-izolatörler (Tolay, 2006)

Çelik plakanın kalınlığı yaklaşık olarak 1 inç (2.54cm), kauçuk tabakanın ise (3-7,5) inç arasında değişmektedir. Çelik levhalar, kauçuk tabakalar ile bir araya gelerek mesnetin yatay kuvvetlere maruz kaldığı süreç elastomer mesnedin şişmesine engel olmaktadır.



Şekil 2.6 B Elastomer mesnetler-izolatörler (Google, 2015)

Kauçuk tabakaları kaymaya sebep olan kuvvetlere karşı büyük bir rijitliğe sahip olmaktadır. Çelik levhalar ise bu kuvvete karşı olan direnci, kauçuk tabakaları ile karşılaştırıldığında daha düşük olmaktadır. Kauçuk mesnet üretiminde son zamanlarda,

doğal kauçuk tabakalar kullanılmak yerine artık yapay kauçuk gibi malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Dayanıklılık ve performans açısından ikisi de büyük katkı vermektedir (Tolay, 2006).

Elastomer mesnetler(izolatörler) fonksiyonel olarak yaklaşık 50 yıldan fazla servis ömürleri bulunmaktadır. Kauçuğun elastiklik özelliğın olmasından dolayı mesnet sönümü 2% - 5% değerleri arasında değışiklik göstermektedir. Bu nedenle bu tür izolatörler, düşük sönümlü mesnetler olarak adlandırılmaktadır (Başdoğan, 2012).

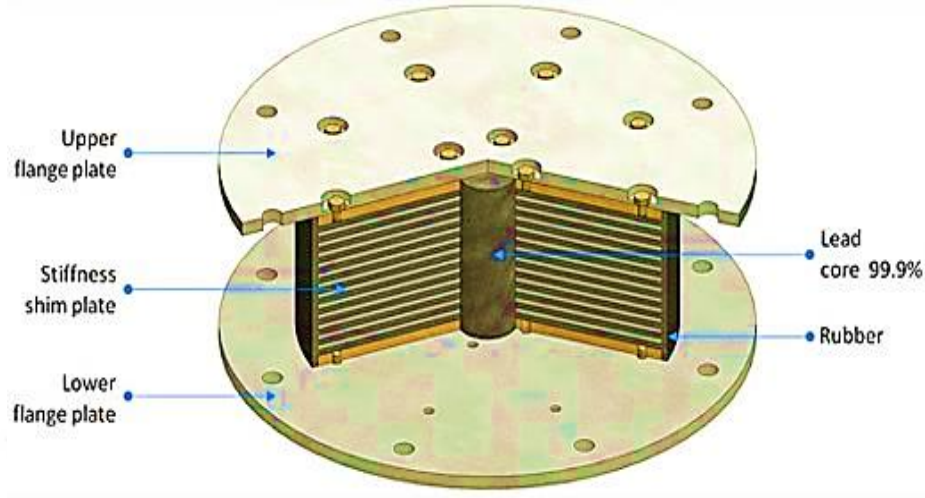
Elastomer mesnetlerin kritik sönümünün düşük olması nedeniyle yatay yüklemelere karşı yetersizdir. Bu nedenle yapılarda yüksek değerde yatay deplasmanlar gerçekleşiyor ise ek sönüm cihazlarının kullanılması gerekmektedir (Oprısareana,V.,çev, 2011).

2.5.2 Kurşun Çekirdekli Mesnetler (İzolatörler)

Elastomer mesnedin dezavantajlarından kurtulmak için mesnetlerin içine kurşun çekirdekleri yerleştirilmek suretiyle Elastomer mesentlerin düşük sönüm özelliklerini artırmak yoluna gidilmiştir. Mesnetlerin ortasında bulunan kurşun çekirdek, Şekil 2.7’de gösterildiğı gibi kauçuk delik içersine sıkıştırarak yerleştirilmekte ve iki farklı kısım tek bir parça olacak şekilde kurşun çekirdekli yeni bir mesnet oluşturulmaktadır.

Yatay kuvvet küçük olduğı zaman çelik plakaların hareketini engleyen kurşun çekirdek olmaktadır. Büyük yatay kuvvetler durumunda ise çelik plakalar kurşun çekirdiğı, deformasyon yapmaya ve akmaya zorlamaktadır (Başdoğan, 2012).

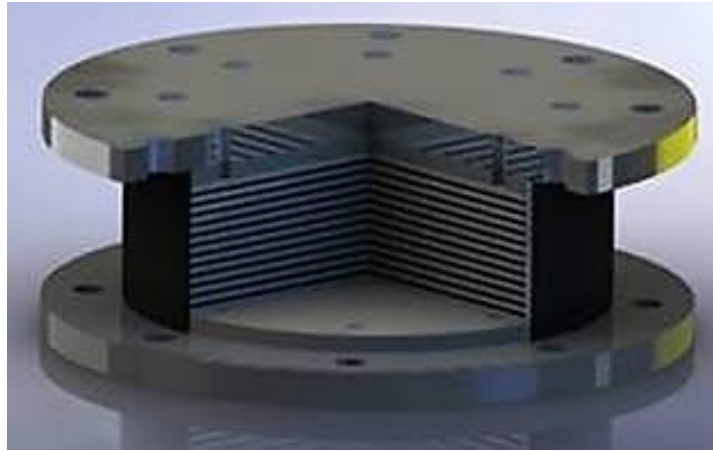
Kurşun çekirdekli mesnetlerde sönüm oranları %15 - %35 değeri arasında değışmektedir (Tolay, 2006).



Şekil 2.7 Kurşun çekirdekli mesnetler (Google, 2016)

2.5.3 Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnetleri

Elastomer mesnetlerin sönümlerinin artırılması, kauçuğun özelliğini değiştirip yüksek sönüm sağlayabilmesi için mesnet bileşenleri modifiye etmeden doğal kauçuğa eklenen karbon blokları, reçineler veya yağlar ve dolgu maddeleri kullanılmaktadır.



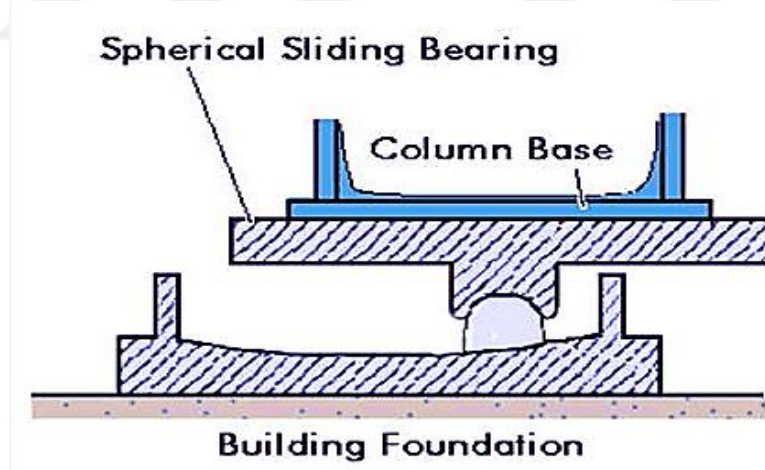
Şekil 2.8 Yüksek sönümlü kauçuk mesnetler (Google, 2017)

Bu şekilde yüksek sönümlü kauçuk mesnetler, esneklik ve enerji yutma kapasitesine sahip olmaktadır Şekil(2.8)'de gösterildiği gibi (Başdoğan, 2012).

2.5.4 Sürtünmeli Sarkaç Mesnetleri

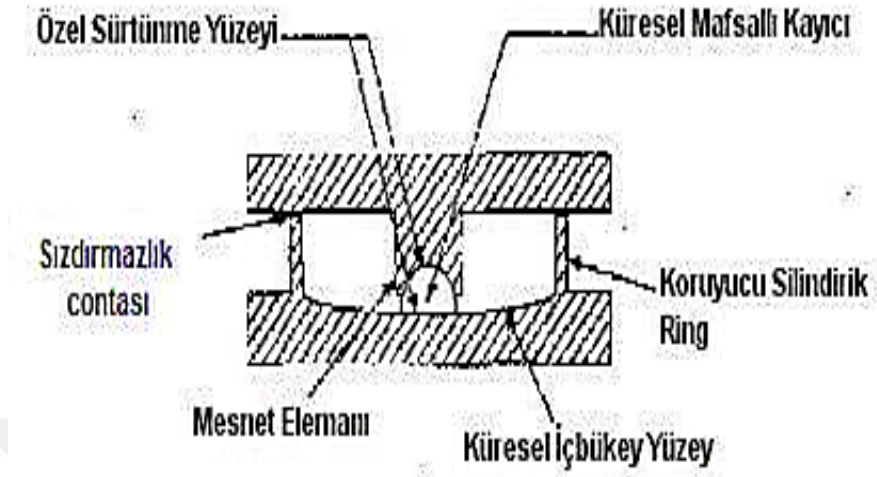
Sürtünmeli sarkaç mesnetler, yassı kayıcı yüzeye sahiptir. Sürtünme katsayısı, mesnet üzerindeki düşey yüklerin bileşkesidir. Deprem oluşumundan sonra yassı yüzeyli sürtünmeli izolatörlerin en büyük dezavantajı ilk konumuna geri dönmesi konusunda zorlanmasıdır. Bunun sebebi, uygulanacak yatay kuvvetin, sürtünme yüzünden oluşan kuvvetten küçük olup bina hareketinin durdurarak binanın merkez konumundan uzak kalmasıdır. Sarsıntılar arttıkça binanın durduğu pozisyondan başlangıç pozisyonuna geri dönmesi için mesnetlerin sınırlarını zorluyor olması, hareket tekrarladığı için sorunlara yol açabilmektedir (Başdoğan, 2012).

Bu sorunları aşmak için sürtünmeli sarkaç mesnet üretiminde küresel konkav kayma yüzeyleri eklenmektedir. Sürtünmeli sarkaç mesnetleri Şekil 2.9 ve 2.10'da yer almaktadır.



Şekil 2.9 Sürtünmeli sarkaç mesnetleri (Google, 2017)

Bu sistemin en önemli özelliği, kaymayı başlatmak için kuvvetin kaymayı sürdürmesi ve gerekli olan kuvvetten daha büyük bir kuvvete maruz kalmasıdır (Enrique, çev, 2014).



Şekil 2.10 Sürtünmeli sarkaç mesnetleri (Başdoğan, 2012)

Yüksek düşey kuvvet etkidiğinde ise bu kuvvet sürtünme katsayısının azalmasına neden olmaktadır (Başdoğan, 2012). Bu durumda yüksek hız kaymasından dolayı sürtünme katsayısı artmaktadır. Mesnetlerinin en önemli avantajı ise sadece az bakıma gereksinimin duymalarıdır. Ancak mesnetlerin mekanik özellikleri, yaşlanma etkileri, ve sıcaklık değişimlerinin dolayı bazı değişikliklere maruz kalabilmektedir (Ywan, Chi& Ging lin.,çev., 2012).

Sürtünme katsayısı izolatörün üzerindeki eksenel gerilmeye ve hareketin hızına göre değişir. Bu durum testlerle de ispat edilmiş ve gösterilmiştir. Literatürde hızlı (fast) ve yavaş (slow) olmak üzere üreticiler tarafından verilen sürtünme katsayıları da mevcuttur.

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda bu yalıtım malzemesi kullanılacak olup, yalıtım malzemesinin özellikleri Bölüm 4.3'te sunulacaktır.

BÖLÜM ÜÇ

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2018

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği TBDY–2018, son yirmi yılda deprem mühendisliğinde meydana gelen gelişmeleri, ülkenin giderek gelişen ve karmaşık hale gelen ihtiyaçlarının karşılanması doğrultusunda, depreme dayanıklı bina tasarım pratiğine aktarmak amacı ile AFAD tarafından oluşturulan komisyonlarca hazırlanan geniş kapsamlı bir dökümandır.

TBDY (2018), mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi amacı ile 2007’de eklenen yeni bir bölüm ve çelik binalar bölümünde yapılan sınırlı değişiklik bir tarafa bırakılırsa, 1997 Yönetmeliği’nden 21 yıl sonra ilk kez yenilenmektedir.

3.1 Tektonik Hareketlerin Sebepleri

Yer kabuğundaki levhalar sürekli hareket etmektedir, ancak bu hareketler düzenli değildir. Bilindiği üzere Atlantik Okyanusu’nda levhalar birbirinden uzaklaşırken mesela Güney Amerika’daki Peru-Şili Hendeği’nde levhalardan biri diğerrinin altına batmakta, bazı bölgelerde örneğin Kaliforniya’daki San Andreas Kırığı’nda ise levhalar birbirine sürtünmektedir.

Bu bölgelerde levhaların hareketi çok yavaştır. Ancak bu bölgelerde levhaların, birbiriyle karşılaşması büyük depremlere neden olabilmektedir. İki tektonik levha birbirini itmeye başladığı zaman bir gerginlik oluşmakta ve bu gerginlik zamanla artmaktadır.

Zaman içerdinde levhaları meydana getiren kayaların bu gerginliğe dayanamayarak kırılmasıyla depremler meydana gelmektedir. Depremlerden sonra yer kabuğunda görülen çatlaklar, deprem olduğu için değil olacak depremlerin sebebi oluşmaktadır Şekil 3.1’de (E.Ocak, 2016).



Şekil 3.1 Depremlerin etikinden yer kabuğunda görülen çatlaklar (E. Ocak, 2016)

3.2 Yeni Türkiye Deprem yönetmeliği Tehlikesi Haritası

TBDY-18 Yönetmeliği kapsamında aşağıda belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (TBDY-18-2.2, 2018).

i. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1):

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının (%2) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun *2475 yıl* olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, yönetmelikte en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır (TBDY-18-2.2, 2018).

ii. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2):

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının (%10) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun *475 yıl* olduğu seyrek deprem yer hareketini

nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır (TBDY-18-2.2, 2018).

iii. *Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3):*

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının (%50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini tanımlamaktadır (TBDY-18-2.2, 2018).

iv. *Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4):*

DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının (%68) (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yönetmelikte yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır (TBDY-18-2.2, 2018).

3.3 Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

3.2’bölümünde tanımlanan dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için Deprem Tehlike Haritaları, iki spektral ivme değerini tanımlayan Spektral İvme Haritaları olarak düzenlenmiştir. Boyutsuz olarak tanımlanan harita spektral ivme katsayıları aşağıda belirtilmiştir (TBDY-18-2.3.2, 2018):

- a) Kısa periyod bölgesi için harita spektral ivme katsayısı S_S .
- b) Saniye periyod için harita spektral ivme katsayısı S_1 .

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen koşulu $[(V_S)_{30} = 760 \text{ m/s}]$ esas alınarak (%5) sönüm oranı için Deprem Tehlike Haritaları’nda (www.deprem.gov.tr) verilen harita spektral ivmeleri’nin yerçekimi

ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır. Yukarıda tanımlanan harita spektral ivme katsayıları S_S ve S_1 , aşağıdaki şekilde tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} 'e dönüştürülür:

$$S_{DS} = S_S F_S \quad (3.1)$$

$$S_{D1} = S_1 \gamma_F F_1 \quad (3.2)$$

Burada γ_F faya yakınlık katsayısı'nı, F_S ve F_1 ise tablo 3.1 ve tablo 3.2'de tanımlanan yerel zemin etki katsayıları'nı göstermektedir (TBDY-18-2.3.2, 2018).

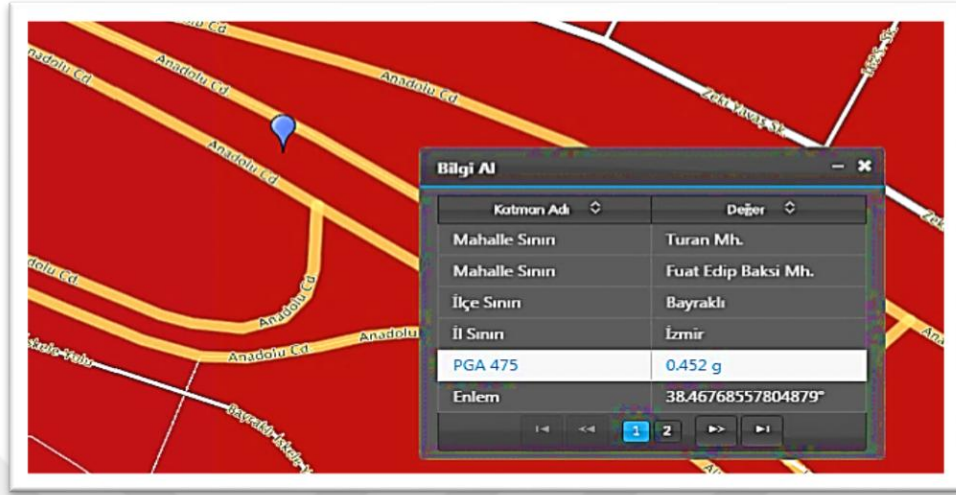
3.3.1 Faya Yakınlık Katsayısı

Sadece DD-1 ve DD-2 deprem yer hareketi düzeylerinde denklem (3.1) ve denklem (3.2)'de S_{D1} 'e uygulanmak üzere, aktif fay düzlemlerine 25 km ve daha az mesafedeki konumlar için faya yakınlık katsayısı γ_F denklem (3.3) ve denklem (3.4)'te ile tanımlanmıştır:

$$\gamma_F = 1,2 \quad L_F \leq 15 \text{ km} \quad (3.3)$$

$$\gamma_F = 1,2 - 0,02(L_F - 15) \quad 15 \text{ km} \leq L_F \leq 25 \text{ km} \quad (3.4)$$

DD-3 ve DD-4 deprem yer hareketi düzeyleri için $\gamma_F=1,0$ alınacaktır. Denk (3.4)'te (L_F) fay düzlemine olan mesafeyi [km] göstermektedir. İlgili her konum için Şekil 3.2'de gösteriliği gibi <https://tdth.afad.gov.tr> adlı internet sitesinde verilmiştir (TBDY-18-2.3.2, 2018).



Şekil 3.2 Deprem tehlike haritası görünümü (TBDY, 2018)

Tablo 3.1 Kısa Periyod Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayıları (TBDY, 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyod bölgesi için <i>Yerel Zemin Etki Katsayısı</i> F_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,50$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,00$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,50$
ZA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ZB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
ZC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
ZD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
ZE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır</i>					

Tablo 3.2 1.0 Saniye periyod için Yerel Zemin Etki Katsayıları (TBDY, 2018)

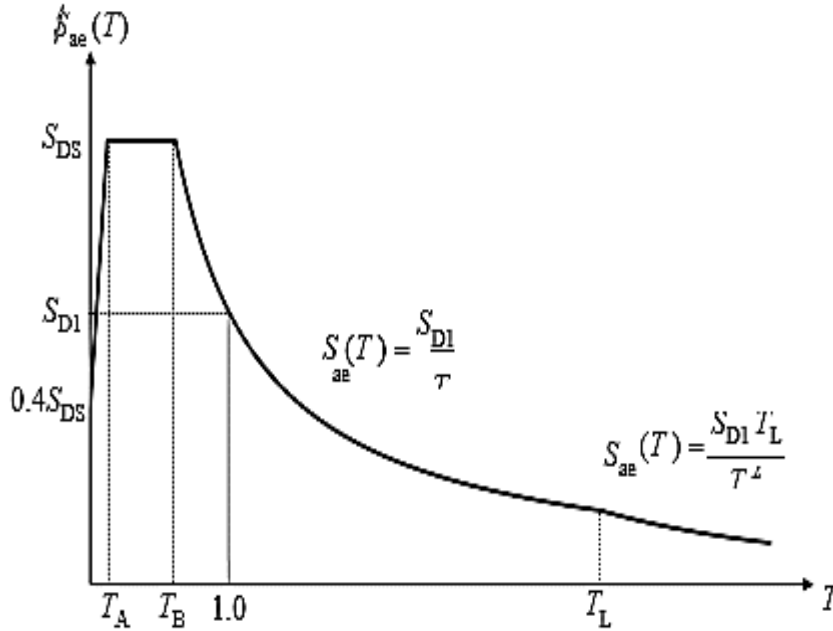
Yerel Zemin Sınıfı	1,0 saniye periyod için <i>Yerel Zemin Etki Katsayısı</i> F_1					
	$S_1 \leq 0,10$	$S_1 = 0,20$	$S_1 = 0,30$	$S_1 = 0,40$	$S_1 = 0,50$	$S_1 \geq 0,60$
ZA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ZB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ZC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
ZD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
ZE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.</i>					

3.4 Deprem Yer Hareketi Spektrumları

Deprem yer hareketi spektrumları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulları esas alınarak (%5) sönüm oranı için bölüm 3.3.2’de açıklandığı üzere harita spektral ivme katsayıları’na, faya yakınlık katsayısı’na ve yerel zemin etki katsayıları’na bağlı olarak standart biçimde veya Şekil 3.2 veya tablo 3.3’a göre sahaya özel deprem tehlikesi analizleri ile özel olarak tanımlanırlar (TBDY-18-2.3.1, 2018).

3.4.1 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumu’nun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi $[g]$ cinsinden (3.5)’denk (3.8)’a kadar denklemleri’de tanımlanmıştır Şekil 3.3’te (TBDY-18-2.3.5, 2018):



Şekil 3.3 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (TBDY, 2018)

Burada S_{DS} ve S_{D1} yukarıda 3.3.2’de tanımlanan tasarım spektral ivme katsayıları’nı, T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir.

$$S_{ae}(T) = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.5)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.6)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.7)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (3.8)$$

Yatay tasarım spektrumu köşe periyodları T_A ve T_B aşağıdaki denklem (3.9) ile S_{DS} ve S_{D1} ’e bağlı olarak tanımlanır:

$$T_A = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.9)$$

Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6s$ alınacaktır. Deprem yalıtımı uygulanan binalarda, Bina Önem Katsayısı $I=1$ alınacaktır (TBDY-18-14.3.2, 2018).

BÖLÜM DÖRT

DEPREM YALITIM BİRİMLERİNİN MEKANİK VE TASARIM

ÖZELLİKLERİ

4.1 Deprem Yalıtım Birimlerinin Temel Mekanik Özellikleri

Yalıtım Sistemi: Yapıya, yalıtım ara yüzünde düşey rijitlik, yatay esneklik ve enerji tüketimi sağlayan bileşenlerin toplamıdır (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği).

Yalıtım Arayüzü: Yalıtım sisteminin yerleştirildiği arayüzdür.

Altyapı: Binanın yalıtım arayüzünün, temel sistemi de dâhil olmak üzere, altında kalan kısmıdır.

Üstyapı: Binanın yalıtım arayüzünün üstünde kalan yapısal kısmıdır.

Yalıtım Birimi: Yalıtım sistemini meydana getiren elemanların her biri yalıtım birimi olarak adlandırılır. Yalıtım birimi, deprem yükleri altında yalıtım sisteminin yatayda esnek, düşeyde ise rijit olarak davranmasını ve büyük yatay yerdeğiştirmeler yapmasını sağlayan bir mesnet görevi yapar. Yalıtım birimleri enerji tüketme özelliğine sahip olmalıdır (TBDY-18-14.0.2, 2018-S 277).

Tasarım Depremi Yer Hareketi: 4.1.2’de tanımlanan DD-2 deprem yer hareketi düzeyidir.

Tasarım Yerdeğiştirmesi: Tasarım Depremi Yer Hareketi etkisi altında, yalıtım sisteminin arayüzündeki etkin rijitlik merkezinde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda oluşan, maksimum göreceli yerdeğiştirme

(üstyapının altı ve altyapının üstü arasındaki görelî yerdeğıştirme)
(TBDY-18-14.0.2, 2018-S 277).

Toplam Tasarım Yerdeğıştirmesi: Tasarım Depremi Yer Hareketi etkisi altında, yalıtım ara yüzündeki yalıtım birimlerinin her birinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda, yapının burulma davranışı da dikkate alınarak elde edilen en büyük görelî yerdeğıştirmedir (üstyapının altı ve altyapının üstü arasındaki görelî yerdeğıştirme) (TBDY-18-14.0.2, 2018-S 277).

En Büyük Deprem Yer Hareketi: 4.1.1’de tanımlanan DD-1 deprem yer hareketi düzeyidir.

En Büyük Yerdeğıştirme: En büyük deprem yer hareketi etkisi altında, yalıtım sisteminin ara yüzündeki etkin rijitlik merkezinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda oluşan maksimum görelî yerdeğıştirmedir (üstyapının altı ve altyapının üstü arasındaki görelî yerdeğıştirme).

Toplam En Büyük Yerdeğıştirme: En büyük deprem yer hareketi etkisi altında, yalıtım ara yüzündeki yalıtım birimlerinin her birinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda, yapının burulma davranışı da dikkate alınarak elde edilen maksimum görelî yerdeğıştirmedir (üstyapının altı ve altyapının üstü arasındaki görelî yerdeğıştirme) (TBDY-18-14.0.2, 2018-S 277).

Etkin Sönüm Oranı: Yalıtım sisteminin, belirli genlikteki yerdeğıştirmeler altında göstereceğî eşdeğer sönüm oranıdır (tasarım yerdeğıştirmesi ve en büyük yerdeğıştirme için ayrı ayrı belirlenir).

Etkin Rijitlik: Yalıtım sisteminde oluşan toplam kesme kuvvetinin, yalıtım sistemi rijitlik merkezindeki görelî yerdeğıştirme değeriine bölünmesi ile elde edilen rijitlik değeriidir (tasarım yerdeğıştirmesi ve en büyük yerdeğıştirme için ayrı ayrı belirlenir.

Etkin Rijitlik Merkezi: Yalıtım sistemindeki birimlerin tasarım depremi yer hareketi altındaki yerdeğıştirmeye karşı gelen etkin yatay rijitliklerine bağılı olarak hesaplanan rijitlik merkezidir (TBDY-18-14.0.2, 2018-S 277).

Yalıtım sisteminin en büyük yerdeğıştirme hesabı DD-1 deprem yer hareketi düzeyinde yalıtım birimlerine ait parametrelerin *alt sınır değeri* ile, üstyapıya etkiyen en büyük yatay kuvvetin hesabı ise DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde yalıtım birimlerine ait parametrelerin üst sınır değeri ile yapılacaktır.

Etkin Yalıtım Periyodu: Kütlesi üstyapı kütlesine eşit ve rijitliğı yalıtım sisteminin etkin yatay rijitliğine eşit olan tek serbestlik dereceli bir sistemin doğal titreşim periyodudur (tasarım yerdeğıştirmesi ve en büyük yerdeğıştirme için ayrı ayrı belirlenir) (TBDY-18-14.0.2, 2018-S 277).

4.2 Deprem Yalıtım Birimlerinin Özelliklerinin Hesaplanması

Tasarım depremi yer hareketi düzeyi DD-2 için yalıtım birimi yerdeğıştirmesi D_D Denk (4.1) ile hesaplanacaktır.

$$D_D = 1,3 \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) T_D^2 \eta_D S_{ae}^{(DD-2)}(T_D) \quad (4.1)$$

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

TD: Deprem yalıtımlı binanın tasarım yerdeğıştirmesi seviyesinde etkin titreşim periyodu.

$S_{ae}^{(DD-2)}$: Tasarım depremi yer hareketi seviyesinde T_D periyodundaki spektral ivme.

η_D : Tasarım depremi yer hareketi düzeyi için sönüm ölçeklendirme katsayısı.

Tasarım depremi yer hareketi düzeyi DD-2 için bina etkin periyodu T_D Denk (4.2) ile hesaplanacaktır.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{g K_D}} \quad (4.2)$$

KD: Tasarım depremi yer hareketi yerdeğiştirmesi seviyesinde yalıtım sisteminin nominal etkin rijitliğı.

W: Binanın deprem sırasındaki toplam kütleye karşı gelen ağırlığı.

g: Yer çekimi ivmesi.

En büyük deprem yer hareketi düzeyi DD-1 için yalıtım birimi yatay yerdeğiştirmesi D_M , Denk (4.3) ile hesaplanacaktır.

$$D_M = 1,3 \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) T_M^2 \eta_M S_{ae}^{(DD-1)}(T_M) \quad (4.3)$$

DM: En büyük deprem yer hareketi seviyesinde, göz önüne alınan doğrultuda yalıtım sistemi etkin rijitlik merkezinde oluşacak yerdeğiştirme.

TM: En büyük yerdeğiştirme altında deprem yalıtımlı binanın etkin titreşim periyodu

KM: En büyük deprem yer hareketi yerdeğiştirmesi seviyesinde yalıtım sisteminin nominal etkin rijitliğı.

$S_{ae}^{(DD-1)}$: En büyük deprem yer hareketi seviyesinde %5 sönüm için yatay spektral ivme.

η_M : En büyük deprem yer hareketi düzeyi için sönüm ölçeklendirme katsayısı.

En büyük deprem yer hareketi düzeyi DD-1 için bina etkin periyodu T_M , Denk (4.4) ile hesaplanacaktır.

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{g K_M}} \quad (4.4)$$

KM: En büyük deprem yer hareketi yerdeğiştirmesi seviyesinde yalıtım sisteminin nominal etkin rijitliğı

Sönüm ölçeklendirme katsayıları η_D ve η_M , Denk (4.5) ile hesaplanacaktır.

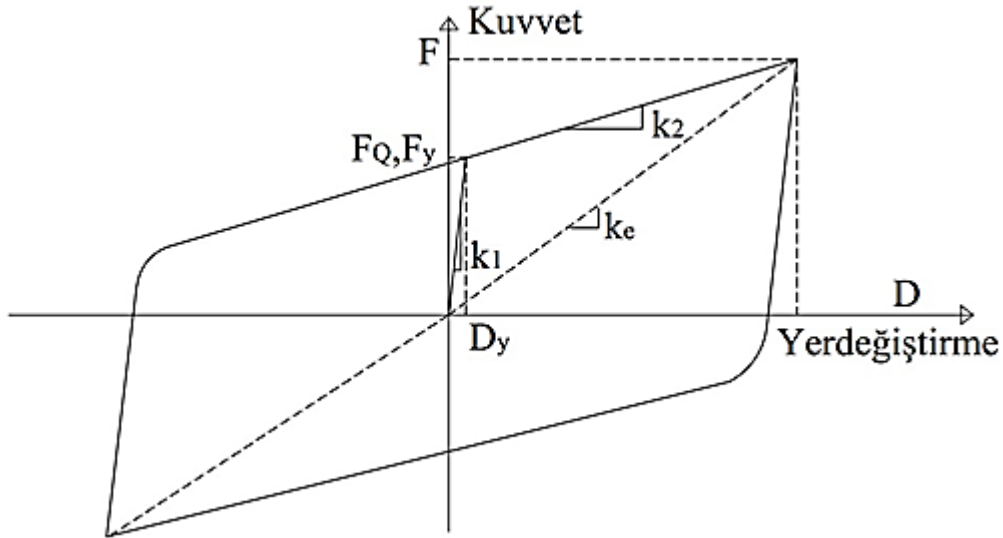
$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5+\xi}} \quad (4.5)$$

DD-2 ve DD-1 deprem yer hareketi düzeylerindeki yalıtım arayüzü toplam yerdeğiştirmesi, Denk (4.1) ve Denk (4.3)'ten hesaplanan yerdeğiştirme değerlerine üst yapı ve yalıtım sistemi burulmasından gelen ilave yer değiştirmelerin eklenmesi ile hesaplanacaktır. Düzgün bir dağılım olması durumunda toplam yerdeğiştirmeler Burulmaların dikkate alınması ile hesaplanan yerdeğiştirme değerlerinin denklemler (4.6) ve (4.7) ile hesaplanan değerlerden daha az olamaz (TBDY-18-14.14.2, 2018-S 287).

$$D_{TD} = D_D \left[1 + y \frac{12e}{b^2+d^2} \right] \quad (4.6)$$

$$D_{TM} = D_M \left[1 + y \frac{12e}{b^2+d^2} \right] \quad (4.7)$$

4.3 Eğri Yüzeli Sürtünmeli Yalıtım Birimlerinin Deprem Yüklerinin Altındaki Davranışın Özellikleri



Şekil 4.1 Eğri Yüzeli Sürtünmeli Yalıtım Birimin Karakteristik özellikleri (TBDY, 2018)

Eğri Yüzeli Sürtünmeli Yalıtım Birimin Karakteristik özellikleri Şekil 4.1’de yer almaktadır (TBDY 18-EK.14B,2018).

F_Q = F_Y = Karakteristik dayanım veya etkin akma dayanımı,

K₁ = Başlangıç rijitlik,

K₂ = İkincil rijitlik,

K_e = D yerdeğiştirmesine karşı gelen eşdeğer rijitlik,

F = D yerdeğiştirmesine karşı gelen kuvvet,

D_y = Etkin akma yerdeğiştirmesidir.

Karakteristik dayanım veya etkin akma dayanımı Denk (4.8)’de belirtildiği gibi (sıfır yerdeğiştirmedeki) etkin sürtünme katsayısı μ_e ile yalıtım birimi üzerine etkiyen düşey kuvvetin (P) çarpımına eşittir (TBDY-18-EK.14B, 2018).

$$F_Q = F_Y = \mu_e P \quad (4.8)$$

μ_e : Etkin sürtünme katsayısı.

P: Düşey yük ve deprem yükünün ortak etkisi altında meydana gelen en büyük düşey yük.

Başlangıç rijitliği, hesaplarda çok yüksek bir değer olan sanal bir rijitliktir. İkincil rijitlik Denk (4.9)’da belirtildiği gibi düşey kuvvetin (P) eğri yüzeyli sürtünmeli yalıtım birimi kayma yüzeylerinin etkin eğrilik yarıçapına (R_C)’ye bölünmesi ile belirlenecektir (TBDY-18-EK.14B, 2018-S 293).

$$K_2 = \frac{P}{R_C} \quad (4.9)$$

K₂: Elastomer yalıtım biriminin elastik ötesi rijitliği.

Verilen bir yükleme döngüsündeki eşdeğer rijitlik (K_e), Denk (4.10)’da belirtildiği gibi söz konusu döngüde uygulanan maksimum yatay kuvvetin (F) ulaşılan maksimum yatay yerdeğiştirmeye (D) bölünmesi ile elde edilecektir.

$$K_e = \frac{F}{D} = \frac{P}{R_c} + \frac{\mu_e P}{D} \quad (4.10)$$

Eşdeğer sönüm oranı β_e Denk (4.11)'de belirtildiği gibi bir yerdeğiştirme döngüsünde tüketilen enerjinin (W_D), $2\pi FD$ değerine bölünmesi ile elde edilecektir (TBDY-18-EK.14B, 2018).

$$\beta_e = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{W_D}{FD} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu_e}{\mu_e + D/R_c} \right] \quad (4.11)$$

R_c: Yalıtım birimi kayma yüzeyinin eğrilik yarıçapı.

4.4 Deprem Yalıtım Birimi Tasarım Kontrolleri

TBDY18-3.1.1'de tanımlanan Bina Kullanım Sınıfları'na ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için **4.2.2'**de tanımlanan Kısa Periyod Tasarım Spektral İvme Katsayısı'na bağlı olarak, bu Yönetmelik'te deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), Tablo 4.1'ye göre belirlenecektir (TBDY-18-3.2, 2018).

Tablo 4.1 Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

(DD-2) Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyod Tasarım Spektral İvme Katsayısı (SDS)	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0,333$	DTS = 4a	DTS = 4
$0,333 \leq S_{DS} < 0,667$	DTS = 3a	DTS = 3
$0,667 \leq S_{DS} < 1,00$	DTS = 2a	DTS = 2
$1,00 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

4.4.1 Bina Yükseklik Sınıfları

Deprem etkisi altında tasarımda binalar yükseklikleri bakımından sekiz Bina Yükseklik Sınıfı'na (BYS) ayrılmıştır. Bu sınıflara giren binalar için **TBDY-18, 3.3.1.3** esas alınarak tanımlanan yükseklik aralıkları, **TBDY-18, 4.2.5**'teki Deprem Tasarım Sınıfları'na bağlı olarak Tablo 4.2'te verilmiştir (TBDY-18-3.3.2, 2018)

Tablo 4.2 Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17,5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10,5 < H_N \leq 17,5$	$17,5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10,5$	$10,5 < H_N \leq 17,5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10,5$	

4.4.2 Bina Performans Düzeyleri

Bina Performans Hedefleri'nin tanımına esas olmak üzere, deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri deprem yönetmeliği aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi: Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir.

Hemen Kullanım (HK) Performans Düzeyi: Bu düzey, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir. Tablo 4.3 ve 4.4’da Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Deprem Yalıtımlı Bina Performans Hedefleri ve Uygulanacak Tasarım Yaklaşımları.

Tablo 4.3 Yeni Yapılacak Deprem Yalıtımlı Binalar – Üstyapı

Deprem Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı
DD-2	HK	DGT	KK	DGT
DD-1	—	—	—	—

(1) Yalıtım sistemi için uygulanacaktır. (2) Altyapı için uygulanacaktır.

Tablo 4.4 Yeni Yapılacak ve Güçlendirilecek Deprem Yalıtımlı Binalar – Yalıtım Sistemi ve Altyapı

Deprem Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı
DD-2	—	—	—	—
DD-1	KK	ŞGDT(1)–DGT(2)	KK	ŞGDT(1)–DGT(2)

4.4.3 Yalıtımlı Binalarda Görelî Kat Ötelemesi Sınırları ve Deprem Düzeyleri

TBDY-18 yönetmeliğine göre üst yapıdaki görelî kat ötelenmeleri, Kesintisiz Kullanım (KK) performans seviyesi için **0,005 h_i** (h_i : i katı ile $(i-1)$ katı arasındaki mesafe (kat yüksekliği)), Hemen Kullanım (HK) performans seviyesi için **0,01 h_i** , Can Güvenliği (CG) performans seviyesi için ise **0,015 h_i** değerini aşmayacaktır.

Yalıtım sisteminin DD-1 deprem yer hareketi altında meydana gelen en büyük yerdeğiştirme durumunda sahip olduğu iç kuvvet ile en büyük yerdeğiştirmenin %50'sinde sahip olduğu iç kuvvet arasındaki fark en az 0.025W olacaktır. Bunun yanı sıra yalıtım sistemi herhangi bir D yerdeğiştirmesinde yatay merkezleme kuvveti oluşturabilecek şekilde tasarlanacak ve ikincil (elastik ötesi) rijitliği kullanılarak hesaplanan titreşim periyodu 6 saniyeden daha büyük olmayacaktır.

Ayrıca, yalıtımlı binalarda bırakılacak deprem derzlerinin boyutlarının belirlenmesinde, yalıtım sisteminin toplam en büyük yerdeğiştirmesine ek olarak görelî kat ötelenmeleri de dikkate alınacaktır. Derz genişliği, derzin her iki tarafındaki yapılar için hesaplanan mutlak en büyük yerdeğiştirmelerin toplamından küçük olmayacaktır. Amerikan yönetmeliğine göre düşey yönde çekme desplasmanın değeri ($U_{p_Lifting_{max}} = 2,5 \text{ cm}$) açılmamlıdır.

4.4.4 Yalıtım Birimi Kontrol Deneyleri

Deney Koşulları:

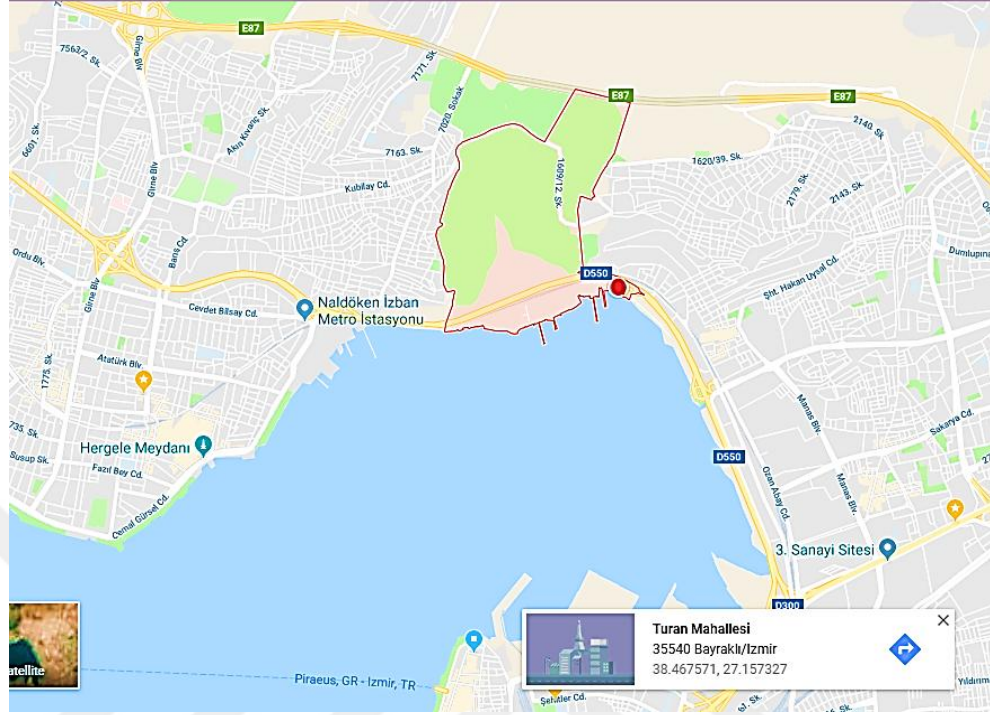
- i. Yalıtım sisteminde kullanılan yalıtım birimlerinin kuvvet–yerdeğiştirme özellikleri, etkin sönüm oranları, etkin yatay ve düşey rijitlikleri ve diğer parametrelerinin belirlenmesi veya hesaplarda alınan parametrelerin kontrolü için Prototip Deneyleri, üretimdeki değişimin önceden belirlenen sınırlar içinde kaldığının teyidi için ise Üretim Kontrol Deneyleri yapılması gerektiği TBDY-18-1415.1,2018'de belirlemektedir.
- ii. Deneyler tasarım mühendisinin gözetim ve denetimi altında yapılacak ve deney sonuçları rapor ve tutanaklarla belgelenecektir.
- iii. Aynı özellik ve boyutlara sahip yalıtım birimlerine TBDY-18; 14.15.2'de belirtilen Prototip Deneyleri'nin uygulanmış olması durumunda deneylerin

yeniden yapılması zorunlu değildir. Ancak yalıtım birimlerinin bu deneyler üretici firma tarafından belgelenecektir.

- iv. Tasarım Mühendisi prototip ve üretim deneylerinde kullanılacak olan düşey yük ve yerdeğiştirme değerlerini Tablo TBDY-18; 14.4, 14.5'e uygun olarak hazırlanmalıdır.

4.5 Tez Kapsamında Kullanılan Binaların Özellikleri

Tez kapsamında, salt çerçeve, kısa ve uzun yönde kesme perdeli olmak üzere üç yalıtımlı sistem incelenip analiz edilmiştir. Çalışmada depremlerin, yapısal açıdan, hem olumlu hem de olumsuz etkileri gözleyebilmek adına üç farklı taşıyıcı sistem kullanılmıştır. Türkiye'de, yalıtımlı yapılarda kullanılmakta olan Sürtünmeli Sarkaç izolatörlerinin özelliklerini temel alınarak TBDY-18 (Türkiye Bina ve Deprem Yönetmeliği)'a göre üç sistem çalışma kapsamında çözülmüştür. Buna göre Plan düzenlenip üç farklı yapısal sistem oluşturulmuştur. Google haritasında incelenen binanın konumu Şekil 4.2'de, çalışmada kullanılacak hastanenin planı Şekil 4.3'te sunulmuştur.

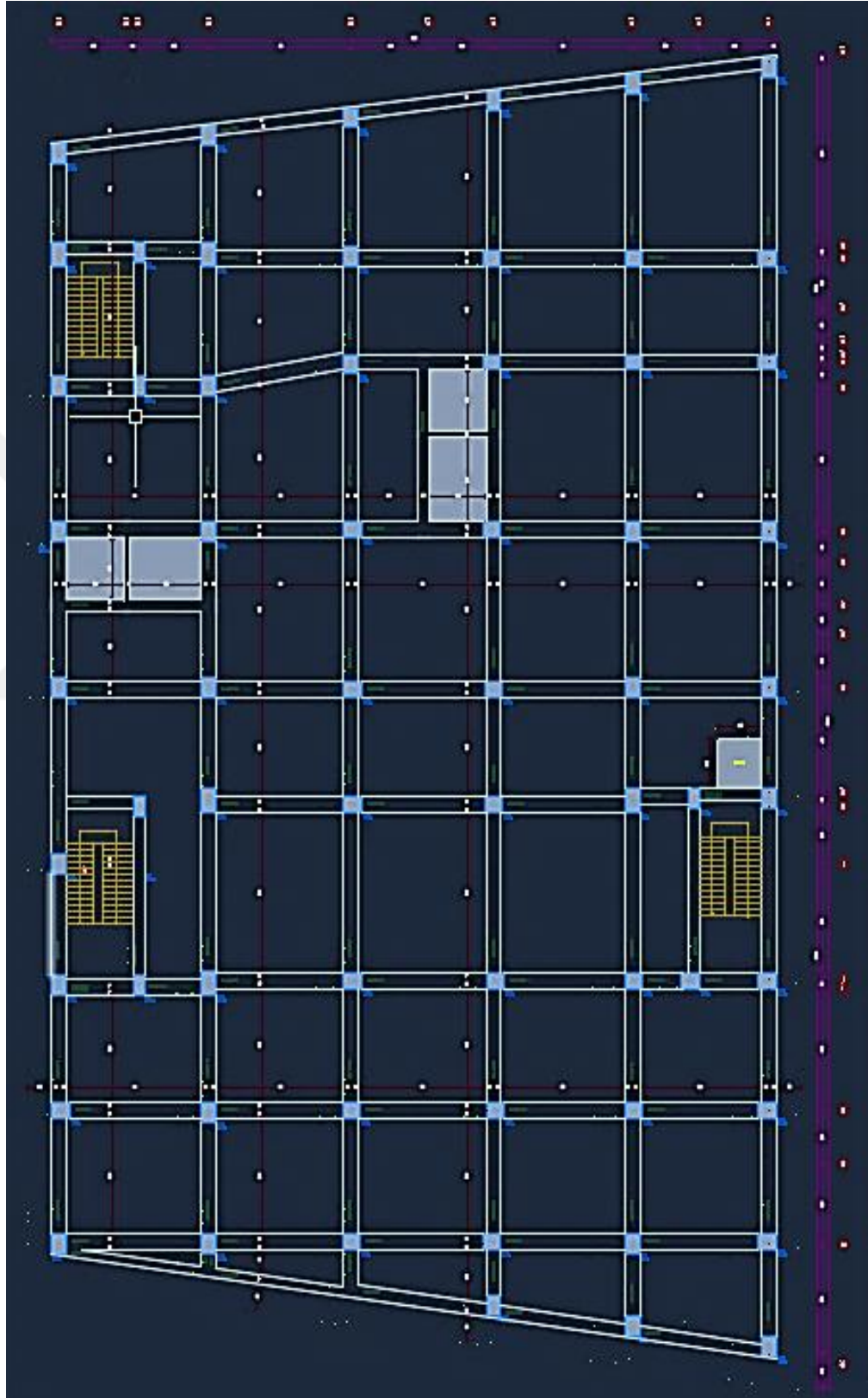


Şekil 4.2 Google haritasında incelenen binanın konumu

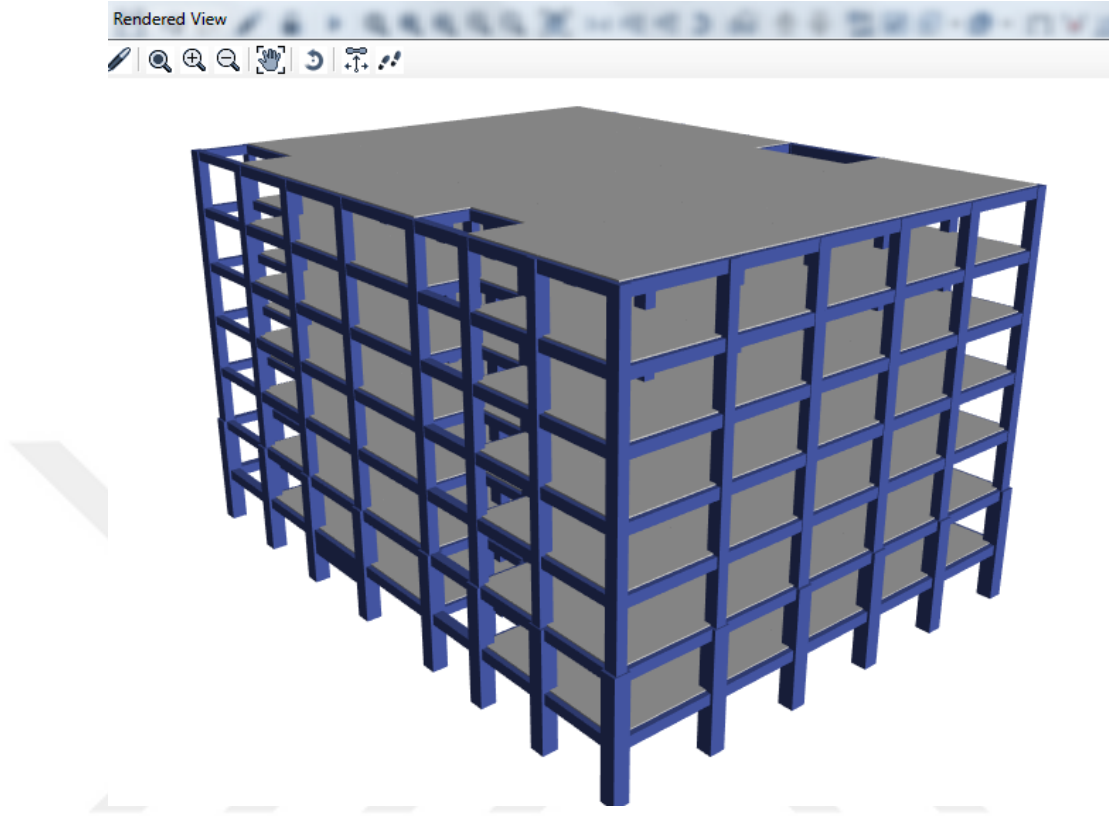
Yapı, 2 bodrumlu, 5 tekrarlı kattan oluşmaktadır. Yapı zemin kat 4,8 m yükseklikte olup diğer katlar ise 4,5 m yüksekliktedir.

Bina kirişli döşemeli bir sisteme sahiptir. Yapı merdivenleri ise birbirine yakın olmayan üç çekirdekten oluşmaktadır. Yapının üç boyutlu modeli Şekil 4.4'te sunulmuştur.

X doğrultusunda 7 aks, Y eksen doğrultusunda ise 10 aks bulunmaktadır. Hastanenin yapısal sistemi kiriş, kolon ve döşemeler olmak üzere betonarme karkas bir yapıdır. Yapının özellikleri Tablo 4.5'te sunulmuştur.



Şekil 4.3 Tez çalışmasında kullanılan blok plan



Şekil 4.4 Binanın üç boyutlu olarak görünümü

Tablo 4.5 Yapının statik özellikleri

$F_{cd} = C_{30} =$	30 Mpa
$F_y =$	S420 = 420 Mpa
$\gamma =$	3 Ton/m ³
$E_c =$	36373,7 Mpa
$G =$	15155,7 Mpa
$\nu =$	0,2
$E_s =$	199948 Mpa

f_{cd} : Beton tasarım basınç dayanımı.

G : Kayma modülü.

F_y : Çelik tasarım çekme dayanımı.

E_c : Basınç elastisite modülü

γ : Beton kütlesi, hastane projesindeki kullanılmış olan beton türü özel betondur.

E_s : Donatı elastisite modülü.

4.6 Yapı Sistemlerinin Konfigürasyonu

Tez kapsamında, binanın temelindeki bulunan izolatör yardımıyla, perde çerçevesi ve sadece çerçevesi yapıların yapısal farklılıkları incelenmiştir. Farklılıkları değerlendirmek için üç farklı yapı sistemi seçilmiş ve analiz edilmiştir. Sistem özellikleri aşağıda sunulmuştur.

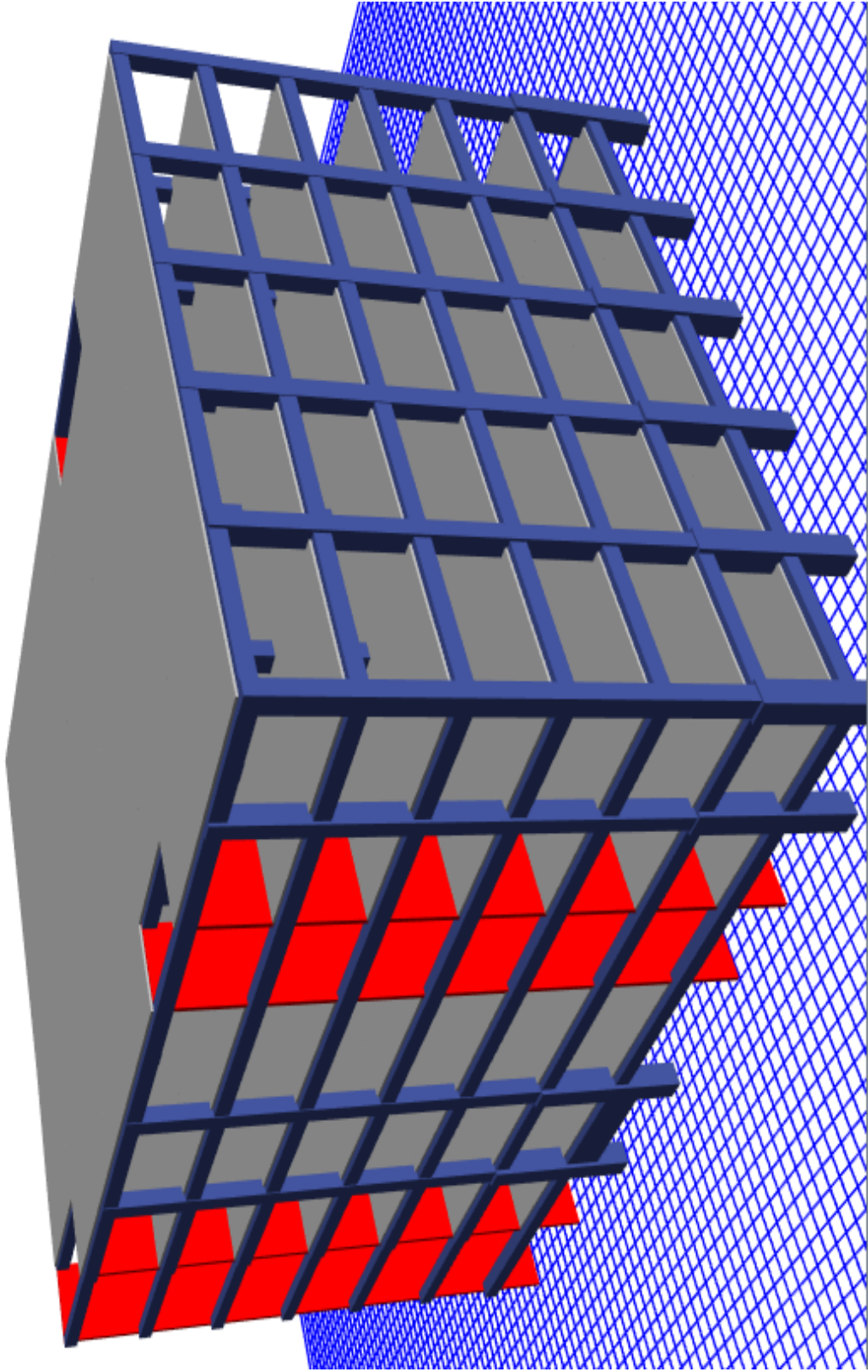
(F.S): (Frame system only) Bu kısaltma sadece çerçevesi sistem tanımlamak için kullanılan bir kısaltmadır. Sistemde herhangi bir perde kullanılmamış, sadece çerçevelerden oluşan sistem için kullanılmaktadır.

(S.S.W): (Short Shear Walls system) Yapı kısa doğrultusunda perde duvarı bulunan perde-çerçevesi sistem nitelendirilmektedir.

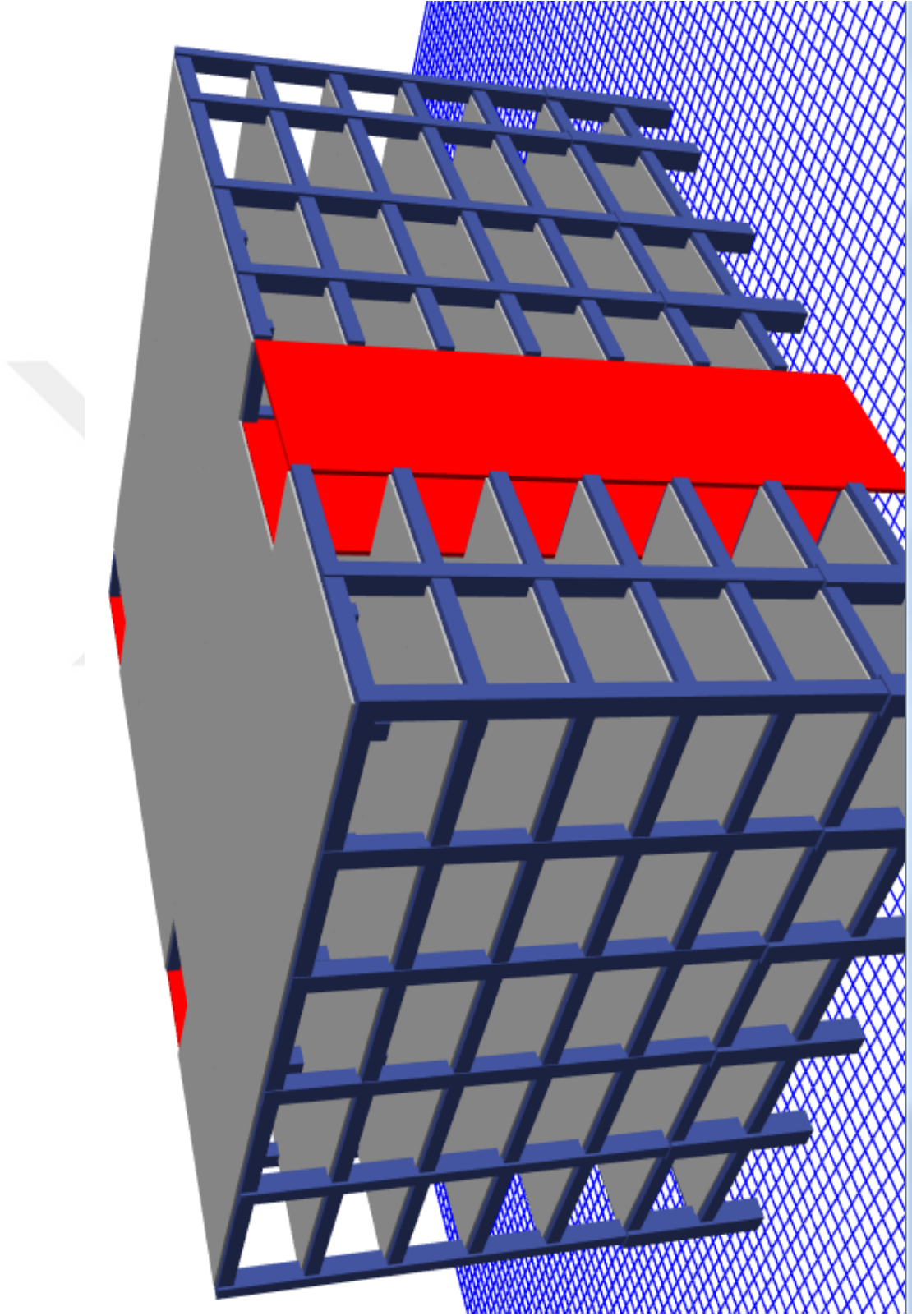
(L.S.W): (Long Shear Walls system) Yapı uzun yönde perde kullanılan ikinci perde-çerçevesi sistem nitelendirilmektedir.

Bu kısaltmalar tezin farklı metinlerde kullanılacaktır.

Üç farklı sistem arasındaki en önemli fark, perdelerin uzunluğu ve hangi doğrultuda inşaa edileceğidir. **(S.S.W)** Short Shear Walls sistem Şekil 4.6'da, **(L.S.W)** Long Shear Walls sistem ise Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Sistemde kısa yönde perde duvarların yerleştirilmesi



Şekil 4.6 Sistemde uzun yönde perde duvarların yerleştirilmesi

4.7 Yapının özellikleri ve elemanlarının modellenmesi

Yapının özellikleri yukarıdaki değerler olmak üzere ETABS V16,0,3 programı kullanımı olup, program çıktıları bölümün’de sunulmuştur. Binanın elemanlarının modellenmesini Şekil 4.8’de gösterilmektedir.



	B80x70	B80x70	B80x70
C90x100	C100x80	C100x80	C100x80
	B80x70	B80x70	B80x70
C90x100	C100x80	C100x80	C100x80
	B80x70	B80x70	B80x70
C90x100	C100x80	C100x80	C100x80
	B80x70	B80x70	B80x70
C90x100	C100x80	C100x80	C100x80
	B80x70	B80x70	B80x70
C90x100	C100x80	C100x80	C100x80
	B80x70	B80x70	B80x70
C120x120	C120x120	C120x120	C120x120
	B80x80	B80x80	B80x80
C120x120	C120x120	C120x120	C120x120

Şekil 4.7 Binanın elemanlarının modellenmesini

Öncelikle elemanların özellikleri tanımlanmış olup, yükler üç farklı yapı modeline eklenecektir.

Tablo 4.6 Binanındeki elemanlerin ölü yüklerin değerleri

	Türü	Yeri	Kirişler
Her katta	Ölü	İç	3kN/m'
	Ölü	Diş	4,5kN/m'
Son katta	Ölü	-	1,25kN/m'

Tablo 4.7 Binadaki elemanlerin hareket yüklerinin değerleri

	Türü	Yeri	Döşemeler
Her katta	Hareket	-	3,5kN/m ²
Son katta	Hareket	-	0,75kN/m ²
	Kar	-	0,5kN/m ²

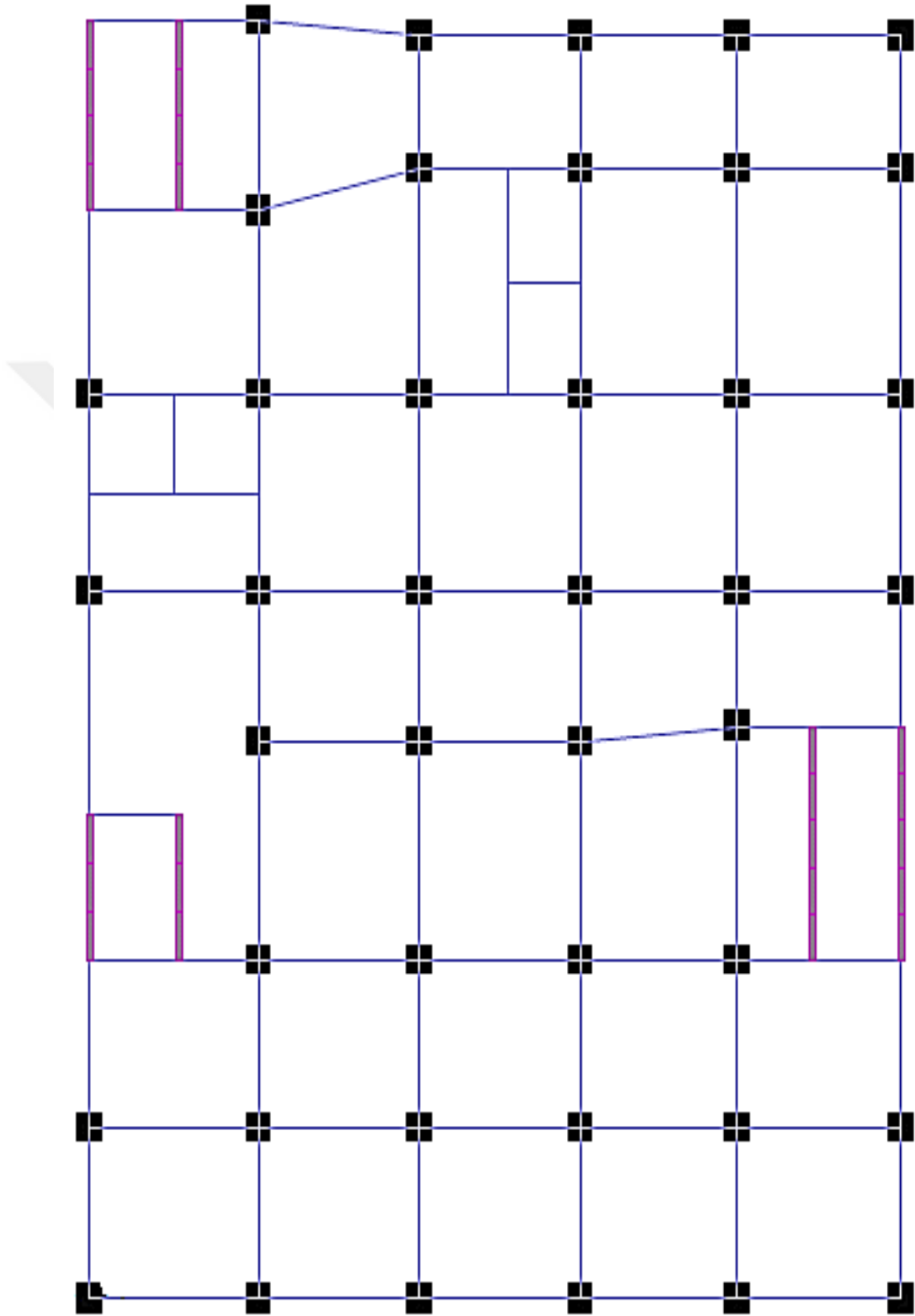
- Kar yükü 0,5 kN/m² (1. Bölgedeki kar yükünün değeri)
- Hareket yükleri 3,5kN/m² (odalar ve koridorlarda hastaneye ait değer).

Programdaki yüklerin dağıtılması tezin ek bölümünde yer almaktadır.

4.8 Yapının Statik Analiz Özellikleri

Yapının elemanları ve yükleri Etabs programında modellendikten sonra, mass Source (Kütle kaynakları) TBDY-18, 4.11 şekilinden, Ölü yükleri (%100) , hareket yükler ise (%30) olmak üzere tanımlanmaktadır.

Yapının statik modelleri Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da, (Kütle kaynakları) mass source tanımı Şekil 4.11'de sunulmuştur.



Şekil 4.9 Uzun yönde perde duvarlı sistemin genel görünümü

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Dead	1
Live	0.3

Buttons: Add, Modify, Delete

Mass Options

- ☒ Include Lateral Mass
- ☒ Include Vertical Mass
- ☒ Lump Lateral Mass at Story Levels

Şekil 4.10 Yüklerin katılım payının oranı

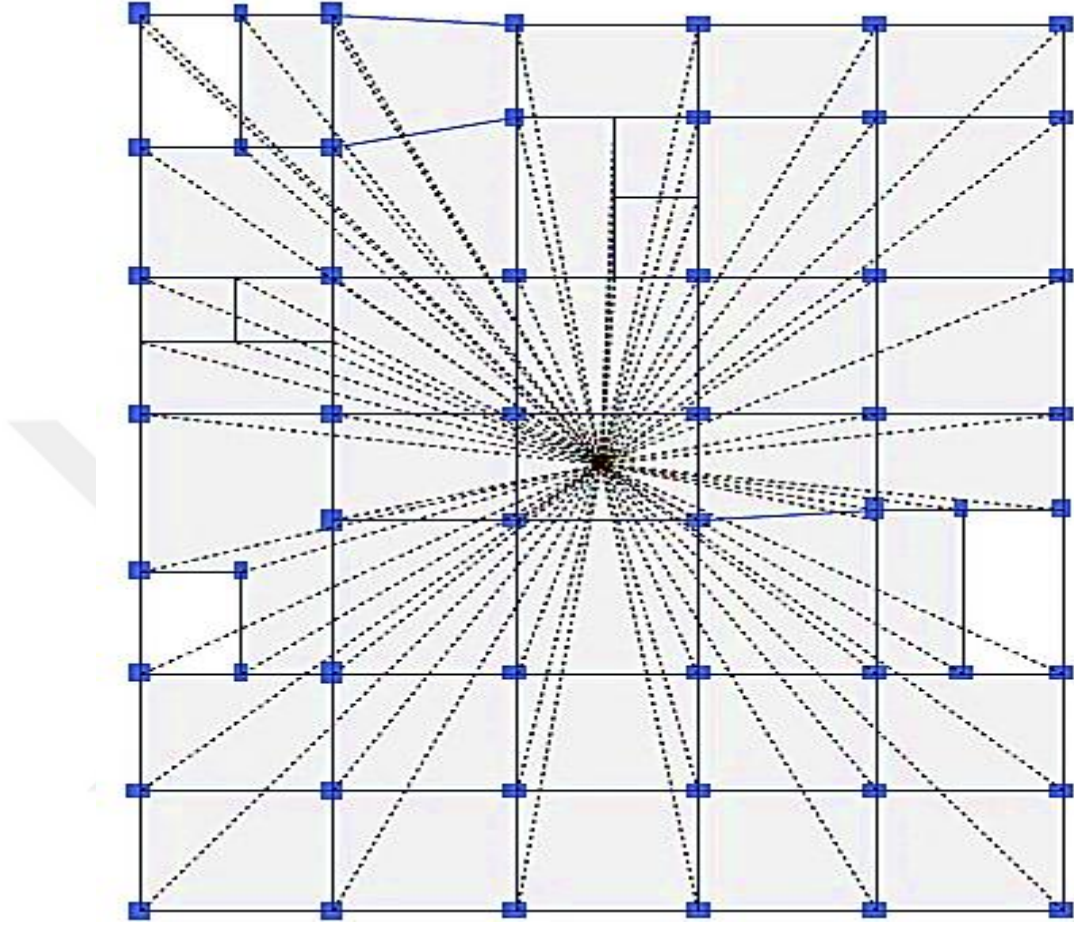
İlk statik analizi yapmadan önce, DBHBYB_2007 yönetmeliğine göre, 4.8'tablosundan sismik özellikleri tanımlanmıştır.

Tablo 4.8 Binaın sismik özellikleri

Sismik bölge modulu	1
Etkin yer ivmesi katsayısı	$A_0 = 0,4$
Yer zemin sınıfı	Z2

Yapının yer zemin sınıfı değeri, 2002 yılında yapılan sondaj bilgilerine dayanarak tespit edilmiştir, (-09,00 m) mensubu (SK-1)⁴ birinci sondaj bilgileri, penetrasyon deneyi sonuçlarına göre toprak sınıfı, 2.orta sık kum çakıldır. Bu verilere göre yapının zemin sınıfı DBHBYB_2007, 6,1'tablosundan Z₂ olarak tespit edilmiştir. Rijitlik değeri hesaplamasından önce her katta Şekil 4.12'de sunulan 'diyafram alanı' tanımlanmıştır.

⁴ Sk-1; Mahalle sınırları, Turan mah/Fuat edip baksı mah ilçe sınırı Bayraklı.
Enlem: 38,46768558.
Boylam: 27,15870574.



Şekil 4.11 Yapının diaphragm oluşturmasının görünümü

Yukardaki bilgiler analiz sonuçlarını elde etmek için programa girilmektedir. Sadece çerçevelerden oluşan binanın periyodu $T_x = 1,05s$, $T_y = 1,07s$ ve yapının kütlesi ise analizlere göre 21603 ton bulunmuştur. Yapıdaki katların kütle tablosu tezin ek bölümünde sunulmuştur.

BÖLÜM BEŞ

DEPREM YALITIMLI BİNALARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRÜNÜN TASARIMA ETKİSİ

5.1 Deprem Yalıtım Birimlerinin Tasarım Parametreleri Hesaplaması

5.1.1 DD-1 Tasarım Aşaması İçin İlk Hesaplar

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

Binanın statik periyodu $T_x = 1,057s$ bulunmaktadır, Amerikan yönetmeliğinde de belirtildiği gibi titreşim periyodu sabit taban periyodunun 2 veya 3 kattan büyük olmalıdır. Bu yüzden başlangıç olarak DD-1 deprem yer hareketi aşaması için $T_M = 3 * 1,057 \approx 3,0 s$ olarak varsayılmıştır.

$$T_M = 3,0 s$$

$\xi = 0,15$ DD-1 tasarım aşaması için Sürtünme oranıdır.

$$\eta_M = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 15}} = 0,707$$

Deprem Tehlike Haritasına dayanarak: ⁵

$$S_{ae}(T = 3,0 s) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,518}{3,0} = 0,172 g$$

⁵ $D_{1-1} = 2475 \text{ yılda}$; $S_S = 2,116 g$; $S_1 = 0,54 g$
 $D_{2-2} = 475 \text{ yılda}$; $S_S = 1,108 g$; $S_1 = 0,272 g$
Tuzla fayına mesafe = 13,45 km
 $\sigma' \approx 1,25 kg/Cm^2$

$$S_{D1} = 0,54 * 1,2 * 0,8 = 0,518$$

$$D_M = 1,3 \left(\frac{9,806}{4\pi^2} \right) 3,0^2 * 0,707 * 0,172 = 0,36 \text{ m}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{g K_M}}$$

$$3,0 = 2\pi \sqrt{\frac{21603}{K_M}} \rightarrow K_M = 94761 \text{ KN/m}$$

$$K_i = \frac{K_M}{N} = \frac{94761 \text{ KN/m}}{54} = 1755 \text{ KN/m}$$

DD-1 aşamasında tek birimin yatay rijitliğidir.

5.1.2 DD-2 Tasarım Aşaması İçin İlk Hesaplar

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

Amerikan yönetmeliğinde de belirtildiği gibi titreşim periyodu sabit taban periyodunundan 2 veya 3 kattan büyük olmak zorundadır. Bu yüzden başlangıç olarak DD-2 deprem yer hareketi aşaması için $T_M = 2 * 1,057 \approx 2,0 \text{ s}$ olarak varsayılmıştır.

$$T_D = 2,0 \text{ s}$$

$\xi = 0,15 + 0,05 = 0,2$ DD-2 tasarım aşaması için sürtünme oranıdır.

$$\eta_D = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 20}} = 0,632$$

$$S_{ae}(T = 2,0 \text{ s}) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,261}{2,0} = 0,131 \text{ g}$$

$$S_{D1} = 0,272 * 1,2 * 0,8 = 0,261$$

$$D_D = 1,3 \left(\frac{9,806}{4\pi^2} \right) 2,0^2 * 0,632 * 0,131 = 0,107 \text{ m}$$

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{g K_D}}$$

$$2,0 = 2\pi \sqrt{\frac{21603}{K_D}} \rightarrow K_D = 213213 \text{ KN/m}$$

$$K_i = \frac{K_D}{N} = \frac{213213 \text{ KN/m}}{54} = 3948 \text{ KN/m}$$

DD-2 aşamasında tek birimin yatay rijitliğidir.

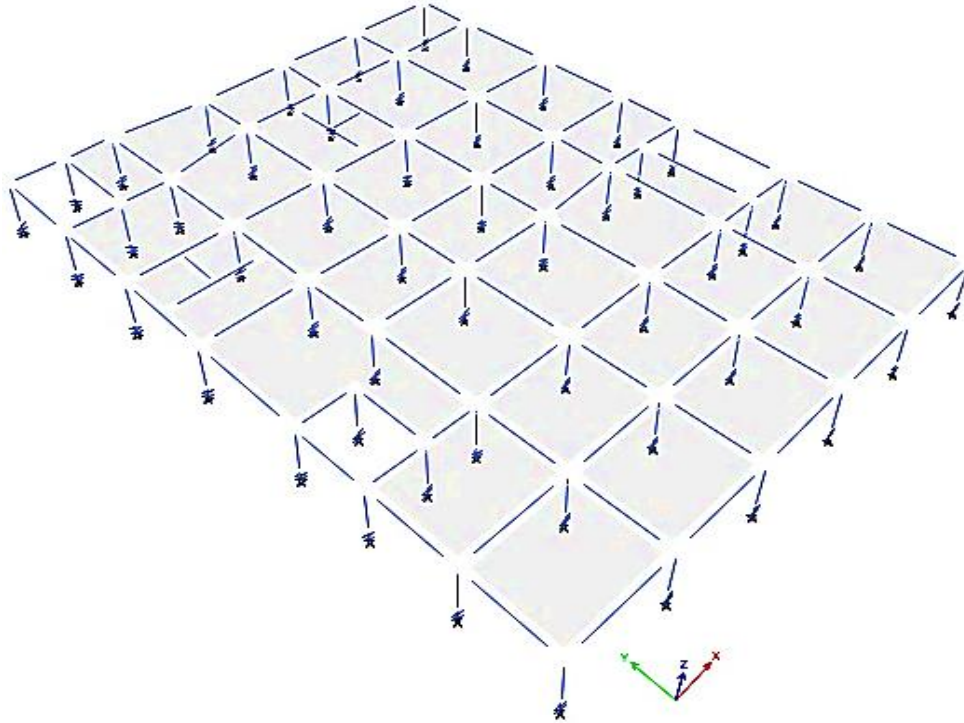
5.2 Yalıtım Birimlerinin Modele Eklenmesi

İlk aşamada; Genel olarak Sürtünmeli Sarkaç ya da Elastomer mesnetlerin yüksekliği 30 cm seçilmiştir. İzolasyon birimlerinin kalınlığı modele eklendiğinde ise 50 cm civarında bir tabaka oluşmaktadır. İzolasyon birimleri program modelinde tanımlaması için katlar arasında bir tabaka ekleyerek mesnetleri tanımları oluşmaktadır. Tablo 5.1’de tabakasının yükseliği sunulmuştur.

Tablo 5.1 İzolatörlerin tabakası oluşturmalarının görünümü

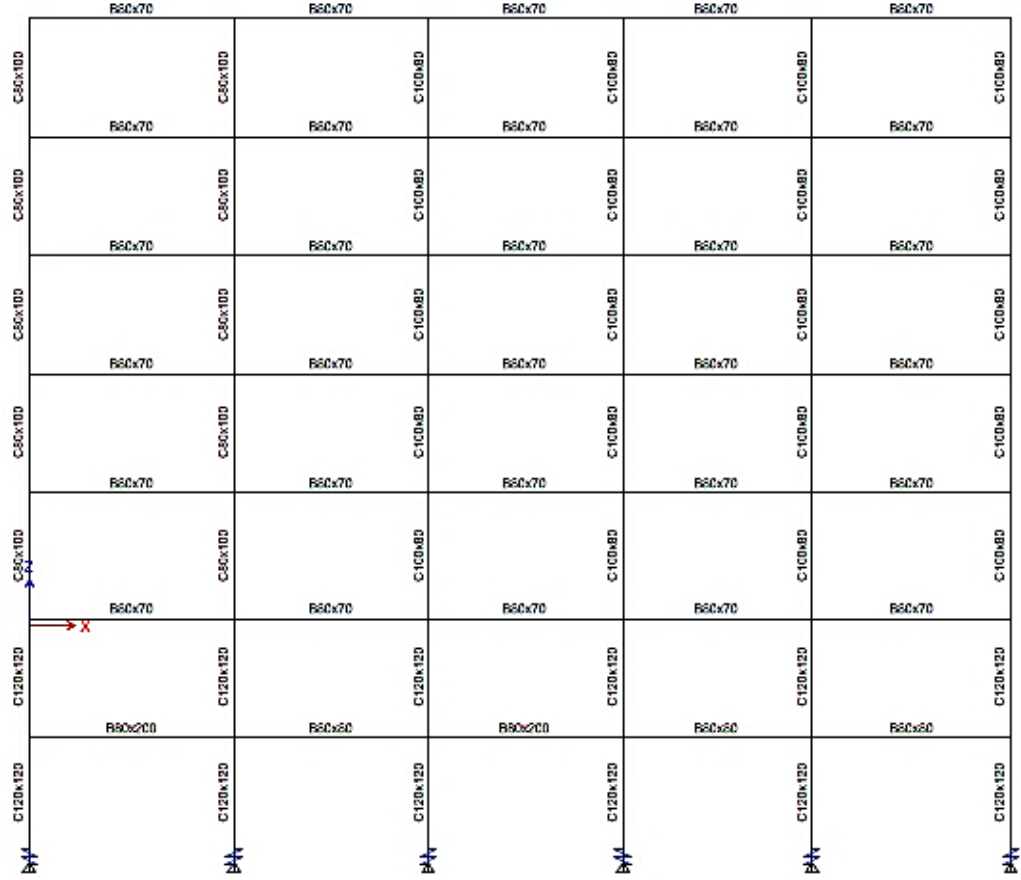
Story	Height m	Elevation m
Story8	4.5	32.05
Story7	4.5	27.55
Story6	4.5	23.05
Story5	4.5	18.55
Story4	4.8	14.05
Story3	4.5	9.25
Story2	4.25	4.75
Story1	0.5	0.5
Base		0

İzolatörleri ise (Link) özellikleri kullanıp ‘doğrusal-link’ diye tanımlanması Şekil 5.1⁶ ve 5.2’de gösterildiği gibi gereklidir.



Şekil 5.1 Yapı izolatörlerinin doğrusal olarak modellenmesinin görünümü

⁶ Linklerin görünmesi açısından tek kat görünümü alınmıştır.

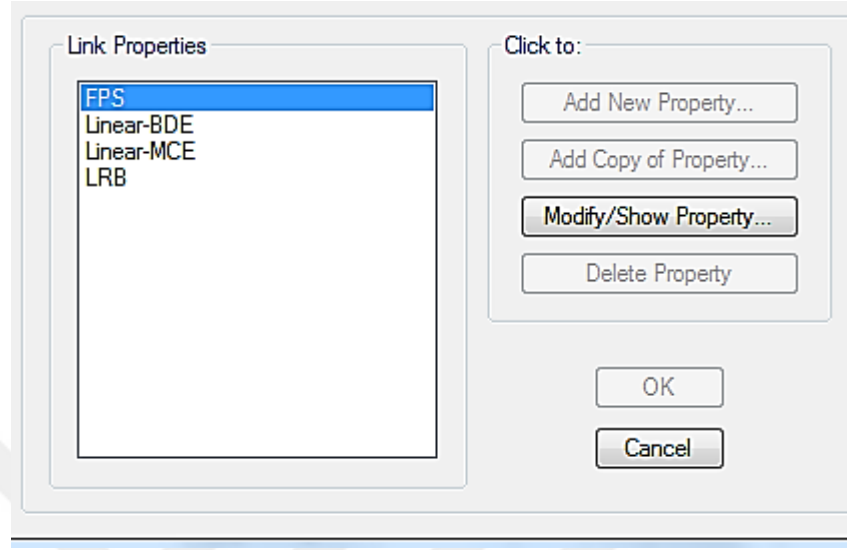


Şekil 5.2 Yapı izolatörlerinin doğrusal olarak çerçevesi sisteminde görünümü

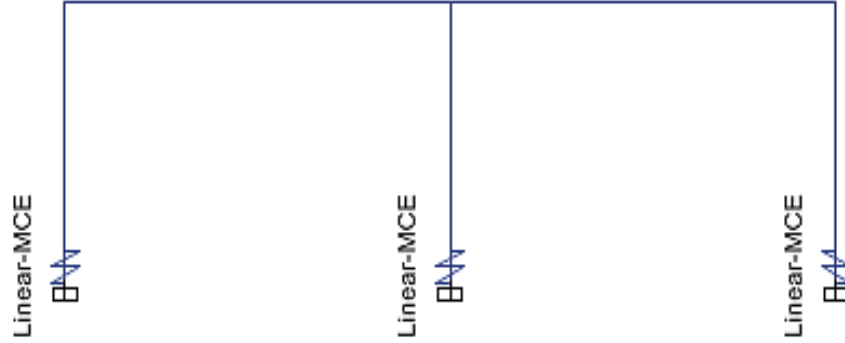
Yukardaki linklerinin özellikleri ve hesap kriterleri sonraki bölümlerde anlatılacaktır. Bu işlemler ile elde edilen sonuçlar programa girilerek yukarıdaki şekildeki model ortaya çıkacaktır.

5.3 DD-1 Tasarım Aşamasının Periyodu Doğrulaması

Yapının taban bilgileri ilk aşamada yapının rijitliği ve mesnetlerin sönüm değerinden ibarettir, yönetmelikte belirlendiği üzere, titreşim periyodu 6 saniyeden daha büyük olmayacaktır (TBDY-18, 14.3.7).



Şekil 5.3 link özellikleri seçilmesinin görünümü



Şekil 5.4 MCE- Link özellikleri modellemesinin görünümü

Bu nedenle hesaplanan yapının rijitliği doğrulaması için Şekil 5.3 ve Şekil 5.4⁷'te gösterildiği gibi Etabs programı kullanılarak yapının yalıtımlı sistemine uygun olup olmayacağı tespit edilmiştir. Bu nedenle mesnetlerin özellikleri (doğrusal-MCE), DD-1 aşamasına ait olan rijitlik değeri Şekil 5.5'te gösterildiği gibi modellenerek uygulanmıştır.

⁷ Linklerin görünmesi açısından tek kat görünümü alınmıştır.

Linear Link/Support Directional Properties

Link/Support Property Name: Linear-MCE

Directional Control

Direction	Fixed
☒ U1	☐ Yes
☒ U2	☒ Yes
☒ U3	☒ Yes
☐ R1	☐ Yes
☐ R2	☐ Yes
☐ R3	☐ Yes

Shear Distance

U2: 0 m

U3: 0 m

Note: Distance is measured with respect to J-End of the link object

Stiffness Values Used For All Load Cases

☒ Stiffness Is Uncoupled ☐ Stiffness Is Coupled

U1	U2	U3	R1	R2	R3
1755	Fixed	Fixed			

Damping Values Used For All Load Cases

☒ Damping Is Uncoupled ☐ Damping Is Coupled

U1	U2	U3	R1	R2	R3
0.15	Fixed	Fixed			

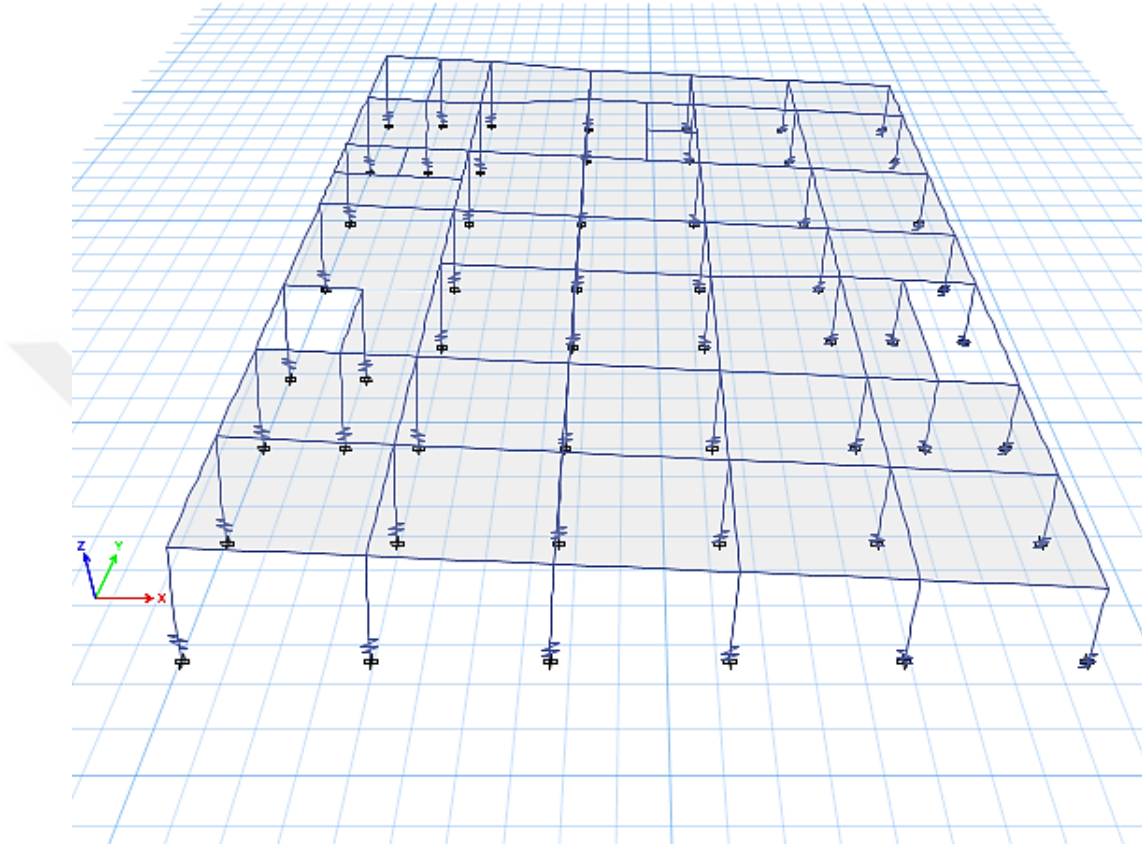
OK Cancel

Şekil 5.5 MCE- Link özellikleri tanımlamasının görünümü

Analiz sonuçlarına göre periyot değeri üç saniyeye yakın olması gerekmektedir. Aksi halde yapıda izolasyon sistemi kullanıma uygun değildir.

Analiz sonuçlarına göre Şekil 5.6⁸'da görüldüğü üzere yapının periyot değeri $T = 5,23s$ olduğu görülmektedir. Bu durumda, yapı sistemin izolatör uygulamaya uygun olduğu tespit edilmektedir.

⁸ Linklerin görünmesi açısından tek kat görünümü alınmıştır.

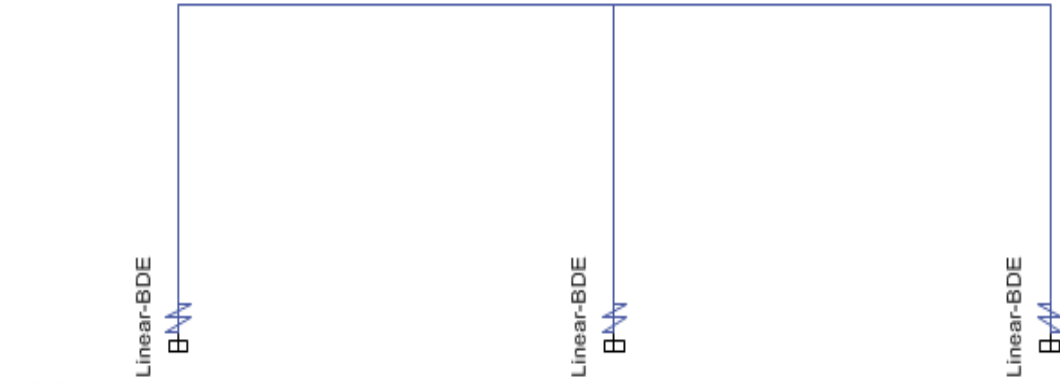


Şekil 5.6 Yapının statik periyodunun doğrulaması görünümü

5.4 DD-2 Tasarım Aşamasının Periyodu Doğrulaması

$T = 2,0 s$ Varsayılmış periyodu dikkatle alınarak yapının rijitliği doğrulaması için Şekil 5.7⁹'de gösterildiği gibi Etabs programı kullanılarak yapının yalıtımlı sistemine uygun olup olmayacağını tespit edilecektir. Bu nedenle mesnetlerin özellikleri (doğrusal-BDE), DD-2 aşamasına ait olan rijitlik değeri Şekil 5.8'da gösterildiği gibi seçilerek modele uygulanacaktır.

⁹ Linklerin görünmesi açısından tek kat görünümü alınmıştır.



Şekil 5.7 BDE- Link özellikleri modellemesinin görünümü

Linear Link/Support Directional Properties

Link/Support Property Name: Linear-BDE

Directional Control

Direction	Fixed
☒ U1	☐ Yes
☒ U2	☒ Yes
☒ U3	☒ Yes
☐ R1	☐ Yes
☐ R2	☐ Yes
☐ R3	☐ Yes

Stiffness Values Used For All Load Cases

☒ Stiffness Is Uncoupled ☐ Stiffness Is Coupled

U1	U2	U3	R1	R2	R3
3948	Fixed	Fixed			

Damping Values Used For All Load Cases

☒ Damping Is Uncoupled ☐ Damping Is Coupled

U1	U2	U3	R1	R2	R3
0.2	Fixed	Fixed			

Shear Distance

U2: m

U3: m

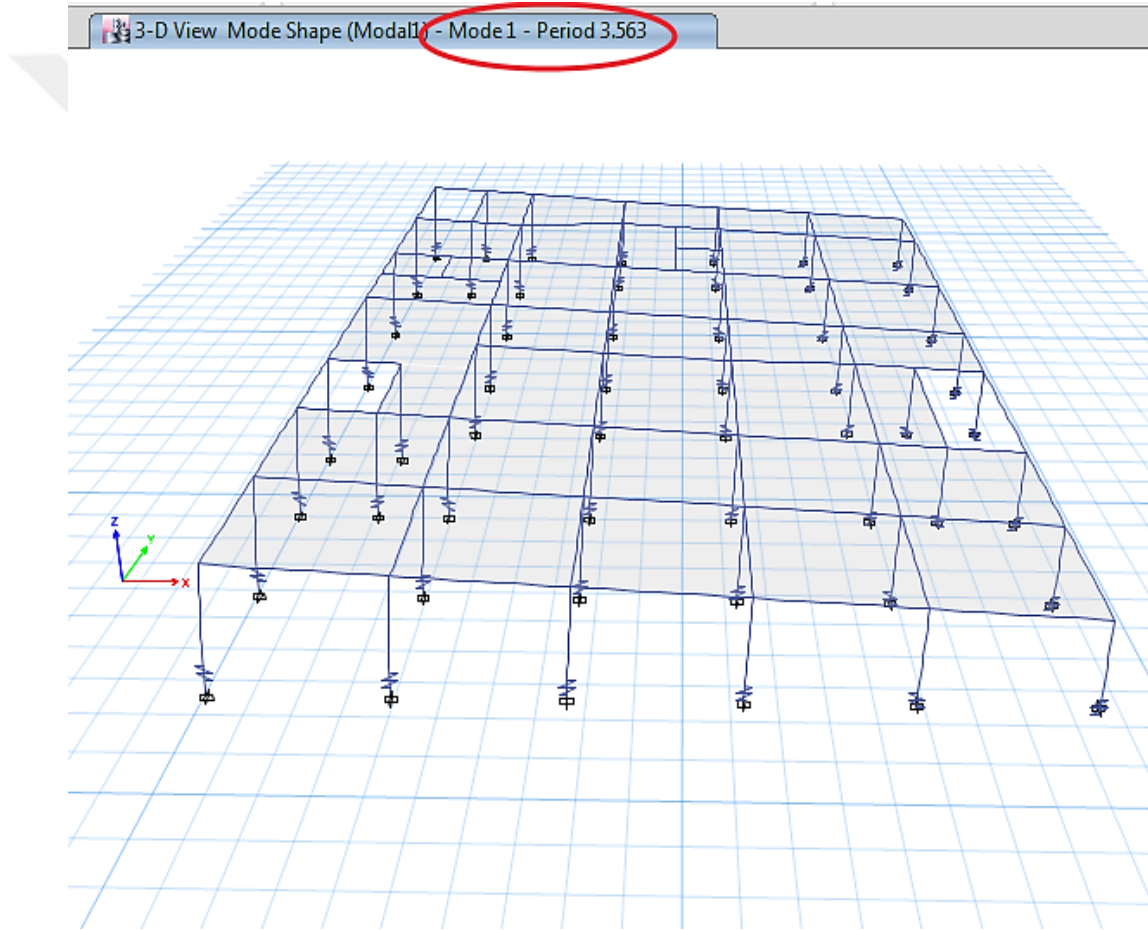
Note: Distance is measured with respect to J-End of the link object

OK Cancel

Şekil 5.8 BDE- Link özelliklerin tanımlamasının görünümü

Analiz sonuçlarına göre periyodunun iki saniye değerinden büyük olmasını gerekmektedir. Aksi halde yapının yalıtım sistemin kullanılmasına uygun olmadığı deprem yönetmeliğinde belirtilmektedir.

Şekil 5.9¹⁰'da yapının periyodunun $T = 3,6s$ civarında olduğu görülmektedir. Bu durumda, yapı sistemin izolatör uygulamaya uygun olduğu tespit edilmektedir.



Şekil 5.9 Yapının statik periyodunun doğrulaması görünümü

¹⁰ Linklerin görünmesi açısından tek kat görünümü alınmıştır.

5.5 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yönetmeni İle Deprem Hesabı

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap, deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini ifade eden differansiyel denklem takımının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonu ifade etmektedir. Bu işlem sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin sürekli olarak değişimi gözönüne alınır. Zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan hesaplarda en az 11 deprem yer hareketi takımı kullanılmaktadır. Birbirine dik yatay iki doğrultudaki ivme kayıtları taşıyıcı sistemin (X) ve (Y) asal eksenleri doğrultusunda aynı anda birlikte etki ettirilmektedir. Daha sonra ivme kayıtlarının eksenleri 90° döndürülerek hesap tekrarlanmaktadır. Hesaplarda kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi (TBDY-18, 2.5)'e göre yapılacaktır (TBDY-18-5.8, 2018).

Deprem yönetmeliğinde belirtildiği üzere 11 çift yer hareketi kayıtları zaman tanım alanında kullanılması gerekmektedir. Ancak tez yayınlandığı tarihte yeni deprem yönetmeliği yürürlüğe girmediği ve Japonya ve ABD yönetmeliğinde 7 çift yer hareketi kayıtlarının kullanılmasının yeterli olacağı belirtilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada yöntem ile gerçekleştirdiği hesaplarda 7 çift yer hareketi kullanılması tercih edilmiştir. Yönetmelikte yer alan bir başka ibarede “bir depremde üçten fazla kayıt kullanılmamalıdır” denilmektedir. Buna göre eğer iki depremden üç kayıt, diğer 5 depremden ise birer birer kayıt toplanması durumunda toplamda 11 çift kayıt elde edilmektedir. Böylelikle 7 çift farklı depremin kaydında aynı sonuca ulaşılmasını sağlayacağı düşünülmektedir.

Bina taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanında deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılacaktır yapılmaktadır. Binanın bulunduğu bölgede tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu geçmiş deprem kayıtlarının mevcut olması durumunda

öncelikle bu kayıtlar kullanılacaktır. Sahaya özel deprem tehlikesine en fazla katkıda bulunan depremlere ait büyüklük ve fay uzaklığı bilgilerinin belirlenmesi için deprem tehlikesi ayrıştırma işleminden yararlanılabilir (TBDY-18-2.5, 2018).

5.6 Deprem Yalıtım Birimlerinin Doğrusal Olmayan Özelliklerinin Hesaplanması

5.6.1 F.S Sisteminin İkinci Tasarım Aşamasında İzolatörlerin Özellikleri Hesaplanması

5.3 ve 5.4 bölümlerde, elde edilen sonuçlara göre yapının periyodunu uzatılabileceği görülmektedir. Bu durum ikinci tasarım aşamasına geçilmesini mümkün kılmaktadır. Bu bölümde birimlerinin doğrusal olmayan özellikleri hesap edilecektir. Önceki bölümlerde ve yönetmelikte yer alan eğri yüzeyli sürtünmeli yalıtım birimlerinin temel özellikleri temel olarak tasarım yapılacaktır.

Veriler:

$$\begin{aligned} R &= 5000 \text{ mm} & S_{DS} &= 1,904 \text{ g} & m &= 21603 \text{ t} \\ \mu_{max} &= 0,08 & S_{S1} &= 0,518 \text{ g} \end{aligned}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = \sqrt{\frac{5}{9,81}} = 4,49 \text{ s}$$

i. Birinci ardışık yaklaştırma:

$$T = 4,0 \text{ s} \quad D = 0,50 \text{ m}$$

$$S_{ae}(T = 4,0 \text{ s}) = \frac{0,518}{4,0} = 0,130 \text{ g}$$

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

$$\eta_M = \sqrt{\frac{10}{5 + \beta_e}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 45}} = 0,48$$

$$\beta_e = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{W_D}{FD} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu_e}{\mu_e + D/R_c} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{0,08}{0,08 + 0,5/5} \right] = 0,445 \approx 45\%$$

$$D_M = 1,3 \left(\frac{9,806}{4\pi^2} \right) 4,0^2 * 0,45 * 0,130 = 0,32m = 32cm$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{W}{g K_{eff}}} = 2\pi \sqrt{\frac{w * D}{g * D(\mu_e + D/R)}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,32}{9,806 * (0,08 + 0,32/5)}} = 3,0 s$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{0,32}{9,806 * (0,08 + 0,32/5)}} = 3,0 s$$

Beşinci yaklaşımda sonuçlar tekrarlanmaya başlıyor. Değer ardışık yaklaşımları Ekler'de yer almaktadır.

$$m = 21603 t \rightarrow 21603 * 9,806 = 211926 KN/m$$

$$K_i = \frac{Fi}{D_y} = \frac{\mu \cdot W}{D_y} \quad K_{FPS} = \frac{W}{R}$$

$$F_i = \mu \cdot W = 0,08 * 211926 = 16954 \frac{KN}{m}$$

$$F_{FPS} = \frac{W}{R} \cdot D = \frac{211926}{5,0} * 0,21 = \frac{8900KN}{m}$$

$$F = F_i + F_{FPS} = \mu \cdot W + D = W \left\{ \mu + \frac{W}{R} \right\}$$

$$F = 16954 + 8900 = 25855 \text{ KN/m}$$

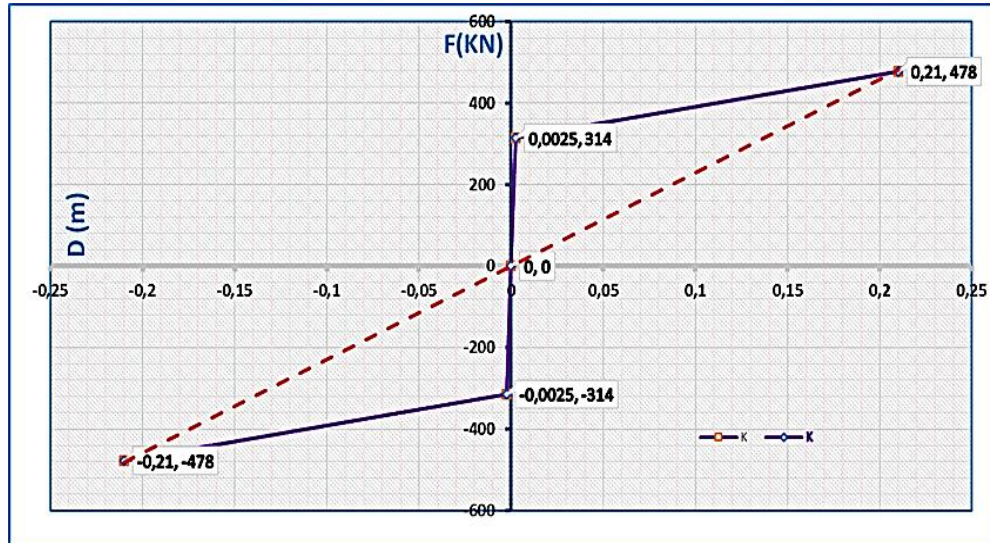
$$K_{eff} = \frac{25855}{0,21} = 123119 \text{ KN/m}$$

Sistemde mesnetler sayısı 54'tur, bu nedenler bir mesnet için değerler:

$$F_i = \frac{16954}{54} = 314 \frac{KN}{m}$$

$$F = \frac{25855}{54} = 478 \frac{KN}{m}$$

$$K_{eff} = \frac{123119}{54} = 2279,89 \cong 2280 \frac{KN}{m}$$



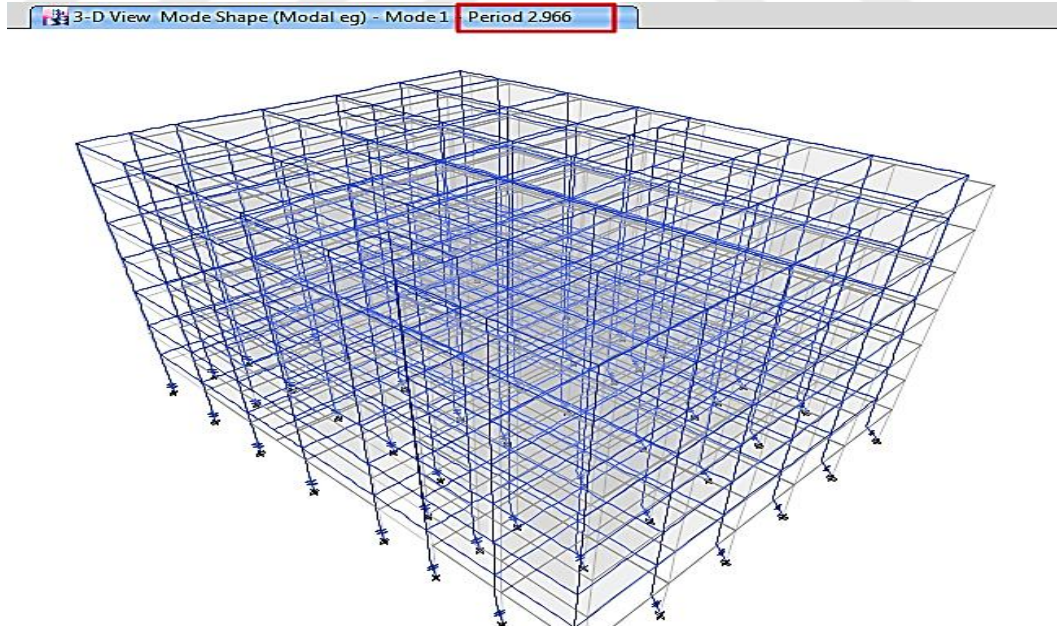
Şekil 5.10 İzolatörün doğrusal olmayan karakteristik grafiğinin görünümü F.S sistemi

Tablo 5.2 İzolatörün non-lineer karakteristik hesaplanan noktalar F.S sistemi

point	Displacement_m	Force_KN
1	-0,21	-478
2	-0,0025	-314
3	0	0
4	0,0025	314
5	0,21	478

Plastik grafiği noktalar çözülerek elde edilecektir. Noktaların değerleri tablo 5.2’de gösterildiği gibi Etabs programına tanımlanacaktır. İzolatörlerin non-lineer özelliklerinin modellenmesi ise tezin ek bölümünde sunulmuştur.

Analiz sonucunda modelin olduktan sonra yapının periyodu $T = 2,966s > T_{design} = 2,65 s$, bulunmuştur (Şekil 5.11). Söz konusu izolatör kullanım amacını gerçekleştirmiştir.



Şekil 5.11 Yapının dinamik periyodunun görünümü F.S sistemi

Deprem sırasında yapının en büyük yerdeğiştirmesi hesaplanırken burulma etkisi (4.16) ve (4.17)'denklemlerinden elde edilecektir.

Tablo 5.3 Yapının kütle ve dışmerkezlilik koordineninin değeri

TABLE: Centers of Mass and Rigidity						
Story	XCM	YCM	XCR	YCR	XCM-XCR	YCM-YCR
	M	M	M	M	M	M
Story7	19,049	30,149	18,721	30,276	0,328	0,127
Story4	19,106	30,190	18,307	30,384	0,799	0,193
Story5	19,115	30,180	18,427	30,362	0,688	0,182
Story6	19,115	30,180	18,562	30,325	0,553	0,145
Story3	19,105	30,191	18,205	30,380	0,900	0,189
Story2	19,150	30,160	18,126	30,325	1,024	0,165
Story1	18,775	30,792	18,106	30,224	0,669	0,568
maximum					1,024	0,568

$$D_{TM} = D_M \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$$

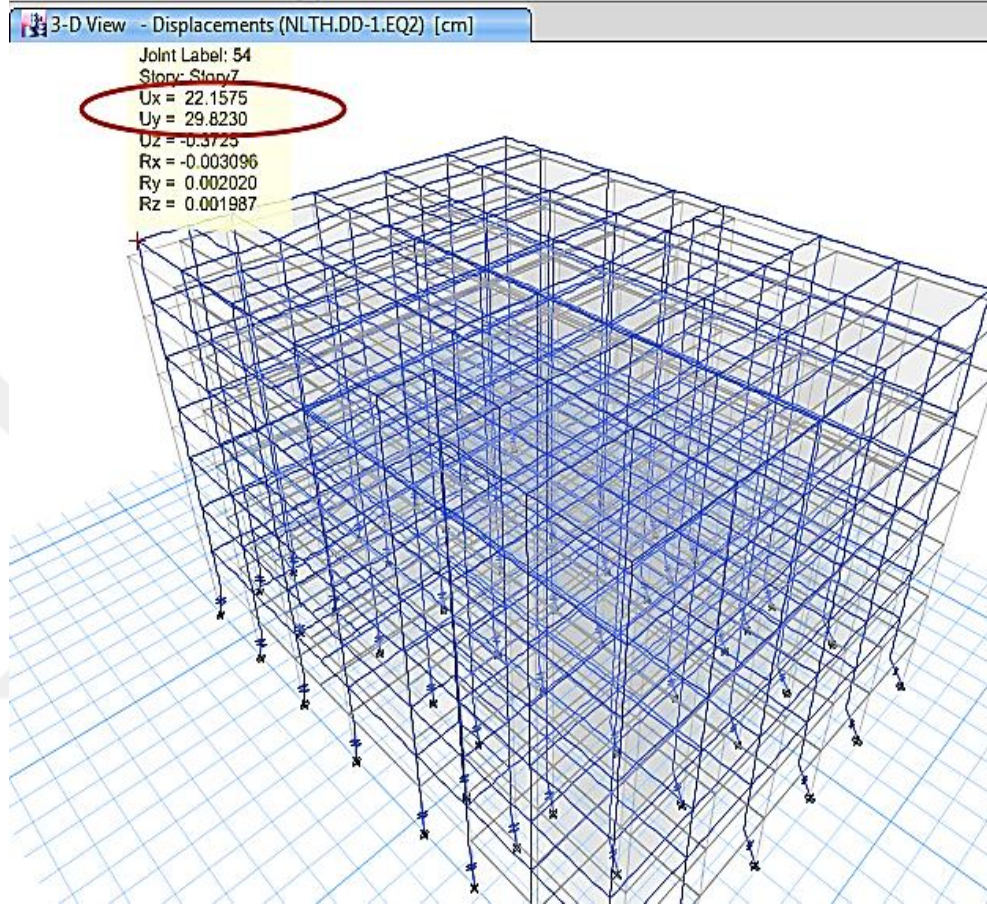
$$D_{TM} = 0,36 \left[1 + 49,7 \frac{12 * 1,024}{47,9^2 + 37,85^2} \right] = 0,416 \text{ m}$$

$$D_{TD} = D_D \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$$

$$D_{TD} = 0,107 \left[1 + 49,7 \frac{12 * 1,024}{47,9^2 + 37,85^2} \right] = 0,116 \text{ m}$$

Şekil(5.12)'de gösterildiği gibi analiz sonucu olarak en büyük yerdeğiştirmesi

$$D = 29,82 \text{ cm} < 41,6 \text{ cm}$$



Şekil 5.12 Yapının en büyük yerdeğiştirmenin görünümü F.S sistemi

5.6.2 L.S.W Sisteminin İkinci Tasarım Aşamasında İzolatörlerinin Özelliklerinin Hesaplanması

Veriler:

$$R = 5000 \text{ mm} \quad S_{DS} = 1,904 \text{ g} \quad m = 21350t$$

$$\mu_{\max} = 0,08 \quad S_{S1} = 0,518 \text{ g}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = \sqrt{\frac{5}{9,81}} = 4,49 \text{ s}$$

Sistemlerin kütlesi birbirine yakın olduğu takdirde önceki iterasyonlarından yararlanılarak hesaba başlanacaktır.

i. Birinci ardışık yaklaşma:

$$T = 2,65 \text{ s} \quad D = 0,25 \text{ m}$$

$$S_{ae}(T = 2,65 \text{ s}) = \frac{0,518}{2,65} = 0,195 \text{ g}$$

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

$$\eta_M = \sqrt{\frac{10}{5 + \beta_e}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 39}} = 0,477$$

$$\beta_e = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{W_D}{FD} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu_e}{\mu_e + D/R_c} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{0,08}{0,08 + 0,25/5} \right] = 0,39 \approx 39\%$$

$$D_M = 1,3 \left(\frac{9,806}{4\pi^2} \right) 2,65^2 * 0,477 * 0,195 = 0,21 \text{ m} = 21 \text{ cm}$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{W}{g K_{eff}}} = 2\pi \sqrt{\frac{w * D}{g * D(\mu_e + D/R)}}$$

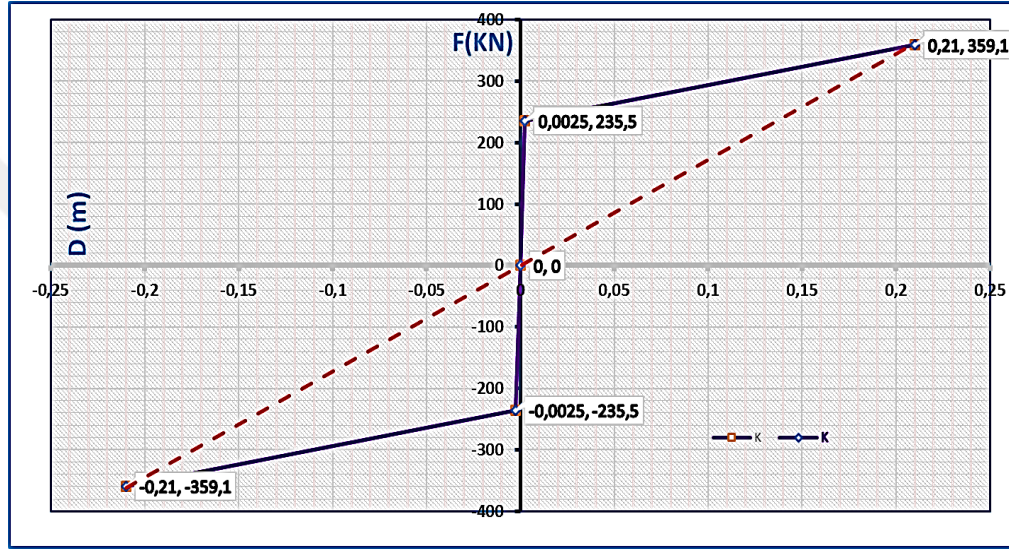
$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{0,21}{9,806 * (0,08 + 0,21/5)}} = 2,65 \text{ s}$$

İkinci yaklaşımda sonuçlar tekrarlanmaya başlamaktadır. Sistemde mesnet sayısı 72'dir. Bu nedenle bir mesnet için değerler:

$$F_i = \frac{16954}{72} = 235,5 \frac{KN}{m}$$

$$F = \frac{25855}{72} = 359,1 \frac{KN}{m}$$

$$K_{eff} = \frac{123119}{72} = 1709,98 \cong 1710 \frac{KN}{m}$$



Şekil 5.13 İzolatörün doğrusal olmayan karakteristik grafiğinin görünümü L.S.W sistemi

Tablo 5.4 İzolatörün non lineer karakteristik hesaplanan noktaları L.S.W sistemi

point	Displacement_m	Force_KN
1	-0,21	-359,1
2	-0,0025	-235,5
3	0	0
4	0,0025	235,5
5	0,21	359,1

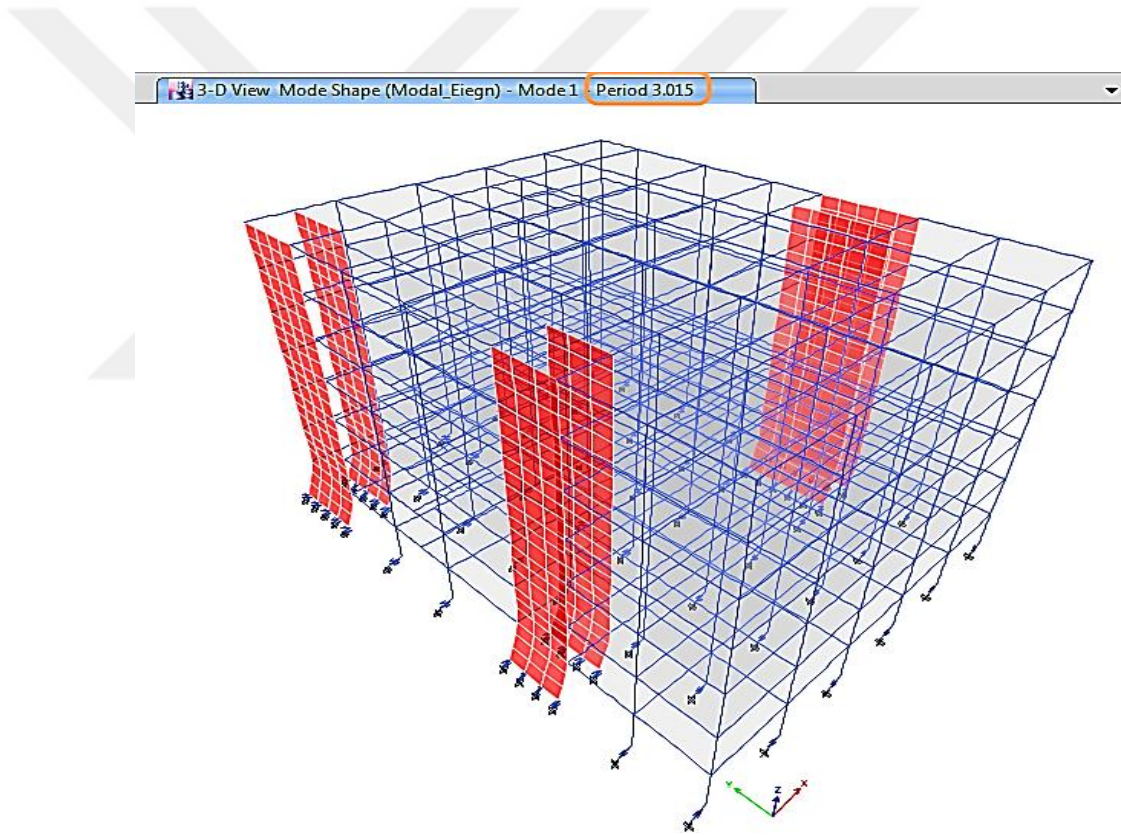
Plastik grafiği noktaları çözerek elde edilecektir. Noktalar değerleri Şekil 5.13’de gösterildiği gibi Etabs programına eklenerek tanımlanacaktır. İzolatörlerin non-lineer özelliklerinin modellenmesi ise tezin ek bölümünde sunulmuştur.

Analiz sonucunda modelin periyodu Şekil 5.14'te bulunmaktadır.

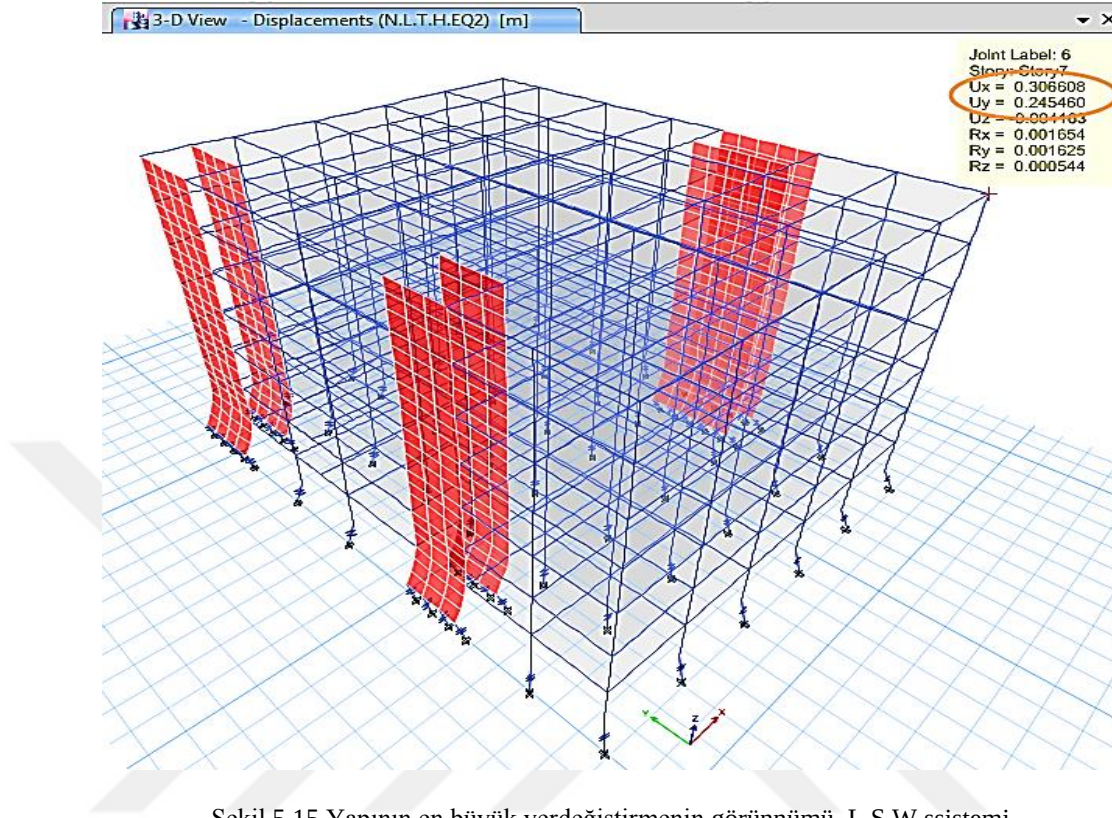
$$T = 3,015 \text{ s} > T_{design} = 2,65 \text{ s}$$

Söz konusu izolatör kullanım amacını gerçekleştirmiştir. Şekil 5.15'te gösterildiği gibi analiz sonucu elde edilen en büyük yerdeğiştirmesi

$$D = 30,60 \text{ cm} < 41,6 \text{ cm}$$



Şekil 5.14 Yapının dinamik periyodunun görünümü L.S.W sistemi



Şekil 5.15 Yapının en büyük yerdeğiştirmenin görünümü L.S.W sistemi

5.6.3 S.S.W Sisteminin İkinci Tasarım Aşamasında İzolatörlerinin Özelliklerinin Hesaplanması

Veriler:

$$R = 5000 \text{ mm} \quad S_{DS} = 1,904 \text{ g} \quad m = 21146 \text{ t}$$

$$\mu_{\max} = 0,08 \quad S_{S1} = 0,518 \text{ g}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = \sqrt{\frac{5}{9,81}} = 4,49 \text{ s}$$

Sistemlerin kütlesi birbirine yakın olduğu takdirde önceki iterasyonlarından yararlanarak hesaba başlanacaktır.

i. Birinci ardışık yaklaştırma:

$$T = 2,65 \text{ s}$$

$$D = 0,25 \text{ m}$$

$$S_{ae}(T = 2,65 \text{ s}) = \frac{0,518}{2,65} = 0,195 \text{ g}$$

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

$$\eta_M = \sqrt{\frac{10}{5 + \beta_e}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 39}} = 0,477$$

$$\beta_e = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{W_D}{FD} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu_e}{\mu_e + D/R_C} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{0,08}{0,08 + 0,25/5} \right] = 0,39 \approx 39\%$$

$$D_M = 1,3 \left(\frac{9,806}{4\pi^2} \right) 2,65^2 * 0,477 * 0,195 = 0,21 \text{ m} = 21 \text{ cm}$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{W}{g K_{eff}}} = 2\pi \sqrt{\frac{w * D}{g * D(\mu_e + D/R)}}$$

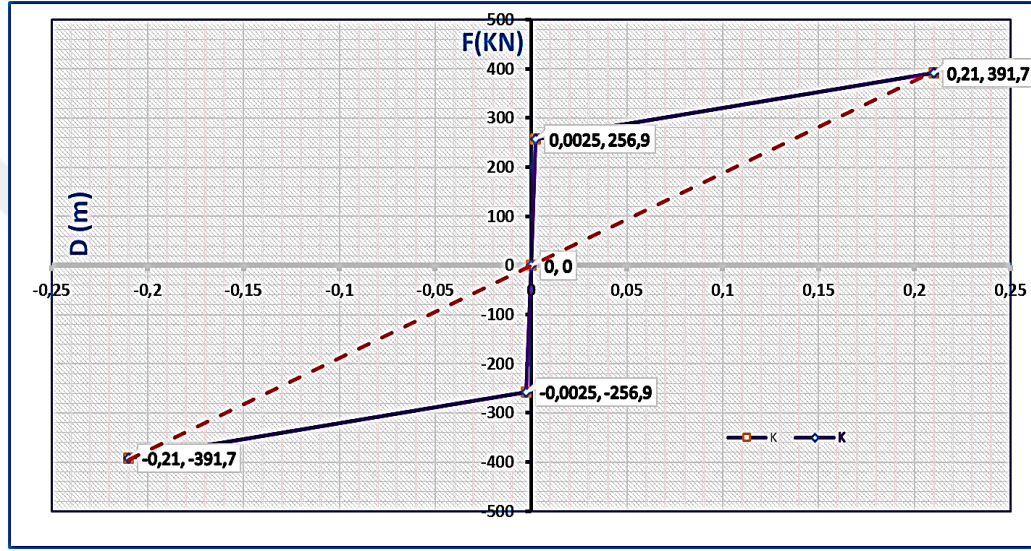
$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{0,21}{9,806 * (0,08 + 0,21/5)}} = 2,65 \text{ s}$$

İkinci yaklaşımda sonuçlar tekrarlanmaya başlamaktadır. Sistemde mesnet sayısı 66'dir. Bu nedenle bir mesnet için değerler:

$$F_i = \frac{16954}{66} = 256,9 \frac{KN}{m}$$

$$F = \frac{25855}{66} = 391,7 \frac{KN}{m}$$

$$K_{eff} = \frac{123119}{66} = 1865,44 \cong 1865 \frac{KN}{m}$$



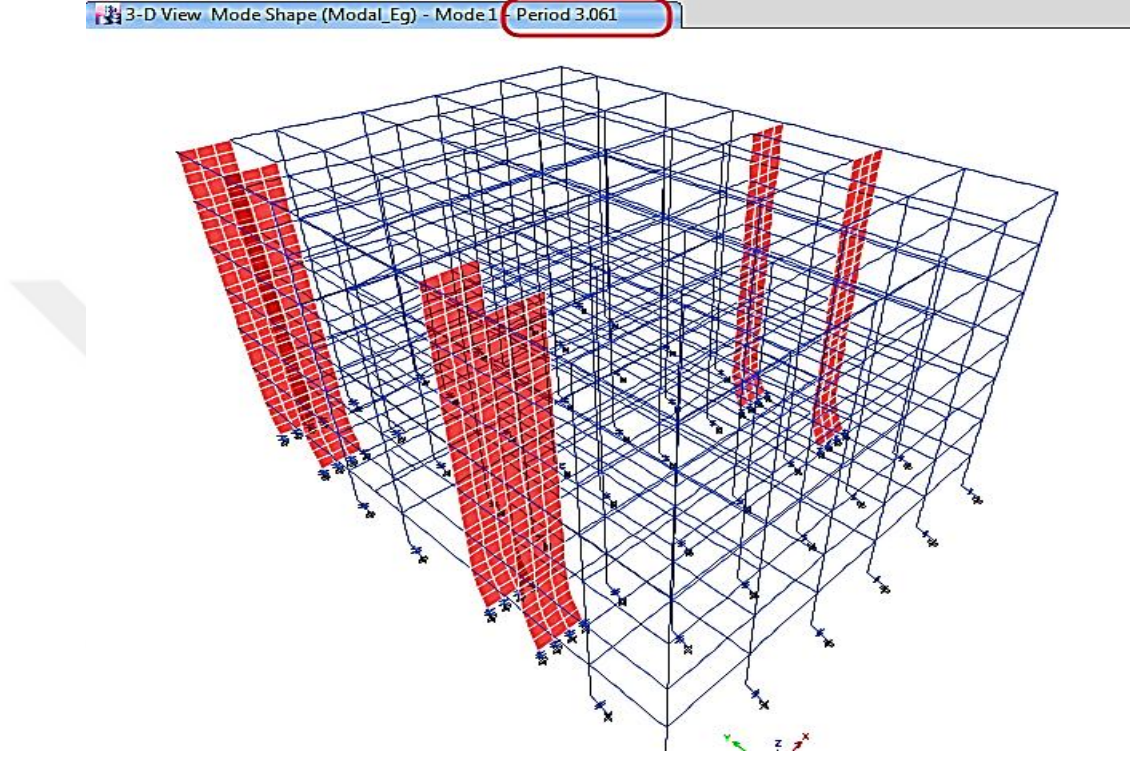
Şekil 5.16 İzolatörün doğrusal olmayan karakteristik grafiğinin görünümü S.S.W ssistemi

Plastik mefsal grafiği noktalar çözülerek elde edilecektir. Noktaların değerleri Şekil 5.16'da gösterildiği gibi Etabs programına eklenerek tanımlanacaktır. İzolatörlerin non-lineer özelliklerinin modllemesi ise tezin ek bölümünde sunulmuştur.

Tablo 5.5 İzolatörün non lineer karakteristik hesaplanan noktalarının S.S.W ssistemi

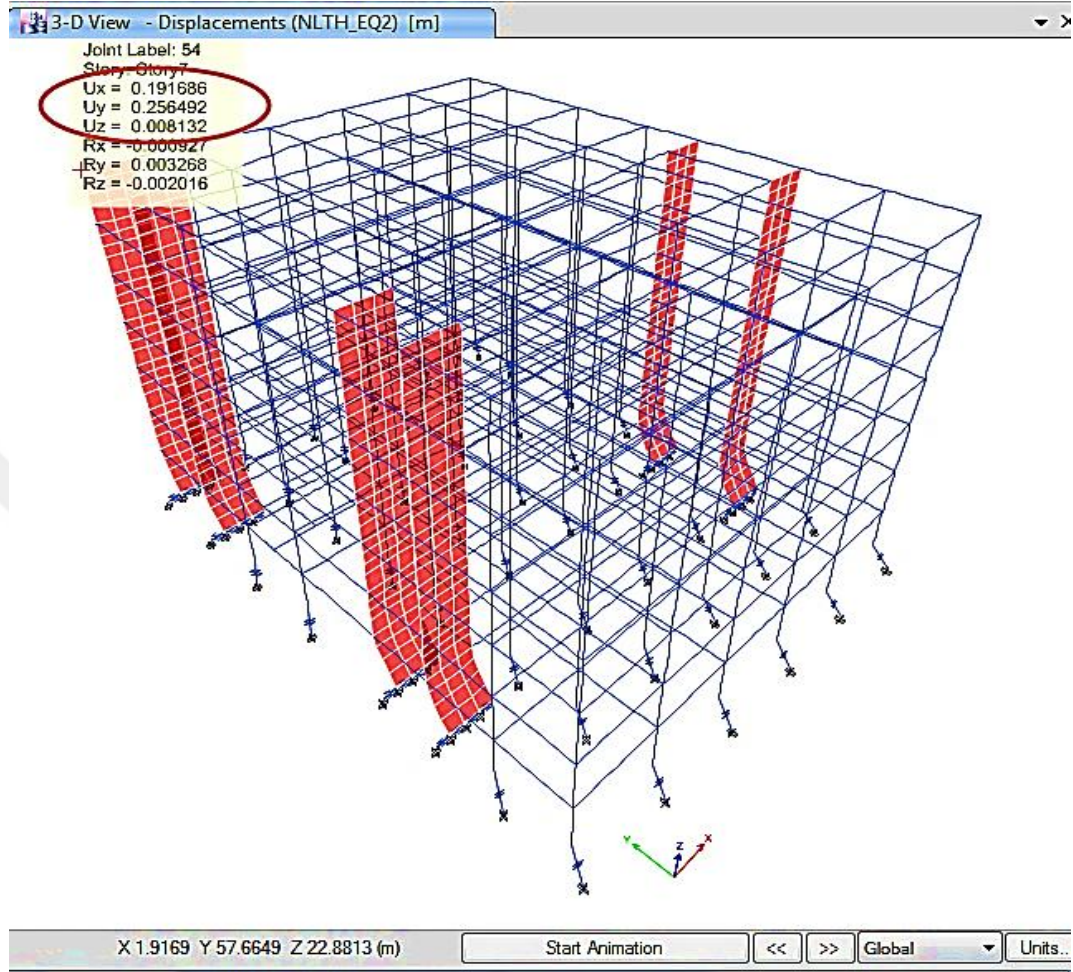
point	Displacement_m	Force_KN
1	-0,21	-391,7
2	-0,0025	-256,9
3	0	0
4	0,0025	256,9
5	0,21	391,7

Analiz sonucunda modelin periyoud $T = 3,061 > T_{design} = 2,65 s$ Şekil 5.17’de bulunmaktadır. Söz konusu izolatör kullanım amacını gerçekleştirmiştir.



Şekil 5.17 Yapının dinamik periyodunun görünümü S.S.W sistemi

Şekil 5.18’de gösterildiği gibi analiz sonucu olarak en büyük yerdeğiştirmesi $D = 25,64 cm < 41,6 cm$ bulunmaktadır.

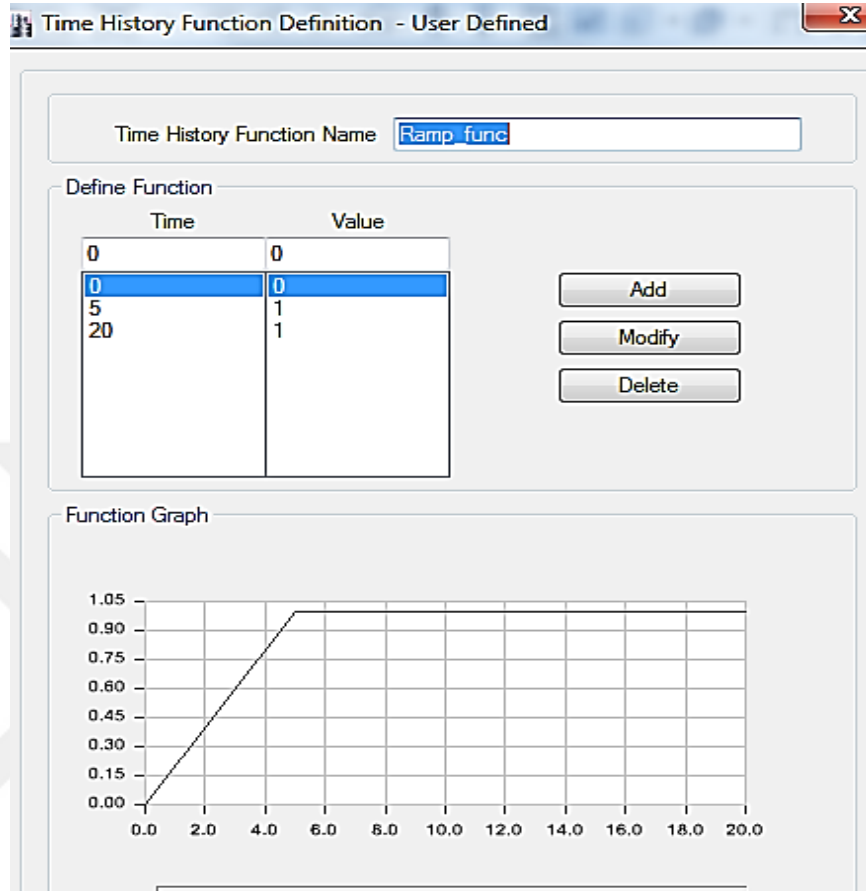


Şekil 5.18 Yapının dinamik periyodunun görünümü S.S.W sistemi

5.7 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Adımları

5.7.1 Ramp Fonksiyonun Tanımlası

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizin ilk adımı 'statik Ramp' fonksiyonu Şekil 5.19'da gösterildiği gibi tanımlanacaktır.

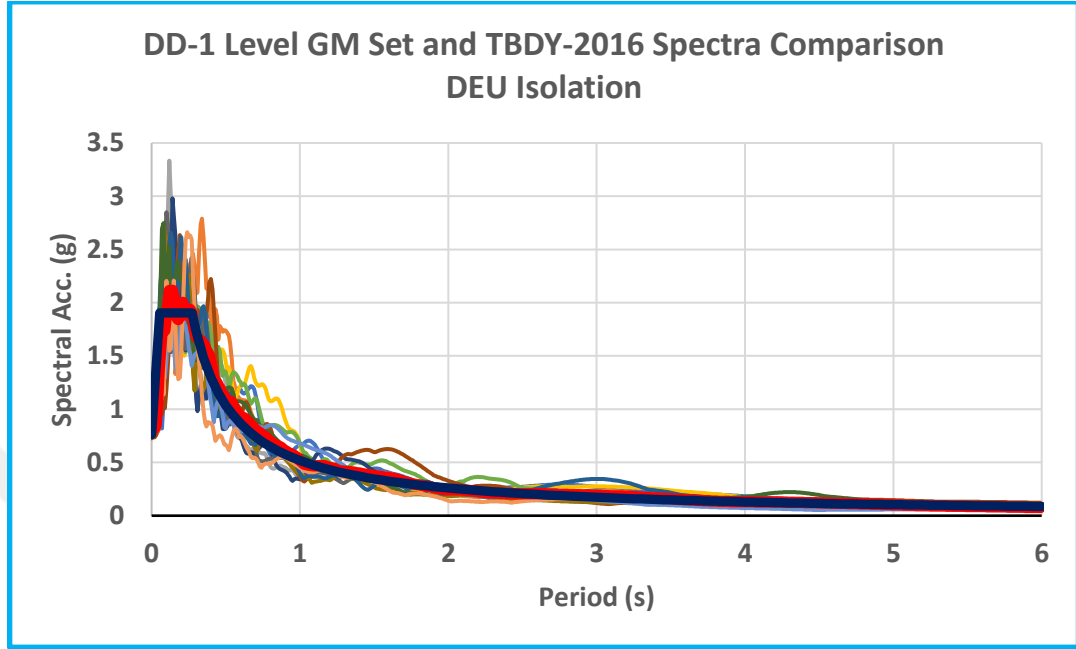


Şekil 5.19 Ramp fonksiyonun tanımlanması

5.7.2 Yedi Deprem Yer Hareketi Takımı Tanımlaması

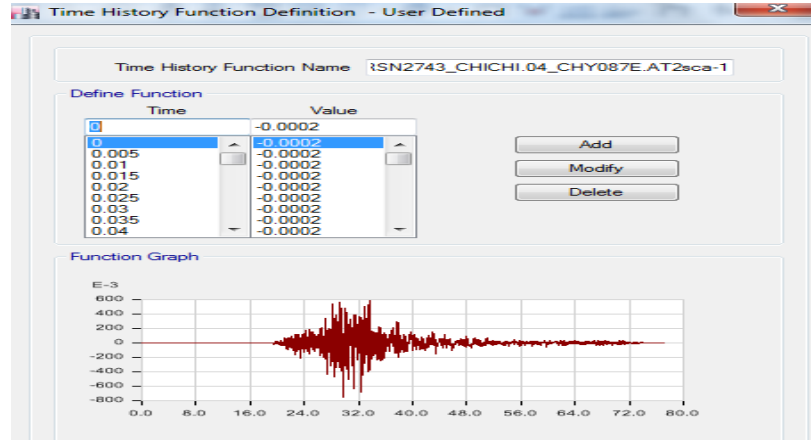
Deprem yer hareketi takımlarının tanımlaması aşamasındaki en önemli nokta DD-1 ve DD-2 için kullanılan yer hareketlerinin ivme spektrumları ortalaması TBDY-2018’de verilen spektrumlar ile uyumlu olmalıdır.

Şekil 5.20’te yer alan 7 yer hareketi takımı ivme spektrumlerinin ortalaması kırmızı olan çizgi ile yönetmeliğe ait Türkiye Deprem Tehlike Raporunda site koordinata bağlı DD-1 ivme spektrumu lacivert olan çizgiye uygun ve entegre olduğunu göstermektedir.



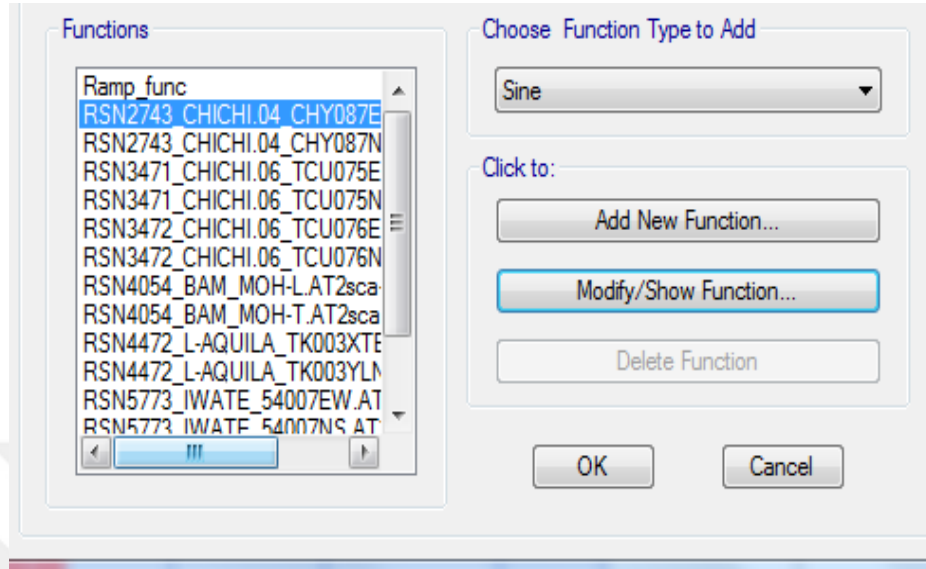
Şekil 5.20 Yer hareketleri ve TBDY-18 spektrumunun uyumluluğu

Yedi yer hareketinin takımı ivme spektrumları zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için uygun olduğunu Şekil 5.21’de görülmektedir. Yer hareketleri birer birer fonksiyon olarak tanımlanacaktır.



Şekil 5.21 Yer hareketi fonksiyonun tanımlanması

Yer hareketi takımları tezin ek bölümünde yer almaktadır. Takımların tanımlası bittiğinde Şekil 5.22’de izah edildiği gibi olacaktır



Şekil 5.22 Yer hareketi takımlarının tanımlanması

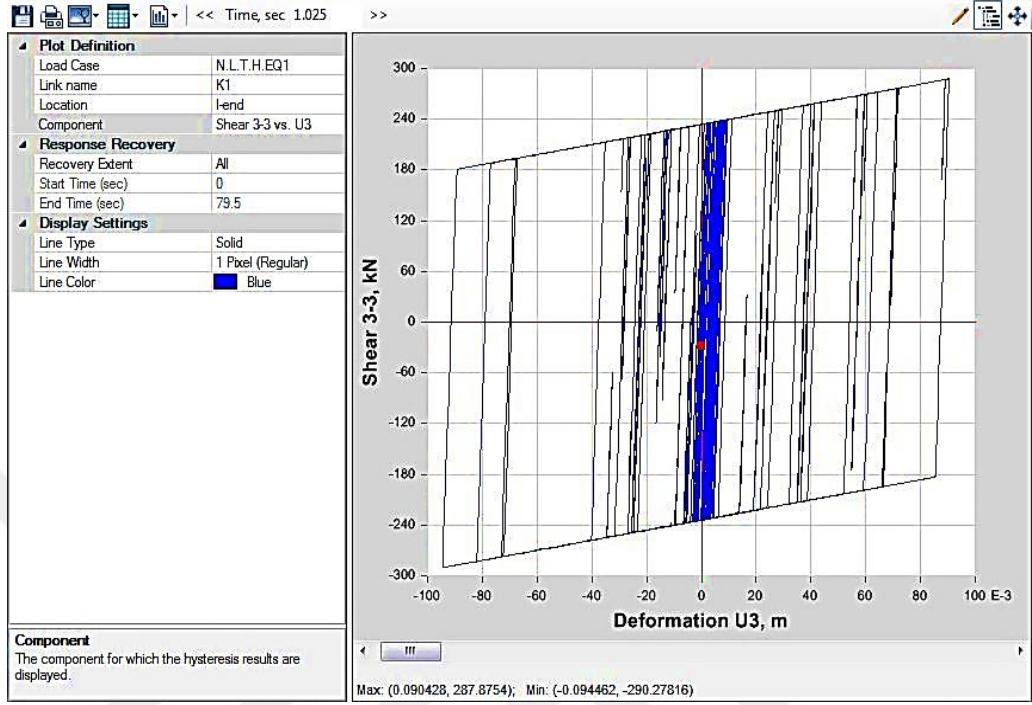
5.7.3 Depremlerin Fonksiyonları Yük Durumu Olarak Tanımlaması

Etabs programında Fonksiyonları yük durumu olarak tanımlaması için düşey yük fonksiyonu ve 7 takım fonksiyonu birer birer “yük durumu” durumuna dönüştürülecektir. Analiz işlemleri tezin ek bölümünde sunulmuştur.

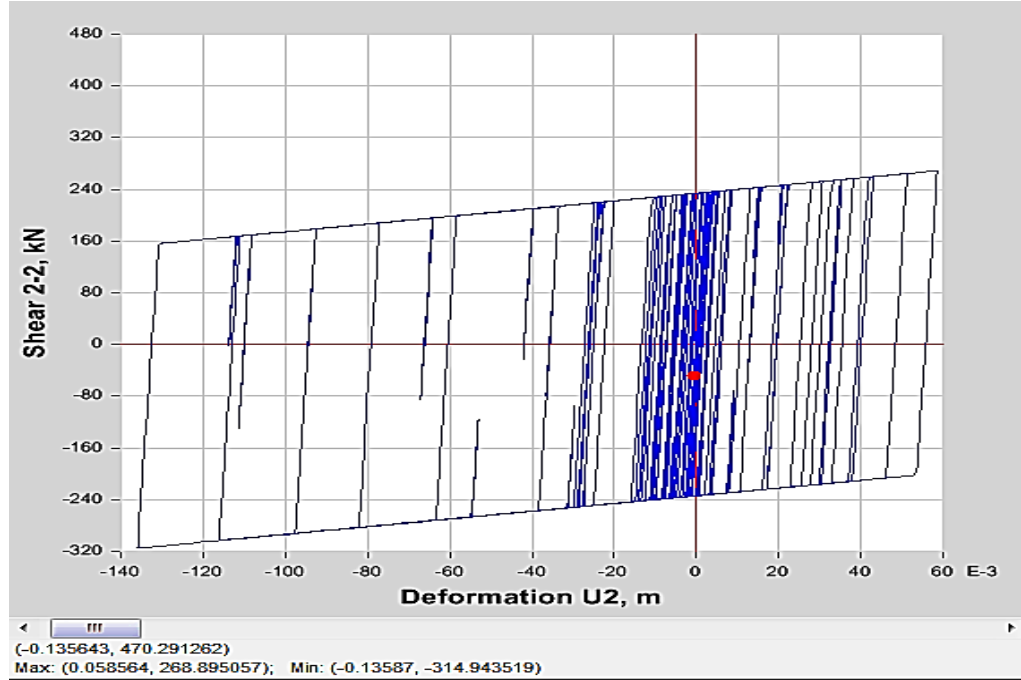
Tezin ek bölümündeki aşamalar yerine getirildikten sonra analiz başlatılarak sonuçları inceleyip ortaya çıkan kesme kuvvetleri ve yerdeğiştirmelerin değerleri ve diğer izolatörlerin özellikleri dikkate alınacaktır.

Deprem sırasında izolatörün X doğrultusunda kesme kuvveti – desplasmanın gösteren olarak çizdiği grafik Şekil 5.23’te verilmiştir.

Benzer şekilde Deprem sırasında izolatörün Y doğrultusunda kesme kuvvetine karşılık desplasman grafiği ise Şekil 5.24’te verilmiştir.



Şekil 5.23 İzolatörün deprem etkisi altında X doğrultusunda kuvveti – deplasmanın grafiği



Şekil 5.24 İzolatörün deprem etkisi altında Y doğrultusunda kuvveti – deplasmanın grafiği

Deprem sırasında izolatörün X ve Y doğrultusunda maruz kaldığı moment -desplasman grafiği Şekil 5.25 ve Şekil 5.26’da sunulmuştur.

İzolatörlerde moment-deplasman ilişkisine bakmak bir şey ifade etmez ve anlamı da yoktur. İzolatörlerde yatay kuvvet – yatay deplasman ilişkilerine bakmak yeterlidir. Bu nedenle moment- deplasman ilişkisini gösteren grafikleri tezde kullanma

5.8 Yapının Kenarındaki İzolatörlere Ait Dinamik Analiz Sonuçları

İzolatörlerin tasarımları doğrulamasını ve tasarımın başarılı olup olmadığını incelemek adına farklı sonuçlar değerlendirilecektir.

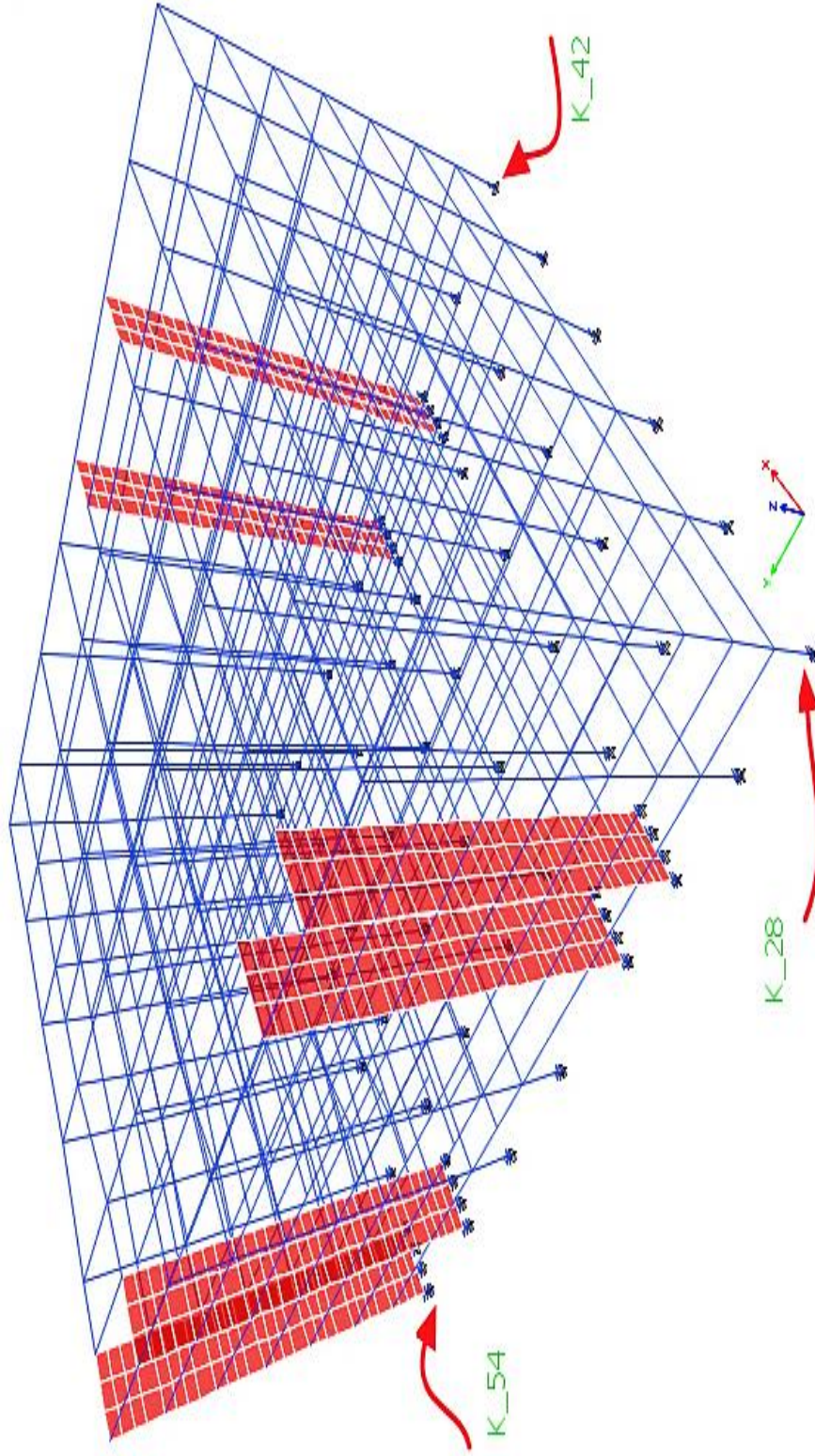
Dinamik analiz aşamaları tamamlandıktan sonra çekme kuvvetleri, bileşke yatay yerdeğiştirmeleri ve bileşke kesme kuvvetlerin değerleri her (t) anında 7 çift yer hareketi takımı etkisi altında olan sonuçlar bu kısımda sunulacaktır. Üç farklı sistem sonuçları sıralanarak yer alacaktır. Her mesnede ait olan sonuçların değerleri değişmekte olup, en büyük değer sahibi olan mesnetler yapının kenarında yer almaktadır. Bu nedenle sadece dört köşe mesnetlerin sonuçları değerlendirilecektir. İşlemler her sisteme ait olan sonuçlar benzer şekilde yer alacaktır.

Tablo 5.6’de¹¹ (S.S.W) sistemine ait olan sonuçlar (L.S.W) sistemine ait olan sonuçlar ve son olarak (F.S) sistemine ait olan sonuçlar sıralanarak sunulmuştur. Sistemlerin sonuçlarının birer birer sunulmasından sonra birbiriyle karşılaştırmak için tüm sonuçlar tek bir grafikte verilmiştir.

¹¹ Tabloda yer alan değerler, izolatörlerin seviyesinde gösterilen en büyük değerlerdir.

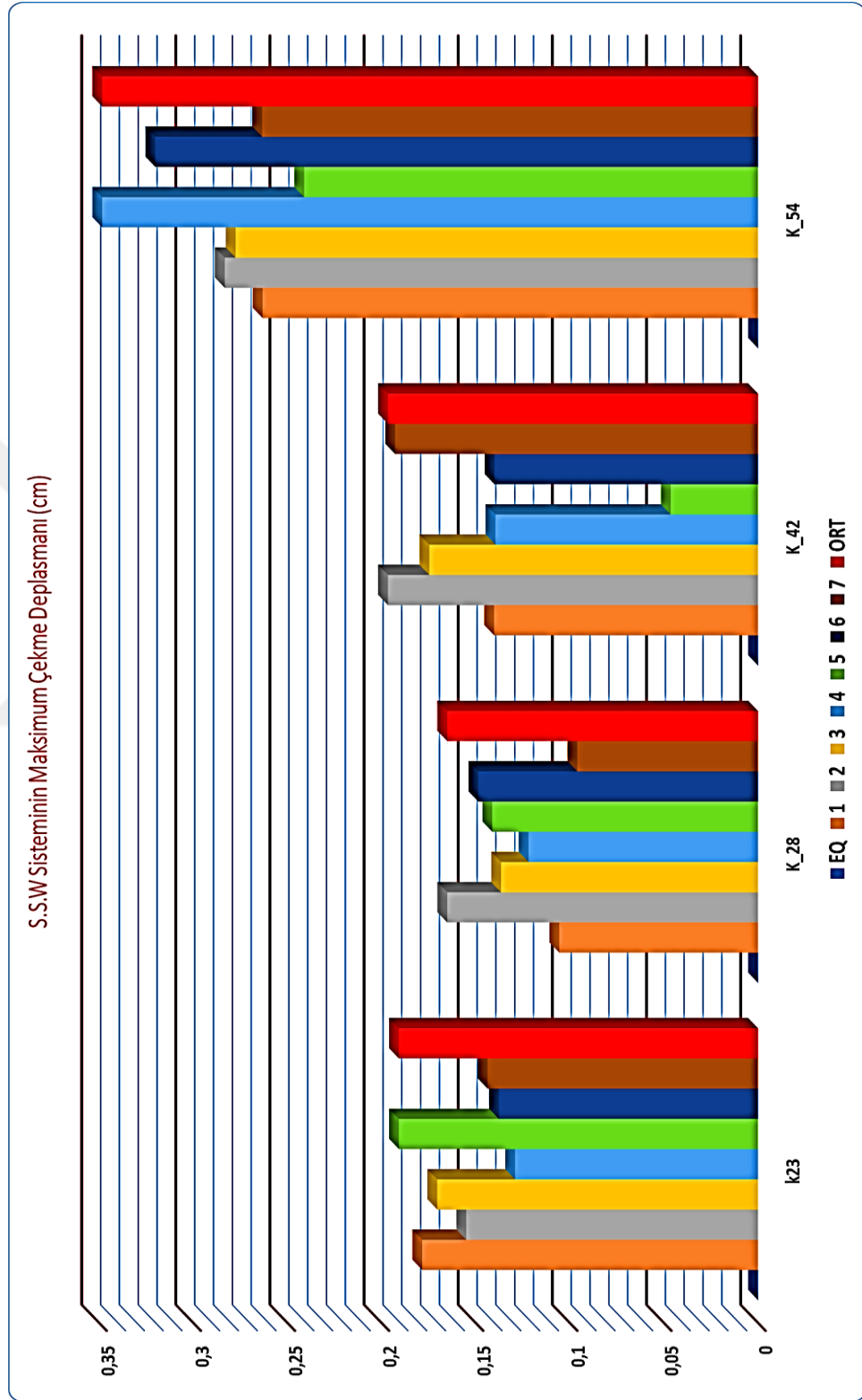
Tablo 5.6 Dinamik analiz üç sisteme ait sonuçlar

S.S.W Sistemi												
	K_23			K_28			K_42			K_54		
EQ	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN
1	0,18	6,69	466,7	0,11	18,91	467,5	0,14	18,31	465,8	0,26	6,87	395,2
2	0,16	22,48	435,6	0,17	22,55	436,4	0,20	22,29	435,9	0,28	13,96	373,2
3	0,17	20,32	491,6	0,14	19,97	488,9	0,17	20,08	489,9	0,28	17,20	422,9
4	0,13	14,10	443,2	0,12	15,47	440,7	0,14	15,40	442,8	0,35	13,99	356,8
5	0,19	11,04	429,9	0,14	13,20	432,9	0,05	12,24	436,9	0,24	8,38	379,7
6	0,14	16,61	434,7	0,15	12,82	416,3	0,14	16,68	426,0	0,32	11,10	367,6
7	0,14	12,93	433,5	0,10	12,60	433,6	0,19	13,09	436,9	0,26	6,28	358,3
ORT	0,19	14,88	447,8	0,17	16,50	445,2	0,20	16,87	447,7	0,35	11,11	379,1
L.S.W Sistemi												
	K_16			K_43			K_33			K_48		
EQ	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN
1	0,07	15,46	389,5	0,08	15,74	391,5	0,12	15,54	390,6	0,40	9,43	349,7
2	0,15	27,62	347,2	0,12	27,63	471,4	0,15	27,66	487,1	0,44	19,53	405,5
3	0,10	31,33	489,3	0,11	32,39	492,6	0,18	31,28	486,8	0,34	10,36	378,6
4	0,06	18,82	435,6	0,06	18,91	431,7	0,09	18,89	436,0	0,48	18,00	371,2
5	0,09	16,40	419,8	0,09	16,56	421,1	0,07	16,44	420,4	0,38	12,29	361,4
6	0,10	15,88	382,6	0,11	15,67	381,7	0,10	15,90	381,0	0,32	10,68	349,5
7	0,11	16,16	412,7	0,19	14,43	415,4	0,07	16,01	408,0	0,29	9,90	377,1
ORT	0,15	20,24	411,0	0,12	20,19	429,3	0,18	20,25	430,0	0,48	12,88	370,4
F.S Sistemi												
	K_1			K_7			K_38			K_44		
EQ	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN	Maks up lif_cm	Maks UR _cm	Maks VR_kN
1	0,20	13,26	521,8	0,12	13,24	537,3	0,21	13,77	538,7	0,17	13,74	546,5
2	0,22	28,94	578,2	0,23	28,15	560,2	0,18	27,88	569,1	0,19	27,04	552,5
3	0,25	16,78	542,7	0,18	15,93	507,4	0,22	17,28	537,7	0,20	16,56	527,5
4	0,28	15,84	559,2	0,14	16,71	526,1	0,17	14,54	550,6	0,15	15,50	510,5
5	0,20	15,24	541,2	0,18	15,31	539,9	0,19	15,29	540,6	0,08	15,36	539,5
6	0,21	19,08	494,1	0,21	18,89	517,2	0,23	18,43	490,9	0,13	18,20	510,4
7	0,20	13,44	490,5	0,14	12,75	529,9	0,14	13,69	496,4	0,13	13,05	516,4
ORT	0,28	17,51	532,5	0,23	17,28	531,2	0,23	17,27	532,0	0,20	17,06	529,5



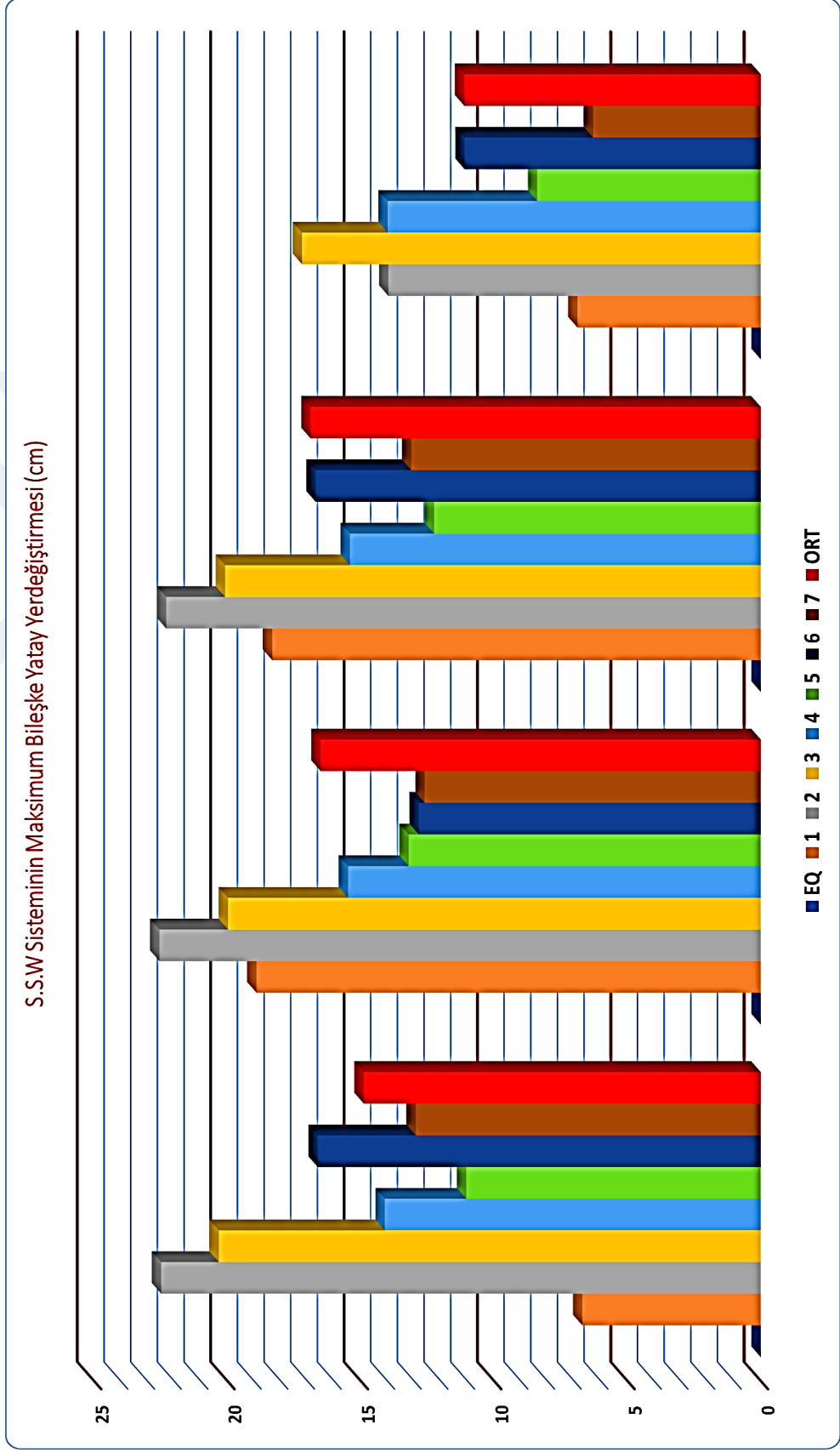
Şekil 5.25 S.S.W sisteminde incelenen köşe izolatörlerinin konum

Tablo 5.7 Köşe izolatörün maksimum çekme deplasmanı S.S.W sistemi

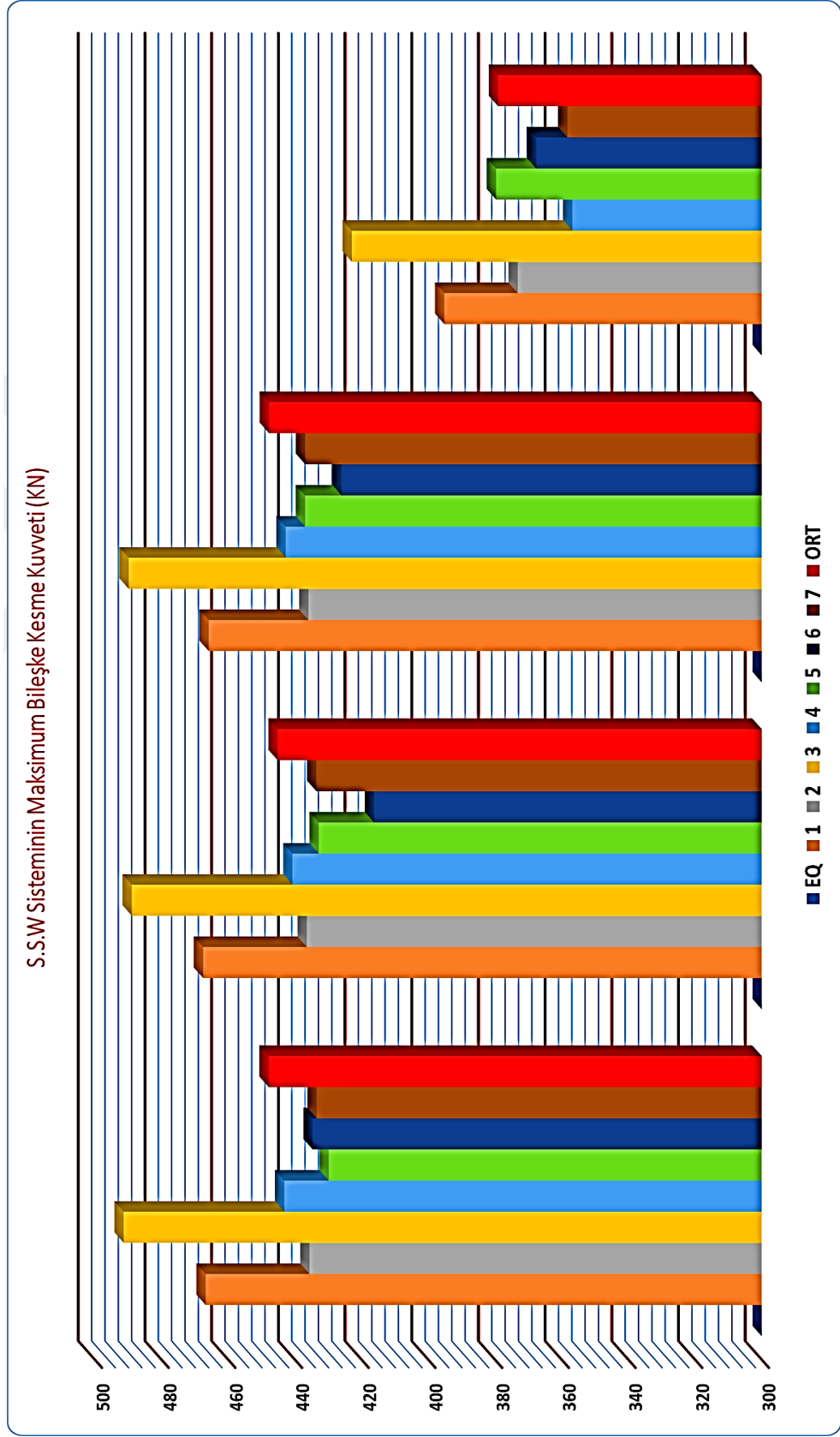


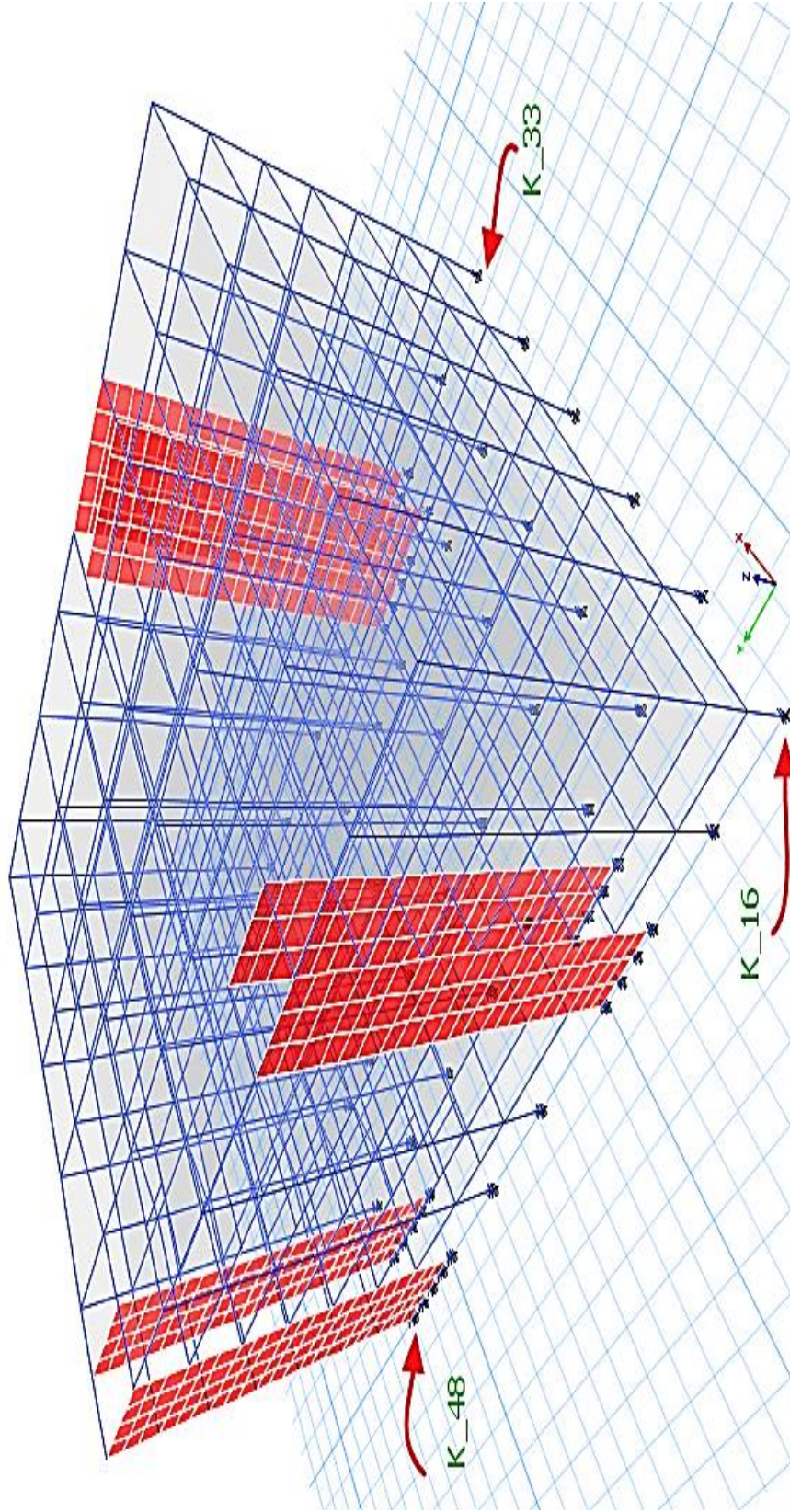
¹² EQ: Earthquake, K: izolatörün sıralanarak adlandırılmıştır; ORT: ortalama

Tablo 5.8 Köşe izolatörün maksimum bileşke yatay yer değıştirmesi S.S.W sistemi



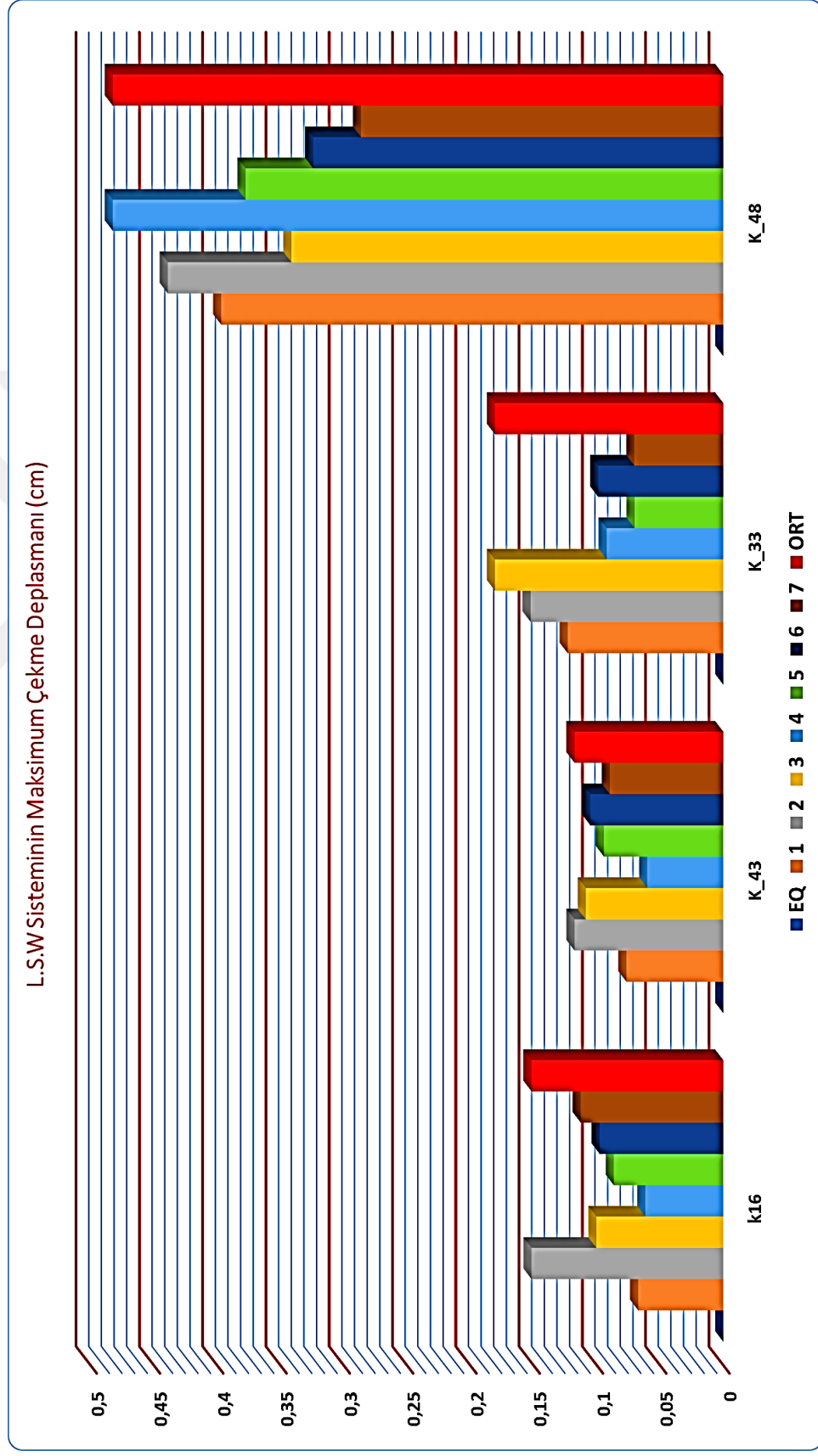
Tablo 5.9 Köşe izolatörün maksimum bileşke kesme kuvveti S.S.W sistemi



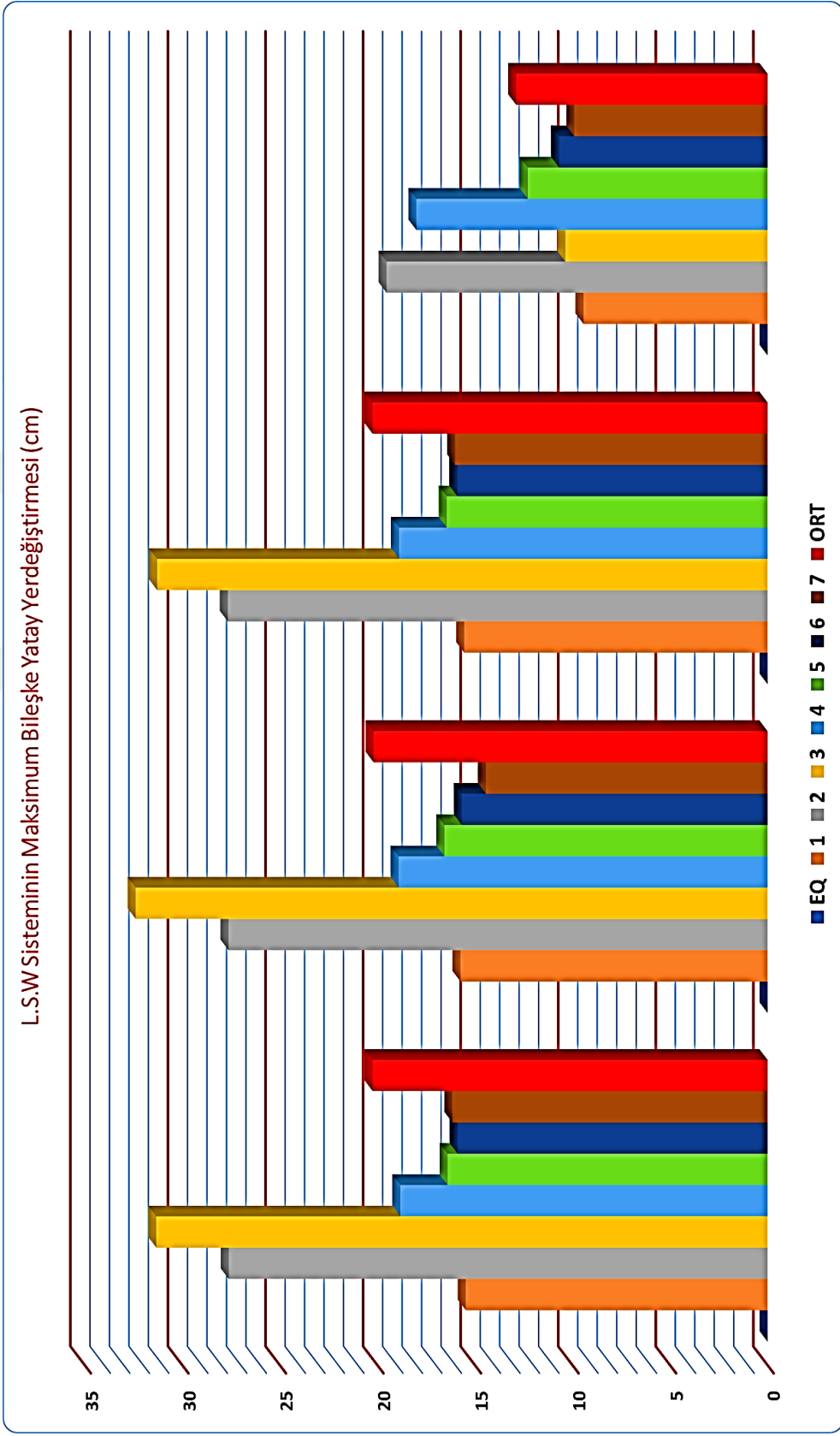


Şekil 5.26 L.S.W sistemindeki incelenen köşe izolatörlerinin konumu görünümü

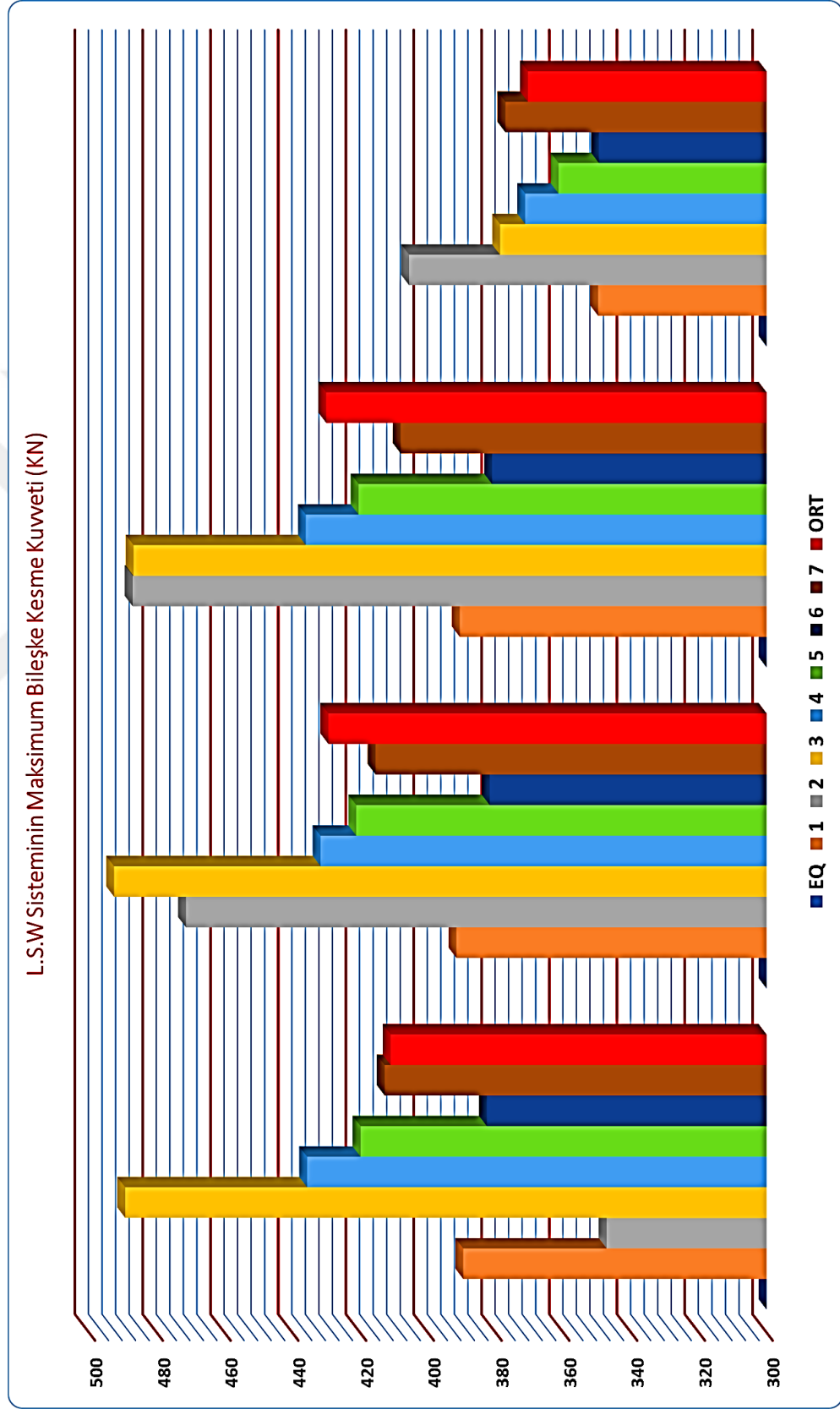
Tablo 5.10 Köşe izolatörün maksimum çekme deplasmanı- L.S.W sistemi

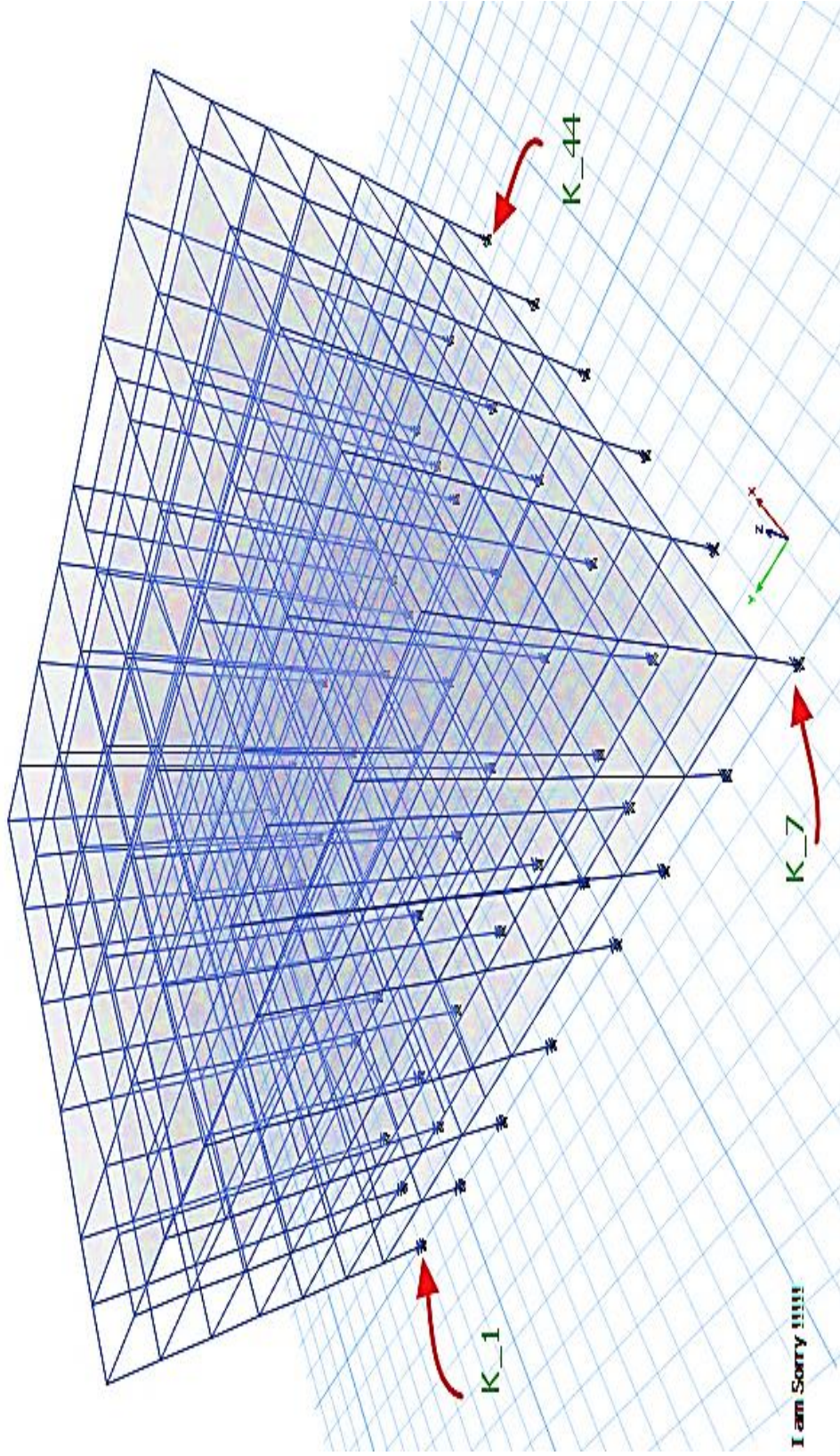


Tablo 5.11 Köşe izolatörün maksimum bileşke yatay yer değıştirmesi L.S.W sistemi



Tablo 5.12 Köşe izolatörün maksimum kesme kuvveti L.S.W sistemi

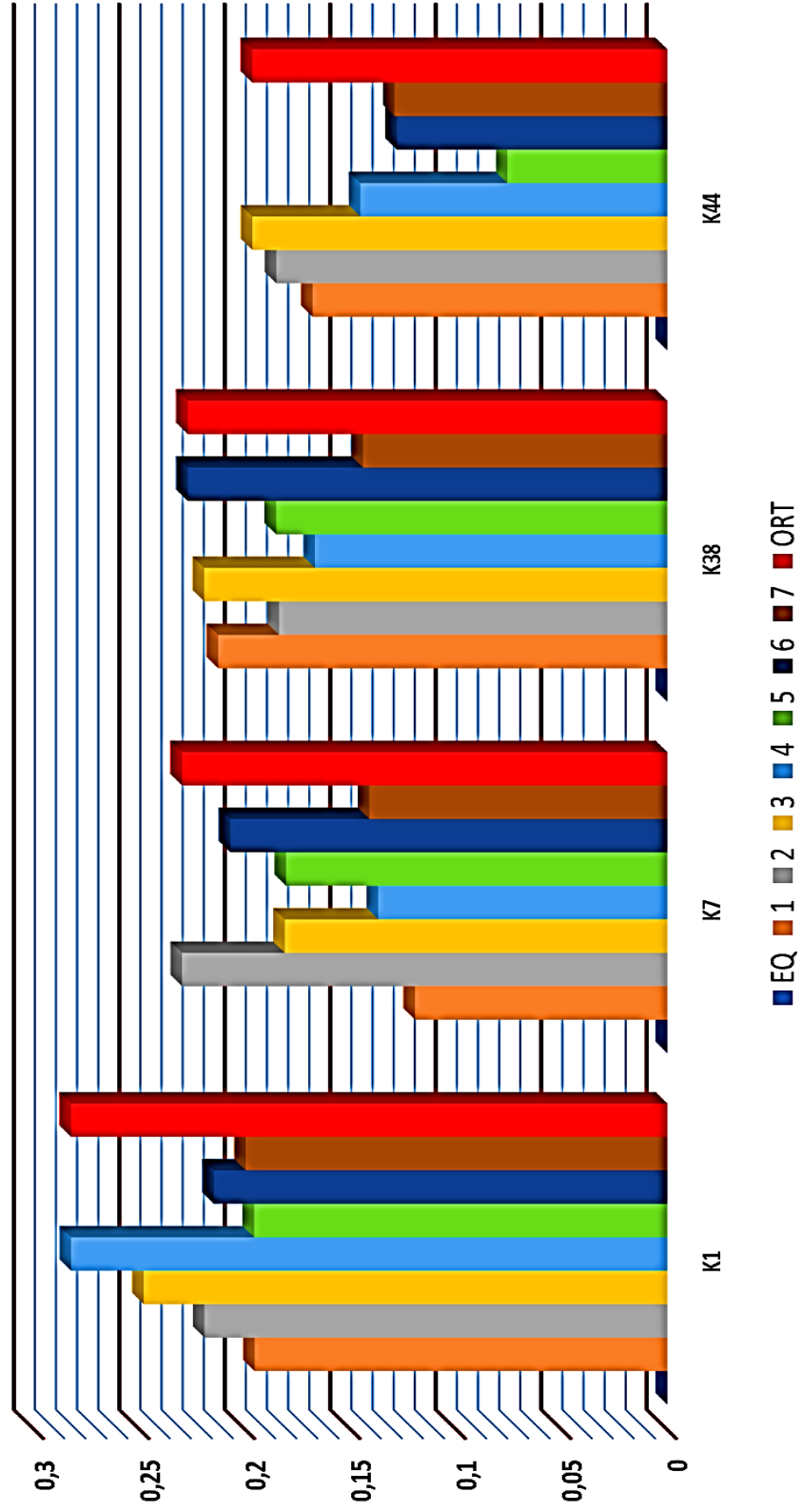




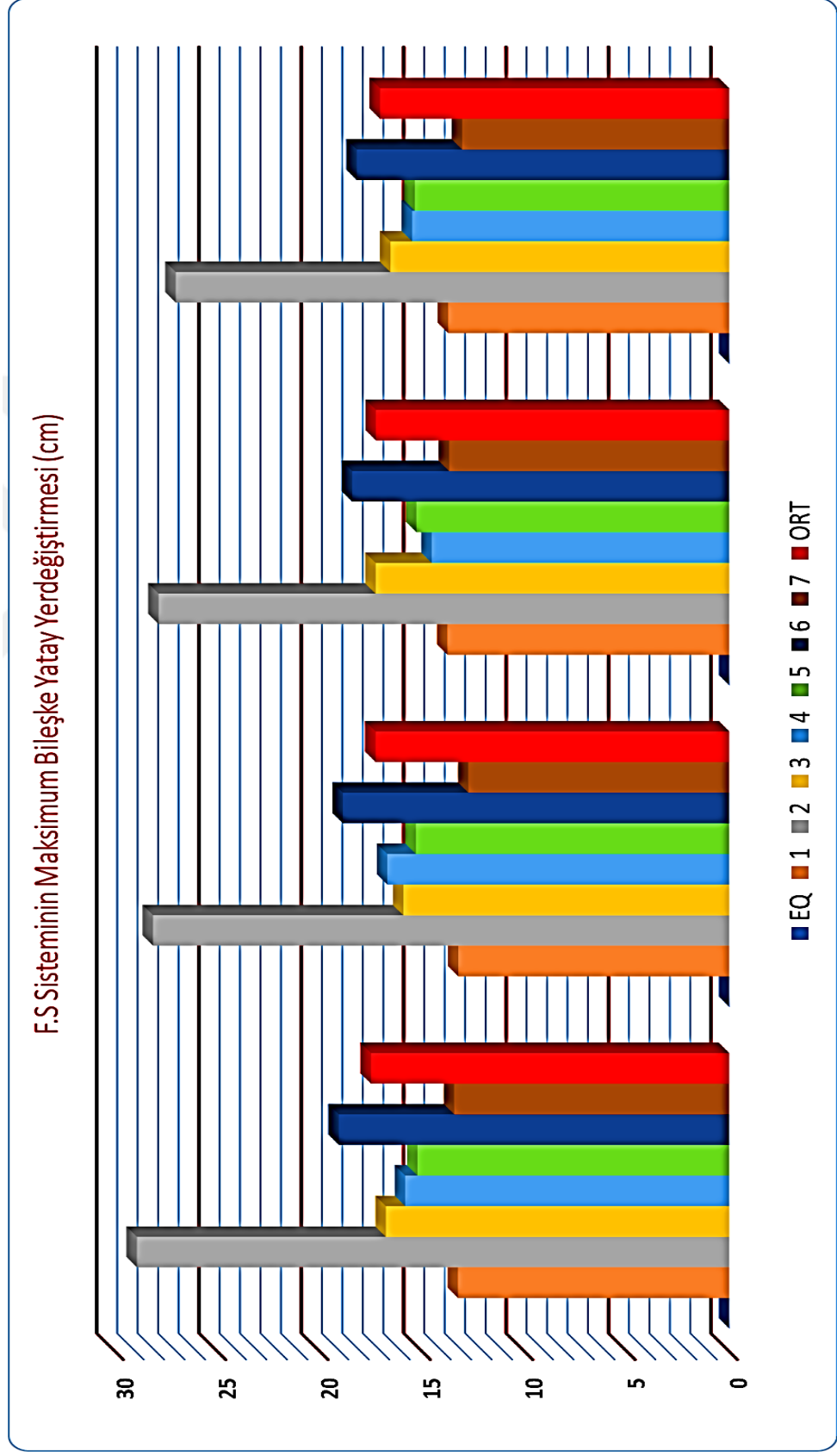
Şekil 5.27 F.S sistemindeki incelenen köşe izolatörlerinin konumu görünümü

Tablo 5.13 Köşe izolatörün maksimum çekme deplasmanı F.S sistemi

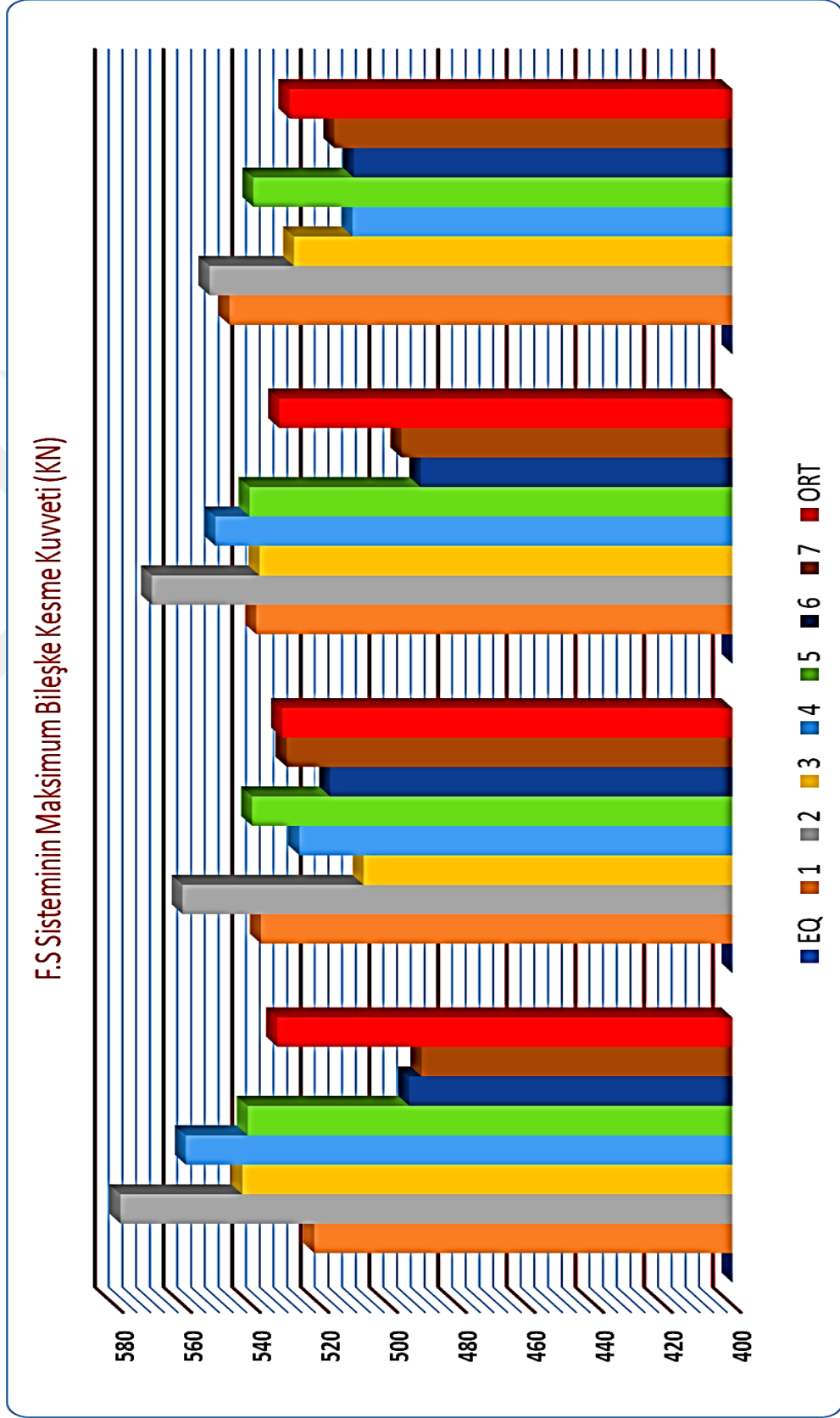
F.S Sisteminin Maksimum Çekme Deplasmanı (cm)



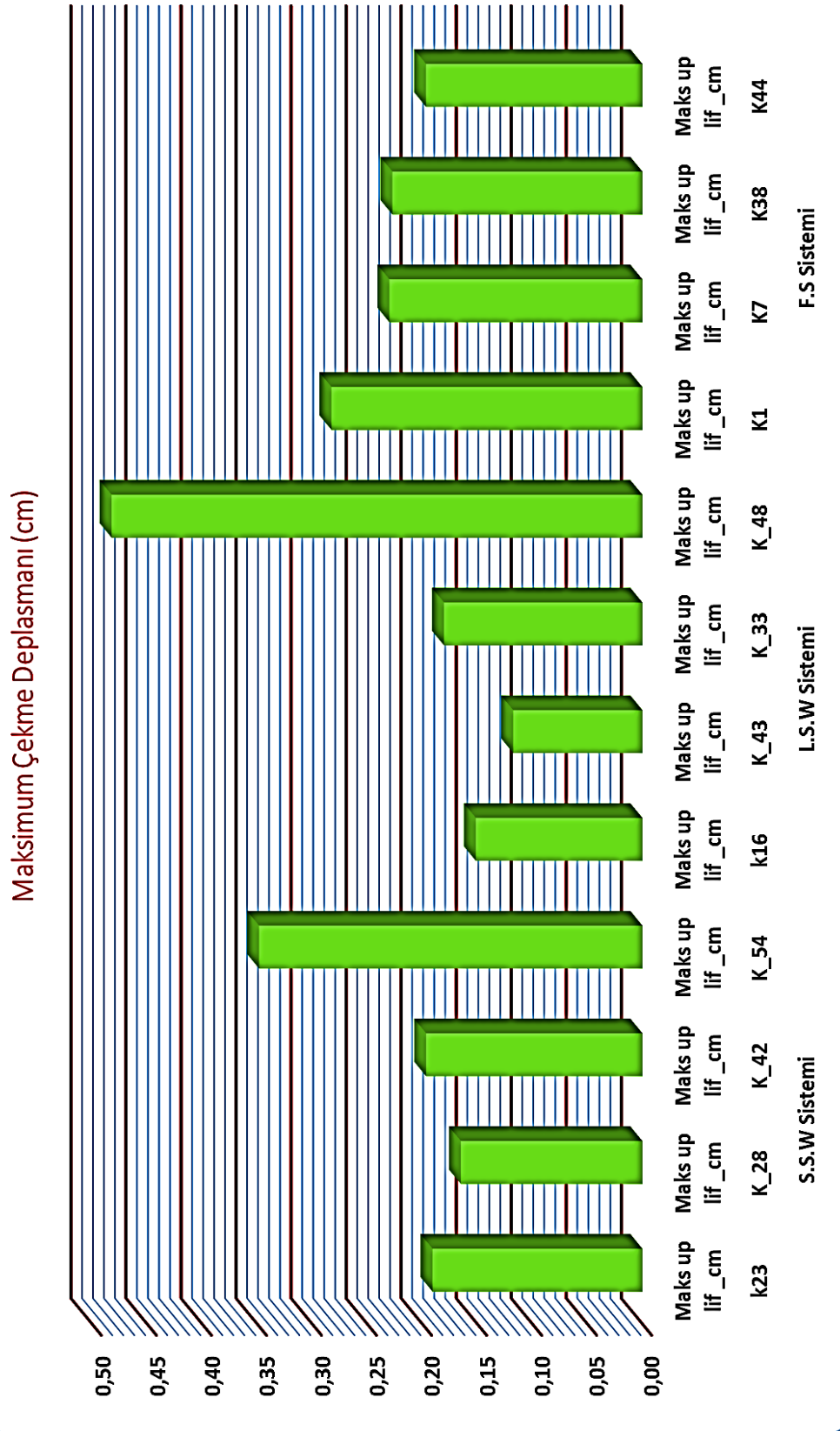
Tablo 5.14 Köşe izolatörün maksimum bileşke yatay yer değıştirmesi F.S sistemi



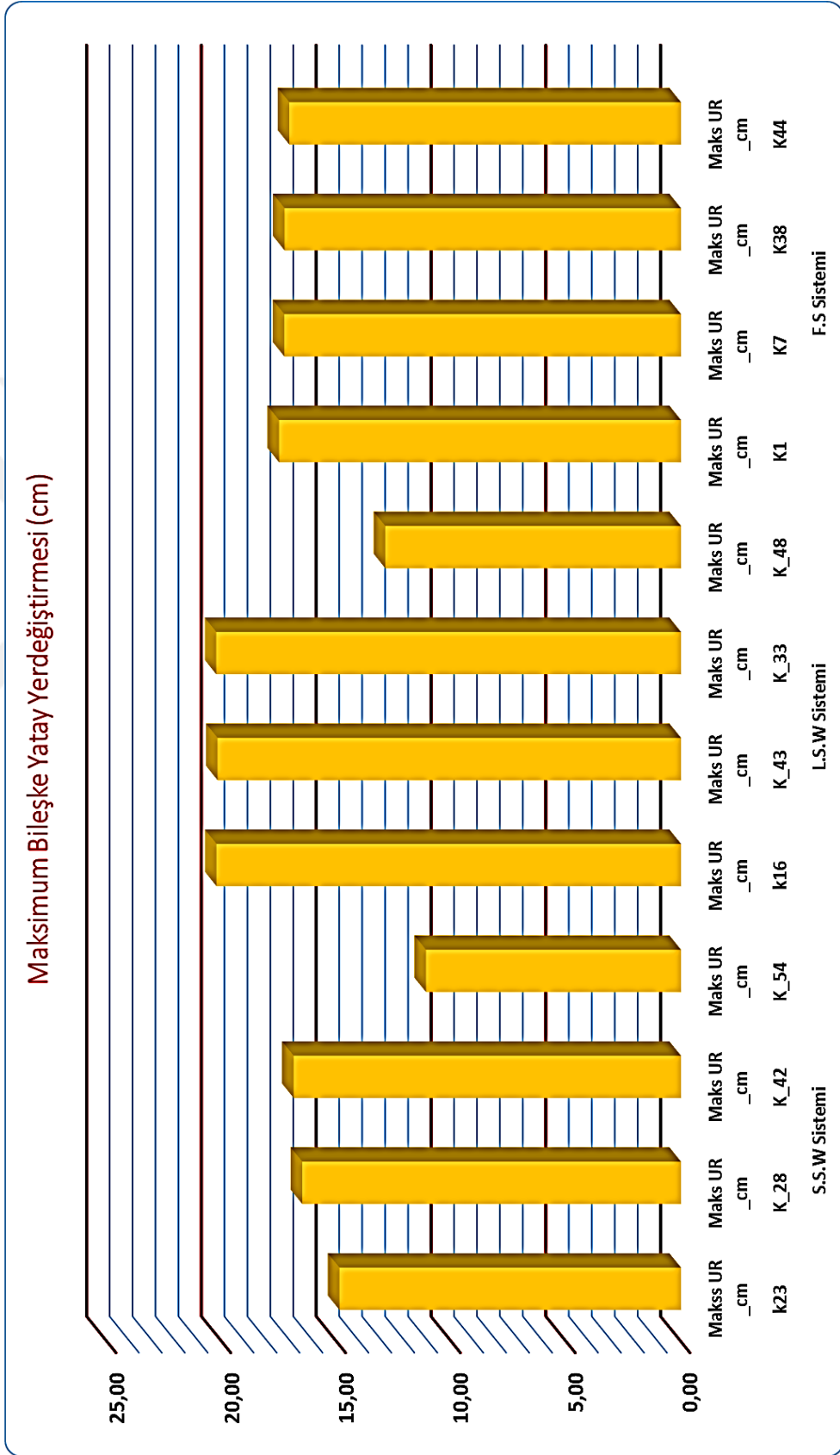
Tablo 5.15 Köşe izolatörün maksimum bileşke kesme kuvveti F.S sistemi



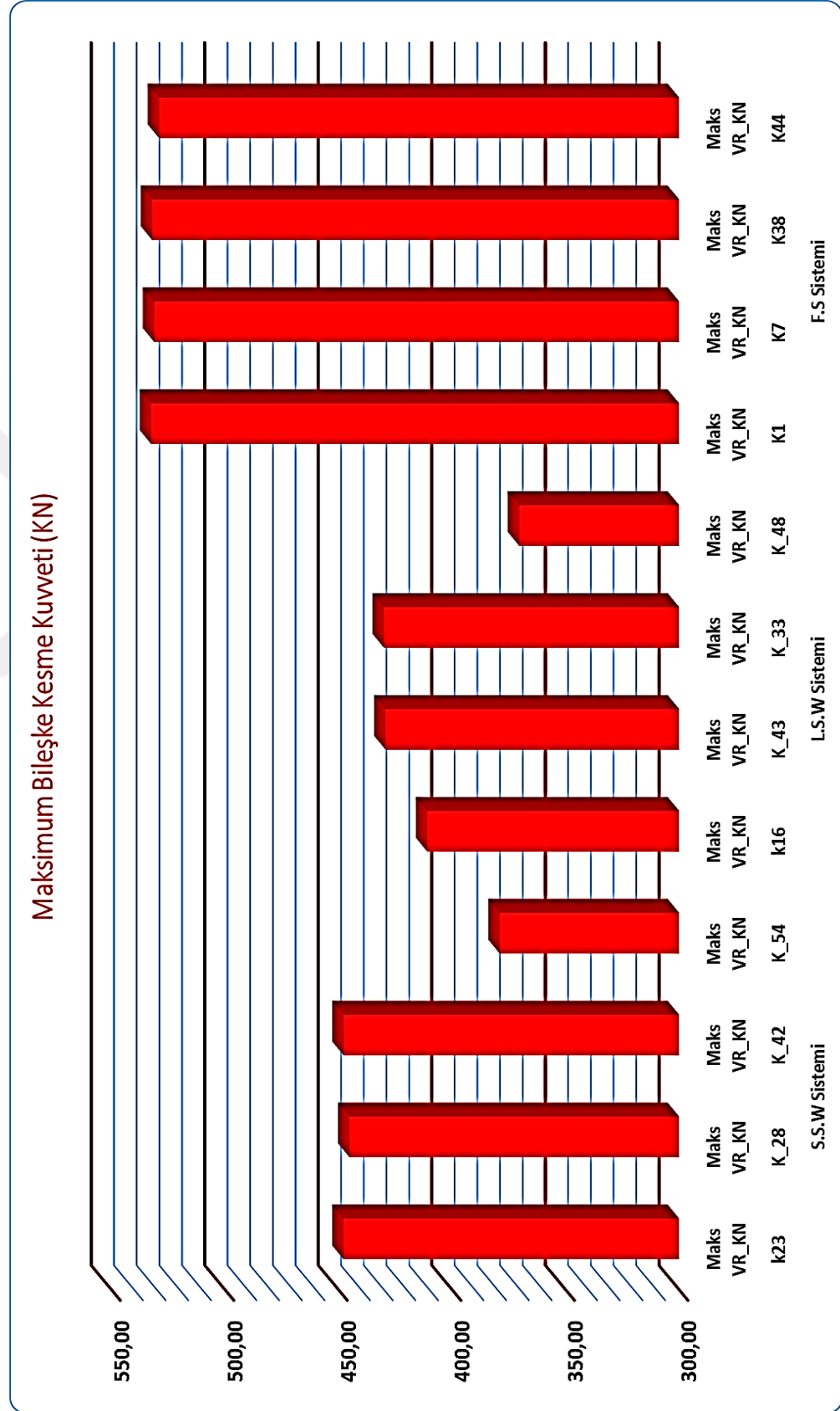
Tablo 5.16 Köşe izolatörün maksimum çekme deplasmanı- üç sistemin karşılaştırması



Tablo 5.17 Köşe izolatörün maksimum bileşke yatay yer değıştirmesi – üç sistemin karşılaştırması



Tablo 5.18 Köşe izolatörün maksimum bileşke kesme kuvveti – üç sistemin karşılaştırması



5.9 Görelî Kat Ötelemesinin Değerleri

Dinamik analiz aşamaları tamamlandıktan sonra bölüm 4.3.8’de yer alan Görelî Kat Ötelemeleri bu kısımda değerlendirilecektir. 7 çift yer hareketi takımlarının etkisi altında olan sonuçlar X ve Y doğrultusunda üç farklı sisteme aittir.

Grafikler (X ve Y kat ötelemesine)’de gösterildiği gibi ilk olarak (S.S.W) sistemine ait olan sonuç, (L.S.W) sistemine ait olan sonuçları ve son olarak (F.S) sistemine ait olan sonuçlar sıralanarak yer alacaktır.

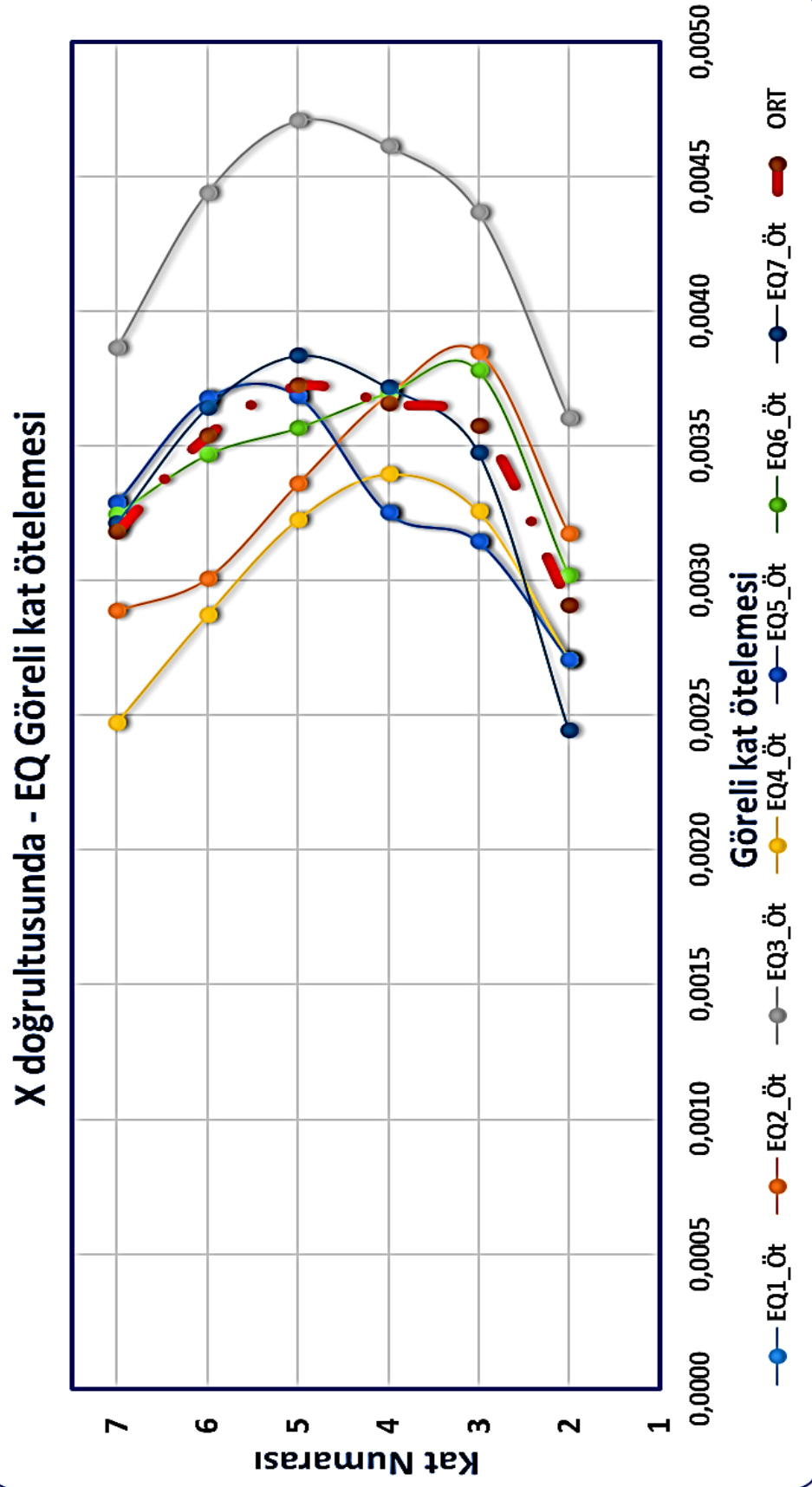
Tablo 5.19 X Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri (S.S.W sistemi)

Kat Numarası	EQ_1	EQ_2	EQ_3	EQ_4	EQ_5	EQ_6	EQ_7	ORT
7	0,00329	0,00289	0,00386	0,00247	0,00329	0,00324	0,00321	0,00318
6	0,00367	0,00301	0,00444	0,00287	0,00367	0,00347	0,00364	0,00354
5	0,00368	0,00336	0,00471	0,00322	0,00368	0,00357	0,00383	0,00372
4	0,00325	0,00369	0,00461	0,00339	0,00325	0,00370	0,00372	0,00366
3	0,00314	0,00385	0,00437	0,00325	0,00314	0,00378	0,00347	0,00357
2	0,00271	0,00317	0,00360	0,00270	0,00271	0,00302	0,00244	0,00291
1	0,00292	0,00319	0,00375	0,00332	0,00292	0,00301	0,00240	0,00308

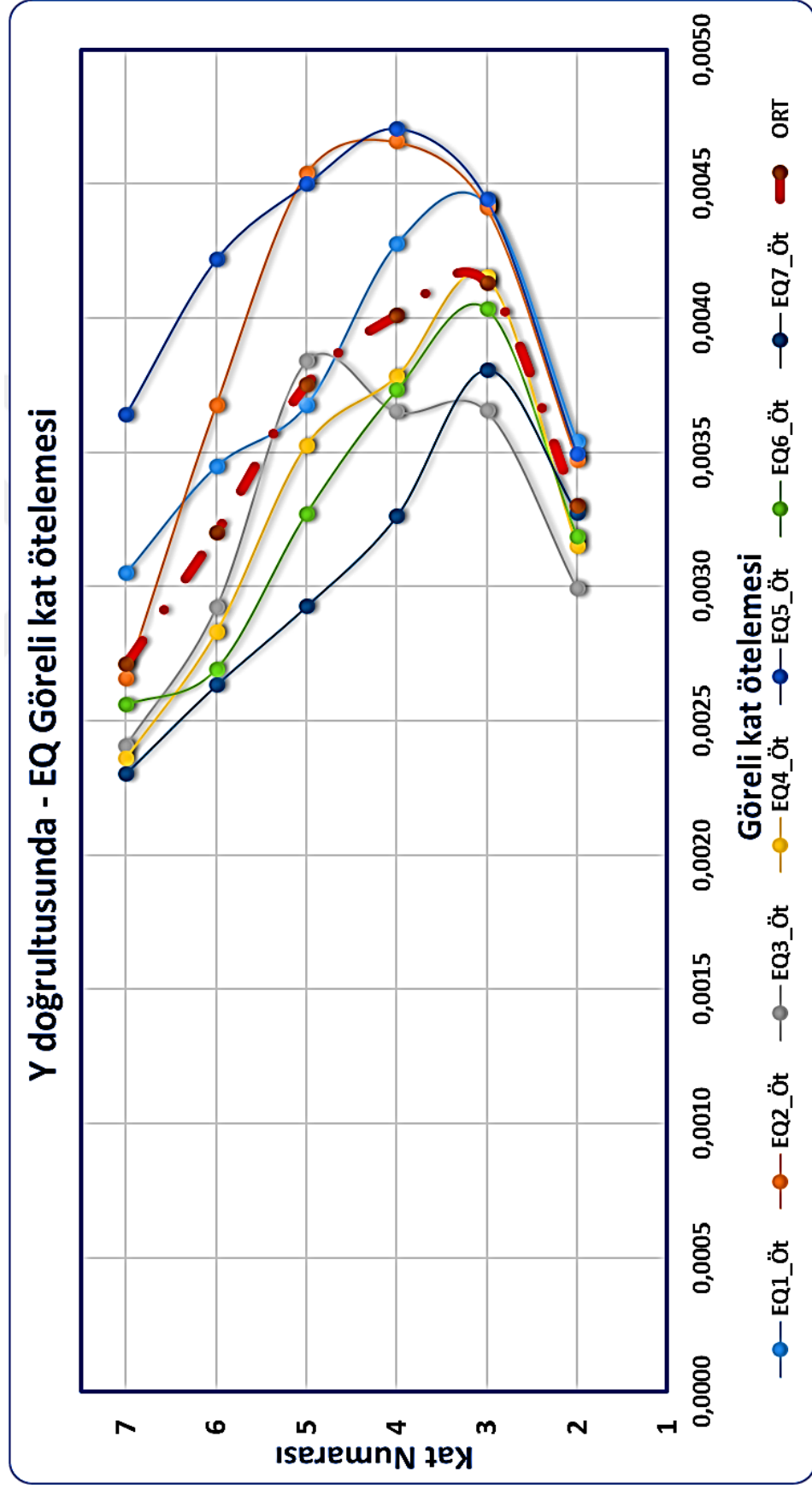
Tablo 5.20 Y Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri (S.S.W sistemi)

Kat Numarası	EQ_1	EQ_2	EQ_3	EQ_4	EQ_5	EQ_6	EQ_7	ORT
7	0,00305	0,00266	0,00241	0,00236	0,00364	0,00256	0,00230	0,00271
6	0,00345	0,00367	0,00292	0,00283	0,00422	0,00269	0,00263	0,00320
5	0,00367	0,00454	0,00384	0,00352	0,00450	0,00327	0,00292	0,00375
4	0,00427	0,00466	0,00365	0,00378	0,00470	0,00373	0,00326	0,00401
3	0,00442	0,00441	0,00365	0,00415	0,00444	0,00403	0,00381	0,00413
2	0,00354	0,00347	0,00299	0,00315	0,00349	0,00318	0,00327	0,00330
1	0,04801	0,05478	0,03683	0,02881	0,02830	0,04376	0,03481	0,03933

Tablo 5.21 Göreli Kat Ötelemesinin grafiği X doğrultusu S.S.W sistemi



Tablo 5.22 Göreli Kat Ötelemesinin grafiği Y doğrultusu S.S.W sistemi



L.S.W sistemine ait olan sonuçları

Tablo 5.23 X Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri (L.S.W sistemi)

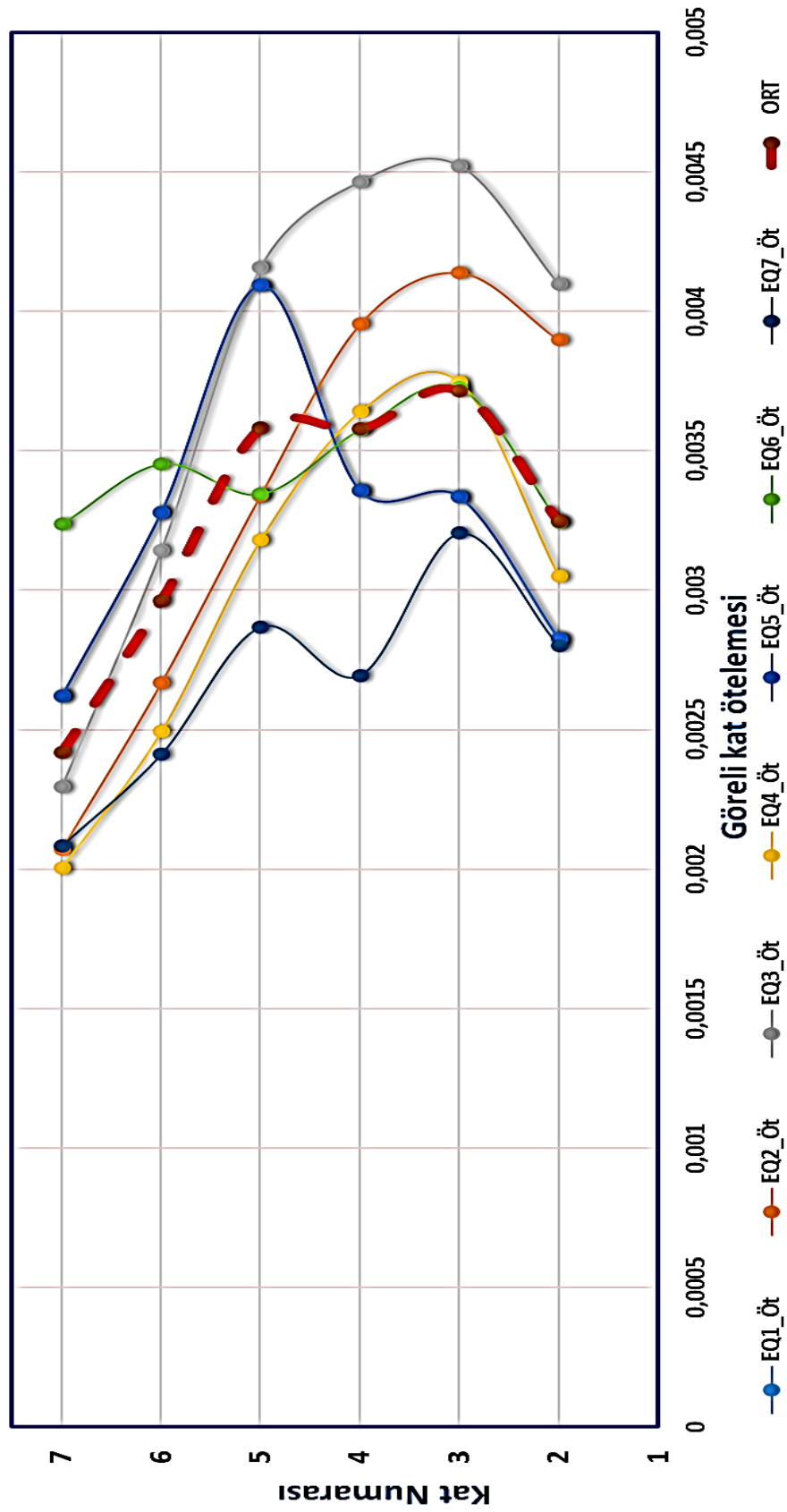
Kat Numarası	EQ_1	EQ_2	EQ_3	EQ_4	EQ_5	EQ_6	EQ_7	ORT
7	0,002619	0,002068	0,002292	0,002002	0,002619	0,003234	0,00208	0,002416
6	0,003278	0,002665	0,003141	0,002491	0,003278	0,003451	0,002409	0,002959
5	0,004091	0,003338	0,004156	0,003179	0,004091	0,003342	0,002867	0,003581
4	0,003355	0,003952	0,004463	0,003639	0,003355	0,003575	0,002693	0,003576
3	0,003333	0,004137	0,00452	0,003745	0,003333	0,003725	0,003203	0,003714
2	0,002823	0,003895	0,004094	0,003049	0,002823	0,003241	0,002799	0,003246
1	0,01676	0,055034	0,068106	0,048806	0,01676	0,042906	0,041247	0,041374

Tablo 5.24 Y Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri (L.S.W sistemi)

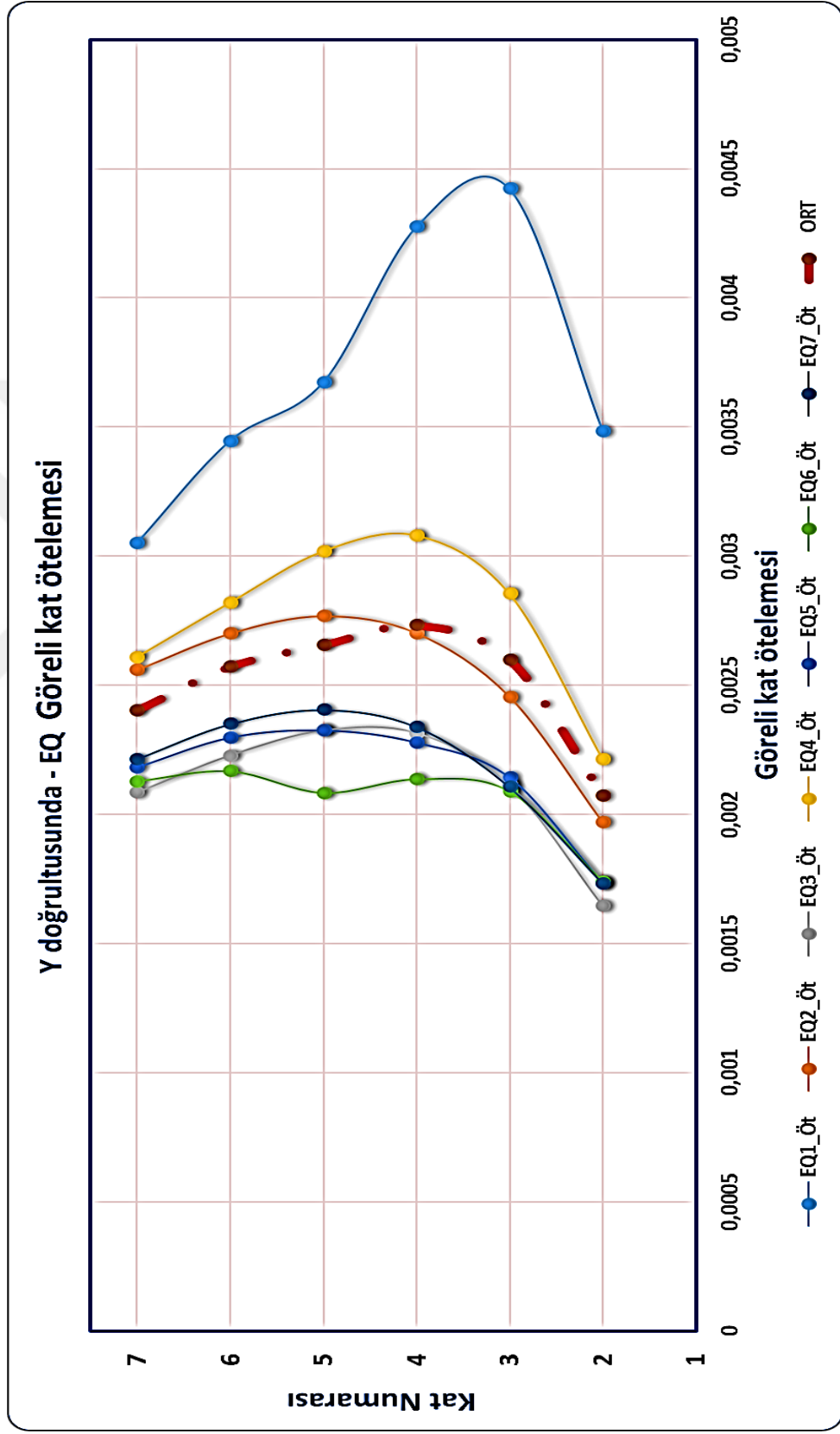
Kat Numarası	EQ_1	EQ_2	EQ_3	EQ_4	EQ_5	EQ_6	EQ_7	ORT
7	0,003048	0,002557	0,002083	0,002608	0,00218	0,002127	0,002213	0,002402
6	0,003445	0,002699	0,002226	0,002819	0,002295	0,002166	0,002349	0,002571
5	0,003672	0,002767	0,002323	0,003018	0,002323	0,002082	0,002404	0,002656
4	0,004274	0,002701	0,002313	0,003079	0,002276	0,002135	0,002338	0,002731
3	0,00442	0,002454	0,002111	0,002852	0,002141	0,002088	0,002105	0,002596
2	0,003482	0,001967	0,001644	0,002212	0,001732	0,001737	0,001732	0,002072
1	0,044669	0,002691	0,001735	0,00228	0,001766	0,00214	0,002155	0,008205

Table 5-25 Göreli Kat Ötelemesinin grafiği X doğrultusu L.S.W sistemi

X doğrultusunda - EQ Göreli kat ötelemesi



Tablo 5.26 Görelî Kat Ötelemesinin grafiği Y doğrultusu L.S.W sistemi



F.S sistemine ait olan sonuçları

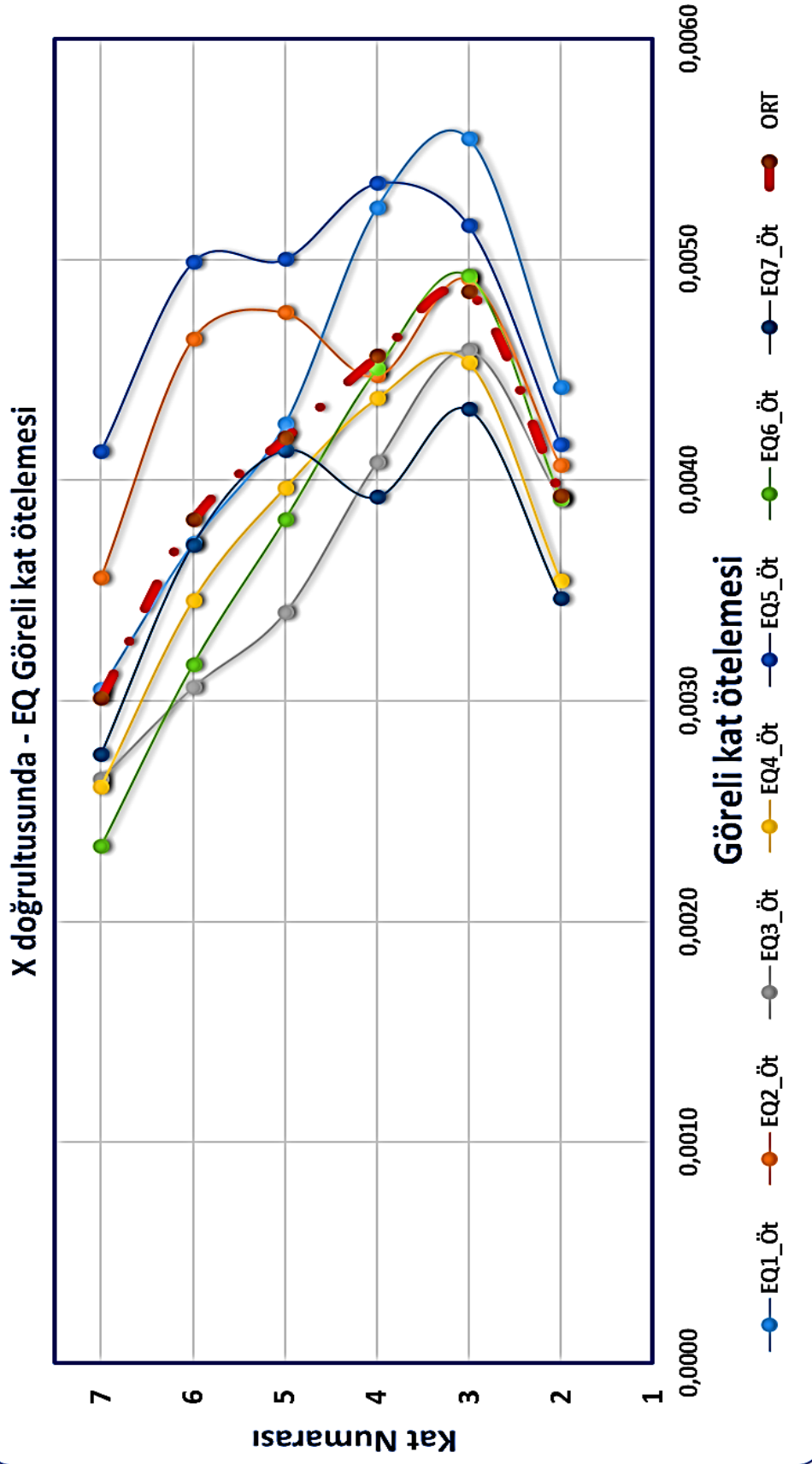
Tablo 5.27 X Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri (F.S sistemi)

Kat Numarası	EQ_1	EQ_2	EQ_3	EQ_4	EQ_5	EQ_6	EQ_7	ORT
7	0,0035	0,0026	0,0038	0,0026	0,0035	0,0038	0,0025	0,0032
6	0,0042	0,0031	0,0053	0,0032	0,0042	0,0041	0,0032	0,0039
5	0,0048	0,0036	0,0061	0,0035	0,0048	0,0037	0,0041	0,0044
4	0,0043	0,0042	0,0064	0,0046	0,0043	0,0044	0,0040	0,0046
3	0,0050	0,0048	0,0060	0,0051	0,0050	0,0046	0,0044	0,0050
2	0,0041	0,0043	0,0042	0,0039	0,0041	0,0039	0,0039	0,0040

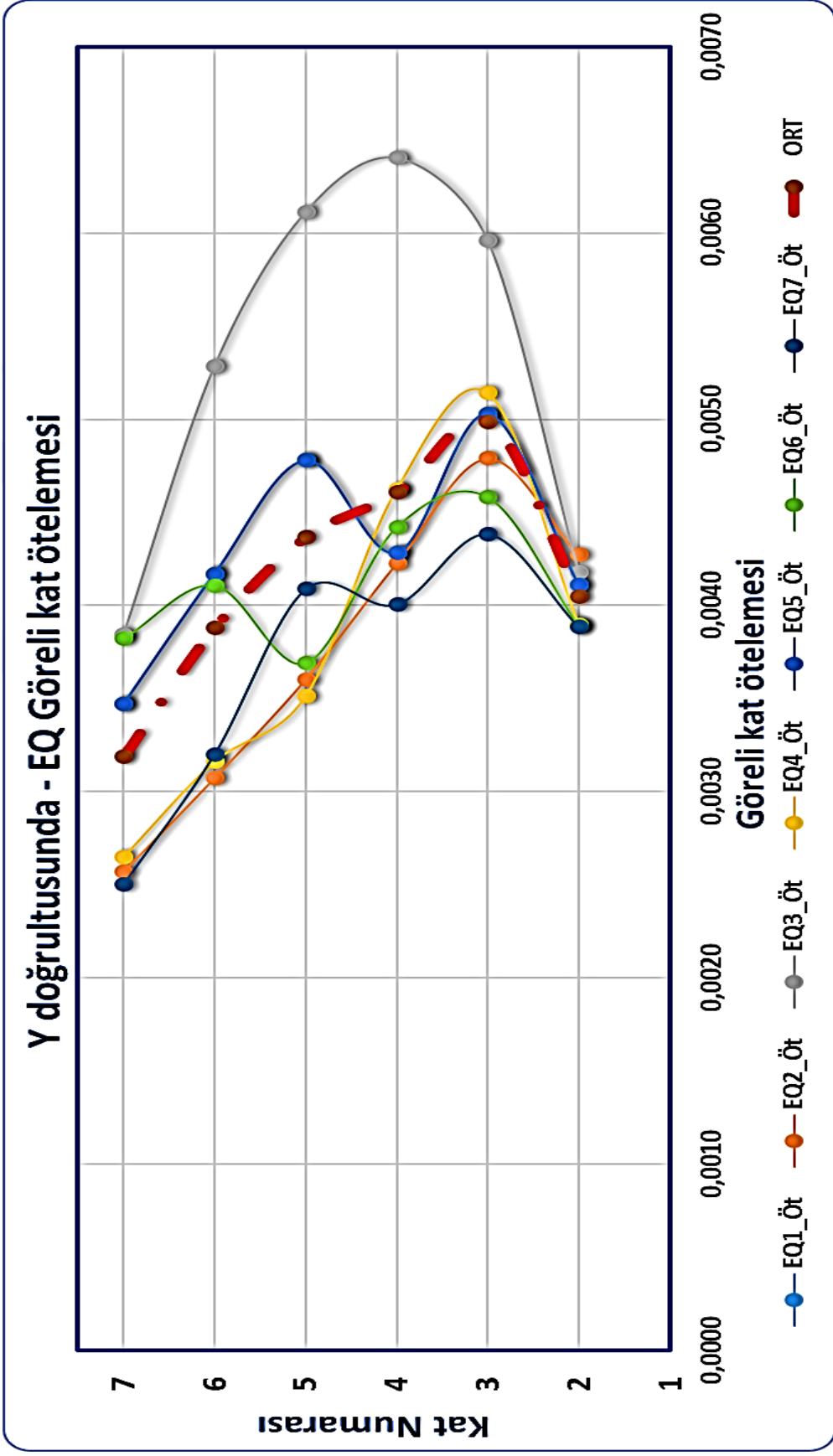
Tablo 5.28 Y Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemesinin değerleri (F.S sistemi)

Kat Numarası	EQ_1	EQ_2	EQ_3	EQ_4	EQ_5	EQ_6	EQ_7	ORT
7	0,0030	0,0036	0,0026	0,0026	0,0041	0,0023	0,0028	0,0030
6	0,0037	0,0046	0,0031	0,0035	0,0050	0,0032	0,0037	0,0038
5	0,0043	0,0048	0,0034	0,0040	0,0050	0,0038	0,0041	0,0042
4	0,0052	0,0045	0,0041	0,0044	0,0053	0,0045	0,0039	0,0046
3	0,0055	0,0049	0,0046	0,0045	0,0052	0,0049	0,0043	0,0049
2	0,0044	0,0041	0,0039	0,0035	0,0042	0,0039	0,0035	0,0039

Tablo 5.29 Göreli Kat Ötelemesinin grafiği X doğrultusu F.S sistemi



Tablo 5.30 Göreli Kat Ötelemesinin grafiği Y doğrultusu F.S sistemi



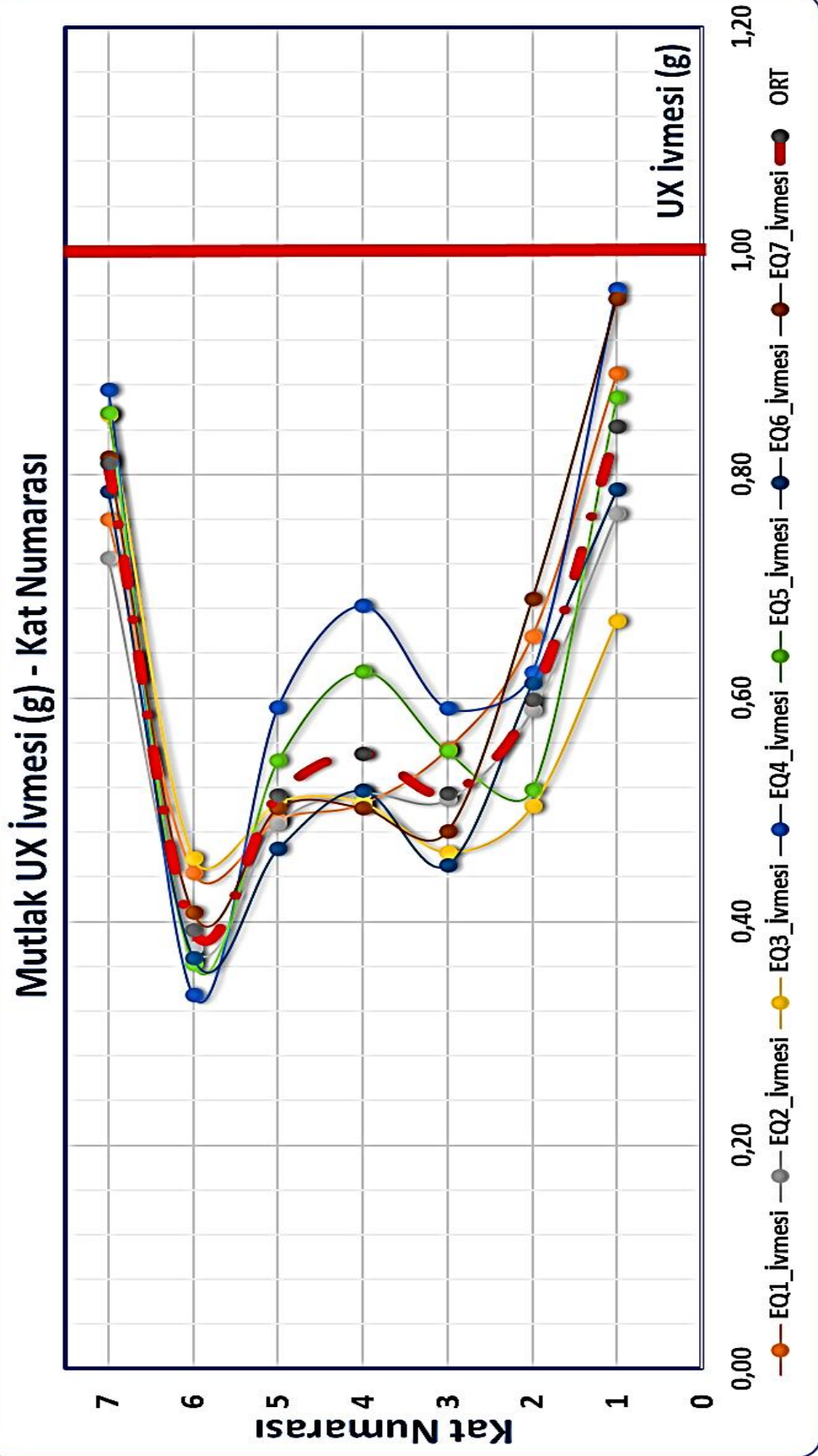
5.10 Kat İvmesi Değerleri

Çift yer hareketi takımlarının etkisi altında olan kat ivmesi sonuçları (g) yer ivmesi cinsinden bu bölümde sunulacaktır.

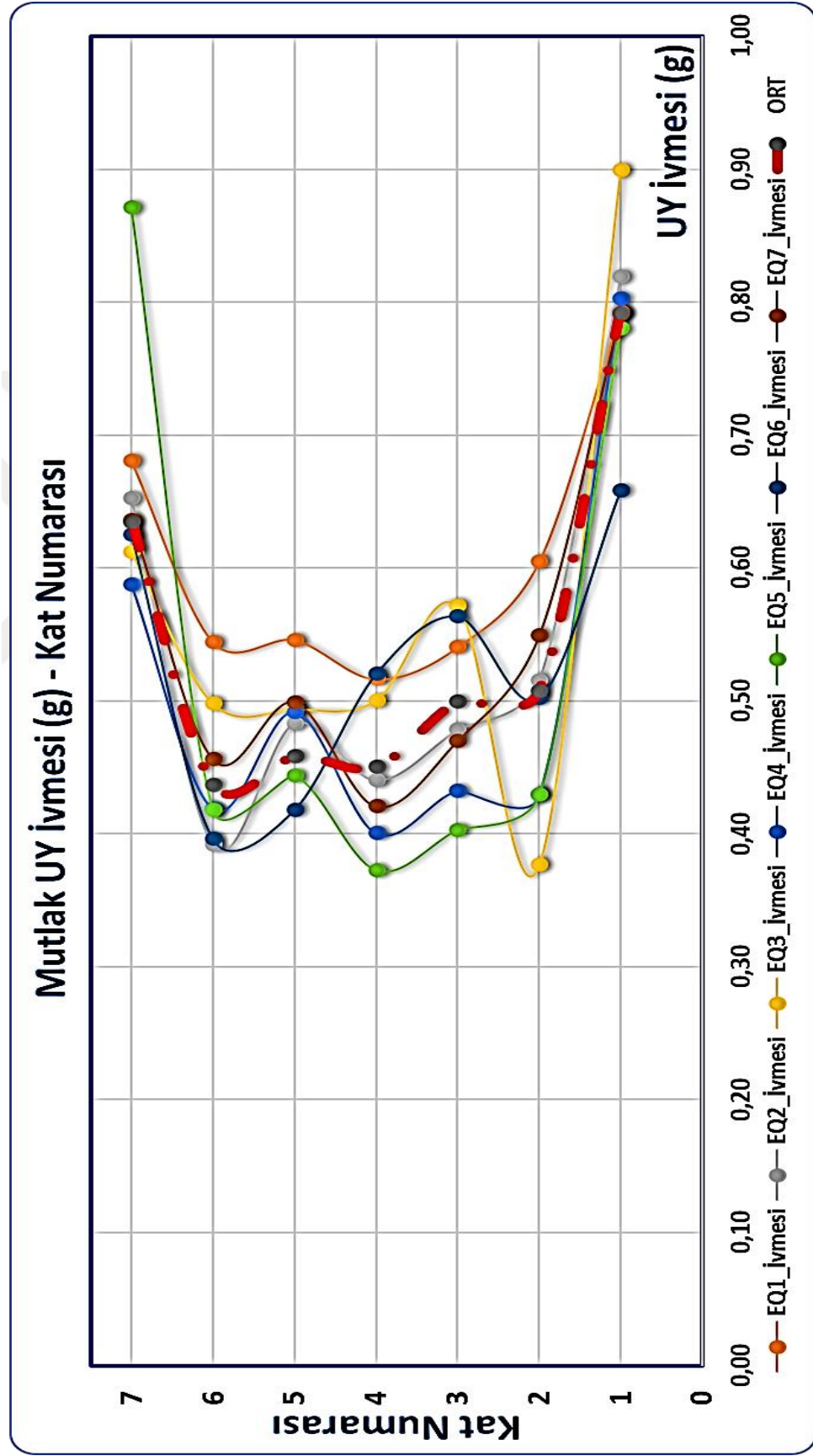
Üç farklı sistem sonuçları sıralanarak yer alacaktır.

Grafiklerde gösterildiği gibi ilk olark (S.S.W) sistemine ait olan sonuçlar, (L.S.W) sistemine ait olan sonuçlar ve son olarak (F.S) sistemine ait olan sonuçlar sıralayarak sunulmuştur.

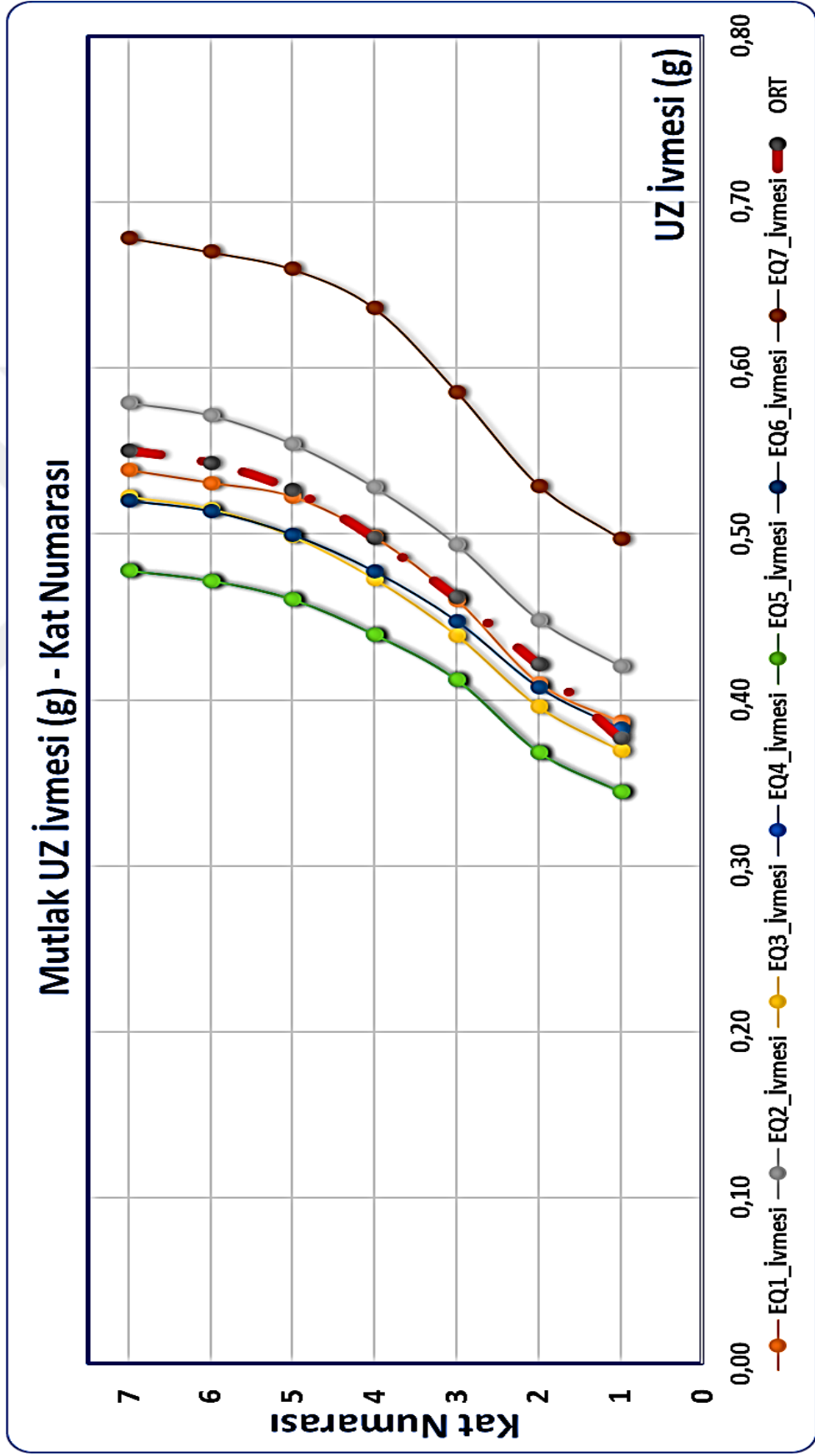
Tablo 5.31 Maksimum kat ivmesi sonuçları Ux doğrultusunda S.S.W sistemi



Tablo 5.32 Maksimum kat ivmesi sonuçları Uy doğrultusunda S.S.W sistemi

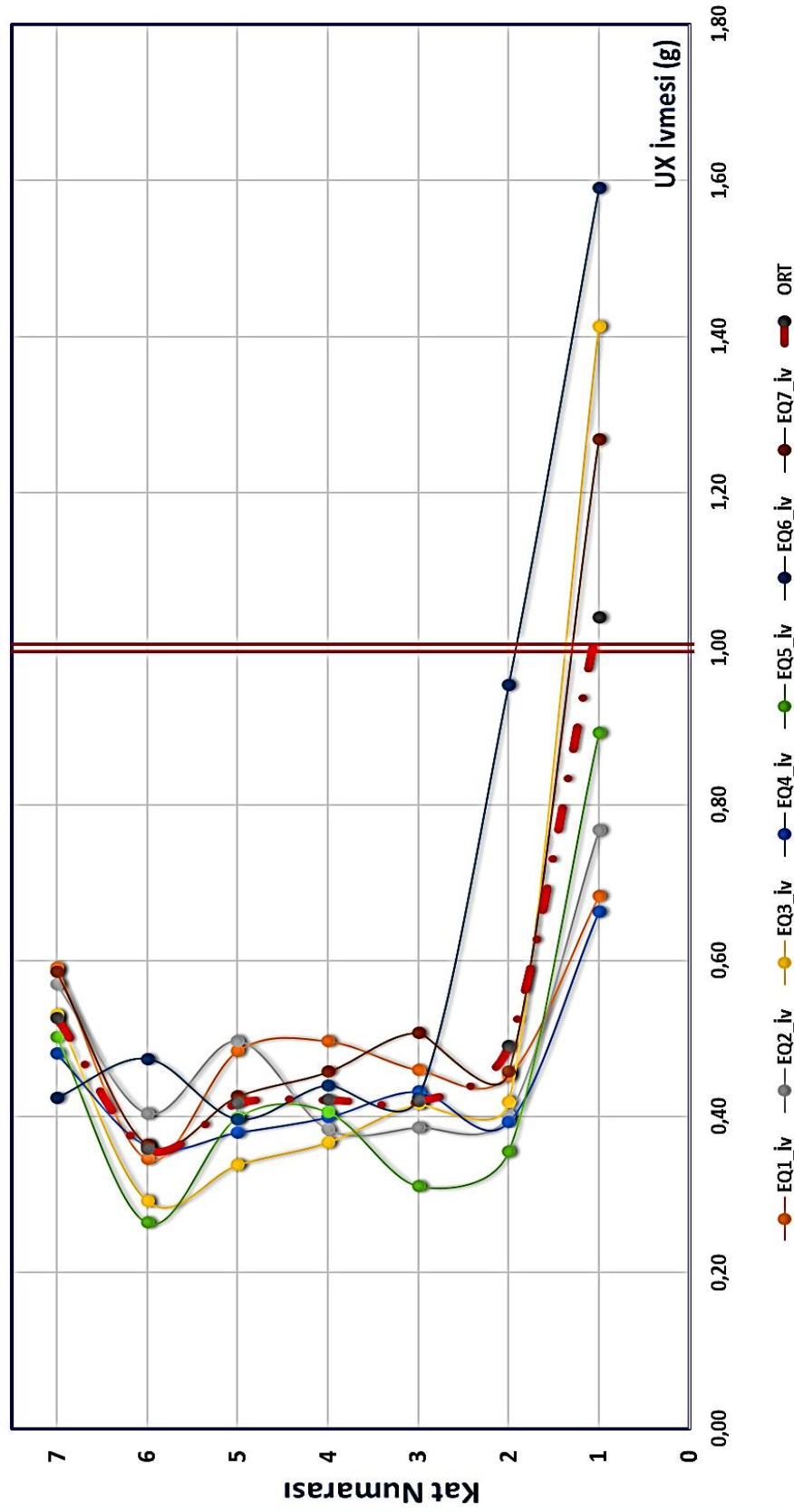


Tablo 5.33 Maksimum kat ivmesi sonuçları Uz doğrultusunda S.S.W sistemi

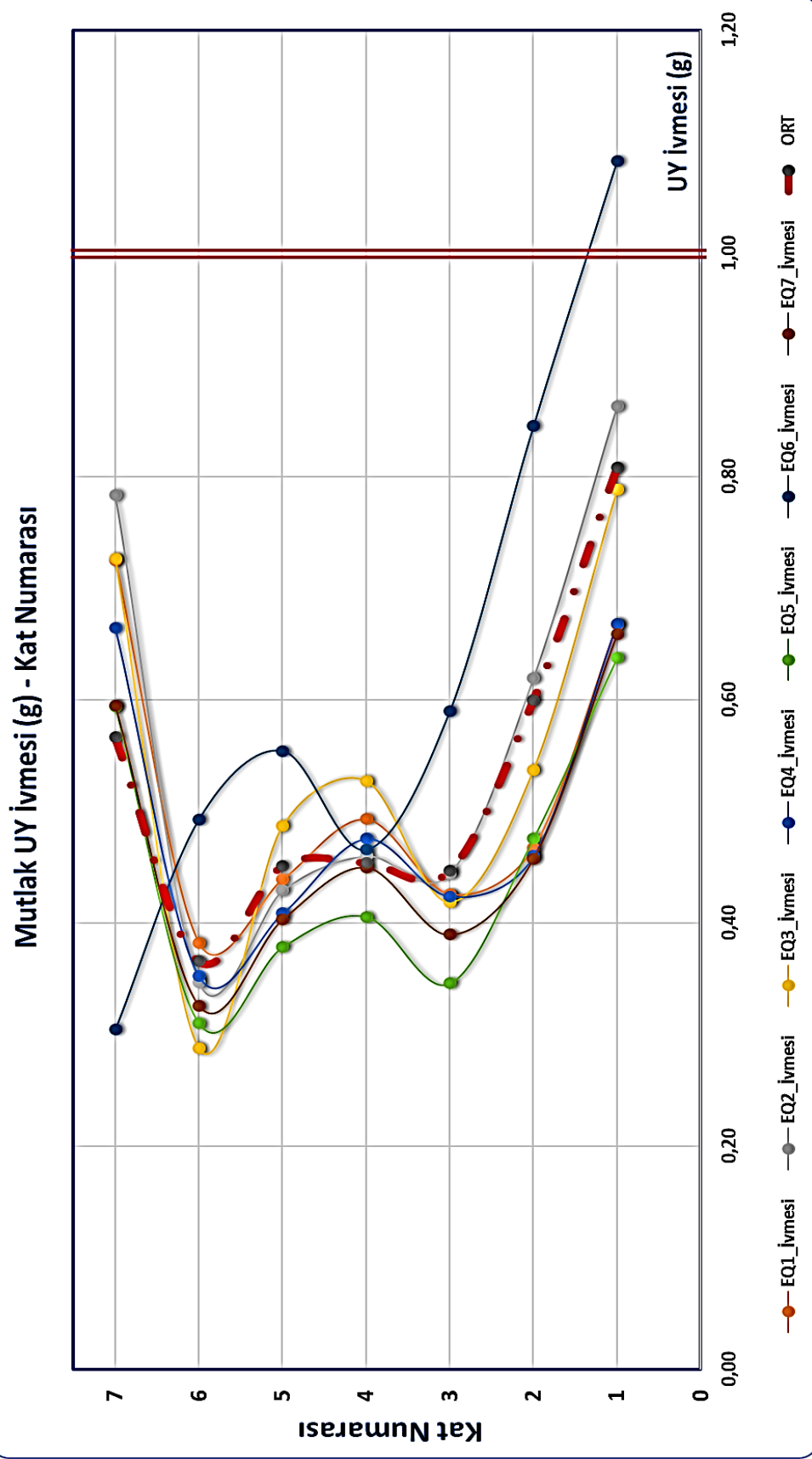


Tablo 5.34 Maksimum kat ivmesi sonuçları Ux doğrultusunda L.S.W sistemi

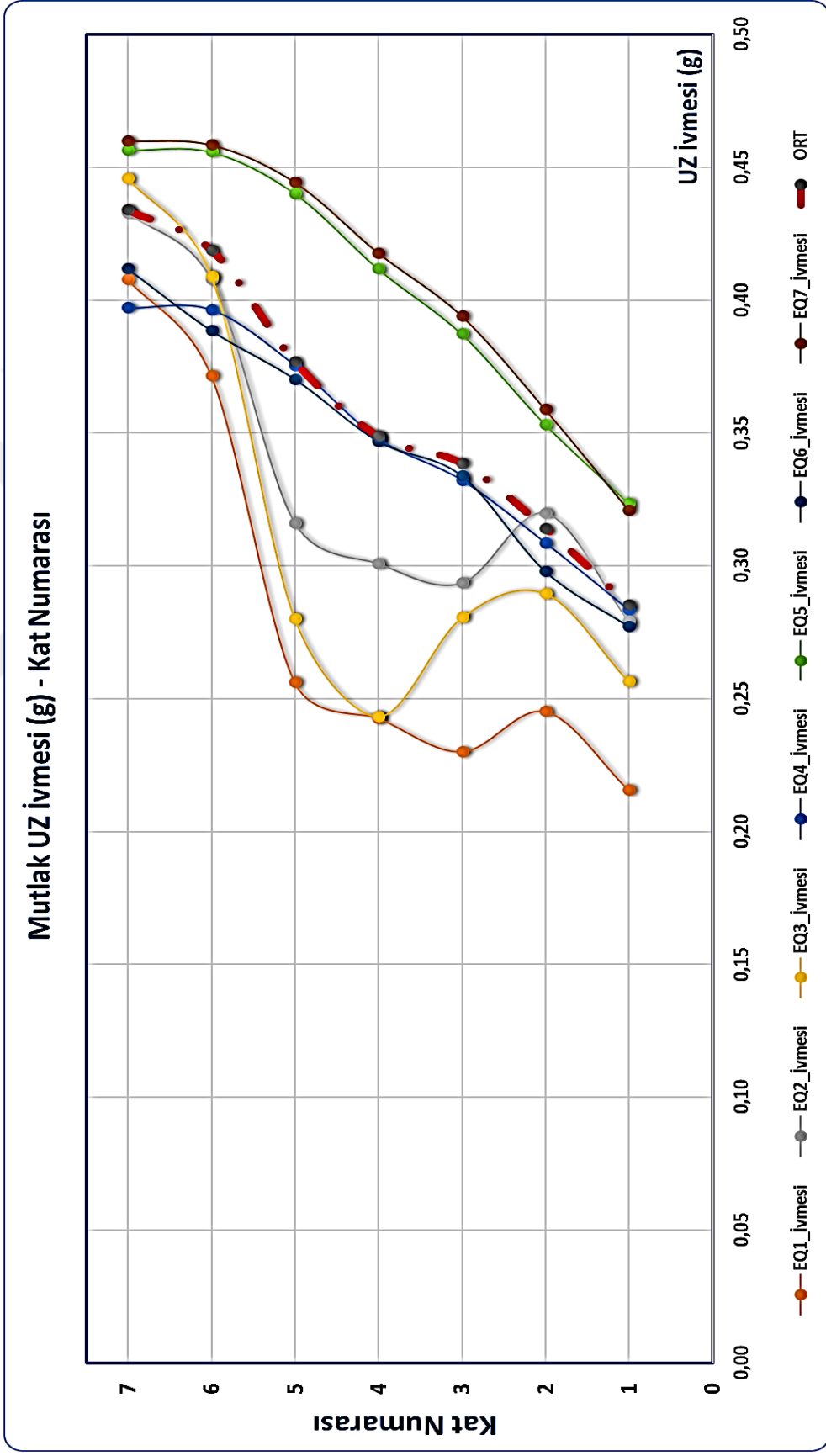
Mutlak UX İvmesi (g) - Kat Numarası



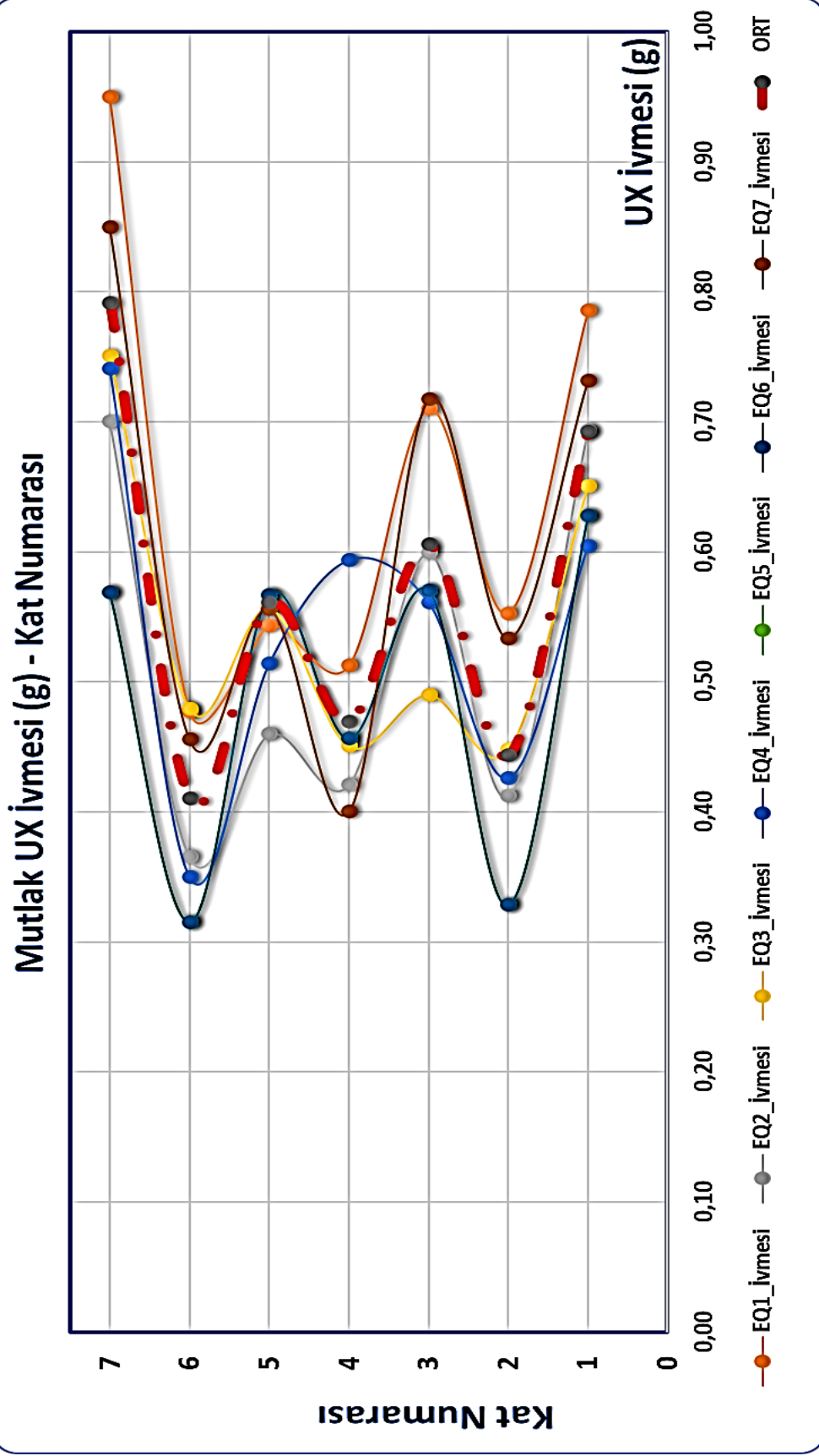
Tablo 5.35 Maksimum kat ivmesi sonuçları Uy doğrultusunda L.S.W sistemi



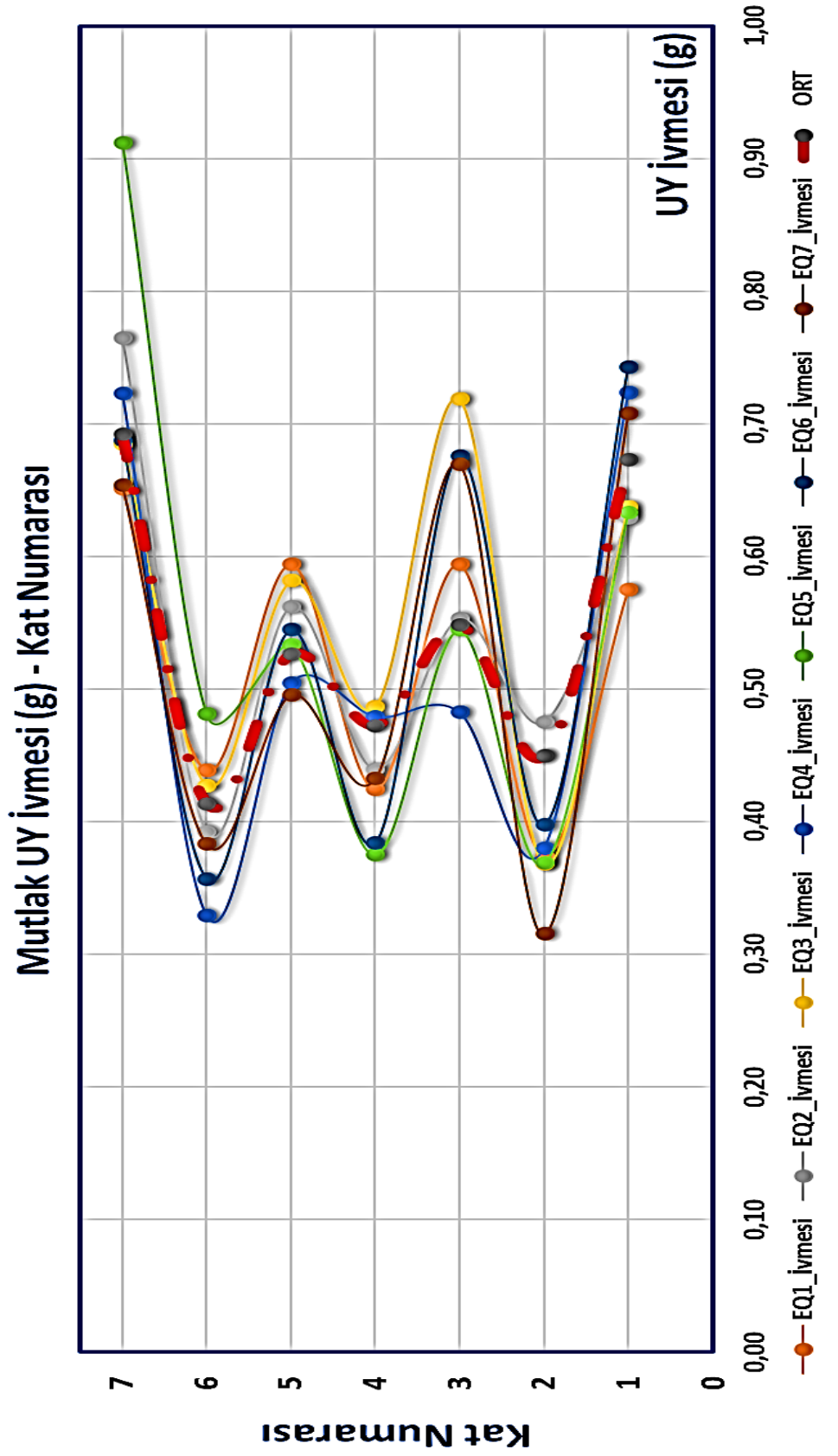
Tablo 5.36 Maksimum kat ivmesi sonuçları Uz doğrultusunda L.S.W sistemi



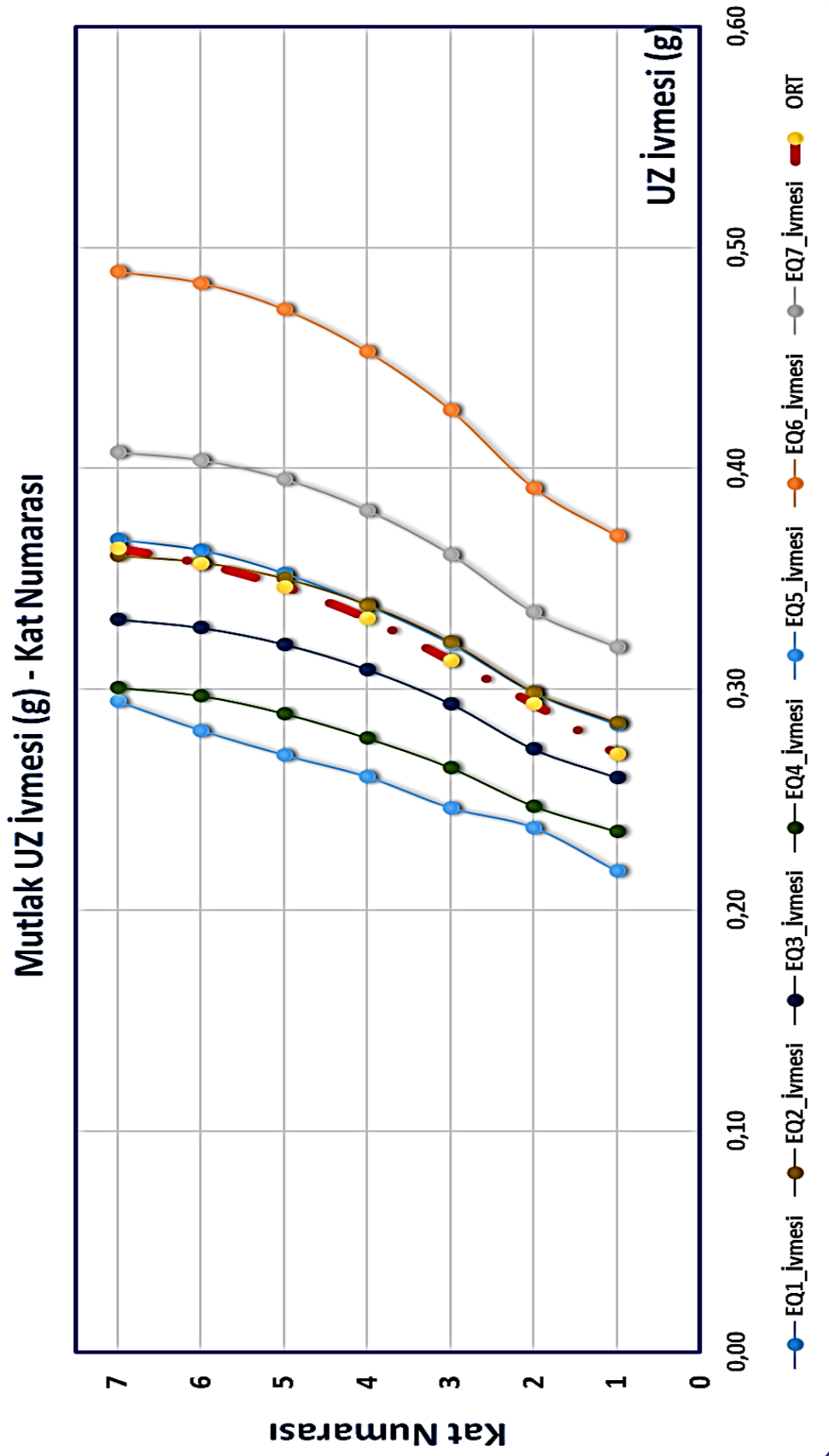
Tablo 5.37 Maksimum kat ivmesi sonuçları Ux doğrultusunda F.S sistemi



Tablo 5.38 Maksimum kat ivmesi sonuçları Uy doğrultusunda F.S sistemi

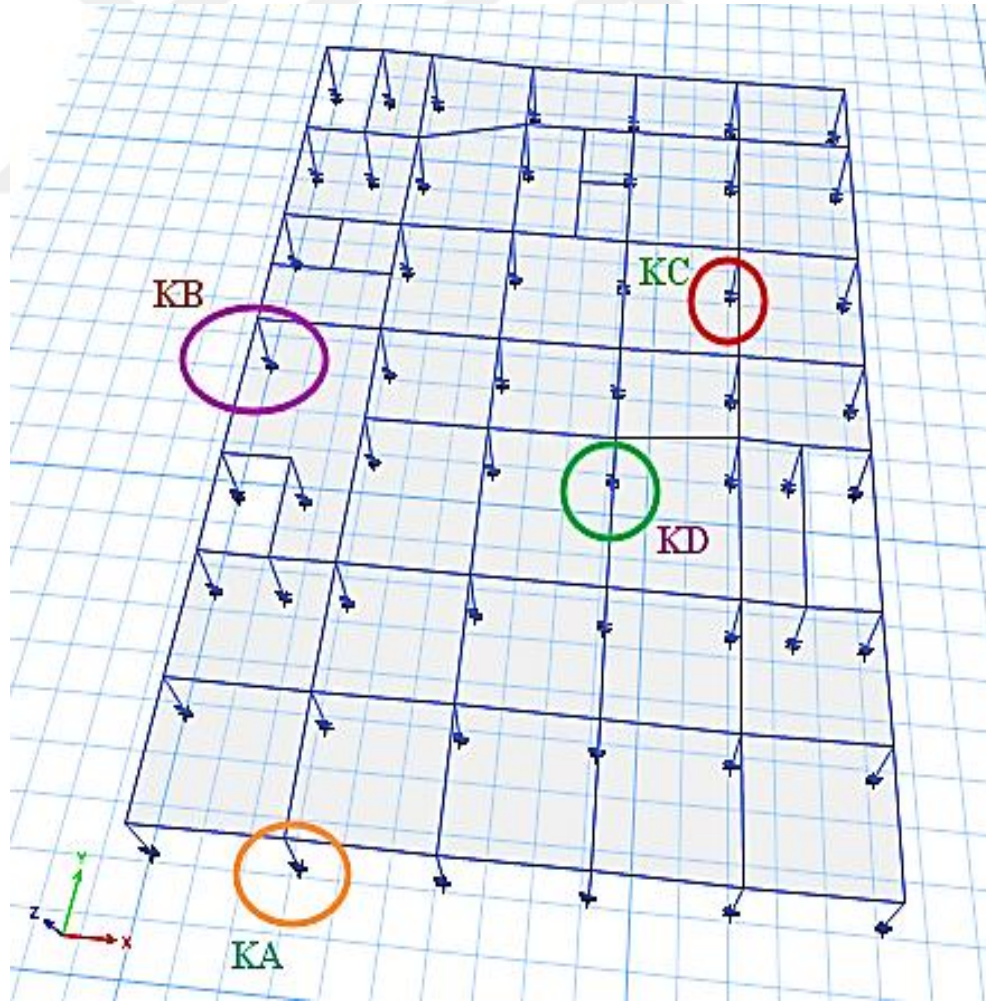


Tablo 5.39 Maksimum kat ivmesi sonuçları Uz doğrultusunda F.S sistemi



5.11 Sistemlerin Karşılaştırmaları

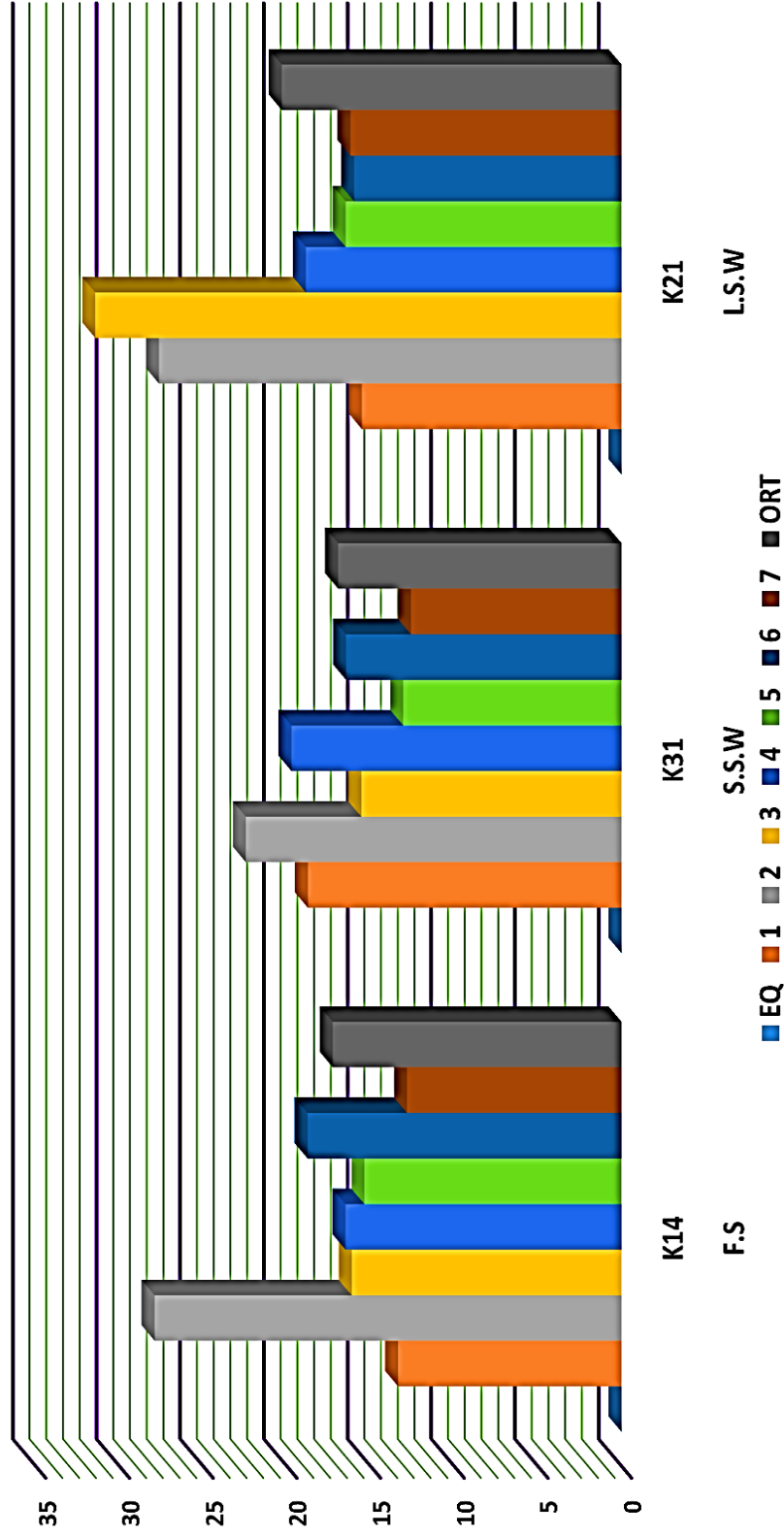
İzolasyon sisteminde kullanılan perdelerin etkisinin daha detaylı bir şekilde incelenmesi için, üç sistemin arasındaki farklılıklar bu kısımda sunulacaktır. Önceki bölümlerde, binanın köşelerindeki izolatörlerinin incelenmesinden sonra, benzer şekilde dört farklı noktada her sisteme ait olan izolatörlerin incelenmesi, bu kısımda şekil 5.28’de sunulmaktadır. Bu iç noktalarda, düşey yönde çekme kuvveti değerinin oluşmaması nedeni ile çekme kuvvetinin grafikleri yer almamaktadır. Her sisteme ve her izolatöre ait uzun işlemlerin çizelgelerini ve tekrarlanan hesaplamalarını sunmak yerine sadece sonuç karşılaştırma grafiklerinin sunulmasına karar verilmiştir.



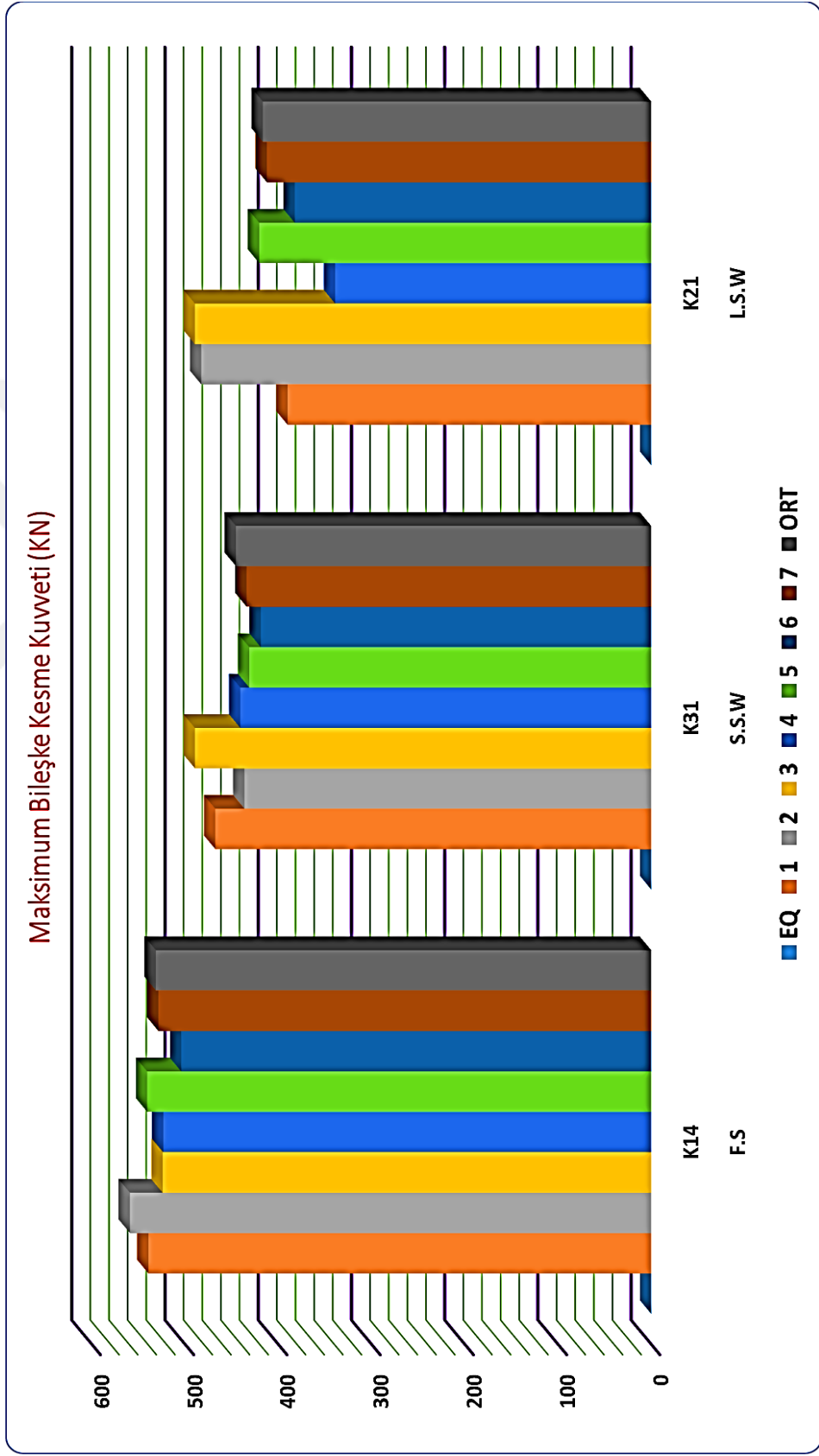
Şekil 5.28 Sistemlerin iç noktalarda incelenen izolatörlerinin konumu görünümü

Tablo 5.40 Sistemlerin A konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum yatay yerdeğiştirmesi

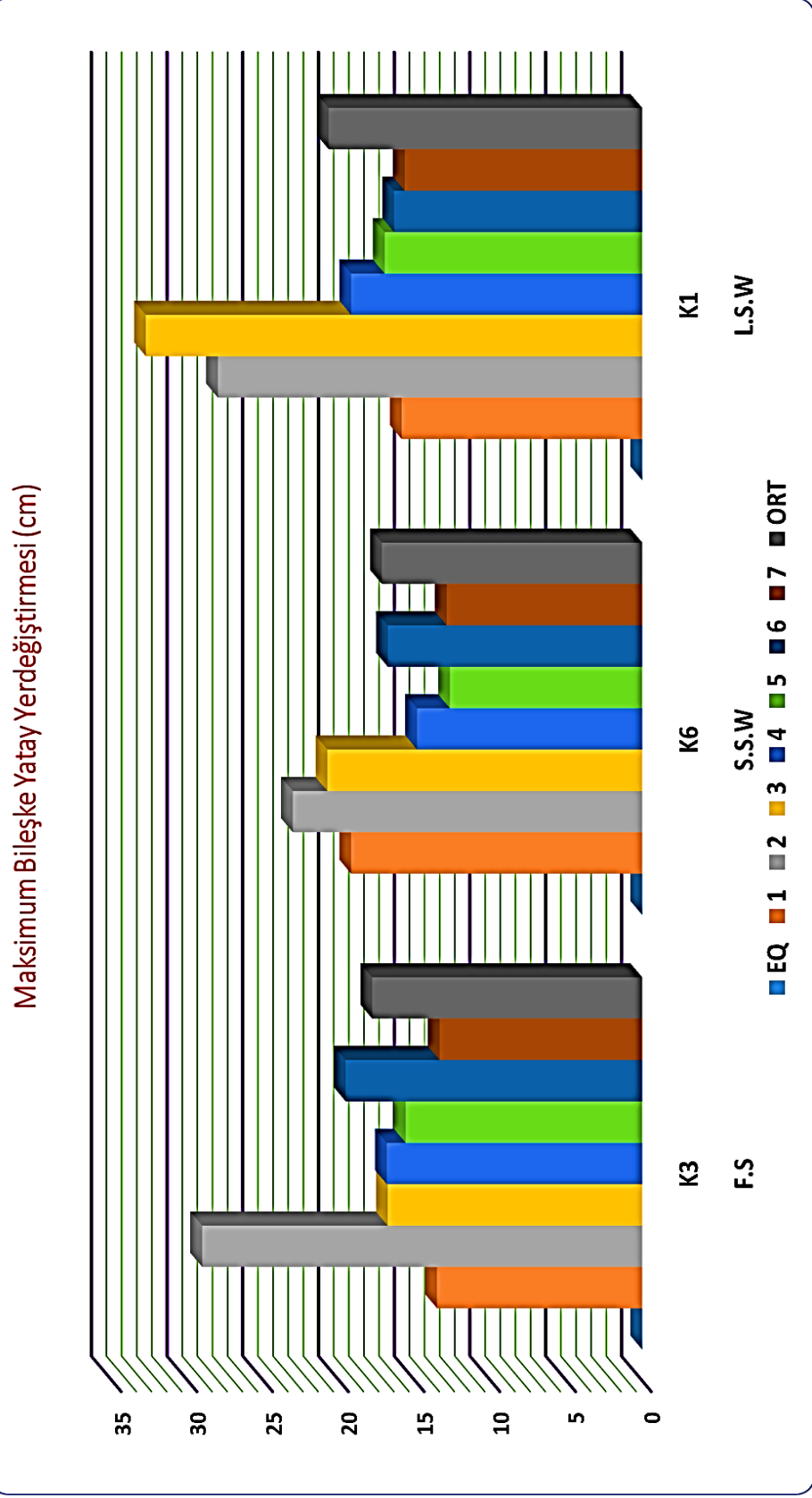
Maksimum Bileşke Yatay Yerdeğiştirmesi (cm)



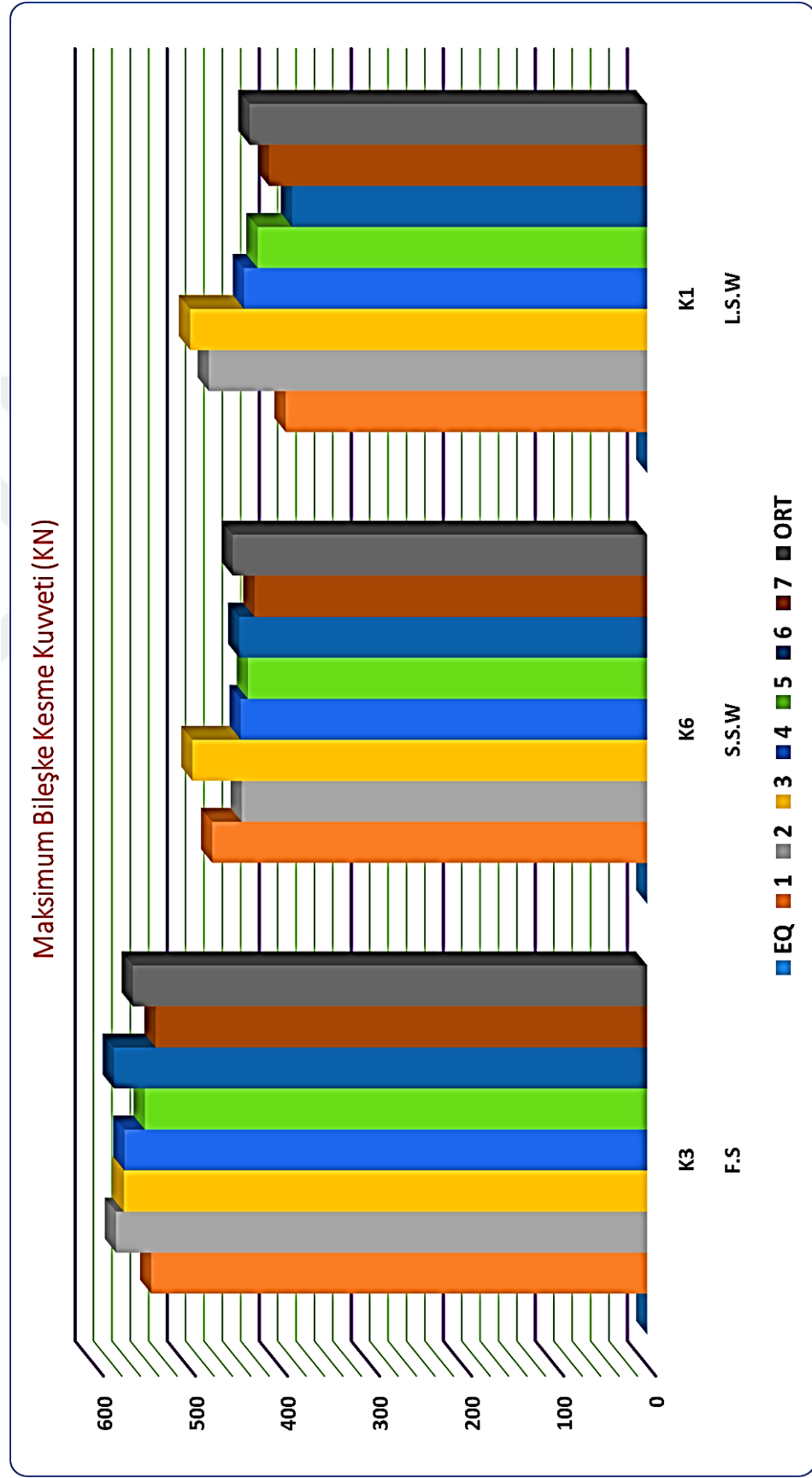
Tablo 5.41 Sistemlerin A konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum kesme kuvveti



Tablo 5.42 Sistemlerin B konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum bileşke yatay yerdeğiştirilmesi

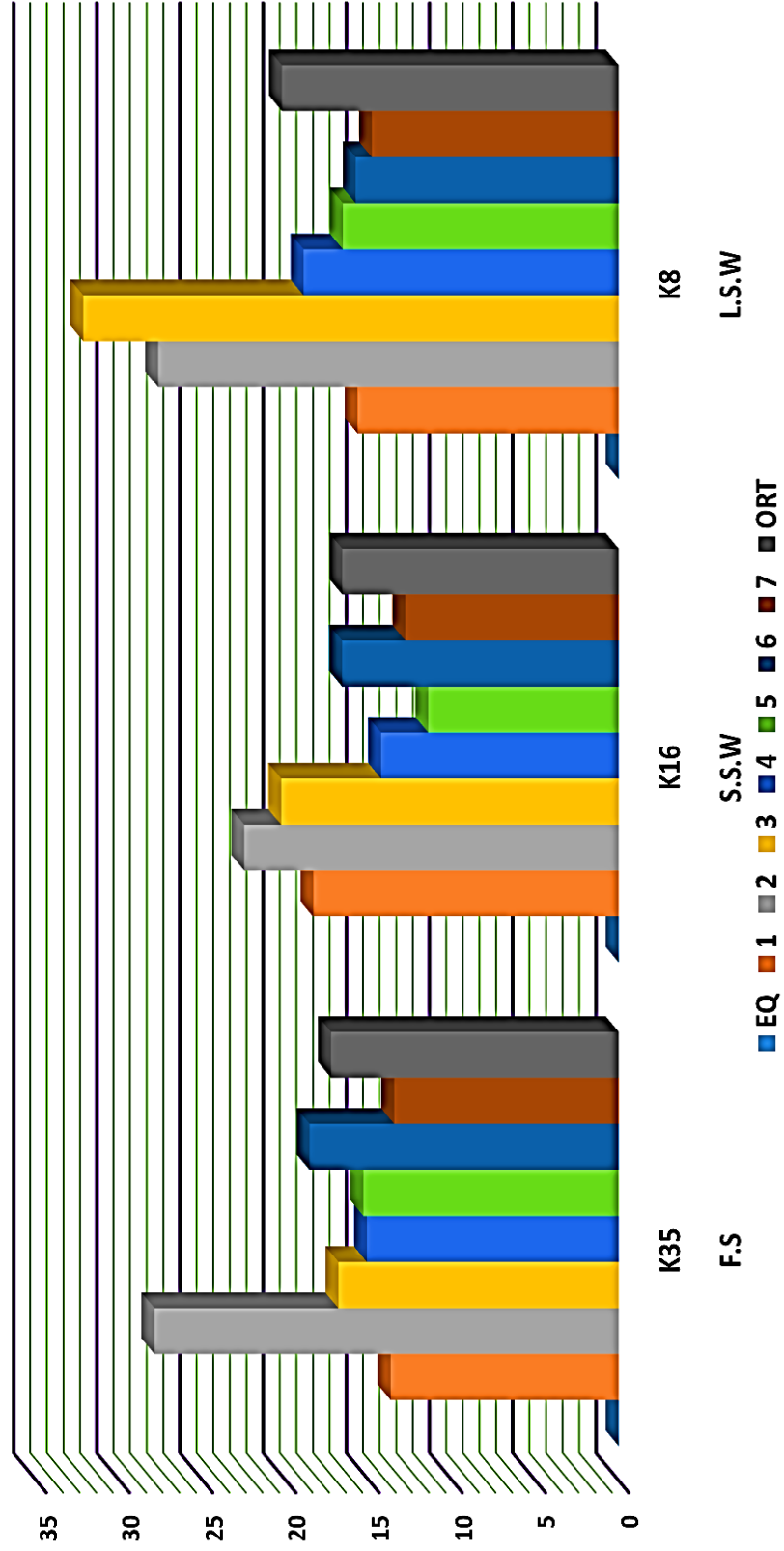


Tablo 5.43 Sistemlerin B konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum kesme kuvveti

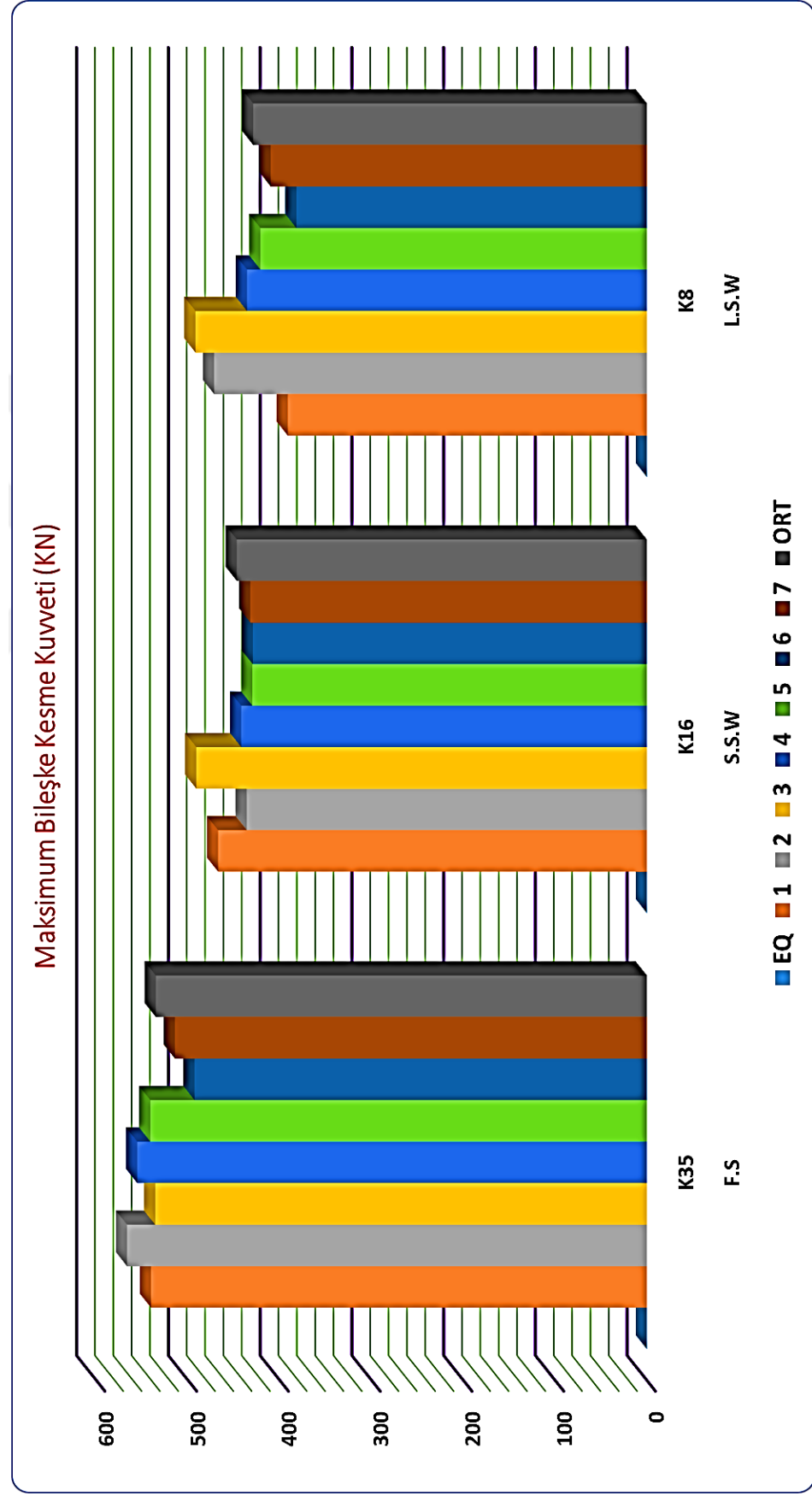


Tablo 5.44 Sistemlerin C konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum bileşke yatay yerdeğiştirmesi

Maksimum Bileşke Yatay Yerdeğiştirmesi (cm)

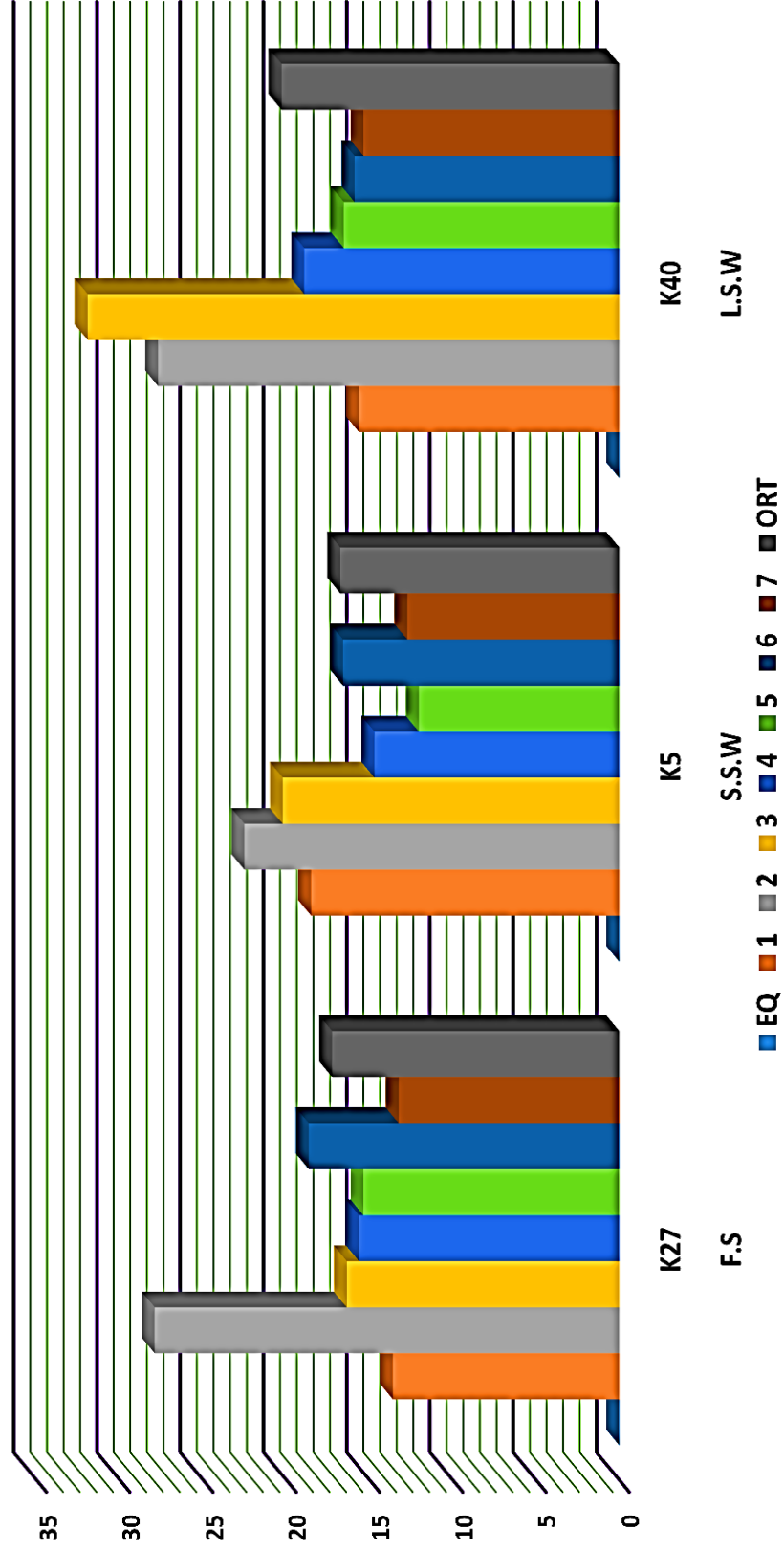


Tablo 5.45 Sistemlerin C konumunda incelenen izolatorlerinin maksimum kesme kuvveti

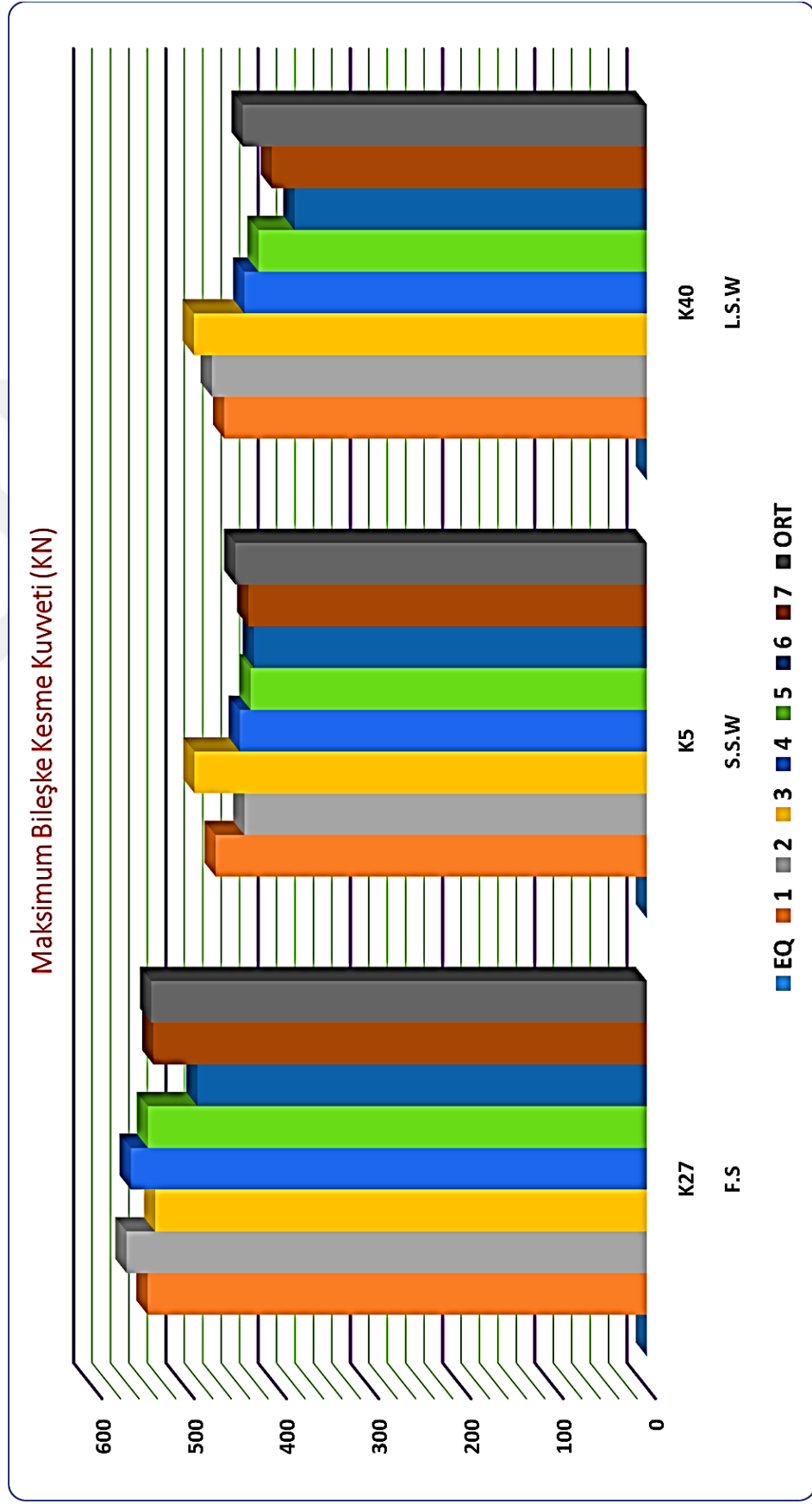


Tablo 5.46 Sistemlerin D konumunda incelenen izolatorlerinin maksimum bileşke yatay yerdeğiştirmesi

Maksimum Bileşke Yatay Yerdeğiştirmesi (cm)



Tablo 5.47 Sistemlerin D konumunda incelenen izolatörlerinin maksimum kesme kuvveti



5.12 Perde Duvarlı Sistemin Rijitliğinde, Perde Duvarın Katılma Payı Oranının Değerleri

Perde duvarlı sistemlerde yapının tüm rijitliğine, perdelerin katkısının belirlenmesi ve perde duvarların yapı davranışın etkisi olduğu bu bölümde incelenecektir. Bu bağlamda (S.S.W) sisteminin taban kesme kuvvet değerleri Tablo 5.48 ve Tablo 5.49’da sunulmuştur. Katılma payının oranı elde etmek için Etabs programında “section cut” özelliğinden faydalanılmıştır.

Tablo 5.48 Taban kesme kuvvetlerin değerleri S.S.W sistemi

Toplam Baz Kuvvetleri				
Yük Durumu	FX	FY	Mutlak Maks FX	Mutlak Maks FY
N.L.T.H.EQ1-7	KN	KN	KN	KN
N.L.T.H.EQ1 Maks	19760,4	18735,7	19760,4	19353,0
	-19243,8	-19353,0		
N.L.T.H.EQ2 Maks	19694,7	16788,4	22386,1	20552,0
	-22386,1	-20552,0		
N.L.T.H.EQ3 Maks	24045,7	16455,5	24045,7	16470,2
	-20259,5	-16470,2		
N.L.T.H.EQ4 Maks	23138,7	15805,6	23138,7	15805,6
	-22111,4	-14899,8		
N.L.T.H.EQ5 Maks	20021,1	15187,4	20592,2	15519,4
	-20592,2	-15519,4		
N.L.T.H.EQ6 Maks	19515,2	18538,8	21167,6	18538,8
	-21167,6	-14556,8		
N.L.T.H.EQ7 Maks	18763,3	16117,4	19578,2	16782,0
	-19578,2	-16782,0		

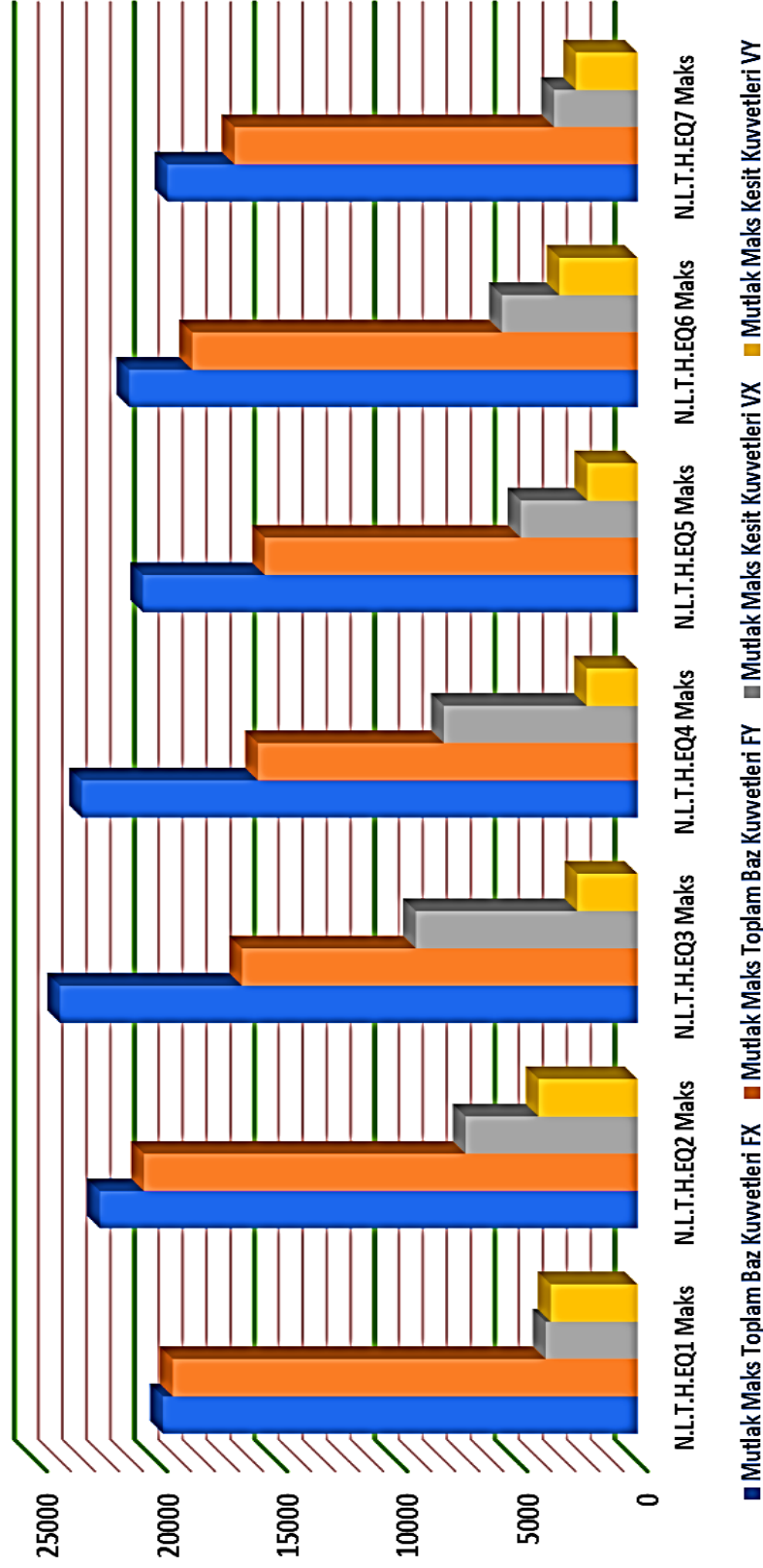
Tablo 5.49 Perde duvarın katılma payı oranının değerleri S.S.W sistemi

Section Cut Forces (Kesit Kuvvetleri)				Perde Katılma Payının Değerleri	
VX	VY	Mutlak Maks VX	Mutlak Maks VY	VY/FY %	VX/FX %
KN	KN	KN	KN		
3828,2	3355,8	3828,2	3619,8	19,37	18,70
-3047,4	-3619,8				
3763,3	2571,9	7166,6	4123,1	32,01	20,06
-7166,6	-4123,1				
9233,5	2511,7	9233,5	2511,7	38,40	15,25
-4645,3	-2384,6				
8067,1	2119,9	8067,1	2119,9	34,86	13,41
-6759,2	-1788,2				
4240,5	1902,4	4869,8	2095,7	23,65	13,50
-4869,8	-2095,7				
3578,0	3256,3	5648,8	3256,3	26,69	17,56
-5648,8	-1645,2				
2657,7	2302,9	3483,2	2564,3	17,79	15,28
-3483,2	-2564,3				

Perdelerin yapı rijitliğine katkısı oranları grafiklerde verilmiştir.

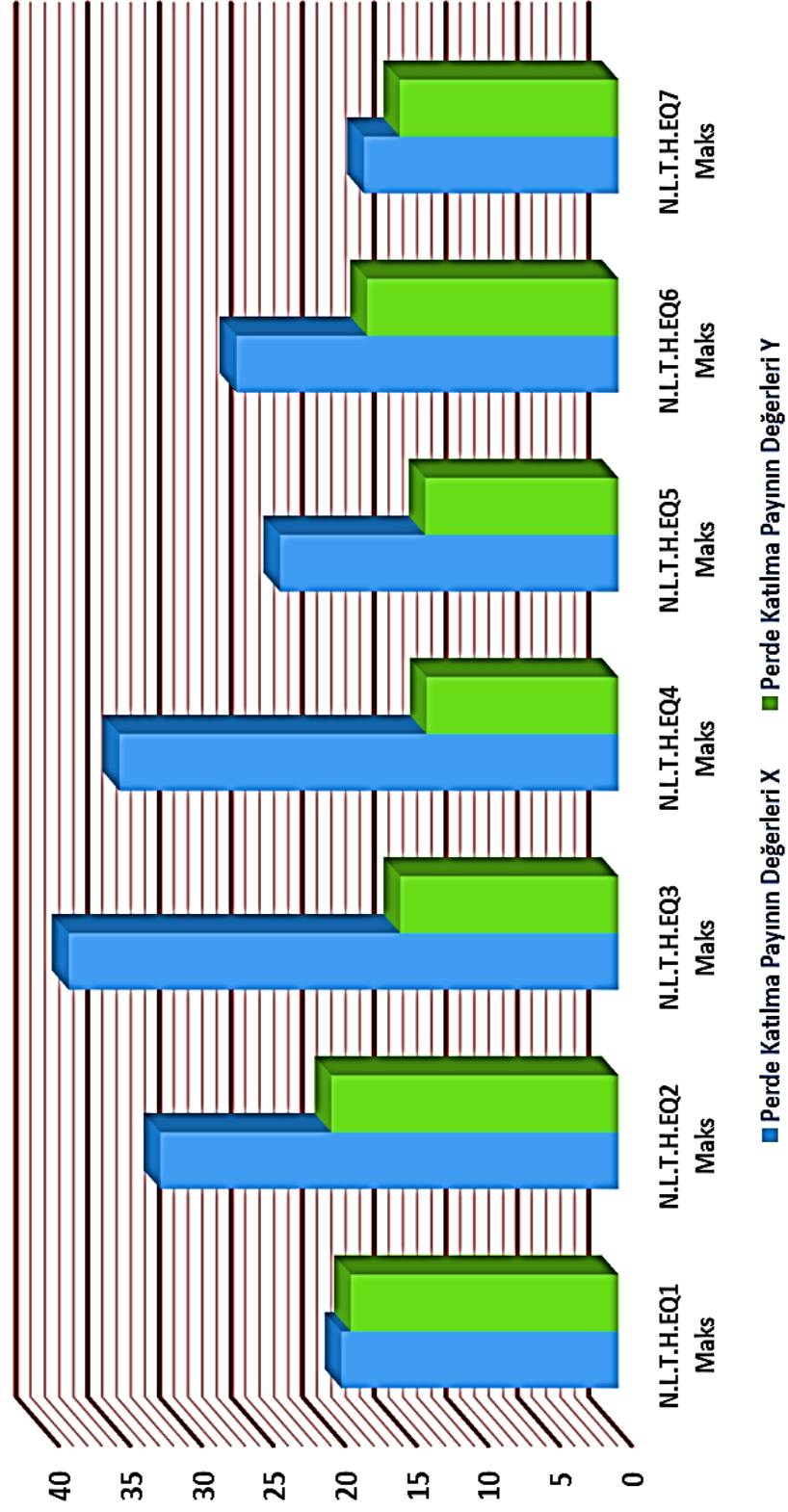
Tablo 5.50 Perdeli sistemlerde perde Katılma Payının değerleri ve sistemin taban kesme kuvvet değerleri S.S.W sistemi

Sistemin Taban Kesme Kuvvet Değerleri



Tablo 5.51 Perdeli sistemlerde perde Katılma Payının oranı S.S.W sistemi

Perde Katılma Payının Değerleri



Perde duvarlı sistemlerde yapının rijitliğine, perdelerin katkısının belirlenmesi ve perde duvarların yapı davranışın olan etkisi bu bölümde incelenecektir. Bu bağlamda (L.S.W) sisteminin taban kesme kuvvet değerleri Tablo 5.52 ve Tablo 5.53’te sunulmuştur. Katılma payını elde etmek için Etabs programında “section cut” özelliğinden faydalanılmıştır.

Tablo 5.52 Taban kesme kuvvetlerin değerleri L.S.W sistemi

Toplam Baz Kuvvetleri				
Yük Durumu	FX	FY	Mutlak Maks FX	Mutlak Maks FY
N.L.T.H.EQ1-7	kN	kN	kN	kN
N.L.T.H.EQ1 Maks	17041,4	20801,4	17041,4	20801,4
	-13143,4	-20742,3		
N.L.T.H.EQ2 Maks	15873,3	21352,5	20915,7	25114,0
	-20915,7	-25114,0		
N.L.T.H.EQ3 Maks	21093,1	20568,4	25806,2	20568,4
	-25806,2	-19919,2		
N.L.T.H.EQ4 Maks	19705,3	24492,9	19705,3	24492,9
	-16632,1	-18142,6		
N.L.T.H.EQ5 Maks	16868,3	21988,2	18482,4	21988,2
	-18482,4	-20660,0		
N.L.T.H.EQ6 Maks	14077,4	19927,4	18534,0	21528,8
	-18534,0	-21528,8		
N.L.T.H.EQ7 Maks	14727,2	19441,4	18282,0	21510,6
	-18282,0	-21510,6		

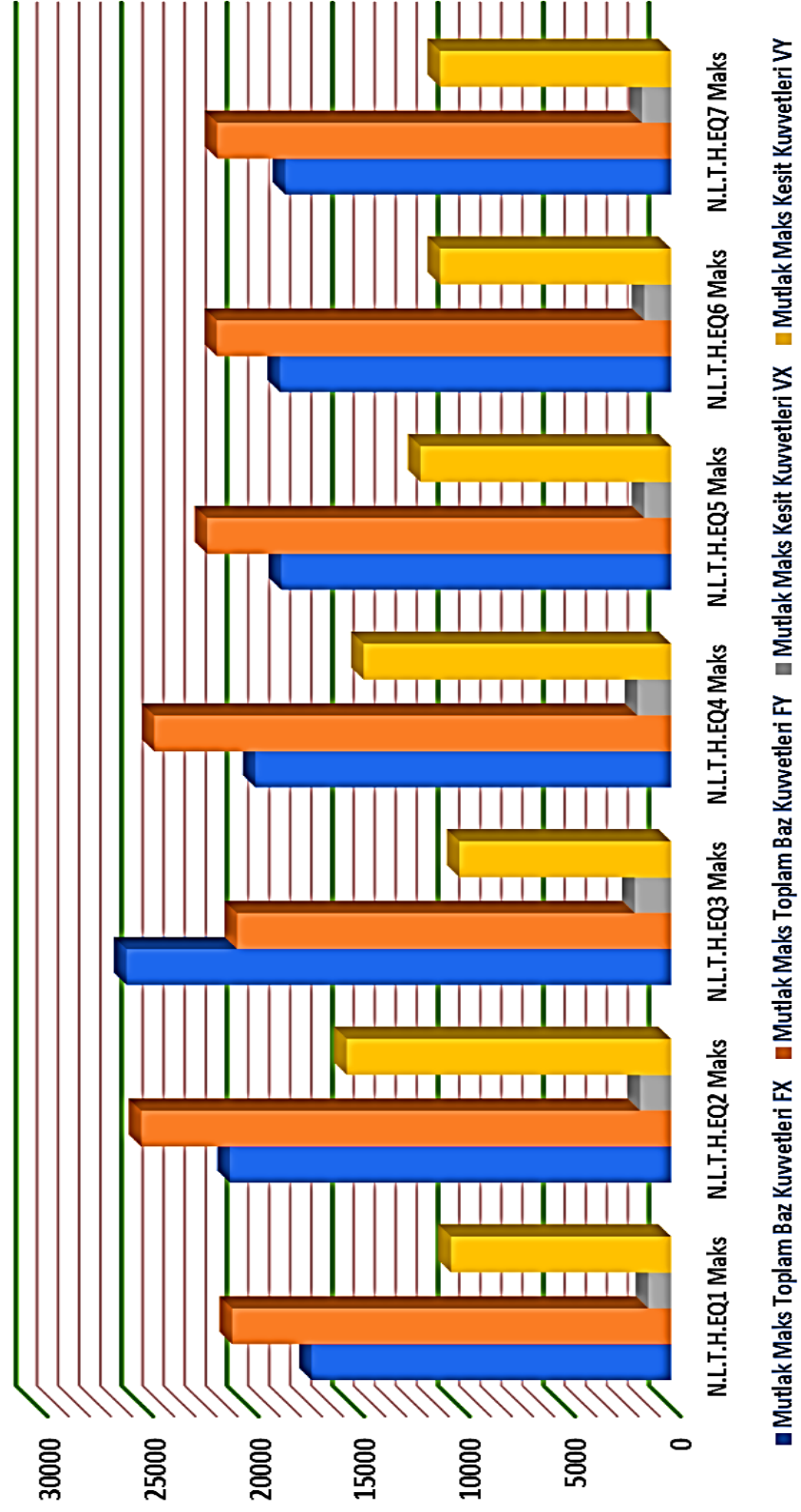
Tablo 5.53 Perde duvarın katılma payı oranının değerleri L.S.W sistemi

Section Cut Forces (Kesit Kuvvetleri)				Perde Katılma Payının Değerleri	
V2	V3	Mutlak Maks VX	Mutlak Maks VY		
kN	kN	kN	kN	VX/FX(%)	VY/FY(%)
1089,1	10437,3	1089,1	10437,3	6,39	50,18
-566,0	-10126,4				
973,3	10608,8	1471,9	15373,5	7,04	61,21
-1471,9	-15373,5				
1689,0	10037,5	1724,4	10037,5	6,68	48,80
-1724,4	-9219,8				
1607,9	14573,3	1607,9	14573,3	8,16	59,50
-1028,7	-7123,8				
1197,8	11878,1	1275,7	11878,1	6,90	54,02
-1275,7	-10093,9				
814,5	8923,1	1275,4	10945,5	6,88	50,84
-1275,4	-10945,5				
1067,3	8497,8	1384,2	10952,2	7,57	50,92
-1384,2	-10952,2				

Perdelerin yapı rijitliğine katkısı oranları grafiklerde verilmiştir.

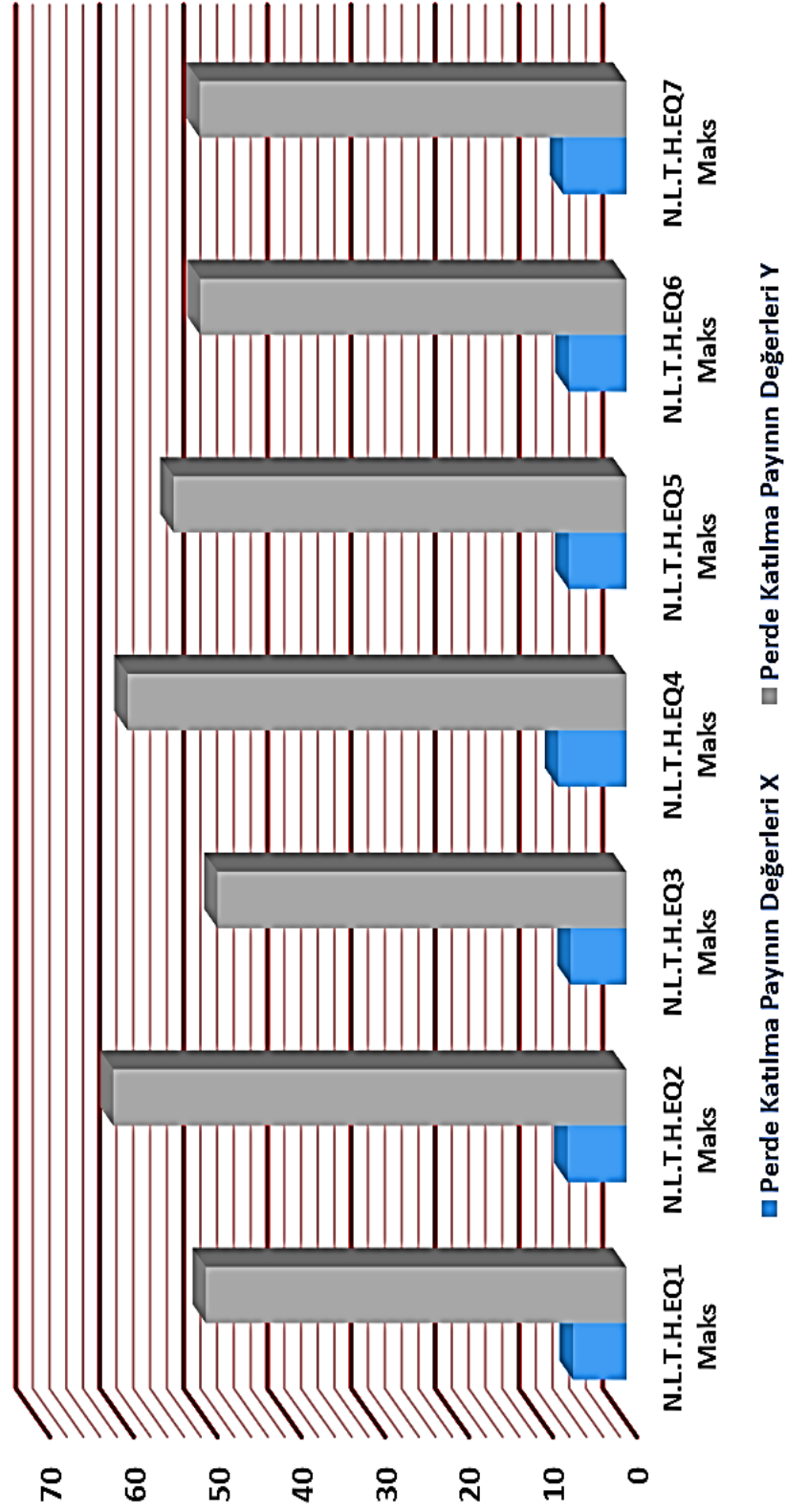
Tablo 5.54 Perdeli sistemlerde perde Katılma Payının değerleri ve sistemin taban kesme kuvvet değerleri L.S.W sistemi

Sistemin Taban Kesme Kuvvet Değerleri



Tablo 5.55 Perdeli sistemlerde perde Katılma Payının oranı L.S.W sistemi

Perde Katılma Payının Değerleri



BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

6.1 Üç Sistem Arasında Gerçekleştirilen Karşılaştırmanın Ana Kriterleri

Karşılaştırmanın ana kriterleri özet olarak aşağıda yer alan çizelgede ve grafiklerde yer almaktadır.

Tablo 6.1¹³ Üç sistemlerin arasında karşılaştırmanın ana kriterleri.

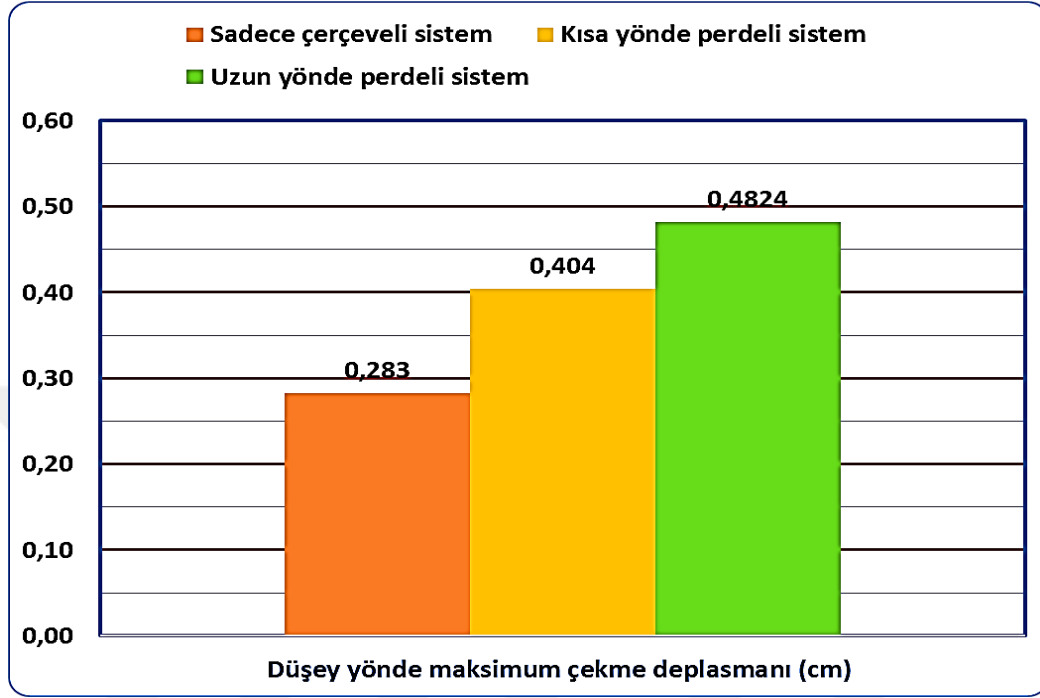
Yapı sistemi	Salt Çerçevesel Sistem	Kısa Yönde Perdeli Sistem	Uzun Yönde Perdeli Sistem
Düşey yönde maks çekme deplasmanı (cm)	0.283	0,404	0,4824
Mak bileşke yatay deplasmanı (cm)	17,511	16,875	20,246
Mak kesme kuvveti_kN	532,542	447,840	429,990
$\alpha_x(\%)$	10,154	10,425	9,512
$\alpha_y(\%)$	10,709	8,512	10,694

$\alpha_{X,Y}(\%)$: Binanın kütlelerinin yalıtım sisteminin birimlerine yüzde kaç aktarıldığını tespit edecek olan orandır. Bu oran (%10) değerinden çok büyük olduğu zaman bu binada yalıtım sistemi kullanılmaması gerektiği anlamına gelmektedir.

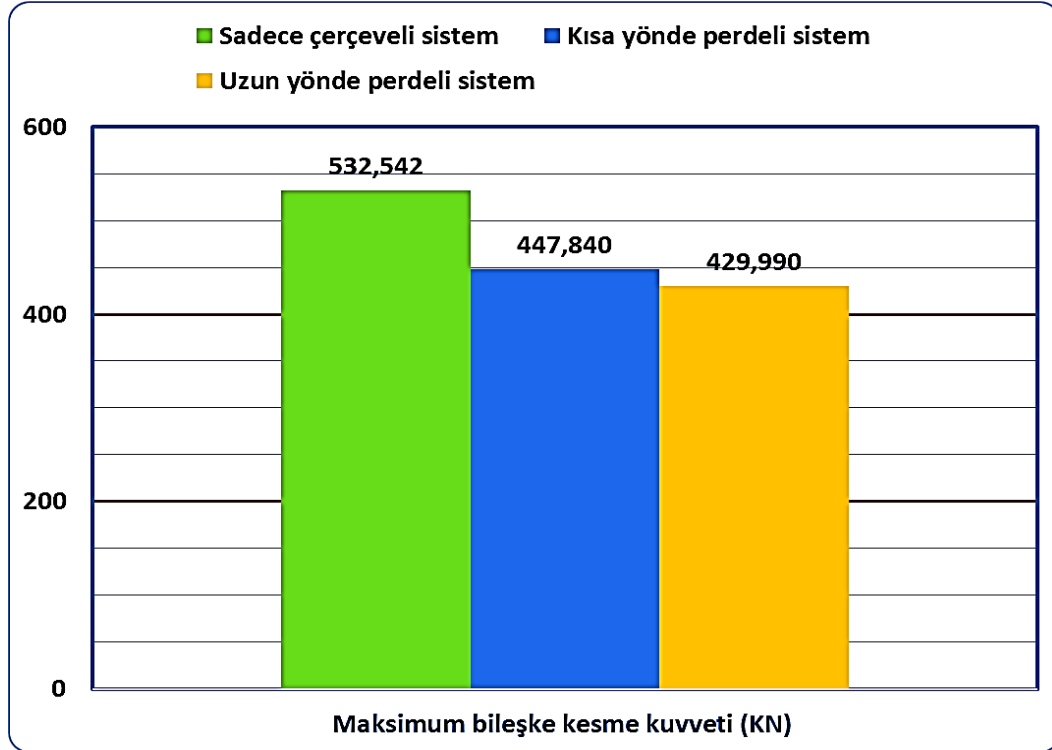
Köşe izolatörün en büyük deplasman değeri uzun yöndeki perdeli sistemde olup en küçük değer ise salt çerçevesel sistemde (Tablo 6.2) görülmektedir. İzolatörün maksimum kesme kuvvet değeri sadece çerçevesel sistemde olup en küçüğü ise uzun yönde perdeli sistemde (Tablo 6.3) görülmektedir. Kısa yönde perdeli sistemde bu değer diğer perdeli sisteme daha yakın olduğu görülmektedir.

¹³ Tabloda yer alan değerler, izolatörlerin seviyesinde gösterilen en büyük mutlak değerlerdir.

Tablo 6.2 Uç sistemin ararsında maksimum çekme desplasmanı-cm

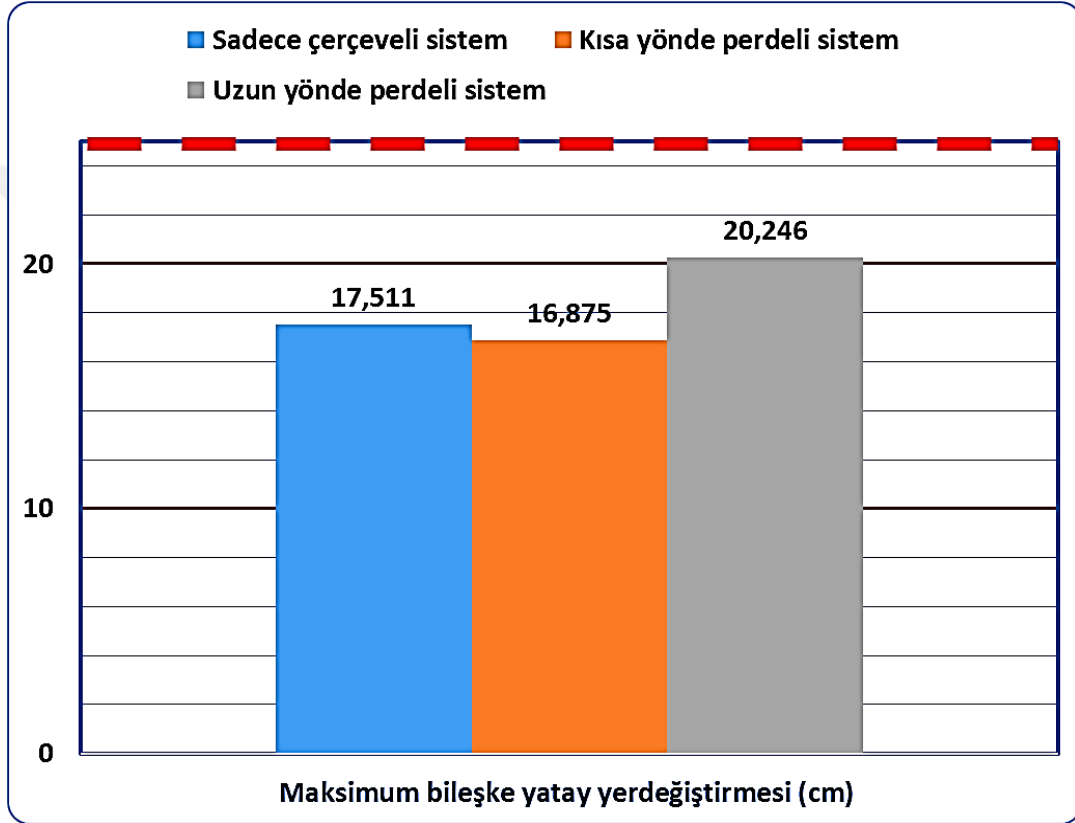


Tablo 6.3 Üç sistemin arasında maksimum bileşke kesme kuvveti-kN



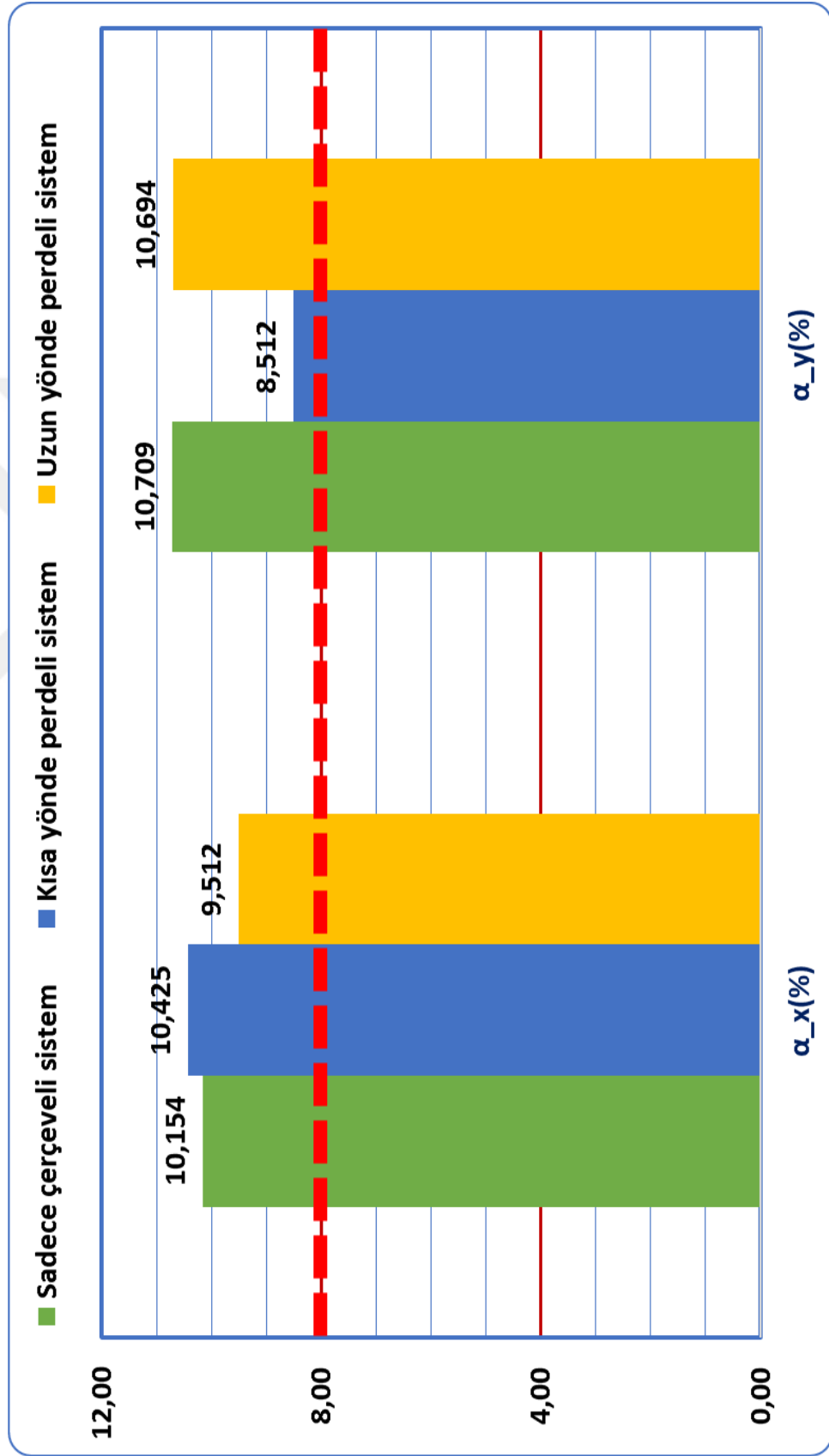
Maksimum yatay yer değiştirmenin değeri, uzun yönde perdeli sistemde olup en küçük değer ise diğer perdeli sistemde tespit edilmektedir. Sadece çerçeveseli sistemde değer ise önceki değerlerinde arasında olduğu görölmektedir.

Tablo 6.4 Üç systemin arasında maksimum bileşke yer değiştirmesi-cm



$\alpha_{X,Y}(\%)$ Oranının değerı 8-11% arasında olması, X doğrultusunda, en büyük değerın kısa yönde perdeli sisteme ait olduğu en küçük değerın ise perdeli sistemde olduğu görölmektedir. Y doğrultusunda ise sadece çerçeveseli ve uzun yönde perdeli sistemlerin arasında büyük farklılık göstermediği en küçük değerın ise kısa yönde perdeli sistemde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6.5 Üç sistemin arasında α_X, Y (%) oranının değerleri



6.2 Sonuçların Tartışılması ve Öneriler

Önceki bölümün sonuçlarını baz alarak yalıtım sisteminin kullanılabilirliğini değerlendirmek için şu ana kriterlere dikkat edilmesi gerekmektedir.

- i. Düşey yönde çekme kuvveti.
 - ii. Bileşke yatay yerdeğiştirme değerleri.
 - iii. Bileşke yatay kesme kuvvet değerleri.
 - iv. Göreli kat öteleme değerleri.
 - v. Kat ivmesi değerleri.
 - vi. $\alpha_{X,Y}$ (%) Oranı.
- F.S sisteminde, göreli kat ötelemelerinin sınırı TBDY-18’da yer alan maddelere göre $D_{\text{sınır}} = 0,005h_i = 0,02$ değerinde olmalıdır. Tablo 6.1’de görüldüğü gibi en büyük kat öteleminin değeri sınır altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kat ivmesi değeri (g) ‘Story_acceleration’ en büyük değerinin 0,8g olduğu görülmektedir.
 - L.S.W sisteminde, göreli kat ötelemesi $D_{\text{max}} = 0,055$ ’tır. Bu değer sistemin Y doğrultusundaki ikinci yer hareketi kaydına ait değeridir. Sadece yalıtım tabakasına en yakın katta yer almıştır. Diğer katlarda öteleminin değeri sınır altındadır. Kat ivmesinin değerleri ise en büyük değer 1,0 g civarında bulunmaktadır.
 - S.S.W sisteminde, göreli kat ötelemesi $D_{\text{max}} = 0,054$ ’tir. Bu değer sistemin Y doğrultusundaki üçüncü yer hareketi kaydına ait değerdir. Sadece yalıtım tabakasına en yakın katta elde edilmiştir. Diğer katlarda öteleminin değeri sınır altındadır. Kat ivmesinin değerleri ise en büyük değeri 0,8 g civarında bulunmaktadır.

- Düşey yönde çekme kuvvetlerinin değerleri farklı sistemlerde sınırın altındadır.
- Üç farklı sistemde dinamik analiz sonuçlarına göre yalıtımlı sistemin sismik periyodu uzatılmış olup hedeflenen düzeye ulaşılmıştır.

$$T_{\text{dinamik}} = 2,96 \text{ s} > T_{\text{tasarım}} = 2,65 \text{ s}$$

- Yatay yerdeğiştirme açısından en düşük değer, kısa yönde perde duvarlı sistemde elde edilmiştir. Kesme kuvveti açısından en düşük değer, uzun doğrultuda perde duvarlı sistemde elde edilmiştir.
- Düşey yönde çekme kuvveti açısından en düşük değer, çerçevesiz sistemdedir.
- Tasarım aşamasında izolatörün yatay yerdeğiştirmesi için uygun ve yeterli boşluk olmadığı durumunda, yalıtım sistemi olarak en uygun sistem ise kısa yönde perde duvarlı sistemdir. Bu sistem düşey yönde çekme kuvvetin değerleri büyük olmasına rağmen yatay yerdeğiştirme olarak en düşük değere sahiptir.
- F.S sistemin kullanılmasının avantajı, izolatörlerin düşey yönde çekme kuvvet değeri düşük olmasıdır.
- Seçilen üç taşıyıcı modelin, incelenen sistemlere göre en uygun olanı salt çerçevesiz sistemdir.
- Perdeli sistemlerde, kısa yönde yerleştirilmiş olan sistemin uzun yönde yerleştirilmiş olan sistemden daha verimli olduğu görülmektedir.
- Elde edilen tüm sonuçlar, seçilen sistemlerinin özelliklerine bağlı olup başka sistemlerde farklılıklar gösterebilir.

KAYNAKLAR

- Aldemir, Ü. ve Aydın, E. 2005. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Yeni Yaklaşımlar, Türkiye Mühendislik Haberleri, sayı 435-2005/1.
- American Society of Civil Engineers, 2006, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, Virginia.
- Avcı, Y. 2007. *Çerçevelerden Oluşan Bir Okul Binasının Taban İzolatörleri Kullanılarak Güçlendirilmesi*. Yüksek lisans tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Başdoğan, A. C. (2012). *Yapılarda Taban İzasyonu Sistemleri*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. yüksek lisans tezi. İstanbul, Turkey.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N. 2004. *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Beta, İstanbul.
- Computers and Structures, Inc. (2000), *ETABS Linear & Nonlinear Static & Dynamic Analysis & Design of Building Systems* Retrived January 06, 2011, from <http://www.csiberkeley.com>
- Computers and Structures, Inc. (2000), *SAP2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures*, Berkeley, Retrived July 22, 2014, from <http://www.csiberkeley.com>
- Constantinou, M.C. (2004, October). *Technical Report. Friction Pendulum Double Concave Bearing*. Retrived January 05, 2012, from <http://nees.buffalo.edu/docs/dec304/FP-DC%20Report- DEMO.pdf>.

- Danila, G. (2015). Seismic Response Control of Buildings Using Base Isolation. American Institute of Science. Retrived March 24, 2015. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.
- Doğan, Ö. 2007. *Sismik Taban İzolasyon Sistemleri Ve Uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, MKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya.
- Enrique Luco, J,(2014). *Effects of soil–structure interaction on seismic baseisolation*. Department of Structural Engineering, Jacobs School of Engineering, University of California. USA.
- European Committee for Standardization. (2004). *Design of Structures for Earthquake Resistance – Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings*, European Standard. EN 1998-1,2004. Brussels.
- Etabs v16,0,3 [computer software]. (2016). Berkeley: Computers and Structures Inc. Retrived January 09, 2016, from <https://www.csiamerica.com/products/etabs>.
- Federal Emergency Management Agency (1997), *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, FEMA-273, Washington, D.e.
- Filiatrault, A ve Cherry, S(1988). *Comparative performance of friction damped systems and base isolation systems for earthquake retrofit and a seismic design*.
- Google, (b.t). Retrived October 02, 2017, from <https://www.google.com.tr>
- Güner, G. (2012). *Bir Hastane Yapısının Klasik Yöntemle Ve Sismik İzolatör Kullanılarak Tasarımının Dinamik Yönden Karşılaştırılmasının Yapılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.yüksek lisans tezi. İstanbul,Turkey.

Hoşbaş, A.B., 2006. *Çok Katlı Betonarme Yapının Sismik İzolatörlerle Modellenmesi Ve Yapının Perdelerle Güçlendirilmiş Durumu İle Karşılaştırılması*.Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

International Code Council (2000), *International Building Code*, March.2000.

Jangid, R.S,(2007). *Optimum lead-rubber isolation bearings for near-fault motions* Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Powai, Mumbai.

Layan, Y ve Chi- Chang, L.ve Ging-Lang, L. (2012) *Experimental evaluation of supplemental viscous damping for a sliding isolation system under pulse-like base excitations*, Department of Civil Engineering, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan.

Mander, J. B. Priestley, M. J. N., and Park, R. (1988). *Theoretical stress-strain model for confined concrete*. *Journal of Structural Engineering ASCE*. 114(8), 1804-1826. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(1988)114:8 (1804).

Naeim, F. Martin, IA, Jr., Gong, V., Norton, G, Schindler, B.S., Scambelurri, M, and Rahman, M.A. (1999), "*Structural Analysis and Design of the Walt Disney Concert Hall, Los Angeles*," Proceedings of the 1999 SEOAC Annual Convention, Santa Barbara, CA

Naeim, F. and Kelly, J.M. (1999). *Design of Sismic Izolated Structures*. *Director of Research and Development*, Los Angeles, California.

Naeim, F and Kelly, J. M (1999) *Design of Seismic Isolated Structures*. Copyright 1999 John Wiley & Sons, Inc, New York, USA. Martin, J. A. (çev,2001). The seismic design handbook (P. S. Farzad Naeim, Ed.),Kluwer Academic Publishers.New York, USA .

- Oprisoreanu, V.V (2011) *Design of base isolation devices*. Technical University of Civil Engineering, Faculty of Civil, Industrial and Agricultural Constructions.
- Pall, A.S. ve Marsh, C.,(1982) *Response of friction damped braced frames*, ASCE Journal of Structural Division, 108, 1313.
- Tezcan,S. ve Cimilli, S., (2002). *Seismic Base Isolation*. Yüksek Öğrenim ve Araştırma Vakfı, İstanbul.
- Tolay, A.(2006). *Sismik İzolasyon Sistemlerinin Maliyet Analizi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek lisans tezi. İstanbul,Turkey.
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Taslağı (TBDY),(2018). Afet ve Acil Durumu Yönetimi Bakanlığı, Türkiye
- Yücesoy, A., 2005. *Sismik İzolatörler İle Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi, MKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya,Turkey.

EKLER

EK-1 Çalışmanın Geliştirilmesi İçin Yapılması Gerekli Ek Çalışmalar

- Yapının Özellikleri Ve Elemanlarının Modellemesi

Material Property Data

General Data

Material Name: Mat

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 29.42 kN/m³

Mass per Unit Volume: 3 kN-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 36373700 kN/m²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 15155708.33 kN/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Şekil 6.1 Binanın beton özelliklerinin Etabs programı yardımıyla modellenmesi

Material Property Design Data

Material Name and Type

Material Name: Rebar

Material Type: Rebar, Uniaxial

Design Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Strength, Fy: 420000 kN/m²

Minimum Tensile Strength, Fu: 620528.21 kN/m²

Expected Yield Strength, Fye: 455054.02 kN/m²

Expected Tensile Strength, Fue: 682581.03 kN/m²

Şekil 6.2 Binanın çelik özelliklerinin Etabs programı yardımıyla modellenmesi

Genel olarak klasik yapılarda olduğu gibi kiriş, kolon ve döşeme olmak üzere tasarım edilmektedir. Kirişleri; (B60x70, B60x80, B 80x70)¹⁴, Kolonlar ise; (C60x100, C80x100, C 60x100, C80x100) olmak üzere özellikler sahip oldukları, Döşemeler ise; (S20) kalınlık olarak sadece çerçevesiz sistemde değil öteki sistemlerde de kullanılmıştır. Perde duvarlı sistemlere özel (W25) kalınlıkta duvarlar olarak ilave edilmiştir.

Yapının ilk tasarım aşamasında yer alan elemanların tanımlanması, ETABS V16,0,3 programı yardımıyla Şekil 6.3, Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'te gösterildiği gibi yer almaktadır.

Şekil 6.3 Bina kolonlarının özellikleri, Etabs programı yardımıyla modellenmesi

¹⁴ Yukarıdaki adlandırmalarda kullanılan birim _cm'dir.

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: B60x80

Material: CONC

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.8 m

Width: 0.6 m

Property Modifiers

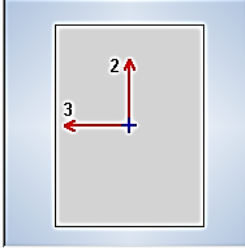
Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK Cancel

Show Section Properties...



Şekil 6.4 Binaının kirişlerinin özellikleri, Etabs programı yardımıyla modellenmesi

Wall Property Data

General Data

Property Name: Wall 25

Property Type: Specified

Wall Material: CONC_b

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently User Specified): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 25 cm

OK Cancel

Şekil 6.5 Binanın perde duvarların özelliği, Etabs programı yardımıyla modellenmesi

Slab Property Data

General Data

Property Name: S20

Slab Material: CONC_b

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Membrane

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: [Red] Change...

Property Notes: Modify/Show...

☐ Use Special One-Way Load Distribution

Property Data

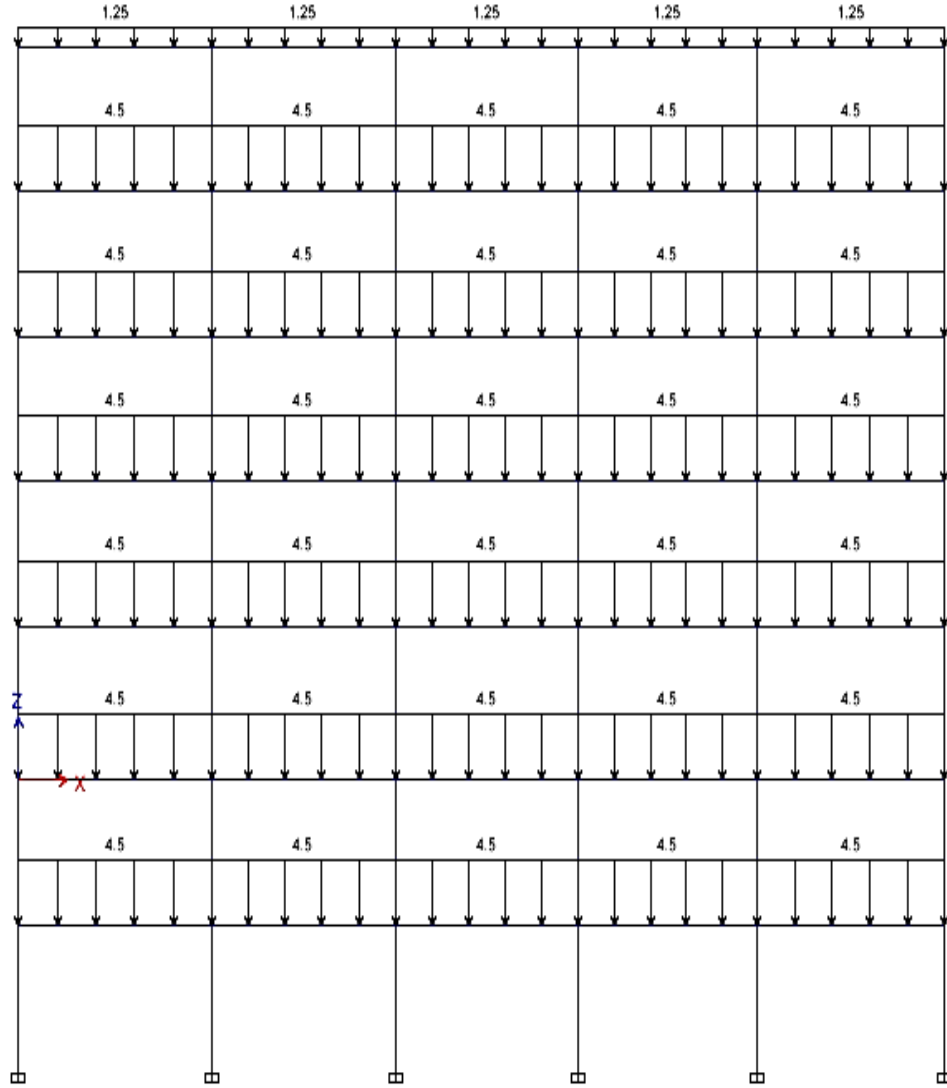
Type: Slab

Thickness: 20 cm

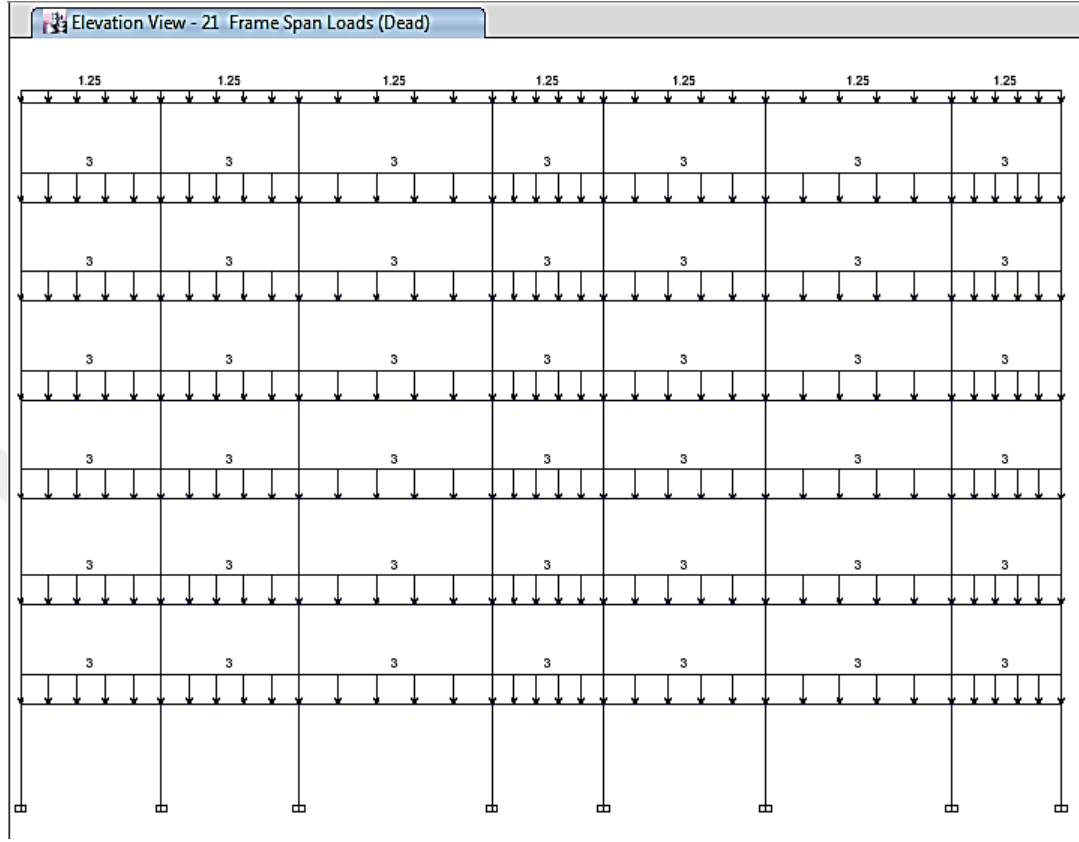
OK Cancel

Şekil 6.6 Binanın döşemelerin özelliği, Etabs programı yardımıyla modellenmesi

Programdaki yüklerin dağıtılması Şekil 6.7, Şekil 6.8, ve Şekil 6.9’da yer almaktadır.



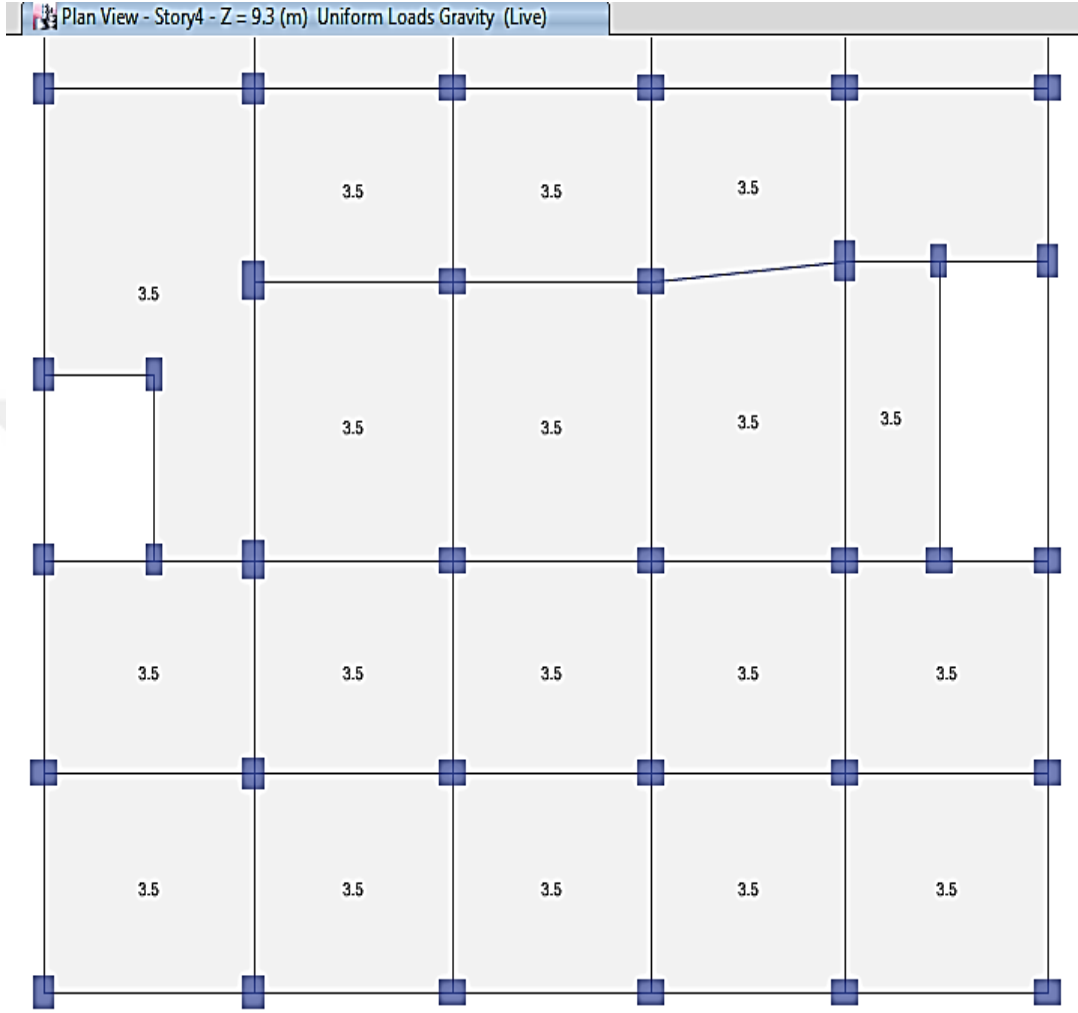
Şekil 6.7 Yapının çerçevelerinde ölü yüklerinin görünümü



Şekil 6.8 Yapının çerçevelerinde hareket yüklerinin görünümü

Tablo 6.6 Yapıdaki katların kütle tablosu

TABLE: Mass Summary by Story			
Story	UX	UY	UZ
	ton	ton	ton
Story7	2387.5751	2387.5751	2387.5751
Story6	2960.2547	2960.2547	2960.2547
Story5	2960.2547	2960.2547	2960.2547
Story4	2958.8507	2958.8507	2958.8507
Story3	2978.2007	2978.2007	2978.2007
Story2	3168.7925	3168.7925	3168.7925
Story1	3694.1922	3694.1922	3694.1922
Story8	495.72	495.72	495.72
Base	0	0	0
Mass	21603.8406		



Şekil 6.9 Yapının dösemelerinin hareket yüklerinin görünümü

▪ **Ardışık Yaklaştırma:**

ii. **İkinci ardışık yaklaştırma**

$$T = 3,0 S$$

$$D = 0,32 m$$

$$S_{ae}(T = 3,0 \text{ s}) = \frac{0,518}{3,0} = 0,173 \text{ g}$$

$$\beta_e = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu_e}{\mu_e + D/R_C} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{0,08}{0,08 + 0,32/5} \right] = 0,35 \approx 35\%$$

$$\eta_M = \sqrt{\frac{10}{5 + \beta_e}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 35}} = 0,50$$

$$D_M = 1,3 \left(\frac{9,806}{4\pi^2} \right) 3,0^2 * 0,50 * 0,173 = 0,251 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{0,251}{9,806 * (0,08 + 0,251/5)}} = 2,79 \text{ s}$$

iii. Üçüncü ardışık yaklaştırma:

$$T = 2,79 \text{ s}$$

$$D = 0,25 \text{ m}$$

$$S_{ae}(T = 2,79 \text{ s}) = \frac{0,518}{2,79} = 0,186 \text{ g}$$

$$\beta_e = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu_e}{\mu_e + D/R_C} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{0,08}{0,08 + 0,251/5} \right] = 0,39 \approx 39\%$$

$$\eta_M = \sqrt{\frac{10}{5 + \beta_e}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 39}} = 0,477$$

$$D_M = 1,3 \left(\frac{9,806}{4\pi^2} \right) 2,79^2 * 0,477 * 0,186 = 0,223 \text{ m} = 22,3 \text{ cm}$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{0,223}{9,806 * (0,08 + 0,223/5)}} = 2,68 \text{ s}$$

iv. **Dördüncü ardışık yaklaştırma:**

$$T = 2,68 \text{ s}$$

$$D = 0,223 \text{ m}$$

$$S_{ae}(T = 2,68 \text{ s}) = \frac{0,518}{2,68} = 0,193 \text{ g}$$

$$\beta_e = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu_e}{\mu_e + D/R_c} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{0,08}{0,08 + 0,223/5} \right] = 0,407 \approx 41\%$$

$$\eta_M = \sqrt{\frac{10}{5 + \beta_e}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 40,7}} = 0,467$$

$$D_M = 1,3 \left(\frac{9,806}{4\pi^2} \right) 2,68^2 * 0,467 * 0,193 = 0,21 \text{ m} = 21 \text{ cm}$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{0,210}{9,806 * (0,08 + 0,21/5)}} = 2,63 \text{ s}$$

v. **Beşinci ardışık yaklaştırma:**

$$T = 2,63 \text{ s}$$

$$D = 0,21 \text{ m}$$

$$S_{ae}(T = 2,63 \text{ s}) = \frac{0,518}{2,63} = 0,197 \text{ g}$$

$$\beta_e = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu_e}{\mu_e + D/R_c} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{0,08}{0,08 + 0,21/5} \right] = 0,42 \approx 42\%$$

$$\eta_M = \sqrt{\frac{10}{5 + \beta e}} = \sqrt{\frac{10}{5 + 42}} = 0,46$$

$$D_M = 1,3 \left(\frac{9,806}{4\pi^2} \right) 2,79^2 * 0,46 * 0,197 = 0,21m = 21cm$$

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{0,223}{9,806 * (0,08 + 0,223/5)}} = 2,63 S$$

EK-2 İzolatörlerin Doğrusal Olmayan Özelliklerinin Modllemesi

- **F.S sistemi**

General

Link Property Name: Sürtünmeli Sarkaç

Link Property Notes: Modify/Show Notes...

Link Type: MultiLinear Plastic

P-Delta Parameters: Modify/Show...

Total Mass and Weight

Mass: 0 kN-s²/cm

Weight: 0 kN

Rotational Inertia 1: 0 kN-cm-s²

Rotational Inertia 2: 0 kN-cm-s²

Rotational Inertia 3: 0 kN-cm-s²

Directional Properties

Direction	Fixed	NonLinear	Properties	Direction	Fixed	NonLinear	Properties
☒ U1	☐	☐	Modify/Show for U1...	☐ R1	☐	☐	Modify/Show for R1...
☒ U2	☐	☒	Modify/Show for U2...	☐ R2	☐	☐	Modify/Show for R2...
☒ U3	☐	☒	Modify/Show for U3...	☐ R3	☐	☐	Modify/Show for R3...

Fix All Clear All

OK Cancel

Şekil 6.10 İzolatörlerin non-linear özelliklerinin modllemesi

Bu işlemi U2 ve U3 doğrultusunda yer alması gerekmektedir. Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'de yer almaktadır.

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: FPS

Direction: U2

Type: MultiLinear Plastic

NonLinear: Yes

Hysteresis Type and Associated Parameters

Hysteresis Type: Kinematic

No Parameters are Required for this Hysteresis Type

Linear Properties

Effective Stiffness: 2276 kN/m

Effective Damping: 0 kN-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

Multilinear Force-Displ Relation

Pt	Displ (m)	Force (kN)
1	-0.21	-478
2	-0.0025	-314
3	0	0
4	0.0025	314
5	0.21	478

Add Row Delete Row Reorder Rows

Max: (0.21, 478); Min: (-0.21, -478)

Hysteresis Definition Diagram

Kinematic Hysteresis Model

Action

Deformation

OK Cancel

Şekil 6.11 İzolatörlerin U2 doğrultusunda non-lineer özelliklerinin modlemesi F.S sistemi

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: FPS

Direction: U3

Type: MultiLinear Plastic

NonLinear: Yes

Hysteresis Type and Associated Parameters

Hysteresis Type: Kinematic

No Parameters are Required for this Hysteresis Type

Linear Properties

Effective Stiffness: 2276 kN/m

Effective Damping: 0 kN-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

Multilinear Force-Displ Relation

Pt	Displ (m)	Force (kN)
1	-0.21	-478
2	-0.0025	-314
3	0	0
4	0.0025	314
5	0.21	478

Add Row Delete Row Reorder Rows

Max: (0.21, 478); Min: (-0.21, -478)

Hysteresis Definition Diagram

Kinematic Hysteresis Model

Action

Deformation

OK Cancel

Şekil 6.12 İzolatörlerin U3 doğrultusunda non-lineer özelliklerinin modlemesi F.S ssistem

- **L.S.W sistemi**

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: FPS

Direction: U2

Type: MultiLinear Plastic

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 2276.19 kN/m

Effective Damping: 0 kN-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

Multilinear Force-Displ Relation

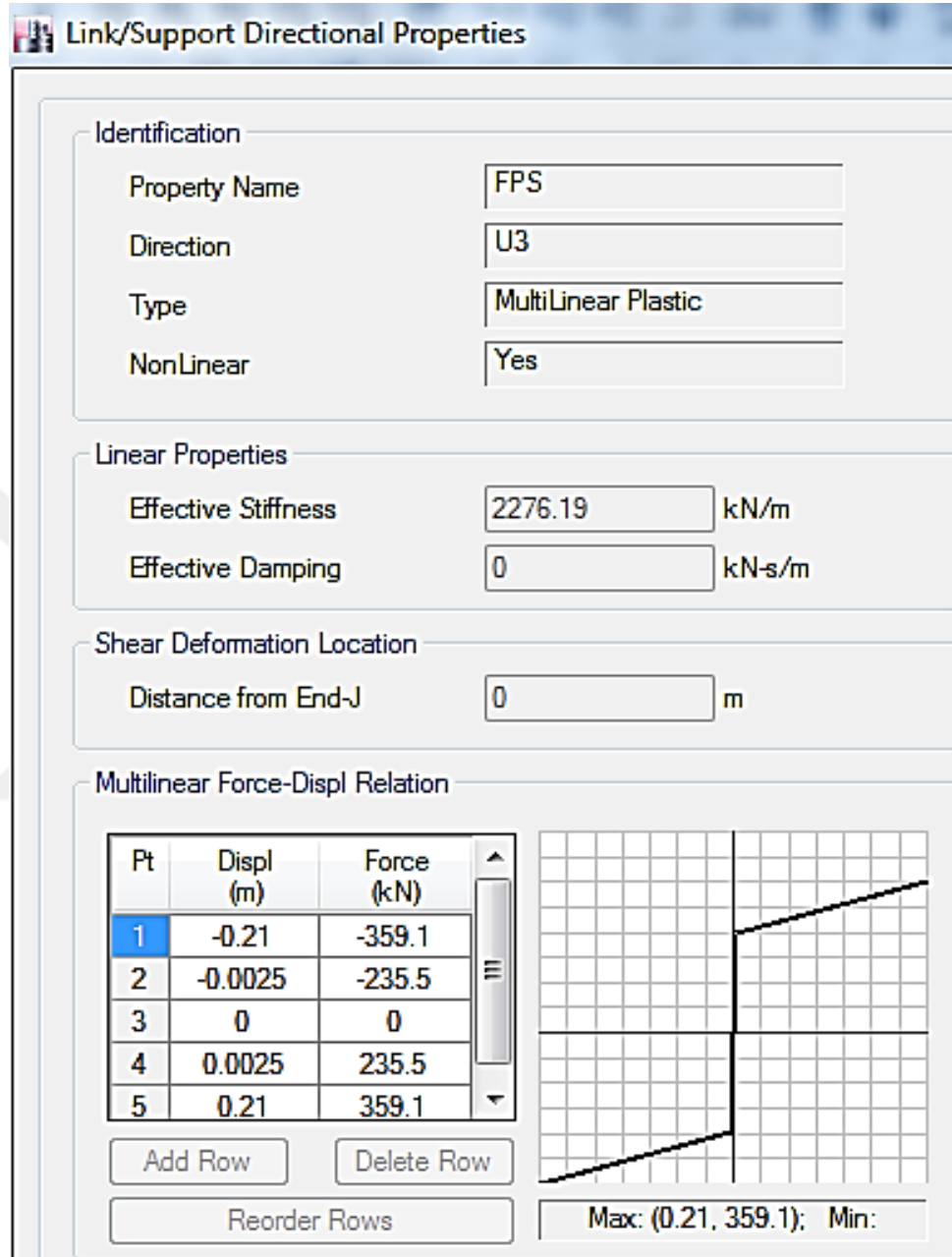
Pt	Displ (m)	Force (kN)
1	-0.21	-359.1
2	-0.0025	-235.5
3	0	0
4	0.0025	235.5
5	0.21	359.1

Add Row Delete Row Reorder Rows

Max: (0.21, 359.1); Min:

Şekil 6.13 İzolatörlerin U2 doğrultusunda non-lineer özelliklerinin modellenmesi L.S.W sistemi

Bu işlemin U2 ve U3 doğrultusunda yer alması gerekmektedir. Şekil 6.14 ve Şekil 6.15'te yer almaktadır.



Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: FPS

Direction: U3

Type: MultiLinear Plastic

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 2276.19 kN/m

Effective Damping: 0 kN-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

Multilinear Force-Displ Relation

Pt	Displ (m)	Force (kN)
1	-0.21	-359.1
2	-0.0025	-235.5
3	0	0
4	0.0025	235.5
5	0.21	359.1

Add Row Delete Row

Reorder Rows



Max: (0.21, 359.1); Min:

Şekil 6.14 İzolatörlerin U3 doğrultusunda non-lineer özelliklerinin modellenmesi L.S.W ssistemi

- S.S.W sistemi

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: FPS

Direction: U2

Type: MultiLinear Plastic

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 2276.19 kN/m

Effective Damping: 0 kN-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

Multilinear Force-Displ Relation

Pt	Displ (m)	Force (kN)
1	-0.21	-391.7
2	-0.0025	-256.9
3	0	0
4	0.0025	256.9
5	0.21	391.7

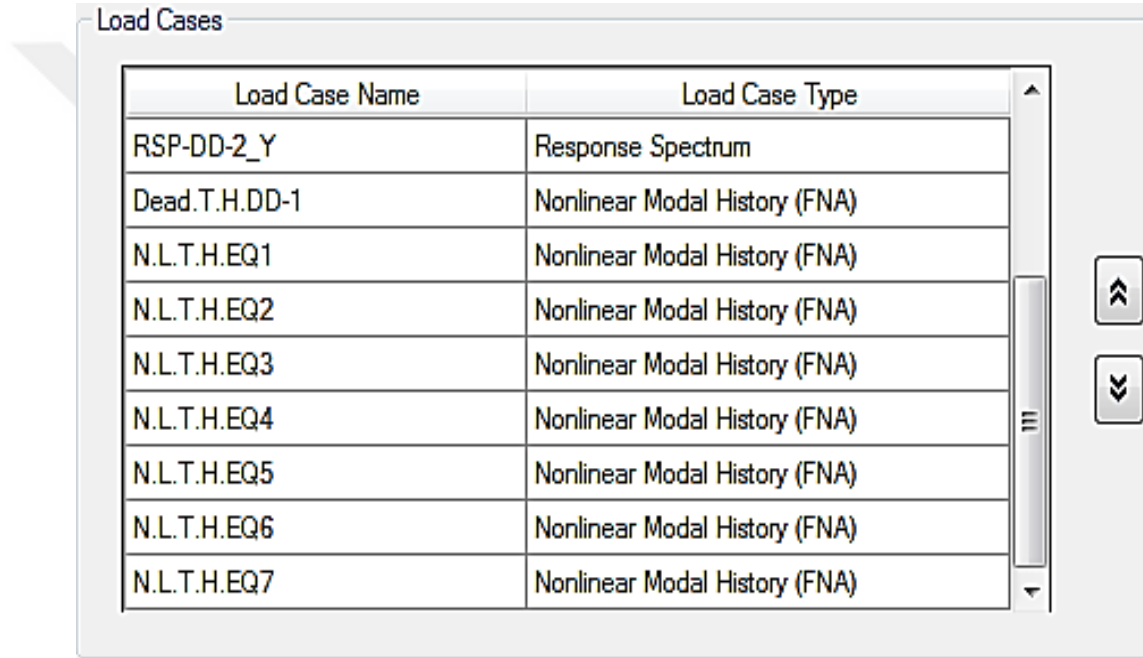
Add Row Delete Row Reorder Rows

Max: (0.21, 391.7); Min:

Şekil 6.15 İzolatörlerin non-linear özelliklerinin modellenmesi S.S.W sistemi

EK-3 Fonksiyonları Yük Durumu Olarak Tanımlaması

Fonksiyonların tanımlaması programda yeri aldıktan sonra Dead fonksiyon, 7 çift takımlarının fonksiyonu birer birer “Load case” durumuna dönüştürülerek analizasyon işlemlerinin Şekil (6.16)’da gösterildiği gibi yapılması gerekmektedir.



Load Case Name	Load Case Type
RSP-DD-2_Y	Response Spectrum
Dead.T.H.DD-1	Nonlinear Modal History (FNA)
N.L.T.H.EQ1	Nonlinear Modal History (FNA)
N.L.T.H.EQ2	Nonlinear Modal History (FNA)
N.L.T.H.EQ3	Nonlinear Modal History (FNA)
N.L.T.H.EQ4	Nonlinear Modal History (FNA)
N.L.T.H.EQ5	Nonlinear Modal History (FNA)
N.L.T.H.EQ6	Nonlinear Modal History (FNA)
N.L.T.H.EQ7	Nonlinear Modal History (FNA)

Şekil 6.16 Fonksiyonların Yük durumu olarak tanımlanması

Load Case Data

General

Load Case Name: N.L.T.H.EQ1 [Design...]

Load Case Type/Subtype: Time History [Nonlinear Modal (FNA)] [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Dead.T.H.DD-1

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	RSN2743_CHICHI....	9.81
Acceleration	U2	RSN2743_CHICHI....	9.81

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal_Eiegn

Number of Output Time Steps: 15900

Output Time Step Size: 0.005 sec

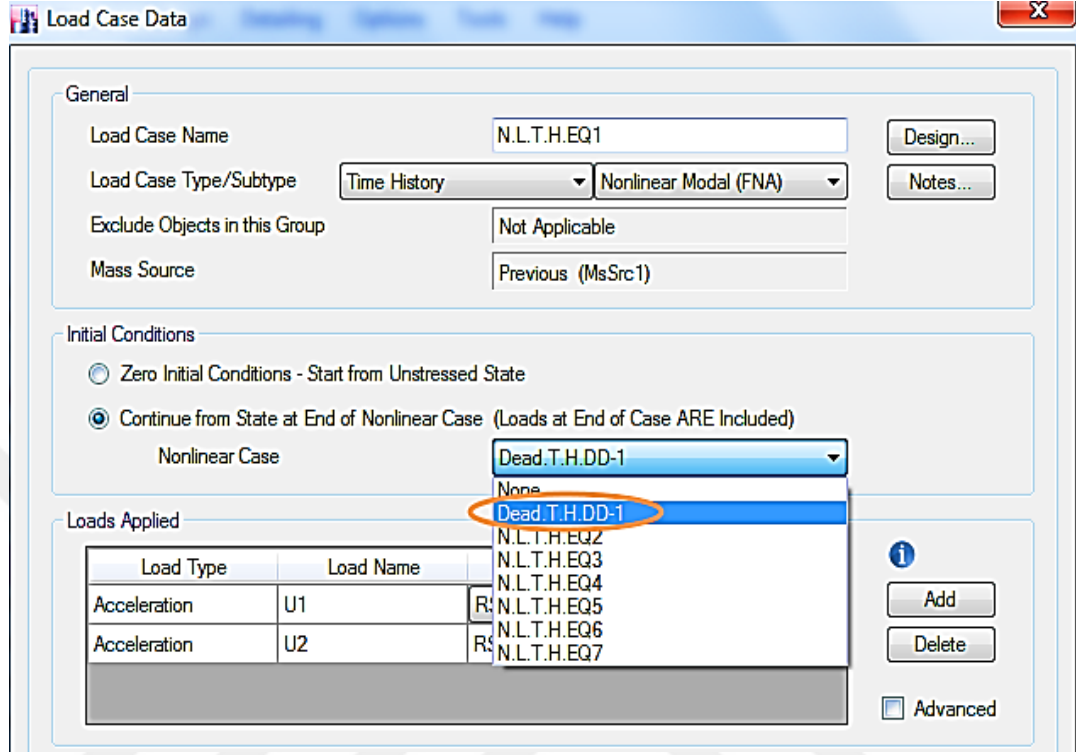
Modal Damping: Constant at 0.05; Overrides [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Şekil 6.17 Dead load case tanımlanmasının aşaması

Yer haterketi takımının İvmeleri (g) cinsinden olduğu için ‘scale factor’ yerçekimi ivmesinin 9,81 olduğundan emin olmak gerekmektedir.



Şekil 6.18 Fonksiyonları Yük durumu olarak tanımlamasının görünümü

Yedi yer hareketi takımları X ve Y doğrultusunda sıralanarak Şekil 6.19’da gösterildiği gibi tanımlanmıştır. Analiz sırasında bilindiği gibi yapının ilk üç mod’te en büyük tepkileri vermektedir. Bu yüzden ilk modlerde en büyük dinamik yanıtları elde edilmesi için Şekil 6.20’de yer alan sönüm oranı (%5) yerine, sönümsüz olarak alınmıştır.

▪ Fonksiyonların Tanımlanmasının Doğrulanması

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Dead.T.H.DD-1

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	RSN2743_CHICH	9.81
Acceleration	U2	Default Uniform Ramp func	9.81

Other Parameters

Modal Load Case: [Dropdown]

Number of Output Time Steps: 15900

Output Time Step Size: 0.005 sec

Modal Damping: Constant at 0.05; Ov

Nonlinear Parameters: Default

Buttons: Add, Delete, Advanced, OK, Cancel

Şekil 6.19 Fonksiyonların tanımlanmasının doğrulanması

Modal Damping Type

☒ Constant Damping for all Modes

☐ Interpolated Damping by Period or Frequency

☐ Mass and Stiffness Proportional Damping by Coefficient

Constant Modal Damping

Constant Damping for all Modes: 0.05

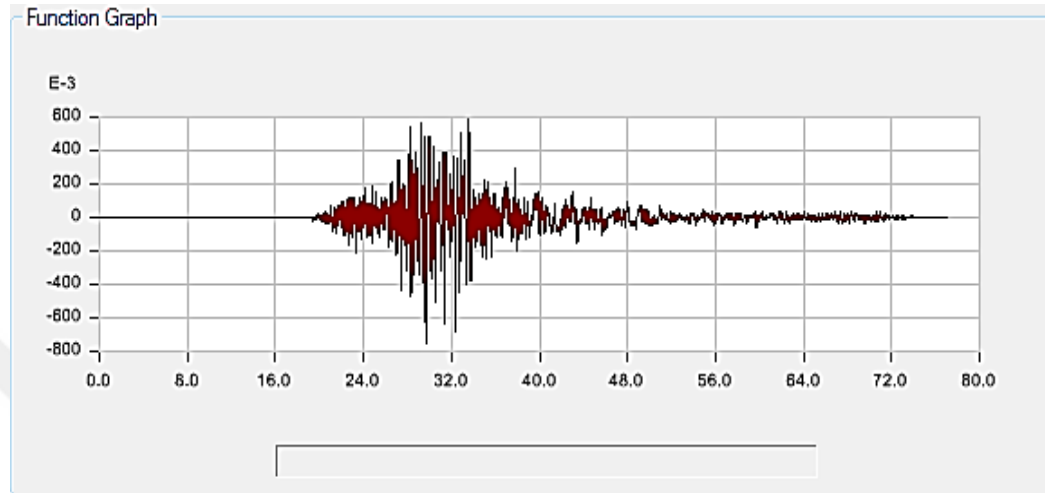
Modal Damping Overwrites

Mode	Damping
1	0
2	0
3	0

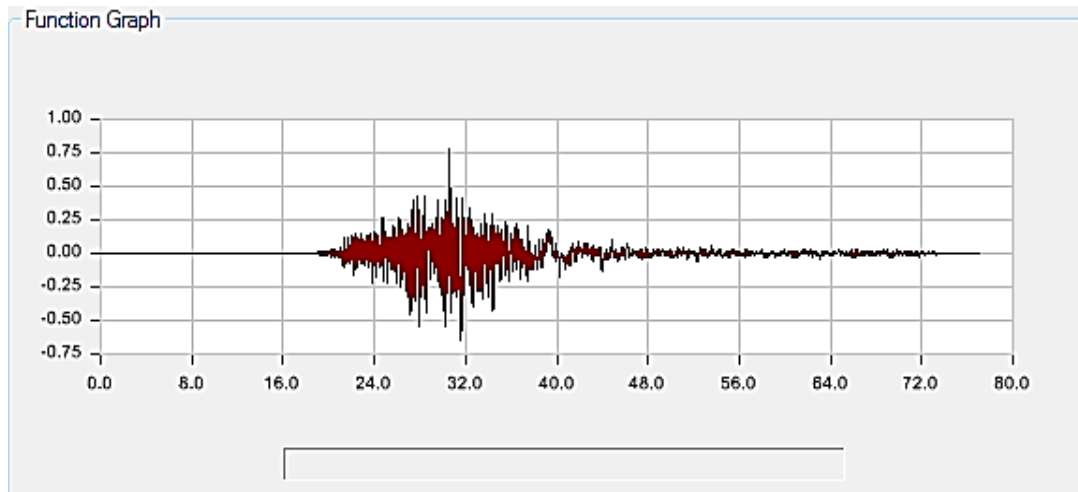
Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Şekil6.20 Sönüm oranının ilk üç mod'ta değerleri

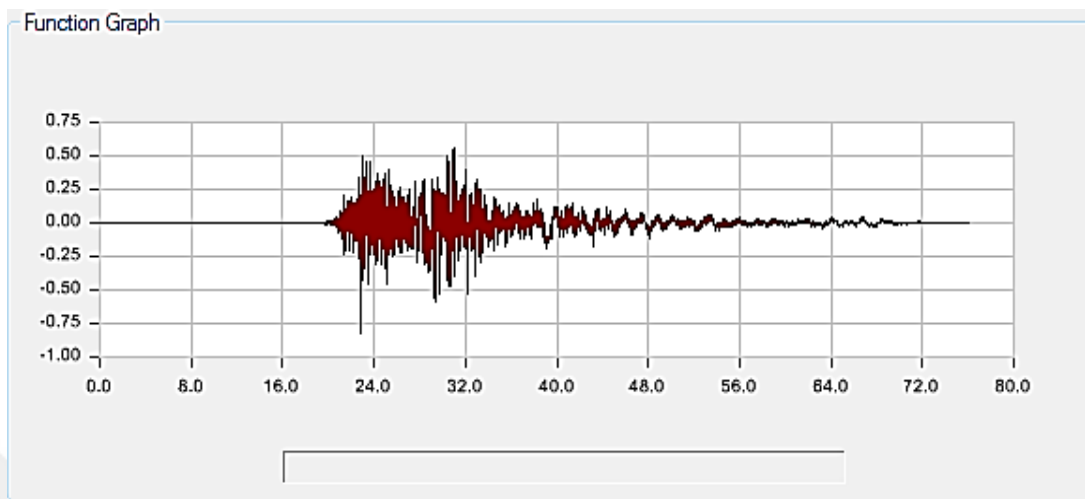
■ Yer Hareketi Kayıtlarının Grafikleri



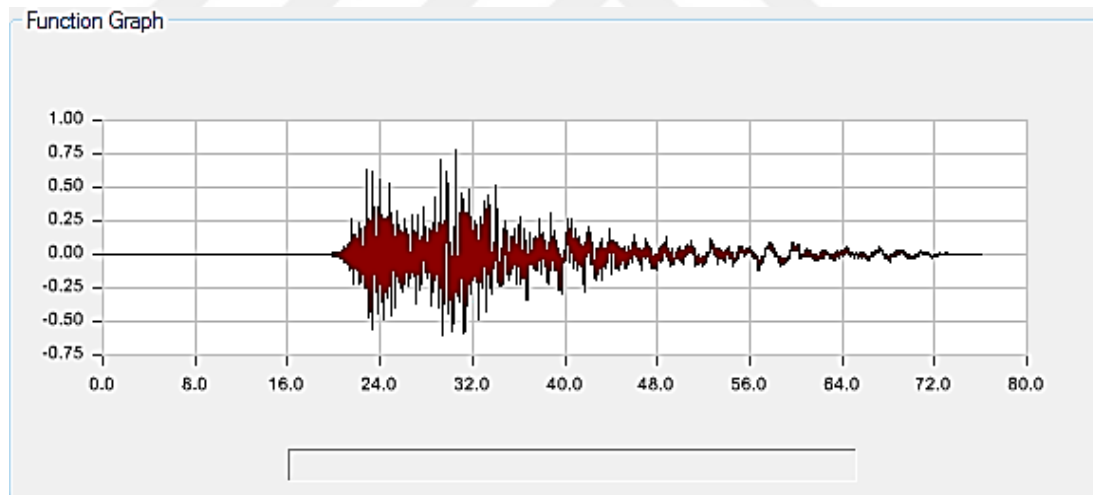
Ground motion acceleration 1. graph_X



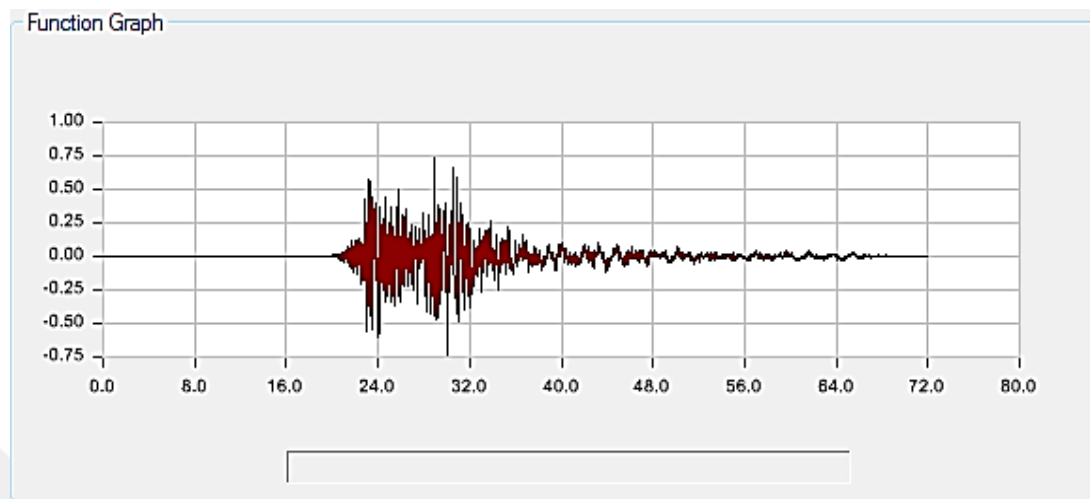
Ground motion acceleration 1.graph_Y



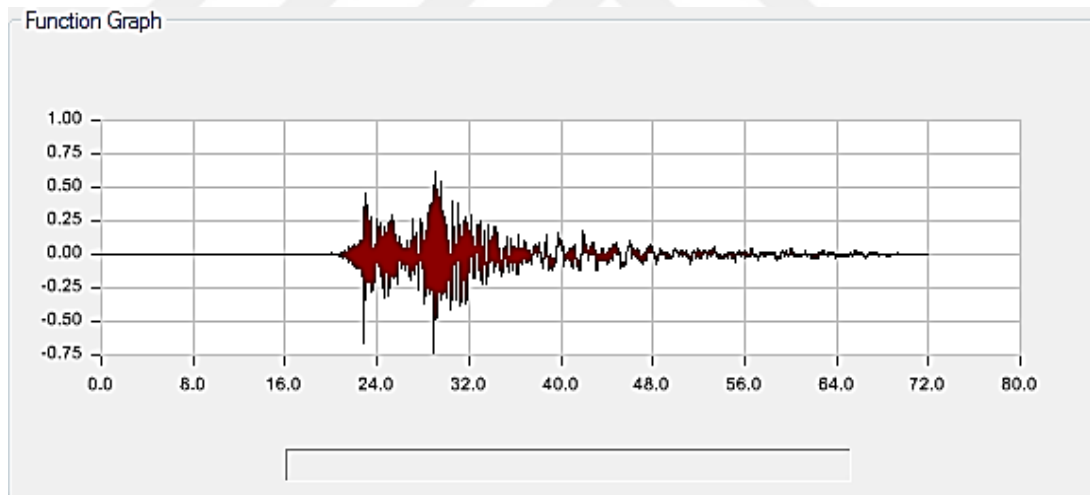
Ground motion acceleration 2.graph_X



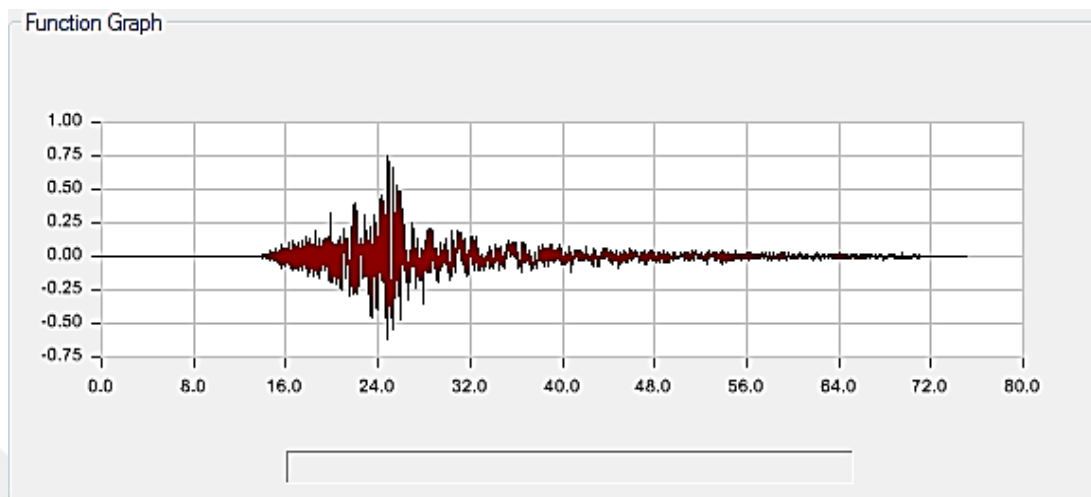
Ground motion acceleration 2.graph_Y



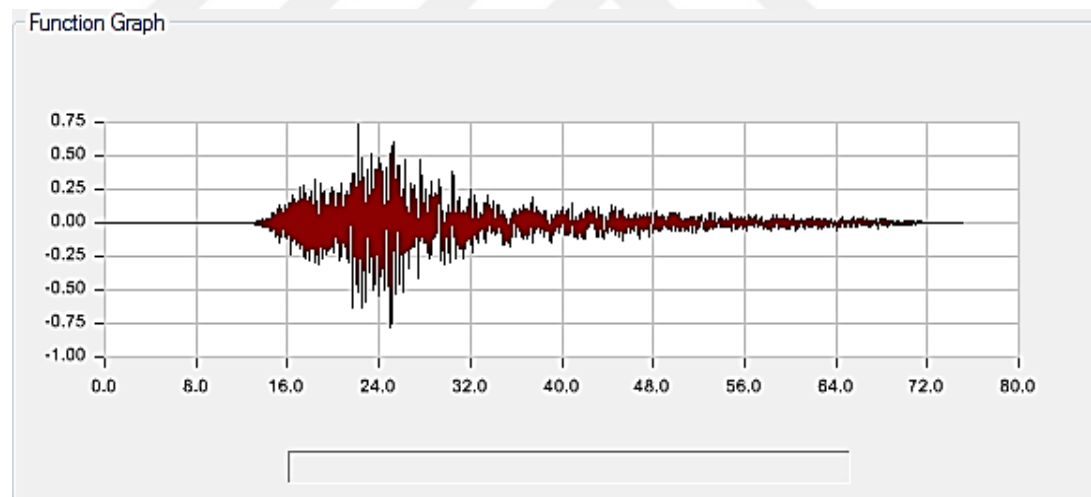
Ground motion acceleration 3.graph_X



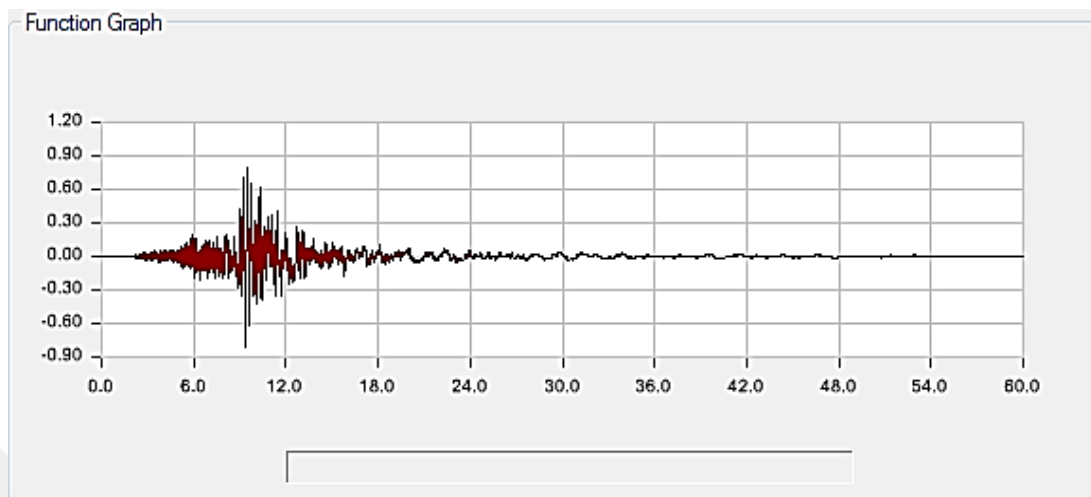
Ground motion acceleration 3.graph_Y



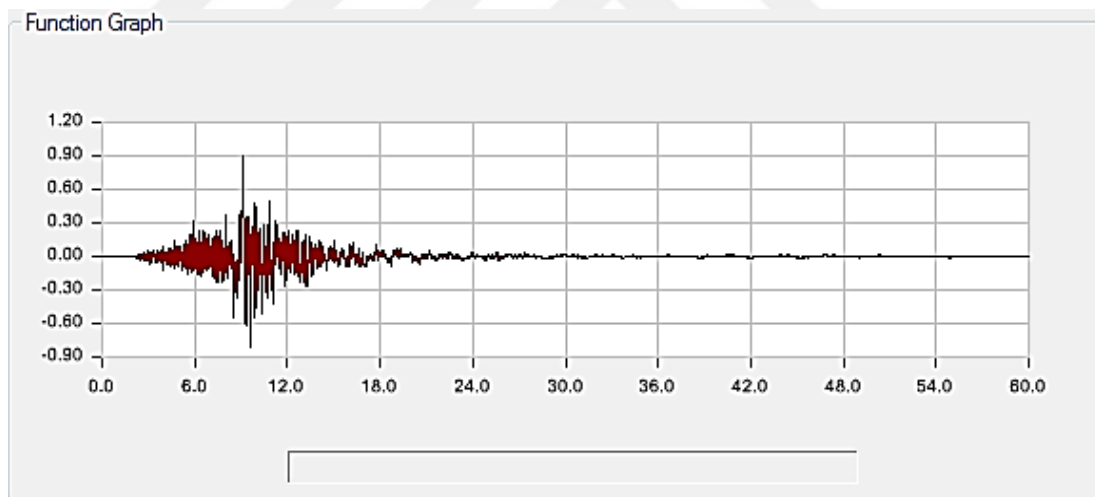
Ground motion acceleration 4.graph_X



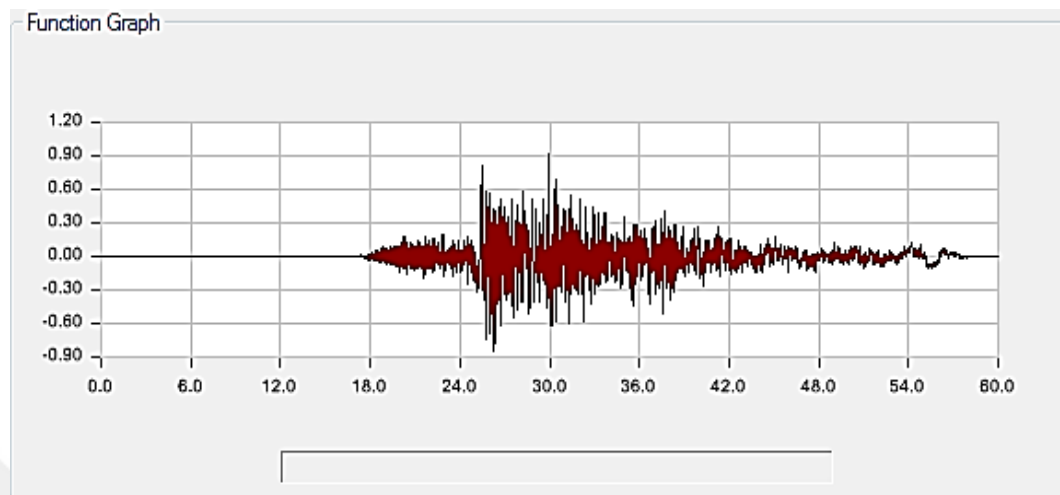
Ground motion acceleration 4.graph_Y



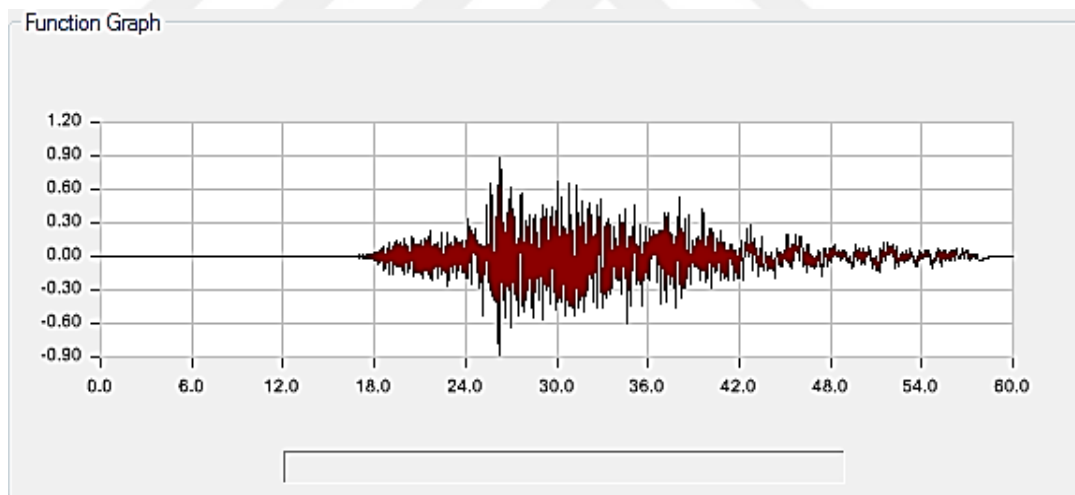
Ground motion acceleration 5.graph_X



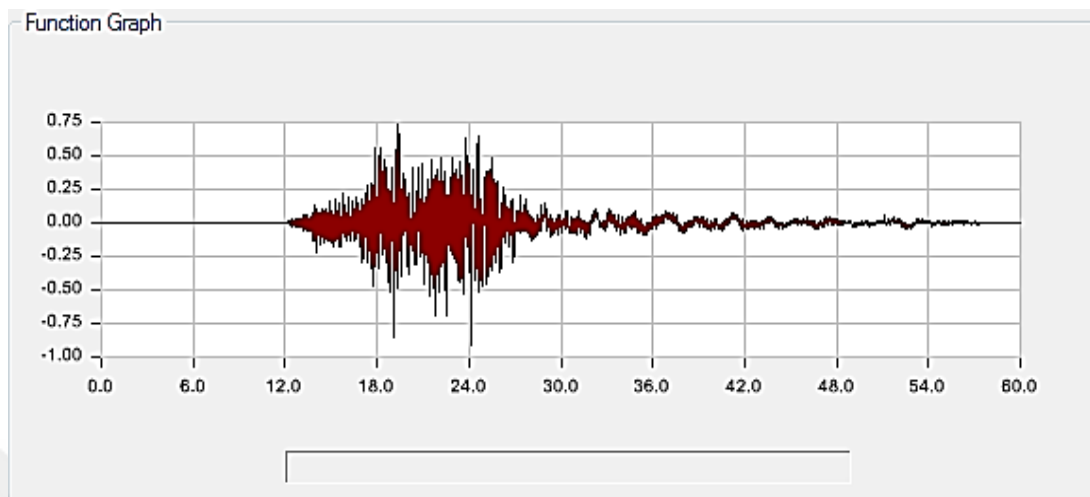
Ground motion acceleration 5.graph_Y



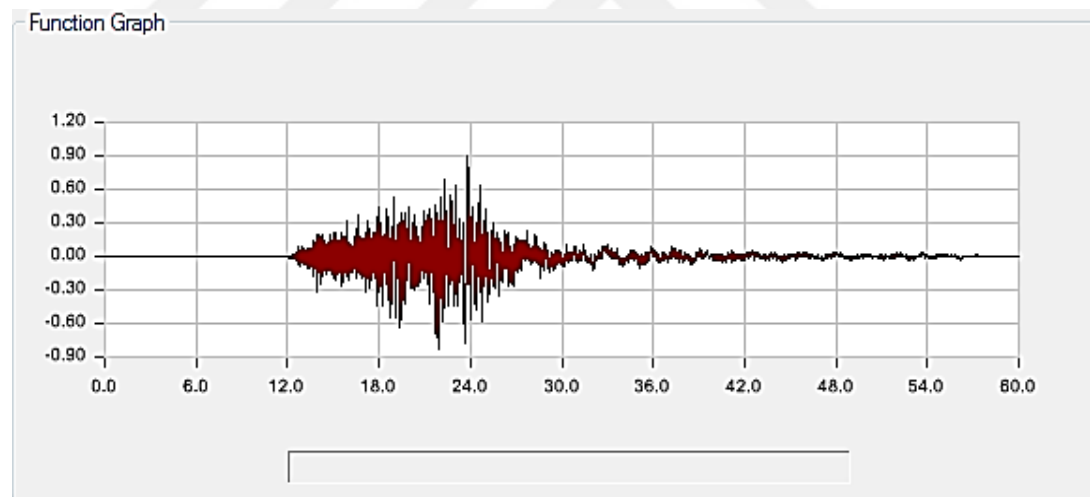
Ground motion acceleration 6.graph_X



Ground motion acceleration 6.graph_Y



Ground motion acceleration 7.graph_X



Ground motion acceleration 7.graph_Y