T.C.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARDA DEPREM ETKİSİNİN DBYBHY 2007 VE TBDY 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Zülkif ASIĞÇEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
Temmuz 2019

T.C

DİCLE UNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Zülkif ASIĞÇEL tarafından yapılan "BETONARME BİNALARDA DEPREM ETKİSİNİN DBYBHY 2007 VE TBDY 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir

Jüri Üyesinin

	Ünvanı	Adı Soyadı
Başkan	: Prof. Dr.	Halil GÖRGÜN
Üye	: Dr. Öğretim Üyesi	Mehmet Emin ÖNCÜ
Üye	: Doç. Dr.	Erkut SAYIN

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 08/07/2019

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../.../2019

Prof. Dr. Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

(MÜHÜR)

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımda bilgi ve deneyimleriyle bana ışık tutan, her şartta destek ve yardımlarını esirgemeyen, öğrencisi olmaktan büyük onur duyduğum danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Emin ÖNCÜ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmam süresince, yeterince vakit ayıramadığım biricik aileme sabır ve anlayışları için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR ..... **I**

ÖZET ..... **IV**

ABSTRACT ..... **V**

ÇİZELGELİSTESİ ..... **VI**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **VII**

KISALTMALAR VE SİMGELER ..... **IX**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Konu 1

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı 2

2. KAYNAK ÖZETLERİ **5**

3. MATERYAL VE METOT **9**

3.1. 2018 TBDY'nin Getirdiği Yenilikler ve 2007 DBYBHY'ye Göre Yapılan Değişiklikler 10

3.1.1. Yönetmeliğin Kapsamı ve Özel Durumlar 10

3.1.2. Deprem Tasarımına Esas Alınacak Deprem Yer Hareketi 11

3.1.3. Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı ve Değerlendirmesi İçin Genel Esaslar 19

3.2. Deprem Etkisinde Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Taşıması Gereken Özellikler 28

3.2.1. Taşıyıcı Sistem Sade ve Basit Olmalı 28

3.2.2. Taşıyıcı sistemin Düzenli ve Simetrik Olarak Düzenlenmesi 28

3.2.3. Taşıyıcı Sistemde Hiperstatiklik Özelliğinin Sağlanması 29

3.2.4. Taşıyıcı Sistemde Dayanım ve Rijitlik 29

3.2.5. Taşıyıcı Sistemde Yeterli Süneklik 29

3.3. Deprem Etkisinde Binaların Dayanıma Göre Tasarım ve Değerlendirme Esasları 30

3.3.1. Tasarım ve Değerlendirme Yaklaşımının Belirlenmesi 30

3.3.2. Deprem Yükü ve Kapasite Tasarım İlkesi 33
3.3.3. Deprem Etkisini Tanımlama ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi 33
3.3.4. Doğrusal Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Modellenmesi 34
3.3.5. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi 35
3.3.6. Değerlendirme Parametreleri ve Sınırlandırmalar 36
3.4. Sayısal Uygulamalar 38
3.4.1. Tasarım Esas İvme Spektrumlarının Eski ve Yeni Yönetmeliklere Göre Karşılaştırılması 38
3.4.2. Herhangi Bir Düzensizlik İçermeyen Bina Modeli 43
3.4.3. B3 Düzensizliği (İki ucundan mesnetli kirişe oturan kolon) İçeren Bina Modeli 55
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 59
4.1. Tasarım Esas İvme Spektrumlarının Eski ve Yeni Yönetmeliklere Göre Karşılaştırılması 59
4.1.1. Farklı Zemin Sınıflarının Karşılaştırılması 59
4.1.2. Benzer Zemin Sınıfında Farklı Lokasyonların (Eski Yönetmeliğe Göre Aynı Deprem Bölgesindeki farklı Nokta) Karşılaştırılması 62
4.1.3. Benzer Zemin Sınıfında Farklı Lokasyonların (Eski Yönetmeliğe Göre 1. Derece Deprem Bölgesi Merkezi Olan İller) Karşılaştırılması 63
4.1.4. Benzer Zemin Sınıfında Farklı Lokasyonların(Eski Yönetmeliğe Göre Farklı Deprem Bölgeleri) Karşılaştırılması 65
4.2. Düzenli Bina Modeli analiz sonuçları 66
4.3.1. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Düşey Deplasman Değerlerinin Karşılaştırılması 74
4.3.2. B3 Düzensizliği Noktasına Bağlı Kolonların İç Kuvvet Değerleri 75
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 81
6. KAYNAKLAR 83
ÖZGEÇMİŞ 85

ÖZET

BETONARME BİNALARDA DEPREM ETKİSİNİN DBYBHY 2007 VE TBDY 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zülkif ASIĞÇEL

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2019

Bu tezin amacı doğrultusunda yeni binaların DBYBHY 2007(eski yönetmelik) ve TBDY 2018(yeni yönetmelik) deprem yönetmeliklerine göre doğrusal analiz metoduyla analiz ve karşılaştırması yapılmıştır. Analizler, eski ve yeni yönetmelik kurallarına göre ayrı ayrı hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Yeni deprem yönetmeliğinin, betonarme bina değerlendirmesinde ne tür farklılıklar meydana getirdiği araştırılmıştır. Yeni yönetmelikte spektrum tanımlarında köklü değişiklikler yapılmıştır. Yeni yönetmelikte düşey deprem spektrumu da eklenerek, belirli durumlarda düşey deprem etkisinin hesaba katılması zorunlu hale getirilmiştir. Bu durumu değerlendirmek amacıyla B3 düzensizliği içeren bina modeli tasarlanarak, düşey deprem etkisi araştırılmıştır. Yatay spektrum değerleri, verilen yaklaşık zemin sınıfları eşleştirmesinde göre eski yönetmeliği göre oldukça geniş aralıklı elde edilmiştir. Yeni deprem yönetmeliğinde deprem etkisi hesabında etkin kesit rijitliklerinin kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Taşıyıcı sistem geometrisi her iki yönetmelik tasarım esaslarına göre modellenen iki binanın deprem yükleri altında analizi yapılmıştır. Yeni yönetmeliğe göre etkin kesit rijitliklerine göre değerlendirilen yapı daha fazla deplasman yapmıştır. Analiz sonuçlarında elde edilen kesme kuvvetleri ve deplasmanlar yüksek çıkmasına rağmen, yapının eski yönetmeliğe göre daha güvenli tarafta kaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem yönetmeliği, Doğrusal analiz metodu, Etkin Kesit Rijitlikleri.

ABSTRACT

COMPARISION OF EARTHQUAKE EFFECT ON CONCRETE BUILDINGS ACCORDING TO DBYBHY 2007AND TBDY 2018 EARTHQUAKE CODES

MSc THESIS

Zülkif ASIĞÇEL

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2019

Within the scope of this thesis, new reinforced concrete buildings which are evaluated and compared by linear methods according to the DBYBHY 2007 and TBDY 2018 earthquake code.The analysis result found separately by using DBYBHY 2007 and TBDY 2018 codes are compared. It is desired to see what kind of differences may ocur regarding the evaluation of a reinforced concrete building with the renewed earthquake code.The definition of the design spectrum haschanged in new code. A design spectrum with a larger spectral acceleration value is defined as the lateral design spectrum. For the first time definition of the vertical design spectrum was included in the new earth quake code. To evaluate the effect of the vertical earthquake load, a reinforced concrete building which has B3 irregularity is designed. Vertical earthquake effect, for minimum values of load combinations, has high values of deflection. New seismic code provide smaller effective section stiffnesses. The geometry of the building and the structural system of the building are introduced. Two models of reinforced concrete building have been analyzed. A summary of the results of the linear elastic evaluation of the structure is given. Calculated values are compared. Shear force values are increasing in the analysis results made according to the new code. According to the new code, with the horizontal earthquake loading, it is seen that the deformation demand obtained in the sections are smaller than the analyzes made with section stiffnesses. Analyzes made according to the new code show that eventhough the building has larger shear forces and displacements, there is less damage to the elements. According to analysis of two models, the new earthquake code has been found more reliable than old code.

Key Words: Earthquake code, Linear elastic method, effective section stiffnesses.

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 3.1	Yerel Zemin Sınıfları(TBDY)	16
Çizelge 3.2	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları	16
Çizelge 3.3	1 saniye periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları	16
Çizelge 3.4	Bina kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları(TBDY)	20
Çizelge 3.5	Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)(TBDY)	21
Çizelge 3.6	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m](TBDY)	22
Çizelge 3.7	Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme ve çelik binalar (Yüksek Binalar Dışında- BYS≥2)	26
Çizelge 3.8	Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları(TBDY)	32
Çizelge 3.9	Etkin Kesit Rijitlikleri Çarpanları (TBDY)	35
Çizelge 3.10	Hareketli Yük KütleKatılımKatsayısı(TBDY)	35
Çizelge 3.11	Spektrumların değerlendirilmesinde kullanılacak yerel ve il bazında koordinatlar	38
Çizelge 3.12	Düzensizlik İçermeyen Bina Modeli Bilgileri	43
Çizelge 3.12	Düzensizlik İçermeyen Bina Modeli Bilgileri(devamı)	44
Çizelge 3.13	Exceldeoluşturulan elastik ve azaltılmış tasarım ivme spektrum verileri	49
Çizelge 3.13	Excelde oluşturulan elastik ve azaltılmış tasarım ivme spektrum verileri(devamı)	50
Çizelge 4.1	DBYBHY 2007 Düğüm Noktaları Maksimum Yerdeğiştirmeler	68
Çizelge 4.2	TBDY 2018 Düğüm Noktaları Maksimum Yerdeğiştirmeler	68
Çizelge 4.3	TBDY 2018 Etkin Kesit Rijitlikli Deplasman	69
Çizelge 4.4	DBYBHY 2007 X Doğrultusu İçin Etkin Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerler Kontrolü72	
Çizelge 4.5	DBYBHY 2007 Y Doğrultusu İçin Etkin Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerler Kontrolü	72
Çizelge 4.6	TBDY 2018 X Doğrultusu İçin Etkin Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerler Kontrolü	73
Çizelge 4.7	TBDY 2018 Y Doğrultusu İçin Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerler Kontrolü	73
Çizelge 4.8	TBDY 2018 X Doğrultusu için (Etkin Kesit Rijitliği) Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerlerle kontrolü	73
Çizelge 4.9	DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Maksimum Çökme Değerleri(Z)(m)	74
Çizelge 4.10	DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Minimum Çökme Değerleri(Z)(m)	74
Çizelge 4.11	Kolon iç kuvvetleri	75

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 3. 1	1945 Deprem Haritası	11
Şekil 3. 2	1963 Deprem Tehlike Haritası	11
Şekil 3.3	1975 Deprem Tehlike Haritası	12
Şekil 3.4	1996 Deprem Bölgeleri Haritası	12
Şekil 3.5	Kısa periyot 4 deprem yer düzeyi hareketine ait sismik haritalar	13
Şekil 3.6	1.0 saniye periyot 4 deprem yer düzeyi hareketine ait sismik haritalar	14
Şekil 3.7	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu grafiği	17
Şekil 3.8	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu grafiği	18
Şekil 3.9	Bina Performans Durumları(Celep 2018)	24
Şekil 3.10	B3 Düzensizliklerinden kolonun iki ucundan27mesnetli kirişe oturması durumu	27
Şekil 3.11	Sünek ve gevrek davranışa ait yük-yerdeğiştirme grafiği	30
Şekil 3.12	TDTH'de Raporlama	39
Şekil 3.13	Özet rapor ilk sayfa bilgileri	40
Şekil 3.14	Harita ve tasarım spektral ivme katsayılarının elde edilmesi	40
Şekil 3.15	Yatay ve düşey elastik tasarım spektrum grafikleri	40
Şekil 3.16	Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Detaylı Rapor ve Grafiği	41
Şekil 3.17	Elde edilen verilerin gösterimi	41
Şekil 3.18	X-Y Düzleminde Sistem Modeli	45
Şekil 3.19	Kolon Donatı Özelliklerinin Tanıtılması	46
Şekil 3.20	Kiriş Donatı Özelliklerinin Tanıtılması	46
Şekil 3.21	Kirişlere Ölü ve Hareketli Yüklerin Yüklenmesi	47
Şekil 3.22	TBDY Yatay Tepki Spektrum Fonksiyonunun Tanıtılması	48
Şekil 3.23	TBDY Düşey Tepki Spektrum Fonksiyonunun Tanıtılması	48
Şekil 3.24	SAP2000 azaltılmış tasarım spektral ivme fonksiyonu	50
Şekil 3.25	Elastik-Azaltılmış Spektral ivme karşılaştırması	51
Şekil 3.26	DY 2007 Tepki Spektrumu fonksiyonunun tanıtılması	51
Şekil 3.27	Tepki Spektrumunun X Yönünde Mod Birleştirme Yöntemiyle Tanıtılması	52
Şekil 3.28	Tepki Spektrumunun Y Yönünde Mod Birleştirme Yöntemiyle Tanıtılması	53
Şekil 3.29	Yükleme Kombinasyonlarının Oluşturulması	53

Şekil 3.30	Zarf Kombinasyonları	54
Şekil 3.31	Y-Z Düzlemi B3 Düzensizliği Bağlantı Noktaları	55
Şekil 3.32	X-Z Düzlemi B3 Düzensizliği Bağlantı Noktaları	56
Şekil 3.33	EY1 Yük Kombinasyonu	57
Şekil 3.34	Düşey Deprem Yükü Kombinasyonlar	57
Şekil 4.1	Bingöl için eski yönetmeliğe göre elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması	59
Şekil 4.2	Bingöl için yeni yönetmeliğe göre L1 elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması	60
Şekil 4.3	Bingöl için yeni yönetmeliğe göre L2 elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması	60
Şekil 4.4	Bingöl için yeni yönetmeliğe göre L3 elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması	61
Şekil 4.5	Bingöl için eski ve yeni yönetmeliğe göre farklı zemin sınıflarına ait tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması	62
Şekil 4.6	Bingöl için eski ve yeni yönetmeliğe göre benzer zemin sınıfları için elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması	63
Şekil 4.7	1.Derece Deprem Bölgeleri eski ve yeni yönetmeliğe göre Z1-ZB zemin sınıfları için elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması	64
Şekil 4.8	1.Derece Deprem Bölgeleri eski ve yeni yönetmeliğe göre Z4-ZE zemin sınıfları için elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması	64
Şekil 4.9	Benzer Zemin Sınıfında Farklı Lokasyonların (Eski Yönetmeliğe Göre Farklı Deprem Bölgeleri) Karşılaştırılması	65
Şekil 4.10	COMB32007 yükleme altında deplasman	66
Şekil 4.11	COMB12018 yükleme altında deplasman	67
Şekil 4.12	Kat Düğüm Noktaları Yerdeğiştirme Karşılaştırması	69
Şekil 4.13	X doğrultusunda elde edilen deplasman karşılaştırması	70
Şekil 4.14	Y doğrultusunda elde edilen deplasman karşılaştırılması	71
Şekil 4.15	Z doğrultusunda elde edilen deplasman karşılaştırması	71
Şekil 4.16	Maksimum Kolon Eksenel Kuvvetlerin Karşılaştırılması	76
Şekil 4.17	Maksimum Kolon Kesme Kuvvetlerin Karşılaştırılması	77
Şekil 4.18	Maksimum Kolon Moment Değerlerinin Karşılaştırılması	77
Şekil 4.19	Minimum Kolon Eksenel Kuvvetlerin Karşılaştırılması	78
Şekil 4.20	Minimum Kolon Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	79
Şekil 4.21	Minimum Kolon Moment Değerlerinin Karşılaştırılması	79

KISALTMALAR VE SİMGELER

AFAD : Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı

BKS : Bina Kullanım Sınıfı

BYS : Bina Yükseklik Sınıfı

DD : Deprem Düzeyi

TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

DBYBHY : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

DGT : Dayanıma Göre Tasarım

DTS : Deprem Tasarım Sınıfı

KK : Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi

PGA :PeakGround Accelaration

PGV : PeakGroundVelocity

ŞDGT : Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım

D :Dayanım fazlalığı katsayısı

Δ :Kat ötelemeleri

F_1 :1 saniyeperiyot içinyerel zemin etki katsayısı

F_S :Kısaperiyot bölgesi içinyerel zemin etki katsayısı

G :Ölü yük

Q : Hareketli yük

H_N :Binayüksekliği

Sae(T) :Yatayelastik tasarım spektral ivmesi

SaeD(T) :Düşeyelastik tasarım spektral ivmesi

S_{DS} :Kısaperiyot bölgesi için tasarım spektral ivmekatsayısı

S_{D1} :1.0 saniyeperiyot için tasarım spektral ivme katsayısı

S_S :Kısaperiyot bölgesi için haritaspektral ivme katsayısı

S_1 :1.0 saniyeperiyotiçin haritaspektral ivme katsayısı

T_A : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu

T_B : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu

T_{AD} : Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu

T_{BD} : Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu

T_L : Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu

Tp :Binahakim doğal titreşim periyodu

1. GİRİŞ

1.1. Konu

Meydana gelen deprem verilerinden ve yeryüzünün tektonik yapısından deprem tehlikesi yüksek olan yerler günümüz teknolojisiyle kolaylıkla belirlenebilir. Ancak bir binanın ömrü boyunca maruz kalabileceği en şiddetli depremi tahmin etmek ve öngörülemeyen bu doğal afet karşısında mutlak emniyeti sağlamak oldukça zordur. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapı fonksiyonunun devam etmesinin sağlanması, hasarın sınırlandırılması ve can güvenliğinin sağlanması şeklinde sırayla göz önüne alınan üç güvenlik durumu söz konusudur. Depremlerin sebep olduğu hasar ve yıkımlar üzerinde yapılan araştırmalar ve depremlerden elde edilen verilerin de değerlendirilmesiyle, deprem etkisi altında olan bir çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de, özellikle yıkıcı etkisi yüksek olan depremlerden sonra deprem yönetmeliklerimizde, günün teknolojik gelişmeleri doğrultusunda değişiklikler yapılmıştır. 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY), yaklaşık 12 yıl yürürlükte kalarak deprem yükleri altında tasarım ve değerlendirmeye kaynaklık etmiştir. Ancak deprem mühendisliğindeki gelişmelerin malzeme bilimindeki ilerlemelerin ekonomik bir yapı tasarımı için göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca ülkemizin coğrafi koşulları dikkate alındığında, yapıların taşıyıcı sistemlerinde, coğrafi bölgelere has yapı malzemesi kullanılmaktadır. AFAD öncülüğünde oluşturulan komisyonda, yukarıda belirtilen genel ve özel durumlar dikkate alınarak yapılan çalışmalar 2016 yılında taslak olarak yayınlanmıştır. Taslak üzerinde yapılan çalışmalar ve taslağa yönelik eleştiriler doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılarak, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) adıyla, 18 Mart 2018 Tarihli ve 30364 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak, 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir. TBDY 2018, dünyada ve ülkemizde deprem davranışını analiz eden çalışmalar, yapı alanındaki yenilikler, teknolojik gelişmelere paralel olarak yapılan araştırmalar göz önünde bulundurularak, ülkemizin koşullarına uygun olarak hazırlanmıştır. TBDY 2018, yenilikler ve değişikliklerle ülkemizin deprem yüklerine göre tasarım ve değerlendirmeye kaynaklık edecektir. Ancak DBYBHY'ye göre yapılan deprem hesabını TBDY 2018 esaslarına göre yaparak karşılaştırabilirsek, yapılan değişiklikleri değerlendirme imkanını elde edebiliriz.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

DBYBHY 2007 deprem yönetmeliğinde, mevcut binaların deprem performansını değerlendirme yaklaşımı, TBDY 2018 ile sadece mevcut yapılarda değil, aynı zamanda yeni yapılacak yapılarda da uygulanmak üzere yönetmelikte yer almıştır. Bu tez çalışmamda; TBDY'nin getirdiği esaslara göre yeni yapılacak binaların, deprem etkisi ve deprem performansı açısından eski yönetmelik esaslarına göre tasarlanarak karşılaştırılması ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır

Yeni deprem yönetmeliği, eklenen konular ve mevcut konuların detaylı verilmesi nedeniyle oldukça zengin bir içeriğe sahip olmuştur. Bu çalışma kapsamında TBDY'nin getirdiği tüm yeniliklere değinmek, çalışmanın ana konusundan sapmaya sebep olabileceğinden, tasarıma esas genel bilgilerin verildiği yönetmeliğin ilk üç bölümü, tanımlama ve kavramlarıyla birlikte birbiriyle bağlantılı bir şekilde verilmiştir. Deprem etkisi altında uygun tasarım için bina taşıyıcı sistemlerinin taşıması gereken genel kurallar verilerek, depreme karşı olumsuzluklar nedeniyle tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binalarla ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydan getiren durumlar ele alınmıştır.

Deprem etkisi altında bina performans hedefleri ve uygulanacak tasarım yaklaşımları hakkında bilgi verilerek, Şekil Değiştirmeye Göre tasarım (ŞGDT) ve bu tez kapsamında kullanılan Dayanıma Göre Tasarım (DGT) esasları, detaya girilmeden verilmiştir. DGT kapsamında kullanılan doğrusal hesap yöntemleri, *Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi* ve *Modal Hesap Yöntemleri*'dir. Bu çalışmamızda kullanılan Mod Birleştirme Yönteminin (Spektral Analiz) teorik altyapısı verilerek, SAP2000 programında, tasarım ve analiz uygulama aşamaları gösterilmiştir.

Bu çalışma kapsamında iki bina modeli tasarlanarak analizi yapılmıştır. İlk model, taşıyıcı sistemi betonarme kolon ve kirişten oluşan ve her iki deprem yönetmeliğinde tanımlanan düzensizlikleri içermeyen bir bina, Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz edilerek sonuçları eski ve yeni yönetmeliğin sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır.

Deprem yönetmeliklerinde, yapıların düşey yük etkisinde yeterli dayanımda olduğu kabul edilerek sadece yatay deprem etkisinde tasarım ve performans değerlendirmesi yapılmaktadır. Ancak taşıyıcı sistemdeki bazı özel durumlardan dolayı

düşey deprem etkisinin hesaba katılması gerekmektedir. TBDY 2018'de, bu özel durumlardan biri olan düşeyde düzensizliklerden **B3** türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, düşey deprem hesabı yapılması gerektiği belirtilmiştir. İkinci model, taşıyıcı sistemi betonarme kolon ve kirişten oluşan ve B3 düzensizliği içeren bir binanın düşey deprem yükü hesabı Mod Birleştirme yöntemiyle yapılarak, DBYBHY 2007'de *B3* düzensizliği için verilen iç kuvvetlerin %50 arttırılması durumuyla karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmamda gereksiz tekrarlardan kaçınmak için metin içinde genel olarak, DBYBHY 2007 için "Eski Yönetmelik", TBDY 2018 için ise "Yeni Yönetmelik" ifadeleri kullanılmıştır. Bu tez kapsamında verilen kavramlar yeni yönetmelikte belirtilen ve tanımı yapılan ifadeler olacaktır. Çalışmamızın yeni yönetmeliğin uygulamaya yönelik eksikliklerini gidermeye katkı sağlayacağı düşüncesiyle, eski yönetmelikle karşılaştırma işlemi, gerekli görülen kısımlar dışında, sadece uygulama örnekleri üzerinde yapılmıştır

2. KAYNAK ÖZETLERİ

TBDY 2018, hem taslak aşamasında hem de yayınlandıktan sonra üzerinde birçok akademik çalışma yapılmıştır. Yapılan bu akademik çalışmalardan, tez çalışmam kapsamında yararlandığım kaynaklar aşağıda özetlenmiştir. Ayrıca deprem hesap yöntemleri ve taşıyıcı sistem özelliklerinin deprem hesabına etkisinin araştırıldığı çalışmaların özeti de verilmiştir.

Öztürk (2018) çalışmasında 1996 deprem tehlike haritasında 1., 2., 3. Ve 4. bölgede bulunan 4 yerde tasarım depremi için farklı 2 zemin cinsi ve 2 periyot değeri için eski ve yeni yönetmeliklere göre karşılaştırmasını yapmıştır. Taban kesme kuvvetlerine göre yapılan karşılaştırmalarda, ZB-Z2 zemin sınıflarına göre TBDY 2018 taban kesme kuvvetlerinin eski yönetmeliğe göre ortalama %60 arttığını tespit etmiştir. ZE-Z4 zemin sınıflarına göre ise taban kesme kuvveti DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre bir noktada azalırken diğer üç noktada ise arttığını ortaya koymuştur.

Koçer ve ark.(2018) çalışmalarında DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'de tanımlanan spektral ivme değerleri ile zemin hakim periyotları arasında bir karşılaştırma yapmışlardır. Seçilen 4 farklı bölgede yapılan kıyaslamada spektral ivme değerlerinin minimum %28, maksimumu %175 oranlarında artış yaptığını tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçların söz konusu bölgelerle sınırlı olduğunu belirterek genel olarak yeni yönetmeliğin daha güvenli tarafta kaldığı sonucuna varmışlardır.

Tunç ark.(2016) DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerini farklılıkları ve benzerlikleri açısından karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında ETABS analiz programını kullanarak, 10 katlı bir ofis binasının tasarımını ve değerlendirmesini iki yönetmeliğe göre kullanarak yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar, etkin kesit rijitlik katsayılarının kullanılmasının bina salınım periyodunu ve ötelenmeleri önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir. Bu artışa bağlı olarak yeni yönetmeliğe göre çözümde taban kesme kuvvetleri azalmıştır. Ancak bu azalmaya rağmen, dayanım fazlalığı katsayısının etiksiyle özellikle kesme kuvvetinin belirleyici olduğu perde duvar gibi yapı elamanlarının tasarım iç kuvvetlerinde % 20-% 25 arasında artış olabileceğini öngörmüşlerdir.

Demir ve Kayhan(2017) çalışmalarında DBYBHY 2007 ile TBDY 2018 yer alan tanımlamalar ve koşullar dikkate alınarak elde edilen ivme kayıt setleri

kullanmışlardır. Zaman tanım alanında analiz sonuçları kullanılarak, ivme kayıtlarından elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin set içerisindeki ortalaması hesaplanmıştır ve karşılaştırılmıştır. Her iki yönetmelikte de belirli bir sayıda ivme kaydı kullanılması durumunda, ivme kayıtlarından elde edilen sonuçların ortalamasının kullanılabileceği öngörmüşlerdir. TBDY 2018'de deprem bölgesi kavramı olmadığı için, elde edilen sonuçların ele alınan konum için geçerli olduğu, DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre 1. Derece deprem bölgesinde bulunan farklı konumlar için farklı hedef spektrumlar elde edilebileceği ve bunun da bu çalışmada ele alınan sonuçları etkileyebileceğini belirtilmişlerdir.

Uçar ve Merter (2012) çalışmalarında; beş, sekiz ve on katlı betonarme düzlem çerçeveler için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemlerinden elde edilen kat kesme kuvvetleri, taban kesme kuvvetleri ve göreli kat ötelemesi oranları birbiriyle kıyaslamışlardır. Göreli kat ötelemesi oranları ve kat kesme kuvvetleri ilk kattan üst katlara gidildikçe, Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminden elde edilen değerlerin Mod Birleştirme Yönteminden elde edilen değerlere oranı artmaktadır. Zaman Tanım alanında Hesap Yöntem ile elde edilen ortalama taban kesme kuvvetleri diğer iki yöntemden elde edilen değerlerden yaklaşık 5.5 kat daha fazla çıktığını belirtmişlerdir.

Turan (2012) çalışmasında, 12 katlı perde ve çerçeveli betonarme bir yapı tasarımı üzerinde Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi karşılaştırılmıştır. Her iki yönteme göre göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etiklerinin yönetmelikte verilen sınır değerlerini sağladığını belirtmiştir. Analiz sonuçlarına göre normal kuvvetler her iki yöntemde birbirine yakın olmasına rağmen, eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri hem perdeler hem de kolonlarda Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde daha yüksek olduğunu belirterek bu yöntemin Mod Birleştirme Yöntemine göre daha güvenli tarafta kaldığını belirtmiştir. Ancak Mod Birleştirme Yöntemiyle elde edilen sonuçlarla yapılan tasarımın daha ekonomik olacağı vurgulanmıştır.

Yeni yönetmeliğe yönelik yapılan çalışmalar genel olarak eski yönetmelikle farklılıkları karşılaştırma üzerinde yapılmıştır. Ülkemizde yeni yapılacak yapıların büyük bir çoğunluğunun, yatay mimariye uygun olarak 5-8 katlı olması ve uygulaması

daha kolay olan, daha az işlem hacmi ve zaman gerektiren yöntem olması nedeniyle, dayanıma göre tasarım ve değerlendirme esas alınarak, doğrusal hesap yöntemlerinin kullanımı yaygın olarak kullanılmaktadır. Yeni yönetmelikle beraber deprem etkisini değerlendirme, yeni yapılacak yapılar için uygulanması zorunlu hale getirldiğinden, bu çalışmamda doğrusal hesap yöntemlerinden Mod Birleştirme yöntemleri ile tasarım ve değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca eski yönetmelikte düşey deprem etkisi, özel durumlar hariç, hesaba katılmamaktadır. B3 düzensizliklerinden olan kirişe oturan kolonun bulunduğu durumlarda, kolonun bağlantı noktası ve elemanların bağlı olduğu tüm noktalarda iç kuvvetlerin %50 arttırılması şeklinde bir yöntem kullanılmaktaydı. Yeni yönetmelikte ise bu elemanlar için tasarımda düşey deprem etkisinin hesaba katılması yeterli görülmektedir. Literatürde bu iki durumu karşılaştıran bir çalışmaya rastlanmadığından buna yönelik bir uygulama da tezimizin kapsamına alınmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, yürürlüğe giren TBDY 2018'in, DBYBHY 2007'ye göre yapılan değişiklikler ve eklenen yeni kavramlar açıklanmıştır. Deprem etkisi altında yapıların tasarımına ve değerlendirilmesine kaynaklık eden elastik tasarım spektrumları hesaplanarak elde edilen değerler, Türkiye Deprem Tehlike Haritası web uygulamasından alınan verilerlerle karşılaştırılacaktır.

Deprem etkisi altında uygun tasarım için bina taşıyıcı sistemlerinin taşıması gereken genel kurallar verilerek, depreme karşı olumsuzluklar nedeniyle tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binalarla ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydan getiren durumlar ele alınacaktır. Deprem etkisi altında bina performans hedefleri ve uygulanacak tasarım yaklaşımları hakkında bilgi verilerek, Şekil Değiştirmeye Göre tasarım (ŞGDT) ve bu tez kapsamında kullanılacak olan Dayanıma Göre Tasarım (DGT) esasları, detaya girilmeden verilecektir. Düşeyde düzensizlik durumlarından olan **B3** türü düzensizliğin bulunduğu binalarda düşey deprem hesabı yapılması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmamızda düşey deprem yükü hesabı Mod Birleştirme yöntemiyle yapılarak, eski yönetmelikte *B3* düzensizliği verilen iç kuvvetlerin %50 arttırılması durumuyla karşılaştırılacaktır.

3.1. TBDY 2018'in Getirdiği Yenilikler ve DBYBHY 2007'ye Göre Yapılan Değişiklikler

3.1.1. Yönetmeliğin Kapsamı ve Özel Durumlar

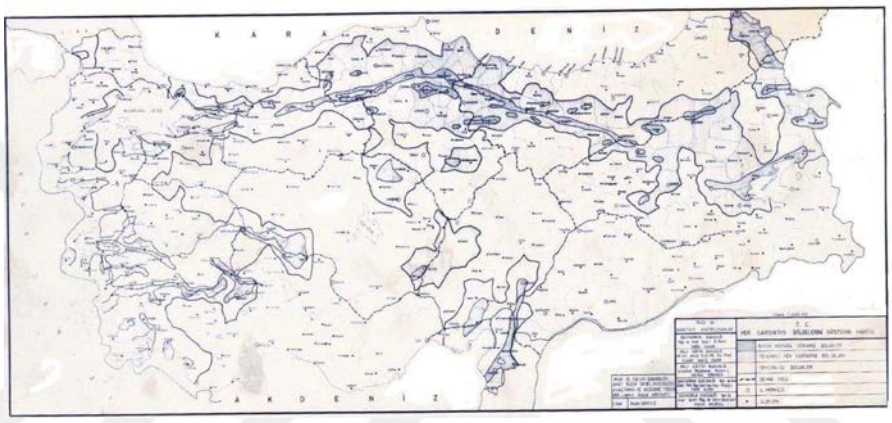
Yeni yönetmelik, eski yönetmeliğe göre büyük yenilikler ve oldukça önemli değişiklikler getirmiştir. Yeni yönetmelik hükümleri, deprem etkisi altında yerinde dökme ve ön üretimli betonarme, çelik, hafif çelik, yığma, ahşap, yalıtımlı ve yüksek binaların tasarımı için uygulanır. Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi de bu yönetmelik kapsamındadır. Önceki yönetmelikten farklı olarak, yüksek binalar, deprem yalıtımlı binalar, ahşap binalar yeni bölüm olarak yönetmeliğe eklenmiştir. Önüretimli betonarme ve hafif çelik binalarla ilgili detaylı tasarım kuralları verilerek ayrı birer bölüm olarak verilmiştir.

Bu yönetmeliğin uygulanmasına ilişkin değerlendirme ve tasarım süreçlerinde, özel uzmanlık gerektiren konularda projenin başlangıcından tamamlamasına kadar ilgili tüm tasarım aşamalarında görev yapacak şekilde, ilgili alanda teorik ve mesleki bilgi ve deneyim sahibi İnşaat mühendislerinden "*tasarım gözetimi ve kontrolü"* hizmeti almak zorunludur. Bu tür hizmeti yerine getireceklerin eğitim koşulları, mesleki yeterlilik ve deneyim konuları ve bunların belgelendirilmesi ile hizmetin yürütülmesine ilişkin usul ve esaslar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirlenir.

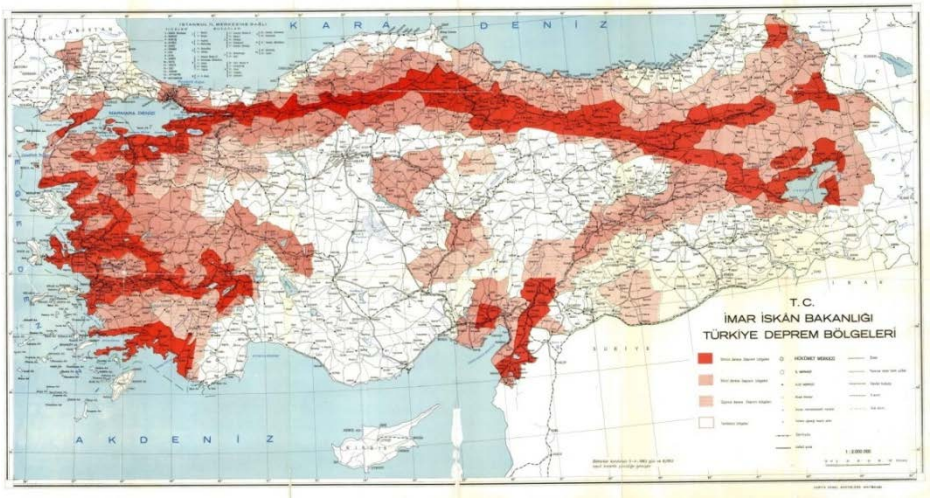
3.1.2. Deprem Tasarımına Esas Alınacak Deprem Yer Hareketi

3.1.2.1. Deprem tehlike Haritaları

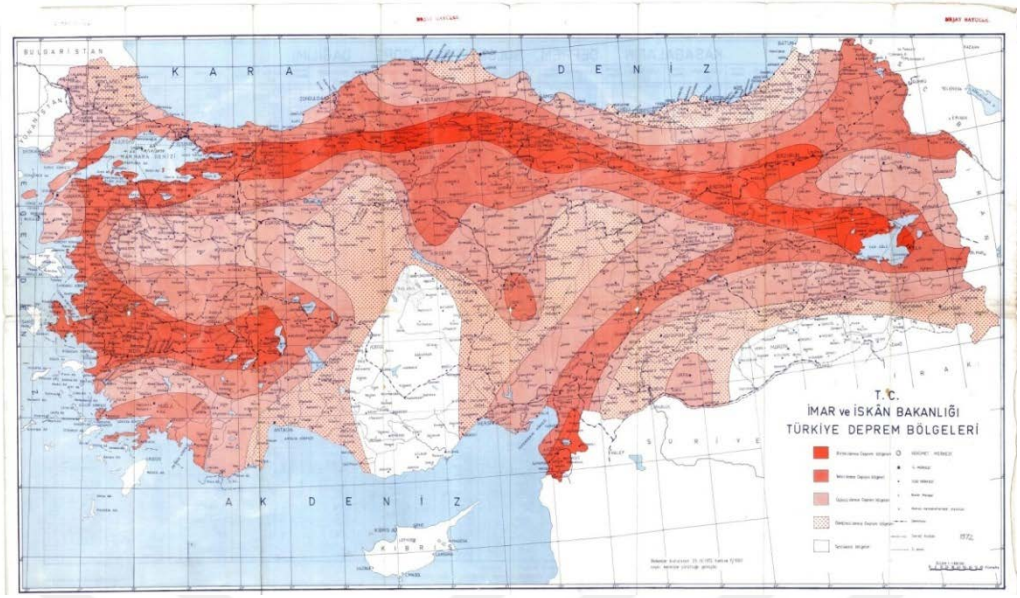
Deprem etkisi altında tasarımda, deprem yer hareketlerine ilişkin çizilen haritalardan elde edilen veriler ve haritalar üzerinde yapılan kabuller kullanılmaktadır. Ülkemizde de ilk deprem yönetmeliğinin hazırlandığı 1945 yılında hazırlanan ilk deprem bölgeleri haritası (Şekil 3.1), tektonik ve sismotektonik bulguların ve deprem kayıtlarının artması sonucunda, 1963 (Şekil 3.2),1975 (Şekil 3.3) ve 1996 (Şekil 3.4) yıllarında güncellenmiştir.



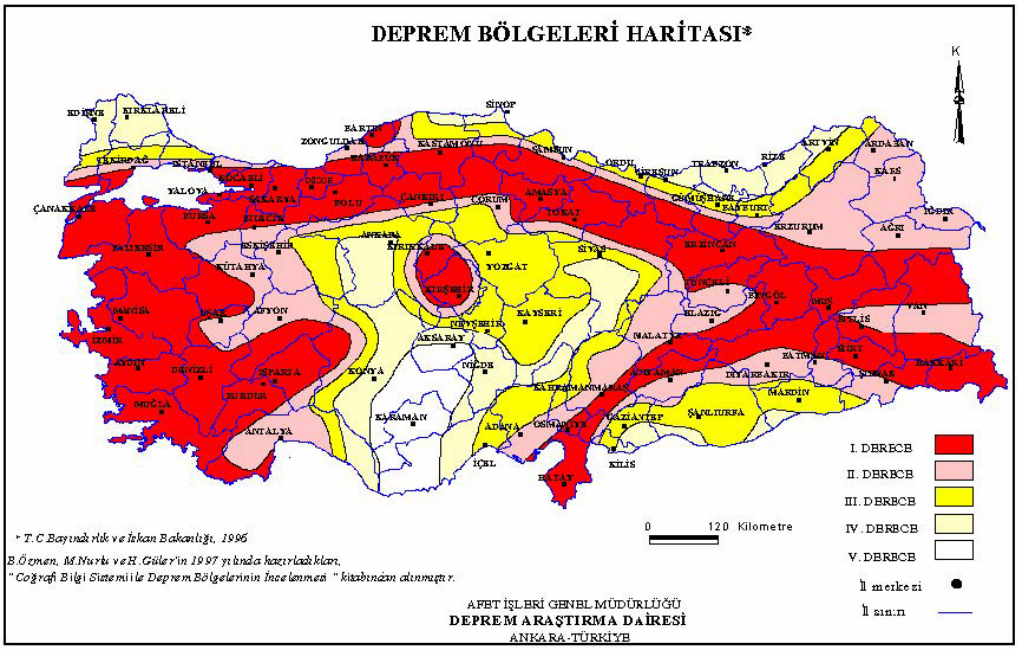
Şekil 3. 1 1945 Deprem Haritası



Şekil 3. 2 1963 Deprem Tehlike Haritası



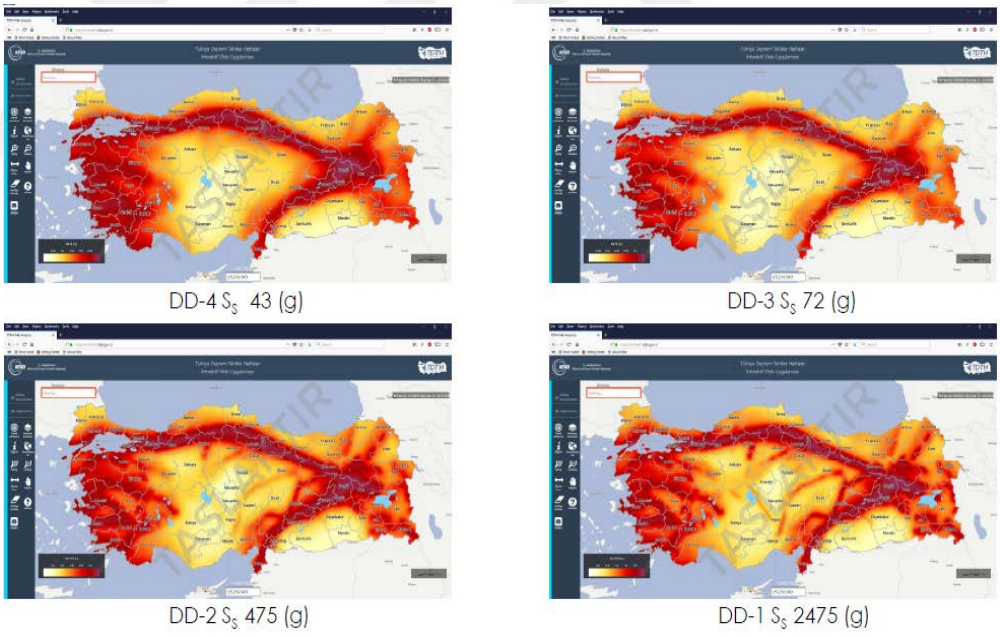
Şekil 3.3 1975 Deprem Tehlike Haritası



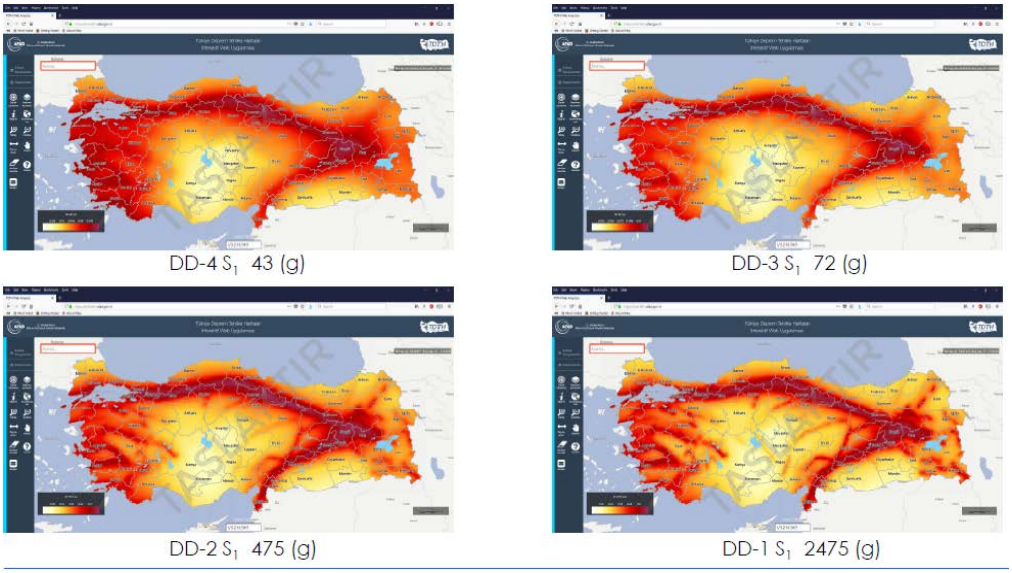
Şekil 3.4 1996 Deprem Bölgeleri Haritası

Son 20 yılda, ülkemizde sismik tehlikeye temel teşkil eden deprem kaynaklarıyla ilgili veri tabanları, deprem katalogları ve yer hareketi tahmin denklemleri konularında pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı farklı ulusal ve Türk araştırmacıların da dâhil olduğu uluslararası projelerde kullanılmıştır. Ancak sismik tasarım kurallarını doğrudan şekillendiren Türk deprem yönetmeliğine etkileri ya sınırlı ölçüde ya da hiç olmamıştır. AFAD öncülüğünde Ulusal Deprem Araştırma Programı

kapsamında, ülkemizde ve dünyada olasılıksal sismik tehlike hesap yöntemlerindeki son gelişmeler ve sismik tehlike hesaplarında kullanılan temel bileşenlerle ilgili Türkiye'de ve uluslararası alanda gerçekleştirilen son çalışmaları dikkate alınarak belli yıllık aşılma seviyeleri için jenerik kaya zemin koşullarına uygun (V_{S30} = 760 m/s) maksimum yer ivmesi (PGA), maksimum yer hızı (PGV) ile 0.2s ve 1.0s periyotlarında %5 sönüme sahip spektral ivme değerlerinin ülkemiz sınırları içindeki değişimini gösteren sismik tehlike haritaları üretilmiştir. Bu sismik tehlike haritaları yeni yönetmelikte tasarım ve performans hesabına esas yer hareketlerinin tanımında kullanılmıştır. PGA, PGV, kısa periyot ve 1.0 saniye durumları göz önüne alınarak dört deprem yer hareketi düzeyi için toplam 16 adet deprem haritası söz konusudur. Kısa periyot ve 1.0 saniye periyot için dört deprem yer hareketi düzeyi için belirlenen haritalar şekil 3.5 ve şekil 3.6'da verilmiştir. Önceki Deprem Tehlike Haritalarında belirtilen fay hatlarına paralellik gösteren bu haritalar, noktasal değerler elde edilecek şekilde interaktif web arayüzü oluşturulmuştur.



Şekil 3.5 Kısa periyot 4 deprem yer düzeyi hareketine ait sismik haritalar



Şekil 3.6 1.0 saniye periyot 4 deprem yer düzeyi hareketine ait sismik haritalar

3.1.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Yeni yönetmelikte binaların deprem etkisi altında tasarımında esas alınan dört farklı deprem yer hareketi düzeyi verildiği şekilde tanımlanmıştır:

- **Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1(DD-1):** Spektral büyüklükleri 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu varsayıldığı *çok seyrek* deprem yer hareketini ifade eder. DD-1, *göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi* olarak da isimlendirmektedir.
- **Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2(DD-2):** Spektral büyüklükleri 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu varsayıldığı seyrek deprem yer hareketini ifade eder. DD-2, *standart tasarım deprem yer hareketi* olarak da isimlendirmektedir.
- **Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3(DD-3):** Spektral büyüklükleri 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu varsayıldığı *sık deprem yer hareketini* ifade eder
- **Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4(DD-4):** Spektral büyüklükleri 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu varsayıldığı çok sık deprem yer hareketini ifade eder. DD-4, servis deprem yer hareketi olarak da isimlendirmektedir.

3.1.2.3. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları

Deprem yer hareketi spektrumları, harita spektral ivme katsayılarına ve yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak %5 sönüm oranı için standart biçimde veya sahaya özel deprem tehlikesi analizleri ile tanımlanırlar.

- **Harita spektral ivme katsayıları**

Yönetmelikte, birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşılık gelen, belirli bir deprem hareket düzeyi için referans zemin koşulu göz önüne alınarak %5 sönüm oranı için harita spektral ivme değerlerinin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır.

- Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_s
- 1 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1

- **Yerel Zemin Etki Katsayıları**

Deprem tasarım spektrumlarının tanımlamasında esas alınacak yerel zemin sınıfları yeni yönetmelikte 16. Bölüme göre yapılacak zemin araştırmalarıyla belirlenir. Eski yönetmeliğe göre büyük değişikliklerin olduğu zemin sınıflandırması Çizelge 3.1'de verilmiştir. Çizelgede verildiği gibi 6 sınıfa ayrılan zeminlerden ZF zemin sınıfı, sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zemin sınıfı olarak verilmiştir. ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıfları, zemin tabakalarının üst 30 metresinde verilen zemin sınıfı özelliklerine göre elde edilen ortalama değerlere göre belirlenir. Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'te, zemin sınıfları ve kısa periyot ve 1.0 saniye periyot için hesaplanan değerlere bağlı olarak yerel zemin etki katsayıları F_s ve F_1 belirlenir. Ara değerler interpolasyonla bulunur.

Çizelge 3.1 – Yerel Zemin Sınıfları(TBDY)

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

Çizelge 3.2 Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları(TBDY)

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

Çizelge 3.3 1 saniye periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları(TBDY)

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_1					
	$S_1 \le 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \ge 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır*					

Harita spektral ivme katsayıları S_s ve S_1, yerel zemin etki katsayıları F_s *ve* F_1 ile Denklem 3.1'de verildiği gibi tasarım spektral ivme katsayıları olan S_{DS} ve S_{D1}'e dönüştürülür. Yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları, Denklem (3.1) ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarından yararlanılarak tanımlanmıştır.

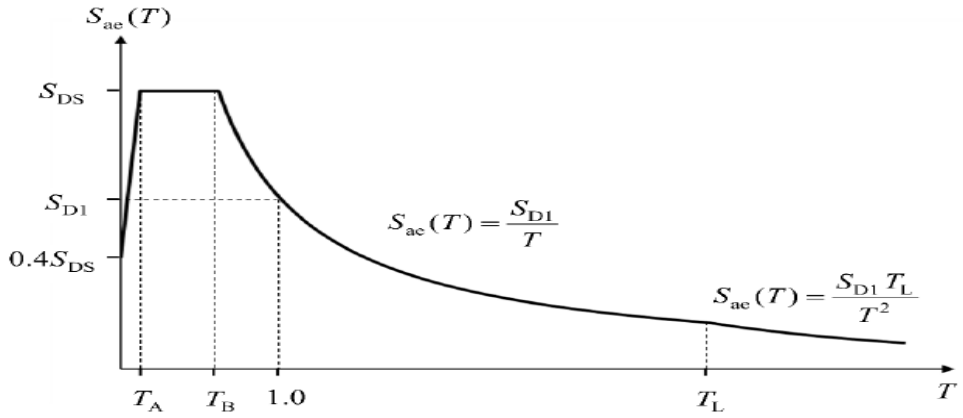
$$S_{DS} = S_s.F_s$$
$$S_{D1} = S_1.F_1 \qquad \textbf{(3.1)}$$

- **Yatay Elastik Tasarım Spektrumu**

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [g] cinsinden Denklem 3.3'te tanımlanmıştır. Köşe periyotları T_A ve T_B, S_{DS} ve S_{D1}'e bağlı olarak Denklem 3.2'de verilmiştir. Denklem 3.3'te verilen sınır değerlere (T_A,T_B ve T_L) bağlı olarak yatay elastik tasarım spektrumu grafiği Şekil 3.7**'**de verilmiştir.

$$T_A = 0.2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \qquad \textbf{(3.2)}$$

$$\begin{aligned} S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6\frac{T}{T_A}\right)S_{DS} && (0 \le T \le T_A) \\ S_{ae}(T) &= S_{DS} && (T_A \le T \le T_B) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} && (T_B \le T \le T_L) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}T_L}{T^2} && (T_L \le T) \end{aligned} \qquad \textbf{(3.3)}$$



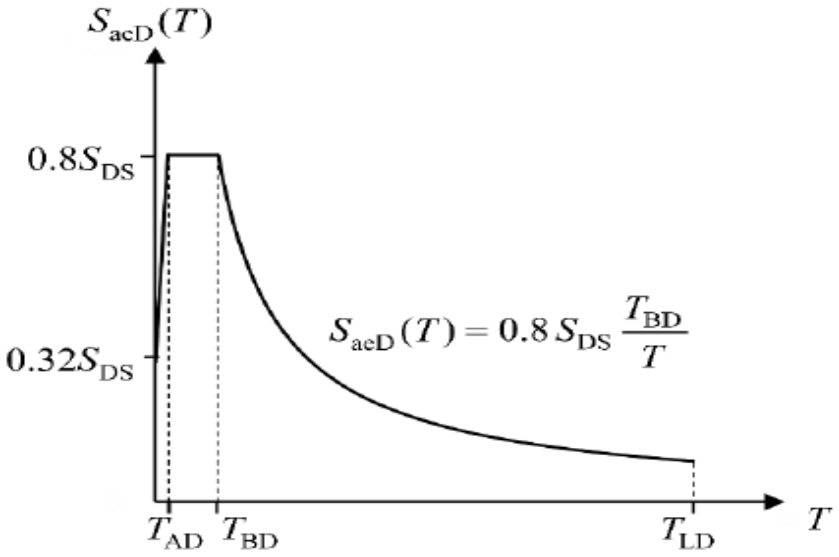
Şekil 3.7 Yatay elastik tasarım ivme spektrumu grafiği

- **Düşey Elastik Tasarım Spektrumu**

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için düşey elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan düşey elastik tarsım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, yatay deprem yer hareketi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi [g] cinsinden Denklem 3.4'te tanımlanmıştır. Denklem 3.5'de verilen sınır değerlere (T_{AD},T_{BD} ve T_{LD}) bağlı olarak düşey elastik tasarım spektrumu grafiği Şekil 3.8'de verilmiştir.

$$
\begin{aligned}
S_{aeD}(T) &= \left(0.32 + 0.48\frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} && (0 \le T \le T_{AD}) \\
S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} && (T_{AD} \le T \le T_{BD}) \\
S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS}\frac{T_{BD}}{T} && (T_{BD} \le T \le T_{LD})
\end{aligned}
\qquad \textbf{(3.4)}
$$

$$
T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \qquad \textbf{(3.5)}
$$



Şekil 3.8 Düşey elastik tasarım ivme spektrumu grafiği

3.1.3. Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı ve Değerlendirmesi İçin Genel Esaslar

Topraklarının büyük bir bölümü deprem etkisinde olan ülkemizde, taşıyıcı sistem seçiminde deprem etkisinin hesaba katılması büyük önem arz etmektedir. Eski yönetmelikte bölgesel bazda kullanılan deprem etkisi, yeni yönetmelikle yapının noktasal konumuna göre belirlenebilmektedir. Her binanın kendi konumuna özgü deprem etkisi hesaplanarak tasarım ve değerlendirmede kullanılacaktır. Deprem etkisinin hesaba katılabilmesi için, tasarlanacak veya değerlendirilecek yapı hakkında genel bir bilgi düzeyine sahip olmak ve diğer yapılardan ayıran özelliklerini belirlemek uygulama aşamasında işimizi kolaylaştıracaktır. Yeni yönetmelikte binaların sınıflandırılması, eski yönetmeliğe göre daha detaylı bir şekilde verilmiştir. Tez çalışmam kapsamında uygulama örneklerini tanımlamada ve belirlemede kullanılacak kavramlar aşağıda kısaca tanımlanmıştır.

3.1.3.1. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

- **Bina Kullanım Sınıfları**

Yeni yönetmelikte binanın kullanım amacına bağlı olarak tanımlanan Bina Kullanım Sınıfı(BKS), depremden sonra hemen kullanımı gereken binalar BKS=1, insanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar BKS=2 ve toplumsal olarak daha az önemli görülen binalar ise BKS=3 olarak sınıflandırılmıştır.

- **Bina Önem Katsayıları**

Dayanım göre tasarımda, kullanım amacına göre önemli kabul edilen binalarda deprem etkisi bina önem katsayısı (*I)* ile arttırılarak, daha büyük deprem kuvvetinin karşılanması hedeflenir. Binaya etkiyen aynı depremin hasar seviyesi daha düşük olan performans düzeyi ile tasarlanması anlamı da taşır(Celep 2018).

BKS ve Bina önem katsayıları bina kullanım amacına göre Çizelge 3.4'te verilmiştir. Eski yönetmelikte 1.4 bina önem katsayısına sahip olan binalar, bina önem katsayısı 1.5 olan grubun içine alınmıştır. Böylece bina önem katsayıları 1.5, 1.2 ve 1.0 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.4 Bina kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları(TBDY)

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

3.1.3.2. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

Bina kullanım sınıflarına ve DD-2 için tanımlanan S_{DS}'ye bağlı olarak yeni yönetmelikte deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak Deprem Tasarım Sınıfları (DTS) Çizelge 3.5'te verilmiştir. Bina kullanım sınıfı BKS=2 ve BKS=3 olan binalar aynı tasarım sınıfında verilmiştir. S_{DS}'nin, yani deprem etkisinin artmasıyla DTS değişmekte ve daha ayrıntılı tasarım yapılması istenmekte ve binaların yüksekliği sınırlandırılmaktadır. DTS değeri rakamsal olarak arttıkça deprem tehlikesi daha az olan bir yeri gösterir. Bu durumda, eski yönetmelikle karşılaştırma yapılırsa, eski yönetmelikte 1.derece deprem bölgesi yaklaşık olarak DTS=1 sınıfına girmektedir. Ancak tasarım spektral ivme değerleri konumsal olarak belirlendiği için 1. Derece deprem bölgesinde farklı deprem tasarım sınıfları da bulunabilir.

Çizelge 3.5 Deprem Tasarım Sınıfları (TBDY)

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

3.1.3.3. Bina Yüksekliği ve Bina yükseklik Sınıfları

- **Bina Tabanı ve Bina Yüksekliği**

Bina yüksekliği, bodrum perdelerinin üst kotundaki kat döşemesi seviyesinden itibaren tamamlanır. Ancak bu durumun uygulanması için bina tabanı, rijit bodrum perdelerinin binayı en az üç taraftan çevrelemesi gerekir. Ayrıca birbirine dik bina eksenlerinin her birinin doğrultusundaki etkin titreşim modunda, bodrum katlar dahil binanın tümü için hesaplanan periyodun, zemin kat döşemesi dahil tüm bodrum kütlelerinin silinmesi ile aynı doğrultuda hesaplanan periyoduna oranının 1.1'den küçük olması ($T_{p,tüm} \leq 1.1 T_{p,üst}$) gerekir. Eğer şartlardan herhangi biri sağlanmazsa bina yüksekliği temel üst kotundan tanımlanır.

Deprem hesabında kullanılan bina yüksekliği H_N için çatı döşemesi üzerinde yer alan asansör makine dairesi ve benzeri küçük kütleli uzantılar dikkate alınmayabilir.

- **Bina Yükseklik Sınıfları (BYS)**

Deprem etkisi altında tasarımda bina yükseklikleri sekiz sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflara giren binalar, DTS'ye bağlı olarak Çizelge 3.6'da verilmiştir. BYS=1 olarak verilen binalar yüksek binalar olarak tanımlanmıştır. BYS=1,BYS=2 ve BYS=3 yükseklik sınıfları için DTS=1,1a,2,2a, DTS=3,3a ve DTS=4,4a seklinde gruplandırılarak üç farklı aralık verilmiştir. BYS≥4 olan binalar için de DTS'ye göre iki farklı aralık verilmiştir.

Çizelge 3.6 Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m](TBDY)

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	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

3.1.3.4. Deprem Etkisinde Binaların Deprem Performansı

Binaların deprem performansı, yapının uygulanan deprem etkisi altında öngörülen sınırlar içinde maksimum hasar durumlarının belirlenmesi ve sınıflandırılması olarak ifade edilebilir. Deprem performansı kavramı 2007 deprem yönetmeliğine eklenen 7. Bölüm ile gündemimize gelmiştir. Ancak eski yönetmeliğe eklenen bu bölüm ile sadece mevcut yapıların deprem performansına yönelik kurallar verilmiştir. Yeni yönetmelikte ise yeni yapılacak yapıların tasarımı yapılırken performans analizinin yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Böylece yapı, deprem etkisine maruz kalmadan daha tasarım aşamasındayken, deprem etkisi yaklaşık bir yükleme olarak etki ettirilmek suretiyle gerekli önlemler alınabilir. Depremin şiddeti, yönü ve zamanı önceden bilinemediğinden taşıyıcı sisteme yapılan yükleme de gerçek deprem hareketlerinden esinlenerek benzeştirilmiş yüklemelerdir. Orta şiddetteki bir deprem bile, yapının performansını kaybettiği son zamanlarına denk geldiğinde, oldukça yıkıcı bir etki yaratabilir. Ancak bu durumu esas alarak ekonomik olmayan tasarım ve uygulamalara yönelmemek gerekir. Söz konusu yapı kullanım ömrü boyunca bu deprem yüklemesine hiç maruz da kalmayabilir. Bu nedenle yönetmeliklerde yapıların deprem yüklemleri karşısında göstermesi gereken performans düzeyleri tanımlanmıştır. Eski yönetmelikte sadece mevcut yapıların değerlendirilmesinde kullanılan performans düzeyleri, yeni yönetmelikte tasarlanacak yapılarda da uygulanmak üzere aşağıda tanımlanmıştır.

- **Performans Düzeyleri**

Yeni yönetmelikte verilen performans düzeyleri, bina özellikleri, bina türü, taşıyıcı sistemde kullanılan malzeme özellikleri ve deprem yer hareketi düzeylerine bağlı olarak, tasarım ve değerlendirmede kullanılabilecek dört performans düzeyi belirlenmiştir:

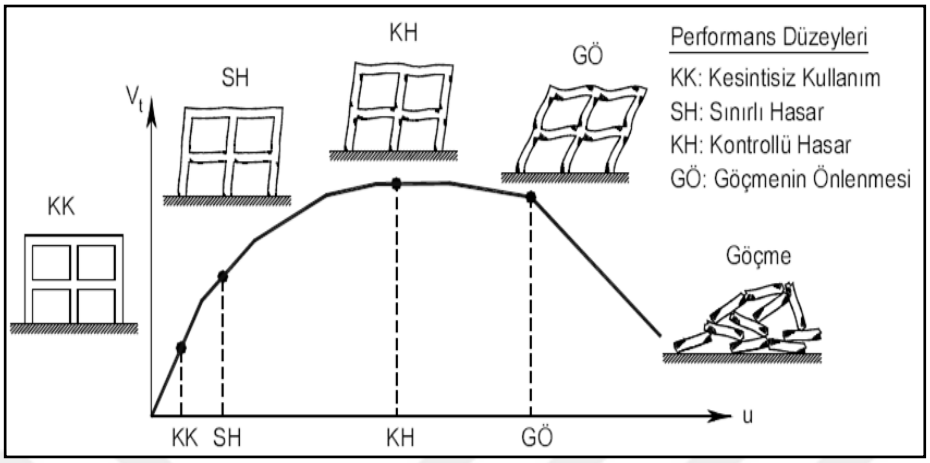
a) Kesintisiz Kullanım (KK) Performans düzeyinde, bina taşıyıcı sisteminde hasarın medya gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir derecede küçük kaldığı durumlara karşı gelmektedir.

b) Sınırlı Hasar (SH) Performans düzeyinde, bina taşıyıcı sisteminde meydana gelen hasarın sınırlı düzeyde kaldığı, yani doğrusal olmayan hasarın sınırlı kaldığı duruma karşı gelmektedir.

c) Kontrollü Hasar (KH) Performans düzeyinde, can güvenliğinin sağlandığı ve çoğunlukla onarılabilir ve güçlendirilebilir düzeyde taşıyıcı sistemde hasarın meydana geldiği duruma karşı gelmektedir.

d) Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans düzeyi, bina taşıyıcı sisteminde ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesi hedeflenerek tasarlanan yapı, hala can güvenliğini sağlayabilecek

durumdadır. Performans düzeylerinin görsel olarak ifade edilmesi Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9 Bina Performans Durumları(Celep 2018)

- **Uygulanacak Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımları**

1) Dayanıma Göre Tasarım Tanımı

Dayanıma Göre Tasarım (DGT), deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı için iki ana yaklaşımdan biridir. DGT yaklaşımında:

a) Öngörülen tasarım performans hedefi için taşıyıcı sistem için tanımlanan süneklik kapasitesine karşı gelen azaltılmış deprem yükleri belirlenir.
b) Bu yükler altında taşıyıcı sistemin doğrusal deprem hesabı sonucu bulunan eleman iç kuvvetleri, taşıyıcı sistem türüne göre dayanım fazlalığı da göz önüne alınarak, diğer yüklerden oluşan iç kuvvetlerle birleştirilir ve dayanım talepleri elde edilir.
c) Eleman dayanım talepleri, hedeflenen performans düzeyi için tanımlanmış olan eleman iç kuvvet kapasiteleri (dayanım kapasiteleri) ile karşılaştırılır.
d) Deprem etkisi altında meydana gelen göreli kat ötelemeleri izin verilen sınır değerlerle karşılaştırılır.
e) Dayanım talepleri dayanım kapasitesinin altında ve aynı zamanda göreli kat ötelemeleri izin verilen sınır değerleri aşarsa, eleman kesitleri değiştirilerek hesap tekrarlanır.

2) Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım Tanımı (ŞGDT)

Şekildeğiştirmeye göre tasarım, Yüksek Binaların tasarımı, Deprem Yalıtımlı Binaların tasarımı ve Mevcut Binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinde uygulanması zorunludur. Diğer binalarda ise öntasarım DGT yaklaşımıyla yapıldıktan sonra performans değerlendirmesi ŞGDT yaklaşımı ile yapılacaktır. ŞGDT yaklaşımında:

a) Mevcut ya da öntasarımı yapılan taşıyıcı sistem elemanları doğrusal olmayan davranış yaklaşımı ile uyumlu iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntıları belirlenir.
b) Hedeflenen performans düzeyleri ile uyumlu olarak seçilen deprem etkileri altında, taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan yöntemlerle, doğrusal olmayan sünek davranışa ait sekildeğiştirme talepleri ve gevrek davranışa ilişkin dayanım talepleri elde edilir.
c) Elde edilen *şekildeğiştirme ve iç kuvvet talepleri* istenen performans düzeyi ile uyumlu olarak tanımlanan *şekildeğiştirme ve dayanım kapasiteleri* ile karşılaştırılır.
d) Mevcut binalar için, elde edilen değerler, yönetmelikte verilen sınır değerleri ile uyumluluk içinde ise *şekildeğiştirmeye göre değerlendirme* tamamlanır.
e) Yeni yapılacak binalar için şekildeğiştirme ve dayanım talepleriverilen sınır değerleri ile uyumluluk içinde ise ise *şekildeğiştirmeye göre tasarım* tamamlanır. Aksi durumda kesitleri değiştirilir ve hesap tekrarlanarak yeniden değerlendirme yapılır ve bu şekilde *şekildeğiştirmeye göre tasarım* sonuçlandırılır.

- **Deprem Etkisinde Bina Performans Hedefi**

Deprem etkisi altında bina performans hedefleri, deprem yer hareketi düzeyleri, bina özellikleri(yüksek binalar, sismik yalıtımlı binalar vb.), taşıyıcı sistemde kullanılan malzeme özelliklerine (ahşap, betonarme, çelik, yığma) bağlı olarak tasarım ve değerlendirme aşamasında kullanılmak üzere belirlenir. Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme binaların tasarımı ve değerlendirmesi üzerinde yapacağım uygulamada kullanılacak tasarım yaklaşımı ve öngörülen performans hedefleri DTS'ye bağlı olarak

Çizelge 3.7'de verilmiştir. Yüksek binalar dışında kalan binalarda performans hedefi olarak KH performans düzeyi esas alınarak tasarım ve değerlendirme DGT yaklaşımına göre yapılır. Ancak bu binalar için, yapı sahibi tarafından talep edilmesi halinde ileri performans hedefi baz alınarak, DTS'ye göre ön tasarım yapılır ve ŞGDT'ye göre tasarım ve değerlendirme yapılır.

Çizelge 3.7 Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme ve çelik binalar (Yüksek Binalar Dışında)(TBDY)

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS=1,1a(1),2,2a(1),3,3a,4,4a		DTS=1a(2),2a(2)	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT(5)	KH	DGT(3,4)
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

(1) BYS>3 olan binalarda uygulanacaktır.
(2) BYS=2,3 olan binalarda uygulanacaktır.
(3) Ön tasarım olarak yapılacaktır.
(4) I=1.5 alınarak yapılacaktır.
(5) Yönetmeliğin 8. Bölümünde verilen ard-germeli önüretimli binaların ön tasarımı DGT, kesin tasarımı ŞGDT'ye göre yapılacaktır.

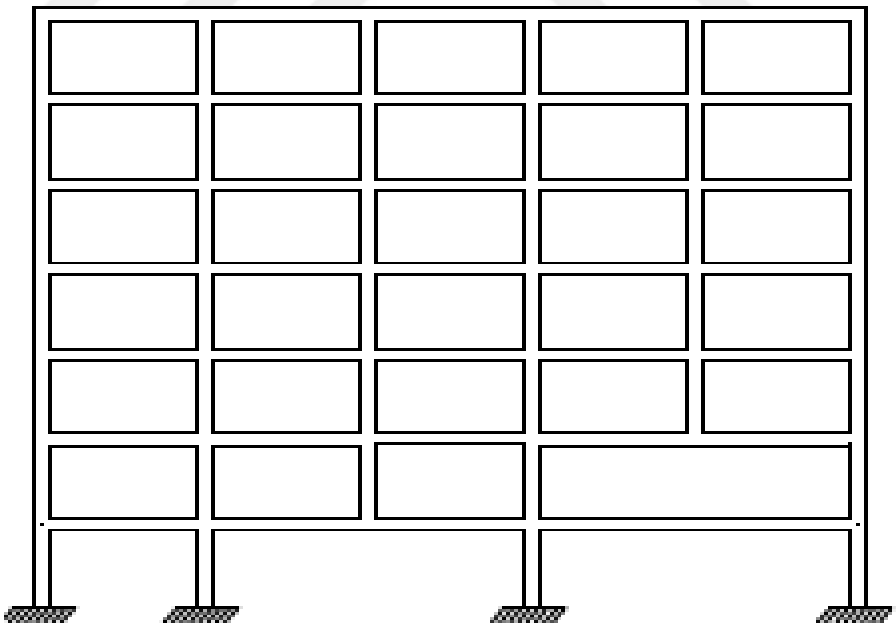
3.1.3.5. Taşıyıcı Sistem Düzensizlikleri

Bir binanın taşıyıcı sistem seçiminde temel olarak mimari sınırlamalar, zemin özellikleri, yapım teknolojisi ve yapı maliyeti etkili olmaktadır. Ancak ülkemiz topraklarının büyük bir kısmı deprem riski altında olduğundan, sadece düşey yükler altında tasarım yapmak taşıyıcı sitemin deprem etkisini karşılamada kendisinden beklenen performansı göstermeyebilir. Bu nedenle taşıyıcı sistem seçiminde tüm parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekir(Doğangün 2018).

Her iki deprem yönetmeliğinde, deprem etkisinde taşıyıcı sistem davranışlarında meydana gelebilecek olumsuzluklar nedeni ile planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydan getiren durumlardan kaçınılması gerektiği belirtilerek, düzenli yapılar teşvik edilmiştir. Ancak arazinin durumu ve mimari sınırlamalar, taşıyıcı sistem tasarımında,

yönetmeliklerde de tanımlanan düzensizlikleri zorunlu olarak uygulamamıza neden olabilir. Yapıda izin verilen düzensizlik durumlarının genellik arz etmemesi için ek tasarım esasları ve yapısal kurallar getirilerek caydırma amacı güdülmüştür. Eski yönetmelik ve yeni yönetmelik düzensizlik tanımlamalarında iki noktada değişiklik yapılmıştır:

a) Komşu katlar arası rijitlik düzensizliğinde (yumuşak kat), bodrum katlar değerlendirmenin dışında tutulmuştur.
b) Eski yönetmelikte, Şekil 3.10'da gösterilen B3 türü düzensizliklerden yapımına izin verilen, iki ucundan mesnetli bir kirişe oturan kolon olması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve etkisi hesaplanan deprem doğrultusunda, kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların tüm kesitlerinde düşey yük ve deprem ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerlerinin %50 oranında arttırılması gerektiği belirtilmiştir.Yeni yönetmelikte ise yukarıda tanımlanan düzensizliğin bulunması durumunda düşey deprem hesabının yapılması yeterli görülmüştür.



Şekil 3.10 B3 Düzensizliklerinden kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu

3.2. Deprem Etkisinde Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Taşıması Gereken Özellikler

Taşıyıcı sistem, inşai faaliyetin başından itibaren zati yükü taşımaya başlar. Hareketli yüklerin taşıyıcı sisteme etkisi ise ani olmayıp, belirli sürede gerçekleşir. Taşıyıcı sistemde kusur ortaya çıkması durumunda, sisteme yüklenen yükü etkisinin minimum seviyeye indirilmesi gerekir. Ancak dinamik özellik gösteren deprem yükleri taşıyıcı sistemi yatay bir etki ile zorlar. Taşıyıcı sistemdeki kusurlar çok kısa sürede ortaya çıktığından, herhangi bir tedbir almak veya maruz kalınan yüklemeye etkide bulunmak mümkün değildir. Fakat taşıyıcı sistemi bu etkiyi taşıyabilecek şekilde tasarlamak bizim elimizdedir. Düşey yükler altında tasarlanan yapının düşey deprem etkisine karşı belli bir güvenliğe sahip olduğu varsayılır. Bina taşıyıcı sistemi tasarlanırken, planda ve düşeyde düzensiz taşıyıcı sistemlerden olabildiğince kaçınılmalıdır. Düşey ve yatay yüklerin aynı anda etkidiği varsayımıyla, taşıyıcı sistemin tasarımında aşağıda belirtilen esaslara dikkat edilmesi gerekir.(Celep 2018)

3.2.1. Taşıyıcı Sistem Sade ve Basit Olmalı

Uygulamalarda yapılan gözlemlerde bina taşıyıcı sistemi geometrik olarak ne kadar basit ve sade olursa yapım esnasında o kadar az hatayla karşılaşılır. Deprem davranışlarındaki belirsizliklerden dolayı yapının tasarlanması ve taşıyıcı sistem elemanları davranışlarındaki belirsizliklerle beraber tasarım yöntemlerinde verilen olasılıklı durumlar nedeniyle, belirsizlikleri uygun geometrik özelliklerle asgariye indirmek, hem uygulamada kolaylık sağlar hem de şiddetli deprem etkisinde düşük hasar seviyesiyle deprem yükü sönümlenir(Celep 2018).

3.2.2. Taşıyıcı sistemin Düzenli ve Simetrik Olarak Düzenlenmesi

Simetrik taşıyıcı sistem düzenlemesi ile kütle, rijitlik ve dayanım bakımından oluşabilecek dışmerkezliklerin önüne geçilerek ve kolay kontrol edilebilir bir deprem davranışı gerçekleştirilebilir. Taşıyıcı sistemi hem planda hem de düşeyde düzenli ve simetrik olarak düzenlemek, kat rijitliği ve taşıyıcı sistem dayanımında ani değişimlerin önüne geçilerek, tasarımından kaçınılması gereken yumuşak kat ve zayıf kat oluşmaları engellenmelidir.

3.2.3. Taşıyıcı Sistemde Hiperstatiklik Özelliğinin Sağlanması

Statik yükler altındaki fazla-bağlılık (hiperstatiklik) davranışının deprem etkileri altında da geçerli olması, bu bağlamda deprem sırasında bazı taşıyıcı sistem elemanlarının dayanımlarının azalması ve hatta devre dışı kalması durumunda, sistemde kararlı davranışı sağlayabilecek yeterli sayıda yedek elemanın devreye girmesi, diğer deyişle taşıyıcı sistemin yedeklenmesi sağlanmalıdır.

Birbirinden yapısal derzlerle ayrılan bina bloklarının depremde çarpışarak hasar görme riski taşıdığı gözden uzak tutulmamalıdır. Bu bağlamda;

- Burulma düzensizliğinin önlenmesi, taşıyıcı sistem elemanlarının dengeli düzenlenmesi vb. nedenler dışında, salt bina veya bina bloklarının plandaki uzunlukları yüzünden taşıyıcı sistemin yapısal derzlerle birbirinden bağımsız bloklara ayrılmasından olabildiğince kaçınılmalıdır.

3.2.4. Taşıyıcı Sistemde Dayanım ve Rijitlik

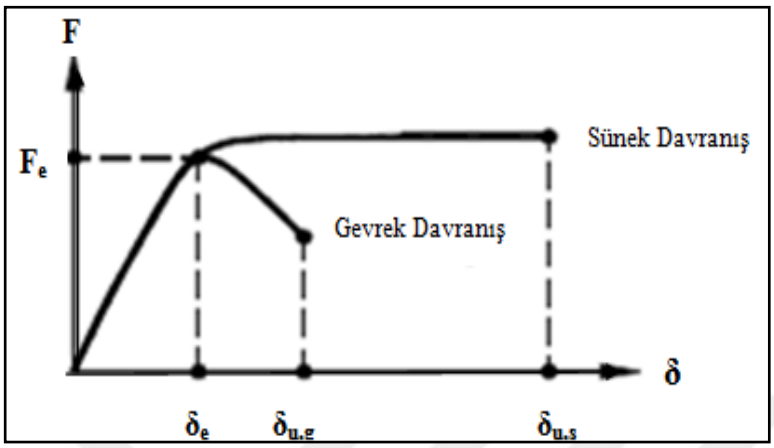
Deprem etkisinin planda tüm doğrultularda etkili olduğu dikkate alınarak taşıyıcı sistem elemanları olabildiğince birbirine dik iki asal doğrultuda düzenlenmeli ve birbirine yakın dayanım ve rijitliğe sahip olması gerekir.

Taşıyıcı sistemde istenmeyen düzensizliklerden olan burulma düzensizliğini ortadan kaldırmak ve tehlikeli burulma titreşimleri için yeterli burulma dayanımı ve rijitliğin sağlanması esastır. Bu düzensizliği engellemek için, rijitliği ve dayanımı yüksek taşıyıcı sistem elemanları, olabildiğince binanın çevresinde düzenlenmelidir. Rijitliğin sağlanması için döşemelerde olabildiğince büyük boşluklardan kaçınmak gerekir. Eğer döşeme boşluğu bırakmak zorunlu ise, boşluk kenarları yeterli rijitlik ve dayanıma sahip elemanlar yerleştirilmelidir. Gerekli hallerde betonarme döşemelerde ek bağlantı donatıları ve aktarma elemanları kullanılabilir

3.2.5. Taşıyıcı Sistemde Yeterli Süneklik

Süneklik, Şekil 3.11'de grafik üzerinde gösterildiği gibi, taşıyıcı sistemde belirli bir yükleme biçimi altında oluşan elastik ötesi şekildeğiştirme ve yerdeğiştirme kapasitesi olarak tanımlanır. Süneklik, daha çok dinamik yük olan deprem yükleri altında önem kazanır. Yapılardan beklenen, seyrek meydana gelen şiddetli deprem

etkisini, elastik sınırı geçip kontrollü hasar sınırları içerisinde sünerek sönümlemektir. Yeterli sünekliğe sahip olmayan taşıyıcı sistem elemanları, deprem etkisini karşılamada yetersiz kalarak binalarda büyük hasar ve toptan göçmelere sebep olur.



Şekil 3.11 Sünek ve gevrek davranışa ait yük-yerdeğiştirme grafiği

Deprem etkisinde yapı tasarımında genel yaklaşım, olabildiğince gevrek davranıştan kaçınarak sünek taşıyıcı sistemlerin teşvik edilmesi yönündedir. Bina tasarımda esas alınacak deprem yer hareketleri altında deprem etkilerinin taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile azaltılması için yönetmelikte tanımlanan *sünek tasarım* ve *kapasite tasarımına* bağlı kalmaya büyük önem verilmelidir. (Celep 2018)

3.3. Deprem Etkisinde Binaların Dayanıma Göre Tasarım ve Değerlendirme Esasları

3.3.1. Tasarım ve Değerlendirme Yaklaşımının Belirlenmesi

Deprem etkisinde taşıyıcı sistem tasarımında tüm yönetmeliklerde deprem enerjisinin sönümlenmesi için sistemin sünek davranış göstermesi istenir. Bununla beraber taşıyıcı olmayan elemanlarda gevrek kırılmaların önlenmesi için yatay yer değiştirmelerin sınırlandırılarak yatay rijitliğin de sağlanması gerekir. Yeni yönetmelikte deprem etkisinde bina taşıyıcı sisteminin tasarımı için iki ana yaklaşım verilmiştir. Bu tasarım ve değerlendirme yaklaşımlarından hangisinin kullanılacağının belirlenmesi için aşağıda verilen hesap adımlarının uygulanması gerekmektedir. Hesap adımlarının ilk dört maddesi TDTH web ara yüzünde, binanın bulunduğu noktanın enlem/boylam değerleri, deprem düzeyi ve yerel zemin sınıfına bağlı olarak hesaplanır. Hesaplanan bu değerlere bağlı olarak yönetmelikte verilen ilgili tablolardan

faydalanılarak kullanılacak tasarım/değerlendirme yaklaşımı ve göz önüne alınacak performans hedefleri belirlenir.

- **Hesap Adımları:**

  a) Deprem spektrumlarının tanımlanmasında esas alınacak *Yerel Zemin Sınıflarının,* binanın bulunduğu koordinatlarda yapılacak zemin araştırmaları ile belirlenmesi
  b) Deprem tehlike haritası öngörülerek belirtilen deprem yer düzeyi için spektral ivme katsayıları belirlenmesi
  c) Tasarımda esas alınacak spektral ivme katsayılarının hesaplanması
  d) S_{ds} ve S_{d1} kullanılarak yatay ve düşey elastik tasarım spektrumlarının tanımlanması ve grafiklerinin elde edilmesi
  e) BKS ve Bina Önem Katsayısının belirlenmesi
  f) BKS ve S_{DS}(DD-2) kullanılarak Deprem Tasarım Sınıfının belirlenmesi
  g) Bina Yüksekliği (H_N) ve DTS'ye bağlı olarak BYS'nin belirlenmesi
  h) Tasarım sınıfına bağlı olarak göz önüne alınacak Performans Hedefleri ve Uygulanacak Tasarım/Değerlendirme Yaklaşımının belirlenmesi

Tez kapsamında, yüksek binalar dışında kalan, yeni yapılacak betonarme binalar için verilen ve DD-2'ye karşılık gelen, normal performans hedefi ve ileri performans hedefinde Kontrollü Hasar Düzeyinin belirlenmesinde Değerlendirme/tasarım yaklaşımı olan Dayanıma Göre Tasarım kullanılacaktır.

Deprem etkisi altında tasarım ve değerlendirme yaklaşımlarından biri olan DGT yaklaşımı, basit hesap yöntemleri ve uygulama kolaylığı nedeniyle günümüzde tüm yönetmeliklerde yer almaktadır. Yeni yönetmelikte Kontrollü Hasara karşı gelen Can Güvenliği performans hedefini sağlamak üzere *azaltılmış deprem yükleri* altında taşıyıcı sistemin doğrusal hesabına dayanan, geleneksel tasarım ve değerlendirme yaklaşımıdır. Yönetmelikte Deprem yükü azaltma katsayısında kullanılan *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları* ile *Dayanım Fazlalığı Katsayıları* çeşitli taşıyıcı sistem türleri için ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Süneklik düzeyi yüksek yerinde dökme betonarme bina taşıyıcı sistemleri için izin verilen BYS sınırlarına bağlı olarak Çizelge 3.8'de (Çizelgenin tamamı Yeni Yönetmelik tablo 3.4) verilmiştir. Yeni yönetmelikte bina taşıyıcı sistemleri, taşıyıcı sistem malzemesine göre altı sınıfa ayrılan taşıyıcı sistemler, kendi

içinde de malzeme ve modelleme durumlarına göre alt gruplara ayrılmıştır. yerinde dökme betonarme binalar, çelik binalar ve önüretimli binalarda, süneklik düzeyleri yüksek , karma ve sınırlı olmak üzere üç temel gruba ayrılmış. Hafif çelik bina, yığma bina ve ahşap binalarda ise taşıyıcı sistem süneklik düzeyleri yüksek ve sınırlı olmak üzere iki temel gruba ayrılmıştır. Tez uygulamamda kullandığım örnekler, deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek, yerinde dökme betonarme çerçevelerle karşılandığı binalardır. Süneklik düzeyi yüksek olan taşıyıcı sistemlerde oluşturulan yüksek süneklik, büyük yerdeğiştirme yeteneği ve enerji yutma kapasitesi oluşturacağından elastik deprem yükleri daha büyük bir katsayıya bölünerek azaltılabilmektedir.

Çizelge 3.8 Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları (TBDY)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları (BYS)
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen *süneklik düzeyi yüksek* betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–

3.3.2. Deprem Yükü ve Kapasite Tasarım İlkesi

Kiriş ve kolonların yüklemler altında yük taşıma kapasitelerine kesme kırılması ile ulaşması yani gevrek bir kırılma ile ulaşması taşıyıcı sistemden istenen bir durum değildir. Gevrek bir malzeme olan betondan yapılan bu taşıyıcı sistem elemanlarının büyük deformasyon yaparak sistemin en elverişsiz yükleme altında yeterli düzeyde enerjiyi sönümleyerek kirişlerde ve kolonlarda kesme kırılması oluşması asgari düzeye indirilmelidir. Ani ve gevrek bir kırılma türü olan kesme kırılması için riske girmeden belirsizlik içeren deprem yükleri değil, elemanın gerçek kapasitesi esas alınarak tasarlanması *Kapasite Tasarımı* olarak adlandırılmaktadır. Deprem yükü altında kirişlerin iki ucunda plastik mafsallar oluşur. Bu durumda kiriş uçlarındaki en büyük momentler o kesitlerin eğilmedeki moment kapasitesine eşittir. Bu kapasite kesitin gerçek kapasitesidir. Kiriş kesitlerinde eğilme altında taşıyabileceği en büyük moment *kapasite momenti* olarak adlandırılabilir. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında kapasite momentinin hesaplanabilmesi için beton ve donatı çeliğinin çek ve basınç altındaki davranışlarını gerçekçi olarak yansıtan malzeme modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Basınç altındaki beton için sargılı ve sargısız iki model uygulamalarda kullanılmaktadır.(Ersoy ve Özcebe 2012)

3.3.3. Deprem Etkisini Tanımlama ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

DGT için verilen doğrusal hesap yöntemlerinde, taşıyıcı sistem herhangi bir düzensizliğin bulunmadığı durumlarda, deprem etkisi azaltılmış tasarım ivmesi spektrumuyla etki ettirilir. *Azaltılmış tasarım ivme spektrumu* Denklem 3.6 ile ifade edilmiştir.

$$S_{aR}(T) = S_{ae}(T) / R_a(T) \quad \textbf{(3.6)}$$

Taşıyıcı sisteme birbirine dik doğrultuda etki ettirilecek yatay deprem etkisinin herhangi bir doğrultuda medya gelen etkiyi göz önüne alabilmek için Denklem 3.7'de belirtildiği gibi doğrultu birleştirmesi yapılarak deprem hesabı yapılması gerekmektedir. Zaman tanım alanında hesap yapılması durumunda, deprem bileşenlerinin eşzamanlı uygulanması nedeniyle ayrıca birleştirmeye ihtiyaç yoktur.(Celep 2018)

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)}$$
$$E_d^{(H)} = \pm 0.3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad \textbf{(3.7)}$$

Ayrıca deprem etkisinin önemli olduğu bölgelerde özellikle DTS=1a ve 2a olan özellikli binalarda ve daha önce değinilen yapısal olarak istenmeyen bazı düzensizliklerin taşıyıcı sistemde bulunması durumunda düşey deprem etkisinin hesaba katılması gerekir. Deprem etkisinin sisteme yüklendiği yük birleşim durumlarında, düşey deprem etkisi, yatay deprem etkisi, zati ve hareketli yük birleşimleri denklem 3.8'de verilmiştir.

$$G + Q + 0.2S + E_d^H + 0.3E_d^Z \qquad 0.9G + H + E_d^H - 0.3E_d^Z \quad \textbf{(3.8)}$$

İlk yüklemede düşey deprem etkisi ağırlığı arttırıcı, ikinci yüklemede ise ağırlığı azaltıcı etki yaptığı kabul edilmektedir.

3.3.4. Doğrusal Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Modellenmesi

Yapıya etkiyecek depremin yönü ve şiddeti önceden bilinemediğinden, Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımına göre modellenecek taşıyıcı sistemin daima 3 boyutlu olarak modellenmesi gerekir. Böylece gerçek yapıya etki edecek depremin meydana getireceği hasar, tasarım aşamasında belirlenerek önlem alınabilir. Birbirine göre dik iki yatay doğrultudaki deprem etikleri daima göz önünde bulundurulacaktır. Aksi belirtilmedikçe, deprem etkisi altındaki yapılarda sönüm oranı %5 olarak alınacaktır.

Kiriş ve kolonlar çerçeve (çubuk) sonlu elemanlar olarak modellenerek kolon ve kirişlerin birleştiği düğüm noktalarında 6 serbestlik derecesinin tümü göz önüne alınacaktır. Uygulama modelimizde A2 ve A3 türü düzensizliğin bulunmadığı düzlem içi önemli şekildeğiştirmelerin meydana gelmediği planda düzenli bir binadır. Bu nedenle modelimizde döşemeler rijit diyafram olarak modellenmiştir. Deprem etkisinde taşıyıcı sistemde kontrollü hasar beklendiği için, kesitte çatlama sonucu rijitliğinde azalma meydana gelir. Bu nedenle deprem etkisi hesabında, beton ve donatının doğrusal ötesi davranışı göz önüne alınarak, betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özelliklerinin modellenmesinde, Çizelge 3.9'da verilen her iki etkin kesit rijitlikleri çarpanları da kullanılacaktır. Yeni yönetmelik kolon ve kirişlerde, etkin kesit rijitliklerinin sabit olduğu ve çatlamış kesite ait etkin kesit rijitliklerinin başlangıç rijitlilkerine oranı sırasıyla %70 ve %35 olarak vermiştir.

Eski yönetmelikte ise etkin kesit rijitliği sabit kabul edilmeyerek, kesit boyutu, beton kalitesi ve kesite etkiyen eksenel kuvvet gibi parametrelere bağlanmıştır. Tasarıma esas olan deprem etkisi ile bütün kat alanlarında hareketli yükün tasarım değerinde bulunması ihtimalinin çok düşük olacağı öngörülerek ***n*** gibi bir *Hareketli yük kütle katılım katsayısı*, bina kullanım amacına göre Çizelge 3.10'da verilmiştir. (Celep 2018)

Çizelge 3.9 Etkin Kesit Rijitlikleri Çarpanları (TBDY)

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijiliği Çarpanı	
Perde-Döşeme (Düzlem içi)	***Eksenel***	***Kayma***
Perde	0.50	0.50
Bodrum Perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde-Döşeme (Düzlem Dışı)	***Eğilme***	***Kesme***
Perde	0.25	1.00
Bodrum Perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk Eleman	***Eğilme***	***Kesme***
Bağ Kirişi	0.15	1.00
Çerçeve Kirişi	0.35	1.00
Çerçeve Kolonu	0.70	1.00
Perde(Eşdeğer Çubuk)	0.50	0.50

Çizelge 3.10 Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı(TBDY)

Binanın Kullanım Amacı	*n*
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema tiyatro, konesr salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

3.3.5. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi

Dayanıma göre tasarımında kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri, eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Modal Hesap Yöntemleridir. Modal Hesap Yöntemleri, yönetmelikte Mod Birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesaba dayalı Mod Toplama Yöntemi olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Mod Birleştirme Yöntemi,

uygulanabileceği Bina türleri konusunda herhangi bir sınırlamaya tabi tutulmamıştır. Tez çalışmamda deprem etkisi analizi yapılan uygulama modelleri, SAP2000 paket programı üzerinde Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Uygulama paket program üzerinde yapılmış olsa bile literatürde Tepki Spektrumu Analizi olarak geçen Mod Birleştirme Yönteminin teorik altyapısını özet bir şekilde verilmesinde, elde edilen veriler değerlendirilirken faydalı olacaktır.

3.3.5.1. Mod Birleştirme Yöntemi İle Deprem Hesabı

Eşdeğer deprem yükü yönteminde 1. Mod etkisi göz önünde bulundurularak taşıyıcı sistem tasarımı yapılır. Ancak her modan gelen maksimum etki aynı zaman diliminde meydana gelmediği için, bu katkıların üst üste toplanması yerine, deprem spektrumları kullanılarak her modun katkısının en büyük değeri ayrı ayrı hesaplanıp istatiksel olarak birleştirilerek tasarıma esas iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler elde edilir. Uygulamalarımızda, Maksimum Mod katkılarının birleştirilmesinde herhangi bir sınırlamaya tabi tutulmayan Tam Karesel Birleştirme (CQC) kullanılmıştır. Denklem 3.9'da verildiği gibi her iki deprem doğrultusunda hesaba katılacak *yeterli titreşim modu sayısı*(YM), Modal etkin kütlelerin toplamının %95'ten az olmaması durumu göz önüne alınarak belirlenir. Ancak katkısı %3 olan bütün modların göz önüne alınması gerekir. Uygulamalarda bina kat adedinin 3 ile çarpılması sonucu elde edilen sayı, göz önüne alınacak mod sayısı için yeterli olduğu görülmüştür.

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0.95 m_t \qquad ; \qquad \sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(Y)} \geq 0.95 m_t \qquad \textbf{(3.9)}$$

Yatayda X ve Y deprem doğrultuları için ayrı ayrı elde edilen en büyük yerdeğiştirmesi, göreli kat ötelemesi ve iç kuvvet bileşenlerine denklem 3.7'ye göre doğrultu birleştirmesi uygulanır.

3.3.6. Değerlendirme Parametreleri ve Sınırlandırmalar

Deprem etkisi altında tasarlanan taşıyıcı sistemin bu etkiyi taşıyabilecek kapasitede olup olmadığının tespiti için, hem eski deprem yönetmeliğimizde hem de yeni yürürlüğe giren yönetmeliğimizde belli sınırlar konulmuştur. Getirilen bu sınırlandırmalar uygulamada da kolaylık sağladığı zaman tasarrufuna katkıda bulunduğu uygulama mühendisleri tarafından ifade edilmektedir. Bu uygulamalardan

biri de, deprem etkisinde taşıyıcı sistemde meydana gelen deplasmanların belli sınırlar altında tutularak taşıyıcı sistemin değerlendirilmesidir. Deprem yükü azaltma katsayısı kullanılarak elde edilen azaltılmış elastik deprem yükleri altında taşıyıcı sistemde hesaplanan u_i Kat yerdeğiştirmelerinden verilen deprem doğrultusunda kolon veya perde için ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkı azaltılmış göre kat ötelemesi olarak ifade edilir. Her deprem doğrultusu için hesaplanabilen bu azaltılmış göreli kat ötelemeleri, sistemin deprem sırasındaki davranışına bağlı olarak taşıyıcı sistem hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. Eski yönetmelikte göreli kat ötelemeleri sınırları aşılmasa bile yapısal olmayan gevrek elemanların deprem sonrası kullanılabilirliklerinin hesaplanması gerektiği belirtilmiştir. Ancak yeni yönetmelikle taşıyıcı olmayan bu gevrek elemanların etkisi sınırlandırmalara dahil edilerek sistemin tek parça şeklinde değerlendirmeyi kolaylaştırmıştır. Denklem 3.10'da verilen Δ_i ve δ_i sırasıyla azaltılmış göreli kat ötelemesi ve etkin göreli kat ötelemesini ifade etmektedir. δ_i ifadesinde bina önem katsayısı dahil edilerek toplumsal önemi olan binalarda deprem etkisinde ötelenmeyi sınırını daraltmıştır. (Celep 2018)

$$\Delta_i = u_i - u_{i-1} \quad ; \quad \delta_i = R\Delta_i / I \tag{3.10}$$

Her bir deprem doğrultusunda elde edilen etkin göreli kat ötelemelerinin kat için deki en büyük değeri $\delta_{i,\mathbf{max}}^{(X)}$, Denklem 3.11'de verilen her iki durumu da sağlaması gerekir. Bu denklemlerde verilen $\boldsymbol{\lambda}$ katsayısı, binanın göz önüne alınan deprem doğrultusu için DD-3'e ait elastik tasarım spektral ivmesinin tasarım düzeyi olan DD-2'ye ait elastik tasarım spektral ivmesine oranıdır. $\boldsymbol{\kappa}$ ise betonarme binalarda 1, çelik binalarda ise 0.5 değerini almaktadır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,\mathbf{max}}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008\kappa \quad ; \quad \lambda \frac{\delta_{i,\mathbf{max}}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016\kappa \tag{3.11}$$

Gevrek malzemeden yapılan dolgu duvarları ve cephe elemanları ile taşıyıcı sistem elemanlarıyla tamamen bitişik olması durumunda sağlanması gereken ötelenme sınırı Denklem 3.11'de birinci durumda verilmiştir. Ancak dolgu duvarlarının derzli olması ve esnek elemanlı olması ile cephe elemanlarının esnek bağlantılı olması durumunda ikinci durum göz önüne alınır. Uygulamalarımızda, dolgu duvarlar ve cephe elemanları, betonarme taşıyıcı sistem elemanlarıyla bitişik olarak kabul edilmiştir. Burada verilen

koşulların binanın herhangi bir katında sağlanmaması durumunda, bina taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılır. Aynı deprem yükleri altında analiz yapılarak, taşıyıcı sistemin verilen sınır koşullarını sağlaması durumda tasarım ve değerlendirme sonlandırılır.

3.4. Sayısal Uygulamalar

3.4.1. Tasarım Esas İvme Spektrumlarının Eski ve Yeni Yönetmeliklere Göre Karşılaştırılması

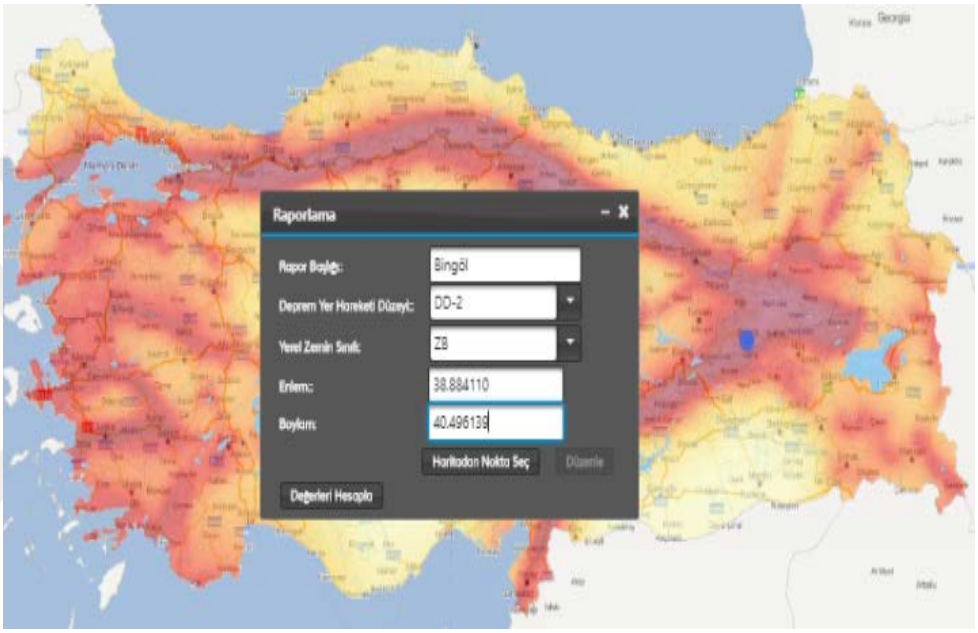
Tasarıma esas ivme spektrumları, yeni yapıların tasarımında kullanılacak deprem yükünü belirlemede kullanılır. Tasarım spektrumu, gelecekte meydana çıkması olası bir deprem için, meydana gelmiş deprem verileri de göz önünde bulundurularak hazırlanır. Sismik alanda yapılan çalışmalar ve meydana gelen depremlerden elde edilen verilerle çağdaş hesap yöntemleriyle güncellenen Türkiye Deprem Tehlike haritası(TDTH), tasarıma esas ivme spektrumu verilerini, herhangi bir hesaplamaya gerek kalmadan interaktif web uygulaması üzerinden direk olarak vermektedir. Bu uygulamada, 2019 yılında yürürlüğe giren TBDY baz alınarak, Çizelge 3.11'de verilen koordinatlar ve ZB, ZC, ZD, ZE zemin sınıflarına ait DD-2 deprem düzeyi esas alınarak, tasarıma esas ivme spektrumları elde edilmiştir. Tabloda verilen iller, eski yönetmeliğe göre 4 tanesi 1. Derece deprem bölgesinden, diğerleri 2,3 ve 4. Bölgeden seçilmiştir. Yeni yönetmelik zemin sınıfları özellikleri incelendiğinde, eski yönetmelik zemin sınıflarıyla yaklaşık olarak Z1-ZB, Z2-ZC, Z3-ZD, ve Z4-ZE şeklinde eşleştirilebilir.

Çizelge 3.11 Spektrumların değerlendirilmesinde kullanılacak yerel ve il bazında koordinatlar

İL	Eski Deprem Bölgesi	Enlem	Boylam	Enlem	Boylam	Enlem	Boylam
Aydın	**1. Bölge**	37.837476	27.847194				
Hatay	**1. Bölge**	36.201939	36.160062				
Düzce	**1. Bölge**	40.836094	31.167588				
		Lokasyon 1		Lokasyon 2		Lokasyon 3	
Bingöl	**1. Bölge**	38.884110	40.496134	39.283616	41.027612	38.739027	40.568127
Diyarbakır	**2. Bölge**	37.915722	40.224733	37.851222	40.663908	37.997818	39.926684
Şanlıurfa	**3. Bölge**	37.159753	38.080157	37.334814	38.752780	36.864548	39.020476
Trabzon	**4. Bölge**	41.005899	39.712359	40.811604	39.611125	40.746317	40.241983

3.4.1.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası İnteraktif Web Uygulamasından Verilerin Alınması

a) E-devlet sistemi üzerinden TDTH Web uygulaması ana sayfasına giriş yapılır. Şekil 3.12'de gösterilen Raporlama sekmesinden; rapor adı, deprem yer hareketi düzeyi, sahada yapılan analiz sonuçlarına göre tespit edilen zemin sınıfı seçilir ve belirlenen noktanın enlem/boylam değerleri girilerek değerler hesaplanır.

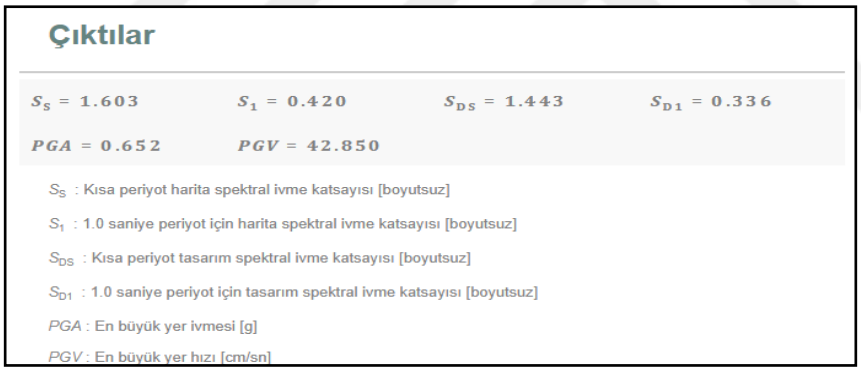


Şekil 3.12 TDTH'de Raporlama

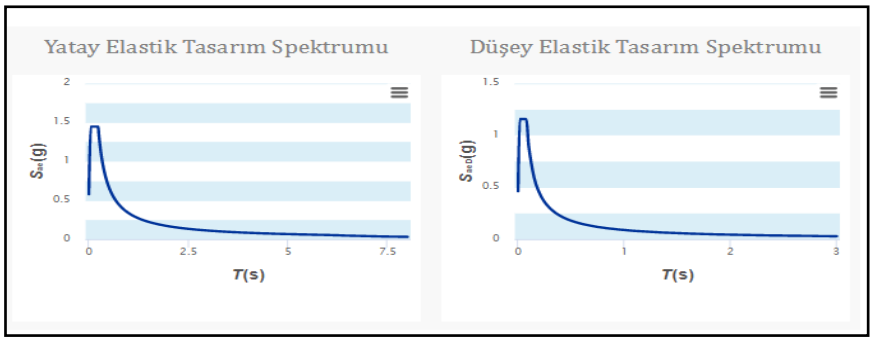
b) Hesaplama sonucu oluşturulan özet rapor şekil 3.13, 3.14 ve 3.15'te verildiği gibi ekrana gelir. Ekrana gelen bilgiler özet şeklinde verilerek grafikleri gösterilir.



Şekil 3.13 Özet rapor ilk sayfa bilgileri

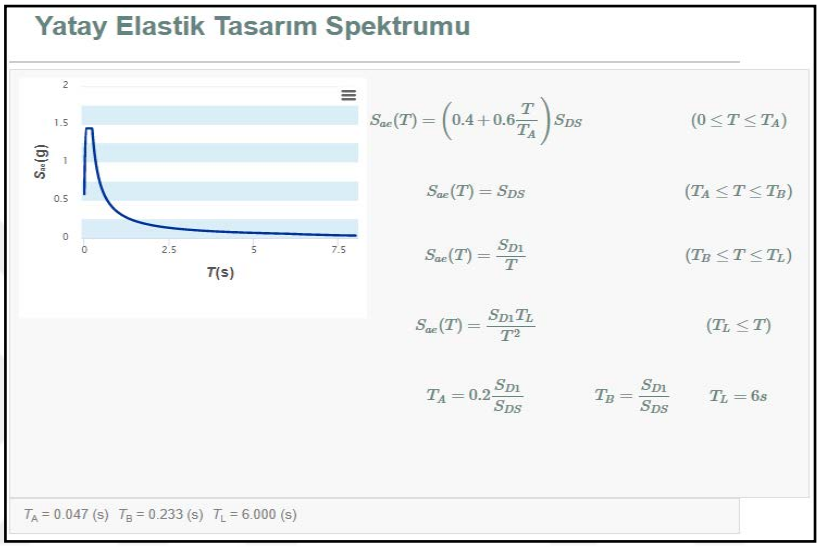


Şekil 3.14 Harita ve tasarım spektral ivme katsayılarının elde edilmesi

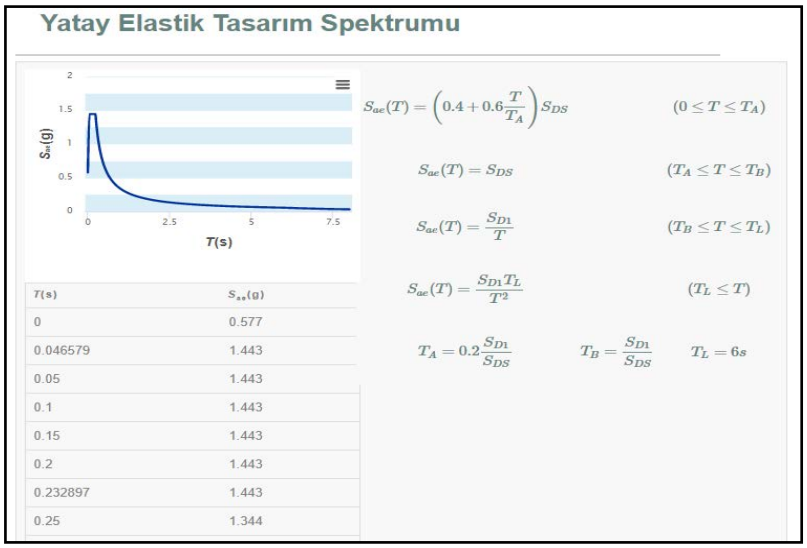


Şekil 3.15 Yatay ve düşey elastik tasarım spektrum grafikleri

c) Detaylı rapor göster düğmesinden, hesaplama adımları, yeni yönetmelik formülasyonuna göre verilerin elde edilmesi, ve elde edilen verilerin farklı formatlarda kopyalanarak alınması görülebilir. Şekil 3.16'da T_A = 0.047 (s)ve T_B = 0.233(s) köşe periyotları ile T_L=6.00(s) sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyoduna göre yatay elastik tarsım spektrum grafiği çizilmiştir. Şekil 3.17'de gösterildiği gibi, elde edilen veriler karşılaştırma yapılması amacıyla Excel ortamına alınmıştır.



Şekil 3.16 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Detaylı Rapor ve Grafiği



Şekil 3.17 Elde edilen verilerin gösterimi

Yeni yönetmelikten elde edilen veriler kendi içinde:

- **Farklı Zemin Sınıflarının Karşılaştırılması**
- **Farklı Lokasyonları (Eski Yönetmeliğe Göre Bir Deprem Bölgesindeki Üç farklı Nokta) Karşılaştırılması**

şeklinde yapılacaktır. Ancak yeni yönetmelikte tasarımda kullanılacak ivme spektrumlarının bölgesel bazlı olmaması nedeniyle, tasarımı yapılacak yapıların eski yönetmelikte aynı deprem bölgesinde olmasına rağmen farklı değerler elde edileceği düşünülmektedir. Bu nedenle eski deprem yönetmeliğine göre 1. Derece Deprem Bölgesinde olan 4 farklı lokasyon seçilerek aynı zemin sınıfında tasarım ivme spektrumları elde edilmiştir. Elde edilen veriler eski yönetmeliğe göre 1. Derece deprem bölgesi ve Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarına göre elde edilen tasarım spektrumlarıyla karşılaştırılmıştır.

3.4.2. Herhangi Bir Düzensizlik İçermeyen Bina Modeli

3.4.2.1. Bina Bilgileri

Uygulamaya esas taşıyıcı sistemi modelimizin tasarımında kullanılacak genel bilgiler Çizelge 3.12'de verilmiştir. Her iki yönetmelik tasarım esasları göz önüne alınarak verilen bilgiler B3 düzensizliği olan modelimizde de kullanılacaktır. Çizelgede verilmeyen diğer tasarım bilgileri ise eski ve yeni yönetmeliğin tasarım esasları sınırları içinde kalacak şekilde seçilerek sistem modellenmesinde kullanılmıştır.

Çizelge 3.12 Düzensizlik İçermeyen Bina Modeli Bilgileri

Bina Bilgileri	**TBDY 2018**	**DBYBHY 2007**
Bina Modeli	3 Boyutlu	3 Boyutlu
Bina Boyutları	X yönünde 5X5(m)	X yönünde 5X5(m)
	Y yönünde 4X4(m)	Y yönünde 4X4(m)
Kat Yüksekliği	3 m	3 m
Kat Sayısı	6	6
BYS	BYS=5	-
Kolon Boyutları	50X50 (cm)	50X50 (cm)
Kiriş Boyutları	30X60 (cm)	30X60 (cm)
Beton ve Donatı Çeliği	C30/37-S420	C30/37-S420
G Sabit Yükü(İç duvar+ Döşeme)	12 kN/m	12 kN/m
G Sabit Yükü(Dış Duvar+ Döşeme)	15 kN/m	15 kN/m
Q Hareketli Yük	8kN/m	8kN/m
Zemin Sınıfı	ZB	Z1

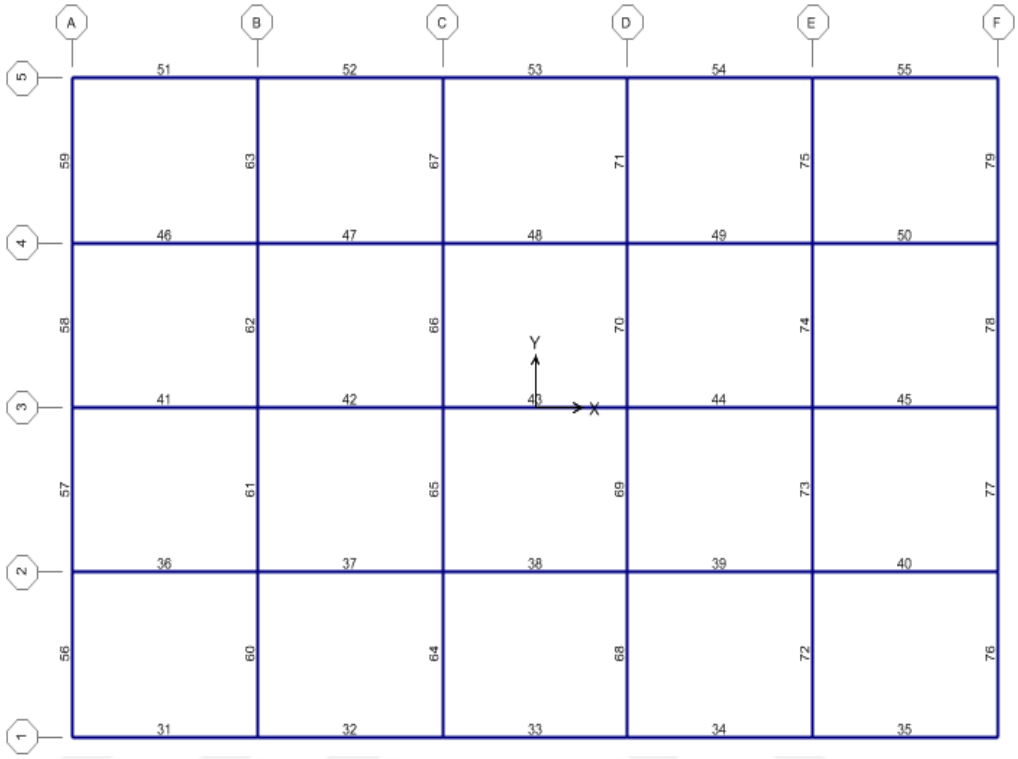
Çizelge 3.12 Düzensizlik İçermeyen Bina Modeli Bilgileri(devamı)

Bina Bilgileri	**TBDY 2018**	**DBYBHY 2007**
Bina koordinatları	Enlem: 38.884110 Boylam:40.496134	-
Deprem Bölgesi	-	1
Bina Önem Katsayısı	I= 1.0	I= 1.0
Taşıyıcı Sistem Davranış katsayısı(R)	8	8
Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	3	Tüm sistemler için formül içinde 1.5
Hareketli Yük Katılım Katsayısı	n=0.30	n=0.30
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	-	A_0=0.4
Harita Spektral İvme katsayısı S_S	1.603	-
Harita Spektral İvme katsayısı S_1	0.420	-
Köşe periyotları	T_A =0.047 T_B =0.233	T_A =0.10 T_B =0.30
DTS	DTS=1	
Doğrusal Hesap Yöntemi	Mod Birleştirme (Spektral Analiz)	Mod Birleştirme (Spektral Analiz)

3.4.2.2. SAP2000' de Mod Birleştirme Yöntemiyle Modelleme ve Hesap Adımları

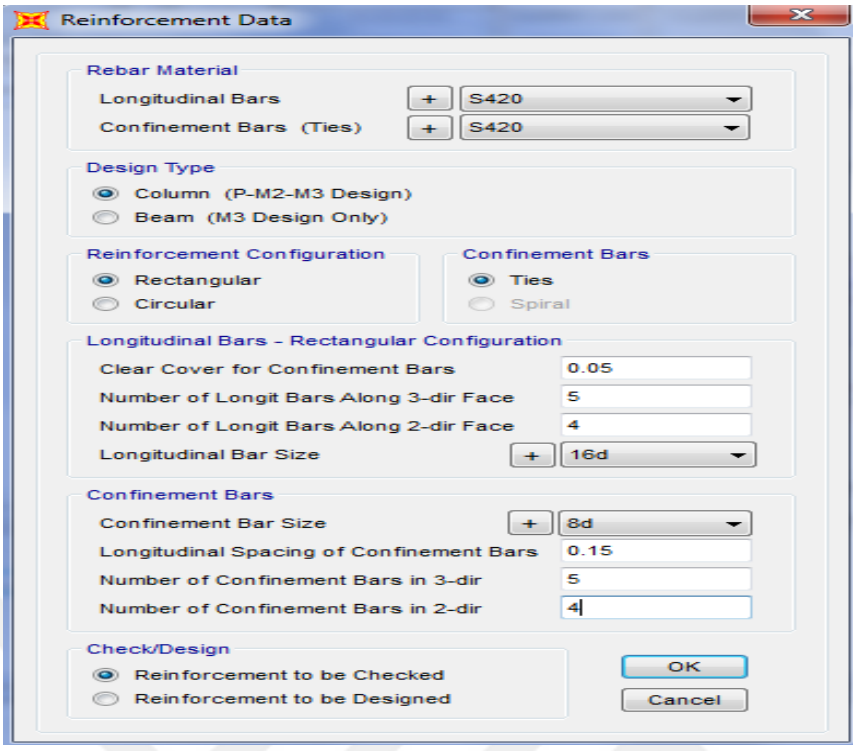
a) Çizelge 3.12'de verilen bilgilere göre modellenen taşıyıcı sistem, kiriş ve kolonlardan oluşturulmuştur. Şekil 3.18'de de görüleceği gibi, X-Y düzlemi verilen bina modelimizde, yönetmelikte tanımlanan planda düzensizlik durumlarından kaçınılmıştır. Böylece, aynı geometrik özelliklere sahip ve düşeyde düzensizlik durumları oluşturulmadan

modellenen bina, her iki yönetmeliğe göre taşıyıcı sistem modellerine etkiyen deprem yüklerinin yapıya etkileri daha açık bir şekilde incelenebilecektir.

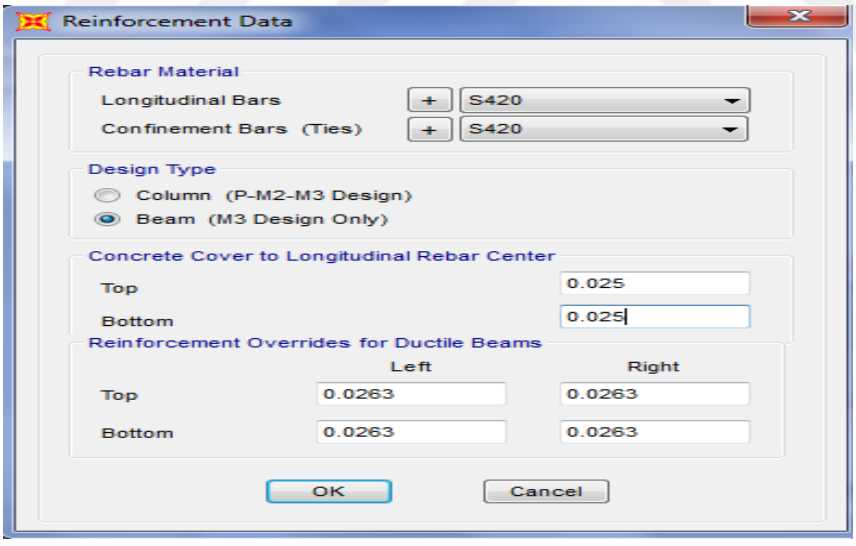


Şekil 3.18 X-Y Düzleminde Sistem Modeli

b) Malzeme özellikleri, kolon ve kiriş boyutları, Şekil 3.19 ve şekil 3.20'de gösterilen kolon ve kirişlere atanan donatı özellikleri, eski ve yeni yönetmelik koşullarını birlikte sağlayacak şekilde seçilmiştir. Donatı çeliği S420, yönetmelikte verilen donatı koşullarını sağladığı varsayılarak seçilmiştir.



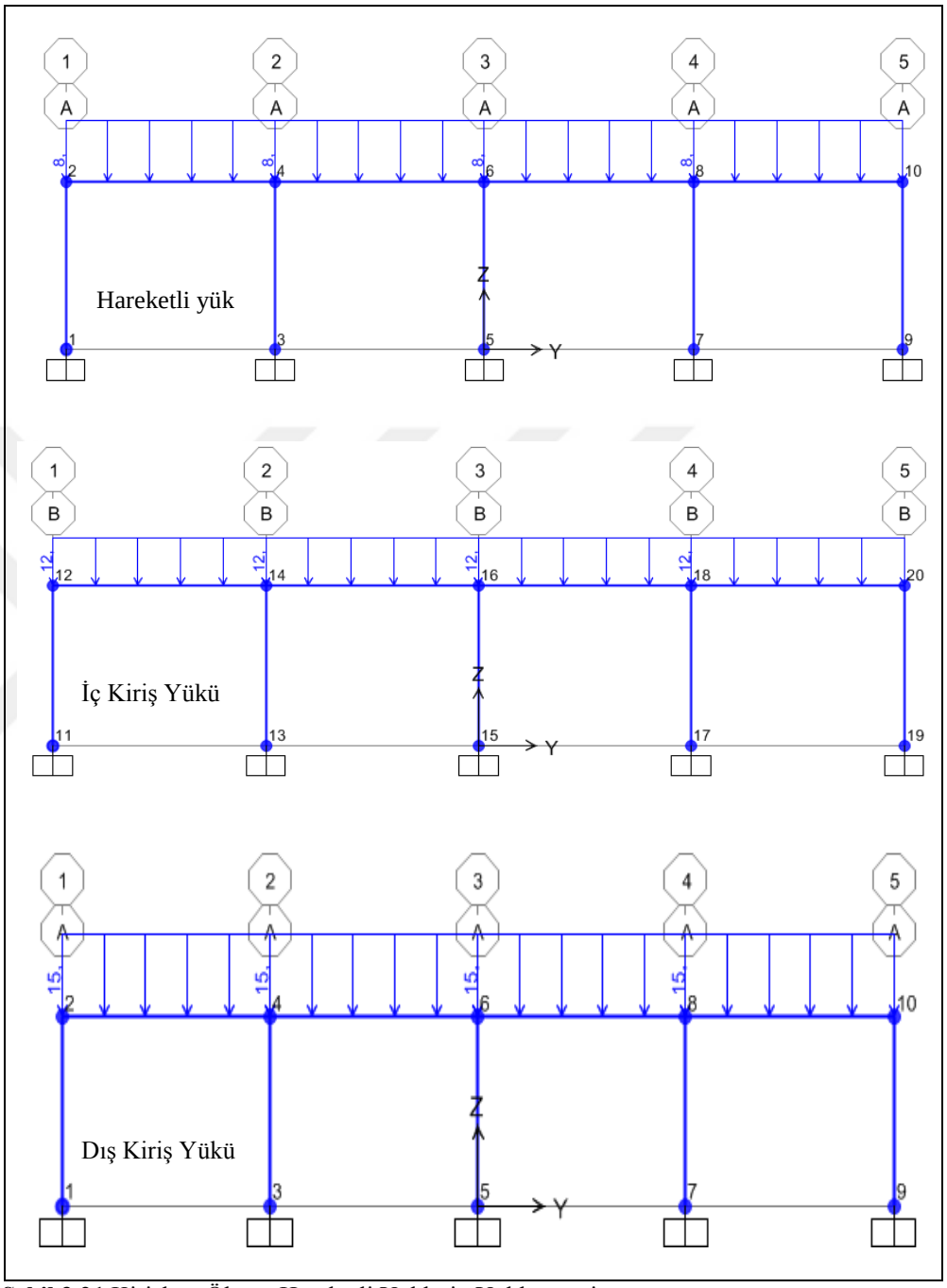
Şekil 3.19 Kolon Donatı Özelliklerinin Tanıtılması



Şekil 3.20 Kiriş Donatı Özelliklerinin Tanıtılması

c) Şekil 3.21'de bina modelimizin Y-Z düzleminde zemin katı gösterilmektedir. Hareketli yükler, döşeme zati yükleri ile iç ve dış duvar yükleri kirişlere atanmıştır. Tüm katlar aynı özellikleri taşıdığından

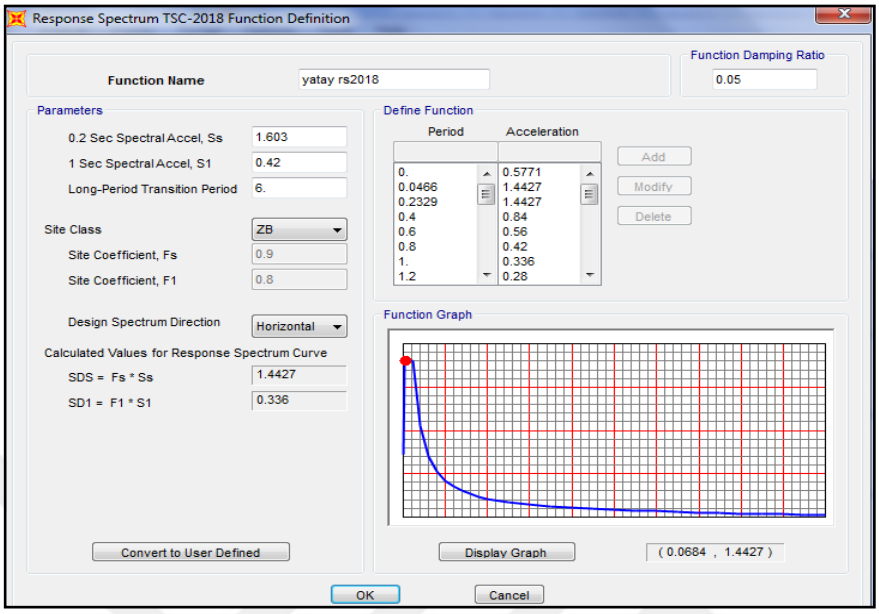
taşıyıcı sistemimiz, modellenen zemin kat, *Replicate* komutuyla 6 kata tamamlanmıştır.



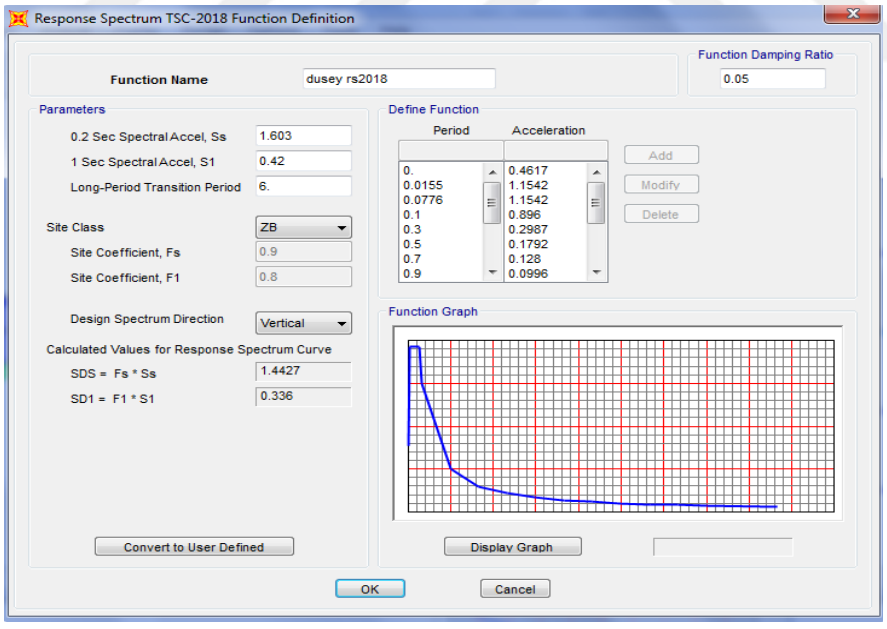
Şekil 3.21 Kirişlere Ölü ve Hareketli Yüklerin Yüklenmesi

d) Yeni yönetmelikte SAP2000'de tepki spektrum fonksiyonunun tanımlanması için S_s, S_1 ve zemin sınıfı bilgisine ihtiyaç vardır. S_s ve S_1 TDTH web uygulamasından alınarak Şekil 3.22 ve şekil 3.23'te verilen

yatay ve düşey elastik tasarım spektral ivme fonksiyonları elde edilmiştir.



Şekil 3.22 TBDY Yatay Tepki Spektrum Fonksiyonunun Tanıtılması



Şekil 3.23 TBDY Düşey Tepki Spektrum Fonksiyonunun Tanıtılması

Kullandığımız SAP2000 20.2 versiyonu, yeni yönetmelik hesap esaslarını da kapsayacak şekilde güncellenmiştir. Elastik tasarım spektral ivme fonksiyonu program

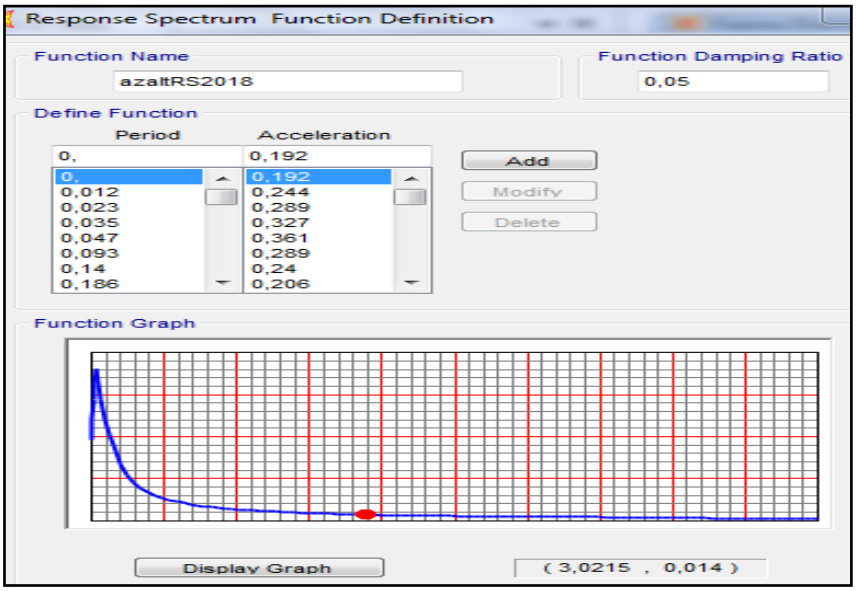
tarafından oluşturulmaktadır. Ancak düzenli bina modelimizde azaltılmış tasarım ivme fonksiyonu kullanılacaktır. Bu nedenle taşıyıcı sistem modelimiz için verilen bilgiler ve TBDY 2018 hesap kurallarına göre, Excel'de hesaplanarak elde edilen ve Çizelge 3.13'te verilen veriler, SAP2000 programında kullanıcı fonksiyonu oluşturmak için kullanılmıştır(Şekil 3.24). Excelde elde edilen verilerle oluşturulan elastik-azaltılmış tasarım ivme grafiği Şekil 3.25'te verilmiştir.

Çizelge 3.13 Excelde oluşturulan elastik ve azaltılmış tasarım ivme spektrum verileri

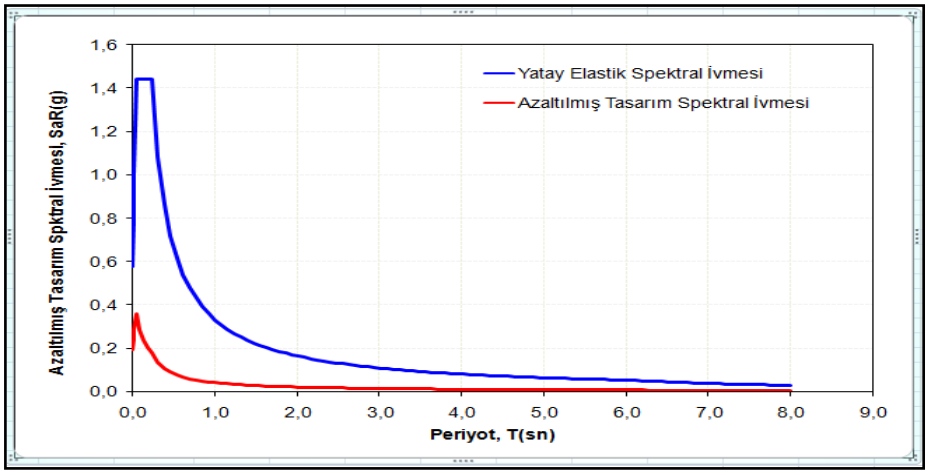
Sıra No	T(s)	Sae (g)	Ra	SaR	Sıra No	T(s)	Sae (g)	Ra	SaR
1	0,00	0,5771	3	0,1924	**31**	1,94	0,1730	8	0,0216
2	0,01	0,7935	3,3	0,2441	**32**	2,02	0,1664	8	0,0208
3	0,02	1,0099	3,5	0,2885	**33**	2,10	0,1602	8	0,0200
4	0,03	1,2263	3,8	0,3270	**34**	2,17	0,1545	8	0,0193
5	0,05	1,4427	4	0,3607	**35**	2,25	0,1492	8	0,0186
6	0,09	1,4427	5	0,2885	**36**	2,33	0,1442	8	0,0180
7	0,14	1,4427	6	0,2405	**37**	2,41	0,1396	8	0,0174
8	0,19	1,4427	7	0,2061	**38**	2,49	0,1352	8	0,0169
9	0,23	1,4427	8	0,1803	**39**	2,56	0,1311	8	0,0164
10	0,31	1,0819	8	0,1352	**40**	2,64	0,1272	8	0,0159
11	0,39	0,8654	8	0,1082	**41**	2,72	0,1236	8	0,0155
12	0,47	0,7212	8	0,0901	**42**	2,80	0,1202	8	0,0150
13	0,54	0,6181	8	0,0773	**43**	2,87	0,1169	8	0,0146
14	0,62	0,5408	8	0,0676	**44**	2,95	0,1138	8	0,0142
15	0,70	0,4807	8	0,0601	**45**	3,03	0,1109	8	0,0139
16	0,78	0,4327	8	0,0541	**46**	3,11	0,1082	8	0,0135
17	0,85	0,3933	8	0,0492	**47**	3,18	0,1055	8	0,0132
18	0,93	0,3605	8	0,0451	**48**	3,26	0,1030	8	0,0129
19	1,01	0,3328	8	0,0416	**49**	3,34	0,1006	8	0,0126
20	1,09	0,3090	8	0,0386	**50**	3,42	0,0983	8	0,0123
21	1,16	0,2884	8	0,0361	**51**	3,50	0,0961	8	0,0120
22	1,24	0,2704	8	0,0338	**52**	3,57	0,0940	8	0,0118
23	1,32	0,2545	8	0,0318	**53**	3,65	0,0920	8	0,0115
24	1,40	0,2403	8	0,0300	**54**	3,73	0,0901	8	0,0113
25	1,48	0,2277	8	0,0285	**55**	3,81	0,0883	8	0,0110
26	1,55	0,2163	8	0,0270	**56**	3,88	0,0865	8	0,0108
27	1,63	0,2060	8	0,0258	**57**	3,96	0,0848	8	0,0106
28	1,71	0,1966	8	0,0246	**58**	4,04	0,0832	8	0,0104
29	1,79	0,1881	8	0,0235	**59**	4,12	0,0816	8	0,0102
30	1,86	0,1803	8	0,0225	**60**	4,19	0,0801	8	0,0100

Çizelge 3.13 Excelde oluşturulan elastik ve azaltılmış tasarım ivme spektrum verileri (devamı)

Sıra No	T(s)	Sae (g)	Ra	SaR	Sıra No	T(s)	Sae (g)	Ra	SaR
61	4,27	0,0787	8	0,0098	**86**	6,21	0,0522	8	0,0065
62	4,35	0,0773	8	0,0097	**87**	6,29	0,0509	8	0,0064
63	4,43	0,0759	8	0,0095	**88**	6,37	0,0497	8	0,0062
64	4,50	0,0746	8	0,0093	**89**	6,45	0,0485	8	0,0061
65	4,58	0,0733	8	0,0092	**90**	6,52	0,0474	8	0,0059
66	4,66	0,0721	8	0,0090	**91**	6,60	0,0463	8	0,0058
67	4,74	0,0709	8	0,0089	**92**	6,68	0,0452	8	0,0056
68	4,82	0,0698	8	0,0087	**93**	6,76	0,0442	8	0,0055
69	4,89	0,0687	8	0,0086	**94**	6,83	0,0432	8	0,0054
70	4,97	0,0676	8	0,0084	**95**	6,91	0,0422	8	0,0053
71	5,05	0,0666	8	0,0083	**96**	6,99	0,0413	8	0,0052
72	5,13	0,0655	8	0,0082	**97**	7,07	0,0404	8	0,0050
73	5,20	0,0646	8	0,0081	**98**	7,15	0,0395	8	0,0049
74	5,28	0,0636	8	0,0080	**99**	7,22	0,0386	8	0,0048
75	5,36	0,0627	8	0,0078	**100**	7,30	0,0378	8	0,0047
76	5,44	0,0618	8	0,0077	**101**	7,38	0,0370	8	0,0046
77	5,51	0,0609	8	0,0076	**102**	7,46	0,0363	8	0,0045
78	5,59	0,0601	8	0,0075	**103**	7,53	0,0355	8	0,0044
79	5,67	0,0593	8	0,0074	**104**	7,61	0,0348	8	0,0043
80	5,75	0,0585	8	0,0073	**105**	7,69	0,0341	8	0,0043
81	5,83	0,0577	8	0,0072	**106**	7,77	0,0334	8	0,0042
82	5,90	0,0569	8	0,0071	**107**	7,84	0,0328	8	0,0041
83	5,98	0,0562	8	0,0070	**108**	7,92	0,0321	8	0,0040
84	6,06	0,0549	8	0,0069	**109**	8,00	0,0315	8	0,0039
85	6,14	0,0535	8	0,0067					

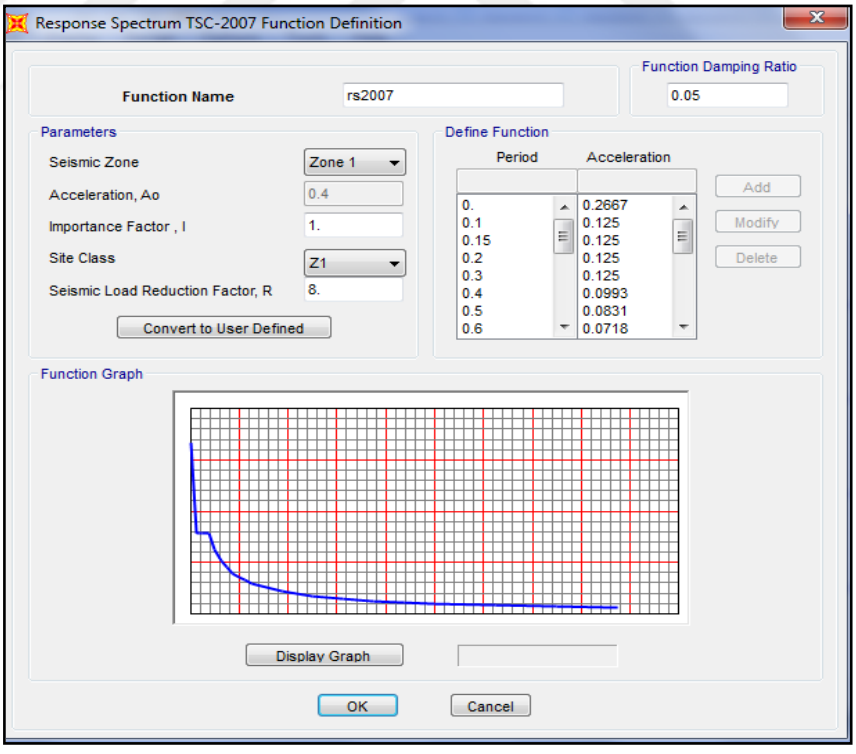


Şekil 3.24 SAP2000 azaltılmış tasarım spektral ivme fonksiyonu



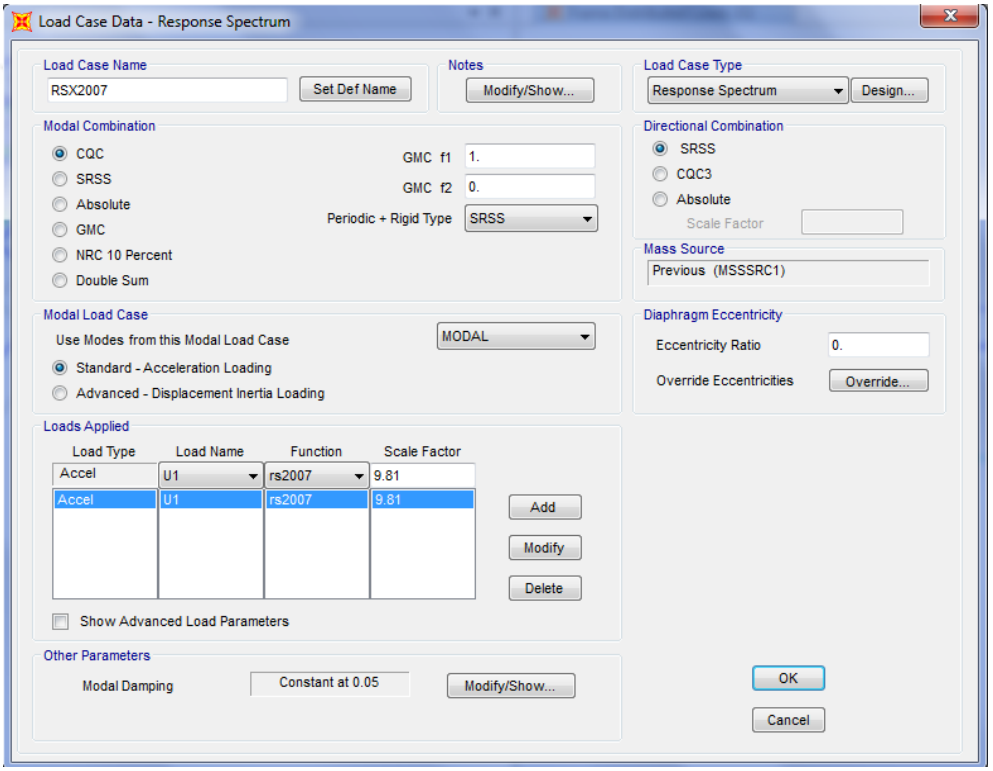
Şekil 3.25 Elastik-Azaltılmış Spektral ivme karşılaştırması

e) Eski yönetmelik tepki spektrumu fonksiyonu tanımlanırken, deprem bölgesi, bina önem katsayısı, zemin sınıfı ve deprem yükü azaltma katsayısı bilgileri girildi. Şekil 3.26'da görülen ivme değerleri, azaltılmış tasarım spektral ivme değerleridir.

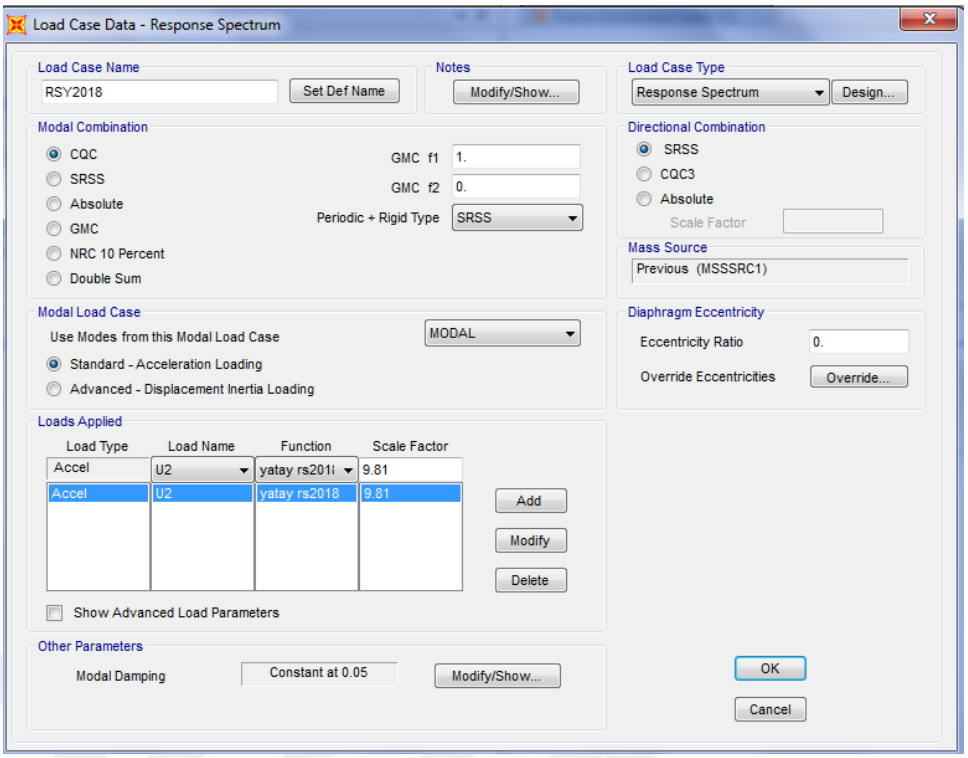


Şekil 3.26 DBYBHY 2007 Tepki Spektrumu fonksiyonunun tanıtılması

f) Eski ve yeni yönetmelik deprem hesap kurallarına göre oluşturulan fonksiyonlar, Şekil 3.27 ve Şekil 3.28'de gösterildiği gibi, tam karesel birleştirme(CQC) yöntemiyle X ve Y doğrultuları için sırayla U1 ve U2 durumları seçilerek ayrı ayrı tanımlanmıştır. Scale factor oranı yerçekimi ivmesi olan 9.81 m/s^2 sayısı alınmıştır. Modal yükleme durumundan mod sayısı 6x3=18 alınmıştır. Analiz sonucunda mod sayısının yeterli olmaması durumunda mod sayısı arttırılacaktır. Bina modelimiz simetrik olduğundan ek dışmerkezlik durumları için analiz yapılmamıştır.

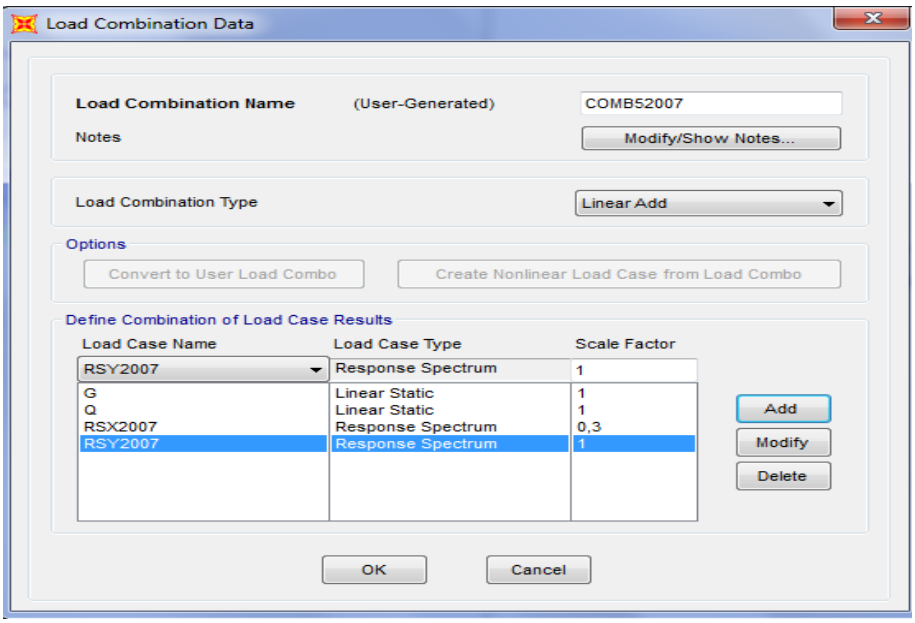


Şekil 3.27 Tepki Spektrumunun X Yönünde Mod Birleştirme Yöntemiyle Tanıtılması



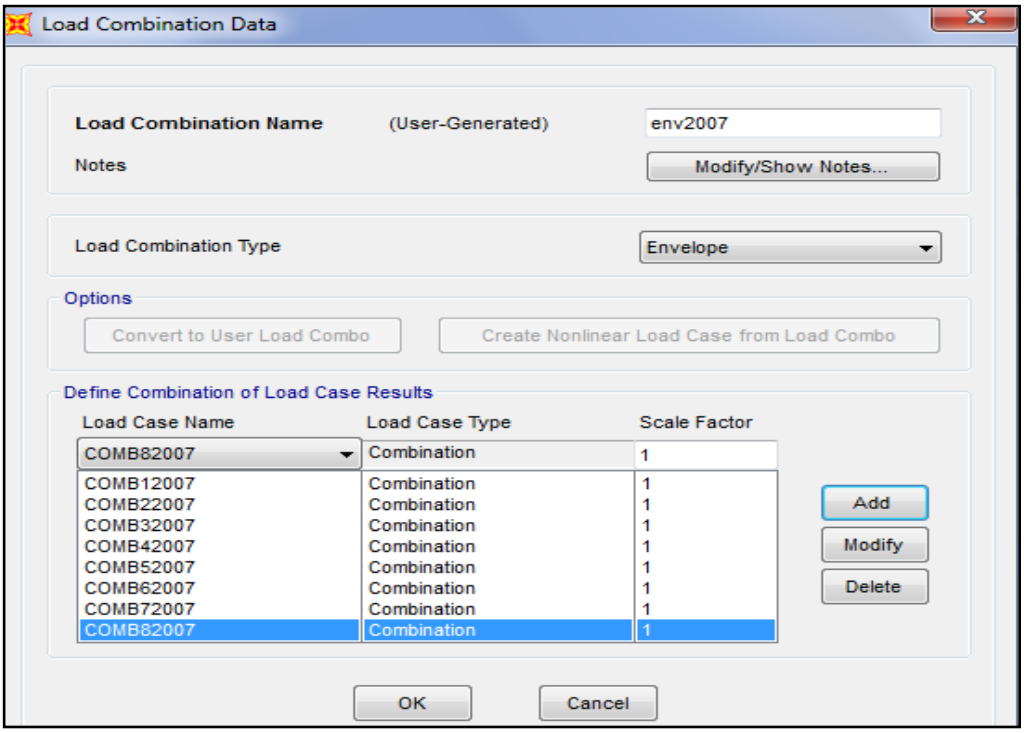
Şekil 3.28 Tepki Spektrumunun Y Yönünde Mod Birleştirme Yöntemiyle Tanıtılması

g) Oluşturulan spektral yükler, yönetmeliklerde belirtilen yük birleştirme durumlarına göre birleştirilmiştir(Şekil 3.29).



Şekil 3.29 Yükleme Kombinasyonlarının Oluşturulması

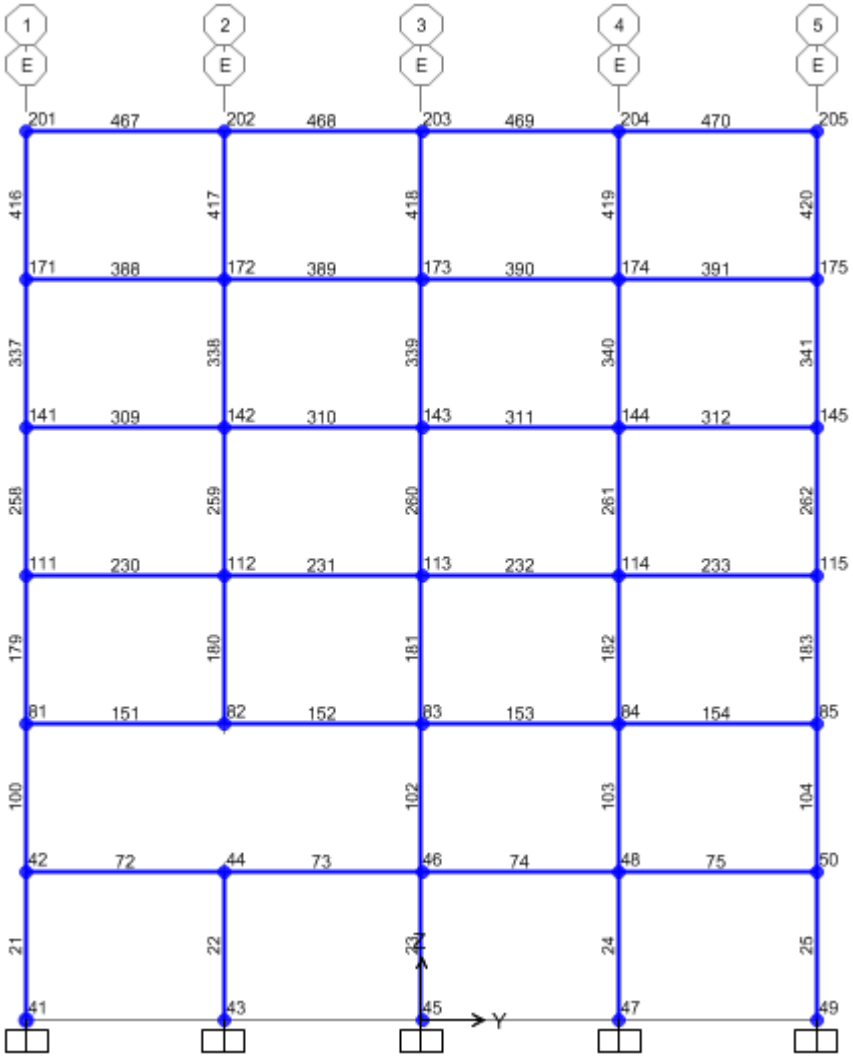
h) Her iki yönetmeliğe göre oluşturulan yükleme kombinasyonları, analiz sonucunda maxsimum ve minimum değerleri daha hızlı görmek için *Envelope* yöntemiyle, eski ve yeni yönetmelik yük kombinasyonları farklı zarflarda olmak üzere iki zarfta birleştirildi(Şekil 3.30).



Şekil 3.30 Zarf Kombinasyonları

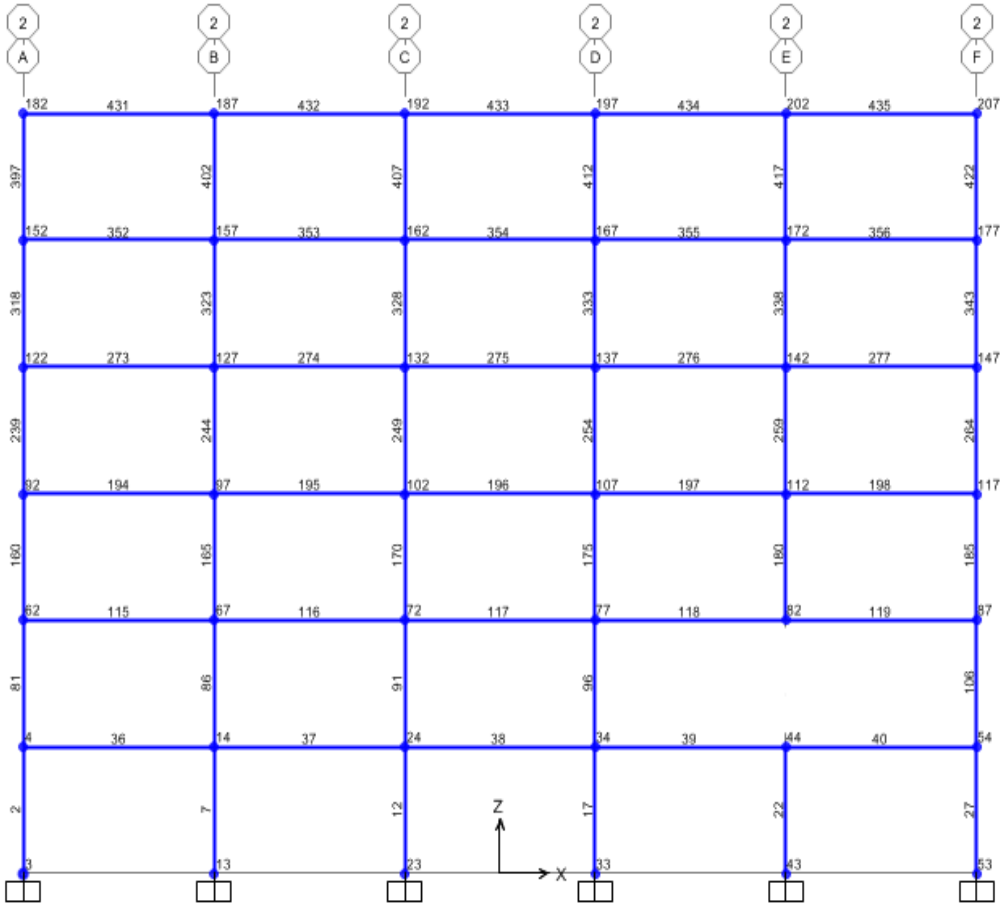
3.4.3. B3 Düzensizliği (İki ucundan mesnetli kirişe oturan kolon) İçeren Bina Modeli

Bina Bilgileri Çizelge 3.12'de verilen, düzensizlik içermeyen bina bilgileri ile aynı olacaktır. Modelleme ve hesap adımları ilk uygulama bina modelimizde verildiği şekilde yapıldı. Son aşamada, modelimizde B3 düzensizliği oluşturmak için Şekil 3.31'de gösterildiği gibi 1. Katta 101 numaralı kolon kaldırıldı.



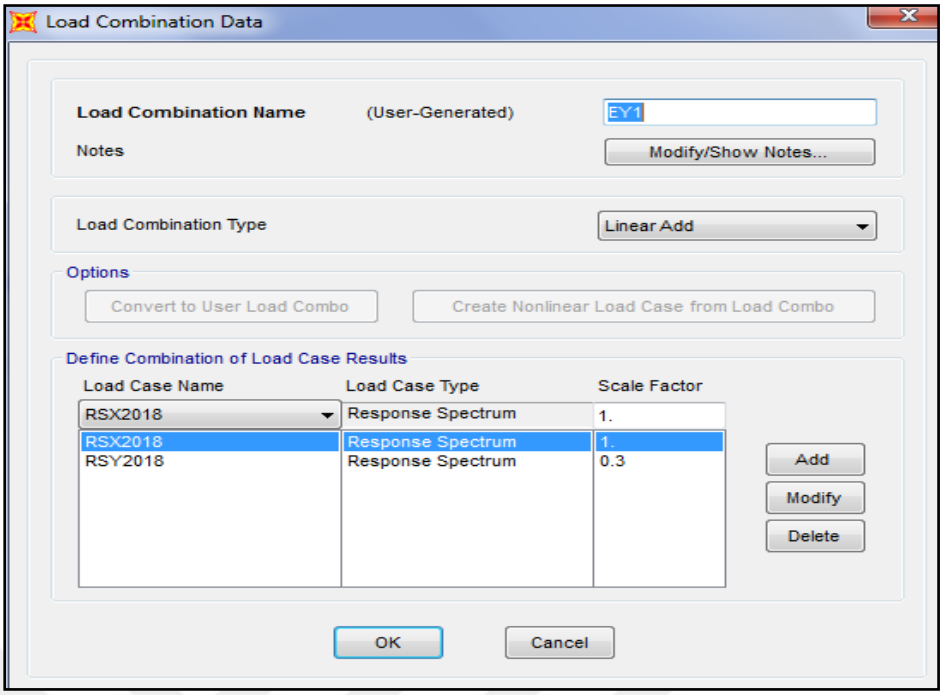
Şekil 3.31 Y-Z Düzlemi B3 Düzensizliği Bağlantı Noktaları

Şekil 3.31 ve şekil 3.32'de kaldırılan kolonun üst bağlantı noktası kolon ve kirişlerinde eski yönetmeliğe göre yatay deprem etkili yük birleşimlerinden elde edilen iç kuvvetleri %50 arttırmak suretiyle, düşey deprem etkisi hesabı yapılmadan tasarım tamamlanır. Yeni yönetmelikte ise düşey deprem etkisinin taşıyıcı sistem tasarımında yük birleşimlerinde hesaba katılması yeterli görülmüştür.



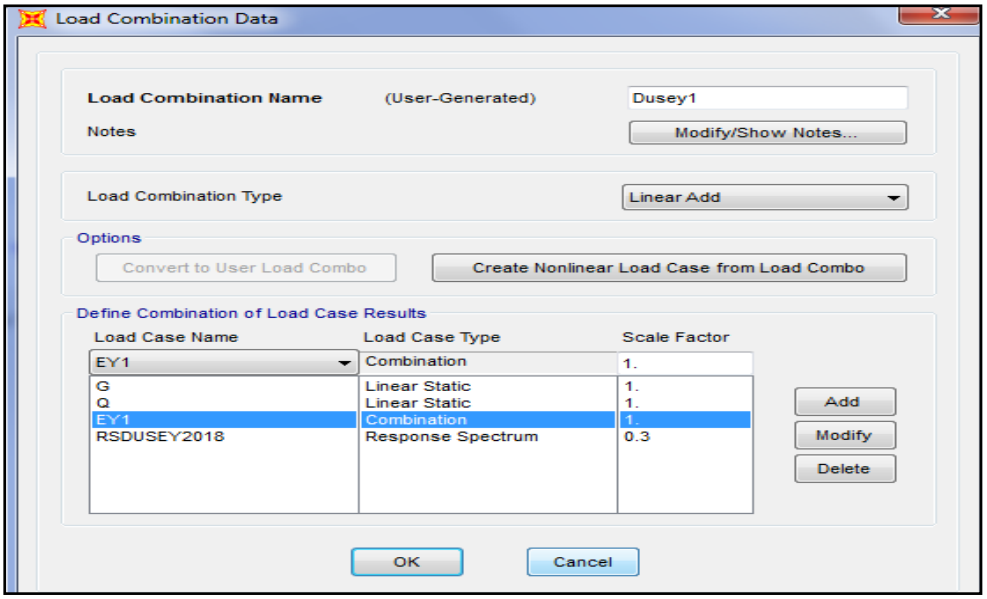
Şekil 3.32 X-Z Düzlemi B3 Düzensizliği Bağlantı Noktaları

Eski yönetmelikte düzensizliğin oluştuğu bölgede ve bağlı noktalarda iç kuvvetleri %50 arttırmak suretiyle tasarım tamamlanıyor. Yeni Yönetmelikte ise B3 düzensizliğin oluştuğu bölgede bulunan ve verilen noktayla bağı olan tüm elemanlara düşey deprem yükünün etki ettirilmesiyle hesaplanması gerektiği belirtilmiştir. Bu nedenle bu modelimiz için düşey deprem etkisi yük birleşimlerinde kullanılarak analiz yapılmıştır. Şekil 3.33'de verilen EY1 yük kombinasyonu, X ve Y doğrultusunda tepki spektrumlarının Denk. 3.7'ye göre doğrultu birleştirmesi yapılmış sekiz kombinasyondan biridir.



Şekil 3.33 EY1 Yük Kombinasyonu

Yönetmelikte belirtilen yük birleşimlerine göre kombinasyonlar yapılarak sistem analizi yapılmıştır. Yük kombinasyonları yeni yönetmelikte düşey deprem etkisi yük birleştirme kuralına göre Şekil 3.34'da gösterildiği gibi yapılmıştır.



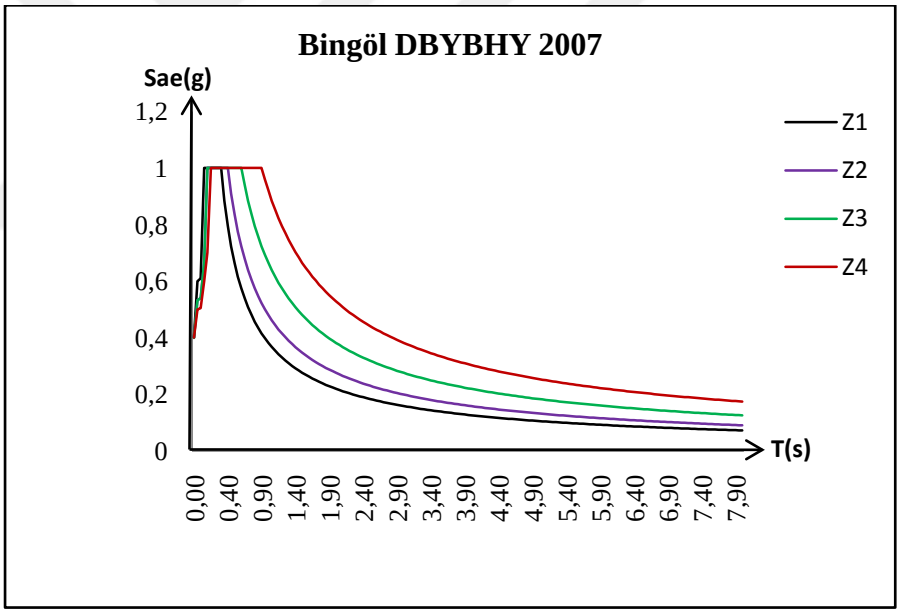
Şekil 3.34 Düşey Deprem Yükü Kombinasyonlar

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Tasarım Esas İvme Spektrumlarının Eski ve Yeni Yönetmeliklere Göre Karşılaştırılması

4.1.1. Farklı Zemin Sınıflarının Karşılaştırılması

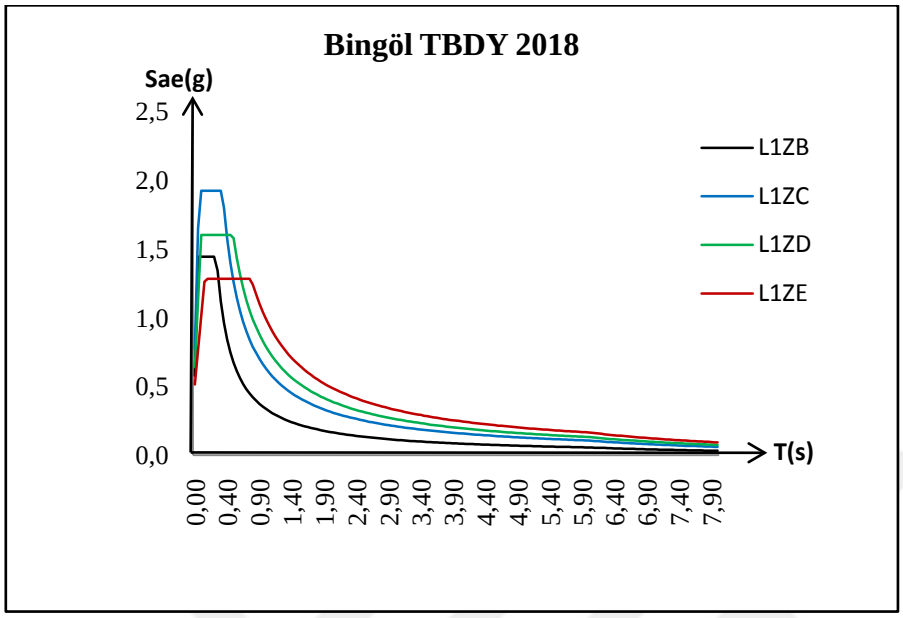
Eski yönetmelikte spektrum karakteristik periyotları sabit olduğu için, spektrumların maksimum değerleri tüm zemin sınıfları için aynıdır. Şekil 4.1'de gösterildiği gibi, periyot aralıkları, Z1 zemin sınıfından Z4 zemin sınıfına doğru gittikçe artmaktadır. Aynı deprem bölgesinde bulunan, farklı zemin sınıflarına sahip iki noktadan, gevşek zemine sahip olan nokta deprem etkisine daha uzun salınım aralığıyla maruz kalacaktır. Bu durum zeminin sıvılaşma riskini de oluşturarak yapının göçmesine sebep olabilir.



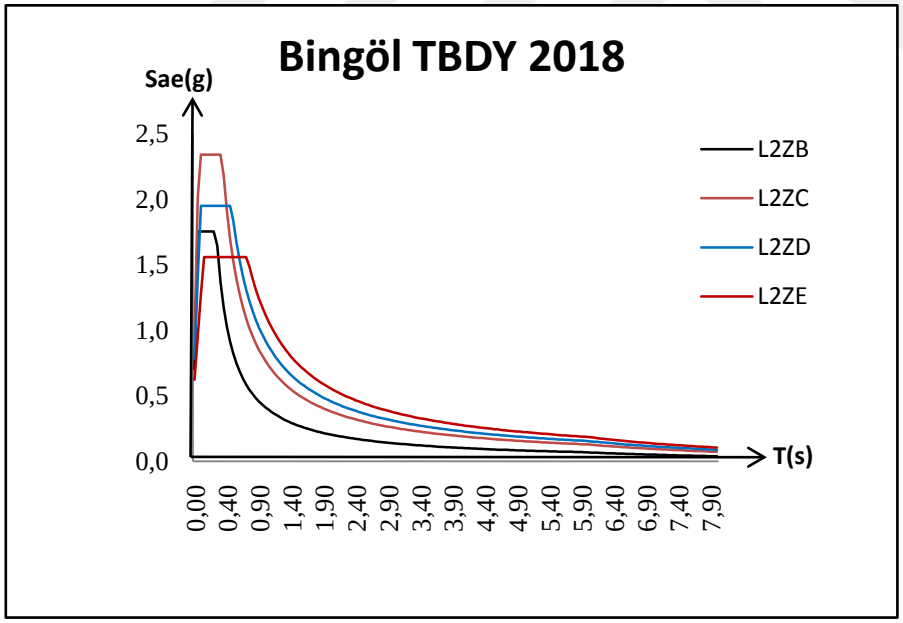
Şekil 4.1 Bingöl için eski yönetmeliğe göre elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması

Yeni yönetmelikte ise, değerlerin noktasal bazlı alınması sonucu, her nokta için farklı değerler alınmaktadır. Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te,eski yönetmeliğe göre 1. Deprem bölgesi olan Bingöl ilimiz için üç farklı konumdan(L1,L2,L3) alınan verilerin karşılaştırılması gösterilmiştir. Eski yönetmeliğe göre (faya yakınlık ve yeni zemin sınıflandırmasının dikkate alınması etkisi) elastik tasarım spektral ivme değerlerinin

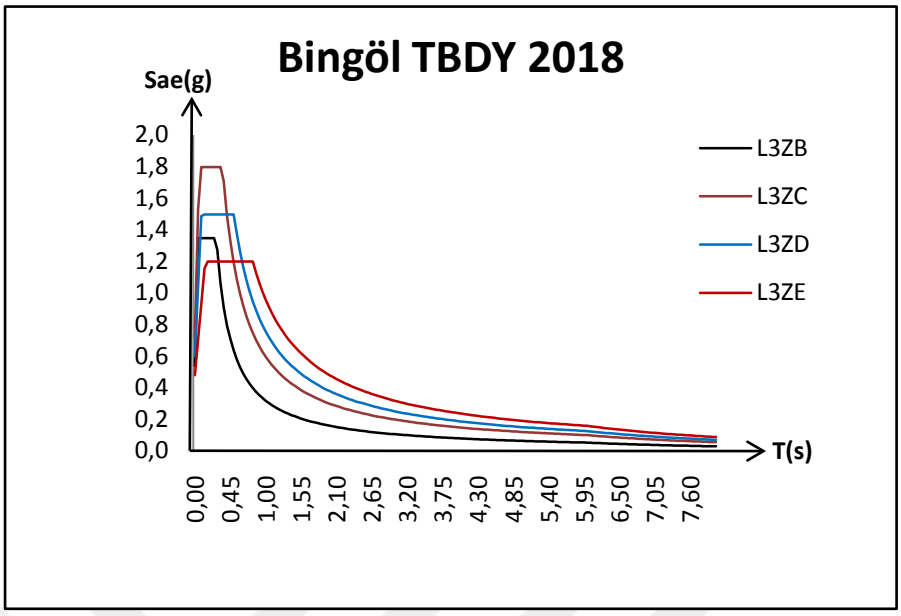
değiştiği tespit edilmiştir. Bu durum, yapıların tasarım ve değerlendirme aşamasında deprem etkilerinin daha gerçekçi bir şekilde göz önünde bulundurulmasını sağlar.



Şekil 4.2 Bingöl için yeni yönetmeliğe göre L1 konumu elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması

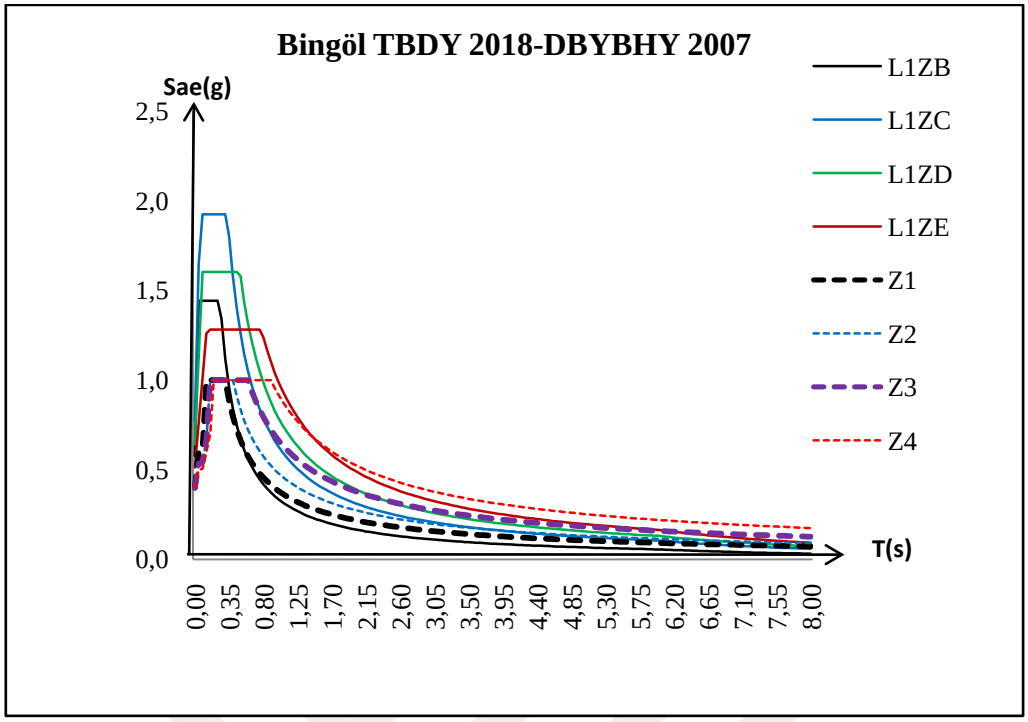


Şekil 4.3 Bingöl için yeni yönetmeliğe göre L2 konumu elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması



Şekil 4.4 Bingöl için yeni yönetmeliğe göre L3 konumu elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması

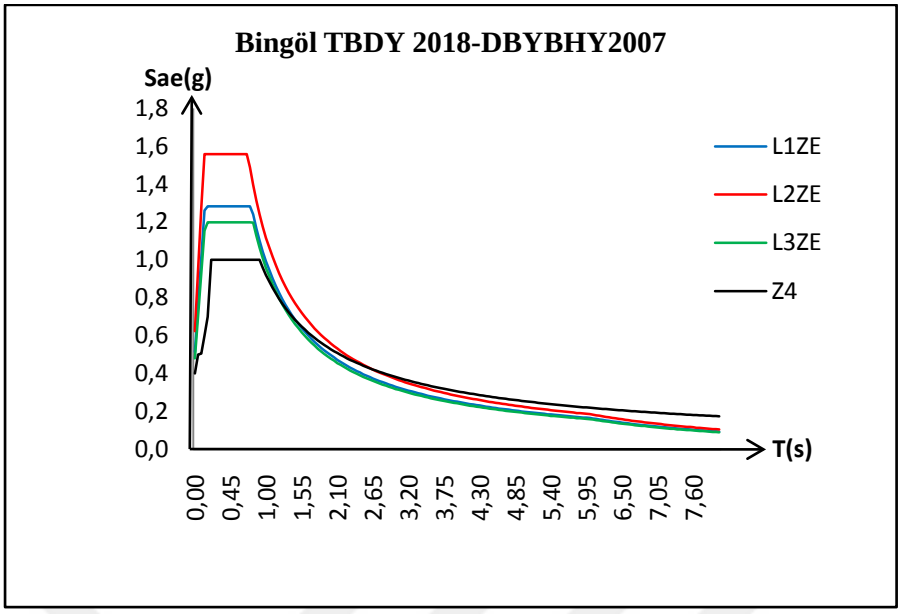
Şekillerde gösterildiği gibi spektral ivmelerin maksimum değerleri zemin sınıflarına göre değişmektedir. Eski yönetmelikte sabit olan maksimum değerlerin, yeni yönetmelikte zemin sınıflarına bağlı olarak farklılık göstermesi, zemin sınıfının belirlenmesi aşamasında yapılacak zemin incelemesinde azami dikkat göstermemiz gerektiğini göstermektedir. Çünkü yanlış tespit edilen zemin sınıfı yanlış deprem etkisinin hesaplanmasına sebep olmaktadır. Eski ve yeni yönetmelik zemin sınıfları karşılaştırıldığında, daha önce zemin özelliklerine göre belirttiğim Z1-ZB,Z2-ZC, Z3-ZD ve Z4-ZE eşleştirmeleri doğrulayacak değerleri göstermiştir. Yönetmelikte tanımlanan sert kayalardan oluşan sağlam zeminlerden gevşek zeminlere doğru genişleyen köşe periyotları aralıkları bize bu durumu göstermektedir(Şekil 4.5). Ancak bu eşleştirmelerin yaklaşık eşleştirmeler olduğu unutulmamalıdır.



Şekil 4.5 Bingöl için eski ve yeni yönetmeliğe göre farklı zemin sınıflarına ait tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması

4.1.2. Benzer Zemin Sınıfında Farklı Lokasyonların (Eski Yönetmeliğe Göre Aynı Deprem Bölgesindeki farklı Nokta) Karşılaştırılması

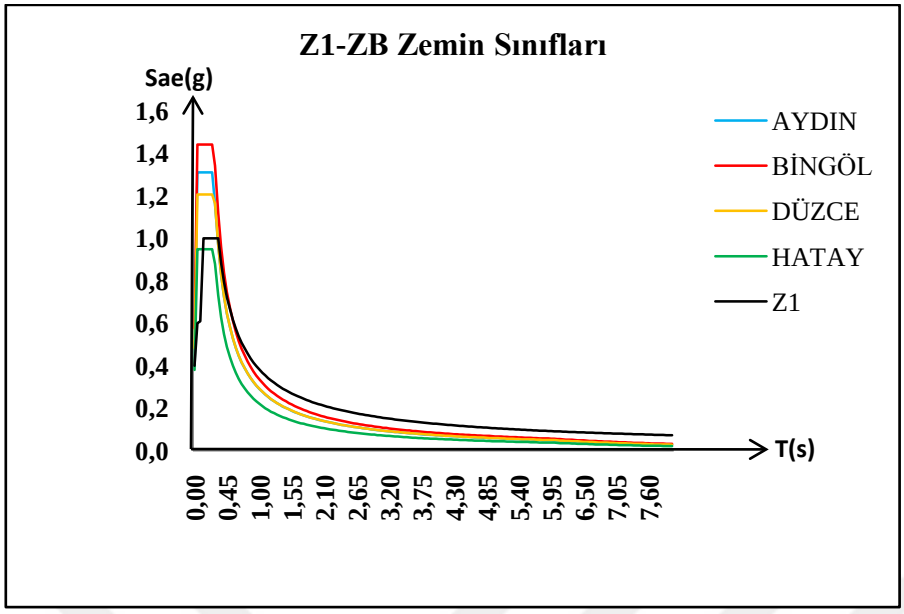
Bingöl için Şekil 4.6'da verilen Z4-ZE benzer zemin sınıfları için elde edilen elastik tasarım ivme spektrumları gösterilmektedir. Yeni yönetmeliğe göre aynı zemin sınıfı her lokasyon için farklı değerler almaktadır. Elde edilen bu değerler eski yönetmelik değerinden yüksek çıkmıştır. Bu durum faya yakınlık etkisinin hesaba katılmasıyla noktasal hesaplamalardan kaynaklanmaktadır.



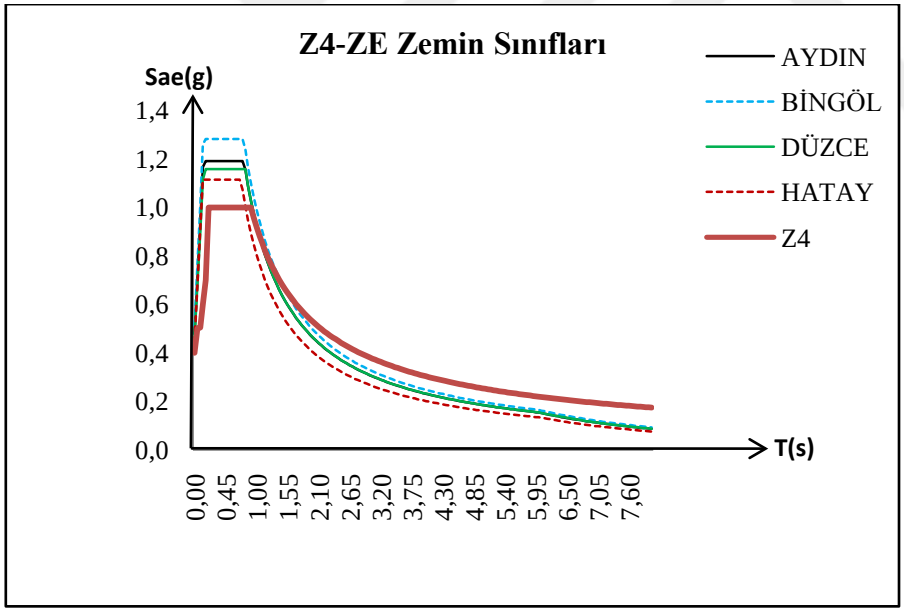
Şekil 4.6 Bingöl için eski ve yeni yönetmeliğe göre benzer zemin sınıfları için elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması

4.1.3. Benzer Zemin Sınıfında Farklı Lokasyonların (Eski Yönetmeliğe Göre 1. Derece Deprem Bölgesi Merkezi Olan İller) Karşılaştırılması

Eski yönetmeliğe göre 1. Derece Deprem bölgesi olan 4 ilimiz için Z1-ZB ve Z4-ZE zemin sınıfları için yapılan karşılaştırmada her ilimiz için farklı sonuçlar elde edilmiştir(Şekil 4.7 ve Şekil 4.8). Bu durum koordinatlara bağlı olarak noktasal bir şekilde yapılan hesaptan kaynaklanmaktadır. Z4-ZE zemin sınıfında yapılan karşılaştırmada köşe periyot aralıklarının, Z1-ZB sınıfına göre daha geniş olduğu görülmüştür. Ayrıca zemin sınıfına ait farklı ivme spektrumlarının elde edilmesi, illerimizin depremsellik özelliklerini daha açık bir şekilde görmemizi sağlamaktadır. Eski yönetmeliğe göre bir deprem bölgesi için aynı spektral ivme değerinin kullanılması, deprem etkisinin hesaplanmasında hedeflenen ekonomik tasarımı vermeyebilir. Noktasal elde olarak edilen tasarım ivme spektrumları, deprem etkisini daha hassas bir şekilde kullanarak ekonomik bir tasarım yapmamızı sağlar.



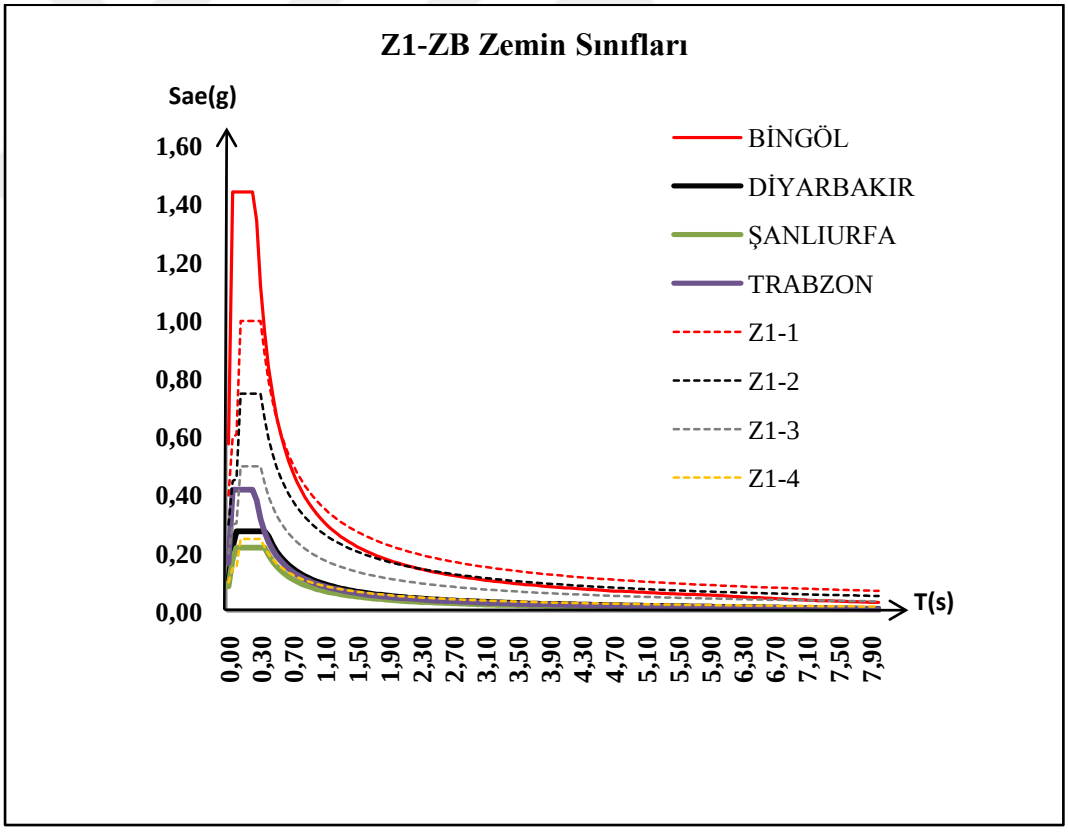
Şekil 4.7 1. Derece Deprem Bölgeleri eski ve yeni yönetmeliğe göre Z1-ZB Zemin sınıfları için elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması



Şekil 4.8 1. Derece Deprem Bölgeleri eski ve yeni yönetmeliğe göre Z4-ZE Zemin sınıfları için elastik tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması

4.1.4. Benzer Zemin Sınıfında Farklı Lokasyonların (Eski Yönetmeliğe Göre Farklı Deprem Bölgeleri) Karşılaştırılması

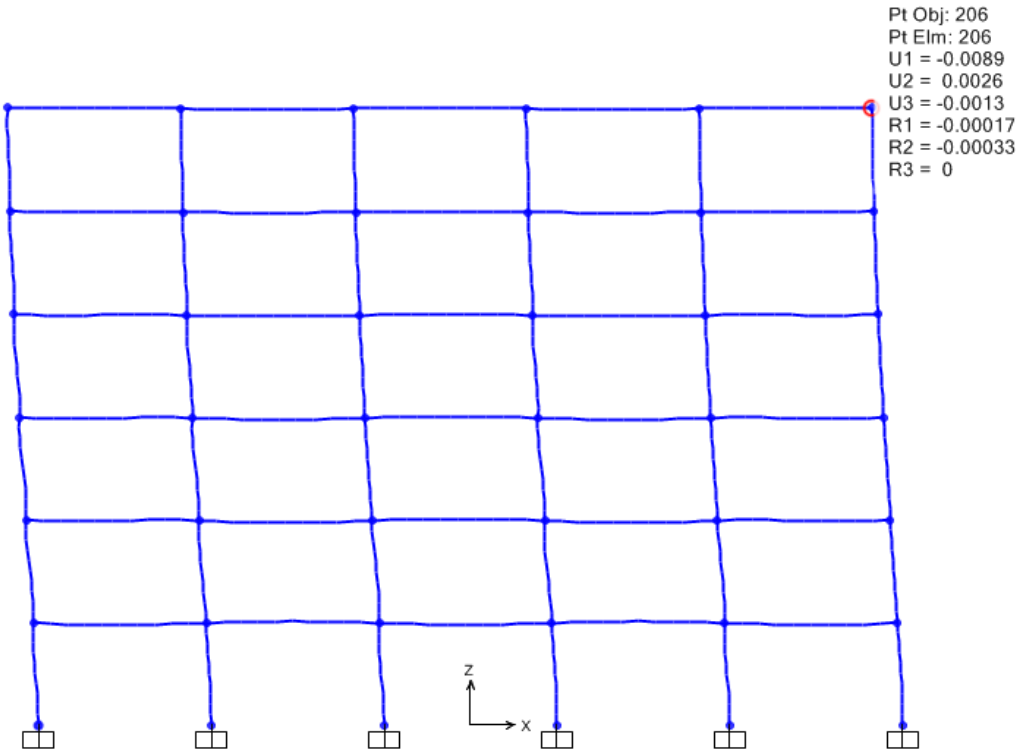
Türkiye Deprem Tehlikesi Haritalarına göre noktasal deprem etkisinin uygulanmaya konulmasıyla, eski yönetmeliğe göre bölgesel bazlı uygulamanın basit ve tekdüze olduğu ortaya çıkmıştır. Eski yönetmelikte 4. Derece Deprem bölgesinde olan Trabzon ilimiz, yeni yönetmeliğe göre elde edilen veriler değerlendirildiğinde, 2. Derece deprem bölgesinde olan Diyarbakır İlimizden daha büyük bir deprem etkisi altında olduğunu göstermiştir. 1. Derece deprem bölgesi olan Bingöl ilimiz ile 3. Derece Deprem Bölgesi olan Şanlıurfa ilimizin depremsellik sıralaması değişmemiştir. Ancak Bingöl ilimizin maksimum tasarım ivme spektrumu değeri eski yönetmelik değerine göre yüksek çıkmasına karşın, diğer 3 ilimizin maksimum değerleri eski yönetmeliğe göre azalmıştır.(Şekil 4.9). Yeni yönetmelikle beraber eski deprem bölgeleri kavramı, artık depreme dayalı tasarım ve değerlendirme aşamalarında göz önüne alınmamalıdır.



Şekil 4.9 Benzer Zemin Sınıfında Farklı Lokasyonların (Eski Yönetmeliğe Göre Farklı Deprem Bölgeleri) Karşılaştırılması

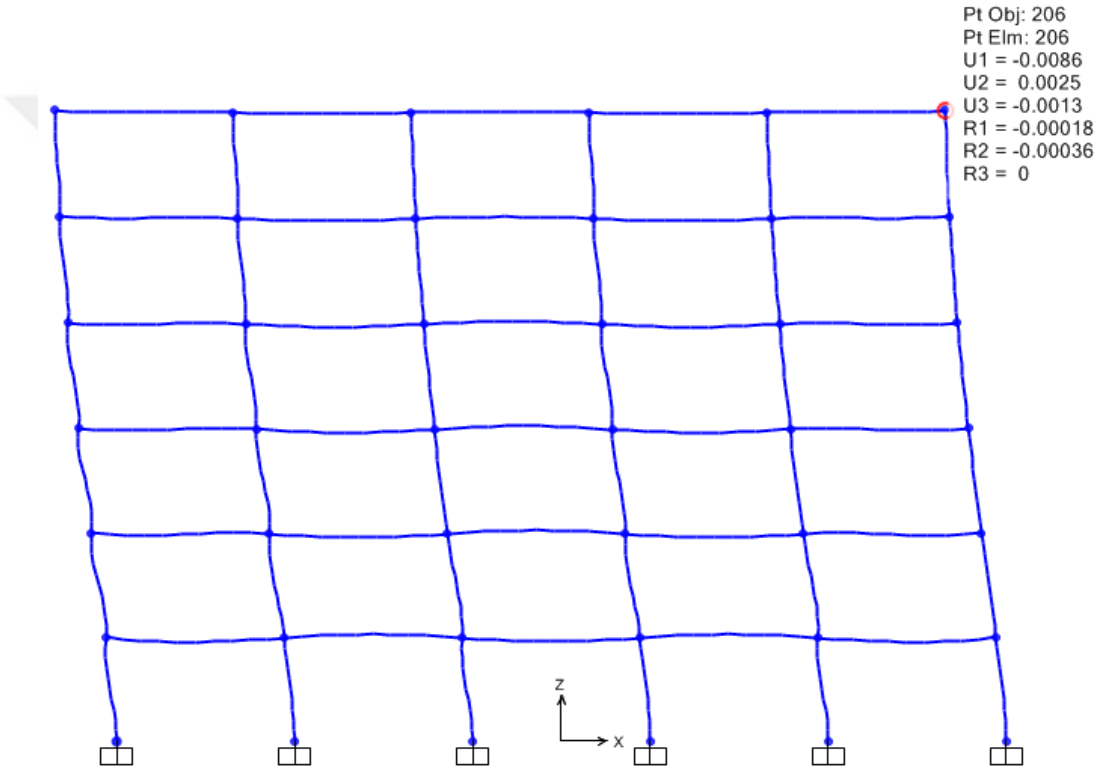
4.2. Düzenli Bina Modeli analiz sonuçları

SAP2000'de analiz edilen bina modelimizden elde edilen veriler, programdan alınan ekran görüntüleriyle de desteklenerek sunulmuştur. Çalışmamızda DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerinin hesap yöntemlerine göre binaların deprem yüklemesi altında göstereceği davranışların incelenerek karşılaştırma yapılması hedeflenmiştir. Deprem yüklerine kaynaklık eden Spektrum değerlerinin elde edilmesi ve karşılaştırılması bir önceki uygulamamızda detaylı bir şekilde verildiğinden, Bina modellerimizde, değerlendirmelerin farklı zemin ve spektrum değerlerine göre karşılaştırmasına gerek duyulmamıştır. Bu nedenle tek lokasyon üzerinden elde edilen veriler kullanılarak elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve karşılaştırılması benzer bina modellerinde, farklı lokasyon ve zemin sınıflarında, yaklaşık olarak benzer davranış göstereceği düşünülmektedir. Analiz sonucunda DBYBHY 2007 yönetmeliği hesap esaslarına göre oluşturulan kombinasyonlardan, COMB32007 adlı yük kombinasyonundan meydana gelen kat deplasmanları Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 COMB32007 yükleme altında deplasman

TBDY 2018 yönetmeliği deprem hesap esaslarına göre oluşturulan COMB12018 adlı yüklemenin bina modelimizde meydana getirdiği kat deplasmanları Şekil 4.11'da gösterilmiştir. Ancak elde edilen verilerin sistem üzerindeki etkilerinin yönetmeliklerde verilen sınır değerler içinde olup olamadığının tespit edilmesi gerekir. Bu çalışmamda, düzenli yapının göreli kat ötelenmelerinin iki yönetmeliğin sınır değerlerinin içinde olup olmadığı durumu incelenmiştir. Deprem yükleri etkisinin doğrusal hesap yöntemiyle yapılmış olması, taşıyıcı sistemimizin elastik davranış sınırları içinde hareket edeceği kabulü üzerinde değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 4.11 COMB12018 yükleme altında deplasman

Deprem yük kombinasyonları zarf yöntemiyle analiz edilerek, maksimum ve minimum değerlerin daha kolay bir şekilde elde edilmesi sağlanmıştır. Her iki yönetmeliğe, X ve Y yatay doğrultular ile Z düşey doğrultuda, her kattan seçilen bir düğüm noktasının yaptığı maksimum ve minimum yerdeğiştirmeler, Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilmiştir.

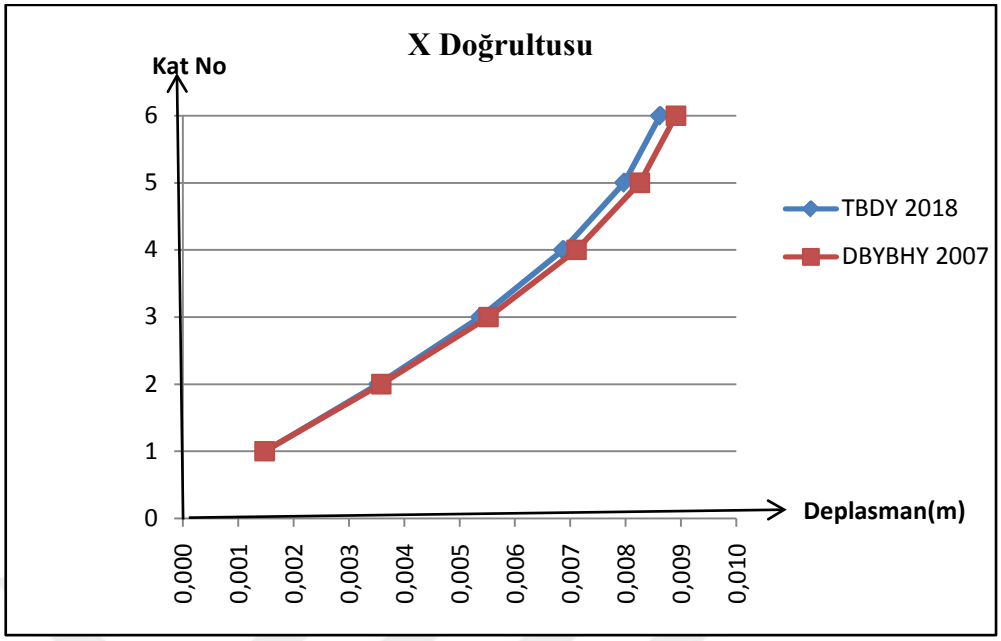
Çizelge 4.1 DBYBHY 2007 Düğüm Noktaları Maksimum Yerdeğiştirmeler

Katlar	Kat Düğüm Noktaları	Yükleme Zarfı	X	Y	Z
1	52	env2007	0,001478	0,00144	-0,000224
2	86	env2007	0,003584	0,003446	-0,000419
3	116	env2007	0,005524	0,005291	-0,000583
4	146	env2007	0,007113	0,006813	-0,000713
5	176	env2007	0,008259	0,007923	-0,000803
6	206	env2007	0,008908	0,008568	-0,000847

Çizelge 4.2 TBDY 2018 Düğüm Noktaları Maksimum Yerdeğiştirmeler

Katlar	Kat Düğüm Noktaları	Yükleme Zarfı	X	Y	Z
1	52	env2018	0,001485	0,001457	-0,00023
2	86	env2018	0,003532	0,003421	-0,00042
3	116	env2018	0,005371	0,005183	-0,00059
4	146	env2018	0,006872	0,006631	-0,00071
5	176	env2018	0,007975	0,007707	-0,0008
6	206	env2018	0,008624	0,008355	-0,00085

Kat düğüm noktalarına ait X doğrultusunda elde edilen değerler Şekil 4.12'de verilen grafik üzerinde karşılaştırılmıştır. Her iki deprem yönetmeliğine göre elde edilen değerler birbirine yakın çıkmıştır. Bu durum yatay deprem etkileri altında aynı modelleme özellikleri altında her iki yönetmeliğin benzer sonuç verebileceği görülmektedir. Ancak farklılıkları daha açık görebilmek için her iki yönetmeliğin tasarım esaslarının bütün olarak göz önüne alınması gerekir.



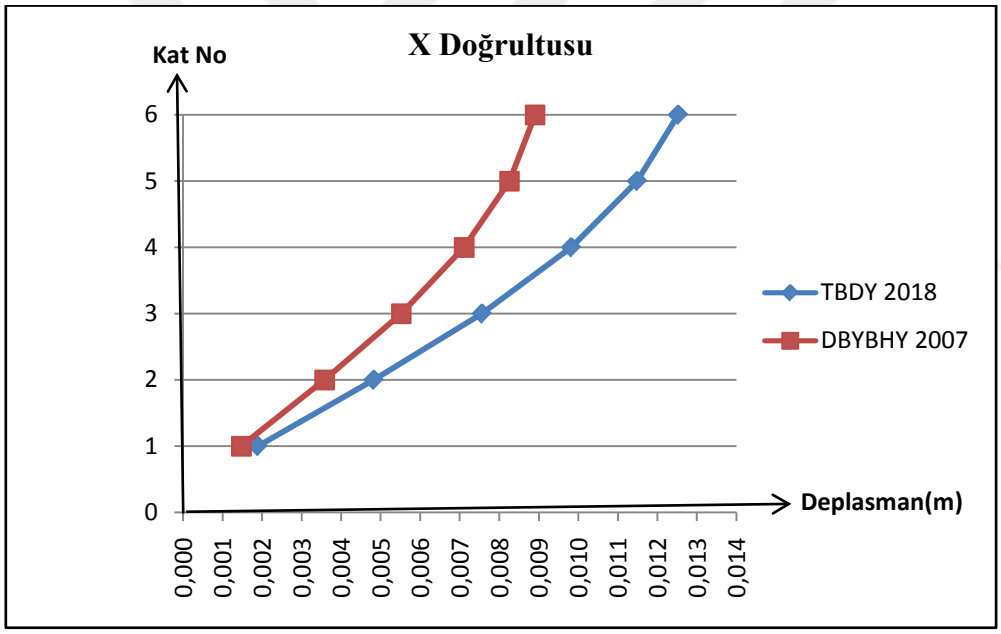
Şekil 4.12 Kat Düğüm Noktaları Yerdeğiştirme Karşılaştırması

TBDY'de getirilen modelleme esaslarından biri de, deprem yüklemelerinin, taşıyıcı sistem elemanları için verilen etkin kesit rijitlik değerlerinin kullanılması. DBYBHY 2007 yönetmeliğinde sadece mevcut yapıların performans değerlendirmesi için kullanılan etkin kesit rijitlikleri, TBDY ile yeni yapıların tasarım değerlendirmesi aşamasında da göz önüne alınmıştır. Yeni yapı üzerinde analiz yapıldığı için, yeni yönetmeliğe göre modelimizin kiriş ve kolonları etkin kesit rijitlik değerleri atanarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda modelimizde, eski yönetmeliğe göre tasarım aşamasında etkin kesit rijitlikleri kullanılmadığından, TBDY 2018 yönetmeliğinin DBYBHY2007 yönetmeliğine göre yaklaşık 1.5 kat fazla deplasman yapmıştır (Çizelge 4.3).

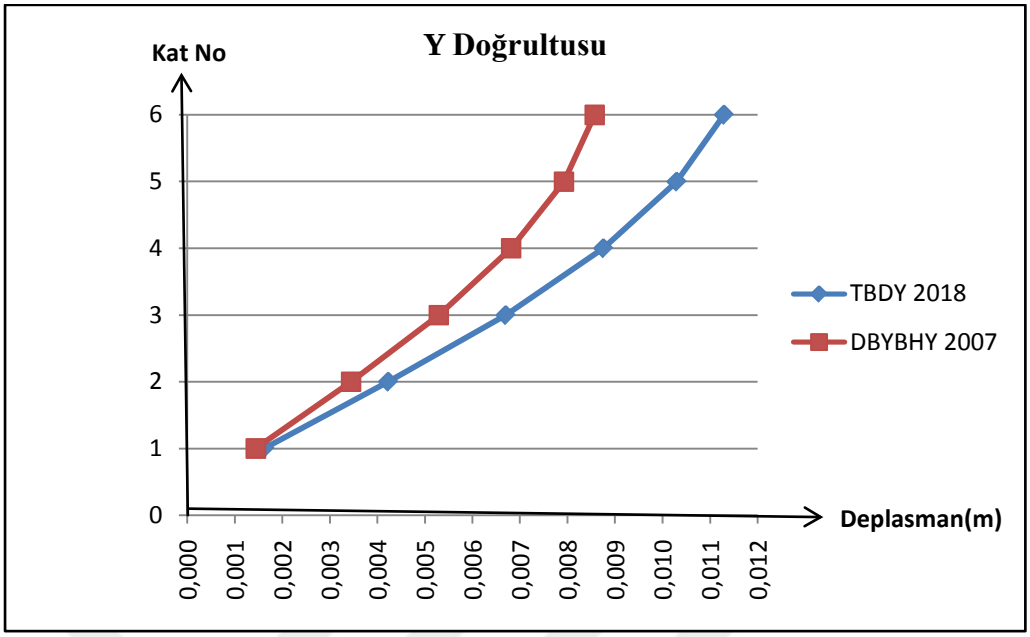
Çizelge 4.3 TBDY 2018 Etkin Kesit Rijitlikli Deplasman

TBDY 2018 Etkin Kesit Rijitlikli Tasarım					
Katlar	**Kat Düğüm Noktaları**	**Yükleme Zarfı**	**X**	**Y**	**Z**
1	52	env2018	0,001893	0,001622	-0,00037
2	86	env2018	0,004829	0,004228	-0,00068
3	116	env2018	0,007563	0,006695	-0,00093
4	146	env2018	0,009819	0,00875	-0,00112
5	176	env2018	0,011491	0,010296	-0,00125
6	206	env2018	0,012527	0,011289	-0,00131

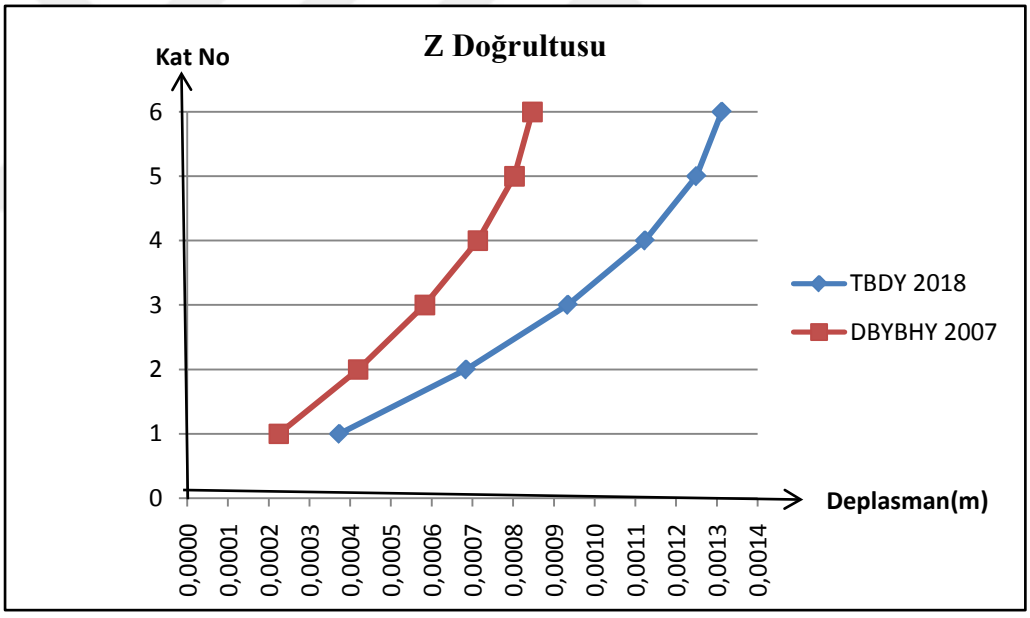
Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3'te verilen verileri daha açık bir şekilde değerlendirmek amacıyla X, Y ve Z doğrultularında meydana gelen kat düğüm noktaları deplasmanları grafik üzerinde karşılaştırılmıştır. Şekil 4.13'te verilen X doğrultusunda, eski deprem yönetmeliğine göre meydana gelen yüksek değerli deplasmanlarda etkin kesit rijitliği etkisi açık bir şekilde görülmektedir. Eski yönetmelikte sadece mevcut yapıların değerlendirilmesi aşamasında kullanılan ve tasarım aşamasında deprem yüklemelerinde göz önünde bulundurulmayan etkin kesit rijitliği, yapının sünek davranış göstererek deprem etkisini sönümlemeyi hedefleyen yeni yönetmeliğin bu uygulamasının yeni yapılacak yapılarda da uygulanması, deprem yüklemelerinde, yapının minimum hasarla deprem etkisini sönümlemesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Y ve Z doğrultularına ait grafikler Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.13 X doğrultusunda elde edilen deplasman karşılaştırması



Şekil 4.14 Y doğrultusunda elde edilen deplasman karşılaştırılması



Şekil 4.15 Z doğrultusunda elde edilen deplasman karşılaştırması

- Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Her İki Yönetmeliğe Göre Sınır Değerler Kontrolü

Eski ve yeni yönetmelik tasarım kurallarına göre tasarlanan modelimizin her iki yönetmeliğin etkin göreli kat ötelemeleri için verilen sınır değerlere göre kontrol edilmiştir. X ve Y doğrultularında elde edilen etkin göreli kat ötelemeleri, eski yönetmelik için verilen sınır değerine göre kontrolü sırasıyla Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te verilmiştir. Maksimum etkin göreli kat ötelemesi modelimizin 2. katında meydana gelmiştir. Hesaplanan bu değerin sınır değeri kontrolünü sağladığı görülmüştür.

Çizelge 4.4 DBYBHY 2007 X Doğrultusu İçin Etkin Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerler Kontrolü

Kat	h_i (m)	d_{ix} (m)	Δ_{ix} (m)	$d_{ix} = R\Delta_{ix}$ (m)	d_{ix} / h_i	DBYBHY 2007	
6	3	0,008908	0,000649	0,005192	0,0017307	0,02	√
5	3	0,008259	0,001146	0,009168	0,0030560	0,02	√
4	3	0,007113	0,001589	0,012712	0,0042373	0,02	√
3	3	0,005524	0,001940	0,015520	0,0051733	0,02	√
2	3	0,003584	0,002106	0,016848	0,0056160	0,02	√
1	3	0,001478	0,001478	0,011824	0,0039413	0,02	√

Çizelge 4.5 DBYBHY 2007 Y Doğrultusu İçin Etkin Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerler Kontrolü

Kat	h_i (m)	d_{ix} (m)	Δ_{ix} (m)	$d_{ix} = R\Delta_{ix}$ (m)	d_{ix} / h_i	DBYBHY 2007	
6	3	0,008568	0,000645	0,005160	0,0017200	0,02	√
5	3	0,007923	0,001110	0,008880	0,0029600	0,02	√
4	3	0,006813	0,001522	0,012176	0,0040587	0,02	√
3	3	0,005291	0,001845	0,014760	0,0049200	0,02	√
2	3	0,003446	0,002006	0,016048	0,0053493	0,02	√
1	3	0,001440	0,001440	0,011520	0,0038400	0,02	√

Yeni yönetmelikte verilen sınır değeri daha önce açıklanan parametrelere bağlı olarak eski yönetmeliğe göre düşürülmüştür. Bina önem katsayısının hesaba dahil edilmesiyle özellikli ve toplumsal önemli binalarda yapının daha sünek davranarak deprem etkisi sönümlemesi hedeflenmiştir. Eski yönetmelikte, verilen sınır değerleri aşılmasa bile yapısal olmayan gevrek elemanların deprem sonrası kullanılabilirliklerinin hesaplanması gerektiği belirtilmiştir. Yeni yönetmelikte is bu durum, verilen sınır değerleri denklemi içinde verilerek, gevrek elemanlar için tekrar hesap yapma ihtiyacını

ortadan kaldırmıştır. Böylece yeni yönetmelikte hesaplanan etkin göreli kat ötelemeleri taşıyıcı sistemi, taşıyıcı olmayan elemanlarla bir bütün olarak analiz etmemizi sağlar. Deprem etkisine maruz kalan yapıyı bütün olarak incelemek hem zamandan tasarruf sağlar hem de yapının ekonomik olarak tasarımına imkan verir. Yeni yönetmelik tasarım ve değerlendirme esaslarına etkin kesit rijitliği oranları kullanılmadan analiz edilen modelimizden elde edilen etkin göreli kat ötelemeleri Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de verilmiştir. Maksimum etkin göreli kat ötelemesinin 2. katta meydana geldiği ve yönetmelikte betonarme binalar için verilen sınır değerini aşmadığı görülmüştür. Yeni yönetmeliğimizde getirilen yeniliklerden olan etkin kesit rijitliği kullanılarak elde edilen değerlerin kontrolü Çizelge 4.8'de verilerek yönetmelikte verilen sınır değerini aşmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.6 TBDY 2018 X Doğrultusu İçin Etkin Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerler Kontrolü

KAT	h_i(m)	u_i(m)	Δ	λ∗R∗Δ/(H∗I)	0,008*κ(κ=1)	
6	3	0,008624	0,000649	0,000633424	0,008	√
5	3	0,007975	0,001103	0,001076528	0,008	√
4	3	0,006872	0,001501	0,001464976	0,008	√
3	3	0,005371	0,001839	0,001794864	0,008	√
2	3	0,003532	0,002047	0,001997872	0,008	√
1	3	0,001485	0,001485	0,001449360	0,008	√

Çizelge 4.7 TBDY 2018 Y Doğrultusu İçin Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerler Kontrolü

KAT	h_i(m)	u_i(m)	Δ	λ∗R∗Δ/(H∗I)	0,008*κ(κ=1)	
6	3	0,008355	0,000648	0,000632448	0,008	√
5	3	0,007707	0,001076	0,001050176	0,008	√
4	3	0,006631	0,001448	0,001413248	0,008	√
3	3	0,005183	0,001762	0,001719712	0,008	√
2	3	0,003421	0,001964	0,001916864	0,008	√
1	3	0,001457	0,001457	0,001422032	0,008	√

Çizelge 4.8 TBDY 2018 X Doğrultusu için (Etkin Kesit Rijitliği) Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerlerle kontrolü

KAT	h_i(m)	u_i(m)	Δ	λ∗R∗Δ/(H∗I)	0,008*κ(κ=1)	
6	3	0,012527	0,001036	0,001011136	0,008	√
5	3	0,011491	0,001672	0,001631872	0,008	√
4	3	0,009819	0,002256	0,002201856	0,008	√
3	3	0,007563	0,002734	0,002668384	0,008	√
2	3	0,004829	0,002936	0,002865536	0,008	√
1	3	0,001893	0,001893	0,001847568	0,008	√

4.3. B3 Düzensizliği İçeren Bina Modeli Analiz Sonuçları

4.3.1. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Düşey Deplasman Değerlerinin Karşılaştırılması

Kaldırılan kolonun üst düğüm noktasından başlayarak son kata doğru, Çizelge 4.9'da verilen maksimum değerler incelendiğinde, DBYBHY 2007 Yönetmeliği, deprem yükleri altında daha yüksek düşey deplasman değerleri vermiştir. Minimum düşey deplasman değerlerinde ise her iki yönetmeliğin değerleri de artmıştır(Çizelge 4.10). Ancak yeni yönetmeliğe göre yapılan analizde elde edilen düşey deplasman değerleri eski yönetmeliğe göre daha yüksek çıkmıştır(Çizelge 4.10). Bu durum, düşey deprem etkisinin hesaba katılması nedeniyle oluşmuştur.

Çizelge 4.9 DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Maksimum Düşey Deplasman(Z)(m)

Düğüm No	Kombinasyon	Max/Min	X	Y	Z
82	env2007	Max	0,029342	0,028583	**-0,00442**
112	env2007	Max	0,044929	0,043506	**-0,004445**
142	env2007	Max	0,057676	0,05577	**-0,00448**
172	env2007	Max	0,066861	0,064706	**-0,004512**
202	env2007	Max	0,072061	0,069889	**-0,004534**
82	env2018	Max	0,028913	0,028199	**-0,003337**
112	env2018	Max	0,043872	0,042542	**-0,003359**
142	env2018	Max	0,056052	0,054297	**-0,003389**
172	env2018	Max	0,064963	0,062977	**-0,003417**
202	env2018	Max	0,070137	0,068135	**-0,003436**

Çizelge 4.10 DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Minimum Düşey Deplasman(Z)(m)

Düğüm No	Kombinasyon	Max/Min	X	Y	Z
82	env2007	Min	-0,029345	-0,028591	**-0,004814**
112	env2007	Min	-0,044945	-0,0435	**-0,004824**
142	env2007	Min	-0,057703	-0,055762	**-0,004837**
172	env2007	Min	-0,066896	-0,064704	**-0,004849**
202	env2007	Min	-0,07211	-0,069885	**-0,004862**
82	env2018	Min	-0,028917	-0,028208	**-0,005897**
112	env2018	Min	-0,043888	-0,042537	**-0,005910**
142	env2018	Min	-0,056078	-0,054289	**-0,005928**
172	env2018	Min	-0,064998	-0,062975	**-0,005944**
202	env2018	Min	-0,070187	-0,068131	**-0,005960**

4.3.2. B3 Düzensizliği Noktasına Bağlı Kolonların İç Kuvvet Değerleri

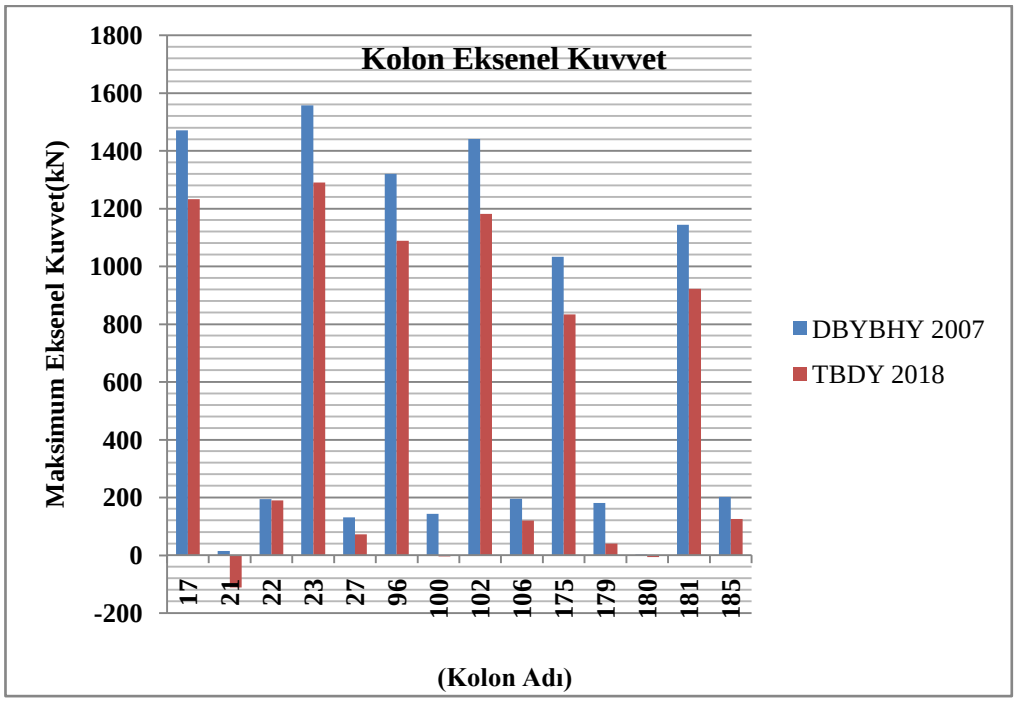
Taşıyıcı sistem tasarımında yatay yüklerin, özellikle deprem yükleri, kolonların kirişlerden güçlü olması sağlanarak karşılanmaya çalışılır. Döşemlerin kirişlerle diyafram rijit olarak çalıştığı taşıyıcı sistemin yatay yükler altında ayakta kalabilmesi için kolonların tasarımına önem verilmesi gerekir. Bu nedenle B3 düzensizliği düzensizliğin oluştuğu nokta ve o noktada bulunan tüm kirişlerin bağlı oldukları noktalardaki kolonların iç kuvvetlerinin maksimum ve minimum değerleri her iki yönetmeliğe göre Çizelge 4.11'de verilmiştir. Bu değerler karşılaştırılarak iki yönetmeliğin B3 düzensizliği için belirlediği kurallara uygunluğu belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.11 Kolon iç kuvvetleri

Kolon Adı	Değer Derecesi	DBYBHY 2007			TBDY 2018		
		P(kN)	V2(kN)	M3(kN/m)	P(kN)	V2(kN)	M3
17	Max	-1471,197	484,358	512,743	-1232,283	487,879	522,3696
17	Min	-1705,545	-473,382	-535,0662	-1944,458	-476,903	-544,6927
21	Max	-15,326	505,846	576,2211	111,618	508,138	583,0902
21	Min	-3037,648	-506,155	-575,5768	-3164,592	-508,446	-582,4459
22	Max	-194,424	671,007	914,6815	-190,554	668,383	911,0713
22	Min	-318,539	-670,763	-915,1112	-322,41	-668,139	-911,501
23	Max	-1557,118	500,582	571,4127	-1290,539	502,978	578,4968
23	Min	-1915,555	-500,806	-570,8336	-2182,133	-503,202	-577,9177
27	Max	-131,692	367,84	293,8599	-72,567	373,24	309,0663
27	Min	-2422,32	-365,207	-299,1636	-2481,445	-370,607	-314,37
96	Max	-1320,54	484,07	778,4901	-1088,886	481,416	781,5904
96	Min	-1398,217	-514,678	-704,5368	-1629,871	-512,024	-707,6371
100	Max	-143,527	552,791	818,3147	3,813	544,764	810,0016
100	Min	-2524,11	-552,265	-819,9668	-2671,451	-544,238	-811,6538
102	Max	-1441,151	536,806	795,0251	-1181,879	530,043	788,8154
102	Min	-1594,11	-536,634	-796,056	-1853,382	-529,87	-789,8464
106	Max	-196,01	314,623	351,5625	-120,645	316,86	365,1564
106	Min	-1994,581	-247,386	-486,2223	-2069,946	-249,624	-499,8161
175	Max	-1032,729	398,78	741,2959	-834,231	400,213	741,4453
175	Min	-1107,924	-470,719	-639,3761	-1306,422	-472,152	-639,5255
179	Max	-180,746	454,386	703,5639	-40,812	444,697	688,1067
179	Min	-1911,779	-451,854	-707,7854	-2051,712	-442,165	-692,3282
180	Max	-2,292	594,607	812,396	5,554	581,397	795,4827
180	Min	-74,524	-593,396	-814,9037	-82,371	-580,186	-797,9905
181	Max	-1144,18	449,12	695,7152	-922,768	440,963	682,8181
181	Min	-1225,953	-447,492	-698,5028	-1447,365	-439,334	-685,6058
185	Max	-202,281	297,344	327,7708	-125,584	304,995	337,5077
185	Min	-1522,285	-183,303	-490,5682	-1598,982	-190,954	-500,3052

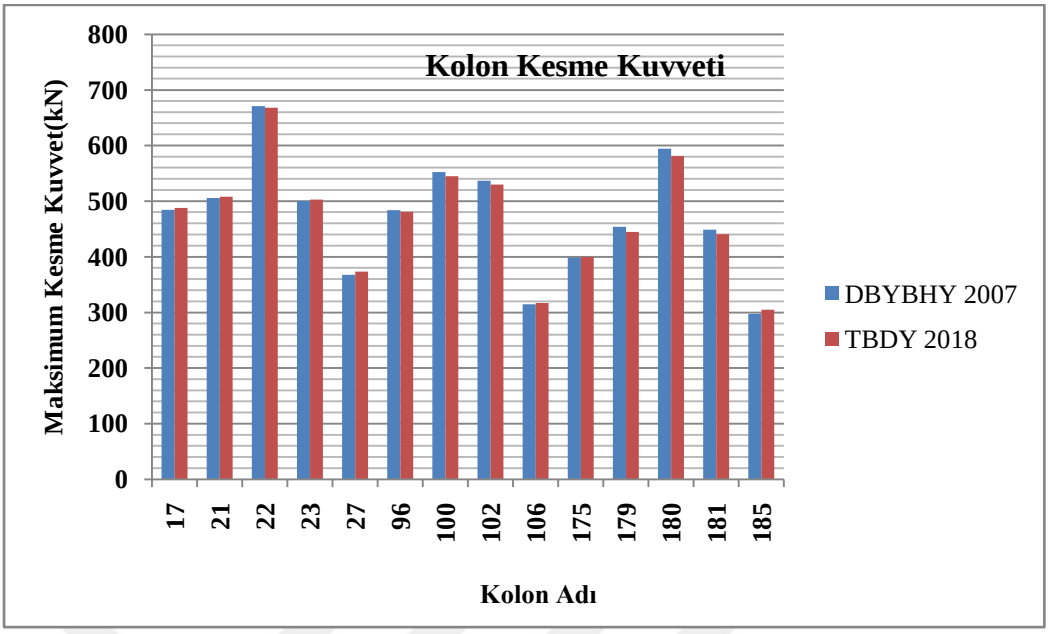
4.3.2.1. Maksimum Değerli Kolon İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Yeni yönetmelikte düşey deprem etkisinin hesaba katılmasıyla kolonlarda oluşan iç kuvvetlerin, eski yönetmelikte düşey deprem etkisi olmadan elde edilen kolon iç kuvvetleriyle karşılaştırılarak, yeni yönetmelikte getirilen değişikliğin betonarme binaların tasarım ve değerlendirilmesine katkısı incelenmiştir. Kolon eksenel kuvvetlerinin maksimum değerlerinde eski yönetmelik değerleri yeni yönetmeliğe göre ortalama %15 yüksek çıkmıştır(Şekil 4.15). Bu uygulama örneğimizde elde edilen sonuca göre; eski yönetmelikte iç kuvvetlerin %50 arttırılması koşulunun ekonomik olmadığı ortaya çıkmaktadır.

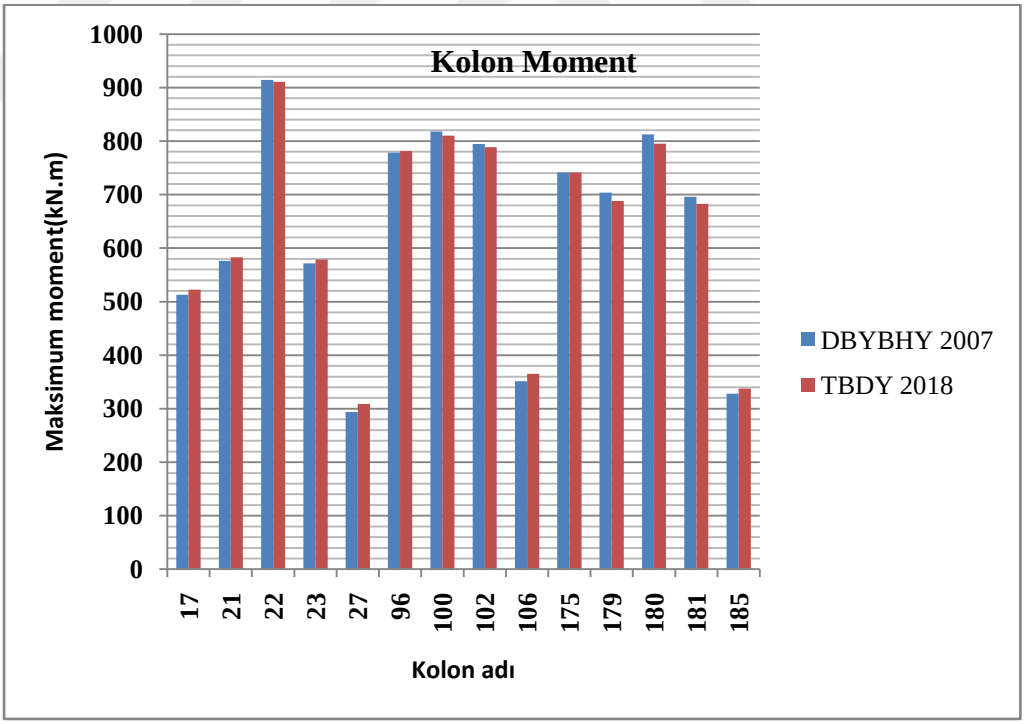


Şekil 4.16 Maksimum Kolon Eksenel Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Analiz sonucunda elde edilen maksimum kesme kuvvetleri ve moment değerlerinde her iki yönetmeliğe göre yapılan karşılaştırmada birbirine yakın değerlerin elde edildiği görülmüştür(Şekil 4.16 ve Şekil 4.17).



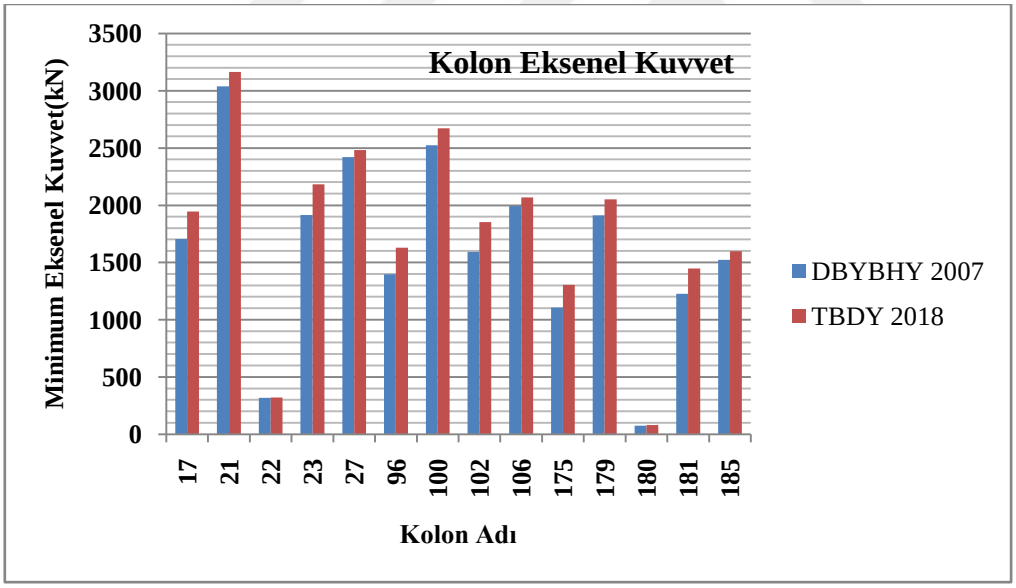
Şekil 4.17 Maksimum Kolon Kesme Kuvvetlerin Karşılaştırılması



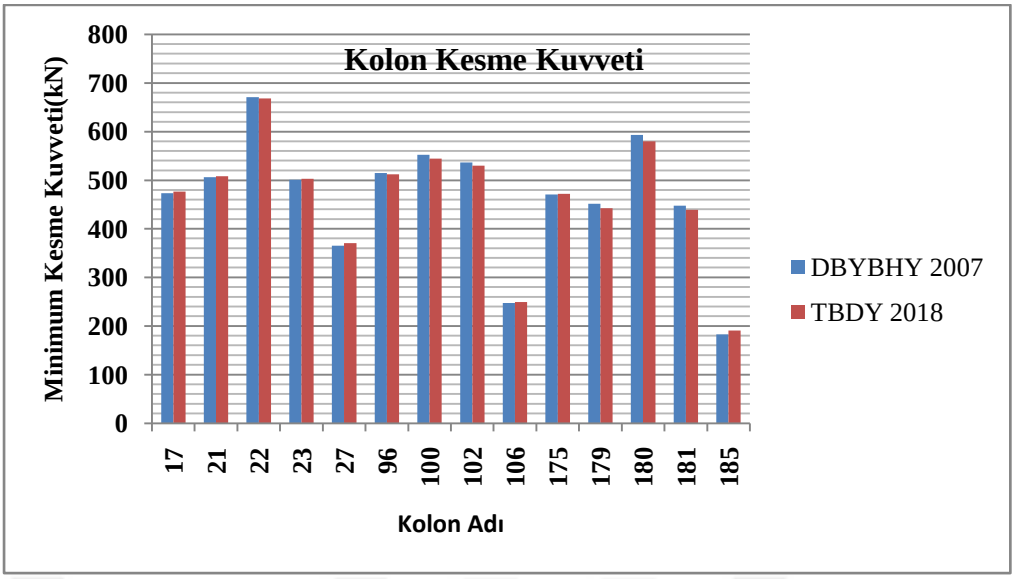
Şekil 4.18 Maksimum Kolon Moment Değerlerinin Karşılaştırılması

4.3.2.2. Minimum Değerli Kolon İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

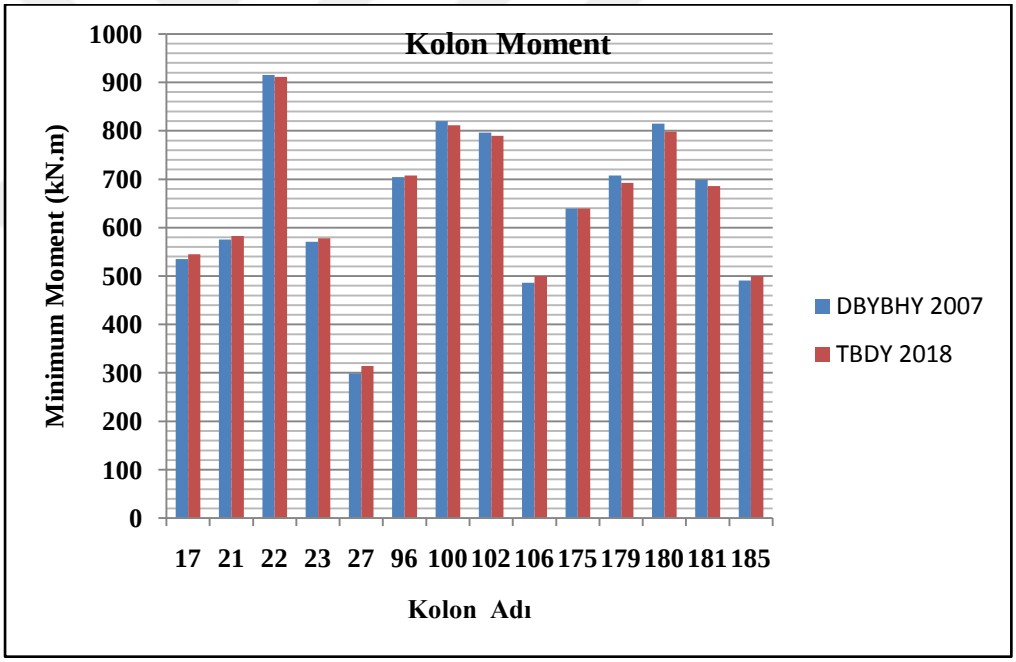
Minimum kolon eksenel kuvvetlerinde elde edilen değerlerin karşılaştırıldığı Şekil 4.18'de, yeni yönetmelik değerlerinin ortalama %10 daha yüksek çıkmıştır. Bu uygulamamızda elde edilen sonuca göre, tasarımda esas alınacak iç kuvvetlerin, eski yönetmeliğin B3 düzensizliği için verdiği iç kuvvetlerin %50 arttırılması durumuna göre değerlendirilmesinin uygun bir tasarım olmadığını göstermiştir. Minimum değerli kesme kuvvetleri ve momentlerin birbirine yakın değerler aldığı görülmüştür. Sonuç olarak, düşey deprem etkisinin hesaba katılmasıyla elde edilen iç kuvvet değerleri ile eski yönetmelik hesap esaslarına göre sadece yatay deprem etkisinin hesaba katılmasıyla elde edilen iç kuvvetlerin %50 arttırılması durumları bu çalışmamız için karşılaştırıldığında, eski yönetmelikte verilen iç kuvvet artımının ekonomik bir tasarım olmadığını görebiliriz. Ancak bu durumun genellik arz etmesi için farklı geometrik özellikli bina modellerinde ve yönetmelikte düşey deprem hesabı için verilen diğer yapı durumlarının da göz önüne alınması gerekir.



Şekil 4.19 Minimum Kolon Eksenel Kuvvetlerin Karşılaştırılması



Şekil 4.20 Minimum Kolon Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.21 Minimum Kolon Moment Değerlerinin Karşılaştırılması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, TBDY ile deprem yüklerinin elde edilmesi ve deprem yüklerini yeni yapılacak binalara etki ettirilmesine yönelik tasarım ve değerlendirme esaslarında yapılan değişiklikler, eski ve yeni yönetmeliğe göre karşılaştırılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre:

- Spektrum karşılaştırmalarında, periyot aralıklarının, zemin sınıflarının kötüleşmesiyle arttığı tespit edilmiştir. Bu durum aynı deprem bölgesinde bulunan, farklı zemin sınıflarına sahip iki noktadan, kötü zemine sahip olan nokta deprem etkisine daha uzun süre maruz kalmasına ve zeminde sıvılaşma riskini de oluşturarak yapının göçmesine sebep olabilir. Bu nedenle, yeni yönetmeliğe göre tasarlanacak binaların zemin sınıflarının belirlenmesi sürecinde, gerektiğinde alanında uzman kişilerden ve kuruluşlardan da destek alınarak belirlenmelidir.
- Düzenli bina modelinde yapılan analizde elde edilen veriler doğrultusunda, deprem etkisinin eski ve yeni yönetmeliğe göre fazla değişmediği tespit edilmiştir. Ancak bu durum farklı geometrik özellikli binalar ve farklı zemin sınıflarına göre değişiklik gösterebilir. Yapılacak çalışmalarda, özellikle farklı zemin sınıfları göz önünde bulundurularak tasarım ve değerlendirme yapılırsa, deprem hesabında ve verilerin elde edilmesinde yapılan değişikliklerin önemi daha anlaşılır hale gelecektir.
- B3 düzensizliğinin bulunduğu yapı modelinde TBDY 2018'e göre yapılan düşey deprem etkisi hesabında elde edilen iç kuvvetlerde eski yönetmeliğe göre ortalama %10-%15 aralığında farklılık görülmüştür. Bu durum, eski yönetmelikte düşey deprem etkisinin hesaba katılması için verilen iç kuvvetlerin %50 arttırılması kuralının ekonomik bir tasarım için uygun olmadığını göstermektedir. Ancak yeni yönetmeliğe göre düşey deprem etkisi hesabının zorunlu olduğu diğer düzensizlik durumları düşey deprem etkisi altında analiz edilirse, düşey deprem etkisi hesabının, eski yönetmelikte verilen iç kuvvetlerin arttırılması durumuna göre değeri daha iyi anlaşılacaktır.

- Çalışmam için yaptığım kaynak araştırmasında edindiğim izlenime göre, yeni yönetmeliğimizin tanıtımı genel olarak akademik düzeyde kalmıştır. Resmi ve özel kurum ve kuruluşların uygulamaya yönelik eğitim programlarına önem vermeleri gerekir. Özellikle sahada yapılacak uygulamalı eğitimin, yeni deprem yönetmeliğimizin anlaşılmasına ve benimsenmesine katkı sağlayacaktır. Aksi takdirde, 10 sene sonra yönetmenlik değişikliği tekrar gündemimize girebilir. Ayrıca yönetmeliğin tam anlamıyla uygulanmaya konulabilmesi için yapı denetim sisteminin gözden geçirilmesinde fayda var.
- Unutulmaması gerekir ki, deprem yönetmeliklerinde yasal zorunluluk olarak minimum sınırlar verilir. Ancak bir yönetmelikte verilen tasarım ilkelerinin çağdaş olması ve kuralların detaylı verilmesi, bir yapının inşasına tek başına yeterli değildir. Ancak alanında yetkin mühendislerin kontrolünde uygulamaların denetlenmesi şarttır. Günümüzde bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, büyük uğraş gerektiren hesaplama ve analizleri kısa sürede çözmemize olanak sağlamaktadır. Bu nedenle proje mühendisi, hesaplama hamallığından kurtulduğu ve kısıtlı zaman mazereti ortadan kalktığı için tecrübesini de kullanarak gerekli düzenlemeleri, eklemeleri ve denetimleri tam anlamıyla yapmalıdır.

6. KAYNAKLAR

Celep, Z., 2018. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı; Beta Dağıtım, İstanbul; 727 s.

Çeken , U., Dalyan, İ., Kılıç, N., Köksal T.S. ve Tekin, B.M**.,** 2017. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif web Uygulaması. 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji konferansı, Eskişehir.

Darılmaz, K. 2017. Yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Çerçevesinde Taşıyıcı Sistemin Modellenmesi. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası uygulama Seminerleri, İstanbul.48.

Demir, A., Kayhan, A.H. 2017. Deprem Yönetmeliği 2007 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği İle Uyumlu Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçlarının karşılaştırılması. 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eskişehir.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY). 2007. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi.

Doğangün A., 2018. Betonarme Yapıların hesap ve Tasarımı; Birsen Yayınevi, 732 s.

Koçer, M., Nakipoğlu, A., Öztürk, B., Al-Hagri, M.G., Arslan, M.H. 2018. Deprem Kuvvetine Esas Spektral İvme Değerlerinin TBDY 2018 ve TDY2007'ye Göre Karşılaştırılması. ***Selçuk Üniversitesi Teknik Dergi***, 17(2-2018):43-58.

Öztürk, M., 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası ile İlgili İç Anadolu Bölgesi Bazında Bir Değerlendirme.,***Selçuk Üniversitesi Teknik Dergi***, 17(2-2018):31-42.

SAP2000 V20.2 İntegrated Structural Analysis and Design Software, Computer and Structure Inc., Berkeley, California.

Tunç, G., ve Tanfener, T. 2016. 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi, 3.Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik ve Erişebilirlik, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi.

Turan, D. 2012. Betonarme Bir Yapının Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı. Yükse Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.152.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği(TBDY), (2018), Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Ankara.

Uçar, T., Merter, O. 2012. Binaların Deprem Hesabında Kullanılan Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleriyle İlgili Bir İrdeleme. Ordu Üniversitesi Bilim Teknik Dergisi, 2(2-2012):15-31.

ÖZGEÇMİŞ

Zülkif ASIĞÇEL 1981 yılında Bingöl'de doğdu. İlk, ortaokul öğrenimini Bingöl'de tamamladı. Lise öğrenimini Konya'da tamamlayarak, 2004 yılında Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümüne kaydolarak, 2009 yılında mezun oldu. 2014 yılında Dicle Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2011 yılında AFAD'da genel idari hizmetler sınıfında başlayan memurluk hayatı, Şanlıurfa Merkez İlçe Haliliye Belediyesinde İnşaat Mühendisi olarak devam etmektedir.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ İNTİHAL FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Zülkif ASIĞÇEL
ÖĞRENCİ NO	14806004
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2018-2019
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	BETONARME BİNALARDA DEPREM ETKİSİNİN DBYBHY 2007 VE TBDY 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	99
BENZERLİK ORANI	%19
RAPORLAMA TARİHİ	29/07/ 2019

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 99 sayfalık kısmına ilişkin, 29/07/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *TURNİTİN* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %19'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
☐ Kaynakça hariç
☐ Alıntılar hariç/dâhil
☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Zülkif ASIĞÇEL
29/07/2019

Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Emin ÖNCÜ **Tez Danışmanı** 29.07.2019	**Prof. Dr. Z. FUAT TOPRAK** **Anabilim Dalı Başkanı** 29/07/2019

Formdaki bilgiler bilgisayar ortamında doldurulmalıdır. El yazısı ile doldurulan formlar geçersiz sayılmaktadır.