

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİNDE
JAPON SİSMİK İNDEKS YÖNTEMİ İLE DOĞRUSAL OLMAYAN
ARTİMSAL İTME ANALİZİ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Mete ERGUN**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2007

**BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİNDE
JAPON SİSMİK İNDEKS YÖNTEMİ İLE DOĞRUSAL OLMAYAN
ARTIMSAL İTME ANALİZİ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Mete ERGUN
(501031906)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Haziran 2007**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Beyza TAŞKIN
Diğer Jüri Üyeleri Yrd.Doç.Dr. Pınar ÖZDEMİR (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Zekeriya POLAT (Y.T.Ü.)**

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca, engin bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren, özellikle tez çalışmam esnasında karşılaştığım güçlüklerde kıymetli zamanını benimle paylaşan değerli danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Beyza TAŞKIN'a ve üzerimde emeği olan tüm öğretim üyelerine teşekkürü bir borç bilir, saygılarımı sunarım.

Ayrıca bu günlere ulaşmamı sağlayan, benden desteklerini hiç esirgemeyen sevgili aileme ve her zaman yanımda olan arkadaşlarıma da sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs 2007

İnş.Müh. Mete ERGUN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	xi
SEMBOL LİSTESİ	xiv
ÖZET	xviii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
1.2. Kapsam	2
2. UYGULAMADA SIKLIKLA KULLANILAN HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ	3
2.1. FEMA 154 (ATC21) Hızlı Davranış Değerlendirme Yöntemi	3
2.1.1. Toplanacak Veriler ve Kullanılan Formlar	4
2.1.2. Yöntemin İşleyişi	5
2.2. FEMA 310 Deprem Davranış Değerlendirme Yöntemi	7
2.2.1. Genel	7
2.2.2. 1.Aşama Değerlendirmesi	7
2.2.3. 2.Aşama Değerlendirmesi	8
2.2.4. 3.Aşama Değerlendirmesi	8
3. JAPON SİSMİK İNDEKS YÖNTEMİ	10
3.1. Genel	10
3.2. Kapsam	10
3.3. Yapı İçin Sismik Performans İndeksinin Hesaplanmasında Aşamalar	11
3.3.1. 1.Aşama Değerlendirmesi	11
3.3.2. 2.Aşama Değerlendirmesi	11
3.3.3. 3.Aşama Değerlendirmesi	12
3.4. Yapılarda Sismik Performans İndeksinin Hesaplanması	12
3.4.1. Genel	12
3.4.2. E_0 İndeksinin Hesaplanması	13
3.4.2.1. 1.Aşama İçin E_0 İndeksi	13

3.4.2.2. 2.Aşama İçin E_0 İndeksi	15
3.4.2.3. 3.Aşama İçin E_0 İndeksi	16
3.4.3. C Dayanım İndeksinin Hesaplanması	17
3.4.3.1. 1.Aşama İçin C Dayanım İndeksi	17
3.4.3.2. 2.Aşama İçin C Dayanım İndeksi	18
3.4.4. F Süneklik İndeksinin Hesaplanması	24
3.4.4.1. 1.Aşama İçin F Süneklik İndeksi	24
3.4.4.2. 2.Aşama İçin F Süneklik İndeksi	25
3.4.4.3. 3.Aşama İçin F Süneklik İndeksi	27
3.4.5. S_D Yapının Özellikleri Sismik İndeksinin Hesaplanması	27
3.4.5.1. Denetlemesi ve Gereken Yapısal Özellikler	27
3.4.5.2. Değerlendirme Kriteri	28
3.4.6. T Zamanla Yıpranma İndeksi	33
3.4.6.1. T Hesaplanmasına Yaklaşım	33
3.5. Yapısal Olmayan Elemanlar İçin Sismik İndeksin Belirlenmesi	35
3.5.1. Genel	35
3.5.2. 1.Aşama	35
3.5.2.1. B İndeksinin Belirlenmesi	36
3.5.2.2. H İndeksinin Değerlendirilmesi	36
3.5.3. 2.Aşama	36
3.5.3.1. B İndeksinin Belirlenmesi	37
3.5.3.2. W İndeksinin Değerlendirilmesi	38
3.5.3.3. H İndeksinin Belirlenmesi	38
3.5.4. 3.Aşama	39
3.5.5. Karar İçin Yapısal I_{so} Deprem İndeksi	39
3.5.5.1. Z İndeksi	39
3.5.5.2. G Yer İndeksi	39
3.5.5.3. U Kullanım İndeksi	39
3.5.6. Yapısal Performansın Sismik Değerlendirmesi İçin Temel Kavram	40
3.6. Sismik Performansın Belirlenmesi	40
4. YAPISAL PERFORMANSIN DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ	41
4.1. Performans Kavramı	41
4.1.1. Performans Hedefi ve Seviyeleri	41
4.1.1.1. Yapısal Performans Seviyeleri	42
4.1.1.2. Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri	43
4.1.1.3. Yapı Performans Seviyeleri	44

4.1.2. Yer Hareketi	45
4.2. Dinamik ve Statik Hesap Yöntemleri	47
4.2.1. Uygun Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi	48
4.2.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	49
4.2.3. Mod Birleştirme Yöntemi	50
4.2.3.1. İvme Spektrumu	50
4.2.3.2. Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı	50
4.2.3.3. Mod Katkılarının Birleştirilmesi	52
4.2.4. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri	52
4.3. Basitleştirilmiş Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri	53
4.3.1. Kapasite Spektrumu Yönteminin Uygulanması	55
4.3.1.1. Kapasite Eğrisinin Kapasite Spektrumuna Dönüştürülmesi	56
4.3.1.2. Kapasite Spektrumu Eğrisinin Doğrular Haline Getirilmesi	58
4.3.1.3. %5 Sönümlü Talep Spektrumu Eğrisinin Oluşturulması	59
4.3.1.4. Sönümün Tahmini ve %5 Sönümlü Talep Spektrumunun İndirgenmesi	61
4.3.2. Performans Noktasının Bulunması	64
4.4. DBYBHY 2006'nın Mevcut Betonarme Yapıların Değerlendirilmesi İle İlgili Getirdiği Yenilikler	65
4.4.1. Betonarme Binalarda Bilgi Toplanması	65
4.4.1.1. Bilgi Düzeyleri	65
4.4.1.2. Betonarme Binalarda Bilgi Toplanması	66
4.4.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	67
4.4.2.1. Kesit Hasar Sınırları	67
4.4.2.2. Kesit Hasar Bölgeleri	67
4.4.2.3. Kesit ve Eleman Hasar Tanımları	68
4.4.3. Deprem Hesabı	68
4.4.4. Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi	68
4.4.4.1. Eleman Performanslarının Değerlendirilmesi	68
4.4.5. Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi	70
4.4.5.1. Artımsal İtme Analizinin Uygulanması	70
4.4.5.2. Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi	71
4.4.5.3. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi	72
4.4.5.4. Artımdal Mod Birleştirme Yöntemi İle İtme Analizi	77

4.4.5.5. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi	77
4.4.6. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi	77
4.4.6.1. Hemen Kullanım Durumu	78
4.4.6.2. Can Güvenliği Durumu	78
4.4.6.3. Göçmenin Önlenmesi Durumu	78
4.4.6.4. Göçme Durumu	79
4.4.6.5. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	79
4.4.7. Binalar İçin Hedeflenen Deprem Performans Düzeyleri	79
5. MEVCUT BETONARME BİNALARIN ANALİZİ	81
5.1. Mevcut Bina Bilgileri	81
5.1.1. A Binası Bilgileri	81
5.1.1.1. Binaya Etkiyen Yükler ve Bina Ağırlığı	81
5.1.2. B Binası Bilgileri	81
5.1.2.1. Binaya Etkiyen Yükler ve Bina Ağırlığı	84
5.1.3. Malzeme Özellikleri	84
5.2. ETABS Programı İle Doğrusal Olmayan Statik Analiz	85
5.2.1. A Binası Çözümleme Sonuçları	86
5.2.2. B Binası Çözümleme Sonuçları	92
5.3. Japon Sismik İndeks Yöntemi İle Analiz	97
5.3.1. A Binası JSİY Sonuçları	98
5.3.1.1. 1.Aşama Değerlendirmesi Sonuçları	98
5.3.1.2. 2.Aşama Değerlendirmesi Sonuçları	99
5.3.2. B Binası JSİY Sonuçları	100
5.3.2.1. 1.Aşama Değerlendirmesi Sonuçları	100
5.3.2.2. 2.Aşama Değerlendirmesi Sonuçları	101
5.4. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi Sonuçlarıyla Japon Sismik İndeks Yöntemi Sonuçlarının Karşılaştırılması	102
6. SONUÇ	104
KAYNAKLAR	111
EK A : ATC21 Hızlı Davranış Değerlendirme Yöntemi	113
EK B : FEMA 310 Yapıların Deprem Davranışını Değerlendirme Yöntemi	127
EK C : Japon Sismik İndeks Yöntemi Sonuçları	CD
ÖZGEÇMİŞ	147

KISALTMALAR

ABYYHY'98	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998
ATC	: Applied Technology Council
ATC 21	: Rapid Visual Screening of Building for Potential Seismic Hazards
ATC 40	: Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings
CG	: Can Güvenliği
CSM	: Kapasite Spektrumu Yöntemi
DBYBHY'07	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
DE	: Tasarım Depremi
ETABS	: Extended 3D Analysis of Building Systems
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
FEMA 273,356	: Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings
FEMA 310	: Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings
GÇ	: Göçme Sınırı
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi
GV	: Güvenlik Sınırı
HK	: Hemen Kullanım
ME	: Maksimum Deprem
MN	: Minimum Hasar Sınırı
JBDPA	: Japan Building Disaster Prevention Association
JSİY	: Japon Sismik İndeks Yöntemi
LDP	: Doğrusal Dinamik Hesap Yöntemi
LSP	: Doğrusal Statik Hesap Yöntemi
NEHRP	: National Earthquake Hazards Reduction Program
SE	: Servis Depremi
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. 1.Aşama Değerlendirmesinde Kullanılan Elemanların Sınıflandırılması.....	14
Tablo 3.2. Aşama 2 Değerlendirmesinde Kullanılan Elemanların Sınıflandırılması.....	15
Tablo 3.3. a_j Değerleri Tablosu ($F_1=0.80$ için).....	16
Tablo 3.4. a_j Değerleri Tablosu($F_1 \geq 1.0$ için).....	16
Tablo 3.5. Aşama 3 Değerlendirmesinde Kullanılan Elemanların Sınıflandırılması.....	16
Tablo 3.6. Aşama 1 Düşey Taşıyıcı Elemanların F Süneklik İndeks Değerleri.....	25
Tablo 3.7. S_D İndeks Değerleri için G_i ve R_i İndisleri.....	29
Tablo 3.8. Eksantrisite Oranının (l) Bulunması İçin Gerekli α Değerleri....	32
Tablo 3.9. T İndeksi için Değerlendirme Hususları (1.aşama).....	34
Tablo 3.10. Puanlar ve Yapıların Değerlendirilmesi (2.aşama).....	35
Tablo 3.11. f İndisi Değeri (Aşama 1 için)	36
Tablo 3.12. t İndisi Değeri.....	36
Tablo 3.13. H İndeksi Değeri.....	36
Tablo 3.14. f Faktörü Değeri.....	37
Tablo 3.15. t Faktörü Değeri.....	38
Tablo 3.16. e_k Değeri Tablosu.....	38
Tablo 3.17. c_k Değeri Tablosu.....	38
Tablo 4.1. Yapı Performans Seviyeleri.....	44
Tablo 4.2. Gözönüne Alınacak Deprem Parametreleri.....	46
Tablo 4.3. Performans Amaçlarının Sınıflandırılması.....	46
Tablo 4.4. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar....	49
Tablo 4.5. Deprem Bölge Katsayısı.....	60
Tablo 4.6. Kaynağa Mesafe Katsayısı.....	60
Tablo 4.7. Zemin Sınıfı Katsayısı.....	60
Tablo 4.8. Deprem Katsayısı C_A	60
Tablo 4.9. Deprem Katsayısı C_V	61
Tablo 4.10. Yapı Davranış Türü.....	63
Tablo 4.11. Sönüm Düzeltme Katsayısı.....	63
Tablo 4.12. Spektral Azaltma Katsayıları S_{RA} ve S_{RV}	64
Tablo 4.13. Spektral Azaltma Katsayıları S_{RA} ve S_{RV} 'nin Minimum Değerleri.....	64
Tablo 4.14. Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları.....	66
Tablo 4.15. Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	69

Tablo 4.16.	Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	70
Tablo 4.17.	Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	70
Tablo 4.18.	Görelî Kat Ötelemesi Sınırları.....	79
Tablo 4.19.	Binalar İçin Farklı Deprem Etkileri Altında Hedeflenen Performans Düzeyleri.....	80
Tablo 5.1.	Kat Kütleleri.....	86
Tablo 5.2.	Modal Kütle Katılım Oranları (%).....	86
Tablo 5.3.	Modal Katılım Oranları (%).....	87
Tablo 5.4.	Hakim Mod Şekilleri.....	87
Tablo 5.5.	Taban Kesme Kuvveti-Tepe Noktası Yerdeğiştirmesi Değerleri..	87
Tablo 5.6.	X ve Y Yönlerine Ait Modal Yerdeğiştirme ve Modal İvme Değerleri.....	89
Tablo 5.7.	Tepe Noktası Yatay Yerdeğiştirme İstemi Değerleri (CG).....	90
Tablo 5.8.	Performans Noktasındaki Taban Kesme Kuvveti Değerleri (CG).	90
Tablo 5.9.	Tepe Noktası Yatay Yerdeğiştirme İstemi Değerleri (HK).....	92
Tablo 5.10.	Performans Noktasındaki Taban Kesme Kuvveti Değerleri (HK)	92
Tablo 5.11.	Kat Kütleleri.....	92
Tablo 5.12.	Modal Kütle Katılım Oranları (%).....	92
Tablo 5.13.	Modal Katılım Oranları (%).....	92
Tablo 5.14.	Hakim Mod Şekilleri.....	92
Tablo 5.15.	Taban Kesme Kuvveti-Tepe Noktası Yerdeğiştirmesi Değerleri..	93
Tablo 5.16.	X ve Y Yönlerine Ait Modal Yerdeğiştirme ve Modal İvme Değerleri.....	94
Tablo 5.17.	Tepe Noktası Yatay Yerdeğiştirme İstemi Değerleri (CG).....	95
Tablo 5.18.	Performans Noktasındaki Taban Kesme Kuvveti Değerleri (CG).	96
Tablo 5.19.	Tepe Noktası Yatay Yerdeğiştirme İstemi Değerleri (HK).....	97
Tablo 5.20.	Performans Noktasındaki Taban Kesme Kuvveti Değerleri (HK)	97
Tablo 5.21.	X ve Y Yönü E_0 ve I_S İndeksi Değerleri.....	98
Tablo 5.22.	Tüm Katların X ve Y Yönü I_S İndeksi Değerleri.....	98
Tablo 5.23.	X ve Y Yönü I_{S0} İndeksi Değerleri.....	98
Tablo 5.24.	X ve Y Yönü I_{S0} ve I_S İndeksi Karşılaştırılması.....	98
Tablo 5.25.	X ve Y Yönü E_0 ve I_S İndeksi Değerleri.....	99
Tablo 5.26.	X ve Y Yönü E_0 İndeksi Değerleri.....	99
Tablo 5.27.	Tüm Katların X ve Y Yönü I_S İndeksi Değerleri.....	99
Tablo 5.28.	X ve Y Yönü I_{S0} İndeksi Değerleri.....	99
Tablo 5.29.	X ve Y Yönü I_{S0} ve I_S İndeksi Karşılaştırılması.....	99
Tablo 5.30.	X ve Y Yönü E_0 ve I_S İndeksi Değerleri.....	100
Tablo 5.31.	Tüm Katların X ve Y Yönü I_S İndeksi Değerleri.....	100
Tablo 5.32.	X ve Y Yönü I_{S0} İndeksi Değerleri.....	100
Tablo 5.33.	X ve Y Yönü I_{S0} ve I_S İndeksi Karşılaştırılması.....	100
Tablo 5.34.	X ve Y Yönü E_0 ve I_S İndeksi Değerleri.....	101
Tablo 5.35.	X ve Y Yönü E_0 İndeksi Değerleri.....	101
Tablo 5.36.	Tüm Katların X ve Y Yönü I_S İndeksi Değerleri.....	101
Tablo 5.37.	X ve Y Yönü I_{S0} İndeksi Değerleri.....	101
Tablo 5.38.	X ve Y Yönü I_{S0} ve I_S İndeksi Karşılaştırılması.....	101
Tablo 5.39.	A Binası X ve Y Yönü Düzenlenmiş E_0 İndeksi Değerleri.....	102
Tablo 5.40.	A Binası X ve Y Yönü Düzenlenmiş I_S İndeksi Değerleri.....	102
Tablo 5.41.	B Binası X ve Y Yönü Düzenlenmiş E_0 İndeksi Değerleri.....	102

Tablo 5.42.	B Binası X ve Y Yönü Düzenlenmiş I_S İndeksi Değerleri.....	102
Tablo 5.43.	A Binası E_0 ve Taban Kesme Kuvveti Karşılaştırılması.....	103
Tablo 5.44.	B Binası E_0 ve Taban Kesme Kuvveti Karşılaştırılması.....	103
Tablo 6.1.	1 Aşama I_{S0} ve I_S İndeksi Karşılaştırması.....	104
Tablo 6.2.	2.Aşama I_{S0} ve I_S İndeksi Karşılaştırması.....	105
Tablo 6.3.	Performans Noktasındaki Taban Kesme Kuvveti Değerleri (CG).	105
Tablo 6.4.	JSİY 1. Aşama E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	105
Tablo 6.5.	JSİY 2. Aşama E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	106
Tablo 6.6.	JSİY 2. Aşama Düzenlenmiş E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	106
Tablo 6.7.	2.Aşama I_{S0} ve Düzenlenmiş I_S İndeksi Karşılaştırılması.....	107
Tablo A.1.	Zemin Tipi Bilgileri Tablosu.....	121
Tablo A.2.	Birincil Yatay Yük Taşıyıcı Sistem Tipleri.....	123
Tablo A.3.	Veri Toplama Formları (Y,O,D) İçin Bina Türlerine Göre Yapı Ana Puan Tablosu.....	123
Tablo A.4.	Veri Toplama Formları (Y,O,D) için Yapıların Deprem Dayanımı Niteliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Tablo.....	124
Tablo B.1.	C Değişim Faktörü.....	129
Tablo B.2.	Bir Saniye Periyotlu Haritalanmış Spektral İvme (S_1) ve Zemin Sınıfının Fonksiyonu Olarak F_v Değerleri.....	131
Tablo B.3.	Zemin Sınıfının Fonksiyonu Olarak F_a Değerleri ve Haritalanmış Kısa Periyotlu Spektral İvme S_s	131
Tablo B.4.	Perde Duvarlar için m Faktörleri.....	134
Tablo B.5.	Diyagonal Çaprazlar için m Faktörleri.....	134
Tablo B.6.	Yatay Kuvvet Faktörü, C_p	143
Tablo B.7.	Donatısız Yığma Duvarların İzin Verilen Yükseklik-Kalınlık Oranları.....	145

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : Üç Deprem Bölgesi İçin Tanımlı Veri Toplama Formları.....	5
Şekil 2.2 : FEMA 310 Hızlı Değerlendirme Yöntemindeki Aşamalar ve Aşamalar Arasındaki Geçiş.....	9
Şekil 3.1 : Kolonun Temiz Yüksekliği ve Boyu.....	14
Şekil 3.2 : Perdelerin Kesit Alanları.....	19
Şekil 3.3 : Her İki Yanında Başlık Kolonu Bulunan Perde	21
Şekil 3.4 : Herhangi Bir Konumunda Tek Kolon Bulunan Perde	22
Şekil 3.5 : Kolon ve Perdelerin Yükseklikleri	24
Şekil 3.6 : Kolon ve Perdenin Uzunlukları	24
Şekil 3.7 : Kolon Temiz Yüksekliği h_0 ve Döşemeden Kiriş Altına Kadar Yükseklik H_0	27
Şekil 3.8 : a, Plan Düzeni	30
Şekil 3.9 : Planda Dar Kısım Tanımları.....	31
Şekil 3.10 : Planda Boşluk Alanı	31
Şekil 3.11 : Plan Dışmerkezliği.....	32
Şekil 4.1 : Bina Performans Seviyeleri İle Güçlendirme Maliyeti Arasındaki İlişki	47
Şekil 4.2 : Taban Kesme Kuvveti İle Tepe Yerdeğiştirmesi Arasındaki İlişki.....	54
Şekil 4.3 : Geleneksel ve ADRS Formatlarında Talep Spektrumları	57
Şekil 4.4 : Kapasite Spektrumu İle Talep Spektrumunun Üst Üste Çizilmiş Hali	58
Şekil 4.5 : Kapasite Spektrumunun Parçalı Olarak Gösterilmesi	59
Şekil 4.6 : %5 Sönümlü Elastik Deprem Spektrumu	61
Şekil 4.7 : Spektral İndirgeme İçin Sönümün İfadesi.....	62
Şekil 4.8 : Talep Spektrumunun İndirgenmesi	63
Şekil 4.9 : Talep Spektrumu ve Kapasite Spektrumlarının Kabul Edilebilir Sınırlar İçindeki Kesişim Noktası	65
Şekil 4.10 : Kesit Hasar Bölgeleri	67
Şekil 4.11 : Kuvvet-Plastik Şekildeğiştirme Bağntısında Pekleşme Etkisinin Gözönüne Alınmaması Durumu	72
Şekil 4.12 : İç Kuvvet-Plastik Şekildeğiştirme Bağntısında Pekleşme Etkisinin Gözönüne Alınması Durumu.....	72
Şekil 4.13 : Performans Noktasının Belirlenmesi ($T_1^{(1)} \geq T_B$)	75
Şekil 4.14 : Performans Noktasının Belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$).....	75
Şekil 4.15 : Performans Noktasının Belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$).....	76
Şekil 5.1 : A Binası Zemin Kat Kalıp Planı	82
Şekil 5.2 : B Binası Zemin Kat Kalıp Planı	83

Şekil 5.3	: Beton İçin Gerilme-Şekildeğiştirme Bağıntısı.....	84
Şekil 5.4	: Donatı Çeliği İçin Gerilme-Şekildeğiştirme Bağıntısı	84
Şekil 5.5	: A Binası Modelinin 3 Boyutlu Görünümü	85
Şekil 5.6	: B Binası Modelinin 3 Boyutlu Görünümü	86
Şekil 5.7	: X Yönü Statik İtme Eğrisinin İki Doğrulu Diyagrama Dönüştürülmesi.....	88
Şekil 5.8	: Y Yönü Statik İtme Eğrisinin İki Doğrulu Diyagrama Dönüştürülmesi.....	88
Şekil 5.9	: X Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (CG)	89
Şekil 5.10	: Y Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (CG).....	90
Şekil 5.11	: X Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (HK).....	91
Şekil 5.12	: Y Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (HK).....	91
Şekil 5.13	: X Yönü Statik İtme Eğrisinin İki Doğrulu Diyagrama Dönüştürülmesi	93
Şekil 5.14	: Y Yönü Statik İtme Eğrisinin İki Doğrulu Diyagrama Dönüştürülmesi	94
Şekil 5.15	: X Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (CG).....	95
Şekil 5.16	: Y Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (CG).....	95
Şekil 5.17	: X Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (HK)	96
Şekil 5.18	: Y Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (HK)	97
Şekil 6.1	: JSİY 1. Aşama X Yönü E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	106
Şekil 6.2	: JSİY 1. Aşama Y Yönü E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	106
Şekil 6.3	: JSİY 2. Aşama X Yönü E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	108
Şekil 6.4	: JSİY 2. Aşama Y Yönü E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	108
Şekil 6.5	: JSİY 2. Aşama X Yönü Düzenlenmiş E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	109
Şekil 6.6	: JSİY 2. Aşama Y Yönü Düzenlenmiş E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	109
Şekil A.1	: NEHRP Deprem Bölge Haritası	115
Şekil A.2	: Hızlı Tarama Yönteminin Planlanması ve Organizasyonu.....	117
Şekil A.3	: Üç Deprem Bölgesi İçin Tanımlı Veri Toplama Formları.....	119
Şekil A.4	: Veri Toplama Formunda Bina Krokisi Çizilmesi ile İlgili Bölüm.....	120
Şekil A.5	: Veri Toplama Formu Bina Kullanımı Tablosu	121
Şekil A.6	: Veri Toplama Formu Zemin Tipi Tablosu	122
Şekil A.7	: Veri Toplama Formunda Düşme Riski Olan Elemanların İşaretlenmesi ile İlgili Bölüm	122
Şekil A.8	: Düşey Düzensizlikleri Gösteren Bina Boykesitleri	125

Şekil A.9	: Planda Düzensizliklere Sahip Yapı Şemaları	125
Şekil A.10	: Veri Toplama Formunda Sonuç Puanı ve Ayrıntılı Değerlendirmenin Gerekliliğiyle İlgili Bölüm.....	126
Şekil B.1	: Perde Duvarlar Arasındaki L Döşeme Açıklığı.....	143

SEMBOL LİSTESİ

A	: Kenar perdeleri içeren toplam kesit alanı
A_{br}	: Çaprazın ortalama kesit alanı
A_c	: İncelenen kattaki bütün kolonların kesit alanları toplamı
A_n	: Net harç alanı
A_{sc}	: Kısa kolonların kesit alanları toplamı
$A(T_1)$	: Spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_w	: Hesaplama yönündeki tüm perdelerin yatay kesit alanları toplamı
A_{w1}	: Her iki yanında başlık kolonu bulunan perde duvarın kolonlar hariç toplam kesit alanı
A_{w2}	: Bir kenarında başlık kolonu bulunan perde duvarın kolon hariç toplam kesit alanı
A_{w3}	: Başlıksız perdenin kesit alanı toplamı,
a_g	: Toplam boyuna donatı alanı
a_h	: Bir çift enine donatının enkesit alanı
a_p	: Eleman büyütme faktörü
a_t	: Çekme donatısı alanı
a_{wy}	: Perdedeki toplam kayma donatısı alanı
a_1, a_2, a_3	: Yerdeğiştirme uygunluk faktörleri
B	: Planın kısa kenar uzunluğu
B_j	: Yapıyla ilgili indeks
b	: Kolonun basınç yüzündeki kenar boyutu
C	: Değiştirme faktörü
C_c	: Kolonların nihai dayanımı
C_{sc}	: Kısa kolonun dayanımı
C_w	: Perdenin nihai dayanımı
C_{vx}	: Düşey dağıtım faktörü
D	: Kolonun hesaba dik enkesit boyutu
D_p	: Göreceli yerdeğiştirme
D_r	: Yerdeğiştirme oranı
d	: En dış basınç lifinin çekme donatısının merkezine olan mesafesi
d_e	: Kolonda çekme donatısının ağırlık merkezinden betonun uç basınç lifine olan mesafe
E	: Elastisite modülü
E_0	: Yapısal performans sismik indeksi
E_s	: Karar için temel sismik indeks
F_c	: Betonun basınç dayanımı
F_i	: i. kat seviyesindeki yatay yük
F_p	: Deprem tasarım kuvveti

F_{px}	: x seviyesindeki toplam döşeme kuvveti
F_{sc}	: Kısa kolonun süneklik indeksi
F_w	: Perdenin süneklik indeksi
f	: Yapısal olmayan eleman ile yapı arasındaki esnekliği temsil eden faktör
G	: Zemin indeksi
g_{s1}	: Sünekliği oldukça küçük olan yapı
g_{s2}	: Sünekliği oldukça büyük olabilen yapı
g_{a1}	: Sünekliği oldukça küçük olan yapısal olmayan eleman
g_{a2}	: Sünekliği büyük olan yapısal olmayan eleman
g_{s1}	: Sünekliği oldukça küçük olan yapı
g_{s2}	: Sünekliği nispeten küçük yapı
g_{s3}	: Sünekliği oldukça büyük olan yapı
g_{s4}	: Sünekliği nispeten büyük olan yapı
g_{a1}	: Sünekliği oldukça küçük olan yapısal olmayan eleman
g_{a2}	: Sünekliği nispeten küçük olan yapısal olmayan eleman
g_{a3}	: Sünekliği oldukça büyük olan yapısal olmayan eleman
g_{a4}	: Sünekliği nispeten büyük olan yapısal olmayan eleman
H	: Hasara göre etki derecesini temsil eden indeks
H_i	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
H_0	: Kolonun alt kat döşeme tabanından, üst kat döşemenin giriş altına kadar olan uzunluğu
h, h_s	: Kat yüksekliği
h_i	: Temelden i. seviyeye olan yükseklik
h_n	: Temelden çatı seviyesine yükseklik
h_x	: Temelden x. seviyeye olan yükseklik
h_0	: İncelemenin yapıldığı doğrultuda kolon temiz yüksekliği
h_1	: Yapısal olmayan elemanın düşey uzunluğu
I	: Bina önem katsayısı
I_s	: Sismik performans indeksi
I_{s0}	: Sismik talep indeksi
i	: İncelenen katın seviyesi
J	: Kuvvet dağıtım azaltma faktörü
j	: İncelenen kat seviyesi
j_e	: Basınç kuvveti ile çekme kuvveti arasındaki moment kolu
K_i	: İncelenen katın rijitliği
L	: Çerçevenin toplam uzunluğu
L'	: Kenar duvarları içeren toplam kesit uzunluğu
L_{br}	: Ortalama çapraz eleman uzunluğu
L_j	: Duvarın birim uzunluğu
l	: Perde uzunluğu
l_w	: Başlık kolonların ağırlık merkezleri arasındaki mesafe
M_n	: n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle
M_{xn}, M_{yn}	: Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
m	: Eleman değişim faktörü
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
N	: Kolonun eksenel yükü
N_{br}	: Çaprazlar basınç için dizayn edilmişse, çekme ve basınçtaki çaprazların sayısı değilse çekmedeki çaprazların sayısı

N_{max}	: Kolonun aksenal basınç dayanımı
N_{min}	: Kolonun aksenal çekme dayanımı
n	: Yer seviyesi üzerindeki toplam kat sayısı
n_c	: Toplam kolon sayısı
n_f	: Hesap yönündeki çerçevelerin toplam sayısı
P_{CE}	: Bir duvara uygulanmış yerçekim basınç kuvveti
p_{te}	: Çekme donatısı oranı
p_{se}	: Enine donatı oranı
p_{sh}	: Perdedeki yatay donatının kolondakine oranı
p_w	: Perdedeki boyuna donatının kolondakine oranı
p_{ws}	: Kolondaki etriye oranı
p_1, p_2	: Yapı için şekildegıştirmeler, çatlaklar veya yıpranmayla ilgili
Q_{CE}	: Beklenen elman kuvveti etmenlerini ifade eden faktör
Q_D	: Sabit yük
Q_E	: LSP ve LDP analiz modelleri ve kuvvetleri kullanarak hesaplanan deprem kuvveti
Q_G	: Yerçekim kuvvetlerinden dolayı oluşan etki
Q_L	: Hesaplanmış hareketli yükten az olmamak koşulu ile azaltılmamış tasarım hareketli yükünün %25'ine eşit etkin hareketli yük
Q_u	: Maksimum yatay yük taşıma kapasitesi
Q_{UD}	: Yerçekimi yükleri ve deprem kuvvetlerinden oluşan etki
Q_{UF}	: Yerçekimi ve deprem yüklerinden oluşan iç kuvvet
Q_s	: Toplam tasarım kar yükünün %70'ine eşit veya %20'sinden az olmayacak bir kar yüküne eşit olarak alınacak etkin kar yükü
$R_a(T_n)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R_{su}	: Kayma kolonu elamanının nihai şekildegıştirme durumundaki görelî kat dönmesi
R_p	: Eleman modifikasyon faktörü
R_y	: Görelî kat dönmeleri cinsinden akma şekildegıştirmesi
R_{250}	: Kayma perdelerinin süneklik indeksine karşı gelen, standart görelî kat dönmesi
S	: Ağırılık merkezi
S_a	: Spektral ivme
$S_{ae}(T_n)$	: Elastik spektral ivme
$S_{aR}(T_n)$	: n'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme
S_D	: Bina nın rijitlik, kütle, burulma gibi geometrisinden kaynaklanan etkileri yansıtan, yapısal düzey indeksi
S_d	: Spektral yerdeğıştirme
S_{DS}	: Tasarım kısa periyot spektral ivme parametresi
S_s	: Kısa periyot tepki ivmesi
S_1	: Kabul Edilen Maksimum Depreme bağılı olarak bir saniyelik periyoda karşı gelen spektral ivme
s	: Enine donatı aralığı
T	: Yapının zamana bağılı bozulmasını belirten indeks.
t	: Yapısal olmayan elemanın durumunu ifade eden faktör
U	: Kullanım indeksidir
W	: İncelenen kat üzerindeki yapının ağırlığı
W_i	: İncelenen katın mesnetlediğı üst katların toplam ağırlığı
W_j	: Duvarın alanını ifade eden indeks
W_p	: Eleman ağırlığı

w	: Katların ağırlıkları
w_i	: i. katın ağırlığı
w_x	: x. katın ağırlığı
wQ_{mu}	: En büyük eğilme kapasitesinin elde edildiği durumdaki kesme kuvveti
wQ_{su}	: Perde duvar elemanın en büyük kesme kuvveti taşıma kapasitesi
X	: Yerden ölçülmek üzere x seviyesindeki yapısal olmayan elemanın üst seviyesinin yüksekliği
x	: Eleman bağlantısının yapıdaki en yüksek noktasındaki yükseklik
V	: Deprem kesme kuvveti
V_b	: Taban kesme kuvveti
V_c	: Kolon kesme kuvveti
V_j	: j. kat seviyesindeki kat kesme kuvveti
v_{me}	:Yığma duvar kesme dayanımı
v_{te}	: Ortalama derz kesmesi
v_u	: Döşemenin birim kesme kuvveti
Y	:Yerden ölçülmek üzere y seviyesindeki yapısal olmayan elemanın alt seviyesinin yüksekliği
Z	: Deprem bölge indeksi
α_1	: Birinci doğal titreşim modu için modal kütle katsayısı
β	: 1. aşama incelemesinde azaltma katsayısı
β_m	: 2. aşama incelenmesinde düzenlenmiş azaltma katsayısı
ΔF_N	: N'inci katın tepesine etkiyen eşdeğer deprem yükü değeri
Δ_N	:Yapının tepe yerdeğiştirmesi
Γ_1	: Birinci doğal titreşim modu için modal katılım katsayısı
σ_y	: Boyuna donatının akma dayanımı
σ_{sy}	: Perdedeki yatay donatının akma sınırı
σ_{wy}	: Etriyenin akma dayanımı
σ_0	: Kolonda eksenel gerilme
σ_{oe}	: Eksenel gerilme
τ_{W1}	: İki ucunda başlık olacak şekilde kolon bulunan perde duvarların ortalama kayma gerilmesi
τ_{W2}	: Bir ucunda başlık kolonu bulunan perde duvarların ortalama kayma gerilmesi
τ_{W3}	: Başlık kolonu bulunmayan perde duvarların ortalama kayma gerilmesi
τ_C	: Kolonların ortalama kayma gerilmesi
τ_{SC}	: Kısa kolonların ortalama kayma gerilmesi
θ_{N1}	: Yapının en üst katına ait 1. mod yatay yerdeğiştirmesi
θ_{t1}	: i. Kattaki 1. mod şekli
δ_{XA}	: A yapısının elastik analiz ile belirlenen x seviyesindeki sehim
δ_{YA}	: A yapısının elastik analiz ile belirlenen y seviyesindeki sehim
δ_{XB}	: B yapısının elastik analiz ile belirlenen x seviyesindeki sehim
Φ_{xin}	: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni
Φ_{yin}	: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni
Φ_{0in}	: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni

**BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİNDE
JAPON SİSMİK İNDEKS YÖNTEMİ İLE DOĞRUSAL OLMAYAN
ARTIMSAL İTME ANALİZİ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

ÖZET

Ülkemizin aktif bir deprem kuşağının içinde yer alması, tarihte meydana gelen depremlerden dolayı büyük maddi hasarlar ve çok fazla can kayıplarının olması, binaların depreme dayanıklı, yeterli güvenlik ve ekonomik olarak tasarımının önemini vurgulamaktadır. Ülkemizdeki pek çok yapının, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te (DBYBHY'07) öngörülen güvenlik düzeyini sağlamadığı bilinmektedir. Mevcut yapı stoğunun büyüklüğü gözönüne alındığında, tüm binalara detaylı yapısal çözümleme yapılmasının pratik ve ekonomik olarak mümkün olmadığı açıktır. Bu nedenle binaların deprem güvelliğinin hızlı şekilde tahmin edilmesini sağlayabilecek bazı yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Hızlı incelemelerden beklenen, hangi binaların depreme dayanıklı olduğunu, hangilerinin olmadığını kesin olarak sınıflandırmak değil, hangi binaların mevcut durumu ile diğerlerine göre nispeten daha dayanıklı olduğu ve hangi binaların daha detaylı şekilde incelenmesi gerektiği konusunda hızlı sonuç almak olmalıdır. Bu çalışmada iki betonarme okul binası Japon Sismik İndeks Yöntemi ile incelenmiştir. İlki betonarme çerçeveden, ikincisi ise betonarme perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip binalara daha sonra Artımsal İtme Analizi uygulanmış, Artımsal İtme Analizi sonuçlarıyla hızlı değerlendirme yönteminden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak Japon Sismik İndeks Yönteminde önerilen bazı yapısal katsayıların, Türkiye koşullarındaki betonarme binalar için uyarlanması amaçlanmaktadır.

**COMPARISON OF JAPANESE SEISMIC INDEX METHOD WITH
NONLINEAR PUSHOVER ANALYSIS BY MEANS OF PERFORMANCE
DETERMINATION OF RC SCHOOL BUILDINGS**

SUMMARY

Considering the fact that our country settles on a highly active seismic zone and economic losses and casualties due to recent destructive earthquake events, seismic resistant design for providing structural safety becomes a vital issue. It is a known fact that most of the buildings in Turkey do not satisfy the latest Turkish Earthquake Resistant Design Code requirements and unfortunately this has been observed during the recent earthquakes. When the quantity of the buildings is considered, it is not practically possible to conduct detailed structural assessment for the entire building stock. For that reason, it is necessary to use efficient, fast and easily applicable assessment methods to find out the seismic safety of the existing buildings. By performing such an investigation, it is not expected to find out exactly which buildings are structurally resistant or not under the effect of an expected earthquake, but it is aimed to find out which buildings are rather reliable and can be kept in service under its current condition and which ones need to be evaluated more detailed within the following time period. In this research, two school buildings are assessed by applying the Japanese Seismic Index Method. The structural system of the first building consists of reinforced concrete frames, and the later is reinforced concrete shear wall-frame system. Afterwards, each building is investigated in details by means of non-linear static analysis. Therefore, pushover analyses are carried out for each building, considering the height-wise distribution of lateral loads proportional to the first mode shapes. The results of the pushover analyses and the rapid assessment method are compared and some coefficients of the Japanese Seismic Index Method have been calibrated to provide consistency with the Turkish type of reinforced concrete buildings.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

Ülkemizin sismik etkinliklerin yoğun olduğu bir bölgede bulunması ve bu yeryüzü hareketleri yüzünden başta can ve mal kaybı olmak üzere yapılar üzerinde hasarların, yıkımların olması, toplumda yapıların depreme karşı dayanıklılığının önemsenmesine neden olmuştur. Ülkemizde mevcut betonarme yapıların önemli bir bölümü 1998 yılında yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (**ABYYHY, 1998**) ve 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (**DBYBHY, 2007**) tarafından tanımlanan düzeyde deprem güvenliğine sahip değildir. Bunun başlıca nedenleri arasında, proje ile uygulama arasında beton kalitesi, donatı miktarı ve detayları, taşıyıcı eleman boyut ve yerleşimleri açılarından önemli farklılıklar bulunması, eski yapıların projelerinde gözönüne alınmış olan deprem yüklerinin son derece az olması, kötü bir işçiliğin uygulanmış olması, zamana ve çevresel şartlara bağlı oluşan hasarlar sayılabilir. Bu nedenle olası depremler karşısında büyük can ve mal kaybının önlenmesi için mevcut yapı stoğunun belli öncelikler de dikkate alınarak gözden geçirilmesi, gerekli olması durumunda güçlendirme, ya da yıkıp yeniden inşa etme yollarına gidilmelidir. Ancak ülkemizin ekonomik şartları gözönüne alındığında, deprem riski yüksek olan bölgelerde, mevcut yapı stoğunun büyüklüğü nedeniyle, tüm binaların deprem güvenliğini araştırmak üzere, detaylı yapısal çözümleme yapılmasının pratik olarak mümkün olmadığı açıktır.

Bu nedenle binaların deprem güvenliğinin hızlı şekilde tahmin edilmesini sağlayabilecek bazı hızlı ve pratik yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Hızlı incelemelerden beklenen, hangi binaların depreme dayanıklı olduğunu, hangilerinin olmadığını kesin olarak sınıflandırmak değil, hangi binaların mevcut durumu ile diğerlerine göre nispeten daha dayanıklı olduğu ve hangi binaların daha detaylı şekilde incelenmesi gerektiği konusunda hızlı sonuç almak olmalıdır. Bu amaçla dünya çapında kullanılan ve geniş kesimlerce kabul görmüş çeşitli yöntemler

kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında Japon Sismik İndeks Yöntemi ile ATC-21 (ATC 21, 2002) ve FEMA 310 (FEMA 310, 1998) gibi yöntemler gelmektedir. Bu çalışmanın ana amacı da dünyaca büyük kabul görmüş hızlı değerlendirme yöntemlerinden biri olan Japon Sismik İndeks Yöntemi (JSİY, 2001) ile mevcut yapıların incelenmesi ve artımsal mod birleştirme yöntemiyle elde edilen sonuçlarının karşılaştırılmasıdır.

1.2 Kapsam

Bu çalışmanın 2. bölümünde FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) tarafından yayımlanan FEMA 154 ve FEMA 310 hızlı değerlendirme yöntemleriyle yapıların deprem değerlendirmesinin nasıl yapıldığı açıklanmıştır. Çalışmanın 3. bölümünde orta ve az yüksekliğe sahip betonarme binaların deprem dayanımlarının belirlenmesinde kullanılan Japon Sismik İndeksi Yöntemi'nin en son yayımlandığı sürümündeki esaslar detaylı olarak sunulmuştur. Çalışmanın 4. bölümünde, binaların deprem yükleri altındaki performanslarının belirlenmesinde kullanılan doğrusal ve doğrusal olmayan statik ve dinamik hesap yöntemleri özetlenmiştir. Çözümleme yöntemlerinden olan artımsal itme analizi, yeni deprem yönetmeliğimizin de uygulanmasını zorunlu hale getirdiği bir yöntem olup, hesap kolaylığı ve taban kesme kuvvetinin yerdeğiştirmeler ile değişimini doğrusal olmayan yapısal davranışı da gözönüne alarak gerçekleştirmesi bakımından çok önemlidir. 5. bölümde çalışma kapsamında 1. derece deprem bölgesinde bulunan okul binalarının deprem dayanıklılıklarının tespiti Japon Sismik İndeks Yöntemi kullanılarak değerlendirilecektir. Bu incelemeden elde edilen veriler, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi'nden elde edilen verilerle karşılaştırılarak, Türkiye koşullarında inşa edilmiş yapılar ile yöntemde sunulan katsayıların uyumluluğu araştırılmıştır.

2. UYGULAMADA SIKLIKLA KULLANILAN HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

2.1 FEMA 154 (ATC21) “Hızlı Davranış Değerlendirme Yöntemi”

ATC 21 - FEMA 154 olarak isimlendirilen standart, geniş uygulama alanına sahip bir “hızlı değerlendirme” yöntemi olarak sınıflandırılabilir. Ana felsefesi binanın deprem dayanım düzeyi hakkında değerlendirme gerçekleştirebilmektir. Yöntemde bir binanın ortalama inceleme süresi 1 saati aşmamaktadır. Bina hakkında detaylı olmasa da, envanter oluşturması amacıyla genel bilgileri toplanmış olur. Çalışmanın bu bölümünde ATC 21 - FEMA 154 yöntemi açıklanacaktır.

ATC 21 - FEMA 154 “Deprem Riski Altındaki Binaların Hızlı Davranış Değerlendirme Yöntemi”, binaların sokaktan izleyerek dışarıdan gözlenmesine dayanmaktadır ve ABD’de geliştirilmiş bir yöntemdir. Esas amacı, depremde önemli hasar görmesi olası yapıların belirlenmesidir. Mühendislik hesabı gerektirmeyen bu yöntem ile hızlı bir şekilde değerlendirme yapılabilir. Değerlendirme aşaması, yatay yük taşıyıcı esas sistemin belirlenmesi ve bu sistemde kullanılan malzemenin tanımlanması şeklinde olmakla birlikte, tüm toplanan bilgilerin puanlandırılması esasına dayanır. İncelenecek olan binanın bulunduğu deprem bölgesine göre veri toplama formlarından uygun olanı seçilir ve bina taşıyıcı sistem türüne göre de formlarda verilen ana puanı elde edilir. Daha sonra bu puana, binanın deprem performansını olumlu ya da olumsuz şekilde değiştirebilecek olan etkenlerin formda verilmiş değerleri eklenerek (veya çıkarılarak), karar için gerekli sonuç puanı (S) elde edilir. Sonuç puanının yüksek çıkması, binanın deprem anındaki performansının da iyi olacağı anlamına gelir. Bu puan, 2’den küçük çıkarsa, ayrıntılı incelemeye gerek var demektir.

Söz konusu yöntem, mevcut bina stoğunu 2 ayrı kategoriye ayırmaktadır. Bunlardan ilki; deprem performansı yeterli olan ($S > 2$), ikincisi ise; deprem performansı yetersiz olan ve ayrıntılı incelemeye gerek duyulan binalardır ($S < 2$).

ATC 21 yöntemi, tüm dünya ülkelerinde kullanılmak üzere, geleneksel bina tiplerine uygun şekilde düzenlenmiştir. Köprülerin, yüksek kulelerin veya bina şeklinde olmayan diğer yapıların değerlendirilmesinde kullanılamaz. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan birisi, bina taşıyıcı sistem türünün doğru belirlenmesidir. Bina dışından gözleme dayalı bir değerlendirme yöntemi olmasından dolayı, yapısal sistemi belirleyici ipuçlarının doğru tespit edilmesi önem taşımaktadır. Hatalı tespitler, binanın sonuç puanını (S) büyük ölçüde değiştirerek hatalı sonuçlar doğurmakta ve özellikle donatısız yığma veya sünek olmayan betonarme binalar gibi yapılarda, güvenilir olmayan sonuçlarla karşılaşılmasına neden olmaktadır.

ATC 21 yöntemi bir ön inceleme yöntemidir. Pratik ve az masraflıdır. Dışarıdan gözle yapılan bir inceleme olduğu için, risk yaratan unsurlar her zaman görünür olmayabilir. Yöntemin güvenilirliği çok hassas olmamakla birlikte, binaların deprem performansını açık bir şekilde etkileyecek olumsuzlukların belirlenmesinde ve yapı stoğunun genel özelliklerinin belirlenerek risk sıralaması amacıyla kullanılması daha uygundur. Bu yöntemde sonuç puanının (S) değeri ne olursa olsun, gözlemcinin mühendislik sezisi çok daha önemli olmakla birlikte, gerekli görüldüğü zaman ayrıntılı incelemeye karar verilebilir.

2.1.1 Toplanacak Veriler ve Kullanılan Formlar

ABD, National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) kapsamında hazırlanan üç deprem bölgesine göre, üç ayrı veri toplama formu bulunmaktadır: Düşük (L), orta (M) ve yüksek (H) deprem bölgeleri veri toplama formları. Her form üzerinde, bina tanımı (adres, posta kodu, kat sayısı, yapım yılı, gözlemcinin adı ve inceleme yaptığı tarih, toplam kat alanı, bina ismi ve kullanım şekli), krokisi ve fotoğrafı için gerekli boş alanlar bulunmaktadır. Ayrıca kullanım amacı, zemin tipi, kullanıcı sayısı, düşebilecek tehlikeli cisimler de gözlemlenecek ve işlenecek diğer unsurlardır.

Yapısal olmayan baca, parapet veya ağır cephe kaplaması gibi elemanların, deprem anında düşme riskleri bulunur ve bina çevresinde bulunan canlı veya cansızlara zarar verebilirler. Bina taşıyıcı sistemi yüksek kapasitede olsa bile, binada tehlike yaratabilecek yapısal olan veya olmayan tüm unsurların işaretlenmesi, binanın deprem anındaki senaryosunun daha net tahmin edilmesine imkân verecektir.

Veri toplama formlarında bina yapısal sistem türünün seçilmesi ile birlikte temel yapısal puanın belirlenerek, bu puana binanın deprem performansını değiştirebilecek olan etkenlerin verilmiş değerleri eklenerek (veya çıkarılarak), karar için gerekli olan sonuç puanının (S) elde edilmesine dair tablocuk yer almaktadır. Son olarak da inceleme yapan uzmanın görüşleri ve ayrıntılı incelemenin gerekip gerekmediğini belirten bir soru bölümü yer almaktadır. Veri toplama formları Şekil 2.1’de görülmektedir. Bu formların Türkçeleştirilerek düzenlenmiş halleri Ek-A’da sunulmuştur.

Şekil 2.1 : Üç Deprem Bölgesi İçin Tanımlı Veri Toplama Formları (L, M, H)

2.1.2 Yöntemin İşleyişi

Hızlı değerlendirme işini yüklenecek kurum tarafından öncelikle acil taranması gerekli bölgeler seçilerek ve diğer riski az bölgeler daha sonraki aşamalara

bırakılmalıdır. ATC 21 yönteminin planlanması ve organizasyonu safhaları, mali kaynak bulunması, saha keşif safhası ve taranacak bölgenin belirlenmesi, veri toplama formlarının seçilmesi, personel tayini, binalar ile ilgili ön inceleme verilerinin toplanması, proje bilgilerinin edinilmesi, binanın dıştan taranması ve fotoğraflanmasıdır.

İncelenecek sahaya ait haritaların elde edilmesi, gözlemcinin yönlendirilmesi açısından önemli bir referans teşkil eder. Zemin profil haritaları, zemin kayma haritaları, sıvılaşma potansiyeli haritaları veya aktif fay haritalarının da bulunması her zaman faydalı olacaktır. Daha sonra, bu bölgeye bağlı deprem katsayılarının ve diğer verilerin belirlenmesi (etkin yer ivmesi, bina önem katsayısı, spektral ivme katsayısı vs.) de gereklidir.

Diğer önemli bir konu ise, bina tasarım kriterlerinin ve bunlarla ilgili resmi evrakların bulunması, hangi yönetmeliklere göre tasarım yapılmış olmasının bilinmesi (bina yapım yılının bilinmesi yeterli olacaktır) de puanlama aşamasında sağlıklı karar verilmesini sağlayacaktır.

Veri toplama formlarında sol üstte bulunan boşluk, incelenen binaların krokilerinin çizilmesi açısından bırakılmıştır. Krokilerinin çizilmesindeki önem, binanın komşu binalar veya bulunduğu cadde ile konumunun belirlenmesinde ve böylece gözlemcinin bina özelliklerinin saptamasına sağlayacağı kolaylık açısından önemlidir. Bu bölgeye ayrıca bilgi açısından bina boykesitinin de çizilmesinde fayda vardır. Diğer önemli bir husus, binanın taşıyıcı sistem doğrultuları ile mevcut bir deprem kaynağının üreteceği depremin yapı üzerinde etkisinin yönü hakkında da gözlem yapma olanağının sağlanmasıdır.

Binaların ana puanlarının belirlenmesinin ardından, deprem performanslarını değiştirebilecek olan unsurların formda verilmiş değerleri eklenerek (veya çıkarılarak), karar için gerekli olan sonuç puanı (S) elde edilir. Binanın kat sayısı, düşey ve yatay düzensizlikler, bina yapım yılı ve bağlı olduğu yönetmelik ve üzerinde bulunduğu zemin tipi gibi unsurları temsil eden puanlar, ana puana eklenerek veya ana puandan çıkarılarak sonuç puanı elde edilir. Sonuç puanının yüksek çıkması, binanın deprem anındaki performansının da yüksek çıkacağı anlamına gelir. Bu puan, 2'den küçük çıkarsa, ayrıntılı incelemeye gerek var

demektir. 2'den büyük çıkması kesinlikle ayrıntılı inceleme yapılmayacaktır anlamına gelmemektedir. Ayrıntılı inceleme talebe ve isteğe göre tercih edilebilir.

2.2 FEMA 310 “Deprem Davranış Değerlendirme Yöntemi”

2.2.1 Genel

Mevcut yapıların deprem performansının değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş olan bu yöntem, karşılaşılabilecek deprem kuvvetleri etkisinde yeterli dayanıma sahip bir şekilde tasarlanıp tasarlanmadığının belirlenebilmesini sağlayacak kontrol adımlarını içerir. FEMA-310 “Deprem Davranış Değerlendirme Yöntemi”nde her deprem bölgesi için üç aşamalı bir inceleme yapılır. Bu yöntemde yapıların deprem dayanımını, yapısal elemanlar, yapısal olmayan elemanlar ve temel/zemin özelliklerine göre belirlenir. Her üç aşamada betonarme, çelik, ahşap, kâğır yapılara uygulanabilir.

2.2.2 1. Aşama Değerlendirmesi

1. Aşama değerlendirmesinin amacı binaların hızlı olarak değerlendirilmesini sağlamaktır. Bu safhanın omurgasını ‘kontrol listeleri’ oluşturur. Kontrol listeleri, belirli yapı tiplerinin geçmiş depremlerdeki performanslarının incelenip ‘zayıf nokta’larının ‘değerlendirme maddeleri’ şeklinde bir araya getirildiği listelerdir. Her bir değerlendirme maddesi, yapıda belirli bir zayıf noktanın olup olmadığını denetler. 1. Aşama değerlendirmesinden önce yapının, mevcut durumu hakkında bilgi veren tüm dokümanları, projeleri toplanmış olmalıdır. Bu projelere göre yapıp yapılmadığı kontrol edilmelidir. Tüm farklılıklar belirlenirken diğer yandan kullanılan deprem yönetmeliğide belirlenmelidir. Öncelikle incelemeyi yapan mühendis ‘Binalar için deprem tasarım yönetmeliklerine’ göre binanın uygun kalitede olup olmadığını tespit etmelidir. Daha sonra Ek B’de sunulan ifadelerle taban kesme kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri, hakim periyot ve uygun spektrum eğrisi hesaplanarak, 1.aşama için tanımlanan hızlı kontrol kriterleri ile karşılaştırılarak, yapısal güvenlik düzeyi belirlenir.

2.2.3 2. Aşama Değerlendirmesi

2. Aşama değerlendirme, 1. aşama değerlendirmesinden daha detaylı bir hesap kullanımını gerektirir. 2. Aşama değerlendirmesinin yapılabilmesi için 1. aşama değerlendirme tamamlanmalıdır. 2. Aşamada elemanların ve yapının değerlendirilmesinde Doğrusal Statik ve Doğrusal Dinamik yöntemler kullanılır. Esnek döşemeli donatısız yığma duvarlı yapılar dışındaki tüm yapılar için doğrusal statik veya doğrusal dinamik metotlardan biri uygulanır. Bu iki yöntem için kabul kriterleri ile inceleme tamamlanır. Esnek döşemeli donatısız yığma duvarlı yapılar için özel metot uygulanır. Bu bölümde dört analiz prosedürü bulunmaktadır.

- Doğrusal Statik Prosedür (LSP)
- Doğrusal Dinamik Prosedür (LDP)
- Özel prosedür
- Yapısal olmayan elemanlar için prosedür

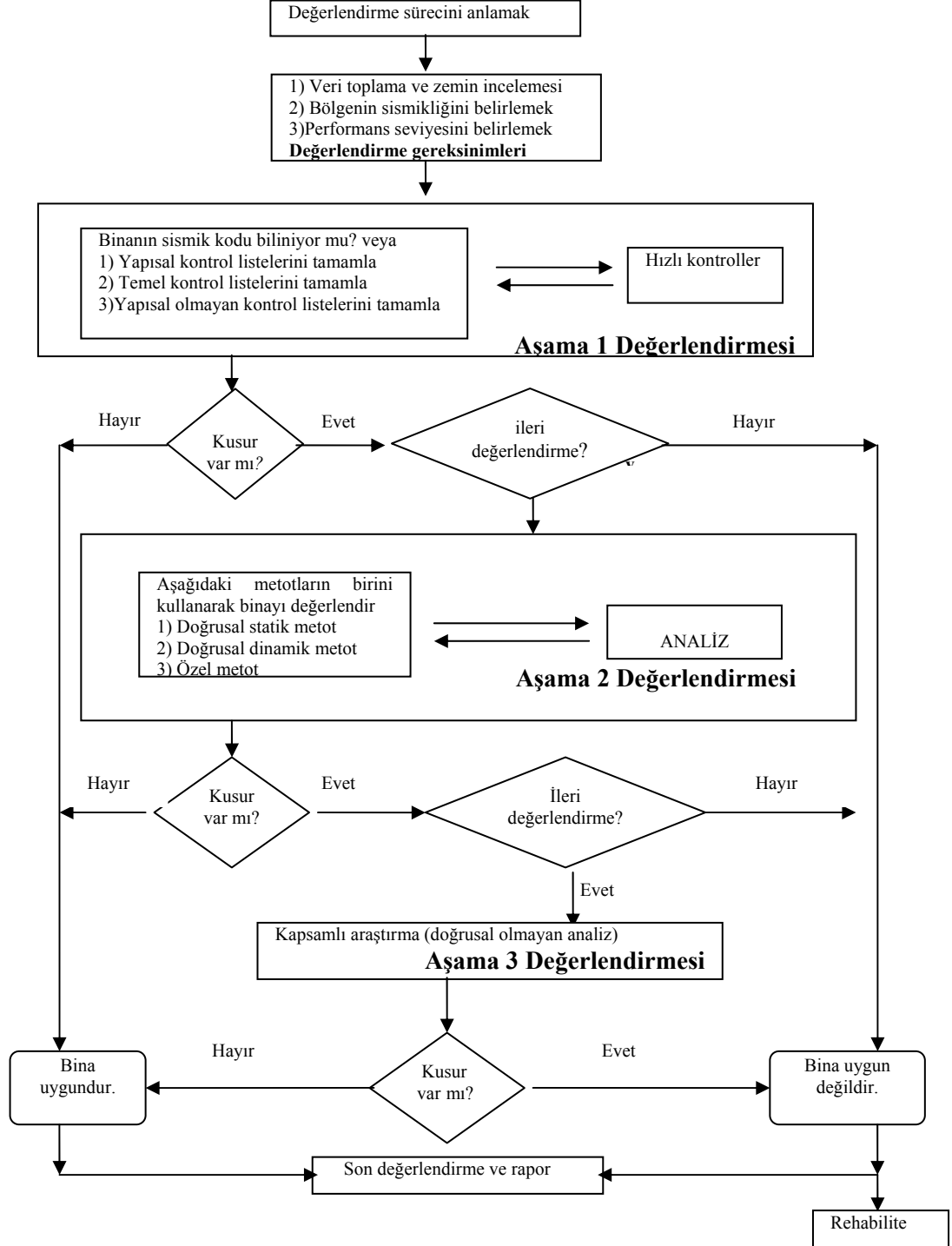
2.2.4 3. Aşama Değerlendirmesi

Bu inceleme seviyesi diğer iki değerlendirme aşamasına göre daha detaylı bir inceleme gerektirir. Yapılan analizler sonucunda yapının belirlenmiş olan zayıflıkları giderilmemiş ise bir üst aşama olan 3. aşama kriterlerine göre değerlendirme yapılır. 3. Aşama değerlendirmesinde yapı özel çözümleme yöntemleri ile çözülür. Aşağıdaki özelliklerden bir veya daha fazlasını gerçekleştiren yapılar doğrusal dinamik, doğrusal olmayan statik veya dinamik analiz metotlarını kullanarak değerlendirilir.

- Yüksekliği 30,5 m'yi aşan yapılar
- Binanın bir katının yatay boyutu bitişik katının yatay boyutunun 1,4 katından fazla olan binalar (çatı katları hariç)
- Üstteki döşemenin esnek olmadığı durumlarda, bir katın uç yerdeğiştirmesinin ortalama kat yerdeğiştirmesinin %150'sinden fazla olduğu binalar (Burulma düzensizliği)
- Çatı katı hariç bir katın ortalama yerdeğiştirmesinin üst veya alt katın yerdeğiştirmesinin %150'sinden fazla olan binalar (Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği)

- Yatay kuvvet taşıyan sistemi ortogonal olmayan binalar.

Aşağıdaki Şekil 2.2 de sunulan akış diyagramı FEMA 310 hızlı değerlendirme yöntemindeki aşamaları ve aşamalar arasındaki geçişi özetlemektedir.



Şekil 2.2 : FEMA 310 Hızlı Değerlendirme Yöntemindeki Aşamalar ve Aşamalar Arasındaki Geçiş

3. JAPON SİSMİK İNDEKS YÖNTEMİ

3.1 Genel

Mevcut binaların deprem yükleri etkisindeki taşıma kapasitelerini değerlendirmek ve gerektiğinde kapasiteyi arttırmaya yönelik çalışmaları başlatmak için kullanılan yöntemlerden olan Sismik İndeks Yöntemi, 1968 Tokachi-oki depreminde çoğu betonarme bina ciddi ölçüde hasar görmesinden sonra hızlı değerlendirme yapabilmek amacıyla önerilmiştir. Daha sonra 1975’de Architectural Institute of Japan (AIJ) tarafından “Seismic Capacity Evaluation Method for R/C School Building” geliştirilmiştir. 1977’de Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA) tarafından “Standart for Seismic Safety Evaluation and Guideline for Retrofitting of Existing R/C Buildings” hazırlanarak, 1978 Miyagiken-oki depreminden sonra ise 1979’da çelik ve ahşap binalar için bir yönetmelik yayınlanmıştır. 1986’da çelik yapılar için JBDPA tarafından “Standart for Seismic Safety Evaluation and Guideline for Retrofitting of Existing SRC Buildings” hazırlanmıştır. 1977 yılında JBDPA tarafından yayınlanan yönetmelik 1990 yılında Tokyo Üniversitesi Endüstriyel Bilimler Kurumu’na yenilenmiştir. Deprem güvenliğinin değerlendirilmesi ve güçlendirme 1995 Hyogoken-nanbu depreminden sonra çeşitli betonarme binalara uygulanmıştır. Bu çalışma kapsamında ise 2001 yılında JBDPA tarafından yayınlanan “Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings,” adlı en güncel kaynakta sunulan yöntem esas alınmıştır.

3.2 Kapsam

Bahsi geçen yöntem, orta ve düşük yükseklikteki perdeli veya perdesiz yerinde dökme betonarme binaların deprem dayanımlarının değerlendirilmesi için kullanılır. Yapının deprem performansını tahmin etmek ve sonuçları değerlendirmek için üç aşamalı bir inceleme yöntemi kullanılır. Bunlar Aşama 1, Aşama 2 ve Aşama 3 olarak adlandırılmıştır. Bu aşamalar birbirinden bağımsız değerlendirme safhalarıdır.

Aşamanın seviyesi arttıkça daha fazla hesaba karşılık bina hakkında daha ayrıntılı bilgi elde edilir. Yangın geçirmiş, olağandışı taşıyıcı sistemi olan, çok düşük malzeme dayanımlı, 30 yaşını geçmiş binalar için bu yönetmelik uygulanabilir değildir. Böylesi binalarda daha farklı teknikler kullanılmalıdır.

3.3 Yapı İçin Sismik Performans İndeksinin Hesaplanmasında Aşamalar

3.3.1 1. Aşama Değerlendirmesi

1. Aşama değerlendirilmesinde amaç, binanın düşey taşıyıcı sistem elemanlarında deprem esnasında oluşacak kayma gerilmesinin mertebesinden yola çıkarak bu elemanların dayanımları hakkında öngörü sahibi olmaktır. Bina katlarının dayanımı, kolon ve taşıyıcı perde duvarların enkesit alanına göre belirlenmiş beton kayma gerilmesi kullanılmak suretiyle kolaylıkla hesaplanmaktadır. Perdesiz çerçeveli binaların deprem performansı, gerçekte olduğundan daha az tahmin edilebilir. Bu aşamada binanın değerlendirmesi için gereken bilgiler,

- Yapısal elemanların enkesit özellikleri ve yapı malzemeleri karakteristikleri
- Yıpranma indeksinin tanımlanabilmesi için betonarme elemanlar ve yapı üzerinde yapılacak incelemelerden elde edilecek çatlak genişlikleri.
- Düzensizlik indeksi için yapının taşıyıcı eleman yerleşim planı.

3.3.2 2. Aşama Değerlendirmesi

2 Aşama değerlendirme seviyesinde, çerçeveyi birleştiren kirişlerin rijit olduğu kabul edilir. Kirişlerin davranışının 'rijit' olarak kabul edilmesi sebebiyle, yalnızca düşey taşıyıcı elemanların davranışı gözönüne alınıp bina hakkında yargıya varılır. Değerlendirmenin bu aşamasında kolon ve perdelerin dayanımları hesaplanır, elemanların kırılma mekanizmaları 'kesme' veya 'eğilme' olarak belirlenir. Kolon ve perdelerin kapasite ve sünekliklerinin yapısal kuramlar temel alınarak hesaplanmasıyla, yapının genel sismik indeksi E_0 'ın hesabında yapısal elemanın göçme mekanizması kullanılmış olur. Elde edilen sonuç, genelde 1 aşama değerlendirme seviyesine göre daha güvenilirdir. 2. aşama değerlendirme seviyesinde yapının sismik indeksinin hesaplanması için toplanması gerekli yapısal bilgiler aşağıda verilmiştir, bu veriler üçüncü değerlendirme aşamasında da kullanılabilir:

- Yapısal elemanların enkesit özellikleri ve yapı malzemeleri karakteristikleri,
- Çatlak ve şekildeğişikliklerin görülme sıklıkları ve boyutları,
- Yapı üzerinde gözlemlenen zaman etkileri ve meydana gelen tahribat ve yıpranmalar,

3.3.3 3. Aşama Değerlendirmesi

Bu aşamada binadaki kirişlerin davranışını ve temellerde gözlenen şekil ve yerdeğişikliklerden dolayı bir perdenin dönme davranışını içeren yapının mümkün bütün göçme mekanizmaları dikkate alınarak E_0 indeksinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada bir önceki değerlendirme aşamasında elde edilen bilgilerin yanı sıra daha kesin değerlendirme ve/veya güçlendirme tasarımı yapılmasını gerektiren durumlar için,

- Betonun Young Modülü,
- Betonarme donatısının yerleşim detayları ve donatının akma dayanımı,
- Yapı taşıyıcı elemanlarının mevcut çatlakları, uygulamada nasıl yapıldığı ve varsa kusurlu durumları gözönünde bulundurularak elde edilen kapasite değerleri.
- Yapının ömrü ve korozyona uğramış olan donatıların durumu dikkate alınarak malzeme dayanımları,

gibi bilgilere ihtiyaç vardır. Detaylı araştırma seviyelerinde yapının tasarım projelerine ulaşamaması durumunda, bu bilgilerin yetkili mühendisler tarafından bina elemanları üzerinden yeniden üretilmesi gerekmektedir.

3.4 Yapılarda Sismik Performans İndeksinin Hesaplanması

3.4.1 Genel

Bu yönetmelikteki temel yaklaşım, binanın deprem etkileri altında davranışını etkileyebilecek değişkenlerin ortaya konup bina hakkında genel bir fikir elde edilmesi, sonrasında da elde edilen sonucun kabul edilebilirliğinin kontrol edilebilmesidir. Bu yöntem kapsamında yapının sismik performansını etkileyen değişkenler aşağıda belirtilmiştir.

- Dayanım,

- Süneklik,
- Malzeme özellikleri,
- Binadaki düzensizlikler,

Standartta bu değişkenlerin bina sismik performansına etkileri, Denklem (3.1)' de gösterildiği şekilde temsil edilir. I_s indeksi, aşağıdaki Denklem (3.1) kullanılarak bir binanın her yönünde ve her katı için ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

$$I_s = E_0 S_D T \quad (3.1)$$

Burada;

E_0 : Yapının genel sismik indeksi

S_D : Binanın rijitlik, kütle, burulma gibi geometrisinden kaynaklanan etkileri yansıtan, yapısal düzey indeksi

T : Yapının zamana bağlı bozulmasını belirten indeks. Binadaki çatlaklar, korozyon, yangın etkisi, bina yaşı gibi zamanın etkilerini deprem performansına yansıtan zaman indeksi

I_s indeksi 1 Aşama , 2 Aşama ve 3 Aşama için ayrı ayrı hesaplanır, ancak seçilen seviyeye göre parametrelerin hesaplanış biçimi değişir. En yüksek seviye yapı davranışına en yakın ve en detaylı değerlendirme ile elde edilir.

3.4.2 E_0 İndeksinin Hesaplanması

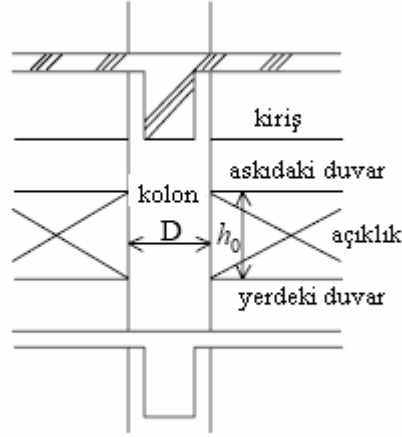
E_0 indeksi, yapısal performansı temsil eden bir parametredir. Yapının deprem performansı, taşıyıcı sistemin elemanlarının süneklik ve dayanımlarına bağlıdır. Bir yapının C nihai dayanım indeksi ve F süneklik indeksi kullanılarak hesaplanır. En yüksek dayanım ve sünekliğe sahip yapı en yüksek E_0 'a sahip olmak zorundadır. E_0 indeksini hesaplamak için kullanılan ifade her seviyede farklıdır.

3.4.2.1 1. Aşama İçin E_0 İndeksi

Bir yapının her düşey elemanının E_0 indeksini hesaplamak için Tablo 3.1'deki üç sınıftan birine dahil olmalıdır. E_0 indeksi olarak, Denklem (3.2) ve Denklem (3.3)' den elde edilen değerlerden büyük olanı kullanılır.

Tablo 3.1 : 1.Aşama Değerlendirmesinde Kullanılan Elemanların Sınıflandırması

DÜŞEY ELEMENLER	TANIMLAMA
Kolon	Temiz yüksekliğinin, hesaba dik enkesit genişliğine oranı 2'den büyük olan betonarme kolonlar.
Kısa kolon	Temiz yüksekliğinin, hesaba dik enkesit genişliğine oranı 2'den küçük veya eşit olan betonarme kolonlar.
Perde duvar	Uçlarında kolon olan veya olmayan betonarme perdeler.



Şekil 3.1 : Kolonun Temiz Yüksekliği ve Derinliği

Kısa Kolonsuz Yapı Olması Durumu

Kısa kolonsuz bir yapının E_0 indeksi Denklem (3.2) ile hesaplanacaktır.

$$E_0 = \left(\frac{n+1}{n+i} \right) (C_w + a_1 C_c) F_w \quad (3.2)$$

n : Yapının bodrum katları hariç kat sayısı

i : İncelenen katın seviyesi

C_w : Perdenin nihai dayanımı

C_c : Kolonların nihai dayanımı

a_1 : Yerdeğiştirme uygunluk faktörü

F_w : Perdenin süneklik indeksi

a_1 'in genelde 0.7 olarak alınması önerilmektedir, ama $C_w=0$ ise $a_1=1$ alınmalıdır. $F_w=1$ alınabilir.

Kısa Kolonlu Yapı Olması Durumu

Kısa kolonlu bir yapının E_0 indeksi Denklem (3.3)'den hesaplanır.

$$E_0 = \left(\frac{n+1}{n+i} \right) (C_{sc} + a_2 C_w + a_3 C_c) F_{sc} \quad (3.3)$$

C_{sc} : Kısa kolonun dayanımı

a_2 ve a_3 : Yerdeğiştirme uygunluk faktörleridir. Genelde $a_2=0.7$ ve $a_3=0.8$ alınır.

F_{sc} : Kısa kolonun süneklik indeksi, genelde $F_{sc}=0.8$ alınır.

3.4.2.2 2. Aşama İçin E_0 İndeksi

Yapının her bir düşey elemanı Tablo 3.2'de kırılma şekillerine göre beş ayrı düzey gözönüne alınmak suretiyle değerlendirilir. Her düşey eleman için nihai dayanım indeksi C ve süneklik indeksi F hesaplanmalıdır. E_0 indeksinin hesaplanmasında kullanılan sonuçlar süneklik indekslerine göre gruplanırlar. Bununla birlikte, düşey elemanlar için değerlendirilen göçme durumları her eleman için gösterilir. E_0 indeksini hesaplamak için denklemler, yapıyı oluşturan düşey elemanların çeşitlerine göre değişecektir.

Sünekliğin Hakim Olduğu Sistemlerde

E_0 indeksinin hesaplanmasında kullanılan sonuçlar süneklik indekslerine göre üç grupta toplanırlar. Sünekliğin hakim olduğu sistemlerde E_0 indeksi, denklem 3.4'den hesaplanır.

Tablo 3.2 : Aşama 2 Değerlendirmesinde Kullanılan Elemanların Sınıflandırılması

DÜŞEY ELEMENLER	TANIMLAMA
Kayma Perdesi	Göçme durumu kayma göçmesi olan betonarme perde duvar
Eğilme Perdesi	Göçme durumu eğilme göçmesi olan betonarme perde duvar
Kayma Kolonu	Göçme durumu kayma göçmesi olan betonarme kolon
Eğilme Kolonu	Göçme durumu eğilme göçmesi olan betonarme kolon
Kısa Kolon	Göçme durumu kayma göçmesi ve $h_0/D \leq 2$ olan betonarme kolon

$$E_0 = \left(\frac{n+1}{n+i} \right) \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2} \quad (3.4)$$

Burada, $E_i = C_i F_i$ dir. C_i her elemanın nihai dayanım indeksini temsil eder. Eleman süneklik indeksi F , bulunduğu grubun en küçük değeri olarak alınır. F_1 , F_2 ve F_3 grupların süneklik indekslerini ifade ederler.

Dayanımın Hakim Olduğu Sistemlerde

Dayanımın hakim olduğu sistemlerde E_0 indeksi, Denklem (3.5)'den hesaplanır.

$$E_0 = \left(\frac{n+1}{n+i} \right) \left(C_1 + \sum_j a_j C_j \right) F_1 \quad (3.5)$$

a_j yerdeğiştirme uygunluk faktörüdür, Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.3 : a_j Değerleri Tablosu ($F_1=0.80$ için)

Süneklik İndeksi $F_1=0.80$ Olan Elemanlar ($R_1=R_{500}=1/500$)		
	F_1	$F_1=0.80$
	R_1	$R_1=R_{500}$
İkinci veya üçüncü gruplar	Kayma ($R_{su}=R_{250}$)	a_s
	Kayma ($R_{250}<R_{su}$)	a_s
	Eğilme ($R_{mv}=R_{250}$)	0.65
	Eğilme ($R_{250}<R_{mv}<R_{150}$)	a_m
	Eğilme ($R_{mv}=R_{150}$)	0.51
	Eğilme ve kaymaya çalışan perdeler	0.65

Tablo 3.4 : a_j Değerleri Tablosu($F_1 \geq 1.0$ için)

Süneklik İndeksi $F_1 \geq 1.0$ Olan Elemanlar ($R_1 \geq R_{250}=1/250$)				
	F_1	$F_1=1.0$	$1.0 < F_1 < 1.27$	$1.27 \leq F_1$
	R_1	R_{250}	$R_{250} < R_1 < R_{150}$	$R_{150} \leq R_1$
İkinci veya üçüncü gruplar	Kayma ($R_{su}=R_{250}$)	1.0	0.0	0.0
	Kayma ($R_1 < R_{su}$)	a_s	a_s	0.0
	Eğilme ($R_{mv} < R_1$)	1.0	1.0	1.0
	Eğilme ($R_1 < R_{mv}$)	a_m	a_m	1.0
	Eğilme ($R_{mv}=R_{150}$)	0.72	a_m	1.0

3.4.2.3 3. Aşama İçin E_0 İndeksi

3. Aşamada düşey taşıyıcı elemanlar, Tablo 3.5'de belirtildiği şekilde sekiz kategoride ifade edilmektedir.

Tablo 3.5 : Aşama 3 Değerlendirmesinde Kullanılan Elemanların Sınıflandırılması

ELEMANLAR	İFADESİ
Kayma Perdesi	Tablo 4.2 ' de tanımlandığı gibi
Eğilme Perdesi	
Kayma Kolonu	
Eğilme Kolonu	
Kısa Kolon	
Eğilmeye çalışan kirişler ile birleşen kolon	Eğilme göçmesi kayma göçmesinden önce oluşan kirişlerin etkisindeki kolonlardır.
Kaymaya çalışan kirişler ile birleşen kolon	Kayma göçmesi eğilme göçmesinden önce oluşan kirişlerin etkisindeki kolonlardır.
Burulma Perdesi	Burulma Perdesi

3.4.3 C Dayanım İndeksinin Hesaplanması

3.4.3.1 1. Aşama İçin C Dayanım İndeksi

1. Aşamada her eleman için C indeksi Denklem (3.6), (3.7), (3.8), (3.9) ve (3.10) kullanılarak hesaplanır. C indeksi hesabı her kat seviyesinde ve her asal eksen doğrultusunda yapılmalıdır.

$$C_w = \frac{(\tau_{w1}A_{w1} + \tau_{w2}A_{w2} + \tau_{w3}A_{w3})}{\sum W} \beta_c \quad (3.6)$$

$$C_c = \frac{\tau_c A_c}{\sum W} \beta_c \quad (3.7)$$

$$C_{sc} = \frac{\tau_{sc} A_{sc}}{\sum W} \beta_c \quad (3.8)$$

$$\beta_c = \frac{F_c}{20} \quad F_c \leq 20 \quad (3.9)$$

$$\beta_c = \sqrt{\frac{F_c}{20}} \quad F_c > 20 \quad (3.10)$$

τ_{w1} : İki ucunda başlık olacak şekilde kolon bulunan perde duvarların ortalama kayma gerilmesi. 3.0 N/mm² alınabilir.

τ_{w2} : Bir ucunda başlık kolonu bulunan perde duvarların ortalama kayma gerilmesi. 2.0 N/mm² alınabilir.

τ_{w3} : Başlık kolonu bulunmayan perde duvarların ortalama kayma gerilmesi. 1.0 N/mm² alınabilir.

τ_c : Kolonların ortalama kayma gerilmesi. 1 N/mm² alınabilir. h_0 / D değeri 6 dan büyük olan kolonlarda bu değer 0.7 N/mm² alınabilir.

τ_{sc} : Kısa Kolonların ortalama kayma gerilmesi. 1.5 N/mm² alınabilir.

C_c : Kolonların dayanım indeksi

C_w : Perde duvarların dayanım indeksi

C_{sc} : Kısa kolonların dayanım indeksi

A_{w1} : Her iki yanında başlık kolonu bulunan perde duvarın kolonlar hariç toplam kesit alanı,

A_{w2} : Bir kenarında başlık kolonu bulunan perde duvarın kolon hariç toplam kesit alanı,

A_{w3} : Başlıksız perdenin kesit alanları toplamı,

A_{sc} : Kısa kolonların kesit alanları toplamı,

W : İncelenen kat üzerindeki yapının ağırlığı

F_c : Tasarımda kullanılan betonun basınç dayanımıdır ancak malzeme deneylerinden elde edilen dayanım değeri tasarım dayanımına göre önceliğe sahiptir.

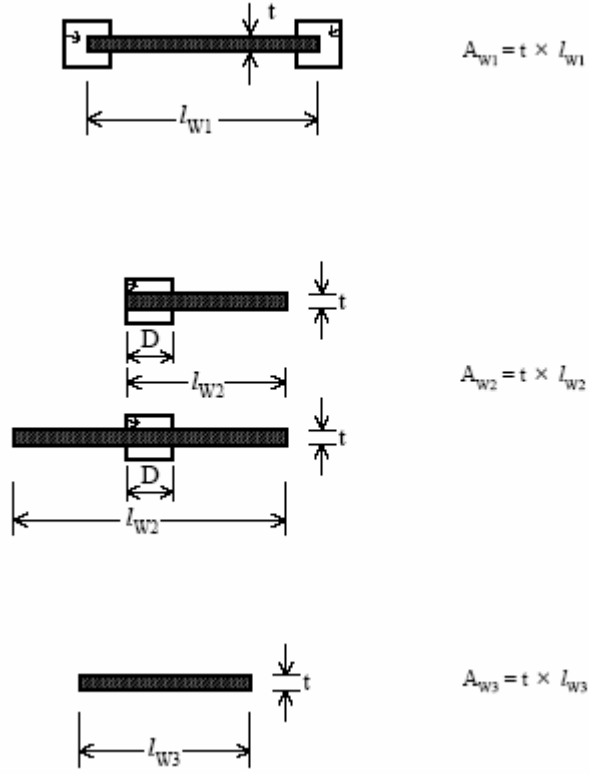
Ayrıntılı bir hesap yapılmadığı takdirde kat ağırlığı için m^2 'ye 12.00 kN değeri alınabilir. Bu ağırlık yapılara deprem anında etkiyen, kütle hesabında kullanılan, ağırlığa karşı gelmektedir.

3.4.3.2 2. Aşama İçin C Dayanım İndeksi

C Dayanım indeksini hesaplamak için düşey taşıyıcı elemanların en büyük kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu aşamada kirişlerin maruz kaldıkları yükleri güvenli bir şekilde taşıyabileceği kabulü yapılmıştır. Düşey elemanların Tablo 3.2 ye göre sınıflandırılan göçme şekilleri Q_{SU} en büyük kesme kapasitesi ve Q_{MU} en büyük eğilme momenti etkisinde hesaplanacak olan en büyük kesme kapasitesi değerleri karşılaştırılarak belirlenir. Elde edilen yatay kuvvet, hesaplanan kesme dayanımından daha az ise elemanın göçme durumu eğilme göçmesi, hesaplanan kesme dayanımından daha fazla ise elemanın göçme durumu kayma göçmesi olarak kabul edilir. Özel bir durum söz konusu olmadıkça kolon ve perdelerin taşıma kapasiteleri yönetmelikte belirtildiği şekilde hesaplanabilir.

Göçme Modlarının Belirlenmesi ve En Büyük Taşıma Kapasitelerinin Hesaplanması

Düşey taşıyıcı elemanların göçme modunun belirlenmesi için, o elemanın kesme kapasitesi Q_{su} ve maruz kalabileceği en büyük eğilme momenti etkisinde oluşan kesme kuvveti Q_{mu} hesaplanarak karar verilir.



Şekil 3.2 : Perdelerin Kesit Alanları

Kolonların Eğilme Dayanımı

$$N_{\max} \geq N > 0.4bDf_c ;$$

$$M_u = \left\{ 0.8a_t\sigma_y D + 0.12bD^2 f_c \right\} \frac{(N_{\max} - N)}{(N_{\max} - 0.4bDf_c)} \quad (3.11)$$

$$0.4bDf_c > N > 0 ;$$

$$M_u = 0.8a_t\sigma_y D + 0.5ND \left(1 - \frac{N}{bDf_c} \right) \quad (3.12)$$

$$0 > N > N_{\min} ;$$

$$M_u = 0.8a_t\sigma_y D + 0.4ND \quad (3.13)$$

$N_{\max}$; kolonun aksenal basınç dayanımı

$$N_{\max} = bDf_c + a_g\sigma_y \text{ (kgf)}$$

N_{min} ; kolonun eksenel çekme dayanımı

$$N_{min} = -a_g \sigma_y \text{ (kgf)}$$

N : Kolonun eksenel yükü

a_t : Çekme donatısı alanı (cm^2)

a_g : Toplam boyuna donatı alanı (cm^2)

D : Kolonun hesaba dik enkesit boyutu (cm)

b : Kolonun basınç yüzündeki kenar boyutu (cm)

σ_y : Boyuna donatının akma dayanımı (kgf/cm^2)

F_c : Betonun basınç dayanımı (kgf/cm^2)

Kolonların Kayma Dayanımı

$${}_c Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 p_t^{0.23} (18 + f_c)}{M / Q / d + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_{ws} \sigma_{wy}} + 0.10 \sigma_0 \right\} b j \quad (3.14)$$

d : En dış basınç lifinin çekme donatısının merkezine olan mesafesi (cm)

p_{ws} : Kolondaki etriye oranı

σ_{wy} : Etriyenin akma dayanımı (kgf/cm^2)

σ_0 : Kolonun eksenel gerilimi

M/Q : Elemandaki maksimum momentin kesme kuvvetine oranı (cm)

Her İki Yanında Başlık Kolon Bulunan Perdenin Eğilme Dayanımı

$${}_w M_u = a_t \cdot \sigma_{sy} \cdot l_w + 0.5 \sum (a_{wy} \cdot \sigma_{wy}) l_w + 0.5 N \cdot l_w \quad (3.15)$$

N : Başlık kolonların toplam eksenel yükleri (kgf)

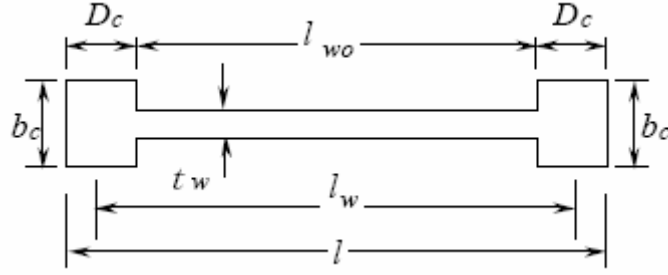
a_t : Başlık kolonda eğilme donatısının toplam alanı (cm^2)

l_w : Başlık kolonların ağırlık merkezleri arasındaki mesafe (cm)

a_{wy} : Perdedeki toplam kayma donatısı alanı (cm^2)

σ_{wy} : Perdedeki kayma donatısının akma dayanımı (kgf/cm^2)

σ_{sy} : Başlık kolonundaki boyuna donatının akma dayanımı (kgf/cm²)



Şekil 3.3 : Her İki Yanında Başlık Kolonu Bulunan Perde

Her İki Yanında Başlık Kolonu Bulunan Perdenin Kayma Dayanımı

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 p_{te}^{0.23} (18 + f_c)}{M / Q / l + 0.12} + 0.85 \sqrt{\sigma_{wy} p_{se}} + 0.1 \sigma_{oe} \right\} b_e j_e \quad \text{için } 1 \leq M / (Ql) \leq 3 \quad (3.16)$$

$p_{te} = 100 a_t / (b_e l)$ Çekme donatısı oranı

a_t : Perdede çekme donatısı alanı (cm²)

$b_e : \sum A / l$ (cm)

$\sum A$: Perde enkesit alanı

l : Perde uzunluğu (cm)

$p_{se} = a_h / (b_e s)$ Enine donatı oranı

a_h : Bir çift enine donatının enkesit alanı

s : Enine donatı aralığı

σ_{wy} : Perdedeki enine donatının akma dayanımı (kgf/cm²)

$\sigma_{oe} : N / (b_e l)$ Eksenel gerilme

j_e : Basınç kuvveti ile çekme kuvveti arasındaki moment kolu (cm)

p_{se} : Perdedeki enine donatı oranı

Kolonsuz Perdenin Eğilme Dayanımı

Mevcut geometrisi ve donatı düzeni dikkate alınarak Denklem (3.15)'den hesaplanır.

Kolonsuz Perdenin Kayma Dayanımı

Mevcut geometrisi ve donatı düzeni dikkate alınarak Denklem (3.16)'dan hesaplanır.

Herhangi Bir Konumunda Tek Kolonla Birleşen Perdenin Eğilme Dayanımı

$$M_u = (0.9 + \beta) a_t \sigma_y D + 0.5 N D \left\{ 1 + 2\beta - \left(\frac{N}{b_e D f_c} \right) \left(1 + \frac{a_t \sigma_y}{N} \right) \right\} \quad (3.17)$$

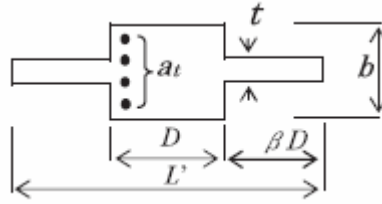
a_t : Perdeye dik kolon donatı alanı (cm^2)

A : Kenar perdeleri içeren toplam kesit alanı (cm^2)

L' : kenar duvarları içeren toplam kesit uzunluğu (cm)

$b_e = \sum A/L'$ (cm)

β : Basınç kenarındaki kenar perdenin uzunluğunun kolonun derinliğine oranı



Şekil 3.4 : Herhangi Bir Konumunda Tek Kolon Bulunan Perde

Herhangi Bir Konumunda Tek Kolonla Birleşen Perdenin Kayma Dayanımı

$$Q_{su1} = \left\{ \frac{0.053 p_t^{0.23} (18 + f_c)}{M/Q/d_e + 0.12} + 0.85 \sqrt{\sigma_{wy} p_{we}} + 0.1 \sigma_{0e} \right\} b_e j_e \quad (3.18)$$

$p_{te} = a_t/(b_e d_e)$

a_t : Kolonda çekme donatısı alanı

b_e : A/L_w (cm)

d_e : Kolonda çekme donatısının ağırlık merkezinden betonun uç basınç lifine olan mesafe (cm)

$p_{we} \sigma_{wy} = p_w \sigma_{wy} (b/b_e) + p_{sh} \sigma_{sy} (t/b_e)$

p_{sh} : Perdedeki yatay donatının kolondakine oranı

σ_{sy} : Perdedeki yatay donatının akma sınırı (kgf/cm²)

p_w : Perdedeki boyuna donatının kolondakine oranı

σ_{wy} : Perdedeki boyuna donatının akma sınırı

σ_{oe} : $N/(b_e j_e)$ (kgf/cm²)

j_e : $(7/8)d_e$

$b_e = \sum A/L'$ (cm)

Bir Elemanın Yatay Yük Taşıma Kapasitesi ve Göçme Mekanizması

Göçme mekanizması eğilme olarak düşünülen bir kolonun veya perde duvarın yanal kesme kuvveti Denklem (3.19) veya (3.20)'dan hesaplanmalıdır.

Kolon için

$$Q_{mu} = \frac{2M_u}{h_o} \quad (3.19)$$

h_o : Kolonun temiz uzunluğu

Perde için

$$Q_{mu} = \frac{M_u}{h_{cwo}} \quad (3.20)$$

$$h_{cwo} = h_{co} + ((h_{wo} - h_{co}).L_w / L) \quad 0 < L_w < (L - D_c)$$

$$h_{cwo} = h_{wo} \quad L_w \geq (L - D_c)$$

$$h_{co} = h_o / 2$$

$$h_{wo} = h_w / 2$$

C indeksi

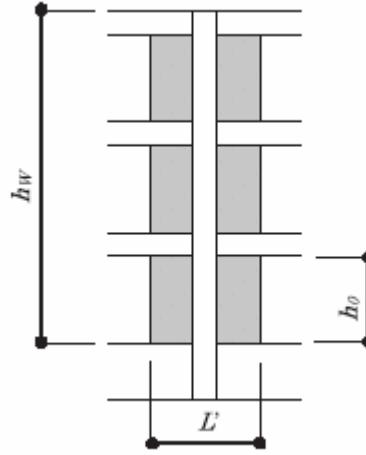
$$C = \frac{Q_u}{\sum W} \quad (3.21)$$

Q_u : Maksimum yatay yük taşıma kapasitesi

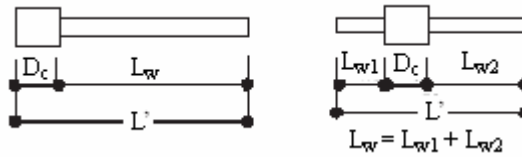
$\sum W$: İncelenen katın üstündeki kısmın toplam ağırlığı

3.4.4 F Süneklik İndeksinin Hesaplanması

İncelenen yöntemin esaslarına göre bir elemanın sünekliği, değerlendirmenin yapıldığı aşamaya, elemanın göçme moduna, elemanın şekildeğiştirme kabiliyetine ve deprem hareketine verdiği karşılık doğrultusunda değişir. Bu yönetmelik kapsamında sünekliği sabit olarak alınabilecek tek düşey taşıyıcı eleman kesme kapasitesi eğilme kapasitesinin her zaman üzerinde bulunan perdelerdir. Kayma göçmesi modu, eğilmeye göre hakim olan perdeler dışındaki düşey taşıyıcı elemanlar için her inceleme seviyesinde ayrı ayrı süneklik hesabının yapılması ve F süneklik indislerinin elde edilmesi gerekir.



Şekil 3.5 : Kolon ve Perdelerin Yükseklikleri



Şekil 3.6 : Kolon ve Perdenin Uzunlukları

3.4.4.1 1. Aşama İçin F Süneklik İndeksi

Tablo 3.6’da gösterilen değerler, Aşama 1 kapsamında sınıflandırılan düşey taşıyıcı elemanların F süneklik indeksi olarak alınmalıdır.

Tablo 3.6 : Aşama 1 Düşey Taşıyıcı Elemanların F Süneklik İndeks Değerleri

ELEMAN	F İNDEKS DEĞERİ
Kolon ($h_0 / D > 2$)	1.0
Kısa kolon ($h_0 / D \leq 2$)	0.8
Perde duvar	1.0

3.4.4.2 2. Aşama İçin F Süneklik İndeksi

Bu inceleme seviyesinde süneklik indeksi hesaplamaları 2.Aşamada tanımlanmış olan düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırmasına göre ayrı ayrı yapılır.

Kayma Perdesi

Yukarıda belirtildiği üzere sadece kayma kırılması özelliği gösteren perdelerin süneklik değeri her durumda 1.0 olarak alınmaktadır.

Eğilme Perdesi

$$wQ_{su} / wQ_{mu} = 1.0 \quad \text{ise } F=1.0 \quad (3.22)$$

$$wQ_{su} / wQ_{mu} \geq 1.3 \quad \text{ise } F=2.0 \quad (3.23)$$

$$1.0 < wQ_{su} / wQ_{mu} \leq 1.3 \quad (3.24)$$

olması durumunda perde süneklik değeri interpolasyon ile hesaplanmalıdır.

wQ_{su} : Perde duvar elemanının en büyük kesme kuvveti taşıma kapasitesi,

wQ_{mu} : En büyük eğilme kapasitesinin elde edildiği durumdaki kesme kuvveti.

Kayma Kolonu

$$F = 1.0 + 0.27 \frac{R_{su} - R_{250}}{R_y - R_{250}} \quad (3.25)$$

R_y : Görelî kat dönmeleri cinsinden akma şekildeğiştirmesi, (Önerilen $R_y=1/150$)

R_{250} : Kayma perdelerinin süneklik indeksine karşı gelen, standart görelî kat dönmesi (Önerilen $R_{250} = 1/250$)

R_{su} : Kayma kolonu elemanının nihai şekildeğiştirme durumundaki görelî kat dönmesi

Eğilme Kolonu

$R_{mn} < R_y$ olması halinde;

$$F = 1.0 + 0.27 \frac{R_{mu} - R_{250}}{R_y - R_{250}} \quad (3.26)$$

$R_{mn} \geq R_y$ olması halinde;

$$F = \frac{\sqrt{2R_{mu} / R_y - 1}}{0.75(1 + 0.05R_{mu} / R_y)} \leq 3.2 \quad (3.27)$$

R_y : Görelî kat dönmeleri cinsinden akma şekildegıştirmesi, (Önerilen $R_y=1/150$)

R_{250} : Kayma perdelerinin süneklik indeksine karşı gelen, standart görelî kat dönmesi (Önerilen $R_{250} = 1/250$)

R_{su} : Kayma kolonu elamanının nihai şekildegıştirme durumundaki görelî kat dönmesi

Kısa Kolon

Kısa kolonların süneklik indeksleri 0.8 olarak dikkate alınmaktadır.

Bir ve/veya Birden Fazla Kolonlu Perde Duvarlar

Bu tür düşey taşıyıcı elemanların süneklik değêrlerinin hesabı üç ayrı katagoride derlenmiştir.

(i) Başlıklı Perde

Bu tür perdelerin süneklik değêrleri hesaplamaları Kesme Perdesi ve Eğilme Perdesi başlıklı maddelerin altında anlatıldığı gibi yapılacaktır.

(ii) Çift Başlıklı Perde

$h_0 / H_0 > 0.75$ ise; $F=1.00$

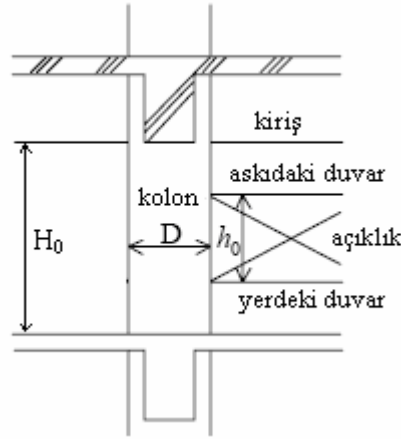
$h_0 / H_0 \leq 0.75$ ise; $F=0.80$

h_0 : İncelemenin yapıldığı doğrultuda kolon temiz yüksekliğı

H_0 : Kolonun alt döşeme tabanından, üst döşemenin kiriş altına kadar olan uzunluğu.

(iii) Kolon

Süneklik indeksi kayma kolonu ve kısa kolon başlıklarında belirtildiği gibi hesaplanır. Fakat indeks değeri hesaplanırken kolonun yapacağı plastik dönme değeri cR_{mp} 0.50 kat azaltılmalıdır. Elde edilecek olan süneklik indisinin değeri 1/150 değerinden büyük olmamalıdır.



Şekil 3.7 : Kolon Temiz Yüksekliği h_0 ve Döşemeden Kiriş Altına Kadar Olan H_0

3.4.4.3 3. Aşama İçin F Süneklik İndeksi

Daha detaylı sınıflandırmaların bulunduğu 3. aşamada süneklik indeksi de daha detaylı olarak açıklanmaktadır. 3. Aşama yapılacak olan çalışmanın kapsamı dışında tutulduğu için, düşey taşıyıcıların sünekliklerinin nasıl hesaplanacağını açıkladığı bu bölüm değerlendirme dışı tutulmuştur.

3.4.5 S_D Yapının Özellikleri Sismik İndeksinin Hesaplanması

Deprem performansını etkileyen faktörler; kütle ve rijitlik merkezi veya bir yapının düzensizliklerin etkisi S_D indeksine yansıtılır. S_D indeksi gerek yerinde yapılan incelemelere, gerekse rölemler üzerinden yapılan hesaplara göre belirlenir.

3.4.5.1 Denetlemesi ve Gereken Yapısal Özellikler

1. Aşama

Yapının planı ile ilgili önemli karakteristik özellikler aşağıda ifade edilmiştir;

- Plan düzensizliği
- Derz genişliği

- Planın uzunluk / genişlik oranı
- Döşemelerdeki boşluk miktarı (avlu gibi)
- Diğerleri

Yapının düşey doğrultusu ile ilgili kısımlar aşağıda ifade edilmiştir;

- Bodrum katların varlığı
- Kat yüksekliğinin farklılaşması
- Yumuşak katın varlığı
- Diğerleri

2. Aşama

Aşağıdaki kısımlar, 1.seviye değerlendirmesine ilave edilmelidir;

- Burulma etkisi (planda ağırlık merkezi veya rijitlik merkezinin dışmerkezliği)
- Yumuşak kat etkisi (kat kütle veya kat rijitlik düzensizliği)

3. Aşama

2. seviyede değerlendirilen S_D indeks değeri, 3.seviye yönteminde de S_D indeks değeri olarak alınabilir.

3.4.5.2 Değerlendirme Kriterleri

S_D indeks değeri 1.aşama için Denklem (3.28)'den, 2. ve 3.aşama için ise Denklem (3.29)'dan hesaplanabilir. Tablo 3.7, her denetleme seviyesi hakkındaki dereceleri temsil eden G_i faktörünün irdelenmesi ve yapının deprem performansına göre her kısmın bir çeşit etki derecesini temsil eden R_i faktörü için elde edilebilir.

1. Aşama İçin S_D İndeksi

$$S_{D1} = q_{1a} * q_{1b} * q_{1j} \quad (3.28)$$

Burada;

$$q_{1i} = \{ 1 - (1 - G_i) R_{1j} \} \quad \quad i = a,b,c,d,e,f,i,j$$

$$q_{1i} = \{ 1.2 - (1 - G_i) R_{1j} \} \quad \quad i = h$$

2. Aşama ve 3. Aşama İçin S_D İndeksi

$$S_{D2} = q_{2a} * q_{2b} * q_{2n} \quad (3.29)$$

Burada;

$$q_{2i} = \{ 1 - (1 - G_i) R_{2j} \} \dots i = a,b,c,d,e,f,i,j,l,n$$

$$q_{2i} = \{ 1.2 - (1 - G_i) R_{2j} \} \dots i = h$$

Tablo 3.7 : S_D Düzensizlik İndeksi Değerleri için G_i ve R_i İndisleri

			G _i DEĞERİ			R _i DEĞERİ	
			1.0	0.9	0.8	R _{1i}	R _{2i}
Planda Düzensizlik	a	Plan Düzeni	a ₁	a ₂	a ₃	1.0	0.5
	b	Uzunluk/Genişlik	b≤5	5<b≤8	8<b	0.5	0.25
	c	Dar Kısım	c≥0.8	0.8>c≥0.5	0.5>c	0.5	0.25
	d	Dilatasyon Derzi	d≥1/100	1/100>d>1/200	1/200>d	0.5	0.25
	e	Döşeme Boşluğu Alanı	e≤0.1	5<e≤8	0.3<e	0.5	0.25
	f	Döşeme Boşluğu Dışmerkezliği	f ₁ ≤0.4 ve f ₂ ≤0.1	f ₁ ≤0.4 ve 0.1<f ₂ ≤0.3	0.4<f ₁ veya 0.3<f ₂	0.25	0.00
	g	Diğerleri					
Düşey Düzensizlik	h	Bodrum Kat	1.0≤h	0.5≤h<1.0	h<0.5	0.5	0.5
	i	Kat Yüksekliği Düzensizliği	0.8≤I	0.7≤I<0.8	I<0.7	0.5	0.25
	j	Yumuşak Kat	Yok	Var	Eksantrik	1.0	1.0
	k						
Dış merkezlik	l	Dışmerkezlilik Oranı	l ≤ 0.1	0.1 < l ≤ 0.15	0.15 < l		1.0
	m						1.0
Rijitlik	n	Üst ve Alt Katların Rijitlik/Kütle oranı	n≤1.3	1.3<n≤1.7	1.7<n		1.0
	o						1.0

Tablo 3.7'deki a - j arası ifadeleri, binanın her katı için belirlenmeli ve bu değerlerin en küçüğü alınarak tüm katlara uygulanmalıdır. l – n arası ifadeleri, her katta ve doğrultuda belirlenmelidir.

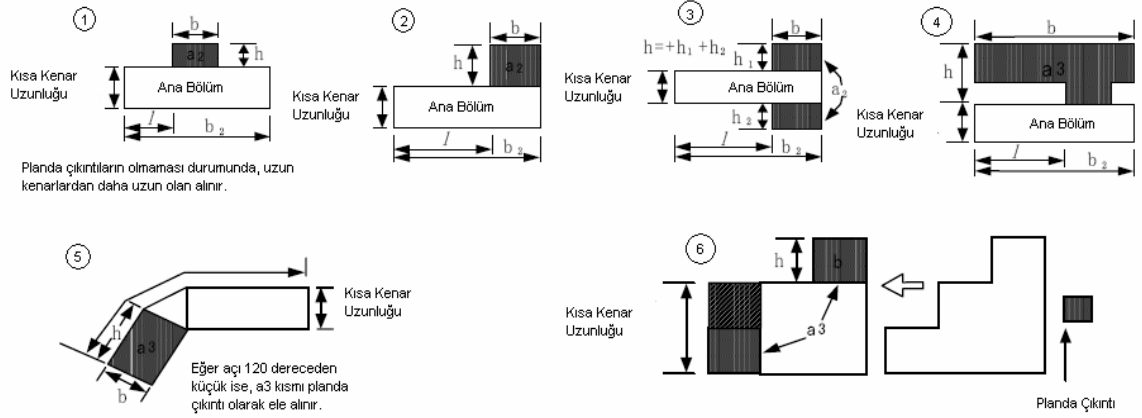
a: Plan Düzeni:

Planda çıkıntı yapan bölüm, küçük kısım olarak ifade edilirken, büyük kısım ise ana bölüm olarak ifade edilir. Çıkıntı yapan kısmın (h/b) oranı 0.5'ten küçük ise, bu ifade içerisinde gözönünde bulundurulmayacaktır.

a₁: Simetrik plan yada simetriğe yakın plan ve çıkıntı yapmış a alanı toplam kat alanının %10'undan daha az

a₂: L,T, veya U biçimli plan ve çıkıntı yapmış a alanı toplam kat alanının %30'undan daha az

a₃: L,T, veya U biçimli plan ve çıkıntı yapmış a alanı toplam kat alanının %30'undan daha fazla



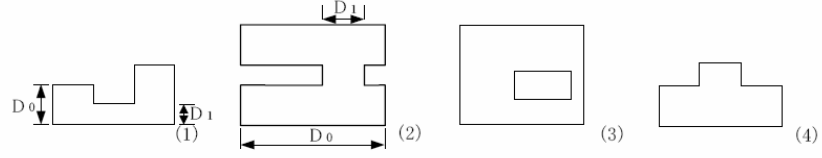
Şekil 3.8 : a, Plan Düzeni

b: Uzunluk/Genişlik:

Binanın planda dikdörtgen olmadığı durumlarda uzun kenar, eğer çıkıntı yapan kısım a₁ plan düzenine giriyor ise çıkıntı yapan kısım önemsenmeden; diğer koşullarda ise Şekil 3.8'de görüldüğü gibi b₁=2l veya b₂ değerlerinden büyük olan hesaba alınır. Bina planda (5) numara ile gösterilen şekle sahip ise ve çıkıntısı olarak ele alınan kısmı yok ise; en uzun kenar uzunluğu, uzun kenarın uzunluğu olarak alınabilir. Eğer bina planda (6) numara ile gösterilen şekle sahip ise; kısa kenarın uzunluğu, uzun kenar ile aynı uzunluktaki eşdeğer dikdörtgen olarak düşünülebilecek bir plana göre bulunabilir.

c: Dar Kısım: $c = D_1/D_0$

Şekil 3.9'da gözüken (1) ve (2) numaralı bina planları dar kısımlara sahip olarak tanımlanırken, (3) ve (4) numara ile gösterilen bina planları dar kısım olmayan bina olarak tanımlanmaktadır. (2) numara ile gösterilen durumlarda, a:plan düzeni ve c:dar kısım değerlendirilerek, içlerinden daha kötü sonuç çıkan değer kullanılacaktır.



Şekil 3.9 : Planda Dar Kısım Tanımları

d: Yapısal Derzi:

d= dilatasyon derzi genişliği / temelden incelenen kat seviyesine kadar olan yükseklik.

e: Döşeme Boşluğu Alanı:

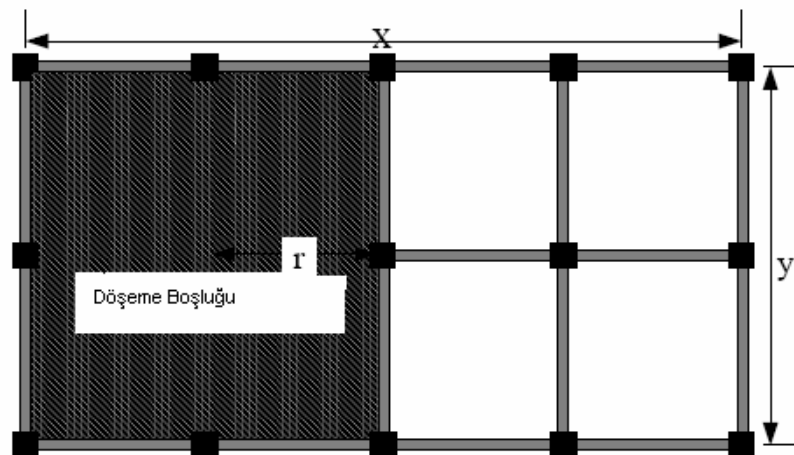
e= döşeme boşluğu alanı / toplam kat alanı.

Döşeme boşluğu, iki veya daha fazla katın döşemelerindeki birbirlerine geçiş imkânı veren boşluklarına denir. Eğer betonarme perdeler ile çevrilmişseler, döşeme boşluğu olarak dikkate alınmamaları gerekmektedir.

f: Döşeme Boşluğu Dışmerkezliği:

f_1 = döşeme boşluğu alanı ve toplam kat alanı merkezleri arasındaki mesafe / planın kısa kenar uzunluğu = r/y

f_2 = döşeme boşluğu alanı ve toplam kat alanı merkezleri arasındaki mesafe / planın uzun kenar uzunluğu = r/x



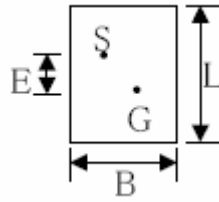
Şekil 3.10 : Planda Boşluk Alanı

h: Bodrum Kat: h= bodrum kat alanı / zemin kat alanı.

i: Kat Yüksekliği Düzensizliği: $i = \text{en üst katın yüksekliği} / \text{incelenen kat yüksekliği}$.
İncelenen kat en üst kat ise, en üst katın yüksekliği yerine bir alt katın yüksekliği alınmalıdır.

j: Dışmerkezlikli Yumuşak Kat: $j = \text{Taşıyıcı sistem çerçevelerden oluşuyor ise, böyle bir düzensizlik söz konusu değildir.}$

l: Dışmerkezlik Oranı: $l = E\sqrt{(B^2 + L^2)}$



Şekil 3.11 : Plan Dışmerkezliği

S: Ağırlık merkezi

G: Rijitlik merkezi,

Çerçevelerin rijitliği $= (\text{Kolon alanları toplamı} + \text{Duvar alanları toplamı} \times \alpha)$

E. Rijitlik merkezi ile ağırlık merkezi arasındaki mesafe

B: Planın kısa kenar uzunluğu

L: Planın uzun kenar uzunluğu

α değeri Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8 : Dışmerkezlik Oranının (l) Bulunması İçin Gerekli α Değerleri

h / l	α	
h: Perde Yüksekliği		
l: Perde Uzunluğu	Perde Çerçevesinin İçinde	Perde Çerçevesinin Dışında İse
$3.0 \leq h/l$	1.0	0.3
$2.0 \leq h/l < 3.0$	1.5	0.5
$1.0 \leq h/l < 2.0$	2.5	0.8
$h/l < 1.0$	3.5	1.2

n: Rijitlik/Kütle Oranı: $n = \frac{K_{(i+1)}}{W_{(i+1)}} \times \frac{W_i}{K_i} \times \frac{1}{\beta}$, $\beta = (N - 1) / N$

N: İncelenen katın üstündeki katların sayısı

W_i : İncelenen katın üstündeki katların toplam ağırlığı

K_i : İncelenen katın rijitliği = $[Kolon alanları toplamı + \sum(Duvar alanları toplamı \times \alpha)] / \text{kat yüksekliği}$

En üst kat incelenirken, (i+1). kat yerine (i-1). kat denklemde hesaba sokulur ve $\beta=2.0$ alınır. Orta katlarda da inceleme yapılırken, yine aynı uygulama yapılır. Yukarıdaki denklem ile karşılaştırılarak büyük çıkan değer alınır.

İncelenen katın üzerindeki bina ağırlığı kütle değeri olarak alınmalıdır ve yatay rijitlik her çerçeve yönünde ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Perde duvarları içeren düşey elemanların kesit alanları toplamı, kattaki yatay rijitlik değeri yerine rijitlik kütle oranını hesaplamak için kullanılabilir.

3.4.6 T Zamanla Yıpranma İndeksi

3.4.6.1 T Hesaplanmasında Yaklaşım

Elemanlara etkiyen iç kuvveti, rijitlik, süneklik, taşıma kapasiteleri, v.b. yapısal performans göstergeleri, çatlaksız veya şekildeğiştirmelerin ihmal edilebilecek düzeyde olduğu yapılarla, yapısal elemanlar öngörülerek hesaplanır. Gerçekte ise ekonomik ömürleri boyunca yapılarda kullanımı, iklim gibi etkilerle bozulmalar olacaktır. Bu türde yıpranmaların etkisi makroskobik olarak T indeksi tarafından hesaplanır.

1. Aşama İçin T İndeksi

Yapı için 1.aşama inceleme esnasında T indeksinin hesaplanması yerinde yapılan gözlemlere dayanarak Tablo 3.9'un doldurulması ile yapılır. T indeksi tablodaki en küçük değer olarak alınır.

2. Aşama İçin T İndeksi

2.Aşama değerlendirme düzeyi için T indeksi Denklem (3.30)'dan hesaplanır.

$$T = (T_1 + T_2 + \dots + T_N) / N \quad (3.30)$$

Burada; T_i incelenen her kat için T indeksini temsil eder ve Denklem (3.31)'den hesaplanır.

$$T_i = (1-p_1).(1-p_2) \quad i = 1,2,3,\dots,N \quad (3.31)$$

T_i : İncelenen her kat için T indeksi

N : kat sayısı

p_1 , p_2 :Yapı için şekildeğiştirmeler, çatlaklar veya yıpranmayla ilgili etmenleri ifade eder. p_1 veya p_2 faktörü Tablo 3.9'daki her kısım için puanların toplamı olarak alınmalıdır, ancak bu puan 0 olarak ifade edilirse, yapıda belirli koşullar gözlenmemiş anlamı çıkmaktadır.

Tablo 3.9 : T İndeksi için Değerlendirme Hususları (1.aşama incelemesi için)

HUSUSLAR	GÖZLEMLER	T	2.AŞAMA İLE İLGİSİ
Şekildeğiştirme	Bina eğime veya düzgün olmayan bir oturmaya sahip	0.7	Çatlaklar veya şekildeğiştirme
	Binanın doldurulmuş zemin üzerinde olması	0.9	
	Kiriş veya kolonlarda görülebilir deformasyon	0.9	
	Hiçbiri yok	1.0	
Perdeler veya kolonlarda çatlaklar	Yağmur suyu sızıntısı ve gözlemlenebilir donatı korozyonu	0.8	Çatlaklar veya şekildeğiştirme
	Kolonlarda görülebilir eğik çatlaklar	0.9	
	Perdelerde çok görülen eğik çatlaklar	0.9	
	Yağmur suyu sızıntısı var ama donatı korozyonu yok	0.9	
	Hiçbiri yok	1.0	
Yangın	Yangın geçirmiş ve tamir edilmemiş	0.7	Çatlaklar veya şekildeğiştirme, bozulma
	Yangın geçirmiş ama tamir edilmiş	0.8	
	Hiçbiri yok	1.0	
Bina kullanımı	Kimyasal etkileşim	0.8	bozulma
	Hiçbiri yok	1.0	
Bina yaşı	30'dan fazla	0.8	bozulma
	20'den fazla	0.9	
	20'den az	1.0	
Kaplama malzemesi	Dış perdelerde ciddi bozulma	0.9	bozulma
	Perdelerde ciddi bozulma	0.9	
	Hiçbiri yok	1.0	

Aşama 3 İçin T İndeksi

Bu aşamada T indeksi, 2.aşamada elde edilen değerlerle aynı olarak ifade edilir. Bununla birlikte, ileri bir analiz için elemanın üzerindeki çatlaklar veya şekildeğiştirme etkileri, elemanın dayanım ve süneklik hesaplamalarına katılmışsa, T indeksi Tablo 3.10'dan bağımsız olarak 0 alınabilir.

Tablo 3.10 : Puanlar ve Yapıların Değerlendirilmesi (2.aşama değerlendirmesi)

ELEMANLAR	DERECE	ÇATLAKLAR VEYA DEFORMASYON (p ₁)			BOZULMA (p ₂)		
		a ₁	b ₁	c ₁	a ₂	b ₂	c ₂
Döşeme	Toplam döşemenin 1/3'ünden fazla	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	Toplam döşemenin 1/3 ile 1/9 arası	0.006	0.002	0.000	0.006	0.002	0.000
	Toplam döşemenin 1/9'undan az	0.002	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000
Kirişler	Toplam kirişlerin 1/3'ünden fazla (bir yönde)	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.004
	Toplam kirişlerin 1/3 ile 1/9 arası	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	Toplam kirişlerin 1/9'undan az	0.006	0.002	0.000	0.006	0.002	0.000
Kolonlar veya perdeler	Toplam elemanların 1/3'ünden fazla	0.150	0.045	0.011	0.150	0.045	0.011
	Toplam elemanların 1/3 ile 1/9'u arası	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.004
	Toplam elemanların 1/9'undan az	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
p ₁ veya p ₂ değerleri	Alt toplam						
	Toplam	p ₁			p ₂		

3.5 Yapısal Olmayan Elemanlar İçin Sismik İndeksin Belirlenmesi

3.5.1 Genel

Bir yapıda dış duvarların üzerine yerleştirilmiş düşme olasılığı yüksek olan nesnelerin sismik performansları, I_N indeksi ile değerlendirilir. Yapısal olmayan elemanların sismik performansını değerlendirmek için yöntem, düşen nesnelerin bir insanın yaşamına ne kadar zarar vereceği üzerine odaklanmalıdır. Yapısal olmayan elemanlar için sismik indeksi belirlemek, yine yapısal elemanlara benzer olarak farklı üç aşama için gerçekleştirilecektir. Bunlar; Aşama 1, 2, 3 'tür.

3.5.2 1. Aşama

1.aşama seviyesinde I_N indeksi Denklem (3.32)'den hesaplanır. Değerlendirme tehlike oluşturan dış duvarların üzerine odaklanmalıdır.

$$I_N = 1 - (BH) \quad (3.32)$$

B : Yapı ile ilgili indeks

H : Hasara göre etki derecesini temsil eden indeks

3.5.2.1 B indeksini belirlenmesi

B indeksi Denklem (3.33)'den hesaplanır.

$$B = f + (1 - f)t \quad (3.33)$$

f : Yapısal olmayan eleman ile yapı arasındaki esnekliği temsil eden faktör

t : Yapısal olmayan elemanın durumunu ifade eden faktör

f ve t değerleri Tablo 3.11 ve 3.12'den uygun değerler seçilmek suretiyle belirlenir.

Tablo 3.11 : f İndisi Değeri (Aşama 1 için)

Yapısal olmayan elemanlar	Bina yapısı	
	g_{s1}	g_{s2}
g_{a1}	0,5	1,0
g_{a2}	0	0,5

g_{s1} : Sünekliği oldukça küçük olan yapı (kısa kolonlardan oluşan yapı gibi)

g_{s2} : Sünekliği oldukça büyük olabilen yapı (perdesiz yapı gibi)

g_{a1} : Sünekliği oldukça küçük olan yapısal olmayan eleman (beton bloklar ve pencere camları gibi)

g_{a2} : Sünekliği büyük olan yapısal olmayan eleman (metal giydirme, düşey sürme pencere veya beton duvarlara montelenmiş karolar gibi)

Tablo 3.12 : t İndisi Değeri

Geçmişte kaydedilen hasar veya bozukluk	$t = 1.0$
Geçmişte kaydedilmemiş hasar veya bozukluk	$t = 0.5$

3.5.2.2 H indeksini değerlendirilmesi

H indeksi aşağıdaki Tablo 3.13'den elde edilmelidir.

Tablo 3.13 : H İndeksi Değeri

Dış perdeler etrafındaki şartlar	Koruma objeleri	
	Sağlanmış	Sağlanmamış
Bir binanın çıkışı veya girişi yanındaki dış kısmı, cadde	1.0	0.3
Diğerleri	0.5	0.1

3.5.3 2. Aşama

2. aşama değerlendirmesinde I_N indeksi Denklem (3.34)'den hesaplanır.

Değerlendirme her kat ve her çerçeve yönü için yapılmalıdır.

$$I_N = 1 - \frac{\sum B_j W_j H_j L_j}{\sum L_j} \quad (3.34)$$

B_j : Yapıyla ilgili indeks

W_j : Duvarın alanını ifade eden indeks

H_j : Hasara göre etki derecesini ifade eden indeks

L_j : Duvarın birim uzunluğu

3.5.3.1 B indeksinin belirlenmesi

B indeksi Denklem (3.33)'den hesaplanır. Bununla beraber Denklem (3.33)'deki f ve t indeksi Tablo 3.14 ve 3.15'den elde edilmelidir.

Tablo 3.14 : f Faktörü Değeri

Yapısal olmayan elemanlar	Bina yapısı			
	g_{s1}	g_{s2}	g_{s3}	g_{s4}
g_{a1}	0.3	0.8	0.9	1.0
g_{a2}	0.0	0.3	0.8	0.9
g_{a3}	0.0	0.0	0.3	0.8
g_{a4}	0.0	0.0	0.0	0.3

g_{s1} : Sünekliği oldukça küçük olan yapı (gevrek kısa kolonlardan oluşan yapı gibi)

g_{s2} : Sünekliği nispeten küçük yapı (kayma kolonları veya kesme göçmesi olarak düşünülen perdeleri içeren yapı gibi)

g_{s3} : Sünekliği oldukça büyük olan yapı (kolonlar veya eğilme göçmesi olarak düşünülen perdeleri içeren yapı gibi)

g_{s4} : Sünekliği nispeten büyük olan yapı (eğilme kolonları veya perdelerden meydana gelen yapı gibi)

g_{a1} : Sünekliği oldukça küçük olan yapısal olmayan eleman (beton blok duvarlar, cam blok duvarlar ve pencereler gibi)

g_{a2} : Sünekliği nispeten küçük olan yapısal olmayan eleman (karolar ve sıva gibi),

g_{a3} : Sünekliği oldukça büyük olan yapısal olmayan eleman (metal giydirme cephe, düşey sürmeli pencere ve beton duvarlara monte edilmiş karolar)

g_{a4} : Sünekliği nispeten büyük olan yapısal olmayan eleman (özel teknikle tasarlanmış yapısal olmayan beton duvarları yerinde dökmek gibi)

Tablo 3.15 : t Faktörü Değeri

Gözlenen tamir ve bozukluklar	Bina yaşı		
	3'den az	3 ile 10 arası	10'dan fazla
Kaydedilen bozukluklar ama tamir edilmemiş	1.0	1.0	1.0
Kesin olarak kaydedilen sıkıntılar	0.2	0.3	0.5
Kaydedilen bozukluk yok veya bozukluklar tamamıyla tamir edilmiş	0.0	0.2	0.3

3.5.3.2 W indeksinin belirlenmesi

Yapısal olmayan elemanın alanıyla ilgili W indeksi Denklem (3.35)'den hesaplanır.

$$W = a + b(h_1 / h_s) \quad (3.35)$$

a : 0.5

b : 0.5

h₁ : Yapısal olmayan elemanın düşey uzunluğu

h_s : Kat yüksekliği (3.5m alınabilir)

3.5.3.3 H indeksinin belirlenmesi

H indeksi Denklem (3.36)'dan hesaplanır. Denklem (3.36)'ün sağ tarafındaki toplam, yapısal olmayan elemanın seviyesinden yatay uzunluğu 1 ve düşey uzunluğu 2 olan eğimli çizgiler tarafından çevrilen yer seviyesi ve her kat seviyesinde bulunan, yatay alandaki ($e_k c_k$) değerlerinin toplamı anlamına gelir.

$$H = \sum e_k c_k \quad (3.36)$$

e_k ve c_k faktörleri Tablo 3.16 ve 3.17'den elde edilmelidir.

Tablo 3.16 : e_k Değeri Tablosu

Dolaşılabilen Çevreler	e_k değeri
Halka açık yol	1.0
Özel yol, avlu, veranda	0.7
İnsanların yaklaşabileceği açık alan	0.2
İnsanların yaklaşamayacağı açık alan	0.0

Tablo 3.17 : c_k Değeri Tablosu

Korunma Koşulları	c_k değeri
Tamamıyla saçak veya girintilerle korunmuş alan	0.0
Saçak veya balkonun altında kalan alan	0.0
Yapısal olmayan elemanlı kata göre aynı yatay alan	0.5
Diğerleri	1.0

3.5.4 3. Aşama

2. Aşamada değerlendirildiği gibi hesaplanmalıdır.

3.5.5 Karar İçin Yapısal I_{so} Deprem İndeksi

Yapıda I_{so} deprem indeksi Denklem (3.37)'den hesaplanmalıdır.

$$I_{so} = E_s * Z * G * U \quad (3.37)$$

E_s : Karar için temel deprem indeksi

$E_s=0.8$ 1.aşama için,

$E_s=0.6$ 2.aşama için ve

$E_s=0.6$ 3.aşama için.

Z : Deprem bölge indeksi. Yapının zemininde düşünülen yer hareketinin yoğunluğunu belirtir.

G : Zemin indeksi. Yer-yapı etkileşimi, yerin üst tabakasındaki büyütme veya topoğrafik etkileri ifade eder.

U : Kullanım indeksidir. Bir çeşit önem faktörünü ve yapının kullanımını ifade eder.

3.5.5.1 Z indeksi

Binanın bulunduğu yerde kabul edilen yer hareketinin şiddeti ile ilgili bir çeşit büyütme faktörüdür. Z indeksi yapı standartlarında verilen değerler olarak alınmalı ve 0.7'den az olmamalıdır.

3.5.5.2 G Yer İndeksi

Topoğrafik etkiler için yer indeksidir.

3.5.5.3 U Kullanım İndeksi

U indeksinin değeri binanın insanlar tarafından kullanım oranı ve deprem sonrasında ne kadar acilen kullanılması gerektiği dikkate alınarak her bina için ayrı ayrı değerlendirilir. Bir çok yönetmelikte verilen Bina Önem Katsayısına benzer çarpanlardır.

3.5.6 Yapısal Performansın Sismik Değerlendirmesi İçin Temel Kavram

Yapının sismik performansı, Denklem (3.38) tarafından hesaplanan I_s sismik performans indeksi ile belirlenir.

$$I_s = E_0 \cdot S_D \cdot T \quad (3.38)$$

E_0 , S_D ve T indeksleri alt indeks olarak değerlendirilir. E_0 indeksi, yapının temel sismik performansıdır. S_D ve T indeksleri, yapısal özelliklerin etkisi düşünülen temel sismik performans veya yapının depreme direncine göre bozulma şartlarını belirler.

3.6 Sismik Performansın Belirlenmesi

Sismik performans yapısal ve yapısal olmayan elemanlar için ayrı ayrı değerlendirilir. Yapı için sismik performans karar kavramı, Denklem (3.39) ve (3.40) tarafından belirlenir.

$$I_s > I_{so} \quad (3.39)$$

$$I_s < I_{so} \quad (3.40)$$

Burada, I_s (3.1) nolu denklemden hesaplanan yapı için sismik performans indeksi ve I_{so} ise (3.37) nolu denklemden hesaplanan yapı için sismik talep indeksidir. (3.39) nolu denklemini temin eden yapı güvenli olarak varsayılır (kabul edilen yer hareketi karşısında ihtiyaç duyulan sismik performansdan daha fazlasına sahiptir), ama (3.40) nolu denklemi sağlayan yapının ise beklenen deprem hareketi karşısında sismik performansının yetersiz olduğu düşünülecektir.

4. YAPISAL PERFORMANSIN DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

4.1 Performans Kavramı

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme, inşaat mühendisliğinin son dönemdeki en güncel konuları arasında yer almaktadır. Yerdeğiştirmeye ve şekildeğiştirmeye bağlı performans kriterlerini esas alan yapısal değerlendirme ve tasarım kavramı, özellikle son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nin deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirilmeleri çalışmaları sırasında ortaya konulmuş ve geliştirilmiştir. Deprem hareketi etkisinde yapılan çözümlemelerde kullanılmakta olan hesap yöntemleri hesap kolaylığı bakımından yapının elastik davrandığı kabulünü yapmaktadır. Oysa gerçekte yapı elastik ötesi davranmaktadır. Elastik davranış gözönüne alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan büyüklükler belli katsayılar ile düzenlenmektedir.

Ülkemizde özellikle 1999 Kocaeli ve Düzce depremлерinin ardından, 2003 yılında, deprem yönetmeliğine mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili bir bölüm eklenmesi ve buna paralel olarak yönetmeliğin diğer bölümlerinin de güncelleştirilmesi çalışmaları başlatılmış ve bu çalışmalar tamamlanarak 6 Mart 2006 tarihinde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (**DBYBHY, 2007**) yayınlanmıştır.

4.1.1 Performans Hedefi ve Seviyeleri

Performans seviyeleri, verilen bir bina için, verilen bir deprem etkisi altında öngörülen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu sınır durumlar, binadaki yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarın düzeyine, bu hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturumamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir. Yapısal ve yapısal olmayan elemanların performans seviyeleri ayrı

ayrı tanımlanarak bunların birlikte değerlendirilmesi ve yapının hasar durumunu ifade edebilmek amacıyla yapı performans seviyelerini oluşturur,(ATC-40,1996; FEMA 356,1996). Yaygın olarak kullanılan yapı performans seviyeleri ve tanımları aşağıda verilmiştir.

4.1.1.1 Yapısal Performans Seviyeleri

Hemen Kullanım Performans Seviyesi SP-1: Depremden sonra çok sınırlı yapısal hasarın meydana geldiği durumdur. Binadaki depremden önceki taşıyıcılık özellikleri ve kapasitesi hemen hemen aynen korunduğu, hiç değişmediği performans seviyesidir. Yapısal hasarlardan kaynaklanan bir yaralanma söz konusu değildir. Yapı deprem sonrası hemen kullanıma açılabilir, (Tablo 4.1).

Kontrollü Performans Aralığı SP-2: Bu seviye net bir performans seviyesi olmayıp, depremden sonraki hasar durumunu belirten bir performans aralığıdır. Bu aralık can güvenliğinin korunmasına ek olarak hasarın belirli ölçüde sınırlandırılmasına karşılık gelir. Yönetmeliklerde 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10 olarak tanımlanan deprem etkisinde öngörülen performans seviyesi bu aralığa karşı gelir. Tarihi binaların ve değerli mimari özellikleri olan yapıların korunması amacıyla bu performans aralığı kullanılabilir

Can Güvenliği Performans Seviyesi SP-3: Deprem sonrasında taşıyıcı sistemde önemli ölçüde hasar olmasına karşın, yerel veya toptan göçme söz konusu değildir. Yapı içerisinde bulunan kişilerde yaralanmalar görülebilir ama can güvenliği tehlikesi yoktur. Bu performans seviyesindeki yapıların onarılıp tekrar kullanılması mümkündür fakat yüksek maliyet gerektirmektedir.

Sınırlı Güvenlik Performans Aralığı SP-4: Bu seviye net bir performans seviyesi değildir. Binaların güçlendirilmesinde can güvenliğinin tam olarak sağlanmaması durumunda gözönüne alınabilir.

Bu seviyede, güçlendirme tüm yapısal elemanlar için gerekmeyecektir. Ancak, can güvenliği seviyesinden daha fazla, toptan göçme seviyesinden daha az bir güçlendirme gerekecektir.

Yapısal Stabilité (Toptan Göçmenin Önlenmesi) Performans Seviyesi SP-5: Bu seviye taşıyıcı sisteminin güç tükenmesi sınırında bulunması durumuna karşılık gelir.

Yatay yük taşıyan sistem önemli biçimde hasar görmüştür, yanal rijitlik ve dayanımında önemli oranda azalmalar olmuş, buna rağmen düşey yük taşımaya devam etmektedir. Yapı, stabilitesinin bir kısmını korumasına rağmen deprem sonrası artçı şoklar sebebiyle her an yıkılma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Bu türde hasar görmüş binaların onarımı önerilmez, ancak tekrar kullanılması gerekli ise geniş kapsamlı bir güçlendirmeye ihtiyaç duymaktadır. Bu seviye maksimum yer hareketine karşı yapının toptan göçmeye maruz kalmayacağı son noktadır ve yeni binalarda maksimum deprem etkisi altında sağlanması gerekir.

Taşıyıcı Elemanların Hasarının Gözönüne Alınmadığı Performans Seviyesi SP-6:

Tam anlamıyla bir seviye olmayıp, yapısal olmayan elemanların deprem değerlendirmesi ve güçlendirilmesi için bir seviye ifade eder. Bina depreme dayanamayıp yıkılsa bile binanın korunması yanında, istenen elemanın zarar görmemesi durumu bu seviyeyle ifade edilir.

4.1.1.2 Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri

Yapının taşıyıcı olmayan elemanlarında meydana gelen hasar seviyelerini sınıflandırmaya yarar. Ayrıca, doğrudan değerlendirme ve güçlendirme aşamasındaki teknik kıstasları belirlemek için de kullanılır.

İşlevsel Performans Seviyesi NP-A: Deprem sonrasında yapısal olmayan elemanlarda kullanımı engelleyecek bir hasar söz konusu değildir. Bütün makine ve ekipmanlar çalışır durumdadır, ancak küçük düzeltmeler gerekebilir.

Hemen Kullanım Performans Seviyesi NP-B: Yapısal olmayan elemanların konumunun değişmediği fakat kullanımı etkileyen, kolayca giderilebilen bazı hasar ve aksaklıklarının olduğu performans seviyesidir. Bu seviyede deprem güvenlik durumu etkilenmemiştir.

Can Güvenliği Performans Seviyesi NP-C: Deprem sonrasında yapıda önemli sayılabilecek hasar olmasına karşın binanın yerel veya toptan göçmesi söz konusu değildir. Yapısal olmayan sistemler, makineler ekipmanlar ve araç gereçler onarılıp yerlerine yerleştirilmeden çalıştırılmaz ve kullanılamaz. Deprem süresince yapısal olmayan elemanların can güvenliği tehdit etme riski çok düşüktür.

Yapısal Olmayan Elemanların Hasarının Gözönüne Alınmadığı Performans Seviyesi

NP-E: Bu seviye tam bir performans seviyesini ifade etmemekle birlikte genel durum için bir projelendirme olasılığı sunar, mühendis ve yapı sahibi için durumun saptanmasını kolaylaştırır. Yapısal olmayan elemanların taşıyıcı sisteme herhangi bir etkisi ve katkısı olmadığı kabul edilerek hesaplar yapılsa da deprem anında çerçevelerin içine örülen duvarların yük taşıyarak çerçevelere yardımcı olduğu bilinen bir durumdur. Bu nedenle, yapısal olmayan elemanların inşasına gereken önem verilmelidir.

4.1.1.3 Yapı Performans Seviyeleri

Bina performans seviyeleri, binadaki yapısal ve yapısal olmayan elemanların performans seviyelerinin bir birleşimi olarak tanımlanır. Binadaki performans seviyelerine ilişkin bilgiler Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 : Yapı Performans Seviyeleri

Yapısal olmayan performans seviyeleri	Yapısal performans seviyeleri					
	SP-1 Hemen kullanım	SP-2 Kontrollü hasar aralığı	SP-3 Can güvenliği	SP-4 Sınırlı güvenlik aralığı	SP-5 Yapısal stabilite	SP-6 Hasarın gözönüne alınmadığı
NP-A Kullanıma devam	1-A Kullanıma devam	2-A	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilmez
NP-B Hemen kullanım	1-B Hemen kullanım	2-B	3-B	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilmez
NP-C Can güvenliği	1-C	2-C	3-C Can güvenliği	4-C	5-C	6-C
NP-D Azaltılmış hasar	Tavsiye edilmez	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E Hasarın gözönüne alınmadığı	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilmez	3-E	4-E	5-E Yapısal stabilite	Uygulanmaz

Burada kullanım açısından oldukça yaygın olan 1-A, 1-B, 3-C, 3-D, 5-E performans seviyeleri öncelikli olarak açıklanmıştır.

Kullanıma Devam Performans Seviyesi 1-A (B): Binanın yapısal olan ve yapısal olmayan elemanlarındaki hasar, kullanımı engellemeyecek seviyededir. Binanın yedek sistemlerinin devreye girmesi ile kullanıma devam edilir. Can güvenliğine ilişkin hiçbir problemin olmadığı ve onarımın gereksiz olduğu durumdur.

Hemen Kullanım Performans Seviyesi 1-B (IO): Bu performans seviyesi önemli yapılar için öngörülen seviyedir. Bina hacimleri ve sistemleri kullanılabilir durumda. Binada bulunan eşyalarda bir miktar hasar olabilir.

Can Güvenliği Performans Seviyesi 3-C (LS): Taşıyıcı sistemde hasar mevcut olmasına rağmen, önemli miktarda bir kapasite vardır ve taşıyıcı olmayan elemanlarda hasar kontrol altındadır. Ancak bu hasar sonrasında yaralanma söz konusu olsa da can güvenliği tehlikesi yoktur. Bu performans seviyesi günümüzdeki yönetmeliklerin yeni binalar için öngördüğü bir performans seviyesinden bir miktar daha düşük bir seviyeyi ifade eder. Yani yönetmelikler, binanın bu seviyedekinden daha fazla yerdeğiştirme yapmamasını öngörür.

Bina Performans Seviyesi 3-D: Yapısal elemanlardaki can güvenliği seviyesi ile yapısal olmayan elemanlardaki azaltılmış hasar seviyesinin birleşimidir. Yönetmeliklerde bulunan 50 yıl %10 olasılıklı deprem tanımı olarak yapılan ve deprem kuvvetlerinin %75'ini karşılayabilecek şekilde gerçekleştirilen güçlendirme işlemlerinin böyle bir performans seviyesini sağladığı kabul edilebilir.

Yapısal Stabilité Performans Seviyesi 5-E: Deprem sonrasında binanın yatay yük taşıma kapasitesi tamamen tükenmiştir. Sistem sadece düşey yük altında taşıyıcılığını sürdürebilir. Artçı depremler ile birlikte yapıda güç tükenmesi meydana gelebilir. Binada yapısal ve yapısal olmayan elemanlardan dolayı can güvenliği tehlikesi mevcuttur.

4.1.2 Yer Hareketi

Performansa dayalı tasarımda, bir yapının performans seviyesi belirlenirken, bu yapının hangi deprem etkisi altında, yapısal karşılıklarının belirlenmesi gerektiğine karar verilmesi gerekir. Bunun için yer hareketi ile istenilen performans seviyesi birleştirilmelidir. Ayrıca deprem etki seviyesinin belirlenmesi için spektrum eğrisinin tanımlanması gerekir. Yer hareketinin belirlenmesi tasarım için mutlaka gereklidir. Farklı büyüklükteki depremler için yapının farklı kriterleri karşılaması istenir. Deprem 50 yıl içerisinde aşılma olasılığı tanımından veya benzer büyüklükteki depremler arasındaki ortalama dönüş periyodu tanımından hareket edilir, (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 : Gözönüne Alınacak Deprem Parametreleri

Aşılma olasılığı	Zaman Aralığı	Ortalama Dönüş Periyodu
%50	50 Yıl	72 Yıl
%20	50 Yıl	225 Yıl
%10	50 Yıl	474 Yıl
%2	50 Yıl	2475 Yıl

Yer hareketi genel olarak üç başlık altında toplanabilir:

Servis Depremi (SE): 50 yıllık bir zaman diliminde meydana gelme olasılığı %50 olan depremdir. Ortalama dönüş periyodu yaklaşık 72 yıl olan bu depremin yapının ömrü boyunca olma ihtimali yüksek ancak, şiddeti ve büyüklüğü düşük olan bir depremi tanımlar. Servis depremi seviyesi tasarım depremi seviyesinin yaklaşık yarısıdır.

Tasarım Depremi (DE): 50 yıllık periyotlar içinde meydana gelme olasılığı %10 olan depremlerdir. Ortalama dönüş periyodu yaklaşık 474 yıl olan bu depremin yapının ömrü boyunca olma ihtimali düşüktür.

Maksimum Deprem (ME): 50 yıllık periyotlar içinde meydana gelme olasılığı %2 olan depremlerdir. Ortalama dönüş periyodu yaklaşık 2475 yıl olacak şekilde, bölge jeolojik bilgileri gözönüne alınarak belirlenebilecek en büyük deprem olarak kabul edilir. Maksimum deprem etkileri tasarım depremi etkilerinin yaklaşık 1.25~1.5 katıdır. Deprem yönetmeliklerinde tasarım depremi etkisinin, bina önem katsayısı ile artırılması sonucunda maksimum deprem tanımlanmaya çalışılır.

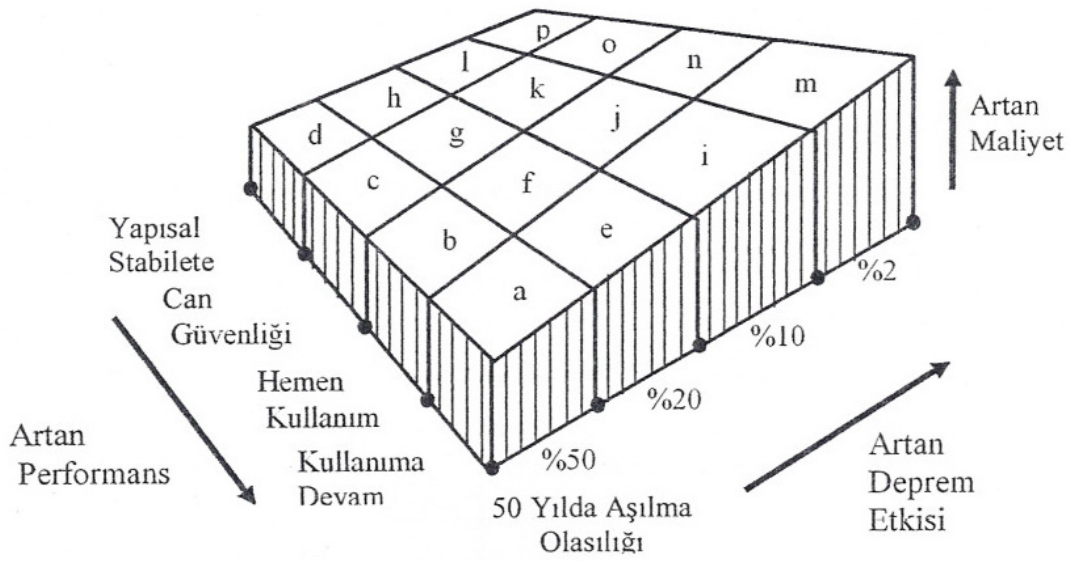
Tablo 4.3’de çeşitli deprem etki seviyeleri için yukarıda tanımlanan yapı performans seviyeleri birleştirilmiştir. Burada a, f, k, p amaçları ana binalar için; e, j, o amaçları önemli binalar için ve i, n amaçları ise çok özel güvenliği olan binalar için kullanılmaktadır. Her bir seviye tek tek belirlenip kullanılabileceği gibi, birden çok seviyenin aynı anda bir arada kullanılmasıyla çoklu performans hedefi oluşturulmuş olur.

Tablo 4.3 : Performans Amaçlarının Sınıflandırılması

Deprem Yer Hareketi	Kullanıma Devam (1-A)	Hemen Kullanım (1-B)	Can Güvenliği (3-C)	Yapısal Stabilitate (5-E)
%50 / 50 Yıl Servis Depremi	a	b	c	d
%20 / 50 Yıl	e	f	g	h
%10 / 50 Yıl Tasarım Depremi	i	j	k	l
%5 / 50 Yıl Maksimum Deprem	m	n	o	p

p istemi gibi yüksek seviyelerdeki performans hedefleri yüksek maliyetler çıkarabilir. Bu halde, performans seviyeleri yerleşim alanlarında yerel yönetimler tarafından, özel mülkiyetlerde ise bina sahibi ve mühendis tarafından belirlenmektedir.

Seçilen performans seviyesinin, deprem yer hareketi ve maliyetle olan ilişkisi Şekil 4.1’de üç boyutlu olarak verilmiştir. Kullanılan deprem büyüklüğünün ve istenilen performansın artması sonucunda maliyet de artmaktadır. Bu sebeple kullanılacak performans amacı yapıya uygun seçilmelidir.



Şekil 4.1 : Bina Performans Seviyeleri İle Güçlendirme Maliyeti Arasındaki İlişki

4.2 Dinamik ve Statik Hesap Yöntemleri

Mevcut betonarme binaların çözümlenmesinde doğrusal (lineer) ve doğrusal olmayan (nonlinear) analiz yöntemleri uygulanmaktadır. Doğrusal analiz yöntemleri; statik yatay yük, dinamik yatay yük ve talep kapasite oranını esas almaktadır. Bu analiz yöntemlerinde malzeme bakımından doğrusal davranış gözönüne alındığı için mevcut olan ek kapasite kullanılmaz. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin en sık uygulananlarının başında doğrusal olmayan, zaman tanım alanında analiz gelmektedir. Ancak bu yöntem genel uygulamalar için oldukça karmaşık ve zordur. Bununla birlikte kullanımı daha kolay olan basitleştirilmiş doğrusal olmayan analiz yöntemleri de mevcuttur. Bu yöntemlerden; kapasite eğrisi ve indirgenmiş talep

spektrumu eğrilerinin kesişim noktalarını bularak uygulanan “Kapasite Spektrumu Yöntemi” (CSM) ile doğrusal olmayan analiz rahatça yapılabilir.

Doğrusal analiz yöntemleri, yapının elastik kapasitesi ve ilk akmanın nerede oluşacağını açıkça göstermesine rağmen, mekanizma durumlarını ve akma sırasındaki kuvvet dağılımını göstermede yetersiz kalmaktadır. Buna karşılık doğrusal olmayan analiz yöntemleri binaların göçme anına kadar olan davranışlarının ve göçme durumundaki mod şekillerinin nasıl olacağını büyük yaklaşıklıkla gösterir. Tasarımda doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin kullanılması mühendise, yapı elastik kapasitesini aştığında gerçek davranış hakkında net bir fikir vererek daha gerçekçi çözümlere ulaşmasını sağlar.

Yapıların deprem hesabında, kesin ve yaklaşık olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Kesin hesap yöntemi, “zaman-tanım alanında hesap yöntemi”dir. Yaklaşık hesap yöntemi ise, “eşdeğer statik deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi”dir. Yaklaşık dinamik analiz yöntemi olan “mod birleştirme” yönteminde türetilmiş fonksiyonlar gözönüne alınmaktadır. Bu yöntemde kütlelerin yapının düğüm noktalarında toplandığı kabul edilmiştir. “Eşdeğer deprem yükü” yönteminde ise hesap için, yapının birinci doğal titreşim periyodu esas alınarak yapı ağırlığına, yapı sünekliğine ve zemin durumuna bağlı olarak, eşdeğer statik deprem yükü bulunur. Kesin dinamik analiz yöntemi olan “zaman-tanım alanında hesap” yönteminde ise, gerçek yer ivme kayıtları kullanılarak çözümleme yapılmaktadır. Burada mod sayısına göre yapının gerçek periyodu bulunur, **(Celep ve Kumbasar, 1993).**

4.2.1 Uygun Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi

Binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler; Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri’dir. Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri, tüm binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılabilir, **(DBYBHY 2007).**

4.2.2 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar Tablo 4.4'de özetlenmiştir. Tablo 4.4'ün kapsamına girmeyen binaların deprem hesabında Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri kullanılır.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti), V_t , aşağıdaki denklem ile belirlenerek

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 IW = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i = 0,0075 N V_t + (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (4.1)$$

katlara dağıtılır.

W : Yapı toplam ağırlığı

w : Katların ağırlıkları,

A(T₁) : Spektral ivme katsayısı,

R_a(T₁) : Deprem yüğü azaltma katsayısı,

A₀ : Etkin yer ivmesi katsayısı,

I: Bina önem katsayısı,

N: Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı,

H_i : Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği,

ΔF_N : N'inci katın tepesine etkiyen eşdeğer deprem yüğü değeri,

Tablo 4.4 : Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

olmak üzere DBYBHY esaslarına göre belirlenir. Rijit bodrum kata sahip ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum

katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, ayrı ayrı hesaplanır. Bu yükler, üst ve alt katların birleşiminden oluşan taşıyıcı sisteme birlikte uygulanır.

4.2.3 Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi gözönüne alınır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanarak, ancak ek dışmerkezlilik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanır.

A2 düzensizliği olarak tanımlanan döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekildeğiştirmelerinin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte dinamik serbestlik derecesi gözönüne alınır.

4.2.3.1 İvme Spektrumu

Herhangi bir n'inci titreşim modunda gözönüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı denklem 4.2 ile belirlenir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (4.2)$$

$S_{aR}(T_n)$: n'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme

$S_{ae}(T_n)$: Elastik spektral ivme

$R_a(T_n)$: Deprem yükü azaltma katsayısı

4.2.3.2 Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y, gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan

etkin kütle'lerin toplamının bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenir:

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (4.3)$$

$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (4.4)$$

M_{xn} ,M_{yn} : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle

M_n : n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle

m_i : Binanın i'inci katının kütlesi

L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n'nin ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için aşağıda verilmiştir:

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad (4.5)$$

$$L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin} \quad (4.6)$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_i \Phi_{\theta n}^2) \quad (4.7)$$

m_i : Binanın i'inci katının kütlesi

Φ_{xin} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni

Φ_{yin} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni

Φ_{θin} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram

olarak çalıştığı binaların hesabında, sadece bodrum katların üstündeki katlarda etkin olan titreşim modlarının gözönüne alınması ile yetinilebilir.

4.2.3.3 Mod Katkılarının Birleştirilmesi

Herhangi bir 2'inci titreşim modunda gözönüne alınması gereken azaltılmış ivme spektrumunun ordinat değerleri denklem 4.2 ile hesaplandıktan sonra, binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve görel kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

$T_m < T_n$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı, Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıları'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, mod katkılarının birleştirilmesine göre birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denklem (4.8)'e göre büyütülür.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (4.8)$$

4.2.4 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

Bina ve bina türü olmayan yapıların zaman tanım alanında hesaplarının yapılabilmesi için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir. Bunlardan yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilecektir.

(a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.

(b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g 'den daha küçük olmayacaktır.

(c) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır.

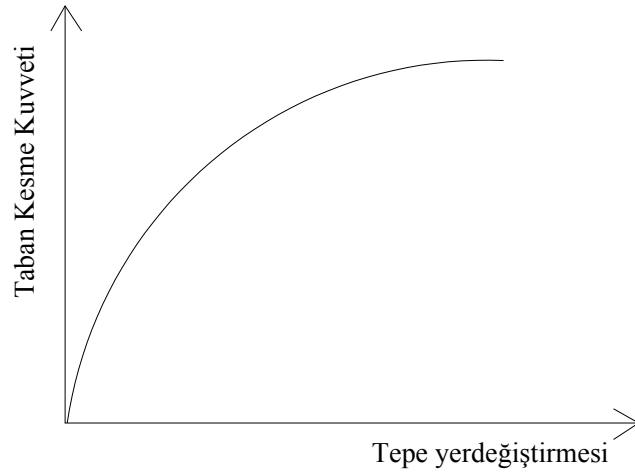
Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanıldığı takdirde, yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde gözönüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç kuvvetli hareket üretilecek ve bunlar yukarıdaki tüm koşulları sağlayacaktır.

4.3 Basitleştirilmiş Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri

Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının belirlenmesi amacıyla kullanılan basitleştirilmiş doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri, yapı sisteminin yatay kuvvetler altındaki davranışını temsil eden kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisinin malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre elde edilmesine ve bu ilişkinin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Kapasite eğrisi adı verilen bu eğriden yararlanarak, yapının zayıf (yetersiz) elemanları, bunların yerleri ve olası bölgesel veya toptan göçme mekanizmaları belirlenebilmekte, ayrıca belirli bir deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmeyeceği kontrol edilebilmektedir. Performansa dayalı analizlerin iki önemli kavramı talep ile kapasitedir. Talep, deprem yer hareketinin göstergesidir. Kapasite, yapının deprem talebine karşılık verebilme yeteneğinin göstergesidir. Yapı performansı kapasitenin talebe karşılık verebilmesi ile ölçülür. Yani, yapı depremin talebine karşılık verebilecek kapasitede olmalıdır.

Gerek kapasite spektrum yöntemi, gerekse deplasman katsayıları yöntemi gibi statik itme (pushover) yöntemlerinin uygulanmasına dayalı basitleştirilmiş doğrusal olmayan çözümlemelerin yapılabilmesi için kapasite, talep ve performans bilgilerine ihtiyaç vardır.

Yapının toplam kapasitesi yapıyı oluşturan elemanlarının dayanım ve şekildeğiştirme özelliklerine bağlıdır. Elastik sınıra kadar olan bölümdeki şekildeğiştirme kapasitesi doğrusal analiz yöntemleri ile hesaplanabilir fakat, elastik sınırın ötesindeki şekildeğiştirme yapabilme kapasitesini belirlemek için statik itme analizi gibi doğrusal olmayan çözümleme yöntemlerinden birini kullanmak gerekir. İtme analizinde yapı bileşenlerinin akmaya ulaşmasına dek yatay yük artırılarak uygulanır ve yapı labil hale gelinceye veya önceden belirlenen bir sınıra ulaşana kadar devam edilir. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi bir yapının kapasitesini belirlemenin en uygun yolu, yapının tabanında meydana gelen kesme kuvveti ile tepe yatay yerdeğiştirmesini bir grafik üzerinde göstermektir. Bu eğri de statik itme eğrisi olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 4.2 : Taban Kesme Kuvveti İle Tepe Yerdeğiştirmesi Arasındaki İlişki

Kapasite hesabında aşağıdaki işlem sırası izlenir:

1. Yatay kat yükleri, kat kütle merkezlerine uygun bir dağılımla (örn:birinci mod) etkililir. Çözümleme sırasında düşey ağırlık yükleri de hesaba katılmalıdır.
2. Düşey ve yatay yüklerin gerekli kombinasyonları için eleman kuvvetleri hesaplanır.
3. Analiz sonucunda bulunan taban kesme kuvveti ve tepe yerdeğiştirmesi kaydedilir. Performans kontrolü için gerekli olduğundan, eleman iç kuvvetleri ve dönmeler de kaydedilmelidir.
4. Plastik mafsalları oluşturan kesitler için rijitlik sıfır alınarak model tekrar oluşturulur.

5. Yapı elemanlarında yeni bir plastik mafsall oluşumu gözlenene kadar yükler artırılır.

6. Yapı kapasitesi sınır durumuna ulaşana kadar 4., 5. ve 6. adımlar tekrar edilir.

Dinamik deprem yükleri tersinir özelliklidir. Bu nedenle binada karmaşık yerdeğiştirme durumları oluşur. Tasarım için gerekli parametreleri belirlemek amacıyla, her bir zaman aralığı için yer hareketini izlemek, yani zaman tanım alanında analiz yapmak pratik olmayan bir hesap yöntemidir. Söz konusu yapı ve yer hareketine ilişkin yerdeğiştirme, yer hareketi boyunca yapıda meydana gelmesi beklenen maksimum yerdeğiştirmedir. Bahsi geçen Kapasite Spektrumu Yönteminde depremin talep yerdeğiştirmesi kapasite spektrumu üzerinde “performans noktası” diye adlandırılan bir noktada oluşur. Performans noktası yapının oluşan talebe karşılık kapasitesini, diğer bir deyişle belirli bir deprem etkisi altındaki yapının bu etkiye karşı göstereceği direnci ifade eder.

Yapı performansı, kapasite eğrisi ve talep eğrinin kesişmesiyle oluşan performans noktası ile belirlenir. İstenilen performansın sağlandığını kontrol etmek için öncelikle kapasite eğrisi ve talep eğrisi belirlenmelidir. Bu kontrol yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşan hasarın kabul edilen sınırların aşıp aşılmadığını gösterir.

4.3.1 Kapasite Spektrumu Yönteminin Uygulanması

Kapasite Spektrumu Yöntemi binanın toplam taban kesme kuvveti ile yapının en üst noktasında oluşan tepe (çatı) yerdeğiştirmesi arasındaki ilişkiyi gösteren kapasite eğrisi ile deprem yer hareketini ifade eden talep spektrumu eğrisinin karşılaştırmasını grafik bir ortamda değerlendirmeye sunar. Bu yöntem mevcut binaların incelenmesi ve güçlendirilmesi için son derece kullanışlı bir yöntemdir. Binanın mevcut durumuyla ve güçlendirildikten sonra nasıl davranacağı net bir şekilde bu yöntemle görülebilir.

Performans noktasının yeri şu iki koşul ile belirlenir:

1. Nokta kapasite spektrumu üzerinde olmalıdır.
2. Nokta %5 sönümlü elastik talep spektrumundan indirgenmiş talep spektrumunun üzerinde olmalıdır.

Bu iki şartın sağlanması performans noktasının kapasite eğrisi ile indirgenmiş talep spektrumunun kesiştiği noktada bulunması anlamına gelir. Bu noktayı bulabilmek için ardışık yaklaşım yapılmalıdır.

Bu işlem için aşağıda üç farklı yöntem anlatılmakta olup üçünün de amacı aynıdır, fakat kullanılan işlemler farklılık göstermektedir, (ATC-40, 1996).

4.3.1.1 Kapasite Eğrisinin Kapasite Spektrumuna Dönüştürülmesi

Kapasite Spektrum Yönteminin kullanılabilmesi için “Taban Kesme Kuvveti-Tepe Yerdeğiştirme” şeklinde bulunan kapasite eğrisinin “Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme” şekline dönüştürülmesi gerekir, (ATC 40, 1996; FEMA 356, 1996).

Bu dönüşüm sonucunda bulunacak eğri “Kapasite Spektrum Eğrisi” olarak adlandırılır ve ADRS (Acceleration-Displacement Response Spectra) formatındadır. Eksenlerin dönüşümü aşağıdaki gibi yapılır:

$$S_a = \frac{V_b}{\alpha_1 W} \quad (4.9)$$

$$S_d = \frac{\Delta_N}{\Gamma_1 \phi_{N1}} \quad (4.10)$$

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N w_i / g \right] \left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2) / g \right]} \quad (4.11)$$

$$\alpha_1 = \frac{M_1^*}{M} \quad (4.12)$$

$$\Gamma_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g}{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2) / g} \quad (4.13)$$

$$M_1^* = \left[\frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \phi_{i1} \right)^2}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_{i1}^2} \right] \quad (4.14)$$

Γ_1 = Birinci doğal titreşim modu için modal katılım katsayısı

α_1 = Birinci doğal titreşim modu için modal kütle katsayısı

w_i / g = i. kattaki toplanmış kütle

ϕ_{i1} = i. Kattaki 1. mod şekli

N = Yapıdaki kat sayısı

V_b = Taban kesme kuvveti

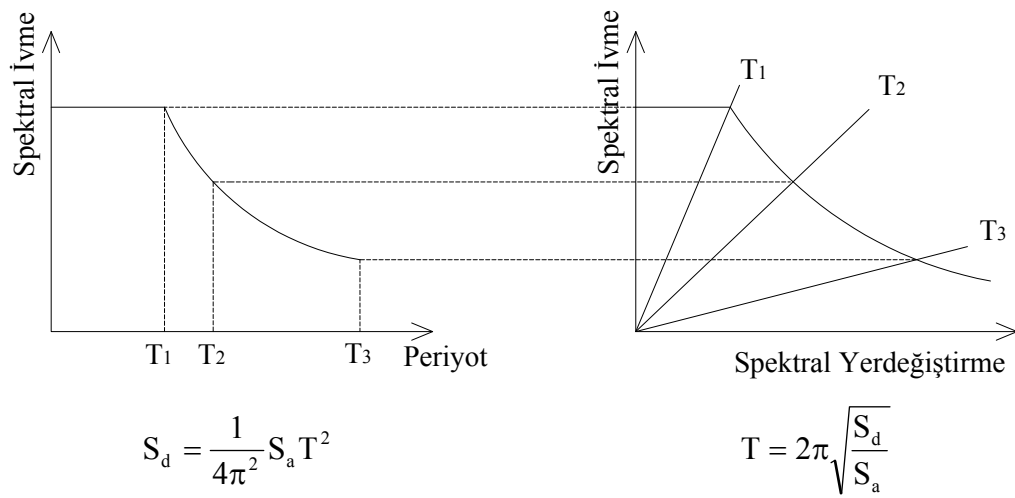
W = Yapının zati ve hareketli yükleri toplamı

Δ_N = Yapının tepe yerdeğiştirmesi

S_a = Spektral ivme

ϕ_{N1} = Yapının en üst katına ait 1. mod yatay yerdeğiştirmesi

S_d = Spektral yerdeğiştirme



Geleneksel Talep Spektrumu

ADRS Talep Spektrumu

Şekil 4.3 : Geleneksel ve ADRS Formatlarında Talep Spektrumları

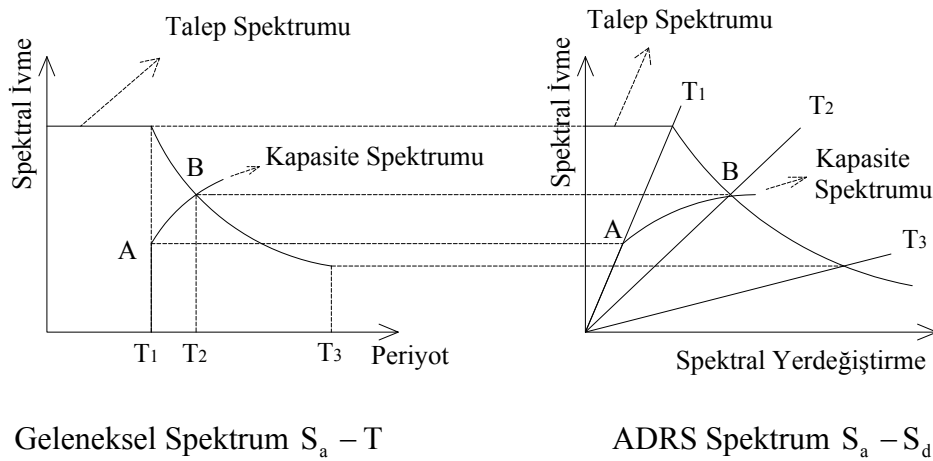
Kapasite eğrisi kapasite spektrumuna dönüştürülürken ilk olarak modal katılım katsayısı Γ_1 ve modal kütle katılım katsayısı α_1 hesaplanır. Daha sonra bu değerler kullanılarak kapasite eğrisi üzerindeki her nokta için spektral ivme S_a ve spektral yerdeğiştirme S_d değerleri kullanılarak kapasite spektrum eğrisi oluşturulur.

Yaygın olarak talep spektrumu spektral ivme-periyot S_a -T biçiminde ifade edilmektedir. ADRS biçimi ise çok yaygın kullanılmamaktadır. Bu türdeki gösterime geçiş oldukça kolaydır ve Şekil 4.3’de gösterilmiştir.

ADRS düzeyinde periyotlar sabit olarak başlangıç noktasından geçen doğrular olarak ifade edilir ve herhangi bir nokta için periyot $T = 2\pi\sqrt{S_d / S_a}$ formülüyle bulunabilir. Geleneksel talep spektrumu üzerindeki herhangi bir nokta için de spektral yerdeğiştirme $S_d = S_a T^2 / (4\pi^2)$ yaklaşımıyla hesaplanabilir.

4.3.1.2 Kapasite Spektrum Eğrisinin Doğrular Haline Getirilmesi

Etkin sönüm ve indirgenmiş talep spektrumunun elde edilebilmesi için kapasite spektrumunun idealleştirilmesi gereklidir. Bu işlem için S_{api} ve S_{dpi} koordinatlı tahmini bir performans noktası belirlenmelidir. Başlangıç performans noktasını tahmin etmek için %5 sönümlü talep spektrumu ve kapasite spektrumu aynı grafik üzerine çizilir, (Şekil 4.4).

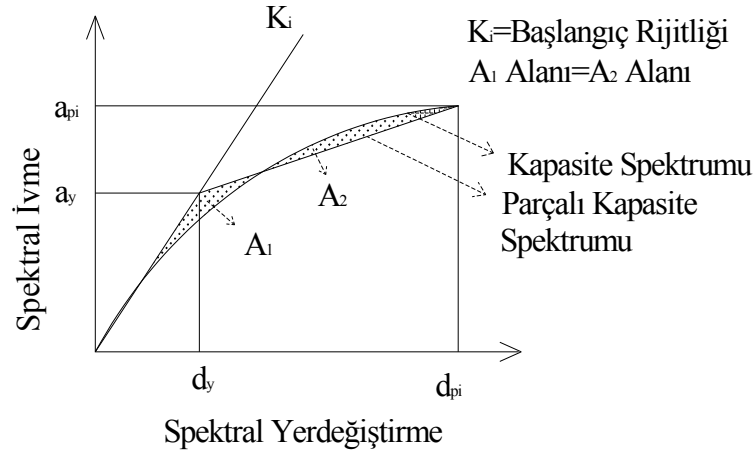


Şekil 4.4 : Kapasite Spektrumu İle Talep Spektrumunun Üst Üste Çizilmiş Hali

Kapasite eğrisinin doğrusal kısmı uzatılarak %5 sönümlü talep spektrumu ile kesiştirilir. İndirgenmiş talep spektrumu ile kapasite spektrumu S_{api} ve S_{dpi}

noktasında kesişiyorsa bu seçilen noktanın gerçek performans noktası olduğunu gösterir. Çoğunlukla ilk seçilen nokta ile doğru sonuç bulunamayabileceğinden ardışık yaklaşım yapılması gerekebilir.

Kapasite spektrumunun idealleştirilmesi için ilk önce başlangıç rijitliğine uygun olacak şekilde orjinden geçen bir doğru çizilir. İkinci olarak, tahmini performans noktasından geriye eğrinin içinde ve dışında kalan alanlar eşit olacak şekilde bir doğru daha çizilir. Şekil 4.5’de görüldüğü gibi, A_1 ve A_2 alanlarının eşit olarak seçilmesinin sebebi, enerji eşitliği prensibinden yola çıkarak kapasite spektrumu ve ideal hale getirilmiş kapasite spektrumu altında eşit alanlar elde etmek içindir. Böylece iki durumda da yapının sönmüleyeceği enerji sabit kalır.



Şekil 4.5 : Kapasite Spektrumunun Parçalı Olarak Gösterilmesi

4.3.1.3 %5 Sönümlü Talep Spektrumu Eğrisinin Oluşturulması

%5 Sönümlü talep spektrumu eğrisi deprem katsayılarına bağlı olarak tanımlanır. Bu deprem katsayıları C_A ve C_V ’dir. C_A ve C_V yapının bulunduğu deprem bölgesine, deprem kaynağına olan mesafeye, zemin sınıfına ve hesaplarda kullanılacak deprem türüne bağlı olarak hesaplanır, (ATC 40,1996). Yapının bulunduğu deprem bölgesine göre Deprem Bölge Katsayısı Z , Tablo 4.5’den okunur.

Kaynağa Mesafe Katsayıları olan N_A ve N_V , yapının deprem kaynağına olan mesafesine ve bu deprem kaynağının oluşturacağı deprem türüne bağlı olarak Tablo 4.6’den okunur.

Tablo 4.5 : Deprem Bölge Katsayısı

Bölge	1	2A	2B	3	4
Z	0.0075	0.15	0.20	0.30	0.40

Tablo 4.6 : Kaynağa Mesafe Katsayısı

Deprem Kaynağı Türü	Deprem Kaynağına Mesafe							
	$\leq 2\text{km}$		5km		10km		$\geq 15\text{km}$	
	N _A	N _V	N _A	N _V	N _A	N _V	N _A	N _V
A: Büyük Deprem Oluşturan Kaynak	1.5	2.0	1.2	1.6	1.0	1.2	1.0	1.0
B: Orta Deprem Oluşturan Kaynak	1.3	1.6	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
C: Küçük Deprem Oluşturan Kaynak	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Yapının bulunduğu yöreye bağlı olarak Tablo 4.7’den zemin sınıfı belirlenir.

Tablo 4.7 : Zemin Sınıfı Katsayısı

Zemin Sınıfı	S _A	S _B	S _C	S _D	S _E	S _F
	Sert Kaya	Kaya	Çok Sıkı Zemin, Yumuşak Kaya	Sert Zemin	Yumuşak Zemin	Yerel Zemin İncelemesi Gerekli

Deprem etkisine bağlı olarak C_A ve C_V deprem katsayıları için deprem etkisi türü katsayısı E değeri ayrı ayrı aşağıda önerildiği gibi kullanılır;

- Servis depremi için $E = 0.5$
- Tasarım Depremi için $E = 1.0$
- Maksimum deprem için: 3. Bölge için $E = 1.25$, 4. Bölge için $E = 1.50$

Bulunan deprem bölge katsayısı, kaynağa mesafe katsayısı ve deprem itki katsayısı çarpılarak C_A ve C_V deprem katsayıları için ayrı ayrı deprem katsayısı bulunur. Belirlenen zemin sınıfına ve hesaplanan deprem katsayısına bağlı olarak Tablo 4.8 ve Tablo 4.9’dan C_A , C_V deprem katsayıları belirlenir.

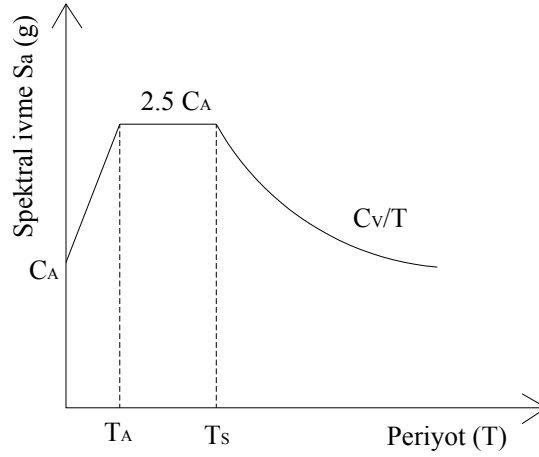
Tablo 4.8 : Deprem Katsayısı C_A

Zemin Sınıfı	Deprem Katsayısı ZEN1					
	=0.075	=0.15	=0.20	=0.30	=0.40	>0.40
SA	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40	1.0*ZEN
SB	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40	1.0*ZEN
SC	0.09	0.18	0.24	0.33	0.40	1.0*ZEN
SD	0.12	0.22	0.28	0.36	0.44	1.1*ZEN
SE	0.19	0.30	0.34	0.36	0.36	0.9*ZEN
SF	Yerel Zemin İncelemesi Gerekli					

Tablo 4.9 : Deprem Katsayısı C_v

Zemin Sınıfı	Deprem Katsayısı ZEN1					
	=0.075	=0.15	=0.20	=0.30	=0.40	>0.40
SA	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40	1.0*ZEN
SB	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40	1.0*ZEN
SC	0.13	0.25	0.32	0.45	0.56	1.4*ZEN
SD	0.18	0.32	0.40	0.54	0.64	1.6*ZEN
SE	0.26	0.50	0.64	0.84	0.96	2.4*ZEN
SF	Yerel Zemin İncelemesi Gerekli					

Bulunan C_A , C_v deprem katsayılarına ve Denklem (4.15), Denklem (4.16) yardımıyla bulunan T_S , T_A değerlerine bağlı olarak %5 sönümlü talep spektrum eğrisi Şekil 4.6’de gösterildiği gibi çizilir.

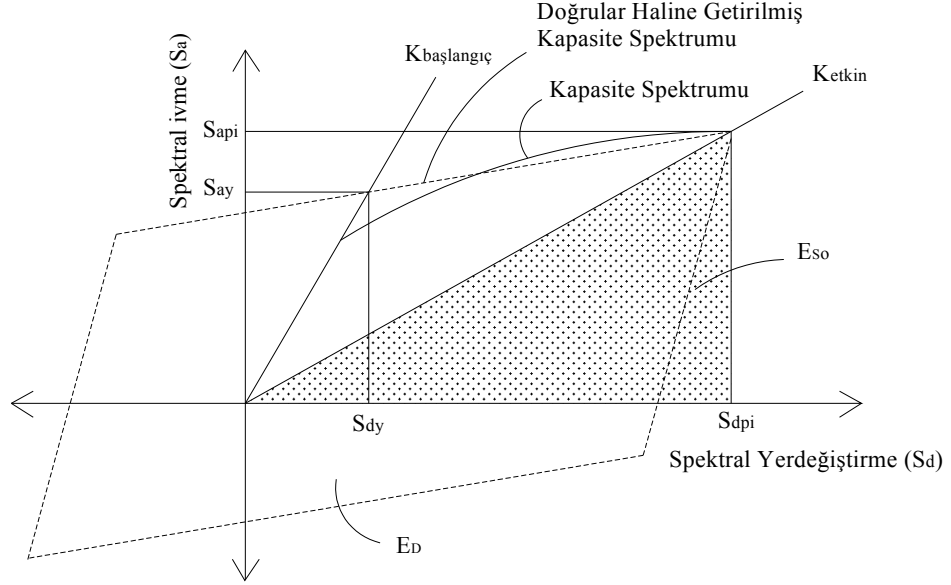
**Şekil 4.6 : %5 Sönümlü Elastik Deprem Spektrumu**

$$T_S = C_v / 2.5 * C_A \quad (4.15)$$

$$T_A = 0.2 * T_S \quad (4.16)$$

4.3.1.4 Sönümün Tahmini ve %5 Sönümlü Talep Spektrumunun İndirgenmesi

Yönetmeliklerde verilen elastik ivme-yerdeğiştirme spektrum eğrisi %5’lik bir viskoz (hızla orantılı) sönüm içerir, ancak deprem etkisiyle yapıda elastik olmayan ve çevrimsel oluşan şekildeğiştirmeler sonucu enerjinin tüketilmesi söz konusudur. Deprem etkisi altında yerdeğiştirme ile yük arasındaki veya benzer olarak spektral yerdeğiştirme ile spektral ivme arasındaki bağlantı Şekil 4.7’de görüldüğü gibi elastik sınır aşıldığında bir çevrimsel değişim gösterir.



Şekil 4.7 : Spektral İndirgeme İçin Sönümün İfadesi

Bu eğrinin içinde kalan alan çevrimsel sönüm ile orantılıdır. Bu sönüm β_0 olarak eşdeğer viskoz sönüme yaklaşık olarak dönüştürülebilir. Sonuç olarak etkili toplam sönüm oranı β_{ef} :

$$\beta_{ef} = 0.05 + \kappa \beta_0 \quad (4.17)$$

$$\beta_0 = \frac{1}{4\pi} \frac{E_D}{E_{S_0}} \quad (4.18)$$

olarak bulunabilir. Burada E_D bir çevrimde sönümle tüketilen enerji olup çevrim içinde kalan alana ve E_{S_0} aynı yük seviyesi altındaki maksimum şekildeğiştirme enerjisine (Şekil 4.7'de taranan alana) karşılık gelir. Geometrik bağıntılar kullanılarak

$$\beta_{ef} = 0.05 + \beta_0 = 0.05 + 0.64 * \kappa * \frac{S_{a_y} * S_{d_{pi}} - S_{d_y} * S_{a_{pi}}}{S_{a_{pi}} * S_{d_{pi}}} \quad (4.19)$$

yazılabilir. Burada S_{dy} ve S_{ay} doğrusal elastik davranışın sınırındaki, S_{dpi} ve S_{api} ise hedeflenen performans seviyesindeki spektral yerdeğiştirme ve spektral ivme değerlerini göstermektedir. Çevrimsel sönümün belirlenmesinde kullanılan paralel kenarın gerçek yapıda farklı olabileceği düşünülerek bir κ düzeltme katsayısı öngörülmüştür. Çevrimsel davranışın tam olarak oluşmadığı yapıım kalitesi düşük

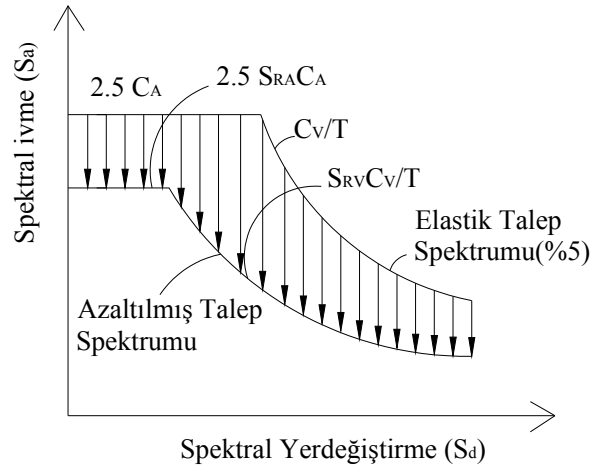
yapılarda bu katsayı daha küçük seçilir. Yeni yapılarda sönüm çevrimi dolgun biçimde oluşacağı için düzeltme katsayısı büyük, eski yapılarda ise enerji tüketimi daha az olacağı için küçük olacaktır. Bunun gibi deprem süresinin uzun olması durumunda enerji tüketimi artacağı için kısa süreli bir depreme göre düzeltme katsayısı büyük olacaktır. Yapı davranış türü Tablo 4.10'den, düzeltme katsayısı Tablo 4.11'den alınabilir.

Tablo 4.10 : Yapı Davranış Türü

Deprem Süresi	Genel Olarak Yeni Bina	Ortalama Mevcut Bina	Zayıf Mevcut Bina
Kısa	Tip A	Tip B	Tip C
Uzun	Tip B	Tip C	Tip C

Tablo 4.11 : Sönüm Düzeltme Katsayısı

Yapı Davranış Türü	A	B	C
κ	1.00	0.67	0.33



Şekil 4.8 : Talep Spektrumunun İndirgenmesi

Doğrusal olmayan davranışın gözönüne alınması için tanımlanan bu eşdeğer sönüm değerlerine bağlı olarak talep spektrumunda SR_A ve SR_V katsayıları ile azaltma yapılır, Şekil 4.8. Bu katsayılar yapıda deprem etkisine bağlı olarak çıkacak sönüme ve yapı davranış türüne bağlı olup, Tablo 4.12'de verilmiştir. Görüldüğü gibi bu azaltma, sönüm oranı ve yapının yeni olması ile artmaktadır. Bu azaltma katsayıları

$$SR_A = \frac{1}{2.12} [3.21 + 0.68 \ln(100 \cdot \beta_{ef})] \quad (4.20)$$

$$SR_v = \frac{1}{1.65} [2.31 + 0.41 \ln(100 \cdot \beta_{ef})] \quad (4.21)$$

denklemleri ile hesaplanabilir ancak bulunan değerlerin Tablo 4.13’de verilen minimum değerlerden küçük olmaması gerekir.

Tablo 4.12 : Spektral Azaltma Katsayıları S_{RA} ve S_{RV}

	Yapı davranış türü A			Yapı davranış türü B			Yapı davranış türü C		
β_0	β_{ef}	S_{RA}	S_{RV}	β_{ef}	S_{RA}	S_{RV}	β_{ef}	S_{RA}	S_{RV}
0.0	0.05	1.00	1.00	0.05	1.00	1.00	0.05	1.00	1.00
0.05	0.10	0.78	0.83	0.08	0.83	0.87	0.07	0.91	0.93
0.15	0.20	0.55	0.66	0.15	0.64	0.73	0.10	0.78	0.83
0.25	0.28	0.44	0.57	0.22	0.53	0.63	0.13	0.69	0.76
0.35	0.35	0.38	0.52	0.26	0.47	0.59	0.17	0.61	0.70
≥ 0.45	0.40	0.33	0.50	0.29	0.44	0.56	0.20	0.56	0.67

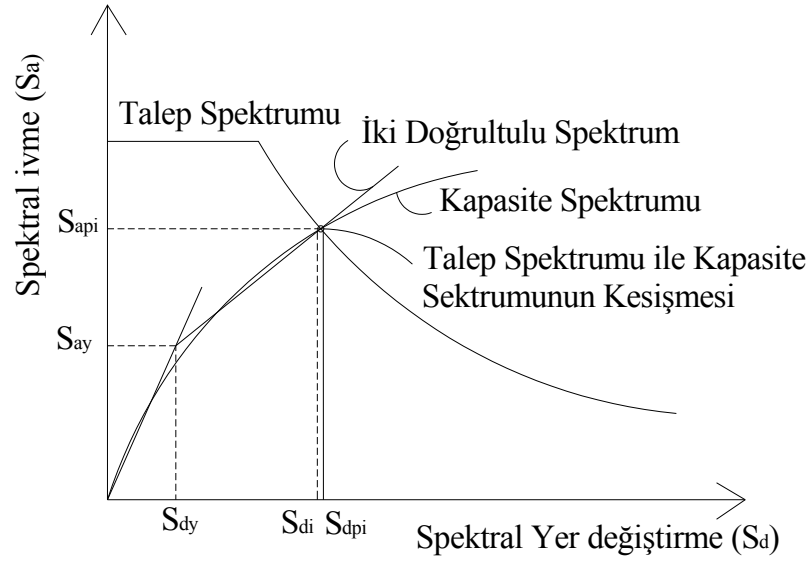
Tablo 4.13 : Spektral Azaltma Katsayıları S_{RA} ve S_{RV} ’nin Minimum Değerleri

	Yapı davranış türü A	Yapı davranış türü B	Yapı davranış türü C
S_{RA}	0.33	0.44	0.56
S_{RV}	0.50	0.56	0.67

4.3.2 Performans Noktasının Bulunması

Kapasite spektrumu ile talep spektrumunun kesişim noktasındaki S_{dp} spektral yerdeğiştirme başlangıçta seçilen, S_{api} , S_{dpi} deneme noktalarının S_{dp} spektral yerdeğiştirmenin $\pm 5\%$ ’i kadar ise ($0.95S_{dpi} \leq S_{di} \leq 1.05S_{dpi}$) performans noktası bulunmuş demektir, (ATC40, 1996). Eğer kapasite spektrumu ile talep spektrumunun kesim noktası kabul edilebilir sınırlar içinde değilse, yeni bir S_{api} , S_{dpi} noktası seçilir ve ardışık yaklaşıma devam edilir. Şekil 4.9 bu durumu ifade etmektedir.

Performans noktası, deprem yer hareketine karşılık binada oluşabilecek maksimum yapısal yerdeğiştirmeyi gösterir.



Şekil 4.9 : Talep Spektrumu ve Kapasite Spektrumlarının Kabul Edilebilir Sınırlar İçindeki Kesişim Noktası

4.4 DBYBHY 2007'nın Mevcut Betonarme Yapıların Değerlendirilmesi İle İlgili Getirdiği Yenilikler

Güncellenen yeni yönetmeliğimiz getirdiği yenilikler ile, mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi belirli kurallara bağlanarak, projelendirme ve uygulama aşamalarında ülkemiz mühendislerinin işlerinin kolaylaşması ve daha sağlıklı işleyen bir sistemin oluşması sağlanmıştır. Burada yeni **DBYBHY (2007)**'nin esasları hakkında bilgiler özetlenecektir.

4.4.1 Betonarme Binalarda Bilgi Toplanması

Mevcut binaların deprem taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin ve dayanımlarının belirlenmesinde malzeme ve taşıyıcı sistemi hakkında yeterli düzeyde bilgi edinilmesi gerekmektedir. Bu bilgiler mevcut binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılan gözlem, ölçüm ve deneylerden elde edilmelidir.

4.4.1.1 Bilgi Düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilen mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre her bina türü için, “bilgi düzeyi katsayıları” tanımlanır ve taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesabında kullanılır, (Tablo 4.14).

Tablo 4.14 : Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Sınırlı Bilgi Düzeyi: Binanın taşıyıcı sistem projeleri yoktur ve taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir.

Orta Bilgi Düzeyi: Binanın taşıyıcı sistem projeleri yoksa sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Taşıyıcı sistem projeleri mevcut ise sınırlı bilgi düzeyi kadar ölçüm yapılır.

Kapsamlı Bilgi Düzeyi: Bina taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur ve yeterli sayıda ölçüm yapılır.

4.4.1.2 Betonarme Binalarda Bilgi Toplanması

Bina Geometrisi: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem planının rölevesi çıkarılmalıdır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Röleve tüm betonarme elemanların, bölme duvarlarının varsa kısa kolon oluşumu gibi problemleri elemanların yerini ve boyutlarını içermelidir. Temel sistemi yeterli muayene çukuru açılarak belirlenmelidir. Binanın komşu binalara olan durumu gösterilmelidir.

Eleman Detayları: Donatı durumunu belirlemek için yeterli sayıda taşıyıcı sistem elemanının pas payları sıyrılarak donatı ve bindirme boyu tespitleri yapılmalıdır. Pas payı sıyrılmayan elemanların donatı durumu gerekli cihazlar kullanılarak belirlenmelidir. Mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden “donatı gerçekleşme katsayısı” kolonlar ve kirişler için belirlenmelidir.

Malzeme Özellikleri: Her katta düşey taşıyıcı elemanlardan yeterli sayıda karot numunesi alınarak deney yapılmalıdır. Deney sonuçlarına göre mevcut beton dayanımı belirlenmelidir. Donatısında korozyon gözlemlenen elemanlar tespit edilmeli ve eleman kapasite hesaplarında gözönüne alınmalıdır.

4.4.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

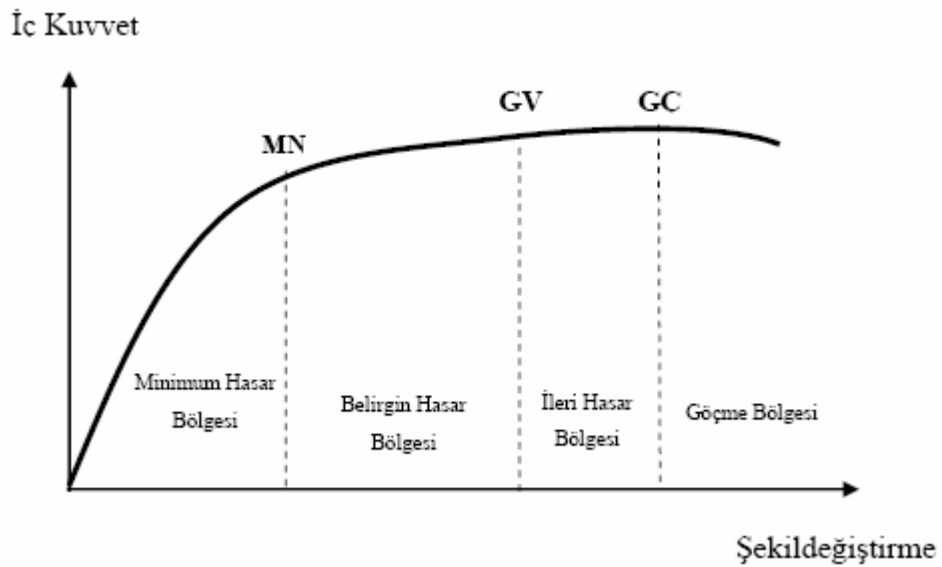
Yapı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenmesinde yapı elemanları sünek ve gevrek eleman olarak ikiye ayrılır. Bu ayrım elemanların kapasitelerine hangi kırılma türü ile ulaştığının belirlenmesi ile yapılır.

4.4.2.1 Kesit Hasar Sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar minimum hasar sınırı (MN), güvenlik sınırı (GV) ve göçme sınırı (GÇ) olmak üzere üç sınır durumdur. Minimum hasar sınırı kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek elemanlar için elastik ötesi davranışın oluşmasına izin verilmez.

4.4.2.2 Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitleri MN'ye ulaşmayan elemanlar minimum hasar bölgesinde, MN ile GV arasında kalan elemanlar ileri hasar bölgesinde, GÇ'yi aşan elemanlar ise göçme bölgesinde kabul edilir, (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 : Kesit Hasar Bölgeleri

4.4.2.3 Kesit ve Eleman Hasar Tanımları

Hesaplanan iç kuvvetlerin ve şekildeğiştirmelerin, sınır değerler ile karşılaştırılması sonucunda kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilir. Eleman hasarını, elemanın en fazla hasarlı kesiti belirler.

4.4.3 Deprem Hesabı

DBYBHY 2007’ye göre deprem hesabının amacı, mevcut ve güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlenmektir. Bu belirlemede doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin kullanılmasına izin verir. Deprem etkisinin tanımında ABYYHY 1998’de tanımlanmış olan elastik ivme spektrumu kullanılır ancak farklı aşılma olasılıkları için spektrum üzerinde gerekli değişiklikler yapılmalıdır. Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınır. Deprem hesabında bina önem katsayısı $I=1.0$ olarak kabul edilir. Kısa kolon durumundaki kolonlar taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanmalıdır. Betonarme elemanlarda kenetlenme ve bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatı akma gerilmesi kenetlenme ve bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılmalıdır. Kesit kapasite momentindeki bu azaltma %30’dan fazla ise eleman gevrek eleman olarak sınıflandırılmalıdır. Zemindeki şekildeğiştirmelerinin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zeminin şekildeğiştirme özellikleri yapı modeline yansıtılır.

4.4.4 Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

Doğrusal elastik hesap yöntemleri eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemidir. Bu bölümün başlangıcında ayrıntılı olarak anlatılmışlardır.

4.4.4.1 Eleman Performanslarının Değerlendirilmesi

ABYYHY’de tanımlanmış olan enine donatı koşullarını sağlayan kolon, kiriş ve perdeler “sargılanmış”, sağlamayan elemanlar “sargılanmamış eleman” sayılır. Betonarme elemanların kırılma türü eğilme ise “sünek”, kesme ise “gevrek” olarak sınıflanırlar.

Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile sünek elemanların hasar sınırlarının tanımında eleman kesitlerinin “etki/kapasite oranları (r)” cinsinden ifade edilen sayısal değerler

kullanılır. Etki/kapasite oranı, sadece deprem etkisi altında hesaplanan kesit momentinin artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır.

Kırılma türü eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin eğilme etki/kapasite oranı, sadece deprem etkisi altında hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Eğilme etki/kapasite oranının hesaplanmasında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınır.

Kırılma türü kesme olan gevrek kiriş, kolon ve perdelerin etki/kapasite oranları, kritik kesitlerde hesaptan elde edilen kesme kuvvetinin TS 500'e göre hesaplanan kesme kuvveti dayanımına bölünmesi ile elde edilir.

Hesaplanan betonarme eleman kesitlerinin etki/kapasite oranları Tablo 4.15, Tablo 4.16 ve Tablo 4.17'de verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilir. Tablolardaki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanmalıdır.

Tablo 4.15 : Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4
Gevrek Kirişler			1	1	1

Tablo 4.16 : Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N}{A_c f_c}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4	Var	≥ 1.30	2	3	5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
Gevrek Kolonlar			1	1	1

Tablo 4.17 : Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6
Gevrek Perdeler	1	1	1

4.4.5 Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, belirli bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvetleri hesaplayarak bu değerleri şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırarak kesit ve bina düzeyinde performansı belirleyebilmektir. Yönetmeliğin içerdiği doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri; artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, artımsal mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemidir. İlk iki yöntem yönetmeliğin temel aldığı artımsal itme analizinde kullanılan yöntemlerdir.

4.4.5.1 Artımsal İtme Analizinin Uygulanması

Modellemenin gerçekleştirilebilmesi için taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesi gerekmektedir. Artımsal itme analizinden önce düşey yüklerin dikkate alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılmalı ve bu sonuçlar başlangıç koşulları olarak dikkate alınmalıdır.

Artımsal itme analizinin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılması halinde, koordinatları modal yerdeğiştirme-modal ivme olarak tanımlanan birinci moda (etkili moda) ait modal kapasite diyagramı elde edilir. Bu diyagram ile birlikte, elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için spektrum üzerinde gerekli değişiklikler yapılarak birinci moda ait “modal yerdeğiştirme istemi” belirlenir. Son adımda modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri hesaplanmalıdır.

Artımsal itme analizinin artımsal mod birleştirme yöntemi ile yapılması halinde, gözönüne alınan bütün modlara ait “modal kapasite diyagramları” ile birlikte modal yerdeğiştirme istemleri de elde edilir ve bunlara bağlı olarak meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri hesaplanır.

Plastikleşen kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve toplam eğrilik istemleri elde edilmelidir. Bunlara bağlı olarak beton ve donatıda meydana gelen birim şekildeğiştirme istemleri hesaplanmalıdır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır. Elde edilen kesme kuvveti istemleri ise kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır.

4.4.5.2 Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi

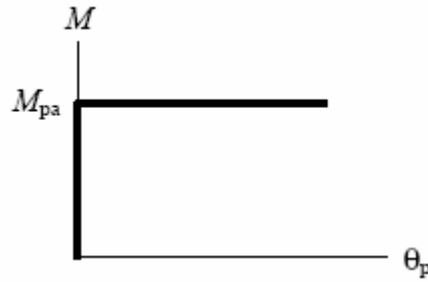
Yönetmelikte doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli kullanılmaktadır. Basit eğilme durumunda plastik mafsallara karşılık gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde gibi taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu kabul edilmektedir. Basit eğilme durumunda plastik mafsallık boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)’nin yarısına eşit alınabilir ($L_p=0.5h$).

Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekildeğiştirme yapan elemanların plastik şekildeğiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınır.

Eğilme ve eksenel kuvvet altında plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeylerinin tanımlanmasında beton ve donatının mevcut dayanımları esas alınmalıdır. Betonun maksimum basınç kısılması 0.003, donatı çeliğinin maksimum

uzaması 0.01 alınabilir. Betonarme kesitlerin akma yüzeyleri uygun biçimde doğrusallaştırılarak, iki boyutlu davranış durumunda akma çizgileri, üç boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenebilir.

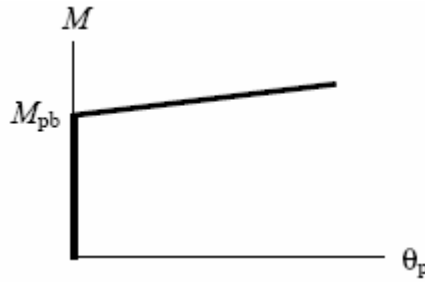
Eğilme etkisindeki elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılmalıdır. Modellemede kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi yaklaşık olarak terk edilebilir, (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 : İç Kuvvet-Plastik Şekildeğiştirme Bağıntısında Pekleşme Etkisinin Gözönüne Alınmaması Durumu

Bu durumda plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekildeğiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu gözönüne alınmalıdır.

Pekleşme etkisinin gözönüne alındığı durumda iç kuvvetlerin ve plastik şekildeğiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanabilir, (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 : İç Kuvvet-Plastik Şekildeğiştirme Bağıntısında Pekleşme Etkisinin Gözönüne Alınması Durumu

4.4.5.3 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi

Yöntemin amacı, birinci titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin

etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Dış yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır.

Bu yöntemin uygulanabilmesi için kat sayısının, bodrum hariç 8’den fazla olmaması ve elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunun sağlanması gerekir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci titreşim moduna ait kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Analiz sırasında eşdeğer deprem yükü dağılımının taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız olarak sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Bu sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi-taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde gözönüne alınan deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki gibi elde edilebilir.

1. (i)’inci itme adımında birinci moda ait modal ivme $a_1^{(i)}$ şöyle bulunabilir:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (4.22)$$

2. (i)’inci itme adımında birinci moda ait modal yerdeğiştirme $d_1^{(i)}$ ’nin hesabı aşağıdaki bağıntı ile yapılabilir:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (4.23)$$

Birinci moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1} deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımındaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve M_1 kullanılarak aşağıdaki bağıntı ile elde edilebilir:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (4.24)$$

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte birinci moda ait maksimum modal yerdeğiştirme (modal yerdeğiştirme istemi) hesaplanır.

Tanım olarak modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$, doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme S_{d1} 'e eşittir.

$$d_1^{(p)} = S_{d1} \quad (4.25)$$

Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme S_{d1} , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait $T_1^{(1)}$ başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e bağlı olarak elde edilir.

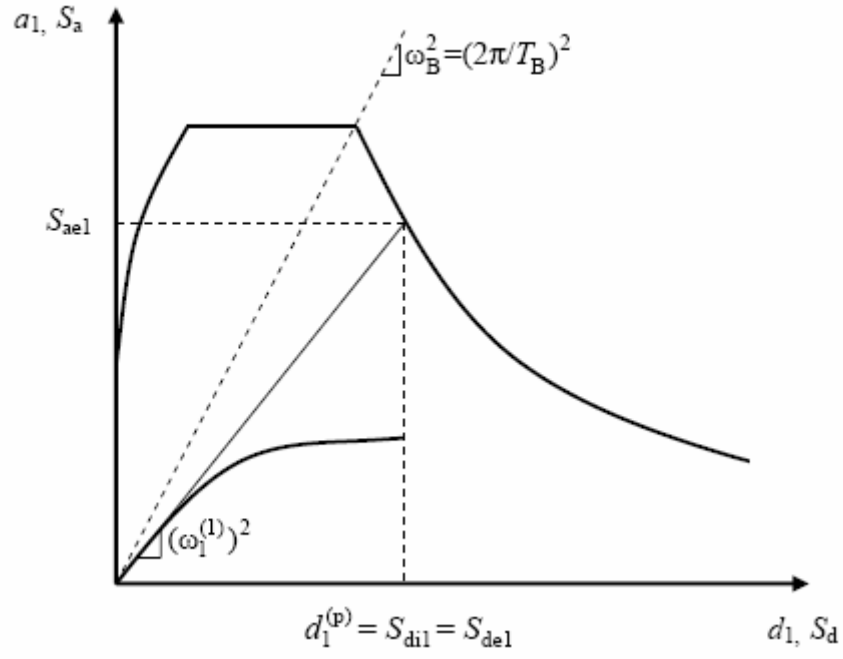
$$S_{d1} = C_{R1} S_{de1} \quad (4.26)$$

Doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme S_{ae1} 'den hesaplanır.

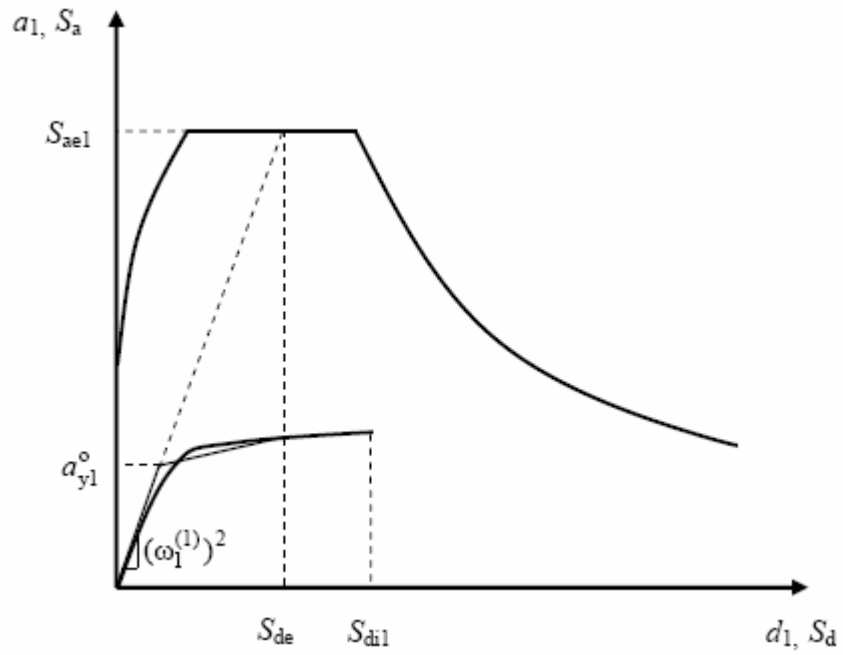
$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (4.27)$$

Spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda ($T_1^{(1)} \geq T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$) $C_{R1} = 1$ varsayımı yapılır, (Şekil 4.13).

Spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'den daha kısa olması durumunda ($T_1^{(1)} < T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 > \omega_B^2$) ise ardışık yaklaşımla aşağıdaki şekilde hesaplanır.



Şekil 4.13 : Performans Noktasının Belirlenmesi ($T_1^{(1)} \geq T_B$)



Şekil 4.14 : Performans Noktasının Belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$)

a) İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, yaklaşık olarak iki doğrulu bir diyagrama dönüştürülür.

Diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ($i=1$) doğrunun eğimi olan birinci moda ait özdeğere, $(\omega_1^{(1)})^2$, eşit alınır ($T_1^{(1)} = 2\pi/\omega_1^{(1)}$), (Şekil 4.14).

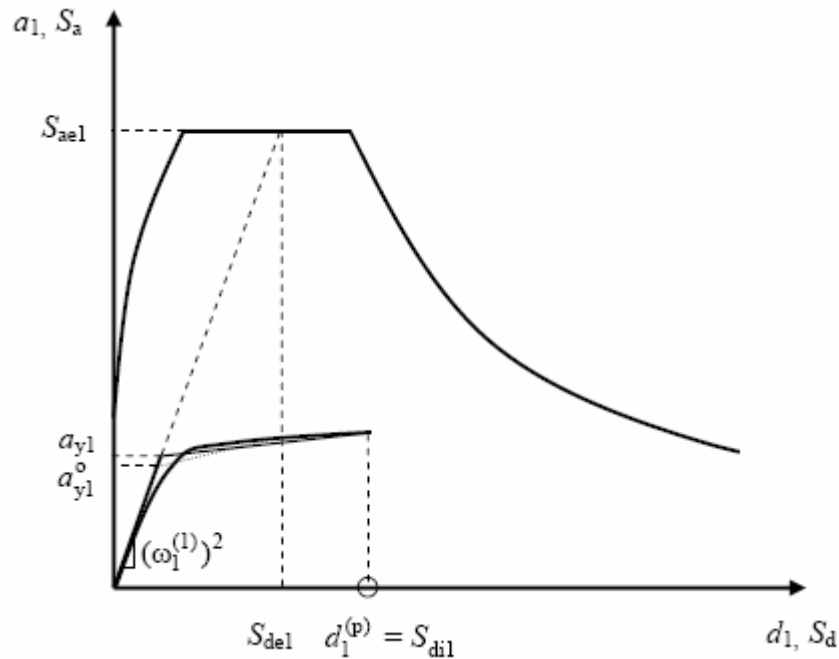
b) Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1}=1$ kabulü yapılarak, eşdeğer akma noktasının koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir.

Daha sonra Denklem (4.26) ile S_{d1} doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme hesaplanır. Bu hesapta C_{R1} değeri Denklem (4.28)’den bulunur.

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B/T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (4.28)$$

Bu bağıntıda R_{y1} birinci moda ait dayanım azaltma katsayısını göstermektedir.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (4.29)$$



Şekil 4.15 : Performans Noktasının Belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$)

c) S_{d1} esas alınarak eşdeğer akma noktasının koordinatları, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara göre a_{y1} , R_{y1} ve C_{R1} tekrar hesaplanır. Ardışık iki

adımında elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir, (Şekil 4.15).

Son itme adımı $i=p$ için deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (4.30)$$

Buna karşılık gelen tüm istem büyüklükleri mevcut itme analizi dosyasından elde edilir veya tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşıncaya kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanır.

4.4.5.4 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi İle İtme Analizi

Bu yöntemin amacı taşıyıcı sistem davranışını temsil eden yeteri sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak mod birleştirme yönteminin artımsal olarak uygulanmasıdır. Bu analiz yönteminde ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımında taşıyıcı sistemde adım adım doğrusal elastik davranış esas alınır.

4.4.5.5 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Yöntemin amacı taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış gözönüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır.

4.4.6 Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

Binaların deprem güvenliği, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarların durumu ile ilgilidir ve dört farklı hasar durumu için tanımlanmıştır. Hesap yöntemlerinin birinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Sonuçların değerlendirilmesi ile güçlendirme kararı alınır.

4.4.6.1 Hemen Kullanım Durumu

Herhangi bir katta her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesine geçebilir ancak, diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesindedir. Bu durumda bina hemen kullanım durumunda kabul edilebilir ve güçlendirilmesine gerek yoktur.

4.4.6.2 Can Güvenliği Durumu

Herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi veya belirgin hasar bölgesindedir. Bu durumda bina can güvenliği durumunda kabul edilir. Can güvenliği durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden maksimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir.

4.4.6.3 Göçmenin Önlenmesi Durumu

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si ve kolonların bir kısmı göçme bölgesine geçebilir. Ancak göçme bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır ve bu elemanların durumu yapının kararlılığını bozmamalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi veya ileri hasar bölgesindedir. Bu durumda bina, göçmenin önlenmesi durumunda kabul edilir. Göçmenin önlenmesi durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. En üst katta göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından

sakıncalıdır ve güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik açıdan uygulanabilirliği değerlendirilmelidir.

4.4.6.4 Göçme Durumu

Bina göçmenin önlenmesi durumunu sağlayamıyorsa göçme durumundadır. Binada güçlendirme uygulanmalıdır, ancak güçlendirilmesi ekonomik olarak verimli olmayabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

4.4.6.5 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir katındaki göreli kat ötelemesi her performans düzeyi için Tablo 4.18'i sağlamalıdır. Tablo 4.18'de $(\delta_i)_{\max}$ ilgili kattaki düşey elemanların uçları arasında hesaplanan en büyük göreli kat ötelemesini, h_i ise kat yüksekliğini göstermektedir.

Tablo 4.18 : Göreli Kat Ötelemesi Sınırları

Görelî Kat Ötelemesi Oranı	Performans Düzeyi		
	Hemen Kullanım	Can Güvenliği	Göçmenin Önlenmesi
$(\delta_i)_{\max}/h_i$	0.008	0.02	0.03

4.4.7 Binalar İçin Hedeflenen Deprem Performans Düzeyleri

ABYYHY 1998'de tanımlanan ivme spektrumu 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisini esas almaktadır. 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumu bu spektrumun yaklaşık olarak yarısı, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumu ise bu spektrumun yaklaşık 1.5 katı olarak kabul edilmiştir. Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas alınacak deprem etkileri ve hedeflenen performans düzeyleri Tablo 4.19'da verilmiştir.

Yapılan bu analizler sonucunda deprem hasarlarına neden olacak kusurların giderilmesi, deprem güvenliğini arttırmaya yönelik olarak yeni elemanlar eklenmesi, kütle azaltılması, mevcut elemanların deprem davranışlarının geliştirilmesi, kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması türündeki kararlar alınır ve güçlendirilme yapıp yapılmayacağına karar verilir.

Tablo 4.19 : Binalar İçin Farklı Deprem Etkileri Altında Hedeflenen Performans Düzeyleri

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	HK	-	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	-	CG	GÖ
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

5. MEVCUT BETONARME BİNALARIN ANALİZİ

Bu bölümde betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahip mevcut iki okul binasının deprem güvenliği Japon Sismik İndeks Yöntemi ve Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Statik itme analizleri ETABS programı kullanılarak yapılmış ve sonuçları belirlenmiştir.

5.1 Mevcut Bina Bilgileri

5.1.1 A Binası Bilgileri

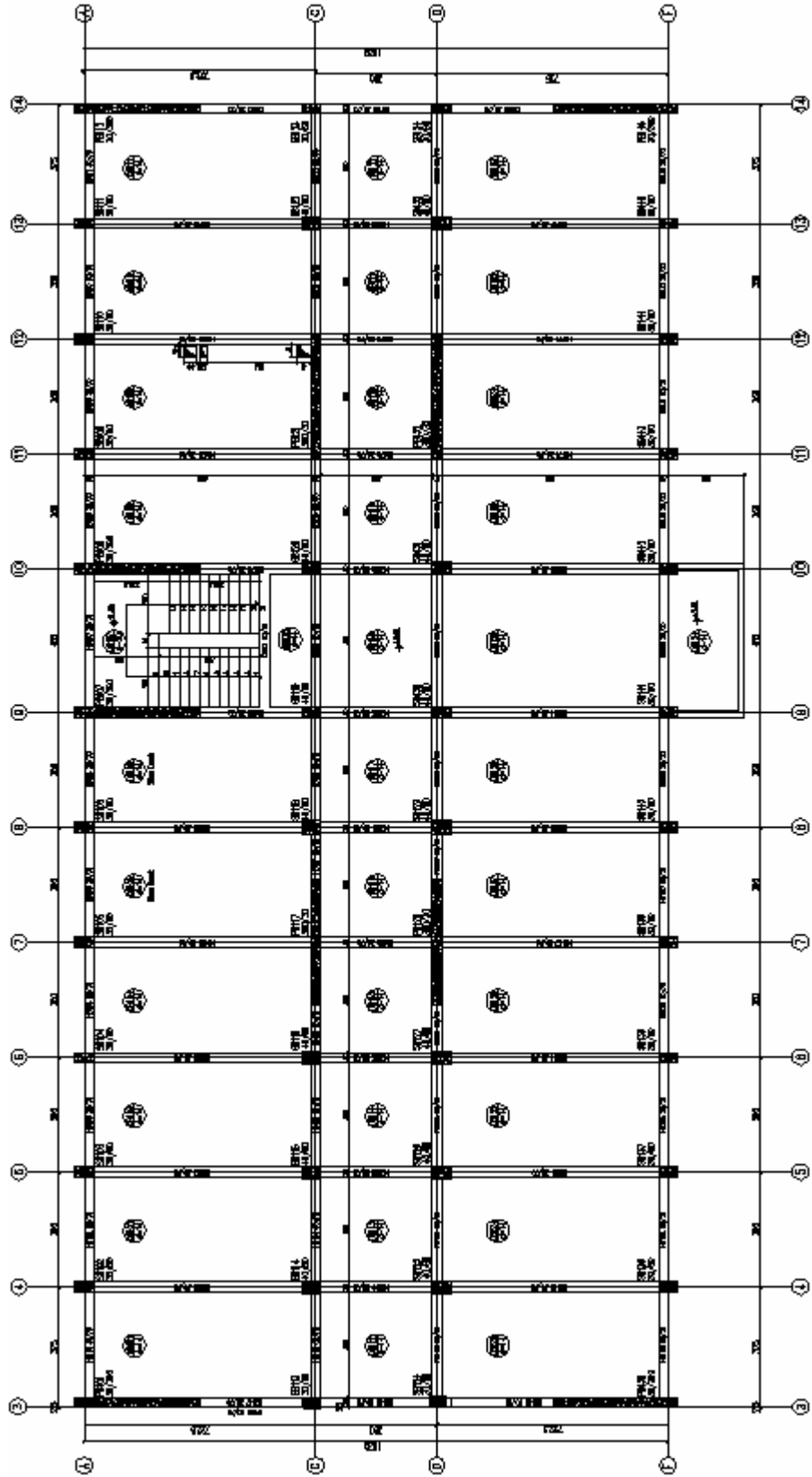
Yapı bir zemin ve üç normal kattan oluşan, okul olarak kullanılan bir binadır. Tüm katlarda kat yüksekliği eşit olup 3.1 m'dir. Toplam bina yüksekliği 12.4 m'dir. Binanın taşıyıcı sistemi betonarme perde çerçevelerden oluşmaktadır. Döşemeler kirişli plak döşemedir. Bina 1.derece deprem bölgesinde ve Z2 zemin sınıfı üzerinde bulunmaktadır. Daha önce yapılmış yapı malzemeleri araştırma sonuçlarına göre binanın zemin ve birinci kat beton dayanımı 12 N/mm^2 , elastisite modülü 25250 N/mm^2 , ikinci ve üçüncü kat beton dayanımı 28 N/mm^2 , elastisite modülü 31200 N/mm^2 ; donatıları ise S220 betonarme çeliğidir. Paspayı kiriş ve kolon kesitlerinde 20 mm'dir. Zemin kat kalıp planı Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

5.1.1.1 Binaya Etkiyen Yükler ve Bina Ağırlığı

Tüm katlarda döşeme sabit yükü olarak 4.2 kN/m^2 , hareketli yük olarak 5 kN/m^2 alınmıştır. Kat ağırlıklarının hesabında, bina okul amacı ile kullanıldığı için hareketli yük katılım katsayısı 0.60 olarak uygulanmıştır. Toplam bina ağırlığı ise 41434.79 kN'dur.

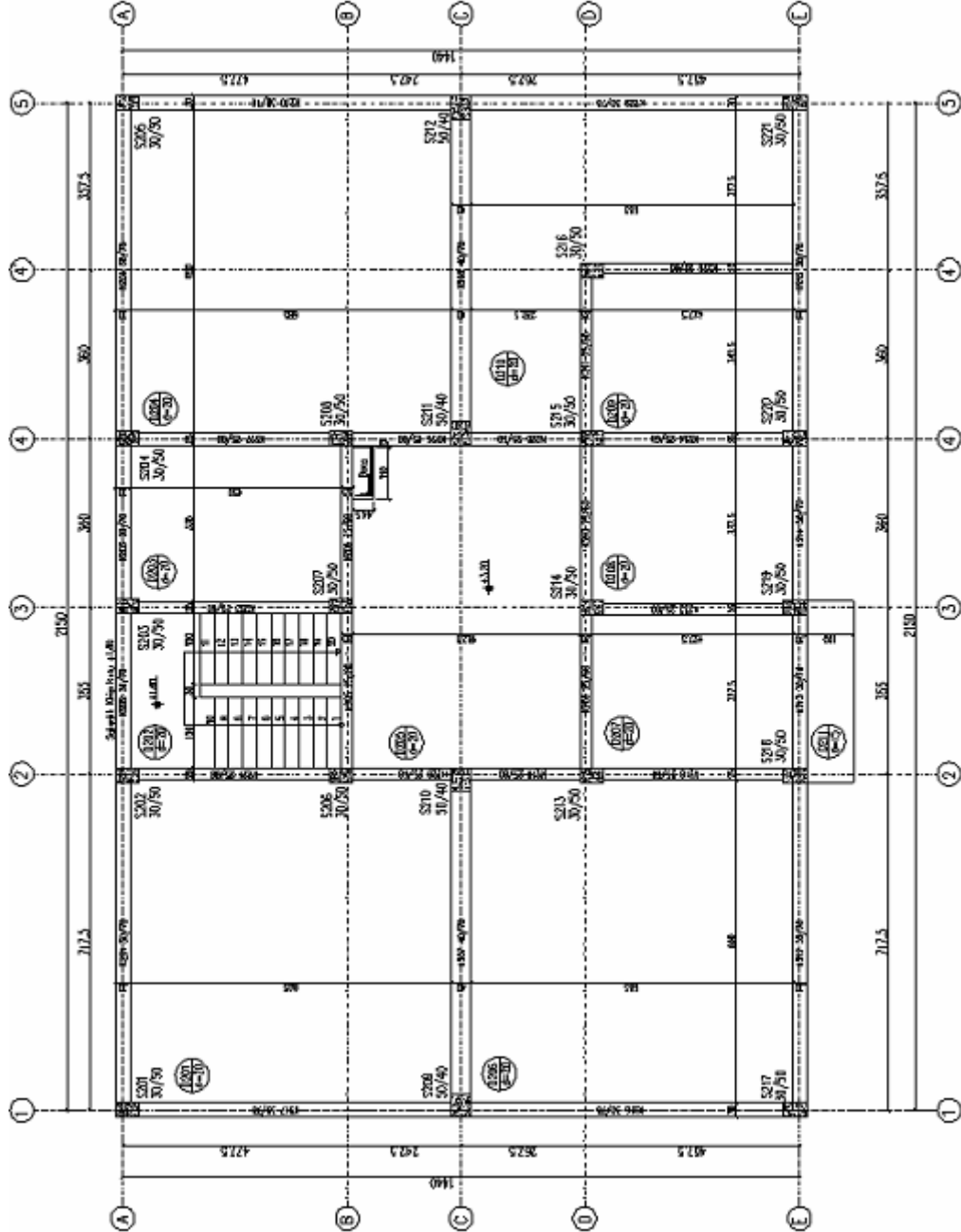
5.1.2 B Binası Bilgileri

Yapı bir zemin ve iki normal kattan oluşan ve okul olarak kullanılan bir binadır. Zemin ve birinci normal kat yüksekliği 3.2 m, ikinci normal kat yüksekliği ise 3.15 m'dir. Toplam bina yüksekliği 9.55 m'dir. Binanın taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşmaktadır. Döşemeler kirişli plak döşemedir. Bina 1.derece deprem



Şekil 5.1 : A Binası Zemin Kat Kalıp Planı

bölgesinde ve Z2 sınıfı zemin üzerinde bulunmaktadır. B binası içinde yapı malzemeleri araştırması yapılmış olup binanın zemin kat beton dayanımı 9 N/mm^2 , elastisite modülü 23750 N/mm , ikinci ve üçüncü kat beton dayanımı 12 N/mm^2 , elastisite modülü 25250 N/mm , donatıların S220 betınarme çeliği olduğu tespit edilmiştir. Paspayı kolon ve kiriş kesitlerinde 20 mm 'dir. Zemin kat kalıp planı Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

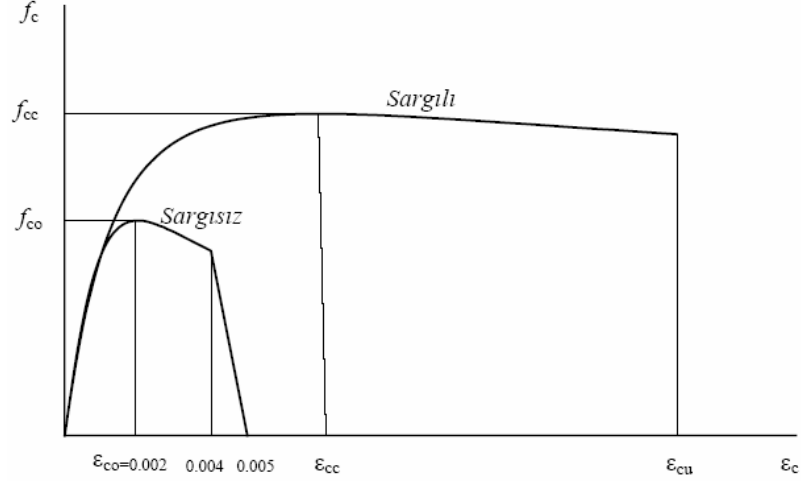


Şekil 5.2 : B Binası Zemin Kat Kalıp Planı

5.1.2.1 Binaya Etkiyen Yükler ve Bina Ağırlığı

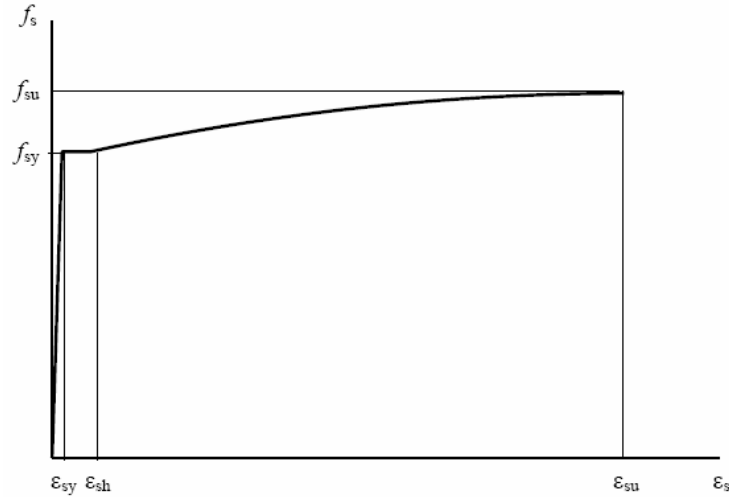
Tüm katlarda döşeme sabit yükü olarak 4.2 kN/m², hareketli yük olarak 5 kN/m² alınmıştır. Kat ağırlıklarının hesabında, bina okul amacı ile kullanıldığı için hareketli yük katılım katsayısı yine 0.60 alınmıştır. Toplam bina ağırlığı ise 13332.08 kN'dur.

5.1.3 Malzeme zellikleri



şekil 5.3 : Beton İçin Gerilme-şekildeğiştirme Bağıntısı

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (Mpa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.10	550



şekil 5.4 : Donatı eliği İçin Gerilme-şekildeğiştirme Bağıntısı

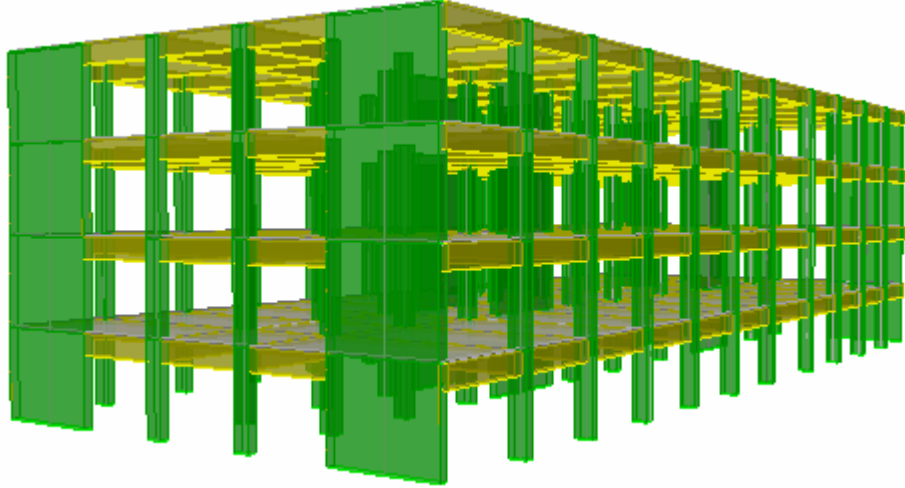
Statik itme analizi sonucu oluşan plastik mafsalların eğilme momenti-dönme ilişkileri, beton ve donatı malzeme özelliklerine dayanarak DBYBHY 2007'de

öngörülen malzeme modelleri esas alınarak belirlenmiştir. Bu malzeme modellerine ait gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları Şekil 5.3 ve Şekil 5.4’de verilmiştir.

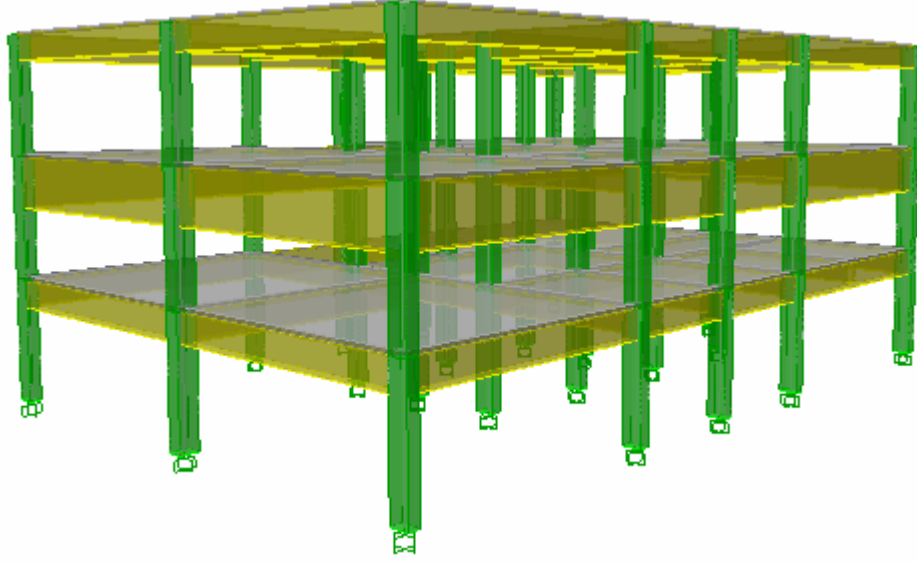
5.2 ETABS Programı İle Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi

ETABS, doğrusal olmayan statik analiz için kullanılabilecek bilgisayar programlarından biridir. Program özellikle betonarme binaların modellenmesinde kolaylıklar sağlamaktadır. Analize başlamadan önce yapı geometrisi, eleman boyutları, kesitler, yapıya etkiyen yükler, malzeme özellikleri programda oluşturulur. Programda statik itme analizi için sadece çubuk elemanlarda plastik mafsalları tanımlanabildiğinden analiz çerçeve tipi elemanlara uygulanabilir. Perde duvarı gibi elemanlar çerçeve elemanı olarak modellenir. Analizde doğrusal olmayan davranışlar sadece kullanıcı tarafından plastik mafsalları atanan yerlerde oluşur. Bu nedenle mafsallara ait özelliklerin tespit edilmesi ve elemanlara atanması gerekmektedir. Çubuk elemanların üzerinde istenilen yerde ve istenilen sayıda mafsalları tanımlı yapılabilmektedir.

Eleman boyutları, malzeme ve kesit özellikleri, uygulanan yük değerleri gibi özellikler programa tanımlanarak yapı modeli oluşturulur, (Şekil 5.5, Şekil 5,6). Plastik mafsalların kolon ve kiriş uçlarında oluştuğu varsayımı yapılarak olası plastik mafsallar tanımlanır.



Şekil 5.5 : A Binası Modelinin 3 Boyutlu Görünümü



Şekil 5.6 : B Binası Modelinin 3 Boyutlu Görünümü

Sistem sabit düşey yükler ve orantılı olarak arttırılan deprem yükleri altında doğrusal olmayan analizi yapılarak, öngörülen herhangi bir yatay yerdeğiştirme değerine kadar itilir. Bu düzeyde, yapının ilgili deprem doğrultusundaki hakim titreşim moduna ait etkin modal kütlesi, modal katılım oranı ve mod yatay yerdeğiştirmesi değerleri elde edilir, (Tablo 5.1-Tablo 5.4).

5.2.1 A Binası Çözümleme Sonuçları

Tablo 5.1 : Kat Kütleleri

Kat	Kütle
Zemin	1076.99
Kat1	1074.48
Kat2	1074.54
Kat3	997.72
Toplam	4223.73

Tablo 5.2 : Modal Kütle Katılım Oranları (%)

Mod	Period	UX	UY
1	0.323	77.471	0.003
2	0.285	0.002	75.251
3	0.239	0.027	1.183
4	0.085	17.442	0.000
5	0.071	0.000	17.865
6	0.059	0.001	0.425
7	0.043	4.535	0.000
8	0.035	0.000	4.596
9	0.031	0.519	0.000
10	0.029	0.000	0.119
11	0.025	0.000	0.541
12	0.020	0.000	0.014

Tablo 5.3 : Modal Katılım Oranları (%)

Mod	Period	UX	UY
1	0.323	57.202	0.393
2	0.285	0.287	56.377
3	0.239	1.077	7.069
4	0.085	27.142	0.028
5	0.071	0.060	27.470
6	0.059	0.271	4.238
7	0.043	13.840	0.030
8	0.035	0.052	13.933
9	0.031	4.682	0.007
10	0.029	0.167	2.243
11	0.025	0.020	4.780
12	0.020	0.052	0.771

Tablo 5.4 : Hakim Mod Şekilleri

Kat	Mod	UX	UY
Zemin	1	0.0038	0.0000
Kat1	1	0.0104	0.0001
Kat2	1	0.0173	0.0001
Kat3	1	0.0234	0.0002
Zemin	2	0.0000	0.0036
Kat1	2	0.0001	0.0101
Kat2	2	0.0001	0.0170
Kat3	2	0.0001	0.0235

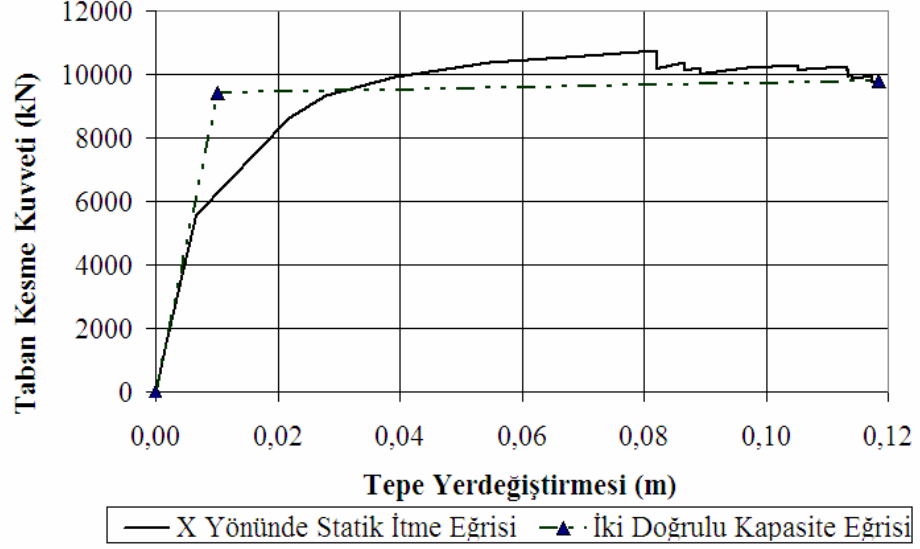
Tablo 5.5’de Etabs programı kullanılarak elde edilen itme analizinin her adımına ait taban kesme kuvveti-tepe noktası yerdeğiştirmesi değerlerinden yararlanarak statik itme eğrisi (kapasite diyagramı) çizilir.

Tablo 5.5 : Taban Kesme Kuvveti-Tepe Noktası Yerdeğiştirmesi Değerleri

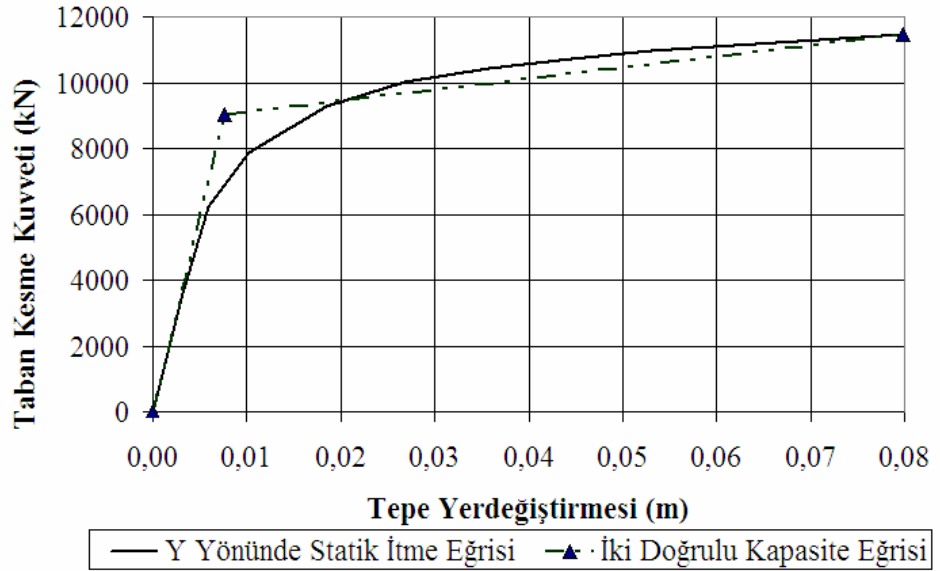
ADIM	X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
	u_n	V_b	u_n	V_b
0	0.000	0.00	0.000	0.00
1	0.007	5588.01	0.003	3573.31
2	0.022	8645.24	0.006	6215.17
3	0.028	9315.24	0.010	7885.49
4	0.039	9934.97	0.019	9296.62
5	0.055	10373.44	0.027	10024.14
6	0.082	10749.96	0.036	10451.68
7	0.082	10176.50	0.045	10740.90
8	0.087	10373.20	0.053	10960.46
9	0.087	10114.84	0.062	11145.12
10	0.089	10214.54	0.071	11307.43
11	0.089	9992.70	0.080	11447.93
12	0.105	10308.37		
13	0.105	10118.23		
14	0.113	10244.39		
15	0.113	10111.68		
16	0.114	9971.76		
17	0.117	9758.66		
18	0.118	9811.15		

Statik itme eğrisi iki doğrulu (bi-lineer) bir diyagrama dönüştürülür. Bu dönüştürme işleminde, iki doğrulu diyagramın ve statik itme eğrisinin altında kalan alanların yaklaşık olarak birbirlerine eşit olması sağlanır, (Şekil 5.7, Şekil 5.8).

İki doğrulu statik itme eğrisine koordinat dönüşümü uygulanarak, modal yerdeğiştirme ve modal ivme değerleri elde edilir, (Tablo 5.6).



Şekil 5.7 : X Yönü Statik İtme Eğrisinin İki Doğrulu Diyagrama Dönüştürülmesi

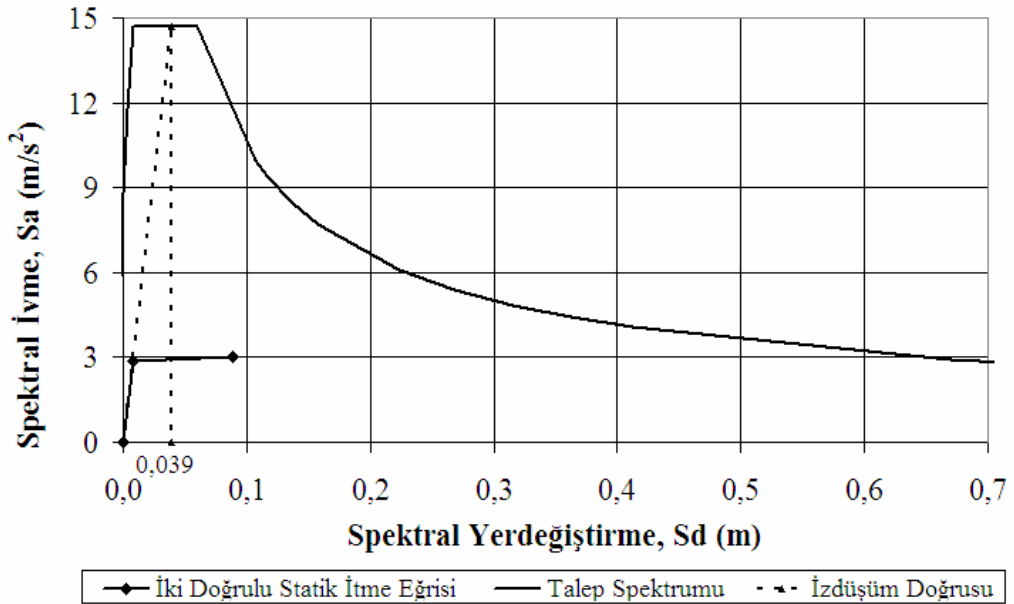


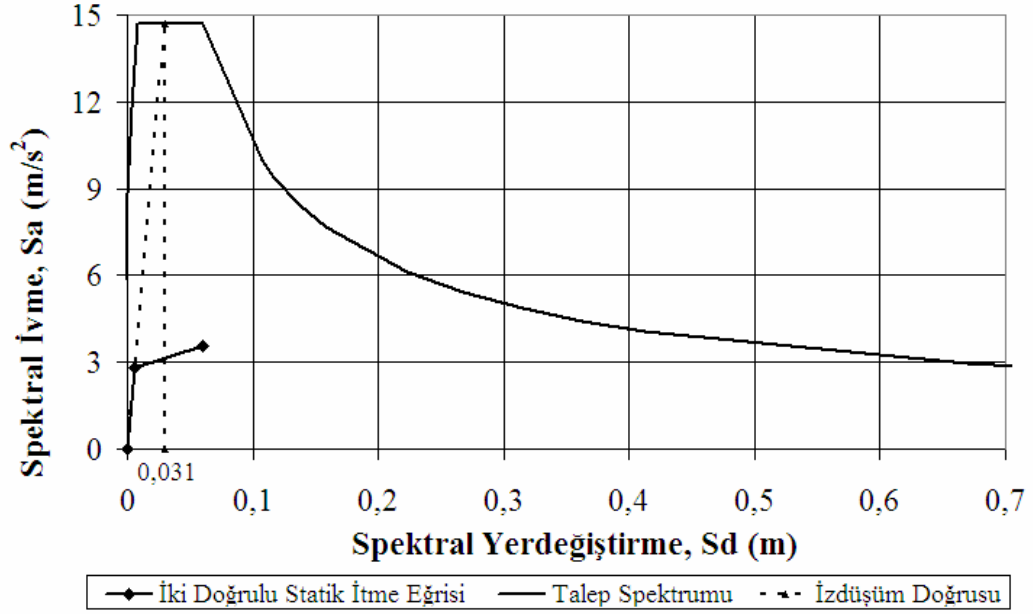
Şekil 5.8 : Y Yönü Statik İtme Eğrisinin İki Doğrulu Diyagrama Dönüştürülmesi

Tablo 5.6 : X ve Y Yönlerine Ait Modal Yerdeğiştirme ve Modal İvme Değerleri

ADIM	X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
	a	d	a	d
0	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,679	0,005	1,105	0,002
2	2,597	0,016	1,922	0,004
3	2,798	0,021	2,439	0,008
4	2,984	0,029	2,875	0,014
5	3,116	0,041	3,100	0,020
6	3,229	0,061	3,232	0,027
7	3,057	0,061	3,322	0,034
8	3,116	0,065	3,390	0,040
9	3,039	0,065	3,447	0,047
10	3,068	0,067	3,497	0,054
11	3,002	0,067	3,540	0,060
12	3,097	0,079		
13	3,040	0,079		
14	3,077	0,085		
15	3,038	0,085		
16	2,996	0,085		
17	2,932	0,088		
18	2,947	0,088		

Hesaplanan modal yerdeğiştirme ve modal ivme değerleri ile, eksenleri spektral ivme-spektral yerdeğiştirme olan diyagram çizilir. Bu diyagramda can güvenliği (CG) performans düzeyine ait, ilgili zemin sınıfının ivme spektrumu eğrisi de gösterilir. Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme değerlerinin oluşturacağı iki doğrulu diyagramın birinci doğrusunun, ivme spektrumu eğrisini kestiği noktanın x eksenine üzerine izdüşümü alınarak doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme değeri bulunur, (Şekil 5.9, Şekil 5.10).

**Şekil 5.9 : X Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (CG)**



Şekil 5.10 : Y Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (CG)

Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'daki başlangıç periyodu, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'den daha küçük olduğu için Denklem 4.26, Denklem 4.28 ve Denklem 4.29 kullanılarak doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme hesaplanır.

X yönündeki tepe yatay yerdeğiştirmesi istemi Denklem (4.30)'a göre hesaplanır. Y yönündeki yatay yerdeğiştirme istemi de benzer şekilde bulunur, (Tablo 5.7). Bulunan bu yerdeğiştirme değerine göre, can güvenliği performans noktasındaki taban kesme kuvveti hesaplanır (Tablo 5.8).

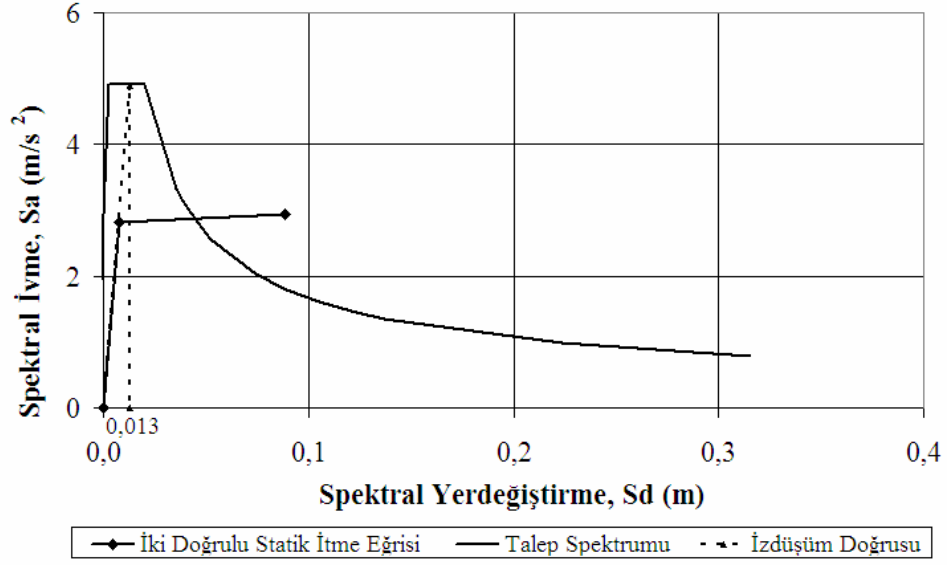
Tablo 5.7 : Tepe Noktası Yatay Yerdeğiştirme İstemi Değerleri (CG)

Yön	C_{R1}	S_{de}	S_{di}	U_{hedef}
X	1.202	0.039	0.047	0.063
Y	1.349	0.031	0.042	0.056

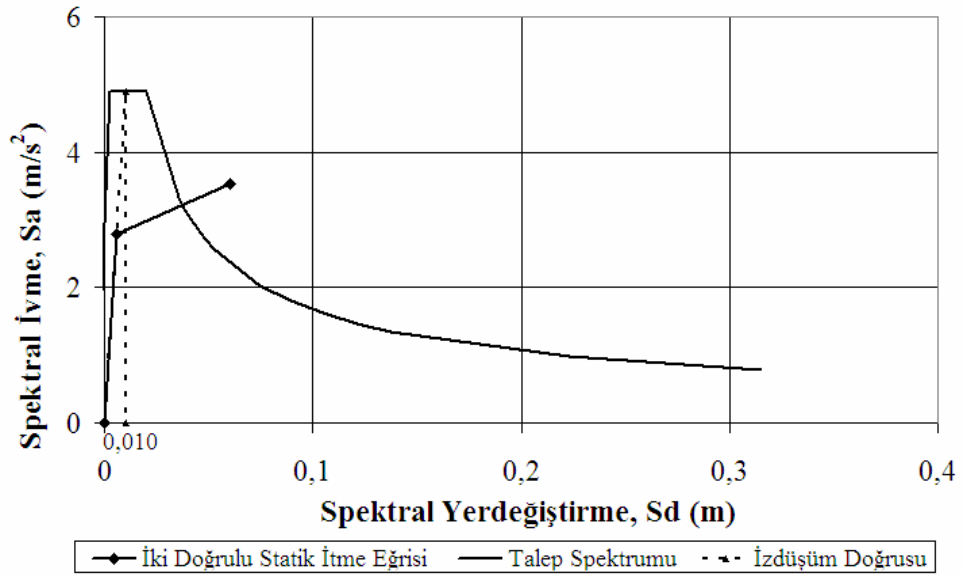
Tablo 5.8 : Performans Noktasındaki Taban Kesme Kuvveti Değerleri (CG)

Yön	$U_{\text{hedef}} \text{ (m)}$	$V_b \text{ hedef (kN)}$
X	0.063	10495.32
Y	0.056	11023.89

Hemen kullanım (HK) performans düzeyine ait performans noktasını bulmak için, hemen kullanım performans düzeyine ait, ilgili zemin sınıfının ivme spektrumu eğrisi spektral ivme-spektral yerdeğiştirme diyagramında gösterilir. Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme değerlerinin oluşturacağı iki doğrulu diyagramın birinci doğrusunun, ivme spektrumu eğrisini kestiği noktanın x eksenine izdüşümü alınarak doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme değeri bulunur, (Şekil 5.11, Şekil 5.12).



Şekil 5.11 : X Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (HK)



Şekil 5.12 : Y Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (HK)

Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'deki başlangıç periyodu, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'den daha küçük olduğu için Denklem 4.26, Denklem 4.28 ve Denklem 4.29 kullanılarak doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme hesaplanır.

X yönündeki tepe yatay yerdeğiştirmesi istemi Denklem (4.30)'a göre hesaplanır. Y yönündeki yatay yerdeğiştirme istemi de benzer şekilde bulunur, (Tablo 5.9). Bulunan bu yerdeğiştirme değerine göre, hemen kullanım performans noktasındaki taban kesme kuvveti hesaplanır (Tablo 5.10).

Tablo 5.9 : Tepe Noktası Yatay Yerdeğiştirme İstemi Değerleri (HK)

Yön	C _{R1}	S _{de}	S _{di}	U _{hedef}
X	1.163	0.013	0.015	0.020
Y	1.245	0.010	0.012	0.016

Tablo 5.10 : Performans Noktasındaki Taban Kesme Kuvveti Değerleri (HK)

Yön	U _{hedef} (m)	V _b hedef (kN)
X	0.020	8278.83
Y	0.016	8848.90

5.2.2 B Binası Çözümleme Sonuçları

Tablo 5.11 : Kat Kütleleri

Kat	Kütle
Zemin	456.73
Kat1	482.17
Kat2	420.13
Toplam	1359.03

Tablo 5.12 : Modal Kütle Katılım Oranları (%)

Mod	Period	UX	UY
1	0.661	89.364	0.000
2	0.599	0.020	0.755
3	0.549	0.001	87.578
4	0.221	8.428	0.000
5	0.193	0.024	0.003
6	0.178	0.000	8.983
7	0.143	2.136	0.000
8	0.130	0.024	0.004
9	0.111	0.000	2.676

Tablo 5.13 : Modal Katılım Oranları (%)

Mod	Period	UX	UY
1	0.661	34.849	0.073
2	0.599	0.521	3.204
3	0.549	0.118	34.499
4	0.221	10.702	0.012
5	0.193	0.577	0.194
6	0.178	0.013	11.049
7	0.143	5.388	0.026
8	0.130	0.579	0.237
9	0.111	0.003	6.030

Tablo 5.14 : Hakim Mod Şekilleri

KAT	MOD	UX	UY
Zemin	1	0.0140	0.0000
Kat1	1	0.0280	0.0000
Kat2	1	0.0356	0.0000
Zemin	3	0.0000	0.0133
Kat1	3	0.0000	0.0278
Kat2	3	0.0000	0.0358

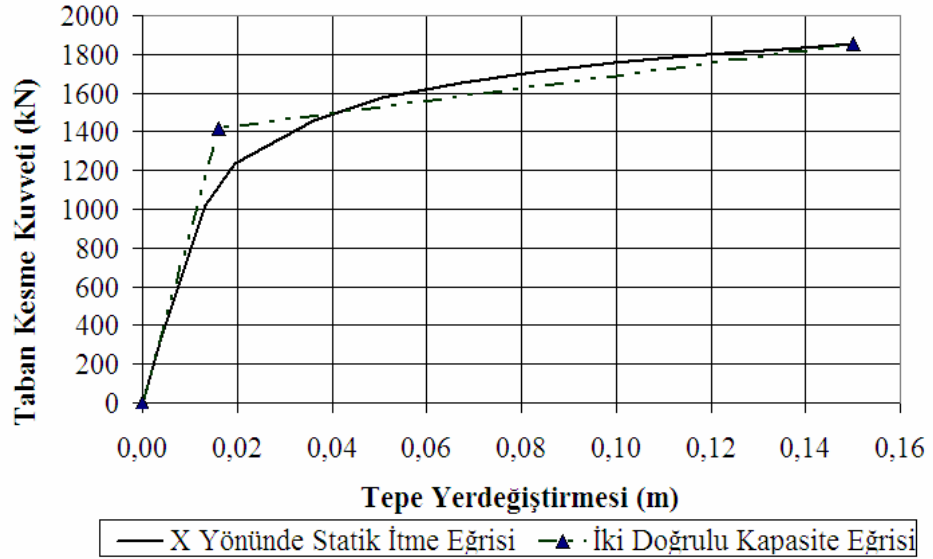
İtme analizinin her adımına ait taban kesme kuvveti-tepe noktası yerdeğiştirmesi değerlerinden yararlanarak statik itme eğrisi (kapasite diyagramı) çizilir.

Tablo 5.15 : Taban Kesme Kuvveti-Tepe Noktası Yerdeğiştirmesi Değerleri

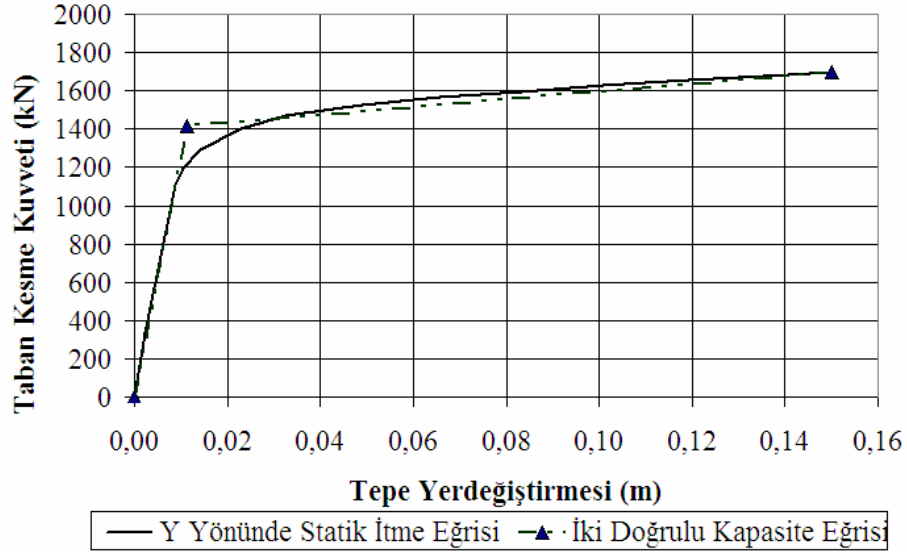
ADIM	X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
	u_n	V_b	u_n	V_b
0	0	0	0	0
1	0.004	315.08	0.002	337.83
2	0.013	1020.69	0.009	1105.21
3	0.020	1237.12	0.010	1197.59
4	0.036	1456.99	0.014	1289.31
5	0.051	1578.37	0.023	1400.91
6	0.067	1655.62	0.033	1471.28
7	0.083	1706.66	0.049	1528.01
8	0.100	1754.34	0.066	1565.59
9	0.115	1790.85	0.083	1597.78
10	0.139	1833.56	0.101	1627.54
11	0.150	1851.80	0.119	1656.17
12			0.141	1686.33
13			0.150	1698.72

Statik itme eğrisi iki doğrulu bir diyagrama dönüştürölür. Bu dönüştürme işleminde, iki doğrulu diyagramın ve statik itme eğrisinin altında kalan alanların yaklaşık olarak birbirlerine eşit olması sağlanır, (şekil 5.13, şekil 5.14).

İki doğrulu statik itme eğrisine koordinat dönüşümü uygulanarak, modal yerdeğiştirme ve modal ivme değerleri elde edilir, (Tablo 5.16).



şekil 5.13 : X Yönü Statik İtme Eğrisinin İki Doğrulu Diyagrama Dönüştürölmesi

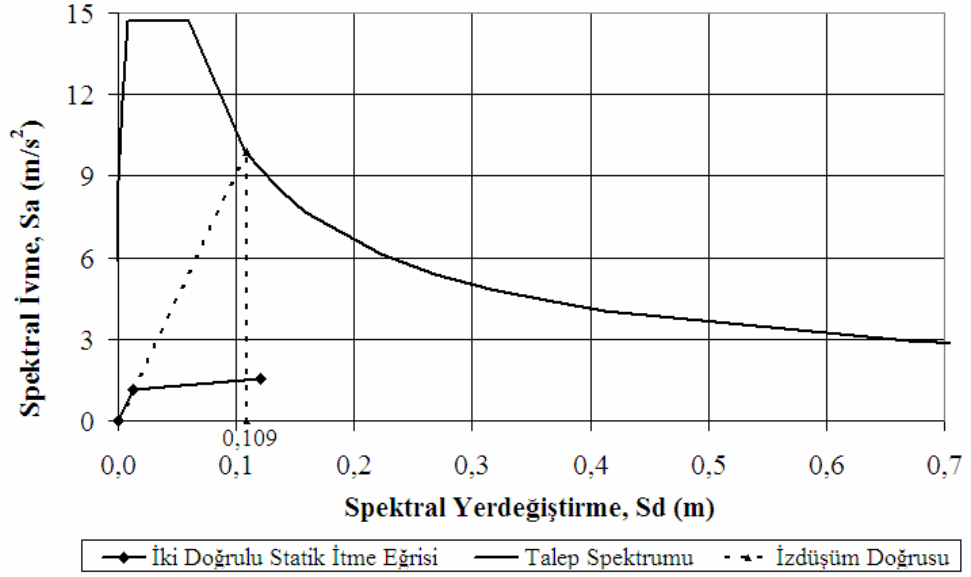


Şekil 5.14 : Y Yönü Statik İtme Eğrisinin İki Doğrulu Diyagrama Dönüştürülmesi

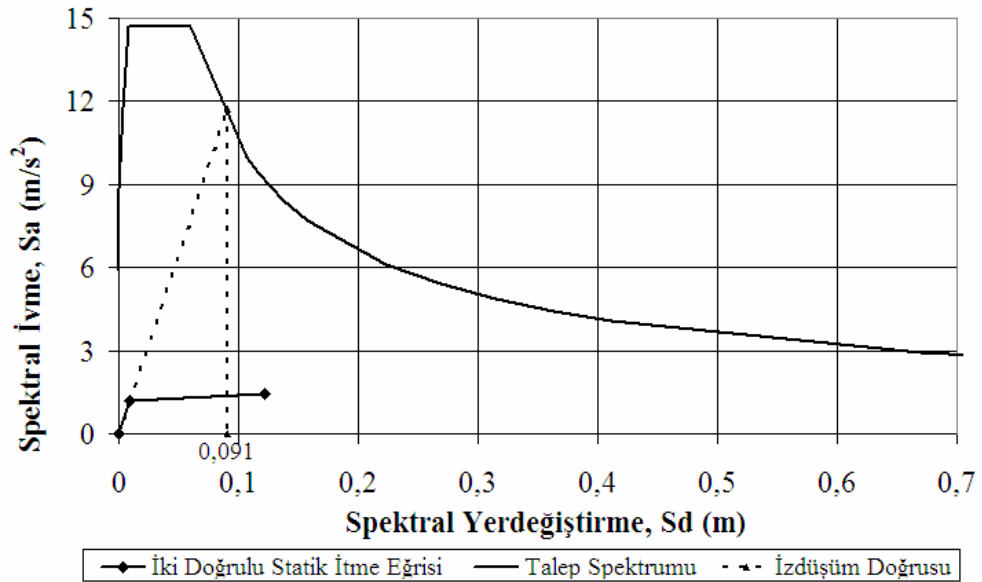
Tablo 5.16 : X ve Y Yönlerine Ait Modal Yerdeğiştirme ve Modal İvme Değerleri

ADIM	X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
	a	d	a	d
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.259	0.003	0.283	0.002
2	0.840	0.011	0.928	0.007
3	1.018	0.016	1.006	0.008
4	1.199	0.029	1.083	0.011
5	1.299	0.041	1.177	0.018
6	1.363	0.054	1.236	0.026
7	1.405	0.067	1.284	0.039
8	1.444	0.080	1.315	0.053
9	1.474	0.093	1.342	0.067
10	1.510	0.112	1.367	0.081
11	1.525	0.121	1.391	0.096
12			1.416	0.114
13			1.427	0.121

Hesaplanan modal yerdeğiştirme ve modal ivme değerleri ile, eksenleri spektral ivme-spektral yerdeğiştirme olan diyagram çizilir. Bu diyagramda can güvenliği performans düzeyine ait, ilgili zemin sınıfının ivme spektrumu eğrisi de gösterilir. Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme değerlerinin oluşturacağı iki doğrulu diyagramın birinci doğrusunun, ivme spektrumu eğrisini kestiği noktanın x eksenine izdüşümü alınarak doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme değeri bulunur, (Şekil 5.15, Şekil 5.16).



Şekil 5.15 : X Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (CG)



Şekil 5.16 : Y Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (CG)

Şekil 5.15 ve Şekil 5.16'daki başlangıç periyodu, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'den daha büyük olduğu için eşit yerdeğiştirme kuralına göre doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme, doğrusal elastik spektral yerdeğiştirmeye eşit olarak alınır. X ve Y yönündeki tepe yatay yerdeğiştirmesi istemi hesaplanır. (Tablo 5.17).

Tablo 5.17 : Tepe Noktası Yatay Yerdeğiştirme İstemi Değerleri (CG)

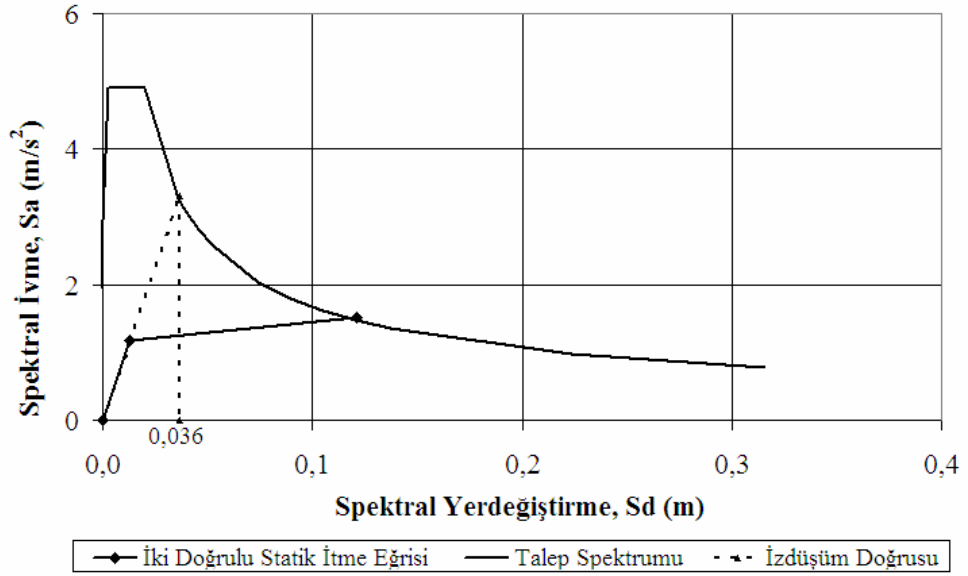
Yön	C_{R1}	S_{de}	S_{di}	U_{hedef}
X	1.000	0.109	0.109	0.135
Y	1.000	0.091	0.091	0.112

Bulunan bu yerdeğiştirme değerine göre, can güvenliği performans noktasındaki taban kesme kuvveti hesaplanır (Tablo 5.18).

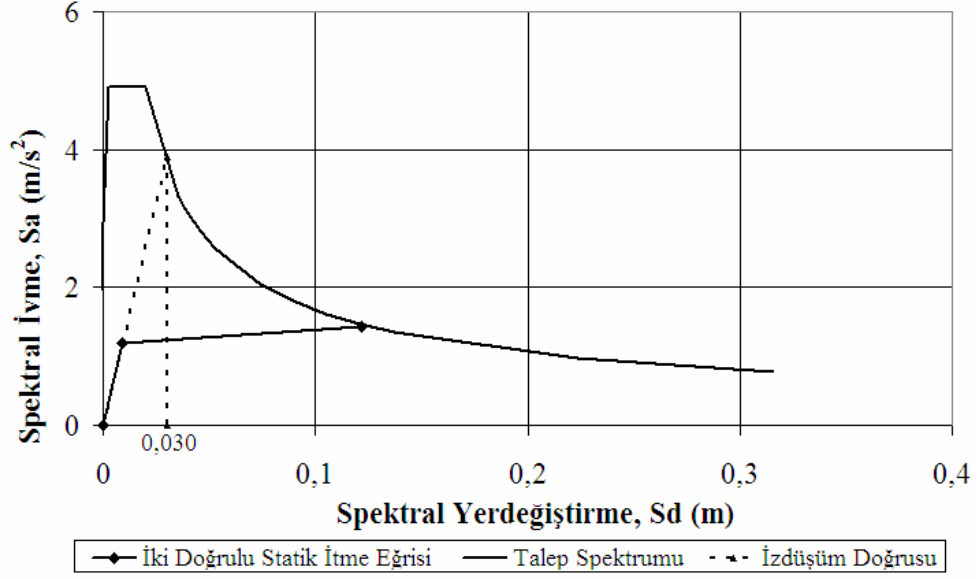
Tablo 5.18 : Performans Noktasındaki Taban Kesme Kuvveti Değerleri (CG)

Yn	U hedef (m)	V _b hedef (kN)
X	0.135	1826.96
Y	0.112	1645.17

Hemen kullanım (HK) performans düzeyine ait performans noktasını bulmak için, hemen kullanım performans düzeyine ait, ilgili zemin sınıfının ivme spektrumu eğrisi spektral ivme-spektral yerdeğiştirme diyagramında gösterilir. Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme değerlerinin oluşturacağı iki doğrulu diyagramın birinci doğrusunun, ivme spektrumu eğrisini keştiği noktanın x eksenine üzerine izdüşümü alınarak doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme değeri bulunur, (şekil 5.17, şekil 5.18).



şekil 5.17 : X Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (HK)



Şekil 5.18 : Y Yönüne Ait Spektral İvme-Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı (HK)

X ve Y yönündeki tepe yatay yerdeğiştirmesi istemi hesaplanır, (Tablo 5.19). Bulunan bu yerdeğiştirme değerine göre, hemen kullanım performans noktasındaki taban kesme kuvveti hesaplanır (Tablo 5.20).

Tablo 5.19 : Tepe Noktası Yatay Yerdeğiştirme İstemi Değerleri (HK)

Yön	C_{R1}	S_{de}	S_{di}	U_{hedef}
X	1.000	0.036	0.036	0.045
Y	1.000	0.030	0.030	0.037

Tablo 5.20 : Performans Noktasındaki Taban Kesme Kuvveti Değerleri (HK)

Yön	$U_{\text{hedef}} \text{ (m)}$	$V_b \text{ hedef (kN)}$
X	0.045	1532.48
Y	0.037	1488.06

5.3 Japon Sismik İndeks Yöntemi İle Analiz

Yapı için deprem performansı karar kavramı, $I_s > I_{so}$ koşulu tarafından belirlenir. Burada, I_s yapı için sismik performans indeksi, I_{so} ise yapı için sismik talep indeksidir. $I_s > I_{so}$ koşulunu sağlayan yapı güvenli olarak varsayılır (kabul edilen yer hareketi karşısında ihtiyaç duyulan deprem performansından daha fazlasına sahiptir), sağlamayan yapının ise beklenen deprem hareketi karşısında deprem performansının yetersiz olduğu düşünülür.

5.3.1 A Binası JSİY Sonuçları

5.3.1.1 1 Aşama Değerlendirmesi Sonuçları

Tablo 5.21 : X ve Y Yönü E_0 ve I_s İndeksi Değerleri

	1. Kat		2. Kat		3. Kat		4. Kat	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
S_D İndeksi	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080
T İndeksi	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
E_0 İndeksi	0.209	0.223	0.212	0.236	0.525	0.585	0.861	0.959
E_0 İndeksi (sc)	0.143	0.000	0.143	0.000	0.355	0.000	0.582	0.000
I_s İndeksi	0.226	0.241	0.229	0.255	0.567	0.632	0.930	1.035

Tablo 5.22 : Tüm Katların X ve Y Yönü I_s İndeksi Değerleri

	I_s İndeksi	
	X	Y
1. Kat	0.226	0.241
2. Kat	0.229	0.255
3. Kat	0.567	0.632
4. Kat	0.930	1.035

Tablo 5.23 : X ve Y Yönü I_{s0} İndeksi Değerleri

I_{s0} İndeksi Hesabı		X	Y
E_s (Seviye)	1. Seviye	0.800	0.800
Z (Deprem Bölgesi)	1. Dep. Böl.	1.000	1.000
G (Zemin Sınıfı)	Z2	1.000	1.000
U (Yapı Türü)	Okul	1.500	1.500
I_{s0} İndeksi	$E_s \times Z \times G \times U$	1.200	1.200

I_s yapı için sismik performans indeksi ve I_{s0} yapı için sismik talep indeksi karşılaştırılarak yapının deprem performansı hakkında karar verilir. Bina deprem performansının 1. aşama değerlendirmesine göre oldukça yetersiz olduğu Tablo 5.24'de görülmektedir.

Tablo 5.24 : X ve Y Yönü I_{s0} ve I_s İndeksi Karşılaştırılması

	X		Y	
	I_s	I_{s0}	I_s	I_{s0}
1. Kat	0.226	< 1.200	0.241	< 1.200
2. Kat	0.229	< 1.200	0.255	< 1.200
3. Kat	0.567	< 1.200	0.632	< 1.200
4. Kat	0.930	< 1.200	1.035	< 1.200

5.3.1.2 2 Aşama Değerlendirmesi Sonuçları

Tablo 5.25 : X ve Y Yönü E_0 ve I_s İndeksi Değerleri

	1. Kat		2. Kat		3. Kat		4. Kat	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
S_D İndeksi	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
T İndeksi	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
E_0 İndeksi	0.490	0.745	0.443	0.744	0.444	1.109	1.223	1.530
I_s İndeksi	0.424	0.644	0.383	0.643	0.384	0.958	1.057	1.322

Tablo 5.26 : X ve Y Yönü E_0 İndeksi Değerleri

	E_0 İndeksi	
	X	Y
1. Kat	0.490	0.745
2. Kat	0.443	0.744
3. Kat	0.444	1.109
4. Kat	1.223	1.530

Tablo 5.27 : Tüm Katların X ve Y Yönü I_s İndeksi Değerleri

	I_s İndeksi	
	X	Y
1. Kat	0.424	0.644
2. Kat	0.383	0.643
3. Kat	0.384	0.958
4. Kat	1.057	1.322

Tablo 5.28 : X ve Y Yönü I_{s0} İndeksi Değerleri

I_{s0} İndeksi Hesabı		X	Y
E_s (Seviye)	1. Seviye	0.600	0.600
Z (Deprem Bölgesi)	1. Dep. Böl.	1.000	1.000
G (Zemin Sınıfı)	Z2	1.000	1.000
U (Yapı Türü)	Okul	1.500	1.500
I_{s0} İndeksi	$E_s \times Z \times G \times U$	0.900	0.900

I_s yapı için sismik performans indeksi ve I_{s0} yapı için sismik talep indeksi karşılaştırılarak yapının deprem performansı hakkında karar verilir.

Tablo 5.29 : X ve Y Yönü I_{s0} ve I_s İndeksi Karşılaştırılması

	X		Y	
	I_s	I_{s0}	I_s	I_{s0}
1. Kat	0.424	< 0.900	0.644	< 0.900
2. Kat	0.383	< 0.900	0.643	< 0.900
3. Kat	0.384	< 0.900	0.958	> 0.900
4. Kat	1.057	> 0.900	1.322	> 0.900

Binanın deprem performansının 4. katta yeterli olmasına rağmen, 1., 2. ve 3. katta yetersiz olmasından dolayı 2. aşama değerlendirmesine göre binanın deprem performansının yetersiz olduğu Tablo 5.29’da görülmektedir.

5.3.2 B Binası JSİY Sonuçları

5.3.2.1 1 Aşama Değerlendirmesi Sonuçları

Tablo 5.30 : X ve Y Yönü E_0 ve I_s İndeksi Değerleri

	1. Kat		2. Kat		3. Kat	
	X	Y	X	Y	X	Y
S_D İndeksi	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080
T İndeksi	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
E_0 İndeksi	0.090	0.113	0.141	0.167	0.215	0.258
E_0 İndeksi (sc)	0.056	0.000	0.089	0.000	0.135	0.000
I_s İndeksi	0.097	0.122	0.152	0.181	0.232	0.278

Tablo 5.31 : Tüm Katların X ve Y Yönü I_s İndeksi Değerleri

	I_s İndeksi	
	X	Y
1. Kat	0.097	0.122
2. Kat	0.152	0.181
3. Kat	0.232	0.278

Tablo 5.32 : X ve Y Yönü I_{s0} İndeksi Değerleri

I_{s0} İndeksi Hesabı		X	Y
E_s (Seviye)	1. Seviye	0.800	0.800
Z (Deprem Bölgesi)	1. Dep. Böl.	1.000	1.000
G (Zemin Sınıfı)	Z2	1.000	1.000
U (Yapı Türü)	Okul	1.500	1.500
I_{s0} İndeksi	$E_s \times Z \times G \times U$	1.200	1.200

I_s yapı için sismik performans indeksi ve I_{s0} yapı için sismik talep indeksi karşılaştırılarak yapının deprem performansı hakkında karar verilir. Bina deprem performansının 1. aşama değerlendirmesine göre oldukça yetersiz olduğu Tablo 5.33’de görülmektedir.

Tablo 5.33 : X ve Y Yönü I_{s0} ve I_s İndeksi Karşılaştırılması

	X		Y	
	I_s	I_{s0}	I_s	I_{s0}
1. Kat	0.097 < 1.200		0.122 < 1.200	
2. Kat	0.152 < 1.200		0.181 < 1.200	
3. Kat	0.232 < 1.200		0.278 < 1.200	

5.3.2.2 2 Aşama Değerlendirmesi Sonuçları

Tablo 5.34 : X ve Y Yönü E_0 ve I_s İndeksi Değerleri

	1. Kat		2. Kat		3. Kat	
	X	Y	X	Y	X	Y
S_D İndeksi	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
T İndeksi	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
E_0 İndeksi	0.221	0.312	0.271	0.382	0.344	0.516
I_s İndeksi	0.191	0.269	0.234	0.330	0.297	0.446

Tablo 5.35 : X ve Y Yönü E_0 İndeksi Değerleri

	E ₀ İndeksi	
	X	Y
1. Kat	0.221	0.312
2. Kat	0.271	0.382
3. Kat	0.344	0.516

Tablo 5.36 : Tüm Katların X ve Y Yönü I_s İndeksi Değerleri

	I _s İndeksi	
	X	Y
1. Kat	0.191	0.269
2. Kat	0.234	0.330
3. Kat	0.297	0.446

Tablo 5.37 : X ve Y Yönü I_{s0} İndeksi Değerleri

I _{s0} İndeksi Hesabı		X	Y
E_s (Seviye)	1. Seviye	0.600	0.600
Z (Deprem Bölgesi)	1. Dep. Böl.	1.000	1.000
G (Zemin Sınıfı)	Z2	1.000	1.000
U (Yapı Türü)	Okul	1.500	1.500
I_{s0} İndeksi	$E_s \times Z \times G \times U$	0.900	0.900

I_s yapı için sismik performans indeksi ve I_{s0} yapı için sismik talep indeksi karşılaştırılarak yapının deprem performansı hakkında karar verilir.

Tablo 5.38 : X ve Y Yönü I_{s0} ve I_s İndeksi Karşılaştırılması

	X		Y	
	I_s	I_{s0}	I_s	I_{s0}
1. Kat	0.191	< 0.900	0.269	< 0.900
2. Kat	0.234	< 0.900	0.330	< 0.900
3. Kat	0.297	< 0.900	0.446	< 0.900

Binanın deprem performansının 2. aşama değerlendirmesine göre oldukça yetersiz olduğu Tablo 5.38’de görülmektedir.

5.4 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi Sonuçlarıyla JSİY Sonuçlarının Karşılaştırılması

JSİY'in beton dayanımı düşük olan binalarda kullanımı önerilmediğinden ve bu nedenle 2.aşamada çıkan sonuçların Artımsal İtme Analiziyle elde edilen sonuçlara yakın çıkmaması nedeniyle beton dayanımı C20'nin altında olan binalarda E_0 indeksi $f_{ck}/20$ gibi bir β_m beton modifikasyon katsayısıyla düzenlenirse Tablo 5.39, Tablo 5.41'deki E_0 ve Tablo 5.40, Tablo 5.42'deki I_s değerleri elde edilir.

Tablo 5.39 : A Binası X ve Y Yönü Düzenlenmiş E_0 İndeksi Değerleri

	E₀ İndeksi	
	X	Y
1. Kat	0.294	0.447
2. Kat	0.266	0.446
3. Kat	0.444	1.109
4. Kat	1.223	1.530

Tablo 5.40 : A Binası X ve Y Yönü Düzenlenmiş I_s İndeksi Değerleri

	I_s İndeksi	
	X	Y
1. Kat	0.254	0.386
2. Kat	0.230	0.386
3. Kat	0.384	0.958
4. Kat	1.057	1.322

Tablo 5.41 : B Binası X ve Y Yönü Düzenlenmiş E_0 İndeksi Değerleri

	E₀ İndeksi	
	X	Y
1. Kat	0.100	0.140
2. Kat	0.162	0.229
3. Kat	0.207	0.310

Tablo 5.42 : B Binası X ve Y Yönü Düzenlenmiş I_s İndeksi Değerleri

	I_s İndeksi	
	X	Y
1. Kat	0.086	0.121
2. Kat	0.140	0.198
3. Kat	0.178	0.268

Elde edilen E_0 indeksleri, artımsal mod birleştirme yönteminden elde edilen can güvenliği performans noktasındaki kat kesme kuvvetlerinin, binanın o katının üstünde kalan toplam ağırlığa olan oranıyla karşılaştırılmasıyla Tablo 5.43 ve Tablo 5.44'deki sonuçlar elde edilir.

Tablo 5.43 : A Binası E_0 ve Taban Kesme Kuvveti Karşılaştırılması

	X Yönü		Y Yönü	
	Kat Kesme Kuvveti / Üst Katların Ağırlığı	Düzenlenmiş E_0 İndeksi	Kat Kesme Kuvveti / Üst Katların Ağırlığı	Düzenlenmiş E_0 İndeksi
1. Kat	0.253	0.294	0.266	0.447
2. Kat	0.316	0.266	0.333	0.446
3. Kat	0.378	0.444	0.401	1.109
4. Kat	0.438	1.223	0.468	1.530

Tablo 5.44 : B Binası E_0 ve Taban Kesme Kuvveti Karşılaştırılması

	X Yönü		Y Yönü	
	Kat Kesme Kuvveti / Bina Ağırlığı	Düzenlenmiş E_0 İndeksi	Kat Kesme Kuvveti / Bina Ağırlığı	Düzenlenmiş E_0 İndeksi
1. Kat	0.137	0.100	0.123	0.140
2. Kat	0.168	0.162	0.153	0.229
3. Kat	0.190	0.207	0.174	0.310

Tablo 5.43 ve Tablo 5.44'den görüleceği üzere Japon Sismik İndeks Yönteminin E_0 indekslerinin beton dayanımı düşük olan yapılarda düzenlenmesiyle elde edilen sonuçlar, pushover analizinden elde edilen sonuçlara oldukça yakın değerler vermektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada iki adet mevcut betonarme okul binası gözönüne alınmak suretiyle, öncelikle iki farklı aşama için, elemanların dayanımlarını ve sünekliklerini dikkate alarak, taşıyıcı sistem ve taşıyıcı olmayan elemanlar için tespit edilecek bir sismik performans indeksini, bir sismik talep indeksi ile kıyaslanarak, yapının deprem davranışı hakkında karar verilmesini sağlayan JSİY ile hesap yapılmıştır. Daha sonra 6 Mart 2007’de yürürlüğe giren DBYBHY esaslarına göre her iki yapının sismik performansı doğrusal olmayan artımsal itme analizi ile belirlenmiştir.

JSİY’de I_s yapı için sismik performans indeksi ve I_{s0} yapı için sismik talep indeksi karşılaştırılarak yapının deprem performansı hakkında karar verilir. İncelenen yapılar okul binası olduğundan dolayı, I_{s0} sismik talep indeksi değerleri 1. ve 2. aşama değerlendirmeleri için sırayla 0.80 ve 0.60 yerine 1.5 ile arttırılarak 1.20 ve 0.90 alınmıştır. Binaların deprem performansının 1. aşama değerlendirmesine göre oldukça yetersiz olduğu Tablo 6.1’de görülmektedir.

Binaların deprem performansının 2. aşama değerlendirmesine göre yetersiz olduğu Tablo 6.2’de görülmektedir. Ancak görüldüğü gibi 2. aşama değerlendirmesinden elde edilen sonuçlar 1.aşama değerlendirmesinden elde edilen sonuçlara göre daha güvenlidir. Bunun binaların 2. aşamada daha ayrıntılı incelenmesinden mi kaynaklandığı yoksa 2. aşama değerlendirmesinde beton dayanımının fazla etkin olmamasından mı kaynaklandığını anlamak için JSİY sonuçlarıyla, artımsal itme analizinin sonuçları karşılaştırılacaktır.

Tablo 6.1 : 1 Aşama I_{s0} ve I_s İndeksi Karşılaştırması

	X		Y	
	I_s	I_{s0}	I_s	I_{s0}
A Binası 1. Kat	0.226	< 1.200	0.241	< 1.200
A Binası 2. Kat	0.229	< 1.200	0.255	< 1.200
A Binası 3. Kat	0.567	< 1.200	0.632	< 1.200
A Binası 4. Kat	0.930	< 1.200	1.035	< 1.200
B Binası 1. Kat	0.097	< 1.200	0.122	< 1.200
B Binası 2. Kat	0.152	< 1.200	0.181	< 1.200
B Binası 3. Kat	0.232	< 1.200	0.278	< 1.200

Tablo 6.2 : 2.Aşama I_{S0} ve I_S İndeksi Karşılaştırması

	X		Y	
	I_S	I_{S0}	I_S	I_{S0}
A Binası 1. Kat	0.424	< 0.900	0.644	< 0.900
A Binası 2. Kat	0.383	< 0.900	0.643	< 0.900
A Binası 3. Kat	0.384	< 0.900	0.958	> 0.900
A Binası 4. Kat	1.057	> 0.900	1.322	> 0.900
B Binası 1. Kat	0.191	< 0.900	0.269	< 0.900
B Binası 2. Kat	0.234	< 0.900	0.330	< 0.900
B Binası 3. Kat	0.297	< 0.900	0.446	< 0.900

DBYBHY'ye göre yapılan artımsal itme analizi sonuçlarına göre performans noktasındaki taban kesme kuvveti değerlerinin yüksek olmadığı görülmüştür. Bunun başlıca nedeninde yapıların beton dayanımlarının oldukça düşük olmasıdır. Tablo 6.3'de taban kesme kuvveti değerleri ile karşı gelen tepe yerdeğiştirmeleri görülmektedir.

Tablo 6.3 : Performans Noktasındaki Taban Kesme Kuvveti Değerleri (CG)

Yön	U hedef (m)	V_b hedef (kN)	Yapı Ağırlığı(kN)
A Binası X	0.063	10495.32	41434.79
A Binası Y	0.056	11023.89	41434.79
B Binası X	0.135	1826.96	13332.08
B Binası Y	0.112	1645.17	13332.08

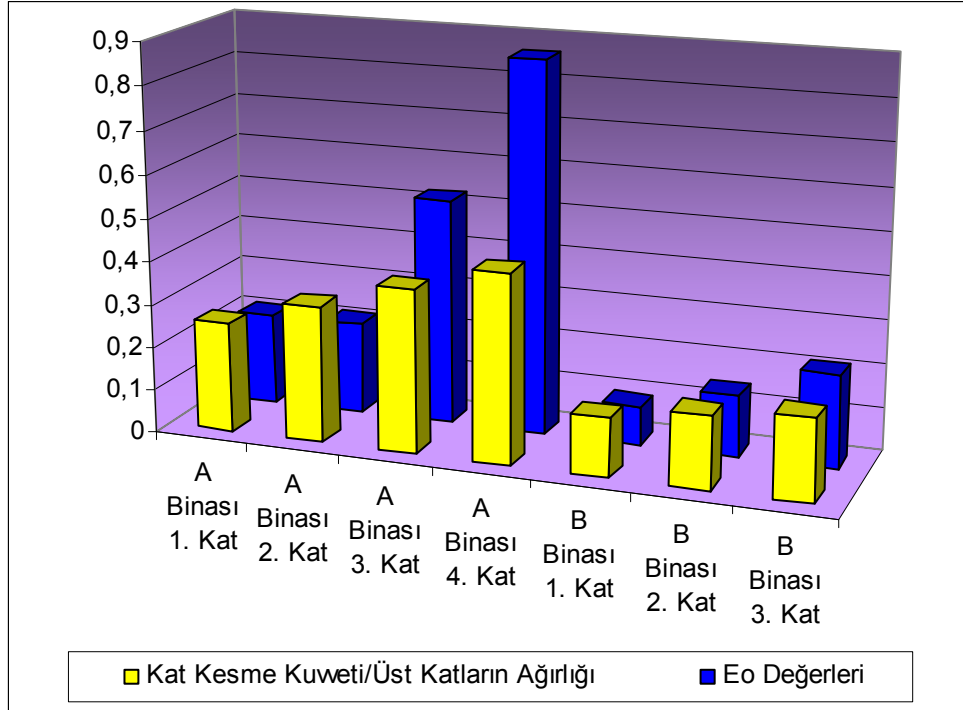
Elde edilen taban kesme kuvvetleri JSİY'den elde edilen sonuçlarla Tablo 6.4, Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de görüldüğü gibi karşılaştırılınca, JSİY 1.aşamadan elde edilen değerlerin doğrusal olmayan artımsal itme analizinden elde edilen sonuçlara yakın değerler verdiği gözükmemektedir.

Tablo 6.4 : JSİY 1. Aşama E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması

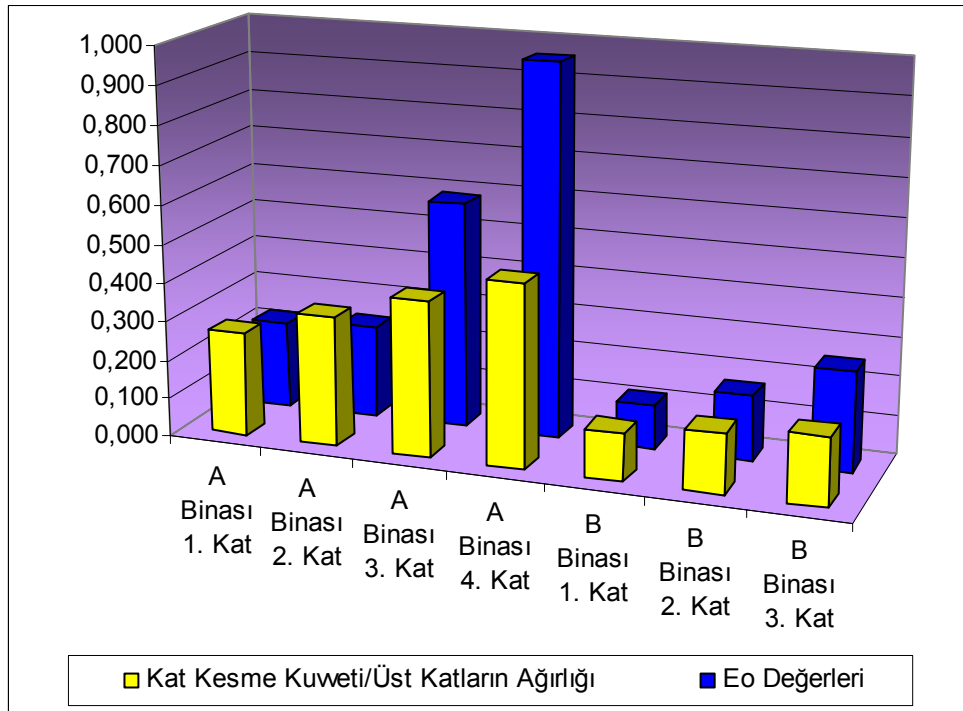
	X Yönü		Y Yönü	
	Kat Kesme Kuvveti / Üst Katların Ağırlığı	E_0 İndeksi	Kat Kesme Kuvveti / Üst Katların Ağırlığı	E_0 İndeksi
A Binası 1. Kat	0.253	0.209	0.266	0.223
A Binası 2. Kat	0.316	0.212	0.333	0.236
A Binası 3. Kat	0.378	0.525	0.401	0.585
A Binası 4. Kat	0.438	0.861	0.468	0.959
B Binası 1. Kat	0.137	0.090	0.123	0.113
B Binası 2. Kat	0.168	0.141	0.153	0.167
B Binası 3. Kat	0.190	0.215	0.174	0.258

Ancak 2. aşama değerlendirmesinde elde edilen sonuçların Tablo 6.5, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'de görüldüğü gibi yakın çıkmadığı görülmüştür. Bunun başlıca nedeni 2. aşama değerlendirmesinde, 1. aşama değerlendirmesinde olduğu gibi bir β katsayısının kullanılmaması ve bu nedenle beton dayanımının 2. aşama sonuçlarını fazla etkilememesidir. Buda ülkemiz gibi mevcut yapı stoğunun büyük kısmının

beton dayanımının düşük olduğu bir ülkede JSİY 2. aşama sonuçlarında tutarsızlığa neden olmaktadır. Bu sorunu çözmek için 2. aşama değerlendirmesinde bir düzenleme yapma ihtiyacına gerek duyulmuştur.



Şekil 6.1. JSİY 1. Aşama X Yönü E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması



Şekil 6.2. JSİY 1. Aşama Y Yönü E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması

Tablo 6.5 : JSİY 2. Aşama E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması

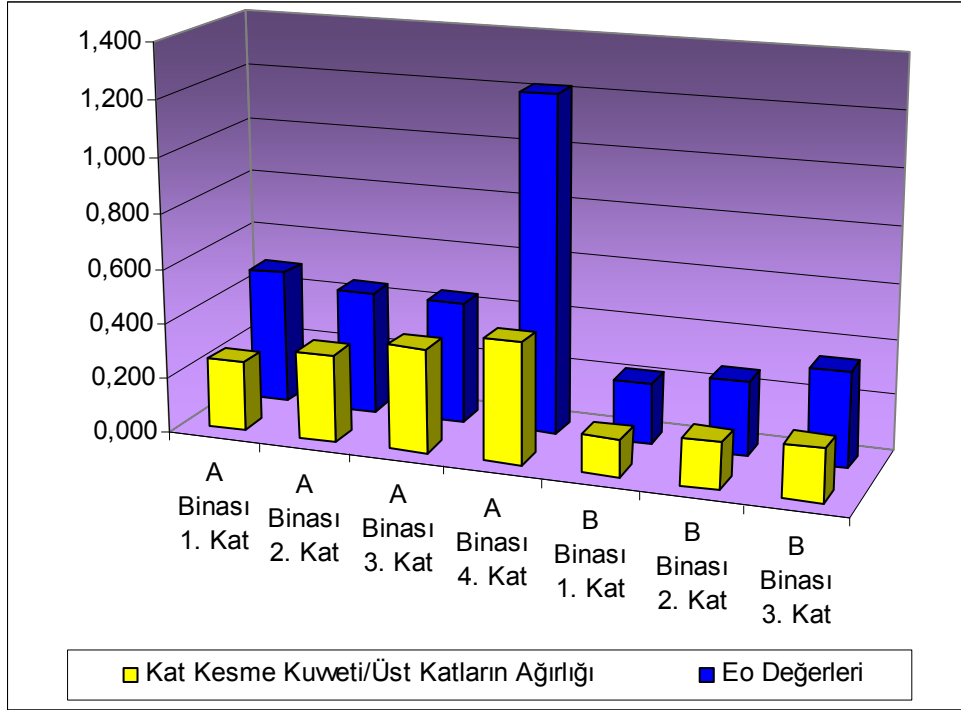
	X Yönü		Y Yönü	
	Kat Kesme Kuvveti / Üst Katların Ağırlığı	E_0 İndeksi	Kat Kesme Kuvveti / Üst Katların Ağırlığı	E_0 İndeksi
A Binası 1. Kat	0.253	0.490	0.266	0.745
A Binası 2. Kat	0.316	0.443	0.333	0.744
A Binası 3. Kat	0.378	0.444	0.401	1.109
A Binası 4. Kat	0.438	1.223	0.468	1.530
B Binası 1. Kat	0.137	0.221	0.123	0.312
B Binası 2. Kat	0.168	0.271	0.153	0.382
B Binası 3. Kat	0.190	0.344	0.174	0.516

Bu nedenle beton dayanımı C20'den düşük olan binalarda bir β_m beton modifikasyon katsayısı kullanılmıştır. Bu katsayıyla düzenlenen sonuçlar artımsal itme analiziyle elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında Tablo 6.6, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da sunulan oldukça yakın sonuçlar elde edilmektedir. A binası 1. ve 2. katında oldukça yakın sonuçlar çıkmasına rağmen 3. ve 4. kattaki değerler arasındaki farklılaşma yapının 1. ve 2. katının beton dayanımının C12, 3. ve 4. katların C28 olmasından kaynaklanmaktadır. B binasında ise katlar arasındaki beton dayanımlarında, belirgin fark olmamasından dolayı yakın sonuçlar çıkmıştır.

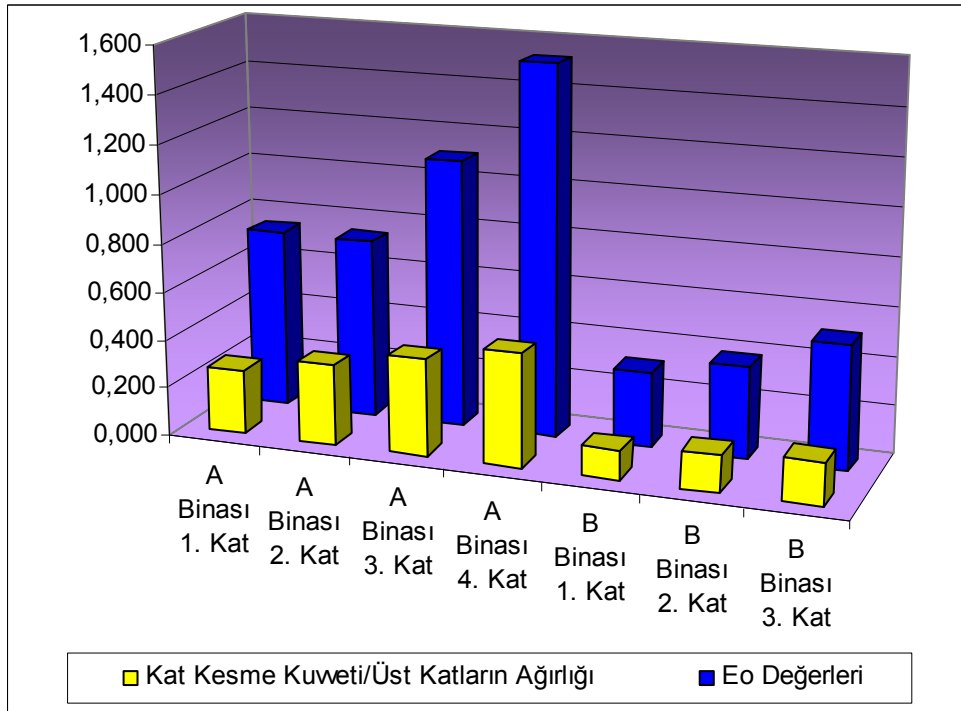
Tablo 6.6 : JSİY 2. Aşama Düzenlenmiş E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması

	X Yönü		Y Yönü	
	Kat Kesme Kuvveti / Üst Katların Ağırlığı	Düzenlenmiş E_0 İndeksi	Kat Kesme Kuvveti / Üst Katların Ağırlığı	Düzenlenmiş E_0 İndeksi
A Binası 1. Kat	0.253	0.294	0.266	0.447
A Binası 2. Kat	0.316	0.266	0.333	0.446
A Binası 3. Kat	0.378	0.444	0.401	1.109
A Binası 4. Kat	0.438	1.223	0.468	1.530
B Binası 1. Kat	0.137	0.100	0.123	0.140
B Binası 2. Kat	0.168	0.162	0.153	0.229
B Binası 3. Kat	0.190	0.207	0.174	0.310

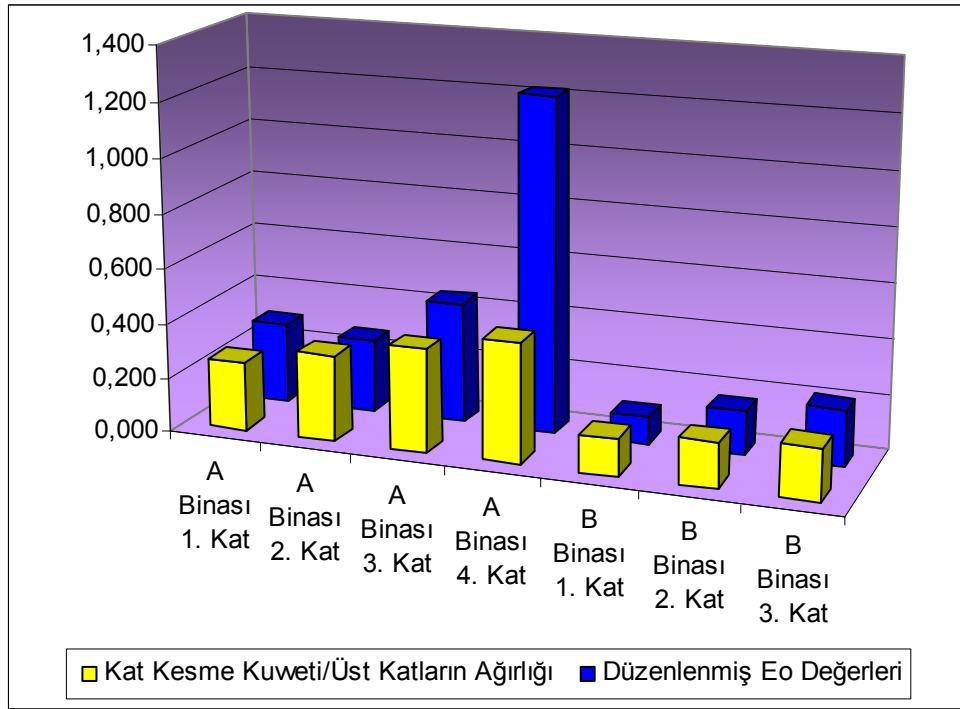
Tablo 6.6, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da görüleceği üzere, bir β_m beton modifikasyon katsayısının kullanılması JSİY 2. aşama sonuçlarının, artımsal itme analiziyle elde edilen sonuçlara oldukça yakın değerler vermesini sağlamaktadır. Düzenlenmiş I_s indekslerinin I_{s0} indeksiyle karşılaştırılması Tablo 6.7'de görülmektedir.



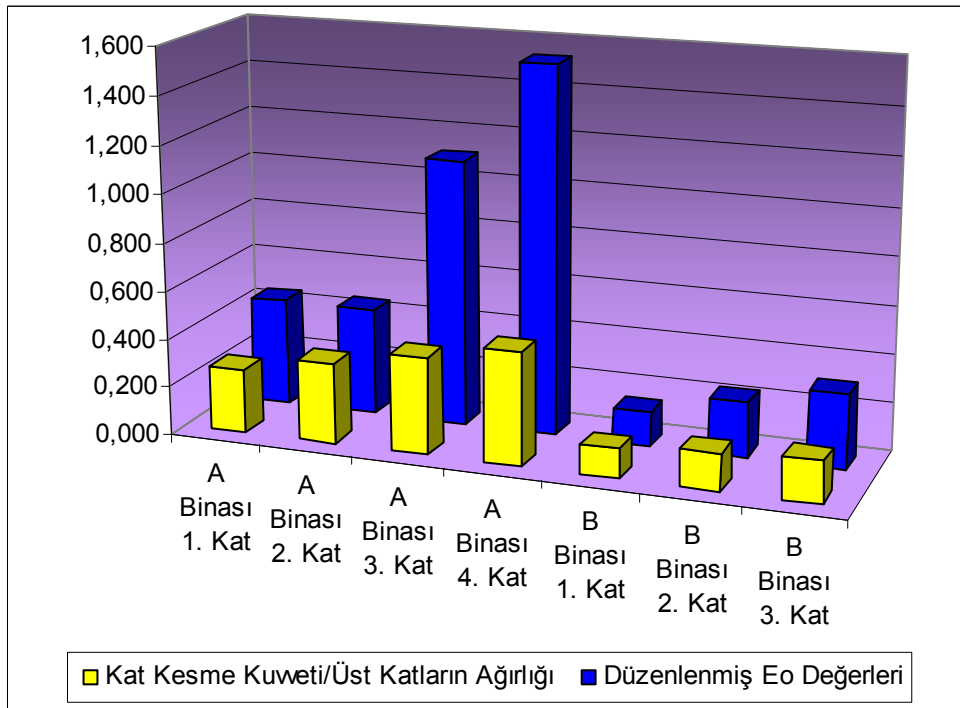
Şekil 6.3. JSİY 2. Aşama X Yönü E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması



Şekil 6.4. JSİY 2. Aşama Y Yönü E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması



Şekil 6.5. JSİY 2. Aşama X Yönü Düzenlenmiş E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması



Şekil 6.6. JSİY 2. Aşama Y Yönü Düzenlenmiş E_0 ve Kat Kesme Kuvvetleri Karşılaştırılması

Tablo 6.7 : 2.Aşama I_{S0} ve Düzenlenmiş I_S İndeksi Karşılaştırılması

	X		Y	
	I_S	I_{S0}	I_S	I_{S0}
A Binası 1. Kat	0.254	< 0.900	0.386	< 0.900
A Binası 2. Kat	0.230	< 0.900	0.386	< 0.900
A Binası 3. Kat	0.384	< 0.900	0.958	> 0.900
A Binası 4. Kat	1.057	> 0.900	1.322	> 0.900
B Binası 1. Kat	0.086	< 0.900	0.121	< 0.900
B Binası 2. Kat	0.140	< 0.900	0.198	< 0.900
B Binası 3. Kat	0.178	< 0.900	0.268	< 0.900

JSİY, ülkemiz gibi eski yapı stoğunun fazla olduğu ve bu yapıların beton dayanımının fazla iyi olmadığı bir ülkede kullanım açısından, 1. aşamada oldukça doğru değerler vermekte, 2. aşama değerlendirmesinde ise β_m beton modifikasyon katsayısının kullanılmasıyla doğru sonuçlar vermektedir. Bu nedenle ülkemizde 1. aşama değerlendirmesi direk olarak, 2. aşama değerlendirmesininse β_m beton modifikasyon katsayısıyla düzenlenerek uygulanmasıyla, hangi binaların mevcut durumu ile diğerlerine göre nispeten daha dayanıklı olduğu ve hangi binaların daha detaylı şekilde incelenmesi gerektiği konusunda hızlı sonuç alan bir yöntem olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- JSİY**, 2005. Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings - 2001, Guidelines for Seismic Retrofit of Existing Reinforced Concrete Buildings – 2001, Technical Manual for Seismic Evaluation and Seismic Retrofit of Existing Reinforced Concrete Buildings – 2001, English Version First Edition, *The Japan Building Disaster Prevention Association*, Tokyo, Japan.
- ATC 21**, 2002. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards - A Handbook (FEMA 154 Report), Second Edition, **ATC-21**, *Applied Technology Council*, California-USA.
- ATC 21-1**, 1988. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – Supporting Documentation (FEMA 155 Report), Second Edition, *Applied Technology Council*, California-USA.
- ATC 40**, 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, *Applied Technology Council*, California-USA.
- FEMA 273**, 1997. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, (FEMA 273 Report), *Federal Emergency Management Council*, Washington DC-USA.
- FEMA 302**, 1997. NEHRP Recommended Provisions for the Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, and Commentary, (FEMA 302 Report), *Federal Emergency Management Council*, Washington D.C.-USA.
- FEMA 310**, 1998. Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings - A Prestandard (FEMA 310 Report), *Federal Emergency Management Council*, New York-USA.
- FEMA 356**, 2000. Prestandard and Commentary of the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 356 Report), *Federal Emergency Management Council*, Washington, D.C.-USA, *American Society of Civil Engineers*, Reston, Virginia-USA.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 1993. “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- Baysan, F., Boduroğlu, H., Demir, C., İlki, A., Özdemir, P., ve Şirin, S.**, 2003. Mevcut ve Güçlendirilmiş Yapılar için Sismik İndeks Yöntemi ve Yapısal Çözümleme Sonuçlarının Karşılaştırılması, *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Türkiye, Mayıs 26-30.

- DBYBHY**, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2006. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- ABYYHY**, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- TMMOB İMO**, 2006. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik İçin Meslek İçi Eğitim Programı, *İMO Meslek İçi Eğitim Seminerleri*, İstanbul, Türkiye, Aralık 16-17.
- Oral K.**, 2005. Statik İtme Analizinde Kullanılarak Mevcut Bir Betonarme Yapının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aysal G.**, 2007. Performans Kavramı ve Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi , *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- SAP2000**, 2000. Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- ETABS**, 2000. Extended 3D Analysis of Building Systems, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- Özmen G., Orakdögen E. ve Darılmaz K.**, 2005. Örneklerle SAP2000 – V8, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Özmen G., Orakdögen E. ve Darılmaz K.**, 2005. Örneklerle ETABS, Birsen Yayınevi, İstanbul.

EK A

FEMA 154 (ATC 21)

“HIZLI DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ”

A - 1. FEMA 154 (ATC21) “HIZLI DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ”

A - 1.1 Genel

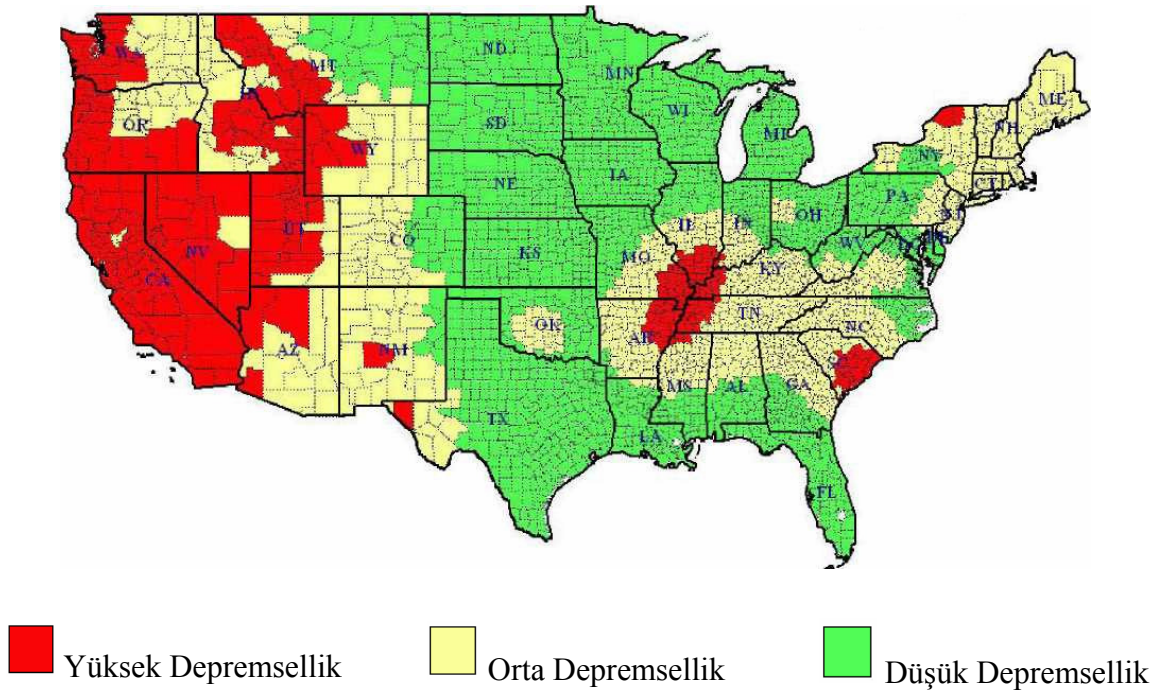
ATC 21 “Deprem Riski Altındaki Binaların Hızlı Davranış Değerlendirme Yöntemi”, binaların dışarıdan gözlemlenmesine dayanan, depremde önemli hasar görecektir yapıların hızlı bir şekilde belirlenmesini sağlayan bir Amerikan yöntemidir. Yöntemin uygulanması kolay ve nispeten az masraflı olup taşıyıcı sistemle ilgili herhangi bir statik hesap yapılmaz. Bu yöntem ülke genelinde yapılacak bir deprem güvenliği çalışmasında deprem etkisine karşı açık bir şekilde eksikliği bulunan mevcut binaların hızlı bir şekilde tesbit edilmesine imkan vereceğinden bir ön değerlendirme aşaması olarak kullanılabilir. Değerlendirme sadece elde edilen bilgilerin puanlandırılması şeklindedir. İncelenen binanın bulunduğu deprem bölgesine göre veri toplama formları seçilir ve bina tipine göre de ana puanı elde edilir. Daha sonra binanın deprem davranışını kötü yönde etkileyebilecek olan faktörler yerinde saptanır. Değerlendirme aşaması, taşıyıcı sistemin belirlenmesi ve kullanılan malzemenin tanımlanması şeklinde olmakla birlikte, tüm toplanan bilgilerin puanlandırılması esasına dayanır. Daha sonra bu puana, binanın deprem performansını değiştirebilecek olan faktörlerin formda verilmiş değerleri çıkartılarak, karar için gerekli olan binaya ait nihai puan (S) elde edilir. Nihai puanın yüksek çıkması, binanın deprem dayanımının da yüksek çıkacağı anlamına gelir. Elde edilen puanın, 2’den küçük çıkması ayrıntılı incelemeyi gerektirir. Ancak yapıyı inceleyen uzmanın görüşleri daha geçerlidir. ATC 21, mevcut yapıları 2 ayrı gruba ayırır. Bu gruplardan birincisi, deprem performansı yeterli olan ($S \geq 2$), ikincisi ise, deprem dayanımı yetersiz olan ve ayrıntılı incelemeye gerek duyulan binalardır ($S < 2$).

Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, köprülerin, yüksek kulelerin veya bina şeklinde olmayan diğer yapıların değerlendirilmesinde kullanılmaması ve bina tipinin doğru belirlenmesidir. Gözleme dayalı bir değerlendirme yöntemi

olmasından ötürü, bina tipini belirleyici ipuçlarının doğru tespit edilmesi oldukça önem arz etmektedir. Bina hakkında doğru tespit yapmak için, binada yaşayıp bina hakkında bilgisi olanlara sorular yöneltilip, mümkünse bina içeriden de incelenmeli, özellikle bodrum kata inilip yapı cinsine ve durumuna öyle karar verilmelidir.

A - 1.2 NEHRP Deprem Bölge Haritası

ABD güncel deprem bölgeleri haritası NEHRP tarafından hazırlanmıştır. Bina ATC-21 “hızlı değerlendirme davranış yöntemi”ne göre bir hasar tespit formu ile değerlendirilir. Bu form NEHRP haritasında tanımlanan bölgelere göre değişiklik gösterir. Deprem bölge sınırları, geçmiş depremlerin oluşum istatistiği ve şiddetleri baz alınarak, 475 yıllık bir periyotta gerçekleşen depremlerin ortalama tekerrür sayısı (gerçekleşme olasılığı 50 yılda %10) ile 2475 yıllık bir periyotta gerçekleşen depremlerin ortalama tekerrür sayısı (gerçekleşme olasılığı 50 yılda %2) karşılaştırılmış ve aralarındaki değişim de dikkate alınarak deprem bölgesi haritası Şekil A.1’deki gibi çizilmiştir.



Şekil A.1 : NEHRP Deprem Bölge Haritası

A - 1.3 Veri Toplama Formları

NEHRP deprem bölge haritasında üç ayrı veri toplama formu bulunmaktadır: Bunlar deprem bölgelerine göre, Düşük (D), orta (O) ve yüksek (Y) deprem bölgeleri veri toplama formlarıdır. Her form üzerinde, bina tanımı, krokisi ve fotoğrafı için gerekli boş alanlar bulunmaktadır. Ayrıca kullanım amacı, zemin tipi, kullanıcı sayısı, deprem durumunda düşme olasılığı bulunan ve binadan kaçan insanları yaralayabilecek tehlikeli cisimlerin mevcudiyetinin belirtildiği bölümler de mevcuttur. Daha sonra bina tipinin seçilmesi ile birlikte temel yapısal puanın belirleneceği satır ve bu puana, binanın deprem performansını değiştirebilecek olan faktörlerin verilmiş değerleri eklenerek (veya çıkarılarak), karar için gerekli olan nihai puan (S) elde edilmesine dair tablo yer almaktadır. Son olarak da yorumlar ve ayrıntılı inceleme gerekliliğini belirten soru yer almaktadır.

A - 1.4 Hızlı Tarama Yönteminin Planlanması ve Organizasyonu

Plan ve organizasyon hızlı değerlendirme yönteminin hızlı yapılabilmesi ve sürenin kısaltılması için oldukça önemlidir. Bu bölümde, tüm değerlendirme safhaları anlatılacak, planlama ve yönetim ile ilgili detaylı bilgiler verilecektir. Hızlı değerlendirme yönteminin gerçekleşme aşamaları Şekil A.2' de görülmektedir.

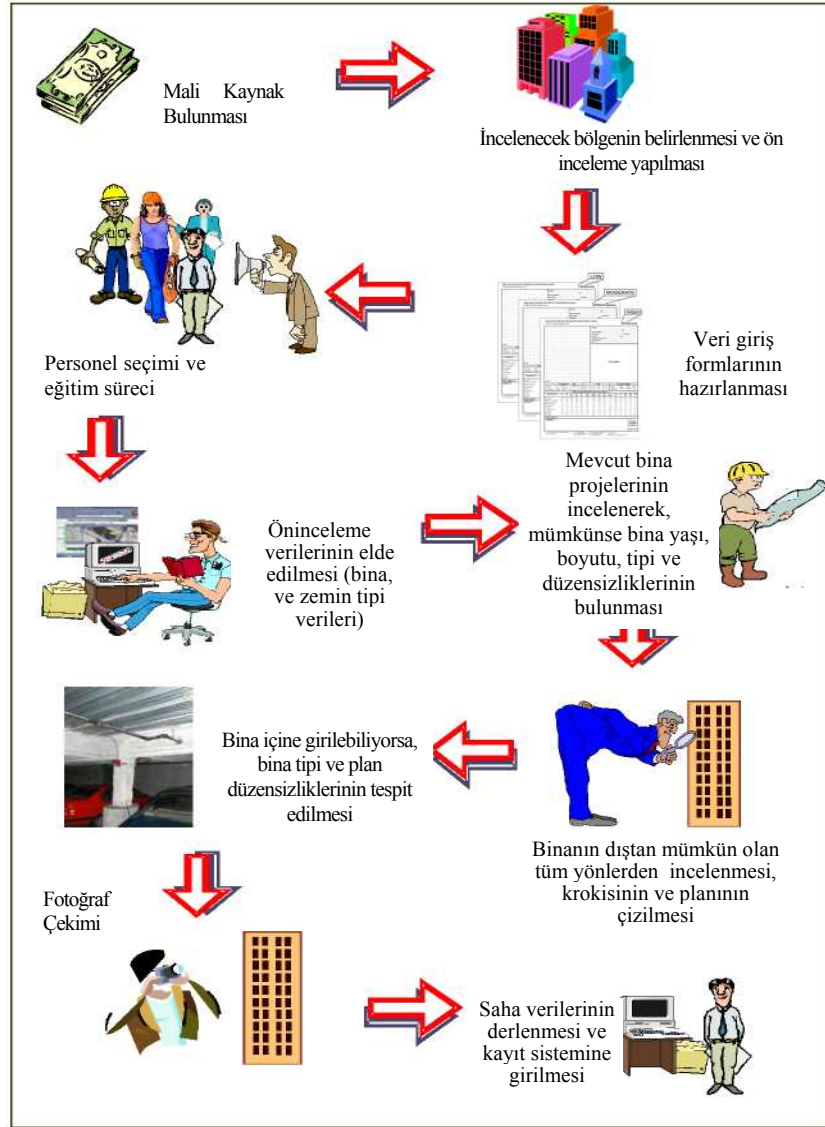
A - 1.4.1 Mali Kaynak

Taranacak bölgeye gidilmeden önce, ön inceleme yapılarak elde edilebilen bilgilerin derlenmesi, mahalle, cadde, sokak, kapı no ve bina kent bilgi numaralarının bulunduğu uydu fotoğrafları sahada binaların tanımlanması açısından fayda sağlamakla birlikte, bina karşısında yapılacak işlemleri hızlandırarak zamandan ve paradan ekonomi yapmamıza yardımcı olur. Bütün bu hazırlıklar için mali kaynak büyük bir önem teşkil eder. Bu açıdan bina ön bilgilerinin alınması için belirli bir kaynak ayrılmalıdır. Ayrıca gözlemci personel eğitimi, yeri, kullanacakları teknik malzemeler ve bilgisayar ekipmanları için de maddi destek sağlanmalıdır.

A - 1.4.2 İncelenecek Bölgenin Belirlenmesi ve Ön İnceleme Yapılması

İncelenecek bölgeler belirlenerek ve ön incelemeler yapılarak, acil taranması gerekli bölgeler seçilmeli ve diğer riski az bölgeler daha sonraki aşamalara bırakılmalıdır. İncelenecek sahaya ait zemin profil haritaları, zemin kayma haritaları, sivilaşma

potansiyeli haritaları veya aktif fay haritalarının da bulunması gözlemcinin yönlendirilmesi açısından önemli bir referans teşkil eder.



Şekil A.2 : Hızlı Tarama Yönteminin Planlanması ve Organizasyonu

Gözlemcinin binayı daha rahat tanıması için, mahalle, sokak, kapı no ve bina bilgilerinin bulunduğu uydu resimleri, aynı zamanda paftalar, haritalar, taşınabilir bilgisayarlar, dijital ve analog fotoğraf makineleri, avuç içi bilgisayarlar vs.. gözlemcinin binayı gözlerken daha rahat tanımasına ve işlerin daha hızlı yapılmasına yardımcı olacaktır.

Bina tasarım kriterlerinin, bina yapım yılının ve bunlarla ilgili resmi evrakların bulunması, hangi şartnamelere göre tasarım yapılmış olmasının bilinmesini puanlama aşamasında sağlıklı karar verilmesini sağlayacaktır.

İncelenecek binaların bölgelerinin depremselliklerine göre veri bilgi formlarının seçilmesi gereklidir. Şekil A.1’de verilen NEHRP Deprem Bölge Haritasında belirlenmiş üç deprem bölgesine (Düşük, Orta, Yüksek) göre tasarlanmış üç veri bilgi formu vardır. Bu formlar, binalardan toplanan verilere göre doldurulurlar. Bu amaçla ilk olarak, incelenen bölgenin hangi deprem bölgesinde olduğunun bilinmesi gereklidir. Daha sonra da bu bölgeye bağlı deprem katsayılarının ve diğer verilerin belirlenmesi (etkin yer ivmesi, bina önem katsayısı, spektral ivme katsayısı vs.) gereklidir.

Binalar hakkında ön inceleme verilerinin toplanması, mevcut bina bilgilerinin elde edilmesi veya zemin bilgilerinin elde edilmesi, yapılması gerekli öncelikli işler arasındadır. Bina projeleri, imar durumu belgeleri, uydu resimleri, belediye verileri, ruhsat bilgileri, eski çalışmalar ve zemin etüdü çalışmaları gibi veriler, binaların tanınması için önemli verilerdir. Bina projeleri, binada kullanılan yönetmelikler, binanın yaşı, boyutları, taşıyıcı sistemi ve içerdiği düzensizliklerin algılanması açısından en önemli kaynaklardan birisidir.

Binanın dışarıdan gözlenmesi, hızlı değerlendirme yönteminin ana felsefesidir. Binanın her yönünden gözlemlenerek krokisinin çizilmesi gerekmektedir. Bina dışarıdan gözlenerek bina değerlendirme formundaki maddeler doldurulacaktır. Binanın içinden de gözlemlenerek değerlendirilmesi, korozyonun, taşıyıcı sistemin ve bina düzensizliklerinin belirlenmesi ve binayı doğru bir şekilde değerlendirmek açısından faydalı olacaktır. Sadece binanın dıştan gözlemlenmesi hatalı değerlendirmelere yol açabilmektedir. Binanın durumunu yansıtacak cephe fotoğraflarının ve değerlendirme için önemli noktaların fotoğraflarının çekilmesi değerlendirme açısından önemlidir. Sahada toplanan tüm verilerin kalite kontrolünün yapılarak, özellikle kolay ve çabuk ulaşım için bilgisayarda kayıt altına alınması gerekmektedir.

A - 1.5 Veri Toplama Formlarının Doldurulması ve Değerlendirilmesi

Veri toplama formlarının doldurulması, yapılar hakkında gerekli bilgilerin değerlendirilmesi ve arşivlenmesi maksadıyla önemli bir belge niteliğindedir. Her bina için ayrı bir form doldurulması gereklidir. Formun doldurulmasında dikkat edilecek hususlar aşağıda anlatılmaktadır.

A - 1.5.1 Yapı Tanımlama Bilgilerinin Girilmesi

Veri toplama formlarının sağ üst tarafında bulunan bölgeye, yapının tanınmasını sağlayan bilgiler girilir. Bu bilgiler adres, kat adedi, yapım yılı, yapı ismi, kullanım amacıdır. Bu bilgiler Şekil A.3’de görülmektedir.

Adres: _____	
PK: _____	
Diğer: _____	
Kat adedi: _____	Yapım yılı: _____
Hazırlayan: _____	Tarih: _____
Toplam kat alanı(m ²): _____	
Yapı ismi: _____	
Kullanım amacı: _____	

Şekil A.3 : Üç Deprem Bölgesi İçin Tanımlı Veri Toplama Formları (L, M, H)

A - 1.5.2 Bina Krokisinin Çizilmesi

Krokiler yapının çoğu niteliğini gösterir ve inceleyen kişiye yardımcı olurlar. Bina krokisi arsa üzerindeki yapının yerini, cadde ile konumunu ve bitişik binalarla ne kadar mesafede olduklarını gösterir. Binanın boyutları belirtilmelidir. Binanın düşey kesitindeki önemli özellikler belirlenmelidir. Veri toplama formlarında sol üstte bulunan boşluk, incelenen binaların krokilerinin çizilmesi açısından bırakılmıştır. Krokinin çizilmesi ile ilgili alan Şekil A.4’de gösterilmiştir.

A - 1.5.3 Binanın Kullanıcı Sayısı ve Kullanım Amacının Belirlenmesi

Bu bölüm, binada yaşayan kullanıcı sayısının ve binanın bu kullanıcılar tarafından ne amaçla kullanıldığının işaretlenmesi için ayrılmıştır. Formda işaretlenmesi gereken ilgili alan Şekil A.6’de gösterilmiştir.

A - 1.5.4 Zemin Tipinin Belirlenmesi

Zemin tipi, inceleme sonucunu etkileyen önemli bir faktördür. Zemin ile bina arasındaki etkileşim, deprem performansını etkileyen bir faktördür. İnceleme prosedürü için FEMA 302 yayını 6 tip zemin tanımlamıştır. Sert kaya (A tipi), Orta kaya (B tipi), Yoğun zemin (C tipi), Sert zemin (D tipi), Yumuşak zemin (E tipi) ve Zayıf zemin (F tipi). Bu zemin tipleri ile ilgili bilgiler ve zemin tipi belirleme prosedürü Tablo A.1'de verilmiştir. F tipi zemin üzerinde bulunan binalara hızlı değerlendirme yönteminin uygulanması sağlıklı sonuç alınması açısından uygun değildir.

KROKİ

HIGH Seismicity

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form

Scale: _____

Address: _____ Zip _____

Other Identifiers _____

No. Stories _____ Year Built _____

Screener _____ Date _____

Total Floor Area (sq. ft.) _____

Building Name _____

Use _____

PHOTOGRAPH

OCCUPANCY		SOIL		TYPE						FALLING HAZARDS			
Assembly	Govt	Office	Number of Persons	A	B	C	D	E	F	Unreinforced	Parapets	Cantilever	Other
Commercial	Historic	Residential	0-10	Hard	Aug.	Dense	Soft	Soft	Poor	Chimneys			
Encl. Services	Industrial	School	11-100	Rock	Rock	Soil	Soil	Soil	Soil				
			101-1000										
			1000+										
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S													
BUILDING TYPE	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	VS7	VS8	VS9	VS10	VS11	VS12	VS13
Basic Score	4.4	3.8	2.8	3.0	2.2	2.8	2.0	2.0	2.8	1.8	2.8	2.4	2.8
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.6	+0.4
High Rise (> 7 stories)	N/A	N/A	+0.8	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.8	+0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6
Vertical Irregularity	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pre-Cast	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-1.0	-0.8
Post Benchmark	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.6	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.6
Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.4	-0.8	-0.8	-0.4	-0.8	-0.8	-0.8
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.8
FINAL SCORE, S													
COMMENTS													Detailed Evaluation Required
													YES NO

* = Estimated, subjective, or unreliable data
DNK = Do Not Know

BR = Braced frame
FD = Flexible diaphragm
LM = Light metal

MRF = Moment-resisting frame
RC = Reinforced concrete
RD = Rigid diaphragm

SW = Shear wall
TU = Tilt up
URM INF = Unreinforced masonry infill

Şekil A.4 : Veri Toplama Formunda Bina Krokisi Çizilmesi ile İlgili Bölüm

Şekil A.5 : Veri Toplama Formu Bina Kullanımı Tablosu

KULLANIM				
Toplantı	Kamu	Büro	Kullanıcı Sayısı	
Ticari	Tarihi	Konut	0-10	11-100
Acil Servis	Endüstri	Okul	101-1000	1000+

İncelenecek bölgenin jeolojik ve jeoteknik haritalarından binaların yerleri bulunarak, üzerinde bulundukları zemin tipi seçilmeli ve veri toplama formu üzerinde Tablo A.1’de gözükmekte olan kısma zemin tipi işaretlenmelidir.

Tablo A.1 : Zemin Tipi Bilgileri Tablosu

A Tipi (Sert Kaya)	$V_s > 1524 \text{ m/s}$ ($V_s > 5000 \text{ ft/sec}$)
B Tipi (Orta Kaya)	$762 < V_s < 1524 \text{ m/s}$ ($2500 < V_s < 5000 \text{ ft/sec}$)
C Tipi (Yoğun Zemin)	$366 < V_s < 762 \text{ m/s}$ ($1200 < V_s < 2500 \text{ ft/sec}$) veya $N > 50$ veya $S_u > 9780 \text{ kgf/m}^2$ ($S_u > 2000 \text{ psf}$)
D Tipi (Sert Zemin)	$183 < V_s < 366 \text{ m/s}$ ($600 < V_s < 1200 \text{ ft/sec}$) veya $50 > N > 15$ veya $4890 > S_u > 9780 \text{ kgf/m}^2$ ($2000 > S_u > 1000 \text{ psf}$)
E Tipi (Yumuşak Zemin)	$V_s \leq 183 \text{ m/s}$ ($V_s \leq 600 \text{ ft/sec}$) olan zemin veya $PI > 200$, $w > \%40$ ve $S_u < 2445 \text{ kgf/m}^2$ ($S_u < 500 \text{ psf}$) olan 30m’den (100 feet) daha fazla yumuşak zemin
F Tipi (Zayıf Zemin)	Sahada özel geoteknik araştırmaya ihtiyaç duyan zeminler : ➤ Sıvılaştırılabilir zeminler, çabuk ve yüksek derecede hassas killler, göçebilir zayıfça çimentolaşmış zeminler gibi deprem yüklemesi altında göçmeye eğilimi olan zeminler ➤ Turbalar ve/veya yüksek derecede organik killler. $H > 3 \text{ m}$ (10 feet) ➤ Çok yüksek plastisiteli killler. $PI > \%75$ olan $H > 7,6 \text{ m}$ (25 feet) zeminler ➤ Çok kalın yumuşak /orta rijit killler. $H > 36,6 \text{ m}$ (120 feet)

Vs: Kayma dalgası hızı

Su: Drenajsız kayma mukavemeti

w: Su muhtevası

N: Standart vuruş sayısı

PI: Plastisite indeksi

H: Zemin kalınlığı

Şekil A.6 : Veri Toplama Formu Zemin Tipi Tablosu

ZEMİN TİPİ					
A	B	C	D	E	F
Sert	Orta	Yoğun	Sert	Yumuşak	Zayıf
Kaya	Kaya	Zemin	Zemin	Zemin	Zemin

A - 1.5.5 Düşme Tehlikesi Altındaki Yapısal Olmayan Cisimler

Bina yüzeyindeki ağır cephe kaplamaları, beton, cam paneller, baca ve parapet gibi elemanların deprem anında düşme riskleri bulunur ve bina çevresinde bulunan canlı veya cansızlara zarar verebilirler.

DÜŞME TEHLİKESİ OLAN	
Baca	Diğer:
Parapetler	
Cephe kaplaması	

Şekil A.7 : Veri Toplama Formunda Düşme Riski Olan Elemanların İşaretlenmesi ile İlgili Bölüm

A - 1.5.6 Yapı Türünün ve Ana Puanının Belirlenmesi

Bina dışından, görsel olarak yapılan incelemeyle, taşıyıcı sistem tipi her zaman doğru olarak belirlenemeyebilir. Mümkün ise binanın içine girilmeli ve özellikle önemli ipuçlarının yakalanabileceği bodrum katlara inilerek, doğru taşıyıcı sistemin seçilmesi gereklidir. Birincil yatay yük taşıyıcı sistemin seçilmesinden sonra, veri toplama formundaki ilgili yerde işaretlenir. Böylece yapısal ana puan da elde edilmiş olur.

Taşıyıcı sistem tipi ilk olarak, kullanılan malzeme cinsine göre bir harf olarak temsil edilirler. Örneğin: Betonarme bir yapı “C” harfi ile gösterilir. Seçilen harfin ardından ise kendi aralarındaki sistem farklılıklarına göre sayılar ile temsil edilirler. Örneğin: Betonarme moment çerçevesel sistem “C1” olarak veya betonarme perdeli çerçeve sistemleri ise “C2” olarak temsil edilirler.

A - 1.5.7 Deprem Performans Niteliklerinin Belirlenmesi

Binaların ana puanlarının belirlenmesinin ardından, deprem performanslarını değiştirebilecek olan unsurların formda verilmiş değerleri eklenerek veya çıkarılarak karar için gerekli olan nihai puan (S) elde edilir. Yüksek, orta ve düşük deprem bölgelerin için hazırlanmış veri toplama formlarındaki ilgili yerler sırasıyla Tablo A.4’de verilmiştir.

Tablo A.2 : Birincil Yatay Yük Taşıyıcı Sistem Tipleri

W1	450 m ² den (5000 ft ²) küçük hafif ahşap çerçevesi binalar
W2	450 m ² den (5000 ft ²) büyük hafif ahşap çerçevesi binalar
S1	Çelik moment çerçevesi binalar
S2	Çapraz çerçevesi çelik binalar
S3	Hafif metali binalar
S4	Yerinde dökme betonarme perdeli çelik çerçevesi binalar
S5	Donatısız yığma duvarlı çelik çerçevesi binalar
C1	Betonarme moment çerçevesi binalar
C2	Perdeli moment çerçevesi binalar
C3	Donatısız yığma duvarlı betonarme çerçevesi binalar
PC1	Prekast beton çerçevesi binalar
PC2	Prekast perdeli beton çerçevesi binalar
RM1	Elastik döşeme diyaframli donatılı yığma binalar
RM2	Rijit döşeme diyaframli donatılı yığma binalar
URM	Donatısız yığma binalar

Tablo A.3 : Veri Toplama Formları (Y,O,D) İçin Bina Türlerine Göre Yapı Ana Puan Tablosu**Yüksek Depremsellik**

YAPI HASAR ANA PUANI ve KATSAYILAR															
YAPI TÜRÜ	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)	
ANA PUAN	4,40	3,80	2,80	3,00	3,20	2,80	2,00	2,50	2,80	1,60	2,60	2,40	2,80	2,80	1,80

Orta Depremsellik

YAPI HASAR ANA PUANI ve KATSAYILAR															
YAPI TÜRÜ	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)	
ANA PUAN	5,20	4,80	3,60	3,60	3,80	3,60	3,60	3,00	3,60	3,20	3,20	3,20	3,60	3,40	3,40

Düşük Depremsellik

YAPI HASAR ANA PUANI ve KATSAYILAR															
YAPI TÜRÜ	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)	
ANA PUAN	7,40	6,00	4,60	4,80	4,60	4,80	5,00	4,40	4,80	4,40	4,40	4,60	4,80	4,60	4,60

Tablo A.4 : Veri Toplama Formları (Y,O,D) için Yapıların Deprem Dayanımı Niteliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Tablo

Yüksek Depremsellik

YAPI HASAR ANA PUANI ve KATSAYILAR															
YAPI TÜRÜ	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)	
ANA PUAN	4,40	3,80	2,80	3,00	3,20	2,80	2,00	2,50	2,80	1,60	2,60	2,40	2,80	2,80	1,80
Orta yüks.yapı	N/A	N/A	0,20	0,40	N/A	0,40	0,40	0,40	0,40	0,20	N/A	0,20	0,40	0,40	0,00
Yüksek yapı ²	N/A	N/A	0,60	0,80	N/A	0,80	0,80	0,60	0,80	0,30	N/A	0,40	N/A	0,60	N/A
Düşey düzens.	-2,50	-2,00	-1,00	-1,50	N/A	-1,00	-1,00	-1,50	-1,00	-1,00	N/A	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
Planda düzens.	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50
Yönt. Öncesi	0,00	-1,00	-1,00	-0,80	-0,60	-0,80	-0,20	-1,20	-1,00	-0,20	-0,80	-0,80	-1,00	-0,80	-0,20
Yönt. Sonrası	2,40	2,40	1,40	1,40	N/A	1,60	N/A	1,40	2,40	N/A	2,40	N/A	2,80	2,60	N/A
C tipi zemin	0,00	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40
D tipi zemin	0,00	-0,80	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-0,40	-0,60	-0,60	-0,40	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60
E tipi zemin	0,00	-0,80	-1,20	-1,20	-1,00	-1,20	-0,80	-1,20	-0,80	-0,80	-0,40	-1,20	-0,40	-0,60	-0,80
NİHAİ PUAN, S															

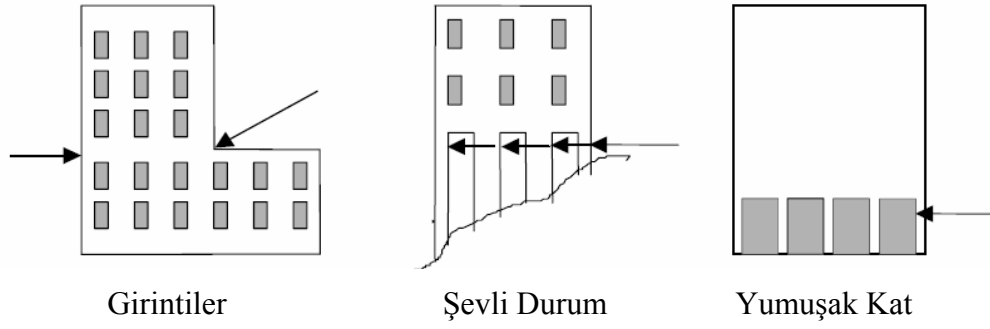
Orta Depremsellik

YAPI HASAR ANA PUANI ve KATSAYILAR															
YAPI TÜRÜ	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)	
ANA PUAN	5,20	4,80	3,60	3,60	3,80	3,60	3,60	3,00	3,60	3,20	3,20	3,20	3,60	3,40	3,40
Orta yüks.yapı	N/A	N/A	0,40	0,40	N/A	0,40	0,40	0,20	0,40	0,20	N/A	0,40	0,40	0,40	-0,40
Yüksek yapı ²	N/A	N/A	1,40	1,40	N/A	1,40	0,80	0,50	0,80	0,40	N/A	0,60	N/A	0,60	N/A
Düşey düzens.	-3,50	-3,00	-2,00	-2,00	N/A	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	N/A	-1,50	-2,00	-1,50	-1,50
Planda düzens.	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50
Yönt. Öncesi	0,00	-0,20	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,20	-1,00	-0,40	-1,00	-0,20	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40
Yönt. Sonrası	1,60	1,60	1,40	1,40	N/A	1,20	N/A	1,20	1,60	N/A	1,80	N/A	2,00	1,80	N/A
C tipi zemin	-0,20	-0,80	-0,60	-0,80	-0,60	-0,80	-0,80	-0,60	-0,80	-0,60	-0,60	-0,60	-0,80	-0,60	-0,40
D tipi zemin	-0,60	-1,20	-1,00	-1,20	-1,00	-1,20	-1,20	-1,00	-1,20	-1,00	-1,00	-1,20	-1,20	-1,20	-0,80
E tipi zemin	-1,20	-1,80	-1,60	-1,60	-1,60	-1,60	-1,60	-1,60	-1,60	-1,60	-1,60	-1,60	-1,60	-1,60	-1,60
NİHAİ PUAN, S															

Düşük Depremsellik

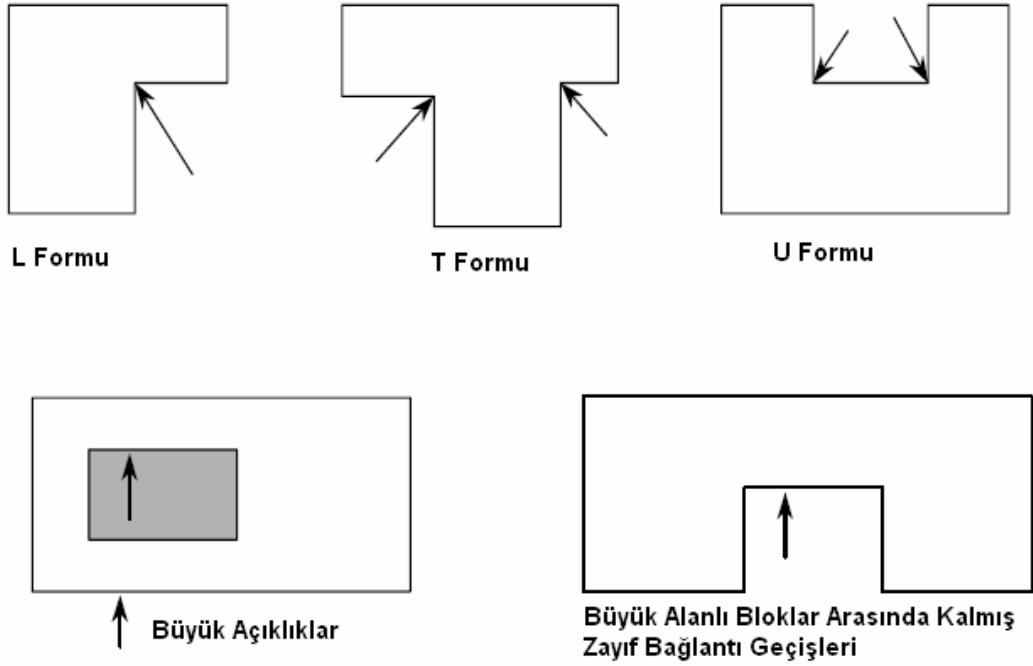
YAPI HASAR ANA PUANI ve KATSAYILAR															
YAPI TÜRÜ	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URM INF)	(MRF)	(SW)	(URM INF)	(TU)		(FD)	(RD)	
ANA PUAN	7,40	6,00	4,60	4,80	4,60	4,80	5,00	4,40	4,80	4,40	4,40	4,60	4,80	4,60	4,60
Orta yüks.yapı ¹	N/A	N/A	0,20	0,40	N/A	0,20	-0,20	0,40	-0,20	-0,40	N/A	-0,20	-0,40	-0,20	-0,60
Yüksek yapı ²	N/A	N/A	1,00	1,00	N/A	1,00	1,20	1,00	0,00	-0,40	N/A	-0,20	N/A	0,00	N/A
Düşey düzens.	-4,00	-3,00	-2,00	-2,00	N/A	-2,00	-2,00	-1,50	-2,00	-2,00	N/A	-1,50	-2,00	-1,50	-1,50
Planda düzens.	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80
Yönt. Öncesi	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Yönt. Sonrası	0,00	0,20	0,40	0,60	N/A	0,60	N/A	0,60	0,40	N/A	0,20	N/A	0,20	0,40	0,40
C tipi zemin	-0,40	-0,40	-0,80	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,60	-0,40	-0,40	-0,40	-0,20	-0,40	-0,20	-0,40
D tipi zemin	-1,00	-0,80	-1,40	-1,20	-1,00	-1,40	-0,80	-1,40	-0,80	-0,80	-0,80	-1,00	-0,80	-0,80	-0,80
E tipi zemin	-1,80	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,20	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-1,80	-2,00	-1,40	-1,60	-1,40
NİHAİ PUAN, S															

Binalarda görülen düşey düzensizliklere örnek olarak binalardaki girintiler, yamaca oturmuş binalar ve yumuşak katlar gösterilebilir. (Bkz. Şekil A.8)



Şekil A.8 : Düşey Düzensizlikleri Gösteren Bina Boykesitleri

Binalarda görülen yatay düzensizliklere örnek olarak planda L,T,U formuna sahip binalar, büyük açıklıklara sahip binalar veya büyük alanlı bloklar arasında kalmış zayıf bağlantı geçişlerine sahip binalar gösterilebilir. (Bkz. Şekil A.9)



Şekil A.9 : Planda Düzensizliklere Sahip Yapı Şemaları

Nihai puanın yüksek çıkması, binanın deprem anındaki performansının da yüksek çıkacağı anlamına gelir. Bu puan, 2'den küçük çıkarsa, ayrıntılı incelemeye gerek var demektir. 2'den büyük çıkması kesinlikle ayrıntılı inceleme yapılmayacaktır anlamına gelmemektedir gözlemcinin görüşleri oldukça önemlidir. Şekil A.10 da veri toplama formunda nihai puanın yazılacağı ve detaylı incelemenin gerekliliğiyle ilgili bölüm verilmiştir. Son olarak binanın dış cephe fotoğrafı çekilerek forma eklenmelidir.

EK B

FEMA 310

“YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞINI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ”

B - 1. FEMA 310 1. Aşama Değerlendirmesi

B - 1.1 Deprem Kesme Kuvvetleri

B - 1.1.1 Taban kesme kuvveti

Taban kesme kuvveti Denklem (B.1) veya (B.2)'ye göre hesaplanan, binaya incelenen doğrultuda yatay yönde etkileyen kuvvettir.

$$V = CS_a W \quad (\text{B.1})$$

V : Taban kesme kuvveti (Pseudo yanal kuvveti)

C : Doğrusal elastik tepki için hesaplanmış yerdeğiştirmelere göre, beklenen en büyük elastik olmayan yerdeğiştirmelerle ilgili belirleme faktörü C Tablo B.1'den alınacaktır.

S_a : Yapının hesap yönünde kullanılan doğal periyodundaki tepki spektral ivmesi .

W : Toplam sabit yük ve aşağıda belirtilen hareketli yükler.

- Depo ve ambar gibi kullanım yerlerinde kat hareketli yükünün minimum %25'i, (gerçek bölme ağırlığı veya kat yayılı yükünün 49 kgf/m² olarak hesaplanması ile bulunan ağırlığından büyük olanının minimum %25'i)
- Uygulanabilecek kar yükü
- Kalıcı ekipman veya mobilyaların toplam ağırlığı

Can güvenliği performans seviyesi için bodrumsuz ve sığ temelli yapılarda taban kesme kuvveti Denklem (B.2)'den hesaplanabilir.

$$V=0.75W \quad (\text{B.2})$$

B - 1.1.2 Kat Kesme Kuvvetleri

Çok katlı binalar için hesaplanan taban kesme kuvveti Denklem (B.3)'e göre dağıtılacaktır.

$$V_j = \left(\frac{n+j}{n+1} \right) \left(\frac{W_j}{W} \right) V \quad (\text{B.3})$$

V_j : j. kat seviyesindeki kat kesme kuvveti

n : Yer seviyesi üzerindeki toplam kat sayısı

j : İncelenen kat seviyesi

W_j : j. seviye üzerindeki bütün katların toplam ağırlığı

W : Toplam ağırlık

V : Denklem (B.1) veya (B.2)'den elde edilen taban kesme kuvveti

Tablo B.1 : C Değişim Faktörü

Yapı tipi	Kat sayısı			
	1	2	3	≥ 4
Ahşap(W1, W1A, W2) Moment taşıyan çerçeve(S1, S3, C1, PC2A)	1.3	1.1	1.0	1.0
Perde duvarlar (S4, S5, C2, C3, PC1A, PC2, RM2, URMA) Çapraz çerçeve (S2)	1.4	1.2	1.1	1.0
Donatılı yığma duvar (URM) Eğilme döşemeleri (S1A, S2A, S5A, C2A, C3A, PC1, RM1)	1.0	1.0	1.0	1.0

B - 1.1.3 Spektral İvme

B - 1.1.3.1 Haritalanmış Spektral İvme

Deprem kesme kuvvetini hesaplayabilmek için S_a değeri Denklem (B.4)'e göre hesaplanır.

$$S_a = S_{D1}/T \quad (\text{B.4})$$

S_a değeri S_{DS} değerinden büyük olmamalıdır. S_{DS} ve S_{D1} değerleri Deklem (B.5) ve (B.6)'ya göre belirlenir.

$$S_{D1} = 2/3 F_v S_1 \quad (\text{B.5})$$

$$S_{DS} = 2/3 F_a S_s \quad (\text{B.6})$$

T : Binanın hesaplanmış doğal titreşim periyodu.

S_s : Kısa periyot tepki ivmesi

S₁ : Kabul Edilen Maksimum Depreme bağlı olarak bir saniyelik periyoda karşı gelen spektral ivme.

S_s ve S₁ değerleri deprem haritasından alınır. F_a ve F_v değerleri zemin sınıflarına göre Tablo B.2 ve Tablo B.3'ten elde edilir. Zemin sınıfları aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Sınıf A : Sert kaya, Kayma dalgası hızı $\overline{V_s} > 1524$ m/s

Sınıf B : Kaya, kayma dalgası hızı $762 \text{ m/s} < \overline{V_s} < 1524 \text{ m/s}$ arasında

Sınıf C : Çok sıkı toprak ve yumuşak kaya; kayma dalgası hızı $366 \text{ m/s} < \overline{V_s} < 762 \text{ m/s}$ arasındaki yumuşak kaya zemini, standart vuruş sayısı $\overline{N} > 50$ veya drenajsız kayma mukavemeti $\overline{S_u} > 9780 \text{ kgf/m}^2$ olan yumuşak kaya zemin.

Sınıf D : Sıkı toprak, kayma dalgası hızı $183 \text{ m/s} < \overline{V_s} \leq 366 \text{ m/s}$ olan rijit zemin, $15 < \overline{N} \leq 50$ veya $4890 \text{ kgf/m}^2 \leq \overline{S_u} < 9780 \text{ kgf/m}^2$ olan rijit zemin.

Sınıf E : Plastisite indisi $PI > 20$ ve 3 m'den fazla olan yumuşak kil zemin, su muhtevası $w > 0,40$ ve $\overline{S_u} < 2445 \text{ kgf/m}^2$ veya $\overline{V_s} < 183 \text{ m/s}$ olan bir zemin profili.

Sınıf F : Özel geoteknik araştırmaya ve dinamik analize ihtiyaç duyan zeminler :

- Potansiyel tehlike içeren veya deprem yüklemesinden çöken, sıvılaşabilir zeminler, hızlı ve yüksek duyarlı killer, zayıf çimentolu çökebilir zeminler.
- Turba ve/veya yüksek derecede organik killer ($H > 10 \text{ feet} = 3.048 \text{ m}$)
- Çok yüksek plastisiteli killer ($H > 25$, $PI > 75\%$)
- Çok kalın yumuşak/orta sertlikte killer ($H > 120 \text{ feet} = 36.58 \text{ m}$)

F sınıfı olarak sınıflandırılmış bir zemin profili için, 1. aşama değerlendirilmesinde zemin E sınıfı olarak farz edilebilir.

Tablo B.2 : Bir Saniye Periyotlu Haritalanmış Spektral İvme (S_1) ve Zemin Sınıfının Fonksiyonu Olarak F_v Değerleri

Zemin sınıfı	Bir saniye periyotunda haritalanmış spektral ivme (S_1)				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.4	2.8	2.4	2.2
F	*	*	*	*	*

S_1 değerlerinin orta değerleri için doğrusal interpolasyon yapılır. * için F sınıfına bakılır.

Tablo B.3 : Zemin Sınıfının Fonksiyonu Olarak F_a Değerleri ve Haritalanmış Kısa Periyotlu Spektral İvme S_s

Zemin sınıfı	Kısa periyotlarda haritalanmış spektral ivme (S_1)				
	$S_1 \leq 0.25$	$S_1 = 0.5$	$S_1 = 0.75$	$S_1 = 1.0$	$S_1 \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	*	*	*	*	*

S_1 değerlerinin orta değerleri için doğrusal interpolasyon yapılır. * için F sınıfına bakılır.

B - 1.1.3.2 Bölgeye Özel Karşılık Spektrumu

Bölgeye özel tepki spektrumu, değerlendirilen binanın zemininin jeolojik, sismolojik ve zemin karakteristiklerine göre elde edilecektir. Bölgeye özel tepki spektrumu 50 yılda oluşma ihtimali %2 olan deprem (2500 yıl periyotlu) ve %5'lik viskoz sönüm oranı baz alınarak oluşturulacaktır. Bölgeye özel tepki spektrumu, kayma oranı bilinen fayların deterministik spektrumunun ortalama değerini aşmak zorunda değildir.

B - 1.1.4 Periyot

Bir binanın incelenen yöndeki ana periyodu Denklem (B.7)'ye göre hesaplanır.

$$T = C_t h_n^{3/4} \quad (\text{B.7})$$

Burada ;

T : Hesap yönündeki doğal periyot (sn)

C_t : Ahşap yapılar için 0.060 (yapı tipleri W1 , W1A ve W2)

- Moment taşıyan çelik çerçeveler için 0.035 (yapı tipleri S1 ve S1A)
- Moment taşıyan betonarme yapılar için 0.030 (yapı tipi C1)
- Eksantrik çaprazlanmış çelik çerçeveler için 0.030 (yapı tipleri S2 ve S2A)
- Diğer bütün çerçeveler için 0.020

h_n : Temelden çatı seviyesine yükseklik (feet)

N : Temel üzerindeki kat sayısı

Alternatif olarak, betonarme veya çelik çerçeveli 12 veya daha az kata sahip yapılar için yapının doğal periyodu (B.8) nolu denkleme uygun olarak hesaplanabilir.

$$T=0.10N \quad (B.8)$$

B - 1.2 Dayanım ve Rijitlik için Hızlı Kontroller

Hızlı kontroller, bina elemanlarının rijitlik ve dayanım hesapları için kullanılacaktır. Hızlı kontroller Kontrol listelerindeki değerlendirme ifadeleri gereğince yapılır ve binanın belirli elemanlarının uygunluğunu ortaya koyar. Kontrol listelerinde kullanılan denklemler aşağıda ifade edilmiştir.

B - 1.2.1 Eğilme Çerçeveleri İçin Kat Kaymaları

İncelenen katın altında ve üstünde kolonların sürekli olarak uzandığı moment çerçeveleriyle oluşturulmuş düzgün, çok katlı, çok açıklı binaların kayma oranlarının hesabı için Denklem (B.9) kullanılır.

$$DR = \left(\frac{k_b + k_c}{k_b k_c} \right) \left(\frac{h}{12E} \right) V_c \quad (B.9)$$

DR : Yerdeğiştirme oranı; kat yerdeğiştirmesi/ kat yüksekliği

k_b : Kiriş için I/L oranı

k_c : Kolon için I/h

h : Kat yüksekliği (m)

I : Atalet momenti (m^4) (Çatlaklı kesitin atalet momenti tüm kesit atalet momentinin yarısına eşit alınacaktır.)

L : Kolon merkezleri arası uzaklık (m)

E : Elastisite modülü (kgf/m²)

V_c : Kolon kesme kuvveti (kgf)

B - 1.2.2 Betonarme Çerçeve Kolonlarında Kayma Gerilmesi

Betonarme çerçeve kolonlarındaki ortalama kayma gerilmesi Denklem (B.10)'a göre hesaplanır.

$$v_{avg} = \frac{1}{m} \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{V_j}{A_c} \right) \quad (\text{B.10})$$

n_c : Toplam kolon sayısı

n_f : Hesap yönündeki çerçevelerin toplam sayısı

A_c : İncelenen kattaki bütün kolonların kesit alanları toplamı

V_j : j. seviyede hesaplanan kat kesme kuvveti

m : Eleman değişim faktörü; m değeri can güvenliği performans seviyesine (CG) göre değerlendirilen yapılar için 2'ye eşit, acil yerleşim performans seviyesine (AY) göre değerlendirilen yapılar için 1.3 alınır.

B - 1.2.3 Perde ve Taşıyıcı Duvarlarda Kayma Gerilmesi

Perdelerde ortalama kayma gerilmesi aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$v_{avg} = \frac{1}{m} \left(\frac{V_j}{A_w} \right) \quad (\text{B.11})$$

V_j : j. sevideki kat kesme kuvveti

A_w : Hesaplama yönündeki tüm perdelerin yatay kesit alanları toplamı. A_w hesaplanırken boşluklar da alınacaktır. Dolgu duvarlar için net alan kullanılacaktır. Ahşap çerçeve duvarlar için alan yerine uzunluk kullanılır.

m : Eleman değişim faktörü

Tablo B.4 : Perde Duvarlar için m Faktörleri

Perde Tipi	Performans seviyesi	
	CG	AY
Betonarme, Prekast ve ahşap yapı	4.0	2.0
Donatılı Yığma Duvar	3.0	1.5
Donatısız Yığma Duvar	1.5	-

B - 1.2.4 Çaprazlar

Çaprazlardaki ortalama aksenal gerilme Denklem (B.12) ile ifade edilir.

$$f_{br} = \frac{1}{m} \left(\frac{V_j}{sN_{br}} \right) \left(\frac{L_{br}}{A_{br}} \right) \quad (\text{B.12})$$

L_{br} : Ortalama çapraz eleman uzunluğu

N_{br} : Çaprazlar basınç için dizayn edilmişse, çekme ve basınçtaki çaprazların sayısı değilse çekmedeki çaprazların sayısı

s : Çapraz elemanların ortalama açıklık uzunluğu

A_{br} : Çaprazın ortalama kesit alanı

V_j : Her seviyedeki maksimum kat kesme kuvveti

m : Eleman değişim faktörü Tablo B.5’den alınır.

Tablo B.5 : Diyagonal Çaprazlar için m Faktörleri

Çapraz Tipi	(d/t)	Performans seviyesi	
		CG	AY
Tüp	$\leq 90(F_{ye})^{1/2}$	6.0	2.5
	$> 190(F_{ye})^{1/2}$	3.0	1.5
Boru	$\leq 1500/F_{ye}$	6.0	2.5
	$> 6000/F_{ye}$	3.0	1.5
Sadece-çekme		3.0	1.5
Bütün diğerleri		6.0	2.5

Ara değerler için interpolasyon yapılabilir.

Akma gerilmesi; $F_{ye}=1.25F_y$;

B - 1.2.5 Prekast Birleşimler

Prekast moment çerçevelerindeki kirişlerde M_g momenti Denklem (B.13) ile bulunur.

$$M_g = \frac{V_j}{m} \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{h}{2} \right) \quad (\text{B.13})$$

n_c : Toplam kolon sayısı

n_f : Hesaplama yönündeki toplam çerçeve sayısı

V_j : Hesap yapılan kattaki kat kesme kuvveti

h : Kat yüksekliği

m : CG için 2'ye AY için 1.3'e eşit alınan m eleman değişim faktörü

B - 1.2.6 Devrilmeye Göre Normal Gerilme

Momentten oluşan kolonlardaki eksenel gerilme, p_{ot} , Denklem (B.14)'e göre hesaplanır.

$$P_{ot} = \frac{1}{m} \left(\frac{2}{3} \right) \left(\frac{V h_n}{L n_f} \right) \quad (B.14)$$

n_f : Hesaplama yönündeki toplam çerçeve sayısı

V : Deprem kesme kuvveti

h_n : Temelden çatıya olan yükseklik

L : Çerçevenin toplam uzunluğu

m : CG için 2'ye AY için 1.3'e eşit alınan m eleman değişim faktörü

B - 2. FEMA 310 2. Aşama Değerlendirmesi

B - 2.1 LSP ve LDP İçin Analiz Metodu

Doğrusal Dinamik Metodu aşağıdakiler için kullanılacaktır :

- 30.5 m'den daha uzun binalar
- Kütle, rijitlik ve geometrik düzensizliklere sahip yapılar

B - 2.1.1 Doğrusal Statik Yöntem (LSP)

Doğrusal Statik Metodun işlem sırası aşağıdaki gibidir:

- Binanın matematiksel yapı modeli oluşturulacaktır.
- Taban kesme kuvveti hesaplanacaktır.
- Yatay kuvvetler düşeyde dağıtılacaktır.
- Doğrusal elastik analiz metotları kullanılarak bina yada eleman kuvvetlerinin ve yerdeğiştirmeleri hesaplanacaktır.
- Eğer gerekiyorsa, döşeme kuvvetleri hesaplanacaktır.
- Eleman kuvvetleri uygun kabul kriterleri ile karşılaştırılacaktır.

B - 2.1.1.1 Taban Kesme Kuvveti

Doğrusal Statik Metotta ilk önce taban kesme kuvveti hesaplanır. Periyot, tek açıklıklı ve tek katlı esnek döşemeli bir yapı için Denklem (B.15)'e göre hesaplanacaktır.

$$T = (0.1\Delta_w + 0.078\Delta_d)^{0.5} \quad (\text{B.15})$$

Δ_w ve Δ_d , hesaplama yönündeki yatay kuvvet nedeniyle oluşan sırasıyla perde ve döşeme yerdeğiştirmeleridir. (inç) (1 inç = 2.54 cm)

B - 2.1.1.2 Deprem Kuvvetlerinin Düşeydeki Dağılımı

Taban kesme kuvvetleri her kata Denklem (B.16) ve (B.17) ile dağıtılacaktır.

$$F_x = C_{vx} V \quad (\text{B.16})$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (\text{B.17})$$

$k=1.0$, $T \leq 0.5$ saniye için

$k=2.0$, $T > 2.5$ saniye için

T 'nin ara değerleri için doğrusal interpolasyon kullanılacaktır.

C_{vx} : Düşey dağıtım faktörü

V : Taban Kesme kuvveti

w_i : i. katın ağırlığı

w_x : x. katın ağırlığı

h_i : Temelden i. seviyeye olan yükseklik

h_x : Temelden x. seviyeye olan yükseklik

B - 2.1.1.3 Kat Döşemeleri

İncelenen katta Denklem (B.18) ile hesaplanan eylemsizlik kuvvetlerinin etkileri ve döşemenin altındaki ve üstündeki düşey yanal kuvvet taşıyıcı elemanların dışmerkezlilikleri ve rijitliklerindeki değişimler sebebiyle oluşan yatay kuvvetler analizde hesaba katılır.. Döşeme kuvvetleri Denklem (B.18) ile hesaplanır.

$$F_{px} = \frac{1}{C} F_i \frac{w_x}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (\text{B.18})$$

F_{px} : x seviyesindeki toplam döşeme kuvveti

F_i : i. kat seviyesindeki yatay yük

w_i : i. katın ağırlığı

w_x : x. katın ağırlığı

C : Tablo B.1’de ifade edilen değişim faktörü

B - 2.1.2 Doğrusal Dinamik Yöntem (LDP)

Doğrusal Dinamik Yöntem aşağıdaki şekilde uygulanacaktır:

- Binanın matematik modelinin oluşturulması
- Bölge için tepki spektrumunun oluşturulması
- Binanın tepki spektrum analizinin gerçekleştirilmesi
- Kuvvet ve deformasyonların düzenlenmesi
- Gerekliyse diyafram kuvvetlerinin hesaplanması
- Eleman kuvvetlerinin hesaplanması
- Eleman kuvvetlerinin kabul etme kriteriyle karşılaştırılması

Döşeme kuvvetleri ve yerdeğiştirmeleri dışındaki tüm kuvvetler ve yerdeğiştirmeler C katsayısı ile artırılacaktır. Kat döşemeleri dinamik analiz sonucu bulunan deprem kuvvetlerine ve döşemelerin alt ve üst ucundaki düşey elemanların rijitliklerindeki değişikliklerden veya ötelenmelerden kaynaklanan yatay kuvvetlere göre dizayn edilir. Toplam burulma momenti aşağıdaki değerlerin toplamı olarak hesaba katılır.

B - 2.1.2.1 Zemin Hareketlerinin Modellenmesi

Doğrusal Dinamik Yöntem’de kullanılacak deprem zemin hareketleri aşağıdakiler kullanılarak karakterize edilebilir.

- Haritalanmış tepki spektrumu
- Bölgeye özel tepki spektrumu

B - 2.1.2.2 Sonuçların Düzenlenmesi

Diyafram kuvvetleri ve deformasyonlarının ihmal edilmesiyle, Doğrusal Dinamik Yöntemlerden elde edilen tüm kuvvet ve deformasyonlar Tablo B.1’ de tariflenen değiştirme çarpanı C ile çarpılacaklardır.

B - 2.1.2.3 Kat Döşemeleri

Kat döşemeleri, dinamik analizden elde edilen deprem kuvvetleri ve döşemenin altındaki ve üstündeki çerçeve elemanların rijitliklerindeki değişmeler veya dışmerkezliklerinden kaynaklanan yatay etkiler için analiz edileceklerdir. Dinamik analizden elde edilen deprem kuvvetleri Denklem (B.18)’den hesaplanan kuvvetlerin %85’inden daha az olmayacaklardır.

B - 2.2 LSP ve LDP İçin Kabul Etme Kriteri

Eleman iç kuvvetleri, ağırlık ve deprem kuvvetleri göz önüne alınarak hesaplanacaktır. Ardından eleman dayanımları hesaplanacaktır. Sonra eleman kuvvet ve dayanımları kabul etme kriterleriyle karşılaştırılacaktır.

B - 2.2.1 Düşey Yükler

İlk olarak bina elemanlarının zati yükleri Denklem (B.19) ve (B.20)’ye göre hesaplanır.

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L + Q_S) \quad (\text{B.19})$$

$$Q_G = 0.9Q_D \quad (B.20)$$

Q_D : Sabit yük

Q_L : Hesaplanmış hareketli yükten az olmamak koşulu ile azaltılmamış tasarım hareketli yükünün %25'ine eşit etkin hareketli yük

Q_S : Toplam tasarım kar yükünün %70'ine eşit veya %20'sinden az olmayacak bir kar yüküne eşit olarak alınacak etkin kar yükü.

B - 2.2.2 Elemanlarda İç Kuvvetler

İç kuvvetler, deformasyon kontrollü veya kuvvet kontrollü şeklinde sınıflandırılacaklardır.

B - 2.2.2.1 Yerdeğiştirme Kontrollü İç Kuvvetler

Yerdeğiştirme kontrollü tasarımda iç kuvvetler, Denklem (B.21)'ye göre hesaplanır.

$$Q_{UD} = Q_G + Q_E \quad (B.21)$$

Q_{UD} : Yerçekimi yükleri ve deprem kuvvetlerinden oluşan etki

Q_G : Yerçekim kuvvetlerinden dolayı oluşan etki

Q_E : LSP ve LDP analiz modelleri ve kuvvetleri kullanarak hesaplanan deprem kuvveti

B - 2.2.2.2 Kuvvet Kontrollü İç Kuvvetler

Kuvvet kontrollü kuvvetler için üç metot uygulanır.

Yöntem 1 :

Kuvvet kontrollü etkiler Q_{UF} , deformasyon kontrollü etkilerden oluşan maksimum kuvvet ve zati yüklerden oluşan kuvvetlerin toplamına göre hesaplanacaktır.

Yöntem 2 :

Alternatif olarak kuvvet kontrollü etkiler Denklem (B.22) veya (B.23)'e göre hesaplanabilir. Denklem (B.9), Q_{UF} 'a katkıda bulunan kuvvetler, çerçeve elemanlarının göçme anındaki durumu için kullanılacaktır. Denklem (B.23) diğer bütün değerlendirmeler için kullanılmalıdır.

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{CJ} \quad (\text{B.22})$$

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{C} \quad (\text{B.23})$$

Q_{UF} : Zati yükler ve deprem kuvvetlerinden oluşan etkiler.

C : Değiştirme Faktörü

J : Denklem (B.24)'de verilen kuvvet dağıtım azaltma faktörü. CG seviyesine göre değerlendirilen yapılar için 2.5, AY seviyesine göre değerlendirilen yapılar için 2,0'ı aşmayacak.

$$J = 1.5 + S_{DS} \quad (\text{B.24})$$

S_{DS} : Tasarım kısa periyot spektral ivme parametresi,

Yöntem 3

$C=1$ ile Denklem (B.24) ve (B.2)'deki taban kesme kuvveti kullanılarak analiz edilen yapıların değerlendirilmesi için kullanılacaktır.

Bağlantılar ve temel/zemin etkileşimi kuvvet kontrollü etkiler olarak düşünülecektir. Eleman dayanımı deformasyon ve kuvvet kontrollü etkiler için beklenen dayanım Q_{CE} olarak alınacaktır. Q_{CE} hesaplanamazsa Q_{CE} nominal dayanımın 1.25 katı olarak hesaplarda kullanılacaktır.

B - 2.2.3 LSP ve LDP için Kabul Etme Kriterleri

B - 2.2.3.1 Yerdeğiştirme Kontrollü İç Kuvvetler

Değerlendirilen elemanın akma değerini izin verilen ölçüde aşan deformasyonla ilişkili iç kuvvetidir. Akma durumunun aşılma mertebesi, eleman düzenleme (m) çarpanlarıyla belirlenir. Yerdeğiştirme kontrollü etkiler için Denklem (B.25) sağlanmalıdır.

$$Q_{CE} \geq \frac{Q_{UD}}{m} \quad (\text{B.25})$$

Q_{UD} : Deprem ve yerçekimi yüklerinden dolayı oluşan etki

m : Performans seviyesi ve eleman karakteristiğine göre alınır.

Q_{CE} : Beklenen eleman kuvveti. **Q_{CE}** yerçekimi ve deprem yüklerinden dolayı oluşan bütün yardımcı var olan etkilerin düşünüldüğü etkilere uygun olarak hesaplanacaktır.

B - 2.2.3.2 Kuvvet Kontrollü İç Kuvvetler

Değerlendirilen elemanın akma değerini aşmasına izin verilmediği deformasyonla ilişkili iç kuvvetidir. İç kuvvet, değerlendirmede kullanılan taban kesme kuvvetleriyle doğrudan ilişkili değildir; daha ziyade yapısal sistem elemanlarının akma durumunda aktarabilecekleri maksimum kuvvetlerle ilişkilidir. Kuvvet kontrollü etkiler için Denklem (B.26) sağlanmalıdır.

$$Q_{CE} \geq Q_{UF} \quad (B.26)$$

Q_{UF} : Yerçekimi ve deprem yüklerinden oluşan iç kuvvet.

Q_{CE} : Umulan eleman kuvveti. **Q_{CE}**, yerçekimi ve deprem yüklerinden dolayı oluşan bütün yardımcı var olan etkilerin düşünüldüğü etkilere uygun olarak hesaplanacaktır.

B - 2.3 Özel Metot

B - 2.3.1 Genel

Özel metot can güvenliği seviyesine göre belirlenmiş esnek döşemeli donatısız yığma duvarlı yapılara uygulanır.

B - 2.3.2 Çapraz Duvarlar

Binanın her katında çapraz duvarlar devam etmelidir. Çapraz duvarlar döşemeler arasında ve tüm kat yüksekliği boyunca devam etmelidir. Döşeme açıklığı boyunca ölçülen her 12,2 m’de (40 feet) çapraz duvarların kayma kapasitelerinin toplamı, hesap yapılan kat seviyesinde veya üst kısmındaki en güçlü döşemenin kayma kapasitesinin %30’una eşit veya büyük olmalıdır.

B - 2.3.3 Diyagramlar

B - 2.3.3.1 Talep-Kapasite Oranları

Döşemelerin talep-kapasite oranları aşağıdaki denklemlere göre hesaplanacaktır.

Alt ve üst seviyelerde çapraz duvarsız döşemeler

$$DCR = \frac{2,5S_{D1}W_d}{\sum v_u D} \quad (B.27)$$

Çapraz duvarlı tek katlı yapıdaki döşemeler

$$DCR = \frac{2,5S_{D1}W_d}{\sum v_u D + V_{cb}} \quad (B.28)$$

Her seviyede çapraz duvarlı çok katlı döşemeler ;

$$DCR = \frac{2,5S_{D1} \sum W_d}{\sum (\sum v_u D + V_{cb})} \quad (B.29)$$

Çatı döşemeleri ve alt kattaki döşemeler çapraz duvarlar ile birbirlerine bağlanmışlarsa;

$$DCR = \frac{2,5S_{D1} \sum W_d}{\sum (\sum v_u D)} \quad (B.30)$$

v_u : Döşemenin birim kesme kuvveti.

B - 2.3.3.2 Geçerlilik Kriteri

Duvarlar arasındaki açıklık (L) ve talep-kapasite oranının (DCR) kesişimi Şekil B.1’de 1, 2 veya 3. bölgeye düşüyorsa uygunluk kriteri sağlanmıştır.

Döşemeler Denklem (B.31) ve (B.32) ile hesaplanan değerlerin minimumunu taşıyabilmelidir. C_p Tablo (B.7)’den alınır

$$V_d = 1.5S_{D1}C_pW_d \quad (B.31)$$

$$V_d = v_u D \quad (B.32)$$

B - 2.3.4 Perde Duvarlar

B - 2.3.4.1 Perde Duvar Kuvvetleri

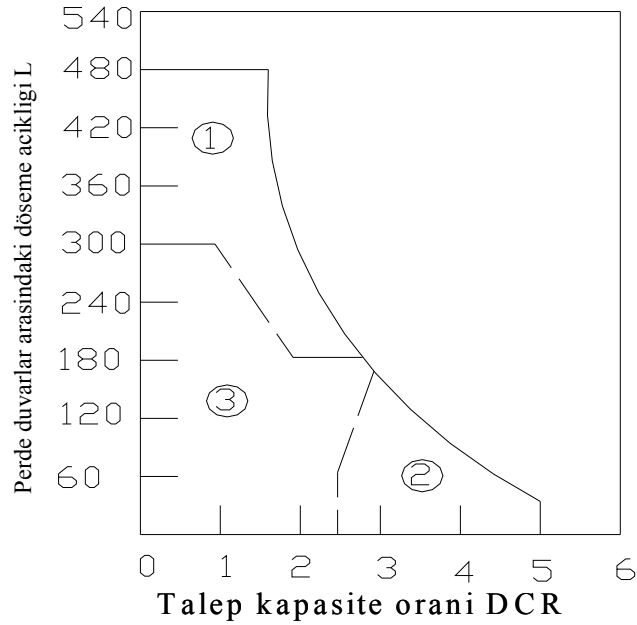
Perde duvar kuvvetleri aşağıdaki denklemlere göre hesaplanacaktır.

Çapraz perdesiz yapılar için

$$F_{wx} = S_{D1}(W_{wx} + 0.5W_d) \quad (B.33)$$

Bu değer Denklem (B.34)'ü aşmamalıdır.

$$F_{wx} = S_{D1} W_{wx} + v_u D \quad (B.34)$$



Şekil B.1 : Perde Duvarlar Arasındaki L Döşeme Açıklığı

Tablo B.6 : Yatay Kuvvet Faktörü , C_p

Malzeme Düzeni	C_p
Düzgün veya diyagonal kaplamalı çatılar ve kaplamaya direkt olarak uygulanan çatı örtüsü, veya düzgün zıvana-lamba kaplamalı katlar	0.50
Kenarları ötelemeli iki veya daha fazla tabakalı tahtalı ve yapısal panel sistemlere bloklanmış döşeme	0.75

Bütün seviyelerde çapraz duvarlı yapılar için

$$F_{wx} = 0.75 S_{D1} (W_{wx} + 0.5 W_d) \quad (B.35)$$

Bu değer Denklem (B.36) ve Denklem (B.37)'i aşmamalıdır.

$$F_{wx} = 0.75 S_{D1} \left(W_{wx} + \sum W_d \left(\frac{v_u D}{\sum (\sum v_u D)} \right) \right) \quad (B.36)$$

$$F_{wx} = 0.75 S_{D1} W_{wx} + v_u D \quad (B.37)$$

Perdenin kat kesme kuvveti Denklem (B.38)'a uygun olarak hesaplanmalıdır.

$$V_{wx} = \Sigma F_{wx} \quad (B.38)$$

B - 2.3.4.2 Perde Duvarların Dayanımları

Perde duvarların dayanımları Denklem (B.39) ile hesaplanmalıdır.

$$V_a = 0.67v_{me}Dt \quad (B.39)$$

D : Yığma duvarın uzunluğu

t : Duvarın kalınlığı (inç)

v_{me} : Denklem (B.40)'de verilen yığma duvar kesme dayanımı

$$v_{me} = \frac{0.75 \left(0.75v_{te} + \frac{P_{CE}}{A_n} \right)}{1.5} \quad (B.40)$$

v_{te} : Ortalama derz kesme

P_{CE} : Bir duvara uygulanmış yerçekim basınç kuvveti veya payandanın gerilmesi

A_n : Net harç alanı (inç²)

Zemin kayma dayanımı Denklem (B.41) ve (B.42)'a göre belirlenir.

Boşluksuz duvarlar için ;

$$V_r = 0.9(P_D + 0.5P_w) \frac{D}{H} \quad (B.41)$$

Boşluklu duvarlar için ;

$$V_r = 0.9P_D \frac{D}{H} \quad (B.42)$$

B - 2.3.4.3 Perde Duvarların Uygunluk Kriteri

Donatısız yığma duvarların uygunluğu Denklem (B.43), (B.44) ve (B.45)'ya göre belirlenecektir.

$V_r < V_a$ olduğu zaman ;

$$0.6V_{wx} < \Sigma V_r \quad (\text{B.43})$$

$V_a < V_r$ olduğu zaman V_{wx} , D/H oranına göre her bir payandaya dağıtılacaktır. Her bir payandaya düşen kuvvet V_p 'dir. V_p değeri Denklem (B.44) ve (B.45)'i sağlamalıdır.

$$V_p < V_a \quad (\text{B.44})$$

$$V_a < V_r \quad (\text{B.45})$$

Her payanda için $V_p < V_a$ ve $V_r < V_p$ ise payanda analizde düşünülmeyecek ve metot tekrarlanacaktır.

Donatısız yığma duvarların izin verilen yükseklik/kalınlık oranları Tablo B.7'de gösterilmiştir.

Tablo B.7 : Donatısız Yığma Duvarların İzin Verilen Yükseklik-Kalınlık Oranları

Duvar Tipi	Orta Deprem Bölgesi	Yüksek Deprem Bölgesi	
		A	B
Çok katlı binanın en üst katı	14	14	9
Çok katlı binanın ilk katı	18	16	15
Bütün diğer şartlar	16	16	13

B - 2.3.5 Açık Yüzlü Yapılar

Açık yüzlü yapılarda etkin döşeme açıklığı L_i Denklem (B.46)'ya, döşemenin talep-kapasite oranı ise Denklem (B.47)'ye göre hesaplanacaktır.

$$L_i = 2L \left(\frac{W_w}{W_d} + 1 \right) \quad (\text{B.46})$$

$$DCR = \frac{2,5S_{D1}(W_d + W_w)}{V_u D + V_c} \quad (\text{B.47})$$

B - 2.4 Yapısal Olmayan Elemanlar

Yapısal olmayan elemanların deprem kuvvetleri (B.48), (B.49) ve (B.50) numaralı denklemlere göre belirlenecektir.

$$F_p = 0.4a_p S_{DS} W_p (1 + 2x/h) / R_p \quad (\text{B.48})$$

F_p (B.49)'dan büyük (B.50)'den de küçük olmamalıdır.

$$F_p = 1.6S_{DS}W_p \quad (B.49)$$

$$F_p = 0.3S_{DS}W_p \quad (B.50)$$

F_p : Deprem tasarım kuvveti

S_{DS} : İlk bölümde ifade edildiği gibi tasarım kısa periyot spektral ivmesi

a_p : Eleman büyütme faktörü

W_p : Eleman ağırlığı

R_p : 1.0 ile 6.0 arasında değer alan eleman modifikasyon faktörü.

x : Eleman bağlantısının yapıdaki en yüksek noktasındaki yükseklik

h : Yer eğimi ile ilgili yapının ortalama çatı yüksekliği

Yerdeğiştirme oranı (D) Denklem (B.51) ve (B.52)'ye göre ifade edilir.

Aynı bina üzerinde iki bağlantı noktası veya yapısal sistem için;

$$D_r = (\delta_{xA} - \delta_{yA}) / (X - Y) \quad (B.51)$$

Farklı binalar üzerinde iki bağlantı noktası veya yapısal sistem için;

$$D_p = \delta_{xA} + \delta_{xB} \quad (B.52)$$

D_p : Görece yerdeğiştirme

D_r : Yerdeğiştirme oranı

X : Yerden ölçülmek üzere x seviyesindeki yapısal olmayan elemanın üst seviyesinin yüksekliği

Y : Yerden ölçülmek üzere y seviyesindeki yapısal olmayan elemanın alt seviyesinin yüksekliği

δ_{xA} : A yapısının elastik analiz ile belirlenen x seviyesindeki sehim

δ_{yA} : A yapısının elastik analiz ile belirlenen y seviyesindeki sehim

δ_{xB} : B yapısının elastik analiz ile belirlenen x seviyesindeki sehim

ÖZGEÇMİŞ

Mete ERGUN, 1982 yılında Van’da doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini sırasıyla, Atatürk İlkokulu ve Kazım Karabekir Lisesinde, lise öğrenimini Serhat Fen Lisesinde tamamlamıştır. 1999 yılında Akdeniz Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girmiş, 2003 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra aynı yıl, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Mühendisliği Programında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır.