

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAYIS 1996 TÜRKİYE KANADA HİNDİSTAN VE
YENİ ZELANDA DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN
DEPREM YATAY YÜK HESABI YÖNTEMLERİ
AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

İnş.Müh. H.Gürkan YENİPAZARLI

F.B.E. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman : Prof. İlhan BERKTAY

İSTANBUL , 1997

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLolar LİSTESİ	V
TEŞEKKÜR	VI
TÜRKÇE ÖZET	VII
YABANCI DİLDE ÖZET	VIII
1. MAYIS 1996 TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİĞİNİN DEPREM YATAY YÜK HESAP YÖNTEMLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ	1
1.1. Amaç ve Genel İlkeler	1
1.2. Kapsam	1
1.3. Deprem Yüklerine İlişkin Koşullar	2
1.4. Depreme Karşı Davranışları Bakımından Binalar	2
1.4.1. Düzensiz Binalar	2
1.4.1.1. Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar	8
1.5. Süneklik Düzeyi Yüksek ve Normal Taşıyıcı Sistemler	9
1.5.1. Süneklik Düzeyi Yüksek ve Normal Taşıyıcı Sistemlere İlişkin Koşullar	9
1.6. Mayıs 1996 Türkiye Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Yatay Yükünün Hesaplanması	10
1.6.1. Hesap Yöntemleri	10
1.6.2. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	10
1.6.2.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulama Sınırları	10
1.6.2.2. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Belirlenmesi	11
1.6.2.3. Toplam Yapı Ağırlığının Belirlenmesi	11
1.6.2.4. A(T) Spektral İvme Katsayısının Belirlenmesi	12
1.6.2.5. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun (T_1) Belirlenmesi	17
1.6.2.6. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ve Deprem Yükü Azaltma Katsayısı	18
1.6.2.7. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Katlara Dağıtılması	20
1.6.3. Mod Birleştirme Yöntemi	21
1.6.3.1. Her Titreşim Modunda Toplam Tasarım Deprem Yükünün Belirlenmesi	21
1.6.3.2. Hesaba Katılacak Titreşim Modu Sayısı	21
1.6.3.3. Taşıyıcı Sistem Hesabı	22

1.6.3.4. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri	22
1.6.4. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi	23
1.6.4.1. Benzeştirilmiş Deprem Yer Hareketleri	23
1.6.4.2. Zaman Tanım Alanında Deprem Hesabına İlişkin Koşullar	24
1.6.5. Tasarıma Esas Yerdeğiştirmelerin Belirlenmesi ve Sınırlandırılması	24
1.6.5.1. Tasarıma Esas Kat Yerdeğiştirmelerin ve Görelî Kat Ötelemelerinin Belirlenmesi	24
1.6.5.2. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	25
2. MAYIS 1996 TÜRKİYE , KANADA , HİNDİSTAN , YENİ ZELANDA DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN DEPREM YATAY YÜK HESABI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI	26
2.1. Genel	26
2.2. Statik Yöntemlerde Hesapta Gözönüne Alınan Yatay Kuvvetler	28
2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Hesabı	28
2.3.1. Deprem Katsayıları ve Bağlı Olduğu Parametreler	29
2.3.2. Mayıs 1996 Türkiye Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Yatay Yükünün Hesabı	30
2.3.3. Kanada Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Yatay Yükünün Hesabı	30
2.3.4. Hindistan Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Yatay Yükünün Hesabı	31
2.3.5. Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Yatay Yükünün Hesabı	32
2.3.6. Deprem Katsayıları	33
2.3.6.1. Bölge Faktörleri	33
2.3.6.2. Yapı Önem Katsayısı	37
2.3.6.3. Zemin ve Temel İle İlgili Katsayılar	40
2.3.6.4. Spektral Çarpanlar	45
2.3.6.5. Taşıyıcı Sistem Katsayısı	53
2.3.6.6. Doğal Titreşim Periyodu	56
2.3.6.7. Diğer Parametreler	57
2.3.7. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Katlara Dağıtılması	58
2.4. Türkiye , Hindistan , Kanada ve Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliklerinde Kullanılan Diğer Hesap Metodları	60

3. SAYISAL ÖRNEKLER	61
3.1. Mayıs 1996 Türkiye Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Yatay Yükünün Hesabı	61
3.1.1. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesaplanması	62
3.1.2. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Hesabı	65
3.1.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Katlara Dağıtılması	66
3.2. Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Yatay Yükünün Hesabı	67
3.2.1. Birinci Doğal Titreşim Periyodu	68
3.2.2. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Hesabı	68
3.2.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Katlara Dağıtılması	69
3.3. Kanada Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Yatay Yükünün Hesabı	70
3.3.1. Doğal Titreşim Periyodu ve Sismik Tepki Faktörünün Belirlenmesi	71
3.3.2. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Hesabı	72
3.3.3. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Katlara Dağıtılması	72
3.4. Hindistan Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Yatay Yükünün Hesabı	73
3.4.1. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Hesabı	74
3.4.2. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Katlara Dağıtılması	74
4. SONUÇLAR	76
KAYNAKLAR	80

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. A1 Türü Düzensizlik Durumu (Türkiye)	3
Şekil 1.2. A2 Türü Düzensizlik Durumu (Türkiye)	4
Şekil 1.3. A3 Türü Düzensizlik Durumu (Türkiye)	5
Şekil 1.4. A4 Türü Düzensizlik Durumu (Türkiye)	6
Şekil 1.5. B2 Türü Düzensizlik Durumu (Türkiye)	7
Şekil 1.6. B3 Türü Düzensizlik Durumu (Türkiye)	8
Şekil 1.7. Deprem Doğrultusunda Fiktif yük ve Yerdeğiştirme (Türkiye)	17
Şekil 2.1. Hindistan Deprem Bölgeleri Haritası	35
Şekil 2.2. Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliğinde Bölge Faktörleri	36
Şekil 2.3. Spektrum Katsayısı S(T) (Türkiye)	45
Şekil 2.4 Ortalama İvme Spektrumu (Hindistan)	47
Şekil 2.5. C Katsayısı (Hindistan).....	47
Şekil 2.6. Temel Sismik İvme Katsayısı (Yeni Zelanda)	51-52

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Hareketli Y¼k Azaltma Katsayısı (n) (T¼rkiye)	12
Tablo 1.2. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) (T¼rkiye)	13
Tablo 1.3. Bina Önem Katsayısı (I) (T¼rkiye)	14
Tablo 1.4. Yerel Zemin Sınıfları (T¼rkiye)	15
Tablo 1.5. Zemin Grupları (T¼rkiye)	16
Tablo 1.6. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B) (T¼rkiye)	16
Tablo 1.7. Taşıyıcı Sistem Katsayısı (R) (T¼rkiye)	19
Tablo 2.1. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Y¼künün Hesabı	28
Tablo 2.2. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) (T¼rkiye)	33
Tablo 2.3. Bölge Faktörleri (Hindistan)	34
Tablo 2.4. Yapı Önem Katsayısı (I) (T¼rkiye)	38
Tablo 2.5. Yapı Önem Katsayısı (I) (Kanada)	39
Tablo 2.6. Yapı Önem Katsayısı (I) (Hindistan)	39
Tablo 2.7. Yapı Önem Katsayısı (R) (Yeni Zelanda)	40
Tablo 2.8. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B) (T¼rkiye)	40
Tablo 2.9. Yerel Zemin Sınıfları (T¼rkiye)	41
Tablo 2.10. Zemin Grupları (T¼rkiye)	42
Tablo 2.11. Temel Faktörü (F) (Kanada)	43
Tablo 2.12. Temel Katsayıları (β) (Hindistan)	43
Tablo 2.13. Zemin Grupları (Yeni Zelanda)	45
Tablo 2.14. Sismik Tepki Faktörü (S) (Kanada)	46
Tablo 2.15.a. Temel Sismik İvme Katsayısı (Yeni Zelanda)	48
Tablo 2.15.b. Temel Sismik İvme Katsayısı (Yeni Zelanda)	49
Tablo 2.15.c. Temel Sismik İvme Katsayısı (Yeni Zelanda)	50
Tablo 2.16. Taşıyıcı Sistem Katsayısı (R) (T¼rkiye)	54
Tablo 2.17. Taşıyıcı Sistem Katsayısı (R) (Kanada)	54
Tablo 2.18. Taşıyıcı Sistem Katsayısı (K) (Hindistan)	55
Tablo 2.19. Yapısal D¼ktilite Faktörü (μ) (Yeni Zelanda)	55
Tablo 2.20. Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı	56
Tablo 2.21. Limit Durum Faktörleri (Yeni Zelanda)	57
Tablo 2.22. Eşdeğer Deprem Yatay Y¼künün Katlara Dağıtılması	59

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana yol gösteren ve zaman ayıran çok kıymetli hocam sayın Prof. H. İlhan BERKTAY ' a ve maddi ve manevi olarak hertürlü desteğini benden esirgemeyen çok değerli aileme teőekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla
H. Gürkan YENİPAZARLI

1997 , İSTANBUL



ÖZET

Bu çalışmada , Mayıs 1996 Türkiye Deprem Yönetmeliği deprem yatay yük hesabı açısından incelenmiş ve Kanada , Hindistan , Yeni Zelanda deprem yönetmeliklerindeki deprem yatay yük hesap yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

İncelenen her ülke yönetmeliğinde verilen parametre ve katsayılar , tablolar halinde düzenlenip karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Deprem yatay yük hesap yöntemlerinden "Eşdeğer Statik Hesap Yöntemleri" ağırlıklı olarak verilmiştir.

Çalışmanın sonunda sayısal bir örnek incelenen her bir yönetmeliğe göre çözümlenerek sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Bu çalışmanın amacı , Uluslararası bir yönetmelik oluşturulmasına bir katkıda bulunmaktır.

Yapılan incelemeler ve değerlendirmeler , Uluslararası bir yönetmeliğin hazırlanmasının o kadar da zor olmayacağını göstermektedir.

SUMMARY

In this study , "Turkey Earthquake Regulation May 1996" has been investigated on the subject of horizontal loads of earthquake , and compared with the regulations of Canada , India and New Zealand , base on the horizontal loads calculation methods.

All the parameters , factors , coefficients and tables were given in comperable shape , for above mentioned countries regulations which were investigated. Especially the "Equal static calculation method" had been explained on the "Erthquake horizontal loads calculation methods."

End of this study , with a numeric example , for the calculations and result were given comparatively in accordance with the above mentioned countries regulations.

The purpose of this study is , to give a help the production of an International Regulation about the earthquakes.

These investigations and evaluations shows us that is, "To prepare such as an International Regulation , is not so difficult."

1. MAYIS 1996 TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİĞİNİN DEPREM YATAY YÜK HESAP YÖNTEMLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

1.1. AMAÇ VE GENEL İLKELER

Mayıs 1996 deprem yönetmeliğinin amacı , deprem hareketlerine maruz kalacak bina ve benzeri yapıların tamamının veya bölümlerinin depreme dayanıklı tasarımı ve imali için yeterli minimum koşulları belirlemektir.

Depreme dayanıklı bina tasarımında ana ilke ; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda herhangi bir hasar olmaması , orta şiddetteki depremlerde yapısal veya yapısal olmayan elemanlarda oluşan hasarların onarılabilecek düzeyde olması ve en şiddetli depremde ise binada can kaybına yol açacak göçmenin önlenmesidir.

Bir bütün olarak yatay yükleri taşıyan elemanlarda , yatay yüklerin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik , kararlılık ve dayanım bulunmalıdır.

Depremde binaya aktarılan titreşim enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile yutulması için gerekli bütün tasarım ilkelerine uyulmalıdır.

1.2. KAPSAM

Mayıs 1996 Türkiye deprem yönetmeliğindeki hükümler , yeni yapılacak olan binalar ile birlikte , değiştirilecek , büyültülecek , deprem öncesi veya sonrası onarılacak veya güçlendirilecek olan binalar için de geçerlidir.

Aynı zamanda betonarme , çelik , ahşap , yığma kargir ve kerpiç bina ve bina türü yapılar için geçerlidir.

1.3. DEPREM YÜKLERİNE İLİŞKİN KOŞULLAR

a) Deprem yüklerinin , sadece yatay düzlemde ve binanın birbirine dik iki ekseninde doğrultusunda ayrı ayrı etkidikleri varsayılacaktır.

b) Deprem yüklerinin belirlenmesinde , spektral ivme katsayısı ve deprem yükü azaltma katsayısı esas alınmıştır.

c) Deprem yükleri ile rüzgar yüklerinin binaya aynı zamanda etki etmediği varsayılacaktır. Boyutlandırma , her iki etkiden elverişsiz olanı ile yapılacaktır.

1.4. DEPREME KARŞI DAVRANIŞI BAKIMINDAN BİNALAR

Depreme karşı davranışları bakımından binalar ,

a) Düzenli binalar ,

b) Düzensiz binalar

olarak ikiye ayrılmıştır.

Düzensiz binalar , planda düzensizlikler ve düşey doğrultuda düzensizlikler olarak iki gruptadır.

Depreme dayanıklı bina tasarımında düzensiz binaların yapımından kaçınılmalıdır. Bu tip binaların yapılması zorunlu ise , bu tip binaların yapımı ile ilgili kurallara ve sınırlamalara mutlaka uyulmalıdır.

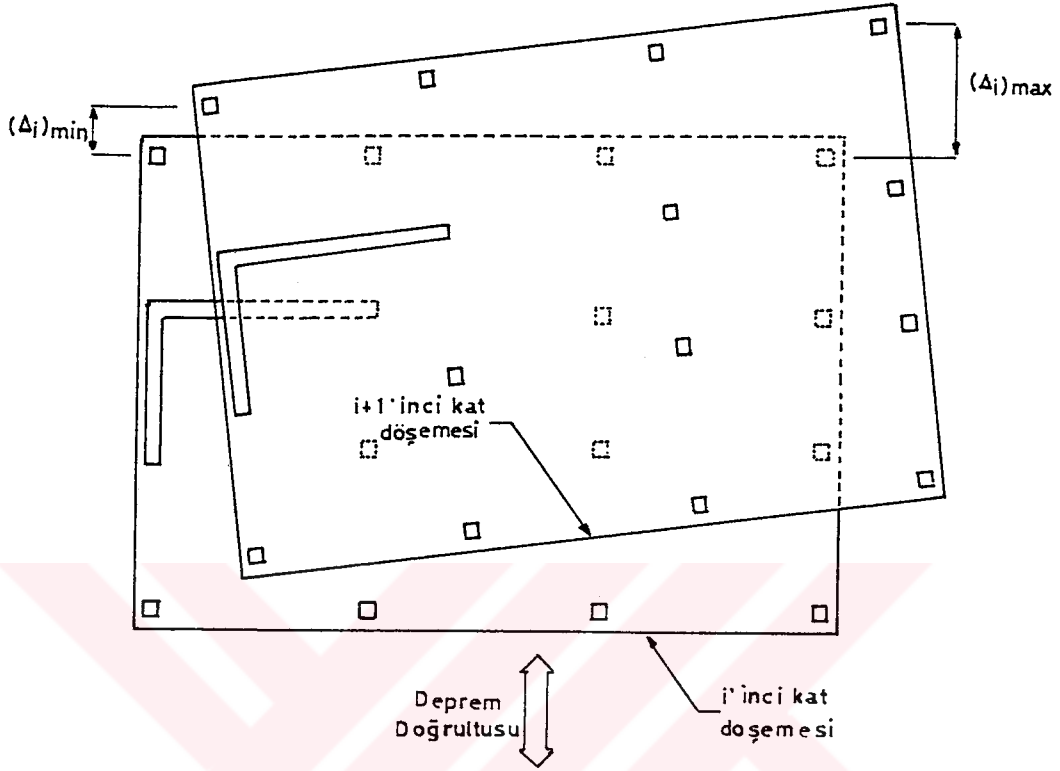
1.4.1. DÜZENSİZ BİNALAR

A) PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI

A1) BURULMA DÜZENSİZLİĞİ

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için , herhangi bir katta , en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalamaya ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{\Delta i}$ 'nin 1.2 'den büyük olması durumu.

$$\eta_{\Delta i} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad [1]$$



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2 [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}]$$

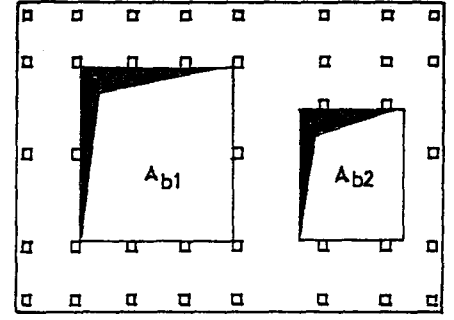
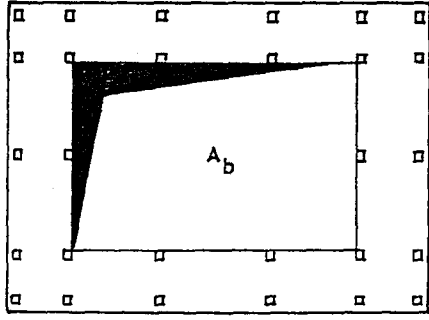
Burulma düzensizlik katsayısı

$$\eta_{\Delta i} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$$

Burulma düzensizliği durumu

$$\eta_{\Delta i} > 1.2$$

Şekil 1.1.



$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

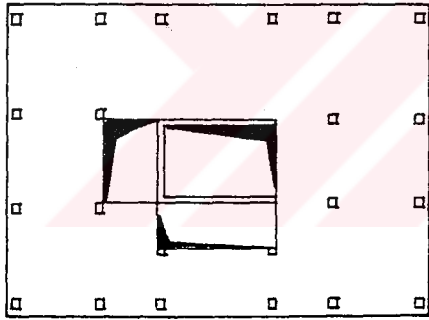
A2 Türü Düzensizlik Durumu - a

$$\frac{A_b}{A_k} > 1/3$$

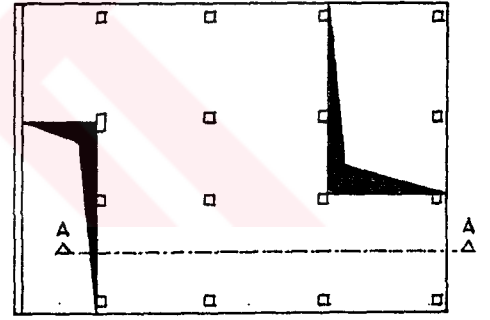
A_k

A_b : Boşluk alanları toplamı

A_k : Brüt kat alanı



A2 Türü Düzensizlik Durumu - b



Kesit A-A

A2 Türü Düzensizlik Durumu - b ve A2 Türü Düzensizlik Durumu - c

Şekil 1.2.

A2) DÖŞEME SÜREKSİZLİKLERİ

Herhangi bir kattaki döşemede ,

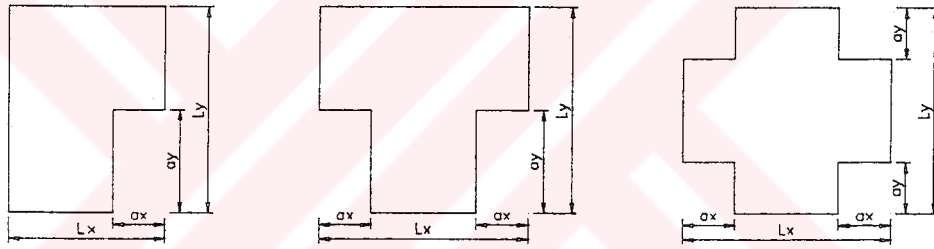
a) Merdiven ve asansör boşlukları dahil , boşluk alanları , toplam kat brüt alanının 1/3'ünden fazla ise ,

b) Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına aktarılabilmesini güçleştiren ya da olanaksız kılan yerel döşeme boşluklarının bulunması ,

c) Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması ,

A3) PLANDA ÇIKINTILARIN BULUNMASI

Planda çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de , binanın o katının aynı doğrultudaki plan boyutlarının %20 sinden daha büyük olması durumu ,



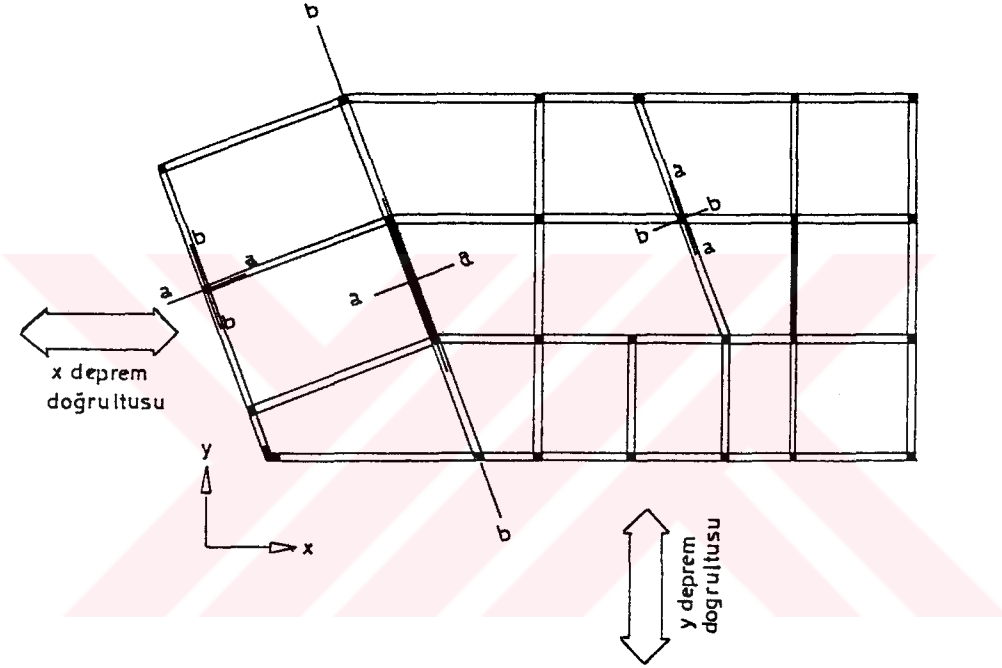
A3 türü düzensizlik durumu

$$a_x > 0.2 L_x \text{ ve } a_y > 0.2 L_y$$

Şekil 1.3 [1]

A4) TAŞIYICI ELEMAN AKSLARININ PARALEL OLMAMASI DURUMU

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin , gözönüne alınan birbirine dik deprem doğrultularına paralel olmaması durumu. (Şekil 1.4.)



Şekil 1.4. A4 Türü Düzensizlik Durumu

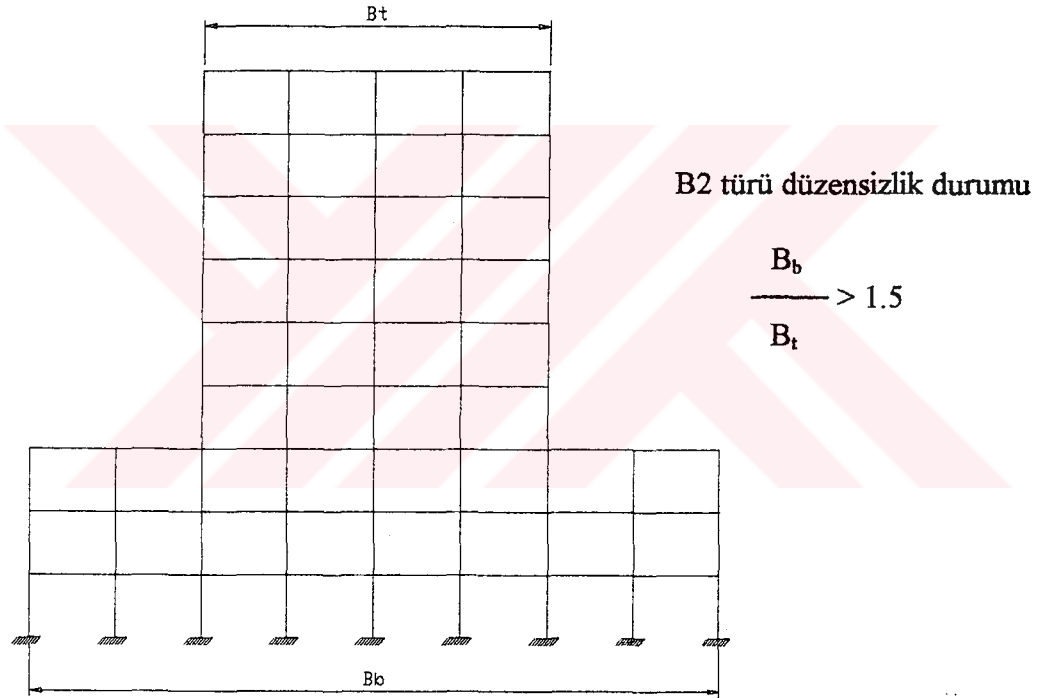
B) DÜŞEY DOĞRULTUDA SÜREKSİZLİK DURUMLARI

B1) KOMŞU KATLAR ARASI DAYANIM SÜREKSİZLİĞİ (ZAYIF KAT)

Herhangi bir deprem doğrultusunda , herhangi bir katın kat kesme dayanımının bir üstteki katın kat kesme dayanımına oranı η_c 'nin 0.80'den küçük olması durumu.

B2) DÜŞEY GEOMETRİK SÜREKSİZLİK

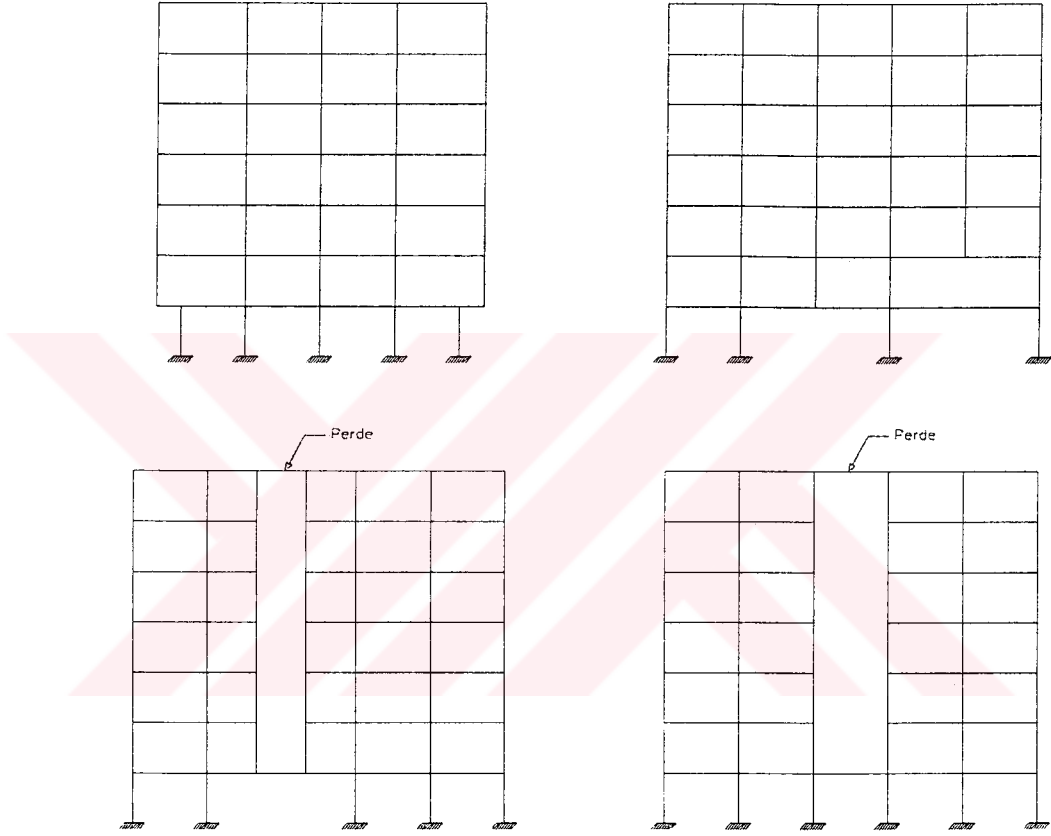
Gözönüne alınan deprem doğrultusunda , taşıyıcı sistemin herhangi bir kattaki uzunluğunun bir üstteki taşıyıcı sistem uzunluğundan en az %50 fazla olması durumu.



Şekil 1.5. B2 Türü Düzensizlik Durumu [1]

B3) TAŞIYICI SİSTEMİN DÜŞEY ELEMANLARININ SÜREKSİZLİĞİ

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (Kolon veya perde) bazı katlarda kaldırılarak kirişlere oturtulması veya üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu.



Şekil 1.6 B3 Türü Düzensizlik Durumları [1]

1.4.1.1. DÜZENSİZ BİNALARA İLİŞKİN KOŞULLAR

a) Deprem hesap yönteminin seçimi A1 ve B2 türü düzensizliklere göre yapılır.

b) Burulma düzensizliğinin katsayısının $1.2 < \eta_{\Delta i} \leq 2.0$ olması durumunda bu düzensizliğin bulunduğu kata uygulanan $\pm \%5$ dış merkezlik , $D_i = (\eta_{\Delta i} / 1.2)^2$ katsayısı ile çarpılarak büyütülecek ve sistemin hesabı tekrarlanacaktır.

c) A2 ve A3 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda , birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde , yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara güvenli bir şekilde aktarılabilirdiği hesapla kontrol edilecektir.

d) B1 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda R katsayısı $0.80 \eta_c$ ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da tüm binaya uygulanacaktır. $\eta_c < 0.60$ olmamalıdır.

1.5. SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK VE NORMAL TAŞIYICI SİSTEMLER

Mayıs 1996 Türkiye deprem yönetmeliğinde , binalar depreme karşı davranışları bakımından ikiye ayrılmışlardır :

- a) Süneklik düzeyi yüksek sistemler
- b) Süneklik düzeyi normal sistemler

1.5.1. SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK VE NORMAL TAŞIYICI SİSTEMLERE İLİŞKİN KOŞULLAR

a) Taşıyıcı sistemin süneklik düzeyinin yüksek olarak kabul edilebilmesi için , her iki deprem doğrultusunda da süneklik düzeyinin yüksek olması gerekmektedir. Sadece bir doğrultuda süneklik düzeyi yüksek , diğer doğrultuda süneklik düzeyi normal olan taşıyıcı sistemler , süneklik düzeyi normal olarak kabul edilecektir.

b) Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde sadece çerçevelerden oluşan süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemler kullanılmamalıdır.

c) Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerindeki yapı önem katsayısı $I = 1.5$ ve $I = 1.4$ olan binalarda süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemlerin kullanılması zorunludur.

1.6. MAYIS 1996 TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DEPREM YATAY YÜKÜNÜN HESAPLANMASI

1.6.1. HESAP YÖNTEMLERİ

Bina ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılan yöntemler ;

- a) Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ,
- b) Mod Birleştirme Yöntemi ,
- c) Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi ,

1.6.2. EŞDEĞER DEPREM YÜĞÜ YÖNTEMİ

Eşdeğer deprem yüğü yönteminin kullanılması için bazı ön koşullar verilmiştir.

1.6.2.1. EŞDEĞER DEPREM YÜĞÜ YÖNTEMİNİN UYGULAMA SINIRLARI

A1 türü düzensizliklerin bulunduğu durumda , burulma düzensizliği katsayısı her katta $\eta_{\Delta i} \leq 2.0$ olmak koşulu ile aşağıda belirtilen binalar için bu yöntem kullanılabilir.

a) Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde , temel üst kotundan itibaren ölçülen yüksekliği 25 m. den fazla olmayan binalar.

b) Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde , B2 türü düzensizliğin bulunmadığı , temel üst kotundan itibaren ölçülen yüksekliği 25 ila 60 m. arasında olan binalar.

c) Üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde , temel üst kotundan itibaren ölçülen yüksekliği 75 m. den fazla olmayan binalar.

1.6.2.2. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YÜKÜNÜN BELİRLENMESİ

Bu yöntemde , gözönüne alınan deprem doğrultusunda , binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü V_t aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$$V_t = W \cdot A(T_1) / R_a \quad [1] \quad (1.1)$$

Burada ;

V_t : Toplam eşdeğer deprem yükü (Taban kesme kuvveti) (kN)

W : Toplam bina ağırlığı , (kN)

$A(T_1)$: Birinci doğal titreşim periyodu T_1 ' e karşılık gelen spektral ivme katsayısı ,

R_a : Deprem yükü azaltma katsayısı ,

1.6.2.3. TOPLAM YAPI AĞIRLIĞININ BELİRLENMESİ

Toplam yapı ağırlığı aşağıdaki şekilde belirlenecektir ;

$$W = \sum w_i \quad [1] \quad (1.2)$$

$$w_i = g_i + n \cdot q_i \quad [1] \quad (1.3)$$

Burada ;

W : Toplam bina ağırlığı , (kN)

w_i : i. katın ağırlığı , (kN)

g_i : i katındaki toplam sabit yük , (kN)

q_i : i katındaki toplam hareketli yük , (kN)

n : Hareketli yük azaltma katsayısı ,

Hareketli yük azaltma katsayısı Tablo 1.1. ' de verilmiştir.

TABLO 1.1. Hareketli Yük Azaltma Katsayısı (n) [1]

Binarın Kullanım Amacı	n
Depo , antrepo	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane vb.	0.30

1.6.2.4. A(T) SPEKTRAK İVME KATSAYISININ BELİRLENMESİ

Spektral ivme katsayısı aşağıdaki formülden hesaplanacaktır ;

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad [1] \quad (1.4)$$

Burada ;

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı , (Tablo 1.2)

I : Yapı önem katsayısı , (Tablo 1.3)

S(T) : Spektrum katsayısı ,

a) Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)

Deprem bölgelerine bağı olan etkin yer ivmesi katsayısı Tablo 1.2. ' de verilmiştir.

TABLO 1.2. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) [1]

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

b) Bina Önem Katsayısı (I)

Binalardan beklenen hizmete göre ve kullanım amacına göre belirlenen yapı önem katsayısı Tablo 1.3. ' de verilmiştir.

TABLO 1.3. Bina Önem Katsayısı (I) [1]

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Önem Katsayısı (I)
<p>1. Deprem sonrası kullanılması zorunlu binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</p> <p>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b) Toksik, patlayıcı ve perlayıcı vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1.5
<p>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</p> <p>a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri</p> <p>b) Müzeler</p>	1.4
<p>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</p> <p>Halkın çok yığıldığı, fakat sürekli olarak kullanılmayan binalar (Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları vb.)</p>	1.2
<p>4. Diğer binalar</p> <p>Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları vb.)</p>	1.0

c) S(T) Spektrum Katsayısı

Spektrum katsayısı S(T) , yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T ' ye bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$$S(T) = 1 + 1.5 (T / T_a) \quad (0 \leq T < T_A) \quad [1] \quad (1.5.a)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad [1] \quad (1.5.b)$$

$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad [1] \quad (1.5.c)$$

Buradaki T_A ve T_B Tablo 1.4. ile verilen zemin sınıflarına bağlı olarak , spektrum karakteristik periyotlarını göstermektedir.

T_A ve T_B değerleri Tablo 1.6 da verilmiştir.

TABLO 1.4. Yerel Zemin Sınıfları [1]

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Tabaka Kalınlığı
Z1	(A) grubu zeminler, en üst tabaka kalınlığı 15 m.'ye eşit veya daha az olan (B) grubu zeminler
Z2	En üst tabaka kalınlığı 15 m.'den fazla (B) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 15 m.'den az (C) grubu zeminler
Z3	En üst tabaka kalınlığı 15-50 m.(dahil) arasında olan (C) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10 m.'ye eşit veya daha az olan (D) grubu zeminler
Z4	En üst tabaka kalınlığı 50 m.'den fazla (C) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10 m.'den fazla (D) grubu zeminler

TABLO 1.5. Zemin Grupları [1]

Zemin Grubu	Tanım
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrılmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar 2. Çok sıkı kum, çakıl 3. Sert kil, siltli kil
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrılmış çimentolu tortul kayalar 2. Sıkı kum, çakıl 3. Çok katı kil, siltli kil
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar 2. Orta sıkı kum, çakıl 3. Katı kil, siltli kil
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları 2. Gevşek kum 3. Yumuşak kil, siltli kil

TABLO 1.6. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B) [1]

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (s.)	T_B (s.)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

$A(T_1)$, $T = T_1$ alınarak hesaplanacaktır. Dolayısıyla $S(T_1)$ hesabında $T = T_1$ alınacaktır.

$T_1 > T_B$ olması durumunda $[S(T_1)]_{\min} = 0.7$ alınacaktır.

1.6.2.5. BİNANIN BİRİNCİ DOĞAL TİTREŞİM PERİYODUNUN BELİRLENMESİ (T_1)

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın birinci doğal titreşim periyodu daha kesin bir hesap yapılmadıkça aşağıdaki formülden hesaplanabilir.

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum (m_i d_{fi}^2)}{\sum (F_{fi} d_{fi})} \right]^{1/2} \quad [1] \quad (1.6)$$

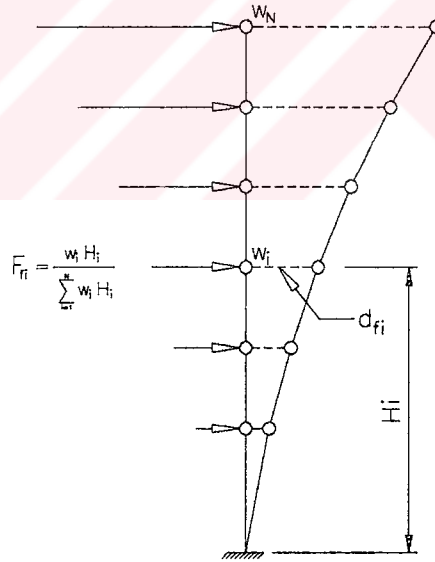
Burada ;

m_i : i. katın kütlesi (kNs^2/m)

$$m_i = w_i / g$$

F_{fi} : i. kata etki eden fiktif yükü gösterir ve $(V_t - \Delta F_N)$ yerine herhangi bir değer konularak elde edilir. (kN)

d_{fi} : Binanın i. katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme , (m) (Şekil 1.7)



Şekil 1.7 [1]

Kargir dolgu duvarları vb. yapısal olmayan , ancak bina rijitliğini arttıracak elemanların bulunduğu binalarda , bu tür elemanların rijitlikleri gözönüne alınmaksızın , hesaplanan bina birinci doğal titreşim periyodu aşağıdaki şekilde azaltılacaktır ve hesaplamalarda T_1 yerine azaltılmış değer olan T_{1a} kullanılacaktır.

$$T_{1a} = T_1 / 1.2 \quad [1] \quad (1.7)$$

Eğer birinci doğal periyot için hesap yapılmaz ise denklem (1.4.) de kullanılan spektrum katsayısı $S(T_1) = 2.5$ ve deprem azaltma katsayısı $R_a = 1$ değerleri kullanılacaktır.

1.6.2.6. TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞ KATSAYISI VE DEPREM YÜKÜ AZALTMA KATSAYISI

Taşıyıcı sistemin kendine özgü , doğrusal olmayan davranışı gözönüne alınarak deprem yükleri , R_a deprem yükü azaltma katsayısı azaltılmıştır.

Deprem yükü azaltma katsayısı R_a , Tablo 1.7. de verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve doğal titreşim periyoduna (T) bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır ;

$$R_a = \frac{1 + 1.5 T / T_A}{1 + (2.5 / R - 1) T / T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad [1] \quad (1.8.a)$$

$$R_a = R \quad (T > T_A) \quad [1] \quad (1.8.b)$$

Burada ;

R_a : Deprem yükü azaltma katsayısı ,

T : Bina doğal titreşim periyodu , (s)

T_A : Spektrum karakteristik periyodu (Tablo 1.6.) , (s)

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı , (Tablo 1.7)

TABLO 1.7. Taşıyıcı Sistem Katsayısı (R) [1]

TAŞIYICI SİSTEM	SÜNEKLİK DÜZEYİ	
	NORMAL	YÜKSEK
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4.0	8.0
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (Boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4.0	7.0
(1.3) Deprem yüklerinin tamamını boşluksuzperdelerle taşındığı binalar	4.0	6.0
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (Boşluklu) perdeler tarafından rijitlikleri oranında taşındığı binalar	4.0	7.0

1.6.2.7. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YATAY YÜKÜNÜN KATLARA DAĞITILMASI

Denklem (1.1.) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü aşağıdaki formül ile kat hizalarında binaya dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \cdot H_i}{\sum (w_j \cdot H_j)} \quad [1] \quad (1.9)$$

$$\Delta F_N = 0.005 H_N^{3/4} V_t \quad [1] \quad (1.10)$$

Burada ;

F_i : i. kata etki eden tasarım deprem yükü , (kN)

V_t : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yatay yükü (kN)

ΔF_N : Binanın tepesine etkiyen ek eşdeğer deprem yükü , (kN)

w_i : i. katın ağırlığı , (kN)

H_i : Binanın i. katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği , (m)

H_N : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği , (m)

1.6.3. MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ

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.

1.6.3.1. HER TİTREŞİM MODUNDA TOPLAM TASARIM DEPREM YÜKÜNÜN BELİRLENMESİ

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda r. titreşim modunda binaya etki eden toplam tasarım deprem yükü V_r aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır ;

$$V_r = W_r \cdot A(T_r) / R_a \quad [1] \quad (1.11)$$

Burada ;

$A(T_r)$: $T = T_r$ alınarak hesap edilen spektral ivme katsayısı ,

R_a : $T = T_r$ alınarak hesaplanan deprem yükü azaltma katsayısı ,

W_r : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın r. titreşim modundaki etkin modal ağırlığı ,

Hesapta W_r yerine buna karşılık gelen etkin modal kütle M_r kullanılabilir. Bu durumda $A(T_r)$ nin hesabında A_o yerine ($A_o g$) değeri alınacaktır.

1.6.3.2. HESABA KATILACAK TİTREŞİM MODU SAYISI

Hesaba katılacak titreşim modu sayısı , Y , gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir mod için hesaplanan etkin modal ağırlıkların toplamının , bina toplam ağırlığının %90 ' ından az olmaması koşulu ile belirlenecektir.

Üç veya daha fazla serbestlik dereceli binalarda en az ilk üç titreşim modu mutlaka gözönüne alınacaktır.

1.6.3.3. TAŞIYICI SİSTEM HESABI

Binaya etki eden toplam eşdeğer deprem yükü , yerdeğiştirme , görelî kat ötelemesi , kat kesme kuvveti ve iç kuvvet bileşenleri gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere , her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatîksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıdaki gibi olacaktır ;

a) $T_s < T_r$ olmak üzere herhangi iki titreşim modu için hesaplanan $\rho_{rs} = T_s / T_r$ oranının daima $\rho_{rs} < 2/3$ koşulunu sağlaması durumunda maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için " Karelerinin Karekökü Kuralı " uygulanabilir.

b) Yukarıdaki koşulun sağlanmaması durumunda , max. mod katkılarının birleştirilmesi için " Tam Karesel Birleştirme Kuralı " veya geçerliliği kanıtlanmış diğêr birleştirme kuralları uygulanabilir.

Tam karesel birleştirme kuralının uygulanmasında bütün modlarda mod sönüm oranları %5 alınacaktır.

Hesaplanan büyüklükler kesitte en elverişsiz etkiyi verecek şekilde olacaktır.

1.6.3.4. HESAPLANAN BÜYÜKLÜKLERE İLİŞKİN ALTSINIR DEĞERLERİ

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda , Mod birleştirme yönteminde Denk. (1.11) den hesaplanıp birleştirilen V_{IB} toplam deprem yükünün , Eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen V_t ' ye oranının 0.80 ' den az olmaması ($V_{IB} < 0.80 V_t$) durumunda mod birleştirme yönteminden bulunan büyüklükler aşağıdaki şekilde büyültülecektir.

$$B_D = (0.80 V_t / V_{IB}) B_B \quad [1] \quad (1.12)$$

Burada ;

B_B : Mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük ,

B_D : B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer ,

V_t : Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etki eden toplam eşdeğer deprem yüğü , (kN)

V_{IB} : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile buluna bina toplam tasarım deprem yüğü , (kN)

1.6.4. ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ

1.6.4.1. BENZEŞTİRİLMİŞ DEPREM YER HAREKETLERİ

Özel durumlarda bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal olmayan deprem hesabı için , yapay yollarla üretilen benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir.

Zaman Tanım Alanında yapılacak deprem hesabında aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılacak ve elde edilen büyüklüklerin en elverişsiz olanı tasarımda kullanılacaktır.

a) İvme kayıtlarındaki kuvvetli yer hareketi kısmının süresi , ivmelerin zarfları $\pm 0.05 g'$ den az olmamak koşulu ile , yapının birinci titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.

b) Benzeştirilen her ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunan spektral ivme değerleri bütün periyotlar için hesaplanan $A(T)$ spektral ivme değerinin %90 ' ından az olmamalıdır. Zaman tanım alanında doğrusal elastik hesap yapılması durumunda azaltılmış deprem yer hareketinin bulunması için , spektral ivme değeri olarak $A(T) / R_a$ kullanılmalıdır.

1.6.4.2. ZAMAN TANIM ALANINDA DEPREM HESABINA İLİŞKİN KOŞULLAR

a) Taşıyıcı sistemin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan davranışını belirleyen dinamik gerilme - şekil değiştirme bağıntıları , geçerliliği teorik ya da deneysel olarak kanıtlanmış yöntemlerle elde edilecektir.

b) Doğrusal elastik olmayan hesap sonucunda elde edilen görelî kat ötelemelerinin denk. 1.15.b ile verilen koşulu sağlaması zorunludur.

c) Zaman tanım alanında doğrusal elastik hesap yapılması durumunda , tasarıma esas yerdeğıştirmeler , zaman tanım alanında azaltılmış deprem yer hareketine göre hesaplanan max. yerdeğıştirmelerden yararlanılarak belirlenecek ve aşağıdaki kurallara göre sınırlandırılacaktır.

1.6.5. TASARIMA ESAS YERDEĞİŞTİRMELERİN BELİRLENMESİ VE SINIRLANDIRILMASI

1.6.5.1. TASARIMA ESAS KAT YERDEĞİŞTİRMELERİNİN VE GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİNİN BELİRLENMESİ

Tasarıma esas kat yerdeğıştirmesi d_{di} , tasarım deprem yüklerine göre binanın herhangi bir i. katında elde edilen kat yerdeğıştirmesi d_i ' den aşağıdaki şekilde elde edilecektir ;

$$d_{di} = R \cdot d_i \quad [1] \quad (1.13)$$

Burada ;

d_{di} : Binanın i. katında hesaplanan tasarıma esas yerdeğıştirme , (m)

d_i : Binanın i. katında tasarım deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğıştirme , (m)

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı , (Tablo 1.7)

Ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden tasarıma esas görelî kat ötelemesi Δd_i aşağıdaki denklemden hesaplanacaktır ;

$$\Delta d_i = d_{d_i} - d_{d(i-1)} \quad [1] \quad (1.14)$$

1.6.5.2. GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİNİN SINIRLANDIRILMASI

Her bir deprem doğrultusu için , binanın herhangi bir i. katında hesaplanan tasarıma esas max. kat ötelemesinin ilgili kat yüksekliğine oranı aşağıda verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacaktır.

$$(\Delta d_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035 R \quad [1] \quad (1.15.a)$$

$$(\Delta d_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 \quad [1] \quad (1.15.b)$$

Yukarıda verilen koşulun herhangi bir katta sağlanmaması durumunda taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak hesap tekrarlanacaktır.

2. TÜRKİYE MAYIS 1996 , KANADA , HİNDİSTAN , YENİ ZELANDA DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN DEPREM YATAY YÜK HESABI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde , Türkiye , Kanada , Hindistan , Yeni Zelanda deprem yönetmelikleri Eşdeğer statik hesap yöntemlerine ağırlık verilerek karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

2.1. GENEL

İvmeli hareketle zorlanan bir cisme , kütlesi ile orantılı bir atalet kuvveti etkir. Yer sarsıntılarında da yapı kütlelerinde atalet kuvvetleri meydana gelir. Atalet kuvvetleri , sarsıntının yön ve doğrultusuna bağlı olarak , uzayda herhangi doğrultudadır. Ancak , binalar ve benzeri yapılar için , bu kuvvetlerin yatay bileşenleri çok önemlidir. Gerçekte yatay kuvvet bileşenleri de herhangi doğrultuda olabilir. Ancak , hesap kolaylığı açısından bu kuvvetlerin yatay düzlemde ve yapının birbirine dik iki doğrultusunda etkidikleri kabul edilmiştir.

Yapılar genelde katlı binalardan oluşurlar. Binalarda ise kütleler kat döşemeleri hizalarında yoğunlaşmışlardır. Gerçek duruma oldukça yakın bir kabul olarak, kütlelerin kat döşemeleri hizalarında toplandığı varsayımı yapılır. Bu da hesapları oldukça kolaylaştırmaktadır.

Atalet kuvvetlerinin , yani yapılara etki eden deprem kuvvetlerinin hesaplanmasında , yer hareketlerinin rastgele karakterinden , yapı zemininin tam olarak bilinmeyen özelliklerinden dolayı bir çok güçlükler vardır. Bu nedenle , hemen hemen bütün ülkeler deprem yönetmeliklerinde hesapları kolaylaştırıcı kabüller yapmışlar ve buna paralel olarak hesap yöntemleri önermişlerdir. Bu yöntemleri basitlik sırasına göre , şu şekilde gruplandırabiliriz ;

- a) Basitleştirilmiş yöntemler ,
- b) Statik , Eşdeğer statik ya da yarı dinamik yöntemler ,
- c) Dinamik yöntemler ,

Bu bölümde , Türkiye , Kanada , Hindistan ve Yeni Zelanda deprem yönetmeliklerinde ağırlıkla verilen "Eşdeğer Statik Hesap Metod" una göre hesaplar karşılaştırmalı olarak incelenecektir.

Hindistan deprem yönetmeliğinde , çeşitli sismik bölgelerdeki ve çeşitli kategorilerdeki binalar için aşağıdaki metodlar önerilmiştir ;

Bina Yüksekliği	Sismik Bölgeler	Önerilen Metod
40 m.'den yüksek	III , IV ve V	Detaylı dinamik analiz (ya modal analiz ya da Zaman tanım alanında hesap yöntemi) Ön tasarım için tepki spektrum metodu kullanan modal analiz kullanılabilir.
90 m.'den yüksek	I ve II	Tepki spektrumu kullanan modal analiz
40<h<90 m.	Bütün bölgeler	Tepki spektrumu kullanan modal analiz. I , II , ve III bölgeleri için izin verilen sismik katsayı metodu.
40 m.'den alçak	Bütün bölgeler	Tepki spektrumu kullanan modal analiz. Bütün bölgeler için izin verilen sismik katsayı metodu.

Diğer deprem yönetmeliklerinde böyle bir sınıflandırma yapılmamıştır.

2.2. STATİK YÖNTEMLERDE HESAPTA GÖZÖNÜNE ALINAN YATAY KUVVETLER

Bir yapının toplam hesap ağırlığı W olmak üzere toplam yatay deprem kuvveti $V = C \cdot W$ formülünden hesaplanır.

Bu şekilde bulunan toplam deprem yatay kuvveti belirli bir kurala kat döşemeleri hizalarında katlara dağıtılır.

2.3. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YATAY YÜKÜNÜN HESABI

İncelenen deprem yönetmeliklerinde , toplam yapı ağırlığı çeşitli deprem katsayıları ile çarpılarak eşdeğer deprem yatay yükü hesaplanmıştır.

TABLO 2.1. Toplam Eşdeğer Deprem Yatay Yükünün Hesabı

ÜLKE	KULLANILAN FORMÜL		
TÜRKİYE	$V_t = W \cdot A(T_1) / R_a$	[1]	(2.1)
	$A(T_1) = A_o \cdot I \cdot S(T_1)$	[1]	(2.1.a)
KANADA	$V = (V_e / R) \cdot U$	[2]	(2.2)
	$V_e = v \cdot S \cdot I \cdot F \cdot W$	[2]	(2.2.a)
HİNDİSTAN	$V_B = K \cdot C \cdot \alpha_h \cdot W$	[3]	(2.3)
YENİ ZELANDA	$V = C \cdot W_t$	[4]	(2.4)

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü gibi incelenen tüm deprem yönetmeliklerinde de yapının tabanına etki eden toplam eşdeğer yatay deprem yükü hesaplanmaktadır.

2.3.1. DEPREM KATSAYILARI VE BAĞLI OLDUĞU PARAMETRELER

Deprem yatay yükünün hesabında yapı ağırlığı dışındaki parametrelere deprem katsayıları diyebiliriz. Deprem katsayıları ülkeden ülkeye bazı farklılıklar gösterebilir genellikle şu parametrelere bağlıdır ;

- a) Bölgenin sismisitesine bağlı sismik parametre ,
- b) Binanın taşıyıcı sistemine bağlı sistem parametresi ,
- c) Zeminin ve temelin özelliklerine bağlı parametre ,
- d) Yapıdan beklenen hizmet ve bu hizmetin insan ve toplum açısından önemine bağlı parametre ,
- e) Yapının ve depremin titreşim özelliklerine bağlı spektral parametre ,

Yeni Zelanda deprem yönetmeliğinde deprem yatay yükü katsayısı , diğer yönetmeliklerden farklı olarak verilmiştir. Bu yönetmeliğe göre deprem katsayısı , Kullanılabilirlik limit durum ve Enson limit durum halleri için ayrı ayrı katsayılar ile hesaplanmıştır.

İncelenen deprem yönetmeliklerindeki parametreler aşağıdaki bölümlerde incelenerek karşılaştırmalı olarak verilecektir.

2.3.2. MAYIS 1996 TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DEPREM YATAY YÜKÜNÜN HESABI

$$V_t = W \cdot A(T_1) / R_a \quad [1] \quad (2.1)$$

$$A(T_1) = A_o \cdot I \cdot S(T_1) \quad [1] \quad (2.1.a)$$

Burada ;

V_t : Toplam deprem yatay yükü , (kN)

W : Toplam yapı ağırlığı , (kN)

$A(T_1)$: Spektral ivme katsayısı ,

R_a : Deprem yükü azaltma katsayısı ,

A_o : Etkin yer ivmesi katsayısı , (Tablo 2.2)

I : Bina önem katsayısı , (Tablo 2.4)

$S(T_1)$: Birinci doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektrum katsayısı ,

2.3.3. KANADA DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DEPREM YATAY YÜKÜNÜN HESABI

$$V = \frac{V_e}{R} \quad U = 0.6 \quad [2] \quad (2.2)$$

$$V_e = v \cdot S \cdot I \cdot F \cdot W \quad [2] \quad (2.2.a)$$

Burada ;

v : Bölgesel hız oranı ,

S : Sismik tepki faktörü , (Tablo 2.14)

I : Yapı önem katsayısı , (Tablo 2.5)

F : Temel faktörü , (Tablo 2.11)

W : Toplam yapı ağırlığı , (kN)

R : Yapı tipine bağlı sistem katsayısı ,(Tablo 2.17)

U : Tecrübeye dayanan güvenlik faktörü ,

2.3.4. HİNDİSTAN DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DEPREM YATAY YÜKÜNÜN HESABI

$$V_B = K \cdot C \cdot \alpha_h \cdot W \quad [3] \quad (2.3)$$

Burada ;

K : Yapının tipine bağlı sistem katsayısı (Tablo 2.18)

C : Doğal titreşim periyodu (T) ve kat sayısının artışı ile birlikte yapının esnekliğini gösteren katsayı (Şekil 2.5)

α_h : Tasarım sismik katsayısı

W : Yapının toplam ağırlığı (kN)

α_h , tasarım sismik katsayısı , eşdeğer statik metod ve dinamik metod için kullanılmak üzere iki ayrı formülle verilmiştir :

$$\alpha_h = \beta \cdot I \cdot \alpha_o \quad [3] \quad \text{Sismik katsayı metodu için} \quad (2.5)$$

$$\alpha_h = \beta \cdot I \cdot F_o \cdot \left(\frac{S_a}{g} \right) \quad [3] \quad \text{Tepki spektrumu metodu için} \quad (2.6)$$

Burada ;

β : Zemin - Temel sistemine bağlı katsayı (Tablo 2.12)

I : Yapı önem katsayısı (Tablo 2.6)

α_o : Temel yatay sismik katsayı (Tablo 2.3)

F_o : Ortalama ivme spektrumu için sismik bölge faktörü (Tablo 2.3)

(S_a / g) : Yapının doğal titreşim periyodu ve sönümü için ortalama ivme katsayısı (Şekil 2.4)

2.3.5. YENİ ZELANDA DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DEPREM YATAY YÜKÜNÜN HESABI

$$V = C \cdot W_t \quad [4] \quad (2.4)$$

a) Kullanılabilirlik limit durum için yanal kuvvet katsayısı , C , (2.7.a) veya (2.7.b) denkleminde göre hesaplanacaktır :

$$C = C_b(T_1,1) R Z L_s \quad T_1 > 0.4 \text{ s.} \quad [4] \quad (2.7.a)$$

$$C = C_b(0.4,1) R Z L_s \quad T_1 \leq 0.4 \text{ s.} \quad [4] \quad (2.7.b)$$

b) En son limit durum için yanal kuvvet katsayısı , C , (2.8.a) veya (2.8.b) 'ye göre alınacak fakat 0.025'den az olmayacaktır.

$$C = C_b(T_1,\mu) R Z L_u \quad T_1 > 0.4 \text{ s.} \quad [4] \quad (2.8.a)$$

$$C = C_b(0.4,\mu) R Z L_u \quad T_1 \leq 0.4 \text{ s.} \quad [4] \quad (2.8.b)$$

Burada ;

C : Yatay yük katsayısı ,

W_t : Toplam yapı ağırlığı , (kN)

T_1 : Yapının birinci doğal titreşim periyodu , (s)

μ : Yapısal düktilite faktörü , (Tablo 2.19)

R : Yapı önem katsayısı ,(Tablo 2.7)

Z : Bölge faktörü ,(Şekil 2.2)

L_s : Kullanılabilirlik limit durum için limit durum faktörü , (Tablo 2.21)

L_u : Enson limit durum için limit durum faktörü , (Tablo 2.21)

2.3.6. DEPREM KATSAYILARI

Önceki bölümlerde de açıklandığı gibi , yapı toplam ağırlığı dışındaki katsayılara deprem katsayıları diyebiliriz.

Bu bölümde , bu deprem katsayıları karşılaştırmalı olarak tablolar halinde verilecektir.

2.3.6.1. BÖLGE FAKTÖRLERİ

Bir bölgenin depreme maruz kalma derecesi , bu bölgenin depremselliğini gösterir. Bir bölgenin depremselliğinde en önemli yeri jeolojik formasyonların kırılmasından oluşan faylar meydana getirir. Yer sarsıntılarının etkili olanları tektonik kaynaklı olanlarıdır. Bunlar genellikle yer kabuğunun kırık bölgelerinde meydana gelirler. Kırıklar ise faylar , grabenler ve benzeri oluşumlardır. Bu kırıklıklar genellikle bölgeler teşkil ederler. Bunlar yeryüzüne düzgün yayılı değildir. Yani bölgeden bölgeye farklılıklar gösterirler. Ülkeler bu yüzden farklı bölgelere ayrılarak bu bölgeler için deprem katsayıları vermişlerdir.

İncelenen deprem yönetmeliklerinden Kanada deprem yönetmeliğinde herhangi bir bölgelendirmeye rastlanamamıştır.

Türkiye Mayıs 1996 deprem yönetmeliğinde ülke 4 ayrı bölgeye ayrılarak , bu bölgelere bağlı A_0 etkin yer ivmesi katsayısı verilmiştir.

TABLO 2.2. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) [1]

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Hindistan deprem yönetmeliğinde ülke beş ayrı bölgeye ayrılarak (Şekil 2.1) α_0 ve F_0 katsayıları verilmiştir. Hindistan deprem yönetmeliğinde diğer yönetmeliklerden farklı olarak eşdeğer statik metod ve dinamik metod için kullanılmak üzere iki ayrı bölge faktörü verilmiştir.

Sismik Katsayı Metodu için α_0 : Temel yatay sismik katsayı

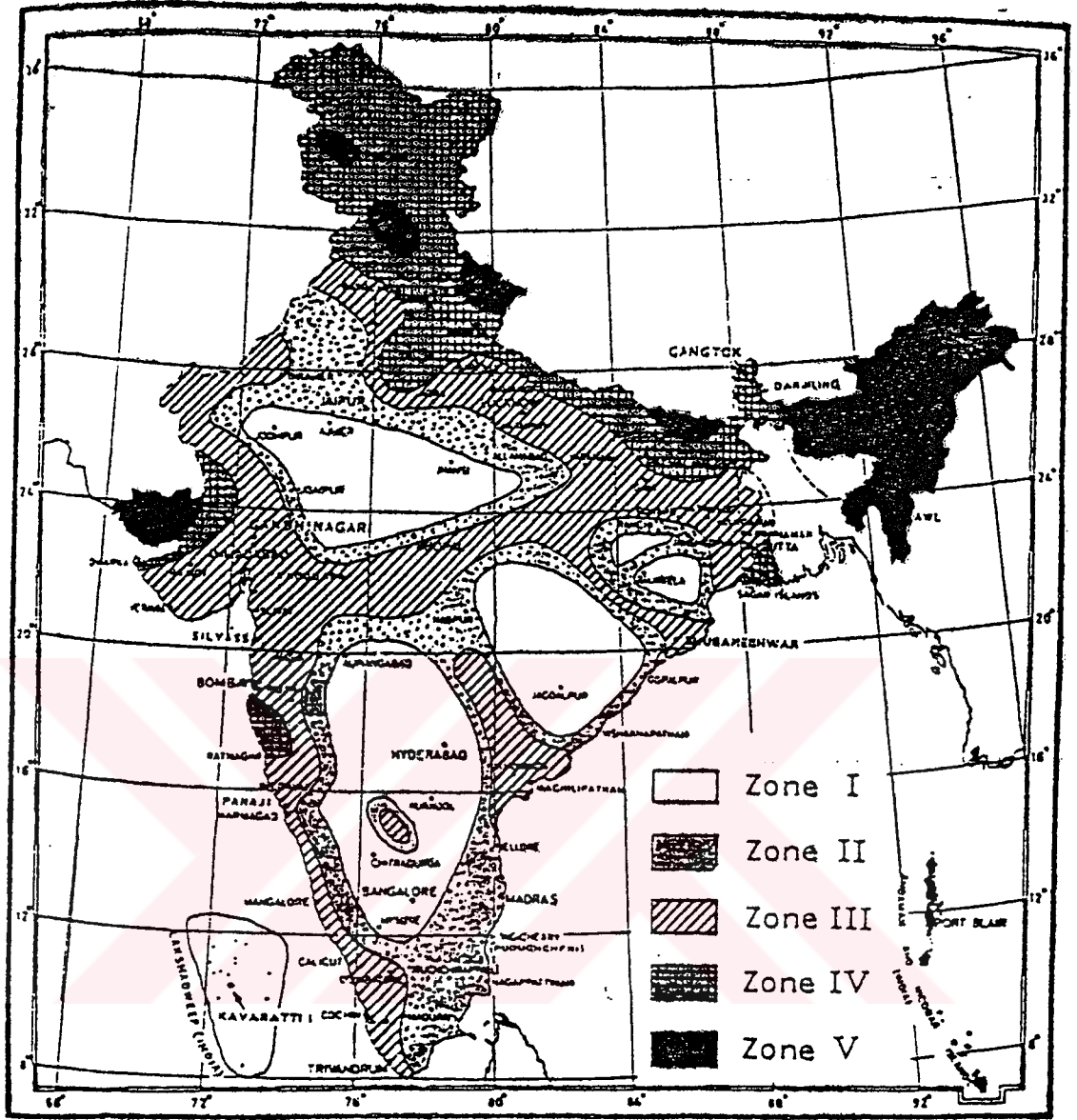
Tepki Spektrumu Metodu için F_0 : Ortalama ivme spektrumu için sismik bölge faktörü

TABLO 2.3. Hindistan Deprem Yönetmeliğine Göre Bölge Faktörleri [3]

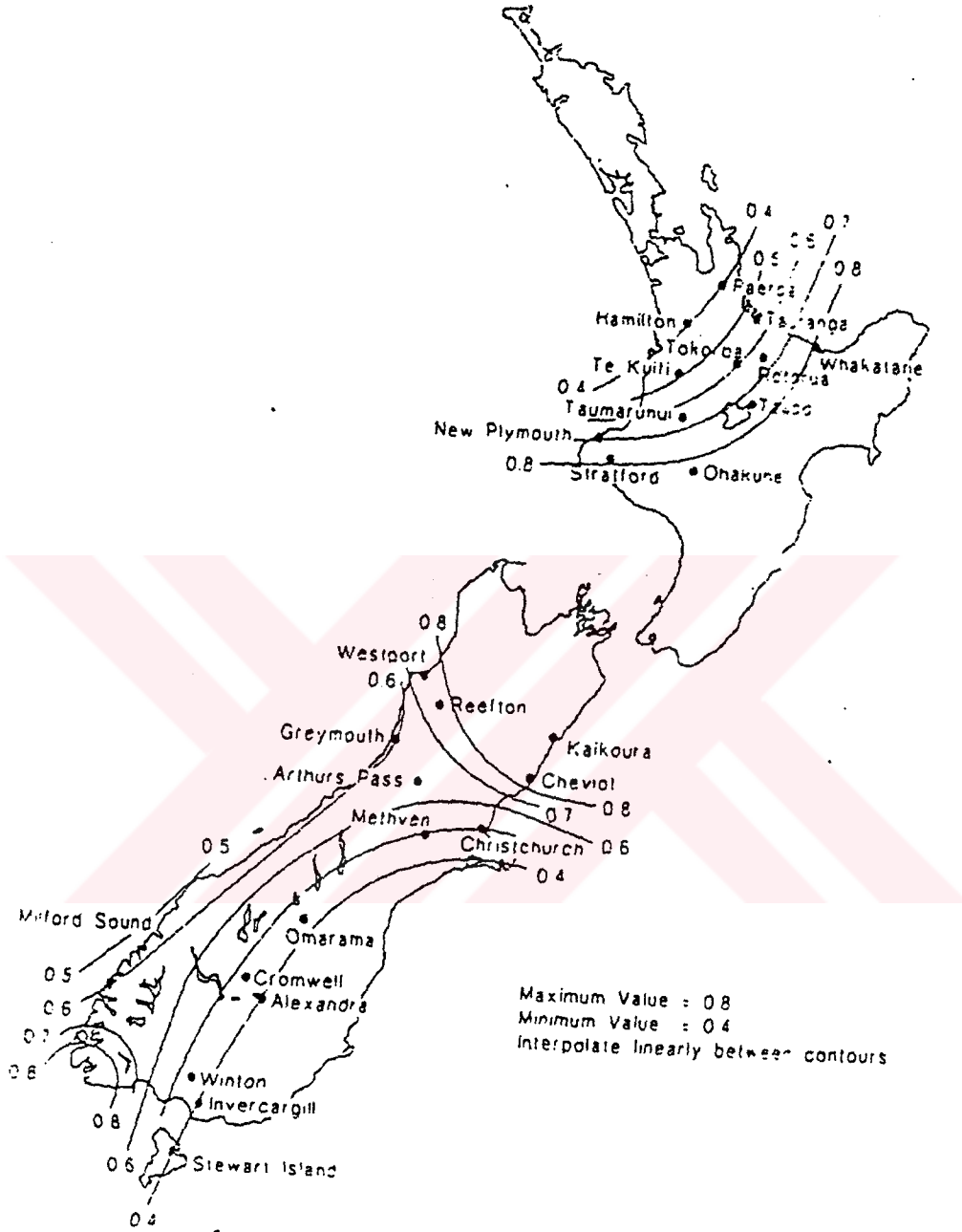
Bölge No	α_0	F_0
V	0.08	0.40
IV	0.05	0.25
III	0.04	0.20
II	0.02	0.10
I	0.01	0.05

30 m. veya daha derindeki yapılar ve yeraltı yapıları için temel sismik katsayısı $0.5\alpha_0$ alınabilir. 30 m. ile zemin seviyesi arasındaki yapılar için temel sismik katsayısı lineer enterpolasyon ile α_0 ile $0.5\alpha_0$ arasında olacak şekilde hesaplanabilir.

Yeni zelanda deprem yönetmeliğinde bölgelendirme ülke haritası üzerinde verilmiştir. Buna göre kullanılacak olan Z bölge faktörü , 0.4 ile 0.8 arasında değişmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi ara bölgelerdeki değerler lineer enterpolasyon ile bulunacaktır. (Şekil 2.2)



Şekil 2.1. Hindistan Deprem Bölgeleri Haritası



Şekil 2.2. Bölge Faktörleri , Z (Yeni Zelanda)

2.3.6.2. YAPI ÖNEM KATSAYISI

Yapılar , kullanım amaçlarına göre sınıflandırılır ve kendilerinden beklenen hizmete göre önem kazanırlar.

İncelenen yönetmeliklerin hepsinde de böyle bir sınıflandırma yapılmıştır.

Bu katsayılar tablolar halinde aşağıda verilmiştir.



TABLO 2.4 YAPI ÖNEM KATSAYISI [1]		TÜRKİYE
Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Önem Katsayısı (I)	
<p>1. Deprem sonrası kullanılması zorunlu binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</p> <p>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b) Toksik, patlayıcı ve perlayıcı vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1.5	
<p>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</p> <p>a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri</p> <p>b) Müzeler</p>	1.4	
<p>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</p> <p>Halkın çok yığıldığı, fakat sürekli olarak kullanılmayan binalar (Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları vb.)</p>	1.2	
<p>4. Diğer binalar</p> <p>Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları vb.)</p>	1.0	

TABLO 2.5. YAPI ÖNEM KATSAYISI [2]	
YAPI	KANADA ÖNEM KATSAYISI (I)
Afet Sonrası Kullanılması Zorunlu Binalar	1.5
Okullar	1.3
Diğer Tüm Binalar	1.0

TABLO 2.6. YAPI ÖNEM KATSAYISI [3]	
YAPI	HİNDİSTAN ÖNEM KATSAYISI (I)
Barajlar (Bütün Tipleri)	3.0
Zehirli gaz , likit ya da patlamayan madde bulunan depolar	2.0
Önemli servis ve toplum yapıları , hastahaneler , su kuleleri , depolar , okullar , önemli köprüler , önemli güç santralleri , tarihi yapılar , acil durum yapıları (Telefon santralleri , yangın merdivenleri gibi), büyük toplantı yapıları , sinemalar , metro istasyonları	1.5
Diğer tüm yapılar	1.0

YAPI KATEGORİSİ	YENİ ZELANDA ÖNEM KATSAYISI (R)
İnsanların korunmasına adanmış yada kaybının toplumda önemli etkisi olacak olan binalar	1.3
Kalabalık insanların bulunduğu binalar	1.2
Topluma açık, çok fazla insan bulunan devlete ait binalar	1.1
Diğer binalar	1.0
İkincil doğaya ait yapılar	0.6

2.3.6.3. ZEMİN VE TEMEL İLE İLGİLİ KATSAYILAR

Deprem hesaplarında , yapı - zemin arasındaki etkileşim önemlidir.

Türkiye Mayıs 1996 deprem yönetmeliğinde spektrum karakteristik periyotları (T_A ve T_B) yerel zemin sınıflarına bağlı olarak verilmiştir. Buna göre ;

TABLO 2.8. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B) [1]

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (s.)	T_B (s.)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

TABLO 2.9. Yerel Zemin Sınıfları [1]

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Tabaka Kalınlığı
Z1	(A) grubu zeminler, en üst tabaka kalınlığı 15 m.'ye eşit veya daha az olan (B) grubu zeminler
Z2	En üst tabaka kalınlığı 15 m.'den fazla (B) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 15 m.'den az (C) grubu zeminler
Z3	En üst tabaka kalınlığı 15-50 m.(dahil) arasında olan (C) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10 m.'ye eşit veya daha az olan (D) grubu zeminler
Z4	En üst tabaka kalınlığı 50 m.'den fazla (C) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10 m.'den fazla (D) grubu zeminler

TABLO 2.10. Zemin Grupları [1]

Zemin Grubu	Tanım	Standart Penetras. (N/30 cm.)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar			>1000	>1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl	>50	85-100		>700
	3. Sert kil, siltli kil	>32		>400	>700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar			500-1000	700-1000
	2. Sıkı kum, çakıl	30-50	65-85		400-700
	3. Çok katı kil, siltli kil	16-32		200-400	300-700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar			<500	400-700
	2. Orta sıkı kum, çakıl	10-30	35-65		200-400
	3. Katı kil, siltli kil	8-16		100-200	200-300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları				<200
	2. Gevşek kum	0-10	<35		<200
	3. Yumuşak kil, siltli kil	0-8		<100	<200

Kanada deprem yönetmeliğinde zemin tipine bağlı olan temel faktörü denilen F katsayısı verilmiştir.

TABLO 2.11. Kanada Deprem Yönetmeliğinde Temel Faktörü [2]

Kategoriler	Temelden ya da kazık başı seviyesinden ölçülen zemin derinliği ve tipi	F
1	Kaya yoğun ve çok yoğun iri daneli zemin, çok katı ve sert ince daneli zemin 0-15 m. derinlikte	1.0
2	Yoğun iri daneli zemin, 15 m.'den derin katı ve sert ince daneli zemin, çok gevşek ve gevşek iri daneli zeminler ve 0-15 m. arası çok yumuşak, yumuşak ince daneli zeminler	1.3
3	15 m.'den fazla derinlikte, çok gevşek, gevşek iri daneli zemin	1.5
4	15 m.'den fazla derinlikte, çok yumuşak ve yumuşak ince daneli zemin	2.0

Hindistan deprem yönetmeliğinde bu katsayı diğerlerinden farklı olarak zemin ve temel tipine bağlı olarak verilmiştir. Zemin - Temel tipine bağlı katsayı β 'nın alacağı değerler Tablo 2.12. de verilmiştir.

TABLO 2.12 Hindistan Deprem Yönetmeliğinde Temel Katsayıları [3]

Zemin Tipi	β değerleri					
	Her zeminden geçen fakat Tip I zemininden geçmeyen kazıklar	(2)'de belirtilmeyen kazıklar	Radye temeller	Kombine ya da bağ kirişli tekil betonarme temel	Bağ kirişsiz betonarme tekil temel ya da donatısız şerit temel	İyi temel
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Tip I Kaya veya sert zemin	1	-	1	1	1	1
Tip II Orta zemin	1	1	1	1	1.2	1.2
Tip III Yumuşak zemin	1	1.2	1	1.2	1.5	1.5

Yeni Zelanda deprem yönetmeliğinde , zemin tipi , spektral çarpan olan Temel Sismik İvme Katsayısının hesabında gözönüne alınmıştır.

Buna göre , zemin tiplerine bağlı olarak Temel Sismik İvme Katsayısı tablolardan ve şekillerden elde edilecektir. Bu tablolar ve şekiller "Spektral Çarpanlar" bölümünde verilecektir. Bu tablolarda kullanılmak üzere zemin grupları ;

a) Kaya veya Çok Sert Zemin Bölgeleri

i) 20 m. den az derinlikte , drenajsız kesme dayanımı 100 kPa. dan yüksek , çok sert kohezyonlu malzeme ,

ii) 20 m. den az derinlikte , çok yoğun kum , $N_1 > 30$

iii) $N_1 > 30$ olan 25 m. den az derinlikte yoğun kumlu çakıl ,

b) Orta Zemin Bölgeleri

(a) ve (c) kategorilerine girmeyen zeminler ,

c) Esnek veya Derin Zemin Bölgeleri

Doğal periyodu 0.6 s. 'yi aşan veya zemin derinliğinin aşağıdaki değerleri aştığı bölgeler ;

TABLO 2.13 Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliğinde Zemin Grupları [4]

Zemin Tipi ve Tanımı		Zemin Derinliği
Kohezyonlu zemin	Temsili drenajsız kesme dayanımı (kPa)	
Yumuşak	12.5 - 25	20
İnce	25 - 50	25
Sert	50 - 100	40
Çok sert	100 - 200	60
Kohezyonsuz zemin	Temsili SPT(N) değerleri	
Gevşek	4 - 10	40
Orta yoğun	10 - 30	45
Yoğun	30 - 50	55
Çok yoğun	>50	60
Çakıllar	>30	100

2.3.6.4. SPEKTRAL ÇARPANLAR

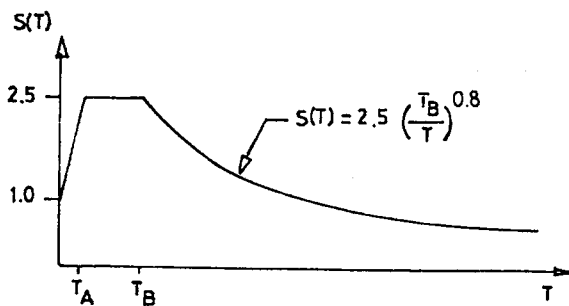
Spektral çarpanlar yapının deprem hareketine tepkisinde yapı esnekliğinin bir göstergesidir.

a) Türkiye deprem yönetmeliğinde spektrum katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$$S(T) = 1 + 1.5 (T / T_A) \quad (0 \leq T < T_A) \quad [1] \quad (2.9)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad [1] \quad (2.10)$$

$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad [1] \quad (2.11)$$



Şekil 2.3.

Burada ;

T : Yapının doğal titreşim periyodu ,

T_A ve T_B : Yerel zemin sınıfına göre verilen spektrum karakteristik periyotları(Tablo2.8)

b) Kanada ve Hindistan deprem yönetmeliğinde spektral çarpanlar doğal titreşim periyodu T'ye bağlı olarak verilmiştir.

Hindistan deprem yönetmeliğinde C katsayısı T'ye bağlı olarak Şekil 2.5.'de verilmiştir.

Kanada deprem yönetmeliğinde ise S katsayısı T ve Z_a/Z_v oranına bağlı olarak Tablo 2.14.'de verilmiştir.

Burada ;

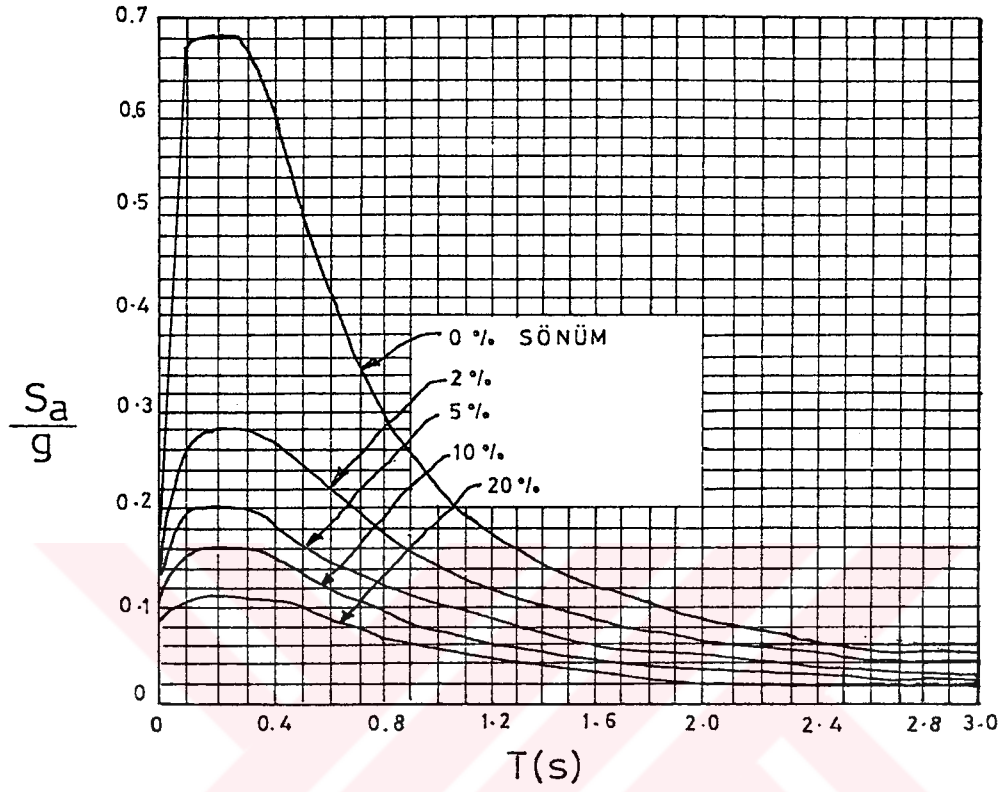
Z_a : Sismik bölgeye bağlı ivme

Z_v : Sismik bölgeye bağlı hız

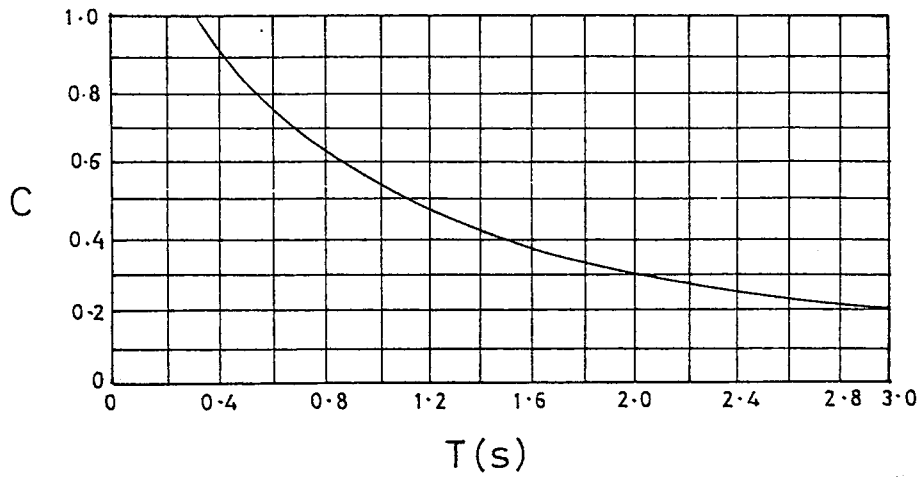
Ayrıca Hindistan deprem yönetmeliğinde , Tepki spektrumu metodunda kullanılmak üzere ortalama ivme katsayısı (S_a/g) verilmiştir. S_a/g değerleri , doğal titreşim periyodu T'ye bağlı olarak Şekil 2.4.'de verilmiştir.

TABLO 2.14. Kanada deprem yönetmeliğinde sismik tepki faktörü (S) [2]

T	Z_a/Z_v	S
T<0.25	>1.0	4.2
	1.0	3
	<1.0	2.1
0.25<T<0.50	>1.0	4.2-8.4(T-0.25)
	1.0	3.0-3.6(T-0.25)
	<1.0	2.1
T>=0.50	Bütün değerler	$1.5/\sqrt{T}$



Şekil 2.4. Ortalama İvme Spektrumu [3]



Şekil 2.5. C Katsayısı [3]

c) Yeni Zelanda deprem yönetmeliğinde spektral çarpan $C_b(T,\mu)$, Temel Sismik İvme Katsayısı , zemin koşullarına , yapısal düktilite faktörü ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak verilmiştir.

TABLO 2.15.a Temel Sismik İvme Katsayısı [4]

a) Kaya ya da çok sert zemin bölgeleri

Periyod (saniye)	Yapısal Düktilite Faktörü , μ						
	1.0	1.25	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
0	0.40						
0.10	1.00						
0.15	1.00						
0.20	1.00						
0.25	0.94						
0.30	0.85						
0.35	0.77						
0.40	0.70	0.60	0.41	0.34	0.24	0.20	0.17
0.50	0.60	0.51	0.35	0.29	0.20	0.17	0.14
0.60	0.50	0.45	0.30	0.25	0.17	0.14	0.11
0.70	0.43	0.38	0.26	0.22	0.15	0.12	0.09
0.80	0.38	0.33	0.22	0.19	0.13	0.10	0.08
0.90	0.33	0.29	0.19	0.16	0.12	0.09	0.07
1.0	0.30	0.25	0.16	0.14	0.10	0.08	0.06
1.5	0.20	0.17	0.11	0.08	0.07	0.05	0.04
2.0	0.15	0.12	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02
2.5	0.12	0.10	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
3.0	0.10	0.08	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01
4.0	0.075	0.06	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01

TABLO 2.15.b Temel Sismik İvme Katsayısı [4]

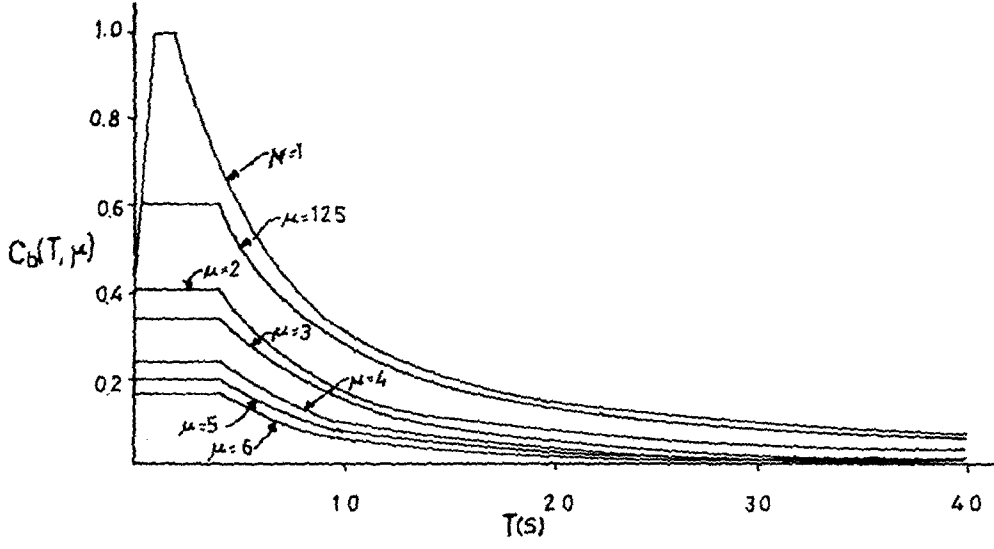
b) Orta zemin bölgeleri

Periyod (saniye)	Yapısal Düktilite Faktörü , μ					
	1.0	1.25	2.0	3.0	4.0	6.0
0.0	0.40					
0.10	0.80					
0.15	1.00					
0.20	1.00					
0.25	0.96					
0.30	0.89					
0.35	0.84					
0.40	0.80	0.69	0.47	0.38	0.28	0.20
0.50	0.73	0.63	0.43	0.34	0.25	0.17
0.60	0.67	0.58	0.39	0.31	0.22	0.14
0.70	0.62	0.53	0.35	0.27	0.19	0.12
0.80	0.57	0.49	0.32	0.25	0.17	0.107
0.90	0.53	0.45	0.29	0.22	0.15	0.095
1.0	0.50	0.42	0.26	0.20	0.13	0.087
1.5	0.33	0.27	0.17	0.127	0.08	0.056
2.0	0.25	0.20	0.13	0.097	0.06	0.042
2.5	0.20	0.16	0.10	0.075	0.05	0.033
3.0	0.17	0.13	0.085	0.064	0.04	0.028
4.0	0.125	0.10	0.063	0.047	0.03	0.021

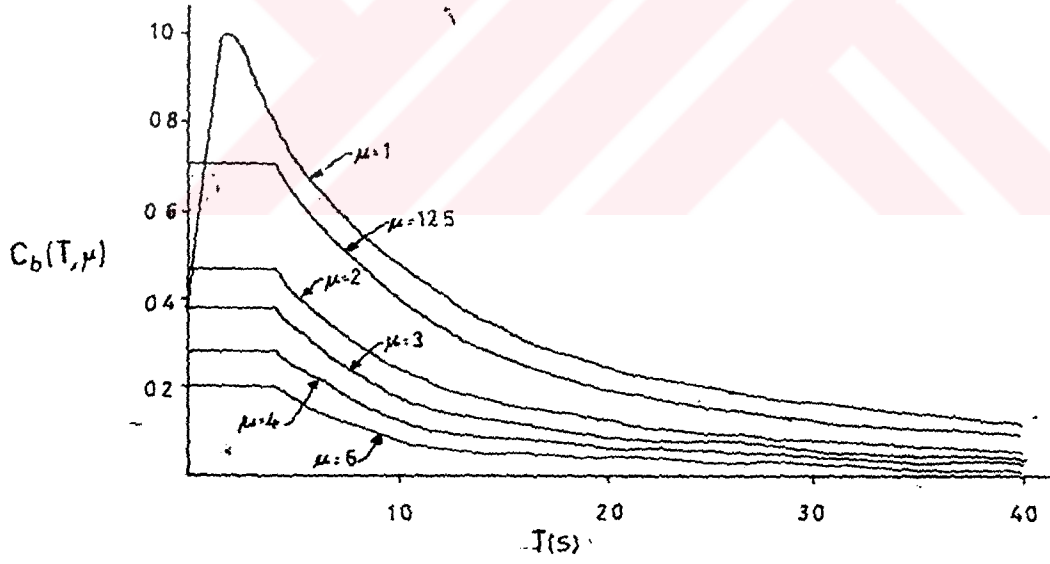
TABLO 2.15.c Temel Sismik İvme Katsayısı [4]

c) Esnek ya da derin zemin bölgeleri

Periyod (saniye)	Yapısal Düktilite Faktörü , μ						
	1.0	1.25	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
0.0	0.40						
0.10	0.80						
0.15	0.80						
0.20	0.80						
0.25	0.80						
0.30	0.80						
0.35	0.80						
0.40	0.80						
0.50	0.80						
0.60	0.80						
0.70	0.80						
0.80	0.80						
0.90	0.80	0.67	0.47	0.38	0.28	0.23	0.19
1.0	0.75	0.63	0.44	0.36	0.26	0.21	0.18
1.5	0.500	0.43	0.28	0.20	0.14	0.11	0.09
2.0	0.375	0.31	0.19	0.12	0.09	0.08	0.06
2.5	0.300	0.24	0.14	0.10	0.07	0.06	0.04
3.0	0.250	0.20	0.12	0.08	0.06	0.05	0.03
4.0	0.1875	0.15	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02

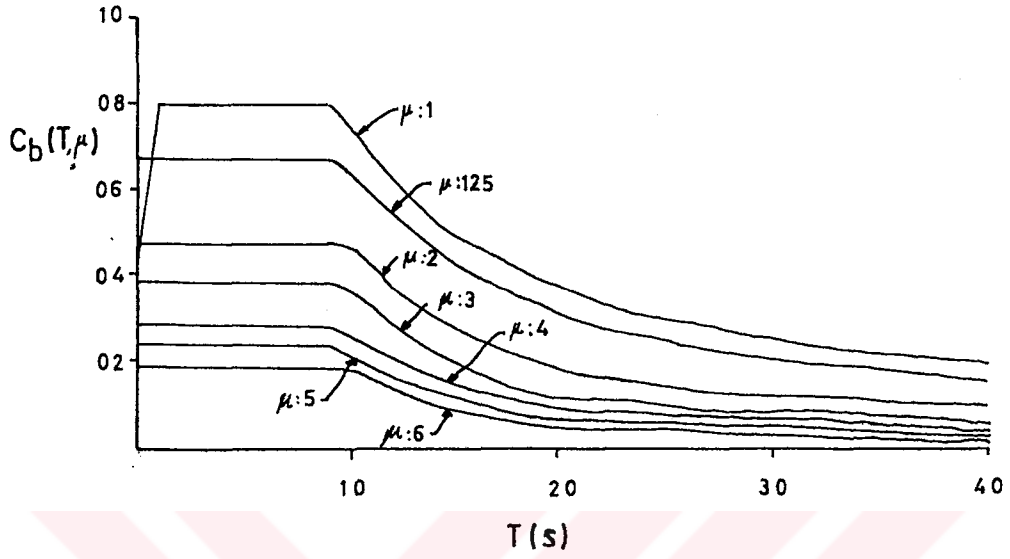


(a) Kaya ya da çok sert zemin bölgeleri



(b) Orta zemin bölgeleri

Şekil 2.6. Temel Sismik İvme Katsayısı (Yeni Zelanda)



(c) Esnek yada derin zemin bölgeleri

Şekil 2.6. (Devamı) Temel Sismik İvme Katsayısı (Yeni Zelanda) [4]

2.3.6.5. TAŞIYICI SİSTEM KATSAYISI

Taşıyıcı sistemler yapının dinamik davranışlarında son derece önemlidir.

Yatay yüke karşı koyan sistemleri şu şekilde sınıflandırabiliriz ;

- i) Çerçeveli sistemler ,
- ii) Perdeli sistemler ,
- iii) Perdeli ve çerçeveli sistemler ,
- iv) Kargir taşıyıcı duvar sistemleri ,
- v) Diagonalli çelik ya da betonarme kafes sistemler ,
- vi) Diğer yapı sistemleri ,

Yapıda kullanılan malzemeden dolayı sistemlerin duktilitesi birbirinden farklılıklar gösterir. Bu yüzden deprem hesaplarında kullanılmak üzere değişik sistem tiplerine göre sistem katsayıları saptanmıştır.

Taşıyıcı sistem katsayılarının belirlenmesinde önemli etkilerden biri de , yapıların süneklik düzeyidir. Türkiye Mayıs 1996 deprem yönetmeliğinde sistem katsayısı yapının süneklik düzeyine göre değerler almaktadır. Binalar süneklik düzeyi Yüksek ve Normal olarak ikiye ayrılarak her biri için sistem katsayıları verilmiştir.

Türkiye deprem yönetmeliğinde sistem katsayısı "Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının Hesabında" kullanılmaktadır.

TABLO 2.16 Taşıyıcı Sistem Katsayısı (R) (Türkiye) [1]

TAŞIYICI SİSTEM	SÜNEKLİK DÜZEYİ	
	NORMAL	YÜKSEK
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4.0	8.0
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (Boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4.0	7.0
(1.3) Deprem yüklerinin tamamını boşluksuzperdelerle taşındığı binalar	4.0	6.0
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (Boşluklu) perdeler tarafından rijitlikleri oranında taşındığı binalar	4.0	7.0

Kanada ve Hindistan deprem yönetmeliklerinde , kullanılan taşıyıcı sistemin tipine bağlı olarak değerler alan katsayılar verilmiştir. Bu katsayıların aldığı değerler aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

TABLO 2.17. Kanada Deprem Yönetmeliğinde Sistem Katsayısı (R) [2]

Yatay Yüke Karşı Koyan Sistem Tipi	R
Momente dayanıklı düktül uzay çerçeve	4.0
Düktül eğilme perdesi	3.5
Nominal düktilitedeki momente dayanıklı uzay çerçeve	2.0
Nominal düktilitedeki perde	2.0
Yukarıda verilmemiş diğer yatay kuvvete dayanıklı sistemler	1.5

TABLO 2.18.Hindistan Deprem Yönetmeliğinde Sistem Katsayısı (K) [3]

Sistem Tipi		K
i)	a) Momente dayanıklı düktil betonarme veya çelik çerçeve	1.0
	b) Düktil betonarme perdeler ve diagonalli çelik çerçeveler	1.0
ii)	a) i(a)'daki çelik çerçeve elemanları veya betonarme dolgu paneller	1.3
	b) i(a)'daki çerçeveler ile dolgu duvarların kombinasyonu	1.6
iii)	(i) ve (ii)'de açıklanmayan betonarme çerçeveli binalar	1.6

Yeni Zelanda deprem yönetmeliğinde taşıyıcı sistem katsayısı spektral çarpan hesabında kullanılmak üzere , Yapısal Düktilite Faktörü adı altında verilmiştir. Bu yönetmelikte de yapıların düktilitelerine göre bir sınıflandırma yapılmıştır.

TABLO 2.19. Yapısal Düktilite Faktörü (μ) (Yeni Zelanda) [4]

	Betonarme
1. Elastik Davranan Yapılar	1.25
2. Sınırlı Düktil Yapılar	
a) Kuşaklı Çerçeveler	
b) Momente Dayanıklı Çerçeve	3
c) Perdeler	3
3. Düktil Yapılar	
a) Kuşaklı Çerçeveler	
b) Momente Dayanıklı Çerçeve	6
c) Perdeler	5

2.3.6.6. DOĞAL TİTREŞİM PERİYODU (T)

Doğal titreşim periyodunun hesabı Kanada ve Hindistan yönetmeliklerinde aynı şekildedir. Türkiye ve Yeni Zelanda yönetmeliklerinde diğerlerinden farklı olarak yapının birinci doğal titreşim periyodu benzer şekilde hesaplanmaktadır.

TABLO 2.20 YAPININ DOĞAL TİTREŞİM PERİYODUNUN HESABI	
ÜLKE	KULLANILAN FORMÜLLER VE AÇIKLAMALAR
TÜRKİYE	$T = 2\pi \left[\frac{\sum (m_i d_{fi}^2)}{\sum (F_{fi} d_{fi})} \right]^{1/2} \quad [1]$ <p> m_i : i. katın kütlesi (kNs²/m) F_{fi} : i. kata etkiyen fiktif yük (kN) d_{fi} : i. katta F_{fi} fiktif yükünden dolayı meydana gelen yerdeğiştirme (m) </p>
YENİ ZELANDA	$T = 2\pi \left[\frac{\sum (w_i U_i^2)}{g \sum (F_i U_i)} \right]^{1/2} \quad [4]$ <p> w_i : i. katın ağırlığı (kN) U_i : i katındaki yanal yerdeğiştirme (m) F_i : i katındaki fiktif yük (kN) g : Yerçekimi ivmesi (m/s²) </p>
KANADA ve HİNDİSTAN	<p>a) $T = 0.1n$ Düktil Çerçevesel Sistemler [2],[3]</p> <p>b) $T = 0.09h_n / \sqrt{D}$ Diğer tüm yapılar [2],[3]</p> <p> n : Toplam kat sayısı h_n : Yapının toplam yüksekliği (m) D : Yapının uygulanan yüklere paralel yöndeki max. boyutları (m) </p>

2.3.6.7. DİĞER PARAMETRELER

Türkiye deprem yönetmeliğinde , seçilen taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışı gözönüne alınarak deprem yükü azaltma katsayısı verilmiştir. Deprem yükü azaltma katsayısı , R_a , sistem katsayısı , doğal titreşim periyodu ve spektrum karakteristik periyoduna bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır ;

$$R_a = \frac{1 + 1.5 T / T_A}{1 + (2.5 / R - 1) T / T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad [1] \quad (2.12.a)$$

$$R_a = R \quad (T > T_A) \quad [1] \quad (2.12.b)$$

Burada ;

R_a : Deprem yükü azaltma katsayısı ,

T : Bina doğal titreşim periyodu , (s)

T_A : Spektrum karakteristik periyodu (Tablo 2.8.) , (s)

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı , (Tablo 2.16)

Yeni Zelanda deprem yönetmeliğinde , diğer yönetmeliklerden farklı olarak "Limit Durum Faktörleri" verilmiştir.

Deprem katsayısı C 'nin hesabında Kullanılabilirlik Limit Durum için L_s , Enson Limit Durum için L_u katsayıları kullanılmıştır.

TABLO 2.21 Limit Durum Faktörleri (Yeni Zelanda) [4]

Limit Durum	Limit Durum Faktörü
Kullanılabilirlik	$L_s = 1/6$
En son	$L_u = 1.0$

2.3.7. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YATAY YÜKÜNÜN KATLARA DAĞITILMASI

İncelenen yönetmeliklerde deprem yatay kuvvetlerinin kütlelerin yoğunlaştığı kabul edilen kat hizalarına dağıtılması için verilen fomüller büyük benzerlikler göstermektedir.



TABLO 2.22 DEPREM YATAY YÜKÜNÜN KATLARA DAĞITILMASI		
ÜLKE	VERİLEN FORMÜLLER ve AÇIKLAMALAR	
TÜRKİYE	$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \cdot H_i}{\sum w_j \cdot H_j} \quad [1] \quad (2.13)$ $\Delta F_N = 0.005 H_N^{3/4} V_t \quad [1] \quad (2.13.a)$	<p>F_i : i. kata etkiyen tasarım deprem yükü (kN) V_t : Binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (kN) ΔF_N : Binanın tepesine etkiyen ek eşdeğer deprem yükü (kN) w_i : i. katın ağırlığı (kN) H_i : i. katın tabandan ölçülen yüksekliği (m) H_N : Toplam yapı yüksekliği (m)</p>
KANADA	$F_x = (V - F_t) \frac{w_x \cdot h_x}{\sum w_i \cdot h_i} \quad [2] \quad (2.14)$ $F_t = 0.07 \cdot T \cdot V \quad [2] \quad (2.14.b)$	<p>F_x : x katına etkiyen tasarım deprem yükü (kN) V : Binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (kN) F_t : Binanın tepesine etkiyen ek eşdeğer deprem yükü (kN) w_x : x katının ağırlığı (kN) h_x : x katının tabandan ölçülen yüksekliği (m) T : Doğal titreşim periyodu (s)</p>
HİNDİSTAN	$Q_i = V_B \frac{w_i \cdot h_i^2}{\sum w_j \cdot h_j^2} \quad [3] \quad (2.15)$	<p>Q_i : i katına etkiyen tasarım deprem yükü (kN) V_B : Yapının tabanına etkiyen toplam eşdeğer yatay deprem yükü (kN) w_i : i katının ağırlığı (kN) h_i : i katının tabandan ölçülen yüksekliği (m)</p>
YENİ ZELANDA	$F_i = 0.92 V \frac{w_i \cdot h_i}{\sum w_i \cdot h_i} \quad [4] \quad (2.16)$	<p>F_i : i katına etkiyen tasarım deprem yükü (kN) V : Yapının tabanına etkiyen toplam eşdeğer yatay deprem yükü (kN) w_i : i katının ağırlığı (kN) h_i : i katının tabandan ölçülen yüksekliği (m)</p>

2.4. TÜRKİYE , HİNDİSTAN , KANADA VE YENİ ZELANDA DEPREM YÖNETMELİKLERİNDE KULLANILAN DİĞER HESAP METODLARI

İncelenen yönetmeliklerde , Eşdeğer statik metod'dan başka hesap yöntemleri de önerilmiştir. Bu yöntemler şunlardır ;

- a) Mod Birleştirme Yöntemi ,
- b) Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi ,

Kanada deprem yönetmeliğinde , eşdeğer statik hesap yönteminden başka dinamik analiz yöntemlerinin kullanılabilceği söylenmiştir. Fakat dinamik analiz yöntemiyle ilgili herhangi bir açıklayıcı bir bilgiye rastlanamamıştır. Diğer yönetmeliklerde dinamik yöntemler ile ilgili kısaca açıklamalar yapılmıştır.

Mod birleştirme yönteminde , max. iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler , binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan max. katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilmektedir.

Türkiye ve Yeni Zelanda deprem yönetmeliklerinde hesaba katılacak mod sayısı belirlenmiş ve gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir mod için hesaplanan modal ağırlıkların toplamı hiç bir zaman toplam yapı ağırlığının %90 'ından az olmayacaktır. Üç ve daha fazla serbestlik dereceli binalarda en az ilk üç titreşim periyodu mutlaka gözönüne alınacaktır.

Kanada ve Hindistan deprem yönetmeliklerinde "Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi" ile ilgili açıklayıcı bir bilgi verilmemiştir.

"Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi" nde yapay yollarla üretilen benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılmaktadır.

3. SAYISAL ÖRNEKLER

Bu bölümde yapılacak olan örneklerdeki bazı veriler daha önceden yapılmış olan bir projeden alınmıştır.

3.1. MAYIS 1996 TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DEPREM YATAY YÜK HESABI

Malzeme C16 S220

Yapı Tipi : Konut

Yapı Önem Katsayısı : $I = 1.0$ (Tablo 2.4)

Deprem Bölgesi : II $\rightarrow A_0 = 0.30$

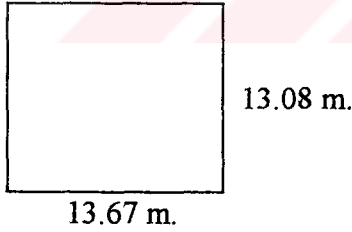
Zemin Sınıfı : II (Z2) $\rightarrow T_A = 0.15$ s. $T_B = 0.40$ s.

Taşıyıcı Sistem : Deprem yükünün tamamının çerçevelerle taşındığı binalar

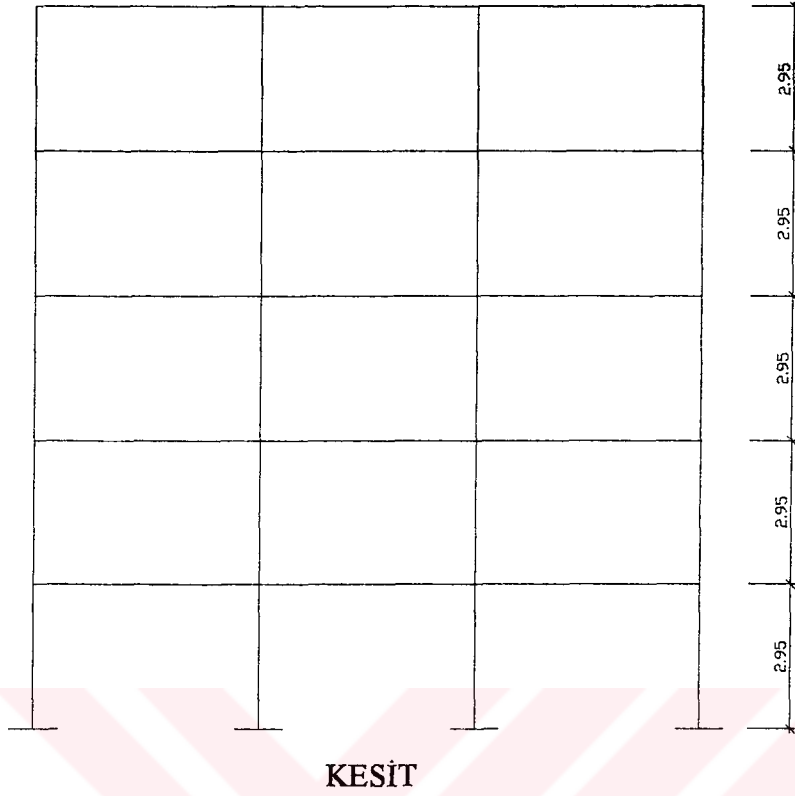
Zemin + 4 Kat $\rightarrow N = 5$

$h = 2.95$ m.

$D = 13.67$ m.



PLAN



3.1.1. BİNANIN BİRİNCİ DOĞAL TİTREŞİM PERİYODUNUN HESAPLANMASI

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum (m_i \cdot d_{fi}^2)}{\sum (F_{fi} \cdot d_{fi})} \right]^{1/2} \quad [1]$$

a) F_{fi} 'nin Hesaplanması

$$F_{fi} = V_t \frac{w_i \cdot H_i}{\sum (w_i \cdot H_i)}$$

$$w_i = 2146.53 \text{ kN}$$

$$H_i = 2.95 \text{ m.}$$

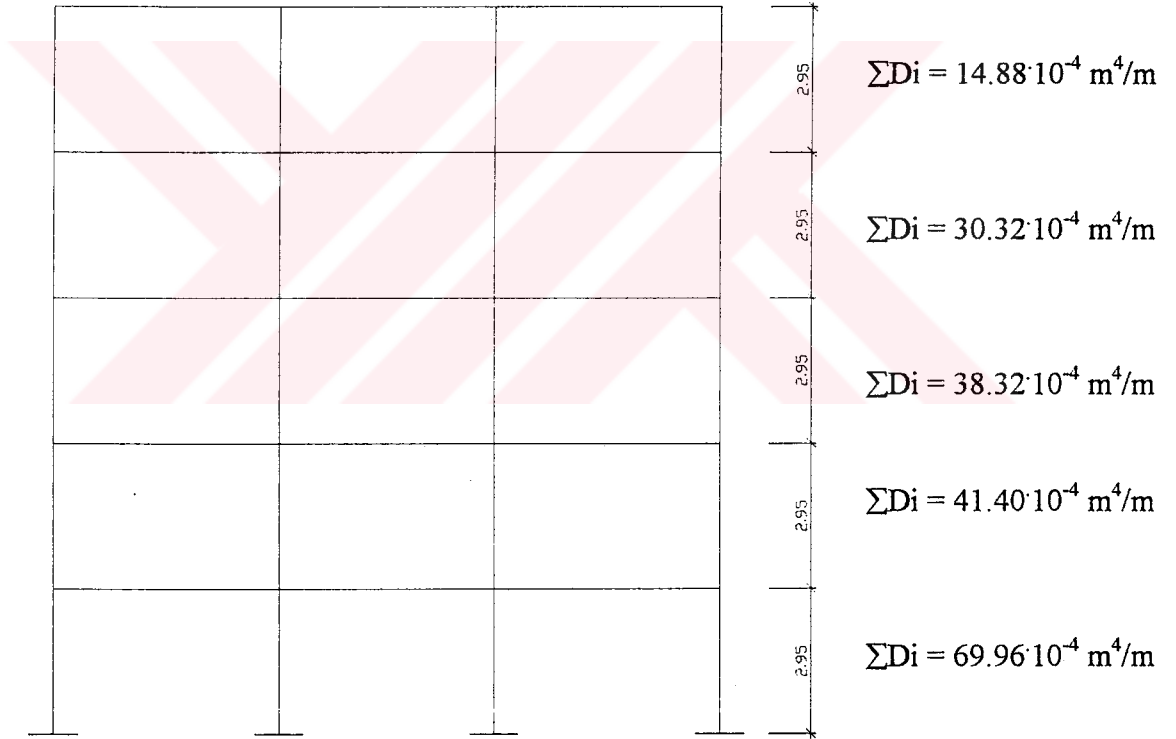
$$V_t = 1200 \text{ kN. olarak alınır.}$$

KAT	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \cdot H_i$	$V_i / \Sigma(w_i \cdot H_i)$	F_{fi}	V_i
4	2146.53	14.75	31661.32	0.012633713	400	400
3	2146.53	11.80	25329.05	0.012633713	320	720
2	2146.53	8.85	18996.79	0.012633713	240	960
1	2146.53	5.90	12664.53	0.012633713	160	1120
Zemin	2146.53	2.95	6332.26	0.012633713	80	1200

$$\Sigma(w_i \cdot H_i) = 94983.95$$

b) d_{fi} 'nin Hesabı

Daha önceden yapılmış olan projeden alınan değerlere göre ΣD_i (D_i : Kolon orantılı rijitliği) değerleri aşağıdaki gibidir.



Gerçek kolon rijitliği $\Sigma \bar{D}_i$ aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\Sigma \bar{D}_i = \Sigma D_i \cdot \frac{12 E}{h^2}$$

$$E = 2.85 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$$

$$h = 2.95 \text{ m.}$$

$$12 \frac{E}{h^2} = 12 \cdot \frac{2.85 \cdot 10^7}{2.95^2} = 39.3 \cdot 10^6$$

KAT	F_{fi} (kN)	V_i (kN)	ΣD_i (m ⁴ /m)	$\Sigma \bar{D}_i$	Δd_{fi}	d_{fi} (m)
4	400	400	$14.88 \cdot 10^{-4}$	58478	$6.84 \cdot 10^{-3}$	$30.49 \cdot 10^{-3}$
3	320	720	$30.32 \cdot 10^{-4}$	119158	$6.04 \cdot 10^{-3}$	$23.65 \cdot 10^{-3}$
2	240	960	$38.32 \cdot 10^{-4}$	150598	$6.37 \cdot 10^{-3}$	$17.61 \cdot 10^{-3}$
1	160	1120	$41.40 \cdot 10^{-4}$	162702	$6.88 \cdot 10^{-3}$	$11.24 \cdot 10^{-3}$
Zemin	80	1200	$69.96 \cdot 10^{-4}$	274943	$4.36 \cdot 10^{-3}$	$4.36 \cdot 10^{-3}$

$$\Sigma d_{fi} = 87.35 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Daha doğru bir sonuç elde edebilmek için ;

$$F_{fi} = V_t \frac{d_{fi}}{\Sigma d_{fi}}$$

$$d_{fi} = \frac{V_i}{\Sigma \bar{D}_i}$$

KAT	V_t	Σd_{fi}	d_{fi}	F_{fi}	V_i	$\Sigma \bar{D}_i$	Δd_{fi}	d_{fi}
4	1200	$87.35 \cdot 10^{-3}$	$30.49 \cdot 10^{-3}$	418.87	418.87	58478	$7.16 \cdot 10^{-3}$	$31.32 \cdot 10^{-3}$
3	1200	$87.35 \cdot 10^{-3}$	$23.65 \cdot 10^{-3}$	324.90	743.77	119158	$6.24 \cdot 10^{-3}$	$24.16 \cdot 10^{-3}$
2	1200	$87.35 \cdot 10^{-3}$	$17.61 \cdot 10^{-3}$	241.92	985.69	150598	$6.55 \cdot 10^{-3}$	$17.92 \cdot 10^{-3}$
1	1200	$87.35 \cdot 10^{-3}$	$11.24 \cdot 10^{-3}$	154.41	1140.10	162702	$7.01 \cdot 10^{-3}$	$11.37 \cdot 10^{-3}$
Zemin	1200	$87.35 \cdot 10^{-3}$	$4.36 \cdot 10^{-3}$	59.90	1200	274943	$4.36 \cdot 10^{-3}$	$4.36 \cdot 10^{-3}$

Kat kütlesi ; $m_i = w_i / g$

$$w_i = 2146.53 \text{ kN}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$m_i = 214.653 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum (m_i \cdot d_{fi}^2)}{\sum (F_{fi} \cdot d_{fi})} \right]^{1/2}$$

KAT	m_i	d_{fi}	$m_i \cdot d_{fi}^2$	F_{fi}	$F_{fi} \cdot d_{fi}$
4	214.653	$31.32 \cdot 10^{-3}$	0.211	418.87	13.12
3	214.653	$24.16 \cdot 10^{-3}$	0.125	324.90	7.85
2	214.653	$17.92 \cdot 10^{-3}$	0.069	241.92	4.34
1	214.653	$11.37 \cdot 10^{-3}$	0.028	154.41	1.76
Zemin	214.653	$4.36 \cdot 10^{-3}$	0.004	59.90	0.26

$$\sum m_i \cdot d_{fi}^2 = 0.437$$

$$\sum F_{fi} \cdot d_{fi} = 27.33$$

$$T = 2\pi (0.437 / 27.33)^{1/2} = 0.79 \text{ s.}$$

3.1.2. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YATAY YÜKÜNÜN HESABI

$$V_i = W \cdot A(T_1) / R_a$$

a) Toplam Yapı Ağırlığı (W)

Burada kullanılacak olan yapı ağırlığı daha önceden yapılmış olan bir projeden alınmıştır.

Bir Katın Ağırlığı $w_i = 2146.53 \text{ kN.}$

Toplam Yapı Ağırlığı $W = \sum w_i = 5 \cdot 2146.53 = 10732.65 \text{ kN.}$

b) Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1) = A_0 \cdot I \cdot S(T_1)$$

$$T_1 = 0.79 \text{ s.} > T_B = 0.40 \text{ s.}$$

$$S(T_1) = 2.5 (T_B / T_1)^{0.8} = 2.5 \cdot (0.40 / 0.79)^{0.8}$$

$$S(T_1) = 1.45$$

$$A(T_1) = 0.30 \cdot 1.0 \cdot 1.45 = 0.435$$

c) Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R_a)

$T > T_A$ olduğu için $R_a = R$ alınacaktır. Taşıyıcı sistem , Deprem yüklerinin tamamının çerçeveler tarafından taşındığı binalar olduğu için Tablo 1.7. 'den ;

$R = 4.0$ Süneklik Düzeyi Normal Binalar

$R = 8.0$ Süneklik Düzeyi Yüksek Binalar

$$V_t = W \cdot A(T_1) / R_a$$

i) Süneklik Düzeyi Normal Binalar ,

$$V_t = 10732.65 \cdot 0.435 / 4$$

$$V_t = 1167.18 \text{ kN}$$

ii) Süneklik Düzeyi Yüksek Binalar ,

$$V_t = 10732.65 \cdot 0.435 / 8$$

$$V_t = 583.59 \text{ kN}$$

3.1.3. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YATAY YÜKÜNÜN KATLARA DAĞITILMASI

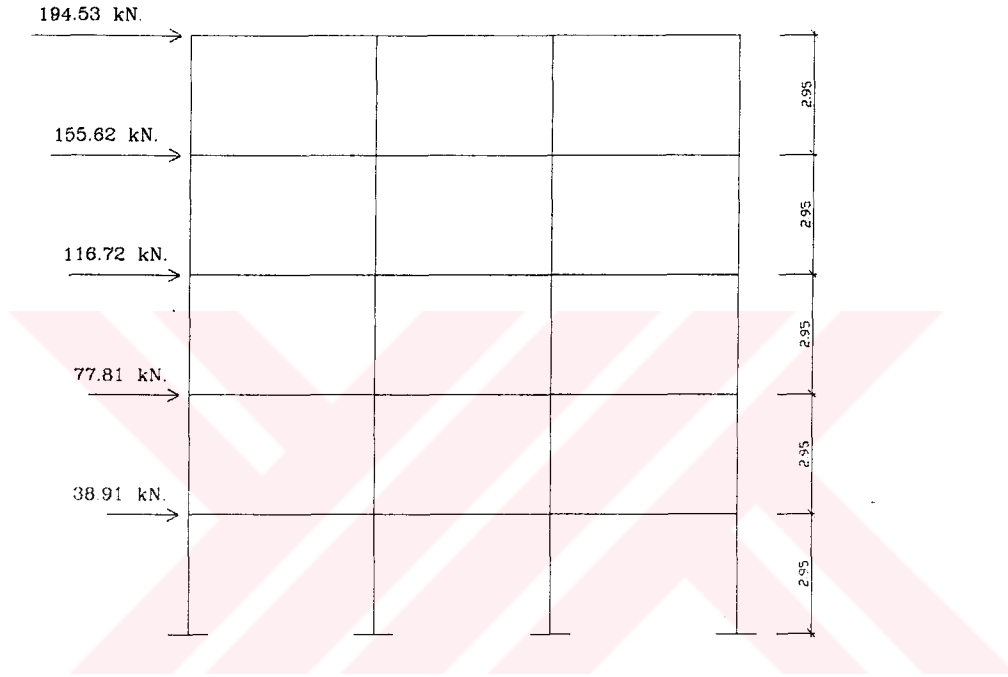
$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \cdot H_i}{\sum (w_j \cdot H_j)}$$

$$V_t = 583.59 \text{ kN}$$

$$H_n = 14.75 \text{ m.} < 25 \text{ m.} \text{ olduğu için } \Delta F_N = 0$$

KAT	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \cdot H_i$	$V_t / \Sigma(w_i \cdot H_i)$	F_i	V_i
4	2146.53	14.75	31661.32	0.00614409	194.53	194.53
3	2146.53	11.80	25329.05	0.00614409	155.62	350.15
2	2146.53	8.85	18996.79	0.00614409	116.72	466.87
1	2146.53	5.90	12664.53	0.00614409	77.81	544.68
Zemin	2146.53	2.95	6332.26	0.00614409	38.91	583.59

$$\Sigma(W_x \cdot h_x) = 94983.95$$



3.2. YENİ ZELANDA DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DEPREM YATAY YÜK HESABI

Malzeme C16 S220

Yapı Tipi : Konut

Bölge Faktörü : $Z = 0.6$

Zemin → Orta Zemin Bölgesi

Yapısal Düktilite Faktörü ;

i) Sınırlı Düktil Yapı $\mu = 3$

ii) Düktil Yapı $\mu = 6$

Limit Durum Faktörleri ;

- i) Kullanılabilirlik Limit Durum $L_s = 1/6$
- ii) Enson Limit Durum $L_u = 1.0$

3.2.1. BİRİNCİ DOĞAL TİTREŞİM PERİYODU

Birinci doğal titreşim periyodu Türkiye Mayıs 1996 deprem yönetmeliği ile aynı formülasyon olduğu için , yukarıda hesaplanmış olan ,

$$T_1 = 0.79 \text{ s.}$$

3.2.2. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YATAY YÜKÜNÜN HESABI

$$V = C \cdot W_t$$

$$\text{Toplam Yapı Ağırlığı } W_t = 10732.65 \text{ kN}$$

a) Kullanılabilirlik Limit Durum İçin ,

$$T_1 = 0.79 \text{ s.} > 0.4 \text{ s. olduğundan ,}$$

$$C = C_b(T_1, 1) R \cdot Z \cdot L_s$$

$$C_b(T_1, 1) = 0.57 \text{ (Tablo 2. 15.b)}$$

$$C = 0.57 \cdot 1.0 \cdot 0.6 \cdot 1/6$$

$$C = 0.057$$

$$V = 0.057 \cdot 10732.65$$

$$V = 611.76 \text{ kN}$$

b) Enson Limit Durum İçin ,

$$T_1 = 0.79 \text{ s.} > 0.4 \text{ s. olduğundan ,}$$

$$C = C_b(T_1, \mu) R \cdot Z \cdot L_u$$

i) Sınırlı Düktil Yapı

$$\mu = 3 \text{ (Tablo 2.19)}$$

$$C_b(T_1, \mu) = 0.25$$

$$C = 0.25 \cdot 1.0 \cdot 0.6 \cdot 1.0$$

$$C = 0.15$$

$$V = 0.15 \cdot 10732.65$$

$$V = 1609.90 \text{ kN}$$

ii) Düktil Yapı

$$\mu = 6 \text{ (Tablo 2.19)}$$

$$C_b(T_1, \mu) = 0.107$$

$$C = 0.107 \cdot 1.0 \cdot 0.6 \cdot 1.0$$

$$C = 0.0642$$

$$V = 0.0642 \cdot 10732.65$$

$$V = 689.04 \text{ kN}$$

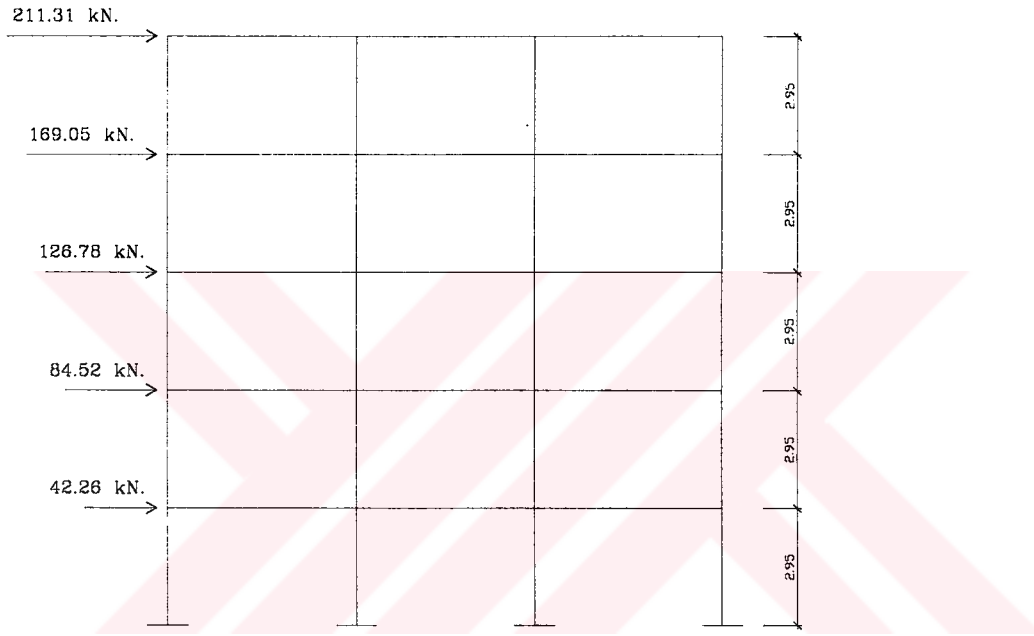
3.2.3. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YATAY YÜKÜNÜN KATLARA DAĞITILMASI

$$F_i = 0.92 V \frac{w_i \cdot h_i}{\sum (w_i \cdot h_i)}$$

$$V = 689.04 \text{ kN}$$

KAT	w_i (kN)	h_i (m)	$w_i \cdot h_i$	$0.92V / \sum(w_i \cdot h_i)$	F_i	V_i
4	2146.53	14.75	31661.32	0.006673969	211.31	211.31
3	2146.53	11.80	25329.05	0.006673969	169.05	380.35
2	2146.53	8.85	18996.79	0.006673969	126.78	507.14
1	2146.53	5.90	12664.53	0.006673969	84.52	591.66
Zemin	2146.53	2.95	6332.26	0.006673969	42.26	633.92

$$\sum(W_x \cdot h_x) = 94983.95$$



3.3. KANADA DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DEPREM YATAY YÜK HESABI :

Malzeme : C16 S220

Yapı Tipi : Konut

Yapı Önem Katsayısı : $I = 1.0$ (Tablo 2.5)

Temel Faktörü : Kategori 2 $\rightarrow F = 1.3$ (Tablo 2.11)

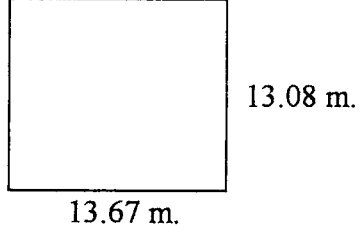
Sistem Katsayısı : $R = 4$ (Tablo 2.17)

Bölgesel Hız Oranı : $v = 0.05$ ($Z_v = 0$ ve $Z_a > 0$ olduğunda $Z_v = 1$ ve $v = 0.05$ alınacaktır.)

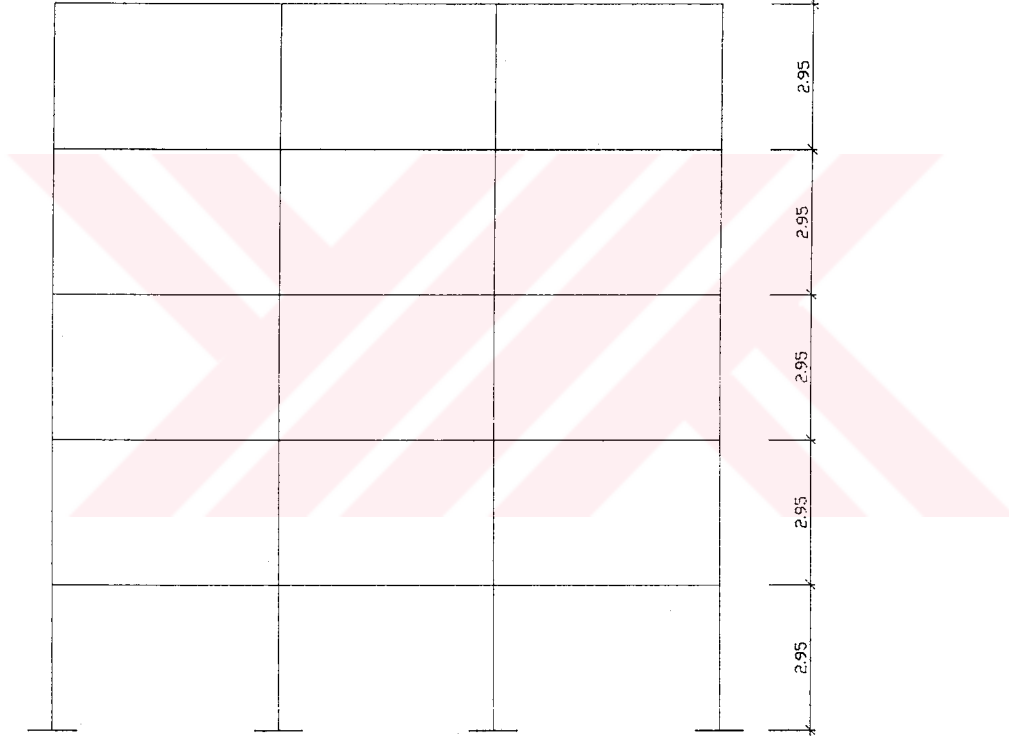
Zemin + 4 Kat $\rightarrow N = 5$

$$h = 2.95 \text{ m.}$$

$$D = 13.67 \text{ m.}$$



PLAN



KESİT

3.3.1. DOĞAL TİTREŞİM PERİYODU VE SİSMİK TEPKİ FAKTÖRÜNÜN BELİRLENMESİ :

Doğal Titreşim Periyodu :

$$T = \frac{0.09 \cdot h}{\sqrt{D}} = \frac{0.09 \cdot 14.75}{\sqrt{13.67}} = 0.36 \text{ s.}$$

Sismik Tepki Faktörü :

$$S = 3 - 3.6 \cdot (T - 0.25)$$

$$S = 3 - 3.6 \cdot (0.36 - 0.25)$$

$$S = 2.6$$

3.3.2. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YATAY YÜKÜNÜN HESABI

Toplam Yapı Ağırlığı $W = 10732.65$ kN.

$$V_e = v \cdot S \cdot I \cdot F \cdot W$$

$$V_e = 0.05 \cdot 2.6 \cdot 1.0 \cdot 1.3 \cdot 10732.65$$

$$V_e = 1813.82 \text{ kN.}$$

$$V = \frac{V_e}{R} \cdot U$$

$$V = \frac{1813.82}{4} \cdot 0.6$$

$V = 272.07$ kN. Toplam Deprem Yatay Kuvveti

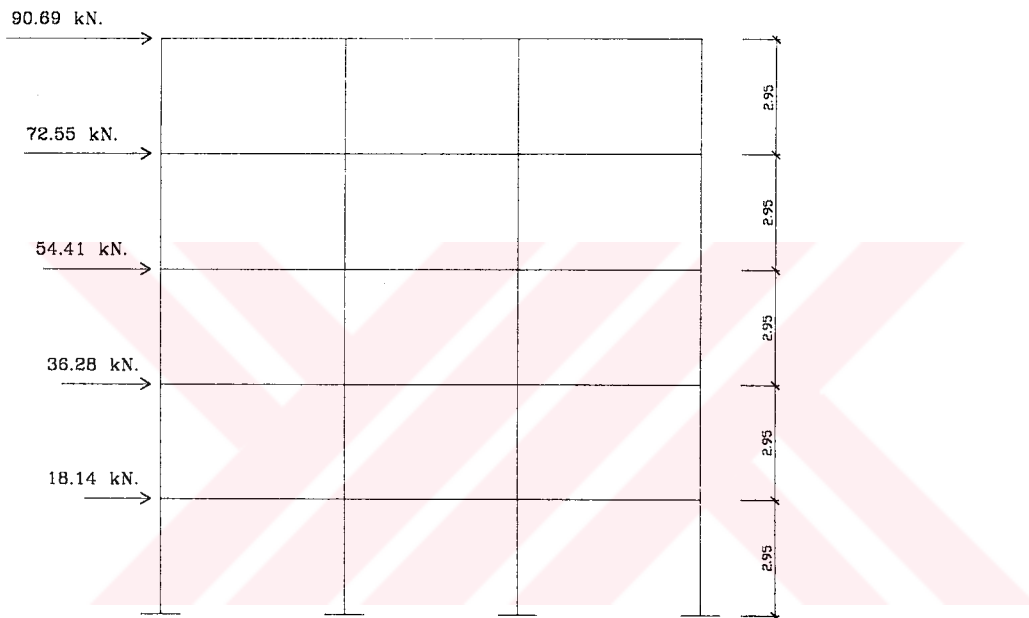
3.3.3. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YATAY KUVVETİNİN KATLARA DAĞITILMASI :

$$F_x = (V - F_t) \frac{W_x \cdot h_x}{\sum (W_i \cdot h_i)}$$

$T = 0.36$ s. < 0.7 s. olduğundan $F_t = 0$ alınabilir.

KAT	W_x (kN)	h_x (m)	$W_x \cdot h_x$	$V / \Sigma(W_x \cdot h_x)$	F_x	V_i
4	2146,53	14,75	31661,32	0,002864379	90,69	90,69
3	2146,53	11,80	25329,05	0,002864379	72,55	163,24
2	2146,53	8,85	18996,79	0,002864379	54,41	217,66
1	2146,53	5,90	12664,53	0,002864379	36,28	253,93
Zemin	2146,53	2,95	6332,26	0,002864379	18,14	272,07

$$\Sigma(W_x \cdot h_x) = 94983,95$$



3.4. HİNDİSTAN DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DEPREM YATAY YÜK HESABI :

Malzeme C16 S220

Yapı Tipi : Konut

Yapı Önem Katsayısı : $I = 1.0$ (Tablo 2.6)

Bölge : IV \longrightarrow Temel Yatay Sismik Katsayı : $\alpha_o = 0.05$ (Tablo 2.3)

Zemin - Temel Sistemine Bağlı Katsayı : $\beta = 1.0$ (Tablo 2.12)

Sistem Katsayısı : $K = 1.0$ (Tablo 2.18)

Yapı Esneklik Katsayısı $C = 0.92$ ($T = 0.36$ s.) (Şekil 2.4)

Zemin + 4 Kat \longrightarrow $N = 5$

Doğal titreşim periyodu Kanada deprem yönetmeliğinde hesaplandığı gibi hesaplanmaktadır, $T = 0.36$ s.

3.4.1. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YÜKÜNÜN HESABI (V_B)

Toplam Yapı Ağırlığı $W = 10732.65$ kN.

$$V_B = K \cdot C \cdot \alpha_h \cdot W$$

$$\alpha_h = \beta \cdot I \cdot \alpha_o$$

$$\alpha_h = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.05$$

$$\alpha_h = 0.05$$

$$V_B = 1.0 \cdot 0.92 \cdot 0.05 \cdot 10732.65$$

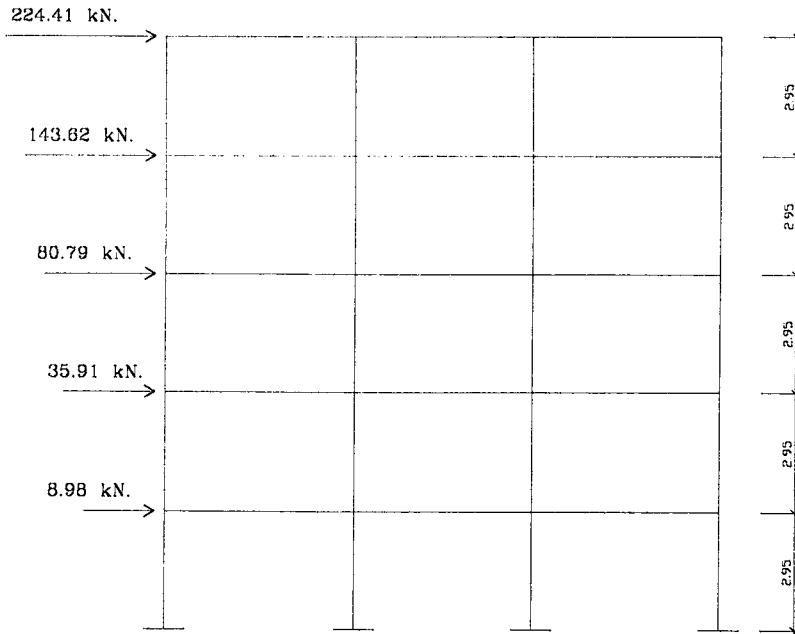
$V_B = 493.70$ kN. Toplam Deprem Yatay Kuvveti

3.4.2. TOPLAM EŞDEĞER DEPREM YATAY KUVVETİNİN KATLARA DAĞITILMASI

$$Q_i = V_B \cdot \frac{W_i \cdot h_i^2}{\sum (W_j \cdot h_j^2)}$$

KAT	W_i	h_i^2	$W_i \cdot h_i^2$	$V_B / \sum(W_i \cdot h_i^2)$	Q_i	V_i
4	2146,53	217,56	467004,43	0,000480529	224,41	224,41
3	2146,53	139,24	298882,84	0,000480529	143,62	368,03
2	2146,53	78,32	168121,60	0,000480529	80,79	448,82
1	2146,53	34,81	74720,71	0,000480529	35,91	484,72
Zemin	2146,53	8,70	18680,18	0,000480529	8,98	493,70

$$\sum(W_i \cdot h_i^2) = 1027409,753$$



4. SONUÇLAR

İncelenen deprem yönetmeliklerinde , deprem yatay yükü hesap yöntemlerinde ufak tefek farklılıklar olmakla beraber , benzer yönler bir hayli fazladır. Verilen tablolarda bu yönetmelikler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

1. İncelenen deprem yönetmeliklerinde , depreme karşı dayanıklı yapı tasarımı amaçlanmış ve bunun için gerekli koşullar ve hesaplamalar verilmiştir.

2. İncelenen tüm yönetmeliklerde deprem yatay kuvvetlerinin hesabı için "Eşdeğer Statik Hesap" yöntemi ağırlıklı olarak anlatılmıştır. Türkiye , Hindistan ve Yeni Zelanda yönetmeliklerinde dinamik yöntemlere de değinilmiştir.

3. Hindistan deprem yönetmeliğinde sismik bölgelere ve bina yüksekliğine bağlı olarak deprem hesapları için önerilen metodlar açıklanmıştır. Diğer deprem yönetmeliklerde böyle bir sınıflandırma yapılmamıştır.

4. Türkiye , Hindistan ve Yeni Zelanda deprem yönetmeliklerinde sismik bölgelendirme gözönüne alınmıştır. Kanada deprem yönetmeliğinde ise herhangi bir bölgelendirmeye rastlanamamıştır.

5. İncelenen tüm yönetmeliklerde yapı önem katsayıları verilmiştir. Bu konu en kolay anlaşma sağlanacak konulardan biri olarak söylenebilir. Kanada ve Yeni Zelanda deprem yönetmeliklerinde yapı sınıflandırmasında fazla detay verilmemiştir. Fakat Hindistan ve Türkiye deprem yönetmeliklerinde sınıflandırma daha detaylı bir şekilde verilmiştir.

6. İncelenen tüm yönetmeliklerde , Zeminler özelliklerine göre sınıflandırılmışlardır. Zemin - Temel tipine bağlı katsayılar verilmiştir. Bu katsayı Hindistan deprem yönetmeliğinde zemin ve temel tipine bağlı olarak verilmiştir. Diğerlerinde ise sadece zemin tipi ve özelliklerine göre sınıflandırma yapılmış ve katsayı verilmiştir.

7. İncelenen tüm yönetmeliklerde spektral çarpanlar verilmiştir. Bu katsayılar , doğal titreşim periyodu T'ye bağlı olarak hesaplanmaktadır. Yeni Zelanda deprem yönetmeliğinde bu katsayı , zemin koşullarına , yapısal düktilite faktörüne ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak verilmiştir.

8. İncelenen yönetmeliklerin tümünde "Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı" verilmiştir. Yönetmeliklerin herbirinde yapılar , taşıyıcı sistemlerine göre sınıflandırılarak , herbir taşıyıcı sistem için bir davranış katsayısı belirlenmiştir.

Taşıyıcı sistem katsayısının belirlenmesinde yapıların süneklik düzeyi oldukça etkilidir. Türkiye 1996 deprem yönetmeliğinde yapılar süneklik düzeyi Normal ve Yüksek olmak üzere ikiye ayrılmış ve herbir süneklik düzeyi için ayrı ayrı davranış katsayıları verilmiştir.

9. Doğal titreşim periyodunun hesabında kullanılan fomülasyon , Kanada ve Hindistan deprem yönetmeliklerinde aynı şekildedir. Türkiye ve Yeni Zelanda yönetmeliklerinde kullanılan formülasyon diğerlerinden farklı olarak benzer şekildedir.

10. İncelenen tüm yönetmeliklerin hesap yöntemlerinde yapının tabanına etkileyen toplam eşdeğer yatay deprem kuvveti hesaplanmaktadır. Bu kuvvetin , kütlelerin yoğunlaştığı kat hizalarında dağıtılması , tüm yönetmeliklerde küçük farklılıklar göstermekle beraber aynı şekilde yapılmaktadır. Hindistan deprem yönetmeliğinde , yapının tepesine etki eden ek eşdeğer yatay deprem yükü hesaba katılmamıştır. Diğerlerinde bu ek kuvvet formülde kullanılmıştır. Bu ek eşdeğer kuvvetin sıfır olduğu durumlarda aradaki farklılık ortadan kalkmaktadır.

11. İncelenen deprem yönetmeliklerinde "Eşdeğer Statik Hesap Metodu" nun dışında , "Dinamik Hesap Yöntemleri"ne de değinilmiştir. Kanada deprem yönetmeliğinde "Dinamik Hesap Metodları" ile ilgili herhangi bir açıklayıcı bilgi verilmemiştir.

Modların süperpozisyonu yönteminde , modların birleştirilmesinde "Karelerin Toplamının Karekökü" veya "Tam Karesel Birleştirme" yöntemlerinin kullanılması önerilmiştir.

"Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemlerinde" yapay yollarla üretilen benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılmaktadır.

12. Sayısal örneklerin sonucunda ;

Türkiye Mayıs 1996 Deprem Yönetmeliğinde

- | | |
|------------------------------------|----------------------------|
| i) Süneklik Düzeyi Normal Binalar | $V_t = 1167.18 \text{ kN}$ |
| ii) Süneklik Düzeyi Yüksek Binalar | $V_t = 583.59 \text{ kN}$ |

Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliğinde

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| a) Kullanılabilirlik Limit Durum İçin | $V = 611.76 \text{ kN}$ |
| b) Enson Limit Durum İçin | |
| i) Sınırlı Düktil Yapı | $V = 1609.90 \text{ kN}$ |
| ii) Düktil Yapı | $V = 689.04 \text{ kN}$ |

Kanada Deprem Yönetmeliğinde $V = 272.07 \text{ kN}$

Hindistan Deprem Yönetmeliğinde $V_B = 493.70 \text{ kN}$

sonuçları bulunmuştur.

Türkiye ve Yeni Zelanda deprem yönetmeliklerinde yapılar , düktilitesine göre ve süneklik düzeyine göre sınıflandırılmışlardır. Sonuçlarda da görüldüğü gibi Türkiye

deprem yönetmeliğinde "Sünekli Düzeyi Normal Taşıyıcı Sistemler" için bulunan değer , "Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler" için bulunan değer iki katıdır. Yeni Zelanda deprem yönetmeliğinde de "Sınırlı Düktil Yapılar" için bulunan değer , "Düktil Yapılar" için bulunan değer iki katından daha büyük bir değerdir.

Diğer yönetmeliklerde böyle bir sınıflandırma yapılmamış ve tek bir değer bulunmuştur. Türkiye deprem yönetmeliğindeki süneklik düzeyi yüksek yapı, Yeni Zelanda deprem yönetmeliğindeki düktil yapı gözönüne alınırsa , bulunan sonuçlardan Kanada deprem yönetmeliğine göre bulunan sonuç diğerlerinden oldukça düşüktür.

13. Yapılan incelemelerin ve değerlendirmelerin sonucunda Türkiye ve Yeni Zelanda deprem yönetmeliklerinin Kanada ve Hindistan deprem yönetmeliklerine göre daha geliştirilmiş ve daha detaylı olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:22 , Mayıs 1996 , Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,
2. Associate Committee on the National Building Code National Research Council of Canada , 1990 ,National Building Code of Canada,
3. Indian Standards Institution , 1984 , Indian Standard , Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures,
4. NZS4203 , 1992 , Code of Practice for General Structural Design And Design Loadings For Buildings,
5. IAEE , Earthquake Resistant Regulations , A World List ,
6. Halit DEMİR , Zekeriya POLAT , 1982 , Bazı Ülkelerin Deprem Yönetmeliklerindeki Yatay Kuvvet Hesabı Yöntemlerinin Karşılaştırılması , Deprem Araştırma Bülteni Sayı 38 , Sayfa 73

ÖZGEÇMİŞ :

Adı Soyadı : H. Gürkan YENİPAZARLI

Doğum Tarihi : 12 Kasım 1973

Doğum Yeri : Nazilli

Eğitim : 1987 - 1990 Nazilli Lisesi

1991 - 1995 Yıldız Teknik Üniversitesi , İnşaat Fakültesi

İnşaat Mühendisliği Bölümü

1995 - 1997 Yıldız Teknik Üniversitesi , Fen Bilimleri

Enstitüsü , İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı ,

Yapı Bilim Dalı