

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN TABAN KESME
KUVVETİ HESAP YÖNTEMLERİ BAKIMINDAN
İNCELENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Emre KARA

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Prof. Adil ALTUNDAL

Haziran 2011

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN TABAN KESME
KUVVETİ HESAP YÖNTEMLERİ BAKIMINDAN
İNCELENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ


İnş. Müh. Emre KARA


Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 06 / 06 /2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof.
Adil ALTUNDAL
Jüri Başkanı


Prof. Dr.
Ahmet APAY
Üye


Y. Doç. Dr.
Zeki ÖZYURT
Üye

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam esnasında, her zaman bana yol gösteren ve en zor anlarımda bile bana her zaman anlayıő göstererek çalıőmalarımda hiçbir zaman desteğini eksik etmeyen sn Prof. Adil ALTUDAL'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez ile ilgili yaptığım çalışmalar ve yüksek öğrenimimi yaptığım süresince bende hiçbir manevi desteğini eksik etmeyen Sn. Mimar Őerafettin USTA, İnaőat Mühendisi Naci SAY, İnaőat Mühendisi Fatih DÜNDAR ve İnaőat Mühendisi İlker İBRAM'a teşekkür ederim.

Ayrıca, sadece tez hazırlamam süresince değil, hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve varlıkları ile benim mutlu ve huzurlu olmamı sağlayan aileme en içten dileklerle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xviii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

BÖLÜM 2.

DEPREM HAREKETİ.....	3
2.1. Deprem Hareketinin Oluşumu.....	4
2.2. Deprem Şiddeti ve Büyüklüğü.....	12
2.2.1. Marcelli şiddet ölçüsü.....	12
2.2.2. Richter yerel büyüklüğü.....	14
2.2.3. Cisim dalgası büyüklüğü.....	14
2.2.4. Yüzey dalgası büyüklüğü.....	15
2.2.5. Sismik moment büyüklüğü.....	16
2.2.6. Moment büyüklüğü.....	16
2.2.7. Sismik enerji.....	16
2.3. Yeryüzündeki Faylar ve Tektonik Bölgeler.....	20
2.4. Yurdumuzdaki Faylar ve Tektonik Bölgeler.....	21
2.5. Dalga Hareketi Olarak Deprem.....	23
2.6. Deprem Hareketinin Ölçümü.....	29

2.7. Deprem Spektrumları.....	30
2.8. Zemin Durumunun Deprem Hareketine Etkisi.....	35
2.8.1. Maksimum ivme.....	37
2.8.2. Maksimum hız.....	37
2.2.3. Spektrum.....	37
2.9. Zemin Sıvılaşması.....	38
2.10. Zemin Yapı Etkileşimi.....	39

BÖLÜM 3.

YAPI SİSTEMLERİNİN DİNAMİK DAVRANIŞI.....	40
3.1. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler.....	40
3.2. Çok Serbestlik Dereceli Sistemler.....	42
3.2.1. Modların birleştirilmesi yöntemi.....	43
3.3. Çerçeve Sistem Davranışı.....	45
3.4. Perdeli Sistem Davranışı.....	45
3.5. Sönüm.....	46
3.5.1. Dış vizkos sönüm.....	46
3.5.2. İç vizkos sönüm.....	46
3.5.3. Cloumb rijit cisim sönümü.....	46
3.5.4. Çevrimsel sönüm.....	46
3.5.5. Enerji yayılma sönümü.....	47
3.6. Süneklik.....	47

BÖLÜM 4.

TABAN KESME KUVVETİ HESAP METOTLARININ DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE İNCELENMESİ.....	48
4.1. Deprem Yönetmelikleri.....	48
4.1.1. Deprem yönetmeliklerinin tarihçesi.....	48
4.1.2. Taban kesme kuvveti hesap metotları.....	49
4.2. 2007 Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvveti Hesap Yöntemleri.....	50
4.2.1. Hesap yöntemleri.....	50

4.2.2. Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	50
4.2.2.1. Simgeler.....	50
4.2.2.2. Eşdeğer kuvvet yükünün belirlenmesi.....	52
4.2.2.3. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükünün Belirlenmesi.....	53
4.2.2.4. Binanın birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi.....	54
4.2.2.5. Deprem elastik yüklerinin tanımlanması ve spektral ivme katsayısı.....	55
4.2.2.6. Elastik deprem yükü azaltma katsayısı.....	57
4.3. 1997 Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvveti Hesap Yöntemleri.....	58
4.3.1. Hesap yöntemleri.....	58
4.3.2. Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	59
4.3.2.1. Simgeler.....	59
4.3.2.2. Eşdeğer kuvvet yükünün belirlenmesi.....	61
4.3.2.3. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi.....	62
4.3.2.4. Binanın birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi.....	62
4.3.2.5. Deprem elastik yüklerinin tanımlanması ve spektral ivme katsayısı.....	64
4.3.2.6. Elastik deprem yükü azaltma katsayısı.....	66
4.4. 1975 Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvveti Hesap Yöntemleri.....	67
4.4.1. Simgeler.....	67
4.4.2. Toplam yatay yük hesabı.....	68
4.2.3. Yatay yükün yükseklik boyunca dağıtılması.....	74
4.5. 1968 Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvveti Hesap Yöntemleri.....	75
4.5.1. Simgeler.....	75
4.5.2. Binalara etkiyen deprem kuvvetleri.....	75

4.5.3. Toplam deprem yanal kuvvetinin hesabında göz önüne alınacak kat ağırlığı.....	78
4.6. 1962 Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvveti Hesap Yöntemleri.....	79
4.6.1. Simgeler.....	79
4.6.2. Binalara etkiyen deprem kuvvetleri.....	79
4.7. Deprem Yönetmeliklerinin Hesap Usulleri Yönünden İncelenmesinin Sonuçları.....	81

BÖLÜM 5.

BETONARME ÇERÇEVELİ BİR YAPI MODELİNİN ÜLKEMİZDE

YAYINLANAN YÖNETMELİKLERE GÖRE TABAN KESME

KUVVETİNİN HESAPLANMASI.....	84
5.1. Model Yapının Tanımı.....	84
5.1.1. Kat bilgileri.....	86
5.1.2. Malzeme bilgileri.....	86
5.1.3. Kesit bilgileri.....	87
5.1.4. Yük analizi.....	88
5.1.4.1. Zati yükler.....	88
5.1.4.2. Kiriş yükleri.....	88
5.1.4.3. Kolon yükler.....	89
5.1.4.4. Bina ağırlığı.....	89
5.2. Taban Kesme Kuvveti Hesap Kriterleri.....	90
5.3. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvvetinin Hesabı.....	92
5.4. 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvvetinin Hesabı.....	99
5.5. 1975 Deprem Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvvetinin Hesabı.....	104
5.6. 1968 Deprem Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvvetinin Hesabı.....	107

5.7. 1962 Deprem Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvvetinin Hesabı.....	110
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	113
6.1. Sonuçlar.....	113
6.2. Öneriler.....	119
KAYNAKLAR.....	121
ÖZGEÇMİŞ.....	122

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Fay bölgesindeki yırtılma alanı
A	: Ölçülmek istenen depremin genliği
A_0	: Richter büyüklüğüne göre referans alınan bir depremin genliği
A_{20}	: 20s periyotlu yüzey dalgasının genliği
β	: Yerdeğiştirme hareketine ait açısal frekansın sistemin frekansına oranı
c	: vizkozik sönümü
c_{cr}	: Kritik sönüm değeri
c_L	: P-Dalgası yayılma hızı
c_T	: S-Dalgası yayılma hızı
C_j	: Genelleştirilmiş sönüm
C_s	: Ölçüm yapılan zemin şartlarına göre düzeltme katsayısı
C_r	: Kaynak noktasının zemin şartlarına göre düzeltme katsayısı
C	: Deprem Katsayısı
C_0	: Deprem Bölgesi Katsayısı
d	: fleksibilite
D	: Faydaki ortalama yer değiştirme
Δ	: Ölçüm noktasının merkez üssüne olan uzaklığı
$\Delta\sigma$: Deprem esnasında ortaya çıkan gerilme düşüşü
E	: Zeminin elastik Modülü
E_s	: Sismik enerji
g	: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s ²)
ρ	: Zeminin kütle oranı
ρ	: Serbestlik dereceli sistemlere ait hareket genliği
ξ	: Sönüm oranı

h	: Deprem odak derinliği
i	: Dalganın geliş açısı
i'	: Dalganın kırılma açısı
I_o	: Marcelli şiddet ölçüsü
k	: rijitlik
K_j	: Genelleştirilmiş rijitlik
L_j	: Modal deprem hareketi faktörü
m	: kütle
m_b	: Cisim dalga büyüğü
M_j	: Genelleştirilmiş kütle
M	: Deprem Büyüklüğü
M_L	: Richter yerel büyüklüğü
M_o	: Sismik moment büyüklüğü
M_s	: Yüzey dalga büyüklüğü
M_w	: Moment büyüklüğü
P_j	: Genelleştirilmiş dış etki
Γ_j	: Modal katılım çarpanı
s	: Deprem kuvveti geometrik dağıtım vektörü
s_j	: i. moda ait deprem kuvveti geometrik dağıtım vektörü
S_a	: Maksimum ivme değeri
S_v	: Maksimum hız değeri
S_d	: Maksimum yerdeğıştirme değeri
S	Spektrum Katsayısı
$S(T)$: Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme [m /s ²]
$S_aR(Tr)$: r'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [m /s ²]
θ	: ;Serbestlik dereceli sistemin hareket faz açısı
ϕ	: Modal matris
ϕ_i	: i. mod vektörü
t_L	: P-Dalgasının cihaza geliş süresi
t_T	: S-Dalgasının cihaza geliş süresi
T	: Periyot

T_D	:	Sönümlü periyot
μ	:	Fay bölgesinin kayma rijitliği
ν	:	Zeminin Poisson oranı
ν_n	:	n. salınıma ait yer değiştirme
ν_{n+1}	:	n+1. salınıma ait yer değiştirme
$\ddot{v}(t)$:	Dinamik bir sisteme ait ivmenin zamana göre değeri
$\dot{v}(t)$:	Dinamik bir sisteme ait hızın zamana göre değeri
$v(t)$:	Dinamik bir sisteme ait yerdeğiştirmenin zamana göre değeri
$\ddot{v}_g(t)$:	Zemin hareketine ait ivmenin zamana göre değeri
$\dot{v}_g(t)$:	Zemin hareketine ait hızın zamana göre değeri
$v_g(t)$:	Zemin hareketine ait yerdeğiştirmenin zamana göre değeri
Y_j	:	Genelleştirilmiş koordinat
ω	:	Sistemin doğal frekansı
ω_D	:	Sistemin sönümlü frekansı
ϖ	:	Dış etkinin frekansı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Yer kürenin yapısı.....	4
Şekil 2.2.	Planda deprem hareketinin oluşması.....	5
Şekil 2.3.	Fay hareketi ile deprem oluşumu.....	5
Şekil 2.4.	Fay bölgesinin konumu ve kayma bölgesinin genişlemesi.....	6
Şekil 2.5.	Çeşitli Fay Türleri.....	7
Şekil 2.6.	Bir yer hareketinin planda fay civarında eşsiddet eğrileri.....	8
Şekil 2.7.	Basitleştirilmiş bir deprem hareketine ait büyüklükler.....	8
Şekil 2.8.	İdealize bir yer hareketinde yerdeğiştirme,hız ve ivmenin değişimi	9
Şekil 2.9.	26 Nisan 1981 Westmorland, California (5,7) depremine ait Kuzey-Güney, Düşey-Batı ivme kayıtları.....	10
Şekil 2.10.	21 Temmuz 1952 Taft, California (7.7) depremine ait ivme, hız ve yerdeğiştirme değişimleri.....	11
Şekil 2.11.	Cisim dalgası büyüklüğü belirlenmesinde $Q(h,\Delta)$ derinlik ve uzaklığa bağlı düzeltme fonksiyonu.....	15
Şekil 2.12.	Yeryüzünde bir yılda beklenen depremlerin ortalama sayısının büyüklüğe bağlı değişimi.....	17
Şekil 2.13.	Faydaki kayma boyunun depremin büyüklüğüne bağlı değişimi...	18
Şekil 2.14.	Depremin maksimum ivmesinin faydan olan uzaklığına bağlı olarak değişimi.....	19
Şekil 2.15.	1971-1991 yılları arasında büyüklükleri 5 den fazla olan depremlerin merkez üstleri.....	20
Şekil 2.16.	Yerkabuğu plakaları.....	21
Şekil 2.17.	Yurdumuzdaki fay hatları.....	22
Şekil 2.18.	Yurdumuz civarındaki yer hareketi hız alanı.....	22
Şekil 2.19.	Sonsuz büyük ortamda P ve S dalgaları.....	23

Şekil 2.20.	Derinliğe bağlı dalga hızlarında ve yoğunlukta değişim.....	24
Şekil 2.21.	Deprem Richter büyüklüğünün belirlenmesi.....	25
Şekil 2.22.	Hızın derinlikle değişimine bağlı olarak dalga yörüngesi.....	26
Şekil 2.23.	P-Dalgasının süreksizlik yüzeyinden yansıma ve kırılması ve serbest yüzeye yansması.....	27
Şekil 2.24.	P-Dalgasının üç yörüngeyi izleyerek ilerlemesi.....	28
Şekil 2.25.	Bir tabakada ilerleyen üç dalga için uzaklık zaman ilişkisi.....	28
Şekil 2.26.	Tabakalı ortamda kayma dalgasının yansması.....	29
Şekil 2.27.	Yerdeğiştirme spektrum eğrisinin elde edilmesi.....	33
Şekil 2.28.	El Centro Depremi (1940, K-G Bileşimi) Hız Spektrum Eğrileri..	34
Şekil 2.29.	El Centro Depremi (1940, K-G Bileşimi) Spektrum Eğrileri.....	35
Şekil 2.30.	Maksimum deprem ivmesinin zemin durumuna ve kayıt uzaklığına bağlı değişimi.....	36
Şekil 2.31.	Değişik zemin durumları için maksimum deprem ivmesi.....	36
Şekil 2.32.	Maksimum deprem hızının depremin merkezine olan uzaklığına bağlı değişimi.....	37
Şekil 2.33.	Değişik yerel zemin türleri için ortalama spektrum ivme değerleri.....	38
Şekil 2.34.	a) Suya doygun kum daneciklerinde sıvılaşma olayı, b) Sıvılaşma ile taşıma gücünü kaybeden zeminlerde bulunan yapının dönmesi.....	39
Şekil 3.1.	Tek serbestlik dereceli sistem.....	41
Şekil 4.1.	Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Göre Dağılımı.....	54
Şekil 4.2.	Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Göre Dağılımı.....	64
Şekil 4.3.	Bina Yüksekliklerine Göre C_0 Değerleri.....	80
Şekil 5.1.	Simetrik çerçevesel model yapının kalıp planı.....	85
Şekil 5.2.	Simetrik çerçevesel model yapının kat kesitleri	86
Şekil 5.3.	Kiriş tabla genişliği.....	87
Şekil 5.4.	Kolon ve kiriş boyutları.....	88
Şekil 6.1.	1975 Yönetmeliği, zemin gruplarına ilişkin spektrum eğrileri	114

Şekil 6.2.	Birinci derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları.....	115
Şekil 6.3.	İkinci derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları.....	116
Şekil 6.4.	Üçüncü derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları.....	117
Şekil 6.5.	Dördüncü derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları.....	118

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Deprem yönetmelikleri hakkında geçmiş yıllarda tamamlanmış tez çalışmaları.....	2
Tablo 2.1. Değiştirilmiş Marcelli Şiddet Cetveli.....	12
Tablo 2.2. Deprem Büyüklükleri ve Ölçüm Periyotları.....	13
Tablo 4.1. Ülkemizde Yayınlanan Deprem Yönetmelikleri.....	49
Tablo 4.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar	52
Tablo 4.3. Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı.....	53
Tablo 4.4. Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0).....	55
Tablo 4.5. Bina Önem Katsayısı (I).....	56
Tablo 4.6. Spektrum Karakteristikleri Periyotlar (T_A ve T_B).....	57
Tablo 4.7. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı.....	58
Tablo 4.8. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar	61
Tablo 4.9. Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı.....	62
Tablo 4.10. Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0).....	65
Tablo 4.11. Bina Önem Katsayısı (I).....	65
Tablo 4.12. Spektrum Karakteristikleri Periyotlar (T_A ve T_B).....	66
Tablo 4.13. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı.....	67
Tablo 4.14. Deprem Bölge Katsayısı.....	68
Tablo 4.15. Periyot Saptanmasında Kullanılacak Zemin Cinsleri	69
Tablo 4.16 Zemin Hakim Periyodu.....	71
Tablo 4.17. Yapı Önem Katsayısı.....	72
Tablo 4.18. Yapı K Katsayısı.....	73
Tablo 4.19. Hareketli Yüğü Katsayısı.....	74
Tablo 4.20. Deprem Bölge Katsayısı.....	76
Tablo 4.21. Zemin Katsayısı.....	76
Tablo 4.22. Bina Önem Katsayısı	77

Tablo 4.23.	n_1 Çarpanları Tablosu.....	80
Tablo 4.24.	n_2 Çarpanları Tablosu.....	80
Tablo 5.1.	1962 Yönetmeliği, Göre N_2 Çarpanları Tablosu.....	90
Tablo 5.2.	Tez Çalışmamızda Yapılan Kabuller İle n_2 Çarpanları Tablosu	91
Tablo 5.3.	1968 Yönetmeliği, Deprem Bölgelerine Göre C_0 katsayısı.....	91
Tablo 5.4.	Tez Çalışmamızda Yapılan Kabuller İle Deprem Bölgelerine Göre C_0 katsayısı	91
Tablo 5.5.	Kolon ve Kiriş Atalet Momentleri.....	92
Tablo 5.6.	Kolon ve Kiriş Redörleri.....	92
Tablo 5.7.	Taşıyıcı sistemin kolonlarının D değerleri hesap tablosu.....	93
Tablo 5.8.	Taşıyıcı Sistemin Periyot hesabı.....	94
Tablo 5.9.	2007 Yönetmeliğine Taşıyıcı Sistemin Her Zemin Cinsi Ve Deprem Bölgesine Göre Taban Kesme Kuvveti.....	99
Tablo 5.10.	1997 Yönetmeliğine Taşıyıcı Sistemin Her Zemin Cinsi Ve Deprem Bölgesine Göre Taban Kesme Kuvveti.....	104
Tablo 5.11.	1975 Yönetmeliğine Taşıyıcı Sistemin Her Zemin Cinsi Ve Deprem Bölgesine Göre Taban Kesme Kuvveti.....	107
Tablo 5.12.	1968 Yönetmeliğine Taşıyıcı Sistemin Her Zemin Cinsi Ve Deprem Bölgesine Göre Taban Kesme Kuvveti.....	109
Tablo 5.13.	1962 Yönetmeliğine Taşıyıcı Sistemin Her Zemin Cinsi Ve Deprem Bölgesine Göre Taban Kesme Kuvveti.....	112
Tablo 6.1.	Birinci derece deprem bölgesinde tüm zemin türlerine göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri.....	115
Tablo 6.2.	Birinci derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları.....	115
Tablo 6.3.	İkinci derece deprem bölgesinde tüm zemin türlerine göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri.....	116
Tablo 6.4.	İkinci derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları.....	116

Tablo 6.5.	Üçüncü derece deprem bölgesinde tüm zemin türlerine göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri.....	117
Tablo 6.6.	Üçüncü derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları.....	117
Tablo 6.7.	Dördüncü derece deprem bölgesinde tüm zemin türlerine göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri.....	118
Tablo 6.8.	Dördüncü derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları.....	118

ÖZET

Anahtar Kelime: Çerçeveli Sistemler, Taban Kesme Kuvveti, Zemin Cinsi

Bu tez çalışmasının amacı; geçmişten günümüze kadar ülkemizde yayınlanan deprem yönetmeliklerinin, taban kesme kuvveti hesap yöntemleri bakımında incelenerek, irdelenmesidir. Tez çalışması altı bölümden oluşmakta olup, birinci bölüm giriş olarak hazırlanmıştır. İkinci bölümde deprem hareketinin oluşumu ve ölçümü, üçüncü bölümde ise yapıların deprem hareketi altındaki dinamik davranışı hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde geçmişten günümüze kadar yayınlanan deprem yönetmeliklerine göre taban kesme kuvveti hesap yöntemleri anlatılmıştır. Beşinci bölümde, model alınan bir yapının, geçmişten günümüze kadar yayınlanan deprem yönetmelikleri ile taban kesme kuvveti, bütün deprem bölgeleri ve zemin cinsileri için hesaplanmıştır. Altıncı bölümde hesap edilen bu değerler karşılaştırılarak, sonuç ve önerilerden bahsedilmiştir. Yapılan çalışmalarda, çerçeveli sisteme ait tasarıma esas taban kesme kuvvetinin deprem yönetmeliklerine göre değiştiği ve özellikle bu değişimin, Z3 ve Z4 türü zeminlerde yüksek oranlarda olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonucunda; bu tür zeminlerde bulunan yapıların, tasarlandığı yönetmeliğe göre hesaplanan taban kesme kuvvetinin yetersiz olabileceği ve yapının yeninden tetkik edilmesi gerekebileceği görülmüştür.

INVESTIGATION AND COMPARISON OF EARTHQUAKE REGULATION INTERMS OF BASE SHEAR FORCE CALCULATION METHODS

SUMMARY

Keywords: Frame systems, earthquake force, soil types

The aim of this thesis is; the investigation of each earthquake regulation, which has been published in our country till today, in the aspect of the calculation methods of earthquake force. The first part of the study which consists of six chapters is introduction. In the second chapter the calculation and emerging of earthquake movement and in the third chapter dynamic response of the structures during the earthquake movement are being defined. The earthquake force calculation methods according to the earthquake regulations which are published till today are defined in the fourth chapter. In the fifth chapter, earthquake force of a model structure was calculated for all soil types and earthquake areas, according to each earthquake regulation which has been published till today. In the sixth the calculated values are compared and according to this comparison results and offers are defined. In the study, it is determined that the earthquake force which is based on the frame system design varies according to earthquake regulations, and this variety increases in Z3 and Z4 types of soils. In conclusion of this study, it is found out that, the earthquake force of the structures on these types of soils might be insufficient according to the regulation chosen for design and a necessity for examining the structure might emerge.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkemiz, bilindiği üzere aktif bir deprem kuşağı üzerinde bulunmakta ve neticesinde birçok can ve mal kaybına sebebiyet veren deprem afetleri yaşanmaktadır. Bu sebeple depremin yapı üzerindeki etkisinin iyi anlaşılması ve sonucunda önemli tedbirler alınması lazımdır. Deprem hareketinin yapı üzerindeki etkisi, sarsıntı esnasında yapının doğal titreşim periyoduyla salınarak öteleme hareketi yaptığı ve öteleme hareketi neticesinde katlar arasında kat kesme kuvvetleri olduğu şeklinde anlaşılmaktadır. Oluşan bu kat kesme kuvvetlerinin iyi belirlenmesi ve bunlara istinaden yapının ve kesitlerin iyi tasarlanması ile bu kayıplar büyük ölçüde önlenilecek olup, söz konusu kat kesme kuvvetleri ancak dinamik analiz yapılarak hesaplanabilir.

Bu tezin amacı; deprem hareketi ve deprem hareketi neticesinde oluşan yapının dinamik davranışlarının iyi anlaşılması suretiyle model alınan bir yapı üzerinde kat kesme kuvvetlerini geçmişten günümüze yayınlanan deprem yönetmeliklerine göre hesaplamak ve bulunan bu değerleri birbirlerine göre irdeleyerek hangi yönetmeliğin bu konuda ne kadar risk oluşturduğunun anlaşılması ile bu yönetmeliğe göre inşa edilen yapıların ne kadar risk taşıdığını belirlemektir.

Bu çalışmada; 2007 Deprem Yönetmeliğine göre yapılan kat kesme kuvveti hesap usulleri, dinamik hesap usullerine göre en yakın matematiksel işlemleri kapsadığı için bu yönetmelik ile hesaplanacak değerler gerçeğe en yakın sonuç olarak referans alınacak ve diğer yönetmeliklere göre hesaplanan değerler 2007 yönetmeliğinde bulunan sonuçlara göre irdelenecektir. Çalışmalar esnasında diğer yapılar ve tasarım kuralları bu çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Deprem Yönetmeliklerinin mukayesesi hakkında ve çalışma konumuza benzer olarak yürütülen tez çalışmalarına ait birkaç örnek Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 1.1. Deprem yönetmelikleri hakkında geçmiş yıllarda tamamlanmış tez çalışmaları

Sıra No	Tezin Adı
1	Türkiye Deprem Yönetmeliği'nin (Mayıs 1996), A.B.D. (UBC) Kaliforniya (SEAOC) ve Japonya Deprem Yönetmelikleri ile Deprem Yatay Yük Hesabı Yöntemleri Açısından Karşılaştırılması (Yıldız Teknik Üniversitesi, Prof. Dr. İlhan Berktaş, Cengiz KABUL, 1997)
2	Mayıs 1996 Türkiye Kanada, Hindistan ve Yeni Zelanda deprem yönetmeliklerinin ile deprem yatay yükü hesabı açısından karşılaştırılması (Yıldız Teknik Üniversitesi, Prof. Dr. İlhan Berktaş, Hasan Gürkan YENİPAZARLI, 1997)
3	Betonarme perde-çerçeve yapının 1975-1996 deprem yönetmeliklerine göre irdelenmesi (İstanbul Teknik Üniversitesi, Prof. Dr.Zeki HASGÜR, Neslin ÖZKAN, 1997)
4	1975 deprem yönetmeliğine göre boyutlandırılmış ve donatılmış model bir binanın 1997 deprem yönetmeliği koşullarında irdelenmesi (Yıldız Teknik Üniversitesi, Prof. Naci YÜCEFER, Ahmet Hamdi GÜMÜŞ, 2000)
5	2007 Deprem Yönetmeliği'nin 1998 Deprem Yönetmeliği ile karşılaştırılması ve sayısal irdelenmesi (İstanbul Teknik Üniversitesi, Prof. Dr. Nesrin YARDIMCI, Turgut YAVUZASLAN, 2007)
6	1975 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılmış bir yapının güncel deprem yönetmeliğine göre deprem güvenliğinin belirlenmesi (İstanbul Teknik Üniversitesi, Doç. Dr. Konuralp GİRGIN, Burcu AKTEKİN, 2009)
7	Çok katlı binalarda taban kesme kuvvetinin 1975 ve 2007 deprem yönetmeliklerine göre karşılaştırılması (Sakarya Üniversitesi, Prof. Adil ALTUNDAL, Hatice Büşra SARI, 2010)

BÖLÜM 2. DEPREM HAREKETİ

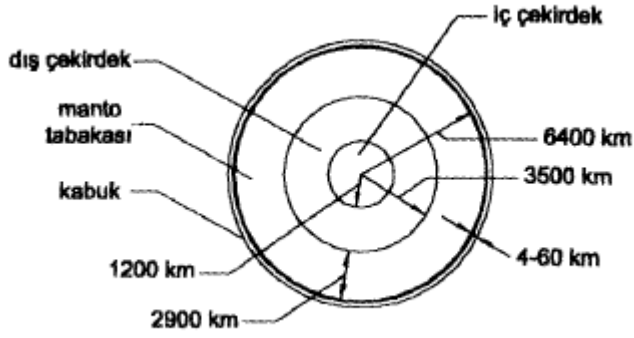
Doğal afetler arasında, önceden ikaz ve uyarı yönünde bir emare göstermemesi sebebiyle deprem afetine karşı alınacak en önemli tedbir yapıların depreme karşı güvenilir olarak tasarlanmasıdır. Çünkü birçok deprem beklenmeden meydana gelmiş veya önceden yapılan deprem tahminleri doğru çıkmamıştır.

Yer kabuğu hareketlerinin titreşmesi olarak meydana gelen deprem afeti yapılarda zamana bağlı olarak dinamik yer değiştirme etkileri oluşturmaktadır. Bu tarz hareket problemleri yapı dinamiğinin esas konuları olarak incelenmekte ve depreme dayanıklı yapı tasarımında önemli fikirler vermektedir.

Yapılar, deprem etkisi ile dinamik ve statik yükler altında zorlanır, bu doğrultuda tasarım veya uygulamada hatalar var ise bu sebeple yapı yıkılabilir. Bu nedenle yapı tasarımı esnasında yapının iyi düzenlemesine ve kesit yeterliliklerinin istenilen koşulda belirlenmesi gerekmektedir.

Dünyamızın, birçok bölgesinde aletlerce kaydedilen insanların dahi fark edemeyeceği birçok yer hareketi oluşmaktadır. Bu etkileşimler *Sismoloji Biliminin* konusuna girmektedir. Deprem mühendisliği ise yapılara hasar vermesi muhtemel yer hareketini inceler.

Deprem hareketinin oluşması dünyamızın yapısıyla ilgilidir. Dünyanın yapı çapı 6400 km civarında olup, kabuk, manto, dış çekirdek ve iç çekirdek olarak 4 tabakadan oluşmaktadır.



Şekil 2.1. Yer Kürenin yapısı [7]

Kabuk Tabakası: Kıtalar altında, üstte granit altta bazalt olarak bulunur ve 30 ile 60 km arası bir kalınlığa sahiptir. Derin okyanus tabanında ise 4 veya 6 km arasında bazalt özelliğe sahip bir tabaka teşkil eder.

Manto: Kabuk tabakasının altında bulunur ve 3000 km civarında kalınlığa sahip olan bu tabaka silikat kayalardan oluşmaktadır.

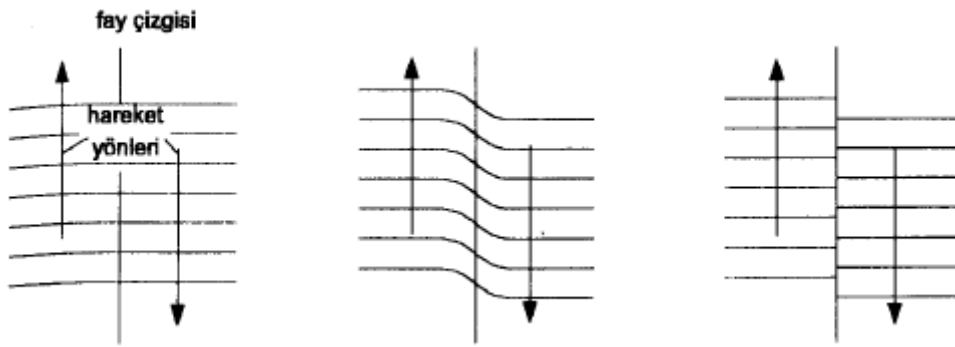
Dış Çekirdek: Bu tabakanın sıvı olması nedeniyle, kayma dalgaları oluşumuyla ilerleyen dalgalar yayılmaz. Bünyesinde demir, oksijen ve silis bulunduğu tahmin edilmektedir.

İç Çekirdek: Yeryüzünde olan bir depremin çok uzaktaki kayıtlarının incelenmesi neticesinde dünya merkezinde katı bir çekirdek tabakası olmasının gerektiğini göstermiştir.

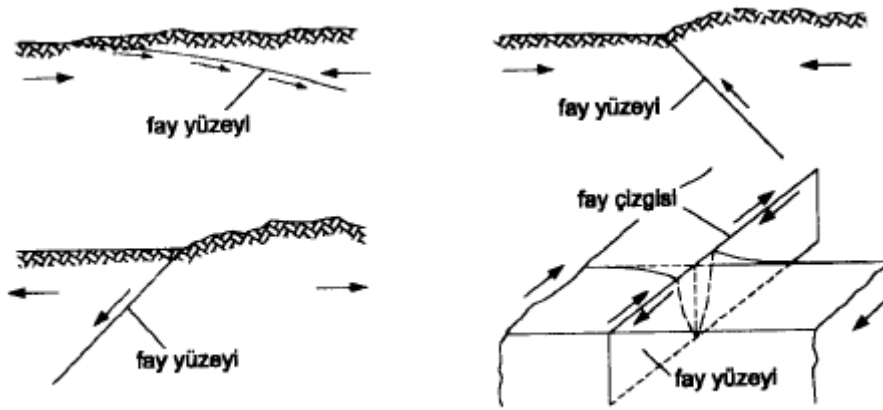
2.1. Deprem Hareketinin Oluşumu

Yer kabuğundaki soğuma veya çeşitli etkenlerin sonucunda oluşan deformasyonların meydana getirdiği enerjinin açığa çıkması neticesinde deprem hareketi oluşmaktadır. Bu esnada yer kabuğundaki plakalar sınır hatları boyunca ani olarak kayar ve oluşan yer hareketi dalgaları sönümleşerek uzaklara yayılır. Bu hareket, *Elastik Geri Sekme Kuramı* olarak Amerikalı H.F Reid tarafından adlandırılmıştır.

Birçok tektonik olay, yer kabuğunun birkaç parçadan oluştuğunu ve bu parçaların birbirlerine göre hareket ettiklerini kabul ederek anlaşılmaya çalışılmıştır. Bu bilim dalı plak tektoniği olarak adlandırılmaktadır. Bu plak parçaları birbirine göre kaymakta ya da biri diğerinin üstüne çıkabilmektedir. Yer kabuğunda meydana gelen gerilme artmaları, yer kabuğunun taşıma gücünü aşarak, zayıf olan çizgiler ya da zayıf bölgelerde ani yırtılmalara sebep olmaktadır.



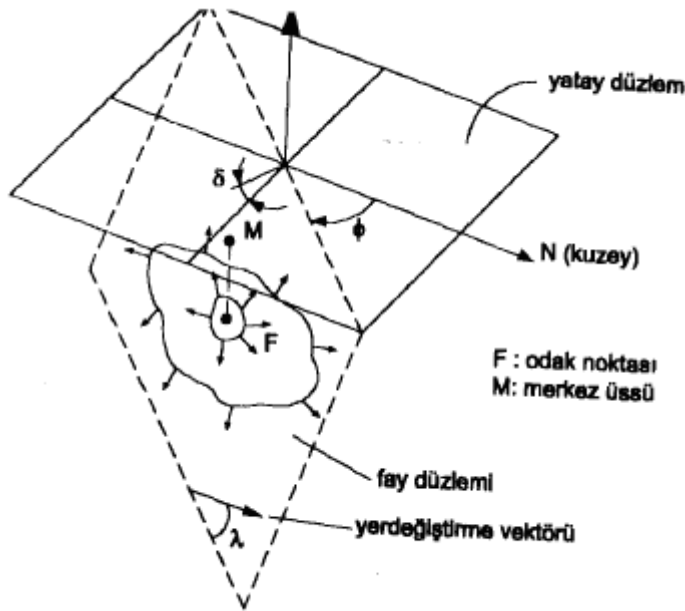
Şekil 2.2. Planda deprem hareketinin oluşması [7]



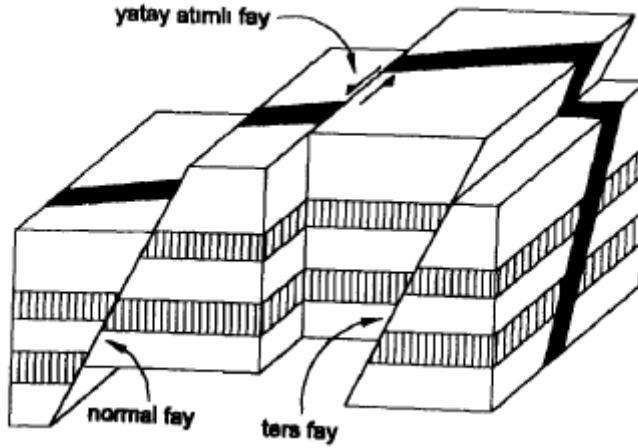
Şekil 2.3. Fay hareketi ile deprem oluşumu [7]

Anlaşılacağı üzere harekete karşı koyan sürtünme kuvveti tükenmiş olur. Yer kabuğunda oluşan kaymaların, dalga hareketi şeklinde yayılması neticesinde vuku bulan yüzey titreşim hareketleri deprem olarak adlandırılır.

Fay hareketleri, Şekil 2.4'te gösterildiği üzere iki düzlem arasındaki kayma olarak anlaşılabilir. Bu hareket düzlemleri, Kuzey ve Güney doğrultusundaki Düşey ve Yatay düzlemle yaptıkları iki açıyla tanımlanabilir. Harekete ait yer değiştirme vektörü yatay ise ($\lambda = 0^\circ, 180^\circ$) fay yüzeyleri arasında yatay kayma hareketi ortaya çıkar ve yatay atımlı fay olarak adlandırılır. Eğer fay yüzeyi düşey ise ($\delta = 90^\circ$), bu nedenle düşey düzlemde de kayma hareketi ortaya çıkar ve düşey düzlemde yatay atımlı fay söz konusu olur. Ayrıca fay yüzeyinin bir tarafından diğer tarafına bakıldığında, bulunan yüz sağa ($\delta = 0^\circ$) ve karşı yüz sola hareket ediyorsa sola atımlı fayın bir tarafından diğerine bakıldığında, bulunan yüz sola ($\delta = 180^\circ$) ve karşı yüz sağa doğru hareket ediyorsa sağa atımlı fay olarak adlandırılır. Bununla beraber rölatif düşey hareket oluşuyorsa düşey atımlı fay ortaya çıkar. Karşı fay yüzünün aşağı doğru hareket etmesi ($\delta = 270^\circ$) normal düşey atımlı fay, yukarı doğru hareket etmesi ($\delta = 90^\circ$) ters düşey atımlı fay olarak adlandırılır. Fakat faya ait yer değiştirme ve düzlem vektörü genellikle değişik açılarda bulunur. Duruma uygun sıfatlar kullanılarak adlandırılır.



Şekil 2.4. Fay düzleminin konumu ve kayma (yırılma) bölgesinin genişlemesi [7]



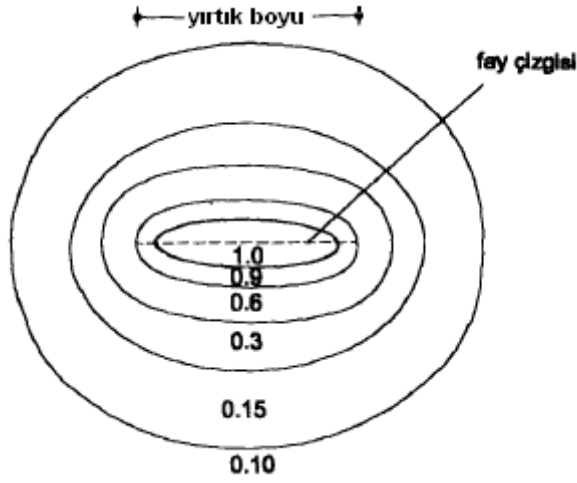
Şekil 2.5. Çeşitli fay türleri [7]

Deprem hareketinin en büyük etkisi yer kabuğundaki fay hareketlerin sonucudur. Geçmişte şekil değiştiren ve şekil değiştirmesi muhtemel faylar Aktif fay olarak adlandırılır. Bu faylar bölgede yapılan jeolojik ve topografik incelemeler ile hava fotoğraflarına ait değerlendirmelerle tespit edilebilir. Deprem hareketinin aktif fay hattı boyunca olduğu düşünülse, yapıların boyutlandırılmasında fay hattına olan uzaklık ve sismolojik değerlerde dikkate alınmalıdır.

Deprem hareketi aşağıdaki safhalardan geçerek meydana gelir

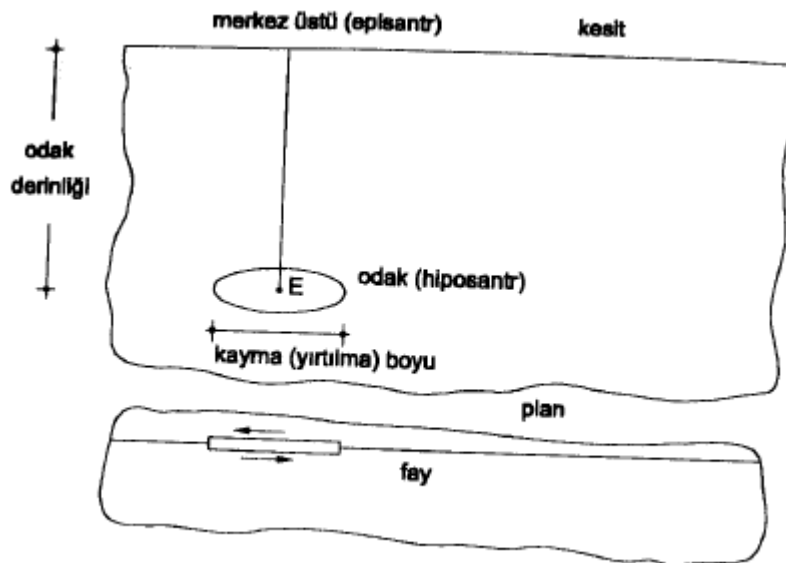
- Fay boyunca uzun yıllarca biriken deformasyon enerjisi yığılması,
- Bu yığılma değerleri kritik değerlerin üstüne çıkarak kayma ve yırtılma hareketi ile gevşeme meydana getirir,
- Gevşeme sonucu oluşan titreşim hareketinin sönümlenerek uzaklara yayılması,

Bazı faylarda ise ani kayma yerine sürekli kayma hareketi meydana gelir ve buda yavaş enerji boşalması olayını oluşturur. Ani boşalma sonucu bütün enerjide boşalmayabilir. Bu hareket doğrultusunda farklı yerlerde tekrar enerji yığılması oluşur. Bu enerjinin kapasite sınırlarını aşması durumunda yeri fay hareketleri gelişebilir. Çoğunlukla ilk depremden daha küçük olan bu hareketler artçı deprem olarak adlandırılır. Bazen ise ana kayma oluşmadan önce bazı zayıf noktalarda oluşan kaymaların oluşturduğu öncü depremlerde görülebilir.



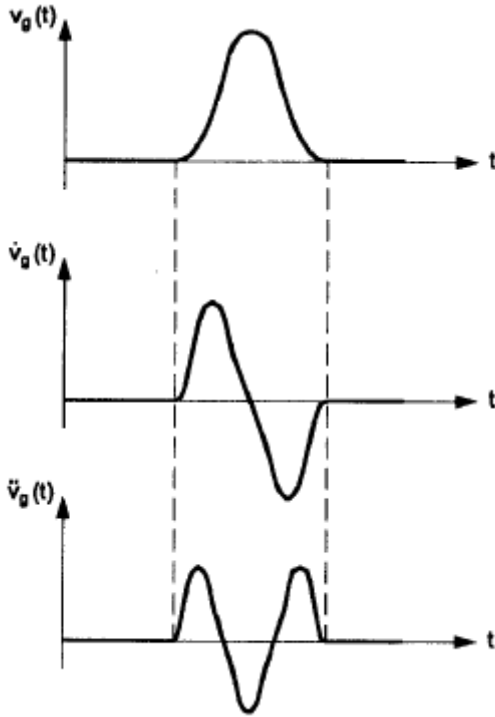
Şekil 2.6. Bir yer hareketinin planda fay civarında eşsiddet eğrileri [7]

Depremın büyüklüğü belirleyen en önemli etkenlerden birisi de fay yırtılmasının ve kaymasının ne kadarlık bir alan üzerinde vuku bulduğudur. Bu alan büyüdükçe deprem daha geniş bir bölgede hissedilir. Bu hareket yeryüzüne yakın olduğu gibi derinlerde bulunabilir. Hareketin başladığı bölge *Depremın Odağı (Hiposantr)* olarak adlandırılır. Depremde oluşacak hasar için odak noktası önemli bir büyüklüktür. Derin depremler yüzeyde daha az hasar meydana getirirken daha geniş bir alanda hissedilir sığ depremler ise yüzeyde büyük etkiler oluştururken daha sınırlı bir alanda hissedilir.

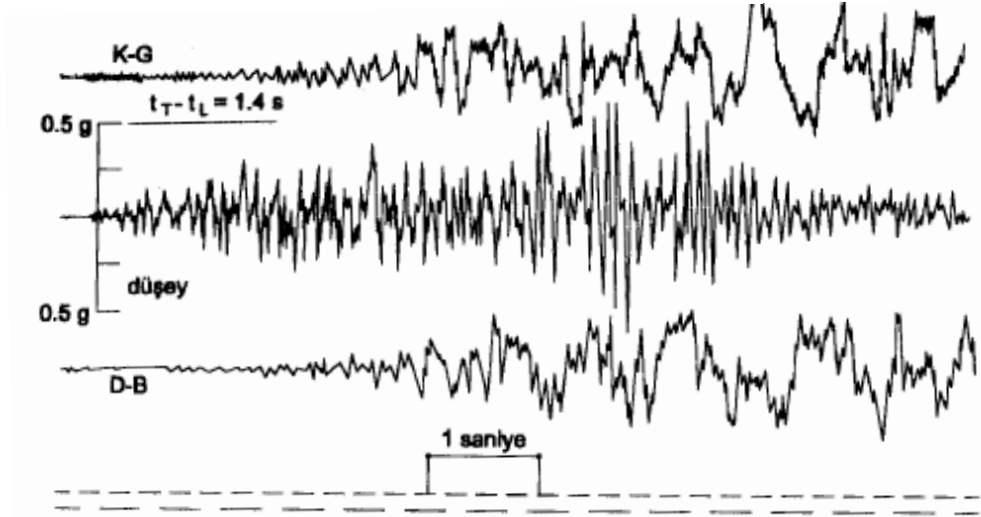


Şekil 2.7. Basitleştirilmiş bir deprem hareketine ait büyüklükler [7]

Dünya yüzeyinde odak noktasının üstüne rastlayan nokta ise *Merkez Üstü (Episantr)* olarak adlandırılır. Deprem bu bölgede en yüksek seviyede hissedilir. Bu bölgede düşey titreşimler önemli derecede hissedilseler bile hızlı bir şekilde söner ve yatay titreşimler daha hissedilir ve önemli bir hale gelir. Merkez üstünden uzaklaşan kısa periyotlu titreşimler, uzun periyoda sahip titreşimlere göre çabuk sönümlenir. *Odak Merkez Üstü derinliği (Odak Derinliği)* deprem derinlik ölçüsüdür. Bu derinliğin 70 km'den az olduğu durumlarda sığ, 70 km ile 300 km'den az olduğu durumlarda orta, 70 km ile 300 km aralıklarda ise orta derin ve 300 km'den fazla olduğu durumlarda derin depremler söz konusu olur. En çok yıkıcı etki sığ depremlerde görülür ve ülkemizdeki depremler 10 km ile 30 km derinliklerde oluşmaktadır.



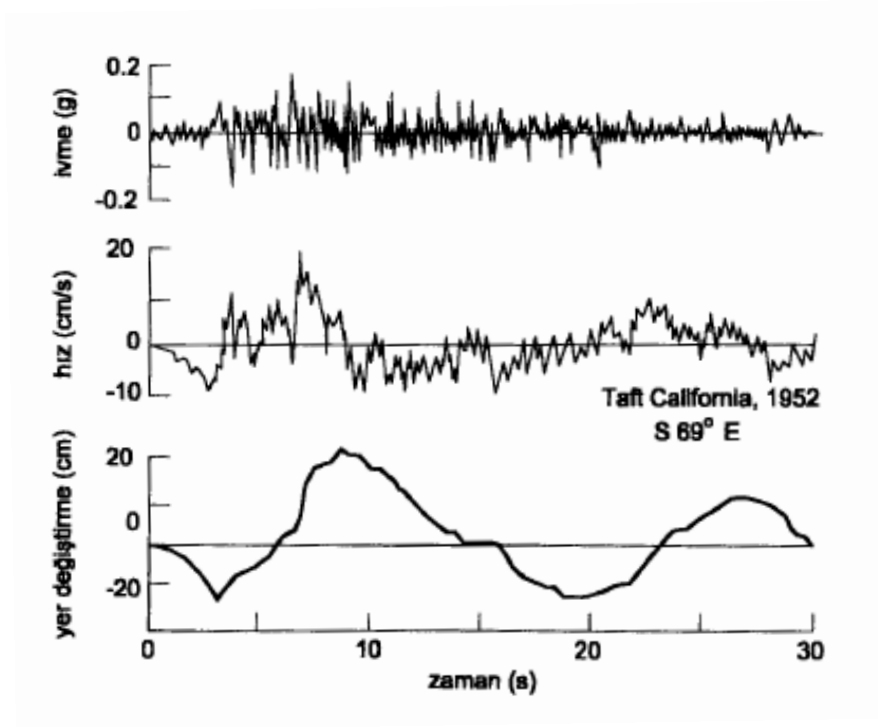
Şekil 2.8. İdeal bir yer hareketinde yerdeğiştirme, hız ve ivmenin değişimi [7]



Şekil 2.9. 26 Nisan 1981 Westmorland, California (5.7) depremine ait Kuzey-Güney, Düşey ve Doğu-Batı ivme kayıtları [7]

Deprem hareketi esnasında fay da yırtılma oluşan kesimde basit tek bir kayma hareketi olduğu kabul edilirse, bu hareketin şekil 2.8’de gösterildiği üzere bir yer değiştirme, hız ve ivme etkisi çıkaracağı söylenebilir. Görüldüğü gibi ivme sıfırda başlamış, bir maksimum değere ulaşmış ve tekrar sıfır değerine ulaşmıştır. Hız ve yer değiştirme etkileri içinde aynı durum geçerlidir. Fakat şekil 2.9’da verilen gerçek depremde ise durum daha karmaşıktır. Bu durum deprem hareketinin birbirini izleyen kayma ve yırtılma hareketleriyle oluştuğunu göstermektedir.

Şekil 2.9 ve benzer deprem kayıtlarında incelemesi neticesinde depremin hareketinin düşey bileşenlerinin diğer bileşenlere nazaran daha yüksek frekansta olduğu görülmektedir. Bu itibarla düşey deprem ivmesi, yatay hareket ivmesinden daha küçüktür.



Şekil 2.10. 21 Temmuz 1952 Taft, California (7.7) depremine ait ivme, hız ve yerdeğiştirme değişimleri [7]

Şekil 2.10'da görüleceği üzere, ivme kayıtlarının zamana bağlı integrasyonu ile hız ve yer değiştirme değerleri zamana bağlı olarak elde edilebilir.

$$v_g(t) = \int_0^t \dot{v}(\tau) d\tau \quad \dot{v}_g(t) = \int_0^t \ddot{v}(\tau) d\tau$$

Tablo 2.1. Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Cetveli [7]

Şiddet	Tanım	Zemin İvmesi (m/s ²)
<i>I</i>	Yalnız duyarlı aletler algılar.	~0,01
<i>II</i>	Özellikle üst katlarda, dinlenmekte olan kişiler tarafından hissedilir. Hassas bir biçimde asılı olan cisimler sallanabilir.	0,02~0,03
<i>III</i>	Bina içinde hissedilir, fakat deprem olup olmadığı her zaman anlaşılmaz. Duran otomobiller yanından kamyon geçmiş gibi sallanır.	0,03~0,07
<i>IV</i>	Bina içinde çoğunluk ve dışarıda az kimse tarafından hissedilir. Gece bazı kişiler uyanır, kap-kacak, kapı-pencere sallanır.	0,07~0,15
<i>V</i>	Hemen herkes hisseder. Bazı tabaklar, sıvalar, pencereler kırılır, uzun cisimler oynar.	0,15~0,30
<i>VI</i>	Herkes hisseder, birçoğu korkup dışarı fırlar. Bacalar, sıvalar düşer. Hafif hasar olur.	0,30~0,70
<i>VII</i>	Herkes dışarı kaçar. Yapıda sağlamlığına bağlı olarak değişen hasarlar oluşur. Otomobil sürücüleri de algılar.	0,70~1,50
<i>VIII</i>	Duvarlar çerçevelerden ayrılıp dışarı fırlar. Anıtlar, bacalar, duvarlar devrilir. Kum ve çamur fışkırır.	1,50~3,00
<i>IX</i>	Yapılar temelinden ayrılır. çatlar, eğilir. Zemin ve yeraltı boruları çarlar.	3,00~7,00
<i>X</i>	Kagir ve çerçeve yapıların çoğu tahrip olur. Zemin çatlar, raylar eğilir. Toprak kaymaları olur.	7,00~15,00
<i>XI</i>	Yeni tip yapılar ayakta kalabilir, köprüler tahrip olur. Yeraltı boruları kırılır. Toprak kayar. Raylar bükülür.	15,00~30,00
<i>XII</i>	Hemen her şey harap olur. Toprak yüzeyinde dalgalanma görülür. Cisimler havaya fırlar.	30,00~70,00

2.2. Deprem Şiddeti Ve Büyüklüğü

2.2.1. Mercalli şiddet ölçüsü (I_0):

Bir depremin şiddeti, yeryüzünün belirli bir noktasında oluşan etkiye göre tanımlanır. En yaygın olarak kullanılan Mercalli Şiddet Cetvelidir. (Tablo 2.1) Bu şiddet ölçüsü

yapıların hasar ve yıkılma düzeyine esas olduğundan dolayı mutlak bir ölçü olarak değerlendirilmez. Çünkü düşük mukavemetli yapıların bulunduğu bölgelerde daha şiddetli, yüksek mukavemetli bölgelerde ise daha az şiddetli görülebilir. Daha çok ölçü aletlerinin gelişmediği dönemlerde kullanılmıştır.

Bir depreme ait büyüklük hakkında en iyi bilgiyi hareket esnasında açığa çıkan enerji miktarı verir. Ancak bunu ölçmek ve hesaplamak imkânsız denebilecek kadar zordur. Bu sebeple daha değişik büyüklük tarifleri verilmiştir. Deprem yer kabuğunda dağılan bir titreşim hareketi olduğuna göre, bu harekete ait en büyük genlik bir ölçü olarak alınabilir. Fakat aynı genliğe sahip, farklı frekanstaki hareketlerin enerji ve etkiler birbirinden farklıdır.

Tablo 2.2. Deprem Büyüklükleri ve ölçüm periyotları [7]

Sembolü	Adı	Ölçüm periyodu (s)
M_L	Rihter yerel büyüklüğü	0.1 - 1.0
m_b	Cisim dalgası büyüklüğü	1.0 - 5.0
M_s	Yüzey dalgası büyüklüğü	20
M_w	Moment Büyüklüğü	> 200

Bu hareketleri ölçmeye yarayan sismometreler farklı frekans aralığına duyarlı olup, değişken yükseltme değerlerine sahiptir. Çoğunlukla, bütün büyüklük ölçme cihazları, kaynağa olan mesafeye göre bir düzeltme yaparak logaritmik olarak belirli bir dalganın genliğini esas almıştır. Tablo 2.2'de cihazların ölçüme esas periyot aralıkları verilmiştir.

Deprem büyüklüğü iki kabul doğrultusunda ölçülür. Birincisi büyük depremlerin, büyük genliklere sahip olacağı, ikincisi genliklerin uzaklaştıkça azalacağıdır.

Buna göre bir depremin büyüklüğü $M = \log(A/T) + f(\Delta, h) + C_s + C_r$ olarak tanımlanır. Bu ifadede, A yer hareketinin genliği, T gelen dalganın periyodu, f fonksiyonu Δ ölçüm noktasının merkez üssüne uzaklığını ve h deprem odak derinliğine bağlı düzeltme, C_s ve C_r sabitleri ise ölçüm yapılan ve kaynaktaki zemin şartlarına bağlı düzeltme değerleridir.

2.2.2. Richter yerel büyüklüğü (M_L)

1930 yılların başlarında C. Richter tarafından geliştirilen bir ölçektir. Çeşitli deprem dalgalarının merkezden uzaklaştıkça genlik logaritmasının paralel eğriler şeklinde azaldığı görülmüş bundan yararlanılarak ölçümlerde basit Wood Anderson burulma sismometresi kullanılmıştır. Bu bağlamda referans bir depreme göre gözüne alınan depremin büyüklüğü $M_L = \log(A/A_o)$ olarak tanımlanır. Bu ifadede A ölçülmek istenen, A_o referans alınan deprem belirli bir uzaklıkta 2800 kat büyütme, 0,8s periyotlu ve %80 sönüm oranı ile bir Wood-Anderson sismografındaki en büyük genliği göstermektedir. Richter referans olarak $M_L=0$ olarak kabul ettiği ölçüm yerine merkez üssünden 100 km uzaklıkta da ve $A_o=1 \times 10^{-3}$ mm genliğinde bir depremi seçmiştir. Bu itibarla son olarak bu ifade aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$M_L = \log A - 2,48 + 2,76 \cdot \log \Delta \quad (2.1)$$

Yurdumuz için M. Richter ölçüsü ve merkez üssündeki I_o şiddeti arasındaki bağıntı aşağıdaki gibi önerilmektedir.

$$M_L = 0,593 I_o + 1,63 \quad (2.2)$$

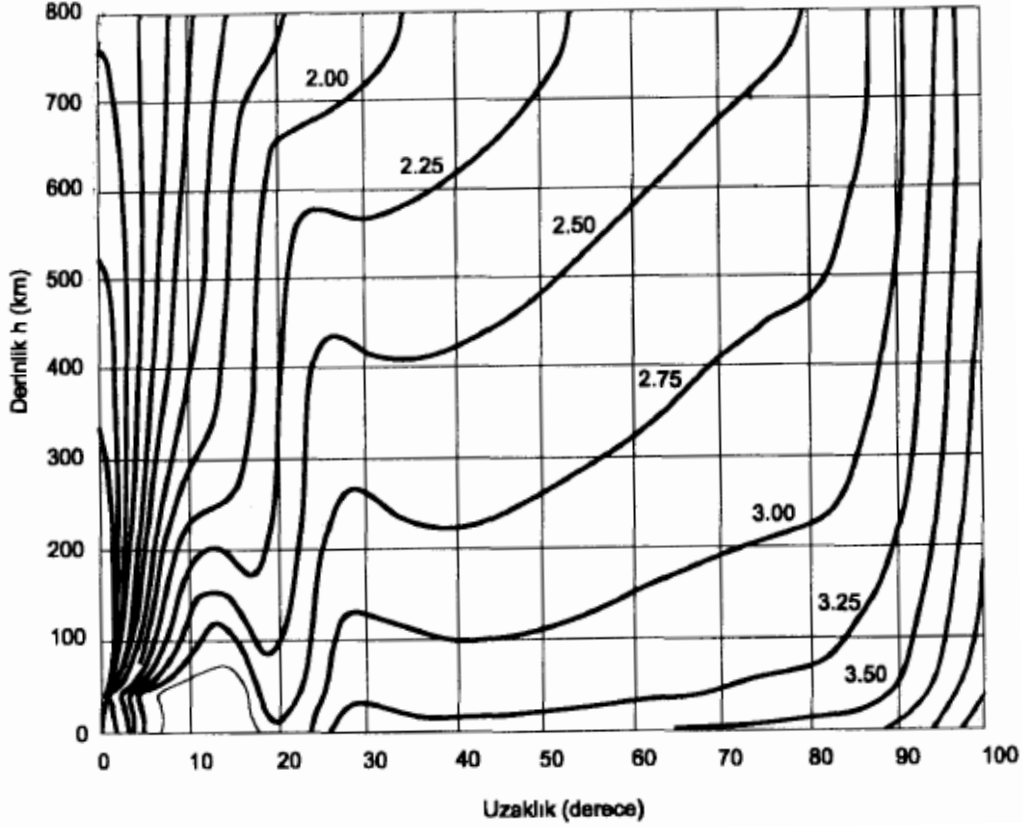
2.2.3. Cisim dalgası büyüklüğü (m_b)

Cisim içinde basınç-çekme veya kayma gerilmeleri oluşturarak yayılan dalgalara *Cisim Dalgası* denir. Cisim dalgalarından basınç ve çekme oluşturarak yayılanlarının, yerel mesafeleri aşarak uzak mesafelere ulaşması bu dalganın genliğini dikkate alarak ölçülen bir büyüklüktür. Cisim dalga boyu m_b aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$m_b = \log(A/T) + Q(h, \Delta) \quad (2.3)$$

Dalgaların yansıması ve kırılması sonucunda oluşabilecek kompleks titreşimlerin etkisini önlemek için ilk bir kaç titreşim dikkate alınır. Bu ifadede, A yer hareketinin

genliği, T hareketin periyodu ve Q (h, Δ) derinlik ve uzaklıkla ilgi düzeltme fonksiyonu olup Şekil 2.11’de verilmiştir.



Şekil 2.11. Cisim dalgası büyüklüğü belirlenmesinde Q(h,Δ) derinlik ve uzaklığa bağlı düzeltme fonksiyonu [7]

2.2.4. Yüzey dalgası büyüklüğü (M_s)

Düşük odak derinliğindeki depremlerin 600 km’den uzaktaki sismograf kayıtlarında, yüzey dalgalarının uzun mesafede saçılması nedeniyle 20s civarında periyotlu olan dalgalar etkin durumda bulunur. Yüzey dalgalarının genlikleri cisim dalgalarının genliklerinden farklı olarak mesafeden ve daha kuvvetli bir şekilde odak derinliğinden etkilenirler. Derin depremler kayda değer yüzey dalgaları oluşturmayacağı için bunlarda derinlik düzeltmesi söz konusu olmaz. Yüzey dalgası büyüklüğü M_s aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$M_s = \log A_{20} + 1,66 \log \Delta + 2,0$$

(2.4)

Burada, A_{20} (mikron) 20s periyotlu yüzey dalgasının genliğini ve Δ (km) ara mesafeyi göstermektedir.

2.2.5. Sismik moment büyüklüğü (M_0)

Fay kayma bölgesinde, μ kayma rijitliği, A yırtılma alanı ve D faydaki ortalama yer değiştirme olmak üzere sismik Moment M_0 ,

$$M_0 = \mu \cdot A \cdot D \quad (2.5)$$

Olarak ifade edilir.

2.2.6. Moment büyüklüğü (M_w)

Sismik momente bağlı olacak Moment Büyüklüğü M_w ,

$$M_w = (\log M_0) / 1,5 - 6,0 \quad (2.6)$$

olarak ifade edilir. Bazı basitleştirici kabuller doğrultusunda büyüklükler arasında aşağıdaki bağıntılar elde edilebilir.

$$\log M_0 = 1,11 M_s + 0,92 \quad (2.7)$$

$$M_w = 0,74 M_s + 1,28 \quad (2.8)$$

$$M_s = 1,64 \text{ mb} - 3,56 \quad (2.9)$$

2.2.7. Sismik enerji (E_s)

Deprem esnasında açığa çıkan enerji, $\Delta\sigma$ ortaya çıkan gerilme düşüşü olmak üzere

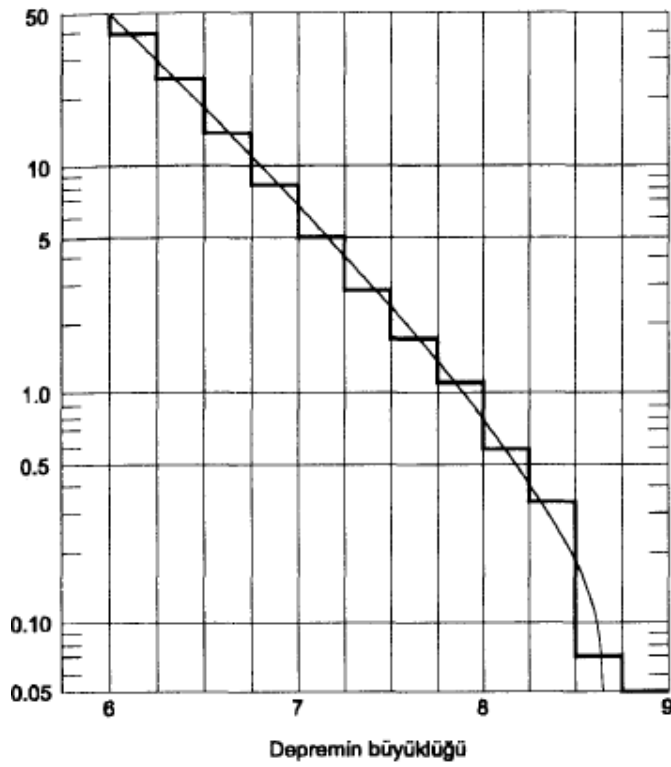
$$E_s = \frac{1}{2} \Delta\sigma AD \quad (2.10)$$

Şeklinde ifade edilebilir. Sismik Moment tanımı ile

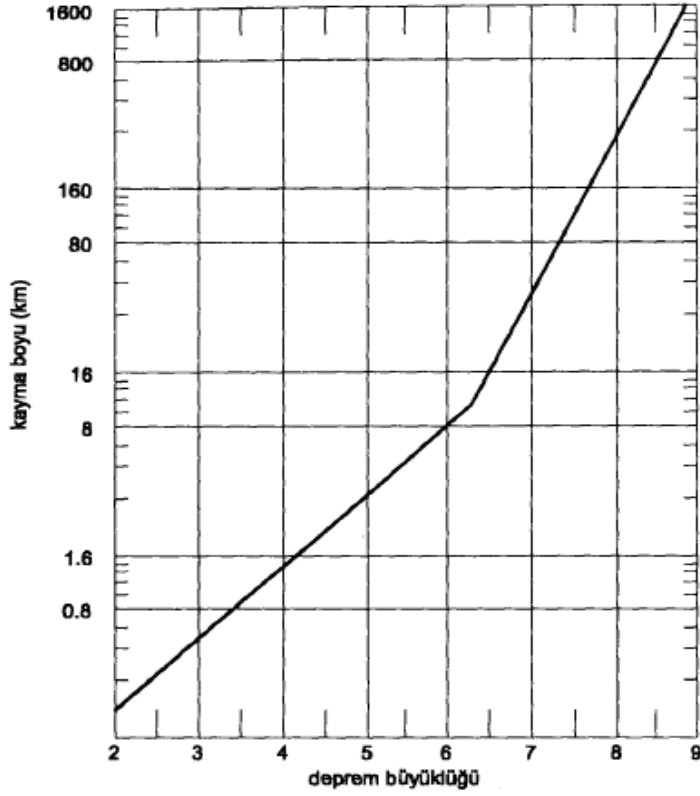
$$E_s = \Delta\sigma \cdot M_o / (2\mu) \quad (2.11)$$

şeklinde yazılabilir. Bu itibarla sismik Momentin, açığa çıkan enerjiyle ilgili olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 2.12’de Dünyada bir yılda olması beklenen depremlerin büyüklüklerini vermektedir. Ortalama eğri deprem büyüklüğü ile asimptota sahip bir değişim göstermesi ile deprem büyüklüğünün bir üst sınıra sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca büyük depremler seyrek küçük depremlerin ise daha sık meydana geldiği görülmekte buda deprem hareketinin yer kabuğunda yoğunlaşan bir gerilme boşalmasından meydana geldiğini desteklemektedir.

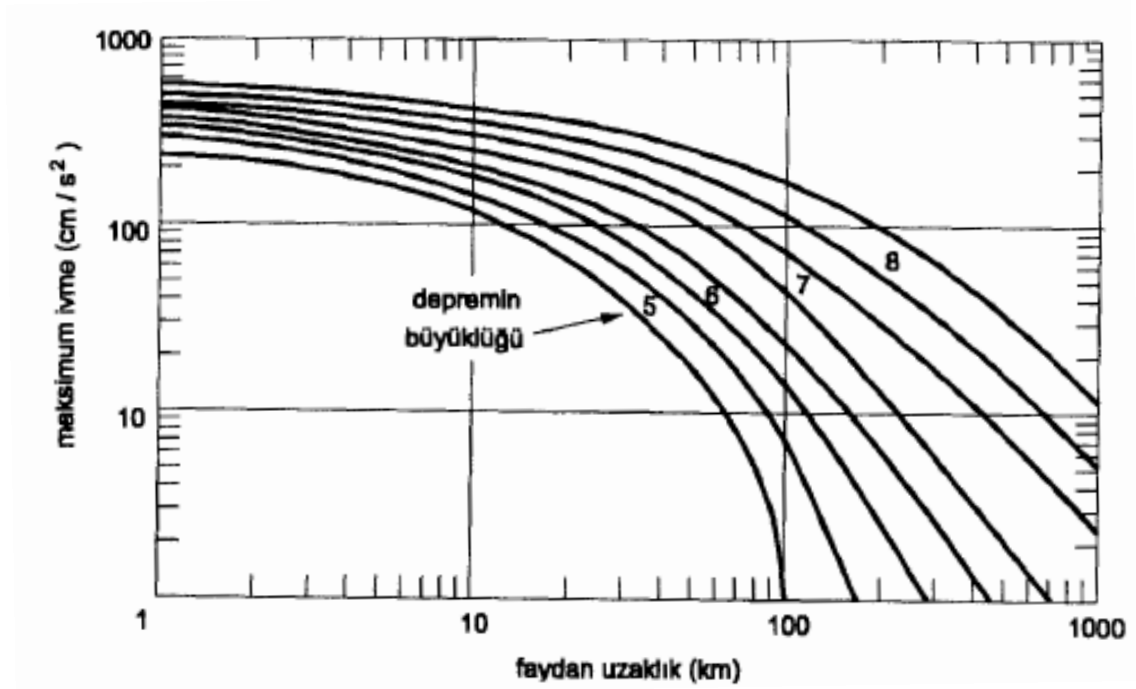


Şekil 2.12. Yeryüzünde bir yılda beklenen depremlerin ortalama sayısının büyüklüğe bağlı değişimi [7]



Şekil 2.13. Faydaki kayma (yırtilma) boyunun depremin büyüklüğüne bağlı değişimi [7]

Şekil 2.13'te faydaki kayma boyunun depremin büyüklüğü ile olan bağıntısı gösterilmektedir. Enerjinin zamana bağlı olarak daha geniş ortama yayılması ve ortamdaki sönüm sebebiyle harekete ait maksimum ivme faydan uzaklaştıkça azalır. Çeşitli depremlerden elde edilen ölçümlerden faydalanılarak bulunan bu tür azalma Şekil 2.14'te deprem büyüklüklerine göre gösterilmiştir.

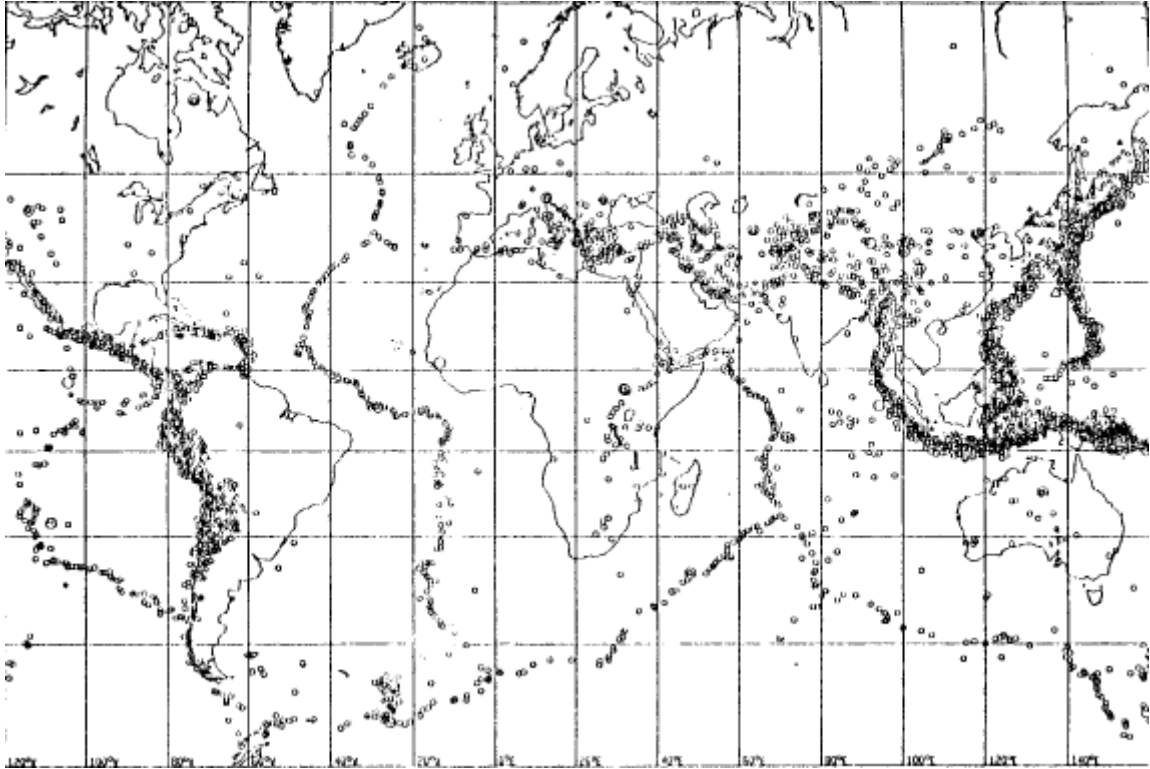


Şekil 2.14. Depremin maksimum ivmesinin faydan olan uzaklığa bağlı olarak değişimi [7]

Eğrilerden anlaşılacağı üzere deprem maksimum ivmesinin bir üst sınır olabileceği söylenebilir. Deprem hareketi esnasında açığa çıkan enerji $E_s(Nm)$ ile deprem büyüklüğü arasında aşağıdaki bağıntılar kullanılabilir.

$$\log E_s = 1,5 M_s + 4,8 \quad (2.12)$$

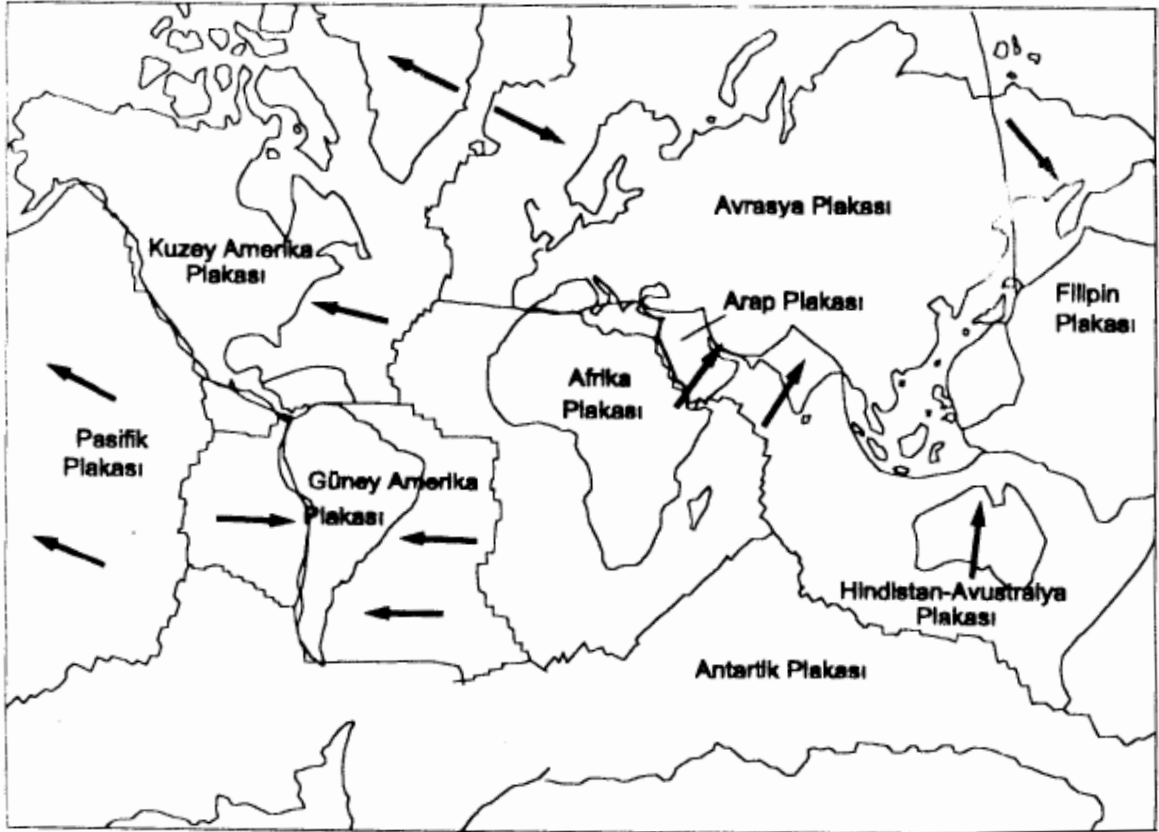
$$\log E_s = 2,4 M_b - 1,2 \quad (2.13)$$



Şekil 2.15. 1971-1991 yılları arasında büyüklükleri 5 den fazla olan depremlerin merkez üstleri [7]

2.3.Yeryüzündeki Faylar Ve Tektonik Bölgeler

Yeryüzünün kabuk tabakasının fay hatları ile sınırlanan kısımlara tektonik plak denir. Dünyamızda bulunan önemli tektonik plaklar Şekil 2.18’de görülmektedir. Bu plakların sınırlarında rölatif hareketler oluşurken iç bölgelerde önemli bir şekil değiştirme olmaz. Yeryüzünde birçok bölgede çeşitli fayların bulunması muhtemeldir. Fakat bunların büyük bir kısmı fiziksel ve kimyasal sebeplerden dolayı kapanmış ya da iki yüzey kaynamış olabilir. Bu faylar zaman içinde harekete geçebileceği gibi uzun sürelerce ölüde kalabilir.



Şekil 2.16. Yerkabuğu Plakaları [7]

Bir bölgenin depremselliğini (sismisitesini) bu bölgede oluşan depremler gösterir. Anlaşılacağı üzere depremselliğin en önemli yeri Jeolojik formasyonların kırılmasından oluşan faylardır. Bölgenin Risk durumu bu fayların tespiti ve daha önceden elde edilen kayıtlardan faydalanarak belirlenebilir.

Şekil 2.15 ve Şekil 2.16'daki haritaların karşılaştırılması ile deprem odak merkezlerinin fay çizgileri boyunca hemen hemen çakıştığı görülmektedir. Buda Elastik geri sekme teorisini destekler.

2.4.Yurdumuzda Faylar Ve Tektonik Bölgeler

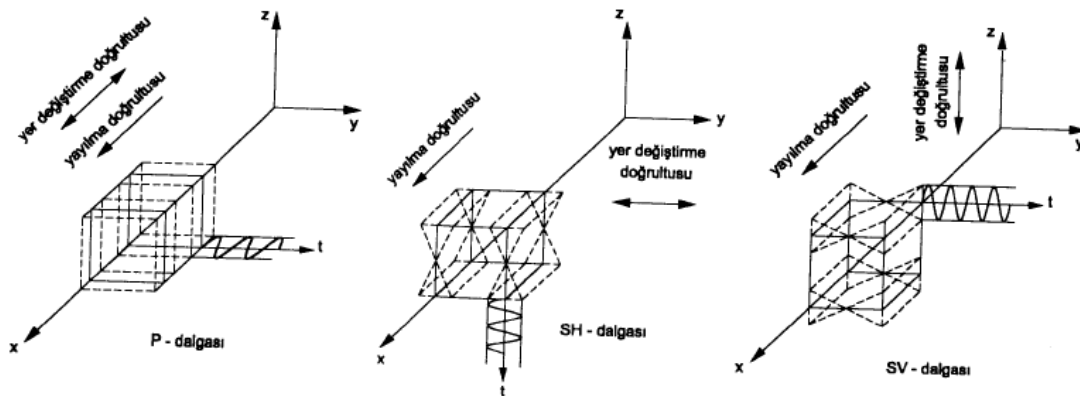
Yurdumuzdaki önemli fay çizgileri Şekil 2.17'de verilmiştir. Gösterilen bu plakaların hareketleri çok yavaş olup santimetre mertebesinde olduğu bilinmektedir.

Şekil 2.18'de ise uzaydan yapılan ölçümlerle belirlenen hız alanının dağılımı verilmiştir.

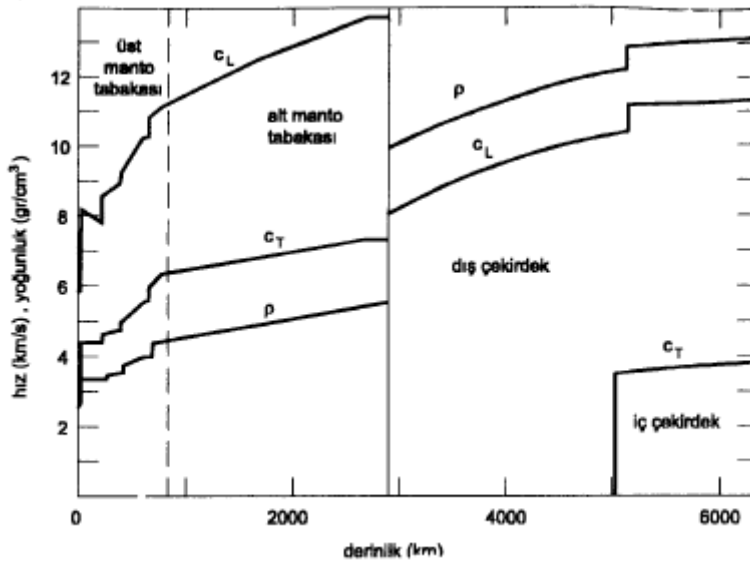
Bu hareketle beraber Afrika Plakası, Avrasya Plakasının altına doğru dalma hareketi yapmakta ve fay hatları boyunca; sıkışma, kayma, yırtılma yanı sıra dalma ve batma hareketi oluşmaktadır. Bu doğrultuda sıkışan Ege Çöküntü Bölgesinde çok sayıda deprem olayı gözlenmektedir. Ayrıca Ege Çöküntü Bölgesinde, değişik büyüklüklerde ve karışık görünümüne etrafı küçük atımlı faylarla sınırlanmış birçok blok bulunmaktadır. Kuzey ve Doğu Anadolu fayları gibi iki büyük fay çizgisiyle beraber, Doğu Anadolu, Güney Doğu Anadolu, Marmara ve Ege Bölgesinde bir çok fay hatları bulunduğu tespit edilmiştir.

2.5. Dalga Hareketi Olarak Deprem

Dinamik bir etki Elastik bir ortamda dalga hareketi meydana gelmiştir. Sınırsız ve Homojen bir ortamda ise iki tür dalga hareketi söz konusudur. Bunlardan birisi P-Dalgası olarak adlandırılır ve dalga hareketi yayılırken zaman bağı hacimsel değişiklikle beraber yayılır. Ana dalga veya Basınç-Çekme Dalgası olarak da bilinen dalga hareketi yayılma esnasında bu doğrultuda ve ona dik doğrultuda yer değiştirmeler ve normal gerilmeler oluşturur. S dalga olarak bilinen ikinci tür dalga ise, hız daha düşük olarak meydana gelir ve ortamda hacim değişikliği olmadan şekil değiştirme oluşturur. İkincil Dalga ve Kayma Dalgası olarak da bilinen bu dalga hareketinin Yatay ve Düşey düzlemde oluşması durumlarında Yatayda Kayma Dalgası (SH-Dalgası) ve Düşeyde Kayma Dalgası (SV-Dalgası) olarak bilinir.



Şekil 2.19. Sonsuz büyük ortamda P ve S dalgaları [7]



Şekil 2.20. Derinliğe bağlı dalga hızlarında ve yoğunluktaki değişim [7]

Elastite Modülü E , poisson oranı ν ve kütle oranı ρ olan bir ortamda P-Dalgası ve S-Dalgası Hızları c_L ve c_T olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

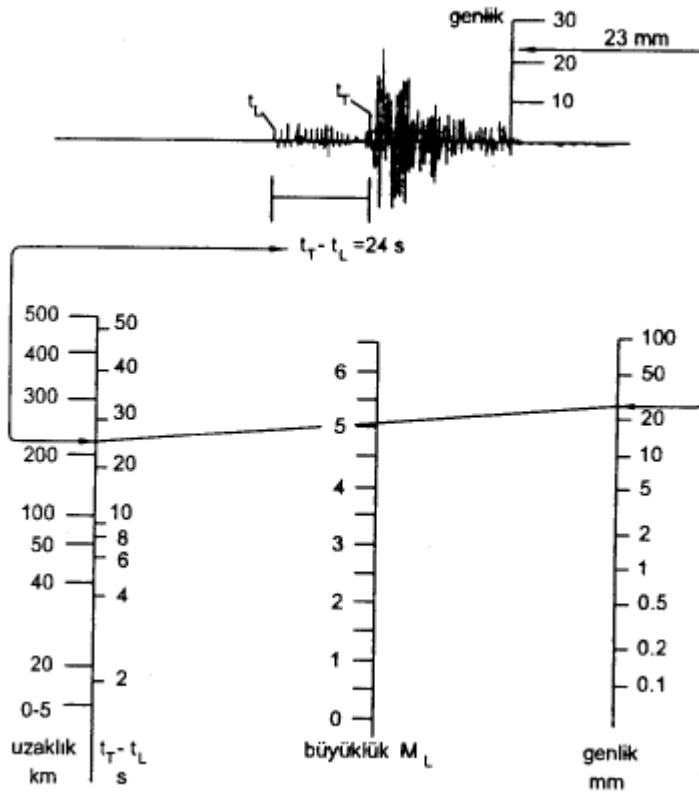
$$c_L^2 = \frac{(1-\nu)E}{(1-2\nu)(1+\nu)\rho} \quad (2.14)$$

$$c_T^2 = \frac{E}{2(1+\nu)\rho} \quad (2.15)$$

Aralarında ki oran ise,

$$\frac{c_L^2}{c_T^2} = \frac{2(1-\nu)}{(1-2\nu)} \quad (2.16)$$

olup, $c_L > c_T$ eşitsizliği mevcuttur. Anlaşılacağı üzere boyuna dalgalar, kayma dalgalarından daha hızlı yayılır. Bu dalga dağılımları ortam içinde meydana geldiğinden cisim dalgası olarak da adlandırılır. Yer kabuğunda homojen bulunması sebebiyle kesin olarak bilinmemekle beraber yaklaşık olarak yüzeye yakın bölgelerde $c_L \approx 6 \text{ km/s}$ ve $c_T \approx 3,5 \text{ km/s}$ olarak kabul edilir.



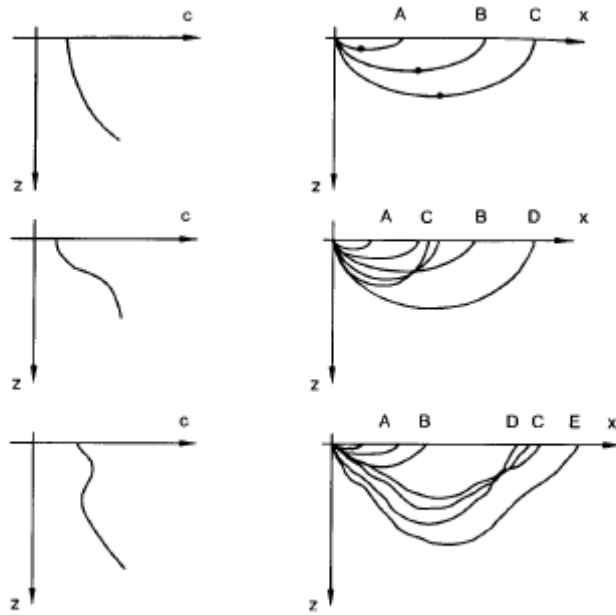
Şekil 2.21. Depremın Richter büyüklüğünün belirlenmesi [7]

Herhangi bir ivme kaydının incelenmesi neticesinde ilk hareketin düşey titreşim ile başladığı ve bunu yatay titreşimlerin izlediği görülebilir. Buradan anlaşılacağı üzere deprem hareketi neticesinde oluşan düşey, P-Dalgasının ilk olarak cihaza ulaşması ile cihazın kayda başladığı ve sonra bunu yatay S-Dalgası izlediği görülmektedir. t_L ve t_T bu dalgaların kayıt cihazına geliş süreleri olmak üzere,

$$d = c_L t_L = c_T t_T \quad (2.17)$$

$$d = (t_T - t_L) c_L c_T / (c_L - c_T) \quad (2.18)$$

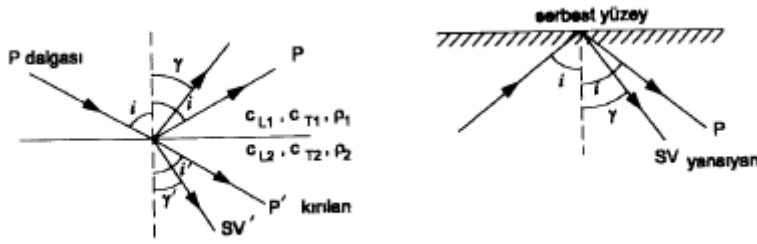
olarak görülebilir. Bu şekilde farklı istasyonlar vasıtasıyla yapılan ölçümler yardımıyla elde edilen d mesafeleri yarıçap olarak kabul edilmek suretiyle ölçüm merkezlerinden çizilecek kürelerin kesişim noktaları depremin odak noktasını verir. Bu işlemden sonra, depremin genliği dikkate alınarak Şekil 2.21'deki tablodan yararlanmak suretiyle depremin büyüklüğü bulunabilir.



Şekil 2.22. Hızın derinlikle değişimine bağlı olarak dalga yörüngesi [7]

Fermat ilkesine göre, P ve S dalgalarından oluşan cisim dalgalarının yayılma geometrisinin oluştuğu kabul edilebilir. Buda bir dalganın bir noktadan başka bir noktaya giderken bu hareketi en kısa zamanda tamamlayacağı şekilde bir yörünge takip edeceğidir. Sabit hızda bir dalganın sonsuz büyük ortamda hareket yörüngesi doğru olarak ortaya çıkar. Fakat Dalga hızının derinlikle değiştiği durumda, Fermat İlkesi yörüngenin dalga hızının büyük olan ortama çabuk girip, onun içinde uzun mesafe takip etmesi olarak çıkar. Şekil 2.22’de hızların derinlikleri değiştiği üç durum için dalganın hareket yörüngesi verilmiştir.

Titreşim dalgalarının yayılma özellikleri, ışığın hareketi ile benzerlik göstermektedir. Bir ortamda yayılan cisim dalgası, özellikleri ve yoğunluğu farklı bir ortama farklı bir açı ile devam ederken, gelen dalganın bir kısmı ara yüze geri yansırken bir kısmı da kırılarak yeni ortamda devam eder. Bu yansıma ve kırılma hareketinde ortamların özellikleri ile beraber ara sınır koşulları da etkili olur.



Şekil 2.23. P-Dalgasının süreksizlik yüzeyinden yansıma ve kırılması ve serbest yüzeye yansıması [7]

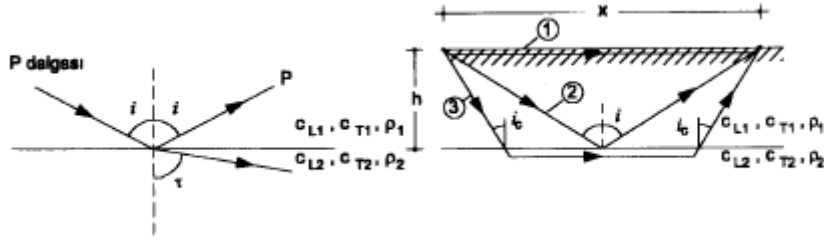
Şekil 2.23’de görüldüğü üzere; bir P dalgası, böyle bir ortam değişikliğinde, hemen kırılan ve hemen yansıyan P dalgasının yanı sıra bir S dalgası da açığa çıkarır. Anlaşılacağı üzere bir P dalgası, kırılan P ve S dalgaları ile beraber, yansıyan P ve S dalgaları olmak üzere toplam dört dalga oluşturur. Durum, Fermat Yasası doğrultusunda değerlendirildiği zaman (i : gelme açısı, i' : kırılma açısı) ifadesi elde edilir.

$$\sin i / c_{L1} = \sin i' / c_{L2} \quad (2.19)$$

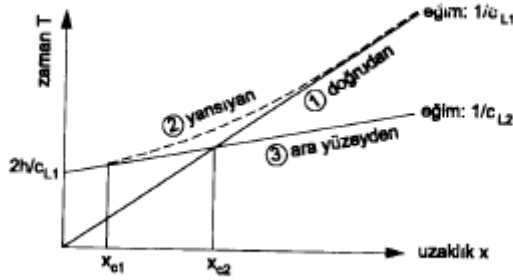
Şekil 2.24’de görüldüğü üzere, ikinci ortamda $c_{L1} < c_{L2}$ söz konusu ise $i' > i$ olur. i_c başlangıç açısı $T=90^\circ$ yazılarak $\sin i_c = c_{L1} / c_{L2}$ ifadesi elde edilir. Bu açıdan daha büyük geliş açısı ile ara yüze çarpan P dalgası kırılmadan yansıyarak geri dönecektir. Sonuç olarak alt tabakaya deprem enerjisi ulaşmayacaktır.

Şekil 2.24’de $c_{L1} > c_{L2}$ olan ortama ait üç dalgayı incelediğimiz zaman, 1. dalganın kaynağından alıcıya bir doğru şeklinde hareket ettiği, 2. dalganın alt ortama geçmeden yansıyarak alıcıya ulaştığı, 3. dalga ise, i_c kritik geliş açısına sahip olup, alt ortama geçerek enerjisini alıcıya ulaştırdığı görülmektedir. Kaynakla alıcı arasında ki mesafeye X tabaka kalınlığını ise h ile ifade edilirse, üç dalgaya ait hareketin yolculuk süreleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$T_1 = \frac{X}{c_{L1}} \quad T_2 = \frac{1}{c_{L1}} \sqrt{X^2 + 4h^2} \quad T_3 = \frac{1}{c_{L2}} (x - 2h \tan i_c) + \frac{1}{c_{L1}} \frac{2h}{\cos i_c} \quad (2.20)$$



Şekil 2.24. P-Dalgasının üç yörüngeyi izleyerek ilerlemesi [7]



Şekil 2.25. Bir tabakada ilerleyen üç dalga için uzaklık zaman ilişkisi [7]

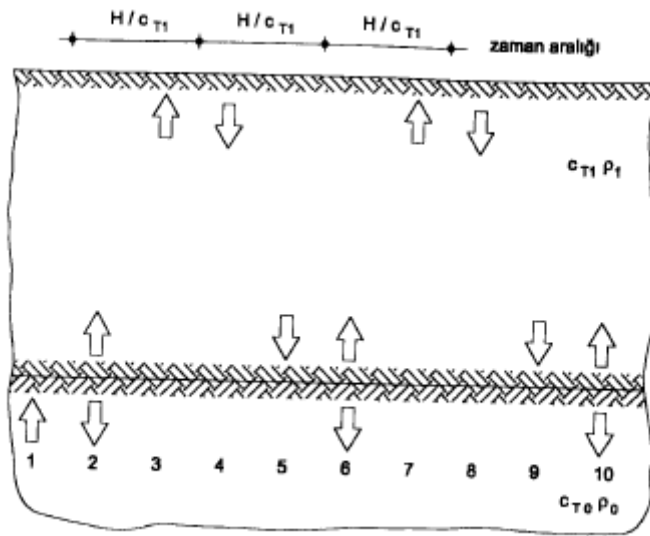
Şekil 2.25’de görüldüğü gibi, $X < X_{c1}$ durumunda gelen ve yansıyan dalgalar görülmektedir. $X > X_{c1}$ durumunda ise ara yüzeyden ilerleyen dalgada meydana gelmektedir. Uzun mesafelerde, $X > X_{c2}$ durumunda ise yansıyan dalga eğrisi, doğrudan gelen dalga doğrusuna asimptotik olarak yaklaşmaktadır.

$$X_{c1} = 2h \tan i_c \quad X_{c2} = 2h \sqrt{\frac{c_{L2} + c_{L1}}{c_{L2} - c_{L1}}} \quad (2.21)$$

Dalga hareketinde, kayma dalgalarının yarı sonsuz ortam üzerinde ki daha yumuşak bir ortamda yansıdığı görülmüştür. Şekil 2.26’da görüldüğü üzere ara yüzeye gelen dalga yansır ve kırılır sonra üst serbest yüzeye erişen dalga yansıyarak geri döner ve ara sınır yüzeye ulaşır ve burada da yansır ve kırılır. Eğer bu yansımalar yarım periyot ($T/2 = 2H/c_{T1}$) aralığında oluşursa genlikler üst üste gelerek büyür.

Böylece, bir tabaka için en tehlikeli dalganın $T = 4H/c_{T1}$ periyodunda ki dalga olduğu söylenebilir. Bu olay tabakanın hakim periyodu ile ilgilidir ve ortaya çıkması durumu üst tabakanın alt tabakaya göre daha yumuşak olması halinde ortaya çıkar.

$$\alpha = c_{T1}\rho_1 / c_{T2}\rho_2 < 1$$



Şekil 2.26. Tabakalı Ortamda kayma dalgasının yansımaları [7]

2.6. Deprem Hareketinin Ölçümü

Deprem hareketlerinin hassas bir şekilde ölçümünde sismograflar kullanılır. Sismograflar, sabit bir noktadan asılı sarkacın hareketi ile yer hareketini kaydeder. Sarkaca ait doğal titreşim periyodu, yer hareketinin periyodundan büyük ise v sarkacın yer değiştirmesi, v_g yer hareketinin yer değiştirmesi ile orantılı olacaktır. Bu tür sismograflar Yer değiştirme Sismografı yada Uzun Periyotlu sismograf olarak adlandırılır. Sarkaç ile yer hareketlerinin periyotları birbirlerine yakın ise sarkacın yer değiştirmesi, yer hareketinin hızı ile orantılı olur ve Hız sismografı olarak adlandırılır. Eğer sarkacın periyodu yer hareketine göre oldukça düşük ise sarkacın yer değiştirmesi, yer hareketinin ivmesi ile orantılı olur ve bunlarda Kısa Periyot yada İvme sismografı olarak adlandırılır. Bu sonuçlar sönümlü tek serbestlik dereceli sistemlerin incelenmesi incelenmesi ile de anlaşılabilir.

$$m\ddot{v} + c\dot{v} + kv = -m\ddot{v}_g \quad (2.22)$$

$$v_g = v_{g0} \sin \omega t$$

$$v(t) = \frac{v_{g0}}{\omega^2} \frac{\varpi^2}{(1 - \beta^2)^2 + (2\xi\beta)^2} [(1 - \beta^2) \sin \varpi t - 2\xi\beta \cos \varpi t] \quad (2.23)$$

$$\xi = \frac{c}{2m\omega} \quad \omega^2 = k/m \quad \beta = \varpi/\omega = T/\bar{T} \quad (2.24)$$

Yukarıda bahsedilen üç durumu aşağıdaki ifadeler ile anlatabiliriz.

$$\beta \gg 1 \quad v(t) \approx -v_{g0} \sin \varpi t = -v_g(t) \quad \text{Yer değiştirme}$$

$$\beta \ll 1 \quad v(t) \approx +v_{g0}\beta^2 \sin \varpi t = -\frac{\ddot{v}_g(t)}{\omega^2} \quad \text{İvme} \quad (2.25)$$

$$\beta \approx 1 \quad v(t) \approx +v_{g0}\beta^2 \sin \varpi t = -\frac{\ddot{v}_g(t)}{\omega^2} \quad \text{Hız}$$

Deprem Mühendisliği için kuvvetli sarsıntıların ölçülmesi lazımdır. Bu ölçümler Kuvvetli Hareket İvme Ölçeri ile yapılabilmektedir. Bu hareketler normalde sükunette bulunur ve yer hareketi ivmesi belirli bir değeri aşmasına istinaden ölçüme başlarlar. Yer hareketinin iki yatay, bir düşey olmak üzere üç bileşenini ölçebilirler.

2.7. Deprem Spektrumları

Yapılan kayıtlar sonucunda elde edilen deprem hareketleri her ne kadar karışık olarak görünse de, farklı frekans ve genliklerdeki titreşimlerin üst üste çakışmasıyla meydana gelmiş olarak kabul edilir. Bir yer değiştirmenin frekans içeriğinin bulunması için en çok kullanılan büyüklük, kayıt süresi t_l olan bir hareketin aşağıdaki gibi Fourier Dönüşümleri kullanılarak hesaplanan Fourier Genlik Spektrumudur.

$$F(\omega) = \int_0^{t_1} \ddot{v}_g(\tau) \exp(-i\omega\tau) d\tau$$

$$F(\omega) = \int_0^{t_1} \ddot{v}_g(\tau) (\cos \omega\tau - i \sin \omega\tau) d\tau \quad (2.26)$$

$$FS(\omega) = \left\{ \left[\int_0^{t_1} \ddot{v}_g(\tau) \cos \omega\tau d\tau \right]^2 + \left[\int_0^{t_1} \ddot{v}_g(\tau) \sin \omega\tau d\tau \right]^2 \right\}^{1/2}$$

Aynı yer hareketi etkisinde bulunan tek serbestlik dereceli sistemin rölatif yer değiştirmesi,

$$v(t, \omega) = -\frac{1}{\omega} \int_0^{t_1} \ddot{v}_g(\tau) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \quad (2.27)$$

$$v(t, \omega) = -\frac{1}{\omega} \left\{ \left[\int_0^{t_1} \ddot{v}_g(\tau) \cos \omega\tau d\tau \right] \sin \omega t - \left[\int_0^{t_1} \ddot{v}_g(\tau) \sin \omega\tau d\tau \right] \cos \omega t \right\}$$

Hız,

$$\dot{v}(t, \omega) = \left\{ \left[\int_0^{t_1} \ddot{v}_g(\tau) \cos \omega\tau d\tau \right] \cos \omega t - \left[\int_0^{t_1} \ddot{v}_g(\tau) \sin \omega\tau d\tau \right] \sin \omega t \right\} \quad (2.28)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu itibarla sistemin yer değiştirme hareketi altında ki enerji denklemi yazılarak,

$$E(t) = \frac{1}{2} m \dot{v}^2 + \frac{1}{2} k v^2 \quad (2.29)$$

Denklem $k = m\omega^2$ bağıntısı ile düzenlendiği zaman aşağıdaki ifade elde edilir.

$$\frac{2}{m} E(t, \omega) = \left[\int_0^t \ddot{v}_g(\tau) \sin \omega\tau d\tau \right]^2 - \left[\int_0^t \ddot{v}_g(\tau) \cos \omega\tau d\tau \right]^2 \quad (2.30)$$

Bu denklemin t_I süresince hesaplanırsa, $\sqrt{\frac{2E(t_1, \omega)}{m}} = FS(\omega)$ olduğu görülür.

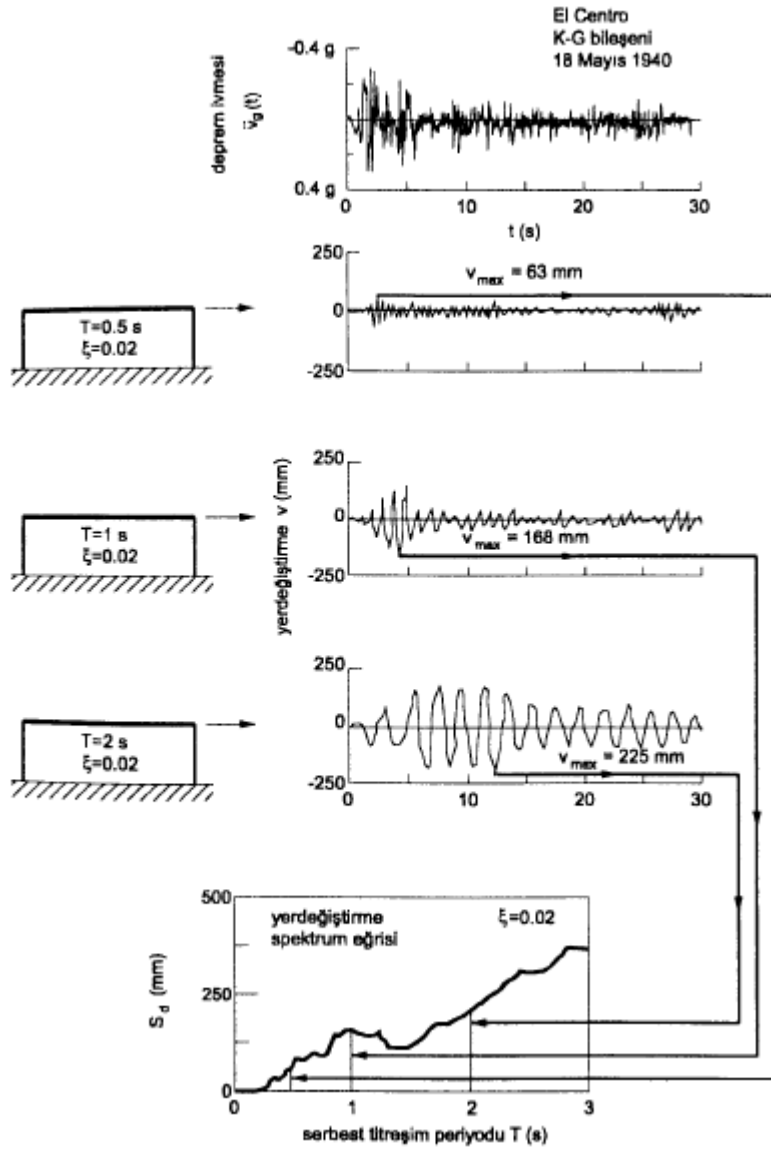
Bir depremin spektrum grafiği, bu depreme ilişkin tek serbest dereceli bir sistemin kendi periyodu doğrultusunda yapacağı maksimum ivme, hız ve yer değiştirmeyi ifade etmektedir.

$$\begin{aligned} \ddot{v} + 2\xi\dot{v} + \omega^2 v &= -\ddot{v}_g(t) \\ \omega_D &= \omega\sqrt{1-\xi^2} \end{aligned} \quad (2.31)$$

Olmak üzere bu hareketin fonksiyonları,

$$\begin{aligned} v(t, \xi, \omega) &= -\frac{1}{\omega_D} \int_0^t \ddot{v}_g(\tau) \exp[-\xi\omega(t-\tau)] \sin[\omega_D(t-\tau)] d\tau \\ \dot{v}(t, \xi, \omega) &= -\int_0^t \ddot{v}_g(\tau) \exp[-\xi\omega(t-\tau)] \cos[\omega_D(t-\tau)] d\tau - \xi\omega v(t, \xi, \omega) \\ \ddot{v}(t, \xi, \omega) + \ddot{v}_g(t) &= -\omega^2 v(t, \xi, \omega) - 2\xi\dot{v}(t, \xi, \omega) \end{aligned} \quad (2.32)$$

Olarak yazılabilir. Bir deprem ivmesi periyodu T , sönüm oranı ξ için, yukarıdaki *Duhamel İntegrali* alınır, $v(t)$ yer değiştirmenin zamana bağlı değişimini verir. Şekil 2.27'de aynı sarsıntıya maruz üç adet tek serbestlik dereceli sistemin yer değişimlerinin zamana bağlı değerleri verilmiştir. Eğer yeterli sayıda maksimum yer değiştirme değeri elde edilebilirse sarsıntıya ait spektrum eğrisi çizilebilir.



Şekil 2.27. Yerdeğiştirme spektrum eğrisinin elde edilmesi [7]

Matematiksel olarak,

$$S_v(\xi, T) = \left\{ \int_0^{t_1} \ddot{v}_g(\tau) \exp[-\xi\omega(t-\tau)] \sin[\omega(t-\tau)] d\tau \right\}_{\max} \quad (2.33)$$

İfadesi kullanılarak, sönüm oranı küçük olması itibariyle $\xi=0$ kabul edilerek $\omega=\omega_D$ olduğu varsayılarak maksimum yer değiştirme,

$$S_d(\xi, T) = [v(t, \xi, \omega)]_{\max} = \frac{1}{\omega} S_v(\xi, T) \quad (2.34)$$

Olarak ifade edilebilir.

$$S_a(\xi, T) \approx \omega S_v(\xi, T) \approx \omega^2 S_d(\xi, T) \quad (2.35)$$

$$S_d(\xi, T) = [v(t, \xi, \omega)]_{\max}$$

$$S_v(\xi, T) = [\dot{v}(t, \xi, \omega)]_{\max}$$

$$S_a(\xi, T) = [\ddot{v}(t, \xi, \omega) + \ddot{v}_g(t)]_{\max}$$

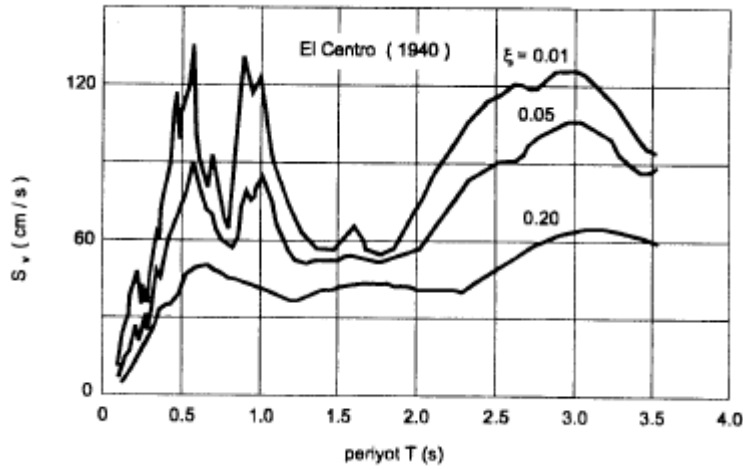
Tek serbestlik dereceli sistemde, $S_d(\xi, T) = [v(t, \xi, \omega)]_{\max} = \frac{1}{\omega} S_v(\xi, T)$ ifadesinde ki spektrum değerleri ile maksimum elastik kuvvet ve atalet kuvveti aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$f_{s \max} = k S_d$$

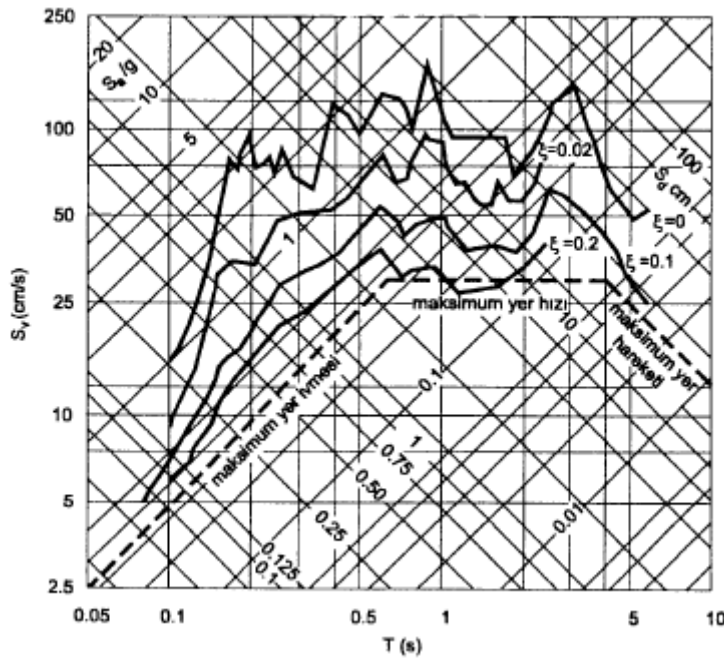
$$(2.36.a)$$

$$f_{\text{Imaz}} = m S_a$$

$$(2.36.b)$$



Şekil 2.28. El Centro Depremi (1940, K-G Bileşimi) Hız Spektrum Eğrileri [7]



Şekil 2.29. El Centro Depremi (1940, K-G Bileşimi) Spektrum Eğrileri [7]

Şekil 2.28'de hız spektrum eğrileri çeşitli sönüm oranları için verilmiştir. Bilindiği üzere sistemin sönüm oranı azaldıkça spektrum değerleri düşmektedir. Bir deprem esnasında sistemde oluşan maksimum şekil değiştirme enerjisi de aşağıdaki gibi yazılabilir.

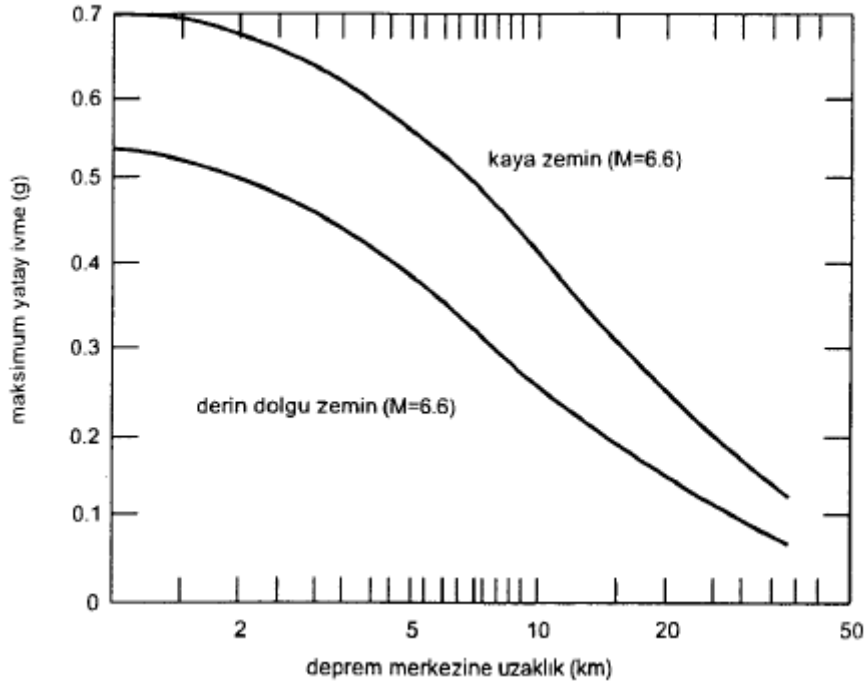
$$[e(t, \omega)]_{\max} = kv^2_{\max} / 2 = kS_d^2 / 2 = m\omega^2 S_d^2 / 2 = mS_v^2 / 2 \quad (2.37)$$

2.8. Zemin Durumunun Deprem Hareketine Etkisi

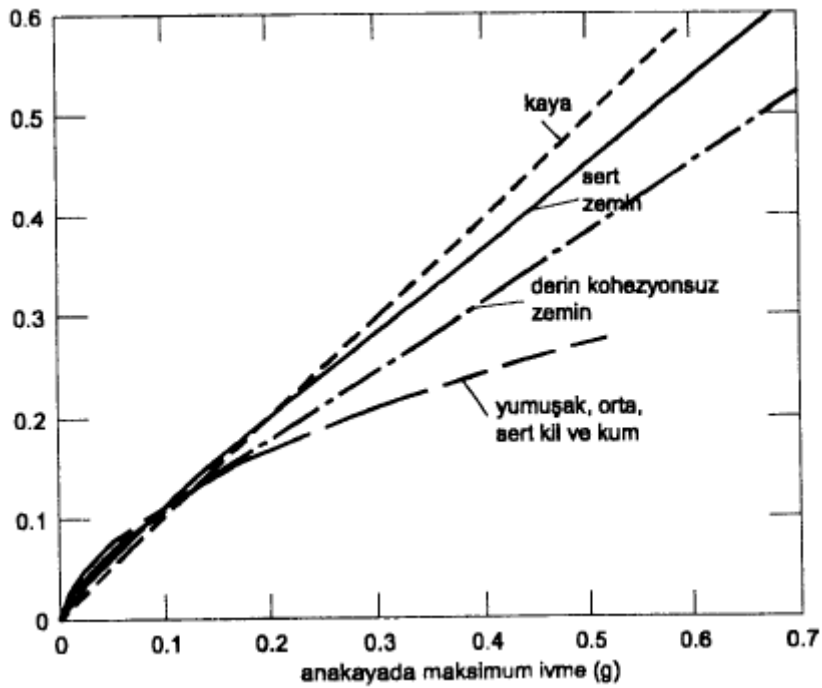
Deprem, bir kaynaktan titreşim ile yayılan bir yer kabuğu hareketi olduğuna göre, yer yüzünde tesir ettiği bölgede oluşturduğu etkilerin bağlı olduğu parametreler,

- Depremın Büyüklüğü,
- Depremın tesir ettiği bölgenin kaynağa olan uzaklığı,
- Sarsıntı dalgalarının alıcıya ulaşana kadar izlediği bölgenin jeolojik durumu,
- Deprem dalgalarının faylar da veya serbest bölgelerde kırılma veya yansıma meydana getirmesi,

- e) Deprem enerjisinin açığa çıkma şekli,
 f) Etki Bölgesinin zemin durumu; olarak sıralanabilir.



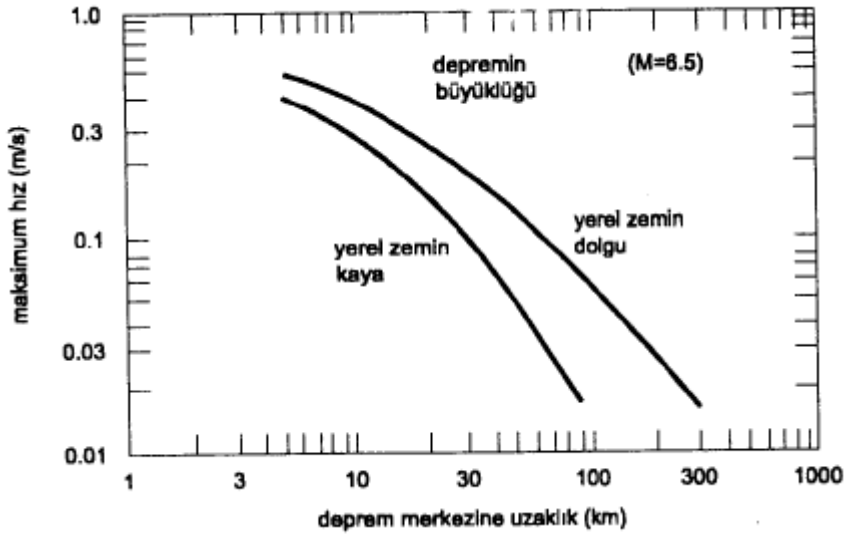
Şekil 2.30. Maksimum deprem ivmesinin zemin durumuna ve kayıt uzaklığına bağlı değişimi [7]



Şekil 2.31. Değişik zemin durumları için maksimum deprem ivmesi [7]

2.8.1. Maksimum ivme

Şekil 2.30'da Zemin durumunun maksimum yer ivmesine olan etkisi gösterilmektedir. Bu itibarla derin dolgu zeminlerde oluşan ivme kaya zeminlerde oluşan ivmeden daha düşüktür. Fakat yapılan araştırmalar neticesinde bu durumun $0,1 g$ 'den büyük olması halinde gerçekleştiği görülmüştür. Şekil 2.31'de görüldüğü üzere $0,1 g$ 'den küçükse tersi durum ortaya çıkmaktadır. Ayrıca fark, yumuşak ve orta sertlikteki kum ve killer içinde belirgindir.



Şekil 2.32. Maksimum deprem hızının depremin merkezine olan uzaklığa bağlı değişimi [7]

2.8.2. Maksimum hız

Şekil 2.31'de zemin durumunun maksimum hıza olan etkisi görülmektedir.

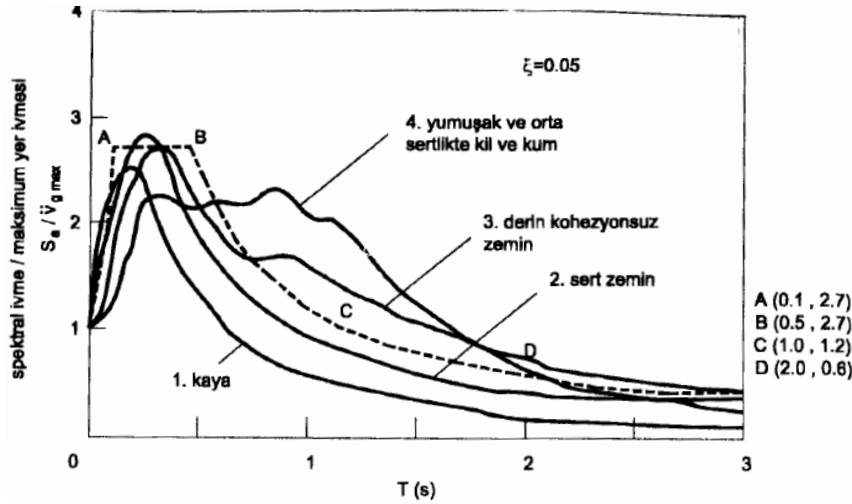
2.8.3 Spektrum

Deprem Hareketine ait spektrum değerleri üzerinde zemin yapısının önemli bir etkisi vardır. Şekil 2.32'de dört tür yerel zemin durumunda yapılan spektrum kayıtları verilmiştir.

a) Kaya,

- b) 70 m'den daha az kalınlıkta sert zemin,
- c) 80 m'den fazla kalınlıkta kohezyonsuz zemin,
- d) Yumuşak veya Orta sertlikte Kil veya Kum dolgusu bulunan yerel zemin,

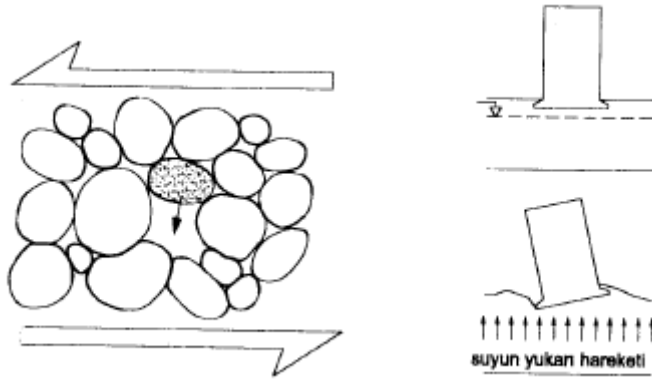
Eğrilerinin incelenmesi ile 0,5s'den büyük periyot için önemli farklar olduğu görülür.



Şekil 2.33. Değişik yerel zemin türleri için ortalama spektrum ivme değerleri [7]

2.9 Zemin Sıvılaşması

Yer altı su seviyesi altındaki tabakanın mukavemetini kaybederek, katı halden viskoz sıvı hale geçmesine şeklinde davranış göstermesi durumuna *Zemin Sıvılaşması* denir. İçeriğinde kil muhteva etmeyen kumlu, siltli veya çakıllı tabakalar sıvılaşma potansiyeli taşımaktadır. Bu olay, deprem esnasında dalgaların özellikle kayma dalgalarının suya doymun tabakalardan geçerken tabakaya ait dane yerleşim düzenini değiştirmesi şeklinde görülür. Şekil 2.33'te görüldüğü üzere, gevşek olan danelerin göçerek yerleşmesine veya sıkışmasına sebep olur. Bu yerleşme anında su, daneler arasından boşluk bulup kaçamaz ise boşluk suyu basıncı artar. Bu itibarla üst seviyedeki basınç, yapının ağırlığına belli bir oranda yaklaşırsa, daneli tabaka sıvı kıvamında hareket sergiler ve sıvılaşma olayı ortaya çıkar.



Şekil 2.34. a) Suya doymun kum daneciklerinde sıvılaşma olayı, b) Sıvılaşma ile taşıma gücünü kaybeden zeminlerde bulunan yapının dönmesi [7]

2.10 Zemin Yapı Etkileşimi

Zemine ulaşan deprem hareketleri yapıya, yapının temeli ile iletildiği görüşü kabul edilmiştir. Fakat bir deprem esnasında yapı ve zemin birlikte harekete ederek, bir birlerinin davranışlarını etkileyeceklerdir.

Bir Bölgedeki yapının deprem esnasında davranışını bilmek için yapının oturduğu zemine ait dinamik parametrelerin iyi kavranması gerekir. Zemin, yapıyı değişik şekillerde etkiler.

- Yapının oturduğu zemin, ana kayadaki deprem etkisini değiştirerek verir. Bu dolgu zeminlerde deprem etkisinin büyümesi şeklinde görülür.
- Zemin hareketi esnasında, yapının periyot ve mod şekillerinde değişiklik meydana gelir.
- Yapıdaki titreşim enerjisinin önemli bir kısmı zemine mesnetlenmesinin rijit olmaması ve zemindeki sönüm etkisiyle söner.
- Yapının oturduğu zeminin etkisiyle, deprem esnasında yapıda farklı oturmalar meydana gelebilir.

Genellikle zemin ve yapı etkileşimi b ve c halleri incelenir. Bu iki durumda yapının hareketi zeminden, zeminin hareketi ise yapıdan etkilenir. Yapı olan zemin hareketleri ile, yapı olmayan zeminlere ait davranışlarda farklılıklar görülmektedir.

BÖLÜM 3. YAPI SİSTEMLERİNİN DİNAMİK DAVRANIŞI

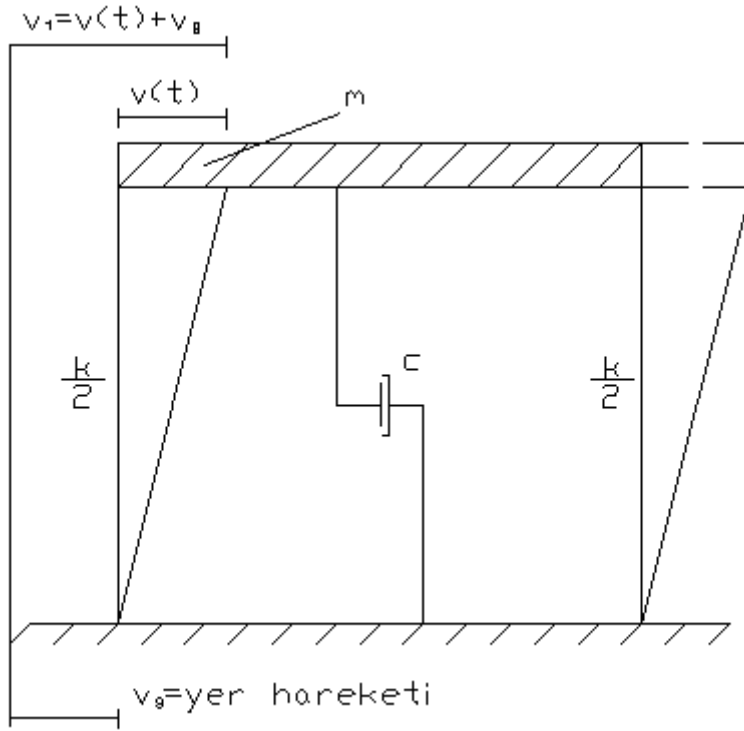
Taşıyıcı sistemlerin, zaman bağılı olan yükler etkisi altında ki davranışının incelenmesi *Yapı Dinamiği* konusudur. Dinamik yüklerin, yapı üzerinde oluşturduğu gerilme ve yer değiştirme miktarlarının hesaplanması ve anlaşılması, statik yük etkilerine göre güçtür. Çünkü dinamik hesap, statik hesap gibi tek bir çözümden ibaret değildir.

Dinamik hesap, taşıyıcı sistemin diferansiyel denge denkleminin başlangıç ve sınır koşullarına göre çözümüne dayanmakta olup, sistemin sınır ve başlangıç koşullarının iyi bilinmesi gerekmektedir. Tespit edilen bu şartlar doğrultusunda, sistemin *Matematik Modeli*'nin belirlenmesi ile yazılan bu denklem diferansiyel denge denklemdir.

Bu matematik modelin oluşturulması esnasında bazı kabuller yapılmakta ve bu kabuller neticesinde sistem basitleştirilmekte olup, bu basitleştirme makul olmaz ise bulunan sonuçlar doğru sonuçtan uzak değerler teşkil edebilir. Bunun için sistemin serbestlik derecesinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

3.1. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler

Bir sistemin hareket halindeki konumu, tek bir parametrenin yardımıyla bulunabiliyorsa bu sisteme tek serbestlik dereceli sistem denir. Bu sistemin dinamik hareketini anlamak için bir tek denklem yeterlidir. Şekil 3.1'de tek serbestlik dereceli bir sistemin yer hareketi etkisi altında davranışı görülmektedir.



Şekil.3.1. Tek serbestlik dereceli sistem

Şekilde görüldüğü üzere tek serbestlik dereceli bir sistem; m rijit kütesine, k elastik yayına ve c sönümüne bağlı olarak yer hareketi etkisi altında tek bir yönde öteleme hareketi yapmaktadır ve bu hareketin denge denklemi aşağıdaki gibidir.

$$m\ddot{v} + c\dot{v} + kv = -m\ddot{v}_g \quad (3.1)$$

Burada, $\xi = c/2m\omega$ sönüm oranı ve $\omega = (k/m)^{1/2}$ dairesel frekans olmak üzere denge denklemi

$$\ddot{v} + \xi\omega\dot{v} + \omega^2v = -\ddot{v}_g \quad (3.2)$$

olarak yazılabilir.

Söz konusu hareketin $t=0$ anında $v(0)$ yer değiştirmesi ve $\dot{v}(0)$ hızı ile başladığı kabul edilirse serbest titreşim hareketinin yer değiştirmesi aşağıda gibi ortaya çıkar.

$$v(t) = e^{-\xi\omega t} \left[\frac{\dot{v}(0) + v(0)\xi\omega}{\omega_D} \sin \omega_D t + v(0) \cos \omega_D t \right] \quad (3.3)$$

Sistemin sönümsüz ve sönümlü titreşim periyotları ise aşağıdaki gibi hesap edilebilir.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad T_D = \frac{2\pi}{\omega_D} = \frac{T}{\sqrt{1-\xi^2}} \quad (3.4)$$

Sistem denge konumu etrafında ω_D dairesel frekansı ile genliği azalarak salınım hareketi yapmaktadır. Sistemin genliği sabit bir oranda azalmakta olup, tabii logaritmasına logaritmik azalım δ denir.

$$\delta = \ln(v_n / v_{n+1}) = 2\pi\xi\omega / \omega_D \quad (3.5)$$

Küçük sönüm değerleri için $\delta=2m\xi$ olarak yazılabilir. Sonuç olarak T_D zaman aralığındaki genlikler için,

$$\ln(v_n / v_{(v+m)}) \approx 2\pi m \quad (3.6.a)$$

$$\xi = (v_n / v_{(v+m)} - 1) / 2\pi m \quad (3.6.b)$$

ifadeleri yazılabilir.

3.2. Çok Serbestlik Dereceli Sistemler

Taşıyıcı sistemin zaman bağlı hareket halindeki konumu, birden çok parametrenin yardımıyla bulunabiliyorsa çok serbestlik dereceli sistem olarak tanımlanır.

Sönümsüz serbest titreşim, çok serbestlik dereceli bir sistemde

$$m\ddot{v} + kv = 0 \quad (3.7)$$

denklemleri ile belirlenir.

$$v(t) = \bar{v} \sin(\omega t + \theta) \quad (3.8)$$

Şeklinde bir basit hareket olduğu kabul edilerek, $(k - \omega^2)v = 0$ ifadesi $d = k^{-1}$ fleksibilite matrisi ile $(I - \omega^2 dm)v = 0$ homojen lineer denklem şeklinde yazılır.

$$\left| k - \omega^2 m \right| = 0 \quad \left| I - \omega^2 dm \right| = 0 \quad (3.9)$$

Elde edilen bu son ifadeye *Frekans Denklemi* denir. Çözüm sonucu sistemin serbestlik sayısı kadar serbest titreşim frekansı hesaplanır. Yukarıda ifade edilen homojen lineer denklemlere, $\omega = \omega_i$ değerleri için ayrı ayrı $v = \phi$ alınarak hesaplanır.

$$\left| k - \omega_i^2 m \right| \phi_i = 0 \quad \left| I - \omega_i^2 dm \right| \phi_i = 0 \quad (3.10)$$

Böylece bulunan ϕ_i vektörü söz konusu titreşim frekansına karşı gelen mod şeklini ifade eder. Modların sütunlara yerleştirilmesi ile bulunan matris modal matris denir.

$$\phi = \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \vdots \\ \phi_n \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

Hesaplanan her bir mod biçimi kütle ve rijitlik matrisine göre ortagonellik özelliği göstermektedir.

$$\phi_i^T m \phi_j = 0 \quad \phi_i^T k \phi_j = 0 \quad i \neq j \quad (3.12)$$

3.2.1. Modların birleştirilmesi yöntemi

Yer hareketi Esnasında, sistemin dinamik hareketinin anlaşılması amacıyla bu yöntem uygulanabilir. Bu amaçla çözümün mod vektörlerinin birleşimi olarak yazılacağı kabul edilir.

$$v_t = \sum_{i=1}^N v_i = \sum_{i=1}^N \phi_i Y_i(t) \quad (3.13)$$

Hareket denklemi ve ortagonellik koşulu kullanırsa

$$\ddot{Y}_i + 2\xi_j \omega_j \dot{Y}_j + \omega_j^2 Y_j = \frac{P_j(t)}{M_j} \quad (3.14)$$

denklemi elde edilir. Böylece sistemin matris formda bulunan diferansiyel denklemi modlara göre ayrılmış olur.

$$Y_j = \phi_j^T m v / M_j \quad (3.15.a)$$

$$M_j = \phi_j^T m \phi_j \quad (3.15.b)$$

$$C_j = \phi_j^T c \phi_j = 2\xi_j \omega_j M_j \quad (3.15.c)$$

$$K_j = \phi_j^T k \phi_j \quad (3.15.d)$$

$$P_t = -\phi_j^T m \ddot{v}_g \quad (3.15.e)$$

Sistemin başlangıç koşulları $Y_j(t=0) = Y(0)$ ve $\dot{Y}_j(t=0) = \dot{Y}(0)$ olarak kabul edilirse sistemin çözümü tek serbestlik dereceli sistemde olacağı gibi

$$Y_j(t) = e^{-\xi_j \omega_j t} \left[\frac{\dot{Y}_j(0) + Y_j(0) \xi_j \omega_j}{\omega_{D_j}} \sin \omega_{D_j} t + Y_j(0) \cos \omega_{D_j} t \right] \quad (3.16)$$

$$\omega_{D_j} = \omega_j \sqrt{1 - \xi^2} \quad (3.17)$$

şeklinde olur.

Sistemin doğal titreşim periyotlarına tekabül eden tasarım depremine ilişkin yer değiştirme spektrum değerlerinin bilinmesi ile sistemin modlarına bağlı maksimum yer değiştirmeleri aşağıdaki ifadeler ile hesaplanabilir.

$$L_j = \phi_j^T m \mathbf{1} \quad \Gamma_j = \frac{L_j}{M_j} \quad v_j = \Gamma_j \phi_j S_d(t) \quad (3.18)$$

Daha sonra sistemin periyotlarına bağlı olarak tasarım depreminin ivme spektrum değerlerinin bilinmesi ile katlara gelen kesme kuvvetleri aşağıdaki ifadeler ile hesaplanır.

$$s = \sum_{j=1}^N s_j = m \mathbf{1} = \sum_{j=1}^N \Gamma_j m \phi_j \quad f(t) = s_j S_d(t) \quad (3.19)$$

Bütün modlara ait en büyük katkının aynı zamanda meydana geldiği kabul edilerek, incelenen parametreye ait meydana gelebilecek en büyük değer üst sınırını elde etmek mümkündür ve bunun için *Karelerin Toplamının Karekökü* veya *Tam Karesel Birleştirme Metotları* kullanılır.

Karelerin Toplamının Karekökü Kuralı ile elde edilen hesapların zaman alanında yapılan hesap yöntemine göre oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

3.3. Çerçevesel Sistemin Davranışı

Kiriş ve Kolonların meydana getirdiği en basit çok serbestlik dereceli taşıyıcı sistem düzlem çerçeve olarak tanımlanabilir. Çerçeveleri birbirine dik iki eksen doğrultusunda olan yapılar genelde düzenli yapılara örnek verilebilir. Çerçeveler, doğrultusunda bulunan bir yatay hareket etkisi altında önemli burulma hareketi yapmadan bir birleri ile beraber öteleme hareketi yaparlar. Bu öteleme hareketi çerçevelerin kolon rijitliği ile bağlantılı olup, kolon rijitliklerine ise çerçevede bulunan giriş rijitliklerinin etkisi vardır.

3.4. Perdeli Sistemin Davranışı

Betonarme perdeler, deprem etkisi ile yapıda meydana gelen yanal öteleme hareketlerini karşılamak için, çerçevesel yâda yalnız olarak kullanılabilir. Perdeler tek başına konsol bir kolon davranışı gösterir ve yatay kuvvetlerin yanı sıra aksenal yük ve yatay kuvvetlerden oluşan momentleri de karşılar.

3.5. Sönüm

Yer hareketi altında ki yapının, zemin ve karakteristik özelliklerine bağlı olarak değişik türlerde sönüm hareketi ortaya çıkar. Bu sönüm malzeme türüne bağlı olduğu kadar deprem hareketinin de büyüklüğüne bağlıdır. Ancak yapının rijitliği geometrisine bağlı olarak belirlene bildiği halde, sönüm oranı ile ilgili parametrelerin belirlenmesi ise ancak dinamik deneylere bağlıdır.

3.5.1. Dış viskoz sönüm

Yapının içinde bulunduğu su ve hava oranına bağlı sönüm oranıdır. Diğer tür sönümlere nazaran ihmal edilebilecek boyutlardadır.

3.5.2. İç viskoz sönüm

Yapı malzemesinin iç sönümdür ve hız ile orantılı olduğu kabul edilir. Yüksek frekanslarda yüksek sönüm meydana gelmesine yol açar. Yer değiştirmenin büyük olması ve taşıyıcı elemanlardaki çatlakların artması sönümü artırır.

3.5.3. Coulomb rijit cisim sönümü

Taşıyıcı sistemin mesnetlerinde ve birleşim yerlerinde ortaya çıkar. Hız ve yer değiştirmeden bağımsız olarak sabit kabul edilebilir. Yer değiştirmenin küçük olması halinde iç sönümle, büyük olması halinde ise çevrimsel sönümle birleştirilir. Bu tür sönüme, Betonarme taşıyıcı sistemin dolgu duvarlarında oluşan çatlaklardaki sürtünme kaybı ile oluşan enerji örnek verilebilir.

3.5.4. Çevrimsel sönüm

Malzemenin doğrusal elastik olmayan davranışında ve yükün yükün yön değiştiren türden etkimesi durumunda meydana gelir.

3.5.5. Enerji yayılma sönümü

Yer hareketleri zemin tabakalarında geçerek yapıyı titreştirir. Bu titreşim zemin serbest yüzeyinden yansır ve yapı içinde yukarı doğru ilerleyerek en üst kattan yansıyarak geri döner ve zemine tekrar yayılır. Bu suretle enerjinin bir kısmı geri dönmek üzere kaybolur. Bu tür sönüm, ortamın elastik sabitlerine, küresel yoğunluğuna ve yapı özelliklerine bağlıdır.

3.6. Süneklik

Süneklik; bir malzemenin, bir kesitin, bir elemanın ve ya bir taşıyıcı sistemin: yükte önemli bir değişme olmadan elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme veya yer değiştirme kapasitesinin ölçüsü olarak ifade edilebilir.

$$\mu = \delta_{\max} / \delta_{elstik} \quad (3.20)$$

Yapıların doğrusal elastik olarak kabul edilerek hesaplanması daha kolay olduğu için, gerçekleştirilecek süneklik altında yapı elemanın sahip olaması gereken elastik dayanım

$$f_{elastik} = f_{\max} / \mu \quad (3.21)$$

Olarak hesaplanabilir.

BÖLÜM 4. TABAN KESME KUVVETİ HESAP METOTLARININ DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE İNCELENMESİ

4.1. Deprem Yönetmelikleri

Ülkemizin deprem kuşağında yer alması nedeniyle, ülkemizde sık aralıklarla birçok deprem afeti yaşanmakta olup, bu depremler neticesinde birçok can ve mal kaybı meydana gelmektedir. Son yıllarda şehircilik anlayışında gelişmesi ile bu afetlerde meydana gelmesi muhtemel kayıpların azaltılması için yapı inşaatları kapsamına bir takım kurallar getirilmiş ve bununla beraber deprem yönetmelikleri ortaya çıkmıştır.

Bayındırlık Bakanlığınca ülkemizde birçok yönetmelik yayınlanmış bu yönetmeliklerin, kendi yürürlük dönemlerinde oluşan depremler esnasına yetersiz kaldıkları anlaşılmış ve her biri o zamanın bilgi ve teknoloji düzeyine göre yeniden düzenlenmek zorunda kalmıştır. Bu da deprem yönetmeliklerinin her ne kadar iyi hazırlansa bile birçok eksiği barındırdığının işaretidir. Buda eski yönetmeliğe göre inşa edilen yapıların tekrar güncel yönetmeliklere göre tahkik edilmesinin ya da incelenmesinin gerektiğini ifade edebilir.

Afet Yönetmeliği olarak adlandırılan bu yönetmelikler, de en çok depremden bahsedildiği için genellikle Deprem Yönetmeliği olarak adlandırılırlar.

4.1.1. Deprem yönetmeliklerinin tarihçesi

Bayındırlık Bakanlığınca, ülkemizde dokuz (9) adet deprem yönetmeliği yayınlanmış olup, ilk olarak 1940 yılında *Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaatlara Ait Yapı Talimnamesi* yayınlanmış ve uygulama mecburiyeti yerine tavsiye niteliği taşımıştır. Bunu 1944 yılında yayınlanan *Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimnamesi* takip etmiştir.

İlk ciddi adım ise 1944 yılında yayınlanan *Yer Sarsıntılarından Önce Ve Sonra Alınacak Tedbirler*'e ilişkin kanun ile atılmış ve daha sonra gelişen teknoloji ve bilgi ile bu yönetmeliklerde bir takım değişiklikler yapılarak yada yerine yenisi hazırlanarak günümüze kadar gelmiş olup, şuan 2007 yılında yayınlanan yönetmelik çerçevesinde yapılar tasarlanmaktadır. 2007 yılından da önce Bayındırlık Bakanlığına yayınlanan yönetmelikler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Ülkemizde Yayınlanan Deprem Yönetmelikleri

Sıra No	Yönetmelik Adı	Yürürlüğe Giriş Yılı
1	Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait Yapı Talimatnamesi	1940
2	Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi	1944
3	Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği	1949
4	Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1953
5	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1962
6	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1968
7	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1975
8	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1997
9	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	2007

4.1.2. Taban kesme kuvveti hesap metotları

Deprem hareketi esnasında yapıda oluşması muhtemel taban kesme kuvveti, Yönetmelikler ile yaklaşık olarak hesaplanır ve bulunan bu büyüklük ile yapı tasarlanır. Bunun için önce yapıda oluşacak taban kesme kuvvetini iyi anlamamız gerekmektedir. Her yönetmelikte ise taban kesme kuvveti hesap metotlarında ise bir takım farklılıklar olduğu görülmekte ve buna o yönetmelik döneminde sahip olunan literatür bilgisinin sebep olduğu söylenebilir.

Taban kesme kuvvetini doğru hesaplanması en önemli kriterlerden biridir. Çünkü yapıya ait eleman ve kesitler bu kuvvet neticesinde detaylandırılacaktır. Bu değer yapının matematik modelini oluşturularak dinamik analizinin yapılması suretiyle en doğru biçimde hesaplanabilecek olup, yönetmelikler ise bu yorucu hesap yerine bir takım yaklaşık hesaplar önermektedir. Bilimsel incelemeler ile yakınlık göstermeyen bu ampirik ve istatistiksel yaklaşımların gerçeğe olan yakınlığı ise zihinde bir takım soru işaretleri meydana getirmektedir.

Ağır hasar gören yapıların projelerinin incelenmesi ile deprem hesabının yapılmadığı yada yapılan hesabın yeterli olmadığı görülmüştür. Bunun için geçmiş yönetmeliklere göre tasarlanan yapıların günümüz yönetmeliklerine göre yeniden tahkik edilerek günümüzde beklenen depremlere karşı ne kadar hazır olduğunun araştırılması gerekir. Bu çalışmanın da amacı budur.

4.2. 2007 Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvveti Hesap Yöntemleri

4.2.1. Hesap yöntemleri

Bina ve bina türü yapılarda,

- 1- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- 2- Mod Birleştirme Yöntemi
- 3- Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Olarak adlandırılan hesap yöntemlerinin kullanılacağı belirtilmiştir.

4.2.2. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

4.2.2.1. Simgeler

- $A(T)$: Spektral İvme Katsayısı
 A_0 : Etkin Yer İvmesi Katsayısı
 d_{fi} : Binanın i 'inci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme

- d_i : Binanın i 'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
- F_{fi} : Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i 'inci kata etkiyen fiktif yük
- F_i : Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde i 'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
- F_t : Binaya etkiyen tepe kesme kuvveti
- g : Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²)
- g_i : Binanın i 'inci katındaki toplam sabit yük
- H_i : Binanın i 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerin bulunduğu binalarda i 'inci katın zemin kat)
- H_N : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik
- h_i : Binanın i 'inci katının kat yüksekliği
- I : Bina önem katsayısı
- N : Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijitçevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)
- n : Hareketli yük katılım katsayısı
- q_i : Binanın i 'inci katındaki toplam hareketli yük
- R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
- $R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı
- $S(T)$: Spektrum katsayısı
- $S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme [m /s²]
- $S_aR(Tr)$: r 'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [m /s²]
- T : Bina doğal titreşim periyodu
- T_1 : Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
- T_a, T_b : Spektrum karakteristik periyotları
- V_i : Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i 'inci katına etki eden kat kesme kuvveti

- V_t : Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
- W : Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
- w_i : Binanın i 'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
- Δ_i : Binanın i 'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
- ΔF_N : Binanın N 'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yüğü
- η_{bi} : i 'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı

Bu yöntem Tablo 4.2 ile gösterilen binaları kapsamakta olup, kapsam dışı bina ve bina türü yapılarda diğer metodlar kullanılacaktır.

Tablo 4.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar [1]

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 düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

4.2.2.2. Eşdeğer kuvvet yükünün belirlenmesi

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o I W \quad (4.1)$$

Dikkate alınan doğrultuda yapıya etkiyen *Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti)*, V_b olarak Denklem (4.1) ile hesaplanır.

Denklem 4.1’de ifade edilen *Yapının Toplam Ağırlığı*, W , denklem (4.2)’ye göre hesaplanır.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (4.2)$$

w_i kat ağırlıkları ise denklem (4.3) ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + nq_i \quad (4.3)$$

Denklem (4.3)’te ifade edilen *Hareketli Yük Katılım Katsayısı*, n , Tablo 4.3’te verilmiştir. Çatı katının ağırlığının hesabında kar yükünün %30’u dikkate alınacaktır.

Tablo 4.3. Hareketli yük katılım katsayısı (n) [1]

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

4.2.2.3. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi

Denklem (4.1) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, denklem (4.4)’de olduğu gibi ifade edilebilir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (4.4)$$

Binanın N’inci (tepe) katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ’in değeri denklem (4.5) ile hesaplanır.

$$\Delta F_N = 0,0075NV_t \quad (4.5)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N haricinde geri kalan miktarı, N'inci kat dahil olmak üzere denklem (4.6) ile binanın tüm katlarına dağıtılacaktır.

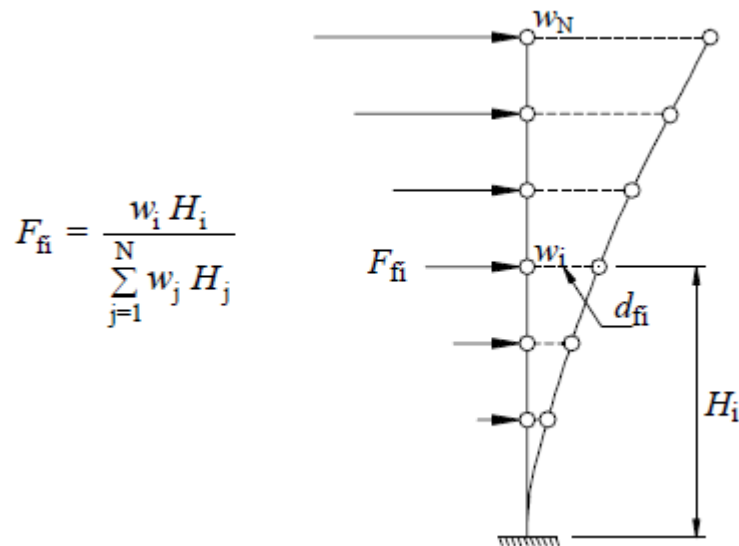
$$F_i = (V_i - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (4.6)$$

4.2.2.4. Binanın birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi

Bu yöntemin uygulanması durumunda, binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal periyodu, Denklem (4.7) ile hesaplanan değerden daha büyük alınacaktır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (4.7)$$

i'inci kata etkiyen fiktif yükü gösteren F_{fi} , Denklem (4.7) Yerine herhangi bir değer konularak elde edilecektir.



Şekil 4.1 Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Göre Dağılımı [1]

Denklem (4.7) ile hesaplanan değerden bağımsız olarak bodrum katlar hariç kat sayısı $N > 13$ olan binalarda doğal periyot $0.1N$ 'den büyük alınmayacaktır.

4.2.2.5. Elastik deprem yüklerinin tanımlanması ve spektral ivme katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, Denklem (4.8.a) ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$A(T) = A_o I S(T) \quad (4.8.a)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) g \quad (4.8.b)$$

Etkin Yer İvmesi Katsayısı: Denklem (4.8.a)'da yer alan *Etkin Yer İvmesi Katsayısı*, A_o , Tablo 4.4'te tanımlanmıştır.

Tablo 4.4. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_o) [1]

<i>Deprem Bölgesi</i>	A_o
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Bina Önem Katsayısı: Denklem (4.8.a)'da yer alan *Bina Önem Katsayısı*, I , Tablo 4.5'te tanımlanmıştır.

Tablo 4.5. Bina Önem Katsayısı (λ) [1]

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı
<p>1. Deprem sonrası kullanımı gereken 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, parlayıcı, 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, vb.</p> <p>b) Müzeler</p>	1.4
<p>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</p> <p>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

Spektrum Katsayısı:

Denklem (4.8.a)'da yer alan *Spektrum Katsayısı*, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak Denklem (4.9) ile hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned}
 S(T) &= 1 + 1.5 \cdot T_1 / T_A & (0 \leq T_1 \leq T_A) \\
 S(T) &= 2.5 & (T_A < T_1 \leq T_B) \\
 S(T) &= 2.5 \cdot (T_B / T_1)^{0.8} & (T_B < T_1)
 \end{aligned} \tag{4.9}$$

Denklem (4.9)'deki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B , Yerel Zemin Sınıfları'na bağlı olarak Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. 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

Elastik Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı: Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere, Denklem (4.1)'de verilen spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'na bölünecektir. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Tablo 4.7'de tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R 'ye ve doğal titreşim periyodu, T 'ye bağlı olarak Denklem (4.10) ile belirlenecektir.

$$\begin{aligned}
 R_a(T_1) &= 1.5 + (R - 1.5) \cdot T / T_A & (0 \leq T_1 \leq T_A) \\
 R_a(T_1) &= R & (T_A < T_1)
 \end{aligned} \tag{4.10}$$

Tablo 4.7. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) [1]

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.....	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar..	4	7

4.3. 1997 Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvveti Hesap Yöntemleri

4.3.1. Hesap yöntemleri

Bina ve bina türü yapılarda,

1-Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

2-Mod Birleştirme Yöntemi

3-Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Olarak adlandırılan hesap yöntemlerinin kullanılacağı belirtilmiştir.

4.3.2. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

4.3.2.1 Simgeler

$A(T)$: Spektral İvme Katsayısı
A_0	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
A_t	: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında kullanılan eşdeğer alan
A_{wj}	: Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin brüt enkesit alanı
C_t	: Eşdeğer deprem yükü yönteminde birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık olarak belirlenmesinde kullanılan katsayı
d_{fi}	: Binanın i'inci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
d_i	: Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
F_{fi}	: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkileyen fiktif yük
F_i	: Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde i'inci kata etkileyen eşdeğer deprem yükü
F_t	: Binaya etkileyen tepe kesme kuvveti
g	: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s ²)
g_i	: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
H_i	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat)
H_N	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
ℓ_{wj}	: Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin, göz önüne alınan deprem doğrultusunda çalışan uzunluğu

N	: Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijitçevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
q_i	: Binanın i 'inci katındaki toplam hareketli yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$: Spektrum katsayısı
$S_{pa}(T_r)$: r 'inci doğal titreşim modu için ivme spektrum ordinatı [m/s^2]
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_{1A}	: Binanın ampirik bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_a, T_b	: Spektrum karakteristik periyotları
V_i	: Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i 'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_t	: Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
w_i	: Binanın i 'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
Δ_i	: Binanın i 'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
ΔF_N	: Binanın N 'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
η_{bi}	: i 'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı

Bu yöntem Tablo 4.8 ile gösterilen binaları kapsamakta olup, kapsam dışı bina ve bina türü yapılarda diğer metodlar kullanılacaktır.

Tablo 4.8. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar [2]

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m

4.3.2.2. Eşdeğer kuvvet yükünün belirlenmesi

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o I W \quad (4.11)$$

Dikkate alınan doğrultuda yapıya etkiyen *Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (Taban Kesme Kuvveti)*, V_b , olarak Denklem (4.11) ile hesaplanır.

Denklem (4.11)'de ifade edilen *Yapının Toplam Ağırlığı*, W , Denklem (4.12)'ye göre hesaplanır.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (4.12)$$

w_i kat ağırlıkları ise Denklem (3.13) ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + nq_i \quad (4.13)$$

Denklem (4.13) ile ifade edilen *Hareketli Yük Katılım Katsayısı*, n , Tablo 4.9'da verilmiştir. Çatı katının ağırlığının hesabında kar yükünün %30'u dikkate alınacaktır.

Tablo 4.9. Hareketli yük katılım katsayısı (n) [2]

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

4.3.2.3. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi

Denklem (4.11) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, Denklem (4.14) de olduğu gibi ifade edilebilir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (4.14)$$

$H_N > 25$ m için binanın N'inci (tepe) katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N 'in değeri birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e bağlı olarak, Denklem (4.15) ile belirlenecektir. $H_N < 25$ için $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.

$$\Delta F_N = 0,07 T_1 V_t \leq 0,20 V_t \quad (4.15)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N haricinde geri kalan miktarı, N'inci kat dâhil olmak üzere denklem (4.16) ile binanın tüm katlarına dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (4.16)$$

4.3.2.4. Binanın birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu, aşağıdaki Denklem (4.20)'ye göre hesaplanabilir. Ancak, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N < 25$ m koşulunu sağlayan binaların, üçüncü ve

dördüncü derece deprem bölgelerinde ise Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodunun Denklem (4.17) ile hesaplanmasına izin verilmiştir

Yukarıdaki belirtilen koşullar gözönüne alınarak binanın birinci doğal titreşim periyodu, aşağıdaki yaklaşık bağıntı ile hesaplanabilir:

$$T_1 \approx T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (4.17)$$

Denklem (4.17)'deki C_t değeri, bina taşıyıcı sistemine bağılı olarak aşağıda tanımlanmıştır:

Deprem yüklerinin tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda C_t değeri Denklem (4.18) ile hesaplanacaktır.

$$C_t = 0.075 / A_t^{1/2} \leq 0.05 \quad (4.18)$$

Denklem (3.18)'deki A_t eşdeğer alanı Denklem (4.19)'da verilmiştir. Bu bağıntıda (l_{wj}/H_N) oranının en büyük değeri 0.9 olarak göz önüne alınacaktır.

$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[0.2 + (l_{wj} / H_N)^2 \right] \quad (4.19)$$

Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t = 0.07$, taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda ise $C_t = 0.05$ alınacaktır.

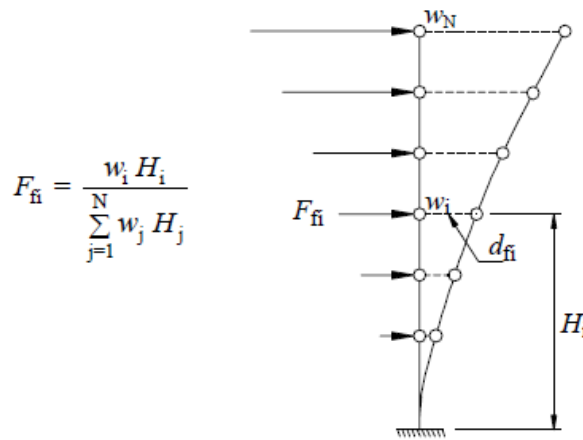
Yukarıdaki belirtilen koşullar gözönüne alınarak binanın birinci doğal titreşim periyodu, daha kesin bir hesap yapılmadıkça, Denklem (4.20) ile hesaplanacak ve elde edilen değer aşağıdaki A 'ya göre sınırlandırılacaktır.

$$T_1 = 2\pi \left[\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2) / \sum_{i=1}^N (F_{fi} d_{fi}) \right]^{1/2} \quad (4.20)$$

Burada m_i , i'inci katın kütesini göstermektedir ($m_i = w_i / g$). i'inci kata etkileyen fiktif yükü gösteren F_{fi} , Denklem (4.16)'da $(V_t - \Delta F_N)$ yerine herhangi bir değer (*örneğin*

birim değer) konularak elde edilecektir (Şekil 4.2). Her katta fiktif yükler, gözönüne alınan deprem doğrultusunda göre gerçek (*kaydırılmamış*) kütle merkezine veya tekil kütlelere etki ettirilecektir. d_{fi} , bu fiktif yüklerin etkisi altında, aynı noktalarda deprem doğrultusunda hesaplanan yer değiştirmeleri göstermektedir.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu Denklem (4.17)'ye göre hesaplanacak ve bulunan periyodun $T_{1A} > 1.0$ s olması durumunda, Denklem (4.20)'dan elde edilen T_1 'in deprem hesabında gözönüne alınacak en büyük değeri, T_{1A} 'nın 1.30 katından daha fazla olmayacaktır.



Şekil 4.2. Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Göre Dağılımı [2]

Denklem (4.17) ile hesaplanan değerden bağımsız olarak bodrum katlar hariç kat sayısı $N > 13$ olan binalarda doğal periyot $0.1N$ 'den büyük alınmayacaktır.

4.3.2.5. Deprem elastik yüklerinin tanımlanması ve spektral ivme katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak %5 sönüm oranı için elastik *Tasarım İvme Spektrumu*'nun yerçekimi ivmesi g 'ye bölünmesine karşı gelen *Spektral İvme Katsayısı*, $A(T)$, Denklem (4.21) ile verilmiştir

$$A(T) = A_o I S(T) \quad (4.21)$$

Etkin Yer İvmesi Katsayısı: Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A_o , Tablo 4.10'da tanımlanmıştır.

Tablo 4.10. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_o) [2]

<i>Deprem Bölgesi</i>	A_o
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Bina Önem Katsayısı: Denklem (4.21)'de yer alan Bina Önem Katsayısı, I, Tablo 4.11'de tanımlanmıştır.

Tablo 4.11. Bina Önem Katsayısı (I) [2]

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

Spektrum Katsayısı: Denklem (4.21)'de yer alan *Spektrum Katsayısı*, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak Denklem (4.22) ile hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1.5 \cdot T_1 / T_A & (0 \leq T_1 \leq T_A) \\ S(T) &= 2.5 & (T_A < T_1 \leq T_B) \\ S(T) &= 2.5 \cdot (T_B / T_1)^{0.8} & (T_B < T_1) \end{aligned} \quad (4.22)$$

Denklem (4.22)'deki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B , Yerel Zemin Sınıfları'na bağlı olarak Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B) [2]

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

4.3.2.6. Elastik deprem yüklerinin azaltılması: deprem yükü azaltma katsayısı

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan *Deprem Yükü Azaltma Katsayısı*'na bölünecektir.

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, $R_a(T)$, çeşitli taşıyıcı sistemler için aşağıdaki Tablo 4.13'te tanımlanan *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı*, R 'ye ve doğal titreşim periyodu, T 'ye bağlı olarak Denklem (4.23) ile belirlenecektir.

$$\begin{aligned} R_a(T_1) &= 1.5 + (R - 1.5) \cdot T / T_A & (0 \leq T_1 \leq T_A) \\ (4.23) \\ R_a(T_1) &= R & (T_A < T_1) \end{aligned}$$

Tablo 4.13. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) [2]

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.....	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar..	4	7

4.4. 1975 Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvveti Hesap Yöntemleri

4.4.1.Simgeler

- C : Deprem katsayısı
 C_0 : Deprem bölgesi katsayısı
D : Yapının deprem doğrultusuna paralel genişliği
F : Statik eşdeğer toplam yatay yük
 F_i : i'inci kata etkiyen yatay yük
 F_t : Yapının en üst katına etkiyen ek yatay yük
 G_i : i. kattaki sabit yükler toplamı
H : Yapının temel üst kotundan ölçülen yüksekliği
 H_Z : Zemin tabaka kalınlığı
 h_i : Binanın i'inci katının temel üst kotundan ölçülen yüksekliği
I : Bina önem katsayısı

K	: Yapı tipi katsayısı
N	: Binanın kat adedi
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
P _i	: i. kattaki hareketli yükler toplamı
S	: Yapı dinamik katsayısı (Spektrum kat sayısı)
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T ₀	: Zemin Hakim periyodu
V _S	: Kayma dalgası hızı
W	: Toplam yapı ağırlığı
w _i	: i'inci kat ağırlığı

4.4.2. Toplam yatay yük hesabı

13.4.1- Yapıların depreme dayanıklı olarak boyutlandırılmasında kullanılacak statik eşdeğer yatay yüklerin toplamı

$$F=C \times W \quad (4.24)$$

denklemini ile hesaplanacaktır. Burada C deprem katsayısıdır ve

$$C=C_0 \times K \times S \times I \quad (4.25)$$

Denklemini ile saptanır.

C₀ deprem bölge katsayısı aşağıda Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.14. Deprem Bölge Katsayısı [3]

Deprem Bölgesi	C ₀
1	0.10
2	0.08
3	0.06
4	0.03

Yapı tipi kat sayısı K, Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.15. Periyot Saptanmasında Kullanılacak Zemin Cinsleri [3]

Zemin Cinsi	Tanımlama	N_{sp} Standart Penetrasyon adet	D_r Reratif sıklık %	q_s Serbest basınc direnci kg/cm ²	V_s Kayma dalgası m/san
I	a Masif volkanik kayalar ve derinlik kayaları, ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, çok sert çimentolu tortul kayalar	-	-	-	>700
	b Çok sıkı kum, çakıl	>50	85-100	-	
	c Çok sert kil	>32	-	>4.0	
II	a Tuf ve aglomera gibi gevşek magmatik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar	-	-	-	400-700
	b Sıkı kum, çakıl	30-50	65-85	-	
	c Sert kil	16-32	-	2.0-4.0	
III	a Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar	-	-	-	200-400
	b Orta sıklıkta kum, çakıl	10-30	35-64	-	
	c Katı kil, siltli kil	8-16	-	1.0-2.0	
IV	a Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak ve kalın alüvyon tabakaları, bataklık tipi veya çamur dipli deniz doldurulması ile oluşan zeminler ve dolgu tabakaları	-	-	-	<200
	b Gevşek kum	0-10	<35	-	
	c Yumuşak kil, siltli kil	0-8	-	<1.0	

Yapı dinamik katsayısı (Spektrum katsayısı)

$$S = \frac{1}{|0.8 + T - T_0|} \quad (4.26)$$

denklemleri ile hesaplanacaktır. Burada, Bu formülden bulunan S değeri maksimum 1.0 alınır. (*)

Not: Bir ya da iki katlı her türlü yapıda, $S = 1$ ve yapı tipi kat sayısı K için minimum 1.0 alınır. Yığma binalarda $S = 1$ alınacaktır.

Güvenilir varsayımlara dayanan deneysel ya da teorik ilkelere göre hesabı yapılmadıkça

S katsayısının hesabında kullanılacak bina doğal periyodu T için

$$T = \frac{0.09H}{\sqrt{D}} \quad (4.27)$$

ya da

$$T = (0.07 \sim 0.10) N (**) \quad (4.28)$$

yaklaşık denklemlerinden bulunan T değerinin elverişsiz olanı alınır.

Not: Büyük açıklıklı endüstri yapıları, sinema, spor tesisler v.b. yapılar ve taşıyıcı sistemi düzenli olsa bile temel üst kotundan ölçülen yükseklikleri 35 m yi geçen binalar ile baca, kule yüksek hazne v.b. yapılar için, yukarıda verilmiş olan yaklaşık periyot denklemleri kullanılamaz. Bu tip yapıları doğal periyotları zemin ve yapıya ait özellikler göz önünde tutulurlar güvenilir bir dinamik yöntem ile hesaplanmalıdır.

Güvenilir varsayımlara ve arazi gözlemlerine dayanan deneysel, amprik ya da teorik yaklaşımlarla saptanmadıkça zemin hakim periyodu (T_0) için Tablo 4.15'teki değerler kullanılabilir. Ancak bu değerler taban kat sayısı ya da eşdeğer özelliklerdeki taban formasyonu üzerinde yer alan zemin tabakalarının 50 m. mertebesinden bir kalınlığa sahip olması halinde geçerlidir. Zemin tabakalarının 50 m. mertebesinden farklı kalınlıklara sahip olması halinde, kayma dalgası hızı (V_s m/sn) ve tabaka kalınlığı (Hz; metre) deneysel, amprik ya da teorik olarak daha duyarlı bir şekilde saptanmalı ve zemin hakim periyodu

$T_o = \frac{4H_s}{V_s}$ denkleminde hesaplanmalıdır. Bu hesaplama için gerekli olan (V_s)

değerlerinin deneysel, amprik ya da teorik olarak daha duyarlı bir şekilde saptanamaması halinde (V_s) değerleri için Tablo 4.15'teki değerler kullanılabilir.

Zeminin, birbirinden farklı (V_s) değerlerini içeren birkaç tabakadan oluşması halinde her tabaka için ayrı bir (T_o) değeri hesaplanmalıdır.

Kayma dalgası hızını 700 m/sn den büyük olduğu zeminler çok sağlam sayılabileceği için, bu hızın aşıldığı derinlikten başlayarak daha derinlerdeki zeminlerin incelenmesine ve periyot hesaplarına katılmasına gerek yoktur.

Tablo 4.16. Zemin Hakim Periyodu [3]

Zemin Cinsi		T_o Zemin Hakim Periyodu (sn)	T_o Ort. sn)
I	a	0.20	0.25
	b	0.25	
	c	0.30	
II	a	0.35	0.42
	b	0.40	
	c	0.50	
III	a	0.55	0.60
	b	0.60	
	c	0.65	
IV	a	0.70	0.80
	b	0.80	
	c	0.90	

Not: Aşağıda tanımlamaları verilen yapılarda, gerek temel sisteminin ve taşıma gücünün tayini, oturmaların hesabı v.b. zeminle ilgili problemlerin güvenilir bir şekilde çözümlenebilmesi, gerekse zemin hakim periyodunun gerçeğe yakın bir

şekilde saptanabilmesi amacı ile, usulüne uygun sismik çözümlenmeler ve yeteri kadar arazi ve laboratuvar deneyleri yapılmalıdır.

1-Temel üst kotundan ölçülen yüksekliği 75 m. yi geçen binalar

2-Büyük açıklıklı endüstri yapıları, sinema, tiyatro v.b.yapılar.

3-Baca, kule, yüksek hazne v.b. yapılar.

Yapı önem katsayısı I.Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.17. Yapı önem katsayısı [3]

Yapı Cinsi		I
a)	Bir deprem süresince ya da hemen sonra kullanılması zorunlu yapılar (PTT, itfaiye ve radyo evi yapıları, kuvvet santralleri, pompa istasyonları, hastaneler, istasyon ve terminaller, rafineriler v.b.)	1.50
b)	Önemli ve değerli malları saklayan yapılar. (müzeler v.b.)	1.50
c)	Halkın çok yığıldığı yapılar (Okullar,spor tesisleri, tiyatrolar, sinema ve konser salonları, ibadet mahalleri, v.b.)	1.50
d)	Halkın az yığıldığı yapılar (Özel konutlar, Oteller, ,işyerleri, lokantalar, endüstri yapıları v.b.)	1.00

Tablo 4.18. Yapı K Sayısı [3]

Yapı Tipi	K	
Aşağıda tanımı ayrıca yapılmamış tüm taşıyıcı sistemler	1,00	
Tüm perde duvarlı kutu sistemler	1,33	
Çerçeveleri yatay yüklerin tamamını taşıyabilen çerçeve taşıyıcı sistemler (Dolgu		
1. Düktil çerçeveler (çelik ya da betonarme)	a)	0,60
	b)	0,80
	c)	1,00
2. Düktil olmayan çerçeveler	a)	1,20
	b)	1,50
	c)	1,50
3. Diyagonal çelik kafes çerçeveler	a)	1,33
	b)	1,50
	c)	1,60
Düktil çerçeveler ile yatay yüklerin en az %25 ini taşıyabilen perde duvarlı sistemler	a)	0,80
	b)	1,00
	c)	1,20
Yığma Binalar	1,50	
Binalardan başka yapılar, bacalar, kuleler (Maksimum yatay kuvvet	3,00	
Bağımsız zemin üstü hazneleri (Maksimum yatay kuvvet $c=0,30$)	2,00	

- Notlar :
1. Düktil çerçevelerin tanımı için Bölüm 6.2'ye bakınız
 2. Dolgu duvar tipleri
 - a) Betonarme ya da yatay v edüşey donatılı yığma bölme duvarlı
 - b) Donatısız yığma bölme duvarlı
 - c) Hafif ve az bölme duvarlı ya da prefabrike beton bölme duvarlı bölme duvarlı

C deprem katsayısı hiçbir zaman $C_0/2$ den daha küçük alınmayacaktır.

Toplam yatay hesaplanmasında kullanılacak olan W toplam yapı ağırlığı

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (4.29)$$

olup W_1 kat aralığı

$$w_i = g_i + nq_i$$

denklemini ile hesaplanır. Burada $G_1=1$ 'inci kattaki sabit yükler toplamı $P_1=1$ 'inci kattaki hareketli yükler toplamıdır. Hareketli yük katsayısı n , Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19. Hareketli yük katsayısı [3]

Yapı Cinsi	n
Depolar, antrepolar v.b.	0.80
Okullar, öğrenci yurtları, spor tesisleri, sinema ve konser salonları, tiyatrolar, garaj, lokanta, mağaza v.b.	0.60
Özel konutlar, oteller, hastaneler, işyeri v.b	0.30

4.4.3. Yatay yükün yükseklik boyunca dağıtılması:

Yapının kat düzeylerine uygulanacak F_1 yatay yükleri

$$F_i = (V_i - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum w_j H_j} \quad (4.30)$$

denklemini ile hesaplanacaktır.

F_t kuvvetinin değeri:

$$F_t = 0.004F \left(\frac{H}{D} \right)^2 \quad (4.31)$$

denklemini ile hesaplanır.

Not:1) F_t hiçbir zaman $0.15 F$ den büyük olamaz.

2) $\frac{H}{D} \leq 3$ halinde $F_t=0$ alınabilir.

4.5. 1968 Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvveti Hesabı

4.5.1. Simgeler

α	: Zemin katsayısı
β	: Bina önem katsayısı
C	: Deprem katsayısı
C_0	: Deprem bölgesi katsayısı
D	: Yapının deprem doğrultusuna paralel genişliği
F	: Statik eşdeğer toplam yatay yük
F_i	: i'inci kata etkileyen yatay yük
G_i	: i. kattaki sabit yükler toplamı
γ	: Bina dinamik katsayısı
H	: Yapının temel üst kotundan ölçülen yüksekliği
h_i	: Binanın i'inci katının temel üst kotundan ölçülen yüksekliği
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
P_i	: i. kattaki hareketli yükler toplamı
T	: Bina temel periyodu
W	: Toplam yapı ağırlığı
w_i	: i'inci kat ağırlığı

4.5.2. Binaları etkileyen deprem kuvvetleri

Her bina aşağıdaki formülde verilen ve esas eksenleri boyunca etkileyen yanal kuvvetlere dayanabilecek şekilde hesap edilecektir. Depremden dolayı binaya aktarılan toplam deprem kuvveti (F) (Bina temel taban seviyesinde meydana gelen kesme kuvveti)

$$F = C \times W \quad (4.32)$$

Formülü ile hesaplanır. Burada

$$W = \sum W_i \quad (4.33)$$

W = Toplam bina ağırlığı olup W_i ; 4.5.2 kısmında gösterilmiştir.

C = Deprem katsayısıdır ve

$$C = C_0 \alpha \beta x y \text{ ile ifade edilir.} \quad (4.34)$$

C_0 (Deprem Bölge Katsayısı) Tablo 4.20'de verilmiştir.

Tablo 4.20. Deprem Bölgelerine Göre C_0 katsayısı [4]

Deprem Bölgesi	C_0
1	0,06
2	0,04
3	0,02

Bu tablodaki değerler bölgelere göre en küçük deprem kat sayısını gösterir

α Zemin kat sayısı aşağıdaki tablo 4.21'de verilmiştir.

Tablo 4.21. Zemin katsayısı [4]

Zemin Cinsleri	α
1 - Sert ve yekpare kayalık zeminler	0,80
2 - Kum, çakıl, sert kumlu kil gibi sağlam ve sıkışık zeminler, çatlak ve kolayca tabakalara ayrılan kayalar	1,00
3 - Suyu havi gevşek ve yukarıdaki sağlam zeminler haricindeki daha az sağlam bilimum zeminler	1,20

β Bina önem kat sayısı aşağıdaki tablo 4.22'de verilmiştir.

Tablo 4.22. Bina önem katsayısı[4]

Bir deprem süresince veya hemen sonra kullanılması zaruri binalar (PTT binaları, itfaiye binaları, kuvvet santralleri, radyo evi, pompa istasyonları, hastaneler gibi)	1,50
Önemli veya değerli malları saklayan binalar (Müzeler gibi)	
Halkın çok yığıldığı binalar (Mektepler, stadyumlar, tiyatrolar, sinemalar, ibadet mahalleri, tren istasyonları gibi)	
Halkın az yığıldığı binalar (özel ikametgah, apartmanlar, oteller, iş yerleri, lokantalar, sanayi binaları gibi)	1,00

γ Dinamik kat sayısı, Binada meydana gelen deprem kuvvetlerinin bağlı olduğu önemli faktörlerden biri olan bina temel periyodu (En uzun özel periyod) T'ye aşağıdaki şekilde bağlı bir formül ile verilir.

$$T \leq 0,5 \text{ saniye için } \gamma = 1 \quad (4.35.a)$$

$$T > 0,5 \text{ saniye için } \gamma = 0.5/T \quad (4.35.b)$$

Bu şekilde hesaplanan γ değeri hiçbir zaman 0,3'den küçük olmayacaktır.

Bina periyodu, Deneysel veya güvenilir teknik donelere göre hesabı yapılmadıkça bina temel periyodu:

$$T = \frac{0.09H}{\sqrt{D}} \quad (4.36)$$

formülü ile hesaplanacaktır.

H = Binanın temel tabanından olan yüksekliği (m) dir.

D = Binayı etkileyen yanal kuvvetlerin doğrultusuna paralel doğrultuda bina genişliği (m) dir.

4.5.3. Toplam deprem yanal kuvvetinin hesabında göz önüne alınacak kat ağırlığı

$$W_i = G_i + n_i \times P_i$$

formülü ile bulunacaktır.

G_i = i' inci kattaki zati yükler toplamı,

P_i = i' inci kattaki hareketli yükler toplamı,

n_i = i' inci kattaki hareketli yük katsayısıdır.

n_i hareketli yük katsayısı:

1 - Sinema, tiyatro, okul, stadyum, depo ve antrepo gibi binalarda $n_i = 1$

2 - Sağlık yapıları, idare yapıları, otel, apartman ve ikametgah gibi yapılarda $n_i = 0,50$

olarak alınacaktır.

Deprem kuvvetleri ile rüzgar yükünün yapıya aynı zamanda tesir etmediği kabul edilecek ve herhangi bir yapı elemanı için hesaplarda, deprem veya rüzgardan gayri müsait olanı göz önünde tutulacaktır.

Toplam yanal kuvvet F bina yüksekliğince aşağıdaki formüle göre dağıtılabilir.

$$F_i = F \frac{w_i H_i}{\sum w_j H_j} \quad (4.37.)$$

Burada F_i = i' inci kata gelen yanal kuvvet

W_i = i' inci katın ağırlığını

h_i = i' inci katın bina temel tabanından yüksekliğini gösterir.

4.6. 1962 Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvveti Hesabı

4.6.1. Simgeler

C	: Deprem katsayısı
C_0	: Binanın yüksekliğine bağlı katsayı
G	: Binadaki Sabit yükler toplamı
H	: Yapıya etki eden deprem kuvveti
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
n_1	: Yapı tipi katsayısı
n_2	: Deprem bölgesi katsayısı
P	: Binadaki hareketli yükler toplamı

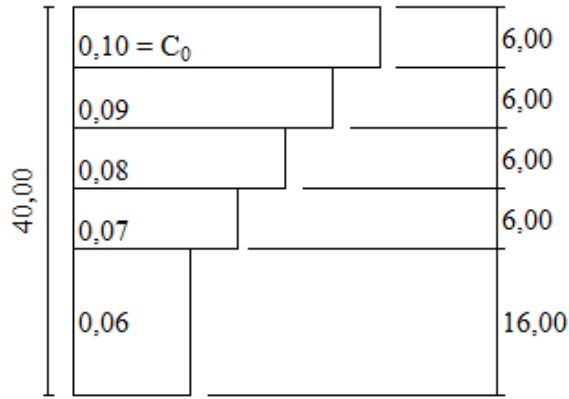
4.6.2. Binaları etkileyen deprem kuvvetleri

Yapılar normal düşey tesirlerden başka yatay deprem tesirlerine göre de tahkik edilirler. Yatay deprem tesirinin, yapının birbirine dik iki eksenini doğrultusunda tesir ettiği fakat her iki doğrultuda aynı zamanda tesir etmediği kabul edilecektir.

Yapının herhangi bir parçasının:

$H = Cx(G+nxP)$ formülü ile hesaplanacak yatay deprem kuvvetinin tesirlerine mukavemet etmesi lazımdır. Bu formülde:

$$C = C_0 n_1 n_2 \quad (4.38.)$$

Şekil 4.3 Bina Yüksekliklerine Göre C₀ Değerleri [5]Tablo 4.23. n₁ Çarpanları Tablosu [5]

	n ₁ çarpanları	
	Yapı tipleri	
ZEMİN CİNSİ	ÇELİK	B.A.
I	0.6	0.8
II	0.8	0.9
III	1.0	1.0

Zemin cinsleri:

I) Sert ve yekpare kayalık zeminler

II) Kum, çakıl, sert kumlu kil gibi sağlam ve sıkışık zeminler, çatlaklı ve kolayca tabakalara ayrılan kayalar.

III) Yukarıdaki sağlam zeminler haricindeki daha az sağlam bilimum zeminler.

Tablo 4.24. n₂ Çarpanları Tablosu [5]

Yersarsıntısı Bölgeleri	n ₂ çarpanı
1. derece	1.0
2. derece	0.6

B) n hareketli yük emsali:

a) Sinema, tiyatro, otel, kahvehane, fabrika gibi umumi toplantı ve işyeri olarak kullanılacak yapılarda: $n = 1$

b) Diğer yapılarda: $n = 1/2$.

C) G, parçaya, kendi sıkleti dâhil, tesir eden ölü yüklerin toplamıdır.

P, parçaya tesir eden hareketli yüklerin toplamıdır.

D) Yapının depreme karşı hesabında ya tam rüzgârın yarı şiddetinde bir kuvvetin ve aynı zamanda yapıya tesir ettiği kabul edilecek veya deprem kuvveti yerine tam rüzgâr şiddetindeki bir kuvvetin tesiri nazarı itibare alınacaktır. Nihai hesap bu iki yükleme tarzında hangisi daha gayri müsait tesirler doğurmuşsa ona göre yapılacaktır.

Malzeme emniyet gerilmeleri deprem hesabında % 50 arttırılır.

E) Konsolların hesabında hareketli yükler % 50 nispetinde arttırılır.

F) İstinat duvarları hesabında toprağın tabii meyil açısı, birinci derece bölgelerde 6 derece, ikinci derece bölgelerde 3 derece azaltılır.

G) Depreme göre hesaplanan binaların temel genişlikleri, zemin ile temel taşıyıcılarından herhangi biri arasında çekme kuvveti doğmayacak şekilde tayin ve tespit edilir.

4.7. Deprem Yönetmeliklerinin Hesap Usulleri Yönünden İncelenmesinin Sonuçları

Önce ki bölümlerde tek ve çok serbestlik dereceli sistemlerin taban kesme kuvvetinin ve buna bağlı parametreleri incelemiştik. Deprem esnasında yapıya tesir eden taban kesme kuvvetinin, sistemin; sistemin kütleline, periyoduna tekabül eden spektral

ivmesine ve sünekliğine bağlı olduğu görülmüştür. Dinamik kabullerde periyot ise sistemin kütlesi ve rijitliğine bağlı olarak hesaplanır.

Taban kesme kuvveti hesabında kullanılacak yapıya ait kütlelerin hesaplanması esnasında yönetmeliklerce hareketli yükün belli bir oranda dikkate alınacağı ve bu oranın ise yapının kullanım amacına bağlı olarak yönetmeliğe göre tespit edileceği belirtilmiştir. Yönetmeliklerde geçmişten günümüze kadar yapı kullanım amacına ilişkin gruplar yapılmış olup, yapılar kullanımlarına göre 1962 ve 1968 yönetmeliklerinde iki türlü grup ile temsil edilmişken, daha sonra yayınlanan ve günümüzde kullanılan yönetmeliklerde ise üç grup ile temsil edilmektedir.

1962 ve 1968 yıllarında yapılan hesaplarda spektrum değeri kullanılmamakta ve değinilmemekte olup, yerine C_0 ile ifade edilen bir çarpan önerilmektedir. Spektrum kavramı ise ilk olarak 1975 yönetmeliği ile kullanılmaya başlanmış ve bu yönetmelikte bu değer en fazla 1 olarak kabul edilmekte iken daha sonraki yıllarda yayınlanan 1997 ve 2007 yönetmeliklerinde ise bu değer 2,5 ile sınırlanmıştır.

Süneklik (R) ifadesi ilk olarak, 1997 yönetmeliği ile gündeme gelmiş ve daha önceki bu konuya değinmemiştir. Sünek olarak tasarlanan yapıların, göçme yapmadan daha çok yatay yük taşıdığı veya ani göçme yapmadıkları görülmüştür.

Bu itibarla yapıyı tek serbestlik dereceli gibi düşünen Eşdeğer Deprem Yüğü Hesap Metotlarının yaklaşık bir metot olduğu bilinmekte olup, söz konusu metoda ilişkin hesap yöntemleri farklı dönemlerde yayınlanan deprem yönetmelikler ile bir takım değişikliklere uğrayarak günümüze kadar gelmiştir. Taban kesme kuvvetinin hesaplanması için sistemin periyodunun doğru olarak bilinmesi gerekmekte ve ancak buda kütle ve rijitliğe bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Yönetmelikler ise bir takım yaklaşık metotlar önermiş ve ülkemizde yayınlanan yönetmeliklerde yalnızca 2007 yönetmeliğinde periyot hesabının, kütle ve rijitliğe bağlı Rayleigh metodu ile hesaplanmasını zorunlu kılmıştır. Bu metot enerjinin korunumu ilkesine dayanmakta ve periyot hesabında ,sistemin birinci doğal titreşim periyoduna çok yakın bir değer vermektedir. Diğer Yönetmelikler ise periyodun ampirik (deneysel) yollarla yapının

yüksekliği veya genişliğine bağlı olarak hesaplanmasını önermiştir. Bu konuda 2007 yönetmeliğinin en sağlıklı hesap metodunu önerdiği söylenebilir.

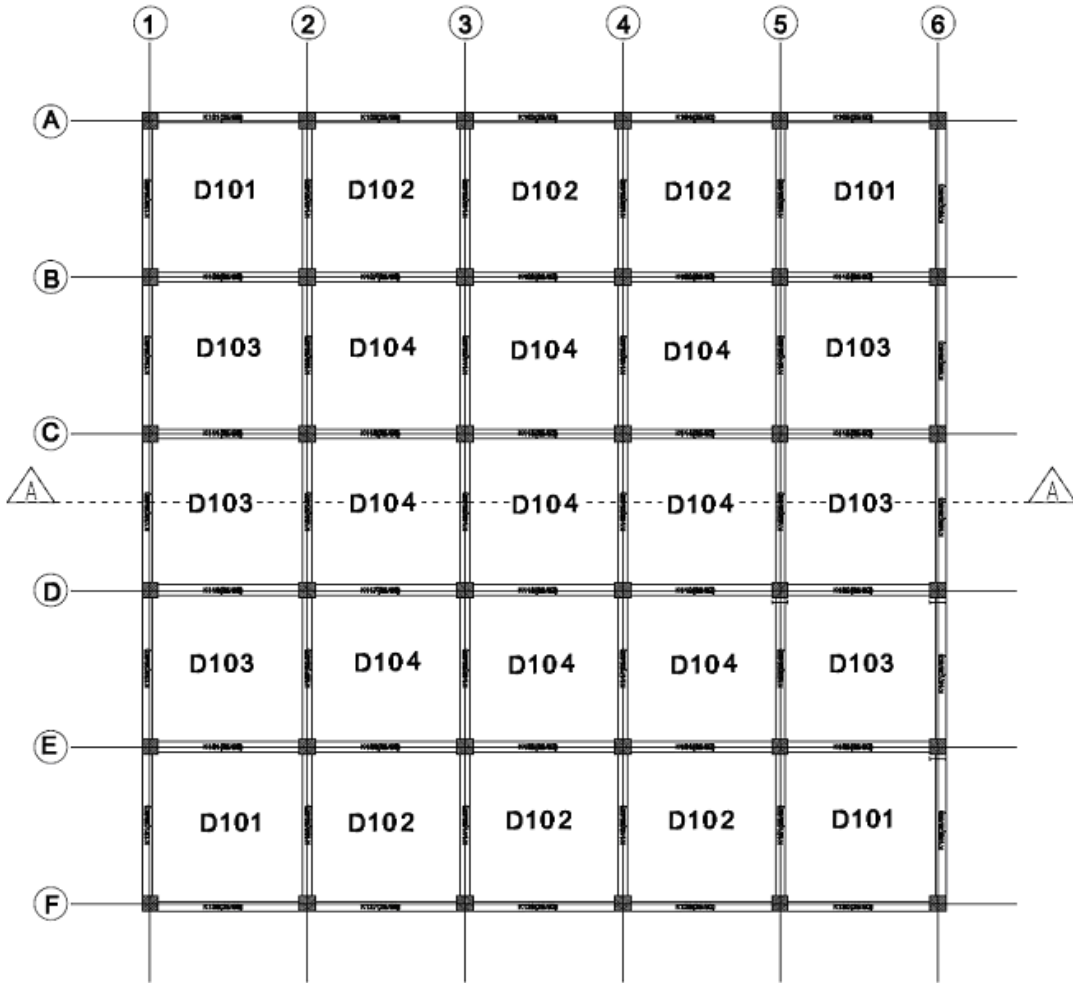
Anlaşılacağı üzere her deprem yönetmeliği o günün bilgi ve tecrübe düzeyine bağlı olarak kendine has bir takım deprem kuvveti hesap yöntemleri önermektedir. En kesin şekilde dinamik hesap yapılmak suretiyle hesaplanması mümkün olan periyot ve deprem yükü değerlerinin, yayımlanan yönetmelikler arasında yapılan inceleme neticesinde en yaklaşık biçimde 2007 yönetmeliği ile hesaplanabileceği tespit edilmiştir.

Bu itibarla, o zamanın bilgi düzeyine bağlı olarak, o günün güncel yönetmelikleri ile hesaplanan ve tasarlanan yapılar mevcut durumlarıyla 2007 yönetmeliğine göre yeniden taban kesme kuvvetinin hesaplanması suretiyle bulunan değerin, tasarımda kullanılan taban kesme kuvveti ile kıyaslanarak elde edilen sonuçlarla bu yapıların deprem hareketlerine karşı ne kadar hazır olduklarının değerlendirilmesi yapılabilir.

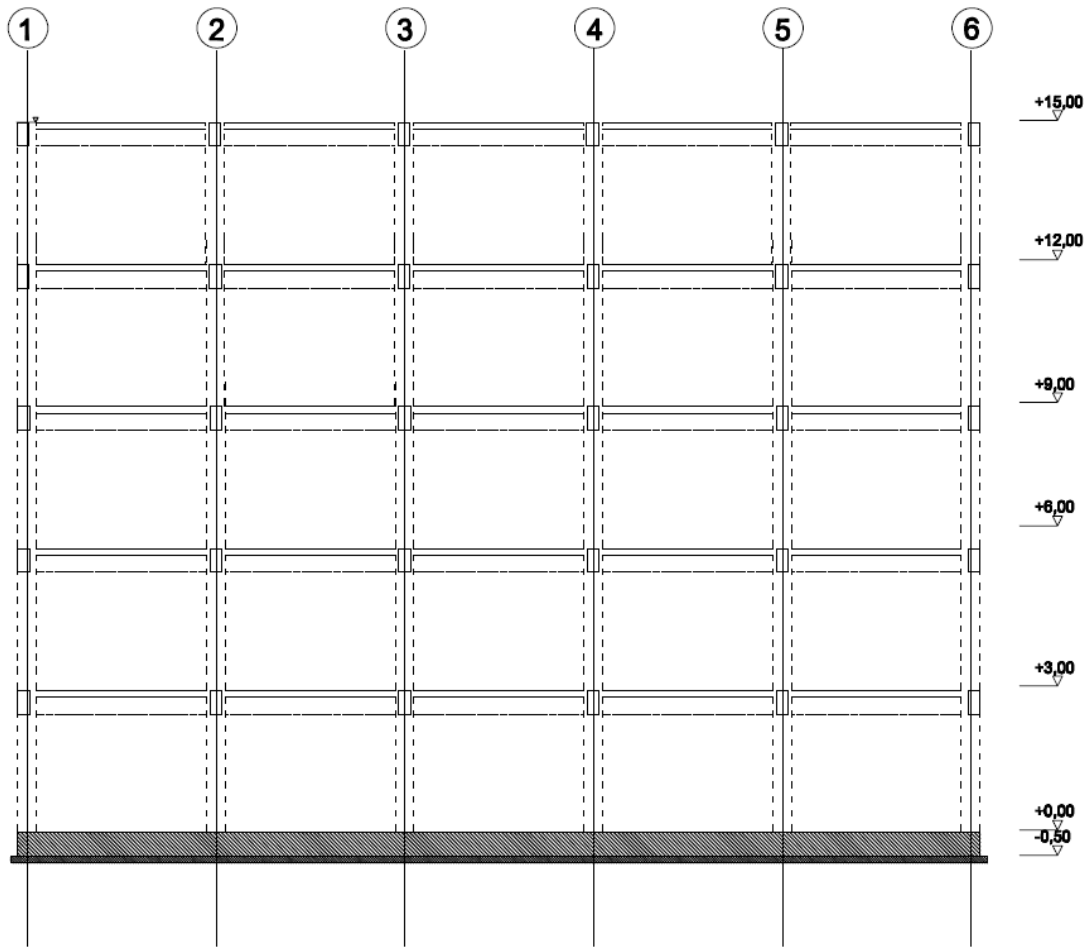
BÖLÜM 5. BETONARME ÇERÇEVELİ BİR YAPI MODELİNİN ÜLKEMİZDE YAYINLANAN YÖNETMELİKLERE GÖRE TABAN KESME KUVVETİNİN HESAPLANMASI

5.1. Model Yapının Tanımı

Modelimiz, konut amacıyla kullanılması düşünülen ve bir zemin, dört normal olmak üzere toplam beş katlı betonarme çerçevesel bir yapıdır. Malzeme ve Proje bilgileri aşağıda verilen modelin, x-x doğrultusunda taban kesme kuvveti; 1962, 1968, 1975, 1997 ve 2007 Deprem Yönetmeliklerine göre bütün deprem bölgeleri ve zemin gruplarında göre ayrı ayrı hesaplanacak olup, hesaplanan değerler 2007 yönetmeliğine göre irdelenecektir. 1975 ve daha önceki yönetmeliklerde süneklik kavramına yer verilmediğinden modelimizin süneklik düzeyi normaldir.



Şekil 5.1. Simetrik çerçevesel model yapının kalıp planı



Şekil 5.2. Simetrik çerçevesel model yapının A-A kat kesitleri

5.1.1. Kat bilgileri

Kat	H(m)	$\Sigma H(m)$
Kat5	3.00	15.00
Kat4	3.00	12.00
Kat3	3.00	9.00
Kat2	3.00	6.00
Kat1	3.00	3.00
Temel		0.00

5.1.2. Malzeme bilgileri

Beton Sınıfı = C25 (BS25)

Donatı Sınıfı = S420 (BCIII)

Döşeme Kaplama Malzemesi = Marley Döşeme

5.1.3. Kesit bilgileri

Döşeme kalınlığı 15 cm seçilmiştir.

Kirişler, 25/50 ebatlarında seçilmiştir.

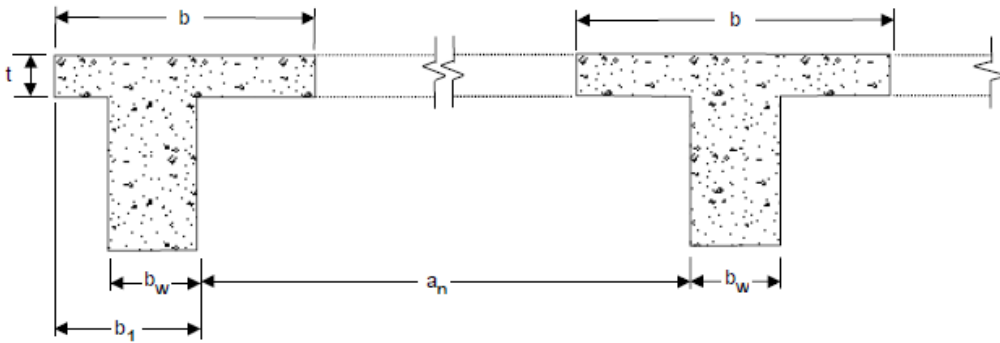
Kolonlar, 40x40 ebatlarında seçilmiştir.

$L_p = 1,0 L$ (Tek açıklıklı, basit mesnetli kiriş)

$L_p = 0,8 L$ (Sürekli kiriş kenar açıklığı)

$L_p = 0,6 L$ (Sürekli kiriş iç açıklığı)

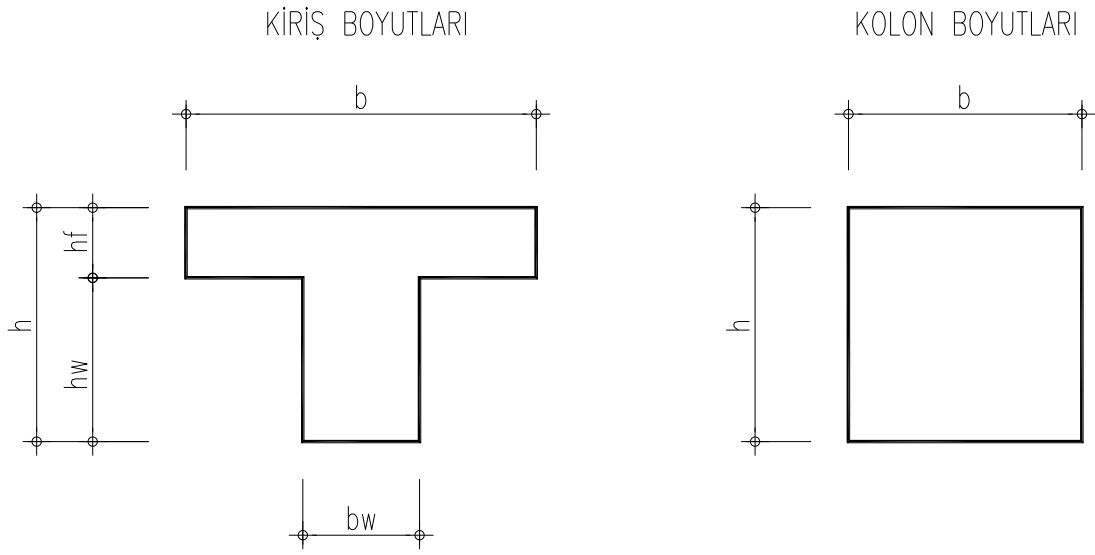
$L_p = 1,5 L$ (Konsol kiriş)



Şekil 5.3. Kiriş tabla genişliği

$$K11/12/13 \quad b=0.25+[0.1 \times (0.6 \times 4)]=0.29 \text{ m}$$

$$K14/15/16 \quad b=0.25+[0.2 \times (0.6 \times 4)]=0.73 \text{ m}$$



Şekil 5.4.Kolon ve kiriş boyutları

Kesit	h(m)	b(m)	hf(m)	bw(m)
Kolon C40/40	0.4000	0.4000	0.0000	0.0000
K11/12/13	0.5000	0.4900	0.1500	0.2500
K14/15/16	0.5000	0.7300	0.1500	0.2500

5.1.4.Yük analizi

5.1.4.1. Zati yükler

Döşeme Ağırlığı	=0.15x25x3.75x3.75x2,5	= 131,83 ton
Sıva Ağırlığı	=0,02x25x3,75x3,75x2,2	= 15,46 ton
Şap +Kaplama	=25x3,75x3,75x1,49	= 52,38 ton

5.1.4.2. Kiriş yükleri

$$\text{Kiriş Yüğü} = = [0,25 \times 0,50 \times 2,5 + 0,02 \times (0,25 + 0,35 \times 2)] \times 2,20 = 0,354 \text{ t/m}$$

Diş duvar;

Tuğla arası sıva	=5x2x0.005x2.20	=0.110	t/m ²
Tuğla	=25x0.003	=0.075	t/m ²

İç, dış sıva	=0.05x2.20	=0.110	t/m ²
Cephe Kaplaması	=0.03x2.20	=0.066	t/m ²
		$\Sigma 0.361$	t/m ²

$$G_{\text{dışduvar}} = 0.361 \times (H_{\text{kat}} - H_{\text{kiriş}}) = 0.361 \times (3 - 0.50)$$

$$G_{\text{dışduvar}} = 0.903 \text{ t/m}$$

$$\text{Kiriş Ağırlığı} = (0.345 + 0.903) \times 60 \times 3.75 = 280,80$$

$$\text{Kiriş Ağırlığı (Üst Kat)} = (0.345) \times 60 \times 3.75 = 77,63$$

5.1.4.3. Kolon yükleri

$$\text{Kolon Yüğü} = (0,40 \times 0,40 \times 2,5 + 0,02 \times 0,40 \times 0,40 \times 2,5) \times 3 \times 36 = 44,064$$

5.1.4.4. Bina ağırlığı

Zemin Kat Ağırlığı:

$$\text{Sabit Yüğü Ağırlığı} (G) = 131,83 + 15,46 + 52,38 + 280,80 + 44,064 = 524,53 \text{ ton}$$

$$\text{Hareketli Yüğü Ağırlığı} (P) = 0,20 \times 3,75 \times 3,75 \times 25 = 70,31 \text{ ton}$$

1., 2., ve 3. Normal Katlar Ağırlığı:

$$\text{Sabit Yüğü Ağırlığı} (G) = 131,83 + 15,46 + 52,38 + 280,80 + 44,064 = 524,53 \text{ ton}$$

$$\text{Hareketli Yüğü Ağırlığı} (P) = 0,20 \times 3,75 \times 3,75 \times 25 = 70,31 \text{ ton}$$

4. Normal Katlar Ağırlığı:

$$\text{Sabit Yüğü Ağırlığı} (G) = 131,83 + 15,46 + 52,38 + 77,63 + 44,064 = 297,96 \text{ ton}$$

$$\text{Hareketli Yüğü Ağırlığı} (P) = 0,20 \times 3,75 \times 3,75 \times 25 = 70,31 \text{ ton}$$

Not: 4. Normal Kata ait çatı ve kar yükleri ihmal edilmiştir.

Toplam Bina Ağırlığı:

$$\text{Sabit Yüğü Ağırlığı} (G) = 4 \times 524,53 + 297,96 = 2396,08 \text{ ton}$$

$$\text{Hareketli Yüğü Ağırlığı} (P) = 5 \times 70,31 = 351,55 \text{ ton}$$

5.2. Taban Kesme Kuvveti Hesap Kriterleri

Kıyaslama yapmadan önce kriterlerin belirlenerek, uygunluğun sağlanması ve hesapların bu doğrultuda yapılması gerekmekte olup, bu kriterler belirli kabuller çerçevesinde belirlenmiştir. Öncelikle zemin grupları bakımından değerlendirilecek olursa, 1975, 1997 ve 2007 yönetmelikleri dört tip zemin grubu içermekteyken 1962 ve 1968 yönetmelikleri ise üç tür zemin grubuna ayırmıştır. Bu üç tür zemin grubundan 2. tür olan “Kum, çakıl, sert kumlu kil gibi sağlam ve sıkışık zeminler, çatlak ve kolayca tabakalara ayrılan kayalar” grubunun 2007 yönetmeliğindeki Z2 ve Z3 gruplarına benzerlik teşkil etmesi neticesinde bu grubun Z2 ve Z3 gruplarına denk geldiği düşünülerek, 1. tür zemin Z1’e ve 3. tür zemin ise Z4’e denk tutulmasında bir sakınca görülmemiştir.

Bununla birlikte, deprem bölgeleri konusunun değerlendirilmesi hususunda; 1975, 1997 ve 2007 yönetmelikleri dört tür deprem bölgesinden bahsetmiş olup, bunların kendi arasında ki kıyasında bir sakınca bulunmamaktayken 1962’de iki, 1968’de üç tür deprem bölgesinin bulunması kıyas yapılabilmesi için bir kabul gerektirmektedir. Bu sebeple, 1962 yönetmeliğine göre belirtilen 1. derece deprem bölgesinin 2007 yönetmeliğine göre 1. derece deprem bölgesine ve 2. derece deprem bölgesinin ise 2007 yönetmeliğine göre 3. derece deprem bölgesine tekabül ettiği kabul edilirse, 2007 yönetmeliğine göre 2. ve 4. derece deprem bölgeleri için denklik teşkil edebilecek bir takım kabuller yapılması gerekmektedir. Bu suretle, çalışma esnasında 1962 yönetmeliğine göre taban kesme kuvveti hesaplarında birtakım revizyonlar yapılmış ve 2007 yönetmeliğindeki 2. ve 4. derece deprem bölgelerine denklik teşkil etmesi amacıyla 1962 yönetmeliği ile yapılan hesaplarda deprem bölgesi katsayısı (n_2), 2. derece deprem bölgesi için 0,80 ve 4. derece deprem bölge için 0,04 kabul edilmiştir. Bu kabuller neticesinde hesaba esas yeni deprem bölgeleri ve n_2 katsayıları Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.1. 1962 Yönetmeliği, Göre n_2 Çarpanları Tablosu [5]

Yersarsıntısı Bölgeleri	n_2 Çarpanı
1. Derece	1.0
2. Derece	0.6

Tablo 5.2. Tez Çalışmamızda Yapılan Kabuller İle n_2 Çarpanları Tablosu

Yersarsıntısı Bölgeleri	n_2 çarpanı
1. Derece	1.0
2. Derece	0.8
3. Derece	0.6
4. Derece	0.4

1968 yönetmeliği hesap usullerine göre 3 adet deprem bölgesi bulunmakta olup, 1., 2. ve 3. derece deprem bölgelerinin, 2007 yönetmeliğine göre 1., 2. ve 3. derece deprem bölgelerine tekabül ettiği kabulü yapılmıştır. 2007 yönetmeliğinde ki 4. derece deprem bölgesine denk olarak 1968 yönetmeliği hesapları için 4. bölge kabulü yapılması gerekmekte ve bu kabul, 4. derece deprem bölgesi için deprem bölgesi katsayısı (C_0) 0,01 tercih edilerek yapılmıştır. Bu kabuller neticesinde hesaba esas yeni deprem bölgeleri ve C_0 katsayıları Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.3. 1968 Yönetmeliği, Deprem Bölgelerine Göre C_0 katsayısı [4]

Deprem Bölgesi	C_0
1	0,06
2	0,04
3	0,02

Tablo 5.4. Tez Çalışmamızda Yapılan Kabuller İle Deprem Bölgelerine Göre C_0 katsayısı

Deprem Bölgesi	C_0
1	0,06
2	0,04
3	0,02
4	0,01

5.3. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvvetinin Hesabı

Modelin periyot hesabı için kolon ve kirişlere ait atalet momentleri ve bunlara bağlı redörlerin hesaplanması gerekmektedir.

Tablo.5.5. Kolon ve Kiriş Atalet Momentleri

Katlar	Kolonlar	Kirişler	
	S 40x40	K11/12/13	K14/15/16
	I (dm ³)	I (dm ³)	I (dm ³)
4. Normal Kat	21,33	17,11	41,39
3. Normal Kat	21,33	17,11	41,39
2. Normal Kat	21,33	17,11	41,39
1. Normal Kat	21,33	17,11	41,39
Zemin Kat	21,33	17,11	41,39

Tablo.5.6. Kolon ve Kiriş Rijitlikleri

Katlar	Kolonlar	Kirişler	
	S 40x40	K11/12/13	K14/15/16
	I (dm ³ /m)	I (dm ³ /m)	I (dm ³ /m)
4. Normal Kat	7,11	2,37	13,80
3. Normal Kat	7,11	2,37	13,80
2. Normal Kat	7,11	2,37	13,80
1. Normal Kat	7,11	2,37	13,80
Zemin Kat	7,11	2,37	13,80

Rijitlikler bulunduktan sonra sistemin Rayleigh metoduna göre periyodu hesabı işlemine başlanabilir. Bunun için önce sistem fiktif bir yük uygulamak suretiyle sistemin bu fiktif yük altındaki deplasmanlarını hesaplanır. Bunun için önce sistemin D değerlerini hesaplamamız gerekmektedir.

Tablo 5.7. Taşıyıcı sistemin kolonlarının D değerleri hesap tablosu

Kat	Kolon	Benzer Kolon Sayısı	k_c (dm^3/m)	k_1 (dm^3/m)	k_2 (dm^3/m)	k_3 (dm^3/m)	k_4 (dm^3/m)	k (dm^3/m)	a	D=akc (dm^3/m)	ΣD (dm^3/m)
5	S1	4	7,11	2,37	2,37			0,33	0,14	1,02	130,90
	S2	4	7,11	2,37	2,37	2,37	2,37	0,67	0,25	1,78	
	S3	4	7,11	2,37	2,37	2,37	2,37	0,67	0,25	1,78	
	S4	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
	S5	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
	S6	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
4	S1	4	7,11	2,37	2,37			0,33	0,14	1,02	130,90
	S2	4	7,11	2,37	2,37	2,37	2,37	0,67	0,25	1,78	
	S3	4	7,11	2,37	2,37	2,37	2,37	0,67	0,25	1,78	
	S4	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
	S5	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
	S6	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
3	S1	4	7,11	2,37	2,37			0,33	0,14	1,02	130,90
	S2	4	7,11	2,37	2,37	2,37	2,37	0,67	0,25	1,78	
	S3	4	7,11	2,37	2,37	2,37	2,37	0,67	0,25	1,78	
	S4	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
	S5	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
	S6	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
2	S1	4	7,11	2,37	2,37			0,33	0,14	1,02	130,90
	S2	4	7,11	2,37	2,37	2,37	2,37	0,67	0,25	1,78	
	S3	4	7,11	2,37	2,37	2,37	2,37	0,67	0,25	1,78	
	S4	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
	S5	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
	S6	8	7,11	13,80	13,80	13,80	13,80	3,88	0,66	4,69	
1	S1	4	7,11	2,37				0,33	0,36	2,54	162,17
	S2	4	7,11	2,37	2,37			0,67	0,44	3,11	
	S3	4	7,11	2,37	2,37			0,67	0,44	3,11	
	S4	8	7,11	13,80	13,80			3,88	0,74	5,30	
	S5	8	7,11	13,80	13,80			3,88	0,74	5,30	
	S6	8	7,11	13,80	13,80			3,88	0,74	5,30	

Bu işlemden sonra sisteme 1000 KN'luk bir fiktif yük ektiği kabul edilerek üzerine etkililen bu fiktif yükün katlara dağılımı aşağıda hesaplanmıştır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j}$$

$$\sum_{j=1}^N w_j H_j = 3 \times 545,62 + 6 \times 545,62 + 9 \times 545,62 + 12 \times 545,62 + 15 \times 319,04 = 21154,20 \text{ ton}$$

$$F_1 = (1000) \frac{3 \times 545,62}{21154,20} = 77,37 \text{ ton}$$

$$F_2 = (1000) \frac{6 \times 545,62}{21154,20} = 154,75 \text{ ton}$$

$$F_3 = (1000) \frac{9 \times 545,62}{21154,20} = 232,13 \text{ ton}$$

$$F_4 = (1000) \frac{12 \times 545,62}{21154,20} = 309,51 \text{ ton}$$

$$F_5 = (1000) \frac{15 \times 319,04}{21154,20} = 226,24 \text{ ton}$$

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

$$\delta = \frac{V_i}{\sum \bar{D}_i}$$

$$E = 3.000.000,00 \text{ t/m}^2$$

Tablo 5.8. Taşıyıcı Sistemin Periyot hesabı

Kat	m_i (Ton)	F_i (KN)	V_i (KN)	$\Sigma \bar{D}$ (Ton/m)	Δ (m)	d_i (m)	$F_i d_i$ (KN.m)	$m_i d_i^2$ (ton.m ²)
5	319,04	77,37	77,37	322400,00	0,0002	0,0072	0,5563	0,0165
4	545,62	154,75	232,12	322400,00	0,0007	0,0070	1,0755	0,0264
3	545,62	232,13	464,25	322400,00	0,0014	0,0062	1,4462	0,0212
2	545,62	309,51	773,76	322400,00	0,0024	0,0048	1,4826	0,0125
1	545,62	226,24	1000,00	418400,00	0,0024	0,0024	0,5407	0,0031

$$\sum_{i=1}^N m_i d_i^2 = 0,080$$

$$\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi} = 5,10$$

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} = 2\pi \left(\frac{0,080}{5,10} \right)^{1/2} = 0,780$$

Yapımızın, hareketli yük katılım değerini 0,30, çerçevesel betonarme sistem olduğu için $R=4$ ve önem katsayısı $I=1$ olarak kabul ediyoruz.

Spektrum Katsayısı:

Z_1 grup zemin için;

$$S(T) = 2,5 \cdot (T_B / T_1)^{0,8} = 2,5 \cdot (0,3 / 0,78)^{0,80} = 1,16$$

Z_2 grup zemin için;

$$S(T) = 2,5 \cdot (T_B / T_1)^{0,8} = 2,5 \cdot (0,4 / 0,78)^{0,80} = 1,26$$

Z_3 grup zemin için;

$$S(T) = 2,5 \cdot (T_B / T_1)^{0,8} = 2,5 \cdot (0,6 / 0,63)^{0,80} = 2,026$$

Z_4 grup zemin için;

$S(T) = 2,5$ olarak hesaplanmıştır.

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı:

$T_A < T_I$ durumu bütün zemin gruplarında sağlandığı için $R_a(T_I) = R = 4$ kabul edilmiştir.

Birinci Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin gruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde, $A_o=0,40$ değeri ile spektral ivme katsayısı $A(T) = A_o I S(T)$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$A(T) = A_o I S(T)$
Z_1	0,46
Z_2	0,49
Z_3	0,81
Z_4	1,00

Binamızın toplam ağırlı hareketli yük katılım kat sayısı da dikkate alınarak, aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

$$w_{1,2,3,4}=524,53+0,30 \times 71,74= 546,62 \text{ ton}$$

$$w_5=297,95+0,30 \times 71,74 = 319,04 \text{ ton}$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = 4 \times 546,62 + 319,04 = 2503,25 \text{ ton}$$

Modelimize ait zemin gruplarına göre taban kesme kuvvetleri değerleri aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)}$$

	$V_t \text{ (ton)}$
Z1	287,86
Z2	306,64
Z3	506,90
Z4	625,81

İkinci Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin guruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde, $A_0=0,30$ değeri ile spektral ivme katsayısı $A(T) = A_0 I S(T)$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$A(T) = A_0 I S(T)$
Z ₁	0,34
Z ₂	0,37
Z ₃	0,60
Z ₄	0,75

Binamızın toplam ağırlı hareketli yük katılım kat sayısı da dikkate alınarak, aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

$$w_{1,2,3,4}=524,53+0,30 \times 71,74= 546,62 \text{ ton}$$

$$w_5=297,95+0,30 \times 71,74 = 319,04 \text{ ton}$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = 4 \times 546,62 + 319,04 = 2503,25 \text{ ton}$$

Modelimize ait zemin gruplarına göre taban kesme kuvvetleri değerleri aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)}$$

	V_t
Z1	212,77
Z2	231,55
Z3	375,48
Z4	469,36

Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin guruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde, $A_o=0,40$ değeri ile spektral ivme katsayısı $A(T) = A_o I S(T)$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$A(T) = A_o I S(T)$
Z ₁	0,23
Z ₂	0,25
Z ₃	0,41
Z ₄	0,50

Binamızın toplam ağırlı hareketli yük katılım kat sayısı da dikkate alınarak, aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

$$w_{1,2,3,4}=524,53+0,30 \times 71,74= 546,62 \text{ ton}$$

$$w_5=297,95+0,30 \times 71,74 = 319,04 \text{ ton}$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = 4 \times 546,62 + 319,04 = 2503,25 \text{ ton}$$

Modelimize ait zemin gruplarına göre taban kesme kuvvetleri değerleri aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)}$$

	$V_t \text{ (ton)}$
Z1	143,93
Z2	156,45
Z3	256,58
Z4	312,90

Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin guruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde, $A_o=0,40$ değeri ile spektral ivme katsayısı $A(T) = A_o I S(T)$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$A(T) = A_o I S(T)$
Z ₁	0,12
Z ₂	0,13
Z ₃	0,20
Z ₄	0,25

Binamızın toplam ağırlı hareketli yük katılım kat sayısı da dikkate alınarak, aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

$$w_{1,2,3,4}=524,53+0,30 \times 71,74= 546,62 \text{ ton}$$

$$w_5=297,95+0,30 \times 71,74 = 319,04 \text{ ton}$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = 4 \times 546,62 + 319,04 = 2503,25 \text{ ton}$$

Modelimize ait zemin gruplarına göre taban kesme kuvvetleri değerleri aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)}$$

	$V_t(\text{ton})$
Z1	75,10
Z2	81,35
Z3	125,16
Z4	156,45

Tablo 5.9. 2007 Yönetmeliğine Taşıyıcı Sistemin Her Zemin Cinsi Ve Deprem Bölgesine Göre Taban Kesme Kuvveti

		Deprem Bölgesi			
		I. Derece	II. Derece	III. Derece	IV. Derece
Zemin Cinsi	$V_t(\text{ton})$				
	Z1	287,86	212,77	143,93	75,10
	Z2	306,64	231,55	156,45	81,35
	Z3	506,90	375,48	256,58	125,16
Z4	625,81	469,36	312,90	156,45	

5.4. 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvvetinin Hesabı

Modelin periyot hesabı yapılacak ve sisteminiz betonarme çerçeveli olduğu için C_t değeri 0,007 alınmıştır.

$$T_1 \approx T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0,07 * 15^{3/4} = 0,533 \text{ s}$$

Yapımızı birinci deprem bölgesinde düşünerek, hareketli yük katılım değerini 0,30, etkin yer ivme katsayısını 0,40, binamızın çerçeve betonarme sistem olduğu için $R=4$ ve önem katsayısı $I=1$ olarak kabul ediyoruz.

Spektrum Katsayısı:

Z_1 grup zemin için;

$$S(T) = 2,5 \cdot (T_B / T_1)^{0,8} = 2,5 \cdot (0,3 / 0,53)^{0,80} = 1,58$$

Z_2 grup zemin için;

$$S(T) = 2,5 \cdot (T_B / T_1)^{0,8} = 2,5 \cdot (0,4 / 0,53)^{0,80} = 1,99$$

Z_3 grup zemin için;

$$S(T) = 2,5$$

Z_4 grup zemin için;

$$S(T) = 2,5 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı:

$T_A < T_I$ durumu bütün zemin gruplarında sağlandığı için $R_a(T_I) = R = 4$ kabul edilmiştir.

Birinci Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin guruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde, $A_o=0,40$ değeri ile spektral ivme katsayısı $A(T) = A_o I S(T)$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$A(T) = A_o I S(T)$
Z_1	0,63
Z_2	0,80
Z_3	1,00
Z_4	1,00

Binamızın toplam ağırlı hareketli yük katılım kat sayısı da dikkate alınarak, aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

$$w_{1,2,3,4}=524,53+0,30 \times 71,74= 546,62 \text{ ton}$$

$$w_5=297,95+0,30 \times 71,74 = 319,04 \text{ ton}$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = 4 \times 546,62 + 319,04 = 2503,25 \text{ ton}$$

Modelimize ait zemin gruplarına göre taban kesme kuvvetleri değerleri aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)}$$

	$V_t \text{ (ton)}$
Z1	394,26
Z2	500,62
Z3	625,81
Z4	625,81

İkinci Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin guruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde, $A_0=0,30$ değeri ile spektral ivme katsayısı $A(T) = A_0 I S(T)$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$A(T) = A_0 I S(T)$
Z ₁	0,474
Z ₂	0,60
Z ₃	0,75
Z ₄	0,75

Binamızın toplam ağırlı hareketli yük katılım kat sayısı da dikkate alınarak, aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

$$w_{1,2,3,4}=524,53+0,30 \times 71,74= 546,62 \text{ ton}$$

$$w_5=297,95+0,30 \times 71,74 = 319,04 \text{ ton}$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = 4 \times 546,62 + 319,04 = 2503,25 \text{ ton}$$

Modelimize ait zemin gruplarına göre taban kesme kuvvetleri değerleri aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)}$$

	$V_t(\text{ton})$
Z1	296,63
Z2	375,48
Z3	469,36
Z4	469,36

Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin guruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde, $A_o=0,40$ değeri ile spektral ivme katsayısı $A(T) = A_o I S(T)$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$A(T) = A_o I S(T)$
Z ₁	0,32
Z ₂	0,40
Z ₃	0,50
Z ₄	0,50

Binamızın toplam ağırlı hareketli yük katılım kat sayısı da dikkate alınarak, aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

$$w_{1,2,3,4}=524,53+0,30 \times 71,74= 546,62 \text{ ton}$$

$$w_5=297,95+0,30 \times 71,74 = 319,04 \text{ ton}$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = 4 \times 546,62 + 319,04 = 2503,25 \text{ ton}$$

Modelimize ait zemin gruplarına göre taban kesme kuvvetleri değerleri aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)}$$

	V_t (ton)
Z1	200,26
Z2	250,32
Z3	312,90
Z4	312,90

Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin guruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde, $A_0=0,40$ değeri ile spektral ivme katsayısı $A(T) = A_0 I S(T)$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$A(T) = A_0 I S(T)$
Z ₁	0,16
Z ₂	0,20
Z ₃	0,25
Z ₄	0,25

Binamızın toplam ağırlı hareketli yük katılım kat sayısı da dikkate alınarak, aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

$$w_{1,2,3,4}=318,54+0,30 \times 71,74= 340,10 \text{ ton}$$

$$w_5=246,44+0,30 \times 71,74 = 267,96 \text{ ton}$$

$$W = \sum_{i=1}^N \omega_i = 4 \times 340,10 + 267,96 = 1628,36 \text{ ton}$$

Modelimize ait zemin gruplarına göre taban kesme kuvvetleri değerleri aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)}$$

	V_t (ton)
Z1	100,13
Z2	125,16
Z3	156,45
Z4	156,45

Tablo 5.10. 1997 Yönetmeliğine Taşıyıcı Sistemin Her Zemin Cinsi Ve Deprem Bölgesine Göre Taban Kesme Kuvveti

		Deprem Bölgesi			
		I. Derece	II. Derece	III. Derece	IV. Derece
Zemin Cinsi	Z1	394,26	296,63	200,26	100,13
	Z2	500,62	375,48	250,32	125,16
	Z3	625,81	469,36	312,90	156,45
	Z4	625,81	469,36	312,90	156,45

5.5. 1975 Deprem Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvvetinin Hesabı

Modelin periyodu 1975 yönetmeliğine göre aşağıdaki formüllerden en elverişsiz olana göre hesaplanacaktır.

$$T = \frac{0.09H}{\sqrt{D}} = \frac{0.09 \cdot 15}{\sqrt{20}} = 0,30$$

$$T = (0.07 \sim 0.10) N = 0,1 \times 5 = 0,50$$

Yapımızı yük katılım değerini 0,30, binamızın hafif duvarlı ve çerçevesi betonarme sistem olduğu için $K=1$ ve yapı önem katsayısı $I=1$ olarak kabul ediyoruz.

Spektrum Katsayısı:

I. grup zemin içini;

$$S = \frac{1}{|0.8 + T - T_0|} = \frac{1}{|0.8 + 0,3 - 0,25|} = 1,176$$

$S=1,00$ alınacak.

II. grup zemin içini;

$$S = \frac{1}{|0.8 + T - T_0|} = \frac{1}{|0.8 + 0,3 - 0,42|} = 1,470$$

$S=1,00$ alınacak.

III. grup zemin içini;

$$S = \frac{1}{|0.8 + T - T_0|} = \frac{1}{|0.8 + 0,3 - 0,60|} = 2,00$$

$S=1,00$ alınacak.

IV. grup zemin içini;

$$S = \frac{1}{|0.8 + T - T_0|} = \frac{1}{|0.8 + 0,3 - 0,80|} = 3,33$$

$S=1,00$ alınacak.

Binamızın toplam ağırlı hareketli yük katılım kat sayısı da dikkate alınarak, aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

$$w_{1,2,3,4} = 524,53 + 0,30 \times 71,74 = 546,62 \text{ ton}$$

$$w_5 = 297,95 + 0,30 \times 71,74 = 319,04 \text{ ton}$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = 4 \times 546,62 + 319,04 = 2503,25 \text{ ton}$$

Birinci Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin guruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde $C_o=0,10$ alınarak, taban kesme kuvveti $C=C_o \times K \times S \times I$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$C=C_o \times K \times S \times I$
I. Grup	250,32
II. Grup	250,32
III. Grup	250,32
IV. Grup	250,32

İkinci Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin guruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde $C_o=0,08$ alınarak, taban kesme kuvveti $C=C_o \times K \times S \times I$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$C=C_o \times K \times S \times I$
I. Grup	200,26
II. Grup	200,26
III. Grup	200,26
IV. Grup	200,26

Üçüncü Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin guruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde $C_o=0,06$ alınarak, taban kesme kuvveti $C=C_o \times K \times S \times I$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$C=C_o \times K \times S \times I$
I. Grup	150,19
II. Grup	150,19
III. Grup	150,19
IV. Grup	150,19

Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde:

Bütün zemin guruplarına göre birinci derece deprem bölgelerinde $C_0=0,03$ alınarak, taban kesme kuvveti $C=C_0 \times K \times S \times I$ formülü ile hesaplanarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	$C=C_0 \times K \times S \times I$
I. Grup	75,10
II. Grup	75,10
III. Grup	75,10
IV. Grup	75,10

Tablo 5.11. 1975 Yönetmeliğine Taşıyıcı Sistemin Her Zemin Cinsi Ve Deprem Bölgesine Göre Taban Kesme Kuvveti

		Deprem Bölgesi			
		I. Derece	II. Derece	III. Derece	IV. Derece
Zemin Cinsi	V_i (ton)				
	Z1	250,32	200,26	150,19	75,10
	Z2	250,32	200,26	150,19	75,10
	Z3	250,32	200,26	150,19	75,10
	Z4	250,32	200,26	150,19	75,10

5.6. 1968 Deprem Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvvetinin Hesabı

Modelin periyodu 1968 yönetmeliğine göre aşağıdaki formüle göre hesaplanacaktır.

$$T = \frac{0.09H}{\sqrt{D}} = \frac{0.09.15}{\sqrt{20}} = 0,30 \text{ s}$$

Yapımızı yük katılım değerini 0,50, $T \leq 0,5$ s olduğu için $\gamma = 1$ yapı önem katsayısı $\beta=1$ olarak kabul ediyoruz. Yapının kütlesi aşağıdaki gibi

$$w_{1,2,3,4}=524,53+0,50 \times 71,74= 560,40 \text{ ton}$$

$$w_5=297,95+0,50 \times 71,74 = 333,82 \text{ ton}$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = 4 \times 560,40 + 333,82 = 2575,42 \text{ ton}$$

Olarak hesaplanmıştır.

Birinci Derece Deprem Bölgesi İçin:

Taban kesme kuvveti, birinci dereceden deprem bölgesine göre $C = C_0 \alpha \beta \gamma$ formülü ile $C_0 = 0,06$ alınarak zemin gruplarına aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

I. grup zemin için $\alpha=0,80$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,06 \times 0,80 \times 1 \times 1 = 0,048$$

$$F = C \times W = 0,048 \times 2575,42 = 123,62 \text{ ton}$$

II. grup zemin için $\alpha=1,00$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,06 \times 1,00 \times 1 \times 1 = 0,060$$

$$F = C \times W = 0,060 \times 2575,42 = 154,52 \text{ ton}$$

III. grup zemin için $\alpha=1,20$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,06 \times 1,20 \times 1 \times 1 = 0,072$$

$$F = C \times W = 0,072 \times 2575,42 = 185,43 \text{ ton}$$

İkinci Derece Deprem Bölgesi İçin:

Taban kesme kuvveti, birinci dereceden deprem bölgesine göre $C = C_0 \alpha \beta \gamma$ formülü ile $C_0 = 0,04$ alınarak zemin gruplarına aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

I. grup zemin için $\alpha=0,80$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,04 \times 0,80 \times 1 \times 1 = 0,032$$

$$F = C \times W = 0,032 \times 2574,42 = 82,41 \text{ ton}$$

II. grup zemin için $\alpha=1,00$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,04 \times 1,00 \times 1 \times 1 = 0,040$$

$$F = C \times W = 0,040 \times 2574,42 = 103,01 \text{ ton}$$

III. grup zemin için $\alpha=1,20$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,04 \times 1,20 \times 1 \times 1 = 0,048$$

$$F = C \times W = 0,048 \times 2574,42 = 123,62 \text{ ton}$$

Üçüncü Derece Deprem Bölgesi İçin:

Taban kesme kuvveti, birinci dereceden deprem bölgesine göre $C = C_0 \alpha \beta \gamma$ formülü ile $C_0 = 0,02$ alınarak zemin gruplarına aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

I. grup zemin için $\alpha=0,80$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,02 \times 0,80 \times 1 \times 1 = 0,016$$

$$F = C \times W = 0,016 \times 2574,42 = 42,20 \text{ ton}$$

II. grup zemin için $\alpha=1,00$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,02 \times 1,00 \times 1 \times 1 = 0,020$$

$$F = C \times W = 0,020 \times 2574,42 = 51,50 \text{ ton}$$

III. grup zemin için $\alpha=1,20$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,02 \times 1,20 \times 1 \times 1 = 0,024$$

$$F = C \times W = 0,024 \times 2574,42 = 61,81 \text{ ton}$$

Dördüncü Derece Deprem Bölgesi İçin:

Taban kesme kuvveti, birinci dereceden deprem bölgesine göre $C = C_0 \alpha \beta \gamma$ formülü ile

$C_0 = 0,01$ alınarak zemin gruplarına aşağıda ki gibi hesaplanmıştır.

I. grup zemin için $\alpha=0,80$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,01 \times 0,80 \times 1 \times 1 = 0,008$$

$$F = C \times W = 0,008 \times 2574,42 = 21,10 \text{ ton}$$

II. grup zemin için $\alpha=1,00$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,01 \times 1,00 \times 1 \times 1 = 0,010$$

$$F = C \times W = 0,010 \times 2574,42 = 25,75 \text{ ton}$$

III. grup zemin için $\alpha=1,20$;

$$C = C_0 \alpha \beta \gamma = 0,01 \times 1,20 \times 1 \times 1 = 0,012$$

$$F = C \times W = 0,012 \times 2574,42 = 30,90 \text{ ton}$$

Tablo 5.12. 1968 Yönetmeliğine Taşıyıcı Sistemin Her Zemin Cinsi Ve Deprem Bölgesine Göre Taban Kesme Kuvveti

V_t (ton)		Deprem Bölgesi			
		1	2	3	4
Zemin Grubu (Cinsi)	I (Z1)	123,62	84,41	42,20	21,10
	II (Z2, Z3)	154,52	103,01	51,50	25,75
	III (Z4)	185,43	123,62	61,81	30,90

5.7. 1962 Deprem Yönetmeliğine Göre Taban Kesme Kuvvetinin Hesabı

Modelin periyodu 1968 yönetmeliğine Bina yüksekliğimiz 15,00 mt olduğu için C_0 değerimiz 0,06 olarak alınmış ve sistemin taban kesme kuvveti aşağıda ki formüle göre hesaplanmıştır.

$$C = C_0 \cdot n_1 \cdot n_2$$

$$H = C \cdot (G + n \cdot P)$$

Yapının kütlesi aşağıdaki gibi

$$w_{1,2,3,4} = 524,53 + 0,30 \times 71,74 = 560,04$$

$$w_5 = 297,95 + 0,5 \times 71,74 = 333,82$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = 4 \times 560,04 + 333,85 = 2575,42 \text{ ton}$$

Olarak hesaplanmıştır.

Birinci Derece Deprem Bölgesi İçin:

Taban kesme kuvveti, birinci dereceden deprem bölgesine için $n_2=1,00$ alınmış ve

I. grup zemin için $n_1=0,80$;

$$C = C_0 \cdot n_1 \cdot n_2 = 0,06 \times 0,8 \times 1,00 = 0,048$$

$$H = C \cdot (G + n \cdot P) = 0,048 \times 2575,42 = 123,62 \text{ ton}$$

II. grup zemin için $n_1=0,90$;

$$C = C_0 \cdot n_1 \cdot n_2 = 0,06 \times 0,9 \times 1,00 = 0,054$$

$$H = C \cdot (G + n \cdot P) = 0,054 \times 2574,42 = 139,07 \text{ ton}$$

III. grup zemin için $n_1=1,00$;

$$C = C_0 \cdot n_1 \cdot n_2 = 0,06 \times 1,00 \times 1,00 = 0,060$$

$$H = C \cdot (G + n \cdot P) = 0,060 \times 2575,42 = 154,52 \text{ ton}$$

İkinci Derece Deprem Bölgesi İçin:

Taban kesme kuvveti, birinci dereceden deprem bölgesine için $n_2=0,80$ alınmış ve

I. grup zemin için $n_1=0,80$;

$$C = C_0 \cdot n_1 \cdot n_2 = 0,06 \times 0,8 \times 0,8 = 0,038$$

$$H = C \cdot (G + n \cdot P) = 0,038 \times 2575,42 = 98,90 \text{ ton}$$

II. grup zemin içini $n_1=0,90$;

$$C = Co.n_1.n_2 = 0,06 \times 0,9 \times 0,80 = 0,043$$

$$H = C.(G+n.P) = 0,043 \times 2574,42 = 111,26 \text{ ton}$$

III. grup zemin içini $n_1=1,00$;

$$C = Co.n_1.n_2 = 0,06 \times 1,00 \times 0,80 = 0,048$$

$$H = C.(G+n.P) = 0,048 \times 2575,42 = 123,62 \text{ ton}$$

Üçüncü Derece Deprem Bölgesi İçin:

Taban kesme kuvveti, ikinci dereceden deprem bölgesine için $n_2=0,60$ alınmış ve

I. grup zemin içini $n_1=0,80$;

$$C = Co.n_1.n_2 = 0,06 \times 0,8 \times 0,60 = 0,029$$

$$H = C.(G+n.P) = 0,029 \times 2575,42 = 74,68 \text{ ton}$$

II. grup zemin içini $n_1=0,90$;

$$C = Co.n_1.n_2 = 0,06 \times 0,9 \times 0,60 = 0,0324$$

$$H = C.(G+n.P) = 0,0324 \times 2575,42 = 83,44 \text{ ton}$$

III. grup zemin içini $n_1=1,00$;

$$C = Co.n_1.n_2 = 0,06 \times 1,00 \times 0,60 = 0,036$$

$$H = C.(G+n.P) = 0,036 \times 2575,42 = 92,71 \text{ ton}$$

Dördüncü Derece Deprem Bölgesi İçin:

Taban kesme kuvveti, ikinci dereceden deprem bölgesine için $n_2=0,40$ alınmış ve

I. grup zemin içini $n_1=0,80$;

$$C = Co.n_1.n_2 = 0,06 \times 0,8 \times 0,40 = 0,019$$

$$H = C.(G+n.P) = 0,019 \times 2575,42 = 49,45 \text{ ton}$$

II. grup zemin içini $n_1=0,90$;

$$C = Co.n_1.n_2 = 0,06 \times 0,9 \times 0,40 = 0,021$$

$$H = C.(G+n.P) = 0,021 \times 2575,42 = 55,63 \text{ ton}$$

III. grup zemin için $n_1=1,00$;

$$C = C_0 \cdot n_1 \cdot n_2 = 0,06 \times 1,00 \times 0,40 = 0,024$$

$$H = C \cdot (G + n \cdot P) = 0,024 \times 2575,42 = 61,81 \text{ ton}$$

Tablo 5.13. 1962 Yönetmeliğine Taşıyıcı Sistemin Her Zemin Cinsi Ve Deprem Bölgesine Göre Taban Kesme Kuvveti

V_t (ton)		Deprem Bölgesi			
		1	2	3	4
Zemin Grubu (Cinsi)	I (Z1)	123,62	98,90	74,68	49,45
	II (Z2, Z3)	139,07	111,26	83,44	55,63
	III (Z4)	154,52	123,62	92,71	61,81

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Simetrik betonarme çerçevesi; bir zemin, dört normal katlı modelimize ait taban kesme kuvveti ülkemizde geçmişten günümüze kadar yayınlanan deprem yönetmeliklerine göre tüm deprem bölgeleri ve zemin grupları için hesaplanmış ve bulunan sonuçlar bu bölümde aynı deprem bölgesi için tüm zemin gruplarına göre kıyaslanarak mütalaa edilmiştir.

Binamız için yapılan taban kesme kuvveti hesapları neticesinde, 1975 yönetmeliğine göre hesaplanan taban kesme kuvveti değerleri tüm zemin grupları için eşit çıkmıştır. Buda zemin grubunun taban kesme kuvveti hesabına etki etmediğinin göstergesidir. Böyle bir sonuca yalnızca 1975 yönetmeliği ile yapılan hesaplarda karşılaşılmamasının sebebi ise bütün zemin gruplarına ait hesap edilen Spektrum (S) değerinin 1,00 olarak bulunmasıdır. Aşağıda Spektrum (S) fonksiyonu, bütün zemin grupları için irdelenecek olup, zemin gruplarının neden sonuca etki etmediği anlaşılmaya çalışılacaktır.

$$S = \frac{1}{|0.8 + T - T_0|}$$

S değeri maksimum 1,00 olacağına göre bu ifade $1 \geq \frac{1}{|0.8 + T - T_0|}$ şeklinde

yazılabilir.

$$|0.8 + T - T_0| \geq 1$$

Mutlak değeri fonksiyonun açılması ile

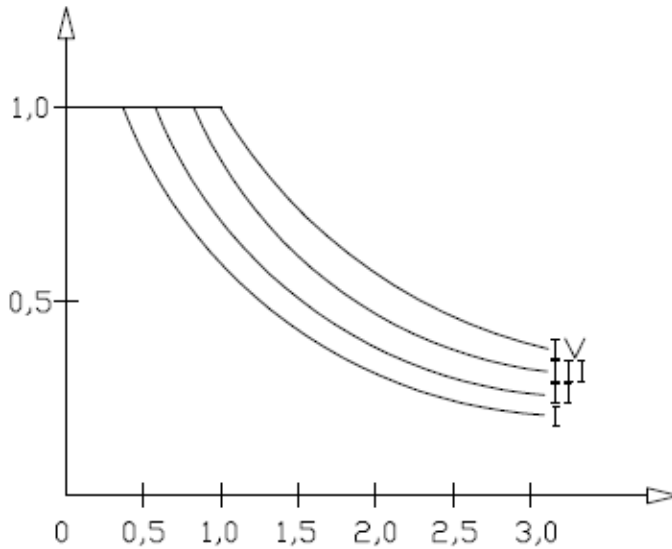
$1 < 0.8 + T - T_0 < -1$ eşitsizliği elde edilir.

I. Grup zeminler için $T_0=0,25$ olduğuna göre bu değer denklemde yerine yazılarak $1 < 0,8 + T - 0,25 < -1$ ifadesi bulunur. Gerekli işlemlerinin yapılması ile I. grup zeminlerde ki yapılarda $S=1,00$ değerini verecek doğal titreşim periyodu aralığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$0,45 < T < -1,45$$

Doğal titreşim periyodu binalar için 0'dan küçük değer alamayacağına göre bu ifade $T > 0,45$ olarak yazılabilir. Bu itibarla 1975 yönetmeliğine göre yapılan hesap usulleri neticesinde, doğal titreşim periyodu 0,45 ten küçük olan yapılarda I. Grup zeminler için Spektrum (S) değeri 1,00 olarak hesaplanır.

Aynı işlemlerin diğer zemin grupları içinde yapılması neticesinde, Spektrum (S) değerinin 1,00'dan küçük çıkması için; II. Grup Zemin için ($T_0=0,42$) $T > 0,62$, III. Grup Zemin için ($T_0=0,60$) $T > 0,80$, IV. Grup Zemin için ($T_0=0,80$) $T > 1,00$ olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.1'de bu değerlere ilişkin Spektrum (S) fonksiyonuna ait grafikler çizilerek sonuçlar burda daha açık olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.1. 1975 Yönetmeliği, zemin gruplarına ilişkin spektrum eğrileri

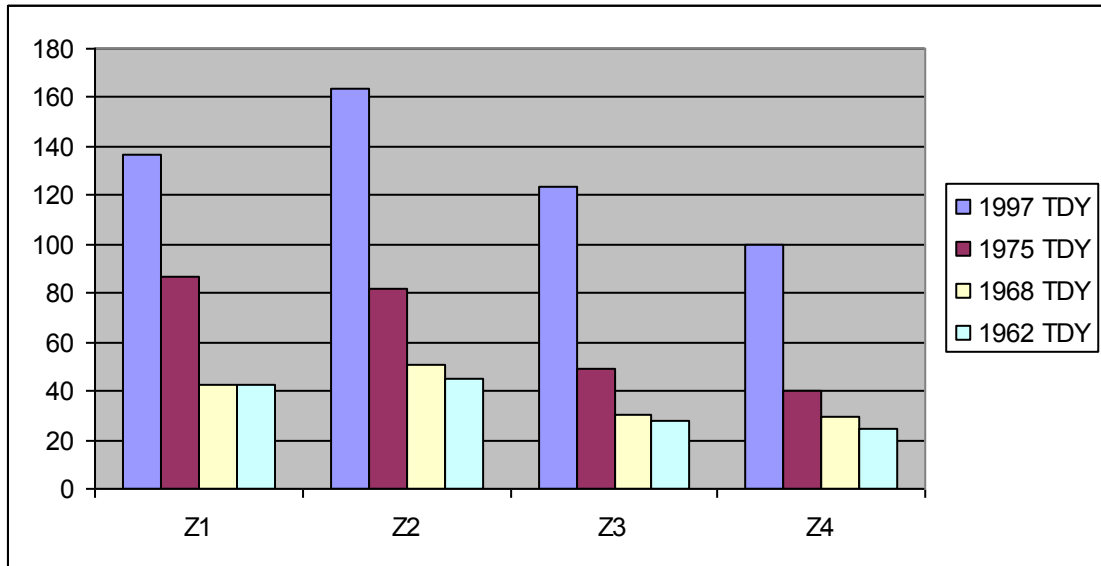
Bölüm 5'de her deprem bölgesine göre ayrı ayrı hesaplanan sonuçlar aşağıda ki tablolarda irdelenmiş ve grafik üzerinde aralarında ki bağıntı yüzde oranında gösterilmiştir.

Tablo 6.1. Birinci derece deprem bölgesinde tüm zemin türlerine göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri

V_t (ton)		Hesap yapılan Deprem Yönetmeliği yılı				
		2007	1997	1975	1968	1962
Zemin Cinsi	Z1	287,86	394,26	250,32	123,62	123,62
	Z2	306,64	500,62	250,32	154,52	139,07
	Z3	506,9	625,81	250,32	154,52	139,07
	Z4	625,81	625,82	250,32	185,43	154,52

Tablo 6.2. Birinci derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları

V_t (%)		Hesap yapılan Deprem Yönetmeliği yılı			
		1997	1975	1968	1962
Zemin Cinsi	Z1	136,96	86,96	42,94	42,94
	Z2	163,26	81,63	50,39	45,35
	Z3	123,46	49,38	30,48	27,44
	Z4	100,00	40,00	29,63	24,69



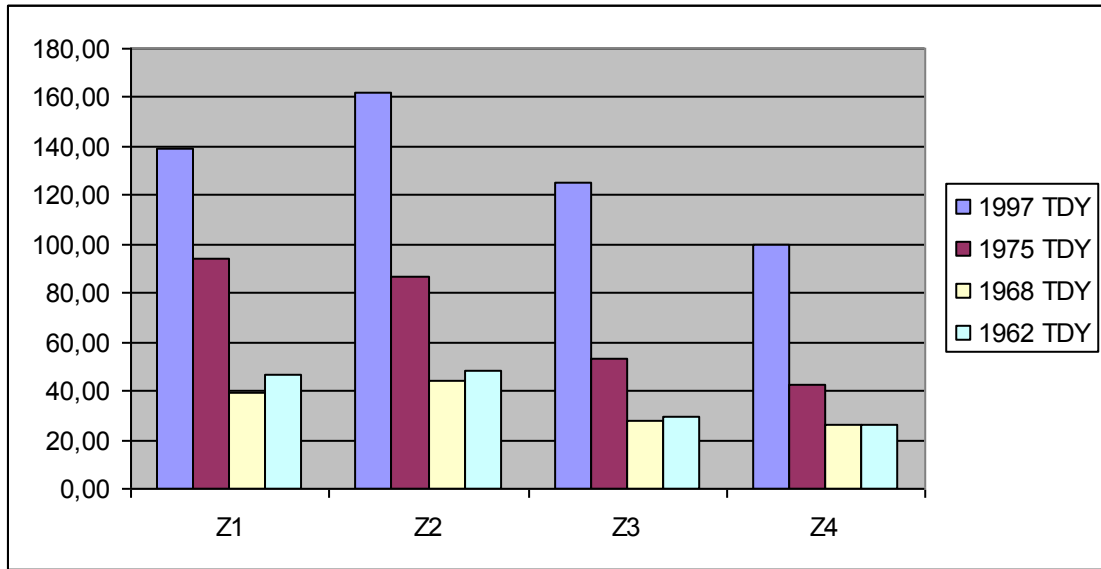
Şekil 6.2. Birinci derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları

Tablo 6.3. İkinci derece deprem bölgesinde tüm zemin türlerine göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri

V_t		Hesap yapılan Deprem Yönetmeliği yılı				
		2007	1997	1975	1968	1962
Zemin Cinsi	Z1	212,77	296,63	200,26	84,41	98,90
	Z2	231,55	375,48	200,26	103,01	111,26
	Z3	375,48	469,36	200,26	103,01	111,26
	Z4	469,36	469,36	200,26	123,62	123,62

Tablo 6.4. İkinci derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları

V_t (%)		Hesap yapılan Deprem Yönetmeliği yılı			
		1997	1975	1968	1962
Zemin Cinsi	Z1	139,41	94,12	39,67	46,48
	Z2	162,16	86,49	44,49	48,05
	Z3	125,00	53,33	27,43	29,63
	Z4	100,00	42,67	26,34	26,34



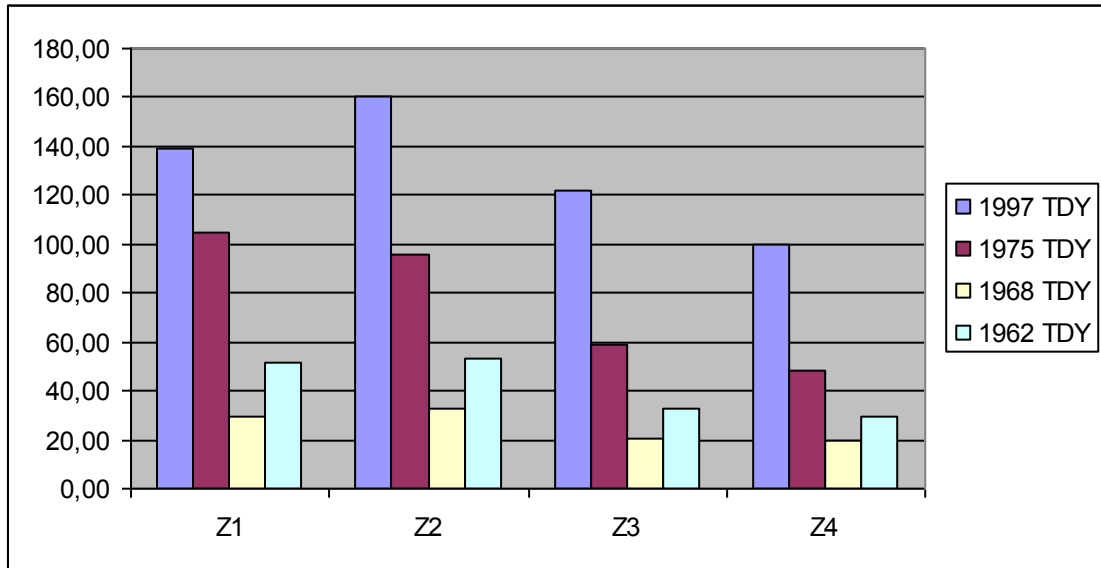
Şekil 6.3. İkinci derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları

Tablo 6.5. Üçüncü derece deprem bölgesinde tüm zemin türlerine göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri

V_t		Hesap yapılan Deprem Yönetmeliği yılı				
		2007	1997	1975	1968	1962
Zemin Cinsi	Z1	143,93	200,26	150,19	42,2	74,68
	Z2	156,45	250,32	150,19	51,5	83,44
	Z3	256,58	312,9	150,19	51,5	83,44
	Z4	312,9	312,9	150,19	61,81	92,71

Tablo 6.6. Üçüncü derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları

V_t (%)		Hesap yapılan Deprem Yönetmeliği yılı			
		1997	1975	1968	1962
Zemin Cinsi	Z1	139,14	104,35	29,32	51,89
	Z2	160,00	96,00	32,92	53,33
	Z3	121,95	58,54	20,07	32,52
	Z4	100,00	48,00	19,75	29,63



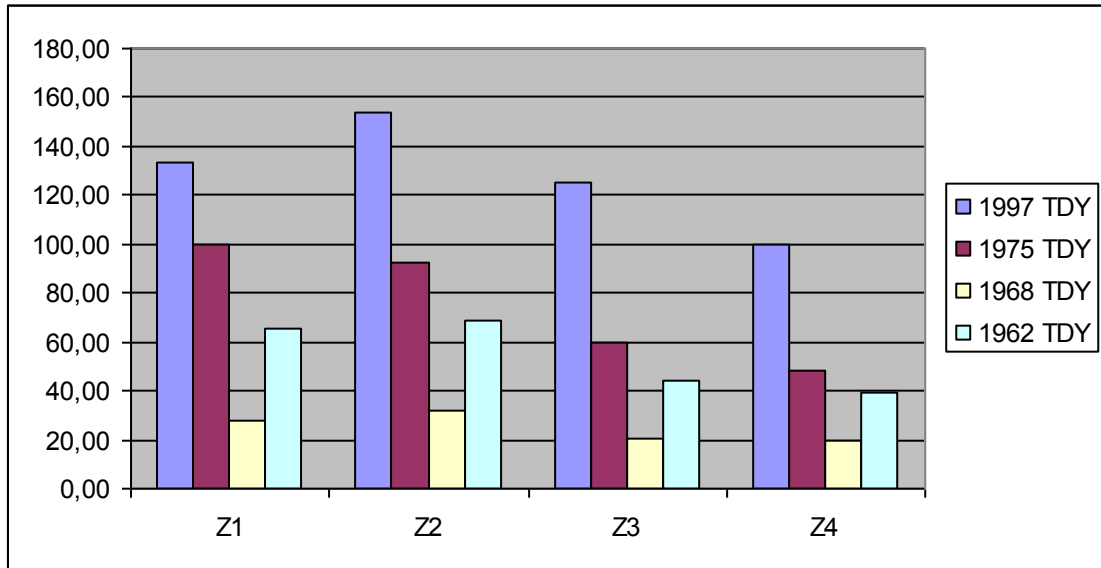
Şekil 6.4. Üçüncü derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları

Tablo 6.7. Dördüncü derece deprem bölgesinde tüm zemin türlerine göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri

V_t		Hesap edilen Deprem Yönetmeliği Yılı				
		2007	1997	1975	1968	1962
Zemin Cinsi	Z1	75,1	100,13	75,1	21,10	49,45
	Z2	81,35	125,16	75,1	25,75	55,63
	Z3	125,16	156,45	75,1	25,75	55,63
	Z4	156,45	156,45	75,1	30,90	61,81

Tablo 6.8. Dördüncü derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları

V_t (%)		Hesap yapılan Deprem Yönetmeliği yılı			
		1997	1975	1968	1962
Zemin Cinsi	Z1	133,33	100,00	28,10	65,85
	Z2	153,85	92,32	31,65	68,38
	Z3	125,00	60,00	20,57	44,45
	Z4	100,00	48,00	19,75	39,51



Şekil 6.5. Dördüncü derece deprem bölgesinde, diğer yönetmeliklerle hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin 2007 yönetmeliğine göre yüzde (%) olarak oranları

Hesaplanan sonuçlar neticesinde; birinci derece deprem bölgesi için 1962 ve 1968 yönetmelikleri ile dört zemin grubuna göre tasarlanan yapıların taban kesme kuvveti açısından yetersiz olduğu görülmektedir. 1975 yönetmeliğine göre Z₁ ve Z₂ zemin

grupları için tasarlanan yapıların hesabına esas taban kesme kuvvetleri 2007 yönetmeliğine nispeten yaklaşık değerler teşkil etmesi sebebiyle sakınca olmadığı söylenebilir. 1975 yönetmeliğine göre Z_3 ve Z_4 zemin türlerinde bulunan yapıların büyük ölçüde yetersiz olacağı aşikârdır. İkinci ve üçüncü derece deprem bölgelerinin de incelenmesi neticesinde benzer tespitler yapılmıştır. Yalnızca yaptığımız kabuller neticesinde 4. derece deprem bölgesinde bütün yönetmeliklerin haricinde 1968 yönetmeliği çerçevesinde bulunan değerler bütün zemin grupları için yetersiz kalırken 1962 ve 1975 yönetmelikleri ile hesaplanan değerler sadece Z_3 ve Z_4 zemin grupları için yetersiz kalmıştır.

Bu itibarla, şiddetli bir deprem meydana gelmesi durumunda en ağır hasarlar Z_3 ve Z_4 türü zemin gruplarında oturan ve 1997 yılından önce projelendirilen yapılarda oluşacağı ve büyük oranda can ve mal kaybına sebep verebileceği söylenebilmektedir. Söz konusu deprem esnasında ise can ve mal kayıplarının Z_1 ve Z_2 zemin gruplarında bulunan ve 1975 yılından önce tasarlanan yapılarda oluşması muhtemel iken 1975 yılından sonra tasarlanan yapıların bir risk oluşturmadığı söylenebilir.

6.2. Öneriler

Önceki bölümlerimizde belirttiğimiz gibi deprem afetinin bir belirti göstermeden hasıl olması sebebiyle bir çok can ve mal kaybının meydana geldiğinden bahsedilmiştir. Bunun için depreme dayanıklı yapıların tasarlanması gerekmekte ve mevcut yapıların ise beklenen bir deprem afetine karşı gerekli ölçeklerde güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma ile bir deprem bölgesinde bulunan ve yönetmelikler çerçevesinde tasarlanarak inşa edilen yapıların bir deprem afeti geçirmeden bu denli bir afete ne kadar hazır olduğu anlaşabilmekte ve bu yapılar için güçlendirme çalışmasının gerekip gerekmediği konusunda bir kriter elde edilebilmektedir. Örneğin birinci derece deprem bölgesinde ki bir yerleşim alanında beklenen bir deprem afeti için; bu yerleşim yerindeki yapılara ait öncelikle hangi yönetmeliğe göre tasarlandığı ve hangi tip zemin üzerinde bulunduğunun belirlenerek ne kadar risk taşıdığı tespit edilebilir ve bu itibarla güçlendirme gerekip gerekmediği hakkında fikir alınabilir.

İstanbul gibi Türkiye'nin en büyük metropol kentinde bulunan yapılara ait bu temel bilgiler çıkarılabilir ve öncelikli olarak hangi yapıların güçlendirilmesine karar verilerek bölgesel yada genel olarak "İstanbul İlinde Bulunan Yapıların Güçlendirilmesi Master Planları" hazırlanabilir. Bu kapsamda, Z_3 ve Z_4 türü zemin gurubu teşkil eden yerleşim yerlerinde ki 1997 yılından önce tasarlanmış yapılara, daha sonra Z_1 ve Z_2 türü zemin gurubu teşkil eden bölgelerde ki 1975 yılından önce tasarlanmış yapılara öncelik verilerek güçlendirme faaliyetlerine başlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Bayındırlık ve İskan bakanlığı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Ankara, 2007
- [2] Bayındırlık ve İskan bakanlığı, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara, 1997
- [3] Bayındırlık ve İskan bakanlığı, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara, 1975
- [4] Bayındırlık ve İskan bakanlığı, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara, 1968
- [5] Bayındırlık ve İskan bakanlığı, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara, 1962
- [6] ÇELEP, Z., KUMBASAR.N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2004
- [7] ÇELEP, Z., KUMBASAR.N., Yapı Dinamiği, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2001
- [8] CHOPRA A.K., Dynamics Of Structures , University Of California, Berkeley, 1995

ÖZGEÇMİŞ

Emre KARA, 04.11.1984'te Hatay'da doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini İstanbul'da, yüksek öğrenimini Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde 2006 yılında tamamlamış olup, 2006 yılından beri İstanbul Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı bünyesinde kontrol mühendisi olarak çalışmaktadır.