

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2018
YATAY KUVVETLER ALTINDA HESAP
EŞ DEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ

Dr. Barış SEVİM
Yıldız Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı ABD

YTÜ İNŞAAT FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ YAPI ANABİLİM DALI
2020-2021 ÖĞRETİM YILI GÜZ YARIYILI BETONARME YAPI TASARIMI

ÖĞRENCİ NUMARASI	H	G	F	E	D	C	B	A	ADI	
									SOYADI	

Kat yüksekliği (h) : 300 cm
 Kat Sayısı (tek numaralı öğrenciler) : Zemin + 2 normal kat
 Kat Sayısı (çift numaralı öğrenciler) : Zemin + 3 normal kat
 Yapının kullanım amacı : Konut

a= (500+A+C) cm
 b= (440+B+C) cm
 c= (500+A+B+C) cm

	Yapının Koordinatları	Malzeme	Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Emniyet Gerilmesi
Çift Numaralı Öğrenciler	E:41.024395, B:28.887098	C30/B420C	ZD	(240+A+B+C)
Tek Numaralı Öğrenciler	E:41.057070, B:29.010598	C25/B420C	ZC	(280+A+B+C)

> Dış duvarlar delikli tam tuğla (19 cm), iç duvarlar delikli yarım tuğla (13.5 cm) ve merdiven çevresi duvarları ise düşey taşıyıcı dolu tam tuğla (19 cm) kalınlığında olacaktır. Balkon ve merdiven sahanlığı hariç tüm katlarda asma tavan yapılacaktır.

> Ara sahanlık duvar tarafından taşınmaktadır. Kat sahanlığı kısa doğrultuda kirişlerden bağımsızdır.

> Planda kolon yerleri belirtilmiş, ancak sembolik olarak gösterilmiştir. Kolon boyutları ve doğrultuları öğrenciler tarafından belirlenecek, kat kalıp planı mimari plan dikkate alınarak öğrenciler tarafından oluşturulacaktır.

Şekilde mimari planları verilen işyeri binasının taşıyıcı sistemi tasarlanarak statik ve betonarme hesabı yapılacaktır. Hesap ve çizim sırası aşağıda verilmiştir. Parantez içinde her madde ile ilgili açıklamalar ve en son onay tarihleri belirtilmiştir.

- 1) Taşıyıcı sistem oluşturularak kat kalıp planının çizilmesi (16.10.2020)
- 2) Döşeme hesapları, donatıların kalıp planına işlenmesi (23.10.2020)
- 3) Kolon ve kirişlerin ön boyut hesapları (30.10.2020)
- 4) Merdiven statik ve betonarme hesabı (06.11.2020)
- 5) Zemin Kat tavanı 2-2 aksı düzlem kat çerçevesinin düşey yüklere göre statik hesabı (20.11.2020)

04.12.2020 TARİHİNE KADAR İLK 5 MADDE İLE İLGİLİ TÜM HESAPLARIN EKSİKSİZ TAMAMLANDIĞINA DAİR ARA ONAY ALINACAKTIR. AKSİ HALDE ÖĞRENCİ "BAŞARISIZ" SAYILACAK VE PROJEYE DEVAM EDEMEYECEKTİR.

- 6) Yapının yatay yüklere (deprem) göre hesabı (11.12.2020)
- 7) Zemin Kat tavanı 2-2 aksı kiriş betonarme hesapları (18.12.2020)
- 8) 2-2 ve C-C akslarının kesiminde bulunan kolonun (Zemin Kat ve 1.Kat) betonarme hesabı, kolonun kirişlerden güçlü olma koşulunun kontrolü, kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği kontrolü (25.12.2020)
- 9) Temel hesapları (31.12.2020)
- 10) Çizimler (08.01.2021)

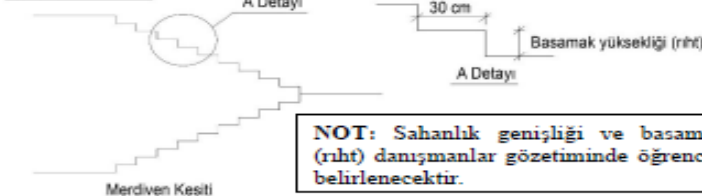
- Döşeme kalıp ve donatı planı (0:1/50)
- Zemin kat kolon aplikasyon planı ve kolon detayları (0:1/50 - 1/20)
- Merdiven detayları (0:1/20)
- Kiriş detayları (0:1/20)
- Temel kalıp planı (0:1/50)
- Temel detayları (0:1/20)

NOTLAR:

1-Hesap aşamalarının hiçbir evresinde herhangi bir paket program (Excel, Sap 2000, Etabs, Sta4cad, Probina, tek ve çift doğrultuda bileşik eğilme hesabına yönelik yazılımlar, Idecad vs. kesinlikle kullanılmayacaktır.

2-Bir yazılı ara sınav bir de yazılı yarıyıl sonu sınavı yapılacaktır. Yazılı ara sınavın geçme notuna katkısı %40, yazılı yarıyıl sonu sınavının ise geçme notuna katkısı %40 olacaktır. Ayrıca proje tesliminde sözlü sınav da yapılacak ve katkısı %20 olacaktır. NOT: Pandemi nedeniyle üniversite senatosunun değerlendirme kriterlerini değiştirmesi durumunda sizlere bilgi verilecektir.

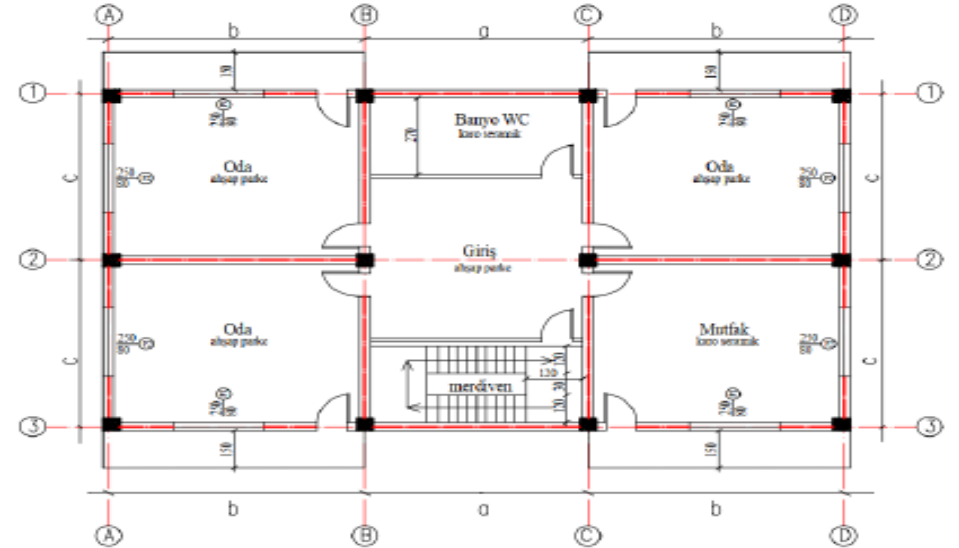
MERDİVEN DETAYI



NOT: Sahanlık genişliği ve basamak yüksekliği (rht) danışmanlar gözetiminde öğrenciler tarafından belirlenecektir.

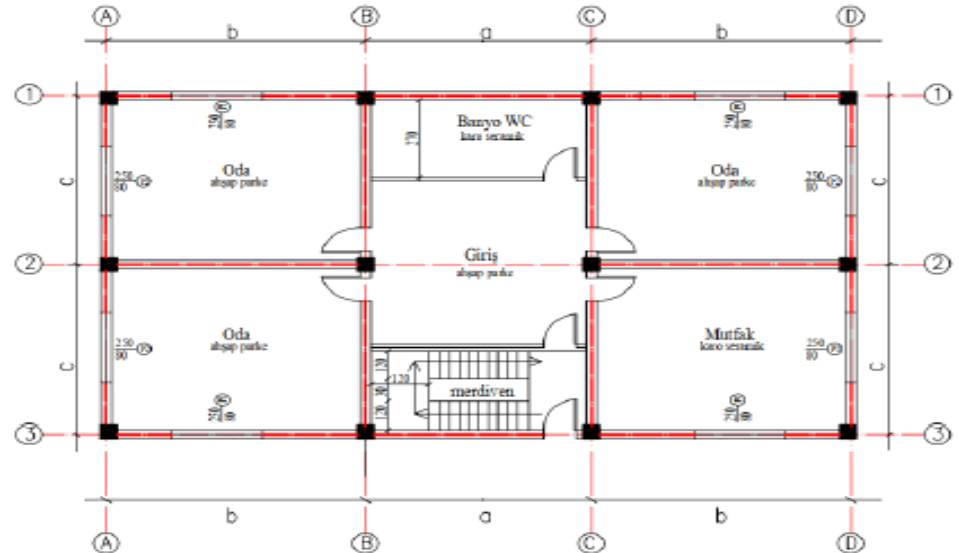
**BAŞARILAR
YAPI ANABİLİM DALI**

YTÜ İNŞAAT FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ YAPI ANABİLİM DALI
2020-2021 ÖĞRETİM YILI GÜZ YARIYILI BETONARME YAPI TASARIMI



Normal Kat Planı

YTÜ İNŞAAT FAK. İNŞAAT MÜH. BÖLÜMÜ YAPI ANABİLİM DALI
2020-2021 ÖĞRETİM YILI GÜZ YARIYILI BETONARME YAPI TASARIMI



Zemin Kat Planı

Dr. Barış SEVİM

YTÜ İNŞAAT FAK. İNŞAAT MÜH. BÖLÜMÜ YAPI ANABİLİM DALI
2017-2018 ÖĞRETİM YILI BAHAR YARIYILI BETONARME YAPI TASARIMI

ÖĞRENCİ NUMARASI	H	G	F	E	D	C	B	A	AD	
									SOYAD	

Kat yüksekliği (h) : 300 cm
Kat sayısı (tek numaralı öğrenciler) : Zemin + 3 normal kat
Kat sayısı (çift numaralı öğrenciler) : Zemin + 4 normal kat
Yapının kullanım amacı : İş yeri

$$\begin{aligned}a &= (525+2B+A) \text{ cm} \\b &= (430+C+A) \text{ cm} \\c &= (405+2B+C) \text{ cm} \\d &= (450+A+3B) \text{ cm} \\e &= (305+2A+C) \text{ cm}\end{aligned}$$

	DEPREM BÖLGESİ	MALZEME	YEREL ZEMİN SINIFI	ZEMİN GRUBU	ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ
Tek Numaralı Öğrenciler	I	C25/S420	Z1	A	$(235+2A+B)$
Çift Numaralı Öğrenciler	II	C20/S420	Z2	B	$(225+A+2B)$

1.2.1 – Bu Yönetmeliğe göre deprem etkisi altında yeni binaların tasarımında ve mevcut binaların değerlendirilmesinde esas alınacak **deprem yer hareketi düzeyleri** Bölüm 2’de tanımlanmıştır. Bu deprem yer hareketi düzeylerine karşı gelen deprem etkileri, 22/01/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan **Türkiye Deprem Tehlike Haritaları** ile tanımlanmıştır.

1.2.2 – Bu Yönetmeliğe göre **deprem etkisi altında yeni binaların tasarımında** ve mevcut binaların değerlendirilmesinde **esas alınacak Bina Performans Hedefleri ile Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)** Bölüm 3’te tanımlanmıştır.

3.1. BİNA KULLANIM SINIFLARI VE BİNA ÖNEM KATSAYILARI

3.1.1. Bina Kullanım Sınıfları

3.2’de tanımlanan *Deprem Tasarım Sınıfları*’nın belirlenmesine esas olmak üzere *Bina Kullanım Sınıfları* (BKS), binaların kullanım amaçlarına bağlı olarak Tablo 3.1’de tanımlanmıştır.

3.1.2. Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfları’na bağlı olarak *Bina Önem Katsayıları* Tablo 3.1’de tanımlanmıştır.

Tablo 3.1 – Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

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

3.2. DEPREM TASARIM SINIFLARI

3.1.1’de tanımlanan *Bina Kullanım Sınıfları*’na ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için 2.3.2.2’de tanımlanan *Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı*’na bağlı olarak, bu Yönetmelik’te deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak *Deprem Tasarım Sınıfları* (DTS), Tablo 3.2’ye göre belirlenecektir.

Tablo 3.2 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

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

ACIKLAMA:

2007 Yönetmeliğinde **Bina Kullanım Amacı veya Türüne** bağlı olarak verilen Bina Önem Katsayısı (I),

2018 yönetmeliğinde, Bina Kullanım Sınıfı eklenerek ifade edilmiştir.

BYT Kapsamında konut, işyeri vb gibi yapıların BİNA KULLANIM SINIFI BKS=3; Bina Önem Katsayısı (I) 1.0’dir.

3.3.2. Bina Yükseklik Sınıfları

3.3.2.1 – Deprem etkisi altında tasarımda binalar yükseklikleri bakımından sekiz *Bina Yükseklik Sınıfı*'na (BYS) ayrılmıştır. Bu sınıflara giren binalar için 3.3.1.3 esas alınarak tanımlanan yükseklik aralıkları, Tablo 3.2'deki *Deprem Tasarım Sınıfları*'na bağlı olarak Tablo 3.3'te verilmiştir.

3.3.2.2 – Tablo 3.3'te $BYS = 1$ olarak belirtilen binalar Bölüm 13'e göre *yüksek binalar* olarak sınıflandırılacaktır.

Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

ACIKLAMA:

BYT Kapsamında konut, işyeri vb gibi yapıların **BİNA KULLANIM SINIFI** BKS=3; Bina Önem Katsayısı (I) 1.0'dir.

Buna bağlı olarak Yapımızın Deprem Tasarım Sınıfı (DTS), DTS=1, 2, 3, 4 olabilir.

(1,2,3,4 değerleri, DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_d) bağlı olarak karar verilecektir.)

BYT kapsamında seçilen binalar Zemin +2 (en az) veya Zemin + 5 (en fazla) olduğu için Bina Yükseklik Sınıfı Tablo 3.3'te $BYS= 5, 6, 7$ olabilir.

(Bina Kat Yüksekliği 3 m olarak dikkate alınırsa)

BÖLÜM 2- DEPREM YER HAREKETİ

2.1. DEPREM TEHLİKE HARİTALARI

2.1.1 – Binaların deprem etkisi altında tasarımında esas alınacak deprem yer hareketlerine ilişkin veriler bu Bölüm’de tanımlanmıştır.

2.1.2 – 2.2’de tanımlanan dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için deprem verileri, 22/01/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ile tanımlanmıştır. Bu haritalara

<https://tdth.afad.gov.tr/>

adresli internet sitesinden erişilebilir.

2.2. DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYLERİ

Bu Yönetmelik kapsamında aşağıda belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır.

2.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

2.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

2.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)

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

ACIKLAMA:

2007 Yönetmeliğinde
depremler aşılma
olasılıklarına bağlı olarak

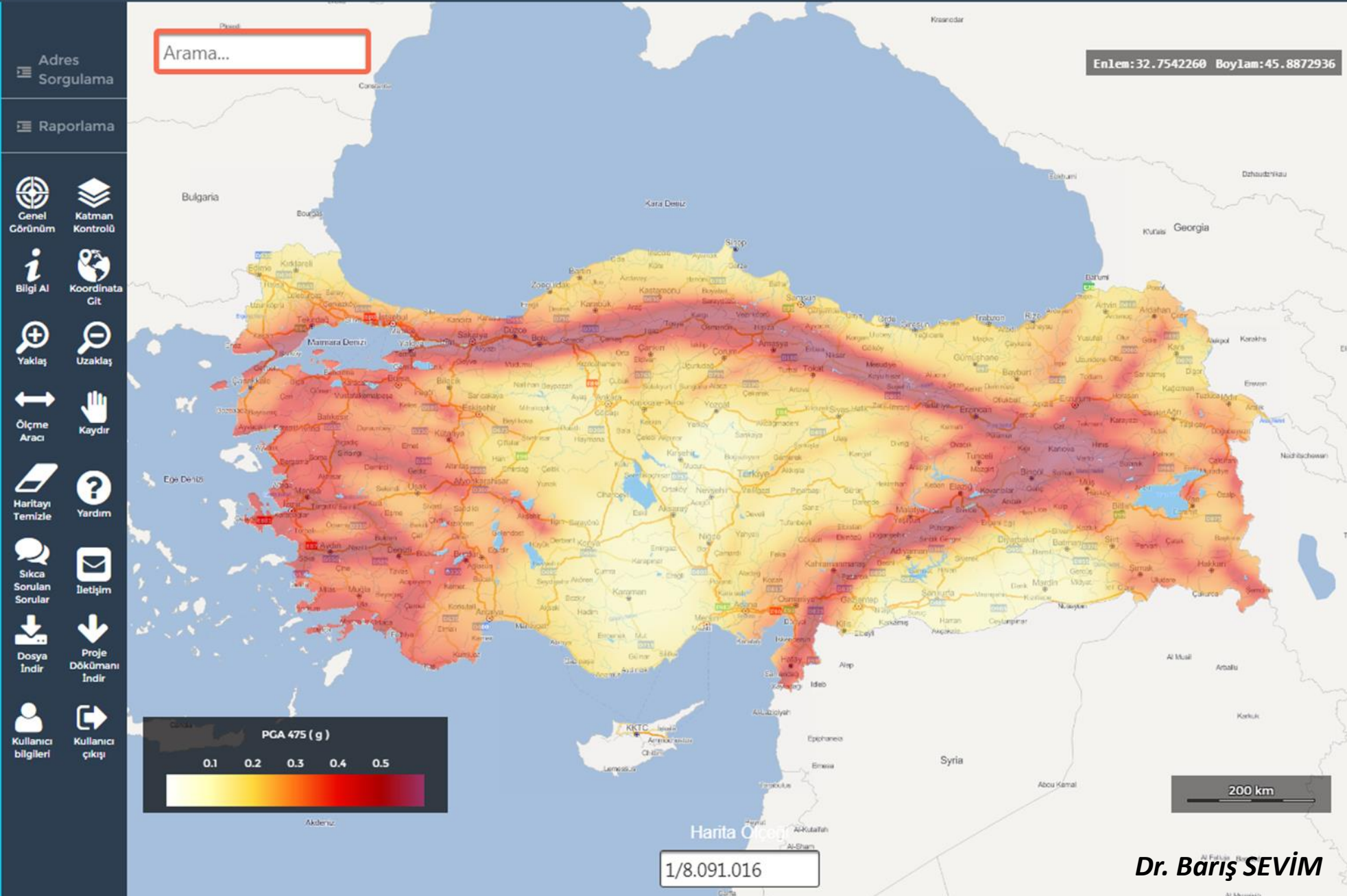
Aşılma olasılığı 50 yılda %2

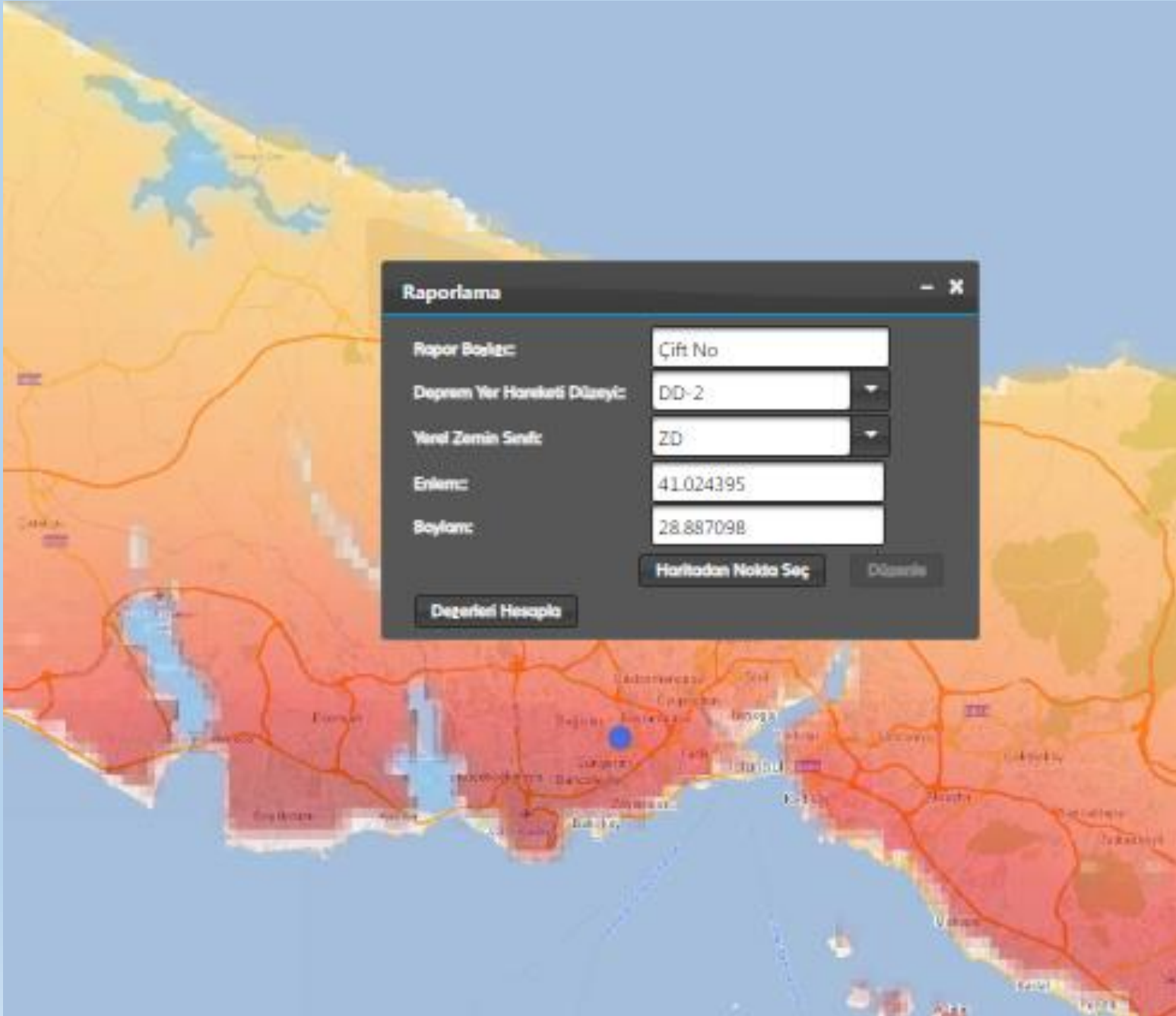
Aşılma Olasılığı % 50 yılda
10 (Tasarımda Kullanılan)

Aşılma Olasılığı 50 yılda
%50

2018 Yönetmeliğinde

DD-2 Deprem Yer Hareketi,
spektral büyüklüklerin 50 yılda
aşılma olasılığının %10 ve
buna karşı gelen tekrarlanma
periyodunun 475 yıl olduğu
seyrek deprem yer hareketini
nitelemektedir. Bu deprem yer
hareketi, standart tasarım
deprem yer hareketi olarak da
adlandırılmaktadır.





GİRİŞ

E-DEVLET

ÜZERİNDEN

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

[Özet Raporu Göster](#) [Yazdır](#)

Rapor Başlığı:	Çift No
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	41.024395°
Boylam	28.87098°

Çıktılar

$S_S = 0.984$ $S_1 = 0.273$ $PGA=0.405$ $PGV=24.952$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Tasarım Spektral İvme Katsayıları

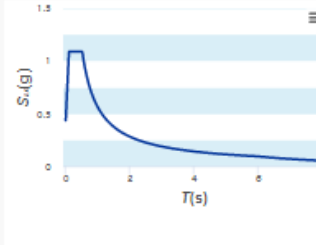
$$S_{DS} = S_S F_S = 0.984 \times 1.106 = 1.089$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.273 \times 2.054 = 0.561$$

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

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

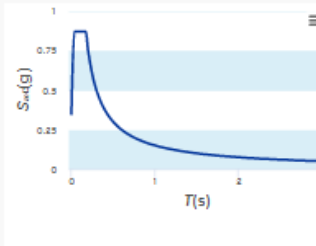
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

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

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_L = 6s$$

$T_A = 0.103$ (s) $T_B = 0.515$ (s) $T_L = 6.000$ (s)

Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



$$S_{aeD}(T) = \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})$$

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2}$$

$T_{AD} = 0.034$ (s) $T_{BD} = 0.172$ (s) $T_{LD} = 3.000$ (s)

Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Yerel Zemin Sınıfları

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

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_s = 0.984$ için $F_s = 1.106$

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_1 = 0.273$ için $F_1 = 2.054$

$$S_{DS} = S_s F_s = 0.984 \times 1.106 = 1.089$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.273 \times 2.054 = 0.561$$

AÇIKLAMA:

2007 Yönetmeliğinde Zemin sınıfları Sağlamdan zayıfa Z1, Z2, Z3, Z4 olarak adlandırılmaktaydı. A, B, C, D diye zemin grupları mevcuttu.

2018 Yönetmeliğinde Zemin Sınıfları Sağlamdan Zayıfa ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF olarak sınıflandırılmıştır.

2.3. STANDART DEPREM YER HAREKETİ SPEKTRUMLARI

2.3.1. Tanım

Deprem yer hareketi spektrumları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi esas alınarak %5 sönüm oranı için, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4 ve 2.3.5'te açıklandığı üzere **harita spektral ivme katsayıları'na ve yerel zemin etki katsayıları'na** bağlı olarak standart biçimde veya 2.4.1'e göre sahaya özel deprem tehlikesi analizleri ile özel olarak tanımlanırlar.

2.3.2. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

2.3.2.1 – Boyutsuz harita spektral ivme katsayıları, 2.2'de belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları kapsamında tanımlanmıştır:

(a) Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_s

(b) 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen harita spektral ivme katsayıları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu [(VS)30 =760 m/s] esas alınarak %5 sönüm oranı için harita spektral ivmeleri'nin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır.

2.3.2.2 – 2.3.2.1'de tanımlanan *harita spektral ivme katsayıları* S_s ve S_1 , aşağıdaki şekilde *tasarım spektral ivme katsayıları* S_{DS} ve S_{D1} 'e dönüştürülür:

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_s F_s \\ S_{D1} &= S_1 F_1 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Burada F_s ve F_1 2.3.3'te tanımlanan *yerel zemin etki katsayıları'nı* göstermektedir.

2.3.2.3 – Yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları, Denk.(2.1) ile elde edilen *tasarım spektral ivme katsayıları'ndan* yararlanılarak, sırası ile, 2.3.4 ve 2.3.5'te tanımlanmıştır.

2.3.3. Yerel Zemin Etki Katsayıları

2.3.3.1 – 16.4'te tanımlanan *yerel zemin sınıfları'na* bağlı olarak *yerel zemin etki katsayıları* F_s ve F_1 , sırası ile, Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de verilmiştir. Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

2.3.3.2 – Tablo 2.1 ve/veya Tablo 2.2'ye göre *ZF yerel zemin sınıfına* giren zeminler için *sahaya özel zemin davranış analizleri* 16.5'e göre yapılacaktır.

2.3.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

2.3.4.1 – Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için *yatay elastik tasarım ivme spektrumu*'nun ordinatları olan *yatay elastik tasarım spektral ivmeleri* $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [g] cinsinden Denk.(2.2)'de tanımlanmıştır (Şekil 2.1):

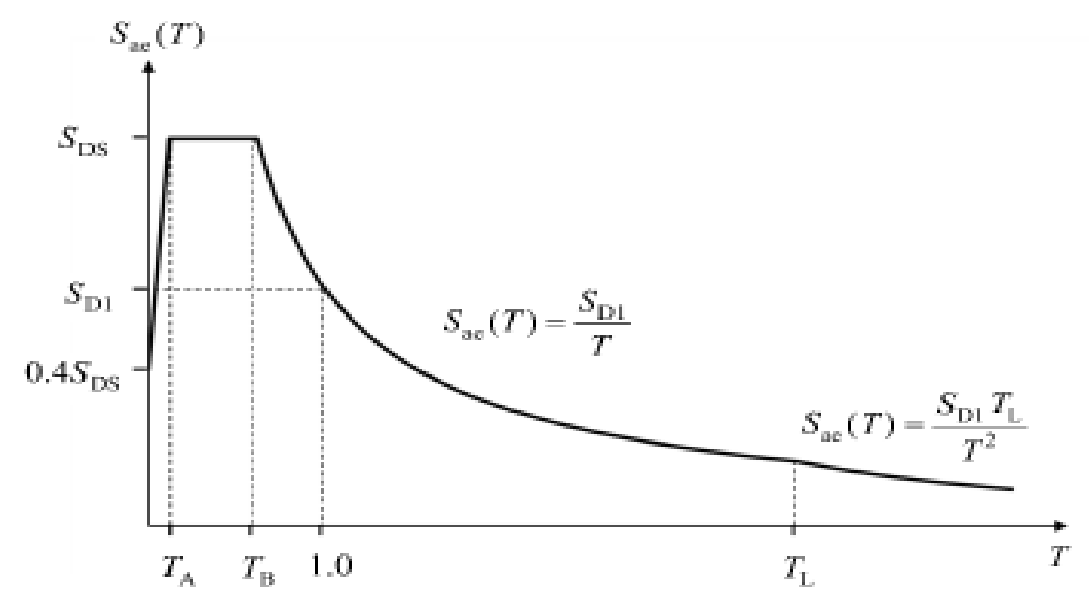
$$\begin{aligned} S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\ S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L \leq T) \end{aligned} \quad (2.2)$$

Burada S_{DS} ve S_{D1} 2.3.2.2'de tanımlanan *tasarım spektral ivme katsayıları*'nı, T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B Denk.(2.3) ile S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanır:

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.3)$$

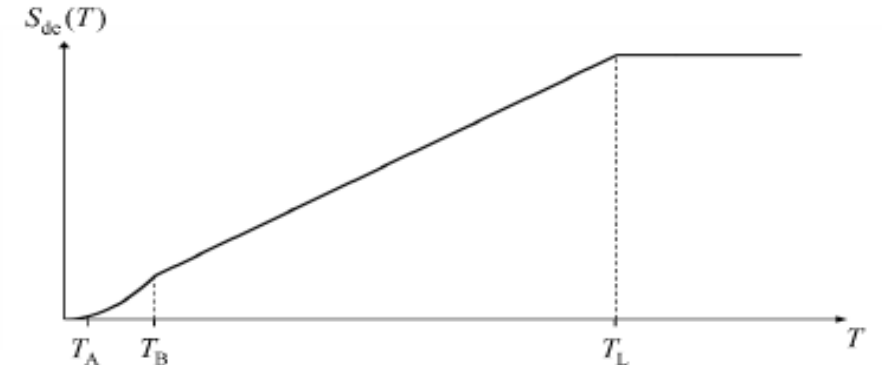
Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6$ s alınacaktır.

2.3.4.2 – Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için *yatay elastik tasarım yerdeğiştirme spektrumu*'nun ordinatları olan *yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirmeleri* $S_{de}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak metre [m] cinsinden Denk.(2.4) ile tanımlanır (Şekil 2.2):



Şekil 2.1

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (2.4)$$



Şekil 2.2

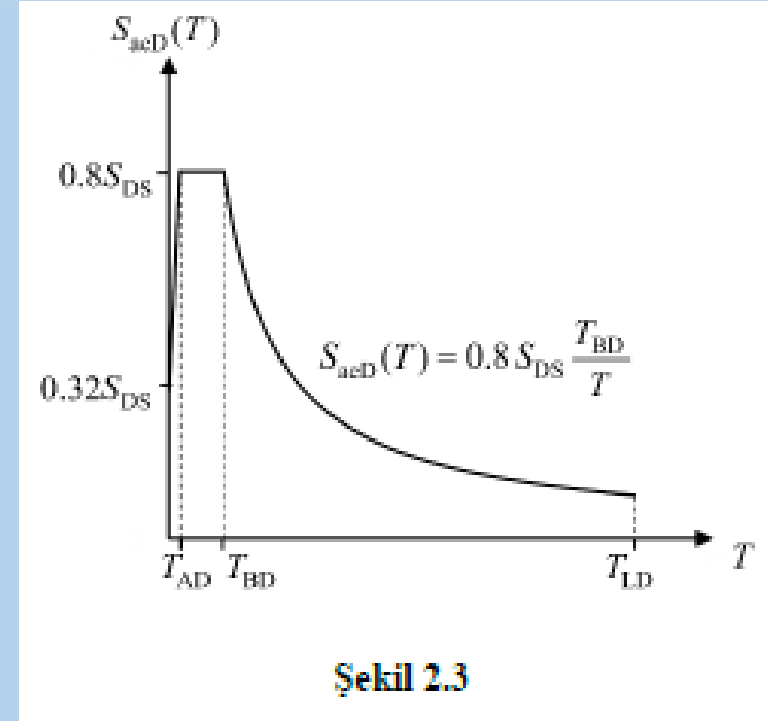
2.3.5. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için *düşey elastik tasarım ivme spektrumu*'nun ordinatları olan düşey elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{aeD}(T)$, yatay deprem yer hareketi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [g] cinsinden Denk.(2.5) ile tanımlanır (Şekil 2.3):

$$\begin{aligned} S_{aeD}(T) &= \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}} \right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_{AD}) \\ S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} & (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \\ S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} & (T_{BD} \leq T \leq T_{LD}) \end{aligned} \quad (2.5)$$

Denk.(2.5)'te yer alan T_{AD} ve T_{BD} düşey spektrum *köşe periyotları* ile T_{LD} periyodu Denk.(2.6)'da verilmiştir.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \quad (2.6)$$



Şekil 2.3

BÖLÜM 3 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE TASARIMI İÇİN GENEL ESASLAR

3.5.1. Bina Performans Hedefleri

3.5.1.1 – 2.2’de tanımlanan dört deprem yer hareketi düzeyi için bu Yönetmelik kapsamındaki binalara uygulanmak üzere, *Deprem Tasarım Sınıfı* DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a için tanımlanan *Normal Performans Hedefleri* ile *Deprem Tasarım Sınıfı* DTS=1a, 2a için tanımlanan *İleri Performans Hedefleri* Tablo 3.4 ve Tablo 3.5’te verilmiştir. Yapı sahibinin isteğine bağlı olarak Tablo 3.4’teki deprem yer hareketi düzeylerine karşı gelen daha ileri performans hedefleri seçilebilir.

Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar
(Yüksek Binalar Dışında – $BYS \geq 2$)

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

3.4.1. Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir.

3.4.2. Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir.

3.4.3. Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine karşı gelmektedir.

3.4.4. Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir.

3.5. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNA PERFORMANS HEDEFLERİ VE UYGULANACAK TASARIM YAKLAŞIMLARI

Deprem etkisi altında *bina performans hedefleri*, 2.2’de tanımlanan *deprem yer hareketi düzeyleri* altında hedeflenen ve 3.4’e göre tanımlanan *bina performans düzeyleri*’ni ifade eder.

Dr. Barış SEVİM

BÖLÜM 4 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNALARIN DAYANIMA GÖRE TASARIMI İÇİN HESAP ESASLARI

4.1. GENEL

4.1.1. Amaç

Bu Bölüm'ün amacı, 4.1.3'te verilen kapsam içindeki binaların *Dayanım Göre Tasarım* (DGT) yaklaşımı ile tasarımı için kullanılacak *doğrusal hesap esasları*'nın açıklanmasıdır.

4.1.2. Tanım

Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı için iki ana yaklaşımdan biri olan *Dayanım Göre Tasarım* (DGT) yaklaşımında:

(a) Öngörülen belirli bir performans hedefi için tanımlanan taşıyıcı sistem süneklik kapasitesine karşı gelen azaltılmış deprem yükleri belirlenir.

(b) Azaltılmış deprem yükleri altında taşıyıcı sistemin *doğrusal deprem hesabı* yapılır. Bu hesaptan bulunan eleman azaltılmış iç kuvvetleri, gerekli durumlarda *dayanım fazlalığı* da dikkate alınarak, diğer yüklerden oluşan iç kuvvetlerle birleştirilerek *dayanım talepleri* elde edilir.

(c) Eleman *dayanım talepleri*, öngörülen performans hedefi için tanımlanmış bulunan eleman iç kuvvet kapasiteleri (*dayanım kapasiteleri*) ile karşılaştırılır.

(d) Deprem hesabından elde edilen *görelî kat ötelemeleri* izin verilen sınırlarla karşılaştırılır.

(e) Dayanım taleplerinin dayanım kapasitelerinin altında olduğu ve aynı zamanda görelî kat ötelemelerinin izin verilen sınırların altında olduğu gösterilerek tasarım tamamlanır. Aksi durumda eleman kesitleri değiştirilir ve hesap tekrarlanarak sonuca gidilir.

4.1.3. Kapsam

Bu bölümde açıklanan *Dayanım Göre Tasarım* (DGT) hesap esasları, Bölüm 13'te açıklanan *Yüksek Binalar*'ın tasarımı, Bölüm 14'te açıklanan *Deprem Yalıtımlı Binalar*'ın tasarımı ve Bölüm 15'te açıklanan *Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi* dışında bu Yönetmelik kapsamında Tablo 4.1'de belirtilen tüm binaların tasarımında *temel hesap esasları* olarak uygulanacaktır. DGT hesap esaslarından, *Yüksek Binalar*'ın (Bölüm 13) ve *Deprem Yalıtımlı Binalar*'ın (Bölüm 14) tasarımında kısmi olarak yararlanılacaktır.

4.1.4. Performans Hedefleri

4.1.4.1 – Tablo 4.1'e göre bu Bölüm'ün kapsamındaki tüm binalarda, Tablo 3.4(a)'da *Normal Performans Hedefi* olarak tanımlanan *Kontrollü Hasar* (KH) performans hedefini sağlamak üzere, DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında bu Bölüm'de verilen DGT hesap esasları ile deprem hesabı yapılacaktır.

4.1.4.2 – Tablo 3.4(a)'ya göre *Deprem Tasarım Sınıfı* DTS=1a, DTS=2a ve aynı zamanda *Bina Yükseklik Sınıfı* BYS=2, BYS=3 olan binalarda;

(a) DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında $I = 1.5$ alınarak bu Bölüm'deki DGT hesap esasları ile yapılan tasarım bir *ön tasarım* olarak gözönüne alınacaktır.

(b) Ön tasarımı yapılan bina taşıyıcı sistemi bu kez DD-1 deprem yer hareketinin etkisi altında Tablo 3.4(a)'da *İleri Performans Hedefi* olarak tanımlanan *Kontrollü Hasar* (KH) performans hedefini ve ayrıca DD-3 depremi altında *Sınırlı Hasar* (SH) performans hedefini sağlamak üzere Bölüm 5'e göre *Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım* (ŞGDT) yaklaşımı ile değerlendirilecek ve gerekli olması durumunda tasarım hedeflenen performans sağlanacak şekilde tekrarlanacaktır.

4.2. DEPREM YÜKÜ KATSAYILARI VE KAPASİTE TASARIMI İLKELERİ

4.2.1. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

4.2.1.1 – *Dayanım Göre Tasarım* çerçevesinde, *öngörülen süneklik kapasitesi – dayanım talebi* ilişkisi ve buna bağlı olarak belirlenen *deprem yükü katsayıları*'nın tanımı EK 4A'da verilmiştir.

4.2.1.2 – EK 4A'da yapılan tanıma göre doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak *Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı* $R_s(T)$ aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$R_s(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (4.1a)$$

$$R_s(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (4.1b)$$

Burada R ve D Tablo 4.1'de tanımlanan *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı* ile *Dayanım Fazlalığı Katsayısı*'m, I Tablo 3.1'de tanımlanan *Bina Önem Katsayısı*'m, T sistemin doğal titreşim periyodunu ve T_B , Denk.(2.3) ile tanımlanan *spektrum köşe periyodu*'nu göstermektedir.

4.2.2. Kapasite Tasarımı İlkeleri

Dayanım Göre Tasarım çerçevesinde bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımında, bu Bölüm'de verilen kurallara ek olarak *kapasite tasarımı ilkeleri* gözönüne alınır. *Kapasite tasarımı* yaklaşımı, taşıyıcı sistemde doğrusal olmayan sünek davranışın açık olarak tanımlanan belirli elemanlarla (veya kesitlerle) sınırlı tutulmasını, bu davranışla uyumlu olarak diğer bütün elemanların yeterli dayanım kapasitesine sahip olmasını öngören tasarım yaklaşımıdır. *Kapasite Tasarımı İlkeleri*'nin uygulanmasına ilişkin kurallar bu Yönetmeliğin ilgili bölümlerinde verilmiştir.

4.3. TAŞIYICI SİSTEMLERİN UYGULAMA SINIRLARI, TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞ KATSAYILARI VE DAYANIM FAZLALIĞI KATSAYILARI

4.3.1. Taşıyıcı Sistemlerin Uygulama Sınırları

Dayanım Göre Tasarım çerçevesinde bu bölümde verilen hesap esaslarının uygulanabileceği bina taşıyıcı sistemleri ve bu sistemler için Tablo 3.3'teki tanıma göre izin verilen *Bina Yükseklik Sınıfları* (BYS), 4.3.3'te tanımlanan süneklik düzeylerine bağlı olarak, Tablo 4.1'de verilmiştir.

4.3.1.1 – *Yüksek Binalar* (BYS=1) için taşıyıcı sistemler ve hesap esasları Bölüm 13'te tanımlanmıştır.

4.3.1.2 – Tablo 4.1'de A21, A22 ve C21, C22 ile simgelenen taşıyıcı sistemlerde, sadece DTS = 4 olan binalar ile sınırlı olmak üzere, izin verilen *Bina Yükseklik Sınıfı* $BYS \geq 2$ 'ye yükseltilebilir.

4.3.2. Taşıyıcı Sistem Türüne Göre R ve D Katsayıları

4.3.2.1 – Yerinde dökme ve önüretimli betonarme, çelik, hafif çelik, yığma, ahşap bina taşıyıcı sistemleri ve 4.3.3'te tanımlanan çeşitli süneklik düzeyleri için EK 4A'da tanımlanan *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı* R ve *Dayanım Fazlalığı Katsayısı* D Tablo 4.1'de verilmiştir.

4.3.2.2 – Kompozit kolonlu sistemlerde, çelik taşıyıcı sistemler için verilen R ve D katsayıları kullanılacaktır.

4.3.2.3 – 3.3.1'de verilen tanıma göre, dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrumların bulunduğu binalarda, bodrum katlarının bulunduğu alt bölümde $(R/D) = 2.5$ ve $D = 1.5$ alınacaktır.

4.3.2.4 – DTS = 1, 1a, 2, 2a olan betonarme perdeli ve/veya çelik çaprazlı çerçeveli binalarda, herhangi bir doğrultuda aşağıda (a) ve (b)'de tanımlanan iki koşuldan birinin sağlanamaması durumunda, o doğrultuda *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı* R yerine $(4/5)R$ gözönüne alınacaktır. *Dayanım Fazlalığı Katsayısı* D 'de herhangi bir değişiklik yapılmayacaktır. 4.5.4.5'de verilen koşulu sağlayan bağ kirişli perde sistemi, tek bir perde olarak olarak gözönüne alınacaktır.

(a) Taşıyıcı sistemde tek bir perdenin veya çelik çaprazlı çerçevenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} , o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_o 'ın $1/3$ 'ünden fazla olmayacaktır.

(b) Binanın her bir kenar aksında yer alan perde/perdelerin veya çelik çaprazlı çerçeve/çerçevelerin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} veya M_{DEV} 'lerin toplamı, o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_o 'ın $1/6$ 'sından az olmayacaktır.

4.3.3. Süneklik Düzeyi Yüksek, Sınırlı ve Karma Taşıyıcı Sistemler

4.3.3.1 – Betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler, Tablo 4.1’de verildiği üzere, süneklik düzeyleri bakımından *süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler*, *süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler* ve *süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler* olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır.

4.3.3.2 – *Süneklik düzeyi yüksek* ve *süneklik düzeyi sınırlı* yerinde dökme ve önyüretimli betonarme, çelik, hafif çelik ve ahşap taşıyıcı sistemlere ilişkin tanımlar ve uyulması gerekli koşullar, sırası ile, Bölüm 7, Bölüm 8, Bölüm 9, Bölüm 10 ve Bölüm 12’de verilmiştir.

4.3.3.3 – *Süneklik düzeyi karma* taşıyıcı sistemler, *süneklik düzeyi sınırlı* çerçeve taşıyıcı sistemlerinin *süneklik düzeyi yüksek* betonarme perdeler veya çelik çaprazlı çerçevelerle birlikte kullanılması ile oluşturulan sistemlerdir.

4.3.4. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar

4.3.4.1 – Süneklik düzeyi sınırlı ve karma sistemlerle ilgili olarak;

(a) DTS=1a, DTS=2a, DTS=3a ve DTS=4a olarak sınıflandırılan binalarda *süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler* kullanılamaz. Bu tür taşıyıcı sistemlerle ilgili diğer sınırlamalar 4.3.4.3’te belirtilmiştir.

(b) $BYS \leq 6$ olan ve DTS=1a ve DTS=2a olarak sınıflandırılan binalarda *süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler* kullanılamaz.

4.3.4.2 – Birbirine dik doğrultularda taşıyıcı sistemlerin *süneklik düzeyleri*’nin aynı olması zorunludur. Ancak birbirine dik doğrultularda farklı R katsayıları ve bunlara karşı gelen D katsayıları kullanılabilir. Tablo 4.1’e göre izin verilen en üst *Bina Yükseklik Sınıfı*, iki doğrultuya göre verilenlerin elverişsiz olarak belirlenecektir.

4.3.4.3 – Deprem etkilerinin tamamı moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçevelerle karşılanan taşıyıcı sistemler (Tablo 4.1’de A31, B31, C31 taşıyıcı sistemleri), sadece DTS=3 ve DTS=4 olan binalarda kullanılacaktır. Dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli betonarme çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistemler de, perde içermedikleri takdirde, *süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler* olarak sınıflandırılacak ve sadece DTS=3 ve DTS=4 olan binalarda kullanılacaktır. Bu tür taşıyıcı sistemler, *süneklik düzeyi yüksek* betonarme bağ kirişli (boşluklu) ve/veya boşluksuz perdeler veya *süneklik düzeyi yüksek* çelik dışmerkez ve/veya merkezi çaprazlı çerçeveler ile birlikte düzenlenerek *süneklik düzeyi karma* sistemler olarak yapılabilir (Tablo 4.1’de A2, B2, C2 taşıyıcı sistemleri).

4.3.4.4 – Sadece kirişsiz döşemeleri içeren taşıyıcı sistemlerde, deprem etkilerinin tamamı betonarme binalarda *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) ve/veya boşluksuz perdeler veya *süneklik düzeyi sınırlı* boşluksuz perdeler tarafından karşılanacaktır (Tablo 4.1’de A12, A13 ve A32 taşıyıcı sistemleri). Çelik binalarda ise *süneklik düzeyi yüksek* merkezi ve/veya dışmerkez çaprazlı veya burkulması önlenmiş çaprazlı çerçeveler veya *süneklik düzeyi sınırlı* merkezi çaprazlı çerçeveler kullanılacaktır (Tablo 4.1’de C12, C13 ve C32 taşıyıcı sistemleri). Bu tür sistemlerin hesabı iki aşamada yapılacaktır. Birinci aşama hesapta çerçeve kolonları alttan ve üstten mafsallı alınacaktır. İkinci aşama hesapta ise bu elemanların bağlantıları monolitik olarak modelleneyecektir. Perde, kolon, çapraz ve döşemelerdeki iç kuvvetler, iki aşamada elde edilenlerin elverişsiz olanı olarak hesaplanacaktır. Göreli kat ötelemeleri ikinci aşama hesaptan elde edilecektir.

4.3.4.5 – *Süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) veya boşluksuz yerinde dökme veya önyüretimli betonarme perdeler ile merkezi, dışmerkez veya burkulması önlenmiş çelik çaprazlı çerçevelerin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* çerçevelerle birlikte kullanıldığı binalarda, perdelerin veya çaprazlı çerçevelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %40’ından az, %75’inden fazla olmayacaktır:

$$0.40 M_o < \sum M_{DEV} < 0.75 M_o \quad (4.2)$$

Bu bağıntıdaki üst sınır koşulunun sağlanamaması durumunda, Tablo 4.1’de deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* perdelerle veya çaprazlı çerçevelerle karşılandığı durumlar için tanımlanan R ve D katsayıları ile izin verilen en üst BYS dikkate alınacaktır. Alt sınır koşulunun sağlanamaması durumunda ise Tablo 4.1’de verilen R ve D katsayılarında değişiklik yapılmayacak, ancak izin verilen en üst BYS ’nin bir fazlası dikkate alınacaktır.

4.3.4.6 – Betonarme ve çelik *süneklik düzeyi karma* taşıyıcı sistemlerde, *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) veya boşluksuz betonarme perdeler ile merkezi, dışmerkez veya burkulması önlenmiş çelik çaprazlı çerçevelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75’inden az olmayacaktır:

$$\sum M_{DEV} \geq 0.75 M_o \quad (4.3)$$

Bu koşulun sağlanamaması durumunda, Tablo 4.1’de deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi sınırlı* çerçevelerle karşılandığı durumlar için tanımlanan R ve D katsayıları ile izin verilen en üst BYS dikkate alınacaktır.

4.3.4.7 – *Süneklik düzeyi sınırlı* boşluksuz betonarme perdeler veya *süneklik düzeyi sınırlı* merkezi çelik çaprazlı çerçevelerin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme veya çelik çerçevelerle birlikte kullanıldığı binalarda da Denk.(4.3)’te verilen koşul sağlanacaktır. Aksi durumda 4.3.4.6’da verilen kural uygulanacaktır.

4.3.4.8 – 4.3.2.4, 4.3.4.5 ve 4.3.4.6’da kullanılmak üzere, perdelerin aldığı taban devrilme momentleri M_{DEV} , boşluksuz perdeler için 4.5.3.7(d) veya 4.5.3.8(c)’ye göre, bağ kirişli (boşluklu) perdeler için ise 4.5.4.3’e göre hesaplanacaktır. Bina için deprem yüklerinden meydana gelen toplam devrilme momenti M_o ise 4.7, 4.8.2 veya 4.8.3’e göre elde edilecektir.

Tablo 4.1. Bina Taşıyıcı Sistemleri İçin Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneldik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sünelik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>sünelik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>sünelik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünelik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünelik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünelik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünelik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>sünelik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
A2. Süneldik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünelik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünelik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	$BYS \geq 4$
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünelik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünelik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2.5	$BYS \geq 4$
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünelik düzeyi sınırlı dolgu (asmoz)</i> veya <i>dolgu tek doğrultulu diğli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünelik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 6$
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünelik düzeyi sınırlı dolgu (asmoz)</i> veya <i>dolgu tek doğrultulu diğli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünelik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5	$BYS \geq 6$
A3. Süneldik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.3, 4.3.4.7)			
A31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sünelik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	$BYS \geq 7$
A32. Deprem etkilerinin tamamının <i>sünelik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$
A33. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünelik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünelik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$

4.3.4.9 – Bodrum çevre perdeleri dışında, $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan boşluksuz perdelerde Tablo 4.1'de verilen R katsayılarına göre hesaplanan iç kuvvetler, $[3 / (1 + H_w / \ell_w)]$ katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir. Ancak bu katsayı, 2'den büyük alınmayacaktır.

4.3.4.10 – Binaların bodrum katlarının çevresinde kullanılan rijit betonarme perdeler, Tablo 4.1'de yer alan perdeli veya perdeli-çerçeveli sistemlerin bir parçası olarak gözönüne alınmayacaktır (Bkz. 4.3.5.1).

4.3.5. Dayanım Fazlalığı Katsayılarının Uygulanması

4.3.5.1 – *Dayanım Fazlalığı Katsayısı D*, EK 4A'da tanımlandığı üzere, akma dayanımının tasarım dayanımına oranla fazlalığını ifade eden katsayıdır.

4.3.5.2 – Taşıyıcı sistem elemanlarının yüksek veya sınırlı düzeyde *sünelik* davranışına karşı gelen (*eğilme momenti, çekme kuvveti ve benzeri*) azaltılmış iç kuvvetlerin hesabında *Dayanım Fazlalığı Katsayısı* kullanılmayacaktır ($D = 1$).

4.3.5.3 – Taşıyıcı sistem elemanlarının *sünelik olmayan* davranışına karşı gelen (*betonarme elemanlarda kesme kuvveti, çelik elemanlarda birleşimlere etkileyen kuvvetler ve benzeri*) azaltılmış iç kuvvetler için *Dayanım Fazlalığı Katsayısı* çarpan olarak kullanılacaktır ($D > 1$). Ancak, *sünelik düzeyi yüksek* taşıyıcı sistemlerde D katsayıları ile büyütülen iç kuvvetler, *kapasite tasarımı ilkesi*'nin gereği olarak tanımlanmış (izin verilen) kesitlerdeki *akma* durumu ile uyumlu iç kuvvetlerden daha büyük alınmayacaktır.

4.3.5.4 – Bina taşıyıcı sistemlerinde *Dayanım Fazlalığı Katsayısı*'nın uygulanması ile ilgili ayrıntılı kurallar Yönetmeliğin ilgili bölümlerinde verilmiştir.

4.3.5.5 – Bina döşemelerinde düzlem içinde etkileyen azaltılmış iç kuvvetlere, ilgili taşıyıcı sistem için Tablo 4.1'de tanımlanan *Dayanım Fazlalığı Katsayısı* uygulanacaktır.

4.3.5.6 – Dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarındaki taşıyıcı sistem elemanlarında *Dayanım Fazlalığı Katsayıları* 4.10.1'e göre gözönüne alınacaktır.

4.3.5.7 – Bina taşıyıcı sistemlerinden temellere aktarılan kuvvetlerde dayanım fazlalığının gözönüne alınmasına ilişkin kurallar 4.10.3'de tanımlanmıştır.

4.3.6. Binaların Üst ve Alt Bölümlerinde Farklı R ve D Katsayılarının Kullanılması

Üst ve alt bölümlerinde birbirinden farklı R ve D katsayılarının kullanıldığı binalarda 4.3.6.1 veya 4.3.6.2'de verilen kurallara göre hesap yapılacaktır. 3.3.1'de verilen tanıma göre dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrumların bulunduğu binalarda da bu kurallar uygulanabilir. Alternatif olarak 4.7.5 veya 4.8.5'te açıklanan kurallara göre de hesap yapılabilir.

BÖLÜM 4 – DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNALARIN DAYANIMA GÖRE TASARIMI İÇİN HESAP ESASLARI

4.4. DEPREM ETKİSİNİN TANIMLANMASI VE DİĞER ETKİLERLE BİRLEŞTİRİLMESİ

4.4.1. Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

4.7 ve 4.8.2’de verilen hesap yöntemlerinde *yatay doğrultuda azaltılmış deprem yükleri*’nin belirlenmesi için kullanılacak *azaltılmış tasarım ivme spektrumu*’nun belirli bir T doğal titreşim periyodu için ordinatı olan *azaltılmış tasarım spektral ivmesi* $S_{aR}(T)$, Denk.(4.8) ile tanımlanmıştır:

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{as}(T)}{R_a(T)} \quad (4.8)$$

Burada $S_{as}(T)$, 2.2’de tanımlanan DD-2 deprem yer hareketi için Denk.(2.2) ile belirlenen *yatay elastik tasarım spektral ivmesi*’ni, $R_a(T)$ ise Denk.(4.1) ile tanımlanan *Deprem Yükü Azaltma Katsayısı*’nı göstermektedir.

4.4.2. Yatayda Birbirine Dik Doğrultulardaki Deprem Etkilerinin Birleştirilmesi

4.4.2.1 – Yatay deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin deprem hesabının 4.7 veya 4.8.2’de verilen yöntemlerden biri ile yapılması durumunda, yatayda birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularında tanımlanan depremlerden oluşan deprem etkileri Denk.(4.9)’da tanımlandığı şekilde birleştirilecektir:

$$\begin{aligned} E_d^{(H)} &= \pm E_d^{(X)} \pm 0.3 E_d^{(Y)} \\ E_d^{(H)} &= \pm 0.3 E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \end{aligned} \quad (4.9)$$

Burada $E_d^{(X)}$ ve $E_d^{(Y)}$, herhangi bir kesitte birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularındaki depremlerin etkisi altında 4.10’a göre tanımlanan ve ayrı ayrı hesaplanan deprem etkilerini, $E_d^{(H)}$ ise *doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi*’ni simgelemektedir.

4.4.2.2 – Yatay deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin deprem hesabının 4.8.3’te verilen yöntemle *zaman tanım alanında* yapılması durumunda, yatayda birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularındaki deprem bileşenleri 2.5’e göre birlikte eş zamanlı olarak tanımlandığından, birleştirilmiş yatay deprem etkisi $E_d^{(H)}$, bu hesap sonucunda doğrudan elde edilmektedir.

4.4.3. Düşey Deprem Etkisi

4.4.3.1 – DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a olarak sınıflandırılan ve aşağıdaki elemanları içeren binalarda düşey deprem hesabı, bu elemanların *yerel düşey titreşim modları* esas alınarak *sadece bu elemanlar için 2.3.5’te tanımlanan düşey elastik ivme spektrumu*’na göre 4.8.2’de verilen yöntemle yapılacaktır. *Düşey deprem etkisi* $E_d^{(Z)}$ ’in bu şekilde hesabında tüm taşıyıcı sistemler için $R/I = 1$ ve $D = 1$ alınacaktır.

- (a) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar,
- (b) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolları içeren binalar,
- (c) Kirişlere oturan kolonları içeren binalar,
- (d) Kolonları düşeye göre eğimli olan binalar.

4.4.3.2 – 4.4.3.1’de belirtilen elemanların dışındaki taşıyıcı sistem kısımlarında ve 4.4.3.1’deki tanımın dışında kalan binalarda *düşey deprem etkisi* $E_d^{(Z)}$, özel bir hesap yapılmaksızın, Denk.(4.10) ile yaklaşık olarak hesaplanacaktır.

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3) S_{DS} G \quad (4.10)$$

Burada G sabit yük etkisini, S_{DS} ise 2.3.2’de tanımlanan *kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı*’nı göstermektedir.

4.4.4. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

4.4.4.1 – Taşıyıcı sistem elemanlarının *tasarımında esas alınmak üzere*, deprem etkisini içeren yük birleşimleri Denk.(4.11) ve Denk.(4.12) ile tanımlanmıştır:

$$G + Q + 0.2 S + E_d^{(H)} + 0.3 E_d^{(Z)} \quad (4.11)$$

$$0.9 G + H + E_d^{(H)} - 0.3 E_d^{(Z)} \quad (4.12)$$

Burada Q hareketli yük etkisini, S kar yükü etkisini, H ise Bölüm 16'da tanımlanan yatay zemin itkisini simgelemektedir. Yatay deprem etkisi $E_d^{(H)}$ 4.4.2'ye göre, dikey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$ ise 4.4.3'e göre belirlenecektir.

4.4.4.2 – Çelik ve hafif çelik binalarda;

(a) *Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım* (YDKT) yaklaşımının uygulanması durumunda Denk.(4.11)'de G yerine $1.2G$ alınacak, Denk.(4.12) aynen kullanılacaktır.

(b) *Güvenlik Katsayıları ile Tasarım* (GKT) yaklaşımının uygulanması durumunda, Bölüm 16'ya göre temel tasarımı dışında, Bölüm 9 ve Bölüm 10'da verilen yük birleşimleri kullanılacaktır.

4.5. DOĞRUSAL HESAP İÇİN TAŞIYICI SİSTEMİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

Dayanım Göre Tasarım kapsamında yapılacak *doğrusal* hesapta kullanılmak üzere, taşıyıcı sistemlerin modellenmesi ile ilgili kurallar bu kısımda verilmiştir.

4.5.1. Genel Modelleme Kuralları

4.5.1.1 – Bina taşıyıcı sistemleri daima *üç boyutlu* olarak modellenenecektir.

4.5.1.2 – *Birbirine dik iki yatay* doğrultudaki deprem etkisi daima gözönüne alınacaktır. Dikey deprem etkisi de 4.4.3'e göre hesaba katılacaktır.

4.5.1.3 – Sönüm oranı, aksi belirtilmedikçe, %5 alınacaktır.

4.5.1.4 – Burada verilen modelleme kuralları, deprem içermeyen yükleme durumları için de uygulanabilir.

4.5.2. Kiriş ve Kolonların Modellenmesi

4.5.2.1 – Kiriş ve kolonlar, *çerçeve (çubuk) sonlu elemanları* olarak modelleneceklerdir. Kolon ve kirişlerin birleştiği düğüm noktalarında 6 serbestlik derecesinin tümü gözönüne alınacaktır. Döşemelerin rijit diyafram olarak modellenmesi durumunda, bu serbestlik derecelerinin rijit harekete karşı gelenleri kaldırılacaktır.

4.5.2.2 – Betonarme kolon ve kirişlerin *etkin kesit rijitlikleri* 4.5.8'e göre belirlenecektir.

4.5.8. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

4.5.8.1 – *Dayanım Göre Tasarım* kapsamında betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özelliklerinin modellenmesinde Tablo 4.2'de verilen *etkin kesit rijitliği çarpanları* kullanılacaktır.

4.5.8.2 – Tablo 4.2'de verilen her iki çarpan da hesap modelinde gözönüne alınacaktır.

4.5.8.3 – Etkin kesit rijitlikleri çarpanları, sadece deprem etkili yük birleşimleri içinde yer alan ve bu birleşimlere giren yükler altındaki hesaplarda uygulanacaktır.

4.5.9. Kütelerin Modellenmesi

4.5.9.1 – Taşıyıcı sistem elemanlarının çubuk, levha (membran) veya kabuk sonlu eleman olarak modellenmeleri durumunda *tekil düğüm noktası kütleleri*, bağlı sonlu elemanların kapsama alanlarındaki yayılı kütlelerin bileşkeleri olarak atanırlar. Sonlu eleman düğüm noktalarındaki tekil kütleler, sadece iki yatay veya ek olarak dikey öteleme serbestlik derecelerine karşı gelecek şekilde tanımlanırlar.

4.5.9.2 – Tipik sonlu eleman düğüm noktası j 'ye etkileyen tekil kütle $m_j^{(S)}$ Denk.(4.16) ile hesaplanacaktır.

$$w_j^{(S)} = w_{Gj}^{(S)} + n w_{Qj}^{(S)} \quad ; \quad m_j^{(S)} = \frac{w_j^{(S)}}{g} \quad (4.16)$$

Burada $w_{Gj}^{(S)}$ ve $w_{Qj}^{(S)}$ sonlu eleman düğüm noktası j 'ye etkileyen bileşke sabit yük ve hareketli yükü göstermektedir. Denk.(4.16)'da yer alan *hareketli yük kütle katılım katsayısı*, n , Tablo 4.3'te verilmiştir. Endüstri binalarında sabit ekipman ağırlıkları için $n = 1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında gözönüne alınmayacaktır. Çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u gözönüne alınacaktır. Yapısal olmayan eleman ve donanımlarla ilgili olarak 6.1.3'te verilen koşul dikkate alınacaktır.

Tablo 4.2. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eksenel	Kayma
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>		
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>		
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>		
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

Tablo 4.3. Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı

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

4.6. DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMİNİN SEÇİLMESİ

4.6.1. Doğrusal Hesap Yöntemleri

Dayanım Göre Tasarım kapsamında kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri, ayrıntıları 4.7’de açıklanan *Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi* ile ayrıntıları 4.8’de açıklanan *Modal Hesap Yöntemleri*’dir.

4.6.2. Hesap Yönteminin Seçilmesi

4.6.2.1 – Ayrıntıları 4.8’de açıklanan *Modal Hesap Yöntemleri*’nden herhangi biri (*Mod Birleştirme Yöntemi* veya *Mod Toplama Yöntemi*) bu Bölüm kapsamındaki binaların tümünün deprem hesabında kullanılabilir.

4.6.2.2 – Ayrıntıları 4.7’de açıklanan *Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi*’nin uygulanabileceği binalar Tablo 4.4’te verilmiştir.

Tablo 4.4. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi’nin Uygulanabileceği Binalar

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6

4.7. EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ İLE DOĞRUSAL DEPREM HESABI

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, birbirine dik (X) ve (Y) deprem doğrultularında binaya etkiyen depremler için ayrı ayrı uygulanacaktır. Aşağıdaki bağıntılar (X) deprem doğrultusu için verilmiştir. Bodrumlu ve bodrumsuz binalarda bina tabanı ve bina yüksekliği tanımları için 3.3.1 esas alınacaktır.

4.7.1. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

4.7.1.1 – Gözönüne alınan (X) deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen *toplam eşdeğer deprem yükü* (*taban kesme kuvveti*), $V_{tE}^{(X)}$, Denk. (4.19) ile belirlenecektir.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (4.19)$$

Burada $S_{aR}(T_p^{(X)})$, gözönüne alınan (X) deprem doğrultusunda 4.7.3’e göre hesaplanan binanın hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ gözönüne alınarak Denk.(4.8)’den hesaplanan *Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi*’ni göstermektedir. S_{DS} ise *kısa periyot için 2.3.2.2’de tanımlanan tasarım spektral ivme katsayısı*’dır.

4.7.1.2 – Denk.(4.19)’daki m_t binanın Denk.(4.20) ile hesaplanan toplam kütlelerine karşı gelmektedir:

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (4.20)$$

Burada m_i i’inci kat döşemesinin toplam kütleleridir.

4.7.2. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

4.7.2.1 – Denk.(4.19) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denk.(4.21) ile ifade edilir:

$$V_{tE}^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} \quad (4.21)$$

4.7.2.2 – Binanın N’inci katına (tepesine) etkiyen *ek eşdeğer deprem yükü* $\Delta F_{NE}^{(X)}$ ’in değeri Denk.(4.22) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{tE}^{(X)} \quad (4.22)$$

4.7.2.3 – Toplam eşdeğer deprem yükünün $\Delta F_{NE}^{(X)}$ dışında geri kalan kısmı, N’inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denk.(4.23) ile dağıtılacaktır (Şekil 4.2a).

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (4.23)$$

4.7.2.4 – Kat döşemelerinin 4.5.6.4’e göre *rijit diyafram* olarak modellenmesi durumunda Denk.(4.23) ile hesaplanan $F_{iE}^{(X)}$ eşdeğer deprem yükü, i’inci kattaki *ana düğüm noktası*’na gözönüne alınan deprem doğrultusunda etki ettirilecektir.

4.7.2.5 – Kat döşemelerinin 4.5.6.2’ye göre *levha (membran)* sonlu elemanlar ile modellenmesi durumunda, i’nci katta j’inci düğüm noktasına etkiyen eşdeğer deprem yükü Denk.(4.24) ile hesaplanacaktır:

$$f_{jE}^{(S)} = \frac{F_{iE}^{(X)}}{m_i} m_j^{(S)} \quad (4.24)$$

Burada $m_j^{(S)}$, j’inci düğüm noktasının Denk.(4.16) ile tanımlanan tekil kütleleridir.

4.7.2.6 – Deprem yüklerinden binanın tabanında meydana gelen toplam devrilme momenti Denk.(4.25) ile hesaplanır:

$$M_o^{(X)} = \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} H_i \quad (4.25)$$

4.7.3. Binaların Hakim Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

4.7.3.1 – Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binalarda Denk.(4.19)'da yer alan ve gözönüne alınan (X) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodunu ifade eden $T_p^{(X)}$, daha kesin bir hesap yapılmadıkça, Denk.(4.26) ile hesaplanacaktır.

$$T_p^{(X)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{iE}^{(X)2}}{\sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} d_{iE}^{(X)}} \right)^{1/2} \quad (4.26)$$

Burada i'inci kata etkiyen fiktif yükü gösteren $F_{iE}^{(X)}$, Denk.(4.23)'te $(V_{iE}^{(X)} - \Delta F_{iNE}^{(X)})$ yerine herhangi bir değer (örneğin 100) konularak elde edilecektir.

4.7.3.2 – Binaların Denk.(4.26) ile hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ 'in deprem hesabında gözönüne alınacak en büyük değeri, 4.7.3.4'te verilen T_{pA} periyodunun 1.4 katından daha fazla olmayacaktır.

4.7.3.3 – DTS = 1, 1a, 2, 2a ve BYS ≥ 6 olan binalarda ve DTS = 3, 3a, 4, 4a olan tüm binalarda hakim doğal titreşim periyodu, 4.7.3.1'den hesaplanmaksızın, doğrudan 4.7.3.4'te verilen ampirik T_{pA} periyodu olarak alınabilir ($T_p^{(X)} \cong T_{pA}$).

4.7.3.4 – Ampirik hakim doğal titreşim periyodu Denk.(4.27) ile hesaplanacaktır:

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (4.27)$$

(a) Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.1$, çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda $C_t = 0.07$ alınacaktır.

(b) Deprem etkilerinin tamamının betonarme perdeler tarafından karşılandığı binalarda C_t katsayısı Denk.(4.28a) ile hesaplanacaktır:

$$C_t = \frac{0.1}{\sqrt{A_t}} \leq 0.07 \quad (4.28a)$$

Bu bağıntıdaki A_t eşdeğer alanı Denk.(4.28b)'de verilmiştir:

$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[0.2 + \left(\frac{\ell_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \leq \sum_j A_{wj} \quad (4.28b)$$

4.7.4. Eşdeğer Deprem Yüklü Yönteminde Burulma Hesabı

Binanın herhangi bir i'inci katında Tablo 3.6'da tanımlanan A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, 4.5.10.2'ye göre bu katta uygulanan $\pm 5\%$ ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için Denk.(4.29)'da verilen D_{bi} katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

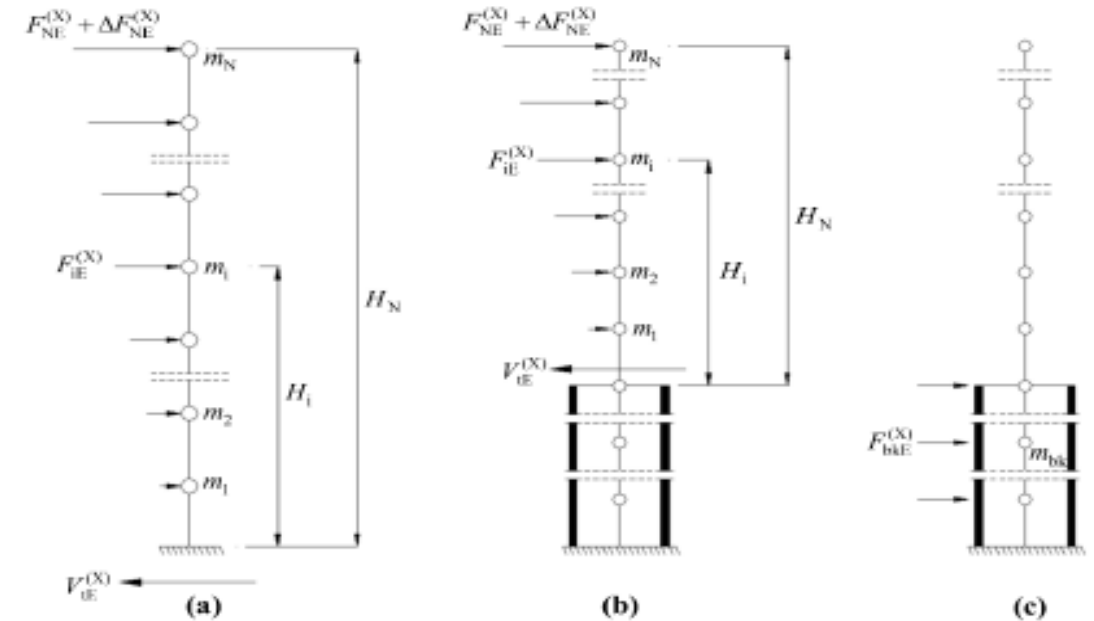
$$D_{bi} = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (4.29)$$

4.7.5. Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi ile Bodrumlu Binaların Hesabı

3.3.1'de verilen tanıma göre, dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrumların bulunduğu binalarda, binanın üst bölümü ve bodrumlu alt bölümü birarada ortak tek bir taşıyıcı sistem olarak modellenecektir. Bu tür binaların deprem hesabında aşağıda belirtilen iki yöntemden biri kullanılabilir:

(a) 4.3.6.1'de açıklanan hesap yöntemi,

(b) 4.7.5.1, 4.7.5.2 ve 4.7.5.3'te açıklanan iki yükleme durumlu hesap yöntemi (Şekil 4.2).



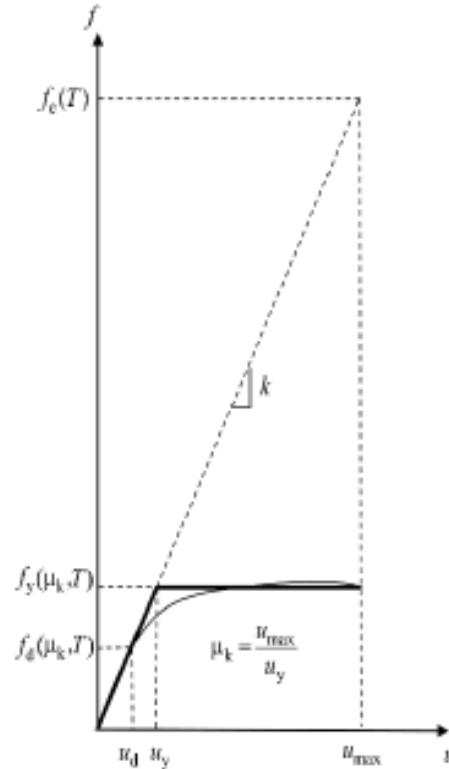
Şekil 4.2

4.7.5.1 – Bodrumlu binalarda, yatay rijitlik bakımından üst bölüm ile göreceli olarak çok rijit olan alt bölüm (bodrum katları), dinamik davranış ve dayanım açılarından da çok farklı özelliklere sahiptir. Bu tür binaların modal hesap yöntemleri ile doğrusal deprem hesabı için uygulanabilen yaklaşık iki yükleme durumu hesap yaklaşımı'nda, binanın üst bölümü ve bodrumlu alt bölümü birarada tek bir taşıyıcı sistem olarak modellenir, ancak üst bölüm ile alt bölüm'ün birbirlerine çok uzak modlarda titreşmeleri nedeni ile deprem hesabı iki yükleme durumu olarak ayrı ayrı yapılır:

Rijitliği fazla taşıyıcı sistemler için ise bu Yönetmelik'te Denk.(4A.2b) esas alınmıştır:

$$R_y(\mu_k, T) = 1 + (\mu_k - 1) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (4A.2b)$$

Burada T_B , Bölüm 2'de Denk.(2.3) ile tanımlanan *spektrum köşe periyodu*'nu göstermektedir.



Şekil 4A.1

4.7.5.2 – İlk yükleme durumunda ortak tek taşıyıcı sistem modelinde 4.7.2.3 veya 4.7.2.5'e göre hesaplanan eşdeğer deprem yükleri sadece üst bölüm'e etki ettirilir (Şekil 4.2b). Hesapta üst bölüm için Tablo (4.1)'den seçilen R_{ust} ve D_{ust} katsayıları ve deprem doğrultusundaki $T_p^{(2)}$ hakim titreşim periyoduna göre Denk.(4.1)'den hesaplanan *deprem yükü azaltma katsayısı* (R_s)_{ust} kullanılacaktır. Birinci yükleme durumu için yapılan hesap sonucunda, hem üst bölüm'de, hem de alt bölüm'de azaltılmış iç kuvvetler elde edilir.

4.7.5.3 – İkinci yükleme durumunda, yine ortak tek taşıyıcı sistem modelinde sadece alt bölüm'deki bodrum katlarının kütleleri, Denk.(4.8)'de $T=0$ konularak elde edilen azaltılmış spektral ivme $S_{aR}(0)$ ile çarpılarak bu katlara etkiyen yaklaşık eşdeğer deprem yükleri hesaplanır (Şekil 4.2c). Hesapta alt bölüm (bodrum) için Denk.(4.1)'den hesaplanan *deprem yükü azaltma katsayısı* (R_s)_{alt} = D_{alt} = 1.5 kullanılacaktır. İkinci yükleme durumu için yapılan hesap sonucunda, alt bölüm'deki azaltılmış iç kuvvetler elde edilir.

4.7.5.4 – Bodrumlu binalarda tasarıma esas iç kuvvetler 4.10.1'de tanımlanmıştır.

4A.1. AKMA DAYANIMI VE AKMA DAYANIMI AZALTMA KATSAYISI

Dayanıma Göre Tasarım çerçevesinde, modal tek serbestlik dereceli sistem için *öngörülen süneklik kapasitesi – dayanım talebi* ilişkisi ve buna bağlı olarak tanımlanan *deprem yükü katsayıları* aşağıda verilmiştir (Şekil 4A.1).

4A.1.1. Akma Dayanımı

Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımında, *öngörülen süneklik kapasitesi* μ_k 'ya bağlı olarak, taşıyıcı sistemin sahip olması gereken *akma dayanımı* $f_y(\mu_k, T)$, Denk.(4A.1) ile tanımlanır:

$$f_y(\mu_k, T) = \frac{f_e(T)}{R_y(\mu_k, T)} \quad (4A.1)$$

Burada $f_e(T)$ taşıyıcı sistem için hesaplanan *doğrusal (elastik) dayanım talebi*'ni, T sistemin doğal titreşim periyodunu, $R_y(\mu_k, T)$ ise 4A.1.2'de tanımlanan *Akma Dayanımı Azaltma Katsayısı*'ni simgelemektedir.

4A.1.2. Akma Dayanımı Azaltma Katsayısı

Akma Dayanımı Azaltma Katsayısı $R_y(\mu_k, T)$, *eşit yerdeğiştirme kuralı* uyarınca rijitliği fazla olmayan taşıyıcı sistemler için *öngörülen süneklik kapasitesi* μ_k 'ya eşit alınır:

$$R_y(\mu_k, T) = \mu_k \quad T > T_B \quad (4A.2a)$$

4A.2. TASARIM DAYANIMI VE DAYANIM FAZLALIĞI KATSAYISI

4A.2.1. Tasarım Dayanımı

Dayanım Göre Tasarım'da, *öngörülen süneklik kapasitesi*'ne bağlı olarak, *taşıma gücü yaklaşımı ile kesit tasarımı* için, taşıyıcı sistemin sahip olması gereken *tasarım dayanım* $f_d(\mu_k, T)$ Denk.(4A.3) ile tanımlanır:

$$f_d(\mu_k, T) = \frac{f_y(\mu_k, T)}{D} \quad (4A.3)$$

4A.2.2. Dayanım Fazlalığı Katsayısı

Denk.(4A.3)'te D , *Dayanım Fazlalığı Katsayısı*'nı göstermektedir. Bu katsayı ile, akma dayanımının tasarım dayanımına göre fazlalığı ifade edilmektedir.

4A.3. TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞ KATSAYISI VE DEPREM YÜKÜ AZALTMA KATSAYISI

4A.3.1. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R , *öngörülen süneklik kapasitesi* μ_k 'ya, Denk.(4A.3)'te tanımlanan *Dayanım Fazlalığı Katsayısı* D 'ye ve Tablo 3.1'de tanımlanan *Bina Önem Katsayısı* I 'ya bağlı olarak Denk.(4A.4) ile tanımlanır:

$$\frac{R}{I} = \mu_k D \quad (4A.4)$$

4A.3.2. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

Dayanım Göre Tasarım'da *taşıma gücü yaklaşımı* ile kesit tasarımı için, her bir taşıyıcı sistem türü için seçilen belirli *sabit* bir süneklik kapasitesine karşı gelen *Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı* $R_a(T)$ Denk.(4A.5a) ile tanımlanır;

$$R_a(T) = \frac{f_s(T)}{f_d(\mu_k, T)} \quad (4A.5a)$$

veya Denk.(4A.1) ve Denk.(4A.3)'ten yararlanılarak Denk.(4A.5b)'deki gibi de ifade edilebilir:

$$R_a(T) = D R_y(\mu_k, T) \quad (4A.5b)$$

Sonuç olarak Denk.(4A.2), Denk.(4A.4) ve Denk.(4A.5)'ten yararlanılarak *Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı* $R_a(T)$ uygulamada kullanılmak üzere Denk.(4A.6) ile ifade edilir:

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (4A.6a)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (4A.6b)$$

4.9. GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİNİN SINIRLANDIRILMASI, İKİNCİ MERTEBE ETKİLERİ VE DEPREM DERZLERİ

4.9.1. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması

4.9.1.1 – (X) deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden *azaltılmış görelî kat ötelemesi*, $\Delta_i^{(X)}$, Denk.(4.32) ile elde edilecektir.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (4.32)$$

Denk.(4.32)'de $u_i^{(X)}$ ve $u_{i-1}^{(X)}$, tipik (X) deprem doğrultusu için binanın i'inci ve (i-1)'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında *azaltılmış deprem yükleri*'ne göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir. Ancak bu hesapta 4.7.3.2'de verilen koşul ve ayrıca Denk.(4.19)'da tanımlanan minimum eşdeğer deprem yükü koşulu gözönüne alınmayacaktır.

4.9.1.2 – Tipik (X) deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için *etkin görelî kat ötelemesi*, $\delta_i^{(X)}$, Denk.(4.33) ile elde edilecektir.

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)} \quad (4.33)$$

4.9.1.3 – Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denk.(4.33) ile hesaplanan $\delta_i^{(X)}$ etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $\delta_{i,max}^{(X)}$, aşağıda (a) veya (b)'de verilen koşulları sağlayacaktır.

(a) Gevrek malzemeden yapılmış boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumunda:

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008 \kappa \quad (4.34a)$$

(b) Gevrek malzemeden yapılmış dolgu duvarları ile çerçeve elemanlarının aralarında esnek derzler yapılması, cephe elemanlarının dış çerçevelere esnek bağlantılarla bağlanması veya dolgu duvar elemanının çerçeveden bağımsız olması durumunda:

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016 \kappa \quad (4.34b)$$

Ancak, bu durumda derzli dolgu duvar elemanlarının, esnek dolgu duvar elemanlarının ve esnek bağlantılı cephe elemanlarının düzlem içi yatay ötelenme kapasitelerinin Denk.(4.34b)'de verilen sınır değeri sağladığı 1.4'e göre deneye dayalı olarak belgelendirilecektir. Dolgu duvarları için örnek bir esnek derz uygulaması EK 4C'de verilmiştir.

4.9.1.4 – Denk.(4.34)'te yer alan λ katsayısı, binanın gözönüne alınan deprem doğrultusundaki hakim titreşim periyodu için 2.2'de tanımlanan DD-3 deprem yer hareketinin 2.3.4.1'e göre hesaplanan *elastik tasarım spektral ivmesi*'nin, DD-2 deprem yer hareketinin *elastik tasarım spektral ivmesi*'ne oranıdır. Denk.(4.34)'te yer alan κ katsayısı ise betonarme binalarda $\kappa = 1$, çelik binalarda $\kappa = 0.5$ alınacaktır.

4.9.1.5 – Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çelik çerçevelerle taşındığı tek katlı binalarda, Denk.(4.34) ile tanımlanan sınırlar en çok %50 artırılabilir.

4.9.1.6 – Denk.(4.34)'de verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI

➤ Yapının Temel parametreleri belirlenir.

- ✓ Bina Kullanım Sınıfı Belirlenir (**BKS=3; Bina Önem Katsayısı (I) 1.0'dir.**)
- ✓ Bina Performans Hedefleri ile Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar
(Yüksek Binalar Dışında – $BYS \geq 2$)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS – 1, 1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS – 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

3.2. DEPREM TASARIM SINIFLARI

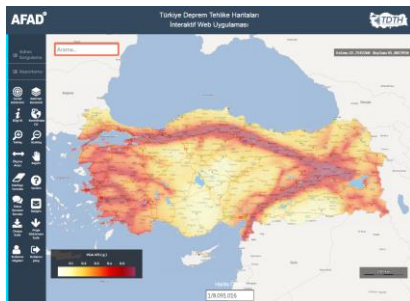
3.1.1'de tanımlanan *Bina Kullanım Sınıfları*'na ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için 2.3.2.2'de tanımlanan *Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı*'na bağlı olarak, bu Yönetmelik'te deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak *Deprem Tasarım Sınıfları* (DTS), Tablo 3.2'ye göre belirlenecektir.

Tablo 3.2 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

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

- ✓ Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (SDS) belirlenir

<https://tdth.afad.gov.tr/> adresi üzerinden veya E-devlet üzerinden giriş yapılarak **Türkiye Deprem Tehlike Haritaları'na** ulaşılır. Harita üzerinde yapının yapılacağı nokta işaretlenerek raporlama yapılır. Seçilen Deprem Yer Hareketi Düzeyi'ne (DD-2) ve Yerel Zemin sınıfına (ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF) bağlı olarak (SDS) hesaplatılır. Hesaplanan SDS değerine göre DEPREM TASARIM SINIFI (DTS) belirlenir.



SDS

DTS

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI

- ✓ Deprem Tasarım Sınıfı'na (DTS) ve Bina yüksekliğine bağlı olarak **Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)** belirlenir. (Tablo 3.3)

Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

AÇIKLAMA:

BYT Kapsamında konut, işyeri vb gibi yapıların **BİNA KULLANIM SINIFI** BKS=3; Bina Önem Katsayısı (*I*) 1.0'dir.

Buna bağlı olarak Yapımızın Deprem Tasarım Sınıfı (DTS), DTS=1, 2, 3, 4 olabilir.

(1,2,3,4 değerleri, DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (*S_{ds}*) bağlı olarak karar verilecektir.)

- ✓ Deprem Tehlike Haritaları üzerinden bir önceki adımda raporlama kısmında **Yatay ve Düşey Elastik Tasarım Spektrumu elde edilir.**
- ✓ Yatay Elastik Tasarım Spektrumuna bağlı olarak **Yatay Elastik Tasarım Yerdeğiştirme Spektrumu elde edilir.**

BYT kapsamında seçilen binalar Zemin +2 (en az) veya Zemin + 5 (en fazla) olduğu için Bina Yükseklik Sınıfı Tablo 3.3'te BYS= 5, 6, 7 olabilir. (Bina Kat Yüksekliği 3 m olarak dikkate alınır)

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI

- ✓ Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı R_a hesaplanır. R_a ya bağılı olarak Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu belirlenir.

4.2.1.2 – EK 4A’da yapılan tanıma göre doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak *Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı* $R_a(T)$ aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (4.1a)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (4.1b)$$

4.4. DEPREM ETKİSİNİN TANIMLANMASI VE DİĞER ETKİLERLE BİRLEŞTİRİLMESİ

4.4.1. Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

4.7 ve 4.8.2’de verilen hesap yöntemlerinde *yatay doğrultuda azaltılmış deprem yükleri*’nin belirlenmesi için kullanılacak *azaltılmış tasarım ivme spektrumu*’nun belirli bir T doğal titreşim periyodu için ordinatı olan *azaltılmış tasarım spektral ivmesi* $S_{aR}(T)$, Denk.(4.8) ile tanımlanmıştır:

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{as}(T)}{R_a(T)} \quad (4.8)$$

Burada $S_{as}(T)$, 2.2’de tanımlanan DD-2 deprem yer hareketi için Denk.(2.2) ile belirlenen *yatay elastik tasarım spektral ivmesi*’ni, $R_a(T)$ ise Denk.(4.1) ile tanımlanan *Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı*’nı göstermektedir.

Tablo 4.1. Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneldik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m’yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
A2. Süneldik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	$BYS \geq 4$

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI

4.4.3. Düşey Deprem Etkisi

4.4.3.1 – DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a olarak sınıflandırılan ve aşağıdaki elemanları içeren binalarda düşey deprem hesabı, bu elemanların *yerel düşey titreşim modları* esas alınarak *sadece bu elemanlar için 2.3.5'te tanımlanan düşey elastik ivme spektrumu*'na göre 4.8.2'de verilen yöntemle yapılacaktır. *Düşey deprem etkisi* $E_d^{(2)}$ 'in bu şekilde hesabında tüm taşıyıcı sistemler için $R/I = 1$ ve $D = 1$ alınacaktır.

- (a) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar,
- (b) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolları içeren binalar,
- (c) Kirişlere oturan kolonları içeren binalar,
- (d) Kolonları düşeye göre eğimli olan binalar.

4.4.3.2 – 4.4.3.1'de belirtilen elemanların dışındaki taşıyıcı sistem kısımlarında ve 4.4.3.1'deki tanımın dışında kalan binalarda *düşey deprem etkisi* $E_d^{(2)}$, özel bir hesap yapılmaksızın, Denk.(4.10) ile yaklaşık olarak hesaplanacaktır.

$$E_d^{(2)} \approx (2/3) S_{DS} G \quad (4.10)$$

Burada G sabit yük etkisini, S_{DS} ise 2.3.2'de tanımlanan *kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı*'nı göstermektedir.

4.4.4. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

4.4.4.1 – Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında esas alınmak üzere, deprem etkisini içeren yük birleşimleri Denk.(4.11) ve Denk.(4.12) ile tanımlanmıştır:

$$G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(2)} \quad (4.11)$$

$$0.9G + H + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(2)} \quad (4.12)$$

4.5.9. Kütlelerin Modellenmesi

4.5.9.1 – Taşıyıcı sistem elemanlarının çubuk, levha (membran) veya kabuk sonlu eleman olarak modellenmeleri durumunda *tekil düğüm noktası kütleleri*, bağlı sonlu elemanların kapsama alanlarındaki yayılı kütlelerin bileşkeleri olarak atanırlar. Sonlu eleman düğüm noktalarındaki tekil kütleler, sadece iki yatay veya ek olarak düşey öteleme serbestlik derecelerine karşı gelecek şekilde tanımlanırlar.

4.5.9.2 – Tipik sonlu eleman düğüm noktası j 'ye etkileyen tekil kütle $m_j^{(S)}$ Denk.(4.16) ile hesaplanacaktır.

$$w_j^{(S)} = w_{Gj}^{(S)} + n w_{Qj}^{(S)} \quad ; \quad m_j^{(S)} = \frac{w_j^{(S)}}{g} \quad (4.16)$$

Burada $w_{Gj}^{(S)}$ ve $w_{Qj}^{(S)}$ sonlu eleman düğüm noktası j 'ye etkileyen bileşke sabit yük ve hareketli yükü göstermektedir. Denk.(4.16)'da yer alan *hareketli yük kütle katılım katsayısı*, n , Tablo 4.3'te verilmiştir. Endüstri binalarında sabit ekipman ağırlıkları için $n = 1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında gözönüne alınmayacaktır. Çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u gözönüne alınacaktır. Yapısal olmayan eleman ve donanımlarla ilgili olarak 6.1.3'te verilen koşul dikkate alınacaktır.

Tablo 4.2. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

Tablo 4.3. Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı

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

4.6. DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMİNİN SEÇİLMESİ

4.6.1. Doğrusal Hesap Yöntemleri

Dayanım Göre Tasarım kapsamında kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri, ayrıntıları 4.7’de açıklanan *Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi* ile ayrıntıları 4.8’de açıklanan *Modal Hesap Yöntemleri*’dir.

4.6.2. Hesap Yönteminin Seçilmesi

4.6.2.1 – Ayrıntıları 4.8’de açıklanan *Modal Hesap Yöntemleri*’nden herhangi biri (*Mod Birleştirme Yöntemi* veya *Mod Toplama Yöntemi*) bu Bölüm kapsamındaki binaların tümünün deprem hesabında kullanılabilir.

4.6.2.2 – Ayrıntıları 4.7’de açıklanan *Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi*’nin uygulanabileceği binalar Tablo 4.4’te verilmiştir.

Tablo 4.4. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi’nin Uygulanabileceği Binalar

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6

4.7. EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ İLE DOĞRUSAL DEPREM HESABI

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, birbirine dik (X) ve (Y) deprem doğrultularında binaya etkiyen depremler için ayrı ayrı uygulanacaktır. Aşağıdaki bağıntılar (X) deprem doğrultusu için verilmiştir. Bodrumlu ve bodrumsuz binalarda bina tabanı ve bina yüksekliği tanımları için 3.3.1 esas alınacaktır.

4.7.1. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

4.7.1.1 – Gözönüne alınan (X) deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen *toplam eşdeğer deprem yükü* (*taban kesme kuvveti*), $V_{te}^{(X)}$, Denk. (4.19) ile belirlenecektir.

$$V_{te}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (4.19)$$

Burada $S_{aR}(T_p^{(X)})$, gözönüne alınan (X) deprem doğrultusunda 4.7.3’e göre hesaplanan binanın hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ gözönüne alınarak Denk.(4.8)’den hesaplanan *Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi*’ni göstermektedir. S_{DS} ise *kısa periyot için 2.3.2.2’de tanımlanan tasarım spektral ivme katsayısı*’dır.

4.7.1.2 – Denk.(4.19)’daki m_t binanın Denk.(4.20) ile hesaplanan toplam kütlelerine karşı gelmektedir:

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (4.20)$$

Burada m_i i’inci kat döşemesinin toplam kütleleridir.

4.7.2. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

4.7.2.1 – Denk.(4.19) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denk.(4.21) ile ifade edilir:

$$V_{te}^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^N F_{ie}^{(X)} \quad (4.21)$$

4.7.2.2 – Binanın N’inci katına (tepesine) etkiyen *ek eşdeğer deprem yükü* $\Delta F_{NE}^{(X)}$ ’in değeri Denk.(4.22) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{te}^{(X)} \quad (4.22)$$

4.7.2.3 – Toplam eşdeğer deprem yükünün $\Delta F_{NE}^{(X)}$ dışında geri kalan kısmı, N’inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denk.(4.23) ile dağıtılacaktır (Şekil 4.2a).

$$F_{ie}^{(X)} = (V_{te}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (4.23)$$

4.7.2.4 – Kat döşemelerinin 4.5.6.4’e göre *rijit diyafram* olarak modellenmesi durumunda Denk.(4.23) ile hesaplanan $F_{ie}^{(X)}$ eşdeğer deprem yükü, i’inci kattaki *ana düğüm noktası*’na gözönüne alınan deprem doğrultusunda etki ettirilecektir.

4.7.2.5 – Kat döşemelerinin 4.5.6.2’ye göre *levha (membran)* sonlu elemanlar ile modellenmesi durumunda, i’nci katta j’inci düğüm noktasına etkiyen eşdeğer deprem yükü Denk.(4.24) ile hesaplanacaktır:

$$f_{je}^{(S)} = \frac{F_{ie}^{(X)}}{m_i} m_j^{(S)} \quad (4.24)$$

Burada $m_j^{(S)}$, j’inci düğüm noktasının Denk.(4.16) ile tanımlanan tekil kütleleridir.

4.7.2.6 – Deprem yüklerinden binanın tabanında meydana gelen toplam devrilme momenti Denk.(4.25) ile hesaplanır:

$$M_o^{(X)} = \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} H_i \quad (4.25)$$

4.7.3. Binaın Hakim Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

4.7.3.1 – Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binalarda Denk.(4.19)'da yer alan ve gözönüne alınan (X) deprem doğrultusunda binaın hakim doğal titreşim periyodunu ifade eden $T_p^{(X)}$, daha kesin bir hesap yapılmadıkça, Denk.(4.26) ile hesaplanacaktır.

$$T_p^{(X)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{iE}^{(X)2}}{\sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} d_{iE}^{(X)}} \right)^{1/2} \quad (4.26)$$

Burada i'inci kata etkiyen fiktif yükü gösteren $F_{iE}^{(X)}$, Denk.(4.23)'te $(V_{iE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)})$ yerine herhangi bir değer (örneğin 100) konularak elde edilecektir.

4.7.3.2 – Binaın Denk.(4.26) ile hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ 'in deprem hesabında gözönüne alınacak en büyük değeri, 4.7.3.4'te verilen T_{pA} periyodunun 1.4 katından daha fazla olmayacaktır.

4.7.3.3 – DTS = 1, 1a, 2, 2a ve BYS ≥ 6 olan binalarda ve DTS = 3, 3a, 4, 4a olan tüm binalarda hakim doğal titreşim periyodu, 4.7.3.1'den hesaplanmaksızın, doğrudan 4.7.3.4'te verilen ampirik T_{pA} periyodu olarak alınabilir ($T_p^{(X)} \cong T_{pA}$).

4.7.3.4 – Ampirik hakim doğal titreşim periyodu Denk.(4.27) ile hesaplanacaktır:

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (4.27)$$

(a) Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.1$, çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda $C_t = 0.07$ alınacaktır.

(b) Deprem etkilerinin tamamının betonarme perdeler tarafından karşılandığı binalarda C_t katsayısı Denk.(4.28a) ile hesaplanacaktır:

$$C_t = \frac{0.1}{\sqrt{A_t}} \leq 0.07 \quad (4.28a)$$

Bu bağıntıdaki A_t eşdeğer alanı Denk.(4.28b)'de verilmiştir:

$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[0.2 + \left(\frac{\ell_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \leq \sum_j A_{wj} \quad (4.28b)$$

4.7.4. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde Burulma Hesabı

Binaın herhangi bir i'inci katında Tablo 3.6'da tanımlanan A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, 4.5.10.2'ye göre bu katta uygulanan $\pm\%5$ ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için Denk.(4.29)'da verilen D_{bi} katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

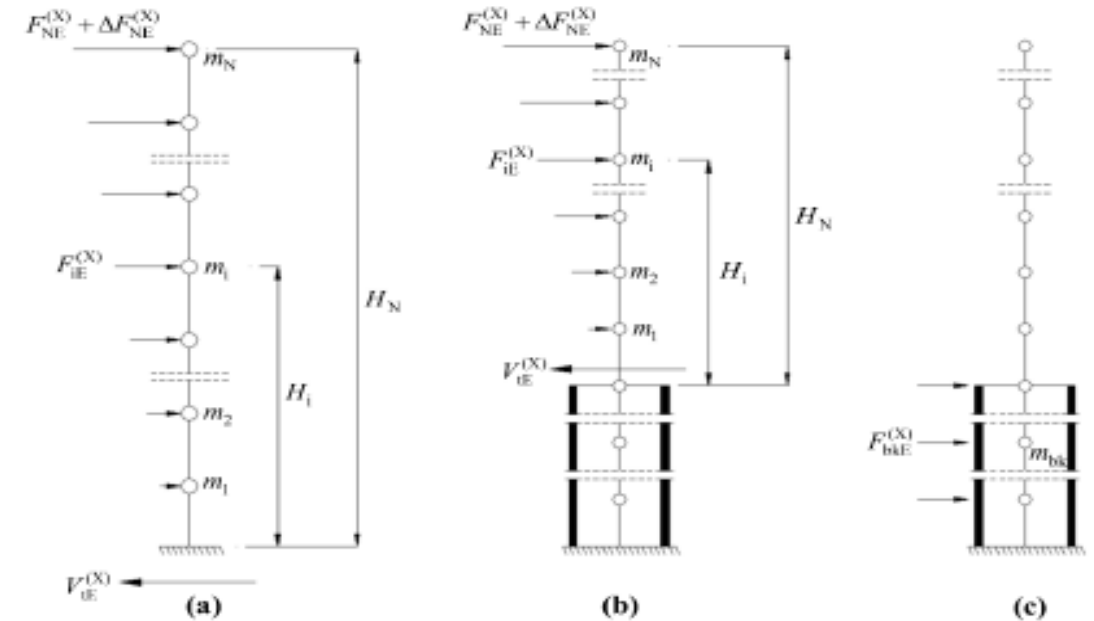
$$D_{bi} = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (4.29)$$

4.7.5. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Bodrumlu Binaların Hesabı

3.3.1'de verilen tanıma göre, dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrumların bulunduğu binalarda, binaın üst bölümü ve bodrumlu alt bölümü birarada ortak tek bir taşıyıcı sistem olarak modellenecektir. Bu tür binaların deprem hesabında aşağıda belirtilen iki yöntemden biri kullanılabilir:

(a) 4.3.6.1'de açıklanan hesap yöntemi,

(b) 4.7.5.1, 4.7.5.2 ve 4.7.5.3'te açıklanan iki yükleme durumlu hesap yöntemi (Şekil 4.2).



Şekil 4.2

3.6. DEPREM ETKİSİ ALTINDA DÜZENSİZ BİNALAR

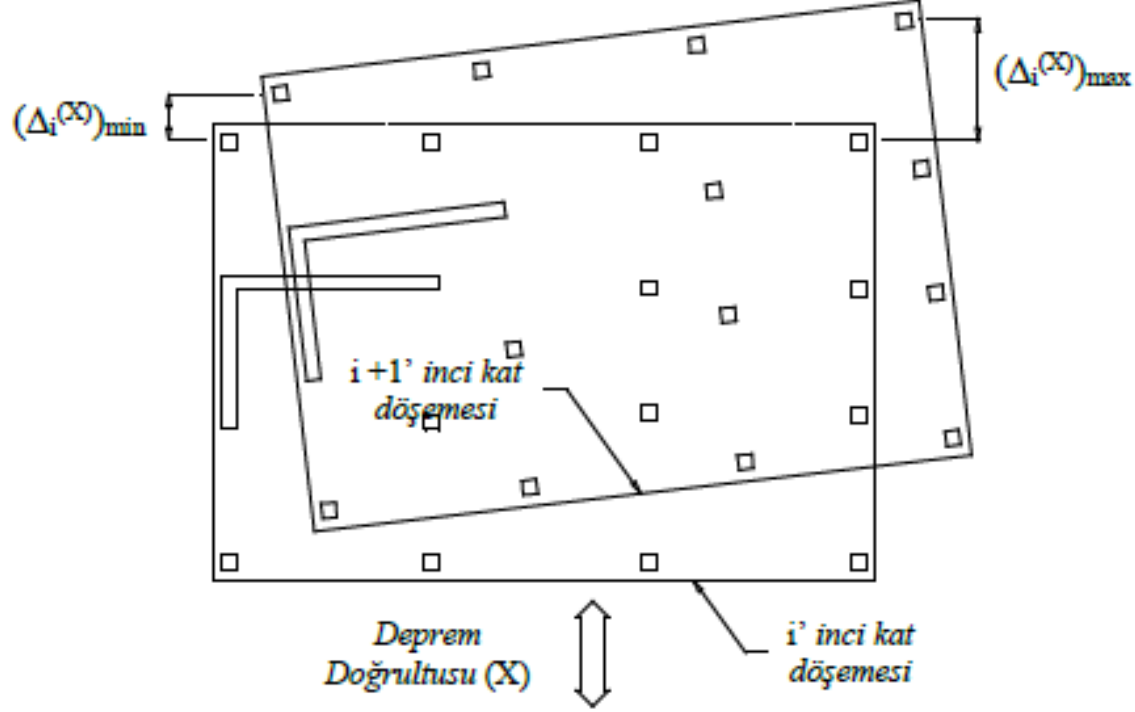
3.6.1. Düzensiz Binaların Tanımı

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken *düzensiz binalar*'ın tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar Tablo 3.6'da, bunlarla ilgili koşullar ise 3.6.2'de verilmiştir.

Tablo 3.6 – Düzensiz Binalar

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
A1 – Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden <i>Burulma Düzensizliği Katsayısı</i> η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 3.1). $[\eta_{bi} = (\Delta_i^{(0)})_{max} / (\Delta_i^{(0)})_{ort} > 1.2]$. Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 4.7'ye göre yapılacaktır.	3.6.2.1
A2 – Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 3.2); I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	3.6.2.2
A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (Şekil 3.3).	3.6.2.2

B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i>'nın, bir üst kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i>'na oranı olarak tanımlanan <i>Dayanım Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ci}'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_s)_i / (\sum A_s)_{i+1} < 0.80]$ <i>Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:</i> $(\sum A_s)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_k)_i + (0.15 \sum A_k)_i$ Not: 4.9.1.3(b)'de tanımlanan duvarlar için $A_k = 0$ alınacaktır.	3.6.2.3
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan <i>Rijitlik Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ki}'nin 2.0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(0)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^{(0)} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i^{(0)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}^{(0)} / h_{i-1})_{ort} > 2.0]$ <i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 4.7'ye göre yapılacaktır.</i>	3.6.2.1
B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak girişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (Şekil 3.4).	3.6.2.4



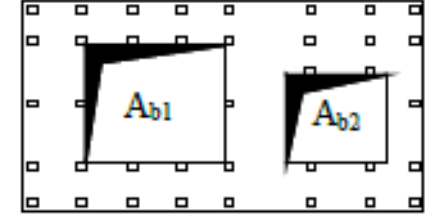
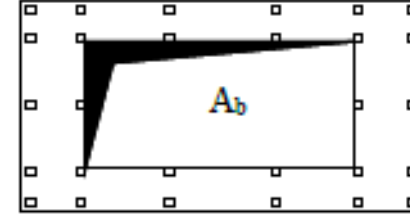
Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

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

Burulma düzensizliği katsayısı: $\eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{\max} / (\Delta_i^{(X)})_{\text{ort}}$

Burulma düzensizliği durumu: $\eta_{bi} > 1.2$

Şekil 3.1



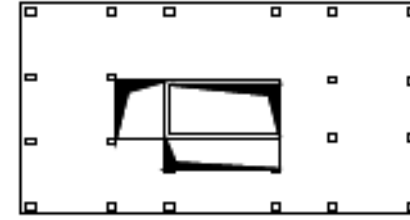
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A2 türü düzensizlik durumu - I

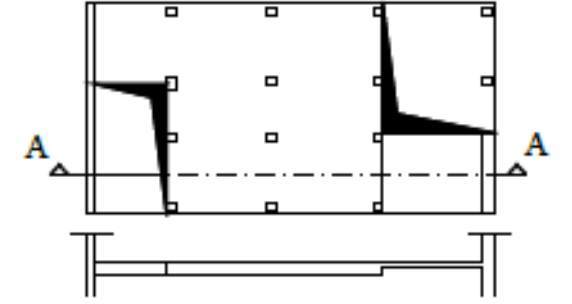
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı

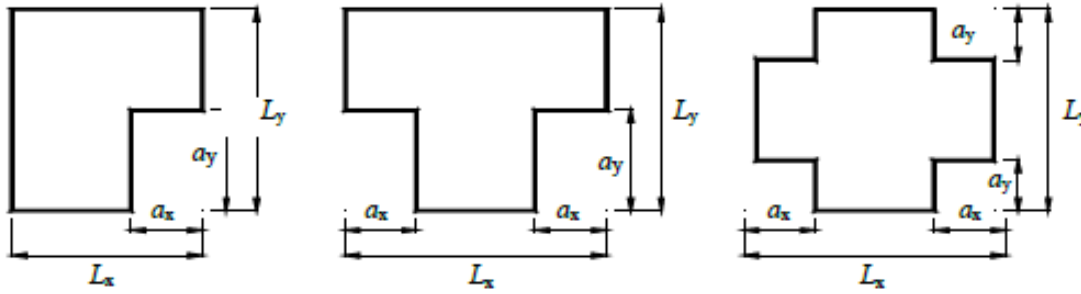


A2 türü düzensizlik durumu - II



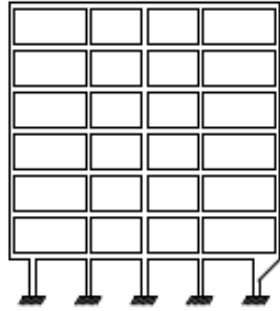
A2 türü düzensizlik durumu - II ve III

Şekil 3.2

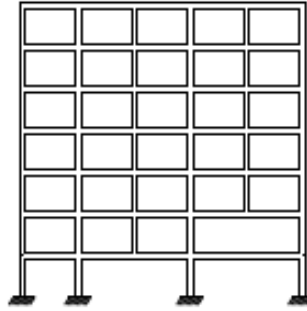


A3 türü düzensizlik durumu:
 $a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2 L_y$

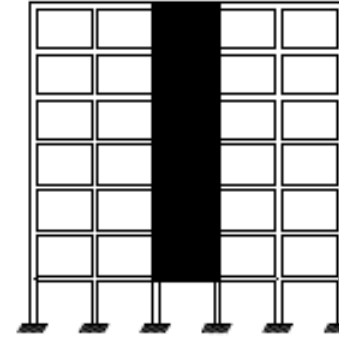
Şekil 3.3



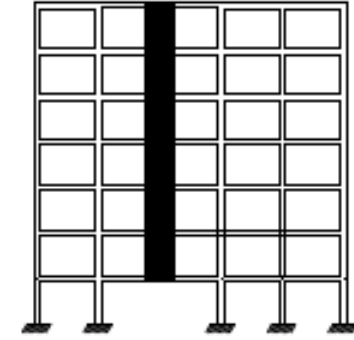
Bkz. 3.6.2.4 (a)



Bkz. 3.6.2.4 (b)



Bkz. 3.6.2.4 (c)



Bkz. 3.6.2.4 (d)

Şekil 3.4

3.6.2. Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar

Tablo 3.6'da tanımlanan düzensizlik durumlarına ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir:

3.6.2.1 – A1 ve B2 türü düzensizlikler, 4.6'ya göre deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir.

3.6.2.2 – A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğini göstermek üzere iki boyutlu levha (*membran*) veya kabuk sonlu elemanlar ile modellenecektir (Bkz.4.5.6.2).

3.6.2.3 – B1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, gözönüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst katta göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları gözönüne alınmayacaktır. η_{ci} 'nin en küçük olduğu kat dikkate alınarak $0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} < 0.80$ aralığında Tablo 4.1'de verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1.25(\eta_{ci})_{\min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.60$ olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

3.6.2.4 – B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar aşağıda (a) ila (d)'de belirtilmiştir:

- (a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan güselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.
- (b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, 4.4.3'e göre düşey deprem hesabı yapılması yeterlidir.
- (c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.
- (d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

BİLGİLENDİRME EKİ 3A – DEPREM ETKİSİ ALTINDA UYGUN TASARIM İÇİN BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN DÜZENLENMESİ

Bina taşıyıcı sistemlerinin düzenlenmesinde aşağıdaki genel kurallar gözönüne alınmalıdır. Bu bağlamda 3.6’da tanımlanan *planda ve düşeyde düzensiz taşıyıcı sistemler*’den olabildiğince kaçınılmalıdır.

3A.1. TAŞIYICI SİSTEMİN SADELİĞİ VE BASİTLİĞİ

Deprem yer hareketi, yapısal modelleme ve yapısal eleman davranışlarındaki belirsizlikler yanında analiz ve tasarım yöntemlerindeki yaklaşıklıklar nedeni ile, binanın deprem davranışının öngörülebilir olmasını sağlamak üzere taşıyıcı sistemin olabildiğince sade ve basit olması, deprem etkisi altında tasarımın temel kuralıdır.

3A.2. TAŞIYICI SİSTEMİN DÜZENLİ VE SİMETRİK OLARAK DÜZENLENMESİ

3A.2.1 – Taşıyıcı sistemin planda düzenli ve simetrik olarak düzenlenmesi ile, döşemelerdeki yayılı kütlelerden kaynaklanan eylemsizlik kuvvetleri en uygun biçimde düşey taşıyıcı sistem elemanlarına aktarılabilir. Simetrik taşıyıcı sistem düzenlemesi ile kütle, rijitlik ve dayanım bakımından oluşabilecek dışmerkezliliklerin önüne geçilebilir ve öngörülebilir bir deprem davranışı gerçekleştirilebilir.

3A.2.2 – Taşıyıcı sistem düşey doğrultuda da düzenli biçimde düzenlenmelidir. Bu bağlamda kat rijitliğinde ve dayanımında ani değişimler nedeni ile oluşabilecek *yumuşak kat* ve *zayıf kat* düzenlemelerinden olabildiğince kaçınılmalıdır.

3A.3. TAŞIYICI SİSTEMDE FAZLA-BAĞLILIK ÖZELLİĞİNİN SAĞLANMASI

3A.3.1 – Statik yükler altındaki fazla-bağlılık (hiperstatiklik) davranışının deprem etkileri altında da geçerli olması, bu bağlamda deprem sırasında bazı taşıyıcı sistem elemanlarının dayanımlarının azalması ve hatta devre dışı kalması durumunda, sistemde kararlı davranışı sağlayabilecek yeterli sayıda yedek elemanın devreye girmesi, diğer deyişle taşıyıcı sistemin yedeklenmesi sağlanmalıdır.

3A.3.2 – Birbirinden yapısal derzlerle ayrılan bina bloklarının depremde çarpışarak hasar görme riski taşıdığı gözden uzak tutulmamalıdır. Bu bağlamda;

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

(b) Bina veya bina bloklarının plandaki uzunlukları, deprem hesabından bağımsız olarak, betonarme elemanlar için 4.5.8’de tanımlanan etkin kesit rijitlikleri kullanılarak düzgün sıcaklık değişmesi ve rötre etkileri için yapılacak taşıyıcı sistem hesabına göre belirlenebilir.

3A.4. TAŞIYICI SİSTEMDE YETERLİ DAYANIM VE RİJİTLİK

3A.4.1 – Deprem yer hareketinin planda tüm doğrultularda etkili olduğu dikkate alınarak taşıyıcı sistem elemanlarının tercihen birbirine dik iki asal doğrultuda düzenlenmesi ve birbirine yakın dayanım ve rijitliğe sahip olması esastır.

3A.4.2 – Taşıyıcı sistemde olumsuz davranışlara neden olan burulma düzensizliğini ortadan kaldırmak ve tehlikeli burulma titreşimlerini önlemek amacı ile yeterli burulma dayanımının ve rijitliğin sağlanması esastır. Bu doğrultuda uygun bir çözüm, rijitliği ve dayanımı yüksek taşıyıcı sistem elemanlarının olabildiğince binanın çevresinde düzenlenmesidir.

3A.5. TAŞIYICI SİSTEMDE YETERLİ SÜNEKLİK

Tasarım deprem yer hareketi altında binada meydana gelen deprem etkilerinin taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile azaltılması için bu Yönetmelik'te tanımlanan *sünek tasarım ve kapasite tasarımı* ilkelerine titizlikle uyulmalıdır.

3A.6. KATLARDA VE GEÇİŞ KATLARINDA YETERLİ DÖŞEME RİJİTLİĞİ VE DAYANIMI

3A.6.1 – Depremde döşemelerde oluşan eylemsizlik kuvvetlerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılmasını ve aynı zamanda deprem etkilerinin farklı rijitliklere sahip düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle dağıtılmasını sağlamak üzere, döşemelerin yüksek düzlem içi rijitliğe ve yeterli dayanıma sahip olmaları esastır.

3A.6.2 – Düzlem içi kuvvetlerin döşemelerden düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenli biçimde aktarıldığı hesapla gösterilmelidir. Gerekli durumlarda betonarme döşemelerde ek bağlantı donatıları ve aktarma elemanları kullanılmalıdır (Bkz.7.11).

3A.6.3 – Döşemelerde büyük boşluklardan kaçınılmalıdır. Boşluklardan kaçınılamadığı durumlarda, eylemsizlik kuvvetlerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına aktarılmasını sağlamak üzere boşluk kenarlarında yeterli rijitlik ve dayanıma sahip yatay elemanlar düzenlenmelidir.

3A.6.4 – Özellikle normal rijitlikli katlardan çok rijit bodrum katlarına geçişte yer alan ve üstteki katlarda oluşan deprem kuvvetlerinin büyük kısmını bodrum katlardaki çevre perdelerine aktaran *geçiş döşemeleri*'nde yeterli düzlem içi rijitlik ve dayanımın sağlanması esastır.

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI

- ✓ Yapı periyodu belirlenir.

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (4.27)$$

- ✓ Bu periyoda karşılık gelen Azaltılmış Tasarım spektral İvmesi (SaR) belirlenir.
- ✓ Yatay yatay elastik Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı R_a hesaplanır. R_a ya bağlı olarak Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu belirlenir.
- ✓ Bina tabanına gelen toplam kesme kuvveti hesaplanır.

$$V_{tE}^{(\infty)} = m_t S_{aR}(T_p^{(\infty)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (4.19)$$

4.7.2. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

4.7.2.1 – Denk.(4.19) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denk.(4.21) ile ifade edilir:

$$V_{tE}^{(\infty)} = \Delta F_{NE}^{(\infty)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(\infty)} \quad (4.21)$$

4.7.2.2 – Binanın N 'inci katına (tepesine) etkiyen *ek eşdeğer deprem yükü* $\Delta F_{NE}^{(\infty)}$ 'in değeri Denk.(4.22) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_{NE}^{(\infty)} = 0.0075 N V_{tE}^{(\infty)} \quad (4.22)$$

4.7.2.3 – Toplam eşdeğer deprem yükünün $\Delta F_{NE}^{(\infty)}$ dışında geri kalan kısmı, N 'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denk.(4.23) ile dağıtılacaktır (Şekil 4.2a).

$$F_{iE}^{(\infty)} = (V_{tE}^{(\infty)} - \Delta F_{NE}^{(\infty)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (4.23)$$

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI (MUTO YÖNTEMİ)

- MUTO Yönteminin Varsayımları
- Kat döşemeleri sonsuz rijittir.
- Malzeme lineer elastiktir.
- Yapı burulma etkisinde kalmamaktadır.
- Yatay yüklerden dolayı kolon ve kirişlerde oluşan moment diyagramları doğrusaldır.
- Moment diyagramları kolon ve kirişlerin belirli bir kesitinde sıfırdan geçer.
- MUTO Yöntemiyle Yapısal Çözümlemede İzlenecek Yol
- 1. Her bir kat için kat kesme kuvvetleri belirlenir.
- 2. I , her bir elemanın (kolon, kiriş, perde, vb.) atalet momentini, l ise aynı elemanın boyunu göstermek üzere

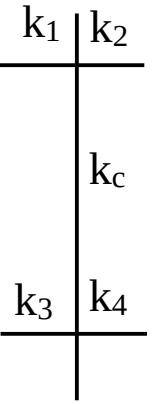
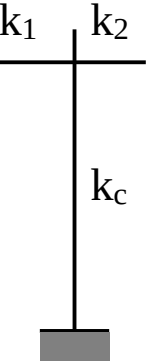
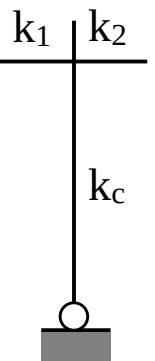
$$k = I / l$$

bağıntısıyla her bir elemanın redörleri hesaplanır.

- 3. Düzeltme katsayısı, a , değerleri, $\bar{k}$ değerleri hesaplandıktan sonra aşağıda verilen bağıntılar yardımıyla belirlenir. Bu değer hesaplanırken olmayan değerler sıfır olarak dikkate alınacaktır.

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI (MUTO YÖNTEMİ)

Düzeltilme Katsayısı, a, Değerleri

Normal Kat Kolonlarında (Son Kat Dahil)	Temel Kolonlarında	
		
$\bar{k} = \frac{k_1 + k_2 + k_3 + k_4}{2k_c}$	$\bar{k} = \frac{k_1 + k_2}{k_c}$	
$a = \frac{\bar{k}}{2 + \bar{k}}$	$a = \frac{0,5 + \bar{k}}{2 + \bar{k}}$	$a = \frac{0,5\bar{k}}{1 + 2\bar{k}}$

1. Her bir kolona ait görelî rijitlik değerleri, D_{ij} ,

$$D_{ij} = a_{ij} \cdot k_{c,ij}$$

bağıntısıyla hesaplanır. Her katın görelî kat ötelemesi ise

$$D_{ij}^* = \frac{12E_c}{h_i^2} D_{ij}$$

olmak üzere

$$\Delta_i = \frac{V_i}{\sum_{j=1}^n D_{ij}^*}, \text{ n: i. katta bulunan kolon sayısı}$$

bağıntısıyla belirlenebilmektedir.

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI (MUTO YÖNTEMİ)

1. i. kattaki j. kolonun kesme kuvveti V_{ij} , D_{ij} , i. katta bulunan j. kolonun D değerini, $\sum D_{ij}$, i. katta bulunan tüm kolonların D değerleri toplamını ve V_i , i katın kat kesme kuvvetini göstermek üzere

$$V_{ij} = \frac{D_{ij}}{\sum_{j=1}^n D_{ij}} V_i$$

bağıntısıyla hesaplanır.

2. Kolonun moment sıfır kesitinin kolonun alt ucuna olan uzaklığının kat yüksekliğine oranı olan y katsayısı, y_0 standart büküm noktası yükseklik katsayısını (Tablo 1, Tablo 2), y_1 kolonun üst ucu ile alt ucundan kolona birleşen kirişlerin rijitliklerinin farklı olması halinde düzeltme katsayısını (Tablo 3), y_2 üst kat kolonunun hesap yapılan kattaki kolonlara göre boyunun farklı olmasının etkisini hesaba katan düzeltme katsayısını (Tablo 4) ve y_3 alt kat kolonunun hesap yapılan kattaki kolonlara göre boyunun farklı olmasının etkisini hesaba katan düzeltme katsayısını (Tablo 4) göstermek üzere,

$$y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$$

bağıntısıyla hesaplanır.

3. Kolon uç momentlerinin belirlenmesi: i katta bulunan j. kolonun alt ve üst uç momentleri, $M_{ij,alt}$ ve $M_{ij,üst}$, sırasıyla

$$M_{ij,alt} = V_{ij} \cdot y \cdot h_i$$

$$M_{ij,üst} = V_{ij} \cdot (1 - y) \cdot h_i$$

bağıntıları yardımıyla belirlenir

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI (MUTO YÖNTEMİ)

Tablo 1. Eşit yayılı yatay yük için y0 değerleri

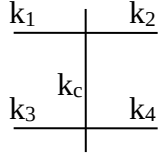
KAT ADEDİ	KAT NO	$\bar{k}$													
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
1	1	0,80	0,75	0,70	0,65	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
2	2	0,50	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	1	1,00	0,85	0,75	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,50
3	3	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45
	2	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	1	1,15	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55
4	4	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45
	3	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50
	2	0,70	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	1	1,20	0,95	0,85	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,55	0,55	0,55	0,55
5	5	-0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,35	0,40	0,45	0,45	0,45
	4	0,20	0,25	0,35	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50
	3	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50
	2	0,75	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	1	1,30	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55
6	6	-0,15	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,40	0,45	0,45	0,45
	5	0,10	0,25	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50
	4	0,30	0,35	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50
	3	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	2	0,80	0,65	0,55	0,55	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	1	1,30	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55
7	7	-0,20	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,45	0,45	0,45	0,45
	6	0,05	0,20	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	5	0,20	0,30	0,35	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50
	4	0,35	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50
	3	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	2	0,80	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	1	1,30	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55
8	8	-0,20	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,45	0,45	0,45	0,45
	7	0,00	0,20	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50
	6	0,15	0,30	0,35	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50

Tablo 2. Üçgen yayılı yatay yük için y0 değerleri

KAT ADEDİ	KAT NO	$\bar{k}$													
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
1	1	0,80	0,75	0,70	0,65	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
2	2	0,50	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50
	1	1,00	0,85	0,75	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55
3	3	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,50
	2	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	1	1,15	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55
4	4	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45
	3	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50
	2	0,70	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	1	1,20	0,95	0,85	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,55	0,55	0,55	0,55
5	5	-0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,35	0,40	0,45	0,45	0,45
	4	0,20	0,25	0,35	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50
	3	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50
	2	0,75	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	1	1,30	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55
6	6	-0,15	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,40	0,45	0,45	0,45
	5	0,10	0,25	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50
	4	0,30	0,35	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50
	3	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	2	0,80	0,65	0,55	0,55	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	1	1,30	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55
7	7	-0,20	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,45	0,45	0,45	0,45
	6	0,05	0,20	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	5	0,20	0,30	0,35	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50
	4	0,35	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50
	3	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	2	0,80	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	1	1,30	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55
8	8	-0,20	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,45	0,45	0,45	0,45
	7	0,00	0,20	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50
	6	0,15	0,30	0,35	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI (MUTO YÖNTEMİ)

Tablo 3. Kolonun üst ucu ile alt ucundan kolona birleşen kirişleri rijitliklerinin farklı olması halinde düzeltme katsayısı y_1 değerleri



α_1														
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
0,4	0,55	0,40	0,30	0,25	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05
0,5	0,45	0,30	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05
0,6	0,30	0,20	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
0,7	0,20	0,15	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00
0,8	0,15	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,9	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

$$k_{\bar{u}} = k_1 + k_2$$

$$\alpha_1 = k_{\bar{u}} / k_a$$

En alt kat için $y_1 = 0$ alınmalıdır.

$$k_a = k_3 + k_4$$

$k_{\bar{u}} > k_a$ ise α_1 değeri $\alpha_1 = k_a / k_{\bar{u}}$ şeklinde belirlenmeli ve $y_1 (-)$ alınmalıdır.

Tablo 4. Kolonun üst ucu ile alt ucundan kolona birleşen kirişleri rijitliklerinin farklı olması halinde düzeltme katsayısı y_1 değerleri

α_2	α_3	$\bar{k}$													
		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
2,0		0,25	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
1,8		0,20	0,15	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00
1,6	0,4	0,15	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
1,4	0,6	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2	0,8	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,0	1,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,8	1,2	-0,05	-0,05	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,6	1,4	-0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,4	1,6	-0,15	-0,10	-0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,8	-0,20	-0,15	-0,10	-0,10	-0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,00	0,00	0,00
	2,0	-0,25	-0,15	-0,15	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,00	0,00

$$y_2 \text{ için } \alpha_2 = h_{i+1} / h_i$$

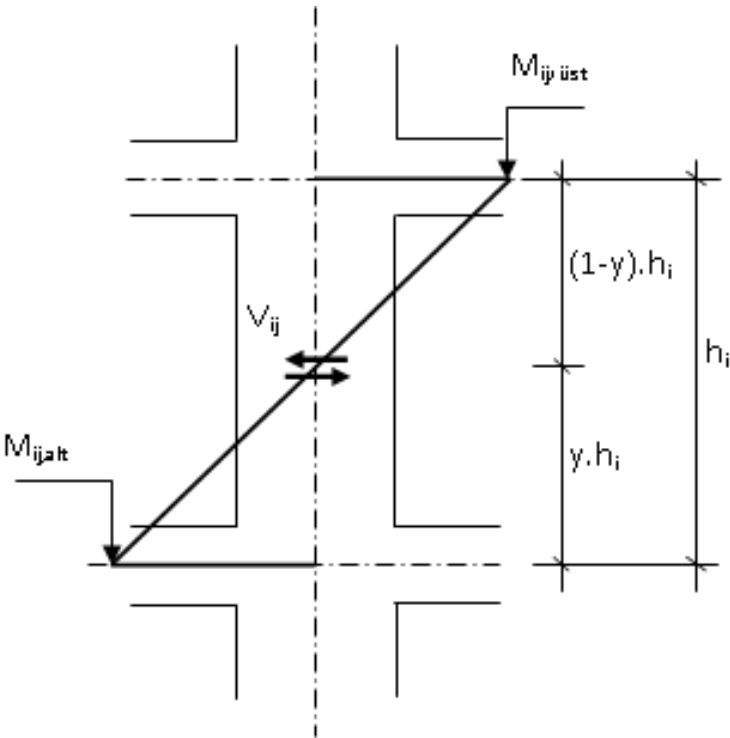
$$y_3 \text{ için } \alpha_3 = h_{i-1} / h_i$$

En üst kat için $y_2 = 0$ alınır.

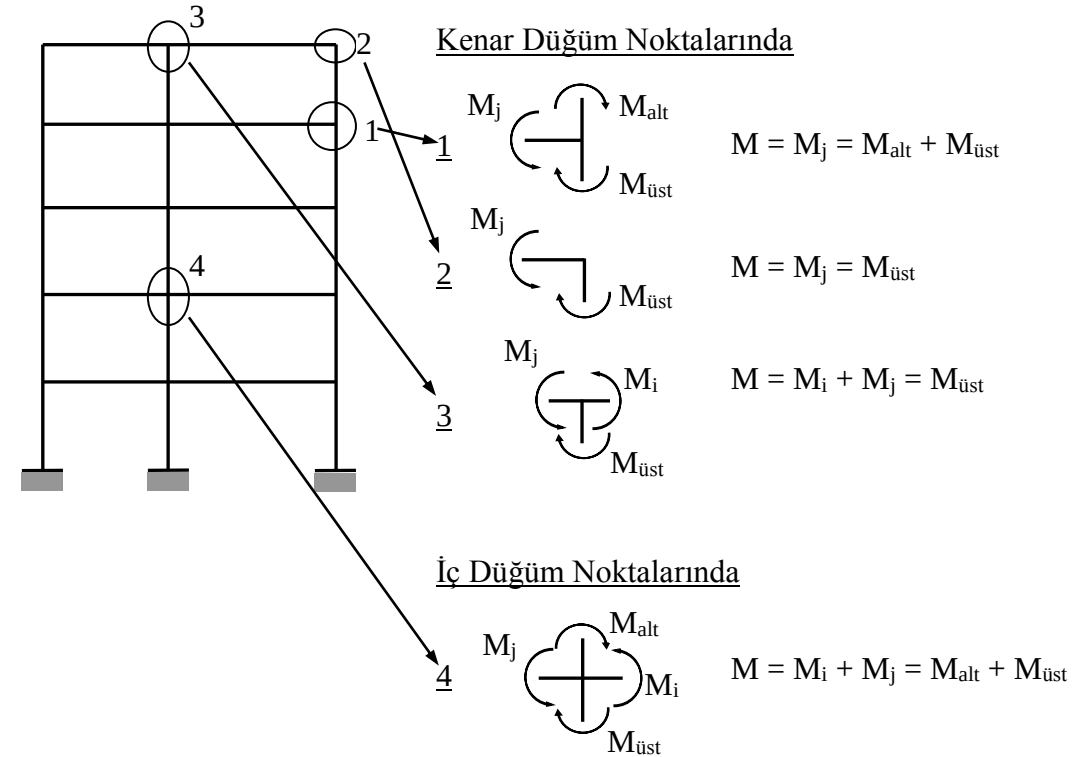
En alt kat için $y_3 = 0$ alınır.

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI (MUTO YÖNTEMİ)

Kolon uç momentleri diyagramı



Düğüm noktası denge durumları



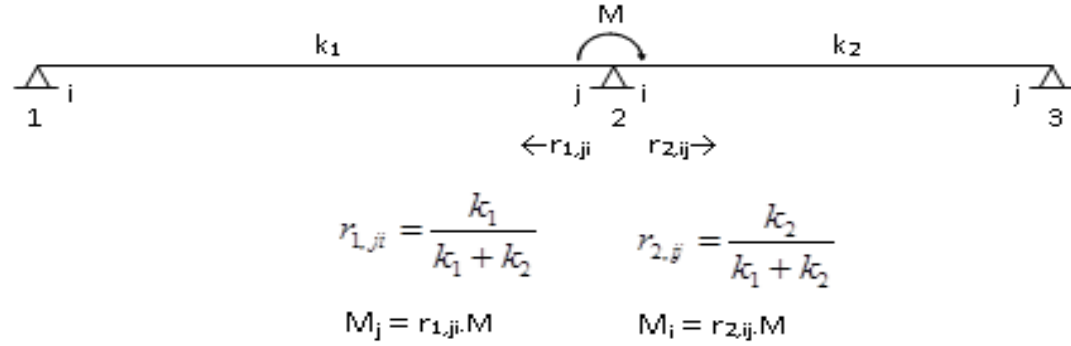
1. Kiriş uç momentlerinin belirlenmesi: i. katta bulunan kirişlerin uç momentleri aşağıdaki gibi belirlenmektedir. Bir kolon-kiriş birleşim noktasına birleşen kolonların uç momentleri toplamı aynı düğüm noktasına birleşen kirişlerin uç momentleri toplamına eşit olmalıdır. Bu nedenle yukarıda hesaplanan bir kolon-kiriş birleşim noktasına birleşen üst kolonun alt uç momenti ile alt kolonun üst uç momenti toplamı aynı birleşim noktasına birleşen soldaki kirişin sağ uç momenti ile sağdaki kirişin sol uç momentleri toplamına eşit olmalıdır. Dolayısıyla belirtilen kolon uç momentleri toplamı belirtilen kirişlere kirişlerin k değerleri ile orantılı olarak dağıtılmalıdır.

$$M = M_{alt} + M_{üst} = M_j + M_i$$

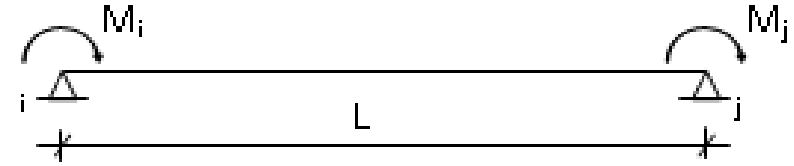
olacaktır.

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI (MUTO YÖNTEMİ)

Kiriş uç momentlerinin belirlenmesi



Kiriş kesme kuvvetlerinin belirlenmesi



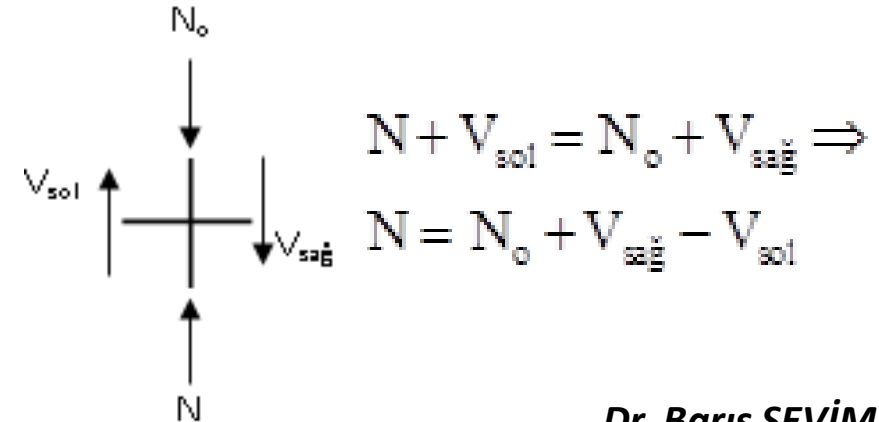
1. Kiriş kesme kuvvetlerinin belirlenmesi: Kiriş kesme kuvvetleri her bir kirişin uçlarında uç momentlerinin mutlak değerce toplamının kirişin açıklığına oranı olarak

$$V = \frac{|M_i| + |M_j|}{L}$$

bağıntısıyla i ve j uçlarındaki mesnet tepkileri belirlendikten sonra bu mesnet tepkileri yardımıyla elde edilir

Kolon normal kuvvetlerinin belirlenmesi

Kolon normal kuvvetlerinin belirlenmesi: Kolon normal kuvvetlerinin belirlenmesinde de düğüm noktası dengesinden yararlanılmaktadır. Ancak yandaki bağıntıda değerler yerine kendi işaretiyle beraber yazılmalı yani cebrik toplam yapılmalıdır

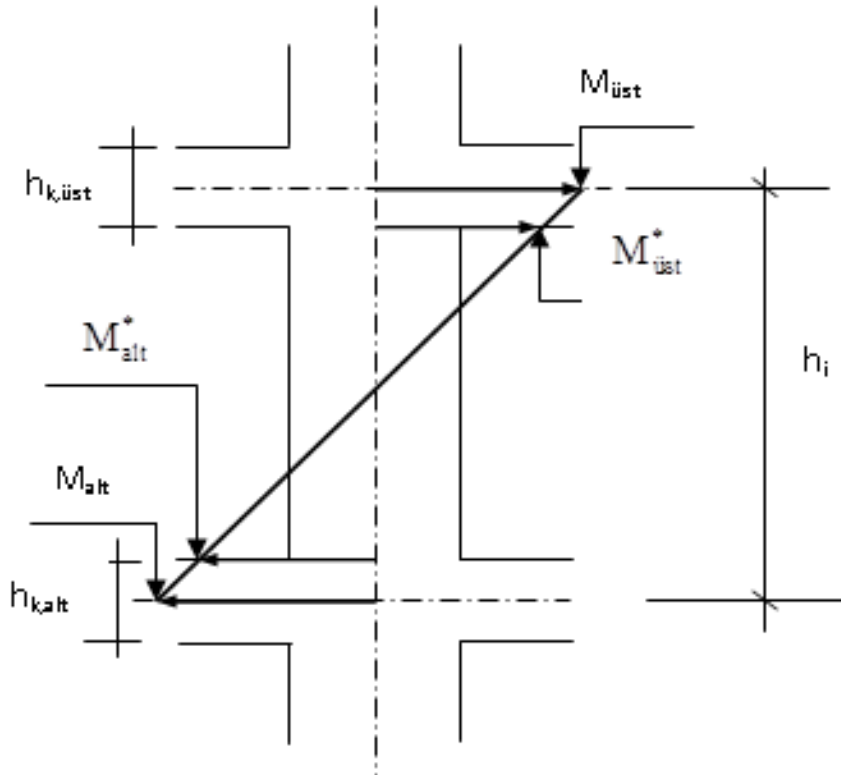


BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI (MUTO YÖNTEMİ)

Kolon ve Kiriş Uç Momentlerinin Düzeltilmesi

Yapısal çözümleme sonucu akslarda belirlenen kolon ve kiriş uç momentlerinin düzeltilmesi yani akslardaki değerler yerine kolon ve kirişlerin serbest açıklıklarının uçlarında oluşan değerlerin hesaplanması gerekmektedir. Bu belirleme işlemi kolonlar ve kirişler aşağıda ayrı ayrı verilmektedir.

Kolon Uç Momentlerinin Düzeltilmesi: Kolon uç momentleri aşağıdaki gibi düzeltilebilmektedir



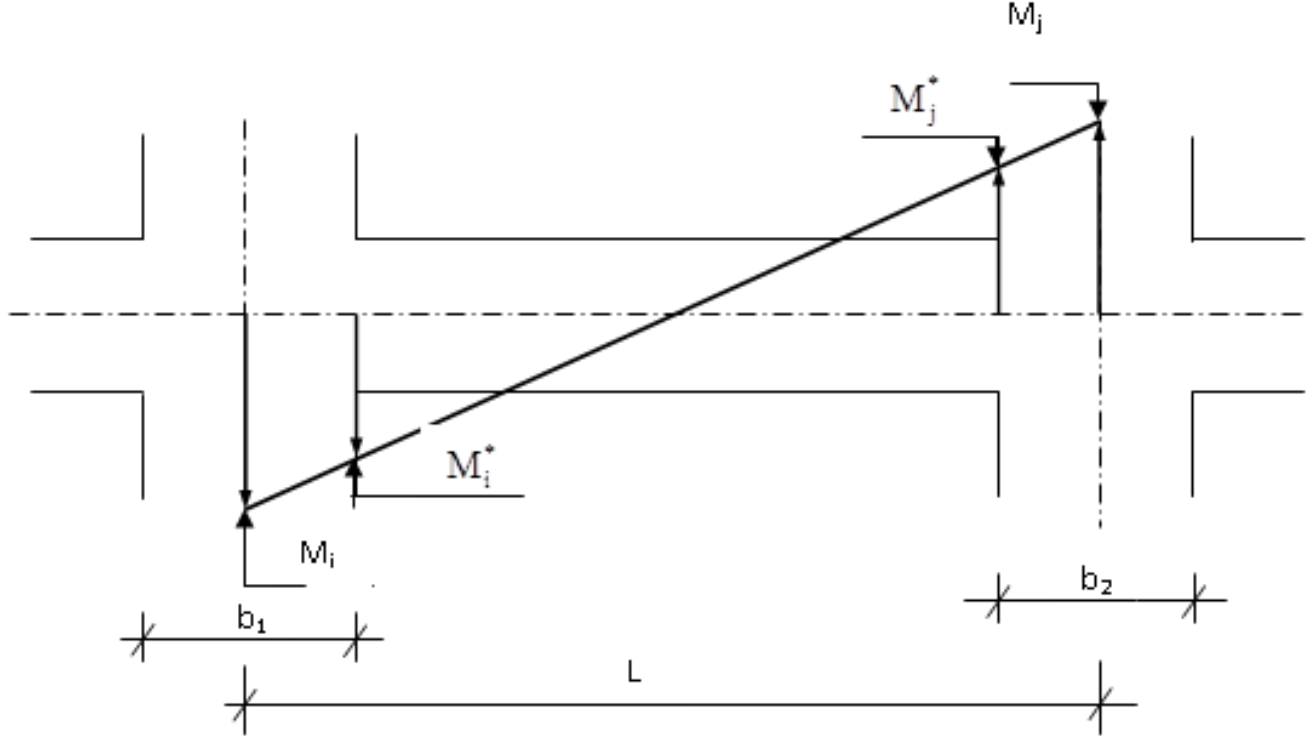
Kolon uç momentlerinin düzeltilmesi

$$M_{üst}^* = M_{üst} - \frac{(M_{üst} + M_{alt}) h_{k,üst}}{h_i} \frac{1}{2}$$

$$M_{alt}^* = M_{alt} - \frac{(M_{üst} + M_{alt}) h_{k,alt}}{h_i} \frac{1}{2}$$

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI (MUTO YÖNTEMİ)

Kiriş Uç Momentlerini Düzeltilmesi: Kiriş uç momentleri aşağıdaki gibi düzeltilebilmektedir



Kiriş uç momentlerinin düzeltilmesi

$$M_i^* = M_i - \frac{(M_i + M_j) b_1}{L} \frac{1}{2}$$

$$M_j^* = M_j - \frac{(M_i + M_j) b_2}{L} \frac{1}{2}$$

BYT KAPSAMINDA YATAY KUVVETLERDEN OLUŞAN KESİT TESİRİ HESABI ADIMLARI (MUTO YÖNTEMİ)

Kolon kesme kuvvetleri ve uç momentlerinin hesabı

Kat no	Kolon no	Aynı özellikli kolon sayısı	Kolon Kesme Kuvvetleri								Kolon Uç Momentleri					
			k_c	$\bar{k}$	a	$D = a.k_c$	$\sum D$	$\frac{D}{\sum D}$	V	$V_j = \frac{D}{\sum D} V$	y_0	y	1-y	h	$M_{alt} = V_j \cdot y \cdot h$	$M_{üst} = V_j \cdot (1 - y) \cdot h$