

• 4.6. DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMİNİN SEÇİLMESİ

• 4.6.1. Doğrusal Hesap Yöntemleri

- *Dayanıma Göre Tasarım* kapsamında kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri, ayrıntıları 4.7’de açıklanan *Eşdeğer Deprem Yüğü 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 Yüğü Yöntemi*’ nin uygulanabileceğı binalar **Tablo 4.4**’te verilmiştir.

Tablo 4.4. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin Uygulanabileceğı Binalar

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliğı 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 Yüğü 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 yüksekliğı tanımları için **3.3.1** esas alınacaktır.
- **4.7.1. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğüünün Belirlenmesi**
- **4.7.1.1** – Göz önüne alınan (X) deprem doğrultusunda, binanın tümüne *etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)*, $V_{tE}^{(x)}$, **Denk. (4.19)** ile belirlenecektir.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (4.19) \rightarrow 7$$

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 kütesine karşı gelmektedir:

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

Burada m_i i'inci kat döşemesinin toplam kütesidir.

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:

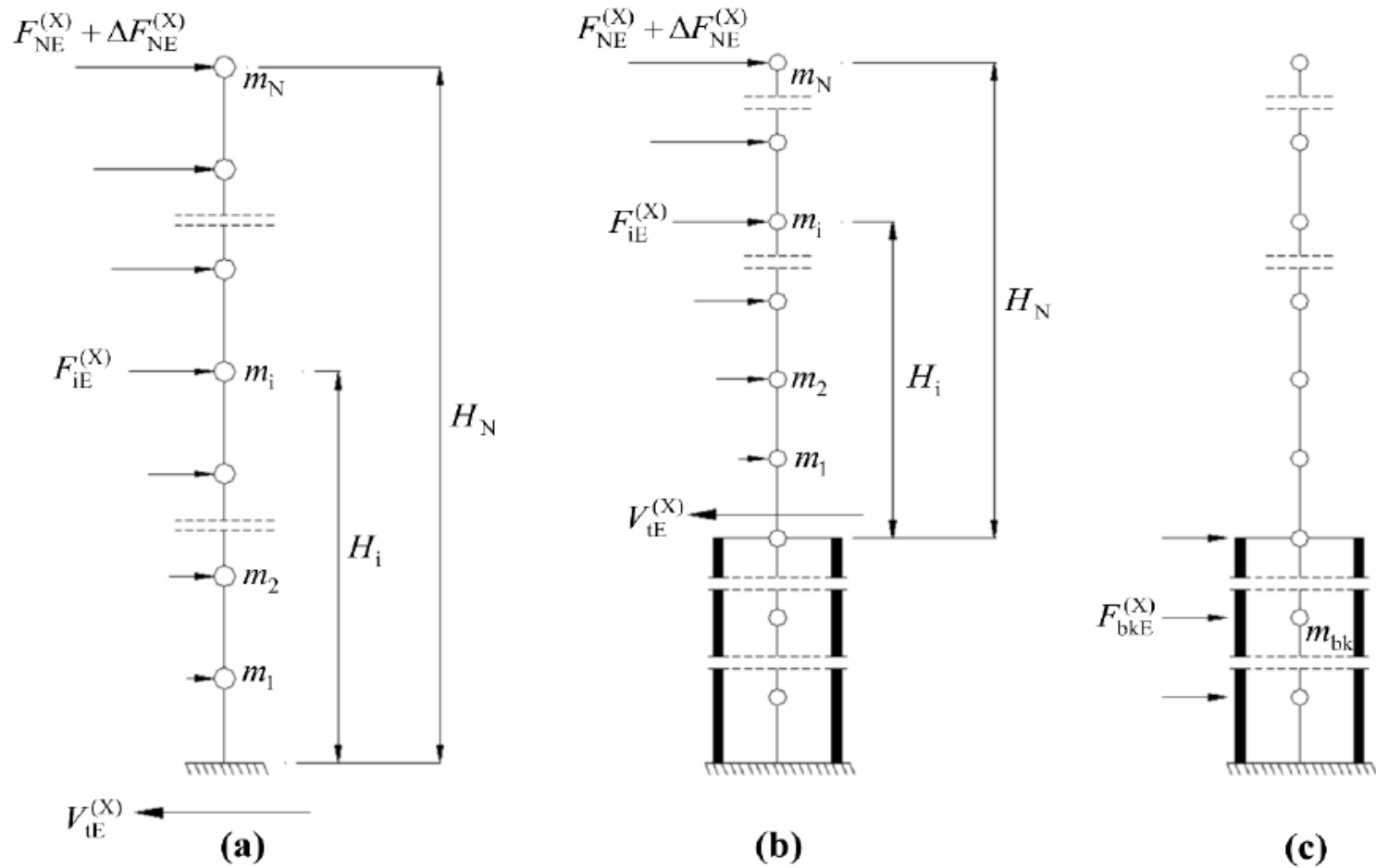
$$V_{tE}^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} \quad (4.21)$$

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 yükününün $\Delta F_{NE}^{(X)}$ dışında geri kalan kısmı, N 'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına **Denk.(4.23)** ile dağıtılacaktır (**Şekil 4.2a**).

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



Şekil 4.2

4.7.3. Binanın 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.

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

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

4.7.3.2 – Binanın **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 $BYS \geq 6$ 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:

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

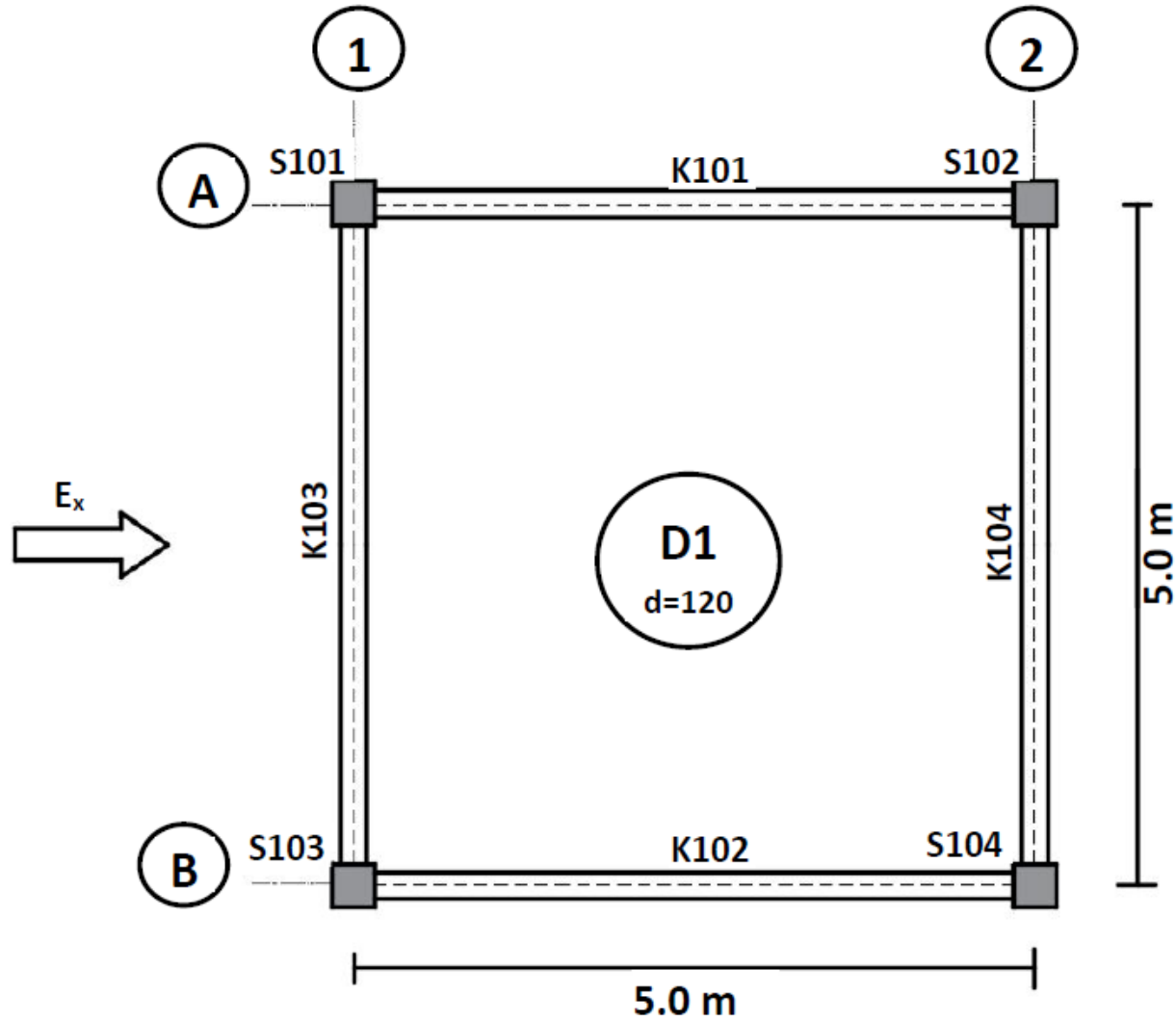
A_t = Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan eşdeğer alan [m^2]

A_{wj} = j'inci perdenin gövde enkesit alanı [m^2]

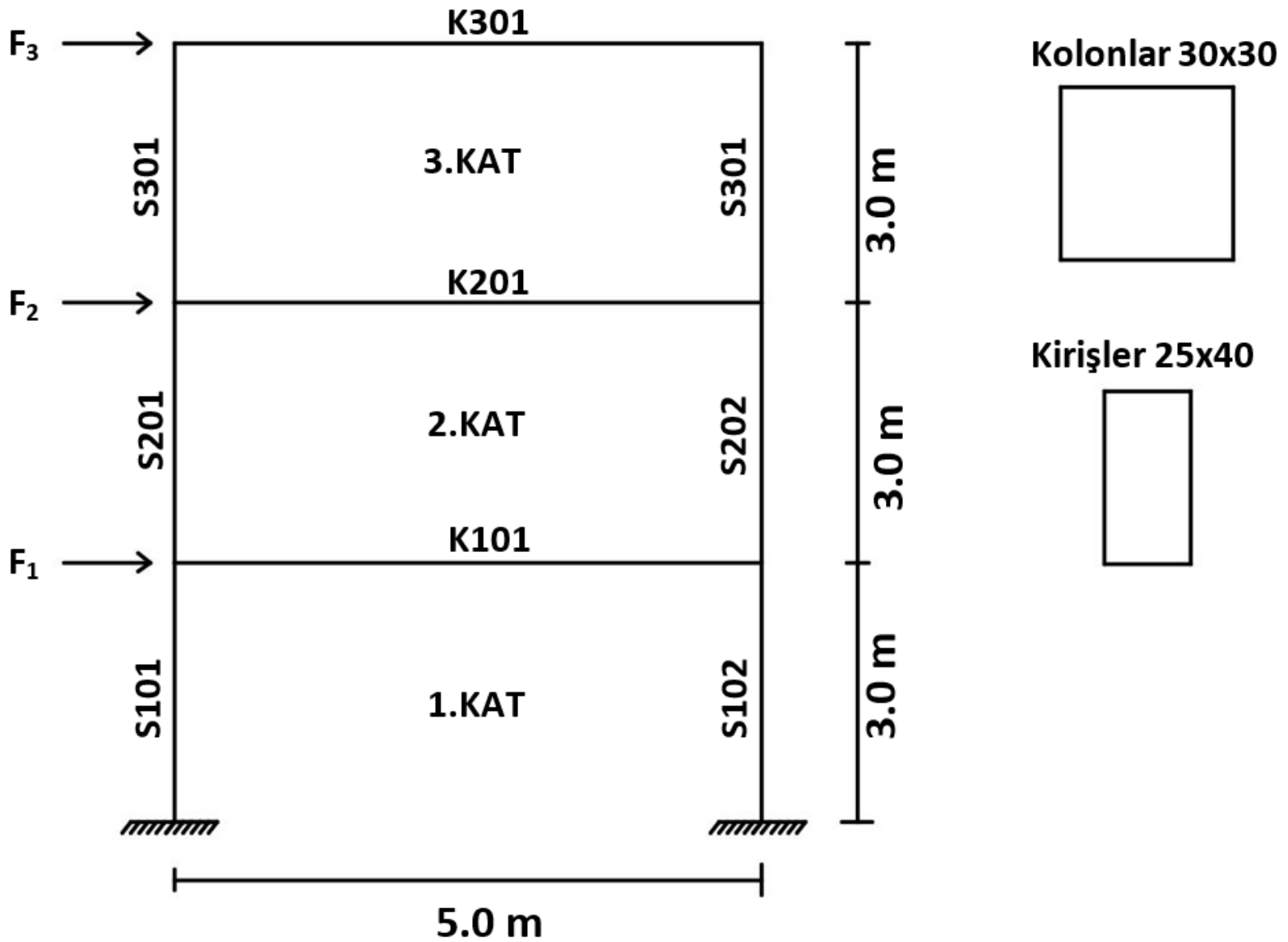
ℓ_w = Perdenin plandaki boyu [m]

ℓ_{wj} = j'inci perdenin planda uzunluğu [m]

ÖRNEK: Şekilde kat planı ve düşey kesiti verilen betonarme binanın tamamı için katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin (F_i) TBDY 2018'e göre hesabı.



1.Kat (Zemin Kat) Planı



A-A Aksı Çerçevesi (Düşey Kesit)

Deprem Yer Hareketi Düzeyi: DD-2,
Yerel zemin sınıfı: ZC,
Yapı kullanım amacı: Konut,
Yapı tipi: Süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeve tipi yapı,
Malzeme: C30/37 ($E_c=32 \times 10^6$ kN/m²)
Kiriş yükü: 7 kN/m,
Döşeme yükü: 4.5 kN/m²,
Döşeme Hareketli yük: 2.0 kN/m²,
Çatı Hareketli yük: 1.5 kN/m²,
Binanın Yapılacağı Yer: Çukurova Üniversitesi

Kat Ağırlıklarının Hesabı

1. Kat Ağırlıklarının Hesabı

Döşeme Alanı	: $5.0 \times 5.0 = 25 \text{ m}^2$
Kolon En Kesit Alanı	: $4 \times (0.3 \times 0.3) = 0.36 \text{ m}^2$
Kiriş Uzunluğu	: $4 \times 5.0 = 20 \text{ m}$
Döşeme Ölü Yüğü	: $25 \times 4.5 = 112.5 \text{ kN}$
Kolon Yüğü	: $0.36 \times (3.0 - 0.4) \times 25 = 23.4 \text{ kN}$
Kiriş Yüğü	: <u>$20 \times 7.0 = 140 \text{ kN}$</u>
Toplam Ölü yük	: 275.9 kN
Döşeme Hareketli Yüğü	: 25 x 2 = 50 kN

Not: Betonarme (sıkı ve sık donatılı) birim ağırlığı $2500 \text{ kg/m}^3 = 25 \text{ kN/m}^3$

2. Kat Ağırlıklarının Hesabı

Toplam Ölü yük : 275.9 kN

Döşeme Hareketli Yüğü : 50 kN

3. Kat Ağırlıklarının Hesabı

Toplam Ölü yük : 275.9 kN

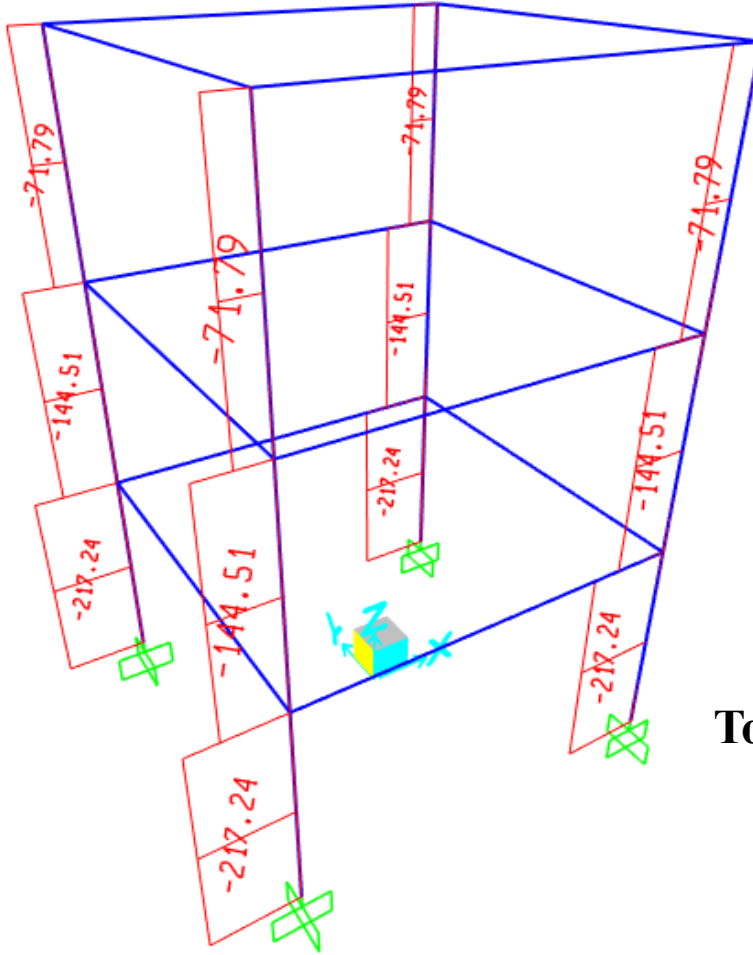
Çatı Hareketli Yüğü : $25 \times 1.5 = 37.5$ kN

Fiktif Yüklerinin Belirlenmesi

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

Kat Ağırlıklarının Hesabı				
	G	Q	G+0.3Q	(G+0.3Q)/g
	kN	kN	kN	kN.sn ² /m
1. Kat	275.9	50	290.9	29.65
2. Kat	275.9	50	290.9	29.65
3. Kat	275.9	37.5	287.2	29.27
Toplam	827.7	137.5	869.0	88.58



Toplam yapı ağırlığı $217.24 \cdot 4 = 868.96 \text{ kN}$

	m_i kN.sn ² /m	h m	$m_i * h_i$	$m_i * h_i / \text{Toplam}$	F_i kN
Kat 1	29.65	3.0	88.96	0.168	16.77
Kat 2	29.65	6.0	177.92	0.335	33.55
Kat 3	29.27	9.0	263.44	0.497	49.68
Toplam	88.58		530.32	1	100

Kat Deplasmanlarının Sap2000 ile Elde Edilmesi

Malzeme Tanımlama

S Material Property Data ×

General Data

Material Name and Display Color: Concrete ■

Material Type: Concrete ▼

Material Grade: C30/37

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 0

Mass per Unit Volume: 2.5485

Units

KN, m, C ▼

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 33000000.

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.000E-05

Shear Modulus, G: 13750000.

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 30000.

Expected Concrete Compressive Strength: 30000.

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Kesit Tanımlama

S Rectangular Section

Section Name: Display Color:

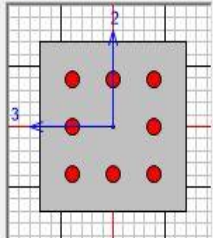
Section Notes:

Dimensions

Depth (t3):

Width (t2):

Section



Properties

Material: Concrete

Property Modifiers:

S Rectangular Section

Section Name: Display Color:

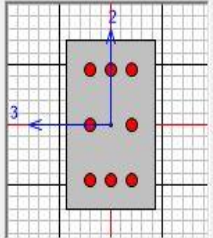
Section Notes:

Dimensions

Depth (t3):

Width (t2):

Section

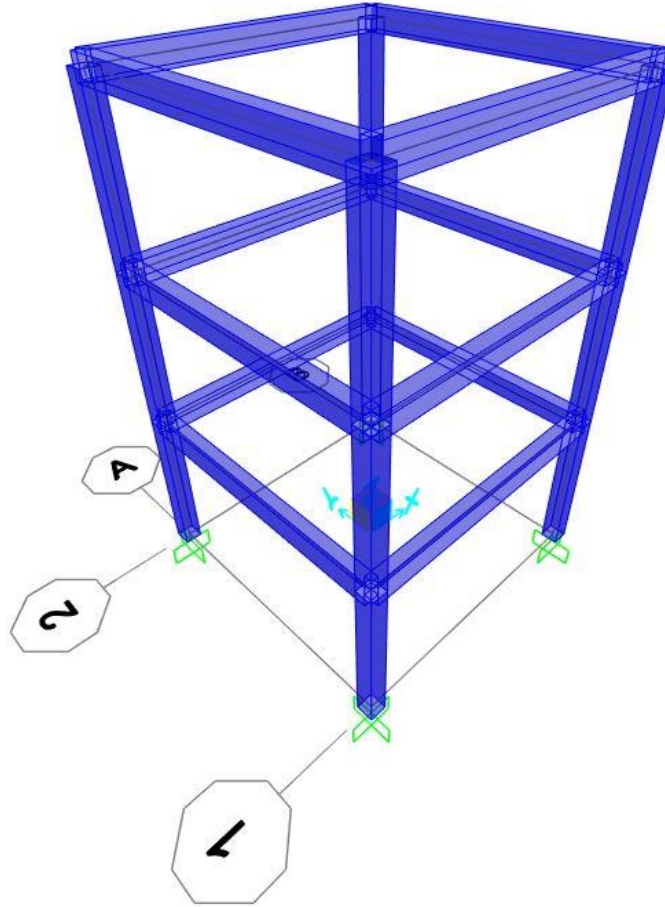


Properties

Material: Concrete

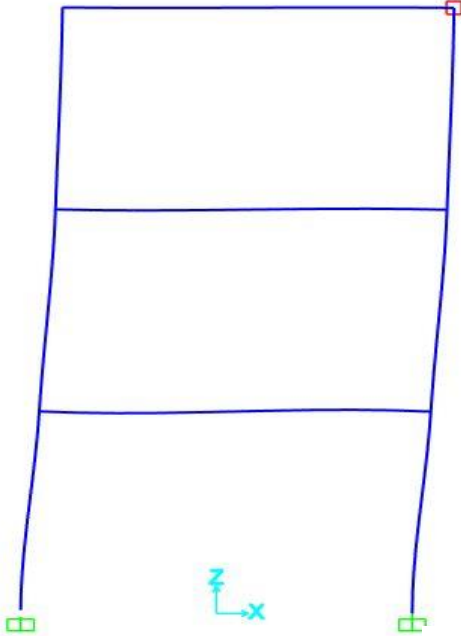
Property Modifiers:

Model Oluřturma

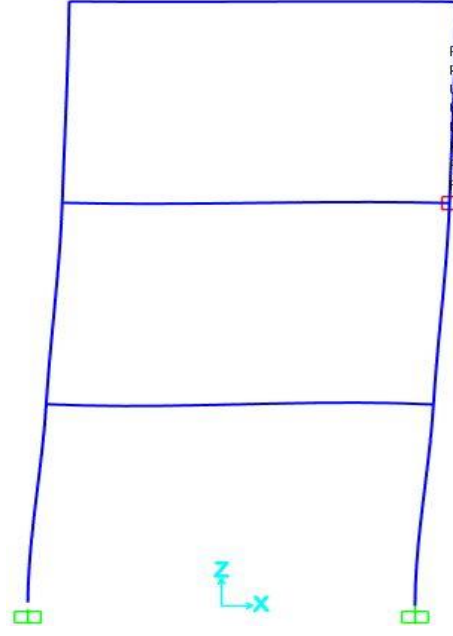


Kat Deplasmanlarının Okunması

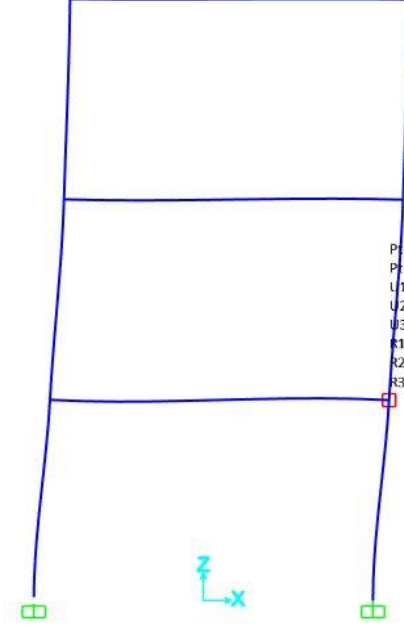
Pt Obj: 16
 Pt Elm: 16
 U1 = .0089
 U2 = 0
 U3 = -5.016E-05
 R1 = 0
 R2 = .00019
 R3 = 0



Pt Obj: 15
 Pt Elm: 15
 U1 = .0074
 U2 = 0
 U3 = -4.665E-05
 R1 = 0
 R2 = .00051
 R3 = 0



Pt Obj: 14
 Pt Elm: 14
 U1 = .004
 U2 = 0
 U3 = -3.274E-05
 R1 = 0
 R2 = .00091
 R3 = 0



	d_{ix} (m)	$m*d_{ix}^2$	F_i*d_{ix}
Kat 1	0.0040	0.0005	0.0671
Kat 2	0.0074	0.0016	0.2483
Kat 3	0.0089	0.0023	0.4421
Toplam		0.0044	0.7575

Periyod Hesabı

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.

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

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.

	d_{ix} (m)	$m*d_{ix}^2$	F_i*d_{ix}
Kat 1	0.0040	0.0005	0.0671
Kat 2	0.0074	0.0016	0.2483
Kat 3	0.0089	0.0023	0.4421
Toplam		0.0044	0.7575

$T_p^{(x)}$	0.47979
T_{pA}	0.519615
$1,4*T_{pA}$	0.727461

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

$$T_p = 2 \times 3.14159265359 \sqrt{\frac{0.0044}{0.7575}} = 0.479326 \text{ s}$$

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

$$T_{pA} = 0.1 \times (9)^{3/4} = 0.519615 \text{ s}$$

$1.4T_{pA} > T_p$ hesaplanan hakim titreşim periyodu uygun \checkmark

Genel Hesap Esasları

Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısının Belirlenmesi

Söz konusu bina konut olarak kullanılacak olup, TBDY-2018 Tablo 3.1'e göre Bina Kullanım Sınıfı (**BKS**)=3, Bina önem katsayısı (**I**)=1.0 dir.

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 e) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminaleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) f) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kırsal, cezaevleri, vb. g) Müzeler h) 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

Deprem Yer Hareketi Düzeyinin Belirlenmesi ve Elastik Spektrumunun Oluşturulması

50 yılda aşılma olasılığı %10 olan, **DD-2 Deprem Yer Hareketi** olarak adlandırılan seyrek deprem yer hareketi düzeyini dikkate alarak, yatay elastik tasarım spektrumu oluşturulacaktır. Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası (TDTH) ile birlikte tasarım spektrumu ve bu spektrumu tanımlayan parametreleri, <https://tdth.afad.gov.tr/> web sayfasından **E-Devlet** aracılığı ile ilgili konuma ait koordinatlar girilerek elde edilmiş ve aşağıdaki **Detaylı Rapor**da verilmiştir.

The screenshot displays the AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması interface. The main map shows a blue highlighted region in the southern part of Turkey. A 'Raporlama' (Reporting) window is open, showing the following details:

- Rapor Başlığı: Çukurova Üniversitesi
- Deprem Yer Hareketi Düzeyi: DD-2
- Yerel Zemin Sınıfı: ZC
- Enlem: 39.8060238
- Boylam: 32.8764882

The window also includes buttons for 'Haritadan Nokta Seç' and 'Düzenle', and a 'Değerleri Hesapla' button. The map shows a color scale for PGA 475 (g) ranging from 0.1 to 0.5. The interface includes a search bar, a sidebar with navigation options, and a scale bar.

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Çukurova Üniversitesi	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar
Enlem:	37.055246°	
Boylam	35.358691°	

Çıktılar

$S_s = 0.530$ $S_1 = 0.131$ $PGA=0.232$ $PGV=11.880$

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]

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 (sıvılaştırılabilir 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 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	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.</i>					

Yerel Zemin Sınıfı ZC ve $S_S=0.530$ için $F_S=1.288$

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	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.</i>					

Yerel Zemin Sınıfı ZC ve $S_1=0.131$ için $F_1=1.500$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları

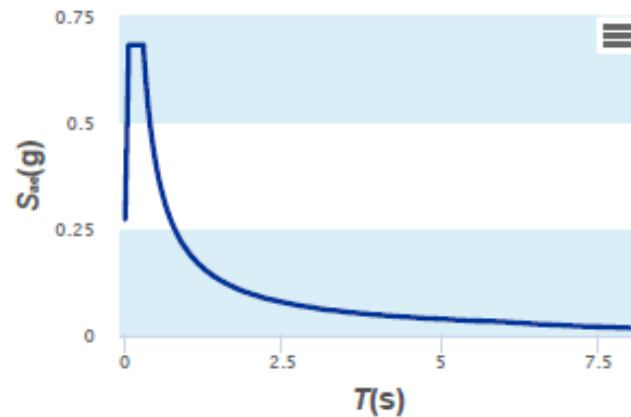
$$S_{DS} = S_S F_S = 0.530 \times 1.288 = 0.683$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.131 \times 1.500 = 0.197$$

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



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

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

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

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

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

$$T_A = 0.058 \text{ (s)} \quad T_B = 0.288 \text{ (s)} \quad T_L = 6.000 \text{ (s)}$$

Deprem Tasarım Sınıfının Belirlenmesi

Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı, $S_{DS} = 0.683$ ve Bina Kullanım Sınıfı, $BKS=3$ için Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), Tablo 3.2'ye göre $DTS = 2$ olarak belirlenmiştir.

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

Bina Yükseklik Sınıfının Belirlenmesi

Bina toplam yüksekliği, $H_N = 9.0$ m ve **DTS = 2** için Tablo 3.3'e göre Bina Yükseklik Sınıfı (**BYS**) = 7 olarak belirlenmiştir

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

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Belirlenmesi

TBDY-2018, Tablo 4.1'e göre "*Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran sınırlı düzeyde yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar*" için Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, **R=8**, Dayanım Fazlalığı katsayısı, **D=3** olarak belirlenir. Bina Yükseklik Sınıfı, **BYS = 7** için izin verilen sınırları sağlamaktadır.

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. Sınırlı Düzeyde Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sınırlı düzeyde yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>sınırlı düzeyde yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>sınırlı düzeyde yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sınırlı düzeyde yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>sınırlı düzeyde yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sınırlı düzeyde yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>sınırlı düzeyde yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>sınırlı düzeyde yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	-

Azaltılmış Spektral İvme Hesabı

Amacın aşağıdaki formül ile her iki yön için eşdeğer deprem yükünü elde etmek olduğunu tekrar hatırlayalım.

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

Burada $S_{aR}(T_p)$ (azaltılmış spektral ivme) değerine ihtiyaç duyulmaktadır. TBDY 2018 formül 2.8'e göre

$S_{aR}(T_p) = S_{ae}(T) / R_a(T)$ şeklinde hesaplanmaktadır.

$S_{ae}(T)$ = Yatay elastik tasarım spektral ivmesi,

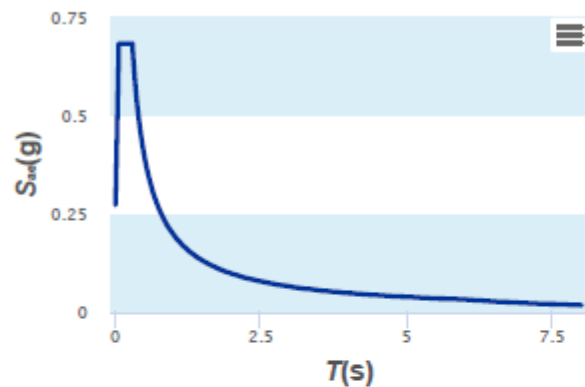
$R_a(T)$ = Deprem yükü azaltma katsayısı,

$S_{ae}(T)$ değeri TBDY 2.2 denkleminde $T_B \leq T \leq T_L$ için S_{D1}/T şeklinde hesaplanmaktadır.

Bu durumda;

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.197}{0.47979} = 0.411g \quad T_A = 0.058 \text{ (s)} \quad T_B = 0.288 \text{ (s)} \quad T_L = 6.000 \text{ (s)}$$

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



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

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

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

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

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

$$T_A = 0.058 \text{ (s)} \quad T_B = 0.288 \text{ (s)} \quad T_L = 6.000 \text{ (s)}$$

$R_a(T)$ ise TBDY 4.2.1.2 maddesinde belirtildiği üzere $T > T_B$ için R/I şeklinde hesaplanmaktadır.

Burada R taşıyıcı sistem davranış katsayısı, I ise bina önem katsayısıdır. R değerini TBDY Tablo 4.1'den A11 için 8 üst sınır olarak alınabilir.

I değeri ise Tablo 3.1'den konut sınıfı için **1.0** olarak alınır.

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

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

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 <i>R</i>	Dayanım Fazlalığı Katsayısı <i>D</i>	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ girişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2

Tablo 3.1 – Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

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

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

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

$$T = 0.47979 \text{ (s)} \quad T_A = 0.058 \text{ (s)} \quad T_B = 0.288 \text{ (s)} \quad T_L = 6.000 \text{ (s)}$$

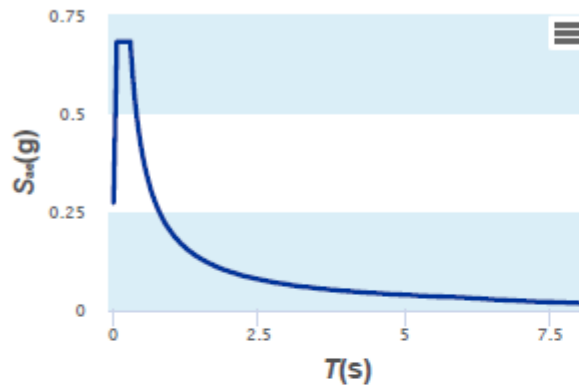
$$T > T_B$$

- $R_{ax}(T) = R/I = 8/1 = 8,$
- $S_{aRx}(T_p) = S_{aex}(T) / R_{ax}(T) = 0.411\text{g}/8 = 0.051\text{g}$
- Spektral ivmeler g cinsinden olduğu için bu değerler aşağıda ayrıca **9,81 m/s^2** ile çarpılacaktır.

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.197}{0.47979} = 0.411g \quad T_A = 0.058 \text{ (s)} \quad T_B = 0.288 \text{ (s)} \quad T_L = 6.000 \text{ (s)}$$

$$S_{aRx}(Tp) = S_{aex}(T) / Rax(T) = 0.411g/8 = 0.051g$$

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



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

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

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

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

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

$$T_A = 0.058 \text{ (s)} \quad T_B = 0.288 \text{ (s)} \quad T_L = 6.000 \text{ (s)}$$

S_{D1}	0.197
S_{D5}	0.683
$S_{oe}(T_p^{(x)}) =$	0.411
I	1
R	8
$R_o(T_p^{(x)})$	8
$S_{oR}(T_p^{(x)}) =$	0.051

Eşdeğer Deprem Taban Kesme Kuvvetinin Bulunması

$$V_{tE}^{(x)} = m_t * S_{aR}(T_p^{(x)}) \geq 0.04 m_t * I * S_{DS} * g \text{ için}$$

$$\text{Toplam kütle} = 88.58 \text{ kNs}^2/\text{m} = 88.58 \text{ ton} \text{ (Ns}^2/\text{m=kg)}$$

$$g = 9.81 \text{ m/sn}^2$$

$$23.74 \text{ kN}$$

$$V_{tE}^{(x)} = 88.58 \times 0.051 \times 9.81 = 44.60 \geq \underbrace{0.04 \times 88.58 \times 1.0 \times 0.683 \times 9.81}_{23.74 \text{ kN}}$$

$44.60 \geq 23.74$ olduğundan $V_{tE}^{(x)} = 44.60 \text{ kN}$ olarak belirlenir.

Bu değerler yapımızın **x** yönündeki taban kesme kuvveti ve taban eşdeğer deprem yüküdür.

$g =$	9.81		
$V_{tE}^{(x)} =$	44.60	\geq	23.74
$V_{tE}^{(x)} =$	44.60	kN	

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:

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

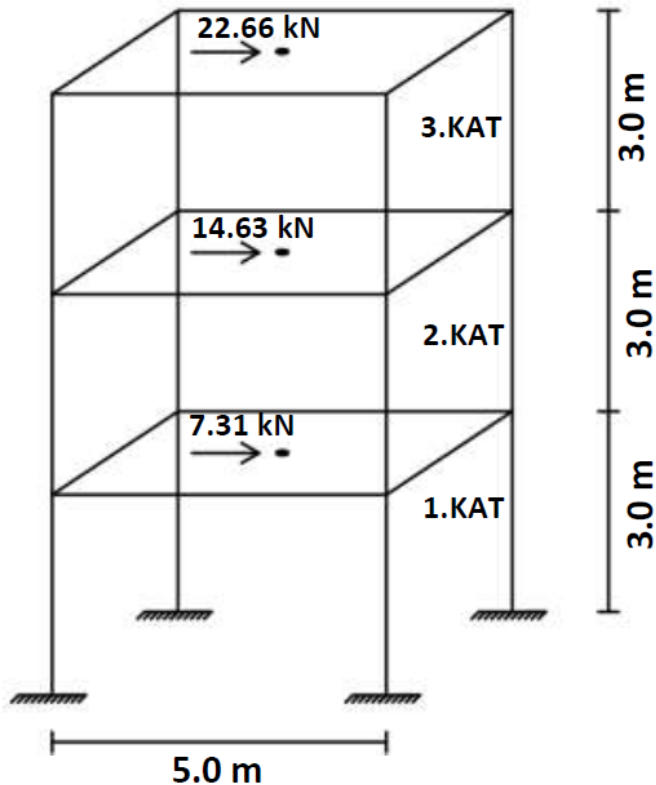
4.7.2.2 – Binanın N 'inci katına (tepesine) etkiyen *ek eşdeğer deprem yükü* $\Delta F_{NE}^{(X)}$ 'in değeri **Denk.(4.22)** ile belirlenecektir.

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

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

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

$\Delta F_N =$	1.0035	kN			
	m_i	h	$m_i \cdot h_i$	$m_i \cdot h_i / \text{Toplam}$	F_i
	$\text{kN} \cdot \text{sn}^2 / \text{m}$	m			kN
Kat 1	29.65	3.0	88.96	0.168	7.31
Kat 2	29.65	6.0	177.92	0.335	14.63
Kat 3	29.27	9.0	263.44	0.497	22.66
Toplam	88.58		530.32	1	44.60



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

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{tE}^{(X)} = 0.0075 \times 3 \times 44.6 = 1.0035 \text{ kN}$$

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

$$F_1 = (44.6 - 1.0035) \frac{88.96}{530.32} = 7.31 \text{ kN}$$

$$F_2 = (44.6 - 1.0035) \frac{177.92}{530.32} = 14.62 \text{ kN}$$

$$F_3 = (44.6 - 1.0035) \frac{263.44}{530.32} + 1.0035 = 22.65 \text{ kN}$$

Sonuçların Sap2000 Programı ile Kontrolü

Deprem Yükünün Tanımlanması (TSC-2018)

Define Load Patterns

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
depem_x	Quake	0	TSC-2018
DEAD	Dead	0	
Live	Live	0	
Fiktif_x	Quake	0	User Loads
depem_x	Quake	0	TSC-2018

Click To:

- Add New Load Pattern
- Add Copy of Load Pattern
- Modify Load Pattern
- Modify Lateral Load Pattern...
- Delete Load Pattern
- Show Load Pattern Notes...

OK Cancel

S TSC-2018 Seismic Load Pattern X

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

Global X Direction

Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Time Period

Approx. Period

Program Calc

User Defined

Lateral Load Elevation Range

Program Calculated

User Specified

Max Z

Min Z

Seismic Coefficients

0.2 Sec Spectral Accel, Ss

1 Sec Spectral Accel, S1

Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fs

Site Coefficient, F1

Calculated Coefficients

SDS = Fs * Ss

SDS = F1 * S1

Factors

Response Modification, R

System Overstrength, D

Occupancy Importance, I

Yapı Kütlesinin Tanımlanması

S Mass Source Data

Mass Source Name:

Mass Source

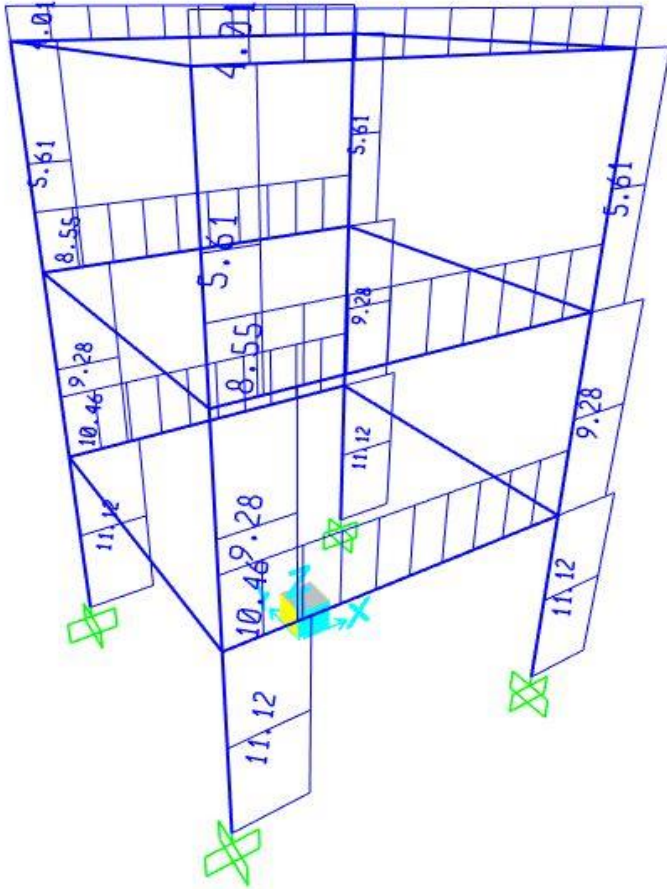
Element Self Mass and Additional Mass

Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
DEAD	1.
DEAD	1.
Live	0.3

Taban Kesme Kuvvetinin Kontrolü



$$V_{tx} = 4 * 11.12 = 44.68 \text{ kN (Sap2000)}$$

$$V_{tx} = 44.60 \text{ kN (EI ile hesap)}$$

EXCEL SAYFASI