

Deprem Mühendisliği Dersi

BAĞINTI VE ÇİZELGELER

BAĞINTI LİSTESİ

$$m = \frac{W}{g} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = F(t) \quad \text{hareket denklemi}$$

Sönümsüz Serbest Titreşim

$$u(t) = \frac{\dot{u}_0}{\omega} \cdot \sin(\omega t) + u_0 \cdot \cos(\omega t)$$

$$u(t) = X \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

$$X = \sqrt{u_0^2 + \left(\frac{\dot{u}_0}{\omega}\right)^2}$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{u_0 \cdot \omega}{\dot{u}_0} \right)$$

Sönümlü Serbest Titreşim

$$c_c = 2m\omega \quad \text{kritik sönüm}$$

$$\text{sönüm oranı } \xi = \frac{c}{c_c}$$

a) Kritik Altı Sönüm Durumu

$$u(t) = X \cdot e^{-\xi\omega t} \sin(\omega_d t + \phi)$$

$$u(t) = e^{-\xi\omega t} \left[\frac{\dot{u}_0 + \xi\omega u_0}{\omega_d} \cdot \sin(\omega_d t) + u_0 \cdot \cos(\omega_d t) \right]$$

b) Kritik Sönüm Durumu

$$u(t) = [u_0(1 + \omega t) + \dot{u}_0 t] e^{-\omega t}$$

c) Kritik Üstü Sönüm Durumu

$$u(t) = A \cdot e^{(-\xi + \sqrt{\xi^2 - 1})\omega t} + B \cdot e^{(-\xi - \sqrt{\xi^2 - 1})\omega t}$$

$$A = \frac{\dot{u}_0 + \omega \cdot u_0 (\xi + \sqrt{\xi^2 - 1})}{2\omega\sqrt{\xi^2 - 1}}$$

$$B = \frac{-\dot{u}_0 - \omega \cdot u_0 (\xi - \sqrt{\xi^2 - 1})}{2\omega\sqrt{\xi^2 - 1}}$$

Logaritmik Azalış

$$\delta = \ln \left(\frac{X_1}{X_2} \right) \quad \xi = \frac{\delta}{\sqrt{(2\pi)^2 + \delta^2}}$$

ard arda olmayan iki salınımda

$$\ln \frac{X_i}{X_{i+n}} = n\delta$$

Sönümsüz Zorlanmış Titreşim

$$X_f = \frac{\frac{F_0}{k}}{1 - \left(\frac{\Omega}{\omega}\right)^2}$$

$$u_p(t) = \frac{\frac{F_0}{k}}{1 - \left(\frac{\Omega}{\omega}\right)^2} \cdot \sin(\Omega t)$$

$$u(t) = A \cdot \sin(\omega t) + B \cdot \cos(\omega t) + \frac{\frac{F_0}{k}}{1 - \left(\frac{\Omega}{\omega}\right)^2} \cdot \sin(\Omega t)$$

$$u_{st} = \frac{F_0}{k} \quad r = \frac{\Omega}{\omega}$$

$$u(t) = A \cdot \sin(\omega t) + B \cdot \cos(\omega t) + \frac{u_{st}}{1 - r^2} \cdot \sin(\Omega t)$$

$$DMF = \frac{1}{1 - r^2}$$

Sönümlü Zorlanmış Titreşim

$$X_f = \sqrt{C^2 + D^2}$$

$$\Rightarrow X_f = \frac{u_{st}}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2\xi r)^2}}$$

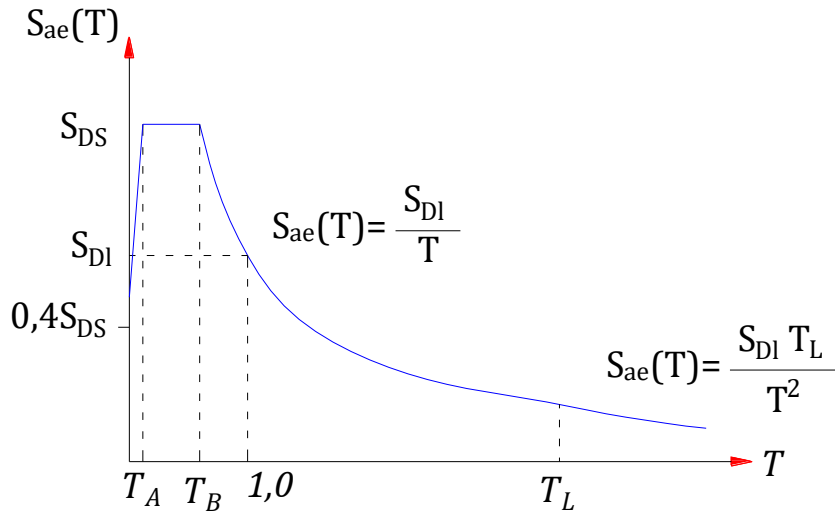
$$\Psi = \tan^{-1} \left(-\frac{D}{C} \right) \Rightarrow \Psi = \tan^{-1} \left(\frac{2\xi r}{1 - r^2} \right)$$

$$DMF = \frac{1}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2\xi r)^2}}$$

Hareket denkleminin çözümü: (örnek olarak kritik altı durum için)

$$u(t) = e^{-\xi\omega t} [A \cdot \sin(\omega_d t) + B \cdot \cos(\omega_d t)] + \frac{u_{st}}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2\xi r)^2}} \sin(\Omega t - \Psi)$$

YATAY ELASTİK TASARIM SPEKTRUMU



$$S_{ae}(T) = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

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

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

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

$$T_A = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

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

ÇİZELGE 1. BİNA KULLANIM SINIFLARI (BKS) VE BİNA ÖNEM KATSAYISI (I)

Bina Kullanım Sınıfı	Bina Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyaların 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 merkezleri, sinema, tiyatro, konser salonu, 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

ÇİZELGE 2. DEPREM TASARIM SINIFLARI (DTS)

DD-2 Deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot tasarım spektral ivme 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

ÇİZELGE 3. BİNA YÜKSEKLİK SINIFLARI (BYS)

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	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10,5$	

Azaltılmış tasarım spektral ivmesi:

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)}$$

Deprem yükü azaltma katsayısı;

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

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

Elastik tasarım deprem yükü;

$$V_{tE} = S_{aR}(T) \cdot m_t \geq 0,04 \cdot S_{DS} \cdot I \cdot m_t \cdot g$$

$$w_i = G_i + n \cdot Q_i$$

$$m_i = \frac{w_i}{g}$$

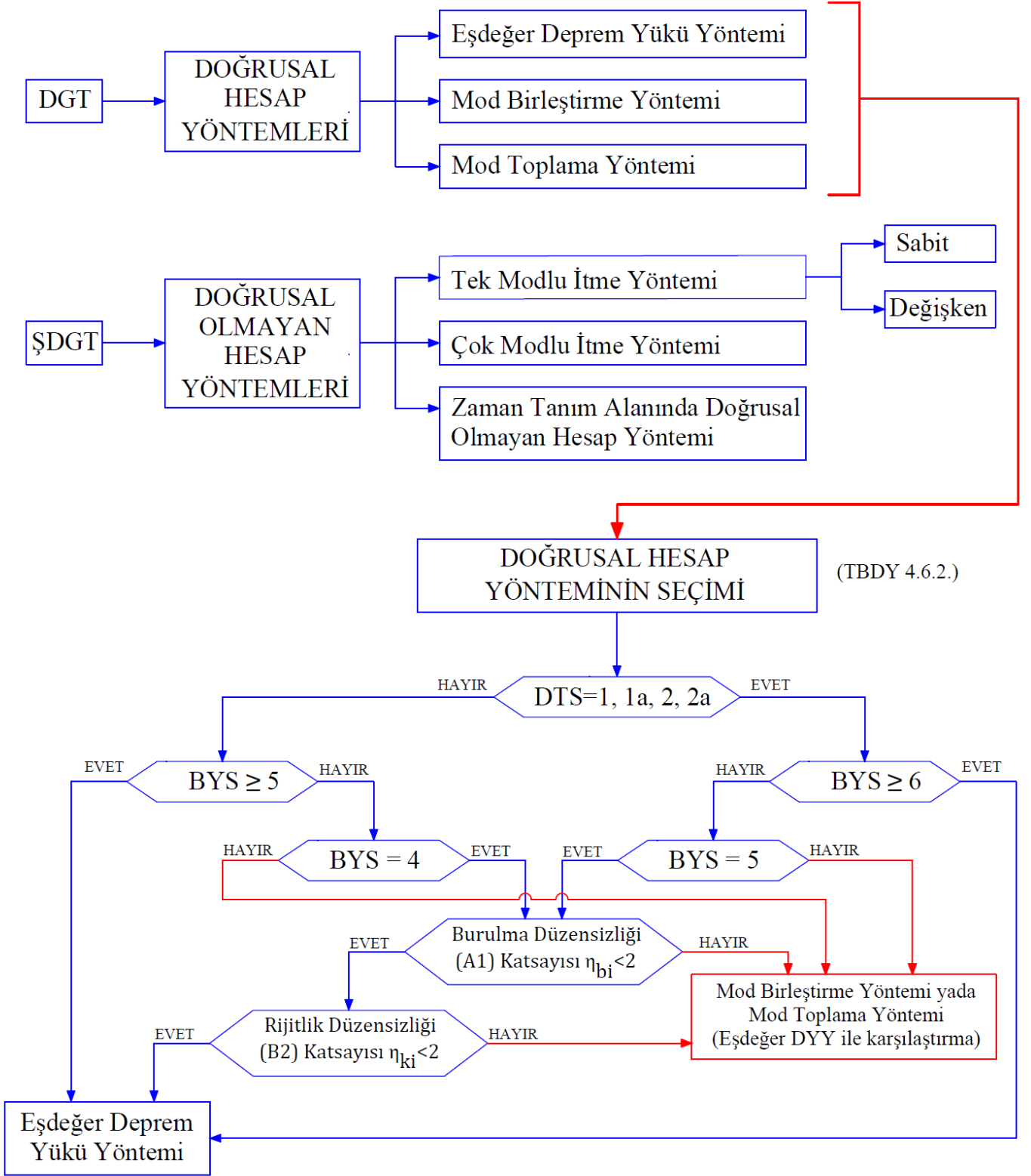
$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} \cdot d_{fi}}}$$

$$F_{fi} = 100 \frac{m_i \cdot h_i}{\sum_{j=1}^N m_j \cdot h_j}$$

$$\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_{tE}$$

$$F_i = (V_{tE} - \Delta F_N) \frac{m_i \cdot h_i}{\sum_{j=1}^N m_j \cdot h_j}$$

ÇİZELGE 4. BİNA TASARIM YÖNTEMİ



NOT : Modal Hesap Yöntemleri'nden herhangi biri (Mod Birleştirme Yöntemi veya Mod Toplama Yöntemi) Dayanıma Göre Tasarım kapsamındaki binaların tümünün deprem hesabında kullanılabilir.

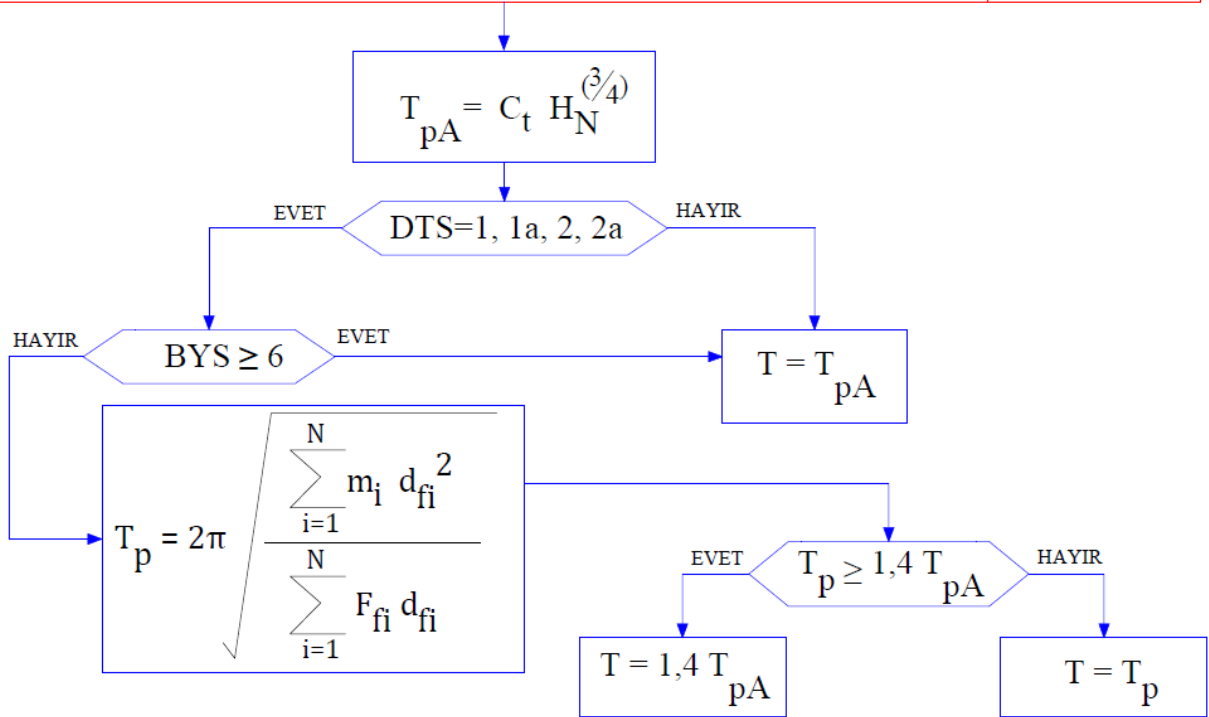
ÇİZELGE 5. BİNA TAŞIYICI SİSTEMİNE GÖRE DAVRANIŞ KATSAYISI (R), DAYANIM FAZLALIĞI KATSAYISI (D) VE İZİN VERİLEN BİNA YÜKSEKLİK SINIFLARI

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	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 süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2,5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2,5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz TDBY-2018.4.3.4.5)	8	2,5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek 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 süneklik düzeyi yüksek betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	-
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek 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 süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2,5	$BYS \geq 4$
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2,5	$BYS \geq 6$
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2,5	$BYS \geq 6$
A3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.3, 4.3.4.7)			
A31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2,5	$BYS \geq 7$
A32. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi sınırlı boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$
A33. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi sınırlı boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$

ÇİZELGE 6. BİNA PERİYODUNUN BELİRLENMESİ

Bina Periyodunun Belirlenmesi

Taşıyıcı Sistem	C_t
A - Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda	0,10
B - Taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalarda	0,08
C - Deprem etkilerinin tamamının betonarme perdeler tarafından karşılandığı binalarda $A_t = \sum_j A_{wj} \left[0,2 + \left(\frac{l_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \leq \sum_j A_{wj}$ A_{wj} ve l_{wj} j. perdenin gövde enkesit alanı (m²) ve planda uzunluğu (m)	$\frac{0,1}{\sqrt{A_t}} \leq 0,07$
Yukarıda belirtilenler dışındaki diğer tüm binalarda	0,07



ÇİZELGE 7. Hareketli Yük Katılım Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, Antrepo	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

Bölüm 7 Bağıntılar

$$\{F\}_i = \Gamma_i \cdot [m] \cdot \{\Phi\}_i \cdot S_{aR}(T_i)$$

Bir kolon rijitliği:

$$k = 12 \frac{EI}{L^3}$$

Modal Yerdeğiştirmelerin Hesabı:

$$\{u\}_{1maks} = \{\Phi\}_i \Gamma_i (S_d)_i$$

$$(S_d)_i = \frac{S_{aR}(T_i)}{\omega_i^2}$$

Bir katın rijitlik matrisi

$$\begin{bmatrix} k_i & -k_i \\ -k_i & k_i \end{bmatrix}$$

Dinamik Karakteristiklerin Belirlenmesi:

$$|[k] - \lambda[m]| = 0$$

$$\lambda_1 = \omega_1^2$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$$

Mod şeklini bulmak için çözülecek denklem:

$$([m]^{-1}[k] - \lambda[I]) \Phi_i = 0$$

Modal Katkı Faktörlerinin Hesabı:

$$\Gamma_i = \frac{p_i}{m_i} = \frac{\{\Phi\}_i^T [m] \{r\}}{\{\Phi\}_i^T [m] \{\Phi\}_i}$$

Modların Normalleştirilmesi:

$$\{\Phi\}_i = \frac{\{\phi\}_i}{\sqrt{\{\phi\}_i^T [m] \{\phi\}_i}}$$

Kütle Katılım Oranlarının Hesabı:

$$M_i = \Gamma_i \frac{p_i}{\sum m_n}$$

Herhangi bir i. modda katlara etkiyen deprem yükü: