

Örnek 21

Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle birlikte taşındığı (perdesiz) 4 katlı bir binanın zemin katında bulunan S2 poz nolu dikdörtgen kesitli betonarme kolona etkiyen yükler tablo halinde verilmiştir.

S2 kolonunun bulunduğu katta sünme oranı R_m ($\Sigma V_{gd}/\Sigma V_d$) 0.6, β_s katsayısı 1.4G+1.6Q yüklemesi için 1.10, G+Q+E yüklemesi için 1.06 ve 0.9G+E yüklemesi için 1.01 olarak hesaplanmıştır. S2 kolonuna zemin kat tavanında saplanan kirişlerin ataletleri eşittir ve değeri $3.8 \times 10^{-3} \text{ m}^4$ dür. Verilenlere göre S2 kolonunu *Türk Deprem Yönetmeliğine* göre boyutlandırınız.

Malzeme
C20/S420

Yük birleşimleri ve hesap değerleri

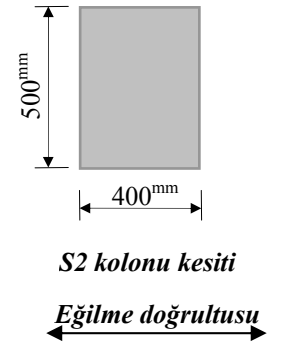
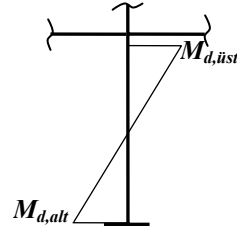
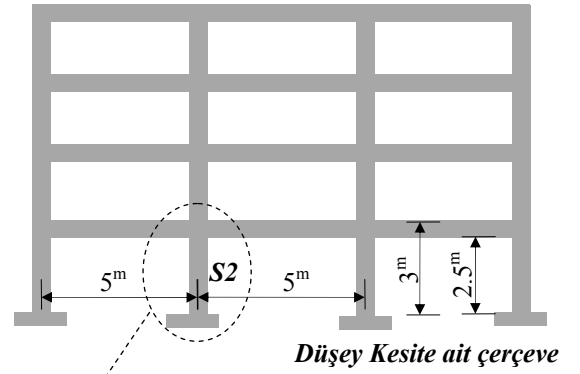
Yükleme	N (kN)	M_{alt} (kNm)	$M_{üst}$ (kNm)
1.4G+1.6Q	1348	1.2	-2.6
G+Q+E	966	186	-151
0.9G+E	689	185	-149

Boyuna donatı düzeni, λ ve paspayı

Boyuna donatı süzeni: Tek sıra ara donatılı

$$\lambda = 0.25$$

$d' = 40 \text{ mm}$ alınır.



Çözüm:

➤ Kolon Kesit Boyutlarının Kontrolü (ön boyutlandırmanın kontrolü)

Türk Deprem Yönetmeliği gereği bileşik eğilme etkisindeki elemanlarda kesit boyutları ve karakteristik beton dayanımına göre belirlenen boyutsuz aksenal yük düzeyi 0.5 in altında olmalıdır. Ayrıca, dikdörtgen kesitli kolonlar 250/300 (mm/mm) boyutlarının altında boyutlandırılmamalıdır.

Buna göre;

$$A_c \geq \frac{N_{d,max}}{0.5 \cdot f_{ck}} \geq 75000 \text{ mm}^2$$

$$A_c \geq \frac{1348 \cdot 10^3}{0.5 \cdot 20} = 134800 \text{ mm}^2$$

$A_c = b \cdot h = 500 \cdot 400 = 200000 \text{ mm}^2 > 134800 \text{ mm}^2$ olduğundan kolon boyutları uygundur (kolon boyutları için verilen ön boyutlar uygundur).

➤ Hesap Yönteminin Belirlenmesi (Kısa kolon? Narin kolon?)

Yanal Ötelenme

Yapıda perde duvar bulunmadığından, hesap yapılmadan **yanal ötelenimin önlenmemiş olduğu** sonucuna varılır.

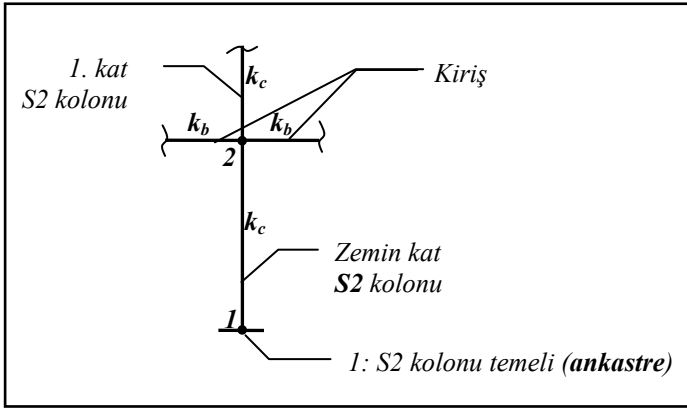
Kolon etkili boyu ($\ell_k = k \cdot \ell_n$)

S2 kolonu kesit yüksekliği eğilme doğrultusuna göre belirlenir. Ele alınan örnekte göz önüne alınan eğilme doğrultusu için kesit yüksekliği 300 mm dir (eğilme doğrultusundaki kesit boyutu).

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0.5 \cdot 0.4^3}{12} = 2.67 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$k_c = \frac{I_c}{\ell} = \frac{2.67 \cdot 10^{-3}}{3} = 8.9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$k_b = \frac{0.5 \cdot I_b}{\ell} = \frac{0.5 \cdot 3.8 \cdot 10^{-3}}{5} = 3.8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ (çatlamış kesit ataleti)}$$



$$\alpha_1 = 0 \text{ (Alt uç ankastre mesnet)}$$

$$\alpha_2 = \frac{\sum k_c}{\sum k_b} = \frac{2 \cdot (8.9 \cdot 10^{-4})}{2 \cdot (3.8 \cdot 10^{-4})} = 2.34$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = 1.17$$

$\alpha_m < 2$ ve yanıl öteleme önlenmemiş olması durumunda kolon etkili boyu katsayısı k aşağıdaki şekilde belirlenir,

$$k = \frac{20 - \alpha_m}{20} \cdot \sqrt{1 + \alpha_m} = 1.39$$

$$\ell_n = H_{\text{kat}} - h_{\text{kiriş}} = 3 - 0.5 = 2.5 \text{ m}$$

$$\ell_k = k \cdot \ell_n = 1.39 \cdot 2.5 = 3.48 \text{ m}$$

Narinlik oranı (ℓ_k / i)

$$i = \sqrt{\frac{I_c}{A}} = \sqrt{\frac{b \cdot h^3 / 12}{b \cdot h}} = \sqrt{\frac{0.5 \cdot 0.4^3 / 12}{0.5 \cdot 0.4}} = 0.115 \text{ m } (\approx 0.3 \cdot h)$$

$$\frac{\ell_k}{i} = \frac{3.48}{0.115} = 30.26$$

Yanal ötelemenin **önlenmemiş** olduğu kolonlarda (ℓ_k / i) oranı 22 sınırın altında kalıyorsa, ikinci mertebe etkisi dikkate alınmaz (kısa kolon, $\beta=1$) Buna göre;

$$\frac{\ell_k}{i} = 30.26 > 22 \text{ olduğundan, S2 kolonu narin kolondur (} M_d = \beta M_2 \text{)}.$$

➤ **β Katsayısının Belirlenmesi**

$$EI = \frac{0.4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + R_m} = \frac{0.4 \cdot 2.85 \cdot 10^7 \cdot 2.67 \cdot 10^{-3}}{1 + 0.6} = 19023.8 \text{ kNm}^2$$

$$N_k = \frac{\pi^2 \cdot EI}{\ell_k^2} = \frac{3.14^2 \cdot 19023.8}{3.48^2} = 15488 \text{ kN}$$

1.4G+1.6Q yüklemesi

$$\beta = \frac{1}{1 - 1.3 \cdot \frac{N_d}{N_k}} = \frac{1}{1 - 1.3 \cdot \frac{1348}{15488}} \approx 1.13$$

G+Q+E yüklemesi

$$\beta = \frac{1}{1 - 1.3 \cdot \frac{N_d}{N_k}} = \frac{1}{1 - 1.3 \cdot \frac{966}{15488}} \approx 1.09$$

0.9G+E yüklemesi

$$\beta = \frac{1}{1 - 1.3 \cdot \frac{N_d}{N_k}} = \frac{1}{1 - 1.3 \cdot \frac{689}{15488}} \approx 1.06$$

➤ **Hesap Kesit Tesirlerinin Belirlenmesi**

Yanal ötelemesi önlenmemiş kolonlarda hesap momentinin belirlenmesinde kullanılacak β katsayısı, (ℓ_k / i) oranı $35 / \sqrt{N_d / (A_c \cdot f_{ck})}$ sınırın altında kalıyorsa, büyük β değeri esas alınır, üzerinde ise β ve β_s değerlerinin çarpımı kullanılır. Buna göre 1.4G+1.6Q yüklemesinde;

$$\frac{35}{\sqrt{N_d}} = \frac{35}{\sqrt{\frac{1348 \cdot 10^3}{500 \cdot 400 \cdot 20}}} = 60.3$$

$\frac{\ell_k}{i} = 30.26 < 60.2$ olduğundan, büyük β değeri esas alınır ($M_d = \beta_{max} M_2$).

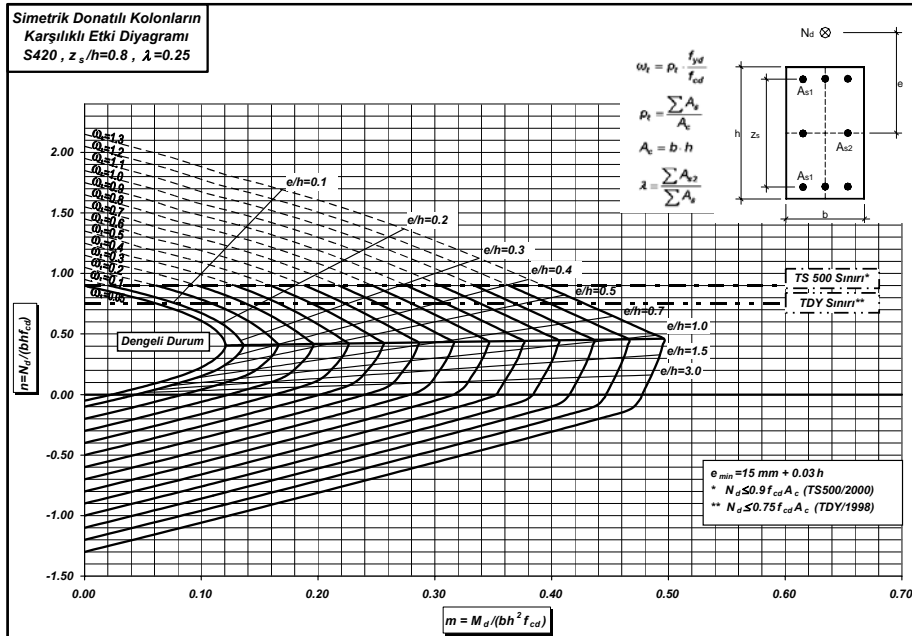
(diğer yüklemelerde (G+Q+E ve 0.9G+E) N_d değerleri düşey yüklemedeki aksel yük değerlerinden daha küçük olduğu için yukarıdaki sınır şartı için bulunacak değerler 60.2 değerinin üzerinde olur.

Yükleme	β	β_s	N_d (kN)	M_1 ($M_1 < M_2$) (kNm)	M_2 ($M_1 < M_2$) (kNm)	M_d ($\beta_{max} M_2$) (kNm)
1.4G+1.6Q	1.13	1.10	1348	1.2	2.6	2.9
G+Q+E	1.09	1.06	966	151	186	202.7
0.9G+E	1.06	1.01	689	149	185	196.1

➤ **Betonarme Kesit Hesabı**

$$\frac{z_s}{h} = \frac{h - 2 \cdot d'}{h} = \frac{400 - 2 \cdot 40}{400} = 0.8$$

O halde, tek sıra ara donatılı ($\lambda=0.25$), $z_s/h=0.8$ ve S420 için hazırlanmış olan karşılıklı etki diyagramı kullanılacaktır.



$$e_{\min} = 15 + 0.03 \cdot h = 15 + 0.03 \cdot 400 = 27 \text{ mm } (M_d \geq N_d e_{\min}) \text{ ve Deprem}$$

Yönetmeliğine göre $\rho_{t,\min} = 0.01$ şartı da gözetilerek hesaplar aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Yükleme	N_d (kN)	M_d (kNm)	$M_{d,\min}$ ($N_d e_{\min}$) (kNm)	$\frac{N_d}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$	$\frac{M_d}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}}$	ω_t	ρ_t
1.4G+1.6Q	1348	2.9	36.4	0.52	0.04	<0.05	<0.01
G+Q+E	966	202.7	26.1	0.37	0.195	0.30	0.0107
0.9G+E	689	196.1	18.6	0.27	0.19	0.30	0.0107

$$A_{st} = \rho_t \cdot b \cdot h = 0.0107 \cdot 500 \cdot 400 = 2140 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı $8\phi 20$ (2512 mm^2)

