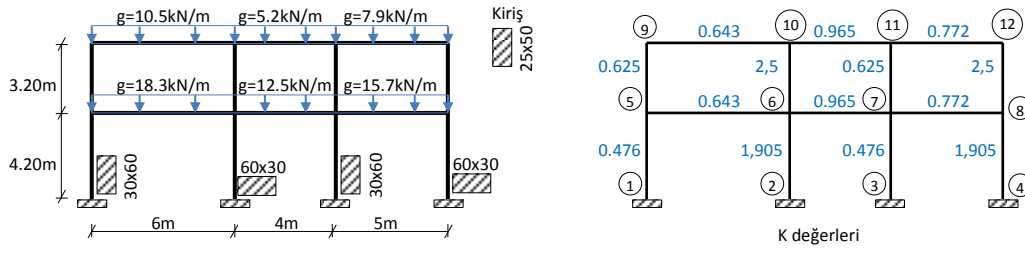


2. HAFTA - AÇI METODU ÖRNEK – g yüklemesi için



$\varphi_5, \varphi_6, \varphi_7, \varphi_8, \varphi_9, \varphi_{10}, \varphi_{11}, \varphi_{12}, \delta_1, \delta_2$ değerleri bilinmiyor ve açılı yöntemiyle bulunacak. $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = 0$ olduğuna dikkat ediniz.

ATALET MOMENTLERİ

$$(b \cdot h^3 / 12) \quad I_{30 \times 60} = 0.00135 \text{ m}^4 = I$$

$$I_{60 \times 30} = 0.0054 \text{ m}^4 = 4I$$

$$I_{kiriş} = 0.002604 \text{ m}^4 = 1.93I$$

En küçük atalet momentine göre oranlanır. (Farklı kesitler için uygun atalet momenti formülü kullanılmalıdır)

k DEĞERLERİ

$$(2EI / l) \quad (1-5) \rightarrow \frac{2 \cdot 1}{4.20} = 0.476$$

$$(5-6) \rightarrow \frac{2 \cdot 1.93}{6.00} = 0.643$$

Tüm elemanlar için k değerleri hesaplanır. Hesaplanan değerler yukarıda şekil üzerinde gösterilmiştir. Virgülden sonra 3 hane alınması işlemlerin doğruluğu için önemlidir.

ANKASTRELİK MOMENTLERİN HESAPLANMASI

$$(1/12 \cdot ql^2) \quad -M_{5,6} = M_{6,5} = 54.9 \text{ kNm} \quad -M_{9,10} = M_{10,9} = 31.5 \text{ kNm}$$

$$-M_{6,7} = M_{7,6} = 16.67 \text{ kNm} \quad -M_{10,11} = M_{11,10} = 6.93 \text{ kNm}$$

$$-M_{7,8} = M_{8,7} = 32.71 \text{ kNm} \quad -M_{11,12} = M_{12,11} = 16.46 \text{ kNm}$$

Yükün olduğu yerde ankastrelik momentler oluşur. (Sadece kirişler)

DÜĞÜM NOKTALARINDA MOMENT DENGE DENKLEMLERİNİN YAZILMASI

$$(5) \quad 2(0.476 + 0.625 + 0.643)\varphi_5 + 0.643\varphi_6 + 0.625\varphi_9 - 3 \frac{0.476}{4.20} \delta_1 - 3 \frac{0.625}{3.20} \delta_2 - 54.9 = 0$$

$$(6) \quad 2(1.905 + 0.643 + 2.5 + 0.965)\varphi_6 + 0.965\varphi_7 + 2.5\varphi_{10} + 0.643\varphi_9 - 3 \frac{1.905}{4.20} \delta_1 - 3 \frac{2.5}{3.20} \delta_2 + 54.9 - 16.67 = 0$$

$$(7) \quad 2(0.476 + 0.965 + 0.625 + 0.772)\varphi_7 + 0.772\varphi_8 + 0.625\varphi_{11} + 0.965\varphi_6 - 3 \frac{0.476}{4.20} \delta_1 - 3 \frac{0.625}{3.20} \delta_2 - 32.71 + 16.67 = 0$$

$$(8) \quad 2(1.905 + 0.772 + 2.5)\varphi_8 + 0.772\varphi_7 + 2.5\varphi_{12} - 3 \frac{1.905}{4.20} \delta_1 - 3 \frac{2.5}{3.20} \delta_2 + 32.71 = 0$$

$$(9) \quad 2(0.625 + 0.643)\varphi_9 + 0.643\varphi_{10} + 0.625\varphi_5 - 3 \frac{0.625}{3.20} \delta_2 - 31.5 = 0$$

$$(10) \quad 2(2.5 + 0.643 + 0.965)\varphi_{10} + 2.5\varphi_6 + 0.643\varphi_9 + 0.965\varphi_{11} - 3 \frac{2.5}{3.20} \delta_2 - 6.93 + 31.5 = 0$$

$$(11) \quad 2(0.625 + 0.965 + 0.772)\varphi_{11} + 0.625\varphi_7 + 0.965\varphi_{10} + 0.772\varphi_{12} - 3 \frac{0.625}{3.20} \delta_2 - 16.46 + 6.93 = 0$$

$$(12) \quad 2(2.5 + 0.772)\varphi_{12} + 2.5\varphi_8 + 0.772\varphi_{11} - 3 \frac{2.5}{3.20} \delta_2 + 16.46 = 0$$

YATAY DENGE DENKLEMLERİ

$$1. \text{ Kat} \quad -3 \frac{0.476}{4.20} (\varphi_5 + 0) - 3 \frac{1.905}{4.20} (\varphi_6 + 0) - 3 \frac{0.476}{4.20} (\varphi_7 + 0) - 3 \frac{1.905}{4.20} (\varphi_8 + 0) + 6 \left(\frac{0.476 \cdot 2 + 1.905 \cdot 2}{4.20^2} \right) \delta_1 = 0$$

$$2. \text{ Kat} \quad -3 \frac{0.625}{3.20} (\varphi_9 + \varphi_9) - 3 \frac{2.5}{3.20} (\varphi_6 + \varphi_{10}) - 3 \frac{0.625}{3.20} (\varphi_7 + \varphi_{11}) - 3 \frac{2.5}{3.20} (\varphi_8 + \varphi_{12}) + 6 \left(\frac{0.625 \cdot 2 + 2.5 \cdot 2}{3.20^2} \right) \delta_2 = 0$$

BULUNAN KATSAYILARIN, KATSAYILAR MATRİSİ ŞEKLİNDE YAZILMASI

DN	φ_5	φ_6	φ_7	φ_8	φ_9	φ_{10}	φ_{11}	φ_{12}	δ_1	δ_2			Sabit		
5	3,488	0,643	0	0	0,625	0	0	0	-0,340	-0,586	x	φ_5	=	54,90	
6	0,643	12,026	0,965	0	0	2,500	0	0	-1,361	-2,344		φ_6	=	-38,23	
7	0	0,965	5,676	0,772	0	0	0,625	0	-0,340	-0,586		φ_7	=	16,04	
8	0	0	0,772	10,354	0	0	0	2,500	-1,361	-2,344		φ_8	=	-32,71	
9	0,625	0	0	0	2,536	0,643	0	0	0	-0,586		φ_9	=	31,50	
10	0	2,500	0	0	0,643	8,216	0,965	0	0	-2,344		φ_{10}	=	-24,57	
11	0	0	0,625	0	0	0,965	4,724	0,772	0	-0,586		φ_{11}	=	9,53	
12	0	0	0	2,500	0	0	0,772	6,544	0	-2,344		φ_{12}	=	-16,46	
1YD	-0,340	-1,361	-0,340	-1,361	0	0	0	0	1,620	0		δ_1	=	0	
2YD	-0,586	-2,344	-0,586	-2,344	-0,586	-2,344	-0,586	-2,344	0	3,662		δ_2	=	0	
K												x	φ, δ	=	Sabit

Simetrik olduğuna dikkat ediniz. Katsayılar matrisinin tersi alınarak sabitler matrisi ile matris çarpımı yapılır. Çıkan matris sırasıyla bilinmeyenleri vermektedir.

0,32439	0,00678	0,01160	0,02986	-0,06406	0,03275	0,00051	0,02603	0,10131	0,10468	x	54,90	=	φ_5	13,5125		
0,00678	0,12520	-0,00673	0,04090	0,02928	-0,00542	0,01319	0,02867	0,13956	0,12801		-38,23		φ_6	-5,1507		
0,01160	-0,00673	0,18754	-0,00439	0,00326	0,01809	-0,02625	0,02137	0,03246	0,04634		16,04		φ_7	3,1020		
0,02986	0,04090	-0,00439	0,15414	0,01972	0,02579	0,01475	-0,00851	0,16921	0,14550		-32,71		φ_8	-4,7683		
-0,06406	0,02928	0,00326	0,01972	0,43737	-0,01565	0,01081	0,02730	0,02841	0,10082		31,50		φ_9	8,5860		
0,03275	-0,00542	0,01809	0,02579	-0,01565	0,17223	-0,02624	0,04920	0,02779	0,15621		-24,57		φ_{10}	-4,3325		
0,00051	0,01319	-0,02625	0,01475	0,01081	-0,02624	0,22703	-0,02578	0,01807	0,01853		9,53		φ_{11}	2,1930		
0,02603	0,02867	0,02137	-0,00851	0,02730	0,04920	-0,02578	0,23070	0,02688	0,19989		-16,46		φ_{12}	-3,4379		
0,10131	0,13956	0,03246	0,16921	0,02841	0,02779	0,01807	0,02688	0,90477	0,26148		0		δ_1	-4,8462		
0,10468	0,12801	0,04634	0,14550	0,10082	0,15621	0,01853	0,19989	0,26148	0,71935		0		δ_2	-6,9392		
K ⁻¹											x		Sbt	=	φ, δ	

ÇUBUK UÇ MOMENTLERİNİN BULUNMASI

$M_{ik} = k(2\varphi_i + \varphi_k - 3\frac{\delta_{ik}}{l}) + \bar{M}_{ik}$ formülü ile elemanların ucundaki momentler hesaplanır. Burada dikkat edilmesi gereken durum her düğüm noktasındaki momentler toplamının sıfır olması gerektiğidir.

$$\begin{aligned}
 M_{1,5} &= 0.476 \cdot (2 \cdot 0 + 13.51 - 3 \frac{-4.85}{4.20}) + 0 = 8.08 \text{ kNm} & M_{7,3} &= 0.476 \cdot (2 \cdot 3.10 + 0 - 3 \frac{-4.85}{4.20}) + 0 = 4.60 \text{ kNm} \\
 M_{2,6} &= 1.905 \cdot (2 \cdot 0 - 5.15 - 3 \frac{-4.85}{4.20}) + 0 = -3.21 \text{ kNm} & M_{7,6} &= 0.965 \cdot (2 \cdot 3.10 - 5.15) + 16.67 = 17.68 \text{ kNm} \\
 M_{3,7} &= 0.476 \cdot (2 \cdot 0 + 3.10 - 3 \frac{-4.85}{4.20}) + 0 = 3.12 \text{ kNm} & M_{7,8} &= 0.772 \cdot (2 \cdot 3.10 - 4.77) - 32.71 = -31.61 \text{ kNm} \\
 M_{4,8} &= 1.905 \cdot (2 \cdot 0 - 4.77 - 3 \frac{-4.85}{4.20}) + 0 = -2.49 \text{ kNm} & M_{7,11} &= 0.625 \cdot (2 \cdot 3.10 + 2.19 - 3 \frac{-6.94}{3.20}) = 9.31 \text{ kNm} \\
 & & M_{8,4} &= 1.905 \cdot (2 \cdot (-4.77) + 0 - 3 \frac{-4.85}{4.20}) + 0 = -11.57 \text{ kNm} \\
 M_{5,6} &= 0.643 \cdot (2 \cdot 13.51 - 5.15) - 54.9 = -40.8 \text{ kNm} & M_{8,7} &= 0.772 \cdot (2 \cdot (-4.77) + 3.10) + 32.71 = 27.74 \text{ kNm} \\
 M_{5,1} &= 0.476 \cdot (2 \cdot 13.51 + 0 - 3 \frac{-4.85}{4.20}) + 0 = 14.51 \text{ kNm} & M_{8,12} &= 2.5 \cdot (2 \cdot (-4.77) - 3.44 - 3 \frac{-6.94}{3.20}) + 0 = -16.18 \text{ kNm} \\
 M_{5,9} &= 0.625 \cdot (2 \cdot 13.51 + 8.59 - 3 \frac{-6.94}{3.20}) + 0 = 26.32 \text{ kNm} & M_{9,5} &= 0.625 \cdot (2 \cdot 8.59 + 13.51 - 3 \frac{-6.94}{3.20}) + 0 = 23.25 \text{ kNm} \\
 M_{6,2} &= 1.905 \cdot (2 \cdot (-5.15) + 0 - 3 \frac{-4.85}{4.20}) + 0 = -13.02 \text{ kNm} & M_{9,10} &= 0.643 \cdot (2 \cdot 8.59 - 4.33) - 31.50 = -23.24 \text{ kNm} \\
 M_{6,7} &= 0.965 \cdot (2 \cdot (-5.15) + 3.10) - 16.67 = -23.62 \text{ kNm} & M_{10,6} &= 2.5 \cdot (2 \cdot (-4.33) - 5.15 - 3 \frac{-6.94}{3.20}) + 0 = -18.26 \text{ kNm} \\
 M_{6,10} &= 2.5 \cdot (2 \cdot (-5.15) - 4.33 - 3 \frac{-6.94}{3.20}) + 0 = -20.31 \text{ kNm} & M_{10,9} &= 0.643 \cdot (2 \cdot (-4.33) + 8.59) + 31.5 = 31.45 \text{ kNm} \\
 M_{6,5} &= 0.643 \cdot (2 \cdot (-5.15) + 13.51) + 54.9 = 56.96 \text{ kNm} & M_{10,11} &= 0.965 \cdot (2 \cdot (-4.33) + 2.19) - 6.93 = -13.17 \text{ kNm} \\
 M_{12,8} &= 2.5 \cdot (2 \cdot (-3.44) - 4.77 - 3 \frac{-6.94}{3.20}) + 0 = -12.86 \text{ kNm} & M_{11,7} &= 0.625 \cdot (2 \cdot 2.19 + 3.10 - 3 \frac{-6.94}{3.20}) + 0 = 8.74 \text{ kNm} \\
 M_{12,11} &= 0.772 \cdot (2 \cdot (-3.44) + 2.19) + 16.46 = 12.84 \text{ kNm} & M_{11,10} &= 0.965 \cdot (2 \cdot 2.19 - 4.33) + 6.93 = 6.98 \text{ kNm} \\
 & & M_{11,12} &= 0.772 \cdot (2 \cdot 2.19 - 3.44) - 16.46 = -15.73 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Hesaplanan çubuk uç momentleri g yüklemesi içindir. Hareketli yük (q) ve Deprem kuvvetleri içinde ayrıca hesap yapılmalıdır. Bu hesaplamalar sırasında katsayılar matrisinin değişmeyeceğini söyleyebiliriz. Sadece ankastrelik momentler yeni yüklere göre hesaplanmalı ve katsayılar matrisinde sabitler kısmına işlenmelidir.