

RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR

Az Katlı Betonarme Bina Örneđi



Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri
Genel Müdürlüğü



Özet

- Bina Bilgileri
- Modelleme
- Hesap Yöntemi
- Eleman Risk Tespiti
- Bina Risk Tespiti

Bina Bilgileri

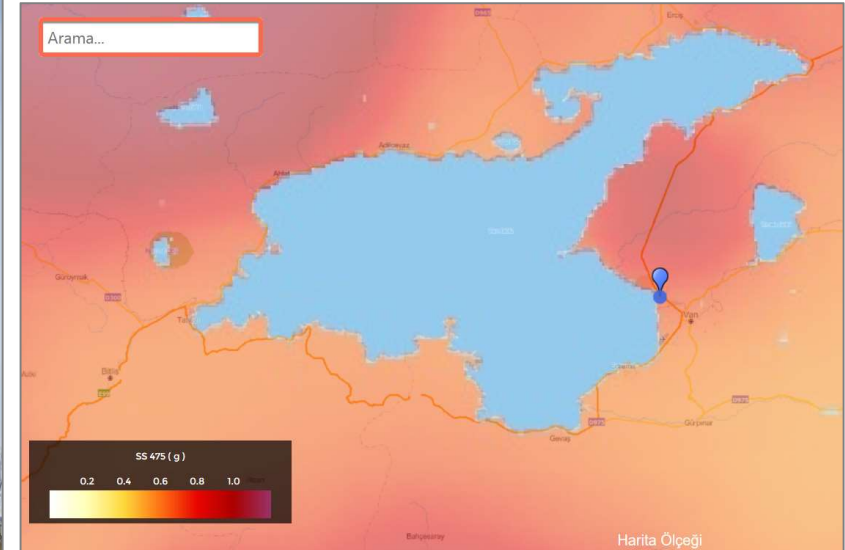
5 Katlı Betonarme Bina



Konut Yapısı
Van – Tuşba – İskele Mahallesi

Enlem: 38.5410°

Boylam: 43.3265°



(Eski haritaya göre 2. Derece deprem bölgesi)

Bina Bilgileri

5 Katlı Betonarme Bina



5 katlı, 17 m yüksekliğinde

Betonarme Elemanlar:

60x30 cm (C12), 10 ϕ 18(S220)

75x25 cm (C12), 10 ϕ 16(S220)

150x25 cm (C12), 16 ϕ 20(S220)

185x25 cm (C12), 20 ϕ 12(S220)

60x30 cm (C12)

60x25 cm (C12)

Döşeme Tipi:

Betonarme (C12), 10 cm/12 cm

Bina Bilgileri

Deprem Tehlikesi

Tablo 2.1'e göre "Bina Kullanım Amacı" → Konut → DD-2

2. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar ve diğer binalar			
a) Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	0.6	DD-2	
b) Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, otopark, vb.	0.3		
c) Depo, antrepo, vb.	0.8		

Tablo 2.2'ye göre "Yerel Zemin Sınıfı" → Madde 2.3 / 2.4 → ZE

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	• Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), • Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, • Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, • Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Bina Bilgileri

Deprem Tehlikesi

Madde 2.2'ye göre "Spektral İvme Katsayıları" (Türkiye Deprem Tehlike Haritaları)

	DD-2	
S_s	0.705	
S_1	0.175	
S_{DS}	0.967	Tablo 2.3
S_{D1}	0.617	Tablo 2.4
T_A	0.128 s	Madde 2.9
T_B	0.638 s	

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

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

$$S_{DS} = S_s F_s$$

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

$$F_s = 1.372 \quad \text{Tablo 2.3}$$

$$S_{D1} = S_1 F_1$$

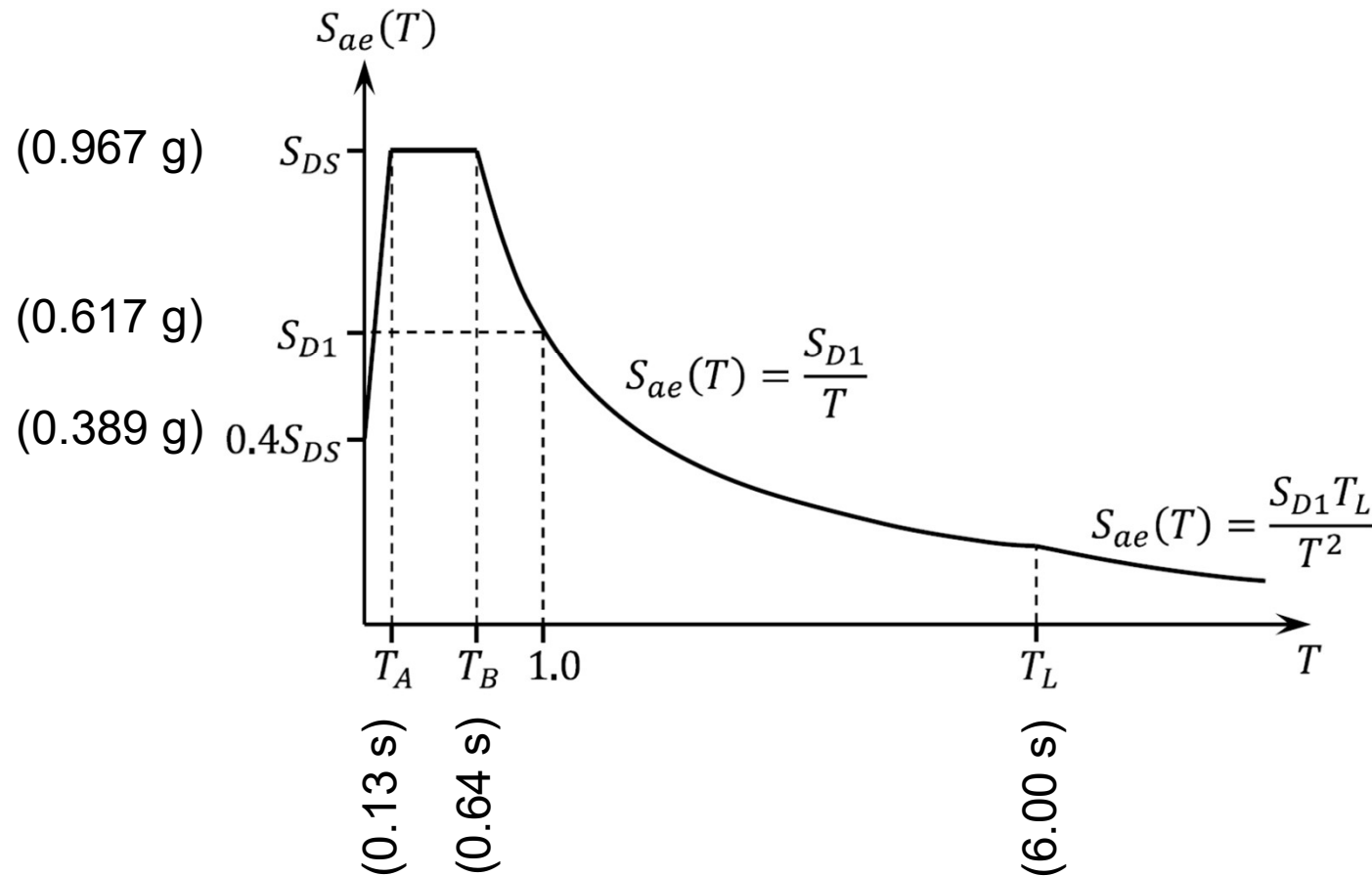
Yerel Zemin Sınıfı*	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0

$$F_1 = 3.525 \quad \text{Tablo 2.4}$$

Bina Bilgileri

Deprem Tehlikesi

Madde 2.8 ve 2.9'daki denklemler kullanılarak "Yatay Elastik İvme Spektrumu" elde edilir



Bina Bilgileri

Riskli Bina Tespit Yöntemi

Madde 3.7 gereğince Az Katlı Betonarme Binaların risk tespiti Bölüm 4'e göre yapılacaktır

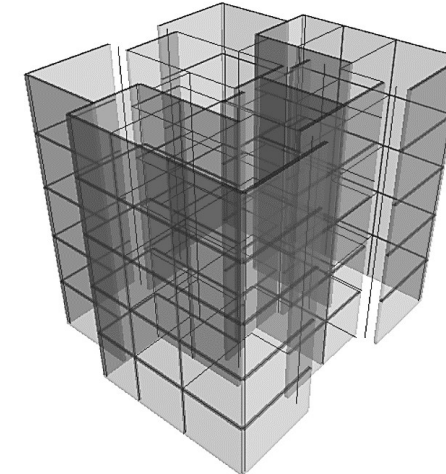
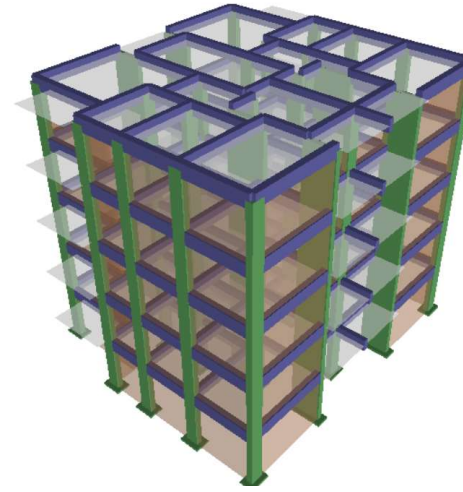
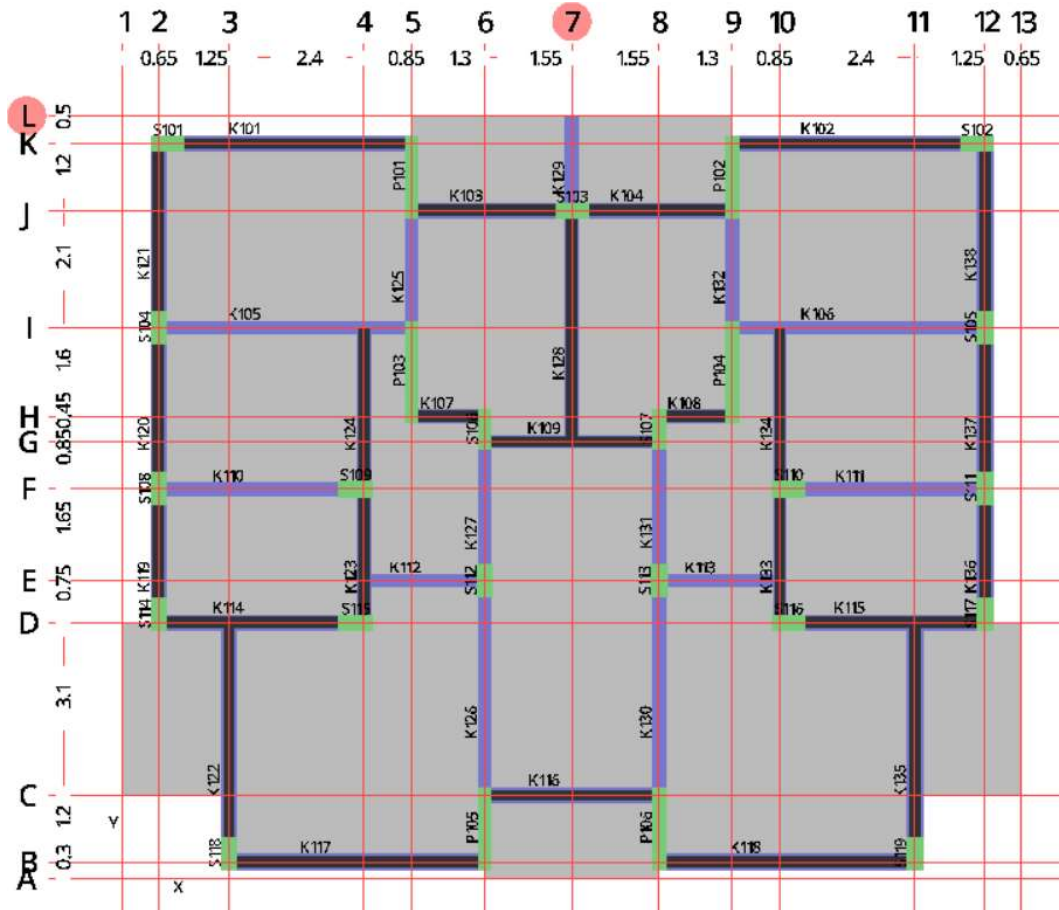
$$H_T = 17 \text{ m} \quad n_s = 5$$

	Bina Sınıfları*		
	1	2	3
Taşıyıcı Sistem Türü	Az Katlı $H_T \leq 30 \text{ m}$ veya $n_s \leq 10$	Orta Katlı $30 < H_T \leq 50 \text{ m}$ veya $10 < n_s \leq 17$	Yüksek Katlı $50 < H_T$ veya $17 < n_s$
Betonarme	Bölüm 4	Bölüm 5	Bölüm 6
Yığma	Bölüm 7	Bölüm 7	Bölüm 7
Karma	Bölüm 8	Bölüm 5**	Bölüm 6**

Tablo 3.1

Modelleme

Bölüm 4.2'de verilen esaslara uygun olarak yapının 3-Boyutlu sonlu elemanlar modeli hazırlanmıştır



Modelleme

Beton Malzeme Özellikleri

Döşeme, kiriş, kolon ve perdelerde kullanılan beton malzeme özellikleri şu şekildedir:

Basınç Dayanımı → 12 MPa

Elastisite Modülü → $5000\sqrt{f_{cm}} = 17320 \text{ MPa}$

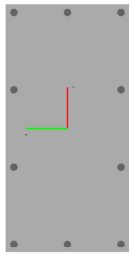
Özgül Ağırlık → 25 kN/m³

Poisson Oranı → 0.2

Modelleme

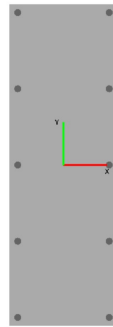
Eleman Kesit Detayları

Kiriş, kolon ve perde kesitleri



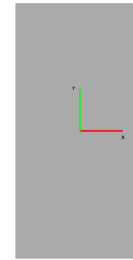
10φ18
 $\rho=\%1.4$

600/300 Kolon

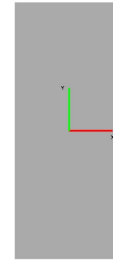


10φ16
 $\rho=\%1.1$

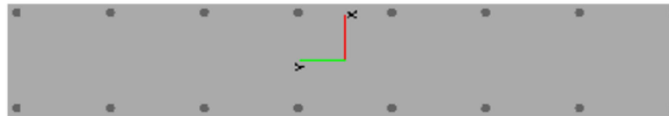
750/250 Kolon



600/300 Kiriş

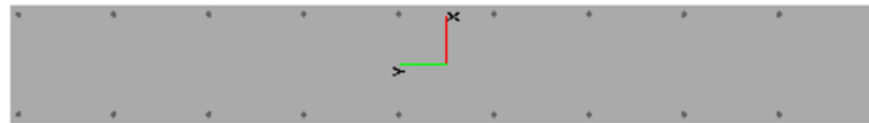


600/250 Kiriş



16φ20

1500/250 Perde



20φ12

1850/250 Perde

Modelleme

Eleman Kesit Detayları

Kiriş, kolon donatı detayları

Kolon Boyuna Donatı	Kolon Donatı Çapı (mm)		Kolon Donatı Oranı (%)	
	600/300	750/250	600/300	750/250
	18	16	1.40	1.07

Kolon Enine Donatı	Bölge	Kolon Etriye Çapı (mm) 600/300, 750/250	Kolon Etriye Kol Sayısı 600/300, 750/250	Kolon Etriye Kol Aralığı 600/300, 750/250
	Orta	8	4/3, 5/2	200
	Sarılma	8	4/3, 5/2	100

Perde donatı detayları

Boyutlar	Boyuna Donatı Çapı (mm)	Boyuna Donatı Oranı (%)	Enine Donatı Çapı (mm)	Enine Donatı Kol Sayısı – X Yönü	Enine Donatı Kol Sayısı – Y Yönü	Enine Donatı Kol Aralığı (mm)
1850/250	12	0.50	8	2	6	100
1500/250	20	1.34	12	2	8	100

Modelleme

Betonarme Model Detayları

Modelleme Bölüm 4.2'ye göre yapılacaktır.

Madde 4.2.1'e göre kolonlar çubuk elemanlar olarak modellenmiştir.

Madde 4.2.5'e göre tüm düşey elemanların kat kütleleri, bağlandıkları katlara yarı yarıya dağıtılarak modelde dikkate alınmıştır.

Madde 4.2.7'ye göre taşıyıcı sistem analizlerinde Etkin Eğilme Rijitlikleri kullanılmıştır.

Kirişler ve perdelerde, güçlendirme perdelerinde:

$$(EI)_e = 0.3(E_{cm}I)_o$$

Kolonlarda, güçlendirilmiş kolonlarda:

$$(EI)_e = 0.5(E_{cm}I)_o$$

Analiz

Yöntem ve Yüklemler

Madde 4.3.2'ye göre hesaplamalarda Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır.

Madde 4.3.2'ye göre risk durumu binaya etkiyen düşey yükler ve deprem etkileri altında ($G + nQ \pm E$) planda her iki doğrultu ve her iki yönü için belirlenmiştir.

Tablo 2.1 → $n = 0.3$

Kaplama Yüğü: 150 kg/m^2
Hareketli Yüğü: 200 kg/m^2
Duvar Yüğü: 200 kg/m^2

2. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğı binalar ve diğer binalar	
a) Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	0.6
b) Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, otopark, vb.	0.3
c) Depo, antrepo, vb.	0.8

$$G + 0.3Q + E_x$$

$$G + 0.3Q - E_x$$

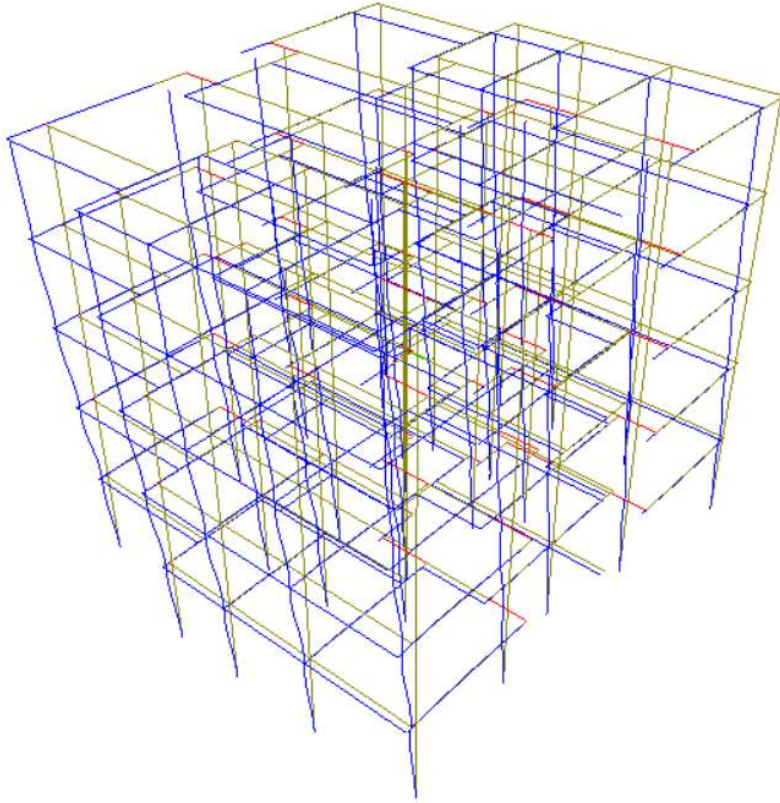
$$G + 0.3Q + E_y$$

$$G + 0.3Q - E_y$$

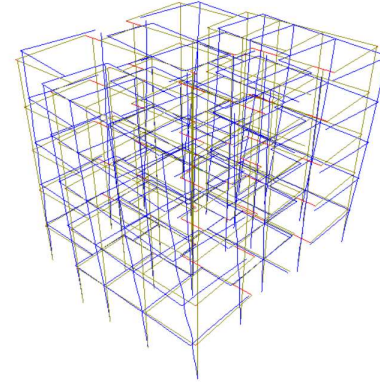
Analiz

Analiz Özeti

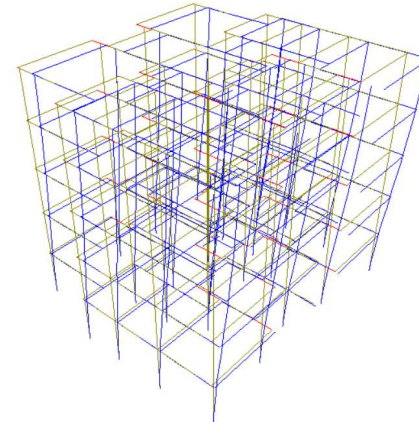
Binanın temel titreşim periyodu 1.013 saniye olarak hesaplanmıştır.



Mod 1: 1.013 s



Mod 2: 0.705 s

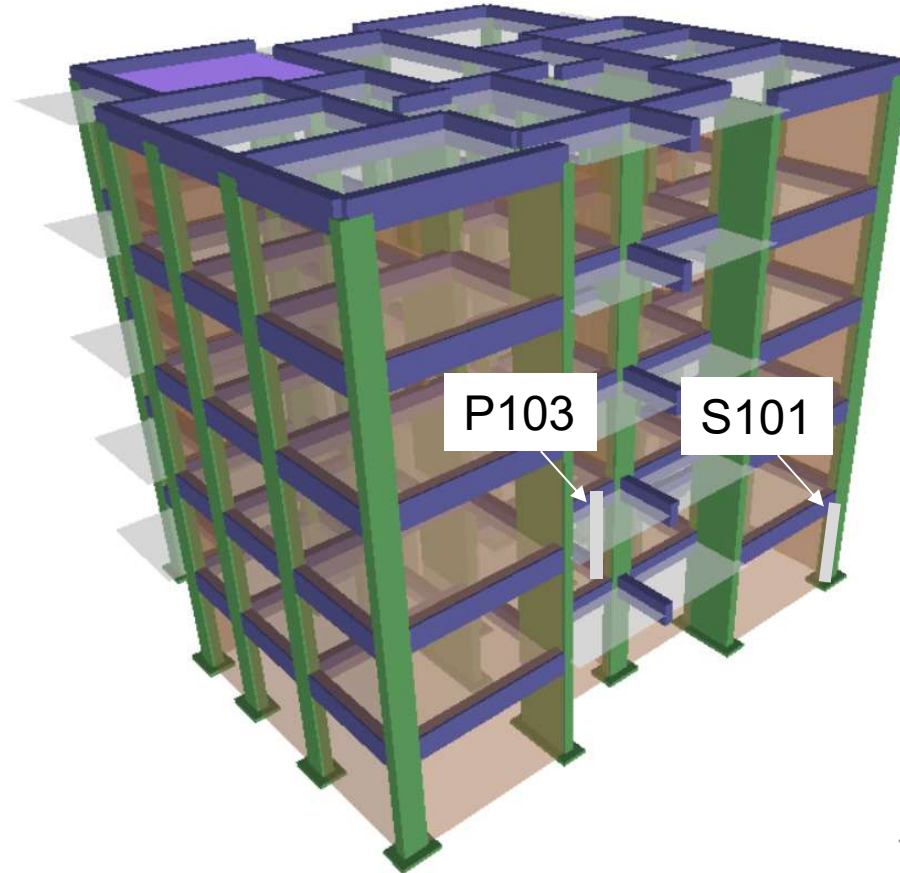
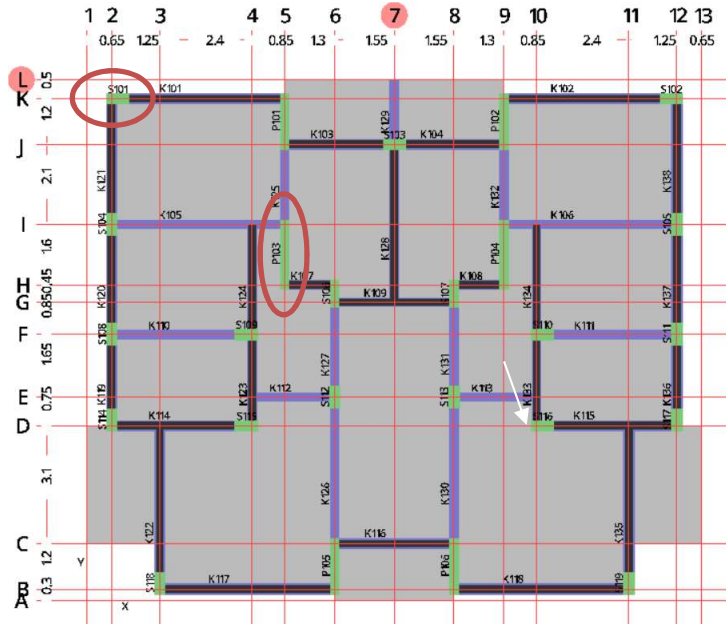


Mod 3: 0.549 s

Analiz

Analiz Özeti

Yükleme durumları için bina risk durumu belirlenmiş, hesaplama detayları örnek bir kolon ve perde için sunulmuştur.



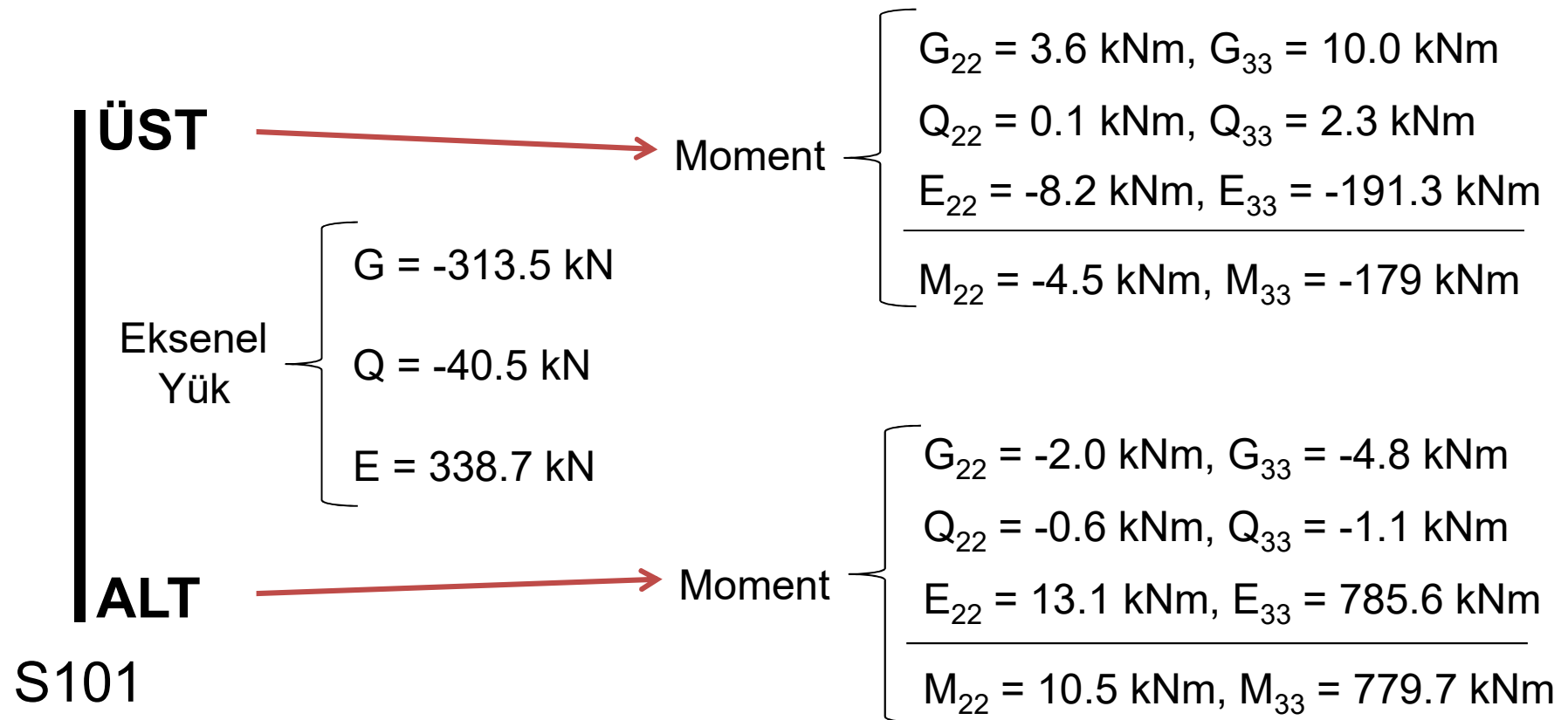
Kolon Çözümü

S101 KOLONU

Eleman Rijitlik Azaltma

Kolon Eleman İç Kuvvetler

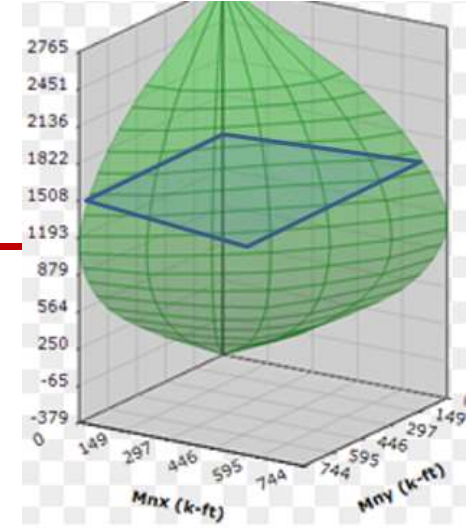
S101 elemanı için $G + 0.3Q + E_x$ yükleme durumu altında iç kuvvetler belirlenmiştir.



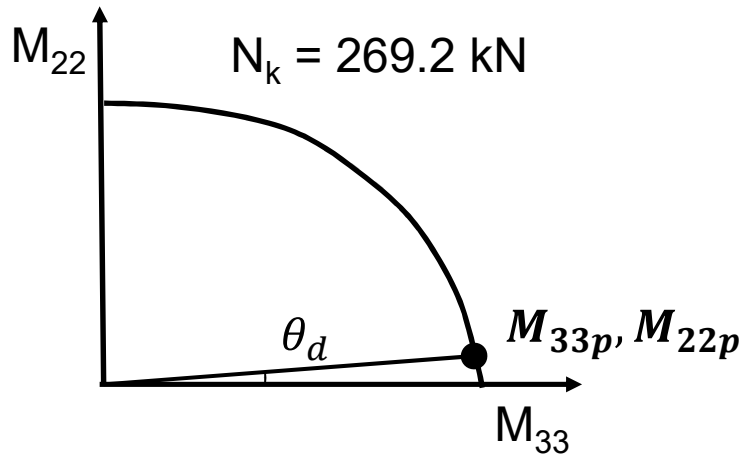
Eleman Risk Tespiti

Kolon Moment Kapasiteleri

Ek D Madde 2'de anlatıldığı şekliyle S101 elemanı için iki uçta iki eksenli kesit moment değerlerinin oranı ile uyumlu moment kapasiteleri hesaplanmıştır.

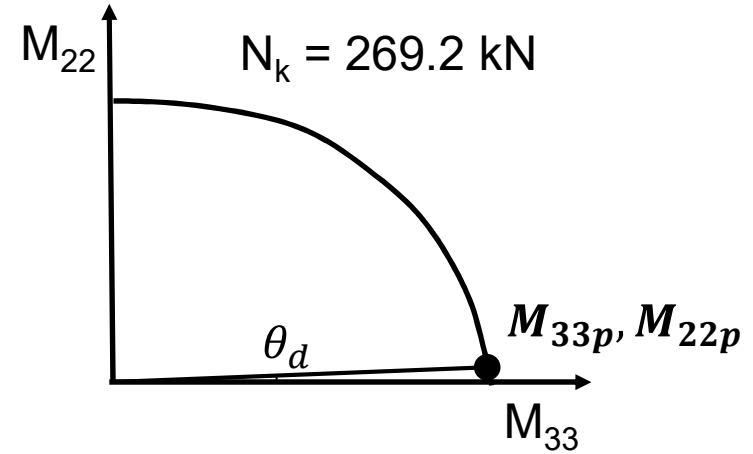


$$N_k (G+nQ+E/6) = -313.5 + 0.3*(-40.5) + 338.7/6 = -269.2 \text{ kN}$$



$$\tan \theta_d = M_{22}/M_{33} = -4.5/-179 = 0.02$$

ÜST



$$\tan \theta_d = M_{22}/M_{33} = 10.5/779.7 = 0.01$$

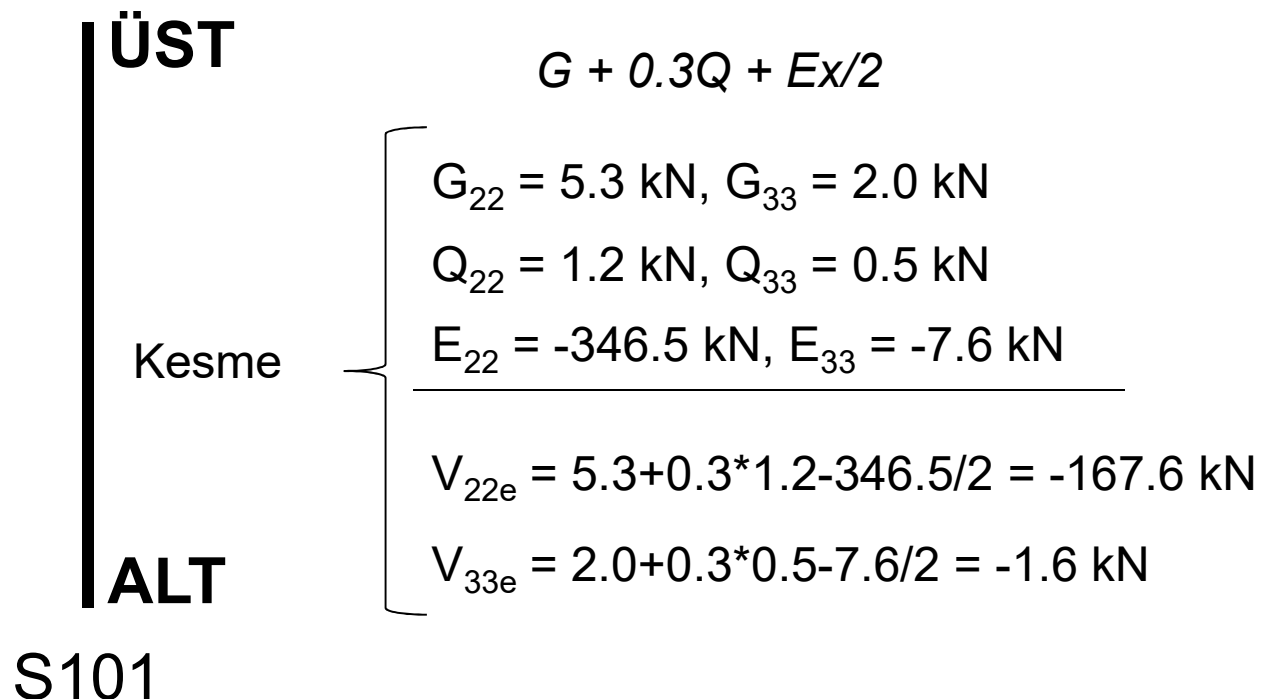
ALT

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (R=2 Analizi)

Ek D.1'de anlatıldığı şekliyle S101 elemanı için kesme kuvveti hesabı yapılmıştır

$$\frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}}{\sqrt{(V_{22r})^2 + (V_{33r})^2}}$$



Eleman Risk Tespiti

Vr Hesabı (R=2 Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S101 elemanı için Vr hesabı yapılmıştır

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 0.35\sqrt{12} = 1.21 \text{ MPa} & b &= 300 \text{ mm} & A_{s22} &= 151 \text{ mm}^2 \\ f_{ywm} &= 220 \text{ MPa} & c_c &= 20 \text{ mm} & A_{s33} &= 201 \text{ mm}^2 \\ & & h_l &= 600 \text{ mm} & s_{22} &= s_{33} = 200 \text{ mm (orta)} \end{aligned}$$

$$V_{22u} = 0.5 f_{ctm} b (h_l - c_c) \zeta + A_{s22} f_{ywm} \frac{(h_l - c_c)}{s_{22}} + V_{manto} \leq 0.22 f_{cm} b h_l \quad 0.22 \cdot 12 \cdot 300 \cdot 600 = 475.2 \text{ kN}$$

$$V_{22u} = 0.5 \cdot 1.21 \cdot 300 \cdot 580 \cdot (1 + 0.07 \cdot 269.2/180) + 151 \cdot 220 \cdot 580/200 = 212.6 \text{ kN} < 475.2 \text{ kN}$$

$$V_{33u} = 0.5 f_{ctm} h_l (b - c_c) \zeta + A_{s33} f_{ywm} \frac{(b - c_c)}{s_{33}} + V_{manto} \leq 0.22 f_{cm} b h_l$$

$$V_{33u} = 0.5 \cdot 1.21 \cdot 600 \cdot 280 \cdot (1 + 0.07 \cdot 269.2/180) + 201 \cdot 220 \cdot 280/200 = 174.2 \text{ kN} < 475.2 \text{ kN}$$

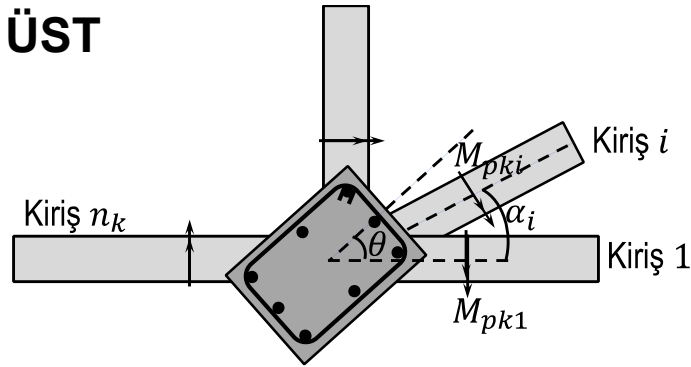
$$\begin{aligned} V_r &= V_{22u} V_{33u} \sqrt{\frac{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}{(V_{33u} V_{22e})^2 + (V_{33e} V_{22u})^2}} = 212.6 \cdot 174.2 \sqrt{\frac{167.6^2 + 1.6^2}{(174.2 \cdot 167.6)^2 + (1.6 \cdot 212.6)^2}} \\ &= 212.6 \text{ kN} \end{aligned}$$

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S101 elemanı için KiM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır

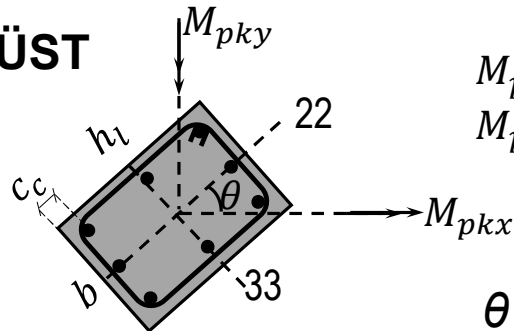
ÜST



Kolonlara dağılması
gereken toplam
plastik global moment

$$\begin{cases} M_{pkx} = \sum_{i=1}^n M_{pki} \sin \alpha_i = -11.8 \text{ kNm} \\ M_{pky} = \sum_{i=1}^n M_{pki} \cos \alpha_i = -14.8 \text{ kNm} \end{cases}$$

ÜST



$$\begin{aligned} M_{pk22} &= M_{pkx} \cos \theta - M_{pky} \sin \theta = -11.8 \cdot \cos(0) - (-14.8) \cdot \sin(0) = -11.8 \text{ kNm} \\ M_{pk33} &= M_{pkx} \sin \theta + M_{pky} \cos \theta = -11.8 \cdot \sin(0) - 14.8 \cdot \cos(0) = -14.8 \text{ kNm} \end{aligned}$$

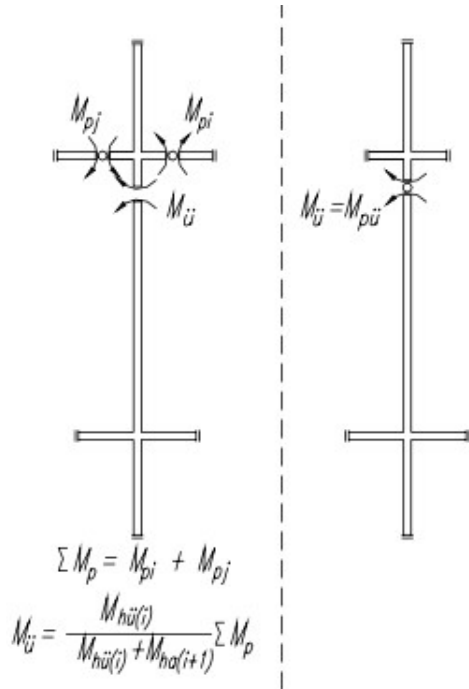
$$\theta = 0^\circ$$

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S101 elemanı için KiM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır

ÜST



$$M_{22k} = M_{pk22} \frac{|M_{22}^{\bar{u}st}|}{|M_{22}^{\bar{u}st}| + |M_{22}^{alt}|}$$

$$M_{22k} = -(-11.8) \frac{8.2}{8.2 + 0.2} = 11.5 \text{ kNm}$$

$$M_{33k} = M_{pk33} \frac{|M_{33}^{\bar{u}st}|}{|M_{33}^{\bar{u}st}| + |M_{33}^{alt}|}$$

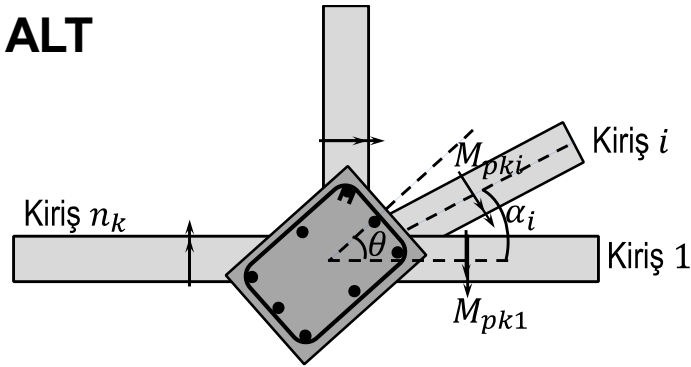
$$M_{33k} = -14.8 \frac{191.3}{191.3 + 248.9} = -6.4 \text{ kNm}$$

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S101 elemanı için KiM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır

ALT

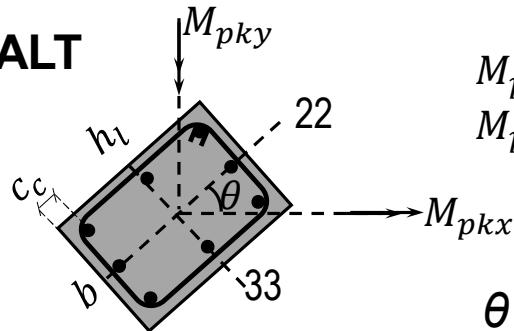


Kolonlara dağılması
gereken toplam
plastik global moment

$$M_{pkx} = \sum_{i=1}^n M_{pki} \sin \alpha_i = 0.0 \text{ kNm}$$

$$M_{pky} = \sum_{i=1}^n M_{pki} \cos \alpha_i = 0.0 \text{ kNm}$$

ALT



$$M_{pk22} = M_{pkx} \cos \theta - M_{pky} \sin \theta = 0.0 \text{ kNm}$$

$$M_{pk33} = M_{pkx} \sin \theta + M_{pky} \cos \theta = 0.0 \text{ kNm}$$

$$\theta = 0^\circ$$

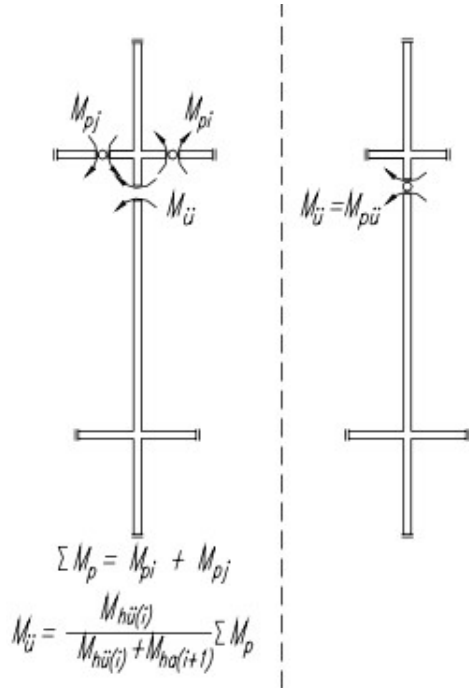
*Temel bağlantısı
olup kiriş
bulunmamaktadır*

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S101 elemanı için KiM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır

ALT



Temel bağlantısı olduğundan
kolon kapasitesi alınmıştır

$$M_{22k} = M_{pk22} \frac{|M_{22}^{\bar{u}st}|}{|M_{22}^{\bar{u}st}| + |M_{22}^{alt}|}$$

$$M_{22k} = 2.5 \text{ kNm}$$

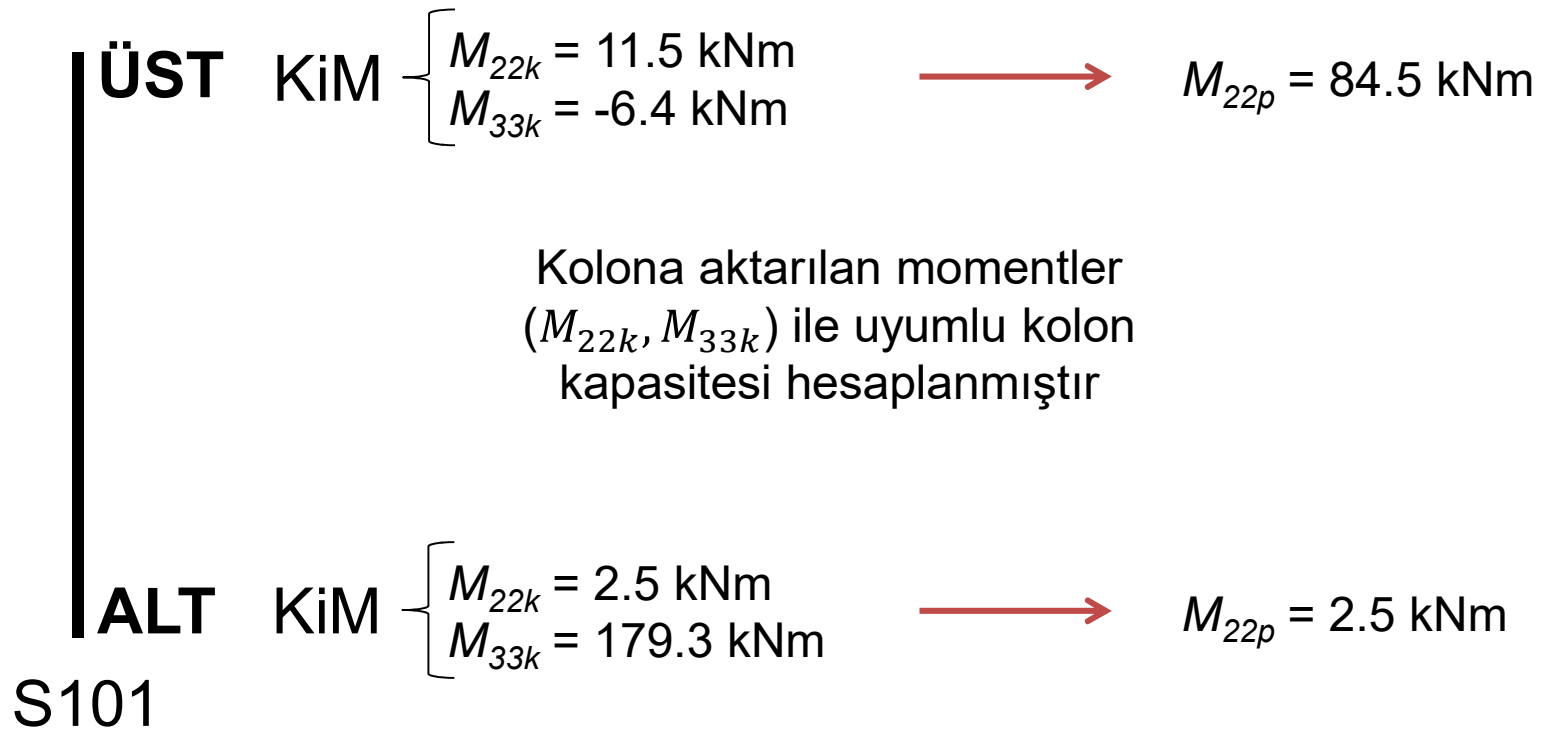
$$M_{33k} = M_{pk33} \frac{|M_{33}^{\bar{u}st}|}{|M_{33}^{\bar{u}st}| + |M_{33}^{alt}|}$$

$$M_{33k} = 179.3 \text{ kNm}$$

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

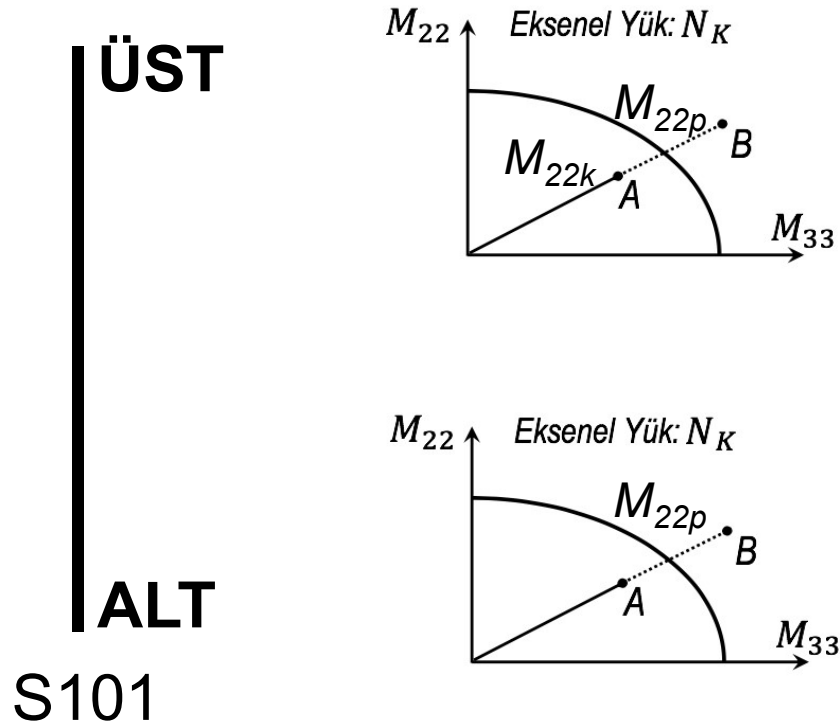
Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S101 elemanı için KoM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır



Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S101 elemanı için KoM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır



$$M_{22p} = 84.5 \text{ kNm} > M_{22k} = 11.5 \text{ kNm}$$

KiM

Kiriş bulunmamaktadır

KoM

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S101 elemanı için KiM ve KoM durumlarına göre kesme kuvveti hesabı yapılmıştır

$$M_{22kr}^{üst} = 11.5 \text{ kNm}$$

$$V_{22e} = \frac{|M_{33kr}^{üst}| + |M_{33kr}^{alt}|}{\ell_n}$$

$$M_{33kr}^{üst} = -6.4 \text{ kNm}$$

$$V_{22e} = (179.3 + 6.4) / 2.8 = 66.3 \text{ kN}$$

$$M_{22kr}^{alt} = 2.5 \text{ kNm}$$

$$V_{33e} = \frac{|M_{22kr}^{üst}| + |M_{22kr}^{alt}|}{\ell_n}$$

$$M_{33kr}^{alt} = 179.3 \text{ kNm}$$

$$V_{33e} = (11.5 + 2.5) / 2.8 = 5.0 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Vr Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S101 elemanı için Vr hesabı yapılmıştır

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 0.35\sqrt{12} = 1.21 \text{ MPa} & b &= 300 \text{ mm} & A_{s22} &= 151 \text{ mm}^2 \\ f_{ywm} &= 220 \text{ MPa} & c_c &= 20 \text{ mm} & A_{s33} &= 201 \text{ mm}^2 \\ & & h_l &= 600 \text{ mm} & s_{22} &= s_{33} = 200 \text{ mm (orta)} \end{aligned}$$

$\zeta = 1 + 0.07N_k/A_c$: kolon basınç kuvveti altında

$\zeta = 1 - 0.30N_k/A_c$: kolon çekme kuvveti altında

$$V_{22u} = 0.5 f_{ctm} b (h_l - c_c) \zeta + A_{s22} f_{ywm} \frac{(h_l - c_c)}{s_{22}} \leq 0.22 f_{cm} b h_l$$

$$V_{22u} = 0.5 * 1.21 * 300 * 580 * (1 + 0.07 * 269.2 / 180) + 151 * 220 * 580 / 200 = 212.6 \text{ kN} < 475.2 \text{ kN}$$

$$V_{33u} = 0.5 f_{ctm} h_l (b - c_c) \zeta + A_{s33} f_{ywm} \frac{(b - c_c)}{s_{33}} + V_{manto} \leq 0.22 f_{cm} b h_l$$

$$V_{33u} = 0.5 * 1.21 * 600 * 280 * (1 + 0.07 * 269.2 / 180) + 201 * 220 * 280 / 200 = 174.2 \text{ kN} < 475.2 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_r &= V_{22u} V_{33u} \sqrt{\frac{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}{(V_{33u} V_{22e})^2 + (V_{33e} V_{22u})^2}} = 212.6 * 174.2 * \sqrt{\frac{66.3^2 + 5.0^2}{(174.2 * 66.3)^2 + (5.0 * 212.6)^2}} \\ &= 212.3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Eleman Risk Tespiti

Ve/Vr Hesabı

$$\frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}}{\sqrt{(V_{22r})^2 + (V_{33r})^2}}$$

$R = 2 \rightarrow V_e = 167.6 \text{ kN}$
 $V_r = 212.6 \text{ kN}$

$$V_e / V_r = \frac{\sqrt{167.6^2 + 1.6^2}}{212.6} = 0.77$$

$KiM/KoM \rightarrow V_e = 66.5 \text{ kN}$
 $V_r = 212.3 \text{ kN}$

$$V_e / V_r = \frac{\sqrt{66.3^2 + 5.0^2}}{212.3} = 0.31$$

$$\frac{V_e}{V_r} = \text{Min} (V_e^1 / V_r^1, V_e^2 / V_r^2)$$

$$V_e / V_r = 0.31$$

$$V_e = 66.5 \text{ kN}$$

$$V_r = 212.3 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Eleman Sınıfı

Madde 4.3.4'de anlatıldığı şekliyle S101 için eleman sınıfı belirlenmiştir

A_{sh} / sb_k yönlerine göre hesaplanacaktır

$$(A_{sh} / sb_k)_{22} = 151 / 100 / 260 = 0.0058$$

$$(A_{sh} / sb_k)_{33} = 201 / 100 / 560 = 0.0036$$

$$\tan\theta_d = V_{22e}/V_{33e} = 5.0 / 66.3 = 0.076$$

$\text{atan}(V_{22e}/V_{33e})$ açısı yönünde alınacak A_{sh} / sb_k değeri aşağıdaki formül ile hesaplanacaktır:

$$A_{sh} / sb_k (\theta_d) = (A_{sh} / sb_k)_{22} * (1 - 2 * \theta_d / \pi) + (A_{sh} / sb_k)_{33} * 2 * \theta_d / \pi$$

Görüldüğü üzere açı 90 dereceye geldiğinde $(A_{sh} / sb_k)_{33}$ açı 0 dereceye geldiğinde ise $(A_{sh} / sb_k)_{22}$ geçerli olacak şekilde doğrusal geçiş yapılmıştır.

$$A_{sh} / sb_k = 0.0058 * (1 - 2 * 0.076 / \pi) + 0.0036 * (1 - 2 * (\pi/2 - 0.076) / \pi) = 0.0056$$

Eleman Risk Tespiti

Eleman Sınıfı

Madde 4.3.4'de anlatıldığı şekliyle S101 için eleman sınıfı belirlenmiştir

$$V_e / V_r = 0.31$$

$$A_{sh} / s b_k * f_{ywm} / f_{cm} = 0.0056 * 220 / 12 \\ = 0.103$$

$$s = 100 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm}$$

$$0.103 > 0.06$$

135° kanca 

$\frac{V_e}{V_r}$	Aralığı $s \leq 100$ mm olan, her iki ucunda 135° kanca etriyesi bulunan ve toplam enine donatı alanı $A_{sh} \geq 0.06 s b_k (f_{cm} / f_{ywm})$ denklemini sağlayan kolonlar	Diğer durumlar
$V_e / V_r \leq 0.7$	A	B
$0.7 < V_e / V_r \leq 1.1$	B	B
$1.1 < V_e / V_r$	B	C

Eleman Risk Tespiti

Sınır Değerler

Madde 4.3.9'da anlatıldığı şekliyle S101 için sınır değerler belirlenmiştir

$$N_K / (f_{cm} A_c) = 269.2 / (12 \cdot 0.18 \cdot 1000) = 0.125$$

$$A_{sh} / (s b_k) = 0.0056$$

$N_K / (f_{cm} A_c)$	$A_{sh} / (s b_k)$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
≤ 0.1	≤ 0.0005	2.0	0.01
	≥ 0.006	5.0	0.03
≥ 0.6	≤ 0.0005	1.0	0.005
	≥ 0.006	2.5	0.0075

$$m_{sınır} = 4.66$$

$$(\delta/h)_{sınır} = 0.028$$

Eleman Risk Tespiti

Risk Durumu

$$M = \sqrt{(M_{22})^2 + (M_{33})^2}$$

S101	ÜST	Etki	$\begin{cases} M_{22} = -4.5 \text{ kNm}, M_{33} = 180.7 \text{ kNm} \end{cases}$	$M = 180.7 \text{ kNm}$
		Kapasite	$\begin{cases} M_{22} = -4.2 \text{ kNm}, M_{33} = -179 \text{ kNm} \end{cases}$	$M_p = 179 \text{ kNm}$
	ALT	Etki	$\begin{cases} M_{22} = 10.9 \text{ kNm}, M_{33} = 780.4 \text{ kNm} \end{cases}$	$M = 780.5 \text{ kNm}$
		Kapasite	$\begin{cases} M_{22} = 2.5 \text{ kNm}, M_{33} = 179.3 \text{ kNm} \end{cases}$	$M_p = 179.3 \text{ kNm}$

Eleman Risk Tespiti

Risk Durumu

ÜST	$m = 180.7/178.4 \rightarrow m = 1.01 < 4.66$
	$(\delta/h) = 0.014 < 0.028$
ALT	$m = 780.5/179.3 \rightarrow m = 4.35 < 4.71$

S101 → Risk Sınırını Aşmayan Eleman

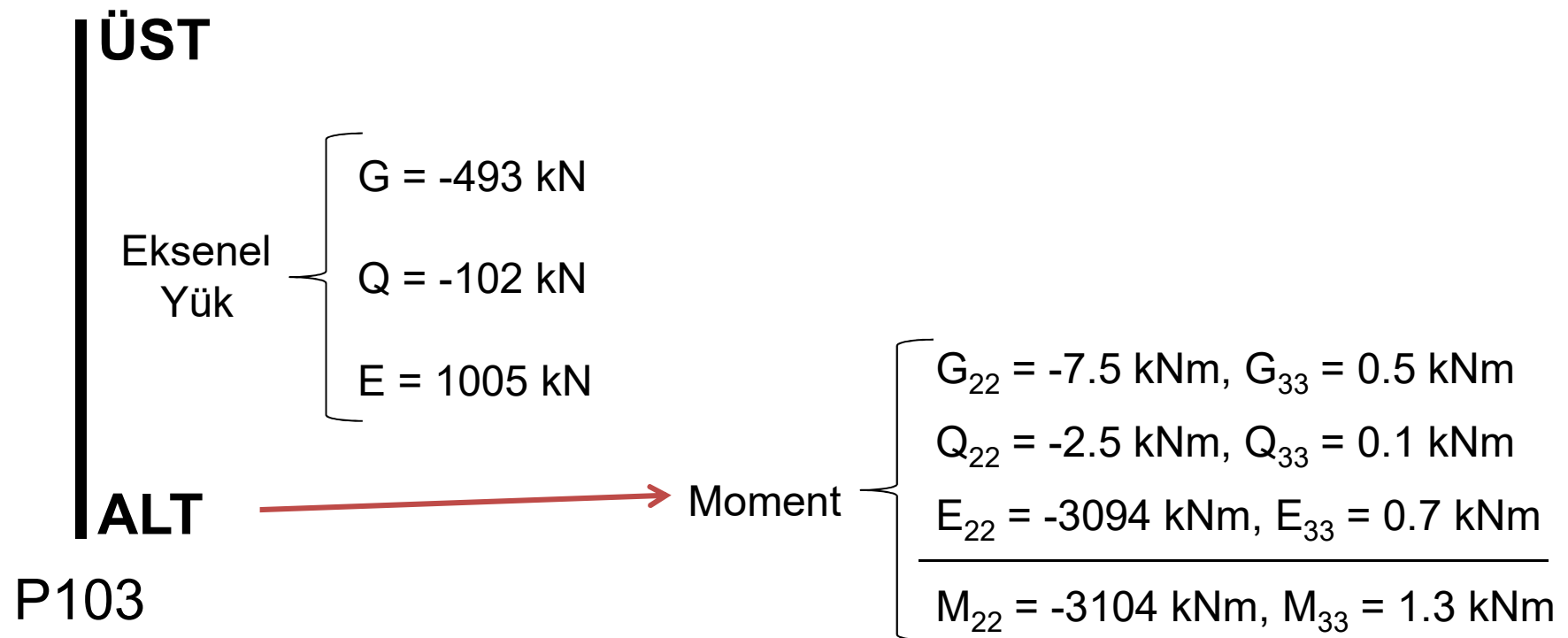
Perde Çözümü

P103 PERDESİ

Eleman Risk Tespiti

Perde Eleman İç Kuvvetler

P103 elemanı için $G + 0.3Q + E_y$ yükleme durumu altında iç kuvvetler belirlenmiştir

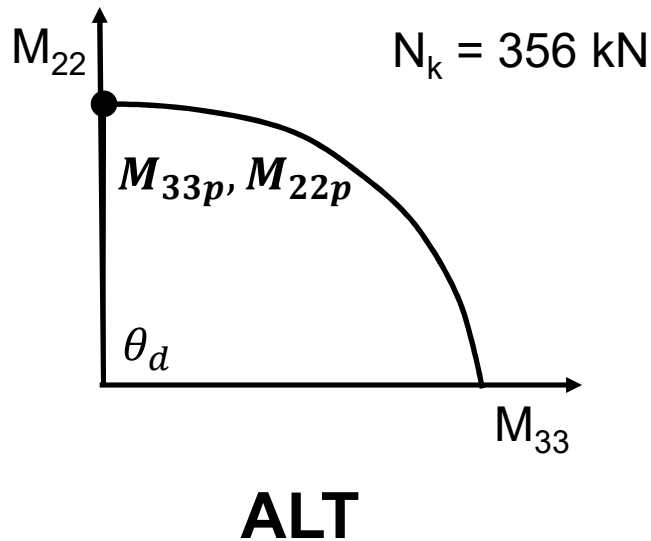


Eleman Risk Tespiti

Perde Moment Kapasiteleri

Ek D Madde 2'de anlatıldığı şekliyle P103 elemanı için iki uçta iki eksenli kesit moment değerlerinin oranı ile uyumlu moment kapasiteleri hesaplanmıştır

$$N_k (G+nQ+E/6) = -493+0.3*(-102)+1005/6 = -356 \text{ kN}$$



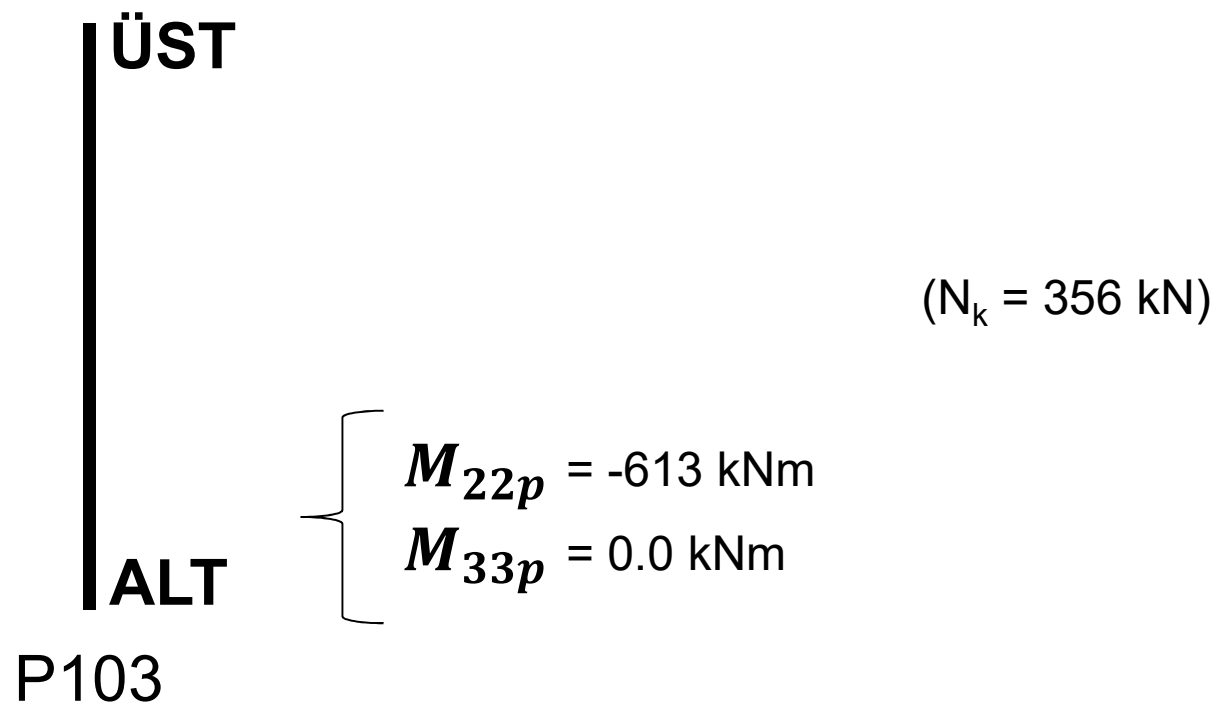
$$\theta_d = \text{atan}(M_{22}, M_{33})$$

$$\theta_d = \text{atan}(-3103, 1.3) = -1.57$$

Eleman Risk Tespiti

Perde Moment Kapasiteleri

Ek D Madde 2'de anlatıldığı şekliyle P103 elemanı için iki uçta iki eksenli kesit moment değerlerinin oranı ile uyumlu moment kapasiteleri hesaplanmıştır

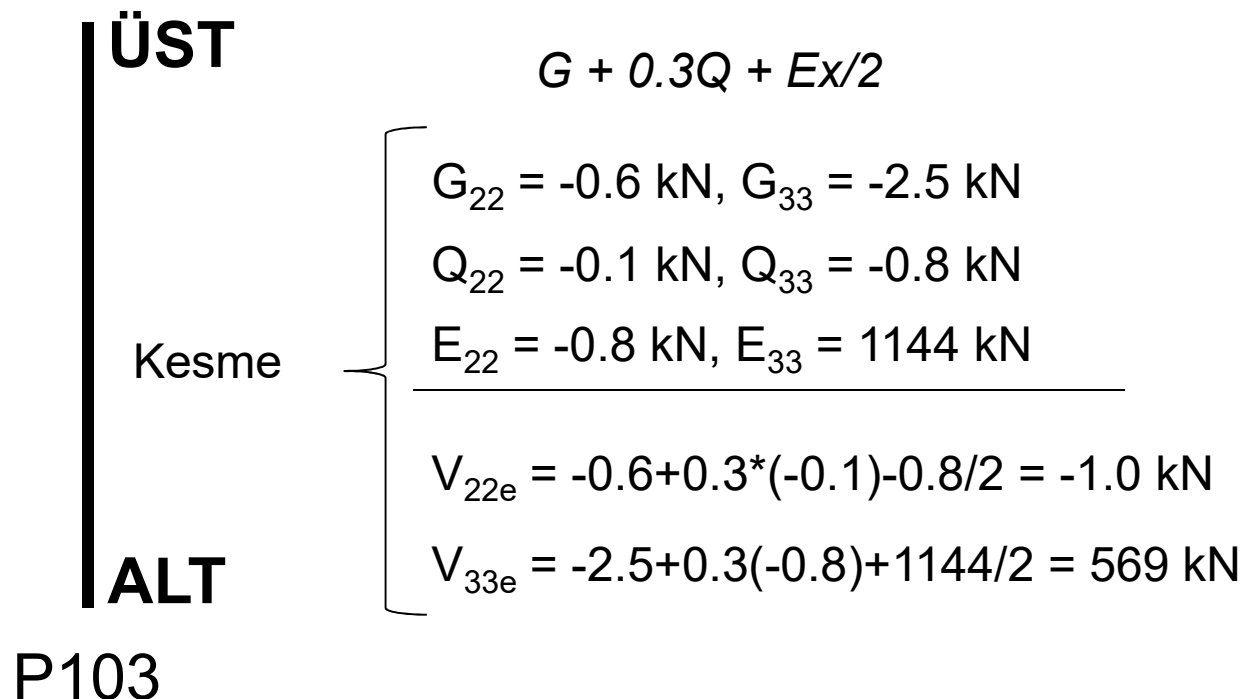


Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (R=2 Analizi)

Ek D.1'de anlatıldığı şekliyle P103 elemanı için kesme kuvveti hesabı yapılmıştır

$$\frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}}{\sqrt{(V_{22r})^2 + (V_{33r})^2}}$$



Eleman Risk Tespiti

Vr Hesabı (R=2 Analizi)

Ek E.2'de anlatıldığı şekliyle P103 elemanı için Vr hesabı yapılmıştır

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 0.35\sqrt{12} = 1.21 \text{ MPa} & b_w &= 250 \text{ mm} & A_{s22}*(b_w - c_c) &= 69 \text{ cm}^3 \\ f_{ywm} &= 220 \text{ MPa} & c_c &= 20 \text{ mm} & l_w &= 1850 \text{ mm} & A_{s33}*(l_w - c_c) &= 183 \text{ cm}^3 \\ & & & & s_{22} &= s_{33} = 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_{22u} = 0.65 f_{ctm} b_w (\ell_w - c_c) + A_{s22} f_{ywm} \frac{(\ell_w - c_c)}{s_{22}} \leq 0.22 f_{cm} b_w \ell_w$$

$$V_{22u} = 0.65 * 1.21 * 250 * (1850 - 20) / 1000 + 69000 * 220 / 100 / 1000 \approx 510 \text{ kN} < 1221 \text{ kN}$$

$$V_{33u} = 0.65 f_{ctm} \ell_w (b_w - c_c) + A_{s33} f_{ywm} \frac{(b_w - c_c)}{s_{33}} \leq 0.22 f_{cm} b_w \ell_w$$

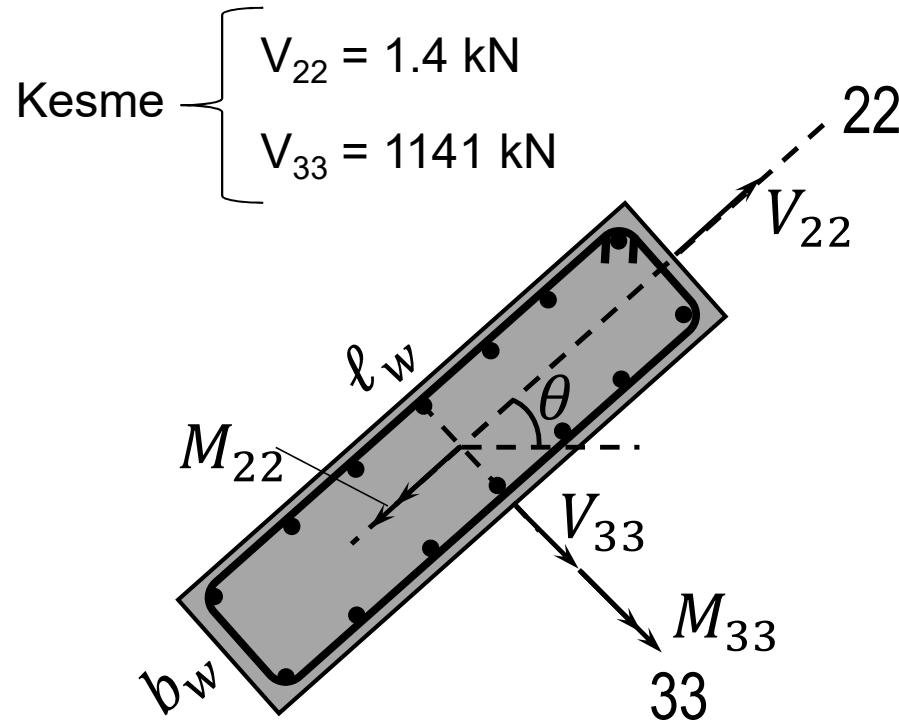
$$V_{33u} = 0.65 * 1.21 * 1850 * (250 - 20) / 1000 + 183000 * 220 / 100 / 1000 \approx 735 \text{ kN} < 1221 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_r &= V_{22u} V_{33u} \sqrt{\frac{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}{(V_{33u} V_{22e})^2 + (V_{33e} V_{22u})^2}} = 500 * 735 * \sqrt{\frac{1.0^2 + 569^2}{(735 * 1.0)^2 + (569 * 510)^2}} \\ &= 735 \text{ kN} \end{aligned}$$

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (Alt Uç Mafsallaşma Analizi)

Ek E.1'de anlatıldığı şekliyle P103 elemanı için kesme kuvveti hesabı yapılmıştır



$$H_w = 14 \text{ m}$$
$$l_w = 1.85 \text{ m} \quad \frac{H_w}{l_w} > 2$$

$$V_{22e} = 1.4 * 0.0 / 1.3 = 0.0 \text{ kN}$$

$$V_{33e} = 1141 * 613 / 3103 = 225 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Vr Hesabı (Alt Uç Mafsallaşma Analizi)

Ek E.2'de anlatıldığı şekliyle P103 elemanı için Vr hesabı yapılmıştır

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 0.35\sqrt{12} = 1.21 \text{ MPa} & b_w &= 250 \text{ mm} & A_{s22}*(b_w - c_c) &= 69 \text{ cm}^3 \\ f_{ywm} &= 220 \text{ MPa} & c_c &= 20 \text{ mm} & l_w &= 1850 \text{ mm} & A_{s33}*(l_w - c_c) &= 183 \text{ cm}^3 \\ & & & & s_{22} = s_{33} &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_{22u} = 0.65 f_{ctm} b_w (\ell_w - c_c) + A_{s22} f_{ywm} \frac{(\ell_w - c_c)}{s_{22}} \leq 0.22 f_{cm} b_w \ell_w$$

$$V_{22u} = 0.65 * 1.21 * 250 * (1850 - 20) / 1000 + 150 \approx 510 \text{ kN}$$

$$V_{33u} = 0.65 f_{ctm} \ell_w (b_w - c_c) + A_{s33} f_{ywm} \frac{(b_w - c_c)}{s_{33}} \leq 0.22 f_{cm} b_w \ell_w$$

$$V_{33u} = 0.65 * 1.21 * 1850 * (250 - 20) / 1000 + 402 \approx 735 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_r &= V_{22u} V_{33u} \sqrt{\frac{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}{(V_{33u} V_{22e})^2 + (V_{33e} V_{22u})^2}} = 500 * 735 * \sqrt{\frac{0.0^2 + 225^2}{(735 * 0.0)^2 + (225 * 500)^2}} \\ &= 735 \text{ kN} \end{aligned}$$

Eleman Risk Tespiti

Ve/Vr Hesabı

$$\frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}}{\sqrt{(V_{22r})^2 + (V_{33r})^2}}$$

$R = 2 \rightarrow V_e = 569 \text{ kN}$
 $V_r = 735 \text{ kN}$

$$V_e / V_r = \frac{569}{735} = 0.77$$

$KiM/KoM \rightarrow V_e = 225 \text{ kN}$
 $V_r = 735 \text{ kN}$

$$V_e / V_r = \frac{225}{735} = 0.3$$

$$\frac{V_e}{V_r} = \text{Min} (V_e^1 / V_r^1, V_e^2 / V_r^2)$$

$$V_e / V_r = 0.3$$

$$V_e = 225 \text{ kN}$$

$$V_r = 735 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Eleman Sınıfı

Madde 4.3.4'de anlatıldığı şekliyle P103 için eleman sınıfı belirlenmiştir

$$V_e / V_r = 0.29 \quad H_w / l_w = 7.57$$

	$V_e/V_r < 1.0$	$1.0 \leq V_e/V_r$
$2.0 \leq H_w/l_w$	A	B
$H_w/l_w < 2.0$	B	B

Eleman Risk Tespiti

Sınır Değerler

Madde 4.3.8'de anlatıldığı şekliyle P103 için sınır değerler belirlenmiştir

$$N_K / (f_{cm} A_c) = 356 / (12 \cdot 0.4625 \cdot 1000) = 0.064$$

$$V_e / (b_w d f_{ctm}) = 225 / (1.12 \cdot 0.25 \cdot 1.85 \cdot 1000) = 0.44$$

$N_K / (f_{cm} A_c)$	$V_e / (b_w d f_{ctm})$	Başlık Bölgesi	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
<0.1	≤0.9	Var	6.0	0.0300
		Yok	4.0	0.0150
	≥1.3	Var	3.5	0.0150
		Yok	2.0	0.0075
>0.25	≤0.9	Var	3.5	0.0200
		Yok	2.0	0.0100
	≥1.3	Var	2.0	0.0100
		Yok	1.5	0.0050

$$m_{sınır} = 4.0$$

$$(\delta/h)_{sınır} = 0.015$$

Eleman Risk Tespiti

α_s Sınır Değer Kontrolü

Madde 4.3.9'da anlatıldığı şekliyle P103 için α_s kontrolü yapılmıştır

$G + 0.3Q + Ey$

Perdeler tarafından taşınan kesme Kuvveti: 4740 kN $\alpha_s = 4740/7057 = 0.67$

Toplam Kat Kesme Kuvveti: 7057 kN $0.75 \geq \alpha_s \geq 0.40$

P103 → $(\delta/h) = 0.005 < 0.0075$

$$V_e / V_r = 0.29 < 1.0$$

$m_{sınır}$ değerinin
aşılması durumuna
bakılmayacaktır

Eleman Risk Tespiti

Risk Durumu

$$M = \sqrt{(M_{22})^2 + (M_{33})^2}$$

P103	ÜST			
	ALT			
	Etki	$\left\{ M_{22} = 3103 \text{ kNm}, M_{33} = 1.3 \text{ kNm} \right.$	$M = 3103 \text{ kNm}$	
	Kapasite	$\left\{ M_{22} = 613 \text{ kNm}, M_{33} = 0.0 \text{ kNm} \right.$	$M_p = 613 \text{ kNm}$	

Eleman Risk Tespiti

Risk Durumu

ÜST

$$(\delta/h) = 0.005 < 0.015$$



ALT

$$m = 3103/613 \rightarrow m = 5.06 > 4.0$$



m kontrolü yapılmamalı!

SP103 → Risk Sınırını Aşmayan Eleman

Eleman Risk Tespiti

1. Kat Elemanlar

Eleman	Senaryo No	Yükleme Tipi	Eleman Sınıfı	Eleman Risk Durumu
S101	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S102	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S103	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Riskli
S104	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S105	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S106	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S107	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S108	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S109	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Riskli
S110	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Riskli
S111	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S112	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S113	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Riskli
S114	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S115	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Riskli
S116	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Riskli
S117	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S118	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz
S119	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	B	Risksiz

**Risk Sınırını Aşan
Eleman: 9**

Toplam: 25

Eleman	Senaryo No	Yükleme Tipi	Eleman Sınıfı	Eleman Risk Durumu
P101	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	A	Risksiz
P102	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	A	Riskli
P103	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	A	Risksiz
P104	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	A	Risksiz
P105	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	A	Riskli
P106	1	(G)+0.3Q+(Dx+)	A	Riskli

Bina Risk Tespiti

Hesaplar tüm yük birleşimleri için tekrarlanır.

Kat	Yükleme Tipi	Toplam Kat Kesme Kuvveti (N)	Riskli Elemanlar Kesme Kuvveti Toplamı (N)	(Vd/Vkat)sınır	(Vd/Vkat)hesap	Riskli / Toplam Eleman Sayısı	Kat Risk Durumu
01	(G)+0.3Q+(Dx+)	-5.80E+6	-2.95E+6	0.31	0.51	9 / 25	Riskli
01	(G)+0.3Q+(Dx-)	5.80E+6	2.95E+6	0.31	0.51	9 / 25	Riskli
01	(G)+0.3Q+(Dy+)	-7.06E+6	-2.28E+6	0.31	0.32	2 / 25	Riskli
01	(G)+0.3Q+(Dy-)	7.06E+6	2.29E+6	0.31	0.32	2 / 25	Riskli

Riskli Bina