

RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR

Karma Bina Örneği



Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri
Genel Müdürlüğü



Özet

- *Bina Bilgileri*
- *Modelleme*
- *Analiz*
- *Eleman Risk Tespiti*
- *Bina Risk Tespiti*

Bina Bilgileri

İki Katlı Karma Bina



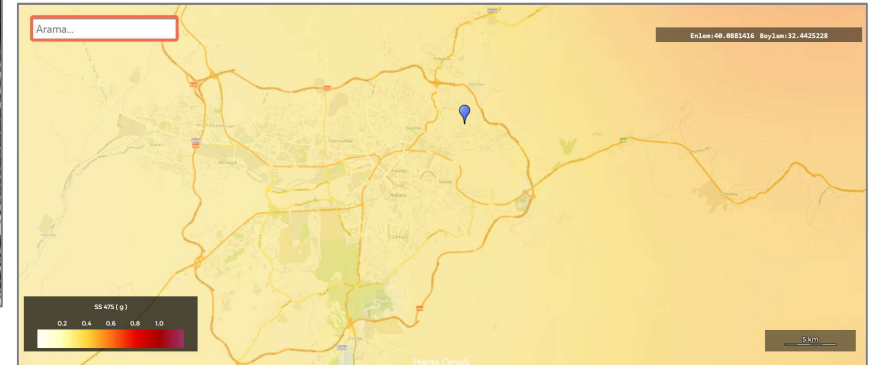
Konut Yapısı

Ankara – Altındağ – Başpınar
Mahallesi

Enlem: 39.9817°

Boylam: 32.9292°

(Eski haritaya göre 3. Derece deprem bölgesi)



Bina Bilgileri

İki Katlı Karma Bina



İki Katlı, 5.9 m Yüksekliğinde

*Duvar Malzemesi:
Düşey Delikli Tuğla*

*Duvar Kalınlıkları:
İç/Dış Duvarlar – 20 cm*

*Betonarme Elemanlar:
50x20 cm(C10.5), 4Φ10(S220)
25x20 cm(C10.5)*

*Döşeme Tipi:
Betonarme(C10.5), 10 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	0.365	
S_1	0.126	
S_{DS}	0.758	→ Tablo 2.3
S_{D1}	0.500	→ Tablo 2.4
T_A	0.10 s	} Madde 2.9
T_B	0.52 s	

$$S_{DS} = S_s F_s$$

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

Tablo 2.3

$$S_{D1} = S_1 F_1$$

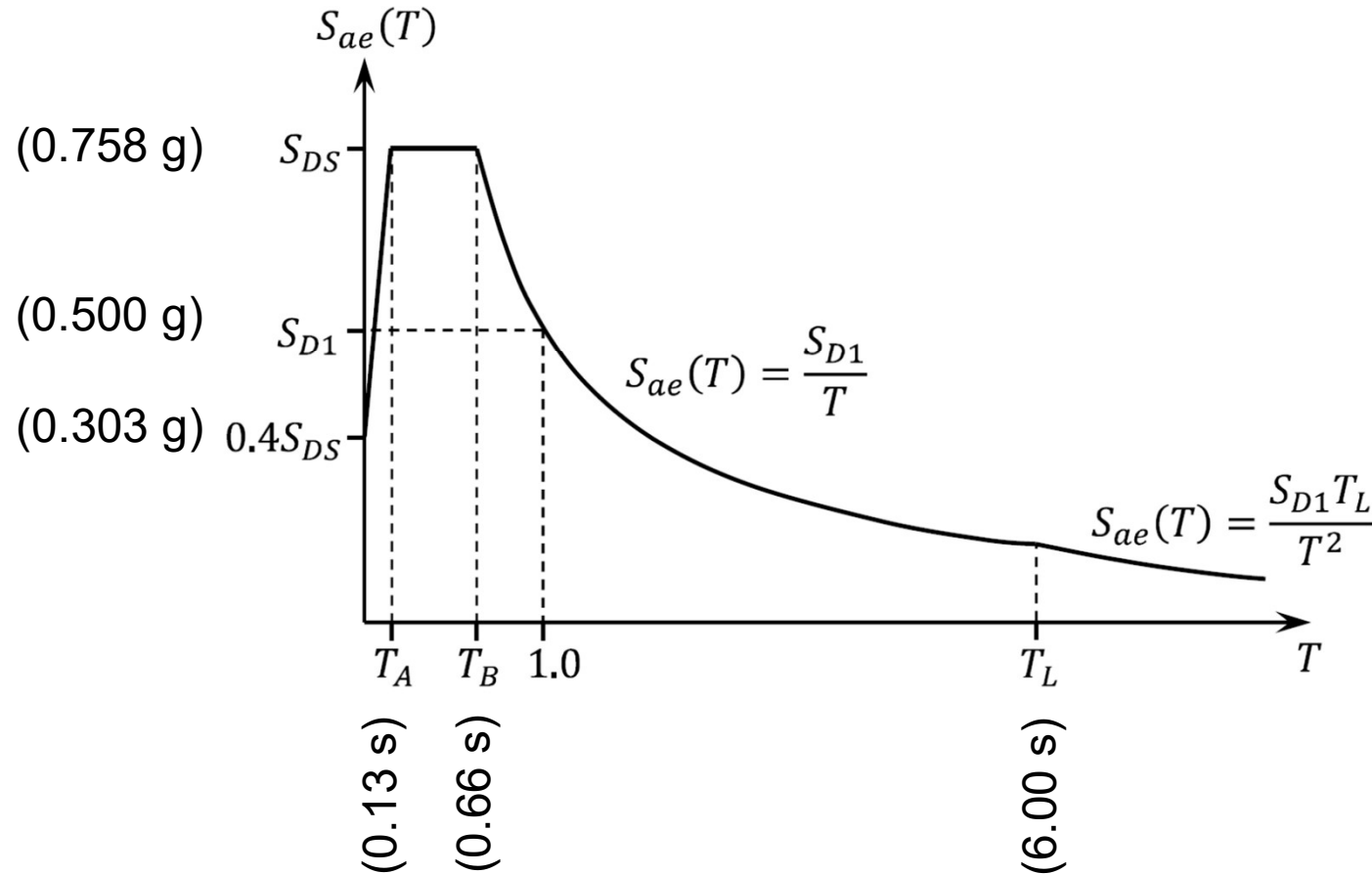
Yerel Zemin Sınıfı*	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0

Tablo 2.4

Bina Bilgileri

Deprem Tehlikesi

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



Bina Bilgileri

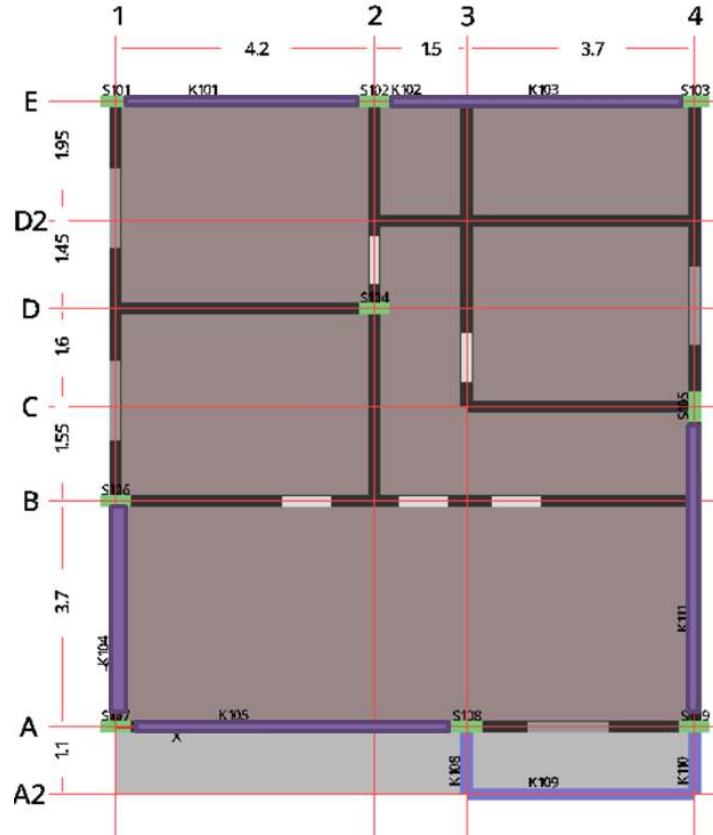
Riskli Bina Tespit Yöntemi

Madde 3.7 gereğince Az Katlı Karma Binaların risk tespiti Bölüm 8'e göre yapılacaktır

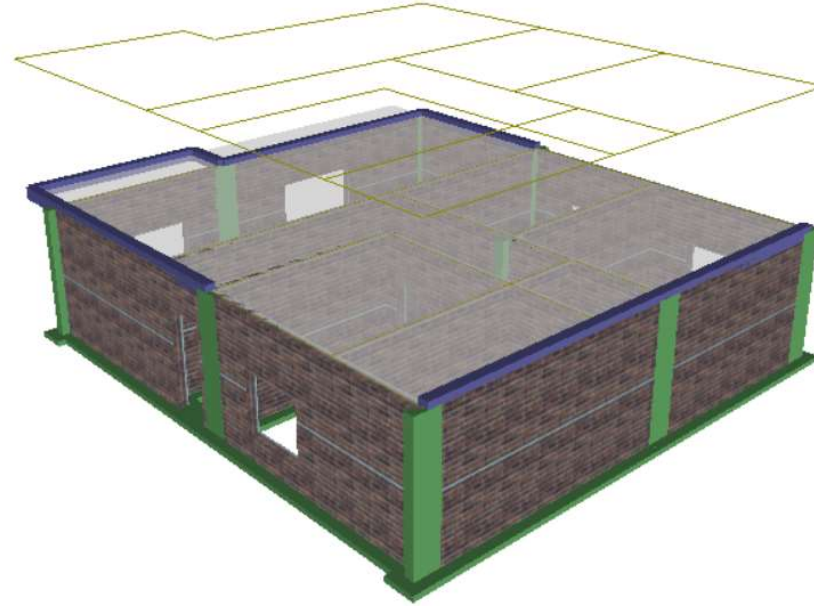
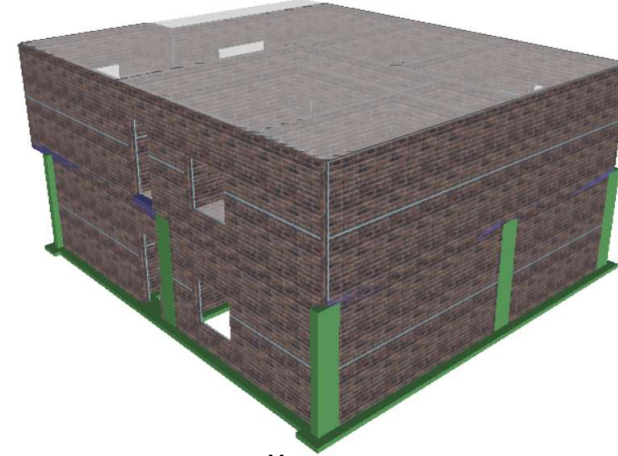
	Bina Sınıfları*		
	1	2	3
Taşıyıcı Sistem Türü	Az Katlı $H_T \leq 30$ m veya $n_s \leq 10$	Orta Katlı $30 < H_T \leq 50$ m veya $10 < n_s \leq 17$	Yüksek Katlı $50 < H_T$ veya $17 < n_s$
Betonarme	Bölüm 4	Bölüm 5	Bölüm 6
Yığma	Bölüm 7	Bölüm 7	Bölüm 7
Karma	Bölüm 8	Bölüm 5**	Bölüm 6**

Modelleme

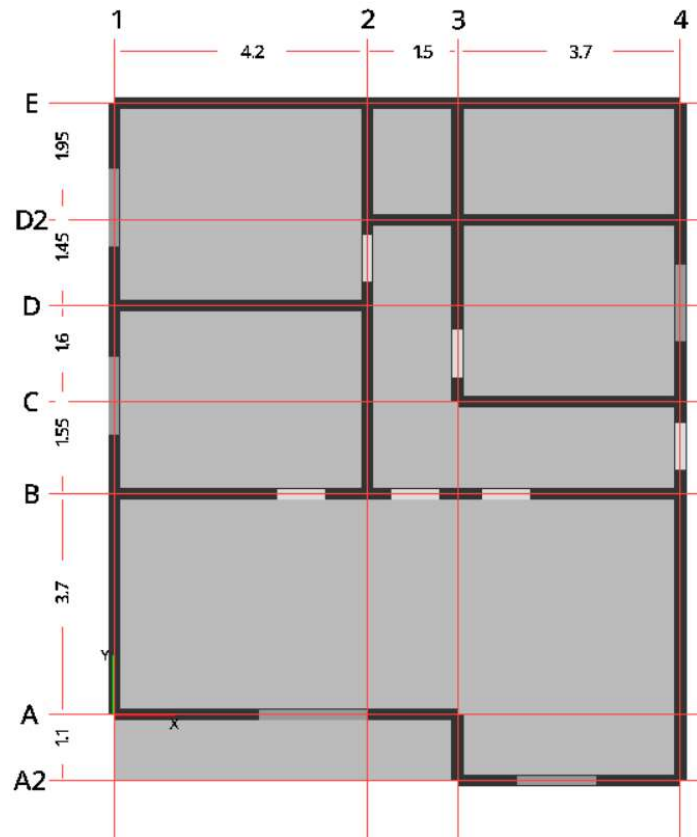
Bölüm 8.2 gereğince betonarme elemanlar için 4.2’de verilen esaslara, yığma duvarlar için 7.2’de verilen esaslara uygun olarak yapının 3-Boyutlu sonlu elemanlar modeli hazırlanmıştır.



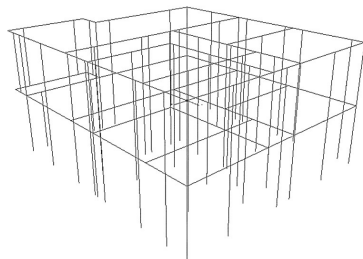
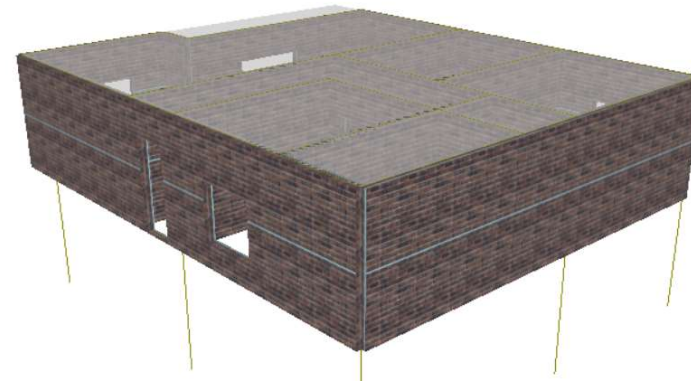
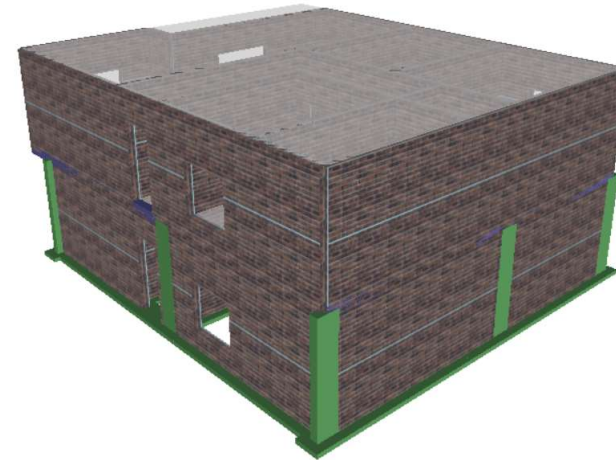
**1. KAT
(BETONARME ve YIĞMA)**



Modelleme



**2. KAT
(YIĞMA)**



Modelleme

Beton Malzeme Özellikleri

Döşeme ve kolonlarda kullanılan beton malzeme özellikleri şu şekildedir

Basınç Dayanımı → 10.5 MPa

Elastisite Modülü → $5000\sqrt{f_{cm}} = 16202 \text{ MPa}$

Özgül Ağırlık → 25 kN/m³

Poisson Oranı → 0.2

Modelleme

Yığma Malzeme Özellikleri

Tablo 7.1'e göre düşey delikli tuğla olan duvar malzeme özellikleri şu şekildedir

Duvar Malzeme Türü	Basınç Dayanımı (MPa), f_m	Özgül Ağırlık (kN/m ³)	Kayma Dayanımı (MPa), τ_0		Diyagonal Çekme Dayanımı (MPa), $f_{dç}$	
			Görünür Kalite		Görünür Kalite	
			Kötü	Normal	Kötü	Normal
Düşey Delikli Tuğla	1.2	13	0.10	0.15	0.15	0.25
Dolu Tuğla veya Harman Tuğlası	1.4	18	0.10	0.15	0.12	0.18
Dolu Briket	1.2	15	0.12	0.18	0.15	0.25
Gazbeton	1.0	10	0.12	0.18	0.12	0.20
Taş Duvar	0.5	25	0.06	0.10	0.06	0.10

Madde 7.1.3'e göre duvar kapasiteleri Mevcut Malzeme Dayanımı ile hesap edilir ve Asgari Bilgi Düzeyi katsayısı ile çarpılarak kullanılır

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Asgari	0.90
Kapsamlı	1.00

Modelleme

Yığma Malzeme Özellikleri

Madde 7.1.4'e göre görünür kalite "Kötü" olarak alınmıştır

$$\tau_0 = 0.10 \text{ MPa}$$

$$f_{d\check{c}} = 0.15 \text{ MPa}$$

Dayanım değerleri, Bilgi Düzeyi Katsayısı olan 0.9 ile çarpılarak kullanılacaktır.

Madde 7.2.4'e göre duvar elastisite modülü ve kayma modülü hesaplanmıştır

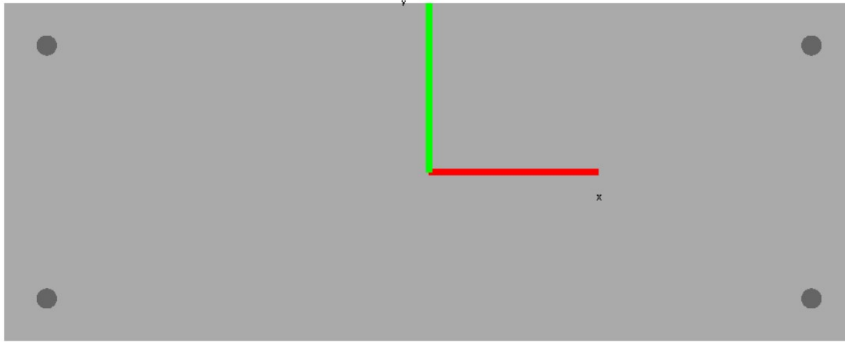
$$E_m = 600f_m = 600 \cdot 1.2 = 720 \text{ MPa}$$

$$G_m = 0.4E_m = 0.4 \cdot 720 = 288 \text{ MPa}$$

Modelleme

Kolon Kesit Detayları

Binada tek tip kolon kullanılmıştır



50 cm x 20 cm

Beton:

C10.5

Boyuna Donatı:

4 Φ 10 (S220)

Etriye:

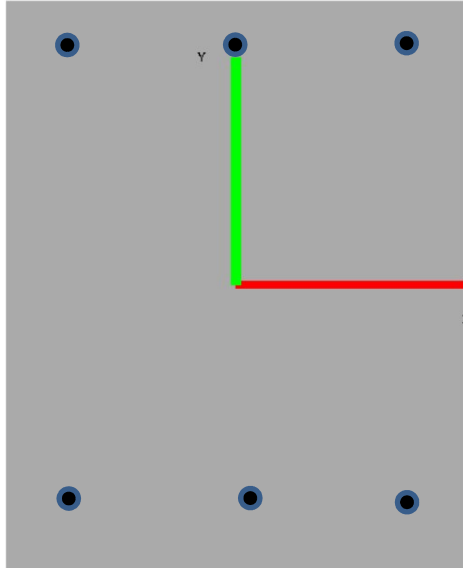
Orta: Φ 8/30 cm, kanca yok

Sarılma: Φ 8/30 cm, kanca yok
(S220)

Modelleme

Kiriş Kesit Detayları

Binada tek tip kiriş kullanılmıştır



20 cm x 25 cm

Beton:
C10.5

Kiriş donatıları 1.4G+1.6Q analizinden gelen moment değerleri ile uyumlu alınacaktır.

Modelleme

Betonarme Model Detayları

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:

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

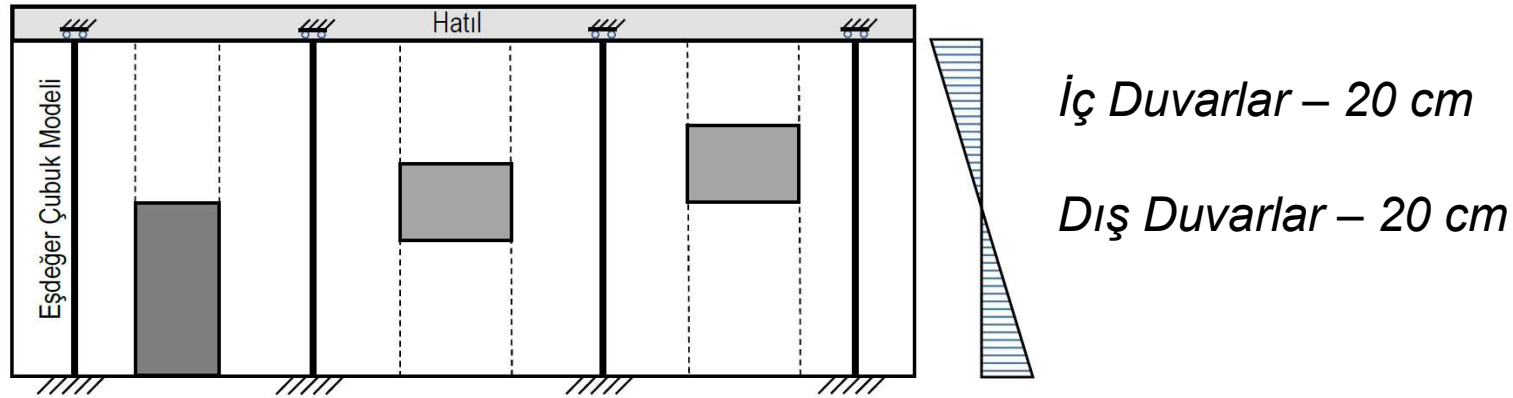
Kolonlarda, güçlendirilmiş kolonlarda:

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

Modelleme

Yığma Model Detayları

Madde 7.2.1'e göre yığma duvarlar çubuk elemanlar olarak modellenmiştir



Madde 4.2.3 ve 7.2.5'e göre döşemelerin betonarme olması nedeniyle rijit diyafram oluşturulmuştur

Analiz

Yöntem ve Yüklemler

Madde 8.3.2'ye göre hesaplamalarda Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır

Madde 8.3.1'e göre risk durumu binaya etkileyen düşey yükler ve deprem etkileri altında ($G + nQ \pm E$) planda her iki doğrultu ve her iki yönü için belirlenmiştir

Tablo 2.1 $\rightarrow$ $n = 0.3$

Kaplama Yüğü: 100 kg/m^2

Hareketli 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

$$G + 0.3Q + E_x$$

$$G + 0.3Q - E_x$$

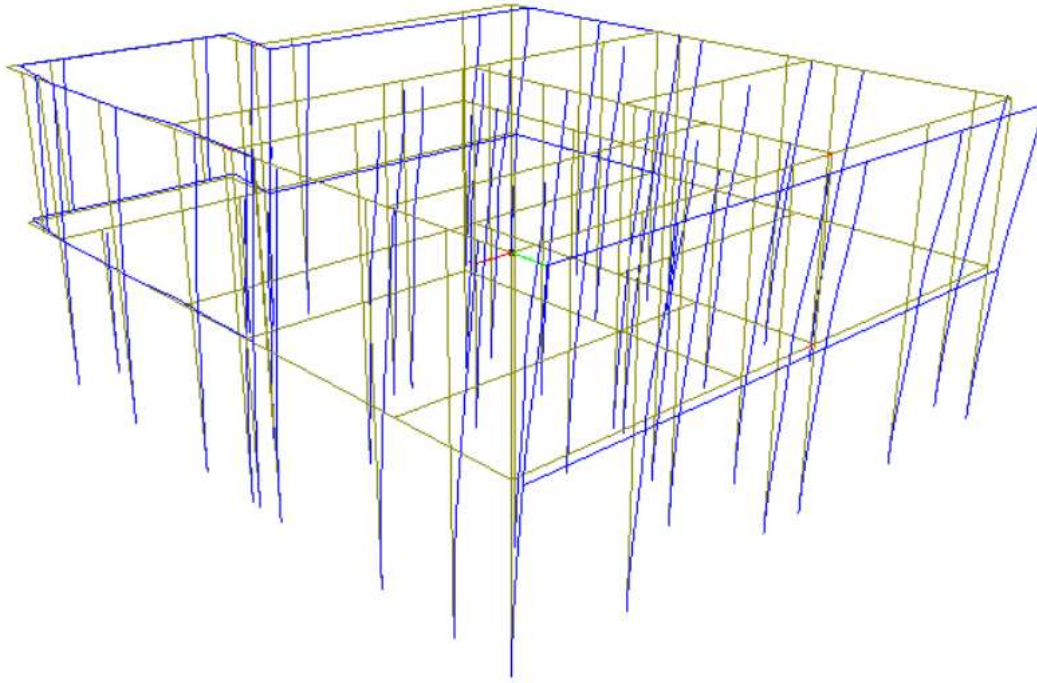
$$G + 0.3Q + E_y$$

$$G + 0.3Q - E_y$$

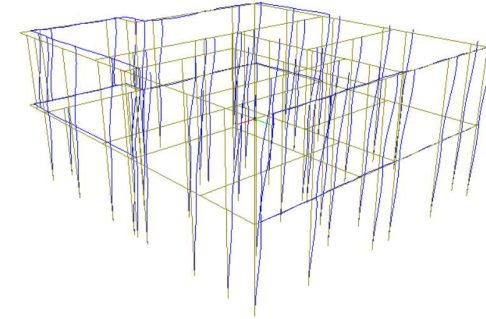
Analiz

Analiz Özeti

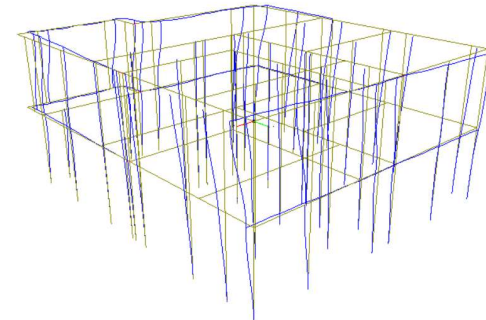
Binanın temel titreşim periyodu 0.168 saniye olarak hesaplanmıştır



Mod 1: 0.164 s



Mod 2: 0.145 s

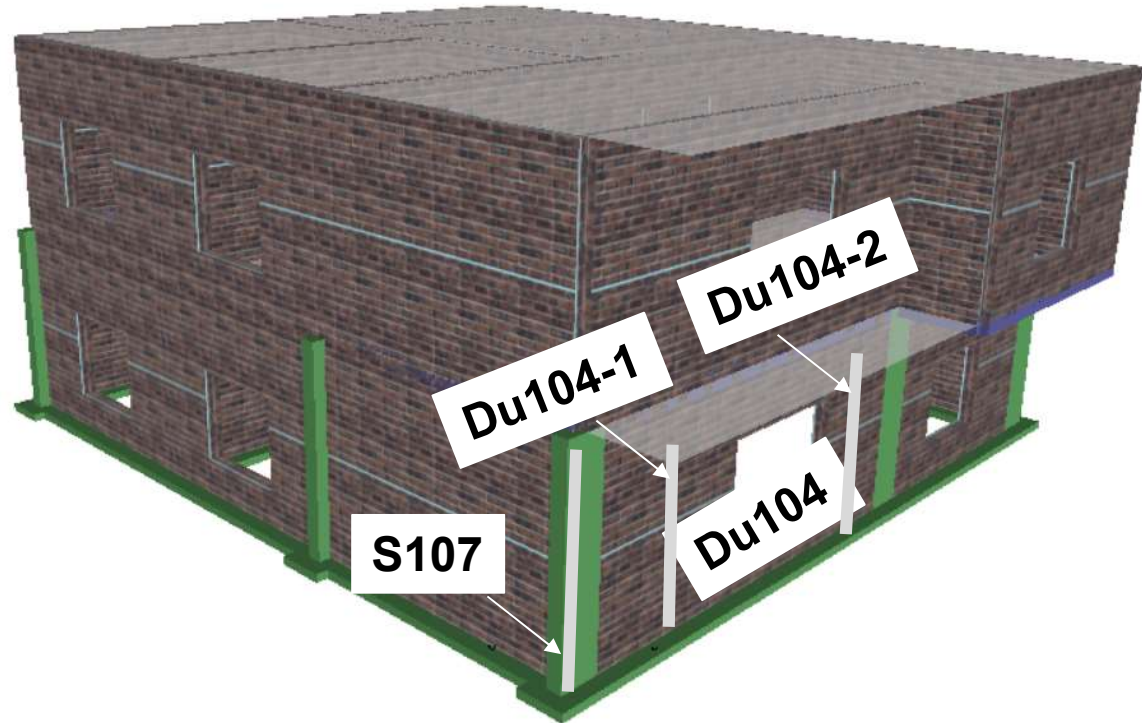
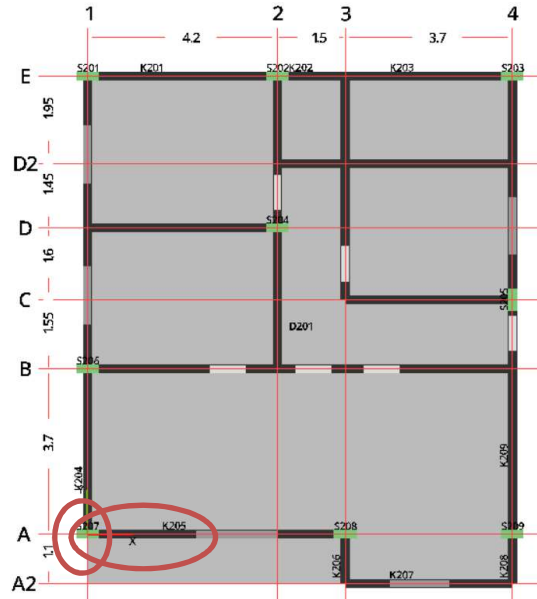


Mod 3: 0.107 s

Analiz

Analiz Özeti

Yükleme durumları için bina risk durumu belirlenmiş, hesaplama detayları örnek bir eleman için sunulmuştur



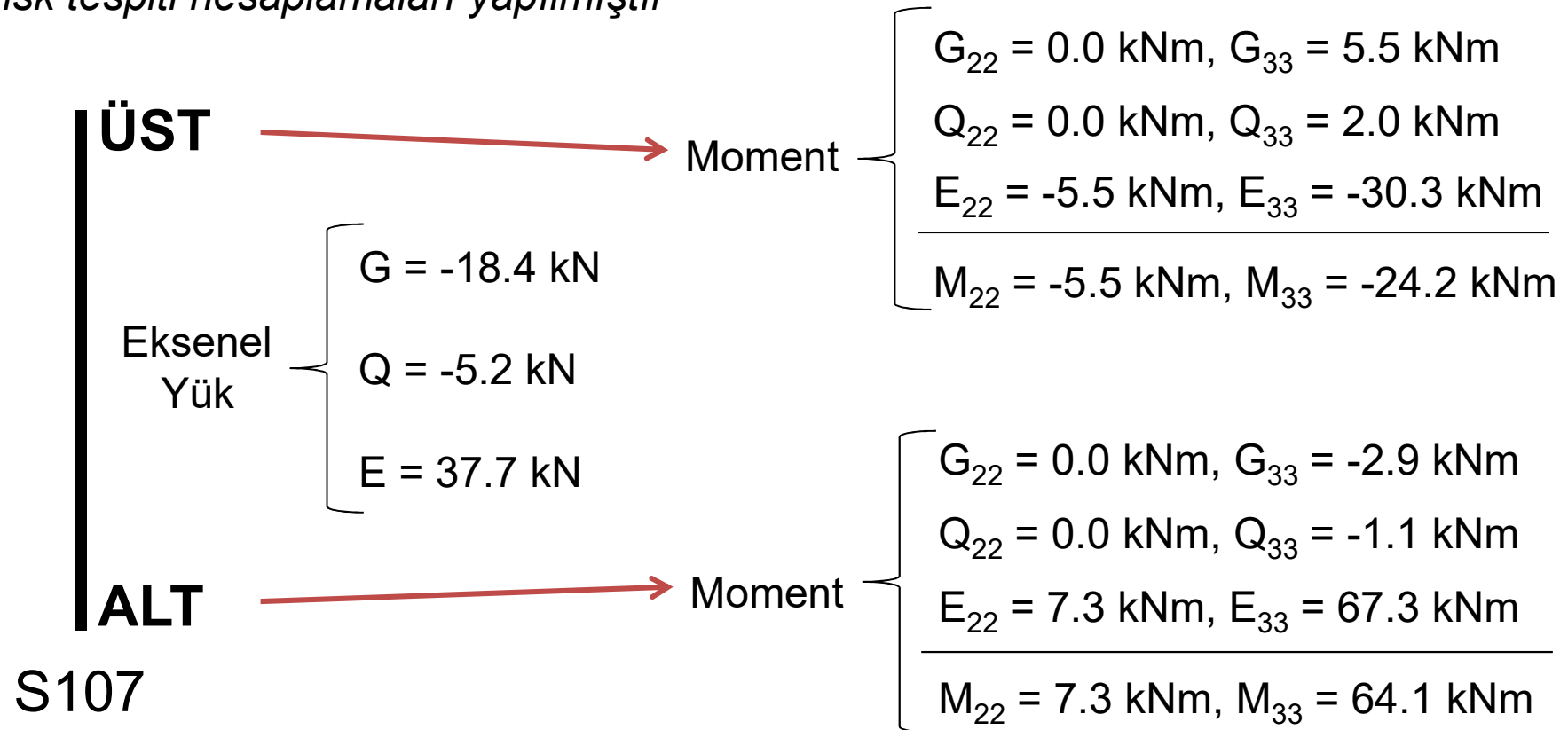
Kolon Çözümü

S107 KOLONU

Eleman Risk Tespiti

Kolon Eleman İç Kuvvetler

S107 elemanı için $G + 0.3Q + Ex$ yükleme durumu altında iç kuvvetler belirlenerek risk tespiti hesaplamaları yapılmıştır

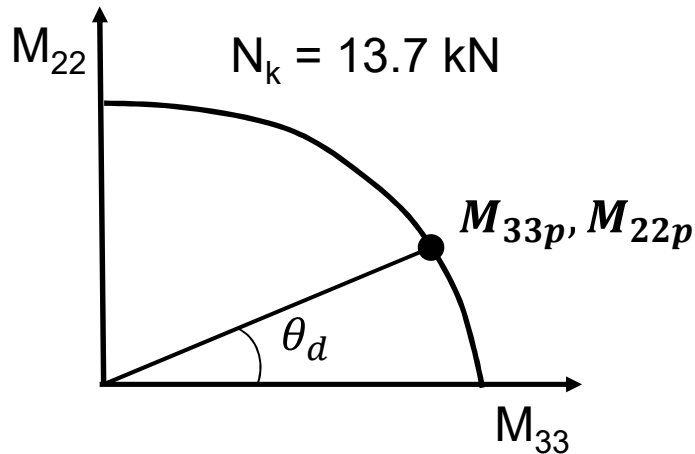


Eleman Risk Tespiti

Kolon Moment Kapasiteleri

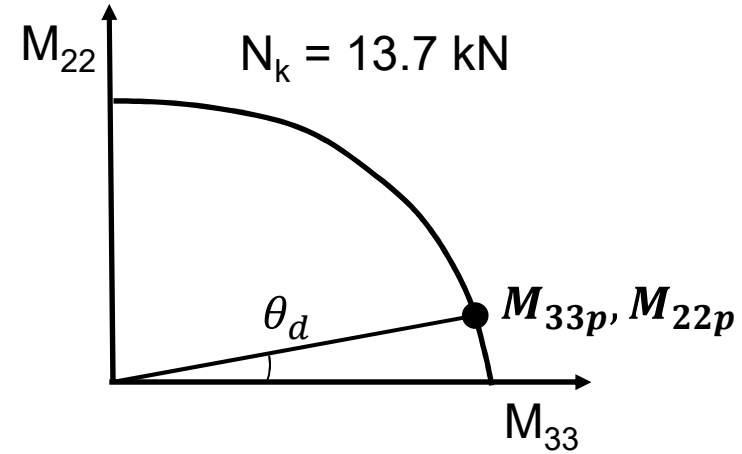
Ek D Madde 2'de anlatıldığı şekliyle S107 elemanı için iki uçta iki eksenli kesit moment değerlerinin oranı ile uyumlu moment kapasiteleri hesaplanmıştır

$$N_k (G+nQ+E/6) = -18.4+0.3*(-5.2)+37.7/6 = -13.7 \text{ kN}$$



$$\tan\theta_d = M_{22}/M_{33} = -5.5/-24.2 = 0.24$$

ÜST



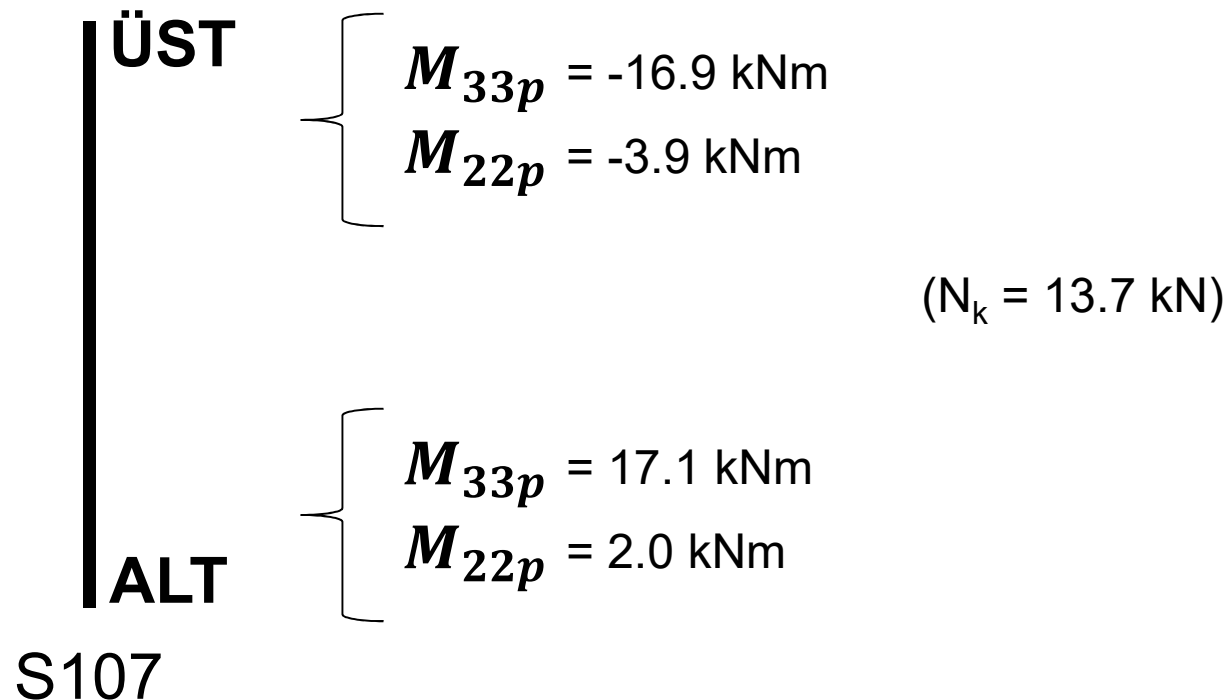
$$\tan\theta_d = M_{22}/M_{33} = 7.3/63.3 = 0.11$$

ALT

Eleman Risk Tespiti

Kolon Moment Kapasiteleri

Ek D Madde 2'de anlatıldığı şekliyle S107 elemanı için iki uçta iki eksenli kesit moment değerlerinin oranı ile uyumlu moment kapasiteleri hesaplanmıştır

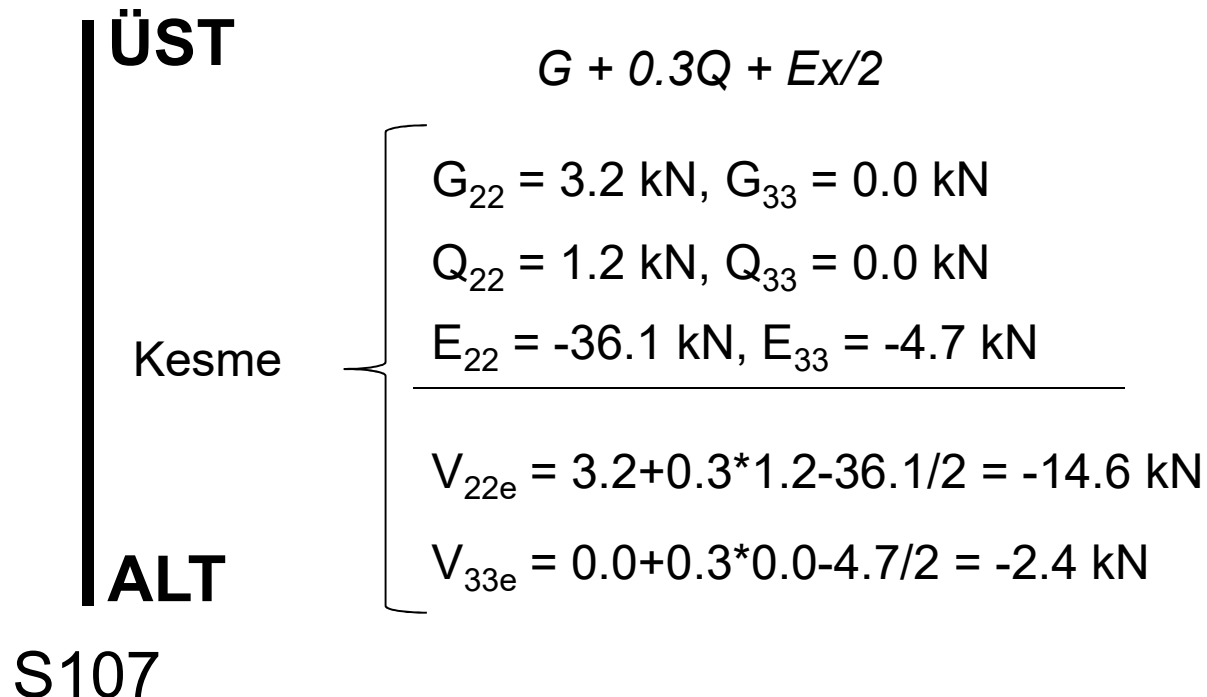


Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (R=2 Analizi)

Ek D.1'de anlatıldığı şekliyle S107 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 S107 elemanı için Vr hesabı yapılmıştır

$$f_{ctm} = 0.35\sqrt{10.5} = 1.13 \text{ MPa} \quad b = 200 \text{ mm} \quad A_{s22} = A_{s33} = 100 \text{ mm}^2$$

$$f_{ywm} = 220 \text{ MPa} \quad c_c = 25 \text{ mm} \quad h_l = 500 \text{ mm} \quad s_{22} = s_{33} = 300 \text{ mm}$$

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

$$V_{22u} = 0.8 * 0.65 * 1.13 * 200 * 475 * (1 + 0.07 * 13.7 / 100) + 100 * 220 * 475 / 300 = 91.2 \text{ kN}$$

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

$$V_{33u} = 0.8 * 0.65 * 1.13 * 500 * 175 * (1 + 0.07 * 13.7 / 100) + 100 * 220 * 175 / 300 = 64.7 \text{ kN}$$

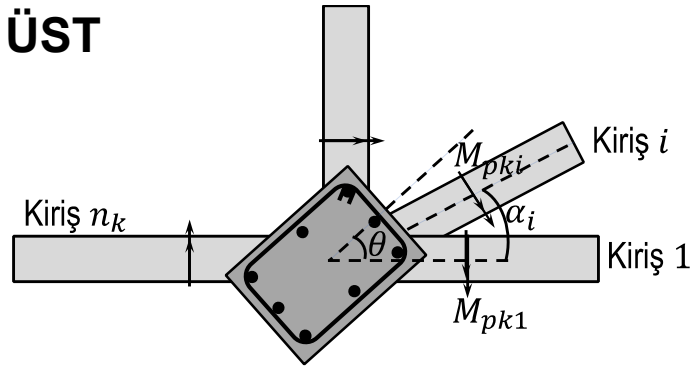
$$V_r = V_{22u} V_{33u} \sqrt{\frac{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}{(V_{33u} V_{22e})^2 + (V_{33e} V_{22u})^2}} = 91.2 * 64.7 * \sqrt{\frac{14.6^2 + 2.4^2}{(64.7 * 14.6)^2 + (91.2 * 2.4)^2}} = 90.0 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S107 elemanı için KiM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır

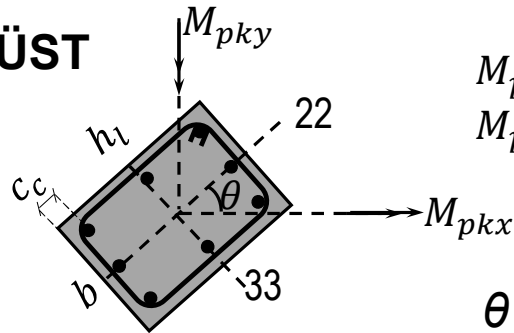
ÜST



Kolonlara dağılması
gereken toplam
plastik global moment

$$\begin{cases} M_{pkx} = \sum_{i=1}^n M_{pki} \sin \alpha_i = 1.2 \text{ kNm} \\ M_{pky} = \sum_{i=1}^n M_{pki} \cos \alpha_i = -1.7 \text{ kNm} \end{cases}$$

ÜST



$$\begin{aligned} M_{pk22} &= M_{pkx} \cos \theta - M_{pky} \sin \theta = 1.2 \cdot \cos(0) - (-1.7) \cdot \sin(0) = 1.2 \text{ kNm} \\ M_{pk33} &= M_{pkx} \sin \theta + M_{pky} \cos \theta = 1.2 \cdot \sin(0) + (-1.7) \cdot \cos(0) = -1.7 \text{ kNm} \end{aligned}$$

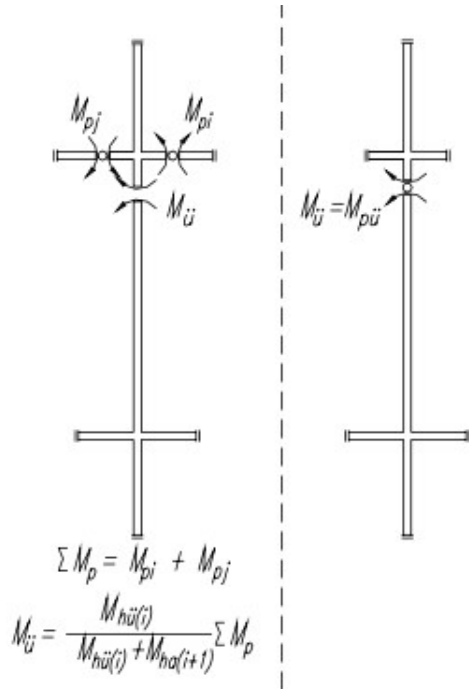
$$\theta = 0^\circ$$

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S107 elemanı için KiM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır

ÜST



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

$$M_{22k} = -1.2 * \frac{5.5}{5.5 + 0.4} = -1.1 \text{ kNm}$$

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

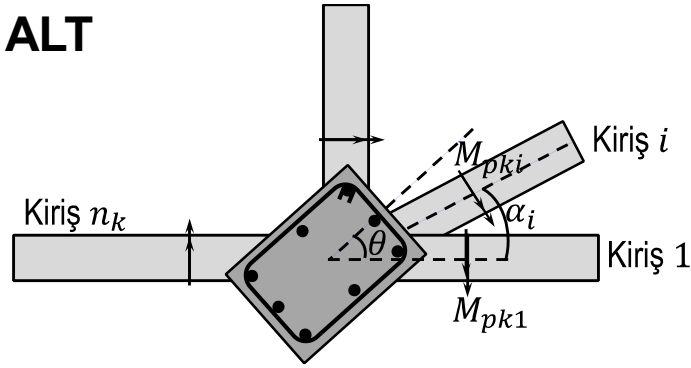
$$M_{33k} = -1.7 * \frac{30.3}{30.3 + 5.6} = -1.4 \text{ kNm}$$

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S107 elemanı için KiM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır

ALT

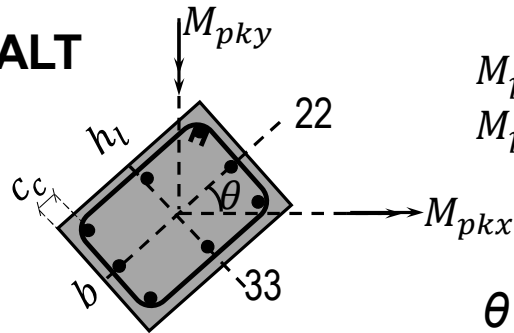


Kolonlara dağılması
gereken toplam
plastik global moment

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

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

ALT



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

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

$$\theta = 0^\circ$$

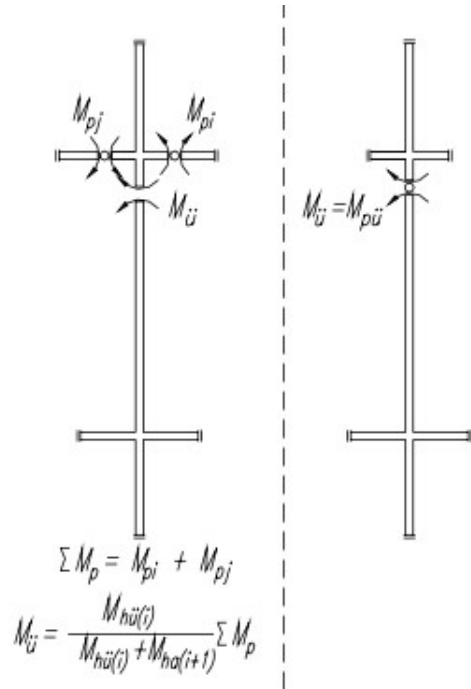
*Temel bağlantısı
olup kiriş
bulunmamaktadır*

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S107 elemanı için KiM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır

SON



Temel bağlantısı olduğundan
kolon kapasitesi alınmıştır

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

$$M_{22k} = 2.0 \text{ kNm}$$

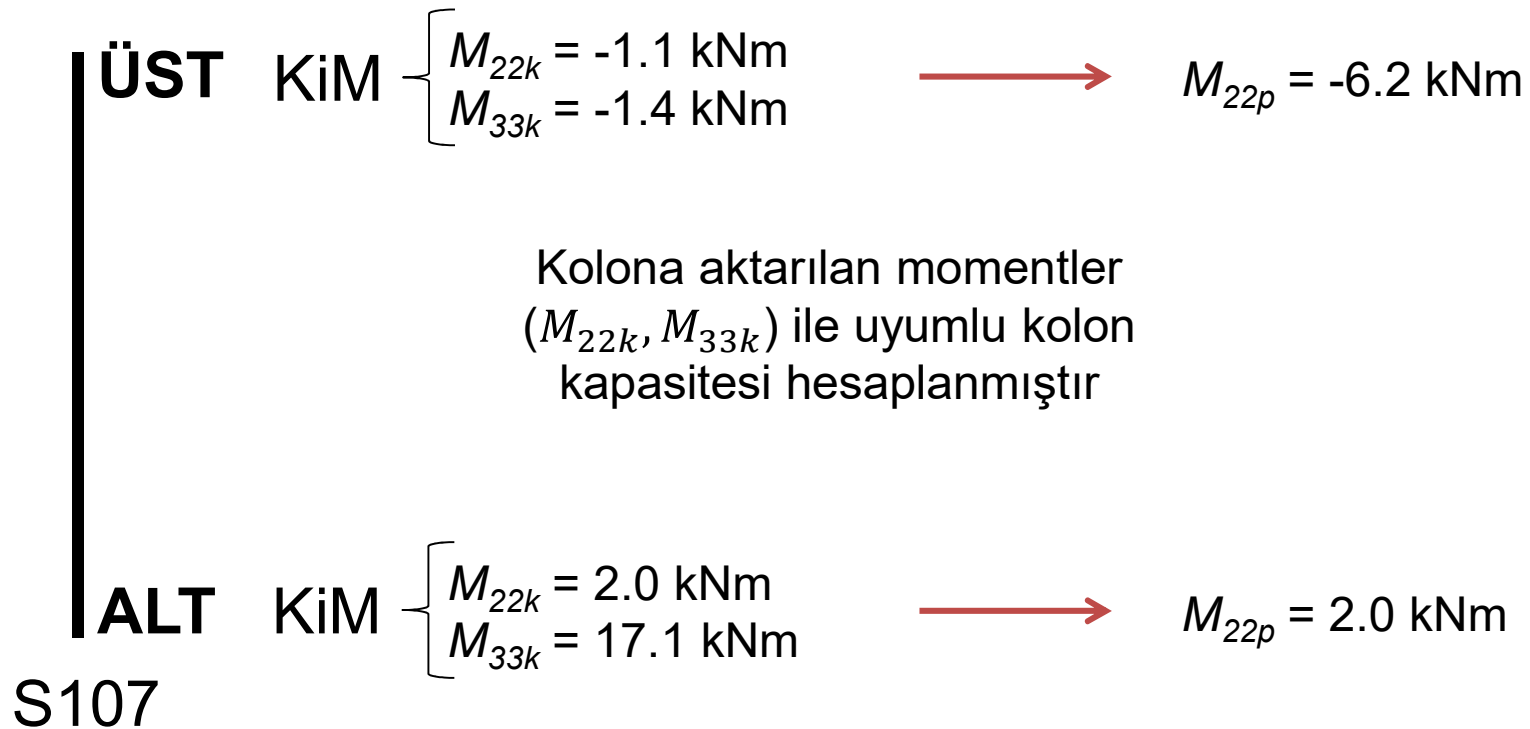
$$M_{33k} = M_{pk33} \frac{|M_{33}^{\bar{u}st}|}{|M_{33}^{\bar{u}st}| + |M_{33}^{alt}|}$$

$$M_{33k} = 17.1 \text{ kNm}$$

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

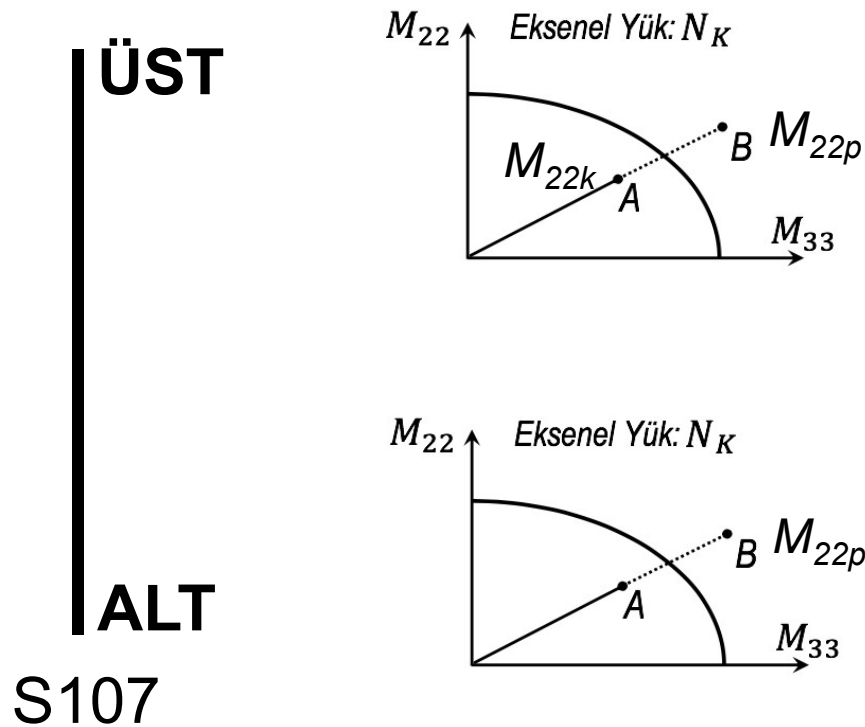
Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S107 elemanı için KoM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır



Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S107 elemanı için KoM durumuna göre moment hesabı yapılmıştır



$$M_{22p} = 6.2 \text{ kNm} > M_{22k} = 1.1 \text{ kNm}$$

KiM

Kiriş bulunmamaktadır

KoM

Eleman Risk Tespiti

Ve Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S107 elemanı için KiM ve KoM durumlarına göre kesme kuvveti hesabı yapılmıştır

$$M_{22kr}^{üst} = -1.1 \text{ kNm}$$

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

$$M_{33kr}^{üst} = -1.4 \text{ kNm}$$

$$V_{22e} = (1.4 + 17.1) / 2.7 = 6.9 \text{ kN}$$

$$M_{22kr}^{alt} = 2.0 \text{ kNm}$$

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

$$M_{33kr}^{alt} = 17.1 \text{ kNm}$$

$$V_{33e} = (1.1 + 2.0) / 2.7 = 1.2 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Vr Hesabı (KiM/KoM Analizi)

Ek D.2'de anlatıldığı şekliyle S107 elemanı için Vr hesabı yapılmıştır

$$f_{ctm} = 0.35\sqrt{10.5} = 1.13 \text{ MPa} \quad b = 200 \text{ mm} \quad A_{s22} = A_{s33} = 100 \text{ mm}^2$$

$$f_{ywm} = 220 \text{ MPa} \quad c_c = 25 \text{ mm} \quad h_l = 500 \text{ mm} \quad s_{22} = s_{33} = 300 \text{ mm}$$

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

$$V_{22u} = 0.8 * 0.65 * 1.13 * 200 * 475 * (1 + 0.07 * 13.7 / 100) + 100 * 220 * 475 / 300 = 91.2 \text{ kN}$$

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

$$V_{33u} = 0.8 * 0.65 * 1.13 * 500 * 175 * (1 + 0.07 * 13.7 / 100) + 100 * 220 * 175 / 300 = 64.7 \text{ kN}$$

$$V_r = V_{22u} V_{33u} \sqrt{\frac{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}{(V_{33u} V_{22e})^2 + (V_{33e} V_{22u})^2}} = 91.2 * 64.7 * \sqrt{\frac{6.9^2 + 1.2^2}{(64.7 * 6.9)^2 + (91.2 * 1.2)^2}} = 89.9 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Ve/Vr Hesabı

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

$R = 2 \rightarrow V_e = 14.8 \text{ kN}$
 $V_r = 90.0 \text{ kN}$

$$V_e / V_r = \frac{\sqrt{14.6^2 + 2.4^2}}{90.0} = 0.16$$

$KiM/KoM \rightarrow V_e = 6.9 \text{ kN}$
 $V_r = 89.9 \text{ kN}$

$$V_e / V_r = \frac{\sqrt{6.9^2 + 1.2^2}}{89.9} = 0.08$$

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

$$V_e / V_r = 0.08$$

$$V_e = 6.9 \text{ kN}$$

$$V_r = 89.9 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Eleman Sınıfı

Madde 4.3.4'de anlatıldığı şekliyle S107 için eleman sınıfı belirlenmiştir

A_{sh} / sb_k yönlerine göre hesaplanacaktır

$$(A_{sh} / sb_k)_{22} = 100 / 300 / 150 = 0.00223$$

$$(A_{sh} / sb_k)_{33} = 100 / 300 / 450 = 0.00074$$

$$\tan \theta_d = V_{22e} / V_{33e} = 1.2 / 6.9 = 0.17$$

$\text{atan}(V_{22e} / V_{33e})$ 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.

$$A_{sh} / sb_k = 0.00223 * (1 - 2 * 0.17 / \pi) + 0.00074 * (1 - 2 * (\pi / 2 - 0.17) / \pi) = 0.0021$$

Eleman Risk Tespiti

Eleman Sınıfı

Madde 4.3.4'de anlatıldığı şekliyle S107 için eleman sınıfı belirlenmiştir

$$V_e / V_r = 0.08$$

$$A_{sh} / s b_k * f_{ywm} / f_{cm} = 0.0022 * 220 / 10.5 \\ = 0.046$$

$$s = 300 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$$

$$0.046 < 0.06$$

$\frac{V_e}{V_r}$	Aralığı $s \leq 100$ mm olan, her iki ucunda 135° kancalı 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 S107 için sınır değerler belirlenmiştir

$$N_K / (f_{cm} A_c) = 13.7 / (10.5 * 0.1 * 1000) = 0.013$$

$$A_{sh} / (s b_k) = 0.0022$$

$N_K / (f_{cm} A_c)$	$A_{sh} / (s b_k)$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
≤ 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

$$m_{sınır} = 2.93$$

$$(\delta/h)_{sınır} = 0.016$$

Eleman Risk Tespiti

Risk Durumu

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

S107	ÜST	Etki	$\begin{cases} M_{22} = -5.5 \text{ kNm}, M_{33} = -24.2 \text{ kNm} \end{cases}$	$M = 24.7 \text{ kNm}$
		Kapasite	$\begin{cases} M_{22} = -3.9 \text{ kNm}, M_{33} = -16.9 \text{ kNm} \end{cases}$	$M_p = 17.4 \text{ kNm}$
	ALT	Etki	$\begin{cases} M_{22} = 7.3 \text{ kNm}, M_{33} = 64.1 \text{ kNm} \end{cases}$	$M = 64.5 \text{ kNm}$
		Kapasite	$\begin{cases} M_{22} = 2.0 \text{ kNm}, M_{33} = 17.1 \text{ kNm} \end{cases}$	$M_p = 17.2 \text{ kNm}$

Eleman Risk Tespiti

Risk Durumu

ÜST	$m = 24.7/17.4 \longrightarrow m = 1.42 < 2.93$	✓
	$(\delta/h) = 0.0032 < 0.016$	✓
ALT	$m = 64.5/17.2 \longrightarrow m = 3.74 > 2.93$	✗

S107 → Risk Sınırını Aşan Eleman

Eleman Risk Tespiti

1. Kat Kolon Elemanlar

Eleman	Yükleme Tipi	$N_k/(f_{cm} \cdot A_c)$	Eleman Sınıfı	M _{sınır}	Mhesap Baş	Mhesap Son	Eleman Risk Durumu
S101	(G)+0.3Q+(Dx+)	1.33E-2	B	2.86E+0	5.08E-1	1.91E+0	Risksiz
S102	(G)+0.3Q+(Dx+)	1.52E-2	B	2.94E+0	8.97E-1	2.05E+0	Risksiz
S103	(G)+0.3Q+(Dx+)	9.44E-3	B	2.83E+0	8.45E-1	1.91E+0	Risksiz
S104	(G)+0.3Q+(Dx+)	4.40E-2	B	2.93E+0	2.16E+0	2.18E+0	Risksiz
S105	(G)+0.3Q+(Dx+)	2.96E-2	B	2.86E+0	2.14E+0	2.12E+0	Risksiz
S106	(G)+0.3Q+(Dx+)	2.23E-2	B	2.83E+0	9.75E-1	2.16E+0	Risksiz
S107	(G)+0.3Q+(Dx+)	1.56E-2	B	2.86E+0	1.43E+0	3.75E+0	Riskli
S108	(G)+0.3Q+(Dx+)	1.15E-1	B	2.90E+0	1.89E+0	2.46E+0	Risksiz
S109	(G)+0.3Q+(Dx+)	5.26E-2	B	2.83E+0	1.61E+0	2.96E+0	Riskli

Risk Sınırını Aşan Eleman: 2

Toplam: 9

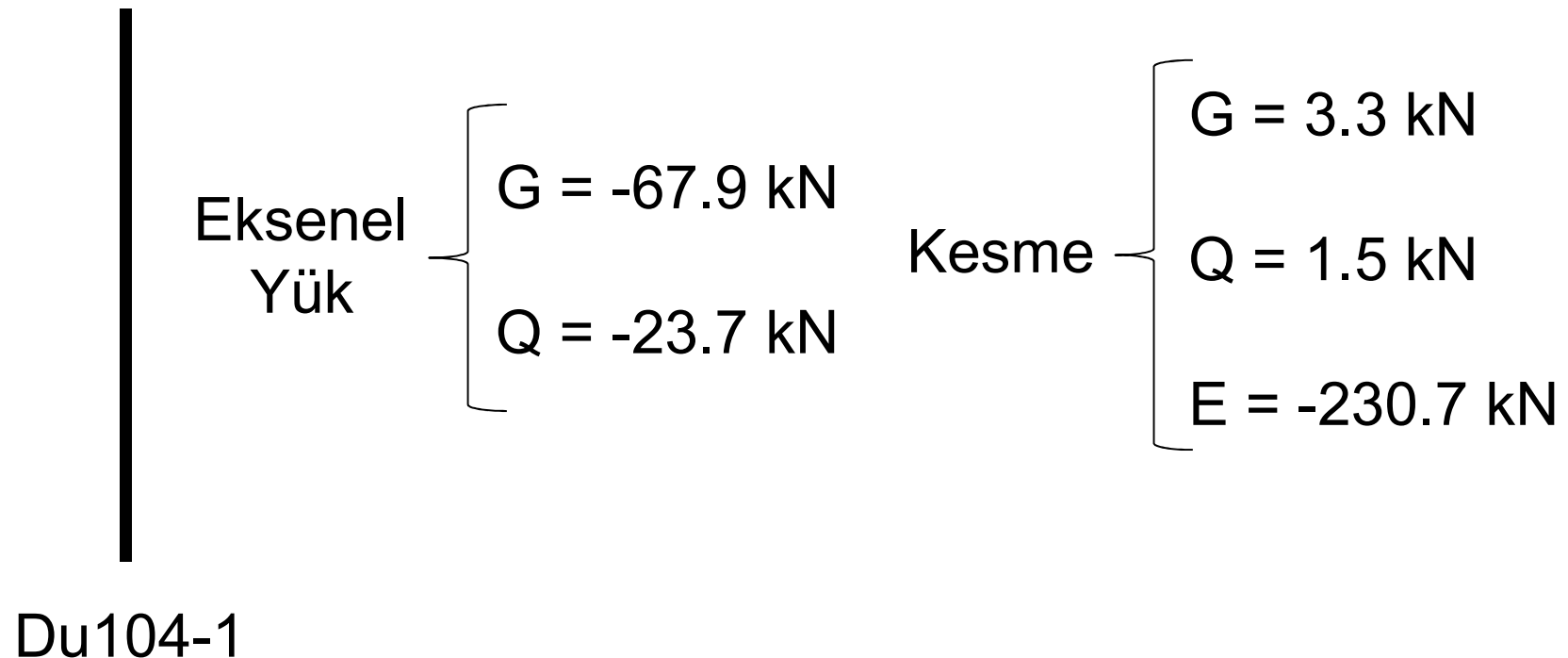
Duvar Çözümü

Du104-1 DUVARI

Eleman Risk Tespiti

Duvar Eleman İç Kuvvetler

Du104-1 elemanı için $G + 0.3Q + Ex$ yükleme durumu altında iç kuvvetler belirlenerek risk tespiti hesaplamaları yapılmıştır



Eleman Risk Tespiti

Eksenel Gerilme Kriteri

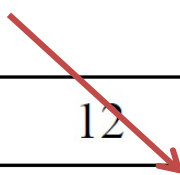
Madde 7.3.4 gereği Denklem 7.2'nin sağlanmaması durumunda, duvar "Risk Sınırını Aşan" eleman olarak değerlendirilecektir

$$\sigma \leq 0.65\eta f_m$$

Öncelikle Tablo 7.2 yardımıyla H_d / t oranına bağlı "Basınç Dayanımı Azaltma Katsayısı" belirlenmelidir

$$H_d / t = 2.7 / 0.2 = 13.5 \rightarrow \eta = 0.795$$

H_d / t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
η	1.0	0.95	0.89	0.84	0.78	0.73	0.67	0.62	0.56	0.51



Eleman Risk Tespiti

Eksenel Gerilme Kriteri

$$\text{Eksenel Y\u00fc} \rightarrow G + 0.3*Q = (-67.9) + 0.3*(-23.7) = -75.0 \text{ kN}$$

$$\text{Alan} \rightarrow 0.48 \text{ m}^2 \quad (=2.4*0.2)$$

$$\sigma \leq 0.65\eta f_m$$

$$75.0 / 0.48 = 156.2 \text{ kPa} \leq 0.65*0.795*1200 = 620.1 \text{ kPa}$$



*Eksenel gerilme limit
değerler içeresindedir*

Eleman Risk Tespiti

Düzlem Dışı Göçme Kriteri

Madde 7.3.5'e göre H_d / t oranının Tablo 7.3'de verilen sınır değerleri sağlanmaması durumunda, duvar "Risk Sınırını Aşan" eleman olarak değerlendirilecektir

$$S_{D1} = 0.500 \text{ g}$$

Bina Katı	$S_{D1} \leq 0.25$	$0.25 < S_{D1} < 0.40$	$S_{D1} \geq 0.40$
En az üç katlı* binalarda en üst kat	21	15	11
En az üç katlı* binalarda diğer katlar	25	20	16
Diğer binalarda tüm katlar			

* Tam gömülü bodrum katları kat sayısı hesabında dikkate alınmayacaktır.

$$H_d / t = 13.5 < 16$$



H_d / t limit değerler içeresindedir

Eleman Risk Tespiti

Kayma Dayanımı

Madde 7.3.6'ya göre Kayma Dayanımı hesaplanacaktır

Göçme Şekli	Kesme Kapasitesi	$m_{sınır}$
Kayma	$(\tau_0 + \mu\sigma)\ell_d t$ $\mu = 0.5$	2.0

$$(\tau_0 + \mu\sigma)\ell_d t = (100 + 0.5*156.2)*2.4*0.2 = 85.5 \text{ kN}$$

$$\text{Asgari Bilgi Düzeyi} \rightarrow 0.9*85.5 = 76.9 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Diyagonal Çekme Dayanımı

Madde 7.3.6'ya göre Diyagonal Çekme Dayanımı hesaplanacaktır

Göçme Şekli	Kesme Kapasitesi	$m_{sınır}$
Diyagonal Çekme	$\beta f_{dç} \ell_d t \sqrt{1 + \frac{\sigma}{f_{dç}}}$	1.0

$$\beta = \begin{cases} 1 & \frac{\ell_d}{H_d} \geq 1 \\ \frac{\ell_d}{H_d} & 1 \geq \frac{\ell_d}{H_d} \geq \frac{2}{3} \\ \frac{2}{3} & \frac{2}{3} \geq \frac{\ell_d}{H_d} \end{cases} \quad \rightarrow \quad L_d / H_d = 0.89 \rightarrow \beta = 0.89$$

$$\beta f_{dç} \ell_d t \sqrt{1 + \frac{\sigma}{f_{dç}}} = 0.89 * 150 * 2.4 * 0.2 * \sqrt{1 + 156.2 / 150} = 91.4 \text{ kN}$$

$$\text{Asgari Bilgi Düzeyi} \rightarrow 0.9 * 91.4 = 82.3 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Eğilme Dayanımı

Madde 7.3.6'ya göre Eğilme Dayanımı hesaplanacaktır

Göçme Şekli	Kesme Kapasitesi	$m_{sınır}$
Eğilme	$\sigma \frac{\ell_d^2 t}{H_d} \left(1 - \frac{\sigma}{0.8 f_m}\right) \geq 0.1 f_m \frac{\ell_d^2 t}{H_d}$	3.0

$$\sigma \frac{\ell_d^2 t}{H_d} \left(1 - \frac{\sigma}{0.8 f_m}\right) = 156.2 * 2.4^2 * 0.2 / 2.7 * (1 - 156.2 / 0.8 / 1200) = 55.8 \text{ kN}$$

$$0.1 f_m \frac{\ell_d^2 t}{H_d} = 0.1 * 1200 * 2.4^2 * 0.2 / 2.7 = 51.2 \text{ kN}$$

$$\text{Asgari Bilgi Düzeyi} \rightarrow 0.9 * 55.8 = 50.2 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Dayanım Değerleri

Kayma Dayanımı $\rightarrow$ 76.5 kN

Diagonal Çekme Dayanımı $\rightarrow$ 82.3 kN

Eğilme Dayanımı $\rightarrow$ 50.2 kN

Kritik dayanım:
Eğilme Dayanımı

$$m_{\text{sınır}} = 3.0$$

$$\text{Kesme} \rightarrow G + 0.3 \cdot Q + E = 3.3 + 0.3 \cdot 1.5 - 230.7 = -227.0 \text{ kN}$$

$$227.0 \text{ kN} > 3.0 \cdot 50.2 = 150.6 \text{ kN} \quad \times$$

Du104-1 $\rightarrow$ Risk Sınırını Aşan Eleman

Eleman Risk Tespiti

1. Kat Yığma Duvar Elemanlar

Duvar Etiketi	Yükleme Tipi	Duvar Üzerindeki Basınç Gerilmesi (N/m ²)	Kayma Gerilme Kap. Aşan Duvarlara Etkiyen Kesme Kuvveti (N)	Eleman Risk Durumu
Du101-1	(G)+0.3Q+(XPos)	1.27E+5	0.00E+0	Risksiz
Du101-2	(G)+0.3Q+(XPos)	9.87E+4	0.00E+0	Risksiz
Du102-1	(G)+0.3Q+(XPos)	8.09E+4	0.00E+0	Risksiz
Du102-2	(G)+0.3Q+(XPos)	1.28E+5	0.00E+0	Risksiz
Du103-1	(G)+0.3Q+(XPos)	7.16E+4	-5.72E+3	Riskli
Du104-1	(G)+0.3Q+(XPos)	1.56E+5	-2.27E+5	Riskli
Du104-2	(G)+0.3Q+(XPos)	1.39E+5	-7.73E+4	Riskli
Du105-1	(G)+0.3Q+(XPos)	6.67E+4	-3.81E+4	Riskli
Du105-2	(G)+0.3Q+(XPos)	9.99E+4	-1.28E+5	Riskli
Du106-1	(G)+0.3Q+(XPos)	7.90E+4	-6.49E+3	Riskli
Du107-1	(G)+0.3Q+(XPos)	3.35E+5	0.00E+0	Risksiz
Du107-2	(G)+0.3Q+(XPos)	1.32E+5	-1.98E+5	Riskli
Du108-1	(G)+0.3Q+(XPos)	2.79E+5	0.00E+0	Risksiz
Du108-2	(G)+0.3Q+(XPos)	3.35E+5	0.00E+0	Risksiz
Du109-1	(G)+0.3Q+(XPos)	1.55E+5	0.00E+0	Risksiz
Du109-2	(G)+0.3Q+(XPos)	2.79E+5	0.00E+0	Risksiz
Du110-1	(G)+0.3Q+(XPos)	1.16E+5	-2.27E+5	Riskli
Du111-1	(G)+0.3Q+(XPos)	1.01E+5	0.00E+0	Risksiz
Du112-1	(G)+0.3Q+(XPos)	7.89E+4	2.50E+5	Riskli
Du113-1	(G)+0.3Q+(XPos)	1.70E+4	0.00E+0	Risksiz
Du113-2	(G)+0.3Q+(XPos)	9.65E+4	0.00E+0	Risksiz
Du114-1	(G)+0.3Q+(XPos)	6.55E+4	0.00E+0	Risksiz
Du115-1	(G)+0.3Q+(XPos)	6.56E+4	2.50E+5	Riskli
Du116-1	(G)+0.3Q+(XPos)	7.66E+4	0.00E+0	Risksiz
Du117-1	(G)+0.3Q+(XPos)	1.05E+5	-2.25E+5	Riskli
Du118-1	(G)+0.3Q+(XPos)	9.36E+4	0.00E+0	Risksiz
Du119-1	(G)+0.3Q+(XPos)	8.68E+4	0.00E+0	Risksiz
Du120-1	(G)+0.3Q+(XPos)	2.52E+5	0.00E+0	Risksiz
Du120-2	(G)+0.3Q+(XPos)	1.26E+5	0.00E+0	Risksiz
Du121-1	(G)+0.3Q+(XPos)	1.07E+5	-2.69E+5	Riskli
Du122-1	(G)+0.3Q+(XPos)	7.64E+4	0.00E+0	Risksiz
Du122-2	(G)+0.3Q+(XPos)	1.25E+5	0.00E+0	Risksiz
Du123-1	(G)+0.3Q+(XPos)	9.77E+4	0.00E+0	Risksiz
Du123-2	(G)+0.3Q+(XPos)	1.19E+4	0.00E+0	Risksiz

**Risk Sınırını
Aşan Eleman: 12**

Toplam: 34

Bina Risk Tespiti

Madde 8.4.4'e göre sınır değerler ve bina risk durumu hesaplanmıştır

G + 0.3Q + Ex

$$\sum V_{\text{Riskli Betonarme}} = 71 \text{ kN} \quad \sum V_{\text{Riskli Yığma}} = 903 \text{ kN}$$

$$\sum V_{\text{Tüm Betonarme}} = 139 \text{ kN} \quad \sum V_{\text{Tüm Yığma}} = 1113 \text{ kN}$$

$$(V_e/V_r)_d = \frac{(\sum V_{\text{Riskli Betonarme}} + \sum V_{\text{Riskli Yığma}})}{V_{kat}} = \frac{71 + 903}{139 + 1113} = 0.78$$

$$(V_e/V_r)_k = (V_e/V_r)_b \frac{V_{bm}}{V_{kat}} + (V_e/V_r)_y \frac{V_{ym}}{V_{kat}} = 0.35 * \frac{71}{1252} + 0.35 * \frac{903}{1252} = 0.35$$

$$0.78 > 0.35 \quad \times$$

Riskli Bina (Hesaplar tüm yük birleşimleri için tekrarlanır.)

Bina Risk Tespiti

Katlara ve yükleme durumlarına göre risk durumu verilmiştir

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+)	-1.25E+6	-9.73E+5	0.35	0.78	14 / 43	Riskli
01	(G)+0.3Q+(Dx-)	1.25E+6	7.45E+5	0.35	0.60	13 / 43	Riskli
01	(G)+0.3Q+(Dy+)	-1.25E+6	-8.31E+5	0.35	0.66	6 / 43	Riskli
01	(G)+0.3Q+(Dy-)	1.25E+6	8.40E+5	0.35	0.67	6 / 43	Riskli
02	(G)+0.3Q+(Dx+)	-6.76E+5	-1.30E+5	0.35	0.19	2 / 36	Risksiz
02	(G)+0.3Q+(Dx-)	6.76E+5	2.46E+5	0.35	0.36	3 / 36	Riskli
02	(G)+0.3Q+(Dy+)	-6.49E+5	0.00E+0	0.35	0.00	0 / 36	Risksiz
02	(G)+0.3Q+(Dy-)	6.49E+5	0.00E+0	0.35	0.00	0 / 36	Risksiz

Riskli Bina

Bina Risk Tespiti

Yükleme durumları için bina risk durumu belirlenmiştir

Bina Risk Durumu:

$G + 0.3Q + E_x$ ❌

$G + 0.3Q - E_x$ ❌

$G + 0.3Q + E_y$ ❌

$G + 0.3Q - E_y$ ❌

