

RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR

Yığma 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 Yığma Bina



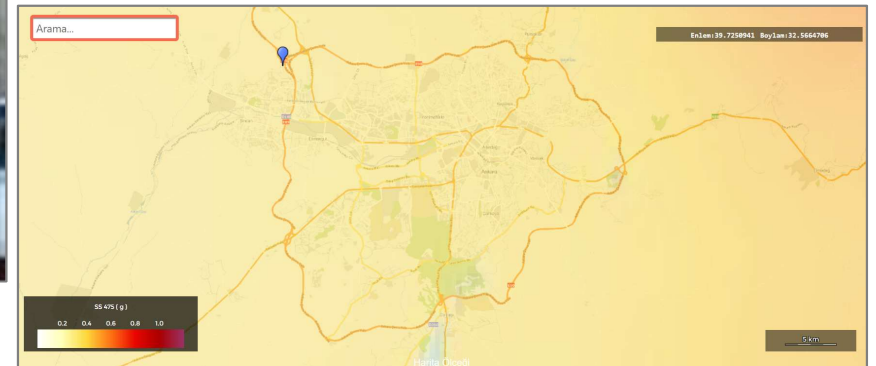
Konut Yapısı

Ankara – Sincan – Susuz Mahallesi

Enlem: 40.0107°

Boylam: 32.6228°

(Eski haritaya göre 4. Derece deprem bölgesi)



Bina Bilgileri

İki Katlı Yığma Bina



İki Katlı, 6.25 m Yüksekliğinde

*Duvar Malzemesi:
Harman Tuğlası*

*Duvar Kalınlıkları:
İç Duvarlar – 10/16 cm
Dış Duvarlar – 20/25 cm*

*Döşeme Tipi:
Betonarme(C10), 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 → ZD

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	0.324	
S_1	0.125	
S_{DS}	0.499	Tablo 2.3
S_{D1}	0.294	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

$$S_{D1} = S_1 F_1$$

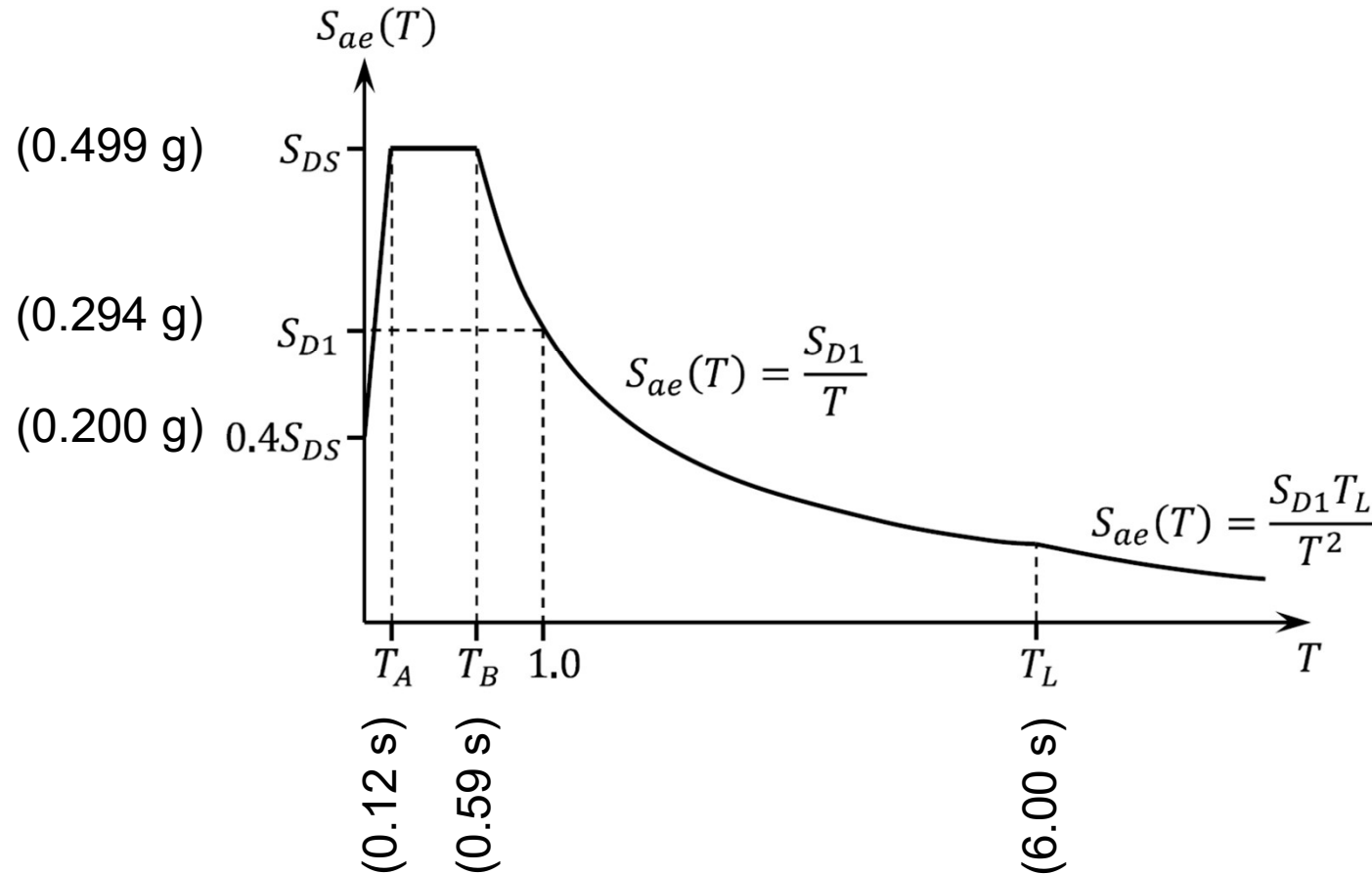
Yerel Zemin Sınıfı*	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0

Tablo 2.4

Bina Bilgileri

Deprem Tehlikesi

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



Bina Bilgileri

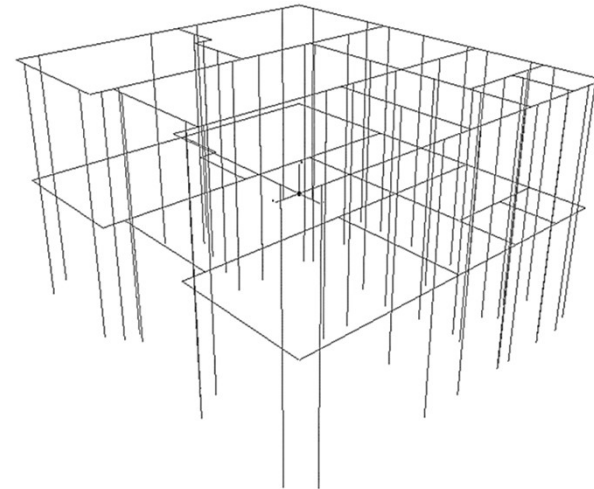
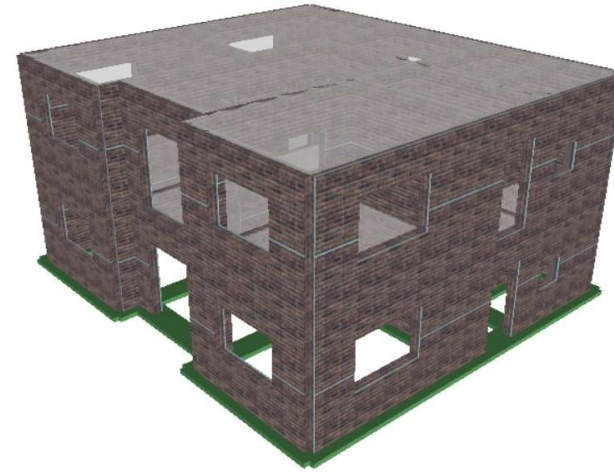
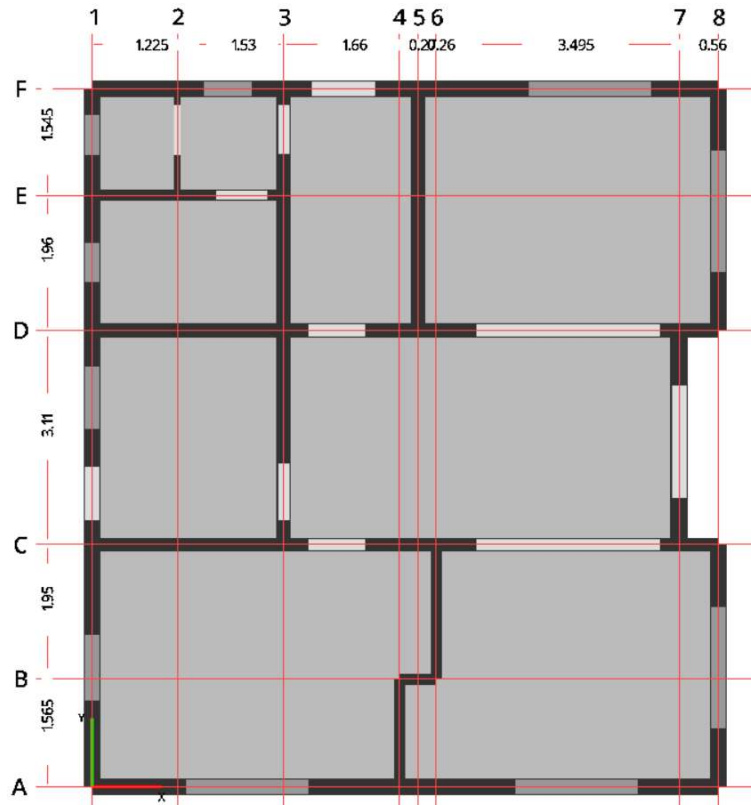
Riskli Bina Tespit Yöntemi

Madde 3.6'ya göre tüm yığma binalar Bölüm 7'ye 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 7.2 gereğince yapının 3-Boyutlu analizi için sonlu elemanlar modeli hazırlanmıştır



Modelleme

Beton Malzeme Özellikleri

Döşeme betonu için kullanılan malzeme özellikleri şu şekildedir

Basınç Dayanımı → 10 MPa

Elastisite Modülü → $5000\sqrt{f_{cm}} = 15811 \text{ MPa}$

Özgül Ağırlık → 25 kN/m³

Poisson Oranı → 0.2

Modelleme

Yığma Malzeme Özellikleri

Tablo 7.1'e göre harman tuğlası 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_{dc}	
			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

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

$$f_{d\zeta} = 0.12 \text{ MPa}$$

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

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

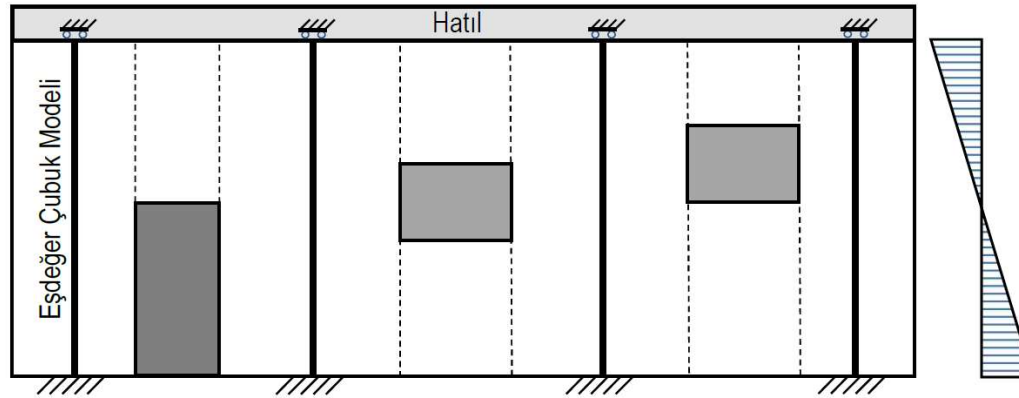
$$E_m = 600f_m = 600 \cdot 1.4 = 840 \text{ MPa}$$

$$G_m = 0.4E_m = 0.4 \cdot 840 = 336 \text{ MPa}$$

Modelleme

Model Detayları

Madde 7.2.1'e göre yığma duvarlar çubuk elemanlar olarak modellenmiştir.
EK-H: Alt ve üst ucun dönme serbestlikleri tutulmuştur → alt ve üst uçta eşdeğer moment



İç Duvarlar – 10 cm, 16 cm

Dış Duvarlar – 20 cm, 25 cm

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

Analiz

Yöntem ve Yüklemler

Madde 7.3.2'ye göre hesaplamalarda Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır

Madde 7.3.3'e 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 $\rightarrow n = 0.3$

Kaplama Yüğü: 200 kg/m²

Hareketli Yüğü: 200 kg/m²

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

$$G + 0.3Q + E_x$$

$$G + 0.3Q - E_x$$

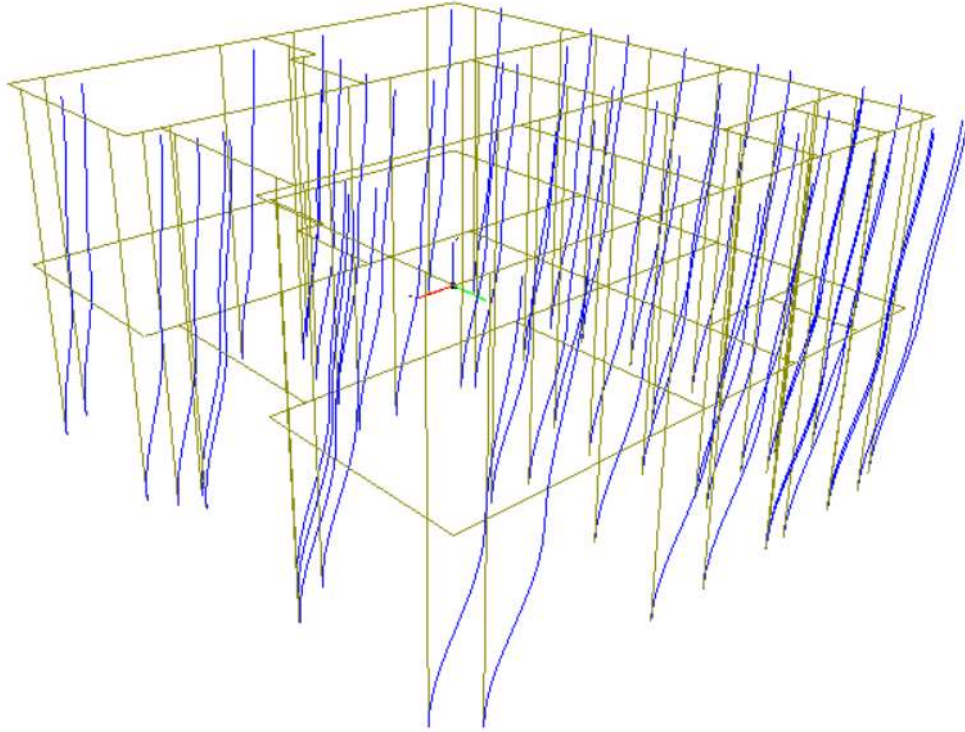
$$G + 0.3Q + E_y$$

$$G + 0.3Q - E_y$$

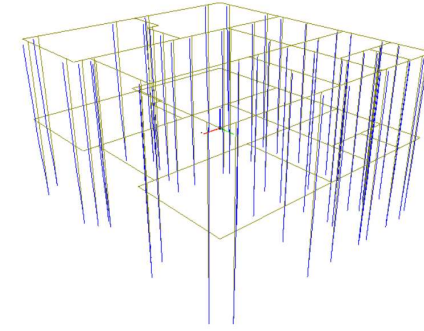
Analiz

Analiz Özeti

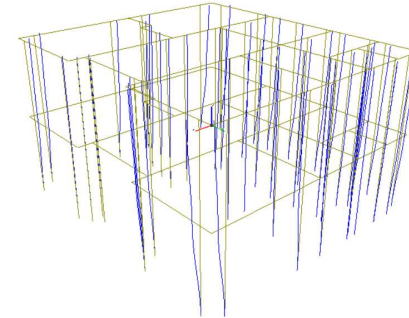
Binanın temel titreşim periyodu 0.237 saniye olarak hesaplanmıştır



Mod 1: 0.237 s



Mod 2: 0.225 s

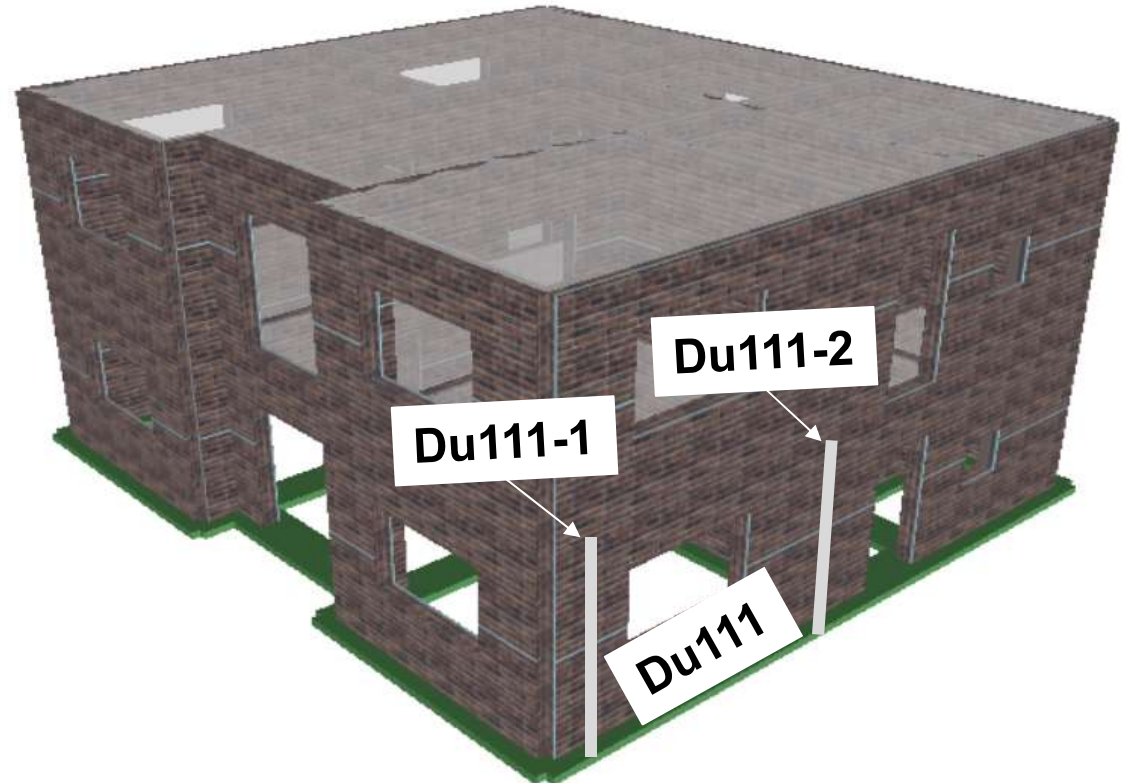
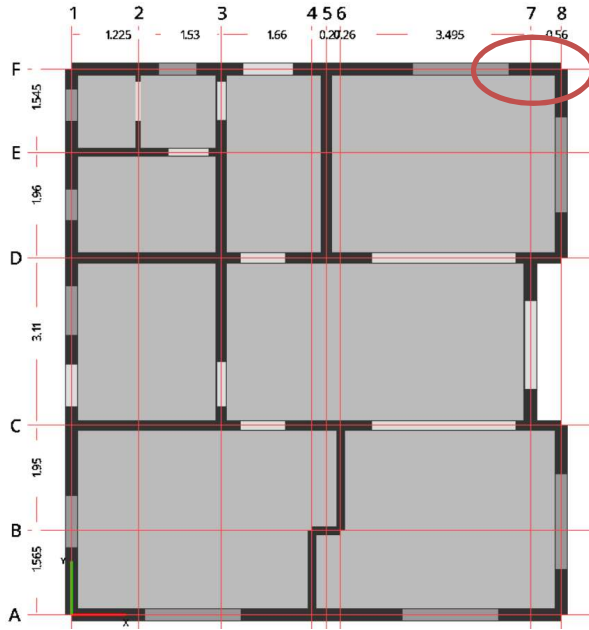


Mod 3: 0.210 s

Analiz

Analiz Özeti

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



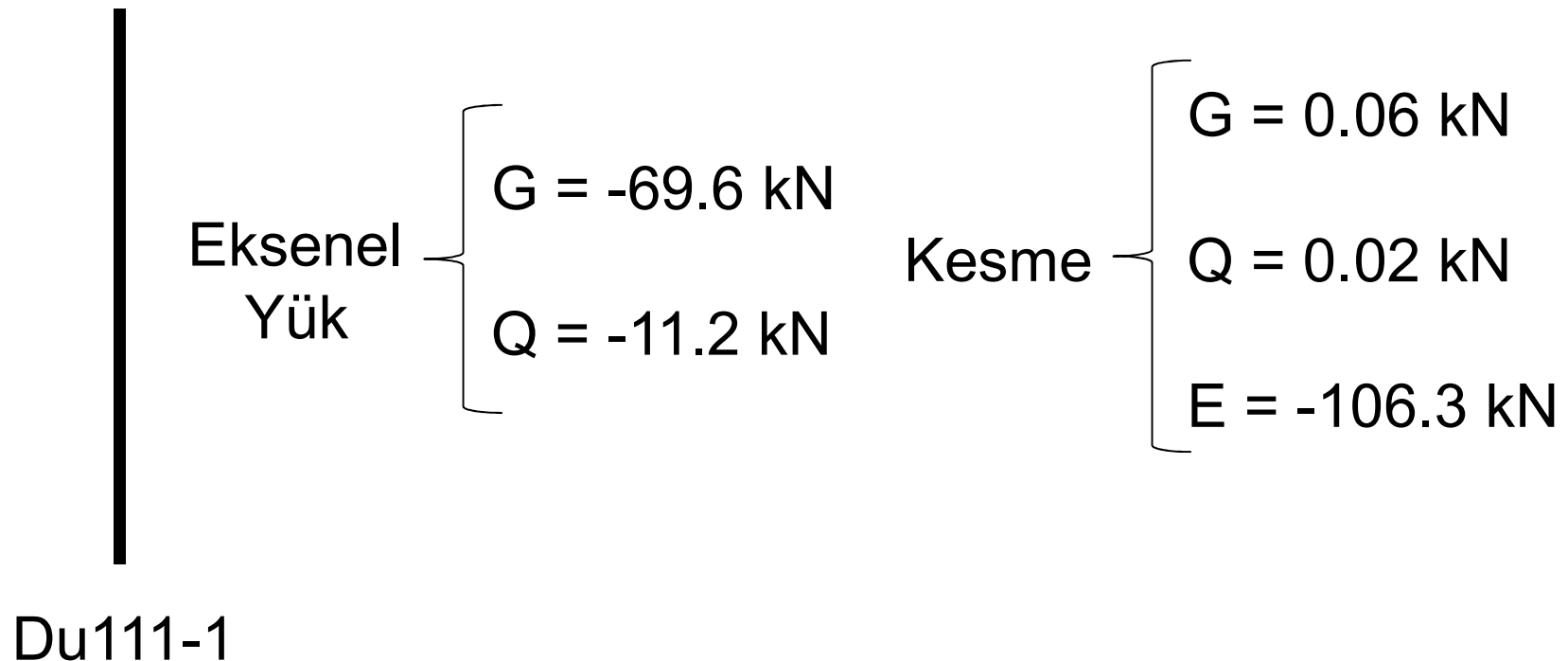
Duvar Çözümü

Du111-1 DUVARI

Eleman Risk Tespiti

Eleman İç Kuvvetler

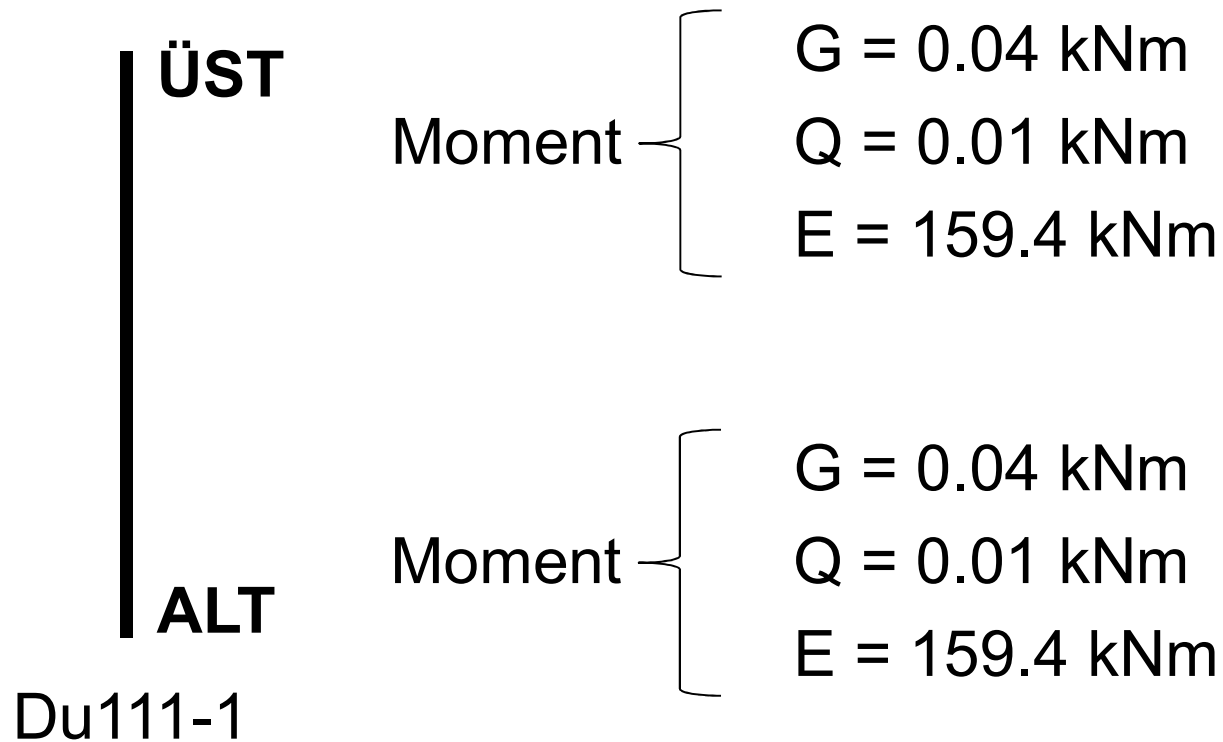
Du111-1 elemanı için $G + 0.3Q + Ex$ yükleme durumu altında iç kuvvetler belirlenerek risk tespiti hesaplamaları yapılmıştır



Eleman Risk Tespiti

Eleman İç Kuvvetler

Madde H.1'de açıklandığı şekliyle alt uç momentler eşdeğer olmaktadır



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" belirlenecektir

$$H_d / t = 2.88 / 0.25 \approx 12 \rightarrow \eta = 0.84$$



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

$$\text{Eksenel Y\u00fc} \rightarrow G + 0.3*Q = (-69.6) + 0.3*(-11.2) = -73.0 \text{ kN}$$

$$\text{Duvar Alanı} \rightarrow 0.4 \text{ m}^2 \quad (=1.585*0.25)$$

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

$$73.0 / 0.4 = 182.5 \text{ kPa} \leq 0.65*0.84*0.9*1400 = 688 \text{ kPa}$$



*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

$$S_{D1} = 0.294 \text{ g}$$

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.

$$H_d / t = 12 < 20$$



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

$$(\tau_0 + \mu\sigma)\ell_d t = (100 + 0.5*182.5)*1.585*0.25 = 75.8 \text{ kN}$$

$$\text{Asgari Bilgi Düzeyi} \rightarrow 0.9*75.8 = 68.2 \text{ kN}$$

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

$$\beta = \begin{cases} 1 & \frac{\ell_d}{H_d} \geq 1 \\ \frac{\ell_d}{H_d} & 1 \geq \frac{\ell_d}{H_d} \geq \frac{2}{3} \\ \frac{2}{3} & \frac{2}{3} \geq \frac{\ell_d}{H_d} \end{cases} \quad \rightarrow \quad L_d / H_d = 1.585/2.88=0.55 \rightarrow \beta = 0.67$$

$$\beta f_{dç} \ell_d t \sqrt{1 + \frac{\sigma}{f_{dç}}} = 0.67 * 120 * 1.585 * 0.25 * \sqrt{1 + 182.5/120} = 50.6 \text{ kN}$$

$$\text{Asgari Bilgi Düzeyi} \rightarrow 0.9 * 50.6 = 45.5 \text{ kN}$$

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

$$\sigma \frac{\ell_d^2 t}{H_d} \left(1 - \frac{\sigma}{0.8 f_m}\right) = 182.5 * 1.585^2 * 0.25 / 3 * (1 - 182.5 / 0.8 / 1400) = 32.0 \text{ kN}$$

$$0.1 f_m \frac{\ell_d^2 t}{H_d} = 0.1 * 1400 * 1.585^2 * 0.25 / 3 = 29.3 \text{ kN}$$

$$\text{Asgari Bilgi Düzeyi} \rightarrow 0.9 * 32.0 = 28.8 \text{ kN}$$

Eleman Risk Tespiti

Dayanım Değerleri

Kayma Dayanımı → 68.2 kN

Diyagonal Çekme Dayanımı → 45.5 kN

Eğilme Dayanımı → 28.8 kN

*Kritik dayanım:
Eğilme Dayanımı*

$$m_{sınır} = 3.0$$

$$\text{Kesme} \rightarrow G + 0.3 \cdot Q + E = 0 + 0.3 \cdot 0 - 106.3 = -106.3 \text{ kN}$$

$$106.3 \text{ kN} > 3.0 \cdot 28.8 = 86.4 \text{ kN} \quad \text{X}$$

Du111-1 → Risk Sınırını Aşan Eleman

Eleman Risk Tespiti

1. Kat Tüm Elemanlar

Duvar Etiketi	Senaryo No	Yükleme Tipi	Kayma Gerilme Kap. Aşan Duvarlara Etkiyen Kesme Kuvveti (N)	Eleman Risk Durumu
Du101-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	-6.25E+4	Riskli
Du101-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	-6.80E+4	Riskli
Du102-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du103-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du104-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du105-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	-1.01E+5	Riskli
Du105-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du106-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du106-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du107-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du108-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du108-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du109-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du110-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du110-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du111-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	-1.06E+5	Riskli
Du111-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	-5.20E+4	Riskli
Du112-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du113-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du113-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du114-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du114-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du115-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du116-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du116-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du118-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du118-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du119-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du119-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz

Eleman Risk Tespiti

1. Kat Tüm Elemanlar

Duvar Etiketi	Senaryo No	Yükleme Tipi	Kayma Gerilme Kap. Aşan Duvarlara Etkiyen Kesme Kuvveti (N)	Eleman Risk Durumu
Du120-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	-2.12E+4	Riskli
Du121-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	-3.61E+4	Riskli
Du122-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du122-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	-2.96E+4	Riskli
Du123-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du123-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du124-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Riskli
Du124-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Riskli
Du125-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du125-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du126-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du126-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du127-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du128-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du128-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du129-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du129-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du129-3	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du130-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du130-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du131-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	-2.29E+5	Riskli
Du132-1	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz
Du132-2	1	(G)+0.3Q+(XPos)	0.00E+0	Risksiz

Risk Sınırını Aşan: 11 / Toplam: 52

Bina Risk Tespiti

Madde 7.4.2'ye göre Risk Sınırı aşılın duvarlarda hesaplanan kesme kuvveti toplamının o kattaki toplam kat kesme kuvvetine oranı %35'ten fazla ise bina "Riskli Bina" olarak kabul edilir

$$\underline{G + 0.3Q + Ex}$$

1. Kat Riskli Elemanların
Toplam Kesme Kuvveti → 706 kN

1. Kat Toplam Kat
Kesme Kuvveti → 1070 kN

$$706/1070 = 0.66 > 0.35 \quad \times$$

Riskli Bina

Bina Risk Tespiti

Katlara ve yükleme durumlarına göre risk durumu verilmiştir

Kat	Yükleme Tipi	Riskli / Toplam Eleman Sayısı	Riskli Elemanların Kat Kesme Kuvveti (N)	Toplam Kat Kesme Kuvveti (N)	Kapasiteyi Aşan Duvarların Toplam Kat Kesme Kuvvetine Oranı (%)	Kat Risk Durumu
01	(G)+0.3Q+(Dx+)	11 / 52	-7.06E+5	-1.07E+6	65.97	Riskli
01	(G)+0.3Q+(Dx-)	11 / 52	7.06E+5	1.07E+6	66.05	Riskli
01	(G)+0.3Q+(Dy+)	7 / 52	-3.78E+5	-1.07E+6	35.44	Riskli
01	(G)+0.3Q+(Dy-)	6 / 52	3.48E+5	1.07E+6	32.64	Risksiz
02	(G)+0.3Q+(Dx+)	2 / 52	0.00E+0	-5.50E+5	0.00	Risksiz
02	(G)+0.3Q+(Dx-)	2 / 52	0.00E+0	5.50E+5	0.00	Risksiz
02	(G)+0.3Q+(Dy+)	2 / 52	0.00E+0	-5.51E+5	0.00	Risksiz
02	(G)+0.3Q+(Dy-)	2 / 52	0.00E+0	5.51E+5	0.00	Risksiz

Riskli Bina

Bina Risk Tespiti

Yükleme durumları için bina risk durumu belirlenmiştir

Bina Risk Durumu:

$G + 0.3Q + E_x$ ❌

$G + 0.3Q - E_x$ ❌

$G + 0.3Q + E_y$ ❌

$G + 0.3Q - E_y$

