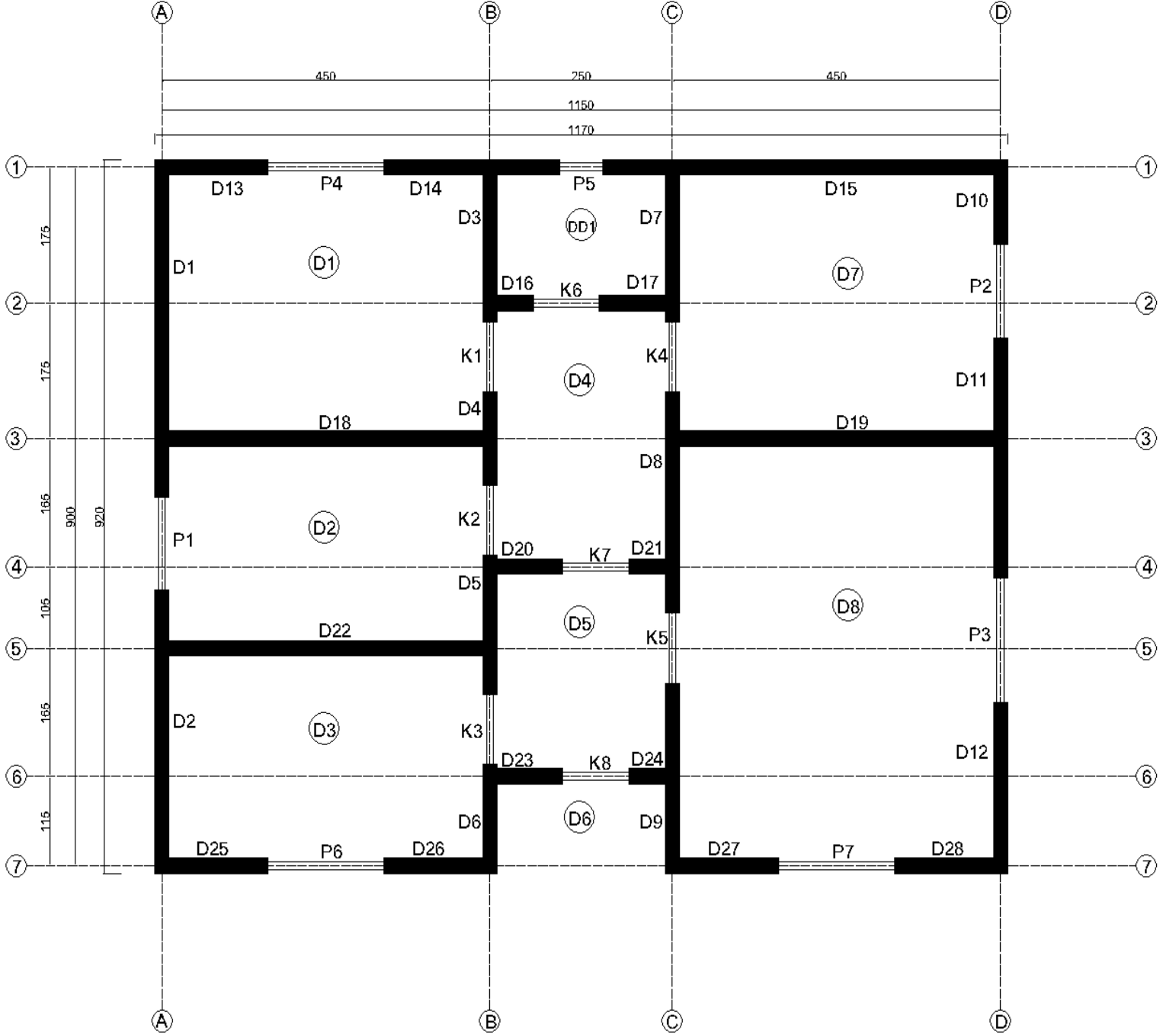


Binanın özellikleri:

Deprem Bölgesi	: Üçüncü Derece
Kullanım Şekli	: Konut
Kat Adeti	: 2 Katlı
Kat yüksekliği	: 2.80 m
Duvarlar	: Gazbeton (tutkal ile)
Duvar kalınlıkları	: 20 cm
Döşeme sistemi	: Betonarme döşeme
Bodrum katı	: Yok
Plan alanı	: 11.70 m x 9.20 m

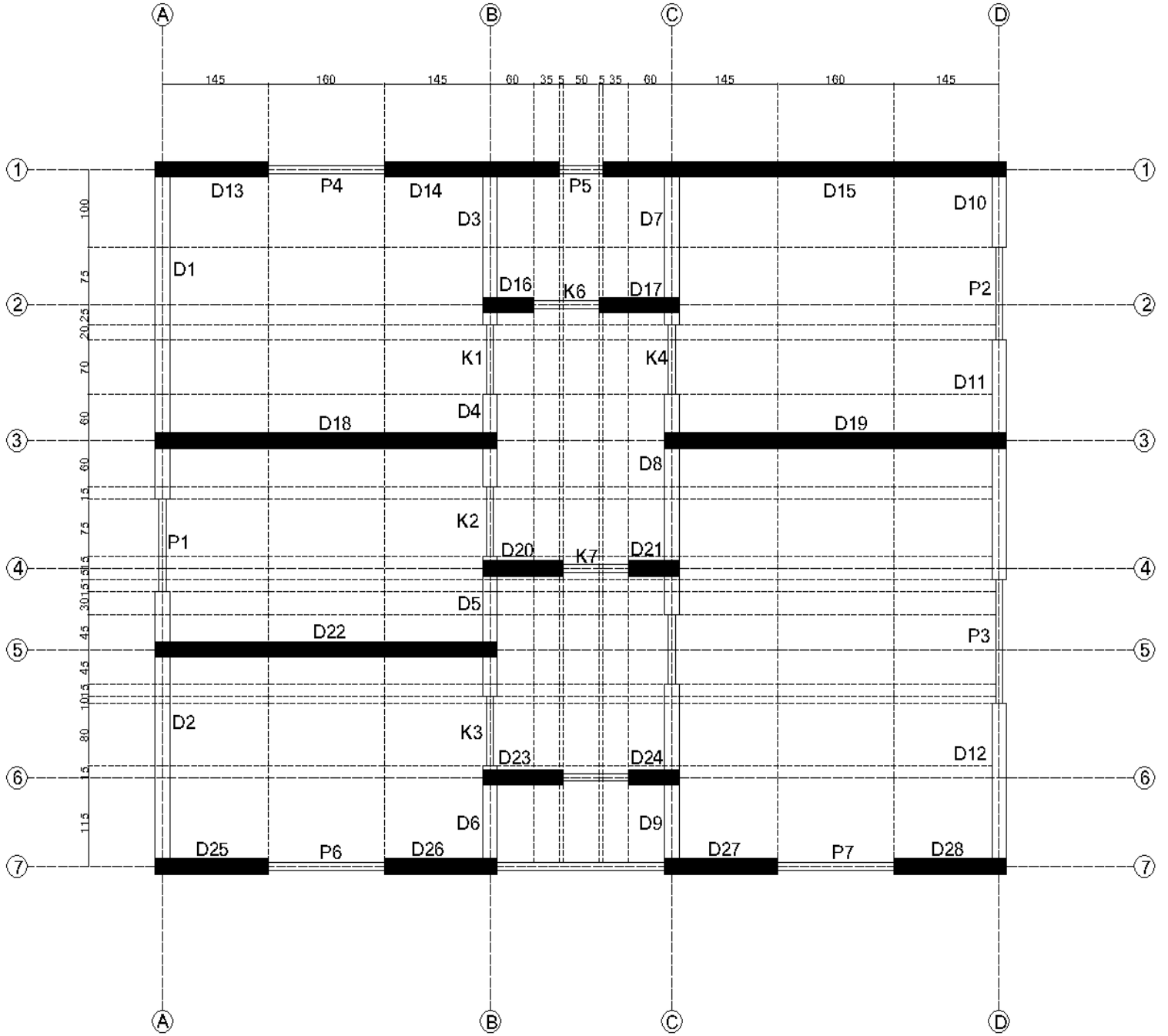


Şekil 1. Yığma binanın mimari planı



Şekil 2. Planda taşıyıcı duvarların düzeni

Binada dik iki doğrultu boyunca uzanan taşıyıcı duvarların, pencere ve kapı boşlukları göz önüne alınmaksızın toplam uzunluğunun brüt kat alanına (konsol döşeme alanları dışındaki alan) oranının $l_d/A \geq 0,21 \text{ m/m}^2$ şartını sağlaması öngörülmüştür (**Yönetmelik Madde 5.4.4**). Bu eşitlikte yer alan l_d her bir doğrultu için taralı alanın uzunluğu, A brüt kat alanı ve I bina önem katsayısıdır. Örnek yığma bina, konut amaçlı tasarlandığından $I=1$ olarak kabul edilmiştir.



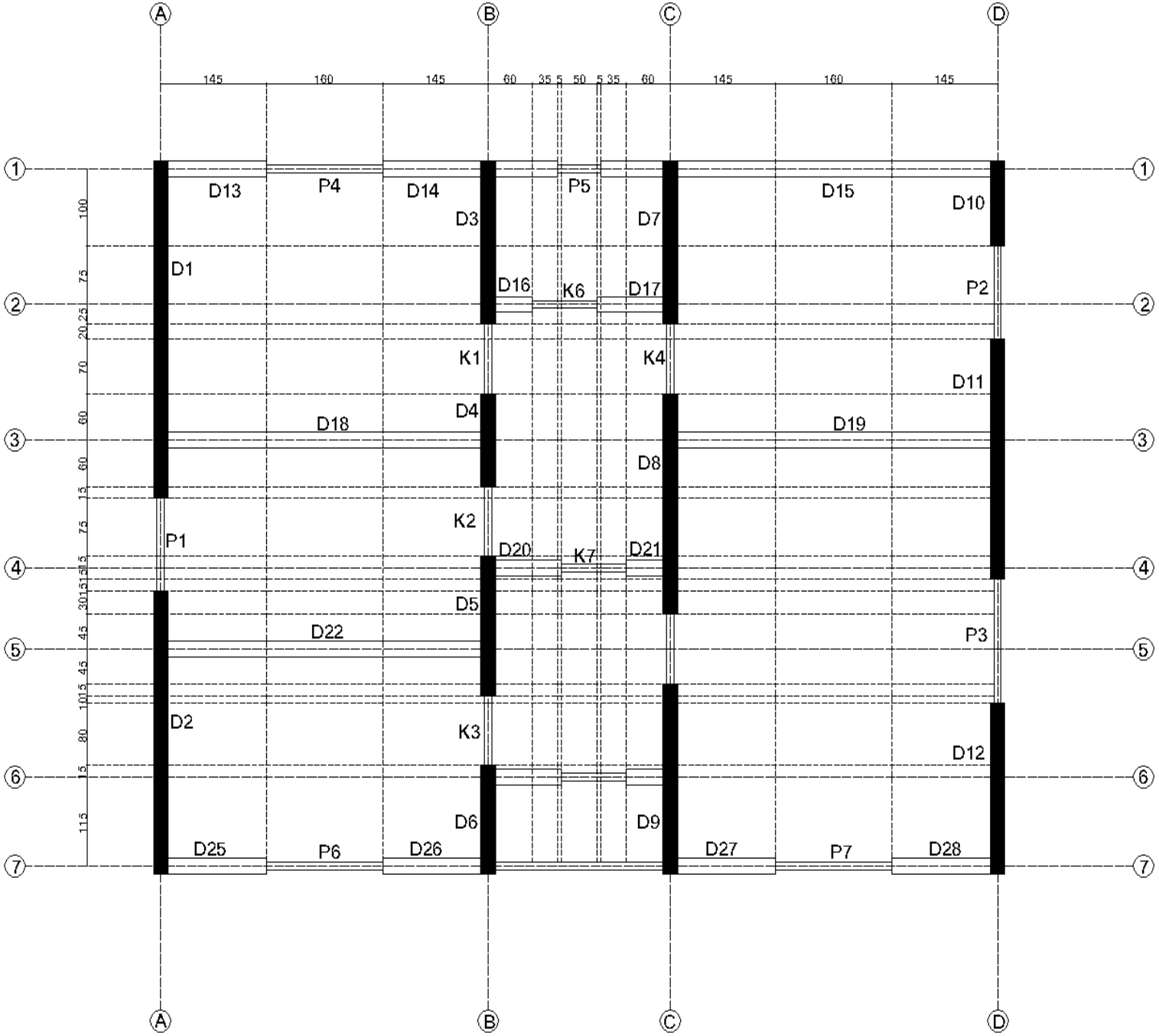
Şekil 3. X-Doğrultusunda Duvar Boylarının Kontrolü

x-doğrultusu:

Toplam taşıyıcı duvar uzunluğu = 35,20 m

Kat alanı = 11,70*9,20 = 107,64 m²

$35,20/107,64 = 0,327 > 0,20 * 1 = 0,20$ (sağlıyor)



Şekil 4. Y-Doğrultusunda Duvar Boylarının Kontrolü

y-doğrultusu:

Toplam taşıyıcı duvar uzunluğu = 28,30 m

Kat alanı = 11,70*9,20 = 107,64 m²

28,30/107,64 = 0,263 > 0,20*1 = 0,20 (sağlıyor)

2. Yönetmelikte yer alan boşluk şartlarının sağlanma durumu:

• Örnek yığma binada x-doğrultusunda desteklenmemiş duvar uzunluğu 4,5m y-doğrultusunda desteklenmemiş uzunluk ise 3,5m'dir. (Yönetmelik Madde 5.4.5.1: Herhangi bir taşıyıcı duvarın planda kendisine dik olarak saplanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan desteklenmemiş uzunluğu üçüncü derece deprem bölgelerinde en çok 7,5 m olacaktır).

Bu koşul hem x hem de y-doğrultusu için sağlanmıştır.

• Örnek yığma binada herhangi bir köşe ile duvardaki boşluk arasındaki minimum uzunluk, x-doğrultusu için 1,35m, y-doğrultusu için ise 0,9m'dir. (Yönetmelik Madde 5.4.6.1: Bina köşesine en yakın pencere veya kapı ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu üçüncü derece deprem bölgesinde 1m'den az olamaz).

Bu koşul x-doğrultusu için sağlanmışken, y doğrultusu için sağlanamamıştır.

• Örnek yığma binada herhangi iki boşluk arasındaki minimum uzunluk, x-doğrultusunda 2,45m, y-doğrultusunda ise 1,20m'dir. (Yönetmelik Madde 5.4.6.2: Bina köşeleri dışında pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu üçüncü derece deprem bölgelerinde 0,8m'den az olamaz).

Bu koşul hem x hem de y-doğrultusu için sağlanmıştır.

• Örnek yığma binada birbirini dik olarak kesen herhangi iki duvar ara kesitine en yakın boşluk ile duvar kesiti arasındaki minimum duvar uzunluğu x-doğrultusu için 0,5 m iken y-doğrultusu için 0,5 m'den daha küçük değerdedir. (Yönetmelik Madde 5.4.6.4: Bina köşeleri dışında, birbirini dik olarak kesen duvarların arakesitine en yakın pencere veya kapı boşluğu ile duvarların ara kesiti arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu, tüm deprem bölgelerinde 0,5 m'den daha az olamaz).

Bu koşul x-doğrultusu için sağlanmışken, y doğrultusu için sağlanamamıştır.

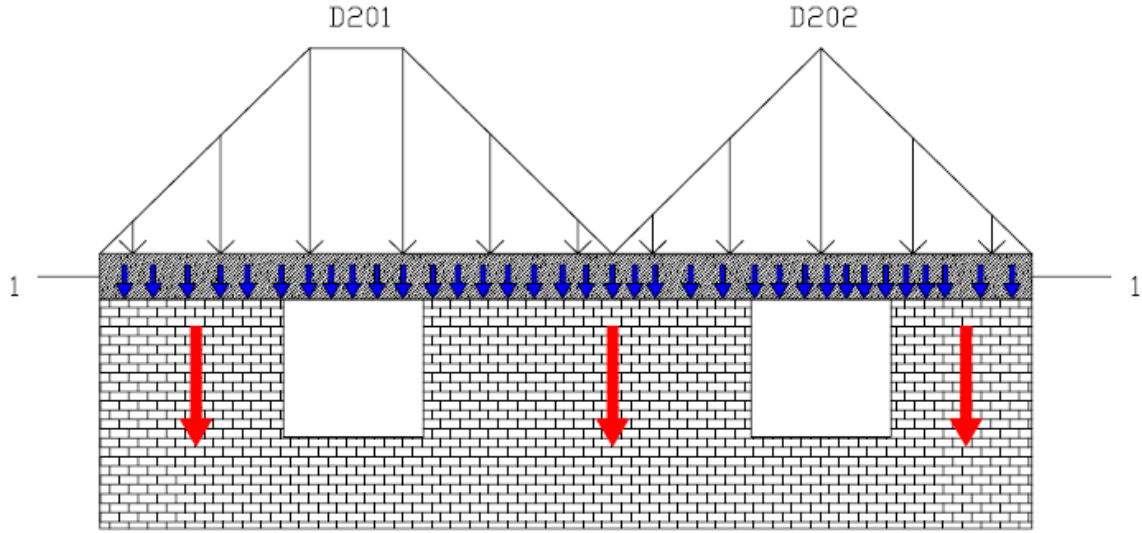
• Örnek yığma binada kapı veya pencere boşluklarının maksimum uzunluğu 1,60 m'dir. (Yönetmelik Madde 5.4.6.5: Her bir kapı ve pencere boşluğunun plandaki uzunluğu 3 m'den daha büyük olamaz).

Bu koşul hem x hem de y-doğrultusu için sağlanmıştır.

• Örnek yığma binanın desteklenmemiş herhangi bir duvarı boyunca boşluklarının toplam uzunluğu duvar uzunluğunun en fazla %55'i kadardır. (Yönetmelik Madde 5.4.6.6: Herhangi bir duvarın desteklenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı desteklenmemiş duvar uzunluğunun %40'ından fazla olmayacaktır).

Bu koşul sağlanamamıştır.

3. Bina Ağırlığı Hesabı



Şekil 5. Duvarlara etkiyen yüklerin gösterimi

Döşemeden duvarlara gelen yüklerin hesaplanabilmesi için ilk olarak döşeme kalınlıklarının belirlenmesi gerekir. Döşeme kalınlıkları TS500'de verilen formül ile hesaplanmıştır.

$$h_f = \frac{l_s}{15 + \left(\frac{20}{m}\right)} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right) \quad (1)$$

Tablo 1. Döşeme kalınlıkları

Döşeme Adı	Uzun Kenar (L ₁)	Kısa Kenar (L _s)	m=L ₁ /L _s	α _s	Döşeme Kalınlığı (h _f)	Seçilen Döşeme Kalınlığı
D1	450	350	1,29	0,40	10,31	12
D2	450	270	1,67	0,81	7,98	12
D3	450	280	1,61	0,50	8,93	12
D4	340	250	1,36	0,79	6,75	12
D5	270	250	1,08	1,00	5,59	12
D6	250	115	2,17	0,34	4,35	12
D7	450	350	1,29	0,40	10,31	12
D8	550	450	1,22	0,50	12,55	14
DD1	250	175	1,43	0,00	6,03	12

Güvenli tarafta kalmak için hesaplarda bulunan döşeme kalınlığından bir miktar fazla alınarak döşeme kalınlığı D8 döşemesi için 14 cm, diğer döşemeler için ise 12 cm olarak seçilmiştir.

3.1. Döşeme yükleri hesabı

D1-D2-D3-D4-D5-D6-D7 Döşemeleri:

1m ² Döşeme öz ağırlığı	: 0,12*25 = 3 KN/m ²
1m ² Döşeme tesviye harcı ağırlığı	: 0,03*23 = 0,69 KN/m ²
1m ² Döşeme sıvasının ağırlığı	: 0,02*20 = 0,40 KN/m ²
1m ² Döşeme kaplama ağırlığı	: 0,025*22 = 0,55 KN/m ²
G	: 4,64 KN/m ²
Q	: 2 KN/m ²
G+Q	: 6,64 KN/m ²

D8 Döşemesi:

1m ² Döşeme öz ağırlığı	: 0,14*25 = 3,5 KN/m ²
1m ² Döşeme tesviye harcı ağırlığı	: 0,03*23 = 0,69 KN/m ²
1m ² Döşeme sıvasının ağırlığı	: 0,02*20 = 0,40 KN/m ²
1m ² Döşeme kaplama ağırlığı	: 0,025*22 = 0,55 KN/m ²
G	: 5,14 KN/m ²
Q	: 2 KN/m ²
G+Q	: 7,14 KN/m ²

DD1 Döşemesi:

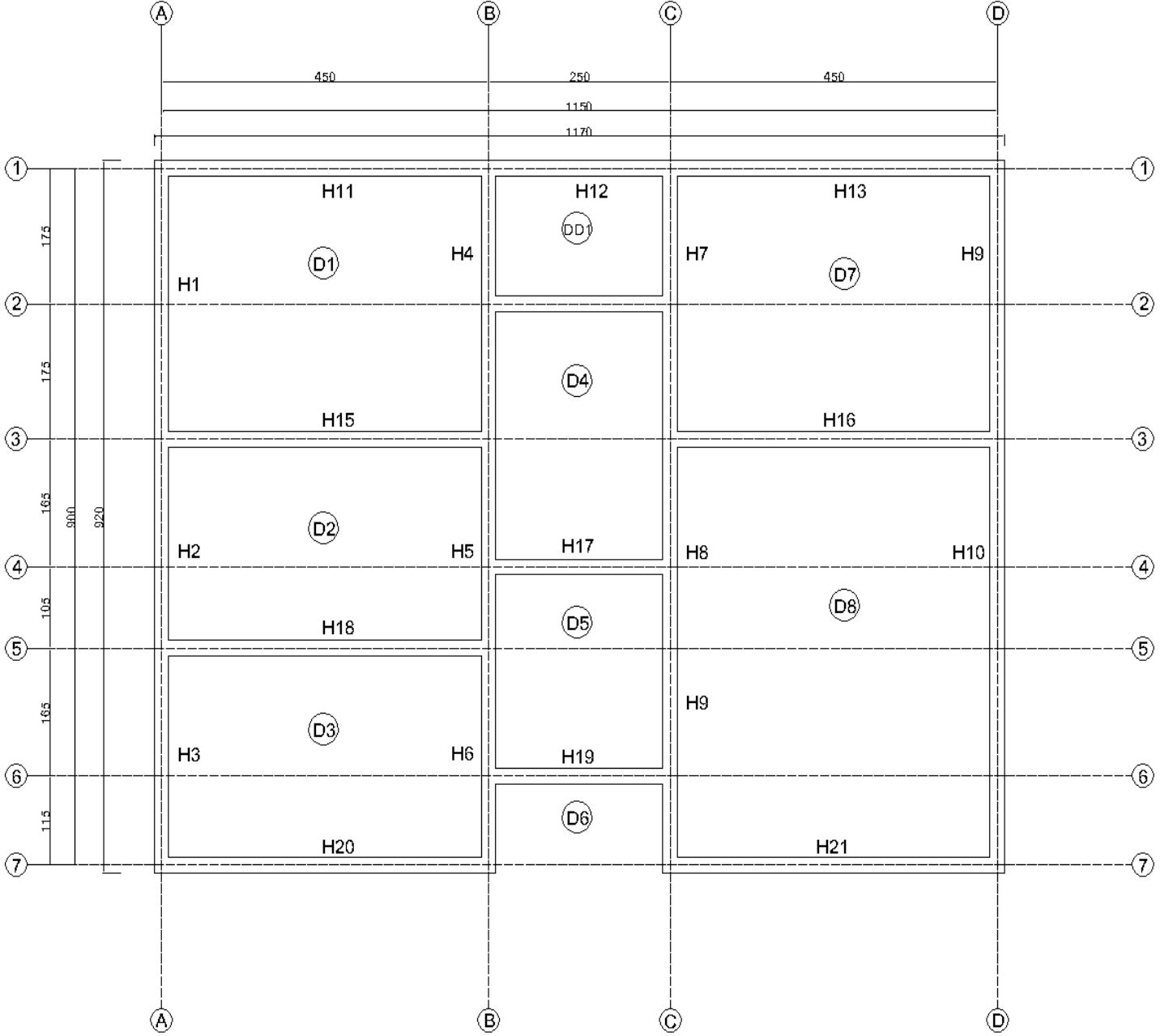
1m ² Döşeme öz ağırlığı	: 0,12*25 = 3 KN/m ²
1m ² Döşeme tesviye harcı ağırlığı	: 0,03*23 = 0,69 KN/m ²
1m ² Döşeme sıvasının ağırlığı	: 0,02*20 = 0,40 KN/m ²
1m ² Döşeme kaplama ağırlığı	: 0,025*22 = 0,55 KN/m ²
1m ² Döşeme DOLGU ağırlığı	: 0,28*12 = 3,36 KN/m ²
G	: 8 KN/m ²
Q	: 2 KN/m ²
G+Q	: 10 KN/m ²

3.2. Hatıl yükleri hesabı

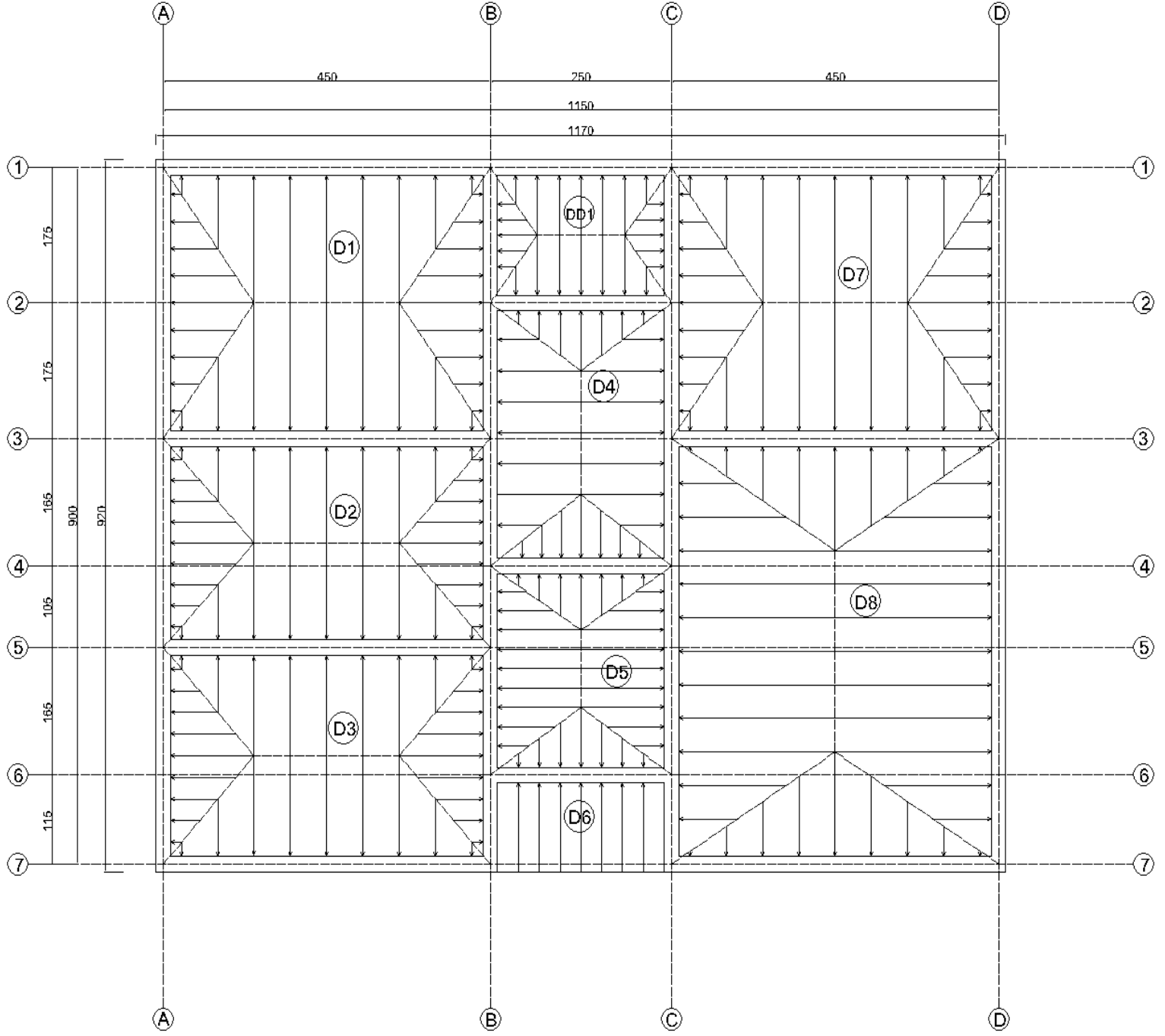
Hatılın duvara oturacak kısmının genişliği, duvar kalınlığına eşit olmak zorundadır. Hatıl yüksekliğinden döşeme kalınlığı çıkartılarak hatıldan duvarlara aktarılan yükler bulunacaktır.

Hatıl genişliği	: 20 cm
Hatıl yüksekliği	: (40-12) = 28 cm
1m Hatılın ağırlığı	: 0,20*0,28*25 = 1,4 KN/m

3.3. Döşemelerden hatıllara aktarılan yükler



Şekil 6. Planda hatılların düzeni ve boyutları



Şekil 7. Döşemeden hatıllara yük aktarımı

H1: H1 hatılına sadece D1 döşemesinden yük aktarılmaktadır.

$$D1 \rightarrow n=1/3, P_h=1/3*6,64*3,30 = \mathbf{7,304 \text{ KN/m}}$$

H5: H5 hatılına D2, D4 ve D5 döşemelerinden yük aktarılmaktadır.

$$D2 \rightarrow n=1/3, P_h=1/3*6,64*2,50 = 5,533 \text{ KN/m}$$

$$D4 \rightarrow n=(3*1,36^2-1)/(6*1,36^2)=0,41, P_h=0,41*6,64*2,3 = 6,262 \text{ KN/m}$$

$$D5 \rightarrow n=(3*1,08^2-1)/(6*1,08^2)=0,36, P_h=0,36*6,64*2,3 = 5,498 \text{ KN/m}$$

TOPLAM: 17,293 KN/m

3.4 Hatıllardan duvarlara aktarılan yükler

Döşeme ve hatıl yükleri (duvar uzunluğu) + (varsa pencere veya kapı açıklığının yarısı) ile çarpılarak duvara gelen toplam yükler hesaplanacaktır.

D1:

Duvarın uzunluğu : 4,35 m + (1,20/2) m = 4,95 m
Duvara gelen toplam yük : (7,304*3,60) + (5,533*1,35) + (1,4*4,95) = **40,69 KN**

D5:

Duvarın uzunluğu : 1,8 m + (0,90/2) m + (0,90/2) m = 2,70 m
Duvara gelen toplam yük : (17,293*1,65) + (11,253*1,05) + (1,4*2,7) = **44,13 KN**

3.5 Duvarların öz ağırlıkları

Duvarın birim hacim ağırlığı : 8 KN/m³
Duvar kalınlığı : 0,20 m
Duvar yüksekliği : (2,80-0,40) = 2,4 m
1m² duvarın ağırlığı : 0,20*8 = 1,6 KN/m²

D1 duvarının ağırlığı : 4,35*2,4*1,6 = **16,704 KN**
D5 duvarının ağırlığı : 1,80*2,4*1,6 = **6,912 KN**

Tablo 2. Zemin kat ve 1. kat y yönü toplam duvar ağırlıkları

Aks	Duvar Adı	Duvar Öz Ağırlığı (KN)	Hatıllardan Aktarılan Yük (KN)	Parapet Ağırlıkları (KN)	Toplam Yük (KN)
A	D1	16,70	40,69	0,58	57,97
	D2	14,02	30,11	0,58	44,70
B	D3	8,06	51,34	0,00	59,40
	D4	4,61	40,77	0,00	45,38
	D5	6,91	44,13	0,00	51,04
	D6	5,38	23,41	0,00	28,79
C	D7	8,06	51,34	0,00	59,40
	D8	10,94	86,75	0,00	97,70
	D9	9,41	72,89	0,00	82,30
D	D10	4,22	14,80	0,58	19,60
	D11	11,90	51,31	1,34	64,56
	D12	8,45	40,12	0,77	49,34
TOPLAM					660,70

Tablo 3. Zemin kat ve 1. kat x yönü toplam duvar ağırlıkları

Aks	Duvar Adı	Duvar Öz Ağırlığı (KN)	Hatılardan Aktarılan Yük (KN)	Parapet Ağırlıkları (KN)	Toplam Yük (KN)
1	D13	5,95	23,89	0,77	30,61
	D14	9,22	32,76	1,63	43,61
	D15	21,31	56,65	0,86	78,83
2	D16	2,69	14,95	0,00	17,64
	D17	4,22	20,15	0,00	24,37
3	D18	18,05	82,10	0,00	100,15
	D19	18,05	95,88	0,00	113,93
4	D20	4,22	17,95	0,00	22,17
	D21	2,69	13,32	0,00	16,01
5	D22	18,05	76,61	0,00	94,66
6	D23	4,22	19,84	0,00	24,06
	D24	2,69	14,72	0,00	17,41
7	D25	5,95	21,14	0,77	27,86
	D26	5,95	21,14	0,77	27,86
	D27	5,95	27,34	0,77	34,06
	D28	5,95	27,34	0,77	34,06
TOPLAM					707,29

4. Yığma duvar gerilmelerinin hesabı

4.1. Düşey gerilmelerin hesabı

Duvarlarda izin verilen basınç emniyet gerilmesi, duvarda kullanılan kâgir birimin basınç dayanımı belirli olmadığı veya duvar dayanım deneyi yapılmadığı için, **Yönetmelik Tablo 5.3**'den alınmıştır. Buna göre;

Gazbeton (tutkal ile) için duvar basınç emniyet gerilmesi: $f_{em}=0,6 \text{ MPa (600 KN/m}^2\text{)}$

Yönetmelikte öngörüldüğü şekilde duvar basınç emniyet gerilmesi, duvarın narinlik oranlarına göre azaltılacaktır (**Yönetmelik Madde 5.3.2.2, Tablo 5.4**).

Duvar narinlik oranı $h/t=2,80/0,20=14$ ve **Yönetmelik Tablo 5.4**'e göre azaltma katsayısı **0,78** olarak belirlenir. Böylece;

Duvar azaltılmış basınç emniyet gerilmesi: $f_{em}=0,78*0,6=0,468 \text{ MPa (468 KN/m}^2\text{)}$

Tablo 4. 1. kat duvarlarında oluşan basınç gerilmelerinin emniyet gerilmesiyle karşılaştırılması

Aks	Duvar Adı	Üst Kattan Gelen Yük (KN)	Duvar Uzunluğu (m)	Duvar Kalınlığı (m)	Duvar Öz Ağırlığı (KN)	Hatıllardan Aktarılan Yük (KN)	Parapet Ağırlıkları (KN)	Toplam Yük (KN)	Duvar Kesit Alanı (m ²)	Duvardaki Basınç Gerilmesi (KN/m ²)	Emniyet Gerilmesi (KN/m ²)	Sonuç
A	D1	-	4,35	0,20	16,70	40,69	0,58	57,97	0,87	66,64	468,00	SAĞLIYOR
	D2	-	3,65	0,20	14,02	30,11	0,58	44,70	0,73	61,23	468,00	SAĞLIYOR
B	D3	-	2,10	0,20	8,06	51,34	0,00	59,40	0,42	141,44	468,00	SAĞLIYOR
	D4	-	1,20	0,20	4,61	40,77	0,00	45,38	0,24	189,06	468,00	SAĞLIYOR
	D5	-	1,80	0,20	6,91	44,13	0,00	51,04	0,36	141,78	468,00	SAĞLIYOR
	D6	-	1,40	0,20	5,38	23,41	0,00	28,79	0,28	102,81	468,00	SAĞLIYOR
	D7	-	2,10	0,20	8,06	51,34	0,00	59,40	0,42	141,44	468,00	SAĞLIYOR
C	D8	-	2,85	0,20	10,94	86,75	0,00	97,70	0,57	171,39	468,00	SAĞLIYOR
	D9	-	2,45	0,20	9,41	72,89	0,00	82,30	0,49	167,96	468,00	SAĞLIYOR
	D10	-	1,10	0,20	4,22	14,80	0,58	19,60	0,22	89,09	468,00	SAĞLIYOR
D	D11	-	3,10	0,20	11,90	51,31	1,34	64,56	0,62	104,13	468,00	SAĞLIYOR
	D12	-	2,20	0,20	8,45	40,12	0,77	49,34	0,44	112,13	468,00	SAĞLIYOR
1	D13	-	1,55	0,20	5,95	23,89	0,77	30,61	0,31	98,74	468,00	SAĞLIYOR
	D14	-	2,40	0,20	9,22	32,76	1,63	43,61	0,48	90,85	468,00	SAĞLIYOR
	D15	-	5,55	0,20	21,31	56,65	0,86	78,83	1,11	71,01	468,00	SAĞLIYOR
2	D16	-	0,70	0,20	2,69	14,95	0,00	17,64	0,14	125,99	468,00	SAĞLIYOR
	D17	-	1,10	0,20	4,22	20,15	0,00	24,37	0,22	110,79	468,00	SAĞLIYOR
3	D18	-	4,70	0,20	18,05	82,10	0,00	100,15	0,94	106,54	468,00	SAĞLIYOR
	D19	-	4,70	0,20	18,05	95,88	0,00	113,93	0,94	121,20	468,00	SAĞLIYOR
4	D20	-	1,10	0,20	4,22	17,95	0,00	22,17	0,22	100,79	468,00	SAĞLIYOR
	D21	-	0,70	0,20	2,69	13,32	0,00	16,01	0,14	114,34	468,00	SAĞLIYOR
5	D22	-	4,70	0,20	18,05	76,61	0,00	94,66	0,94	100,70	468,00	SAĞLIYOR
6	D23	-	1,10	0,20	4,22	19,84	0,00	24,06	0,22	109,38	468,00	SAĞLIYOR
	D24	-	0,70	0,20	2,69	14,72	0,00	17,41	0,14	124,34	468,00	SAĞLIYOR
7	D25	-	1,55	0,20	5,95	21,14	0,77	27,86	0,31	89,88	468,00	SAĞLIYOR
	D26	-	1,55	0,20	5,95	21,14	0,77	27,86	0,31	89,88	468,00	SAĞLIYOR
	D27	-	1,55	0,20	5,95	27,34	0,77	34,06	0,31	109,88	468,00	SAĞLIYOR
	D28	-	1,55	0,20	5,95	27,34	0,77	34,06	0,31	109,88	468,00	SAĞLIYOR

Tablo 5. Z. kat duvarlarında oluşan basınç gerilmelerinin emniyet gerilmesiyle karşılaştırılması

Aks	Duvar Adı	Üst Kattan Gelen Yük (KN)	Duvar Uzunluğu (m)	Duvar Kalınlığı (m)	Duvar Öz Ağırlığı (KN)	Hatıllardan Aktarılan Yük (KN)	Parapet Ağırlıkları (KN)	Toplam Yük (KN)	Duvar Kesit Alanı (m ²)	Duvardaki Basınç Gerilmesi (KN/m ²)	Emniyet Gerilmesi (KN/m ²)	Sonuç
A	D1	57,97	4,35	0,20	16,70	40,69	0,58	115,95	0,87	133,27	468,00	SAĞLIYOR
	D2	44,70	3,65	0,20	14,02	30,11	0,58	89,40	0,73	122,47	468,00	SAĞLIYOR
B	D3	59,40	2,10	0,20	8,06	51,34	0,00	118,81	0,42	282,87	468,00	SAĞLIYOR
	D4	45,38	1,20	0,20	4,61	40,77	0,00	90,75	0,24	378,13	468,00	SAĞLIYOR
	D5	51,04	1,80	0,20	6,91	44,13	0,00	102,08	0,36	283,57	468,00	SAĞLIYOR
	D6	28,79	1,40	0,20	5,38	23,41	0,00	57,57	0,28	205,61	468,00	SAĞLIYOR
C	D7	59,40	2,10	0,20	8,06	51,34	0,00	118,81	0,42	282,88	468,00	SAĞLIYOR
	D8	97,70	2,85	0,20	10,94	86,75	0,00	195,39	0,57	342,79	468,00	SAĞLIYOR
	D9	82,30	2,45	0,20	9,41	72,89	0,00	164,60	0,49	335,91	468,00	SAĞLIYOR
D	D10	19,60	1,10	0,20	4,22	14,80	0,58	39,20	0,22	178,18	468,00	SAĞLIYOR
	D11	64,56	3,10	0,20	11,90	51,31	1,34	129,12	0,62	208,25	468,00	SAĞLIYOR
	D12	49,34	2,20	0,20	8,45	40,12	0,77	98,68	0,44	224,26	468,00	SAĞLIYOR
1	D13	30,61	1,55	0,20	5,95	23,89	0,77	61,22	0,31	197,48	468,00	SAĞLIYOR
	D14	43,61	2,40	0,20	9,22	32,76	1,63	87,22	0,48	181,70	468,00	SAĞLIYOR
	D15	78,83	5,55	0,20	21,31	56,65	0,86	157,65	1,11	142,03	468,00	SAĞLIYOR
2	D16	17,64	0,70	0,20	2,69	14,95	0,00	35,28	0,14	251,97	468,00	SAĞLIYOR
	D17	24,37	1,10	0,20	4,22	20,15	0,00	48,75	0,22	221,58	468,00	SAĞLIYOR
3	D18	100,15	4,70	0,20	18,05	82,10	0,00	200,30	0,94	213,08	468,00	SAĞLIYOR
	D19	113,93	4,70	0,20	18,05	95,88	0,00	227,86	0,94	242,40	468,00	SAĞLIYOR
4	D20	22,17	1,10	0,20	4,22	17,95	0,00	44,35	0,22	201,58	468,00	SAĞLIYOR
	D21	16,01	0,70	0,20	2,69	13,32	0,00	32,02	0,14	228,69	468,00	SAĞLIYOR
5	D22	94,66	4,70	0,20	18,05	76,61	0,00	189,32	0,94	201,40	468,00	SAĞLIYOR
6	D23	24,06	1,10	0,20	4,22	19,84	0,00	48,13	0,22	218,76	468,00	SAĞLIYOR
	D24	17,41	0,70	0,20	2,69	14,72	0,00	34,82	0,14	248,69	468,00	SAĞLIYOR
7	D25	27,86	1,55	0,20	5,95	21,14	0,77	55,72	0,31	179,75	468,00	SAĞLIYOR
	D26	27,86	1,55	0,20	5,95	21,14	0,77	55,72	0,31	179,75	468,00	SAĞLIYOR
	D27	34,06	1,55	0,20	5,95	27,34	0,77	68,12	0,31	219,75	468,00	SAĞLIYOR
	D28	34,06	1,55	0,20	5,95	27,34	0,77	68,12	0,31	219,75	468,00	SAĞLIYOR

4.2. Kayma gerilmelerinin hesabı

Tablo 6. Binanın kütle merkezi hesabı

Aks	Duvar Adı	x (m)	y (m)	Duvar Ağırlığı (W-KN)	x*W	y*W
A	D1	0,10	7,03	57,39	5,74	403,45
	D2	0,10	1,83	44,13	4,41	80,54
B	D3	4,60	8,15	59,40	273,24	484,11
	D4	4,60	5,60	45,38	208,75	254,13
	D5	4,60	3,20	51,04	234,78	163,33
	D6	4,60	0,70	28,79	132,43	20,15
C	D7	7,10	8,15	59,40	421,74	484,11
	D8	7,10	4,78	97,69	693,60	466,47
	D9	7,10	1,23	82,30	584,33	100,82
D	D10	11,60	8,65	19,02	220,63	164,52
	D11	11,60	5,35	63,21	733,24	338,17
	D12	11,60	1,10	48,57	563,41	53,43
1	D13	0,78	9,10	29,84	23,13	271,54
	D14	4,35	9,10	41,98	182,61	382,02
	D15	8,93	9,10	77,96	695,79	709,44
2	D16	4,85	7,35	17,64	85,55	129,65
	D17	6,65	7,35	24,37	162,06	179,12
3	D18	2,35	5,60	100,15	235,35	560,84
	D19	9,35	5,60	113,93	1065,25	638,01
4	D20	5,05	3,95	22,17	111,96	87,57
	D21	6,85	3,95	16,01	109,67	63,24
5	D22	2,35	2,90	94,66	222,45	274,51
6	D23	5,05	1,25	24,06	121,50	30,08
	D24	6,85	1,25	17,41	119,26	21,76
7	D25	0,78	0,10	27,09	20,99	2,71
	D26	3,93	0,10	27,09	106,33	2,71
	D27	7,78	0,10	33,29	258,83	3,33
	D28	10,93	0,10	33,29	363,69	3,33
TOPLAM				1357,26	7960,74	6373,09

$$x_G = \frac{\sum_{i=1}^n W_i x_i}{\sum_{i=1}^n W_i} = \frac{7960,74}{1357,26} = 5,87\text{m}$$

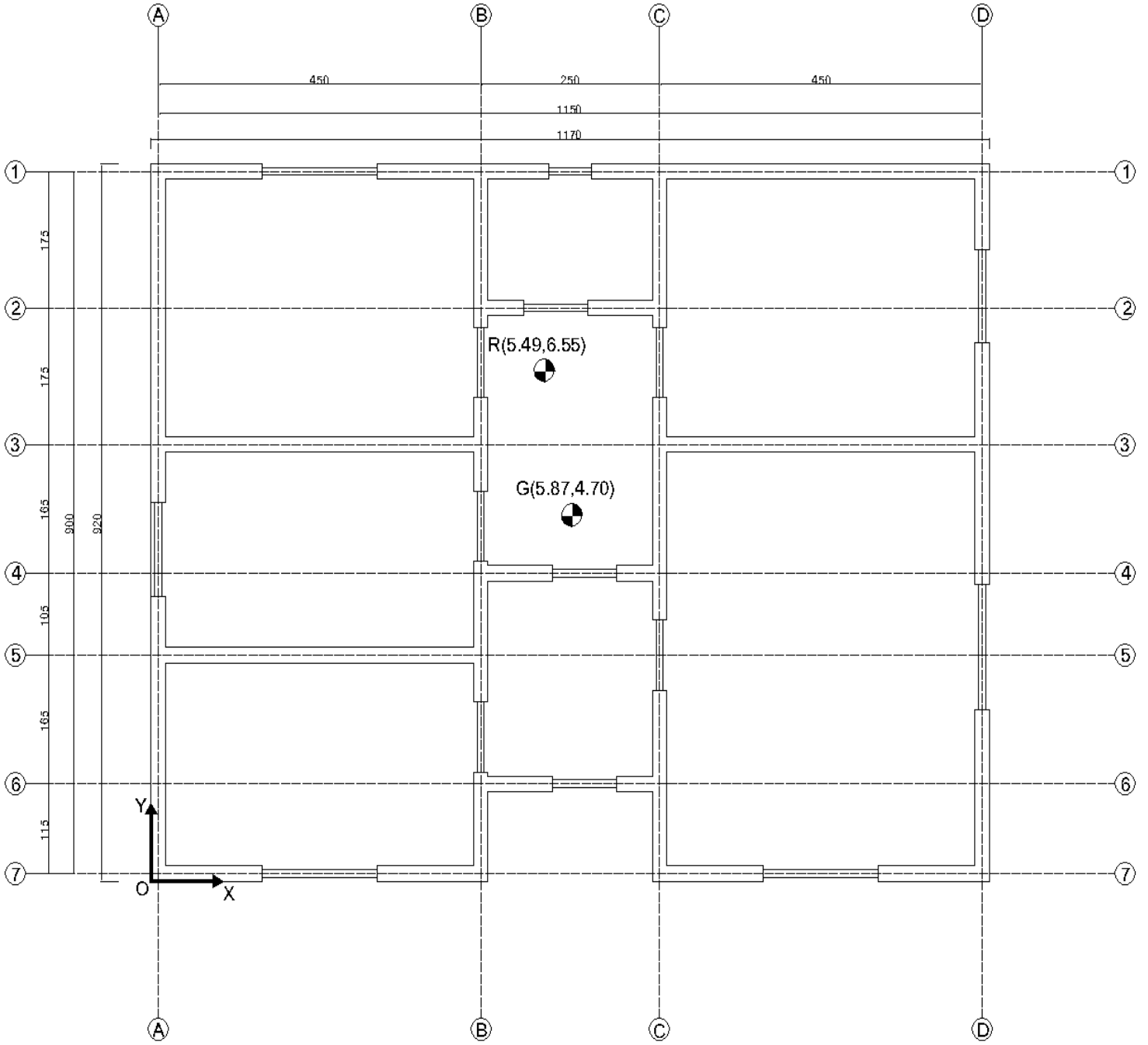
$$y_G = \frac{\sum_{i=1}^n W_i y_i}{\sum_{i=1}^n W_i} = \frac{6373,09}{1357,26} = 4,70\text{m}$$

Tablo 7. Binanın rijitlik merkezi hesabı

Aks	Duvar Adı	x (m)	y (m)	L _u (m)	L _k (m)	A (m ²)	h (m)	k	k _x (m)	k _y (m)	xk _y (m ²)	yk _x (m ²)	x _G	y _G	\bar{x} (m)	\bar{y} (m)	$\bar{x}^2 k_y$ (m ³)	$\bar{y}^2 k_x$ (m ³)
A	D1	0,10	7,03	4,35	0,20	0,87	1,80	1,00	0,00	0,48	0,05	0,00	5,87	4,70	-5,77	2,33	16,09	0,00
	D2	0,10	1,83	3,65	0,20	0,73	1,80	1,00	0,00	0,41	0,04	0,00	5,87	4,70	-5,77	-2,88	13,50	0,00
B	D3	4,60	8,15	2,10	0,20	0,42	2,80	1,00	0,00	0,15	0,69	0,00	5,87	4,70	-1,27	3,45	0,24	0,00
	D4	4,60	5,60	1,20	0,20	0,24	2,80	1,00	0,00	0,09	0,39	0,00	5,87	4,70	-1,27	0,90	0,14	0,00
	D5	4,60	3,20	1,80	0,20	0,36	2,80	1,00	0,00	0,13	0,59	0,00	5,87	4,70	-1,27	-1,50	0,21	0,00
	D6	4,60	0,70	1,40	0,20	0,28	2,80	1,00	0,00	0,10	0,46	0,00	5,87	4,70	-1,27	-4,00	0,16	0,00
C	D7	7,10	8,15	2,10	0,20	0,42	2,80	1,00	0,00	0,15	1,07	0,00	5,87	4,70	1,23	3,45	0,23	0,00
	D8	7,10	4,78	2,85	0,20	0,57	2,80	1,00	0,00	0,20	1,45	0,00	5,87	4,70	1,23	0,08	0,31	0,00
	D9	7,10	1,23	2,45	0,20	0,49	2,80	1,00	0,00	0,18	1,24	0,00	5,87	4,70	1,23	-3,48	0,26	0,00
D	D10	11,60	8,65	1,10	0,20	0,22	1,80	1,00	0,00	0,12	1,42	0,00	5,87	4,70	5,73	3,95	4,01	0,00
	D11	11,60	5,35	3,10	0,20	0,62	1,80	1,00	0,00	0,34	4,00	0,00	5,87	4,70	5,73	0,65	11,31	0,00
	D12	11,60	1,10	2,20	0,20	0,44	1,80	1,00	0,00	0,24	2,84	0,00	5,87	4,70	5,73	-3,60	8,03	0,00
1	D13	0,78	9,10	1,55	0,20	0,31	1,80	1,00	0,17	0,00	0,00	1,57	5,87	4,70	-5,10	4,40	0,00	3,33
	D14	4,35	9,10	2,40	0,20	0,48	0,60	1,00	0,80	0,00	0,00	7,28	5,87	4,70	-1,52	4,40	0,00	15,49
	D15	8,93	9,10	5,55	0,20	1,11	0,60	1,00	1,85	0,00	0,00	16,84	5,87	4,70	3,06	4,40	0,00	35,82
2	D16	4,85	7,35	0,70	0,20	0,14	2,80	1,00	0,05	0,00	0,00	0,37	5,87	4,70	-1,02	2,65	0,00	0,35
	D17	6,65	7,35	1,10	0,20	0,22	2,80	1,00	0,08	0,00	0,00	0,58	5,87	4,70	0,78	2,65	0,00	0,55
3	D18	2,35	5,60	4,70	0,20	0,94	2,80	1,00	0,34	0,00	0,00	1,88	5,87	4,70	-3,52	0,90	0,00	0,27
	D19	9,35	5,60	4,70	0,20	0,94	2,80	1,00	0,34	0,00	0,00	1,88	5,87	4,70	3,48	0,90	0,00	0,27
4	D20	5,05	3,95	1,10	0,20	0,22	2,80	1,00	0,08	0,00	0,00	0,31	5,87	4,70	-0,82	-0,75	0,00	0,04
	D21	6,85	3,95	0,70	0,20	0,14	2,80	1,00	0,05	0,00	0,00	0,20	5,87	4,70	0,98	-0,75	0,00	0,03
5	D22	2,35	2,90	4,70	0,20	0,94	2,80	1,00	0,34	0,00	0,00	0,97	5,87	4,70	-3,52	-1,80	0,00	1,09
6	D23	5,05	1,25	1,10	0,20	0,22	2,80	1,00	0,08	0,00	0,00	0,10	5,87	4,70	-0,82	-3,45	0,00	0,94
	D24	6,85	1,25	0,70	0,20	0,14	2,80	1,00	0,05	0,00	0,00	0,06	5,87	4,70	0,98	-3,45	0,00	0,60
7	D25	0,78	0,10	1,55	0,20	0,31	1,80	1,00	0,17	0,00	0,00	0,02	5,87	4,70	-5,10	-4,60	0,00	3,64
	D26	3,93	0,10	1,55	0,20	0,31	1,80	1,00	0,17	0,00	0,00	0,02	5,87	4,70	-1,95	-4,60	0,00	3,64
	D27	7,78	0,10	1,55	0,20	0,31	1,80	1,00	0,17	0,00	0,00	0,02	5,87	4,70	1,91	-4,60	0,00	3,64
	D28	10,93	0,10	1,55	0,20	0,31	1,80	1,00	0,17	0,00	0,00	0,02	5,87	4,70	5,06	-4,60	0,00	3,64
						12,70			4,90	2,59	14,23	32,10					54,49	73,35

$$X_R = \frac{\sum_{i=1}^n x_i k_{y_i}}{\sum_{i=1}^n k_{y_i}} = \frac{14,23}{2,59} = 5,49\text{m}$$

$$y_R = \frac{\sum_{i=1}^n y_i k_{x_i}}{\sum_{i=1}^n k_{x_i}} = \frac{32,10}{4,90} = 6,55\text{m}$$



Şekil 8. Binanın kütle ve rijitlik merkezleri

Yığma binanın her iki eksene göre atalet momentlerini hesaplamadan önce referans eksenleri O noktasından G noktasına taşınmıştır. Buna göre herhangi bir duvar elemanının

kendi geometrik merkezinden yeni referans eksenlerine olan uzaklığı aşağıdaki ifadeler kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\bar{x}_i = x_i - x_G \quad \bar{y}_i = y_i - y_G$$

Binanın kütle ve rijitlik merkezi arasındaki koordinat farkı:

$$x_{CG} = x_C - x_G = 5,49 - 5,87 = -0,38 \text{ m}$$

$$y_{CG} = y_C - y_G = 6,55 - 4,70 = 1,85 \text{ m}$$

$$I_x = \sum_i \left(\bar{y}_i^2 k_{xi} \right) + y_{CG}^2 \sum_i k_{xi} = 73,35 + (1,85)^2 (4,90) = 90,12 \text{ m}^3$$

$$I_y = \sum_i \left(\bar{x}_i^2 k_{xi} \right) + x_{CG}^2 \sum_i k_{yi} = 54,49 + (-0,38)^2 (2,59) = 54,86 \text{ m}^3$$

Şeklinde bulunur. Binanın düşey eksenine göre burulma rijitliği J, plandaki iki eksene göre olan $I_x = 90,12 \text{ m}^3$ ve $I_y = 54,86 \text{ m}^3$ atalet momentlerinin toplamıdır.

$$J = I_x + I_y = 90,12 + 54,86 = 114,98 \text{ m}^3$$

4.3. Depremden dolayı katlara gelen kuvvetler

Deprem bölgesi	: 3. Derece
Etkin yer ivme katsayısı (A_0)	: 0,2
Bina önem katsayısı (I)	: 1
Spektrum katsayısı ($S(T_1)$)	: 2,5
Deprem yükü azaltma katsayısı ($R_a(T_1)$)	: 2

Tablo 8. Bina toplam ağırlığı

Katlar	X yönü ağırlığı (KN)	Y yönü ağırlığı (KN)	(X+Y)	Bina ağırlığı (KN)
Z. Kat	707,29	660,17	1367,46	2734,92
1. Kat	707,29	660,17	1367,46	

$$V(t) = \frac{S(T_1) I A_0}{R_a(T_1)} W \quad (2)$$

$$= \frac{2,5 * 1 * 0,20 * 2734,92}{2} = 683,73 \text{ KN}$$

Katlara gelen kesme kuvveti:

$$V_i = \frac{(W_i * h_i)}{\sum (W_i * h_i)} V_t$$

W_i : katın ağırlığı, h_i : kat yüksekliği

Z. kat için → $W \cdot h$

1. kat için → $W \cdot 2h$

$W \cdot 3h$

$$V_{zt} = \frac{Wh}{3Wh} V_t = 683,73/3 = 227,91 \text{ KN}$$

$$V_{1t} = \frac{2Wh}{3Wh} V_t = (2 \cdot 683,73)/3 = 455,82 \text{ KN}$$

1. Kata gelen toplam kesme kuvveti: 455,82 KN, Z. Kata gelen toplam kesme kuvveti ise 683,73 KN'dur.

Deprem Y-Y yönünde etkimesi durumunda A-A aksı 1. Kat D1 duvarında deprem kuvvetinden dolayı oluşacak kesme kuvvetini bulalım:

1. Kata gelen toplam kesme kuvveti : 455,82 KN

D1 duvarının rijitliği : 0,48 m

Y yönü toplam duvar rijitliği : 2,59 m

D1 duvarına gelen kesme kuvveti : $455,82 \cdot (0,48/2,59) = 84,48 \text{ KN}$

4.4. Burulma momentlerinin belirlenmesi

Hesap eksantrisitesi (e) → $x_{CG} = 0,38 \text{ m}$, $y_{CG} = 1,85 \text{ m}$ 'dir.

$$M_b = V_t \cdot e$$

Tablo 9. Yanal yük altında katlarda oluşacak burulma momentleri

Kat	Deprem Yüğü (KN)	x_{CG} (m)	y_{CG} (m)	M_{bx} (KNm)	M_{by} (KNm)
1. Kat	455,82	0,38	1,85	843,27	173,21
Z. Kat	683,73	0,38	1,85	1264,90	259,82

Burulma momentlerinden dolayı oluşacak kesme kuvvetleri aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır:

$$V_{xi} = \frac{M_{bx}}{J} k_{xi} (y_i - y_c) \quad V_{yi} = \frac{M_{by}}{J} k_{yi} (x_i - x_c)$$

Deprem Y-Y yönünde etkimesi durumunda A-A aksı 1. Kat D1 duvarında burulmadan dolayı oluşacak kesme kuvvetini bulalım:

1. Kata gelen burulma momenti (M_{by}) : 173,21 KNm

D1 duvarının rijitliği : 0,48 m

D1 duvarının rijitlik merkezine dik uzaklığı ($x_i - x_c$) : $0,1 - 5,49 = -5,39 \text{ m}$

Binanın burulma rijitliği (J) : 144,98 m³

D1 duvarına gelen kesme kuvveti : $173,21 \cdot 0,48 \cdot 5,39 / 144,98 = 3,10 \text{ KN}$

Tablo 10. 1. kat duvarlarında oluşan kayma gerilmelerinin emniyet gerilmesiyle karşılaştırılması

Aks	Duvar Adı	A (m ²)	Depremden Gelen Kesme Kuvveti (KN)	Burulmadan Gelen Kesme Kuvveti (KN)	Toplam Kesme Kuvveti (KN)	τ_0 (KN/m ²)	μ	Duvardaki Basınç Gerilmesi (σ)	τ_{em} (KN/m ²)	Duvardaki Kayma Gerilmesi (τ)	Sonuç
A	D1	0,87	84,97	3,11	88,08	150,00	0,50	66,64	183,32	101,24	SAĞLIYOR
	D2	0,73	71,30	2,61	73,91	150,00	0,50	61,23	180,62	101,25	SAĞLIYOR
B	D3	0,42	26,37	0,16	26,53	150,00	0,50	141,44	220,72	63,17	SAĞLIYOR
	D4	0,24	15,07	0,09	15,16	150,00	0,50	189,06	244,53	63,17	SAĞLIYOR
	D5	0,36	22,60	0,14	22,74	150,00	0,50	141,78	220,89	63,17	SAĞLIYOR
	D6	0,28	17,58	0,11	17,69	150,00	0,50	102,81	201,41	63,18	SAĞLIYOR
C	D7	0,42	26,37	0,29	26,66	150,00	0,50	141,44	220,72	63,48	SAĞLIYOR
	D8	0,57	35,79	0,39	36,18	150,00	0,50	171,39	235,70	63,47	SAĞLIYOR
	D9	0,49	30,76	0,34	31,10	150,00	0,50	167,96	233,98	63,47	SAĞLIYOR
D	D10	0,22	21,49	0,89	22,38	150,00	0,50	89,09	194,55	101,73	SAĞLIYOR
	D11	0,62	60,55	2,51	63,06	150,00	0,50	104,13	202,07	101,71	SAĞLIYOR
	D12	0,44	42,97	1,78	44,75	150,00	0,50	112,13	206,07	101,70	SAĞLIYOR
1	D13	0,31	16,01	2,55	18,56	150,00	0,50	98,74	199,37	59,87	SAĞLIYOR
	D14	0,48	74,36	11,87	86,23	150,00	0,50	90,85	195,43	179,65	SAĞLIYOR
	D15	1,11	171,96	27,44	199,40	150,00	0,50	71,01	185,51	179,64	SAĞLIYOR
2	D16	0,14	4,65	0,23	4,88	150,00	0,50	125,99	213,00	34,86	SAĞLIYOR
	D17	0,22	7,30	0,37	7,67	150,00	0,50	110,79	205,40	34,86	SAĞLIYOR
3	D18	0,94	31,20	1,86	33,06	150,00	0,50	106,54	203,27	35,17	SAĞLIYOR
	D19	0,94	31,20	1,86	33,06	150,00	0,50	121,20	210,60	35,17	SAĞLIYOR
4	D20	0,22	7,30	1,19	8,49	150,00	0,50	100,79	200,40	38,59	SAĞLIYOR
	D21	0,14	4,65	0,76	5,41	150,00	0,50	114,34	207,17	38,64	SAĞLIYOR
5	D22	0,94	31,20	7,13	38,33	150,00	0,50	100,70	200,35	40,78	SAĞLIYOR
6	D23	0,22	7,30	2,42	9,72	150,00	0,50	109,38	204,69	44,18	SAĞLIYOR
	D24	0,14	4,65	1,54	6,19	150,00	0,50	124,34	212,17	44,21	SAĞLIYOR
7	D25	0,31	16,01	6,46	22,47	150,00	0,50	89,88	194,94	72,48	SAĞLIYOR
	D26	0,31	16,01	6,46	22,47	150,00	0,50	89,88	194,94	72,48	SAĞLIYOR
	D27	0,31	16,01	6,46	22,47	150,00	0,50	109,88	204,94	72,48	SAĞLIYOR
	D28	0,31	16,01	6,46	22,47	150,00	0,50	109,88	204,94	72,48	SAĞLIYOR

Tablo 11. Z. kat duvarlarında oluşan kayma gerilmelerinin emniyet gerilmesiyle karşılaştırılması

Aks	Duvar Adı	A (m ²)	Depremden Gelen Kesme Kuvveti (KN)	Burulmadan Gelen Kesme Kuvveti (KN)	Toplam Kesme Kuvveti (KN)	τ_0 (KN/m ²)	μ	Duvardaki Basınç Gerilmesi (σ)	τ_{em} (KN/m ²)	Duvardaki Kayma Gerilmesi (τ)	Sonuç
A	D1	0,87	127,45	4,67	132,12	150,00	0,50	133,27	216,64	151,86	SAĞLIYOR
	D2	0,73	106,94	3,92	110,86	150,00	0,50	122,47	211,24	151,86	SAĞLIYOR
B	D3	0,42	39,55	0,24	39,79	150,00	0,50	282,87	291,44	94,74	SAĞLIYOR
	D4	0,24	22,60	0,14	22,74	150,00	0,50	378,13	339,07	94,75	SAĞLIYOR
	D5	0,36	33,90	0,21	34,11	150,00	0,50	283,57	291,79	94,75	SAĞLIYOR
	D6	0,28	26,37	0,16	26,53	150,00	0,50	205,61	252,81	94,75	SAĞLIYOR
C	D7	0,42	39,55	0,43	39,98	150,00	0,50	282,88	291,44	95,19	SAĞLIYOR
	D8	0,57	53,68	0,59	54,27	150,00	0,50	342,79	321,40	95,21	SAĞLIYOR
	D9	0,49	46,15	0,50	46,65	150,00	0,50	335,91	317,96	95,20	SAĞLIYOR
D	D10	0,22	32,23	1,34	33,57	150,00	0,50	178,18	239,09	152,59	SAĞLIYOR
	D11	0,62	90,83	3,77	94,60	150,00	0,50	208,25	254,13	152,58	SAĞLIYOR
	D12	0,44	64,46	2,68	67,14	150,00	0,50	224,26	262,13	152,59	SAĞLIYOR
1	D13	0,31	24,01	3,83	27,84	150,00	0,50	197,48	248,74	89,81	SAĞLIYOR
	D14	0,48	111,54	17,80	129,34	150,00	0,50	181,70	240,85	269,46	SAĞLAMİYOR
	D15	1,11	257,93	41,16	299,09	150,00	0,50	142,03	221,02	269,45	SAĞLAMİYOR
2	D16	0,14	6,97	0,35	7,32	150,00	0,50	251,97	275,99	52,29	SAĞLIYOR
	D17	0,22	10,95	0,55	11,50	150,00	0,50	221,58	260,79	52,27	SAĞLIYOR
3	D18	0,94	46,81	2,78	49,59	150,00	0,50	213,08	256,54	52,76	SAĞLIYOR
	D19	0,94	46,81	2,78	49,59	150,00	0,50	242,40	271,20	52,76	SAĞLIYOR
4	D20	0,22	10,95	1,78	12,73	150,00	0,50	201,58	250,79	57,86	SAĞLIYOR
	D21	0,14	6,97	1,13	8,10	150,00	0,50	228,69	264,35	57,86	SAĞLIYOR
5	D22	0,94	46,81	10,69	57,50	150,00	0,50	201,40	250,70	61,17	SAĞLIYOR
6	D23	0,22	10,95	3,63	14,58	150,00	0,50	218,76	259,38	66,27	SAĞLIYOR
	D24	0,14	6,97	2,31	9,28	150,00	0,50	248,69	274,35	66,29	SAĞLIYOR
7	D25	0,31	24,01	9,69	33,70	150,00	0,50	179,75	239,88	108,71	SAĞLIYOR
	D26	0,31	24,01	9,69	33,70	150,00	0,50	179,75	239,88	108,71	SAĞLIYOR
	D27	0,31	24,01	9,69	33,70	150,00	0,50	219,75	259,88	108,71	SAĞLIYOR
	D28	0,31	24,01	9,69	33,70	150,00	0,50	219,75	259,88	108,71	SAĞLIYOR

Sonuçlar

- Burulma momentlerinden binaya gelen kesme kuvvetleri, deprem kuvvetlerinden gelenlere göre çok daha küçüktür. Yığma duvarların planda düzgün yayılı olması düşey ve yatay yüklerin dengeli bir şekilde dağılmasını sağlamaktadır.
- Yapılan hesaplar sonucunda mevcut yığma binanın gerek geometrik ve boyut kurallarını gerekse de mukavemet kurallarını büyük ölçüde sağladığı görülmüştür.
- D14 ve D15 duvarları kayma gerilmelerini karşılama açısından yetersiz kalmışlardır. Bu duvarların hasır beton çelik tabakası ile güçlendirilmesiyle kayma emniyetleri artırılabilir.