

Japon Sismik Bina Şartnamesi Işığında DBYBHY-2007'nin Değerlendirilmesi

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Türkmen
Süleyman Demirel Üniversitesi
mustafaturkmen@sdu.edu.tr

Osman Kelle
İnşaat Yüksek Mühendisi
osmankelle@gmail.com

1. Giriş

Bu çalışmada "DBYBHY-2007" yönetmeliğinde yer almayan fakat, Japon Sismik Bina Yönetmeliğinin temel esaslarından olan;

- Beton kalitesinden bağımsız minimum düşey taşıyıcı (kolon+perde) alanı,
- Burulma rijitliği ve eksentrisite kontrolü,

kuralları ülkemiz 1. derece deprem bölgesinde yer alan bir bina için uyarlanmış olup, Japon deneyiminin tasarımcı inşaat mühendislerimize aktarılması amaçlanmıştır.

2. Betonarme Yapılarda Minimum Düşey Taşıyıcı Eleman Alanı

Ülkemizde betonarme yapıları düzenleyen şartname ve yönetmeliklerde düşey taşıyıcı elemanların (kolon, perde) kesitlerini doğrudan etkileyen maddeler sadece eleman bazında olup aşağıdaki gibidir:

$$N_d \leq 0,9 f_{cd} A_c \quad TS500 (2000)$$

$$A_c \geq N_{dm} / (0.50 f_{ck}) \quad \text{"DBYBHY 2007"- Madde: 3.3.1.2 (1G+1Q+1E kombinasyonu)}$$

DBYBHY 2007 3.3.1.1: Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 250 mm den ve enkesit alanı 75000 mm²'den daha az olmayacaktır. Dairesel kolonların çapı ise en az 300 mm olacaktır.

Görüldüğü üzere düşey taşıyıcı elemanların kesiti beton dayanımına ve eksenel yüke bağlıdır. Beton dayanımı arttıkça düşey eleman kesitleri de düşecektir. (Maksimum kat ötelenmesi, kuşatılmış kolon, güçlü kolon vs. şartlarını sağlamak üzere). Çok sık aralıklarla yıkıcı depremlere maruz kalmış Japonya'nın tecrübeler sonucu uymakta olduğu beton dayanımından bağımsız olan minimum düşey eleman alanı kuralı, nispeten yüksek kalitede ki betonun (C35-C40) ülkemizde yaygınlıkla kullanılmaya başlandığını göz önüne alırsak, ülkemiz için de büyük bir önem arz etmektedir.

2000 yılında revize edilen 'Japan Seismic Building Code'- Japon Sismik Bina Yönetmeliğinde yüksekliği 60 m den az olan binaların kullanım ömrü boyunca birkaç kuvvetli depreme maruz kalacağı düşünülerek birinci tasarım kısmı yapılmaktadır. Bu kısımda "DBYBHY-2007" de ki klasik metoda benzer şekilde deprem kuvvetleri hesaplanmaktadır, ikinci tasarım kısmında ise binanın kullanım ömrü boyunca 1 kere yıkıcı depreme maruz kalacağı varsayılarak kat ötelenmesi, rijitlik, eksentrisite kontrollerinin yanı sıra minimum düşey eleman alanı kontrolü yapılmaktadır. Japon Sismik Bina Yönetmeliğinde her bir kat için minimum düşey eleman alanı alt sınırı denklem 1.1'de verilmiştir:

$$250 \cdot A_w + 70 \cdot A_c \geq 0.75 \cdot Z \cdot W \cdot A_i \quad (1.1)$$

A_w = Hesaplanan deprem doğrultusundaki toplam perde alanı (m²)

A_c = Toplam kolon alanı (m²) (Hesap doğrultusu dışındaki perde alanı; kolon gibi işleme dahil edilir.)

Z = Sismik bölge katsayısı,

A_i = Düşey dağıtma faktörü,

W = Hesap yapılan katın taşıdığı toplam düşey yük (ton),

Sismik bölge katsayısı (Z); Japonya'daki olasılıksal sismik tehlike analizi sonucu ortaya çıkmış katsayılarıdır. Ülkemizdeki gibi Japonya'da deprem risk bölgelerine ayrılmıştır. Bu katsayılar; 1. Bölge için Z=1 (Tokyo), Z=0.9, Z=0.8 ve en küçüğü Z=0.7 (Okinawa adası) olarak belirlenmiştir. Düşey dağıtma faktörü A_i ise her bir kat için aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır. Bina tabanı için $A_i=1$ değerini almaktadır.

$$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \frac{2T}{1+3T}, \quad \alpha_i = \frac{\sum_{j=i}^n W_j}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1.2)$$

Denklem 1.2'de ki yaklaşık titreşim periyodu (T), betonarme yapılar için denklem 1.3'te verilmiştir:

$$T = 0.02 \cdot H \dots \dots \dots (H = \text{Yapı yüksekliği}) \quad (1.3)$$

Formüle göre Japonya'da, kat yüksekliği 3 m. olan 5 katlı bir binanın yaklaşık titreşim periyodu $T = 0.02 \cdot 5 \cdot 3 = 0.3$ sn olarak hesaplanmaktadır. Türkiyede ise 5 katlı bir bina için "DBYBHY-2007" madde 2.7.4'e göre hesaplanan doğal titreşim periyodu (denklem 2.11) genellikle 0.3 sn'nin üzerinde çıkmaktadır (0.4-0.5 sn). Üstelik ülkemizde denklem 2.11'den bağımsız olarak, yapı titreşim periyodu hesabında bodrum katlar hariç kat sayısı $N > 13$ olan betonarme binalarda doğal periyodun $0.1 \cdot N$ 'den daha büyük alınmamasını zorunlu kılmaktadır. Japonya'da perdeli sistemin yaygın olarak kullanılması, bir başka deyişle daha rijit yapılar yapılıyor olması, japon Sismik Bina Yönetmeliğinin yaklaşık titreşim periyodu hesabına yansımıştır.

Denklem 1.1'i deki Z değerinin Ülkemiz 1. derece deprem bölgesi için ne olması gerektiğine; her iki şartnameye göre aynı yapı ve zemin koşulları için hesaplanan elastik ivme spektrumlarını karşılaştırarak belirleyelim.

Japon şartnamesine göre elastik ivme spektrumu:

$$S_a(T) = G_s(T) \cdot Z \cdot S_0(T) \quad (1.4)$$

$G_s(T)$: Zemin büyütme katsayısı

Z = Sismik bölge katsayısı

$S_0(t)$: Ana kayaç tasarım ivme spektrumu

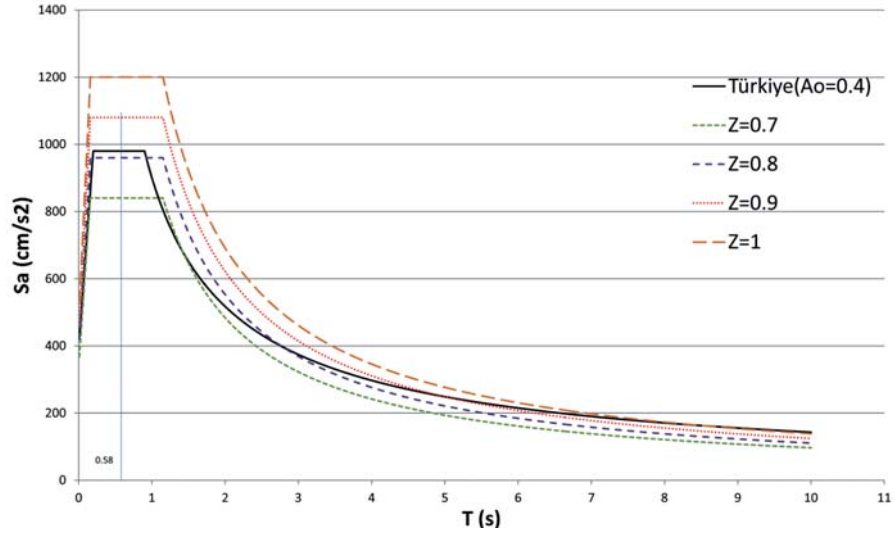
$$\begin{aligned} S_0(T) &= (3.2 + 30T) \text{ m/s}^2 & T < 0.16 \\ S_0(T) &= 8.0 \text{ m/s}^2 & 0.16 \leq T < 0.64 \\ S_0(T) &= 5.12/T \text{ m/s}^2 & 0.64 \leq T \end{aligned} \quad (1.5)$$

Zemin büyütme katsayısı zeminin bir çok parametresine (zemin dalga kayma hızı, sönümlenme oranı, zemin potansiyel enerjisi... vs) bağlı olan bir spektra olup detaylı bir inceleme yapılmıyorsa alüvyon zemin için aşağıdaki formulasyon kullanılabilir.

$$\begin{aligned} G_s &= 1.5 & T < 0.64 \\ G_s &= 1.5(T/0.64) & 0.64 \leq T < 0.64 \cdot (g_v/1.5) \\ G_s &= g_v & 0.64 \cdot (g_v/1.5) \leq T \end{aligned} \quad (1.6)$$

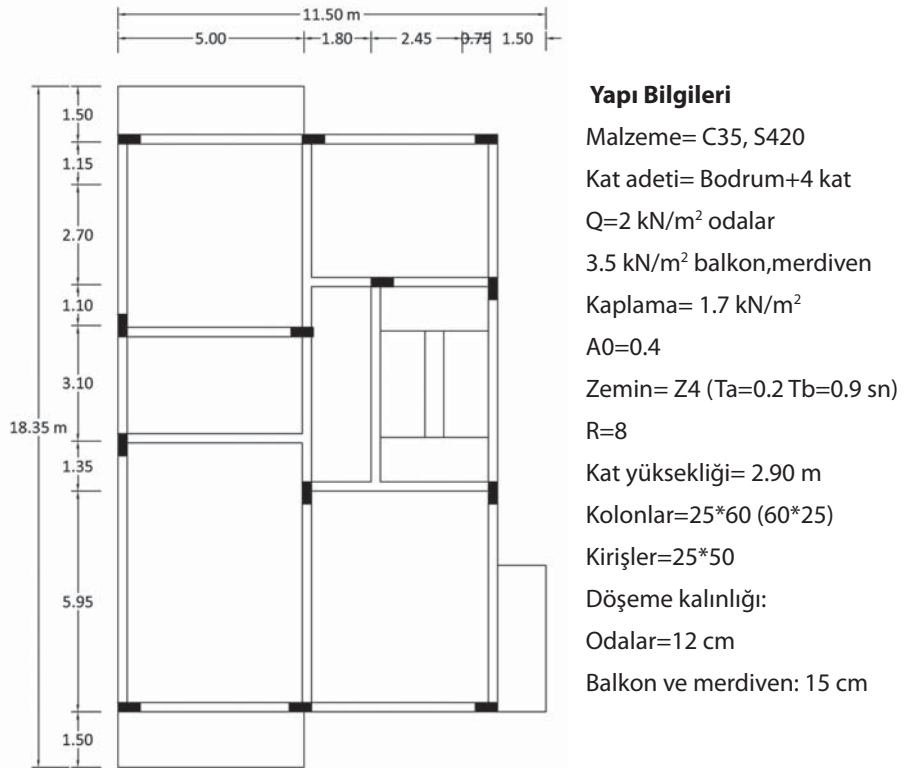
Alüvyon zemin için $g_v = 2.7$ alınmaktadır.

Aşağıdaki grafikte "DBYBHY-2007" ($A_0=0.4$, Z4 zemin, $I=1$) ve Japon şartnamesi ($Z=0.7$, $Z=0.8$, $Z=0.9$, $Z=1$ ve alüvyon zemin) için çizilmiş elastik ivme spektrumları şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1 - Türkiye ($A_0=0.4$) ve Japonya ($Z=0.7, 0.8, 0.9$ ve 1) için Elastik ivme spektrumları

Şekil 1'de görüldüğü üzere Ülkemiz birinci derece deprem bölgesinde yapılacak yapı için almamız gereken Z değeri yapı periyoduna bağlı olarak 0.7-0.8 değerleri arasında kalmaktadır. En küçük Japon sismik bölge katsayısı $Z=0.7$ değerini kullanarak Şekil 2'de kalıp planı ve yapı bilgileri verilmiş bir binaya denklem 1.1'i uygularsak:



Şekil 2 - "DBYBHY-2007" ye uygun 5 katlı betonarme yapı planı

Şekil 2'de verilen binanın ağırlık ve periyod hesabı aşağıda verilmiştir.

Kat	H (m)	W _g (ton)	W _q (ton)	W _g +0.3W _q (ton)	Deprem kuvveti (ton)	Taban kesme kuvveti (ton)
5	2.9	114	38	125.4	30	30
4	2.9	162	38	173.4	28.95	58.95
3	2.9	162	38	173.4	21.71	80.66
2	2.9	162	38	173.4	14.47	95.13
1	2.9	162	38	173.4	7.24	102.37
Σ				819	102.37	

Yapı titreşim periyodları

1. Mod T_x=0.58 sn

2. Mod T_y=0.56 sn

3. Mod T_b=0.44 sn

(Not: Japon deprem şartnamesi birinci kısmına göre bu yapıya etki eden taban kesme kuvveti T=0.58 sn, Z=0.7 için V=114.63 ton çıkmaktadır. Bu da deprem yükü azaltma katsayısı R nin Japonya'da daha düşük alındığını göstermektedir. R≈7.14). Japon Sismik Bina Yönetmeliğine göre, yapı hakim periyodu T_x=0.58 sn'ye göre her bir kat için düşey dağıtma faktörü A_i ve minimum düşey taşıyıcı eleman alanları aşağıda hesaplanmıştır:

Kat	Hesap katının taşıdığı ağırlık (ton)	α	A _i	Minimum düşey taşıyıcı alanı (m ²) 0.75*0.7*W*A _i =
5	125.4	0.153	2.017	133
4	299.1	0.365	1.546	243
3	472.5	0.577	1.313	325
2	645.9	0.788	1.143	387
1	819	1	1	430

$$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha i}} - \alpha i \right) \frac{2T}{1+3T}$$

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^n W_j}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Şekil 2'de verilen plandaki kolon ve perde alanları yapı yüksekliği boyunca aynı olduğundan en kritik kat olan 1. kat için hesap yapılırsa:

$$\Sigma 250 * A_w + \Sigma 70 * A_c \geq 0.75 * 0.7 * W * A_i$$

$$A_c = 0.25m * 0.6m * 13 = 1.95m^2, A_w = 0 m^2$$

$$250 * 0 + 70 * 1.95 \ll 0.75 * 0.7 * 1 * 819$$

137 << 430 istenilen düşey eleman alanının çok altında.

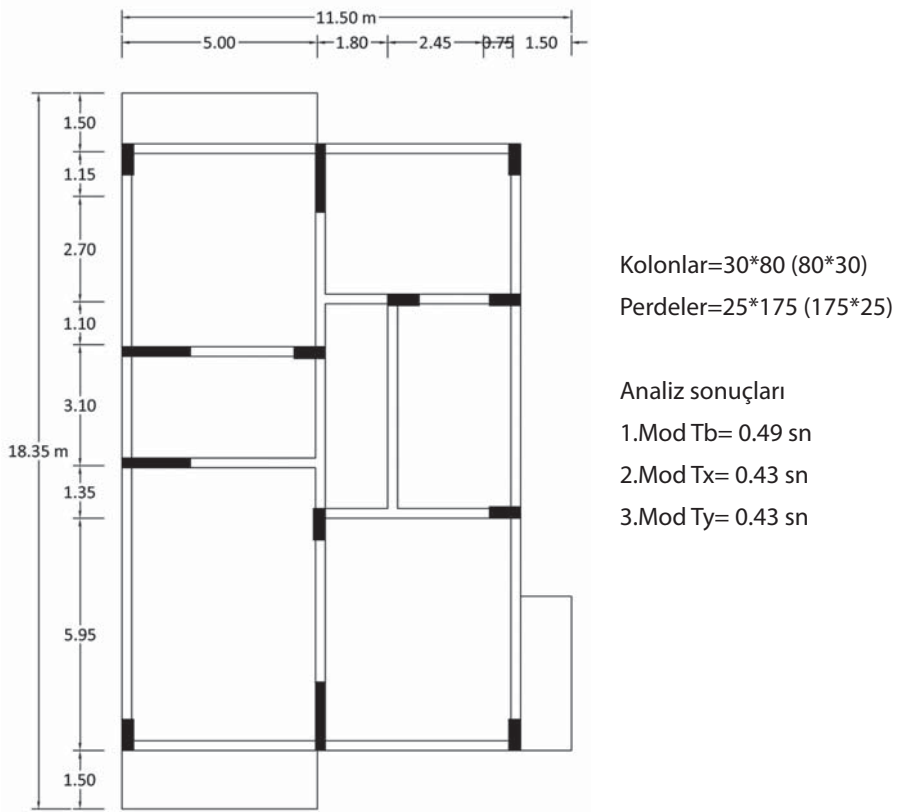
Bütün kolonları 30*100 cm'ye çevirdiğimizi düşünelim;

$$A_c = 0.30m * 1m * 13 = 3.9 m^2, A_w = 0 m^2$$

$$250 * 0 + 70 * 3.90 \ll 0.75 * 0.7 * 819$$

273 << 430 Perde kullanımı şart.

Bütün kolonları 30*100 cm'ye çevirdiğimiz halde istenilen alanın çok altında kaldı. Denklem 1.1 tasarımıcıyı perde kullanmaya zorlamaktadır. Şekil 3 deki planda verildiği üzere kolonları 30*80 cm'ye çıkarıp her iki yönde ikişer adet (25*175 cm) perde uygulanırsa:



Şekil 3 - Minimum düşey eleman alanı kuralını sağlayan revize edilmiş plan

X yönü

$A_c=3.04 \text{ m}^2$ $A_w-x=0.88 \text{ m}^2$ (y yönündeki perdeler kolon alanı içerisine katıldı)

$70*3.04+250*0.88 >? 0.75*0.7*819$

$433 \approx 430$

Y yönü

$A_c=3.04 \text{ m}^2$ $A_w-y=0.88 \text{ m}^2$ (x yönündeki perdeler kolon alanı içerisine katıldı)

$70*3.04+250*0.88 >? 0.75*0.7*819$

$433 \approx 430$ Yapıda perde kullanımı neredeyse zorunlu

Görüldüğü üzere Türkiye de ki 1. derece deprem bölgesine uyarlanmış Japon Sismik Bina Yönetmeliğindeki beton dayanımından bağımsız olan düşey taşıyıcı eleman alt sınırı, "DBYBHY-2007" ye göre tasarlanan 5 katlı bir binanın düşey taşıyıcı eleman alanının çok üzerinde çıkmıştır. Yüksek dayanımlı betonla birlikte şartnamenin yapının minimum kesitlerle yapılabilmesine izin vermesi, özensiz tasarımlarda tehlikeli sonuçlara yol açabilir. Bu metot; tasarımcı inşaat mühendisleri tarafından, düşey taşıyıcı elemanların minimum kesit boyutları için kontrol amaçlı kullanılabilir. Denklem 1.1 de hesaplanan düşey taşıyıcı alanın üzerinde bir değer çıkarsa, bu metoda dayanarak kesit azaltmasına gidilmemelidir.

3. Minimum Burulma Rijitliği

Deprem yönetmeliğimizde burulma rijitliği ve eksentrisite arasındaki sınırı net bir şekilde ortaya koyan bir madde bulunmamaktadır. Her iki doğrultuda çok rijit olan bir yapı taşıyıcı elemanların yerleşimine bağlı olarak burulma rijitliği çok düşük seviyelerde olabilir. Yapıda ki büyük eksentrisite

(Rijitlik merkezi ve kütle merkezi arasındaki fark) ile birlikte yetersiz burulma rijitliği deprem anında binanın istenilen performansı göstermesine engel olmaktadır. 2007 Deprem yönetmeliği A1 düzensizliği içerisinde topladığı bu soruna etkili bir çözüm sunmamakta sadece analiz yöntemini belirlemede bir kriter olarak görmektedir.

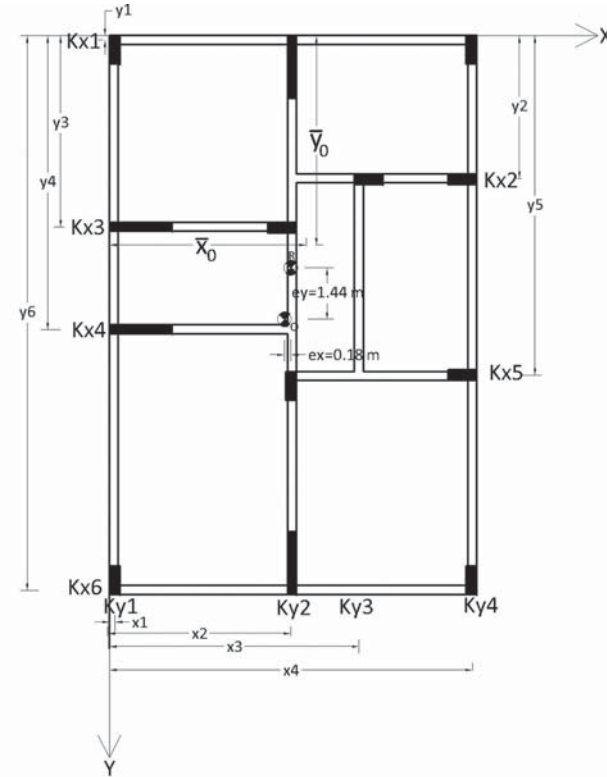
Şekil 4'te aynı kesite ve özelliklere sahip 4 düşey elemanla oluşturulan X ve Y rijitlikleri aynı olan iki sistemden birincisinde burulma rijitliği çok küçük iken (sadece eleman bazında burulma rijitliği mevcut), ikinci sistemde ise maksimum burulma rijitliği elde edilmiş olunur. Şekil 4 deki birinci örneğe benzer biçimde pratikte de mimari etkenlerden dolayı (kapalı çıkma, mağaza cephesi vs.) burulma rijitliğini sağlayacak kolon perde yerleşimleri istenildiği gibi yapılamamaktadır.

Japon Deprem Şartnamesinde eksentrisite (e_x, e_y) ile elastik raddi (r_{ex}, r_{ey} , burulma rijitliğinin ötelenme rijitliğine oranı) arasındaki oranı bir değerle sınırlandırarak net bir çözüm ortaya koymuştur. Japan Seismic Building Code-2000:

$$r_{ex} = \sqrt{\frac{\text{burulma rijitliği}}{x \text{ yönü rijitliği}}} = \sqrt{\frac{\sum(K_x.Y^2) + (K_y.X^2)}{\sum K_x}}, \quad r_{ey} = \sqrt{\frac{\text{burulma rijitliği}}{y \text{ yönü rijitliği}}} = \sqrt{\frac{\sum(K_x.Y^2) + (K_y.X^2)}{\sum K_y}} \quad (2.1)$$

$$R_{ex} = e_x / r_{ex} \leq 0.15, \quad R_{ey} = e_y / r_{ey} \leq 0.15$$

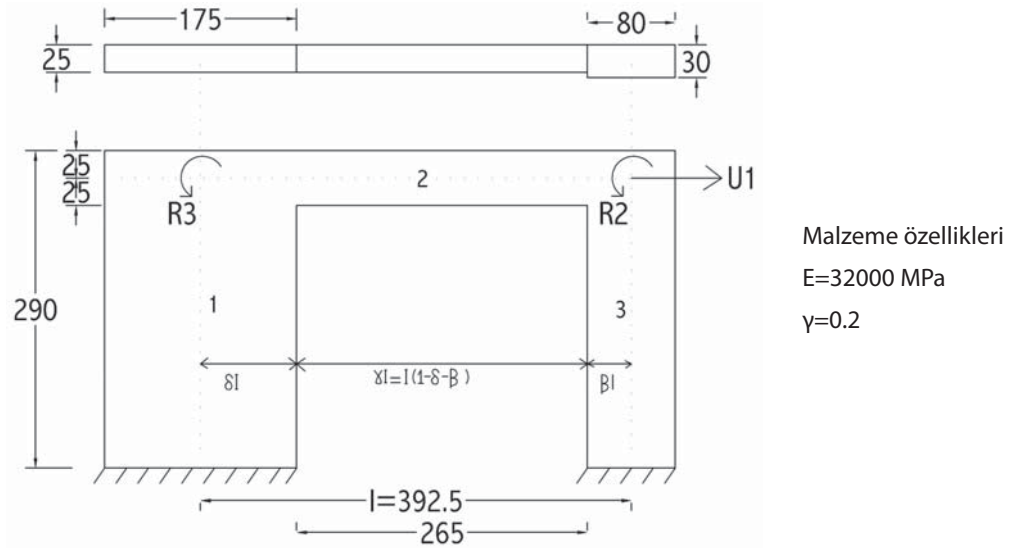
Şekil 3'teki minimum düşey eleman alanını sağlayan perdeli sistemi bu bölümde ele alalım. Taşıyıcı elemanlarımız çift simetrik olduğu için (dikdörtgen) çarpım atalet momentleri (I_{xy})'leri 0 olacaktır. Eleman bazında burulma rijitliklerini ihmal edersek rijitlik merkezini bulmak için sadeleştirilmiş denklem 2.2 yi kullanabiliriz.



$$\bar{x}_0 = \frac{\sum_1^n K_{x,i} \cdot \bar{x}_i}{\sum_1^n K_{x,i}}, \quad \bar{y}_0 = \frac{\sum_1^n K_{y,i} \cdot \bar{y}_i}{\sum_1^n K_{y,i}} \quad (2.2)$$

Şekil 5 - Kolon ve perdelerin koordinatları, rijitlik ve kütle merkezi

Formülde ki K_{xi} , K_{yi} her bir aksın öteleme rijitliğini temsil etmektedir. Rijit plaka teorisine göre döşeme diyafram hareketi yapacaktır. Elemanların aksel deformasyonları da yok sayarsak, 3 adet serbestlik derecemiz olacaktır. Örnek olarak X3 aksını ele alalım:



Şekil 6 - X3 aksının elemanları ve serbestlik dereceleri

1 ve 3 numaralı perdenin kayma deformasyonlarını dikkate alarak rijitlik matrisini : DOF(U1,R3), DOF(U1,R2):

$$S(1) = \frac{1}{1+\alpha} \begin{bmatrix} \frac{12EI}{h^3} & \frac{6EI}{h^2} \\ \frac{6EI}{h^2} & (4+\alpha)\frac{EI}{h} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.023E6 & 1.356E6 \\ 1.356E6 & 3.149E6 \end{bmatrix}, \quad S(3) = \frac{1}{1+\alpha} \begin{bmatrix} \frac{12EI}{h^3} & \frac{6EI}{h^2} \\ \frac{6EI}{h^2} & (4+\alpha)\frac{EI}{h} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.093E5 & 2.773E5 \\ 2.773E5 & 5.220E5 \end{bmatrix}$$

2 numaralı kirişin rigid zone etkisini dikkate alarak rijitlik matrisini yazalım. DOF(R3,R2):

$$S(2) = \frac{1}{1+\alpha} \begin{bmatrix} (4+\alpha)\frac{EI}{\gamma l} & (2-\alpha)\frac{EI}{\gamma l} \\ (2-\alpha)\frac{EI}{\gamma l} & (4+\alpha)\frac{EI}{\gamma l} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.214E5 & 5.860E4 \\ 5.860E4 & 1.214E5 \end{bmatrix}$$

Global rijitlik matrisi:

$$S = \begin{bmatrix} 9.300E5 & 2.435E5 & 9.887E5 \\ 2.435E5 & 5.961E5 & 5.600E4 \\ 9.887E5 & 5.600E4 & 2.782E6 \end{bmatrix}$$

Buradan statik condensation ile sadece öteleme rijitliğini, yani U1 deplasmanına karşılık gelen K'yı bulacağız.

$K = k_{rr} - k_{re} \cdot k_{ee}^{-1} \cdot k_{er}$, $K = 5.701e5$ kN/m (sap2000: 5.498e5 kN/m)

Bu şekilde bütün aksların ötelenme rijitliğini tablo şeklinde yazılırsa:

Aks No	K(kN/m)	xi	yi	Kxi*yi	Kyi*xi	x= xi-x0	y= yi-y0	Kx*y2	Ky*x2
X1	8.07E+04	-	1.30+01	1.05+04	-	-	6.32	3.22+06	
X2	1.24E+05	-	4.00+00	4.96+05	-	-	2.45	7.44+05	
X3	5.50E+05	-	5.82+00	3.20+06	-	-	0.63	2.18+05	
X4	6.21E+04	-	8.18+00	5.08+05	-	-	1.37	1.17+05	
X5	1.08E+05	-	9.45+00	1.02+06	-	-	3.00	9.74+05	
X6	8.07E+04	-	1.54+01	1.24+06	-	-	8.97	6.49+06	
Y1	2.31E+05	1.30E-01	-	-	3.00+04	4.91	-	-	5.56+06
Y2	1.04E+06	5.03E+00	-	-	5.23+06	0.01	-	-	1.04+02
Y3	9.20E+03	6.92E+00	-	-	6.37+04	1.88	-	-	3.25+04
Y4	2.24E+05	1.01E+01	-	-	2.25+06	5.04	-	-	5.68+06
Σ				6.480E+06	7.580E+06			1.176E+07	1.127E+07
Σkx	1.005E+06								
Σky	1.503E+06								

$$X_0 = \frac{K_{yi} \cdot x_i}{\Sigma K_{yi}} = \frac{7.58E6}{1.503E6} = 5.04 \text{ m}$$

$$Y_0 = \frac{K_{xi} \cdot y_i}{\Sigma K_{xi}} = \frac{6.480E6}{1.005E6} = 6.45 \text{ m}$$

Rijitlik merkezinin koordinatı : (5.04,6.45)m

Yapının hesap katındaki ağırlık merkezi koordinatı ise: (4.86, 7.89)m

Eksentrisiteler:

$$e_x = |5.04 - 4.86| = 0.18 \text{ m}, \quad e_y = |6.45 - 7.89| = 1.44 \text{ m}$$

$$r_{ex} = \sqrt{\frac{\text{burulma rijitliği}}{x \text{ yönü rijitliği}}} = \sqrt{\frac{\Sigma(K_x \cdot Y_2) + (K_y \cdot X_2)}{\Sigma K_x}}, \quad r_{ey} = \sqrt{\frac{\text{burulma rijitliği}}{y \text{ yönü rijitliği}}} = \sqrt{\frac{\Sigma(K_x \cdot Y_2) + (K_y \cdot X_2)}{\Sigma K_y}}$$

$$r_{ex} = \sqrt{\frac{1.176E7 + 1.127E7}{1.005E6}} = 4.787, \quad r_{ey} = \sqrt{\frac{1.176E7 + 1.127E7}{1.503E6}} = 3.914$$

$$R_{ex} = \frac{e_x}{r_{ex}} = \frac{0.18}{4.787} = \mathbf{0.038 < 0.15}$$

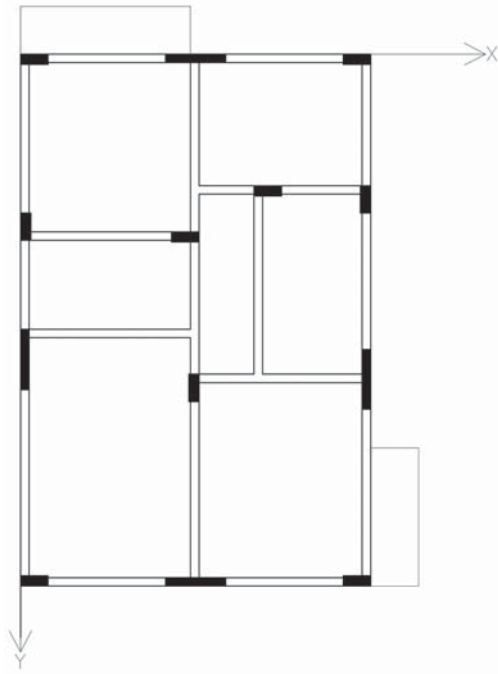
$$R_{ey} = \frac{e_y}{r_{ey}} = \frac{1.44}{3.914} = \frac{e_y}{r_{ey}} = \mathbf{0.37 \gg 0.15} \quad !!!$$

İki yönde de rijit perdelerle sahip olan sistem çok büyük bir eksentrisiteye sahip olmamasına rağmen minimum burulma rijitliği şartını sağlamamaktadır. Yerleştirilen 4 adet perdenin ve kolonların kuvvetli eksenleri bina rijitlik merkeziyle çok küçük açılarla birleşmektedir. Burulma etkisine istenilen tepkiyi gösterememektedir. Şekil 4 te'ki ilk örneğe benzer Şekilde elemanlar burulma etkisine karşı koyamayacak Şekilde yerleştirilmiş (Tb=0.49 sn). Halbuki Şekil 2'deki 25*60 cm'lik kolonlarla oluşturulan çerçevenin burulma periyodu Tb= 0.44 sn çıkmıştı. Kolonlar çok narin olsa da plan üzerindeki yerleşimi burulma rijitliğini istenilen seviyeye getirmiştir. Şekil 2 deki narin sistem minimum düşey eleman alanı kuralını sağlamamasına rağmen, eksentrisite şartını çok rahatlıkla sağlayacaktır. Her iki şartı sağlayan sistem aşağıdaki gibi kurulabilir.

$$R_{ex} = \frac{0.08}{8.522} = \mathbf{0.0094 < 0.15}$$

$$R_{ey} = \frac{0.12}{8.699} = \mathbf{0.014 < 0.15}$$

Görüldüğü üzere Şekil 7'de ki yapı minimum burulma rijitliği şartını sağlamıştır. Şekil 3'de ki yapı ile aynı taşıyıcı elemanlara sahip olan Şekil 7'de kolon ve perde yerleşimine bağlı olarak yapı hakim periyodu burulmadan çıkarılarak 0.49 sn'den 0.42 sn'ye ye çekilebilmiştir. Bu yerleşime engel sebepler var ise eleman bazında yüksek burulma rijitliğine sahip poligon perdeler kullanılarak da bu şart sağlanabilir. Minimum burulma rijitliği şartı için detaylı bir hesap yapılmıyor ise, en azından yapı hakim periyodunun burulma olmadığını kontrol etmek gerekir. Çünkü hakim periyodu burulma olan yapı bu şartı sağlayamayacaktır.



Kolonlar=30*80 (80*30)
Perdeler=25*175 (175*25)

Analiz sonuçları
1.Mod $T_y = 0.42$ sn
2.Mod $T_x = 0.41$ sn
3.Mod $T_b = 0.30$ sn

Şekil 7 - Minimum düşey eleman alanı ve minimum burulma rijitliği şartını sağlayan çerçeve

4.Sonuçlar

Yönetmeliğimizde düşey eleman alanının alt sınırını koyan bir madde olmadığından, yüksek dayanımlı betonla birlikte çok narin sistemler ortaya çıkabilmektedir. İncelenen ilk örnekte düşey taşıyıcı eleman alanı hedeflenen alanın %30'unda kalmıştır. Denklem 1.1 yapıarda perde kullanımının önemini ortaya çıkarmaktadır. İkinci kısımda incelenen minimum burulma rijitliği kontrolünde, düşey elemanların planda yerleşiminin önemine vurgu yapılmıştır. Denklem 2.1'in tasarımcıyı yapıdaki burulma rijitliğini artırıp ve eksentrisiteyi azaltmaya zorlamaktadır. Japonya'nın sismik tasarımdaki deneyimleri 4 maddede toplanabilir:

1. Beton kalitesi ne olursa olsun az ya da çok katlı tüm yapıarda perde kullanmak.
2. Yapıdaki kolon ve perdeleri olabildiğince burulma rijitliğine katkı sağlayacak şekilde yerleştirmek. Her bir düşey elemanı yerleştirirken elemanın kuvvetli ekseninin, eleman ve yapı rijitlik merkezi arasındaki doğruyla dik açiya yakın bir şekilde yerleştirmeye çalışmak.
3. Yapının hakim periyodunun burulma olmamasına dikkat etmek. Eğer yapının hakim periyodu burulma ise, çok küçük bir eksentrisite olmadıkça yapı minimum burulma rijitliği şartını sağlamayacaktır.
4. Deprem yükü azaltma katsayısı R'yi dikkatli seçmek. Yapının gerçekte daha düşük bir R katsayısı ile davranabileceğini göz önüne almak.

Kaynaklar

Seismic Design Codes for Buildings in Japan, Hiroshi Kuramoto,2006

New Seismic Design Provisions in Japan, Shunsuke Otani.

Response Spectrum Method for Evaluating Nonlinear Amplification of Surface Strata, Kohji Koyamada

Global Structural Analysis of Buildings, Karoly A. Zalka

Dynamics of Structures, K. Anil Chopra

CE490 Earthquake Resistant Design. Haluk Sucuoğlu, ders notları