

## Yatay Yükler Etkisindeki Boşluklu Perdelerin Rijitlik Matrisi Metodu ile Analizi

**Rıfat SEZER**

Selçuk Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., İnşaat Müh. Bölümü, 42031, Kampüs, Konya.

**ÖZET :** Bu çalışmada, yatay yükler etkisindeki, boşluklu perdelerin Rijitlik Matrisi Metodu ile analiz yapılmıştır. Yapılan analizde, perde içindeki boşlukların üniform olduğu kabul edilmiş ve perdeler geniş kolon olarak modellenmiştir. Perdeler saplanan kirişlerin, perde içindeki kısmı sonsuz rijit olarak alınmıştır. Kirişlerin orta kısmının mafsallı olduğu kabul edilerek, tüm sistem tek kolon ve bir ucu mafsallı kirişlerden oluşan, eşdeğer çerçeveye idealleştirilmiştir. Bulunan sonuçlar, SAP2000 Nonlinear V-6.11 programından elde edilen sonuçlarla, karşılaştırılmış ve sonuçların uyum içinde olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler :** Boşluklu perde, Rijitlik matrisi metodu, Eşdeğer çerçeve, Rijit uçlu kiriş.

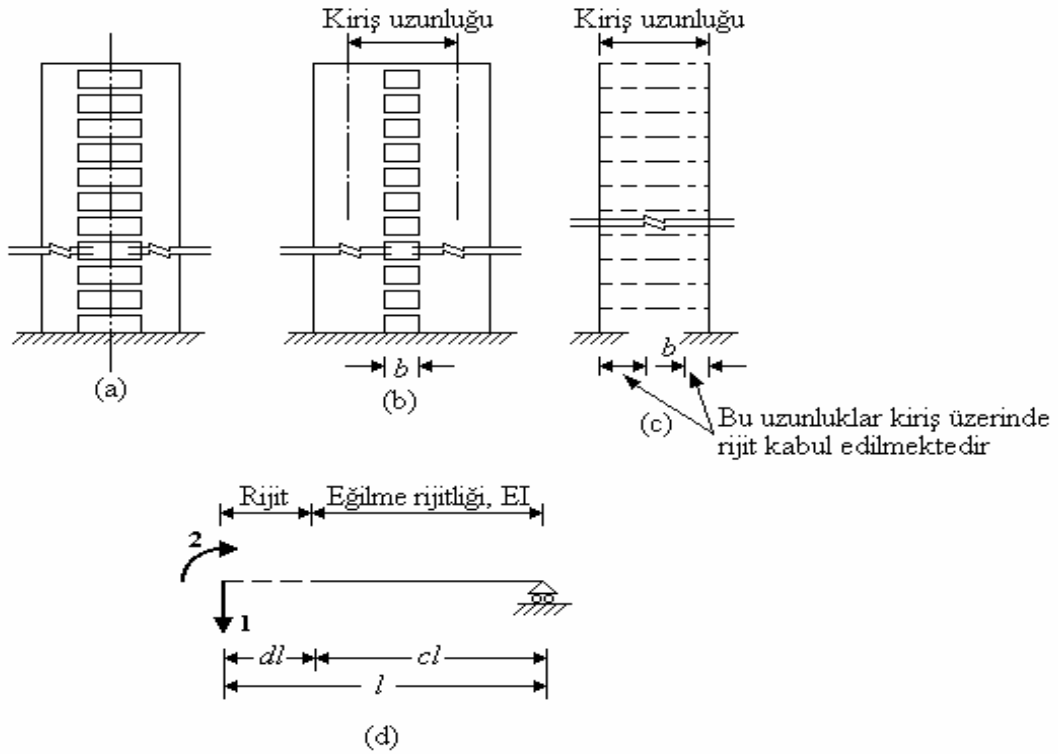
**ABSTRACT :** In this study, coupled shear walls that effected by lateral loads, have been analysed by Stiffness Matrix Method. In the analysis were carried out, the openings in shear wall have been assumed as uniform, and the shear walls have been modelled as wide column. Beams that connected wide column, have been assumed as infinitely rigid inside the column. Beams have been taken with one end hinged and the all system have been idealized to equivalent frame that consist of one column and beams with one end hinged. The results found, have been compared the results that obtained by SAP2000 Nonlinear Program V-6.11 and both results have been seen near to each other.

## GİRİŞ

Boşluklu perdelerin, yatay yükler altındaki analizi, değişik yöntemlerle yapılabilmektedir. Bu çalışmada yapılan analizde, boşluklu perdeler, uç kısımları sonsuz rijit olan bağ kirişleri ile bağlanmış geniş bir kolon gibi düşünülerek, bir kolon ve ucu mafsallı kirişlerden oluşan eşdeğer bir çerçeveye ingirdenmiştir. Sonra, bu eşdeğer çerçeve, **Turbo Pascal 7.0** programlama dili kullanılarak ve Rijitlik Matrisi Metoduna göre geliştirilmiş olan bilgisayar programıyla çözülmüştür. Bulunan sonuçlar, **SAP2000** programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların uyum içinde olduğu görülmüştür.

## Boşluklu Perdelerin Modellenmesi

Şekil 1a ve b’de gösterilen perdelerin tipleri, konut bloklarında sık sık kullanılmaktadır. Gösterilen iki tipte boşlukların büyüklüğü ve yeri değişmektedir. Bu problemin kesin bir çözümü, davranışa göre düzenlenmiş düzlem gerilme elastisite denklemlerinin çözümünü gerektirir. Fakat bu zor olup, uygulamada kullanılmaz. Mantıklı bir çözüm, Sonlu Elemanlar Metodu ile veya perde duvarı küçük elemanlardan oluşan farklı tipteki kafes şeklinde çerçevelerle idealize etmek suretiyle bulunabilir. Bu durumda, hesaplamada genellikle çok sayıda denklemin çözülmesi gerekir. Bu metotlar, perdelerin analizinde, boşlukların her tipteki düzenlemesi için kullanılır. Aynı zamanda, aşağıda verilen basitleştirilmiş analizden daha iyi bir şekilde, gerilme dağılımlarını vermektedirler.



**Şekil 1.** Düzgün boşluklu bir perdenin analizi için idealleştirilmiş yapı. **a)** Simetrik perde, **b)** Düzgün boşluklu perde, **c)** (b) şikkındaki perdenin analizi için idealleştirilmiş yapı, **d)** Denk.(4)'de verilen  $\bar{S}$  rijitlik matrisine karşılık olan koordinatlar.

Basitleştirilmiş analizde, Şekil 1a ve b’de gösterilen tipteki üniform boşluklu perde duvarlar, uçları sonsuz rijit olan kirişlerle bağlı iki geniş kolondan meydana gelen çerçeveye idealize edilebilir. Macleod, model test yoluyla, bu tipteki bir perdenin bir çerçeveye idealize edilmesinin pek çok pratik durumlar için ,yanal deplasmana karşılık, perde rijitliğinin iyi bir tahminini verdiğini göstermiştir. Bundan dolayı Sonlu Elemanlar Metodu, bu durum için az bir avantaj sağlamaktadır (Macleod, 1967).

Bir perde elemanının rijitlik matrisi, kayma deformasyonları da dikkate alınarak aşağıdaki gibi verilebilir.

$$[S]_{4 \times 4} = \frac{1}{1+a} \begin{bmatrix} \frac{12EI}{h^3} & & & \\ \frac{6EI}{h^2} & (4+a)\frac{EI}{h} & & \\ -\frac{12EI}{h^3} & -\frac{6EI}{h^2} & \frac{12EI}{h^3} & \\ \frac{6EI}{h^2} & (2-a)\frac{EI}{h} & -\frac{6EI}{h^2} & (4+a)\frac{EI}{h} \end{bmatrix} \quad \text{Simetrik} \quad (1)$$

$$a = \frac{12 EI_w}{h^2 GA_{rw}} \quad (2)$$

Denk.(1) ve (2)'deki,  $\alpha$ , kayma deformasyonlarını dikkate almayı sağlayan terimdir. Burada, E, elastisite modülünü, I, perde eleman atalet momentini, h, kat yüksekliğini, G, kayma modülünü ve  $A_{rw}$ , perde etkili kayma alanını (dikdörtgen kesit için,  $A_{rw}=A_w/1.2$ ) göstermektedir.

Şekil 1a'daki simetrik perde, bir kolonun kirişlerle rijit olarak birleşmesinden meydana gelen uygun bir çerçeve kullanılarak kolayca analiz edilebilmektedir. Her bir kiriş, kolona bağlandığı yerin yakınında rijit bir parçaya sahiptir. Bu tür bir kirişin rijitlik matrisi Denk.(3)'de verilmiştir. Bir ucu mafsallı böyle bir kirişin Şekil 1d'deki koordinatlara karşılık rijitlik matrisi ise, Denk.(3)'den kolaylıkla çıkarılır ve Denk.(4)'deki gibi verilir.

$$[S^*]_{4 \times 4} = \frac{EI}{(1+a)} \begin{bmatrix} \frac{12}{c^2l} & & & \\ \frac{6}{c^2l^2} + \frac{12d}{c^3l^2} & \frac{4+a}{cl} + \frac{12d}{c^2l} + \frac{12d^2}{c^3l} & & \\ -\frac{12}{c^3l^3} & -\frac{6}{c^2l^2} - \frac{12d}{c^3l^2} & \frac{12}{c^3l^3} & \\ \frac{6}{c^2l^2} + \frac{12b}{c^3l^2} & \frac{2-a}{cl} + \frac{6d+6b}{c^2l} + \frac{12db}{c^3l} & -\frac{6}{c^2l^2} - \frac{12b}{c^3l^2} & \frac{4+a}{cl} + \frac{12b}{c^2l} + \frac{12b^2}{c^3l} \end{bmatrix} \quad \text{Simetrik} \quad (3)$$

$$[\bar{S}]_{2 \times 2} = \begin{bmatrix} S_{11}^* - \frac{S_{14}^{*2}}{S_{14}^*} & \\ S_{21}^* - \frac{S_{24}^* \cdot S_{41}^*}{S_{44}^*} & S_{22}^* - \frac{S_{24}^{*2}}{S_{44}^*} \end{bmatrix} \quad \text{Simetrik} \quad (4)$$



Burada,  $\bar{S}_{22}$ , Denk.(4)'deki rijitlik matrisinin bir elemanı olup, S, Denk.(11)'de tarif edilmektedir. Denk.(9)'daki  $\beta$  terimi, eşdeğer çerçevedeki rijit uçlu kirişin düzeltilmiş uç dönme rijitliğidir.  $\bar{S}_{22}$ , Şekil 1d'deki kirişe karşılık olan miktardır.

$$S = \frac{(4 + a).EI_w}{(1 + a).h} \quad (11)$$

$$t = \frac{(2 - a).EI_w}{(1 + a).h} \quad (12)$$

$$C = t / S \quad (13)$$

Yatay deplasmanlara karşılık, indirgenmiş yapı rijitlik matrisi, aşağıda verilmiştir.

$$[S^*]_w = [S_{11}]_w - [S_{12}]_w [S_{22}]_w^{-1} [S_{21}]_w \quad (14)$$

Gerçek yapının kat seviyelerindeki  $\{D^*\}$  yatay deplasmanlar, Denk.(15)'den hesaplanır.

$$[S^*]_{nxn} \{D^*\}_{nx1} = \{F^*\}_{nx1} \quad (15)$$

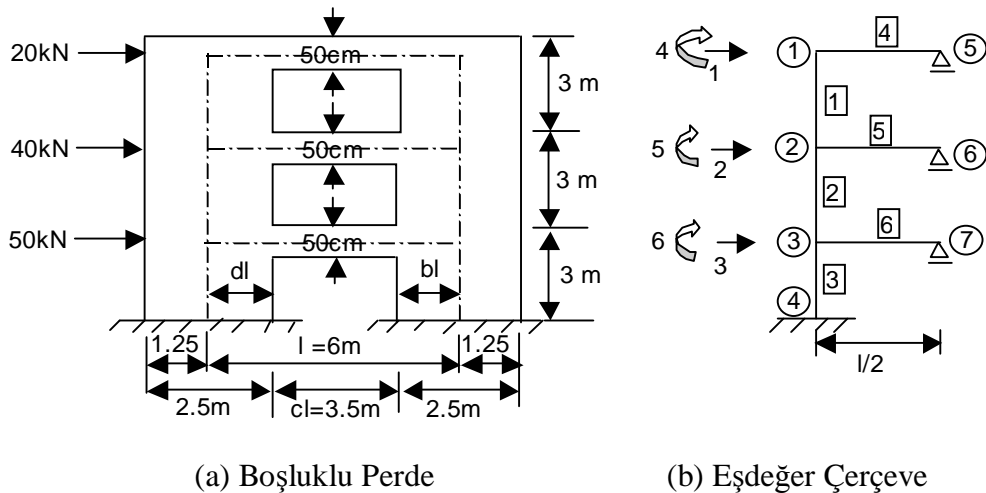
Burada,  $\{F^*\}$ , kat seviyelerindeki yatay dış kuvvetleri göstermektedir.

Eşdeğer çerçevenin  $\{D_2\}_w$ , düğüm dönmeleri, aşağıdaki denklemden bulunur (Ghali, 1989, Sezer, 1991).

$$\{D_2\}_w = -[S_{22}]_w^{-1} [S_{21}]_w \{D^*\} \quad (16)$$

## ÖRNEK PROBLEM

Şekil 2a'da kesiti ve yükleme durumu verilen boşluklu perde, Rijitlik Matrisi Metoduna göre, hazırlanan bilgisayar programı ile çözülmüştür.



Şekil 2. Eşdeğer Çerçeve Deplasman, Düğüm ve Eleman Numaraları

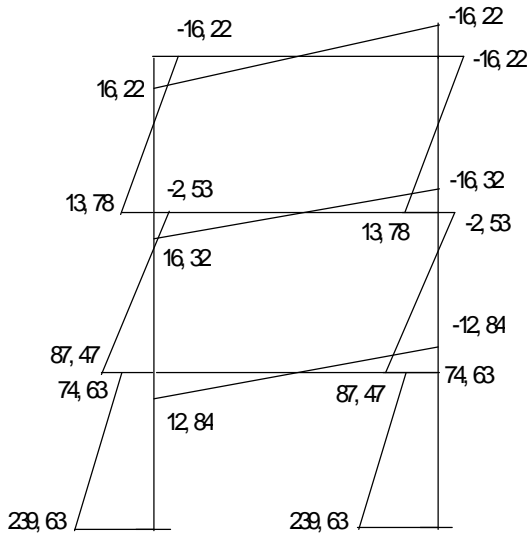
Perdelerde, kayma deformasyonları dikkate alınmıştır. Hesaplarda, perde ve kiriş genişlikleri,  $b=30$  cm, Elastisite modülü,  $E=1$ , Poisson oranı,  $\mu= 0.15$  kabul edilmiştir.

Şekil 2’de verilen, Eşdeğer Çerçeve elemanlarına ait özellikleri aşağıda verilmiştir. Formüllerde,  $w$  ve  $b$  indisleri , sırayla perde ve kirişe ait indislerdir. Moment ve kesme kuvveti pozitif yönleri, dönme ve yatay deplasmana göre alınmıştır (Şekil 2b).

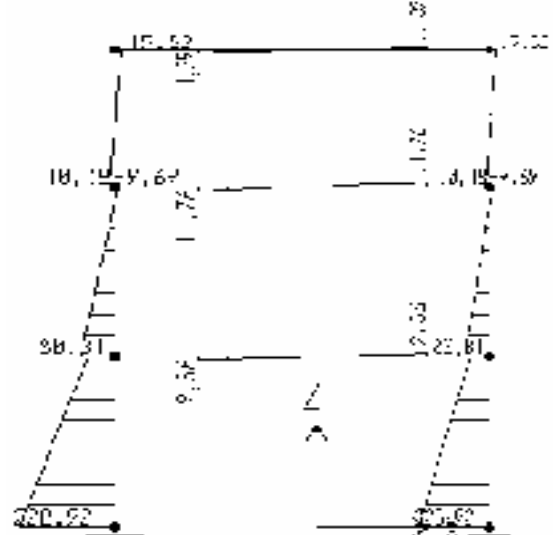
SAP2000 programı ile yapılan hesaplarda, perdeler geniş kolon olarak modellenmiş ve kirişlerin perde içinde kalan kısımları, sonsuz rijit olarak alınmıştır. Perdelerde kayma deformasyonları dikkate alınmıştır. Ayrıca, kat seviyelerinde, döşemelerin kendi düzleminde rijit diyafram gibi davrandığı kabul edilmiştir.

**Tablo 1.** Eşdeğer Çerçeve karakteristik özellikleri

Perde		Kiriş	
$b$ (m)	0.30	$b$ (m)	0.30
$h_w$ (m)	2.50	$h_{kiriş}$ (m)	0.50
$A_{rw}=\sum A_{rwi}$ (m <sup>2</sup> )	1.25	$I_b=2 \sum I_{bi}$ (m <sup>4</sup> )	0.00625
$h_{kat}$ (m)	3	$l/2$ (m)	3
$I_w=\sum I_{wi}$ (m <sup>4</sup> )	0.78125	$dl=bl$ (m)	1.25
$G$ (kN/m <sup>2</sup> )	0.4347826	$cl/2$ (m)	1.75
$\alpha$	1.9166667	$d=b$	0.4167
$S$	0.5282738	$c$	0.5833
$t$	0.0074405	$\overline{S}_{22}$	0.0106435
$C$	0.0140845	$\beta$	0.0201476



(a) Bu çalışma



(b) SAP2000

**Şekil 3.** Örnek problemdeki boşluklu perdenin moment değerleri (kNm).

**Tablo 2.** Analiz sonuçlarının karşılaştırılması.

İşaret (+)	Eleman No	Bu çalışma				SAP 2000			
		M <sub>i</sub> (kNm)	M <sub>j</sub> (kNm)	V <sub>i</sub> (kN)	V <sub>j</sub> (kN)	M <sub>i</sub> (kNm)	M <sub>j</sub> (kNm)	V <sub>i</sub> (kN)	V <sub>j</sub> (kN)
	1	-13.78	-16.22	-10	10	-10.48	-19.52	-10	10
	2	-87.47	-2.53	-30	30	-80.81	-9.69	-30	30
	3	-239.63	74.63	-55	55	-228.92	63.92	-55	55
	4	16.22	16.22	-5.41	5.41	19.52	19.52	-6.51	6.51
	5	16.31	16.31	-5.44	5.44	20.16	20.16	-6.72	6.72
	6	12.84	12.84	-4.28	4.28	16.39	16.39	-5.46	5.46

## Sonuç

Sonuç olarak, yatay yükler etkisindeki, düzgün boşluklu simetrik perdelerin, Rijitlik Matrisi Metoduna göre analizi, eşdeğer çerçeve ile modellenerek yapılmıştır. Bu modellemede, perdeler geniş kolon olarak ve kirişler ise rijit uçlu olarak tanımlanmıştır. Bu yöntemle göre, bulunan analiz sonuçları, SAP2000 programından elde edilenlerle karşılaştırılmış ve perde eğilme momentlerinin ortalama % 4.4 farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu fark kabul edilebilir sınırlar içindedir. Dolayısıyla, Eşdeğer Çerçeve Yöntemi uygulamada kullanılabilir kolay bir yöntemdir. Boşluklu perdeli yapıların yatay yüklerle göre analizinde, rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca, bu konuda Sonlu Elemanlar Metodunun fazla bir avantajı yoktur.

## KAYNAKLAR

Clough, R. W., King, I. P., Wilson, E. L., 1964, Structural Analysis of Multi-Storey Buildings, *Proc. ASCE*, Vol. 90, No. ST3, Part 1, pp. 19-34.

Coull, A., Khachatoorian, H., 1982, Distribution of lateral forces in structures consisting of cores, coupled shear walls and rigidly jointed frames, *Proc. of Institution Civil Engineers*, Part 2, Vol. 73, Dec., pp. 731-745.

Çakıroğlu, A., Çetmeli, E., 1976, *Yapı Statiği Cilt II*, İTÜ, İnşaat Fakültesi Matbaası, 5. Baskı, İstanbul, s. 95-98.

Çakıroğlu, A., Özmen, G., 1973, Çerçeveler ve Boşluklu Perdelerden Oluşan Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı, İTÜ İnşaat Fakültesi, Teknik Rapor, No:16, İstanbul.

Dündar, C., Kırıl, E., 1986. *Perdeli Yapı Sistemlerinin Bilgisayar İle Analizi*. TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Yayını, Ankara.

Ghali, A., Neville, A.M., 1989. *Structural Analysis*. Chapman And Hall. Third Edition, London, pp. 447-483.

Khan, F. R., Sbarounis, J. A., 1964, Interaction of Shear Walls and Frames, *Proc. ASCE*, Vol. 90, No. ST3, Part 1, pp. 285-335.

Macleod, I.A., 1967, Lateral Stiffness of Shear Walls with Openings, in *Tall Buildings, Proc. of a Symposium on Tall Buildings*, Southampton, Pergaman Press, New York.

Sezer, R., 1991, *Perdeli Yapıların Yatay Yüklere Göre Analizinde Rijitlik Matrisi Metodu*, S.Ü. F. B.E. İnşaat Müh. A.B.D. Doktora Semineri, Konya.

Sungur, İ., 1986. *Boşluklu Perdelerin Yatay Yüklere Göre Hesabı*. KTÜ Müh. Mim. Fakültesi, Yapı Mekaniğinde Son Gelişmeler Semineri, Trabzon, S.107-124.

Tezcan, S., 1970. *Çubuk Sistemlerin Elektronik Hesap Makineleri İle Çözümü*. İTÜ, Yayın No:12, İstanbul.