ARAŞTIRMA MAKALESİ

SİMETRİK BOŞLUKLU PERDELERDE ELASTİK DAVRANIŞ SINIRLARI İÇERİSİNDE ÜST KAT BAĞ KİRİŞİ RİJİTLİĞİNİN BELİRLENMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM

Sema NOYAN ALACALI, Bilge DORAN

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL

Geliş Tarihi: 01.10.2002

AN APPROACH FOR EVALUATİON OF COUPLİNG BEAM STİFFNESS İN ELASTİC LİMİTS FOR SYMETRİC COUPLED SHEAR WALLS

SUMMARY

The coupled wall and/or shear(structural) wall systems are being most frequently used in high-rise buildings. It is well known that, in the high-rise buildings, shear walls and coupled shear wall systems provide the necessary stiffness and strenght.
Coupled wall systems investigated can be analysed with sufficient accuracy with the aid of finite element methods without imposing so many contraints on the degrees of freedom of systems. However, working with this kind of a model shall, inevitably, cause the calculation time to prolong and make it quite tedious to evaluate the results. Therefore, equivalent frame systems have become even more commonplace today and it seems that this practice shall maintain its position in structural design.
This paper consists of a numerical study of the rigidity of the tie beams of the top-storey of the coupled shear wall. Results from the solution are evaluated, an attempt to formulate equivalent rigidity multipliers for tie beams with an approach of multivariable regression.

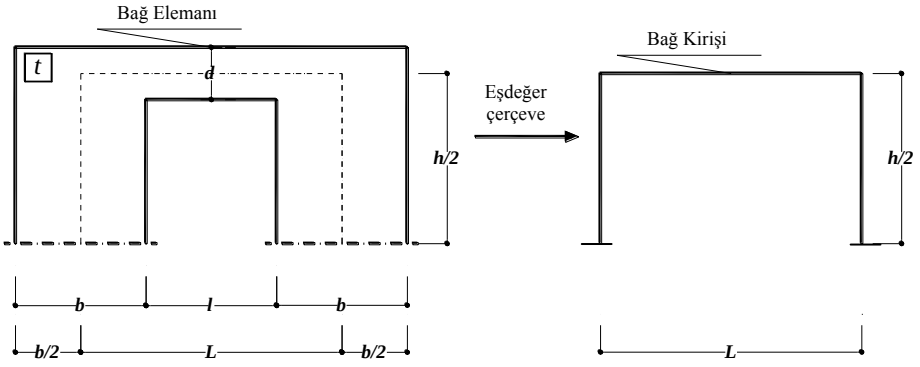
ÖZET

Yüksek yapılarda boşluklu perdeler ve/veya perde duvar sistemler sıklıkla kullanılmaktadır. Sözkonusu sistemlerin yatay yükler altında mukavemet ve rijitlik bakımından yeterli performansı gösterdikleri bilinmektedir.
Perde sistemlerin özel bir hali olan boşluklu perdeleri, sistem serbestlik derecelerine herhangi bir kısıtlama getirmeden sonlu eleman yöntemleri ile yeterli doğrulukla hesaba katmak mümkündür. Ne var ki bu tür modellerle çalışmak hem hesap süresini uzatır hem de hesap sonuçlarının değerlendirilmesini zahmetli kılar. Bu nedenle eşdeğer çerçeve sistemlerin kullanımı bu gün için oldukça pratik olmasının yanısıra daha bir süre yapı tasarımında değerini koruyacaktır.
Bu çalışmada, üst kat bağ kirişlerinin rijitliği ile ilgili sayısal bir çalışma yapılmıştır. Çözüm sonuçları değerlendirilerek, çok değişkenli regresyon yaklaşımıyla bağ kirişleri için eşdeğer rijitlik çarpanları formüle edilmeye çalışılmıştır.

1. GİRİŞ

Bilindiği gibi, çok katlı yapılarda, rüzgar ve/veya deprem gibi dış etkenlerden kaynaklanan yatay kuvvetler genellikle perdeler tarafından taşınmaktadır. Bu çalışmanın konusunu oluşturan boşluklu perdeler, kat hizalarında birbirlerine döşeme parçaları ile

bağlanmış perdeler olarak alınabilir; bu bağlantı elemanları kimi kez döşeme plağının bir kısmı, kimi kez çubuk davranışında kirişler, kimi kez de perde parçalarıdır. Bu tür sistemlerin tasarımında, çoğu kez bağlantı elemanlarının plastik şekil değiştirmelerine izin verilir (1,2,3,4,5). Bu bağlamda, boşluklu perdeler, yatay yüklere karşı yeterli dayanım ve rijitlik sağlamakta üstün performanslı yapı elemanlarıdır (2, 6, 7).
Bu çalışmada üst kat bağ kirişlerinin rijitliğe olan etkisi incelenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada *d,b,h,l,L,t* geometrik parametreleri için oluşturulan veri dizinleri dikkate alınmak suretiyle sonlu eleman modelleri oluşturulmuş ve çözüm sonuçları SPSS paket programının verileri olarak kullanılarak, bağ kirişi eşdeğer rijitlik çarpanını verecek ifadeler çok değişkenli doğrusal olmayan regresyon analizi yaklaşımıyla formüle edilmeye çalışılmıştır. Sözüedilen program, deneysel verilerle (sonlu eleman çözümleri) uyumlu ve değişkenler arasındaki ilişkiyi en yetkin şekilde ifade eden matematik modellerin doğrusal ve/veya doğrusal olmayan regresyon analizlerini gerçekleştiren bir paket programdır. Ayrıca sözkonusu bağıntılardaki rasgele değişkenlerin istatistiksel bağımlılığın ölçütü olan korelasyon katsayıları da verilmiştir.

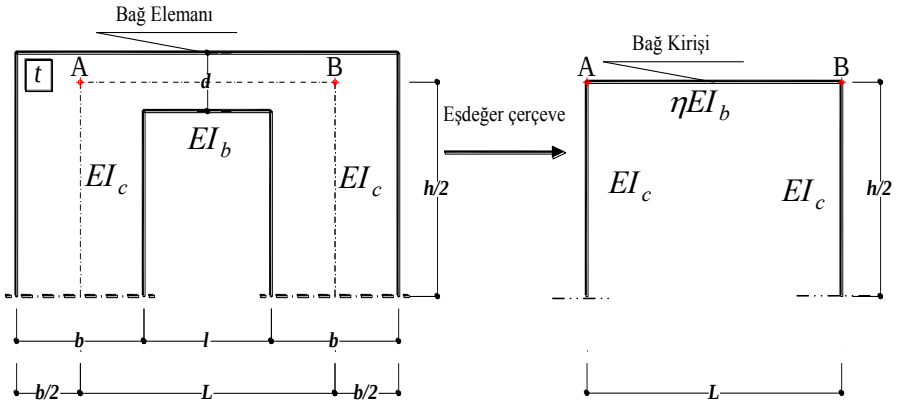


Şekil 1. Boşluklu perde ve eşdeğer çerçeve

Elde edilen regresyon bağıntıları kullanılarak bağ elemanlarının eşdeğer rijitlikleri belirlenmiş ve elde edilen rijitlik bağıntılarını sistem genelinde sınamak üzere bir örnek çözülmüştür. Çözüm sonuçları, önceki çalışmalarla karşılaştırılmalı olarak verilmiştir (2, 8, 9).

2. BOŞLUKLU PERDELERDE ÜST KAT BAĞ KİRİŞİ RİJİTLİĞİ HESABI

Perdeli-çerçeveli sistemlerin eşdeğer çerçeve olarak modellenmesinde en önemli konu bağlantı elemanlarının çubuk eşdeğerlerinin yeterli doğrulukla ve duyarlılıkla tahmin edilebilmesidir(1,2,10,11,12). Bağlantı elemanının çubuk eşdeğerinin tahmininindeki parametre sayısı oldukça yüksek görünmektedir(13); genel bir yaklaşımda *d,b,h,l,L,t* geometrik büyüklüklerinin (Şekil 1) yanı sıra malzeme davranış parametrelerinin de dikkate alınması gerekir. Malzemenin doğrusal-elastik davranış sınırları içinde kaldığı düşünüldüğünde E, ν (elastisite modülü, Poisson oranı) malzeme parametrelerinin gözönüne alınması yeterli bir yaklaşımdır (2, 6, 7).



Şekil 2. Üst kat boşluklu perde ve eşdeğer çerçeve karakteristikleri

Gerçekleştirilen çalışmada üst kat bağ kirişlerinin yatay yükler altında davranışları araştırılmış ve eşdeğerlik çarpanını (rijitlik düzeltme çarpanı; η) verecek regresyon bağıntıları çubuk teorisinin geçerli olduğu $\left(\frac{d}{l} \le \frac{1}{4}\right)$ ve çubuk teorisinin geçerli olmadığı $\left(\frac{d}{l} > \frac{1}{4}\right)$ durumlar için ayrı ayrı elde edilmiştir. Sözkonusu bağıntıların hassasiyeti, örnek veri dizinleri için elde edilen korelasyon dereceleri dikkate alındığında oldukça tatminkâr görünmektedir.

(η) eşdeğerlik çarpanı kat yüksekliği *(h)*, kiriş yüksekliği *(d)*, kiriş serbest açıklığı *(l)*, perde genişliği (*b)*, ve a_0, a_1, a_2, a_3 gibi sabit katsayılara bağlı bir kuvvet fonksiyonu şeklinde düşünülebilir.

$$\eta = a_0 \left(\frac{h}{l}\right)^{a_1} \left(\frac{b}{l}\right)^{a_2} \left(\frac{d}{l}\right)^{a_3} \qquad (1)$$

(η) eşdeğerlik çarpanını verecek (1) bağıntısı farklı formlarda da düşünülebilir. Ancak daha önce gerçekleştirilen çalışmalar (2, 6, 7) sözkonusu formun uygun olduğunu göstermektedir.

Şekil 2' de geometrik özellikleri ile verilen sistem, sonlu eleman yöntemi ile h=3 m, L =6 m, b = 3.0, 3.2, 3.4, 3.6, 3.8, 4.0, 4.2, 4.4, 4.6 (m), d =0.20, 0.40, 0.60, 0.80, 1.00, 1.20 (m) değerleri için modellenerek çözülmüş ve gerilme-birim şekil değiştirme durumu belirlenmiştir; referans noktalardaki (A ve B noktaları, Şekil 2) yatay yer değiştirmeler (δ) bulunmuştur. Aynı geometrik büyüklükler dikkate alınarak, sistem bu defa çerçeve olarak idealize edilmiş ve gerilme-birim şekil değiştirme durumu belirlenmiş, referans noktaların yatay deplasmanları ($\bar{\delta}$) hesaplanmıştır. $\delta = \bar{\delta}$ eşitliği sağlanana kadar eşdeğer çerçeve kirişinin rijitliği, değiştirilmek suretiyle (η) değerleri tesbit edilmiştir. (1) bağıntısındaki sabitler, $\left(\frac{d}{l}\right)$

değerinin muhtemel tüm değişim aralığı için sonlu eleman çözümleri ile üretilen sonuçların SPSS programının verileri olarak alınmasıyla, anılan bağıntılar elde edilmiştir (Çizelge 1). Yapılan geniş bantlı çözümler ($\frac{d}{l}$) nin sınırlandırılması ile daha hassas eşdeğerlik çarpanları elde edilebileceğini göstermiştir (2,6,7):

$$\frac{d}{l} \le \frac{1}{4} \qquad \eta = 1.2790\left(\frac{h}{l}\right)^{3.2062}\left(\frac{b}{l}\right)^{-0.0222}\left(\frac{d}{l}\right)^{-0.5393} \tag{2}$$

$$\frac{d}{l} > \frac{1}{4} \qquad \eta = 0.6248\left(\frac{h}{l}\right)^{3.2881}\left(\frac{b}{l}\right)^{-0.3398}\left(\frac{d}{l}\right)^{-1.2598} \tag{3}$$

(2) ve (3) bağıntılarının korelasyon katsayıları (13) örnek veri dizinleri için r=0.99 bulunmuştur. Görüldüğü üzere duyarlılık derecesi oldukça yüksek gözükmektedir.
(2) ve (3) bağıntıları, pratik amaçlar için üsler yuvarlatılarak,

$$\frac{d}{l} \le \frac{1}{4} \qquad \eta = 1.3\left(\frac{h}{l}\right)^{3.21}\left(\frac{b}{l}\right)^{-0.02}\left(\frac{d}{l}\right)^{-0.54} \tag{4}$$

$$\frac{d}{l} > \frac{1}{4} \qquad \eta = 0.6\left(\frac{h}{l}\right)^{3.29}\left(\frac{b}{l}\right)^{-0.34}\left(\frac{d}{l}\right)^{-1.26} \tag{5}$$

şeklinde de alınabilir.

Çizelge 1. Geometrik Büyüklükler ve η_{FE} Eşdeğerlik Çarpanları

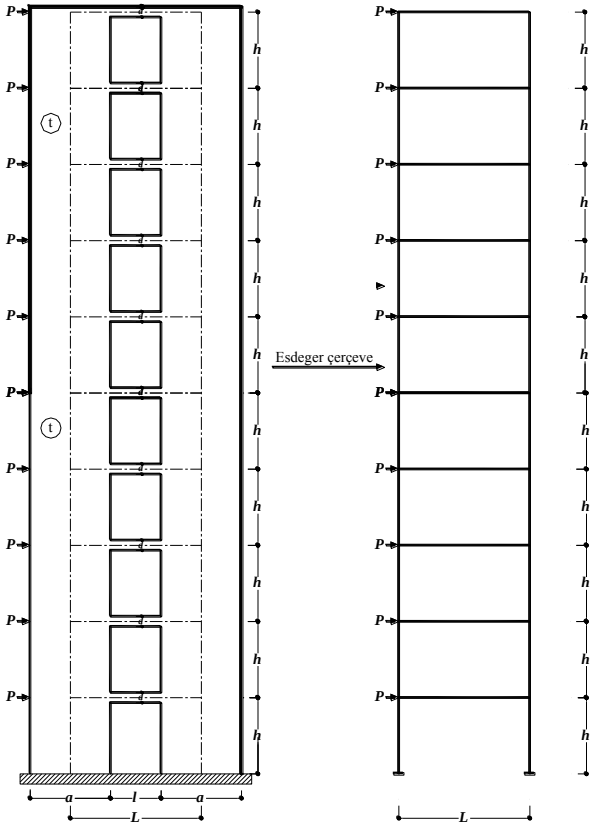
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
d (m)	*b (m)*	*h (m)*	*L (m)*	*l (m)*	*(h/l)*	*(b/l)*	*(d/l)*	η_{FE}
0.2	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.0667	6.1317
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.0714	7.4200
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.0769	9.0900
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.0833	11.3067
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.0909	14.3000
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.1000	18.4327
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.1111	24.3033
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.1250	32.9000
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.1429	45.9667
0.40	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.1333	4.5860
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.1429	5.4417
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.1538	6.5233
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.1667	7.9033
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.1818	9.6900
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.2000	12.0333
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.2222	15.1667
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.2500	19.4000
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.2857	25.2367
0.60	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.2000	3.6100
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.2143	4.2067
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.2308	4.9383
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.2500	5.8400
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.2727	6.9650
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.3000	8.3750
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.3333	10.1567
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.3750	12.4133
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.4286	15.2800

Çizelge 1. Devamı

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
d (m)	*b(m)*	*h (m)*	*L (m)*	*l (m)*	*(h/l)*	*(b/l)*	*(d/l)*	η_{FE}
0.80	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.2667	2.9773
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.2857	3.4080
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.3077	3.9223
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.3333	4.5403
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.3636	5.2833
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.4000	6.1773
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.4444	7.2533
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.5000	8.5467
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.5714	10.0833
1.00	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.3333	2.5533
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.3571	2.8727
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.3846	3.2467
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.4167	3.6833
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.4545	4.1917
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.5000	4.7817
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.5556	5.4633
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.6250	6.2433
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.7143	7.1233
1.20	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.4000	2.2627
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.4286	2.5037
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.4615	2.7800
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.5000	3.0933
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.5455	3.4500
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.6000	3.8467
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.6667	4.2900
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.7500	4.7767
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.8571	5.3033

3. SAYISAL UYGULAMA VE İRDELEMELER

Bu bölümde $\frac{d}{l}$ nin belirli bir değeri için Şekil 3'de görülen boşluklu perde sistem 2D (İki boyutlu sistem) olarak modellenmiş ve sonlu eleman tekniği ile çalışan SAP 90 (Structural Analysis Program) programı ile çözümü yapılmıştır. Gerçek sistem için gerilme-birim şekil değiştirme durumu belirlenmiştir. Daha sonar 4 bağıntısı kullanılarak bağ kirişi eşdeğer rijitlik çarpanı hesaplanmış, sistem bu defa 1D(bir boyutlu çubuk sistem) olarak ve bağ kirişleri gerçek rijitlikleri EI_b , ηEI_b alınarak modellenmiş, çözümü yine SAP 90 programı yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Eşdeğer sistem için gerilme-birim şekil değiştirme durumu belirlenmiştir. Sonuçlar, konu ile ilgili daha önce yapılmış olan farklı çalışmaların (2,7,8) sonuçları ile Çizelge 2 ve Şekil 4'de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.



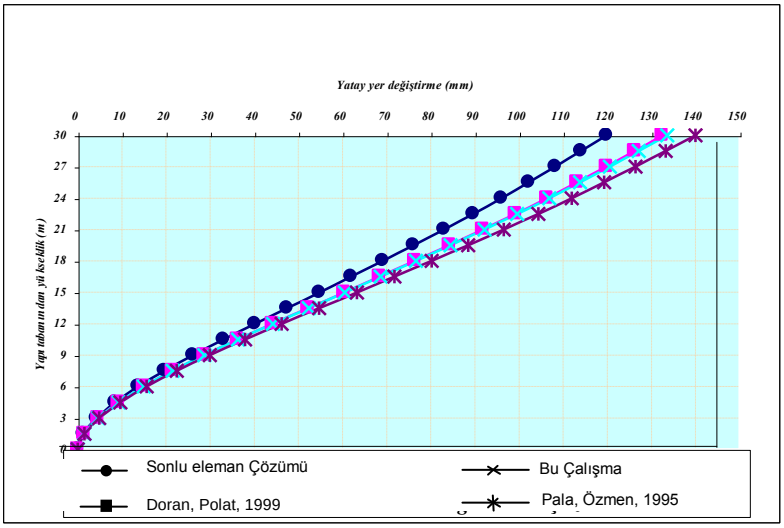
a=3.00 m, d=0.50 m, h=3.00 m, l=2.50 m, t=0.30 m, ν=0.30
P=500 kN, E=3x10^7 kN/m^2

Şekil 3. Boşluklu perdeli sistem

Çizelge 2. Örneğe ilişkin sonuçların karşılaştırılması

Kat No	Yapı tabanından yükseklik (m)	Gerçek sistemde yatay kat yerdeğiştirmeleri (mm)	Eşdeğer sistemde yatay kat yerdeğiştirmeleri (mm)		
-	-	Sonlu eleman çözümü	(*1)	(*2)	(*3)
1	3.00	4.31	4.67	4.68	4.88
2	6.00	13.74	14.96	14.98	15.60
3	9.00	26.17	28.66	28.70	29.92
4	12.00	40.17	44.18	44.26	46.20
5	15.00	54.74	60.37	60.51	63.24
6	18.00	69.16	76.44	76.66	80.21
7	21.00	83.00	91.85	92.18	96.55
8	24.00	96.04	106.34	106.83	111.96
9	27.00	108.24	119.84	120.56	126.37
10	30.00	119.84	132.53	133.57	139.96

(*1) Doran ve Polat, 1999
(*2) Bu çalışma
(*3) Pala ve Özmen, 1995



Şekil 4. Örnek çözüm sonuçlarının grafik olarak karşılaştırılması

4. SONUÇ

Daha önce yapılan çalışmalardan da görüldüğü üzere, boşluklu perdelerin eşdeğer çerçeve olarak modellenmesinde kullanılmak üzere, yapı davranışının bu noktadaki tüm parametrelerini dikkate alarak yeterli hassasiyette yaklaşım ifadeleri bulmak mümkündür (3).

Bu çalışmada malzemenin doğrusal-elastik kalması koşulu ile üst kat bağ elemanları eşdeğerlik çarpanlarını verecek bağıntılar önerilmiştir. Önerilen bağıntılar kulanılarak elde edilen sonlu eleman çözüm sonuçlarının, 3 numaralı kaynakta önerilen çözüm

sonuçlarına yaklaştığı görülmüştür. Dolayısıyla boşluklu-perdeli sistemlerin eşdeğer çerçeve yöntemi ile çözümünde bağ elemanları için gerekli olan eşdeğerlik çarpanlarının hesabında, bu çalışmada verilen 3 numaralı kaynakla birlikte yeterli yaklaşıklıkla kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Çakıroğlu, A., Balıoğlu İ., (1999), "Perde Bağ Kirişlerinin Plastik Şekil Değiştirmeleri", İMO, Teknik Dergi, 10(1): 1851-1867.

[2] Doran B., Boşluklu Perdelerin Elastik-Plastik Analizi, Doktora Tezi, YTÜ, İstanbul, 2001.

[3] Lefas, I.D., Kotsovos, M.D., NLFE Analysis of RC Structural Walls and Design Implications, Journal of Structural Engineering, Vol.116, No.1, pp.146-163, 1990.

[4] Park, H., Klingner, R.E., Nonlinear Analysis of RC Members Using Plasticity With Multiple Failure Criteria, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.123, No.5.

[5] Khatri, D., Anderson, J.C., Analysis of Reinforced Concrete Shear Wall Components Using the ADINA Nonlinear Concrete Model, Computers and Structures, Vol.56, No.23, 1995.

[6] Doran B. ve Polat Z., Boşluklu Perde Bağlantı Kirişleri Çubuk Eşdeğerlerinin Hesabı, Prof. Dr. Rıfat Yarar Sempozyumu 1997.

[7] Doran B. Polat Z., Boşluklu Perde Analizinde Bağ Kirişi Rijitliği Hesabı İçin Yeni Bir Formül, Teknik Dergi, Cilt 10, Sayı 3, 1999.

[8] Pala S. ve Özmen G., Boşluklu Perde Bağlantı Kirişlerinde Efektif Rijitliklerin hesabı. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı 1995.pp.643-651, 1997.

[9] Barış, R., Boşluklu simetrik perdelerde üst kat bağ kirişi rijitliği ile ilgili bir irdeleme, Lisansüstü Tezi, YTÜ, İstanbul, 2001.

[10] Subedi, K.,N., (1991), "RC-Coupled Shear Wall Structures. I:Analysis of Coupling Beams", Journal of Structural Engineering, 117(3): 667-679.

[11] Bolander, J., Wight, J., K., (1991), "Finite Element Modeling of Shear-Wall-Dominant Buildings", Journal of Structural Engineering, 117(6): 1719-1739.

[12] Beck,H., Contribution to the Analysis of Coupled Shear Walls, ACI Journal, Proceedings, V.59, pp.1055-1070, Aug.1962.

[13] Chatfield, C., Statistics for Technology, (1994) , Chapman and Hall, London.

PDF Source : Sigma