

Esnek Temele Oturan, Kesit Değişiklikleri Olan, Elastik Bağlı, Güçlendirilmiş Boşluklu Perdelerin Statik Analizi

H. Murat ARSLAN, Orhan AKSOĞAN, S. Seren AKAVCI

*Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
01330, Adana-TÜRKİYE*

Geliş Tarihi 01.08.2000

Özet

Yüksek yapılardaki perdelerin kapı, pencere ve koridorlarla zayıflatılması nedeniyle tepelerinde aşırı derecede büyük yatay yerdeğiştirmeler ve tabanlarında ise aşırı derecede büyük eğilme momentlerinin ortaya çıkması inşaat mühendisliğinin en sık karşılaşılan problemlerindedir. Bu problemin en güzel çözümlerinden birisi yapı boyunca yer yer güçlendirici kirişler koymaktır. Kapalı çözüm arayan yazarlar en çok iki ara kiriş olan durumları ele alabilmişlerdir (Coull,1974; Coull, 1991; Choo ve Coull, 1984; Coull ve Puri, 1968; Chan ve Kuang, 1988; Chan ve Kuang, 1989). Yakınlarda, birçok güçlendirici kirişi olan boşluklu perdelerin tasarımı için analitik ifadeler bulabilen ve MATHEMATICA dili kullanılarak yazılmış bir bilgisayar programı hazırlanmıştır (Aksogan ve ark., 1993; Arslan ve Aksogan, 1995). Bu son çalışmalarda kullanılan yaklaşımlarla değişik parametrelere göre optimizasyon yapma imkanı ortaya çıkmıştır. Yukarıdaki çalışmalardan (Arslan ve Aksogan, 1995) dışında hepsinde perdelerin ve bağlantı kirişlerinin özellikleri tüm perde boyunca sabit tutulmak zorundadır. Bu çalışmada, (Aksogan ve ark., 1993; Arslan ve Aksogan, 1995)'daki metodu kullanarak, MATHEMATICA ve FORTRAN dillerinde iki bilgisayar programı hazırlanmıştır. Yapılan analiz, elastik bağlı, esnek temele oturan, yer yer perde ve bağlantı kirişlerinde değişiklikler olan ve herhangi bir sayıda güçlendirici kirişleri bulunan boşluklu perdeler için geçerlidir. Bu çalışma ile SAP90 Yapı Analizi Programının sonuçlarını karşılaştırmak amacı ile seçilen örnekte elde edilen sonuçların tam bir uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Boşluklu perde, Esnek temel, Güçlendirici kiriş, Glastik bağ, Sürekli bağlantı yöntemi.

Stiffened Coupled Shear Walls on Elastic Foundations with Flexible Connections and Stepwise Changes in Width

Abstract

The exceedingly large top drift and bottom bending moment due to the weakening of shear walls in tall buildings by door, window and corridor openings is one of the most frequently encountered problems of structural engineering. The best way of tackling this problem is to employ stiffening beams. Authors who tried to find closed form solutions could handle only cases with up to two stiffening beams (Coull, 1974; Coull, 1991; Choo and Coull, 1984; Coull and Puri, 1968; Chan and Kuang, 1988; Chan and Kuang, 1989). Recently, a computer program which can find analytical expressions for the design of coupled shear walls with many stiffening beams has been prepared, making use of the MATHEMATICA computer algebra systems (Aksogan et al., 1993; Arslan and Aksogan, 1995). With the approach used in the latter studies, the possibility of optimisation with respect to different parameters has emerged. In all the works that are mentioned, except Arslan and Aksogan (1995), all properties of the shear walls and the connecting beams

have to be kept constant along the height of the building. In the present work, employing the method used in Aksogan et al. (1993) and Arslan and Aksogan (1995), MATHEMATICA and FORTRAN computer programs have been prepared for the general treatment of any number of stiffening beams in a coupled shear wall with flexible connections and foundations, having occasional changes in the properties of the shear walls and the connecting beams. A perfect agreement has been observed between the results of the present study and those of the SAP90 Structural Analysis Program in the examples used for the verification of the present method.

Key Words: Coupled shear wall, Elastic foundation, Stiffener, flexible connection, Continuous connection method.

Giriş

Kat sayıları arttıkça yüksek binalardaki yatay etkiler de doğal olarak artar. Sonuç olarak, düşey yükler için tasarlanmış olan kolonlar bu yatay etkilerden doğan eğilme momentlerine karşı yeterli olmazlar. Bu durumda, binaların yatay yüklere karşı dayanımlarını arttırmak için, kolonlara göre daha yüksek eğilme rijitliklerine sahip olduklarından perdeler kullanılır.

Son zamanlarda, perdeler, hem yatay yüklere karşı daha yüksek dayanımları, hem de mimari açıdan daha uygun oluşlarından doğan üstünlüklerinden dolayı eskiye göre daha çok kullanılmaktadır. Ancak, perdelerin pencere, kapı ve koridorlarla zayıflatılmasından kaçınmak mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, genellikle, yüksek binaların tasarımında perdeler kullanılmaktadır. Bir perdede oldukça yüksek boşluklar olması durumunda bağlantı kirişlerinin doğuracağı aksel kuvvetler yeterince eğilme momenti sağlayamadığı için, tepedeki yatay yerdeğiştirmeyi ve tabandaki eğilme momentlerini azaltmak tasarımcı için her zaman büyük zorluklar yaratmıştır. Bu bakımdan bağlantı kirişlerinin görevini kolaylaştırmak için onların fonksiyonunu daha etkili bir şekilde yerine getiren güçlendirici kirişlerin kullanımı çok uygun bir yöntemdir.

Yüksek binaların dayanımının güçlendirici kirişlerle artırılması birçok yazar tarafından ele alınmıştır (Coull,1974; Coull, 1991; Choo ve Coull, 1984; Coull ve Puri, 1968; Chan ve Kuang, 1988; Chan ve Kuang, 1989). Ancak, kapalı çözümler yalnız iki ara güçlendirici kiriş durumunda elde edilebilmiştir. Daha sonra Aksogan ve arkadaşları, bu çalışmada da kullanılan yöntemle herhangi bir sayıda güçlendirici kiriş olması durumunu yarı analitik olarak çözmüşlerdir (Aksogan ve ark., 1993; Arslan ve Aksogan, 1995). Yönteme yarı analitik denmesine karşın, oldukça basit durumlarda MATHEMATICA bilgisayar cebir sistemini kullanarak çözüm tümüyle analitik olarak yapılabilir.

Ancak, büyükçe problemlerde MATHEMATICA makul sürede sonuca varamamaktadır. Böyle problemlerde çözüme başlamak için tüm özelliklerin sayısal olarak verilmesi gerekir ki, bu durumda aynı programın FORTRAN dilinde yazılmış olan şekli çok daha hızlı çözüme ulaşmaktadır.

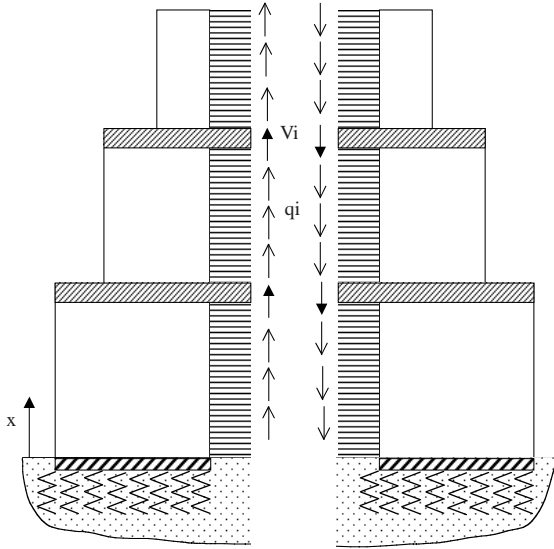
Günümüzde henüz klasik yöntemler arasına girmemiş olmakla birlikte, yukarıda belirtilen güçlendirici kiriş uygulaması büyük ölçüde kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, bu çalışmada sunulan yöntem, güçlendirici kirişlerin en etkili şekilde yerleştirilişini bulmak için çok etkin ve hızlı bir ön tasarım yolu oluşturduğu için bundan sonra çok daha sık kullanılacaklarına kesin gözüyle bakılabilir. Doğal olarak güçlendirici kirişlerin kesin yerlerine ve özelliklerine karar vermek çok önemli bir konudur. Ara güçlendirici kirişleri olan boşluklu perdelerin kesin çözümünü bulmak kuşkusuz çok fazla uğraştırıcı bir iştir. Bu çalışmada önerilen tip bir uygulama şekli çok yararlı olacaktır. Bu yöntemin değeri, son tasarımdan çok ön tasarım aşamasında kendini gösterir ve deneme yanılma yöntemi ile güçlendirici kirişlerin en uygun yerleri ile geometrik ve fiziksel özelliklerinin saptanmasında kullanılır.

Bu çalışmada, önce, elastik bağlı, esnek temele oturan, yer yer perde ve bağlantı kirişlerinde değişiklikler olan ve herhangi bir sayıda güçlendirici kirişleri bulunan boşluklu perdelerin analizi yapılmıştır. Daha sonra, bu analitik sonuçlar kullanılarak, elde edilen denklem takımının çözümünü yaparak sonuçlar bulan, FORTRAN dilinde ve MATHEMATICA bilgisayar cebir sistemi ile iki etkin bilgisayar programı hazırlanmıştır. Son olarak, bu çalışmanın ve daha önce literatürde yapılmış olan çalışmaların sonuçları arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Tüm çalışmaların sonuçları çok iyi bir uyum göstermektedir.

Analiz

Sürekli bağlantı yöntemi (SBY)

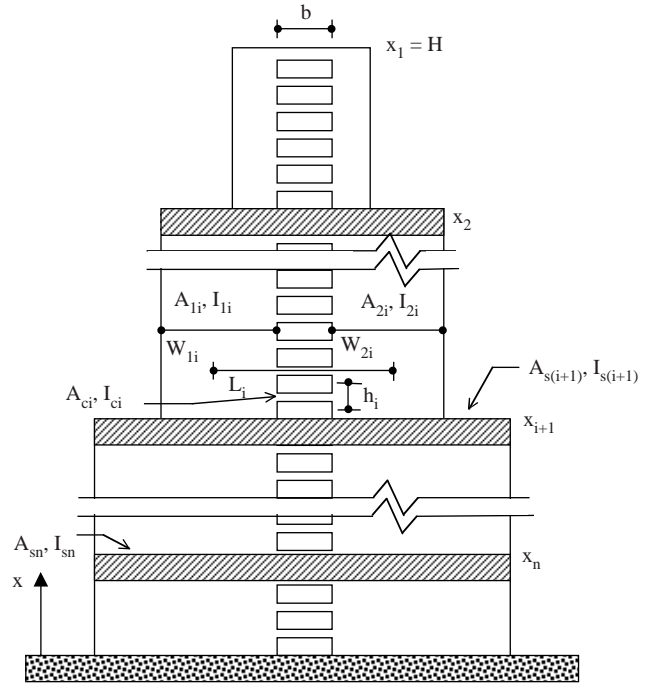
Karışık temel sistemleri ve düzensiz geometrileri olan binaların analizini yapmak için daha karışık yöntemler kullanılması gerekmesine karşın, son kırk yılda, birbirinin aynı bir sıra boşluk içeren bir perdenin çözümünde çok iyi sonuçlar veren basit ve kullanışlı bir yaklaşık yöntem geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. SBY diye adlandırılan bu yöntem, bağlantı kirişleri ve/veya döşemelerdeki ayırık kesme kuvvetleri yerine sürekli bir fonksiyon (q) kullanmak temel ilkesine dayanmaktadır (Şekil 1). Yöntem iki kısımdan oluşur. Birinci kısımda, moment-eğrilik, denge ve uygunluk denklemlerinden yararlanılarak perdenin her bir bölgesi için ikinci mertebeden sabit katsayılı lineer bir diferansiyel denklem elde edilir. Bilinmeyen fonksiyonlar tüm bölgelerdeki aksenal kuvvetler (T) olup, perde tepesinde, tabanında ve artarda iki komşu bölgenin ortak uçlarındaki sınır koşullarını kullanarak bulunur. İkinci kısımda, her bir bölge için yazılan moment-eğrilik ilişkisinden ikinci mertebeden diğer bir diferansiyel denklem takımı elde edilir. Bu denklemler, yatay yerdeğiştirmeler (y) ve türevleri ile ilgili sınır koşullarından yararlanılarak çözülür. Böylece iki boyutlu boşluklu perde problemi tek boyutlu şekle dönüşmüş olur. Sonuç olarak, gerekli tüm büyüklükler, iki diferansiyel denklem takımını artarda ortak çözerek, yükseklik (x) cinsinden bulunur.



Şekil 1. Sürekli bağlantı yöntemi

Eksenal kuvvetlerin bulunması

Yatay olarak yüklenmiş ve değişik yüksekliklerde güçlendirici kirişleri ve/veya ani genişlik değişiklikleri (Şekil 2) olan bir boşluklu perde ele alalım. Perdenin yüksekliği boyunca artarda iki güçlendirici ve/veya kesit değişikliği olan yükseklikler arasında kalan her bölgesinde iki yandaki duvarların ve bağlantı kirişlerinin, kat yükseklikleri dahil, hiçbir özelliklerinin değişmediğini varsayalım. Temelin elastik olduğunu kabul edelim ve biri yatay, biri düşey ve biri de dönel olmak üzere, üç lineer yayla modellenbildiğini düşünelim. Ayrıca, bağlantı kirişlerinin ve güçlendirici kirişlerin duvarlara iki uçlarında eşit sabitleri olan lineer dönel yaylarla bağlı imiş gibi davrandıklarını varsayalım. Bu sisteme SBY'ni uygulayabilmek için aşağıdaki kabuller de yapılacaktır.



Şekil 2. Güçlendirilmiş boşluklu perde

1. Eğilme rijitliği EI_c olan kat bağlantı kirişlerinin yerine eğilme rijitliği birim yükseklik için EI_c/h olan eşdeğer sürekli bağlantı ortamı düşünülür.
2. Eğilmeden önce düzlem olan eksene dik kesitler eğilmeden sonra düzlem kalırlar.

3. Bağlantı kirişlerinin eksenele şekildeğiştirmeleri gözardı edilir. Bu nedenle her iki perde aynı yükseklikte eşit yatay yerdeğiştirme yaparlar. Sonuç olarak, aynı yükseklikte sol ve sağ perdelerin yerdeğiştirmeleri birbirine eşit olur ve eğilme momentleri de eğilme rijitlikleriyle orantılıdır.

4. Bağlantı kirişlerindeki kesme kuvvetlerinin yerine eşdeğerleri olan birim yükseklik için q sürekli kuvvetleri alınır.

5. Bağlantı kirişlerinin üzerinde ara yük yoktur.

Düşey doğrultuda dx uzunluktaki bir perde parçasının düşey kuvvet dengesinden

$$\frac{dT_i}{dx} = -q_i \quad (1)$$

şeklinde perde eksenele kuvveti ile bağlantı kirişlerindeki kesme kuvveti akış fonksiyonu arasındaki ilişki bulunur.

Boşluklu perdenin i bölgesinde sol perdede oluşan momente M_{1i} ve sağ perdede oluşan momente M_{2i} denilir ve heriki perde için ayrı ayrı moment-eğrilik ilişkileri yazılır ve taraf tarafa toplanırsa, iki perde aynı yatay yerdeğiştirmeyi yaptıklarından, $M_i = M_{1i} + M_{2i}$ ve $I_i = I_{1i} + I_{2i}$ olmak üzere

$$EI_i \frac{d^2y_i}{dx^2} = M_i \quad (2)$$

$$L_i \frac{dy_i}{dx} - \frac{b^3 h_i q_i}{12 E I_{ci}} - \frac{h_i b^2 q_i}{2 c_{cb}} - \frac{1}{E} \sum_{j=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_{1j}} + \frac{1}{A_{2j}} \right\} \int_{x_{j+1}}^{x_j} T_j dx \right] - \frac{1}{E} \left\{ \frac{1}{A_{1i}} + \frac{1}{A_{2i}} \right\} \left[\int_{x_{i+1}}^x T_i dx \right] - \delta_f + \delta_{ei} = 0 \quad (5)$$

Bu denklemde ilk iki terim sırasıyla duvarların eğimlerinden (Şekil 3a) ve bağlantı kirişlerinin eğilmelerinden doğan düşey yerdeğiştirme farklarını (Şekil 3b), üçüncü terim, c_{cb} bağlantı rijitliğini göstermek üzere, perde-kiriş bağlantısının elastik olmasından doğan katkıyı (Şekil 3c) ve izleyen iki terim ise perdelerin eksenele kuvvetlerinden doğan katkıyı gösterirler (Şekil 3d). δ_f sol duvarın tabanının sağ duvarın tabanına göre yukarı doğru hareketini gösterir (Şekil 3e). δ_{ei} ise kesit değışikliklerinden doğan eksantrisitelerin eksen noktalarında doğurduğu düşey yerdeğiştirmelerin (Şekil

bağıntısı elde edilir. M_{ei} dış kuvvetlerden dolayı kesitte oluşan momenti göstermek üzere, moment dengesinden elde edilen

$$M_i = M_{ei} - T_i \times L_i \quad (3)$$

ifadesi (2) denklemine yerine konulursa, boşluklu perde için moment-eğrilik ilişkisi

$$EI_i \frac{d^2y_i}{dx^2} = M_{ei} - T_i L_i \quad (4)$$

şekline dönüşür.

Şekil 3a-c,f'de gösterilen δ' ve Δ' bağıl yerdeğiştirmeleri sol tarafta kalan bağlantı kirişi ucunun bağıl düşey yerdeğiştirmesi olup uygunluk denkleminde sağ taraftaki benzer δ'' ve Δ'' yerdeğiştirmeleri ile toplanarak göz önüne alınırlar. Bağlantı kirişlerinin üzerinde yük olmadığı ve iki uçları aynı dönmeyi yaptıkları için moment sıfır noktaları ortalarında olur. Bağlantı kirişleri eğilme momenti olmayan orta noktalarından kesilmiş gibi düşünülür ve bu kesim noktalarında sol yanın sağ yana göre aşağı doğru bağıl yerdeğiştirmesi pozitif alınırsa düşey yerdeğiştirmeler için uygunluk denkleminin aşağıdaki şekilde yazılır:

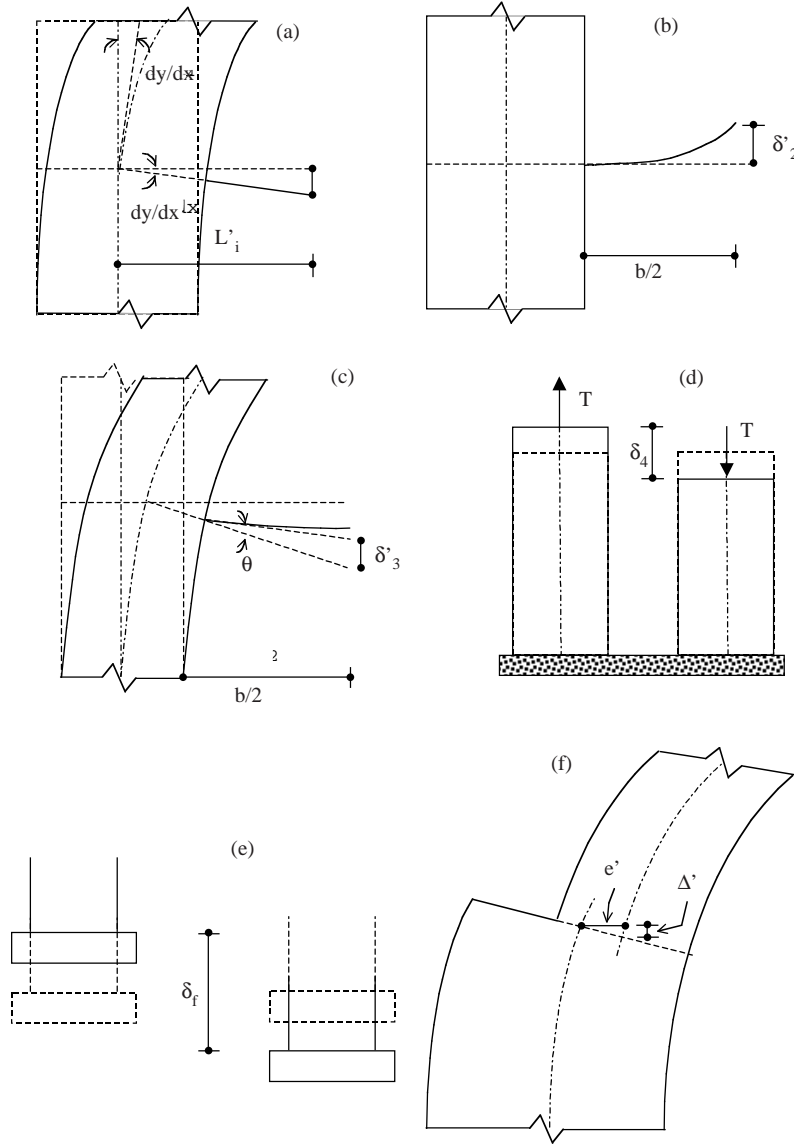
3f) katkısını göstermekte olup,

$$\delta_{ei} = \sum_{j=i+1}^n \Delta_j = \sum_{j=i+1}^n (L_j - L_{j-1}) \frac{dy_j}{dx} \Big|_{x=x_j} \quad (6)$$

şeklinde tanımlanır. Yukarıdaki uygunluk denkleminin x 'e göre türevi alınır ve elde edilen denklemde (1) ve (4) bağıntıları kullanılarak düzenlemeler yapılırsa

$$\frac{d^2T_i}{dx^2} - \alpha_i^2 T_i = -\beta_i^2 M_{ei} \quad (7)$$

şeklinde ikinci dereceden bir diferansiyel denklem elde edilir. Burada,



Şekil 3. Uygunluk denklemindeki bağıl yerdeğiştirmeler

$$\beta_i^2 = \frac{1}{\frac{EI_i}{L_i} \left(\frac{b^3 h_i}{12 E I_{ci}} + \frac{b^2 h_i}{2 c_{cb}} \right)}, \quad \alpha_i^2 = \beta_i^2 \left[L_i + \frac{I_i}{L_i} \left\{ \frac{1}{A_{1i}} + \frac{1}{A_{2i}} \right\} \right] \quad (8)$$

olup, genel çözüm

$$T_i = B_i \cosh(\alpha_i x) + C_i \sinh(\alpha_i x) + \frac{\beta_i^2}{\alpha_i^2} \left[\sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{\alpha_i^{2j}} \frac{d^{2j}}{dx^{2j}} (M_{ei}) \right] \quad (9)$$

şeklinde verilebilir. Bu şekilde verilen çözüm M_{ei} dış kuvvetler momentinin yüksekliğe bağlı olarak polinom şeklinde ifade edildiği her durum için geçerlidir.

Bu nedenle, özel durumlar olarak literatürde ele alınan üniform yayılı, üçgen şeklinde yayılı ve tepede tekil yatay kuvvetler için de uygulanabilir.

Başka fonksiyonlar ile verilen M_{ei} durumları için özel çözümlerin ele alınan probleme göre bulunması gerekir.

Eksenel kuvvetin ifadesi yükseklik boyunca n bölge için ayrı ayrı yazılırsa problemin çözümü için

$$L_i \frac{d y_i}{d x} \Big|_{x=x_i} - \frac{b^3 V_i}{12 E I_{si}} - \frac{b^2 V_i}{2 c_{sb}} - \frac{1}{E} \sum_{j=i}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_{1j}} + \frac{1}{A_{2j}} \right\} \int_{x_{j+1}}^{x_j} T_j dx \right] - \delta_f + \delta_{ei} = 0 \quad (10)$$

Burada V_i sözkonusu güçlendirici kirişin kesme kuvveti, c_{sb} ise bu kirişin uçlarındaki bağlantıların rijitliğidir. Benzer şekilde güçlendirici kirişin

$$L_i \frac{d y_i}{d x} \Big|_{x=x_i} - \frac{b^3 h_i q_i}{12 E I_{ci}} - \frac{b^2 h_i q_i}{2 c_{cb}} - \frac{1}{E} \sum_{j=i}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_{1j}} + \frac{1}{A_{2j}} \right\} \int_{x_{j+1}}^{x_j} T_j dx \right] - \delta_f + \delta_{ei} = 0 \quad (11)$$

denklemleri elde edilir. Son iki denklem birbirinden çıkarılarak ve basitleştirmeler yapılarak

$$V_i = \gamma_i H q_i(x_i) \quad (12)$$

ifadesi elde edilir. Burada

$$\gamma_i = \frac{\frac{b}{12 E I_{ci}} + \frac{1}{2 c_{cb}}}{\frac{b}{12 E I_{si}} + \frac{1}{2 c_{sb}}} \frac{h_i}{H} \quad (13)$$

$$L_n \frac{d y_n}{d x} \Big|_{x=0} - \frac{h_n b^3}{12 E I_{cn}} q_n \Big|_{x=0} - \frac{b^2 h_n q_n}{2 c_{cb}} - \delta_f = 0 \quad (15)$$

koşulunun sağlanması gerektiği açıkça görülmektedir. Temeldeki dönme

$$\frac{d y_n}{d x} \Big|_{x=0} = \frac{1}{K_R} M_n(0) \quad (16)$$

$$\frac{L_n}{K_R} M_n \Big|_{x=0} - \left(\frac{h_n b^3}{12 E I_{cn}} + \frac{b^2 h_n}{2 c_{cb}} \right) q_n \Big|_{x=0} - \frac{1}{K_V} T_n \Big|_{x=0} = 0 \quad (18)$$

şeklini alır. K_V ve K_R ise temelin özelliklerine göre eşdeğer düşey ve dönel rijitlik sabitleri olup temel tabanının alan ve atalet momentleri ve zemin yatak katsayıları, k_1 ve k_2 , cinsinden aşağıdaki şekilde tanımlanırlar:

$$\frac{1}{K_V} = \frac{1}{k_1 A_{b1}} + \frac{1}{k_2 A_{b2}}, \quad K_R = k_1 I_{b1} + k_2 I_{b2} \quad (19)$$

$2n$ integrasyon sabitinin bulunması gerekir. Bunun için, önce, gerekli sınır koşullarının yazılmasında kullanılacak güçlendirici kirişlerin kesme kuvvetleri bulunmalıdır. Bu amaçla, önce, x_i yükseklikteki güçlendirici kiriş için uygunluk denklemi yazılır:

altındaki bölge için yazılan uygunluk denkleminin x_i yükseklikte uygulanması ile

şeklinde tanımlanan bir sabittir.

Bina tepesinde düşey kuvvetlerin dengesi için (güçlendirici kiriş yoksa $V_1=0$)

$$T_1(H) - V_1 = 0 \quad (14)$$

ve en alt bölgedeki uygunluk denkleminin $x=0$ için uygulanması ile de

$$\delta_f = \frac{1}{K_V} T_n(0) \quad (17)$$

şeklinde yerlerine konulursa, (15) denklemi

Her iki komşu bölge arasındaki sınırdaki moment sıfır noktasının bir yanında düşey kuvvet dengesinden (güçlendirici kiriş yoksa $V_i=0$)

$$T_{i-1}(x_i) + V_i - T_i(x_i) = 0 \quad (i = 2, 3, \dots, n) \quad (20)$$

Ayrıca, i ve $i-1$ bölgelerine ait uygunluk denklemleri $x=x_i$ için uygulanır biri diğerinden çıkarılacak olursa

$$h_i \left(\frac{b}{12 E I_{c_i}} + \frac{1}{2 C_{cb}} \right) q_i |_{x=x_i} = h_{i-1} \left(\frac{b}{12 E I_{c(i-1)}} + \frac{1}{2 C_{cb}} \right) q_{i-1} |_{x=x_i} \quad (i = 2, 3, \dots, n) \quad (21)$$

Yukarıdaki (14), (18), (20) ve (21) sınır koşullarının ortak çözümünden B_i ve C_i sabitleri belirlenerek bölgelere ait eksene kuvvet ifadeleri elde edilir. Son olarak, yanal yerdeğiştirmeleri elde etmek için tüm bölgelerin moment-eğrilik ilişkileri yazılır ve iki kez integralleri alınacak olursa

$$y_i = \frac{1}{E I_i} \int \left\{ \int M_i dx \right\} dx + D_i x + G_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (22)$$

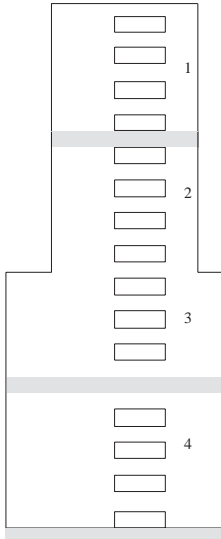
Bu ifadelerdeki $2n$ adet integrasyon sabiti, bölgeler arasında yatay yerdeğiştirme ve türevinin süreklilik koşullarını ifade eden

$$y_i(x_i) = y_{i-1}(x_i), \quad (i = 2, 3, \dots, n) \quad (23)$$

$$\frac{dy_i}{dx} |_{x=x_i} = \frac{dy_{i-1}}{dx} |_{x=x_i}, \quad (i = 2, 3, \dots, n)$$

ile tabanda yatay yerdeğiştirme ve türevi ile ilgili

1. bölge için $L=5,0m$, $h=3,0m$, $A=1,2m^2$, $I=1,2000m^4$, $x_1=60,0m$, $I_{s1}=0,0m^4$,
2. bölge için $L=5,0m$, $h=3,0m$, $A=1,2m^2$, $I=1,2000m^4$, $x_2=45,0m$, $I_{s2}=1,0m^4$,
3. bölge için $L=8,0m$, $h=3,0m$, $A=2,4m^2$, $I=9,6000m^4$, $x_3=30,0m$, $I_{s3}=0,0m^4$,
4. bölge için $L=8,0m$, $h=3,0m$, $A=2,4m^2$, $I=9,6000m^4$, $x_4=15,0m$, $I_{s4}=1,0m^4$.



Şekil 4. Örnek 1'e ait boşluklu perde

sınır koşullarını gösteren

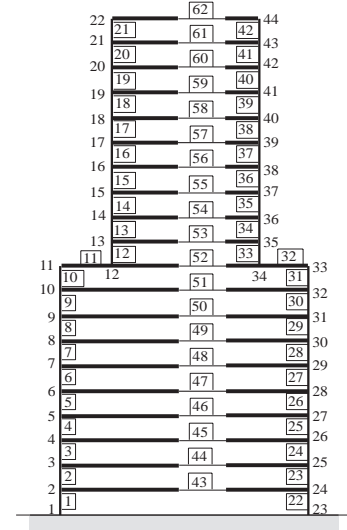
$$y_n(0) = 0 \quad (24)$$

$$\frac{dy_n}{dx} |_{x=0} = \frac{1}{K_R} M_n(0)$$

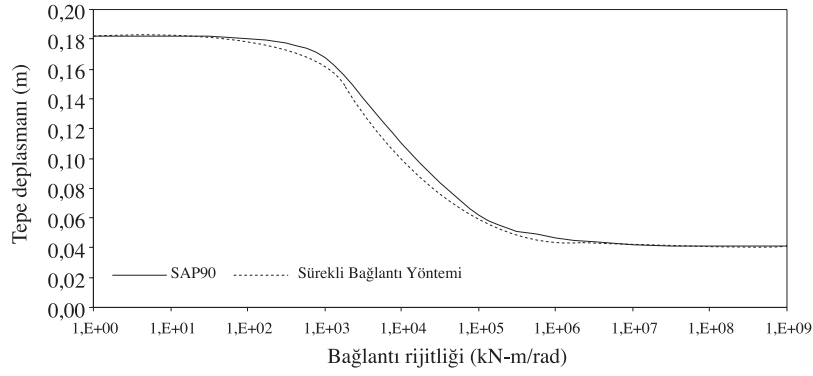
denklemleri ile bulunur.

Sayısal Uygulamalar ve Sonuç

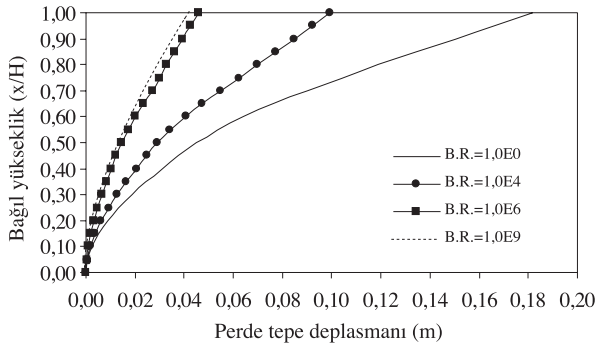
Örnek-1. Hazırlanan bilgisayar programının doğruluğunu kontrol etmek amacıyla güçlendirilmiş boşluklu perdeler için hem hazırlanan bilgisayar programı ile hem de eşdeğer çerçeve yöntemi ile çözüm yapılmış sonuçlar grafiklerle sunulmuştur. 60,0m yükseklikteki simetrik olmayıp rijit temele oturmuş olan perde (Şekil 4) 15 kN/m'lik düzgün yayılı yük etkisindedir. Boşluk genişliği ve bağlantı kirişleri atalet momenti bina yüksekliği boyunca sabit olup sırasıyla 2,0m ve 0,000714m⁴'tür. Tüm elemanlar için $E=20,0 \times 10^6$ kN/m². Bölgelere ait özellikler aşağıda belirtildiği gibidir:



Şekil 5. Örnek 1'in eşdeğer çerçeve yöntemi ile modellenmesi



Şekil 6. Örnek 1'in çözümü ile elde edilen değerlerin karşılaştırılması



Şekil 7. Örnek 1'in çözümü ile elde edilen deplasman değerleri

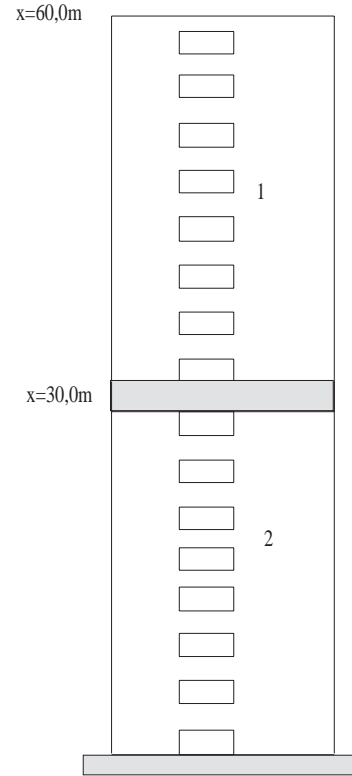
Örnek-2. Hazırlanan bilgisayar programı ile elastik temele oturmuş boşluklu perdelerin analizi de yapılabilmektedir. CHAN ve KUANG (1988) tarafından çözümü verilen örnek perde 60,0m yükseklikte ve 15 kN/m'lik düzgün yayılı yük etkisindedir (Şekil 8). Boşluk genişliği, kat yüksekliği ve bağlantı kirişlerinin atalet momenti bina yüksekliği boyunca sabit olup sırasıyla 1,5m, 3,0m ve 0,00213314m⁴tür. Tüm elemanlar için $E=24,0 \times 10^6$ kN/m² olup bölgelere ait özellikler aşağıda belirtildiği gibidir:

1. bölge için $L=9,75$ m, sol perde genişliği=6,5m, sağ perde genişliği=10,0m,

2. bölge için $L=9,75$ m, sol perde genişliği=6,5m, sağ perde genişliği=10,0m.

Perde kalınlığı yükseklik boyunca sabit olup 0,4m'dir. Perde iki eşit bölgeye ayrılmış olup, iki bölge arasında atalet momenti 0,073233m⁴ olan bir

güçlendirici kiriş bulunmaktadır. üç farklı temel durumu için çözüm yapılmıştır. Bu temel durumları sırasıyla :



Şekil 8. Örnek 2'ye ait boşluklu perde

Durum a : $K_V=4,387 \times 10^5$ kN/m $K_R=13,56 \times 10^6$ kN-m/rad

Durum b : $K_V=1,459 \times 10^5$ kN/m $K_R=5,423 \times 10^6$ kN-m/rad

Durum c : Rijit temel

CHAN ve KUANG (1988) tarafından elde edilen sonuçlar ile hazırlanan bilgisayar programı ile elde edilenler karşılaştırılmış ve yapılan bu karşılaştırma

Tablo 1'de sunulmuştur. Rijit temel için CHAN ve KUANG (1988) çözüm yapmamışlardır.

Tablo 1. Örnek 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması

	Durum a		Durum b		Durum c
	Bu çalışma	Chan ve Kuang	Bu çalışma	Chan ve Kuang	Bu çalışma
y(H) (mm)	36,2588	36,25	90,7321	90,73	6,6644
T(0) (kN)	2016,01	2016	1965,6	1966	1422,49
M(0) (kN-m)	7343,89	7343	7835,37	7835	12775,1

Bu çalışmada bulunan sonuçlarla karşılaştırma yapmak için hazırlanan SAP90 yapı analizi paket programı veri dosyasında sağ ve sol taraftaki perdeler aynı alana ve atalet momentine sahip kolon elemanlarla modellenir ve perde eksenleri boyunca yerleştirilirler. Yatay elemanlar ise, uçlarında rijit bölgeler bulunan elastik çubuklarla gösterilirler. Rijit bölgelerin uzunlukları ise perde genişliğinin yarısına eşittir. Rijit diyafram kabulüne uygun olması için her kat seviyesindeki düğüm noktalarındaki yatay yerdeğiştirme ve dönmelere aynı değerler veri-

li-

Daha çok ön tasarım amacı ile geliştirilen bu yöntemin, gerek veri dosyasının hızlı ve kolay hazırlanması ve gerekse programın çalışma süresinin çok kısa olmasına karşın elde edilen sonuçların diğer yöntemlerle elde edilen sonuçlara çok yakın olmasından dolayı, gelecekte boyutlandırma ve sistem seçimi aşamasında değişik seçenekleri karşılaştırmada çok daha yaygın bir şekilde kullanılacağı tahmin edilmektedir.

Notasyon

- A_{1i} : i'inci bölgedeki sol perde kesit alanı,
 A_{2i} : i'inci bölgedeki sağ perde kesit alanı,
 A_{ci} : i'inci bölgedeki bağlantı kirişi kesit alanı,
 A_i : i'inci bölgedeki perde toplam kesit alanı,
 A_{si} : i'inci bölgedeki güçlendirici kiriş kesit alanı,
 b : Boşluk genişliği,
 c_{cb} : Bağlantı kirişleri dönel yay katsayısı,
 c_{sb} : Güçlendirici kiriş dönel yay katsayısı,
 E : Elastisite modülü,
 H : Perde toplam yüksekliği,
 h_i : i'inci bölgedeki kat yüksekliği,
 i : Perde bölge numarası,
 I_{1i} : i'inci bölgedeki sol perde atalet momenti,
 I_{2i} : i'inci bölgedeki sağ perde atalet momenti,
 I_{ci} : i'inci bölgedeki bağlantı kirişi atalet momenti,

- I_i : i'inci bölgedeki perde toplam atalet momenti,
 I_{si} : i'inci bölgedeki güçlendirici kiriş atalet momenti,
 L_i : i'inci bölgedeki perde eksenleri arasındaki mesafe,
 M_{1i} : i'inci bölgede sol perdedeki moment,
 M_{2i} : i'inci bölgede sağ perdedeki moment,
 M_{ei} : i'inci bölgedeki dış kuvvetlerin toplam momenti,
 M_i : i'inci bölgedeki perdedeki toplam moment,
 q_i : i'inci bölgedeki boşlukta kesme kuvveti akış fonksiyonu,
 T_i : i'inci bölgedeki perdede oluşan aksel kuvvet fonksiyonu,
 V_i : i'inci bölgedeki güçlendirici kirişte oluşan kesme kuvveti,
 x_i : i'inci bölge başlangıç yüksekliği,
 y_i : i'inci bölgedeki yanal deplasman fonksiyonu,

Kaynaklar

Aksogan, O., Türker, H.T. and Oskouei, A.V., "Stiffening of Coupled Shear Walls at Arbitrary Number of Heights", Proc. First Technical Congress on Advances in Civil Engineering, North Cyprus. 781-787, 1993.

Değişikliklerinin Elastik Mesnetlenmiş Boşluklu Deprem Perdelerinin Davranışına Etkileri", IX. National Mechanics Congress, ürgüp, 158-167, 1995.

Chan, H.C. and Kuang, J.S., "Effect of a Single Deep Beam on Twin Shear Walls with Rational Coupling", Proc. Inst. of Civil Engineers, 2, 503-515, 1988.

Chan, H.C. and Kuang, J.S., "Stiffened Coupled Shear Walls", J. Engng. Mech., ASCE, 115(4), 689-

703, 1989.

Choo, B.S. and Coull, A., "Stiffening of Laterally Loaded Coupled Shear Walls on Elastic Foundations", Build. Envir., 19(4), 251-256, 1984.

Coull, A., "Stiffening of Coupled Shear Walls Against Foundation Movement", Struct. Engng., 52(1), 23-26, 1974.

Coull, A. and Bensmail, L., "Stiffened Coupled Shear Walls", Journal of Structural Engineering, 117(8), 2205-2223, 1991.

Coull, A. and Puri, R.D., "Analysis of Coupled Shear Walls of Variable Cross-section", Build. Sci., 2, 313-320, 1968.