



XIX. ULUSAL MEKANİK KONGRESİ

24-28 Ağustos 2015, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

ÇERÇEVELİ BİNALARDA KOLON EKSENEL DEFORMASYONLARININ YANAL ÖTELENMEYE ETKİSİ

Hamide TEKELİ¹, Fuat DEMİR¹ ve Hakan DİLMAÇ¹¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta

ABSTRACT

The story drift of the structure is an important indicator for providing required stiffness. Nowadays, computer programs are used to determine the drift in the structures together with structural analysis. Even, structural drifts are calculated by computer programs, engineer needs a quick and realistic solution method. The large lateral displacement can cause damage to the structure. The limited lateral displacement can prevent this damage. Therefore, accurate determination of lateral sway in building is an important subject. In this study, the effects of column axial deformations are examined on sway of framed buildings. Analytical relations are obtained by utilizing the general differential equations given in literature. Firstly, the results of differential equations are compared with SAP 2000 program results. Then, the effects of column axial deformations are examined on sway of framed building by using differential equations.

ÖZET

Yapıların ötelenmesi, gerekli bina rijitliğinin sağlanmasında önemli bir göstergesidir. Günümüzde yapıların ötelenmesi, bilgisayar programları ile yapılan analizler ile elde edilmektedir. Yapı ötelenmeleri bilgisayar programları ile hesaplanırsa bile, uygulamacı mühendisin pratik formüllere ihtiyacı vardır. Aşırı yanal ötelenme, yapının hasar görmesine neden olabilir. Yanal ötelenmelerin sınırlandırılması bu hasarı önleyebilir. Bu nedenle yapıda meydana gelen yanal ötelenmelerin doğru bir şekilde belirlenmesi önemli bir konu olmaktadır. Bu çalışmada, çerçevesiz binalarda kolon aksel deformasyonlarının yanal ötelenmeye etkisi incelenmiştir. Çözümlemelerde çerçevesiz yapıların ötelenmesi için literatürde önerilen genel diferansiyel denklemler düzenlenerek analitik ilişkiler elde edilmiştir. İlk olarak, diferansiyel denklem sonuçları SAP 2000 analiz programı sonuçları ile kıyaslanmıştır. Daha sonra diferansiyel denklemler yardımıyla çerçevesiz bir bina üzerinde kolon aksel deformasyonlarının ötelenmeye etkisi incelenmiştir.

GİRİŞ

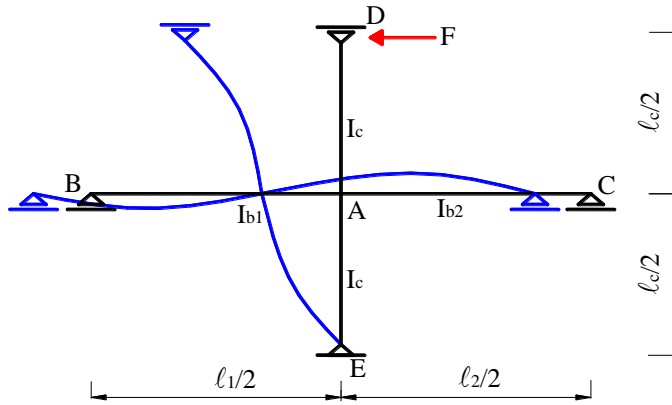
Fay kırılması sonucunda açığa çıkan deprem enerjisi deprem odağından başlayarak dalgalar halinde yayılır ve betonarme yapının temeline ulaşır. Yapının doğal periyoduna bağlı olarak, yapının içine girer. Yapının içine giren deprem enerjisine tepki gösteren yapı ötelenir. Bu dinamik ötelenme, yapı yüksekliğince ve yapının her noktasında ivmelerin oluşmasına neden olur. Bu ivmeler, temelden çatıya, yapının kütlesi olan her noktasında “eylemsizlik kuvvetleri” nin oluşması demektir. Dolayısıyla depreme maruz betonarme yapıların ne kadar ötelenme yaptığı, yapının deprem güvenliği açısından, son derece önemli bir parametredir. Deprem yükü nedeniyle aşırı yanal ötelenme, yapıda yapısal ve yapısal olmayan elemanların

hasar görmesine hatta yapının göçmesine bile neden olabilir. Bu nedenle yanal ötelenmeler depreme maruz yapılarıdaki hasarı kontrol eden önemli bir parametredir [1,2]. Yanal ötelenmelerin sınırlandırılması bu hasarı önleyebilir. Bu nedenle çoğu ülkenin yönetmeliğinde görelî kat ötelenmelerine bir sınırlandırma getirilmiştir [3-9]. Dolayısıyla yanal ötelenmelerin doğru bir şekilde hesap edilmesi yapıda oluşabilecek hasarın kontrol edilebilmesi açısından oldukça önemli olmaktadır.

Bu nedenle bu çalışmada, çerçevesel binalardaki kolon aksel deformasyonlarının bina ötelenmesi üzerindeki etkileri incelenecektir. Bu amaçla literatürde bulunan diferansiyel denklemlerden yararlanılacaktır. Çalışma kapsamında öncelikle bu diferansiyel denklemlerin geçerliliği ispatlanacak, daha sonra bu denklemler kullanılarak seçilen üç boyutlu model bina üzerinde kolon aksel deformasyonlarının bina ötelenmesi üzerindeki etkileri incelenecektir.

ÇERÇEVELİ YAPILARIN ÖTELENMESİ İÇİN ANALİTİK DENKLEMLERİN TÜRETİLMESİ

Taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan betonarme binalarda yatay yer değiştirme; kolon ve kirişlerde meydana gelen eğilme sonucu ortaya çıkar. Ötelenme sonucu, çerçevesel binalarda kayma kirişi davranışı gözlenir. Bu nedenle, literatürdeki çoğu çalışmada [10-16], çok katlı çerçevesel yapı sürekli bir “kayma kirişi” olarak modellenerek ötelenme hesabı için diferansiyel denklemleri türetilmiştir. GA (kayma rijitliği) ifadesinin elde edilebilmesi için, çok katlı çerçevesel bir yapıda düğüm noktasına bağlı bulunan kolon ve kirişleri moment sıfır noktalarından kesilerek çıkarılırsa Şekil 1 elde edilir. Burada, moment sıfır noktalarının (büküm noktasının) kolon ve kirişlerin tam ortasında oluştuğu kabul edilmiştir. Yatay yüklere maruz çok katlı çerçevesel bir yapının tipik bir kolon-kiriş düğüm noktası olan sistem, Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yatay yüke maruz çok katlı çerçevesel bir yapının düğüm noktası ötelenmesi

Şekil 1’de verilen sistemin ötelenme ve kuvvet ilişkileri enerji denklemleri kullanılarak Denklem (1) görüldüğü gibi elde edilir.

$$F = \frac{12 \cdot E_c \cdot I_c}{l_c^3} \cdot \frac{\Delta}{A} \quad A = 1 + \frac{2 \cdot I_c}{l_c \cdot \left(\frac{I_{b1}}{l_1} + \frac{I_{b2}}{l_2} \right)} \quad (1)$$

$\Delta=1$ alınarak aşağıda hesaplanan (F) kuvvetinin değeri; bir kolonun, yapının toplam ötelenme rijitliğine olan katkısını verir, Denklem (2).

$$F = \frac{12.E_c.I_c}{l_c^3} \cdot \frac{1}{1 + \frac{2.I_c}{l_c \cdot \left(\frac{I_{b1}}{l_1} + \frac{I_{b2}}{l_2} \right)}} \quad (2)$$

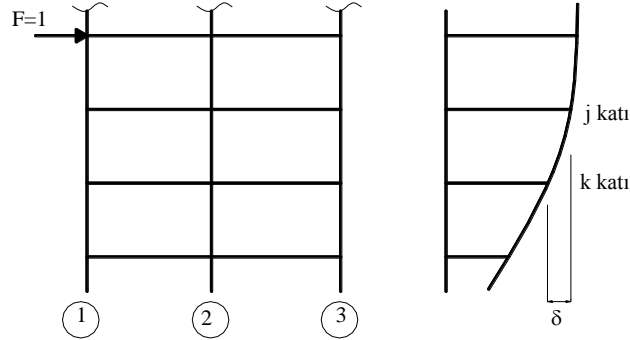
Burada çerçevesel yapı sürekli bir kayma kirişi olarak modellenmiştir. Bu durumda, l_c uzunluğunda bir kolonun tüm yapı rijitliğine katkısı, sürekli hale dönüştürmek için (F/l_c) olarak ifade edilebilir [16].

$$GA = \frac{12.E_c.I_c}{l_c^2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{2.I_c}{l_c \cdot \left(\frac{I_{b1}}{l_1} + \frac{I_{b2}}{l_2} \right)}} \quad (3)$$

Bir yapının yatay bir kat düzlemi içinde çok sayıda kolonu vardır. Yapının toplam kayma rijitliğini bulmak için, (3) denkleminin kat içerisindeki tüm kolonlara uygulanarak toplanması gerekir.

Çerçevesel Yapılarda Kolon Aksenal Deformasyonlarını Dikkate Almadan Analitik Denklemlerin Türetilmesi

Şekil 2’ de verilen sisteme ait iki kat arasında oluşan göreceli ötelenme, (4) ifadesi ile bulunabilir [16].



Şekil 2. F=1 ton yatay yük altında ardışık katlar arasında oluşan yatay ötelenme

$$\delta = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\frac{12.E_c.I_c}{l_c^3} \left[1 + \frac{2.I_c}{l_c \cdot \left(\frac{I_{b1}}{l_1} + \frac{I_{b2}}{l_2} \right)} \right]} \quad (4)$$

Bütün katların (F_i) yüklerine maruz olması durumunda görelî ötelenme (Δ_i) olacaktır.

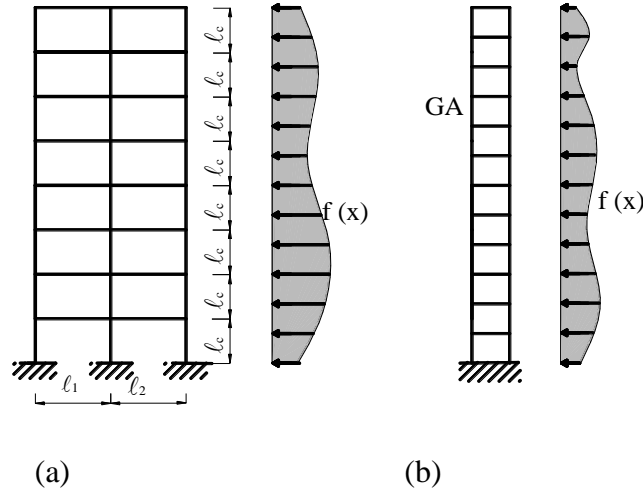
$$\Delta_i = \delta \cdot V_{oi} \quad (5)$$

Herhangi bir (k) katının yatay ötelenmesi, (k) katına kadar oluşan görelî ötelenmelerin toplamıdır.

$$y = \sum_{i=1}^k \Delta_i = \delta \cdot \sum_{i=1}^k V_{oi} \quad (6)$$

Çerçevesel yapının bir kayma kirişi oluşturacak şekilde sürekli olması ve yatay yükün yapı yüksekliğince sürekli bir şekilde uygulanması durumunda (Şekil 3), (6) denklemindeki toplama işlemi integrasyona dönüştürülebilir [16].

$$y = \frac{\delta}{\ell_c} \int_0^x V_o(x) dx \quad y = \frac{1}{(GA)_{yapı}} \int_0^x V_o(x) dx \quad (7)$$

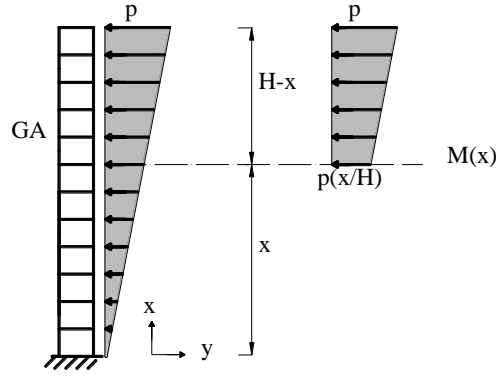


Şekil 3. Çok katlı çerçevenin kayma kirişi olarak modellenmesi
(a) Çok katlı çerçeve (b) Kayma kirişi modeli

Diferensiyel denklemin çözümü aşağıda gösterilmiştir.

$$y = \frac{M_o(0) - M_o(x)}{GA} \quad (8)$$

(8) denklemi kullanılarak kayma kirişi olarak modellenen, süreklilik gösteren, yatay yüke maruz ve kat yükseklikleri eşit (sabit GA), çok katlı çerçevesel bir yapının yatay ötelenme profili kolayca bulunabilir. Dikkat edilirse, kayma kirişi rijitliğinin çerçeve yüksekliğince sabit kaldığı kabul edilmiştir. Başka bir deyişle, kat planı ve kat yükseklikleri değişmemektedir. Şekil 4' te gösterilen çerçevesel yapıya ait kayma kirişi modeli üçgen yaylı yatay yüke maruz kalırsa yatay ötelenme profili (9) denklemi ile elde edilebilir.



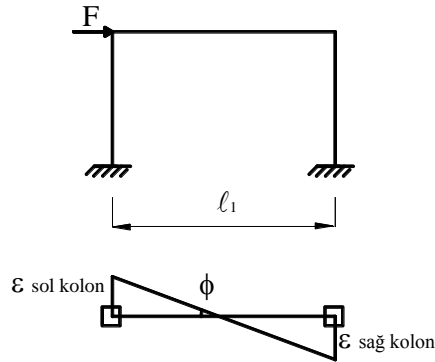
Şekil 4. Üçgen yayılı yatay yüke maruz çerçevesel yapı

$$y = \frac{p \cdot H^2}{2 \cdot GA} \cdot \left(k - \frac{k^3}{3} \right) \quad k = \frac{x}{H} \quad (9)$$

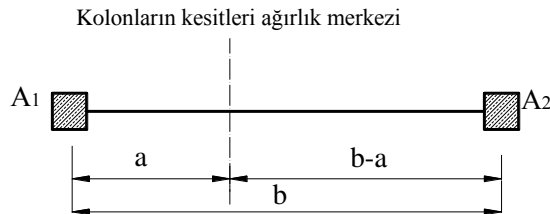
Çerçevesel Yapılarda Kolon Eksenel Deformasyonlarını Dikkate Alarak Analitik Denklemlerin Türetilmesi

Yatay yüklere maruz çok katlı bir yapının yüksekliği arttıkça ve kayma rijitliği ile eğilme rijitliğinin belli bir oranından sonra, kolonların eksenel deformasyonlarından doğan ek yanal ötelenmeler önem kazanmaya başlar. Şekil 5' te çerçevenin en dış kolonlarının dikkate alınmasıyla oluşan birim eğrilik (ϕ) durumu gösterilmiştir.

$$\phi = \frac{1}{\rho} = \frac{M_o(x)}{K_o} \quad (10)$$



Şekil 5. Kolon eksenel deformasyonlarından oluşan birim eğrilik



Şekil 6. Dış kolon alanlarının oluşturduğu eğilme momenti

$$K_o = E_c \cdot I = E_c \cdot A_1 \cdot b^2 \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{A_1}{A_2}} \right) \quad (11)$$

Çerçevesel yapılara ait kolon aksel deformasyonlarını da dikkate alan diferansiyel denklem (12)'de verilmiştir [16].

$$GA \cdot \left(y'' + \frac{M_o(x)}{K_o} \right) = -f(x) \quad (12)$$

(12) denkleminin iki kez integrali alınırsa ötelenme denklemi (13) elde edilir [16].

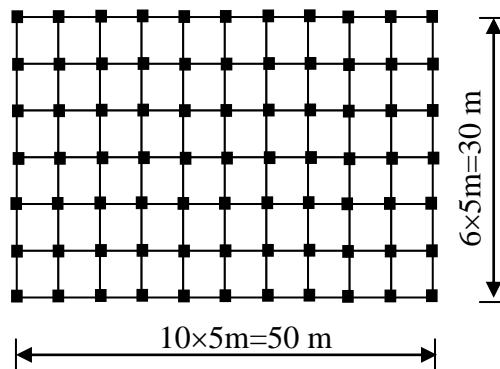
$$y = \frac{M_o(0) - M_o(x)}{GA} + \frac{\int_0^x \int_0^x M_o(x) dx^2}{K_o} \quad (13)$$

(13)'te verilen ilişkiden de görülebileceği gibi, kolon aksel deformasyonları, çerçeve yanal ötelenmesinin bir miktar artmasına neden olmaktadır. Üçgen yayılı yük altındaki çerçevesel yapılarda kolon aksel deformasyonlarını da dikkate alan yanal ötelenme denklemi (14)'de verilmiştir.

$$y = \frac{p \cdot H^2}{2 \cdot GA} \cdot \left(k - \frac{k^3}{3} + \frac{\lambda^2}{60} \cdot (k^5 - 10 \cdot k^3 + 20 \cdot k^2) \right) \quad \lambda = H \cdot \sqrt{\frac{GA}{K_o}} \quad k = \frac{x}{H} \quad (14)$$

ÇERÇEVELİ YAPILAR İÇİN KULLANILAN ANALİTİK DENKLEMLERİN GEÇERLİLİĞİNİN KANITLANMASI

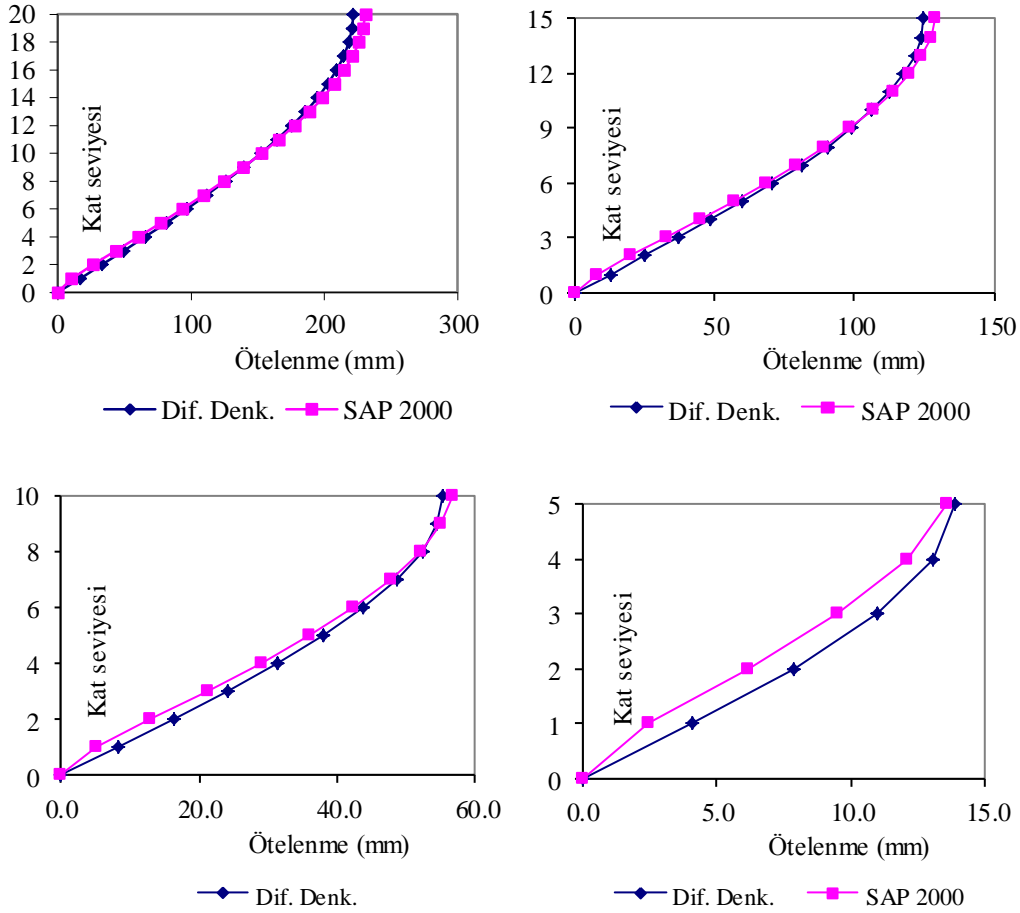
Yapıların ötelenme hesabı için geliştirilen diferansiyel denklemlerin geçerliliğini araştırmak üzere Şekil 8'de görülen bina model olarak seçilmiştir. Model binanın en üstte 756 kN/m değerinde üçgen yayılı yatay yüke maruz kaldığı kabul edilmiştir. Model binaya ait kolon boyutları 50/50, kiriş boyutları 25/45, döşeme kalınlığı 12 cm, kat yüksekliği 3m, döşeme kaplama yükü 2kN/m², döşeme hareketli yükü ise 3.5kN/m² olarak dikkate alınmıştır. Binanın kat adedi 5, 10, 15 ve 20 olarak değiştirilmiştir. Burada çözümler sadece binanın zayıf olan y doğrultusunda yapılmıştır.



Şekil 7. Seçilen bina modeli

Kolon Eksenel Deformasyonlarının Dikkate Alınmaması Durumu

Şekil 8’ de verilen model binanın ötelenme sonuçları kolon eksenel deformasyonlarını dikkate almadan analitik denklemler yardımıyla elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların farklı kat adedine sahip binalar için SAP 2000 analiz programı [17] sonuçları ile karşılaştırılması Şekil 8’ de verilmiştir.



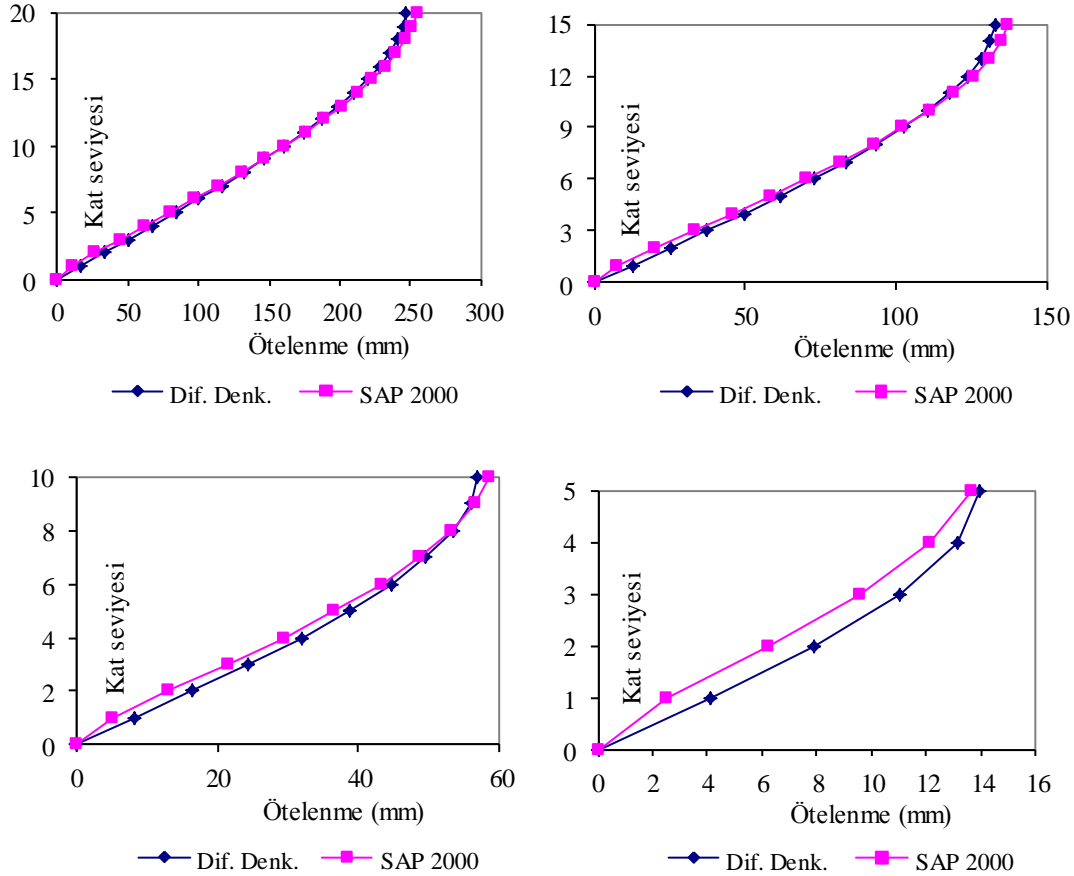
Şekil 8. Çerçevesiz yapıda kolon eksenel deformasyonlarını dikkate almadan hesaplanan ötelenme sonuçları

Çerçevesiz Yapılarda Kolon Eksenel Deformasyonlarının Dikkate Alınması Durumu

Şekil 7’ de planı verilen yapıya ait devrilme rijitliği (K_o), sadece en dış kolonlarda hesaplanmıştır. İç kolonların etkisi ihmal edilmiştir. Yapının y yönündeki devrilme rijitliği; aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$K_{oy} = 28\,500\,000 \cdot (0,5 \cdot 0,5 \cdot (15)^2 \cdot 11,2) = 35\,268\,750\,000 \text{ kN/m}^2$$

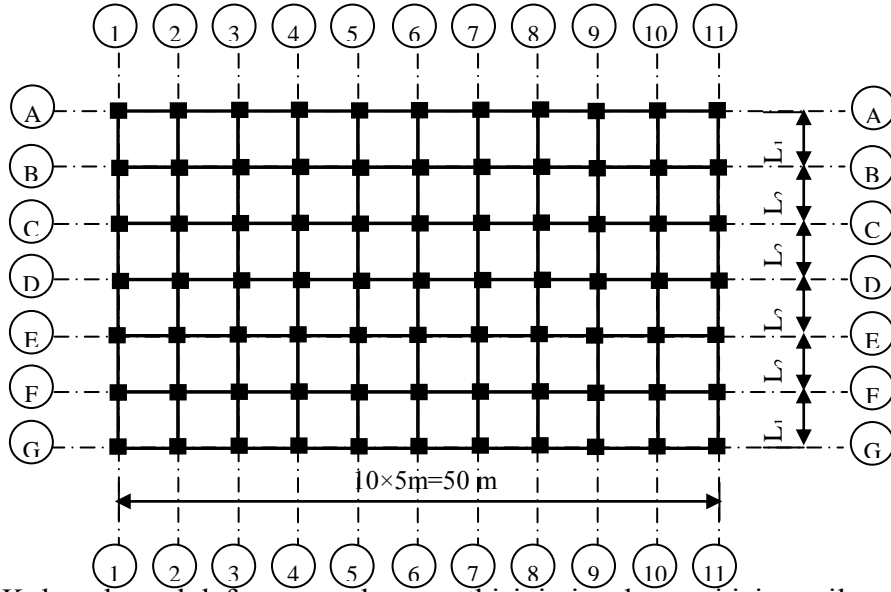
Şekil 8’ de verilen model binada kolon eksenel deformasyonları dikkate alınarak elde edilen ötelenme değerleri, SAP 2000 programı [17] sonuçları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Çerçevesel yapıda kolon aksenal deformasyonlarını dikkate alarak hesaplanan ötelenme sonuçları

KOLON EKSENEL DEFORMASYONLARININ ÖTELENMEYE ETKİSİ

Yatay yüke maruz yapılarda ötelenme kontrolünde, kolon aksenal deformasyonlarından meydana gelen ek yanal ötelenmelerin dikkate alınması gerekebilir. Kolon aksenal deformasyonlarından meydana gelen ek ötelenmenin bina yüksekliği (H), çerçevenin kayma rijitliği (GA) ve devrilme rijitliği (K_o) parametrelerine bağlı olduğu Denklem (14) ile görülmüştür. Bu çalışma kapsamındaki çözümlerlerde bu parametreler değişken olarak dikkate alınmıştır. Bu amaçla, seçilen bir bina modeli (Şekil 10) üzerinde kat sayısı, kolon boyutları ve açıklık mesafeleri değiştirilerek farklı H , GA ve K_o değerleri elde edilmiştir. Dolayısıyla toplamda 100 adet bina üzerinde çözümler yapılmıştır. Burada çözümler sadece binanın zayıf olan y doğrultusunda yapılmıştır.



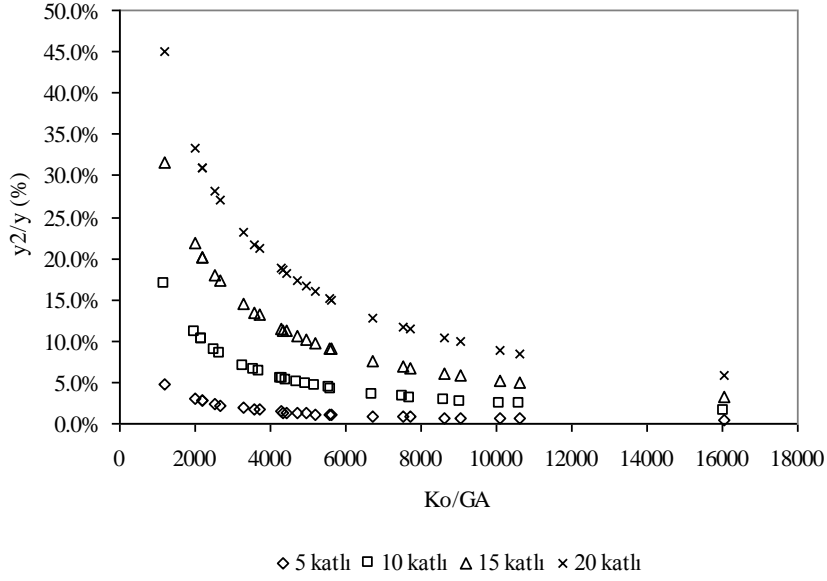
Şekil 10. Kolon aksel deformasyonlarının etkisinin incelenmesi için seçilen model bina

Çizelge 1. Seçilen model binaya ait değişkenler

Kat sayısı	5, 10, 15, 20		
Kiriş boyutu	25/45		
Kolon boyutu (cm)	Tüm akslar: 40/40	Açıklık mesafesi (m)	$L_1=L_2=3$ m
	Tüm akslar: 50/50		$L_1=L_2=4$ m
	Tüm akslar: 60/60		$L_1=L_2=5$ m
	A-G aksları: 40/40		$L_1=3$ m
	Diğer akslar: 60/60		$L_2=5$ m
	A-G aksları: 60/60		$L_1=5$ m
Diğer akslar: 40/40	$L_2=3$ m		

Her bina çözümüne ait ötelenme değerleri hem aksel deformasyonlar ihmal edilerek hem de dikkate alınarak hesaplanmıştır. Her bir kat seviyesinde elde edilen ötelenme değerleri arasından, en büyük kat ötelenmesinin en üst katta oluşması nedeniyle en üst kat ötelenmesi dikkate alınmıştır.

Her bir binanın en üst katı için elde edilen kolon aksel deformasyonlarını dikkate alan ve almayan iki ötelenme değeri arasındaki artış yüzdesi (y_2/y_1) çalışmada incelenen parametre olarak seçilmiştir. Farklı kat adedine sahip binalardaki bu parametrenin K_0/GA ile değişimi Şekil 11'de grafiksel olarak verilmiştir. Buradan kat sayısı arttıkça kolon aksel deformasyonların ötelenmeye etkisinin arttığı kolayca görülebilir. Ayrıca binaya ait K_0 devrilme rijitliğinin artması kolon aksel deformasyonlarını önemli derecede azaltmaktadır. Dolayısıyla çerçevesel yapılarda kolon boyutunun seçiminin yanında kolonların yerleştirilmesinin de ötelenmeyi önemli derecede etkilediği söylenebilir.



Şekil 11. Ko/GA oranının kolon aksel deformasyonlarına etkisi

SONUÇLAR

Deprem yükü nedeniyle oluşan yanal ötelenme, yapının hasar görmesine sebep olabilir. Bu nedenle yanal ötelenmelerin tasarım sırasında bilinmesi ve gerekli önlemlerin alınması önem taşımaktadır. Bu çalışmada, çerçevesel binalarda kolon aksel deformasyonlarının yanal ötelenmeye etkisi incelenmiştir. Yapılan incelemelerde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Çerçevesel yapıların ötelenmesi için kolon aksel deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği çözümler için denklemler elde edilmiştir. Bu denklemlerin elde edilmesinde literatürde önerilen genel diferansiyel denklemlerden yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılan denklemlerin geçerliliğinin incelenmesi için farklı kat adedine sahip model bir bina üzerinde elde edilen diferansiyel denklem çözüm sonuçları, SAP 2000 analiz programı [17] sonuçları ile kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçların birbiri ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

Elde edilen diferansiyel denklemlerde kolon aksel deformasyonlarından meydana gelen ek ötelenmenin; bina yüksekliği (H), çerçevenin kayma rijitliği (GA) ve devrilme rijitliği (K_o) parametrelerine bağlı olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında kolon aksel deformasyonlarının ötelenmeye etkisinin incelenmesinde bu parametreler dikkate alınmıştır. Dolayısıyla seçilen model bina üzerindeki değişkenler kat adedi, kolon boyutu ve açıklık mesafesi olarak seçilmiştir.

Çözümlerinde en büyük kat ötelenmesinin en üst katta oluşması nedeniyle sadece en üst kat ötelenmesi dikkate alınmıştır. Her bir binada en üst kat için elde edilen kolon aksel deformasyonlarını dikkate alan ve almayan iki ötelenme değeri arasındaki artış yüzdesi (y_2/y) hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlardan, kat sayısı arttıkça kolon aksel deformasyonlarının ötelenmeye etkisinin arttığı görülmüştür. Ayrıca binaya ait K_o devrilme rijitliğinin artması kolon aksel deformasyonlarını önemli derecede azaltmaktadır. Dolayısıyla çerçevesel yapılarda kolon boyutunun seçiminin yanında kolonların yerleştirilmesinin de ötelenmeyi oldukça etkilediği söylenebilir. Kolonların dış akslarda daha büyük olarak yerleştirilmesi kolon aksel deformasyonlarından meydana gelen ek ötelenmeyi azaltacaktır.

SEMBOLLER

A_1 ve A_2	: En dıştaki kolonların en kesit alanları toplamı
b	: En dıştaki kolonların merkezleri arasındaki uzaklık
E_c	: Betonun elastisite modülü
F	: Yatay tekil yük
GA	: Çerçevenin kayma rijitliği
H	: Bina yüksekliği
H_x	: Kuvvetin etkiye noktasının temelden mesafesi
h_i	: Kat yüksekliği
I_b	: Kiriş atalet momenti
I_c	: Kolon atalet momenti
K_o	: Çerçevenin yatay düzlemde eğilme rijitliği
l_c, l_i	: Kolon boyu, kat yüksekliği
l_1, l_2	: Kiriş açıklıkları
$M_o(0)$: Çerçeve tabanında ($x=0$) dış yükün oluşturduğu moment
$M_o(x)$: x yüksekliğinde dış kuvvetler altında oluşan eğilme momenti
p	: Yayılı yükün en üstteki değeri
V_{oi}	: (i) katında yüklerin oluşturduğu toplam kesme kuvveti
y	: Kat ötelenmesi
y_2	: Kolon aksenal deformasyonlarından meydana gelen ek ötelenme
x	: Hesap yapılan katın temelden yüksekliği
δ	: Göreli kat ötelenmesi
Δ_i	: Her katta F_i yatay yükü etkisinde oluşan göreli kat ötelenmesi
ϕ	: Birim eğrilik
ρ	: Eğrilik yarıçapı

KAYNAKLAR

- [1] E. Miranda, C.J. Reyes, Approximate lateral drift demands in multistroy buildings with nonuniform stiffness, *Journal of Structural Engineering*, 128(7), (2002) 840-849.
- [2] X.K. Zou, C.M. Chan, An optimal resizing technique for seismic drift design of concrete buildings subjected to response spectrum and time history loadings, *Computers and Structures*, 83 (2005), 1689-1704.
- [3] *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [4] International Conference of Building Officials, *Uniform Building Code*, Whittier, California, 1997.
- [5] *International Building Code (IBC)*, International Code Council, USA, December 2002.
- [6] NZS 3101:2006. Concrete Structures Standard. Standards New Zealand: Wellington, New Zealand, 2006, 646p.
- [7] NBCC. *National Building Code of Canada*, Associate Committee of the National Building Code, National Research Council of Canada, Canada, 1996.
- [8] AS 3600, *Standards Australia International Ltd*, Sydney, NSW 2001, Australia. ISBN 0 7337 3931 8, Third edition 2001 reissued incorporating Ammendment No. 2 in October 2004.
- [9] JASS 5. *Japanese Design Code*, Japanese Architectural Standard Specification, Tokyo, 2003.
- [10] H. Tekeli, *Deprem tasarımında ötelenmenin ve enerji tüketiminin kontrolü*, Doktora Tezi, S.D.Ü., F.B.E., Isparta, 2006.
- [11] H. Tekeli, F. Demir, E. Atımtay, Çerçevesiz ve perdeli-çerçevesiz betonarme binaların ötelenmesi: analitik çözümler, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 23(1) (2008), 9-19.

- [12] H. Tekeli, A. Tüken, M. Türkmen, E. Atımtay, Depreme maruz yapının ötelenmesinin basit hesabı: kapalı çözüm, *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi*, Cilt 1, (2005), Antalya, s. 190-203.
- [13] E. Atımtay, *Çerçeveli ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı: Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri*, Bizim Büro, Ankara, 2001.
- [14] A. Tüken, *Quantifying seismic design criteria for concrete buildings*, PhD, METU, Ankara, 2004.
- [15] A. Tüken, M. E. Tuna, E. Atımtay, Analysis and assessment of seismic drift of concrete framed structures, *SEMC 2004: The Second International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computations*, (2004), Cape Town, South Africa.
- [16] Murashev, V., Sigalov, E., and Baikov, V. N., *Design of Reinforced Concrete Structures*, Mir Publishers, Moscow, 1976.
- [17] CSI, SAP2000 v8, *Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual*, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA, 2002.