

**TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ 98'DE ÖNERİLEN YATAY ÖTELEME
KOŞULLARININ İRDELENMESİ**

Cengiz DÜNDAR, İ. Fatih KARA ve Berkay DİLMAÇ
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliği (TDY98)'de önerilen yatay öteleme koşulları irdelenmiş ve bu amaçla değişik yapı modelleri oluşturularak, yatay ve düşey yükler etkisi altında bu yapı sistemlerinde meydana gelen kat deplasmanları ve kesit tesiri değerleri gerek lineer analizle gerekse kiriş ve kolonlarda oluşabilecek çatlamlar gözönünde bulundurularak yapıların üç boyutlu analizi için daha önceden geliştirilen program aracılığı ile elde edilmiştir. Oluşturulan yapı modellerinde katlar için rijit diyafram kabulü yapılmış ve analizler sonucu elde edilen değerlere bağlı olarak her bir sistem için TDY98'de belirtilen ikinci mertebe etkisi ve görelî kat ötelemesi kontrolleri yapılmıştır. Betonarme çerçeveler analiz edilirken kirişler üzerindeki düşey yükler sabit kalırken yapının kat seviyelerindeki master noktalarına etki eden yatay yükler belirli oranlarda (%10'dan %40 a kadar) arttırılarak, çatlamların göz önünde bulundurulması ve bulundurulmaması halleri için maksimum rölatif yatay ötelemelerin uygulanan yatay yüklere göre değişimi incelenmiş ve TDY98'de belirtilen sınır değerlerin aşıp aşılmadığı kontrol edilmiştir. Çatlamların etkisi göz önünde bulundurularak elde edilen maksimum görelî kat ötelemelerinin yatay yük seviyesinin artmasına bağlı olarak lineer analize göre büyük değişimler gösterdiği ve TDY98'de belirtilen sınır değerleri aştığı görülmüştür.

**A STUDY ON THE LIMITATION OF STORY DRIFTS
USED IN TURKISH EARTHQUAKE CODE 98**

ABSTRACT : In this paper a study on the limitation of story drifts used in Turkish Earthquake Code (TDY98) has been carried out and for this purpose different structural models subjected to lateral and vertical loads are analyzed by the linear elastic model. These reinforced concrete structures have also been analyzed by means

of the developed computer program, considering the beams and columns in cracked and uncracked states. Rigid diaphragm model is used for the three dimensional analysis and the control of second order effects and of relative story drift stated in TDY98 have been performed using the displacements obtained from the results of the linear and nonlinear analyses. In the analysis, the lateral loads acting at master points are increased at the ratio varied from 10% to 40% while the intensity of uniform loads on the beam elements remain constant and the variation of relative story drifts with respect to lateral applied loads have been observed. It is seen that the differences between the relative lateral displacements obtained from the results of the linear and nonlinear analysis, when cracking is considered and not considered in members, display large variations with the increase in the lateral load level and the relative lateral drift obtained from the nonlinear analysis does not satisfy the maximum relative lateral displacement requirements for frames in TDY98.

1. GİRİŞ

Betonarme yapı sistemleri düşey yüklerle birlikte yatay yükleri de güvenilir bir şekilde taşıması gerekir. Bina türünden betonarme yapılarda sabit yükler sınıfından sayılan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların ağırlıkları ile hareketli yükler düşey yükleri oluştururlar. Deprem ve rüzgar etkileri de en önemli yatay yükleri meydana getirirler. Yatay ve düşey yük etkisi altındaki betonarme yapıların projelendirilmesinde kesit hesaplarında beton ve çeliğin elastik ötesi davranışlarının göz önüne alınmasına karşın, yapısal analizde lineer elastik hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak betonarme elemanların doğrusal olmayan davranışlarının, özellikle çatlamadan sonra eğilme ve kayma rijitliklerinde oluşacak azalmaların göz önüne alınması, hem yapıda oluşacak iç kuvvet dağılımını hem de yer değiştirme değerlerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Rijitlikteki azalmaların çatlamaların ilerlemesine bağlı olarak arttığı da düşünülürse, betonarme bir elemanda çatlamadan sonraki durum büyük bir öneme sahip olabilmektedir.

Betonarme yapıların projelendirilmesindeki temel amaç, yapıya etkiyen yükler neticesinde kesitte oluşan zorlamaların güvenli bir şekilde karşılanmasıyla birlikte, kullanım yükleri altında elemanların fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için şekil değiştirme ve dolayısıyla yer değiştirmelerin küçük kalması ve belli değerleri aşmamasıdır. Bu amaçla düşey yükler etkisi altında bulunan kirişlerde oluşan çökmelerin gerçeğe daha yakın olarak hesaplanabilmesi için çatlamadan sonra bu elemanların eğilme ve kayma rijitliklerinde oluşan değişimler önemli olmaktadır. Yapılar düşey yükler yanında deprem ve rüzgar etkisi nedeniyle oluşan yatay yüklere de maruzdurlar. Bu yüklerden dolayı gerek yapıda meydana gelen yatay yer değiştirmelerin, gerekse ikinci mertbe momentlerinin hesaplanmasında kolonlarda çatlamadan sonra oluşacak etkili eğilme ve kayma rijitlikleri de önem kazanmaktadır. Bu değerleri uygun yöntemlerle göz önüne alarak yapılan analizler, çatlamayı göz önünde bulundurmadan geliştirilen lineer analiz yöntemlerine göre daha gerçekçi sonuçlar ortaya çıkarabilir.

Yatay ve düşey yüklerden dolayı betonarme elemanlarda oluşan çatlamalar göz önünde bulundurularak, betonarme çerçeve sistemlerinin yapısal analizine yönelik çalışmalar literatürde mevcuttur. Kara, DüNDAR ve diğ., kiriş ve kolon elemanlardaki

çatlamaları göz önünde bulundurarak, taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan betonarme yapıların rijit diyafram modeli ile üç boyutlu analizi için bu çalışmada da kullanılan bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir (1). Yapıya etkiyen yüklerden dolayı elemanların çatlaması halinde, etkili atalet momentlerinin hesabında ACI (2) ve CEB (3) modellerini kullanmışlardır. Analizde ayrıca kayma deformasyonlarının etkisini de göz önünde bulundurarak etkili kayma modüllerinin hesabında literatürde mevcut olan değişik yöntemleri kullanmışlardır. Chun-Man, Mickleborough et. al., yatay yükler etkisi altındaki betonarme yapılarda çatlamaların etkisini olasılığa dayalı etkili rijitlik modeli aracılığı ile göz önünde bulundurarak iteratif yöntemlere dayalı iki farklı analiz algoritması geliştirmişlerdir (4). Çalışmalarında yatay ve eksenel yükler etkisi altındaki iki katlı betonarme bir çerçeveyi de deneysel olarak yüklemeye tabi tutup, geliştirdikleri analiz yöntemlerinden elde ettikleri sonuçlarla deneysel sonuçları karşılaştırmışlar ve özellikle yüklerin servis yüklerini aşmadığı (yapı taşıma gücü yükünün yaklaşık olarak %70 olduğu seviye) durumlarda uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Tezcan, Akbaş et. al., yatay ve düşey yük etkisi altındaki betonarme yapılarda oluşan hasarların kontrolünü incelemeye yönelik olarak bir çalışma geliştirmişlerdir (5). Çalışmalarında betonarme sistemlerde oluşan kat ötelemelerine bağlı olarak çeşitli ülkelerin deprem yönetmeliklerindeki görelî kat deplasmanlarına göre hasar kontrolünü yapmışlardır. Taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarları kontrol etmeye yönelik olarak da hasar kontrol indeksi ve deplasman kriteri değerlerini elde etmişlerdir.

2. TDY 98'DE BELİRTİLEN KONTROLLER

2.1. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelemesi Δ_i , (1) denklemindeki gibi elde edilmektedir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (1)$$

Bu denklemde d_i ve d_{i-1} , binanın i 'inci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaplâ elde edilen yatay yer değiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdede, (1) denklemi ile hesaplanan görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\Delta_i)_{\max}$, (2a) ve (2b) denklemlerinde verilen koşulların en elverişsiz olanını sağlamalıdır (6).

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035 \quad (2a)$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R \quad (2b)$$

(2a) ve (2b) denklemlerindeki h_i kat yüksekliğini, R ise taşıyıcı sistem davranış katsayısını ifade etmekte olup bu denklemlerde verilen koşulların en elverişsiz olanının binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak hesaplar tekrarlanmalıdır.

2.2. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri aşağıda belirtilen şarta göre göz önüne alınabilir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^N W_j}{V_i h_i} \quad (3)$$

$$\theta_i \leq 0.12 \quad (4)$$

Burada,

V_i : i'inci kattaki kesme kuvvetini,

h_i : i'inci kattaki kat yüksekliğini,

$\sum_{j=1}^N W_j$: i'inci katın üstündeki kat ağırlıkları toplamını göstermektedir.

(3) denklemindeki $(\Delta_i)_{ort}$ ise, i'inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan görelî kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değerini ifade etmekte olup (5) denklemi yardımıyla

$$(\Delta_i)_{ort} = ((\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}) / 2 \quad (5)$$

şeklinde elde edilmektedir. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci mertebe gösterge değeri, θ_i 'nin (4) denklemi ile verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri, yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir. İkinci mertebe değeri θ_i 'nin herhangi bir katta 0.12'den büyük olması durumunda taşıyıcı sistem rijitliği yeterli ölçüde artırılarak hesaplar tekrarlanmalıdır.

3. ÇATLAMALAR GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULARAK GELİŞTİRİLEN YÖNTEM VE BU YÖNTEMDE KULLANILAN MODELLER

Bu çalışma kapsamı içerisinde oluşturulan çok katlı yapı modelleri daha önce de belirtildiği gibi, kiriş ve kolon elemanlardaki çatlamlar göz önünde bulundurularak taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan betonarme yapıların üç boyutlu analiz için Kara ve arkadaşları tarafından geliştirilen bilgisayar programı aracılığı ile çözümlenmiştir. Lineer olmayan analiz yöntemine dayalı olarak geliştirilen bu çalışmada yapıya etkiyen yatay ve düşey yüklerden dolayı elemanların çatlaması halinde etkili atalet momenti ve etkili kayma modülü değerleri değişik modeller aracılığı ile göz önünde bulundurulmuştur. Deprem ve rüzgar etkisi nedeniyle oluşan yatay yüklerle birlikte düşey yüklere maruz kiriş ve kolon elemanların çatlaması halinde çatlayan elemanlardaki etkili atalet momentleri, ACI , CEB ve olasılığa dayalı etkili rijitlik modelleri aracılığı ile göz önünde bulundurularak analize dahil edilmişlerdir.

ACI Modeli:

$$I_{eff} = \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^m I_1 + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^m \right] I_2, \quad M \geq M_{cr} \quad (6a)$$

$$I_{eff}=I_1, \quad M < M_{cr} \quad (6b)$$

CEB Modeli:

$$I_{eff} = \left[\beta_1 \beta_2 \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2 \frac{1}{I_1} + \left(1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2 \right) \frac{1}{I_2} \right]^{-1}, \quad M \geq M_{cr} \quad (7a)$$

$$I_{eff} = I_1, \quad M < M_{cr} \quad (7b)$$

Bu denklemlerde geçen I_1 ve I_2 kesitin sırasıyla çatlamalardan önceki ve sonraki atalet momenti değerleridir.

Olasılığa Dayalı Etkili Rijitlik Modeli:

Bu modelde yapıya etkileyen yüklerden dolayı çatlayan kiriş ve kolon elemanlarındaki etkili atalet momenti değerleri bu elemanlarda oluşan moment diyagramındaki çatlayan ve çatlamayan bölge alanlarının, toplam alana oranına bağlı olacak şekilde (Şekil 1) elde edilmektedirler. Literatürde olasılığa dayalı etkili rijitlik şeklinde de belirtilen bu yöntemde etkili atalet momentleri (8) denklemlerindeki gibi elde edilmektedir.

$$A_{uncr} = A_1 + A_2 = \int_{M(x) < M_{cr}} M(x) \quad (8a)$$

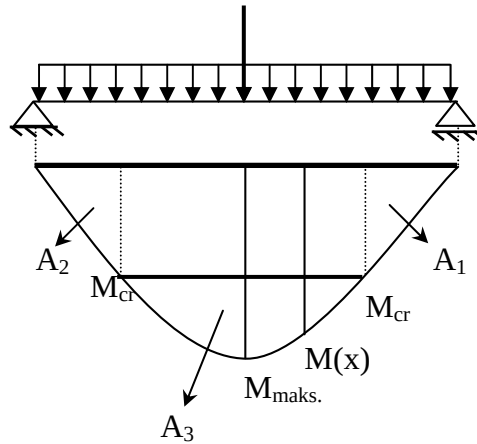
$$A_{cr} = A_3 = \int_{M(x) \geq M_{cr}} M(x) \quad (8b)$$

$$A = A_{cr} + A_{uncr} \quad (8c)$$

$$P_{uncr} [M(x) < M_{cr}] = \frac{A_{uncr}}{A} \quad (8d)$$

$$P_{cr} [M(x) \geq M_{cr}] = \frac{A_{cr}}{A} \quad (8e)$$

$$I_{eff} = P_{uncr} I_1 + P_{cr} I_2 \quad (8f)$$



Şekil 1. Yükler etkisi altındaki basit mesnetli bir kirişte eğilme momentinden dolayı oluşan çatlayan ve çatlamayan bölgeler

Bu denklemlerdeki P_{uncr} bir kiriş veya kolon elemanında oluşan moment dağılımına bağlı olarak M momentinin M_{cr} momentinden küçük olma olasılığını, P_{cr} ise M momentinin M_{cr} momentini aşma olasılığını yani kesitin çatlama olasılığını ifade etmektedir. (6), (7) ve (8) eşitliklerindeki M , ilgili kesitteki eğilme momentini M_{cr} ise çatlama anındaki eğilme momentini ifade etmekte olup, kirişlerde,

$$M_{cr} = \frac{f_r I_1}{y_t} \quad (9)$$

şeklinde, kolonlarda ise her iterasyon sonucunda elde edilen eksenel yük düzeyine bağlı olarak değişen formda

$$M_{cr} = \frac{(f_r + \sigma_v) I_1}{y_t} \quad (10)$$

ifadesindeki gibi hesaplanmaktadır. (9) ve (10) denklemlerindeki f_r , betonun eğilmedeki çekme dayanımını, y_t kesitin en alt çekme yüzünden ağırlık merkezine olan uzaklığını, σ_v ise eksenel basınç gerilmesini ifade eden değerlerdir.

Elemanların en alt yüzünde oluşan çekme şekil değiştirmesi değerinin çatlama anındaki çekme şekil değiştirmesi değerini aşması halinde, etkili kayma modülleri literatürde mevcut olan (7, 8, 9) ve aşağıdaki denklemlerde görülen çeşitli modeller aracılığı ile analize dahil edilmişlerdir.

Al-Mahaidi Modeli:

$$\bar{G}_c = \frac{0.4 G_c}{\varepsilon_1 / \varepsilon_{cr}}, \quad \varepsilon_1 \geq \varepsilon_{cr} \quad (11a)$$

$$\bar{G}_c = G_c, \quad \varepsilon_1 < \varepsilon_{cr} \quad (11b)$$

Yüzügüllü ve Scnoberich Modeli:

$$\bar{G}_c = 0.25 G_c, \quad \varepsilon_1 \geq \varepsilon_{cr} \quad (12)$$

Cedolin ve Dei Poli Modeli:

$$\bar{G}_c = 0.24 G_c (1 - 250 \varepsilon_1), \quad \varepsilon_1 \geq \varepsilon_{cr} \quad (13)$$

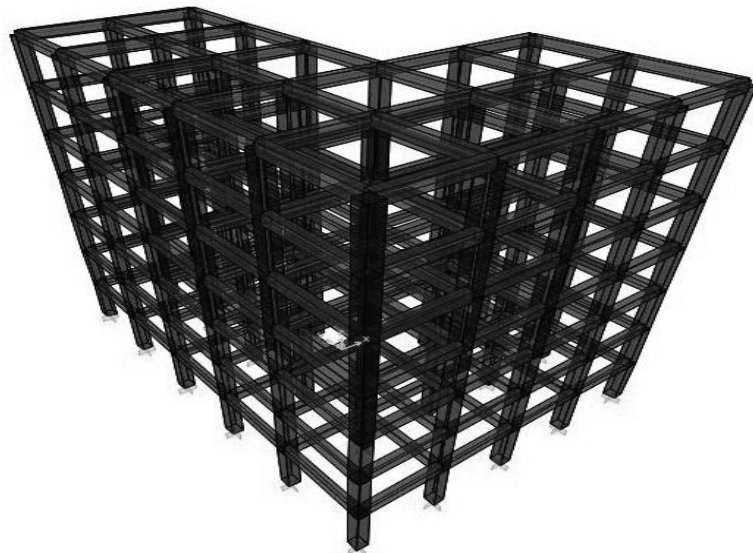
Bu denklemlerdeki G_c betonun elastik kayma modülünü, ε_1 ilgi kesitteki çekme şekil değiştirmesini, ε_{cr} ise çatlama anındaki çekme şekil değiştirmesini ifade etmektedirler.

4. SAYISAL UYGULAMALAR

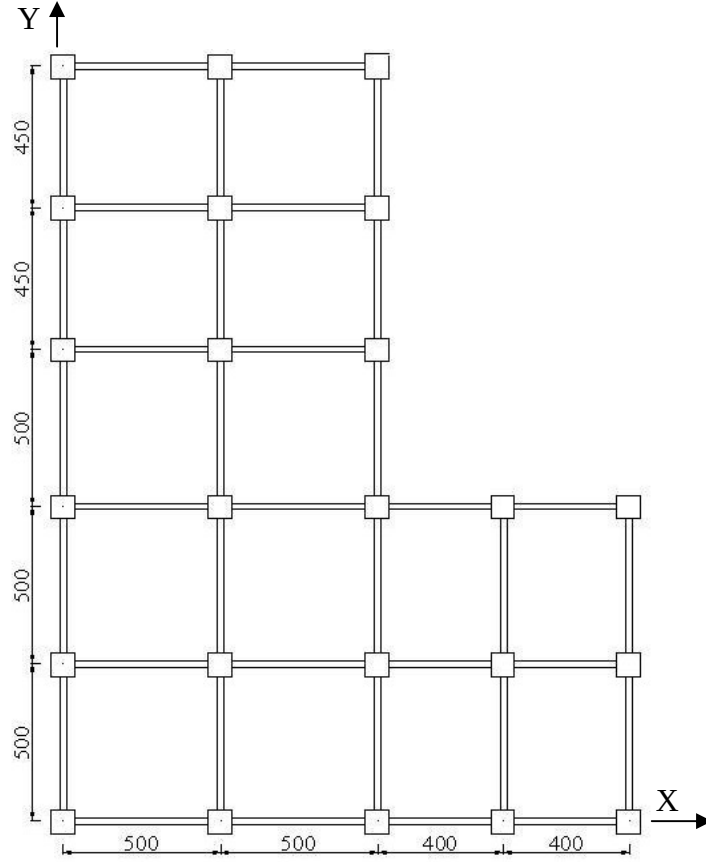
Bu çalışma kapsamında değişik boyut ve ölçülerle farklı katlara sahip bir çok betonarme yapı analiz edilmiş fakat sınırlama nedeniyle bu makalede sadece iki örneğe yer verilmiştir.

4.1. Örnek 1

Bu örnekte, Şekil 2’de görülen simetrik olmayan 7 katlı betonarme çerçeve modeli, yatay ve düşey yükler etkisi altında gerek lineer gerekse kiriş ve kolonlardaki çatlamlar göz önünde bulundurularak çözülmüştür. Yapıya ait kiriş ve kolon elemanlarının boyutları, kat yükseklikleri ve her katta master noktalarına etkiyen yatay yükler Çizelge 1’de verilmiştir. Yapı sistemi, kiriş elemanlar üzerindeki düşey yükler sabit kalırken her kattaki master noktalarına etki eden yatay yükler sırasıyla %10, %20, %30 ve %40 oranında arttırılarak analiz edilmiş ve her bir yük adımı için elde edilen deplasman değerlerine bağlı olarak TDY 98’de belirtilen ilgili kontroller yapılmıştır. Bu örnekte, etkili atalet momentlerinin hesabında ACI modeline ek olarak olasılığa dayalı etkili rijitlik yöntemi, etkili kayma modüllerinin hesabında ise Al-Mahaidi’nin önermiş olduğu yöntem kullanılarak çözümlenmeler yapılmış ve elde edilen deplasman değerlerine bağlı olarak $(\Delta_i)_{max}/h_i$ ve θ_i ’nin farklı modellere göre karşılaştırmaları Çizelge 2 ve Çizelge 3’de verilmiştir. Ayrıca $(\Delta_i)_{max}/h_i$ ’nin master noktalarına uygulanan yatay yüklere göre değişimi ise Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 2. 7 Katlı betonarme çerçeve örneği



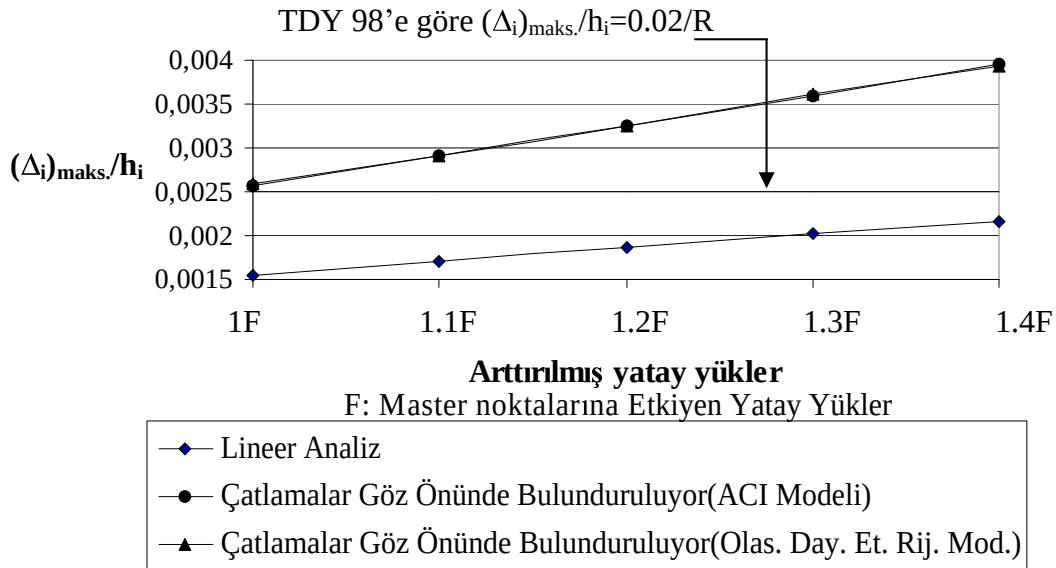
Şekil 3. 7. Kat kolon yerleşim planı (cm)

Çizelge 1. Betonarme çerçeve örneğine ait bilgiler

	Kolon boyutları (mm*mm)	Kiriş boyutları (mm*mm)	Kat Yükseklikleri (mm)	Master Noktasına X ekseni doğrultusunda etkiyen yatay yükler (kN)
1. Kat	550*600	350*600	3100	120
2. Kat	550*600	350*600	3100	240
3. Kat	550*600	350*600	3100	360
4. Kat	550*600	350*600	3100	475
5. Kat	550*600	350*600	3100	590
6. Kat	550*600	350*600	3100	710
7. Kat	550*600	350*600	3100	560
R=8 (Süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeve sistemi)				

Çizelge 2. Lineer ve lineer olmayan analizler sonucu elde edilen göreceli kat ötelemeleri

Yük Katsayıları	Lineer Analiz $(\Delta_i)_{maks.}/h_i$	Lineer Olmayan Analiz	
		$(\Delta_i)_{maks.}/h_i$ (ACI Modeli)	$(\Delta_i)_{maks.}/h_i$ (Olas. Day. Etk. Rij. Mod.)
1	0.00155	0.00258	0.00257
1.1	0.00170	0.00292	0.00290
1.2	0.00187	0.00326	0.00324
1.3	0.00202	0.00361	0.00359
1.4	0.00216	0.00394	0.00392



Şekil 4. $(\Delta_i)_{maks.}/h_i$ 'nin yatay yüklere göre değişimi

Şekil 4'den görüldüğü gibi X eksenı doğrultusundaki yatay yüklerden dolayı lineer analiz sonucu elde edilen göreceli kat ötelemeleri tüm yatay yük katsayıları (master noktalarına etkiyen 1.0F, 1.1F, 1.2F, 1.3F, 1.4F yatay yükleri) için TDY 98'de belirtilen şartı sağlamasına rağmen, çatlamlar göz önünde bulundurularak elde edilen maksimum rölatif yatay ötelemeler bu şartı sağlamamaktadır.

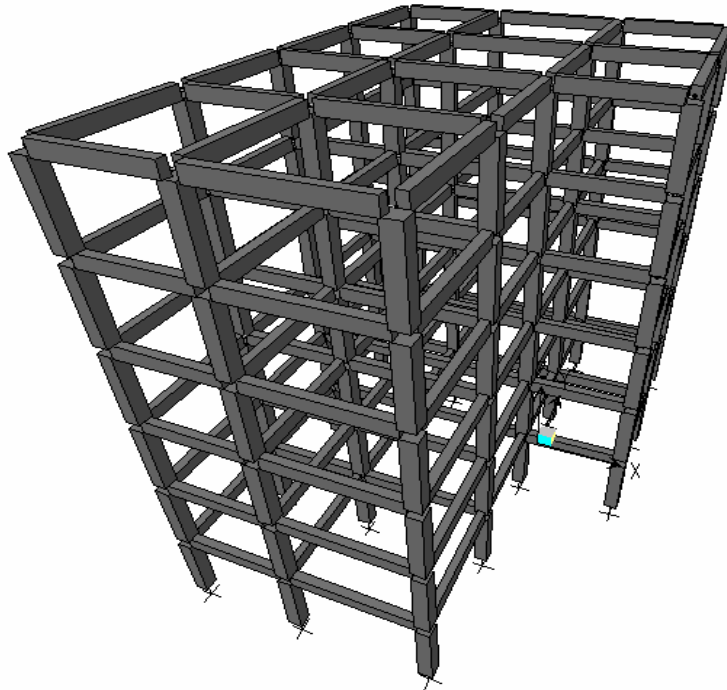
Çizelge 3. Lineer ve lineer olmayan analizler sonucu elde edilen ikinci mertebe gösterge değerleri

Yük Katsayıları	Lineer Analiz θ_i	Lineer Olmayan Analiz	
		θ_i (ACI Modeli)	θ_i (Olas. Day. Etk. Rij. Mod.)
1	0.0112	0.0189	0.0190
1.1	0.0129	0.0214	0.0216
1.2	0.0141	0.024	0.0242
1.3	0.0152	0.0268	0.0269
1.4	0.0163	0.0293	0.0293

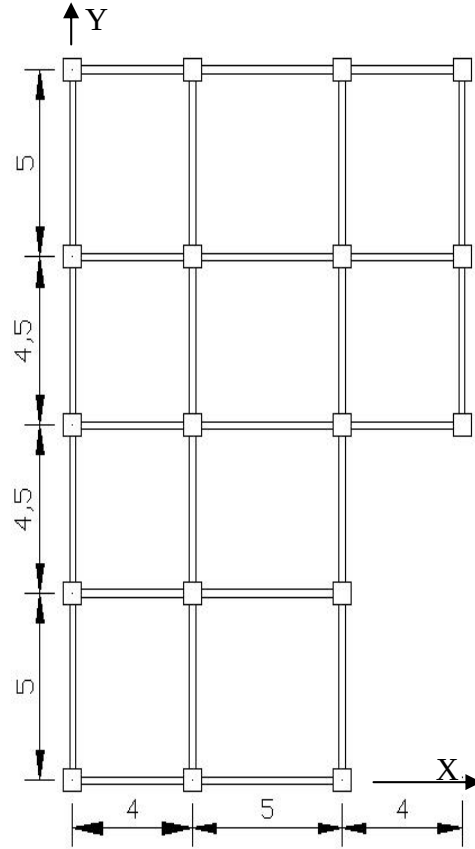
Yapıya uygulanan yatay ve düşey yüklerden dolayı gerek lineer gerekse çatlamların etkisi göz önünde bulundurularak yapılan analizler sonucu elde edilen ikinci mertebe gösterge değerleri, TDY 98'nin belirttiği şartı, tüm yatay yük katsayıları (master noktalarına etkiyen 1.0F, 1.1F, 1.2F, 1.3F, 1.4F yatay yükleri) için Çizelge 3'den de görüldüğü gibi sağlamaktadır.

4.2. Örnek 2

Bu örnekte ise Şekil 5'de gösterilen 6 katlı betonarme çerçeve, yatay ve düşey yükler etkisi altında bir önceki örnekte olduğu gibi gerek lineer gerekse kiriş ve kolonlardaki çatlamlar göz önünde bulundurularak çözülmüştür. Betonarme çerçeve sistemi, kirişler üzerindeki düşey yükler sabit kalırken master noktalarına etki eden yatay yükler, belirli oranda artırılarak analiz edilmiştir. Çatlamların etkisini göz önünde bulundurmak için etkili atalet momentlerinin hesabında ACI ve olasılığa dayalı etkili rijitlik modelleri etkili kayma modüllerinin hesabında ise Al-Mahaidi'nin önermiş olduğu yöntemler kullanılarak çözümler yapılmış ve elde edilen deplasman değerlerine bağlı olarak $(\frac{\Delta_i}{h_i})_{\max}$ ve θ_i 'nin karşılaştırmaları yapılmıştır.



Şekil 5. 6 Katlı betonarme çerçeve örneği



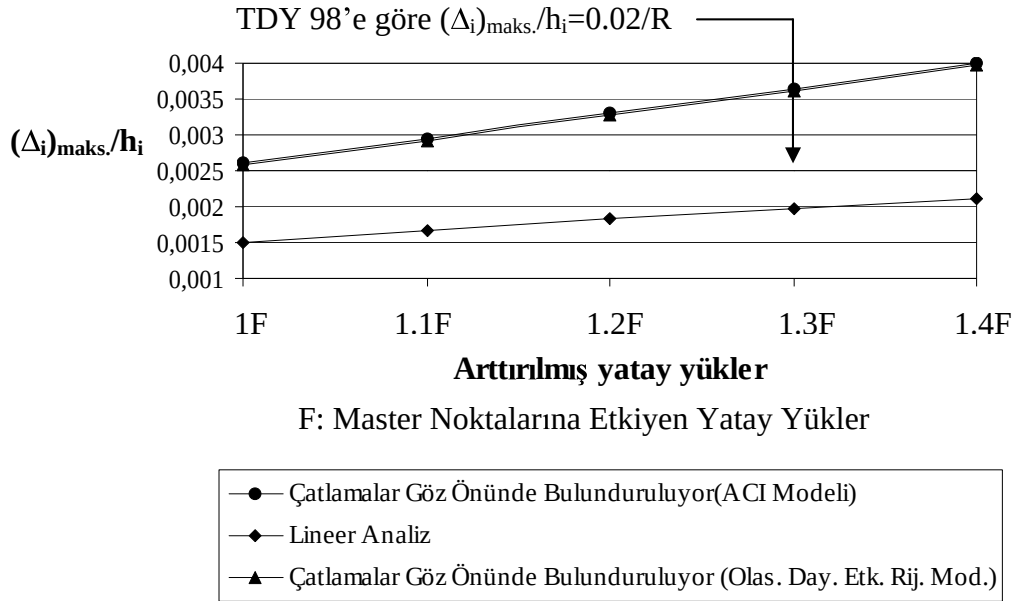
Şekil 6. 6. Kat kolon yerleşim planı(m)

Çizelge 4. Betonarme yapıya ait bilgiler

	Kolon boyutları (mm*mm)	Kiriş boyutları (mm*mm)	Kat yükseklikleri (mm)	Master noktasına X ekseni doğrultusunda etkiyen yatay Yükler (kN)
1. Kat	500*500	300*500	3000	70
2. Kat	500*500	300*500	3000	140
3. Kat	500*500	300*500	3000	210
4. Kat	500*500	300*500	3000	280
5. Kat	500*500	300*500	3000	350
6. Kat	500*500	300*500	3000	280
R=8 (Süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeve sistemi)				

Çizelge 5. Lineer ve lineer olmayan analizler sonucu elde edilen rölatif yatay ötelemeler

Yük Katsayıları	Lineer Analiz (Δ_i) _{maks.} / h_i	Lineer Olmayan Analiz	
		(Δ_i) _{maks.} / h_i (ACI Modeli)	(Δ_i) _{maks.} / h_i (Olas. Day. Etk. Rij. Mod.)
1	0.00151	0.00261	0.00259
1.1	0.00167	0.00294	0.00292
1.2	0.00182	0.00330	0.00327
1.3	0.00197	0.00365	0.00362
1.4	0.00212	0.004	0.00397

**Şekil 7.** (Δ_i)_{maks.}/ h_i 'nin yatay yüklere göre değişimi

Yatay ve düşey yükler etkisi altındaki betonarme çerçevede çatlamların etkisi göz önünde bulundurularak elde edilen maksimum göreceli kat ötelemelerinin yatay yük seviyesinin artmasına bağlı olarak lineer analize göre büyük değişimler gösterdiği ve tüm yatay yük katsayıları için TDY 98'de belirtilen sınır değerleri aştığı Şekil 7'den görülmektedir.

Çizelge 6. Lineer ve lineer olmayan analizler sonucu elde edilen ikinci mertebe gösterge değerleri

Yük Katsayıları	Lineer Analiz θ_i	Lineer Olmayan Analiz	
		θ_i (ACI Modeli)	θ_i (Olas. Day. Etk. Rij. Mod.)
1	0.0107	0.0176	0.0177
1.1	0.0117	0.02	0.02
1.2	0.0128	0.0224	0.0225
1.3	0.0139	0.0249	0.025
1.4	0.0149	0.0275	0.0275

Çizelge 6'dan görüldüğü gibi yapıya etkiyen yatay ve düşey yüklerden dolayı gerek çatlamaların etkisi göz önünde bulundurularak yapılan analiz gerekse lineer analiz sonucu elde edilen ikinci mertebe gösterge değerleri, TDY 98'nin belirttiği şartı, tüm yatay yük katsayıları için bir önceki örnekte de olduğu gibi sağlamaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamı içerisinde, değişik boyut ve ölçülerle, farklı katlara sahip bir çok yapı modeli gerek lineer gerekse kiriş ve kolonlardaki çatlamalar göz önünde bulundurularak yapıların üç boyutlu analizi için daha önceden geliştirilen bilgisayar programı aracılığı ile çözümlenmiştir. Yatay ve düşey yükler etkisi altındaki betonarme çerçevelerde, çatlamaların etkisi göz önünde bulundurularak elde edilen maksimum görelî kat ötelemelerinin yatay yük seviyesinin artmasına bağlı olarak lineer analize göre büyük değişimler gösterdiği ve TDY 98'de belirtilen sınır değerleri aştığı görülmüştür. Aynı yük seviyesinde lineer analiz sonucu elde edilen maksimum rölatif yatay ötelemeler TDY 98'de belirtilen sınır değeri ($\frac{(\Delta_i)_{\max}}{h_i} = 0.0025$) aşmazken,

çatlamaların etkisi göz önünde bulundurularak elde edilen maksimum görelî kat ötelemelerinin bu sınır değeri aştığı görülmüştür. Bununla birlikte gerek lineer gerekse çatlamaların etkisi göz önünde bulundurularak elde edilen ikinci mertebe gösterge değerleri (θ_i) TDY 98'de belirtilen sınır şartı sağlamaktadır. Bu çalışmada aynı zamanda betonarme yapılar analiz edilirken çatlamaların etkisini göz önünde bulundurmak için etkili eğilme rijitliği hesabında farklı modeller kullanılarak deplasmanlar elde edilmiş ve değişik modeller kullanılmasına karşın sonuçların birbirleriyle uyum içinde olduğu gözlenmiştir. Ayrıca yapıya etkiyen yükler nedeniyle çatlamaların oluşmasıyla birlikte elemanlar arasında kuvvet aktarımlarının olduğu gözlenmiştir. Bu bulgular ışığında, çatlamaların etkisinin analizlerde dikkate alınmasının, tasarım sırasında faydalı olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların bir yol gösterici olduğu ve bu sonuçları genelleştirebilmek için ise farklı kat, boyut ve ölçülere sahip daha bir çok yapı modelinin analiz edilmesi gerektiği ifade edilebilir..

6. KAYNAKLAR

1. Kara,İ.F., Dündar,C. ve Tanrıku, A.K., ‘‘Kirişlerde ve Kolonlarda Oluşan Çatlamalar Göz Önüne Alınarak Yapıların Rijit Diyafram Modeli İle Üç Boyutlu Analizi’’, Türkiye İnşaat Mühendisliği XVII. Teknik Kongre ve Sergisi, 47-52, 2004.
2. ACI Committee 435, ‘‘Deflection of Reinforced Concrete Flexural Members’’, ACI J., 63, 637-674, 1966.
3. Comite Euro-International du Beton, Manual on Cracking and Deformation, Bulletin d'Information, No.158-E, 1985.
4. Chun-Man Chan, Neil,C. Mickleborough,Feng Ning, ‘‘Analysis of Cracking Effects On Tall Reinforced Concrete Buildings’’, Journal of Structural Engineering, Vol. 126, No. 9, 995-1003, 2000.
5. Sindel,Z., Akbaş,R. and Tezcan,S., ‘‘Drift Control and Damage In Tall Buildings’’, Engineering Structures, 18(12), 957-966, 1996.

6. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1998.
7. Al-Mahaidi, R.S.H., "Nonlinear Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Deep Members", Department of Struc. Engrg., Cornell Unuversity, Report No. 79-1, 1978.
8. Codelin, L., Dei Poli, S., "Finite Element Studies of Shear Critical Reinforced Concrete Beams", J. Engineering Mech. Div., ASCE, (EM3), 1977.
9. Yüzügüllü, O., Schnobrich, W.C., "A Numerical Procedure for the Determination of the Behaviour of a Shear Wall Frame System", ACI J., 70(7), 474-479, 1973.
10. Cosenza, E., "Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Elements In a Cracked State", Computers & Structures, 36(1), 71-79, 1990.
11. Türk Standartları, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (TS 500), Türk Standartları Enstitüsü, 2000.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.