

# DEPREMDE BİNA PERFORMANSININ 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ ÇERÇEVESİNDE DOĞRUSAL ELASTİK HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİNE DAHA PRATİK ALTERNATİF BİR YAKLAŞIM

Varol KARAYEL  
İnşaat Yüksek Mühendisi

Davut TAŞTAN  
İnşaat Yüksek Mühendisi

## 1. Giriş

Mart 2007 tarihinde resmi olarak yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliğimizin içeriğinde [1] 1998 tarihli bir önceki yönetmeliğe [2] göre yeni yapılacak betonarme binalar için esasen radikal bir değişiklik söz konusu değildir. Dördüncü bölümde çelik binalar için verilen tasarım kurallarında ise önemli değişiklikler bulunmaktadır. Yeni deprem yönetmeliğindeki en önemli yenilik ise ülkemizde şu an için tasarım ve üretimi çok daha yoğun ve güncel olan betonarme binalar ile ilgili olarak Bölüm 7'de "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" adı altında eklenen bölüm olmuştur.

Esasen ülkemizde 2000'li yılların başından itibaren mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesine ait genel ilkeler ve hesap yöntemleri tartışılmaya başlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, o yıllara kadar daha çok akademik araştırmalar ve özellikle doktora çalışmalarında kullanılan yapı sistemlerinin doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin, uygulamada da 2000'li yılların başı itibarıyla yavaş yavaş kullanılmaya başlanıldığı bilinmektedir. Mart 2007 tarihli deprem yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile birlikte, söz konusu yöntemlerin etkin olarak kullanılmasına başlanılacağı beklenmektedir. Ancak, doğrusal olmayan analiz yöntemleri sadece ülkemizde değil tüm dünyada,

yapı mühendisliği alanında; alışılmış doğrusal elastik yöntemlere oranla, gerek malzeme davranışının temsilindeki daha ileri düzeydeki varsayımlar gerekse analiz adımlarındaki ardışık yaklaşım yöntemlerinin karmaşıklığı sebebiyle, henüz etkin olarak kullanılmamaktadır. Bu sebepler ile elde edilen sonuçların doğruluğunun sağlıklı olarak kontrolünün de doğrusal elastik yöntemlere göre daha güç olduğu bilinmektedir.

2007 yönetmeliğinin hazırlanması sırasında bu konular tartışılmış ve tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de henüz yaygın ve genellikle bilinçli olarak uygulanmayan doğrusal olmayan yöntemlerin kullanılması konusunda herhangi bir zorunluluk getirilmemiştir. Bu amaçla 2007 yönetmeliğine, doğrusal olmayan davranışı elastik yöntemle temsil etmek üzere; *Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi* başlığı altındaki 7.5. bölüm eklenmiştir. Böylelikle başlangıç yıllarında bir süre kullanımı daha yaygın olan klasik doğrusal elastik yöntem ile hesap yapılmasına da izin verilmiştir. Doğrusal olmayan yöntemlerin kullanımı ise genel olarak isteğe bağlı bırakılarak, ülkemizde zaman içerisinde yaygınlaştırılması hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, yeni deprem yönetmeliğinin 7.5. bölümündeki "Depremde Bina Performansının

*Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi*" başlığı altında verilen hesap yöntemine, uygulamadaki yapısal tasarım mühendislerine bir miktar daha kolaylık ve hesaplarda pratiklik getirmek amacıyla, esasen 2007 yönetmeliğinin yayınlanmasından önce de belirli ölçülerde uygulanan alternatif bir yaklaşım metodunu tartışmaya açmaktır.

## 2. 2007 Deprem Yönetmeliğinde Bina Performansının Belirlenmesi İçin Önerilen Yöntemlerin Temel Prensipler Açısından Özetlenmesi

i. Öncelikle doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin her ikisi için de yapılacak performans tayinine yönelik analiz ve hesaplara esas olacak bina bilgilerinin toplanmasını içeren ortak bir çalışma yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalarda ulaşılmak istenilenler esas itibarıyla;

- Binanın taşıyıcı sisteminin tayini veya elde mevcut yapısal tasarım projeleri varsa bu projeler ile uyumunun araştırılarak, taşıyıcı sistemin kesinleştirilmesi (genel geometri, kesit boyutları, donatı tertibi, temel sistemi, vb.).
- Mevcut malzeme karakteristiklerinin tayini; Betonarme yapılar için, beton ve betonarme çeliği için sırasıyla  $f_{ck}$  ve  $f_{yk}$  değerlerinin belirlenmesi.
- Zemin özelliklerinin saptanması şeklinde özetlenebilir. Ayrıca sahada yapılan çalışmaların ayrıntılı olup olmamasına bağlı olarak da eleman

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_s}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{cm}}^{(1)}$	MN	GV	GÇ
$\leq 0.0$	Var	$\leq 0.65$	3	7	10
$\leq 0.0$	Var	$\geq 1.30$	2.5	5	8
$\geq 0.5$	Var	$\leq 0.65$	3	5	7
$\geq 0.5$	Var	$\geq 1.30$	2.5	4	5
$\leq 0.0$	Yok	$\leq 0.65$	2.5	4	6
$\leq 0.0$	Yok	$\geq 1.30$	2	3	5
$\geq 0.5$	Yok	$\leq 0.65$	2	3	5
$\geq 0.5$	Yok	$\geq 1.30$	1.5	2.5	4

**Tablo 1. Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları ( $r_s$ ) (Yönetmelik Tablo 7.2)**

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}^{(1)}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{cm}}^{(2)}$	MN	GV	GÇ
$\leq 0.1$	Var	$\leq 0.65$	3	6	8
$\leq 0.1$	Var	$\geq 1.30$	2.5	5	6
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Var	$\leq 0.65$	2	4	6
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Var	$\geq 1.30$	1.5	2.5	3.5
$\leq 0.1$	Yok	$\leq 0.65$	2	3.5	5
$\leq 0.1$	Yok	$\geq 1.30$	1.5	2.5	3.5
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Yok	$\leq 0.65$	1.5	2	3
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Yok	$\geq 1.30$	1	1.5	2
$\geq 0.7$	-	-	1	1	1

**Tablo 2. Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları ( $r_s$ ) (Yönetmelik Tablo 7.3)**

kapasiteleri hesabında kullanılmak üzere bir bilgi düzeyi katsayısı kullanılmaktadır.

ii. Bina deprem performansının gerek doğrusal gerekse doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile tayin

edilmesine yönelik yapılacak ayrıntılı analiz ve hesapların sonunda, her bir elemanın birbirinden farklı tanımlar içermekle birlikte doğrusal elastik hesap yönteminde  $r =$  etki/kapasite değerlerine *yaklaşık olarak*

eleman sünekliğini temsil etmek üzere-, doğrusal elastik olmayan hesap yönteminde ise performans noktasına ait beton ve çelik deformasyon ( $\epsilon_{cu}$ ,  $\epsilon_s$ ) büyüklüklerine ulaşılmaktadır.

iii. Doğrusal elastik yöntemde yapı elemanlarına ait elde edilen  $r =$  etki/kapasite oranları, sargılamalı ve sargılamasız olmak üzere hasar sınırlarını sayısal olarak ifade eden yönetmelik değerleri ( $r_s$ ) ile karşılaştırılarak her bir elemandaki hasar düzeyi tayin edilmektedir. Örnek olmak üzere yönetmelikte betonarme kiriş ve kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan  $r_s =$  etki/kapasite oranlarını gösteren tablolar sırasıyla **Tablo 1** ve **Tablo 2**'de sunulmuştur. Doğrusal elastik olmayan hesapta ise; bu çalışmanın esas konusu dışında olduğundan, burada detaylarına yer verilmeyecek olan *artımsal eşdeğer deprem yükü*, *artımsal mod birleştirme* ve *zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap* yöntemlerinden biri kullanılarak, bir dizi ayrıntılı kabul ve analizlerin sonucunda her bir eleman için ulaşılan performans noktasına ait beton ve çelik deformasyonları yönetmelikte belirtilen hasar sınırı değerleri ile karşılaştırılarak, hasar performans düzeyi tayin edilmektedir. Beton ve çelik deformasyonlarının hasar sınır değerleri yönetmeliğin 7.6.9.2 mad-

(a) Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.010$$

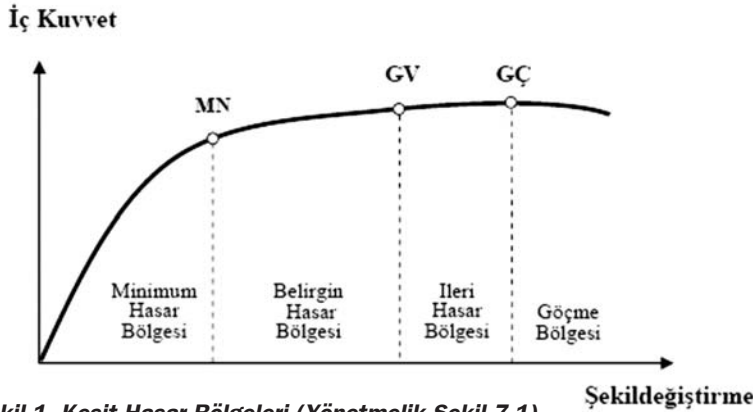
(b) Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GV} = 0.040$$

(c) Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GC} = 0.060$$

**Tablo 3. Betonarme Sünek Taşıyıcı Sistem Elemanlarında Çeşitli Hasar Sınırlarına Göre İzin Verilen Şekil Değiştirme Üst Sınırları (Kapasiteleri)**



Şekil 1. Kesit Hasar Bölgeleri (Yönetmelik Şekil 7.1)

desinde **Tablo 3'**de verilen şekilde tanımlanmaktadır.

Doğrusal veya doğrusal olmayan yöntemler kullanılarak yapılacak hesapların sonunda elde edilen eleman hasarlarının bölgesel değerlendirilmesi de yönetmelikte, **Şekil 1'**de görüldüğü gibi tanımlanmaktadır.

**iv.** Son adım olarak, bina içindeki tüm elemanların sahip oldukları değişik hasar düzeyi yüzdeleri yönetmeliğin 7.7. bölümünde verilen değerler ile karşılaştırılarak binanın genel deprem performans düzeyi belirlenmektedir. Bu düzeyler de sırasıyla *hemen kullanım performans düzeyi*, *can güvenliği performans düzeyi*, *göçme öncesi performans düzeyi* ve *göçme durumu* olarak dört grupta toplanmıştır.

### 3. Depremde Bina Performansının 2007 Deprem Yönetmeliği Çerçevesinde Doğrusal Elastik Yöntemle Belirlenmesi ve Bu Yönteme Daha Pratik Bir Yaklaşım

2007 deprem yönetmeliğinde, depremde bina performansının doğrusal elastik hesap yöntemleri ile belirlenmesi adı altında 7.5. bölümündeki hesap esasları esasen Bölüm 2'de yeni yapılacak binalar için verilen doğrusal elastik hesap yöntemleri ile bir benzerlik göstermekle

birlikte, bazı enterpolasyon, ardışık yaklaşım vb. ilave işlemlere de başvurulmakta, dolayısıyla doğrusal elastik analiz sonucunda bulunan iç kuvvetler ve mevcut kapasiteler doğrudan karşılaştırılmamaktadır. Yukarıdaki bölümde hesap adımlarına ait ayrıntılara girilmeksizin daha çok her iki yöntemin de ortak noktalarına ait prensipler ve hasar tayinleri ile ilgili yaklaşımlar özetlenmiştir. Aşağıda ise doğrusal elastik yöntemin hesap adımları özetlenmektedir.

- Bölüm 2.7 ve 2.8'de tanımlanmış hesap yöntemleri kullanılmaktadır.
- Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği binalarda deprem yükü azaltma katsayısı  $R_a = 1$  alınarak yapıya gelen eşdeğer deprem yükü hesaplanmaktadır. Taban kesme kuvveti;

$$V_t = \lambda W \frac{A(T_1)}{R_a(T_1)} = \lambda W A(T_1) \text{ şeklinde hesaplanmakta, } \lambda \text{ katsayısı}$$

bodrum katlar hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğer binalarda 0.85 alınmaktadır.

- Mod birleştirme yöntemi ile yapılacak hesapta ise elastik ivme spektrumunun ordinatında herhangi bir azaltma yapılmayarak  $R_a = 1$  değeri kullanılmaktadır. Bu durumda;

$$S_{aR}(T_n) = S_{ae}(T_n) / R_{ae}(T_n) = S_{ae}(T_n) \text{ olmaktadır.}$$

- Betonarme elemanlar sünek ve gevrek olarak sınıflandırılmaktadır.  $V_e$  kesitin eğilme kapasitesi ile uyumlu hesaplanan kesme kuvvetini göstermek üzere, sünek kolonlar için;

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}}) / I_n \leq V_r$$

sünek kirişler için;

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pa}) / I_n \leq V_r \text{ şartları aranmaktadır.}$$

$V_r$ : TS500'e göre hesaplanacak kesitin kesme kuvveti taşıma kapasitesini ifade etmektedir.

- Perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmesi için ayrıca  $H_w / l_w > 2.0$  koşulunu sağlaması gerektiği görülmektedir.

Bu yöntemin uğraştırıcı ve dikkat edilmesi gereken önemli aşamalarından biri; kiriş ve özellikle normal kuvvetin de devreye girmesi sebebiyle kolonların  $r = \text{etki/kapasite oranlarının}$  tayin edilebilmesi amacıyla, kirişler için artık moment, kolonlar için de artık moment ve normal kuvvetlerin ( $M_A$ ,  $N_A$ ) hesaplanması olmaktadır. Artık kapasiteler kesitin toplam kapasiteleri ile düşey yükler altındaki iç kuvvetlerin farkı olarak tanımlanmaktadır.

Bu çalışmada; 2007 Deprem Yönetmeliği çerçevesinde, binanın doğrusal elastik yöntem ile deprem performansının tayini amacıyla buraya kadar özetlenen tüm adımların izlenip, yapı elemanlarındaki hasar düzeyinin belirlenmesine yönelik hesaplardan elde edilecek sonuçlara

yeterli bir yüzde ile yakınsayacak daha pratik alternatif bir yöntem tartışmaya açılmıştır. Aşağıda yine prensipleri verilen bu yeni yaklaşımın, esas itibarıyla 2007 deprem yönetmeliğinin yayınlanmasından önce mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi çalışmaları

larında belirli ölçülerde kullanıldığı bilinmektedir.

Yöntemin esası, mevcut bir binanın; yerinde 2007 yönetmeliği çerçevesinde yapılacak çalışmalardan elde edilecek veriler doğrultusunda, yapı elemanlarının detaylandırma biçimleri de göz önünde tutularak *-sargı donatısı tertibi ve miktarı-* seçilecek, uygun bir tasarım depremi için eşdeğer deprem yükü veya mod birleştirme yöntemlerinden biri kullanılarak yatay ve düşey yükler altında doğrusal elastik olarak analizlerinin yapılar, elde edilen iç kuvvetler ile mevcut kapasitelerin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu durumda; başlangıçta mevcut yapıya etkiletilen deprem kuvvetlerinin düzeyinin ne olması konusu önem kazanmaktadır. Esasen yapı elemanlarının sünük davranışları dikkatlice göz önüne bulundurulduğunda; kısa periyotlu, yaklaşık olarak 5-6 katlı yapıların dışında; 1975, 1998 ve 1998 yönetmeliğine göre deprem yükleri açısından kayda değer değişikliğe uğramaması sebebiyle 2007 deprem yönetmelikleri arasında yapıya etkileyen deprem yükleri açısından dramatik farklar söz konusu değildir. Buna karşılık kısa periyotlu yapılarda 1998 ve 2007 yönetmelikleri ile dünyada deprem mühendisliğindeki gelişmeler de göz önünde bulundurularak, 1975 yönetmeliğine göre 2.5 kata kadar yük artışı getirildiği bilinmektedir. Bu sebeple, mevcut yapıların doğrusal elastik yöntem kullanılarak deprem performansının bu yeni yaklaşımla tayin edilmesi amacıyla yeni tasarlanacak binalar için 2007 deprem yönetmeliğinin önerdiği yükler göz önüne alınarak, deprem analizlerinin yapılması yönteminin benimsenmesi uygun bulunmuştur.

Bu durumda, mevcut bir yapının deprem performansının bu yöntem ile tayini için; 2007 yönetmeliği çerçevesinde toplanacak bina bil-

$$M_A = M_K - M_D \text{ (Kirişler için)}$$

$$M_A = M_K - M_D \text{ (Kolonlar için)}$$

$$N_A = N_K - N_D$$

olmak üzere Etki/Kapasite değerleri;

$$r = M_E / M_A \text{ (kirişler için)}$$

$$r = M_E / M_A = N_E / N_A \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Özellikle kolon ve perdelerin etki/kapasite oranlarının hesaplanmasına ait yönetmeliğin bilgilendirme eki 7A'da belirtildiği biçimde, biri karşılıklı etki diyagramlarının kullanılarak diğeri de ardışık yaklaşım olmak üzere iki yöntemden birinin uygulanması hesaplara bir miktar daha ilave yük getirmektedir.

- Yukarıdaki bölümde verilen kesit hasar bölgelerini de gösteren  $r_s = \text{iç kuvvet/kapasite tablolarından da görüleceği üzere (Bkz. **Tablo 1** ve **Tablo 2**)$ ; bu tabloların kullanılabilmesi için  $r$  değerlerinin yanı sıra, her bir kiriş için  $(\rho - \rho') / \rho_b$  ve  $V_e / (b_w d f_{ctm})$  büyüklüklerine, kolon kesitleri için ise  $N_K / (A_c f_{cm})$  ve  $V_e / (b_w d f_{ctm})$  değerlerinin hesaplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ayrıca yönetmeliğin 7.4. maddesinde gerek doğrusal elastik gerekse doğrusal elastik olmayan hesaplara ait matematik modellerin kurulması, yüklemeler, malzeme kabulleri, rijitlikler vb. konularında da bir dizi kurallar verilmektedir. Bunlardan Bölüm 2'ye göre tümüyle yeni olanlar aşağıda özetlenmektedir.

- Hesaplarda bina önem katsayısı olarak ( $I=1.0$ ) değeri kullanılmaktadır.
- Hareketli yükler deprem hesabında göz önüne alınan kütleler ile uyumlu olarak tanımlanmaktadır.
- Binada yapılan araştırma kapsamına göre olası belirsizlikler bilgi düzeyi katsayıları ile hesaplara yansıtılmaktadır.
- Analizlerde beton ve çeliğin karakteristik dayanımları olarak tespit edilen malzeme dayanımları esas alınmakta, ayrıca azaltmaya yönelik malzeme katsayıları kullanılmamaktadır.
- Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesitlere ait etkin eğilme rijitlikleri ile çalışılmaktadır.

$$\text{Kirişler için; } (EI)_e = 0.4(EI)_0$$

$$\text{Kolonlar için; } N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.1 \text{ ise } (EI)_e = 0.4(EI)_0$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.4 \text{ ise } (EI)_e = 0.8(EI)_0 \text{ değerleri}$$

kullanılmaktadır.

$N_D$ 'nin ara değerleri için ise doğrusal enterpolasyona gerek duyulmaktadır.



gilerini takiben esas itibarıyla yine 2007 deprem yönetmeliği prensipleri doğrultusunda hesaplanacak deprem yükleri altında, yatay ve düşey yük analizlerinin yapılması yeterli olabilecektir. Aşağıda bu yaklaşıma ait hesap adımları özetlenmektedir;

**a)** Saha verilerinden toplanan bina taşıyıcı sistemi ve taşıyıcı sistem elemanlarının detayları da göz önünde bulundurularak (sargı donatısı miktarları, sargı donatısı sıklaştırma düzeyi vb.) yapıya etkiyecek yatay yüklerin hesabına esas olacak yapı davranış katsayısı R seçilir.

**b)** 2007 deprem yönetmeliğinin 2.6. bölümündeki kurallar çerçevesinde eşdeğer deprem yükü yöntemi veya mod birleştirme yöntemlerinden biri ile çatlamamış kesitlere ait eğilme rijitlik değerleri  $(EI)_0$  kullanılarak yapının yatay yük analizi gerçekleştirilir.

• Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılacak ise, toplam taban kesme kuvveti; etkin yer ivmesi katsayısı  $(A_0)$ , yapı önem katsayısı  $(I)$ , yapının birinci doğal titreşim periyodu ve yerel zemin sınıfına bağlı olarak belirlenen spektrum karakteristik periyotları  $(TA, TB)$  kullanılarak elde edilecek spektrum katsayısı da  $S(T)$  yerine konularak belirlenir. Buna göre toplam taban kesme kuvveti değeri;

$A(T) = A_0 I S(T)$  olmak üzere,

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.1A_0IW \text{ olarak hesaplanır.}$$

• Mod birleştirme yöntemi kullanılacak ise zemin sınıfına bağlı olarak yönetmeliğinin 2.4.4. maddesindeki şartlar doğrultusunda ve yönetmelikteki verilen tasarım ivme spektrumu ya da özel spektrum kullanılarak yapılacak modal analiz sonunda eleman iç kuvvetlerine ulaşılır.

$S_{ae}(T) = A(T)g$  olarak tanımlanan elastik spektral ivme katsayısının ordinatları yine yönetmeliğinin (2.13). maddesinde belirtildiği biçimde;

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{aR}(T_n)}{R_a(T_n)}$$

olarak göz önünde bulundurulur.

**c)** TS500 ile uyumlu olarak düşey yükler altında yapılan analiz ile yatay yük analizleri kombine edilir.  $(G+Q \pm E)$

**d)** Mevcut kiriş  $(M_p)$  ve kolon kapasiteleri  $(M_p, N_p)$  bu kez yeni tasarımdaki gibi beton ve çelik için TS500'de öngörülen malzeme katsayıları kullanılarak tayin edilir.  $\gamma_{mc} = 1.5, \gamma_{ms} = 1.15$

**e)** Kiriş ve kolonlar için tayin edilen kapasiteler ile analizlerden elde edilen iç kuvvetler  $G+Q \pm E$  yüklemeleri için tek tek karşılaştırılarak, yeterli ve/veya kurtarmayan kesitler belirlenir.

**f)** Tüm elemanlarda eğilme kapasitesine ulaşılmadan önce kesme dolayısıyla gevrek kırılma olup olmadığı ayrıca kontrol edilir.

Belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan analizler sonucunda yeterli olan elemanlar ile yetersiz (kurtarmayan) elemanların **Şekil 1**'deki kesit hasar bölgelerinin neresinde olduğu sorusuna cevap aranması bu çalışmanın en önemli adımını teşkil etmektedir. Çalışmanın bu aşamasında yeterli olan ve yeterli olmayan kesitler için yönetmeliğinin öngördüğü yöntem ile yapılan hesapla ulaşılan hasar bölgeleri ile bu yöntemde yetersiz olan kesitlerin kapasite aşılma oranları arasında istatistikî bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

#### 4. Sayısal Uygulamalar

Önerilen yeni yaklaşımın yeterliliğinin gösterilmesi, özellikle bu yön-

temdeki kapasite aşılma oranları ile yönetmelikte eleman hasar sınırları için verilen değerlere karşılık gelecek biçimde bir uyum aranmasına yönelik olarak bazıları daha önce de çalışılmış **[3], [4], [5]** çeşitli örnek uygulamalar tarafımızdan yapılmıştır. Çalışmamıza ayrılan bölümün sınırlı olması sebebiyle burada biri örnek#1 (orjinal bina), diğeri de çeşitli hasar düzeyleri için karşılaştırmaların yapılabilmesine yönelik orijinal bina elemanlarının taşıma kapasitelerinin bilerek azaltılmasına karşı gelmek üzere (örnek #2) iki örnek sunulmaktadır. Sözü edilen çerçeve daha önce binaların doğrusal olmayan analizlerine ait araştırmalar içeren çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. **[4], [5]**

Örnek sistemlerin deprem performansı önce yönetmelikte önerilen doğrusal elastik yöntem ile tayin edilmiştir. Yönetmelik esaslarına göre SAP2000n **[6]** bilgisayar programı ile yapılan düşey ve yatay yük analizlerine ait iç kuvvetler ile firmamız tarafından geliştirilmiş olan TAGUT **[7]**, TAGUTGRA **[8]** programları kullanılarak elde edilen kiriş eğilme momenti taşıma kapasiteleri ile kolonlara ait karşılıklı etki diyagramları, eleman kesit özellikleri vb. gerekli tüm bilgiler Excel tablosuna giriş bilgisi olarak aktarılmaktadır. Bu giriş bilgileri ile yönetmeliğinin istediği tüm diğer büyüklükler,  $N_k/A_c f_{cm}, V_e/b_w d f_{ctm}, r = \text{etki/kapasite, vb.}$  otomatik olarak Excel programı ile hesaplanarak tüm kesitlere ait hasar düzeyleri ortaya çıkarılmaktadır. Daha sonra aynı örnekler bu çalışmada önerilen yeni yaklaşım doğrultusunda çözülerek yeterli ve yetersiz elemanlar ile yetersiz elemanların kapasite aşılma oranları hesaplanmıştır.

#### Örnek #1

Daha önceki çalışmadan **[4]** 1975 deprem yönetmeliği **[9]** esaslarına göre boyutlandırıldığı bilinen **Şekil 2**'de

tipik kat planı verilen 6 katlı betonarme binanın kenar aksı (1 aksı) için ilk olarak deprem yönetmeliği çerçevesinde performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Hesaba esas olacak tüm parametreler (kesit boyutları, donatılar, malzeme bilgileri vb.) aşağıda özetlenmektedir. Kenar çerçevenin maruz kalacağı düşey ve yatay yükler ise topluca **Şekil 3**'teki çerçeve üzerinde gösterilmektedir. **Şekil 3**'teki düşey düğüm noktası aksel yükleri çerçevenin diğer doğrultusundan gelen kiriş kesme kuvvetlerini temsil etmektedir. Tüm yapı elemanlarına ait donatı düzeni ise **Tablo 4**'de sunulmuştur.

Tipik bir kolon için  $r = \text{etki/kapasite}$  oranlarının hesabına yönelik ( $M_D, N_D$ ), ( $M_A, N_A$ ), ( $M_K, N_K$ ) değerlerinin, yönetmeliğin bilgilendirme eki 7A'ya göre tayinine **Şekil 4**'de yer verilmiştir.

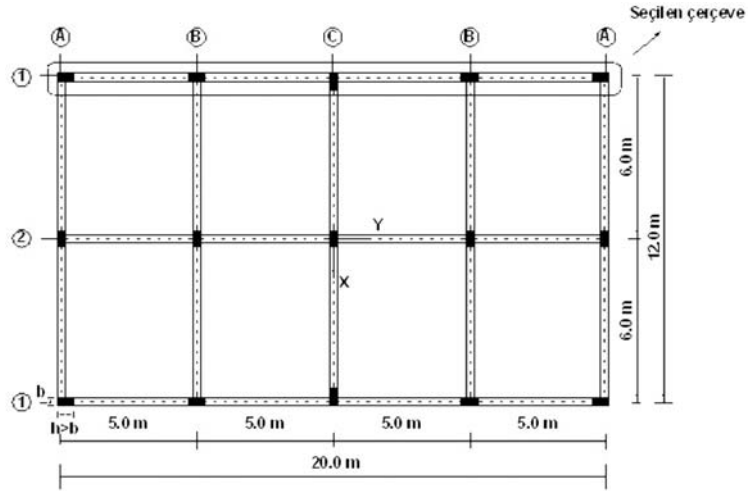
Yönetmelik çerçevesinde yapılan performans değerlendirme analizleri sonucunda tüm yapı elemanlarının hasar düzeylerine ait ulaşılan sonuçlar **Tablo 5**'de sunulmaktadır. Daha sonra **örnek 1**'deki sistem burada önerilen yeni yaklaşım için çözülmüştür. Bu yöntem ile yapılan çözümde kenar çerçevenin maruz kalacağı düşey ve yatay yükler ise **Şekil 3**'de parantez içinde verilmiştir. Bu kez malzeme katsayısı da kullanılarak tayin edilen kolon taşıma kapasitelerine örnek olmak üzere, tipik bir kolona ait karşılıklı etki diyagramı üzerinde (G+Q+E) yüklemesinin yeri ve kapasite aşılma oranının hesabı **Şekil 5**'de sunulmaktadır. Bu yaklaşım ile **örnek 1**'in çözümüne ait sonuçlar da kiriş ve kolonlar için ayrı ayrı olmak üzere **Tablo 5**'in son iki kolonunda yer almaktadır.

### Örnek #2

1975 yönetmeliğine göre boyutlanmış olan **örnek 1**'deki sistemin

2007 yönetmeliği çerçevesinde deprem performansının tayini sonucunda **Tablo 5**'den de görüleceği üzere gerek kirişler gerekse kolonlarda minimum ve belirgin hasarın ötesine geçilmediğinden, iki yöntem arasında tüm hasar düzeylerine ait ilişkinin ortaya çıkarılmasına yönelik **örnek 1**'deki sistemde; herhangi bir kesit değişikliğine gidilmeksizin,

düşey yükler için sorun yaratmayacak düzeyde, önemli sayıda kiriş ve kolonun donatı yüzdeleri azaltılarak (Bkz. **Tablo 4** parantez içindeki donatılar) kesitlerin taşıma kapasiteleri düşürülmüştür. Bu duruma ait farklılaştırılan sistem **örnek #2** olarak her iki yöntem ile tekrar çözülmüş ve elde edilen sonuçlara **Tablo 6**'da yer verilmiştir.



**Şekil 2. Ele Alınan Örneklerde Kullanılan Yapının Tipik Kat Planı**

### Bina Bilgileri:

Deprem Bölgesi :  $A_0 = 0.4$   
 Döşemeler : 0.15 m  
 Malzeme : C20/S420  $f_{cm} = 20\text{MPa}$   $f_{ym} = 420\text{MPa}$   
 $f_{ctm} = 1.6\text{MPa}$   $E_c = 28\text{GPa}$   
 Zemin Sınıfı Z2 :  $T_A = 0.15\text{s}$   $T_B = 0.40\text{s}$

### Eşdeğer Deprem Yüklerinin Tayini:

Toplam ağırlığı 4412.84 kN olarak hesaplanmış olan binanın her iki yöntem için yapılacak eşdeğer yatay yük analizine esas olacak taban kesme kuvveti katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

### 2007 Deprem Yön. Bölüm 7'ye Göre;

$T_1 = 1.254$  sn. (çatlamış kesitli)

$$A(T) = A_0 I S(T)$$

$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} = 2.5 (0.4 / 1.254)^{0.8} = 1.002$$

$$A(T) = 0.40 \times 1.0 \times 1.002 = 0.4008$$

$$V_t = \lambda W A(T) / R_a$$

$$V_t = 0.85 \times 4412.84 \times 0.4008 / 1.0 = 1503.4 \text{ kN}$$

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t$$

$$= 0.0075 \times 6 \times 1503.4 = 67.65$$

### Yeni Yaklaşım Göre;

$T_1 = 0.897$  sn. (çatlamamış kesitli),  $R=4$

$$S(T) = 2.5 (0.4 / 0.897)^{0.8} = 1.31$$

$$A(T) = 0.40 \times 1.0 \times 1.31 = 0.524$$

$$V_t = W A(T) / R$$

$$V_t = 4412.84 \times 0.524 / 4 = 578 \text{ kN}$$

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t$$

$$= 0.0075 \times 6 \times 578 = 26 \text{ kN}$$

Kat	Kolon	b/h (cm)	Donatı
6	S601	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (8Φ12)
	S602	30/40	8Φ16 (8Φ12)
	S603	40/30	4Φ16 + 4Φ14 (8Φ12)
	S604	30/40	8Φ16 (8Φ12)
	S605	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (8Φ12)
5	S501	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (8Φ12)
	S502	30/40	8Φ16 (8Φ12)
	S503	40/30	4Φ16 + 4Φ14 (8Φ12)
	S504	30/40	8Φ16 (8Φ12)
	S505	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (8Φ12)
4	S401	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (8Φ12)
	S402	30/50	8Φ20 (8Φ14)
	S403	50/30	8Φ20 (8Φ14)
	S404	30/50	8Φ20 (8Φ14)
	S405	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (8Φ12)

Kat	Kolon	b/h (cm)	Donatı
3	S301	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (8Φ12)
	S302	30/50	8Φ20 (8Φ14)
	S303	50/30	8Φ20 (8Φ14)
	S304	30/50	8Φ20 (8Φ14)
	S305	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (8Φ12)
2	S201	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (8Φ12)
	S202	30/60	4Φ22 + 4Φ20 (4Φ16 + 4Φ14)
	S203	60/30	8Φ20 (4Φ16 + 4Φ14)
	S204	30/60	4Φ22 + 4Φ20 (4Φ16 + 4Φ14)
	S205	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (8Φ12)
1	S101	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (4Φ14)
	S102	30/60	4Φ22 + 4Φ20 (4Φ16)
	S103	60/30	8Φ20 (8Φ14)
	S104	30/60	4Φ22 + 4Φ20 (4Φ16)
	S105	30/40	4Φ18 + 4Φ16 (4Φ14)

Kat	Kiriş	b/h (cm)	Alt Donatı	Üst Donatı	Sol Mesnet Üst Ek Donatısı	Sağ Mesnet Üst Ek Donatısı
6	K601	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
	K602	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ14
	K603	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ14	2Φ18
	K604	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
5	K501	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
	K502	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ14
	K503	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ14	2Φ18
	K504	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
4	K401	30/60	4Φ16 (3Φ16)	2Φ14 (2Φ12)	3Φ20 (2Φ18)	3Φ20 (2Φ18)
	K402	30/60	4Φ16 (3Φ16)	2Φ14 (2Φ12)	3Φ20 (2Φ18)	2Φ20 (2Φ14)
	K403	30/60	4Φ16 (3Φ16)	2Φ14 (2Φ12)	2Φ20 (2Φ14)	3Φ20 (2Φ18)
	K404	30/60	4Φ16 (3Φ16)	2Φ14 (2Φ12)	3Φ20 (2Φ18)	3Φ20 (2Φ18)
3	K301	30/60	4Φ16 (3Φ16)	2Φ14 (2Φ12)	3Φ20 (2Φ18)	3Φ20 (2Φ18)
	K302	30/60	4Φ16 (3Φ16)	2Φ14 (2Φ12)	3Φ20 (2Φ18)	2Φ20 (2Φ14)
	K303	30/60	4Φ16 (3Φ16)	2Φ14 (2Φ12)	2Φ20 (2Φ14)	3Φ20 (2Φ18)
	K304	30/60	4Φ16 (3Φ16)	2Φ14 (2Φ12)	3Φ20 (2Φ18)	3Φ20 (2Φ18)
2	K201	30/60	4Φ16 (3Φ16)	3Φ14 (2Φ12)	2Φ22 (2Φ18)	3Φ22 (2Φ18)
	K202	30/60	4Φ16 (3Φ16)	3Φ14 (2Φ12)	3Φ22 (2Φ18)	1Φ22 (2Φ14)
	K203	30/60	4Φ16 (3Φ16)	3Φ14 (2Φ12)	1Φ22 (2Φ14)	3Φ22 (2Φ18)
	K204	30/60	4Φ16 (3Φ16)	3Φ14 (2Φ12)	3Φ22 (2Φ18)	2Φ22 (2Φ18)
1	K101	30/60	4Φ16 (3Φ16)	3Φ14 (2Φ12)	2Φ22 (2Φ18)	3Φ22 (2Φ18)
	K102	30/60	4Φ16 (3Φ16)	3Φ14 (2Φ12)	3Φ22 (2Φ18)	1Φ22 (2Φ14)
	K103	30/60	4Φ16 (3Φ16)	3Φ14 (2Φ12)	1Φ22 (2Φ14)	3Φ22 (2Φ18)
	K104	30/60	4Φ16 (3Φ16)	3Φ14 (2Φ12)	3Φ22 (2Φ18)	2Φ22 (2Φ18)

Tablo 4. Tüm Yapı Elemanlarına Ait Kesit ve Donatı Bilgileri



Kiriş ve Yükleme	2007 Yönetmeliği Yöntemi			Sargılama YOK	Yeni Yaklaşım	
	Etki/Kapasite (t)	$(\rho - \rho')/ \rho_b$	$V_e / (b_w d f_{ctm})$			Hasar Bölgesi
K101.sol (+E)	2.87	-0.1229	0.5388	Belirgin	Yetersiz	13
K101.sağ (-E)	3.04	0.2347	0.6390	Belirgin	Yetersiz	23
K102.sol (+E)	2.73	-0.2347	0.5562	Belirgin	Yetersiz	10
K102.sağ (+E)	2.59	-0.0112	0.4872	Belirgin	Yetersiz	1
K201.sol (+E)	3.00	-0.1229	0.5411	Belirgin	Yetersiz	17
K201.sağ (-E)	3.01	0.2347	0.6371	Belirgin	Yetersiz	13
K202.sol (+E)	2.71	-0.2347	0.5658	Belirgin	Yetersiz	3
K202.sağ (+E)	2.72	-0.0112	0.4869	Belirgin	Yetersiz	3
K301.sol (+E)	2.70	-0.1312	0.5421	Belirgin	Yetersiz	2
K301.sağ (+E)	2.69	-0.1312	0.5775	Belirgin	Yetersiz	1
K302.sol (-E)	2.34	0.1312	0.5535	Minimum	✓	-3
K302.sağ (+E)	2.05	-0.0388	0.4997	Minimum	✓	-16
K401.sol (+E)	2.27	-0.1312	0.5119	Minimum	✓	-22
K401.sağ (+E)	2.00	-0.1312	0.5767	Minimum	✓	-24
K402.sol (-E)	1.72	0.1312	0.5533	Minimum	✓	-23
K402.sağ (+E)	1.55	-0.0388	0.4999	Minimum	✓	-28
K501.sol (-E)	2.33	0.0388	0.4180	Minimum	✓	-11
K501.sağ (+E)	2.06	-0.0388	0.4496	Minimum	✓	-26
K502.sol (-E)	1.77	0.0388	0.4301	Minimum	✓	-14
K502.sağ (+E)	1.98	0.0203	0.3925	Minimum	✓	-8
K601.sol (-E)	0.74	0.0388	0.2240	Minimum	✓	-70
K601.sağ (+E)	0.48	-0.0388	0.2411	Minimum	✓	-82
K602.sol (-E)	0.63	0.0388	0.2061	Minimum	✓	-59
K602.sağ (+E)	0.55	0.0203	0.2065	Minimum	✓	-59

Kolon ve Yükleme	2007 Yönetmeliği Yöntemi			Sargılama YOK	Yeni Yaklaşım	
	Etki/Kapasite (t)	$N_k/A_c f_{cm}$	$V_e / (b_w d f_{ctm})$			Hasar Bölgesi
S101.alt (+E)	1.64	0.571	0.52	Belirgin	Yetersiz	20
S101.üst (-E)	1.94	0.044	0.40	Minimum	✓	-15
S102.alt (+E)	2.24	0.274	1.19	Belirgin	Yetersiz	17
S102.üst (+E)	1.35	0.250	1.19	Minimum	✓	-18
S103.alt (+E)	1.74	0.306	0.53	Minimum	✓	-3
S103.üst (-E)	1.65	0.306	0.53	Minimum	✓	-3
S201.alt (-E)	2.13	0.067	0.41	Belirgin	Yetersiz	8
S201.üst (-E)	2.05	0.067	0.41	Belirgin	Yetersiz	4
S202.alt (+E)	1.61	0.208	1.14	Minimum	✓	-19
S202.üst (+E)	1.68	0.208	1.14	Minimum	✓	16
S203.alt (+E)	2.08	0.258	0.51	Belirgin	Yetersiz	6.5
S203.üst (-E)	2.06	0.258	0.51	Belirgin	Yetersiz	6.5
S301.alt (-E)	2.18	0.079	0.41	Belirgin	Yetersiz	3
S301.üst (-E)	2.16	0.079	0.41	Belirgin	Yetersiz	3
S302.alt (+E)	1.84	0.217	0.82	Minimum	✓	-9
S302.üst (-E)	1.87	0.267	0.85	Minimum	✓	-4
S303.alt (+E)	2.09	0.240	0.46	Belirgin	Yetersiz	3
S303.üst (-E)	2.10	0.240	0.46	Belirgin	Yetersiz	3
S401.alt (-E)	1.67	0.054	0.40	Minimum	✓	-21
S401.üst (+E)	1.18	0.250	0.49	Minimum	✓	-20
S402.alt (+E)	1.66	0.157	0.77	Minimum	✓	-21
S402.üst (+E)	1.81	0.157	0.77	Minimum	✓	-16
S403.alt (+E)	1.68	0.173	0.45	Minimum	✓	-18
S403.üst (-E)	1.69	0.173	0.45	Minimum	✓	-18
S501.alt (-E)	1.59	0.050	0.39	Minimum	✓	-24
S501.üst (-E)	1.71	0.050	0.39	Minimum	✓	-21
S502.alt (+E)	1.61	0.125	0.46	Minimum	✓	-19
S502.üst (-E)	1.74	0.150	0.46	Minimum	✓	-12
S503.alt (+E)	1.92	0.133	0.28	Minimum	✓	-19
S503.üst (-E)	1.92	0.133	0.28	Minimum	✓	-19
S601.alt (+E)	<1	-	-	Minimum	✓	-67
S601.üst (-E)	<1	-	-	Minimum	✓	-58
S602.alt (+E)	<1	-	-	Minimum	✓	-56
S602.üst (-E)	0.99	0.046	0.24	Minimum	✓	-54
S603.alt (-E)	1.16	0.067	0.23	Minimum	✓	-67
S603.üst (+E)	1.20	0.067	0.23	Minimum	✓	-58

Tablo 5. Örnek#1'e Alt Çözümlerin Karşılaştırılması

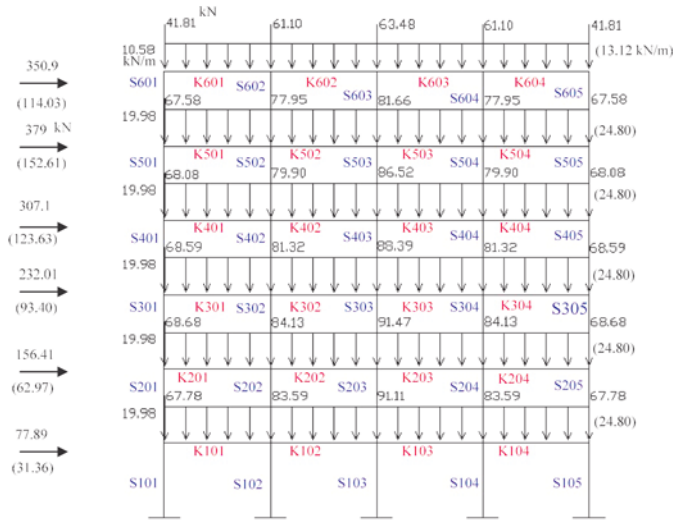


Kiriş ve Yükleme	2007 Yönetmeliği Yöntemi			Sargılama YOK		Yeni Yaklaşım	
	Etki/Kapasite (t)	$(\rho - \rho') / \rho_b$	$V_e / (b_w d f_{ctm})$	Hasar Bölgesi	Kesit Durumu (R=4)	Kapasite Oranları (%)	
K101.sol(-E)	4.18	0.0385	0.4185	İleri	Yetersiz	57	
K101.sağ (+E)	6.27	-0.0385	0.4595	Göçme	Yetersiz	114	
K102.sol (-E)	5.22	0.0385	0.4357	İleri	Yetersiz	92	
K102.sağ (+E)	4.70	0.0203	0.3967	İleri	Yetersiz	55	
K201.sol (-E)	4.48	0.0385	0.4208	İleri	Yetersiz	66	
K201.sağ (+E)	6.09	-0.0385	0.4576	Göçme	Yetersiz	99	
K202.sol (-E)	5.15	0.0385	0.4353	İleri	Yetersiz	84	
K202.sağ (+E)	4.93	0.0203	0.3963	İleri	Yetersiz	59	
K301.sol (-E)	4.01	0.0385	0.4187	İleri	Yetersiz	52	
K301.sağ (+E)	5.08	-0.0385	0.4540	İleri	Yetersiz	65	
K302.sol (-E)	4.36	0.0385	0.4328	İleri	Yetersiz	58	
K302.sağ (+E)	4.21	0.0203	0.3946	İleri	Yetersiz	43	
K401.sol (-E)	3.36	0.0385	0.4194	Belirgin	Yetersiz	27	
K401.sağ (+E)	3.77	-0.0385	0.4533	Belirgin	Yetersiz	25	
K402.sol (-E)	3.20	0.0385	0.4326	Belirgin	Yetersiz	25	
K402.sağ (+E)	3.18	0.0203	0.3947	Belirgin	Yetersiz	21	
K501.sol (-E)	2.33	0.0385	0.4178	Minimum	✓	-11	
K501.sağ (+E)	2.06	-0.0385	0.4494	Minimum	✓	-26	
K502.sol (-E)	1.77	0.0385	0.4300	Minimum	✓	-14	
K502.sağ (+E)	1.98	0.0203	0.3925	Minimum	✓	-8	
K601.sol (+E)	0.75	-0.0385	0.0439	Minimum	✓	-89	
K601.sağ (-E)	0.42	0.0385	0.0268	Minimum	✓	-93	
K602.sol (-E)	0.64	0.0385	0.2061	Minimum	✓	-59	
K602.sağ (+E)	0.55	0.0203	0.2065	Minimum	✓	-59	

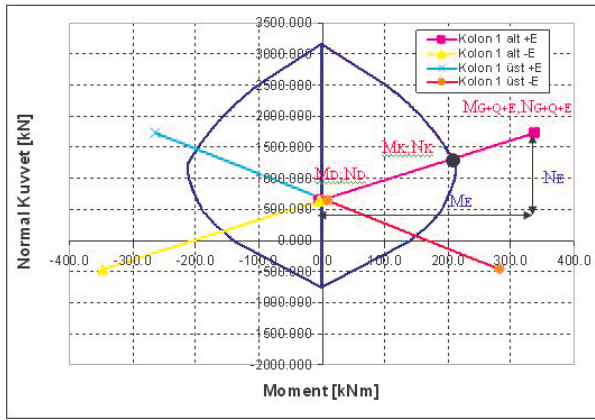
  

Kolon ve Yükleme	2007 Yönetmeliği Yöntemi			Sargılama YOK		Yeni Yaklaşım	
	Etki/Kapasite (t)	$N_k / A_c f_{cm}$	$V_e / (b_w d f_{ctm})$	Hasar Bölgesi	Kesit Durumu (R=4)	Kapasite Oranları (%)	
S101.alt (+E)	3.59	0.163	0.39	İleri	Yetersiz	51	
S101.üst (-E)	2.07	0.508	0.50	İleri	Yetersiz	85	
S102.alt (+E)	3.55	0.321	0.76	Göçme	Yetersiz	109	
S102.üst (+E)	2.20	0.274	0.73	Belirgin	Yetersiz	34	
S103.alt (+E)	2.42	0.306	0.41	Belirgin	Yetersiz	11	
S103.üst (-E)	2.31	0.306	0.41	Belirgin	Yetersiz	11	
S201.alt (-E)	2.10	0.394	0.56	Belirgin	Yetersiz	26	
S201.üst (-E)	3.27	0.121	0.42	Belirgin	Yetersiz	36	
S202.alt (+E)	2.39	0.222	0.78	Belirgin	Yetersiz	14	
S202.üst (+E)	2.28	0.274	0.82	Belirgin	Yetersiz	20	
S203.alt (+E)	2.80	0.250	0.41	Belirgin	Yetersiz	35	
S203.üst (-E)	2.78	0.250	0.41	Belirgin	Yetersiz	35	
S301.alt (-E)	3.52	0.111	0.41	İleri	Yetersiz	53	
S301.üst (-E)	3.55	0.111	0.41	İleri	Yetersiz	52	
S302.alt (+E)	2.81	0.225	0.66	Belirgin	Yetersiz	30	
S302.üst (-E)	2.84	0.256	0.67	Belirgin	Yetersiz	38	
S303.alt (+E)	3.13	0.235	0.40	Belirgin	Yetersiz	45	
S303.üst (-E)	3.15	0.235	0.40	Belirgin	Yetersiz	45	
S401.alt (-E)	2.90	0.079	0.38	Belirgin	Yetersiz	19	
S401.üst (+E)	2.94	0.079	0.38	Belirgin	Yetersiz	21	
S402.alt (+E)	2.57	0.163	0.61	Belirgin	Yetersiz	13	
S402.üst (+E)	2.70	0.173	0.62	Belirgin	Yetersiz	20	
S403.alt (+E)	2.65	0.170	0.28	Belirgin	Yetersiz	17	
S403.üst (-E)	2.67	0.170	0.28	Belirgin	Yetersiz	17	
S501.alt (-E)	3.02	0.060	0.22	Belirgin	Yetersiz	22	
S501.üst (-E)	3.13	0.060	0.22	Belirgin	Yetersiz	27	
S502.alt (+E)	2.72	0.121	0.27	Belirgin	Yetersiz	9.5	
S502.üst (-E)	2.95	0.121	0.27	Belirgin	Yetersiz	19	
S503.alt (+E)	2.67	0.131	0.20	Belirgin	Yetersiz	17	
S503.üst (-E)	2.67	0.131	0.20	Belirgin	Yetersiz	17	
S601.alt (+E)	1.50	0.020	0.18	Minimum	✓	-40	
S601.üst (-E)	1.83	0.020	0.18	Minimum	✓	-28	
S602.alt (+E)	1.82	0.050	0.21	Minimum	✓	-39	
S602.üst (-E)	1.97	0.050	0.21	Minimum	✓	-29	
S603.alt (-E)	1.73	0.050	0.15	Minimum	✓	-27	
S603.üst (+E)	1.80	0.050	0.15	Minimum	✓	-27	

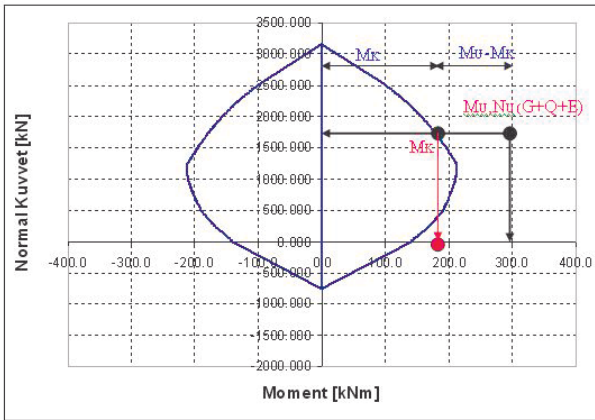
**Tablo 6. Örnek#2'ye Ait Çözümlerin Karşılaştırılması**



Şekil 3: -G+0.3Q-, (G+Q) Yüklemeleri ve Katlara Etkiyen Yatay Yükler



Şekil 4: Tipik Bir Kolona Ait Kapasite ( $M_K$ ,  $N_K$ ) Değerinin Tayini



Şekil 5: Tipik Bir Kolona Ait Kapasite Aşılma Oranının Hesaplanması

$$\text{Kapasite Aşılma Oranı} = \frac{M_u - M_K}{M_K} \times 100$$

## 5. Sonuçlar

Çeşitli örnekler üzerinde yapılan sayısal uygulamalarda yönetmelik yöntemi kullanılarak yapılan hesap sonucunda eleman hasarlarının belirlendiği hasar sınır tablolarından -*Betonarme kirişler için Tablo 1, kolonlar için Tablo 2*- ulaşılan değerler ile tarafımızdan önerilen yöntem ile elde edilen kapasite aşılma oranları arasında, aşağıda özetlenen biçimde, oldukça tatmin edici bir ilişki kurulabileceği görülmüştür.

i. Yeni yaklaşım ile yeterli çıkan kesitlerin tümü, yönetmelik esaslarına göre yapılan hesap sonucu *minimum hasar bölgesinde* kalmaktadır. Diğer bir deyişle yeni yaklaşım ile yetersiz çıkan kesitlerin *kurtarmayanlar*- yönetmelik esaslarına göre yapılan hesapta en az *belirgin hasar bölgesi* içinde olduğu anlaşılmaktadır. Kiriş, kolon veya perde elemanının *minimum* ya da en az *belirgin hasar düzeyinde* olduğunun kesinleştirilmesi, her iki yöntemin bu noktada üst üste örtüştüğü anlamına gelmektedir.

ii. Yetersiz kesitlerin, *belirgin hasar bölgesi, ileri hasar bölgesi veya göçme bölgesi* içinde mi olduklarının ortaya çıkarılması amacıyla ise; yeni yaklaşım ile yapılan çeşitli örneklerdeki kesit kapasite aşılma oranlarının ağırlıklı ortalamaları alınarak, bu değerler ile yönetmeliğin kesit hasar bölgelerini tanımlayan  $r_s$  = etki/kapasite oran tablolarındaki (**Tablo 1, Tablo 2**) değerlere bağlı olarak ulaşılan kesit hasar bölgeleri arasında istatistikî bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Sınırlı sayıda yapılan örnek çözümlere dayanarak kurulan bu ilişkide;

Kiriş ve kolonlar için yaklaşık olarak benzer olmak üzere belirli ağırlıklı ortalama ve standart sapma değerleri altında, kapasite aşılma oranlarının -KAO- aşağıdaki hasar bölgelerine karşılık geldiği belirlenmiştir.

%1 < KAO ≤ %50 MN-GV arası  
(Belirgin Hasar Bölgesi)  
%50 < KAO ≤ %100 GV-GÇ arası  
(İleri Hasar Bölgesi)  
%100 < KAO (Göçme Bölgesi)  
Sınırlı sayıdaki örneğe dayanılarak elde edilen bu değerlerin daha çok örnekle doğrulanması, hatta çoğaltılacak örneklerden yararlanılarak, burada verilen aralıklarda bir miktar düzeltmeye de gidilebileceği düşünülmektedir.

## 6. Referanslar

[1] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, “6 Mart 2007, Ankara”

[2] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, “1998, Ankara”

[3] Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümler, “Celep.Z, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul 2007”

[4] Betonarme Yapı Sistemlerinde İkinci Mertebe Limit Yükün ve Göçme Güvenliğinin Belirlenmesi İçin Bir Yük Artım Yöntemi, “Girgin K., Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 1996”

[5] Bina Deprem Performanslarını Değerlendiren Yöntemlerin Karşılaştırılması, “Demir H. Yıldız, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık 2007”

[6] SAP 2000n “Three Dimensional Static and Dynamic Analysis and Design of Structures, CSI, Berkeley, California, USA”

[7] TAGUT Normal Kuvvet Etkisi Altındaki Gelişigüzel Betonarme Kesitlerin Moment Taşıma Kapasitesinin Hesabı İçin Bir Bilgisayar Programı, “İF Ltd. 1984, İstanbul”

[8] TAGUTGRA Kolon ve Perdelerin Karşılıklı Etki Diyagramlarını Oluşturulması İçin Bir Bilgisayar Programı, “İF Ltd., 1990 İstanbul”

[9] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, “1975, Ankara”

## Resmi Gazeteden...

		Tarih	Sayı
BİNALARDA ISI YALITIMI YÖNETMELİĞİ	Yönetmelik	09.10.2008	27019
YAPIM İŞLERİ İHALELERİ UYGULAMA YÖNETMELİĞİNDE DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR YÖNETMELİK	Yönetmelik	19.11.2008	27059
ÇEVRE DENETİMİ YÖNETMELİĞİ	Yönetmelik	21.11.2008	27061
PROJE VE KONTROLLUK İŞLERİNDE UYGULANACAK FİYAT ARTIŞ ORANLARI HAKKINDA TEBLİĞ	Tebliğ	26.11.2008	27066
KAMU İHALE KANUNU İLE KAMU İHALE SÖZLEŞMELERİ KANUNUNDA DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR KANUN	Kanun	05.12.2008	27075
İSKÂN KANUNUNDA DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR KANUN	Kanun	05.12.2008	27075
BİNALARDA ENERJİ PERFORMANSI YÖNETMELİĞİ	Yönetmelik	05.12.2008	27075
KIYI VE LİMAN YAPILARI, DEMİRYOLLARI, HAVA MEYDANLARI İNŞAATLARINA İLİŞKİN DEPREM TEKNİK YÖNETMELİĞİNDE DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR YÖNETMELİK	Kanun	26.12.2008	27092

Ayrıntılı Bilgi: [www.imoistanbul.org.tr](http://www.imoistanbul.org.tr) <http://rega.basbakanlik.gov.tr>

## Üyelerimize Duyuru

### Geoteknik Hizmetleri Yönergesi:

Oda yönetim kurulumuz tarafından 23 Kasım 2008 tarihli toplantıda alınan karar gereğince “Geoteknik Hizmetleri Birim Fiyat Tarifleri ile Veri Değerlendirme Rapor Formatlarını Düzenleyen Geoteknik Hizmetleri Yönergesi”nin Şube ve temsilciliklerimizde uygulanması yürürlüğe girmiştir. Geoteknik Yönergesi için [www.imoistanbul.org.tr](http://www.imoistanbul.org.tr)