

## Deprem Hareketinin Düşey Bileşeninin Çeşitli Yapı Elemanları Üzerindeki Etkileri ve Hasar Potansiyeli

**M. A. Gürel**

*Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Şanlıurfa 63300, Türkiye*

**M. Kısa**

*Harran Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü,  
Şanlıurfa 63300, Türkiye*

**ÖZET:** Bu çalışmada, kuvvetli deprem yer hareketlerinin düşey bileşenlerinin betonarme kolonlar, konsol kirişler, döşemeler, öngerilmeli beton kirişler, ve çelik kolonlar gibi çeşitli yapı elemanları üzerindeki muhtemel etkileri ve hasar potansiyeli irdelenmektedir. Ayrıca, Northridge ve Kobe Depremleri'nin kuvvetli düşey bileşenlerine atfedilen hasar örnekleri sunulmaktadır. Yapılan kısa irdeleme ve verilen hasar örnekleri topluca, kuvvetli deprem yer hareketlerinin düşey bileşenlerinin bazı yapı elemanları üzerinde ciddi etkilerinin olabileceğini göstermekte, ve bu yüzden onun depreme dayanıklı tasarım işleminde ihmal edilmesinin riskini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem yer hareketinin düşey bileşeni; hasar potansiyeli; yapı elemanları

**ABSTRACT:** In this study, the possible effects and damage potential of vertical components of strong earthquake ground motions on some structural elements such as reinforced concrete columns, cantilever beams, slabs, prestressed concrete beams, and steel columns are briefly discussed. Moreover, damage examples attributable to strong vertical components of Northridge and Kobe Earthquakes are presented. The brief discussion and given damage examples collectively show that the vertical components of strong earthquake ground motions can have serious effects on some structural elements, and hence, imply hazard of ignoring it in the seismic design procedure.

### Giriş

Deprem hareketinin çok eksenli olma özelliğinden dolayı bir deprem sırasında yer kabuğunda yatay ve düşey titreşimler meydana gelir. Buna bağlı olarak yapılar depremde eşzamanlı yatay ve düşey etkilere maruz kalırlar. Deprem yatay bileşeni etkisinde yapıların ve yapı elemanlarının davranışı ve oluşan hasarlar daha çok araştırılmış, düşey bileşenin etkisi konusundaki çalışmalar ise nispeten daha az olmuştur.

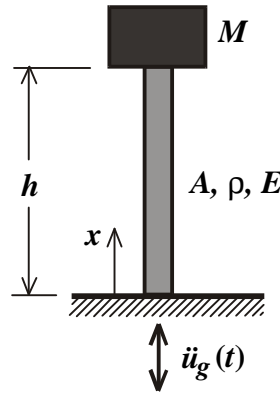
Düsey bileşenin depreme dayanıklı yapı tasarımında ihmal edilmesi veya yetersiz düzeyde gözönüne alınması iki sebepten kaynaklanmaktadır. Birincisi sismolojik orijinli olup düşey bileşenin çoğu zaman yatay bileşenden daha zayıf olması durumuna dayandırılmaktadır. İkinci sebep ise yapısal özelliklerle ilgilidir ve uygun şekilde projelendirilip inşa edilmiş yapılarda düşey yüklere karşı büyük bir güvenlik faktörünün mevcut olduğu düşüncesinden doğmaktadır. Ancak, yakın geçmişte meydana gelen Northridge (1994, ABD) ve Kobe (1995, Japonya) Depremleri'nde alışılmışın üzerinde düşey deprem ivmeleri kaydedilmiş ve bu şiddetli depremler, depreme dayanıklı tasarım ilkelerinin en son şeklinin uygulandığı bölgelerde ve yapılarda dahi, yatay bileşenlerinin sebep olabileceğinden çok daha ağır ve doğrudan düşey bileşenlerine atfedilebilecek yıkılmalar ve ciddi yapısal hasarlar meydana getirmiştir (Papazoglou, 1996).

Bu çalışmanın amacı, depreme dayanıklı yapı tasarımında çoğu zaman ihmal edilen ya da yetersiz düzeyde gözönüne alınan deprem hareketinin düşey bileşeninin çeşitli yapı elemanları üzerindeki etkilerini ve hasar potansiyelini kısaca irdelemektir.

## **Kuvvetli Düşey Deprem Hareketlerinin Yapı Elemanları Üzerindeki Etkileri ve Hasar Potansiyeli**

### **Basınç Kuvvetinin Hakim Olduğu Betonarme Elemanlar: Bina Kolonları, Otoyol Köprü ve Viyadük Kolonları, Yer Altı Metro İstasyonu Kolonları**

Basınç kuvvetinin hakim olduğu bu tür taşıyıcı elemanların deprem yer ivmesinin düşey bileşeni altındaki dinamik davranışlarını incelemek için Şekil 1'de gösterilen model gözönüne alınsın. Bu şekilde  $h$ ,  $A$ ,  $\rho$  ve  $E$  elemanın sırasıyla yükseklik, kesit alanı, malzemesinin yoğunluğu ve elastisite modülü,  $M$  eleman tarafından taşınan kütle,  $\ddot{u}_g(t)$  ise eleman mesnetindeki düşey ivmedir. Bu ivme basitlik maksadıyla  $\ddot{u}_g(t) = a_g \sin(\omega_g t)$



Şekil 1.  $M$  kütesini taşıyan ve mesnetinde düşey ivmeye maruz olan bir kolon

şeklinde harmonik bir ivme olarak alınsın. Burada  $a_g$  ve  $\omega_g$  ivmenin genliği ve açısal frekansdır. Ayrıca, elemanın burkulma olmayacak kadar tıknaz olduğu, ekseninin düz ve kesitinin yükseklik boyunca sabit olduğu, ve malzemesinin doğrusal-elastik olduğu kabul edilsin. Bu kabuller altında elemanın aksenal titreşimini ifade eden denklem

$$c^2 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} \quad (1)$$

şeklinde, bir boyutlu ortamda elastik yerdeğiştirme ve gerilme dalgasının yayılış denklemidir. Bu denklemdeki  $x$  eksenel koordinatı,  $t$  zamanı,  $u(x,t)$  elemanın yatay bir kesitinin eleman tabanına göre yerdeğiştirmesini ve  $c = (E/\rho)^{1/2}$  elastik yerdeğiştirme dalgasının eksen boyunca yayılma hızını göstermektedir. (1) dekleminin çözümü

$$u_n(x,t) = (C_1 \cos w_n t + C_2 \sin w_n t) \left( C_3 \cos \frac{w_n x}{c} + C_4 \sin \frac{w_n x}{c} \right) \quad (2)$$

biçimindedir. Eleman için sınır koşulları kullanılıp, burada kısalık maksadıyla ayrıntısına girilmeyen elemanter ara işlemler yapıldığında titreşim frekanslarını verecek

$$\frac{w_n h}{c} \tan \frac{w_n h}{c} = \frac{Ahr}{M} \quad (3)$$

frekans denkleminde ulaşılmaktadır. Gözönüne alınacak bir eleman için bu denklem sayısal olarak çözülerek titreşim frekansları belirlenebilir. Diğer taraftan, Titreşim Teorisi'nden bilindiği gibi bir sistemin doğal frekanslarından biri o sisteme etkiyen dış etkinin frekansı ile çakışırsa, sistemdeki yerdeğiştirmeler aşırı büyük değerler alır ve bu durum rezonans olarak adlandırılır. Dolayısıyla (3) denkleminde  $\omega_n = \omega_g$  yerleştirildiğinde elde edilen

$$\frac{w_g h}{c} \tan \frac{w_g h}{c} = \frac{Ahr}{M} \quad (4)$$

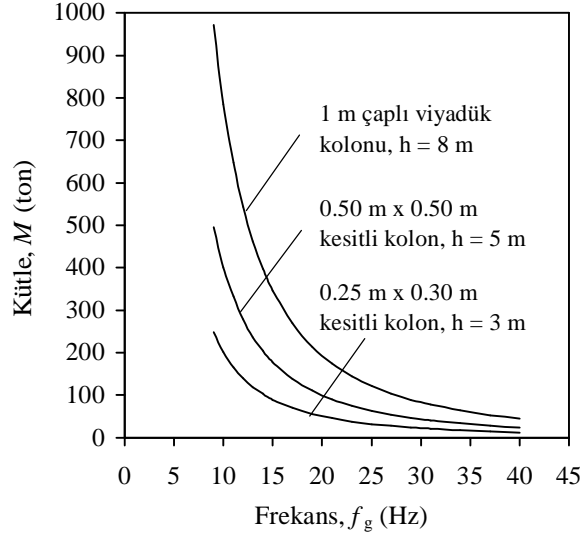
ifadesi eleman için rezonans koşulunu oluşturacaktır. Bu denklem kullanılarak gözönüne alınacak bir basınç elemanının çeşitli frekanslardaki ( $f_g = \omega_g/2\pi$ ) düşey harmonik mesnet ivmeleri altında taşıyabileceği  $M$  kütleleri belirlenebilir. Bir uygulama olması için aşağıdaki özelliklere sahip üç betonarme kolon ele alınır:

- 1) Bina kolonu:  $A = 0.25 \text{ m} \times 0.30 \text{ m} = 0.075 \text{ m}^2$ ,  $h = 3 \text{ m}$ ,
- 2) Bina kolonu:  $A = 0.50 \text{ m} \times 0.50 \text{ m} = 0.250 \text{ m}^2$ ,  $h = 5 \text{ m}$ ,
- 3) Viyadük kolonu:  $A = \pi \times 1^2/4 = 0.7854 \text{ m}^2$ ,  $h = 8 \text{ m}$ .

Her üç kolon için diğer özellikler;  $r = 2200 \text{ kg/m}^3$ ,  $E = 3.2 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$  ve  $c = (E/\rho)^{1/2} \cong 3800 \text{ m/s}$  olarak alınır. Bu bilgiler ve (4) bağıntısı kullanılarak elde edilen sonuçlar Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu şekildeki her bir eğrinin altında kalan bölge o eğrinin ait olduğu kolon için güvenli bölgeyi oluşturmakta, eğrinin kendisi sınır, üst bölümü ise güvenli olmayan bölgeyi göstermektedir. Şekilden açıkça görüldüğü gibi kolonların güvenle taşıyabileceği kütleler, düşey harmonik mesnet ivmesinin frekansındaki artışla hızla azalmaktadır.

Yapılan analitik incelemeye dayanarak şu sonuca varılabilir: Kuvvetli deprem hareketlerinin düşey bileşenleri burada basitçe gözönüne alındıkları şekilde düzenli ve sabit büyüklükte bir frekans özelliğine sahip olmaları da, ivme kayıtlarından bilindiği gibi yüksek frekanslı titreşimlerden oluştuklarından, özellikle episantr'a yakın yerlerdeki yapıların ağır eksenel yüklü taşıyıcı elemanları üzerinde önemli bir hasar potansiyellerinin olduğu söylenebilir. Nitekim episantr'larından oldukça uzak mesafelerde dahi büyük düşey ivmelerin kaydedildiği Northridge ve Kobe Depremleri'nde bir çok betonarme binanın kolon ve perde duvarlarında, ve çok sayıda

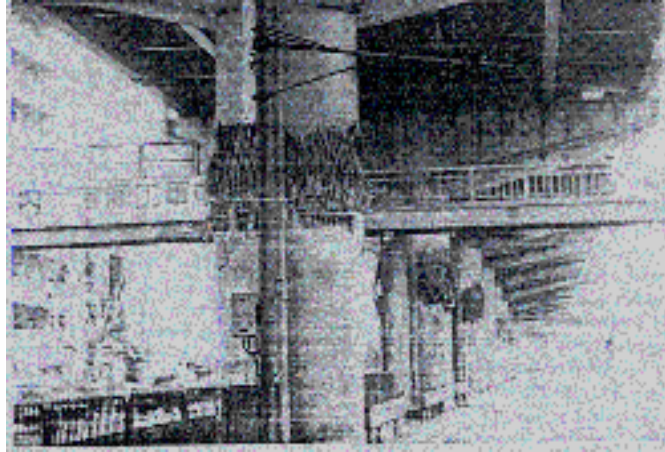
otoyol köprü ve viyadük kolonunda ağır basınç ve kesme-basınç kırılmaları meydana gelmiştir (Papazoglou, 1996). Şekil 3’de bu şekildeki kırılmalara Kobe Depremi’nden iki örnek gösterilmektedir.



Şekil 2. Gözönüne alınan kolonlar tarafından, çeşitli frekanslardaki düşey harmonik mesnet ivmeleri altında taşınabilecek kütleler



a)



b)

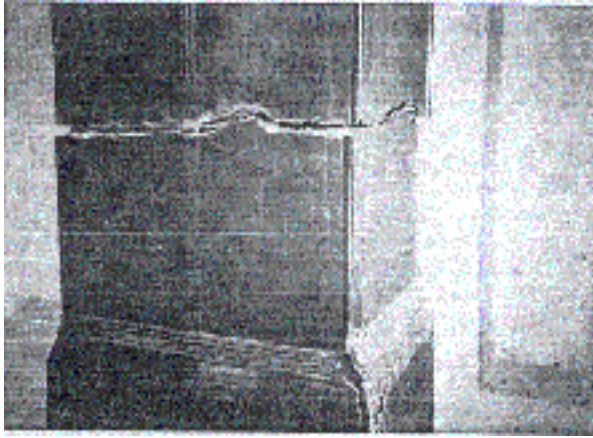
Şekil 3. 1995 Kobe Depremi düşey bileşeninin a) betonarme bina kolonlarında sebep olduğu basınç kırılmalarına bir örnek (Papazoglou, 1996), b) Hanshin Viyadüğü kolonlarında sebep olduğu basınç kırılmaları (Papazoglou, 1996)

Kolon gibi basınç kuvvetinin hakim olduğu taşıyıcı elemanlardaki basınç kuvvetinde deprem hareketinin düşey bileşeninin etkisi ile artma ve azalmalar, diğer bir deyişle dalgalanmalar meydana gelir. Kuvvetteki artış yukarıda örneklerle de gösterildiği gibi basınç ve kesme-basınç hasarlarına yol açabilmektedir. Bunun yanında, doğrudan bir hasar meydana getirmemiş olsa da, basınç kuvvetindeki artışın kolonun sünekliğini olumsuz etkileyeceği, ve belkide meydana gelmeyecek bir eğilme kırılmasına sebep olabileceği söylenebilir. Düşey bileşenin kolon ve perde duvarlardaki aksenal kuvvetleri azaltması durumunda ise eşzamanlı olarak etki eden yatay bileşenin bu elemanlarda

özellikle kesme kırılmaları meydana getirmesi kolaylaşır. Çünkü, taşıdığı basınç kuvveti önemli miktarda düşen betonarme kolon ve perde duvar kesitlerinde, betonun kesme dayanımına katkısı azaldığından, kesme kuvveti dayanımlarında azalmalar meydana geldiği bilinmektedir (Penelis, 1997; Papazoglou, 1996). Ayrıca, deprem hareketinin düşey bileşeni gibi etkilerle aksenal kuvvetlerde meydana gelen azalmaların, binaların depremlerde en çok zorlanan bölgelerinden biri olan kolon-kiriş birleşim bölgelerinin hem sünekliğini hem de kesme dayanımını olumsuz etkilediği saptanmıştır (Agbabian, 1994; Papazoglou, 1996).

## Çelik Kolonlar

Çeliğin yüksek dayanımından dolayı çelik yapılardaki elemanlar çoğunlukla narin olmaktadır. Basınç kuvveti taşıyan narin elemanlarda ise bir kararlılık probleminin sözkonusu olabileceği bilinmektedir. Euler burkulma yüklerine yakın düşey yükler taşıyan çelik kolonlarda küçük düşey deprem ivmeleri altında dahi global kararlılık kaybı meydana gelebileceği gösterilmiştir (Gürel, 2000). Bunun yanında, özellikle hafif aksenal yüklü çelik kolonlardaki aksenal yükün depremin düşey bileşeni etkisiyle önemli miktarda azaltılması ve hatta kolonda çekme kuvveti ve buna bağlı hasarlar ortaya çıkması beklenebilir. Nitekim Şekil 4 a)'da Kobe Depremi'nde, depremin kuvvetli düşey bileşeni etkisiyle kutu kesitli bir çelik kolonda oluşmuş böyle bir çekme kırılması gösterilmektedir (Papazoglou, 1996).



a)



b)

Şekil 4. a) 1995 Kobe Depremi'nde düşey bileşenin etkisiyle çelik kolonlarda meydana gelen çekme kırılmalarına bir örnek (Papazoglou, 1996), b) Konsol ucunda kolonlu bir binada zemin kat kolonunda basınç-kesme çatlağı, 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi (Çelik, 2000)

## Betonarme Konsol Kirişler

Bu tür elemanlarda depremin düşey bileşeni etkisiyle aşağı ve yukarı doğru yöndeğiştiren kuvvetler ve bunlara bağlı büyük kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri oluşabilir. Bu durum yapının statikçe belirli olan bu elemanlarında ciddi hasarlara sebep olabilir.

Ülkemizde, imar yasa ve yönetmeliklerinin binalarda çıkma yapılmasına izin vermesini fırsat bilen bazı tasarımcılar ve yapı sahipleri, zemin katın üstündeki katların alanını büyütme amacıyla, köşe ve cephe kolonlarını birinci kattan itibaren konsol ucuna

oturtmakta ve kolonların düşeyde sürekliliğini bozmaktadırlar. Özellikle büyük şehirlerde bu tür “konsol ucunda kolonlu binalar” maalesef yaygın olarak yapılmaktadır. Böyle binaların bu tür konsollarındaki mevcut kesme kuvveti ve eğilme momentinin kuvvetli bir depremin düşey bileşeni etkisiyle 1.5 ~ 2.0 katına kadar çıkabileceği belirtilmektedir (Çelik, 1998). Depremlerde böyle düzensiz taşıyıcı sisteme sahip binaların bu tür konsollarında ve bu konsolları taşıyan zemin kat kolonlarında ağır hasarlar olduğu gözlenmiştir (Çelik, 1998; Çelik 2000). Şekil 4 b) 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi’nde böyle bir kolonda gözlenen hasarı göstermektedir (Çelik, 2000).

### **Betonarme Döşemeler, Kirişler, Öngerilmeli Beton Kirişler**

Kuvvetli bir deprem hareketinin düşey bileşeni etkisiyle döşeme sistemlerinde düşey titreşimler ve bunlara bağlı yukarı ve aşağı yönlü atalet kuvvetleri meydana gelmesi kaçınılmazdır. Bu titreşimler sonucu döşemelerin kirişlerle birleştiği kısımlarda ve özellikle kirişsiz döşemeli sistemlerde döşemelerin kolonlarla birleştiği bölgelerde aşırı zorlamalar ve bunlara bağlı hasarlar meydana gelebilir. Kirişsiz döşeme sistemlerinde zımbalama hasarları ortaya çıkabilir. Büyük açıklıklı kirişlerin kolonlara yakın bölgelerinde hasar oluşması beklenebilir. Bu türden hasarlara Northridge Depremi’nde rastlanmıştır (Papazoglou, 1996). Ayrıca, yine özellikle büyük açıklıklı öngerilmeli kirişlerde düşey bileşenin oluşturacağı yukarı yönlü atalet kuvvetlerinden doğan eğilme momentleri, öngerilmeden ve ölü yüklerden meydana gelen momentler arasındaki dengeyi bozup, kirişte çatlamalara sebep olabilir (Priestley, 1996).

### **Diğer Yapılar**

Kuvvetli deprem yer hareketleri etkiledikleri bölge içinde kalan barajlar gibi büyük kütle yapılarından bir dere üzerindeki küçük bir taş kemer köprüye kadar bütün yapılar üzerinde yatay ve düşey etkilerini birlikte hissettirdiklerine göre, ne çeşit yapı gözönüne alınırsa alınsın, bir deprem sırasında bu yapıdaki iç kuvvet durumu üzerinde düşey bileşenin de çeşitli düzeylerde etkili olması kaçınılmazdır. Bazı durumlarda bu bileşenin baskın olup yapıda tek başına veya yatay bileşene yardım ederek hasar meydana getirmesi beklenebilir.

## **Çeşitli Ülkelerin Deprem Yönetmeliklerinin Deprem Hareketinin Düşey Bileşenini Gözönüne Almaları Açısından Değerlendirilmesi**

Bu bölümde, bazı ülkelerin deprem yönetmeliklerinde deprem hareketinin düşey bileşeninin ne şekilde gözönüne alındığı kısaca gözden geçirilmektedir.

### **Amerika Birleşik Devletleri**

Yalnızca 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde (Seismic Zones 3 and 4) yatay konsol elemanların tasarımında  $0.5ZW_p$  büyüklüğünde yukarı yönlü bir kuvvetin gözönüne alınması gerekmektedir. Burada  $Z$  deprem bölgesi katsayısı (0.075 ~ 0.40) ve  $W_p$  elemanın ağırlığıdır. Ayrıca, öngerilmeli yatay elemanların tasarımının, diğer uygulanabilir bütün yük kombinasyonlarına ek olarak, düşey yük için ölü yüklerin tek başlarına ya da yatay kuvvet etkileri ile kombinasyonlarından elde edilen yüklerin en fazla %50’sinin gözönüne alınması ile yapılması öngörülmektedir (IAEE, 1996).

## Avrupa Birliđi Ülkeleri

Deprem etkisinin düşey bileşeninin aşağıdaki durumlarda hesaba dahil edilmesi gerekmektedir: 20 m veya daha büyük açıklıklı yatay ve yataya yakın yapı elemanları, yatay veya yataya yakın konsol elemanlar, yatay veya yataya yakın öngerilmeli elemanlar, ve kolon taşıyan kirişler. Deprem etkisinin yatay bileşeni ile birlikte hesaba esas etkiler  $0.30E_{Edx}+0.30E_{Edy}+E_{Edz}$ ;  $0.30E_{Edx}+E_{Edy}+0.30E_{Edz}$ ;  $E_{Edx}+0.30E_{Edy}+0.30E_{Edz}$  kombinasyonları kullanılarak elde edilebilir. Burada  $E_{Edx}$  ve  $E_{Edy}$  tasarım deprem etkisinin yapı için seçilen yatay x ve y eksenleri boyunca uygulanmasından elde edilen etkiler,  $E_{Edz}$  ise deprem etkisinin düşey bileşeninin uygulanmasından elde edilen etkilerdir (IAEE, 1996).

## Türkiye

Deprem yönetmeliğimizde (ABYYHY, 1998) düşey deprem etkisi ile ilgili bir madde bulunmamaktadır. Ancak, yönetmelik, depreme karşı davranıştaki olumsuz etkileri nedeniyle tasarım ve yapımından kaçınılması gereken bazı düzensizliklerden bahsetmektedir. Planda (A türü) ve düşey doğrultuda (B türü) olarak ayrılan bu düzensizlikleride kendi içlerinde alt sınıflara bölmektedir. Bunlardan B3 türü düzensizlik olarak nitelenen düzensizlik çeşidi sistemin düşey taşıyıcı elemanlarında süreksizlikler olması ile ilgilidir. Bunlarla ilgili yönetmelikte yer alan dört koşuldun örneğın birincisi şöyledir: “Bütün deprem bölgelerinde, kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.” Yönetmelik örnek olarak ele alınan bu koşulu koymakla, diğer bazı olumsuz yönleri yanında, yönetmelikte açıkça belirtilmemiş olsa da, deprem etkisinin düşey bileşenine karşı da sakıncalı yönleri olan “konsol ucunda kolonlu binalar”ın oluşturulmasına da izin vermemiş olmaktadır. Buna rağmen ülkemizde böyle binaların yapıyor olması düşündürücüdür.

## Yeni Zelanda

Yapıların yatay konsol elemanları, uzun açıklıklı kirişler, ve kolon veya diğer elemanları taşıyan kiriş gibi elemanların tasarımında düşey deprem etkilerinin de gözönüne alınması öngörülmektedir. Bu gibi elemanlara etkiyecek düşey deprem kuvveti  $F_{pv}=C_{pv}W_pR_p$  ifadesinden elde edilmektedir. Bu ifadede  $C_{pv}$  kullanılabilirlik limit durumu için  $RZL_s$  olarak, son limit durum için  $RZL_u$  olarak alınacak bir değer,  $R$  yapı için risk faktörü (0.60 ~ 1.30),  $Z$  bölge faktörü (0.40 ~ 0.80),  $L_s$  ve  $L_u$  sırasıyla 1/6 ve 1'e eşit katsayılar,  $W_p$  elemanın ağırlığı ve  $R_p$  risk faktörü değeridir (1.00 ~ 1.10) (IAEE, 1996).

## Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan kısa irdeleme, özellikle bazı yapı elemanlarının deprem hareketlerinin düşey bileşenlerine karşı duyarlı olduklarını ve dolayısıyla düşey bileşenin bunlar üzerinde hasar potansiyelinin olduğunu göstermektedir. Yakın geçmişte meydana gelen ve kuvvetli düşey bileşenleri olan 1994 Northridge ve 1995 Kobe Depremleri'nden verilen hasar örnekleri bu durumu kuvvetli şekilde doğrular niteliktedir. Bu nedenle, depremselliği yüksek yerlerde ve bu arada doğal olarak ülkemizde, düşey bileşenin depreme dayanıklı yapı tasarımında ihmal edilmesinin veya yetersiz düzeyde

gözönününe alınmasının riskli olabileceği sonucu çıkarılabilir. Bu sonuca ek olarak şunlar önerilebilir:

1. Betonarme bina türü yapıların kolon ve perde duvarlarının boyutlandırılmasında mümkün olduğunca cömert davranılmalıdır. Aynı ilke, otoyol köprü ve viyadüklerinin ve yeraltı metro istasyonu gibi yapıların düşey taşıyıcılarının tasarımı için de benimsenmelidir. Bunun, bu taşıyıcı elemanların özellikle hem süneklikleri ve kesme kapasiteleri üzerinde hem de kuvvetli düşey deprem hareketlerine karşı güvenlikleri üzerinde çok olumlu etkisi olacaktır. Çelik yapı kolonları gibi narin elemanlarda ise global ve yerel kararlılık kaybına karşı yeterli önlem alınmalıdır.

2. Uzun ve ağır konsol sistemlerden ve bu bağlamda özellikle ucunda kolon taşıyan konsolları olan düzensiz taşıyıcı sistemlerden kaçınılmalıdır.

3. Büyük açıklıklı yatay taşıyıcı elemanlar ve öngerilmeli yatay elemanlar üzerinde düşey bileşenin önemli bir hasar gücünün olduğu, bu nedenle tasarımlarında en önemli faktörlerden birinin düşey deprem etkisi olması gerektiği unutulmamalıdır.

4. Düşey bileşenin yapılar ve yapı elemanları üzerindeki etkileri konusunda mevcut çalışmalara ek olarak daha kapsamlı çalışmalar ve değerlendirmeler yapılarak, deprem yönetmeliklerinde ve onlara bağlı olarak tasarım işleminde düşey bileşenin daha rasyonel bir şekilde yer alması sağlanmalıdır.

## Referanslar

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara 1998.

Agbabian, M. S., Higazy, E. M., Abdel-Ghaffar, A. M. and Elnashai, A. S., 1994, Experimental Observations on the Seismic Shear Performance of RC Beam-to-Column Connections Subjected to Varying Axial Column Force, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 23, pp. 859-876.

Çelik, O. C., Çılı. F. ve Özgen, K., 2000, 17 Ağustos Kocaeli (İzmit) Depremi'nden Gözlemler, *Yapı Dergisi*, Sayı 218, s. 65-76.

Çelik, O. C., Özgen, K. and Çılı. F., 1998, Cantilevers in Reinforced Concrete Structures, *11th European Conference on Earthquake Engineering*, pp. 1-10, Balkema, Rotterdam.

Gürel, M. A. and Kısa, M., 2000, Stability of Fixed-Ended Steel Columns Subjected to Earthquake Support Motion, *Proceedings of the International Conference on Steel Structures of the 2000's*, pp. 239-244, İstanbul, Türkiye.

IAEE, 1996, Regulations For Seismic Design, A World List.

Papazoglou, A. J. and Elnashai, A. S., 1996, Analytical and Field Evidence of the Damaging Effect of Vertical Earthquake Ground Motion, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 25, pp.1109-1137.

Penelis, G. G. and Kappos, A. J., 1997, *Earthquake-Resistant Concrete Structures*, E & FN Spon, London, UK.

Priestley, M. J. N., Seible, F. and Calvi, G. M., 1996, *Seismic Design and Retrofit of Bridges*, John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.