

Hasar görebilirlik ve kentsel deprem davranışı

Süleyman BALYEMEZ*, Lale BERKÖZ

İTÜ Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü, Taşkışla, 34437, Taksim, İstanbul

Özet

Bu çalışmada fiziksel planlama ve kentsel tasarım etmenlerinin kentsel deprem davranışı üzerinde, birer değişken olarak etkilerinin incelenmesi; söz konusu etmenlerin deprem etkin bölgelerde geliştirilecek planlama ve tasarım eylemlerinde, temel ilkelerin saptanması aşamasında birer yönlendirici olarak belirleyici özelliklerinin ortaya çıkartılması amaçlanmaktadır. Çalışmada zemin ya da binalar gibi, doğal ve insan ürünü öğelerle bir bütün olan kentlerin de deprem etkisi altında çok farklı toplam davranışlar sergileyeceklerinden hareketle, "kentsel deprem davranışı" kavramı ileri sürülmektedir. Deprem hareketinin kentsel deprem davranışına etkisi sistematik bir kurgu içinde ele alınmıştır. Yer hareketinin zemin davranışına nasıl yansıdığı, zemin-yapı arasındaki etkileşim, mimari ve yapısal değişkenlerin bina davranışına etkisi incelenmiş, bu çerçevede ilgili parametrelerin planlama ve tasarım değişkenleri ile etkileşimi irdelenerek kentsel deprem davranışı çözümlenmesine ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem davranışı, şehirselsel tasarım, şehir planlama.

Vulnerability and urban earthquake behaviour

Abstract

The goal of this study is to consider the effects of urban planning and design variables on urban earthquake behaviour, and find out the specifying features of those variables in the process of basic principles determination of planning and design operations in earthquake prone zones. The majority of data and information offered by disciplines investigating earthquakes and related subjects are not in a form nor purity as those disciplines, planning, design, and architecture can transform in order to shape urban development. This study is a kind of beginners level guide for urban planners, urban designers, and architects prior to vulnerability analysis. Just like the ground and buildings uniquely have, a concept called "urban earthquake behaviour" is asserted which suggests that cities would have a behaviour with all natural and human made elements, as response to earthquakes. At this point, the answer of necessity to focus on urban earthquake behaviour but not on different scales of human settlements leans on the definitions of the terms "danger" and "risk". The influence of earthquake motions to urban behaviour have been considered in a systematic way. Effects of earthquake motions to ground behaviour, characteristics of relationships between ground and construction, architectural and structural behaviour have been considered. By examining those parameters interrelated to planning and design variables, an analysis of urban earthquake behaviour have been obtained.

Keywords: Earthquake behaviour, urban design, urban planning.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Süleyman BALYEMEZ. suleymanbalyemez@yahoo.com; Tel: (212) 221 22 64.

Makale metni 11.02.2004 tarihinde dergiye ulaşmış, 18.06.2004 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 30.09.2005 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

Dünyanın en aktif fay hatlarından olan Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAF) üzerinde 1999'da gerçekleşen iki büyük deprem, bir doğa olayının bir afete nasıl dönüşebileceğini açıkça gözler önüne sermiştir. Doğu Marmara depremleri olarak anılan bu iki deprem arasında $M_s=7.4$ büyüklüğündeki 17 Ağustos depremi, İstanbul metropoliten bölgesi içinde yer alan ve Yalova'dan İzmit, Adapazarı ve Düzce'ye doğru lineer olarak uzanan nüfus yoğunluğu yüksek, ülke ekonomisi ve sanayisinde büyük pay sahibi bir alanın tam merkezinde meydana gelmiş olması sebebiyle her anlamda daha da yıkıcı olmuştur. 15 milyonun üzerinde nüfus (Özmen, 2000) depremden çeşitli şiddetlerde etkilenmiştir. Etkilenen bölgenin ülke kentsel nüfusunda %30.9 ve GSYİH 'da %36.7 paya sahip olması (Balyemez, 2003) bölgenin önemini ifade etmeye yeterli göstergelerdir.

Depremde büyük kayıpların ortaya çıkmasının birincil nedeni, bölge doğu-batı doğrultusunda uzanan KAF ile içiçe gelişmiş olduğu halde, ülkenin gerçekçi bir deprem güvenli yerleşim politikası ve planlama anlayışının olmamasıdır. İstanbul'u doğrudan etkileyecek $M>7$ değerinde bir Marmara depreminin önümüzdeki 30 yıl içinde gerçekleşme olasılığı %62 olmasına (Barka, 2000) rağmen, ülkenin kısıtlı ekonomik kaynakları, somut öngörüler çıkarmaktan uzak duran, ölü ve yaralı tahminine endeksli, bilimselliği tartışmalı projelerle heba edilmekte, daha da önemlisi en büyük değerimiz olan zaman yitirilmektedir.

Hasar görebilirlik analizleri deprem zararlarının azaltılması faaliyetlerinde önemli bir adımdır ve disiplinler arası bir çalışma gerektirir. Bu noktada yer bilimleri, yapı mühendisliği, mimarlık, şehir planlama ve bağlantılı disiplinler özellikle önem kazanmaktadır. Bu çalışma, hasar görebilirlik analizleri öncesinde, başta plancılar olmak üzere kentsel tasarımcılar ve mimarların asgari bilgi düzeyine ulaşmasında başlangıç niteliği taşımaktadır. Çalışmada, mimarlık, tasarım, planlama disiplinlerinin ortak paydalarında ilgili konulara değinilmektedir.

Deprem zararlarının azaltılması sürecinde öncelikle risklerin tanımlanması gerekir. Kent ölçeğinde risk azaltımı söz konusu olduğunda, üzerine oturuş zemin ve insan ürünü yapılar- dan kaynaklanan riskler bilinmelidir. Planlama ve tasarım eylemlerinde deprem faktörünün işlerlik kazanabilmesi için, deprem hareketinin kenti oluşturan nüveler üzerindeki etkisi araştırılmalı, doğru anlaşılmalıdır. Bu noktada sorun, deprem ekseninde araştırma yapan disiplinlerin sunduğu veri altyapısı ve bilgi birikiminin büyük ölçüde, kenti biçimlendirmek ve kentsel gelişmeye yön vermekte en başta gelen planlama, tasarım ve mimarlık disiplinlerinin kullanılabileceği durulukta ve yeterli detayda bilgi kümeleri niteliğinde olmayışıdır. Ortak çalışma alanı fiziksel ve sosyal bileşenleriyle mekân ve insan yerleşmeleri olan bu üç disiplinin deprem zararlarının azaltılması faaliyetlerinde birlikte çalışması ve ortak bir dil geliştirmesi oldukça doğal bir beklentidir. Bu bağlamda, başta 17 Ağustos 1999 Kocaeli ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri olmak üzere birçok depremin planlama disiplinine, sürecin veri toplama ve derleme adımları için çok değerli fakat işlenmemiş veriler sunduğu düşünülmektedir. Bunların ayrıntılı irdelenmesi ile kullanılabilir, nitelikli bilgi elde etmek mümkün olacaktır.

Bu kapsamda çalışmada, fiziksel planlama ve kentsel tasarım etmenlerinin kentsel deprem davranışı üzerinde, birer değişken olarak etkilerinin incelenmesi; söz konusu etmenlerin deprem etkin bölgelerde geliştirilecek planlama ve tasarım eylemlerinde, temel ilkelerin saptanması aşamasında birer yönlendirici olarak belirleyici özelliklerinin ortaya çıkartılması amaçlanmaktadır.

Çalışmada zemin ya da binalar gibi, doğal ve insan ürünü öğelerle bir bütün olan kentlerin de deprem etkisi altında çok farklı toplam davranışlar sergileyeceklerinden hareketle, kentsel deprem davranışı kavramı ileri sürülmektedir. Farklı ölçeklerdeki insan yerleşmelerinin değil de kentsel ölçekteki deprem davranışına odaklanma gereğinin cevabı "tehlike" ve "risk" kavramlarının tanımına dayanmaktadır. Aynı bölgede yer alan iki yerleşim için deprem tehlikesi aynı iken, deprem riski çok farklı olabilir.

Yerleşmenin içerdiği bina sayısı ve nüfus ne kadar fazla ise ortaya çıkması muhtemel can ve mal kaybı, dolayısıyla risk de o oranda artmaktadır. Bu çerçevede, deprem hareketinin kentsel deprem davranışına etkisi sistematik bir kurgu içinde ele alınmalıdır. Bu kurgunun adımları, depremin tanımlanması, oluşan yer hareketlerinin zemin davranışına nasıl yansıdığı, zemin-yapı arasındaki etkileşimin özellikleri ve buna bağlı olarak bina davranışı şeklinde olmalıdır. Bu adımların etkileşimli olarak irdelenmesi, yorumlanması ve kullanılabilir bilgi kümelerine dönüştürülmesi ile kentsel deprem davranışının çözümlenmesine ulaşılabilecektir.

Bu makalede deprem hareketi altında, zemin ve bina davranışlarının hangi parametrelere göre değişime uğradığı kısa hatırlatmalarla verilecek, kentsel planlama ve tasarım değişkenlerinin zemin ve bina davranışlarına risk artırıcı/azaltıcı olarak nasıl etkilediği, dolayısıyla belirli bir kent parçasındaki kentsel deprem davranışının mekândaki yansıması örneklerle açıklanacaktır.

Kentsel risk unsurları ve hasar görebilirlik

Metropolitan bir merkezdeki binalar farklı yapı türlerinde, çeşitli malzemelerle üretilmiş ve muhtelif yaşlarda olan yapılardan oluşur. Şiddetli bir depremde beklenen bina davranışı ve hasar dokusu yapısal değişkenlerin sayısına ve üzerine yerleşilen arazinin jeolojik karakterine göre değişecek ve kentin tamamında aynı olmayacaktır.

Jeolojik risk unsurları

Zemin davranışına bağlı riskler temel olarak ikiye ayrılmalıdır:

1- Zeminin jeolojik özelliklerine bağlı olarak, büyük bir depremde ortaya çıkabilecek ve mühendislik anlamında engellenmesi güç olan “doğrudan riskler”: Zeminin doğal yapısı sonucu, deprem hareketi sırasında sergileyeceği davranışın kentsel alanlarda sebep olabileceği bölgesel riskler (yüzey faylanması, çökme, toprak kayması).

2- Zemin-yapı arasındaki etkileşim sonucu bina davranışına bağlı olarak ortaya çıkan ve tasarım

ve mühendislik çözümleriyle önüne geçilebilmesi olanaklı “dolaylı (ikincil) riskler”: Zemin-yapı arasındaki etkileşimle ilişkili olarak, zeminin beklenen davranışıyla uyumlu tasarlanmamış binaların hasarıyla sonuçlanabilecek noktasal risk odakları (rezonans, zemin büyütmesi, sıvılaşma). Kentsel dokuya bağlı olarak zincirleme-bölgesel risk söz konusu olabilir.

Genel risk değerlendirmesi yapılırken, bölgenin deprem bölgesi derecesi, aktif faylarla olan konum ilişkisi, jeolojik katmanların yeraltındaki dizilişleri ve özellikleri, topografya, yeraltı suları, zeminin deprem davranışına ilişkin genel veriler ve bu gibi pek çok bilgi içeren ülke, bölge ve kent ölçeğindeki haritalar ve özellikle mikrobölgeleme haritaları plan/tasarım süreci öncesinde başvurulması gereken kaynaklardır.

Deprem aktivitesinin yoğun olduğu dünyanın birçok yerinde ve Türkiye’de, özellikle Ege Çöküntü Sisteminde, bir yerleşim bir faydan ne kadar uzakta yer alırsa, başka bir faya o kadar yaklaşacaktır. O halde, ilk ve en önemli kural fay hatları üzerinde yapılaşmamaktır. Yüzey faylanması sebebiyle hasar görmesi muhtemel binalar sayıca az olsa da, büyük bir depremde en ciddi hasara uğrayan bina, yüzey kırığının üzerinde yer alan bina olacaktır (Şekil 1).



Şekil 1. Gölcük’te yüzey kırığı üzerinde bir bina (Bekirpaşa Belediyesi Arşivi)

Yerçekimi kuvvetinin oluşturduğu yük altında kararlı ve sağlam görülebilen yamaçlar, deprem sarsıntısının etkisiyle durağanlığını kaybederek toprak kaymalarına yol açabilmektedir (Lagorio, 1990). Düzce depreminde Bolu Dağı'nda meydana gelen toprak kayması gibi olaylar, ortaya çıkardığı hasarın yanı sıra ilk yardım ve kurtarma çalışmaları için bölgeye erişimi güçleştirerek zararların artmasına yol açan başka sakıncalar da içermektedir (Şekil 2).



Şekil 2. E-5 karayolu Bolu Dağı geçişinde toprak kayması-12 Kasım 1999 Düzce depremi (Adapazarı Büyükşehir Belediyesi Arşivi)

Çökme, “zeminin uzun bir zaman dilimi boyunca kademeli olarak dibe doğru oturması, yerleşmesi” olarak tanımlanır. Bütün bir arazide meydana gelecek muntazam bir çökme binanın kendisine doğrudan bir tehdit oluşturmayabilir. Ancak depremin belli bir alanda oluşabilecek çökme miktarını hızlandırarak geri dönüşü olmayan kentsel alan kayıplarına yol açması olasıdır. 17 Ağustos'ta Gölcük'te kıyı boyunca 4 km uzunluğunda geniş bir alan yaklaşık 3 m batmıştır (Erdik, 2000) (Şekil 3).



Şekil 3. Gölcük'te kentin sular altında kalan sahil bandı (Başbakanlık internet sitesi)

Yapıların üzerinde inşa edildikleri zeminin durumuna göre depremdeki davranışları değişebilmektedir. Yapı sistemlerinin modellenmesinde yapı-zemin etkileşimi göz ardı edilemeyecek bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır (Çelik v.d., 2000). Örneğin, deprem dalgaları kaya zeminlerde yüksek hızlarda ve yüksek frekanslı titreşimlerle ilerlerken, gevşek zeminlerde daha yavaş hareket etmekte ve uzun periyotlu titreşimlere sebep olmaktadır. Az katlı rijit binalar, yüksek frekanslı yani kısa periyotlu hareketlere olumsuz tepki verirken, çok katlı yapılar için bunun tam tersi geçerlidir.

1985 Mexico City depreminde az katlı rijit yapıların eski göl yatağında meydana gelen uzun periyotlu yer hareketlerinden tehlikeli biçimde etkilenmedikleri, çok katlı binaların ise ciddi hasara uğradıkları ya da tamamen yıkıldıkları gözlenmiştir (Şekil 4). Zemin ve bina periyotlarının uyumsuz olması, binanın yer sarsıntısıyla aynı anda sallanmasına ve tasarlanandan çok daha fazla ötelenmesine sebep olur (Lagorio, 1990). Bu durum basit olarak yapıya gelen kuvvetin her seferinde yapının salınımını artıracak şekilde etkimesi olarak ifade edilmektedir (Pampal, 2000).



Şekil 4. Rezonans sebebiyle hasar gören yapı-Mexico City (www.johnmartin.com)

Bazı zemin türleri ana kayadaki deprem etkisini değiştirerek verir, özellikle dolgu olan zeminler deprem etkisinin büyümesine sebep olur (Celep ve Kumbasar, 2000). 17 Ağustos depreminin merkez üssüne yaklaşık 100 km uzaklığı ile İstanbul'un deprem bölgesine en uzak yerleşim alanlarından biri olan Avcılar'da, bölgenin jeolojik yapısının deprem etkisini 5-10 kat büyütme

özelliğine sahip olduğu anlaşılmıştır (Erdik, 2000) (Şekil 5).



Şekil 5. Avcılar'da ölçülen en yüksek ivme değeri: %25 g (www.koeri.boun.edu.tr)

Zemin sıvılaşması kil taneciklerinden yoksun ince taneli kum ve siltlerin arasında bulunan gözeneklerdeki su basıncının artması sonucu, katı görünümlü tabakaların geçici olarak mukavemetlerini kaybederek sıvı gibi davranır duruma dönüşmesiyle oluşur (Lagorio, 1990). Sıvılaşma sonucu, altındaki zemin tabakası artık yapının temelini desteklemeyeceğinden bina zemine gömülebilir veya hafif yapılarda yukarı doğru hareket ederek yüzme eğilimi gösterebilir (Celep ve Kumbasar, 2000). 1999 Kocaeli Depremi'nde, sıvılaşmaya yatkın akarsu yatağı çökeltileri üzerinde kurulu olan Adapazarı'nda yüzlerce bina 1.5 metreye varan miktarlarda zemine batmış, önemli deprem hasarı görmeyen bazı yapılarda ise devrilmeye varan dönmeler meydana gelmiştir (Erdik, 2000) (Şekil 6).



Şekil 6. Sıvılaşma (www.avnidincer.8m.com)

Gelişmiş ekonomilere sahip toplumlarda, inşaat teknolojisi ve tasarım tekniklerinde kaydedilen

aşamalar sayesinde geçmişte yerleşime uygun bulunmayan alanlarda yapılaşmanın artık mümkün olduğu belirtilmektedir. Ancak ülkemiz örneğindeki gibi, üzerinde kapitalin söz ve erk sahibi olduğu gelişmemiş ekonomilerde, inşaat sektörü önemli bir rant aracı olarak değer bulmakta ve bu durum başta barınma olmak üzere diğer bazı kentsel işlev alanlarına yüksek maliyetli ileri teknoloji yatırımları yapılmasını gerçekçi kılmamaktadır. Güvenli bir yerleşimin ilk ve belki de en önemli adımı, jeolojik verilerin planlama ve tasarım süreçlerinde verilen kararlarda belirleyici etkenler olarak değerlendirilmesidir. Hayati önem içeren zemin koşulları değişkenlerinin gereğince dikkate alınmaması, olası davranış biçimlerinin beklenen bir depremde ortaya çıkacağı gerçeğini değiştirmeyecek, dolayısıyla muhtemel bir doğa olayının bir afete dönüşmesinde etkili birer etken olmalarını sağlayacaktır.

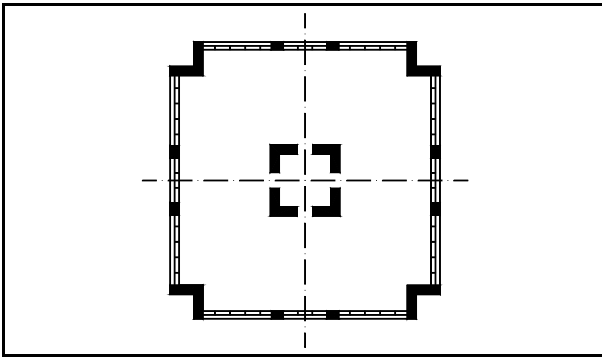
Yapısal ve mimari risk unsurları

Yapının tasarımını sınırlayan tüm dış etkenleri karşılamak her zaman olanaklı olmayabilir. Tasarım yöntemleri, bir çok değişkenden oluşan karmaşık karar verme süreçleri içerirler. Bir projede, ister tekil bir bina olsun ister bir yerleşim planı, tüm plan, onu oluşturan kütleler ve yapı ölçeğindeki ayrıntılar ihtiyaca ve talebe cevap verecek şekilde belirlenir. Ancak, deprem riski yüksek bir bölgede konumlanacak bir yapının tasarımında, can güvenliğinin en öncelikli konu olarak ele alınması gereği de açıktır. Bu aşamada alınan bütün kararlar deprem davranışını derinden etkiler. Deprem dalgaları bölgeye herhangi bir yönden ulaşabileceğinden, yapılar her doğrultuda gelen yanal yüklere karşı koyabilmelidir. Dolayısıyla bina formunun deprem davranışına etkisi, tasarım sürecinin başlangıcında yer eden en temel sınırlandırıcı etkidir (Lagorio, 1990).

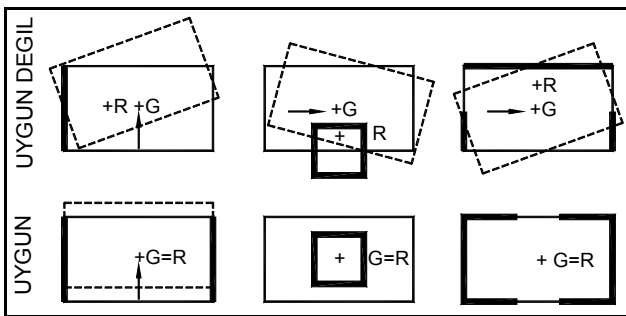
Bina davranışını etkileyen mimari plan etkenleri 1-plan düzensizlikleri, 2-düşey doğrultuda düzensizlikler olmak üzere iki başlıkta incelenmektedir.

Ülkemizde son 30 yıl içinde oluşan depremlerin neden olduğu hasarların en önemli sebeplerinden biri bina geometrisinin deprem dikkate

alınmadan yanlış seçilmiş olmasıdır. Burada geometri, hem yapının mimari tasarımında oluşan genel biçimi hem de seçilen taşıyıcı sistemi içermektedir (Ersoy ve Ersoy, 1992). Depreme dayanıklı bina tasarımında basitlik ve simetri temel ilkelerdir (Şekil 7). Bu tür yapıların deprem davranışı kolay anlaşılabilir ve depreme dayanıklılık için gerekli ayrıntıların hesaplanması da daha kolay olmaktadır (Örneğin: Coza, 2003). Simetri yalnız plandaki şekille değil, taşıyıcı sistemdeki ayrıntılarla da sağlanmalıdır. Kolon ve perdelerin plan şemasıyla uyumsuz olması ve simetrik düzende bulunmaması halinde rijitlik merkezi (R) ve kütle merkezi (G) birbirinden uzaklaşır (örneğin: Celep ve Kumbasar, 2000). Dinamik etkilere maruz kalan böyle bir yapı, rijitlik merkezi çevresinde dönme eğilimine girer ve yapıda burulma meydana gelir (Şekil 8).



Şekil 7. Simetrik plan şeması (Lagorio, 1990)



Şekil 8. Kütle ve rijitlik merkezlerinin konumuna göre yapıların deprem etkisi altındaki davranışları (Celep ve Kumbasar, 2000)

Planda simetrik olmayan yapılar genelde “düzensiz” olarak kabul edilir (Ersoy ve Ersoy, 1992). Düzensiz olup tasarım hesapları tamamıyla deprem

yüklerine karşı koyacak şekilde yapılmış bir yapının davranışı, yaklaşık değerlerle kabaca inşa edilmiş fakat düzenli bir yapıdan daha iyi olmayacaktır (Çelik vd., 1998). Çeşitli ülke ilgili yönetmeliklerinde yapı plan şemalarındaki karmaşıklıklar / düzensizlikler tanımlanmıştır. Burulma etkisini artırıcı girintili köşeler oluşmasına sebep olan U,L,T,H,Y gibi düzensiz plan şemaları, deprem bölgelerinde uygulanmamalı veya bu tür yapıların deprem kuvvetleri karşısındaki güvenliği hesapla doğrulanmalıdır (Şekil 9).



Şekil 9. Planda Çok Sayıda Köşe Oluşması - İzmit (Bekirpaşa Belediyesi Arşivi)

İlerleyen bölümlerde bahsedileceği gibi, uzun dikdörtgen formundaki yapıların deprem açısından kötü olarak nitelenen formları olduğu belirtilmektedir (Şengezer, 1999). Bunun yanısıra “döşeme süreksizliği” ve “taşıyıcı eleman eksenslerinin paralel olmaması” da risk içeren diğer plan şeması düzensizlikleridir.

Zemin katın ticari amaçlarla kullanılması nedeniyle bir çok binada zemin kat rijitliği üst katlara göre küçük kalmakta ve “yumuşak kat” oluşmaktadır. Üst katların bir rijit kütle gibi hareket ederek büyük yanıl ötelemeler yapması, binanın ayakta kalabilmesi için zemin kat kolonlarının çok büyük enerji tüketebilmelerini, başka bir deyişle bu koşulu sağlayabilecek biçimde boyutlandırılıp donatılmaları gerektirir (Şengezer, 1999) (Şekil 10).

Düşey kesitte binaların kütle merkezlerinin aşağıda bulunması taşıyıcı sistemdeki deprem etkilerini azaltacaktır. Kütle yüksekte toplanmış binalarda alt katların aşırı şekilde zorlanacağı, bu oluşumdan elden geldiğince kaçınılması gerektiği bilinmektedir (Celep ve Kumbasar,

2000). Kentsel alanlarımızdaki yapı birikiminin neredeyse tamamını oluşturan çıkmalı binalar bu riskle karşı karşıyadır. 1999 depremlerinde, üst yapısı nispeten sağlamken zemin ve birinci katlarında çeşitli derecelerde hasar oluşan çok sayıda yapı gözlenmiştir.



Şekil 10. Yumuşak kat oluşumu ile zemin katın göçmesi (Başbakanlık internet sitesi)

Bir yapıda, alt kattan başlayarak en üst kata doğru ağırlık ve rijitlikte uyumlu/düzenli bir gidiş olmalıdır. Yapının bölümleri arasında büyük yükseklik/rijitlik farkları olması sakıncalıdır. 1992 Erzincan depremi sonrası yapılan çalışmalarda, özellikle zemin katı ticaret olan yapılarda, zemin katta kat yüksekliklerinin farklılaştığı, bu durumun da hasar üzerinde etken önemli bir hata olarak değerlendirildiği ifade edilmektedir (örneğin: Şengezer, 1999). Bu tür düzensizlik sadece zemin katlarda değil, zaman zaman binaların üst katlarında da görülmektedir (Şekil 11).

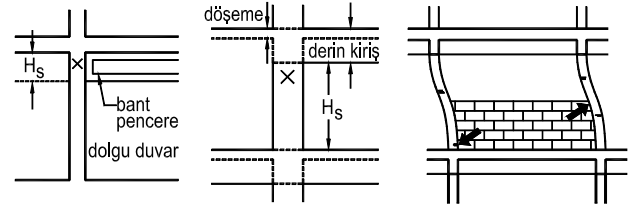


Şekil 11. Ara katlarından biri diğerlerinden alçak olan bir bina – İstanbul (Balyemez, 2003)

Depremlerde görece rijitlik önemli bir hasar kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır. En yaygın görece rijitlik örneği “kısa kolon” oluşumudur (Şekil 12 ve 13). Bant pencere açılması, kat kirişlerinde süreksizlik bulunması çeşitli ara bölmeler ve taşıyıcı olmayan rijit elemanların kolonun etkili boyunu kısaltması, deprem anında yapıda “kısa kolon” etkisinin oluşmasına sebep olan uygulamalardır.



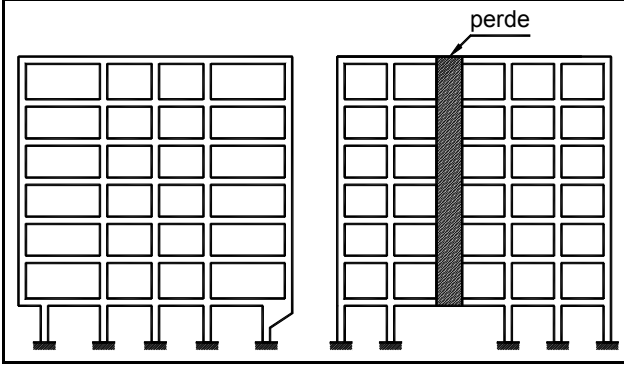
Şekil 12. Kısa kolon oluşumu (Karaesmen, 1996)



Şekil 13. Kısa kolon oluşumu (Şengezer, 1999 ve Celep ve Kumbasar, 2000'den derlenmiştir)

Çıkmalı yapılar başlıca deprem hasar kaynaklarından/nedenlerinden biridir. Özellikle kolonların guseler üzerinde yükseldiği betonarme yapıların Türkiye'deki büyük kentlerde oldukça yaygın kullanılması dikkatleri bu tür yapılar üzerinde yoğunlaştırmaktadır (Çelik v.d., 1998). Uygulamanın amacı planda mekânın içinde kalan kolonların guselere oturtularak dış çepere ötelenmesiyle tek bir mekân elde edilmesidir (Özgen, 2002). “Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması” ciddi sakıncalar içeren bir düzensizlik

durumudur. Türkiye’de yürürlükte olan Deprem Yönetmeliğinde, Şekil 14’de gösterilen durumlara bütün deprem bölgelerinde hiçbir zaman izin verilmeyeceği hükmü getirilmiştir.



Şekil 14. Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, 1997)

Fiziksel planlama ve kentsel tasarımda yönlendirici etmenler

Fiziksel planlama, kentsel ve mimari tasarımda yönlendirici olan birçok etmen, deprem zararlarının azaltılması ve deprem güvenli yerleşmelerin oluşturulmasında son derece hassas değişkenler olarak ortaya çıkmaktadır. Bir planlama veya tasarım eyleminde, son projeyi ortaya çıkaran her bir bileşenin karar verme sürecinde incelik ve diğer bileşenlerle etkileşimli olarak değerlendirilmesi, tekil yapı birimlerinin meydana getirdiği her ölçekteki yerleşmenin deprem güvenliği açısından oldukça önemli bir adımdır. Bu etmenler örnekler eşliğinde aşağıda incelenmektedir.

Bir binanın hakim periyodunu belirleyen en önemli değişken yüksekliktir. Yapının kat adedi arttıkça salınım periyodu da büyüyecektir. Bina periyodu ancak bazı yapısal tedbirlerle (perdeler, v.b.) değiştirilebilmektedir (Pampal, 2000). Farklı yüksekliklerdeki yapıların çok yakın veya bitişik/yapışık inşa edilmeleri, bunların deprem sırasında gerçekleşecek salınım periyotlarının birbirinden farklı olmasına, dolayısıyla çarpışmalarına yol açabileceğinden, son derece sakıncalıdır (Şekil 15).



Şekil 15. Farklı yükseklikteki bitişik yapıların çarpışması-Gölcük, 1999 (Pampal, 2000)

Farklı yükseklikteki yapılar, deprem güvenliğini sağlayabilmek için derz aralığıyla ve belli bir mesafeyle birbirlerinden ayrılmalıdır. Zorunlu olmadıkça bitişik düzen yapılaşma tercih edilmemeli, zorunlu hallerde ise inşaat ve deprem mühendisliği disiplinleri ile işbirliği yapılmalıdır. Önemli olan nokta, bitişik bina blokları arasındaki derzlerin, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenecek olmasıdır.

Komşu bina yükseklikleri aynı olsa bile, bitişik düzen yapılarda sıkça karşılaşılan bir başka hasar unsuru da kat düzeylerinin farklı oluşudur. Çekiçleme etkisi olarak da anılan bu hasar türünde iki yapının aynı düzeylerde farklı ötelemeler yapmasıyla, yeterli derz aralığı ile ayrılmayan binalardan birinin kat döşemesi diğerinin kolonlarına çarpmakta ve kolonlardaki kırılmayla o kat / katlar göçebilmektedir (Karaesmen, 1996) (Şekil 16). Öte yandan blok veya bitişik düzen yapılaşmada blok başı binaların en fazla hasara uğrayan yapılar olduğu kaydedilmektedir (Şengezer, 1999) (Şekil 17).



Şekil 16. Çekiçleme etkisi-Dinar, 1995
(Karaesmen, 1996)



Şekil 17. Yalova'da hasar gören blok başı bina
örneği (Yalova Belediyesi Arşivi)

Kat yüksekliğine göre bina periyodu değişkendir. Ancak zemin periyodu zeminin cinsine bağlıdır ve değiştirilmesi kolay ve ucuz olmayan bir yöntemdir. Bu sebeple, sabit kabul edilmelidir. Zemin hakim periyodu yanı sıra taşıma kapasitesi gibi çeşitli özellikleriyle kat sayılarının dolayısıyla yoğunlukların belirlenmesinde de önemli bir etkidir.

Barınma ve çalışma alanlarının bir arada bulunduğu karma işlevli yapılar kentlerimizde giderek büyük bir yer tutmaktadır. Özellikle üst katların

konut veya büro, zemin katların ise ticari amaçlarla kullanıldığı ve çoğu zaman bu fonksiyonların kentin gelişme dinamikleriyle sonradan değişime uğradığı bu tür yapılar önemli bazı riskler taşımaktadır. Sonradan gelen fonksiyonlar kendi ihtiyaçlarına yönelik iç mekân düzenlemelerine gitmekte, bina strüktüründe yapılan değişiklikler yapının projesine esas olan yatay ve düşey yük hesaplamalarında öngörülmemiş olan dengesizliklere sebep olmaktadır (Şekil 18).



Şekil 18. Alan kazanmak amacıyla strüktürü bozulan bir yapının 17 Ağustos depreminde uğradığı hasar (www.avnidincer.8m.com)

Kentsel gelişme planlarında işlevlerin yer seçimi yapılırken özellikle konut ve ticaret alanları arasındaki ilişki doğru değerlendirilmeli, karma işlevli yapıların oluşmasıyla ortaya çıkması olası yapısal düzensizlikler ve bunlardan doğacak sakıncalar göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çerçevede “yumuşak kat” ve “kat rijitliklerinde farklılık” gibi düşey doğrultu düzensizlikleri şehir planlama disiplini tarafından doğru anlaşılması gereken kavramlar olarak belirlemektedir.

Kat alanını artırmak amacıyla oluşturulan çıkmalar çoğu zaman yasal dayanaklara da sahip olarak inşa edilmektedir. Temelinde yüksek arazi değerlerinin yarattığı rant yatan bu düzenleme geleneksel mimaride karakteristik bir öge olan cumbanın sahip olduğu özgün, estetik, işlevsel değerden çok uzak durmaktadır.

Çıkma, yapının deprem güvenliğini tehdit eden bir düzensizlik olmasının yanında, planlama açısından, öngörülen yoğunlukların aşılması ve dolayısıyla kentsel donatı yetersizliğinin meydana gelmesi, taban alanı dışında kalan etkin

/kullanılabilir açık alan miktarında belirgin bir azalma, gün ışığından etkin yararlanamama gibi sayısı artırılabilir bir dizi olumsuzluğa sebep olmaktadır. Mevcut durum, kentsel tasarım çerçevesinde ele alındığında ise çoğu zaman estetiği bozucu, komşu binalar arasındaki mesafenin daralmasıyla mahremiyeti görece kısıtlayıcı, kullanıcılara genel olarak çeşitlilik içeren olumlu uyarılar göndermeyen bu haliyle tek düze bir mekân organizasyonuna katkı sağlamakta ve kentsel tasarımın temel prensipleriyle çelişmektedir.

Öte yandan belirli tasarım ilkelerine uyulmak koşuluyla kentsel açık alanı sınırlayan ve yönlendiren bina cephelerinde yatay ve düşey hareketlilik sağlamak, görsel algı zenginliği oluşturmak gibi hedefleri olan bir projede, yapısal düzensizliklerin yol açtığı olumsuz davranışlar hatırlanarak deprem güvenliği en önemli hedef olarak korunmalı, ilgili disiplinlerle uyum içinde çalışarak sonuca ulaşılmalıdır.

Depreme dayanıklı yapı inşa etmenin en önemli şartlarından biri depreme dayanıklı malzeme kullanmaktır. Depremlerde malzemenin davranışı konusunda yapılan araştırmalar, malzemenin dolayısıyla yapıların hafif, esnek ve sünek olması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmıştır (örneğin: Pampal, 2000). Özellikle kentsel tasarım projelerinde yapı tarzı ve malzeme seçimi, deprem tehlikeleri düşünüldüğünde önem kazanmaktadır.

Deprem dalgalarının geliş yönüyle yapıların salınım yaptıkları doğrultu arasında organik bir bağ vardır. Bu sebeple kule, minare gibi yüksek ve narin yapıların çevresinde, yarıçapı yapı yüksekliğinden az olmamak üzere yapı yaklaşma sınırı oluşturulması gerçekçi bir tedbir olarak görülmektedir (Şekil 19 ve 20). Bir başka husus da yapı boyutlarının oranıdır. Şengezer'e göre (1999), çoğu binalar için yükseklik/ genişliğin üç veya dörtten küçük olması limiti önerilmekte, ayrıca depremin uzun doğrultuda etki ettiği binalarda, kısa doğrultuda etkilenenlere göre daha az hasar olduğu belirtilmektedir. Bunun en çarpıcı örnekleri 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında Yalova sahil şeridi üzerinde

görülmüştür. Uzun kenarı deprem yönüne paralel binalar depremi hemen hemen hiç hasar almadan ya da az hasarla atlatırken, uzun kenarı deprem yönüne dik binaların ağır hasara uğradığı gözlemlenmiştir (Özgen, 2002).



Şekil 19. 17 Ağustos depreminde bir başka binanın üzerine yıkılan minare (Sakarya Üniversitesi internet sitesi)



Şekil 20. Binalara zarar vermeyen bir başka minare enkazı-Yalova (Yalova Belediyesi Arşivi)

Büyük depremler sırasında zemin ve üzerinde duran bina, dalga hareketi karşısında tek bir kütle gibi davranmaktadır. Binanın toplam uzunluğunun zeminde oluşan yüzey dalgası uzunluğundan fazla olması halinde, zemin ve binanın hareketleri arasında uyumsuzluk meydana gelecek, bina uç noktalarında zeminin çarpma etkisine maruz kalabilecektir (Wang ve Law, 1994). Uzun binalar için en iyi çözüm, iki ayrı blok olarak tasarlanmasıdır. İmar planlarında verilen en fazla bina boyutu bu açıdan önem taşımaktadır (Şengezer, 1999).

Yolların deprem etkin bir kentteki öneminin iki farklı boyutu vardır. Birincisi, yerleşim dokusunu yönlendirmede aktif bir araç olmaları; ikincisi, deprem sonrası faaliyetlerde üstlendikleri roldür (Balyemez, 2003). Afet sonrası ilk yardım ve kurtarma eylemlerinde bağlantı öğeleri olarak yolların önemi daha iyi anlaşılmaktadır. 17 Ağustos depreminde enkazların kapattığı çoğu yollar işlevsizleşmiş, kentlerin önemli noktalarıyla ulaşım bağlantıları kesilmiştir (Şekil 21). Binalardan dökülen enkazın ulaşımı engellememesi için yolun her iki cephesindeki binalar arasında güvenli bir mesafe bırakılmasıdır. Öte yandan geniş yollar kent imajında birer sınır öğesi olabildikleri gibi kentsel deprem davranışında da yangın emniyet şeridi olarak görev yaparlar. Tarihte, depremin sebep olduğu yaygın kent yangınlarının depremden çok daha fazla kayıplara sebep olduğu örnekler yer almaktadır.



Şekil 21. Kentin, enkaz yüzünden ulaşımına kapanan önemli bir arteri-Adapazarı (Adapazarı Büyükşehir Belediyesi Arşivi)

Arazi kullanım planlaması açısından düşünüldüğünde, yerleşime uygun olmayan alanların açık ve yeşil alan kullanımına ayrılması uygun bir çözümdür. Normal koşullarda kentin nefes almasını sağlayan açık ve yeşil alanlar, deprem etkin yerleşmelerde ilave fonksiyonlar yüklenmelidir. Kent içinde fonksiyon alanlarının birbirinden ayrılmasında yeşil bantlar en uygun araçlardır. Ayrıca bu bantlar, uygun düzenlediklerinde tıpkı geniş yollar ve akarsular gibi “yangın emniyet şeridi” görevini de üstlenebilecektir. Yerleşme dokusu içinde parklar ve rekreasyon alanlarına çeşitli ölçeklerde yer verilmesi, deprem kayıplarının azaltılmasında ve deprem sonrası müdahale aşamasının etkinliğinde önemli

bir parametre olan nüfus yoğunluğunun istenen düzeylerde tutulmasını da sağlayacaktır.

Son depremlerden edinilen tecrübeler parkların ve açık alanların deprem psikolojisiyle evlerine girmek istemeyen insanların toplanma alanı olarak kullanıldığını göstermiştir. Bu alanlar uygun boyut ve yoğunlukta tasarlanmalı, işlevsel biçimde donatılmalıdır. İlk yardım ve kurtarma ekipmanlarının bu yerlerde konumlandırılması da gerçekçi bir tedbir olacaktır. Kentsel parklar, fuar ve panayır alanları, büyük spor tesisleri gibi yerel olmaktan çok tüm kente hitap eden açık alanların, erişim olanakları güçlü bölgelerde yerleştirilmesi, işlevlerine uygun donatıların yanı sıra deprem sonrası geçici barınma ihtiyacına cevap verebilecek nitelikte düzenlenmesi önemlidir. Açık alanlar, ilk yardım ve kurtarmada hızlı ve etkin bir yöntem olan hava ulaşımının sağlanmasında, helikopterlerin iniş-kalkışı için gerekli alan ihtiyacını karşılayan öğeler olarak da önem kazanmaktadır (örneğin: Şekil 22).



Şekil 22. Gölcük şehir stadyumunda deprem sonrası ilkyardım ve acil ulaşım faaliyetleri (Başbakanlık internet sitesi)

Sonuç ve öneriler

Kentsel deprem davranışını belirleyen ilk ve en önemli etmen arazi kullanımıdır. Ülke ve bölge ölçeğinden başlayarak yerel ölçeklere kadar inen sistematik bir kademelenme içinde yerbilimlerinin planlamaya sunduğu çeşitli harita ve belgelerin varlığı bir gerekliliktir. İşlev alanlarının yer seçiminde zeminin jeolojik özelliklerinin gereklerine uyulmalıdır. Ülkenin siyasi ve sosyo-ekonomik yapısı gözetilerek, özel yapılaşma önlemleri alınmasını gerektiren alanların fonksi-

yon tayininde risk oluşmasına sebep olabilecek kararlardan kaçınılmalıdır.

Yeşil alan kullanımı, uygun bir kademelenme içinde, afet sırası ve sonrası gereksinimleri de karşılayabilecek nitelik ve işlevsellikte düzenlenmeli, teknik ve sosyal altyapı bu çerçevede organize edilmelidir.

Süreklilik arz eden karmaşık bir ulaşım ağının bir parçası olan her bir cadde veya sokak, ilkyardım ve kurtarma faaliyetleriyle, damar ve kan arasındakine benzer bir ilişkiye girer. Bu sebeple, deprem etkin plan ve tasarımlarda en önemli hedeflerden birisi, deprem sonrasında ulaşım ağındaki sirkülasyonun sekteye uğramaması olmalıdır.

Kentsel tasarımda önemli bir karar verme mekanizması olan yapılanma düzeni ve kapsadığı etmenler, binalar arasındaki fiziksel ve konum ilişkileri çerçevesinde belli bir alanın toplam deprem davranışının belirleyicisidirler.

Yaşanan depremler sonrasında incelenen hasar örneklerine göre zemin – yapı etkileşimiyle ortaya çıkan uyumsuzluğun önemli bir hasar kaynağı olduğu saptanmıştır. Bu noktada kentsel planlama ve tasarım etmenlerinin kent imajının oluşması yanında, deprem zararlarının azaltılmasında da ciddi bir rol üstlenerek deprem davranışında ne derece önemli belirleyiciler oldukları anlaşılmaktadır.

Kentsel tasarımın, şehir planlamadan ve kent gelişme planlarından bağımsız kararlar üretmesi söz konusu değildir. Zira plan kararları kentsel tasarımda önemli ölçüde yönlendirici olduğu gibi, bilinçsizce geliştirilecek tasarımlar da kentin yerel veya bölgesel deprem davranışına olumsuz etkiyebilir. Bu sebeple kentsel tasarım disiplininin asli unsurları aynı zamanda planlama disiplini mensubu olmalıdır.

Çalışma boyunca anlatılan süreç çok disiplinli ekiplerin birbirleriyle uyumlu organizasyonunu gerektirmektedir. Bunun için ortak bir dil geliştirme ihtiyacı vardır. Bu da ancak meslek öğrenimi sırasında kazandırılabilir. Sözü edilen süreçte oluşturulması gereken bilgi bankası ve veri altyapısı büyük oranda kamu eliyle yürütülmesi gereken veya en azından yasal düzen-

lemelere gereksinim duyulan projelerdir. Bu sebeple “toplumcu, aydın ve entelektüel siyasi erk” egemen ortam, söz konusu sürecin hayata geçirilmesi için gereken ilk koşuldur.

Kaynaklar

- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, (1997). Bayındırlık ve İskân Bakanlığı.
- Balyemez, S., (2003), Kentsel planlama ve tasarım değişkenlerinin deprem olgusu açısından irdelenmesi ve kentsel deprem davranışı, *Y.Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Barka, A., (2000). Marmara’da Deprem Riski, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi II. İstanbul ve Deprem Sempozyumu*, 5-15, İstanbul.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., (2000). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Beta Yayınevi, İstanbul.
- Coza, H., (2003). Betonarme yapılarda gözlenen deprem hasarları ve nedenleri, *Y.Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çelik, O.C., Özgen, K., Çılı, F., (1998). Cantilevers in reinforced concrete structures, *11th European Conference on Earthquake Engineering*, 1-11, Paris.
- Çelik, O.C., Çılı, F., Özgen, K., (2000). 17 Ağustos 1999 Kocaeli (İzmit) Depreminden gözlemler, *Yapı Dergisi*, **218**, 65-76.
- Ersoy, U., Ersoy, A.A., (1992). Binaların deprem dayanımında mimarinin önemi, *Yapı Dergisi*, **125**, 58-69.
- Karaesmen, E., (1996). Tipik hasar gözlemleri, *Deprem ve Sonrası*, 69-96, Türkiye Mühendisler Birliği, Ankara.
- Lagorio, H.J., (1990). *Earthquakes An Architect’s Guide to Nonstructural Seismic Hazards*, Wiley Interscience Publications, New York.
- Özgen, S., (2002). Depreme dayanıklı bina tasarımında konfigürasyonun önemi, *Y.Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özmen, B., (2000). İzmit Körfezi Depremi’nin Hasar Durumu (Rakamsal Verilerle), Deprem Raporu, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul.
- Pampal, S., (2000). *Depremler*, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Şengezer, B.S., (1999). *13 Mart 1992 Erzincan Depremi Hasar Analizi ve Türkiye’de Deprem Sorunu*, YTÜ Basım-Yayın Merkezi Matbaası, İstanbul.
- Wang, J.G.Z.Q. ve Law, K.T., (1994). *Siting in Earthquake Zones*, Balkema, Rotterdam.

Erdik, M., (2000). Report on 1999 Kocaeli and Düzce (Turkey) Earthquakes.

www.koeri.boun.edu.tr/depreamuh/Kocaelireport.pdf