

İSTANBUL'DA DEPREM RİSKİ

Prof. Dr. Mustafa Erdik ve Doç. Dr. Eser Durukal
Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

GİRİŞ

İstanbul, Türkiye nüfusunun yaklaşık yedide birini ve endüstri potansiyelinin yarısını barındıran ülkenin en büyük metropolüdür. Çok yüksek olan deprem tehlikesinin yanısıra kentsel deprem riski; aşırı kalabalıklaşma, hatalı arazi kullanım planlaması ve yapılaşma, yetersiz altyapı ve çevresel bozulma nedeni ile artmıştır. 1999 yılında meydana gelen iki büyük depremden kaynaklanan kayıplardan sonra, İstanbul için ayrıntılı risk analizlerine dayalı, depreme hazırlanma ve afet planlaması çalışmaları yapılması gündeme gelmiştir. Boğaziçi Üniversitesi (BU-ARC, 2002) ve Oyo International (JICA – IMM, 2003) tarafından yapılmış genel kapsamlı çalışmalar İstanbul'daki deprem riski hakkında bilgi sağlamış ve "İstanbul Deprem Masterplanı" başlıklı raporun hazırlamasına önyak olmuştur.

Bilindiği gibi kentsel deprem riskinin azaltılmasının ana ilkeleri: mevcut riskin arttırılmaması (deprem güvenliği olan yapılaşma), mevcut riskin azaltılması (depreme karşı güçlendirme) ve riskin transferi (deprem sigortası) olarak sıralanabilir. İstanbul'da deprem riskinin azaltılmasına yönelik olarak değişik kapsam ve aşamalarda çok sayıda etkinlik ve uygulamalar sürdürülmektedir (Erdik ve Durukal, 2007).

DEPREM TEHLİKESİ

İstanbul tarihi boyunca birçok yıkıcı depreme maruz kalmıştır (Ambraseys ve Finkel, 1991). Kenti 4. ve 19. yüzyıllar arasında 32 adet deprem etkilemiştir. Bu durum ortalama her 50 yılda bir orta şiddete depreme tekabül etmektedir. Yaklaşık her 300 yılda bir ise İstanbul çok şiddetli (MSK şiddet ölçeğine göre IX) depremlere maruz kalmaktadır. İstanbul'u etkileyen depremler 3.-6. ve 14.-17. yüzyıl periyotlarında yüksek, 7.-13. yüzyıl periyodunda ise düşük bir oluşum frekansı göstermektedir. 1460 yıldır İstanbul'da sürekli tamir ve takviye ile varlığını koruyabilen Ayasofya bu süre zarfında, üçü çok ağır olmak üzere, yaklaşık 10 kere hasar görmüştür (Durukal ve diğerleri, 2003). 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde Avcılar'da gözlenmiş (Erdik, 2000) anomali bir tarafa bırakıldığı takdirde, İstanbul 1894 depreminden beri önemli bir depreme maruz kalmamıştır.

1999 Kocaeli depreminin yarattığı tektonik gerilme değişikliğinin fay yırtılmasının batı ucundaki etkisi ve 1894 depreminden beri Marmara Fayında $M_w=7$ 'den büyük bir deprem gözlenmediği göz önüne alınırsa Marmara Fayındaki deprem olma ihtimalinin çok arttığı anlaşılabilir. Nitekim Parsons ve diğerleri (2000) $M_w=7$ ve daha büyük bir deprem için önümüzdeki 30 yıl içerisinde oluşma olasılığını %65 olarak (ortalama yinelenme periyodu yaklaşık 45 yıl) vermişlerdir. İstanbul Deprem Senaryosu geliştirilmesi kapsamında yapılan çalışmalarda da Ana Marmara Fayında $M_w 7.5$ büyüklüğünde bir depremin meydana gelme olasılığı önümüzdeki 50 yıl içerisinde yaklaşık %50 olarak belirlenmiştir. Bu düzeyde deprem tehlikesine maruz diğer iki kent San Francisco ve Tokyo'dur.

Marmara bölgesi ve İstanbul'da deprem tehlikesinin probabilistik belirlemeleri kapsamlı olarak Atakan ve diğerleri (2002) ve Erdik ve diğerleri (2004) tarafından değişik ortalama yinelenme periyotları için belirlenmiştir. Kuzey Anadolu Fay Hattı'na özgü karakteristik deprem oluşumları ve şartlı deprem ihtimalleri bu bölgede yapılacak probabilistik deprem tehlikesi incelemelerinde yenilenme (renewal) modellerinin kullanımını gerekli kılmaktadır. BU-ARC (2002) ve JICA – IMM (2003) çalışmalarında deprem tehlikesi Ana Marmara Fayı üzerinde oluşacak 7.5 moment büyüklüğünde bir deprem kabulü ile deterministik olarak belirlenmiştir.

İstanbul'da incelenmesi gereken bir diğer doğal afet tehlikesi unsuru tsunamidir. Tsunamiler tektonik kaynaklı olabileceği gibi, deprem etkisiyle deprem sırasında ya da depremden belirli bir süre sonra tetiklenen sualtı heyelanlarından kaynaklanabilirler. İstanbul Büyükşehir Belediyesi için Oyo International Corp. tarafından yapılan İstanbul tsunami tehlikesi haritalarının hazırlanması projesi çerçevesinde derlenen veriler, gerçekleştirilen çalışmalar ve hazırlanan raporlar kapsamında Marmara Denizi'nde son 2000 yılda 30 kadar tsunami meydana geldiği, 1894 ve 1509 depremlerinde dalga yükselmesinin sırasıyla 3-4 ve 6 m'yi bulduğu işaret edilmiştir. 50 yıllık tekrarlama periyodu için 0.5-1.0m, 100 yıllık tekrarlama periyodu içinse 1-2m lik

dalga yükselmeleri beklenebilir (OYO Int. Corp., 2007). Bulunan değerler Akdeniz için yapılan olasılıksal tsunami tehlikesi çalışmalarında elde edilen sonuçlar ile aynıdır. Bu bakımdan Marmara gibi küçük bir denizde beklenen tsunami tehlikesi seviyesinin Akdeniz boyutunda bir deniz ile benzer özellikler taşıması beklenmedik bir sonuç olmuşsa da yapılan tsunami modellemeleri 3-4 m'yi bulabilecek dalga yüksekliklerinin İstanbul kıyılarını etkileyebileceğini göstermiştir. (Yalçın ve diğerleri, 2007). Hebert ve diğerleri (2005) tarafından yapılan modelleme çalışmaları Marmara Denizi içinde meydana gelecek tektonik kaynaklı tsunamilerin etkilerinin, su altı heyelanlarından kaynaklanan tsunamilerin etkisine göre daha az olacağını göstermiştir. Sualtı yer kaymalarından kaynaklanan tsunamiler daha lokalize, fakat daha yüksek dalgaların meydana gelmesine sebep olabilmektedir.

OLASI DEPREM KAYIPLARI

Ana Marmara Fayı üzerinde oluşacak 7.5 moment büyüklüğünde bir depremin İstanbul'da meydana getireceği hasar ve kayıplar hakkında Erdik ve diğerleri (2003) ve BU-ARC (2002) tarafından yapılmış tahminler aşağıda özetlenmiştir.

Bina Hasarları, Can Kayıpları ve Yaralanmalar:

İstanbul'da ortalama 800,000 adet bina bulunmaktadır. Hem şiddet hem de spektral deplasman bazlı yer hareketi ve hasargörebilirlik analizleri kullanılarak yapılan belirlemeler toplam 35,000 ile 40,000 (toplam bina stoğunun % 5'i) binanın tamamen hasar göreceğini göstermektedir. 70,000 binanın ağır hasar, 200,000 binanın ise orta hasar göreceği tahmin edilmektedir. Can kayıplarının çoğunluğunun özellikle kat döşemelerinin birbirinin üzerine oturduğu şekilde göçen yapılarda meydana gelmesi beklenmektedir. Bu tip göçmelerde döşemeler birbiri üzerine yığıldığından acil müdahale ve kurtarma çalışmaları açısından çok zor koşullar oluşmaktadır. Bu tip göçmelerin sayısının 5,000 ile 6,000 civarında olacağını tahmin etmekteyiz. Toplam yapısal hasar maliyeti 11,000,000 ABD Doları civarında olacaktır.

Ağır bina hasarlarının daha çok nüfusun yoğun olduğu şehrin güneybatı kısmında yer alan Eminönü, Fatih, Zeytinburnu, Bakırköy, Bahçelievler, Küçükçekmece'nin güneyi ve Avcılar'da yoğunlaşması beklenmektedir. Kısmen daha az hasar alacak bölgeler ise Kadıköy, Maltepe ve Kartal gibi Asya yakasının güney kıyıları boyunca ulaşan ilçelerdir. Mevcut faydan relatif olarak daha uzakta yer almalarına rağmen, bina yoğunluğu ve hasargörebilirlik koşulları nedeniyle Beyoğlu, Eyüp ve Bayrampaşa bölgelerinin de yüksek oranda hasar görmesi beklenmektedir. Çeşitli yapı tipleri ile sürdürülen analiz sonuçlarına göre 1980 öncesi yapılmış 4-8 katlı, betonarme binalar en çok hasar görme olasılığına sahip yapılardır.

Can kayıplarının 30,000 ile 40,000 arasında değişeceği tahmin edilmektedir. Hastane bakımı gerektirecek yaralı sayısı 120,000 civarında olacaktır. Şiddet bazlı analiz sonucuna göre toplam 600,000 ailenin, spektral bazlı çalışmaya göre de 430,000 ailenin deprem sonrası acil barınma ihtiyacı doğacağı beklenmektedir.

Seçilen senaryo depremi, "Beklenen En Kötü Durum Senaryosu" na karşılık gelmektedir. Bu tür durumlarda kayıplar üst sınır olarak değerlendirilebilir. Diğer taraftan deterministik tehlike analizinde, azalım ilişkilerinin medyan değeri kullanılmıştır. Dolayısıyla, istatistiki olarak tehlike sonuçlarının kayıp hesaplarında kullanılan tehlike değerlerinden büyük ya da küçük olması % 50 ihtimal dahilindedir.

İstanbul'a benzer deprem tehlikesine maruz diğer iki büyük kent San Francisco ve Tokyo'dur. Yaklaşık 10 milyon nüfusu barındıran San Francisco Körfez bölgesinde 1906 depreminin bugün meydana gelmesi halinde can kayıplarının 1800 (gece) ve 3400 (gündüz) olabileceği, 25,000 mesken ve 10,000 ticari binanın ağır hasar göreceği tahmin edilmektedir (Kircher et.al, 2006). Tokyo'da 1923 Kanto depreminin (M=7.9) tekrarı halinde toplam 30 milyon nüfuslu kentte can kaybının 30,000-60,000 arasında olabileceği ve yaklaşık 360,000 binanın hasar göreceği tahmin edilmektedir (Stein et.al, 2006; RMS, 2006b).

Kültür Varlıkları

Marmara Bölgesi'nde yakın bir gelecekte meydana gelmesi beklenen büyük depremden dolayı, İstanbul kentinin eşsiz tarih ve kültür mirası çok ciddi bir deprem tehdidi altındadır (Durukal ve

diğerleri,2001). Kentteki tarihi yapıların çoğunluğu, geçmiş depremlerin etkilerini üzerlerinde taşımakta, bu durum bakımsızlık ve malzeme özelliklerinde zaman ve çevre koşullarıyla meydana gelen kayıplara eklendiğinde, bir deprem sırasında meydana gelebilecek geri dönüşü olmayan hasar ihtimalini yükseltmektedir. Geçmiş depremlerin bu yapılar üzerinde bıraktığı izler en önemli ampirik veri olarak kabul edilmeli ve benzer deprem hasarlarının gelecekte de meydana gelmesi beklenmelidir. Deprem riskine maruz kültür varlıkları arasında müzelerin ve müzelerde sergilenen eserler de çok önemli bir yer tutmaktadır (Erdik ve diğerleri, 2006). Genelde tüm yapılarda, özelde ise tarihi yapılarda deprem hasarını önlemek ya da azaltmak için alınacak önlemlerin doğru bir şekilde saptanmasının en önemli koşulu, yapıdaki statik ve dinamik sorunları en doğru biçimde tanımlamaktır. Tarihi binalardaki yapısal sistem tanımlamasında deneysel yöntemlerin önemi, bu yapıların taşıyıcı sistemlerindeki karmaşıklıktan, yapı malzemesinin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin dönemsel olarak farklılıklar gösterebilmesinden ve yapıların çoğunda gözlenen kalıcı statik ya da deprem kaynaklı hasar ya da deformasyondan kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla tarihi yapıların deprem performanslarına ve bir deprem sırasında ayakta kalıp kalmayacağına dair bir görüş oluşturulması ancak detaylı deneysel ve analitik incelemeler sonunda gerçekleşebilmektedir.

Alt Yapı Deprem Hasarları

İnsan ve kent yaşamının sürdürülebilmesi için gerekli bütün yapılar altyapı olarak tanımlanabilir. İstanbul'da mevcut alt yapı, yapıldıkları dönemde, gelişmiş ülkeler düzeyinde mühendislik hizmetine dayalı olarak inşa edilmiştir. Altyapı ile ilgili olası deprem zaafiyetlerinin ana nedeni ilgili güncel deprem şartnamelerindeki deprem performans isteklerinin artmış olması ve bakım sorunlarıdır. Bu bölümde otoyol köprü ve viyadükleri, doğalgaz boru hatları, içme suyu ve atıksu boru hatları ve elektrik sistemi ile ilgili mevcut durum incelenecektir.

Otoyol Köprü Ve Viyadükleri

İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde mevcut karayolu köprü ve viyadükleri ile ilgili fiziksel veriler ARC-BU çalışmasında bu yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesi amacı ile kullanılmış ve sonuçlar herbir köprü ve viadük için ayrıntılı olarak sunulmuştur. İBB-JICA çalışmaları kapsamında 480 adet köprünün deprem performansının öndeğerlendirmesi yapılmıştır. 21 köprünün tabliye düşmesi sonunda hasara uğraması kuvvetle muhtemel, 4 köprünün tabliye düşmesi nedeniyle hasara uğraması orta derecede muhtemel olarak bulunmuştur. Karayolları Genel Müdürlüğü ve ilgili Bölge Müdürlükleri tarafından İstanbul'daki tüm otoyol köprü ve viadüklerinin deprem performansları incelenmiş, gerekli bulunanların güçlendirme projeleri hazırlanmış veya hazırlanmaktadır. Asma köprüler, yaklaşım viyadükleri ve Haliç köprüleri ile ilgili deprem performansı iyileştirme uygulamaları halen (Mart 2007) devam etmektedir.

Doğalgaz Şebekesi

İstanbul metropol alanı içinde yer alan doğalgaz sistemi boru hatlarında çok az hasar meydana geleceği tahmin edilmektedir. ARC-BÜ çalışması kapsamında 70 sızıntı hasarının ve 17 kopma hasarının oluşabileceği tahmin edilmiştir. Bu değerlendirmeler ana dağıtım boruları ile ilgilidir. Tali branşman hatları plastik esaslı olduğu için, bina giriş bağlantıları dışında, önemli bir hasar oluşması ihtimali düşüktür. Pompa ve kontrol istasyonları incelenmemiştir. Doğalgaz şebekesi deprem güvenliğinin artırılmasına yönelik "Deprem Acil Müdahale Bilgi Sistemi" kurulması ve SCADA sisteminin geliştirilmesi çalışmaları İstanbul Doğal Gaz Sistemi operatörü İGDAŞ tarafından sürdürülmektedir.

İçmesuyu ve Atıksu Şebekesi

İBB-JICA çalışmasında yaklaşık 1600 noktada boru hasarının oluşacağı tahmin edilmektedir. Hasarlar daha çok Avrupa yakasında yoğunlaşmaktadır. En çok hasarın Fatih ve Güngören'de oluşması beklenmektedir. Atıksu boru hatlarında ise yaklaşık 1300 noktada boru hasarının oluşacağı tahmin edilmektedir. ARC-BÜ çalışması kapsamında ise hasar sayıları bu değerlerin yarısı kadardır. İçme suyu sisteminde; en çok boru hasarının 123 kırılma ile Küçükçekmece'de oluşacağı, Adalar'da pompa

istasyonu hasarlarının meydana geleceği; atıksu sisteminde ise, Bakırköy'deki ana hatlarda 216 kırılma meydana geleceği, Pendik ve Tuzla'daki tünellerde ise orta derecede hasar oluşacağı tahmin edilmektedir.

Elektrik Şebekesi

İstanbul metropol alanı içinde yer alan Elektrik Şebekesi (üretim santralleri, trafolar ve enerji nakil hatları) ile ilgili deprem öndeğerlendirmeleri ARC-BÜ çalışması kapsamında ele alınmıştır. Elektrik dağıtım istasyonlarının ve özellikle 380kV'luk trafo merkezlerinin yaklaşık %25'i deprem performansları açısından yeterli güvenlikte bulunmamaktadır. IBB-JICA İstanbul deprem riski çalışmasında, 1100 km kablo hasarının oluşacağı tahmin edilmektedir. En fazla hasar Zeytinburnu, Güngören ve Bahçelievler'de olacağı tahmin edilmektedir.

Endüstri Kayıpları

Endüstriyel tesisleri içeren alanlarda binaların yanısıra, isale hatları, depo, tank, silo, kreyn, trafo, konveyör ve konteyner gibi elemanlar da yer almaktadır. İstanbul'da münferit olarak yapılaşan sanayi tesisleri; orta ve küçük boy işletmeler (KOBİ), büyük ölçekli tesisler ve organize sanayi bölgeleri (endüstriyel parklar) olmak üzere başlıca üç ana grupta ele alınabilir. Büyük ölçekli önemli sanayi tesislerine ilişkin yeterli yapısal veri bulunmadığından bu tesislerin deprem risklerinin belirlenmesinde özel çalışmalar yapılması gerekmektedir (BU, 2003; Erdik ve Durukal, 2003; Durukal ve diğerleri, 2007). Burada sunulan bilgiler kesin verileri içermekten çok sanayi tesislerine ait genel bilgileri sağlamak ve sektörel dağılımı belirlemek amacıyla taşımaktadır.

Türkiye'deki endüstriyel tesislerin yaklaşık olarak %35'i İstanbul'da bulunmakta, ülke çapında sanayide çalışanların %30'u İstanbul'da yaşamaktadır. Geçmiş depremlerden elde ettiğimiz deneyimler Türkiye'de konut ve sanayi tipi yapıların genel deprem güvenilirlik seviyesinin düşük olduğu yönündedir. Sanayi tesislerinin, özellikle küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin deprem sonrasında kayıplarını telafi etme kapasitesinde önemli zayıflıklar bulunduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli işletmelerde ise hasara ve mali kayba uğrama ihtimali genel anlamda küçük ve orta ölçekli işletmelere oranla daha düşük seviyede olsa da, bu tip işletmelerin bir deprem sonrası ekonomide ve çeşitli pazarlarda meydana gelen dalgalanmalara bağlı olarak uğrayacağı kayıplar daha büyük olmaktadır. Bu bakımdan sanayinin olası bir İstanbul depreminde uğrayacağı kayıpların ortaya konması, endüstriyel deprem riski yönetim planlarının ulusal, yerel ve işletme boyutlarında, ilgili tüm aktörlerce zaman kaybetmeden ele alınması çok önemli bir konudur. İstanbul özellikle petrokimya, otomotiv, tekstil, deri, makine-kimya sektörlerinde önemli miktarda tesis ve işletmeye ev sahipliği yapmaktadır. Bir endüstriyel tesis genel anlamda bina tipi yapılardan (ofis, üretim ve stoklama binaları), bina tipi olmayan yapılardan (boru sistemleri, vinçler, tanklar, silolar, bacalar, kuleler vs) ve yapısal olmayan elemanlardan (mimari elemanlar, çeşitli mekanik ve elektrik sistemleri) oluşmaktadır. İstanbul yakınlarında M7+ büyüklüğünde bir depremin olması durumunda kentteki endüstriyel tesislerin ağırlıklı olarak bulunduğu bölgelerde, deprem şiddetinin VIII-IX seviyelerine ulaşması beklenmektedir. Kentteki endüstriyel deprem riski konusunda farklı endüstriyel sektörleri kapsayacak şekilde yapılan çalışmalar, IX deprem şiddet bölgesinde makine-ekipman kayıplarının %2-%30 arasında, stok kayıplarının ise %2-%35 arasında gerçekleşebileceğini göstermektedir. VIII şiddet bölgesinde, makine-ekipman ve stok kayıplarının IX şiddet bölgesinde beklenenin %25-%30'u civarında gerçekleşmesi tahmin edilebilir. İstanbul'da IX ve VIII deprem şiddet bölgelerinde kentteki endüstriyel tesislerin, sırasıyla %7-%12'si ve %40-%60'ı bulunmaktadır. Geçmiş depremlerde elde edilen bina kayıp ve hasar bilgilerini de kullanarak, İstanbul genelinde ve çevresinde endüstriyel tesislerin ortalama %6-%8'lik bir bina kaybına uğrayacağı söylenebilir. Yine tüm sektörler için, ortalama makine-ekipman kayıpları %2.5, stok kayıpları ise %3 civarında gerçekleşebilir. Bu verilen oranlar bir sanayi tesisinin deprem sırasında uğrayacağı direkt fiziksel hasar olup, yangın, patlama, tehlikeli madde sızıntısı gibi etkilerle oluşabilecek ikincil hasar ve kayıpları; fiziksel hasara bağlı olarak ortaya çıkacak iş durması kayıplarını ve deprem sonrası değişecek pazar koşulları ve ekonomik şartlara bağlı olarak arz, talepte meydana gelecek azalma ya da değişiklikler sonucu ortaya çıkacak kayıpları içermemektedir. Bu bağlamda İstanbul'da iş durması kayıplarının, tüm sanayi tesisleri için, IX şiddet bölgesinde ortalama olarak yıllık cironun %5-%10'u arasında, VIII şiddet bölgesi için ise yine yıllık

cironun %2-%3'ü oranında gerçekleşeceği söylenebilir (Durukal ve diğerleri, 2007). Özellikle vurgulanması gereken konu ise büyük ölçekli işletmelerde ve ağır sanayide deprem hasar ve kayıplarının, diğer ülkelerde gözlenen deprem hasar ve kayıplarından çok da farklı olmamasının beklendiği, buna karşılık küçük ve orta ölçekli işletmelerde yerel fiziksel ve ekonomik koşulların etkisiyle ciddi hasar ve kayıpların gerçekleşebileceğidir. Küçük ve orta ölçekli işletmelerin deprem tipi katastrofik olaylardan sonra fiziksel ve mali koşullardaki stabilizasyonu sağlama kapasitesini artırıcı, örneğin sigorta gibi koruma unsurlarından yoksun olmaları, yerel ve ulusal ekonomide, etkileri uzun vadeye yayılabilecek işsizlik ve benzeri birçok sosyoekonomik sorunu beraberinde getirebilecektir.

Mali Kayıplar

Yapı, fiziksel çevre ve sosyal kayıplar dışında depremlerde en önemli etkilenmeler endüstri ve iş dünyasında meydana gelmektedir. Bu kapsamda beklenen iş, pazar, kapasite ve talep kayıplarının merteye ve karakterinin belirlenmesi, depremin bankacılık, sigorta, finans, turizm, ve çeşitli endüstriyel sektörler bazında ulusal ekonomiye etkilerinin saptanması önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu tip kayıpların uzun vadede, depremden kaynaklanan fiziksel hasarlar seviyesine ulaştığı bilinmektedir. Makalenin önceki bölümlerinde verilen bilgiler, esas olarak İstanbul'da büyük bir depremde beklenen bina, altyapı ve sanayi hasarının fiziksel boyutunu ortaya koymuştur. Oluşabilecek fiziksel hasarın mali boyutunu ortaya koymak ise, ilgili kurum ve kuruluşlarca ulusal ve yerel ölçekte yapılacak kayıp azaltma plan ve projelerinin yönlendirilmesinde en önemli karar unsurlarından biridir. Genel olarak fiziksel hasardan mali kayıplara geçmekte kullanılan parametre, *tamir maliyeti oranı* olarak adlandırılan, her hangi bir fiziksel hasarın depremden önceki durumuna getirilmesi için yapılması gereken harcamanın söz konusu unsurun toplam bedeline oranını ifade eden parametredir. Tamir maliyeti oranları oluşabilecek farklı hasar seviyeleri için verilmektedir. Bir bölgedeki fiziksel hasar oranı ile tamir maliyeti oranı çarpıldığında, çıkan sonuç o bölgedeki kayıp oranını verir. Eğer söz konusu fiziksel unsurun toplam mali bedeli biliniyorsa, bu bedelin kayıp oranı ile çarpılması kaybın herhangi bir para birimi cinsinden bulunmasını sağlar. Bu tip kayıp tahminleri binalar, yol, köprü, doğalgaz, su vs gibi altyapı sistemlerinde meydana gelen fiziksel hasarın mali boyutunu ortaya koymakta kullanılmaktadır. Örneğin İstanbul'da 7.5 büyüklüğünde bir depremde oluşacak toplam bina kayıpları Durukal ve diğerleri (2007) tarafından 20 milyar ABD doları, Erdik ve diğerleri (2003) tarafından 9-11 milyar ABD doları civarında tahmin edilmiştir. İstanbul'da beklenen toplam ekonomik kaybın ise 40-60 milyar ABD doları civarında gerçekleşmesi beklenmektedir. Sigortalanmış kayıpların ise toplam ekonomik kaybın %10 -%15'i arasında gerçekleşebileceği söylenebilir. Olasılıksal deprem tehlikesi belirlemeleri yardımıyla yapılan kayıp hesaplamaları ise İstanbul'da olası ortalama yıllık bina deprem kaybının 300 milyon ABD doları ya da 0.49% civarında olduğunu göstermektedir. Türkiye'de geçerli zorunlu deprem sigortası sistemine İstanbul depreminde oluşacak bina kayıplarından yansıtacak mali sorumluluğun 3-5 milyar ABD doları civarında olacağı tahmin edilmektedir. Bu miktar 2001 yılında oluşturulmuş DASK (Doğal Afet Sigortaları Kurumu) havuzunun halihazırdaki kapasitesini (1.3 milyar ABD doları) aşmakta, şu anda geçerli olan prim oranlarının ve penetrasyon dağılımının korunması durumunda havuzda günümüzdeki yıllarda olacak birikimlerin, oluşacak deprem kayıplarını karşılayabilmekten uzak olacağı sanılmaktadır. DASK havuzunda yıllık ortalama 100 milyon ABD doları birikim olmaktadır. Bu durum, İstanbul'daki sigortalılar ve sistemin kendisi için, eğer yapısal anlamda gerekli önlemler alınmazsa, önemli açmazların habercisidir (Durukal ve diğerleri, 2007).

İstanbul ile dünyadaki büyük metropollerde beklenen deprem kayıplarını karşılaştırmak gerekirse, örneğin 1906 San Francisco depreminin tekrarlanması durumunda oluşacak toplam bina kaybının 260 milyar ABD doları (150 milyar ABD doları konut tipi yapı kaybı, 110 milyar ABD doları iş yerleri) olacağı tahmin edilmiştir (RMS, 2006). Bu kaybın yalnızca %5'i yangına bağlı olarak gerçekleşecektir. İş yerleri tarafından uğranılan kayıpların %18'i, konut tipi yapıların uğrayacağı kayıpların ise %13'ünün sigortalı olacağı sanılmaktadır. 1923 Kanto depreminin yinelenmesi durumunda ise Tokyo'da toplam ekonomik kaybın 2.1-3.3 trilyon ABD doları seviyelerine çıkabileceği tahmin edilmektedir. Fiziksel kaybın ve iş durması kaybının toplam kayıp içindeki oranının eşit olarak gerçekleşmesi beklenmektedir. Sigortalı hasarlar ise 31-36 milyar ABD doları olarak tahmin edilmiştir (Stein ve diğerleri, 2006).

Ülkemizde geçerli DASK sisteminin İstanbul depremindeki performansının belirlenmesine yönelik yapılan ve yukarıda sonuçları kısaca özetlenen egzersiz, aslında bu tip bir depremden etkilenen farklı sektörler için tekrarlanmalıdır. Şu ana kadar yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak fiziksel hasarların belirlenmesi ve bunlara ilişkin çözüm önerilerinin ortaya konması ile sınırlı kalmıştır. Halbuki turizm, emlak, sigortacılık, finans, bankacılık sektör ve piyasalarında, yerel ve ulusal ölçekte beklenen etkilenmelerin belli senaryolar kapsamında ortaya konması ivedilikle ele alınması gereken çok acil bir konudur. Ne yazık ki söz konusu sektör ve piyasaların bu acil konuya ilgisi şu ana kadar son derece sınırlı kalmıştır.

İSTANBUL DEPREM MASTER PLANI

İstanbul'un deprem riskinin belirlenmesini takiben İstanbul Büyükşehir Belediyesi adına Boğaziçi, Orta Doğu Teknik, İstanbul Teknik ve Yıldız Teknik Üniversiteleri tarafından İstanbul Deprem Master Planı hazırlanmıştır (İBB, 2004). Masterplan ile İstanbul'un depreme karşı güvenli hale getirilmesi amacıyla yapılacak iş, yöntem, ilke ve esasların belirlenmesi ve bunların ulusal bir deprem stratejisi bütünlüğünde planlanması amaçlanmıştır. Depreme yönelik hukuki, idari ve teknik alt yapının irdelenmesi, değerlendirilmesi ve uygulama programlarının geliştirilebilmesi, kısa, orta ve uzun vadedeki projelerin programlanması, süre + maliyet boyutlarının ortaya konulabilmesi amacıyla stratejik yaklaşımların tespit edilmesi gereklidir. Bu kapsamda önce mevcut yapı stoğu, altyapı ve endüstrinin deprem performansı ile fiziksel, sosyal ve ekonomik kayıplar değerlendirilmiştir. Belirlenen deprem riskinin azaltılmasına yönelik olarak kısa, orta ve uzun vadede alınacak tüm tedbir, karar ve uygulamalar belirlenmiş, İstanbul'un yeniden yapılandırılması amacıyla yönelik olarak öncelikli stratejilerin ve seçilecek pilot alanlarda yapılacak uygulamalar irdelenmiştir. Masterplanda ayrıca tüm bu uygulamalarla ilgili hukuki, teknik, mali, sosyal ve idari düzenlemelere, eğitim çalışmaları, sosyal faaliyetler, risk ve afet yönetimi düzenlemelerine yer verilmiştir. Masterplanın kapsadığı önemli konulardan birisi de mevcut yapıların deprem güvenliklerinin incelenmesi ve yeterli güvenliğe sahip olmayan yapılar için teknik, hukuki, sosyal ve mali açılarından gerekli altyapı sağlanabildiği takdirde gerekli güçlendirme önlemlerinin uygulanmasıdır. Masterplan İstanbul'da deprem riskinin azaltılması konusunda değişik idari birim ve sektörlerce hazırlanacak stratejik yol haritaları için gerekli bilgileri içermektedir. Bu bilgilerden hareketle düzenlenmiş program, proje ve uygulamaların en önemlileri İstanbul Valiliği Özel İdaresi tarafından Dünya Bankası kredisi ile yürütülmekte olan İSMEP projesi ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından kendi kaynakları ile yürütülmekte olan kapsamlı deprem mikrobölgeleme projesi ile Zeytinburnu ve Fatih pilot kentsel dönüşüm uygulamalarıdır.

DEPREM RİSKİNİN AZALTILMASI ÇALIŞMALARI

İstanbul'da meydana gelebilecek deprem zararlarını azaltmanın iki temel şartı; yeni yapılacak yapıların mevcut deprem riskini arttırmamasını sağlamak ve mevcut deprem riskinin azaltılması yönünde önlemler almaktır. Bu şartlardan birincisinin uygulanması için deprem etkilerini göz önüne alacak şekilde düzenlenmiş arazi kullanım planlarının yapılması ve tüm bina, altyapı ve şebekelerin depreme dayanıklı bir şekilde projelendirilerek inşası gerekmektedir. İkinci şartın sağlanması için ise deprem performansı yetersiz bina, altyapı ve şebekelerin takviyesi ve acil durum plan ve programlarının hazırlanarak uygulamaya konması gereklidir. Mevcut yapı, altyapı ve şebekelerin tahkim ve takviyesi konusunda önceliğin, sosyo-ekonomik yaşamın devamı için deprem sonrasında ayakta kalması gerekli haberleşme, ulaşım, asayiş ve sağlık gibi fonksiyonlara verilmesi gereği meydandadır. Bu bölümde İstanbul'da olası can kayıplarının azaltılmasında en önemli faktör olan binaların deprem güçlendirmesine yönelik olarak yapılan genel kapsamlı çalışma ve uygulamalara yer verilecektir.

2000 yılı sonrasında İstanbul'da yapılan binaların deprem performanslarında belirgin bir iyileşme gözlenmektedir. Bu iyileşmenin sebepleri arasında halkın deprem güvenliği konusunda bilinçlenmesi, yeni deprem şartnamesinin varlığı, mühendislere yönelik eğitim programları, yerel yönetim ve yapı denetleme firmalarınca yapılan düzenleme ve kontroller sıralanabilir. Diğer bir önemli etken de azalan enflasyon ve kredi faizlerindeki düşme nedeni ile büyük konut yatırımcılarının devreye girmesi ve buna bağlı olarak konut üretiminde görülen endüstriyelleşmedir. Ancak, tüm bu olumlu gelişmelere rağmen, İstanbul'da bir depremde

oluşacak can kayıplarını azaltmanın en önemli unsuru mevcut binaların, özellikle mesken olarak kullanılan apartmanların, deprem performanslarının yükseltilmesidir. Bu husustaki tekil girişimler yapısal güçlendirme için kredi imkanlarının sağlanmasına rağmen sosyal ve ekonomik nedenlerle başarılı olamamıştır. Her ne kadar kamusal ve ticari nitelikli binaların depreme karşı güçlendirilmeleri yönünde uygulamalar ve proje girişimleri varsa da meskenlerle ilgili benzer genel kapsamlı etkinlikler İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülen bazı pilot kentsel dönüşüm projeleri ile kısıtlıdır.

İSMEP Projesi

"İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi" (İSMEP) Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası tarafından sağlanmış 310 milyon Euro tutarında bir kredi kapsamında İstanbul Valiliği İl Özel İdaresi bünyesinde oluşturulan İstanbul Proje Koordinasyon Birimi (İPKB) tarafından yürütülmektedir. Projenin ana amacı, İstanbul deprem master planı belirlemeleri ışığında, olası bir depremde İstanbul'da oluşacak sosyal ve ekonomik kayıpların azaltılması olarak özetlenebilir. 2010 tarihinde tamamlanması planlanmış olan bu projenin acil durum hazırlık kapasitesinin artırılması, öncelikli kamu binaları için sismik riskin azaltılması ve imar ve yapı mevzuatının uygulanması başlıklı üç temel bileşeni bulunmaktadır. Bu temel bileşenler altında yapılacak faaliyetler aşağıda özetlenmiştir:

A. Acil Durum Hazırlık Kapasitesinin Artırılması:

Acil durum haberleşme sistemlerinin kurulması ve geliştirilmesi,
Acil durum bilgi yönetim sistemlerinin kurulması,
İstanbul Valiliği İl Afet Yönetim Merkezi'nin (AYM) kurumsal kapasitesinin artırılması,
Halkın bilinçlendirilmesi ve eğitimi.

B. Öncelikli Kamu Binaları için Sismik Riskin Azaltılması:

Okul, hastane, yurt, idari ve sosyal hizmet binalarından oluşan yaklaşık 840 öncelikli kamu binasının güçlendirilmesi veya yeniden yapılması,
Doğal gaz, su, elektrik, telekomünikasyon, ulaşım ve hayati önem taşıyan diğer alt yapı ile ilgili sismik risk değerlendirmesi,
İstanbul'daki tarih ve kültür mirası kapsamında Kültür ve Turizm Bakanlığı himayesi altındaki binaların envanterinin çıkarılması ve bu kapsamda seçilen binalara ilişkin sismik risk değerlendirmesinin yapılarak güçlendirme projelerinin hazırlanması,
Yeniden yapım ve yer değiştirmeye ilişkin olarak kamu arsa/arazilerinin farklı şekillerde değerlendirilebilmesi amacıyla mevcut arsa/arazi yönetimi politika ve araçlarının analiz edilmesi.

C. İmar ve Yapı Mevzuatının Uygulanması :

İmar mevzuatına uyumlu yapılaşmanın kamu güvenliği açısından önemi hususunda halkın bilinçlendirilmesi,
Belediyelerin imar mevzuatı uygulamalarında karşılaştıkları sorunların tespit edilmesi amacıyla mevzuatın incelenmesi ve çözüm önerileri getirilmesi,
Mühendislerin gönüllü yetkilendirme/eğitimlerine ilişkin çalışmalar yürütülmesi,
İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve iki pilot belediyenin imar mevzuatı ve arsa/arazi kullanım planlarını daha etkin bir şekilde uygulamalarını desteklemek amacıyla kurumsal ve teknik kapasitelerinin artırılması.

Proje finansman ve imkanlarının büyük bir çoğunluğu öncelikli kamu binalarının depreme karşı güçlendirilmesinde kullanılacaktır. Her ne kadar bu bileşen altında okullar, hastaneler, idari binalar, alt yapı ve kültür varlıkları yer alıyorsa da etkinliklerin büyük bir çoğunluğu okullara yöneliktir. İstanbul'da yaklaşık 12,000 kamu binası bulunmaktadır. İSMEP projesi kapsamında yaklaşık 840 kamu binasının güçlendirilmesi hedeflenmektedir. Toplamda güçlendirilmesi gerekli kamu binasının yaklaşık 3,600 olduğu tahmin edilmektedir. 2006 yılı itibariyle bu stoğun sadece %1 civarında bir kısmı güçlendirilebilmiş durumdadır.

Deprem Odaklı Kentsel Dönüşüm Projesi

İstanbul Büyükşehir Belediyesi bünyesinde kurulmuş bulunan Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı tarafından, Deprem Master Planı çerçevesinde, yeterli deprem performansına sahip olmayan bina stoğunun belirlenmesi ve yeniden yapılandırılmasına yönelik olarak Zeytinburnu, Fatih ve Küçükçekmece ilçelerinde kentsel dönüşüm projeleri yürütülmektedir.

Zeytinburnu ilçesinde gerçekleştirilmiş olan “Deprem Odaklı Kentsel Dönüşüm” başlıklı proje kapsamında yaklaşık 16,300 bina ile ilgili deprem performansı ön-değerlendirmeleri deprem tehlikesi belirlemelerine ve bina dışından toplanan gözlemsel verilere dayalı olarak yapılmış, yüksek riskli bulunan 3,000 civarındaki binanın içlerine girilerek ek bilgi toplanmış ve ayrıntılı analizler yapılarak 2,295 binanın depremde ağır hasar göreceği veya yıkılacağı sonucuna varılmıştır. Proje kapsamında bu binaların yıkılarak depreme dayanıklı şekilde yeniden inşa edilmeleri, geriye kalanların yarısına yakınında da deprem güçlendirmesi gerektiği sonucuna varılmışsa da, birçok idari, hukuki, ekonomik ve lojistik nedenlerle bu çalışmalara başlanamamıştır.

Şimdiye kadar İstanbul’daki binaların deprem riskinin azaltılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalar, bu binaların deprem performanslarının değişik ayrıntılarda belirlenmesine yönelik olmuştur. İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı bu mühendislik çalışmalarını baz alarak değişik rehabilitasyon uygulamaları oluşturmaya çalışmaktadır. Bu kapsamda daha rasyonel bir yaklaşım yerel yönetimin önce problemin içerdiği sosyal, psikolojik, idari, hukuki, ve mali sınır şartlarını göz önüne alarak çözüm alternatifleri oluşturması, daha sonra bu alternatiflerin kentsel planlama ve inşaat mühendisliği bilgi ve kapasitesi kapsamında değerlendirilmesi olmalıdır.

Zeytinburnu projesinde yapıldığı şekilde depreme dayanıksız “münferit binalar”ın belirlenerek güçlendirilmesi veya yıkılarak yeniden yapılması yaklaşımı yerine, deprem performansı zayıf binaların çoğunlukla bulunduğu problemlilerde İstanbul Deprem Master Planı ile ön plana çıkan “kentsel dönüşüm” kavramı çerçevesinde uygulamaların geliştirilmesini konusu gündeme gelmiş bulunmaktadır. Bu tip uygulamalara yasal dayanak sağlayacak şekilde düzenlenmiş ve halen (Mart 2007) TBMM gündeminde bulunan Kentsel Dönüşüm Alanları Hakkında Kanun Tasarısı ile afet riski taşıyan bölgeler ile doğal, tarihi ve kültürel çevre alanlarının iyileştirilmesi ve belirli bir süre zarfında tüm riskli binaların depreme dayanıklı hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Yasa kapsamında yetki ve sorumlulukları artan belediyeler, ilan edecekleri dönüşüm alanlarında oturanlara başka yerlerde, bedelleri vadelenirler tahsil edilecek şekilde, toplu konut projeleri oluşturacaklardır. Projeler için, belediyelerin kendi kaynaklarının yanısıra yurtdışından da kaynak sağlanabilecek, gayrimenkul yatırım ortaklıkları kurulabilecek ve finansman sağlamak amacıyla mevcut hak sahiplerinin konut ve işyerlerine ek olarak yapılacak diğer konutlar veya alışveriş merkezleri satılarak gelir temin edilebilecektir.

KAYNAKLAR

Ambraseys, N. N. ve C. F. Finkel (1991). Long-term seismicity of Istanbul and of the Marmara Sea region, Terra Nova, 3, 527-539.

Atakan K. Oneida, A., Meghraoui M, A. Barka, M. Erdik, A. Bodare (2002); Seismic Hazard in Istanbul Following the 17 August 1999 İzmit and 12 November 1999 Düzces Earthquakes, Bulletin of Seismological Society of America, V. 92, No. 1, pp. 466-482.

BU (2003), Earthquake Risk Assessment for Industrial Facilities in Istanbul – Boğaziçi University (Report prepared for Munich-Re Group) also at <http://www.koeri.boun.edu.tr/depremmuh/default.htm> under the link ‘Research Areas and Applied Projects’.

BU-ARC (2002), Earthquake Risk Assessment for Istanbul Metropolitan Area, Project Report prepared by M. Erdik, M. N.Aydınoğlu, A.Barka, Ö.Yüzüğüllü, B.Siyahi, E.Durukal, Y.Fahjan, H.Akman, G.Birgören,

Y.Biro, M.Demircioğlu, C.Özbey and K.Şeşetyan (Bogazici University Publications). Also at <http://www.koeri.boun.edu.tr/depremmuh/default.htm> under the link 'Research Areas and Applied Projects'.

Durukal E., Cimilli S., Erdik M (2003). Dynamic response of two historical monuments in Istanbul deduced from the recordings of Kocaeli and Duzce earthquakes, Bulletin of Seismological Society of America, 93 (2): 694-712.

Durukal E., M. Erdik, Y. Kaya (2001). 'İstanbul'da Tarihi Yapılar ve Deprem Riski', İstanbul Bülten, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Yayın Organı, Yıl: 12, Sayı 55, 4-13.

Durukal E., M. Erdik, Z. Cagnan, K. Sesetyan (2007), Istanbul Earthquake: Issues with the Compulsory Insurance, submitted to Geneva Association/IIS Research Awards Programme.

Durukal, E, M. Erdik, E. Uçkan (2007) Industrial Earthquake Risk in Istanbul and Its Mitigation, Natural Hazards, in press.

Erdik M. , E. Durukal (2003), Damage to and Vulnerability of Industrial Facilities in the 1999 Kocaeli, Turkey, Earthquake. 289-291, Building Safer Cities, The Future of Disaster Risk, A. Kreimer, M. Arnold, A. Carlin, editors, Disaster Risk Management Series No. 3, The World Bank, Washington DC.

Erdik M, E. Durukal (2007), Earthquake Risk and its Mitigation in Istanbul, Natural Hazards, in press.

Erdik M. (2000), Report on 1999 Kocaeli and Düzce (Turkey) Earthquaks, Proc. Of the 3rd Intl. Workshop on Structural Control, Paris- France, pp. 149-186.

Erdik M., M. Demircioğlu, K. Şeşetyan, E. Durukal, B. Siyahi (2004), Earthquake Hazard in Marmara Region, Turkey, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, 605-631.

Erdik, M. E. Durukal, N. Ertürk (2006), Seismic Risk Mitigation in Istanbul Museums, Proc., Colloquium on Protecting Collections from Earthquake Damage, May 3-4, 2006, J.P.Getty Museum, Los Angeles.

Erdik, M., E. Durukal (2003). "*Damage to and Vulnerability of Industrial Facilities in the 1999 Kocaeli, Turkey Earthquake*", in "Building Safer Cities: The Future of Disaster Risk " , A. Kreimer, M. Arnold, A. Carlin, Editors, Disaster Management Series No.3, The World Bank, Washington. pp. 289-291.

Erdik, M., N.Aydinoglu, Y.Fahjan, K.Sesetyan, M.Demircioglu, B.Siyahi, E.Durukal, C.Ozbey, Y.Biro, H.Akman and O.Yuzugullu (2003), Earthquake Risk Assessment for Istanbul Metropolitan Area, Earthquake Engineering and Engineering Vibration, V.2- N-1, pp.1-25, June 2003

Hebert, H., Schindele, F., Altinok, Y., Alpar, B., and Gazioglu, C. 2005. Tsunami hazard in the Marmara Sea (Turkey): a numerical approach to discuss active faulting and impact on the Istanbul coastal areas. Marine Geology 215, 23-43.

IBB (2004), Earthquake Masterplan for Istanbul , Istanbul Metropolitan Municipality prepared by Bogazici University, Istanbul Technical University, Middle East Technical University. Yildiz Technical University, <http://www.koeri.boun.edu.tr/depremmuh/IBB.IDMP.ENG.pdf>.

JICA-IMM (2003) The Study on a Disaster Prevention / Mitigation Basic Plan in Istanbul including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey – Japan International Cooperation Agency and Istanbul Metropolitan Municipality (JICA – IMM)

Kircher, C., H. Seligson, J. Bouabid and G.Morrow (2006), When the Big One Strikes Again — Estimated Losses due to a Repeat of the 1906 San Francisco Earthquake, *Earthquake Spectra*, Volume 22, No. S2, pages S297–S339.

OYO International Corp (2007), Tsunami Hazard Map Analysis, Interim Project Report submitted to Istanbul Metropolitan Municipality, Istanbul.

Parsons, T., S. Toda, R. S. Stein, A. Barka and J. H. Dieterich, 2000. Heightened odds of large earthquakes near Istanbul: an interaction-based probability calculation. *Science*, 288, 661-665.

RMS (2006a), The 1906 San Francisco Earthquake and Fire: Perspectives on a Modern Super Cat., San Francisco

RMS (2006b), Catastrophe Mortality in Japan: The Impact of Catastrophes on Life and Personal Accident Insurance, San Francisco

Stein,R., S. Toda, T. Parsons and E. Grunewald (2006), A new probabilistic seismic hazard assessment for greater Tokyo, *Phil. Trans. R. Soc. A*, v. 364, pp. 1965-1988, doi:10.1098/rsta. 2006.1808 (2006)

Üçer O. (2005), *A Study on the Earthquake Risks Associated With the Automotive Industry Region in the Marmara Region*, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Tez Yöneticisi: E. Durukal

Yalçın A. C., I. İnel, C. Baykal, M. Esen (2007), Simulation and Vulnerability Analysis of Tsunamis Affecting Istanbul Coasts, Interim Project Report submitted to Istanbul Metropolitan Municipality, Istanbul.