

# DEPREMLER TEKNOLOJİYE YENİK Mİ DÜŞÜYOR?

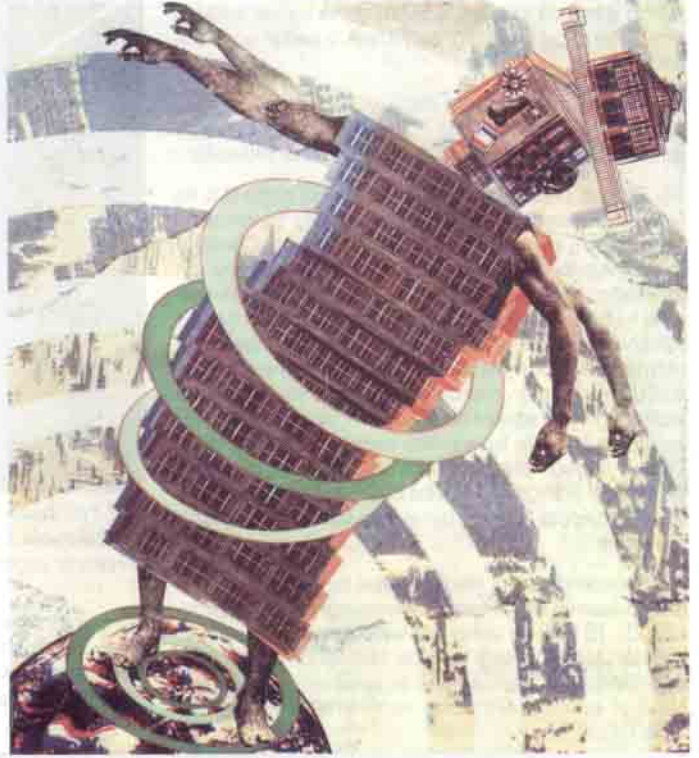
*Depremler büyük sarsıntılarla binaların yıkılmasına sebep olur. Sonuçta binlerce insan ölür. Ölümünün fazla olması binaların dayanıksızlığı ile orantılıdır. Şimdilerde mühendisler sarsıntılara oldukça dayanıklı bina projeleri üzerinde çalışıyorlar.*

**Christopher JOYCE**

**D**epremlerde ölümlerin fazla olmasının en büyük sebebi dayanıksız binalardır. Son yıllara kadar, deprem ihtimali olan yerlerde, özel mimarî ve malzeme gerektiren depreme dayanıklı binaların yapımı için harcanan paralar israf sayılıyordu. 1988'de Ermenistan'da ve 1989'da San Francisco'da olan depremlerden sonra birçok devlet yetkilisinin ve sorumlu mühendislerin bu konudaki fikirleri değişti. Ermenistan depreminin şiddeti Richter ölçeğine göre 6.7 idi ve bu depremde 25.000 kişi ölmüştü. Oysa San Francisco'da olan Loma Prieta depremi 7.1 şiddetinde idi ve ölü sayısı sadece 62 idi.

Ermenistan'daki depremin şiddeti San Francisco'dakinden daha az olmasına rağmen, neden Ermenistan'da korkunç sayıda insan ölmüştü? Bu dehşetli farkın tek sebebi, San Francisco'daki binaların daha güçlü malzemelerle ve depreme dayanıklı mimariyle imal edilmiş olmasıydı.

Yer sarsıntısı sırasında, yapıların her biri değişik frekanslarda sallanırlar. Sallanma frekanslarının farklı olması, binaların yükseklikleri ve ağırlıklarıyla ilgilidir. Bu olay şöyle bir deneyle daha iyi anlaşılabilir: Düz bir masanın üç dört yerine jel kıvamında farklı marmelatlar dökün ve masanın bir ucundan tutup sallayın. Her bir marmelat yığını değişik frekanslarda ileri geri hareket edecektir. Marmelat yığınlarının değişik frekanslarda hareket etmesinin sebebi, bunların yükseklik ve kıvamlarının farklı ol-



masıdır. İşte, bir deprem sırasında binaların sallanması da aynen böyle olmaktadır. Meselâ, on katlı binalar sarsıntı sırasında saniyede bir salınım yaparken (yani frekansları 1 Hertz iken), beş katlı olanlar iki salınım yapar.

Uzun binaların salınım hızları yavaş olmasına karşın, bükülme kapasiteleri fazladır. Çelik çubuklarla güçlendirilmiş beton duvarlar, saf çelikten ya-



*Güçlendirilmiş kaplamalar ve sivaler, beton duvarları sağlamlaştırır.*

pılmış direk ve kirişler, binaları daha esnek kılmaktadır. Fakat bu esnekliği sağlamak o kadar ucuz değildir.

Genellikle 20 kattan daha yüksek yapılar, depremlere iyi direnmektedir. Çünkü 20 kattan daha alçak binalar rezonans göstermeye daha müsaittir.

Bunun anlamı şudur: Depremlerin çoğu 0.5 ile 5 hertz frekansları arasındadır. 2 hertz frekansındaki bir deprem, en çok 5 katlı binaları etkiler. Çünkü 5 katlı binaların salınımları, bu depremin frekansına uyumaktadır. Yer hareketleri, 5 katlı binanın hareketleriyle iyi bir uyum içerisinde olduğu için, yerin her bir sallanışı bu binanın daha uzun yaylar çizerek salınmasına sebep olacaktır. İşte bu rezonanstır. Oysa 20 katlı binalar, normalde saniyede yarım salınım yaptıkları için, saniyede 2 salınım yapan yer hareketleriyle uyumlu bir şekilde hareket etmeyecektir. Bunun sonucu olarak, bu binanın deprem süresince salınım aralığında fazlaca bir büyüme olmayacaktır. Ve sonuçta 20 katlı binalarda fazla hasar görülmeyecektir.

Şehirlerde farklı yükseklikteki binalar bitişik olarak yerleşmiş durumdadır. Herhangi bir deprem sırasında 15 katlı bir binayla 3 katlı binanın salınım frekansları farklı olacağı için, bu binalar bir uyum içinde salınmazlar; tam aksine birbirlerinden bağımsız hareket ederler. Sonuçta, sarsıntının herhangi bir



San Francisco'da, 1989'da meydana gelen yer sarsıntısı karayolu köprülerinin depremlere karşı ne kadar dirençsiz yapıldıklarını göstermiştir.

anında birbirlerini iteceklerdir. Bu nedenle, 15 katlı bina 3 katlı binanın çatısı hizasına gelen kısımdan hasar görecektir. Bu gibi olaylar Loma Prieta depreminde Santa Cruz'da yaşanmıştır.

*Depremlere karşı dayanıklı binalar yapılmaz ve yeterli güvenlik önlemleri alınmazsa, sonuçlar korkunç olabilmektedir. Hatta büyük yangınlar bile çıkabilir.*





Alt katları garaj olarak kullanılan ve bu yüzden yetersiz miktarda sütun üzerine oturan binalar, San Francisco depremine fazla dayanamadılar (solda). 1985'te Mexico City depremi, birçok binanın yerle bir olmasına sebep oldu (sağda).

Binaların depremlere dayanabilmeleri, dizaynları ve yapı malzemeleri ile ilgilidir. Örneğin, yükseklikleri aynı olmak şartı ile ahşap binalar, tuğla ve taş binalara göre daha esnek bir yapıya sahip olduklarından sarsıntılara daha dirençlidirler.

Bozuk dizaynlardan doğan zararlar ise, en iyi Loma Prieta depreminde açıkça gözlenmiştir. San Francisco'nun Marina bölgesi, en çok zarar gören bölgelerden biri olmuştur. Çünkü bu bölgedeki evlerin birinci katları garaj olarak kullanılmak üzere boş bırakıldığı için, sadece birkaç direkten oluşmaktaydı. Deprem esnasında bu direkler taşıdıkları evin salınımlarına dayanamayarak kırılmış ve evlerin çoğu bütünlüklerini koruyarak çökmüştür.

### DEPREMLERDE YER YAPISININ ÖNEMİ

Toprağın da kendine has frekansı vardır. Derinlerdeki büyük kaya kitleleri üzerine oturmuş olan toprak, bir yer sarsıntısı esnasında masa üzerindeki marmelatlar gibi hareket eder. Bunun sebebi, her bölgenin farklı sertlikte toprak yapısına sahip olmasıdır.

İçersinde bulunan çakıl, kum ve kil oranlarına göre toprağın sertliği değişmektedir. Toprak sertlik derecesinin önemi, 19 Eylül 1985'te Mexico City'de olan depremle daha iyi anlaşılmıştır. Bu depremde toprağın yapısından dolayı, deprem merkezine 400 kilometre uzaklıkta olan Lake Bölgesi'nde dahi büyük hasarlar olmuştur. Londra'lı bir uzmana göre, sarsıntının bu kadar uzak mesafelere ulaşmasının se-

bebi, Mexico City altında bulunan kil tabakasıdır. Merkezdeki, sarsıntılar, bu yumuşak kil tabakasında 0.5 hertz frekanslı sinüs dalgaları oluşturmuş ve bu dalgalar 400 km uzaklıktaki Lake Bölgesi'ne ulaşmıştır. Sarsıntı frekansı, 20 katlı binaların salınım frekanslarıyla uyumlu olduğu için, bu binalarda rezo-





Bir bilim adamı, binaları sarsıntuların yıkıcı zararlarından korumak amacıyla tasarlanmış lastik izolatör-lü platform modelini çeşitli testlerden geçiriyor.

nans oluşmuş ve büyük çapta hasar meydana gelmiştir. Bu depremde 200 bina tamamen, birkaç bin bina kısmen yıkılmış ve 20 bin kişi ölmüştür.

Toprağın içerdiği su oranı da depremde oluşacak hasarlar açısından oldukça önemlidir. Su oranı fazla olan toprak kitlesine ani bir sarsıntı dalgası geldiğinde, toprak içindeki boşluklarda bulunan su, kaçacak yer bulamaz ve yüksek basınca maruz kalır. Sulu topraklar herhangi bir deprem esnasında koyu kıvamlı bir çorba gibi hareket eder ve üzerindeki binaları taşıyamaz hale gelir. Sonuçta binalar bozulmaz ve bir bütün halinde devrilirler. Bunun örneği Japonya'da Niigata yöresindeki bir deprem sonucunda görülmüştür.

### **KORUNMADA ETKİLİ BİR YÖNTEM: BİNALARIN YERDEN İZOLASYONU**

Yer sarsıntılarını sebebiyle binalarda oluşacak hasarları en aza indirmek amacıyla ortaya atılan en ilginç görüş, "Temel İzolasyonu" görüşüdür. Bu görüş Malezyalı bilim adamları, tarafından ortaya atılmıştır. Bilim adamları, bu konuda California Üniversitesi'nde birçok araştırmalar yapmışlardır.

Temel izolasyonu, binaların özel destekler üzerine oturtulmasıyla sağlanmaktadır. Yer sarsıntısı olduğunda, bu destekler sarsıntı dalgalarını emmek ve söndürmektedir. Böylece binanın salınım frekansı, sarsıntı frekansının oldukça altında seyretmektedir. Sonuçta bu destekler üzerindeki binalar eğilip bükülmezler, bir bütün halinde ve yavaş hareketlerle depremi savuştururlar.

İzolatörler, ilk olarak 1977 yılında California Üniversitesi'nden Prof. James Kelly ve Malezyalı bilim adamları tarafından test edilmeye başlanmıştı. Sistem, yüzlerce hidrolik çelik kola bağlı lastik destekler üzerine oturtulmuş, 50 tonluk beton bir plâkadan oluşuyordu. İnşa edilecek olan binalar, bu beton platform üzerine oturacaktı.

Kelly 1982'de, izolatörler üzerine oturtulacak bir bina inşaatı için, San Bernadino ilçe başkanı Robert Rigney'den izin almayı başardı. Kelly'nin amacı 8.3 şiddetindeki depremlerden dahi etkilenmeyecek bir bina inşa etmektir. Los Angeles'tan 100 km uzakta inşa edilen bina 1986'da tamamlandı ve hizmete girdi. Temeldeki platform, çapları 50 ilâ 75 cm arasında değişen lastik destekler üzerine oturuyordu (Lastik destekler çelik tabakalar içermekte olup, her biri 500 kg ağırlığındaydı). Bina çok sağlam oldu. 28 Şubat 1990'da 10 km uzakta meydana gelen 5.5 şiddetindeki depremden bile etkilenmedi.

Şu anda California'da temel izolasyonu bulunan 10 bina var ve ABD hükümetinin araştırmalar için ayırdığı para yılda yarım milyon dolar civarında. Japonya'da ise temel izolasyonu bulunan yaklaşık 40 bina var ve ülkenin en büyük altı inşaat şirketi - ki bunlar deprem araştırmasına yılda 14-16 milyon dolar harcamaktadır - bu binalardaki temel izolasyonu ile ilgili ek masrafları karşılamışlardır. Japon mühendisler, izolasyonda kullanılan lastik destekler içine ince çelik çubuklar yerleştiriyorlar ve böylece bu desteklerin aşırı deformasyonlarını önüyorlar.

Temel izolasyon sistemi maliyete ancak yüzde 10'luk bir artış getirmektedir. Bu fark fazla değildir. Çünkü izolasyon sistemi, olası bir deprem esnasında binayı oldukça iyi korumaktadır.

Bilim adamları başka sistemler üzerinde de çalışmalarını sürdürmektedir. Sürtünen sarkaç sistemi buna bir örnektir. Bu sistemde, binanın temelinde her kolon, yan küresel bir kayıcı eleman içine oturmakta, bu eleman da krom-çelik alaşımından yapılmış küresel konkov bir yuvanın içinde bulunmaktadır. Küçük boyutlu mevcut binaların dayanıklılığını artırmak amacıyla zemin, duvarlar ve tavanlar çok ince çelik tel ağırlarıyla perçinlenmekte ve daha sonra bunlar metal parçacıkları içeren çimento ile kaplanmaktadır.

*New Scientist'ten kısaltarak çev.: Can ERGİN*

**İnsan, aklın sınırlarını zorlamadıkça  
hiçbir şeye ulaşamaz.**

A. Einstein