

**TMMOB MİMARLAR ODASI**  
AFET KOMİTESİ

PANEL  
**2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ**

*25 Haziran 2007*  
*Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi*

TMMOB **MİMARLAR ODASI**



tmmob mimarlar odası genel merkezi

Yayına hazırlayan: Nihal Boztekin

Grafik tasarım: H. Nilgün Kara Babacan

Grafik uygulama: Reyhan Yalpur

Baskı, cilt: Çizgi Basım Yayın Ltd. Şti. (0212) 251 83 13, İstanbul

Birinci baskı: Mart 2008, 750 Adet

ISBN 978-9944-89-495-1

TMMOB Mimarlar Odası Genel Merkezi Yayın Birimi tarafından yayına hazırlanmıştır.  
Kaynak gösterilerek yapılacak alıntılar dışında, yayıncının izni olmadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

PANEL  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ

**Konuřmacılar**

Esat Yarar

*İnşaat Y. Mühendisi, Bayındırlık Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Uzmanı*

Ayşe Karakaya

*Mimar, Bayındırlık Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Uzmanı*

**Katılımcılar**

Ali Kara

Arif Atılđan

Ayşe Ak

Bünyamin Fidan

Erol Lomlu

Esin Köymen

Fügen Selvitopu

Gül Yücel

Hamdullah Kaya

Hayrettin Günal

İlknur Günaydın

Kubilay Önal

Mehmet Emin Çevik

Mücella Yapıcı

Salit Acar

Serpil Doğan

Tolga Akbulut

**Raportör**

Gözde Karagöz

**Ek**

2007 Deprem Yönetmeliği Sunumu/Esat Yarar,Ayşe Karakaya



Esat Yarar, Ayşe Karakaya



### **kubilay önal**

Merhabalar. Mimarlar Odası Afet Komitesi'nin Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi'nde gerçekleştirdiği Deprem Yönetmeliği konulu bu panelde, deprem ile mimarlık tasarım süreçlerini bir arada değerlendireceğiz. Bayındırlık Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü uzmanlarından İnşaat Yüksek Mühendisi Esat Yarar ve Mimar Ayşe Karakaya bu konuda birer sunum yapmak üzere yaptığımız çağrışı kabul edip aramıza katıldılar; kendilerine teşekkür ediyoruz. Yapılacak sunumların ardından bir değerlendirme bölümümüz olacak. Sayın Esat Yarar'ı kürsüye davet ediyorum.

### **esat yarar**

Davetiniz için çok teşekkür ederim. Sizlere yönetmeliği ana hatlarıyla açıklayacağız; ama yönetmelikten daha önemlisi, depreme dayanıklı bir mimari tasarım sistemi geliştirilmesine önayak olmak üzere sizleri özellikle de sistem seçimi konusunda bilgilendirmeye çalışacağız. Daha evvel, depremin ne olduğundan ve tarih boyunca insanların depremlere karşı bilinçli veya bilinçsiz mücadelesinden biraz bahsedip, mimari tasarım ile inşaat mühendisliği arasındaki çelişkinin sebepleri üzerinde duracağız. Daha sonra konuyu iki ana bölümde inceleyeceğiz. Birinci bölümde kesinlikle yapılmaması gerekenlerden, ikinci bölümde ise mümkün mertebe kaçınılması gereken tasarımlardan bahsedeceğiz. Sizlere göstereceğimiz 50-60 kadar slayt ise depremde kırılma biçimlerinden bahsediyor olacak. Bu kırılmaların sebeplerini şekillere bakarak yorumlayacağız.

Deprem nedir? Deprem, bildiğiniz gibi, yer kabuğunun kırılmasından dolayı ortaya çıkan enerjinin birtakım salınımlar, titreşimler yaratarak binaları zorlamasıdır. "Binaları zorlaması" diyoruz, çünkü genellikle insanı deprem değil bina öldürür. Çok çok şiddetli depremlerin dışında deprem insanların ölümüne

yol açmaz, ki bunlar da sonucunda coğrafyanın değişeceği, gerçekleşebileceği varsayılan en büyük depremlerdir.

Yerkabuğundaki kırılma üç sebepten olabilir. Birinci sebep bir yanardağ püskürürken magmanın belli birtakım tabakaları kırarak yeryüzüne çıkması, ikincisi sular tarafından oyulmuş büyük yeraltı mağaralarının çökmesidir. Bu iki tür depremin hasarı lokaldır ve şiddeti azdır. Esas konumuzu teşkil eden ve dünyada hem daha geniş bir alana yayılıp hem de daha çok hasar veren depremler ise tektonik depremlerdir. Bu depremler yerin iç dinamikleri sonucu yerkabuğunun zorlanarak faylarda yeni bir kırılma veya sürtünme kuvvetinin aşılması sonucu elastik enerjinin açığa çıkmasıyla gerçekleşir.

Depremlerin oluşları hakkında insanların tarihte çok boş inançları oldu. Örneğin Japonlar iki yüz yıl öncesine kadar okyanusların dibinde bir kedi balığının var olduğunu ve balık silkindiği zaman depremlerle tsunaminin bir arada meydana geldiğini zannediyorlardı. Eski Anadolu ve Yunan mitolojisine göre Tanrı Poseidon, Tridan denilen zıpkınına yere vurduğu zaman deprem ve tsunami oluşuyor, eski Türklerin inancına göre ise Yerlik Han'ın devleri yeryüzüne fırlıyordu... Fakat eski çağlarda bu boş inanışların dışında insanların tanrıları kızdırmama yönünde bilinçli birtakım çabaları da olmuştur. Antik Troya kentinde surların altında kum tabakaları görüldü. Biliyorsunuz Troya kenti iki defa depremden yıkıldı ve efsanelerin aksine, bunun nedeni Miken istilası değildi; Mikenler hiç bir zaman Troya'ya girememişlerdi. Deprem tam da bir iç isyan olduğu sırada meydana gelmişti. Tabii, halk için de bir fırsattı bu. Bunu şuradan anlıyoruz: Depremden sonra 6. Troya eski görkemine kavuşamadı. Aynı kültür devam etti, ta ki deniz halklarının istilasına kadar.

Diğer bir husus da şu: Amasyalı coğrafyacı Strabon *Geographica* adlı eserinde Philadelphia, Philomelion (Akşehir), Apameia (Dinar) gibi kentlerin sık sık depremlere uğradıklarını ve halkın da bilinçli olarak evlerini depreme dayanıklı yaptığını kaydediyor, ama bunun nasıl yapıldığını açıklamıyor. Herhalde çok ilkel bir yöntemle duvarları kalınlaştırıyor, kapı pencere boşluklarını küçültüyorlardı. Bir de insanlar içgüdüsel olarak, belki biraz da mantık yürüterek ahşap yapıların depremde çok sallanmakla beraber hiç olmazsa göçmediğini ayırt ettiklerinden, özellikle 1766 İstanbul depreminden sonra kâgir binaların yerini ahşap binalar aldı, ki bir daha böyle bir deprem olursa bu derece büyük bir felaket yaşanmasın.

Depremler hakkında boş inançlar ve insanların tarih boyu bilinçli mücadelesinden bahsettik, ama boş inançlar sadece eski çağlarda kalmıyor maalesef, bugün de var. Özellikle depremi UFO'lara bağlayanlara ve gökyüzünde birtakım parıltılar gördüklerini iddia edenlere tanık oluyoruz. Halbuki UFO denen şeyler kırılma sırasında yeraltından fırlayan alev almış radon veya metan gazlarıdır. Deprem öncesi ufukta bir ışık görüldüğü doğrudur; bunun kaynağı da yerden çıkan elektrik akımıdır. Depremi iklimlere bağlamak da tamamen yanlıştır; zira temel neden yerin iç dinamikleridir ve deprem her mevsim olabilir.

Geçen yüzyılda başlayan önemli bir çelişkidir de bahsetmek istiyorum. İnşaat mühendisleri ile mimarlar arasında eskiden bir çelişki yoktu; çünkü geçen

yüzyılın neredeyse ilk çeyreğine, hatta yarısına kadar çoklukla inşaat mühendisleriyle mimarlar aynı kimselerdi. Bir yapı söz konusu olduğunda "Bu yapının mimarı kim?" deniyordu. Mimar dediğimiz kimse aynı zamanda yapının mühendisiydi. Örneğin Mimar Sinan'ın eserleri –o zaman diferansiyel denklemler bilinmiyordu; deneme yanılma metodu veya birtakım ampirik hesaplar sonucu yapılmış olabilirler– kubbe ve kemer gibi öğelerinde kullanılan tekniklerle mühendislik mantığına son derece uygun yapıları. Daha da evvelinde Tralesli Antemius, İzidoros gibi mimarlar aynı zamanda mühendisti; çünkü binanın fonksiyonu, estetiğini kadar sağlamlığını da düşünürlerdi. Deprem mühendisliği de mimarlarla mühendisler arasında çok bilinen bir konu değildi.

İlk defa Prof. Muto'nun kayınpederi Sano şöyle bir öneride bulunmuştu: Binalara ağırlığın yüzde 5'i kadar bir yatay yük katsayısı verelim. Ancak bu öneri kimse tarafından ciddiye alınmamıştı. Japonlar da o sıralarda çok büyük bir yangıya düşerek 1868 Meiji reformlarından sonra Batılılara özendiler; kendi geleneksel ahşap yapı tiplerini terk edip güya modernlik adına Tokyo'yu kâgır binalarla doldurdular ve Sano'nun bu teklifine biraz alay ederek baktılar; fakat Sano bunları dikkate almadı ve kendi hesapladığı binalarda yüzde 5 yatay yük katsayısını uyguladı. Bugünkü yönetmelikleri incerseniz, yatay yük katsayısının yüzde 25'lere, 30'lara kadar çıkabildiğini görürsünüz. Kanto depremi olduğunda tabii kâgır binalar yerle bir oldu, ahşap binalar daha az hasar gördü. Prof. Sano'nun hesapladığı binalar da mutlaka hasar görmüştür, ama son derece iyi ve verimli bir sonuç alındı.

Deprem hesabında risk faktörünün artması veya azalması söz konusudur; yüzde yüz güvenilirlikten söz edemeyiz. Depremden sonra Japonlar uyanıp bir yönetmelik çıkardılar ve Sano'nun yüzde 5 önerisinden yola çıkarak yüzde 10 gibi bir oranı esas almaya karar verdiler. O zamana kadar bir kuvvetli hareket kaydı, deprem kayıtları üzerinden bir hesapla analiz yapmak söz konusu değildi. Katsayı ezbere verilmişti. Bir de ünlü mimar Frank Lloyd Wright vardı; Wright'ın Tokyo'da yaptığı bir otel yıkılmamıştı.

O zamana kadar tarihte mimarlarla mühendisler aynı kimselerken, bugün öyle değil. Yine de uzun bir süre, İTÜ mezunu mimarlara, "mimar mühendis" denmeye devam edildi; çünkü o zaman, okul yüksek mühendis mektebi olduğu dönemde, bina projesi oradan mezun mimarlar tarafından yapılıyordu. İnşaat fakültesinde okutulanlar baraj, yol, köprü gibi konularla uğraşırken, bina mühendisliği mezun mimarların elindeydi. 1942 üniversite reformundan sonra durum değişti.

Türkiye'de deprem mühendisliği yine de henüz fazla bilinmiyor. Belki çoğunuz hatırlarsınız; eski yönetmeliklerde sadece belli bir yatay yük katsayısı verilirdi, konstrüktif esasları üzerinde pek durulmazdı. Halbuki hesap kadar konstrüktif esasların da önemi vardır. Mimarlıkla inşaat mühendisliği birbirinden ayrılmış bile olsa, o zamanki mimarlar pratik olarak mühendislerin ne istediğini az çok bilebiliyordu. Bir kolonun, bir kirişin ne kadar yük taşıyabileceği gibi sorular artık statik projelerden görülerek az çok kanıksanmıştı ve fazla sorun çıkmıyordu.

Deprem mühendisliği de gelişip neredeyse inşaat mühendisliği içinde özel

bir dal haline gelince durum farklılaştı. Deprem mühendisliğinin klasik inşaat mühendisliğinden ayrılan taraflarından söz edeyim: Biz klasik olarak sadece yönetmelikte verilen yatay yük katsayısını koyup hesabını yapmakla, şiddetli bir rüzgârla depremin bir arada gelmediğini düşünüp bunlardan gayri müsait olanını almakla yetiniyorduk. Normal yüklere göre de zaten belli bir emniyet katsayısı alınıyor, bina tamamen lineer elastik olarak dayanıyordu. Ama olayı deprem mühendisliği açısından düşünmeye başladığımız zaman çok farklı bir durum karşımıza çıktı.

Biz binayı belli bir limite kadar ancak lineer elastik olarak hesaplıyoruz. Bina diyelim ki şiddeti 6 veya 5 olan bir depreme –ki bunlar bir bina ömrü içerisinde çok kere meydana gelir– elastik olarak hiç hasar görmeden dayansın, daha büyük depremlerde de varsın hasar görsün, ama sadece içinde oturanın üzerine yıkılmasın. Bu olay nasıl olacak? Emniyet gerilmesi aşılmış, hatta mukavemeti de aşılmış çok yerde bu binayı araştıralım.

Depreme karşı hesap yapılırken bina bir yay, bir kütle ve bir söndürücüden ibaret bir sistem olarak modellenir veya serbestlik derecesiyle yaylar, söndürücüler ve kütleler sistemi olarak değerlendirilir; biz bunu o şekilde modelendiriyoruz. O zaman  $x_g$  ile işaretlediğimiz birim, zamanın fonksiyon olarak, dinamik olarak değişen zemin ivmesidir. Formülde gördüğümüz  $Cx_T'$ 'de  $x_T$  rölatif hız demektir, C yay katsayısıdır,  $x_T$  de rölatif deplasman demektir. Binanın kütlelerini zemin ivmesiyle rölatif ivmenin cebirlik toplamı etkileyecektir. Tabii ki bunlar salınım halinde değişir. Maksimumu  $x_a$  ile bunun maksimumu yerçekimi ivmesine bölersek ( $x_a$  dediğimiz bunların toplamı, yani mutlak ivmedir),  $C_0$  bu yönetmeliklerdeki ve yatay yük katsayısı meydana çıkacaktır. İlk defa bu yönetmelikte idealize edilmiş bir ivme spektrumu eğrisi çıkar. İvme spektrumu, zemin ivmesinin spektrum katsayısı, davranış ivmesi de dediğimiz depremin zemin ivmesine oranıdır. İdealize edilmiş spektrumdaki katsayı 2,5'tir. Yönetmeliğimize göre 400 gal ( $cm/sn^2$ ) efektif ivme veren bir depreme karşı birinci derece deprem bölgesinde hesap yapacağız. Onu da idealize spektrum eğrisinden spektrum katsayısıyla çarpıyoruz, ki düz olduğu yerde bu katsayı 2,5'tir. 2,5 ile 400 gal'i çarpığımızda 1000 gal eder; aşağı yukarı yerçekimi ivmesi kadar bir deprem davranış ivmesi verir.

Olay az önce bahsettiğim sebepten kaynaklanır; biz diyoruz ki, bina çok büyük depremlerde varsın hasar görsün, hatta yer yer mekanizma haline bile gelsin, fakat hiç olmazsa içinde oturanların üzerine yıkılmasın. Böyle bir gücü nasıl sağlayacağız? Öyle bir sistem vardır ki, örneğin birtakım hesaplar yapmış, yüzde 20 yatay yük katsayısı vermişiz. Bu durumda eğer plastik deformasyon yapma kabiliyeti fazla değilse bina yüzde 20'lik bir yatay yük katsayısında yıkılacaktır; yüzde 20'yi 2,5'e böldüğümüzde, 80 gal'lik bir depremde tamamen yıkılacağını görürüz. Halbuki biz yeni bir kavram ortaya atmak zorundayız. Literatürde genellikle "düktilite" olarak geçen, Türkçe karşılığı "süneklik" olan olayla biz binayı depreme karşı getirmeye uğraşırız.

Bir binanın depreme dayanabilmesi için üç ayrı parametre vardır. Bunlardan birincisi dayanım, ikincisi süneklik, üçüncüsü de rijitliktir. Rijitlikle dayanımı



birbirine karıştırmamak gerekir, çünkü rijit bir bina bazen dayanımı zayıf bir bina da olabilmektedir.

Binanın sünekliği nedir? Malzeme dersleri okudunuz belki; çoğunuz sünek malzemeyi, gevrek malzemeyi bilirsiniz. Buradaki birinci şekilde gördüğünüz yatay doğruyu kırılma durumu, ilk lineer doğruyu kestiği yeri de elastik sınır kabul edelim. İkisinin oranına süneklik oranı, kopma uzamasının elastik sınırına oranına ise yapının düktilitesi diyoruz. Malzemede bu durum gerilme ve şekil değiştirme olarak belirlenir; fakat burada da kuvvet ve yer değiştirme, kuvvet ve deplasman olarak ortaya çıkar.

Genelde düktil bir malzemeden yapılan yapı da düktil olur; işin en kolayına kaçarsak, en amiyane mantıkla düşüneceğimiz şey budur, ama betonarme binada ne olacak? Hatta betonarme binada belki kesit düktilitesini kullanabiliriz. Bildiğiniz gibi, çelik sünek bir malzemedir, beton ise gevrek bir malzeme. O zaman bu gevrek malzemeyle nasıl çalışacak? Betondan olan gevrek kırılma, hiç de istenmeyen bir kırılma başlangıcı olacaktır. Kırılmanın çelikten başlamasını istiyoruz ki, hiç olmazsa sünek bir kırılma olsun; kesit büsbütün tahrip olacağına hiç olmazsa çeliğin akma limitinin müsaade ettiği kadar momenti alabilsin, ondan sonra tam sıfır mafsalsal haline dönüşeceğine aynı momentle plastik mafsalsal şeklinde kırılın: Bu kesitin düktilitesi için birinci şart. Demek ki, kesitte kırılma sırasını başlatırken çeliği birinci sıraya alıyoruz. Diğer tarafta bu da sünek yapıyla kırılma yapı arasında gerçek bir yapıdaki oranı veriyor.

Şu an görmüş olduğunuz, kırılma bir sistemin gerilme deformasyonu diyagramıdır; bir sonraki ise sünek bir sistemin kuvvet deplasman diyagramıdır. Kesitin düktilitesini anladık; betonarme bir kesit olacaksa kırılmaya çelikten başlamasının çok önemli olduğunu, betondan başlarsa gevrek bir kırılma olacağını söyledik. Peki, sistem nasıl düktil bir sistem olacak? Diyoruz ki, biz burada bir binayı yerleştirdik. Evet, kesit kırılması bu. Üçüncü tip bir kırılma, kayma kırılması da gevrek kırılmaya misaldir. Kayma kırılmasının da olmasını istemediğimiz için, kayma gerilmesinden kırılmayı mümkün mertebe geciktirmek üzere etriye sıklaştırması denen olayı mesnetlerde yapıyoruz. Tabii, bu daha çok statik proje müellifini ilgilendiren bir konudur; ama siz de eğer şantiyeci olmak durumuna katlanmak zorunda kalırsanız, ustaların üşenip de etriyeleri seyrek koymasına sakın müsaade etmeyin, başka konularda hoşgörülü davranırsanız bile bu konuda kesinlikle hoşgörülü davranmayın.

Binanın düktilitesinin bağlı olduğu başka parametreler de vardır. Kırılma tamam, çelikten çekmeden başladık, ama bunun binanın sistemiyle ilgisi nedir? Klasik inşaat mühendisliği projelerinde zaten emniyet katsayısını almışız, kırılma olacaksa hepsi birden varsın kırılın diyoruz, nasıl olsa emniyetli; fakat depremde mantık bu değil; elemanların da kırılma sırası önemli. Hangi elemandan kırılmaya başlasın? Sizce hangi elemandan kırılmaya başlaması iyidir? Döşeme veya giriş gibi yatay elemanlardan başlaması iyi değil mi?

Eskiden yapılan hatalardan biri şuydu: Bilgisayarlar bu kadar gelişmezden evvel portal metodu gibi, moment kırılma noktasını tam ortada aldığımız kolonlar

giriyordu devreye, hatta kalınlık oranı ne olursa olsun hep bu şekilde alınıyordu. Bunun için de narin kolon ve kalın kiriş yapılıyordu. Aşağı yukarı 1960'ların sonlarına kadar bu sistem böyle devam etti. Ama bu durumda kırılma kolon başlarından başlıyor. Kafanızda sistemi canlandırın; mafsallaşma sonucu birinci kat tamamen bir mekanizma haline geldi. Halbuki oradan başlamayıp girişin başından ve üst taraflara devam edelim; kırılma girişten başlarsa düşey kolonlar kuvvetli olduğu için bina daha uzun süre ayakta kalır; dolayısıyla bu, mekanizma-laşmayı geciktiren bir durumdur. Kuvvetli kolon veya zayıf giriş tabirleri kullanılır, ama ben "yeterli giriş" demeyi tercih ederim, çünkü "zayıf" tabiri abartılıdır. Hiç olmazsa elastik moment yükünü de taşıyacak nitelikte olmalıdır. Eski yönetmeliklerde yoktu, ama şimdiki yönetmelikte bir düğüm noktasında çepeçevre aldığımız zaman kolonların moment kapasitesinin toplamının, girişlerin moment kapasitesinin toplamının 1,25 katı kadar olması gerektiği belirtiliyor. Bu 1,25'in ne derece yeterli olduğu da tartışma konusuysa da bunu esas almak ezbere iş yapmaktan daha iyidir. Tabii, biz bunu da bir uygun çözüm olarak ortaya koyduk.

Burada bir konuya daha değineceğim. Mimari projelerde biraz da eskiden kalma bir alışkanlıkla genelde kolonların ve girişlerin hiç görülmeyip tamamen yapının içinin kutu gibi olmasını isteme temayülüne, bir de aşırı derecede konsol yapma merakına rastlanıyor. Konsol olayını isterseniz inceleyelim. Düktilite faktörünün bağlı olduğu şeylerden biri de hiperstatiklik derecesinin fazla olmasıdır. Sistem ne kadar hiperstatikse o kadar daha düktil demektir; tabii, hepsi birden kırılmadığı takdirde... Biz burada kesinlikle hepsinin birden kırılmış olmasını istemiyoruz.

Konsol tamamen izostatik bir sistemdir, bir kere mafsallaştığında onu tutan herhangi bir şey yoktur. Moda deyimle "yük aktarımı" dediğimiz olay konsollarda hiçbir zaman olmaz. Onun için, bu sistemi de bu şekilde seçmemiz lazım. Burada esas olarak mümkün merteye konsol yapmaktan kaçınıyor, ayrıca düktiliteyi artırmak için etirye sıklaştırmasını da yapıyoruz. Boyuna demirler neyi taşırsa taşırsın, hesaba göre kayma kuvvetini alıyor; ama kayma kırılmasının da mümkün merteye çekme kırılmasından çok çok sonra olmasında sistem açısından fayda var.

### **mücella yapıcı**

Depremden bu yana gerçekten yapılmaması gereken şeyler tartışılıyor, ama konsolu yapacağız siz ne kadar yapmayın deseniz de... Konsolu yaparken dikkat edilecek unsurlar nelerdir? Bir konsolu yaptığınızda o konsol nasıl bu düktil sisteme dahil edilir? Yoksa böyle bir imkân yok mudur mühendislikte, ki var olduğunu biliyoruz.

### **esat yarar**

Evet, var; ama pek bilinçli olarak uygulanmadığını da açıkça söyleyeyim, çünkü şimdiye kadar deprem hesabı yapanlar sadece depremin yatay bileşeni varmış gibi düşünürler. Biliyorsunuz, konsola negatif moment gelir; üst kısmına çekme, alt kısmına basınç gelmesi gerekir. Fakat Silivri'deki bir binada konsolda çekme çatlağı gördüm. Bu, depremin davranış ivmesinin yerçekimi ivmesinden düşey

istikamette fazla olduğunu gösteriyor. Bunun için ne yapmak lazım? Sadece klasik yöntemleri uygulayıp yatay yük katsayısını vermek yetmez; çünkü konsollar yatay yükten dolayı moment almaz, ama depremin düşey bileşeni de vardır. Yaklaşık olarak efektif ivmenin üçte bir kadar bir düşey bileşeni olduğunu –mesela yatay ivme için 300 gal dediysek, 100 gal’lik de bir düşey ivme alacağız– varsayıp ona göre hesap yapacağız. Burada düktilite faktörü 1’dir; mafsallaşınca konsol gitti demektir.

### **mücella yapıcı**

Konsolun bu davranışını bilmemiz gerekir.

### **esat yarar**

Evet, bilinmesi gerekir. Serbest piyasa ekonomisinin bir sonucu olarak piyasa yüzde 90 ezbercilerin elinde olduğu için, maalesef binalarda proje yapılırken depremin nasıl olsa etkisi olmayacağı düşünülerek konsol es geçilir; fakat birçok binada konsolların kanat gibi çöktüğünü görürsünüz. Bu hususlar göz önüne alınmalı. Mühendislikte bunun çaresi var, yok değil, ama mümkün meritebe kaçınmakta fayda var.

### **ali kara**

Benim uygulamacılığım da çoktur. Genelde bu mafsallaşan konsolların hepsinde kesinlikle işçilik hatası vardır; demirler üstte değil, beton dökülürken alta ezilmiştir.

### **esat yarar**

Bunlar istisnadır.

### **ali kara**

Ama çerçeve sistemde konsolun yükünün kirişin kendi yükünü, içerideki yükünü de hafiflettiği söyleniyor; bu açıdan daha da mantıklı değil mi?

### **esat yarar**

Değil, çünkü deprem yükü her yönden gelir. Bazı yerlerde artırır, bazı yerlerde azaltır. Ayrıca konsola az önce söylediğim gibi depremin düşey bileşeninden dolayı da yük gelir. Bunlar göz önüne alınarak konsol hesaplanır. Tabii hiç yapmamak olmaz, “Hiç yapmayın” değil, “Mümkün meritebe kaçının” diyorum. Sizin dediğiniz çok istisnai bir durum. Gerçi birliktelik yaptığımız bir olayda, çizilen resmin bile yanlış yorumlandığını gördük. Mühendislerimizin bazen resimleri bile kontrol etmediği gerçektir. Alta çizmişlerdi pilye kıvrırarak; hakikaten negatif moment bölgesinde alta demir olan konsollar da gördük. Bunlar istisnadır, ama dediğim gibi konsolun hesabı pek yapılmaz.

Biz burada ana sistemde düşey elemanların daha dayanıklı ve yatay elemanların sadece yeterli olmasından söz ettik. Bir yapı, hiperstatiklik derecesi ne kadar fazla

olursa o kadar sünek olur. Kırılmanın da basınç veya kayma kırılması olmayıp, çekme kırılması olmasını isteriz. Peki, çelik binalarda ne yapmalı? Çelik kendisi sünek bir malzemedir; öyleyse çelik yapı da sünek bir yapıdır demekle olmuyor. Çelikte de mesela bir kaynak hesabı veya perçin-bulon hesabı yapıyorsunuz. Kırılmanın çelik gövdesinden olmasına dikkat edeceksiniz burada da; bağlantılar sağlam olmalı. Eğer bağlantılar çeliğin gövdesinden önce koparsa gevrek bir kırılma olacaktır; çünkü kaynak gevrek bir malzemedir. Özellikle bunu da kontrol etmek gerekir.

Diğer taraftan, mühendislik yapısı değil diye es geçtiğimiz yığma binalara gelinebilir. Yığma binalarda bir hesap esasının da olması gerekir. Bunlarda düktilite faktörü düşüktür. Yönetmelikte sanıyorum düktilite faktörü de spektrum katsayısı da 2,5 alınır. Bölge katsayısıyla karşılaştırılarak bunun hesabı da yapılabilir, ama piyasada bunu yapan pek yoktur. Eski yönetmelikte, yenisinde bulunmayan şöyle bir şey vardı: Aksi kanıtlanmadıkça kapı pencere boşluklarının, duvar kalınlıklarının ne olması gerektiği belirtiliyordu, ama bir açık kapı da vardı. Yeni yönetmelik bunu pek vermeyip konsrükatif esaslara katı bir şekilde uyulmasını söylüyor ve tabii ki taş yığma binalar için ayrı, kerpiç binalar için ayrı bir kat sınırlaması getiriyor; ama bunun hesabı yapılmaz diye bir şey de yok. Siz siz olun, gene de yönetmeliğe uymaya bakın.

Burada biraz deprem yönetmeliğinden bahsedelim ve son yönetmelikle eski yönetmeliklerin biraz da kıyaslamasını yapalım. Yatay yük katsayısı eski yönetmeliklerde her bölge için doğrudan doğruya veriliyordu, şimdi ise öyle değil. Bir düktilite faktörü, yüzde 5 kritik sönme oranı için idealize edilmiş bir spektrum eğrisi, ardından da düktilitesi artırılmış ve artırılmamış sistemler olmak üzere ikiye ayırmak suretiyle veriliyor.

Düktilite faktörüyle düktilite aynı şey değildir. Yatay yük katsayısını nasıl azaltacağız? Düktilite faktörü nedir? Burada kuvvet deplasman diyagramını görüyorsunuz. Bina yatay yük katsayısının 0,1 olduğunu, bundan daha büyük bir kuvvet almadığını söylüyoruz. Tam kırılma durumunun buna oranına düktilite diyoruz. Şunun da bu deplasmanın oranına düktilite faktörü diyoruz.  $C_0$  şu, şu sayı 2/-1 burada düktilite faktörü oluyor, ama nasıl oluyor? Bir de şöyle bir kabul var: Burada bu kabulde düktiliteyle düktilite faktörü birbirine eşit dikkat ederseniz, üçgenlerin oranlamasından bu anlaşılıyor. Bu sav, aynı enerji alanını mesela, şunun belli bir alanı var, şu ilk tamamen elastik sınırdan çizdiğim... Yük alma kapasitesi neyse şu alana eşit böyle bir alan olacak şekilde bir varsayım, Neumark tarafından ortaya atıldı (Şekil II-A). Bunu sağlıyorsa bina ayakta durur, sağlamıyorsa durmaz. Tabii, bu da bir yaklaşımdır; şurada doğrudan doğruya düktilite ile düktilite faktörü birbirinin aynısıdır (Şekil II-B). Tabii, depreme karşı bir binayı analiz ettiğiniz zaman bunların hiçbiri tam doğru değildir; çünkü eğer binanın gerçek düktilitesi örneğin şurada şu kadarsa bina yıkılmaz, ama bundan daha azsa yıkılır. Böyle bir varsayımdan gidiyoruz. Yüksek yapılarda, periyodu vasat bir zeminde olmuş, depremlerde periyodu 0,6 saniyeden büyük olan binalarda bu oldukça iyi sonuç veriyor. Bu da 0,2 ile 0,6 saniye arasında iyi bir yaklaşım oluyor; ama baştan söylediğim gibi, bunların hiçbiri doğru değil, çünkü bu faktör düktilite talebi aynı zamanda binanın sönümüne de bağlıdır. Binanın kritik sönüm oranı düşükse, kritik sönüm oranı şuna diyoruz (Şekil-I). Bu

PANEL  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ

boyutsuz bir sayıdır; omega W sönümsüz açısal frekans, C burada söndürücü katsayı, sönüm katsayısı, M de binanın kütesidir. Düktilite talebi, kritik sönüm oranı fazlaysa düşer, azsa artar. Bunların hepsi adım adım analiz edilirse bir fikir verir. Kritik sönüm oranı boyutsuz bir sayıdır; şu kuvvet/hız olan bir sayı, şu da hız, zaten bunların hepsi kuvvet cinsinden verilmişler. Aşağıda her tarafı kütleyle bölersek, burası da ivme, burada bir yerde zorlanmış titreşim denklemini karşımıza çıkarıyor. Bu kritik sönüm oranına da geniş ölçüde bağlı bir olay.

Sistemin düktilitesi hakkında bir fikir sahibi olduk. Binayı düktil yapmak için hiperstatiklik derecesini artırıyoruz ve kırılma sırasına da çok dikkat ediyoruz. Basınç veya kayma kırılması olmasını istemiyoruz. Çelik yapılarda da istediğimiz, bağlantı noktalarının sağlam olmasıdır.

Eski ve yeni yönetmeliklerin tarihlerine göre sıralanması, yönetmelik tekniğinin gelişmesi hakkında bir fikir verecektir. 1961 yönetmeliğinde birinci derece deprem bölgesinde yüzde 6 bir yatay yük katsayısı söz konusudur, 1968 yönetmeliğinde keza öyle. Bu oran 1975 yönetmeliğinde yüzde 10'a çıktı ve bir yığın da kazan kalktı tabii bu arada, binaların pahalı olduğu gerekçesiyle. 1997 yönetmeliği, birtakım tadilatlarla 1998'e devrildi. 2007 yönetmeliğinde de esasında değişen bir şey yok. Çünkü orada sadece bir onarım güçlendirme projesi esas olarak... Neden 0,125'le 0,25 arasında oldu? Düktilite faktörü 8 olması halinde bu, düktilite faktörü 4 olması halinde de bu, onlar düktilite faktörlerinin alt ve üst sınırı olarak değişiyor. Tabii, yatay yük katsayısını belirlerken burada doğrudan doğruya yatay yük katsayısını vermiyor, ona karşılık yüzde 5 sönümlü sistem için idealize edilmiş bir spektrum eğrisi veriyor. Proje müellifini daha aktif olarak işin içine sokma amacını burada güdüyor. Diğer taraftan, en küçük kolon boyutu 1961'de 24x24'tü, daha sonra 25x25 oldu, 1968-1975 arasında pek bir fark yoktu, 1998'de de 25x30'a çıktı. En küçük demir etriye çapı buydu. 1961 ile 1968'te her şey motamot aynı gibi görünüyorsa da arada bir fark daha vardı. 1961 yönetmeliğinde gelen yatay yükler dikdörtgen olarak bütün katlar boyunca homojen olarak dağılıyordu; binanın ağırlığı yatay yük katsayısıyla çarpılıyor, her kata dikdörtgen şeklinde dağıtılıyordu. Halbuki 1968 yönetmeliğinde üçgen şeklinde bir dağılıma vardı. 1961 yönetmeliğinde evvela burada kullanılacak minimum etriye çapları veriliyordu, ki bu, esas çok da ilgilendirmiyordu. Yine bu yönetmelikte kolon ve kiriş uçlarında etriye sıklaştırması bile yoktu örneğin, halbuki diğerlerinde buna yer verildi, hatta son yönetmelikte normal etriye aralığı bile iyice sıklaştırıldı.

Biraz da yapı önem katsayısı üzerinde durmak istiyorum. Yapı önem katsayısı subjektif bir kavram; neye göre önemli, neye göre değil? Genelde "önemli yapı" derken depremden sonra kullanılabilir olması istenen yapılar ile insanların topluca kullandığı yapılar çıkıyor karşımıza. Örneğin hastane, postane gibi yapılar depremden sonra hemen kullanılmak istenir; buna göre de bir önem katsayısı olması gerekir.

Gelelim en az kolon, demir alanına... Bu minimum oranlar, betonarmeyle demirin farklı çalışmaması için malzemenin homojenliğini korumayı amaçlar; ama bu konuda çok yanlış yorumlarla da karşılaşılır. Galiba son yönetmelikte demir

oranı için bir üst limit koyulmuş; diğer yönetmeliklerde ise böyle bir madde yok. Eğer demir için bir üst limit belirtilmemişse ve örneğin proje müellifi belli bir kolon kalınlığı veya kiriş için hesabını yaptığında o kolon momenti taşıyorsa ne yapacak? Tutup baştan mı hesaplayacak? Demiri doldurup momenti onunla almasını sağlayacak. Demiri doldurunca betonun işlenebilme özelliği geniş ölçüde kayboluyor, bir de aşırı yükleme halinde kırılmanın betondan olması sağlanıyor. Size bahsettiğim çok önemli bir husus da buydu: Betonun işlenebilme özelliğini sağlayabildik diyelim, katkı maddeleri koyduk, sıvılaştırdık; ama diğerini hiçbir zaman engelleyemiyoruz, kırılma gevrek bir kırılma oluyor. Erzincan'da Devlet Hastanesi böyle yapıldı; incecik bir kolon, fakat demirleri doldurmuşlar; hırsızlık olup olmadığını bilemem, ama bariz bir proje hatasıydı. Göz göre göre ince kolona çok demir doldurmaktan, gevrek kırılma dolayısıyla hastane yıkıldı. O zaman yapı hakikaten verdiğiniz yatay yük katsayısı kadar bir davranış ivmesini kaldıracak ki, o da çok orta, hatta hafif bir depremdir; yani böyle bir bina orta veya hafif bir depremden yıkılacak demektir.

Düğüm noktalarında kirişlerin toplam moment taşıma kapasitesinden büyük olması gerektiği, 1998 yönetmeliğinde bariz olarak dile getirilir. En küçük kiriş boyutu sınırlaması 1961 yönetmeliğinde yoktur. Eski binalardan hatırlarız, 15' cm genişliğinde kirişler vardı. En büyük kiriş boyutu sınırlandırabilme, asmolen döşeme sistemlerindedir. 1967 Adapazarı depreminden sonra yayınlanan 1968 yönetmeliğinde asmolen başlangıçta hepten yasaklanmıştı. Aslında uygun bir hesapla bu sistemin sakıncası giderilebilir. Asmolenin kenar kirişi zayıf kiriştir; rijitliği fazla değildir. Eskiden kolonlarda momenti tam ortaya alacak şekilde ezberle yapılan uygulamalarda, asmolen daha fazla zarar veriyor, hesaptaki momentin belki iki misli kadar bir moment geliyordu. Eski Muto tablolarını inceleyenler çok iyi bilir. Ama bu, asmolen döşemeyi yasaklamak için bir sebep değildir. Başta söylediğimiz gibi, modern binalarda düşey elemanların daha rijit, daha kuvvetli olması gerekir. Büyük depremlerde varsın asmolenin kenar kirişi mafsallaşsın; momenti nasıl olsa düşey elemanlar alacaktır. Düşey elemanlardan fedakârlık etmemek, hatta asmolen döşeme olduğu zaman bir miktar daha emniyete kaçıp tamamen konsol gibi hesaplayarak asmolenin sakıncalarını gidermek mümkündür; asmolen yapmamak diye katı bir kural olmamalıdır. Ama söylediğim gibi, eski ince kolonlarla asmolen yapıldığında çok büyük tehlike oluşmaktadır.

#### **mehmet emin çevik**

Asmolenle ilgili bir soru yöneltmek istiyorum. Asmolen elemanların, asmolen kirişlerin kendi içerisinde plağı ihtiyacıdan daha fazla rijitleştirdiğini düşünürsek, düşeyler ne kadar kuvvetli olursa olsun aradaki korelasyonu bozacak bir rijitlik yapının stabilitesi yönünden sakınca teşkil etmiyor mu? Yanlış düşünmüyorsam, asmolen kirişleriyle oluşmuş plak hayli rijit, sağlam, kırılması oldukça güç bir eleman haline geliyor.

#### **esat yarar**

Çok sağlam değildir, çünkü faydalı yüksekliği azdır. Ayrıca asmolenlerde genelde kenarda yassı kiriş yapıyorlar. Halbuki altına üstüne duvar gelecekse yassı kiriş değil de normal kiriş yapmayı, hatta ters kiriş yapmayı önerebiliriz; fakat

PANEL  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ

üstüne duvar gelmeyecekse mecburen yassı kiriş yapılacak. Bir de asmolenlerde nervürlere demiri çok doldurmaktansa boyunu yükseltmekte fayda vardır. Depremde kenar kirişin yassı kirişi olması halinde moment kapasitesi azalır; çünkü iki metre genişliğinde bir kiriş olduğunu varsayarsak, bu iki metrenin ne kadarının çalışacağını bir hesaplamak gerekir. Hepsi birden çalışmaz ve gerilmeler orta kısmına doğru yığılır. Kırılma yalnız asmolenin ana kirişinden, yassı kirişinden başlar. Aşırı yükleme halinde pek kaçındığımız bir durum değildir bu; ama düşey elemanları çok güçlü yapmak gerek.

**mehmet emin çevik**

Ben bu konuda bir korelasyon sıkıntısına düştim.

**esat yarar**

Düşey elemanı tamamen konsol gibi de hesaplayabilirsiniz; çünkü yassı kiriş olduğu için momentini azaltma kapasitesi azdır, ama tabii uygun bir hesapla. Bir de, asmolendeki blokların insanların üzerine düşmesini bir sakınca olarak dikkate alabilirsiniz.

**mehmet emin çevik**

Böyle bir sakınca varsaymıyoruz; asmolen başlangıçta zaten hafif plak elde etme adına başvurulmuş bir uygulamaydı.

**esat yarar**

Asmolenin izolasyon için faydalı olduğu söyleniyorsa da, Türkiye’de şartlarında bunun ne kadar sağlanabildiğini bilmiyorum.

**mehmet emin çevik**

Döşeme ve çatı plağının dışında, sadece ses izolasyonunda ve tesisat gizlemede kısmi faydaları oluyor. Bunun dışında da pek bir faydası yok esasında. Ama prensip şemalarındaki ilkeleri aşırıp aşmadığını merak ediyorum.

**esat yarar**

Kolonları kuvvetli yaptığımız takdirde o sakınca kalkacak.

**mehmet emin çevik**

O zaman kolonlar abartıyor mu? Kolona yansıyan bir faktör oluşuyor mu?

**esat yarar**

Biz şimdiye kadar hep çerçevesi sistemlerden bahsettik.

**mehmet emin çevik**

Hurdi olan sistemler de var tabii.

**esat yarar**

Hurdi tek yönde çalışan döşeme ve bizi pek fazla ilgilendirmiyor; ama hiç yapılmaması ve mümkün mertebe kaçınılması gereken durumları anlattığımda konunun biraz daha açıklığa kavuşacağını sanıyorum.

**mehmet emin çevik**

Teşekkür ederim.

**esat yarar**

Örneğin burada kuvvetli kiriş zayıf kolon olayını görüyorsunuz. Size kırılma biçimlerinden bahsedeyim. Kırılma kolondan başlamış; tabii bu şekilde bir kırılmanın başka sebepleri de var. Bu düpedüz bir eğilme kırılması, fakat kayma gerilmesinden dolayı bir çatlak oluşmuş. Üst tarafın demirleri belki işlenemeyecek kadar doldurulduğundan ve alt kolondaki demirler de yetersiz olduğundan, burada bir kopma söz konusu. Etriye seyrek gibi görünüyor, çünkü kayma kırılması da mevcut. Burada hâkim sebep, yumuşak kat dediğimiz olay. Bunun neden böyle olduğundan biraz sonra söz edeceğim. Burada da kolonun kırılması ve tamamen stabilizeyi kaybetmesi söz konusu. Olasılıkla betonla çelik iyi bir aderans da yapmamış; aderans gerilmesinin aşılmış bir hali var, yoksa biraz daha ezilerek kırılırdı. Sonradan sıvanmış olduğunu sandığım kısımda da tipik bir kayma kırılması görülüyor. Aslında 45 derecelik kırılmalar kesme kuvvetinden oluşan kırılmalardır. Buradaki yumuşak kat olayının ne olduğunu da bilahare açıklayacağım.

Kolonların üst tarafları tamamen basınç kırılmasına uğramış; burada da keza kuvvetli kiriş-zayıf kolon var. Üst katları görmediğimiz için yumuşak kat konusunda herhangi bir yorumda bulunamıyoruz. Momentin alt tarafa gelmesi, kırılmanın normalde alt taraftan başlaması lazımdı; üst taraftan başlaması, temelde yeteri kadar ankastrelik sağlanmadığını düşündürüyor. Temel mafsala yakın bir davranış göstermiş; momenti olduğu gibi yukarı aktarmış. Bu şekilde bir kırılma olmuş olması daha muhtemel; çünkü hesapladığımız zaman eğer ankastre oturuyorsa daima kolon altına daha çok moment gelir, burada ise tersi bir durum söz konusu. Demek ki mafsallaşma, mesnette dönme var.

**mücella yapıcı**

Kirişlerin hepsinde çekme kırılması var.

**esat yarar**

Çekme değil, bakın, burada başka bir sakıncalı durum daha var. Saplama kiriş mümkün mertebe kaçınılması gereken bir uygulamadır. Burada da hem eğilme hem kayma kırılması var. Dikkat edin, 45 derece olduğuna göre kayma söz konusu. Peki, ben size sorabilir miyim? Neden daha çok moment gelen dibinde değil de burada var kırılma? Bunun bir sebebi olmalı.

Etriye büyük olasılıkla bir metre aralıkla konmuştur. Kayma kırılmasını unutun,



PANEL  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ

size biraz daha ipucu vereyim. Eğilme kırılmasını düşünün, niye oldu? Kayma kırılması her an her yerde beklenen bir şeydir, çünkü etriye doğru düzgün konulmuyor.

Saplama kirişler eğer ortasına geliyorsa fazla sakınca yokmuş gibi gözükür. Burulma momentini pek hesaba katmayız; fakat bu saplamalar mesnete yakın bir saplama olursa çok tehlikelidir, o zaman burulma şu kirişte olurdu, çünkü o kirişin burulmayı alması gerekir. Biliyorsunuz üst demirler negatif moment bölgesi, alt demirler de pozitif moment bölgesi, çekme bölgesidir. Mühendisler çoğu zaman bize o konuda okutulan moment kapama diyagramını çizmezler. Pilyeyi öyle bir kıvrır ki, tamamen ressamın inisiyatifine bırakır gider. Pilye kıvrırdıkları yerde demir çekme aldığına göre negatif moment kapasitesi düşer. Oraya gelen momenti alamamış, belki kolaylık olsun diye iki üç tane pilyeyi aynı yerden kıvrırıp çekme donatısını zayıflatmıştır ve bu şekilde bir kırılma olmuştur. Keza açıklıkta da bunun tam tersi geçerlidir; pilye kıvrırdıkları yeri hesapsız kıvrırılar.

Ben proje yaptığım zaman pilyelerin çoğunu âdet yerini bulsun diye kıvrırdım açıkçası. Kontrol mevkilerine bunu açıklamak zor; oysa kaymanın tümünü, etriyeleri daha sıklaştırıp etriyelere vermek daha mantıklı, çünkü ters moment gelirse pilyenin hiçbir etkisi olmayacaktır. Depremden dolayı gelen moment iki yöndedir. Pilyenin ters momente karşı bir etkisi yoktur; biçimsiz pilye kıvrırmaktan da olur ve saplama kiriş mümkün merteye kaçınılması gereken uygulamalar arasındadır. Saplama kirişi de daha sonra anlatacağım.

Bir sonrasına geçelim. Bu, kayma kırılması. Eğer çelik olsaydı, kırılma kayma gerilmesinden dolayı gerçekleşir ve kayma gerilmesinin önünde olurdu. Halbuki beton gevrek bir malzeme olduğu için kaymadan değil, kaymanın yarattığı asal çekmeden kırılır. O asal çekme de 45 derece istikamettedir. Bu, bir kayma kırılması ve dolayısıyla gevrek bir kırılmadır. Kesit boyunca etriye görebiliyor musunuz? Sanki istenen bir kırılma biçimiymiş gibi geliyor. Kolonda bir şey yok, kırılma kaymadan dolayı gerçekleşmiş. Ayrıca kiriş de büyük bir kiriş, ama bütün kırık boyunca ben bir tane etriye göremedim orada.

Bu da betonun basınç kırılması. Boyuna demirin kancası bir yerde bitmiş. Etriye son derece seyrek. Size bir soru sorayım: Kolon-kiriş birleşim yerlerinde etriyeler kolon boyunca mı devam etmeli, kiriş boyunca mı? Kolon boyunca; çünkü kolon bir de basınç aldığı için boyuna demirler basınçtan burkulur. Burkulmayı önlemek için etriyeleriz. Türkiye’de ne kiriş boyunca devam eder etriye, ne kolon boyunca; orası bomboş kalır. Başka memleketlerde yapılıyor. Şantiye tekniğini çok bilen biri değilim, ama kirişi tek seferde monte edip koymak istediklerinden, oraya etriye koymak işlerine gelmiyor herhalde. Kolon boyunca etriyeler devam etmeli.

Bu taraftaki kırılmaların her ikisi de eğilme kırılmaları, ama demir büyük olasılıkla burada kesildi. Burada bina tamamen yıkılmış. Binayı bütünsel olarak ilgilendiren bir şey, yıkılmış bir tarafta. Bunun sebebi burulma veya rijitlik dengesinin kötü dağılması yahut bu taraftaki elemanın savrulması olabilir.

**mehmet emin çevik**

Toplam altı tabliye görüyorum. Sağda 45 derece açıyla duran üç tabliye, diğer tarafta yere dik olarak duran üç tabliye var.

**esat yarar**

Tabliye çökmedi. Burada genelde dışta kolonlar ve yumuşak kat söz konusu; dolayısıyla yumuşak katlıkla zayıf katlık vasfı aynı katlarda. Kavram olarak aynı şey değil, ama burulma düzensizliği de var burada.

Sakıncalı yapı tiplerinden da biraz bahsedelim. Konsol üzerine kolon oturtulması yönetmelikte de yasaklandı; kesinlikle yapılmaması gereken bir uygulama bu. Diyelim proje müellifi bunun hesabını tutturdu. Depremler sadece yatay yüke göre hesapladığı için sanki çok fark etmiyormuş gibi gelir, ama fark eder. Şunu unutmamak gerek: Depremde her zaman bir aşırı yüklenme vardır. Düşey yöndeki düktilite sıfır; konsolun hafifçe bir çökmesi çok sakıncalı. Kolon yukarıdan gelip sistemi tamamen bir virendel kirişi gibi çalıştırıyor; hem düşey kesitte bir düzensizlik oluşuyor, hem de aşırı yüklenme halinde gidiyor.

Biz diyoruz ki, depreme efektif ivmeyi 400 gal'e göre hesaplayalım, fazlasına karışmayın. Halbuki Düzce depreminden 800 gal'lik ivme çıktı. Büyük Marmara depremde de zaten doğru düzgün bir kuvvetle hareket kaydı alınmadı, ama bir tarafta da 407 gal ivme çıktı. Mahkemede birçok bilirkişinin bahanesi, yönetmeliğin 400 gal'e göre hesapladığı, halbuki 407 gal çıktığıydı. Bunlarla çok uğraştık. Beklediğinizden çok daha fazla kuvvet de gelebilir depremde, ama konstrüktif esas burada çok önemlidir. Örneğin spektrum eğrisine bakıyorsanız, 800 gal; elastik spektrumda 2400 gal'e kadar davranış ivmesi var. Düktilite faktörü 4 olsa, 0,6 gibi bir yatay yük katsayısı alınması gerekir, ama böyle olmuyor. Yönetmeliğin hesap ve konstrüktif esaslarına uyulduğu zaman, gözden kaçan kısa kolon dışında bırakın yıkılmayı, hasar bile olmuyor.

Son yönetmelikte biraz fazla emniyetli davranıldı. Yönetmelik değişikliğinin sebeplerinden biri, emniyet katsayısını biraz daha artırmaktı; yirmi üç senedir yönetmelik değişmemişti Türkiye'de, ama eski yönetmeliğin uygulanmasından kaynaklı bir hata ortaya çıkmış da değişti, çünkü buna uygun bina çok az; hakikaten yapı sanayii içler acısı durumda. Dünyada deprem mühendisliği konusunda birtakım gelişmeler oldu ve hepsinden önemlisi, Türkiye özelinde kalifiye eleman olmadığından ve işler özensiz yapıldığından hiç olmazsa projede olsun emniyet katsayısını biraz büyük tutma eğilimi başladı; ama bunu da ne kadar yapabilirsiniz? Daha büyük bir katsayı koymaya büyük devletlerin bile gücü yetmez. Burada tabii depremden hemen sonra kullanılacak binalar ile insanların çok kullandığı binaları hariç tutuyorum.

Yapılmaması gereken uygulamalardan biri, yukarıya boş yere perde koyulması. Bu hem aşağısının yumuşak kat olmasına yol açıyor, hem de bu perdenin fazla fonksiyonu kalmıyor. Dilatasyonla ayrılan kısımlarda da kat seviyelerinin kesinlikle birbirinden farklı yapılmaması ya da aralığın çok koyulması gerekiyor.

### **fügen selvitopu**

Biliyorsunuz bizim hemen hemen bütün meskûn bölgelerimizdeki yapılar bitişik nizamda ve farklı zamanlarda farklı kişiler tarafından yapıldıkları için aynı hizayı tutturmaları neredeyse imkânsız; çünkü ayrı projeler çiziliyor, kiminde zemin kat yüksek oluyor. Acaba en azından hasarı nasıl en düşük seviyeye indirebiliriz ya da bu insanları nasıl birtakım önlemler alınmaya zorlayabiliriz?

### **esat yarar**

Bir binada binanın deplasmanına verdiğimiz elastik limit, kat yüksekliğinin 1/300'üdür. Bir katı 3 metre kabul edersek, kat başına 1 cm elastik deplasmana müsaade ediliyor. Elastoplastik deplasmanla yapıldığı zaman, plastiğin sınıra gelince hemen yıkılmaması için katlar arasındaki mesafe 2 cm kabul edilir; buna rağmen aksamalar yaşanabilir. Eğer döşemeler aynı hizada olursa kolonlardan kesmez. Dilatasyonların içine neopren gibi birtakım şok emici malzemelerin doldurulması da bir çözüm; ama katlar farklı hizaya geldiğinde mesafeyi de çok daha fazla büyütmek gerekir. Yıkılma durumuna geldiğinde yapacak bir şey yoktur; yalnız bundan mümkün meretebe kaçının. Semih Tezcan, *Bir Mimarın Seyir Defteri* adlı kitabında, epey bir dilatasyon aralığı verdiğini yazıyor; ama bitişik nizamda da o kadar aralığı verebilir misiniz? Bu şoku hafifletebilecek önlemlerden biri, araya neopren gibi birtakım malzemelerin koyulmasıdır.

### **mehmet emin çevik**

İmar planlarında bitişik nizam imar durumu verilen yerlerde asgari kat yükseklikleri, çıkma yükseklikleri, aydınlık ebatlandırmaları nasıl yapılıyor? Döşemelerin üstünün buyurduğu gibi birbirlerine denk hizada kot olarak gelmesi sağlanarak bu tahribattan kurtulunabilir. Bu bir imar planı gerekliliği olarak verilebilir. Diğer imar yasalarının çoğu bu ve buna benzer mantıksızlıklarla dolu esasını ararsanız; bu daha yaşamsal bir şey olduğuna göre, sadece bitişik nizam adalarda pekâlâ uygulanabilir. 2,40'tan aşağı yaşanmaz diyoruz. Bu rakamı 2,50 cm yapıp, herkes 2,50 cm temiz yükseklik koduna uyacak dediğinizde döşemeler ağız ağıza gelir. Topografik şartlarda birinci katta işi çözeceksiniz; zeminde birinci kat tabyasına kadar olan yerde kat yüksekliğini dengeleyeceksiniz, ama ondan sonraki katlarda döşemeler birbirine gelecek.

### **esat yarar**

Kat farklılıkları yüzünden olmuş hasarları birçok örnekte görüyoruz. Bunu engellemek gerek. Arada dilatasyon koymadan kolonları tayin ederseniz bir sürü kısa kolonla karşılaşmış olacaksınız, ki bu da ayrı bir felaket. Katlarda mümkün meretebe bundan kaçınmalı.

### **bünyamin fidan**

Kat hizalarında denklikten söz ediyoruz; bir de diğer yönde kolonların aralıkları var. Mesela, en önden bir sonraki kolon bir binada 6 metre geride, diğerinde 4 metre. Bu durum yaptığımız mimari tasarıma göre değişiyor. Bunun bir sakıncası var mı?

### **esat yarar**

Kolonun boyunun kısılması sakıncalı bence; sorun düşey istikamette. Örneğin şu sistemi göz önüne alın; farz edin ki giriş gene geliyor ve arada dilatasyon yok. Girişler gelip kolonu kısaltıyor. Kısılan kolon sakıncalı; çünkü rijitliği artıyor, fakat mukavemeti artırmıyor, dolayısıyla alacağı yük artıyor. Hesapta olmayan bir şey bu. Sakınca burada kolonların aralarında değil, boyda.

Katlar arasında mümkün mertebe rijitlik farkı olmaması gerekir. Bunun hesabını dinamik olarak söyleyebiliriz de. Önce yumuşak kattan bahsedeyim. Bu işin sakıncası ancak dinamik hesapta çıkar. Burada tipik bir yumuşak kat görüyoruz; ama binanın taşıyıcı sistemini böyle yapmadığınız halde, kaçınılmaz olarak birtakım yumuşak kat olayları görürsünüz. Örneğin üst katlar konut, alt kısım da dükkân olduğu için duvar eksiktir. Duvarın taşıyıcı olmadığını söyleyeceksiniz. Hesaba göre öyle, ama gerçekte epeyce yatay yük aldığını da söyleyeyim; çünkü duvarlı bir sistemin duvarsız bir sisteme göre mukavemeti üç, rijitliği dört kat artıyor. Tabii bunlar duvarın bağlantı sistemiyle ve arada bırakılan derz boyuyla bile ilgili, ortalama değerler. Gerçekte duvar yük taşıyor. O halde üst katlara duvar bir rijitlik verecek, alt kat gene burada yumuşak kat kalacak. Bunu önlemek için genelde alt katın kolonları, duvarsız yerlerin kolonları biraz daha rijitleştirilir ki, rijitlik bakımından bir homojenlik olsun.

### **mücella yapıcı**

Yönetmelikte duvarlar bir şekilde hesaba katılıyor bildiğim kadarıyla.

### **esat yarar**

Hiçbir zaman hesaba katılmıyordu duvarlar; fakat yatay yük katsayısı çok düşük, şimdi de öyle yapıyorlar. Duvarlar nasıl olsa bu binayı yıkmaz diye öyle gidiyordu. Bir iki katlı binalara pek özen gösterilmeyişi bundan; duvarlar hiçbir zaman hesaba katılmadı, ama yapan müteahhit belki içinden "Benim duvarım sağlam, kolon yıkılsa bile duvar evvel Allah ayakta kalır" diyebilir. 1970-1980'lerde birtakım deneyler yapıldı. Hatta öyle ki, bazı inşaatlarda kalıptan tasarruf etmek için önce duvarı örüyor, ondan sonra betonarme çerçeve etrafına koyuyorlar. Biz buna Osmanlı karkası diyorduk. Bu şekilde yapılan binalar da var; fakat sistem olduğu gibi değişir, bütün hesaplardaki kabullerimiz, tasavvurlarımız alt üst olur o zaman. Bina kesme tipi değil konsol tipi bir bina haline dönüşür. Normal binada da örneğin derz küçüklüğüne büyüklüğüne göre durum çok değişiyor. Bazen hatta duvar o kadar sağlam oluyor ki, kolonu kesip atıyor. Böyle binalar da gördük.

### **ali kara**

Geçmişte yap-satçıların, özellikle Karadeniz yap-satçılarının bina yaptığı dönemde İstanbul'da binaların çoğunda, boşluklu tuğlalar olmadığı için dolu tuğlalar kullanıldı; binalar kısmen kâgir, kısmen de betonarme gibiydi.

## esat yarar

Burada ne proje müellifinin ne uygulayıcının bir sorumluluğu vardır artık; amaç dışı kullanım söz konusudur. Balkonunu odunluk gibi kullanırsa, konut için yapılmış bir kattan ağır malzeme deposu olarak faydalanırsa yapacak bir şey yok orada.

Yumuşak kat olayından bahsetmiştik. Yatay kesitteki düzensizliklerden, burulma düzensizliklerinden de biraz bahsedeyim. Bunlar aslında hesaplanamaz değil; ama bunu da mümkün mertebe kaçınılması gereken durumlardan biri olarak söylüyorum. Eğer gerek yükseklik farkından, gerek plandaki yatay simetri bozukluğundan dolayı bir düzensizlik varsa, bunun ayrı ayrı tesirleri olacaktır. Belki uygun bir hesap yapılırsa; ama her halükârda mümkün mertebe bunları da dilatasyonla ayırmakta fayda var.

Bu durum zeminde farklı çökmeye de sebep olur. Daha yüksek kısımlar daha çok çökecek, orta kısımlar daha az çökmek isteyecektir ve bunların birbirini zorlamasıyla, istenmeyen çatlaklar oluşabilecektir.

Burada bir sakıncalı tip, bir de uygun çözüm görüyoruz. Burulmaya karşı alınacak önlemlerde solda gördüğümüz resim en berbat uygulamadır; hem katlardaki rijitlikler farklı, hem de binanın yük merkeziyle elastik merkezi farklı olduğundan bir burulma oluşacaktır. Türkiye’de herhalde bir mimar veya mühendis bunu yapmaz, ama burada bütün olasılıkları bir arada gösterdik.

Bakın, planda şunu ele alalım. Bu istikamette simetrik, bu istikamette sorun yok, fakat evet, burada bir şey daha eklemiş bu istikamette, yalnız bunun sakıncası şu: Diğerleri tabii hepten sakıncalı, çünkü yük merkeziyle elastik merkezi farklı ve savrulacak olan kolonlar da. Tabii bunların çoğu kolonlar tarafından alınıyor. Burada kesitte gösterilmemiş, burada gösterilenler perde, perdeleri böyle ulu orta ve düzensiz bir şekilde koyarsak rijitlik merkezi perdelerine yakın olacağı için perdeden uzak olan kolonlar hesapta olanın çok fazla üzerinde yük olacaktır. Biz buradaki kolonlar savrulur diye bunu savrulma tabir ediyoruz.

Bir perde koyularak bu istikamette de bir rijitlik dengesi kurulmuş. Tabii, bizim için burada kesit önemli; her bir kesit için farklı farklı sakıncalar söz konusu. Rijit elemanları mümkün mertebe binanın dış tarafına koymak gerekir; çünkü bu, dönmeyi azaltır. Ama çoğu kez konsol yapmak istendiği için bu sistem pek uygulanmıyor.

Binayı mümkün mertebe yatay planda simetrik yapmak ve rijit elemanları da dış çerçevelere yerleştirmekte fayda var. Çoğu kimse, asansör boşluğunun perdeli olmasına güvenir, ama kenarlar döner. Bir de asansör boşluğu daha simetriktr.

Çapraz çerçeve daha çok çelik binalarda kullanılan bir sistemdir. Sistemi mümkün mertebe simetrik yapmaya ve rijit elemanları da dışarı almaya uğraşıyoruz. Buradaki sakıncalar hepten “yapılmaması gereken” değil de, “mümkün mertebe kaçınılması gereken”lerdir. Burulma düzensizliklerinden mümkün mertebe kaçınin.

PANEL  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ

Burada tipik bir yumuşak kat yıkılması gördük. Bazen kütle farkı oluyor, bazen de aradaki bir yumuşaklık bir rijitlik dengesizliği yaratıyor. Amerika'da 11 Eylül olayında çelik binanın nasıl yıkıldığını soracaksınız; yıkılmaması lazımdı. Tabii, burada yorum yapmayacağım.

Burada da aşağıdaki katın bir yumuşak kat olduğu biraz belli oluyor. Diğer tarafa yatmış olması sadece rijitlik dengesinden kaynaklanıyor olmayabilir. Malzeme o kadar heterojen ki, bakıyorsunuz beton bir tarafta 300 ayarında çıkarken diğer tarafta 50 bile çıkmıyor; bu dengesizliklerden dolayı biz artık bina analizi yaparken betonun mukavemetinde neyi esas alacağımızı şaşırıyoruz. Keza aynı şekilde, burada da zaten binaların alt ve üst rijitlikleri farklı olduğunda tehlikeli yer genelde rijitliğin bittiği ilk kat oluyor. Düzgün binalarda da zaten genellikle giriş kat en tehlikeli kattır. Yumuşak kat olmasa bile en fazla kesme kuvveti buraya gelmektedir.

Yeni bir konudan bahsedeceğim. Kısa kolon öyle bir olay ki, birçok durumda proje müellifinin bile gözünden kaçıyor. Size bahsettiğim gibi duvar da bir rijitlik verir aslında; burada duvar kolonun boyunu kısaltıyor. Kolonun boyu kısalırsa yay katsayısı artar, fakat mukavemet artmaz; alacağı yük 7-8 katına çıkar. Halbuki proje müellifi hesaplarken duvarı hesaba katmamıştır burada. Yönetmelik uygulandığı halde hasar gören bir binanın olduğunu Erzincan depremde araştırma yaparken gördüm. Onun için, bu gibi binalarda araya bir neopren tabakası koymak gerek. Zaten duvarın verdiği rijitliği kontrol etmek de hemen hemen olanaksız. Yönetmelikte yüzde 5 burulma eksantrisitesi alınmasının zorunlu tutulması da biraz bundan.

Yine bir örnekte, proje müellifinin tamamen gözünden kaçması sonucu tipik bir kısa kolon olayı yaşanmış, bir kat hepten göçmüş burada; bodrum katında da hasar var ki, bodrum kat aslında en emniyetli katlardan biridir, çünkü genelde perde olduğu için zeminin bir parçası olarak yorumlanır.

Kötü örneklerden birinde, giriş kolona girmeyip diğer girişe yakın mesafeden saplanmış ki bu oldukça kötü bir durumdur. Saplama girişlerden, özellikle mesnete yakın saplamalardan mümkün mertebe kaçınınız. Kaset döşeme olduğunda da etriyeler hesaplı koyulabilir veya başka bir şekilde önlem alınabilir.

Tek taraftan giriş saplama kötü bir bağlantıdır; alttaki girişle üstteki girişin eğilme rijitlikleri az çok birbirini dengelediği için burulma ancak bir yere kadar burulma önlenemez. ama bir yere kadar.

Sıvılaşma olayından da bahsedelim. Sıvılaşma, zeminin tamamen sıvı haline gelmesidir; tamamen suya doygun zeminlerde oluşur ve daha çok jeoteknikçilerin işidir. Sıvılaşmış bir binada yapısal hasar olmaz, çünkü depremin S dalgaları sıvı bir ortamdan geçmez. Sıvının kayma modülü yoktur; ancak gemi gibi alabora olur. Dikkat ederseniz sığ temelde kaçınılması gereken bir durumdur bu. Normalde bile, dinamik veya statik analiz yaptığınız zaman devirici momentler, koruyucu momentlerden fazla olabilir. İdeal ölçü, bina yüksekliğinin altıda biri kadar da yerin altında bir kısmının olmasıdır.

Gördüğümüz bir örnekte zemin kat tamamen göçmüş, kolonlar savrulmuş, burulma momentinden dolayı fazla yük gelmiş. Fakat bu da bir yorum meselesi; malzemenin ne kadar heterojen üretildiğini bildiğimiz için, oradaki mukavemetin daha az olmuş olma durumunu da göz önünde bulundurmalıyız.

Tamamen tek tarafa doğru yıkılmış, tamamen tahrip olmuş bir diğer örnek görüyoruz. Malzemesinin çok kötü olduğunu söyleyelim; normalde asıl ahsarın alt katlardan başlaması gerekirken burada bütün katlarda birden bir tahribat görülüyor. Kırılmalar da hep kenarlardaki kolonlarda gerçekleşmiş, kolonla giriş arasında bir ankastrelik bile sağlanmamış.

### **bir dinleyici**

Dinar'da ne belediyede ne de genel olarak piyasada teknik eleman, mühendis veya mimar seviyesinde bir insan vardı. Kolonlar yapılmış, içine büyük büyük taşlar koyulmuş ve büyük taşlar olmadığı zaman yıkımın daha büyük olacağına inanıyorlar.

### **esat yarar**

Malzemenin homojenliği sağlanmamıştır en azından; ne aderans mukavemeti, ne homojenlik vardır. Normalde bizim yönetmelikler pürsantajın yüzde 1'den aşağı olmamasını salık veriyor. Taşıma gücünden etkileşim diyagramına baktığımız zaman binde 8 de olsa olur; çünkü demiri anormal doldurmak da basınç kırılmasına yol açar, ama malzemenin homojenliğini sağlayamayacak kadar az demir de basınca neden olacaktır.

Buradaki örnekte girişle kolon şaşırtmalı koyulmuş olmalı. Boyuna demirler burkulmuş, etriye yok değil, var; fakat uçlarını 135 dereceyle kıvrımak gerekirken açısız kıvrımışlar ve etriyeler açılmış, burkulmaya karşı hiçbir fonksiyon görmemiş.

Burada da kolonlar çok da kısa olduğu için bina eğilmeden değil de kaymadan hasar görmüş. Silivri'de İstanbullar Sitesi'nde böyle bir örnek görmüştüm. Yan yana ikiz binalar vardı; biri müteahhidin kendi oturacağı binaydı, diğerini de satmak üzere yapmış. Kendi oturacağı bina çok rijit ve mukavemetli olduğu için zayıf olan tarafı savurmuş. Bizzat gözümle görmüştüm.

Düzce depreminde enteresan bir olay oldu: Ezbere bir güçlendirme yaptıkları için hasar gören kolonu mantolayıp diğerlerine hiç dokunmamışlar. Depremde ilk o kolon tahrip oldu. Evet, mantoladığınız zaman mukavemet artar; ama diyelim ki mukavemet 1,5 kat artar, rijitlik 2 kat. Alacağı yük kazandığı mukavemetten daha fazla olacağı için gene o eleman tahrip olacaktır.

Tek tarafa yatmış bir diğer binada, büyük bir olasılıkla rijitlik dengesizliği söz konusu. Alt katın üstündeki katlar da tahrip olup akordeon halini aldığı anda, söyleyeceğimiz tek şey kurabiye gibi bir beton kullanılmış olduğu.

Bu binanın düşey titreşiminden dolayı döşemeye gelen ağırlık artmıştır; ama döşeme en emniyetli yapı elemanlarından biridir, çünkü hesapladığımızın 7-8 katı

yük taşır. Döşeme hesabında kullandığımız Markus metodu oldukça emniyetli bir hesap yöntemidir. Burada da kolonda hiçbir ankastrelilik sağlanmamış. Bir tane kayma kırılması ve diğer istikamette eğilme gerçekleşmiş.

Düzce depreminden bir diğer örnekte, zemini pek yorumlayamadım; çünkü döşeme olmuş olsa arada demir görülürdü, oysa hiç demir yok. Belki zemin gerilmeden kırıldığı için o hale gelmiş olabilir; başka türlü yorumlayamıyorum. Duvarlardaki kayma, tipik bir kayma kırılması. Kirişler de aynı şekilde demirlerin ezberle bükülmesinden kaynaklanıyor. Pilye olayını unutup aslında sadece etriyelerle kayma gerilmesini almak, demirleri altlı üstlü koymak daha mantıklı bir çözüm.

Göstereceğim örnekler bu kadardı; dinlediğiniz için teşekkür ederim.

### **arif atılgan**

Bizim çocukluğumuzda deprem olduğu zaman ya kapı altlarına ya da kolon diplerine gitmemiz önerilirdi. Betonarme binalar o zaman daha azdı. Demek ki yığma binalarda bu güçlü kolon-normal kiriş sistemine daha çok uyuluyormuş o zamanlar. Depreme yakın zamanlarda tersi oldu ve kolonlar kırıldı, kirişler bütünüyle insanların tepesine çöktü.

Yatay kirişlerle ilgili bir şey sormak istiyorum: Asmolen döşemelerde yatay kirişlerden bahsedildi. Yeni yönetmeliğe göre çerçeve kiriş zorunluluğu var. Her ne kadar zararlı olduğunu söylesek de konsol neticede yapılıyor ve bunun için de çerçeve kiriş zorunluluğu getiriliyor. Sarkmaması için de yatay kiriş uygulanıyor. Yatay kirişlerin yararı mı var, zararı mı; yoksa ne yararı, ne zararı mı? Bir de depremden sonra pilyeler kalksın diye bir sav ileri sürüldü biliyorsunuz. Bu konuda da bilgilendirirseniz memnun olurum.

### **esat yarar**

Önce pilye hikâyesinden başlayalım. Pilyelerin kalkmasının doğru olduğu görüşündeyim. Pilye betonarmede kayma gerilmesinin asal çekme yönündedir. Fakat bu düşey yükler için böyle; halbuki deprem kuvveti her yönden gelir, her iki yönde de kesme kuvveti olur ve ters bir gerilmeye karşı pilye savunmasıdır. Etriye ise her iki taraftan gelen yüke karşı bir önlem. Dünyanın pek çok yerinde pilye kalkmıştır; ama düşey yüke karşı gene de az çok bir faydası olduğunu söyleyelim.

Biraz önce kirişlerde gösterdim; pilveyi kıvrırırken moment kapama diyagramını esas almayıp ezberle kıvrırdıkları için kesit orada ister istemez zayıflıyor. Dünyanın birçok yerinde kayma kuvveti etriyelere veriliyor. 1968'de yapılan Stuttgart deneyleri, kaymaların, gerilmelerin pilyelerde büyük çatlaklar, etriyelerde de kılcal çatlaklar şeklinde başladığını gösterdi. Teorik olarak baktığımızda, etriyelerin çok eksenli basınç vermek gibi ayrı bir fonksiyonu da var. Onun için pilye olayının terk edilmesi pek yanlış olmaz.

Diğer noktaya gelince... Evet, bize de küçüklüğümüzde kapı, pencere



boşluklarına saklanmamız söyleniyordu. Zinhar! Çünkü deprem kuvveti sizi kapı, pencere boşluğundan olduğu gibi dışarı fırlatır. Asansör, merdiven, kapı, pencere boşluklarına hiç yaklaşmayacaksınız; kapı, pencere boşlukları bir de duvarda kesit zayıflamasına sebep olduğu için daha kolay üzerinize geçecek yerlerdir. Depremde odanın ortasına tam siper yatacaksınız; çünkü döşeme en zor kırılan şeylerden biri; orada kendinize bir yaşam boşluğu bulursunuz. Banyodaysanız küvetin, mutfakta bulaşık makinesinin, mutfak tezgâhının yanına çörekleneceksiniz. Sakın masaların altına girmeye kalkmayın; yaşam boşluğunuzu küçültürsünüz orada; masanın altına değil yanına tam siper yatmanız gerekir. Dolapların değil masaların yanına yatın; dolap üstünüze düşer.

Kiriş zaten yatay bir elemandır, ama asmolenlerin oradan konsol yapmaktan kaçının. Zorunlu olarak konsol yaptığınızı varsayalım, hesapta esas aldığınız efektif ivmenin üçte biri kadar da düşey yönde bir deprem bileşeni olduğunu ve konsolun da hiperstatik değil, izostatik bir sistem olduğunu düşünerek boyutlandırın; yoksa konsol en savunmasız elemanlardan biridir.

### **kubilay önal**

1998’de deprem sonrasındaki değerlendirmelerde Deprem Yönetmeliği’nde aslında mutlak olarak depreme dirençli bina yapılabileceği, ama bunun ekonomik faktörler değil de, Türkiye’deki yapı üretim ihtiyacından kaynaklanan faktörler nedeniyle belli oranda yıkılmaması gözetilen betonarme yapı eşiğinde tarif edildiği vurgulanmıştı. Daha doğrusu maliyet olarak bakarsanız 1,8’le çarpıldığı zaman gerçek dayanım eşiği, hasarsız bina eşiği yakalanabileceği söylenmişti. Bu doğru mu? Doğruysa yönetmelik gerçeğimizi bu anlamda nasıl yorumlayabiliriz?

### **esat yarar**

Bir binayı kendi ağırlığına maruz bir konsol gibi düşündünüz varsayalım, o da yeterli olmaz; çünkü ağırlığın 2,5 katı kadar tamamen lineer ve elastik davranmasını istiyorsunuz. Gene de eğer günlük kullanılan bir binaysa, içindekilerin sağ çıkması yeterli görülüyor. Rakamın 1,8’den daha fazla olacağını sanıyorum. Ama bir nükleer santral yapıyorsanız ve radyasyon sızıntısı olmaması isteniyorsa, bir sürü spektrum alınıp bir dış zarf spektrumu yaratılarak bir hesap yapılacaktır herhalde. Fakat bütün binaları buna göre yapmaya Amerika’nın da Japonya’nın da gücü yetmez.

Son zamanlarda zemin temel tecridi gündeme geldi. Zeminde zayıf bir yay ve kuvvetli söndürücüden ibaret bir tecrit sistemi kurmak, ivme amplifikasyonunu çok çok düşürmek şeklindeki bu sistem aslında otuz senedir de biliniyor. Bu sıralarda herhalde ellerinde bir üretim fazlası olduğundan bir seminer bile yapıldı, çeşitli yerlerde konferans verildi. Gerçi epey pahalı, ama çok da güvenceli bir uygulama. Depremın ivmesinin dörtte biri kadar bir davranış ivmesi, bir mutlak ivme veriyor. Ama şuna dikkat etmek lazım: Sarkaç etkisi olmamalı; düşey yönde rijit, fakat yatay yönde çok esnek bir sistem olmalı. Biz de bir ara bunu doğal malzemeyle, yuvarlak çakıl taşlarıyla sağlamaya uğraştık ama pek de araştırma olanağımız olmadı. Temel altına konulan bence en doğrusu, fakat düşey yönde rijit olması lazım.

**fügen selvitopu**

Japonya'da bir-iki binada uygulamışlar galiba.

**esat yarar**

Evet, çok uygulandı. Japonya'da 1994'te Kobe depremi oldu. Ben orada öğrenim gördüğüm zaman da böyle bir sistem düşünülüyordu, 1970'li yıllarda.

**fügen selvitopu**

kobe depreminden sonra bir binanın altında böyle bir uygulama gördüm; temellerin altında esnek bir malzeme kullanıyorlar. hepsini çok detaylı bilmiyorum, ama şekilleri birbirinden biraz farklı; yükün geliş biçimine göre ayarlamışlar, ama sonraki zamanda çok ciddi bir deprem olmadığı için sonuçları da belli değil.

**esat yarar**

Zaten Kobe biraz hazırlıksız yakalandı; Kobe'de değil Kanto bölgesinde bekleniyordu deprem. Kobe'nin belediye başkanı da bu tedbirsizliğinden dolayı intihar etti.

**serpil doğan**

Japonya'da veya daha ileri gelişmiş ülkelerde kullanılan temel altı söndürücüler veya depremin yukarı geçmesini önleyici sistemler yerine ülkemizde çakıl taşları gibi doğal önlemler ne kadar uygulanabilir? Bana göre bizim için en ekonomik sistemdir bu.

**esat yarar**

Burada mesele, o doğal malzemeye kuru sürtünmeyi yuvarlanma sürtünmesine çevirmektir mümkün merteye. O zaman sönüm değil de titreşim hemen hemen hiç aktarılmaz gibi olur; ama denemek, yapmak lazım.

**tolga akbulut**

Konuşmanıza başlarken deprem yönetmeliğinin amaçlarından bahsettiniz. Yönetmelikte de az, orta ve büyük şiddetteki depremler için farklı performans kriterleri tanımlanmış. Özellikle önemli depremlerde binaların hasar görse bile yıkılmaması ve can kaybı olmaması başarılı bir performans kriteri olarak tanımlanıyor. Burada da bazı fotoğraflardan binaların hasar gördüğünü, ama yıkılmadığını izledik. Bazıları yıkılmış, hatta can kayıpları da meydana gelmiş olabilir. Peki, bu binaların Deprem Yönetmeliği'ne göre başarılı olduğunu veya performansını yerine getirdiğini söyleyebilir miyiz?

**esat yarar**

Burada fotoğrafını gösterdiğimiz binalarda iki durum söz konusuydu. Binaların bazıları tamamen tahrip olmuştu. Eğer bir katı bile yıkılmışsa, o bina yıkılmış

demektir. Binaların zeminle etkileşimi her yerde aynı olmuyor. Örneğin, aynı binayı bir zeminde yaparsanız farklı, başka bir zeminde yaparsanız çok farklı davranışlar gözleyebilirsiniz. Biz burada sunduğumuz örneklerde kırılma biçimini ve yapısal hataları göstermeyi amaçladık. Etriye sıklaştırması yapılmamış olması, etriye konulmamış olması, planda asimetri durumu, yumuşak kat gibi birtakım hatalara değindik. Gerçekte de eğer binanın katları kimsenin üzerine göçmemişse, o yapı büyük depremde görevini yapmış demektir. Ama ortaya şöyle bir problem çıkıyor: İstanbul birinci derece deprem bölgesi, ama Marmara depreminin kuruğunu gördü, gerçek şiddetini görmedi. Çok hafif hasarla veya hiç hasarsız atlatması gereken bir depremde kayda değer bir hasar gören bina bence ayıplı bina sınıfına girer. Depremin büyüklüğü küçüklüğü de önemli burada. Avcılar'da bir konferans sonrası bir mühendis arkadaş "Benim binam hasarlı" dedi; "Ağır hasarlı mı?" diye sordum, "Hayır, orta hasarlı" dedi. "İyi, kimsenin üzerine göçmediyse sorumlu olmazsın" dedim. Bina onun projesine aykırı yapılmış. "Proje müellifi sen değil misin?" diye sordum, "Benim" dedi; "Fenni mesul kim?", "O da bendim." "O zaman yapacak bir şey yok" dedim, "Fenni mesulsün, kendi projene aykırı bina yapmışsın; bina üzerine göçmediği için oradan kurtarırsın, ama sonrasına ben karışmam."

### **bir dinleyici**

17 Ağustos'ta hasarlı binalar vardı; bir kısmı da hasar tespitleri yanlışlığından dolayı belki hasarsız diye kaydedildi. Şöyle bir şey var: 17 Ağustos'ta içindekileri canlı çıkardığı gibi gözle görülür hiçbir hasarı da olmayan bazı binalar 12 Kasım'da yıkıldı ve yargı süreci başladı. 17 Ağustos-12 Kasım arasında ruhsat veya onarım güçlendirme işleri yasaklandı. Ruhsat verilmeye başlanmadan ikinci deprem oldu. Dolayısıyla binalar afet şartnamesine uygun hale getirilmeden ikinci depreme yakalandı. Düzce'deki depremler, sizin de söylediğiniz gibi, yüksek şiddeteydi. Bir binanın hiç onarım, güçlendirme olmadan aynı davranışı birkaç depremde göstermesi afet şartnamesine bahsedilen bir şey değil; ama biz yargılandık. Örneğin ben belediyede görevliydim, bizler yargılandık, cezalar da aldık, cezamız tecil edildi. Proje sorumlusu olmadığı halde yargılanan arkadaşlarımız oldu. Bu işin hukuksal boyutu da var; ama yüksek şiddeteki bir depremden çıkan bir binanın hiçbir tamirat görmeden ikinci bir depreme aynı davranışı göstermesi gibi bir kural olmaması gerekiyor. Bunları yaşadık.

### **esat yarar**

Birinci depremi Düzce o kadar fazla şiddetli hissetmemiştir. Gerçi alanı çok genişti, ama asıl yıkıcı olan deprem bu. Bu vaziyette arada binaları onarmaya, güçlendirmeye zaman da yoktu. Hasar tespitini bile doğru düzgün bitiremezlerdi o kadar zamanda. Zaten biz hasar tespitinin kesinleşmesi için iki ay geçmesini bekleriz; iki ay boyunca yıkıcı artçılar gelebilir. Hasar beklenen bir şey; o olayın risk faktörüne girmesi lazımdı; ama hukukla mantık her zaman uyuşmuyor.

### **kubilay önal**

Bugün 1975 yönetmeliğine uygun olarak yapılan yapıların hasarsız olduğunu söylemek mümkün müdür?

**esat yarar**

1975 yönetmeliğine göre biz hasar tespitine çok çıktık. Erzincan'da gözden kaçan kısa kolonun söz konusu olduğu bina betonarmeydi; fakat duvar kolona rijitlik vermiş, boyunu kısaltmıştı. Hasar da bir tek o kolonda vardı zaten; duvarlarda 45 derecelik çatlaklar oluşmuştu.

Fenni mesul dediğiniz kişinin şantiyeye uğradığı yoktur. 595 sayılı kanun hükmünde kararname biraz olsun odalara inisiyatif veriyordu. Şimdiki yasa ise tam bir "şıracının şahidi bozacı" örneği.

**bir dinleyici**

İlave olarak aynı konuyla ilgili birkaç yerden gelen bilirkişi raporları var. 1975 afet şartnamesinden önce yapılan binalarla daha sonra yapılan binalar arasında bir fark oluştuğunu ve 1975 afet şartnamesine göre yapılan binanın 1998'e göre sorgulanamayacağını söylüyor bilirkişiler; ama 1975 afet şartnamesinde bu davranışı göstermesi gerektiğinden söz ediyorlar. Peki o zaman neden emniyet 2007'de artırıldı? 1975 afet şartnamesi noksan mıydı? Bilirkişi raporlarının bazılarında bu konularda tutarsızlıklar var.

**esat yarar**

Bilirkişi raporları bu konuda genelde tutarsız. Kabahatin yüzde 10'u yönetmeliğin. Yönetmelik eğer gerek proje müellifi, gerek uygulayıcı tarafından uygulanmışsa bir risk faktörü vardır. Deprem mühendisliği konusunda bile bilinmeyen parametreler var işin içinde. Burada herhalde şantiye şartlarına güvenmedikleri için emniyet katsayısını biraz daha büyük tutmak istediler. Çoğu şantiye ara eleman sıkıntısı çekiyor; çoğu parmak, karış hesabı çalışıyor. Beton dediğiniz kurabiye gibi; beton çürük olduğunda iş bitmiştir artık, istediğiniz kadar iyi proje yapın.

**bir dinleyici**

Kocaeli'de şu anda cezaevinde olan belediye başkanı o zaman fenni mesuldü. Bilirkişi raporunda 1975 şartnamesine uygun yapıldığını, betonunun vasıflara uygun olduğunu söylediği binadan dolayı sonunda cezaevinde. Raporda projenin yönetmeliğe uygun yapıldığını belirtiyor, ama binanın yıkılmasında da sorumluluk payı veriyor; yüzde 25'le yönetmeliği sorumlu tutuyor.

**esat yarar**

İzmit'te projersiz binalar yapılmış; binayı kafadan yapmış, sonra rölöve gibi bir projeyi uydurmuşlar kitabına. Belediye reisiyle karşılıklı yapılmış bu; binanın projesini görmemişler, ama yönetmeliği suçluyorlar. Sorumluluğun yüzde 20'si müteahhidin, yüzde 20'si hayali fenni mesulün; fenni mesuller belli değil.

Normal bir binanın manevi ömrü elli sene kabul edilir ve projelendirme bu sürede meydana gelecek depreme göre düşünülür. Betonarme binanın kanıtlanmış bir maddi ömrü yok. Biliyorsunuz betonarme 1870'lerde III. Napolyon'un saray bahçivani tarafından bulundu, geçen yüzyılın başında uygulanmaya başladı.

PANEL  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ

Eskidiğinden dolayı ömrünü kaybetmiş bir betonarme binaya henüz rastlanmıyor; tabii, deniz kumuyla yapıp da çelikleri paçavra etikleri binaların dışında...

**bir dinleyici**

Bayındırlık İskân Müdürlüğü yönetmelikleri çıkartarak görevini yerine getirmiştir, ama belediye bunu uygulamamakla suçludur diyorlar. Orada 1975 yönetmeliğine göre iskânı alan bir binaya belediyenin de hiçbir etkisi olmuyor.

**esat yarar**

Belediyede demir vizesi diye bir uygulama var. Herkes üçkağıtçı müteahhidin tek hilesinin demir çalmak olduğunu sanıyor; halbuki bu, en son başvurulacak hiledir. Demir vizesi yerine beton karot zorunluluğu koysalar belki daha iyiydi.

**mehmet emin çevik**

1961, 1968, 1975 ve 1998 yönetmeliklerini zikrettik. Bu yönetmeliklerin birinin diğerinden daha iyi, daha doğru sayılarak ve modifiye edilerek geldiğini teorik olarak kabul edebiliriz. 2007 zikredilen bütün yönetmeliklerin handikaplarını, sıkıntılarını gidererek günün şartlarına uygun olma özelliğini taşıyor mu? İhtiyaca cevap veriyor mu? Bundan böyle yapacağımız ya da yapımına katkıda bulunacağımız yapılarda 2007 yönetmeliği yeterli mi? Bu konuda düşüncenizi almak istiyorum.

**esat yarar**

2007 yönetmeliğinin yeterli, hatta aşırı emniyetli bile olduğunu söyleyebiliriz. 1998 yönetmeliği de böyledir.

**mehmet emin çevik**

İdeal olarak kaleme alınmış; ama uygulama pratiği yönünden kabiliyeti nedir?

**esat yarar**

O biraz tartışılmalı; çünkü piyasa mühendislerinin onda dokuzundan fazlası yönetmeliği yorumlayamaz bile. Özellikle yapı dinamiği konusunda uzmanlaşmak gerek; yönetmeliğe terminoloji sokulmuş ve yer yer anlatım bozukluğu taşıyor gibi, çelişkili gibi görünen yerler var. Bir yerde basınç donatısının çekme donatısının yüzde 50'sinden az olamayacağı, başka bir yerde yüzde 50'sinden fazla olamayacağı söyleniyor. Herhalde demirleri kesecek halimiz yok. Bu bir çelişki gibi görünüyor, ama birinde dizayn mantığına, birinde analiz mantığına hitap ediyor.

**mehmet emin çevik**

Herkesin anlamadığı bir yönetmeliği vazetmek ne kadar doğru?

**esat yarar**

Haksız rekabeti önlemek için biraz zor şartlar koymaları fena olmayabilirse

PANEL  
**2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ**

de, burada abartıya kaçılmış. Yönetmelik uygulansa, hatta on katlı bir binaya kadar hiç hesap yapılmadan sırf konstrüktif esaslara uyulsa bina sapaşğılam ayakta durur. Bana göre de konstrüktif esaslar burada önemlidir, çünkü hesap-takinden çok fazla yük gelecektir; ama bir eksik taraf da var.

Sözgelimi siz kırılmanın çelikten başlamasının ideal olacağını söylüyorsunuz.

**esat yarar**

Tabii çelikten başlasın ve düşeylerden değil yatay elemanlardan, hatta duvar-dan başlasın.

**mehmet emin çevik**

Bu yönetmelik bu mantığı koruyor mu?

**esat yarar**

Şöyle bir kural koyulmuş: Bir düğüm noktasında etrafındaki kirişlerin ve kolon-ların moment kapasitesi 1,25 fazla olsun deniyor, ama yeterli değil bu; proje müellifinin basit bir analizle düşünmesi gerek.

**mehmet emin çevik**

Biz mimarlar olarak bunu anlamakta zorlanabiliriz; bizim asıl konumuz mimari tasarımı.

**esat yarar**

İnşaat mühendislerinin de yüzde 90'ı gene aynı şekilde anlamakta zorlanacaklardır.

**mehmet emin çevik**

Ben endişelenmekte haklı mıyım? Şöyle bir sıkıntı mı var: 2007 yönetmeliğı de şimdilik kaydıyla çok iyi anlaşılınca ya da anlaşılır biçime getirilinceye kadar pratikte pek fayda sağlamayacak gibi görünüyor.

**esat yarar**

2007 yönetmeliğinin 1998'dekinden farkı, onarım ve güçlendirme işini de içere-mesi. Hiçbir şey yüzde yüz risksiz olamaz; ama uygulamada zorluk yaşanacak, bir sürü yanlış anlaşmalar, yanlış yorumlamalar da olacaktır, çünkü anlatım çok iyi değil.

**kubilay önal**

Ben üzülerek oturumu kapatmak zorundayım. Zaman sıkıntımızdan dolayı bir-birimizden yeterince faydalanamadıysak da bu çalışma bir model oldu. Farklı subelerden gelen arkadaşlarımız buradaki konuşmalardan yararlandılar. Bu anlamda önemli bir toplantı gerçekleştirdik. Umarız bundan sonra birlikte daha iyi toplantılar yapmak üzere buluşabiliriz. Çok teşekkür ederiz.

**EK**  
**2007 Deprem Yönetmeliği**  
**Panel Sunumu**

H. Esat Yarar  
*İnşaat Yük. Müh.*

Ayşe Karakaya  
*Mimar*

- Deprem Nedir
- Mimari Tasarım ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Arasındaki Bazı Çelişkiler
- Deprem Mühendisliği ile Klasik Yapı Projelendirmesi Arasındaki Farklar
- Süneklik Nedir? Sünek Sistem Nasıl Elde Edilir?
- Sakıncalı Yapı Tipleri
- Sonuç ve Öneriler





## DEPREM NEDİR?



**Fotoğraf 1.** Deprem Sonrası Genel Bir Görünüş  
(Kaynak : <http://www.kaynasli.gov.tr/deprem>)

Deprem, yerkabuğunun katılaşmasından bu yana var olan ve yerkabuğunda oluşan kırılma sonucu açığa çıkan enerjinin neden olduğu titreşim hareketidir. Depremler kırılma sebeplerine göre karstik, volkanik ve tektonik olmak üzere üçe ayrılır. Karstik depremler, suların yeri oyararak oluşturduğu büyük mağaraların çökmesi sonucu oluşan, vol-

kanik depremler ise bir yanardağın patlaması sırasında meydana gelen kırılmalar sonucu oluşan depremlerdir. Karstik ve volkanik depremlerin hem şiddeti az, hem de etki alanı dardır.

Konumuza esas oluşturacak tektonik depremler ise, yerin iç dinamikleri sebebiyle oluşan depremlerdir. Magmanın yerkabuğunu zorlaması sonucu, kabukta "fay" denen plakalar oluşmuştur. Plakaların birbirini zorlamasıyla meydana gelen kırılma ve/veya sürtünme kuvvetinin aşılması sonucu biriken elastik deformasyon enerjisi açığa çıkar. Bu kuram 1911'de ortaya atılmış olup adı "elastik geri sekme kuramı"dır.

Tarih boyunca insanlar depremin sebepleri hakkında çok boş inançlara kapılmışlardır. Örneğin Batı Anadolu ve Antik Yunan'da, Tanrı Poseidon'un zıpkınına yere vurmasının deprem ve tsunamiye yol açtığına inanılmıştır. Aristoteles ise daha "bilimsel" bir yaklaşımla yeraltı mağaralarına hapsolmuş rüzgârların depremi yarattığını ileri sürmüştür. Eski Türkler Yerlik Han'ın devlerinin yeryüzüne çıkıp oynadığına inanmışlardır. Japonların inanışına göre okyanusların dibinde büyük bir kedibalığının silkinmesi ile deprem ve tsunami oluşurdu. Ortadoğu'da ilk çağlardan beri yaygın olan inanış ise depremlerin, dünyayı boynuzları üzerinde tutan öküzün başını sallaması sonucu oluştuğuydu.

Bütün bu boş inançlara rağmen tarih boyunca insanların tanrılara yalvarma dışında, depreme karşı bilinçli önlemler aldıkları da bilinmektedir. Ünlü coğrafyacı Strabon, Laodikeia (Denizli), Apameia (Dinar), Sardis kentlerinde depremler olduğundan ve burada yaşayanların evlerini ona göre yaptıklarından *Geographica* adlı eserinde bahsetmektedir. Troya'da ise (kent MÖ 1234'te yıkılmıştır) kent surlarının altında kum tabakası görülmüştür. Bu durum da olası deprem tehlikesine karşı alınmış bir önlem olarak açıklanabilmektedir.

Deprem mühendisliğinin, hatta matematiğin bile çok geri olduğu çağlarda, depreme karşı alınan önlemler sadece duvarları kalınlaştırmak ve kapı-pencere boşluklarını azaltmak şeklinde olabilmıştır. Ancak bugün durum çok farklı ve bilim bugün çok gelişmiş durumda. Deprem konusunda bilinmeyen birçok

parametre olmasına rağmen, günümüzde depremle alakalı birçok gelişme kaydedilmektedir. Ancak mesleklerin ayrılmış olmasından dolayı uygulamada birtakım çelişkiler gündeme gelmektedir. Bizi en çok ilgilendireni ise proje aşamasında ortaya çıkan mimar-inşaat mühendisi çelişkisidir.

### **MİMARİ TASARIM VE DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI ARASINDAKİ BAZI ÇELİŞKİLER**

Antik çağlardan geçen yüzyılın ilk çeyreğine kadar mimari tasarım ile depreme dayanıklı yapı tasarımı arasında bir çelişki yoktu, çünkü mimarlar ve yapı mühendisleri aynı kimselerdi; yani mimarlar estetik ve fonksiyon kadar taşıyıcı sistemi de düşünmek zorundaydılar. Ancak bugün, estetik ve fonksiyonu düşünmek mimarların, taşıma emniyetini düşünmek ise inşaat mühendislerinin görevi olmuştur.

Mimarların tasarımlarında, doğal ışığın maksimum kullanılması için geniş cam yüzeyler oluşturulması, girişlerin duvardan sarkan kısımlarının görünmesi gibi bazı estetik kaygılarla ve geniş kullanım alanları oluşturmak adına, birtakım mühendislik kurallarını zaman zaman göz ardı ettikleri görülmektedir. Depreme dayanıklı mimari tasarımda ise hangi parametrelerin belirleyici olacağı ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır. Bugün mimarların sistem seçerken bunları göz önüne alarak, estetik ve fonksiyon konularıyla sentez yapmaları gerekmektedir.

### **DEPREM MÜHENDİSLİĞİ İLE KLASİK YAPI PROJELENDİRMESİ ARASINDAKİ FARKLAR**

Deprem mühendisliği inşaat mühendisliğinin özel bir branşıdır, inşaat mühendisliği dışında değerlendirilemez; fakat bu branşın da kendine özgü birtakım kriterleri vardır.

Bir yapı projelendirilirken belirli bir emniyet katsayısı alınarak, sistemin her tarafının aynı dayanımda olmasına –ekonomi amacıyla– özen gösterilir. Buna rüzgâr tahkiki de dahil edilerek sistem elastik sınır içinde kalır. Ancak deprem mühendisliğinde durum biraz farklıdır. Son yönetmeliğe kadar bütün deprem yönetmeliklerinde belirli bir yatay yük katsayısı verilmekte ve ona göre hesap –yine elastik olarak– yapılmaktaydı.

Depreme karşı yatay yük katsayısı ilk kez 1923 Kanto depreminden önce Prof. Sano tarafından gündeme getirilmiştir. Prof. Sano, kendi özel projelerinde kullandığı bu katsayısı %5 almasına rağmen iyi sonuçlar elde etmiştir.

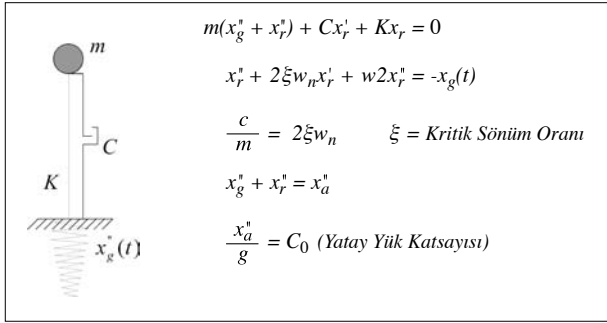
Yatay yük katsayısının ne olduğunu anlamak için şekil 1'e bakalım. Deprem yükünün dinamik bir yük olduğunu düşünerek yapıyı, kütle, yay ve söndürücüden ibaret bir sistem olarak modellendirelim. Burada  $x_j$  rölatif deplasman,  $\dot{x}_j$  rölatif hız,  $\ddot{x}_j$  rölatif ivmedir.  $x_g''$  zemin ivmesi,  $x_d''$  ise davranış ivmesidir ve zamana bağlıdır. Buradaki  $C_0$  katsayısı ise birçok depremin spektrumlarından stokastik olarak çıkarılmaktadır ve ilk verilen katsayı, 1940 El Centro depreminden alınan ilk kuvvetli hareket kaydından elde edilmiştir. Ondandır verilen

SUNUM  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ

katsayılar tahmini olarak hesaplanmış, fakat daha önce de belirtildiği gibi oldukça iyi sonuçlar alınmıştır.

Ancak sonuçların iyi olması, binaların hasarsız olduğu anlamına gelmemektedir. Esasen depremde binaların hasar görmesi fakat yıkılmaması beklenir. Elde edilen spektrumlar incelendiği zaman çok yüksek değerlerin ortaya çıktığı, elastik sınırın çok aşıldığı görülecektir. Deprem mühendisliğini klasik proje mühendisliğinden ayıran özelliklerinden biri budur. 1 numaralı tablo, binaların hangi depremlerde nasıl davranması gerektiğini göstermektedir.

Bir diğer özellik ise dayanımın her yerde aynı olmamasının gerekmesidir. Bu noktada kırılma sırası çok önemlidir. Bu konudan ilerleyen bölümlerde bahsedilecektir.



Şekil 1. Deprem Hareketinin Özelliği

## SÜNEKLİK NEDİR? SÜNEK SİSTEM NASIL ELDE EDİLİR?

DEPREMİN ŞİDDETİ	YAPININ EKONOMİK ÖMRÜ İÇİNDE DEPREMİN TEKRARLAMA SAYISI VE SÜRESİ MAGNİTÜDÜ	TAŞIYICI OLMAYAN ELEMANLARDAKİ DAVRANIŞ	TAŞIYICI ELEMANLARDAKİ DAVRANIŞ
HAFİF ŞİDDETLİ	ÇOK SAYIDA OLUR. 5-10 YILDA BİR M= 4.0-5.0	HASAR YOK	HASAR YOK
ORTA ŞİDDETLİ	2-3 KEZ OLUR. 30-40 YILDA BİR M= 5.5-6.5	HASAR VAR	HASAR BAŞLANGICI
ÇOK ŞİDDETLİ	1 KEZ M>7.0	İLERİ DÜZEYDE HASAR	ONARILABİLİR VEYA ONARILMAZ HASAR TOPTAN YIKIM VE CAN KAYBI YOK.

Tablo 1. Deprem Yönetmeliğine Göre Yapılarda Beklenen Deprem Davranışları (1. derece deprem bölgeleri esas alınmıştır.)

Konuya şöyle bir soru sorarak başlayabiliriz: Herhangi bir yatay yük katsayısı alırsak yapımız her durumda ayakta kalır mı? Bu sorunun yanıtı kırılmanın biçiminde ve sırasındadır. Bilindiği üzere sünek malzeme, kırılmadan önce

plastik deformasyon yapabilen malzemedir. Sünek olmayan, yani elastik sınıra geldiğinde kırılan malzemeye gevrek malzeme denir.

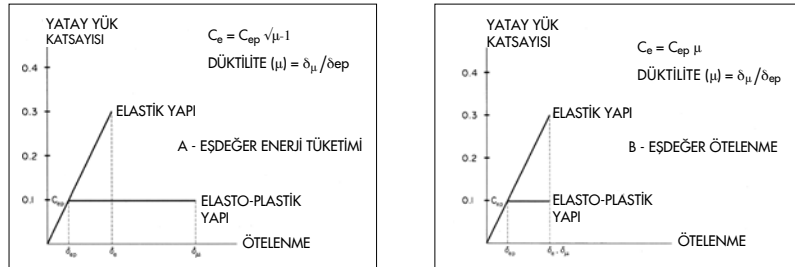
Yapılarda ise kuvvet-deplasman diyagramı söz konusudur. İlk akla gelen sünek malzemeden yapılan yapının sünek olacağı ise de, her zaman böyle olmayabilir. Örneğin çelik yapılarda kırılma, kaynaklı birleşimden başlarsa, çelik ne kadar sünek olursa olsun, gevrek olacaktır. Kırılmanın gövdeden başlaması durumunda ise sünek kırılma gerçekleşir. Betonarme kesitlerde de, kırılma basınçtan veya kaymadan olursa gevrek, çekmeden olursa sünektir.

Ancak sistemin sünekliliği için bu da yetmez. Elemanların kırılma sırası da önemlidir. Eğer kırılma kolonlardan (veya diğer düşey elemanlardan) başlarsa, sistem daha çabuk mekanizma haline geleceği için daha az düktil olur. İdeal olan, kırılmanın, daha doğrusu plastik mafsallaşmanın kirişten başlamasıdır.

Sistemin hiperstatiklik derecesi de sünekliliği etkileyen bir faktördür. Hiperstatik sistem, bilinmeyen mesnet kuvvetleri, denge denklemleri ile hesaplanamayan taşıyıcı sistemdir. Sistem, hiperstatiklik derecesi ne kadar çoksa o kadar çok, ne kadar azsa o kadar az sünektir.

Bu noktada yapılardaki konsollardan da söz edebiliriz. Konsollar bilindiği üzere izostatiktir ve bu sebeple depremin düşey bileşenine karşı süneklik faktörü 1 alınarak hesaplanmalıdır. İzostatik sistem, yeter sayıda bağla bağlanmış ve denge denklemleri yardımıyla çözülebilen iki veya üç boyutlu çerçeve sistemdir.

Süneklik kavramını ve bir yapının süneklik talebini anlamak için şekil II üzerinde duralım. II-A diyagramı  $T=0,2\sim 0,6$ sn olan binalar için, II-B diyagramı ise  $T>0,6$ sn olan binalar için birer yaklaşımdır. Her iki diyagramda maksimum elastik yatay yük katsayısı  $C_e = 0,3$  olsun, yani  $x_a / g = 0,1$  (spektrum değeri). Her ikisinde de hesaba esas yatay yük katsayısını  $C_{ep} = 0,1$  alalım ve her iki durumda süneklik talebini hesaplayalım. A'daki süneklik talebi 5, B'deki ise 3'tür. Yani A bölgesinde 5'ten, B bölgesinde 3'ten az sünekliliği olan binalar yıkılacak, fazla olanlar yıkılmayacaktır. Eğer tamamen gevrek bir sistem olursa, davranış ivmesi  $0,1g$  olunca yıkılacaktır.



Şekil 2. Elastik ve Elastoplastik Davranan Yapıların Davranışlarının Eşdeğer Duruma Getirilmesi

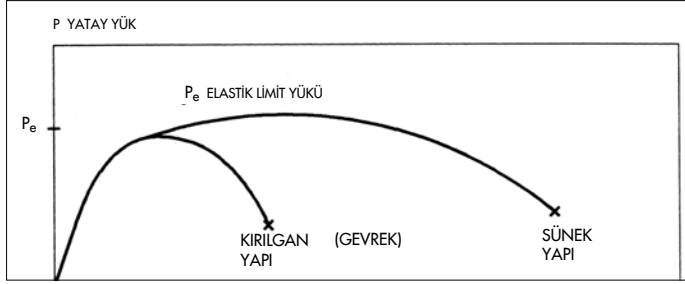
(Kaynak: Bayülke, N., Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İMO İzmir Şubesi Yayını, İzmir, 1998)

SUNUM  
**2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ**

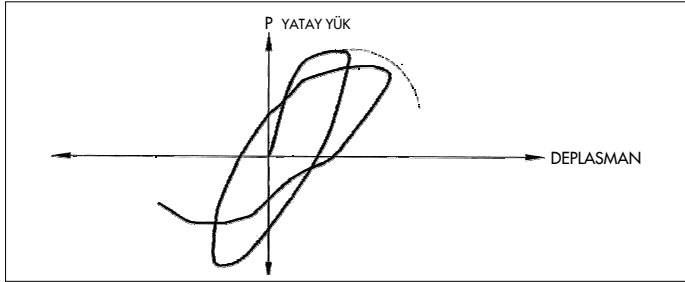
Bu arada şunu da eklemek gerekir: Şekil II-A ve II-B'deki diyagramlar sadece birer yaklaşımdır; çünkü her elastik sınırdaki süneklilik talebi, yapının periyoduna, sönümüne ve deprem hareketinin özelliklerine bağlıdır. Bu ayrı bir araştırma konusu olabilir.

Sünekliliği artırmanın önemli koşullarından biri de, sık etriye kullanılarak kayma kırılmasının geciktirilmesidir. Bu, ayrıca basınç altında boyuna demirlerin burkulmasını da önleyecektir.

Son yönetmelikte "sünekliliği artırılmış sistemler" deyimine rastlanmaktadır. Sünekliliğin nasıl sağlanacağı yönetmelikte konstrüktif esaslarla açıklanmaya çalışılmıştır. Şekil III, şekil IV ve şekil V'te sünek ve gevrek yapılarda çeşitli yük-deplasman eğrileri verilmiş, şekil VI'da ise kolonkiriş sistemlerde uygun ve sakıncalı sistemler şematik olarak gösterilmiştir.

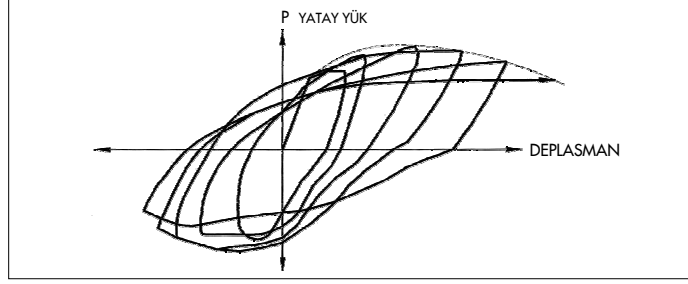


**Şekil 3.** Sünek Yapılar ile Sünek Olmayan Yapıların Tek Yönlü Yükleme Altında Yük-Deplasman Eğrisi  
(Kaynak: Bayülke, N., *Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı*, İMO İzmir Şubesi Yayını, İzmir, 1998)

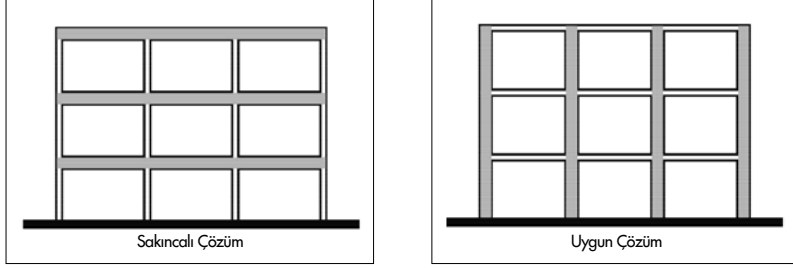


**Şekil 4.** Sünek Yapılar ve Sünek Olmayan Yapıların Tek Yönlü Yükleme Altında Yük-Deplasman Eğrisi  
(Kaynak: Bayülke, N., *Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı*, İMO İzmir Şubesi Yayını, İzmir, 1998)

SUNUM  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ



**Şekil V.** Sünek Yapılar ile Sünek Olmayan Yapıların Tek Yönlü Yükleme Altında Yük-Deplasman Eğrisi  
(Kaynak: Bayülke, N., *Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yiğme Yapı Tasarımı*, İMO İzmir Şubesi Yayını, İzmir, 1998)



**Şekil VI.** Zayıf Kolon-Güçlü Kiriş / Güçlü Kolon-Yeterli Kiriş  
(Kaynak: Afet İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi)



**Fotoğraf II.** Zayıf Kolon-Güçlü Kiriş Bağlantısı  
(Kaynak: Afet İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi)

SUNUM  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ



**Fotoğraf III.** Zayıf Kolon-Güçlü Kiriş, Yetersiz Aderans  
(Kaynak: Afet İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi)

## DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK'TEKİ YENİLİKLER

### Gereke

- Deprem konusundaki araştırmaların gelişmesi,
- Şantiyelerdeki çalışma şartlarının yetersizliğinden dolayı emniyet katsayısını büyütme gereksinimi,
- Yürürlükteki yönetmeliğin güçlendirme ile ilgili ayrıntılı koşullara yer vermemesi, tasarıma yönelik koşulları içermesi.

### SAKINCALI YAPI TİPLERİ

Buraya kadar süneklik kavramı üzerinde durulup, sünekliğin nasıl sağlanacağından bahsedildi. Sünekliğin sağlanması genel şarttır, fakat yeter şart değildir; çünkü süneklik haricinde rijitlik ve dayanım faktörlerinin de sağlanması gerekmektedir. Dayanım faktörü, en azından elastik sınıra kadar gereklidir. Rijitliğin ise, optimize edilmesi ve sistem boyunca –hem yatayda hem düşeyde– homojen yayılması gerekmektedir. Bina çok rijit olacaksa, onun gereğini yerine getirecek kadar da kuvvetli olmalıdır. Eğer rijitlik yeterli değilse, deplasmandan dolayı kolonlarda ikinci mertebe momentler oluşur. Ayrıca dilatasyonla ayrılan yerlerde çarpışma meydana gelir. Sırası geldikçe hepsinden teker teker bahsedilecektir.

Sakıncalı sistemler iki ana kategoride incelenecektir: Kesinlikle yapılmaması gerekenler ve olabildiğince kaçınılması gerekenler.

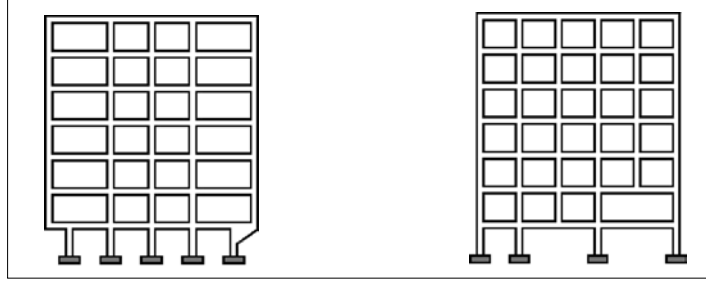
### A - Kesinlikle Yapılmaması Gerekenler

Kolonlarda süreksizlik olmamalıdır. Kolonların ne konsol ne de kiriş üzerine oturtulmasıyla virendel kiriş gibi sistemin çalışacağı düşünülmemelidir. Ayrıca dilatasyonla ayrılmış binalarda katlar farklı düzeylerde olmamalıdır; çünkü deprem esnasındaki çarpışma sırasında döşeme, bitişindeki binanın kolonuna ortadan vuracaktır.

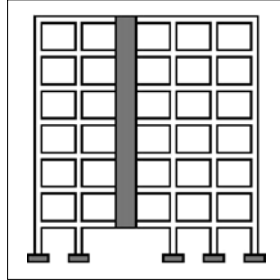
SUNUM  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ

Bunun yanı sıra dilatasyon büyük tutularak kısmen önlem alınabilir, fakat risk faktörü tamamen ortadan kalkmaz. Verilmesi gereken dilatasyon aralıkları kat seviyesi aynı olan yapılar için şöyledir:

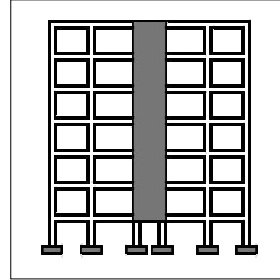
Elastik sınır içinde her kat için 1 cm, plastik deformasyon düşünüldüğünde bunun 2 katı olmalıdır, fakat yukarıda da belirtildiği gibi risk ortadan kalkmaz. Konuyla ilgili olarak, şekil VII, şekil VIII ve şekil IX'da kesinlikle yapılmaması gereken sakıncalı yapı tipleri şematik olarak gösterilmiştir.



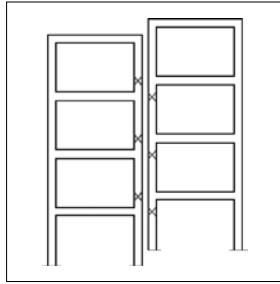
Şekil 7. Kesinlikle yapılmaması gerekir.



Şekil 8. Kesinlikle yapılmaması gerekir.



Şekil 9. Kaçınılması gerekir.



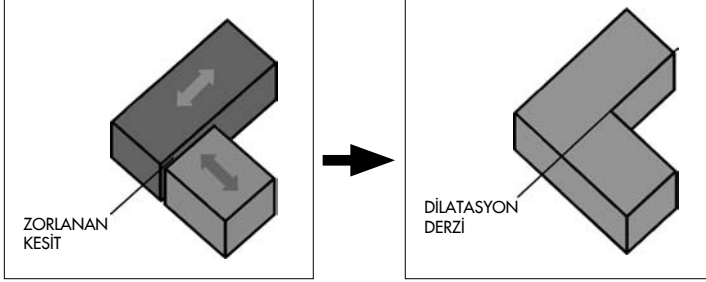
Şekil 10. Kat Döşemeleri Aynı Olmayan Yapılarda Kolon Kırılmaları  
(Kaynak: Bayülke, N., *Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yiğme Yapı Tasarımı*, İMO İzmir Şubesi Yayını, İzmir, 1998)



## B - Olabildiğince Kaçınılması Gereken Durumlar

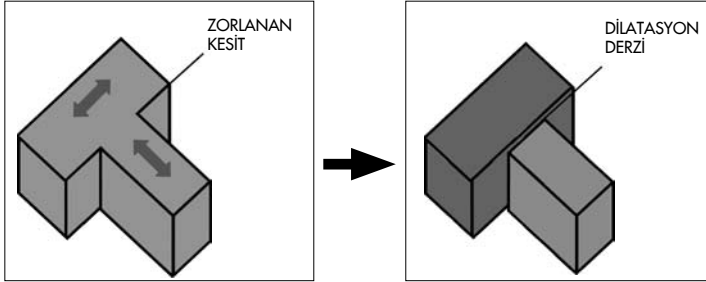
### 1 - PLAN DAĞILIMINDAKİ VE DÜŞEY DOĞRULTUDAKİ DÜZENSİZLİKLER:

Ağırlık merkezi ile rijitlik merkezinin uzak olduğu durumda yapı, deprem esnasında burulma momentine maruz kalır (Şekil XV). Bu durumda en fazla zararı rijit olmayan kenarlardaki kolonlar görür. Yapının düşey doğrultusundaki düzensizlikler ise deprem anında farklı çökmelere ve yapının beklenenden çok daha farklı hareket etmesine neden olur.



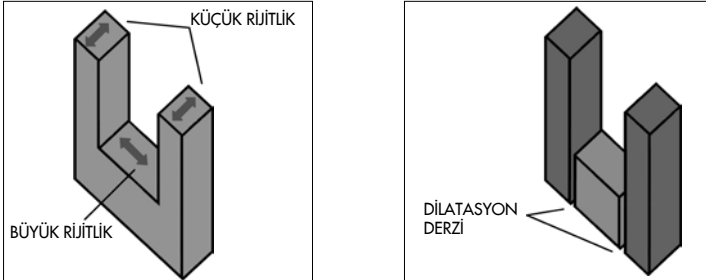
Şekil 11. Plan Düzensizlikleri

(Kaynak: Tuna, M. E., *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Tuna Eğitim ve Kültür Vakfı, Ankara, 2000)



Şekil 12. Plan Düzensizlikleri

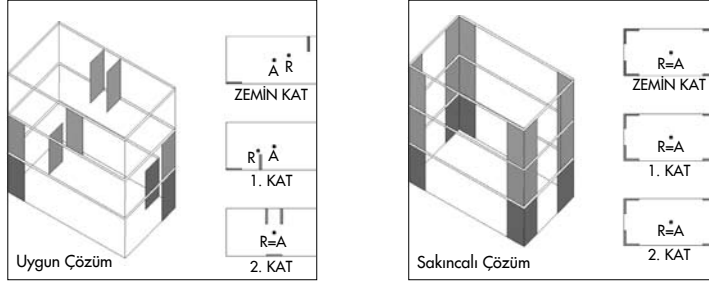
(Kaynak: Tuna, M. E., *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Tuna Eğitim ve Kültür Vakfı, Ankara, 2000)



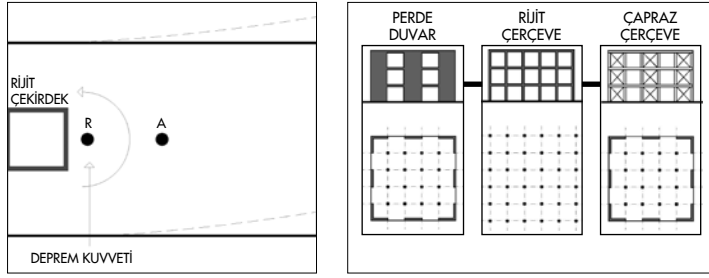
Şekil 13. Düşey Düzensizlikler

(Kaynak: Tuna, M. E., *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Tuna Eğitim ve Kültür Vakfı, Ankara, 2000)

SUNUM  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ



**Şekil 14.** Rijitlik Elemanlarının Plan ve Kesit Üzerindeki Dağılımları  
(Kaynak: Çokcan, B. ve S. B. Çokcan, *Deprem ile Yaşamak*, Dünya Yayıncılık, İstanbul, 2003)

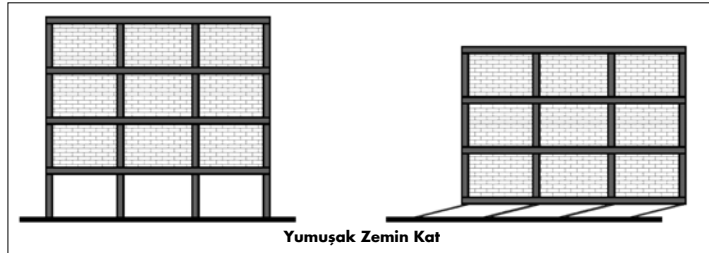


**Şekil 15.** Burulma  
(Kaynak: Bayülke, N., *Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yiğme Yapı Tasarımı*, İMO İzmir Şubesi Yayını, İzmir, 1998)

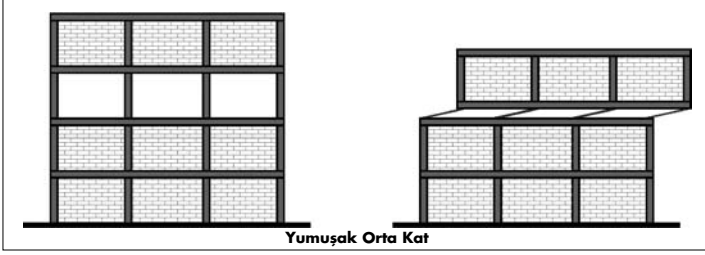
**Şekil 16.** Depreme Uygun Yapı Sistemleri  
(Kaynak: Çokcan, B. ve S. B. Çokcan, *Deprem ile Yaşamak*, Dünya Yayıncılık, İstanbul, 2003)

## 2 - YUMUŞAK KAT OLAYI:

Bilindiği üzere, yapılarda sadece kolon-kiriş ve perdeler yük taşıyormuş gibi hesap yapılır; fakat bölme duvarları da hem dayanıma hem rijitliğe katkıda bulunur. Binaların çok daha büyük depremlere dayanabilmesinin sebeplerinden biri de budur. Ancak çoğu binanın giriş katında ve nadiren ara katlardan birinde, mağaza, tesisat boşluğu ve benzeri amaçlarla bölme veya dolu duvarları tamamen veya kısmen örülmemektedir. Bu da yumuşak-zayıf kat oluşmasına sebep olmaktadır. Yumuşak kat oluşumunu önlemek için kolonlara fazladan rijitlik verilebilir. Konuyla ilgili olarak şekil XVIII ve şekil XIX'da, yumuşak katların oluşumunu engellemek için alınabilecek önlemler şematik olarak gösterilmiştir.

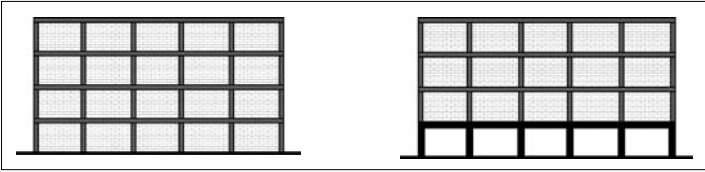


SUNUM  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ



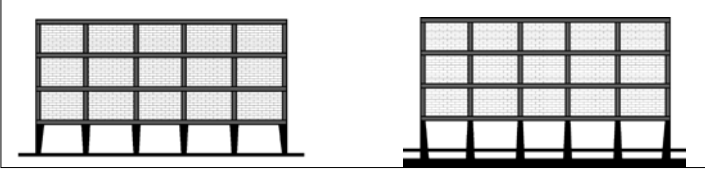
Şekil 17. Yumuşak Kat Olayı

(Kaynak: Çokcan, B. ve S. B. Çokcan, *Deprem ile Yaşamak*, Dünya Yayıncılık, İstanbul, 2003)



Şekil 18. Yumuşak Katların Oluşumunu Engellemek için Alınabilecek Önlemler

(Kaynak: Çokcan, B. ve S. B. Çokcan, *Deprem ile Yaşamak*, Dünya Yayıncılık, İstanbul, 2003)



Şekil 19. Yumuşak Katların Oluşumunu Engellemek için Alınabilecek Önlemler

(Kaynak: Çokcan, B. ve S. B. Çokcan, *Deprem ile Yaşamak*, Dünya Yayıncılık, İstanbul, 2003)

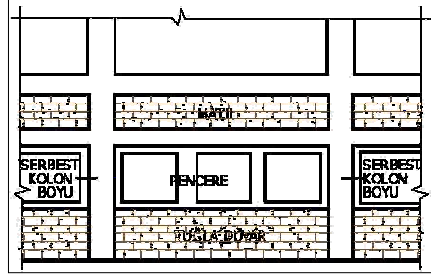
### 3 - AĞIRLIKLARI FARKLI KATLAR:

Katlar farklı amaçlarla kullanıldığında ağırlıkları farklı olacaktır. Bu tip binalarda mutlaka dinamik analiz yapılmalıdır.

### 4 - KISA KOLON OLAYI:

Kısa kolon olayı, kolonun kesme kırılması yapması olarak tanımlanabilir. Tuğla duvar statik projeden görülmediğinden, kolonun boyunu kısaltır. Boy kısaltıkça rijitlik artacağından, alacağı kuvvet de rijitlik oranında artar. Ama kesit değişmeyeceği için mukavemeti artmaz. Gelen yük 6-7 kat fazla olabilir. Şekil XX'de kısa kolon olayı şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca fotoğraf IV ve V'te, iki tipik kısa kolon kırılması görülmektedir.

SUNUM  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ



Şekil 20. Tuğla Duvar Sebebiyle Kısa Kolon Kırılması

(Kaynak: Tuna, M. E., *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Tuna Eğitim ve Kültür Vakfı, Ankara, 2000)



Fotoğraf 4. Tuğla Duvar Sebebiyle Kısa Kolon Kırılması

(Kaynak: Tezcan, S., *Bir Mimarın Seyir Defteri*, Türkiye Deprem Vakfı Yayını, İstanbul, 1998)



Fotoğraf 5. Zayıf Kolon Sebebiyle Çökme

(Kaynak: Tezcan, S., *Bir Mimarın Seyir Defteri*, Türkiye Deprem Vakfı Yayını, İstanbul, 1998)

### 5 - GEREKSİZ CEPHE AĞIRLIKLARI:

Binaların cephelerini giydirmek amacıyla yerleştirilen ağır paneller, deprem esnasında bağlantı noktalarından kopabilmektedir. Bina cepheleri ağır beton veya benzeri malzemelerle hazırlanmış panellerle kaplanacaksa, ana taşıyıcı sisteme yapılan bağlantılar yatay deprem yüklerini taşıyabilecek nitelikte olmalıdır.

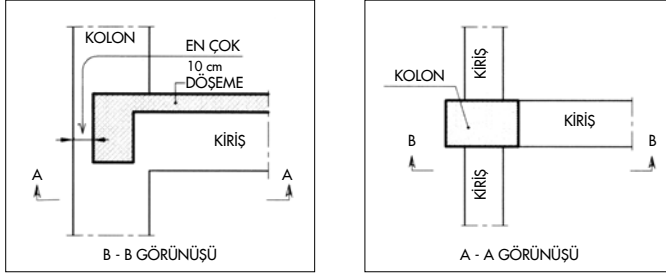


Fotoğraf 6. Betonarme Perde Üzerine Kaplama

(Kaynak: Tezcan, S., *Bir Mimarın Seyir Defteri*, Türkiye Deprem Vakfı Yayını, İstanbul, 1998)

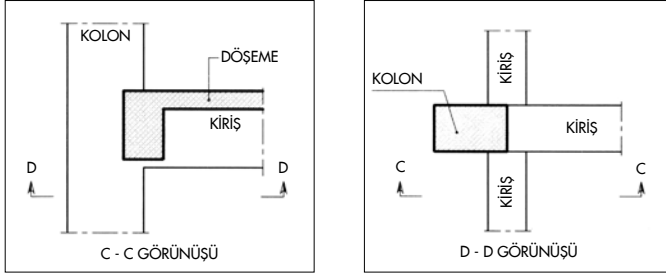
## 6 - SAPLAMA KİRİŞ VE BAĞLANTI HATALARI:

Kiriş ve kolonların ek yerleri, elden geldiğince eksenleri çıkışacak şekilde düzenlenmelidir; aksi halde elemanlara hesapta olmayan eğilme ve burulma momentleri gelecektir. Saplama kirişler ise hesapta, saplandığı kirişe mafsallı oturuyormuş gibi kabul edilir. Ortada olursa, diğer kirişin burulma rijitliği ihmal edilebilir. Ancak mesnete yakın saplama olursa, ihmal edilemez duruma gelir, dolayısıyla moment verir. Bu durum sadece deprem değil, diğer yükler için de geçerlidir.



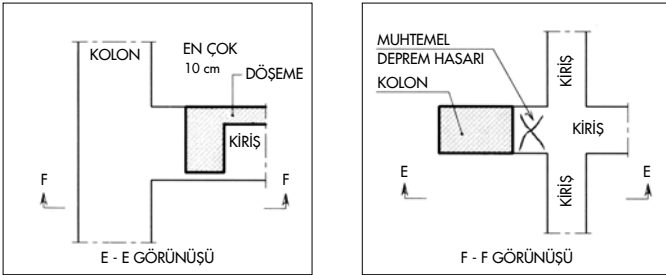
Şekil 21. İyi Kolon-Kiriş Bağlantısı

(Kaynak: Bayülke, N., *Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yiğme Yapı Tasarımı*, İMO İzmir Şubesi Yayını, İzmir, 1998)



Şekil 22. Kötü Kolon-Kiriş Bağlantısı

(Kaynak: Bayülke, N., *Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yiğme Yapı Tasarımı*, İMO İzmir Şubesi Yayını, İzmir, 1998)



Şekil 23. Kötü Kolon-Kiriş Bağlantısı

(Kaynak: Bayülke, N., *Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yiğme Yapı Tasarımı*, İMO İzmir Şubesi Yayını, İzmir, 1998)

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Buraya kadar, depreme dayanıklı yapı tasarımı ile ilgili olarak, daha çok yapılmaması ve olabildiğince kaçınılması gereken sistemler hakkında temel bilgiler verilmiştir. Burada yapılması önerilen sistemler hakkında özet bilgi verelim.

- Kırılma sırasına ve biçimine önem gösterilmeli, kırılma başlangıcının yatay elemanlardan ve sünek malzemedan olmasına dikkat edilmelidir.
- Plan, olabildiğince kareye yakın seçilmelidir.
- Rijitlik her iki yönde olabildiğince eşit yayılmalıdır.
- Burulmadan dolayı dönmeyi azaltmak için rijit elemanlar merkezden uzak yerlere yerleştirilmelidir.
- Sığ temellerden olabildiğince kaçınılmalıdır.



**Fotoğraf 7.** Kolonda Kayma Kırılması  
(Kaynak: Afet İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi)



**Fotoğraf 8.** Eğilme Kırılmaları Seyrek Etriye  
(Kaynak: Afet İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi)



**Fotoğraf 9.** Farklı Kat Yükseklikleri Sebebiyle Çarpışma Etkisi Hasarı  
(Kaynak: Afet İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi)

DİNAR DEPREMİ, 1995

SUNUM  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ

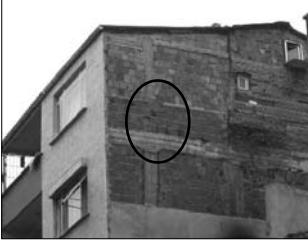


**Fotoğraf 10.** Sıvılaşma ve Şiğ Temelin Neden Olduğu Devrilme  
(Kaynak: Afet İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi)



**Fotoğraf 11.** Yumuşak Kat ve Burulma Etkisiyle Tek Tarafa Çökme  
(Kaynak: Afet İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi)

## RİSK



**Fotoğraf 12.** Süreksiz Kolonlara Ait İki Örnek  
(Kaynak: Doç. Dr. Alper İlki, İTÜ)

SUNUM  
2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ

**EK - DEPREME DAYANIKLI YAPI YÖNETMELİKLERİNİN GELİŞİMİ**

	1961	1968	1975	1998
HESAP YATAY YÜKÜNÜN YAPI AĞIRLIĞINA ORANI	0.06	0.06	0.10	0.125-0.25
EN KÜÇÜK KOLON BOYUTU (cm)	24 X24	25X25	25X25	25X30
EN KÜÇÜK ENİNE DEMİR (ETRİYE) ÇAPI (mm)	6	6	8	8
KOLON VE KİRİŞ UÇLARINDA ETRİYE SIKLAŞTIRMASI	YOK	VAR	VAR	VAR
YAPI ÖNEM KATSAYISI (1)	YOK	1.5	1.5	1.2-1.5

	1961	1968	1975	1998
EN AZ KOLON DEMİRİ ALANI	%0.8	%0.8	%1.0	%1.0
DÜĞÜM NOKTASINDA KOLONLARIN TOPLAM MOMENT TAŞIMA GÜCÜ KİRİŞLERİN TOPLAM MOMENT TAŞIMA GÜCÜNDEN BÜYÜK OLACAK	YOK	YOK	VAR	VAR
EN KÜÇÜK KİRİŞ BOYUTU SINIRLAMASI	YOK	15X30	20X30	25X30CM
EN BÜYÜK KİRİŞ BOYUTU SINIRLAMASI (ASMOLEN DÖŞEME SİSTEMLERİNDE)	YOK	YOK	VAR	VAR



