

Türkiye Deprem Gerçeğinde Bilinmesi ve Yapılması Gerekenler

Zafer Kütüğ

Deprem, tarih boyunca şiddetli depremler yaşanmış ve yaşanacak olan, ülkemizin kaçınılmaz bir gerçeği. Ülkemizde çok iyi yetişmiş jeolog ve jeofizikçilerin çalışmaları sayesinde aktif fay hatları yakından izlenmektedir. Nasıl ki yayını geren bir okçunun ne zaman yayı bırakacağı belli olmadığı gibi; enerjinin biriktiği faylar da biliniyor ancak “ne zaman deprem olacağı” bilinmiyor. Bu bilgi bile bir bölgenin depreme hazırlıklı olmasına yeterlidir ki bilim adamlarımız zamanında uyarılarını yapmaktadırlar. Deprem için jeologlarımızın ve jeofizikçilerimizin yapabilecekleri bu kadardır, kendilerinden daha fazlası beklenemez. Öncesi ve sonrası ise inşaat mühendisleri ile mimarların sorumluluğundadır.

6 Şubat 2023’ten bugüne, depremin nasıl meydana geldiği ve yıkılan binaların görüntüleri üzerine konuşuldu. Herkesin odaklandığı konu beton dayanımı ki bu, parametrelerden sadece biri olup tek başına yeterli değildir. Zira çok eskiden inşa edilmiş, yani beton mukavemeti düşük binalar ya hasarsız ya da hafif hasarla depremi atlattırmıştır. Peki sorun nedir? Aşağıda hem meslektaşlarımızın hem de sektörle ilgisi olmayan, talep edici konumundaki insanlarımızın anlayabileceği basitlikte Osmaniye ve Malatya deprem bölgesinden edinilen tespitler ve yapılması gerekenler anlatılacaktır.

Öncelikle, en büyük yıkım, hasar ve can kayıplarının meydana geldiği yapılar, yeni yerleşime açılan bölgelerde meydana gelmiştir. Yoğun göç alan il ve ilçelerde tarım arazileri üzerinde yüksek ve ağır yapılar yükselmiştir. Bu esnada, Osmaniye-Düziçi örneğinde olduğu gibi, neredeyse fay hatlarının dibinde bile yüksek ve ağır binalar imal edilmiştir. Bir depremde iki majör etken vardır, deprem ivmesi ve titreşim frekansı.

Bina ne kadar “ağır” olursa Newton’un 2. yasası gereği etkileneceği deprem kuvveti F_d , o derece fazla olacaktır:

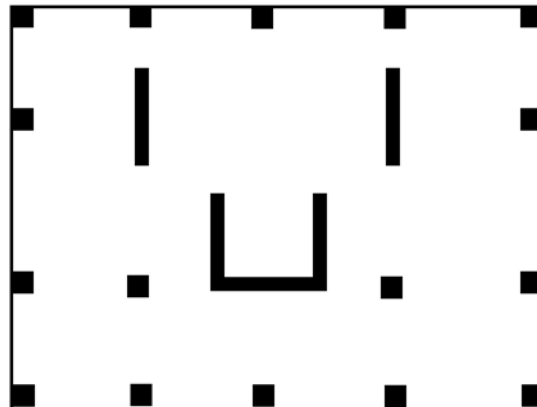
$$m=W/g, F_d=m \cdot a_d=W (a_d/g) = W S_g \quad (1)$$

Burada, m binanın kütlesi; a_d , depremde ortaya çıkan ivme; W , bina ağırlığı; g sabit yerçekimi ivmesi; S_g , deprem ivme spektrumudur,

yani depremde ortaya çıkan ivmenin sabit yerçekimi ivmesine oranı. Buradan kolayca ortaya çıkmaktadır ki **bina ağırlığı ne kadar artarsa depremde kolon ve perde sistemine etkiyecek kuvvetler de o oranda artacaktır**. Buradan çıkarılacak ders: **Binalarımızı gereğinden ağır yapmamalıyız**.

Bir bina nasıl gereğinden fazla ağır yapılır? Asmolen döşemeler yapıp kolonlar arasındaki esas kirişlerin, yüksek kiriş yerine yatık kiriş yapılmasıyla veya kiriş gibi çalışan mantar döşeme tipi kalın döşemeler seçilerek... Bu, statik değerlerin tutturulabilmesi açısından kat kat fazla donatı konulmasına ve yapının ağırlaşmasına neden olunurken aynı zamanda çok tehlikeli “zımbalama” etkisinin de ortaya çıkmasına yol açar. Unutmamalı ki döşemenin 1 cm kalın olması 100 m²’lik bir alanda 2,5 tonluk ilave bir ağırlık ortaya çıkmasına neden olur, yani iki binek otomobilini eve park etmek gibi düşünülebilir. Çözüm olarak, asmolen ve/veya kaset döşeme tipi döşemeler yapılabilir ve hatta tavsiye edilir ancak bunların kirişlerinin saplandığı ve kolonlar arasında olan esas kirişler yüksek kiriş olmalıdır (*Resim 1*). Böylelikle yapı hem hafif hem de çok daha mukavim hale getirilmiş olunur.

Resim 1. a. Asmolen döşemede yatık kiriş, b. Yüksek - tablalı kiriş



Resim 2. A1 tipi düzensizlik; döşeme ağırlık merkezi ile kolon-perde rijitlik merkezinin çakışmaması hali.

İkinci esas deprem etkisi ise frekans veya periyod olup bu biraz daha karışıktır. Doğadaki canlı-cansız her cismin bir doğal titreşim frekansı vardır. Eğer cisme dışarıdan doğal frekansına eşit veya çok yakın frekansta titreşimler uygulanırsa cisim **rezonansa** girer ve yıkılır. Deprem de bir dalga, yani titreşim hareketi ortaya çıkarır. Eğer binanın, üzerinde kurulduğu zeminin hâkim titreşim frekansı, binanın doğal titreşim frekansına yakın ise o bina büyük genlikli titreşimlere maruz kalacak, sonuçta ya yıkılacak ya da ağır hasar alacaktır. Detaylarına girmeden yüksek binalar kayalık zeminler üzerine kurulurken, 2-3 katlı evler alüvyonal-yumuşak zeminler üzerine inşa edilmelidir. Ancak yerleşim bölgeleri seçilirken bunlara hiç dikkat edilmemektedir. 1999 Gölcük-Adapazarı depreminde yıkılan binaların çoğu alüvyonal veya dolgu zeminler üzerinde olduğu fark edilmiş olmasına rağmen, son 2023 Kahramanmaraş-Hatay depreminde de görüldü ki yeni binaların yükseldiği yeni yerleşim bölgeleri de ya dere yataklarının, göletlerin kurutulmasıyla elde edilen araziler ya da sulak tarım arazileridir. Bunun yanında şiddetli bir depremin beklendiği İstanbul'da durum farklı değildir. Yüksek, ağır ve hatta stratejik öneme sahip binalar ya dere yataklarına ya da yumuşak zemin üzerine yapılmaktadır.

Buraya kadar anlatılmış olanların planlama aşamasında gözetilmesi, yapıların %60'ının depremden az hasarlı ya da hasarsız olarak çıkmasına yeterlidir. Bundan sonra değinilecek konular ise tasarımda, özellikle mimar meslektaşlarımız tarafından, dikkat edilmesi gereken hususlar olacaktır: **Yapı düzensizlikleri**.

Deprem yönetmeliklerinde, hesap esaslarına başlamadan önce yer alan, yapı düzensizlikleri iki gruba ayrılmaktadır: a) Planda düzensizlikler, b) Düşey doğrultuda düzensizlikler.

Planda düzensizlik (A tipi düzensizlikler), üç madde altında toplanmış olmakla birlikte en önemlisi A1-burulma düzensizliğidir. Burada tasarımcı (mimar), planda yapı döşe-

mesini ve kolon-perde konumlandırmasının simetrik olmasına dikkat etmesi yanında merdivenkovanı ve asansör çekirdeklerinin de simetri eksenleri üzerinde olmasına dikkat etmelidir. Yani döşeme ağırlık merkezi ile kolon ve perdelerin (asansör çekirdekleri ve merdivenkovanı dahil) ağırlık merkezi olan rijitlik merkezi çakıştırılmalıdır (*Resim 2*). Aksi halde deprem esnasında döşeme ileri geri hareket etmek yerine düzlemi içinde dönerek burulacaktır. Burulmaya ise hiçbir betonarme yapı dayanamaz; ya perdeler ağır hasar alır ya da kolonlar dağılarak yıkım gerçekleşir. Maa-lesef deprem bölgelerinde, asansörlerin bu kural gözetilmeksizin yerleştirilmesinden yeni yapılan binaların yıkıldığı veya ağır hasar aldığı görülmüştür.

Düşey doğrultuda düzensizlikler (B tipi düzensizlikler) ise binanın yüksekliği boyunca ortaya çıkabilecek düzensizliklerdir ve her biri büyük öneme sahiptir.

B1 tipi düzensizlik (**zayıf kat**): Bir katın perde, kolon ve duvar kesit alanlarının, komşu kattakilerin kesit alanlarından %80 oranından daha az olması durumu. Bu, kolon ve perde alanlarında büyük değişiklikler yapılması veya mevcut duvarların kaldırılması durumunda ortaya çıkan bir etkidir. Deprem esnasında binanın titreşimini büyük oranda azaltan duvarların asla kaldırılmaması gerekir. Duvarların kaldırılmasının belediye tadilat ruhsatı gerektirmediğini de hatırdan çıkarmayalım, bu acilen düzeltilmesi gereken yasal bir boşluktur.

Konu duvarlara gelmişken, zayıf kat ile doğrudan bir ilgisi olmamakla birlikte, duvarlarla ilgili olarak iki husustan bahsetmek gerekmektedir. Birincisi, cephe duvarlarının kolonlar arasında örülmemesi gibi bir akım olduğu görülmektedir (*Resim 3a*). Bunun sonucunda duvarların depremde binaya pozitif anlamda bir katkısı olmadığı gibi kolayca yola, bahçeye vb. insan ve araçların üzerine düşerek can ve mal kayıplarına neden olduğu Osmaniye ve Malatya incelemelerimizde görülmüştür (*Resim 3b, 3c*).

İkinci önemli husus ise duvar malzemesi olarak geleneksel tuğla veya gaz beton yerine “briket” kullanılması. Bu malzemenin kontrol edilebilir belli bir standardının olmaması, yük altında gevrek davranış gösterip dağılması yanında bina ağırlığını artırması göz ardı edilmeyecek etkenlerdir. Deprem bölgelerinde yapılan incelemelerde bu hususlar net olarak görülmüştür.

Resim 3. Duvarların kolonlar arasına örülmemesine ve bu durumun depremdaki davranışına ait örnekler (Osmaniye).



B2 tipi düzensizlik, (**yumuşak kat**): Komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği diye tanımlanan yumuşak kat basitçe bir kat yüksekliğinin komşu katlara göre daha az veya yüksek olmasıdır. Hemen her depremde yıkılan, ağır hasar alan binaların %70-80'inin sebebi budur. Zemin kat genelde dükkân olarak yüksek (4-5 m) inşa edilerek yumuşak kat oluşumuna neden olunur (*Resim 4*). Buna bir de kolonların arasına duvar örülmemesi de (B1 tip düzensizlik-zayıf kat) eklendiğinde sonuç kaçınılmaz hale geliyor. Maalesef trafik yoğunluğunun olduğu yolların yanındaki binaların durumu böyledir. O nedenle ki deprem sonrasında yollar kapanacaktır.

B3 tipi düzensizlik (**kolon-perde düşey taşıyıcıların süreksizliği**): Deprem yönetmeliğimizde detaylı olarak şekillerle gösterildiği için burada detaylı anlatılmayacaktır. Ancak, kısaca kolon-perde kesilmemesi gerektiğini ve kolonların kirişler veya konsollar üzerine inşa edilmesi gerektiğini söylemek bile yeterli olacaktır. Bu kadar önemle yasaklanan söz konusu düzensizliklerin pratikte uygulandığı, örneklerde görülmektedir (*Resim 5*).

Sadece bu düzensizliklerin tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması, yapılarımızın şiddetli bir depremde yıkılmayacağını, hafif hasarlarla can ve mal kayıplarının önüne geçileceğinin garantisidir.

Bunların yanında dikkat edilmesi gereken en önemli husus ise **kısa kolonlardır**. Kısa kolon, binanın kolonları arasındaki duvarların tavana kadar örülmemesi veya pencere çerçevelerinin kolonlara dayandırılması ile etkin kolon boyunun kısaltılması anlamına gelmektedir (*Resim 6*). Deprem anında kısa kolonların kırılması olasılığı neredeyse %80-100'dür.

Bir binanın tasarım aşamasında, kaçınılması, yapılmaması gerekenlerin en önemlilerini sıraladık. Bunun yanında tasarımcı ve mühendis sadece müellifi olduğu binayı değil, çevresindeki zemin ve komşu binaları da göz önünde bulundurmalıdır. İstanbul gibi tepeler üzerine kurulmuş bir şehirde eğimli araziler üzerine inşaatlar yapılırken komşu binaların döşeme seviyeleri ile aynı olmasına dikkat edilmelidir. Aksi durumda deprem anında yatay hareket edecek olan döşemeler bu binaların kolonlarının kırılmasına neden olacaktır. Buna **çekileme etkisi** denilmektedir (*Resim 7*).

Fotoğraflardan da görüldüğü üzere, sakıncalı inşaatların çoğu, yeni binalardır. Anlatı-



Resim 4. B1-zayıf kat ve B2-yumuşak kat oluşumlarına örnekler (İstanbul).

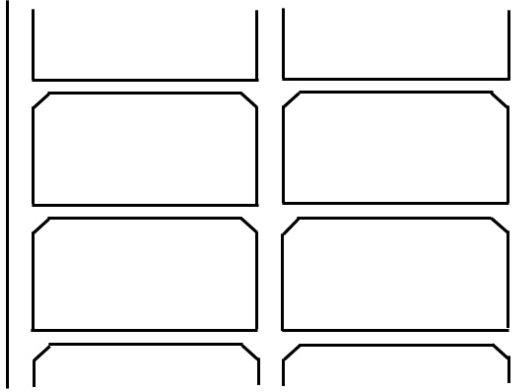
lanlardan, neden yeni binaların depremde yıkıldığı ortaya çıkmaktadır. Ortada, tasarımından üretimine, denetimine kadar büyük bir bilgisizlik ve sorumsuzluk vardır. Halbuki bunlar, üniversitelerin inşaat ve mimarlık fakültelerinde standart (!) olarak okutulan “**depreme dayanıklı yapı tasarımı**” veya “**taşıyıcı sistem tasarımı**” derslerinin içerikleridir. Bu noktada çuvaldızı akademiye, kendimize batıracağız. TMMOB ve YÖK’ün çok ciddi olarak üniversitelerde depreme dayanıklı yapı tasarımı ve analizini içeren derslerin etkin

Resim 5. B3 tipi düzensizlik, kolon-perde düşey taşıyıcıların süreksizliğine örnekler (İstanbul).

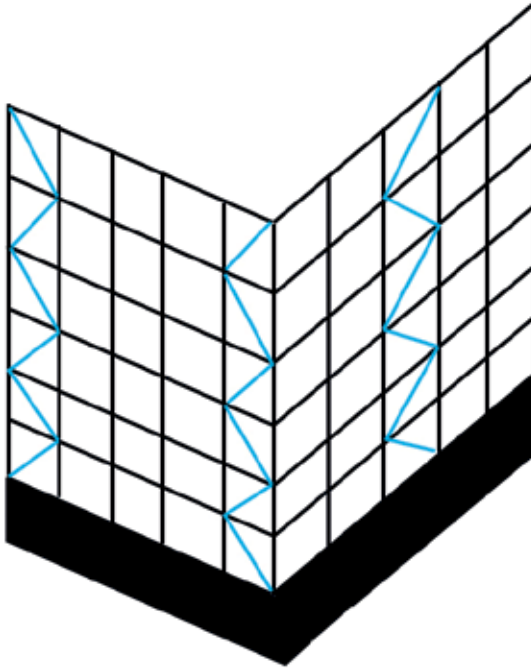
Resim 6. Kısa kolon oluşumuna örnekler (İstanbul).



Resim 7. Komşu katlar arası döşeme seviyesi farkı, çekileme etkisine örnek (İstanbul).



Resim 8. Guseli kolon-kiriş bağlantısı.



Resim 9. Çelik veya betonarme çapraz elemanlar kullanılarak depremde salınımın azaltılıp dayanımın artırılması.

biçimde verildiğini araştırması ve takip etmesi şarttır. Sadece derslerin verilmesi de yeterli değildir, **bağıl değerlendirme** denilen garabet bir değerlendirme sayesinde bilgisiz mühendis-mimar adaylarının derslerden geçmeleri önlenmelidir. İş arayan yeni mezunların en temel konuları bilmedikleri ve hatta kolon içine donatı bile yerleştiremedikleri haberleri, sektördeki meslektaşlarımızdan bizlere bildirilmektedir. Bu konuları hakkını

vererek işleyen üniversite ve fakülte sayısı maalesef iki elin parmaklarını geçmemektedir.

Son olarak, yaptığımız çalışmalardan yola çıkarak, **hafif** ve fakat **depreme dayanıklı**, deprem esnasında fazla titreşim-yer değiştirme yapmayacak yapıların tasarımı hakkında birkaç öneride bulunalım. Deprem anında en büyük zorlanmaların kolon-kiriş bağlantı noktalarında ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu zorlanmaların karşılanması için 1930-1960 yılları arasında yaygın olarak kullanılan bir tasarım uygulaması olan **guseli bağlantıların** yeniden hayata geçirilmesi yerinde olacaktır (*Resim 8*).

Bir diğer öneri ise titreşim esnasında döşemelerin yanal yer değiştirmelerini azaltmak hakkında olacaktır. Betonarme binalarda bunu sağlamak için perde sistemler yapılmaktadır. Bu ise binayı daha ağır hale getirmekte, daha fazla deprem kuvvetine maruz kalmasına neden olmaktadır. Depremlerde ahşap ve çelik yapıların betonarmeye göre daha dayanıklı olduğu bilinmektedir. Bunun nedeni kolon-kiriş düğüm noktaları arasına çapraz-diagonal yerleştirilmesidir. Benzer bir uygulama betonarme binaların dış cephelerinde uygulamasının hem binanın ağırlığını azaltmaya hem de daha az sarsıntıya maruz kalınmasına yardımcı olduğu gösterilmiştir (*Resim 9*). Çaprazlar, çelik olduğu gibi betonarme de olabilmektedir.

Depremler yurdumuzda hep olmuştur ve daha şiddetlileri de olacaktır. Üzerimize düşen, akademi, belediye, tasarımcı mimar-mühendis, yapı denetim gibi sektör paydaşlarının depreme dayanıklı yapı tasarımı ve inşası konusunda bilgilerini devamlı surette artırmalarıdır. Depreme dayanıklı yapı konusunda uzmanlaşmak, bilgi üretmek sektör olarak hedefimiz olmalıdır. Bu gayret, hem depremlerde canlarını mallarını kaybetmiş insanlarımızı hem de tüm insanlığa bir borcumuzdur. **m**

Zafer Kütüğü, Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Öğretim Üyesi

What need to be known and what to be done in earthquake reality of Turkey

Earthquake is a reality that must always be kept in mind in our country. Especially two groups of people always keep this in mind: Construction sector components such as architects, civil engineers, contractors, laborers, and the consumers. While the first group always thinks about building an "earthquake resistant building", the second group always questions whether the building is earthquake resistant or not. Moreover, the second group always demands it from the first group and has to know some information about it. In this article, with the knowledge from the '99 Gölcük and '23 Kahramanmaraş Earthquakes, it is simply explained how to design and build an earthquake resistant building and how to inspect existing buildings.