

1992 ERZİNCAN DEPREMİNDEN ALINMASI GEREKEN DERSLER

UĞUR ERSOY¹

SUMMARY

This paper summarizes the damages observed in reinforced concrete buildings after the 1992 Erzincan earthquake. First general characteristics of the R/C buildings in Erzincan are discussed under 3 headings; (a) configuration and structural system, (b), reinforcement details and (c) construction quality. In (a) it is pointed out that, soft story, weak column-strong beam are very common in Erzincan buildings. Also sudden change in stiffness and short columns were observed in many buildings. In all buildings investigated reinforcement was not properly detailed. Column and beam ends were not confined, column splices and bars anchorage were inadequate. The quality of construction was extremely poor and supervision practically did not exist. Structures were not built in accordance to the design drawings and the concrete quality was poor. In a great majority of the buildings the lateral load had to be carried by frames, and due to the mistakes discussed these frames could not be classified as ductile frames.

The author points out that due to the structural system used plastic hinging had to take place in columns which did not have the required ductility and lateral stiffness.

The author believes that the mistakes made in the design and construction stages are results of inadequate education. In the paper it is sated that such disasters can not be avoided unless reforms are made in the education of the architects and the engineers. Since the design and construction can not be improved over night the author recommends that every building to be built in Erzincan should have a minimum amount of structural wall.

ÖZET

1992 Erzincan depremi ülkemizdeki betonarme binalardan birçoğunun gerekli deprem güvenliğine sahip olmadığını bir kez daha kanıtlamıştır. Erzincan'daki betonarme binalarda gözlenen hasar ve göçmelerin nedenlerini üç ana başlık altında toplamak mümkündür; (a) mimari ve taşıyıcı sistem hataları, (b) donatı detayı yetersizliği ve hataları ve (c) yapım hataları. Bildiride üç ana başlık altında toplanan hatalar ayrıntılı bir biçimde irdelenmektedir. Bildirinin sonunda, ülkemizin gerçekleri ışığında tasarım ve yapım aşamasında alınması gereken önlemler belirtilmekte ve öneriler yapılmaktadır.

¹ Konuk Profesör, Boğaziçi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bebek İstanbul

GENEL

Erzincan ülkemizin en aktif sismik bölgelerinden birinde yer almaktadır. Bu kentimiz geçmişte de büyük depremler görmüştür. Büyüklüğü 8.0 olarak saptanan ve 32 000 vatandaşımızın ölümü ile sonuçlanan Erzincan depreminden sonra kentin yeri değiştirilerek, yeni bir kent oluşturulmuştur. 1983'deki Erzincan depremi büyük bir deprem olmamasına karşın kentte oldukça yaygın hasara neden olmuştur. Bazı binalarda 1983 depreminden önce ve sonra yapılan ölçümlerde deprem nedeniyle doğal periyotlarda önemli azalmalar olduğu gözlenmiştir [1]. Bu tür küçük bir depremin bu denli hasara neden olması Erzincandaki binaların zayıflığını açık seçik ortaya koymasına rağmen bu uyarıdan yararlanarak gerekli önlemler maalesef alınmamıştır. Böylece 1992 felaketine adeta davetiye çıkarılmıştır.

1992 Erzincan depreminin büyüklüğü 6.8 olmasına karşın, kaydedilen yer ivmesi ve bunun sonucu oluşan yer değiştirmeler oldukça büyüktür, $a = 0.5 \text{ g}$ ve $d = 35 \text{ cm}$ [1]. Maksimum ivmenin olduğu salınımlar yaklaşık 0.8 saniyelik bir periyoda sahiptir. Bu depremle ilgili kayıtlar ve bunların irdelenmesi kongreye sunulan diğer bildirilerde yer alacağından, bunların burada tekrarında yarar görülmemiştir.

ERZİNCAN'DAKİ YAPILARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Erzincan'da alınan deprem kayıtları bu depremin doğal periyodu 0.2-1.0 saniye olan binalarda daha fazla hasar vereceğini göstermektedir. Erzincan'da en yüksek bina 6 katlı olduğundan, gerçekten de hasar 3 ve daha fazla katlı olan binalarda yoğunlaşmıştır. Bu bölümde hasar gören 3-6 katlı binaların bazı ortak özellikleri üç ana başlık altında irdelenecektir.

Mimari ve Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Erzincan'daki 3-6 katlı yapılarda aşağıdaki ortak özellikler saptanmıştır [2].

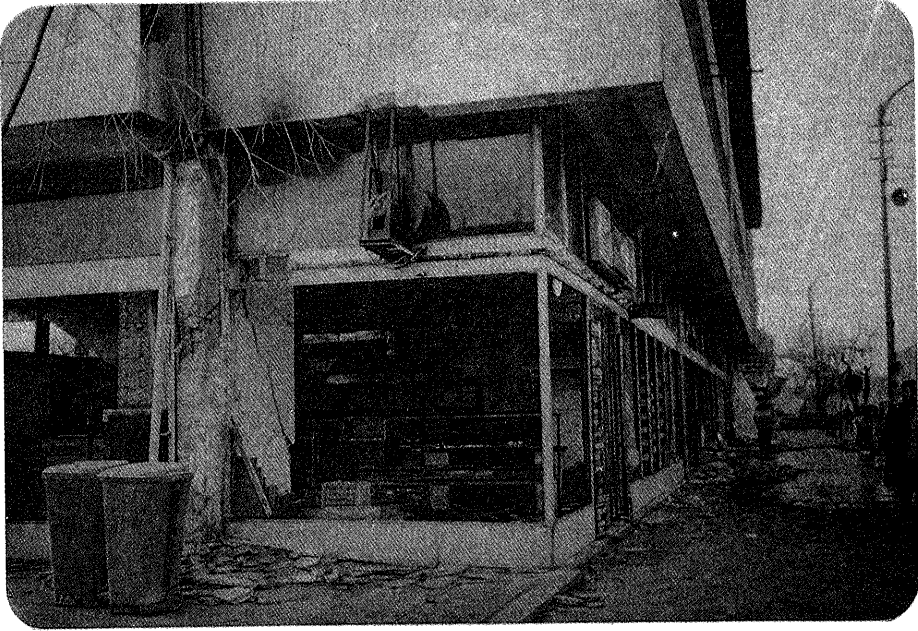
- Taşıyıcı sistem olarak genelde çerçeve kullanılmış, birkaç bina dışında perde duvara rastlanmamıştır.
- Taşıyıcı sistem seçilirken yanal yük göz ardı edilmiş, planda çerçeve sürekliliğine önem verilmemiştir. Diğer bir kirişe mesnet oluşturan kirişin başka bir kirişe saplanması sakınca görülmemiştir. Birçok binada kirişlerin kolonların kenarına saplanarak dış merkezlik oluşturduğu gözlenmiştir. Özet olarak, taşıyıcı sistem salt düşey yüke göre oluşturulmuş, deprem unutulmuştur (!).
- Birçok binada zemin kat ticari amaçlarla kullanıldığından, bu kat açık bırakılmış, konut veya büro olarak kullanılan üst katlarda ise çerçeve araları bölme duvarlarla doldurulmuştur. Böylece hesapta dikkate alınmayan dolgu duvarlar

nedeniyle üst katlar zemin katından çok daha rijit olmuş ve zemin kat düzeyinde "yumuşak kat" oluşmuştur. Tipik bir uygulama Şekil-1 de gösterilmiştir.

-Büro ve konut türü yapılarda kirişlerin boyutları pencere boşluklarına göre ayarlandığından, oldukça derin kirişler oluşturulmuştur. Kolon kesit boyutlarının görece olarak küçük seçilmesi nedeniyle yapılarda yönetmeliğin öngördüğünün tersine, "zayıf kolon-kuvvetli kiriş" oluşmuştur. Tipik bir örnek Şekil-2 de gösterilmiştir.

-Birçok yapıda kolondan kolona bırakılan pencere boşluğu nedeniyle kısa kolon oluşturulmuştur.

-Bazı binalarda, düşey doğrultuda ani rijitik değişimleri oluşturulmuştur. Örneğin, depremde yerle bir olan iki iş hanında köşelerde düzenlenen L biçimindeki perdeler, zemin katta kesit boyutları oldukça küçük kolonlara dönüştürülmüştür.



Şekil 1- Yumuşak Kat

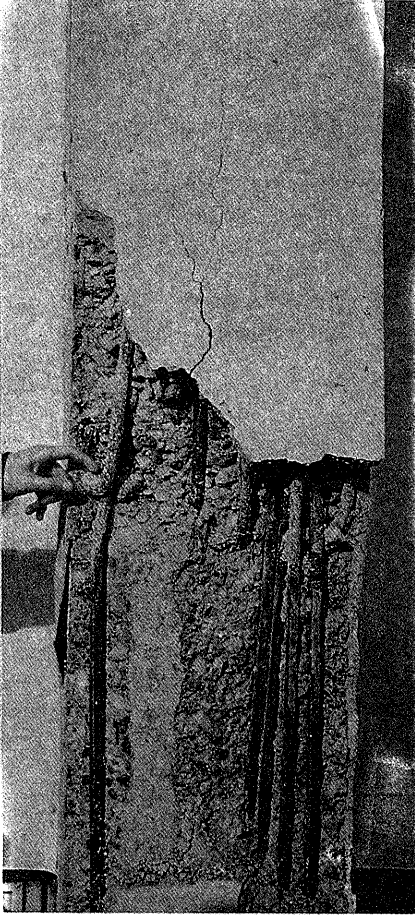


Şekil 2- Kuvvetli Kiriş-Zayıf Kolon

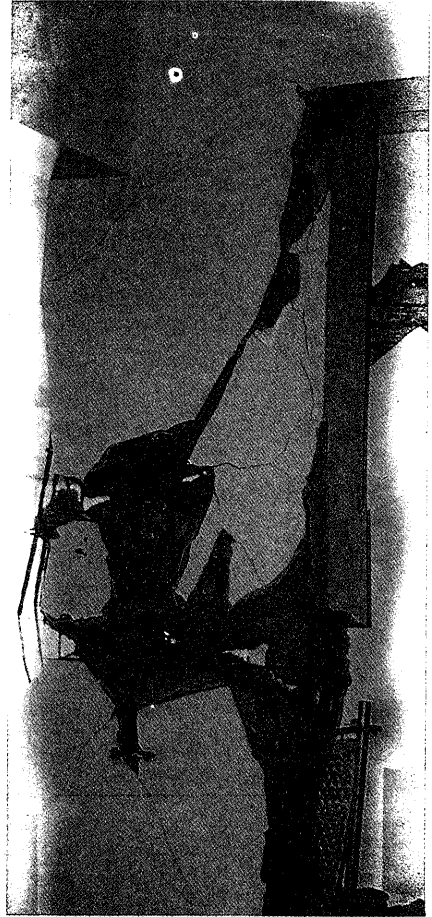
Donatı Detayı ile İlgili Gözlemler

Erzincandaki binaların tamamına yakınında donatı ile ilgili aşağıdaki yanlışlıklara ve yetersizliklere rastlanmıştır [2].

- 1975 Yönetmeliğinde açıkça belirtilmiş olmasına karşın, hiçbir binada kolon ve kiriş uçlarında sargı bölgeleri oluşturulmamıştır. Kolon etriyeleri değil Deprem Yönetmeliği'ni, TS-500 deki koşulları bile sağlamamaktadır, Şekil-3.
- Kolon-kiriş birleşim bölgelerine tek bir etriye bile konmamıştır.
- Deprem yönetmeliğine göre, kolon etriyelerinin ucuna 135° lik kanca yapılmalı ve bunlar göbeğe gömülmelidir. Erzincan'da hiç bir binada bu yapılmamış, etriye uçları 90° bükülerek bindirilmiştir. Bu etriyelerin uçları depremde kolayca açıldığından, söz konusu etriyeler etkili bir sargı oluşturamamıştır. Kolondaki ara boyuna çubuklar bağlanmamıştır.
- Kolon bindirme eklerinin tümü kat düzeyinde yapılmış, yönetmelilğin öngördüğü bindirme boyu sağlanmamış ve bu kritik bölgede sık etriye düzenlenmemiştir, Şekil-3.
- Kolonlarda kesme güvenliği düşünülmediğinden, deprem nedeniyle oluşan kesme kuvvetleri altında kolon etriyeleri son derece yetersiz kalmıştır. Bu durum Şekil-4 te açıkça görülmektedir.



Şekil 3- Sargı Yetersizliği



Şekil 4- Kesme Kırılması

-Birçok binada köşe kolonlarda diğerlerine oranla daha az donatı kullanıldığı gözlenmiştir. Deprem davranışına aykırı görülen bu uygulamanın da temel nedeni, tasarımın düşey yük temel alınarak yapılmasıdır.

-Şiddetli bir depremde kiriş momentlerinde tersinme olacağı dikkate alınmadığından, alttaki boyuna donatı mesnetlerde gerektiği gibi kenetlenmemiştir. Tasarımcı deprem davranışı konusunda bilinçsiz olduğundan, söz konusu donatının tersinir yükler altında çekmeye çalışacağını düşünmemiştir.

Özetlemek gerekirse, binaların hemen hiçbirinde yönetmeliğin sünek çerçeveler için öngördüğü sargı etkisi sağlanmamış ve çeşitli türde donatı

gerektiği gibi kenetlenmemiştir. Böylece söz konusu binalar "sünek çerçeve" sınıfına kesinlikle girmemektedir [3].

Yapım Kusurları

Erzincan'daki yapım aşamasında aşağıdaki hatalar yapılmıştır [2].

- Binaların çok büyük bir çoğunluğunda projede gösterilen donatı detaylarına uyulmamıştır. Birçok projede sargı donatısı miktarı ve detayı, kolon boyuna donatısı bindirme boyu doğru gösterilmiş, ancak yapım aşamasında bunlara uyulmamıştır.

- Beton kalitesi genelde kötüdür ve büyük değişkenlik göstermektedir. Betonun iyi karıştırılmadığı, iyi sıkıştırılmadığı ve iyi kür edilmediği açık seçik belli olmaktadır.

GÖÇME VE HASAR NEDENLERİ

Bir önceki bölümde Erzincan'daki binaların, sistem, donatı detayı ve yapımla ilgili kusurları özetlenmişti. Depreme uygun olmayan bir sisteme sahip olan, süneklik koşulunu sağlayacak bir biçimde donatılmamış olan ve birçok yapım kusurunu içeren binaların 1992 türü bir depremde büyük hasar görmeleri doğaldır. Bu nedenle daha fazla irdelenmenin gereksiz olduğu bile söylenebilir. Ancak yazara bundan sonraki uygulamalar için ders alınabileceği umuduyla, Erzincan'da geçen veya ağır hasar gören yapılarda hasar ve göçme nedenlerinin kısaca irdelenmesinde yarar görmektedir. Yazara göre binaların büyük bir çoğunluğunda hasar veya göçme biçim ve nedenlerini üç grupta toplamak mümkündür [2].

Yumuşak Kat

Daha önce anlatıldığı gibi, zemin katın ticari amaçlarla kullanılması nedeniyle, birçok binada zemin kat rijitliği diğerlerine göre küçük kalmış ve bu düzeyde yumuşak kat oluşmuştur. Yumuşak katta donatının akması ile oluşan "plastik mafsallar" zemin kat kolonlarının uçlarında meydana gelmiştir. Bu durumda zemin kat kolon mafsallarında olan dönmeler nedeniyle üst katlar adeta bir rijit kütle gibi kaykılmış ve büyük yanal ötelemeler yapmıştır. Bu tür bir kırılma mekanizmasında binanın ayakta kalabilmesi için zemin kat kolonlarının çok büyük enerji tüketebilmeleri, başka bir deyişle son derece sünek olmaları gerekmektedir [3]. Zemin kat kolonlarının bu koşulu sağlayabilecek biçimde boyutlandırılıp donatılması pratik açıdan çok zordur. Erzincan'daki gibi kesit kolonların bu tür bir koşulu sağlamaları ise olanaksızdır. Bu nedenle Erzincan'daki binaların zemin kat kolonları gerekli dönme kapasitesine sahip olmadıklarından kırılmış ve göçmeye neden olmuştur. Ayakta kalan binalarda ise oluşan aşırı yanal öteleme nedeniyle onarım olanaksız bir duruma gelmiştir, Şekil-5. Sonuç olarak projeyi yapan mühendis tüm sorunu zemin kat

kolonlarına yüklemiş, ancak bunun bilincinde olmadığından, söz konusu kolonlardaki hiç bir önlem almamıştır.



Şekil 5- Yumuşak Kat Ötelenmesi

Kuvvetli Kiriş-Zayıf Kolon

Bundan önceki bölümde, binaların bir çoğunda düğüm noktalarındaki kirişlerin görelî boyutları nedeniyle kolonlardan daha güçlü olduğu söylenmişti. İdeal olarak depremde oluşacak "plastik mafsalların" kolonlarda değil, kirişlerde olması tercih edilir. Bunun nedeni, kirişin kolona oranla çok daha sünek olmasıdır [3]. Erzincan'daki gibi kuvvetli kiriş-zayıf kolon olan binalarda mafsallaşmanın kiriş yerine kolonlarda oluşacağı doğaldır. Bu durumda süneklik sorununun yanı sıra binaların aşırı yanıl öteleme yapmaları söz konusudur. Oluşturduğu sistemin bilincinde olmayan tasarımcı ve yapımcı tüm enerjinin tüketileceği kolonlarda süneklik için özel önlemler almak bir yana, yönetmeliğin standard detaylarını bile uygulamamıştır. Bu durumda, sünek olmayan elemanlar, yani kolonlar gerekli enerjiyi tüketemediklerinden, göçme veya ağır hasar kaçınılmaz olmuştur.

Kolonlarda Kesme Kırılmaması

Erzincan depreminde yapılarda çok büyük eylemsizlik kuvvetleri oluşmuş, dolayısıyla kolonlar büyük kesme kuvvetleri ile zorlanmıştır. Etriye açısından Yönetmelik'lerde öngörülen minimuma bile sahip olmayan bir çok kolon plastik mafsall oluşmadan, kesmeden kırılmıştır, Şekil-4. Kısa kolonlara etkiyen

kesme kuvvetleri çok daha büyük olduğundan, bu tür kolonların hemen tümü kırılmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

1992 Erzincan depremi 3-6 katlı yapılarda çok büyük eylemsizlik kuvvetleri oluşturmuştur (1.0 g dolaylarında). Bu durumda betonarme çerçeveden oluşan bir binanın ayakta kalabilmesi için büyük çapta enerji tüketebilmesi, dolayısıyla çok sünek olması gerekmektedir. Seçilen sistem, yetersiz donatı detayı ve yapım hataları nedeniyle Erzincan'daki binaların söz konusu enerjiyi tüketebilmeleri mümkün değildi. Aslında yapılan bazı analitik çalışmalar, söz konusu depremde gereksinme duyulan sünekliğin sağlanmasının mevcut yönetmelik uygulansaydı bile kuşku olacağını göstermektedir. Yazar, ayakta kalan binaların göçenlere ve ağır hasar görenlere oranla daha iyi detaylandırıldığı ve yapının daha özenle gerçekleştirildiği kanısında değildir. Bu binaların ayakta kalması, görelilik olarak daha iyi bir sisteme sahip olmaları ve bölme duvarların da katkısı ile binaların elastik sınır içinde kalmaları ile mümkün olmuştur.

Geçmiş deneyimlerimiz genelde bu tür felaketlerden ders alınmadığını göstermektedir. Ancak biz yine de Erzincan'dan alınması gereken dersleri sıralamakta ve bazı öneriler yapmakta yarar görüyoruz.

-Deprem dayanımında mimarinin de önemli bir rol oynadığını dikkate alarak; (a) mimarlarımız bu konuda eğitilmeli ve (b) mimarlarımızın öntasarım aşamasında statiklerle işbirliği yapmaları sağlanmalıdır [4].

Benzer şekilde, inşaat mühendisleri de, deprem dayanımında seçilen taşıyıcı sistemin çok önemli bir rol oynadığının bilincinde olmalı ve bu konuda yeterince titiz davranmalıdır [3].

-Depremde süneklik, dolayısıyla donatı detayı en az hesap kadar önemlidir. Tasarımcı ve yapımcı bunun bilincinde olmalıdır.

-Yapım aşamasında gerekli denetim mutlaka sağlanmalıdır. İlgililer ve yetkililer depreme dayanacak olanın projelerdeki değil, tüm kusurları ile inşa edilen gerçek yapı olduğunun bilincinde olmalıdır.

-Yukarıda üç maddede özetlenen hususların gerektiği biçimde yapılabilmesi, bilinçli ve çağdaş bir eğitimle mümkündür. Genelde mimarlarımız deprem gerçeğinden habersiz, inşaat mühendislerimiz de davranışı dışlayan, analitik yöntemlere ağırlık veren bir eğitimle yetiştirildikleri sürece bu tür felaketleri yaşamaya devam etmemiz kaçınılmaz olacaktır. Uzun süreli, ancak köklü çözüm eğitimidir.

Eğitim uzun süreli bir çözüm olduğundan, yazarın bir de kısa süreli bir çözüm önerisi vardır. Erzincan felaketinin yaratıcısı olan tasarımcı ve yapımcılarımızın bugünden yarına bilinçleneceğini ve zihniyet değiştireceğini düşünmek olanaksız olduğundan, yazar bu koşullarda sünek çerçeve oluşturulabileceğine kuşku ile bakmaktadır. Bu nedenle bu geçiş döneminde 2-10 katlı konut ve işyeri gibi binalarda, herbir yönde bina plan alanının en az % 1.5 kadar alana sahip perde duvar oluşturulması önerilecektir. Böylece bölme duvarların da katkısı ile, sünekliğe fazla gereksinme duyulmadan yapının ayakta kalması mümkün olacaktır.

Bu tür bir uygulamanın başarılı olacağı Erzincan'da perde duvarı olan birkaç yapıda gözlenmiştir. Örneğin, Ulalar okulunda perde duvar oranının % 1.3 olduğu yönde taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan hiç bir elemanda hasar gözlenmemiş, buna karşın perde duvar oranının % 0.5 olduğu yönde perde duvar ve bölme duvarlarda ağır hasar oluşmuştur. Ancak bu yöndeki çerçevelerde önemli bir hasar gözlenmemiştir. Söz konusu binanın donatı detayı ve yapım kusurları bakımından diğerlerinden pek farklı olmadığı göz önünde bulundurulursa, perde duvarın ne denli olumlu bir etki yaptığı açıkça görülür.

KAYNAKLAR

- 1- Gülkan, P. (1992) "A Preliminary Field Reconnaissance Report on the Erzincan Earthquake 1992", METU, 1992 (İngilizce)
- 2- Ersoy, Ü. (1992) "Erzincan Depremi ve Betonarme Yapılar", 13 Mart 1992 Erzincan Depremi Mühendislik Raporu, İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara Şubesi Yayını, ss. 35-61.
- 3- Ersoy, U. (1987) "Betonarme Yapılarda Deprem Dayanımının Sağlanması-Bir İrdeleme", 3. Yapı Mekaniği Semineri, ODTÜ-Anadolu Üniversitesi, Anadolu Üniversitesi Yayını, Eskişehir, ss. 7-28.
- 4- Ersoy, U., ve Ersoy, A.A. (1992) "Binaların Deprem Dayanımında Mimarın Önemi", Yapı Dergisi, No. 125, ss. 58-69, İstanbul.