

## Deprem Nedeniyle Binalarda Oluşan Hasarlar

Hikmet Hüseyin Çatal

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmiri Türkiye

\*Corresponding author: [huseyin.catal@deu.edu.tr](mailto:huseyin.catal@deu.edu.tr)

Speaker: [huseyin.catal@eu.edu.tr](mailto:huseyin.catal@eu.edu.tr)

Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

**Özet** – Ülkemiz aktif deprem kuşağı üzerinde bulunmakta olup oluşan depremlerde yapılarda can ve mal kayıpları meydana gelmektedir. Yapıların dinamik yükler altında güvenli kalacak şekilde tasarlanması ve imalatı, depremlerde oluşan can ve mal kayıplarını en aza indirmesi için önem taşımaktadır. Deprem mühendisliğinde genel yaklaşım, yapıların, büyüklüğü düşük olan depremlerde hasar görmemesi; orta büyüklükteki depremlerde taşıyıcı sistemi etkilemeyen hasarların oluşması; daha büyük depremlerde ise can ve mal kaybının en aza indirgenmesidir. Yakın geçmişte Ülkemizde meydana gelen depremlerde gözleme dayalı incelemelerde, hasar gören yapılarda benzer tasarım ve imalat hatalarının yapıldığı belirlenmiştir. Depremlerden hasar görmüş yapılardaki yaygın tasarım ve imalat hataları, kısa kolon oluşumu, yapısal düzensizlikler, betonarme düşey taşıyıcı elemanlarda, sarılma bölgelerinde etriye sıklaştırması yapılmaması, beton malzemesinin dayanımının düşük olması olarak ortaya çıkmaktadır. Çalışmada, 13 Mart 1992 gününde Erzincan’da, 1 Ekim 1995 gününde Dinar’da, 27 Haziran 1998 gününde Ceyhan’da, 17 Ağustos 1999 gününde Adapazarı’nda, 3 Şubat 2002 gününde Sultandağı’nda, 17 Ekim 2005 gününde Seferihisar’da meydana gelen değişik büyüklüklerdeki depremler nedeniyle, bu bölgelerde hasar gören yapıların gözlemsel olarak incelenmesi neticesinde belirlenen, yapıların tasarım ve imalat hataları sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler** – Deprem, yapısal hasarlar, kısa kolon, yumuşak kat, yapısal düzensizlikler.

### I. GİRİŞ

Odak derinliği adı verilen ve odak noktası ile (hypocenter) ile dış merkez (epicenter) arasındaki düşey mesafeyi tanımlayan değerlere göre, depremler sığ, orta sığ ve derin depremler olarak sınıflandırılmaktadır. Odak derinliği 60 km’ye kadar olan depremlere sığ depremler, 70-300 km’ye kadar olan depremlere orta sığlıktaki deprem, 300 km’den fazla olan depremlere derin depremler denilmektedir [1],[2]. Odak derinliği orta ve derin depremlere göre daha küçük olan sığ depremlerin etkileri daha fazla olup, ülkemizde meydana gelen depremlerin büyük çoğunluğu sığ depremlerdir.

Yakın geçmişte Ülkemizde meydana gelen depremler nedeniyle çok sayıda can ve mal kaybı oluşmuştur.

Erzincan’da 13 Mart 1992 gününde Richter ölçeğine göre 6,8 büyüklüğünde meydana gelen depremde, kapalı olduğu için hasar tespiti yapılamayan askeri lojman ve resmi binalar hariç olmak üzere yıkılmış yada ağır hasarlı 1344 konut, 825 işyeri; orta hasarlı 2881 konut 409 işyeri; hafif hasarlı 3832 konut, 229 işyeri binası tespit edilmiştir [3],[4].

Dinar’da 1 Ekim 1995 gününde meydana gelen  $M_s=6,1$  büyüklüğündeki depremde yaklaşık 3000 bina hasar görmüş, 90 kişi hayatını kaybetmiştir [5].

Ceyhan’da 27 Haziran 1998 gününde meydana gelen  $M_d=6,3$  büyüklüğünde ve 10 km derinliğindeki depremde 145 kişi hayatını kaybetmiş, 8798 konut ve 402 işyeri binasında ağır hasar meydana gelmiştir [6],[7].

Adapazarı’nda 17 Ağustos 1999 gününde  $M_w=7,4$  ( $M_s=7,8$ ) büyüklüğünde ve 15,9 km derinlikte meydana gelen deprem, Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve Başbakanlık Kriz Merkezi verilerine göre 66441 konut ile 10901 işyeri binasının ağır hasar, 67242 konut ile 9927 işyeri binasının orta hasar

görmesine; 17479 kişinin hayatını kaybetmesine, 43953 kişinin yaralanmasına yol açmıştır [8],[9]. Bu deprem nedeniyle meydana gelen toplam ekonomik kayıplar Türk Sanayii ve İşadamları Derneği (TÜSİAD) verilerine göre 17 milyar dolar, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) verilerine göre 15~19 milyar dolar, Dünya Bankası /DB verilerine göre 12~17 milyar dolardır. Deprem, 1999 yılı için Türkiye’nin gayri safi yurtiçi hasılanın, TÜSİAD verilerine göre %9, DPT verilerine göre %8~10, DB verilerine göre %6,3~9 oranında kaybolmasına yol açmıştır [10].

Sultandağı’nda 3 Şubat 2002 gününde meydana gelen  $M_d=6,0$  ( $M_w=6,3$ ) büyüklüğünde, 5 km derinlikli depremde Bolvadin, Çay, Çobanlar ve Sultandağı yöresinde 11 adet çok katlı, betonarme taşıyıcılı binada ağır hasar meydana gelmiş, değişik taşıyıcılı toplam 1401 adet bina yıkılmış, 43 kişi yaşamını yitirmiştir [11],[12].

İzmir’in Seferihisar İlçesinde 17 Ekim 2005 gününde meydana gelen  $M_f=5,9$  büyüklüğündeki depremde can kaybı olmamış, ancak Seferihisar ve Urla İlçeleri civarında bazı binalarda hasarlar meydana gelmiştir [13].

### II. AMAÇ VE KAPSAM

Ülkemizde meydana gelen yakın geçmişteki depremlerde, taşıyıcı sistemi betonarme yada yığma olan yapılarda gözlemlenen değişik düzeylerdeki hasarlarda, tasarım ve imalat aşamalarında ortak hatalar belirlenmiştir. Çalışmada yaygın olarak yapılan bu hataların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, 13 Mart 1992 gününde meydana gelen Erzincan, 1 Ekim 1995 gününde meydana gelen Dinar, 27 Haziran 1998 gününde meydana gelen Ceyhan, 3 Şubat 2002 gününde meydana gelen Sultandağı, 17 Ekim 2005 gününde meydana gelen

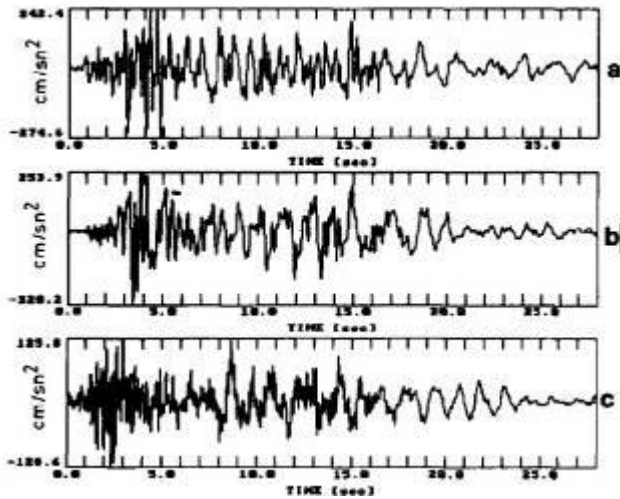
Seferihisar depremleri nedeniyle binalarda gözlemlenen yapısal hasarlar dikkate alınmıştır.

#### Deprem Nedeniyle Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

Deprem nedeniyle binalarda oluşan yapısal hasarlar, binanın üzerine inşa edildiği zeminin koşullarına, binanın deprem odak merkezinden uzaklığına, depremin büyüklüğü ve süresine, imalatta kullanılan malzeme durumuna, taşıyıcı sistem tasarımına göre değişkenlik göstermesine rağmen, yakın geçmişte meydana gelen depremlerde hasar görmüş binalarda ortak tasarım ve imalat hataları gözlemlenmiştir [14].

Erzincan'da 13 Mart 1992 gününde meydana gelen depremde, betonarme taşıyıcılı, güçlü perdeleri olan lojman binalarından pek azında onarılabılır hasarlar meydana gelmiş olup depremi çoğu hasarsız atlattır [4]. Erzincan depreminde 1-2 katlı binalarda daha az hasar gözlemlenmiş olup bu durum, deprem nedeniyle bu tür binalara etkiyen dinamik yüklerin daha az olmasıdır [4]. Depremde katlarında farklı tuğla malzemesi kullanılan birkaç yapıda ağır hasar gözlemlenmiştir. Betonarme taşıyıcılı binalarda, kolon-kiriş sarılma bölgelerinde etriye sıklaştırması yapılmamış bu durum kolon üst ve alt uçlarının plastik mafsallaşmasına yol açmıştır. Betonarme taşıyıcılı yapılarda düşey ve yatay taşıyıcı betonarme elaman betonlarının farklı zamanlarda dökülmesi nedeniyle bu elemanların birleşim noktalarında soğuk derz oluşmasına neden olmuştur. Betonarme taşıyıcılı yapılarda kolonlara etkiyen kesme kuvveti değerini arttıran, genellikle bodrum katlarda imal edilen bant pencereler nedeniyle oluşan kısa kolon etkisi bu depremde hasar nedenlerindenidir.

Dinar'da 1 Ekim 1995 gününde meydana gelen depremin düzeltilmiş güçlü yer ivmelerinin kuzey-güney, doğu-batı, düşey bileşenlerini zamana göre değişimi (Şekil-1)'de sunulmuştur [5].



Şekil-1: 1 Ekim 1995 Dinar depreminin güçlü yer ivmeleri (a) kuzey-güney, (b) doğu-batı, (c) düşey

Dinar İlçe merkezinde o dönemde kat adedi 1~6 arasında değişen betonarme taşıyıcılı binalar mevcuttu. Bu binalardan 3~5 katlı olanlarında ağır hasarlar meydana gelmiştir. 5 katlı betonarme taşıyıcılı postahane binası, 3 katlı betonarme taşıyıcılı karakol binası ve 5 katlı betonarme taşıyıcılı lise binası depremde ağır hasar görmüştür. Plan düzleminde simetrik olmayan yapı tasarımı, zemin katlarda ticari

kullanım amacı için bölme duvarların imal edilmemesi nedeniyle oluşan yumuşak kat, bodrum katların aydınlatılması amacıyla imal edilmiş bant pencere (Resim-1,2) nedeniyle kısa kolon oluşumu, kolonlarda etriye eksikliği (Resim-3,4), kaçak kat imalatı (Resim-5), betonarme taşıyıcılı binalardaki hasarların nedeni olarak ortaya çıkmaktadır.



Resim-1: Dinar Lisesi'nde bodrum katta kısa kolon davranışına neden olan bant pencereler.



Resim-2: Dinar Lisesi'nde bodrum katta kısa kolon davranışı nedeniyle kolonda oluşan hasar.





Resim-3: Kolonlarda etriye eksikliği



Resim-4: Kolonlarda etriye eksikliği

Ceyhan'da 27 Haziran 1998 gününde meydana gelen deprem Ceyhan ve civarındaki binalarda önemli yapısal hasarlara yol açmıştır. Ceyhan merkezde hasarlı betonarme taşıyıcı binalar 5~6 katlıdır. Cumhuriyet Mahallesinde

bulunan Hasevler Yapı Kooperatifi'ne ait bir blokta zemin kat tamamen ezilerek yıkılmış, bitişiğinde ise çok az hasar oluşmuştur. Bu durum bloklar arasındaki imalat kalitesinin farklılığı ile açıklanabilir (Resim-6). Asmolen türü döşemelerin kolon giriş birleşim noktaları mafsallaşarak hasar görmüştür (Resim-7).



Resim-5: Sol yan cepheye doğru üst katta imal edilmiş kaçak kat görünümü.



Resim-6: Zemin katı ezilen bina görünümü.



Resim-7: Asmolen döşemeye bağlı kolon üst ucunun mafsallaşması.



Betonarme taşıyıcılı, ağır hasarlı yapıların kolon-kiriş sarılma bölgelerinde etriye sıklaştırması yapılmadığı gözlemlenmiştir (Resim-8).



Resim-8: Yetersiz etriye görünümü.



Resim-9-10: Kısa kolon oluşumları



Resim-11: Kısa kolon hasarı

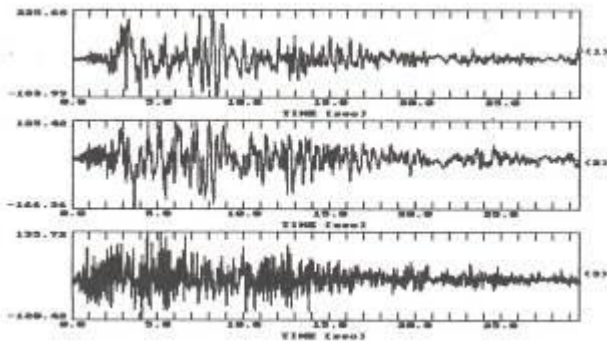


Resim-12: Güçlü kiriş

Adapazarı'nda 17 Ağustos 1999 gününde meydana gelen depremin İzmit Meteoroloji İstasyonunda bulunan sismogramdan alınan güçlü yer ivmelerinin sırasıyla doğu-batı, kuzey-güney ve düşey bileşenlerinin zamana göre değişimi (Şekil-2)'de sunulmuştur. Depremde betonarme taşıyıcılı binalarda kısa kolon etkisi (Resim-9,11), güçlü kolon yeterince güçlü kiriş yaklaşımına uymayan tasarım (Resim-12), yapı-zemin etkileşimi dikkate alınmaksızın temel tasarımı ve imalatı (Resim-13,14), Akyazı yöresinde prefabrike betonarme taşıyıcılı binaların kolon mesnetlerindeki imalat hatası (Resim-15), beton malzemesinin kalitesizliği ve donatı ile betonun aderansının sağlanamamış olması nedenleri ile hasarlar oluşmuştur. İçerisinde deniz kabuğu kalıntıları olan ve yöreden alınan beton örneğinin görünümü (Resim-16)'da sunulmuştur. Toptan göçme mekanizmasıyla göçmüş bir binanın görünümü (Resim-17)'de sunulmuştur [9].



Resim-13: Sığ temel görünümü.



Şekil-2: 17 Ağustos 1999 Adapazarı depreminin güçlü yer ivmelerinin, doğu-batı, kuzey-güney ve düşey bileşenleri



Resim-14: Sığ temel görünümü.



Resim-15: Akyazı'da prefabrike kolon alt ucundan geçen PVC boru görünümü.



Resim-16: Kalitesiz beton görünümü.



Resim-17: Toptan göçme mekanizmasıyla yıkılmış bina.

Sultandağı'nda 3 Şubat 2002 gününde meydana gelen depremde, betonarme taşıyıcılı binalarda beton malzemesinin dayanımının düşüklüğü, çok katlı yapılarda plan düzleminde perdelerin uzun ayırıklarının tek doğrultuda olması ve yapının diğer doğrultusunda daha düşük rijitlikte olması nedenleriyle

ağır hasarlar meydana gelmiştir [11]. Deprem bölgesinde ağır hasar gören binaların çoğu, tuğla kargir, ahşap karkas veya kerpiç yapı türündedir. Çay İlçesinde henüz inşası tamamlanmamış toplam 9 katlı betonarme perdeli bir bina toptan göçmüştür (Resim-18), sanayi sitesindeki tek katlı betonarme taşıyıcılı binaların çoğu hasar görmüştür (Resim-19).



Resim-18: Çay ilçesinde göçmüş, betonarme perdeli bina.



Resim-19: Sanayi sitesinde kısa kolon hasarlı betonarme bina iç görünümü.

### III. BETONARME BİNALARDA HASAR NEDENLERİ



Ülkemizde meydana gelen depremler etkisiyle, betonarme taşıyıcı binalarda oluşan benzer hasarlardan hareketle, hasar nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1-Bodrum katların aydınlatılması amaçlı bant pencere veya diğer katlardaki kısa kolon oluşumları nedeniyle kolonlarda oluşan kesme kuvveti hasarları

2-Katlarda ticari amaçlara yönelik bölme duvarların kaldırılması nedeniyle yumuşak kat oluşumu

3-Kolon-kiriş birleşimlerinde sarılma bölgesinde kolonlarda etriye sıklaştırması yapılmaması, düşey taşıyıcı elemanlarda seyrek etriye konulması veya etriye konulmaması nedeniyle birleşim noktalarında mafsallaşmaların olması

4-Binalarda plan ve düşey düzlemlerdeki düzensizlikler

5-Binalarda beton dayanımının düşük olması, beton ile donatı arasında aderansın sağlanamamış olması

6-Kolon ve kirişlerde, betonun aynı anda dökülmemesi nedeniyle kolon-kiriş birleşim bölgelerinde soğuk derz oluşumu

7-Yapı-zemin etkileşimi ve zeminin depremdeki davranışının (sıvılaşma, taşıma gücünün azalması gibi) dikkate alınmadan temel sisteminin tasarımı

8-Betonarme düşey taşıyıcı elemanların plan düzleminde binanın tek doğrultusundaki rijitliğini artıracak tarzda tasarlanması

9-Betonarme düşey taşıyıcı elemanlarda boyuna donatı yetersizliği

#### IV. TARTIŞMA

Yapı denetim sisteminin uygulamaya geçirilmesi, doğal afet sigortası uygulaması, imalatlarda hazır beton kullanılması nedeniyle beton dayanımının artırılmasının hedeflenmesi, şantiyelerde sertifikalı usta çalıştırılması, depreme dayanıklı yapı üretimi için olumlu gelişmelerdir.

#### V. SONUÇ

Deprem etkileri nedeniyle hasar gören binalarda ortak tasarım ve imalat hasarları gözlemlenmektedir. Yapısal hasarları ve can kaybını en aza indirmek için benzer hatalardan kaçınılması gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Z. Celep *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Bea Basım yayın, 2018
- [2] Kandilli Rasathanesi web sitesi [online], <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/personel/comoglu/deprenmedir/>
- [3] H. Sucuoğlu, P. Gülkan "13 Mart 1992 Erzincan Depremi Mühendislik Raporu, 7. Bölüm:Yapısal hasarların Genel Değerlendirilmesi", *İnşaat Mühendisleri Odası Yayını*, 1992.
- [4] "13 Mart 1992 Erzincan Deprem Raporu", Ed. N. Bayülke, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, 1993.
- [5] H.H. Çatal, "Areport on Dinar earthquake of 1 October 1995, and response spectra", *Engineering Structures*, Vol19, N:7,pp 594-602, 1997.
- [6] A.S. Biricik, H. Kurt," 27 Haziran 1998 Adna Ceyhan Depremi", *Marmara Coğrafya Dergisi*, Sayı:2, s: 95-121, 1998.
- [7] H.H. Çatal, "27 Haziran 1998 Adana depremi", *İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni*, Sayı 14, s: 32-36, 1998.
- [8] B. Özmen,"17 Ağustos 1999 İzmit Körfez Depreminin hasar durumu",*Türkiye Deprem Vakfı*, 2000.
- [9] H.H.Çatal, "17 Ağustos 1999 Körfez depremi", *İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni*, Sayı 88, s:13-17,1999
- [10] E.Koşl,F.Konur,H.Özgür,"Körfez depreminin ekonomik etkileri", *International Earthquake Symposium*, 2007.
- [11] H.H. Çatal, "3 Şubat 2002 Sultandağı depreminin yapı mühendisliğiyönünden incelenmesi", *Dokuz Eylül Üniversitesi*

*Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 4, Sayı 3, s:57-66,2002.

- [12] P. Gülkan, G. Özcebe, H. Sucuoğlu, S. Bakır, Ö. Çetin, T. Tankut, U. Akyüz, T. Yılmaz, A. Peköz, S. Bayılı, V. Aydoğan, M. Baran, U. Yazgan, "3 Şubat 2002 Sultandağı ve Çay depremleri mühendislik raporu", *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 416, 2006.
- [13] "17 -21 Ekim 2005 Sığacık Körfezi-Seferihisar (İzmir) depremleri ön değerlendirme raporu", Boğaziçi Üniversitesi Ulusal Deprem İzleme Merkezi, 2005.
- [14] H.H. Çatal "Yakın zamanlarda Türkiye'de meydana gelen depremlerin yapısal açıdan irdelenmesi", *Uşak Belediyesi Deprem Sempozyumu*, 2003.