

BETONARME BİNALARDA GÖZLENEN HASARLAR, NEDENLERİ VE ÖNERİLER

İffet Feyza ÇIRAK*

Özet

Betonarme yapılar, genellikle uygulama alanının geniş olması, ekonomik olması ve işçiliğinin diğer yapı türlerine göre daha kolay olması nedeni ile tercih edilmektedir. Ancak, betonarme elastik ve doğrusal olmayan, gerilmeleri zamana ve yük geçmişine bağlı olmayan bir malzemedir. Dolayısıyla betonarme yapıların imalatında, telafisi zor hatalar yapmamak için, son derece titiz davranmak gerekir. Ancak, Türkiye’de mevcut olan birçok binanın belirli standartlara uyulmadan sismik kurallar dışında yapıldığı da bilinmektedir. Bu çalışmada, betonarme binalarda bulunan taşıyıcı olmayan ve olan elemanlarda oluşabilecek çatlak ve hasar türleri irdelenmiş, oluşan hasarların nedenleri araştırılarak çözüm önerileri getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme yapı, hasar, çatlak

DAMAGES OBSERVED IN REINFORCED CONCRETE BUILDINGS, CAUSES AND RECOMMENDATIONS

Abstract

Reinforced concrete structures are preferred, because the application field is wide, labor is easy and economic. However, reinforced concrete is elastic and nonlinear and its tension and compression are not depend on time and its load history. Therefore, to avoid making errors difficult to return later, attention is necessary in manufacturing reinforced concrete structures. Nevertheless, it is known that many of buildings are constructed out of existing standarts and seismic rules in Türkiye. In this study, crack and damage types which may occur in structural and non-structural elements in reinforced concrete buildings are considered by rewieving the previous studies, causes of damages are investigated and solutions are suggested.

Key Words: Reinforced concrete structure, damage, crack

1.GİRİŞ

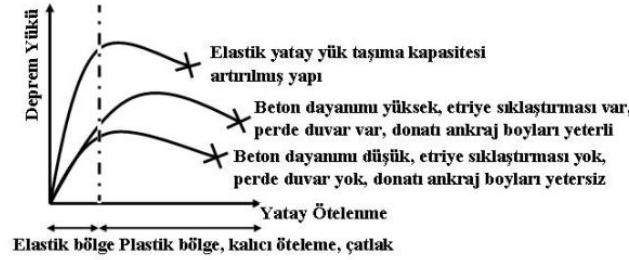
Türkiye, deprem kuşağı üzerinde bulunan bir ülkedir. Özellikle son yıllarda meydana gelen depremler sonucu yapılan hasar incelemelerine göre, mevcut binaların birçoğunun deprem dayanımının yetersiz olduğu görülmektedir. Bu yetersizlik, yanlış sistem seçimi, yetersiz donatı detayı ve yapı denetiminin eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

Deprem riski yüksek bölgelerde yapılarda aranan en önemli özellik, deprem güvenliğidir. Depreme dayanıklı bir yapıda aşağıdaki üç koşulun sağlanması gerekir:

* Akdeniz University, Faculty of Fine Arts, Department of Interior Architecture and Environmental Design, Antalya, Turkey.
E-posta: htugba@gmail.com

- 1- Yeterli dayanım
- 2- Sünek davranış
- 3- Sınırlı yanal ötelenme (yanal rijitlik) [1]

Bu koşulların sağlanabilmesi için, projelendirme sırasında ne kadar dikkat etmek gerekiyorsa, yapının üretimi sırasında da aynı titizliğin gösterilmesi gerekir. Çünkü çok küçük bir detay hatası bile, dönüşü olmayan durumlara neden olabilmektedir. Örneğin kolon ve kirişlerde etriye sıklaştırılmasının yapılmaması, kolon-kiriş birleşim bölgelerine gerekli özenin gösterilmemesi, gereğinden az veya fazla donatının kullanılması gibi hatalar, taşıyıcı sistemde çok ciddi hasarlara yol açabilmektedir. Yapıların yatay yükler altında gösterdiği davranış incelenecek olursa (Şekil 1), bu tür detayların ne kadar önemli olduğu görülebilir.



Şekil 1. Yapıların yatay yükler altında davranışı [2]

2. BETONARME YAPILARDA ÇATLAKLAR

Özellikle deprem bölgelerinde, yapılarda enerji tüketiminin kontrollü bir şekilde sağlanması gerekmektedir. Bu durumda ilk beklenen hasar türü ise yapıda oluşacak çatlaklardır. Çatlakların yeri, şekli, genişliği, eski veya yeni oluşu, görülen bölgedeki kusur ve yetersizlikleri, ve oluşabilecek hasar türünü belirlemeye yardımcı olur.

Beton, basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı ise düşük olan bir malzemedir. Dolayısıyla betonarme elemanda oluşabilecek çatlakların takibi ve kontrolü önemlidir [2].

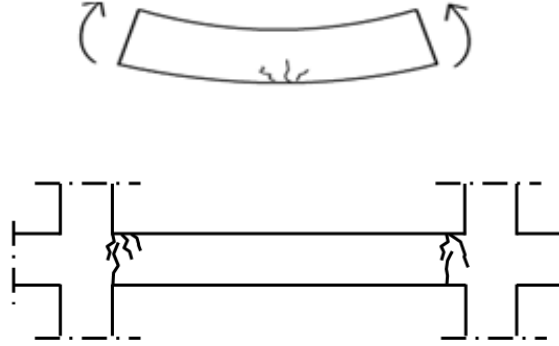
Çatlak hasarları,

- Eğilme çatlakları
- Kesme çatlakları
- Burulma çatlakları

olarak incelenebilir.

2.1. Eğilme çatlakları

Eğilme çatlakları, çekmenin en yüksek olduğu bölgede oluşur (Şekil 2). Bu tür çatlaklar donatının aktığını göstermektedir.



Şekil 2. Betonarme elemanda eğilme çatlakları

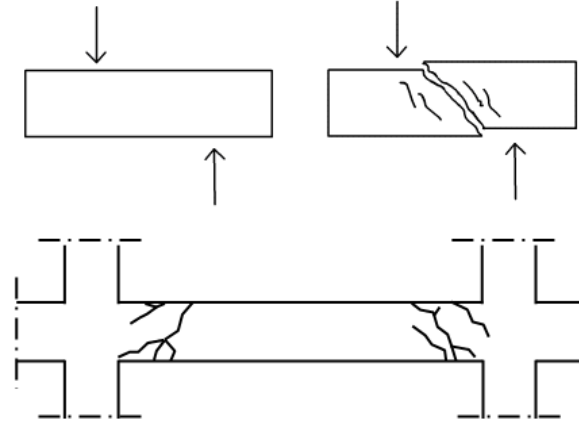
Şekil 3’de, kolon-kiriş birleşim bölgesinde etriye yetersizliğinden kaynaklanan mafsallaşma ve kirişte oluşan eğilme çatlakları görülmektedir.



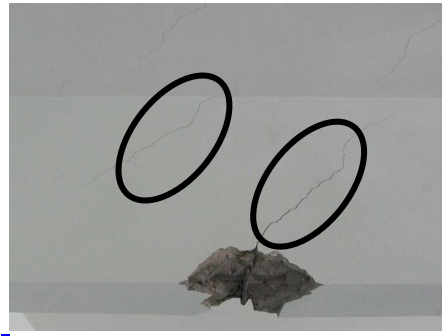
Şekil 3. Düğüm noktasında mafsallaşma ve kirişte eğilme çatlakları [3]

2.2. Kesme Çatlakları

Kiriş ve kolonlarda çekme çatlakları, kiriş eksenine eğik şekilde oluşur (Şekil 4). Kesme donatısı yetersiz ise, çatlak genişliği fazla olur. Kesme çatlakları ve sonrasında oluşan kesme kırılması, gevrek bir kırılma türü olduğu için istenmeyen bir durumdur. Şekil 5’de deprem sonrasında kesme çatlaklarına ait bir örnek görülmektedir. Kolon ve kirişlerde kesme çatlakları geniş ise, ağır hasar vardır. Kolonlarda beton ezilmiş ise, kesme çatlakları varsa ve boyuna donatı burkulmuş ise ağır hasarlı kabul edilir [2].



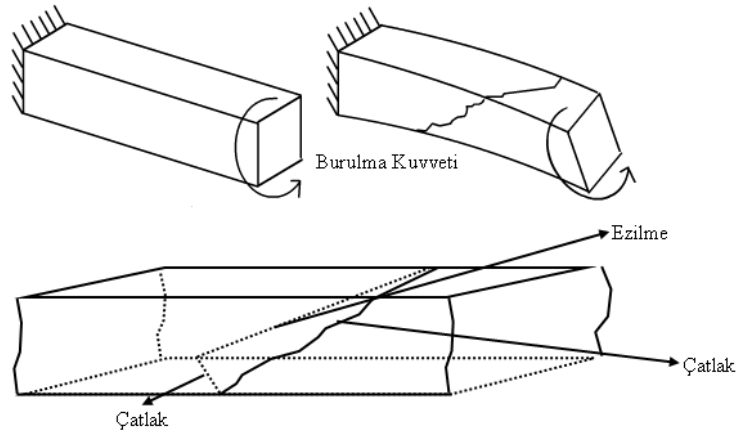
Şekil 4. Betonarme elemanda kesme çatlakları [4]



Şekil 5. Kirişte kesme çatlağı [5]

2.3. Burulma Çatlakları

Burulma etkisinde, burulma çatlakları kirişin üç yüzünde asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşur (Şekil 6). Ayrıca, dördüncü yüzde ise, ezilmeler görülür. Burulma çatlamaşının oluşması ile burulma rijitliğı 1/10 azalır. Bu azalma sonucu, kesit hemen hemen sabit kalan burulma momenti etkisi altında dönerek, zorlamaları diğerelemanlara aktarır [2].



Şekil 6. Betonarme elemanda burulma çatlakları [2]

3. BETONARME YAPILARDA TAŞIYICI ELEMANLARDA OLUŞAN HASARLAR

3.1. Kolonlarda eğilme ve kesme hasarı

Kolonlarda normal kuvvet hâkim durumda iken, kolon boyutlarına göre yön değiştiren eğilme momenti veya kesme kuvveti hasara sebep olur. Daha önce olan depremlerin ardından hasar incelemeleri yapıldığında, kolonda kesme kuvveti taşıma gücü yetersiz ise yani, kolon uç bölgelerinde yeterli etriye sıklaştırılması ve donatı filiz boyları gibi detaylara dikkat edilmemişse, bu tür hasarlarla karşılaşıldığı saptanmıştır. Bu durumda, kolonda yaklaşık 45° eğimli kesme çatlakları oluşur. Kolonlarda yeterli etriye yoksa eğik kesme çatlakları gevrek kırılmaya neden olur. Şekil 7’de, kesme ve eğilme etkisi ile oluşan kolon hasarı görülmektedir.



Şekil 7. Kesme ve eğilme etkisiyle meydana gelen kolon hasarı [6]

3.2. Kolonlarda burkulma hasarı

Kolonlarda burkulma hasarı, özellikle kolon uç bölgelerinde etriyenin seyrek olduğu durumlarda karşılaşılr ve bu istenmeyen bir durumdur. Çünkü donatının burkulması, kolon başının dağılmasına ve aksenal yük altındaki kolonda kısalmaya sebep olur (Şekil 8). Kısalma sonucu kolon boyutlarında oluşan değişiklikler, kuvvetlerin farklı bir şekilde yeniden dağılımına neden olur.



Şekil 8. Kolonda burkulma hasarı [7]

3.3. Kısa kolon hasarı

Kısa kolon, Türkiye’de sıklıkla rastlanan yapısal bir problemdir. Deprem esnasında, yatay yükler, kolonlara moment ve kesme kuvveti olarak etkir. Kolonun boyu kısaldıkça, eğilme rijitliği artar. Ancak eleman boyunun kısa olması nedeni ile, moment kolu kısalmış olur [7]. Yani, kısa kolonun kesme kapasitesi, eğilme kapasitesine göre daha düşüktür. Eğer kolon kısa

kolon ise, hasarın oluşmasında kesme kuvveti etkilidir. Kesme kuvveti nedeni ile ani olarak oluşan bu hasar, yapının toptan göçmesine bile sebep olabilir. Kısa kolon hasarı, kolon yüksekliği boyunca devam etmeyen ara bölme duvarlar, kolon üst kısmına yakın konulan süs kirişler gibi taşıyıcı olmayan elemaların tasarımında veya fabrika ve okul gibi binalarda sıklıkla kullanılan bant pencerelerde (Şekil 9) oluşabilir.



Şekil 9. Zemin katta perdeden kolona geçerken kısa kolon hasarı [5,6]

3.4. Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı

Yatay yükler altında kolon-kiriş birleşim yerleri en çok hasar gören bölgelerden biridir (Şekil 10). Hasar nedenleri araştırıldığında, bu bölgelerde etriye sıklaştırılması, donatı filiz boyları gibi gerekli detaylara önem verilmediği görülmektedir. Kiriş-kolon birleşim bölgesinde meydana gelen çatlama ve hasarlar, sistemin yatay yük taşıma kapasitesini ve rijitliğini doğrudan etkilediğinden, bu konuda özen gösterilmelidir [4].

Uygun düzenlenmiş kolon-kiriş birleşiminde, plastik mafsal kirişlerde oluşur. Kolonda oluşacak plastik mafsal, yapının stabilitesinin bozulmasına ve göçmesine neden olacağından istenmeyen bir durumdur [2].



Şekil 10. Kolon-kiriş birleşim yeri hasarı [3]

3.5. Kiriş hasarları

Kirişlerde, eğilme ve kesme hasarlarına oldukça fazla rastlanır. Deprem yükü altında kirişlerin en çok mesnet bölgeleri zorlanır ve buralarda altta ve üstte kiriş eksenine dik eğilme çatlakları ve köşegen kayma çatlakları oluşur. Açıklıkta çekme çatlakları deprem etkisi ile büyüyebilir [4].

Kirişlerde meydana gelen eğilme çatlakları büyük olmadıkları sürece taşıyıcı sistemin güvenliği çok fazla etkilenmez. Genellikle kiriş çatlakları, mevcut çatlakların düşey yük etkisi ile büyümesi şeklinde olur. Eğilme çatlaklarından daha çok, kayma çatlakları üzerinde durulmalıdır. Çatlak genişliği çok fazla olmadığı sürece kayma çatlakları da çok büyük tehlike unsuru değildir ancak yine de bu tür çatlaklar kontrol altında tutulmalıdır [4].

Eğilme çatlakları mesnetler civarında çok genişse, kiriş ağır hasarlıdır (Şekil 11). Ancak eğilme çatlaklarının yanında, kesme çatlakları da varsa kiriş, ağır hasarlı olduğu gibi, tehlikeli duruma gelir. Çünkü kesme çatlakları sünek olmamaktan ileri gelen gevrek ve istenmeyen bir kırılma türüdür.

Ayrıca, bir kirişe dolaylı olarak mesnetlenen bir başka kiriş yani saplama kiriş var ise, bu bölgede de eğilme ve kayma çatlakları oluşabilir (Şekil 12). Bu tür kirişlerden kaçınılmalıdır, ancak zorunlu hallerde özel önlemler alınmalıdır.



Şekil 11. Kiriş hasarı [7]



Şekil 12. Kirişin yakın mesafedeki kolona mesnetlenmeyip, kirişe saplanması sonucu oluşan çatlamlar

3.6. Döşeme hasarları

Döşemelerde görülen çatlaklar genellikle düşey yükler sonucu oluşur ancak, yatay yüklerin ortaya çıkmasıyla artar. Çok önemlileri dışında, döşeme çatlakları taşıyıcı sistemin güvenliğini çok fazla etkilemez. Şekil 13’de döşeme çatlağına ait bir örnek görülmektedir. Büyük açıklığa sahip kirişli döşemelerde altta açıklıkta çatlaklar görülebilir. Ayrıca, döşemenin kirişle birleştiği yerde, üstte mesnette kiriş kenarına paralel çatlaklar meydana gelebilir [2].

Döşemeler, betonarme yapılardaki en güvenli elemanlardan biridir. Döşemenin rijitliğini sağlamak için, döşeme kalınlığı seçilirken dikkat edilmelidir.



Şekil 13. Duvarda kesme çatlağı ve döşemede sürekliliği

3.7. Perde hasarları

Perdede eğilme çatlaklarına pek rastlanmaz. Daha çok X şeklinde kesme çatlakları meydana gelir. Ancak bu tür çatlama sünek olmadığı için istenmeyen bir durumdur ve güç tükenmesine yol açar (Şekil 14).

Perdenin kademeli inşa edilmesi nedeni ile oluşan inşaat derzleri, bazı durumlarda kayma hasarına sebep olabilmektedir [4].

Perdelerde hasarlar, kat sayısına, yapı yüksekliğine göre artar. Kat sayısı az olan yapılarda büyük perde momentleri oluşmaz. Perde zayıf, kolon uç momentleri güçlü ise, perde gövdesinde kesme kırılması olur. Kolon uç elemanları zayıf, etriye sıklaştırılması yapılmamış ise, kolonlarda perdenin dönmesinden büyük basınç kuvvetleri oluşur ve bu basınç kuvveti ezilmeye neden olur. Ayrıca, kolonların boyuna donatısında burkulma meydana gelir [2].



Şekil 14. Perdede meydana gelen kesme hasarı [3]

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Özellikle depremler sonucu oluşan bina hasarları incelenerek değerlendirildiğinde, zemin koşullarının yanı sıra, hasarların birçoğunun yanlış ve eksik yapım tekniklerinden kaynaklandığı görülmüştür. DBYBHY-2007'ye göre, yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabılır düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır. Bu sınırlandırmalar ise, projelendirme ve yapım aşamalarında gerekli konstrüktif kurallara ve detaylara dikkat edilerek gerçekleştirilebilir. Binaların gerekli standartlara uyularak inşa edilmesinin maliyeti, kusurlu binaların güçlendirilerek tekrar kullanıma kazandırılmasından daha düşük olabilmektedir. Çalışma sonucunda bütün bunlar göz önünde bulundurularak aşağıdaki öneriler yapılabilir:

- Burkulma ve birleşim yeri hasarlarının engellenmesi için, kolon ve kiriş uç bölgelerinde etriye sıklaştırılması yapılmalı, kolon-kiriş birleşim yerlerinde gerekli detaylara dikkat edilmelidir.
- Özellikle okul ve fabrika gibi binalarda sıklıkla karşılaşılan bant pencerelerde veya asma katlarda kısa kolon hasarları gözlenmektedir. Bu bölgelerde de DBYBHY-2007'de kısa kolon için bulunan kurallara uyulmalıdır.
- Beton dayanımının düşük olması, aderansı da azaltır. Dolayısıyla malzeme kalitesi göz ardı edilmemelidir. Beton karışımı hazırlanırken gerekli standartlara uyulmalı, homojen bir karışım elde edilmelidir. Özellikle donatının yoğun olduğu bölgelerde beton ve donatı arasındaki aderansın sağlanması için vibratör kullanılması önemlidir.
- Projelendirme aşamasında bütün koşullar göz önünde bulundurularak hassas çözümler yapılmalı, bina davranışında beklenmeyen durumlarında ortaya çıkabileceği unutulmamalıdır.
- Yapı denetimi yaygınlaştırılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Ersoy, U., Betonarme yapıların deprem davranışı ile ilgili bir irdeleme, www.dogateknik.com.tr, 2009, (Erişim tarihi: 06.04.2011)
- [2] Mertol, A., Mertol, C., Deprem Mühendisliği, Ankara, 2002.
- [3] Sezen, H., Whittaker, A.S., Elwood, K.J., Mosalam, K.M., Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practise in Turkey, Engineering Structures, 25, 103–114, 2003.
- [4] Beklen, C., Çağatay, İ.H., Çerçevelerde dolgu duvar modellerinin incelenmesi, Çukurova Üniversitesi Müh.-Mimarlık Fak. Dergisi, 24, 2009.
- [5] Sözen, M., Bingöl deprem fotoğrafları., 2003.
- [6] Bayülke, N., 27 HAZİRAN 1998 Adana-Ceyhan Depreminde Yapısal Hasar, <http://angora.deprem.gov.tr/>. (Erişim tarihi: 06.04.2011)
- [7] Arslan, M.H., Korkmaz, H.H., What is to be learned from damage and failure of reinforced concrete structures during recent earthquakes in Turkey?, Engineering Failure Analysis, 14, 1–22, 2007.