

Kahramanmaraş Depremleri (6 Şubat 2023) Sonrası Hatay İlindeki Yapıların Hasar Durumlarının Değerlendirilmesi

Ahmet Ferdi Şenol^{1*}

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

*(ahmetferdi.senol@bilecik.edu.tr) Başlıca yazarın mail adresi

Özet – Afet ve Acil Durum Yönetimi (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığının verilerine göre; 6 Şubat 2023 tarihinde, Türkiye saati ile 4.17 ve 13.24'te sırası ile merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) olan 7,7 ve 7,6 (Mw) büyüklüklerinde depremler meydana gelmiştir. Bu depremler, Türkiye'nin 11 ilini etkileyerek, son yüzyılda yaşanan en yıkıcı depremleri olarak kayda geçmiştir. AFAD tarafından 20 Mart 2023 tarihinde yapılan açıklamada, Kahramanmaraş merkezli depremlerde hayatını kaybedenlerin sayısının 50 bin 96, yaralananların sayısının ise 107 bin 204 olduğu bildirilmiştir. Depremlerin etkisi ile Hatay sarsılmış ve birçok yapı yıkılarak hasar almıştır. Yapılan bu çalışmada, meydana gelen depremler sonrasında, Hatay ili Antakya ve İskenderun ilçelerindeki hasarlı bazı betonarme yapılar; yapısal düzensizlikler, uygulama yöntemleri ve kullanılan malzeme özellikleri bakımından yerinde incelenerek, meydana gelen hasarların nedenleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Deprem, Hasar Tespiti, Yapısal Düzensizlikler, Malzeme Dayanımı, Yapı Tasarımı

I. GİRİŞ

Türkiye, Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı, Kuzey Doğu Anadolu Fayı ve Batı Anadolu Fayı üzerinde yer almaktadır. Bunların içinde Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayları kısa sürelerde geri dönüş süresine sahip en aktif faylardır. Türkiye'de son yıllardaki depremler neticesinde bu iki faydan kaynaklı önemli can kayıpları ve yüksek miktarlarda yapı hasarları meydana gelmiştir [1].

Binaların deprem davranışının öngörülebilir olmasını sağlamak üzere taşıyıcı sistemin olabildiğince sade ve basit olması, deprem etkisi altındaki tasarımın temel kuralıdır [2]. Betonarme binalarda taşıyıcı sistemin en önemli unsurlarından olan beton ve donatıların standartlara uygun olması büyük önem arz etmektedir.

Türkiye'de inşa edilen yapıların deprem etkisine karşı dayanıklılığının değerlendirilebilmesi ve geçmiş yıllarda inşa edilmiş yapılar ile günümüzde inşa edilecek yapıların karşılaştırılabilmesi amacı ile hazırlanan çizelgede (Tablo 1); binaların inşasında kabul edilen en düşük beton

dayanımlarının, uygulanacak denetim hizmetlerinin ve hazır beton kullanımı gibi teknik koşulların yıllara göre gelişimi gösterilmiştir.

Tablo1. Binaların depreme karşı dayanıklı tasarımı için uygulanan yönetmelik ve yöntemlerin gelişimi.

Uygulama ve tarihi	Teknik koşul ve yöntemler
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, yayımlandı, 1975 yılı.	Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde C18'den düşük dayanımda beton kullanılmaz. Sarımsak bölgelerindeki etriye kancaları 135° açı ile bükülmelidir.
Deprem Yönetmeliği yayımlandı, 1998 yılı.	Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, C20 veya daha yüksek dayanımlı beton kullanılması zorunludur. Deprem etriyelerinin her iki ucunda mutlaka 135° kıvrımlı kancalar bulunacaktır. Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 25 cm'den daha az olmayacaktır. Sarımsak bölgelerinde Ø8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır.
TS500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, 2000 yılı.	Betonarme yapılarda nervürlü donatı kullanımı yasaklandı. Etriye ve çiroz donatısı ile dşöme donatısı dışında, nervürlü donatı çeliği kullanılmaz.
Yapı Denetim Uygulanması başladı, 2001 yılı.	19 il pilot olarak seçilmiş ve yapı denetim şirketleri kurularak uygulamaya geçilmiştir.
TS EN 206-1 yayımlandı, 2002 yılı.	Hazır betonun özellik, performans, imalat ve uygunluk standardı yayımlandı.
İlgili Bakanlığın 248 sayılı genelgesi, 2004 yılı.	Elle beton dökümünün yasaklanmasıyla hazır beton kullanımı zorunlu hale gelmiştir.
Deprem Yönetmeliği yayımlandı, 2007 yılı.	Deprem bölgelerinde yapılacak tüm betonarme binalarda C20'den daha düşük dayanımlı beton kullanılmaz.
Yapı Denetim Uygulanması zorunlu oldu, 2011 yılı.	Bütün illerde Yapı Denetim uygulanması zorunlu oldu.
Deprem Yönetmeliği yayımlandı, 2018 yılı.	Kolonlarda minimum en kesit boyutları artırılarak dikdörtgen kesit için 25 cm'den 30 cm'ye çıkartıldı. Tüm yapılarda en az C25 beton sınıfının kullanılması zorunlu hale getirildi.
Elektronik Beton İzleme Sistemi (EBİS) uygulaması başlatıldı, 2019 yılı.	İnşaatlarda kullanılan hazır betonun denetimini yapmak amacıyla; beton numunelerine yerleştirilen çiplerle elektronik ortamda takibi sağlanarak, çiplere ya da dencylerin gerçekleştirildiği cihazlara Bakanlık bilgisi veya izni dışında herhangi bir müdahale yapılamaması ve sonuçların doğrudan yazılım sistemine aktarılması sağlandı.

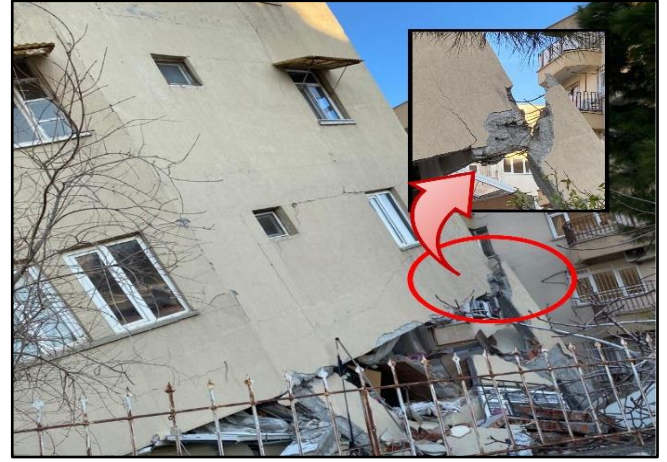
Deprem etkisi ile hasar gören yapıların hasar nedenleri değerlendirilirken, binaların inşa tarihlerinde uygulanan teknik yöntem ve koşulların göz önünde bulundurulması faydalı olacaktır.

Afet ve Acil Durum Yönetimi (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığının verilerine göre; 6 Şubat 2023 tarihinde, Türkiye saati ile 4.17'de ve 13.24'te sırası ile merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) olan 7,7 ve 7,6 (Mw) büyüklüklerinde depremler meydana gelmiştir. Bu depremler, Türkiye'nin 11 ilini etkileyerek, son yüzyılda yaşanan en yıkıcı depremleri olarak kayda geçmiştir. AFAD tarafından 20 Mart 2023 tarihinde yapılan açıklamada, Kahramanmaraş merkezli depremlerde hayatını kaybedenlerin sayısının 50 bin 96, yaralananların sayısının ise 107 bin 204 olduğu bildirilmiştir.

Bu çalışmada, 20-23 Şubat 2023 tarihlerinde, Hatay ili Antakya ve İskenderun ilçelerinde hasar tespit çalışmalarında bulunularak, bölgedeki yapılar; yapısal düzensizlikler, kullanılan malzemeler ve deprem kuvvetlerinin etkisi bakımından yerinde incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda, deprem kuvvetleri; binaların temelden devrilmesine, olduğu yerde kat kat çökmesine (Şekil 1), bazı taşıyıcı sistemlerinin ayrılmasına (Şekil 2,3) ve binaların yan yatmasına, bina taşıyıcı yapı elemanlarında kesme çatlaklarına, dolgu duvarlarda kesme kuvvetlerin etkisi ile yer yer çatlaklara ve göçmelere (Şekil 4) sebep olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 1. Bina katlarının çökmesi (Antakya, Fotoğraf; A.Ferdi Şenol).



Şekil 2. Bina taşıyıcı sistemindeki ayrılma ve kopmalar (İskenderun, Fotoğraf; A.Ferdi Şenol).



Şekil 3. Bina taşıyıcı sistemindeki yapı elemanlarında ayrılma. (Antakya, Fotoğraf; A.Ferdi Şenol).



Şekil 4. Dolgu duvarlarda kesme çatlakları ve tuğlaların ezilmesi. (İskenderun, Fotoğraf; A.Ferdi Şenol).

Yıkıcı depremler sadece konut ve işyerlerinde hasar oluşturmakla kalmamış, birçok tarihi yapıların da hem taşıyıcı sistemine hem de taş dolgularında ayrılarak yıkımlara neden olmuştur. Bu yapılardan

bazıları; Hatay ili Antakya merkezinde bulunan ve 1927 yılında yapılmış Hatay Meclis ve Kültür Sanat Merkezi (Şekil 5) ile 1950 yılından bu yana merkez şube olarak kullanılan postane binasıdır (Şekil 6).



Şekil 5. Hatay Meclis ve Kültür Sanat Merkezi yapısında meydana gelen hasar öncesi ve sonrası (Antakya, Fotoğraf: A.Ferdi Şenol).



Şekil 6. Antakya'nın tarihi postanesinde meydana gelen hasar öncesi ve sonrası (Antakya, Fotoğraf: A.Ferdi Şenol).

II. HATAY İLİNDEKİ DEPREM HASARLARININ İNCELENMESİ

Bölgedeki çöken ve ağır hasar gören binalar incelendiğinde; binaların tasarım geometrisinde yapılan düzensizlikler (kısa kolon, zayıf kat, yumuşak kat, düşey taşıyıcı süreksizliği, saplama kirişler, konsollar vb.), yetersiz rijitlikler, kullanılan yapı malzemelerinin yetersizliği (düşük dayanımda beton ve donatılar, beton yerleşim problemleri vb.)

ve zemin etütlerinden kaynaklı tasarım eksiklerinin bulunduğu değerlendirilmiştir.

A. Tasarım Geometrilerinin ve Yapısal Düzensizliklerin Değerlendirilmesi

Bölgedeki ağır hasar alan ve yıkılan binalar incelendiğinde; çoğunlukla zayıf kat, kısa kolon ve yumuşak kat düzensizliklerinin bulunduğu tespit edilmiştir.

Hatay ili Antakya caddelerindeki binaların çoğunda, zemin katlarda dolgu duvarlarının yetersiz olduğu veya hiç olmadığı, bu katlarda ticari mağazaların bulunmasından dolayı kolonlara gelen kesme kuvvetlerinin beklenenden daha yüksek olduğu, bunlara ilaveten; zemin kat yüksekliğinin diğer katlardan daha yüksek olması ve geniş konsolların kullanılmasının da bu kuvvetleri artırmasıyla kolonlarda yanal deformasyon kapasitesinin üstünde oluşan hareket ile kırılmaların meydana geldiği ve binanın çökmesine neden olduğu değerlendirilmiştir.

Ticari mağazaların bulunduğu zemin katlar genellikle tuğla dolgu duvarlar yerine cam pencereler ile çevriliyken, bu katların üstündeki kolonların çevresi, bölme duvarlarla örülmüştür. Bu durum yumuşak kat mekanizmasına neden olarak, binadaki zemin katlarının göçmesine neden olabilmektedir (Şekil 7 ve 8).



Şekil 7. Yumuşak kat etkisi ile göçme hasarı öncesi ve sonrası. (Antakya, Fotoğraf; A.Ferdi Şenol).

Yapı elemanları; sabit ve hareketli yükler ile deprem kuvvetleri gibi çeşitli koşullar altında statik ve dinamik kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmaktadır. Binaya gelen kuvvetlerin etkisi ile kolonların elastik olarak sağlam kalması gerekirken, kiriş uçlarında kalıcı hasar oluşması arzu edilmektedir. Böylece binaların tamamen çökmesi

önlenecek ve bina içindeki insanlar herhangi bir kayıp olmadan tahliye edilebilecektir [3].



Şekil 8. Yumuşak kat etkisi ile zemin kattaki göçme öncesi ve sonrası (İskenderun, Fotoğraf; A.Ferdi Şenol).

Antakya merkezinde az katlı (1-5 arası) olup da yıkılan binaların bazılarında güçlü kiriş-zayıf kolon ilişkisinin bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 9). Böyle yapılarıdaki güçlü kirişler, dinamik yüklerin oluşturduğu momentlere, zayıf kolonlara göre daha fazla direnç gösterirler. Böylece kirişler elastik davranış gösterirken kolonlarda kesme etkisi oluşarak kırılma oluşur.



Şekil 9. Güçlü kiriş-zayıf kolon etkisi (Antakya, Fotoğraf; A.Ferdi Şenol).

Kolonlar kirişlere göre daha küçük moment direncine sahip olduğunda, kirişlerden ziyade kolonlarda plastik mafsallık oluşabilmektedir. Bu nedenle, güçlü kiriş-zayıf kolon yapı elemanları oluşursa, deprem sırasında kiriş sağlam kalırken kolonlarda büyük çatlaklar meydana gelebilir. Binadaki kolonların göçmesi yapısal bir çökmeye

yol açabileceğinden, kolonların hasar görmesinden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır [4].

Antakya merkezindeki nüfusun yoğun olduğu yerlerde, az katlı ticari ve konut amaçlı yapılar bulunmaktadır. Bu yapıların olduğu sokaklarda, bitişik nizam binaların (Şekil 10a ve 10b) çoğunlukta olduğu ve inşalarından sonra da teras veya çatı katı ile yükseltildiği gözlemlenmiştir. Bu tür binaların kısmen veya tamamen çökmesi durumunda, kendilerine bitişik durumda olan komşu yığma binaların üzerine düşmeleri sonrasında da hasar miktarları artmıştır.



Şekil 10. Bitişik nizam etkisi (Antakya, Fotoğraf; A. Ferdi Şenol).

Bitişik nizam olarak inşa edilen binaların bir veya iki yüzü birbirine temas halindedir. Deprem kuvvetlerinin etkisi ile bitişik nizamdaki binalar birbirine vurarak çekiçleme etkisi oluştururlar. Binaların katları aynı seviyede değilse bu çarpma etkileri daha yüksek oluşarak, binaların yıkımına sebep olabilirler. Benzer bir etki, Şekil 11'de gösterilen binalarda gözlemlenmiştir.



Şekil 11. Bitişik nizam etkisi ile hasar öncesi ve sonrası (Antakya, Fotoğraf; A. Ferdi Şenol).

B. Kullanılan Yapı Malzemelerinin Değerlendirilmesi

Yapılarda kullanılan betonun dayanımı ve dayanıklılığı binaların deprem performansı için önemli bir etkidir. Ağır hasar alan betonarme binaların çoğunluğunda kullanılan el yapımı betonlarda; zayıf dere agregalarının bulunduğu, maksimum agrega çaplarının yer yer 50 mm üstünde (pas paylarının üstünde) olduğu, granülometrisi bozuk (Şekil 12) agregalardan oluştuğu, yetersiz dozajda çimento kullanıldığı, homojen karışımların oluşturulmadığı ve taze beton yerleştirilirken işçiler tarafından vibratör kullanılmamasından kaynaklı beton boşluklarının oluştuğu gözlemlenmiştir. Özellikle hazır beton kullanılmayan ve yıkılan betonarme binalarda kullanılan beton agregaları, TS 500 [5] standartlarında belirtilen kabul edilebilir çaplara uygun değildir. Bunlarla birlikte betonun yerleştirilmesinden sonra hava koşullarına dikkat edilmeden yetersiz beton kürü uygulanması ve işlenebilirliğin artırılması için yüksek su/çimento oranı kullanılmış olabileceği de betonun dayanımını düşüren etkenler arasında değerlendirilmiştir.



Şekil 12. Beton karışımında uygun olmayan agrega kullanımı (İskenderun, Fotoğraf; A. Ferdi Şenol).

Kolon ve kirişlerdeki pas paylarının yetersiz olması sonucunda, beton örtüsünde kırılmaların ve yüzey boşlukların oluşması ile donatıların yer yer açığa çıktığı ve bu durumun donatılarda korozyon oluşturduğu, beton dökümü sırasında işlenebilirliği artırmak amacıyla fazladan su kullanılması ile agrega-çimento hamurunda ayrışmaların (segregasyon) oluştuğu tespit edilmiştir.

Günümüze kadar uygulanan tüm Türkiye Deprem Yönetmeliklerinde belirtildiği üzere, betonarme yapılardaki her bir kolonun alt ve üst uçlarında özel sarılma bölgeleri oluşturulması gerektiği ve bu bölgelerdeki etriyelerin sık aralıklarla yerleştirilerek, etriye kancalarının 135°'lik açılar ile bükülmesi gerektiği bilinmektedir. Ancak hasarlı binalarda yapılan gözlemlerde; ağır hasar alan ve yıkılan binaların çoğunluğunda bu kurallara riayet edilmediği, sarılma bölgelerinde etriye sıklaştırmasının yapılmadığı (Şekil 13) ve özellikle etriye kancalarının 90° ile büküldüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 13. Etriye eksikliği (İskenderun, Fotoğraf; A. Ferdi Şenol).

Kolonlarda ve kolon-kiriş birleşim yerlerinde deprem sırasında kesme kuvvetleri artmaktadır. Özellikle binaların kolonlarındaki plastik mafsallarda yetersiz enine donatılar olabilir. Bu tür tasarımlara sahip yapı elemanları, dinamik yüklere karşı düşük performans göstermekte, kesme ve eksenel yük taşıma kapasitelerini yitirmektedir [6].

Bazı betonarme yapılarda taşıyıcı sistemlerde hasar oluşmamasına rağmen, yük taşıma görevi bulunmayan duvarlarda deprem etkisi ile birlikte büyük hasarlar oluşmuştur. Binaların dış duvarlarında çift sıra olarak bulunan tuğlalar arasında onları bir arada tutacak donatı, hasır gibi elemanlar olmamasından dolayı genellikle her iki ana doğrultuda diyagonal çatlaklar şeklinde veya oluşan kırılmalar sonucunda duvar hasarlarının oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Dolgu duvar hasarları (İskenderun, Fotoğraf; A.Ferdi Şenol).

III. SONUÇ VE TEKLİFLER

Bu çalışma, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrasında Hatay ili Antakya ve İskenderun ilçelerindeki bazı yapıların hasar durumlarının ön değerlendirilmesini yapmak ve hasarlı binaları yapısal hasarlara ve gerekçelerine göre sınıflandırmayı amaçlamıştır. Saha gözlemlerinden elde edilen sonuçlar aşağıda değerlendirilmiştir. Buna göre;

- Bölgede tespit edilen hasarların çoğunlukla; yapısal düzensizliklerden, yapı malzemelerinin yetersiz niteliklerinden, kötü işçilikten ve Deprem Yönetmeliklerine uygun olmayan uygulamalardan kaynaklandığını göstermiştir.

- Binaların dış dolgu duvarları iç duvarlarından daha fazla hasar alırken, alt katlardaki dolgu ve bölme duvarlar ise üst katlara göre daha çok hasar almıştır.

- Fay hatlarının bulunduğu şehirlerde inşa edilecek binalarda; zayıf ve yumuşak kat, kısa kolon, taşıyıcı eleman süreksizlikleri ve büyük konsollar gibi binaların ağır hasar almasına ve yıkılmasına neden olabilecek yapısal düzensizliklerden kaçınılmalıdır. Ayrıca, komşu binalar arasında yönetmeliklere uygun boşluklar bırakılmalı, komşu katların mümkün olduğunca aynı kotta oluşturularak, çekiçleme etkileri önlenmelidir.

- İnşaat mühendisleri, mimarlar, ustalar ve inşaat işçileri; donatı ve beton uygulamaları konusunda ilgili bakanlık kurumları veya üniversiteler tarafından her 5 yılda bir tazeleme eğitimlerinden geçirilerek, hatalı uygulamalar konusunda bilgilendirilmelidir.

- Sonuç olarak, Yönetmeliklere ve mühendislik ilkelerine uygun tasarlanmamış bir binada, deprem yükleri ile meydana gelecek herhangi bir hasarın, yapı elemanlarının taşıma kapasitelerini aşarak yıkıcı sonuçlara yol açacağı unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Çağlar, N., Vural, I., Kirtel, O., Sarıbiyik, A., & Sumer, Y. (2023). Structural damages observed in buildings after the January 24, 2020 Elazığ-Sivrice earthquake in Türkiye. *Case Studies in Construction Materials*, 18, e01886.
- [2] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2019, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara
- [3] Dindar, A. A., Seçkin, E., Önen, Y. H., Cosgun, C. (2013). Analysis of building damage caused by earthquakes in Eastern Turkey, *GRAĐEVINAR*, 65 (8), 743-752, doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.892.2013>
- [4] Alih, S. C., & Vafaei, M. (2019). Performance of reinforced concrete buildings and wooden structures during the 2015 Mw 6.0 Sabah earthquake in Malaysia. *Engineering Failure Analysis*, 102, 351-368.
- [5] TS500; Betonarme Yapıların Tasarım ve İnşası için Gereksinimler. Türk Standartları Enstitüsü: Ankara, Türkiye, 2000; P. 67. (Türkçe)
- [6] Yön, B., Sayın, E., & Onat, O. (2017). Earthquakes and structural damages. *Earthquakes-tectonics, hazard and risk mitigation*. InTech, Rijeka, 319-339.