

## Depremde Binaların Yıkılma Şekilleri ve Sebepleri

Bülent Topbaşlı 

*İnşaat Bölümü, Pınarhisar Meslek Yüksekokulu, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli, Türkiye*

*Geliş: 17.09.2024, Kabul: 26.02.2025, Yayınlanma: 20.06.2025*

### ÖZ

Türkiye deprem konusunda riskli bir konumda bulunmaktadır. Deprem riskinin yüksek olduğu ülkemizde geçmişten günümüze birçok yıkıcı deprem sonucu on binlerce insan hayatını kaybetmiş ve binlerce bina hasar görmüş veya yıkılmıştır. Can ve mal kaybı dışında ülke ekonomisine milyonlarca lira zarar vermiştir. Bu durum göz önüne alınarak yapılar oluşturulurken deprem yönetmeliğine çok dikkat etmek gerekmektedir. Türkiye’de meydana gelen depremler incelendiğinde hasar gören veya yıkılan birçok binanın tasarım veya imalat hatalarından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Özellikle beton kalitesinin düşük olması, donatı yetersizliği, zemin sıvılaşması, kolon veya kirişlerin uygun olmaması ve yapının kullanım esnasında kolon kesilmesi gibi durumlar deprem anında yapıların hasar görmesine veya yıkılmasına sebep olmaktadır. Bu olumsuz durumların oluşmaması için deprem yönetmeliğine uygun yapıların yapılması ve kullanım aşamasında da yönetmeliklere uygun hareket edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de meydana gelen depremlerde yıkılan binaların yıkılma şekilleri ve sebepleri araştırılmıştır. Elde edilen bilgilere göre yıkılan yapıların işçilik, beton kalitesi, projeye uygunluğu ve zemin özelliklerinin yapının yıkılmasını nasıl etkilediği belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen bilgilere göre öneriler de bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Donatı yetersizliği; Zemin sıvılaşması; Beton kalitesi; Perde duvar

## Forms And Causes Of Collapse Of Buildings In Earthquakes

### ABSTRACT

Turkey is in a risky position regarding earthquakes. In our country, where the earthquake risk is high, tens of thousands of people have lost their lives and thousands of buildings have been damaged or collapsed as a result of many devastating earthquakes from the past to the present. Except for loss of life and property, these earthquakes have caused millions of liras of damage to the country's economy. Considering this situation, it is necessary to strictly comply with the earthquake regulations when constructing structures. When earthquakes in Turkey were examined, it was determined that many buildings were damaged or collapsed due to design or manufacturing errors. In particular, situations such as low concrete quality, insufficient reinforcement, soil liquefaction, inappropriate columns or beams, and column cutting during use of the structure cause damage or collapse of structures during an earthquake. In order to prevent these negative situations, structures that comply with earthquake regulations should be built and the regulations should be followed during use. In this study, forms and causes of collapse of buildings that collapsed in earthquakes in Turkey were investigated. In accordance with the information obtained, it was tried to determine how the workmanship, concrete quality, compliance with the project, and soil properties of the collapsed structures affected the collapse of the structure. Suggestions were made after the information obtained.

**Keywords:** Insufficient reinforcement; Soil liquefaction; Concrete quality; Shearwall

## 1. GİRİŞ

Yerkabuğundaki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan, titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları sarsma olayına deprem denir. Dünyanın varoluşundan günümüze kadar birçok bölgede büyük depremler meydana gelmiştir. Bu depremlerin birçoğu büyük yıkımlara ve can kayıplarına sebep olmuştur. Özellikle deprem bölgesinde yer alan birçok ülke büyük yıkımlarla karşı karşıya kalmıştır (Genç, 2007)

Türkiye’de de birçok şehir deprem riski taşımaktadır. Bu durum bizim depremlerle yaşamamızı ve depremlere hazır olmamızı göstermektedir. Türkiye’de Son 50 yılda 7 tanesi 7 ve üstü olmak üzere yüzlerce deprem meydana gelmiştir. (1975-2024) yılları arasında meydana gelen depremlerde 80972 kişi hayatını kaybetmiştir. Depremlerin şiddetinin artması yıkım oranını ve can kaybını arttırmaktadır. Fakat standartlara uygun malzeme kullanılmaması ve yönetmeliklere uygun yapılmaması meydana gelebilecek küçük depremlerde bile yıkımlara yol açmaktadır (Binici, Kaplan ve Çağatay 2001).

Yapıların deprem esnasındaki davranışları üzerine geçmişten günümüze birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Deprem sonrası yapılan incelemelerde birçok binanın yapı düzensizliği ve bölge şartlarına uygun yapılmadığından dolayı yıkıldığı veya hasar aldığı görülmektedir (İnan, Korkmaz ve Çağatay, 2014)

Yapı sistemlerinin tasarımında taşıyıcı elemanlar büyük öneme sahiptirler. Taşıyıcı elemanlar binanın yükünü güvenli bir şekilde temele aktarması gerekmektedir. Taşıyıcı sistemin risk barındırmaması olası bir deprem anında oluşacak hasar miktarını en düşük seviyede tutmasına yarar. Yapı denetim şartnamelerinde taşıyıcı elemanların boyut uyumu çok önemlidir. Özellikle kolon ve kiriş hesaplamalarının ve birleşimlerinin düzgün yapılması gerekmektedir (Kocaman, Bayülke, Doğan ve Duran, 2011).

Ayça vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada deprem etkisinde hasar alan betonarme yapıların düzensizlik türleri yönü ile incelenmiştir. Özellikle betonarme yapılarda deprem anında dinamik davranışlar ve gerekli tedbirlerin alınmaması sonucu yıkım ve can kaybının arttığı görülmüştür.

Dindar vd. (2021) çok katlı yapılarda kritik deprem doğrultusunun belirlenmesi çalışması ile yapıların daha güvenli yapılar için, kuvvet esaslı tasarım yaklaşımlarında yapı geometrisine bağlı olarak kritik açının ele alınması gereken bir büyüklük olduğu belirtilmiştir.

Samed vd. (2024) taşıma gücü çok iyi olmayan zeminlere inşa edilen betonarme ve çelik yapıların kıyaslanması çalışmasında betonarme karkas tarzında inşa edilen yapının, deprem yükleri nedeniyle yıkılma sebebi çok yüksek etkenle zemine göre tasarlanmamış olmasıyla birlikte, binanın inşaat aşamasında duraksayarak ilerlemiş olmasının etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Asena vd. (2023) Tarihi Yığma Minarelerin Deprem Yüğü Altındaki Davranışlarının 6 Şubat Kahramanmaraş Depremlerinde Hasar Görmüş Cami Örnekleri Üzerinden Mimari Açıdan İncelenmesi çalışmasında genel itibariyle ince-uzun forma sahip olan minareler, depremden önemli ölçüde olumsuz etkilenme potansiyeli olan yapı elemanları olduğu belirtilmiştir.

Mehmet vd. (2013). Yapı Hasar Nedenlerinin Değerlendirilmesi. Yapılan incelemelerde yetersiz malzeme özellikleri, tasarım ve uygulama hataları başta olmak üzere, hasar alan yapıların benzer eksikliklere sahip olduğu sonucuna varılmıştır. En önemli göçme sebebi olarak birleşim bölgesi ve donatı kenetlenme boyu yetersizlikleri gösterilmiştir.

Demirci, vd. (2022). Geçmiş dönemlerde meydana gelen depremlerde yapısal veya jeoteknik arızalar, inşaat uygulamalarının ve tasarım metodolojilerinin yetersizliklerini ortaya koymuştur. Mühendislik analiz, tasarım ve inşaat uygulamalarının sınırlılıkları deprem sonrası keşif incelemeleriyle ortaya çıkabileceğini belirtmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye’de meydana gelen depremlerde binaların yıkılma şekilleri ve sebepleri araştırılmıştır. Yapım aşamasından kullanım aşamasına kadar yapıların ne tür riskler barındırdığı ve bu risklere karşı neler yapılması gerektiği açıklanmıştır. Elde edilen bilgilere göre öneriler de bulunulmuştur.

## 2. BETONARME YAPILARIN YIKILMA SEBEPLERİ

Türkiye deprem bölgesine bulunan bir ülke olmasından dolayı birçok yıkıcı depremle karşı karşıya kalmıştır. Yaşadığımız en son deprem 6 Şubat tarihinde merkez üstü Kahramanmaraş Pazarcık olan (Mw 7.7) ve Elbistan (Mw 7.6) depremleri ise en yıkıcı ve en fazla can kaybına sebep olan depremler olarak tarihte yerini almıştır. Bu depremlerin diğer depremlerden farkı çok büyük bir alanda yaşanması ve çok kısa zaman aralığında 2 büyük depremin olmasıdır (AFAD 2023).

Merkez üssü Kahramanmaraş olan depremlerden sonra yapılan hasar tespiti çalışmaları sonucu 11 ildeki toplam yıkılan ve hasarlı bina sayıları çizelge 1’de verilmiştir. (Web 1).

**Çizelge 1:** Binalardaki Hasar Durumu ve Kaldırılan Enkaz Sayısı.

| İl            | Yıkık  | Acil Yıkılacak | Ağır Hasarlı | Orta Hasarlı | Az Hasarlı ve Hasarsız | Kaldırılan Enkaz Sayısı |
|---------------|--------|----------------|--------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| Adana         | 38     | 41             | 3.330        | 4.087        | 358.645                | 517                     |
| Adıyaman      | 6.187  | 2.327          | 21.027       | 4.715        | 82.775                 | 17.068                  |
| Diyarbakır    | 44     | 59             | 5.491        | 2.783        | 183.712                | 4.120                   |
| Elâzığ        | 58     | 44             | 10.671       | 300          | 23.646                 | 9.074                   |
| Gaziantep     | 4.126  | 1.988          | 14.304       | 5.513        | 265.262                | 11.109                  |
| Hatay         | 13.889 | 9.041          | 56.214       | 13.006       | 257.403                | 51.974                  |
| Kahramanmaraş | 7.490  | 4.436          | 35.721       | 6.040        | 181.459                | 29.326                  |

|                  |               |               |                |               |                  |                |
|------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|------------------|----------------|
| <b>Kilis</b>     | 457           | 151           | 1.926          | 488           | 32.335           | 1.769          |
| <b>Malatya</b>   | 5.651         | 1.841         | 36.369         | 2.520         | 119.157          | 27.979         |
| <b>Osmaniye</b>  | 702           | 531           | 9.167          | 1.074         | 122.840          | 8.009          |
| <b>Şanlıurfa</b> | 719           | 732           | 8.351          | 2.818         | 324.921          | 7.244          |
| <b>Toplam</b>    | <b>39.361</b> | <b>21.191</b> | <b>202.571</b> | <b>43.344</b> | <b>1.952.155</b> | <b>168.189</b> |

Tablo incelendiğinde merkez üssü Kahramanmaraş olan depremde 260 bin civarı binanın hasarlı olduğu görülmektedir. Merkez üssü Kahramanmaraş olan iki depremde en fazla hasarın ise Hatay ilinde olduğu görülmektedir. Kahramanmaraş ve Hatay illerinde bulunan toplam hasar görmüş bina sayısı 145837 hasar görmeyen bin sayısı ise 438862 bu sonuç bize her dört binadan birinin hasar gördüğünü göstermektedir. Bu durum bu bölgedeki yapıların deprem yönetmeliğine ve yapı kurallarına uygun yapılmadığını göstermektedir. Yaşanan doğal afetler sonucu Yapı hasarlarının, yapıların özelliklerine göre değiştiği bilinen bir gerçektir. Özellikle hasar gören veya yıkılan yapıların birçoğunun değişik parametrelerden kaynaklandığı görülmektedir (Şengezer, 1999).

Betonarme binalarda oluşan hasarlar birden fazla nedene bağlanabilir. Zeminden kaynaklanan hasarlar

- Zayıf yapı malzeme kalitesi
- Yumuşak kat oluşumu
- Güçlü kirişler ve zayıf kolonlar
- Kötü detaylandırma
- Kısa kolon gibi birçok etken sayılabilir. (Erdik, Kamer, Demircioğlu ve Şeşetyan, (2012).

### 2.1. Zeminden kaynaklanan hasarlar

Zemin, üzerine yapının inşa edildiği toprak veya kayaç tabakasıdır. Sıvılaşma sonucu zemin içindeki su basıncı artar ve zemin tanecikleri arasındaki sürtünme azalır, bu da zeminin geçici olarak sıvı gibi davranmasına neden olur. Bu sıvılaşma ile deprem anında tetiklenen zemin yapıya ciddi zararlar vermektedir (Ertınan, 2016). Zeminlerde sıvılaşma zeminin kayma dayanımının sıfıra düştüğü durumda meydana gelir. Bir yerin sıvılaşmaya karşı duyarlılığı, yeri oluşturan tanelerin şekillerine, boyutlarına ve zemin türüne bağlıdır. Yapılan birçok çalışmaya bakıldığında zeminin kil içeriğinin %20'den fazla olması durumunda sıvılaşma olayının gerçekleşmediği görülmektedir (Seed, Idriss, ve Arango, 1983). Kohezyonsuz (temiz kumlar, plastik olmayan siltli kumlar) zeminler sıvılaşmaya en eğilimli olan zemin türleridir. Genellikle birbirine sıkı şekilde bağlanmamış, zayıf sıkıştırılmış daneler sıvılaşma eğilimi gösterirler (Mert, 2018). Sıvılaşma sonucu yapılarda çatlaklar, temel çökmesi ve bazen yapının çökmesine gibi durumlar ortaya çıkabilir (Durmaz ve Soyaslan, 2023).

Sıvılaşma olayı genellikle büyüklüğü fazla olan depremlerde görülebilmektedir. Yani deprem anında sıvılaşmadan dolayı sarsıntı fazla olacaktır. Sarsıntı anında sıvılaşma etkisi artmaktadır. Bu durum tanelerin

yer değiştirmesi ve suyun boşluk bulduğu alanlarda dolaşımını artırmaktadır. Dolayısıyla depremin sıvılaşmayla doğrudan ilgili bir parametre olduğu anlaşılmıştır (Ündül ve Gürpınar 2003). Bütün bunları dikkate aldığımızda zeminlerde sıvılaşma olayının önüne geçmek için zemin etütlerinin doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Yapılan zemin etütleri sonucu elde edilen bulguların zeminin yapısının iyi incelenmesi ve oluşabilecek risklere karşı önlemlerin alınması gerekmektedir. Şekil.1 ve Şekil.2 de sıvılaşma sonucu hasar alan bina resimleri görülmektedir.



**Şekil 1:** 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık depreminde sıvılaşma sonucu hasar almış binalar.



Şekil 2: 1964'te gerçekleşen Nigata depreminde sivilaşma nedeniyle yan yatan binalar.

### **2.2. Düşük kalite beton kullanılmasından kaynaklanan hasarlar**

Ülkemizde yapıların büyük çoğunluğu betonarme taşıyıcı sisteme sahiptir. Betonarme yapı beton ve donatı ana malzemesinden oluşmaktadır. Özellikle beton kalitesinin düşük olması basınç dayanımını etkilemektedir (Bayülke, Aşık ve Hürata 1989). Yapılarda beton ile donatı arasındaki aderans kaybolduğu zaman deprem anında oluşan gerilmelerde donatılar betondan kolaylıkla sıyrılmaktadır (TBDY (2018)). Yapılarda kullanılan betonun üretimi beton kalitesini etkileyen faktörlerden birisidir. Özellikle eski yapılarda hazır beton kullanımı fazla yaygın değildi, elle yapılan beton karışımları betonun homojen bir şekilde karışmasını engellemektedir bu da yapılarda beton kalitesinin düşük olmasına sebep olmaktadır. Ancak betonun kalitesinin düşük olmasını sadece hazır betona bağlamak doğru olmaz. Beton içerisine konulan donatı miktarı yapıların güvenliği için büyük önem arz etmektedir (Kızılkıranat, Koçak, Coşar, Güney ve Selçuk 2011). Betonda üretiminde karşılaşılan başka bir problemde, uygun olmayan boyutta agrega kullanılmasıdır. Özellikle büyük çaplı agrega kullanmak beton içinde çimento miktarını azaltmaktadır. Bu durum betonun kolaylıkla dağılmasına sebep olmaktadır (Çağlar, Bayhan, Avcı, Koca, Özen, Yıldırım ve Sakcalı 2023).

### **2.3. Kolonlardan kaynaklanan hasarlar**

Taşıyıcı sistem binaların en önemli bileşenlerinden birisidir. Taşıyıcı sistemi oluşturan en önemli bileşenden birisi de kolondur. Kolon Kirişten aldığı yükü güvenli bir şekilde temele aktaran yapı elemanıdır (Ulusoy ve Güven 2019).

Binalarda yükseklikler arttıkça deprem etkilerinin karşılanabilmesi için dayanımları yüksek kolonların kullanılma gerekliliği artmaktadır. Binalardaki kolon göçmelerinin başlıca iki nedeni yetersiz kesme ve yetersiz şekil değiştirme kapasitesidir (Vatansever ve Şimşek, 2021). Yapılarda kolon kiriş birleşim noktaları yatay yükler altında en çok hasar gören bölgelerden biridir. Bunun oluşmasının başlıca sebepleri



etriye sıklaştırılması, donatı filiz boyları gibi gerekli detaylara önem verilmemesidir. Bu durumdan dolayı kiriş kolon birleşim bölgesinde meydana gelen çatlama ve hasarlar, sistemin yatay yük taşıma kapasitesini ve rijitliğini doğrudan etkilemektedir (Durmaz ve Soyaslan, 2023).

Yapılarda meydana gelen çatlakların birçok sebebi bulunmaktadır. En yaygın sebeplerden bazıları zemin oturması, deprem ve su baskını gibi doğal afetler sonucu oluşan çatlaklardır. Standartlara uygun olmayan veya eksik malzeme kullanılması, yakındaki inşaat veya ağır makinelerin titreşimi gibi faktörler binalarda çatlak oluşumuna sebep olmaktadır. Binalardaki çatlakların altında yatan nedenleri anlamak, bunların oluşmasını önlemek ve yapının güvenliğini sağlamak için bunlara derhal müdahale etmek gerekmektedir (Üncü, Kayakuş, Yavru ve İbadov, 2023).

Bütün bunları göz önüne aldığımız zaman özellikle yapının taşıyıcı elemanı olan kolonda oluşabilecek çatlaklara karşı önceden önlem almak çok önemlidir. Taşıyıcı sistemi etkileyen bu çatlakların zaman kaybedilmeden giderilmesi gerekiyor. En küçük çatlak bile olası bir deprem anında taşıyıcı sistemde büyük sıkıntılar çıkaracağını göz önünde tutmamız gerekmektedir. Şekil 3’de kolonlardan kaynaklanan hasarlar görülmektedir.



Şekil 3: Kolonlardan meydana gelen hasarlar

## 2.4. Kirişlerden kaynaklanan hasarlar

Betonarme bir yapıda çekme dayanımının düşük olması betonarme kirişlerde çatlaklara sebep olmaktadır. Beton içerisinde donatı bulunması çatlamların önüne geçmemektedir. Kiriş ve kolona gelen yükler altında bazen çok ince çatlaklar oluşurken bazen ise taşıyıcı sistemi etkileyecek sorunlar oluşmaktadır. Betonarme elemanların üzerindeki yüklerin türü, büyüklüğü ve mevcut donatı oranları dahi çatlamların gelişimini ve ilerlemesini etkileyebilmektedir (Turan, 2022). Birçok yapı incelendiğinde kirişlerde, eğilme ve kesme hasarlarının oldukça fazla olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle deprem yükü altında kirişlerin en çok mesnet bölgeleri zorlanır ve çatlaklar meydana gelir (Beklen ve Çağatay, (2009) Kirişlerde meydana gelen bu çatlakların büyüklükleri yapı üzerinde oluşturacağı hasarı etkilemektedir. Eğer meydana gelen çatlak küçük ise taşıyıcı sistemi çok fazla etkilemez. Fakat çatlak geniş ise kirişlerde ağır hasar oluşabilir. Ayrıca, bir kirişe dolaylı olarak mesnetlenen bir başka kiriş yani saplama kiriş var ise, bu bölgede de eğilme ve kayma çatlakları oluşabilir. Eğilme çatlakları, çekmenin en yüksek olduğu bölgede oluşur bu tür çatlaklar donatının aktığını göstermektedir. Kayma çatlakları eğilme çatlaklarına göre daha fazla üzerinde durulması gereken bir durumdur (Çırak,2011). Kolon-kiriş birleşimlerinde sarılma bölgesinde kolonlarda etriye sıklaştırması yapılmaması, düşey taşıyıcı elemanlarda seyrek etriye konulması veya etriye konulmaması nedeniyle birleşim noktalarında mafsallaşmaların olması. Kolon ve kirişlerde, betonun aynı anda dökülmemesi nedeniyle kolon-kiriş birleşim bölgelerinde soğuk derz oluşumu meydana gelmektedir (Çatal 2019). Şekil 4’de Kiriş hasarları görülmektedir. (Mertol, 2023).



(a) Gölcük depremi



(b) Adıyaman depremi alt katı göçen bina (kirişlerin kolonlarından daha güçlü olduğu bina)

Şekil 4: Kirişlerden kaynaklanan hasarlar.



## 2.5. Güçlü kiriş zayıf kolon oluşumundan kaynaklanan hasarlar

Betonarme yapıların taşıyıcı sistem elemanlarının, kendi aralarında anlamlı bir ilişkiye sahip olmaları gerekmektedir. Bundan dolayı tasarım aşamasında yapı tasarım kuralları dikkate alınarak işlem yapılmalıdır (Kocaman, Bayülke, Doğan, ve Duran, 2011). Bu cümle çıkarıldı Deprem sonrası yapılan incelemelerde birçok yapının yönetmeliklere uygun olmadığı veya sonradan yapı üzerinde yapılan değişikliklerden dolayı binanın yıkıldığı veya hasar gördüğü tespit edilmiştir. Özellikle taşıyıcı sistemi etkileyen kısımlarda yapılacak hatalar yapının hasar almasını kolaylaştırır.

Yapılarda karşılaşılan sıkıntılardan birisi de güçlü kiriş zayıf kolon tasarımı bu durum yapılarda sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Özellikle betonarme yapılarında geniş kullanım alanları oluşturmak için kolonlar zayıf yapılmaktadır. Mekanların iç kısımlarının geniş olması için kolon boyutları küçük tutulup kirişlere ekstra donatı koyuluyor bu durumda taşıyıcı sistemde sıkıntılar ortaya çıkarmaktadır. Betonarme yapılarda kolonların taşıma kapasitesi, kirişlerin taşıma kapasitesinden büyük olması gerekirken birçok yapıda bu olay tam tersi durumdadır (Işık ve Özdemir, 2016). Deprem anında kolonlarda oluşacak sıkıntı yapının göçmesine neden olurken, kirişlerde oluşacak hasarlar yapıda kısmi hasarlarla atlatılabilir. Şekil 5’de zayıf kolon güçlü kirşten kaynaklanan durum görülmektedir. Bundan dolayı kirişlerin kolonlara göre daha sünek olarak tasarlanması gerekmektedir (Doğangün, 2016).

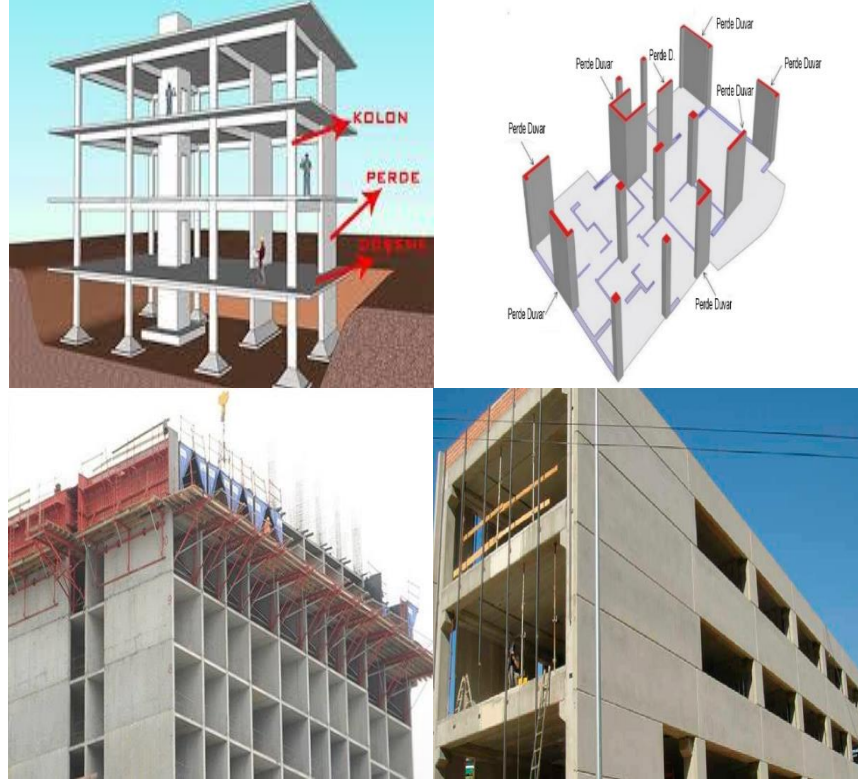


Şekil 5: Erciş, Merkez, Güçlü kiriş zayıf kolon davranışı ağır hasar almış kolon üst ucu.

## 2.6. Perde duvarlardan kaynaklanan hasarlar

Yapılarda kat sayısı arttıkça deprem etkisi artacağı için, özellikle yüksek yapılarda, yatay yüklere karşı rijitlik sağlayan perde duvarların yapılması çok önemlidir. Perde duvarlar kat sayısının fazla olduğu yapılarda, üst katlara çıkıldıkça artan yatay ötelenmenin sınırlandırılmasını sağlamaktadır (Aktan ve Kırac, 2010). Binalarda Taşıyıcı sistemde yatay yükler altında oluşacak rölatif ötelenmeler ve eğilmeler, ikinci mertebe momentlerini artırmaktadır. Perde duvarlar bu olumsuzluğu azaltır. Bu durumun oluşmaması için planda perde duvar ve geniş kolonların dağılımının dengeli olması gerekir. Perde duvar ve geniş kolonların planda dengeli dağıtılmaması, sistemde düşey taşıyıcıların bir kısmının kapasitelerinin üstünde, bir kısmının da altında etkilere maruz kalmalarına neden olur. Perde duvar olmayan yapılarda geniş kolonlar normal kolonlara göre daha faydalı olmaktadır. Ülkemizde meydana gelen birçok deprem incelendiğinde, bina yüksekliği boyunca sürekli olan perde duvarlı yapılar, deprem davranışını olumlu yönde etkilemektedir (Özcebe, 1999).

Perde duvar kullanılarak yapılan binalarda yapım aşamasında çok büyük hatalar yapılmamışsa yapı güçlü-rijit statik sistem sayesinde bina ayakta kalabilmekte, meydana gelen depremler küçük hasarlarla atlatılabilmektedir. Perde duvarlar ayrıca ötelenmeleri azaltan önemli bir taşıyıcı sistem elemanıdır. Şekil 6'da perde duvar resimleri görülmektedir (Web 2).



Şekil 6: Perde duvar.

## 2.7. Zayıf kat, yumuşak kat ve çekiçleme etkisinden kaynaklanan hasarlar

Yapılarda deprem anında karşılaşılan sıkıntılardan birisi de çekiçleme etkisi. Bitişik nizamda inşa edilen betonarme yapılarda derz mesafesine dikkat edilmesi gerekiyor. Bitişik nizamda bulunan iki binanın arasında yeterli derz mesafesi bulunmaması çekiçleme etkisi oluşturur bu durum deprem anında binaların yıkılması, devrilmesi veya hasar almasına sebep olmaktadır (Tezcan, Yazıcı, Özdemir ve Erkal 2007).

Yumuşak kat sebepleri arasında bodrum kat bulunmaması, zemin katlarının otopark veya dükkân olarak kullanılması, genellikle dış duvar yerine cam kullanılması yapılarda rijitlik düzensizliği oluşturmaktadır. Bu durum zemin katta büyük deformasyonlar oluşturmakta ve deprem etkisi bir katta yoğunlaşmaktadır (Karabulut, Kartal, Özil ve Ünlü 2018). Ayrıca zemin kat yüksekliğinin üst katlara oranla fazla olması da zayıf kat düzensizliği oluşturmaktadır. Şekil 7' de zayıf kattan dolayı oluşan hasar görülmektedir. Yumuşak kat durumu sadece zemin katta oluşsa da bazı durumlarda yanal rijitlik ve dayanımda ani değişikliğin olduğu durumlarda üst katlarda olabilir. (Özmen 2005).



Şekil 7: Zayıf kat ve çekiçleme etkisi.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan araştırmalara bakıldığı zaman yapının her aşamasında yönetmeliklere uygun hareket edilmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle yapıyı ayakta tutan taşıyıcı sistemin yönetmeliğe uygun olmaması veya sonradan taşıyıcı sistemde yapılan değişiklikler yapılar da büyük hasarlar veya yıkılmalarına sebep olmaktadır. En önemli hasar sebepleri şu şekilde sıralanabilir.

- Beton kalitesinin düşük olması beton ile donatı arasında aderansın sağlanamaması. Bu durum olası bir deprem anında donatının betondan kolayca sıyrılmasına sebep olur ve yapı ağır hasar alabilir.
- Bodrum katlarında ticari amaçlı işyerlerinin kolon kesmesi veya bölme duvarları kaldırması. Özellikle işyerlerinde bu durumla çok karşılaşılıyor işletmelerin hem alan genişlemesi hem de kolonların işyeri ortasında kötü görüntü oluşturmaması için binanın ana taşıyıcı elemanı olan kolonları kestikleri görülmektedir. Bir kolon dahi kesilmesi bütün taşıyıcı sistemi etkilediği için yapıda büyük sorunlara yol açabilmektedir.
- Güçlü kiriş zayıf kolondan kaynaklanan olumsuzluklar. Bu durum genellikle yapıların alanını geniş tutmak için düşünülmektedir. Kolonların alanlarını küçük tutup kirişleri ise güçlü yapmak yapılarda daha da büyük hasarlara yol açmaktadır. Kiriş yükünün artması, kolonun istenilenden küçük tasarlanması deprem anında yapının yıkılmasına yol açmaktadır.
- Zemin etütlerinin düzgün yapılmaması ve bu etüt sonuçlarına göre temel sistemin tasarlanması. Bütün bina yükünü taşıyan zeminlerin analizlerinin yapılması ve bu analiz sonuçlarına göre temel tipinin belirlenmesi gerekmektedir. Zemin etütlerinin yapılmaması veya yapılan zemin etüt sonuçlarına uygun temel tipinin belirlenmemesi yapıda büyük sorunlar ortaya çıkarabilir.
- Düşey taşıyıcı sistemde kullanılan donatı miktarının az olması. Donatı miktarının az olması binanın taşıyıcı sistemini etkilediğinden dolayı olası bir deprem anında yapıda büyük hasarlar ortaya çıkarmaktadır.
- Yeterli miktarda etriye kullanılmaması nedeniyle birleşim noktalarında mafsallaşmaların oluşması. Etriye yetersizliği kolonlarda patlamalar ve hasarlar oluşturabilmektedir.
- Kolon ve kiriş birleşim noktalarında soğuk dars oluşması.

Sonuç olarak deprem bölgesinde bulunan ülkemizin her an deprem olabilecek mantığıyla hareket etmesi ve yapıların buna uygun yapılması gerekmektedir. Olası depremlerde hasar ve kayıpları en aza indirmek için yönetmeliğine uygun yapılar yapılması gerekmektedir.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.



## YAZARLARIN KATKILARI

B.Y.: Kavramsallaştırma, yöntem, yazılım, doğrulama, formel analiz, araştırma, kaynaklar, yazı yazma - orijinal taslak hazırlama.

## KAYNAKLAR

- AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı). (2023). 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 ve Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 Depremlerine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu. İçişleri Bakanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Aktan, S. V, Kırış, N., (2010) Betonarme binalarda perdelerin davranışa etkileri, Eskişehir Osmangazi Ünv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt. XXIII, Sayı. 1, s. 15- 32.
- Akbaş, A., Çalışkan, Özlem. (2023). Deprem etkisinde hasar alan betonarme yapıların düzensizlik türleri yönü ile incelenmesi. 2 nd International Conference on Scientific and Academic Research March 14-16, 2023 sayfa: 228-234
- Bayülke, N., Aşık, M. S., Hürata, A. (1989) Yapıların Deprem Dayanımına Düşük dayanımlı Betonun Etkisi ve Sürgü Temel Eğitim Okulu Örneği, TMMOB İMO 1. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul.
- Beklen, C., Çağatay, İ.H., (2009) Çerçevelerde dolgu duvar modellerinin incelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt: 24 Sayı: 1
- Binici, H., Kaplan, H., Çağatay, İ., (2001). Değişik Faktörlerin Beton Basınç Dayanımına Etkisi, Mühendislik Bilimler Dergisi (Journal of Engineering Science), Cilt: 6, Sayı: 2-3, Sayfa: 203-209.
- Bozdağ, S., Fenkli, M., (2024). Taşıma gücü çok iyi olmayan zeminlere inşa edilen betonarme ve çelik yapıların kıyaslanması. Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi. Cilt: 8, Sayı: 1, (2024), 64 – 73
- Çatal, H., H. (2019). Deprem nedeniyle binalarda oluşan hasarlar. 3. International Symposium On Innovative Approaches In Scienific Studies. April 19-21 , 2019 Ankara, Türkiye s. 315.
- Çırak, İ.,Feyza. (2011). Betonarme binalarda gözlenen hasarlar, nedenleri ve öneriler. SDU International Technological Science vol. 3. sayfa: 63-67
- Demirci, H.E., Karaman, M. & Bhattacharya, S. (2022). A survey of damage observed in Izmir due to 2020 Samos-Izmir earthquake. Nat Hazards 111, 1051
- Dindar, A., A. Ayar., B. (2021). Çok Katlı Yapılarda Kritik Deprem Doğrultusunun Belirlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi. Sayfa 489-500.
- Doğangün, A. (2016). Betonarme yapıların hesap ve tasarımı: Deprem yönetmeliği 2007'ye uygun. Birsan yayınevi.
- Durmaz, S. A., Soyaslan, İ., İ. (2023). Zemin sıvılaşmasını denetleyen koşulların ve sıvılaşma nedenli deformasyonların incelenmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. Volume: 14 Issue: 2, 401 – 411.
- Erdik M, Kamer Y, Demircioğlu M, Sesetyan K (2012). 23 October 2011 Van (Turkey) earthquake. Nat Hazards 64, 658–659
- Etminan, E. (2016). Effect of gradation, fines content and silt shape characteristics on static liquefaction of loose sands. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Genç, F. N. (2007). Türkiye’de Doğal Afetler ve Doğal Afetlerde Risk Yönetimi. Stratejik Araştırmalar Dergisi 9, 201-226.
- Işık, E., Özdemir I. Betonarme Yapılarda Güçlü Kiriş – Zayıf Kolon Durumunun Yapı Performansına Etkisi 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2016), October 26-28, 2016, Adana/Turkey
- İnan, T., Korkmaz, K., and Çağatay, İ. H. (2014). The effect of architectural form on the earthquake behavior of symmetric RC frame systems. Computers and Concrete, 13(2), 271-290. doi:10.12989/cac.2014.13.2.271



- İnel, M., Özmen, H.,B., Çaycı, B.,T. (2013). Simav ve Van depremleri (2021) yapı hasar nedenlerinin değerlendirmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. Volume: 19 Issue: 6, 256 - 265
- Karabulut, M., Kartal, M., Özil, E., ve Ünlü R. (2018). Betonarme binalarda deprem mesafelerinin incelenmesi. Natural & Applied Sciences Journal, Vol. I, No. 1,39-45, 2018 Araştırma Makalesi.
- Kızılkıranat A., Koçak A., Coşar A., Güney D., Selçuk M.E., (2011). “23 Ekim 2011 Van Depremi Ön İnceleme Raporu”, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kocaman, C., Bayülke, N., Doğan, A., Duran, A. (2011). 19 Mayıs 2011 Simav Depremi ve Yapı Hasarı Raporu. İMO Afet Müdahale Hazırlık Kurulu.
- Mertol, C. Halit.(2023). 6 Şubat 2023 depremlerinde gözlenen betonarme binalardaki sorunların hiyerarşik bir üçgen ile açıklanması. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi ISSN 2146-0574 S. 2727
- Mert, M. (2018). Zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerle değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- N. Çağlar., B. Bayhan., E. Avcı., S. Koca kaplan., S. Özen., E. Yıldırım., ve G. B. Sakcalı, (2023). Kahramanmaraş Depremleri Pazarcık [Mw=7.7] ve Elbistan [Mw=7.6], İnceleme ve Değerlendirme Raporu. Bursa Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bursa, Türkiye, Şubat 2023.
- Soyluk, A., Demircan, B. (2023). Tarihi Yığma Minarelerin Deprem Yüğü Altındaki Davranışlarının 6 Şubat Kahramanmaraş Depremlerinde Hasar Görmüş Cami Örnekleri Üzerinden Mimari Açından İncelenmesi. Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi. 8 (Special Issue), 329-354
- Özcebe, G., (1999) “Ülkemizdeki depremlerden sonra gözlenen betonarme yapı hasarları”, İnşaat Mühendisliği XV. Teknik Kongre, Deprem Özel Oturumu konuşmaları, Türkiye Mühendislik Haberleri, 404-1999.6, s. 47-51.
- Özmen, H. B (2005) Hızlı değerlendirme yöntemlerinde kullanılan parametrelerin yapı performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Seed, H.B., Idriss, I.M, and Arango, I., (1983). “Evaluation of liquefaction potential using filed performance data”, Journal of Geotechnical Geoenvironmental Engineering, ASCE, 109(3):458-482.
- Şengezer, B. (1999). 13 Mart 1992 Erzincan Depremi Hasar Analizi ve Türkiye’de Deprem Sorunu. YTÜ. Basın Yayın Merkezi.
- TBDY (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
- Tezcan, S., Yazıcı, A., Özdemir, Z., ve Erkal A. Zayıf kat yumuşak kat düzensizliği. “Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı” 16-20 Ekim 2007, İstanbul Sixth National Conference on Earthquake Engineering, 16-20 October 2007, Istanbul, Turkey
- Turan, A. F. (2022) Betonarme Kirişlerde Donatı Oranının ve Genişlik/yükseklik Oranının Kiriş Davranışına Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi) . Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Ulusoy Ö., Güven S. (2019) Betonarme yüksek yapıların TDY’ ne göre plan düzensizliklerinin örnek yapılarla gözden geçirilmesi, Ç.Ü. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, Cilt: 38- 2, s. 5- 14.
- Ündül, Ö., Gürpınar, O., (2003). Çokal Vadisindeki (Gelibolu) alüvyal zeminlerin sıvılaşma potansiyeli. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, 16(1): 67-80.
- Üncü, S., Kayakuş, M., Yavru, C. A. ve İbadov, N. (2023). Crack Control in Buildings with a CNN-based Image Processing Measurement System Method. Gazi Journal of Engineering Sciences, doi:10.30855/gmbd.0705S24
- Vatansever, C. ve Şimşek, Y. E. (2021). Taşıyıcı sistemi beton dolgu kompozit kolonlar ve çelik kirişlerden oluşan çok katlı bir binanın tasarımı ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, cilt: 27 Sayı: 3, 264 – 273.
- Web1:<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2024/02/Kahramanmaraş-ve-Hatay-Depremleri-Yeniden-İmar-ve-Gelisme-Raporu-1.pdf> Erişim tarihi: 15.04.2024
- Web2: <https://www.statikprogramlar.com/perde-duvar-nedir/> Erişim tarihi: 15.05.2024