

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



TÜRKİYE'DE PROJE VE UYGULAMA AŞAMASINDA YAPILAN
YAYGIN HATALARIN DEPREMSELLİK AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ (KAHRAMANMARAŞ DEPREMİ ÖRNEĞİ)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Caner KIZILKAN

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Deprem Ve Yapı Mühendisliği Programı

EKİM, 2023

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**TÜRKİYE'DE PROJE VE UYGULAMA AŞAMASINDA YAPILAN
YAYGIN HATALARIN DEPREMSELLİK AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ (KAHRAMANMARAŞ DEPREMİ ÖRNEĞİ)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Caner KIZILKAN
(Y2113.091003)

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Deprem Ve Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN

EKİM, 2023

ONAY FORMU

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Türkiye’de Proje ve Uygulama Aşamasında Yapılan Yaygın Hataların Depremsellik Açısından Değerlendirilmesi (Kahramanmaraş Depremi Örneği)” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadar bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (18/09/2023)

Mehmet Caner KIZILKAN

ÖNSÖZ

Bu tez aşamasında bana değerli vaktini ayıran, yol gösteren ve her türlü sorunuma eksiksiz yardım eden Sayın Prof. Dr. MEHMET FATİH ALTAN'A sonsuz teşekkürler.

Tezim için gerekli olan fotoğrafları bulmamda yardımcı olan ve bilgilerini esirgemeyen Sayın Yüksek İnşaat Mühendisi Cevdet Şentürk'e teşekkürler.

Ekim,2023

Mehmet Caner KIZILKAN

TÜRKİYE’DE PROJE VE UYGULAMA AŞAMASINDA YAPILAN YAYGIN HATALARIN DEPREMSELLİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ (KAHRAMANMARAŞ DEPREMİ ÖRNEĞİ)

ÖZET

İnşaat mühendisliğindeki en önemli konulardan biri de yapıların durabilitesidir. Yapıların buldukları yer ve zeminlerine göre tasarlanma sürecinden geçmeleri ve tasarlandığı gibi uygulanmalıdır. Bu tasarımlar ve uygulamalar çeşitli norm ve yönetmeliklere uygun olmalıdır. Yapıların sismik yükler etkisi altındaki durabilitesinin sağlanması önemlidir. Ülkemiz deprem kuşağının önemli bir kısmını oluşturduğundan yapıların depreme karşı davranışları can ve mal kaybı oluşturmayacak düzeyde olmalıdır. Deprem sonrasında incelenen binalar az, orta ve ağır hasarlı olarak sınıflandırılarak yapı stoğu gözden geçirilir. Orta ve ağır hasar alan binalarda gözlemlenen hataların tasarım ve uygulama aşamalarından kaynaklı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmanın ikinci bölümünde hasar tespiti ve hasar sınıflandırması, üçüncü bölümünde tasarım kaynaklı hataların neler olduğu, dördüncü bölümde uygulama kaynaklı hatalardan ve beşinci bölümde bu hataların 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli deprem felaketi örneğinde nasıl sonuçlar ortaya çıkardığı incelenmiştir. Deprem kaynaklı yüklerin uygulama ve tasarım aşamasındaki hatalar sonucu büyük hasarlara sebep olduğu ve bu hasarların bir başka büyük depremde sorun oluşturmaması için çözüm önerileri geliştirilerek tartışma bölümünde değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Depremsellik, Uygulama Kaynaklı Hatalar, Tasarım Kaynaklı Hatalar, Malzemenin Uygun Kullanımı ve Durabilite

EVALUATION OF COMMON MISTAKES MADE DURING THE PROJECT AND IMPLEMENTATION PHASE IN TURKEY IN TERMS OF SEISMICITY (KAHRAMANMARAŞ EARTHQUAKE EXAMPLE)

ABSTRACT

One of the most important issues in civil engineering is the durability of structures. Buildings should go through the design process according to their location and ground and should be implemented as designed. These designs and applications must comply with various norms and regulations. It is important to ensure the durability of structures under the influence of earthquake loads. Since our country constitutes an important part of the earthquake zone, the behavior of buildings against earthquakes should be at a level that will not cause loss of life and property. After the earthquake, the buildings examined are classified as low, moderate and severely damaged, and the building stock is reviewed. It has been revealed that the errors seen in moderately and heavily damaged buildings are caused by the design and implementation stages. In the second part of this study, damage detection and damage classification, in the third part, what are the design-related errors, in the fourth part, application-related errors and in the fifth part, how these errors occur. February 6, 2023 Kahramanmaraş-centered earthquake disaster example was examined. Solution suggestions have been developed and evaluated in the discussion section so that earthquake-induced loads cause great damage as a result of errors in the application and design phases and that these damages do not cause problems in the next big earthquake.

Keywords: Seismicity, Application Errors, Design Errors, Appropriate Material Use and Durability

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ONUR SÖZÜ	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
I. GİRİŞ	1
A. Amaç.....	1
B. Kapsam	1
II. HASAR TESPİTİ VE SINIFLANDIRILMASI.....	3
A. Betonarme Yapılarda Görülen Deprem Hasarları	4
1. Sıva Çatlakları.....	4
2. Dolgu Duvar Hasarları	4
3. Kolon Hasarları	5
4. Kiriş Hasarları	6
5. Perde Hasarları.....	7
6. Döşeme Hasarları.....	7
7. Birleşim Bölgesindeki Hasarlar	8
B. Hasar Tespit Türleri.....	9

C. Deprem Sonrasında Hasar Tespiti	11
1. Dışarıdan İnceleme	12
2. İçeriden İnceleme	13
D. Hasar Gelişimi	13
1. Eğilme Hasarının Gelişimi	13
2. Kesme Hasarının Gelişimi	14
E. Hasar Tespitinde Dikkat Edilmesi Gerekenler	15
III. PROJE KAYNAKLI HATALAR	16
A. Kısa Kolon	16
B. Kesit Yetersizliği	18
1. Güçlü Kiriş – Zayıf Kolon	18
2. Güçlü Kolon Zayıf Kiriş	20
C. Yumuşak Kat Etkisi	21
D. Zemin Kaynaklı Etkiler	25
1. Zemin Sıvılaşması	25
E. Malzeme Kaynaklı Problemler	26
1. Uygun Olmayan Agrega ve Kalitesiz Beton	27
2. Korozyona Uğraşmış Donatılar	28
IV. UYGULAMA KAYNAKLI YAPILAN HATALAR	29
A. Etriye Kullanımı	29
B. Donatının Bindirme Yerleri ve Boyları	30
C. Beton Kalitesi	30
1. Rötire	31
2. Hava Koşullarına Göre Uygun Beton Dökümü	32
a. Sıcak havada beton dökümü	32
b. Soğuk havada beton dökümü	34

D. Çekiçleme Etkisi	36
1. Paspayı	37
2. Kök Sebep ve Durum Analizi	38
3. Plastik Paspayı Elemanı	39
4. Betondan Paspayı Elemanı	39
5. Gerekli Derz Aralıkları	41
a. Deprem Derzleri	41
V. KAHRAMANMARAŞ DEPREMİNDEKİ HASARLARIN İNCELENMESİ	43
VI. TARTIŞMA VE SONUÇ	58
VII.KAYNAKÇA	60
ÖZGEÇMİŞ.....	65

KISALTMALAR LİSTESİ

- a_{\max}** : Yatay Yer İvmesi
BYS : Bina Yükseklik Sınıfı
CSR : Yinelemeli Gerilme Oranı
D : kolon derinliği
DTS : Deprem Tasarım Sınıfı
g : Yer Çekimi İvmesi
 H_0 : kolon net yüksekliği
 l_n : kısa kolon serbest boyu
m : Kütle
 M_a : kolon alt ucu eğilme momenti
 $M_{\bar{u}}$: kolon üst ucu eğilme momenti
TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
 V_e : kesme kuvveti
YASS : Yer Altı Su Seviyesi
 γ : Birim Hacim Ağırlık
 τ_{\max} : Kayma Gerilmesi

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1. Yerel Yöntemler	9
Çizelge 2. Genel Yöntemler	10
Çizelge 3. Yumuşak Katın Meydana Getiren Etmenler	22
Çizelge 4. Yumuşak Katın Meydana Getirdiği Olumsuzluklar.....	22
Çizelge 5. Yumuşak Katın Oluşmasının Önlenmesi	24
Çizelge 6. B2 Düzensizliğinde Eşdeğer Deprem Yük Yöntemi Tablosu.....	24
Çizelge 7. Zeminde Sıvılaşma Olması Durumunda Gözlemlenilecek Olaylar	26
Çizelge 8. Sıcak Havanın Taze ve Sertleşmiş Betona Etkileri	34
Çizelge 9. Sıcak Havada Yapılacak Olan Beton Dökümünde Dikkat Edilecekler ..	34
Çizelge 10. Don olayının Taze Betona Zarar Vermemesi İçin Gerekli Beton Yaşı...	35
Çizelge 11. Tavsiye Edilen Beton Sıcaklıkları.....	35
Çizelge 12. Çizelge 11 Satır 1’de Gün Boyunca (24 saat) En Düşük Sıcaklıktaki Koruma Süreleri (gün)	35

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Sıva Çatlağı	4
Şekil 2. Dolgu Duvar Hasarı.....	5
Şekil 3. Kolon Hasarı.....	6
Şekil 4. Kiriş Hasarı.....	7
Şekil 5. Perde Hasarı.....	7
Şekil 6. Döşeme Hasarı.....	8
Şekil 7. Düğüm Noktası Hasarı	8
Şekil 8. Eleman Hasarlarının Belirlenmesi.....	12
Şekil 9. Dışardan Hasar İncelenmesi	12
Şekil 10. İçerden Hasar İncelenmesi.....	13
Şekil 11. Eğilme Hasarı	14
Şekil 12. Kesme Hasarı.....	14
Şekil 13. Kısa Kolon.....	16
Şekil 14. Dolgu Duvar Kaynaklı Kısa Kolonlarda Kesme Kuvveti	17
Şekil 15. Zayıf Kolon – Güçlü Kiriş (a) İstenen Durum (b) İstenmeyen Durum	18
Şekil 16. Asmolen Döşeme.....	19
Şekil 17. Kolon - Kiriş Birleşim Noktasında Oluşacak Momentler	20
Şekil 18. Yumuşak Kat	22
Şekil 19. Yumuşak Kat	23
Şekil 20. Zemin Sıvılaşması	25
Şekil 21. Kötü malzemeli beton.....	27

Şekil 22. Etriye (dokuzeylul.com,2023)	29
Şekil 23. Denetim Sırasında Fark Edilen Hatalı Kolonun Düzeltilmeden Önceki Hali	30
Şekil 24. Zamana Bağlı Şekil Değiştirme Tipleri.....	31
Şekil 25. Rötire Çeşitleri ve Aşamaları.....	32
Şekil 26. Dünyada ve Türkiye’de Yıllık Ortalama Sıcaklıklar.....	33
Şekil 27. Paspayı.....	37
Şekil 28. Donatı korozyonu sonucunda demiroksitlerinde meydana gelen hacim artışları	37
Şekil 29. Derz genişliği bulunan iki binanın deformasyonların gösterilmesi.....	42
Şekil 30. Çekiçleme Hasarı.....	43
Şekil 31. Zemin Sıvılaşmasından Kaynaklı Hasar	44
Şekil 32. Malzeme Kalitesizliğinden Kaynaklı Hasar	45
Şekil 33. Kesme Kuvvetinden Kaynaklı Hasar	46
Şekil 34. Asmolen Döşeme Kaynaklı Hasar.....	47
Şekil 35. Betona Yabancı Madde Karışmasından Kaynaklı Hasar	48
Şekil 36. Merdivende Uygulama Kaynaklı Hasar	49
Şekil 37. Kısa Kolon Kaynaklı Hasar	50
Şekil 38. Birleşim Bölgesi Kaynaklı Hasar	51
Şekil 39. Kolonda Burkulma Kaynaklı Hasar	52
Şekil 40. Kolon Kesme Kuvveti Kaynaklı Hasar	53
Şekil 41. Yumuşak Kat Hasarı.....	54
Şekil 42. Güçlü Kiriş Zayıf Kolon Hasarı	55
Şekil 43. Donatı Yetersizliğinden Kaynaklanan Hasar	56
Şekil 44. Kısa Kiriş Kaynaklı Hasar	57

I. GİRİŞ

A. Amaç

Dünyada nüfus yoğunluğunun artmasına paralel olarak birçok ihtiyaç ortaya çıkmaktadır. Nüfus artışıyla barınma, ulaşım, su, kanalizasyon gibi insan hayatının devamlılığı için gereken beşeri ihtiyaçlar karşılanmaya çalışılırken programsız şekilde yapılan konutlar kentleşme problemini oluşturmaktadır. Kentleşme de şehir merkezlerinde yığılma yaşanmasına neden olur. Bu yığılmalar, çarpık ve yüksek katlı yapılardaki artışla gözlemlenmektedir.

Ülkemiz geçmişte ve günümüzde büyük depremlere şahit olmuştur. Depremın etkisi geçmişten günümüze büyük ölçüde can ve mal kaybına sebep olmuştur. Depremsellik bakımından sismik tehlikenin yüksek olduğu ülkemizde yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanması bu kayıpların önemli ölçüde azalmasında rol oynar. Güncel olan deprem yönetmeliklerine uygun yapı tasarımı yapılmalıdır. Ancak bir yapının depreme dayanıklı tasarlanmasının yanı sıra tasarlanan yapının uygun olarak imal edilmesi büyük önem arz etmektedir. Aksi halde depremin sonuçları olması gerekenden daha büyük sonuçlarla karşılaşılabilir. Can kaybı, ekonomik, kültürel miras, göç, ulaşım, sağlık vb. gibi problemler ana etkenler arasında yer almaktadır. Mevcut durumda yapı stoğunun büyük bir kısmı riskli yapıları oluştururken inşa edilen yeni yapılarında mühendislik hizmetini tam almaması nedeniyle oluşan yeni yapı stoğu daha büyük bir risk içindedir. Depremin etkisini azaltmak için mevcut olan riskli yapılarda alanında uzman kişiler tarafından güçlendirilme işleminin yapılması yapılamıyorsa kentsel dönüşüm yapılması gerekliliktir.

B. Kapsam

Bu çalışma tasarım ve uygulama aşamasında yapılan sık hataların deprem parametrelerini nasıl etkileyeceğini incelemek amaçlı yapılmıştır. Depremde eski yapıların yanı sıra yeni yapılarında ağır hasar alması, çökmesi ve en önemlisi can

kaybına neden olmasındaki etkenlerin örnekleri 6 Şubat 2023 tarihinde yaşanan Kahramanmaraş merkezli depremden verilmiştir. Tasarım ve uygulama sırasında yapılan sık hatalardan depremin etkilerinin büyük oranda arttırdığı ortaya çıkmıştır. Bu çalışma sık yapılan hataları önlemek ve biraz da olsa can kaybının önüne geçebilmek adına rehber olması adına yapılmıştır.

II. HASAR TESPİTİ VE SINIFLANDIRILMASI

Depremden dolayı ortaya çıkan sismik kuvvetlerin etkisiyle yapıların her biri farklı davranışlar sergiler. Bu davranışlar, yapılarda hasara neden olabilir. Depremden kaynaklanan hasar yapısal ve yapısal olmayan hasar olarak ikiye ayrılır. Yapısal hasarlar taşıyıcı sistem elemanlarında hasar oluşmasıyla meydana gelirken yapısal olmayan hasarlar taşıyıcı sisteme dâhil olmayan elemanlarda ortaya çıkmaktadır. Önemli olan bu hasarların düzeyidir çünkü hasar düzeyleri yapının güvenli olup olmadığı ile ilgilidir. Yapının güvenliği ise yapı elemanının ve yapının taşıdığı yük miktarıyla bir başka yükleme (deprem, makine titreşimi, rüzgâr vb.) anında taşıyabileceği yükün arasındaki orandır(İMO, 2023). Deprem sırasında yapının hasar düzeyi belirlenmesi için gözle görülen hasarlar da önemlidir. Gözle görülen hasarlar hızlı bina taramaları için oldukça yardımcıdır. AFAD tarafından da düzenlenen hasar tespit formları (EK-1) büyük depremler anında yapıların aldığı hasarların tespitinde hız kazandırmaktadır.

Deprem sonrasında yapılar hasarsız, hafif hasarlı, orta hasarlı, ağır hasarlı ve acil yıkılacak binalar olarak sınıflandırılmaktadır. Yapılarda deprem anında oluşan hasarları tespit etmek önemlidir. Çünkü depremden önce oluşan hasarlar ve kusurlar değerlendirmemelidir. Deprem sebebiyle herhangi bir hasar meydana gelmeyen binalar hasarsız binalardır. Binanın kullanılmasında bir sorun yoktur. Binaların boyasında, sıvalarında ve duvarlarında oluşan ince çatlaklar veya düşen sıvalar varsa bina hafif hasarlıdır ancak binanın kullanılmasında sakınca yoktur. Duvarlarda oluşan yarıklar ve taşıyıcı elemanlardaki ince çatlakların olduğu hasarlardır. Taşıma gücünde azalma olduğundan güçlendirilme ya da onarılmadan yapı kullanılmamalıdır. Taşıyıcı elemanlarda geniş kırılmaların olduğu yapılar ağır hasarlı yapılardır. Taşıma gücü kaybı ve dayanım açısından hasar aldığı için yapılar kullanılmamalıdır. Yapının taşıyıcı elemanlarında oluşan büyük orandaki şekil ve yer değiştirmelerin olduğu veya tamamen yıkıldığı yapılar acil yıkılması gereken binalar sınıfındadır. Yapının hiçbir şekilde kullanılmaması hatta içine girilmemesi gereken yapılardır (İMO, 2016).

A. Betonarme Yapılarda Görülen Deprem Hasarları

1. Sıva Çatlakları

Deprem hasarının başlangıç yani eşik hasar sınırındır. Çoğunlukla taşıyıcı sistemle dolgu duvar arasında kalan yerlerde, tesisat borularının üzerinde görülen sıva çatlakları taşıyıcı sistemde hasar olmadığı için hasar limiti olarak kabul edilmektedir (sanalsantiye.com,2023) .



Şekil 1. Sıva Çatlağı

Kaynak: (dha.com.tr,2023).

2. Dolgu Duvar Hasarları

Temel sebebi düşük dayanımlı malzeme kullanılmasıdır. Çatlak genişliği artarsa parça parça kopmalar ve kırılıp dökülmeler gözlemlenmektedir. Duvarların mesnetlenme şekli de hasarı etkilemektedir. Taşıyıcı elemanlarla sarılmayan duvarların devrilmesi de deprem anında gözlemlenebilir. Kapı, pencere boşluğu gibi yerlerde kırılma gözlemlenmesi mümkündür (sanalsantiye.com,2023).



Şekil 2. Dolgu Duvar Hasarı

Kaynak: (insaport.com,2023).

3. Kolon Hasarları

Narin kolonlarda burkulma, eğilme momentinin yön değiştirmesi ve kesme kuvvetleri gibi eğilme, burulma, kesme kuvvet kombinasyonları kolonlarda hasara neden olmaktadır. Narin kolonlarda, eğilme kuvveti normal kuvvet ile beraber etkimesiyle ezilme ve çatlağa sebep olabilir. Dügüm noktalarında yeterli etriye kullanılmaması da kolonun boy donatılarını burkulmaya sebep olarak basınç kırılmasını ortaya çıkarabilir. Kesme çatlaklarında ise 45 derece açı ile taşıma kapasitesi zorlanmaktadır. Tüm bu etkilerin karşılanamamasından dolayı kolonlar taşıyıcılığını yitirebilir (sanalsantiye.com,2023).



Şekil 3. Kolon Hasarı

Kaynak: (dha.com.tr,2023).

4. Kiriş Hasarları

Genellikle eğilme ve kırılma çatlakları görülen kirişler hasar sebebidir. Beton dayanımının düşük olması, saplama kirişlerindeki eğilmeye zorlanma ve yeterli etriyenin kullanılmaması kirişlerin taşıma gücünün kaybına neden olabilir (sanalsantiye.com,2023).



Şekil 4. Kiriş Hasarı

Kaynak: (slideplayer.biz.tr,2023).

5. Perde Hasarları

Kolon gibi davranan bu elemanlarda üç tip göçme gözlemlenmektedir. Bunlar sünek davranışa sahip olan eğilme göçmesi ile gevrek davranışa sahip olan kesme kuvveti göçmesi ve toptan göçmedir. Perdelerde genellikle hasarın sebebi yükseklik/uzunluk oranıdır. Yükseklik uzunluktan küçük olduğunda kısa perde, büyük olduğunda da uzun perde olarak adlandırılırlar. Kısa perdelerde genellikle kesme kuvvetinin etkisi daha büyüktür. Genellikle az katlı yapılarda kesme çatlakları, çok katlı yapılarda da eğilme çatlakları görülür (sanalsantiye.com,2023).



Şekil 5. Perde Hasarı

Kaynak: (canguclendirme.com,2023).

6. Döşeme Hasarları

Büyük açıklıklarda aşırı yer değiştirmeden kaynaklı hasar oluşmaktadır. Konsol döşemelerde donatı yerleşiminin yanlış yapılması, kirişsiz döşemelerde döşeme ve kolonların birleşim bölgelerinde döşemelerde çatlaklar oluşmaktadır. Taşıyıcı sistem hasarı olarak önemli görülmeyen bu hasarlar çatlaklar büyüdükçe tehlikelere yol açtığından hasarı arttırabilmektedir (sanalsantiye.com,2023).



Şekil 6. Döşeme Hasarı

Kaynak: (pmsiofflorida.wordpress.com,2023).

7. Birleşim Bölgesindeki Hasarlar

Düğüm noktalarındaki temel sorun yeterli etriye sıkılaşmasının yapılmamasından ve kiriş boyuna donatılarının kolonlara tam bağlanamamasından kaynaklanmaktadır. Yapı güvenliği ve durabilitesi açısından oldukça önemli olan bu düğüm noktalarında ileri derecede deformeler oluşabilir ve hatta betonu dökülerek binanın göçmesine sebep olabilmektedir. Çünkü düğüm noktasındaki hasarlar diğer tüm taşıyıcı sistem elemanlarını da etkilemektedir (sanalsantiye.com,2023).



Şekil 7. Düğüm Noktası Hasarı

Kaynak: (forums.idecad.com.tr,2023).

B. Hasar Tespit Türleri

Deprem sonrasında hasarlı, onarılacak veya güçlendirilecek yapılar oluşmaktadır. Yapının hasar durumunun değerlendirilmesi için pek çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerin bazıları sadece belirli bir bölge konusunda fikir verirken bazıları yapının tamamıyla ilgili fikir verebilmektedir. Farklı yöntemlerle incelenen numune ya da deneysel ve analitik olarak ortaya çıkan sonuçlar diğer benzer yapılan inceleme sonuçlarıyla karşılaştırılır. Deneysel incelemeler de yapı ve yapı elemanına hasar verilerek veya verilmeyerek yapılmaktadır. Bu yöntemleri yerine göre, genel yöntemler ve yönteme göre 3 farklı sınıfa ayırabiliriz (Yanık vd., 2018: 32).

Yerine (incelenen alana) göre yapılan hasar tespit yöntemleri yerel ve genel olarak ikiye ayrılır. Yerel yöntemler karot alma, donatı tespiti, ultrases incelenmesi ve Schmidt Çekicidir (Yanık vd., 2018: 32-33).

Çizelge 1. Yerel Yöntemler

Yöntem	Uygulaması
Karot Alma	Yapının belli bölgelerinden alınan beton örnekleriyle kullanılan betonun gerekli dayanımı sağlayıp sağlamadığına, dış etkilere maruz kalarak bozulup bozulmadığına bakılır. Ayrıca malzeminin basınç dayanımı, elastisite modülü, poisson oranı ve kütle yoğunluğu belirlenebilir.
Donatı Tespiti	Uygun donatı miktarının uygun düzeyde yerleştirilip yerleştirilmemesi ile ilgilidir. Yüksek frekanslı manyetik dalgalar üreten cihazların yapı elemanında hareket etmesiyle yapılmaktadır. Donatı belirlenilen bölgede cihazı sabitleyerek donatı çapını ve yüzeyden olan derinliği bulunabilir.
Schmidt Çekici	Beton yüzeyine Schmit çekicinin vurulmasıyla geri tepme değerlerinin belirlendiği işlemdir. Betonun dayanımı bulunmasa da betonun yüzey sertliği bulunabilir. Betonun yüzeyine darbe uygulama yeri ve yönü oldukça önemlidir.

Kaynak: (Yanık vd., 2018: 32-33)

Genel yöntemler ise yapının bütün davranışı hakkında bilgi vermektedir. En yaygın olarak kullanılan türü yapısal titreşimlerin görüldüğü ve dinamik karakterinin ortaya çıktığı Deneysel Modal Analiz Yöntemidir. Ölçümlerde kullanılan titreşim etkisinin bilinip bilinmemesine göre Operasyonel Modal Analiz ve Geleneksel Modal Analiz olarak ikiye ayrılır (Yanık vd., 2018: 33).

Çizelge 2. Genel Yöntemler

Yöntem	Uygulaması
Operasyonel Modal Analiz	Yapıya ait dinamik karakteristikler deprem, rüzgâr vb. gibi çevresel etkilerden oluşan titreşimleri dikkate alınarak ölçülmesiyle tepki verilerinin zaman ve frekans alanlarında işlenmesiyle elde edilmektedir. Temel titreşim biçimleri ve rezonans etkisinin bilinmesi gerekmektedir. Serbest titreşimde yapı başlangıç şartlarına altında titreşirken zorlanmış titreşimde dış bir yük altında titreşim olur. Serbest titreşimde en küçük doğal frekans en etkili frekanstır ve titreşim belli bir süre sonra sönümlenir. Zorlanmış titreşimde yük yapıya etki ettiği sürece devam eder. Yapının doğal frekansıyla dış yükün frekansı aynı olabilir. Bu da büyük genliktedir ve rezonans olarak adlandırılır. Ölçümler bittikten sonra analiz programına aktarılır. Frekans ortamında ayrışım yöntemiyle spektral yoğunluk fonksiyonu ve stokastik altalan belirleme yöntemiyle de kararlılık fonksiyonları oluşturulur.
Geleneksel Modal Analiz	Yapıya bilinen bir kuvvet uygulanarak kuvvete tepkisi ölçülür. Yapının tepksini ölçmek için ivmeölçer ve verileri değerlendirmek için sinyal analizör ve yapıya kuvvet uygulamak için çekiç kullanılmaktadır.

Kaynak: (Yanık vd., 2018: 33-34).

Yükleme durumuna göre yöntemler statik ve dinamik olarak ikiye ayrılır. Statik yöntemler, numuneler veya yapı üzerinde gerçekleştirilen statik yüklemelerin etkisi altındaki sonuçlara bağlı olarak hasar tespitinin yapılmasında kullanılır. Hasarlı ya da hasarsız yöntemleri olabilir. Hasarlı inceleme yöntemine karot alınması örnek verilebilirken hasarsız inceleme yöntemine elastik bölgede kalacak şekilde statik yük etkisi altında test yapılması gerekir. Dinamik yöntemlerin ise en yaygın olarak kullanılan ve bilinen titreşimlerin ölçülerek analiz edilmesine dayanan deneysel modal analiz yöntemidir (Yanık vd., 2018: 34).

Yönteme göre olan hasar sınıflandırmaları da teorik, deneysel ve zemin incelemesi olarak üç sınıfa ayrılabilir. Teorik yöntemler rijitlik, kütle ve sönüm gibi mekanik özellikler değiştirilerek deneysel olarak ölçülen statik ve dinamik davranışın elde edilmeye çalışılmasıyla olur. Başlangıç analitik, kalibre edilmiş analitik ve güncellenmiş analitik olarak teorik yöntemlerin üç modeli bulunur. Başlangıç Analitik Modelde yapının projesinden alınan veya yapının rölevesi ile elde edilen kesit ve malzeme özelliklerinin dikkate alınmasıyla oluşturulur. Bu modelin malzeme özellikleri ve sınır şartları dikkate alınarak kalibre edilmesiyle

oluşan ve yapının hasarsız durumunu gösterdiği varsayılan modele kalibre edilmiş analitik model denir. Yapı üzerine gelen ani bir yük sonucundaki ölçümler referans alınarak kalibre modelde kesit özellikleri (atalet momenti, kalınlık) değişken olacak şekilde deneysel ve analitik sonuçlar arasındaki farkın azaltılmasına güncellenmiş analitik model denir. Deneysel yöntemlerde ise hasarlı ve hasarsız olarak ikiye ayrılmaktadır. Hasarlı deneye beton basınç dayanımı deneyi, hasarsız deneye ise deneysel modal analiz yöntemi örnek olarak verilebilir. Zemin incelenmesin ise numune alınması ve/veya jeofizik yöntemler ile olmaktadır (Yanık vd., 2018: 35).

Bütün bu yapı tespit türleri uzun zamanlarımızı almaktadır. Bu uzun hasar tespitlerinden önce gözle görülen hasarların değerlendirildiği AFAD tarafından hazırlanan formların doğrultusunda yapılabilen hasar tespiti mevcuttur. Büyük depremler sonrasında yapı stoğunun hızla taranmasında çok büyük yardımcıdır.

C. Deprem Sonrasında Hasar Tespiti

Bir deprem sonrasında yapılan hasar tespiti sadece o depremin meydana getirdiği hasarı görebilmek için kullanılmalıdır. Çoğu hasar tespiti sırasında taşıyıcı sistemde önemli bir hasar gözlemlenmezken kalın yapılan sıvalar, donatı korozyonları ya da bölme duvarların iyi yapılmaması sebebiyle yapılara ağır hasarlı denilerek hatalı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Hasar tespitinde korozyon ve taşıyıcı olmayan yapı elemanları genellikle yanıltıcı hatalardır. Bir yapıdaki hasarı değerlendirirken deprem kaynaklı olmayan hasarlara, yapısal elemanlarda olan sıva çatlaklarına ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarlara dikkat edilmelidir. Bu hasar tespiti dışarıdan ve içeriden olarak iki kademeli incelemelerle gerçekleştirilir. Binada kısmen veya komple göçme, belirgin yer değiştirme ya da dönme varsa sadece dışarıdan inceleme ile karar verilebilir. Dışardan incelemede karar verilebilecek belirgin bir özellik yoksa içeriden bakılmalıdır.

Hasar Tipi	Çatlak Genişliği	Basınç Hasarı
O Tipi Hasar	-	-
A Tipi Hasar	$w \leq 0.5 \text{ mm}$	-
B Tipi Hasar	$0.5 \text{ mm} < w \leq 3 \text{ mm}$	Kabuk Ezilmesi
C Tipi Hasar	-	Kabuk Atması
D Tipi Hasar	-	Donatı Burkulması, Çekirdek Ezilmesi

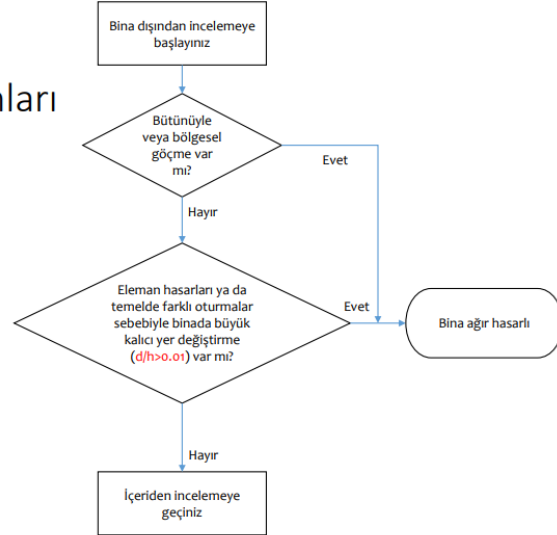
Şekil 8. Eleman Hasarlarının Belirlenmesi

Kaynak: (İlki, 2022: 57)

1. Dışarıdan İnceleme

Bütün veya kısmi göçme, katlar arası kalıcı yer değiştirme varsa (görelî kat ötelemesi %1'den fazla) yapının tamamen kullanılamaz olduğu görüldüğü için bina ağır hasarlıdır denilmektedir.

Dışarıdan İnceleme Adımları

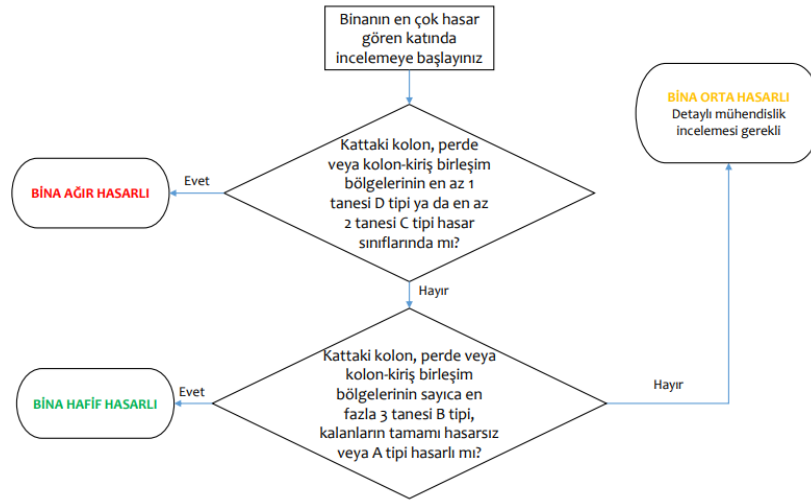


Şekil 9. Dışarıdan Hasar İncelenmesi

Kaynak: (İlki, 2023:73)

2. İçeriden İnceleme

Dışardan belirgin bir özelliği olmadığı için karar verilemeyen durumlarda içeriden inceleme yapılır. Kolon, perde ve düğüm noktalarından en az bir tanesi D tipi ya da en az 2 tanesi C tipi ise bina ağır hasarlıdır. Kolon, perde veya düğüm noktalarında en fazla 3 tanesi B tipi geri kalanı hasarsız veya A tipi ise hafif hasarlıdır. Hafif hasar veya ağır hasar şartlarını sağlamıyor ise orta hasarlıdır ve detaylı inceleme yapılması gerekir.



Şekil 10. İçerden Hasar İncelenmesi

Kaynak: (İlki, 2023:78)

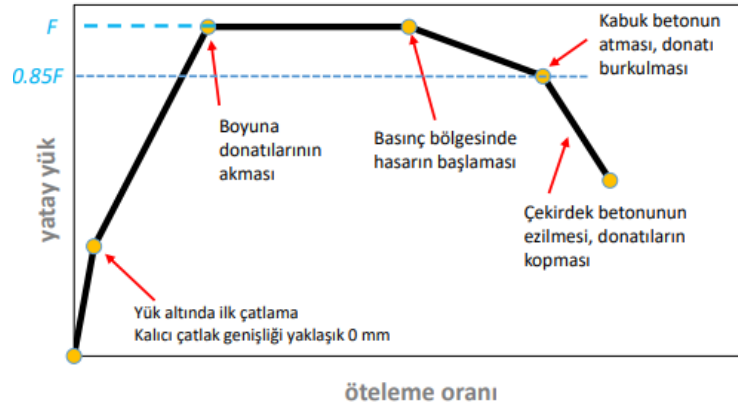
D. Hasar Gelişimi

Hasar genellikle tek ve çoklu etkiden oluşmaktadır. Eğilme hasarı (Moment Talebi), Kesme Hasarı (Kesme Kuvveti Talebi) ve Eksenel Yük Hasarı (Eksenel Yük Talebi) tek etkilerdir. Eğilme ve kesme kuvvetinin birlikte etkisi veya kesme ve eksenel yükün birlikte etkisi ise çoklu etkilerdir. Her yapı elemanının kapasiteleri bulunmaktadır. Tasarım sırasında deprem tasarım spektrumu kullanılarak belirlenen bu kapasiteler bazı depremlerde uygulama ve tasarım sırasında oluşan hatalardan beklenen talebi karşılayamayabilir.

1. Eğilme Hasarının Gelişimi

Eğilme hasarında betondaki ilk çatlama ve donatının akmaya başlaması A Tipi Hasar, Kabuk betonunda ezilme başlangıcı B Tipi Hasar (0.5 mm-3 mm),

kabuk betonunun atması C Tipi Hasar, basınç donatılarının burkulması ve çekirdek betonun ezilmesi ise D Tipi Hasar olarak adlandırılmaktadır.

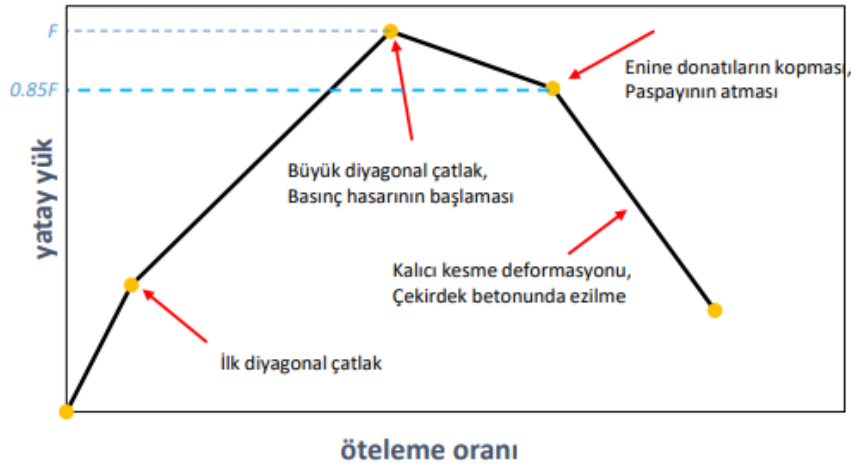


Şekil 11. Eğilme Hasarı

Kaynak: (İlki, 2023:58)

2. Kesme Hasarının Gelişimi

Eğilme hasarında betondaki ilk çatlama (diyagonal) (0.5 mm'den küçük) A Tipi Hasar, enine donatıların akması B Tipi Hasar (0.5 mm-3 mm), basınç bölgesinde ezilme ve diyagonal çatlağın çok büyümesi (3 mm'den büyük), kabuk atması C Tipi Hasar, enine donatıların kopması ve boyuna donatılardaki büyük deformasyonlar ise D Tipi Hasar olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 12. Kesme Hasarı

Kaynak: (İlki, 2023:63)

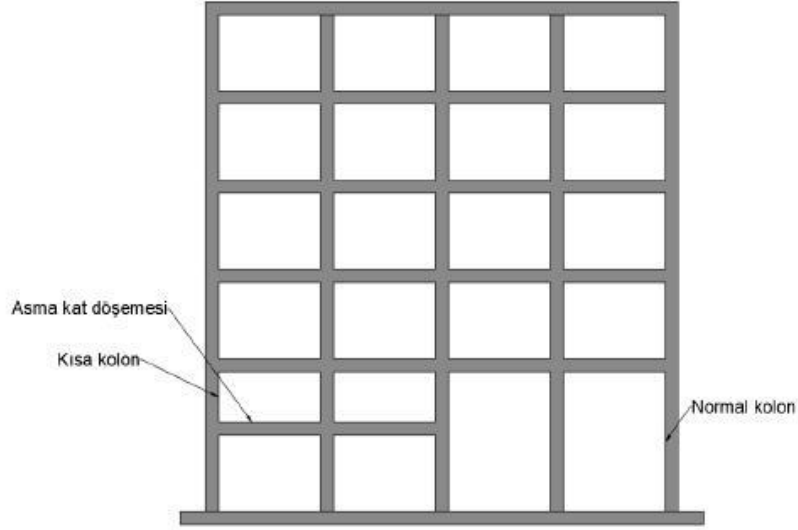
E. Hasar Tespitinde Dikkat Edilmesi Gerekenler

Hasar tespiti yapılmaya başlamadan önce yapının dıştan gözle incelenmesi gerekmektedir. Kısmi ve bütünüyle göçme olan binalara girilmemelidir. Deprem sonrasında düşmemiş ama artçılar sırasında düşebilecek durumda olan çatı, duvar vb. elemanlar varsa bunların risk oluşturmaması için ilgililere haber verilmesi gerekmektedir. Çökme ihtimali olmayan binaların içine girildiğinde çökme ihtimali olduğuna karar verilmesi durumunda yapı terk edilmeli ve kimsenin girmemesi için önlem alınmalıdır. Hasar tespitinde detaylı incelemeye en hasarlı görünen kattan başlanmalıdır. Bu katta ağır hasarlar varsa diğer katların incelenmesine gerek yoktur. Hasarsız veya hafif hasar mevcut ise diğer katlar ayrı ayrı incelenerek tespit yapılmalıdır. Çatlakların taşıyıcı sistemde olup olmadığını anlamak için de sıvanın mutlaka kaldırılması gerekmektedir. Ayrıca hasar tespiti yapılırken binanın hasar sınıfını belirleyebilmek için objektif değerlendirme yapılmalıdır. Bina sakini veya mülk sahibi ile bilgi paylaşılmamalı ve tesir altında yanlış karar verilmemesi oldukça önemlidir (İMO, 2016).

III. PROJE KAYNAKLI HATALAR

A. Kısa Kolon

Bir kolon hesaplanan daha fazla kesme kuvvetinin etkisi altındaysa kısa kolon etkisi oluşmuş olur. Kesme kuvvetinin etkisi olan yerlerde gevrek davranış mevcuttur ve gevrek davranış tehlikelidir (sanalsantiye.com,2023).



Şekil 13. Kısa Kolon

Kaynak: (insapedia.com,2023)

İnşaat projelerinde genellikle kolon net yüksekliğinin derinliğine oranı 2 katından büyük olması gerekmektedir. İki katına eşit veya daha az olması durumunda kısa kolon oluşturulmuş olur (insapedia.com,2023). Bir projede kısa kolonların bulunmasının formülü;

$$\frac{h_o}{D} \leq 2 \quad (\text{formül 1})$$

Yapıların projelendirilmesi aşamasında genellikle bodrum katlara aydınlatma için tasarlanan pencerelerin sebep olduğu bir veya birkaç kolonun diğerlerinden kısa olmasından kaynaklı düzensizlik oluşmaktadır. Bodrum katlardaki aydınlatma dışında okul, hastane, fabrika vb. büyük yapılarda da kısa

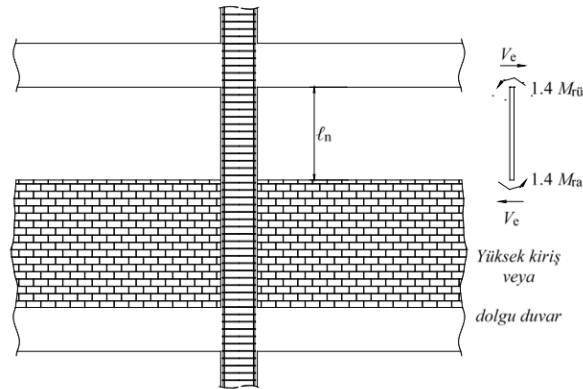
kolonlu tesisat katları yer alabilir. Bu amaçlarla proje kısmında veya sonrasında yapılan kısa kolonlar normal kolonlara göre yüksek rijitliğe ve düşük sünekliğe sahiptir. Yüksek rijitliğe sahip yapı elemanları sismik yükler altında fazla enerji sönümlediklerinden dolayı daha yüksek kuvvetlerin etkisi altındadır. Deprem sırasında büyük yatay kuvvetlere karşı küçük yer değiştirmelere sebep olur. Bu durum kolonda kesme kırılmasını meydana getirmektedir. Kesme kırılması ile beraber güç kaybeden kısa kolonlar göçmeye de neden olabilir. Kolonlara deprem kaynaklı sismik dalgalar nedeniyle oluşan kat kesme kuvvetleri de yatay ötelenmeyle dağılır (insapedia.com,2023).

Kolon etkili boyu ile kolon rijitliği arasında ters orantı vardır. Yani, kolonun etkili boyu kısaldıkça kat kesme kuvveti artmaktadır. Yatay kuvvetlerin artmasıyla beraber kolonda kesme kuvveti de artarken kolonun etkili boyu azalmaktadır. Bu durumda da eğilme momenti düşük bir değerde olur. Toplam moment sabitken kolonun alacağı kesme kuvvetinin kolonun net uzunluğu ile ters orantılı değişmektedir. Kısa kolon oluşumu engellenemiyorsa enine donatı hesabında şu formül esas alınır (Meral, 2019: 517) ;

$$V_e = \frac{(M_a + M_{\bar{u}})}{l_n} \quad (\text{formül 2})$$

Burada V_e kesme kuvvetini, M_a ve $M_{\bar{u}}$ kısa kolonun alt ve üst uçlarındaki eğilme momentlerini, l_n ise kısa kolonun serbest boyunu ifade etmektedir.

TBDY 2018'e göre de dolgu duvarların kolona bitişik olması durumunda kısa kolona dönüşen kolon varsa enine donatılar tüm kat yüksekliğinde devam etmek zorundadır (TBDY18).



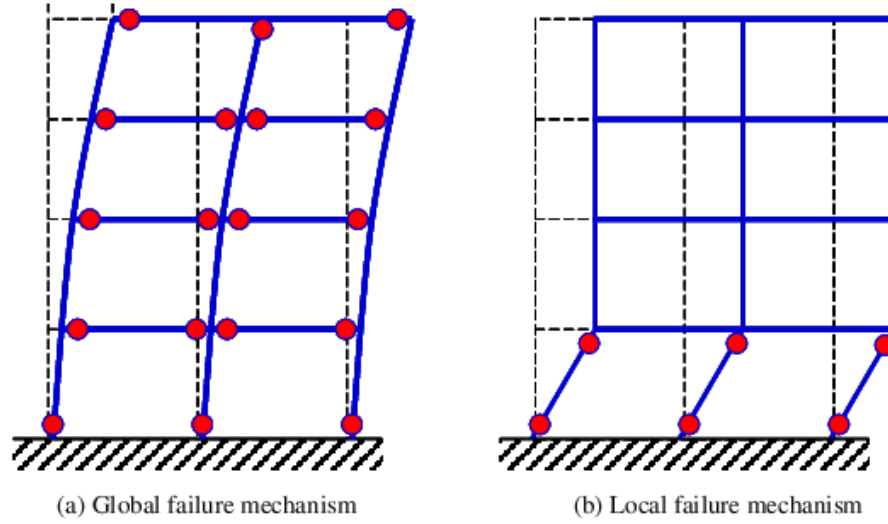
Şekil 14. Dolgu Duvar Kaynaklı Kısa Kolonlarda Kesme Kuvveti

Kaynak: (Meral, 2019: 517)

B. Kesit Yetersizliği

1. Güçlü Kiriş – Zayıf Kolon

Projelendirme aşamasından kaynaklı hatalardan biri de statik sistemdeki düzen aksaklıklarıdır. Bir taşıyıcı sistemin yapı elemanları temel, kolonlar, kirişler ve döşemelerdir. Betonarme yapılarda bu yapı elemanlarının ebatları arasında ilişkiler bulunmakta ve yükler altında bu elemanların uyumlu çalışması beklenmektedir. Proje tasarım aşamasında yapı tasarım kuralları dikkate alarak boyutlandırma ve elemanları birbirine uygun yapmak dikey ve düşey yükler altında yapının davranışına katkıda bulunmaktadır. Özellikle geniş kullanım alanı oluşturabilmek adına çeşitli sebeplerden dolayı kolonlar kirişlerden daha zayıf yapılmaktadır. Deprem esnasında bu durum ağır hasar alma veya göçme gibi büyük sorunlar oluşturur. Bu nedenle taşıyıcı sistemi meydana getiren yapı elemanlarından kolon kapasitesi kiriş kapasitesinden fazla olması gerekmektedir (Işık ve Özdemir, 2016: 3).



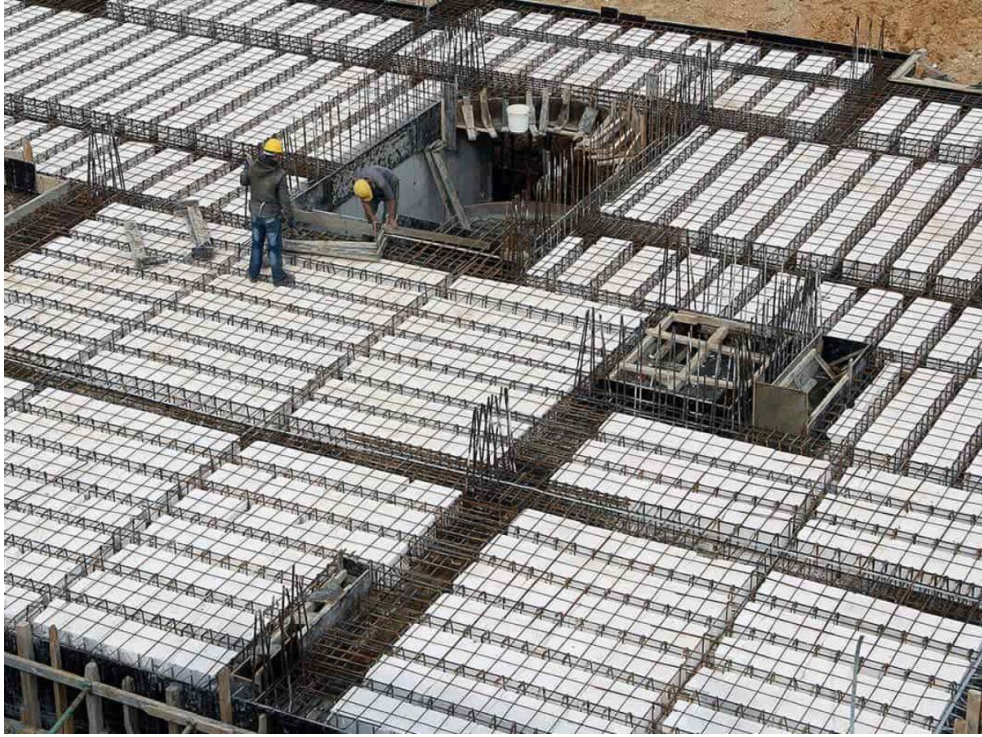
Şekil 15. Zayıf Kolon – Güçlü Kiriş (a) İstenen Durum (b) İstenmeyen Durum

Kaynak: (researchgate.net,2023)

Döşemeyle birlikte yapılan kirişlerden daha zayıf yapılan kolonlar tasarlanandan daha fazla taşıma gücüne sahip olması sonucunda en çok hasar kolonlarda olmaktadır. Zayıf kolonlarda sonradan mantolama vb. gibi çeşitli yöntemlerle güçlendirilerek taşıma kapasitesi arttırılmaktadır. Ancak büyük kesme kuvvetlerine maruz kalan kolonlar yapının ayakta durmasını sağlayan düşey elemanlar olduğundan depremde oluşan plastik mafsalların kolonlardan

ziyade kirişlerde olması istenmektedir. Bunun nedeni kirişlerin hasar görmesi veya göçmesi durumunda kısmi hasarlar neden olurken kolonun göçmeye maruz kalması durumunda tüm binayı ilgilendirmesidir. Yani, kirişler kolonlara göre daha sünek tasarlanmalıdır. Ayrıca, kolonların alt ve üst uçlarında oluşacak plastik mafsallardan dolayı kat aşırı yer değiştirmeye uğrayacağından göçme kaçınılmazdır. Bu da yine plastik mafsallaşmanın öncelikli olarak kirişte başlaması gerektiği sonucuna ulaştırır. Doğru orantılı boyutlanan ve yeterli miktarda donatının düzenlenmesi oluşturulan kolon ve kirişler ile çözümü mümkündür (sanalsantiye.com,2023).

Kolonlar özellikle mimari açıdan istenmediğinden boyutları küçültülerek veya tamamen kaldırılarak mimari projeler çizilmektedir. Kirişlerin görünmesini istemediğimiz zamanlarda ise asmolen döşeme tercih edilmesi de zayıf kolon oluşumuna neden olarak yapının ağırlığını arttırmaktadır. Bu da yapı ağırlığını arttırarak yapı ağırlığıyla doğru orantılı olan deprem yükleri etkisi altında ağır hasarlara sebebiyet vermektedir (sanalsantiye.com,2023).



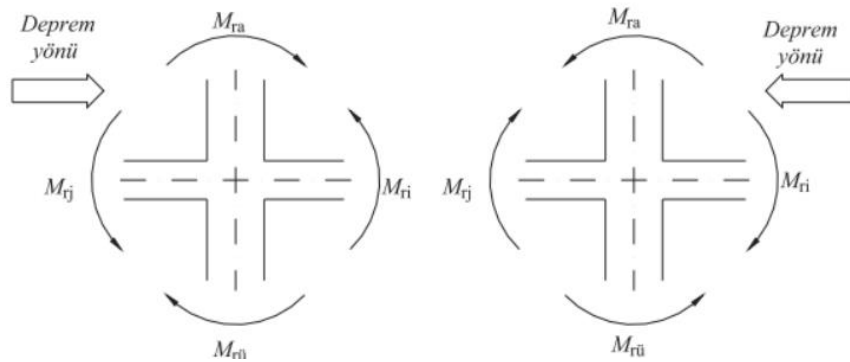
Şekil 16. Asmolen Döşeme

Kaynak: (insaatablogu.com,2023)

Depremden kaynaklı sismik yükler altında ortaya çıkan aşırı enerji kolon kiriş birleşmelerindeki yetersiz donatı ve yetersiz kesit nedeniyle düğüm noktalarında sönmelenemez. Kolon kiriş birleşim bölgelerindeki düğüm noktalarının yeterli rijitlikte olmaması yüzünden de zayıf kolon güçlü kiriş etkisi oluşmaktadır. Bu noktalarda göçme meydana gelmesi durumundaysa tüm katların üst üste yığıldığı birçok depremde ortaya çıkmıştır. Düğüm noktalarında uygun donatı yerleştirilmesi ve etriye sıklaştırılmasının yapılması oldukça önemlidir (wordpress.com,2023).

2. Güçlü Kolon Zayıf Kiriş

Birleşim noktalarında dönme davranışı oldukça önemlidir. Kolonun dönme kapasitesinin kiriş dönme kapasitesinden büyük olması durumunda güçlü kolon zayıf kiriş durumu ortaya çıkmaktadır. Karmaşık çerçevesel sistemlerde yüksek süneklik ve enerji sönmleme kapasitesinin yeterli düzeyde olması yapının doğrusal davranış gösterebilmesi için gereklidir. Bu koşul için de güçlü kolon zayıf kiriş tasarlanması gerekmektedir. Düğüm noktasında elastik mafsall oluşmaması ve kirişlerde oluşan plastik mafsallın yapı sünekliliğini artırması için kolonların moment taşıma kapasitelerinin toplamı (alt ve üst kolon moment toplamı) kirişlerin moment taşıma gücünden fazla olmalıdır (%20) (Işık ve Özdemir, 2016: 3).



Şekil 17. Kolon - Kiriş Birleşim Noktasında Oluşacak Momentler

Kaynak: (Işık ve Özdemir, 2016: 4)

$$(M_{ra} + M_{r\ddot{u}}) \geq 1,2 \times (M_{ri} + M_{rj}) \quad (\text{formül 3})$$

Ayrıca bu tasarım yapılırken aynı düğüm noktasında birleşen kolonların toplam eğilme momentleri kirişlerinkinden fazla olmalıdır. Kesme ve aderans

problemleri olmaması için boyutlandırma ve plastik mafsalların öncelikle sünek kirişlerde oluşması esas alınarak tasarlanmalıdır (Işık ve Özdemir, 2016: 4).

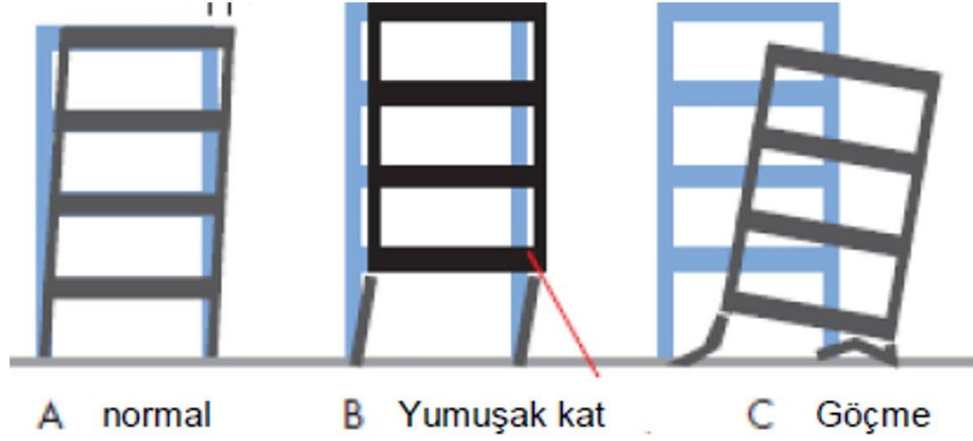
Deprem anında düğüm noktaları kritik bölgelerdendir. Bu nedenle düğüm noktası, seçilen plastik mafsalı karşılayabilecek şekilde boyutlandırmaya sahip, kirişin tek taraflı mesnetlenmesi durumunda kolonu etkilemeyecek ve ayrılma tehlikesi ile karşı karşıya kalmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Düğüm noktasında deformasyon, kat kaymalarını arttıracak ve rijitliği azaltacak şekilde olmamalıdır. Ayrıca donatı yoğunluğu bulundurmaması gereken düğüm noktalarında sıkışık donatı bulundurulması aderans sorununu ortaya çıkaracaktır Işık ve Özdemir, 2016: 4).

Bu denklemin uygulanması için TBDY’de süneklilik düzeyi yüksek kirişler için bulunan kiriş en kesit koşulları sağlanmalıdır (Bölüm 3.4./3.4.1. Madde) Kolon taşıma gücü momentlerinin hesabında depremin yönü ile uyumlu olarak bu momentleri en küçük yapan N_d eksenel kuvvetleridir. Deprem yönetmeliğinde düşey taşıyıcı eleman olarak görev yapan kolonların, yatay taşıyıcı olarak kullanılan ve kolona bağlanan kirişlerden daha güçlü olarak tasarlanması oluşabilecek hasar miktarını azaltmaktadır (Işık ve Özdemir, 2016: 5).

C. Yumuşak Kat Etkisi

Sismik tehlikeler karşısında davranışı kötü olan, tasarım ve inşasında ekstra önlemler alınması gereken yapılar düzensiz yapılardır. Düzensiz yapılarda deprem sonucunda ağır hasarlar veya göçmeler yaşanması muhtemeldir. Deprem yüklerine karşın yapının davranışının iyi olabilmesi düzensizliğin az olması ile alakalıdır. Yapının davranışı ile doğrudan ilişkili olan düzensizlik depremde olumsuz durumlar ortaya çıkarmaktadır. Yapının katları arasındaki rijitlik farkı da kat düzensizliğini meydana getirir. Yapının yapacağı toplam yer değiştirmenin toplam kat yüksekliğine bölünmesi istense de eğer rijitliği az olan bir kat varsa en büyük yer değiştirme orada olacaktır. Fazla yer değiştirme yapan kat da yumuşak kat olarak adlandırılır. Yapıların özellikle zemin katlarında betonarme binaların deprem sırasında yıkılmasındaki en önemli mimari tasarım hatalarından biri de yumuşak kat meydana gelmesidir. Yapının bodrum kat hariç görelî kat ötelemesinin bir üst veya alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranı olan rijitlik düzensizliği kat sayısının 2’den büyük olması halinde yumuşak kat

oluşmaktadır. Kısaca, yumuşak kat olabilmesi için hemen üstündeki katın yanıl rijitliğinin % 70'inden az veya üstte bulunan üç katın toplam rijitliklerinin % 40'ından az olmalıdır (santiyede.com,2023).



Şekil 18. Yumuşak Kat

Kaynak: (sanalsantiye.com,2023)

Çizelge 3. Yumuşak Katın Meydana Getiren Etmenler

Yumuşak Katın Meydana Getiren Etmenler

- Yapıda ağır çıkmalar oluşturulması.
- Zemin katların üst katlara göre yüksek tasarlanması
- Üst katlardaki duvar alanlarının fazla olması

Kaynak: (sanalsantiye.com,2023)

Çizelge 4. Yumuşak Katın Meydana Getirdiği Olumsuzluklar

Yumuşak Katın Meydana Getirdiği Olumsuzluklar

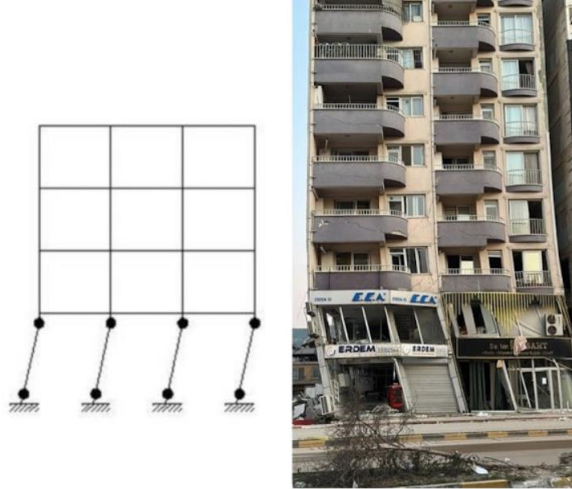
- Kolonlarda mafsallaşmadan dolayı sünekliliğin sınırlı kalması
- Oluşacak hasar sonrası onarımın güç olması
- Bütün enerji tüketiminin tek bir katta yoğunlaşmış olması
- Deprem sonrası binaların ağır hasar alması veya göçmesi

Kaynak: (santiyede.com,2023)

Yumuşak olan katlarda diğer katlara oranla daha fazla yer değiştirme olacağından yatay yer değiştirme rijitliği azaltılmıştır. Yumuşak katlarda tasarım sırasında dikkate alınmayan ikinci merteye etkilerini ortaya çıkacağından deprem hasarı bu katta yoğun olmaktadır. Diğer katlara göre daha fazla ve kolay yer değiştirme yapan yumuşak katlar kolonların dönme ve birim şekil değiştirme hızlarını da arttırmaktadır. Yani üst katlarda kolonlar deprem kapasitelerinin

yarısına bile gelemeden alt katta yumuşak kat etkisiyle eğilebilir ve hatta çökebilir (sanalsantiye.com,2023).

Zemin katlarda sıklıkla gözlemlenen yumuşak kat sorunu ise zemin kat döşemelerinin yapının yanal rijitliğine çok katkısı olmayan dişli döşeme olarak düzenlenmesi ile ilgilidir. Kolon boyutlarının da üst katlardaki kolonlar ile aynı seviyede düzenlenmesi bu durumu daha da kötüleştirmiştir. Birçok yapının giriş katında işletmeler (restoran, satış mağazaları vb.) bulunduğundan kat yüksekliğinin fazla olması ve rijitliğin birden azalması sebebiyle elastik olmayan davranışlar sergilemektedir. Bu elastik olmayan davranışlar da zemin kat kolonlarının üst noktasında fazlaşmaktadır. Üst katlara göre yatay yer değiştirmelerin çok fazla olduğu zemin katlar depremlerde ağır hasara neden olan yumuşak kat ya da tehlike katı olarak adlandırılırlar (santiyede.com,2023).



Şekil 19. Yumuşak Kat

Kaynak: (santiyede.com,2023)

Yumuşak katın yer değiştirmesi tüm yapının yer değiştirmesine neredeyse eşit olup bir kata yığılan yer değiştirme nedeniyle kolonları ağır hasara uğratar. Çoğu zaman göçmesine sebebiyet veren yumuşak katın önlenememesi halinde özel hesaplamalar ve boyutlandırılmalarla tehlikesiz hale getirilmelidir. Ayrıca deprem enerjisinin tümünün yumuşak katta sönmüneceği göz önüne alınarak yumuşak kattaki kolon ve perde rijitlikleri bu yer değiştirmeleri karşılayacak şekilde arttırılmalıdır. Yine mimari tasarımlar nedeniyle daha yüksek bir zemin kat isteniyor ise yumuşak kat oluşturmamak için önlem alınmalıdır (santiyede.com,2023).

Çizelge 5. Yumuşak Katın Oluşmasının Önlenmesi

Yumuşak Katın Oluşumunun Önlenmesi

- Kolonları uygun bir rijitliğe getirecek desteklerin kullanılması
- İlk katta rijitliği arttıracak kolonların, perdelerin eklenmesi,
- Rijitliği arttırmak için ilk kattaki kolonların tasarımının değiştirilmesi, seçeneklerinden birisi uygulanmalıdır. Eğer yumuşak bir kat oluşturulacak konumda geniş bir opak duvar gerekiyorsa,
- Bu tip bir duvarın yanal dayanım sisteminin bir parçası olmamasının sağlanması
- Hafif malzemeler ve boşluklu konstrüksiyon ile duvarın ağırlığının azaltılması
- Eğer ağır bir duvar gerekiyorsa; duvarın üst yapının ilk katıyla kıyaslanacak bir şekilde ayrılmasının sağlanması gerekmektedir.

Kaynak (santiyede.com,2023)

Yumuşak katları TBDY'18 B2 türü düzensizlik olarak adlandırarak şöyle açıklar; “Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'nci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'dan fazla olması durumu (TBDY, 2018);

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1}^{(X)}/h_{i+1})_{ort}} > 2.0 \quad veya \quad \eta_{ki} = \frac{(\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1}^{(X)}/h_{i-1})_{ort}} > 2.0 \quad (\text{formül 4})$$

TBDY 2018'e göre yapının B2 düzensizliği varsa Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi ile deprem hesabı yapılmaz. Tabloda hangi yapılarda eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılacağı belirtilmiştir.

Çizelge 6. B2 Düzensizliğinde Eşdeğer Deprem Yük Yöntemi Tablosu

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS=1, 1a, 2, 2a	DTS= 3,3a,4,4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6

Kaynak: (TBDY,2018)

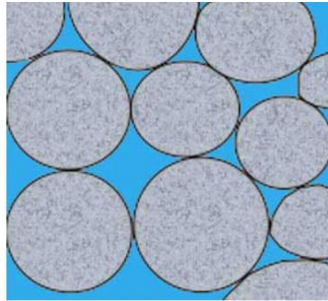
Ara katlarda ise kolon kesitlerindeki ani boyut küçülmesi, mimari projede olan değişikliklerden kaynaklı bölme duvar azalması, alt katlarda kolon arasında yapılan bazı kirişlerin iptali, kolon filizlerindeki kısıklık, inşaat artıklarının temizlenmeden beton dökülmesi, ek yerinin pürüzlü bırakılması, alt kat kolondaki

filizlerde daralma veya o kattaki filizlerin aşırı bükülerek kesitin küçültülmesi de ara katlarda göçmeye neden olmaktadır (sanalsantiye.com,2023).

D. Zemin Kaynaklı Etkiler

1. Zemin Sıvılaşması

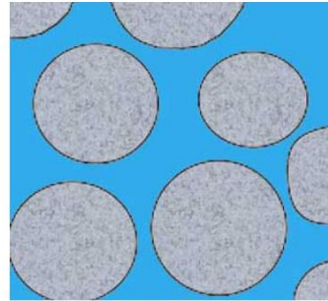
Zeminde yeraltı su seviyesinin (YASS) altındaki tabakaların geçici olarak mukavemet kaybı yaşayarak viskoz sıvı olarak davranış sergilemesine zemin sıvılaşması denilmektedir (Şengöz, 2019: 2). Sıvılaşma genellikle killi ve siltli zeminlerde görülmektedir. Deprem gibi dinamik yüklerin kayma dalgaları doymuş zemin tabakalarından geçerken zeminin dane düzenini değiştirmektedir. Dane düzeni yeniden düzenlenirken daneler arasında su boşluk bulup çıkamazsa boşluk suyu basıncı artar. Bu basıncın üst tabakaların ağırlığına yakın bir seviyeye ulaşmasıyla zemin katı halden çıkarak sıvı gibi davranmasıyla sıvılaşma meydana gelmeye başlar. Suyu doymuş daneli zeminlerin yapısının bozulması ve boşluk suyu basıncının yükselmesi (ayrık daneler arasındaki temas kuvvetinin azalması) ani yüklemelerde zeminde direnç kaybına neden olur (movea.com.tr,2023).



Statik Durumunda Zemin Sıvılaşma yok

Statik Durum

Su daneler arası boşlukları doldurur. Daneler arasındaki sürtünme zemin tabakasını bir arada tutar. Zemin statik durumda yapı yükünü taşımaktadır.



Deprem durumunda zemin Sıvılaşma Yaşanıyor

Deprem Durumunda Zeminde Sıvılaşma

Su zemin tabakasının içini tamamen doldurur. Deprem dalgası nedeni ile daneler yer değiştirir ve aralarında sürtünme olmayan zemin parçacıkları sıvı gibi davranmaya başlar.

Şekil 20. Zemin Sıvılaşması

Kaynak: (movea.com.tr,2023)

Zeminin sıvılaşması kendi başına bir hasar sebebi olarak gösterilemese de büyük yer değiştirmelere neden olması temel göçme veya kalkmalarına sebep olacağından hasar kaçınılmazdır. Depremden kaynaklı oluşan zemin sıvılaşması

şev akmalarına sebep olur. Zeminin tamamen sıvılaşmasıyla da yapı zemine batma veya hafif yapılarda yukarı doğru kalkma hareketine neden olur. Kayma dayanımı azalan ve kaybolan zeminlerde yön değiştiren kayma gerilmelerinden kaynaklı büyük şekil değiştirmeler daneler arası bağ kuvvetine, zeminin kil miktarına ve boşluk suyuna bağlıdır (movea.com.tr,2023).

Zemin türü, zeminin yoğunluğu ve YASS derinliği bulunarak sıvılaşma potansiyeli yüksek olan bölgeler belirlenebilir. Sıvılaşma potansiyeli olan zeminleri hareket ettirerek tahmin etmek mümkün olsa da deprem anında sıvılaşma olacağını tahmin etmek hayli zordur. Çünkü deprem sıklığı ve magnitüdüleri de alınacak tedbirlerin kararlaştırılmasında yardımcı parametrelerdir (Şengöz, 2019: 31).

Zemin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde deprem sürecinde zemine etkileyen kayma dalgalarının genlikleri ve zemindeki düşey efektif gerilme ile yapılan çalışmalarla tekrarlı gerilme oranının (CSR) bulunması yöntemi sıkça kullanılmaktadır (Unutmaz ve Çetin, 2007: 197).

$$CSR = 0,65 \times \frac{a_{max}}{g} \times \frac{\gamma \times h}{\sigma_v'} \times r_d \quad (\text{formül 5})$$

Zeminde sıvılaşma yaşanması durumunda gözlemlenecek durumlar Çizelge 7'de yer almaktadır (movea.com.tr,2023).

Çizelge 7. Zeminde Sıvılaşma Olması Durumunda Gözlemlenecek Olaylar

Zeminde Sıvılaşma Olması Durumunda Gözlemlenecek Durumlar

- Karayolu ve demiryollarının kayması, oturması
 - Boru hatları gibi yer altı yapılarının yüzeye çıkması
 - Heyelan, toprak kayması, toprak akması olaylarının yaşanması
 - Özellikle sığ temelli yapıların göçmesi veya büyük hasar görmesi
 - Zeminde büyük oturmalar yaşanması
 - Kum kaynaması
 - Obrukların meydana gelmesi
 - Kısmi oturmalar
-

E. Malzeme Kaynaklı Problemler

Yapının maliyetini düşürmek için kaliteden ödün verilmesi gerekmemektedir. Çoğu büyük deprem sonrasında depremin değil kötü yapılmış binanın can ve mal kaybına sebep olduğu ortaya çıkmıştır. Yapıların ağır hasar

alması veya yıkılmasının temelinde tasarım ve uygulama hataları olsa da en önemli etkenlerden biri de malzeme kalitesizliğidir.

1. Uygun Olmayan Agregalar ve Kalitesiz Beton

Betonarme yapılarda beton dayanımı oldukça önemli olup kat sayısı arttıkça beklenen dayanıma ulaşabilmesi daha da önem kazanmaktadır. Deprem sonrasında özellikle malzeme kalitesizliğine dikkat çekilmektedir. Betona su katılması, büyük agrega kullanılması beton kalitesini düşürmektedir. Agregaların organik içeriği ve boyutları oldukça önemlidir. Kum boyutunda olan veya olması gerekenden büyük olan, belli bir gronometriye sahip olmayan ve nehir yataklarından alınan agregaların kullanımı betonun kalitesini etkilemektedir. Genellikle Marmara Bölgesinde deniz agregasıyla birlikte gelen tuzlar donatıların korozyonunu da etkilemektedir. Beton kalitesizliğinin yanı sıra uygun vibrasyonun da yapılmaması da malzemeyi etkilemektedir (wordpress.com,2023).



Şekil 21. Kötü malzemeli beton

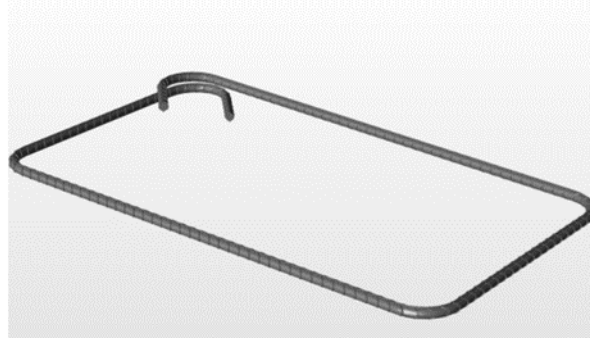
2. Korozyona Uğraşmış Donatılar

Oluşan kimyasal reaksiyonlar sonucu malzemelerin faz değiştirmesi veya 6zelliğini kaybetmesine korozyon denilmektedir. Betonarme bir yapının tam anlamıyla bir yapı malzemesi olarak kullanılmasında donatı ve betonun birlikte çalışması esastır. Korozyona uğrayan betonarme donatıları beton ile olan aderansı zayıflatmaktadır. Ayrıca korozyon, maksimum dayanımı ve yapının 6mrünü etkilemektedir (wordpress.com,2023).

IV. UYGULAMA KAYNAKLI YAPILAN HATALAR

A. Etriye Kullanımı

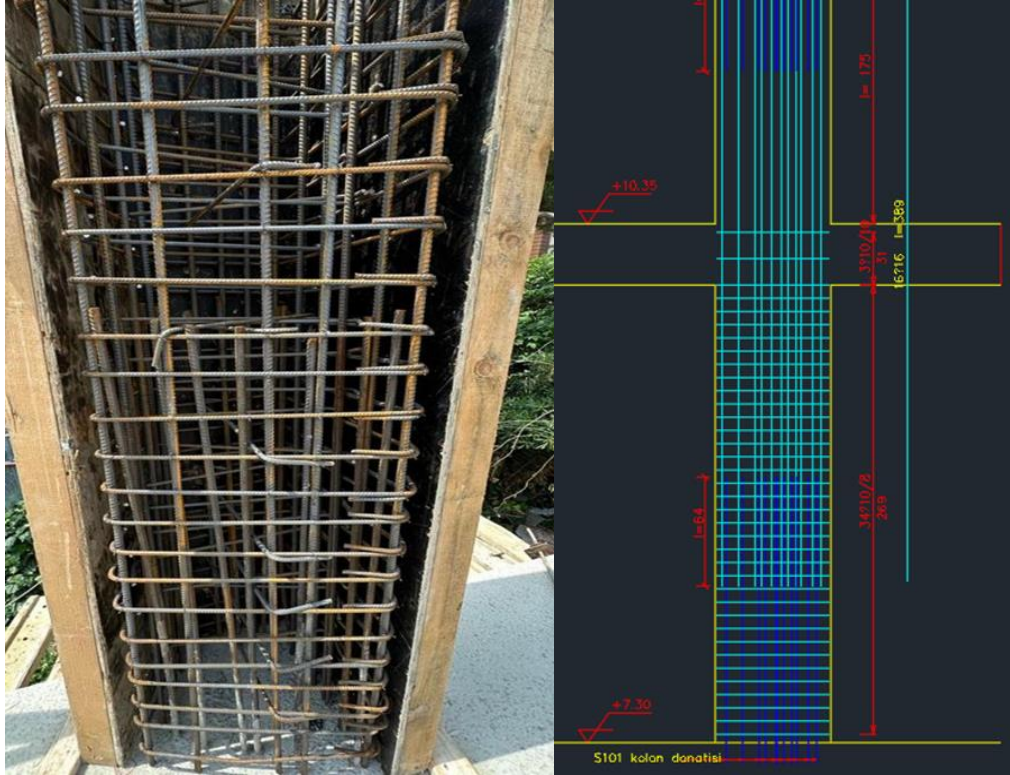
Deprem anında yüksek düzeyde aksel yüke maruz kalan yapının betonunda ezilme ve donatısının burkulmasını engelleyerek depremde yapının göçmeye karşı en önemli direnç noktasından biri etriyedir. İmalat aşamasında gerekli sıklıkla etriye donatılarının yerleştirilmesine dikkat edilmemesi bunun yanında kanca boyu ve kanca açısının projeye göre imal edilmemesinden kaynaklı ne yazık ki normalde hiç hasar almayacak bir yapının göçmesi veya gereğinden fazla hasar alıp kullanılamayacak hale gelmesi söz konusudur (Akın,2006: 107).



Şekil 22. Etriye (dokuzevlul.com,2023)

B. Donatının Bindirme Yerleri ve Boyları

Yetersiz bindirme boyu kolonların yanal yüklere maruz kaldığı esnada yapının rijitliğini, sünekliliğini ve histeretik enerji yutma kapasitesi bakımından önemli bir yere sahiptir (Orakçal, 2011: 6). Yapılarda en sık rastlanan hatalardan biri de projeye uygun bindirme boyunun yapılmaması, Kolonlarda bulunan birbirine binecek filizlerin, belirli bir cm'den sonra bağlanması gerekirken işçilikten kaynaklı kolonun en alt bölgesinde bağlanması ve filizlerin birbirine bindirilmemesi. Örneğin Şekil 23'teki gibi alttan gelen filiz ile üstteki filizin 64 cm birbirine 90 cm yukarıda bağlanması gerekirken, en alt bölgeden bindirme yapılmadan geliş güzel şekilde bağlanmıştır.



Şekil 23. Denetim Sırasında Fark Edilen Hatalı Kolonun Düzeltilmeden Önceki Hali

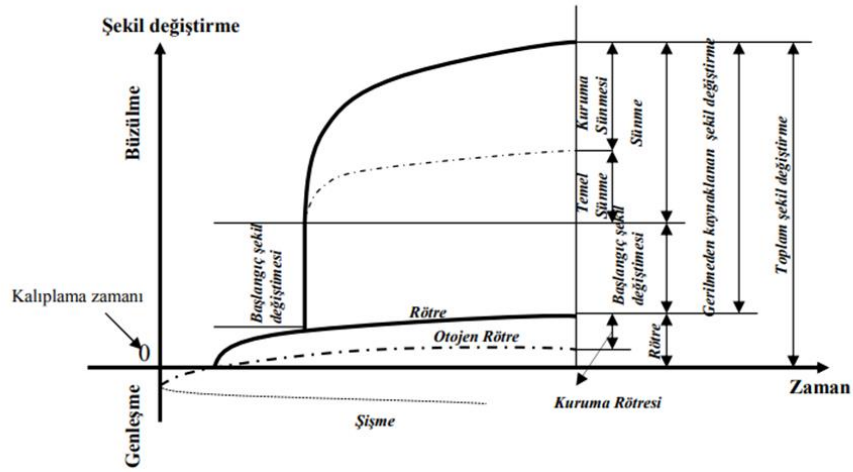
C. Beton Kalitesi

Betonarme yapılarda beton dökümü esnasında her ne kadar şantiyeye gelen beton sınıfı uygun olsa da döküm esnasında veya sonrasında gerekli olan işlemlerin yapılmaması sonucu betonun dayanımının düştüğü gözlemlenmektedir (Baradan,2013 :55).

1. Rötire

Betonun içindeki su oranının fiziksel veya kimyasal bir nedenden dolayı azalması rötreyi meydana getirir. Fiziksel nedenlerden dolayı taze betonda su kaybı yaşanırken hem fiziksel hem de kimyasal nedenlerden dolayı sertleşmiş betonda görülebilir (Bilir,2010). Rötire betonarme bir yapıyı estetik açıdan etkilediği gibi betonun dayanımının düşmesine de neden olmaktadır. Bunun en temel sebebi donatıyı korozyona uğratmasıdır (Ekinci,2022) Rötrenin meydana gelmesini belirleyen birden fazla faktör vardır. Ekolojik (kuruma -hidrolik) rötire, plastik (erken) rötire, termik rötire, bünyesel rötire ve karbonatlaşma rötiredir. Bu faktörler arasında en çok karşılaşılan tip kuruma rötiresidir. Kuruma rötresi ortamın sıcaklığı ve rüzgârın etkisi gibi sebeplerle su oranında kayıp yaşanması sonucu oluşmaktadır (Ekinci,2022).

Rötreden kaynaklı şekil değişimi strain (bir boyutunun uzunluğunun ana boyutunun uzunluğuna oranı) cinsinden ölçülmektedir. Zamana bağlı şekil değiştirme tipleri Şekil 24’te görülmektedir (Bilir,2010).

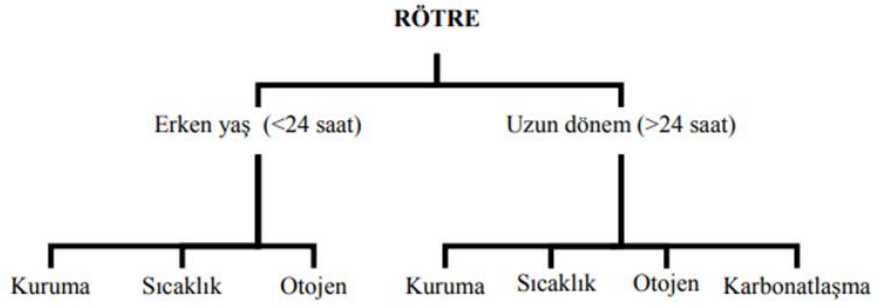


Şekil 24. Zamana Bağlı Şekil Değişirme Tipleri

Kaynak: (Bilir, 2010)

Rötrenin zaman açısından oluşumu 24 saatin öncesinde (Erken dönem) ve sonrasında (uzun dönem) olarak 2 kısma ayrılabilir. Yapılar tasarlanırken 24 saatin sonrasındaki yani uzun dönem rötire çatlakları dikkate alınmaktadır. Kuruma ve otojen rötireleri hem erken dönem hem de uzun dönemin alt grubunda yer alır. Kuruma ve otojen rötireler doğrusal değişim gösterebilen ve bir numune

yardımıyla fiziksel olarak ölçülebilmesi mümkün olan rötire çeşitleridir. Sıcaklık değişiminden kaynaklı ve karbonatlaşma reaksiyonu gibi sebeplerle de sertleşmiş betonda hacim değişikliği oluşabilir. Sertleşmiş betondaki rötire çeşitleri Şekil 25’te şematik olarak gösterilmiştir (Bilir,2010).



Şekil 25. Rötire Çeşitleri ve Aşamaları

Kaynak: (Bilir, 2010)

2. Hava Koşullarına Göre Uygun Beton Dökümü

a. Sıcak havada beton dökümü

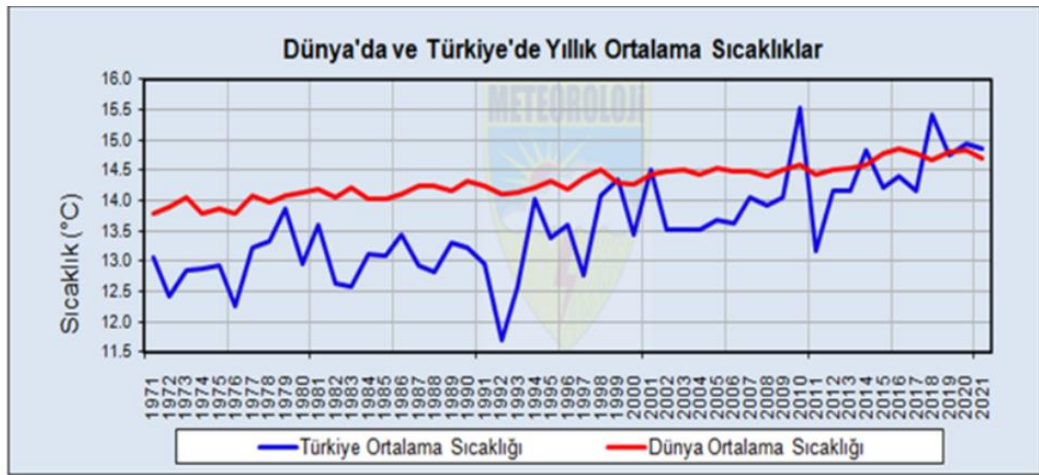
TS 1248’e göre hava sıcaklığı üç gün art arda 30 derecenin üstünde seyrettiği durumlarda “aşırı sıcak hava “ olarak tanımlanmaktadır. Sıcak hava koşullarında beton dökmek, betonun dayanımını olumsuz yönde etkileyebilir karıştırma, yerleştirme ve kür işlemlerinde problemlerle karşılaşılabilir. Bu sorunların çoğu, hidrasyon hızını ve yeni dökülen betonun içindeki su kaybından kaynaklanmaktadır (Engin, 2015).

Hava sıcaklığı arttıkça;

- Beton sıcaklığı yükselir.
- Su kaybı yaşanır.
- Kıvamında bozulmalar meydana gelir.
- Sertleşme olayı erken meydana gelir.
- Rötire oluşma olasılığı artar.

- Prizini erken alındığından dolayı Soğuk derz oluşumu gözlemlenebilir.

Bu etkenler dayanım ve dayanıklılık (dürabilite) özellikleri açısından betonu olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle, sıcak hava koşullarında beton üzerindeki olumsuz durum yaşanıyor mu gözlemlemeli ve gerekli tedbirler alınmalıdır. Küresel ısınmanın da etkisiyle hava sıcaklıkları mevsim normallerinin üzerine çıkmaktadır Şekil 26'daki grafikte son yıllardaki ortalama sıcaklıktaki belirgin artış görülmektedir. 1971-2021 yılları arasında yaz mevsimi ortalama sıcaklığı 23.5 C'dir (Engin, 2015).



Şekil 26. Dünyada ve Türkiye’de Yıllık Ortalama Sıcaklıklar

Kaynak: (cevreselgostergeler.csb.gov.tr)

Betonda su kaybının açtığı olumsuz etkilerden biride betonda terleme olayıdır. Bu betonun kaybettiği suyu sulama yöntemi ile telafi etmek mümkündür. Buharlaşma hızını etkileyen 3 ana etken vardır: Ortam Sıcaklığı – Bağıl Nem – Rüzgâr Hızı (Engin, 2015).

Sıcak havanın taze ve sertleşmiş betona etkileri Çizelge 8’teki gibidir.

Çizelge 8. Sıcak Havanın Taze ve Sertleşmiş Betona Etkileri

Taze Betona Etkileri	Sertleşmiş Betona Etkileri
-Karışım suyunda artış gözlemlenir. -Çökme değeri seviyesi düşer. -priz süresi kısalır. -Plastik rötre çatlağı meydana gelir.	-28 günlük dayanımı ilk günlere göre daha düşüktür -su kullanımı arttığından su geçirimsizliği yüksek düzeyde ve gözenekli olan beton elde edilir. -Beton sıcaklık farkından dolayı çatlama eğilimi artar. -Rötre meydana gelme olasılığı artar

Kaynak: (yalova.csb.gov.tr,2023)

Sıcak havadan dolayı oluşan olumsuz etkileri azaltmak için uygulanması gerekenler şu şekilde özetlenebilir(yalova.csb.gov.tr,2023);

Çizelge 9. Sıcak Havada Yapılacak Olan Beton Dökümünde Dikkat Edilecekler

Sıcak Havada Yapılacak Olan Beton Dökümünde Dikkat Edilmesi Gerekenler

- Hidratasyon ısısı düşük olan çimentolar kullanmak
- Suyun kaybının önlenmesi için gerekli önlemi almak
- Kolonve perde yapı elemanının ıslak çuvala sarılması
- Kırılma işlemine vaktinde başlanması
- Rüzgar etkisinden olabildiğince uzak durulmalı
- Priz geciktirici katkı maddelerinin kullanılması

Kaynak: (yalova.csb.gov.tr,2023)

b. Soğuk havada beton dökümü

TS 1248'e göre üç gün üst üste ortalama 5 derece hava sıcaklığının olması ve bunun yanında yarım gün boyunca hava sıcaklığının 10 derecenin üstünde olmaması durumunda beton yerleşimi açısından soğuk hava olarak denmektedir. Dökülen taze betonun sıcaklığı minimum 5 derece olması gerekirken ideal sıcaklığın 10 derecenin üstünde olması gerekmektedir. Beton dökümün her aşamasında sürekli taze betonun derecesinin ölçülmesi gerekmektedir. Soğuk havada beton dökümü dikkat edilmesi gereken bir konudur. Beton plastik haline gelmişken hava sıcaklığının 4 derecenin altına düşmesi betonun donma olasılığını arttırmaktadır. Eğer donma olayı yaşanırsa betonun mukavemeti yarı özelliğini kaybedip durabilmesini düşürür. (yalova.csb.gov.tr,2023).

Çizelge 10. Don olayının Taze Betona Zarar Vermemesi İçin Gerekli Beton Yaşı

Çimento Tipi	Su/Çimento Oranı	Kür Sıcaklığına Bağlı Olarak Taze Betonun Don Etkisinden Zarar Görmemesi İçin Gerekli Süre, Saat			
		5 °C	10 °C	15 °C	20 °C
Erken	0,4	35	25	15	12
Dayanımı	0,5	50	35	25	17
Düşük	0,6	70	45	35	25
Erken	0,4	20	15	10	7
Dayanımı	0,5	30	20	15	10
Yüksek	0,6	40	30	20	15

Kaynak: (Engin, 2018)

i. Soğuk havada betonun yerleştirilmesi

Tavsiye edilen betonun yerleştirme sıcaklığı Çizelge 11’de belirtilen değerlerden az olmamalıdır.

Çizelge 11. Tavsiye Edilen Beton Sıcaklıkları

Durum / Hava Sıcaklığı <300		Beton Tabakası Kalınlığı (mm)			
		<300	300-900	900-1800	>1800
En düşük taze beton sıcaklığı (karma esnasında)	> -1 °C >-18 °C <-1 °C < - 18 °C	16 °C 18 °C 21 °C	13 °C 16 °C 18 °C	10 °C 13 °C 16 °C	7 °C 10 °C 13 °C
En düşük beton sıcaklığı (dökülmüş beton)		13 °C	10 °C	7 °C	5 °C

Kaynak: (Engin, 2018)

Çizelge 12. Çizelge 11 Satır 1’de Gün Boyunca (24 saat) En Düşük Sıcaklıktaki Koruma Süreleri (gün)

Betonun Maruz Kalacağı Şartlar	Normal Beton	Priz Hızlandırıcı Katkılı Beton
Herhangi bir yük ve donma şartına maruz değil	2 gün	1 gün
Herhangi bir yüke maruz değil, donma ve çözülmeye maruz	3 gün	2 gün
Kısmi yük ile donma ce çözülmeye maruz	6 gün	4 gün

Kaynak: (Engin, 2018)

ii. Alınması gereken önlemler

Betonun donmasına sebebiyet verecek hava koşullarında beton dökümü iptal edilmelidir (Engin, 2018).

Beton dökümünden önce kalıplar ve demir donatıların kontrolü sağlanmalıdır. Buzlanmış olan yerler temizlenip beton dökümüne uygun hale getirilmelidir (Engin, 2018).

Betonda gerekli dayanım sağlanıncaya kadar koruma işlemi devam etmelidir (Engin, 2018).

Çimentonun hidrasyon ısısının betonun dışına yayılmasının önüne geçilmelidir. Bu işlem koruyucu örtü (korugan) ile gerçekleştirilebilir (Engin, 2018).

Döşemeler ve kalıplar için yalıtımlı battaniyeler kullanılmalıdır (Engin, 2018).

Sıcak hava dökümünde geçerli olan su ile küreme işleminden kaçınılmalıdır. Kolon ve perde elemanları başta olmak üzere kimyasal küreme işlemleri tercih sebebi olmalıdır (Engin, 2018).

D. Çekiçleme Etkisi

Bitişik nizam binalarda bir başka durumda çekiçleme etkisidir. Çekiçleme etkisi; binalar arası yeterli derz boşluğu bırakılmamış bitişik nizam yapılarda, devrilmeye karşı daha rijit olanın deprem etkisi altında, daha az rijit olan komşu yapıya salınımı boyunca vura vura hasar vermesi olarak açıklanmaktadır.

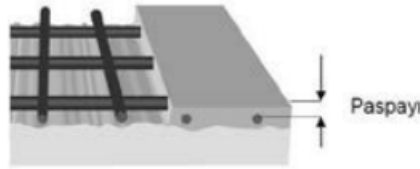
Çekiçlemenin sebepleri arasında, yapının bodrum katının olmaması veya yapıda yeterli rijitlikte bir bodrum katının olmaması sayılabilir. Kat sayı çok olan yapılarda bodrum kat yapılarak toprak altına inmek önerilir. Deprem kuvveti yapıya etki ettiğinde, zeminde yer alan rijit kısım zemine tutulup devrilmeyi engelleyecektir. Zemine yüzeysel yapılmış yapı deprem kuvvetine bağlı tutunabilecek rijit bir alan bulamayacak ve sonucunda komşu yapı deprem süresince vurdukça devrilme riski de artacaktır.

Çekiçleme nedenleri arasında binanın küçük cepheli, yüksek katlı olması sayılabilir. Küçük cepheli yüksek yapılarda perde uygulamasına yada üretimine önem gösterilmemesi, yüksek katlı yapıların iki veya 3 katlı yapıymış gibi tasarlanması çekiçleme etkisine neden olabilmektedir. Bu etki genelde komşu

yapının birinin diğerinden daha yüksek olduğu durumlarda görülmektedir. (Kamal, 2018).

1. Paspayı

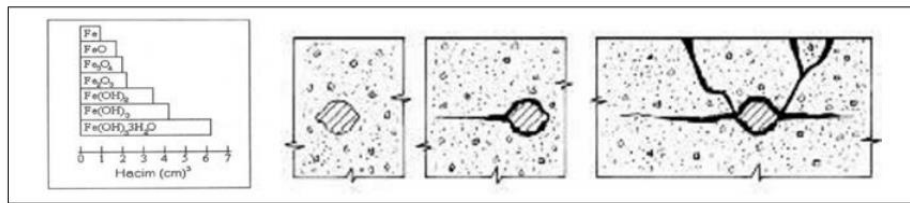
Betonarme binaların dayanım performansını ve servis ömrünü etkileyen bazı parametreler beton bileşimi, emülsifiye edici (bağlayıcı) türü, pas payı kalınlığı olarak sayılabilir. Pas payı; beton kesitin içinde bulunan demir donatının dışından, kesitin dış kenara olan uzaklığı olarak tanımlanabilmektedir. Pas payı tabaka, donatı çeliğini olası korozyon (kimyasal aşınma) oluşumundan koruyarak betonarmenin durabilitesini arttırmaktadır (Baradan ve Aydın, 2013).



Şekil 27. Paspayı

Kaynak: (Keleş vd., 2017)

Donatı aşınması, betonarme binalarda karşılaşılan önemli durabilite problemlerinden bir tanesidir. Aşınma sonucu donatı çaplarında azalma gözlenirken, oluşan aşınma ürünleri pas paylarında çatlamaya sebep olarak zararlı maddelerin betona giriş ve taşınımını arttırmaktadır (Keleş vd., 2017).



Şekil 28. Donatı korozyonu sonucunda demiroksitlerinde meydana gelen hacim artışları

Kaynak: (Keleş vd., 2017)

Pas payı, betonarme hesaplamalarında emniyetli tarafta bulunduğu için ihmal ediliyorsa bile taşıyıcı kadar katkısı bulunmaktadır. Betonarmede pas payı kesiti çeşitli standart ve şartnamelere uygun olarak üretilmezse; yapı elemanı amacına uygun olarak hizmet etmeyerek binanın ve binada bulunan kişilerin

hayatını riske atabilmektedir. Uzun dönemde maddi açıdan da kayıplar ortaya çıkacaktır. Betonarme dayanıklılığının ve dolayısıyla yapı servis ömrünün önemli olduğu devasa alt yapı projelerinde, yapı elemanlarının pas payı tabakasının üretim kalitesi önem arz etmektedir. Yalnızca yenileme yapılması hem fiziksel açıdan mümkün olmayan hem de sosyo-ekonomik açıdan akılcı olmayan bazı kamusal kullanım yapılarında (tünel,baraj vs.) betonarme dayanıklılık kriterleri öne çıkmaktadır. Yapıların yetersiz dayanımı, yapı güvenliğinin azalmasına ve ekonomik kayıplara sebep olabilmektedir. Ekonomik kayıplarda, onarım-güçlendirme, kullanım alanının sınırlanması sonucu oluşan maliyetleri örnek gösterebiliriz. Bu tür maliyetler köprü, tünel gibi ulaşım yapılarında çeşitli aksama, tıkanma gibi problemlere sebep olabileceğinden daha büyük bir önem kazanır (Keleş vd., 2017).

2. Kök Sebep ve Durum Analizi

Pas payının doğru bir şekilde üretilmemesi sonucunda yapının kullanılabilirlik sınırı durumlarına ulaşması gibi problemler ortaya çıkarabilmektedir. Uygun pas payı kullanılmaması sebeyle donatı çeliği aşınmaya uğrayabilmektedir ve bununla birlikte oluşan aşınma ürünleri pas payı kesitinde çatlaklara sebep olabilmekte ve kesitin kopması sonucunda ayrılması ve artık bütün halinde bulunmayan, korunmasız bulunan çeliğin betonarme kesitte oluşacak olan gerilime dayanamamasına ve taşıyıcı işlevin yitirilmesine sebep olabilmektedir (Keleş vd., 2017).

Herhangi bir yapıda oluşabilecek yangın durumunda, bu yapıda sıcaklığın 1200 dereceye yükselmesi nedeniyle uygun olmayan pas payı tabakasını aşarak donatı çeliğine ulaşan ısı, donatı çeliğinin kısa bir zaman diliminde akma noktasına ulaşmasına sebep olarak yapının stabilite açısından riske girmesine sebep olabilmektedir. Bu duruma daha önce İran da yapılmış olan 17 katlı binanın 10. katında gaz sızıntısı sebebiyle çıkmış olan yangında binanın ani çökmesiyle hayatını kaybeden 20 itfaiye erinin, çıkan yangınla beraber yapının taşıyıcılık özelliğini yitirmesi sonucu hayatını kaybetmesi örneği verilebilir. Bu tip durumlarda yapının içerisindekilerin tahliyesi için süre gerekmektedir ve bu süreyi etkileyebilen unsurlardan bir tanesinde pas payı üretim kalitesidir (Keleş vd., 2017).

Uzun servis ömrüne sahip binalar ve yapılar elde edebilmek için pas payı kalitesinin artırılmasının yanı sıra pas payı kalınlığı ve pas payı geçirimsizliğine de dikkat edilmelidir. Düşük geçirimsizliğe ve çatlak içermeyen bir pas payı üretimi kür koşulları ve daha birçok etmene bağlıdır. Pas payı geçirimsizliğinin yüksek olduğu durumlarda klor oluşmuş olan çatlaklardan beton içine daha hızlı taşınır böylece çatlaktaki klor konsantrasyonu artar ve sonucunda aşınma daha kısa bir sürede meydana gelir. Bu durumun önlenmesi için yukarıda da belirtildiği gibi iyi bir pas payı tabakası elzemdir (Keleş vd., 2017).

3. Plastik Paspayı Elemanı

Betonarme yapıların genelinde plastik pas payı elemanları kullanılmaktadır. Model ve kalınlıkta alternatifleri olan bu ürünler pas payı tabakasını sağlamak için, temel, kolon, kiriş, perde, döşeme vs. gibi taşıyıcı yapılarda donatı montajı öncesinde veya montaj sırasında kalıp yüzeyi ve donatı arasına yerleştirilmelidir. Taşıyıcı tipine göre 2,5 cm - 10 cm ve daha fazla kalınlıklarda olması şart koşulmuş olan pas paylarının plastik maddeden üretimi ve kullanımı sonucu bir çok problemle karşı karşıya kalılabilmektedir. Döküm sonrası beton içerisinde kalacak olan bu plastik elemanlar, donatı ve dış çevre arasında bir bağlam oluşturmaktadır. Yapılarda meydana gelebilecek yangın vb. durumlarda bu pas paylar eriyecek ve ısı donatı çeliğine ulaşacaktır. Sonucunda yapı kısa bir süre içerisinde çökme riskiyle karşı karşıya kalacaktır (Keleş vd., 2017).

Plastik pas paylarının yanı sıra endüstriyel olarak piyasada satışı bulunmayan genelde inşaat yapı şantiyelerinde üretilen beton pas payı elemanları da kullanılabilmektedir. Beton pas payı elemanları durabilite açısından daha iyi olacak betonarme üretime imkan sağlayabilmektedir. Beton pas payı; basınca, darbeye, vibrasyona karşı dayanıklıdır. Bu sayede pas payı kalınlığını tehdit edecek bir durumun oluşumuna engel olmaktadır. Donatı çeliğini yüksek ısıdan korur dolayısıyla yapının stabilitesine olumlu katkıda bulunmaktadır (Keleş vd., 2017).

4. Betondan Paspayı Elemanı

Betonarme ilk defa, Fransa doğumlu tarım işçisi Louis Lambot tarafından beton ve donatının beraber kullanılarak kano yapması ile kullanılmıştır. 1850 li yılların başında kullanılan bu malzeme, çeliğin vedahi betonun zayıf yönlerini

tamamen ortadan kaldırarak daha iyi bir malzeme üretimine zemin hazırlamıştır. Spesifik olarak çeliğin yangına ve rutubete dayanamıyor olması kolayca şekillendirilememesi ayrıca pahallı olması kullanım aşamasında çeşitli dezavantajlar olarak düşünülmekteyken betonarme sayesinde zayıf yönler en aza indirgenmiştir. Bu durumun benzeri beton içinde değerlendirilip, betonun zayıf yönleri (çekmeye karşı dayanıksız) donatı kullanımı ile beraber ortadan kalkmıştır. Dünyada ilk beton şartnamesi 1904 yılında Almanya da hazırlanmıştır (Baradan ve Yazıcı, 2006: 25).

Ortalama iki asırdır kullanımına devam edilen betonarme Dünya da en çok tercih edilen malzeme olmuştur ayrıca illerin şekillenmesinde en başta yer almaktadır. 1920 yılında Türkiyedeki ilk betonarme proje inşa edilmiştir. 1920 - 1940 yılları arasında şartnamelerin iyileştirildiği hatta geliştirildiği bilinmektedir. Değişen ve gelişen dinamizme sahip olan yapı tasarımı kuralları bu dilim içerisinde bilim insanlarının ve mühendislerin çalışmaları ve tecrübeleri sonucunda yönetmeliklere ve şartnamelere dönüştürülmüştür (Baradan ve Yazıcı, 2006: 26).

Bitişik nizam olarak inşa edilecek betonarme yapıları ve büyük alanlarda inşa edilecek yapıların tasarımları sırasında dikkat edilmesi gereken önceliklerden bir tanesinde derz mesafesidir. Bloklar arasında veya bitişik nizam iki farklı yapının sismik olaylar neticesinde yapacakları salınımlardan birbirlerini hasar verecek biçimde etkilememesi konusunda büyük bir önem taşımaktadır. Bitişik nizam yapılarda görülen diğer bir sorun kat döşemeleri karşılaştırıldığında kot farklarının görülmesidir. Bir binanın döşeme hizası komşu binaların kolon boylarında bir yere denk gelmesidir. Özellikle deprem anında derz mesafesi yerli değilse komşu binaların yıkılma riski artmaktadır. Bu tür durumların önlenmesi için binalar bütünüyle rahat bir şekilde hareket edebilmelidir. Binaların arasında bırakılan boşluklar deprem derzi olarak isimlendirilmektedir. Yan yana iki binanın deplasmanları ayrıca hesaplanıp toplanınca, binalar arası bırakılması gereken derz mesafesi ortaya çıkar (Baradan ve Yazıcı, 2006: 27-28).

5. Gerekli Derz Aralıkları

Dilatasyon Derzler: Bir diğer adı genleşme derzleri olan rötre, sünme ve sıcaklık değişimine bağlı oluşabilecek boy değişimlerini önlemek için binalar arasına yerleştirilen derz çeşididir (Karabulut vd., 2018:40).

Oturma Derzler: Zemin özelliklerinin yada yapı yüklerinin tüm alanda düzgün olmaması nedeniyle meydana gelebilecek farklı oturmaların, dönmelerin önlenmesi için yapılan derz çeşididir (Karabulut vd., 2018:40).

Konstrüktif Derzler: Statik hareketli yükler ve dinamik kuvvetler sebebiyle meydana gelebilecek deformasyonların bölgesel olarak sınırlandırabilmek için yapılan derz çeşididir (Karabulut vd., 2018:40).

Deprem Derzler: Deprem etkisi altındaki yapının daha az zararlı titreşim yapabileceği bölümlere uygulanabilecek derz çeşididir (Karabulut vd., 2018:40).

a. Deprem Derzleri

Deprem açısından riskli bölgelerde yapılabilecek binalar hakkındaki yönetmeliklerde; ayrıca dikkat edilmesi gereken durumlar vurgulanmaktadır. Türlü zemin oturmalarına bağlı temel öteleme ve dönmeleri ile birlikte sıcaklık dalgalanmalarının etkisi dışında, mevcut bloklar veya eski binalarla, yeni yapılacak binalar arasında bırakılması gereken derz boşluklarına ilişkin hususlar belirtilmektedir (Karabulut vd., 2018:40).

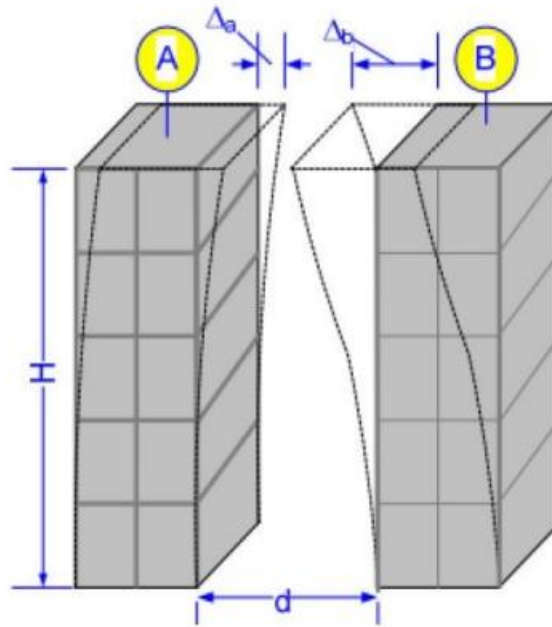
Etkin görelî kat ötelemeleri hesaplamaları ve ikinci mertebe etkilerden daha elverişsiz sonuçlar elde edilmedikçe derz boşlukları, her kat için komşu binalarda elde edilmiş olan yer değiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü aşağıda tanımlanmış olan α katsayısının çarpımı ile açığa çıkacak sonuçtan az olmayacaktır. Değerlendirilecek kat yer değiştirmeleri, kolon yada perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış yer değiştirmelerinin kat içindeki ortalamaları olacaktır. Mevcut yapı için hesaplama yapılmasının mümkün olmayacağı durumlarda bu yapının yer değiştirmeleri yeni yapı için aynı katlarda hesaplanmış olan değerlerden küçük alınmayacaktır (Karabulut vd., 2018:40)..

1. Komşu yapıların kat döşemelerinin tüm katlarda aynı seviyede olmaları durumunda $\alpha = R/4$ olarak alınacaktır.

2. Komşu yapıların kat döşemelerinin bazı katlarda farklı olsa bile, seviye farklarının olması durumunda bütün yapı için $\alpha = R/2$ alınacaktır.

Bırakılması gereken en az derz boşluğu 6 m yüksekliğine kadar en az 30 mm olmalı ve bu değer 6 m den sonraki her 3 m de en az 10 mm arttırılmalıdır.

Şekil 29’da gösterildiği gibi binalar arası derz genişliği, iki yapının da büyük yatay yerdeğiştirmelerinin toplamından büyük olmalıdır ($d > 4a + 4b$) (Karabulut vd., 2018:41).



Şekil 29. Derz genişliği bulunan iki binanın deformasyonların gösterilmesi

Kaynak: (Karabulut vd., 2018:41)

Yapılardan biri diğerinden daha eski ise yer değiştirmesi bilinemez, bu durumda derz genişliği minimum $d \geq 0.02 \times H(\text{cm}) / 3$ olarak alınmalıdır. Günümüzde yapılan yapıların çok katlı olmasına bağlı 6 m den daha yüksek binalar inşa edilebilmektedir. Bu tip yapılarda en az derz boşluğu 6 m yüksekliğine kadar en az 30 mm olmalı ve bu değer 6 m den sonraki her 3 m de en az 10 mm arttırılması önerisi büyük önem taşır (Karabulut vd., 2018:41).

Tasarımı yapan mühendis yatay yer değiştirmenin en fazla, en üst katta meydana geleceğini düşünerek bu durumu es geçmemelidir.

V. KAHRAMANMARAŞ DEPREMİNDEKİ HASARLARIN İNCELENMESİ



Şekil 30. Çekiçleme Hasarı

Kaynak: (webtekno.com,2023).

Şekil 30’da çekiçleme etkisi görülmektedir. Bitişik nizamlarda veya soğuk derz uygulamasında sık rastlanan hatalardan biri olan çekiçleme etkisi yeterli derz boşluğu bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Bitişik nizamlardaki derz boşlukları deprem anında binaların birbirine çarpmasını veya yaslanmasını engellemek amacıyla yapıldığından önemlidir. Dilatasyon derzleri deprem anında çekiçleme etkisi oluşturmaması için tasarlama sırasında elasto plastik davranışa ve mafsallaşma etkisine dikkat edilmelidir. Dikkat edilmemesi veya uygulanmaması deprem anında şekilde görüldüğü gibi binaların birbirine çarparak ağır hasar oluşmasına neden olabilmektedir. Ayrıca bitişik nizamdaki yapıların döşeme seviyeleri ve kat yükseklikleri birbirine eşit olmamasından dolayı her yapı ayrı deplasman oluşturur. Bu yüzden bitişik nizamlarda depremin etkisini ve hasarı azaltmak için binalar arasında enerji sönmüleyici maddeler kullanılmalı ve gerekli derz boşluğu bırakılmalıdır.



Şekil 31.Zemin Sıvılaşmasından Kaynaklı Hasar

Kaynak: (iha.com.tr,2023).

Şekil 31’de binanın temelle birlikte bulunduğu yerden ayrıldığı gözlemlenmektedir. Zemin sıvılaşması kendi başına bir hasara neden olmaz iken büyük yer değiştirmeler sonucunda temel göçmelerine neden olmaktadır. Depremden kaynaklı sismik dalgaların etkisiyle iletken bir yapıya sahip olduğundan dolayı depremin etkiyecek dalga hızını arttırarak büyük şev kaymalarına sıvılaşma neden olabilmektedir. Zemin sıvılaşması temelin batmasına ya da yukarı yönde hareket etmesine neden olur. Zemin sıvılaşması;

gevşek bir yapının sahip olmasına daneler arasında ki bağa, kil miktarına ve boşluk suyunun drenajının engellenmesine bağlıdır. Sıvılaşarak kayma dayanımını kaybeden ve yön değiştiren zeminlerde küçük kayma gerilmeleri bile büyük şekil değiştirmelere neden olmaktadır. Ayrıca şekilde çekiçleme etkisi de görülmektedir.



Şekil 32. Malzeme Kalitesizliğinden Kaynaklı Hasar

Kaynak: (Şentürk, 2023)

Şekil 32’de kolonun depremin etkisine karşı koyamadığı görülmektedir. Kolonda açıkça görüldüğü gibi donatılar nervürlü olmasına rağmen korozyona

uğrayıp gerekli olan dayanımını zamanla yitirmiştir. Başka bir dikkat çeken unsur ise donatıların bindirme boylarının kısa olmasıdır. Donatılar birbirlerine uygun yerde ve mesafede kenetlenmediğinden dolayı yapı elemanının görevini yerine getirememesine neden olmuştur. Etriye ve çirozun uygun aralıklarla kullanılmadığı görülmektedir. Betonun iri agregalara sahip olması ve yeterince sıkıştırılmaması betonun dayanım özelliğini kaybetmesine sebep olmuştur.



Şekil 33. Kesme Kuvvetinden Kaynaklı Hasar

Kaynak: (Şentürk, 2023)

Şekil 33'te perdenin kesme kuvvetini taşıma gücünün yetersizi kalması sonucunda ortaya çıkan bir hasar görülmektedir. Beton ile donatı arasındaki aderans sağlanamadığı durumda donatı üzerindeki kabuk düşer. Kesme kuvveti hasarı kabuk betonunda kılcal çatlak ve hafif dökülme düzeyinde normal karşılanırsa da şekilde görüldüğü gibi ileri düzeyde mafsallaşma sebebiyle yatay yer değiştirmeye sebep olarak yapının stabilitesini bozar. İkinci mertebeden ek momentlerin etkisiyle binanın tamamen yıkılmasına sebep olabilir. İleri düzeyde oluşan bu mafsallaşma sonucunda gevrek kırılmasına sebep olmuştur. Betonun parçalanıp dökülen betonun kesme kuvvetinin taşıma gücü azalacağından etriyelerin açılmasına neden olmaktadır. Ayrıca perdenin tevzi demirinin dışarıdan bağlandığı ve etriye aralığının fazla olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 34. Asmolen Döşeme Kaynaklı Hasar

Kaynak: (Şentürk,2023)

Şekil 34’te asmolen döşemeden kaynaklı hasar gözlemlenmektedir. Betonarme binalarda genellikle kirişlerin göz estetiğini bozması sebebiyle tercih

edilen asmolen döşemelerde kiriş yüksekliğinin az olmasından kaynaklı yatay yük taşıma kapasite seviyesi düşüktür. Nervür kiriş arasında kullanılan dolgu malzemeleri ağır seçilmemelidir (bims, tuğla vb.). Deprem anında görelî kat ötelemeleri fazla olacağından ağır dolgu malzemelerinin düşme tehlikesi vardır. Bu durum da yapılarda meydana gelen hasar artmaktadır. Asmolen döşemelerde Diyagonal eksenli kirişler bulunduğundan aks düzenleri bozulmaktadır. Geniş kiriş tercih edildiğinde kiriş eksenleri çakışmayabilir. Bu durum düğüm noktalarında belirsizlik meydana getirir.



Şekil 35. Betona Yabancı Madde Karışmasından Kaynaklı Hasar

Kaynak: (Şentürk, 2023)

Şekil 35’de derz ve betona yabancı madde karışmasından kaynaklı bir hasar meydana gelmiştir. Betonda isteyerek veya istemeyerek filizini almış betonun üstüne dökülen taze betonda oluşan katmanlar yeterince aderans sağlamaz ve soğuk derzi oluşturur. Soğuk derzin oluşturduğu zayıflıklar arasında en dikkat çeken konu ise çekme kuvvetine karşı olan direncin düşmesidir. Bu tarz sorunlu durumlarda önceden dökümü gerçekleşen betonda beton ile yeni dökülecek olan betonun ara yüzeyinde aderans arttırıcı katkı malzemezi kullanılması hasarı

önleyebilmektedir. Şekilde gözüken başka bir sorun ise beton yüzeyinde oluşan boşluklardır. Hatalı sıkıştırma işlemi yapılması ve geçirgenliği düşük kalıplar kullanılması betonun içindeki havanın çıkmasını engelleyerek yüzeyde hava boşlukları oluşturmaktadır. Ayrıca şekilde görüldüğü gibi soğuk derz bölgesinde olan yapı elemanlarının içinde yabancı madde olması aderans oluşmasını büyük ölçüde etkilemektedir. Bu sorunun yaşanmaması için şantiye takibinin iyi yapılması ve beton döküm sırasında meydana gelecek olumsuz koşulların düşünülmesi gerekmektedir.



Şekil 36. Merdivende Uygulama Kaynaklı Hasar

Kaynak: (Şentürk, 2023)

Şekil 36’da Depremden kaynaklanan sismik yüklerin etkisi altında merdivenler diyagonal kiriş mantığıyla çalışırlar. Bu yüzden merdivenlerin yer aldığı akslar Yapı sistemlerinin en rijit kısımlarındandır. Gelen kuvvet ve eleman rijitlikleri orantılı olduğundan depremde merdivenler, çok büyük yükler etkisi altında kalmaktadır. Ayrıca çekme kuvvetlerinin etkisiyle büyük hasarlar oluşturan merdivenlere destek çerçeve kirişleri konumlandırılmalıdır. Bu kirişlerin betonarme sistemle birlikte çalışabilmesi için kesinlikle betonarme elemanlardan yapılmalıdır. Sonradan veya taşıyıcı sistemle birlikte çalışamayan bu şekildeki gibi imalatı yapılan durumlarda büyük hasarlar kaçınılmazdır.



Şekil 37. Kısa Kolon Kaynaklı Hasar

Kaynak: (Engin, 2023)

Şekil 37’de bant pencere konumlandırmak amacıyla imal edilen kısa kolon etkisinden kaynaklı hasar meydana geldiği gözlemlenmektedir. Proje veya uygulama aşamasında yüksek rijitlik ve düşük süneklilik özelliği olup imal edilen yapı elemanlarından biri de kısa kolondur. Rijitlik ne kadar fazla ise deformasyon için gereken kuvvetler o kadar fazladır. Kısa kolon deprem anında oluşacak büyük kuvvete göre tasarlanmazsa önemli derecede yapısal hasara neden olabilir. Bir kolonun kısa olması yeterince dayanıklı malzeme ile yapılamayacağından deprem kuvvetini daha az sönmümler. Bu hasar binanın ağır hasarlı yani kullanılamaz hale gelmesine sebep olabilmektedir.



Şekil 38. Birleşim Bölgesi Kaynaklı Hasar

Kaynak: (Şentürk, 2023)

Şekil 38’de kolon ve kiriş birleşim yerinde yani düğüm noktasında tesisat borusunun kirişten geçirilmesi amacıyla yapılan işlemde yapısal hasar meydana gelmiştir. İmalat ne kadar doğru yapılsa dahi sonradan yapılan bu işlemler yapısal elemanların dayanımını yetersiz hale getirmektedir. Düğüm noktası hiperstatik dereceyi etkiler. Taşıyıcı sistemde hiperstatik derecesi o yapının dayanımı ile doğru orantılıdır. Hiperstatik derecesi ne kadar fazla ise dayanım o kadar artış gösterir. Fazla momentin diğer noktalara iletilmesi moment kapasitesine ulaşan kolon-kiriş birleşimiyle gerçekleşmektedir. Düğüm noktasında yapılan bu hata momentin iyi bir şekilde aktarılmamasına yol açacağından yapısal hasara neden olur.



Şekil 39. Kolonda Burkulma Kaynaklı Hasar

Kaynak: (Şentürk, 2023)

Şekil 39’da kütle ve rijitlik merkezlerinin çalılık olmamasından kaynaklanan burkulma kırılması gözlemlenmektedir. Özellikle kolonun uç bölgelerinde etriye sıkılaşmasının ve deprem çirozunun olmaması durumunda meydana gelen burkulma kırılması kolonun üst tarafının dağılmasına , boyunun kışalmasına ve Kolonun boyutlarında olan değişiklikler ise deprem kuvvetlerinin yeniden ve farklı dağılmasına neden olur.



Şekil 40. Kolon Kesme Kuvveti Kaynaklı Hasar

Kaynak: (Şentürk, 2023)

Şekil 40'ta kolonun üzerine 45 derece eğimle oluşan kesme kuvvetini taşıyamaması sonucu yapısal hasara neden olduğu gözlemlenmektedir. Depreme dayanıklı bir yapıda, mafsallaşma hasarı hafif kabuk düşme seviyesinde olması istenmektedir. Daha ileri düzeylerde ise Yapının durabilitesini etkilemektedir. İkinci mertebeden ek momentler de kesme kuvveti gücünü taşıma kapasitesini azaltacağından kesme burulmasına sebep olur. Bu durum etriyelerin açılmasına ve donatılarla betonun birlikte çalışmamasına sebep olduğundan akma

gerilmelerine ulaşamayarak yapının hızla yıkılmasına neden olur. Depremde bu şekilde hasar meydana gelen çoğu yapıda etriye sıkılaştırmasının olmadığı ve beton kalitesinin yetersiz olduğu saptanmıştır.



Şekil 41. Yumuşak Kat Hasarı

Kaynak: (emlakmedya.com,2023).

Şekil 41’de düzensizlik tiplerinden biri olan yumuşak kat düzensizliğinden kaynaklı yapısal hasar meydana gelmiştir. Katlar arası rijitlik farkından dolayı oluşan bu düzensizlik genellikle zemin katta dolgu duvar olmaması bunun neticesinde plastik kesit oluşmasından kaynaklı binanın ağır hasar alması veya çökmesine sebebiyet vermektedir.



Şekil 42. Güçlü Kiriş Zayıf Kolon Hasarı

Kaynak: (kisadalga.net,2023)

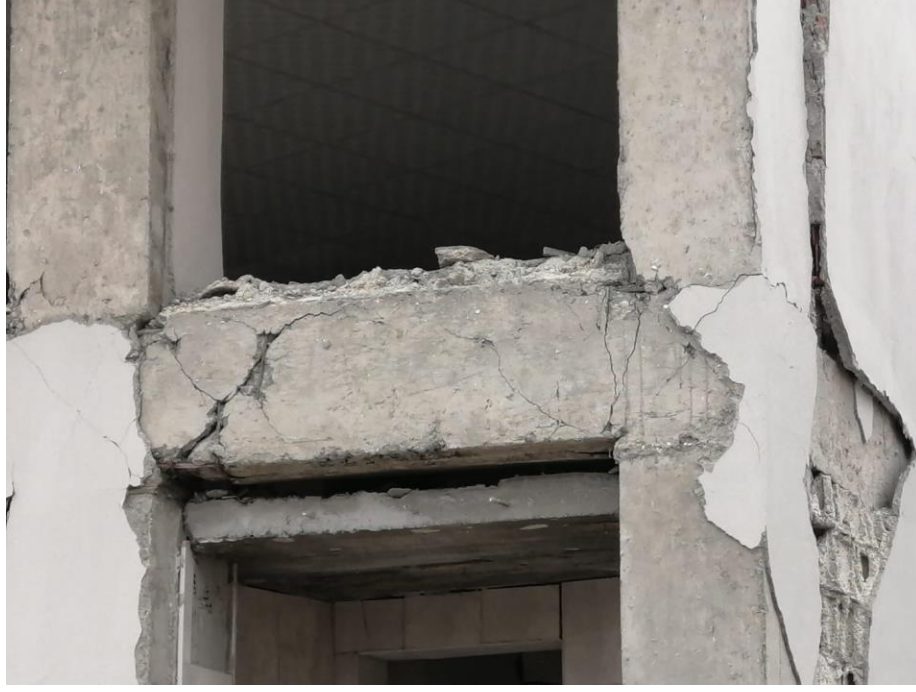
Şekil 42’de temeli kesit yetersizliğine dayanan bir hata olan güçlü kiriş zayıf kolondan kaynaklı hasar gözlemlenmektedir. Kesit yetersizliği dışında düğüm noktalarının yeterli rijitlikte olmaması yüzünden zayıf kolon ve güçlü kiriş etkisi olduğu, bu noktalarda göçme meydana gelerek tüm katların üst üste yığıldığı gözlemlenmiştir. Birleşim yerlerine uygun donatı yerleştirilmesi ve etriye sıkılması yapılmalıdır. Eksik donatılar ve kesit yetersizliğinin de etkisiyle deprem sonucu açığa çıkan enerji sönmelenemediğinden kırılma ve göçmeler meydana gelmektedir. Binayı ayakta tutan yapı elemanları kolonlar olduğundan dolayı kolonlarda meydana gelen mafsallaşmalar katları üst üste yığmıştır. Temel olarak statik sistemin deprem anında bozulmaması gerekmektedir. Bu nedenle taşıyıcı sistemin tüm elemanlarında donatıların ve özellikle etriyelerin yeterli sıklıkta yerleştirilmemeleri, kolon-kiriş birleşim yerlerinde noktalarında etriyelerin hiç veya yeterince konulmaması düğüm noktalarında statik sistemin bozularak ağır hasarı meydana getirir.



Şekil 43. Donatı Yetersizliğinden Kaynaklanan Hasar

Kaynak: (Şentürk, 2023)

Şekil 43'te donatı yetersizliğinden kaynaklı yapı hasarı gözlemlenmektedir. Perdenin tevzi demirlerinin konulmaması veya perde filizlerinin dış tarafından olacak şekilde bağlanması ve gerekli m^2 'ye düşen çiroz adetinin yeterli açıda kanca ile beraber konulmamasından dolayı yapı elemanı basınca karşı gerekli dayanımı sağlayamamış ve hasar almıştır.



Şekil 44. Kısa Kiriş Kaynaklı Hasar

Kaynak: (Şentürk, 2023)

Şekil 44'te kısa kiriş kaynaklı yapı hasarı gözlemlenmektedir. Yapılarda uzun açıklıkta bulunan kiriş kadar kısa açıklığa sahip kirişlerin de yapımına dikkat edilmelidir. Kısa kirişler de en çok rastlanan problemlerden biri kesme kuvvetidir. Açıklık ne kadar az olursa kesme kuvveti o oranda artmaktadır. Yapılarda kısa kiriş kullanımından kaçınılmalıdır.

VI. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş ve Hatay merkezli deprem örneğinde ele alınarak ülkemizde inşa edilen yapıların sık rastlanan hataların göz önüne çıkarılıp olası yıkıcı potansiyeli olan bir depremde geçmişte yaşanan depremlerin dehşet verici sonuçlarını tekrar yaşanmaması amaçlanmıştır. Tasarım ve uygulama ayrılmaz bir bütündür. Yanlış tasarımın doğru bir şekilde uygulanması veya yönetmeliğe uygun bir tasarımın yanlış uygulanması olası büyük depremler de yapının kullanılamaz hale gelmesine veya göçmesine neden olabilmektedir. Tasarım ile uygulama hatalarını karşılaştırılmak gerekirse göçen veya kullanılamaz halde olan yapıların daha çok uygulama bölümünde kaynaklanan hatalardan meydana geldiği gözlemlenmiştir. Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise kalifiyeli işçiliğe verilen önemin artmasıdır. Yapının inşa aşamasında sırf zaman aldığı için çirozların yeterli sayıda koyulmaması, Bindirme boylarına dikkat edilmemesi, donatıların adetinin doğru fakat konumlandırılmasının yanlış olması, Projeye detaylı bir şekilde bakılmayıp ezbere iş yapılması, beton döküm şartlarına uyulmaması, beton dökümünden sonra uygulanacak adımların yapılmaması, Kullanılan demir çapınının projeye uygun olarak yapılmaması, etriye aralarının gerektiğinden açık olması ve bunun gibi bir çok sebep işçilik hatası olarak kabul görmektedir. Yapılacak olan bir binanın sorumluluğunda o inşaatta çalışan inşaat işçilerinin de bir ölçüde sorumlu tutulması yapılan işin kalitesinin arttıracığı düşünülmektedir. Şantiye şefinin veya yapı denetim çalışanının denetim esnasında yaşadığı zorlukların belirlenip yeni sisteme geçilmesi yapıların daha sağlam şekilde yapılmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca mühendislik eğitim sisteminin değişmesi, staj odaklı bir sisteme geçilmesi yapıdaki mühendislik hizmetinin kalitesini olumlu etkileyeceği düşünülmektedir. Yapılardaki bütçenin mühendislik hizmetine ayrılan kısmının çok az olduğu bilinilmektedir. Mühendislik hizmetine ayrılan bütçenin artması yapılan denetimlerin ve tasarlanan yapıların kalite düzeyinin artmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Yeni şehir düzenlemelerinin olabildiğince zemin tipinin

en iyi olduğu konumlarda yapılması yapının durabilitesini önemli ölçüde etkileyecektir. Kahramanmaraş merkez olan depremde görüldüğü üzere ana taşıyıcı olan yapı elemanlarının karot yardımıyla delinip tesisat için yer açıldığı ve kolonların yer kapladığı düşüncesiyle kesilip ortadan kaldırılması gibi sorunlarla da karşılaşmıştır. Bu sorunların neticesinde belki de az hasarlı veya hasar almayacak olan yapıların ağır hasarlı veya göçme ile karşılaştığı görülmüştür. İskan aşamasından sonra da denetimin belirli aralıklarla devam edilmesi tasarım ve uygulama aşaması başarılı geçmiş bir yapının depremden hasarsız şekilde çıkmasına yardımcı olabilecektir.

VII. KAYNAKÇA

MAKALELER

- MERAL, E. (2019). “Betonarme Binalarda Kısa Kolon Etkilerinin Araştırılması”, **Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi**, Cilt 11, Sayı 2, ss. 515-527.
- IŞIK, E. ve ÖZDEMİR M. (2016). “Betonarme Yapılarda Güçlü Kiriş – Zayıf Kolon Durumunun Yapı Performansına Etkisi” , **1. International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2016)**, October 26-28, 2016, Adana/Turkey.
- KARABULUT, M., KARTAL, M. E., ÖZİL, E. ve ÜNLÜ R. (2018). “Betonarme Binalarda Deprem Derz Mesafesinin İncelenmesi”, **Natural & Applied Sciences Dergisi**, Cilt 1, Sayı 1, ss. 39-41.
- BARADAN, B. ve YAZICI, H. (2006). “Beton Yapılarda Korozyon ve Pas Payının Önemi”, **İMO İzmir Şubesi Bülteni**, Sayı 130, ss. 24-29.
- EKİNCİ, C. E. (2022). “ Betonda Rötire: Genel Bir Bakış”, **Technological Applied Sciences Dergisi**, Cilt 17, Sayı 1, ss. 1-38.
- UNUTMAZ, B. ve ÇETİN, K.Ö. (2007). “ Sismik Zemin Sıvılaşmasında Zemin – Yapı – Deprem Etkileşimi”, **Teori ve Uygulamada Zemin Yapı Etkileşimi Sempozyumu**, İstanbul.
- YANIK, Y., KAMBER YILMAZ, G. ve TÜRKER, T. (2018). “Betonarme Binalarda Hasar Tespiti ve Hasar Belirleme Yöntemleri”, **Journal of Investigations on Engineering&Technology**, Cilt 1, Sayı 2, ss. 30-36.
- ORAKÇAL, K. ve CHOWDHURY, S. R. (2011). “Betonarme Kolonlarda Donatı Sıyrılmasının Analitik Modellenmesi”, **1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı**, 11-14 Ekim 2011, Ankara, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

- KELEŞ, M. G., KOÇ, E. ve TAŞTEPE M. (2017). “Betonarme Yapı Elemanlarının Dayanıklılığını Arttırmak Üzerine Öneri: Betondan Pas Payı Elemanı”, **Hazır Beton Kongresi 2017**.
- ENGİN, Y. (2015). “Sıcak Havanın Betona Etkileri”, **Hazır Beton Kongresi 2015**.
- BARADAN, B. ve AYDIN S. (2013). “Betonun Dürabilitesi (Dayanıklılık, Kalıcılık)”, **Hazır Beton Kongresi**.
- ENGİN, Y. (2018). “Soğuk Havada Beton: Üretim ve Uygulama Pratikleri”, **Hazır Beton Kongresi 2018**.
- AKIN, S. K., KARA, N. ve KALTAKCI, M. Y. (2006). “Betonarme Çerçevelerde Etriye Düzeninin Yatay Yük Taşıma Kapasitesine Etkileri Üzerine Deneysel Bir Çalışma”, **Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi**, Cilt 21, Sayı 1, ss. 83-108.

TEZLER

- DURSUN, A. (2014). “Güçlü Kolon Zayıf Kiriş Kontrolü”, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- ÇAVUŞOĞLU, A. (2018). “Betonarme Binalarda Oluşabilen Kısa Kolon Durumunun Bina Deprem Davranışı ve Kaba İnşaat Maliyetine Etkilerinin İncelenmesi”, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Karabük Üniversitesi.
- BALIM, R. (1999). “Kuvvetli Kolon – Zayıf Kiriş İlkesini Sağlayan Betonarme Çerçeveler”, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- BİLİR, T. (2010). “Harçlarda Endüstriyel Yan Ürün veya Atıkların Önce Agregalar Olarak Kuruma Rötresi Çatlaklarına Etkisi”, (Yayınlanmış Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

ELEKTRONİK KAYNAKLAR

- URL-1 “Sanal Şantiye” (2021). <https://www.sanalsantiye.com/kisa-kolon-etkisi-nedir/?ysclid=1le6qch5py495437587> , (Erişim Tarihi: 14.06.2023)
- URL-2 “Mega İnşaat ve Mimarlık” (2009). [Depremde Binaların Hasar Görme Nedenleri | Mega İnşaat ve Mimarlık \(wordpress.com\)](https://www.wordpress.com/Depremde-Binalarin-Hasar-Gorme-Nedenleri-Mega-Insaat-ve-Mimarlik) (Erişim Tarihi: 13.06.2023)
- URL-3 “insapedia” (2019). <https://insapedia.com/kisa-kolon-nedir-nasil-olusur-ne-onlem-alinir/> , (Erişim Tarihi: 14.06.2023)
- URL-4 “Researchgate” https://www.researchgate.net/figure/Failure-mechanisms-of-structures-with-strong-column-weak-beam-design_fig2_263870618 (Erişim Tarihi: 19.06.2023)
- URL-5 “Movea” (2023) <https://www.movea.com.tr/zeminde-sivilasma-nedir/> (Erişim Tarihi: 02.07.2023)
- yumu-6 <https://yalova.csb.gov.tr/soguk-havalarda-beton-dokumu-haber-95578> / (Erişim Tarihi: 01.04.2023)
- URL-7 <https://cevresehgostergeler.csb.gov.tr/sicaklik/> (Erişim Tarihi: 01.04.2023)
- URL-8 <https://yalova.csb.gov.tr/sicak-havada-beton-dokumunde-dikkat-edilmesi-gereken-hususlar-haber-64299/> (Erişim Tarihi: 01.04.2023)
- URL-9 <https://www.dokuzeylul.com/etriye-nedir-etriye-faydaları/> (Erişim Tarihi: 28.07.2023)
- URL-10 <https://santiyede.com/yumusak-kat-nedir-nasil-olusur/> (Erişim Tarihi: 15.04.2023)
- URL-11 <https://www.sanalsantiye.com/yumusak-kat-duzensizligi/> (Erişim Tarihi: 12.05.2023)
- URL-12 <https://www.sanalsantiye.com/guclu-kolon-zayif-kiris-prensibi-nedir/> (Erişim Tarihi: 05.08.2023)
- URL-13 <https://www.sanalsantiye.com/betonarme-yapilarda-gorulen-deprem-hasarlari/> (Erişim Tarihi: 11.07.2023)

- URL-14 <https://www.webtekno.com/cekicleme-etkisi-nedir-h132297.html/>
(Erişim Tarihi: 19.07.2023)
- URL-15 <https://www.iha.com.tr/haber-bina-yan-yatti-camlari-bile-kirilmadi-1146787/> (Erişim Tarihi: 26.08.2023)
- URL-16 <https://www.emlakmedya.com/haberler/6-subat-kahramanmaras-depremleri-ile-ilgili-ilk-izlenimlerim/14018/> (Erişim Tarihi: 21.08.2023)
- URL-17 <https://kisadalga.net/haber/detay/hacettepenin-deprem-raporu-betonlar-el-/> (Erişim Tarihi: 01.07.2023)ile-ufalanabilecek-kadar-dusuk-guclu-kiris-zayif-kolon-yikici-olmustur_73779/ (Erişim Tarihi: 24.08.2023)
- URL-18 https://insaatblogu.com/asmolen-doseme-nedir-asmolen-doseme-cesitleri-ve-ozellikleri/#google_vignette (Erişim Tarihi: 02.06.2023)
- URL-19 <https://www.dha.com.tr/gundem/kayseride-4-6-buyuklugunde-depreme-eylerde-catlaklar-olustu-1809853> (Erişim Tarihi: 06.07.2023)
- URL-20 <https://www.insaport.com/makale/bir-duvar-neden-catlar/>(Erişim Tarihi: 22.07.2023)
- URL-21 <https://www.dha.com.tr/foto-galeri/6-aylik-binalarda-bile-agir-hasar-gorulmesi-kaygi-verici-2218617/5> (Erişim Tarihi: 22.07.2023)
- URL-22 <https://slideplayer.biz.tr/amp/10275716/> (Erişim Tarihi: 14.08.2023)
- URL-23 <https://canguclendirme.com/tr/hasar-tipleri/> (Erişim Tarihi: 19.08.2023)
- URL-24 <https://pmsiofflorida.wordpress.com/2013/03/06/concrete-spalling/>
(Erişim Tarihi: 20.08.2023)
- URL-25 <https://forums.idecad.com.tr/forum/threads/kolon-kiri%C5%9F-kesme-hatas%C4%B1-giderme.15377/> (Erişim Tarihi: 14.08.2023)

DIĞER KAYNAKLAR

Çevre, Şehircilik ve İklimlendirme Bakanlığı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018, Resmi Gazete, no.30364, 2018.

Şengöz, T. E. (2019) “Sıvılaşma Nedir? Zemin Sıvılaşmasının Mühendislik Değerlendirmesi, Zemin Sıvılaşması ile ilgili Alınması Gereken Tedbirler, Önlemler ve Tavsiyeler ile Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esaslarında ve Rapor Formatında Sıvılaşma ile ilgili Bilgiler”.

Şentürk, C. (2023). “Deprem Fotoğrafları”

Engin, H. (2023). “Deprem Fotoğrafları”

İMO (2016). Deprem Etkilediği Betonarme ve Yığma Binalarda Hasar Tespiti

İlki, A. (2023) Hasar Tespiti Eğitimi Ders Notları

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Mehmet Caner Kızıllkan

Öğrenim Durumu:

Lisans: 2021, İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

Yüksek Lisans: 2023, İstanbul Aydın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Deprem ve Yapı Mühendisliği Programı

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

2021 yılında İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Arıtma Su Tesisi ve otel projelerinin inşaatlarında staj yaptı. 2022 yılından itibaren Yapı Denetim firmasında Kontrol Mühendisi olarak çalışmaktadır.