

**T.C.
İZMİR DEMOKRASİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BETONARME VE YIĞMA YAPILARDA
DEPREM KAYNAKLI GÖZLEMSEL HASAR TESPİT VE
SÜREÇTE VERİ MADENCİLİĞİ**

Serhat YILMAZ

Danışman

Doç. Dr. Özge AKBOĞA KALE

II.Danışman

Doç. Dr. Ali MORTAZAVİ



İZMİR-2024

Serhat

YILMAZ

BETONARME VE YIĞMA YAPILARDA DEPREM KAYNAKLI HASAR TESPİT
VE SÜREÇTE VERİ MADENCİLİĞİ (DATA MINING)

2024

TAAHHÜTNAME

Bu tezin İzmir Demokrasi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Serhat YILMAZ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
ÖZET.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
1.2. Literatür Taraması.....	2
2. DEPREM: TANIMI VE TEMEL PARAMETRELERİ	11
2.1. Oluşumlarına Göre Depremler	11
2.2. Derinliklerine Göre Depremler	14
2.3. Uzaklıklarına Göre Depremler	15
2.4. Büyüklüklerine Göre Depremler	16
3. DEPREM KAYNAKLI HASAR VE HASAR TÜRLERİ.....	23
3.1. Deprem Kaynaklı Elemanlarda Hasarın Oluşumu	23
3.2. Çatlak Türleri.....	23
3.3. Yapısal Hasarlar	26
3.3.1. Betonarme Yapılarda Yapısal Hasar Nedenleri	28
3.3.2. Eğilme Kapasitesinin Yetersizliği	49
3.3.3. Kesme Kapasitesinin Yetersizliği	53
3.3.4. Yığma Yapılarda Hasar Sebepleri	54
3.4. Yapısal Olmayan Hasarlar	57
3.4.1. Bölme Duvar Hasarları	57
3.4.2. Lento ve Duvar Hatıl Ayrılımları	60
3.4.3. Soğuk Derzler	62
3.4.4. Rötire (Büzülme) Çatlakları.....	64
3.4.5. Korozyon Hasarları.....	65
3.4.6. Sıva ve Tesisat Çatlakları.....	66

3.5. Betonarme Yapılarda Hasar İncelemesi.....	67
3.5.1. 0 Tipi Hasar	68
3.5.2. A Tipi Hasar	69
3.5.3. B Tipi Hasar.....	70
3.5.4. C Tipi Hasar.....	71
3.5.5. D Tipi Hasar.....	72
3.6. Yığma Yapılarda Hasar İncelemesi	73
3.6.1. 0 Tipi Hasar	75
3.6.2. A Tipi Hasar	76
3.6.3. B Tipi Hasar.....	76
3.6.4. C Tipi Hasar.....	77
3.6.5. D Tipi Hasar.....	78
4. VERİ MADENCİLİĞİ (DATA MINING)	79
4.1. Veri Madenciliği Nedir?	79
4.2. Veri Madenciliği Tarihçesi.....	81
4.3. Veri Madenciliğinin Gelişimini Etkileyen Nedenler	82
4.4. Veri Madenciliği Uygulama Alanları.....	83
4.5. Veri Madenciliği Uygulamasında Karşılaşılan Zorluklar	85
4.6. Veri Madenciliği Türleri	85
4.7. Veri Madenciliği Süreci	86
4.7.1. İş ve İş Ortamını Anlamak	87
4.7.2. Veriyi Anlamak	87
4.7.3. Veriyi Hazırlama	88
4.7.4. Veriyi Modelleme	88
4.7.5. Değerlendirme	89
4.7.6. Yayma	90
4.8. İnşaat Sektöründe Veri Madenciliği Uygulamaları	90
4.9. Hasar Tespit Aşamasında Veri Madenciliği.....	91
4.9.1. Hasar Tespitinde İş ve İş Ortamını Anlamak	91
4.9.2. Hasar Tespitinden Elde Edilecek Veriyi Anlamak	91

4.9.3. Hasar Tespitinden Elde Edilecek Verilerin Hazırlanma Aşaması	92
4.9.4. Hasar Tespitinden Elde Edilen Verilerin Değerlendirilme Aşaması	93
5. SAHADA HASAR TESPİT SÜRECİ.....	94
5.1. Hasar Tespitinde Sahada Dikkat Edilecek Hususlar.....	94
5.2. Betonarme Yapılarda Hasar Tespit Süreci	94
5.2.1. İnceleme Katı	95
5.2.2. Dışarıdan Hasar İnceleme	96
5.2.3. İçeriden Hasar İnceleme	98
5.2.4. Eleman Hasarlarının Belirlenmesi	98
5.2.5. Hasarın Değerlendirilmesi	100
5.3. Yığma Yapılarda Hasar Tespit Süreci	103
5.3.1. Hasar Nerede Yoğunlaşır?.....	103
5.3.2. Dışarıdan Hasar İnceleme	104
5.3.3. İçeriden Hasar İnceleme	106
5.3.4. Eleman Hasarlarının Belirlenmesi	106
5.3.5. Hasarın Değerlendirilmesi	107
6. VERİ MADENCİLİĞİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ	110
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	113
KAYNAKLAR.....	114

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
η_{ki}	i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
η_{ci}	i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
$\Delta_i^{(x)}$	(X) deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]
$(\Delta_i^{(x)})_{\max}$	Binanın i'inci katındaki maksimum azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]
$(\Delta_i^{(x)})_{\min}$	Binanın i'inci katındaki minimum azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]
h_i	i'inci katın yüksekliği [m]
h_{i+1}	i'inci katın üstündeki katın yüksekliği [m]
h_{i-1}	i'inci katın altındaki katın yüksekliği [m]
$(\Delta_i^{(x)})_{\text{ort}}$	Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]
ΣA_e	Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı[m ²]
ΣA_g	Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı [m ²]
ΣA_w	Herhangi bir katta, kolon en kesiti etkin gövde alanlarının toplamı [m ²]
ΣA_k	Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı [m ²]
V_e	Kolon, kiriş, birleşim bölgesi ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti

M_a	Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
$M_{\bar{u}}$	Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
M_p	Eğilme momenti kapasitesi (Pekleşmeli eğilme momenti kapasitesi)
M_r	Taşıma gücü momenti
$M_{p\bar{u}}$	Kolon üst ucu en büyük eğilme momenti kapasitesi
M_{pa}	Kolon alt ucu en büyük eğilme momenti kapasitesi
I_n	Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
0	Hasarsız düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı
A	A tipi hasara sahip düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı
B	B tipi hasara sahip düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı
C	C tipi hasara sahip düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı
D	D tipi hasara sahip düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı
DAHY	Düşey ağırlıklı hasar yüzdesi
K0	Hasarsız yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı
KA	A tipi hasara sahip yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı
KB	B tipi hasara sahip yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı
KC	C tipi hasara sahip yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı
KD	D tipi hasara sahip yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı
Yatay. AHY	Yatay ağırlıklı hasar yüzdesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2. 1. Yeryüzünde tektonik depremlerin yoğun olduğu bölgeler (Tubitak.gov.tr)	12
Şekil 2. 2. Volkanik Deprem Oluşumu (Wikimedia.org)	12
Şekil 2. 3. Çöküntü deprem oluşumu (Tubitak.gov.tr)	13
Şekil 2. 4. Yapay deprem oluşumu (Tubitak.gov.tr)	14
Şekil 2. 5. Levha sınırlarında oluşan iki tür deprem: okyanusal sırtta levhaların uzaklaşmasından kaynaklanan normal faylarla yan yana kaydığı transform fay (Yürür, 2005).	15
Şekil 2. 6. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı 1997)	17
Şekil 2. 7. Türkiye Diri Fay Haritası (Pampal ve Özmen, 2006)	17
Şekil 2. 8. Depremin Merkez Üssü ve Odak Noktası Şeması (Rajendan, 2018)	19
Şekil 2. 9. Deprem odağından çıkan sismik enerjinin yer içinde yayılması ve bu enerjiden kaynaklanan hasara bağlı olarak çizilen eş şiddet eğrileri (Eyidoğan vd., 1991)	20
Şekil 2. 10. Magnitude-Şiddet İlişkisi (Kalafat vd., 2011)	22
Şekil 3. 1. Eğilme kapasitesi hasarları (İlki vd., 2015)	24
Şekil 3. 2. Düğüm noktasında mafsallaşma ve kırışte eğilme çatlağı (Sezen vd., 2015)	24
Şekil 3. 3. Betonarme elemanda kesme çatlakları (Beklen vd., 2009)	25
Şekil 3. 4. Kırışte kesme çatlağı (Sözen, 2003)	25
Şekil 3. 5. Betonarme elemanda burulma çatlakları (Mertol vd., 2002)	26
Şekil 3. 6. Betonarme yapıda yapısal hasar (6 Şubat 2023 Maraş Depreminden)	27
Şekil 3. 7. Sivrice kasabesindeki yığma yapılarda köşe göçme mekanizmaları (Tubitak.gov.tr)	27
Şekil 3. 8. Düşeyde düzensiz bina kesiti (TBDY 2018)	29
Şekil 3. 9. Tek doğrultuda kiriş kullanımı hatası örneği (Anonim, 2009c)	30
Şekil 3. 10. Deprem sırasında kolonlarda meydana gelen torsiyon etkisi (Anonim, 2009c)	31
Şekil 3. 11. Yetersiz enine donatı detayı ve torsiyon kuvveti etkisinde kalmış kolonlar (Anonim, 2009c)	31
Şekil 3. 12. Kolon yerleşim planı	32

Şekil 3. 13. Zayıf kolon güçlü kiriş etkisi altında toptan göçmüş bir yapı (Anonim, 2009c).....	33
Şekil 3. 14. Zemin katında nispeten güçlü kolonların kullanıldığı zayıf kolon güçlü kiriş etkisi altında zemin katı üzerine blok şeklinde göçmüş bina (Anonim, 2009c)	33
Şekil 3. 15. Yumuşak kat etkisi nedeni ile bölgesel yıkılan bina örnekleri (Anonim, 2009b)	35
Şekil 3. 16. Zayıf kat hasarı (Tezcan vd., 2007)	37
Şekil 3. 17. Kolon net yüksekliğinin kısaltılması (Meral, 2019)	38
Şekil 3. 18. Kısa kolon oluşumuna örnek	39
Şekil 3. 19. Kısa kolon hasarına örnek (Mutlu, 2007)	39
Şekil 3. 20. Zemin sıvılaşmasından dolayı yıkılan bina örneği (Atay, 2010)	41
Şekil 3. 21. Zemin sıvılaşmasına örnek (Atay, 2010)	41
Şekil 3. 22. Uygun olmayan agrega ve yetersiz miktarda beton kullanılmış bir yapı (Atay, 2010).....	42
Şekil 3. 23. Yetersiz aderans ve ileri derecede korozyona uğramış bir kolon (Koç, 2016)	44
Şekil 3. 24. Yetersiz enine donatı detayı ve kanca detayı kullanılan bir kolon örneği (Koç, 2016)	45
Şekil 3. 25. Güçlü kiriş-zayıf kolona örnek (Atay, 2010)	46
Şekil 3. 26. Yapı sisteminde plastik mafsallı oluşumu (Anonim, 2024a)	47
Şekil 3. 27. Çekiçleme etkisinde yıkılmış bir bina (I) (Anonim, 2009c).....	48
Şekil 3. 28. Çekiçleme etkisinde yıkılmış bir bina (II) (Anonim, 2009c).....	48
Şekil 3. 29. Çekiçleme etkisi nedeniyle yıkılmış bir bina (III) (Anonim, 2009c).....	49
Şekil 3. 30. Uygun olmayan kanca payı ve birleşim yerlerinde eklerin yeterli boyda olmadığı bir perde örneği (Anonim, 2009c)	50
Şekil 3. 31. Deprem yönetmeliğine göre kolonlarda kesme kuvveti V_e 'nin hesabında temel alınan eğilme momentleri (TBDY 2018)	51
Şekil 3. 32. Farklı eksenel yük seviyeleri için moment-curvature ilişkileri (Aydemir vd., 2009)	52
Şekil 3. 33. Pekleşmeli eğilme momenti karşılıklı etkileşim diyagramı (PEMKED) (Aydemir, 2004)	52
Şekil 3. 34. Kesme kapasitesinin yetersizliğinden kaynaklı kesme hasarı (Anonim, 2023a).....	53
Şekil 3. 35. Tipik bir yığma yapı (Öztaş, 2009).....	54

Şekil 3. 36. Van-Döşeme Mezrası'nda hasar almış yığma yapı (Parsa, 2012).....	56
Şekil 3. 37. Bölme duvarı hasarına örnek (ilki vd., 2015)	57
Şekil 3. 38. Deprem esnasında meydana gelen orta dereceli bölme duvar hasarına temsili örnek (Gültekin, 2022)	58
Şekil 3. 39. Deprem sırasında oluşan orta dereceli dolgu duvar hasarı (Gültekin, 2022)	59
Şekil 3. 40. Deprem sarsıntıları nedeniyle bölme duvarda oluşan kırılmalar (Gültekin, 2022)	60
Şekil 3. 41. Bölme duvar asma tavan ayrılması (İlki vd., 2020).....	60
Şekil 3. 42. Büyük açıklık boyutuna rağmen hasar almamış bir duvar (Güleç, 2023)	61
Şekil 3. 43. Duvar lento ayrılma çatlağına örnek (İlki vd., 2020).....	62
Şekil 3. 44. Soğuk derz örneği (İlki vd., 2020)	63
Şekil 3. 45. Rötire çatlağı örneği I (İlki vd., 2020)	64
Şekil 3. 46. Rötire çatlağı örneği II (İlki vd., 2020).....	65
Şekil 3. 47. Yetersiz aderans ve donatı korozyonuna uğramış yapısal eleman (İlki vd., 2020)	66
Şekil 3. 48. İzmir (Seferihisar) depremi sırasında betonarme yapıda görülen sıva çatlağı (Gültekin, 2022)	67
Şekil 3. 49. Sıva ve boya altında devam etmeyen çatlak örneği (İlki vd., 2020).....	67
Şekil 3. 50. Sıva düzeyinde oluşan çatlağın çatlak ölçer yardımı ile ölçülmesi (İlki vd., 2020)	69
Şekil 3. 51. Kirişte oluşan 0.5 mm'den küçük eğilme çatlağı (İlki vd., 2020)	70
Şekil 3. 52. Yapısal elemanın kabuk betonunda oluşan ezilme (İlki vd., 2020)	71
Şekil 3. 53. Yapısal elemanda kabuk beton atması (İlki vd., 2020)	72
Şekil 3. 54. Yapısal elemanda oluşan çekirdek beton kırılması ve donatı burkulması (İlki vd., 2020)	73
Şekil 3. 55. Yığma duvarların köşe davranışı ve yatay yük altındaki davranışı (Bayülke, 2011).....	74
Şekil 3. 56. Yığma yapılarda düzlem içi hasar modu (İlki vd., 2020)	74
Şekil 3. 57. Yığma yapılarda düzlem dışı hasar modu (İlki vd., 2020).....	75
Şekil 3. 58. Pencere köşesinde meydana gelen sıva düzeyinde çatlak (İlki vd., 2020)	76

Şekil 3. 59. Yığma yapının taşıyıcı duvarında meydana gelen harç dökülmesi (İlki vd., 2020)	77
Şekil 3. 60. Yığma yapının taşıyıcı duvarında oluşan çatlak ve blok ezilmesi (İlki vd., 2020)	78
Şekil 3. 61. Yığma yapının taşıyıcı duvarında oluşan D tipi hasar (İlki vd., 2020) ...	78
Şekil 4. 1. Veri madenciliği işlem aşamaları (Kumdereli, 2012)	80
Şekil 4. 2. Veri madenciliği tarihçesi ve gelişimi	81
Şekil 4. 3. Veri Madenciliği Kullanım Alanlarının Dağılımı (Kumdereli, 2012)	84
Şekil 4. 4. CRİSP-DM Veri Madenciliği Süreci (Kumdereli, 2012).....	86
Şekil 4. 5. Hasar tespit formunun genel görünümü (İlki vd., 2020)	92
Şekil 5. 1. Hasar tespitinde kullanılan çatlak ölçer ve dijital kumpas.....	95
Şekil 5. 2. İnceleme katı 1. Normal kat olan betonarme yapı örneği (İlki vd., 2020)	96
Şekil 5. 3. Bölgesel olarak göçme mekanizmasına erişen yapı örneği (İlki vd., 2020)	97
Şekil 5. 4. Katlar arası deplasmanın 0,02’den fazla olduğu betonarme yapı örneği (İlki vd., 2020)	97
Şekil 5. 5. Temeldeki farklı oturmalar nedeni ile yan yatan yapı örneği (İlki vd., 2020)	98
Şekil 5. 6. Çatlak ölçer yardımı ile çatlak genişliği ölçme örneği (İlki vd., 2020)	99
Şekil 5. 7. Kolon elemanda kabuk ve çekirdek beton gösterimi (Sakcalı ve Yüksel, 2022)	100
Şekil 5. 8. Konsol davranan duvarlarda yoğun olan hasar durumu (İlki vd., 2020)	103
Şekil 5. 9. Duvarların hatıllardan güçlü olması durumunda ve hatılların duvarların güçlü olması durumunda oluşan hasar bölgeleri (İlki vd., 2020).....	104
Şekil 5. 10. Bölgesel göçme durumuna örnek yığma yapı (İlki vd., 2020)	105
Şekil 5. 11. Düzlem dışı doğrultuda belirgin dönme görülen yığma yapı örneği (İlki vd., 2020)	105
Şekil 5. 12. Temeldeki farklı oturmalardan kaynaklı hasar alan yığma yapı örneği (İlki ve Celep, 2011)	106

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocalarım Sayın Doç. Dr. Özge AKBOĞA KALE'ye ve Sayın Doç. Dr. Ali MORTAZAVİ'ye, çalışmalarım sırasında ve öğrenim hayatım boyunca maddi, manevi desteklerini esirgemeyerek hep yanımda olan değerli aileme yürekten teşekkür ederim.

Serhat YILMAZ

İzmir, 2024



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BETONARME VE YIĞMA YAPILARDA DEPREM KAYNAKLI GÖZLEMSEL HASAR TESPİT VE SÜREÇTE VERİ MADENCİLİĞİ

Serhat YILMAZ

İzmir Demokrasi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Özge AKBOĞA KALE

II. Danışman: Doç. Dr. Ali MORTAZAVİ

Ülkemiz aktif deprem kuşağında yer alan ülkelerden biridir. Bu nedenle deprem olduktan sonra birçok yapı maalesef hasar almaktadır. Hasar tespitinde yer alacak ekiplerin hasarın durumunu anlaması hasarlı yapının hangi hasar sınıfına karşılık geldiğini anlamak önem arz etmektedir. Ayrıca hasar tespiti yaparken sahadan veri toplama aşaması ve hasar tespitinde bulunan ekiplerin can güvenliği çok önemlidir.

Sahada hasar tespit sürecinde doğru verilerin elde edilmesi için alınacak olan hasar tespit eğitiminin anlaşılır olması ve sahadan elde edilen verilerin sonraki hasar tespit sürecine ışık tutması gerekir. Bu nedenle veri madenciliği tekniğinin doğru anlaşılması, toplanan verilerin tutarsız verilerden arındırılarak veri tabanlarında tutulması ve verilerin anlaşılır olması gereklidir. Bu çalışmada veri madenciliği tekniğinden faydalanılarak depremden sonra hasar tespit işlemlerinin aksamaması, hasar tespit sürecinde yer alan ekiplerin can güvenliği, sahadan doğru verilerin elde edilmesi ve sahada hasar tespit sürecinin literatüre katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında ülkemizde olası bir depremden sonra hasar tespit sürecinde bulunacak teknik ekiplerin veri madenciliği tekniğinden faydalanarak sahada hasar tespit sürecine daha iyi katkı koymaları hedeflenmektedir. Bu bakımdan çalışma hasar tespit sürecine rehberlik edecektir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat Sektörü, Hasar Tespit, Hasar Sınıfı, Yapısal Hasar, Veri Madenciliği, Veri Modelleme, Veri Değerlendirme

2024, 120 sayfa

ABSTRACT

M.Sc.

OBSERVATIONAL DAMAGE ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES DUE TO EARTHQUAKE AND DATA MINING IN THE PROCESS

Serhat YILMAZ

**İzmir Demokrasi University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özge AKBOĞA KALE

II. Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali MORTAZAVİ

Our country is one of the countries located in the active earthquake zone. For this reason, many structures are unfortunately damaged after an earthquake. It is important for the teams that will take part in damage assessment to understand the status of the damage and to understand which damage class the damaged structure corresponds to. In addition, while performing damage assessment, the data collection phase from the field and the life safety of the teams involved in damage assessment are very important.

In order to obtain accurate data during the damage assessment process in the field, the damage assessment training to be received must be understandable and the data obtained from the field must shed light on the subsequent damage assessment process. For this reason, it is necessary to understand the data mining technique correctly, to keep the collected data in databases by removing inconsistent data and to make the data understandable. In this study, by utilizing the data mining technique, it is aimed to prevent disruption of damage assessment processes after the earthquake, to ensure the safety of the teams involved in the damage assessment process, to obtain accurate data from the field and to contribute to the literature on the damage assessment process in the field.

Within the scope of this study, it is aimed that the technical teams that will be involved in the damage assessment process after a possible earthquake in our country will better contribute to the damage assessment process in the field by utilizing data mining techniques. In this respect, the study will guide the damage assessment process.

Keywords: Construction Industry, Damage Detection, Damage Class, Structural Damage, Data Mining, Data Modeling, Data Assessment

2024, 120 pages

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Daha önce ülkemizde meydana gelen pek çok depremde yapılan hasar incelemelerinde alınan hasar tespit eğitimlerinin net anlaşılamaması, hasar tespitinde yer alan ekiplerin yeterli tecrübeye sahip olmaması ve daha sonra olası bir depremde yapının göçme mekanizmasına erişebileceği düşüncesi gibi nedenlerden dolayı yapısal sisteminde önemli bir hasar olmamasına rağmen, kalın sıvalar, korozyona uğramış donatılar, soğuk derzler, deprem öncesi oluşan çatlaklar veya iyi bağlanmamış bölme duvarlar nedeniyle yapılar ağır hasarlı olarak değerlendirilmiş ve bunun neticesi olarak hatalı sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Hasar tespiti esnasında özellikle yapısal hasarlara odaklanmak gerekir. Korozyon sonucu oluşan çatlaklar, depremden çok daha önce oluşan hasarlar veya yapısal olmayan elemanlarda oluşan hasarlar zaman zaman hasar tespitinde bulunan teknik ekipleri yanıltabilir, yani taşıyıcı sisteminde hasar olmayan bir yapıyı kolay bir şekilde korozyon veya yapısal olmayan hasarlarla değerlendirerek ağır hasarlı olarak nitelendirebiliriz. Hatalı hasar tespit nedeni ile yapıya yıkım kararı çıkabilir ve insanların çoğu evsiz kalabilir. Deprem kaynaklı hasar tespiti yaparken odaklanılması gereken gerçekleşen depremin yapıya verdiği etkileri incelemektir. Yapısal olmayan hasarlar ve korozyon kaynaklı hasarlar bizi yanıltmamalıdır. Çünkü gerçekleşen depremden önce teknik ekipler söz konusu yapıyı incelemiş olsalar korozyon kaynaklı hasarla yine karşılaşabilirlerdi. Bu nedenle hasar tespiti yaparken bu tür durumlara dikkat edilmelidir.

Hasar tespit sürecinde veri madenciliği tekniğinden faydalanmak yarar sağlayabilir. Veri madenciliği tekniği ile veriler kolay anlaşılır nitelikte ve tutarsız verilerden arındırılmış biçimde, hem sonraki çalışmalara ışık tutabilmekte hem de sürekli güncellemeye olanak sağlayacak biçimde veri tabanlarında tutulabilmektedir. Ayrıca veri madenciliği sayesinde olası veri kayıpları önlenilmekte ve veri madenciliği tekniği sürekli iyileşme halindedir.

Araştırmanın ilk bölümünde deprem kavramı, deprem türleri ve deprem parametreleri ele alınmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde deprem kaynaklı hasarlar, deprem kaynaklı hasarın türleri, betonarme ve yığma yapılarda hasarlar ve nedenleri,

yapısal olmayan hasarlar ve hasar incelemeleri ele alınmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde, veri madenciliği kavramı, veri madenciliğinin gelişme sürecini etkileyen nedenler, veri madenciliğinin uygulama alanları, veri madenciliğinde karşılaşılan zorluklar, veri madenciliği türleri, veri madenciliği süreci, inşaat sektöründe veri madenciliği ve hasar tespit sürecinde veri madenciliği ele alınmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde sahada hasar tespit süreci ve hasarın değerlendirilmesi ele alınmıştır. Veri madenciliğinin iyileştirilmesinin ele alındığı beşinci bölüm sahada hasar tespit süreci dikkate alınarak iyileştirme sürecini içermektedir. Sonuç ve öneriler ile araştırma tamamlanmıştır.

1.2. Literatür Taraması

Tez çalışmasının kapsamına benzer çalışmaların varlığını araştırmak amacı ile Literatür taraması yapıldığında; betonarme ve yığma yapılarda oluşan hasarlar, hasarın nedenleri, hasarın türleri ele alınmıştır. Ayrıca inşaat sektöründe veri madenciliği ve tıp alanında yapılan veri madenciliği çalışmaları incelenmiştir. Genel anlamda betonarme ve yığma yapılarda hasarlar ve tıp alanında veri madenciliği tanımı akademik çalışmalar içinde çokça yer almasına rağmen, sahada hasar tespit sürecinde veri madenciliği konusunda akademik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ulusal düzeyde yapılan çalışmaları kapsayan araştırmada, aşağıda sıralanan başlıklar altında konuyla ilişkisi bulunabilecek çalışmalar tespit edilmiştir;

Şeyhmus GÖKER tarafından, “2011 Van Depremleri ve Kırsal Yapı Hasarları” başlıklı yüksek lisans tez çalışması 2014 yılında tamamlanmıştır. Bu çalışma ile Deprem, Deprem Türleri ve Deprem Parametreleri gibi ana unsurları içeren depreme ilişkin kavramlar detaylı olarak ele alınmıştır. Bu tez çalışmasında 2011 Van Depremleri sonrası kırsal alandaki hasar tespit çalışmaları değerlendirilmiş, mevcut yığma yapıların hasar durumları sınıflandırılmış ve sınıflandırmanın neye göre yapıldığı detaylı bir şekilde ifade edilmiştir. Ayrıca Erciş ilçesine bağlı yerleşim birimleri şiddet değerlerine göre renklendirilmiş ve şiddet haritası çıkarılmıştır. Çalışma depreme dayanıklı yapılar tasarlanmasına yardımcı olma bakımından kılavuzluk etmektedir (Göker, 2007).

Hasan ATAY tarafından, “Depremde Hasar Görmüş Yapıların Güçlendirme Yöntemleri ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler” başlıklı yüksek lisans tez

alışması 2010 yılında tamamlanmıştır. Bu tez çalışmasında ülkemizde yapı sistemleri ve deprem şiddeti ilişkisi, yapı sistemindeki deprem hasarları ve nedenleri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında mevcut güçlendirme ve onarım metotları kıyaslanıp farklı koşullara göre güçlendirme ve onarım metotları önerilmiştir. (Atay, 2010).

Mustafa YAVUZ tarafından, “İnşaat Mühendisliği Eğitimi, Proje ve Şantiye Yönetimlerinde Mesleki Etik Sorunların Yapı Hasarlarına Etkileri, Etik Farkındalığın Oluşturulması” başlıklı yüksek lisans tez çalışması 2019 yılında tamamlanmıştır. Bu tez çalışmasında proje ve şantiye yönetimlerinde mesleki etik sorunları, yönetimde ve uygulamada etik dışı davranışlar, betonarme yapılarda deprem sonrası oluşan hasarlar araştırılmıştır. Çalışma inşaat mühendislerine rehber olarak görölmektedir (Yavuz, 2019).

Beyza GÜLTEKİN tarafından, “Betonarme Yapılarda Yapısal ve Yapısal Olmayan Hasarların Derin Öğrenme ile Tespiti” başlıklı yüksek lisans tez çalışması 2022 yılında tamamlanmıştır. Tez çalışmasında deprem sonrasında betonarme binalarda oluşan hasarların tespitinde mühendislere yardımcı olabilecek yapısal eleman hasarlarını yapısal olmayan eleman hasarından ayıran bir sistem geliştirilmiştir. Fay hatları üzerinde bulunan ülkemizde depremlerin ardından verilen can ve mal kayıpları göz önünde bulundurulduğunda bu çalışma insan hayatına doğrudan katkı sunmaktadır (Gültekin, 2022).

Güralp AYDEMİR tarafından, “Structural Damage Detection With Transfer Function Parameter Changes” başlıklı yüksek lisans tez çalışması 2021 yılında tamamlanmıştır. Tez çalışmasında transfer fonksiyonunun parametre değişimleri ile bina türü yapılar için hasarın yerinin ve seviyesinin tespitinin yapılabileceği bir sistem geliştirilmiştir. Önerilen yöntem hem hasarın şiddetini hem de hasarlı katı minimum sayıda sensör kullanarak tespit edebildiği için Yapı Sağlığı İzleme çalışmalarında önemli bir gelişme olarak gösterilebilir (Aydemir, 2021).

Fezayil SUNCA tarafından, “Betonarme Binalarda arpışma Etkisinin Sarsma Masası Deneyleri ile İncelenmesi ve Deneysel Yöntemlere Dayalı Hasar Tespiti” başlıklı doktora çalışması 2023 yılında tamamlanmıştır. Tez çalışmasında sarsma masası üzerinde gerçekleştirilen deneyler ile binaların farklı çarpışma türleri için çarpışma davranışlarının belirlenmesi, çarpışma sonrası oluşan hasarların binaların

performanslarına olan etkilerinin deneysel yöntemler kullanarak incelenmesi ve çarpışma etkilerini azaltmak için kullanılabilecek uygun yöntemlerin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Yapı Sağlığı İzleme Laboratuvarında bulunan sarsma masasının kapasitesi göz önünde bulundurularak 1/2 ölçekli betonarme düzlem çerçeve bina modelleri kullanılmıştır. Ayrıca Frekans değişimleri ile yürütülen hasar tespit çalışmalarının yanı sıra mod şekillerindeki değişimleri dikkate alan hasar tespit yöntemleri çalışmada kullanılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde çarpışmanın betonarme yapıların yapısal tepkilerini önemli ölçüde artırdığı, çarpışma türlerinin yapısal hasarlar üzerinde önemli etkilerinin olduğu ve çarpışma bölgelerinde kullanılan kauçuk levhaların çarpışma nedeniyle oluşan yapısal tepkileri önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Çalışma yapı tasarımında inşaat mühendislerine rehber olarak gösterilebilir (Sunca, 2023).

Abdulhalim KARAŞIN ve Mehmet Emin ÖNCÜ tarafından 2009 yılında yayımlanan "Çok Katlı Yığma Binaların Deprem Güvenliklerinin Değerlendirilmesi" adlı makalede Bingöl ilindeki yığma binaların deprem sonrası hasarları ile Diyarbakır ilinde son dönemlerde denetimsiz olarak inşa edilmiş çok katlı yığma binaların meydana getirdiği kentsel doku hasarları ve sismik hareketler sonucu meydana gelebilecek yıkımlar değerlendirilmiştir. Makalede söz konusu yığma binaların, 1975 ve 1997 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ile 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik esaslarına çok büyük bir oranda uygun olmadığı yönünde değerlendirmelerde bulunulmuştur (Karaşin ve Öncü, 2009).

Halil SEZEN, Andrew S. WHITTAKER, Kenneth J. ELWOOD ve Khalid M. MOSALAM tarafından 2003 yılında yayımlanan "Performance Of Reinforced Concrete Buildings During The August 17, 1999 Kocaeli, Turkey Earthquake, And Seismic Design And Construction Practise İn Turkey" adlı makalede 17 Ağustos 1999'da Türkiye'nin kuzeybatısında meydana gelen 7,4 büyüklüğündeki depremde çok sayıda betonarme binanın çöktüğü veya ağır hasar gördüğü, kaydedilen en yüksek yer ivmeleri, yapısal hasarın büyüklüğüyle karşılaştırıldığında nispeten düşük olduğu belirtilmiştir. Dönemin deprem yönetmeliği gereklilikleri tartışılmış ve gözlemlenen ayrıntılarla karşılaştırılmış, deprem hasarı nedeniyle pek çok yapısal eksiklik vurgulanmıştır. Yetersiz sargılama ve enine donatıya sahip betonarme kolonlar, kolonların enine donatılarındaki 90 derecelik kancalar, kiriş-kolon birleşim bölgelerinde zayıf detaylandırma, güçlü kiriş ve zayıf kolonlar, yumuşak ve zayıf

katlar ve kalitesiz inşaat gibi olumsuzluklar ifade edilmiştir. Perde duvar yapısal elemanına sahip binaların genel olarak iyi performans gösterdiği vurgulanmıştır (Sezen vd., 2003).

Emrah MERAL tarafından 2019 yılında yayımlanan "Betonarme Binalarda Kısa Kolon Etkilerinin Araştırılması" adlı makalede kısa kolon davranışının betonarme yapılar üzerindeki etkileri doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analizlerle değerlendirilmiştir. Bu sebeple hiçbir düzensizliği bulunmayan 4 ve 7 katlı referans binalar 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarlanmıştır. Daha sonra bu binaların zemin katındaki x yönünde en dış iki aksındaki kolonların net boylarının azaltılmasıyla kısa kolonlu bina modelleri hazırlanmıştır. Bu kapsamda, 3-B bina modellerinin her iki asal doğrultularında 12 adet gerçek deprem ivme kaydıyla toplamda 96 adet analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre yapı elemanlarının hasar seviyeleri belirlenmiştir. Değerlendirmelere göre 4 ve 7 katlı kısa kolonlu modellerde zemin kat kolonlarında sırasıyla %40 ve %60 dolayında göçme hasarı tespit edilmiştir. Makalede kısa kolonlu modellerde referans binalarına göre taban kesme kuvveti talepleri fazla olurken deplasman taleplerinin ise düşük olduğu yönünde değerlendirmelerde bulunulmuştur (Meral, 2019).

Varol KOÇ tarafından 2015 yılında yayımlanan "Deprem Öncesi ve Sonrası Gözlenen Beton ve Donatı Korozyonları ile Kısa Kolon Hasarlarının İncelenmesi" adlı makalede betonarme yapılarda kısa kolon yoksa bile, korozyon etkisiyle, zayıflamış kolonların ya basınç göçmesinden ya da kısa kolon davranışına benzer şekilde ani kesme kırılmalarından göçebildikleri ve korozyon etkisinin nedenleri yönünde değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bu nedenle korozyon etkisi tespit edilen yapıların kısa surede uygun bir şekilde onarılması ve bu etkilerden korunması ile ilgili yalıtım işlemlerinin yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca makalede çeşitli deprem öncesi ve sonrası yapılmış hasar tespit çalışmalarına dayanılarak korozyon ve kısa kolon hasar ve davranışları özetlenmeye çalışılmıştır (Koç, 2015).

İffet Feyza ÇIRAK tarafından 2011 yılında yayımlanan "Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar, Nedenleri ve Öneriler" adlı makalede Türkiye'de özellikle kırsal bölgelerde karşımıza çıkan yığma yapıların tercih nedenlerinden, yapıldıkları malzemelerden ve çoğunun yeterli mühendislik bilgisi olmadan standartlara bakılmaksızın gelişigüzel olarak inşa edildiklerinden bahsedilmiştir. Ayrıca bu tür yapıların hem sünekliklerinin

düşük olduğu hem de deprem enerjisi tüketme kapasitelerinin betonarme yapılara oranla oldukça az olduğu ifade edilmiştir. Bu nedenle bu tür yapıların hasar şekillerinin incelenmesi ve bu doğrultuda önlemler alınması gerektiği vurgulanmıştır. Söz konusu makalede yığma yapılarda oluşabilecek hasar şekilleri, geçmişte yapılan çalışmalar da irdelenerek ortaya konulmuş ve bu yönde bazı öneriler getirilerek çözüm odaklı değerlendirmelerde bulunulmuştur ([Çırak, 2011](#)).

Abdulkadir GÜLEÇ tarafından 2023 yılında yayımlanan "Investigation of the Effects of Kahramanmaraş Earthquakes on Masonry Structures" adlı makalede 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahraman Maraş Depremi sonrası Kahraman Maraş ilindeki yığma yapılarda oluşan hasar tipleri ve nedenleri araştırılmıştır. Yapılan araştırmada düzlem içi hasar ve düzlem dışı hasar olmak üzere iki temel hasar mekanizmasına rastlanmıştır. Özellikle yükseklik/kalınlık oranının fazla olduğu, lento veya hatıl bulunmayan ve alt katı çift sıra üst katı tek sıra örülmüş duvarlara sahip yığma yapılar düzlem dışı etkiden oldukça fazla etkilenmiş ve ağır hasar almışlardır. Düzlem dışı hareketin daha çok yapının üst katındaki duvarlarda olduğu görülmüştür. Makalede yıkılmamış ancak ağır hasarlı veya orta hasarlı yığma yapılarda düzlem içi hasar etkileri görülmüş ve düzlem içi hasarda en çok karşılaşılan problemin nedenin taşıyıcı duvarlarda geniş kapı ve pencere boşluklarının oluşturulması yönünde değerlendirmelerde bulunulmuştur ([Güleç, 2023](#)).

İffet Feyza ÇIRAK tarafından 2011 yılında yayımlanan "Betonarme Binalarda Gözlenen Hasarlar, Nedenleri ve Öneriler" adlı makalede Türkiye’de betonarme yapıların tercih nedenlerinden, imalatında telafisi zor hatalar yapmamak için, son derece titiz davranılması gerektiğinden bahsedilmiştir. Ayrıca makalede betonarme binalarda bulunan taşıyıcı olmayan ve taşıyıcı olan elemanlarda oluşabilecek çatlaklar ve hasar türleri irdelenmiş, oluşan hasarların nedenleri araştırılmış olup bu yönde çözüm önerileri getirilerek çözüm odaklı değerlendirmelerde bulunulmuştur ([Çırak, 2011](#)).

Ümit Can KUMDERELİ tarafından, “Tıp Bilişimi ve Veri Madenciliği Uygulamaları: EEG Sinyallerindeki Epileptiform Aktiviteye Veri Madenciliği Yöntemlerinin Uygulanması” başlıklı yüksek lisans tez çalışması 2012 yılında tamamlanmıştır. Tez çalışmasında tıp bilişiminin bir alt kolu olan tıbbi görüntü ve sinyal analizi alanı ele alınmıştır. Elektroansefalografi (EEG) cihazlarından almış

oldukları verileri kendi geliştirdikleri yazılım sayesinde analiz edilip, ayrık fourier ve dalgacık dönüşümüne tabi tutulmuştur. Daha önce yapılan çalışmalardan ayrı olarak 19 kanallı 30 dakikalık rutin çekimler sonucu elde edilen veriler kullanılmış olup bu veri setine uygun öznitelik parametreleri seçilmiştir. Verilerin veri madenciliği sürecinde öznitelik parametrelerine karşılık gelen öznitelik değerleri hesaplanmıştır. Ardından veriler üzerinde çeşitli sınıflandırma algoritmaları uygulanarak; bu algoritmaların yüksek doğruluk oranı ile epileptik aktiviteyi teşhis edenleri belirlenmiştir. Tez çalışması nöroloji uzmanlarının ileride epileptik aktiviteyi belirlemede teşhis süresini ve teşhisin doğruluğunu artıracak bir model oluşturmaya olanak sağlayabilir ([Kundereli, 2012](#)).

Kıyas KAYAALP tarafından, “Asenkron Motorlarda Veri Madenciliği ile Hata Tespiti” başlıklı yüksek lisans tez çalışması 2007 yılında tamamlanmıştır. Tez çalışmasında veri madenciliği tekniği ile üç fazlı asenkron motordaki sargı spirleri arasında oluşabilecek kısa devre veya yalıtım bozuklukları ve motor milinde oluşabilecek mekanik dengesizlik hatalarının tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada WEKA veri madenciliği yazılımı kullanılmış ve çalışma sonucunda RepTree karar ağacının ürettiği kuralların geçerliliği ispatlanmıştır. Elde edilen kurallara göre asenkron motorlarda hataların bulunması için tek faz akımı yeterli olduğu yönünde değerlendirmede bulunulmuştur ([Kayaalp, 2007](#)).

Muhammet AKMAN tarafından, “Veri Madenciliğine Genel Bakış ve Random Forests Yönteminin İncelenmesi: Sağlık Alanında Bir Uygulama” başlıklı yüksek lisans tez çalışması 2010 yılında tamamlanmıştır. Tez çalışmasında özellikle tahminleme başarısı oldukça yüksek olan ağaç tabanlı veri madenciliği yöntemi Random Forests kullanılarak periodontoloji alanında elde edilen veri setindeki bireylere tanı koyma çalışması yapılmıştır. Tez çalışması ile sağlık alanında veri madenciliği yöntemlerinin kullanılmasının faydalı olacağı gösterilmeye çalışılmıştır ([Akman, 2010](#)).

Sara FARBOUDİ tarafından, “Tıp Bilişiminde İstatistiksel Veri Madenciliği” başlıklı yüksek lisans tez çalışması 2009 yılında tamamlanmıştır. Tez çalışması ile veri madenciliğinde en sık kullanan yöntemlerden sınıflandırma yöntemlerinde, karar ağacı algoritmalarını incelemek ve bu algoritmaları kullanarak SPSS Clementine programının aracılığı ile üroloji bölümü verilerinin analizini yapmak amaçlanmıştır.

Bu kapsamda hastaneden alınan gerçek veriler kullanılarak karar ağacı algoritmaları ile sınıflandırma yapılmıştır. Algoritmanın tercih nedenleri arasında sonuçların hem grafik olarak hem de yazı ve rakamlarla kolayca ifade edilebilmesi, uygulamasının kolay olması ve hızlı çalışması gösterilmiştir. Tez çalışmasında veriler amaçlandığı gibi temin edilemediğinden dolayı istenilen sonuçlar elde edilememiştir (Farboudi, 2009).

Sezgin IRMAK tarafından, “Veri Madenciliği Yöntemleri ile Sağlık Sektörü Veri Tabanlarında Bilgi Keşfi: Tanımlayıcı ve Kestirimci Model Uygulamaları” başlıklı doktora çalışması 2009 yılında tamamlanmıştır. Tez çalışmasında sağlık alanındaki veri madenciliği uygulamalarının hangi adımlardan oluşacağı ortaya konulmuş, bu alanda var olan literatürden teorik ve uygulama bilgisi aktarılmıştır. Uygulama aşamasında ise hali hazırda işleyen bir hastane veri tabanında bazı önemli veri madenciliği teknikleri uygulanmış ve sonuçları aktarılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan modeller ile hastanede konsültasyon hizmetleri örüntülerinin belirlenmesi ve hastanenin gelecekteki hasta yoğunluğunun tahmin edilmesi uygulamaları gerçekleştirilmiştir (Irmak, 2009).

Mehmet ALBAYRAK tarafından, “EEG Sinyallerindeki Epileptiform Aktivitenin Veri Madenciliği Süreci ile Tespiti” başlıklı doktora çalışması 2008 yılında tamamlanmıştır. Tez çalışmasında elektroensefolagram (EEG) verileri üzerinde, epileptik aktivitelerin olup olmadığının belirlenmesi ve daha sonraki aşamalarda geliştirilecek ilave yazılımlarla otomatik teşhis koymaya yardımcı bir araç geliştirilmesi amaçlanmıştır. Tez çalışmasında verilerin veri madenciliği süreçleri kapsamında sınıflama ve kümeleme algoritmaları kullanarak belirlenen öznelik değerleri hesaplanmıştır. Belirlenen öznelikler için elde edilen sonuçlar seçilen bazı algoritmaların yüksek doğruluk oranı ile epileptik aktiviteyi tespit ettiği görülmüştür. En yüksek doğruluk oranını verdiği tespit edilen algoritmalar yardımı ile bu alanda çalışan uzmanların epileptik aktivite teşhisi koymalarına zemin oluşturmak, ilgililerin teşhis sürecinde karar vermelerini kolaylaştırmak ve konulan teşhislerde doğruluk oranını yükselterek, Türkiye’de nöroloji ve bilgisayar bilimleri literatürüne katkı sağlanması hedeflenmiştir. Çalışma bu bakımdan ele alındığında, güncel bir uygulama olarak önem taşımaktadır (Albayrak, 2008).

Abdullah Emre KELEŞ tarafından, “İnşaat Projelerinde Şantiye Şeflerinin Liderliği ve Çalışan Motivasyonu İlişkisinin Veri Madenciliği ile Belirlenmesi” başlıklı doktora çalışması 2016 yılında tamamlanmıştır. Doktora araştırmasında, inşaat firmalarında görev yapan şantiye şefleri ve onlarla birlikte çalışanlar üzerinden iki yönlü bir anket uygulanmıştır. Liderlik, iki farklı perspektiften değerlendirilmiştir. Çalışmada, birliktelik kural çıkarımı gibi veri madenciliği teknikleri kullanılarak, şantiye şeflerinin liderlik özellikleri ile çalışanların motivasyonları arasındaki bağlantılar ortaya konulmuş ve analiz edilmiştir (Keleş, 2016).

Carlos H. CALDAS, Lucio SOİBELMAN ve Jiawei HAN tarafından 2002 yılında yayımlanan "Automated Classification of Construction Project Documents" adlı makalede inşaat proje dökümanlarının büyük bir kısmının metin formatında olduğu ve bu dökümanlardaki bilgilere daha düzenli ve iyileştirilmiş bir erişim sağlamak için bir bilgi sınıflandırma şemasının zorunlu olduğu vurgulanmıştır. Bu bağlamda, bilgi paylaşımını kolaylaştırmak amacıyla ortak çerçeve sunan bir şema geliştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, bu şema temelinde bir belge sınıflandırma sistemi oluşturulmuştur (Caldas vd., 2002).

Chester G. WILMOT ve G. CHENG tarafından 2003 yılında yayımlanan "Estimating Future Highway Construction Costs" adlı makalede ABD'nin Louisiana eyaletindeki ilerleyen yıllar için otoyol inşaat maliyetlerini öngören bir model geliştirilmesi hedeflenmiştir. İlerleyen yıllardaki inşaat maliyetlerinin tahmini, işçilik hizmeti, malzemeler, ekipman ve beklenen mukavele detaylarına dayalı fiyat endeksleri üzerinden ele alınmıştır (Wilmot ve Cheng, 2003).

Chia-Wen LIAO ve Yeng-Horng PERNG tarafından 2007 yılında yayımlanan "Data Mining for Occupational Injuries in The Taiwan Construction Industry" adlı makalede, 1999-2004 yılları arasında Tayvan inşaat sektöründeki iş kazalarının nitelikleri saptamak için kural madenciliği yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, iş kazaları neticesinde meydana gelen ölümlerde yağmurun da içinde bulunduğu çeşitli etkenlerin kuvvetli bir rol oynadığı tespit edilmiştir (Liao ve Perng, 2008).

Mümine KAYA, Abdullah Emre KELEŞ ve Emel Laptalı ORAL tarafından 2013 yılında yayımlanan "Construction Crew Productivity Prediction by Using Data Mining Methods" adlı makalede, inşaat firmalarında görev yapan seramik işçileri üzerinden yapılan bir anketle, ekip adetleri, iş tecrübesi ve yaş ortalamaları gibi faktörlerin

verimlilik üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu araştırmada, inşaat alanında seramik verilerinin ölçme yöntemleri kullanılarak analiz edilmesi ve bu verilerden yola çıkarak girdilere göre verimlilik artışını sağlayacak stratejilerin ve kuralların belirlenmesi ele alınmıştır ([Kaya vd., 2013](#)).

Cengiz ÖZEL ve Alper TOPSAKAL tarafından 2014 yılında yayımlanan "Veri Madenciliği Kullanarak Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesi" adlı makalede, betonun basınç mukavemetini tespit etmek amacıyla Veri Madenciliği teknikleri kullanılarak çeşitli modeller oluşturulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, Veri Madenciliği yöntemleri kullanılarak beton basınç mukavemeti için gerçeğe yakın tahminler yapılabilmektedir ([Özel ve Topsakal, 2014](#)).

Adil BAYKASOĞLU tarafından 2005 yılında yayımlanan "Veri Madenciliği ve Çimento Sektöründe Bir Uygulama" adlı çalışmada, çimentoların önemli bir özelliği olan basma dayanımının tahmine dayalı olarak belirlenmesi için veri madenciliği metotlarının kullanılması hedeflenmiştir. Araştırmada, portland kompozit çimentonun basma dayanımını tahmin etmek amacıyla gen denklem programlama ve yapay sinir ağları gibi veri madenciliği metotları tercih edilmiştir ([Baykasoğlu, 2005](#)).

Ahmet DURAP ve Yunus DOĞAN tarafından 2014 yılında yayımlanan "İnşaat Mühendisliğinde Bilişim Kavramı ve Veri Madenciliği Algoritmaları ile Bir Uzman Sisteminin Oluşturulması" adlı çalışmada, inşaat sektöründe toplanan ve kullanılan bilgi bolluğundan ötürü, izlenebilir ve elektronik bir sistemin kurulması gerekliliği vurgulanmıştır. En uygun malzeme ve yöntemleri tespit etmek amacıyla bir sistem geliştirilmiş ve bu sistemin, geri bildirimlerle sürekli olarak iyileştirilmeye yönelik eğitilmesi hedeflenmiştir ([Durap ve Doğan, 2014](#)).

Abdullah Emre KELEŞ ve Mümine KAYA tarafından 2014 yılında yayımlanan "Duvar İnşa Edilmesinde Verimliliği Etkileyen Faktörlerin Apriori Veri Madenciliği Yöntemi Kullanılarak Analizi" adlı çalışmada, inşaat sektöründe duvar ustalarından alınan demografik veriler kullanılarak, çalışma randımanını artırmak için Birliktelik Kuralları türetilmiştir. Bu çalışma, verimliliği etkileyen unsurları belirlemek ve iyileştirmek için veri madenciliği tekniklerinden yararlanmıştır ([Keleş ve Kaya, 2014](#)).

2. DEPREM: TANIMI VE TEMEL PARAMETRELERİ

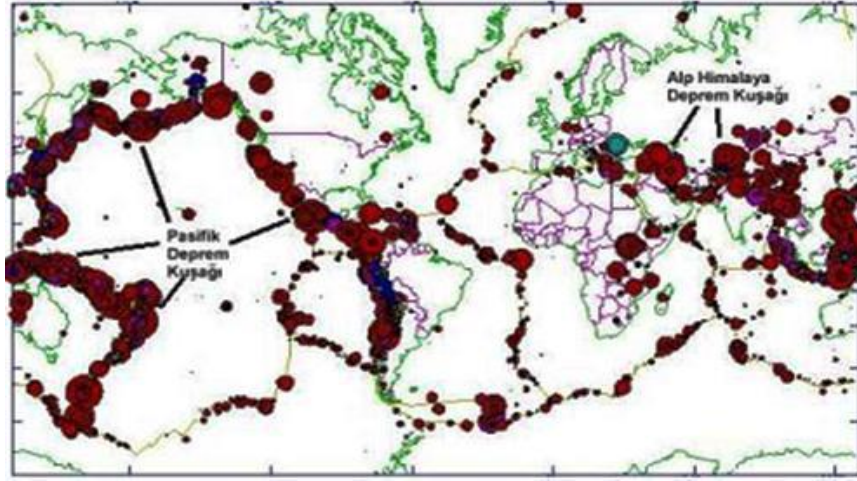
Yer kabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayına deprem denir ([AFAD](#)). Bu titreşimler çok yönlü hareketlerdir. Dünyanın yüzeyi kararlı gibi görünse de sürekli bir değişim halindedir. Bu değişim çok yavaş bir şekilde gerçekleştiği için ancak özel bilimsel metotlarla saptanabilmektedir. Yer yüzünde milyarlarca yıl süregelen bu değişimler gerçekleşirken insanların bedelini çok ağır ve acı bir şekilde ödemek zorunda kaldığı doğa olayları meydana gelmektedir.

Depremler, oluş nedenlerine bağlı olarak çeşitli türlerde ortaya çıkabilir. Genellikle dünyadaki depremlerin büyük bir kısmı, tektonik levhaların hareketleri sonucunda meydana gelmektedir. Ancak, levha sınırları dışında da bazı doğal nedenlere bağlı olarak ortaya çıkan deprem türleri bulunmaktadır. Depremler, oluşum mekanizmalarına, derinliklerine, uzaklıklarına ve büyüklüklerine göre dört ana gruba ayrılabilir.

2.1. Oluşumlarına Göre Depremler

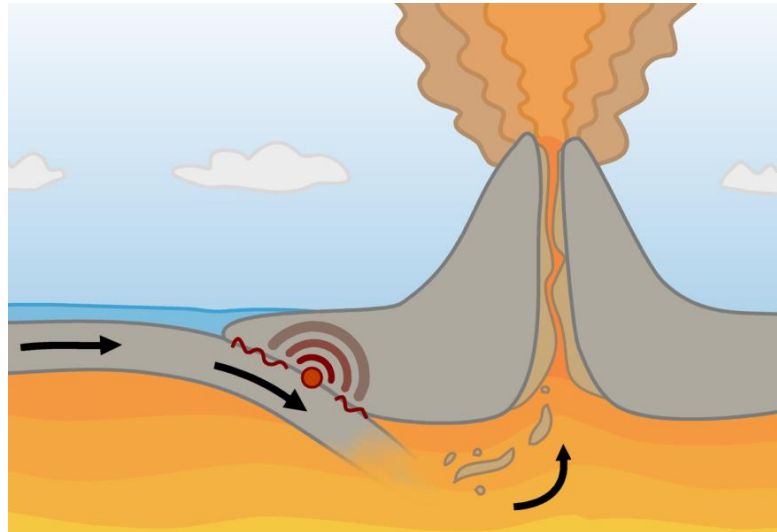
Depremler oluşum nedenlerine göre tektonik, volkanik, çöküntü ve yapay depremler olarak gruplandırılmaktadır.

Tektonik Depremler: Dünyada yaygın bir biçimde görülen, büyük hasarlara ve yıkımlara neden olabilen ülkemizde de yaşadığımız ve büyük kayıplara neden olan depremler tektonik depremlerdir.



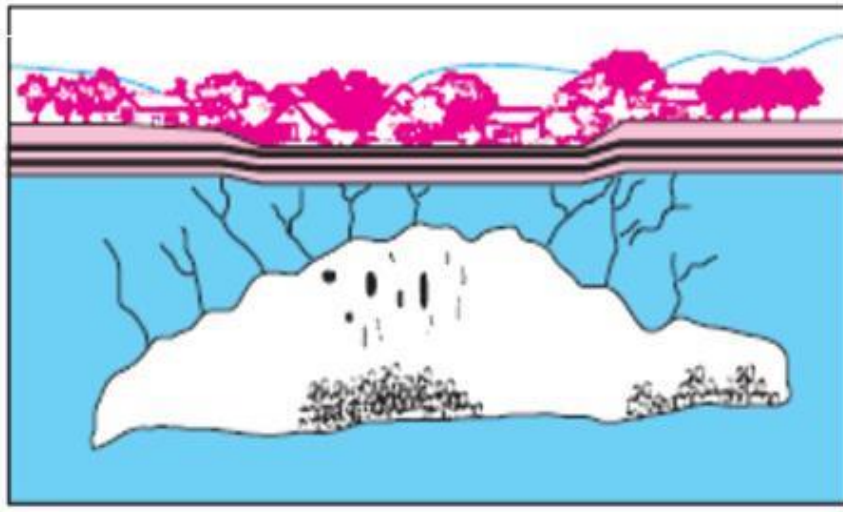
Şekil 2. 1. Yeryüzünde tektonik depremlerin yoğun olduğu bölgeler (Tubitak.gov.tr)

Volkanik Depremler: Magmadan kaynaklanan sismik olaylar olarak bilinen volkanik depremler, yerin derinliklerindeki magma hareketinin yüzeye çıkarken meydana getirdiği fiziksel ve kimyasal değişimlerin neden olduğu, genellikle patlayıcı gazların volkanlardan yükselmesiyle ortaya çıkan olaylardır. Japonya ve İtalya'da gerçekleşen depremlerin bir kısmı bu kategoriye dahil edilebilir. Türkiye'de faal bir yanardağ bulunmaması nedeniyle, bu tür depremler meydana gelmez.



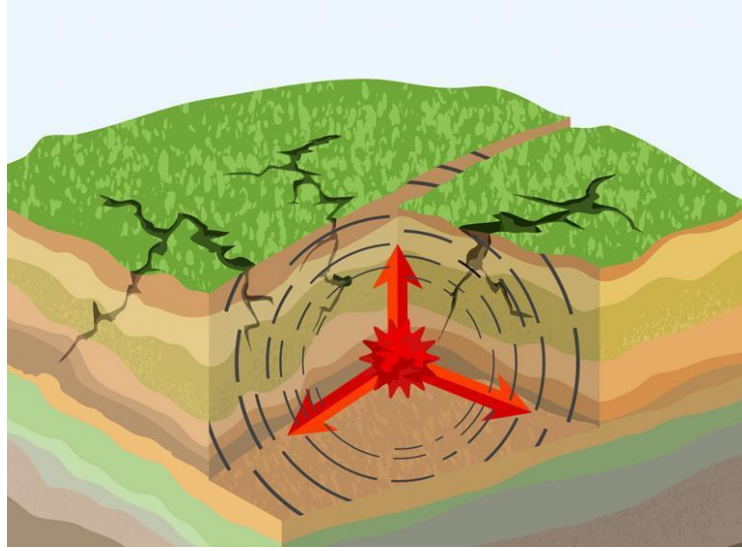
Şekil 2. 2. Volkanik Deprem Oluşumu (Wikimedia.org)

Çöküntü Depremler: Yeraltında kireçtaşlarında oluşan karstik boşlukların (mağara), kömür ocaklarında galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde erime sonucu oluşan boşlukları tavan bloğunun çökmesi ile oluşurlar. Hissedilme alanları yerel olup enerjileri azdır fazla zarar getirmezler. Büyük heyelanlar ve gökten düşen meteorların da küçük sarsıntılara neden olduğu bilinmektedir. Örneğin; Zonguldak ilinde şehir altından düzensiz bir biçimde maden çıkarıldığında, yeraltındaki madenlerin boşalttığı alanları üstteki toprakların çökmesi sureti ile doldurarak çöküntü kaynaklı depremler oluşabilir (Göker, 2014).



Şekil 2. 3. Çöküntü deprem oluşumu (Tubitak.gov.tr)

Yapay Depremler: Nükleer patlamalar, enerji kaynakları olarak sismik dalga üreten unsurlar (patlayıcı, dinamit), yüzey enerji kaynakları (ağırlık düşürme, dinoseis, viroseis) kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların bir sonucu olarak ortaya çıkan bu depremlerle ilişkilidir.

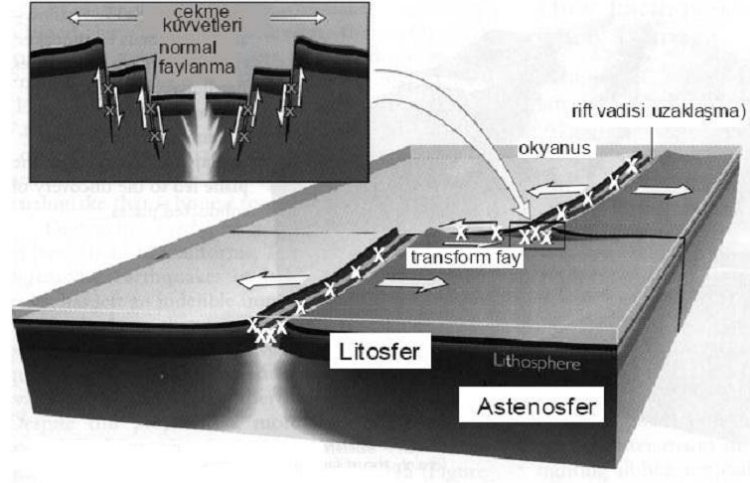


Şekil 2. 4. Yapay deprem oluşumu (Tubitak.gov.tr)

2.2. Derinliklerine Göre Depremler

Depremler, meydana geldikleri derinliğe göre sınıflandırılabilir ve bu sınıflandırma, depremin karakteristik özelliklerini anlamak açısından önemlidir. Depremler genellikle derinliklerine göre üç ana kategoriye ayrılır: sığ depremler, orta derinlikte depremler ve derin depremler.

Sığ Depremler: Yerin 0 ile 60 kilometre derinliğinde meydana gelen depremler, sığ depremler olarak sınıflandırılır. Sığ depremler, genellikle dar bir bölgede yoğun bir şekilde hissedilir ve bu bölge içinde önemli hasarlara yol açabilirler. Şekil 2. 5'te gösterildiği gibi, sığ odaklı depremler genellikle okyanus ortası sırtlarda ve transform faylar boyunca meydana gelirken; orta ve derin odaklı depremler yitim kuşakları boyunca oluşurlar. Türkiye'deki depremler genellikle sığ odaklıdır ve derinlikleri genellikle 0-35 km arasında değişmektedir.



Şekil 2. 5. Levha sınırlarında oluşan iki tür deprem: okyanusal sırtta levhaların uzaklaşmasından kaynaklanan normal faylarla yan yana kaydığı transform fay (Yürür, 2005).

Orta Derinlikteki Depremler: 60 ile 300 kilometre arasındaki derinlikte meydana gelen sismik olaylar, genellikle dalma-batma zorlamalarının etkisi altında ortaya çıkarlar. Bu tür derin depremler, geniş coğrafi bölgelerde yaygın olarak hissedilirler, ancak gerçekleştirdikleri hasar genellikle sınırlıdır.

Derin Depremler: Yer kabuğunun 300 ile 700 kilometre arasındaki derinliklerde ortaya çıkan sarsıntılardır. Yerkürenin üst manto tabakasında oluşan sismik hareketlerdir. Geniş bir bölgede hissedilebilirler fakat neden oldukları hasar nispeten düşüktür. Depremler, Moho Süreksizliği altında birdenbire azalma gösterir ve yaklaşık 700 kilometre derinlikte etkisini kaybeder. Özellikle orta büyüklükte meydana gelen depremler, okyanus ortası sırtlarında genellikle 10 kilometre veya daha az bir derinlikte gerçekleşirler. Transform fay hatlarında 20 kilometreye kadar derinliklerde büyük sarsıntılar meydana gelirken, çok büyük depremler dalma-batma zonlarında oluşurlar.

2.3. Uzaklıklarına Göre Depremler

Depremler, merkez üssünden uzaklıklarına göre de sınıflandırılabilir. Depremin merkez üssüne olan uzaklığı, depremin yıkıcı etkilerini ve hissedilme şiddetini

belirlemede önemli bir faktördür. Bu sınıflandırma, depremlerin gözlemlendiği ve hissedildiği bölgelerin özelliklerini anlamak açısından önemlidir. Depremler genellikle uzaklıklarına göre üç ana kategoriye ayrılabilir: yerel depremler, bölgesel depremler ve uzak depremler.

Yerel Depremler: Sismik aktivitenin merkez noktasından yaklaşık 100 kilometre uzaklığa kadar gerçekleşen depremlerdir. Bu tür depremlere örnek olarak Türkiye'de meydana gelen Marmara, Adapazarı, Düzce ve Yalova depremleri gösterilebilir.

Bölgesel Depremler: Bu depremler, sismik aktivitenin merkez noktasından yaklaşık 500 kilometre uzaklığa kadar gerçekleşen depremlerdir.

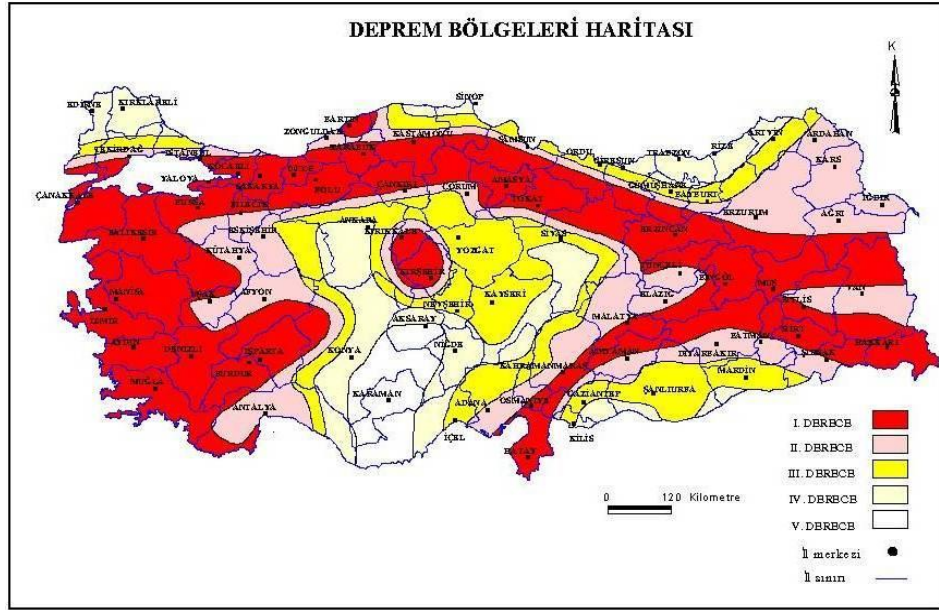
Uzak Depremler: Bu depremler, sismik aktivitenin merkez noktasından yaklaşık 1000 kilometre uzaklığa kadar gerçekleşen depremlerdir.

2.4. Büyüklüklerine Göre Depremler

Burada 'M' harfi, bir deprem esnasında meydana gelen enerjinin miktarına göre hesaplanan deprem büyüklüğünün sayısal ifadesini göstermektedir.

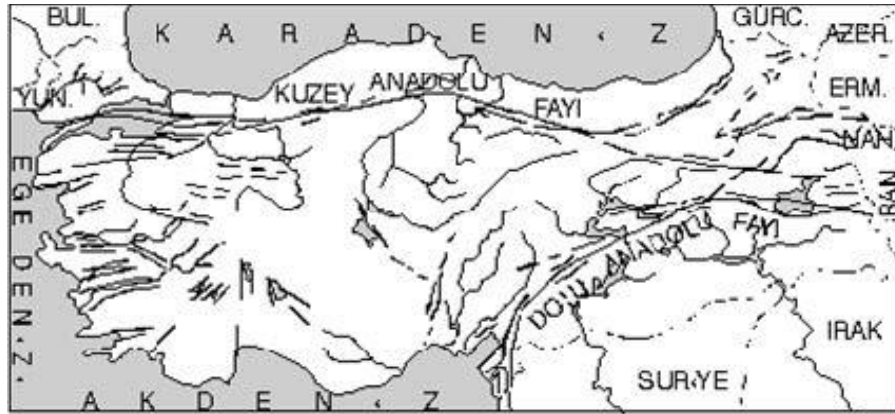
- Ultra-mikro depremler : $M < 1.0$
- Mikro depremler : $1.0 \leq M < 3.0$
- Küçük depremler : $3.0 \leq M < 5.0$
- Orta büyükteki depremler : $5.0 \leq M < 7.0$
- Büyük depremler : $7.0 \leq M < 8.0$
- Çok büyük depremler : $M \geq 8.0$

Türkiye, dünyanın en hareketli sismik kuşaklarından birinde bulunmaktadır. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Şekil 2. 6) incelendiğinde, Türkiye coğrafyasının yaklaşık %92'sinin deprem riski taşıyan alanlar içinde yer aldığı, ve nüfusunun yaklaşık %95'inin deprem tehlikesiyle karşı karşıya olduğu görülmektedir (Özmen ve ark. 1997).



Şekil 2. 6. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı 1997)

Türkiye'nin kuzey kısmında Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) yer alırken, güney bölümünde Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) bulunmaktadır. (Bkz. Şekil 2. 7)



Şekil 2. 7. Türkiye Diri Fay Haritası (Pampal ve Özmen, 2006)

Kuzey Anadolu Deprem (Fay) Kuşağı (KAF): Türkiye'nin doğusundan batısına kadar uzanan Kuzey Anadolu Fayı, yaklaşık olarak 1500 kilometrelik bir mesafe kateder. Bu fay hattı, Marmara Bölgesinde Saros Körfezi'nden başlayıp, Doğu Anadolu Bölgesinde Aras Vadisi'ne kadar devam eder.

Doğu Anadolu Deprem (Fay) Kuşağı (DAF): Doğu Anadolu Fayı, İskenderun Körfezi'nden başlayarak Van'ın doğusuna doğru yay şeklinde bir rota izler. Bu fay hattı, Kuzey Anadolu Deprem Kuşağı ile Bingöl'ün Karlıova bölgesinde çöküntü etrafında kesişir. Bunun yanı sıra, Doğu Anadolu'da, Van Gölü etrafında kuzey tarafında Malazgirt, Ağrı-Tutak ve Aşkale-Erzurum Pasinler-Horasan bölgelerine kadar uzanan aktif faylar bulunmaktadır.

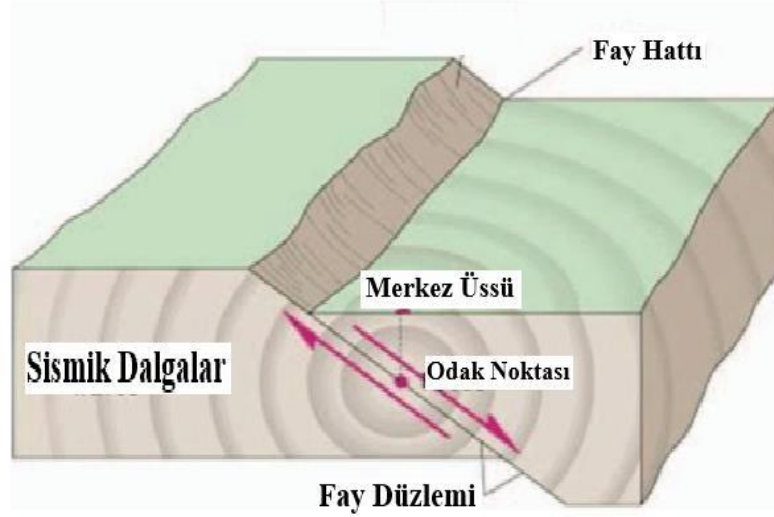
Bu faylar aktif bir hareket içindedir ve zamanla bir dizi depreme neden olarak yapısal hasarlara ve ölümlere yol açmıştır. Türkiye'de gerçekleşen pek çok depremin arkasındaki temel sebep, Doğu Anadolu Fay Hattı gibi ana fay hatlarıdır ([Karaşin, 2009](#)).

Deprem parametreleri, bir depremin farklı özelliklerini belirlemek için kullanılan ölçümler ve tanımlamalardır. Bu parametreler, sismologlar ve afet yönetimi uzmanları için depremin karakteristik özelliklerini anlamak ve analiz etmek açısından kritik öneme sahiptir. Başlıca deprem parametreleri şunlardır:

Odak Noktası (Hiposantr): Yerin derinliklerinde ilk kez meydana gelen deprem enerjisinin başlangıç yeri olarak bilinen odak noktası, aynı zamanda iç merkez olarak da adlandırılır. Bu enerjinin kaynağı, tek bir nokta değil, daha geniş bir alan olarak tanımlanır.

Dış Merkez (Episantr): Deprem odak noktasının yüzeydeki en yakın noktası, dış merkez olarak adlandırılır. Bu bölge, depremin en şiddetli hissedildiği ve etkisinin en fazla olduğu yerdir.

Odak Derinliği: Deprem enerjisinin kaynağının yeryüzüne olan en kısa mesafesi, odak derinliği olarak adlandırılır. Daha önce de belirtildiği gibi, bu derinliğe göre depremler sığ, orta ve derin olmak üzere kategorize edilir. Türkiye'de yaşanan depremlerin çoğunun odak derinliği 10 ile 30 kilometre arasında değişmektedir.



Şekil 2. 8. Depremi Merkez Üssü ve Odak Noktası Şeması (Rajendan, 2018)

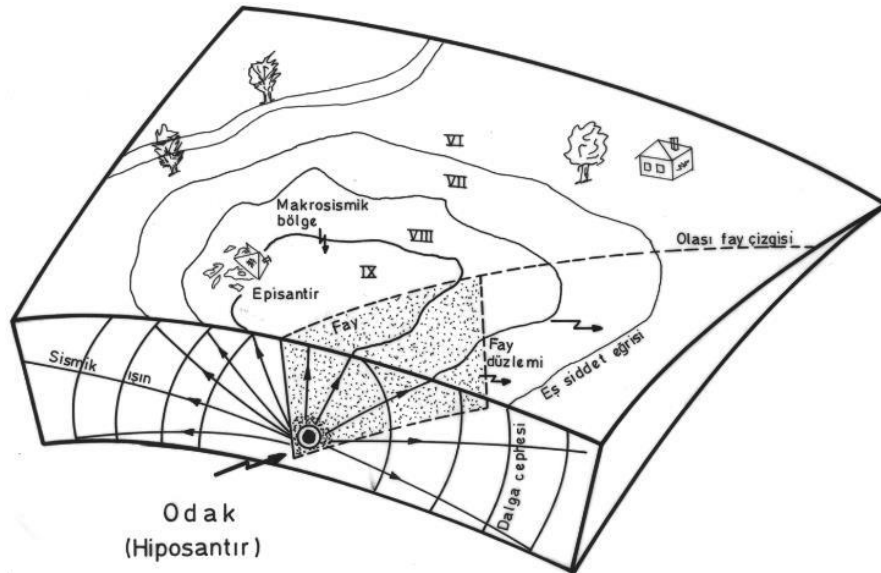
Eş Şiddet Eğrileri: Deprem sonucu aynı derecede hasar gören bölgeleri birleştiren çizgilere eş şiddet eğrileri adı verilir. Bu eş şiddet eğrileri, Episantr'dan başlayarak dışa doğru azalan bir yoğunluk sergilemektedirler.

Zemin İvmesi: Deprem sırasında, zemin üzerindeki birim kütleye depremin neden olduğu kuvvetin büyüklüğünü ölçmek için zemin ivmesi parametresi kullanılmaktadır.

Depremi Şiddeti (Intensity): Deprem şiddeti, depremin türünü, etkilediği bölgenin ne kadar zara uğradığını ve canlı varlıklar, yapılar, toprak üzerindeki etkisini belirleyen bir terimdir. Deprem şiddeti, depremin büyüklüğü hakkında matematiksel bir veri sağlamaz, daha ziyade depremin neden olduğu hasar hakkında bilgi verir (Bilim ve Teknik Dergisi, 1999). Şiddet ölçüsü, yapıların hasar seviyesini, can veya mal kaybını dikkate aldığı için depremin kesin bir ölçütü olarak görülmez. Yapıların dayanımı, hasarın şiddetiyle doğrudan ilişkilidir, bu yüzden aynı deprem, daha dayanıklı yapıların olduğu bölgelerde daha az şiddetli, daha az dayanıklı yapıların bulunduğu bölgelerde ise çok daha şiddetli hissedilebilir. Depremi şiddetini belirlerken, gözlemcinin kişisel değerlendirmeleri de şiddet derecesini etkileyebilen bir öznel faktördür (Eyidoğan vd., 1991).

Bir bölgedeki deprem sonrası yapılan araştırmalar ve hasar değerlendirmeleri sonucunda, depremin şiddeti hakkında bilgiler elde edinilebilir. Bu incelemelerle tespit edilen hasarın seviyesi, bir şiddet skalası üzerinde Romen rakamlarıyla ifade edilerek depremin şiddeti sınıflandırılır. Bu amaçla genellikle "Değiştirilmiş Mercalli (Modified Mercalli) Şiddet Cetveli" kullanılır. Diğer kullanılan cetveller arasında Rossi-Forel (RF), Mercalli Sieberg (MS), Omori Cancani (OC), Mercalli Cancani (MC), Medvenev Sponheur Karnik (MSK), Japon (JM) cetvelleri bulunur. Ancak, yapıların dayanıklılığının büyük oranda sabit kabul edildiği durumlarda, "Değiştirilmiş Mercalli (Modified Mercalli) Şiddet Cetveli", özellikle ölçüm aletlerinin kısıtlı olduğu dönemlerde kolay kullanımı nedeniyle yaygın olarak tercih edilmiştir (Celep ve Kumbasar, 2004).

Makro sismik bölge, diğer bir tabirle Makro sismik episantır, bir depremin yoğunluğunun en fazla hissedildiği alanı temsil eder. Depremin en üst düzey şiddeti, episantırda kaydedilen maksimum değerle belirlenir. Bu bölgeden uzaklaştıkça, depremin şiddeti düşüş gösterir ve bu düşüş, şiddet sönüm oranı olarak adlandırılır. Derin depremlerde, sığ depremlere kıyasla, şiddet değerlerinin sönümü daha azdır (Eyidoğan vd., 1991).



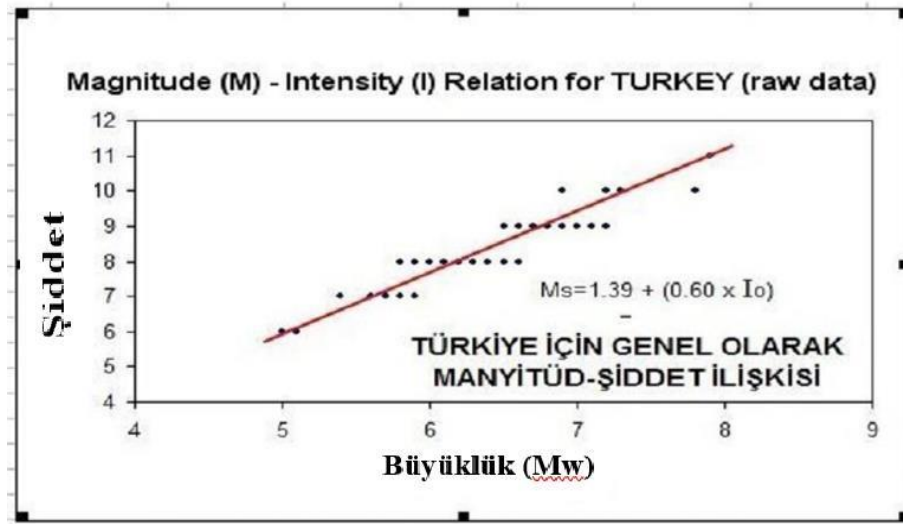
Şekil 2. 9. Deprem odağından çıkan sismik enerjinin yer içinde yayılması ve bu enerjiden kaynaklanan hasara bağlı olarak çizilen eş şiddet eğrileri (Eyidoğan vd., 1991)

Depremın Büyüklüğü (Magnitud): Depremler sırasında ortaya çıkan büyük enerji miktarının ölçüsü, Magnitud olarak adlandırılan bir terimdir. Magnitud, 1930'larda ABD'de Prof. C. Richter tarafından bulunan bir metotla, depremin aletsel bir ölçütü olarak tanımlanmıştır. Richter ölçeği, depremin merkezinden yaklaşık 100 km uzaklıktaki sert zemin tabakası üzerine yerleştirilmiş bir sismograf (Wood-Anderson sismografı, 0.8 saniyelik periyoda, %80 sönüm oranına ve 2800 kat büyütme özelliğine sahip) tarafından kaydedilen yer hareketlerinin mikron türünden logaritmik değeriyle deprem büyüklüğünü tanımlar. Richter ölçeği, depremin büyüklüğünü oluşturan hasar seviyesinden bağımsız olarak ölçer. Kayıtlara geçmiş en büyük depremler arasında, Richter ölçeğine göre 8.9 büyüklüğünde meydana gelen 1903'teki Kolombiya Ekvator ve Sarniku Japonya depremleri yer almaktadır.

Depremin büyüklük ölçütü, aletsel ve gözlemsel Magnitud olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Aletsel Magnitud, belirli bir sismografin özelliklerine dayanarak, deprem anında gerçekleştirilen cihaz ayarlamaları, en yüksek genlik ve dalga periyotları gibi faktörlerin hesaba katılmasıyla elde edilen bir değerdir. Aletsel Magnitud'un belirlenmesinde hem hacim hem de yüzey dalgalarının analizleri de dikkate alınır.

Gözleme dayalı Magnitud ölçümü, aletsel yöntemlerden farklı olarak, depremin merkezinden olan uzaklığa göre ölçülen şiddete dayalı hesaplamadır. Bu hesaplama türü, incelenen alanın karakteristik özelliklerine göre deprem şiddetinde farklılık gösterir. Gözlemeleri tarafından rapor edilen Magnitud değerleri, depremin ortaya çıkardığı enerji hakkında mutlak bir veri sağlamaz, çünkü deprem yüzeysel veya derin olabilir. Eş büyüklükteki bir yüzeysel deprem, derin bir depreme kıyasla daha yoğun zarara neden olabilir, bu yüzden şiddetleri farklı olacaktır. Tüm bu çeşitliliklere rağmen, Richter ölçeği, depremin şiddet etkileri üzerine değerli bilgiler sunmaktadır.

([Kalafat ve ark., 2011](#)) tarafından, Türkiye'de gerçekleşen depremlerin büyüklük ve şiddetlerine göre oluşturulan Büyüklük-Şiddet ilişkisini yansıtan grafik, Şekil 2.10'da sunulmuştur.



Şekil 2. 10. Magnitude-Şiddet İlişkisi (Kalafat vd., 2011)

3. DEPREM KAYNAKLI HASAR VE HASAR TÜRLERİ

Deprem kaynaklı hasar, yer hareketlerinin neden olduğu fiziksel tahribat ve sonuçları kapsar. Bu hasarlar genellikle yapısal hasarlar, zemin kaynaklı hasarlar, yangınlar, tsunamiler ve ikincil afetler olarak sınıflandırılabilir. Her tür hasar, depremin büyüklüğü, derinliği, zemin koşulları, yapıların dayanıklılığı ve hazırlık durumuna bağlı olarak değişebilmektedir.

3.1. Deprem Kaynaklı Elemanlarda Hasarın Oluşumu

Deprem sırasında, yapılar dinamik karakteristiklerine bağlı olarak depreme reaksiyon gösterir ve i kuvvetlerle oluşan depreme yanıt vermektedir, bu da yapıda kuvvet ve yer değiştirmeye yönelik taleplerin oluşmasına sebep olmaktadır. Kuvvet denilince akla gelenler arasında moment, eksenel kuvvet, kesme kuvveti, burulma momenti gibi iç kuvvetler ve bunlara ek olarak kat yer değiştirmeleri, beton veya donatı çeliğindeki ekil değiştirme gibi depremin neden olduğu talepler yer almaktadır. Bu taleplerin sonucunda yapılarda deprem kaynaklı yapısal hasar meydana gelmektedir.

3.2. Çatlak Türleri

Çatlaklar hasar tespitinde önemli rol oynamaktadır. İncelemesi yapılan yapının hasar türünü belirlemede etkin rol oynamaktadır. Depremden kaynaklı çatlaklar eğilme çatlağı, kesme çatlağı ve burulma çatlağı olarak üç sınıfa ayrılır.

Eğilme atlağı: Eğilme atlağı yapısal bir elemanın eksenine dik olarak gelişen çatlakları tanımlamaktadır. Eğer bu eleman bir kolon ise, çatlaklar yatay yönde oluşurken, kiriş söz konusu olduğunda bu çatlaklar dikey yönde belirlemektedir. Bu tarz çatlaklar, donatının yer değiştirdiğini belirtir ve yapısal elemanlarda meydana gelen gerilmenin veya zorlanmanın bir işareti olup, donatının yük altında yer değiştirmesi veya akması anlamına gelmektedir. Çatlak, bir kenarında geniş bağlayıp diğer kenara doğru incelerek devam eder. Bu tür çatlaklar, çekirdek betonun sıkımasından ve boyuna yerleştirilen donatıların burkulma seviyesine kadar ilerleyebilmektedir.



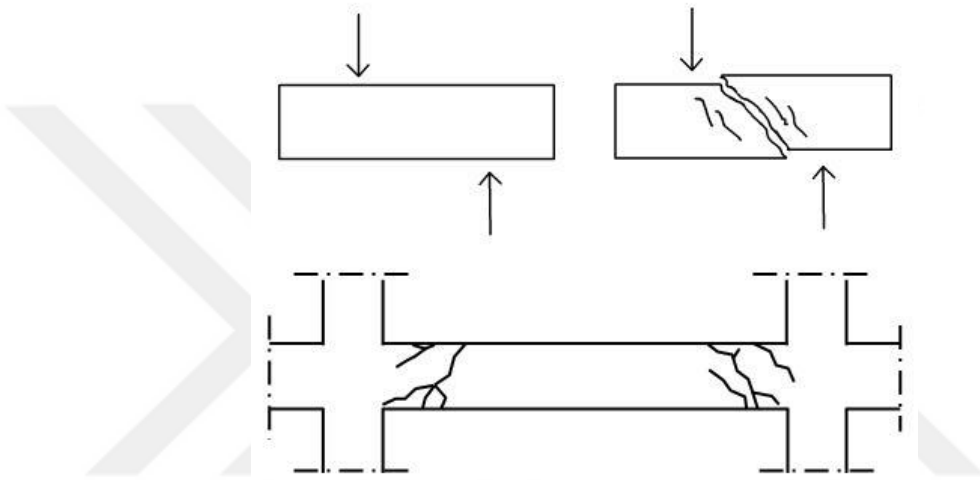
Şekil 3. 1. Eğilme kapasitesi hasarları (İlki vd., 2015)

Şekil 3. 2. Düğüm noktasında mafsallaşma ve kirişte eğilme çatlağı (Sezen vd., 2003), kolon ve kirişin birleştiği bölgede, etriye yetersizliği nedeniyle oluşan mafsallaşmayı ve kirişte meydana gelen eğilme çatlaklarını göstermektedir. Bu durum, yapısal elemanların bağlantı noktalarında etriyelerin yeterli olmamasından kaynaklanan bir sorun olarak ortaya çıkabilir ve kirişin eğilmeye bağlı olarak çatlamasına yol açabilir.



Şekil 3. 2. Düğüm noktasında mafsallaşma ve kirişte eğilme çatlağı (Sezen vd., 2003)

Kesme Çatlağı: Kesme çatlağı yapısal bir elemanın eksenine kırk beş derecelik açılarla gelişen çatlaklardır (Şekil 3. 3). Eğer kesme donatısı yetersizse, çatlakların genişliği artmaktadır. Kesme çatlakları ve bunu takip eden kesme kırılmaları, gevrek bir kırılma türü olarak kabul edildiği için istenmeyen bir durumdur. Şekil 3. 4, deprem sonrası meydana gelen kesme çatlağının bir örneğini sunmaktadır. Kolon ve kirişlerde kesme çatlakları genişlediğinde bu, yapıda ağır hasarın olduğunu gösterir. Kolonlarda betonun ezilmiş olması, kesme çatlaklarının varlığı ve boyuna donatının burkulması durumunda, yapı ağır hasarlı olarak değerlendirilmektedir.

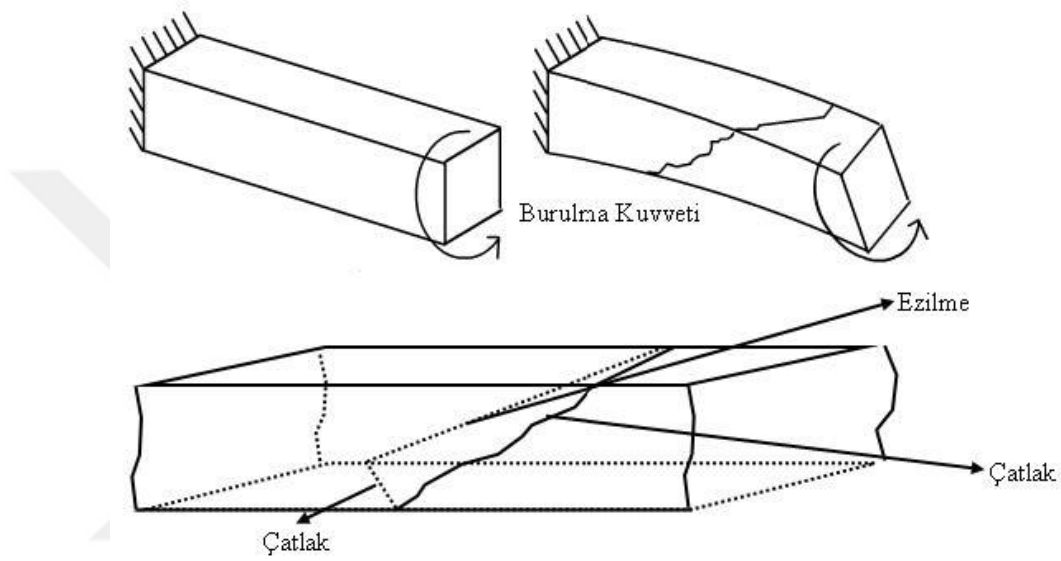


Şekil 3. 3. Betonarme elemanda kesme çatlakları (Beklen vd., 2009)



Şekil 3. 4. Kirişte kesme çatlağı (Sözen, 2003)

Burulma Çatlakları: Burulma etkisi altındaki bir kirişte, burulma etkileri genellikle kirişin üç ardışık yüzeyinde, asal çekme gerilmelerine dik olarak oluşur, bu durum Şekil 3. 5'te gösterilmiştir. Kirişin dördüncü yüzeyinde ise ezilmeler meydana gelmektedir. Burulma çatlaması gerçekleştiğinde, kirişin burulma rijitliği yaklaşık olarak 1/10 oranında azalmaktadır. Bu rijitlik azalması sonucunda, kesit neredeyse aynı kalan burulma momentinin etkisi altında dönme yapmak sureti ile zorlamaları kirişten diğer yapısal elemanlara aktarmaktadırlar (Mertol vd., 2002).



Şekil 3. 5. Betonarme elemanda burulma çatlakları (Mertol vd., 2002)

3.3. Yapısal Hasarlar

Yapının ağırlığını taşıyan bölümleri yapısal kısmını oluşturur. Başka bir ifadeyle yapının taşıyıcı sistemine ait elemanlar yapısal elemanlar olarak adlandırılmaktadır. Kolon, kiriş, taşıyıcı duvar vb. elemanlar yapıların yapısal elemanlarını oluşturmaktadır. Bu elemanların taşıma kapasitesi veya enerji yutma kapasitesini etkileyen hasarlar, yapısal hasar olarak adlandırılmaktadır. Şekil 3. 6'da 6 Şubat 2023 Maraş depremi sonrasında Hatay'da bir betonarme yapıda oluşan yapısal hasar yer almaktadır.



Şekil 3. 6. Betonarme yapıda yapısal hasar (6 Şubat 2023 Maraş Depreminden)

Şekil 3. 7'de 9 Şubat 2007 Sivrice (Elazığ) depremi sonrasında yapılan çalışmaya ait yığma yapı hasarı yer almaktadır.



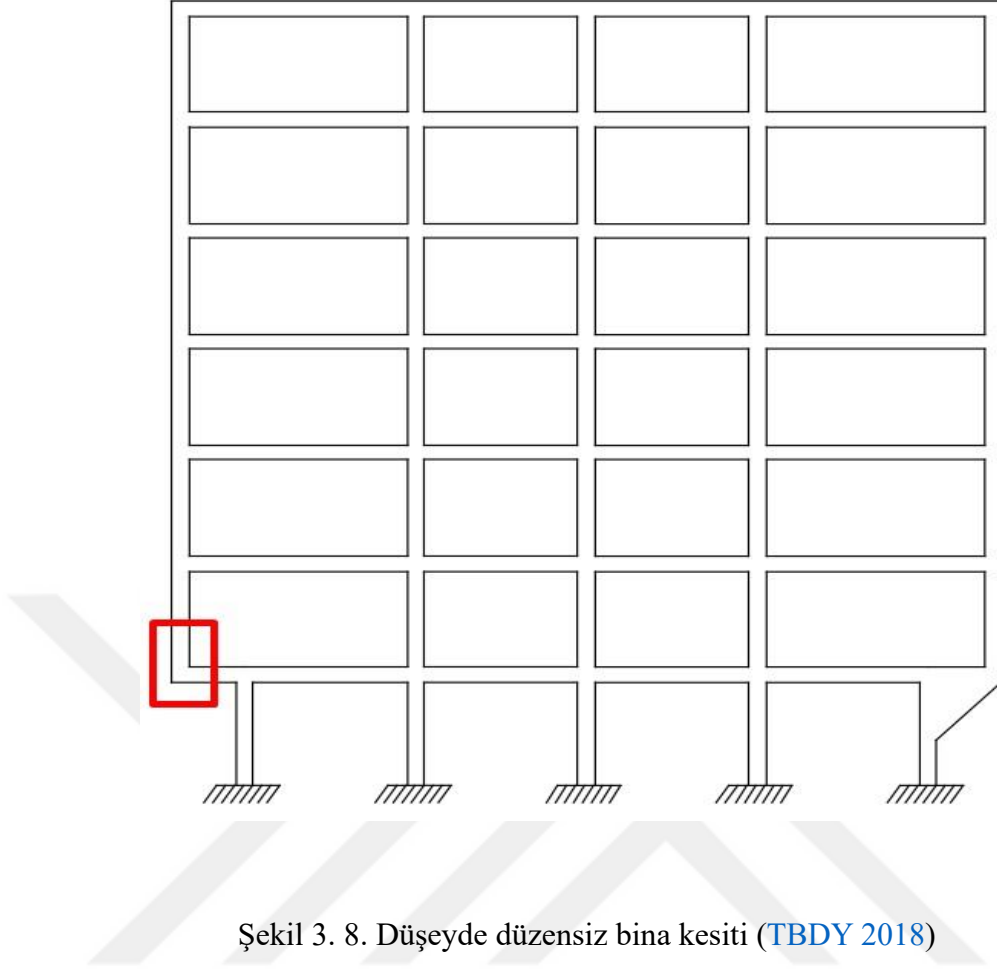
Şekil 3. 7. Sivrice kasabesindeki yığma yapılarda köşe göçme mekanizmaları (Tubitak.gov.tr)

3.3.1. Betonarme Yapılarda Yapısal Hasar Nedenleri

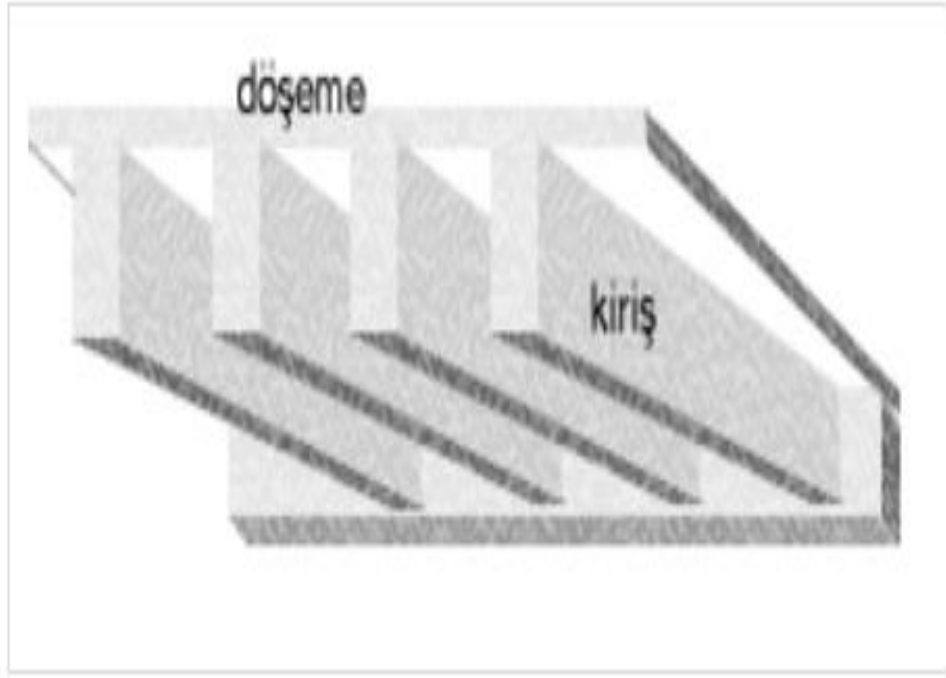
Betonarme yapılar birçok nedenden ötürü hasar görmektedir. Bunların başlıcaları arasında kapalı çıkmalar, proje hataları, güçlü kiriş zayıf kolon etkisi, komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat), komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat), kısa kolon etkisi, zemin sıvılaşması, malzeme kalitesi, kalitesiz işçilik, işçilik kusurları ve çekiçleme etkisi gibi faktörler sıralanabilir.

Kapalı Çıkmalar: Şekil 3. 8'de gözlemlenebileceği üzere, bina kesitinde belirtildiği gibi, eğer kolonlar düşeyde düz bir doğrultuda konumlanmamışsa, yani bir üst kat kolonu, konsol bir kiriş vasıtasıyla düşeyde doğrultu dışına taşınmışsa bu tarz yapıları mühendislikte düşey düzensiz yapılar olarak adlandırırız. Bu durum ülkemizde bir zamanlar yaygın bir uygulamaydı. Üst katların iç mekanlarını genişletmek suretiyle yapılan dışa doğru 1.5-2 metre genişleyen kapalı çıkıntılar oldukça sık rastlanan bir durumdu. Bu çıkıntılardan bazılarında, iç mekânda kolonun görünmemesi için, üst kat kolonları bu şekilde dış duvar içine alınırldı ([Anonim, 2009c](#)).

Düşeyde düzensizliğin yer aldığı yapılar özellikle Marmara depremi gibi düşey ivmelenmenin önemli olduğu depremlerde çok ciddi hasarlar görebilir.

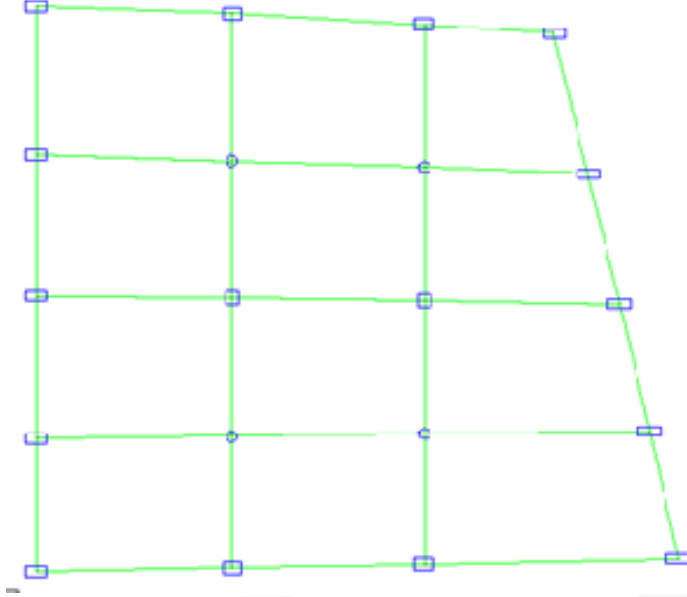


Proje Hataları: Eğer bina türü bir yapıda bir yönde güçlü kirişler yer alırken diğer yönde yetersiz kiriş yer alırsa, Şekil 3. 9'da görüldüğü gibi, bir yönde birçok kiriş bulunurken diğer yönde daha az sayıda ve çok daha zayıf kirişler kullanılmış olabilir, hatta bazı durumlarda diğer yönde hiç kiriş bulunmayabilir. Bu tür yapılar bir yönde deprem etkilerine kolaylıkla dayanabilirken, diğer yönde deprem etkilerine karşı oldukça savunmasız kalabilirler.



şekil 3. 9. Tek doğrultuda kiriş kullanımı hatası örneği (Anonim, 2009c)

Bazen, arazi yapısının özellikleri nedeniyle yapı tasarımları dikdörtgen formundan ziyade daha eğri bir geometriye sahip olmak durumunda kalabilir. Bu gibi durumlarda, yapı köşelerindeki kolonlar arasındaki uzaklık, diğer uçtaki mesafeye kıyasla önemli ölçüde genişleyebilir. İki yan köşedeki kolon boyutlarının şekil 3. 10'da yer alan planda gösterildiği üzere aynı tutulması halinde; bu, yapısal taşıyıcı sistemde düzensizliğe yol açar ve deprem sırasında yapının hiç arzu edilmeyen "torsiyon" kuvvetlerine maruz kalmasına sebep olabilir. şekil 3. 11, torsiyon etkisi altında kalmış ve yetersiz enine donatı detayı uygulanmış kolonlarda oluşan hasarları sergilemektedir.



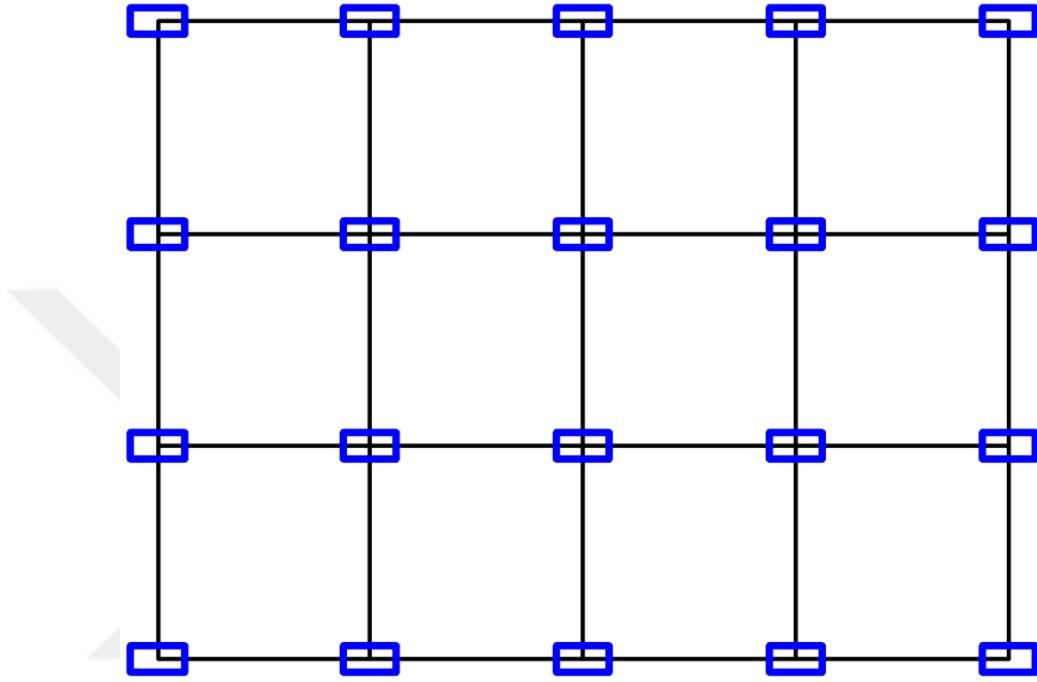
Şekil 3. 10. Deprem sırasında kolonlarda meydana gelen torsiyon etkisi (Anonim, 2009c)



Şekil 3. 11. Yetersiz enine donatı detayı ve torsiyon kuvveti etkisinde kalmış kolonlar (Anonim, 2009c)

Yapısal kolon yerleşim sistemindeki düzensizlikler: örneğin, 70 cm x 30 cm boyutlarında kolonlar tercih ediliyor, ancak Şekil 3. 12'de görüldüğü üzere tüm

kolonlar aynı aks boyunca aynı yönde konumlandırılmış. Bu durum, o eksen depreme karşı dayanıklı hale getirirken, diğer eksenin zayıf kalmasına yol açabilir. Bu yüzden, diğer doğrultu için bazı kolonların 90 derece döndürülmesi avantajlı olabilir (Anonim, 2009c).



Şekil 3. 12. Kolon yerleşim planı

Güçlü Kiriş Zayıf Kolon Etkisi: Yapıların hasar almasının başlıca sebeplerinden biri, binaların statik sistemlerindeki hatalardır. Afet riski taşıyan bölgelerde inşa edilecek binalar için belirlenen yönetmelikteki yapısal kuralların ihlali sonucu, taşıyıcı sistem elemanlarında enine donatıların yeterince sık kullanılmaması, kolon ve kiriş birleşim bölgelerinde enine donatıların hiç kullanılmaması veya yetersiz şekilde kullanılması sebebiyle bu noktalarda ciddi hasarlar oluşmuştur. Bazı binalarda, bu bağlantı noktalarının yeterince rijit olmamasından kaynaklanan zayıf kolon ve güçlü kiriş sorunu yaşanmış, bu durum katların çökerek birbirinin üzerine göçmesine ve böylece önemli ölçüde can kaybı ve maddi kayıplara yol açmıştır (Şekil 3. 13). Bu nedenle, bağlantı noktalarında doğru şekilde donatı yerleştirilmesi ve enine donatıların sıklaştırılması hayati derecede önem taşımaktadır.



Şekil 3. 13. Zayıf kolon güçlü kiriş etkisi altında toptan göçmüş bir yapı ([Anonim, 2009c](#))



Şekil 3. 14. Zemin katında nispeten güçlü kolonların kullanıldığı zayıf kolon güçlü kiriş etkisi altında zemin katı üzerine blok şeklinde göçmüş bina ([Anonim, 2009c](#))

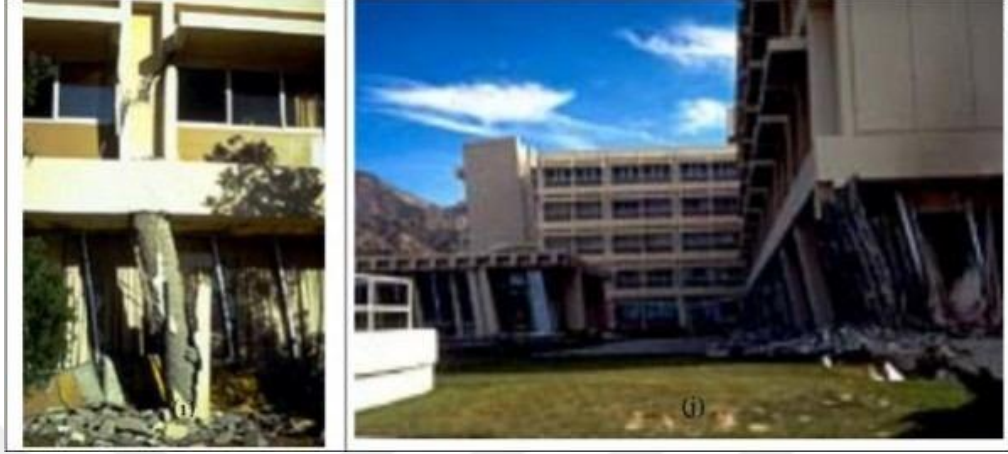
Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Deprem riskinin değerlendirilmesi bir dizi faktöre dayanırken, bu faktörler arasında "Yumuşak Kat" düzensizliği, muhtemeldir ki en yıkıcı sonuçları beraberinde getirmektedir. Ülkemizde ne yazık ki, birçok konut ve ticari bina, daha fazla alan elde etmek amacı ile özellikle alt katlarda bu yapısal hata ile inşa edilmiştir. Tek bir katın diğer katlara göre deprem sırasında farklı bir tepki vermesi olarak tanımlanabilecek yumuşak kat sorunu, deprem riskinin değerlendirilmesinde tek başına belirleyici olmasa da, geçmişteki hasarlar incelendiğinde büyük yıkımlara yol açtığı görülmüştür.

Şehir merkezleri ve ana caddelerde yer alan binaların çoğunun zemin katları dükkân ya da sergi salonu olarak kullanılır. Bu katların büyük bir kısmı, iç mekânın dışarıdan rahatça görülmesini sağlamak için tuğla duvar yerine geniş cam pencerelerle kaplıdır. Ancak aynı yapının üst katlarının dış duvarları ağır tuğlalarla inşa edilmiştir. Bu durumda, büyük bir deprem esnasında binanın genel yapısında meydana gelecek deformelerin ağırlıklı olarak bu zemin katta oluşacağı ve yük dağılımının da özellikle bu kat kolonlarına etki edeceği muhtemeldir. Geçmişteki depremler sırasında birçok binanın kısmi hasar görmesi ve yıkılmasının başlıca nedeni, özellikle kolon tasarımındaki hatalarla birlikte komşu katlar arası rijitlik düzensizliği diğer bir ifade ile "Yumuşak Kat" etkisinin bir sonucu olarak görülmüştür. 1999 İzmit Depremi esnasında Adapazarı'nın bir ana caddesinde meydana gelen tipik yumuşak kat hasarı, Şekil 3. 15'te açıkça göstermektedir (Anonim, 2009b).

Yumuşak kat problemi olan binalarda gözlenen tipik deprem kaynaklı hasarlar, genellikle üst katların alttaki yumuşak katın üzerine çökmesi şeklinde ortaya çıkar. Bu durum, binanın tamamı göz önünde bulundurulduğunda, genellikle tam bir kayıp (kümülatif hasar) ile sonuçlanır. Bu tür bir hasarın ardından, bina artık kullanılamaz hale gelir ve tamamen yıkılıp yeniden yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, deprem riski değerlendirmesinde önemli bir unsur olan komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) yanlışlığı, geçmişteki depremlerde de gözlemlendiği üzere binalarda yıkıcı etkilere yol açabilmektedir. Bu yanlışlığın varlığının tespiti, ancak yapıdan elde edilecek kapsamlı bilgiler ve birtakım yapısal analizler sonucunda netlik kazanabilmektedir. Ancak, karmaşık hesaplamalara gerek kalmadan da basit ve hızlı bir değerlendirme yapılabilir. Matematiksel modellemelerde de görüldüğü gibi, bir binanın alt katındaki kolonların yükseklikleri, üst katlarındaki kolonlarının yüksekliğinin yarısından fazla ise, yumuşak kat etkisinin oluşma ihtimali

yüksektir. Ayrıca, alt kattaki dış cephe duvarlarının üst kattakilere göre daha fazla cam bölme içermesi durumunda, bu risk daha da artmaktadır (Şekil 3. 15).



Şekil 3. 15. Yumuşak kat etkisi nedeni ile bölgesel yıkılan bina örnekleri (Anonim, 2009b)

TBDY2018 Bölüm 3'te belirtildiği üzere yumuşak kat açıklaması aşağıda yer almaktadır.

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci 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'den fazla olması durumu (**TBDY2018**).

$$\eta_{ki} = \left(\Delta_i^{(x)} / h_i \right)_{ort} / \left(\Delta_{i+1}^{(x)} / h_{i+1} \right)_{ort} > 2 \quad (3.1)$$

veya

$$\eta_{ki} = \left(\Delta_i^{(x)} / h_i \right)_{ort} / \left(\Delta_{i-1}^{(x)} / h_{i-1} \right)_{ort} > 2 \quad (3.2)$$

Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 4.7'ye göre yapılacaktır (TBDY2018).

Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda (TBDY2018)

$$\left(\Delta_i^{(x)}\right)_{ort} = 1/2 \left[\left(\Delta_i^{(x)}\right)_{max} + \left(\Delta_i^{(x)}\right)_{min} \right] \quad (3.3)$$

Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Yığma dolgu duvarlarla desteklenmemiş alt katın, deprem sırasında oluşabilecek yanal hareketlere karşı direnci, yığma dolgu duvarlarla güçlendirilmiş üst katlara kıyasla oldukça düşüktür. Bu durum, katlar arası rijitlikte bir fark yaratmaktadır. Düşey ekseninde rijitlik sürekliliği sağlanamayan bu katlar, zayıf kat diğeri bir ifadeyle komşu katlar arası dayanım düzensizliği olarak adlandırılmaktadır. Alt katın üst katlara göre daha yüksek olması, zayıf kat düzensizliğine yol açan başka bir etkidir. Ayrıca yumuşak kat öteleme ile ilgili bir durumken zayıf kat kesme alanı ile ilgili bir durumdur (Ertürkmen vd., 2016)

Betonarme binalarda, her iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanı'nın, bir üst kattaki toplam etkili kesme alanı'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu (TBDY2018).

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (3.4)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı (TBDY2018):

$$(\Sigma A_e)_i = (\Sigma A_w)_i + (\Sigma A_g)_i + (0.15 \Sigma A_k)_i \quad (3.5)$$

Not: 4.9.1.3(b)'de tanımlanan duvarlar için $A_k = 0$ alınacaktır (TBDY2018).

Şekil 3. 16'da belirtilen, alt katı ticari amaçla kullanılan ve asma katı bulunan yapının, alt katı zayıf kat oluşumu sebebiyle ağır hasar almış ve yıkılmıştır (Tezcan vd., 2007). Diğeri katlar ise, ara duvarların bulunması sayesinde daha rijit bir davranış sergilemektedir.



Şekil 3. 16. Zayıf kat hasarı (Tezcan vd., 2007)

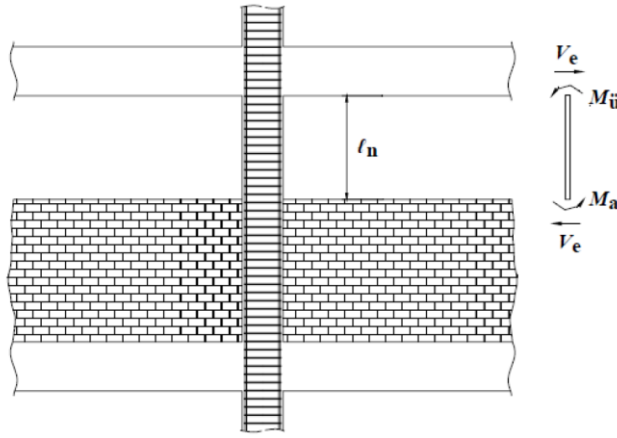
Kısa Kolon Etkisi: Betonarme, çelik ve beton gibi birbirini tamamlayan, farklı özelliklere sahip iki malzemenin bir araya gelmesiyle oluşan farklı özellikteki malzemedir. Çelik, çekme gerilmelerine karşı yüksek dayanım gösterirken, beton ise basınç gerilmelerine karşı daha dayanıklıdır. Yapısal olarak bakıldığında, beton gevrek bir malzeme iken, çelik sünek özellikler sergilemektedir. Eğer betonarme bir yapı elemanında göçme hasarına erişme beton kaynaklıysa bu hasar düzeyi gevrek bir hasar olarak değerlendirilir; çelik kaynaklıysa bu hasar düzeyi sünek hasar olarak kabul edilmektedir. Kısa kolon etkisi, yapı elemanlarında donatı çeliğinin akma seviyesine erişmemesi durumunda, deprem enerjisinin yeterince sönmülenememesi sonucunda yapı elemanlarının kesme kuvveti taşıma gücünün aşılmasıyla gevrek bir şekilde hasar görmesi durumudur.

Bant pencereler, bodrum katlarında havalandırma maksadıyla yer alan boşluklar, kat kirişlerinde sağlanamayan süreksizlikler, eğimli arazilerde farklı seviyelerde yapılan temeller, kolon boyunca sürekliliği olmayan dolgu ve perde duvarlar gibi yapısal özellikler, kolonun düşeyde serbest boyunu azaltarak, deprem etkilerinin varlığı sırasında binada kısa kolon etkisinin oluşmasına yol açmaktadır (Şekil 3. 17). Denklem 3.5, toplam momentin sabit kaldığı durumlarda, kolonun maruz kaldığı kesme etkisinin kolonun net uzunluğu ile ters orantılı olarak değiştiğini göstermektedir. Bu durum, kolon net yüksekliği azaldıkça, kolonun maruz kalacağı kesme kuvvetinin artacağı anlamına gelmektedir. Kısa kolonlu modellenen yapıların

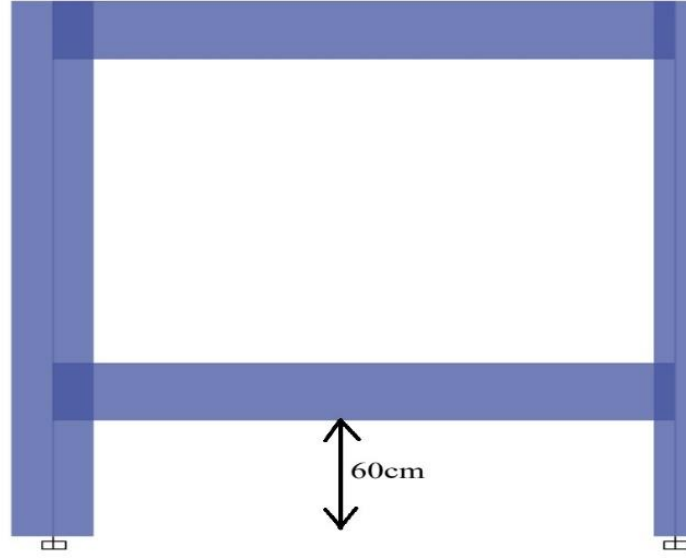
gerçekten kısa kolon etkisi sergileyebilmesi için, kesme etkilerinden dolayı göçme hasar düzeyine diğer bir ifadeyle güç tükenmesine ulaşmaları gerekmektedir (Meral, 2019).

Kolonların sıklaştırma bölgelerinde, minimum aralıkta enine donatı ve yerleştirme koşullarının tüm kat yüksekliği boyunca uygulanması gerekmektedir. Ayrıca kolonların yeterince çiroz ile detaylandırılması gerekmektedir. Yatay deprem kuvvetlerinin, kolonlara rijitlikleri ile orantılı olarak etkimesi nedeniyle, rijitliği artan kolonlar, daha fazla yatay kuvveti üzerine çekeceklerinden dolayı oluşan bu yatay kuvvete daha fazla maruz kalırlar. Kısa kolonlarda fazla kesme kuvveti etkisinden dolayı güç tükenmesi görülür; eğer kısa kolon oluşumu engellenemezse, donatının pekleşmesi dikkate alınarak arttırılan uç moment kapasiteleri ile hesaplanan kesme kuvvetine uygun olarak boyutlandırılır (Atay, 2010).

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}})/l_n \quad (3.5)$$



Şekil 3. 17. Kolon net yüksekliğinin kısaltılması (Meral, 2019)



Şekil 3. 18. Kısa kolon oluşumuna örnek



Şekil 3. 19. Kısa kolon hasarına örnek (Mutlu, 2007)

Zemin Sıvılaşması: Zemin sıvılaşması, yeraltı suyunun altındaki zemin katmanlarının geçici olarak dayanımlarını yitirip, katı halden vizkoz bir sıvı gibi davranış sergilemeleridir. Genellikle, kil içermeyen kum, silt ve bazen de çakıl tabakaları, sıvılaşma eğilimine sahip olmaktadır. Deprem esnasında, özellikle kayma dalgaları, suya doymuş zemin tabakalarından geçtiğinde, danelerin yerleşim düzenini bozar ve gevşek danelerin hareket edip göçmek suretiyle sıkışmasına neden olur. Bu sıkışma

sürecinde, eğer daneler arasındaki su yolları kapalıysa, boşluk suyu basıncı artar. Bu basınç, üst tabakaların ağırlığına benzer bir düzeye ulaştığında, daneli zemin tabakası geçici olarak akışkan bir sıvı özelliği sergiler ve böylece sıvılaşma meydana gelir. Zemin tabakasında sıvılaşmanın bir sonucu olarak, binalar zemin içine gömülebilir veya daha hafif yapılar, yukarı doğru hareket etmek suretiyle yüzme eğilimi gösterebilir (Bkz. Şekil 3. 20, 3.21). Kayma mukavemetini yitiren sıvılaşmış zeminde, minimal kayma gerilmesi yön değişiklikleri, yapılar üzerinde geniş çaplı deformasyonlara ve sonuç olarak zemin çökmesi nedeniyle ciddi hasar oluşumuna yol açar. Zeminin sıvılaşma eğilimi, büyük ölçüde gevşek yerleşime sahip olmasına, daneler arası etkileşime, kil içeriğine ve boşluk suyunun drene olmasının engellenmesine bağlıdır. Zemin sıvılaşması sırasında meydana gelen geniş çaplı yer değişiklikleri ve deformasyonlar, sıvılaşan katmanın kalınlığı, yüzeyin eğimi ve üzerindeki yüklenme durumuna göre değişir. Özellikle yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu alanlarda, yakın zamanda birikmiş ve sıkıştırılmamış kum ve siltin sıvılaşma riski yüksektir. Ayrıca, akarsuların biriktirdiği kumlar, boyutlarının düzenliliği nedeniyle sıvılaşma potansiyeline sahiptirler. Yeraltındaki su düzeyinin yüzeyden 10 metreye kadar olan yakınlığı, sıvılaşma riskini artırır. Öte yandan, yeraltı su seviyesi eğer 20 metreden daha derin ise ve zemin sıkı bir yapıdaysa, sıvılaşma riski düşüktür (Atay, 2010).

Zemin sıvılaşması riski bulunan bir alanda inşa edilecek bir yapının tasarımında, öncelikli olarak olası küçük ölçekli zemin hareketlerinden kaynaklanabilecek etkilerin önüne geçilmesi önem taşır. Yapının temel türü ve temel derinliğinin belirlenmesinde, yer hareketlerinin yapının üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirgeyecek faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Rijit bir yapı temeli oluşumunu sağlamak için plak temel kullanılması veya sıvılaşma potansiyeli taşıyan tabakaların altına ulaşacak şekilde kazık veya kuyu temel sistemlerinin tercih edilmesi önerilir. Sıvılaşma riski taşıyan katmanın çıkarılması ve yerine başka malzeme konulması, enjeksiyon yoluyla ya da sıkıştırma işlemiyle daha sıkı bir hale getirilmesi, ve yeraltı su düzeyinin azaltılması, alınması gereken diğer önlemler arasında sayılabilir.



Şekil 3. 20. Zemin sıvılaşmasından dolayı yıkılan bina örneği (Atay, 2010)



Şekil 3. 21. Zemin sıvılaşmasına örnek (Atay, 2010)

Malzeme Kalitesi: Beton dayanımı betonarme yapılar için çok önemli bir etkidir. Özellikle bina çok kattan oluşan bir yapıysa, bu durumda yapının beklenen dayanımı daha da mühim hale gelir. Sekiz katlı olarak inşa edilen ve Sultandağı depreminde tam anlamıyla göçme mekanizmasına erişen bir yapı, daha hizmete başlamadan önce

yıkılmıştır. Yapılan araştırmalar neticesinde, yapıda kullanılan agregaların aşırı miktarda organik madde içerdiği ve boyutlarının esasen kum büyüklüğünde olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun yanı sıra, betonun mukavemetinin yaklaşık 9 MPa olduğu saptanmıştır (Anonim, 2009c).

Son zamanlarda meydana gelen depremler sonrasında, özellikle malzeme kalitesinin yetersizliği sıkça dile getirilmektedir. Yaşanan depremde yıkılan Çeltik Suyu İlköğretim Okulu'nun yatılı bölüm inşaatında, dengesiz ve organik alkali maddeler barındıran agregalar kullanılmıştır. İnşaata kullanılan agregalar, okulun hemen yakınındaki kurumuş bir nehir yatağından temin edilmiştir. Kullanılan agregalar, aşırı miktarda organik alkali içerikli olmakla kalmayıp, aynı zamanda uygun bir granülometriye sahip değildir (Anonim, 2009c).

Marmara depreminde hasar alan binalardan alınan örnek kesitlerin varlığı bilinen bir gerçektir. Bu tür agrega kullanımı, Marmara bölgesindeki yapılar arasında oldukça yaygın bir biçimde tercih edilmiştir. Özellikle, deniz agregasının içerisinde bulunan tuzlar, çelik donatılarda korozyona sebebiyet vermiştir. Bu yapıların birçoğunda ciddi düzeyde korozyon tespit edilmiştir. Ayrıca, agrega düzensizliği ve donatıda işçilik bakımından hatalar da göze çarpmaktadır (Şekil 3. 22).



Şekil 3. 22. Uygun olmayan agrega ve yetersiz miktarda beton kullanılmış bir yapı (Atay, 2010)

Korozyon, kimyasal tepkimeler sonucunda malzemelerin kaybolması, faz değişikliğine uğraması veya özelliklerini kaybetme süreci olarak tanımlanmaktadır. Betonarmenin, kompozit bir yapı malzemesi olarak işlev görebilmesi, beton ile donatı arasında sürekli kuvvet transferi sağlayacak şekilde etkileşim içinde olmalarının bir sonucudur. Bu etkileşim, inşaat teriminde 'aderans' olarak adlandırılır ve yapısal bütünlüğün temel bir parçasıdır. Donatı korozyonu bu yapı içerisinde beton elemanların maksimum dayanımını ve servis ömrünü etkileyerek, her ikisi arasındaki aderansı zayıflatmaktadır (Şekil 3. 23). Deniz suyunun etkisi altındaki iskeleler, dalgakıranlar ve dolfenler gibi deniz yapıları, korozyona maruz kalmaktadır. Bu durum, beton örtü tabakasında, donatılara paralel çatlakların ve kütle ayrışmalarının oluşmasına yol açmaktadır. Bu tür yapısal bozulmalar, deniz suyunun agresif kimyasal bileşenleri nedeniyle meydana gelir ve yapıların dayanıklılığını ciddi şekilde etkiler. Beton ve donatı çeliğinden oluşan betonarme yapı elemanının dayanıklı ve uzun ömürlü olabilmesi için, donatı çeliği ve beton arasındaki aderansın yeterli düzeyde olması şarttır. Beton ve donatı arasındaki aderans gerilmeleri, donatıdaki gerilme ve moment nedeniyle meydana gelen deformasyonlardan, betondaki sünme ve harita şeklindeki çatlaklardan (rötreden), ayrıca betonun yerleştirilmesi sırasında oluşan donatı-beton adezyonundan etkilenir. Bu faktörler, betonarme elemanın yapısal bütünlüğü ve performansı üzerinde belirleyici rol oynar. Depremlerden hasar alan yapıların çoğunda, önemli miktarda donatı korozyonu tespit edilmiştir. Özellikle Marmara depreminde hasar oluşan yapıların büyük bir kısmında donatılarda ileri düzeyde korozyon olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun başlıca sebebi, beton imalatında denizden elde edilen agreganın kullanılmasıdır. Deniz agregası, içerdiği tuzlar ve diğer korozif maddeler nedeniyle donatıda korozyona yol açar, bu da yapıların dayanımını ve dayanıklılığını ciddi şekilde etkilemektedir.



Şekil 3. 23. Yetersiz aderans ve ileri derecede korozyona uğramış bir kolon (Koç, 2016)

Kalitesiz İşçilik: Maliyeti düşürmek için kaliteyi azaltarak yok sayma düşüncesi, yapı inşaatında uygun olmayan ve yanlış bir yaklaşımdır. Yaşanılan depremlerde yapılarda hasar oluşmasının en önemli nedenlerinden biri yapı kalitesinin düşük olmasıdır. Deprem, bir ülkedeki mevcut yapı kalitesinin yetersizliğini gözler önüne sermektedir. Yaşanılan depremlerde meydana gelen ciddi boyuttaki hasarlar, hem dizayn hem de mühendislik hataları ve işçilik kusurlarından kaynaklanmaktadır. Bu tür hataların başlıcaları arasında malzeme kusurları (agrega, beton, çimento ve donatı), donatı ve beton üretimindeki işçilik kusurları gelmektedir. Genellikle, enine donatı aralığı, kanca detayı ve birleşim yerlerindeki detaylarda standartlara uyulmaması gibi sorunlar yaşanmaktadır. Ayrıca, beton dayanımını etkileyen faktörler de hiçe sayılmıştır (Şekil 3. 24).



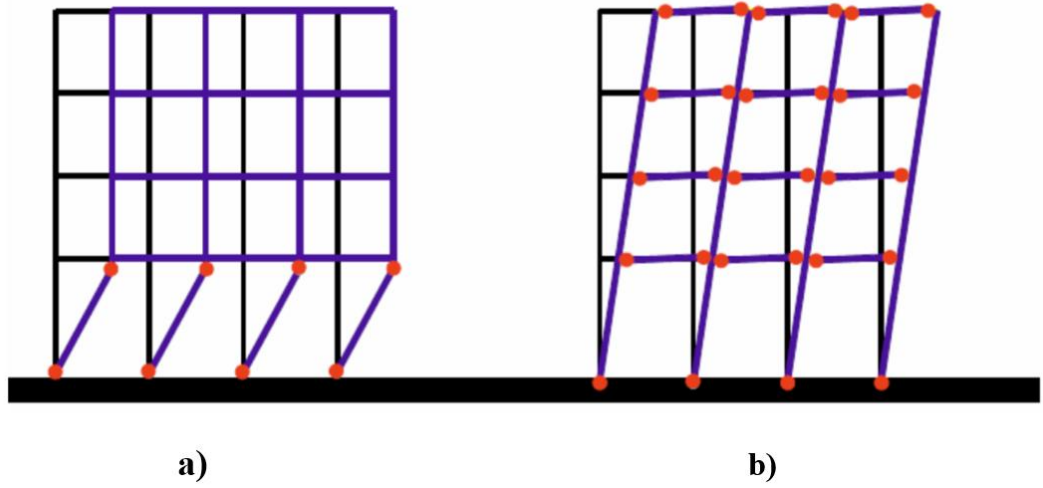
Şekil 3. 24. Yetersiz enine donatı detayı ve kanca detayı kullanılan bir kolon örneği (Koç, 2016)

İşçilik Kusurları: Bir yapının sünekliği, deprem esnasında meydana gelen enerjinin büyük bir kısmını absorbe edebilme yeteneğidir. Kolon ve kiriş ağından oluşan betonarme çerçeve sistemler, birleşim noktalarında meydana gelen çatlaklar sayesinde süneklik kazanırlar. Ancak, yapıda istenmeyen zorlamaların oluşmasını önlemek için, bu çatlakların kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına doğru kiriş uçlarında meydana gelecek şekilde, kolon ve kirişlerin uygun biçimde donatılması önem kazanmaktadır. Bu nedenle, kolon-kiriş birleşim bölgelerinin yeterli miktarda donatı ile detaylandırılması büyük önem taşımaktadır. Kolon-kiriş birleşimlerinin yeterli ve uygun olarak donatılandırılmaması, uygulamada "güçlü kiriş-zayıf kolon" olarak adlandırılan istenmeyen bir duruma yol açabilir. Betonarme çerçeve sistemler tasarlanırken plastik mafsalların önce kolonlarda değil kolon ile birleşen kirişlerde oluşması amaçlanmaktadır. Aksi halde bu yapısal davranış, deprem esnasında yapıda çok ciddi hasarlara sebebiyet verebilir. (Şekil 3. 25)



Şekil 3. 25. Güçlü kiriş-zayıf kolona örnek (Atay, 2010)

Taşıyıcı sistemin plastik mafsallarının sayısının artması ile sistem, göçme durumuna erişebilir. Bu durum, "mekanizma durumu" olarak bilinir. Bu noktada, plastik mafsalların yapı içerisindeki dağılımı büyük önem taşımaktadır. Plastik mafsalların kolon kesitlerinde olduğu duruma "kolon mekanizması", kiriş kesitlerinde olduğu duruma ise "kiriş mekanizması" adı verilir. Her iki durum da yapısal bütünlük açısından dikkate alınmalı ve taşıyıcı sistemlerin tasarımında bu olasılıklar göz önünde bulundurulmalıdır (Anonim, 2024a). Şekil 3. 26'da yapı az sayıda plastik mafsallı oluşumu ile göçme mekanizmasına erişmektedir. Şekil 3. 26 b'de ise yapının göçme mekanizmasına erişmesi için çok sayıda plastik mafsallı gerekmektedir.



Şekil 3. 26. Yapı sisteminde plastik mafsall oluşumu (Anonim, 2024a)

Çekiçleme Etkisi: Bitişik nizam yapılarında, gereken deprem derzinin bırakılmaması nedeniyle, deprem etkileri karşısında oluşan çekiçleme kuvvetleri bazı yapıların birbirine zarar vererek ağır hasar almasına ya da yapının tamamen yıkılmasına neden olmuştur. Bu tür yapıların arasında yeterli miktarda deprem derzi bırakmak zorunludur.

Binaya komşu olan binalar, orta kısımda yer alan binanın çekiçleme etkisiyle göçme durumuna gelmesine sebebiyet vermiştir. (Şekil 3. 27, 28, 29) Giriş katındaki ticari alan, zayıf kat düzensizliği nedeniyle tamamen göçmüş durumdadır. Binanın kenar akslarında yer alan perde kolonlar, merkez akslarda da aynı yönde düzenlenmiş şekilde tek yönlü olarak detaylandırılmıştır. Bu durum, diğer yönde zayıf kalan kesitlerin daha fazla deplasman yapmasına ve böylece ağır hasara yol açmıştır.



Şekil 3. 27. Çekiçleme etkisinde yıkılmış bir bina (I) (Anonim, 2009c)



Şekil 3. 28. Çekiçleme etkisinde yıkılmış bir bina (II) (Anonim, 2009c)

Bitişik nizama sahip yapılara komşu olan binalar arasında genellikle yeterli deprem derzi bırakılmamakta ya da bırakılması gerekenden daha az bırakılmaktadır. Bu durumun sonucu olarak yapıların çekiçleme etkisiyle özellikle zayıf olan ticari alan katlarının çökmesine yol açmaktadır. Bitişik nizama sahip yapıların inşasında,

ekileme etkisini azaltmak için standartlara uygun bir şekilde yeterli dilatasyon boşluğunun ayrılması gerekmektedir.



Şekil 3. 29. ekileme etkisi nedeniyle yıkılmış bir bina (III) ([Anonim, 2009c](#))

Giriş katında ortaya çıkan mafsallaşma ve yapının diğer katlarında görülen aşırı deplasmanlar sonucunda ciddi hasar meydana gelmiştir.

3.3.2. Eğilme Kapasitesinin Yetersizliği

Özellikle enine donatı aralığının (sargı donatısının) yetersiz olması sebebiyle, kolonlarda veya perde duvarlarda sünek olmayan durumlar ve kesmeden etkilerinden kaynaklı gevrek kırılmalar ortaya çıkabilir. Kanca detaylarının uygun olmaması veya birleşim bölgelerindeki eklerin gereken uzunlukta yapılmaması nedeniyle, kolonlar eğilme kapasitesine erişememektedir. (ekil 3. 30).

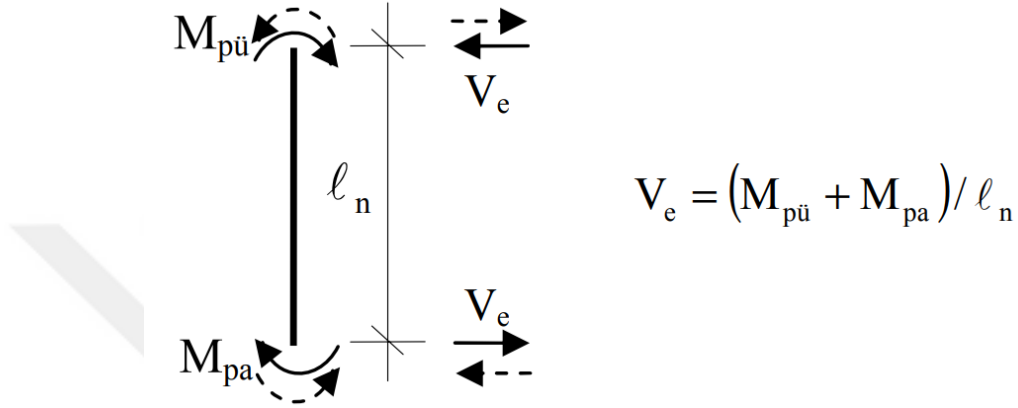


Şekil 3. 30. Uygun olmayan kanca payı ve birleşim yerlerinde eklerin yeterli boyda olmadığı bir perde örneği (Anonim, 2009c)

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde yer alan kapasite tasarımına göre, kolonların sargı donatısı hesaplamalarında göz önüne alınacak kesme kuvveti, yapısal elemanın uçlarındaki eğilme kapasitelerine dayanarak hesaplanmalıdır. En yüksek olası kesme kuvvetini tespit etmede, yapı elemanının uçlarında meydana gelebilecek maksimum eğilme momenti kapasiteleri göz önüne alınır (Şekil 3. 31). Bu yaklaşım, kolonların uçlarında oluşabilecek en yüksek eğilme momenti kapasitesinin gerçeğe en yakın şekilde belirlenmesini sağlamayı amaçlamaktadır.

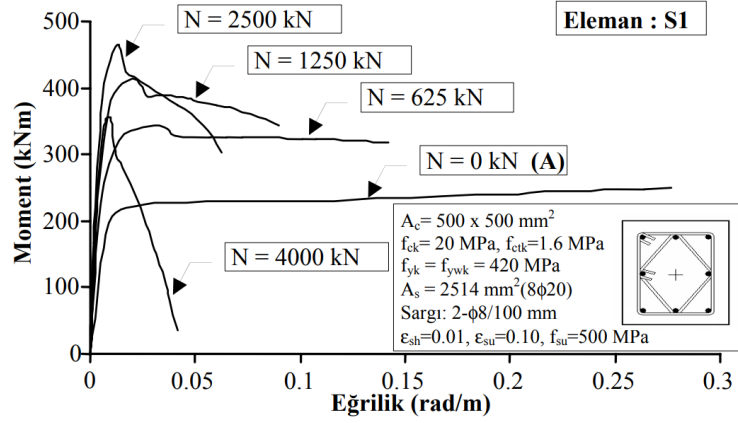
Bir betonarme yapı elemanının eğilme kırılmasıyla ulaştığı moment taşıma kapasitesi, yönetmeliklerde tanımlanan taşıma gücü metodu ile hesaplanan moment taşıma gücü değerlerinin, donatı çeliğindeki akma etkisi ve betonun sargılama etkisi ile değişen gerilme-şekil değiştirme ilişkisinin dikkate alınmaması, tasarımda esasında çeşitli katsayılar gibi faktörler nedeniyle, gerçek eğilme kapasitesi değerinden genellikle daha düşük olmaktadır. Kapasite tasarımı kapsamında, betonarme yapısal elemanlarının uç noktalarında oluşabilecek en yüksek eğilme momenti kapasitesi olan M_p , betonun sargılama etkisiyle değişkenlik gösteren gerilme-şekil değiştirme

etkileşimini, betonun çekme mukavemetini, sargısız betonunun ezilmesini ve donatı çeliğindeki pekleşme gibi etkileri içeren detaylı bir analizle hesaplanmalıdır. Bu analiz sonucunda elde edilen moment-curvature ilişkisindeki nihai moment değeri M_p olarak tanımlanabilir. Ancak, M_p değerini gerçekçi modellere dayanan bir moment-curvature yazılımı ile hesaplamak her zaman pratik olmayabilir (Aydemir vd., 2009).

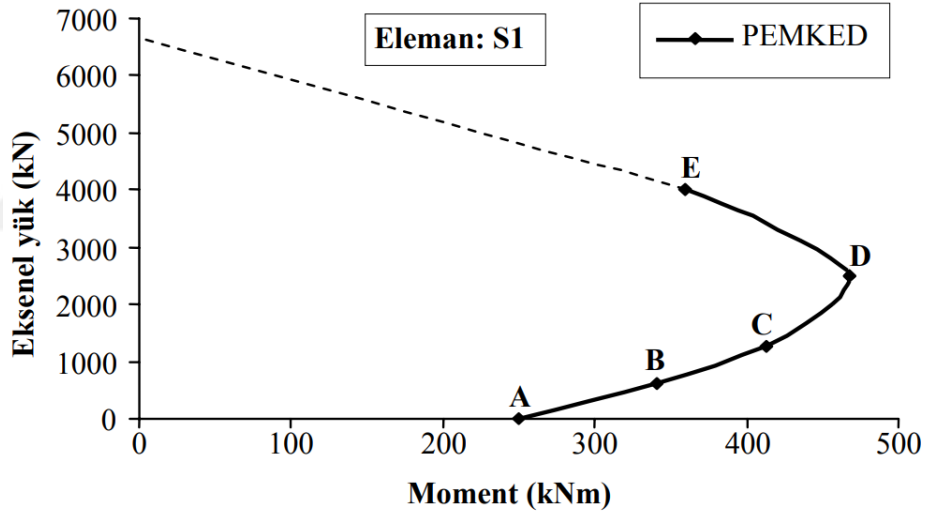


Şekil 3. 31. Deprem yönetmeliğine göre kolonlarda kesme kuvveti V_e 'nin hesabında temel alınan eğilme momentleri (TBDY 2018)

Şekil 3. 32'de, belirli kesit ve malzeme özelliklerine sahip bir yapısal betonarme kolon elemanına, farklılık gösteren eksenel yük seviyeleri için M_p kapasite momentini belirlemek üzere detaylandırılmış moment-curvature ilişkileri gösterilmektedir. Bu moment-curvature ilişkilerindeki nihai moment değerleri ve ilgili eksenel yükler kullanılarak, Şekil 3. 33'te görülen pekleşmeli eğilme momenti karşılıklı etkileşim diyagramı (PEMKED) oluşturulmuştur. Bu diyagram, yapısal elemanların farklı eksenel yük ve moment koşulları altında nasıl tepki vereceklerini görsel olarak anlamak için kullanılmaktadır.



Şekil 3. 32. Farklı eksenel yük seviyeleri için moment-curvature ilişkileri (Aydemir vd., 2009)



Şekil 3. 33. Pekleşmeli eğilme momenti karşılıklı etkileşim diyagramı (PEMKED) (Aydemir, 2004)

Deprem yönetmeliğinde belirtilen bir yönergeye göre, kolonlarda en yüksek eğilme momenti kapasitesi M_p 'nin daha ayrıntılı bir hesaplama yapılamadığı durumlarda, TS500 standartlarına uygun olarak hesaplanan taşıma gücü momenti M_r 'nin 1.4 katı değerinde alınması önerilmektedir. Bu kural, mühendislik uygulamalarında pratik bir çözüm sunar ve daha karmaşık hesaplamaların yerine geçebilir (TBDY 2018).

3.3.3. Kesme Kapasitesinin Yetersizliği

Betonarme yapı elemanlarının en büyük sorunlarından biri deprem esnasında ortaya çıkan kesme etkilerine karşı yetersiz kesme kapasitesidir. Özellikle kolon ve kiriş gibi betonarme taşıyıcı elemanlarda yetersiz çiroz detayı ve sıklaştırma bölgelerinde yetersiz enine donatı detayı bunun başlıca nedenlerindendir.

Türkiye ve benzer yapısal özelliklere sahip ülkelerde, çoğunlukla betonarme yapılardan oluşan yapı envanterinde, genellikle eski tarihlerde inşa edilmiş ve yeterince mühendislik desteği almayan birçok binada, betonarme taşıyıcı elemanlarda kesme etkilerine karşı koyan gerekli sargı donatısının eksik olduğu görölmektedir. Bu durumun ana nedenleri, yapılması gereken denetim mekanizmasının yetersiz kalması ve bilgisizlik ile birlikte, daha önceki yönetmelik ve şartnamelerde kapasiteye göre tasarımın detaylı bir şekilde ele alınmamış olmasıdır (Alsdudi, 2021).

1992 yılında Park ve Paulay tarafından ortaya koyulan ve deprem yönetmeliklerinde kabul gören bu yaklaşımı, 1998 deprem yönetmeliği ile birlikte 90'ların sonlarında Türkiye'de yapı sistemlerinin tasarımında kullanıma başlanmıştır. Bunun dışında, malzemelerin mekanik özelliklerinin yetersizliği, yapıların sonradan değişen kullanım amaçları bunlara bir de korozyon gibi faktörler de eklenince yapıların özellikle kesme etkilerine karşı yetersiz kaldığı görölmüştür. Bu nedenlerden ötürü, anılan yapıların ekonomik koşullar dahilinde güçlendirilmesi, olası can kayıplarını önlemek için büyük önem taşımaktadır.



Şekil 3. 34. Kesme kapasitesinin yetersizliğinden kaynaklı kesme hasarı (Anonim, 2023a)

Kolon taşıma gücüne, basınç bölgesindeki betonun ezilmesiyle erişir. Beton ezildiğinde, basınç kuvvetini tamamen üstlenmek zorunda kalan donatı elemanları burkulma riskiyle karşı karşıya kalır. Betondaki ezilme önlenemezse sargı donatısı içinde kalan çekirdek beton olarak nitelenen bölgeye kadar yayılabilir. Betonun ezilmesine rağmen ufalanmasını önlemek, donatıların burkulmasını engellemek veya bu durumu daha geç hale getirmek için daha sık aralıklarla yerleştirilen sargı donatısından faydalanılabilir.

3.3.4. Yığma Yapılarda Hasar Sebepleri

Kırsal bölgelerde sıklıkla rastlanan çoğunlukla az katlı olan yığma yapılar, geleneksel olarak hem konut hem de hayvan barınağı olarak çok eski zamandan beri süre gelen yapı tipleri olarak çokça tercih edilmektedirler. Ayrıca yığma yapıların çoğu tarihi eser niteliğindedir. Bu yapıları oluşturan inşaat malzemelerinin başlıcaları arasında kerpiç, briket, farklı özelliklere sahip tuğlalar, doğal taşlar gibi birçok malzeme yer almaktadır. Yığma yapıların duvarları, hem iç mekânı tanımlar hem de binanın yük taşıyan unsurlarıdır. Bu duvarlar aracılığıyla yük, malzeme ile harç arasında aktarılır. Yığma binaların ana taşıyıcı sistemi, döşemeler, bu döşemeleri destekleyen duvarlar ve bu duvarların temellerinden oluşur. Kullanılan malzemenin niteliğine göre yığma yapılar farklı karakteristik özellikler gösterebilmektedir (Çırak, 2011).



Şekil 3. 35. Tipik bir yığma yapı (Öztaş, 2009)

Birçok klasik ve tarihi bina kargir olarak yapılmıştır. Yığma yapıların tercih nedenlerinin başında, geleneksel malzemelerle kolayca ve ekonomik olarak inşa edilebilir olmalarından kaynaklanmaktadır. Bu yapılar çoğu zaman mühendislik bilgisi olmaksızın ve şartnamelere dikkat edilmeden rastgele şekilde inşa edilmektedirler. Kırsal alanlarda daha yaygın olan yığma yapılar, çoğu zaman deneyimlere dayalı yöntemlerle inşa edilmektedirler. Bununla birlikte, yığma duvarlar aynı zamanda binanın taşıyıcı sisteminin bir parçası olduğundan, inşası sırasında özen gösterilmesi gerekmektedir.

Yığma yapının mukavemeti, taşıyıcı duvarları oluşturan yığma blokların ve bağlayıcı olarak kullanılan harçların mukavemetine, yani taşıyıcı niteliği olan duvarın mukavemetine bağlıdır. Betonarme yapılara oranlar mukavemeti az olmakla birlikte temelde meydana gelen farklı oturmalar karşı oldukça hassas davranış sergilemektedirler. Zira bu oturmalar yapının taşıyıcı duvarlarında çatlak oluşumuna olanak sağlamaktadır. Ayrıca oturmaların biçimlerine bağlı olarak yapıda farklı türde çatlaklar meydana gelmektedir. Türkiye'deki taşıyıcı niteliğindeki duvarlarda çoğunlukla kullanılan yığma bloklar, pişmiş kil tuğlasıdır. Beton blok veya boşluklu briket kullanımı daha azdır ve bunlar çoğu zaman az katlı yapılar için tercih edilir. Taş malzeme ise çoğunlukla kargir yapının bodrum ve temel duvarlarında kullanılmaktadır (Bayülke, 2011). Tuğla, pişirilmiş olmasına rağmen suyun ve donun etkilerine karşı hassastır ve bu yüzden sıva ile korunması gerekmektedir. Toprak zeminin su geçirgenliğinden ötürü, yığma binaların bodrum çevre duvarları çoğunlukla taştan inşa edilmektedir. Tuğla ve bağlayıcılar gibi kırılgan malzemelerle inşa edilen yığma türü yapıların süneklik düzeyleri düşüktür. Bunun yanı sıra, betonarme yapılarla karşılaştırıldığında, deprem enerjisini sönmüleme kapasiteleri de oldukça sınırlıdır. Türkiye'de malzeme çeşitliliği ve işçilik kalitesi açısından geniş bir yelpaze bulunmaktadır. Bu durum, yığma yapıların düşey yükler ve depremlere karşı dayanıklılıklarının tespit edilmesinde belirsizliklere ve zorluklara yol açmaktadır. Diğer bazı ülkelerde donatılı yığma binalar oldukça yaygın olmasına rağmen, Türkiye'de bu tür yapılar neredeyse hiç bulunmaz (Celep, 2004). Yığma türünden yapılar, özellikle kırsal alanlarda hem konut hem de hayvanlar için barınak olarak yaygın kullanılmaktadır. Bu tür yapıların hasar durumlarının iyi analiz edilmesi ve buna göre önleyici tedbirlerin alınması zorunludur.

Yığma yapıların inşasında kullanılan malzemeler ve bunların bağlanma şekilleri, enine ve boyuna derzlerin şekli, kullanılan malzeme ve taşıyıcı niteliği olan eleman davranış biçimleri, analiz ve inşa yöntemleri göz önünde bulundurulmalıdır. Yığma yapıların taşıyıcı özellik gösteren duvarlarında meydana gelen herhangi bir hasar, taşıyıcı sistemi ve dolayısıyla yapının bütününe doğrudan etkilemektedir. Yığma yapıların hasar almasının sebepleri arasında, taşıyıcı duvarlarda rastgele yerleştirilen ve güçlü bir harçla birleştirilmeyen duvar elemanları, kapı ve pencere için açılan boşlukların duvarın rijitliğini, yük aktarımını ve yapısal bütünlüğünü bozacak boyutlarda olması, dış ve iç duvarlar boyunca yer alan duvar üstü hatılların süreksizliği, yani duvarı kuşaklaması gereken beton veya ahşap türden hatılların oluşturulmaması, iki duvarın birleşim bölgelerinde kesme taşlarla geçme işleminin yapılamaması, çatı döşemesinin toprak örtü ile yükünün dahada artırılması, yapının taşıyıcı niteliğindeki duvarlarında tek tip malzeme yerine taş, hımış, kerpiç gibi karışık malzemelerin kullanılması yer almaktadır (Sorguç, 2000).



Şekil 3. 36. Van-Döşeme Mezrası'nda hasar almış yığma yapı (Parsa, 2012)

Deprem etkileri, dış yükler ve temelin oturmaları gibi nedenlerle yığma yapılar hasara uğrayabilir ve bu durum yapının taşıyıcı elemanlarında çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca bu tür yapılar, çekme gerilmeleri altında zayıf direnç gösterirler ve bu tür gerilmeler yağma yapıların güç kaybını kontrol eder. Bu sebeple,

deprem esnasında oluşan yatay deprem kuvvetleri, taşıyıcı duvarları kesme kuvvetine maruz bırakmaktadır. Çatlakların şekli, konumu ve büyüklüğü, yapının bütünlüğünü etkileyebilecek derecede önemli veya önemsiz olabilir. Çatlakların meydana geliş biçimi, yerleşimi ve büyüklüğüne bağlı olarak yapıda uygulanması gereken müdahale yönteminin belirlenmesinde etkili olmaktadır.

3.4. Yapısal Olmayan Hasarlar

Deprem oluşumu esnasında betonarme yapıların kolon, kiriş, taşıyıcı duvar, döşeme, temel, çatı gibi yapısal elemanları dışında sıva ve bölme duvarlarında hasarlar meydana gelebilir. Bu hasarlar çoğu zaman yapının genel güvenliğini ciddi bir şekilde etkilemez, ancak yapı depremi atlattıktan sonra yapılan birtakım çalışmalarla oluşan hasar giderilebilir.

3.4.1. Bölme Duvar Hasarları

Bölme duvarlardaki çatlaklar görsel açıdan endişe verici olabilir, ancak Şekil 3.37'de görüldüğü üzere, bu çatlaklar genellikle taşıyıcı sistemin kendisinde bir hasara işaret etmemektedir.



Şekil 3. 37. Bölme duvarı hasarına örnek (ilki vd., 2015)

Bölme duvarların hasar almasının başlıca nedenleri arasında depremin oluşumu esnasında oluşan sarsıntılar, temeldeki farklı oturmalar, limitleri zorlayan sehimler ve çerçeve yapısından kaynaklanan yapay titreşimler bulunmaktadır. Depremin şiddeti arttıkça bölme duvarlardaki hasar biçimleri de arttan şiddete bağlı olarak değişmektedir ve bölme duvarlardaki çatlaklar çoğu zaman çapraz benzer biçimde veya "X" biçimini anımsatacak şekilde görülmektedir. Şekil 3. 38, orta derecedeki bölme duvar hasarını temsil eden bir örneği gösterirken, Şekil 3. 39'da İzmir (Seferihisar) depremi sonrası ortaya çıkan orta dereceli bölme duvar hasarının gerçek bir fotoğrafı sunulmuştur.

Şekil 3. 38. Deprem esnasında meydana gelen orta dereceli bölme duvar hasarına temsili örnek (Gültekin, 2022)



Şekil 3. 39. Deprem sırasında oluşan orta dereceli dolgu duvar hasarı ([Gültekin, 2022](#))

Yüksekliği fazla olan bölme duvarların üst bölümlerinde yıkım meydana gelebilir. Kapı ve pencereler için bırakılan boşlukların köşelerinde çatlamlar ve kırılmalar görülebilir. Eğer bölme duvarlarda ileri düzeyde hasar varsa, bu durum yapının yapısal elemanlarında da hasar oluşabileceğine işaret eder. Şekil 3. 40 bölme duvarda oluşan “x” şeklindeki çatlağa örnek teşkil etmektedir.



Şekil 3. 40. Deprem sarsıntıları nedeniyle bölme duvarda oluşan kırılmalar ([Gültekin, 2022](#))



Şekil 3. 41. Bölme duvar asma tavan ayrılması ([İlki vd., 2020](#))

3.4.2. Lento ve Duvar Hatıl Ayrılmaları

Deprem oluşumu esnasında, yapı ağırlığı nedeniyle atalet kuvvetleri ile depremin yarattığı kuvvetler ters yönde etki ederek binayı zorlar. Bu türden etkileşimler, kargir yapı elemanlarında sıklıkla kesme ve eğilme etkilerinin bir arada ortaya çıkmasına neden olur. Ayrıca bu tür etkiler nedeniyle, kargir yapısal

elemanlarda çatlaklar ya da ayrılmalar oluşabilir ve bu tür hasarlar genellikle literatürde düzlem içi hasar olarak tanımlanır. Oluşan çatlamlar çoğunlukla gerilmelerin çok fazla olduğu noktalar olan kapı ve pencerelerin çevrelerinde daha belirgin olarak gözlemlenmektedir (Arun, 2015). Standart ölçülere uymayan geniş açıklıklar ve üzerinde yeterince rijit bir hatıl ya da lento bulunmaması bu türden hasarların oluşmasında önemli rol oynayabilir. Geleneksel Maraş evleri incelendiğinde, kapılar ve pencereler için bırakılan boşluklarda genellikle ahşap malzemenin tercih edildiği görülmektedir. Araştırmalar gösteriyor ki, özellikle yeteri kadar kalınlıkta ve yüksek elastikiyete sahip ahşap malzemelerden (mesela dut ağacından) yapılan dayanıklı lentolar içeren örgülü yapı elemanlarında daha az hasar meydana geldiği belirlenmiştir. Bahse konu olan lentolar, deprem enerjisini absorbe etmede önemli bir rol oynamıştır. Şekil 3. 42'de belirtildiği gibi, geniş bir açıklık olduğu halde, açıklık üstünde bulunan yeterli kalınlık ve boyutlardaki lento ile desteklenen yapının hasarsız olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, lentonun duvara temas ettiği kısımların yeterli uzunlukta olduğu da belirtilmiştir.



Şekil 3. 42. Büyük açıklık boyutuna rağmen hasar almamış bir duvar (Güleç, 2023)

Yığma binalarda lento ve bilhassa hatıllar, taşıyıcı duvarlarda ya da binada stabilite açısından büyük önem arz etmektedir. Yönetmelik, pencere ve kapı lentolarının duvar üzerinde desteklenen kısımlarının uzunluğunun, lentonun net açıklığının %15'inden daha az olmayacağını ve en az 20 cm olmasını şart koşmaktadır. Lento ve yataydaki hatılın kesit ebatları, taşıyıcı duvar genişliğinde olmalı ve düşeydeki boyutu da 20 cm'den daha az olmayacaktır.

Bir betonarme yapının taşıyıcı elemanlarının hasar görmesi süreci, öncelikle bölme duvarlarının hasar görmesiyle başlar. Duvarların düzlem dışı hasar almaları ve düzlem içi eğilmeleri gereklidir. Bu aşamaların ardından genellikle betonarme elemanlar hasar almaktadır. Yapının depremde etkilenip etkilenmediğini anlamak için, duvar birleşim yerleri, kolon-kiriş-duvar birleşim bölgeleri, kapı ve pencere çevreleri veya duvarlarda herhangi bir hasarın olup olmadığı incelenmelidir. Eğer bu bölgelerde hasar görülmezse, yapının depremde etkilenmediği düşünülerek değerlendirilmeye devam edilebilir.



Şekil 3. 43. Duvar lento ayrılma çatlağına örnek (İlki vd., 2020)

3.4.3. Soğuk Derzler

Beton imalatında saha koşullarında çokça karşılaşılan problemlerden biri soğuk derz oluşumudur. Soğuk derz, beton tabakalarının planlanarak ya da planlanmadan, yeterince yapışmayarak birbirine kaynaşamaması sonucundan doğan bir uygulama kusurudur ve bu durum beton tabakalarının farklı şekillerde davranmasına neden olur. Fakat, bazı nedenlerden ötürü bu tür kusurlu uygulamalar

kaçınılmaz olabilmektedir. Betonarme yapılar yekpare, yani bütün olarak tek parça görünse de, betonun tek seferde tamamının dökülmesinin muhtemel olmaması sebebiyle yapı içerisinde süreklilik sağlanamamaktadır. Bilhassa hacimli projeler ve kütle betonlarında soğuk derz, rutin bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Soğuk derz durumu, imalat sırasında daha önce planlanabileceği gibi, sahadaki beklenmeyen aksaklıklar sebebiyle de kontrolsüz de oluşabilir. Bilhassa soğuk derz oluşumunun getirdiği kolonlarda meydana gelen bu tür süreksizlikler, kolonun kesme etkilerine karşı zayıf kalmasına neden olarak statik açıdan sorunlara yol açar. Ayrıca soğuk derz oluşan bölge çevresel faktörler nedeniyle suyun kolaylıkla sızabileceği bir yapıya sahiptir, çünkü bu alan diğerlerine göre daha az bütünleşmekle birlikte estetiklik bakımından kötü görüntü oluşturmaktadır.

Sık karşılaştığımız hasarlardan biri de derz bölgelerindeki ayrılmalar olup, bu tür hasarlar bilhassa dönme yüksek olmadığı sürece yapıyı ağır hasarlı duruma getirebilecek nitelikte hasarlar arasında yer almaz. Soğuk derzlerin varlığı, hasar tespitinde yanıltıcı bir etken olabilmektedir. Bu tür derzler üzerine sıva uygulandıktan sonra, deprem oluşumu esnasında derzler boyunca çatlaklar oluşabilir veya çatlamış gibi bir görünüm ortaya çıkabilir. Hasar değerlendirmesi yapılırken, oluşan çatlakların deprem kaynaklı mı yoksa birbirinden bağımsız çalışan iki beton arasındaki ayrışmadan mı kaynaklandığını dikkatle incelemek önem arz etmektedir.



Şekil 3. 44. Soğuk derz örneği (İlki vd., 2020)

3.4.4. Rötre (Büzülme)  atlakları

Rötre çatlakları örümcek ağına benzeyen harita şeklindeki çatlaklardır. Rötre çatlakları, beton dışından i  bölgelere doğru ilerleyen yoğun çatlaklar olmamakla birlikte, çoğu zaman betonun mukavemetini düşürecek düzeyde bir etkiye sahip değillerdir. Bununla birlikte betonun dış görünüşünü olumsuz yönde etkilerler. Ancak, zamanla beton yüzeyine dışardan etki edebilecek bazı aşındırıcı faktörler karşısında, bu türden çatlaklar daha da derinleşebilir ve betonun stabilitesini azaltabilirler.

 nce agrega parçacıkları, daha eşit dağılmış rötre çatlaklarına yol açar. Agrega cinsinin, agrega büyüklüğüne kıyasla etkisi daha belirgindir. Daha yumuşak agregaların rötre oluşumunu artırdığı g r lmektedir. Aynı zamanla, bu tür agregaların su emilim özellikleri de yüksek olup, artan rötre değerlerine neden olmaktadır. Elastisite modülü fazla olan agregaların rötre oluşumunu azalttığı yapılan çalışmalar neticesinde saptanmıştır, çünkü düşük elastisite modüllü agregaların rötre oluşumu üzerindeki kısıtlayıcı özelliği daha azdır. Az su talep eden agregalar, azalan rötre özelliği sergiler. Birçok  alışma, agrega miktarının artmasıyla rötrenin azaldığını ortaya koymuştur ([Almudaiheim, 1987](#)).



şekil 3. 45. Rötre  atlağı  rneği I ([ lki vd., 2020](#))



Şekil 3. 46. Rötre çatlağı örneği II (İlki vd., 2020)

3.4.5. Korozyon Hasarları

Kimyasal tepkimeler neticesinde malzemelerin yok olması, hâl değişikliğine uğraması ya da karakteristiğini yitirmesi olayına korozyon adı verilir. Betonarmenin, kompozit bir yapı malzemesi olarak işlev görebilmesi, beton ile donatı çeliklerinin arasındaki sürekli kuvvet transferi sayesinde birbirleriyle uyum içinde çalışmasına bağlıdır. Bu süreç aderans olarak adlandırılır. Donatı korozyonu, söz konusu yapıdaki beton elemanların en yüksek mukavemetini ve kullanım ömrünü olumsuz etkileyip, ikisi arasındaki aderansı azaltmaktadır (Şekil 3. 47). Deprem kaynaklı hasar ile donatı korozyonundan kaynaklı hasarı birbirine karıştırmamak gerekir. Korozyona uğrayan donatı çeliğinin hacminde bir artış görülür. Bu artış neticesinde yapısal elemanlarda kabuk atması ya da donatıyı takip eden çatlaklar görülür. Betonarme elemanında kabuk atan parça incelenirse donatıda oluşan korozyonun kabuk betona işlediği görülür. Depremden bir gün önce incelenmek istenen yapıya gidildiğinde korozyon hasarı ile karşılaşılacaktır. Dolayısıyla bu hasar deprem sonucu oluşan bir hasar değildir.



Şekil 3. 47. Yetersiz aderans ve donatı korozyonuna uğramış yapısal eleman ([İlki vd., 2020](#))

3.4.6. Sıva ve Tesisat Çatlakları

Deprem kaynaklı sarsıntılar, betonarme yapılar içerisinde öncelikle sıva çatlaklarının ortaya çıkmasına sebep olur. Başlangıçta bölme duvarları ile kirişlerin birleşim bölgelerinde beliren çatlaklar, ardından kolonlar ile bölme duvarları arasında görülmeye başlar. Ancak, bu türden çatlaklar taşıyıcı sisteme ciddi bir hasar vermez ([Yılmaz ve Umu, 2002](#)). Şekil 3. 48, depremler sonucu ortaya çıkan bölme duvarı ile taşıyıcı sistem çerçevesi birleşiminde meydana gelen çatlakların görünümünü sergilemektedir.

Yapısal elemanlarda yer alan sıva üstündeki çatlakların, çatlak altında yapısal elemanda devam edip etmediği, sıvanın bir çekiç kullanılarak kaldırılmasıyla, incelenmelidir (Şekil 3. 49). Hasar tespitinde önem arz eden sıva çatlakları çoğu zaman yapısal elemanda devam etmektedir. Yapıda tespit edilen çatlaklar eğer sadece sıva çatlakları seviyesindeyse, genellikle yapısal elemanlarda herhangi bir hasara rastlanmaz.



Şekil 3. 48. İzmir (Seferihisar) depremi sırasında betonarme yapıda görülen sıva çatlağı (Gültekin, 2022)



Şekil 3. 49. Sıva ve boya altında devam etmeyen çatlak örneği (İlki vd., 2020)

3.5. Betonarme Yapılarda Hasar İncelemesi

Türkiye, sismik aktivitenin fazla olduğu bölgelerden birinde yer almaktadır. Son dönemde yaşanan depremler doğrultusunda yapılan incelemeler, var olan yapı

stokunun büyük bir kısmının deprem performansı açısından yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, uygun olmayan yapısal sistemlerin tercih edilmesi, yeterli olmayan donatı detaylandırması ve yetersiz yapı denetimi gibi nedenlerle ilgilidir (Çırak, 2011).

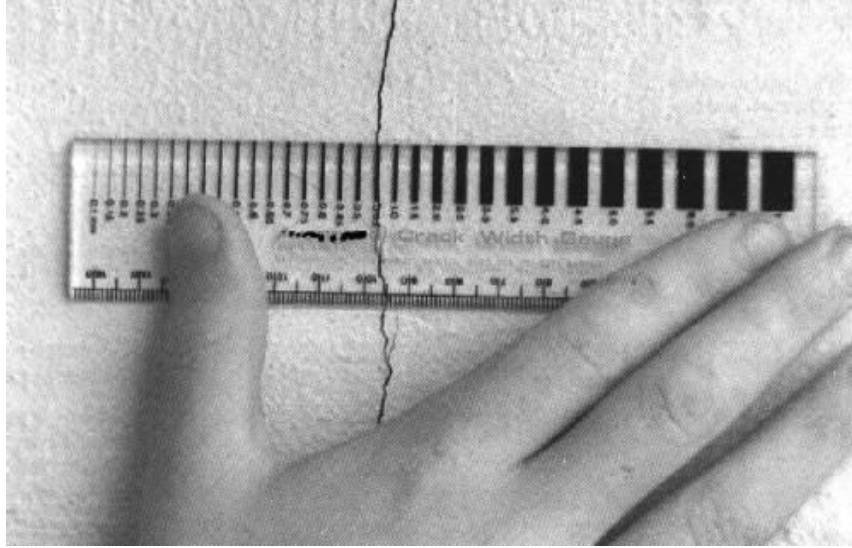
Yapısal elemanlarda meydana gelebilecek çatlakların takip edilmesi ve kontrolü çok önemlidir. Çatlak türleri,

- ✓ Eğilme çatlakları,
- ✓ Kesme Çatlakları,
- ✓ Burulma Çatlakları

şeklinde incelenmektedir. Betonarme yapılarda hasar nedenleri arasında tekli etki ve çoklu etkiler görülebilir. Tekli etki olarak oluşan hasarlara örnek olarak eğilme hasarı (moment talebi), kesme hasarı (kesme kuvveti talebi) ve eksenel yük hasarı (eksenel yük talebi) olarak gösterilebilir. Çoklu etki olarak oluşan etkiler ise eğilme ve kesme etkilerinin birlikte yer alması ve kesme ve eksenel yük etkilerinin birlikte yer alması gösterilebilir. Yapısal elemanda kapasite kaybının az olmasından çok olmasına doğru hasar türleri 0 tipi hasar (hasarsız), A tipi hasar (az hasarlı), B tipi hasar (orta hasar), C tipi hasar (ağır hasar), D tipi hasar (çok ağır hasar) olarak sınıflandırılır. Az hasarlıdan çok ağır hasar türüne doğru gidildikçe yapısal elemanlarda kapasite kaybı artar. Yani talep/kapasite oranı artar.

3.5.1. 0 Tipi Hasar

Bu hasar tipi başka bir deyişle hasarsız olarak adlandırılmaktadır. Hasarsız betonarme bir yapıda hiçbir çatlak meydana gelmez. Çatlak oluşsa bile bu çatlaklar kılcal boyutta ve daha ince çatlaklardır. Çatlaklar sadece sıva düzeyinde görülebilir. Çekiç yardımı ile çatlağın olduğu bölgede yapısal elemanın sıvası kaldırıldığında çatlağın yapısal elemanda betona işlemediği görülebilir. Sıva düzeyinde oluşan bu çatlak yapısal elemanda kapasite kaybına yol açmaz.



Şekil 3. 50. Sıva düzeyinde oluşan çatlağın çatlak ölçer yardımı ile ölçülmesi (İlki vd., 2020)

3.5.2. A Tipi Hasar

Bu hasar tipi başka bir deyişle hafif hasar ya da az hasarlı olarak adlandırılmaktadır. Az hasarlı betonarme bir yapıda çatlaklar kılcal boyutta ve 0.5 mm'den daha ince çatlaklardır. Çatlak eğilme, kesme ya da burulma çatlağı olarak gözlemlenebilir. Çekiç yardımı ile çatlağın olduğu bölgede yapısal elemanın sıvası kaldırıldığında çatlağın yapısal elemanda betona işlediği görülebilir. Oluşan bu tür çatlaklar az da olsa yapısal elemanda kapasite kaybına yol açar. Bu türden hasarlar onarılabilir düzeydedir (İlki vd., 2020).



Şekil 3. 51. Kirişte oluşan 0.5 mm'den küçük eğilme çatlağı (İlki vd., 2020)

3.5.3. B Tipi Hasar

Bu hasar tipi başka bir deyişle orta hasar olarak adlandırılmaktadır. Orta hasarlı betonarme bir yapıda çatlaklar 0.5 mm'den büyük 3 mm'den küçük çatlaklardır. Çatlak eğilme, kesme ya da burulma çatlağı olarak gözlemlenebilir. Ayrıca bu tür hasarın oluştuğu betonarme yapının yapısal elemanında basınç hasarı olarak kabuk beton denilen etriye dışında kalan betonda ezilme başlangıcı görülebilir. Çekiç yardımı ile çatlağın oluştuğu bölgede yapısal elemanın sıvası kaldırıldığında çatlağın yapısal elemanda betona işlediği görülebilir. Ancak çatlak genişliği 0.5 mm ile 3 mm arasında yer almaktadır (Şekil 3. 52). Oluşan bu tür çatlaklar veya kabuk betonun ezilmesi yapısal elemanda kapasite kaybına yol açar (İlki vd., 2020).



Şekil 3. 52. Yapısal elemanın kabuk betonunda oluşan ezilme (İlki vd., 2020)

3.5.4. C Tipi Hasar

Bu hasar tipi başka bir deyişle ağır hasar olarak adlandırılmaktadır. Ağır hasarlı betonarme bir yapıda yapısal elemanda oluşan eğilme, kesme ya da burulma çatlağının 3 mm'den büyük olduğu görülebilir. Ayrıca bu tür hasarın oluştuğu betonarme yapının yapısal elemanında basınç hasarı olarak kabuk beton denilen etriye dışında kalan betonda kabuk atması görülebilir. (Şekil 3. 53). Oluşan bu tür çatlaklar veya kabuk betonda atma yapısal elemanda kapasite kaybına yol açar (İlki vd., 2020).



Şekil 3. 53. Yapısal elemanda kabuk beton atması ([İlki vd., 2020](#))

3.5.5. D Tipi Hasar

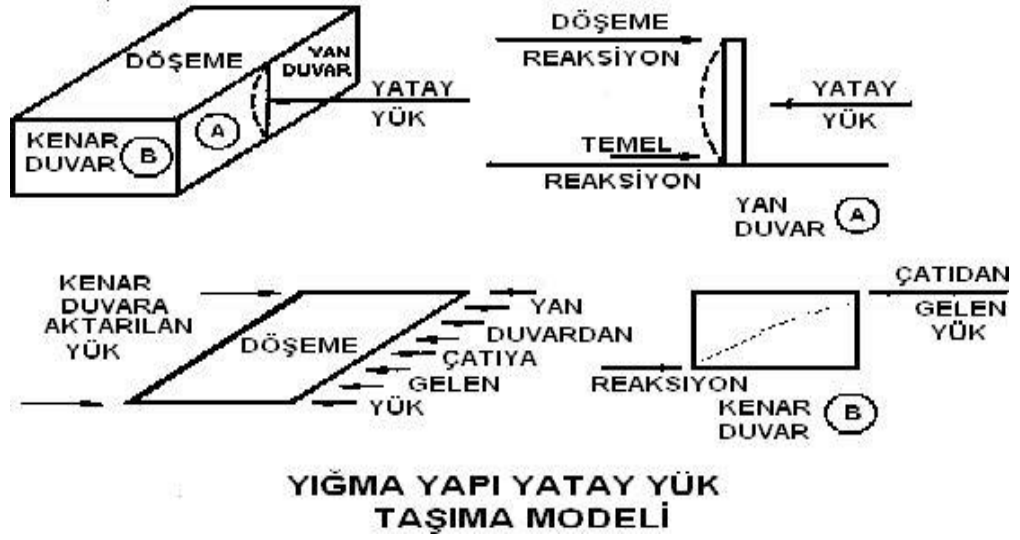
Bu hasar tipi başka bir deyişle çok ağır hasar olarak adlandırılmaktadır. Çok ağır hasarlı betonarme bir yapıda yapısal elemanda oluşan eğilme, kesme ya da burulma çatlakları 10 mm'den büyük olmaktadır. Ayrıca bu tür hasarın oluştuğu betonarme yapının yapısal elemanında basınç hasarı olarak donatıda burkulma veya çekirdek beton denilen etriye ile sarıllı betonda ezilme ya da kırılma görülebilir. Oluşan bu tür ezilme ya da kırılma yapısal elemanda büyük kapasite kaybına yol açar ([İlki vd., 2020](#)).



Şekil 3. 54. Yapısal elemanda oluşan çekirdek beton kırılması ve donatı burkulması (İlki vd., 2020)

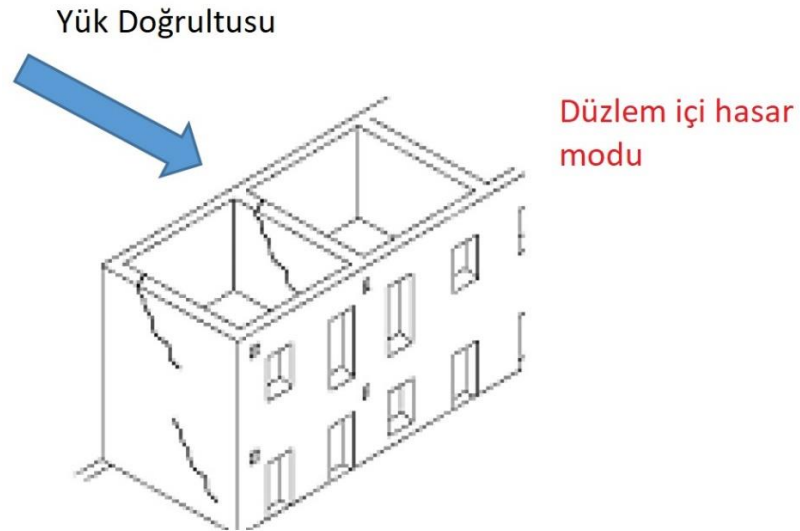
3.6. Yığma Yapılarda Hasar İncelemesi

Yığma binalar, deprem sırasında gelen yüklerin dağılımı neticesinde, taşıyıcı duvarlar çatı ve temel tarafından aktarılan yüklerin altında kesme etkilerine maruz kalmaktadır. Bu durum sonucunda, duvarlar arasındaki boşluklarda çekme çatlakları meydana gelmektedir. Bu tür çatlaklar eğer kullanılan harç mukavemeti tuğlanın mukavemetinden fazla ise tuğlaları da kesmek suretiyle oluşurlar. Yığma yapılar üzerinde etkili olan deprem etkisi tersinir niteliktedir ve ilk ortaya çıkan çatlaklara dik açılarda yeni çatlakların ortaya çıkmasıyla, X biçiminde eğik çekme çatlakları oluşur. Eğer düşey gerilme düşükse, çatlaklar arasında 90 derecelik açı oluşturacak şekilde 45 derecelik diyagonal kesme çatlakları meydana gelir. Yapıda ortaya çıkan çatlakların konumu ve açısı, duvardaki boşluğun miktarına ve konumuna bağlı olarak değişiklik gösterir.

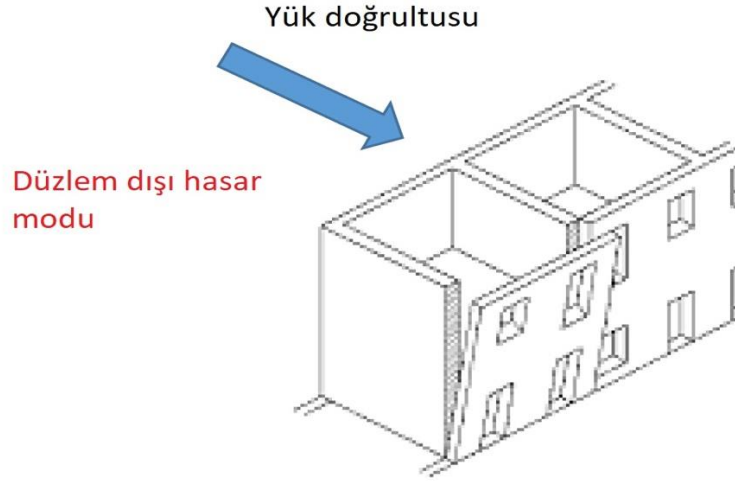


Şekil 3. 55. Yığma duvarların köşe davranışı ve yatay yük altındaki davranışı (Bayülke, 2011)

Yığma yapılarda iki türden hasar modu oluşmaktadır. Deprem esnasında gelen yük doğrultusuna dik doğrultuda yer alan taşıyıcı duvarda oluşan hasar modu düzlem dışı hasar modu olarak adlandırılır. Gelen yük doğrultusuna paralel doğrultuda yer alan taşıyıcı duvarlarda oluşan hasar modu ise düzlem içi hasar modu olarak adlandırılır.



Şekil 3. 56. Yığma yapılarda düzlem içi hasar modu (İlki vd., 2020)



Şekil 3. 57. Yığma yapılarda düzlem dışı hasar modu (İlki vd., 2020)

Yığma yapıların taşıyıcı duvarlarında kapasite kaybının az olmasından çok olmasına doğru hasar türleri 0 tipi hasar (hasarsız), A tipi hasar (az hasarlı), B tipi hasar (orta hasar), C tipi hasar (ağır hasar), D tipi hasar (çok ağır hasar) olarak sınıflandırılır. Az hasarlıdan çok ağır hasar türüne doğru gidildikçe taşıyıcı duvarlarda kapasite kaybı artar. Yani talep/kapasite oranı artar.

3.6.1. 0 Tipi Hasar

Bu hasar tipi başka bir deyişle hasarsız olarak adlandırılmaktadır. Hasarsız yığma bir yapıda taşıyıcı duvarda hiçbir çatlak meydana gelmez. Çatlak oluşsa bile bu çatlaklar kılcal boyutta ve daha ince çatlaklardır. Çatlaklar sadece sıva düzeyinde görülebilir. Çekiç yardımı ile çatlağın olduğu bölgede taşıyıcı duvarın sıvası kaldırıldığında çatlağın duvara işlemediği görülebilir. Sıva düzeyinde oluşan bu çatlak taşıyıcı duvarda kapasite kaybına yol açmaz. Ayrıca kargir birimlerde ezilme görülmez fakat sıvada dökülme görülebilir (İlki vd., 2020).

3.6.2. A Tipi Hasar

Bu hasar tipi başka bir deyişle hafif hasar ya da az hasarlı olarak adlandırılmaktadır. Az hasarlı yığma bir yapıda çatlaklar kılcal boyutta ve 1 mm'den daha ince çatlaklardır. Çatlak eğilme, kesme ya da burulma çatlağı olarak gözlemlenebilir. Çekiç yardımı ile çatlağın olduğu bölgede taşıyıcı duvarın sıvası kaldırıldığında çatlağın duvara işlediği görülebilir. Oluşan bu tür çatlaklar az da olsa taşıyıcı duvarda kapasite kaybına yol açar. Çatlaklar duvar kenarlarında, ortada, kapı ve pencere köşelerinde, hatıl-duvar birleşim bölgelerinde görülebilir. Bu türden hasarlar onarılabilir düzeydedir ([İlki vd., 2020](#)).



Şekil 3. 58. Pencere köşesinde meydana gelen sıva düzeyinde çatlak ([İlki vd., 2020](#))

3.6.3. B Tipi Hasar

Bu hasar tipi başka bir deyişle orta hasar olarak adlandırılmaktadır. Orta hasarlı yığma bir yapıda çatlaklar 1 mm'den büyük 5 mm'den küçük çatlaklardır. Çatlak eğilme, kesme ya da burulma çatlağı olarak gözlemlenebilir. Ayrıca bu tür hasarın olduğu yığma yapının taşıyıcı duvarlarında harçta dökülmeler görülebilir. Çekiç yardımı ile çatlağın olduğu bölgede taşıyıcı duvarın sıvası kaldırıldığında çatlağın duvara işlediği görülebilir. Ancak çatlak genişliği 1 mm ile 5 mm arasında yer

almaktadır (Şekil 3. 59). Oluşan bu tür çatlaklar veya harçta oluşan dökülmeler taşıyıcı duvarda kapasite kaybına yol açar (İlki vd., 2020).



Şekil 3. 59. Yığma yapının taşıyıcı duvarında meydana gelen harç dökülmesi (İlki vd., 2020)

3.6.4. C Tipi Hasar

Bu hasar tipi başka bir deyişle ağır hasar olarak adlandırılmaktadır. Ağır hasarlı yığma bir yapıda taşıyıcı duvarlarda oluşan eğilme, kesme ya da burulma çatlağının 5 mm'den büyük fakat 10 mm'den küçük olduğu görülebilir. Ayrıca bu tür hasarın olduğu yığma yapının kargir birimlerinde ezilme ve harçta dökülmeler görülebilir. (Şekil 3. 60). Oluşan bu tür çatlaklar veya kargir birimdeki ezilmeler ve harçtaki dökülmeler taşıyıcı duvarda kapasite kaybına yol açar (İlki vd., 2020).



Şekil 3. 60. Yığma yapının taşıyıcı duvarında oluşan çatlak ve blok ezilmesi (İlki vd., 2020)

3.6.5. D Tipi Hasar

Bu hasar tipi başka bir deyişle çok ağır hasar olarak adlandırılmaktadır. Çok ağır hasarlı yığma bir yapıda taşıyıcı duvarlarda ayrılma, kısmen veya tamamen parçalanma, yıkılma ve/veya devrilme görülebilir (Şekil 3. 61). Bu hasar düzeyinin oluşması taşıyıcı duvarlarda büyük kapasite kaybına neden olmaktadır (İlki vd., 2020).



Şekil 3. 61. Yığma yapının taşıyıcı duvarında oluşan D tipi hasar (İlki vd., 2020)

4. VERİ MADENCİLİĞİ (DATA MINING)

4.1. Veri Madenciliği Nedir?

Veri madenciliğini kavramak için öncelikle temel kelime anlamlarından başlamak faydalı olacaktır. Madencilik, dünya üzerindeki saklı ve değerli materyallerin ortaya çıkarılmasını ifade ederken, bu terimi veri ile birleştirmek, veri kümeleri içinde ilk etapta görünmeyen değerli bilgilerin keşfedilmesi ve elde edilmesi düşüncesini tetiklemektedir (Irmak, 2009).

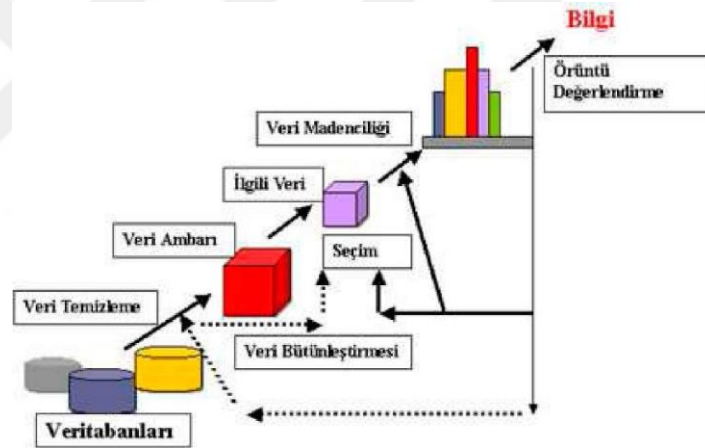
Bir bilim disiplinini tanımlamak genellikle tartışma yaratan bir süreçtir; araştırmacılar çoğu zaman kendi çalışma alanlarının kesin aralığı ve sınırları üzerinde fikir birliğine varmazlar. Aşağıda, veri madenciliği ile ilgili olarak literatürde bulunan bazı tanımlamalar sunulmaktadır (Irmak, 2009).

- ✓ Cabena, vd. (1998) tarafından belirtildiği üzere, veri madenciliği, geniş veri tabanlarından bilgi elde etmeyi amaçlayan, makine öğrenimi, örüntü tanıma, istatistik, veri tabanı sistemleri ve görselleştirme tekniklerini entegre eden disiplinler arası bir alandır.
- ✓ Hand'a (2001) göre, veri madenciliği, genellikle büyük olan gözlemsel veri kümelerinin, veri sahibine anlaşılır ve yararlı olacak şekilde, önceden tahmin edilemeyen ilişkilerin keşfedilmesi amacıyla analiz edilmesi ve bu ilişkilerin sözel olarak özetlenmesi sürecidir.
- ✓ Tang ve MacLennan (2005) tarafından ifade edildiği üzere, veri madenciliği, verilerin otomatik veya yarı otomatik yöntemlerle analiz edilerek gizli örüntülerin ortaya çıkarılması sürecidir.
- ✓ Witten ve Frank (2005) veri madenciliğini, verilerde mevcut olan örüntülerin keşfedilmesi süreci olarak tanımlamaktadırlar. Bu süreç çoğu zaman yarı otomatik, bazen ise tam otomatiktir. Keşfedilen örüntülerin anlamlı ve çoğunlukla ekonomik avantajlar sağlayacak şekilde faydalı olması gerekmektedir.
- ✓ Tan vd. (2006) tarafından belirtildiği üzere, veri madenciliği, büyük veri depolarındaki faydalı bilgilerin otomatik olarak keşfedilmesi sürecini ifade eder.

- ✓ Gartner Group (2007) tanımına göre, veri madenciliği, veri ambarlarında depolanan büyük veri miktarlarının, istatistiksel ve matematiksel tekniklerle birlikte örüntü tanıma teknolojileri kullanılarak incelenmesi ve bu süreçte yeni anlamlı ilişkiler, örüntüler ve eğilimlerin ortaya çıkarılması sürecidir.

Literatürdeki tanımlar ve veri madenciliği proseslerinden elde edilen tecrübelerle dayanarak aşağıda yer alan kapsamlı tanım ifade edilebilir;

Veri madenciliği, büyük veri kümeleri, veri tabanları veya veri ambarlarında yer alan veriler içerisinde bulunan, bilinmeyen, geleneksel metotlarla tespit edilemeyen ve olağandışı ilişkileri, örüntüleri, özel yapıları ya da eğilimleri keşfetmek için istatistik, matematik, makine öğrenimi ve bilgisayar uygulama alanlarının bütünleştiği tekniklerin kullanılmasıyla verilerin analiz edilmesi suretiyle elde edilen sonuçların etkili bir şekilde ortaya koyulması ve görselleştirilmesi işlemidir (Irmak, 2009).



Şekil 4. 1. Veri madenciliği işlem aşamaları (Kumdereli, 2012)

Şekil 4. 1, veri madenciliği sürecinin aşamalarını göstermektedir. Bu süreç, belirtilen aşamalara göre yürütülmelidir. Veri ambarı ise, bir organizasyonun gereksinimlerine uygun şekilde büyük veri miktarlarını erişilebilir bir formatta saklamak için kullanılan bilgisayar destekli depolama sistemleridir. Veri ambarları, organizasyonel verilere kolay erişim sağlamak amacıyla kurulan sistemlerdir. 1990'larında geliştirilmeye başlanan bu yapılar, verileri kullanılabilir eğilimler, ilişkiler ve profiller şeklinde sınıflara ayırmazlar; yalnızca potansiyel bilgi içeren veri tabanları olarak hizmet verirler. Veri madenciliği gibi metotlar, bu verilerde gizlenmiş

bilgileri ortaya çıkarmak için kullanılır. Veri ambarından veri çekmek için, hangi verinin önem arz ettiğini ve bu verinin yerinin belirlenmesi kritik öneme sahiptir. Sıklıkla, ihtiyaç duyulan veriler çeşitli sistemlerde ve farklı formatlarda bulunur. Bu yüzden, sürecin ilk adımı olarak verilerin temizlenmesi ve düzenlenmesi gerekmektedir. W.H. Immon tarafından tanımlanan veri ambarı, verilerin temizlendiği, birleştirildiği ve yeniden düzenlendiği merkezi ve tümleşik bir depolama alanı olarak görülmektedir (Albayrak, 2008).

4.2. Veri Madenciliği Tarihçesi

İnsanlık tarih boyunca verileri analiz ederek bilgi elde etmeye çalışmış ve bu amaçla çeşitli araçlar geliştirmiştir. Bu araçlar bilginin aktarılmasını kolaylaştırmıştır. Zaman içinde farklı alanlarda bilgi birikimi artmış ve bu gelişim Şekil 4. 2'de kronolojik olarak özetlenmiştir.

Gelişim Adımları	Cevaplanan Karar Problemi	Kullanılabilen Teknolojiler	Ürün Sağlayıcılar	Karakteristikler
Veri Toplama (1960'lar)	“Benim toplam karım geçen 5 yılda ne kadardı?”	Bilgisayarlar. Teypler. Diskler	IBM. CDC	Geriye Dönük. Statik Veri Dağıtımı
Veri Erişimi (1980'ler)	“İngiltere’de geçen mart ayında birim satışları ne kadardı?”	İlişkisel Veritabanları. SQL ODBC	Oracle. Sybase. Informix. IBM. Microsoft	Kalıt Düzeyinde Geriye Dönük. Dinamik Veri Dağıtımı
Veri Ambarlama ve Karar Destek Sistemleri (1990'lar)	“İngiltere’de geçen mart ayında birim satışları ne kadardı?”	OLAP. Çok Boyutlu Veritabanı Sistemleri. Veri Ambarları	Pilot. Comshare. Arbot. Cognos. Microstrategy	Çoklu Düzeylerde. Geriye Dinamik Veri Dağıtımı
Veri Madenciliği (Bugün)	“Gelecek ay Boston’daki birim satışları muhtemelen ne olabilir, niçin?”	İleri Düzeyde Algoritmalar. Çok İşlemcili Bilgisayarlar. Büyük Veritabanları	Pilot. Lockheed. IBM. SGI. SPSS. SAS. Microsoft vs.	Geleceğe Dönük. Proaktif Enformasyon Dağıtımı

Şekil 4. 2. Veri madenciliği tarihçesi ve gelişimi

4.3. Veri Madenciliğinin Gelişimini Etkileyen Nedenler

Esasen, veri madenciliğinin gelişmesini aşağıda yer alan beş temel faktör şekillendirmektedir (Kayaalp, 2007).

- ✓ Veri, veri madenciliğinin gelişimindeki en kritik unsurdur. Son yirmi yıl içinde sayısal veri miktarının hızla artması, veri madenciliği tekniklerinin gelişimini tetiklemiştir. Ancak verilerin bu hızlı artışına rağmen, verileri işleyecek bilim insanı, mühendis ve istatistikçi sayısında benzer bir artış olmamıştır. Bu sorunu çözmek için veri analiz yöntemleri ve teknikleri sürekli olarak geliştirilmektedir.
- ✓ Donanım, veri madenciliğinin gelişiminde önemli bir faktördür. Veri madenciliği, sayısal ve istatistiksel bakımdan büyük veri setleri üzerinde yoğun işlemler gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Son yıllarda bellek kapasitelerinin genişlemesi ve işlemci hızlarının artması, daha önce madencilik yapılamayacak büyüklükteki veri ambarları üzerinde çalışılmasını mümkün kılmıştır.
- ✓ Bilgisayar sistemleri, veri madenciliği alanında etkili bir faktördür. Yeni nesil internet teknolojileri, çok yüksek hızlarda veri transferine olanak sağlayarak, dağınık veri tabanlarına erişime, verilerin analiz edilmesine ve farklı algoritmaların kullanılmasına olanak sağlamıştır. 2000'li yılların başında sadece hayal edilebilen bu tür işlemler, günümüzde kullanılmakta olan teknolojiler haline gelmiştir.
- ✓ Bilimsel hesaplamalar, veri madenciliği ve bilgi keşfi alanında önemli bir faktördür. Günümüzün bilim insanları ve mühendisleri, simülasyonları bilimin üçüncü dalı olarak kabul etmekte ve bu simülasyonlar teori ile deney arasında bir köprü kurmaktadır. Veri madenciliği, bu üç unsuru; teori, deney ve simülasyonu birbirine bağlayarak, bilimsel araştırmaların daha etkin ve kapsamlı bir şekilde yapılmasına olanak sağlamaktadır.
- ✓ Ticari trendler: İş dünyası, rekabetçi piyasada ayakta kalabilmek adına daha çevik olmalı, üst düzeyde hizmetler sağlamalı ve bunları en düşük maliyetle en az iş gücü kullanarak gerçekleştirmelidir. Veri madenciliği, müşteri eylemlerinden kaynaklanan olanakları belirlemede ve riskleri netleştirmede büyük bir kolaylık sağlamaktadır.

4.4. Veri Madenciliği Uygulama Alanları

Bugünlerde veri madenciliği çeşitli sektörlerde yaygın olarak tercih edilmektedir. Bankacılık, pazarlama, sigortacılık ve sağlık gibi alanlar bu teknolojinin öncü kullanıcıları arasında yer almaktadır. Veri madenciliğinin her bir sektördeki kullanım amacı aşağıda sıralanmıştır ([Akman, 2010](#)).

- ✓ Sağlık ve Farmakoloji Sektörü: İlaçların geliştirilmesi süreçleri, hastalık tanımlama ve tedavi yöntemlerinin belirlenmesi gibi konularda faydalanılmaktadır.
- ✓ Biyoloji: DNA dizilimi analizi yoluyla, hastalıklara yol açan genetik dizilerin tespiti için kullanılmaktadır (Mikrodizi veri analizi).
- ✓ Pazarlama Yönetimi: Müşteri demografikleri arasındaki ilişkileri keşfetmek, alışveriş trendlerini tespit etmek, pazarlama etkinliklerini şekillendirmek, var olan müşterileri korumak ve yeni müşteriler elde etmek için planlamalar geliştirmek, pazar sepeti ve çapraz satış çözümleri yapmak, alıcı ilişkilerini yönetmek ve satım tahmini oluşturmak amacıyla veri madenciliği kullanılmaktadır.
- ✓ Bilişim ve Mühendislik Alanı: İnternet tabanlı dolandırıcılıkların belirlenmesi, bilim sistemleri ve bilgisayar ağlarına izinsiz erişimlerin saptanması, parmak izi ve yüz tanımlama yöntemleri ile kişisel kimlik doğrulamaları yapılması ve yapay zekâ teknolojilerinin uygulanmasında etkin bir şekilde kullanılmaktadır.
- ✓ Bankacılık Sektörü: Çeşitli finansal değerler arasında saklı ilişkilerin keşfedilmesi, kredi kartı dolandırıcılığının ortaya çıkarılması, kredi başvurularının incelenmesi, usulüne uygun olmayan işlemlerin belirlenmesi, risk değerlendirmeleri ve risk yönetimi işlemlerinde başvuru yöntemleri arasındadır.
- ✓ Meteoroloji ve Atmosfer Bilimleri Alanı: Yerel iklim ve yağış dağılımı haritalarının hazırlanması, hava durumu tahminlerinin yapılması gibi süreçlerde aktif olarak kullanılmaktadır.
- ✓ Sigortacılık Sektörü: Yeni poliçe talebinde bulunacak müşterilerin öngörülmesi, sigorta dolandırıcılık olaylarının saptanması ve yüksek risk taşıyan müşteri profillerinin tespit edilmesi işlemlerinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

- ✓ Perakende sektörü: Mağazalardaki satış verilerinin değerlendirilmesi, alışveriş sepeti incelemeleri, tedarik zinciri ve düzenleme optimizasyonları için kullanılmaktadır.
- ✓ Hisse senedi piyasası: Hisse senetleri fiyatlandırma tahminleri, kapsamlı piyasa değerlendirmeleri ve ticaret stratejilerinin geliştirilmesinde kullanılır.
- ✓ Endüstri sektörü: Kalite kontrol değerlendirmeleri, lojistik ve üretme proseslerinin iyileştirmelerinde kullanılmaktadır.
- ✓ Telekomünikasyon sektörü: Hizmet kalitesini artırma çalışmalarında, ağ trafiği yoğunluk tahminlerinde ve telefon dolandırıcılık işlemlerini belirlemede kullanılır.

Veri madenciliği, burada bahsedilmeyen eğitim, güvenlik gibi pek çok farklı alanda da etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle www.kdnuggets.com web sitesi, veri madenciliğinin çeşitli uygulama alanlarını ve bu alanlardaki kullanım oranlarını belirlemek amacıyla analistler arasında düzenlediği anket sonuçlarını Şekil 4. 3'te sunmaktadır (Akman, 2010).

CRM/ Müşteri Analizleri (41)	% 38.3
Bankacılık (34)	% 31.8
Dolandırıcılık Tespiti (21)	% 19.6
Finans (18)	% 16.8
Doğrudan Pazarlama (15)	% 14.0
Diğer (14)	% 13.1
Yatırım/Borsa kararları (14)	% 13.1
Kredi kartı Skorlama (14)	% 13.1
Telekomünikasyon(13)	% 12.1
Perekandecilik(13)	% 12.1
Reklam (13)	% 12.1
Biyoteknoloji/Genetik (12)	% 11.2
Bilim (11)	% 10.3
Sigortacılık (11)	% 10.3
Sağlık (10)	% 9.3
İmalat (9)	% 8.4
E-ticaret (8)	% 7.5
Web Kullanım Madenciliği(8)	% 7.5
Sosyal Politikalar/Anket Analizi(8)	% 7.5
Tıp/Farmakoloji (8)	% 7.5
Güvenlik/Anti-terör (6)	% 5.6
Web içerik madenciliği (6)	% 5.6
Kamu/Askeri uygulamalar (4)	% 3.7
Seyahat (3)	% 2.8
Junk e-posta / Anti-spam tespiti (3)	% 2.8
Eğlence /Müzik (3)	% 2.8
Sosyal Ağlar(2)	% 1.9

Şekil 4. 3. Veri Madenciliği Kullanım Alanlarının Dağılımı (Kundereli, 2012)

4.5. Veri Madenciliği Uygulamasında Karşılaşılan Zorluklar

Veri madenciliği, işlenmemiş veriyi input olarak kullanarak veri tabanlarından bu bilgileri çekmektedir. Ancak veri tabanlarının dinamik olmaması, eksik veya kısıtlı ve açık olmayan veri setleri içermesi durumunda çeşitli sorunlara neden olabilir. Ayrıca, verilerin konuyla alakasız olması da problemlere yol açabilir. Önemli sorunları sınıflandırmak gerekirse, bunlar şöyledir:

- ✓ Kısıtlı bilgi: Veritabanları, çoğunlukla veri madenciliği amaçları dışında tasarlanmış olup, öğrenme sürecini destekleyecek bazı kritik özellikleri içermeyebilir.
- ✓ Gürültü ve eksik değerler: Veri özelliklerinde veya sınıflarında meydana gelen hatalar gürültü olarak adlandırılmaktadır. Veri tabanlarındaki bilgi eksikliği ve bu tür yanlışlar, veri madenciliği sürecinin hedeflerine tam olarak ulaşamamasına neden olabilir. Bu türden yanlış bilgiler, hatalı ölçümlerden veya öznel değerlendirmelerden kaynaklı olabilir.
- ✓ Belirsizlik: Verideki yanlışlık oranı ve gürültü seviyesiyle ilişkilidir. Veri tahmini keşif sisteminde önemli bir husustur.
- ✓ Boyut, güncellemeler ve alakasız alanlar: Veri tabanlarında yer alan bilgiler zaman içinde ilaveler veya çıkarmalar yapıldıkça değişiklik gösterebilir. Veri madenciliği açısından, kuralların zaman içinde sabit kaldığı ve verinin kararlılığı problemi büyük bir sorun teşkil eder. Öğrenme sistemleri, verilerin ilerleyen süreçte nasıl değiştiğine ve keşif sistemlerinin zamanla ilgili değişimlerine duyarlı olmalıdır ([Albayrak, 2008](#)).

4.6. Veri Madenciliği Türleri

Veri madenciliği, esas olarak üç farklı türe ayrılır ([Farboudi, 2009](#)). Bunlar:

- ✓ Doğrudan veri madenciliği yönetimi: Özellikle tıp alanında yaygındır. Bu teknikte, mesela bir doktorun, belirli bilgileri (tıkanmış damarların tespiti gibi) elde etmesi amacıyla kullanılmaktadır. Pek çok tıbbi prosedür bu grup altında değerlendirilmektedir.

- #### 4.7. Veri Madenciliği Süreci

```
graph TD; A[İş'i anlamak] --> B[Veriyi anlamak]; B --> C[Veri hazırlığı]; C --> D[Modelleme]; D --> E[Değerlendirme]; E --> F[Uygulama]; F --> A; B <--> A; C <--> D; Data[(Data)];
```

86

4.7.1. İş ve İş Ortamını Anlamak

Veri madenciliği projelerinde ilk aşama, çalışmanın hangi sorulara cevap bulmak için yapıldığının açıkça belirlenmesidir. Bu amaçla, araştırılacak sorunun detaylarına odaklanmalı, açık bir şekilde formüle edilmeli ve sonuçların değerlendirilmesi için kıstaslar belirlenmelidir ([Argüden ve Erşahin, 2008](#)).

- ✓ İş hedeflerini anlama: Bu aşama, çalışmanın esas amacının saptanması ve bu amacın yan hedeflerden net bir şekilde ayrıştırılarak açıkça ifade edilmesini içermektedir.
- ✓ Durumu analiz etmek: Veri madenciliğinin esas gayesi verimliliği artırmaktır. Bu hedef, elde edilecek sonuçlar kadar süreç için de önemlidir. Çalışmanın neticesinde sağlanacak yararları analiz etmek (hatalı kararların maliyetleri ve doğru kararların kazançları hakkında tahminler yapmak) önemli bir zorunluluktur.

4.7.2. Veriyi Anlamak

İkinci aşama, başlangıç verilerinin toplanmasını, var olan verilerin uygunluk durumunun incelenmesini, modelin kurulması için ihtiyaç duyulan çeşitli verilerin belirlenmesini ve mevcut veri miktarının yeterliliğinin değerlendirilmesini kapsayan bir veri kalite ve yeterlilik değerlendirme sürecidir ([Argüden ve Erşahin, 2008](#)).

- ✓ İlk verileri toplama: Proje kaynaklarında belirlenen ilk verilerin toplanmasını içeren süreçtir.
- ✓ Veri tanımlı yapmak: Toplanan verilerin tanımın yapılması ve bu verilerin gereksinimleri ne derece karşıladığının değerlendirildiği aşamadır.
- ✓ Verileri anlamak: İlk aşamada toplanan verilere dayanarak ilk hipotezlerin kurulduğu, sınırlı ölçekte veri analizleri yapılarak çıkarımlarda bulunulduğu aşamadır.
- ✓ Veri kalitesini saptamak: Verinin eksiksiz ve doğru olup olmadığı, hatalar içerip içermediği, hatalıysa bu hataların türleri ve veride eksik bölümlerin olup olmadığı gibi sorularla verinin kalitesinin saptandığı kısımdır.

4.7.3. Veriyi Hazırlama

Bu aşama, başlangıç verilerinin çalışmalara temel teşkil edecek sonuç verilere çevrilmesi sürecidir (Argüden ve Erşahin, 2008).

- ✓ Veri Kümesini Belirleme: Modelin oluşturulacağı ve tanımlanan soruya yanıt verebilmek için ihtiyaç duyulan veri kümesinin (veriler ve bu verilerin toplanacağı kaynaklar) saptanma aşamasıdır.
- ✓ Veri Seçimi: Değerlendirme için kullanılacak verilerin seçilme evresidir. Bu aşamada, verinin amaçlarla olan uyumuna, kalitesine ve teknik sınırlamalara özen göstermek önemlidir.
- ✓ Veri Temizleme: Gürültülü ve düzensiz verileri elemek suretiyle veri kalitesini yükseltme sürecidir. Hatalı girişlerden veya olağandışı durumlardan kaynaklanan verilerin analiz dışında tutulması önerilmektedir.
- ✓ Veri Hazırlama: Mevcut değişkenleri modifiye ederek ve model için daha işlevsel veri kümeleri oluşturarak verileri düzenleme sürecidir.
- ✓ Veri Entegrasyonu: Veri madenciliği için değişik kaynaklardan elde edilen verilerin toplanması esnasında karşılaşılan birbirine uymayan verileri büyük miktarda azaltarak, tüm verileri birleştirip tek bir veri tabanında bir araya getirme sürecidir. Bu aşamada, mümkün olan en iyi uyum sağlanarak verilerin entegrasyonu hedeflenmektedir.
- ✓ Veri Biçimlendirme: Oluşturulan veri kümesinin, kullanılacak modelin gereksinimlerine uygun şekilde, anlamı bozmadan format değişiklikleri yapılması sürecidir. Bu aşamada, modelin verimli çalışabilmesi için gerekli düzenlemeler gerçekleştirilmektedir.

4.7.4. Veriyi Modelleme

Aynı veri madenciliği sorunlarına yönelik çok sayıda çözüm yöntemi bulunabilir. Belirli teknikler, verilerin özel gereksinimlerini karşılamak zorundadır. Bu sebeple, en uygun model seçilene dek veri hazırlığı ve modelleme aşamaları tekrar tekrar gerçekleştirilen bir döngüdür (Argüden ve Erşahin, 2008).

- ✓ Model Yöntemi Seçimi: Veri madenciliği işlemi için hangi fonksiyon ve algorithmadan yararlanılacağına tespit edildiği evredir.

- ✓ Model Testi Tasarlamak: Modeli çalıştırıp çıktı alma aşamasına geçmeden evvel, modelin performansını ve doğruluğunu değerlendirmek esastır. Örneğin, tahminleme işlevlerinde sınıflandırma doğruluğu gibi hata oranları kalitenin bir belirtisi olarak ele alınmaktadır.
- ✓ Model Kurma: Hazırlanan veriler üzerinde kullanılacak olan algoritma, metot ya da teknik ile modelin inşa edilmesi sürecidir. Kurulan ve doğruluğu onaylanmış model, bağımsız bir uygulama olarak işlev görebileceği gibi, başka bir uygulamanın bileşeni olarak da hizmet verebilir.
- ✓ Model Değerlendirme: Modelin, başarı ölçütleri, daha evvel edinilen deneyimler ve test sonuçlarına dayanarak incelendiği süreçtir. Burada amacın, projenin genel değerlendirmesinden ziyade, modelin teknik performansının değerlendirilmesi olduğu önemlidir.

4.7.5. Değerlendirme

Bu noktada, zaten bir model oluşturulmuştur. Bu evre, modelin son sunumu öncesinde yoğun bir şekilde analiz edilmesi ve iş hedefleriyle uyumunun gözden geçirilmesini içerir ([Argüden ve Erşahin, 2008](#)).

- ✓ Sonuçları İncelemek: Ön inceleme aşamaları modelin doğruluğunu ve uygun olup olmadığını test ederken, bu evrede modelin iş hedeflerine ne kadar uyduğu değerlendirilmektedir.
- ✓ Süreci Gözden Geçirmek: Kalite kontrol evresidir. Modelin iş hedeflerini yeterince karşıladığı kanaatine varıldıktan sonra, modelin kusursuz şekilde oluşturulup oluşturulmadığı, yalnızca mevcut verilerin mi kullanıldığı, kullanılan verilerin yeterliliği ve gelecekte kullanılabilecek potansiyel veri kaynakları hakkında incelemeler yapılmalıdır.
- ✓ İleriki Aşamaları Belirlemek: Proje sonucunun yeterliliğinin ve fazladan çalışma ihtiyacının yorumlandığı aşamadır. Atılması gereken sonraki adımlar, bu adımlar için gerekli bütçenin olup olmadığı ve eğer projeyi sürdürmek uygunsa hangi noktalardan ilerlenmesi gerektiği gibi konuların gözden geçirilmesi gerekmektedir.

4.7.6. Yayma

Modelin tamamen sonuçlanması projenin son aşaması anlamına gelmez. Model, bilgi birikimini artırma amacına hizmet etse bile, toplanan verilerin işlenebilir ve erişilebilir bir şekilde düzenlenip, paylaşılması gerekmektedir. Bu, çoğunlukla gerçek veri örneklerinin sergilenmesi ile sağlanmaktadır (Argüden ve Erşahin, 2008).

- ✓ Yayma Stratejisini Geliştirmek: Bu aşama, sonuçların analizi neticesinde yayma planının hazırlanması sürecidir.
- ✓ İzleme ve Bakım Stratejileri Belirlemek: Sistemlerin ve ürettikleri verilerin zamanla gösterdiği değişimler, modellerin düzenli olarak takip edilmesini ve gerekirse güncellenmesini zorunlu kılmaktadır. Yanıltıcı verilerle uzun süre çalışmayı önlemek adına bakımın önemi büyüktür.
- ✓ Son Raporu Düzenlemek: Çalışmanın yinelenebilirliğini ve sonuçlarının karar verene iletilmesini sağlamak amacıyla oluşturulan rapordur. Çalışmanın üçüncü şahıslar tarafından kontrol edilebilirliği ve inanılabilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.
- ✓ Projeyi Kontrol Etmek: Gerçekleştirilen çalışmanın sonucunun ve kararların zaman içinde beklenen sonuçlarla kıyaslanmasını ve gerektiği takdirde çalışmanın güncellenmesini kapsayan süreçtir.

4.8. İnşaat Sektöründe Veri Madenciliği Uygulamaları

İstatistik, bilişim, finans, bankacılık, tıp, biyoloji, genetik, kriminoloji, istihbarat, telekomünikasyon, eğitim bilimleri gibi pek çok farklı alanda yaygın olarak kullanılan “Veri Madenciliği yöntemleriyle büyük veri kümelerinden anlam çıkarma teknikleri” Türk inşaat sektöründe henüz yaygın bir şekilde benimsenmemiş bir araştırma ve uygulama sahası olarak önümüze çıkmaktadır. İnşaat sektörü, ülkemizin endüstri ve hizmet sektörlerindeki önemli bir bileşeni olarak kabul edilirken, bu alandaki eksikliklerin, veri madenciliği gibi yöntemlerle elde edilen olumlu sonuçların sektör temsilcilerine aktarılması ve bu sonuçlarla farkındalık oluşturularak giderilmesi mümkün görülmektedir.

Son dönemlerde İnşaat Sektöründe Veri Madenciliği ile ilgili faaliyetler artmıştır. Sektörel açıdan ele alındığında, inşaat işlerinde büyük miktarda sayısal veri

toplanabildiği için Veri Madenciliği uygulamaları, verilerin analiz edilmesi ve irdelenmesi bakımından kritik bir öneme sahiptir (Keleş, 2016).

Sürekli hızla gelişen günümüz teknolojisinde, inşaat sektörü de yapım aşamasında birçok yeniliklere açık hale gelmiştir. Yapı üretiminin odağı niteliğinde olan inşaat işlerinde, çok sayıda değişken birlikte ve sürekli etkileşim içerisinde bulunmakta ve farklı iş kombinasyonları ortaya çıkmaktadır. Bu dinamik üretim süreci, yapı üretimini farklı türden riskleri barındıran tehlikeli işler kategorisine sokmaktadır. Bu husus, inşaat yönetiminin gelişigüzel davranış biçimlerinden ziyade; planlı, sistemli ve koordineli çalışılan bir ortam oluşturma ve sürdürme sanatı olması gerektiğini ortaya koymaktadır. Yönetimi başlı başına bir ders konusu olan inşaat işlerine sektörel açıdan bakıldığında, ülkemizde pek çok işletmenin yönetiminin ilgili mühendis ya da mühendislerin kararlarına bırakıldığı görülmektedir. Bu durum, farkında olmadan birçok kayba yol açmaktadır (Keleş, 2016).

4.9. Hasar Tespit Aşamasında Veri Madenciliği

4.9.1. Hasar Tespitinde İş ve İş Ortamını Anlamak

İlk önce hasar tespitinin amacı belirlenmektedir. Bu amacı olabildiğince tali amaçlardan ayrı tutarak netleştirmek gerekmektedir. Deprem kaynaklı hasar tespitinde amaç mümkün mertebede hasara yoğunlaşıp hasarın türünü ve çatlakların dilini anlamaktır. Deprem kaynaklı hasar ile farklı türden hasarlar birbirine karıştırılmamalıdır.

Veri madenciliği esasen verimliliği artırmayı hedefler. Bu hedef, alınacak sonuçlar kadar süreç için de önemlidir. Hasar tespiti işleminin sonucunda elde edilecek yararları değerlendirmek (yanlış kararların maliyetleri ve doğru kararların faydaları hakkında tahminler) önemli bir gerekliliktir.

4.9.2. Hasar Tespitinden Elde Edilecek Veriyi Anlamak

İkinci aşamada tablet uygulaması hazırlanmaktadır. Bu uygulama hasar tespit sürecinde hasar durumunu ortaya koyabilmek için gerekli verilerin toplanmasını belirler ve ilk aşamada belirlenen hedefe uygun verilerin toplanmasını amaçlamaktadır. Uygulama birtakım soruları içerir ve hasar tespiti yapacak olan ekip bu soruların cevabını sahadan elde etmektedir. Bu aşamada toplanacak verileri

uygulama aracılığı ile veri tabanına kaydetmeden önce ihtiyaçları karşılama durumu değerlendirilmektedir. Bu aşamada çok titiz çalışılması gerekmektedir. Çünkü olası bir yanlış bilgi hasar durumunun yanlış değerlendirilmesine neden olmaktadır. Sahadan toplanan verinin eksiksiz olma durumu, doğruluğu, hata içerip içermediği, varsa hataların türü, veride eksiklikler olup olmadığı gibi sorularla verinin kalitesinin belirlendiği süreçtir.

AFET HAZIRLIK VE MÜDAHALE KURULU
BETONARME VE YIĞMA BİNALAR İÇİN HASAR TESPİT FORMU⁽¹⁾

DEPREMİN	Yeri (veya adı)	Tarihi	Büyüklüğü
Yapı Tanım No	Kaçınıcı İnceleme		
İli	İlçesi	Mahalle - Cad.	Sokak
Kapı No	Pafta	Ada-Parsel No	İnceleme Saati

İNCELENEN BİNANIN ÖZELLİKLERİ

1. Bina Türü : ☐ Betonarme ☐ Yığma
2. Bina Cinsi : ☐ Apartman ☐ Bağımsız Ev
3. Duvar Cinsi : ☐ Delikli Tuğla ☐ Dolu Tuğla ☐ Briket ☐ Taş ☐ Hafif Beton Blok
4. Katların Sayısı: ☐ Bodrumlar+ ☐ Zemin+ ☐ Normal Katlar+ ☐ Asma Kat+ ☐ Çatı Katı + ☐ Çekme Kat - ☐ Toplam

HASAR İNCELEME ADIMLARI

1. İnceleme (Yapının Geneline İlişkin İncelemeler)

☐ Bütünüyle veya bölgesel göçme

Yapının kullanılamaz olduğu açıkça belli ise, yapının "AĞIR HASARLI" olduğuna karar vererek incelemeye son veriniz.

2. İnceleme (Katlar Arası Kalıcı Yer Değiştirme)

☐ Katlar arası kalıcı yer değiştirme (δ/h) > 0,02

Katlar arası yer değiştirme (δ/h) > 0,02 ise yapının "AĞIR HASARLI" olduğuna karar vererek incelemeye son veriniz.

3. İnceleme (Zemine İlişkin İncelemeler)

- Zemin göçmesinden ötürü bina uniform olarak oturmuş ise incelemeye devam edilir.

Açıklama	AZ	ORTA	AĞIR
Temeldeki farklı oturmalarından ötürü binanın yatması	☐ $\approx 1^\circ$ (Yana yatmamış)	☐ $\approx 2^\circ$ (Yana az yatmış)	☐ $\geq 3^\circ$ (Yatmış çok yatmış)

- Yukarıda Ağır Hasar sütunu işaretlenmiş ise yapı "AĞIR HASARLI" dır, incelemeye son veriniz.
- Orta Hasar sütunu işaretlenmiş ise, yapı "ORTA HASARLI"dır, ancak incelemeye devam edilecektir.
- Sadece Az Hasar sütunu işaretlenmiş ise, incelemeye devam edilecektir.

Şekil 4. 5. Hasar tespit formunun genel görünümü (İlki vd., 2020)

4.9.3. Hasar Tespitinden Elde Edilecek Verilerin Hazırlanma Aşaması

Hasar tespiti sonrasında elde edilen verilerden hangilerinin kullanılacağı hangi verilerin çıkarılacağı belirlendiği aşamadır. Kullanılacak verilerin amaçlar ile ilişkisine, kalitesine ve teknik sınır değerlere dikkat edilmelidir. Tutarsız verilerin çıkartılarak veri kalitesinin artırıldığı aşama bu aşamadır. Hatalı girilen verilerin

değerlendirme aşamasına geçmeden bu aşamada çıkarılması tercih edilmektedir. Toplanan verilerden uyumsuz olan veriler olabildiğince giderilerek veri tabanına uygulama aracılığı ile kaydedilmektedir.

4.9.4. Hasar Tespitinden Elde Edilen Verilerin Değerlendirilme Aşaması

Hasar tespitinde başarı ölçütleri, geçmiş deneyimler, alınan eğitimler ve toplanan verilere dayanarak modelin değerlendirildiği aşamadır. Bu aşamada daha çok teknik değerlendirme esastır. Ön değerlendirme süreçleri modelin doğruluğu ve uygunluk durumunu sorgularken, bu aşamada modelin hasar tespit amaçlarına ne kadar uyduğu incelenmektedir. Modelin hasar tespit amaçlarına uygunluğu yeterli görüldükten sonra toplanan verilerin doğru olup olmadığı, sadece toplanan verilerden mi yararlanıldığı sonraki zamanlarda başka hangi verilerin kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca toplanan verilerin yeterli olup olmadığı ve ek bir hasar değerlendirmesine gerek olup olmadığı değerlendirilmektedir.

5. SAHADA HASAR TESPİT SÜRECİ

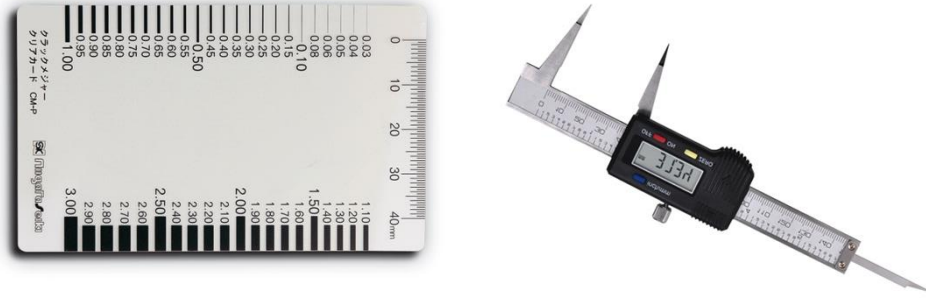
5.1. Hasar Tespitinde Sahada Dikkat Edilecek Hususlar

Daha önceki depremlerde, hasar tespiti yapmış teknik ekiplerin bazen, olası sonraki depremlerde binaların yıkılma riski nedeniyle az hasarlı veya hasarsız binaları dahi ağır hasarlı olarak sınıflandırdıkları görülmüştür. Ancak, hasar tespitinin yalnızca o depremin yapıya verdiği hasarı belirlemek için yapıldığı akıldan çıkarılmamalıdır. Yapılacak olan hasar tespiti, deprem yaşanan bölgede gelecekte meydana gelebilecek daha büyük bir depremin, yapının yapısal sistemine verebileceği hasarı veya binanın depreme karşı performansını değerlendirme amacı taşımamaktadır.

Daha önce meydana gelen depremler esnasında, yapısal sistemde ciddi bir hasar olmamasına rağmen, sıvaların kalınlığı, donatıların korozyona uğramış olması veya dolgu duvarlarının düzgün bağlanmamış olması gibi faktörlerle oluşan görüntüler nedeni ile yapıların hatalı bir şekilde ağır hasarlı olarak değerlendirildiği durumlar yaşanmıştır. Hasar tespiti yaparken özellikle korozyon kaynaklı hasarlara, soğuk derzlere, yapısal elemanlardaki sıva çatlaklarına, yapısal olmayan elemanlardaki ayrılmalara (duvar-duvar, hatıl ve lento ayrılmalarına), rötre çatlaklarına, tesisatın geçtiği yerlerde oluşan çatlaklara ve taşıyıcı olmayan elemanların hasar durumlarına dikkat etmek gerekmektedir. Zira bu türden hasarlar, hasar tespitinde yanıltıcı faktörlerdir.

5.2. Betonarme Yapılarda Hasar Tespit Süreci

Hasar tespiti yapmadan önce ekipler iki veya üç kişi olacak şekilde oluşturulmaktadır. Daha sonra hasar tespiti yapacak olan ekiplere öncelikle iş güvenliği ve hasar tespiti konusunda eğitim verilmektedir. Daha sonra ekiplere hasar tespitinde kullanacakları malzeme ve ekipman temin edilmektedir. Bu malzeme ve ekipmanlar içerisinde baret gibi kişisel koruyucu ekipman ile çekiç, kumpas, tablet ve çatlak ölçer gibi malzemeler yer almaktadır. Kumpas ve çatlak ölçer çatlak genişliğini ölçmede kullanılmaktadır. Çekiç ise çatlak oluşan yapısal elemanda sıva kaldırmada kullanılmaktadır. Hasar tespiti yapacak olan ekipler öncelikle kendi güvenliklerini emniyete almalıdır. Aksi durumda olası bir deprem yaşanabilir veya hasar tespiti yapılacak olan yapı göçme mekanizmasına erişebilir.



Şekil 5. 1. Hasar tespitinde kullanılan çatlak ölçer ve dijital kumpas

5.2.1. İnceleme Katı

Hasar tespitinde inceleme katının belirlenmesi en temel kriterlerin başında yer almaktadır. Bu katın hasar durumu incelendikten sonra yapının genel hasar durumu inceleme katı dikkate alınarak belirlenmektedir. İnceleme katı hasarın en yoğun olduğu kattır. Eğer birden fazla katta hasar yoğunlaşmışsa ve inceleme katının hangisi olduğunu belirlemede kararsız kalınırsa hasarın yoğun olduğu katların tümü incelenir en kritik kat inceleme katı olarak kabul edilir.

Kat kesme kuvvetleri üst katlardan toplanarak zemin kata doğru geldiği için kesme kuvveti talebi en çok zemin katta oluşmaktadır. Salınım en fazla üst katlarda oluşur fakat deprem etkilerine en fazla zemin kat karşı koymaktadır. Bu nedenle inceleme katı özel durumlar dışında genellikle zemin katlardır. Fakat üst katların diğer katlara göre yumuşak kat olması veya zayıf kat olması gibi nedenlerden ötürü zemin kat dışında kalan diğer katlarda zaman zaman inceleme katı olabilmektedir.



Şekil 5. 2. İnceleme katı 1. Normal kat olan betonarme yapı örneği (İlki vd., 2020)

Şekil 5. 2’de yer alan yapının birinci normal katı daha sonra amacı dışında kullanıma çevrilmiştir. Bölme duvarlar kaldırılarak bu kat derslik olarak kullanıma dönüştürülmüştür. Yani normalde konut olarak tasarlanan katın amacı dışında kullanımı sağlanmıştır. Bölme duvarların kaldırılması nedeni ile yumuşak kat davranışına olanak sağlandığı için hasar birinci normal katta yoğunlaşmıştır (İlki vd., 2020).

5.2.2. Dışarıdan Hasar İnceleme

Hasar tespitinde incelemeye ilk önce dışardan başlanır. Bunun nedeni yapıda göçme ihtimali olabilmektedir. Böyle bir durum incelemede bulunan teknik ekiplerin can güvenliğini açısından risk teşkil etmektedir. Dışarıdan inceleme yapılırken bütünsel veya bölgesel bir göçme varsa, katlar arası kalıcı deplasman (katların birbirine göre göreceli deplasmanı) 0,02’den fazla ise ve temeldeki farklı oturmalardan kaynaklı olarak yapı üç derecen fazla dönmüşse inceleme işlemlerine son verilerek yapının ağır hasarlı olduğuna kanaat getirilir. Sıralanan faktörlerden herhangi birinin tek başına veya birlikte bulunması durumunda yapı tamamen göçebilir ve incelemede bulunan ekipler için hayati risk oluşabilir (İlki vd., 2020).



Şekil 5. 3. Bölgesel olarak göçme mekanizmasına erişen yapı örneği (İlki vd., 2020)



Şekil 5. 4. Katlar arası deplasmanın 0,02'den fazla olduğu betonarme yapı örneği (İlki vd., 2020)



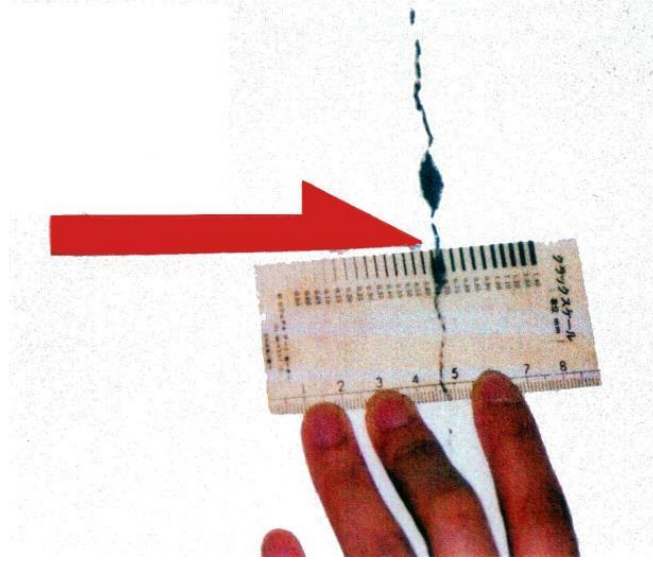
Şekil 5. 5. Temeldeki farklı oturmalar nedeni ile yan yatan yapı örneği (İlki vd., 2020)

5.2.3. İçeriden Hasar İnceleme

Dışarıdan incelemede bahsedildiği üzere yapıda bütünüyle veya bölgesel göçme yoksa, katların birbirine göre deplasmanı yüzde ikiden azsa ve temeldeki farklı oturmalarından kaynaklı yapı üç dereceden fazla dönmemişse veya yan yatmamışsa içeriden inceleme aşamasına geçilmektedir. İçeriden inceleme işlemine başlamadan önce söz konusu yapıda hasarın en yoğun olduğu kat belirlenmelidir. Bu yüzden içeriden inceleme işlemine hasar yoğunluğu en fazla olan kattan başlanmaktadır. Yapının ağırlığını taşıyan kısımları yapısal bölümlerini oluşturur ve yapısal elemanlardaki hasarlar incelenmektedir. Hasar gözlemlenen tüm yapısal elemanlar incelenmelidir.

5.2.4. Eleman Hasarlarının Belirlenmesi

Hasar tespitinde inceleme katındaki yapısal elemanların tamamının hasar durumu incelenmelidir. Çatlak oluşan tüm yapısal elemanların sıvası çekiç yardımı ile ve çatlağı kapatmayacak şekilde kaldırılmalıdır. Sıva kaldırma işlemi tamamlandıktan sonra eğer çatlak yapısal elemanda, betonda devam ediyorsa çatlak ölçer yardımı ile çatlak genişliği ölçülür. Tüm yapısal elemanlardaki ölçülen değerler not alınır.

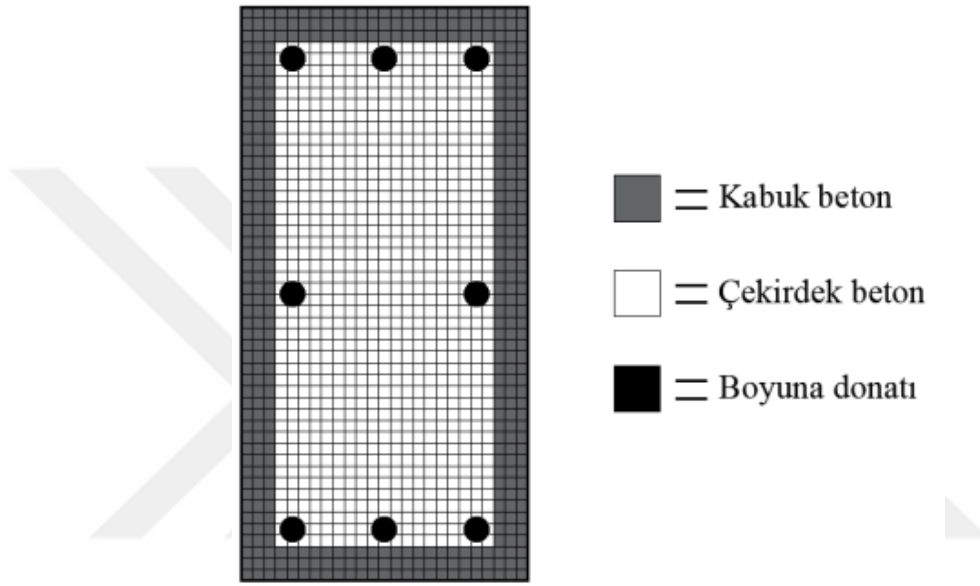


Şekil 5. 6. Çatlak ölçer yardımı ile çatlak genişliği ölçme örneği (İlki vd., 2020)

Betonarme yapılarda düşey taşıyıcı elemanlardaki hasar durumları birinci plandadır. Kiriş gibi yatay taşıyıcı elemandaki hasar durumu ikinci planda yer almaktadır. Ayrıca kolon-kiriş birleşim bölgeleri de düşey taşıyıcı elemanlar gibi değerlendirilmektedir. Hasar tespitinde öncelikle tüm yapısal elemanlardaki hasar durumları belirlenmektedir. Eleman bazında hasar durumları belirlendikten sonra inceleme katının hasar durumuna karar verilmektedir. Bu hasar durumu yapının tamamı için verilen hasar durumudur.

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği üzere betonarme yapıların yapısal elemanında sıva düzeyinde çatlak oluşmuş fakat oluşan çatlak betonda devam etmiyorsa incelenen yapısal eleman için hasar durumu hasarsız veya diğer bir ifade ile 0 tipi hasar olarak nitelendirilmektedir. Eğer yapısal elemanda betonda devam eden çatlak genişliği eğilme çatlak veya kesme çatlak olarak fark etmeksizin 0,5mm veya 0,5mm'den küçük ise incelenen taşıyıcı elemanın hasar durumu hafif hasarlı veya bir başka deyişle A tipi hasar olarak nitelendirilmektedir. İnceleme yapılan yapısal elemanda betonda devam eden çatlak genişliği 0,5mm'den büyük ancak 2mm'den küçük ise ayrıca çatlaktan bağımsız olarak veya çatlak ile beraber basınç hasarı olarak kabuk beton olarak nitelendirilen etriye dışında kalan betonda ezilme varsa bu eleman için hasar durumu orta hasar başka bir deyişle B tipi hasar olarak nitelendirilmektedir. Eğer inceleme yapılan taşıyıcı elemanda çatlak genişliği 2mm'den büyük ve 10mm'den küçük ise veya basınç hasarı olarak kabuk betonda atma varsa bu eleman için hasar

durumu ağır hasarlı veya diğer bir ifade ile C tipi hasar olarak nitelendirilmektedir. Taşıyıcı elemanda betonda devam eden çatlak genişliği 10mm veya 10mm'den büyük ise çatlak ile beraber veya çatlaktan bağımsız basınç hasarı olarak donatılarda burkulma ya da çekirdek beton denilen etriye ile sarılı betonda ezilme ve kırılma varsa bu durumda inceleme yapılan taşıyıcı elemanın hasar durumu çok ağır hasarlı veya D tipi hasar olarak nitelendirilmektedir (İlki vd., 2020).



Şekil 5. 7. Kolon elemanda kabuk ve çekirdek beton gösterimi (Sakcalı ve Yüksel, 2022)

Yapıda bölgesel göçme varsa, yan yatma durumu veya dönme söz konusu ise bu tür yapılar acil yıktırılması gereken yapı sınıfına girmektedir. Çünkü bu yapılar yaşanacak artçı bir depremle beraber göçme mekanizmasına erişebilmektedir.

5.2.5. Hasarın Değerlendirilmesi

Hasar tespitinde toplanan veriler neticesinde nihai sonuca varmak için inceleme katında yapısal elemanlardan elde edilen hasar sınıflarına göre hasar çarpanları yardımı ile düşey ağırlıklı hasar yüzdesi ve yatay ağırlık hasar yüzdesi hesaplanmaktadır. Bu hasar çarpanları aynı zamanda yapısal elemanların kapasite kaybı olarak düşünülmektedir. 0 tipi hasar olarak nitelendirilen yapısal elemanların hasar çarpanı sıfırdır. Bunun anlamı taşıyıcı eleman herhangi bir kapasite kaybına

uğramamıştır. A tipi hasara sahip düşey taşıyıcı yatay taşıyıcı elemanların hasar çarpanı 0,15 değeridir ve bu tür hasara sahip elemanların yük taşıma veya enerji yutma kapasitelerinin yüzde on beşini kaybettiği varsayılmaktadır. B tipi hasara sahip düşey taşıyıcı ve yatay taşıyıcı elemanların hasar çarpanı 0,35 değeridir ve bu tür hasara sahip elemanların yük taşıma veya enerji yutma kapasitelerinin yüzde otuz beşini kaybettiği varsayılmaktadır. C tipi hasara sahip yatay ve düşey taşıyıcı elemanların hasar çarpanı 0,65 değeridir ve bu tür hasara sahip elemanların yük taşıma veya enerji yutma kapasitelerinin yüzde altmış beşini kaybettiği varsayılmaktadır. D tipi hasara sahip yatay ve düşey taşıyıcı elemanların hasar çarpanı 1 değeridir ve bu tür hasara sahip elemanların yük taşıma veya enerji yutma kapasitelerinin tamamını kaybettiği varsayılmaktadır (İlki vd., 2020).

Düşey ağırlıklı hasar yüzdesini hesaplamak için A tipi hasara sahip düşey taşıyıcı yapısal elemanların en kesit alanları toplamı 0,15 ile, B tipi hasara sahip düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı 0,35 ile, C tipi hasara sahip düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı 0,65 ile ve D tipi hasara sahip düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı 1 ile çarpılarak toplanıp not edilir. Daha sonra hasarsız düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı, A tipi hasara sahip düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı, B tipi hasara sahip düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı, C tipi hasara sahip düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı ve D tipi hasara sahip düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanları toplamı birlikte toplanarak not edilir. Hasar çarpanları ile çarpılarak elde edilen sonuç toplam alana bölünerek 100 ile çarpılır ve düşey ağırlıklı hasar yüzdesi elde edilir. Bağıntı 5.1’de yer alan formül yardımı ile hesaplanır (İlki vd., 2020).

$$DAHY = \frac{[A*0,15+B*0,35+C*0,65+D*1]}{0+A+B+C+D} * 100 \quad (5.1)$$

Yatay ağırlıklı hasar yüzdesini hesaplamak için C tipi hasara sahip yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı 0,65 ile ve D tipi hasara sahip yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı 1 ile çarpılarak toplanıp not edilir. Daha sonra hasarsız yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı, A tipi hasara sahip yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı, B tipi hasara sahip yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı, C tipi hasara sahip yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı ve D tipi hasara sahip yatay taşıyıcı eleman sayıları toplamı birlikte toplanarak not edilir. Hasar çarpanları ile çarpılarak elde edilen sonuç

toplam sayıya bölünerek 100 ile çarpılır ve yatay ağırlıklı hasar yüzdesi elde edilir. Bağntı 5.2’de yer alan formül yardımı ile hesaplanır (İlki vd., 2020).

$$Yatay.AHY = \frac{[KC*0,65+KD*1]}{K0+KA+KB+KC+KD} * 100 \quad (5.2)$$

Hesaplanan düşey ağırlıklı hasar yüzdesi 0 ile 20 arasında ise veya hesaplanan yatay ağırlıklı hasar yüzdesi 0 ile 75 arasında ise yapı hafif veya diğer bir ifade ile az hasarlı olarak nitelendirilmektedir. Hesaplanan düşey ağırlıklı hasar yüzdesi 20 ile 50 arasında ise veya hesaplanan yatay ağırlıklı hasar yüzdesi 75 veya 75’ten büyük ise yapı orta hasarlı olarak nitelendirilmektedir. Hesaplanan düşey ağırlıklı hasar yüzdesi 50’den büyük ise ve hesaplanan yatay ağırlıklı hasar yüzdesi 75 veya 75’ten büyük ise yapı ağır hasarlı olarak nitelendirilmektedir (İlki vd., 2020).

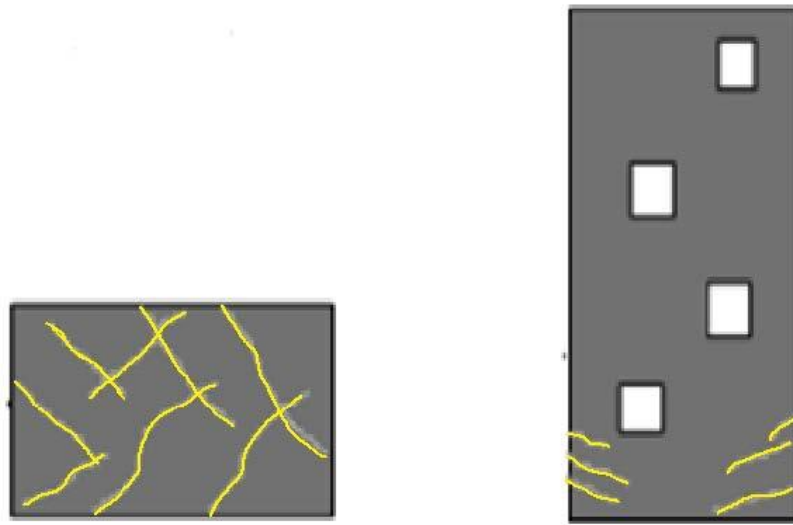
Genellikle deprem olduktan sonra yapılan hasar tespit incelemelerinde bağntı 5.1’de yer alan düşey ağırlıklı hasar yüzdesi ve bağntı 5.2’de yer alan yatay ağırlıklı hasar yüzdesi hesaplanarak hasar türüne karar verme yöntemi kullanılmamaktadır. Bunun yerine hızlandırılmış hasar tespit yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemin diğer yöntemden farkı en kesit alanları hesaplanmamaktadır. Ayrıca hızlandırılmış hasar tespit yönteminde düşey ve yatay ağırlıklı hasar yüzdesi hesaplanmaz. İnceleme katında hasarlı yapısal elemanların hasar durumuna göre yapının hasar durumuna doğrudan karar verilmektedir. Bu yöntemde yapı göçmüş ise yıkık bina olarak nitelendirilmektedir. Binanın bir veya birden fazla katında göçme varsa yapı acil yıktırılacaktır olarak nitelendirilmektedir. Katlar arası kalıcı deplasman yüzde ikiden fazla ise, temeldeki farklı oturmalardan kaynaklı yapı üç dereceden fazla dönmüşse ve en az 1 tane düşey taşıyıcı elemanda D tipi hasar varsa veya en az 2 tane düşey taşıyıcı elemanda C tipi hasar varsa yapı ağır hasarlı olarak nitelendirilmektedir. Düşey taşıyıcı elemanların sayıca en fazla 3 tanesinde B tipi hasar varsa kalanların tamamı hasarsız veya A tipi hasara sahipse yapı az hasarlı olarak nitelendirilmektedir. Bunların dışında kalan diğer tüm durumlarda yapı orta hasarlı olarak nitelendirilmektedir. Ancak söz konusu yapı için detaylı bir mühendislik incelemesi gerekmektedir (İlki vd., 2020).

5.3. Yığma Yapılarda Hasar Tespit Süreci

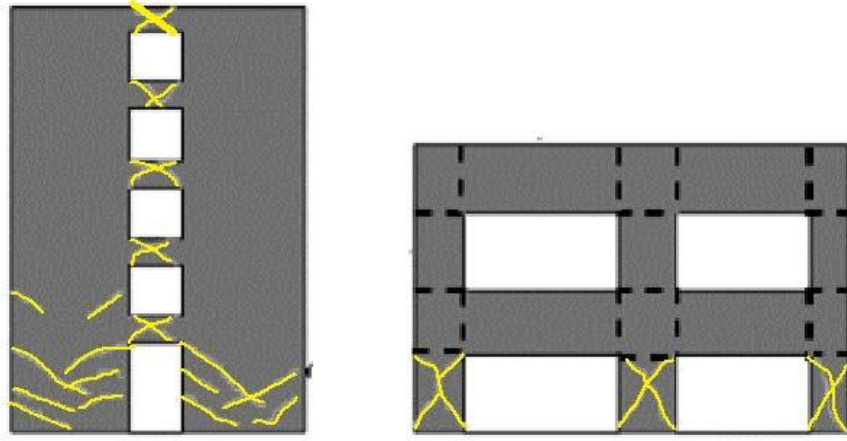
Betonarme yapılarda olduğu gibi yığma yapılarda da hasar tespiti yapmadan önce ekipler iki veya üç kişi olacak şekilde oluşturulmaktadır. Daha sonra hasar tespiti yapacak olan ekiplere öncelikle iş sağlığı ve güvenliği sonrasında da hasar tespiti konusunda eğitim verilmektedir. Daha sonra ekiplere hasar tespitinde kullanacakları malzeme ve ekipman temin edilmektedir. Bu malzeme ve ekipmanlar içerisinde baret gibi kişisel koruyucu ekipman ile çekiç, kumpas, tablet ve çatlak ölçer gibi malzemeler yer almaktadır. Kumpas ve çatlak ölçer çatlak genişliğini ölçmede kullanılmaktadır. Çekiç ise çatlak oluşan yığma yapının taşıyıcı duvarında sıva kaldırmada kullanılmaktadır. Hasar tespiti yapacak olan ekipler öncelikle kendi güvenliklerini emniyete almalıdır. Aksi durumda olası bir deprem yaşanabilir ve hasar tespiti yapılacak olan yapı göçme mekanizmasına erişebilir.

5.3.1. Hasar Nerede Yoğunlaşır?

Yığma türü yapılarda genellikle hasar kapı-pencere boşluklarının kenar kısımlarında, konsol davranış sergileyen duvarlarda yoğun olmaktadır. Ayrıca yığma yapıda hatıl varsa ve hatıllar taşıyıcı duvardan güçlü ise hasar duvarda yoğunlaşır, fakat taşıyıcı duvar hatıllardan güçlü ise hasar hatıllarda yoğun olmaktadır (İlki vd., 2020).



Şekil 5. 8. Konsol davranan duvarlarda yoğun olan hasar durumu (İlki vd., 2020)



Şekil 5. 9. Duvarların hatıllardan güçlü olması durumunda ve hatılların duvarların güçlü olması durumunda oluşan hasar bölgeleri (İlki vd., 2020)

5.3.2. Dışarıdan Hasar İnceleme

Betonarme yapılarda olduğu gibi yığma türü yapılarda da hasar tespitinde incelemeye ilk önce dışardan başlanmaktadır. Bunun nedeni yapıda göçme ihtimali olabilmektedir. Böyle bir durum incelemede bulunan teknik ekiplerin can güvenliğini açısından risk teşkil etmektedir. Dışarıdan inceleme yapılırken bütünsel veya bölgesel bir göçme varsa, katlar arası kalıcı deplasman (katların birbirine göre görece deplasmanı) 0,02'den fazla ise, düzlemi doğrultusunda taşıyıcı duvarda belirgin dönme veya yıkılma varsa ve temeldeki farklı oturmalarından kaynaklı olarak yapı üç derecen fazla dönmüşse inceleme işlemlerine son verilerek yapının ağır hasarlı olduğuna kanaat getirilmektedir. Sıralanan faktörlerden herhangi birinin tek başına veya birlikte bulunması durumunda yapı tamamen göçebilir ve incelemede bulunan ekipler için hayati risk oluşabilir (İlki vd., 2020).



Şekil 5. 10. Bölgesel göçme durumuna örnek yığma yapı (İlki vd., 2020)



Şekil 5. 11. Düzlem dışı doğrultuda belirgin dönme görülen yığma yapı örneği (İlki vd., 2020)



Şekil 5. 12. Temeldeki farklı oturmalardan kaynaklı hasar alan yığma yapı örneği (İlki ve Celep, 2011)

5.3.3. İçeriden Hasar İnceleme

Dışarıdan incelemede bahsedildiği üzere yapıda bütünüyle veya bölgesel göçme yoksa, katların birbirine göre deplasmanı yüzde ikiden azsa, yapının taşıyıcı duvarı düzlemi doğrultusunda belirgin bir şekilde dönmemişse veya devrilmemişse ve temeldeki farklı oturmalardan kaynaklı yapı üç dereceden fazla dönmemişse veya yan yatmamışsa içeriden inceleme aşamasına geçilir. İçeriden inceleme işlemi yapılmadan önce hasarın en yoğun olduğu kat belirlenmelidir. Bu nedenle içeriden inceleme işlemine hasar yoğunluğu en fazla olan kattan başlanmaktadır. Eğer inceleme katını belirlemede kararsız kalınıyorsa diğer bir ifade ile birden fazla katın hasar durumu birbirine yakınsa hasarlı katların tümü incelenir ve kritik olan kata göre karar verilmektedir. Yığma yapının ağırlığını taşıyan taşıyıcı duvarları olduğundan duvarlarda oluşan hasarlar incelenmektedir. Hasar gözlemlenen tüm taşıyıcı duvarlar incelenmelidir.

5.3.4. Eleman Hasarlarının Belirlenmesi

Yığma yapıların hasar tespiti yapılırken inceleme katında yer alan taşıyıcı duvarların tamamının hasar durumu incelenmelidir. Çatlak oluşan tüm duvarların sıvası çekiç yardımı ile ve çatlağı kapatmayacak şekilde kaldırılmaktadır. Sıva

kaldırma işlemi tamamlandıktan sonra eğer çatlak sıva düzeyi ile sınırlı değilse, çatlak ölçer yardımı ile çatlak genişliği ölçülmektedir. Tüm taşıyıcı duvarlarda ölçülen değerler not alınır.

Yığma yapıların taşıyıcı duvarlarında sıva düzeyinde çatlak oluşmuş fakat oluşan çatlak sıva düzeyinde kalmışsa, incelenen yapısal eleman için hasar durumu hasarsız veya diğer bir ifade ile 0 tipi hasar olarak nitelendirilmektedir. Eğer yapısal elemanda sıva altında duvarda devam eden kılcal çatlaklar 1mm veya 1mm'den küçük ise incelenen taşıyıcı elemanın hasar durumu hafif hasarlı veya bir başka deyişle A tipi hasar olarak nitelendirilmektedir. İnceleme yapılan taşıyıcı duvarda devam eden çatlak genişliği 1mm'den büyük ancak 5mm'den küçük veya 5mm'ye eşit ise ayrıca duvar harcında dökülmeler varsa bu eleman için hasar durumu orta hasar başka bir deyişle B tipi hasar olarak nitelendirilmektedir. Eğer inceleme yapılan taşıyıcı elemanda çatlak genişliği 5mm'den büyük ve 10mm'den küçük veya 10mm'ye eşit ise veya duvar harcında dökülme ile birlikte kargir birimlerde ezilme varsa bu eleman için hasar durumu ağır hasarlı veya diğer bir ifade ile C tipi hasar olarak nitelendirilmektedir. Taşıyıcı duvarın kısmen veya bir bütün olarak parçalanması durumu varsa, taşıyıcı duvarın yıkılması ve/veya devrilmesi durumu varsa bu durumda inceleme yapılan taşıyıcı elemanın hasar durumu çok ağır hasarlı veya D tipi hasar olarak nitelendirilmektedir (İlki vd., 2020).

Betonarme yapılarda olduğu gibi yığma yapılarda da bölgesel göçme varsa, yan yatma durumu veya dönme söz konusu ise bu tür yapılar acil yıktırılması gereken yapı sınıfına girmektedir. Çünkü bu yapılar yaşanacak artçı bir depremle beraber göçme mekanizmasına erişebilmektedir.

5.3.5. Hasarın Değerlendirilmesi

Yığma yapılarda sahadan toplanan veriler ışığında nihai sonuca varmak için inceleme katında taşıyıcı duvarlardan elde edilen hasar sınıflarına göre hasar çarpanları yardımı ile düşey ağırlıklı hasar yüzdesi hesaplanır. Söz konusu hasar çarpanları aynı zamanda yapısal elemanların kapasite kaybı olarak düşünülmektedir. 0 tipi hasar olarak nitelendirilen yapısal elemanların hasar çarpanı sıfır olarak değerlendirilmektedir. Bunun anlamı taşıyıcı elemanda herhangi bir kapasite kaybı oluşmamıştır. A tipi hasara sahip yapısal elemanların hasar çarpanı 0,15 olarak

değerlendirilir ve bu tür hasara sahip elemanların yük taşıma veya enerji yutma kapasitelerinin yüzde on beşini kaybettiği varsayılmaktadır. B tipi hasara sahip yapısal elemanların hasar çarpanı 0,35 olarak değerlendirilir ve bu tür hasara sahip elemanların yük taşıma veya enerji yutma kapasitelerinin yüzde otuz beşini kaybettiği varsayılmaktadır. C tipi hasara sahip yapısal elemanların hasar çarpanı 0,65 olarak değerlendirilir ve bu tür hasara sahip elemanların yük taşıma veya enerji yutma kapasitelerinin yüzde altmış beşini kaybettiği varsayılmaktadır. D tipi hasara sahip yapısal elemanların hasar çarpanı 1 olarak değerlendirilir ve bu tür hasara sahip elemanların yük taşıma veya enerji yutma kapasitelerinin tamamını kaybettiği varsayılmaktadır (İlki vd., 2020).

Yığma türü yapının düşey ağırlıklı hasar yüzdesini hesaplamak için A tipi hasara sahip yapısal elemanların en kesit alanları toplamı 0,15 ile, B tipi hasara sahip elemanların en kesit alanları toplamı 0,35 ile, C tipi hasara sahip elemanların en kesit alanları toplamı 0,65 ile ve D tipi hasara sahip elemanların en kesit alanları toplamı 1 ile çarpılarak toplanıp not edilir. Daha sonra hasarsız elemanların en kesit alanları toplamı, A tipi hasara sahip elemanların en kesit alanları toplamı, B tipi hasara sahip elemanların en kesit alanları toplamı, C tipi hasara sahip elemanların en kesit alanları toplamı ve D tipi hasara sahip elemanların en kesit alanları toplamı birlikte toplanarak not edilir. Hasar çarpanları ile çarpılarak elde edilen sonuç toplam alana bölünerek 100 ile çarpılır ve düşey ağırlıklı hasar yüzdesi elde edilir. Bağıntı 5.1’de yer alan formül yardımı ile hesaplanır (İlki vd., 2020).

Hesaplanan düşey ağırlıklı hasar yüzdesi 0 ile 20 arasında ise yapı hafif veya diğer bir ifade ile az hasarlı olarak nitelendirilmektedir. Hesaplanan düşey ağırlıklı hasar yüzdesi 20 ile 50 arasında ise yapı orta hasarlı olarak nitelendirilmektedir. Hesaplanan düşey ağırlıklı hasar yüzdesi 50’den büyük ise yapı ağır hasarlı olarak nitelendirilmektedir (İlki vd., 2020).

Betonarme yapılarda olduğu gibi yığma türü yapılarda da deprem olduktan sonra yapılan hasar tespit incelemelerinde bağıntı 5.1’de yer alan düşey ağırlıklı hasar yüzdesi hesaplanarak hasar türüne karar verme yöntemi kullanılmaktadır. Bunun yerine hızlandırılmış hasar tespit yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemin detaylı hasar tespit yönteminden farkı, bu yöntemde kesit alanları hesaplanmaz. Bununla birlikte hızlandırılmış hasar tespit yönteminde düşey ağırlıklı hasar yüzdesi hesaplanmaz.

İnceleme katında yer alan taşıyıcı duvarların hasar durumuna göre yapının hasar durumuna doğrudan karar verilmektedir. Bu yöntemde yapı göçmüş ise yıkık bina olarak nitelendirilmektedir. Yapının bir veya birden fazla katında göçme varsa yapı acil yıktırılacaktır olarak nitelendirilmektedir. Katlar arası kalıcı deplasman yüzde ikiden fazla ise, yapı düzlemi doğrultusunda devrilmişse, duvar-duvar birleşiminde belirgin bir ayrılma yani göçme düzeyine varacak şekilde bir ayrılma söz konusu ise, temeldeki farklı oturmalarından kaynaklı yapı üç dereceden fazla dönmüşse ve en az 1 tane taşıyıcı yığma duvarda D tipi hasar varsa veya en az 2 tane taşıyıcı duvarda C tipi hasar varsa yapı ağır hasarlı olarak nitelendirilmektedir. Taşıyıcı yığma duvarların sayıca en fazla 3 tanesinde B tipi hasar varsa kalanların tamamı hasarsız veya A tipi hasara sahipse yapı az hasarlı olarak nitelendirilmektedir. Bunların dışında kalan diğer tüm durumlarda yapı orta hasarlı olarak nitelendirilmektedir. Ancak söz konusu yapı için orta hasarlı hasar düzeyine karar verildiği takdirde detaylı bir mühendislik incelemesi gerekmektedir ([İlki vd., 2020](#)).

6. VERİ MADENCİLİĞİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Veri madenciliğinin iyileştirilmesinde en önemli etken sürecin iyileştirilmesidir. Süreç iyileştirme işlemlerinde birtakım değişiklikler gözlenebilir ve bu değişiklikler sürekli veya sıçramalı olabilir. Bunun neticesi olarak performans düzeyinde düşüş gözlenebilir. Bu nedenle zamanla ve yeniliklerle tam entegrasyon sağlanarak daha etkin ve verimli bir şekilde çalışılmalı, kaynaklar daha iyi kullanılmalı, çalışanların sürece olan katkıları göz önünde bulundurularak daha da artırım sağlanmalı ve sürekli olarak gelişim ile iyileştirme faaliyetleri yürütülmelidir. Bu faaliyetler arasında, saha tablet uygulamasının iyileştirilmesi, zaman iyileştirmesi, verilerin kaydedildiği veri tabanının iyileştirilmesi, verilerin daha anlaşılır ve ihtiyaç duyulduğunda hızlı bir şekilde veri tabanlarından elde edilmesi sürecinin iyileştirilmesi, gelişen teknoloji ve yenilikçi sistemlere adapte olabilmek açısından hasar tespit sürecinde yer alan teknik ekiplerin eğitimlerinin sürekli iyileştirilmesi yer almaktadır.

Hasar tespit sürecinde öncelikle saha tablet uygulamasının iyileştirilmesi gerekmektedir. Sahada inceleme yaparken yaşanan internet bağlantı problemleri ve veri gönderme aşamasında yaşanan aktarım problemleri giderilerek bir iyileştirme yapılabilir. Daha sonra veri toplama aşamasının iyileştirilmesi gerekmektedir. Sahadan veri toplama işleminde zaman zaman yapı değerlendirilirken karar verme aşamasında zorluklar yaşanmaktadır. Bunun nedeni hasar tespit işlemi ile ilgili ülkemizde yönetmeliğin bulunmamasıdır. Bu yüzden bir ekibin az hasarlı olarak nitelendirdiği yapıyı başka bir ekip orta hasar ya da ağır hasarlı olarak nitelendirebilmektedir. Bu durum neticesinde bahse konu olan yapının tekrar detaylı bir incelenmesi gerekmektedir. Böyle bir durum hasar tespit sürecinin uzamasına neden olabilmektedir. Oysaki hasar tespit işlemi bir yönetmeliğe dayandırılırsa sahada yaşanabilecek kararsızlıkların olabildiğince önüne geçilebilir. Ayrıca ağır hasarlı yapılar çoğu zaman risk arz ettiği için yıkılmaktadır ve insanların barınma ihtiyaçları yok olma noktasına gelmektedir.

Hasar tespit işlemlerinde zaman çok önemli bir faktördür. Nitekim geçtiğimiz yıl yaşanan 6 Şubat Maraş depremlerinden 10 adet il etkilenmiştir. Bunun sonucu olarak hasar tespit işlemlerinde aksamalar ve gecikmeler yaşanmıştır. Ayrıca yaşanan depremden etkilenen birçok yurttaşımız konutları hasarsız ve az hasarlı olduğu halde yaşadıkları konutların hasar durumunun incelenmesine kadar geçen süre içerisinde

kendi imkanları doğrultusunda barınma ihtiyaçlarını karşılayabilmişlerdir. Bu nedenle hem bu tür sorunların önüne geçebilmek hem de hasar tespit yapan ekiplerin gün içerisinde daha fazla yapıyı inceleyebilmesi için ekiplere araç tahsis edilebilir ve bunun sonucu olarak zamansal iyileştirme yapılabilir.

Hasar tespitinde diğer önemli bir hususta yapılan tüm incelemelerin verilerinin sonraki çalışmalara ışık tutması açısından kaydedildiği veri tabanıdır. Bu aşamada veri madenciliği büyük rol oynamaktadır. Saklanan tüm veriler ihtiyaç duyulduğu takdirde veri tabanlarından kolay bir şekilde elde edilebilir ve işlenebilir olmalıdır. Ayrıca verileri değerlendirme metotları ve teknikleri sürekli bir gelişim içerisinde olmalıdır. Bu nedenle veri tablarının da sürekli olarak iyileştirilmesi gerekmektedir.

Hasar tespit işlemlerinden elde edilen verilerinde anlaşılır ve ihtiyaç duyulduğunda hızlı bir şekilde veri tabanlarından elde edilmesi gerekmektedir. Veri tabanları konu ile alakasız verileri içermemelidir. Söz konusu veri tabanlarında toplanan veriler açık ve anlamlı olmalıdır. Ayrıca verilerin saklandığı veri ambarları dinamik ve sürekli güncel olmalıdır. Yani veri tabanında kayıtlı verilerde ilerleyen zamanlarda değişiklik yapılması gerektiği durumda, yapılması gereken değişiklikler kolay bir şekilde yapılabilmelidir. Ancak gerekli değişiklikler yapılırken veri kaybı veya verilerin bozulması durumu da göz önüne alınarak, alınması gereken önlemlerde titiz davranılmalıdır. Önemli bir diğer husus ise veri kaybının önüne geçmek için veri tabanlarının periyodik bakımı mutlaka yapılmalıdır. Bakım yapılırken hatalı veriler varsa bu veriler veri tabanından ayıklanmalıdır. Olası veri kayıplarına karşı güvenlik önlemleri alınması gerekmektedir.

Ülkemiz aktif deprem kuşağında yer alan ülkelerden biridir. Bunun anlamı her an depreme hazırlıklı olmamız gerektiğidir. Hasar tespit sürecinde yer alan teknik ekiplerin eğitimlerinde de sürekli iyileştirmeler yapılmalıdır. Alınan eğitimler belirli bir zaman geçtikçe unutulabilir. Ayrıca günümüzde gelişen bilgisayar yazılımları ve inşaat teknikleri nedeniyle eğitimler zaman zaman güncellenerek daha anlaşılır ve kolay teknikler içerebilir düzeyde yenilenebilir. Bu nedenle belirli zaman aralıklarında eğitimler tekrarlanarak ekiplerin hasar sürecine dair bilgilerinde iyileştirmeler yapılabilir. Saha çalışmalarında yer alan ekiplere hasar tespit sürecine dair verilen eğitimlerin tekrarlanması sahadan elde verilerin hatadan ve tutarsız verilerden arındırılarak veri tabanına kaydedilmesine olanak sağlayabilir. Bu şekilde hasar tespit

yapan ekiplerin bilgileri kalıcı olur, ekipler yeni tekniklere ve yapılacak çalışmalara daha kolay adapte olabilir. Bunun neticesinde de veri tabanında iyileştirmeler yapılabilir.



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında sonuçlar incelendiğinde;

Hasar tespit işlemlerinden elde edilen verilerin hata oranını en aza indirmek ve sonraki hasar tespit çalışmalarına yardımcı olmak için veri madenciliği tekniğinden yararlanılmaktadır. Bu nedenle doğru hasar tespiti için öncelikle toplanacak verinin alt yapısının çok iyi hazırlanması gerekmektedir. Sahadan elde edilecek verilerin tutarlı ve anlaşılır olması, hata seviyesinin en aza indirgenmesi, gerektiği zaman kolay bir şekilde veri tabanlarından elde edilebilmesi ve sonraki çalışmalara rehberlik etmesi için öncelikle amacın ne olduğunun anlaşılması ve amaç doğrultusunda hasar tespit işleminde iş ortamının net olarak anlaşılması gereklidir. Bununla birlikte hasar tespit aşamasında doğabilecek tehlike ve risklerin ön görülmesi ve gerekli önlemler alınarak belirlenen tehlike ve risklerin ortadan kaldırılması önem arz etmektedir.

Hasar tespit işlemlerinde iş sağlığı ve güvenliği etkin rol oynamaktadır. Hasar tespit sürecinde bulunan teknik ekipler önce kendi güvenliklerini tehlikeye atmamalıdır. İncelemeğe esas yapıda bütünsel veya bölgesel göçme varsa, yapı farklı oturmalarından kaynaklı üç derecen fazla dönmüşse veya yan yatmışsa, katlar arası kalıcı deplasman yüzden ikiden fazla ise incelemede bulunan teknik ekipler inceleme işlemlerine son vermelidir ve yapıyı ağır hasarlı olarak nitelendirmelidir. Aksi halde olası artçı bir depremde bahse konu olan yapı göçme mekanizmasına erişerek incelemede bulunan ekiplerin can güvenliğini tehlikeye atabilir.

Tüm bu verileri ışığında hasar tespit işlemlerinin aksamaması, incelemede bulunan teknik ekiplerin can güvenliği, hasar tespit sürecinde doğabilecek tehlike ve riskler için önlem alınması ve sahadan doğru verilerin elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışma sonucunda olası depremlerden sonra Ülkemizde teknik hizmet vermekte olan kurumlar için teknik açıdan daha iyi hizmet sunulmasına rehberlik edecektir.

KAYNAKLAR

Göker, Ş. 2011 Van Depremleri ve Kırsal Yapı Hasarları, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı, Diyarbakır, 2014, 91s. (Yüksek Lisans Tezi).

Yavuz, M. İnşaat Mühendisliği Eğitimi, Proje ve Şantiye Yönetimlerinde Mesleki Etik Sorunlarının Yapı Hasarlarına Etkileri, Etik Farkındalığının Oluşturulması, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2019, 110s. (Yüksek Lisans Tezi).

Aydemir, G. Structural Damage Detection With Transfer Function Parameter Changes, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı, İstanbul, 2021, 169s. (Yüksek Lisans Tezi).

Sunca, F. Betonarme Binalarda Çarpışma Etkisinin Sarsma Masası Deneyleri ile İncelenmesi ve Deneysel Yöntemlere Dayalı Hasar Tespiti, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 2023, 272s. (Doktora Tezi).

Özmen, B., Nurlu, M., Güler, H. Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1997.

Pampal, S., Özmen, B. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritaları, 17.Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi Konferansı, 15-18 Kasım, 2006, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, MTA Kültür Sitesi, Ankara-Türkiye, 14-17 s.

Karaşin, A., Öncü, M.E., Çok Katlı Yığma Binaların Deprem Güvenliklerinin Değerlendirilmesi Bölgelerinin İncelenmesi, Anadolu Kardiyoloji Dergisi. 2009, 8(1), 63-67 s.

Rajendan, K., Earthquakes as Expressions of Tectonic Activity, Resonance. 2018, 23(3), 337–353 s.

DOI:[10.1007/s12045-018-0622-2](https://doi.org/10.1007/s12045-018-0622-2)

Deprem. Bilim ve Teknik Dergisi, 1999. Sayı 382, Eylül, sf.18

Sözen, M., Bingöl deprem fotoğrafları., 2003

Yılmaz, G., Umu, S.U., Yapılarda Hasar Ders Notları, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, 2002.

Eyidoğan, H., Utku, Z., Güçlü, U., Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi (1900-1988), İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakül, İstanbul, Türkiye, 1991, 199 s.

Celep, Z., Kumbasar, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Yayıncılık, İstanbul, Türkiye, 2004, 700 s.

Kalafat, D., Görgün, E., Kekovalı, K., Güneş, Y. Türkiye’de Son Yıllarda Meydana Gelen Önemli Depremlere Toplu Bir Bakış. 1.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı (TDMSK), 1-14 Ekim, 2011, ODTÜ-Ankara, 13s.

İlki, A., Demir, C., Betonarme ve Yığma Yapılarda Deprem Sonrası Hasar Değerlendirme, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2015, 115 s.

İlki, A., Demir, C., Cömert, M., Halıcı, Ö.F., Betonarme ve Yığma Binalarda Deprem Kaynaklı Hasarlar ve Hasar Tespiti, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2020, 127 s.

ANONİM, <http://www.megainsaatvemimarlik.wordpress.com>, 2009c.

ANONİM, <http://www.deprem.gov.tr>, 2009b.

ANONİM, <https://docplayer.biz.tr>, 2024a.

ANONİM, <https://www.sanalsantiye.com>, 2023a.

AFAD, <https://www.afad.gov.tr>, 2024.

Sezen, H., Whittaker, A.S., Elwood, K.J., Mosalam, K.M., Performance of Reinforced Concrete Buildings During The August 17, 1999 Kocaeli, Turkey Earthquake, and Seismic Design and Construction Practise in Turkey, Engineering Structures, 2003, 25(1), 103-114 s.

DOI:[10.1016/S0141-0296\(02\)00121-9](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(02)00121-9)

Beklen, C., Çağatay, İ.H., Çerçevelerde Dolgu Duvar Modellerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2009, 24(1-2), 77-90 s.

Mertol, A., Mertol, H.C., Deprem Mühendisliği Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Kozan Yayınları, Ankara, Türkiye, 2002, 646 s.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Bölüm 3-7, Düzensiz Binaların Tanımı, 2018.

Tezcan, S., Yazıcı, A., Özdemir, Z., Erkal, A., Zayıf Kat-Yumuşak Kat Düzensizliği, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, 2007, İstanbul.

Ertürkmen, D., Çağatay, İ.H., Dolgu Duvarlı Yapılarda Yumuşak Kat ve Zayıf Kat Düzensizliklerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2016, 31(2), 269-277 s.

DOI: [10.21605/cukurovaummfd.310297](https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.310297)

Meral, E., Betonarme Binalarda Kısa Kolon Etkilerinin Araştırılması, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 2019, 11(2), 515-527 s.

DOI: [10.29137/umagd.495192](https://doi.org/10.29137/umagd.495192)

Atay, H., Depremde Hasar Görmüş Yapıların Güçlendirme Yöntemleri ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı, Sakarya, 2010, 115 s. (Yüksek Lisans Tezi).

Mutlu, M., Deprem Etkisindeki Betonarme Binalarda Kısa Kolon Etkisinin Doğrusal Olmayan Davranışının İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı, Sakarya, 2007, 108 s. (Yüksek Lisans Tezi).

Koç, V., Deprem Öncesi ve Sonrası Gözlenen Beton ve Donatı Korozyonları ile Kısa Kolon Hasarlarının İncelenmesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2016, 4(7), 8-20 s.

Aydemir, C., Zorbozan, M., Noyan Alacalı, S., Dikdörtgen Kesitli Betonarme Kolonların Mp Moment Kapasitelerinin Belirlenmesi, İmo Teknik Dergi, 2009, 20(96), 4545-4565 s.

Aydemir, C., Simetrik Donatılı Dikdörtgen Kesitli Betonarme Kolonların Pekleşmeli Eğilme Momentlerinin Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2004, 149 s. (Yüksek Lisans Tezi).

Alsudı, M., Kesme Dayanımı Yetersiz Betonarme Kirişlerin Güçlendirilmesinde Optimum Lifli Polimer Miktarının Belirlenmesi, Konya Teknik Üniversitesi,

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2021, 87 s. (Yüksek Lisans Tezi).

Çırak, İ.F., Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar, Nedenleri ve Öneriler, SDU International Journal of Technologic Sciences, 2011, 3(2), 55-60 s.

Öztaş, V., Yığma Yapıların Güçlendirilmesi ve Bir Yığma Yapı Örneğinde Güçlendirme Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 2009, 74 s. (Yüksek Lisans Tezi).

Bayülke, N. Yapıların Deprem Davranışı ve Güvenliği. 1.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı (TDMSK), 11-14 Ekim, 2011, ODTÜ-Ankara, 13s.

Sorguç, D., İnşaatların Deprem Hasarlarından Doğan Sorumlulukların ve Hasarlı Binaların Onarma ve Güçlendirme Yolları, İTO Yayın No 2000-45, İstanbul, Türkiye, 2000, 121 s.

Parsa, A., Van Kırsalı için Kapsamlı Bir Model Önerisi, Mimarlar Odası, İstanbul, 2012.

Gültekin, B., Betonarme Yapılarda Yapısal ve Yapısal Olmayan Hasarların Derin Öğrenme ile Tespiti, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2022, 183 s. (Yüksek Lisans Tezi).

Arun, G., Yığma Kagir Yapı Davranış, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Şubat, 2015, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara-Türkiye, 8 s.

Güleç, A., Investigation of the Effects of Kahramanmaraş Earthquakes on Masonry Structures, Journal Of Engineering Sciences, 2023, 9(3), 634-650 s.

DOI: [10.30855/gmbd.0705094](https://doi.org/10.30855/gmbd.0705094)

Mindess, S., Young, J.F., Concrete, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1981, 671 s.

Almudaiheim, J.A., Hansen, W., Effect of Specimen Size and Shape on Drying Shrinkage of Concrete, ACI Materials Journal, 1987, 84(2), 130-135 s.

DOI: [10.14359/1860](https://doi.org/10.14359/1860)

Çırak, İ.F. Betonarme Binalarda Gözlenen Hasarlar, Nedenleri ve Öneriler, Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 2011, 3(3), 62-71 s.

Ersoy, U., Betonarme Yapıların Deprem Davranışı ile İlgili Bir İrdeleme, ODTÜ, Ankara, 2009.

Mertol, A., Mertol, H.C., Deprem Mühendisliği, Kozan Ofset, Antalya, 2002, 645 s.

Irmak, S., Veri madenciliği yöntemleri ile sağlık sektörü veri tabanlarında bilgi keşfi: Tanımlayıcı ve kestirimci model uygulamaları, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Antalya, 2009, 154 s. (Doktora Tezi).

Kumdereli, Ü.C., Tıp bilişimi ve veri madenciliği uygulamaları: EEG sinyallerindeki epileptiform aktiviteye veri madenciliği yöntemlerinin uygulanması, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Edirne, 2012, 130 s. (Yüksek Lisans Tezi).

Albayrak, M., EEG Sinyallerindeki Epileptiform Aktivitenin Veri Madenciliği Süreci ile Tespiti, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya, 2008, 143 s. (Doktora Tezi).

Kayaalp, K., Asenkron Motorlarda Veri Madenciliği ile Hata Tespiti, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Ana Bilim Dalı, Isparta, 2007, 95 s. (Yüksek Lisans Tezi).

Akman, M., Veri Madenciliğine Genel Bakış ve Random Forests Yönteminin İncelenmesi: Sağlık Alanında Bir Uygulama, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyoistatistik Ana Bilim Dalı, Ankara, 2010, 90 s. (Yüksek Lisans Tezi).

Farboudi, S., Tıp bilişiminde istatistiksel veri madenciliği, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Ana Bilim Dalı, Ankara, 2009, 147 s. (Yüksek Lisans Tezi).

Argüden, Y., Erşahin, B. Veri Madenciliği, Arge Danışmanlık, İstanbul, 2008, 72 s.

Keleş, A.E. İnşaat Sektöründe Veri Madenciliği Uygulamalarına Genel Bakış ve Ekonomik Etkilerinin Yorumlanması. Uluslararası Yönetim, Ekonomi ve Politika Kongresi, 26-27 Kasım, 2016, İstanbul, (Bildiriler Kitabı Cilt 1, 73-80.)

Caldas, C.H., Soibelman, L., Han, J. Automated Classification of Construction Project Documents, Journal of Computing in Civil Engineering, 2002, 16(4), 234-243 s.

DOI: [10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2002\)16:4\(234\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2002)16:4(234))

Wilmot, C.G., Cheng, P.E. Estimating Future Highway Construction Costs, Journal of Construction Engineering and Management, 2003, 129(3), 272-279 s.

DOI: [10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2003\)129:3\(272\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:3(272))

Baykasoğlu, A. Veri Madenciliği ve Çimento Sektöründe Bir Uygulama. Akademik Bilişim Konferansları, 2-4 Şubat, 2005, Gaziantep.

Liao, C.W., Perng, Y.H. Data Mining for Occupational Injuries in the Taiwan Construction Industry, Safety Science, 2008, 46(7), 1091-1102 s.

DOI: [10.1016/j.ssci.2007.04.007](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.04.007)

Kaya, M., Keleş, A.E., Laptalı O., E. Construction Crew Productivity Prediction by Using Data Mining Methods, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2014, 141, 1249-1253 s.

DOI: [10.1016/j.sbspro.2014.05.215](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.215)

Durap, A., Doğan, Y. İnşaat Mühendisliğinde Bilişim Kavramı ve Veri Madenciliği Algoritmaları ile Bir Uzman Sisteminin Oluşturulması, Akademik Bilişim Konferansları, AB 2014

Özel, C., Topsakal, A. Veri Madenciliği Kullanarak Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesi, Akademik Bilişim Konferansları, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD), 2014, 35(1), 1300-1949 s.

Keleş, A.E., Kaya, M. Duvar İnşaa Edilmesinde Verimliliği Etkileyen Faktörlerin Apriori Veri Madenciliği Yöntemi Kullanılarak Analizi, XVI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 5-7 Şubat, 2014, Mersin, 831-836 s.

Keleş, A.E., İnşaat Projelerinde Şantiye Şeflerinin Liderliği ve Çalışan Motivasyonu İlişkisinin Veri Madenciliği ile Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana, 2016, 151 s. (Doktora Tezi).

Sakcalı, G.B., Yüksel, İ. Eğik Eğilme Etkisindeki Betonarme Kolonların Moment-Eğrilik İlişkisi İçin Yapay Sinir Ağı Modeli, Politeknik Dergisi, 2022, 25(3), 1167-1183 s.

DOI: [10.2339/politeknik.764745](https://doi.org/10.2339/politeknik.764745)

İlki, A. ve Celep, Z., Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim 2011, ODTÜ, Ankara

