



**24 OCAK 2020 M_w 6.8 SİVRİCE DEPREMİ
ELAZIĞ BÖLGESİ
YAPISAL HASARLAR
İNCELEME VE DEĞERLENDİRME
RAPORU**

RAPOR NO: 2020/D001

ELAZIĞ – 2020



Bu raporun basımı ve dağıtımı Fırat Üniversitesi tarafından yapılmıştır.

Bu raporda bulunan her türlü, bilgi, veri ve görsel ancak aşağıdaki şekilde atıfta bulunularak kullanılabilir:

“Şahin H., Alyamaç K.E., Durucan A.R., Demirel B., Ulaş Açıkgenç M., Bildik A.T., Durucan C., Demir T., Ulucan M., ve Demirbaş N., 2020. 24 Ocak 2020 Mw 6.8 Sivrice/Elazığ Depremi Elazığ Bölgesi Yapısal Hasarlar İnceleme ve Analiz Raporu, Yapı ve Beton Uygulama ve Araştırma Merkezi, Fırat Üniversitesi, Rapor No:2020/D001, Elazığ, Türkiye.



SUNUŞ

Elazığ, bulunduğu fiziki konum itibariyle tarih boyunca birçok kez depremlerle sarsılmıştır. Bunlar içerisinde sadece 8 Mart 2010 tarihinde meydana gelen Başyurt-Karakoçan Depreminde can kayıpları yaşanmış, diğerleri ise çeşitli yapısal hasarlarla atlatılmıştır. Ancak 24 Ocak 2020 tarihinde meydana gelen Sivrice-Elazığ Depremi adeta hafızalarımıza kazınmıştır. Deprem sonrasında 41 vatandaşımız hayatını kaybetmiş ve yüzlerce vatandaşımız yaralanmıştır. Maalesef mağduriyet bununla sınırlı kalmamış; binlerce bina ağır hasar görmüş ve vatandaşlarımız evlerini terk etmek zorunda kalmışlardır.

Deprem olduğu andan itibaren Sayın Cumhurbaşkanımız Recep Tayyip ERDOĞAN'ın liderliğinde Devletimiz, tüm imkânları ile depremzedelerin yanında olmuştur. Deprem ardından geçen bir yıllık süreçte ise devletimizin şefkat eli Elazığ'ın her bir köşesini kuşatmış ve vatandaşlarımız yeni konutlarına taşınmaya başlamıştır.

Deprem sonrasında öğretim üyelerinden idari personeline, yardımcı personelinde öğrencilerine Fırat Üniversitesi Ailesi, deprem yaralarının sarılması için gönülden ve büyük bir gayretle çalışmıştır. Özellikle Fırat Üniversitesi Hastanesi, İnşaat Mühendisliği Bölümleri, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yapı ve Beton Uygulama ve Araştırma Merkezi bu büyük fedakârlıkta ön saflarda olmuştur.

Hiçbir zaman unutmayacağımız bu felaketin sebep olduğu kayıpların bir daha yaşanmaması için gerekli tüm tedbirlerin alınacağına olan inancımız tamdır. Mühendislik alanında ülkemizin en başarılı üniversitelerinden biri olan Fırat Üniversitesi, sahip olduğu yüksek teknoloji imkânları ve akademik insan gücü ile bundan sonraki süreçte hem şehrimizin yeniden inşasında hem de depreme yönelik tedbirlerin alınması hususunda üzerine düşen her türlü sorumluluğu yerine getirmeye hazırdır.

Deprem sonrasında sürekli sahada olan, Çevre ve Şehircilik Bakanlığına hasar tespitleri konusunda sınırsız destek sunan, Elazığ Valiliğinin ve Belediye Başkanlığının ihtiyaç duyduğu her anda uzman desteğini esirgemeyen, medya aracılığıyla vatandaşlarımızın bilgilendirilmesini sağlayan ve böylesine detaylı bir raporu hazırlayarak Elazığ'ın arşivine unutulmaz bir katkı sunan Fırat Yapısal Hasar Araştırma Grubu'na gönülden teşekkür ederim.

Bu vesileyle “**24 Ocak Elazığ-Sivrice Depremi**”nde hayatını kaybeden vatandaşlarımıza Allah'tan rahmet, yakınlarına başsağlığı ve sabırlar diliyorum. Bir daha böyle acılar yaşanmamasını gönülden temenni ediyorum.

Prof. Dr. Fahrettin GÖKTAŞ

REKTÖR

ÖNSÖZ

24 Ocak 2020 Cuma günü, Türkiye saati ile 20.55'te, merkez üssü Sivrice (Elazığ) olan M_w 6.8 büyüklüğünde, yıkıcı bir deprem meydana geldi. Maalesef bu deprem sonrasında 37'si Elazığ'da, 4'ü Malatya'da olmak üzere toplam 41 vatandaşımız hayatını kaybetti. Öncelikle bu vatandaşlarımıza Yüce Mevla'dan rahmet, yakınlarına ise başsağlığı diliyoruz.

Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği ailesi olarak depremin oluşturduğu acıyı iliklerimize kadar hissettik. Bölümümüz Araştırma Görevlilerinden Veysi KARTAL ve eşi, Sürsürü Mahallesi'nde çöken Dilek Apartmanı'nın altında kaldılar. Bölümümüz öğrencilerinden Muhammed Faruk ÇELİK ise ailesiyle birlikte Mustafapaşa Mahallesi'nde çöken binanın altında kaldı. Çok şükür ki meslektaşımız, öğrencimiz ve aileleri enkaz altından sağ kurtuldular. Depremzedeler için yapılan yardım faaliyetlerine katılan öğrencimiz Mehmet Fatih POLAT'ın beli kırıldı ve maalesef uzun süreli bir tedavi görmek zorunda. Hepsine, Elazığ'ımıza, Malatya'mıza ve Türkiye'mize geçmiş olsun dileklerimizi en kalbi duygularla sunuyoruz. Ümit ediyoruz ki bir daha böyle acılar yaşamayalım.

Deprem, Türkiye'nin ve özelde Elazığ'ın kaçınılmaz bir gerçeğidir. Bu deprem ne bir ilkti ve maalesef ne de son olacaktır. Dolayısıyla can kayıplarının, sosyal çalkantıların ve ekonomik sıkıntıların yaşanmaması için tek çaremiz, deprem dayanımı yüksek yapılar inşa etmek ve mevcut deprem dayanımı yetersiz yapı stokunu yenilemektir.

Depremden sonra kısa bir süre içinde Fırat Yapısal Hasar Araştırma Grubu toplanmış ve hem deprem kaynaklı hasarlara ilişkin saha incelemeleri hem de Deprem Kriz Merkezi'ne yardımcı olmak için harekete geçmiştir. Elazığ Merkez, depremden hasar gören İlçeler ve Köyler ziyaret edilmiş ve yapısal hasarlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. İnceleme, gözlem, ölçüm, test ve analizler sonucunda ortaya çıkan bulgular bu rapor vesilesiyle paylaşılmıştır. Bu raporun amacı, depremin Elazığ'daki binalar üzerindeki etkisini inceleyerek, elde edilen tecrübenin kalıcı ve kullanılabilir hale getirilmesini sağlamaktır. Bu rapor hazırlanırken, Elazığ'da oluşmuş eski depremler, mevcut bina stoku ve 24 Ocak Elazığ-Sivrice Depremi dikkate alınmış, sadece sonuçlar değil, sebep ve öneriler de ayrıntılı bir şekilde sunulmaya çalışılmıştır.

Deprem sonrasında her türlü özveride bulunarak Elazığ'ımız için maddi, manevi, fiziki ve teknik katkı sunan, Sayın Cumhurbaşkanımız Recep Tayyip Erdoğan'dan, çadırlara yardım taşıyan çok kıymetli gönüllülere kadar herkese kalbi şükran, muhabbet ve saygılarımızı sunarız.

Son söz; “Medeniyet seviyesi yüksek, gözünü yıllar sonrasına dikmiş, hedefleri ve büyük projeleri olan toplumlar, depremde en güvenli mekânları; KENDİ EVLERİ olan toplumlardır.”

Doç. Dr. Kürşat Esat ALYAMAÇ

Fırat Üniversitesi
Yapı ve Beton
Uygulama ve Araştırma Merkezi
Müdürü

TEŞEKKÜR

Deprem sonrasında meydana gelen yapısal hasarların değerlendirilmesi, sadece sahada elde edilen verilerle mümkün olmamaktadır. Binalara ait geçmiş yıllardaki veriler ve inceleme sırasında gerekli yardım ve izinler, bir raporun hayat bulmasında kritik önem arz etmektedir. Bu nedenle, rapora destek sunan herkese tek tek teşekkür etmek mümkün olmasa da, burada ismini zikrettiğimiz öğrenci, meslektaş ve yöneticilerimizin şahsında bu teknik rapora emeği geçen herkese teşekkürlerimizi sunmak istiyoruz.

Öncelikle şunu belirtmek isteriz ki, depremin hemen sonrasında onlarca lisans ve lisansüstü öğrencimiz ve onlarca meslektaşımız bizlere ulaşarak, çalışmalarımıza her türlü desteği verebileceklerini ifade etmişlerdir. Saha çalışmalarımıza bizzat çalışarak destek veren yüksek lisans öğrencimiz Enes DEMİR'in şahsında desteklerini ileten tüm öğrenci ve meslektaşlarımıza teşekkürlerimizi sunarız.

Bu rapor hazırlanırken, verilerin değerlendirilmesi konusunda, kıymetli zamanlarını ayırarak desteklerini esirgemeyen Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri, Kıymetli Hocalarımız Prof. Dr. Zülfü Çınar ULUCAN ve Prof. Dr. Ragıp İNCE'ye sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

Saha çalışmalarına başlamamızda, Çevre ve Şehircilik Bakanlığına yardım izni konusunda, tam destek sunan ve ihtiyaç duyduğumuz her an yardımını esirgemeyen dönemin rektörü Sayın Prof. Dr. Kutbeddin DEMİRDAĞ'a şükranlarımızı arz ederiz.

Elazığ Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2013 yılında hazırlattığı Elazığ Kentsel Dönüşüm Strateji Planındaki bilgileri grubumuzla paylaşarak, hem iş yükümüzün azalmasını sağlamış hem de hasar yorumlarının çok daha isabetli olmasına katkı sunmuşlardır. Bilgi, belge sağlama ve saha çalışmalarına yaptıkları desteklerden dolayı İl Müdürü Sayın Mustafa PİRİNÇCİ, İl Müdür Yardımcıları Sayın Şafak İSPİRGİL ve Sayın Fatih ÖNALAN'ın şahsında tüm kurum çalışanlarına teşekkürü bir borç biliriz.

Binaların hasar nedenlerinin en doğru biçimde belirlenebilmesi için en önemli kaynaklardan biri o yapının onaylı projeleridir. Bu konuda Elazığ Belediyesinin tüm imkânlarını seferber eden, Sayın Belediye Başkanımız Şahin ŞERİFOĞLULLARI'nın şahsında tüm belediye çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

Kriz Koordinasyon Merkezinde Çalışma Grubumuza her türlü desteği, büyük bir güven duygusu içerisinde sunan, bütün Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çalışanları ve Yöneticilerine, Kriz Merkezi Koordinatörü ve Yapı İşleri Genel Müdürü Sayın Banu ASLAN CAN'ın şahsında şükranlarımızı sunarız. Sayın Banu ASLAN CAN'a, özellikle geçmiş tecrübeleriyle çalışmalarımıza sunduğu özel katkılar için ayrıca müteşekkirimiz.

Deprem sonrası afet çalışmalarında, alanımızla ilgili kritik konuların birçoğunda grubumuzla istişarelerde bulunduğu ve saha çalışmalarımızdaki özel önerileri için Çevre ve Şehircilik Bakan Yardımcısı Sayın Fatma VARANK’a özel bir teşekkürü borç biliriz.

Deprem vesilesiyle yakından tanıma fırsatı bulduğumuz, Çevre ve Şehircilik Bakanı Sayın Murat KURUM’a, bilime ve bilim insanlarına verdiği önem, Elazığ için üstün gayretleri, Araştırma Grubumuza verdiği destekler ve sağladığı yüksek motivasyon için kalbi şükranlarımızı ve saygılarımızı arz ederiz.

Fırat Yapısal Hasarları Araştırma Grubu



FIRAT YAPISAL HASARLARI ARAŞTIRMA GRUBU

**Arş. Gör. Nurbanu
DEMİRBAŞ**

Fırat Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Arş. Gör. Muhammed
ULUCAN**

Fırat Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Arş. Gör. Tuba DEMİR

Fırat Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Öğr. Gör. Abdullah Tevfik
BİLDİK**

Fırat Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Cengizhan
DURUCAN**

Fırat Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Ruşen
DURUCAN**

Fırat Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Merve
AÇIKGENÇ ULAŞ**

Fırat Üniversitesi
Mimarlık Fakültesi
Mimarlık Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Hümeysra
ŞAHİN**

Fırat Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Bahar DEMİREL

Fırat Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Kürşat Esat
ALYAMAÇ**

Fırat Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
(Fırat Yapısal Hasarları
Araştırma Grubu Koordinatörü)

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	IV
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ŞEKİLLER	X
TABLolar.....	XV
1. GİRİŞ.....	1
2. ELAZIĞ VE DEPREM.....	1
2.1. Elazığ'ın Genel Tanıtımı ve Jeolojik Yapısı	2
2.2. Elazığ Merkez Mahalleleri ve Mevcut Bina Stoku	4
2.2.1. Abdullahpaşa Mahallesi	9
2.2.2. Akpınar Mahallesi	10
2.2.3. Aksaray Mahallesi	11
2.2.4. Ataşehir Mahallesi.....	13
2.2.5. Cumhuriyet Mahallesi	14
2.2.6. Çarşı Mahallesi.....	14
2.2.7. Çatalçeşme Mahallesi.....	15
2.2.8. Çaydağ Mahallesi	16
2.2.9. Doğukent Mahallesi.....	17
2.2.10. Esentepe Mahallesi.....	18
2.2.11. Fevzi Çakmak Mahallesi	19
2.2.12. Gümüşkavak Mahallesi	20
2.2.13. Hicret Mahallesi	21
2.2.14. Hilalkent Mahallesi	22
2.2.15. İcadiye Mahallesi.....	23
2.2.16. İzzetpaşa Mahallesi	24
2.2.17. Karşıyaka Mahallesi	25
2.2.18. Kırklar Mahallesi.....	26
2.2.19. Kızılay Mahallesi.....	27
2.2.20. Kültür Mahallesi.....	28
2.2.21. Mustafapaşa Mahallesi	29
2.2.22. Nailbey Mahallesi.....	30
2.2.23. Olgunlar Mahallesi	31
2.2.24. Rızaiye Mahallesi	32
2.2.25. Rüstempaşa Mahallesi	33
2.2.26. Salıbaşı Mahallesi.....	34
2.2.27. Sanayi Mahallesi	35
2.2.28. Sarayatık Mahallesi	36
2.2.29. Sürsürü Mahallesi.....	37
2.2.30. Ulukent Mahallesi	39
2.2.31. Üniversite Mahallesi.....	39
2.2.32. Yeni Mahalle	40
2.2.33. Yıldızbağları Mahallesi	41
2.2.34. Zafran Mahallesi.....	42
2.3. Geçmişte Meydana Gelmiş Depremler ve Yapısal Hasarlar	43

3. DEPREM VE KUVVETLİ YER HAREKETİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	46
3.1. Giriş.....	46
3.2. 24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi.....	46
3.3. Yer Hareketi Kayıtlarının Değerlendirilmesi	47
4. BETONARME BİNALARDA GÖZLENEN HASARLAR.....	52
4.1. Giriş.....	52
4.2. Tasarımdan Kaynaklanan Eksiklikler.....	52
4.3. Yapımdan Kaynaklanan Eksiklikler	59
4.3.1. Malzeme Dayanımı	59
4.3.2. Sünek Tasarım	63
4.4. Deprem Hasarlarının Mahalleler Özelinde Değerlendirilmesi	67
4.4.1. Abdullahpaşa Mahallesi	68
4.4.2. Cumhuriyet Mahallesi	78
4.4.3. Kültür Mahallesi.....	84
4.4.4. Mustafapaşa Mahallesi	91
4.4.5. Nailbey Mahallesi.....	103
4.4.6. Bosna Hersek Bulvarı.....	108
4.4.7. İcadiye Mahallesi.....	112
4.4.8. Rüstempaşa Mahallesi	116
4.4.9. Sürsürü Mahallesi.....	123
4.4.10. Sivrice İlçesi	140
5. YIĞMA BİNALARDA GÖZLENEN HASARLAR.....	150
5.1. Elazığ İli Merkez Mahallelerinde Gözlenen Yığma Bina Hasarları.....	150
5.2. Sivrice İlçe Merkezi ve Yakın Köylerde Gözlenen Yığma Bina Hasarları.....	153
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	158

ŞEKİLLER

Şekil 2.1 Elazığ İli 2000-2019 yılları arası nüfus değişimi [2]	2
Şekil 2.2 Elazığ İl Merkezi Jeoloji Haritası [4]	3
Şekil 2.3 Elazığ Merkez Mahalleleri uydu görüntüsü ve mahalle sınırları	4
Şekil 2.4 Abdullahağa Mahallesi bina stokundan görüntüler	10
Şekil 2.5 Akpınar Mahallesi bina stokundan görüntüler	11
Şekil 2.6 Aksaray Mahallesi bina stokundan görüntüler	12
Şekil 2.7 Ataşehir Mahallesi bina stokundan görüntüler	13
Şekil 2.8 Cumhuriyet Mahallesi bina stokundan görüntüler	14
Şekil 2.9 Çarşı Mahallesi bina stokundan görüntüler	15
Şekil 2.10 Çatalçeşme Mahallesi bina stokundan görüntüler	16
Şekil 2.11 Çaydağı Mahallesi bina stokundan görüntüler	17
Şekil 2.12 Doğukent Mahallesi bina stokundan görüntüler	18
Şekil 2.13 Esentepe Mahallesi bina stokundan görüntüler	19
Şekil 2.14 Fevzi Çakmak Mahallesi bina stokundan görüntüler	20
Şekil 2.15 Gümüşkavak Mahallesi bina stokundan görüntüler	21
Şekil 2.16 Hicret Mahallesi bina stokundan görüntüler	22
Şekil 2.17 Hilalkent Mahallesi bina stokundan görüntüler	23
Şekil 2.18 İcadiye Mahallesi bina stokundan görüntüler	24
Şekil 2.19 İzzetpaşa Mahallesi bina stokundan görüntüler	25
Şekil 2.20 Karşıyaka Mahallesi bina stokundan görüntüler	26
Şekil 2.21 Kırklar Mahallesi bina stokundan görüntüler	27
Şekil 2.22 Kızılay Mahallesi bina stokundan görüntüler	28
Şekil 2.23 Kültür Mahallesi bina stokundan görüntüler	29
Şekil 2.24 Mustafapaşa Mahallesi bina stokundan görüntüler	30
Şekil 2.25 Nailbey Mahallesi bina stokundan görüntüler	31
Şekil 2.26 Olgunlar Mahallesi bina stokundan görüntüler	32
Şekil 2.27 Rızaiye Mahallesi bina stokundan görüntüler	33
Şekil 2.28 Rüstempaşa Mahallesi bina stokundan görüntüler	34
Şekil 2.29 Salıbaşı Mahallesi bina stokundan görüntüler	35
Şekil 2.30 Sanayi Mahallesi bina stokundan görüntüler	36
Şekil 2.31 Sarayatık Mahallesi bina stokundan görüntüler	37
Şekil 2.32 Süsürü Mahallesi bina stokundan görüntüler	38
Şekil 2.33 Ulukent Mahallesi bina stokundan görüntüler	39
Şekil 2.34 Üniversite Mahallesi bina stokundan görüntüler	40
Şekil 2.35 Yeni Mahalle bina stokundan görüntüler	41
Şekil 2.36 Yıldızbağları Mahallesi bina stokundan görüntüler	42
Şekil 2.37 Zafran Mahallesi bina stokundan görüntüler	43
Şekil 2.38 Elazığ deprem bölgeleri haritası [11]	44
Şekil 2.39 Elazığ deprem risk haritası [12]	44
Şekil 3.1 24 Ocak 2020 Sivrice Depremi'nin merkez üssü	46
Şekil 3.2 24 Ocak 2020 Sivrice Depreminde meydana gelen fay kırığı [13]	47
Şekil 3.3 24 Ocak 2020 Depremi'nin merkez üssü, bazı ivme ölçerler ve yoğun hasar gören mahallerin konumları	49
Şekil 3.4 Elazığ için beklenen hasar durumu. (USGS [23] tarafından sağlanan MMI verisinden uyarlanmıştır)	50
Şekil 4.1 2000 yılı öncesi, birçok yapısal düzensizliğe sahip bir tasarım	53

Şekil 4.2 a) Düşey taşıyıcıları tek yönlü tasarım, b) Tali giriş düzensizliğine sahip tasarım	54
Şekil 4.3 Birçok düzensizliğe sahip, betonarme perdesiz, 2000 yılı öncesi tasarım	54
Şekil 4.4 Düzensiz betonarme perdeli, kapalı çıkmalı 2000 yılı sonrası bir tasarım.....	55
Şekil 4.5 2000-2005 yılları arası bir tasarım	55
Şekil 4.6 2019 yılında yapılan bir tasarım.....	56
Şekil 4.7 Hasarlı binalardaki düzensizlik oranları.....	57
Şekil 4.8 Binaların inşaat nizamı.....	57
Şekil 4.9 Bitişik nizam binaların döşeme seviyeleri.....	57
Şekil 4.10 Çekiçleme etkisi ile meydana gelen hasar.....	58
Şekil 4.11 Binaların plan durumu.....	58
Şekil 4.12 Binaların inşa yılları	59
Şekil 4.13 Binaların kat sayısı.....	59
Şekil 4.14 (a) Mustafapaşa mahallesindeki yıkılan bir binadan alınan numune, (b) Basınç dayanımı testi.	60
Şekil 4.15 (a) Basınç deneyi sonucunda dağılmış numune, (b) Dağılan numunelerin içinden elle sökülmüş agrega örnekleri.....	60
Şekil 4.16 Eski bina stoku olarak tanımlanan binaların betonları; a-b) yerinde gözlemlenen betonlara ait agrega örnekleri, (c) laboratuvarında basınç dayanımı testi sonucunda dağılan beton numunesinde görülen agrega, (d) laboratuvarında kesilen numune parçasında görülen büyük agrega parçası.	62
Şekil 4.17 Betonda yerleşme boşlukları; (a) yandan görünüm, (b) alttan görünüm.	63
Şekil 4.18 Korozyon gözlenen kolon donatıları	63
Şekil 4.19 Betonarme kolon için deprem yönetmeliklerine göre donatı düzenlenme şekli	64
Şekil 4.20 Betonarme giriş donatı düzeni.....	66
Şekil 4.21 Elazığ ili merkez mahalleleri için hasar dağılımı	67
Şekil 4.22 Binanın dış cephe görüntüleri	68
Şekil 4.23 İki blok arasında bırakılan dilatasyon derzi	69
Şekil 4.24 Deprem hasarları, a) dolgu duvar hasarı, b) giriş kesme hasarı	69
Şekil 4.25 Binanın cephe görüntüleri	70
Şekil 4.26 Bodrum kat girişlerinde yapılan güçlendirme uygulamaları	71
Şekil 4.27 Tali giriş uygulaması.....	71
Şekil 4.28 Bodrum katta bloklar arası kot farkı	71
Şekil 4.29 Binanın kolon-giriş birleşim bölgesi hasar gören dış aksı ve hasar detayları	71
Şekil 4.30 Binanın cephe görüntüsü ve hasar detayı	72
Şekil 4.31 Betonarme kolon, a-b) deprem hasarları ve detayları, c) donatı düzeni ve detayları	73
Şekil 4.32 Betonarme giriş, a) deprem hasarları, b) tesisat geçişi için açılan boşluk.....	73
Şekil 4.33 Binanın cephe görüntüleri	74
Şekil 4.34 Binanın taşıyıcı sistem elemanları ve kolon için etriye aralığı.....	74
Şekil 4.35 Çerçeve girişi ve hasar detayları	75
Şekil 4.36 Binanın cephe görüntüleri	76
Şekil 4.37 Betonarme giriş ve döşeme, a) sehim gözlenen döşeme ve hasar gören giriş, b) tali giriş ile ana giriş birleşimi	77
Şekil 4.38 Dolgu duvar hasarları	77
Şekil 4.39 Blokların dış cephe görüntüleri	78
Şekil 4.40 Ağır hasar gören yıldız planlı blok.....	79
Şekil 4.41 Kapalı çıkma hasarı ve tasarım detayı.....	80
Şekil 4.42 Konsol balkon ve hasar detayı	80
Şekil 4.43 Dış cephe dolgu duvar hasarı	81
Şekil 4.44 Site cephe görüntüleri.....	82

Şekil 4.45 Çerçeve kirişi ve hasar detayı.....	83
Şekil 4.46 Dolgu duvar hasarları	83
Şekil 4.47 Binanın dış cephe görüntüleri	85
Şekil 4.48 Kapalı çıkma, a) tasarım detayı, b) hasarı.....	85
Şekil 4.49 Tali kiriş düzenlemeleri.....	86
Şekil 4.50 Hasar gören zemin kat kolonu ve hasar detayları.....	86
Şekil 4.51 Betonarme kolonun, donatı ve beton detayı.....	87
Şekil 4.52 Dolgu duvar hasarları	87
Şekil 4.53 Binanın cephe görüntüleri	89
Şekil 4.54 Tali kiriş uygulamaları	89
Şekil 4.55 Kapalı çıkma konsol kirişinde oluşan hasar	90
Şekil 4.56 Kısmi bodrumlu binada temel ile bodrum perdesinin birleşim detayı	90
Şekil 4.57 Tamamen dayanımını kaybeden bina.....	91
Şekil 4.58 Binanın dış ve iç cephesinden görünüm.....	92
Şekil 4.59 Hasar gören zemin kat kolonu ve enine donatı düzenleme detayları	93
Şekil 4.60 Hasar resimleri a) zemin kat kolonunda eğilme hasarı başlanıcı b) merdiven plağı ile basamak arasında ayrılma	93
Şekil 4.61 Binanın cephe görüntüleri a) ön cephe, b) arka cephe, c) iç mahalle dönüştürülen balkon	94
Şekil 4.62 Binanın hasar gören köşe kolonu ve donatı detayları.....	95
Şekil 4.63 Zemin katta tali kirişlerin mesnetlendiği ana kirişlerde meydana gelen kesme çatlakları ...	95
Şekil 4.64 Binada gözlenen dolgu duvar hasarları	95
Şekil 4.65 a)Binanın ön cephesinden, b-c-d) arka cephelerinden görüntüler.....	97
Şekil 4.66 Zemin kat seviyesinde komşu bina ile ortak kullanılan temel	97
Şekil 4.67 Zemin kat hasar görüntüleri a) dolgu duvar hasarı, b) kolonda kesme hasarı.....	98
Şekil 4.68 a) Kesme hasarı meydana gelmiş kolon, b) Kesme çatlağı genişliği, c) Boyuna donatıda burkulma.....	98
Şekil 4.69 Bina ve taşıyıcı sistem görüntüsü a-b) dış cephe görüntüleri, c) yıkılan binanın çekişleme etkisi sonucu hasar gören birinci kat köşe kolonu	99
Şekil 4.70 a) Dolgu duvar hasarı, b) Donatısı açıkta olan kolon-kiriş birleşim bölgesi.....	100
Şekil 4.71 Deprem hasarı görüntüleri a) dış cephe, b-c) dolgu duvar hasarı.....	101
Şekil 4.72 Taşıyıcı eleman görüntüleri a) kolonda donatı düzenleme detayı, b) kirişte donatı düzenleme detayı, c) kirişte kesme hasarı	102
Şekil 4.73 Bina dış cephe görüntüleri.....	104
Şekil 4.74 Zemin kat kolon hasarları ve donatı düzenleme detayları.....	104
Şekil 4.75 Zemin kat tali kiriş detayı.....	105
Şekil 4.76 Dolgu duvar hasarları	105
Şekil 4.77 Bina dış cephe görüntüleri.....	106
Şekil 4.78 Donatısında korozyon gözlenen kolon	106
Şekil 4.79 Dolgu duvar hasarları	107
Şekil 4.80 Binanın dış cephe görüntüleri	108
Şekil 4.81 Kolon hasarı ve donatı düzenleme detayları	109
Şekil 4.82 Dolgu duvar hasarları	109
Şekil 4.83 Binanın dış cephe görüntüleri	110
Şekil 4.84 Dolgu duvar hasarları	111
Şekil 4.85 Binanın cephe görüntüsü.....	112
Şekil 4.86 Yaygın hasar gözlenen kirişler ve kolonlar	113
Şekil 4.87 Dolgu duvar hasarları	113

Şekil 4.88 Binanın cephe görüntüsü.....	114
Şekil 4.89 Deprem perdesi hasar görüntüsü.....	115
Şekil 4.90 Bina cephe görüntüleri a) ön cephe, b) arka cephe	116
Şekil 4.91 Bina arka cephe kolonlarında meydana gelen kesme hasarları	117
Şekil 4.92 Kesme hasarı gözlenen zemin kat kolon detayı a) hasar durumu, b) enine donatı aralığı, c) boyuna donatı hasar durumu ve enine donatı kanca detayı.....	117
Şekil 4.93 Dolgu duvar hasarı	118
Şekil 4.94 Bina cephe görüntüleri a) ön cephe, b) arka cephe	119
Şekil 4.95 Kesme hasarı gözlenen zemin kat kolonunun hasar durumu ve donatı detayları, a) hasar durumu, b) boyuna donatı hasar durumu, c) beton içindeki agrega dağılımı	120
Şekil 4.96 Deprem hasarı a) dolgu duvar, b) merdiven plağı.....	120
Şekil 4.97 Bina cephe görüntüleri	122
Şekil 4.98 Kesme hasarı gözlenen zemin kat kolonları.....	122
Şekil 4.99 Deprem hasarı, a) dolgu duvar b) hatalı tali kiriş birleşimi ve dolgu duvar.....	122
Şekil 4.100 Toptan göçen binanın enkaz görüntüleri.....	123
Şekil 4.101 Göçen binanın kolonlarındaki donatı düzeni ve kullanılan beton malzemesi	124
Şekil 4.102 Blokların dış cephe görüntüsü.....	125
Şekil 4.103 Kapalı çıkma tasarım detayı.....	125
Şekil 4.104 Temel ile zemin kat döşemesinin birleşimi	125
Şekil 4.105 Merdiven hasarı ve detayı	126
Şekil 4.106 Zemin kat kolonlarında gözlenen nem problemi.....	126
Şekil 4.107 Zemin kat kolon hasarı ve filiz donatısı ile enine donatı detayı.....	127
Şekil 4.108 Bodrum kat kolonlarında gözlenen işçilik kusurları	127
Şekil 4.109 Çerçeve girişinde gözlenen kesme çatlağı.....	127
Şekil 4.110 Dolgu duvar hasarı	128
Şekil 4.111 Çerçeve içinde olmayan dolgu duvarlarda oluşan çatlaklar ve çatlak genişlikleri.....	128
Şekil 4.112 Sitenin cephe görüntüleri ve sehim gözlenen balkon döşemesi	130
Şekil 4.113 Bodrum kat kolonu ve donatı düzenleme detayları.....	130
Şekil 4.114 Kiriş görüntüleri, a-b) kesme hasarı meydana gelen kiriş ve etriye detayı, c) tali kiriş mesnet detayı.....	131
Şekil 4.115 Dolgu duvar hasarları	131
Şekil 4.116 Sitenin ön iki bloğu için cephe görüntüleri	133
Şekil 4.117 Sitenin arka iki bloğu için cephe görüntüleri	134
Şekil 4.118 Sitenin arka bloku güçlendirme imalatı.....	134
Şekil 4.119 Hasar gören zemin kat kolonları	135
Şekil 4.120 Ağır hasar gören kolon ve malzeme detayları.....	135
Şekil 4.121 Dolgu duvar hasarı	136
Şekil 4.122 Deprem hasar görüntüleri, a) zemindeki oturma nedeniyle döşemede sehim ve dolgu duvar çatlağında genişleme, b) girişte kesme çatlağı	136
Şekil 4.123 Blokların dış cephe görüntüleri	138
Şekil 4.124 Dolgu duvar hasarı	138
Şekil 4.125 Bodrum katta açılan ve içi su dolu olan çukur.....	139
Şekil 4.126 Yamuk şeklinde plan geometrisine sahip kolon.....	139
Şekil 4.127 Girişte donatı düzeni ve beton malzemesi detayı	139
Şekil 4.128 Sivrice Merkez Camisi dış cephe görüntüleri	141
Şekil 4.129 Cami giriş cephesi kolonu ve hasar detayları.....	141
Şekil 4.130 Hasar gören zemin kat kolonları	142
Şekil 4.131 Kısa kolon düzensizliği nedeniyle hasar gören kolonlar ve donatı detayı	142

Şekil 4.132 Kemer kirişi ve hasar detayı.....	143
Şekil 4.133 Dolgu duvar hasarları	143
Şekil 4.134 PTT Hizmet binası ve lojman binası dış cephe görüntüleri	144
Şekil 4.135 Güçlendirme perdelerinde meydana gelen hasarlar	145
Şekil 4.136 Dolgu duvar hasarları	145
Şekil 4.137 Ziraat Bankası hizmet ve lojman binası dış cephe görüntüsü	146
Şekil 4.138 Dolgu duvar hasarları	146
Şekil 4.139 Bina dış cephe görüntüleri.....	147
Şekil 4.140 Zemin kat kirişleri; a-b) tali kiriş düzeni, (c) kiriş kesme hasarı.....	148
Şekil 4.141 Hasar gören zemin kat kolonu ve hasar detayı.....	148
Şekil 4.142 Dolgu duvar hasarları	149
Şekil 5.1 Harman tuğlası ve düşey delikli tuğla kullanılarak inşa edilen yığma binalar	150
Şekil 5.2 Çok katlı yığma binalar, (a) Nailbey Mah.'nde bulunan yığma binanın arka cephesi, b-c) İzzetpaşa Mah.'nde bulunan yığma binanın sırasıyla ön ve arka cephesi	151
Şekil 5.3 Tuğla yığma binalarda gözlenen deprem hasarları.....	152
Şekil 5.4 Kerpiç yığma binalarda gözlenen deprem hasarları	153
Şekil 5.5 Sivrice ilçe merkezinde hasar gören yığma bina.....	154
Şekil 5.6 Çevrimtaş Köyü'nde hasar gören binalar	154
Şekil 5.7 4 Nisan 2019 Kavakköy-Sivrice Depremi'nde hasar gören yığma bina	155
Şekil 5.8 Tadım Köyü'nde bulunan kerpiç yığma binalar.....	156
Şekil 5.9 Tadım Köyü'nde gözlenen kerpiç yığma bina hasarları	157
Şekil 5.10 Tadım Köyü'nde depremde minimum hasar gören kerpiç bina.....	157

TABLolar

Tablo 2.1 Elazığ iline ait merkez mahalleler, nüfus sayıları, dağılımı, yüzölçümü, yoğunluğu ve bina sayıları [9]	5
Tablo 2.2 Yıllara göre Elazığ Merkezdeki mahalle listeleri [7]	7
Tablo 2.3 Elazığ Merkez Mahallelerdeki bina sayıları ve taşıyıcı sistem bilgileri [9].....	9
Tablo 2.4 Tarih Boyunca Elazığ Bölgesinde meydana gelmiş depremler [13].....	45
Tablo 2.5 2007 Sivrice Depremi hasar tespit sonuçları [12]	45
Tablo 3.1 Elazığ'da bulunan ivme ölçerlerden alınan yatay düzlemdeki en büyük yer ivmesi değerleri	47
Tablo 3.2 Birinci ve İkinci derece deprem bölgeleri için tasarım ivmesi değerleri	48
Tablo 4.1 Türk standartlarındaki beton dayanım sınıfları.	61
Tablo 4.2 Betonarme kolonların donatı düzeni için deprem yönetmeliklerindeki tasarım kuralları ve saha çalışmasında ölçülen değerler	65
Tablo 4.3 Betonarme kirişlerin donatı düzeni için deprem yönetmeliklerindeki tasarım kuralları ve saha çalışmasında ölçülebilen değerler	66
Tablo 4.4 Elazığ ili merkez mahallelerinin bir bölümü için bina deprem hasarı dağılımı	67

1. GİRİŞ

24 Ocak 2020 günü, Sivrice (Elazığ) Merkezli M_w 6.8 büyüklüğündeki deprem, sadece Elazığ ve çevre şehirlerde değil, Samsun, Ordu, Tokat, Çorum'dan, Adana, Hatay, Osmaniye'ye; Kayseri ve Kırşehir'den, Van, Mardin, Hakkari'ye kadar onlarca şehirde hissedildi. Böylesine insanları korkutan bir deprem sadece iki şehirde can kaybı, yıkım ve hasarlara neden oldu. Elazığ'da 37, Malatya'da ise 4 vatandaşımız hayatını kaybetti. Elazığ'da binlerce bina hafif hasar, yaklaşık iki bin bina orta hasar ve binlerce bina ağır hasar gördü. Çok sayıda bina göçme tehlikesi olduğu için acil olarak kontrollü bir şekilde yıkıldı.

Deprem raporları için literatürün ve ülkemizin ihtiyacı; geçmiş-sebebe-sonuç-öneri ilişkisi içerisinde yapısal hasarların sunulmasıdır. Bu sayede, binaların deprem kuvvetleri altındaki gerçek davranışlarının anlaşılması mümkün olacaktır. Böylece hem deprem dayanımı yüksek bina tasarımına hem de doğru hasar tespiti yapılmasına katkı sunulacağı inkâr edilemez bir gerçektir. Bu rapor bu ihtiyaç dikkate alınarak hazırlanmaya ve sunulmaya çalışılmıştır.

Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü (Elazığ Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi), kurulduğu 1967 yılından bu yana Elazığ'a ve çevre illere sürekli olarak teknik destek sunmuştur. Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Emekli Öğretim Üyesi Prof. Dr. Ali Sayıl ERDOĞAN, yıllarca yetişmesinde büyük emek verdiği öğretim üyeleri ile "Fırat Yapısal Hasar Araştırma Grubu'nun" oluşumunu sağlamıştır. Bu depremten sonra da "Fırat Yapısal Hasar Araştırma Grubu" bir araya gelmiş ve bu ayrıntılı teknik raporu hazırlamıştır. Raporun ayrıntılı olması ve yapısal hasarlar anlamında tüm detayları içermesi için sadece Elazığ'daki binalar incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Bir şehirdeki veya bölgedeki binaların deprem performanslarının ve hasar seviyelerinin doğru değerlendirilebilmesi için, o binaların inşa edildiği yıllardaki tasarım, inşaat ve denetim şartlarının çok iyi bilinmesi gerekir. Bu nedenle, raporun ikinci bölümünde Elazığ İli tanıtılmış, mevcut bina stoku hakkında ayrıntılı bilgiler sunulmuş, Elazığ'da geçmiş yıllarda meydana gelen depremler ve yapısal hasarlar hakkında özet bilgiler verilmiştir. Raporun ilerleyen bölümlerinde ise 24 Ocak 2020 Elazığ - Sivrice Depremi'ne ait yapısal hasarlar ayrıntılarıyla ele alınmıştır.

Deprem sonrası yapısal hasarlar incelenirken genellikle ağır hasarlı binalara odaklanılmakta ve zaten bilinen hatalar tekrar ifade edilmektedir. Bu çalışmada hem orta hem de ağır hasarlı binalar için detaylı incelemeler yapılmıştır. Orta ve ağır hasarlı binaların mümkün olduğunca onaylı mimari ve betonarme projeleri elde edilmiş ve gerçek hasar nedenleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Türkiye'de neredeyse tüm şehirlerde deprem dayanımı yetersiz çok büyük bina stoklarının olduğu bilinmektedir. Bu raporun amacı, yapısal hasar incelemeleri vesilesiyle, diğer şehirlerimizde deprem gelmeden, yapılması gereken çalışmalara katkı sunmaktır. Ayrıca "Fırat Yapısal Hasar Araştırma Grubu" saha çalışmaları sırasında edildiği teknik olmayan ancak deprem sonrasında çok büyük önem arz eden konuları da öneriler bölümünde paylaşmıştır.

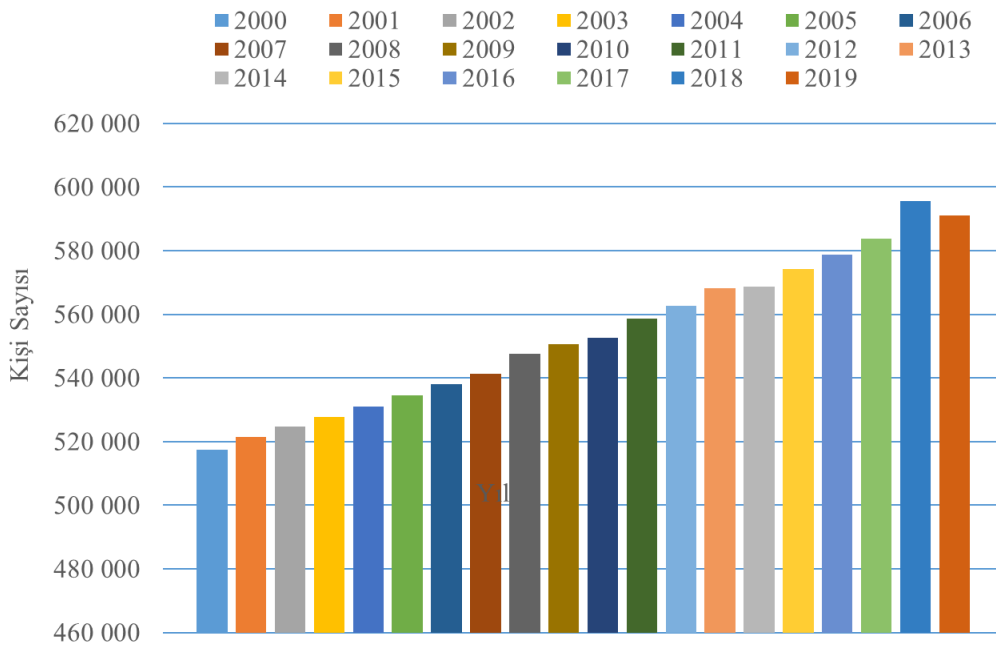
2. ELAZIĞ VE DEPREM

Bu bölümde kısaca Elazığ İli tanıtılmış, il merkez mahallelerindeki mevcut bina stokunun zaman içerisinde nasıl inşa edildiği özetle sunulmuş, Elazığ'da geçmişte meydana gelen depremler ve depremlerden dolayı oluşan yapısal hasarlar açıklanmıştır.

2.1.Elazığ'ın Genel Tanıtımı ve Jeolojik Yapısı

Elâzığ ili Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneybatısında, Yukarı Fırat Bölümü'nde yer almaktadır. Toplam alanı 9.151 km²'yi bulan ilin 8.455 km²'si kara parçası ve 826 km²'si baraj ve doğal göl alanlarıdır. İlin deniz seviyesinden yüksekliği (rakımı) ortalama 1067 metredir [1]. Elazığ İli şekil olarak kabaca bir dikdörtgene benzemekte olup, üç tarafının sularla çevrili olması sebebiyle Türkiye'nin genel konumuna benzemektedir. İlin doğu-batı doğrultusundaki uzunluğu yaklaşık 150 km, kuzey-güney yönündeki genişliği ise yaklaşık 65 km civarındadır. İli, doğudan Bingöl, kuzeyden Tunceli, batı ve güneybatıdan Malatya, güneyden ise Diyarbakır İlinin arazileri çevrelemektedir.

Cumhuriyetin ilk yıllarından beri neredeyse her yıl Elazığ ilinin nüfusu artış göstermiştir. Türk İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2019 yılında Elazığ'ın toplam nüfusu 591.098 kişidir [2]. Nüfusun yıllara göre değişimi Şekil 2.1'de sunulmuştur. Elazığ'daki toplam nüfusun yaklaşık olarak %60'ı Elazığ Merkez Mahallelerde yaşamaktadır.



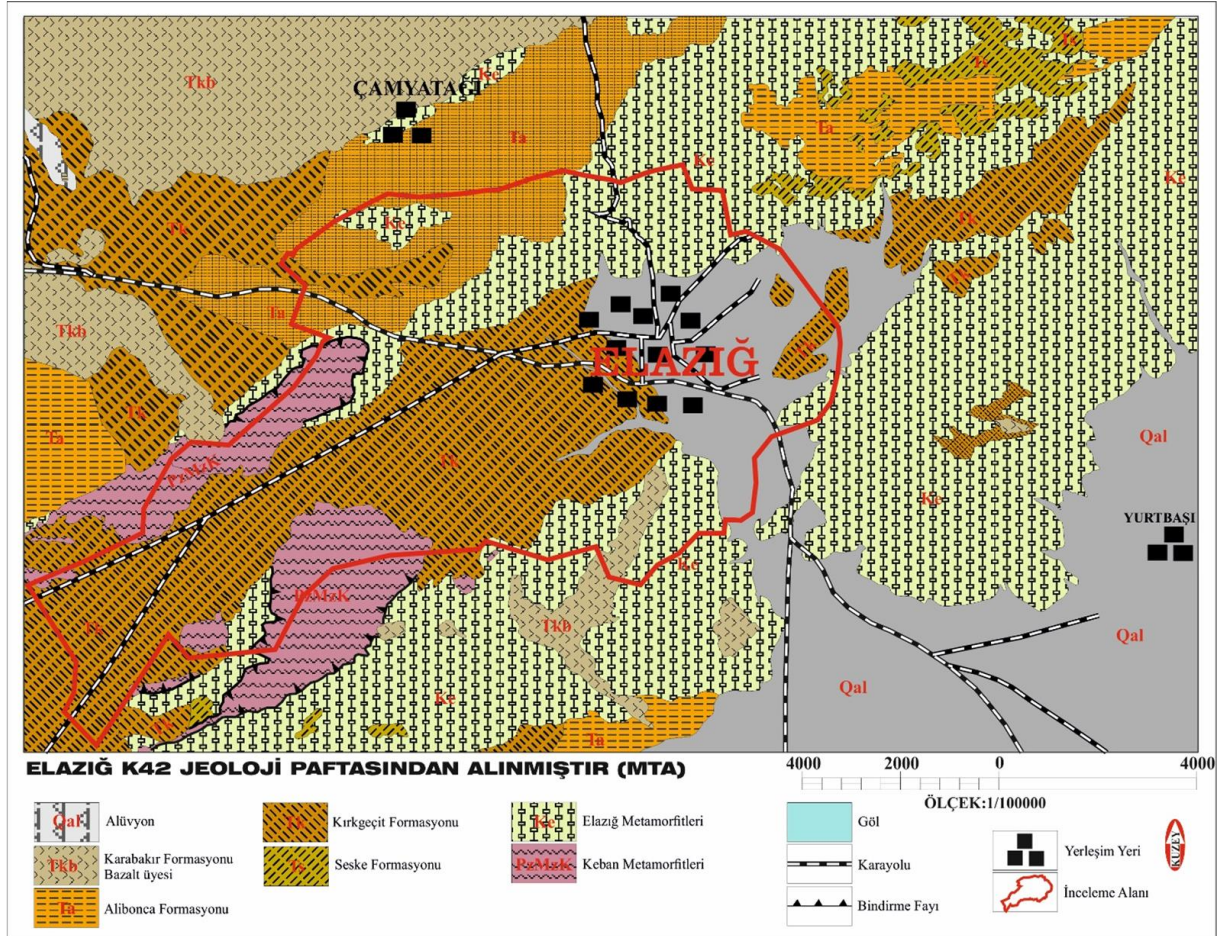
Şekil 2.1 Elazığ İli 2000-2019 yılları arası nüfus değişimi [2]

Elazığ ili, jeolojik yapısı bakımından birçok jeolojik yapı türüne sahiptir. Bu yapı türleri, dolgu, alüvyon, Karabakır, Alibonca, Kırkgeçit, Seske Formasyonları, Elazığ Magmatitleri ve Keban Metamorfitleridir [3]. Bu bölümde sadece yapı hasarlarının yorumlanmasına temel oluşturacak genel jeolojik bilgiler paylaşılmıştır. Elazığ il merkezi jeolojik yapısı Şekil 2.2'de görülmektedir [4]. Şekil 2.2'de verilen harita ve Palutoğlu vd. (2006) [5] tarafından yapılan araştırmalar dikkate alınarak, Elazığ Merkez Mahalleleri için jeolojik yapı aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Dolgu: Şehrin doğu kesiminde, Çatalçeşme mevkinde, güney çevre yolunun alt kesimi ile Tadım Köyü Yolu arasındaki bölgelerde bulunmaktadır. Yapı olarak dolgu alanı, hafriyat malzemesinden oluşmaktadır.

Alüvyon: Genel olarak Elazığ il merkezi yerleşim alanında geniş bir dağılım göstermektedirler. Kum-çakıl, kumlu çakıllı kil ve siltli kil gibi farklı yapılarda bulunmaktadır. Abdullahpaşa Mahallesi'nin kuzeyinde ve kuzeybatısında, Mustafapaşa, Rüstempaşa, Aksaray, Kızılay, Gümüşkavak ve Sanayi mahalleleri'nin kuzeyinde, Salıbaba-Karşıyaka mahalleleri arasında, Cumhuriyet Mahallesi'nin güneyinde, Ulukent, Yıldızbağları, Rızaiye, İcadiye ve Doğukent mahallelerinde farklı oranlarda kum-çakıl ihtiva eden alüvyon tipi zemin bulunmaktadır.

Abdullahpaşa Mahallesi'nin doğusu ve güneyinde, Sanayi Mahallesi, Küçük Sanayi Sitesi, Kırklar Mahallesi'nin güneyi, İzzetpaşa Mahallesi'nin orta ve kuzey kısmı, Yeni Mahalle, Fırat Üniversitesi Kampüsü'nün güneyi ve doğusu, Sürsürü Mahallesi'nin güney, kuzey ve kuzeybatısında ise kumlu çakıllı kil ihtiva eden alüvyon tipi zemin bulunmaktadır.



Şekil 2.2 Elazığ İl Merkezi Jeoloji Haritası [4]

Akpınar, Sarayatık, Nailbey, Üniversite, Sürsürü, Kültür, Olgunlar, Hicret mahallelerinde ve Çarşı Mahallesi'nin güneydoğusunda siltli kil ihtiva eden alüvyon tipi zemin bulunmaktadır. Alüvyon zemine sahip mahallelerin birçoğunda yer altı su seviyesi ortalama 4-10 m. civarındadır.

Karabakır Formasyonu: Doğukent Mahallesi, Salıbaşı ve Çatalçeşme mahallelerinin batı kesiminde bulunan bir formasyondur. Yapı olarak bazalttan oluşmuştur.

Alibonca Formasyonu: Denizellik etkisinin görüldüğü yerlerde mevcuttur. Karakaya ve Keban Barajları çevresinde Murat Nehri ve Peri Suyu çevresinde görülmektedir. Yapı olarak konglomera, kumlu kalker, kumtaşı ve marndan oluşmaktadır.

Kırkgeçit Formasyonu: Doğu Anadolu Bölgesinde yaygın olarak görülen bu formasyon, Elazığ il genelinde belirli kısımlarda yayılmıştır. Çoğunlukla şehir merkezinin batısına doğru olan kısımlarda ve güneybatı tarafında görülmektedir. Yapı olarak marn, kireçtaşı, kıltaşı ve kumtaşından oluşmaktadır.

Seske Formasyonu: Genel olarak Elazığ İlının kuzeydoğu kesiminde küçük bir alanda görülen bir oluşumdur. Seske formasyonu yapı olarak kireçtaşından oluşmaktadır. Ayrıca bol miktarda mikrofosiller içermektedirler.

Elazığ Magmatitleri: Harput'un batısından itibaren Fevzi Çakmak Mahallesi'nin kuzey kısmı, Esentepe Mahallesi, Zafran Mahallesi, Fırat Üniversitesi'nin kuzeyi, Cumhuriyet Mahallesi,

Abdullahpaşa civarlarında, Şahinkaya Köyü'nün 1 km kadar doğusunda ve eski Beyyurdu-Karşıyaka mahalleleri arasında kalan bölgelerde görülür. Elazığ Magmatitleri, yapı olarak tabanda gabro-dioritlerden, bunların üzerinde bazaltik-andezitik volkanik kayalar ile bunları kesen dasit dayklarından oluşmaktadır.

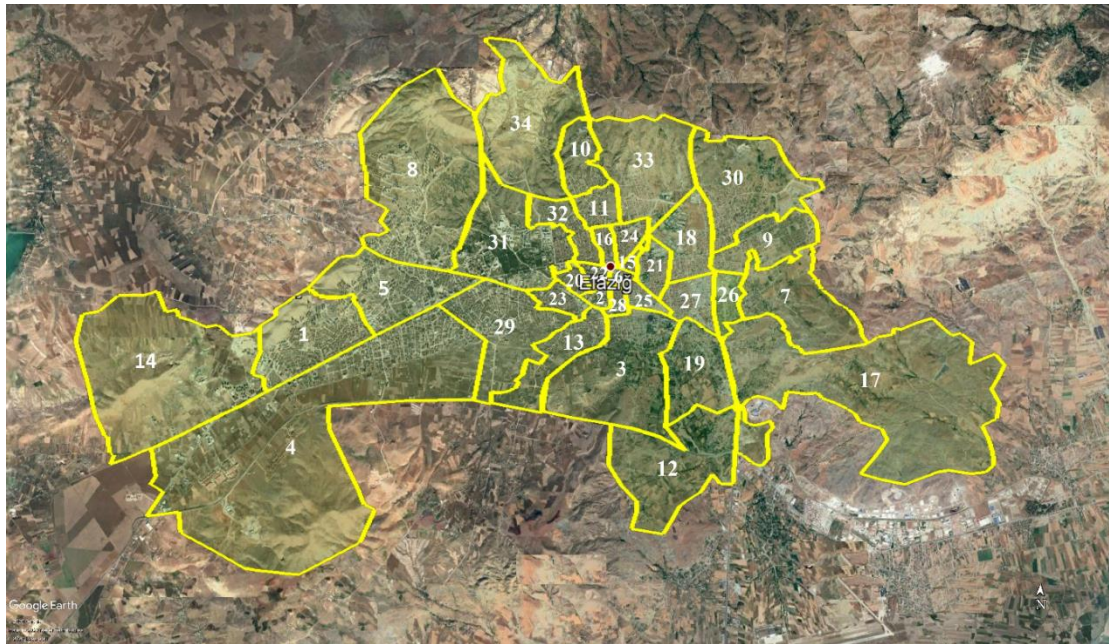
Keban Metamorfitleeri: Abdullahpaşa ve Sarıçubuk Mahalleleri ile Sürsürü Mahallesinin güneybatısında Meryem Dağı eteklerinde görülen bir yapıdır. Keban metamorfitleeri yapı olarak rekristalize kireçtaşları-kalkşist, mermer ve metakonglomera-kalkfillitlerden oluşur.

2.2. Elazığ Merkez Mahalleleri ve Mevcut Bina Stoku

Tarihi Harput Kalesindeki çalışmalar Harput Yöresinin yerleşim tarihini 5.000 yıldan daha eski olduğunu ortaya çıkarmıştır. Elazığ ili, tarihi Harput şehrindeki yerleşimin ovaya doğru inmesiyle oluşmuştur. Özellikle demir yollarındaki gelişmeler, yerleşimlerin yüksek mevkilerden ovalara doğru inmesine sebep olmuştur [6]. 1800'lü yılların ortasından itibaren Elazığ'da da Harput etekleri ile Merkez Tren İstasyonu arasında ilk mahallelerin kurulduğu bilinmektedir. Daha sonra nüfusun artması ve yerleşim alanlarının genişlemesi ile mahalle sayıları artmaya başlamıştır ve 2020 itibariyle Elazığ Merkez, 34 mahalleden oluşmaktadır. Bu deprem raporunda, hasar yoğunluğunun gözlemlendiği merkez mahalleler ve Sivrice ilçe merkezindeki bina stoku ve yapısal hasarlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Şekil 2.3'de mahalleler ve sınırları harita üzerinde gösterilmiştir. Şekil üzerindeki mahalle numaraları, Tablo 2.1'de açıklanmıştır.

Elazığ'ın ilk mahalleleri, merkezde yer alan 2, 6, 11, 15, 16, 20, 21, 22, 24, 25 ve 28 nolu mahallelerdir (Şekil 2.3). Bu mahallelerde yapılaşma, bütün mahalle boyunca tamamlanmış, hatta yıllar içerisinde bina stokları birkaç defa değişiklik göstermiştir. Ancak daha sonra kurulan mahallelerde hâlâ mahalle yerleşiminin dışında, çok geniş yapılaşma için alanların olduğu görülmektedir.

Elazığ'daki yapısal hasarın doğru tespit edilip, sonuçlarının mantıklı yorumlanması ve gelecek yapı planlaması ile ilgili gerçekçi önerilerin oluşması için mevcut mahallelerin bina stokunun durumunun çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle, bu bölümde Elazığ İli Merkez Mahalleleri ile ilgili ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir.



Şekil 2.3 Elazığ Merkez Mahalleleri uydu görüntüsü ve mahalle sınırları

Bu raporda, sadece mahalle kelimesi kullanıldığında, Tablo 2.1’de yer alan Elazığ İli Merkez Mahalleleri kastedilmektedir. Mahallelere ait, mahalle numarası (bu rapor kapsamında ifade kolaylığı açısından kullanılmıştır), nüfus, nüfus dağılımı, yüzölçümü, nüfus yoğunluğu, bina sayısı ve bağımsız bölüm (mesken) sayısı gibi genel bilgiler Tablo 2.1’de sıralanmıştır. Nüfus yoğunluğu az olan mahallelerde genellikle az katlı, nüfus yoğunluğu fazla olanlarda ise çok katlı bina stoku bulunmaktadır.

Tablo 2.1 Elazığ iline ait merkez mahalleler, nüfus sayıları, dağılımı, yüzölçümü, yoğunluğu ve bina sayıları [9]

Mahalle No	Mahalle Adı	Nüfus	Nüfus dağılımı (%)	Yüzölçümü (ha)	Nüfus Yoğunluğu (ki/ha)	Bina Sayısı (adet)	Bağımsız Bölüm (Mesken) Sayısı
1	Abdullahpaşa Mahallesi	26039	6.91	461.65	56	2013	10974
2	Akpınar Mahallesi	4628	1.23	36.77	126	354	2119
3	Aksaray Mahallesi	7727	2.05	484.28	16	1940	3381
4	Ataşehir Mahallesi	26671	7.08	644.62	41	1826	10369
5	Cumhuriyet Mahallesi	27101	7.19	439.49	62	1604	11720
6	Çarşı Mahallesi	1426	0.38	13.28	107	874	758
7	Çatalçeşme Mahallesi	4119	1.09	80.57	51	862	1957
8	Çaydaçıra Mahallesi	26892	7.14	767.27	35	1004	12099
9	Doğukent Mahallesi	18060	4.79	323.19	56	2064	7751
10	Esentepe Mahallesi	1545	0.41	36.20	43	540	764
11	Fevzi Çakmak Mahallesi	5877	1.56	80.83	73	975	3312
12	Gümüşkavak Mahallesi	1374	0.36	573.67	2	506	735
13	Hicret Mahallesi	4430	1.18	352.1	13	856	1792
14	Hilalkent Mahallesi	4329	1.15	279.21	16	208	1451
15	İcadiye Mahallesi	3534	0.94	12.62	280	328	1638
16	İzzetpaşa Mahallesi	11790	3.13	90.22	131	884	6077
17	Karşıyaka Mahallesi	3616	0.96	445.89	8	866	1442
18	Kırklar Mahallesi	16022	4.25	66.10	242	1120	5721
19	Kızılay Mahallesi	3264	0.87	409.19	8	875	1425
20	Kültür Mahallesi	10728	2.85	67.21	160	765	4660
21	Mustafapaşa Mahallesi	15585	4.14	117.39	133	1151	6523
22	Nailbey Mahallesi	8218	2.18	17.65	466	718	4187
23	Olgunlar Mahallesi	11328	3.01	112.84	100	1187	5587
24	Rızaiye Mahallesi	13046	3.46	77.51	168	1020	6446
25	Rüstempaşa Mahallesi	11213	2.98	53.94	208	864	4776
26	Salıbaba Mahallesi	3186	0.85	62.33	51	798	1424
27	Sanayi Mahallesi	14620	3.88	107.38	136	2427	6444
28	Sarayatik Mahallesi	5195	1.38	29.68	175	431	2244
29	Sürsürü Mahallesi	28299	7.51	169.21	167	2137	12227
30	Ulukent Mahallesi	17199	4.57	430.10	40	1795	7034
31	Üniversite Mahallesi	16247	4.31	232.48	70	1020	7185
32	Yeni Mahalle	17712	4.70	33.26	533	1928	8840
33	Yıldızbağları Mahallesi	5547	1.47	593.2	9	893	2201
34	Zafran Mahallesi	174	0.05	224.01	1	79	326
Merkez Nüfus toplamı		376741					

Mahallelerdeki bina stoklarının genel durumlarının anlaşılması için aslında bu mahallelerin hangi yıllarda kurulduğu ve ne kadar bir geçmişe sahip oldukları çok önemlidir. Bu nedenle, mahallelerin kuruluşları, 1305-1312 Ma'mûratü'l Aziz salnameleri ve 1967-1994 yılları arasındaki Elazığ Belediyesi Meclis Kararları dikkate alınarak, Tablo 2.2'de verilmiştir [7,8]. Tablo 2.2 incelendiğinde kurulan ilk mahalleler; Mustafapaşa, İcadiye, Çarşı, Akpınar, Sarayatık, Nailbey, Rızaiye, Rüstempaşa ve İzzetpaşa Mahalleleridir. Dolayısıyla ilk dönemlerde, Mustafapaşa, İcadiye, Çarşı, Akpınar, Sarayatık, Nailbey, Rızaiye, Rüstempaşa ve İzzetpaşa mahalleleri en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip mahalleler olmuştur. Bunun ana sebebi 1900'lü yıllardan sonra Harput'tan ovaya taşınan nüfusun, belirtilen mahallelerde yerleşmiş olmasıdır. O yıllarda bu mahallelerde nüfus yoğunluğu ortalama 300-400 kişi/ha civarındadır. Aynı dönemlerde şehir merkezinden dış kısımlara doğru gidildikçe nüfus yoğunluğu azalmaktaydı. Ancak Elazığ ilinin 1960'lardan sonra şehrin batısında bulunan Malatya Caddesi boyunca doğu-batı istikametinde büyümesiyle birlikte nüfus yoğunluğu dağılımı değişim göstermiştir. 2000'li yıllardan sonra ise toplu konutların kuzey ve doğu yönünde konumlanması ile nüfus yoğunluğu bu bölgelerde de artmaya başlamıştır. Bunun en güzel örneği, Hilalkent Mahallesidir. Hilalkent Mahallesi, 2000'li yılların başında kurulmuştur. Sonrasında ise yaklaşık son 15 yılda, Cumhuriyet, Ataşehir ve Çaydaçıra Mahalleleri kurulmuştur.

Elazığ'ın 1965 yılına kadar inşa edilmiş bina stoku, bir veya iki (zemin+1 kat) katlı yığma binalardan oluşmaktadır. Merkez mahallelerdeki yığma duvar inşa malzemesi dolu tuğla, merkezden uzaklaştıkça kerpiçtir. Bu yıllara kadar önemli miktarda nüfus köylerde bulunmaktadır. Şehirlere yoğun göç henüz başlamamıştır. Aslında şehirlere göçün önündeki en büyük engellerden biri yapılaşmadır. Arzın, talebi karşılamadığı bir konut sayısı mevcuttur. O yıllarda yapılaşmanın çok yavaş olmasının sebebi ise mülkiyet haklarıdır. Bir arsa üzerine inşa edilen çok katlı bir binanın, tek bir tapusu olmaktadır. Her bir apartman dairesinin bağımsız mülkiyet hakları olmadığından konut üretimi adeta aile ihtiyaçları doğrultusunda yapılmaktadır. Ancak 1965 yılında Türkiye'nin adeta kaderini değiştiren bir kanun olan, Kat Mülkiyeti Kanunu çıkarıldı. Artık bu kanun hükümlerine göre bağımsız mülkiyet hakları kurulabilirdi [10].

Kat Mülkiyeti Kanunu'nun çıkmasıyla birlikte konut sayısı hızla artmaya başlamıştır. Özellikle 1970'li yıllara kadar iki ve üç katlı tuğla yığma binalar yoğun bir şekilde inşa edilmiştir. 1980'li yıllara kadar yapılaşmanın büyük çoğunluğunu çok katlı tuğla yığma binalar oluşturmuştur. Az da olsa çok katlı betonarme binalar inşa edilmiştir. 1980'li yıllara gelirken genellikle yığma binalar üç veya dört katlı olarak inşa edilmişlerdir. 1980'li yıllarla birlikte betonarme karkas çok katlı bina sayısında hızlı bir artış yaşanmıştır. Bu sırada inşa edilen yığma bina sayısı azalırken, yığma binaların kat sayılarında artışlar yaşanmıştır. Bu dönemde, yoğun bir şekilde dört katlı yığma binalar inşa edilirken, beş ve altı katlı yığma binalar cesurca inşa edilmiştir.

Tablo 2.2 Yıllara göre Elazığ Merkezdeki mahalle listeleri [7]

1876	1950	1965	1970	1975	1980	1985	1998
Mustafapaşa	Mustafapaşa	Mustafapaşa	Mustafapaşa	Mustafapaşa	Mustafapaşa	Mustafapaşa	Mustafapaşa
İcadiye	İcadiye	İcadiye	İcadiye	İcadiye	İcadiye	İcadiye	İcadiye
Çarşı	Çarşı	Çarşı	Çarşı	Çarşı	Çarşı	Çarşı	Çarşı
Akpınar	Akpınar	Akpınar	Akpınar	Akpınar	Akpınar	Akpınar	Akpınar
Sarayatik	Sarayatik	Sarayatik	Sarayatik	Sarayatik	Sarayatik	Sarayatik	Sarayatik
	Nailbey	Nailbey	Nailbey	Nailbey	Nailbey	Nailbey	Nailbey
	Rızaiye	Rızaiye	Rızaiye	Rızaiye	Rızaiye	Rızaiye	Rızaiye
	Rüstempaşa	Rüstempaşa	Rüstempaşa	Rüstempaşa	Rüstempaşa	Rüstempaşa	Rüstempaşa
	İzzetpaşa	İzzetpaşa	İzzetpaşa	İzzetpaşa	İzzetpaşa	İzzetpaşa	İzzetpaşa
		Kızılay	Kızılay	Kızılay	Kızılay	Kızılay	Kızılay
		Kültür	Kültür	Kültür	Kültür	Kültür	Kültür
		Yeni	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni	Yeni
		Sanayi	Sanayi	Sanayi	Sanayi	Sanayi	Sanayi
		Sürsürü	Sürsürü	Sürsürü	Sürsürü	Sürsürü	Sürsürü
			Aksaray	Aksaray	Aksaray	Aksaray	Aksaray
			Olgunlar	Olgunlar	Olgunlar	Olgunlar	Olgunlar
			F. Çakmak	F. Çakmak	F. Çakmak	F. Çakmak	F. Çakmak
			Üniversite	Üniversite	Üniversite	Üniversite	Üniversite
			Y. Bağları	Y. Bağları	Y. Bağları	Y. Bağları	Y. Bağları
				1800 evler	1800 evler	1800 evler	1800 evler
				Salıbaşı	Salıbaşı	Salıbaşı	Salıbaşı
				Karşıyaka	Karşıyaka	Karşıyaka	Karşıyaka
				Kırklar	Kırklar	Kırklar	Kırklar
					Cumhuriyet	Cumhuriyet	Cumhuriyet
						Ulukent	Ulukent
						G.kavak	G.kavak
						Zafran	Zafran
						Çatalçeşme	Çatalçeşme
						Esentepe	Esentepe
							Doğukent
							Hicret
							Hilalkent
							Ataşehir
							Çaydaçıra

1980 ve 1990 yılları arasındaki dönemde ise bodrum+zemin+birinci normal katı betonarme olarak inşa edilmiş, ilerleyen dönemlerde ise yığma normal katlar eklenmiş, önemli bir bina stoku bulunmaktadır. 1990'lı yıllara geldiğinde merkez mahallelerdeki binaların neredeyse tamamı betonarme karkas olarak inşa edilmiştir. Bu dönemden sonra inşa edilen yığma binaların en fazla üç katlı olması dikkat çekicidir. 2000'li yıllara gelindiğinde, mahalleye ismini verecek olan Hilalkent Toplu Konut projesi, tünel kalıp sisteminin Elazığ'da ilk defa uygulanmasıyla, şehrin bina kalitesine farklı bir bakış açısı getirmiştir.

2000'li yılların başlarına kadar beton üretiminde kullanılan agrega sınıflandırılmadan ve yıkanmadan kullanılmış, beton yerinde üretilmiş ve hazır beton kullanılmamıştır. Elazığ'da ilk hazır

beton santralinin temeli 1999 yılında atılmıştır. Yapılaşmanın başladığı 1965 yılından 2000’li yıllara kadar inşaatlarda yapı denetimi yapılmamıştır. Beton kalitesi denetlenmemiş, donatının projeye uygunluğu kontrol edilmemiştir. Hatta proje denetimlerinin de, mimari denetimden statik denetime geçemediğini ifade etmek yanlış olmayacaktır.

1999 Körfez Depremleri aslında hem Türkiye hem de Elazığ için bir uyanış olmuştur. 2000 yılında aktif yapı denetimi 19 pilot ilde başlamış maalesef ancak 2011 yılında ülke geneline yaygınlaştırılabilmiştir. Yapı denetimlerinin olmaması veya yapılmaması, düzensiz taşıyıcı sisteme sahip projelerin ortaya çıkmasına, beton kalitesinin olması gerekenden çok daha az olmasına, donatı sayısı, yeri ve detay kurallarına neredeyse hiç uyulmamasına neden olmuştur.

Elazığ Belediyesi 2005 yılında yapı denetimi ile ilgili çok önemli kararlara imza atmıştır. Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Ana Bilim Dalı ile ortak çalışarak (Prof. Dr. Ali Sayıl ERDOĞAN ve Arş. Gör. Kürşat Esat ALYAMAÇ’ın gönüllü destekleriyle), Elazığ’da yapı denetim sistemini kurmuştur. Bu dönemde Yapı Kontrol Müdürlüğü kurulmuş, bünyesinde malzeme ve zemin laboratuvarları kurularak aktif hale getirilmiştir. Aynı yıl içerisinde inşaat usta ve kalfalarına seminerler düzenlenerek, yönetmelikteki donatı kuralları ve bu donatı kurallarına uyulmazsa depremlerde neler yaşanacağı anlatılmıştır. Daha sonra Elazığ Merkez’deki tüm binaların projeleri kontrol edilmeden onaylanmamıştır. Bu tarihten itibaren çok katlı betonarme binaların tamamının taşıyıcı sisteminde betonarme perde kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Lisanslı statik programlar ile hesaplanmayan ve çizilmeyen projeler kabul edilmemiştir. İnşaatlarda ise her tabliyede donatı kontrolleri yapılmış ve en az üç adet beton numune alınarak, laboratuvarında test edilmiştir. Bu sırada üç kat ve üzeri tüm betonarme binalarda hazır beton zorunlu tutulmuştur. Bütün bu çalışmalar sayesinde, Elazığ Merkez’de 2006 yılı ve sonrasında inşa edilen binaların deprem dayanımında iyileşme sağlanmıştır. 24 Ocak 2020 tarihinde meydana gelen M_w 6.8 büyüklüğündeki depremden sonra da bu çalışmaların ne kadar önemli olduğu bir kez daha ortaya çıkmıştır.

Mahallelerde bulunan bina sayıları, taşıyıcı sistem çeşitleri ve bu binalara ait görünür yapı kaliteleri Tablo 2.3’te sunulmuştur. 1990’lı yıllardan sonra birçok mahallede, 20 ve 30 yaş civarındaki binalar yıkılarak yerlerine çok katlı betonarme karkas binalar inşa edilmiştir. Bu sırada yeni oluşan mahallelerde de inşa edilen binalar yine çok katlı betonarme karkas yapılarıdır. Genellikle mahalle içinde ve yakın mahallelerde benzer taşıyıcı sisteme ve benzer yapı kalitesine sahip binalar inşa edilmiştir. Deprem sonrası hasarlar incelendiğinde bu durum açıkça görülmektedir. Deprem sonrası yapısal hasarların yüksek doğrulukta değerlendirilmesi için bu bölümde, mahallelerin tamamının bina stoku hakkında açıklayıcı bilgiler verilmiş ve görseller sunulmuştur.

Tablo 2.3 Elazığ Merkez Mahallelerdeki bina sayıları ve taşıyıcı sistem bilgileri [9]

Mahalleler	Bina Sayısı	Taşıyıcı Sistem		Bina Durumları		
		Karkas	Yığma	İyi	Orta	Kötü
Abdullahpaşa Mahallesi	2013	1085	928	663	393	957
Akpınar Mahallesi	354	308	46	151	138	65
Aksaray Mahallesi	2586	641	1945	112	437	2037
Ataşehir Mahallesi	1826	1738	88	1604	115	107
Cumhuriyet Mahallesi	1604	1389	215	1056	256	292
Çarşı Mahallesi	874	635	239	241	587	46
Çatalçeşme Mahallesi	862	584	278	532	60	270
Çaydaçıra Mahallesi	1004	972	32	919	41	44
Doğukent Mahallesi	2064	1975	89	618	1344	102
Esentepe Mahallesi	540	127	413	33	94	413
Fevzi Çakmak Mahallesi	975	386	589	250	132	593
Gümüşkavak Mahallesi	506	138	368	89	53	364
Hicret Mahallesi	856	338	518	282	33	541
Hilalkent Mahallesi	208	185	23	172	6	30
İcadiye Mahallesi	328	309	19	110	191	27
İzzetpaşa Mahallesi	884	810	74	309	477	98
Karşıyaka Mahallesi	866	160	706	68	77	721
Kırklar Mahallesi	1120	1044	76	606	501	13
Kızılay Mahallesi	1272	348	924	114	235	923
Kültür Mahallesi	765	605	160	26	532	207
Mustafapaşa Mahallesi	1268	1212	56	147	1046	75
Nailbey Mahallesi	718	625	93	185	298	235
Olgunlar Mahallesi	1187	798	389	356	326	505
Rızaiye Mahallesi	1020	982	38	114	381	525
Rüstempaşa Mahallesi	864	782	82	134	700	30
Salıbaşı Mahallesi	979	219	760	29	219	731
Sanayi Mahallesi	2427	2286	141	796	950	681
Sarayatik Mahallesi	431	381	50	111	297	23
Sürsürü Mahallesi	2137	1352	785	741	464	932
Ulukent Mahallesi	1795	1038	757	473	596	726
Üniversite Mahallesi	1337	1062	275	354	724	259
Yeni Mahalle	1928	1633	295	1117	547	264
Yıldızbağları Mahallesi	956	205	751	123	318	515
Zafran Mahallesi	79	71	8	3	28	48

2.2.1. Abdullahpaşa Mahallesi

Abdullahpaşa Mahallesi, şehir merkezinin batısında konumlanan, 461.65 hektarlık yüzölçümüne ve 26039 kişilik nüfusa sahip olup, şehrin üçüncü büyük mahallesidir [9]. Bina stoku, yapı kooperatifleri marifetiyle oluşmuştur. Genellikle zemin+5 normal kat, betonarme karkas ve iki blok bitişik şekilde inşa edilmişlerdir (Şekil 2.4). Yapımları sırasında herhangi bir kontrole tabi olmamış binalardır. Zemin katları ticari amaçla kullanılmamaktadır. Binaların tamamına yakınında

tam ve kısmi gömülü (kat yüksekliğinin 2/3'ü ve fazlası zeminin içinde) bodrum bulunmaktadır. Geçmiş depremlerde bu binaların birçoğu, birkaç defa hafif ve orta hasar görmüşlerdir. Ancak güçlendirme yerine küçük onarımlarla kullanılmaya devam edilmiştir. Mahalledeki ortalama bina yaşı 30'dur. Mahallenin kuzeybatısında az yoğunlukta, tek katlı eski yığma binalar bulunmaktadır. Bu binaların bir kısmı son yıllarda yenilenmiş ve yerlerine 3 katlı betonarme karkas binalar inşa edilmeye başlanmıştır.



Şekil 2.4 Abdullahpaşa Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.2. Akpınar Mahallesi

Akpınar Mahallesi, şehir merkezinde konumlanan 36.77 hektarlık yüzölçümüne ve 4628 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Karışık bir bina stokuna sahip olan mahallede kerpiç, yığma ve betonarme karkas binalar iç içe bulunmaktadır. Harput'tan ovaya taşınan nüfusun bir kısmının buraya yerleşmesinden dolayı şehrin en eski mahalleleri arasındadır. Bu yüzden mahalledeki ortalama bina yaşı 40 yıl üzerindedir. Binaların önemli bir çoğunluğunun zemin katı ticari amaç için kullanılmaktadır (Şekil 2.5). Binalar bitişik nizamda inşa edilmişlerdir ve binaların birçoğunun kat seviyeleri neredeyse aynıdır. Ancak zemin katında ticari mekân bulunan bazı binaların asma katı

bulunmaktadır. Bu binalarla yandaki binaların kat seviyeleri arasında önemli farklılıklar vardır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Akpınar Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.3. Aksaray Mahallesi

Aksaray Mahallesi, şehir merkezinin güney kısmında konumlanan, 484.28 hektarlık yüzölçümüne ve 7727 kişilik nüfusa sahiptir [9]. 1956'ya kadar bir köy yerleşkesi iken, yerleşke sınırları içerisine 60'lı yıllarda Çimento Fabrikasının kurulmasıyla birlikte Aksaray, mahalle statüsü kazanmıştır. Mahalle 1980'lere kadar, civar illerden aldığı göçlerle plansız bir kentleşme seyri izlemiştir. Mahallede, kerpiç, yığma binalar iç içe bulunmaktadır (Şekil 2.6). Çok katlı betonarme bina birkaç tane denecek kadar azdır. Binalar genellikle bir veya iki katlıdır. En fazla dört katlı yığma binalar az sayıda ve mahallenin en yüksek binaları konumundadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Aksaray Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.4. Ataşehir Mahallesi

Ataşehir Mahallesi, şehir merkezinin güney kısmında konumlanan, 644.62 hektarlık yüzölçümüne ve 26671 kişilik nüfusa sahip yeni kurulan (2008 yılı sonrası) mahallelerden biridir [9]. Genel itibariyle bodrum+zemin+3 kat düzeninde ayırık nizam ile inşa edilen binalar mevcuttur (Şekil 2.7). Mahalle güney sınırında tren yolu ile çevre yolundan ayrılmaktadır. 2016 Elazığ İmar revizyonundan sonra az sayıda 10 kat ve üzeri binalar inşa edilmiştir. İmarlı ancak henüz bina inşa edilmemiş geniş arazilerin bulunduğu bir mahalledir.



Şekil 2.7 Ataşehir Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.5. Cumhuriyet Mahallesi

Cumhuriyet Mahallesi, şehir merkezinin batısında konumlanan, 439.49 hektarlık yüzölçümüne ve 27101 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Bu mahalle de bina tipi olarak karışık bir dağılım göstermektedir. Yaşı 40'ı bulan tek katlı bahçeli yığma binaların yanı sıra son yıllarda inşa edilmiş çok katlı betonarme binalar da mahallenin bina stokunu oluşturmuştur (Şekil 2.8). Ayrıca betonarme olmakla birlikte, kat sayısı 3'ü geçmeyen bahçeli nizam bina türleri de bulunmaktadır. Cumhuriyet Mahallesi'nin mevcut bina stokunun çok büyük bir bölümünü çok katlı betonarme binalar oluşturmaktadır (Şekil 2.8). Bu binaların büyük çoğunluğu 2006 yılı ve sonrasında inşa edilmiştir.



Şekil 2.8 Cumhuriyet Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.6. Çarşı Mahallesi

Çarşı Mahallesi, şehir merkezinde konumlanan, 13.28 hektarlık yüzölçümüne ve 1426 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Çok fazla sayıda çok katlı bina bulunmayan, bu mahallede genellikle alt katları ticari alan olarak tasarlanmış, 3-5 katlı betonarme ve az da olsa yığma binalar mevcuttur (Şekil 2.9). Bitişik nizam yoğunluktadır. Bu mahalle şehrin tam merkezinde kalmış, ticaret alanıdır. Cumhuriyetin ilk yıllarındaki hanların ve ticaret merkezlerinin bulunduğu, şehrin en eski ticaret merkezidir.



Şekil 2.9 Çarşı Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.7. Çatalçeşme Mahallesi

Çatalçeşme Mahallesi, şehir merkezinin doğusunda konumlanan, 80.57 hektarlık yüzölçümüne ve 4119 kişilik nüfusa sahiptir [8]. Çoğunlukla kerpiç ve tuğla yığma şeklinde bir yapılaşma mevcuttur (Şekil 2.10). Şehrin kırsal bölgesi olarak konumlanmış olan mahalledeki ortalama bina yaşı 45-50'dir. Son yıllarda çok az sayıda inşa edilmiş çok katlı betonarme karkas yapı bulunmaktadır.



Şekil 2.10 Çatalçeşme Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.8. Çaydaçıra Mahallesi

Çaydaçıra Mahallesi, şehir merkezinin kuzey batısında konumlanan, 767.27 hektarlık yüzölçümüne ve 26892 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Şehrin kayalık arazisi üzerine imar edilmiş olan mahallenin geçmişi son 10-15 yıla dayanır. Çok katlı betonarme binaların, bahçeli site şeklinde konumlandığı mahallenin bina stokunun bir kısmını ise tünel kalıp sistemi ile imal edilmiş TOKİ konutları oluşturmaktadır (Şekil 2.11). Mahallede çok az sayıda 2000 yılı öncesinde inşa edilmiş çok katlı betonarme bina bulunmaktadır.



Şekil 2.11 Çaydağra Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.9. Doğukent Mahallesi

Doğukent Mahallesi, şehir merkezinin doğusunda konumlanan, 323.19 hektarlık yüzölçümüne ve 18060 kişilik nüfusa sahiptir [9]. İlk kurulduğu yıllar olan 1980’lerde iki katlı bahçeli nizam düzenli bir yapılaşmanın olduğu mahallelerden biridir (Şekil 2.12). Şehrin nüfusunun artması ve şehri doğu istikametine geliştirme çabası ile Doğukent’te zemin+5 katlı betonarme bina stoku da oluşmaya başlamıştır. Mahalle sınırları içerisinde 2018 yılında hizmete açılan Fethi Sekin Şehir Hastanesi ile mahalledeki çok katlı betonarme konut sayısı artmıştır. Mahallenin eski binaları yaklaşık 40 yaş civarındadır.



Şekil 2.12 Doğukent Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.10. Esentepe Mahallesi

Esentepe Mahallesi, şehir merkezinin kuzeyinde konumlanan, 36.20 hektarlık yüzölçümüne ve 1545 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Mahalle yüzölçümünün büyük bir kısmı dağlık arazidir. Kuzeyden güneye inildikçe güney sınıra sıkışmış meskenler dikkat çeker. Konutlar genellikle ayrıık nizam kısmen bahçeli düzende inşa edilmiş 2-3 katlı yığma veya tek katlı kerpiç yapılarıdır (Şekil 2.13). Son yıllarda betonarme karkas zemin+3 katlı binalar inşa edilmeye başlanmıştır.



Şekil 2.13 Esentepe Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.11. Fevzi Çakmak Mahallesi

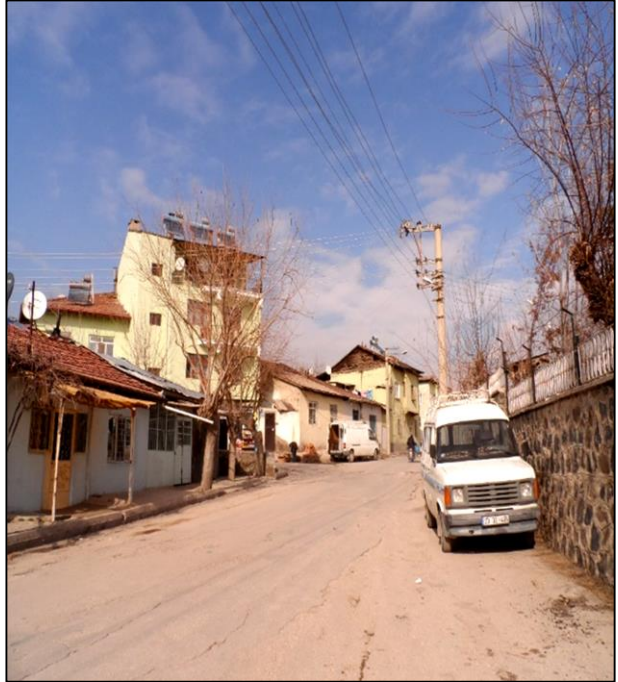
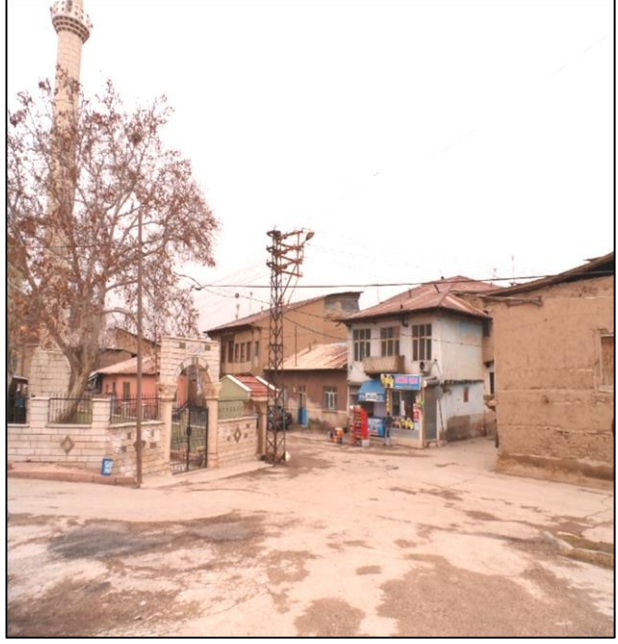
Fevzi Çakmak Mahallesi, şehir merkezinin kuzeyinde konumlanan, 80.83 hektarlık yüzölçümüne ve 5877 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Tek katlı kerpiç evlerin yoğunluk gösterdiği mahallenin bina stokunda 2-3 katlı betonarme binalar ve yığma binalar da oldukça çoktur (Şekil 2.14). Son 5 yılda mevcut binalar yenilenerek, çok katlı betonarme binalar inşa edilmektedir.



Şekil 2.14 Fevzi Çakmak Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.12. Gümüşkavak Mahallesi

Gümüşkavak Mahallesi, şehir merkezinin güneydoğusunda konumlanan, 573.67 hektarlık yüzölçümüne ve 1374 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Nüfus yoğunluğu en az olan mahallemizdir. Harput'tan Elazığ Ovasına göçler yaşanırken, Elazığ'da bulunan mezralardan biri olan Gümüşkavak köyü de göç almıştır. Daha sonra 1982 yılında mahalle olarak merkeze bağlanmıştır. Mahallenin bina stoku kerpiç ve tuğla yığma binalardan oluşmaktadır (Şekil 2.15). Çok az sayıda tuğla yığma ve betonarme karkas bina bulunmaktadır.



Şekil 2.15 Gümüşkavak Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.13. Hicret Mahallesi

Hicret Mahallesi, şehir merkezinin güneydoğusunda konumlanan, 352.10 hektarlık yüzölçümüne ve 4430 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Aksaray Mahallesi sınırları içerisinde bulunan mahalle, 1998 yılında Aksaray Mahallesi'nden ayrılarak Hicret Mahallesi olarak isimlendirilmiştir. Bina stoku çoğunlukla kerpiç ve tuğla yığma binalardan oluşmaktadır (Şekil 2.16). Son dönemlerde ise 5 katlı betonarme karkas binalar da inşa edilmiştir.



Şekil 2.16 Hicret Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.14. Hilalkent Mahallesi

Hilalkent Mahallesi, şehir merkezinin batısında konumlanan, 279.21 hektarlık yüzölçümüne ve 4329 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Elazığ Belediyesi'nin öncülüğünde 2000'li yılların başında kurulan Hilalkent Konutları bu mahalleye ismini vermiştir. Hilalkent Konutları tünel kalıp tekniği ile inşa edilmişlerdir (Şekil 2.17). Bu konutlar inşa edildikten sonra mahallede yeni konut ve ticari binalar oluşmaya başlamıştır ve devam etmektedir.



Şekil 2.17 Hilalkent Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.15. İcadiye Mahallesi

İcadiye Mahallesi, şehir merkezinde konumlanan, 12.62 hektarlık yüzölçümüne ve 3534 kişilik nüfusa sahiptir [9]. 1880’lerde Harput’tan il merkezine inildiğinde kurulan ilk mahallelerden biri olan İcadiye Mahallesi, komşu mahallelerine oranla en yüksek nüfus yoğunluğuna sahiptir. Zemin+3 kat bitişik nizam ve yer yer çok katlı betonarme binalar bulunur (Şekil 2.18). Çoğu binada zemin katlar iş yeri olarak tasarlanmıştır.



Şekil 2.18 İcadiye Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.16. İzzetpaşa Mahallesi

İzzetpaşa Mahallesi, şehir merkezinde konumlanan, 90.22 hektarlık yüzölçümüne ve 11790 kişilik nüfusa sahiptir [9]. 1950'lerden sonra kurulan mahalle, paralel sokak ve caddeler şeklinde planlanmıştır. Bu paralel sokaklarda genellikle bitişik nizam tekniğiyle 3-4 katlı yığma binalar hâkim iken, son 20-25 yılda giriş katı ticarethane olarak tasarlanan çok katlı betonarme binalar, mahallenin bina stokunu oluşturmuştur (Şekil 2.19).



Şekil 2.19 İzzetpaşa Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.17. Karşıyaka Mahallesi

Karşıyaka Mahallesi, şehir merkezinin doğusunda konumlanan, 445.89 hektarlık yüzölçümüne ve 3616 kişilik nüfusa sahiptir [9]. İkinci en düşük nüfus yoğunluğuna sahip olan Karşıyaka Mahallesi, 1970’li yıllarda mahalle olarak merkeze bağlanmıştır. Mahallede karışık bir bina stoku mevcuttur. Tek katlı kerpiç evlerle, 2-3 katlı yığma binaları yan yana görmek mümkündür. Mahallenin güneybatısında Elazığ-Diyarbakır karayolu kenarında 70’li yılların başında inşa edilmiş 5’er katlı küme evler betonarme olarak inşa edilmiştir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20 Karşıyaka Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.18. Kırklar Mahallesi

Kırklar Mahallesi, şehir merkezinin kuzey doğusunda konumlanan, 66.10 hektarlık yüzölçümüne ve 16022 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Genellikle 3 katlı betonarme binalar bulunurken, son yıllarda 8 kata kadar betonarme binaya da rastlanmaktadır (Şekil 2.21). Elazığ İli Askeri Bölge arazisinin ve lojmanlarının büyük bir kısmı bu mahalle sınırları içerisinde konumlanmıştır.



Şekil 2.21 Kırklar Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.19. Kızılay Mahallesi

Kızılay Mahallesi, şehir merkezinin güney doğusunda konumlanan, 409.19 hektarlık yüzölçümü ve 3264 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Kızılay Mahallesi, Karşıyaka Mahallesi gibi en düşük nüfus yoğunluğuna sahip olan mahallemizdir. Eski adı Kesrik olan mahalle, 1965 yılında kurulmaya başlanmıştır. Genelde 2-3 katlı yığma binaların hâkim olduğu mahallede kerpiç bina stoku da bulunur (Şekil 2.22). Mahalle kentsel dönüşüm alanı içerisine dâhil edilmiştir.



Şekil 2.22 Kızılay Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.20. Kültür Mahallesi

Kültür Mahallesi, şehir merkezinin güneyinde konumlanan, 67.21 hektarlık yüzölçümüne ve 10728 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Nüfus yoğunluğu 160 kişi/ha olan mahalle birbirine paralel dar sokaklardan oluşmuştur. Bu dar sokaklarda, alt katı ticarethane olarak tasarlanmış 3-4 katlı betonarme ve yığma binalar iç içe bulunmaktadır (Şekil 2.23). Binaların yapım yılları 1960'lara dayanmaktadır. Mahallede az da olsa son 10 yılda inşa edilmiş çok katlı betonarme karkas yapılar bulunmaktadır.





Şekil 2.23 Kültür Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.21. Mustafapaşa Mahallesi

Mustafapaşa Mahallesi, Şehir merkezinde konumlanan, 117.39 hektarlık yzlmne ve 15585 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Mahallenin kuruluŐu Cumhuriyet Dönemi'nden eskilere uzanır. Yüksek bir nüfus yoğunluğuna sahip mahallede, karmaşık bir bina stoku bulunmaktadır. Mahalle sınırını belirleyen bulvarlar üzerinde son yıllarda yapılan yüksek katlı betonarme binaların varlığının yanında, iç kesimlere doğru gidildikçe 1-2 katlı kerpiç ve 2-3 katlı yığma binalar görülmektedir (Şekil 2.24). Mevcut betonarme binalar ise yaklaşık 30 yaş civarındadır.





Şekil 2.24 Mustafapaşa Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.22. Nailbey Mahallesi

Nailbey Mahallesi, şehir merkezinde konumlanan, 17.65 hektarlık yüzölçümüne ve 8218 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Şehir merkezinde en eski yerleşim yerlerinden biridir. Yapılar bitişik nizam olup, betonarme binaların yanında yer yer yığma binalara da rastlanmaktadır (Şekil 2.25). Genelde birbirine paralel dar sokaklardan oluşan mahallede ortalama bina yaşı 40 civarındadır. Mahallede çok az sayıda bina yenilenmiş ve bunların yerlerini yine bitişik nizam çok katlı karkas binalar almıştır. Mahallede çok sayıda 5 ve 6 katlı tuğla yığma binalar bulunmaktadır.



Şekil 2.25 Nailbey Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.23. Olgunlar Mahallesi

Olgunlar Mahallesi, şehir merkezinin güney batısında konumlanan, 112.84 hektarlık yüzölçümüne ve 11328 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Eski mahallelerden olduğu için karmaşık bir bina stokuna sahiptir. Bina stokunun önemli bir bölümünü 4 katlı yığma ve betonarme karkas binalar oluşturmaktadır (Şekil 2.26). Bu binaların ortalama yaşı 30 yılın üzerindedir. Bunlarla beraber, bir ve iki katlı yığma binalar oldukça yaygındır. Mahallede son on yılda yenilenen bina sayısı oldukça azdır.



Şekil 2.26 Olgunlar Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.24. Rızaiye Mahallesi

Rızaiye Mahallesi, şehir merkezinde konumlanan, 77.51 hektarlık yüzölçümüne ve 13046 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Şehrin tam merkezi olması, ulaşımın rahat sağlanması sebebiyle hastanelerin de ilk olarak konumlandığı bölgedir. Dolayısıyla yüksek nüfus oranına sahiptir. Ancak daha sonra şehrin doğusunda şehir hastanesinin inşa edilmesi, mevcut hastanelerin de buraya taşınmasıyla mahalledeki nüfus yoğunluğu ve trafik yoğunluğu azalmıştır. Genellikle 5 katlı, 30 yaş ve üzeri betonarme karkas bina stokuna sahiptir (Şekil 2.27). Yığma bina sayısı oldukça azdır.



Şekil 2.27 Rızaiye Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.25. Rüstempaşa Mahallesi

Rüstempaşa Mahallesi, şehir merkezinde konumlanan, 53.94 hektarlık yüzölçümüne ve 11213 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Genellikle zemin katları ticari alan olarak kullanılan, en fazla 5 katlı betonarme binalar bulunmaktadır (Şekil 2.28). Eski mahallelerden olduğu için bina yaşları yaklaşık 40-50 yıl arasındadır. Çarpık yapılaşmanın olduğu mahallerden biridir.



Şekil 2.28 Rüstempaşa Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.26. Salıbaba Mahallesi

Salıbaba Mahallesi, şehir merkezinin doğusunda konumlanan, 62.33 hektarlık yüzölçümüne ve 3186 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Şehrin kırsal bölgesi olarak biliniyor, tek katlı bahçeli binalar bulunmaktadır (Şekil 2.29). Kerpiç ve tuğla yığma binalarla birlikte son dönemlerde betonarme binalar da inşa edilmiştir.



Şekil 2.29 Salıbaşı Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.27. Sanayi Mahallesi

Sanayi Mahallesi, şehir merkezinin doğusunda konumlanan, 107.38 hektarlık yüzölçümüne ve 14620 kişilik nüfusa sahiptir [9]. 1965 yılında kurulan mahallede otomotiv, kereste, boya vb. sanayi işletmeleri mevcuttur. Siteler bölgesi olarak da bilinmektedir. Şehirlerarası otobüs terminali de bu mahallede yer almaktadır. Eski mahallelerden olduğu için yığma binalar ve 4-5 katlı betonarme binalar çoğunluktadır (Şekil 2.30).



Şekil 2.30 Sanayi Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.28. Sarayatık Mahallesi

Sarayatık Mahallesi, şehir merkezinde konumlanan, 29.68 hektarlık yüzölçümüne ve 5195 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Hacı Ziya Bey Hamamı ve çevresinde az sayıda konut bulunmakla birlikte daha çok ticari amaçla kullanılan dükkânlar ve iş yerleri mevcuttur. Mahallede çok sayıda binanın zemin katı ticari amaçla kullanılmaktadır. Bina stoku genellikle 5 katlı betonarme karkas ve 25 yaş üstü binalardan oluşmaktadır (Şekil 2.31). Ancak işlek caddelere komşu 8 katlı karkas binalarda mevcuttur.



Şekil 2.31 Sarayatık Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.29. Sürsürü Mahallesi

Sürsürü Mahallesi, şehir merkezinin güney batısında konumlanan, 169.21 hektarlık yüzölçümüne ve 28299 nüfusa sahiptir [9]. Şehrin en eski mahallelerinden biri olduğu için gecekondu şeklinde yapılar bulunmaktadır. İlk dönemlerde (1990'a kadar) mahalle zemin yapısının da elverişli olması nedeniyle tarımsal alan olarak kullanılmaktaydı. Daha sonra bölgenin imar durumunun değişmesiyle 4 ve 10 kat arasında değişen betonarme binalar inşa edilmiştir (Şekil 2.32). Bina stoku genellikle sitelerden oluşmaktadır (Şekil 2.32). 30 yaş ve üzeri yapıların %85'inden fazlası betonarme karkas çok katlı binalardır. Son 15 yılda inşa edilmiş, önemli sayıda çok katlı betonarme binada mahallede mevcuttur.





Şekil 2.32 Sürsürü Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.30. Ulukent Mahallesi

Ulukent Mahallesi, şehir merkezinin kuzey doğusunda konumlanan, 430.10 hektarlık yüzölçümüne ve 17199 nüfusa sahiptir [9]. Harput'un eteklerinde konumlanan bu mahallenin eski adı Hüseyinik olarak bilinmektedir. Mahallede askeri alan, askeri lojmanlar ile birlikte tek katlı, 3-4 katlı yığma ve en fazla 8 kata sahip betonarme binalar mevcuttur (Şekil 2.33).



Şekil 2.33 Ulukent Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.31. Üniversite Mahallesi

Üniversite Mahallesi, şehir merkezinde konumlanan, 232.48 hektarlık yüzölçümüne ve 16247 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Mahallede üniversitenin bulunması nedeniyle, bu isimle anılmaktadır. Şehir merkezine de yakın olan mahallede eski ve yeni binalar iç içedir. Son dönemlerde yapılan birkaç çok katlı bina dışında, mahalledeki binalar en fazla 8 katlıdır (Şekil 2.34).



Şekil 2.34  ni ersite Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.32. Yeni Mahalle

Yeni Mahalle,  ehir merkezinde konumlanan, 33.26 hektarlık yüzölçümüne ve 17712 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Bina nizamı bitişik olan en fazla 8 kata sahip betonarme binalar mevcuttur ( ekil 2.35).  ehrin eski mahallelerinden biri olduğu için mahallede 40-50 yıllık binalar bulunmaktadır.



Şekil 2.35 Yeni Mahalle bina stokundan görüntüler

2.2.33. Yıldızbağları Mahallesi

Yıldızbağları Mahallesi, şehir merkezinin kuzeyinde konumlanan, 593.20 hektarlık yüzölçümüne ve 5547 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Farklı kat sayılarına sahip betonarme binalar ile tek katlı veya 2-3 katlı yığma binalara sahip eski mahallelerden biridir (Şekil 2.36). Ayrıca mahallede çarpık yapılaşmanın olduğu bölgeler bulunmaktadır. Son yıllarda sınırlı sayıda eski bina yıkılarak yerlerine ortalama 4 katlı betonarme binalar inşa edilmiştir.



Şekil 2.36 Yıldızbağları Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.2.34. Zafran Mahallesi

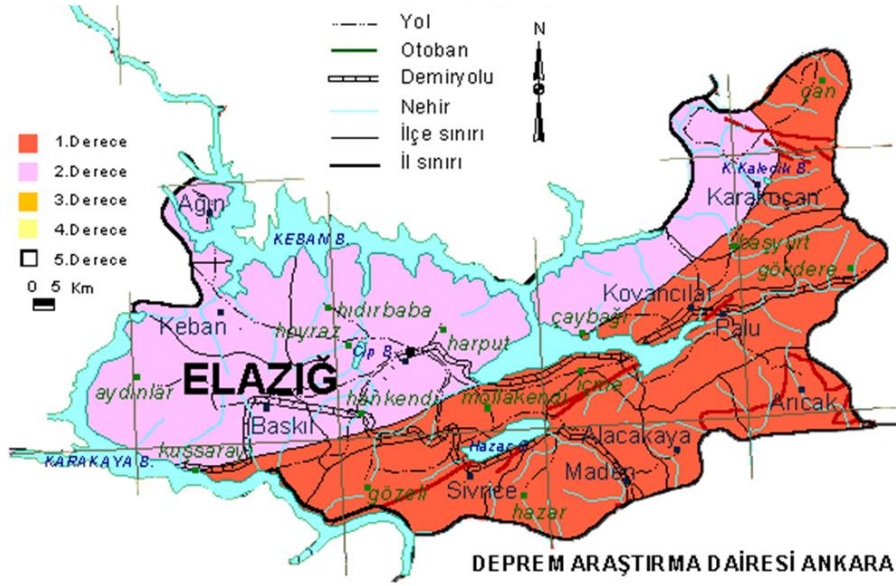
Zafran Mahallesi, şehir merkezinin kuzeyinde konumlanan, 224.01 hektarlık yüzölçümüne ve 174 kişilik nüfusa sahiptir [9]. Çok katlı binaların bulunmadığı bu mahallede genellikle tek katlı ve 2-3 katlı yığma binalar mevcuttur (Şekil 2.37). Son dönemlerde ise mahallenin bazı bölgelerinde 3-5 katlı betonarme binalar inşa edilmiştir. Bina stokunun karışık olmasının yanında, çarpık kentleşme örnekleri bulunmaktadır.



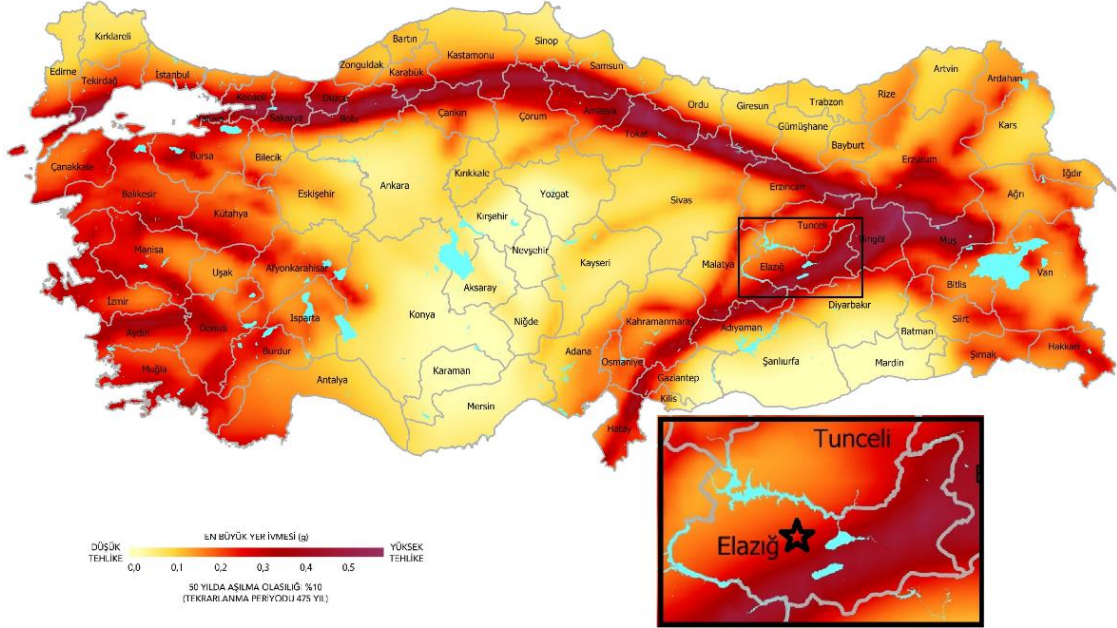
Şekil 2.37 Zafran Mahallesi bina stokundan görüntüler

2.3. Geçmişte Meydana Gelmiş Depremler ve Yapısal Hasarlar

Türkiye’yi beş riskli bölge olarak sınıflandıran “Deprem Bölgeleri Haritası”, 1996 yılından 2019 yılına kadar yürürlükte kalmıştır. Şekil 2.38’de görülen bu haritaya göre Elazığ, birinci ve ikinci derece deprem bölgesinde bulunmaktaydı [11]. Bu harita 2019 yılında, “Türkiye Deprem Risk Haritası” olarak güncellendi. Yeni harita en güncel deprem kaynak parametreleri, deprem katalogları ve yeni nesil matematiksel modeller dikkate alınarak çok daha fazla ve ayrıntılı veriyle hazırlanmıştır [12]. Yeni haritada, bir önceki haritadan farklı olarak deprem bölgeleri yerine en büyük yer ivmesi değerleri esas alınmış ve “deprem bölgesi” kavramı ortadan kaldırılmıştı. Ama ortadan kalkmayan en önemli husus, Elazığ’ın deprem riski ile daima karşı karşıya olmasıydı (Şekil 2.39).



Şekil 2.38 Elazığ deprem bölgeleri haritası [11]



Şekil 2.39 Elazığ deprem risk haritası [12]

Doğu Anadolu Fay (DAF) Zonu üzerindeki Elazığ'da, birçok önemli fay bulunmaktadır [5]. Dolayısıyla tarih boyunca birçok defa yıkıcı depremlerle sarsılmıştır. Tablo 2.4'te geçmiş yüzyıllarda Elazığ ve çevresinde meydana gelmiş tarihi depremler sıralanmıştır.

Elazığ çevresindeki en hareketli sismik bölgelerden biri Sivrice'dir. Sivrice'de yaklaşık son 15 yılda meydana gelen depremler, Sivrice Merkez'de, Sivrice'nin Köylerinde ve Elazığ Merkez'deki binalar üzerinde çeşitli derecede hasar oluşumuna neden olmuştur. Sivrice merkezli;

- 11 Ağustos 2004'de 5.5 büyüklüğünde,
- 9 Şubat 2007'de 5.3 büyüklüğünde,
- 21 Şubat 2007'de 5.9 büyüklüğünde,
- 4 Nisan 2019'da 5.2 büyüklüğünde, yaşanan depremlerde can kaybı yaşanmasa da aslında önemli miktarda yapısal hasar meydana gelmiştir.

Tablo 2.4 Tarih Boyunca Elazığ Bölgesinde meydana gelmiş depremler [13]

No	Tarih	Yer-Etki Alanı	Şiddet
1	995	Palu, Sivrice	VI
2	28.05.1789	Palu	VII
3	22.07.1866	Hazar Gölü Güneyi, Elazığ	VIII
4	30.04.1874	Diyarbakır, Keban, Malatya	VII
5	02.05.1874	Maden, Elazığ, Diyarbakır	VI
6	03.05.1874	Harput, Elazığ, Diyarbakır	VIII
7	04.05.1874	Maden, Elazığ, Diyarbakır	VIII-IX
8	27.03.1875	Karlıova, Bingöl, Palu, Elazığ	VIII
9	1889	Palu, Elazığ	VI
10	1890	Malatya	VI

2004 Sivrice Depremi'nde kırsal bina stoku nasıl davranacağını göstermiş ve köylerde önemli miktarda yapısal hasar meydana gelmişti. Bu depremde hafif ve orta hasar gören binalar sonraki depremlerde daha ileri düzeyde hasar gördü veya yıkıldılar.

2007 Sivrice Depremleri sonrası Sivrice İlçe Merkezi'ndeki PTT Binası, Cumhuriyet İlköğretim Okulu ve Merkez Cami hasar görmüştür [1]. Hasar sadece Sivrice ilçesinde meydana gelmemiş, çevre ilçe ve Elazığ il merkezinde de meydana gelmiştir. Tablo 2.5'de en çok hasarın olduğu bölgeler ve sayısal sonuçlar verilmiştir.

Tablo 2.5 2007 Sivrice Depremi hasar tespit sonuçları [12]

Bölgeler	Hasar Düzeyi		
	Hafif	Orta	Ağır
Maden	400-500	20-30	100-200
Sivrice Köyler	600-700	5-10	250-300
Sivrice Merkez	80-120	2-5	50-70
Elazığ Merkez	700-800	20-30	180-220

Elazığ Merkez'de ağır hasar gören binaların yaklaşık %30'u çok katlı yığma ve betonarme binalardı. Maalesef bu binaların sadece birkaç tanesi kontrollü bir şekilde yıkıldı. Geri kalanlar, yapısal bir güçlendirme uygulanmadan sadece onarım sonrası kullanılmaya devam edildi. Orta hasarlı binalarda da herhangi yapısal bir güçlendirme uygulanmadı. Hatta bu deprem sonrası özellikle ağıra yakın orta hasar gören binaların neredeyse tamamında hasar bildirimleri ilgili kamu kurumlarına yapılmamış ve kat malikleri küçük onarımlarla hasarları kapatmışlardır. 24 Ocak Elazığ-Sivrice Depremi sonrasında, Sürsürü Mahallesi'nde göçen Dilek Apartmanı ve çevresindeki apartmanlarda da benzer durum mevcuttur. 2007 Depremi sonrası binalarda meydana gelen hasarlar sonrası yapısal güçlendirme işlemlerinin yapılmaması, 24 Ocak'ta meydana gelen depremin hasar etkisini artırmıştır. Elazığ'da eski bina stokuna sahip (20 yaş üstü), çok katlı binaların olduğu mahallelerin neredeyse tamamı için bu durum geçerlidir.

Saat 04:32'de, 6.0 büyüklüğünde, 8 Mart 2010 Başyurt-Karakoçan Depremi ile Elazığ bir kez daha sarsıldı. 42 vatandaşımız hayatını kaybetti, 100'ü aşkın vatandaşımız yaralandı. Ağır can ve mal kaybı meydana geldi. 6.0 büyüklüğünde bir depremin oluşturduğu bu acı bilanço, kırsal bölgelerdeki ve kent merkezindeki bina stokunun durumunu çok net ortaya koymuştur. Bu temel bilgiler ışığında, 24 Ocak Elazığ-Sivrice Depremi sonrasında meydana gelen yapısal hasarlar ilerleyen bölümlerde ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

3. DEPREM VE KUVVETLİ YER HAREKETİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

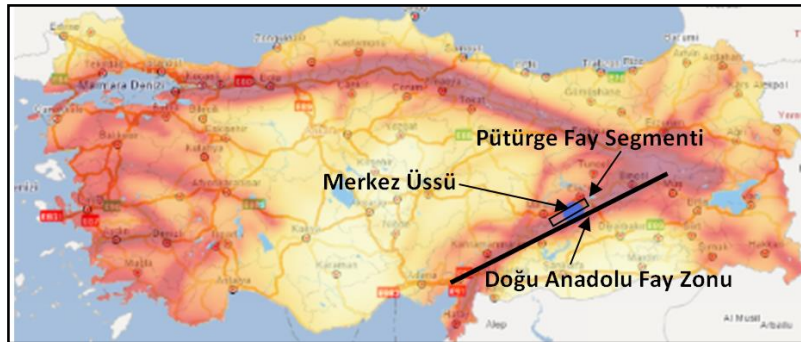
3.1. Giriş

Herhangi bir bölgenin bina stokunda oluşan deprem hasarının tam olarak değerlendirilebilmesi için yapılarda oluşan hasarlar ile hasara sebep olan deprem kuvvetlerinin de değerlendirilmesi gerekir. Yapıları etkileyen ve yapıdan yapıya değişen deprem kuvvetlerinin büyüklüklerinin tam olarak belirlenebilmesi için ilgili yapının yapısal ve malzeme özelliklerinin yanı sıra yer hareketi ile ilgili özelliklerin de bilinmesi gerekir. Ancak bahsedilen özelliklerin tam ve eksiksiz olarak bilinmesi maalesef çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu sebeple bu bölümde AFAD tarafından sağlanmış olan [14], 24 Ocak 2020 Sivrice Depremi'nde görülen en büyük yer ivmesi değerleri literatürden elde edilen Elazığ ilinin zemin özellikleri bilgisi ile birleştirilerek ortaya çıkan kuvvetli yer hareketinin mertebesi hakkında genel bir değerlendirme yapılacaktır.

Yukarda verilen bilgiler ışığında Elazığ ili ve çevresinin depremselliği genel olarak incelenmiş ve 24 Ocak 2020 Sivrice Depremi'nde ortaya çıkan deprem kuvvetleri ve bu kuvvetlerin binaların tasarlandığı kuvvetlere göre büyüklükleri hakkında bilgi verilmiştir.

3.2. 24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi

Sivrice Depremi'nin Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Pütürge Segmenti'nde Elazığ ili, Sivrice ilçesine bağlı Çevrimtaş köyünün kuzeyinde 38.3593 enlem ve 39.0630 boylamda meydana geldiği bilinmektedir [13]. Şekil 3.1'de Türkiye Deprem Tehlike Haritası üzerinde depremin merkez üssü nokta ile gösterilmiştir. Şekilde ayrıca, Doğu Anadolu Fay Zonu ve Pütürge Fay Segmenti de işaretlenmiştir.

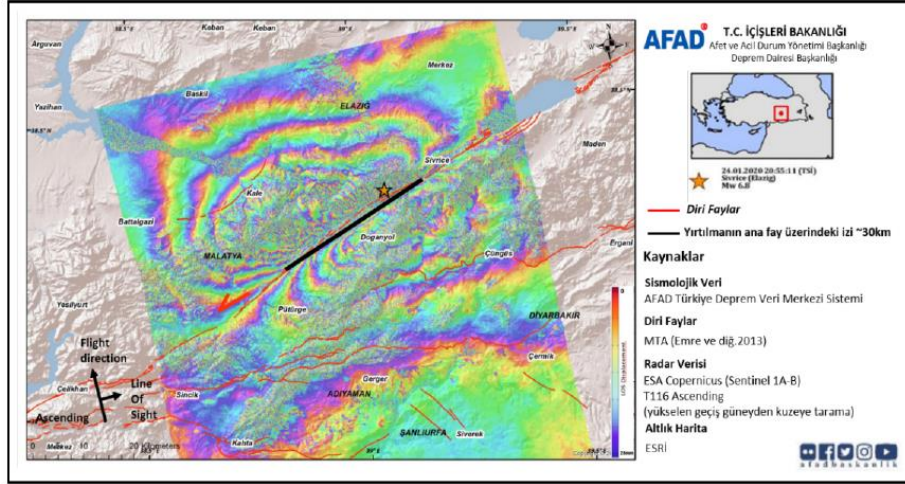


Şekil 3.1 24 Ocak 2020 Sivrice Depremi'nin merkez üssü

Sivrice Depremi'nin büyüklüğü, derinliği ve depremde kırılan fay segmentinin uzunluğu hakkında çeşitli kuruluşlar tarafından verilen değerler arasında bir miktar farklılık gözlenmektedir. Her ne kadar farklılıklar olsa da bu verilerin tamamı 24 Ocak'ta meydana gelen depremin moment büyüklüğünün $M_w=6.7-6.8$ arasında değiştiğini [14] ve sığ bir deprem (çeşitli kaynaklara göre depremin odak derinliği 5.0 km ile 11.9 km arasında değişmektedir) olduğunu işaret etmektedir. AFAD raporuna göre depremin odak derinliği 8.06 km olarak verilmiştir [14]. Odak derinliği depremin yıkıcılığı üzerinde etkili olan önemli bir parametredir. Yıkıcı depremlerden birçoğu odak derinliği 70 km'den daha az olan sığ depremlerdir [15].

Depremin olduğu fayın mekanizması ise yine AFAD raporuna göre sol yönlü doğrultu atımlıdır [14]. Doğrultu atımlı fay mekanizmaları ile ortaya çıkan depremlerde faya yakın mesafelerde

(genelde faya 30 km'den daha yakın) bulunan çok katlı yapıların, fayın kırılma yönünde konumlanmış olması durumunda fay kırığına dik doğrultuda sıra dışı bazı yıkıcı etkilere maruz kalabilecekleri bilinmektedir [16]. İleri direktivite etkisi denilen bu yıkıcı etki, ortaya çıkan deprem enerjisinin, ilgili kriterleri sağlayan, yapılara tek bir büyük yükleme çevrimi ile iletilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu zararlı yıkıcı etkilerin ortaya çıkabilmesi için fay kırığının büyük oranda yapıların bulunduğu bölgeye doğru ilerlemesi gerekmektedir. Şekil 3.2'de Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Pütürge Segmenti'nde meydana gelen kırılmanın (siyah çizgi) büyük ölçüde güneybatı yönünde, yani Elazığ'ın tersi istikamette oluştuğu görülmektedir. Bu sebeple Elazığ Merkez bölgesi olası yıkıcı ileri direktivite etkilerine maruz kalmamış gibi görünmektedir.



Şekil 3.2 24 Ocak 2020 Sivrice Depreminde meydana gelen fay kırığı [13]

3.3. Yer Hareketi Kayıtlarının Değerlendirilmesi

AFAD tarafından sağlanan verilerden derlenen, Elazığ ilindeki üç adet ivme ölçer kullanılarak elde edilmiş olan yatay düzlemdeki en büyük yer ivmesi değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir [14]. Bu verilerden bir bölümü kullanılarak bu depremde yapılara gelen deprem yükleri hakkında genel bir değerlendirme yapılacaktır.

Raporun yayınlandığı tarihte Elazığ-Merkez'de bulunan ivme ölçere ait ivme - zaman kayıtları erişilebilir olmadığından bu aşamada daha ayrıntılı çıkarımlar yapmak mümkün olmamaktadır. Bu bölümde elde edilen bilgiler kullanılarak yapıların tasarım kriterleri ve yapılara gelen deprem yükleri arasındaki ilişki genel hatlarıyla ortaya koyulmaya çalışılacaktır.

Tablo 3.1 Elazığ'da bulunan ivme ölçerlerden alınan yatay düzlemdeki en büyük yer ivmesi değerleri

İl	İlçe	Enlem	Boylam	Yatay Düzlemde Ölçülen En büyük İvme (g)	Depremi Merkez Üssüne Uzaklık (km)
Elazığ	Sivrice (2308)	38.4506	39.3102	0.300	24
Elazığ	Merkez (2301)	38.6704	39.1927	0.140	36
Elazığ	Maden (2302)	38.3923	39.6754	0.035	53

Depremi merkez üssüne en yakın kayıt istasyonu Sivrice'dedir. Tablo 3.1'den görüldüğü gibi 24 Ocak 2020 Sivrice Depremi'nde kaydedilen en büyük ivme değerleri AFAD'ın sivrice istasyonunda

ortaya çıkmıştır. Sivrice Depremi'nde hasar gören binaların birçoğu görece olarak eski binalardan oluşmaktadır. Yapım yıllarına bağlı olarak bu binaların bir kısmı 1998 Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-1998) [17] dikkate alınarak yapılmıştır. Bunun yanında bu yönetmelikten önceki yıllarda yapılmış ve hasar görmüş olan binalar da mevcuttur. Binaların imal edildiği dönemde, tasarlandıkları deprem yükleri ile Sivrice Depremi'nde ortaya çıkan deprem yüklerini karşılaştırabilmek için Tablo 3.1'de verilen en büyük yatay yer ivmesi değerleri, 1998 Türk Deprem Yönetmeliği'nin [17] tasarım ivmesi olarak şart koştuğu değerlerle (tasarımda kullanılan en büyük yer ivmesi değerleri), bina önem katsayısı bir ($I=1$) olan konut binaları üzerinden karşılaştırılmıştır. Tablo 3.2'de aşılma olasılığı 50 yılda %50 ve 50 yılda %2 olan depremler için sunulan tasarım en büyük yer ivmesi değerleri ise karşılaştırma amaçlı olarak 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nden (TDY-2007) [18] alınmıştır. Aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem için Tablo 3.2'de verilen değerler TDY-1998 ve TDY-2007 yönetmeliklerinde aynıdır.

Bilindiği gibi Elazığ ili Deprem Bölgesi Haritasına göre 1. ve 2. derece deprem bölgesi kapsamına girmektedir [11]. Bu sebeple Tablo 3.2'de TDY-1998'e göre verilen en büyük yer ivmesi değerleri 1. ve 2. derece deprem bölgeleri için gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Birinci ve İkinci derece deprem bölgeleri için tasarım ivmesi değerleri

Deprem Bölgesi	Tasarım İvmesi Değeri (g)		
	Aşılma olasılığı 50 yılda %50	Aşılma olasılığı 50 yılda %10	Aşılma olasılığı 50 yılda %2
1	0.20	0.40	0.60
2	0.15	0.30	0.45

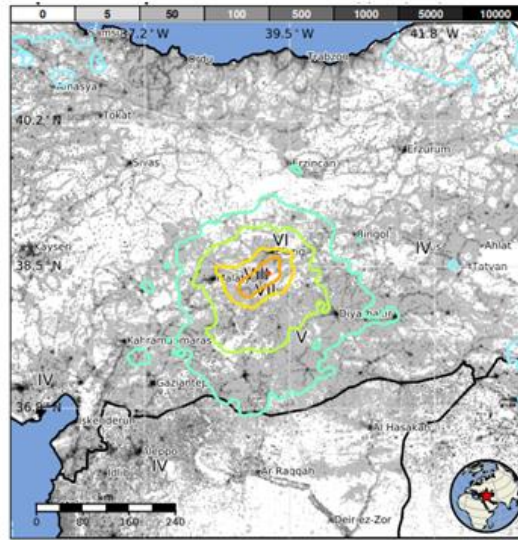
Sivrice için Tablo 3.1 ve 3.2 karşılaştırıldığında depremin merkez üssüne oldukça yakın olan ve TDY-1998'e göre 1. derece deprem bölgesinde bulunan Sivrice ilçesindeki yapılara etkiyen yer hareketinin yataydaki en büyük değerinin 0.3 g olduğu, bu değer Tablo 3.2'de verilen 0.4 g değerinden küçük olduğu görülmektedir [17]. Öte yandan bu değer Tablo 3.2'de 1. derece deprem bölgeleri için verilen bir diğer kriter olan 0.2 g'den büyük olduğu görülmektedir. Bu bilgiye dayanarak Sivrice ilçesindeki görece eski binalarda hafif hasarı aşarak orta hasara yaklaşan hasar değerlerinin oluşmasının beklenen bir durum olduğu söylenebilir. Yine bu bilgilere dayanarak Sivrice İlçesi'ndeki mühendislik hizmeti almış binalarda ağır hasarın ise beklenmeyen bir durum olduğu söylenebilir.

Elazığ Merkez ise TDY-1998'e göre 2. derece deprem bölgesinde yer almaktadır [17]. Elazığ Merkez'de 2. derece deprem bölgesindeki yapılara gelen en büyük yer ivmesi değeri (0.14 g), Tablo 3.2'de 2. derece deprem bölgesindeki yapılar için verilen, aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan depremlerle ilgili tasarım değerlerinin (0.3 g) %47'si olarak karşımıza çıkmaktadır. Benzer şekilde, bu değer aşılma olasılığı 50 yılda %50 olan deprem için verilen tasarım değerlerinin ise %93'ü olarak hesaplamıştır. Bu sonuçlar, bu koşullar altında TDY-1998'e göre Elazığ Merkez'de bulunan 2301 nolu ivme ölçerin çevresindeki mühendislik hizmeti almış yapıların en fazla hafif yapısal hasarlarla depremi atlattığını göstermektedir.

Ancak bu hafif hasar beklentisinin sadece ivme ölçerin yakın çevresinde mi yoksa Elazığ Merkez'deki diğer binalar için de geçerli olup olmadığını değerlendirmek için ilgilenilen bölgedeki depremselliğin mekânsal değişiminin incelenmesi gerekir. Hafif hasar beklentisinin, Elazığ'da yapısal hasarın yoğunlaştığı Abdullahpaşa, Sürsürü, Mustafapaşa, İcadiye ve Rüstempaşa mahallelerinde de geçerli olup olmadığını kontrol etmek için önce Elazığ Merkez'deki 2301 nolu ivme ölçerin bulunduğu noktanın deprem tasarım spektrumu, daha sonra yoğun yapısal hasara rastlanan Abdullahpaşa, Sürsürü, Mustafapaşa, İcadiye ve Rüstempaşa mahallerinin merkezlerinden seçilen birer nokta için tasarım spektrumları 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) kullanılarak elde edilmiştir (eşit zemin koşulları kabulü ile) [19]. 2301 nolu ivme ölçerin koordinatları ile Abdullahpaşa

dikkate alarak bölgedeki yer hareketinin en büyük değerlerini revize etmek yapılara gelen deprem yüklerini daha sağlıklı olarak tahmin edebilmek açısından faydalı olacaktır.

Elazığ-Merkez'de bulunan ivme ölçerin üzerinde bulunduğu zemin ile depremde yoğun olarak hasar gören bölgelerin üzerinde bulunduğu zeminin etkilerini dikkate alarak yapılara gelmiş olabilecek deprem yüklerini karşılaştırmak için TBDY-2018 [19] kullanılarak ivme ölçerin üzerinde bulunduğu koordinata ait tasarım spektrumları C ve D tipi zeminler için elde edilmiştir. İki spektrum arasında yapılan karşılaştırma ile D tipi zemin üzerinde bulunan ve yoğun hasar gören Abdullahpaşa, Sürsürü, Mustafapaşa, İcadiye ve Rüstempaşa Mahalleleri'ndeki yapılara iletilen deprem yüklerinin, 0.4 s'den büyük yapı periyodu değerleri için, C tipi zemin üzerinde bulunan ivme ölçerin olduğu bölgedeki spektral ivme değerlerinden 1.6 kat daha büyük olduğunu göstermiştir. İlgili bölgelerdeki orta yükseklikteki binaların genellikle perdesiz betonarme çerçeve sistemlerle inşa edilmiş olması bu tip binalarda yapısal titreşim periyodu değerlerinin genelde 0.4 saniyeden uzun olduğunu işaret etmektedir. Buna bağlı olarak 24 Ocak 2020 Sivrice Depremi'nin Abdullahpaşa, Sürsürü, Mustafapaşa, İcadiye, Rüstempaşa ve bunlara yakın olan diğer Elazığ-Merkez mahallelerinde bulunan mühendislik hizmeti almış binalarda hafiften ortaya yaklaşan seviyelerde hasara yol açmasının beklendiği düşünülmektedir. Bu değerlendirmeler yapılırken binaların imalatında gösterilen özen, kullanılan malzemenin kalitesi ve yeterliliği, yapı kontrol mekanizmalarının durumu gibi etkenler dikkate alınmamıştır. Binaların, dönemin şartnamelerine tam uyularak imal edildiği kabul edildiğinde binalar üzerinde oluşması beklenen hasar seviyeleri değerlendirilmiştir. Şüphesiz ki yukarda bahsedilen faktörlerden biri veya birkaç tanesindeki eksiklikler, gözlenen yapısal hasar miktarının artmasına sebep olacaktır. Deprem yükü, tasarım kriterleri, inşaat ve kontrol kalitesi ile ilgili etkenlerin toplam etkisi sonucu meydana gelen hasar dağılımı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Elazığ genelindeki yapıların %72'ünde hafif veya sıfır yapısal hasar, %3'ünde orta hasar ve %12'ünde ise ağır şeklinde açıklanmıştır [22].



Tahmin edilen MMI değeri		I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+
Hissedilen sarsıntı		yok	zayıf	hafif	orta	güçlü	ç. güçlü	yoğun	ç. yoğun	aşırı
Potansiyel hasar	Dayanıklı yapılar	yok	yok	yok	ç. hafif	hafif	orta	orta/ağır	ağır	çok ağır
	Zayıf yapılar	yok	yok	yok	hafif	orta	orta/ağır	ağır	çok ağır	çok ağır

Şekil 3.4 Elazığ için beklenen hasar durumu. (USGS [23] tarafından sağlanan MMI verisinden uyarlanmıştır)

USGS [23] tarafından Elazığ ve çevresi için hazırlanan tahmini eş şiddet haritasına (Şekil 3.4) göre depremin merkez üssünde depremin şiddeti Modified Mercalli Index'e göre sekiz olarak gösterilmiştir. Elazığ Merkez'de ise şiddetin 6 ve 7 seviyesinde olduğu görülmektedir. Yine USGS'ye [23] göre bu seviye bir sarsıntıda Elazığ Merkez'de beklenen hasar, deprem yükleri dikkate alınarak tasarlanmış yapılarda hafif-orta arasında değişirken, deprem yükleri dikkate alınmadan inşa edilmiş zayıf binalarda orta-orta/ağır arasında seviyesindedir.

4. BETONARME BİNALARDA GÖZLENEN HASARLAR

4.1. Giriş

24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi sonrası Elazığ ili merkez mahallelerinde, Sivrice ilçe merkezinde çok sayıda betonarme binada farklı seviyede deprem hasarları meydana gelmiştir. Fırat Yapısal Hasar Araştırma Grubu tarafından sahada yapılan incelemeler neticesinde, betonarme binalarda hasar oluşumunda etkili olan eksikliklerin, tasarımdan kaynaklanan eksiklikler ve yapımdan kaynaklanan eksiklikler şeklinde iki ana başlık altında sınıflandırılabilceği görülmüştür. Yapımdan kaynaklanan eksikliklerde, birçok iş kolu etkin bir rol oynar iken tasarımdan kaynaklanan eksiklikler ise büyük oranda işin teknik kısmından sorumlu olan mühendisler ve mimarlardan kaynaklanmaktadır. Hasar oluşumunda sorumlu olan teknik elemanlarda farkındalığı artırmak amacıyla raporda, bu sınıflandırma dikkate alınarak deprem hasarları ile ilgili tespitler verilmeye çalışılmıştır.

Fırat Yapısal Hasar Araştırma Grubu, Elazığ ilindeki mevcut binaların kalitesinin mahallelere ve yıllara göre önemli ölçüde ve nasıl değiştiğini önceki çalışmalarından tecrübe etmişlerdir. Örneğin şehrin doğusunda, batısına oranla yerleşim eski tarihlerde başlamaktadır. Bu nedenle düzensiz ve eski bina stoku şehrin doğusunda büyük bir oran oluşturmaktadır. Ayrıca Elazığ ili tarihsel süreçte düzensiz göç almıştır. Bu göçlerin bir kısmı kırsal bölgeden şehre doğru olurken bir kısmı ise komşu şehirlerden göç şeklinde meydana gelmiştir. Düzensiz göç sonrası insanların barınması çoğunlukla mühendislik hizmeti almamış binalar ile çözülmeye çalışılmıştır. Bu nedenle saha çalışmalarında mevcut bina stoku mahalle ve dönem bazında incelenerek, deprem dayanımı yetersiz bina stokunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaç çerçevesinde planlanan saha çalışmaları benzer şekilde rapora yansıtılmıştır. Saha çalışmaları neticesinde elde edilen veriler, mahallelere ayrılarak ve her mahallede mevcut bina stokunu temsil eden birkaç bina için ayrıntılı olarak verilmiştir.

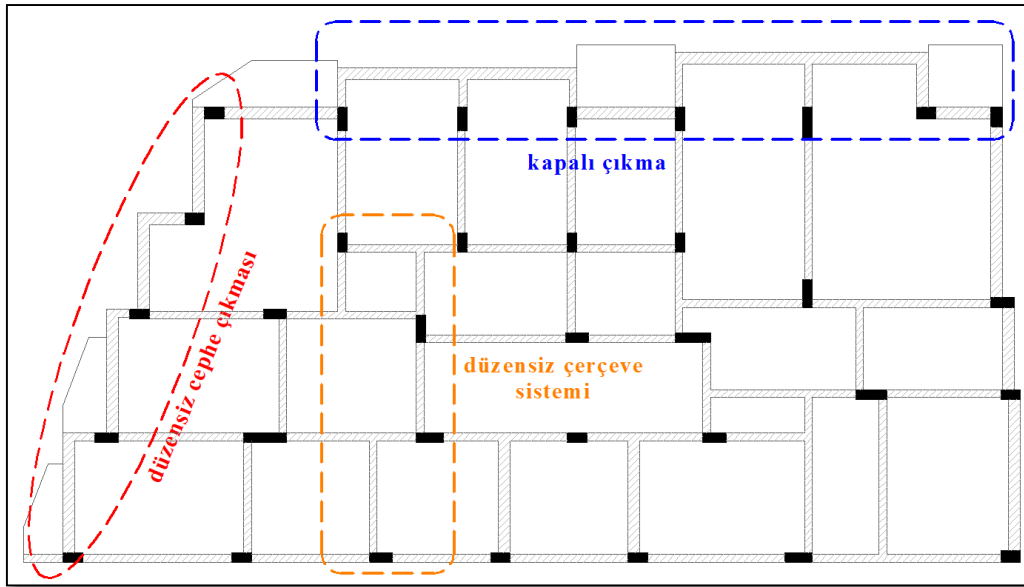
Saha çalışmaları kapsamında 51 adet ağır hasarlı ve orta hasarlı bina gözlemsel olarak incelenmiştir. İncelenen her bina için binanın inşaat yılı, zemin ve normal kat yüksekliği, birer adet kolon ve kiriş boyutları, bina nizamı ve düzensizlikleri hakkında verilerin işlendiği bina bilgi formu düzenlenmiştir. Ayrıca saha çalışmasında incelenen binaların projeleri Elazığ Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğünden temin edilmeye çalışılmıştır. Ancak binaların tamamının projesi elde edilememiştir. Teknik ekip tarafından sahada yapılan gözlemler, elde edilen projeler ile desteklenerek hasar nedenleri irdelenmiştir. Özellikle 2000 yılına kadar olan projelerde hasar oluşumunda artırıcı etkisi olan tasarım hataları gözlenmiştir. Tasarımdan kaynaklanan kusurlara, denetimsizlik etkisi ile yapımdan kaynaklanan kusurlarda eklenince, Elazığ için tasarım depreminin çok altındaki bir depremde bile yoğun ağır hasarlı bina stoku ile karşılaşmıştır.

Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için tasarımdan kaynaklanan eksiklikler, temin edilen projelerin bir bölümü ve saha gözlemlerinde incelenen binalardan elde edilen düzensizlik verileri dikkate alınarak ayrı başlık altında verilmiştir. Yapımdan kaynaklanan kusurlar ise saha gözlemlerinden ve enkaz halindeki binaların betonarme elemanlarından alınan numunelerin laboratuvarında teste tabi tutulması neticesinde elde edilen veriler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Çalışmalar neticesinde, Elazığ İli için yapısal eksiklikler özetlendikten sonra, incelenen hasarlı binaların bir bölümü bulundukları mahalleler dikkate alınarak gözlenen hasarlar ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

4.2. Tasarımdan Kaynaklanan Eksiklikler

Saha çalışmalarında incelen bazı binaların projeleri Elazığ Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü aracılığıyla temin edilmiştir. Statik projelerden belirlenen ve binanın deprem davranışını olumsuz etkileyen tasarım detayları, projelerin normal kat kalıp planları üzerine işaretlenerek aşağıda

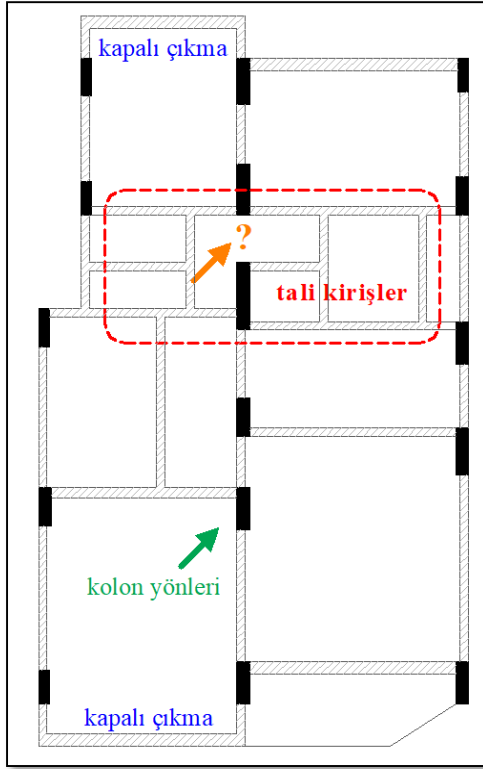
verilmiştir. Projeler incelediğinde, özellikle 2000 yılından önce yapılan projelerde, kolonlar ve kirişlerden oluşan çerçeve sistemin kullanıldığı, deprem perdesinin (betonarme perdelerin) hiç kullanılmadığı görülmüştür (Şekil 4.1-4.3). Eski tarihli projelerin çoğunda kolonlar tasarlanırken, depreme dayanıklı tasarım yaklaşımından ziyade mimari kullanılabilirlik dikkate alındığı için kolonların güçlü yönlerinin binanın bir doğrultusuna paralel yapılması uygulaması ile karşılaşmıştır (Şekil 4.2.a). Projelerin birçoğunda çerçeve akslarının, deprem yükün düşey taşıyıcılara iletimini olumsuz etkileyecek şekilde süreksiz düzenlendiği görülmüştür (Şekil 4.1-4.4). Bazı projelerde plan geometrisi çokgen olan kolonlar kullanılmıştır (Şekil 4.4). Kolonun ve kolon-kiriş birleşim bölgesinin deprem davranışındaki belirsizliğini artıran bu uygulama, binaların tasarımında depremden ziyade mimari estetik anlayışının dikkate alındığını göstermesi bakımından oldukça önemlidir.



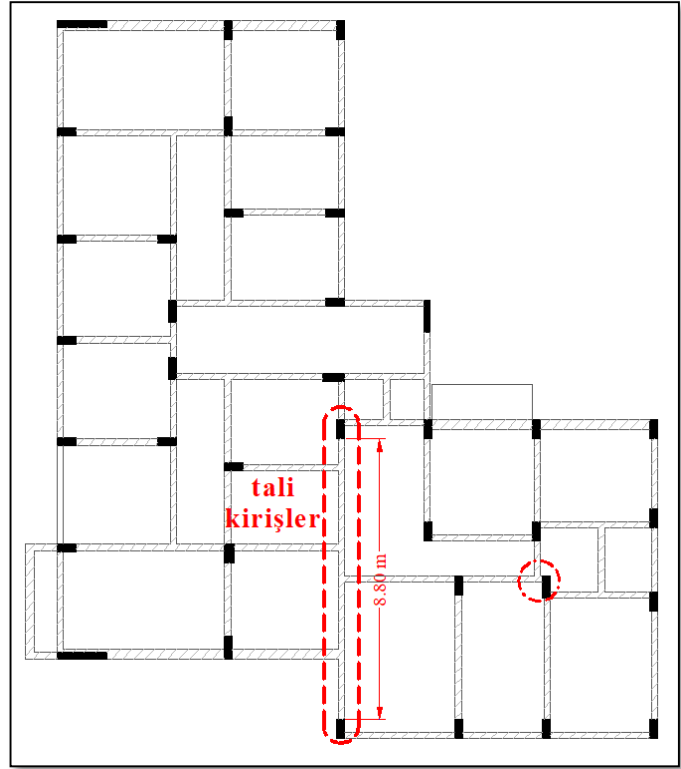
Şekil 4.1 2000 yılı öncesi, birçok yapısal düzensizliğe sahip bir tasarım

Projelerin birçoğunda, her bir dolgu duvarın kirişe oturması gerektiği düşüncesinden hareketle çok sayıda tali kiriş tasarlanmıştır (Şekil 4.1,4.2.b, 4.3). Bu uygulama Elazığ-Sivrice Depremi sonrası tali kirişlerin mesnetlendiği ana kirişlerde yaygın bir şekilde kesme hasarının oluşmasına sebep olmuştur. Ayrıca bu uygulama amaçlandığı şekliyle dolgu duvarlarda hasar oluşumunu önleyememiştir. İncelenen projelerin birçoğunda, bina plan alanını büyütmek için zemin katın üstünde yapılan kapalı (ağır) çıkma uygulaması ile karşılaşmıştır. Kapalı çıkmaların bir kısmı düzensiz cephe nedeniyle girintili olarak uygulanmış ve konsol kirişleri zorlayan ek yüklemelere neden olmuştur (Şekil 4.1).

2000 yılından sonra yapılan projelerde deprem perdelerinin çerçeve sistem ile kullanıldığı perdeli-çerçeve sistemler tasarlanmaya başlanmıştır. Ancak perdeli-çerçeve sistemlerin ilk uygulamalarında deprem perdeleri yüklerini iletebilecek şekilde yerleştirilmemişlerdir (Şekil 4.4). Ancak sonrasında deprem perdeleri yoğun olarak kullanılmaya başlanmış ve binanın her iki doğrultusunda eşit olacak şekilde düzenlenmesi konusunda ciddi bir gayret gözlenmiştir (Şekil 4.5,4.6). Temin edilen projelerden, 2005 yılından sonra statik projelerin tasarımında önemli iyileşmelerin olduğu görülmektedir. Ancak maalesef özellikle 2015 yılından günümüze kadar, bu yaklaşımdan ticari ve mimari kaygılarla önemli ölçüde taviz verildiği görülmektedir. Beton dayanımı ve donatıları projesine uygun ancak tasarımda eleman kapasiteleri ve çalışma mantıkları zorlanarak yapılmış binaların ilerleyen yıllarda meydana gelebilecek şiddetli depremlerde nasıl performans sergileyeceği merak konusudur.

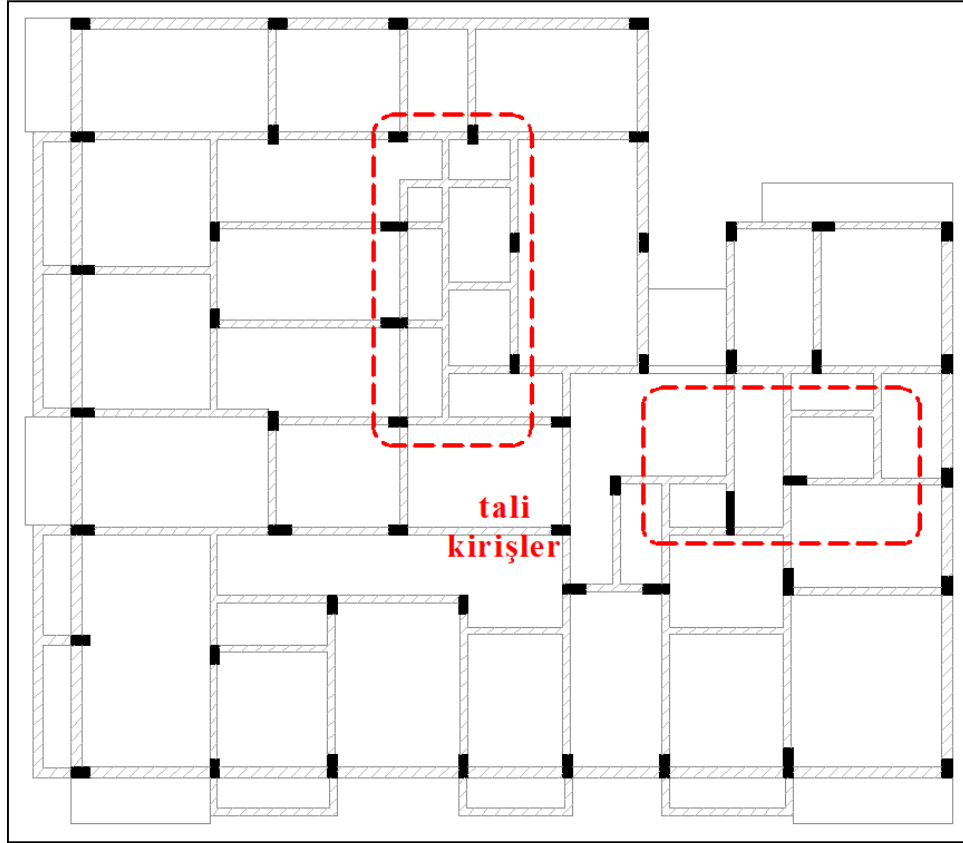


(a)

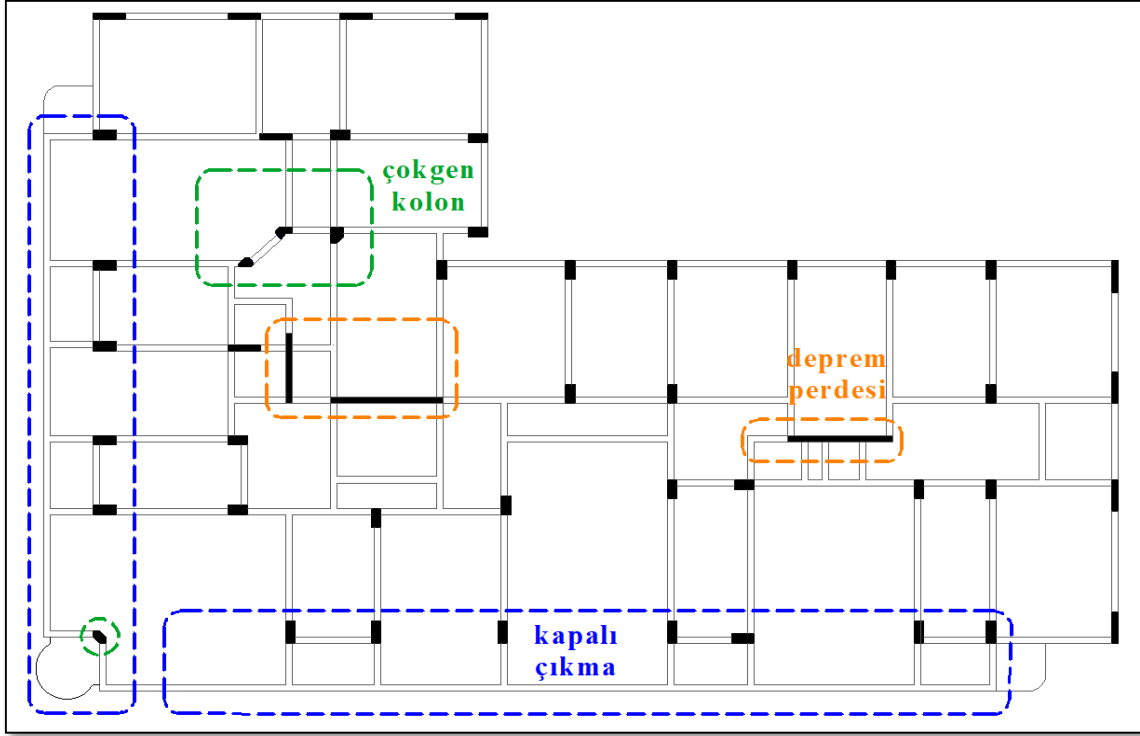


(b)

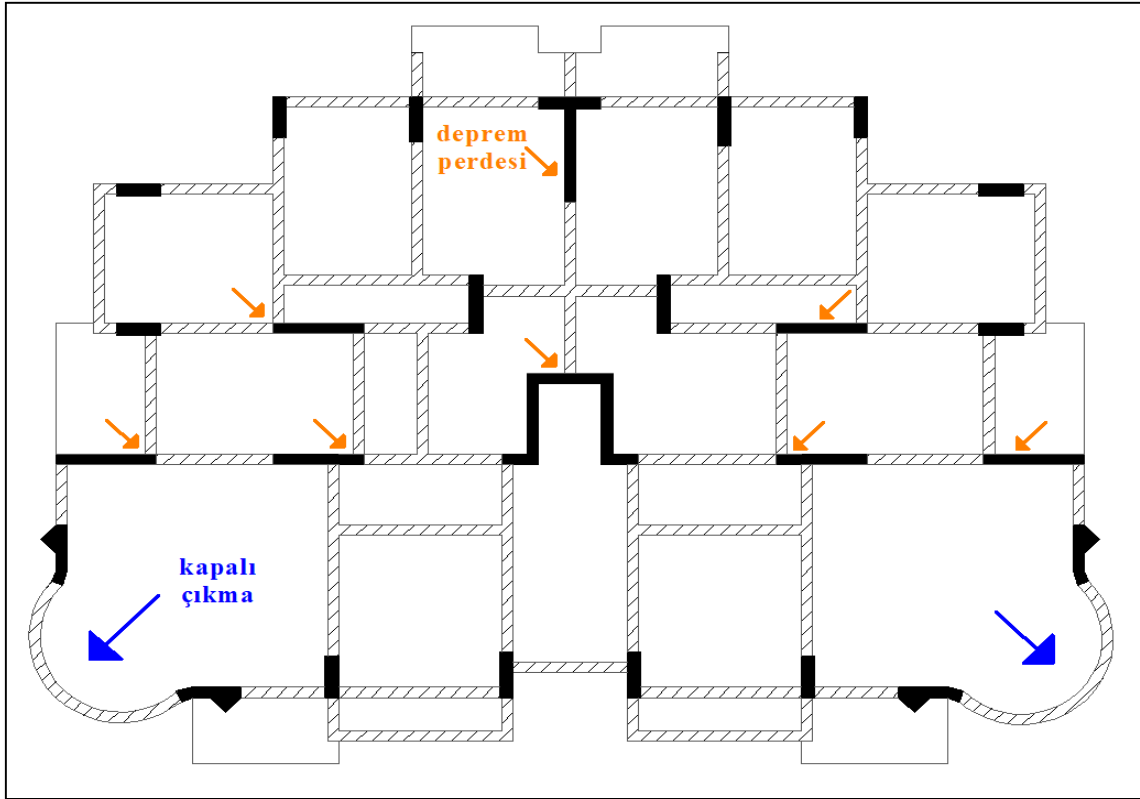
Şekil 4.2 a) Düşey taşıyıcıları tek yönlü tasarım, b) Tali kiriş düzensizliğine sahip tasarım



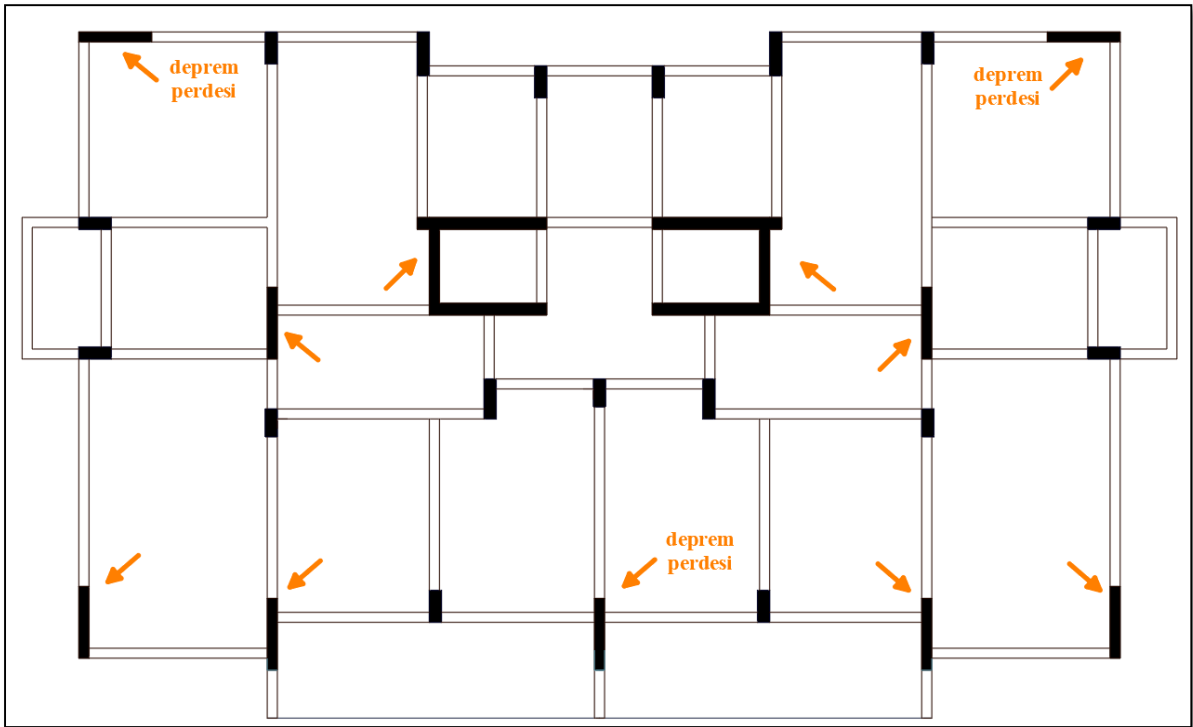
Şekil 4.3 Birçok düzensizliğe sahip, betonarme perdesiz, 2000 yılı öncesi tasarım



Şekil 4.4 Düzensiz betonarme perdeli, kapalı çıkmalı 2000 yılı sonrası bir tasarım



Şekil 4.5 2000-2005 yılları arası bir tasarım

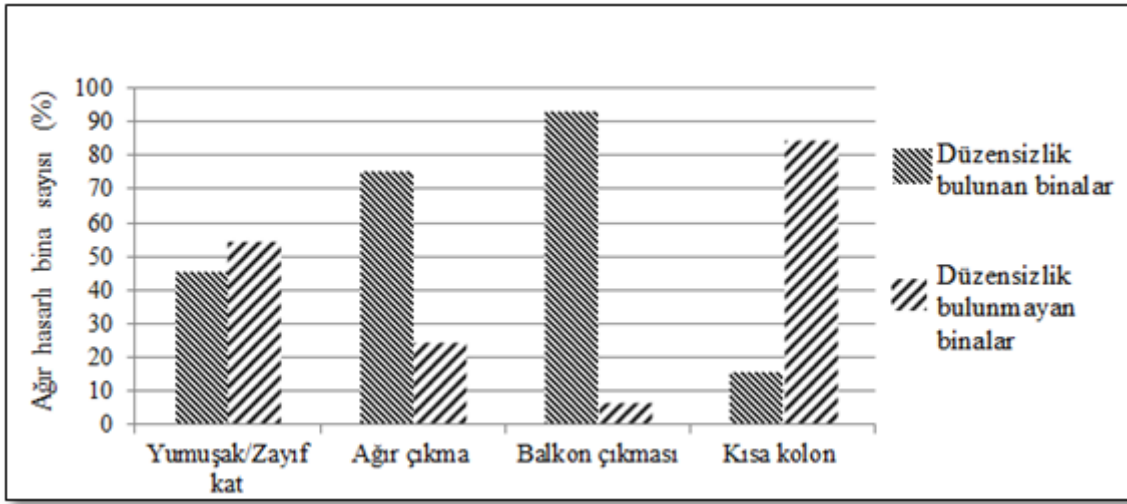


Şekil 4.6 2019 yılında yapılan bir tasarım

Tasarımdan kaynaklanan kusurlar ile ilgili diğer bir husus ise düzensizliklerdir. Saha çalışmasında incelenen binalardaki gözlenebilen düzensizlikler kaydedilmiş ve grafik olarak sunulmuştur. Saha çalışmalarında gözlenen düzensizliklerin belirlenmesinde, hızlı değerlendirme yöntemlerinde kullanılan gözlemsel değerlendirme esas alınmıştır. Gözlemler neticesinde hasarlı binalarda en sık karşılaşılan düzensizliğin, kapalı (ağır) çıkmalar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.7). Ağır çıkma mevcut bina stokunda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Eski binalarda da yeni binalarda da ağır çıkma uygulaması ile karşılaşılmaktadır.

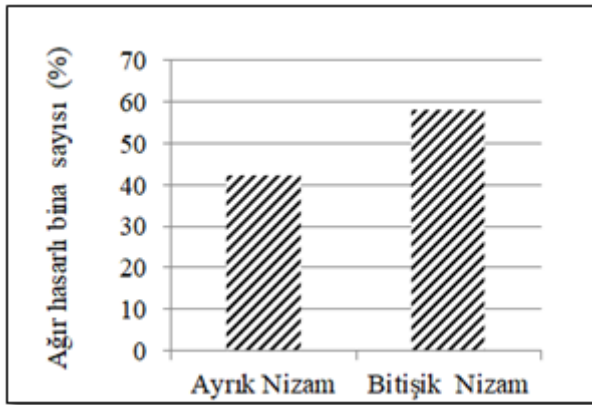
Deprem sonrası kapalı çıkma üzerindeki dolgu duvarlarda çatlak oluşumu çok yaygın bir şekilde gözlenmiştir. Binanın taşıyıcılığı açısından risk taşımayan bu çatlaklar bina sakinlerini tedirgin ederek uzun süre evlerine girmemelerine sebep olmuştur. Şekil 4.7’de, düzensizlikler içinde balkon çıkmaları da gösterilmiştir. Bunun nedeni eski bina stokunda balkon korkuluklarının sıklıkla ilave yük getiren tuğla duvarlar ile yapılması ve balkon uzunluğunun fazla olmasıdır. Olumsuz durumu yansıtmak için saha incelemesi aşamasında balkon çıkmaları ayrıca değerlendirilmiştir.

Hasarlı binalarda gözlenen diğer bir düzensizlik ise yumuşak/zayıf kat düzensizlikleridir (Şekil 4.7). Gözlemsel olarak bu iki düzensizliği doğru bir şekilde ayırmak zor olacağı için beraber değerlendirilmesi tercih edilmiştir. Ağır/orta hasarlı binaların birçoğunda yumuşak/zayıf kat düzensizlikleri bulunmaktadır. Bu düzensizliklerin bulunduğu binalarda hasarlar çoğunlukla düzensizliklerin gözlemlendiği giriş katında yoğunlaşmıştır. Ana caddeye cephesi olan ve giriş katları ticarethane olarak kullanılan konutlarda yumuşak/zayıf kat düzensizlikleri yaygın olarak gözlenmiştir. Özellikle 2000 yılından önceki binalarda deprem perdesinin kullanılmaması, kolonların plan yerleşiminde depremden ziyade mimari tasarımın etkili olması, malzeme dayanımının yetersiz olması ve sünek tasarım esasları dikkate alınmadan donatıların düzenlenmesi nedenleriyle, zayıf/yumuşak kat düzensizliği olan binalar tasarım depreminin altındaki bir depremde ağır hasar görmüştür.

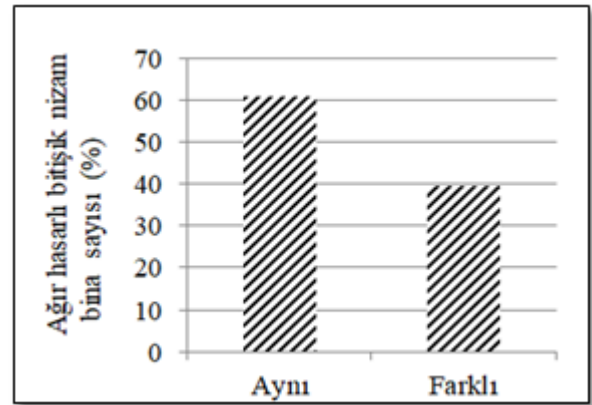


Şekil 4.7 Hasarlı binalardaki düzensizlik oranları

Saha çalışmalarında inşa nizamı da (*bitişik nizam, ayırık nizam*) dikkate alınmıştır. Deprem kuvveti altında bir binanın davranışı, komşu binaların davranışlarına da önemli derecede etki etmektedir. Örneğin Mustafapaşa Mahallesi'nde göçen binalardan biri komşu binanın kolonlarına hasar vermiştir. İncelenen hasarlı binaların %58'inin *bitişik nizamda*, %42'sinin ise *ayırık nizamda* inşa edildiği belirlenmiştir (Şekil 4.8). *Bitişik nizamda* inşa edilen binaların %39'unda komşu binaların döşemelerinin farklı kotlarda oluşu görülmüştür (Şekil 4.9). Saha çalışmalarında mevcut bina stokunda *bitişik nizamda* inşa edilen binaların neredeyse tümünde gerekli deprem derzinin bırakılmadığı gözlenmiştir. Bu tasarım kusuru, tasarım depreminin altındaki bu depremde binaların çekişleme etkisi ile hasar görmesine neden olmuştur (Şekil 4.10).

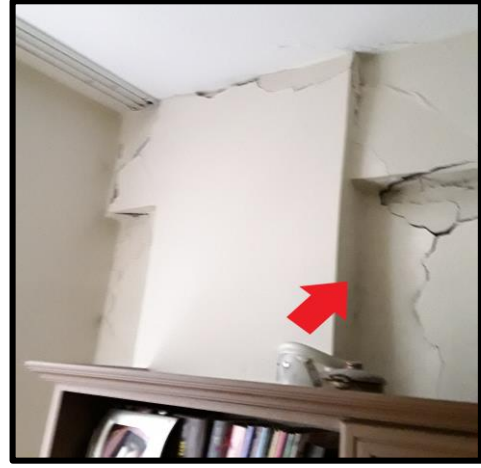


Şekil 4.8 Binaların inşaat nizamı



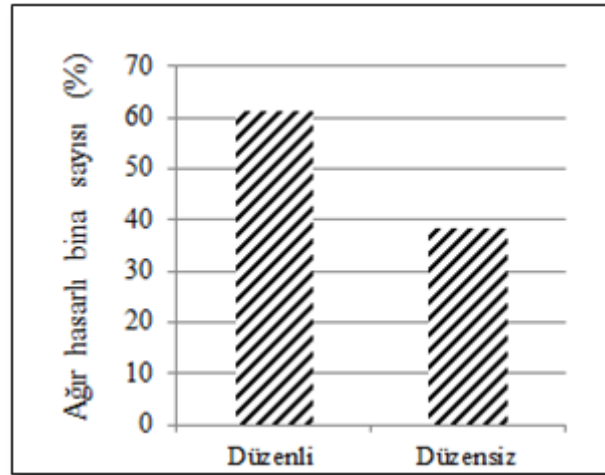
Şekil 4.9 Bitişik nizam binaların döşeme seviyeleri

Saha çalışmaları kapsamında incelenen binaların plan yerleşim şekilleri de değerlendirilmiştir. Plan yerleşimi dikdörtgen olan binalar düzenli, diğerleri ise düzensiz olarak değerlendirilmiştir. Binaların plan şekilleri hasarların oluşumunda veya ilerlemesinde etkili olmaktadır. Örneğin Cumhuriyet Mahallesi'nde yıldız şeklinde plan alanına sahip konut (bir katta üç daire bulunmaktadır) ile İcadiye Mahallesi'nde yamuk plan alanına sahip konut ağır hasar görmüştür. İncelenen binalardan %61'inin düzenli, %39'unun ise düzensiz plan alanına sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.11).



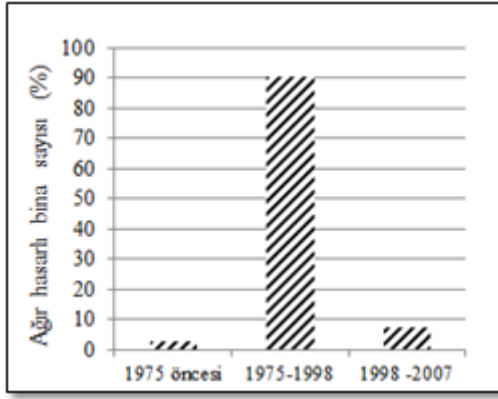
Şekil 4.10 Çekiçleme etkisi ile meydana gelen hasar

Elazığ ilinde binaların inşaat kalitesi yıllara göre önemli oranda değişiklik gösterir. Özellikle 2000 yılından önceki yıllarda inşa edilen binaların büyük bir bölümü mühendislik hizmeti alınmadan ve denetlenmeden inşa edilmiştir. Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği'nin ve Elazığ Belediyesinin özel gayreti ile 2005 yılından itibaren belediye bünyesinde inşaatların denetimi için teknik ekip kurularak, il merkezindeki binalar proje tasarım aşaması ve yapım aşamasında denetlenmiştir. Hazır beton santrallerinin de bu dönemlerde faaliyete geçmesiyle birlikte kademeli olarak inşaatlarda hazır beton kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Bu nedenle saha çalışmasında incelenen binaların inşa yılları ile ilgili bilgi toplanarak hasar oluşumunun hangi yıllarda inşa edilen binalarda yoğunlaştığı belirlenmeye çalışılmıştır. Binaların inşa yılları, Türk Deprem Yönetmeliklerinin yürürlüğe girdikleri tarihler dikkate alınarak grafiğe yansıtılmıştır. Böylece hasarlı binaların uymak zorunda oldukları yönetmelik hükümleri de belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmalar neticesinde hasarlı binaların %90'nın 1975 ile 1998 yılları arasında inşa edildiği belirlenmiştir (Şekil 4.12).

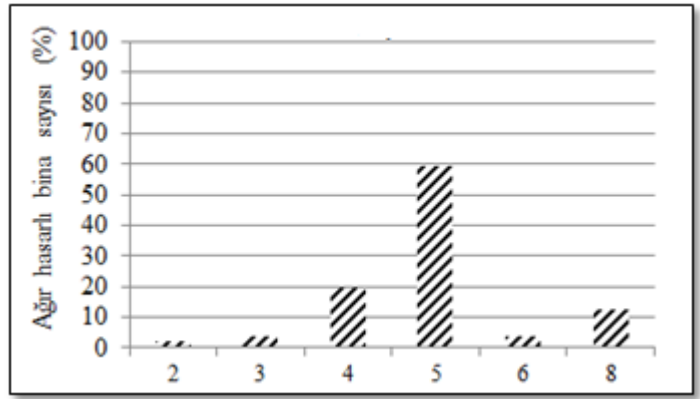


Şekil 4.11 Binaların plan durumu

Elazığ'da hasar görme kapasitesi en yüksek bina stokunun kat sayısı 5-6 kat arasında değişen binalar olduğu düşünülmektedir. Bu düşüncüyü teyit etmek için incelenen binaların kat sayısı da kayıt altına alınmıştır. Saha incelemelerinin neticesinde, hasarlı binaların %63'ünün kat sayısının 5-6 kat arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.12 Binaların inşa yılları



Şekil 4.13 Binaların kat sayısı

4.3.Yapımdan Kaynaklanan Eksiklikler

Yapımdan kaynaklanan kusurlar birçok iş kolunun etkisi ile ortaya çıkan kusurlardır. Türkiye’de yaşanan yıkıcı depremler sonrası hazırlanan mühendislik raporlarında sıklıkla bahsedilmiştir. Mühendislik raporları incelendiğinde Türkiye’de yapımdan kaynaklanan kusurların neredeyse aynı olduğu ve bölgelere göre değişmediği rahatlıkla görülebilir. Benzer durum Elazığ-Sivrice Depremi’nde hasar gören binalar için de geçerlidir.

Yapımdan kaynaklanan kusurlar; malzeme dayanımının yetersiz olması ve taşıyıcı sistem elemanlarının sünek tasarım kuralları dikkate alınmadan düzenlenmesi olarak iki esas başlık altında incelenebilir. Saha çalışmaları neticesinde hasar gören binalarda tespit edilen yapı kusurları aşağıda ilgili başlık altında detaylı bir şekilde verilmiştir.

4.3.1. Malzeme Dayanımı

24 Ocak 2020 tarihinde Elazığ’da meydana gelen depremin ardından, saha çalışmaları yapılmış ve özellikle eski bina stoku sınıfında değerlendirilen binaların malzeme kaliteleri gözlemlenmeye çalışılmıştır. Depremde yıkılan ikisi Mustafapaşa Mahallesi ve biri de Sürsürü Mahallesi’nde olmak üzere üç binadan kısıtlı şartlar altında beton numuneleri alınmıştır (Şekil 4.14.a). Bu numuneler Fırat Üniversitesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı’nda kesilmiş ve elde edilen 10x10x10 cm³ boyutlu küp numuneler üzerinde basınç dayanımı testleri yapılmıştır (Şekil 4.14.b).

Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarı hem denetimi yapılan betonlar anlamında hem de mevcut yapıların beton dayanımlarının tespit edilmesi anlamında yaklaşık 40 yıllık bir arşive sahiptir. Bununla beraber, depremden sonra hem göçen hem de ağır hasarlı binalardan alınan numuneler yardımıyla beton dayanımı hakkında detaylı bilgilere ulaşılmıştır.

Ağır hasarlı ve göçen binaların beton basınç dayanımı 7 ile 10 MPa arasında değişmektedir. Laboratuvar arşivi ile bu sonuçlar karşılaştırıldığında test sonuçlarının şaşırtıcı olmadığı görülmektedir. Beton kalitesindeki bu düşüklüğün ana sebepleri vardır. Bunlar;

- Çimento miktarının az olması
- Beton üretilen agreganın uygun olmaması (Şekil 4.15)
- Betonun yerleştirilme problemleri
- Betonun bakımı ile ilgili eksikliklerdir.

Aslında bu dört temel problemin ana sebebinin “denetim yokluğu” veya “denetim eksikliği” olarak ifade edilmesi doğru olacaktır.



Şekil 4.14 (a) Mustafapaşa mahallesindeki yıkılan bir binadan alınan numune, (b) Basınç dayanımı testi.



Şekil 4.15 (a) Basınç deneyi sonucunda dağılmış numune, (b) Dağılan numunelerin içinden elle sökülmüş agrega örnekleri.

Ülkemizde beton basınç dayanım sınıflarını belirleyen birçok standart vardır ve bu standartlar zaman içinde revize edilmişlerdir. Tablo 4.1’de çeşitli standartlara göre tanımlanmış beton sınıfları görülmektedir. Tablo 4.1’de görülen beton sınıflarında C veya BS kodları, sırasıyla, beton veya beton sınıfı anlamına gelmekte ve bunları takip eden rakamlarda ise betonun silindirik basınç dayanımı MPa cinsinden yer almaktadır. Küp basınç dayanımları ise beton sınıfı kodunda en son yazılmıştır. Ayrıca Tablo 4.1’de küp basınç dayanımına beton sınıfı kodunda yer verilmemiş olan standartlar için, küp basınç dayanımları MPa cinsinden beton sınıfı kodunun yanında parantez içinde verilmiştir. Örneğin, TS EN 1992-1-1 [24] standardında verilen C16/20 kodlu beton sınıfında

tanımlanan bir betonun silindir basınç dayanımı, 16 MPa iken, küp basınç dayanımı 20 MPa'dır. Ayrıca bu beton TS 500 [25] standardında C16 ve TS 10465 [26] standardında ise BS16 kodlu beton sınıflarına girmektedir.

Bilindiği gibi TS 500 "Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları" standardı [25], yapı tasarım ve hesaplarında öncelikli olarak kullanılan bir standarttır. Tablo 4.1'de görüldüğü gibi TS 500 yapılarda kullanılacak en düşük beton sınıfını C16 olarak tanımlamıştır [25]. Bu alt limit TS 1992-1-1 "Beton yapıların tasarımı - Bölüm 1-1: Genel kurallar ve binalara uygulanacak kurallar" standardında C12/16'dır [24]. Elazığ ilinde 24 Ocak 2020 tarihli depremde yıkılan binaların beton sınıfları TS 500 ve TS 1992-1-1'de tanımlanan hiçbir beton sınıfına giremeyecek kadar düşük dayanımlıdır. TS 802 "Beton karışım tasarımı hesap esasları" standardı [27] da TS EN 1992-1-1'de tanımlanan beton sınıflarını kullanmaktadır. Tablo 4.1'de, TS EN 206 "Beton- Özellik, performans, imalat ve uygunluk" standardı [28] en düşük beton sınıfının tanımını C8/10 olarak vermektedir ancak birçok eski binanın beton sınıfları maalesef burada tanımlanan beton sınıflarına da girmemektedir.

Tablo 4.1 Türk standartlarındaki beton dayanım sınıfları.

TS 500 (2000) [1]	TS EN 1992-1-1 (2009) [24]	TS 802 (2016) [27]	TS EN 206 (2013) [28]	TS 10465 (1992) [26]	TS EN 13791 (2019) [29]
			C8/10		C8/10
	C12/16	C12/16	C12/15		C12/15
	-	-	-	BS14 (16)	-
C16 (20)*	C16/20	C16/20	C16/20	BS16 (20)	C16/20
C18 (22)	-	-	-	-	-
C20 (25)	C20/25	C20/25	C20/25	BS20 (25)	C20/25
C25 (30)	C25/30	C25/30	C25/30	BS25 (30)	C25/30
C30 (37)	C30/37	C30/37	C30/37	BS30 (35)	C30/37
C35 (45)	C35/45	C35/45	C35/45	BS35(40)	C35/45
C40 (50)	C40/50	C40/50	C40/50	BS40 (45)	C40/50
C45 (55)	C45/55	C45/55	C45/55	BS45 (50)	C45/55
C50 (60)	C50/60	C50/60	C50/60	BS50 (55)	C50/60
	C55/67	C55/67	C55/67		C55/67
	C60/75	C60/75	C60/75		C60/75
	C70/85	C70/85	C70/85		C70/85
	C80/95	C80/95	C80/95		C80/95
	C90/105	C90/105	C90/105		C90/105
			C100/115		C100/115

* Parantez içindeki değerler küp basınç dayanımlarını göstermektedir.

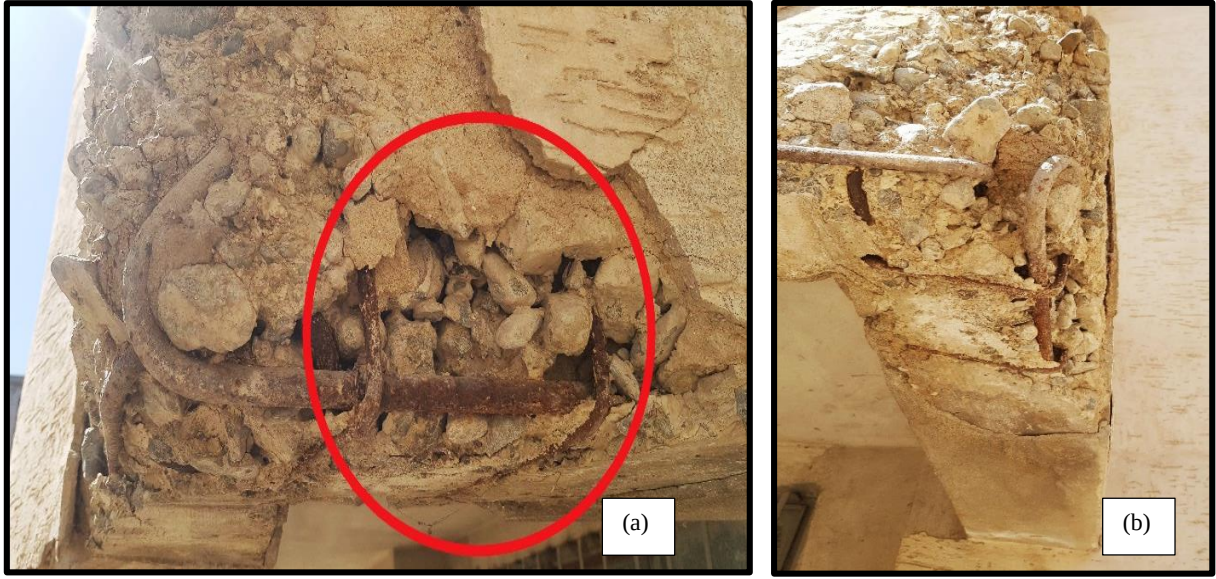
Gerek sahada gözlemlenen örneklerde gerekse laboratuvar şartlarındaki incelemeler sonucunda Elazığ'ın özellikle eski bina stoku kapsamındaki bazı binalarda kullanılan beton içerisindeki agrega boyutlarının TS 802 [27]'ye uygun olmadığı görülmüştür. Şekil 4.16'da bazı örneklerin gösterildiği gibi, beton içerisinde kullanılan büyük boyutlu agregalar dikkat çekmiştir. Bu durumun betonun donatılar arasına düzgün yerleşmesini ve kalıbını boşluksuz doldurmasını olumsuz etkileyebileceği açıktır, Şekil 4.17'de verilen konsol giriş örneği bu durumu ispatlamaktadır.

Saha çalışmalarında incelenen binalarda, eski bina stokunda betonarme donatısı olarak S220 dayanım sınıfı çelik yaygın olarak kullanılmıştır. İncelenen bazı binalarda ise boyuna donatı olarak S420 dayanım sınıfı çelik kullanılırken, eninde donatı olarak S220 dayanım sınıfı çelik kullanılmıştır. Binalarda donatıların dayanımından kaynaklanan bir sıkıntı gözlenmemiştir. Ancak özellikle yer altı su seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde, drenaj eksikliği nedeniyle bodrum katı ve/veya zemin katı su baskınlarına maruz olan binaların, düşey taşıyıcı sistem elemanlarında donatı korozyonlarına rastlanılmıştır (Şekil 4.18). Ancak donatılarda gözlenen korozyonlar kesit azalmasına neden olabilecek

seviyeye ulaşmamıştır. Sonuç olarak, ağır hasar gören ve göçen binalarda malzeme kalitesi ve kullanımı anlamında önemli eksiklikler bulunmaktadır.



Şekil 4.16 Eski bina stoku olarak tanımlanan binaların betonları; a-b) yerinde gözlemlenen betonlara ait agrega örnekleri, (c) laboratuvarıda basınç dayanımı testi sonucunda dağılan beton numunesinde görülen agrega, (d) laboratuvarıda kesilen numune parçasında görülen büyük agrega parçası.



Şekil 4.17 Betonda yerleşme boşlukları; (a) yandan görünüm, (b) alttan görünüm.



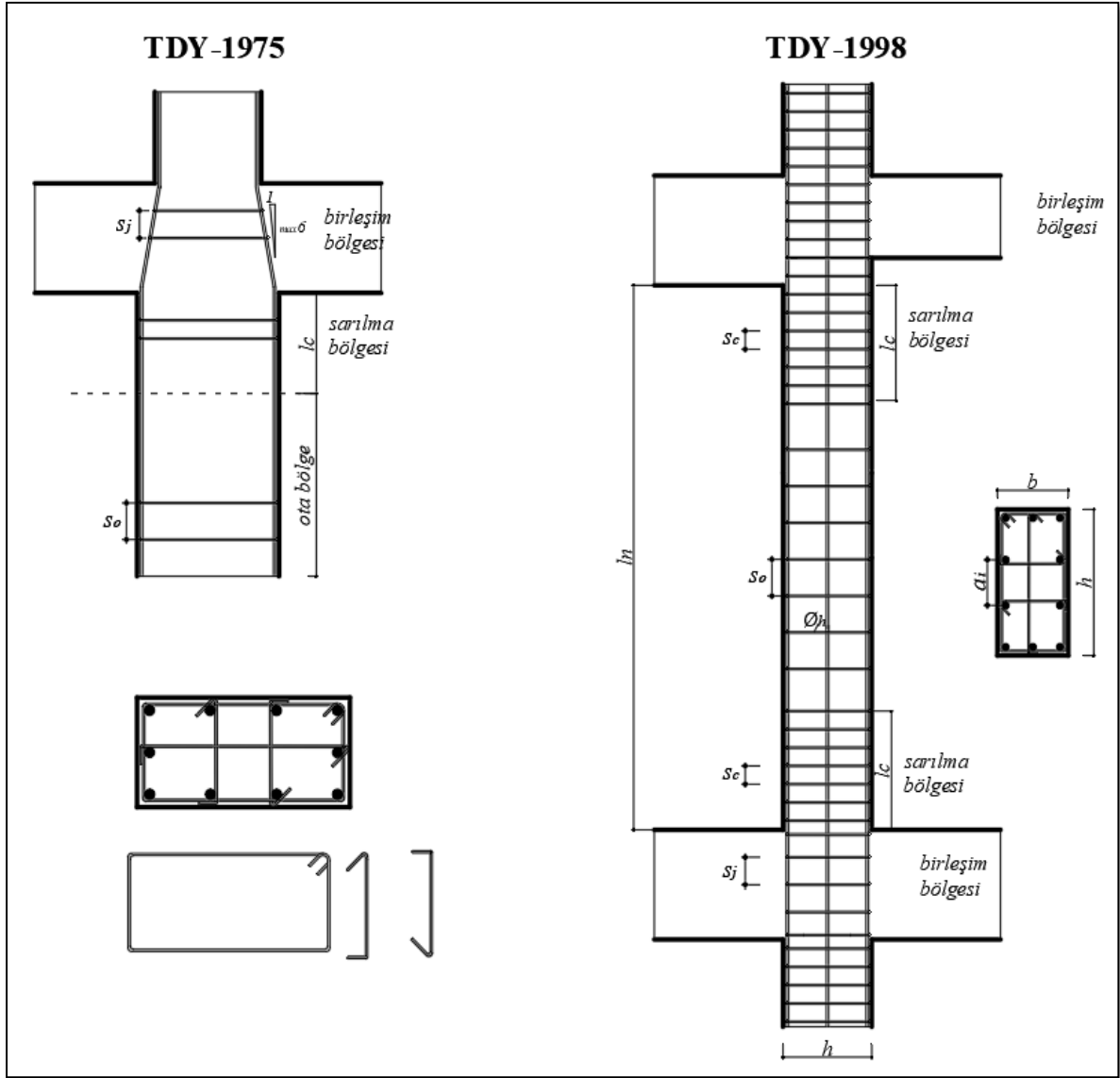
Şekil 4.18 Korozyon gözlenen kolon donatıları

4.3.2. Sünek Tasarım

Saha çalışmasında incelenen hasarlı binaların büyük bir bölümünün 1975 ile 1998 yılları arasında inşa edildiği belirlenmiştir (Şekil 4.12). Bu bilgiler ışığında mevcut bina stokunun inşa tarihlerine göre TDY-1975 [30] veya TDY-1998 [17] yönetmeliklerinin tasarım kurallarına uyması beklenir. Ancak hasar gören binaların büyük oranda inşa yıllarındaki tasarım yönetmeliklerine uymadığı gözlenmiştir.

İncelenen binalardaki yaygın eksikliğin özellikle kolon ve kirişlerde enine donatıların düzenlenmesi ilgili hususlarda olduğu belirlenmiştir. Mevcut durumun daha iyi anlaşılabilmesi için yönetmeliklerde betonarme kolonların ve kirişlerin, boyut ve donatı düzenlenmesi ile ilgili tasarım kuralları, yerinde kolonlarda ve kirişlerde gözlenen boyut ve donatı düzenlemeleri ile karşılaştırılarak

aşağıda verilmiştir. Kolonlar için bu karşılaştırma Şekil 4.19 yardımıyla Tablo 4.2’de, kirişler için ise Şekil 4.20 yardımıyla Tablo 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.19 Betonarme kolon için deprem yönetmeliklerine göre donatı düzenlenme şekli

Saha çalışmalarında kolonu hasar gören binaların, kolon uçlarında enine donatının sık aralıklarla düzenlendiği sarılma bölgeleri gözlenmemiştir. Bina stokunun büyük bir bölümünün tabi olduğu TDY-1975 [30]’de kolon sarılma bölgesi ile ilgili Tablo 4.2’de gösterilen açık hükümler olmasına karşın ilginç bir şekilde projelerde de sarılma bölgesi ile ilgili detay bulunmamaktadır. Bu durum denetim eksikliğinin proje aşamasında başladığının açık bir göstergesidir. Örneğin saha çalışmalarında kolonları hasar gören binaların hiçbirinde çiroz kullanılmadığı belirlenmiştir. İşin vahim kısmı temin edilen projelerin kolon aplikasyon açılımlarında da çiroz detayı bulunmamaktadır. Oysa Tablo 4.2, **max ai** satırından görüleceği gibi TDY-1975 [30] çiroz kullanımını tavsiye etmiş ve kolon donatı düzenleme açılımında da göstermiştir (Şekil 4.19). Etriyeler geniş aralıklarla düzenlenmiş, 135° kanca detayına hiç uyulmamıştır. Kolon boyuna donatı oranı ile ilgili önemli bir eksiklik gözlenmemiştir. Özellikle kolon minimum boyuna donatı oranının da yönetmelik koşullarının büyük oranda sağlanmıştır. Kolon geometrik boyutlarının da büyük oranda yönetmelikteki minimum

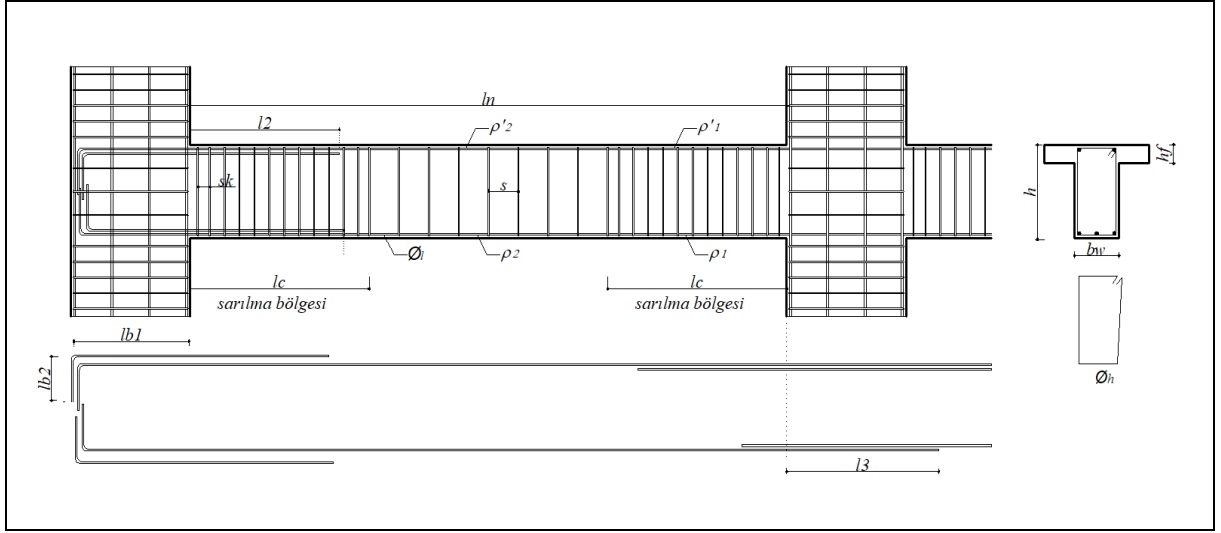
değerleri sağladığı belirlenmiştir. Mevcut durum binaların ve projelerin deprem yönetmeliklerine kısmi olarak uyduğunu göstermektedir.

Tablo 4.2 Betonarme kolonların donatı düzeni için deprem yönetmeliklerindeki tasarım kuralları ve saha çalışmasında ölçülen değerler

	TDY-1975 [30]	TDY-1998 [17]	Sahada gözlenen
$\max N_d$		$0.5 f_{ck} A_c$	Değerlendirilmedi.
$\min (b,h)$	250 mm; Hk/20	250 mm	200 mm kalınlığındaki kolonlar dışında büyük oranda bu kurala uyulmuştur.
$\max (h/b)$	3.0	7.0	Bazı binalarda ince uzun kolonlar gözlenmiştir.
$\min A_c$		75000 mm^2	Uyulmuştur.
$\max a_i$	Açıklama*	$25\phi_h$	Kolonların hiçbirinde çiroz veya ara etriye kullanılmamıştır.
$\max s_o$	200 mm; 12Ø1	200 mm; $\min \{b,h\}/2$	250 mm-400 mm
$\min s_o$	50 mm	50 mm	200 mm
$\max s_c$	100 mm;	100 mm; $\min \{b,h\}/3$	250-350 mm
$\max s_j$	Birim boya gelen etriye miktarı, kolon sarılma ve orta bölgesi etriye miktarından az olmamalıdır.	150 mm (kuşatılmış); 100 mm (kuşatılmamış)	Etriye kullanılmamıştır.
$\max lc$	450 mm; $l_n/6$; $\max \{h,b\}$	500 mm; $l_n/6$; $\max \{h,b\}$	Sarılma bölgesi yapılmamıştır.
$\min \phi_c$		14 mm	Birkaç binada görülen 12 mm çapında boyuna donatı dışında, ölçülen en küçük boyuna donatı çapı 14 mm'dir.
$\min \phi_h$	8 mm	8 mm	Bazı kolonlarda 6 mm çapında etriye kullanılması dışında genellikle 8 mm çapında etriye kullanılmıştır.
$\min \rho_{\text{toplam}}$	0.01	0.01	Hasar gören kolonlarda min. donatı oranı kuralına büyük oranda uyulmuştur.
$\max \rho_{\text{toplam}}$	0.030 (C14); 0.035 (C18); 0.040 (C25)	0.04	Kolonlarda donatı yoğunluğu gözlenmemiştir.

* Normal basit dikdörtgen ve sürekli dikdörtgen fretajdaki enine donatının mesnetlenmiş kenar boyu olan 'a' yı azaltmak, dolayısı ile etriyelerden tasarruf sağlamak amacıyla, özel ara çubuk bağlantıları (özel çiroz etriyeler) kullanılabilir. Bu ara bağlantılarının her iki ucuna standart yarım daire kancanın ucuna 10 d uzunlukta düz bir kısım eklemeli, hem enine ve hem de boyuna donatıyı dıştan kavrayacak ve beton dökülürken oynamayacak biçimde sıkıca bağlanmalıdır.

Elazığ-Sivrice Depremi sonrası betonarme kirişlerde yaygın bir şekilde kesme çatlağı meydana gelmiştir. Saha çalışmalarında kirişlerde sarılma bölgesinin yapılmadığı, etriyelerin geniş aralıklarla (250 mm-350 mm) düzenlendiği gözlenmiştir. Kirişlerde gözlenen tasarım detayları, TDY-1975 [30] ve TDY-1998 [17] yönetmeliklerinin tasarım koşulları dikkate alınarak Şekil 4.20 ve Tablo 4.3 yardımıyla açıklanmıştır. İncelenen binalarda kirişlerin geometrik boyutlarının tasarımında, deprem yönetmeliklerinin minimum koşullarına uyulmasına karşın, kolon sayısını azaltmak ve/veya dolgu duvarları taşımak için çok sayıda tali kirişin kullanılması kirişlerde hasar oluşumunu artırmıştır.



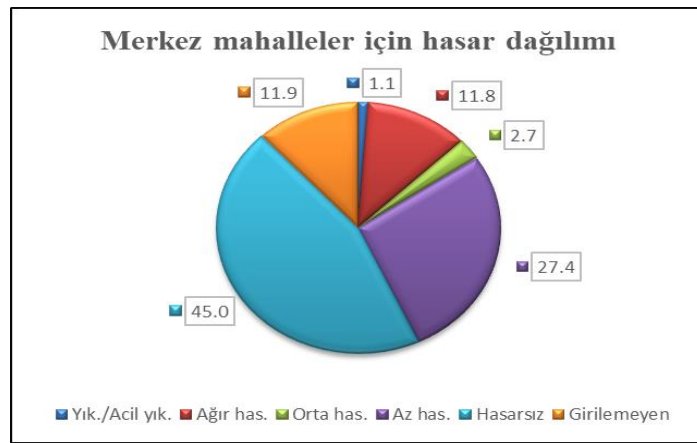
Şekil 4.20 Betonarme kiriş donatı düzeni

Tablo 4.3 Betonarme kirişlerin donatı düzeni için deprem yönetmeliklerindeki tasarım kuralları ve saha çalışmasında ölçülebilen değerler

	TDY 1975 [30]	TDY 1998 [17]	Sahada gözlenen
min b_w	200mm	250mm	200 mm-300 mm
max b_w	kolon genişliği+1.5h	kolon genişliği+h	Geniş kiriş gözlenmemiştir.
min h	300mm	300mm; 3hf	500 mm-600 mm
max h		$3.5b_w$; $l_n/4$	Yüksek kiriş gözlenmemiştir.
min l_c	2h	2h	Sarılma bölgesi gözlenmemiştir.
min l_2	$l_n/4$	$l_n/4$	
min $(l_{b1}+l_{b2})$	$l_{b2}=l_b$	l_b [$l_{b1} \geq 0.4l_b$; $l_{b2} \geq 12\phi$];	
min l_3		kolon genişliği+ { l_b ; 50Ø }	
max sc	d/4	h/4; 8Øl; 150mm	250 mm-350 mm
max sh	$b_w/2$; h/2	h/2; 300mm	250 mm-350 mm
min ρ_1	0.005 (BÇI); 0.004(BÇII); 0.003 (BÇIII)	f_{ctd}/f_{yd} (mesnetteki üst çekme donatısı)	Tespit edilememiştir.
min ρ_2	0.005 (BÇI); 0.004(BÇII); 0.003 (BÇIII)		Tespit edilememiştir.
max $\rho_1; \rho_2$		0.02; $\rho - \rho' \leq \rho_{max} = 0.85 \rho_b$ (TS500)	Tespit edilememiştir.
min ρ_1'	$\rho_2'/3$	0.5 ρ_1 (1. ve 2. dep. böl.); 0.3 ρ_1 (3. ve 4. dep. böl.)	Tespit edilememiştir.
min ρ_2'		$\rho_1/4$	
max ρ_2'	0.01; 0.5 ρ_1		Maks. donatı gözlenmedi.
min Øl	12 mm	12 mm	12 mm
min Øh	8 mm	8 mm	6 mm-8 mm

4.4. Deprem Hasarlarının Mahalleler Özelinde Değerlendirilmesi

24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi sonrasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı teknik personeli tarafından yapılan incelemelerde il merkezindeki 51792 adet binanın %72'sinin hasarsız veya az hasarlı, %3'ünün orta hasarlı, yaklaşık %13'ünün ise ağır hasarlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.21). Elazığ'da bina kalitesi mahallelere göre önemli oranda değişmektedir. Bu durum 24 Ocak Elazığ-Sivrice Depremi sonrası meydana gelen ve Tablo 4.4'te verilen merkez mahallelere göre hasar dağılımında da açıkça gözlenmektedir. Hasar dağılımının özellikle bazı mahallelerde toplanmasında eski bina stokunun yoğunluğuna ek olarak zemin durumu dikkate alınmadan binaların inşa edilmesinin de etkili olduğu düşünülmektedir. Rapor hazırlanırken deprem sonrası yoğun hasar gözlenen mahalleleri, ayrı incelemenin faydalı olacağı kanaati oluşmuştur. Bu nedenle saha incelemesinde gözlenen hasarlar mahallelere göre alt başlıklar altında verilmiştir.



Şekil 4.21 Elazığ ili merkez mahalleleri için hasar dağılımı

Tablo 4.4 Elazığ ili merkez mahallelerinin bir bölümü için bina deprem hasarı dağılımı

Mahalle No	Mahalle Adı	Ağır hasarlı	Orta hasarlı	Hafif hasarlı	Hasarsız
1	Abdullahpaşa Mahallesi	196	172	419	748
2	Ataşehir Mahallesi	23	23	224	971
3	Cumhuriyet Mahallesi	31	22	394	608
4	Çarşı Mahallesi	24	36	243	439
7	Kültür Mahallesi	39	67	287	253
8	Mustafapaşa Mahallesi	137	132	355	292
9	Nailbey Mahallesi	19	40	284	264
5	İcadiye Mahallesi	15	30	125	78
6	İzzetpaşa Mahallesi	29	59	361	215
10	Rızaiye Mahallesi	44	64	228	435
11	Rüstempaşa Mahallesi	61	84	274	277
12	Sanayi Mahallesi	97	119	915	1067
13	Sürsürü Mahallesi	204	82	26	829
14	Üniversite Mahallesi	13	101	239	348

4.4.1. Abdullahpaşa Mahallesi

Abdullahpaşa Mahallesi, deprem sonrası hasarın yoğunlaştığı mahallelerden biridir. Mahallede 1975 yılından itibaren yerleşim başlamıştır. Mevcut bina stokunun %54'ü betonarme karkas, %46'sı ise yığma binalardan oluşmaktadır (Tablo 2.3). Karkas binaların yaklaşık %40'ının kat sayısı 5-6 kat arasında değişmektedir. Saha çalışmaları neticesinde hasar yoğunluğunun gözlemlendiği binalar, büyük oranda 5-6 katlı karkas binalardan oluşmaktadır. Ayrıca hasar gören binaların büyük bir bölümü 1980-1995 yılları arasında kooperatif usulüyle inşa edilen binalardır. İncelenen hasarlı binaların bir kısmında gözlenen hasarlar, hasar fotoğrafları yardımıyla aşağıda ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

Bina	Sok. No:250-Bahar Sitesi No:52					Bina Tipi	Konut			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1994	B+Z+4	-	-	50/30 25/60	25/50	Var	Yok	Yok	Yok	Bitişik/Köşe
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Birbirine bitişik iki ayrı bloktan oluşan binanın iki cephesinde kapalı çıkma mevcuttur (Şekil 4.22). Eğimli arazide inşa edilen binanın alt blokunun bodrum katı büyük oranda arazi üstünde bulunmaktadır (Şekil 4.22.b). İki blok arasında yeterli dilatasyon derzi mesafesinin bırakılmadığı bodrum katta yapılan inceleme ile belirlenmiştir (Şekil 4.23). - Deprem sonrası binanın dolgu duvarlarında ileri düzeyde hasar meydana gelmiştir. Örneğin kapalı çıkma üzerindeki duvarda, dolgu duvar ile kolon arasındaki çatlağın yaklaşık 3 mm olduğu ölçülmüştür (Şekil 4.24.a). - Çerçeve kirişlerinde ise ince kesme çatlakları meydana gelmiştir (Şekil 4.24.b).										



Şekil 4.22 Bina'nın dış cephe görüntüleri



Şekil 4.23 İki blok arasında bırakılan dilatasyon derzi



Şekil 4.24 Deprem hasarları, a) dolgu duvar hasarı, b) giriş kesme hasarı

Bina		Sok. No: 250-Fatih Sitesi No:32				Bina Tipi		Konut		
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/ Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1988	B+Z+4	-	-	25/70	25/50	Yok	Yok	Yok	Yok	Bitişik/Köşe
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Bina birbirine bitişik iki ayrı bloktan oluşmaktadır (Şekil 4.25). Eğimli arazide inşa edilen binanın, bloklarının döşemeleri arasında kot farkı bulunmaktadır (Şekil 4.25.a). Binanın ana yola yakın olan alt blokunda, arazi eğimi nedeniyle bodrum kat büyük oranda arazi üst kotundadır (Şekil 4.25.b). - Bina sakinleri, binanın bodrum katı kirişlerinin 2012 yılında teknik destek alınmadan güçlendirildiğini beyan etmişlerdir (Şekil 4.26). - Binada ilginç tali kiriş tasarım uygulamaları ile karşılaşmıştır (Şekil 4.27). Bu tasarım uygulamasında, mahallerdeki tüm dolgu duvarların kirişe oturtulması düşüncesi etkili olmuştur. - İki blok arasındaki kot farkı bodrum katta net bir şekilde görülmüş ve iki blok arasında yeterli dilatasyon derz mesafesinin bırakılmadığı yerinde belirlenmiştir (Şekil 4.28). - Binanın alt blokunun dış aksında kolon kiriş birleşim bölgesinde pas payının dökülmesine ve kolon boyuna donatılarının burkulmasına sebep olan hasarlar gözlenmiştir (Şekil 4.29). Kolon kiriş birleşim bölgesinde etriye kullanılmadığı, bu kusur nedeniyle boyuna donatılardaki burkulmanın önlenemediği tespit edilmiştir (Şekil 4.29.c). - Binada gözlemsel incelemede betonun yerinde karılıp döküldüğü ve S220 dayanım sınıfı donatı kullanıldığı tespit edilmiştir.										



Şekil 4.25 Binanın cephe görüntüleri



Şekil 4.26 Bodrum kat kirişlerinde yapılan güçlendirme uygulamaları



Şekil 4.27 Tali kiriş uygulaması



Şekil 4.28 Bodrum katta bloklar arası kot farkı

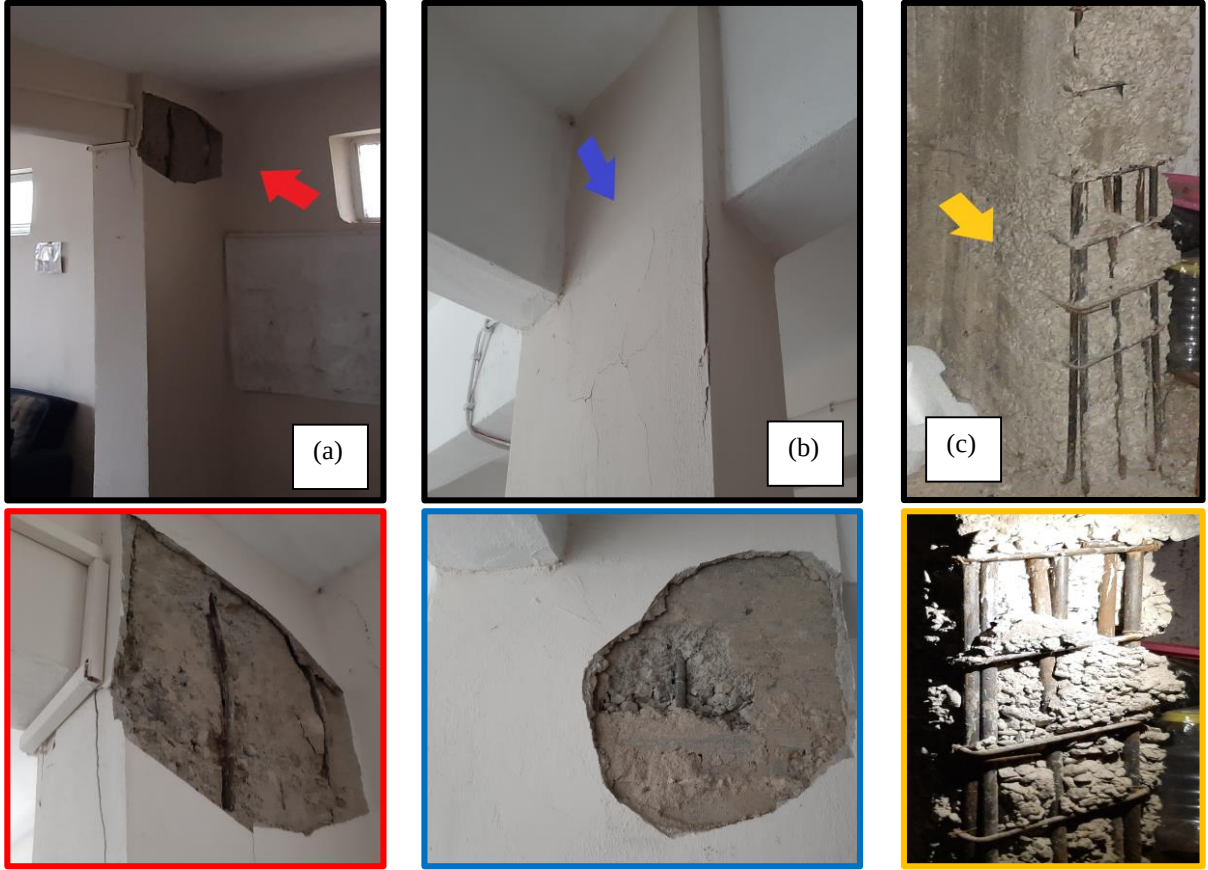


Şekil 4.29 Binanın kolon-kiriş birleşim bölgesi hasar gören dış aksı ve hasar detayları

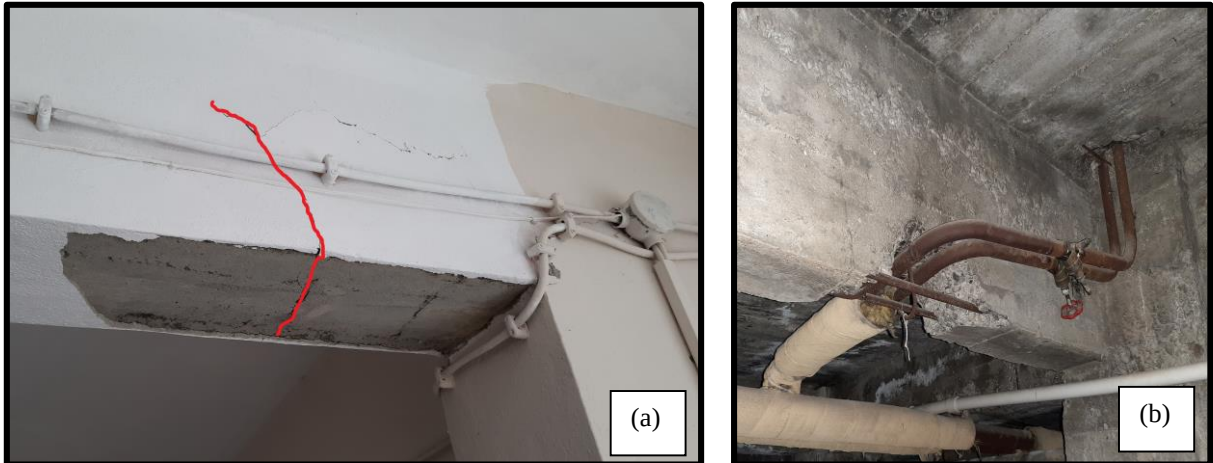
Bina		Sok. No:250- Huzur Sitesi No:6-8				Bina Tipi		Konut		
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/ Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1991	B+Z+4	-	-	25/60	20/50	Yok	Yok	Yok	Yok	Bitişik/Köşe
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Bina birbirine bitişik iki ayrı bloktan oluşmaktadır (Şekil 4.30). Eğimli arazide inşa edilen binanın, bodrum katı büyük oranda arazi üstünde kalan alt bloğunda, apartman sakinleri için ortak kullanım alanı oluşturulmuştur (Şekil 4.30). Bodrum katın diğer mahallerinde betonarme bodrum perdesi bulunurken ilgili mahalde bodrum perdesi bulunmamaktadır (Şekil 4.30). Bu tasarım uygulaması binanın davranışını olumsuz etkileyerek bu mahaldeki kolonların ve kirişlerin hasar görmesine neden olmuştur (Şekil 4.31). - Ortak kullanım alanı olarak kullanılan mahaldeki kolonların üst uçlarında ve kolon-kiriş birleşim bölgesinde, boyuna donatılardaki burkulma nedeniyle pas paylarında ayrışma meydana gelmiştir (Şekil 4.31.a-b). Binanın bodrum katında, yetersiz pas payı nedeniyle donatıları açıkta olan kolon incelendiğinde, kolonda enine donatı sıklaştırılmasının yapılmadığı, etriye kancalarının 90° olduğu ve S220 dayanım sınıfı donatı kullanıldığı gözlenmiştir (Şekil 4.31.c). - Binada gözlemsel incelemede betonun yerinde karılıp döküldüğü belirlenmiştir. - Bodrum kat kirişlerinde kesme hasarı oluşmuştur (Şekil 4.32.a). Kirişlerde etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı etriyelerin ortalama 250 mm aralıklarla düzenlendiği, bodrum katta donatıları açığa çıkarılmış kirişlerden belirlenmiştir (Şekil 4.32.b). Bodrum katta ısıtma tesisatı çoğunlukla kirişlerin dayanımını olumsuz etkileyecek şekilde kirişler örselenerek yapılmıştır (Şekil 4.32.b).										



Şekil 4.30 Bina'nın cephe görüntüsü ve hasar detayı



Şekil 4.31 Betonarme kolon, a-b) deprem hasarları ve detayları, c) donatı düzeni ve detayları



Şekil 4.32 Betonarme kiriş, a) deprem hasarları, b) tesisat geçişi için açılan boşluk

Bina	Sok. No:262- Ümit Apt. No:17					Bina Tipi	Konut			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Bodrum	Zemin ve Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1983	B+Z+4	3.4	2.7	30/80 40/40	20/60	Yok	Yok	Yok	Yok	Bitişik/Köşe
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Bina birbirine komşu iki bloktan oluşmaktadır. Eğimli arazide inşa edilen binanın iki bloğunun döşeme seviyeleri aynı kotta bulunmamaktadır (Şekil 4.33). - Çerçeve sistemden oluşan binanın, donatıları açıkta olan bodrum kat kolonunda yapılan incelemede, enine donatı sıklaştırılmasının yapılmadığı, etriyelerin yaklaşık 350 mm aralıklarla düzenlendiği belirlenmiştir (Şekil 4.34). - Binanın çerçeve kirişlerinde ve kiriş-kolon birleşim bölgesinde kesme çatlağı oluşmuştur (Şekil 4.35).										



Şekil 4.33 Binanın cephe görüntüleri



Şekil 4.34 Binanın taşıyıcı sistem elemanları ve kolon için etriye aralığı



Şekil 4.35 Çerçeve kirişi ve hasar detayları

Bina	Özdemir Sitesi No:50					Bina Tipi	Konut			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Bodrum	Zemin ve Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1992	B+Z+4	3.4	2.7	30/80 40/40	20/60	Yok	Yok	Yok	Yok	Bitişik/Köşe

Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

- Bina birbirine bitişik iki bloktan oluşmaktadır. Eğimli arazide inşa edilen binanın, ana yola yakın olan blokunun bodrum katı büyük oranda arazi üstündedir (Şekil 4.36). İki blokta kat seviyelerinin denkliği, alt blokun bodrum kat yüksekliği artırılarak sağlanmıştır (Şekil 4.36).
- Binanın büyük açıklıklı döşemelerinde sehim olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.37.a).
- Büyük açıklıklar narin kirişlerle geçilmiş ve bu kirişlerde tali kirişlerin saplandığı noktada çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 4.37.a-b).
- Bodrum kattan itibaren dolgu duvarlarda çatlaklar oluşmuştur (Şekil 4.38).



Şekil 4.36 Binanın cephe görüntüleri



Şekil 4.37 Betonarme kiriş ve döşeme, a) sehim gözlenen döşeme ve hasar gören kiriş, b) tali kiriş ile ana kiriş birleşimi



Şekil 4.38 Dolgu duvar hasarları

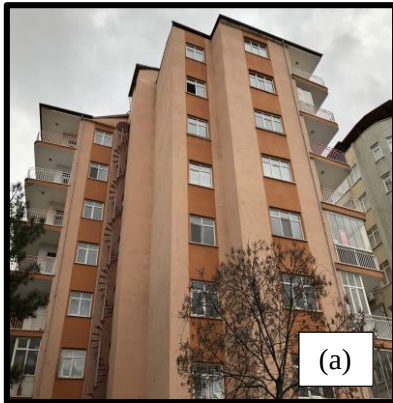
4.4.2. Cumhuriyet Mahallesi

Cumhuriyet Mahallesi şehrin son yıllarda yapılaşmanın yoğunlaştığı ve genellikle çok katlı binaların inşa edildiği mahallelerindendir. Mahallede yapılaşma 1980 yılında başlamıştır. Nüfusun yoğun olduğu mahallede, mevcut bina stokunun %87'sini betonarme karkas binalar oluşturmaktadır (Tablo 2.3). Binaların %29'unu kat sayısı 5-6 katlı olan binalar oluştururken mahallede 8 katlı ve/veya daha fazla katlı binalar sıklıkla inşa edilmektedir. Mahallede deprem sonrası ağır hasarlı bir bina dışında çok katlı binalarda ağır hasar ile karşılaşılmamıştır. Genellikle binalarda çok sık kullanılan kapalı çıkmaya oturan dolgu duvarlarda çatlak meydana gelmiştir.

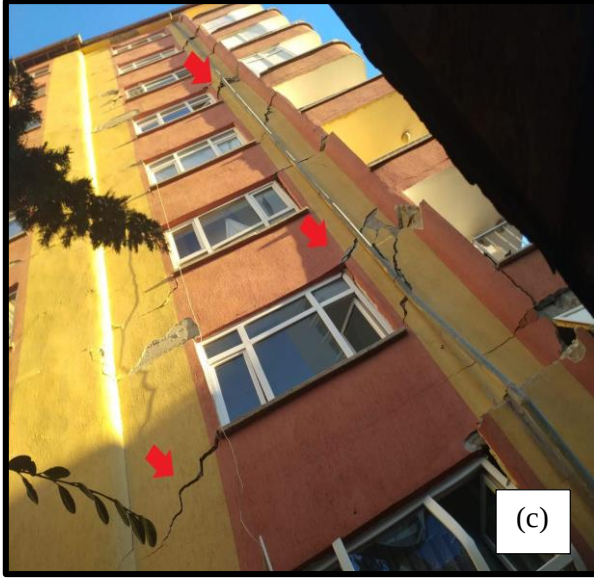
Bina	Acem gülü Sok.-Güneş Sitesi					Bina Tipi	Konut			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1995	B+Z+7	-	-	25/60	25/55	Var	Yok	Yok	Var	Ayrık

Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

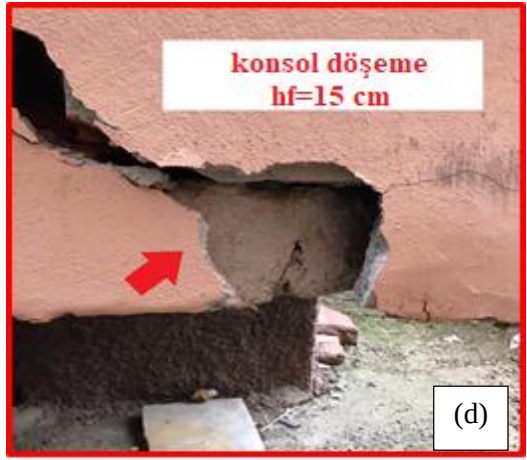
- Site ayrık nizamda inşa edilmiş üç bloktan oluşmaktadır (Şekil 4.39). Bloklardan ikisi yıldız şeklinde plan yerleşimine sahip iken diğer bir blok L şeklinde plan yerleşimine sahiptir (Şekil 4.39). Depremden sonra yıldız şeklinde plan yerleşimine sahip olan bloklardan biri ağır hasar görmüş ve ivedilikle yıkılmıştır. Diğer iki blokta ise hasar, orta hasar düzeyinde kalmıştır.
- Ağır hasar gören blokta hasar oluşumunda, plan yerleşiminden kaynaklanan burulma düzensizliğinin artırıcı etkisinin olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.40).
- Orta hasar gören diğer bloklarda ise dolgu duvarlarda hasar gözlenmiştir. Dolgu duvarlardaki hasarlar özellikle kapalı çıkmaya oturan duvarlarda yoğunlaşmıştır. Hasar oluşumunda ortalama 1.25 m konsol uzunluğuna sahip kapalı çıkmanın 15 cm kalınlığında döşeme ile yapılmasının artırıcı etkisi olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.41). Kapalı çıkmalar blokların üç cephesinde de bulunmaktadır.
- Kapalı çıkmaya ek olarak binada neredeyse cephe boyunca uzanan konsol balkonlarda bulunmaktadır. Konsol kirişe mesnetlenen konsol balkon döşemelerinin bulunduğu akslarda duvarlarda derin çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 4.42).
- Arasında yalıtım levhası bulunan çift sıra tuğladan inşa edilen dış cephe duvarlarında ise yer yer tuğla duvarlarda düzlem dışı devrilme meydana gelmiştir (Şekil 4.43).



Şekil 4.39 Blokların dış cephe görüntüleri



Şekil 4.40 Ağır hasar gören yıldız planlı blok



Şekil 4.41 Kapalı çıkma hasarı ve tasarım detayı



Şekil 4.42 Konsol balkon ve hasar detayı

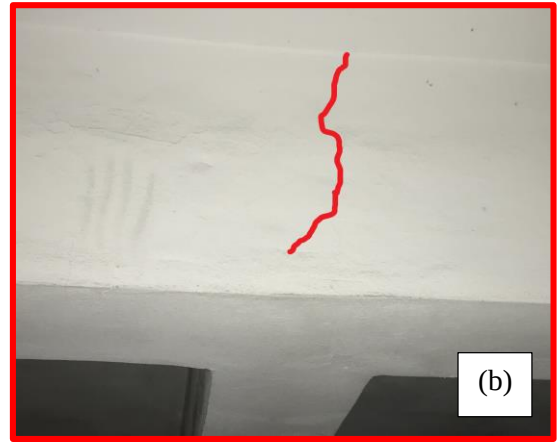


Şekil 4.43 Dış cephe dolgu duvar hasarı

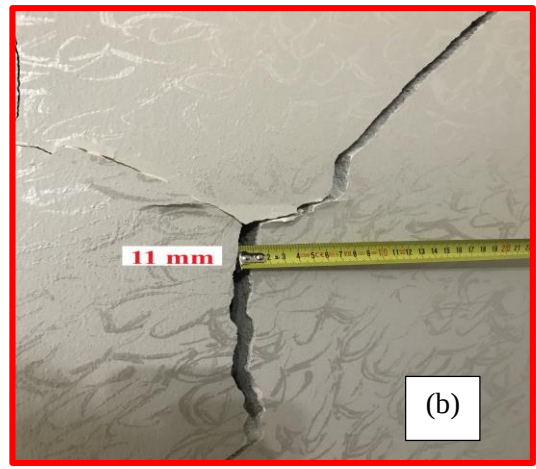
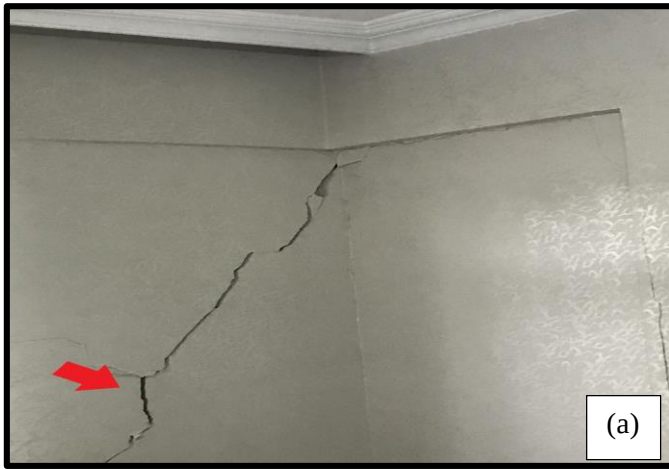
Bina	Acem Güllü Sok. Sevgi Sitesi					Bina Tipi	Konut			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
2000	B+Z+7	-	-	-	-	Var	Yok	Yok	Yok	Ayrık
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
• Site ayrık nizamda inşa edilen iki bloktan oluşmaktadır (Şekil 4.44). • Zemin kat ve bodrum kat kirişlerinin birkaçında ince çatlaklar meydana gelmiştir. Deprem sonrası birçok binada gözlemlenen tali kirişin ana kirişe mesnetlendiği kesitte çatlak oluşumu, bu binada da gözlenmiştir (Şekil 4.45). • Bloklarda dolgu duvarlarda çatlak meydana gelmiştir. Özellikle konsol döşemeye oturan kapalı çıkma duvarlarında çatlak genişliği artmıştır, bazı duvarlarda 11 mm'ye kadar ulaşmıştır (Şekil 4.46).										



Şekil 4.44 Site cephe görüntüleri



Şekil 4.45 Çerçeve kirişi ve hasar detayı

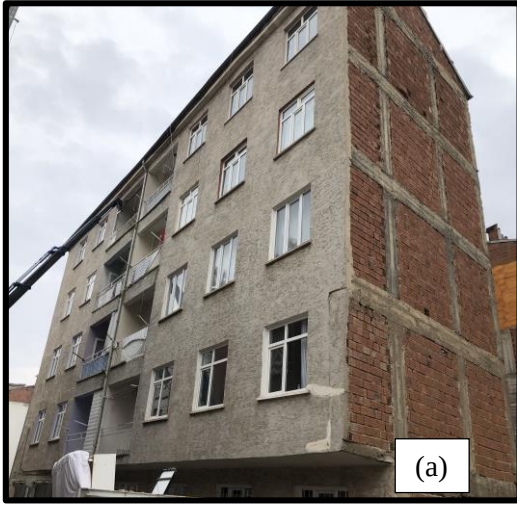


Şekil 4.46 Dolgu duvar hasarları

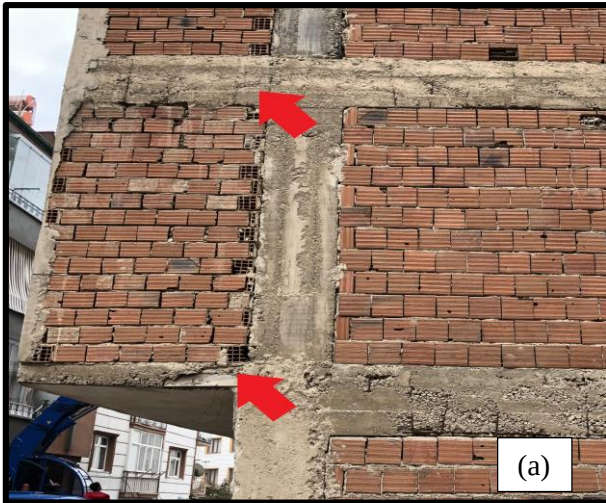
4.4.3. Kültür Mahallesi

Kültür Mahallesi, ilin eski mahallelerinden olup yerleşim 1965 yılından itibaren başlamıştır. Eski mahallelerden olması nedeniyle karkas ve yığma binalar bulunmaktadır. Ancak karkas binalar, mevcut bina stokunun %79'unu oluşturmaktadır (Tablo 2.3). Depremden sonra mahallede yaygın olarak hafif hasarlar gözlenmiştir. şehrin ticari olarak işlek mahallelerinden olan Kültür Mahallesi'nde binalar, farklı dönemlerde inşa edilmiştir. Hasar görülen binaların büyük bir bölümünü, 2000 yılından önce inşa edilen binalar oluşturmaktadır.

Bina		Alev Sok. No:1				Bina Tipi		Konut+ İş yeri		
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1990	Z+4	3.5	3.0	20/40	20/50	Var	Yok	Var	Var	Bitişik/Köşe
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Köşe başında bulunan binanın ana caddeye komşu olan cephesinde, zemin kat ticarethane olarak kullanılmıştır (Şekil 4.47.c). Girintili plan alanına sahip binanın bir cephesinde kapalı çıkma bulunmaktadır (Şekil 4.47.a-b). Bodrum katı olmayan binanın zemin katında, ticarethane olarak kullanılan ön cephesi ile konut olarak kullanılan arka cephesi arasında ortalama 50 cm kot farkı bulunmaktadır. - Binanın birinci kat seviyesinde kapalı çıkma, sadece konsol döşeme ile yapılırken üst katlarda kapalı çıkma döşemesi konsol kirişlere mesnetlenerek yapılmıştır (Şekil 4.48.a). Bu nedenle birinci kat kapalı çıkma duvarlarında depremden önce çatlakların olduğu ve bina sakinleri tarafından tamir edildiği gözlenmiştir (Şekil 4.48.b). - Binada çok sayıda tali kiriş uygulaması bulunmaktadır (Şekil 4.49.a). Özellikle zemin katta dayanımı olumsuz etkileyecek şekilde tali kirişler, ana kirişlere plastik mafsal bölgesi (sarılma bölgesine) içinde bindirilmiştir. - Binanın zemin katında ticarethane olarak kullanılan mahallin kolonlarında, eğilme hasarları meydana gelmiştir (Şekil 4.50). Eğilme hasarı sonucu kolonların boyuna donatıları burkulmuştur (Şekil 4.50.b). Ticarethane olarak kullanılan mahaldeki kolon hasarlarında, yumuşak/zayıf kat düzensizliğinin yanı sıra zemin katta dolgu duvarların asimetrik yerleşiminden kaynaklan burulma düzensizliğinin de artırıcı etkisinin olduğu düşünülmektedir. - Binanın sıvasız olan dış cephesinde kolon donatıları rahatlıkla gözlenmiştir (Şekil 4.51). Yapılan incelemede kolon boyuna donatılarının Ø12, enine donatılarının ise Ø6 olduğu ölçülmüştür (Şekil 4.51). Kolon uç bölgelerinde etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı ve etriyelerin ortalama 250 mm aralıklarla düzenlendiği belirlenmiştir (Şekil 4.51.b). - Gözlemlerde betonun elle döküldüğü, granülometresinin uygun olmadığı ve döküm esnasında önemli oranda segregasyon olduğu gözlenmiştir. Taşıyıcı sistemde kullanılan donatının S220 dayanım sınıfı düz yüzeyli çelik olduğu, hacim azalmasına neden olmayacak oranda paslandığı gözlenmiştir (Şekil 4.51.c). - Dolgu duvarlarda çatlaklar meydana gelmiştir. Çatlaklar özellikle kapalı çıkmalara oturan dolgu duvarlarda ve tali kirişlere oturan dolgu duvarlarda yoğunlaşmıştır (Şekil 4.52).										



Şekil 4.47 Binanın dış cephe görüntüleri



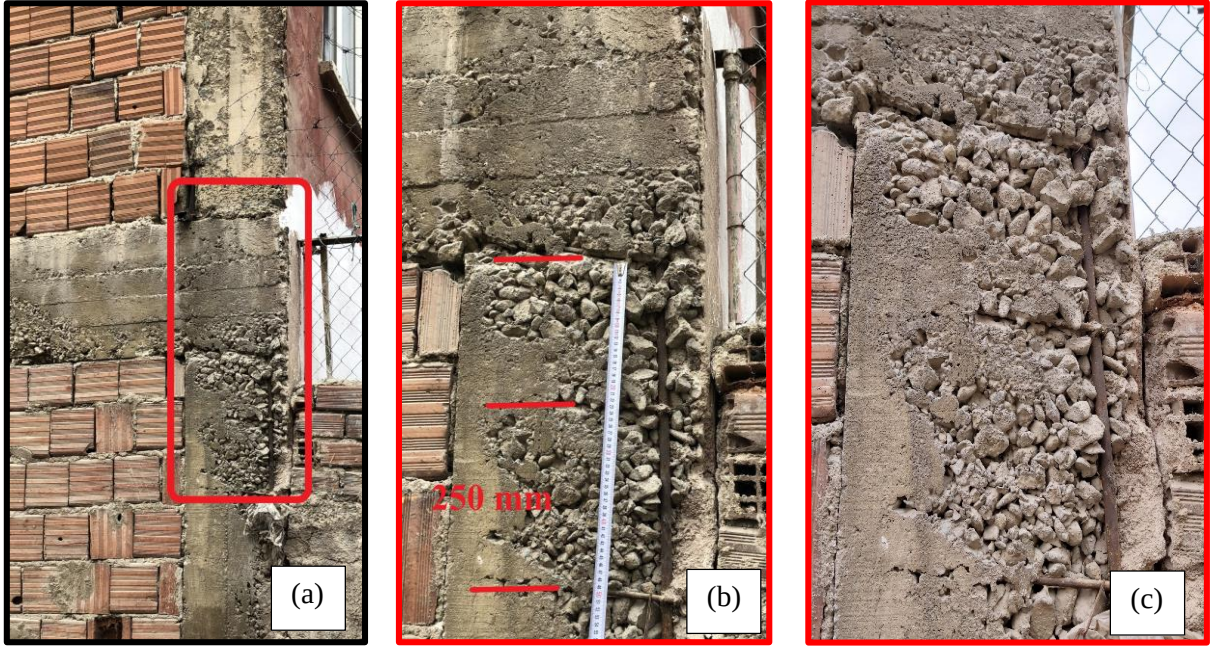
Şekil 4.48 Kapalı çıkma, a) tasarım detayı, b) hasarı



Şekil 4.49 Tali kiriş düzenlemeleri



Şekil 4.50 Hasar gören zemin kat kolonu ve hasar detayları



Şekil 4.51 Betonarme kolonun, donatı ve beton detayı



Şekil 4.52 Dolgu duvar hasarları

Bina	Kahve Sok. No:111					Bina Tipi	Konut			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1980	Z+3	-	-	-	-	Var	Yok	Yok	Var	Ayrık
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Bina arazi eğimine uygun olarak kısmi bodrumlu olarak inşa edilmiştir. Köşe başında bulunan binanın bir cephesinde kapalı çıkma mevcut iken diğer cephesinde çıkıntılı bir cephe uygulaması bulunmaktadır (Şekil 4.53). - Bina planının düzenli olmaması nedeniyle dayanımı olumsuz etkileyecek tali kiriş birleşimleri gözlenmiştir (Şekil 4.54.a-b). Ayrıca düzensiz cephe uygulamasından kaynaklı diyagonal kiriş birleşimleri de bulunmaktadır (Şekil 4.54.d). Sıvası yapılmayan cephede yapılan incelemelerde kirişlerde etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı, etriyelerin genellikle 250 mm aralıklarla düzenlendiği ölçülmüştür (Şekil 4.54.c). - İnşa tarihi eski olan binada S220 dayanım sınıfı düz yüzeyli donatı kullanıldığı ve betonun da elle döküldüğü belirlenmiştir. - Binanın kapalı çıkma döşemelerinin oturduğu konsol kirişlerde kesme hasarı meydana gelmiştir. Ayrıca kapalı çıkma dolgu duvarları ile kirişler arasında yatay çatlaklar oluşmuştur (Şekil 4.55). - Arazinin eğimine göre kısmi bodrumlu olarak inşa edilen binada, bodrum kat bulunmayan mahallin temel detayları da dışarıdan rahatlıkla gözlenmiştir. Gözlem neticesinde temel seviyesinde birleşim bölgelerinde gerekli özenin gösterilmediği yönünde kanaat oluşmuştur (Şekil 4.56).										



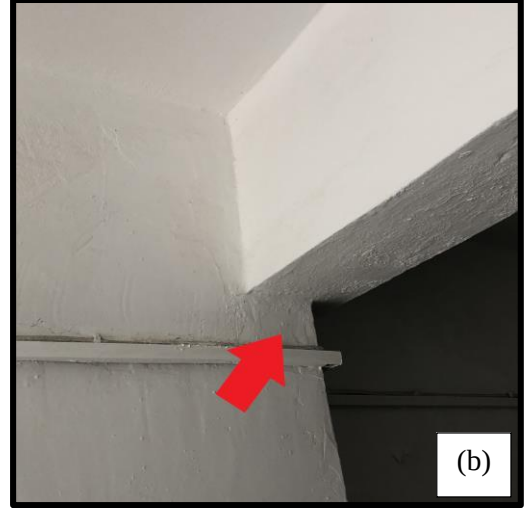
(a)



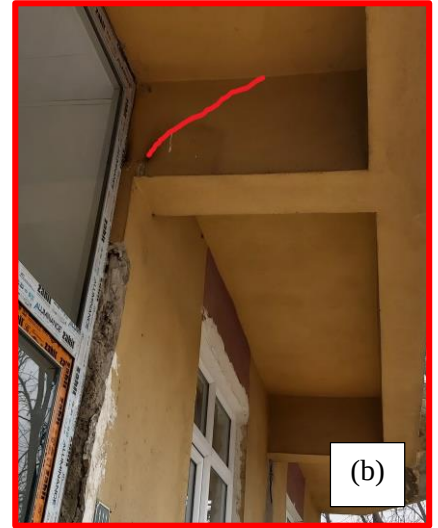
(b)



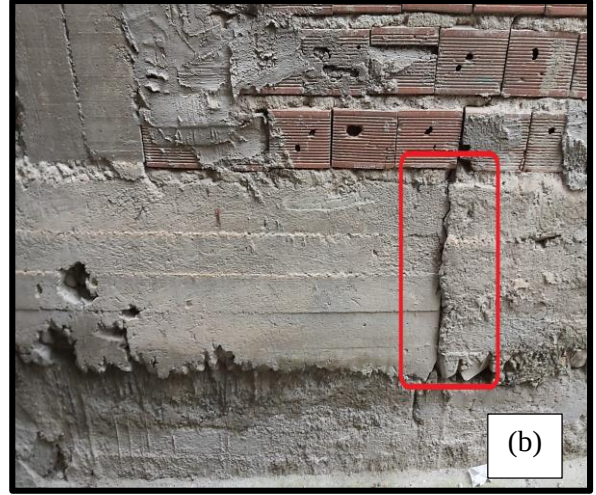
Şekil 4.53 Binanın cephe görüntüleri



Şekil 4.54 Tali kiriş uygulamaları



Şekil 4.55 Kapalı çıkma konsol kirişinde oluşan hasar



Şekil 4.56 Kısmi bodrumlu binada temel ile bodrum perdesinin birleşim detayı

4.4.4. Mustafapaşa Mahallesi

Mustafapaşa Mahallesi, eski mahallelerden olup, yapılaşma yaklaşık 1876 yılından itibaren başlamıştır. Mevcut bina stokunun yaklaşık %96'sını betonarme karkas binalar oluşturmaktadır ve bu binaların yaklaşık %40'ı 3-4 katlı, %35'i ise 5-6 katlıdır (Tablo 2.3). 24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi'nde mahallede aynı cadde üzerinde bulunan iki bina tamamen göçmüş, çok sayıda binada ağır hasar meydana gelmiştir. Ağır hasar büyük oranda 5-6 katlı binalarda yoğunlaşmıştır. İncelenen ağır hasarlı binaların büyük bir bölümünün 1990-2000 yılları arasında etkin mühendislik hizmeti görmeden inşa edildiği belirlenmiştir. Mustafapaşa Mahallesi'nde yıkılan bina ile ağır hasar gören binaların bir kısmı bina bilgi formu ve hasar görüntüleri ile aşağıda kısaca özetlenmiştir. Tamamen göçen binalarda hasar nedenleri tam olarak belirlenemeyeceği için kısaca özetlenmiş, ancak ağır hasarlı binalar ayrıntılı bir şekilde ifade edilmiştir.

Toptan göçen iki binada hasar nedenleri kurtarma çalışmaları ve enkaz kaldırma çalışmaları nedeniyle etkili bir şekilde gözlenememiştir. Saha çalışmalarında kullanılan donatının S220 dayanım sınıfında olduğu ve kolon uçlarında enine donatı sıklaştırılmasının yapılmadığı, etriyelerin ortalama 250 mm aralıklarla düzenlendiği gözlenmiştir (Şekil 4.57). Güçlü kiriş-zayıf kolon düzensizliği nedeniyle kolonlar tamamen hasar görmüş ve katlar birbirinin üzerine yıkılmıştır (Şekil 4.57).



Şekil 4.57 Tamamen dayanımını kaybeden bina

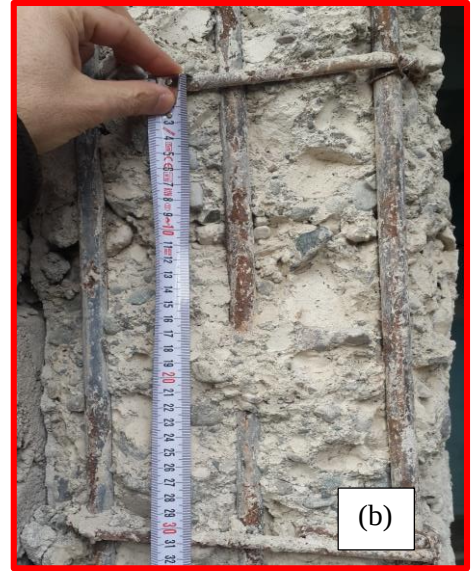
Bina	Aytuğ Sok. No:2					Bina Tipi	Konut+ İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1993	Z+4	3.7	2.75	25/70	20/50	Var	Yok	Var	Var	Bitişik/Köşe

Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

- Köşe başında bulunan ve düzensiz plan alanına sahip bina, tek cepheden komşu bina ile bitişik olup komşu iki binanın döşemeleri farklı kottadır. Binanın yola komşu olan iki cephesinde, zemin katın üstünde genişliği 50-100 cm arasında değişen kapalı çıkmlar yapılmıştır (Şekil 4.58.a).
- Ticarethane olarak kullanılan zemin katta dolgu duvar ve taşıyıcı sistem elemanlarında hasar gözlenmiştir (Şekil 4.59, 4.60). Hasar üzerinde, zemin katta kaldırılan dolgu duvarlardan ve zemin kat yüksekliğinin üst katlara oranla fazla olmasından kaynaklanan yumuşak/zayıf kat düzensizliğinin artırıcı etkisinin olduğu düşünülmektedir.
- Zemin katta kolonlar 25x70 cm olarak ölçülürken üst katlarda boyutlar 25x60 cm ölçülmüştür. Zemin katta pas payı dökülen kolonda yapılan ölçümlerde, boyuna donatının Ø14, enine donatının ise Ø8 olup 300 mm aralıklar ile düzenlendiği belirlenmiştir (Şekil 4.59.b). Etriye kancaları 90° olup ve kanca boyu ise ortalama 60 mm ölçülmüştür (Şekil 4.59.c).
- Binanın zemin kat kolonlarında eğilme çatlakları meydana gelmiştir (Şekil 4.60.a).
- Saha incelemesinde betonun elle karılıp döküldüğü ve S220 dayanım sınıfı donatı kullanıldığı gözlenmiştir (Şekil 4.59.b).
- Merdiven rampası ve basamakları arasında derin çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 4.60.b).



Şekil 4.58 Binanın dış ve iç cephesinden görünüm



Şekil 4.59 Hasar gören zemin kat kolonu ve enine donatı düzenleme detayları



Şekil 4.60 Hasar resimleri a) zemin kat kolonunda eğilme hasarı başlanıcı b) merdiven plağı ile basamak arasında ayrılma

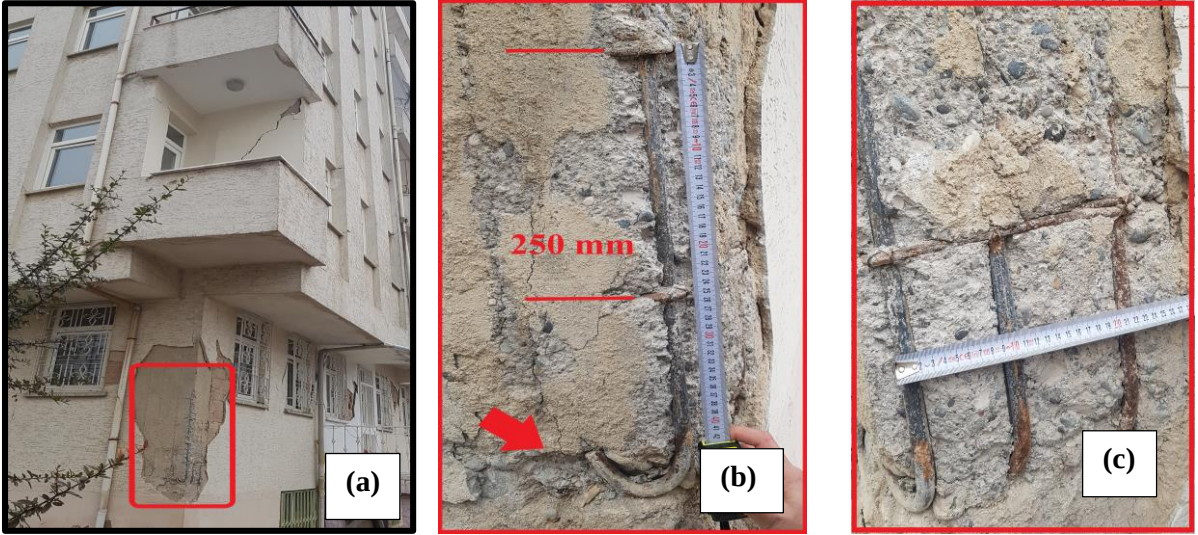
Bina	Canpolat Apt.					Bina Tipi	Konut+ İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1994	B+Z+5	2.70	2.70	30/60	20/50	Var	Yok	Yok	Yok	Ayrık

Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

- Ayrık nizamda inşa edilen binanın dört cephesinde de ağır çıkmalar bulunmaktadır (Şekil 4.61). Binaya inşasından sonra müdahale edilerek zemin katta balkon inşa edilmiştir (Şekil 4.61.c).
- Bina köşe kolonlarında eğilme çatlakları gözlenmiştir. Kolon uçlarında enine donatı sıklaştırılmasının yapılmadığı görülmüş ve etriyelerin 250 mm aralıklarla düzenlendiği ölçülmüştür (Şekil 4.62).
- Zemin katta iş yeri olarak kullanılan mahalde, tali kirişin oturduğu ana kirişlerde kesme çatlakları meydana gelmiştir (Şekil 4.63).
- Binada yapılan incelemede, betonun elle karılıp döküldüğü ve S220 dayanım sınıfı donatı kullanıldığı gözlenmiştir (Şekil 4.62.b-c).
- Üst katlarda dolgu duvarlarda derin çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 4.64.a). Özellikle kapalı çıkmaya oturan dolgu duvarlarda eğik çatlaklar yoğunlaşmıştır (Şekil 4.64.b).



Şekil 4.61 Binanın cephe görüntüleri a) ön cephe, b) arka cephe, c) iç mahalle dönüştürülen balkon



Şekil 4.62 Binanın hasar gören köşe kolonu ve donatı detayları



Şekil 4.63 Zemin katta tali kirişlerin mesnetlendiği ana kirişlerde meydana gelen kesme çatlakları



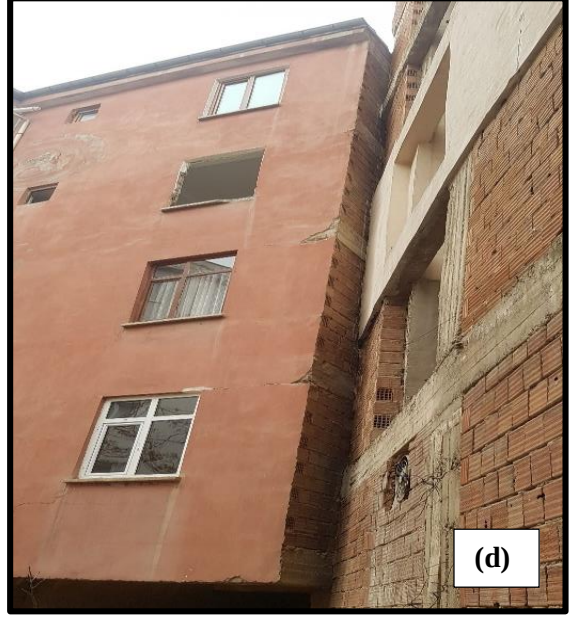
Şekil 4.64 Binada gözlenen dolgu duvar hasarları

Bina	Aydın Apt.					Bina Tipi	Konut+ İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat (m)	Yük.	Taşıyıcı Boy. (cm)	Sis.	Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1992	B+Z+4	3.40	2.70	30/95 25/50	20/50	Var	Yok	Var	Yok	Bitişik/Orta

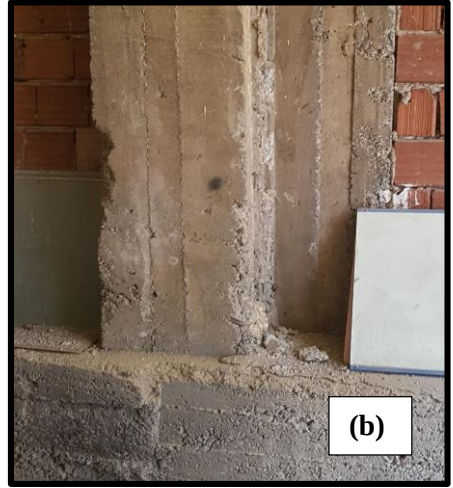
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

- Bitişik nizamda inşa edilen binanın döşemeleri, komşu bina döşemeleri ile farklı kottadır. Ayrıca binada deprem davranışını olumsuz etkileyen kısmi bodrum kat bulunmaktadır (Şekil 4.65).
- Garaj olarak kullanılan mahalde komşu binanın sürekli temeli, binanın kolonları arasına inşa edilmiştir (Şekil 4.66).
- Binanın işyeri olarak kullanılan zemin katında, taşıyıcı sistem elemanlarında ve dolgu duvarlarda yoğun hasar gözlenmiştir. Hasar oluşumunda binada mevcut olan yumuşak/zayıf kat düzensizliklerinin etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.67).
- Zemin kat kolonlarında kesme hasarı gözlenmiştir (Şekil 4.68). Özellikle merdivenin mesnetlendiği kolonda meydana gelen kesme hasarında çatlak ortalama 8 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.68.a). Kolon boyuna donatılarında burkulma meydana gelmiştir. Kolonlarda etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı, ortalama 300 mm aralıklarla etriyelerin düzenlendiği ölçülmüştür (Şekil 4.68.b).
- Bina statik projesinde yapılan incelemede kolonların güçlü yönlerinin büyük oranda ana caddeye dik düzenlendiği, güçlü yönü ana caddeye paralel olarak düzenlenen az sayıda kolon içerisinde en rijit kolonun ise merdivenin plağının mesnetlendiği ve kesme hasarı alan kolon (Şekil 4.68) olduğu tespit edilmiştir.
- Üst katlarda ise sadece dolgu duvar hasarı meydana gelmiştir. Özellikle kapalı çıkma duvarlarında kolon ile duvar arasında düz bir şekilde aşağı inen duvar çatlakları ile karşılaşmıştır.
- Binada gözlemsel incelemede betonun elle karılıp döküldüğü ve S220 dayanım sınıfı donatı kullanıldığı tespit edilmiştir.





Şekil 4.65 a)Binanın ön cephesinden, b-c-d) arka cephelerinden görüntüler



Şekil 4.66 Zemin kat seviyesinde komşu bina ile ortak kullanılan temel



Şekil 4.67 Zemin kat hasar görüntüleri a) dolgu duvar hasarı, b) kolonda kesme hasarı



Şekil 4.68 a) Kesme hasarı meydana gelmiş kolon, b) Kesme çatlağı genişliği, c) Boyuna donatıda burkulma

Bina	Ömer Sanaç Sok. No: 44					Bina Tipi	Konut+ İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yük. (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/ Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1993	B+Z+4	4.30	-	30/50	20/50	Var	Var	Var	Yok	Bitişik
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Binanın 1. kat kolonları, komşu binanın yıkılması sonucu çekiçleme etkisi ile hasar görmüştür (Şekil 4.69.b-c). - Binanın üst katlarında dolgu duvar hasarları dışında, çekiçleme etkisi ile hasar gören kolonlar haricinde taşıyıcı sistem elemanlarında belirgin hasarlar gözlenmemiştir (Şekil 4.70.a). - Binanın inşa kalitesinin kötü olduğu, özellikle kolon kiriş birleşim bölgelerinde betonun iyice yerleştirilmemesi neticesinde boşluklar olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.70.b).										



Şekil 4.69 Bina ve taşıyıcı sistem görüntüsü a-b) dış cephe görüntüleri, c) yıkılan binanın çekiçleme etkisi sonucu hasar gören birinci kat köşe kolonu



Şekil 4.70 a) Dolgu duvar hasarı, b) Donatısı açıkta olan kolon-kiriş birleşim bölgesi

Bina	Çalgılı Sok. No: 19					Bina Tipi	Konut			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yük. (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1995	B+Z+3	-	-	25/60	20/50	Var	Yok	Yok	Yok	Bitişik/Köşe

Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

- Binada dolgu duvar hasarı zemin katta yoğunlaşmış ve dolgu duvarlarda X deprem çatlakları meydana gelmiş (Şekil 4.71), duvar tuğlaları yer yer çatlayıp dökülmüştür (Şekil 4.71.b-c).
- Kolonlarda yer yer pas paylarında dökülmeler oluşmuştur. Kolonda yapılan incelemede kolon kiriş birleşim bölgesinde hiç etriye kullanılmadığı ve bu nedenle boyuna donatılarda burkulma meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 4.72.a).
- Bodrum kat kirişlerinde kesme çatlağı oluşmuştur (Şekil 4.72.c). Kirişlerde yapılan gözlemlerde, etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı, etriyelerin yaklaşık 250 mm aralıkla düzenlendiği tespit edilmiştir (Şekil 4.72.b).
- Gözlemsel incelemede beton dayanımının düşük ve içindeki kil oranının çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca agrega olarak kullanılan dere çakılının uygun granülometride kullanılmadığı görülmüştür (Şekil 4.72.a).
- Donatı olarak S220 dayanım sınıfı çeliğin kullanıldığı ve donatıda, hacim azalmasına neden olmayacak düzeyde, korozyon olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.72.a).



Şekil 4.71 Deprem hasarı görüntüleri a) dış cephe, b-c) dolgu duvar hasarı

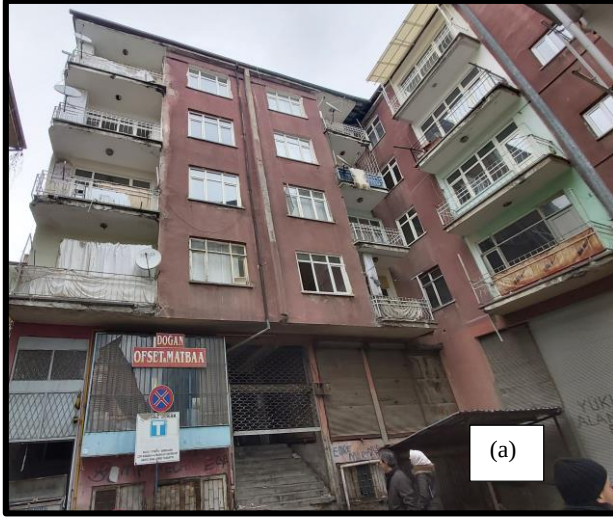


Şekil 4.72 Taşıyıcı eleman görüntüleri a) kolonda donatı düzenleme detayı, b) kirişte donatı düzenleme detayı, c) kirişte kesme hasarı

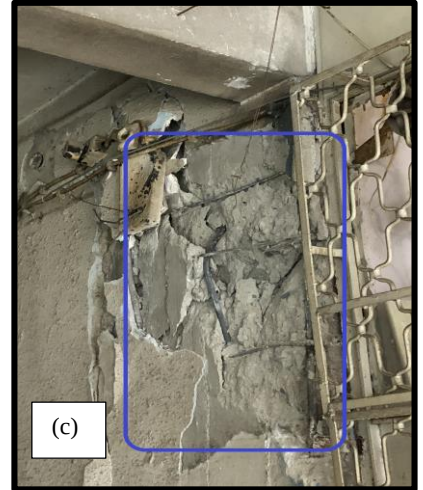
4.4.5. Nailbey Mahallesi

Nailbey Mahallesi eski mahallelerden olup yerleşim 1950 tarihinden itibaren başlamıştır. Mevcut bina stokunun %87'sini betonarme karkas binalar oluşturmaktadır (Tablo 2.3). Betonarme karkas binaların yarısından fazlasının kat sayısı 5-6 kat arasında değişmektedir. Bina stokunun büyük bir bölümünün inşası eski tarihli olup kentsel dönüşüm kanunu kapsamında yenilenen az sayıda bina bulunmaktadır. Şehrin ticari açıdan oldukça işlek olan mahallesinde, kentsel dönüşüm çok yavaş ilerlemektedir. Depremden sonra mahallede yoğun bir hasar oluşumu gözlenmemiştir. Hasar gözlenen binalardan birkaçı hasar durumunu gösteren fotoğraflarla birlikte aşağıda özetlenmiştir.

Bina	Gür Pasajı					Bina Tipi	Konut +İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1975	B+Z+4	-	-	-	-	Var	Var	Var	Var	Bitişik/Orta
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Bitişik nizamda iki caddeye cepheli olarak inşa edilen binanın giriş katı pasaj, üst katları ise konut olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.73). Arazi eğimi nedeniyle arka cephesinde bodrum kat ortalama 1 m arazi üstünde bulunmaktadır ve bodrum katı ışıklandırmak için bant pencere yapılmıştır. Ayrıca bir bölümü kazan dairesi olarak kullanılan bodrum kata giriş için kapı boşluğu da bulunmaktadır (Şekil 4.73). Bina L şeklinde plan yerleşimine sahiptir. - Zemin kat kolonlarında ağır hasar meydana gelmiştir (Şekil 4.74). Zemin kattaki birçok kolonda beton örtü tabakasının döküldüğü ve boyuna donatıların burkulduğu gözlenmiştir. Kolonlarda enine donatı sıklaştırılması yapılmamış, etriyeler ortalama 300 mm aralıklarla düzenlenmiştir (Şekil 4.74.b-c). Kolon-kiriş birleşim bölgesinde ise hiç etriye kullanılmamıştır (Şekil 4.74-b). Binanın dış cephesinde bulunan ve pasaj kapısının montajı için beton örtüsü kaldırılan kolonda, donatıların korozyona uğradığı gözlenmiştir. Pasaj kapısı kolon boyuna donatısına kaynaklanarak monte edilmiştir. Bu durum binanın ömrü boyunca taşıyıcı sistemi etkileyecek müdahaleler olduğunu göstermesi bakımından dikkate değerdir (Şekil 4.74-b). - Tasarım depreminin altındaki bir depremde zemin kat kolonlarında gözlenen ileri hasar oluşumunda, yumuşak/zayıf kat düzensizliğine ek olarak kolonların güçlü doğrultularının caddeye dik olacak şekilde (Şekil 4.73.c) düzenlenmelerinin de etkisinin olduğu düşünülmektedir. Çünkü zemin kat kolonlarının büyük bir bölümü zayıf eksenleri doğrultusunda hasar görmüşlerdir (Şekil 4.74). Ayrıca L şeklinde plan alanına sahip olan, giriş katı ve bodrum katı için ön ve arka cephesinde asimetrik duvar düzenlemesi olan binada, burulma düzensizliğinin hasar üzerinde artırıcı etkisinin olduğu da düşünülmektedir. - İnşa tarihi eski olan binada S220 dayanım sınıfı düz yüzeyli donatı kullanıldığı gözlenmiş ve beton dayanımının da yetersiz olduğu tahmin edilmektedir. - Binada ilginç tali kiriş düzenlemeleri ile karşılaşmıştır (Şekil 4.75). Tali kirişlerin tasarımının sebebi, altı iş yeri üstü konut olarak kullanılan binada, üst kattaki dolgu duvarların taşınmasıdır. Bu tali kirişler oturdukları ana kirişlerde kesme çatlaklarının oluşumuna neden olmuşlardır (Şekil 4.75). - Binada dolgu duvarlarda, yer yer sıva dökülmesine neden olan, derin çatlaklar oluşmuştur (Şekil 4.76).										



Şekil 4.73 Bina dış cephe görüntüleri



Şekil 4.74 Zemin kat kolon hasarları ve donatı düzenleme detayları



Şekil 4.74 Zemin kat kolon hasarları ve donatı düzenleme detayları



Şekil 4.75 Zemin kat tali kiriş detayı



Şekil 4.76 Dolgu duvar hasarları

Bina	Bahçeli Sok No:59					Bina Tipi	Konut+ İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/ Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1978	Z+4	3.10	2.7	25/60 30/60	25/50	Yok	Yok	Var	Yok	Bitişik/Köşe
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Köşe başında konumlanan binanın caddeye komşu olan cephesinde giriş kat ticarethane olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.77). - Beton örtüsü dökülen bir kolonda, boyuna donatılarda kesit kaybına neden olan korozyon gözlenmiştir (Şekil 4.78.b). - Deprem sonrası binada dolgu duvar hasarları meydana gelmiştir (Şekil 4.79).										



Şekil 4.77 Bina dış cephe görüntüleri



Şekil 4.78 Donatısında korozyon gözlenen kolon



Şekil 4.79 Dolgu duvar hasarları

4.4.6. Bosna Hersek Bulvarı

Şehrin en işlek bulvarlarından olan Bosna Hersek bulvarı, Nailbey Mah., Kültür Mah. ve Çarşı Mah. ile komşudur. Komşu olduğu mahallelerin genel yapısal özelliğini taşımakla beraber bulvar üzerinde binaların büyük bir bölümü 8 katlı olarak inşa edilmiştir. Bulvar üzerinde çok katlı binaların inşası yaklaşık 1980 yılından itibaren başlamıştır.

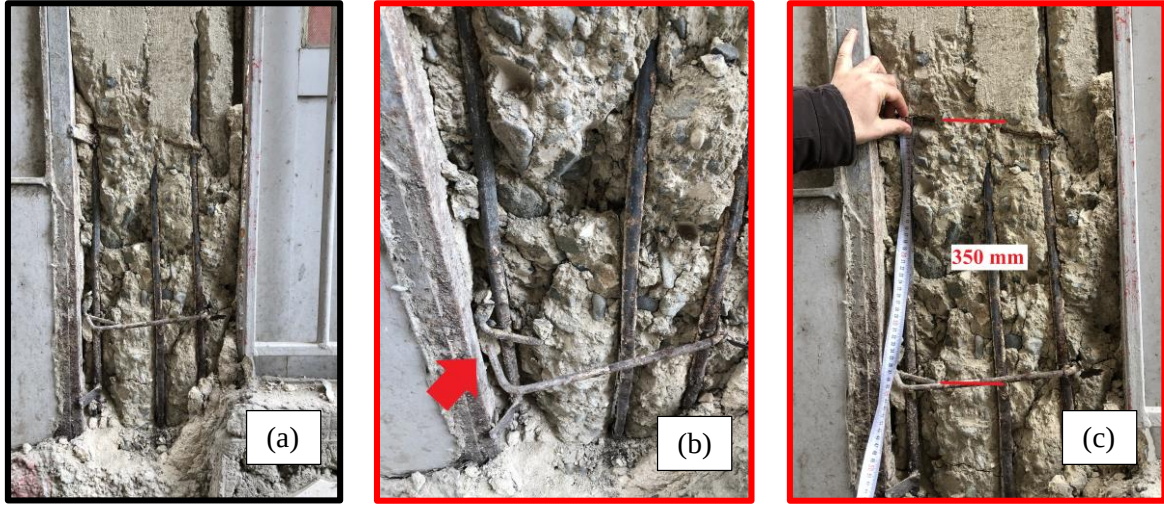
Bina	Arapoğlu Apt. No:48					Bina Tipi	Konut+ İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1983	B+Z+7	3.2	2.6	-	-	Var	Yok	Var	Yok	Köşe/Bitişik

Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

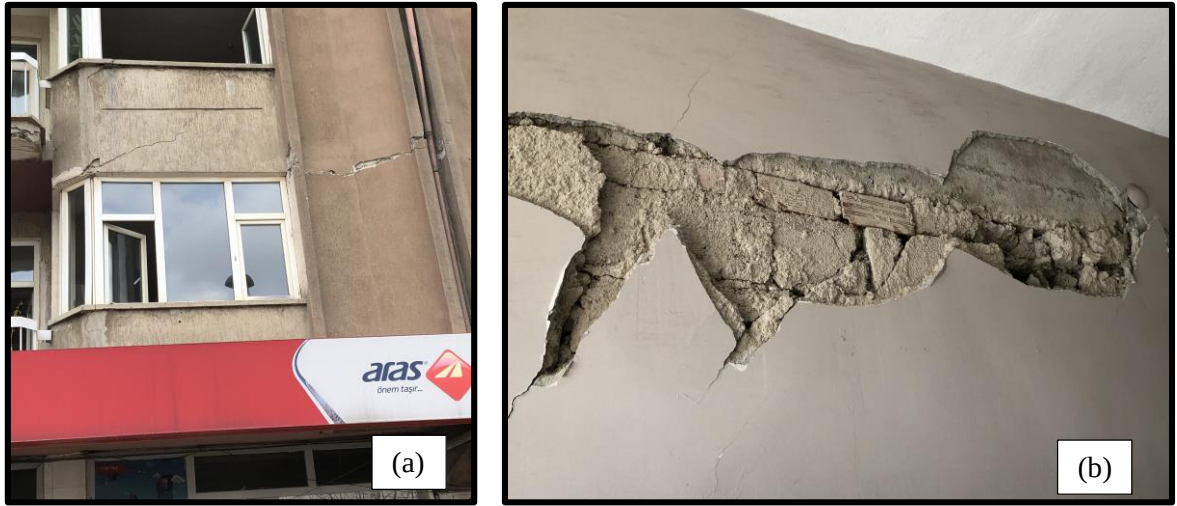
- Bir cephesi şehrin en işlek bulvarına bakan binanın giriş katı ticarethane, üst katları ise konut olarak kullanılmaktadır. Binanın sadece ön cephesinde kapalı çıkma bulunmaktadır (Şekil 4.80).
- Binanın zemin kat kolonlarının alt ucunda beton örtü tabakasında ayrışma, boyuna donatıda burkulma ve etriyede açılma meydana gelmiştir (Şekil 4.81). Kolon uçlarında enine donatı sıklaştırılmasının yapılmadığı, etriyelerin yaklaşık 350 mm aralıkla düzenlendiği ölçülmüştür (Şekil 4.81.c). Hasar gören kolonlarda, etriye kancasının 90° yapılması nedeniyle etriye açılarak sargı etkisini kaybetmiştir (Şekil 4.81.b-c).
- Zemin kat kolonlarındaki hasar oluşumunda zemin kat yüksekliğinin üst katlara oranla fazla olması ve zemin katta dolgu duvarların kaldırılmasından kaynaklı yumuşak/zayıf kat düzensizliğinin artırıcı etkisinin olduğu düşünülmektedir.
- Hasar gören kolonlarda yapılan gözlemde, betonda kullanılan agreganın çap ve dağılım bakımından uygun olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.81). Betonarme donatısı olarak S220 dayanım sınıfı düz yüzeyli donatı kullanılmıştır (Şekil 4.81). Kolon donatılarında korozyon gözlenmiştir. Ancak korozyon donatı hacminde azalma meydana getirecek düzeyde değildir.
- Binanın dolgu duvarlarında yer yer sıva dökülmesine neden olan çatlaklar oluşmuştur (Şekil 4.82).



Şekil 4.80 Binaların dış cephe görüntüleri



Şekil 4.81 Kolon hasarı ve donatı düzenleme detayları



Şekil 4.82 Dolgu duvar hasarları

Bina	Elazığ İş Merkezi					Bina Tipi	İş Yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1995	B+Z+7	-	-	-	-	Var	Yok	Var	Var	Ayrık
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Düzensiz cephe çıkmaları bulunan binanın üç cephesinde kapalı çıkma mevcuttur (Şekil 4.83). Binanın mimari planlaması oldukça karmaşık olarak düzenlenmiştir. Zemin kattaki mahaller ile birinci kattaki mahaller, sonradan açılan düzensiz döşeme boşlukları ile birbirine bağlanmıştır. - Binanın kapalı çıkmaları üzerinde bulunan dolgu duvarları ile çerçeve içindeki dolgu duvarlarında belirgin çatlaklar gözlenmiştir (Şekil 4.84).										



Şekil 4.83 Binanın dış cephe görüntüleri





Şekil 4.84 Dolgu duvar hasarları

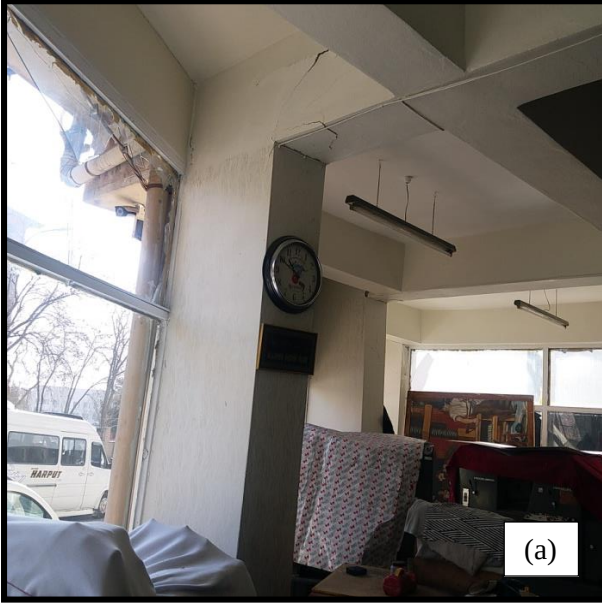
4.4.7. İcadiye Mahallesi

İcadiye Mahallesi, Elazığ ilinde ilk yerleşimin olduğu mahallelerden biridir ve yerleşim 1876 yılında başlamıştır (Tablo 2.2). İlin, ticari açıdan aktif olan merkezine yakın olan mahallede, tarihsel süreç içerisinde bina stoku sıklıkla değişmiştir. İlk yerleşimde yaygın olan yığma bina stoku, zamanla değişerek büyük oranda betonarme karkas binaya dönüşmüştür. Özellikle ilin tarihi yerleşim yeri olan Harput'a çıkan ve mahalleden geçen bulvar üzerinde bodrum+zemin+7 katlı betonarme binalar yapılmıştır. Bu binaların çoğunda, parselleri yamuk olduğu için düzensiz cephe çıkmaları bulunmaktadır. 24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi sonrası bu tip binalardan iki tanesi ağır hasar görmüş ve ivedilikle yıkılmıştır. Sınırlı imkanlar ile incelenen bu binalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Bina	Hacı Şevket Çeçen Apt. No:13				Bina Tipi	Konut + iş yeri				
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1990	B+Z+6	-	-	-	-	Var	Yok	Var	Var	Bitişik/Köşe
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Giriş katı ticarethane olarak kullanılan binada düzensiz cephe çıkması bulunmaktadır (Şekil 4.85). - Düzensiz cephe uygulaması nedeniyle çok sayıda tali kiriş kullanılmıştır. Tali kirişler ana kirişlere plastik mafsallı bölgesi uzunluğu içinde bağlanmıştır. Bu nedenle deprem sonrası kirişlerde yaygın bir şekilde hasar gözlenmiştir (Şekil 4.86). - Özellikle düzensiz cephe çıkmasının olduğu aksta bulunan kolonların uçlarında eğilme hasarları meydana gelmiştir (Şekil 4.86.b). - Dolgu duvarlarda yaygın hasar oluşmuştur (Şekil 4.87).										



Şekil 4.85 Binanın cephe görüntüsü



Şekil 4.86 Yaygın hasar gözlenen kirişler ve kolonlar



Şekil 4.87 Dolgu duvar hasarları

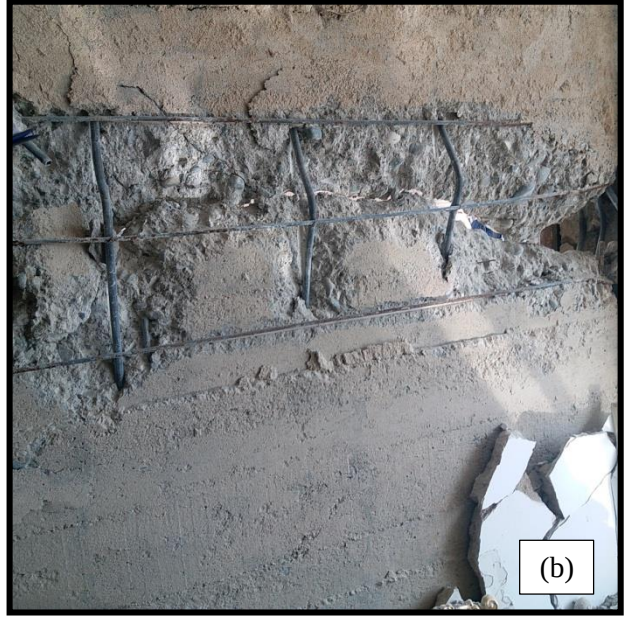
Bina	Altunbaş Apt. No:11					Bina Tipi	Konut + iş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1990	B+Z+6	-	-	-	-	Var	Yok	Var	Var	Bitişik/Köşe

Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

- Düzensiz cephe çıkması bulunan binanın alt katı ticarethane olarak kullanılmıştır (Şekil 4.88). Asma katı bulunan zemin katın kat yüksekliği, konut olarak kullanılan üst katlara oranla fazladır. Deprem sonrasında binanın zemin katındaki deprem perdesinde ileri düzeyde kesme hasarı meydana gelmiş (Şekil 4.89.a) ve perde boyuna donatılarında burkulma oluşmuştur (Şekil 4.89.b).
- Binanın Elazığ Belediyesi Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü'nden temin edilen statik projesi üzerinde yapılan incelemede, kolonların depremden ziyade mimari durum dikkate alınarak yerleştirildiği gözlenmiştir. Az sayıda olan deprem perdesi (3 adet) planda kütle ve rijitlik merkezlerini birbirine yaklaştıracak şekilde yerleştirilmemiştir. Girintili çıkıntılı plan alanına sahip olan binanın ara yola cephesi olan arka bloku ile ön bloku arasında, cephe aksı boyunca devam etmeyen kısmi dilatasyon bırakılmıştır. Tasarımdan kaynaklanan kusurların binanın hasarını artırıcı yönde etki gösterdiği düşünülmektedir. Ancak tüm düzensizliklere rağmen binada hasarın deprem perdesinde toplanarak, bina sakinleri için can güvenliği seviyesinin sağlanmış olması deprem perdelerinin gerekliliği açısından dikkate değer bir sonuçtur.
- Deprem perdesinin boyutunun 20/230 cm olduğu, perde uç bölgesinin yapılmadığı, boyuna donatıların ortalama 350-400 mm, enine donatılarının ise ortalama 250 mm aralıklarla düzenlendiği ve çiroz donatısının kullanılmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.89.b). Binanın projesinde bulunan kolon aplikasyon açılımında da, perdelerde uç bölgesi donatısı ve çiroz donatısı detayının bulunmadığı görülmüştür.
- Zemin kat kolonları alçı levha ile kaplı olduğu için hasar oluşumu tespit edilememiştir.
- Binada hasar büyük oranda zemin kat seviyesinde toplanmıştır. Bina depremden sonra acilen yıkılmıştır. Bu nedenle binanın iç cephesinden hasarı gösteren fotoğraflar çekilememiştir.



Şekil 4.88 Binanın cephe görüntüsü



Şekil 4.89 Deprem perdesi hasar görüntüsü

4.4.8. Rüstempaşa Mahallesi

Rüstempaşa Mahallesi, yapılaşmanın ortalama 1950 yılında başladığı eski mahallelerdendir. Mevcut bina stokunun yaklaşık %91'ini betonarme karkas binalar oluşturmaktadır (Tablo 2.3). Mevcut bina stokunun yaklaşık %38'ini oluşturan 5-6 katlı binalarda ağır hasar gözlenmiştir. Konum olarak yakın olduğu Mustafapaşa Mahallesi'ne benzer bir inşaat kalitesi ile inşa edilmiştir. Rüstempaşa Mahallesi'nde incelenen ağır hasarlı binaların bir kısmı hasar nedenleri ile aşağıda verilmiştir.

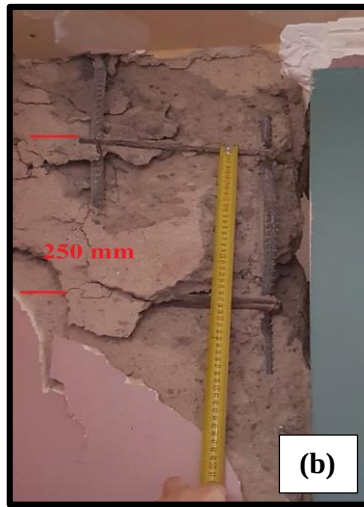
Bina	Harmanlı Sok. No:10					Bina Tipi	Konut + İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yük. (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1995	Z+4	3.2	2.7	25/50	20/50	Var	Var	Var	Yok	Bitişik/Orta
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Giriş katı ticarethane, üst katları konut olarak kullanılan binanın (Şekil 4.90), zemin kat kolonlarında kesme hasarları meydana gelmiştir. Hasarlı kolonlar binanın arka cephesinde bulunmaktadır (Şekil 4.91). - Kesme hasarı meydana gelen kolonlarda, etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı belirlenmiş ve etriyelerin ortalama 250 mm aralıkla düzenlendiği ölçülmüştür (Şekil 4.92.a-b). Etriyelerde sargı etkisini zayıflatan 90° kanca yapıldığı görülmüştür. Kolonlarda boyuna donatı olarak S420, enine donatı olarak da S220 dayanım sınıfı donatı kullanılmıştır (Şekil 4.92.c). Yetersiz enine donatı nedeniyle kolon boyuna donatılarında burkulma meydana gelmiştir (Şekil 4.92.c). - Gözlemsel incelemede beton dayanımının düşük ve içindeki kil oranının çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca agrega olarak kullanılan dere çakılının uygun granülometride kullanılmadığı görülmüştür (Şekil 4.92). - Binada hasarlar zemin katta yoğunlaşmıştır. Üst katlarda sadece dolgu duvarlarda hasar gözlenmiştir. Hasarın zemin katta yoğunlaşmasında, ticarethane olarak kullanılan zemin katın kat yüksekliğinin üst katlara oranla fazla olması ve arka cephe dışında dolgu duvarların büyük oranda kaldırılmasından kaynaklanan yumuşak/zayıf kat düzensizliğinin artırıcı etkisinin olduğu düşünülmektedir. - Dolgu duvarlarında geniş çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 4.93).										



Şekil 4.90 Bina cephe görüntüleri a) ön cephe, b) arka cephe



Şekil 4.91 Bina arka cephe kolonlarında meydana gelen kesme hasarları



Şekil 4.92 Kesme hasarı gözlenen zemin kat kolon detayı a) hasar durumu, b) enine donatı aralığı, c) boyuna donatı hasar durumu ve enine donatı kanca detayı



Şekil 4.93 Dolgu duvar hasarı

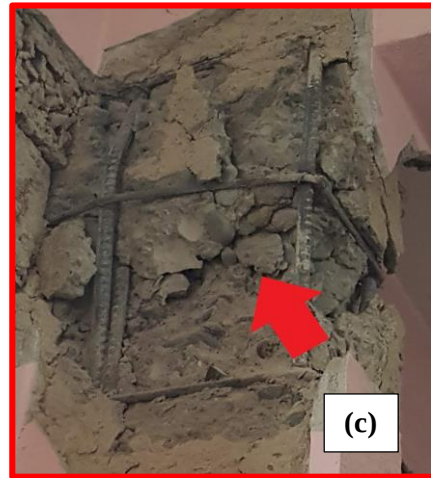
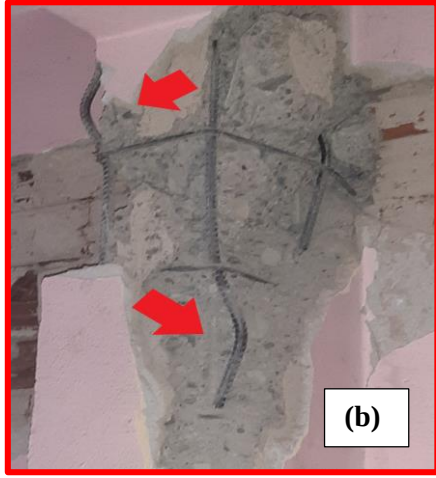
Bina	Harmanlı Sok. No:12					Bina Tipi	Konut+İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yük. (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1995	Z+4	3.2	2.7	25/50	20/50	Var	Var	Var	Yok	Bitişik/Köşe

Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

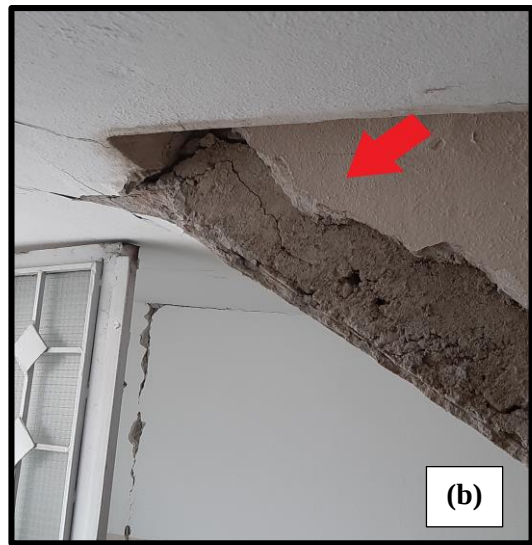
- Giriş katı ticarethane üst katları konut olarak kullanılan binanın (Şekil 4.94), zemin kat arka cephe kolonları kesme kuvveti etkisinde hasar görmüştür (Şekil 4.95).
- Kesme hasarı meydana gelen kolonlarda, etriye sıklaştırılması yapılmamış, etriyeler ortalama 250 mm aralıkla düzenlenmiştir (Şekil 4.95). Kolonlarda boyuna donatı olarak S420, enine donatı olarak da S220 dayanım sınıfı donatı kullanılmıştır (Şekil 4.95.c). Enine donatının sık aralıklarla düzenlenmemesi nedeniyle kolon boyuna donatılarında burkulma meydana gelmiştir (Şekil 4.95.b-c).
- Saha incelemesinde beton dayanımının düşük, kullanılan agreganın da standartlara uygun olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.95.c).
- Binada hasarlar zemin katta yoğunlaşmıştır. Üst katlarda sadece dolgu duvarlarda hasar gözlenmiştir. Hasarın zemin katta yoğunlaşmasında, yumuşak/zayıf kat düzensizliğinin artırıcı etkisinin olduğu düşünülmektedir.
- Dolgu duvarlarında çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 4.96). Merdiven kolunun ara sahanlık plağı ile birleştiği bölgede çatlak oluşmuştur.



Şekil 4.94 Bina cephe görüntüleri a) ön cephe, b) arka cephe



Şekil 4.95 Kesme hasarı gözlenen zemin kat kolonunun hasar durumu ve donatı detayları, a) hasar durumu, b) boyuna donatı hasar durumu, c) beton içindeki agrega dağılımı



Şekil 4.96 Deprem hasarı a) dolgu duvar, b) merdiven plağı

Bina	Kardelen Sok. No:23					Bina Tipi	Konut + İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yük. (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1994	B+Z+4	3.9	2.7	30/90 30/80	20/50	Var	Var	Var	Yok	Ayrık

Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

- Giriş katı ticarethane, üst katları konut olarak kullanılan binanın (Şekil 4.97), zemin kat sol yan cephe kolonlarında kesme hasarları meydana gelmiştir (Şekil 4.98). Kolon hasarında, ticarethane olarak kullanılan zemin katın diğer katlara oranla kat yüksekliğinin fazla olması, ana caddeye bakan cephede ve iç akslarda dolgu duvarın büyük oranda kaldırılmasından kaynaklanan yumuşak/zayıf kat düzensizliğinin artırıcı etkisinin olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ticarethanede dolgu duvarların asimetrik yerleşiminden kaynaklanan burulma düzensizliği ve bodrum katta bulunan garaj mahalline giriş için zemin kat döşemesinde bırakılan boşluktan (Şekil 4.97.b) kaynaklanan düzensizliklerin de kolon hasarı üzerinde ilave olumsuz etkisinin olduğu düşünülmektedir.
- Zemin katta binanın inşasından sonra asma kat eklendiği belirtilmiştir.
- Birinci kat seviyesinde yapılan kapalı çıkmalarda, alın kirişinin kullanılmaması nedeniyle kapalı çıkma döşemelerinde sehim gözlenmiştir (Şekil 4.97.c).
- Dolgu duvarlarında çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 4.99.a). Özellikle çerçeve içinde bulunmayan dolgu duvarlarda çatlakların, duvar malzemesinin dökülmesine neden olacak kadar genişlediği görülmüştür (Şekil 4.99.b).
- Binada tali kirişlerin çok sık kullanıldığı ve ana kirişlere bağlantılarının dayanımı olumsuz etkileyecek şekilde düzenlendiği görülmüştür (Şekil 4.99.b).





Şekil 4.97 Bina cephe görüntüleri



Şekil 4.98 Kesme hasarı gözlenen zemin kat kolonları



Şekil 4.99 Deprem hasarı, a) dolgu duvar b) hatalı tali kiriş birleşimi ve dolgu duvar

4.4.9. Sürsürü Mahallesi

Sürsürü Mahallesi, şehrin nüfus yoğunluğu en yüksek olan mahallesi olup yapılaşma 1965 yılında başlamıştır (Tablo 2.1 ve Tablo 2.2). Şehrin gelişme yönü olan batı bölgesinde konumlanması ve Fırat Üniversitesi yerleşkesine yakın olması nedeniyle mahallede yoğun yapılaşma olmuştur. Mevcut bina stokunun %63'ünü betonarme karkas binalar oluşturmaktadır (Tablo 2.3). Ticari anlamda arsa paylarının yüksek olduğu mahallede çok katlı binalar oldukça yaygındır. 24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi sonrası il merkezinde tamamen göçen üç binadan biri olan Dilek Apartmanı, Sürsürü Mahallesinde bulunmaktadır. Binanın tamamen göçmesi ve saha incelemesi sırasında enkaz kaldırma çalışmaları nedeniyle tanınan sınırlı imkânlardan dolayı binanın göçmesine neden olan kusurlar yeterli düzeyde belirlenememiştir. Ancak enkaz alanında sınırlı imkânlar ile yapılan gözlemler ve çekilen resimlerden (Şekil 4.100, 4.101), göçen kolonlarda enine donatı sıklaştırılmasının yapılmadığı (Şekil 4.101.a), etriyelerin geniş aralıklarla (ortalama 300 mm) düzenlendiği (Şekil 4.101.a), etriye kancalarının yönetmeliğe uygun yapılmadığı (Şekil 4.101.b) ve kullanılan betonun agrega granülometrisinin uygun olmadığı görülmektedir (Şekil 4.101.c). Enkazdan alınan beton numuneler üzerinde laboratuvar da yapılan testler neticesinde, beton dayanımının 8 MPa'ın altında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Grup Koordinatörü Doç. Dr. Kürşat Esat ALYAMAÇ, Dilek Apt.'nın, 2007 Sivrice Depreminde orta seviye hasar gördüğünü ve binanın güçlendirilmeden sıvanarak kapatıldığı bilgisine ulaşmıştır. Sürsürü Mahallesinde incelenen hasarlı binaların bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 4.100 Toptan göçen binanın enkaz görüntüleri





Şekil 4.101 Göçen binanın kolonlarındaki donatı düzeni ve kullanılan beton malzemesi

Bina	Meriç Sok. Alperen Sitesi					Bina Tipi	Konut			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1990	Z+3	-	-	25/60	20/55	Var	Yok	Yok	Yok	Ayrık
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- Site ayrık nizamda inşa edilen beş adet bloktan oluşmaktadır (Şekil 4.102). Bloklardan üç tanesinde bodrum kat bulunurken iki tanesinde bulunmamaktadır. - Zemin kat tavan seviyesinde yapılan kapalı çıkma döşemelerinde sehim gözlenmiştir (Şekil 4.103). - Bodrum katı olmayan bloklarda, zemin kat taban döşemesi ile temel arasında donatı kullanılarak bir bağlantı yapılmadığı gözlenmiştir. Bu uygulamanın neticesinde temel ile taban döşemesi arasında ayrılma meydana gelmiştir (Şekil 4.104). - Özellikle bodrum katı olmadan inşa edilen bloklarda zemin kat merdiven plağı ile merdiven basamakları arasında çatlak oluşmuştur (Şekil 4.105). Hasar oluşumunda, temel dolgusuna oturan zemin kat döşemesine mesnetlenen merdiven plağının deplasman yapmasının etkili olduğu düşünülmektedir. - Bodrum katı olmayan blokların zemin kat kolonlarında nem probleminin olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.106). - Deprem sonrası beton örtü tabakası dökülen zemin kat kolonlarında, temel seviyesinde bırakılan kolon filiz donatılarının eğilerek kolon içerisine alındığı görülmüştür (Şekil 4.107.b-e). Bu uygulama bloklarda donatı ve kalıp işçiliğinin kötü olduğunu göstermesi bakımından önemlidir. Açığa çıkan kolon donatılarından enine donatı sıklaştırılmasının yapılmadığı, etriye kancalarının ise 90° yapıldığı gözlenmiştir. Ayrıca donatıların S220 dayanım sınıfı düz yüzeyli çelik olduğu ve kesit azalmasına neden olmayacak oranda korozyona uğradığı gözlenmiştir (Şekil 4.107). - Bodrum katı olan bloklarda yapılan incelemede, bazı kolonlarda pas payının olmaması nedeniyle donatıların açıkta olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.108). Kolonlarda enine donatı sıklaştırılması yapılmamış ve etriyeler ortalama 300 mm aralıkla düzenlenmiştir (Şekil 4.108.b).										

Boyuna donatıların bazısında burkulma gözlenmiştir. Beton örtüsündeki dökülmenin depremden önce olması, inşaatın yapımı aşamasında kalıp sökülürken beton örtü tabakasının da dökülmüş olacağını göstermektedir. Bu gözlem teknik ekipte dökülen betonun kıvamının yüksek olduğu fikrini oluşturmuştur. Bazı kolonların ise şakülünde yapılmadığı, kolon alt ucu ile üst ucu arasında yaklaşık 30-40 cm arasında fark olduğu görülmüştür (Şekil 4.108.c). Kolon kiriş birleşiminde ise yine eğrilik gözlenmiştir (Şekil 4.108.d). Bu gözlemler blokların kötü bir donatı ve kalıp işçiliği ile yapıldığı fikrini teyit etmektedir.

- Çerçeve kirişlerinde kesme çatlağı meydana gelmiştir (Şekil 4.109).
- Özellikle bodrum katı olmayan bloklarda, dolgu duvarlarda derin çatlaklar oluşmuş (Şekil 4.110, 4.111), çerçeve içinde olmayan dolgu duvarlarda çatlak genişliği yer yer 13 mm ile 30 mm arasında bir genişliğe ulaşmıştır (Şekil 4.111.c-f).



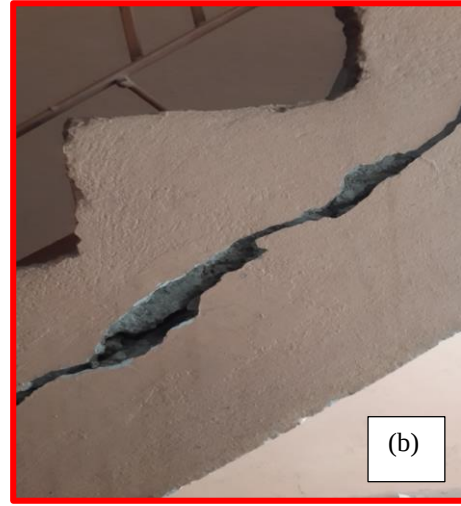
Şekil 4.102 Blokların dış cephe görüntüsü



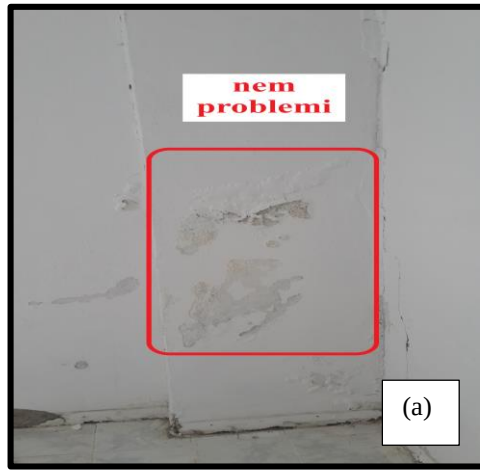
Şekil 4.103 Kapalı çıkma tasarım detayı



Şekil 4.104 Temel ile zemin kat döşemesinin birleşimi



Şekil 4.105 Merdiven hasarı ve detayı



Şekil 4.106 Zemin kat kolonlarında gözlenen nem problemi

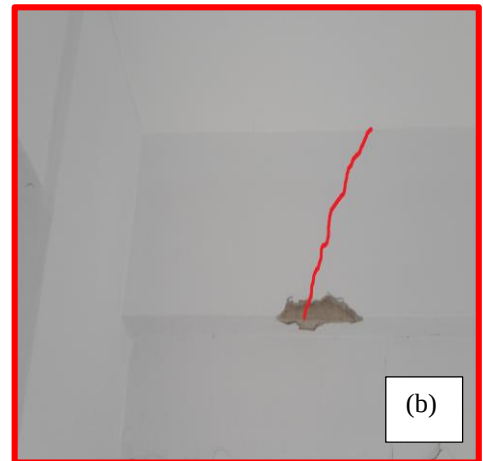




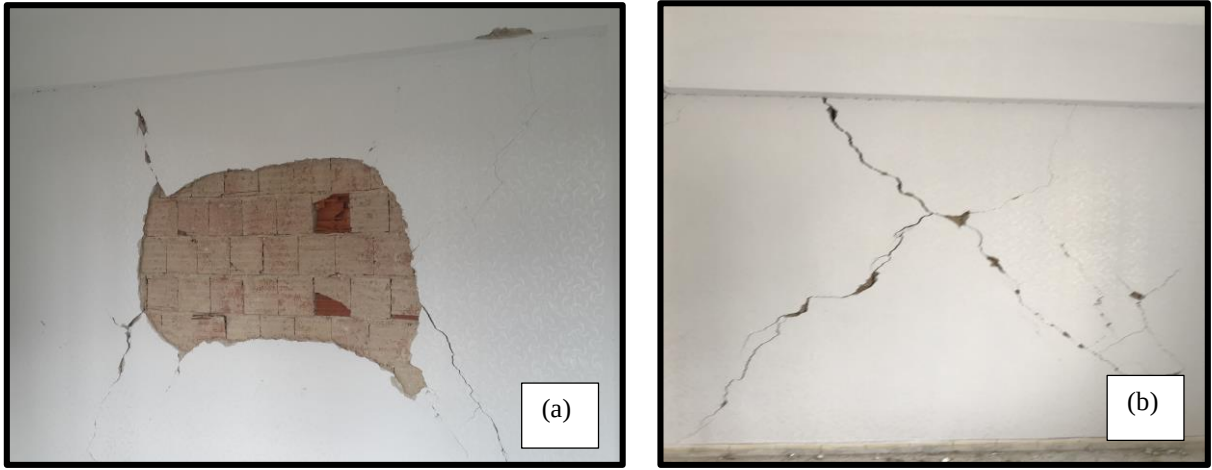
Şekil 4.107 Zemin kat kolon hasarı ve filiz donatısı ile enine donatı detayı



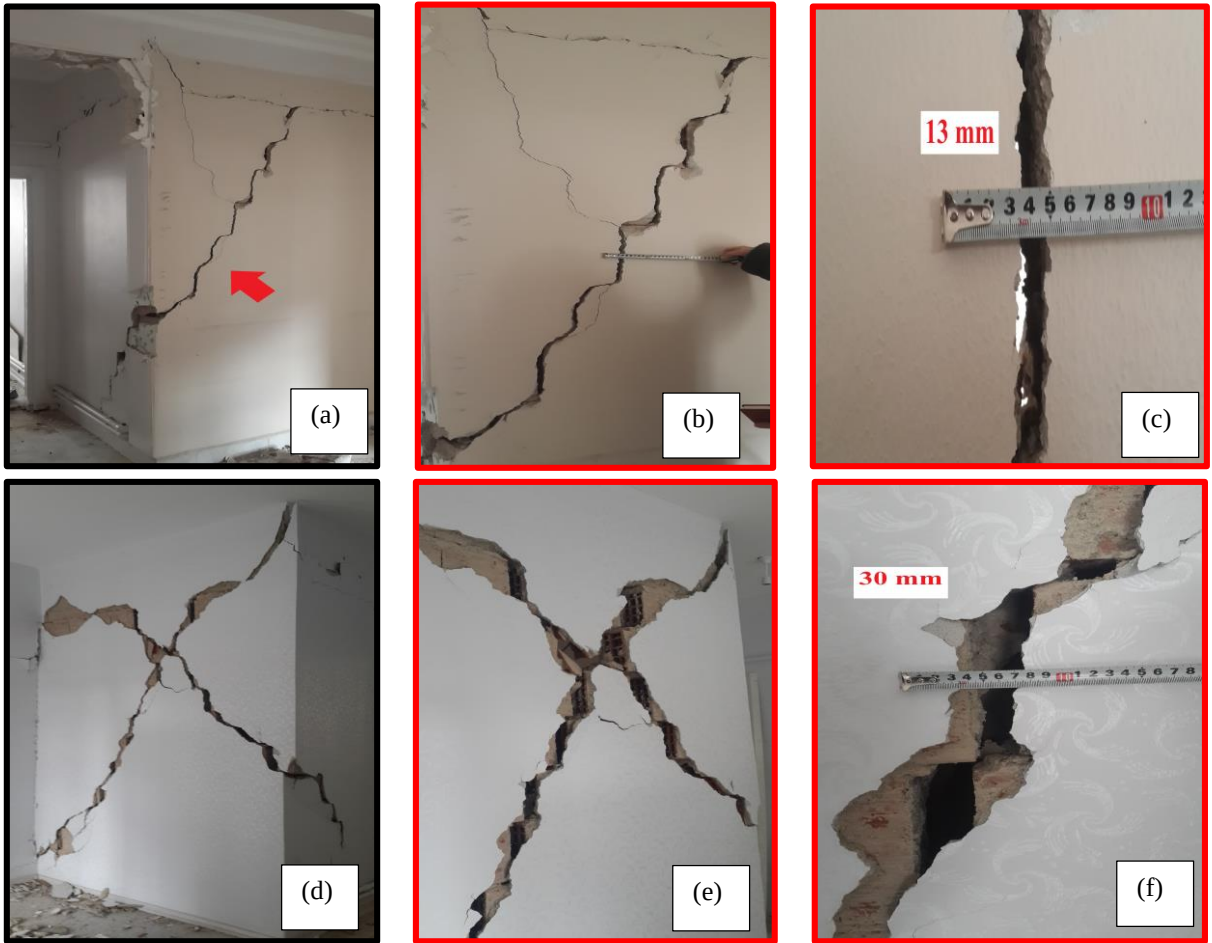
Şekil 4.108 Bodrum kat kolonlarında gözlenen işçilik kusurları



Şekil 4.109 Çerçeve kirişinde gözlenen kesme çatlağı



Şekil 4.110 Dolgu duvar hasarı



Şekil 4.111 Çerçeve içinde olmayan dolgu duvarlarda oluşan çatlaklar ve çatlak genişlikleri

Bina	Töre Sitesi					Bina Tipi	Konut			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1990	B+Z+4	-	-	20/50 20/80	-	Yok	Yok	Yok	Yok	Ayrık

Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

- Site ayrık nizamda inşa edilen iki bloktan oluşmaktadır (Şekil 4.112). 1990 yılında başlanan inşaatı ancak 2000 yılında tamamlanmıştır. Bodrum katı çepeçevre betonarme perde ile çevrili olan bloklardan birinde kazan dairesinin kapı girişi için boşluk bırakılmıştır (Şekil 4.112.a).
- Binanın konsol kirişler üzerine oturan balkon döşemelerinde sehim gözlenmiştir (Şekil 4.112.c).
- Bodrum katta beton örtüsü dökülen kolonlarda yapılan incelemelerde, kolon uçlarında etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı ve etriyelerin ortalama 350-400 mm aralıklarla düzenlendiği görülmüştür (Şekil 4.113). İncelenen kolonlarda boyuna donatı çapı 14 mm ve filiz boyu ise 700 mm ölçülmüştür (Şekil 4.113.b-c).
- Bodrum kat kolonlarının donatılarında korozyon gözlenmiştir. Ancak korozyon hacimde azalma oluşturmaz düzeydedir. Korozyon oluşumunda bodrum kattaki nem probleminin ve ortalama 10 yıl süren inşaat süresinin etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.113.a). Donatı olarak S220 dayanım sınıfı düz yüzeyli donatı kullanılmıştır.
- Deprem sonrası bodrum kat kirişlerinde kesme çatlağı meydana gelmiştir (Şekil 4.114.a). Kirişlerde enine donatı sıklaştırılmasının yapılmadığı, etriyelerin geniş aralıklarla düzenlendiği hatta beton örtüsü dökülen bir kirişte “U” şeklinde iki donatının birleştirilerek etriye yapıldığı gözlenmiştir (Şekil 4.114.b). Kirişlerin deprem dayanımını olumsuz etkileyecek şekilde taşıyıcı kirişin plastik mafsallık bölgesinde tali kiriş bindirmesi yapılmıştır (Şekil 4.114.c).
- Zemin kat dolgu duvarlarında X deprem çatlakları meydana gelmiştir (Şekil 4.115).

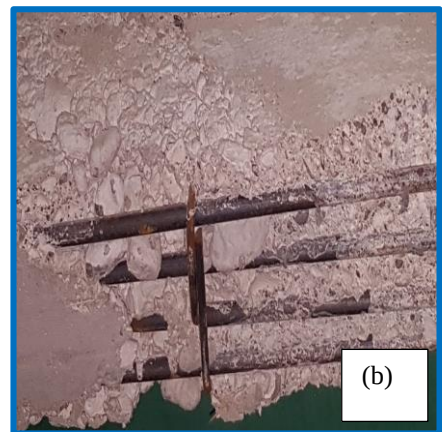




Şekil 4.112 Sitenin cephe görüntüleri ve sehim gözlenen balkon döşemesi



Şekil 4.113 Bodrum kat kolonu ve donatı düzenleme detayları





Şekil 4.114 Kiriş görüntüleri, a-b) kesme hasarı meydana gelen kiriş ve etriye detayı, c) tali kiriş mesnet detayı



Şekil 4.115 Dolgu duvar hasarları

Bina	Arslanoğulları					Bina Tipi	Konut+ İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1991	Z+4	2.85	2.85	-	-	Var	Yok	Var	Var	Ayrık

Tespit edilen hasarlar ve nedenleri

- Site, ikisi bitişik nizamda diğer ikisi ise ayrık nizamda inşa edilen dört bloktan oluşmaktadır (Şekil 4.116-Şekil 4.117). Sitenin sadece bir bloğunda bodrum kat bulunmaktadır. Sitenin ana cephede cepheli bitişik nizamda inşa edilen iki bloğunun zemin katının bir bölümü ticarethane olarak kullanılmıştır (Şekil 4.116.a-b). Bitişik nizamda inşa edilen iki blok arasında yeterli dilatasyon derz aralığı bırakılmadığından, iki blok arasında düzensiz bir çatlak oluşumu meydana gelmiştir (Şekil 4.116.c). Blokların plan geometrisi L şeklindedir. Elazığ Belediyesi arşivinden temin edilen projelerinde iptal edilen kapalı çıkmaların yerinde inşa edildiği anlaşılmaktadır (Şekil 4.116, 4.117).
- Sitenin ayrık nizamda inşa edilen ve arka sokağa cepheli iki bloğunda ise üç cephede guse şeklinde konsol kirişlere oturan kapalı çıkma bulunmaktadır (Şekil 4.117.a-b).
- Bodrum kat olmadan inşa edilen arka blokların zemin katlarında ilginç betonarme elemanlar ile karşılaşmıştır (Şekil 4.118). Elazığ ilinde önceden meydana gelen depremler ve/veya zemindeki oturmalar nedeniyle hasar gören taşıyıcı sistem elemanlarının desteklenmesi/güçlendirilmesi amacıyla yapıldığı düşünülmektedir. Ancak büyük bir ihtimalle mühendislik hizmeti alınmadan yapılmıştır.
- Zemin katta ticarethane olarak kullanılan mahallin kolonlarında çatlaklar gözlenmiştir (Şekil 4.119). Kolonların bir kısmında beton örtü tabakasında çatlama ve dökülme gözlemlenirken iki kolondaki hasar ileri seviyede meydana gelmiştir. Her iki kolonda da etriye sıklaştırılmasının (etriye aralığı ortalama 300 mm) yapılmaması nedeniyle, boyuna donatılar burkulmuştur (Şekil 4.119-4.120). Donatı olarak S220 dayanım sınıfı düz yüzeyli donatı kullanılmıştır. Ayrıca beton dayanımının çok düşük ve agrega granülometrisinin uygun olmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.120).
- Dolgu duvarlarda derin çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 4.121). Özellikle bodrum katı olmayan bloklarda, zemindeki oturma nedeniyle taban döşemelerinde sehim ve dolgu duvarlarda geniş çatlaklar gözlenmiştir (Şekil 4.122.a).
- Binaların çerçeve kirişlerinde ise kesme çatlakları oluşmuştur (Şekil 4.122.b).

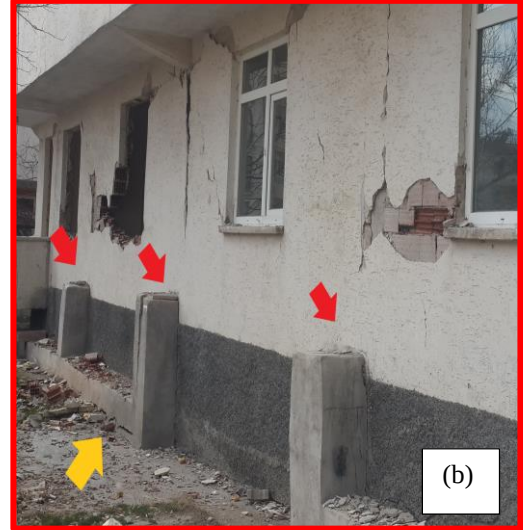


Şekil 4.116 Sitenin ön iki bloğu için cephe görüntüleri

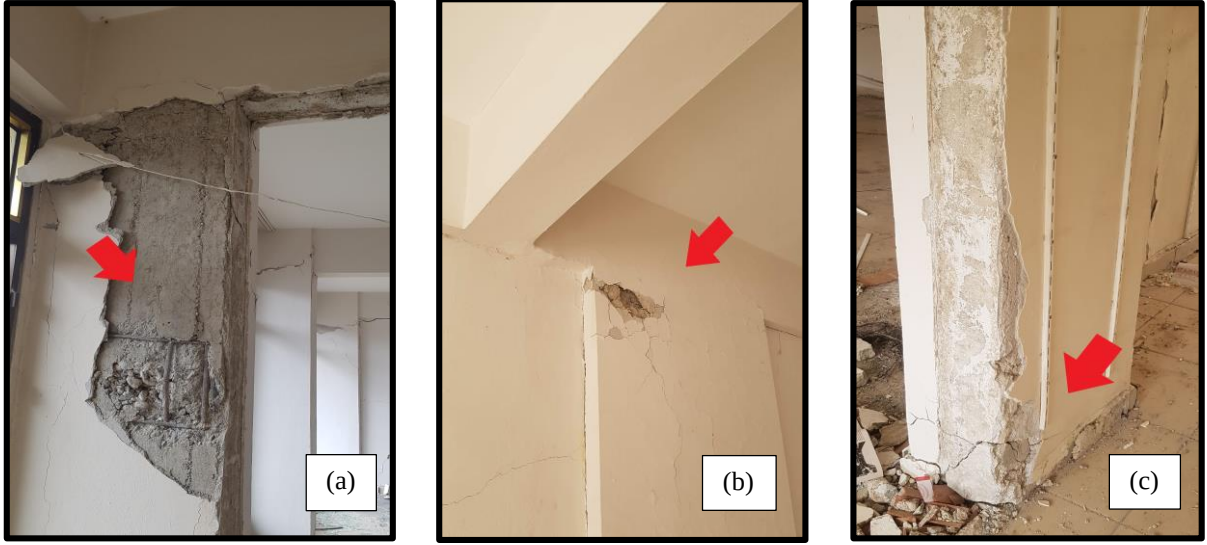




Şekil 4.117 Sitenin arka iki bloğu için cephe görüntüleri



Şekil 4.118 Sitenin arka bloku güçlendirme imalatı



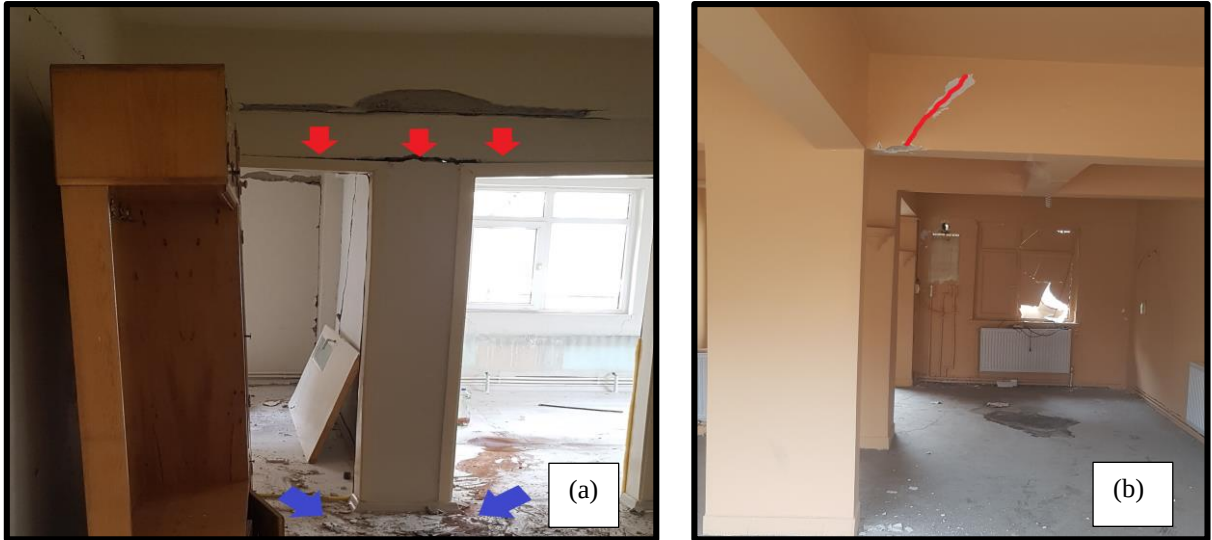
Şekil 4.119 Hasar gören zemin kat kolonları



Şekil 4.120 Ağır hasar gören kolon ve malzeme detayları



Şekil 4.121 Dolgu duvar hasarı



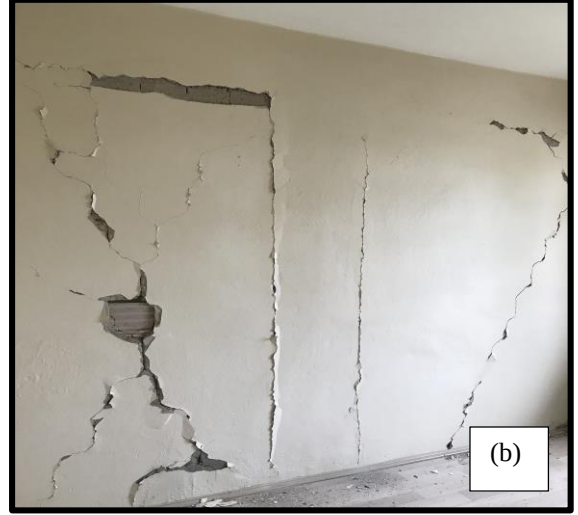
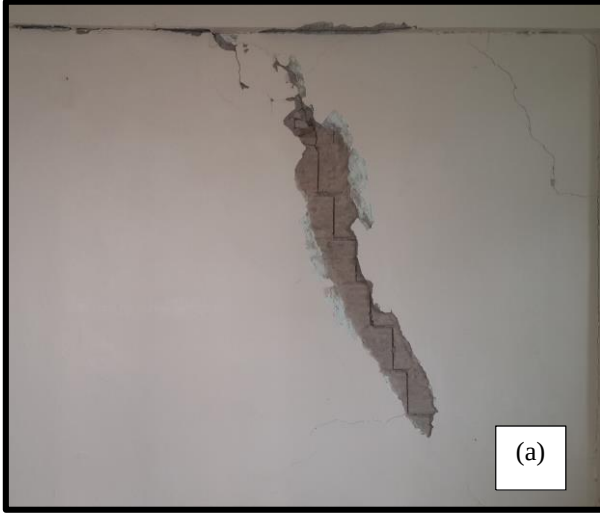
Şekil 4.122 Deprem hasar görüntüleri, a) zemindeki oturma nedeniyle döşemede sehim ve dolgu duvar çatlağında genişleme, b) kirişte kesme çatlağı

Bina	Meriç Sok. No:36					Bina Tipi	Konut			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1995	Z+4	2.85	2.85	-	-	Yok	Yok	Yok	Var	Ayrık
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
• Site ayrık nizamda inşa edilen dört bloktan oluşmaktadır (Şekil 4.123). Bloklardan sadece birinde bodrum kat bulunmaktadır. Bloklar L şeklinde plan geometrisine sahiptirler (Şekil 4.123). • Bodrum katı olmayan bloklarda zemin kat dolgu duvarlarında, yer yer sıva dökülmesine neden olan geniş çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 4.124). • Bodrum katı bulunan blokta, bodrum katta zemin suyunun biriktiği küçük bir çukurun olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.125). Site sakinlerinden alınan bilgilere göre bodrum katı bulunmayan blokların zemin katlarında nem problemi ile sık sık karşılaşmıştır. • Bodrum katta geometrik şekli yamuk olan kolon bulunmaktadır (Şekil 4.126.a-b). Yamuk geometrik şekilli kolona kirişler diyagonal olarak oturmuştur (Şekil 4.126.c). Bodrum kat kolonlarının betonlarında bodrumdaki nem nedeniyle yer yer kolon yarı yüksekliğine kadar uzayan karbonatlaşma gözlenmiştir (Şekil 4.126.b). • Beton örtüsü dökülen kirişlerde, etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı ve etriyelerin yaklaşık 300 mm aralıkla düzenlendiği gözlenmiştir (Şekil 4.127.a). • Beton örtüsü dökülen kolon ve kirişlerde yapılan incelemede, betondaki agrega granülometrisinin uygun olmadığı, donatı olarak S220 dayanım sınıfı düz yüzeyli donatı kullanıldığı gözlenmiştir. Özellikle bodrum kat taşıyıcı sistem donatılarında, kesit azalmasına neden olmayacak düzeyde korozyon bulunmaktadır.										





Şekil 4.123 Blokların dış cephe görüntüleri



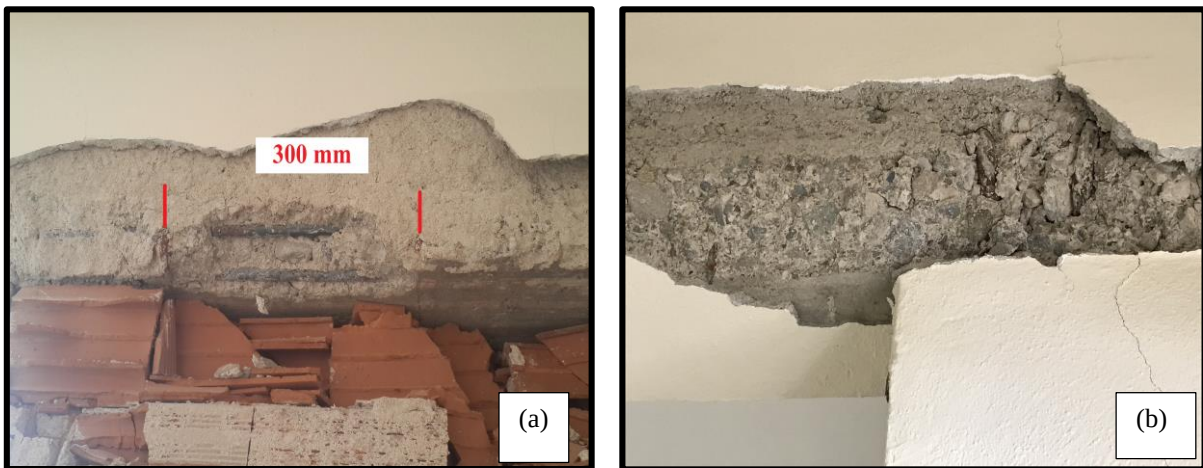
Şekil 4.124 Dolgu duvar hasarı



Şekil 4.125 Bodrum katta açılan ve içi su dolu olan çukur



Şekil 4.126 Yamuk şeklinde plan geometrisine sahip kolon



Şekil 4.127 Kirişde donatı düzeni ve beton malzemesi detayı

4.4.10. Sivrice İlçesi

Hazırlanan raporda asıl amaç Elazığ İli merkez mahallerinde 24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi sonrası meydana gelen hasar oluşumunu incelemektir. Ancak depremin merkez üssü Çevrimtaş Köyü'ne 0.81 km uzaklıkta olan Sivrice İlçesi'nde oluşan deprem hasarlarını incelemek de faydalı olacaktır.

Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindeki aktif fayların geçtiği ilçede sık sık orta büyüklükte depremler meydana gelmektedir. Raporumuz konusu depreme en yakın tarihlerde 2 adet sığ deprem meydana gelmiştir. 27 Aralık 2019 Topaluşağı-Sivrice merkezli birinci depremin aletsel büyüklüğü 5.1 (MI=5.1), odak derinliği 5 km iken 04 Nisan 2019 Kavakköy-Sivrice merkezli ikinci depremin ise aletsel büyüklüğü 5.2 (MI=5.2), odak derinliği 3 km'dir [31,32]. Bu depremlerde ilçe merkezindeki ve ilçeye bağlı köylerdeki binalarda çeşitli seviyelerde hasar oluşmuştur. Örneğin Sivrice İlçe Emniyet Hizmet Binası ve Lojman Binası 04 Nisan 2019 tarihinde meydana gelen depremde orta hasar görürken son depremde ağır hasar görmüş ve acilen yıkılmıştır. Bu durum, Sivrice ilçesindeki binaların tekrarlı deprem yükleri altında zorlandığını göstermektedir.

İlçede kamu yapıları dışında az sayıda betonarme bina bulunmaktadır. Mevcut binaların büyük bir çoğunluğu az katlı yığma binalardan oluşmaktadır. İlçede betonarme binalarda gözlenen hasarlar bu başlık altında, yığma binalarda gözlenen hasarlar ise bir sonraki başlık altında açıklanmıştır.

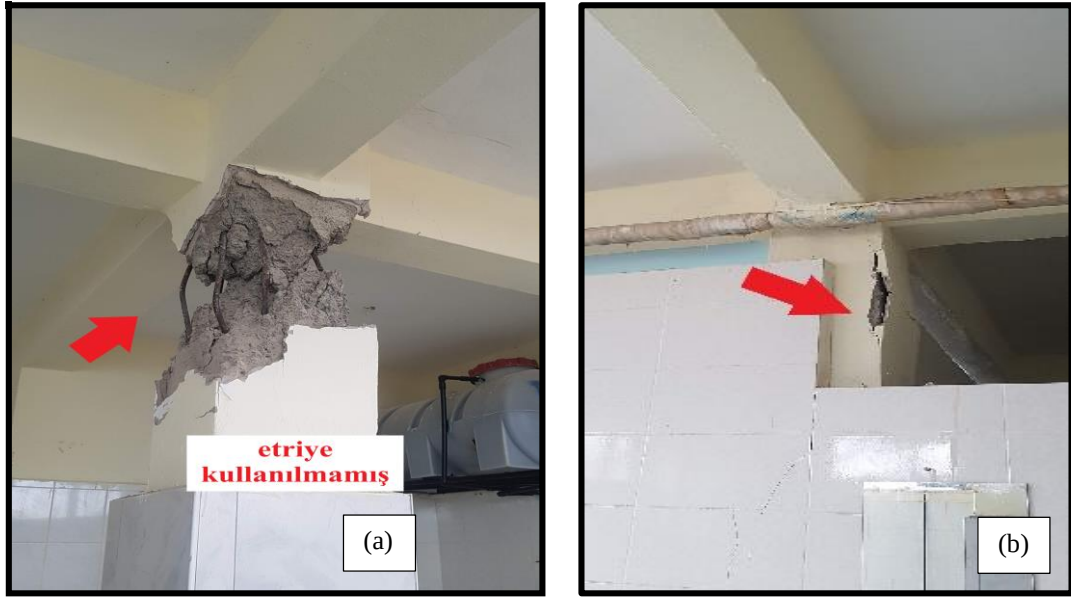
Bina	Sivrice Merkez Camii					Bina Tipi	İbadethane			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
2000	B+Z+1	3.15	-	35/35 35/50 85/85	20/50	Yok	Var	Var	Yok	Ayrık
Tespit edilen hasarlar ve nedenleri										
- İlçe merkezinde bulunan caminin zemin katı ticarethane olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.128). - Cami binası 2004 ve 2007 tarihinde meydana gelen Sivrice depremlerinde orta düzeyde hasar görmüştür. Güçlendirilmesi yönündeki öneriler dikkate alınmayarak bina sadece onarılmıştır [13]. 24 Ocak tarihinde meydana gelen deprem sonrası kolonlarda ağır hasar oluşmuştur (Şekil 4.129-4.131). Özellikle zemin kat kolonlarında yetersiz enine donatı nedeniyle boyuna donatılar burkulmuş ve çekirdek beton dağılmıştır. Hasar gören kolonlarda, sarılma bölgesinde ve kolon kiriş birleşim bölgesinde enine donatı gözlenmemiştir (Şekil 4.130.a). - Cami binasının arka cephesinde bulunan ve bant pencere nedeniyle oluşan kısa kolonlarda kesme hasarı meydana gelmiştir (Şekil 4.131.a). Hasar nedeniyle beton örtüsü dökülen kısa kolonlarda yapılan incelemede, etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı ve etriye kancalarının sargı etkisi oluşturacak şekilde düzenlenmediği gözlenmiştir (Şekil 4.131.c-d). Betondaki agrega dağılımının uygun olmadığı ve betonun dayanımının yetersiz olduğu da tespit edilmiştir (Şekil 4.131.d). - Cami kemerlerinde kesme çatlakları meydana gelmiştir (Şekil 4.132). - Cami binasının birinci kat dolgu duvarlarında ileri düzey X çatlakları meydana gelmiştir. Çatlaklar neticesinde bazı dolgu duvarlarda düzlem dışı devrilmeler gözlenmiştir (Şekil 4.133).										



Şekil 4.128 Sivrice Merkez Camisi dış cephe görüntüleri



Şekil 4.129 Cami giriş cephesi kolonu ve hasar detayları



Şekil 4.130 Hasar gören zemin kat kolonları



Şekil 4.131 Kısa kolon düzensizliği nedeniyle hasar gören kolonlar ve donatı detayı



Şekil 4.132 Kemer kirişi ve hasar detayı



Şekil 4.133 Dolgu duvar hasarları

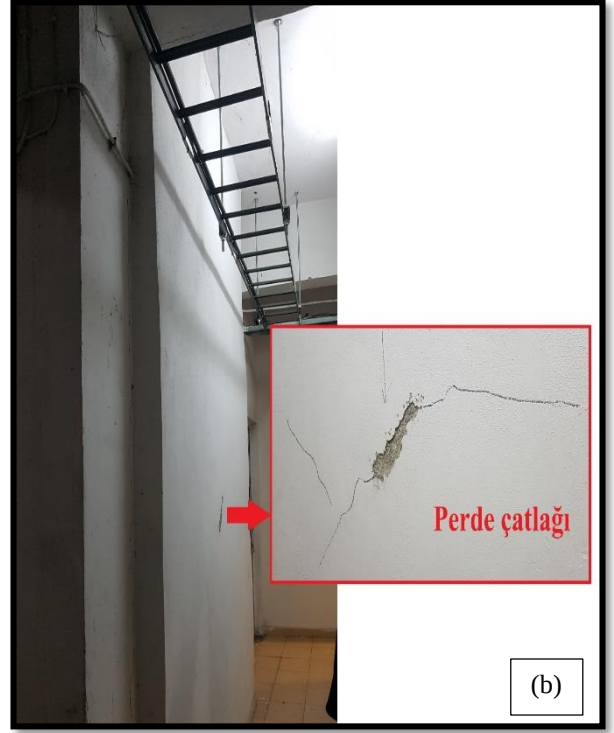
Bina	PTT Hizmet Binası ve Lojman Binası					Bina Tipi	Kamu hizmet binası + konut			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1990	B+Z+3	4.2	2.6	65/85 90/50	40/60 45/70	Var	Yok	Var	Yok	Bitişik (köşe)

Gözlenen hasarlar ve nedenleri

- Binanın giriş katı PTT hizmet binası, üst katları ise lojman olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.134).
- Bina Sivrice Depremi'nde (2007) hasar görmüş ve 2009 yılında güçlendirilmiştir [12]. Güçlendirme çalışmalarında normalde B+Z+4 katlı inşa edilen binanın son katı yıkılmış ve güçlendirme perdeleri eklenmiştir. Ayrıca tuğladan imal edilen dolgu duvarlar kaldırılarak yerine gaz beton kullanılarak dolgu duvar yapılmıştır.
- 24 Ocak 2020 tarihinde meydana gelen deprem sonrası binada güçlendirme perdelerinde çatlaklar gözlenmiştir. Güçlendirme perdesi ile bağlandığı kolon arasında düşey yönlü çatlaklar, perde gövdesinde ise diyagonale yakın çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 4.135).
- Tüm katlarda dolgu duvar ile çerçeve arasında çatlaklar gözlenmiştir (Şekil 4.136).



Şekil 4.134 PTT Hizmet binası ve lojman binası dış cephe görüntüleri



Şekil 4.135 Güçlendirme perdelerinde meydana gelen hasarlar



Şekil 4.136 Dolgu duvar hasarları

Bina	Ziraat Bankası Hizmet Binası ve Lojmanı					Bina Tipi	Kamu hizmet binası			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/ Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1984	B+Z+1	2.9	2.3	30/95 30/65 50/65	40/60	Yok	Yok	Var	Var	Bitişik (köşe)
Gözlenen hasarlar ve nedenleri										
• Binanın giriş katı hizmet binası, üst katı ise lojman binası olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.137). • Binanın bir cephesi girintili olarak inşa edilmiştir (Şekil 4.137). • Binada dolgu duvar ile çerçeve arasında çatlak gözlenmiştir (Şekil 4.138).										



Şekil 4.137 Ziraat Bankası hizmet ve lojman binası dış cephe görüntüsü



Şekil 4.138 Dolgu duvar hasarları

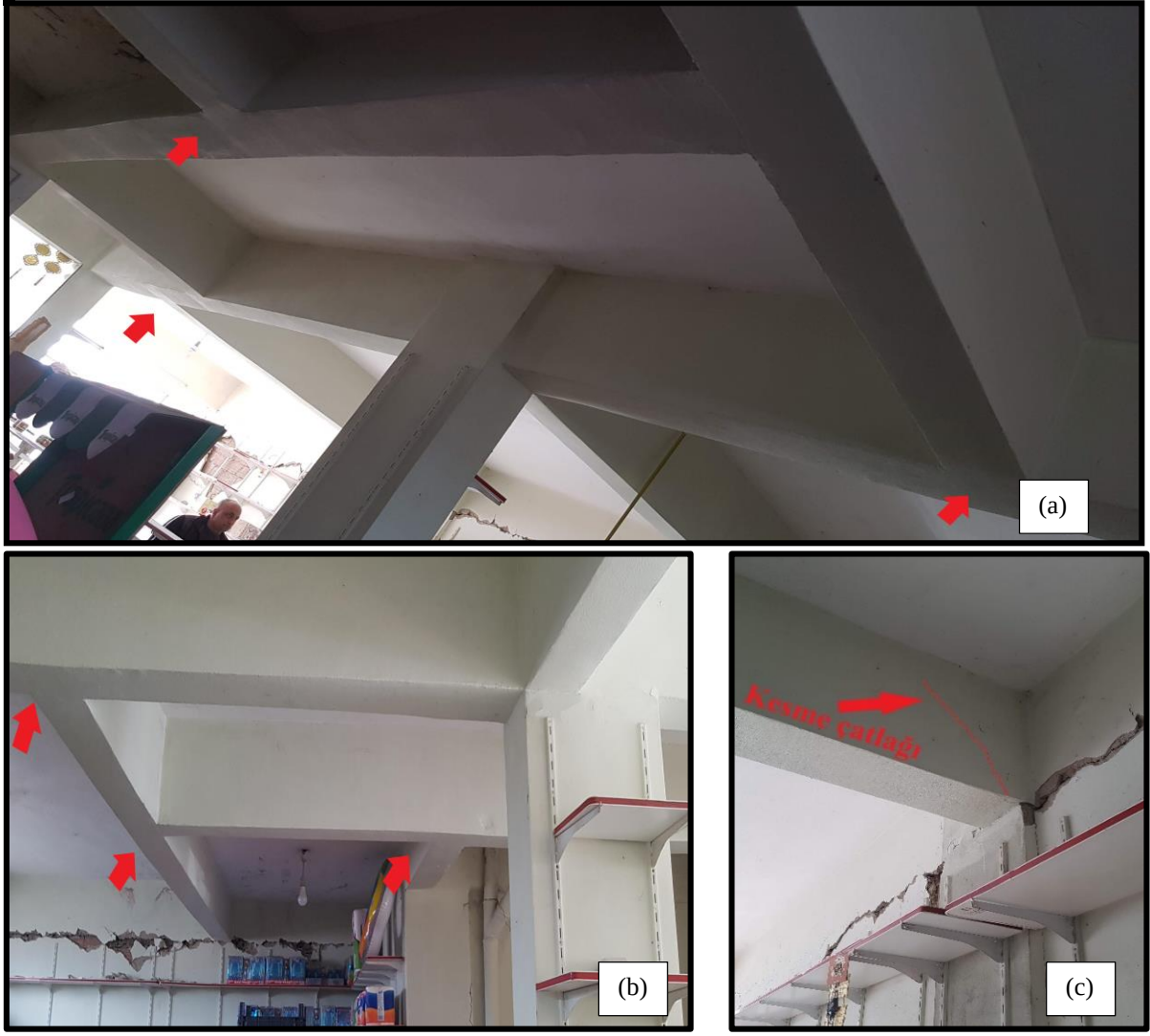
Bina	Ennadir AVM					Bina Tipi	Konut+ İş yeri			
Yapım Yılı	Kat Sayısı	Kat Yüksekliği (m)		Taşıyıcı Sis. Boy. (cm)		Düzensizlik				Yapı Nizamı
		Zemin	Normal	Kolon	Kiriş	Kapalı Çıkma	Kısa Kolon	Yumuşak/Zayıf Kat	Planda Düzensizlik	
1992	B+Z+2	3.1	-	30/50	25/50	Yok	Var	Var	Var	Ayrık

Gözlenen hasarlar ve nedenleri

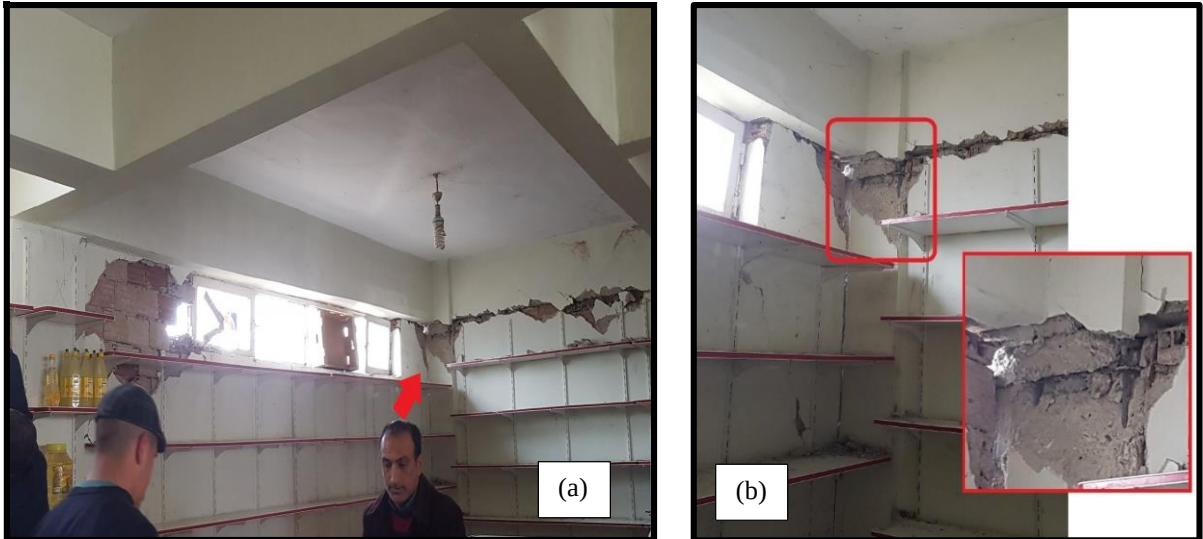
- Binanın giriş katı ticarethane üst iki katı ise konut olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.139).
- Giriş katının ticarethane olarak tasarlanması nedeniyle kolon sayısını azaltmak için çok sayıda tali kiriş kullanıldığı gözlenmiştir. Özellikle dış cephe kolonlarına bağlanan kirişlerde kesme hasarları meydana gelmiştir (4.140).
- Ticarethane olarak kullanılan zemin katta kolon sayısının az olması, mevcut kolonlarında güçlü yönlerinin giriş cephesinde dik yapılması nedeniyle oluşan yumuşak/zayıf kat düzensizliğinin zemin kat kolonlarında meydana gelen hasar oluşumunda etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.141).
- Binada dolgu duvar ile çerçeve arasında çatlak gözlenmiştir (Şekil 4.142).



Şekil 4.139 Bina dış cephe görüntüleri



Şekil 4.140 Zemin kat kirişleri; a-b) tali kiriş düzeni, (c) kiriş kesme hasarı



Şekil 4.141 Hasar gören zemin kat kolonu ve hasar detayı



Şekil 4.142 Dolgu duvar hasarları

5. YIĞMA BİNALARDA GÖZLENEN HASARLAR

5.1.Elazığ İli Merkez Mahallelerinde Gözlenen Yığma Bina Hasarları

Elazığ il merkezine yakın mahallelerde ve uzak mahallelerde çok sayıda yığma bina bulunmaktadır. İl merkezine yakın mahallelerde (Örn., Nailbey Mah., İzzetpaşa Mah., Mustafapaşa Mah., Çarşı Mah., Doğukent Mah., Ulukent Mah.) yığma binaların büyük bir kısmı, harman tuğlası veya düşey delikli yığma tuğla kullanılarak inşa edilmiştir (Şekil 5.1-Şekil 5.3). Ancak merkeze uzak mahallelerde (Örn., Aksaray, Çatalçesme Mah., Salıbaba Mah., Hicret Mah., Kızılay Mah.) yığma binaların büyük bir bölümü kerpiç kullanılarak inşa edilmiştir (Şekil 5.4). Yığma binaların kat sayısı 1-3 kat arasında değişmektedir. Ancak merkez mahallelerden İzzetpaşa Mahallesi ve Nailbey Mahallesi'nde 4-5 katlı yığma binalar da bulunmaktadır (Şekil 5.2). Yığma binaların çok büyük bir bölümü 1960-1980 yılları arasında, büyük oranda mühendislik hizmeti alınmadan, inşa edilmiştir. Son dönemlerde il merkezinde yığma bina inşaatı oldukça azalmıştır.



Şekil 5.1 Harman tuğlası ve düşey delikli tuğla kullanılarak inşa edilen yığma binalar



Şekil 5.2 Çok katlı yığma binalar, (a) Nailbey Mah.'nde bulunan yığma binanın arka cephesi, b-c) İzzetpaşa Mah.'nde bulunan yığma binanın sırasıyla ön ve arka cephesi

24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi sonrası tuğla duvar malzemesi (harman, düşey delikli yığma tuğlası) kullanılarak inşa edilen yığma binalarda yaygın bir hasar gözlenmemiştir. Az sayıda binada, taşıyıcı duvarlarda çatlak oluşumu gözlenmiştir (Şekil 5.3). Betonarme binalara oranla yığma binalarda daha düşük seviyede meydana gelen hasar oluşumunda, geleneksel yapım tekniği etkili olmuştur. Yığma binaların geleneksel yapım tekniğinde, duvarlar arası açıklıklar sınırlı ve taşıyıcı duvar sayısı oldukça fazladır. Bu olumlu tasarım özelliklerinin yanında binalara kullanım ömrü boyunca yapılan ve dayanımını olumsuz etkileyen müdahaleler de mevcuttur. Ancak bu olumsuz etkilere rağmen, yığma binaların çoğu mevcut avantajları sayesinde bu depremi hafif hasarla atlattımlardır.



Şekil 5.3 Tuğla yığma binalarda gözlenen deprem hasarları

Ancak kerpiç kullanılarak imal edilen yığma binalar için aynı durum söz konusu değildir. Kerpiç yığma binaların bir çoğu hasar görmüştür (Şekil 5.4). Kerpiç yığma binalarda döşeme-duvar ve duvar-duvar arasında yetersiz bağlantı nedeniyle, deprem etkisinde taşıyıcı duvarlarda çatlaklar, yerel göçmeler ve düzlem dışı devrilmeler meydana gelmiştir. Ayrıca kerpiç yığma binalar oldukça eski olduğu için bakımsızlık kaynaklı malzeme dayanımındaki azalma ve mahal sakinlerinin zaman içinde yaptıkları kontrolsüz müdahaleler hasarı artırıcı yönde etki göstermiştir.





Şekil 5.4 Kerpiç yığma binalarda gözlenen deprem hasarları

5.2.Sivrice İlçe Merkezi ve Yakın Köylerde Gözlenen Yığma Bina Hasarları

Sivrice ilçe merkezinde ve köylerinde yaygın yığma bina stoku bulunmaktadır. İlçe merkezinde yığma binalar tuğla (Şekil 5.5) veya kerpiç malzeme kullanılarak inşa edilmesine karşın köylerde yoğunlukla kerpiç malzeme veya moloz taş kullanılarak inşa edilmiştir. Özellikle köylerde moloz taş kullanılarak inşa edilen yığma binalarda bağlayıcı harç olarak hiçbir dayanımı olmayan çamur kullanılmıştır. Bu uygulama özellikle kışları oldukça yağışlı ve soğuk geçen ilçedeki binalar için dayanım ve dayanıklılık açısından önemli bir sakınca oluşturmaktadır. Örneğin depremi merkez üssü olan Çevrimtaş Köyü'nde bu yapım tekniği ile inşa edilen binalar büyük oranda yıkılmıştır.

Sivrice ilçe merkezinde harman tuğlası kullanılarak imal edilen yığma binalarda, bina köşelerinde ve boşluk kenarındaki duvar parçalarında kesme çatlakları oluşmuştur (Şekil 5.5). Kerpiç yığma binalarda ise taşıyıcı duvarlarda yerel göçmeler veya toptan göçmeler meydana gelmiştir. Sivrice ilçe merkezindeki ve köylerindeki binaların birçoğunda ilçe merkezli sık sık yaşanan orta büyüklükteki depremlerde de minimum düzeyde hasar meydana gelmiştir. Yığma binaların büyük bir bölümünün inşa tarihinin eski olması, hasar aldıkları orta büyüklükteki depremlerden sonra onarılmamaları nedeniyle mevcut çatlaklar 24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi sonrası artarak binaların taşıyıcılığını olumsuz etkileyen seviyeye ulaşmıştır.





Şekil 5.5 Sivrice ilçe merkezinde hasar gören yığma bina

24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi'nin merkez üssü olan Çevrimtaş Köyü'nde oluşan hasar üzerinde yapısal kusurlara ek olarak özellikle aşağı mahalle olarak tanımlanan yerleşim yerindeki binaların faya yakın olarak inşa edilmeleri etkili olmuştur. Aşağı mahalledeki binalar büyük oranda yıkılmış ve can kaybına neden olmuştur. Fay hattına uzak olan yukarı mahalledeki binalarda ise çeşitli seviyelerde hasar meydana gelmiştir.

Sivrice ilçe merkezine bağlı olan dağ köylerinin birçoğunda yaygın olarak yapılan ve moloz taşın çamur harç kullanılarak birleştirilmesi ile oluşan düşük dayanımlı yığma binalar, rapor konusu depremden sonra önemli oranda hasar görmüştür. Bu yapıım tekniği kullanılarak inşa edilen binaların çoğu ilçe merkezli sık sık yaşanan orta büyüklükteki depremlerde de ağır hasar görmüşlerdir. Örneğin 4 Nisan 2019 Kavakköy-Sivrice merkezli aletsel büyüklüğü 5.2 ($M_I=5.2$) deprem sonrası ilçeye bağlı Gözeli Köyü'nde hasar gören bina Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.6 Çevrimtaş Köyü'nde hasar gören binalar



Şekil 5.7 4 Nisan 2019 Kavakköy-Sivrice Depremi'nde hasar gören yığma bina

Sivrice ilçe merkezine yakın köylerde ise binalar genellikle kerpiç malzeme kullanılarak inşa edilmiştir. Yapım yılları eski olan bu binaların çoğunda çetin geçen kış koşulları ve bakımsızlık nedeniyle duvar kalınlığında azalmalara neden olan malzeme kayıpları meydana gelmiştir. Hatta zamanla dayanımını kaybederek yıkılan duvarlar, farklı duvar malzemesi (tuğla, briket vd.) kullanılarak tamir edilmiş veya yeniden örülmüştür. Yığma binanın homojen davranışını bozan bu uygulama binaların deprem dayanımını olumsuz etkilemiştir. Örneğin Tadım Köyü'nde bulunan binalar bu açıdan incelemeye değerdir. Tadım Köyü'ndeki kerpiç binalar su basman kotuna kadar kesme taş, su basman kotundan sonra da ahşap hatıllar kullanılarak kerpiç malzeme ile inşa edilmiştir (Şekil 5.8). Genellikle birinci kat seviyesinde yapılan çıkmalar ise eli bögüründe ile desteklenen bağdadi duvar tekniğiyle yapılmıştır (Şekil 5.8.c). 24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi sonrasında binaların duvarlarında yerel göçmeler veya çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 5.9). Ancak mesken sahipleri tarafından düzenli bakımları yapılarak korunan binalar ise depremi hafif hasar ile atlattır. Şekil 5.10'da gösterilen ve aynı köyde bulunan bina bu duruma iyi bir örnek teşkil etmektedir.



Şekil 5.8 Tadım Köyü'nde bulunan kerpiç yığma binalar





Şekil 5.9 Tadım Köyü'nde gözlenen kerpiç yığma bina hasarları



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi sonrası betonarme binalar tasarım depreminin altındaki bir depremde hasar görmüşlerdir. Hasar oluşumunda birçok kusur rol oynamıştır. Rapor kapsamında bu kusurlar, tasarımdan kaynaklanan kusurlar ve yapımdan kaynaklanan kusurlar olmak üzere iki başlığa ayrılarak incelenmiştir. Tasarımdan kaynaklı kusurlar binaların temin edilebilen statik ve mimari projeleri ile saha çalışmaları aşamasında gözlemsel inceleme ile belirlenen yapısal düzensizlik esas alınarak irdelenmiştir. Yapımdan kaynaklanan kusurlar ise saha gözlemleri ve sahadan temin edilen yapı malzemesinin laboratuvarında incelenmesi neticesinde elde edilen veriler esas alınarak irdelenmiştir.

Çalışmalar neticesinde, 24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi sonrası hasar oluşumunda etkili olan kusurlar Elazığ İli özelinde aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- Ağır hasarlı ve göçen binaların beton basınç dayanımı 7 ile 10 MPa arasında değişmektedir. Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvar arşivi ile bu sonuçlar karşılaştırıldığında test sonuçlarının şaşırtıcı olmadığı görülmektedir. Beton kalitesindeki bu düşüklüğün ana sebepleri;
 - a) Çimento miktarının az olması,
 - b) Agreganın uygun olmaması,
 - c) Betonun yerleştirilme problemleri,
 - d) Betonun bakımı ile ilgili eksikliklerdir.

Aslında bu dört temel problemin ana sebebinin “denetim yokluğu” veya “denetim eksikliği” olarak ifade edilmesi doğru olacaktır. Günümüzde bu problemlerin birçoğu aşılmıştır. Artık agrega sınıflandırılmakta ve doğal agregalar yıkanmaktadır. Dolayısıyla temiz ve uygun granülometriye sahip agregalar ile beton üretilmektedir. Beton yerleştirilirken, vibrasyon uygulanmakta ve sıkışması sağlanmaktadır. En önemlisi hazır beton kullanılarak, beton üretiminin en az hata ile yapılması sağlanmaktadır. Ancak bütün bu iyileşmelere rağmen hâlâ ilerleyen yıllarda beklenilmeyen yapısal hasarlara neden olacak hatalar yapılmaya devam edilmektedir. Şantiyede hazır betona su ilave edilerek beton dökülmesine rağmen, beton kalitesi 28 gün kür içindeki betonlar üzerinden belirlenmektedir. Kimyasal katkılara güvenilerek, beton karışımlarında hedeflenen dayanımın belirlenmesi için minimum miktarda çimento kullanılması, günümüz beton üretiminde dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur. Çünkü betonun dayanımının yanında dayanıklılığının da istenilen seviyede olması için çimento miktarı büyük önem arz etmektedir. Bunun yanında inşaat alanında betonun kür edilmesi maalesef hâlâ vicdanlara bırakılmıştır. Betonun dayanımı ve dayanıklılığı üzerinde çok önemli etkisi olan beton bakımının hâlâ yapı denetim sisteminde resmi bir zorunluluğunun olmaması önemli bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır.

- Hasar gören binalarda, taşıyıcı sistem elemanlarının donatıları sünek tasarım esasları dikkate alınmadan düzenlenmiştir. Kolonlarda ve kirişlerde sarılma bölgeleri oluşturulmamış, etriyeler ortalama 250-350 mm aralıklarla düzenlenmiş ve etriye kancaları sargı etkisi oluşturmayacak şekilde 90° yapılmıştır. İncelenen binaların hiçbirinde çiroz donatısı kullanılmamış hatta binaların temin edilen projelerinin birçoğunda da çiroz donatı detayı gösterilmemiştir.
- Ağır hasar gören binalarda hasarlar, tasarım amacına ters olarak, kirişler yerine kolonlarda meydana gelmiştir. Kolonlarda meydana gelen hasar yoğunluğunda güçlü kolon zayıf kiriş

koşulunun sağlanmamasına ek olarak yapısal düzensizlikler önemli rol üstlenmiştir. Ayrıca özellikle eski bina stokunda kolonların plan yerleşiminde, depremde ziyade mimari kullanılabilirliğin etkin olması neticesinde, binanın iki doğrultusu arasında oluşan farklı rijitlik düzeyi, kolon hasarlarını artırmıştır.

- Hasarlı binalarda en sık görülen yapısal düzensizlikler kapalı/ağır çıkmalar ve yumuşak kat/zayıf kat düzensizliği olmuştur. Kapalı çıkmaların mesnetlendiği kirişlerde kesme çatlakları ve kapalı çıkmaya oturan dolgu duvarlarda çatlaklar meydana gelmiştir. Özellikle dikdörtgen plan geometrisine sahip olmayan binalarda yapılan düzensiz cephe çıkmaları nedeniyle kirişlerde ve kolonlarda hasarın fazla olduğu gözlenmiştir. Bina yüksekliğince kütle ve rijitlik düzensizliğine neden olan ve cephe akslarında süreksizlik oluşturan kapalı çıkmaların yapılarının deprem riski yüksek olan bölgelerde sınırlandırılması uygun olacaktır.

Ana caddeye cephesi olan çok katlı betonarme konut binalarının giriş katlarının ticarethane olarak kullanılması nedeniyle oluşan yumuşak kat/zayıf kat düzensizliği de hasarı artırıcı yönde etki göstermiştir. Ticari kullanılabilirliği artırmak amacıyla giriş katların, konut olarak kullanılan üst katlara oranla kat yüksekliğinin fazla olması ve giriş katlardaki dolgu duvarların büyük oranda kaldırılması nedeniyle giriş katlarda büyük ötelenmeler meydana gelmiştir. Ötelenmeleri azaltacak deprem perdelerinin kullanılmaması ve kolonların sünek tasarlanmaması sonucu il merkezi için tasarım depreminin yarısı denebilecek büyüklükteki bir depremde ağır hasarlar meydana gelmiştir. Yumuşak kat/zayıf kat düzensizliği olan binaların büyük bir bölümünde hasar zemin katta yoğunlaşmış, üst katlarda sadece dolgu duvarlarda minimum düzeyde hasar oluşmuştur.

Bina plan geometrisinin dikdörtgen olmaması, düşey taşıyıcıların plan yerleştirilmelerinde ve dolgu duvarların düzenlenmesinde depremde ziyade mimari kullanılabilirliğinin dikkate alınmasından kaynaklı burulma düzensizlikleri, hasar oluşumunda etkili olan diğer bir düzensizlik olarak saha çalışmalarında belirlenmiştir.

- Çerçeve kirişlerinde yaygın bir şekilde kesme hasarı meydana gelmiştir. Kesme hasarı çerçeve kirişlerin mesnet bölgesi dışında, eski bina stokunda çok sık kullanılan tali (saplama) kirişleri taşıyan kirişlerde, tali kirişin oturduğu (mesnetlendiği) kesitte de gözlenmiştir. Eski bina stokunda, dolgu duvarların kirişe oturması tasarımı yaklaşımından kaynaklı çok sayıda tali kiriş kullanılmıştır ve tali kirişler çoğunlukla sürekli bir çerçeveye mesnetlendirilmemiştir. Bu yaklaşım sonucu, bağlandıkları ana kirişlerde ve tali kirişe oturan dolgu duvarlarda yaygın hasar oluşumu gözlenmiştir. Ayrıca bazı binalarda kolon sayısını azaltmak için büyük açıklıklar narin kirişler ile geçilmiştir. Bu durum kirişlerde ve kirişlere mesnetlenen döşemelerde sehime neden olmuştur. Bazı binalarda bu kirişlerin mühendislik hizmeti alınmadan mesken sahipleri tarafından güçlendirilmeye çalışıldığı gözlenmiştir. Deprem sonrası bu kirişlerde ve bu kirişlere oturan dolgu duvarlarda hasar meydana gelmiştir. Kapalı çıkmaları taşıyan konsol kirişlerde de yaygın kesme hasarları meydana gelmiştir ve binaların hasar seviyelerinin değerlendirilmesinde karışıklığa neden olmuştur.
- Deprem sonrası dolgu duvarlarda yoğun bir hasar oluşumu meydana gelmiştir. Binanın dayanımı açısından sorun oluşturmayan bu çatlaklar, mesken sahiplerini tedirgin etmiş ve depremde sonra uzun süre evlerine girmemelerine neden olmuştur. Özellikle bina plan alanını birinci kattan itibaren büyütme için çok sık yapılan kapalı çıkmalara oturan dolgu

duvarlarda yaygın bir şekilde hasar oluşmuştur. Dolgu duvar hasarında dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise özellikle bodrum katı olmayan ve dolgu zeminlere inşa edilen binalarda çatlak genişliğinin arttığı gözlenmiştir. Yeni binalarda ise ince ve hafif duvar malzemesi (gaz beton vb.) ile yapılan dolgu duvarlarda çatlaklar meydana gelmiştir.

- Elazığ ili için yerleşimin eski tarihlerde başladığı mahallelerin bina stoku benzer olmasına rağmen bazı mahallelerde hasar daha yoğun olarak gözlenmiştir. Bu durum zeminin durumunun binanın deprem davranışı üzerindeki etkisini göstermesi bakımından dikkat çekicidir.

24 Ocak Elazığ-Sivrice Depremi'nden sonra hasarlı binalar incelendiğinde önemli bir durum karşımıza çıkmaktadır. Hasar gören bu binaların genellikle kolon ve kirişlerinde minimum boyuna donatılar bulunmaktadır. Kolon ve kirişlerde donatı düzeni ve yerleşimi, binaların tabi oldukları tasarım yönetmeliklerin sünek tasarım koşullarını sağlamamaktadır. Bunun yanında bu binaların beton dayanımlarının, inşa edildikleri yılın yönetmelik kuralları dikkate alındığında, minimum beton dayanım sınıfının altında oldukları tespit edilmiştir. Binaların beton ve donatılarındaki bu yetersizliklerin yanında binaların birçoğu, deprem performansı üzerinde olumsuz etki gösteren önemli yapısal düzensizliklere sahiptir. Tüm bu parametreler dikkate alındığında hasar gören binalarda, hasarın kolon ve kirişlerde yoğunlaşması beklenirken çok önemli sayıda binada hasar çerçeve içindeki dolgu duvarlarda yoğunlaşmıştır. Literatür incelendiğinde dolgu duvarlardaki bu hasar tipinin taşıyıcı duvarlardakine benzer olduğu görülmektedir. Dolgu duvarlarda gözlenen bu hasar, önemli bir duruma dikkat çekmiştir. Beton kalitesi düşük ve bina yaşı yüksek olan yapılarda sünmenin etkisi ile çerçeve içi dolgu duvarlar adeta taşıyıcı duvar gibi hareket etmiştir. Burada dolgu duvarların binalara ilave desteklerinin yanı sıra, malzeme kalitesi düşük ve bina yaşı yüksek binalarda hasar tespiti yapılırken bu elemanlardaki hasarlara dikkat edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarması bakımından önemlidir. Bu tür hasara sahip binalar değerlendirilirken dolgu duvar hasarının taşıyıcı eleman hasarı gibi alınabileceği gerçeği ortaya çıkmaktadır. Bu tip binalarda dolgu duvarların taşıyıcı bir eleman gibi davranmasının temel sebepleri;

- a) Sünme,
- b) Duvarın kalın olması,
- c) Aks aralıklarının küçük (<5 m) olması,
- d) Kat yüksekliğinin düşük olması ($H_k < 2.8$ m), şeklinde sıralanabilir.

Hasar tespiti sırasında dikkat edilmesi gereken bu hususun, hasar tespit formlarına uyarlanması önemle tavsiye edilmektedir.

24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice Depremi yapı denetiminin ne kadar faydalı olduğunu bir kez daha gözler önüne sermiştir. Türkiye genelinde yapı denetimi 2011 yılında aktif hale gelmeden önce neredeyse yapı denetim kanunu ile aynı şekilde Elazığ Belediyesi 2005 yılından itibaren merkez mahallelerde inşa edilen binalarda yapı denetimini uygulamıştır. Merkez mahallelerde yapı denetimi ile inşa edilmiş binaların birkaç tanesi hariç depremi güvenle atlattımlardır. Binaların depremi güven içerisinde atlattıklarının en önemli sebeplerinden birinin bu binaların tamamında zorunlu olarak uygulatılan deprem perdelerinin olduğu düşünülmektedir. Son birkaç yılda Elazığ İlinin klasik bina stokunun dışında binalar inşa edilmeye başlanmıştır. Bu binalar düşük oturum alanına sahip oldukları için bina yükseklikleri oldukça büyüktür. Böyle olunca betonarme perde yerleşimi mimari açıdan çeşitli zorluklar getirdiğinden, kullanılan betonarme perde oranlarının azaltıldığı ve zemin katı ticari

olarak kullanılacak binalarda yapılan tasarımlarda önemli düzensizliklerin olduğu görülmektedir. Binanın deprem performansını olumsuz etkileyecek bu tür ve başka tasarımların beton dayanımı, donatı ve statik analiz programlarına güvenilerek, mühendislik davranış bilgisi ve öngörülerinden uzak yaygınlaştığı görülmektedir. Bu durum ileriki yıllarda yaşanacak depremlerde daha büyük problemlerin habercisi olarak karşımızda durmaktadır. Bu nedenle en az inşa koşulları kadar önemli olan proje tasarımı, yapı denetim sistemi içerisinde daha etkin bir şekilde kontrol edilmelidir.

Saha incelemeleri ve hasar tespitleri sırasında karşılaşılan önemli bir problem binaların adresleridir. Bir mahallede aynı isimde birkaç sokak veya bir sokakta aynı dış kapı numarasına sahip birkaç konut bulunmasından dolayı hasar tespitlerinde ciddi sıkıntı ve mağduriyetler yaşanmıştır. Türkiye genelinde tüm belediyelere adreslerin düzenlenmesini önemle tavsiye ederiz.

Meydana gelen deprem sonrasında, 50.000 üzerinde bina incelenmiş ve hasar tespiti yapılmıştır. Büyük bir alanda bu kadar çok sayıda bina kısa zamanda incelendiği için hasar tespitleri sırasında büyük sıkıntılar yaşanmıştır. Bu sıkıntılar yaşanmadan önce kentlerdeki riskli bina stoklarının tespit edilmesi ve sınıflandırılması büyük önem taşımaktadır. Riskli bina stoklarının önceden tespit edilerek kentsel dönüşüm projelerinin hazırlanması Türkiye'nin sosyal ve ekonomik hedeflerine önemli katkılar sunacaktır.

24 Ocak Elazığ-Sivrice Depremi sonrası özellikle kırsal bölgedeki yığma binalarda yaygın hasar gözlenmiştir. Hasar gören yığma binaların büyük bir bölümünü kerpiç yığma binalar ile bağlayıcı olarak çamur harç kullanılarak inşa edilen taş yığma binalar oluşturmaktadır. Tuğladan imal edilen yığma binalarda ise yaygın bir hasar gözlenmemiştir. Yığma binalarda görülen hasarın başlıca nedenleri;

- Dayanımı düşük duvar malzemesi ve/veya harç kullanılması
- Döşeme-duvar bağlantılarının ve duvar-duvar köşe bağlantılarının uygun yapılmaması
- Çoğu yığma binanın ekonomik ömrünü büyük oranda doldurması
- Çetin hava koşulları, bakımsızlık ve kullanıcı tarafından yapılan müdahaleler nedeniyle meydana gelen dayanım düşüklüğü
- Zaman içinde hasar gören taşıyıcı duvarların, farklı malzeme ile tamiri sonucu homojen yapının bozulması

24 Ocak 2020 Elazığ Sivrice Depremi göstermiştir ki deprem riski yüksek olan kırsal bölgelerdeki yaşlı binalar acilen yenilenmelidir. Türkiye'de kırsal bölgelerde binalar yenilediğinde yeni binalar genellikle betonarme karkas olarak inşa edilmektedir. Bu bölgelerde hazır beton kullanımının zor olduğu, yapı denetiminin kısmen yetersiz kaldığı ve kalifiye işçiliğin temininde büyük zorluklar yaşandığı bilinmektedir. Dolayısıyla yeni binaların deprem performansından endişe edilmektedir. Beton temini, yapı denetimi, kalifiye işçilik ve bunun yanında bölge için birçok dezavantaja sahip betonarme karkas yerine kırsal bölgelerde TBDY-2019'da tasarım koşulları verilen donatılı yığma binaların yapımının özendirilmesinin hem ekonomik hem de güvenli çözüm sunacağı düşünülmektedir. Geleneksel yapım tekniğinden gelen mevcut bilginin küçük bir çaba ile artırılması ile kolaylıkla inşa edilebilecek donatılı yığma binalar kırsal bölge için oldukça etkili bir çözüm olacaktır. Betonarme inşaata oranla mesken sahiplerinin zaman içinde yapıya müdahalesini (dayanımı düşürecek müdahale) sınırlayan donatılı yığma binalar kırsal bölge için oldukça güvenli olacaktır. Mühendislik öğretimi sürecine, öğrencilerin yığma binalar konusundaki farkındalığını artıracak derslerin eklenmesi ile donatılı yığma binaların inşasının yaygınlaştırılacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Coğrafya Dünyası, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Orta Öğretim Sosyal Alanlar Eğitimi Bölümü Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara. <http://www.cografya.gen.tr/tr/elazig/>
- [2] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Yıllara göre il nüfusları, 2000-2019, ANKARA, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>
- [3] Perinçek, D., 1979a, Guidebook for excursion «B», Interrelations of the Arab and Anatolian plates: First Geol. Congr. on Middle east, Ankara, Turkey, 34 s.
- [4] <https://www.mta.gov.tr/v3.0/> (Akare Planlama Müşavirlik Mimarlık Mühendislik İnşaat Ltd. Şti. (2015). Elazığ (Merkez) Belediyesi İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu, Ankara.)
- [5] Palutoğlu M. ve Tanyolu E., (2006), Elazığ İl Merkezi Yerleşim Alanının Depremselliği Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 18 (4), 535–546. (Akare Planlama Müşavirlik Mimarlık Mühendislik İnşaat Ltd. Şti. (2015). Elazığ (Merkez) Belediyesi İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu, Ankara.)
- [6] ALYAMAÇ Kürşat Esat (2014), Elazığ'daki mevcut yapı stokunun deprem dayanımı ve gelecek planlaması, *Tarihten Günümüze Elazığ Uluslararası Kongresi, 17-19 Kasım 2014, Elazığ*.
- [7] 1305,1312 Tarihli Ma'muretü'l Aziz Vilayet Salnameleri (Karakaş, E., 1999. Elazığ Şehrinin Gelişmesi, Elazığ.)
- [8] Belediye Meclis Kararları 1967-1994. Elazığ (Karakaş, E., 1999. Elazığ Şehrinin Gelişmesi, Elazığ.)
- [9] MAKS, Elazığ Belediyesi Mekansal Kayıt Sistemi, Erişim: 01 Mart 2020
- [10] T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, Kat Mülkiyeti Kanunu (1965, 02 Temmuz). Resmi Gazete (Sayı:12038). <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=634&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
- [11] T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, 1996, Ankara.
- [12] Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>, 2019.
- [13] ALYAMAÇ Kürşat Esat ve ERDOĞAN Ali Sayıl (2007), Şubat–2007 Sivrice-Elazığ Depremlerinden sonra oluşan yapı hasarları, nedenleri ve genel yapı durumu, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul*.
- [14] AFAD (2020). 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi Raporu. T.C. İçişleri Bakanlığı; Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı.
- [15] T. K. Datta. (2010). Seismic Analysis of Structures. John Wiley & Sons, Singapore.
- [16] Gillie, J. L., Rodriguez-Marek, A., and McDaniel, C. (2010) “Strength reduction factors for near-fault forward-directivity ground motions,” *Engineering Structures* 32, 273–285
- [17] TDY-1998, (1998), Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, s. 37.
- [18] TDY-2007, (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007. Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
- [19] TBDY-2018, (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

- [20] Sandikkaya, M. A., Yılmaz, M. T., Bakır, B. S., & Yılmaz, Ö. (2010). "Site classification of Turkish national strong-motion stations". Journal of Seismology, 14(3), 543–563.
- [21] Palutoğlu, M. (2010). " Elazığ Kent Merkezinin Tektoniği Depremselliği Ve Mikrobölgeleme" Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi Elazığ.
- [22] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Bakan Kurum Elazığ'daki Hasar Tespit Çalışmalarını Anlattı. <https://www.csb.gov.tr/bakan-kurum-elazigdaki-hasar-tespit-calismalarini-anlatti-bakanlik-faaliyetleri-29711>. Son erişim:30.03.2020.
- [23] USGS(2020)-Pager. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us60007ewc#pager>. Son erişim; 30.03.2020.
- [24] TS EN 1992 1-1 (2009). Beton Yapıların Tasarımı – bölüm 1-1: genel kurallar ve binalara uygulanacak kurallar (Eurocode 2), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [25] TS 500 (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [26] TS 10465 (1992): "Beton Deney Metotları", Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini, Kasım 1992, TSE.
- [27] TS 802 (2016). Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [28] TS EN 206 (2013). Beton- Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk standartları Enstitüsü, Ankara.
- [29] TS EN 13791 (2019). Beton Basınç Dayanımının, Yapılar ve Öndökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [30] TDY-1975, 1975. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [31] 04 Nisan 2019 Kavakköy-Sivrice Elazığ Depremi, B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve DAE.. Bölgesel Deprem-Tsunami izleme ve değerlendirme merkezi, Basın Bülteni.
- [32] 27 Aralık 2019 Topaluşağı-Sivrice-Elazığ Deprem, B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve DAE.. Bölgesel Deprem-Tsunami izleme ve değerlendirme merkezi, Basın Bülteni.