



24 OCAK 2020 M_w 6.8 ELAZIĞ-SİVRİCE DEPREMİ İNCELEME VE DEĞERLENDİRME RAPORU



**Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR
Dr. Osman KIRTEL
Dr. İsa VURAL
Dr. Yusuf SÜMER
Dr. Ali SARIBIYIK**

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
TABLolar LİSTESİ	II
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	II
ÖNSÖZ	III
BÖLÜM 1. GİRİŞ VE JEOLojİK YAPI.....	1
BÖLÜM 2. SİSMİK ÖZELLİKLER VE KUVVETLİ YER HAREKETİ	5
BÖLÜM 3. GEOTEKNİK DEĞERLENDİRME	12
BÖLÜM 4. BETONARME BİNALARDA GÖRÜLEN HASAR TİPLERİ	15
4.1. Beton Kalitesi	15
4.2. Yetersiz Etriye Kullanımı.....	18
4.3. Donatı Uygulama Hataları.....	20
4.4. Zayıf Kat, Yumuşak Kat Etkisi ve Kısa Kolon Oluşumu	23
BÖLÜM 5. YIĞMA YAPILARDA GÖRÜLEN HASAR TİPLERİ	27
BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	35
KAYNAKÇA.....	38

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. İvmeölçerler ve ölçülen maksimum yer ivmesi değerleri	7
Tablo 2.2. Elazığ-Sivrice depremi hasar dağılımı	7

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Elazığ bölgesi genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz).....	1
Şekil 1.2. Elazığ lokasyonu fay haritası önemli deprem [4].	3
Şekil 1.3. 24.01.2020 20:55:11 (TSİ), Sivrice (Elazığ) depremi sonrası Mw 4'ten büyük artçı şok aktivitesi [5].....	4
Şekil 2.1. Sivrice-Pütürge hattı sismik aktivite	5
Şekil 2.2. Elazığ-Sivrice Depremi artçı deprem [1].....	6
Şekil 2.3. İvmeölçer istasyonlarının konumları.....	6
Şekil 2.4. Elazığ-Sivrice depreminin yayılım haritası ve Mavi Göl apartmanı konumu	8
Şekil 2.5. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (DD2 depremi) ve bölgenin deprem tehlikesi [9]	9
Şekil 2.6. İvmeölçer konumları için yatay elastik tasarım spektrumları	10
Şekil 3.1. Elazığ bölgesi zemin formasyonu [11].....	13
Şekil 3.2. Elazığ ve Çevresinin Morfografyası [11]	14
Şekil 4. 1. Karot alınan yapıların ortalama beton dayanım sonuçları	16
Şekil 4.2. Yapılarda kullanılan betonun genel durumu.....	17
Şekil 4.3. Karışım ve kıvamı kalitesiz beton ile üretilmiş kırış örnekleri.....	18
Şekil 4.4. TBDY (2018) Özel Deprem Etriyeleri ve Çirozları.....	19
Şekil 4.5. Etriye uygulama hataları ve oluşan hasarlar	20
Şekil 4.6. Basınç donatısında kanca [14]	21
Şekil 4.7. Donatı uygulama hataları	22
Şekil 4.8. Etriye bağli yapı hasarları.....	22
Şekil 4.9. Malatya Doğanyol dükkân üstü konut bant pencere hasarı	23
Şekil 4.10. Malatya Doğanyol küçük işletme (un fabrikası) kısa kolon hasarları.....	24
Şekil 4.11. Elazığ-Merkez, ağır kapalı çıkma ve yanlış taşıyıcı sistem seçimi sonrası ağır hasar	24
Şekil 4.12. Sürsürü Mahallesi Dilek Sitesi.....	25
Şekil 4.13. Maden İlçesi Gezin Beldesi Mavi Göl Apartmanı	25
Şekil 4.14. Taşıyıcı elemanlardan tesisat borularının geçirilmesi	26
Şekil 5. 1. Duvarların aynı düzlemde bir bölümü yıkılan ağır hasarlı taş duvarlı yığma yapı örneği ...	27
Şekil 5.2. Çatısı yıkılmış ve duvarları hasar görmüş taş yığma yapı örneği	28
Şekil 5.3. Ağır toprak çatılı yığma yapı hasarı.....	28
Şekil 5.4. Ağır toprak çatılı yığma yapı enkazı	29
Şekil 5.5. Ahşap oturma çatılı bir yığma yapı hasarı.....	29
Şekil 5.6. Kerpiç yapı enkazı	30
Şekil 5.7. Yığma Tuğla ve harman tuğlalarla inşa edilen bir yapı enkazı.....	31
Şekil 5.8. Harman tuğlalarla inşa edilen yığma yapı hasarları	32
Şekil 5.9. Briket ile inşa edilen yığma yapı hasarı	33
Şekil 5.10. Yığma ahşap yapı enkazı	33
Şekil 5.11. Şerefe kısmından yıkılmış minare örneği	34

ÖNSÖZ

24.01.2020 Cuma günü, yerel saatle 20:55'te merkez üssü Elazığ-Sivrice olan ve Mw 6.8 (M_L 6.6) büyüklüğünde çok şiddetli sığ bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem sonucunda kuvvetli yer hareketi etkisi ile Elazığ-Merkez ve Sivrice, Malatya-Kale, Pütürge ve Doğanyol ilçelerinde yapılardaki yıkım ve hasarlara bağlı olarak can ve mal kayıpları olmuştur.

Depremi ardından Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (SUBÜ), Deprem Çalışmaları Araştırma ve Uygulama Merkezi (DAMER) öğretim üyelerinden oluşan deprem inceleme ve araştırma ekibi, oluşan yapı hasarlarını ve depremin etkilerini yerinde incelemek amacıyla 28 Ocak 2020 Salı günü bölgeye gitmiştir. Elazığ Merkez-Sivrice, Malatya Kale-Pütürge-Doganyol ilçelerini kapsayan alanlarda 28-30 Ocak 2020 tarihleri arasında yerinde incelemeler ve araştırmalar yaparak, bu raporu hazırlamıştır.

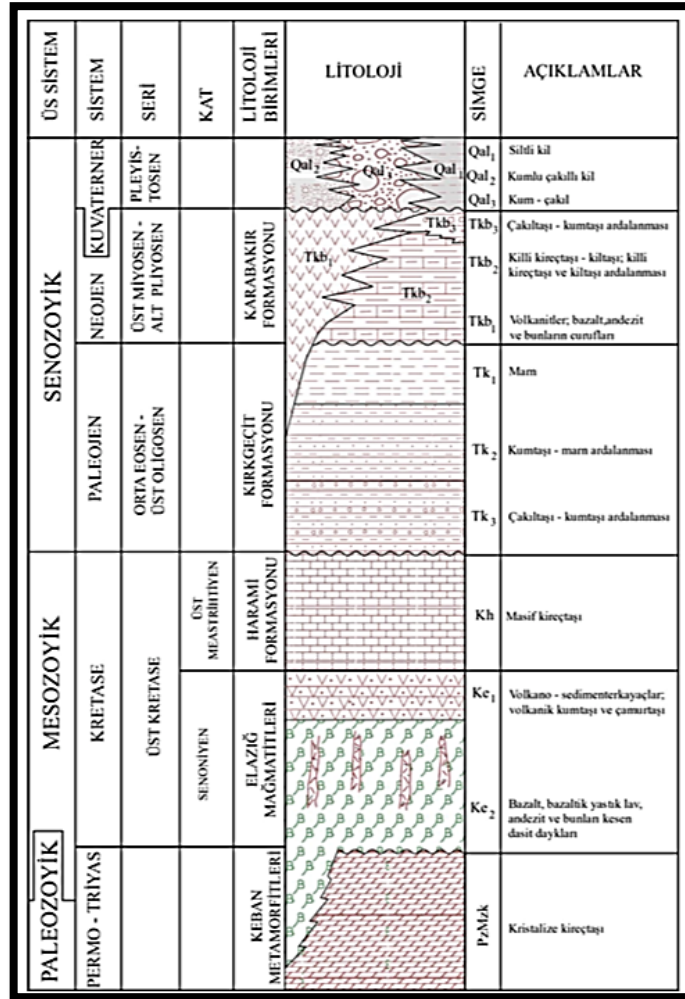
Ülkemiz coğrafyasının büyük kısmı deprem riski altındadır. Özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde bu risk daha da fazladır. Üniversitemiz bünyesinde kurulmuş Araştırma Merkezi olarak depremle ilgili inceleme ve araştırmalar yaparak başta ilimiz Sakarya olmak üzere ülkemizde, yapmış olduğumuz çalışmalar sonucunda belirtilen yetersizliklerin tekrarlanmaması için katkı yapmak hedeflenmiştir.

Depremi meydana geldiği andan itibaren raporun hazırlanma süreci de dâhil olmak üzere çalışmaları maddi ve manevi olarak destekleyen Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Rektörü Sn. Prof. Dr. Mehmet SARIBIYIK'a teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca deprem bölgesinde yapılan saha incelemeleri sırasında verdiği destekten dolayı İnşaat Mühendisi Mehmet Emin ŞEKER'e de teşekkürlerimizi sunarız.

Deprem Çalışmaları Araştırma ve Uygulama Merkezi - DAMER

BÖLÜM 1. GİRİŞ VE JEOLJİK YAPI

24.01.2020 Cuma günü, yerel saatle 20:55'te merkez üssü Elazığ-Sivrice olan ve Mw 6.8 (M_L 6.6) büyüklüğünde çok şiddetli sığ bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem sonucunda kuvvetli yer hareketi etkisi ile Elazığ-Merkez ve Sivrice, Malatya-Kale, Pütürge ve Doğanyol ilçelerinde yapılarıdaki yıkım ve hasarlara bağlı olarak can ve mal kayıpları olmuştur [1]. Elazığ tektonik açıdan aktif bir bölgede yer alması sebebi ile bu bölge ile ilgili çok sayıda jeolojik çalışma yapılmıştır. Elazığ il merkezi yerleşim yeri ve yakın çevresinde yaşılan gence doğru sırası ile birimler Keban Metamorfitleri (Permo-Triyas), Elazığ Migmatitleri (Senoniyen), Harami Formasyonu (Üst Maestrihtiyen), Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen–Üst Oligosen), Karabakır Formasyonu (Üst Miyosen– Alt Pliyosen), Alüvyonlar (Pleistosen), Keban Metamorfitleri (Permo– Triyas) jeolojik birimlerinden oluşmaktadır (Şekil 1.1) [2].



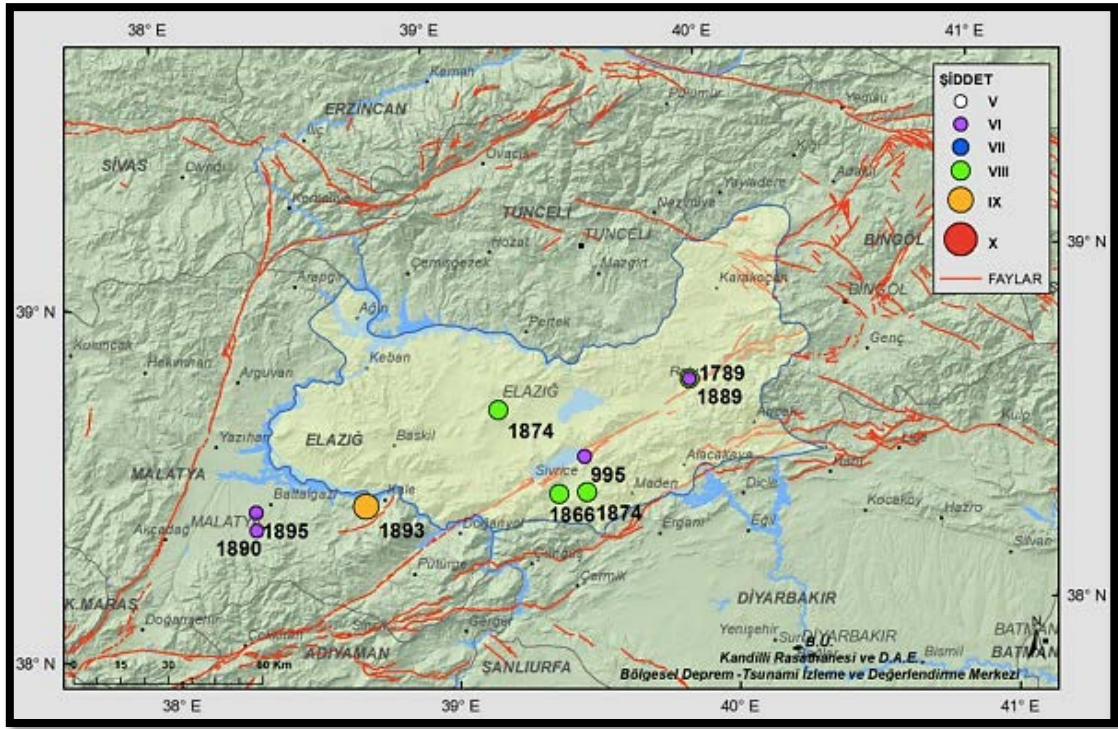
Şekil 1.1. Elazığ bölgesi genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz)

Elazığ bölgesi Mesozoyik dönem başlarından itibaren sürekli tektonik bakımdan aktif olmuştur. Bu aktivitenin esası, Geç Triyas'ta, Anadolu Levhası ile Arabistan Levhasını birbirinden ayıran riftleşme ile Tetis Okyanusu'nun oluşmaya başlamasıdır. Bu okyanusun gelişimi Geç Triyas'tan itibaren devam ederek Geç Kretase başlarında maksimum açılımına erişmiş ve bu zamandan itibaren kuzeye, Avrasya Levhası'nın altına doğru eğimli bir yitimle kapanmaya başlamıştır [2].

Bitlis-Pütürge Masifi ile Arabistan Levhası arasındakinden başka Bitlis-Pütürge Masifi ile Keban-Malatya Metamorfikleri arasında bir de okyanus kolu mevcuttur. Geç Kretase başlarından itibaren her ikisi de kapanmaya başlamış ve kuzeydeki kol Geç Kretase sonunda kapanmıştır. Güneydeki ana okyanus ise Orta Miyosen'e kadar varlığını sürdürmüş ve nihai kıta-kıta çarpışması ile Paleotektonik dönem sona ermiştir. Kıta-kıta çarpışmasına bağlı olarak Doğu Anadolu'da yaklaşık K-G doğrultulu sıkışma rejimi başlamış ve önceleri daha çok kıvrımlı deformasyonlarla kıta kabuğu kalınlaşmaları, daha sonra ise Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Sistemleri'nin de dahil olduğu kırıklı deformasyonlar meydana gelmiştir. Bu deformasyonlar nedeniyle kuzey ve güneydeki bloklar birbirine yaklaşırken, doğu ve batıdaki bloklar da birbirlerinden halen yılda ortalama 0,5–2 cm kadar uzaklaşmaktadırlar [2].

Elazığ depremi ile ilgili bir değerlendirme yapılabilmesi için öncelikle bölgenin aktif deprem kaynağının sebebi Doğu Anadolu Fayı (DAF) tanımlanmalıdır. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) fayların geometrik özellikleri ve atım durumuna göre farklı parçalara ayrılmaktadır. (Arpat ve Şaroğlu, 1972, 1975). Hempton ve diğerleri (1981) DAFZ'nu, fayın davranış ve atımına göre 5 segmente, Barka ve Kadinsky-Cade (1988) fay geometrisi, deprem aktivitesi ve yüzey kırıklarına göre 14 segmente ayrılmaktadır. Şaroğlu ve diğerleri (1992) ise DAFZ'nu uzunlukları 45-145 km arasında değişen 6 yapısal bölüm halinde incelemişlerdir [3].

Yapılan jeolojik çalışmalar ve depremsel hareketliliğin tarihsel süreci üzerine yapılan incelemelerde Elazığ DAF üzerinde bulunan diri fay hatlarının etki alanında bulunan bir bölge olup (Şekil 1.2), tarihsel süreçlerde olduğu gibi gelecekte de büyük depremlerin beklendiği bir bölgedir.



Şekil 1.2. Elazığ lokasyonu fay haritası önemli depremler [4].

24.01.2020 Cuma günü, Türkiye saati ile 20:55'te merkez üssü Elazığ Sivrice olan bir deprem meydana gelmiştir. İlk belirlemelere göre 20.4 saniye süren depremin büyüklüğü Mw 6.8 olarak ölçülmüştür. Elazığ-Sivrice depremi jeolojik araştırmalara göre yerin 8.06 km derinliğinde meydana gelmiştir. Elâzığ ilinin Sivrice ilçesine bağlı Çevrimtaş köyü bu depreme en yakın yerleşim birimi olup uzaklığı 0.81 km'dir. (Bakınız Tablo 2.1). 20:55'te meydana gelen ana şoktan sonra büyüklükleri 4 ile 5.1 arasında değişen 23 artçı deprem kaydedilmiştir (Şekil 1.3).



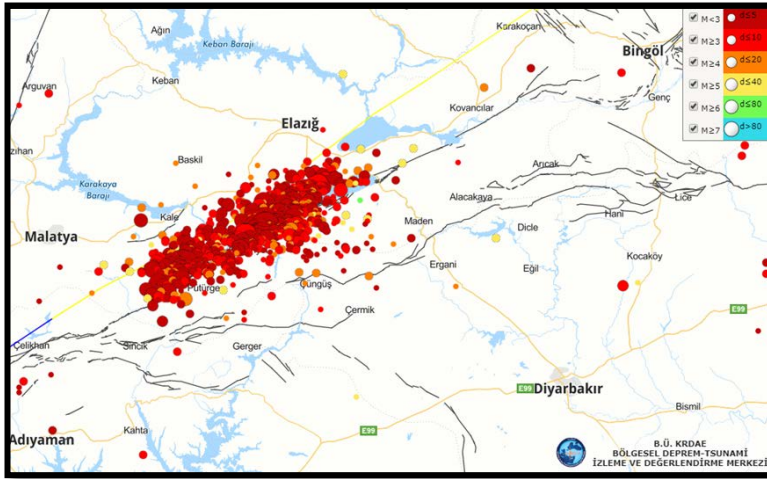
Şekil 1.3. 24.01.2020 20:55:11 (TSİ), Sivrice (Elazığ) depremi sonrası Mw 4'ten büyük artçı şok aktivitesi [5]

Odak belirlleme ve fay inceleme çalışmaları sonrasında, ilk tespitlere göre depremin sol yanal doğrultu atımlı bir fay olan Doğu Anadolu Fayı'nın Sivrice-Pütürge segmenti üzerinde geliştiği ve yırtılmanın 50-55 km'lik bir alanda geliştiği düşünülmektedir [4].

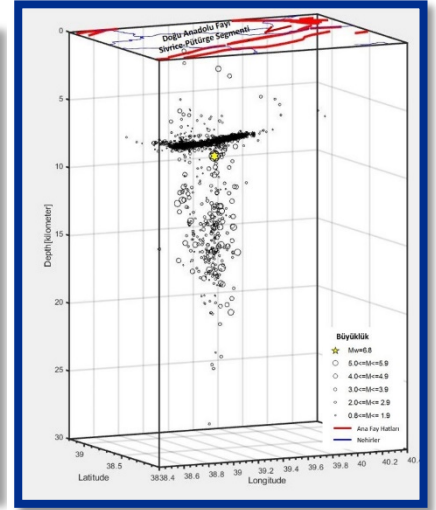
Bölgede 1900 yılından günümüze kadar en büyüğü 6.8 olmak üzere 299 adet $M_w \geq 4.0$ deprem meydana gelmiştir. Ayrıca bahsi geçen bölgeye ait, 1900 yılı öncesi için, 40 adet tarihsel dönem depremi kaydı mevcuttur. [5].

BÖLÜM 2. SİSMİK ÖZELLİKLER VE KUVVETLİ YER HAREKETİ

24.01.2020 Cuma günü, yerel saatle 20:55'te merkez üssü Elazığ-Sivrice olan ve M_w 6.8 (M_L 6.6) büyüklüğünde çok şiddetli sığ bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem sonucunda kuvvetli yer hareketi etkisi ile Elazığ-Merkez ve Sivrice, Malatya-Kale, Pütürge ve Doğanyol ilçelerinde yapılarıdaki yıkım ve hasarlara bağlı olarak can ve mal kayıpları olmuştur. Doğu Anadolu Fay Zonu içerisinde meydana gelen ve geniş bir alanda hissedilen (Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Orta Anadolu, Karadeniz) ana depremden sonra 1 Şubat 2020 tarihi itibari ile 880 adet artçı deprem meydana gelmiştir [1]. Bölgenin otuz günlük sismik aktivitesi Şekil 2.1a'de verilmiştir. Ayrıca ana şok ve artçıların derinlik dağılımı da Şekil 2.1b'de verilmiştir.



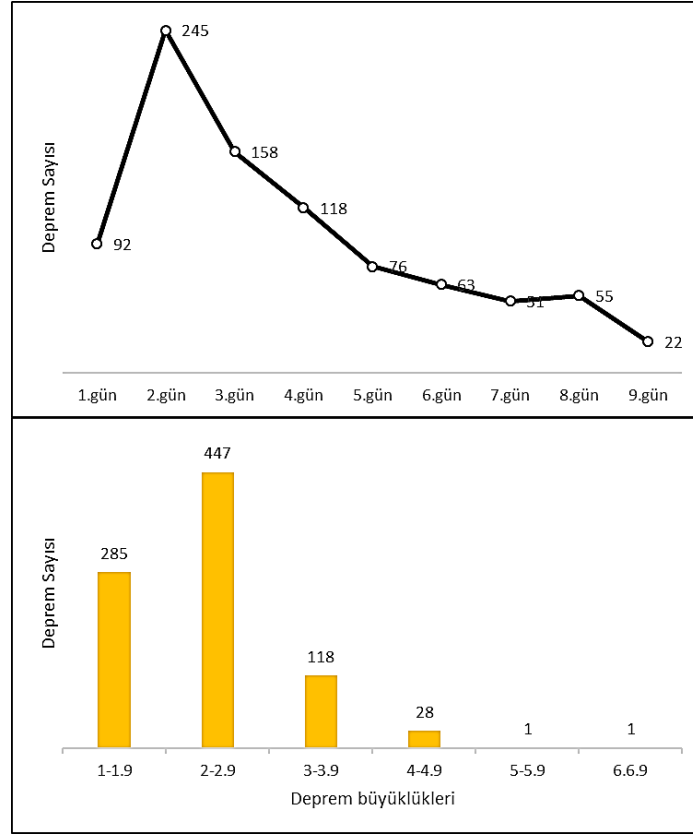
a)



b)

Şekil 2.1. Sivrice-Pütürge hattı sismik aktivite

Ayrıca Kandilli Rasathanesi Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi tarafından 24.01.2020-01.02.2020 tarihleri arasında meydana gelen ve çözümü yapılan artçı depremlerin günlere göre büyüklük ve oluş sayıları Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Elazığ-Sivrice Depremi artçı depremlerin dağılımı [1]

24.01.2020 günü, 20:55'te merkez üssü Elazığ-Sivrice olan ve Mw 6.8 büyüklüğünde meydana gelen depreme ait veriler bölgede bulunan ivmeölçerler (Şekil 2.3) vasıtasıyla elde edilmiş olup Tablo 2.1' de verilmiştir [8].



Şekil 2.3. İvmeölçer istasyonlarının konumları

Tablo 2.1. İvmeölçerler ve ölçülen maksimum yer ivmesi değerleri

İSTASYON			PGA [g]		
Kodu	İl	İlçe	K-G	D-B	U-D
2308	Elazığ	Sivrice	0.243	0.298	0.194
2301	Elazığ	Merkez	0.122	0.144	0.068
4404	Malatya	Pütürge	0.211	0.244	0.157

Tablo 2.1 incelendiğinde bu depreme ait ölçülen en büyük yer ivmesi değerinin, Elazığ-Sivrice ilçesinde bulunan 2308 numaralı ivmeölçerin Doğru-Batı yönünde kaydedilen veriye ait olduğu ve 0.298g olduğu görülmektedir. Meydana gelen depremin merkez üssüne göre yayılımı incelendiğinde, aynı yayılım hattı içinde kalan bölgeler içerisinde en büyük hasar yoğunluğunun Elazığ-Merkez’de olması (özellikle betonarme yapılar açısından) , yapı yoğunluğu, inşaat ve malzeme kalitesi ile açıklanabilir. Ayrıca yakın fay etkisi hem Elazığ Merkez ve Sivrice ilçesi hem de Malatya Doğanıyol, Pütürge, Battalgazi ve Kale ilçelerinde yoğun bir yıkım ve yapı hasarının meydana gelmesine, buna bağlı olarak da can ve mal kayıplarının oluşmasına neden olmuştur (Şekil 2.4). İlave olarak Maden ilçesi Gezin beldesinde (merkez üssünden yaklaşık 43.5 km uzakta) depremde Mavi Göl apartmanın mekanizma durumuna geçerek katların üst üste çökmesi tamamen yapısal bir kusur olduğunu göstermektedir. Deprem sonrası ortaya çıkan hasar dağılımı Tablo 2.2’de verilmiştir.

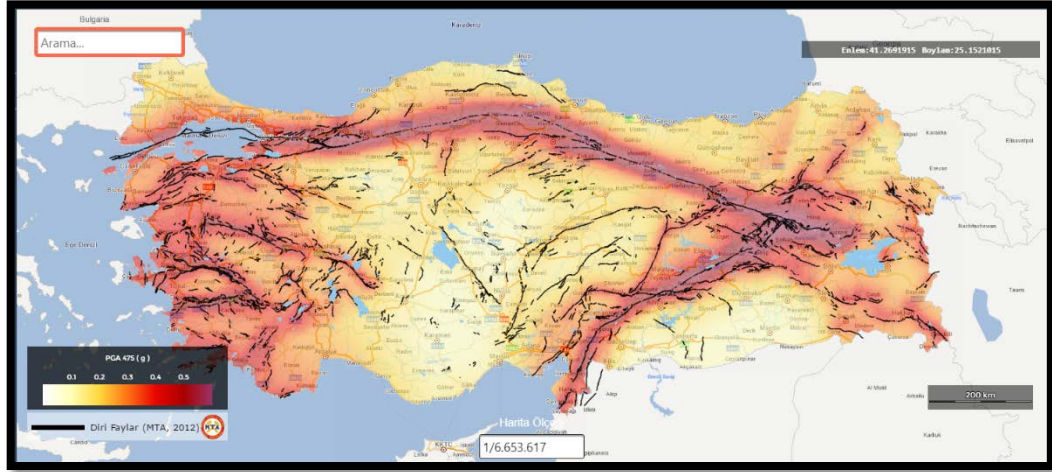
Tablo 2.2. Elazığ-Sivrice depremi hasar dağılımı

	ELAZIĞ [6]	MALATYA [7]
Yıkık	263	333
Yıkılacak	558	281
Ağır Hasarlı	7698	3181
Orta Hasarlı	1540	512
Toplam	10059	4307

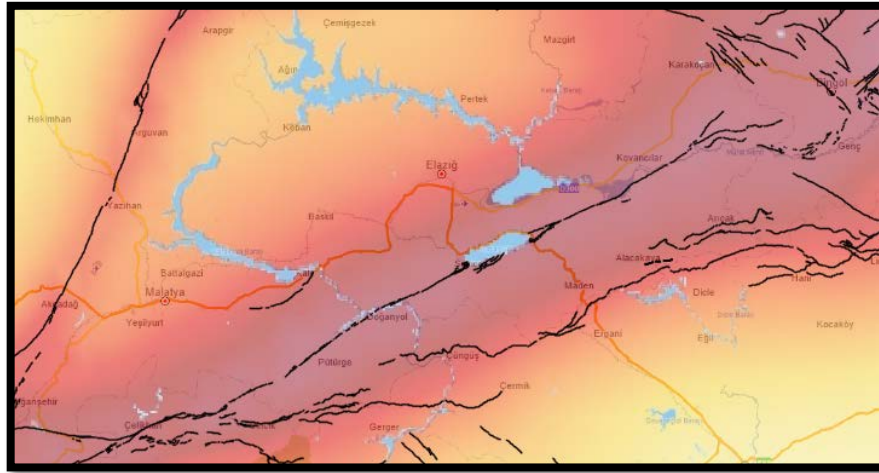


Şekil 2.4. Elazığ-Sivrice depreminin yayılım haritası ve Mavi Göl apartmanı konumu

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) [8] ile birlikte yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından (TDTH) (Şekil 2.5), ülkemiz genelinde bina tasarımında kullanılacak, farklı deprem düzeyleri ve farklı zemin sınıfları için maksimum yer ivmesi ve yapı tasarımına esas Elastik Tasarım Spektrumlarını elde etmek için kullanılacak spektral ivme katsayıları elde edilmektedir [9]. Ülkemizin ve bölgenin tasarım depremine ait tehlike haritası Şekil 2.5'te verilmiştir. Deprem tehlike haritalarından Tablo 2.1'de belirtilen ivmeölçerlerin bulundukları konumlar için ilgili veriler alındığında maksimum yer ivmesi değerlerinin (PGA) sırasıyla; 0.622g, 0.383g ve 0.651g olduğu görülmüştür. Bu bilgi ve verilerden görülmektedir ki, meydana gelen depremin oluşturduğu maksimum ivme değerleri, tasarım depremi için verilen ivme değerlerinin yarısından daha azdır.



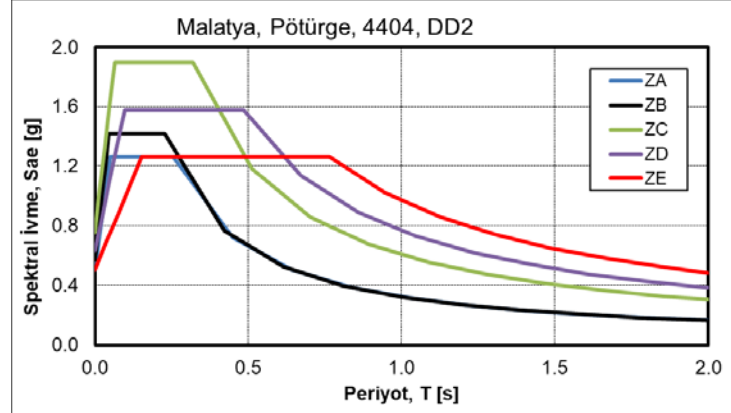
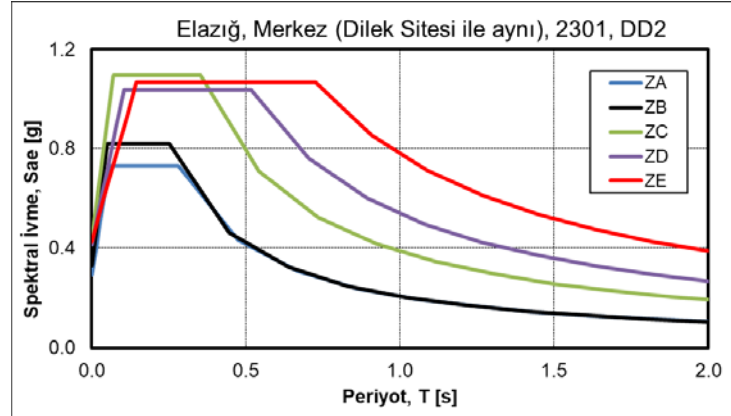
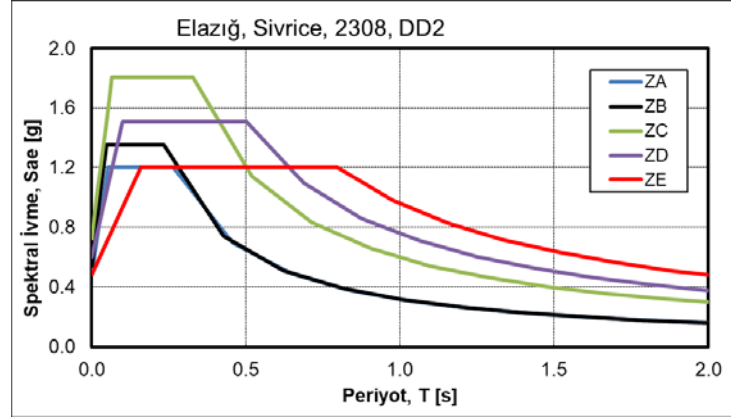
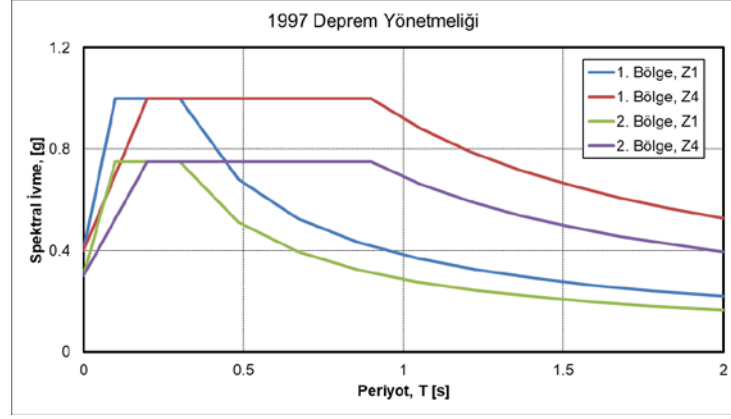
(a) Türkiye geneli diri faylar ve deprem tehlike haritası



(b) Bölgede diri faylar ve bölgenin deprem tehlikesi

Şekil 2.5. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (DD2 depremi) ve bölgenin deprem tehlikesi [9]

Bölgede yapılacak yapıların tasarımında deprem etkilerini tanımlamak için, TBDY, 2018'in belirttiği yatay elastik tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$, deprem tehlike haritalarından tasarım depremi (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem, DD2) için farklı zemin özellikleri dikkate alınarak ivmeölçerlerin bulundukları konumlar için elde edilmiştir. Burada Elazığ-Merkez (2308) için elde edilen spektral ivmelerin, depremten dolayı Elazığ-Merkezde yıkılan Dilek sitesinin bulunduğu parsel ile aynı değerlere sahip olduğunu belirtmek gerekir (Şekil 2.4). Ayrıca 2018 öncesi bölge, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında 1. derece ($PGA \geq 0.40g$) ve 2. derece ($0.3g \leq PGA < 0.4g$) deprem bölgesi olarak verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda farklı zemin sınıfları için 1997 [10] ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre tasarım ivme spektrum eğrileri Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. İvmeölçer konumları için yatay elastik tasarım spektrumları

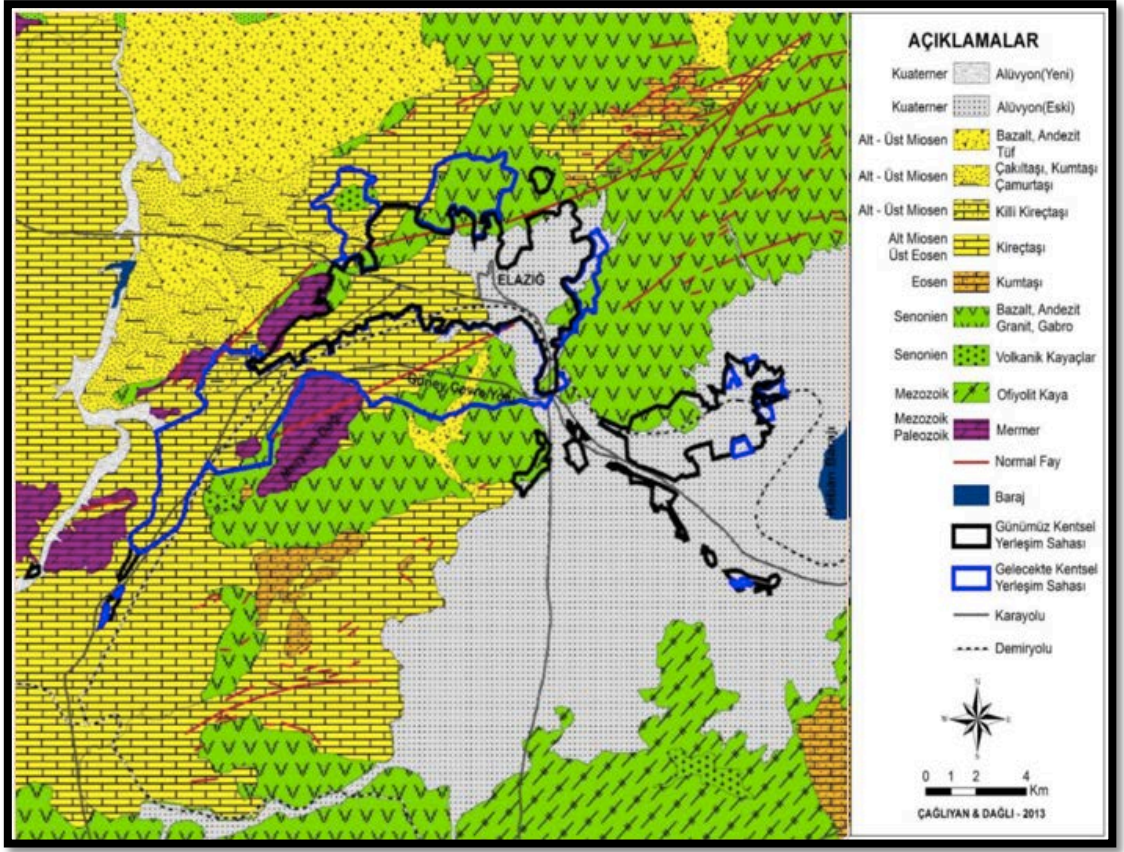
2018 deprem yönetmeliğine göre, fay tipi ve özelliklerine göre deprem tehlike haritalarından harita spektral ivme değerleri ve zemin özellikleri dikkate alınarak elde edilen spektral ivme değerleri incelendiğinde tasarım için, meydana gelen depremden ölçülen ivme değerlerinin çok üzerinde ivme değerlerinin öngörüldüğü ortaya çıkmaktadır. Yeni yapılan yapıların bu depremden etkilenmesi ancak malzeme kalitesi ve yapının projeye ve yapım kurallarına uygun yapılmamış olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca meydana gelen depremden dolayı oluşan maksimum yer ivmesi değerlerinin, 1997 ve 2007 deprem yönetmeliğine göre yapılan binalar için ilgili yönetmeliklerde tanımlanan elastik tasarım spektral ivme değerlerinden daha düşük olduğu Şekil 2.6 incelendiğinde görülmektedir. Özellikle yapı periyodu (T) bir saniyeden (yaklaşık 10 katlı bina) daha düşük olan yapılarda bu deprem etkisinde hasar ve yıkım olması, yönetmeliklerden ziyade tasarım hatası, malzeme kalitesi ve yapının projeye ve yapım kurallarına uygun yapılmamış olmasıyla açıklanabilir.

BÖLÜM 3. GEOTEKNİK DEĞERLENDİRME

Yapıların üzerinde bulundukları zeminlerin özelliklerine göre depremlerden etkilendiği bilinmektedir, bunun en önemli örneklerinden biri olarak ülkemizde gerçekleşen 17 Ağustos Marmara depremi gösterilebilir. 17 Ağustos Marmara depreminin merkez üssü Gölcük olarak belirlenmesine rağmen yapısal anlamda en çok hasar, alüvyon zemin üzerine kurulu olan Adapazarı'nda meydana gelmiştir. Geoteknik açıdan, zeminin türü, litolojisi, kalınlığı, yer altı su seviyesi, vb. etkenler dinamik olarak değerlendirildiğinde, yapısal hasarlara doğrudan etki edebilmektedir. Özellikle kumlu ve siltli zeminler yer altı suyunun etkisiyle deprem sırasında (zemindeki titreşimlerle) sıvı gibi davranmaktadır. “Zeminin sıvılaşması” denilen bu olay meydana geldiğinde taşıma gücü kayıpları oluşmakta, yüksek değerlerde oturmalar ortaya çıkmakta, binaların dengeleri bozulduğundan yıkılmakta, yana yatmakta ve alt katları zemine gömülmektedir.

Elazığ Emniyet Sarayı'nın güneyinde yer alan Üniversite, Kültür, Nailbey, Olgunlar ve Akpınar Mahalleleri zemin sıvılaşma riski olan bölgeler olarak bilinmektedir. Bu mahallelerdeki yeraltı su seviyesinin yüksekliği, riski artırmaktadır [11]. Bu değerlendirmeler ışığında bölgede gerçekleşen depremde bu açıdan da bir değerlendirme yapılması gerekmektedir. Bölgede gerçekleşen 24 Ocak Sivrice depreminde örnekleme yapmak üzere hasar almış olan yapılar incelendiğinde, hasarların zemin davranışı ile doğrudan ilişkili olmadığı görülmüştür. İncelenen yapılarda sıvılaşmaya bağlı hasar görülmemiştir.

Elazığ şehri çevresindeki faylar, ovanın ve etek düzlüğünün jeomorfolojik sınırlarına yakın yerlerdir. Doğal olarak, sınırların sonrasında dağlık bölgelere uzanan yamaçlar başlamaktadır. Elazığ'ın güneyinde yer alan Sürsürü fayının ve Elazığ yeni çevreyolunun güneyi, Meryem Dağı ve Kekliktepe yamaçları, Elazığ şehrinin yeni gelişme bölgeleri olarak öne çıkmaktadır. Bu yeni yerleşim bölgesi fay hattına yakın bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat litolojik farklılık, zemin direnci, anakaya faktörü gibi nedenler, litolojiye bağlı tektonik dezavantajı azaltmaktadır. Bu nedenle araştırmacılar fay hattına yakın olmasına rağmen, gelişme sürecinde olan şehrin, 1960'tan sonra bu bölgede büyümesi gerekliliğini ifade etmiştir. Ancak Elazığ yeni yeni bu bölgeye doğru genişlemektedir. Bu bölge alüvyon zeminlerde ortaya çıkan mevcut deprem ivmesinin daha büyük olarak ortaya çıkmasına neden olan deprem büyütme etkisinden uzak, faya daha yakın ama litolojik olarak direnci yüksek olan bölge olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.1) [11].

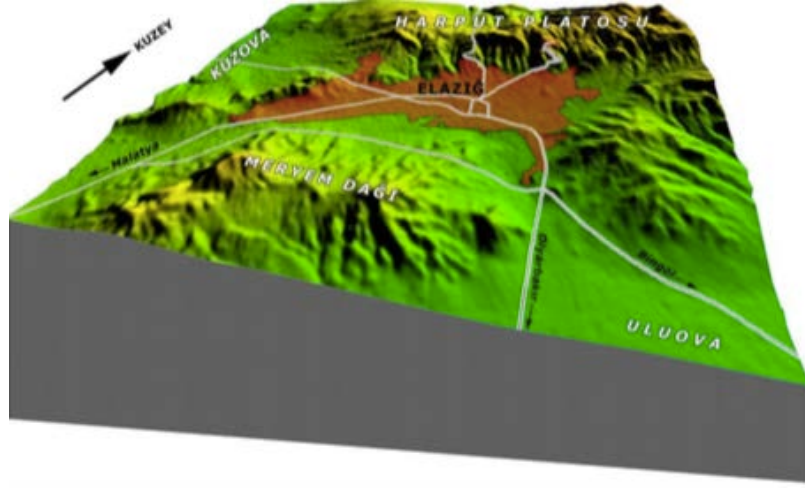


Şekil 3.1. Elazığ bölgesi zemin formasyonu [11]

Depremden sonra Sürsürü mahallesinde hasarlı ve yıkılan yapılar incelendiğinde mevcut araştırmaları destekleyen sonuçların ortaya çıktığı görülmüştür. Depremde yıkılma şekli ve can kayıplarının ortaya çıktığı Dilek Sitesi'ne ait bina incelendiğinde oluşan hasarlarda zemin etkisinin olmadığı görülmüştür. İncelenen yapılar değerlendirildiğinde mevcut hasarların yapı kalitesinden kaynaklandığı görülmüş olup, bu tip yapıların zayıf zemin veya deprem büyütme etkisine maruz kalmamasının daha büyük kayıpların oluşmasının önüne geçtiği düşünülmektedir. Bu değerlendirmeler mevcut literatür çalışmaları ve hasarlı yapıların çevresinde yapılan incelemelere dayanmaktadır. Kesin sonuca ancak, bölgede yapılacak zemin etüt çalışmaları ve yapı özellikleri ile birlikte değerlendirildiğinde ulaşılabilir.

Yukarıdaki değerlendirmelere göre, Elazığ çayı ile güney kollarının ve arasındaki sırtlarının, arazi kullanımında hangi fonksiyonu üstleneceği doğru tespit edilmelidir. Özellikle Elazığ çayı bağlantıları yeni çevre yolu ile dikine kesilmiş vadilerin, konut alanı olarak öngörülmesi, zemin sıvılaşması ve zemin büyütme etkisi ile oluşabilecek olumsuz ortamın bileşiminden, riskli yapılaşma alanlarının ortaya çıkacağı öngörülmelidir [11].

Ayrıca Elazığ'ı jeomorfolojik olarak yorumlamak gerekirse, Elazığ ve Sürsürü fayı ovayı şekillendirmekte fakat faylanma, kentsel dokunun gelişmesinde etkisizdir. Şehir ova ve etek düzlüğüne kurgulanmıştır. Kentsel büyüme kuzeyden ve güneyden yamaçlara doğru yayılma eğilimi göstermekte, ovayı sınırlandıran jeomorfolojik eşikler olan, Meryem dağı eşiği, Şahinkaya eşiği, Keklik tepe eşiklerini de geçme eğilimindedir. Yani kentsel fizyoloji, jeomorfolojik ünitenin dışına taşmaktadır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Elazığ ve Çevresinin Morfografyası [11]

Deprem bölgesi hasarlı yapı inceleme çalışmalarında, arazi gözlemlerinde, bina temel seçiminde tekil temel ve sürekli temel uygulamalarının yaygın olduğu görülmüştür. Yüksek sismik aktivite olan bu bölgede, bina temel sistemleri düzenlenirken birçok yerde bodrum kat uygulamasının yaygın olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir. İncelenen hasarlı yapılarda zemin problemlerine bağlı oturma vb. problemlerinin olmamasında bodrum katlı yapıların yaygın olarak kullanılmasının etkili olduğu düşünülebilir.

Yer hareketleri sonucu oluşacak zararları en aza indirmek için; mühendislik biliminin gerekleri dikkate alınmalı, zemin etüt raporları standartlara uygun yapılmalı doğru temel türü uygulanmalıdır. Riskli alanlar mümkün olduğunca imara açılmamalı, bilimsel kurallara dayalı yer/bölge seçimi yapılmalıdır. Problemlili zeminlerde yapılaşma ihtiyacı olan bölgelerde bilimsel kurallara göre geoteknik etütler yapılmalı, yapılaşmalarda uzman mühendislik hizmeti almayan hiçbir uygulamaya izin verilmemelidir.

BÖLÜM 4. BETONARME BİNALARDA GÖRÜLEN HASAR TİPLERİ

24 Ocak 2020 tarihinde meydana gelen ve Elazığ ve Malatya illerinde şiddetli bir şekilde hissedilen depremin etkilerini ve yapı hasarlarını gözlemlemek üzere Elazığ ilinde, Merkez Mustafapaşa ve Sürsürü mahalleleri ile depremin merkez üssü Sivrice ilçesinde, Malatya ilinde ise Kale, Doğanyol ve Pütürge ilçelerindeki yapılarda incelemelerde bulunulmuştur. Görülen birçok hasar ülkemizdeki tipik deprem hasarlarının benzeri niteliğindedir. Ağır hasarlı veya orta hasarlı betonarme binalarda hasar türleri yaygın olarak;

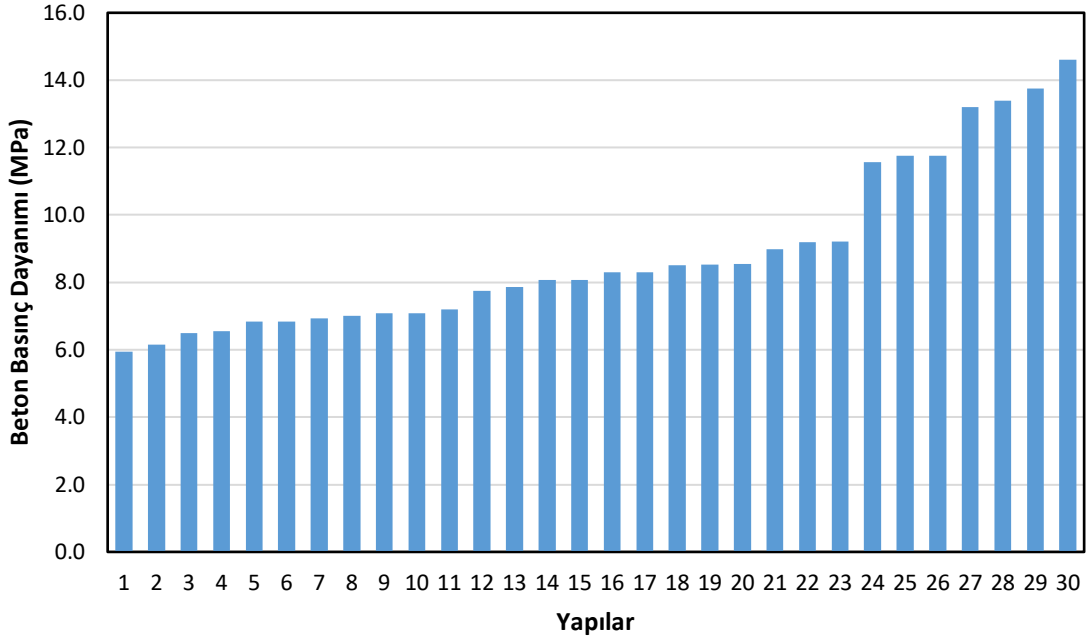
- Yetersiz donatı detaylandırılması
- Yetersiz etriye kullanımı
- Kritik bölgelerde (sarılma ve birleşim bölgelerinde) etriye sıklaştırılması yapılmaması
- Özel deprem etriyesi kullanılmaması
- Düz yüzeyli donatı kullanılması
- Zayıf kat oluşumu
- İşçilik ve malzeme kusurları
- Standart ve yönetmeliklere göre uygun olmayan beton kalitesi
- Yanal ötelenme rijitliğini arttıran perde uygulamalarının az olması
- Kolonlarda plastik mafsall oluşumu
- Yumuşak kat oluşması
- Mimari tasarım ve taşıyıcı sistem düzenlenmesinin deprem etkisine uygun olmaması,
- Uygulama denetimsizliği şeklinde sıralanabilir.

Bu depremde incelenen yapılarda görülen hasarlarda daha çok yapısal elemanlarda önemli bir donatı olan etriyelerin uygun düzenlenmemiş olması ve yetersiz olması, beton kalitesinin kötü olması ve inşaat yapım işçiliğinin yetersiz olması öne çıkmaktadır.

4.1. Beton Kalitesi

Yeni yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018, betonarme yapılarda minimum C25 beton sınıfı ve B420C nervürlü donatı çelikleri kullanımını zorunlu kılmıştır [8]. 1997 ve 2007 Deprem Yönetmelikleri deprem bölgelerinde yapılacak betonarme binalarda “C20’den daha düşük dayanımlı beton kullanılamaz” [12], ve 1975 Deprem Yönetmeliği (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) “Birinci ve ikinci derece deprem

bölgelerinde C18 den düşük nitelikte beton kullanılamaz” [15], hükmünü getirmişlerdir. Deprem bölgesinde ağır hasar alan ve yıkılan binaların beton dayanımlarını yaklaşık olarak belirlemek amacıyla örneklenen 30 binadan alınan numunelerin ortalama basınç dayanımları 8MPa civarındadır (Şekil 4.1). Bununla birlikte numunelerin birçoğunun beton dayanımları, TS EN 12504-1 (2019) standardına göre değerlendirilmeye alınamayacak kadar kötü olduğu görülmektedir [16].



Şekil 4. 1. Karot alınan yapıların ortalama beton dayanım sonuçları

Yapılan incelemeler sonucu deprem bölgesinde beton malzemelerinin herhangi bir standart gözetilmeksizin üretimde kullanıldığı tespit edilmiştir. Depremde hasar gören yapıların hemen hemen tamamında geleneksel yöntemlerle şantiye ortamında el ile üretilen oldukça kalitesiz beton kullanıldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Betonlarda; granülometrisi oldukça kötü olan agrega, tüvanan agrega, yetersiz dozajda çimento, heterojen karışım gibi birçok olumsuz vaka gözlemlenmiştir. Betonarme kolonlar üzerinde yapılan incelemelerde beton içerisinde ahşap atık malzemeler ve 5-7 cm çapında dere agregası bulunduğu gözlemlenmiştir. Betonlarda çimento dozajının oldukça düşük tutulduğu ve betonun iyi karışmadığı, beton kırılmalarının çimento- agrega ara yüzeyinden olduğu görülmektedir (Şekil 4.2.).



a) Kötü granülometri



b) Granülometri dışı agrega ve zarar verilmiş kolon



c) Yabancı malzeme (ahşap)



d) Granülometri dışı agrega ve yetersiz aderans



e) Kötü granülometri



f) Kötü aderans

Şekil 4.2. Yapılarda kullanılan betonun genel durumu

Betonun elle karıştırılması, kıvamının ve granülometrisinin uygun olmaması gibi sebeplerden giriş ve döşeme elemanlarında yeterince yerleşmemiş beton örnekleri gözlemlenmiş ve donatıların açıkta kalarak korozyona uğradığı tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Şantiye ortamında hazırlanan beton karışımı, iyi olmayan kalıp işçiliği ve vibratörsüz beton yerleşimi ile birlikte Elazığ ve Malatya illerinde incelenen çoğu yapıda, taşıyıcı eleman betonlarında ayrışma gözlemlenmiştir.



a) Kirişte donatı korozyonu



b) Kirişte iyi yerleşmemiş beton



c) Kolonda iyi yerleşmemiş beton

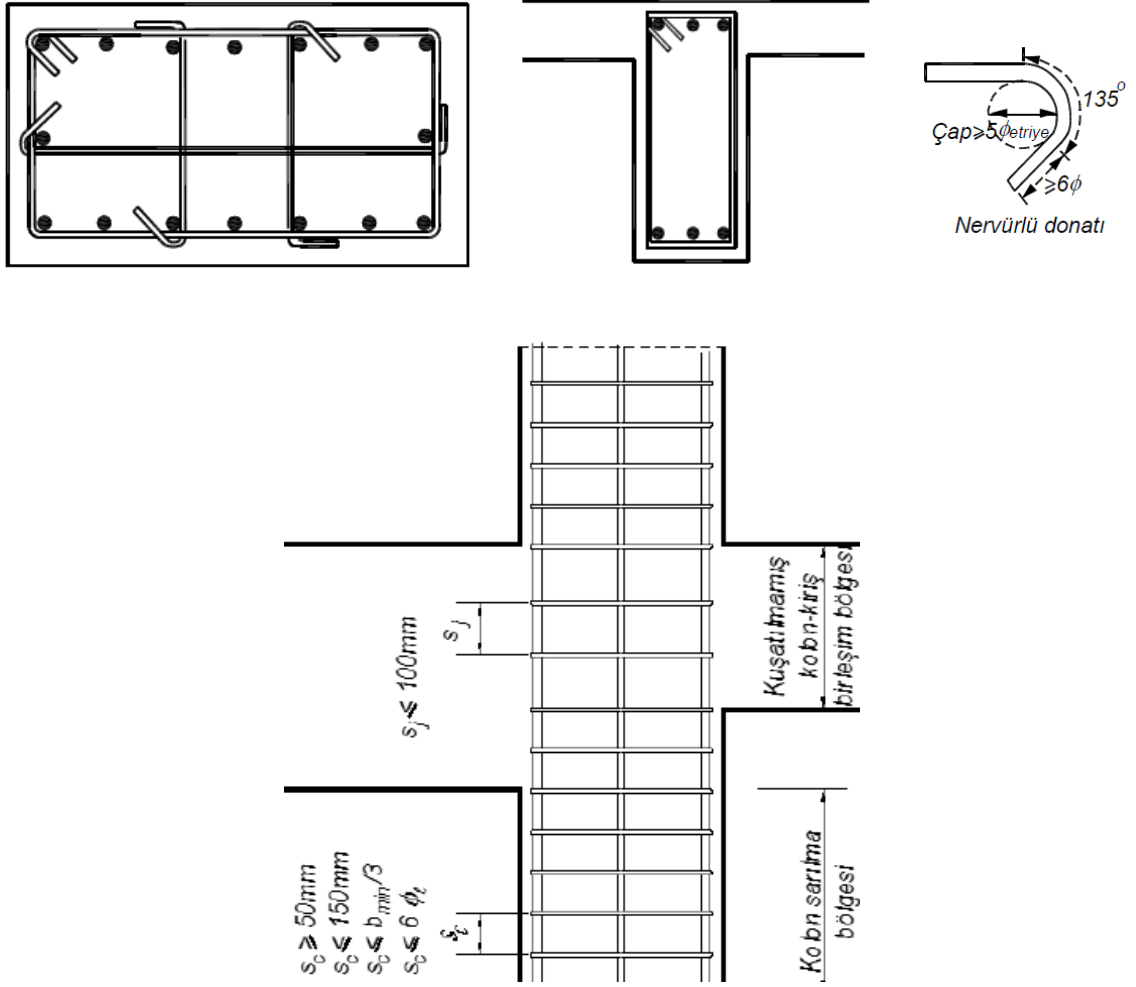


d) Yetersiz dozajlı beton

Şekil 4.3. Karışım ve kıvamı kalitesiz beton ile üretilmiş kiriş örnekleri

4.2. Yetersiz Etriye Kullanımı

Etriyeler betonarme yapılarda, kesme kuvvetini karşılamak, sünekliği arttırmak, boyuna donatı burkulma boyunu azaltmak ve sargı etkisi ile çekirdek betonun basınç dayanımını arttırmak vb. birçok amaçla kullanılan donatı elemanlarından birisidir. Deprem bölgelerinde özel deprem etriyelerinin kullanımı hayati önem arz etmektedir. Özel deprem etriyelerinin her iki ucunda mutlaka 135° kıvrımlı kancalar bulunması gerekir [8]. 1975, 1997, 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinin tamamında 135° kıvrımlı kancalar kullanılması zorunlu kılınmıştır. Bu etriyeler boyuna donatıyı dıştan kavramalı ve kancaları aynı boyuna donatı etrafında kapanmalıdır [13]. Ayrıca betonlama sırasında etriyenin yerinden oynanamaması için sabitlenmesi önemlidir. Bununla birlikte 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2007 yönetmeliğinde olduğu gibi “Her bir kolonun alt ve üst uçlarında özel sarılma bölgeleri oluşturulacaktır.” hükmünü devam ettirmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. TBDY (2018) Özel Deprem Etriyeleri ve Çirozları

Yapılan gözlemlerde Elazığ Merkez ve Sivrice ilçelerinde ve Malatya-Pütürge ilçesinde birçok yapıda uygun etriye kullanılmadığı, kolon alt ve üst uçlarında etriye sıklaştırması yapılmadığı, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde etriye olmadığı ve etriyelerin düzlem içerisinde yatayla açılı bir şekilde konumlandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.5).



a) eğik etriye düzeni



b) Sarılma bölgesinde etriye yok



c) 90° kancalı etriyenin açılması ve yetersiz işçilik



d) Birleşim bölgesi etriye yok



e) Birleşim bölgesi plastik mafsall oluşumu

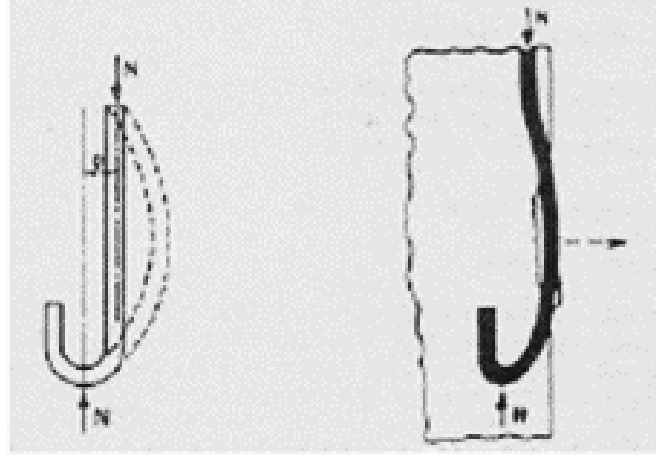


f) Etriyersiz kolon ve oluşan hasar

Şekil 4.5. Etriye uygulama hataları ve oluşan hasarlar

4.3. Donatı Uygulama Hataları

Bölgedeki betonarme yapılarda kullanılan beton malzemesinin çok kötü olmasının yanı sıra donatı uygulamalarında da önemli sorunlar gözlemlenmiştir. Bunlardan birisi kolonların alt boyuna donatı kenetlenmesinde kancalı kenetlenme yöntemi kullanılmasıdır. Kanca yapılması halinde donatıda burkulma riski oluşturacağı ve bu etkiyle de beton örtü tabakasında bir kırılma meydana gelebileceği bilinen bir gerçektir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Basınç donatısında kanca [14]

Bölgedeki yapıların birçoğunda düz donatı kullanıldığı ve basınç donatılarında kanca yapıldığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte kolonların alt uçlarında yeterli filiz boyu bırakılmadığı ve kolon-kiriş birleşim bölgesinde kolon etriyelerinin devam ettirilmediği tespit edilmiştir. Ayrıca betonun dökümünde beton örtü tabakasının (paspayı) sağlanamaması ve donatıların dış hava şartlarına açık kalması sonucu donatı korozyonu da gözlemlenmiştir.

Betonarme bir yapı elemanının gerektiği gibi davranabilmesi için donatının betona kenetlenmesi gerekir. Herhangi bir betonarme kesitinde, donatının öngörülen çekme veya basınç gerilmesini güvenle taşıyabilmesi için her iki yönde yeterli kenetlenme boyuna sahip olması gereklidir [13]. Deprem bölgesinde yapılan gözlemlerde yeterli kenetlenme boyunun sağlanmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.7). Ayrıca donatı uzunluğunun yetmediği yerlerde TS500’de belirtilen kurallara göre bindirmeli ekler uygulanmalı ve bindirme boyunca sargı donatısı bulundurulmalıdır. Bu kuralın da yapılarda uygulanmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.7. Donatı uygulama hataları

Etriye adım mesafesinin deprem yönetmeliğinde belirtilen değerlerin çok üzerinde olmasının bir sonucu olarak kesme hasarları, boyuna donatılarda burkulma, beton örtü tabakasında parçalanmalar ve eleman uç bölgelerinde plastik mafsall oluşumu da görülmüştür (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Etriyeyle bağlı yapı hasarları

4.4. Zayıf Kat, Yumuşak Kat Etkisi ve Kısa Kolon Oluşumu

Bölgede yıkılan ve ağır hasar alan yapılar incelendiğinde özellikle mekanizma durumuna geçen yapılarda, alt katların dükkân olarak kullanılması, büyük kapalı çıkmalar, zemin katta yoğun bir şekilde bant pencere kullanılması gibi nedenlerden dolayı kolonlar, tasarımında öngörülen değerlerden daha büyük kesme kuvveti ile karşılaşmıştır. Bu öngörülmeven kuvvetler etkisinde kolonlarda kesme kırılmaları meydana gelmiş ve yapıların tamamen göçmesine neden olmuştur (Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11).



Şekil 4.9. Malatya Doğanyol dükkân üstü konut bant pencere hasarı



Şekil 4.10. Malatya Doğanyol küçük işletme (un fabrikası) kısa kolon hasarları



Şekil 4.11. Elazığ-Merkez, ağır kapalı çıkma ve yanlış taşıyıcı sistem seçimi sonrası ağır hasar

Deprem bölgesinde yıkılan binalarda ilk birkaç gün arama kurtarma çalışmaları yapılmış ve kalıntılar hızlı bir şekilde olay yerinden kaldırılmıştır. Deprem bölgesinde yapılan incelemeler sırasında çöken binaların enkazı kaldırıldığı için yıkılma sebeplerine ilişkin araştırma yapmak mümkün olmamıştır. Ancak yıkılan binalarda çökmenin bireysel olarak ilgili binada gerçekleştiği tespit edilmiştir. Yani bu binaların hizasında veya yanında başka binaların deprem anında çökmemiş olması çöken binalarda büyük yapısal sorunların olduğunun kanıtı niteliğindedir (Şekil 4.12, Şekil 4.13). Ayrıca bu binalarla ilgili hayatta kalanların ifadeleri de binalarda var olan sorunları doğrulamaktadır.



Şekil 4.12. Sürsürü Mahallesi Dilek Sitesi



a) Deprem öncesi



b) Deprem sonrası

Şekil 4.13. Maden İlçesi Gezin Beldesi Mavi Göl Apartmanı

Elazığ-Maden ilçesi Gezin beldesinde A ve B bloktan oluşan Mavi Göl Apartmanı'nda 70 dairenin olduğu ve binanın altında ise 7 adet dükkânın bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.13). Binanın deprem öncesi durumu incelendiğinde, dükkânlardan kaynaklı zayıf ve yumuşak kat oluşumunun olduğu ve binada ağır kapalı çıkmaların bulunduğu görülmektedir.

Bununla birlikte yapısal hasarların yanında incelenen birçok yapıda taşıyıcı elemanlarda tesisat borularının geçirilmesi için tahribatlar yapılmış ve taşıyıcı elemanlara zarar verildiği görülmüştür (Şekil 4.14).



a) Tesisat geçirilen betonarme kiriş



b) Tesisat geçirilen betonarme perde



c) Tesisat geçirilen betonarme kiriş



d) Tesisat geçirilen betonarme kolon

Şekil 4.14. Taşıyıcı elemanlardan tesisat borularının geçirilmesi

BÖLÜM 5. YIĞMA YAPILARDA GÖRÜLEN HASAR TİPLERİ

Deprem bölgesinde yığma yapıların genel olarak kırsal kesimlerde olduğu gözlemlenmiştir. Yığma yapılar, inşa edilen bölgeden temin edilen kerpiç, taş, briket, harman tuğla, ahşap malzemeler ve bunların kombinasyonu kullanılarak bir veya iki kat olarak inşa edilmiştir. Kullanılan malzemelerin yörede kolay ve ucuz olarak temin edilebilmesi bu yapı türünü öne çıkarmaktadır. Yığma yapı duvarlarında bağlayıcı olarak kireç harcı ve çamur harcı gibi zayıf bağlayıcı malzemelerin kullanıldığı görülmüştür. Bu yapıların birçoğu yığma yapı kural ve kaidelerine göre inşa edilmediği ve zayıf bağlayıcı kullanıldığı için depremde yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Yıkılan veya ağır hasar gören bazı yığma yapıların duvarlarında bağlayıcı olarak toprak harcı kullanıldığı tespit edilmiştir.

Deprem bölgesinde, taş malzemeler kullanılarak inşa edilen ve yıkılan birçok yığma yapı gözlemlenmiştir. Şekil 5.1’de moloz taş ve toprak harç kullanılarak inşa edilen bir yığma yapı görülmektedir. Yığma yapının duvarlarında, çatı ve pencere üstlerinde süreksiz ahşap yatay yatıl kullanıldığı ancak hatılların duvar kalınlığında yerleştirilmediği tespit edilmiştir. Bu nedenle ahşap hatıl kullanılmayan duvarların aynı düzlemdeki bir bölümü yıkılmıştır.



Şekil 5. 1. Duvarların aynı düzlemde bir bölümü yıkılan ağır hasarlı taş duvarlı yığma yapı örneği

Yığma yapıların duvarlarında düşey derzlerin üst üste getirildiği, toprak esaslı bağlayıcı kullanıldığı ve çatının duvar üzerine ahşap kirişlerin dizilip üzerine toprak sererek inşa

edildiği tespit edilmiştir. Hasar gören veya yıkılan çoğu yığma yapıda çatı ve kat seviyesinde duvarları kendi düzlemi içinde tutan ve komşu duvarlar ile bağlantısını sağlayacak rijit diyafram düzenlenmesine (betonarme hatıl vb) çoğu yapıda rastlanmamıştır. Bu nedenle duvarların bağımsız olarak düzlemi dışına çıkarak hasar gördüğü gözlemlenmiştir. Bu tür olumsuzluklar içeren yapılarda çatı çökmesi (Şekil 5.2), duvar devrilmesi (Şekil 5.3) veya toptan göçme (Şekil 5.4) durumları gözlemlenmiştir.



Şekil 5.2. Çatısı yıkılmış ve duvarları hasar görmüş taş yığma yapı örneği



Şekil 5.3. Ağır toprak çatılı yığma yapı hasarı



Şekil 5.4. Ağır toprak çatılı yığma yapı enkazı

Bazı eski kerpiç yapıların çatıları ağır toprak çatı yerine ahşap oturma çatı ve oluklu galvaniz saç levha kaplama ile inşa edildiği bunun da hasarları azalttığı gözlemlenmiştir. Yapı hasar görse de yıkılmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.5.). Şekil 5.5'te de görüldüğü gibi yapının çatısı ahşap çatı ve saç örtü ile inşa edilmiştir. Yapıda kat ve çatı seviyelerinde duvarları bir arada tutacak hatıl elemanın olmaması, kötü işçilik ve malzeme kullanılması duvarların hasar görmesine neden olmuştur.



Şekil 5.5. Ahşap oturma çatılı bir yığma yapı hasarı

Deprem bölgesinde, kırsal kesimde kerpiç malzemeler kullanılarak inşa edilen yapılara da gözlemlenmiştir. Kerpiç yapı duvar örgü malzemeleri killi harç ve saman lifi karışımının kalıplara dökülerek kurutulması ile üretilmektedir. Bazı kerpiç yapılarda kerpiç duvar malzemesine lif katılmadığı gözlemlenmiştir. Duvar örümünde bağlayıcı olarak yine aynı malzeme kullanılmaktadır. Zamanla sıcaklık ve yağış gibi atmosfer şartlarının olumsuz etkileri ile kerpiç duvar malzemesinde ve derzlerinde deformasyonlar ortaya çıkmaktadır. Kerpiç yapıların doğası gereği düşük dayanımlı malzemelerle üretilmesi, çatılarında kaplama olarak toprak örtü malzemesi kullanılması, kat seviyesinde hatıllarla duvarların birbirine yeterince bağlanmaması kerpiç yapıyı zayıflatmıştır. Dolayısı ile depremde duvar hasarları ve bir çok kerpiç yapının göçtüğü gözlemlenmiştir (Şekil 5.6).

Şekil 5.6’da kerpiç yapının bitişiğinde inşa edilen yapının zemin katı betonarme olarak, üst katı ise kerpiç duvar ile inşa edilmiş ve duvar üzerinde betonarme yatay hatıl kullanılmıştır. Yatay hatıl diğer duvar hatılları ile bağlanmadığı için duvar düzem dışı hareket etmiş ve hatıl duvardan ayrılarak yere düşmüştür. Yapıda kısmen hafif çatı sistemi kullanılmış olması deprem hasarını azaltmıştır.



Şekil 5.6. Kerpiç yapı enkazı

Deprem bölgesinde yığma yapılarda taşıyıcı yığma tuğla ve harman tuğlalarla inşa edilen yığma yapılar da bulunmaktadır. Bu tür yapılar genellikle kırsal kesimlerde

yoğunlaşmaktadır. Duvarlarda derz malzemesi olarak kireç-çimento harcı ve toprak esaslı harç kullanılmıştır. Tuğla kullanılarak inşa edilen bazı yapılarda yıkım ve duvar hasarları gözlemlenmiştir. Kısmen yıkılan bir bina duvarında harman tuğla ve yığma tuğla kullanıldığı görülmektedir (Şekil 5.7). Duvarlar yatay hatıllarla bağlanmadığı ve mesnetinin zayıf olması gibi nedenlerden dolayı yığma yapının dış duvarının bir kısmı yıkılmıştır.



Şekil 5.7. Yığma Tuğla ve harman tuğlalarla inşa edilen bir yapı enkazı

Harman tuğla kullanılarak inşa edilen iki katlı bir yapıda çıkmadan kaynaklı oturma hasarları (Şekil 5.8a) yatay derz açılmaları (Şekil 5.8b) ve kesme kırılmaları (Şekil 5.8c) gözlemlenmiştir. Kesme çatlağı oluşan bölgede kesme çatlağı boyunca derz kırılmaları ile birlikte harman tuğların da kırıldığı görülmektedir (Şekil 5.8c).



a) Çıkmadan kaynaklı oturma hasarları



b) Yatay derz kırılması



c) Yığma duvar kesme çatlağı

Şekil 5.8. Harman tuğlalarla inşa edilen yığma yapı hasarları

Briket ile inşa edilen ve hasar gören bazı yığma yapılara da rastlanmıştır. Briket duvarların çimento ve kireç harcı karışımı ile örüldüğü görülmüştür. Kullanılan briketin taşıma gücünün oldukça düşük olması, duvarlar kat ve çatı seviyesinde hatıllarla desteklenmemiş olması yapının depremde ağır hasar görmesine neden olmuştur (Şekil 5.8).



Şekil 5.9. Briket ile inşa edilen yığma yapı hasarı

Bölgede yıkılan yapı türlerinden bir tanesi de toprak harçlı ahşap yığma yapı örneğidir. Yapının zemin kat duvarları taş ile örülmüş derzlerde toprak harcı kullanılmıştır. Zemin kat duvarlarının üzeri ahşap ile örülmüş ahşap malzeme aralarına derz olarak yine toprak harcı kullanılmıştır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Yığma ahşap yapı enkazı

Bölgede beton kullanılarak inşa edilen cami minaresinde de hasarlar ve yıkılmalar gözlenmiştir (Şekil 5.11). Oluşan hasarların genel olarak minarenin şerefe bölgesinde kesitin zayıfladığı düzlemlerde meydana geldiği görülmektedir. Minarenin uzun olması, beton içerisinde çelik donatı kullanılmaması ve iyi bir mühendislik hizmeti görmemiş olması yıkılmasına neden olmuştur. Bunun yanında iyi mühendislik hizmeti görmüş veya yüksek yapılmamış minare yapılarının depremden etkilenmediği gözlemlenmiştir.



Şekil 5.11. Şerefe kısmından yıkılmış minare örneği

BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu rapor 41 vatandaşımızın hayatını kaybettiği 24 Ocak 2020 Elazığ Depremi'nin hemen sonrasında SUBÜ-DAMER araştırma ekibinin deprem bölgesinde yaptığı çalışmaları içermektedir. SUBÜ-DAMER araştırma ekibi, depremde oluşan yapısal hasarı ve deprem bölgesindeki yapıların temel yapısal özelliklerini yerinde belirlemek amacıyla Elazığ Merkez-Sivrice, Malatya Kale-Pütürge-Doğanyol ilçelerini kapsayan alanlarda detaylı olarak incelemelerde bulunmuştur. Yapılan incelemelerde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. İncelenen deprem bölgesinde yapılacak yapıların tasarımında kullanılmak üzere en büyük yer ivmesi (PGA) değeri, 1998 tarihli deprem yönetmeliğinden [10] bu yana en az 0.4g olarak verilmektedir. Elazığ Depremi esnasında kaydedilen en büyük yer ivmesi değeri ise 0.298g olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla, 1998 sonrası yapılan binalar dikkate alındığında Elazığ Depremi, bu binaların tasarımında öngörülen deprem yüklerine göre daha düşük seviyede bir kuvvette etkimıştır. Yeni yapılan yapıların bu deprem etkisinden dolayı yıkılması veya ağır hasar alması, binaların tasarım projelerine ve yapım kurallarına uygun olarak yapılmamış olmasıyla açıklanabilir.
2. Depremde yıkılan, ağır hasar gören ve incelenen binaların hemen hemen tamamında standart ve yönetmeliklere uygun olmayan beton kullanıldığı gözlemlenmiştir. Betonun üretiminde herhangi bir standart gözetilmediği, geleneksel yöntemlerle şantiye ortamında ve düşük dozajlı olarak üretildiği tespit edilmiştir. Beton dayanımının ağırlıklı olarak 8-10MPa seviyelerinde olduğu ve bunun yanında beton karotlarının birçoğunun standartlara göre değerlendirilmeye alınamayacak kadar kötü olduğu görülmüştür.
3. Ülkemizde yaşanan birçok deprem sonrası yapılan incelemelerde karşılaşılan yetersizliklerin hemen hemen tamamının bu deprem bölgesinde de olduğu gözlemlenmiştir. Beton dayanımının çok düşük olduğu, malzeme ve işçiliğin oldukça yetersiz olduğu, düz inşaat çeliğinin kullanıldığı, etriye aralıkları ve konfigürasyonlarının uygun olmadığı, kolon-kiriş düğüm noktalarında kolon etriyelerinin genel olarak uygulanmadığı, boyuna donatı bindirme boylarının yetersiz olduğu, kolonların kirişlerden daha zayıf olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla hem tasarım hem de inşaat aşamalarında mühendislik hizmetinin yeterli seviyede alınmadığı ve ayrıca gerekli kontrollerin yeterince yapılmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

4. Kırsal alanda yapılan yığma yapılarda malzeme dayanımının yetersiz olduğu, yapım kural ve kaidelerine göre inşa edilmediği ve bu nedenle de ciddi boyutlarda hasarların olduğu gözlemlenmiştir.

Mevcut yapı stoğumuzun depremlere hazır olmadığı gerçeği bu deprem sonrası yapılan incelemelerde bir kez daha ortaya çıkmıştır. Ülkemizde depremlerde meydana gelen can kayıplarının hemen hemen tamamı yapıların hasar görüp yıkılmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle deprem zararlarını azaltmada en önemli adım mevcut yapıların depreme karşı güvenli hale getirilmesi ve yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı olarak üretilmesi olacaktır. Olası depremlerin hangi büyüklükte veya ne zaman olacağı gibi konulara odaklanmak yerine, yapı güvenliği kavramının ön plana çıkarılması, önlem alma bilincinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bizlerin hem birey hem de toplum olarak asıl odaklanmamız gereken konu “Depreme ne kadar hazırlıklı olduğumuzdur”.

Ülkemizin bir deprem ülkesi olduğu gerçeği unutulmadan ülke genelinde kentsel dönüşüm ele alınmalı ve deprem odaklı bir dönüşüm yapılmalıdır. Mevcut yapı stoğu, özellikle 1997 Deprem Yönetmeliği öncesi inşa edilmiş binalar, uzmanlar tarafından ayrıntılı olarak incelenmeli ve depreme karşı güvenli olmayanların yıkılarak yeniden yapılması veya güçlendirme işlemleri uygulanarak depreme karşı güvenli hale getirilmesi sağlanmalıdır. Depreme hazırlık konusunda yetkililerin görev ve sorumlulukları olmakla birlikte bina sahiplerinin de sorumlulukları bulunmaktadır. İçerisinde yaşadıkları konutların depreme karşı güvenliğinin belirlenmesi konusunda bireysel olarak da gerekli adımlar bir an önce atılmalıdır. Öncelikle uzmanlara başvurarak içinde yaşadıkları binaların deprem riski öğrenilmelidirler. Şayet binaları riskli ise riskin azaltılması için gerekli işlemleri zaman kaybetmeden yerine getirmelidirler. İlgili bakanlık, kamu kurumları ve yerel yönetimler üzerine düşen görevleri yerine getirmeli, mevcut yapı stoğumuzun ve ulaşım hatlarımızın ne kadarının güvenli olduğu, güvensiz yapıların hangi bölgelerimizde yoğunlaştığı gibi hayati bilgileri öğrenmeli, şehirlerimizin deprem senaryo çalışmalarını tamamlamaları ve gerekli tedbirleri bir an önce almaları gerekmektedir. Mevcut yapı stoğumuzda bulunan riskli binaların belirlenmesi ve depreme güvenli hale getirilmesi için üniversitelerin, kamu kurumlarının, meslek odalarının ve bu tür riskli yapılarda yaşayan insanların bir seferberlik halinde işbirliği yapması bir zorunluluktur. Yeni yapılacak binaların da depreme karşı güvenli olarak inşa edilebilmesi için yürürlükteki deprem yönetmeliklerine uygun olarak tasarlanması ve tasarım projesine uygun olarak inşaa edilmesi sağlanmalıdır. Bu süreçlerde tüm denetim ve gözetim işlemini yapan kamu/özel kişi ve kurumların mesleki anlamda görev ve

sorumluluklarını eksiksiz yerine getirmeleri için gerekli tüm tedbirler alınmalı, herhangi bir yetersizlik var ise hızlı bir şekilde ilgili iyileştirmeler yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

- [1] www.koeri.boun.edu.tr
- [2] M. Palutoğlu ve E. Tanyolu, Elazığ İl Merkezi Yerleşim Alanının Depremselliği, Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 18 (4), 535–546, 2006.
- [3] M. Sunkar, Palu'da (Elazığ) Tarihsel ve Aletsel Dönemdeki Büyük Depremler ve Yerleşmeler Üzerindeki Etkiler, Fırat Üniversitesi Harput Uygulama ve Araştırma Merkezi 297 Uluslararası Palu Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 11-13 Ekim 2018, Elazığ, Türkiye.
- [4] T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi Ön Değerlendirme Raporu, Ocak 2020.
- [5] <https://deprem.afad.gov.tr>
- [6] <https://csb.gov.tr>
- [7] <http://www.malatya.gov.tr>
- [8] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018.
- [9] <https://tdth.afad.gov.tr>
- [10] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 1997.
- [11] İ. O. Akdemir, A. Çağlıyan, D. Dağlı, Kentsel Planlamada Coğrafi Bilgi: Elâzığ Uygulaması, Fırat Üniversitesi Harput Araştırmaları Dergisi Cilt: II, Sayı:1, Elâzığ, 2015.
- [12] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007.
- [13] TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, 2000.
- [14] U. Ersoy, G. Özcebe; Betonarme, Evrim Basım Yayın Dağıtım, 2004.
- [15] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY), 1975.
- [16] TS EN 12504-1, Beton - Yapıda beton deneyleri - Bölüm 1: Karot numuneler - Karot alma, muayene ve basınç dayanımının tayini (2011).