



SİMAV VE VAN DEPREMLERİ (2011) YAPI HASAR NEDENLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF REASONS OF THE DAMAGES AFTER SIMAV AND VAN (2011) EARTHQUAKES

Mehmet İNEL¹, Hayri Baytan ÖZMEN^{2*}, Bayram Tanık ÇAYCI³

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, 20070, Denizli.
minel@pau.edu.tr

²İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uşak Üniversitesi, 64200, Uşak.
baytan.ozmen@usak.edu.tr

³Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, 20070, Denizli
tanikcayci@hotmail.com

Geliş Tarihi/Received: 16.10.2012, Kabul Tarihi/Accepted: 05.01.2013

doi: 10.5505/pajes.2013.46036

*Yazışılan yazar/Corresponding author

Özet

Türkiye bir deprem ülkesidir. 2011 yılı içerisinde meydana gelen Simav ve Van depremleri başta olmak üzere yaşanan yoğun sismik hareketlilik bu gerçeği bir kez daha hatırlatmıştır. Çalışmanın amacı, bu depremler sonrası mühendislik ilkeleri ile bağdaşmayan şekil ve ölçüde oluşan hasar ve can kayıplarının nedenleri üzerinde durmaktır. Yapılan incelemelerde yetersiz malzeme özellikleri, tasarım ve uygulama hataları başta olmak üzere, hasar alan yapıların benzer eksikliklere sahip olduğu sonucuna varılmıştır. En önemli göçme sebebi olarak birleşim bölgesi ve donatı kenetlenme boyu yetersizlikleri gösterilebilir. Bunlardan sonra: yetersiz ve/veya hatalı yanıl donatı uygulamaları, kısa kolon, kapalı çıkma ve yumuşak kat etkileri, hatalı yalıtım ve kalkan duvar imalatları, beton dayanımı yetersizliği, binalar arası çekiçleme ve çarpışma etkileri ve taşıyıcı sistem tasarım hataları önemli hasar nedenleri arasındadır. Depremler sonrasında yapılan kayda değer diğer gözlemler: deprem hasarının merkez üssüne uzaklık yanında birçok başka parametreye bağlı olduğu, güçlendirilen binalarının yeterli performansla sahip olabileceği, ağır kusurlara sahip perdeli yapıların dahi toptan göçme yaşayabileceği, yüksek beton dayanımına sahip yapılarda da önemli hasar oluşabileceği, esnek yapılarda önemli taşıyıcı sistem hasarı olmasa bile ağır mimari hasarlar oluşabileceği, betonarme orta ve ağır hasarlı binaların daha çok 4-5 katlı binalarda yoğunlaşması, tekniğine uygun yapılan kerpiç çok katlı yapıların dahi depremi hasarsız atlatabileceği, dolayısıyla yıkımın ana sebebinin mühendislik ilkelerine uyulmaması olduğu şeklinde sıralanabilir.

Anahtar kelimeler: Betonarme yapılar, Deprem hasarı, Düzensizlik, Kat sayısı, Simav depremi, Van depremi.

Abstract

Turkey is located on a region with high seismicity. The intense seismic activity in 2011, especially Simav and Van earthquakes, once again reminded of this fact. The aim of this study is to give information on the causes of the heavy damage and loss of lives after these earthquakes which are not in compliance with engineering principles. Based on the investigations, the damaged buildings are found to have similar deficiencies as inadequate detailing, material properties, faults in application and design. The most important reasons of the collapses are insufficient strength of joint regions and lap splice lengths. The following flaws are: inadequacies in amount or/and detailing of the lateral reinforcements, short column, overhang and soft story effects, deficient isolation applications and gable wall construction, low concrete strength, pounding and collision between buildings and faulty load bearing system designs. The other remarkable observations after the earthquakes are: the dependency of the seismic damages to some other parameters beside distance to the epicenter, adequate performances of the retrofitted buildings, total collapse of even shear-wall buildings with heavy flaws, buildings with high concrete strength may be heavily damaged, buildings with flexible load carrying system may take significant architectural damage without structural, for moderate and heavy damages 4-5 story buildings are the most damaged ones, even the multi story adobe buildings that are built in accordance with technical provisions may survive the earthquake without damage, therefore the main reason for the devastation is the violation of the engineering principles.

Keywords: Earthquake damages, Irregularity, Number of story, Reinforced concrete, Simav earthquake, Van earthquake.

1 Giriş

Mevcut yapı stokunun sismik performansının yetersiz olması depremler sonrası büyük can ve mal kaybına neden olmaktadır. 19 Mayıs 2011 Simav ve 23 Ekim 2011 Van depremleri bu sorunu bir kez daha gözler önüne sermiştir. Artan nüfus, hızlı ve denetimsiz yapılaşma ve ekonomik kaygılar, deprem mühendisliği konusunda dünyanın önde gelen ülkelerinden birisi olmamıza rağmen pratik uygulamalarda başarısız olmamıza neden olmaktadır. Yazarların içinde bulunduğu Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü tarafından yapılan incelemelerde, gerek Simav gerekse Van bölgesinde karşılaşılan yapısal sorunların birbirine oldukça benzer olduğu görülmüştür. Bu durum, mevcut yapı stoku ile ilgili problemin bölgesel değil, ulusal bir

sorun olduğunu kanıtlar niteliktedir. Bu bağlamda vakit kaybedilmeden sismik açıdan yetersiz binaların belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması muhtemel can ve mal kayıplarının önüne geçilmesi açısından hayati önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı, depremler sonrası bölgede yapılan değerlendirmeler sonucunda mühendislik ilkeleri ile bağdaşmayan şekil ve ölçüde gerçekleşen hasarın ve yıkımın nedenleri üzerinde durmaktır. Yapılan incelemelerde yetersiz detaylandırma ve malzeme özellikleri, işçilik ve uygulama hataları başta olmak üzere, hasar alan yapıların benzer eksikliklere sahip olduğu not edilmiştir. Ayrıca özellikle 1975 yılı Afet Yönetmeliği'nde yer almadığından 1998 yılı öncesi inşa edilen birçok yapı kapasite ilkeleri göz önüne alınmadan tasarlanmıştır. Ek olarak uygulama ve detay hataları sebebiyle yeterli dayanım ve deformasyon özelliklerine sahip olmayan

bu yapılar, sismik talepler altında gevrek hasarlar sonucunda hızla labil hale gelebilmektedir. Bir başka altı çizilmesi gereken nokta, özellikle ticari yapıların yoğun olduğu bölgelerde yumuşak kat düzensizliğine sahip binaların yaygın olarak bulunmasıdır. Bu düzensizliğe sahip yapılarda kat mekanizmasına bağlı hasar ve yıkımlar Simav ve Van depremleri sonrası gözlenmiştir.

2 19 Mayıs 2011 Simav Depremi Sonrasında Yapılan Gözlem ve Değerlendirmeler

2.1 Deprem Hakkında Genel Bilgiler

19 Mayıs 2011 tarihinde, saat 23:15'de 5.7 büyüklüğünde (M_L) Kütahya-Simav merkezli bir deprem meydana gelmiştir. Deprem merkez koordinatları 39.1328 K -29.0820 D, odak derinliği 24.46 km olarak belirlenmiştir. Yeşilköy ve Çavdır faylarından kaynaklanan depremin merkez üssü Simav ilçesinin yaklaşık 13 km kuzey doğusundaki Söğüt Köyü çevresidir [1]. Deprem merkez üssü ve yakınındaki yerleşim birimleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Bölgenin fay hareketleri açısından canlı olduğu bilinen bir gerçektir. Son yüzyılda bölgede can ve mal kaybına neden olan yıkıcı depremler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Yakın tarihte bölgede yaşanan yıkıcı depremler.

Tarih	Aletsel Büyüklük	Merkez Üssü
1928	6.2	Emet
1944	6.2	Şaphane
1970	7.2	Gediz
1970	5.9	Çavdarhisar
2011	5.7	Simav

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat ve Jeoloji Mühendisliği Bölümlerinden oluşan bir ekip 21 ve 22 Mayıs 2011 tarihlerinde bölgede depremin etkilerini incelemiştir [2], [3]. Ekip ilk inceleme sonrası 06 ve 07 Haziran 2011 tarihlerinde tekrar bölgeye giderek artçıların etkilerini değerlendirme fırsatı bulmuştur. Hasarın yoğunlaştığı Simav ilçesi ve depremin etkilediği Beyce, Gökçeler, Kalkan, Karamanca ve Şenköy'de yapıların hasar düzeyleri ve nedenleri üzerine araştırmalar yapmıştır. Bölgede bulunan kamu binaları da dolaşarak, hasar durumları incelenmiştir. Deprem öncesi mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme çalışmaları kapsamında incelenen kamu binalarının deprem sonrası performansları ve hasar durumları hakkında da gözlemler yapılarak bilgiler toplanmıştır. Yazarların gözlemlerde bulunduğu yerleşim birimleri Şekil 1'de gösterilmektedir.

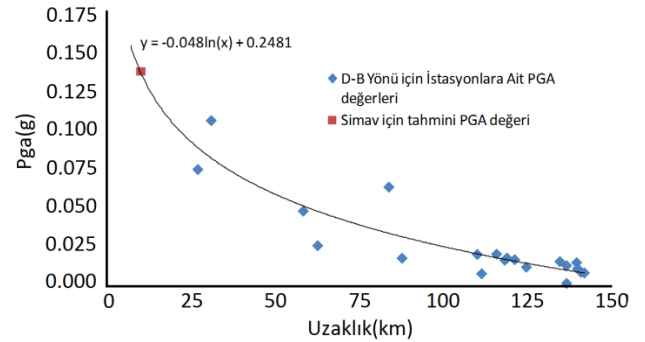


Şekil 1: Deprem merkez üssü ve bölgede inceleme yapılan yerleşim birimleri [4].

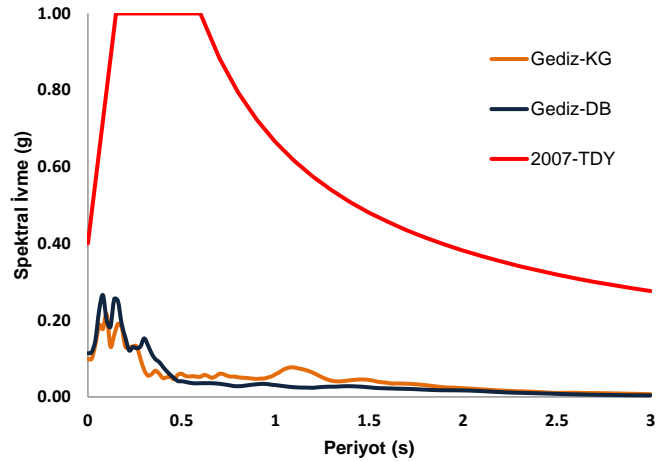
2.2 Yer Hareketinin Karakteristik Özellikleri

Kütahya Simav Depremi ($M_L= 5.7$), Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı'nın depremin dış merkezine 27-230 km uzaklıklardaki 72 farklı ivme-ölçer istasyonu tarafından kaydedilmiştir. Bu depreme ait en yüksek ivme değeri, Gediz ilçesinde D-B yönünde 103.92 cm/sn^2 olarak ölçülmüştür [1].

Deprem etkilerinin yoğunlaştığı Simav ilçesinde yer alan ivme-ölçer istasyonunda arıza nedeniyle tam olarak kayıt alınamamıştır. Alınan kısmi kayıta da depremin düşey bileşeni ilginç şekilde iki yatay bileşenden yüksektir. İstasyonda arıza nedeniyle kayıt alınamaması, bölgede hissedilen etkilerin anlaşılması bakımından bir dezavantaj olmuştur. Kayıt alınan değişik mesafelerdeki istasyonlarda ölçülen maksimum ivme değerleri ile merkez üssüne olan uzaklıkları Tablo 2'de gösterilmiştir. İvme büyüklüğü ve uzaklık ilişkisinden yararlanılarak Simav merkezde elde edilen maksimum yer ivmesi değerleri D-B yönünde 140 cm/sn^2 olarak tahmin edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: Simav Depremi için kayıt alınan istasyonlarda merkez üssüne uzaklık D-B doğrultusundaki maksimum ivme değeri ilişkisi.

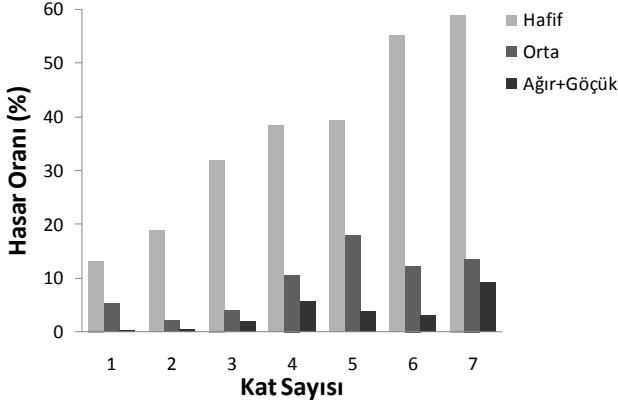


Şekil 3: TDY 2007-Z3, Gediz kaydı D-B ve KG bileşenleri spektral ivme değerleri.

Simav Merkezi için hasar oranlarının kat sayısına göre değişimi Şekil 4'te yer almaktadır. Grafikte kat sayısı ve hasar oranı arasında özellikle hafif hasar için bir ilişkinin bulunduğu söylenebilir. Benzer gözlemler Türkiye'de gerçekleşmiş birçok deprem sonrası yapılmıştır [5-9]. Hasar dağılımı incelendiğinde, ağır+göçük hasarlı bina oranının 4 katlı yapılara kadar bir artış eğiliminde olduğu, 5 ve 6 katlı binalarda ise azaldığı görülmektedir.

Orta katlı yapılarda hasar oranının daha yüksek olduğu değerlendirilmesinde bulunan başka çalışmalar da bulunmaktadır [9, 10].

Özellikle yüksek katlı yapılara göre yapım kalitesi daha kötü olan orta katlı yapıların zemin periyotlarına ve genel deprem hareketi frekans içeriğine uyumlu hâkim titreşim periyoduna sahip olması, gözlenen bu yüksek hasar oranının nedenlerinden birisi olarak gösterilebilir [11].



Şekil 4: Simav Merkezi için hasar oranlarının kat sayısına göre dağılımı.

Tablo 2: Simav ilçesine en yakın on istasyona ait yer ivme değerleri.

İstasyon		Yer İvme Değerleri		Merkez Üssüne Uzaklık (km)
İl	İlçe	K-G (gal)	D-B (gal)	
Kütahya	Emet	74.69	73.13	27
Kütahya	Gediz	92.33	103.92	31
Uşak	Merkez	47.87	46.91	58
Kütahya	Merkez	33.62	25.13	84
Bursa	Keles	24.62	17.24	88
Manisa	Akhisar	18.00	17.32	112
Bursa	M.K. Paşa	29.40	62.04	116
Bilecik	Bozüyük	14.65	11.60	119
Bursa	Mudanya	13.65	15.11	125
Afyon	Dinar	10.65	6.77	152
Balıkesir	Bandırma	18.31	8.64	162

2.3 Hasar Sebepleri ve Değerlendirmeler

19 Mayıs 2011 Depremi sonrası gözlenen hasar bu ölçekte bir yer hareketi için yüksek seviyededir. Orta büyüklükte bu depremin özellikle Simav merkezindeki etkileri oldukça düşündürücüdür. 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 7. Bölüm incelendiğinde durumun ciddiyeti daha iyi anlaşılabilir. İlgili bölümde yer alan Tablo 7.7-Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedeflerine göre okullar için 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremde beklenen performans seviyesinin Hemen Kullanım olması gerektiği görülmektedir.

Simav depremi Gediz kaydı için okunan en büyük spektral ivme, yönetmeliğin 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olarak belirlediği depremin yaklaşık % 27'sidir (Şekil 3). Simav kaydı için yapılan tahmin ve Gediz deprem spektrumu dikkate alındığında Simav merkezinde oluşabilecek en büyük spektral ivmenin, aynı yönetmelik hedef depreminin % 40-50'si mertebesinde olacağı sonucuna varılabilir. Ancak bu bölge

oldukça düşük periyot bölgesi ve çok dar bir bina grubunu kapsamaktadır. Elde edilen spektral ivmelerin büyüklüğü yanında depremin süresinin de çok uzun olmadığı unutulmamalıdır. Aynı büyüklükte daha uzun bir depremin aynı binalar üzerinde çok daha yıkıcı sonuçları olması mümkündür. Her iki etki bir arada değerlendirildiğinde oluşan yer hareketi özelliklerine göre yapılarda oluşan hasarın kabul edilemeyecek derecede ağır olduğu açıktır.

Yukarıdaki veriler incelendiğinde yönetmelik performans hedeflerini karşılayan bir okul binasının Simav depremini hasarsız atlama gerekmektedir. Yazarlar tarafından incelenen depreme karşı güçlendirilmemiş okulların büyük bir kısmında Hemen Kullanım şartının sağlanmadığı, bir kısmında da orta ve ağır seviyede hasarlar olduğu görülmektedir. Okul binalarının deprem performansı, daha büyük bir depremde tablonun ne kadar ciddi olabileceğinin habercisi gibidir.

Konut binaları incelendiğinde özellikle zemin etkilerine bağlı olduğu düşünülebilecek ölçüde belli bölgelerde birçok ağır hasarlı binayla karşılaşmıştır. Bu binaların bir kısmının oturulamaz durumda olduğu görülmüştür. Hasar nedenleri incelendiğinde çoğunlukla yönetmeliklere uygun olmayan uygulama hataları nedeniyle çok temel tasarım ilkelerine uyulmadığı göze çarpmaktadır. Eleman ve sistem bazında hasarlar ve buna neden olan kusurlar şu başlıklar altında toplanabilir:

- Yapılan incelemelerde orta ve üstü dereceye sahip hasar yoğunluğunun 4 ve 5 katlı binalarda arttığı gözlemlenmiştir. Orta katlı yapılarda hasar oranının daha yüksek olduğu değerlendirilmesinde bulunan başka çalışmalar da bulunmaktadır [9-11].
- Genel olarak incelenen binalarda sistem rijitliği ve dayanımın yetersiz olduğu görülmüştür. Bu durum yüksek yer değiştirmelere ve betonarme sistemin yüksek hasar almadığı binalarda bile önemli dolgu duvar hasarlarına neden olmuştur. Bu durumun önemli ekonomik zararlara yol açtığı söylenebilir. Bu sebeple deprem sonrası gözlemler, yapı rijitliğinin artmasının taşıyıcı sisteme ek olarak taşıyıcı olmayan elemanların hasarını da azaltarak can güvenliği yanında ekonomik faydaları da olduğunu göstermektedir.
- Yüksek seviyede hasarlı binaların neredeyse tamamında birleşim bölgesi tasarım ve detaylandırılmasının, yönetmeliklerde belirtilen tasarım ilkelerinden uzak olduğu anlaşılmıştır. Birleşim bölgelerinde kolon etriyelerinin devam ettirilmemesi ve bindirme boyu yetersizlikleri gevrek hasarlara neden olmuştur (Şekil 5).
- Ülkemizde genel olarak karşılaşıldığı gibi yetersiz sargılama, kötü detaylandırma ve düşük beton dayanımı elemanlarda oluşan hasarların temel nedenlerinden birisi olarak gösterilebilir [12- 14].
- Bant pencereler, kısa kolon oluşmasına neden olmuş ve kolonlarda ağır kesme hasarlarına sebebiyet vermiştir (Şekil 6).
- Hazır beton kullanımının bölgede geç yaygınlaşması ve buna bağlı olarak kötü beton kalitesi eleman bazında gevrek hasarlara yol açmıştır [2, 13].
- Bölgede kapalı çıkmalı bina sayısı oldukça fazladır. Hatalı yapılan kapalı çıkmaların çoğunda ciddi

hasarlar oluşmuştur (Şekil 7). Kapalı çıkma hasarlarına bağlı olarak döşeme, kolon ve kirişte de hasarlar görülmüştür. Kapalı çıkmalı binaların sismik davranışının olumsuzluğu ile ilgili teorik çalışmalar da bulunmaktadır [15].

- Çevre köylerde yeterli arazi ve taban alanı bulunmasına rağmen binalarda gereksiz yere kapalı çıkmaların kullanılması hasarları ve ekonomik kayıpları arttırmıştır. Bunun nedeni, bina yapılarında mühendislik hizmetinden kaçınmak isterken, ustaların ilçe merkezinde arazi sıkıntısı olan yerlerde yapılan projeleri taklit etmesi olarak düşünülebilir.
- Bitişik nizamlı yapılarda yetersiz derz boşluğu ve yukarıda belirtilen rijitlik zayıflıklarına bağlı çekiçleme etkisi hasarları gözlemlenmiştir (Şekil 8). Bu yapılar kalıcı deformasyon sebebiyle deprem sonrasında yıkılmak durumunda kalmıştır.
- Yetersiz yanal donatı oranı ve detaylandırma hataları nedeniyle bazı yapılarda ağır kesme hasarı gözlemlenmiştir (Şekil 9).
- Bölgede yapılan hatalı yalıtım uygulamaları duvar hasarlarının önemli nedenlerindedir. Dış duvarlar iki sıra halinde ve ortasında köpük konularak imal edilmektedir. Yeterli bağlantıya sahip olmayan dış duvar bölümü deprem sırasında kolayca yıkılabilmektedir.
- Çatı tasarımında kusurlar görülmüştür. Yaygın olarak çatı kalkan duvarlarının yönetmeliklerde belirtildiği gibi bir çerçeve içerisinde yapılmaması, duvar hasarlarına hatta kısmi göçmelere neden olmuştur. Deprem sırasında yaşanan tek can kaybı da bu çeşit bir hasar sonrası gerçekleşmiştir. Bu durum küçük detay hataların ağır sonuçlarının belirgin bir örneği olarak gösterilebilir.
- Özellikle kolon elemanlarında kalıp tahtalarından parçaların beton içinde bırakılması bölgede yaygın biçimde yapılan hatalardan birisidir.



Şekil 5: Simav merkezde zemin katı göçmüş bir bina.



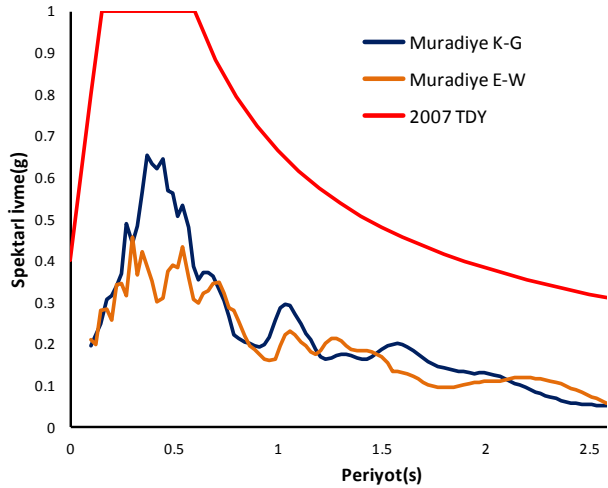
Şekil 6: Simav Cumhuriyet Lisesi binasında bant pencerelerin neden olduğu kısa kolon hasarı.



Şekil 7: Simav Halk Eğitim Merkezi Binası kirişsiz kapalı çıkma hasarı.



Şekil 8: Simav merkezde çekiçleme etkisi ile düşey ekseninden kalıcı olarak kaymış bina.



Şekil 12: TDY2007 Z3 Sınıfı için I=1 spektral ivme değerleri ve Van depremi Muradiye Kuzey-Güney, Doğu Batı İvme değerleri.

Deprem etkilerinin yoğunlaştığı Erciş ilçesine ait herhangi bir ivme-ölçer kaydı bulunmamaktadır. Bununla birlikte deprem kaydının alındığı Muradiye İlçesi ile Erciş ilçesinin merkez üssüne benzer uzaklıklarda olduğu görülmektedir. Ancak Erciş merkezinde gözlenen yıkım çok daha ağır olmuştur. Deprem merkez üssüne oldukça yakın olan Van İl merkezi de depremi Erciş İlçe merkezinde göre daha sınırlı hissetmiştir.

Bu durum kamuoyunda da tartışılmış, Erciş bölgesi zemin özelliklerinin deprem etkilerini arttırdığı düşüncesi sıklıkla dile getirilmiştir. Ancak merkez üssüne benzer uzaklıklarda bulunan Muradiye bölgesi ve Erciş bölgesinin jeolojik özellikleri de birbirine yakındır. Buna rağmen Muradiye İlçe merkezi depremi daha hafif hissetmiştir. Benzer şekilde, Van il merkezinin de Erciş bölgesi ile benzer jeolojik özelliklere sahip olduğu göz ardı edilmemelidir [18.]

Yüzey deformasyonlarının geometrik paterni ve mikromorfolojisi Van depremine neden olan faylanmanın ters faylanma/bindirme mekanizması ile oluştuğunu göstermektedir [19, 20]. Depreme kaynaklık eden fayın düzlemi kuzeye eğimlidir. Ölçümler yaklaşık 10 km'lik batı bölümünde fay çizgisi boyunca kuzey (tavan) bloğun ortalama 10 cm yükseldiğini göstermektedir [19]. Yazarlar, hasar dağılımının bu şekilde değişkenlik göstermesinin deprem özellikleri ve fay yapısı ile ilişkili olabileceğini düşünmektedirler. Hasarın yoğun olarak gözlemlendiği Erciş Merkezi ve Gedik Bulak Beldesi fayın tavan bloğu doğrultusunda yer almaktadır. Nitelik gözlenen hasarlar fayın tavan bloğu çevresinde yoğunlaşmaktadır.

Altı çizilmesi gereken nokta, bir depremin farklı şiddette hissedilmesinde merkez üssüne uzaklık yanında, bölgenin jeolojik yapısının, fayın kırılma biçimi, yerleşim birimlerinin fay düzlemine göre konumu, ve yer üstü yapıların karakteristik özellikleri gibi birçok parametrenin etkili olduğudur.

3.3 Hasar Sebepleri ve Değerlendirmeler

23 Ekim 2011 Van depreminde gözlemlenen hasar ve nedenleri hakkındaki değerlendirmeler aşağıda özetlenmiştir.

- Deprem sonrası en büyük yıkım nedeninin özen gösterilmeyen birleşim bölgeleri ve donatı kenetlenme hataları olduğu görülmüştür. Kolon

yanal donatılarının birleşim bölgesinde devam etmemesi, kolon boyuna donatısı filiz boyunun yetersiz olması, giriş boyuna donatılarının birleşim bölgesinde hatalı sonlandırılması ve kötü beton kalitesi bu nedenlerin başlıcalarıdır. Sonuçta rijit davranması beklenen birleşim bölgeleri en çok hasar alan noktalardan birisi olmuştur (Şekil 13-14).

- Çoğu betonarme binada, özellikle eski yapılar için yapıldıkları yılın yönetmelik ilkeleri ve yeni yapılar için de uygulama da önem verilmemesi sebebiyle kapasite ilkelerine uyulmamıştır. Zayıf kolon- güçlü giriş durumu oluşan yapılar ağır hasar almış hatta yıkılmıştır (Şekil 15).
- Bitişik nizamlı yapılarda yetersiz derz boşluğu ve yukarıda belirtilen rijitlik zayıflıklarına bağlı çekiçleme etkisi hasarları gözlemlenmiştir.
- Bilinçsiz yapılan bant pencereler, kısa kolon oluşmasına neden olmuş ve kolonlarda kesme hasarlarına sebebiyet vermiştir (Şekil 16). Kısmi duvar yıkılmalarının neden olduğu kısa kolon durumu da kolonda kesme hasarına neden olan sebepler arasındadır. (Şekil 17).
- Yetersiz sargılama, kötü detaylandırma ve düşük beton dayanımı elemanlarda oluşan hasarların önemli nedenlerinden birisi olarak gösterilebilir (Şekil 18).
- Özellikle alt katları dükkân olarak kullanılan binalarda yumuşak kat düzensizliği, zemin katta ağır hasarlara hatta yıkımlara neden olmaktadır (Şekil 19). Dükkân olarak kullanılan katın diğer katlara göre daha yüksek ve duvar alanının az olması yumuşak kat düzensizliğinin önemli nedeni olarak gösterilebilir.
- Kolonlarda boyuna donatılarının basınç altında burkulması, yetersiz sargılama, düşük beton dayanımı ve basınç donatılarında kanca yapılmasının bir sonucudur.
- Hazır beton kullanımının bölgede geç yaygınlaşması ve buna bağlı olarak kötü beton kalitesi önemli yetersizliklere yol açmıştır. Yalnız hasarların çoğunun nedenini sadece beton malzemesinin yetersizliğine bağlamak yanıltıcıdır. Zira bölgede hazır beton kullanılarak imal edilen yeni binaların da bir kısmı ağır hasar almış hatta yıkılmıştır. Bu yapılarda hatalı tasarım ve donatı detayları sebebiyle hasarlar oluşmuştur. Büyük boyuta sahip kolonlarda çiroz kullanılmaması sonucunda uzun kollar arasında etriye etkinliğini kaybetmiştir. Sargı etkisi sifra inen bu kolonların özellikle alt ucunda beton sismik etkiler ile dağılmıştır. Dayanımı yüksek betona rağmen çok yetersiz yanal donatı sebebiyle perde ve kolon elemanlarda göçme derecesinde kesme hasarları görülmüştür. Binanın yalnız tek cephesinde perde yerleşimi nedeniyle karşı kenarda bulunan tüm kolonlar hasarlı duruma gelmiştir [21].
- Bölgede kapalı çıkmalı bina sayısı oldukça fazladır. Hatalı yapılan kapalı çıkmaların çoğunda ciddi hasarlar oluşmuştur. Kapalı çıkma hasarlarına bağlı olarak düşme, kolon ve girişte de hasarlar görülmüştür. Kapalı çıkma kullanımının imar mevzuatıyla adeta özendirilmesi yaygın kullanımının önemli bir gerekçesidir [15].

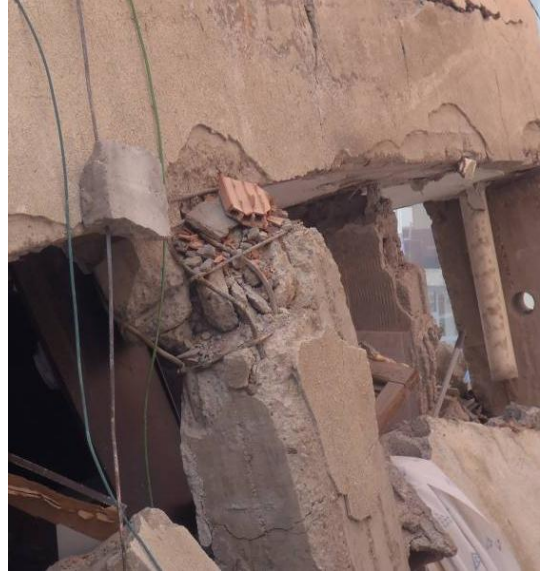
- Betonarme perdeli yapıların beklenen davranışı gösteremediği ve ağır hasarlar aldığı hatta yıkıldığı durumlar gözlemlenmiştir. Gedik Bulak İlköğretim Okulu bunun önemli örneklerinden birisidir. Perde donatılarının yanlış detaylandırılması, donatı kenetlenme ilkeleri ve birleşim bölgelerinde yapılan imalat hataları başta olmak üzere birçok temel yapıım kuralına uyulmaması böylesine hasarlara neden olmuştur (Şekil 20 ve 21).
- Çatı tasarımında kusurlar görülmüştür. Yaygın olarak çatı kalkan duvarlarının, hatıl bir çerçeve içerisinde yapılmaması, duvar hasarlarına hatta kısmi göçmelere neden olmuştur (Şekil 22). Hatalı yalıtım uygulamalarının sıklıkla yapılması duvar hasarlarının bir başka nedenidir (Şekil 23).
- Görüldüğü gibi beton malzemesinin yetersizlikleri konunun sadece bir kısmını oluşturmaktadır. Ağır hasar ve yıkımların malzeme özellikleri yanında birçok diğer kusurla yakından ilgisi vardır [12].
- Doğru inşa edildikten sonra tüm yapı türleri depreme karşı dayanıklı olabilir. Tamamen yıkılmış betonarme yapıların yanında depremi önemli hasar almadan atlatmış betonarme yapılar, hiç sismik hasara sahip olmayan 2 katlı kerpiç yapılar yan yana görülebilmektedir (Şekil 24 ve 25). Bu bağlamda yıkıcı hasara belirli bir yapı türünün neden olduğunu iddia etmek veya kamuoyunda sıkça adı geçen çelik taşıyıcı sistemli binaların yapılması ile sorunun hallolacağını düşünmek son derece yanlıştır. Her yapı türünün kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Hangi tür olursa olsun önemli olan yapıyı depreme karşı güvenli şekilde inşa etmektir.



Şekil 13: Erciş Merkez, birleşim bölgesi hasarı ve bu sebeple yıkılmış bina



Şekil 14: Erciş, Merkez, Güçlü giriş zayıf kolon davranışı ağır hasar almış kolon üst ucu



Şekil 15: Erciş, Merkez, Güçlü giriş zayıf kolon davranışı ağır hasar almış kolon üst ucu.



Şekil 16: Erciş, Merkez, Bant pencere nedeniyle kesme hasarı almış kolon elemanı.



Şekil 17: Van, Merkez, Kısmi duvar yıkılmalarının neden olduğu kısa kolon durumu ve buna bağlı kolonda ağır kesme hasarı



Şekil 18: Erciş, Merkez, ağır hasarlı birleşim bölgesi ve kötü beton nedeniyle bütünleşememiş beton-donatı karışımı



Şekil 21: Gedikbulak Köyü, kat seviyesinden ayrılmış perde elemanı ve binanın göçen perdesiz kısmı



Şekil 19: Erciş, Merkez, zemin katı tamamen göçmüş betonarme bina



Şekil 22: Van, Merkez, Çerçeve içine alınmamış kalkan duvarın düzlem dışına yıkılması.



Şekil 20: Gedikbulak Köyü, Van depremi sonucu yıkılmış ilköğretim binası



Şekil 23: Van, Merkez, Hatalı yalıtım uygulaması sonucu yıkılan tuğla duvarlar



Şekil 24: Erciş, Merkez, deprem kaynaklı hasara sahip olmayan iki katlı kerpiç bina.



Şekil 25: Erciş, Merkez, Depremi az hasarla atlatan ve toptan göçmüş iki betonarme bina yan yana.

4 Sonuçlar

23 Ekim 2011 Van Depremi başta Erciş olmak üzere birçok yerleşim biriminde ağır hasara ve can kayıplarına yol açmış, Türkiye'nin deprem gerçeğini bir kez daha hatırlatmıştır. Yıkılan binalar incelendiğinde nedenlerin toplam bina maliyetine etkisi ihmal edilebilecek ek bedellerle ortadan kaldırılabileceği düşünüldüğünde, kalitesiz yapı üretiminin bilgisizlik ve cahillikten kaynaklandığı açıktır. Küçük maliyetlerden kaçıp böylesine ağır faturalar ödeten zihniyetin silinmesi önemlidir. 19 Mayıs 2011 Simav Depremi çok daha küçük boyutlarda bir deprem olmasına rağmen hasar seviyesi incelendiğinde, benzer büyüklükte bir sismik etki karşısında acı manzaranın Erciş'ten pek bir farkının olmayacağı, durumun ciddiyetini ortaya koymaktadır.

Gerek Simav gerekse Van depremleri incelendiğinde hasar sebeplerinin benzer olduğu görülmektedir. Van depreminde gözlenen yıkım ve can kayıpları daha büyük bir depremin doğal bir sonucu olmuştur. Dolayısıyla Simav bölgesinde gerçekleşebilecek benzer depremin benzer etkilerinin olması muhtemeldir. Hasar ve can kayıplarının ve nedenlerinin iyi incelenmesi, gelecek felaketlerin önlenmesi için zaruridir. Her iki deprem için yapılan gözlemler yukarıda verilmiştir. Bu

gözlemlerden elde edilen sonuçlar daha kapsayıcı ve genel olarak incelendiğinde şu sonuçlara varılabilir:

- Depremlerde yapıların en önemli göçme sebebi olarak birleşim bölgesi ve donatı kenetlenme boyu yetersizlikleri gösterilebilir. Her iki depremde de göçmüş yapıların tümünde birleşim bölgesi hasarı ve/veya boyuna donatı kenetlenme yetersizlikleri gözlenmiştir.
- Bu sebeplerden sonra yetersiz ve/veya hatalı yanal donatı uygulamaları, kısa kolon, kapalı çıkma ve yumuşak kat etkileri, beton dayanımı yetersizliği, taşıyıcı sistem tasarım hataları, binalar arası çekiçleme ve çarpışma etkileri, hatalı yalıtım ve kalkan duvar imalatları önemli hasar nedenleri arasındadır.
- Yerleşim birimlerinde oluşan deprem hasarı merkez üssüne uzaklık ve büyüklük yanında birçok başka parametreye bağlıdır. 23 Ekim ve 9 Kasım depremleri bu duruma tipik bir örnek olarak gösterilebilir. İlk depremde hasar Erciş şehrinde yoğunlaşırken merkez üssüne aynı uzaklıkta bulunan Muradiye'de hiç hasar oluşmamış, yarı uzaklıkta bulunan Van şehrinde ise görece daha sınırlı hasar gözlenmiştir. 9 Kasım depreminde ise 2 km uzaklıkta bulunan Edremit'te oluşan sınırlı hasar oranına karşın yaklaşık 12 km uzaklıkta bulunan Van İl Merkezi çok daha fazla etkilenmiştir. Aletsel büyüklüğü daha küçük olan ikinci deprem Van İl Merkezinde daha şiddetli hissedilmiştir.
- Simav depreminde aynı bahçede yer alan ve benzer yapısal özellikleri sahip okul binalarından güçlendirilen bloğun depremi neredeyse hasarsız atlatması, güçlendirilmeyen bloğun ise ağır hasar alması güçlendirme etkinliği tartışmaları için önemli bir veri sunmaktadır.
- Perdeli yapıların sismik etkiler altında yüksek güvenlik düzeyine sahip olduğu görüşü yaygın bir kanıdır. Ancak Van depreminde yapılan gözlemler ağır kusurlara sahip perdeli yapılarda dahi toptan göçme yaşanabileceğini ortaya koymaktadır. Bölgede perde ile birlikte birleşim bölgesi ve boyuna donatı kenetlenme boyu yetersizliklerine sahip yapıların göçtüğü gözlenmiştir. Gedik Bulak ilköğretim okulu bu durumun tipik bir örneği olarak gösterilebilir.
- Kamuoyunda deprem hasarlarını basite indirgeme adına düşük beton dayanımı, nervürsüz donatı kullanımı gibi sebeplerin öne çıkarıldığı hatta bunların temel hasar nedeni haline getirildiği yorumlara rastlanmaktadır. Bu durumun aksine Van depreminde hazır ve yüksek beton dayanımlı, nervürlü donatıya sahip yeni yapılarda da önemli hasarlar oluşabileceği görülmüştür. Bu yapılarda oluşan hasarların nedeni perde yerleşiminin simetrik olmaması, kolonlarda hatalı ve yetersiz yanal donatı düzenlemeleridir.
- Düşük rijitlikte fakat esnek ve sünek taşıyıcı sisteme sahip yapılarda önemli taşıyıcı sistem hasarı olmasa bile ağır mimari hasarlar oluştuğu görülmüştür. Oluşan mimari hasarların seviyesi ekonomik açıdan tasarım hedeflerinin sağlanması konusunu tartışmaya açacak durumdadır. Oluşan hasar durumu yapı rijitliğinin arttırılmasının ekonomik faydalarının çarpıcı bir örneğidir.

- Simav depremi sonrası hasarlı betonarme binalara ait veriler değerlendirilmiştir. Hafif hasar durumu için geçerli olsa da daha ileri hasar seviyeleri için kat sayısı ile hasar oranının artış göstermediği belirlenmiştir. Betonarme orta ve ağır hasarlar daha çok 4-5 katlı binalarda yoğunlaşmaktadır. Genel olarak yüksek katlı yapılara göre yapım kalitesi daha kötü olan orta katlı yapıların, zemin periyotlarına ve genel deprem hareketi frekans içeriğine uyumlu hâkim titreşim periyoduna sahip olması, gözlenen bu yüksek hasar oranının nedenlerinden birisi olarak gösterilebilir [11].
- Tekniğine uygun yapılan çok katlı kerpiç yapıların dahi depremi hasarsız atlatılabileceği, dolayısıyla yıkımın ana sebebinin taşıyıcı sistem türünün değil, mühendislik ilkelerine uyulmadan inşa edilen yapılar olduğu görülmüştür.

Ayrı ayrı incelendiğinde mühendislik ilkeleri ile bağdaşmayan şekil ve ölçüde hasar ve can kayıplarının nedeni olarak birçok yapısal ve yapısal olmayan kusur gösterilebilir. Ama tüm bu kusurların temelinde bilgisizlik bulunmaktadır. Yukarıda da belirtildiği gibi, toplam yapı bedeliyle kıyaslanmayacak kadar küçük harcamalarla gözlenen hasarların büyük çoğunluğunun önlenmesi mümkündür. Bu sebeple deprem hasarlarının azaltılmasında ihmal edilen ve eğilimesi gereken önemli konulardan biri de yapı inşasında yer alan uygulayıcıların eğitim seviyesinin yükseltilmesidir.

5 Kaynaklar

- [1] <http://www.deprem.gov.tr/> T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı.
- [2] İnel M., Özmen H.B., Akyol E., Çaycı B.T., "19 Mayıs 2011 Kütahya Simav Depremi Ve Artçı Sarsıntıları İnceleme Raporu", Denizli, 2011.
- [3] İnel M., Ün H., Akyol E., Özmen H.B., Çaycı B.T., Özcan G., "Simav İlçesi ve Çevresinde Bulunan Orta Hasarlı Binaların Teknik Açısından Güçlendirme Yapmaya Uygun Olup Olmadığının Tespiti Çalışması", Denizli, 2011.
- [4] <http://maps.google.com/Google Maps>.
- [5] Sezen H., Whittaker A., Elwood K. J., Mosalam K. M. "Performance of Reinforced Concrete Building During the August 17 1999 Kocaeli Turkey Earthquake, and Seismic Design and Construction Practice in Turkey" *Engineering Structures*, 25, 103-14, 2003.
- [6] Dogangun A., "Performance of Reinforced Concrete Buildings during The May 1 2003 Bingol Earthquake In Turkey" *Engineering Structures* 26, 841-56, 2004.
- [7] Kaplan H., Yılmaz S., Binici H., Yazar E., Cetinkaya N., "May 1, 2003 Turkey-Bingol earthquake: Damage in Reinforced Concrete Structures" *Engineering Failure Analysis*, 11 (3), 279-291, 2004.
- [8] İnel M., Bilgin H., Özmen H.B. "Orta Yükseklikteki Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Afet Yönetmeliğine Göre Tayini" *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 81-89, 2007.
- [9] İnel M., Bilgin H., Özmen H.B., "Performance of Mid-Rise Reinforced Concrete Buildings during Recent Earthquakes in Turkey" *Teknik Dergi*, 19 (1), 4319-4331, 2008.
- [10] Akkar S., Sucuoglu H., Yakut A., "Displacement based fragility functions for low- and mid-rise ordinary concrete buildings" *Earthquake Spectra* 21 (4), 901-927, 2005.
- [11] İnel, M., Özmen, H.B., Bilgin, H. "Re-evaluation of building damages during recent earthquakes in Turkey" *Engineering Structures*, 30 (2), 412-427, 2008.
- [12] Özmen, H., "Düşük Ve Orta Yükseklikteki Betonarme Yapıların Deprem Performanslarını Etkileyen Faktörlerin İrdelenmesi, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı", 2011.
- [13] Kaplan H., Tama Y.S., Yılmaz S., Kahyan A.H., Ün H., "Simav Depremi Yapısal Hasarları İnceleme Raporu", Denizli, 2011.
- [14] Ortadoğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, "A Report On The 19 May 2011 Kütahya-Simav Earthquake (Preliminary Report)", Rapor No: METU/EERC 2011-02, Ankara, 2011.
- [15] Özmen H.B., İnel M., Çaycı B.T., "Kapalı Çıkma Düzensizliğinin Betonarme Yapıların Sismik Davranışa Etkilerinin Değerlendirilmesi", 7. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 2011.
- [16] <http://www.afad.gov.tr/T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı>.
- [17] Ortadoğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, "23 Ekim 2011 Mw 7.2 Van Depremi Sismik ve Yapısal Hasara İlişkin Saha Gözlemleri", Rapor No:METU/EERC 2011-04, Ankara, 2011.
- [18] Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü, "1:500000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Van paftası", MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 2002.
- [19] Emre Ö., Duman T.Y., Özalp S., Elmacı H., "23 Ekim 2011 Van Depremi Saha Gözlemleri ve Kaynak Faya İlişkin Ön Değerlendirmeler", MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 2011.
- [20] Koçyiğit A., Devci Ş., Kaplan M., "Van Depremleri Raporu (23 Ekim-30 Kasım 2011)", Ankara, 2011.
- [21] Kızılkant A., Kocak A., Coşar A., Güney D., Selçuk M.E., "23 Ekim 2011 Van Depremi Ön İnceleme Raporu", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2011.