DÜMF Mühendislik Dergisi
web: http://dergipark.gov.tr/dumf

3 Aralık 2015 Bingöl-Kiğı depreminin Tunceli ilindeki yığma yapılara etkisinin değerlendirilmesi

Burak YÖN *
Munzur Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tunceli
burakyon@gmail.com, Tel: (428) 231 17 94 (2509)

Onur ONAT
Munzur Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tunceli

Geliş: 27.04.2017 , Kabul Tarihi: 19.06.2017

Öz

Türkiye'de yapı stokunun büyük bir kısmı yığma yapılardan oluşmaktadır. Özellikle kırsal bölgelerde inşa edilen bu yapılar orta büyüklükteki depremlerde bile büyük hasar görebilmektedir. 3 Aralık 2015 tarihinde Doğu Anadolu Fay hattı üzerinde, Bingöl ilinin Kığı ilçesine bağlı Açıkgüney mevkii merkez üssü olmak üzere (Enlem: 39.2610 K Boylam: 40.2170 D) yerel saat ile 01:27'de aletsel büyüklüğü M_W=5.3, odak derinliği 10.66 km olan sığ odaklı bir deprem meydana gelmiştir. Bu çalışmada, söz konusu depremin karakteristik özellikleri verilerek, farklı sönüm oranlarına göre ivme spektrumları elde edilmiştir. Orta büyüklükteki bu depremin Tunceli ilinde kırsal bölgelerde yer alan yığma yapılarda oluşturduğu hasarlar incelenmiş ve bu hasarların nedenleri irdelenmiştir. Oluşan hasarların genel olarak düzlem-içi ve düzlem-dışı hasar, uygun olmayan ve yetersiz hatıl kullanımından kaynaklı hasarlar, eğimli arazide uygun olmayan yapı inşasından kaynaklı hasarlar ve çimento harcı yerine çamur harcı kullanılması sebebiyle oluşan hasarlar olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonucunda hasar sebeplerine göre çözüm önerilerine yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Yığma yapılar; Bingöl-Kığı depremi, Yapısal hasarlar, Tunceli*

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI:

Giriş

Türkiye, Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ve Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) gibi çok önemli ve aktif faylar üzerinde yer almaktadır. Söz konusu fay sistemleri yakın tarihlerde büyük depremler oluşturmuş, telafisi mümkün olmayan can ve mal kayıplarına neden olmuştur. KAFS'nde meydana gelen 1939 ve 1992 Erzincan, 1999 Kocaeli ve Düzce Depremleri, DAFS üzerinde oluşan 1998 Adana-Ceyhan, 2003 Bingöl, 2010 Elazığ-Kovancılar ve 2011 Van Depremleri bu fayların etkinliklerini göstermektedir. DAFS üzerinde oluşan depremlerden bir diğeri ise 3 Aralık 2015 Bingöl-Kığı depremidir.

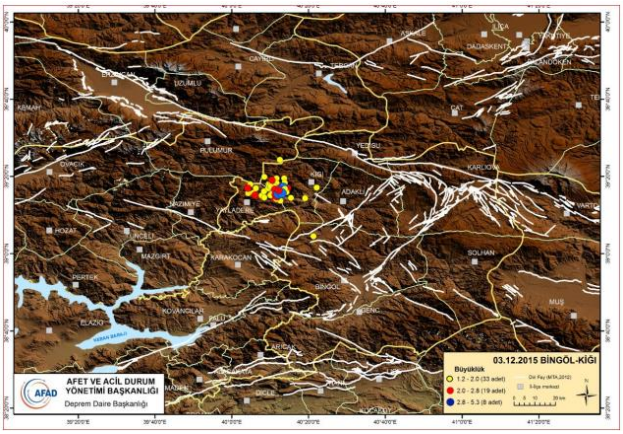
Yığma yapıların betonarme karkas binalara göre yatay yüklere karşı dayanımları daha zayıftır. Bu sebeple bu yapılar depremlerde daha fazla hasar görebilmektedir (Karaşin ve Öncü, 2009). Yığma yapıların sismik aktiviteler, maden ve yol inşaatı için yapılan patlatmalar sonrası oluşan hasarları birçok araştırmacı tarafından incelenmiş, oluşan hasarların değerlendirilmesi ve önlenmesi için çözüm önerileri sunulmuştur (Öncü ve diğ. 2015). Toprak çatı hasarları, duvar birleşim hasarları, düzlem-içi mekanizma, düzlem-dışı mekanizma gibi hasar ve göçme sebepleri yığma yapılarda görülen yaygın hasar tipleri olarak belirtilmektedir (Yön ve diğ. 2017). Oluşan hasarlar ve göçme sebepleri birçok deprem akabinde değerlendirilmiş ve çalışmalara konu olmuştur. Decanini ve diğ. (2004) Molise-İtalya'da 2002 yılında meydana gelen depremin yığma yapılar üzerindeki etkisini inceleyerek hasar nedenlerini ve çözüm önerilerini ifade etmişlerdir. Ahmadizadeh ve Shakib (2004), 26 Aralık 2003'de İran-Bam'da meydana gelen 6.6 büyüklüğündeki depremin yığma yapılar üzerinde meydana getirdiği hasarları incelemişlerdir. Karaşin ve Karaesmen **(**2005), Karaşin (2005) sırasıyla, 1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi, 12-14 ve 23 Mart 2005 Bingöl-Karlıova depremleri sonrası meydana gelen hasarları betonarme ve yığma yapılar için değerlendirmişlerdir. Bayraktar ve diğ. (2007) 25 ve 28 Mart 2004 Erzurum Aşkale depreminde taş yığma yapıların deprem performanslarını değerlendirmiş ve oluşan hasarların sebeplerini, ağır toprak damlar ve bu damları taşıyan ahşap mesnetlerdeki bozulmalar, zayıf işçilik ve inşaat kalitesi olarak sıralamıştırlar. Ural ve diğ. (2012) 20-27 Aralık 2007 Ankara Bala depreminin yığma yapılarda oluşturduğu hasarları incelemişlerdir. Meydana gelen hasarların ve göçme mekanizmasını tetikleyen etkilerin sebeplerini yürürlükteki deprem yönetmeliğine uyulmaması ve kalite denetiminin olmaması olarak vurgulamışlardır. Celep ve diğ. (2011) 8 Mart 2010 Kovancılar ve Palu (Elazığ) depremlerinden kaynaklanan yapı hasarlarını değerlendirdikleri çalışmalarında, malzeme seçimindeki yetersizlik, zayıf işçilik ve mühendislik hizmeti görmemiş yapıların deprem şiddetini arttırıcı etki yaptığı ve bunun da can ve mal kaybına sebep olduğunu vurgulamışlardır. Calayır ve diğ. (2012) ise 8 Mart 2010 Elazığ Kovancılar depreminin kerpiç, yığma, hımış ve betonarme yapılar üzerindeki hasar etkisini araştırmışlardır. Yön ve diğ. (2013), 19 Mayıs 2011 Kütahya-Simav depreminin betonarme ve yığma yapılarda meydana getirdiği hasarları değerlendirerek çözüm önerilerinde bulunmuşlardır. Sayın ve diğ. (2013) 23 Haziran 2011 Elazığ-Maden depreminden sonra kırsal kesimde yer alan kerpiç ve yığma yapılarda meydana gelen hasarları ve sebeplerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, oluşan hasarların temel nedeninin, yapıların mühendislik hizmeti almaması ve deprem yönetmeliğinin temel gerekliliklerini sağlamaması olduğunu vurgulamışlardır. Sayın ve diğ. (2014), 2011 yılında meydana gelen Van depremlerinden sonra kerpiç ve yığma yapılardaki hasar sebeplerini ve yapısal eksikleri incelemişlerdir. Çalışmalarında hasarların, düşük malzeme kalitesi, kötü işçilik, duvar bağlantılarındaki yetersizlik ve yapıların mühendislik hizmeti almaması olarak belirlemişlerdir. Rosetto ve Peiris (2009) ise 8 Ekim 2005 tarihinde meydana gelen Kashmir depreminin akabinde saha gözlemleri yapmış, hasar ve göçme sebeplerini yerinde değerlendirmiştirler. Pakistan deprem

yönetmeliğini Avrupa ve Amerikan deprem yönetmelikleri ile karşılaştırarak söz konusu yönetmelikteki eksikliklere dikkat çekmişlerdir. Maqsood ve Schwarz (2010) 2008 Baluchistan depreminin kırsalda oluşturduğu yapısal hasarların çoğunun yığma yapılarda olduğunu ve yapısal hasarların, ağır teraslı yapılar, düzlem-dışı göçmeler, duvarların köşe birleşimlerinin yetersizliği gibi sebeplerden oluştuğunu belirtmiştir.

Bu çalışmada 3 Aralık 2015 tarihinde Bingöl ili Kığı ilçesinde meydana gelen depremin Tunceli ilinin kırsal kesimlerinde yer alan yığma yapılar üzerine etkisi incelenerek yapılarda meydana gelen hasarlar ve nedenleri değerlendirilmiştir.

Bingöl-Kiğı Depremine ait Yer Hareketinin Karakteristik Özelliği

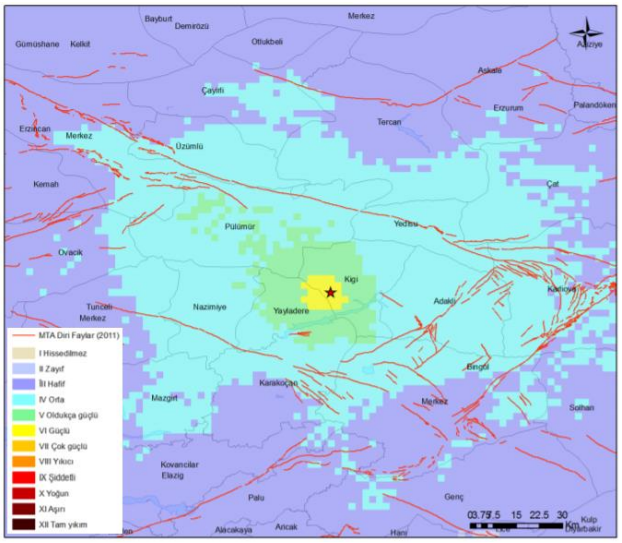
03 Aralık 2015 tarihinde Açıkgüney-Kığı (Bingöl) merkez üssünde (Enlem: 39.2610 K Boylam: 40.2170 D) yerel saat ile 01:27'de aletsel büyüklüğü $M_W = 5.3$ olan bir deprem meydana gelmiştir. Depremin odak derinliği yaklaşık 10.66 km civarında olup sığ odaklı bir depremdir (AFAD-Kığı-Bingöl Depremi Basın Bülteni). Şekil 1'de ana şok ve meydana gelen artçı şokların dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 1. Kığı-Bingöl ($M_W = 5.3$) depremine ait Ana Şok ve Artçı Deprem Dağılımı (AFAD)

Orta büyüklükteki bu depremin ardından artçı sarsıntılar devam etmiş, büyüklükleri 1.4 ile 5 arasında değişen 57 tane artçı deprem meydana gelmiştir.

Deprem etkinliğinin başladığı ve asıl hasarın oluştuğu yer, Kığı ilçesinin Açıkgüney köyüdür. Depremin merkez üssü ve eş şiddet haritası Şekil 2'de gösterilmiştir.



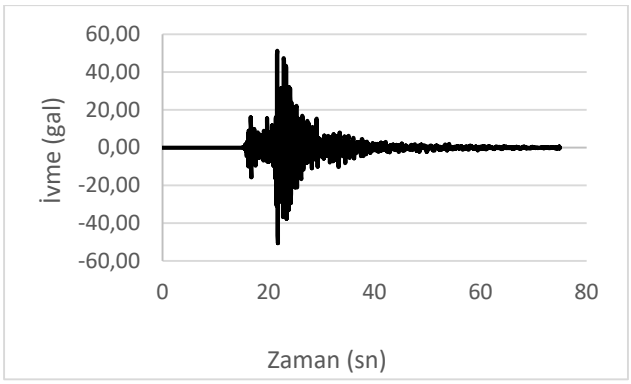
Şekil 2. 03/12/2015 Bingöl-Kığı Depremi Tahmini Sismik Eş Şiddet Haritası (AFAD)

Depremin farklı istasyonlara göre kaydedilen maksimum yer ivmeleri Tablo 1'de sunulmuştur. Aşağıdaki tablo incelendiğinde en büyük yer ivme kayıtları Tunceli ilinin Pülümür ilçesindeki istasyondan elde edilmiştir.

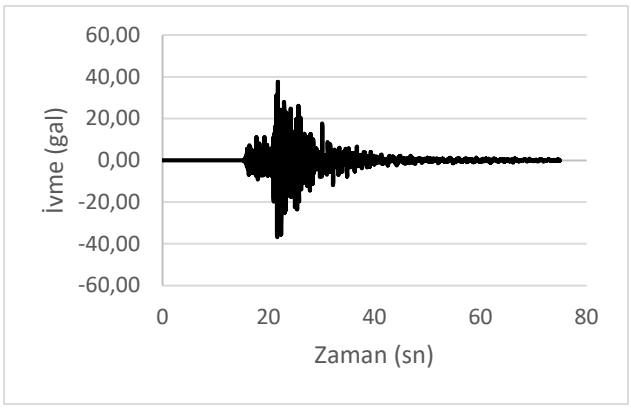
Tablo 1. Farklı İstasyonlara Göre Elde Edilen Maksimum Yer İvmeleri (AFAD)

NO	İSTASYON	D-B	K-G	DÜŞEY
		GAL		
1	PÜLÜMÜR	37.65	51.40	14.33
2	ADAKLI	20.00	21.00	17.00
3	YEDİSU	22.00	14.00	11.00
4	KARAKOÇAN	11.00	13.00	7.00
5	BİNGÖL	5.5	6.7	4.2

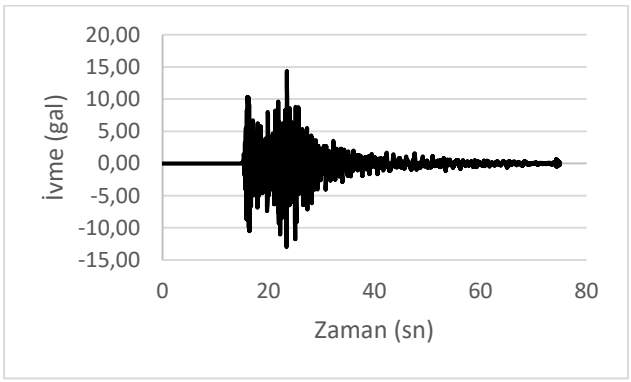
Şekil 3'de bu depreme ait ivme kayıtlarının bileşenleri verilmiştir. Pülümür istasyonundan elde edilen kayıtlara göre depremin en büyük ivme değerleri Kuzey-Güney bileşeni (K-G) için 51.40 cm/s^2, Doğu Batı (D-B) bileşeni için 37.65 cm/s^2 ve Düşey bileşen için 14.33 cm/s^2'dir. Bu değerlere göre depremin maksimum genliğinin 0.052g olduğu belirlenmiştir.



a) Kuzey-Güney bileşeni



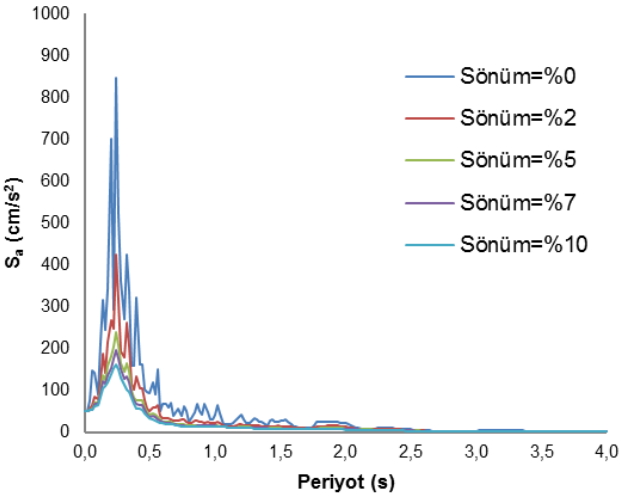
b) Doğu-Batı bileşeni



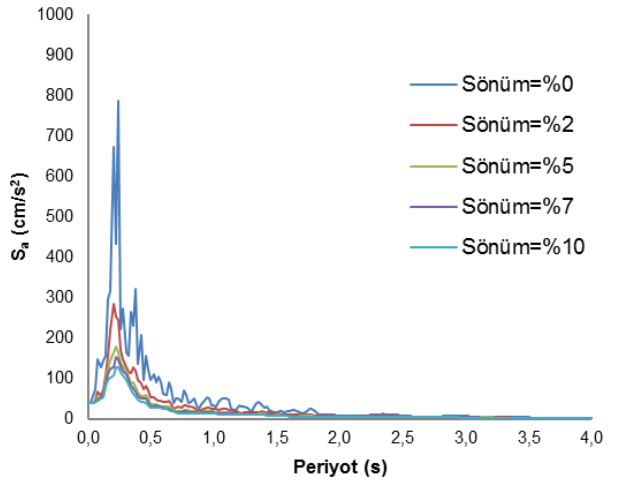
c) Düşey bileşeni

Şekil 3. 3 Aralık 2015 Bingöl-Kığı depreminin farklı bileşenlere göre deprem ivme kayıtları

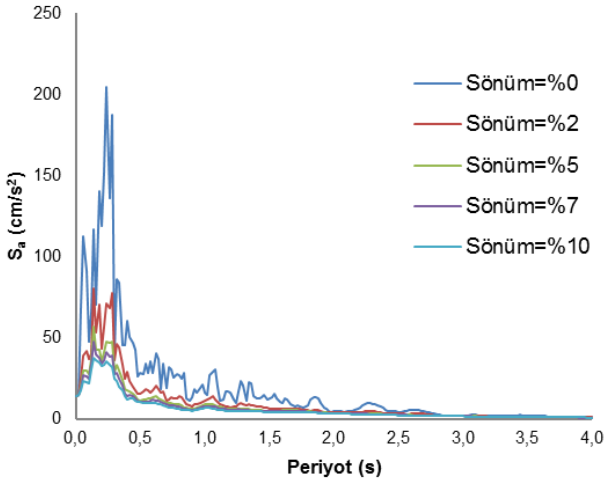
Her bir ivme bileşenin ivme tepki spektralarının ζ=% (0, 2, 5, 7, 10) sönüm oranlarına göre karşılaştırılması Şekil 4'de gösterilmiştir.



a) Kuzey-Güney bileşeninin ivme spektrumlarının farklı sönüm oranlarına göre karşılaştırılması



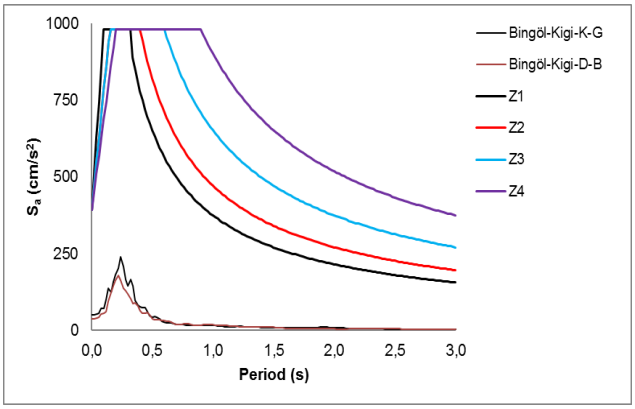
b) Doğu-Batı bileşeninin ivme spektrumlarının farklı sönüm oranlarına göre karşılaştırılması



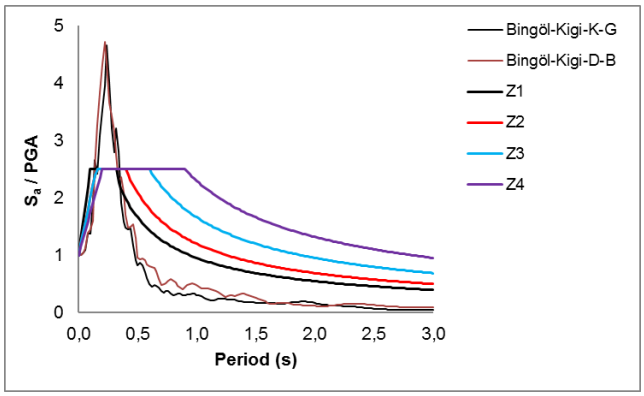
c) Düşey bileşenin ivme spektrumlarının farklı sönüm oranlarına göre karşılaştırılması

Şekil 4. 3 Aralık 2015 Bingöl-Kığı depreminin ivme spektrumlarının farklı sönüm oranlarına göre karşılaştırılması

%5 sönüm oranına göre ivme tepki spektralarının Kuzey-Güney (K-G) ve Doğu-Batı (D-B) bileşenleri ile Türk Deprem Yönetmeliği (TDY, 2007)'nde tanımlanan dört farklı zemin sınıfına (Z1'den Z4'e kadar) göre belirtilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması Şekil 5a'da sunulmuştur. Şekil 5b'de ise spektral eğriler 1.deprem bölgesine (etkin yer ivmesi 0.4g'ye) göre normalize edilerek verilmiştir.



a) Spektral eğriler



b) Normalize edilmiş spektral eğriler

Şekil 5. a) Tepki ve tasarım spektrumlarının karşılaştırılması b) Normalize edilmiş spektral eğriler

Şekil 5a incelendiğinde deprem ivme kayıtlarının spektraları tasarım spektralarının (1.derece deprem bölgesine göre) oldukça altında kalmıştır. Bununla birlikte, Şekil 5b değerlendirildiğinde hem K-G hem de D-B yönlerinde normalize edilmiş spektrum eğrilerinin büyütme faktörleri TDY,2007 belirtilen 2.5 sınır değerini aşmıştır. Depremin tepki spektrası oldukça küçük olmasına rağmen yapılarda meydana getirdiği hasar dikkate değerdir. Bu durum depremden etkilenen bölgedeki yapı stokunun yapısal performansının ne denli kötü olduğunun bir kanıtıdır.

Yapısal Hasarlar

Bölgedeki yığma yapılar genelde bölgeden temin edilen moloz taşlar kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca tuğla ve kerpiçten yapılmış yığma yapılara da sıkça rastlanmaktadır. Moloz taşlar arasında bağlayıcı malzeme olarak toprak harcı kullanılmıştır. Tek katlı olarak inşa edilen yığma yapılarda çeşitli seviyelerde hasarlar meydana gelmiştir. Bu yapıların çok büyük çoğunluğunda duvarlarda yeterli ve sürekliliği sağlayacak yatay ve düşey hatılların bulunmaması (Şekil 6) farklı doğrultudaki duvar birleşim noktalarında ayrışmalara sebebiyet vermektedir.



Şekil 6. Birleşim noktalarındaki ayrışma hasarları.

Taş örgüsünün özensiz olması ve düzgün yapılmaması, ayrıca duvarlarda hatıl bulunmaması yıkımların düzlem dışına doğru gelişmesine neden olmuştur. Bununla birlikte, desteksiz yapılan uzun duvar düzlem dışı hasarların oluşmasında önemli bir etkendir. Bu durum Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Düzlem-dışı göçme

Bununla birlikte moloz taşlı yığma yapılarda duvarların dış yüzey tabakaları nispeten iri taşlarla örülerek düzgün bir yüzey oluşturulmaya çalışılmıştır. İç kısımda ise duvarlar daha ince taşlar ve toprak harcı kullanılarak çok katmanlı olarak inşa edilmiştir. İç ve dış duvarlar arasındaki bağlantının iyi yapılmaması ve bağlayıcılığı zayıf olan toprak harcı kullanılması hasarın diğer bir sebebi olarak gösterilebilir.

Depremin etkili olduğu bölgede bazı yapılar ağırlıklı olarak kil, kum ve kısmen çakıl karışımlı zemin tabakalarından oluşan yamaçlarda yer almaktadır. Yamaç büyütme etkisiyle yamaçlarda yer alan yapılarda önemli seviyede hasarlar meydana gelmiştir. Yapının üzerinde oturduğu eğimli zemininin hareketinden dolayı taşıyıcı duvarlarda derin çekme çatlakları meydana gelmiştir. Söz konusu hasar örneği Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8. Eğimli zeminin hareketinden kaynaklı oluşan hasar

Zemindeki hareket ve oluşan açısal dönmeler sadece duvarları değil aynı zamanda döşemede de derin ve kullanım sınırını aşan çatlakların oluşmasına sebebiyet vermiştir. Şekil 9'da duvarında ve döşemesinde hasar meydana gelmiş bir yapı gösterilmektedir.



Şekil 9. Duvar ve döşemede oluşan derin çatlaklar

Yatay ve düşey doğrultuda yetersiz ve uygun olmayan hatılların kullanılması bölgenin geneline göre nispeten yeni olan yapılarda bile düzlem içi diyagonal derin kesme çatlaklardan kaynaklanan hasarların oluşmasına sebebiyet vermiştir (Şekil 10). Ayrıca kesme çatlaklarının altında düzlem dışı oluşan ötelenmeden kaynaklı çatlaklar da gelişmiştir. Taş duvarlarda ve duvar ara boşluklarının doldurulmasında genel olarak çevrede bulunan basınç ve çekme dayanımları çok düşük olan toprak harcı kullanılması, yığma duvardaki taşlar arasında yeterli bağlayıcılığı sağlayamamıştır. Buna ilaveten, bölgenin iklim şartlarının çok sert olması harcı donma ve çözülme olayına maruz bırakarak ufalanmasına neden olmuştur. Bu durum hasarı artıran diğer bir sebep olarak gösterilebilir.



Şekil 10. Düzlem-içi hasar

Bazı moloz taş yığma yapılarda ahşap hatıl kullanılmıştır. TDY 2007, ahşap hatılın sadece kerpiç yapılarda kullanılmasına izin vermektedir. Moloz taş, tuğla ve briket gibi yapı malzemelerinin kullanıldığı yığma yapılarda betonarmeden yapılmış hatıllara izin verilmektedir. Ahşap hatıl boyunca zeminin yamaç eğimli olması ve bunun da hasarı büyütme etkisi yapmasından dolayı hatıllar boyunca devam eden ve farklı doğrultularda ilerleyen çatlaklar oluşmuştur (Şekil 11-12).



Şekil 11. Hatıl boyunca oluşan çatlaklar



Şekil 12. Düzlem içi ve hatıl boyunca oluşan çatlaklar

Bölgedeki yığma yapılarda, yapımına çok büyük özen gösterilmesi gereken köşe duvar bağlantılarında süreksiz ve uygun olmayan hatılların kullanılmasından dolayı bazı yapı köşelerinde derin çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 13-14).



Şekil 13. Köşe bağlantıları özensiz ve kötü yapılmış yığma bir yapıdaki derin çatlaklar



Şekil 14. Bağlantısı yetersiz duvarlardaki boyuna çatlak

Bölgede bulunan yapılar her ne kadar malzeme açısından çok değişkenlik göstermese de hatıl kullanılması ve kullanılmaması durumları yapılarda gelişen çatlakları ve dolayısıyla oluşan hasarları etkilemektedir. Duvarda düzlem içi zayıflamanın oluşturduğu ve boyuna ilerlemiş çatlaklar Şekil 15'te ve 16'da görülebilir.



Şekil 15. Hatıl olmamasından kaynaklı boyuna çatlaklar.

Elektrik tesisatlarının imalatlarından sonra duvarlarda oluşan boşluklar sürekliliği bozduğundan dolayı bu bölgelerde sarsıntılar nedeniyle ayrışmalar oluşmakta ve kesme hasarlarına sebebiyet vermektedir. Şekil 16'da bu tip hasar durumu görülmektedir.



Şekil 16. Boyuna çatlakların içten görünüşü

Sonuç ve Öneriler

3 Aralık 2015'de meydana gelen Bingöl-Kiğı Depremi orta büyüklükte sığ bir depremdir. Bu depremden Bingöl'e komşu olan Tunceli ilinin kırsal kesimleri de etkilenmiştir. Orta büyüklükteki böyle bir depremde yapısal hasarın oluşması kırsal bölgelerde yer alan yığma yapıların deprem performanslarının istenen seviyenin çok altında olduğunu göstermektedir. Türkiye'de kırsal kesimde inşa edilen yığma yapılarda malzeme olarak yerelde bulunan çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Yığma yapılar Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin kırsal kesimlerinde ekonomik sebeplerden ötürü kerpiç, tuğla, moloz veya yontma doğal taşlar kullanılarak inşa edilmektedir. Harç malzemesi olarak da çimento yerine bağlayıcılık özelliği çok düşük olan toprak harcı kullanılmaktadır. Taş duvarlı yapılarda, taşların yapışma yüzeylerinin düzgün olmaması harcın taşlar arasında bağlayıcılık görevi yapamaması taş duvarlı yapıların yıkılmalarına neden olmuştur. Bu tür yapılarda duvarlarda bütünlüğü sağlayacak düşey ve yatay hatılların bulunmaması hasarların önemli sebeplerinden biridir. Hatıl yapılmaması veya yetersiz kullanılması, büyük kapı ve pencere boşluklarının olması yapıların taşıyıcı duvarlarında kesme çatlaklarının oluşmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, duvarların köşelerinde yetersiz ve uygun olmayan bağlantıların deprem esnasında bu bölgelerde açılmalara ve düzlem dışı davranışlara neden olmuştur. Ayrıca desteksiz yapılan uzun duvarlarda düzlem dışı hasarların oluşmasında önemli bir etkendir.

Yapılan saha gözlemlerine ve incelemelere göre depremden etkilenen kırsal bölgelerdeki yapıların birçoğunun mühendislik hizmeti almadığı görülmüştür.

Depremlerde oluşan can kayıplarını önlemek ve hasarları istenen performans düzeyinde tutabilmek için kırsal kesimdeki yapıların mühendislerce kontrolünün sağlanması, yapıların projelendirilmesinde ve inşasında güncel yönetmeliklerin getirdiği şartları sağlayacak şekilde yapılmasının uygun olacağı bu çalışmada önerilmektedir.

Kaynaklar

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Teknik Değerlendirme Raporu.

Ahmadizadeh, M., Shakib, H. (2004). On the December 26, 2003, southeastern Iran earthquake in Bam region. Engineering structures, 26(8), 1055-1070.

Bayraktar, A., Coşkun, N., Yalçin, A. (2007). Performance of masonry stone buildings during the March 25 and 28, 2004 Aşkale (Erzurum) earthquakes in Turkey. Journal of performance of constructed facilities, 21(6), 432-440.

Calayır, Y., Sayın, E., Yön, B. (2012). Performance of structures in the rural area during the March 8, 2010 Elazığ-Kovancılar earthquake. Natural hazards, 61(2), 703-717.

Celep, Z., Erken, A., Taskin, B., Ilki, A. (2011). Failures of masonry and concrete buildings during the March 8, 2010 Kovancılar and Palu (Elazığ) Earthquakes in Turkey. Engineering Failure Analysis, 18(3), 868-889.

Decanini, L., De Sortis, A., Goretti, A., Langenbach, R., Mollaioli, F., Rasulo, A. (2004). Performance of masonry buildings during the 2002 Molise, Italy, earthquake. Earthquake Spectra, 20(S1), S191-S220.

Karaşin, A., Karaesmen E. (2005). Bingöl depreminde meydana gelen yapısal hasarların irdelenmesi, Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, 386-396.

Karaşin, A., (2005). Mart 2005 karlıova depremleri, TMH-Türkiye mühendislik haberleri, 439-440 - 2005/5-6.

Karaşin, A., Öncü, M. E., (2009). Çok katli yiğma binalarin deprem güvenliklerinin değerlendirilmesi, Doğu Anadolu Araştırmaları Dergisi. 63-68.

Maqsood, S. T., Schwarz, J. (2010). Building vulnerability and damage during the 2008 Baluchistan earthquake in Pakistan and past experiences. Seismological Research Letters, 81(3), 514-525.

Öncü, M. E., Yön, B., Akkoyun, A., Taşkıran, T., (2015), Investigation of blast-induced ground vibration effects on rural buildings. Structural Engineering and Mechanics, 54 (3), 545-560.

Rossetto, T., Peiris, N. (2009). Observations of damage due to the Kashmir earthquake of October 8, 2005 and study of current seismic provisions for buildings in Pakistan. Bulletin of Earthquake Engineering, 7(3), 681-699.

Sayın, E., Yön, B., Calayır, Y., Gör, M. (2014). Construction failures of masonry and adobe buildings during the 2011 Van earthquakes in Turkey. Structural Engineering and Mechanics, 51(3), 503-518.

Sayın, E., Yön, B., Calayır, Y., Karaton, M. (2013). Failures of masonry and adobe buildings during the June 23, 2011 Maden-(Elazığ) earthquake in Turkey. Engineering Failure Analysis, 34, 779-791.

Türk Deprem Yönetmeliği, 2007 (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik), Ankara

Ural, A., Doğangün, A., Sezen, H., Angın, Z. (2012). Seismic performance of masonry buildings during the 2007 Bala, Turkey earthquakes. Natural hazards, 60(3), 1013-1026.

Yön, B., Sayın, E., Koksal, T. S. (2013). Seismic response of buildings during the May 19, 2011 Simav, Turkey earthquake. Earthquakes and Structures, 5(3), 343-357.

Yön, B., Sayın, E., Onat, O., (2017). Earthquake and Structural Damages, In Earthquakes-Tectonics, Hazard and Risk Mitigation. Chapter 13, p. 319-339. InTech.

Evaluation of damaged masonry buildings at Tunceli province struct by December 3rd, 2015 Bingöl-Kiğı earthquake

Extended abstract

On the December 3, 2015, an earthquake with a magnitude (M_w) 5.5 struck the Bingöl province, Kiğı district. This earthquake caused widespread damage to nearby rural area. Maximum Peak Ground Acceleration (PGA) was measured through N-S direction like 51.4 cm/s^2, as for E-W component of earthquake was measured as 37.65 cm/s^2. Vertical component of the ground excitation was 14.44 cm/s^2. After normalized these PGA values measured at each direction, it was determined that PGA is 0.052g through N-S direction. Hypocenter of the earthquake was 10.66 km. This earthquake was also swallow as other earthquakes in Turkey. After this earthquake, field investigations were performed by AFAD to determine damage level and extended effect. This paper aims to reveal propagated damage of buildings, damage types and possible solutions where located close to epicenter. Kiğı is located 60 km far from Tunceli province. For this reason, majority of buildings which located at rural area highly affected by this earthquake. After earthquake, majority of the buildings, either new or old masonry, were cracked. Many of the old masonry building had vertical cracks due to in absence of lateral girders. Disintegration was observed on the walls due to insufficient workmanship of stone masonry. Investigated towns had many slopes. These slopes caused amplification of earthquake and therefore tilting of the corner of the structures. These amplifications caused vertical cracks and disintegration on the masonry wall which located very close to deep slopes. Moreover, this amplification effect resulted in deep cracks on the slab and masonry wall. It can be easily seen that these cracks excessed serviceability limit of the building. Out-of-plane failure was observed at many old masonry buildings due to the type of binder. Mud mortar was determined as a binder between stone masonry units. Mud mortar has not ability to bind stone units together like cement mortar. This problem caused out-of-plane failure. Diagonal shear deep cracks were observed on the walls due to wooden girder. Wooden girders were not allowed to insert into stone masonry by Turkish Seismic Code. Wooden lateral girders are allowed only used with adobe material. After evaluation of these damages and damage reasons, it was realized that masonry building stock in rural areas has not satisfy expected structural performance. Nearly all the investigated buildings at rural area of the Tunceli province were affected by this earthquake. Especially, nonengineered building stock. Due to fluctuated contact surface, there were not enough binding material at contact surface of the masonry units. This problem causes contact or binding of masonry units together. One of the most important damage reason is to construct long masonry wall without any support or girder. Window and door openings are more than expected size and dimension. This unexpected out-of-range dimensions amplified earthquake effect on the wall. To mitigate earthquake effected damage of the rural buildings, engineering service support should be provided and applied project at rural areas should be fulfill requirements of current codes.

Keywords: *Masonry buildings; Bingöl-Kığı earthquake, Structural damages, Tunceli*