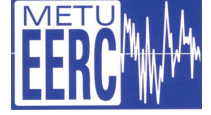




ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DEPREM MÜHENDİSLİĞİ ARAŞTIRMA MERKEZİ



9 KASIM 2011 M_w 5.6 VAN-EDREMİT DEPREMİ SİSMİK ve YAPISAL HASARA İLİŞKİN GÖZLEMLER

RAPOR NO: METU-EERC / İMO 2012-01

ŞUBAT 2012
ANKARA



TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI



Bu raporun basımı ve dağıtımı İnşaat Mühendisleri Odası (İMO) tarafından yapılmıştır.

Basım Tarihi: 15 Şubat 2012

Basım Adedi: 2.500

Baskı: Mattek Matbaacılık Bas. Yay. Tan. San. Tic. Ltd. Şti.
Adakale Sok. No:32/37
Tel: 0.312.433 23 10

İçindekiler

ÖNSÖZ.....	7
1. BÖLÜM: SİSMOTEKTONİK ve KUVVETLİ YER HAREKETİ	9
1.1 Giriş	10
1.2 Sismotektonik	10
1.3 Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtları	10
2. BÖLÜM: YAPISAL HASARLAR	27
2.1 Giriş	28
2.2 Hasar Nedenleri	29
3. BÖLÜM: DEĞERLENDİRMELER ve SONUÇLAR	37
3.1 Değerlendirmeler	38
3.2 Sonuçlar	46
KAYNAKÇA	49

Şekiller

Şekil 1.1. 23 Eylül 2011 ($M_w=7.2$) ve 9 Kasım 2011 ($M_w=5.7$) depremlerinin bir hafta içinde kaydedilen artçı şoklarını (mavi/yeşil), kaynak faylarını (pembe/kırmızı) ve farklı kuruluşlar tarafından verilen odak çözümlerini gösteren Van gölü civarının sismotektonik haritası. Bu şekilde derlenen çizgisel sismik kaynaklar Koçyiğit vd. (2011), Özkaymak (2003), Özkaymak vd. (2003) ve MTA diri fay haritasında (Şaroğlu vd., 1992) gösterilen sismik kaynakların basitleştirilmiş halleridir. 11

Şekil 1.2. Ana şok esnasında kayıt alan kuvvetli yer hareketi istasyonlarının dağılımı (sarı oklarla gösterilmiştir). Harita üstünde kırmızı yıldız ile gösterilen yer T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından verilen merkez üssünü göstermektedir. (Kaynak: T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/Anasayfa.aspx). 11

Şekil 1.3. Bitlis - Merkez (1302) istasyonu ham kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme zaman grafiği. 12

Şekil 1.4. Muş - Malazgirt (4902) istasyonu ham kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme zaman grafiği. 12

Şekil 1.5. Van - Merkez (6501) istasyonu ham kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme zaman grafiği. 13

Şekil 1.6. Van - Muradiye (6503) istasyonu ham kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme zaman grafiği. 13

Şekil 1.7. Van - Edremit (6510) istasyonu ham kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme zaman grafiği. 14

Şekil 1.8. Bitlis - Merkez (1302) istasyonu işlenmiş kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme-zaman ve hız-zaman grafikleri. 15

Şekil 1.9. Van - Merkez (6501) istasyonu işlenmiş kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme-zaman ve hız-zaman grafikleri. 16

Şekil 1.10. Van - Muradiye (6503) istasyonu işlenmiş kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme-zaman ve hız-zaman grafikleri. 17

Şekil 1.11. Van - Edremit (6510) istasyonu işlenmiş kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve düşey (D) bileşenlerinin ivme-zaman ve hız-zaman grafikleri. 18

Şekil 1.12. Akkar ve Çağnan (2010) (üst satır) ve Akkar ve Bommer (2010) (alt satır) tahmin denklemleri ile ampirik verilerin karşılaştırmaları. Sol, orta ve sağ sütunlar, sırasıyla PGA, $T=0.2s$ ve $T=1.0s$ için karşılaştırmaları göstermektedir. Edremit kaydı R_{JB} değeri 0km olarak hesaplanmasına rağmen şekillerdeki bütün $R_{JB} = 1km$ 'de gösterilmiştir. 19

Şekil 1.13. NGA tahmin denklemleri ile ampirik verilerin karşılaştırmaları. Sol, orta ve sağ sütunlar, sırasıyla PGA, $T=0.2s$ ve $T=1.0s$ için karşılaştırmaları göstermektedir. Edremit kaydı R_{JB} değeri 0km olarak hesaplanmasına rağmen şekillerdeki bütün $R_{JB} = 1km$ 'de gösterilmiştir. 20

Şekil 1.14. Van - Merkez (6501) istasyonu yatay ivme kayıtlarına ait ivme spektrumlarının deprem yönetmeliği ivme spektrumu ile karşılaştırması. 21

Şekil 1.15. Van - Edremit (6510) istasyonu yatay ivme kayıtlarına ait ivme spektrumlarının deprem yönetmeliği ivme spektrumu ile karşılaştırması. 21

Şekil 2.1. Van'daki Binaların Kat Sayısına Göre Dağılımı 28

Şekil 2.2. Van il merkezinde incelenen binaların yaş dağılımı (20 adet binanın yaşı belirlenememiştir)	29
Şekil 2.3. Van il merkezinde incelenen binaların harita üzerinde gösterimi.	30
Şekil 2.4. Van il merkezinde incelenen binalarda oluşan yapısal hasarın dağılımı	31
Şekil 2.5. Van il merkezinde incelenen binalarda oluşan dolgu duvar hasarının dağılımı	31
Şekil 2.6. Yapı stokunda gözlenen toplam hasar oranlarındaki değişim	32
Şekil 2.7. Bina katsayısına bağlı olarak gözlemlenen nihai hasarlar	34
Şekil 3.1. Benzer yapısal sistemlerde gözlemlenen değişik hasar durumları	38
Şekil 3.2. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49976K, 43.38466D	40
Şekil 3.3. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.48870K, 43.39221D	41
Şekil 3.4. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49841K, 43.3833D	41
Şekil 3.5. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.4903K, 43.39226D	42
Şekil 3.6. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49678K, 43.39253D	42
Şekil 3.7. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49180K, 43.37314D	43
Şekil 3.8. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49431K, 43.39741D	43
Şekil 3.9. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49275K, 43.39591D	44
Şekil 3.10. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49581K, 43.39384D	44
Şekil 3.11. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49170K, 43.39400D	45
Şekil 3.12. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49516K, 43.39823D	45
Şekil 3.13. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49180K, 43.37314D	46

Tablolar

Tablo 1.1. 9 Kasım 2011 Van Depremi'nin ulusal ve uluslararası sismolojik ajanslar tarafından bildirilen önemli sismolojik parametreleri	23
Tablo 1.2. Ana şok sırasında elde edilmiş ve daha sonra işlenmiş ivme kayıtlarının önemli özellikleri.....	24
Tablo 2.1. Toplam hasar sınıflandırması.....	32
Tablo 2.2. Van-Erciş, 23 Ekim 2011 $M_w = 7.2$, depremi sonrasında bina katsayısına bağlı olarak gözlemlenen nihai hasar dağılımı.....	35
Tablo 2.3. Van-Edremit, 9 Kasım 2011 $M_w = 5.6$, depremi sonrasında bina katsayısına bağlı olarak gözlemlenen nihai hasar dağılımı.....	35
Tablo 2.4. Van-Erciş, 23 Ekim 2011 $M_w = 7.2$, depremi sonrasında hasar durumlarına göre bina sayıları	35
Tablo 2.5. Van-Edremit, 9 Kasım 2011 $M_w = 5.6$, depremi sonrasında hasar durumlarına göre bina ...	36

ÖNSÖZ

23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen Van Depremi'nin ardından yaklaşık üç hafta sonra 9 Kasım 2011 tarihinde, Van ili merkezinin güneyinde yer alan Edremit ilçesinde moment magnitüd büyüklüğü (M_w) 5.6 olan ikinci bir deprem meydana gelmiştir. Van-Edremit depremi 23 Ekim 2011 depreminden farklı bir fay mekanizmasına sahiptir ve Van ili merkezinde 40 kişinin hayatını kaybetmesine, ikisi otel olmak üzere 25 binanın yıkılmasına sebep olmuştur.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (ODTÜ-DMAM) üyeleri bir önceki depremde olduğu gibi 9 Kasım 2011 Van-Edremit depremiyle ilgili sismolojik bulguları ve yapısal hasarı tespit amacıyla İnşaat Mühendisleri Odası'nın (İMO) da sağladığı destekle beraber bölgede incelemelerde bulunmuştur. Bu rapor ODTÜ-DMAM üyeleri tarafından gerçekleştirilen Van-Edremit Depremi'ne ait yer hareketi ve yapısal incelemeleri içermektedir.

Bu raporda ODTÜ-DMAM ekiplerinin birinci deprem sonrasında Van ili merkezinde incelemiş oldukları 128 binanın durumu mercek altına alınmış, ikinci depremin bu binalar üzerindeki etkisi yapıların son hasar durumları göz önüne alınarak irdelenmiştir. Bu şekilde arka arkaya meydana gelen iki depremin yapılar üzerindeki birikimli etkilerinin detaylı olarak çalışılması imkânı doğmuştur. Gene bu depremde ulusal kuvvetli yer hareketi şebekesi tarafından kaydedilen ana şok kayıtları bu raporun hazırlanması sürecinde incelenmiş, özellikle Van merkez ve Edremit ilçesinde kaydedilen ivme kayıtlarının önemli özelliklerine raporda yer verilmiştir. Tüm bu çalışmalar 23 Ekim 2011 depreminde elde edilen bulgularla beraber Van ve bölgesini arka arkaya etkileyen depremlerle ilgili ileriye yönelik yapılacak bilimsel çalışmalara altlık hazırlamaktadır.

Raporun hazırlanmasıyla ilgili olarak başta Orta Doğu Teknik Üniversitesi Rektörlüğü'nün çalışmamıza sağladığı katkıya, TMMOB-İMO Genel Merkezi ve Van şubesinin bilimsel işbirliği için gösterdikleri özveriye ve sağladıkları mali desteğe teşekkür ederiz. TMMOB-İMO, bir önce yayımlanan 23 Ekim 2011 Van Depremi raporunda olduğu gibi 9 Kasım 2011 Van-Edremit Depreminin raporun basımını ve dağıtımını da üstlenerek çalışmaların bilim ve meslek çevrelerine daha etkin bir şekilde iletilmesine öncülük etmiştir.

**ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi
Yönetim Kurulu**

Şubat 2012

1. BÖLÜM

SİSMOTEKTONİK

ve

KUVVETLİ YER HAREKETİ

SİNAN AKKAR

ARDA ÖZACAR

ÖZKAN KALE

M. ABDULLAH SANDIKKAYA

1.1 Giriş

23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen ve moment magnitüd büyüklüğü (M_w) 7.2 olarak verilen Van Depremi sonrası gene aynı bölgede 9 Kasım 2011 tarihinde sismik ajanslar tarafından merkez üssü Van'ın Edremit ilçesi olarak gösterilen M_w 5.6 büyüklüğünde başka bir deprem daha olmuştur. Bu deprem (Van-Edremit Depremi) kırılma mekanizması olarak Van Depremi'nden daha farklı bir özellik içermektedir. Bu bölümde Van-Edremit Depremi ile ilgili sismotektonik bilgiler ve bu depremde kaydedilmiş ana şok ivme kayıtlarıyla ilgili bilgiler verilmektedir.

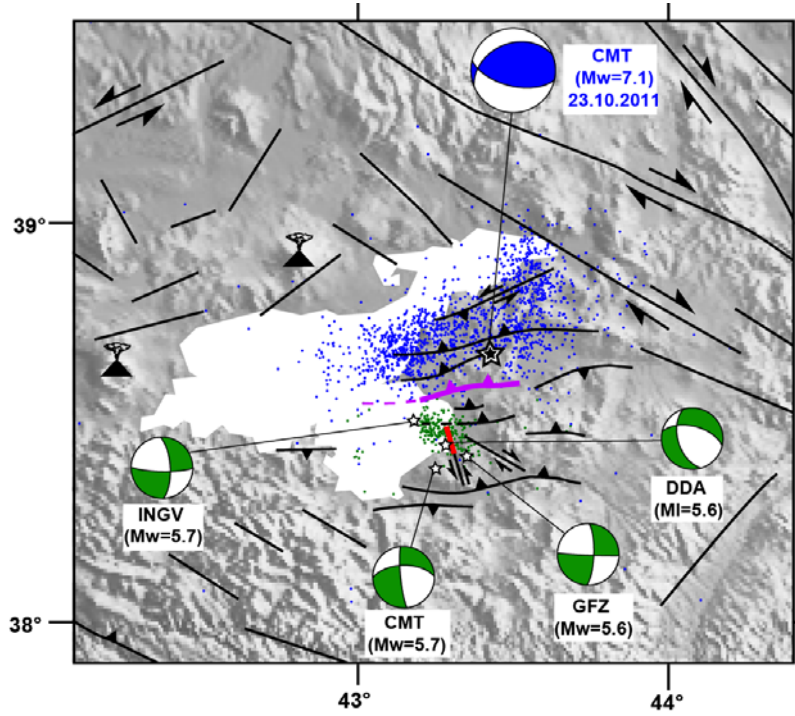
1.2 Sismotektonik

23 Eylül 2011 tarihinde meydana gelen 7.2 moment büyüklüğündeki Van depreminin artçı şokları devam ederken, 9 Kasım 2011 günü yerel saatle 21:23'de Edremit ilçesi yakınlarında moment büyüklüğü 5.7 olan bir deprem meydana gelmiştir. Deprem sonrasında Van ilinde bazı hasarlı binalar yıkılmış, ilk depreme ilave can ve mal kaybı yaşanmıştır. Söz konusu Edremit depreminin merkez üssü ve artçı şokları, Van depreminin artçı şoklarının meydana geldiği bölgenin dışında yer almaktadır, Şekil 1.1. Ayrıca odak çözümleri, bindirme fayı kaynaklı Van depreminden farklı olarak doğrultu atım karakterlidir, Şekil 1.1. Odak çözümleri bölgedeki bilinen faylarla ilişkilendirildiğinde, Van-Edremit Depremi'nin bindirme faylarına bağlı gelişmiş, KKB-GGD doğrultusunda uzanan sol yanal atımlı bir fayda meydana geldiği düşünülmektedir. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından belirlenen odak çözümü diğerlerinden farklıdır ve bölgesel sıkışma yönüne uygun olarak fayın normal bileşene sahip olduğuna işaret etmektedir. Artçı şok dağılımı incelendiğinde, Van-Edremit Depremi'nin KB-GD ve B-D uzanımlı komşu fayları da tetiklediği görülmektedir.

1.3 Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtları

Van-Edremit depremi ana şok kayıtları ulusal kuvvetli yer hareketi kayıt şebekesine ait 5 istasyon tarafından kaydedilmiştir. Şekil 1.2 bu depremin T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından verilen merkez üssünü ve ana şok kayıtlarını alan kuvvetli yer hareketi istasyonlarının yerlerini göstermektedir. Bu kayıtların ham (kayıt işleme yöntemleri uygulanmamış) halleri 3 bileşen (Kuzey-Güney, KG, Doğu-Batı, DB, ve düşey, D) olarak Şekil 1.3 – Şekil 1.7 arasında verilmektedir. Depremin merkez üssüne en uzak istasyon olan Muş-Malazgirt kuvvetli yer hareketi istasyonundan elde edilen kayıt kalitesinin çok düşük olması nedeniyle kayıt işleme yöntemine tabi tutulmamıştır. Bu deprem sırasında kaydedilen Edremit ve Van-Merkez kayıtları kırılan faya olan uzaklıkları itibariyle yakın mesafe kayıtlarıdır.

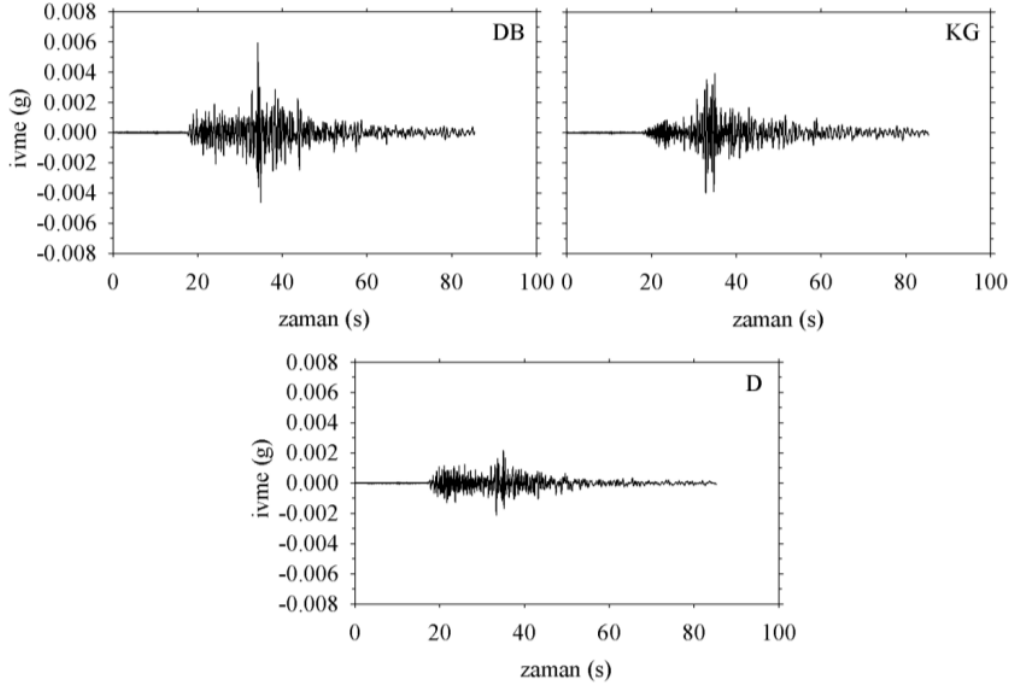
Elde edilen ham kayıtlar öncelikle standart olmayan hatalara (Douglas, 2003) karşı incelenmiş daha sonra da Akkar ve Bommer (2006) ve Akkar vd. (2011) makalelerinde tarif edilen yöntemler uygulanarak yüksek ve alçak geçirimli filtre işlemine tabii tutulmuştur. Her bir kayıt için yüksek ve alçak geçirimli filtre değerleri Tablo 1.2'de verilmiştir. Kayıtların işlenmesi için ODTÜ-DMAM tarafından geliştirilmekte olan USDP yazılımı kullanılmıştır (web.ce.metu.edu.tr/~sakkar/usdp.html). Tablo 1.2 ayrıca her bir ivme kaydı için Akkar ve Bommer (2006) tarafından önerilen ampirik ifadelerle dayalı kullanılabilir maksimum periyot değerlerini de vermektedir. Van-Edremit Depremine ait işlenmiş kayıtlar ODTÜ-DMAM web sayfasında da bulunabilir (<http://www.eerc.metu.edu.tr/>). Aynı web sayfası üzerinden işlenmemiş (ham) ivme kayıtlarına da ulaşmak mümkündür. İşlenmiş kayıtlara ait yer ivmesi ve hız zaman grafikleri Şekil 1.8 – Şekil 1.11 arasında verilmektedir.



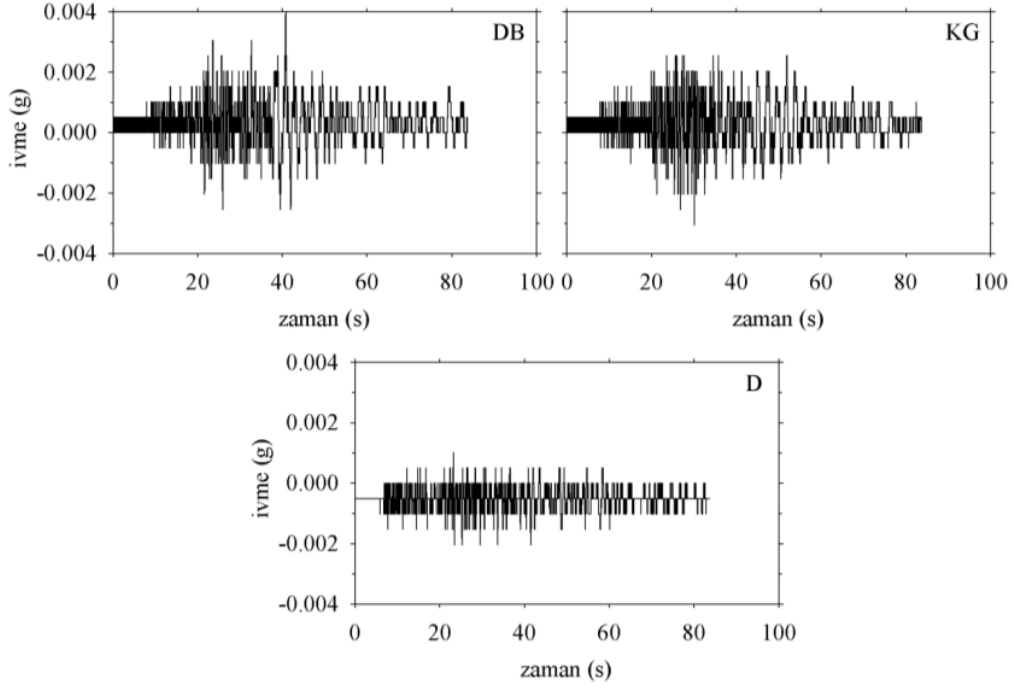
Şekil 1.1. 23 Eylül 2011 ($M_w=7.2$) ve 9 Kasım 2011 ($M_w=5.7$) depremlerinin bir hafta içinde kaydedilen artçı şoklarını (mavi/yeşil), kaynak faylarını (pembe/kırmızı) ve farklı kuruluşlar tarafından verilen odak çözümlerini gösteren Van gölü civarının sismotektonik haritası. Bu şekilde derlenen çizgisel sismik kaynaklar Koçyiğit vd. (2011), Özkaymak (2003), Özkaymak vd. (2003) ve MTA diri fay haritasında (Şaroğlu vd., 1992) gösterilen sismik kaynakların basitleştirilmiş halleridir.



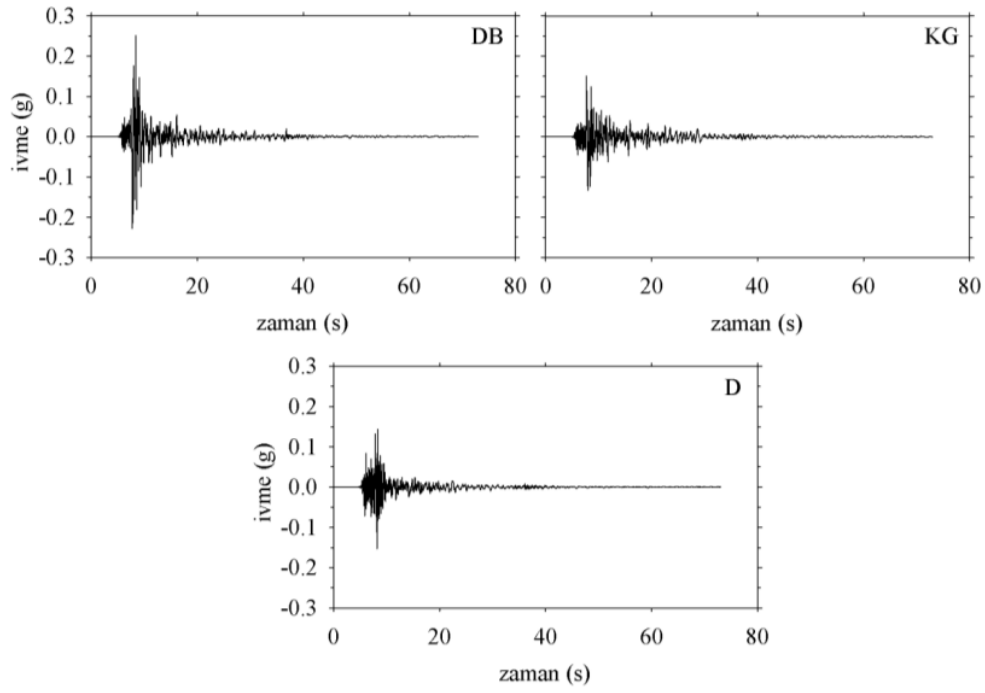
Şekil 1.2. Ana şok esnasında kayıt alan kuvvetli yer hareketi istasyonlarının dağılımı (sarı oklarla gösterilmiştir). Harita üstünde kırmızı yıldız ile gösterilen yer T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından verilen merkez üssünü göstermektedir. (Kaynak: T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/Anasayfa.aspx).



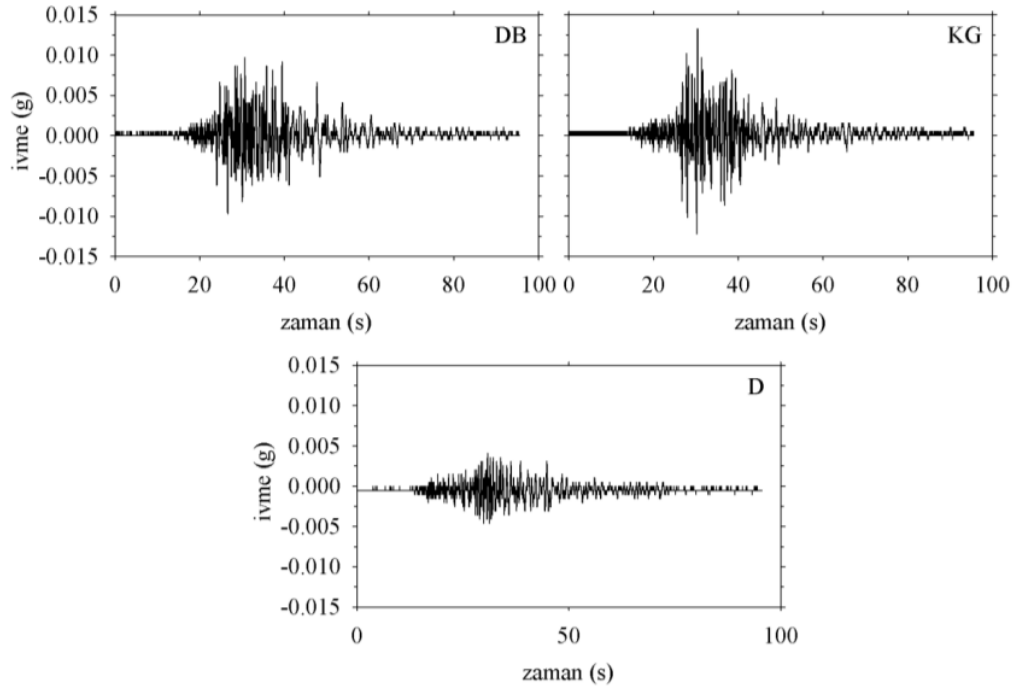
Şekil 1.3. Bitlis - Merkez (1302) istasyonu ham kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme zaman grafiği.



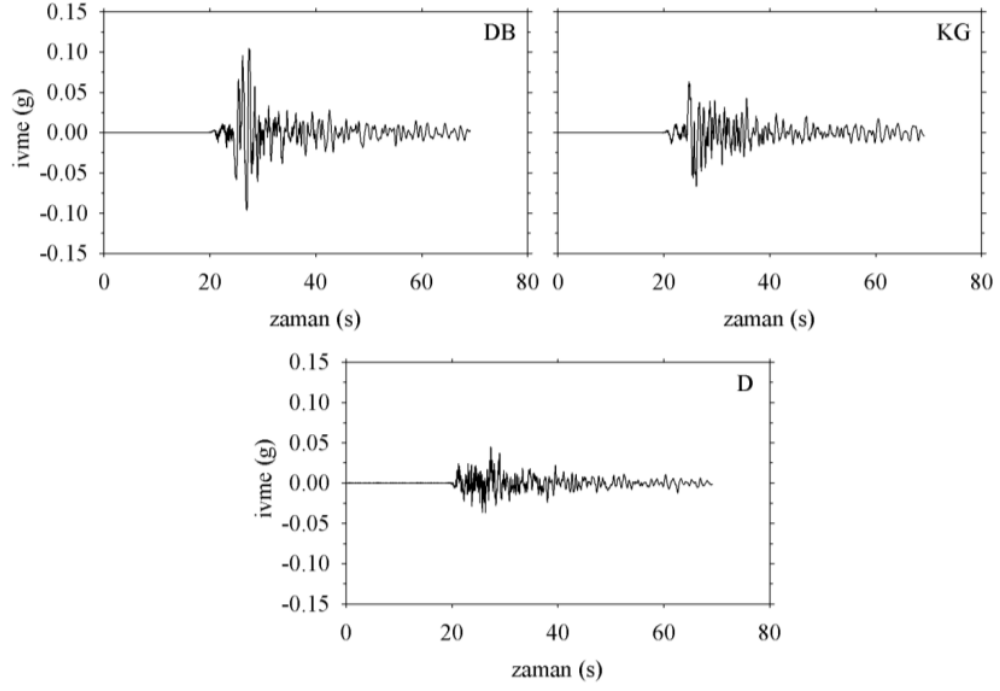
Şekil 1.4. Muş - Malazgirt (4902) istasyonu ham kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme zaman grafiği.



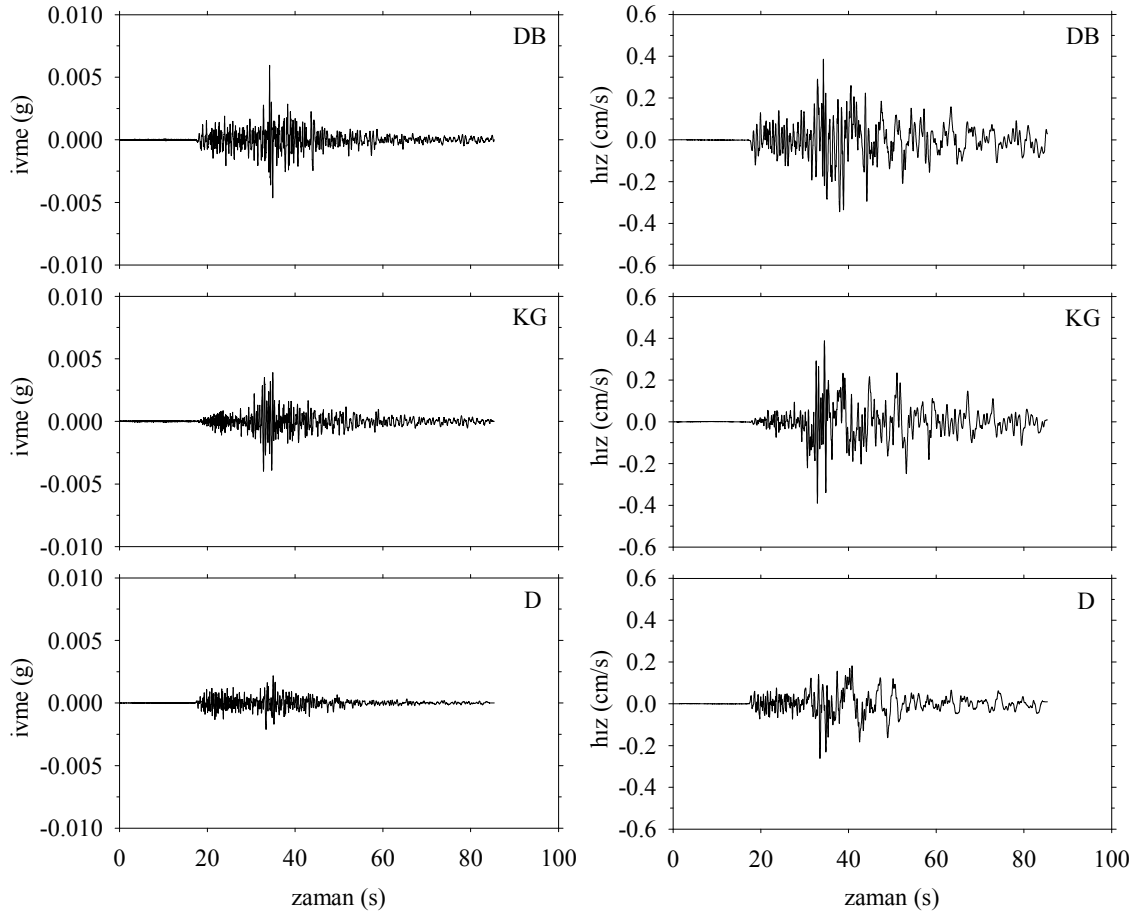
Şekil 1.5. Van - Merkez (6501) istasyonu ham kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme zaman grafiği.



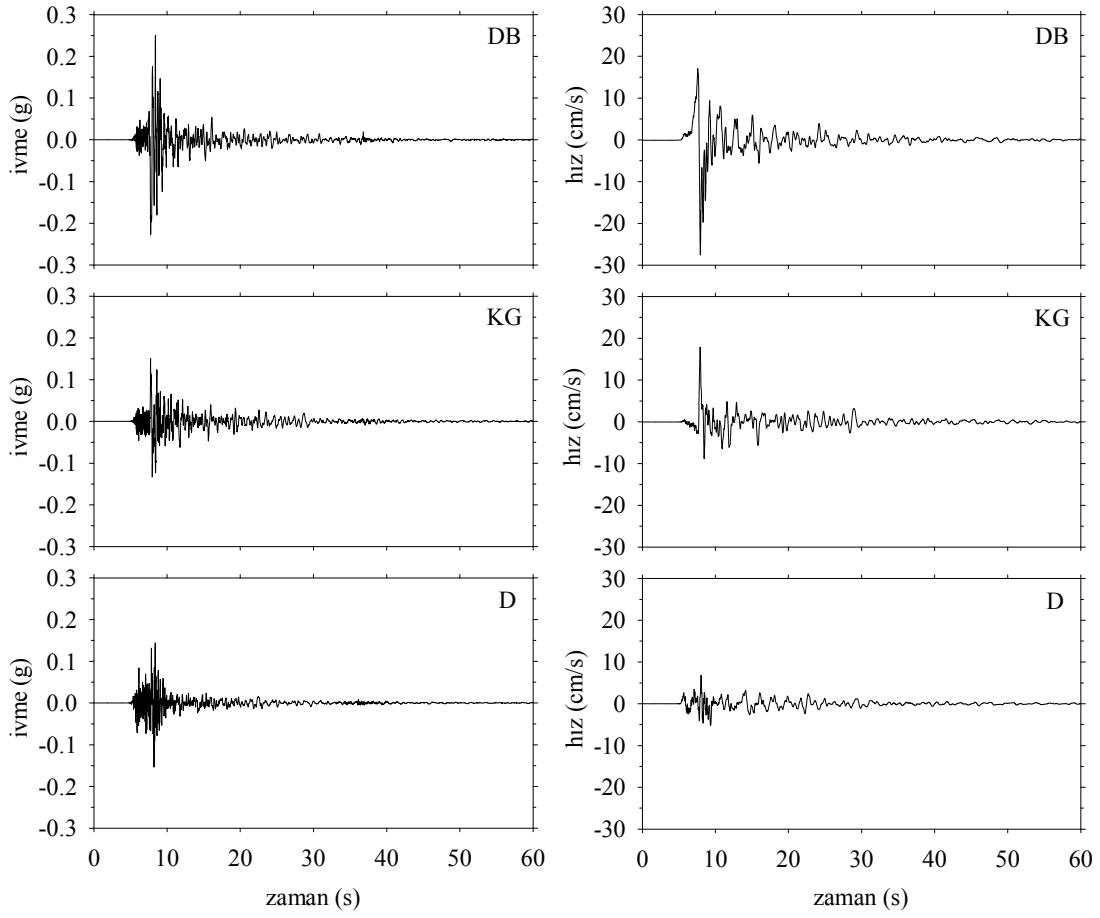
Şekil 1.6. Van - Muradiye (6503) istasyonu ham kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme zaman grafiği.



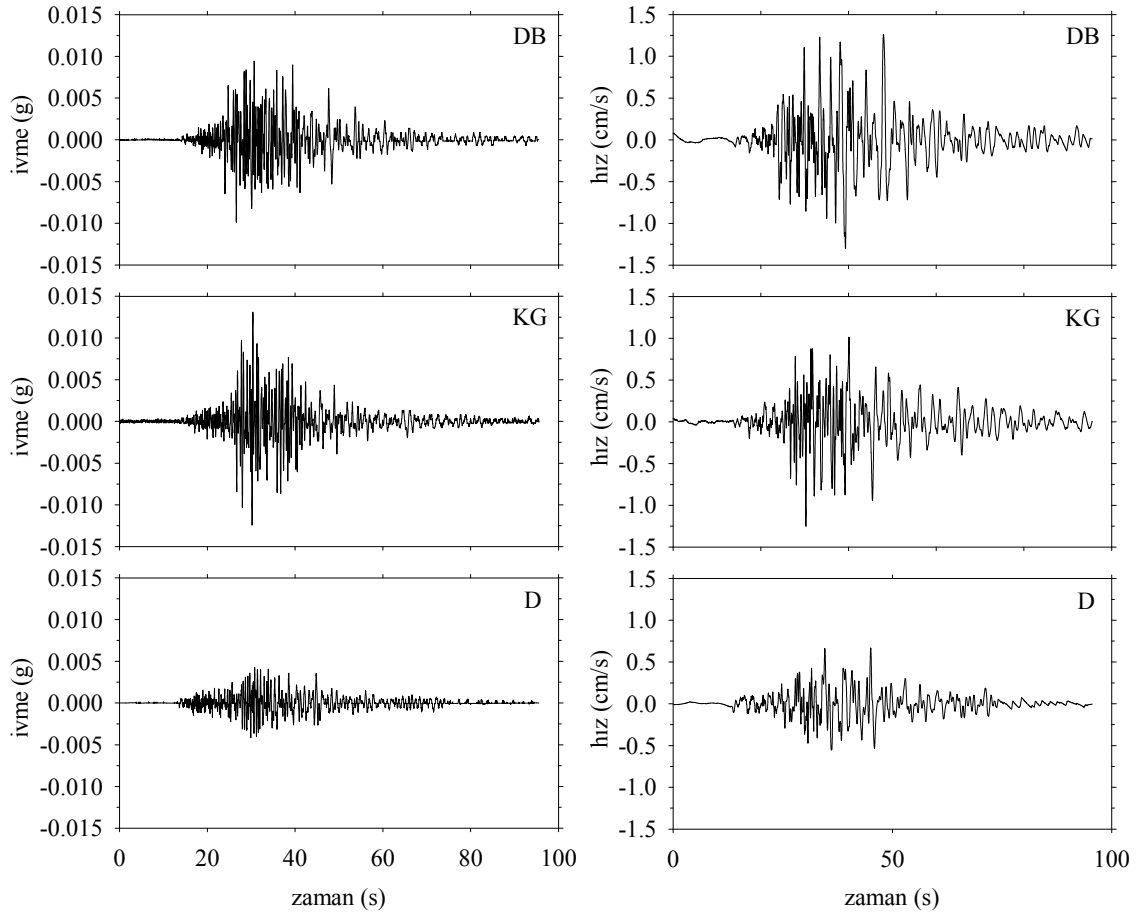
Şekil 1.7. Van - Edremit (6510) istasyonu ham kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme zaman grafiği.



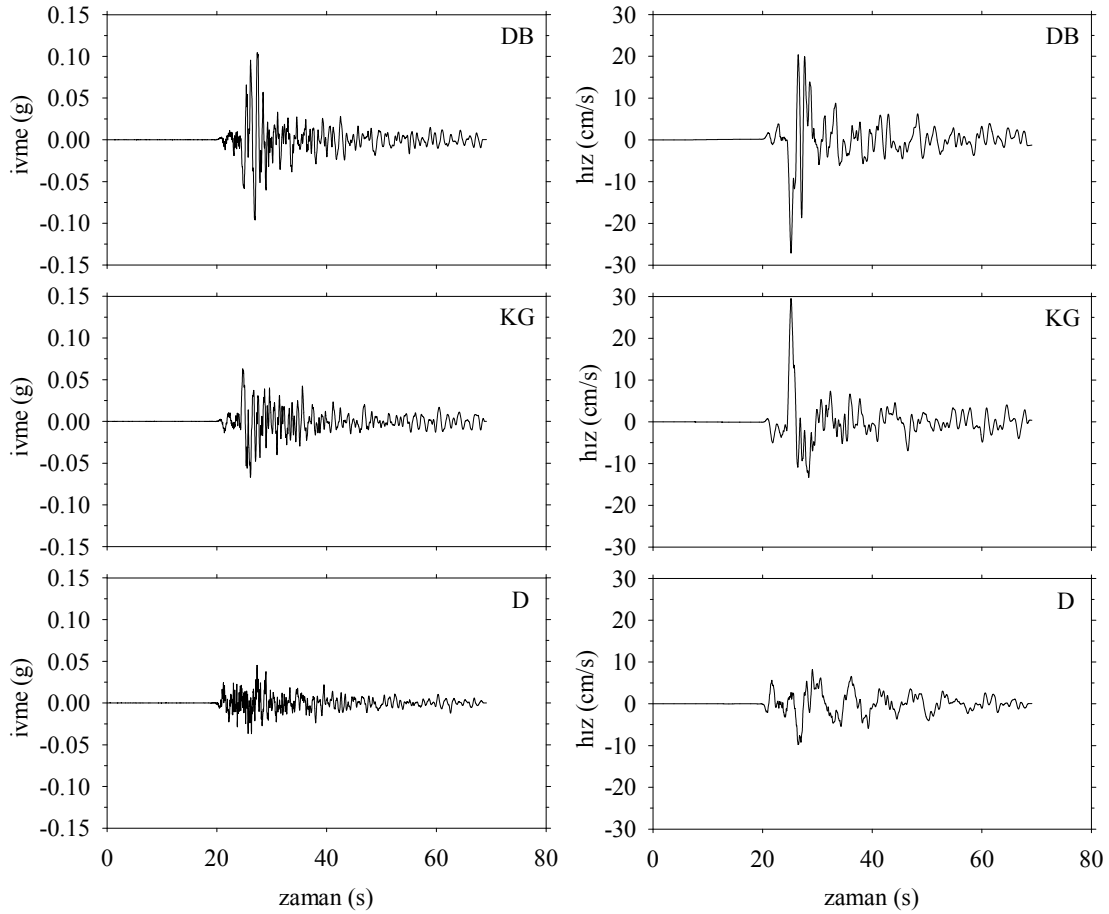
Şekil 1.8. Bitlis - Merkez (1302) istasyonu işlenmiş kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme-zaman ve hız-zaman grafikleri.



Şekil 1.9. Van - Merkez (6501) istasyonu işlenmiş kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme-zaman ve hız-zaman grafikleri.



Şekil 1.10. Van - Muradiye (6503) istasyonu işlenmiş kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve Düşey (D) bileşenlerinin ivme-zaman ve hız-zaman grafikleri.

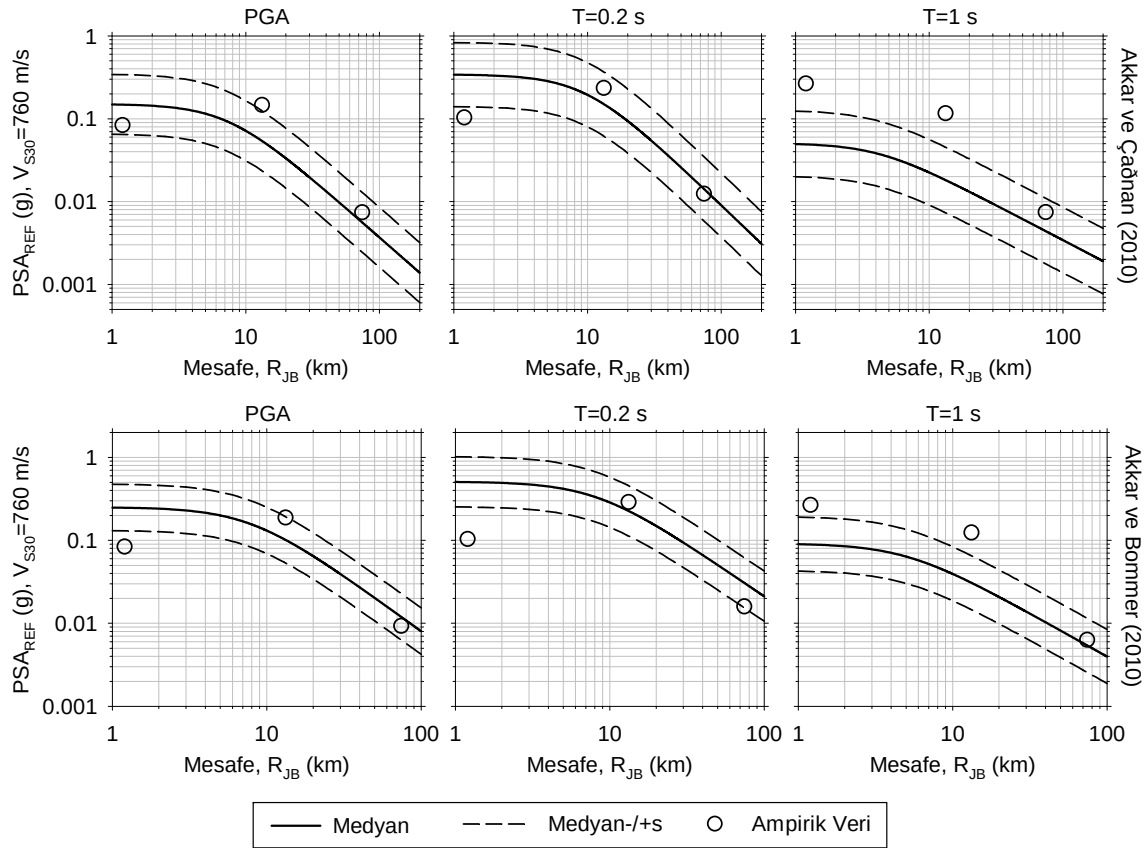


Şekil 1.11. Van - Edremit (6510) istasyonu işlenmiş kaydına ait Doğu-Batı (DB), Kuzey-Güney (KG) ve düşey (D) bileşenlerinin ivme-zaman ve hız-zaman grafikleri.

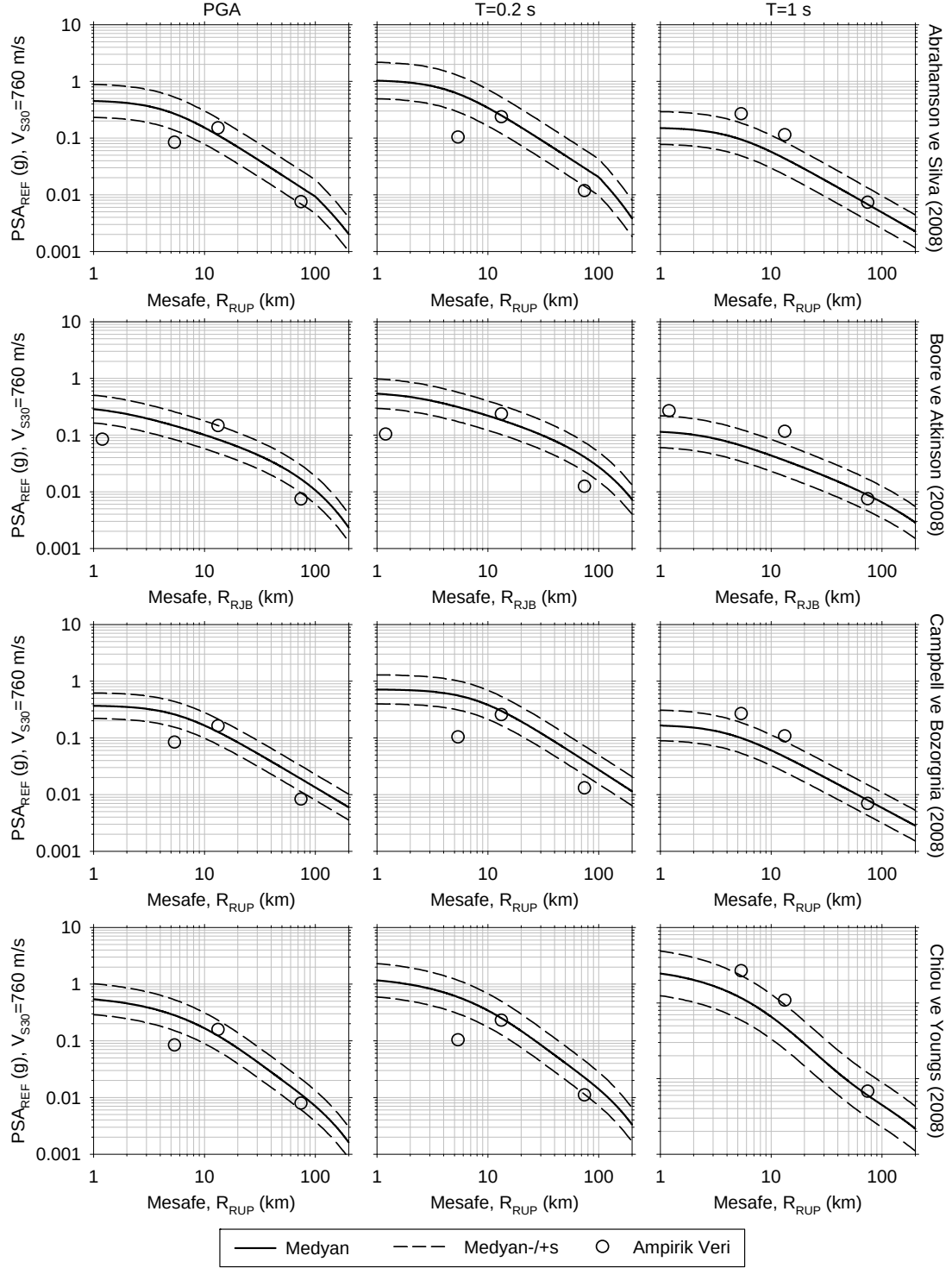
Tablo 1.2’de kayıt alan kuvvetli yer hareketi istasyonlarının koordinatları ve varsa zemin sınıfını belirleyici V_{S30} değerleri de gösterilmektedir. Bu tabloda ayrıca USGS’den elde edilen fay çözümü (http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/fm/neic_b0006mkw_fmt.php) (Tablo 1.1) kullanılarak hesaplanmış deprem kaynağına olan istasyon uzaklık değerleri de farklı mesafe birimleri için (dış merkezlik mesafesi, R_{epi} , iç merkezlik mesafesi, R_{hyp} , fay kırığı düzleminin düşey yönde yüzeye paralel projeksiyonuyla istasyon arasındaki en yakın mesafe, R_{JB} ve fay kırığı düzlemiyle istasyon arasındaki en yakın mesafe, R_{rup}) verilmiştir. Mesafe hesaplamaları için USGS çözümünde yaklaşık K-G doğrultusunda atım yapan 1. fay düzlemi kullanılmıştır. Kullanılan düzlem Şekil 1.1’de gösterilen ve bu depremde kırıldığı varsayılan doğrultu atımlı fayla uyumludur. Kaynak-istasyon mesafe değerlerinin hesaplanması için Kaklamanos vd. (2011) tarafından tarif edilen yöntem uygulanmıştır.

Van, Muradiye ve Edremit kuvvetli yer hareketi istasyonlarından elde edilen kayıtları kullanarak $T=0s$ (maksimum yer ivmesi, PGA), $T=0.2s$ ve $T=1.0s$ için hesaplanan spektral değerler, Next Generation Attenuation Models (NGA) projesinde geliştirilen tahmin denklemlerinin (Abrahamson ve Silva, 2008; Boore ve Atkinson, 2008; Campbell ve Bozorgnia, 2008; ve Chiou ve Youngs, 2008) ve Türkiye için geliştirilmiş Akkar ve Çağan (2010) tahmin denkleminin hesapladığı spektral değerlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmaları sadeleştirmek amacıyla kayıtlar $V_{S30}=760m/s$ ile tanımlanan kaya

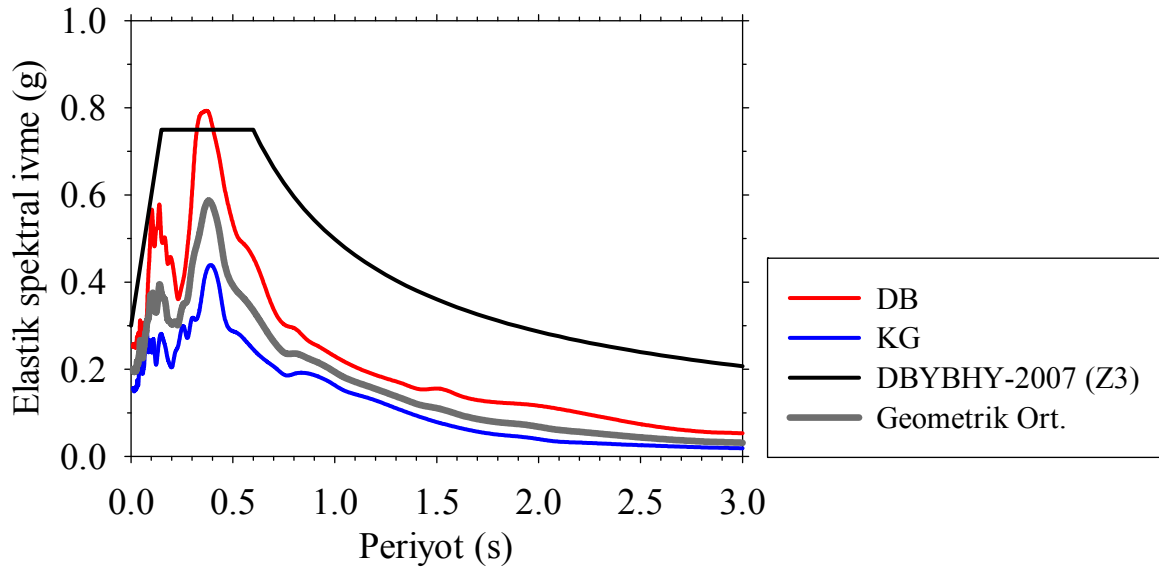
zemin özellikleri için düzeltilmiştir. Şekil 1.12 ve Şekil 1.13 bu karşılaştırmaları göstermektedir. Bitlis kayıt istasyonuna ait V_{S30} bilgisi bulunmadığı için bu istasyona ait spektral değerler Şekil 1.12 ve Şekil 1.13'te kullanılamamıştır. Edremit kaydı için de V_{S30} değeri yoktur. Bununla beraber ilçenin genel olarak traverten bir yapı üzerine bulunması dikkate alınarak bu kaydın kaya zeminde alındığı varsayımı yapılmış ve kıyaslamalarda dâhil edilmiştir, Şekil 1.12. Kıyaslamalar sırasında bu kaydın spektral değerleri olduğu gibi kullanılmış, diğer kayıtlardakine benzer bir modifikasyon yapılmamıştır. Bu kıyaslamalar Van ve Edremit kayıtlarına ait uzun periyotlu spektral değerlerin ($T = 1.0s$) pek çok tahmin denklemi için medyan + standart sapma bandının üstünde olduğunu göstermektedir. Şekil 1.9 ve Şekil 1.11'de bu istasyonlar için verilen ivme ve hız zaman grafikleri incelendiğinde özellikle hız-zaman grafiğinde belirgin bir şekilde ortaya çıkan uzun periyotlu darbe tipi sinyalin bu kayıtlara ait uzun periyotlu spektral ordinatların beklenenin üstünde değerler almasını açıklayabilir. Belirgin puls tipi sinyalleri içeren kayıtlar fayın kırılma yönüyle sismik dalganın yayılma yönünün aynı olduğu durumlarda gözlemlenir. Bu duruma literatürde “ileri direktivite” (forward directivity) etkisi denir. Bu tip yer hareketlerine maruz kalan yapıların hasar görme olasılıkları ileri direktivite etkisinden kaynaklanan yüksek ivme ve öteleme taleplerinden dolayı daha fazladır.



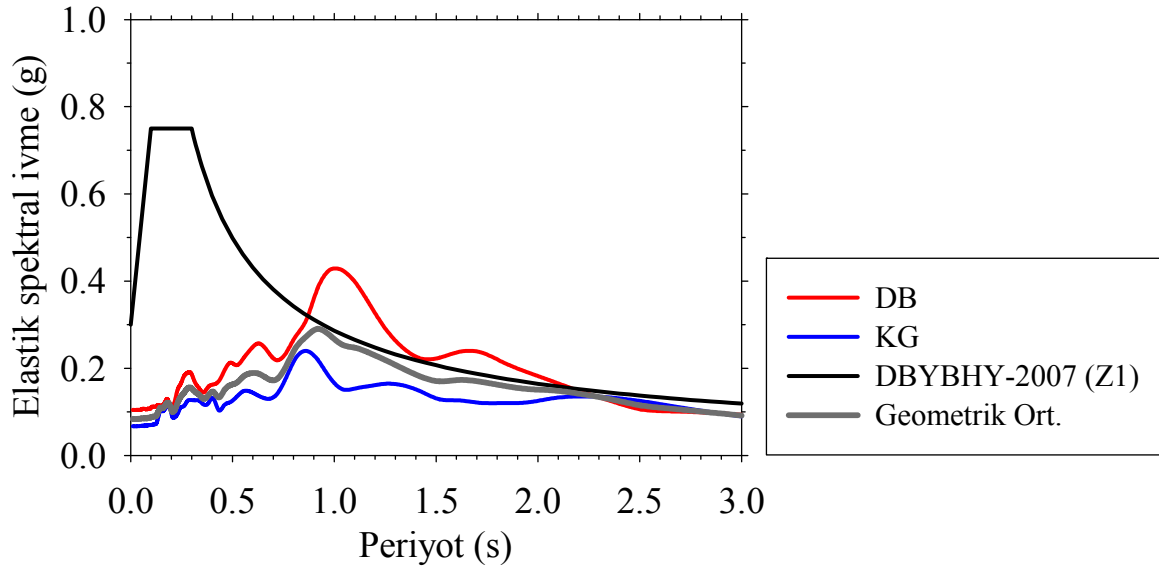
Şekil 1.12. Akkar ve Çağnan (2010) (üst satır) ve Akkar ve Bommer (2010) (alt satır) tahmin denklemleri ile ampirik verilerin karşılaştırmaları. Sol, orta ve sağ sütunlar, sırasıyla PGA, $T=0.2s$ ve $T=1.0s$ için karşılaştırmaları göstermektedir. Edremit kaydı R_{JB} değeri 0km olarak hesaplanmasına rağmen şekillerdeki bütün $R_{JB} = 1km$ 'de gösterilmiştir.



Şekil 1.13. NGA tahmin denklemleri ile ampirik verilerin karşılaştırmaları. Sol, orta ve sağ sütunlar, sırasıyla PGA, $T=0.2s$ ve $T=1.0s$ için karşılaştırmaları göstermektedir. Edremit kaydı R_{JB} değeri 0km olarak hesaplanmasına rağmen şekillerdeki bütün $R_{JB} = 1km$ 'de gösterilmiştir.



Şekil 1.14 Van - Merkez (6501) istasyonu yatay ivme kayıtlarına ait ivme spektrumlarının deprem yönetmeliği ivme spektrumu ile karşılaştırması.



Şekil 1.15 Van - Edremit (6510) istasyonu yatay ivme kayıtlarına ait ivme spektrumlarının deprem yönetmeliği ivme spektrumu ile karşılaştırması.

Şekil 1.14 ve Şekil 1.15 Van ve Edremit kayıtlarına ait spektral ivme değerlerinin Türk Deprem Yönetmeliği (2007) yönetmelik spektrumu ile karşılaştırmalarını vermektedir. Yönetmelik spektrumu Van-Merkez ve Edremit ilçesini 2. derece deprem bölgesi olarak kabul etmektedir. Yönetmelik spektrumu hesaplanırken zemin tipi Van kaydı için $VS_{30} = 363\text{m/s}$ değeri dikkate alınarak Z3 olarak kabul edilmiştir. Bu raporda Edremit kaydını alan istasyonun kaya zemine oturduğu kabul edildiği için yönetmelik spektrumu zemin tipi Z1 olarak alınmıştır. Karşılaştırmalarda bu 2 istasyonda alınan kayıtların DB bileşenlerinin tasarım spektrumunu belli periyot bantlarında geçtikleri gözlenmektedir. Moment magnitüd büyüklüğü M_w 5.6 olan bir depreme ait olan bu kayıtların belli bileşenlerinin

yönetmelik spektrumunu bazı spektral bölgelerde geçiyor olması ve daha önce Van-Merkeze çok yakın M_w 7.2 büyüklüğünde Van Depremi'nin yaşanmış olması bu bölgedeki sismik tehlikenin mevcut yönetmelikte öngörülen tehlike seviyesinden daha yüksek olması gerekliliğini ortaya çıkarabilir. Bununla beraber bu saptama erken bir saptama olup bu depremler sonrası ortaya çıkan sismik kaynakları da dikkate alan detaylı bir sismik tehlike çalışması bu konuyu daha açıklık getirecektir.

Tablo 1.1. 9 Kasım 2011 Van Depremi'nin ulusal ve uluslararası sismolojik ajanslar tarafından bildirilen önemli sismolojik parametreleri

Ajans	Tarih	Zaman (GMT)	Dışmerkez Enlemi	Dışmerkez Boylamı	Derinlik (km)	M _w	M _b	M _s	M _L	M ₀ (dyne.cm)
AFAD	09-11-2011	19:23:33	38.4472	43.2638	6.09	-	-	-	5.6	-
EMSC	09-11-2011	19:23:35	38.42	43.29	6	5.7	-	-	-	-
GFZ	09-11-2011	19:23:37	38.41	43.35	23	5.6	-	-	-	2.80E+24
GCMT	09-11-2011	19:23:39	38.38	43.25	13.7	5.7	5.6	5.6	-	4.52E+24
KOERI	09-11-2011	21:23:33	38.429	43.234	5	-	-	-	5.6	-
USGS	09-11-2011	19:23:33	38.429	43.229	8	5.6	-	-	-	2.90E+24

Tablo 1.1. (devamı)

Ajans	T aksı PLG	T aksı AZ	N aksı PLG	N aksı AZ	P aksı PLG	P aksı AZ	1. Düzlem Doğrultu	1. Düzlem Eğim	1. Düzlem Yatım	2. Düzlem Doğrultu	2. Düzlem Eğim	2. Düzlem Yatım
AFAD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMSC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GFZ	8	227	75	105	13	319	93	87	-164	2	75	-2
GCMT	-	-	-	-	-	-	269	59	-171	174	82	-32
KOERI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USGS	13	227	58	338	29	130	176	79	-31	272	60	-167

AFAD: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

EMSC: European-Mediterranean Seismological Centre

GFZ: GFZ German Research Centre for Geosciences

GCMT: Global Centroid Moment Tensor

KOERI: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü

USGS: U.S. Geological Survey

Tablo 1.2. Ana şok sırasında elde edilmiş ve daha sonra işlenmiş ivme kayıtlarının önemli özellikleri

Kayıt İsmi	Cihaz Tipi	f_{lc} DB	f_{hc} DB	Kullanılabilir Periyot DB	f_{lc} KG	f_{hc} KG	Kullanılabilir Periyot KG	f_{lc} D	f_{hc} D	Kullanılabilir Periyot D
20111109192333_1302	Guralp cmg5td	0.03	0	26.7	0.02	0	40.0	0.03	30	26.7
20111109192333_4902	SigSa smach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20111109192333_6501	Guralp cmg5td	0.03	0	32.3	0.03	0	32.3	0.03	0	32.3
20111109192333_6503	SigSa smach	0.08	12	12.1	0.08	12	12.1	0.07	15	13.9
20111109192333_6510	GeoSig gsr16	0.03	30	26.7	0.02	30	40.0	0.04	30	20.0

f_{lc} : alçak geçirimli geçişli filtre frekansı

f_{hc} : yüksek geçirimli filtre frekansı

24

Tablo 1.2. (devamı)

Kayıt İsmi	İşlenmiş PGA-DB (cm/s ²)	İşlenmiş PGA-KG (cm/s ²)	İşlenmiş PGA-D (cm/s ²)	İşlenmiş PGV-DB (cm/s)	İşlenmiş PGV-KG (cm/s)	İşlenmiş PGV-D (cm/s)
20111109192333_1302	5.84	3.92	2.13	0.39	0.39	0.26
20111109192333_4902	-	-	-	-	-	-
20111109192333_6501	245.90	148.10	150.50	27.52	17.86	6.81
20111109192333_6503	9.68	12.83	4.19	1.30	1.25	0.67
20111109192333_6510	102.60	65.69	44.21	27.13	29.52	9.74

PGA: En yüksek yer ivmesi

PGV: En yüksek yer hızı

Tablo 1.2. (devamı)

Kayıt İsmi	İstasyon Yeri	İstasyon Kodu	İstasyon Enlem	İstasyon Boylam	V_{S30} (m/s)	R_{EPI} (km)	R_{HYP} (km)	R_{JB} (km)	R_{RUP} (km)
20111109192333_1302	Bitlis - Merkez	1302	38.4744	42.15913	-	93.30	93.64	89.62	89.86
20111109192333_4902	Muş - Malazgirt	4902	39.14394	42.53072	311	99.91	100.23	96.45	97.04
20111109192333_6501	Van - Merkez	6501	38.50347	43.40177	363	17.17	18.94	13.27	16.06
20111109192333_6503	Van - Muradiye	6503	38.99011	43.76302	293	77.72	78.13	74.43	75.19
20111109192333_6510	Van - Edremit	6510	38.4145	43.2682	-	3.78	8.85	0.00	5.38

V_{S30} : Zemin profilinin en üst 30m'lik katmanına ait ortalama S-dalgası hızı

R_{EPI} : Dışmerkezlik mesafesi

R_{HYP} : İçmerkezlik mesafesi

R_{JB} : Joyner-Boore mesafesi (fay kırığı düzleminin düşey yönde yüzeye paralel projeksiyonuyla istasyon arasındaki en yakın mesafe)

R_{RUP} : Rupture mesafesi (fay kırığı düzlemiyle istasyon arasındaki en yakın mesafe)

2. BÖLÜM

YAPISAL HASARLAR

BARIŞ BİNİCİ

ERDEM CANBAY

GÜNEY ÖZCEBE

AHMET YAKUT

ALPER ALDEMİR

İSMAİL OZAN DEMİREL

BARIŞ ERDİL

ÖZKAN KALE

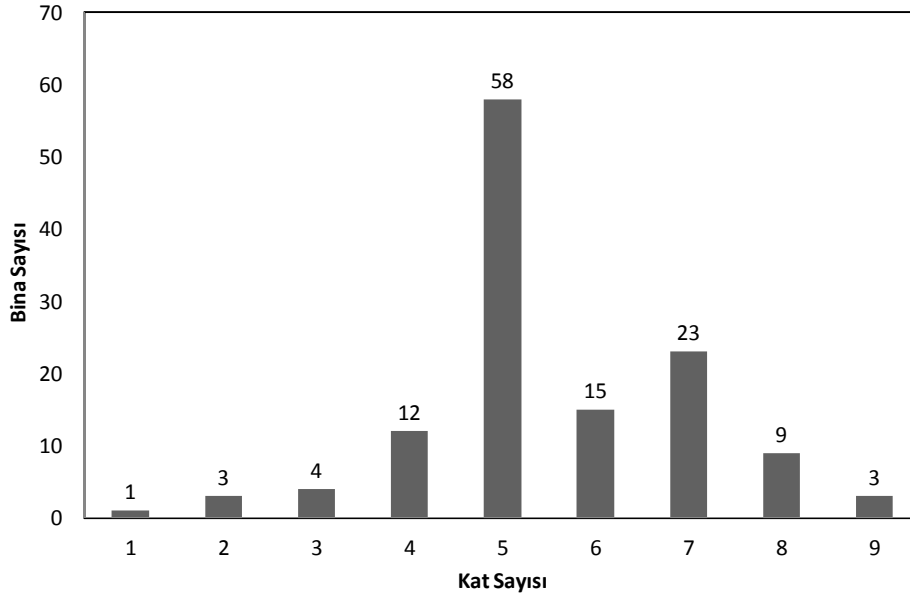
2.1 Giriş

Van ilinde 23 Ekim 2011 tarihinde gerçekleşen 7.2 büyüklüğündeki deprem sonrası incelenen 128 bina 9 Kasım 2011 tarihinde meydana gelen 5.6 büyüklüğündeki deprem sonrasında da incelenmiş ve iki depremin binalar üzerindeki etkileri ayrıntılı bir şekilde araştırılmıştır. Raporun bu bölümünde 3 hafta aralıklı olan depremlerin bu yapılar üzerindeki birikimli etkileri incelenmektedir. Binalarda gözlenen yapısal ve yapısal olmayan hasarın değişimi istatistiksel verilerle anlatılmakta; hasar dağılımını etkileyen parametreler tartışılmaktadır.

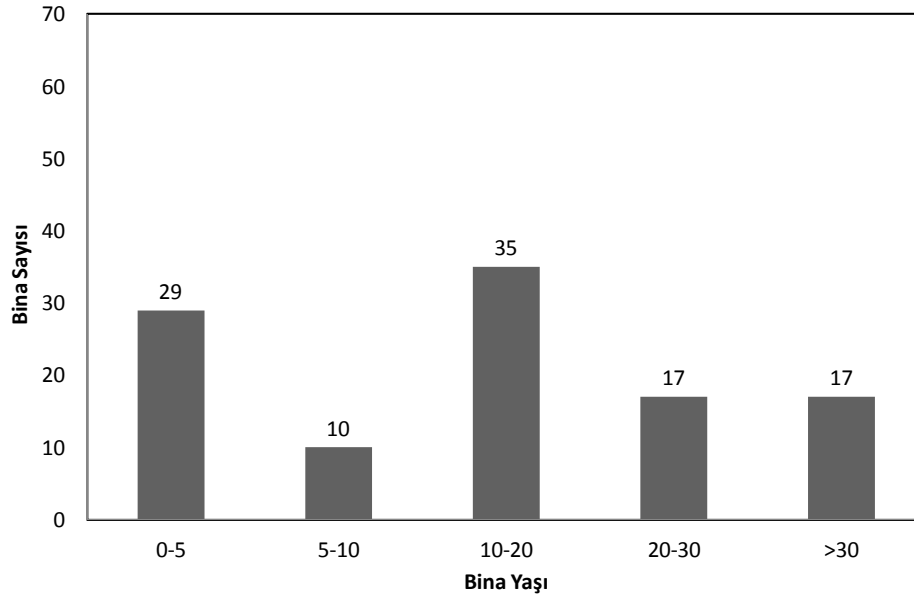
Rapordaki değerlendirmeler yalnızca incelenen 128 bina ile sınırlı olup Van'ın genelinde Van İl Merkezinde oluşan hasarı tanımlamamaktadır. Ancak yazarların gözlemleri incelenen binalardan elde edilen verilerin 23 Ekim ve 9 Kasım 2011 depremlerinin Van İl Merkezinde yol açtığı yıkımın nedenlerini açıklamakta yeterli olacağı yönündedir.

İncelenen binalar Van'ın farklı bölgelerinde bulunan konut, iş yeri ve bazı kamu binalarını kapsamaktadır. Bu binalara ilişkin genel özellikler Şekil 2.1 ve 2.2'de gösterilmektedir. Şekillerde bina kat sayısı, yaşı, mevkii gibi bilgiler sunulmaktadır. İncelenen binaların 58 adedi 5 katlı olup, geçmiş depremlerde gözlemlendiği gibi Van depremlerinde de en hasarlı bina grubunun yine 5 katlı binalar olduğu tespit edilmiştir. Raporun ileri bölümlerinde görüleceği üzere bu grupta hasarlı bina oranı %47 ile en yüksek orana ulaşmaktadır. Birinci depremden sonra incelenen 5 katlı binaların %5'inin ise yıkıldığı belirlenmiştir.

İncelenen 128 binadan 74 adedi son yirmi yıl içerisinde yapılmış olup, bu dönem tüm Türkiye'de olduğu gibi Van il merkezinde de ağırlıklı yapılaşmanın olduğu dönemdir.



Şekil 2.1. Van'daki Binaların Kat Sayısına Göre Dağılımı



Şekil 2.2. Van il merkezinde incelenen binaların yaş dağılımı (20 adet binanın yaşı belirlenememiştir)

Şekil 2.3’de incelenen bölgenin kuşbakışı görüntüsü üzerinde hasar dağılımının değişimi gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere Kazım Karabekir Caddesi üzerinde incelenen binaların hasar düzeylerinde genelde artış gözlenmektedir. Buna karşın incelenen bölgenin batısında yer alan ve 23 Ekim 2011 depreminde hiç hasar almamış beyaz ile işaretli yapı grubunun 9 Kasım 2011 depreminden sonrada hasarsız kalmaları dikkat çekicidir. İncelenen bölgenin kuzey yarısında hasarda artış olmasına rağmen güney yarıda yer alan binalardaki hasar değişimi daha sınırlı olmuştur. Van il merkezinde hasar değişimi ile ilgili en dikkat çekici gözlemlerden birisi de birinci depremde ağır hasar gören 5 binadan 3 tanesi ikinci depremde çökerken diğer ikisinin hasarında değişim görülmemiştir. 23 Ekim depreminde orta derecede hasar alan bir bina ise 9 Kasım depreminde çökmüştür.

Hasar tespit sonucunda elde edilen yapısal ve yapısal olmayan hasar dağılımları Şekil 2.4 ve Şekil 2.5’de sunulmaktadır. Şekil 2.4’ten görüleceği gibi 7.2 büyüklüğündeki depremden sonra incelenen 128 yapıdan 111 tanesi hasarsız veya hafif hasarlı iken bu sayı 9 Kasım depreminden sonra %20’lik bir azalmayla 88’e inmiş, buna karşın diğer hasar gruplarında benzer oranda bir artış gözlemlenmiştir.

Şekil 2.5’de ise yapısal olmayan hasardaki değişim gösterilmektedir. 9 Kasım depremi, incelenen yapılarıdaki yapısal olmayan dolgu duvar hasarı belirgin oranda artırmıştır. İncelenen yapıların %55’inde ağır düzeyde yapısal olmayan hasar belirlenmiştir. Benzer bir artışın Van il merkezindeki bina stokunun genelini temsil eder nitelikte olması beklenebilir.

2.2 Hasar Nedenleri

Bu kısımda yapısal ve yapısal olmayan hasarların birlikte değerlendirilmesi ile her binanın geneli için bulunan hasar düzeyi verilmiştir. Bu sınıflandırmada kullanılan ölçütler Tablo 2.1’de verilmektedir. Tablo 2.1’de verilen sınıflandırma ODTÜ DMAM tarafından 23 Ekim 2011 M_w 7.2 Van-Erciş depremi ile ilgili olarak hazırlanan saha gözlemleri raporunda kullanılan sınıflandırmanın aynısıdır. Bu şekilde 9 Kasım 2011 M_w 5.6 Van depreminin daha önce ODTÜ ekiplerince incelenmiş binalar üzerindeki etkisini doğru bir şekilde belirlemek mümkün olabilmektedir.

23 Ekim 2011 – 7.2 sonrası

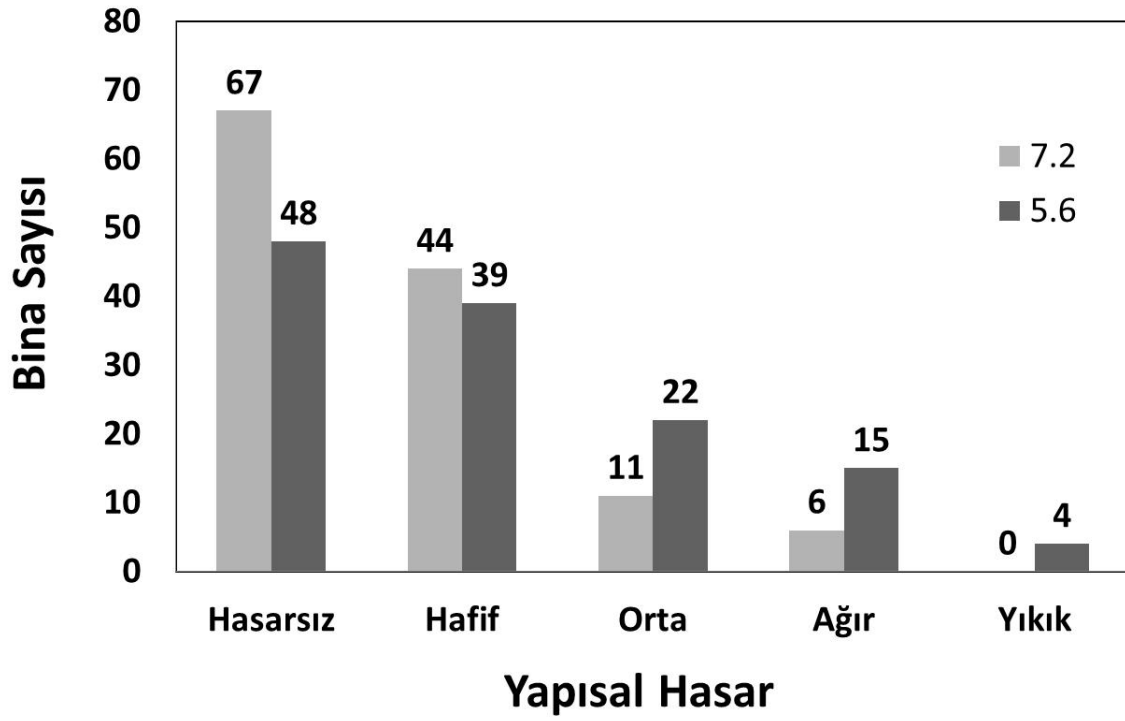


9 Kasım 2011 – 5.6 sonrası

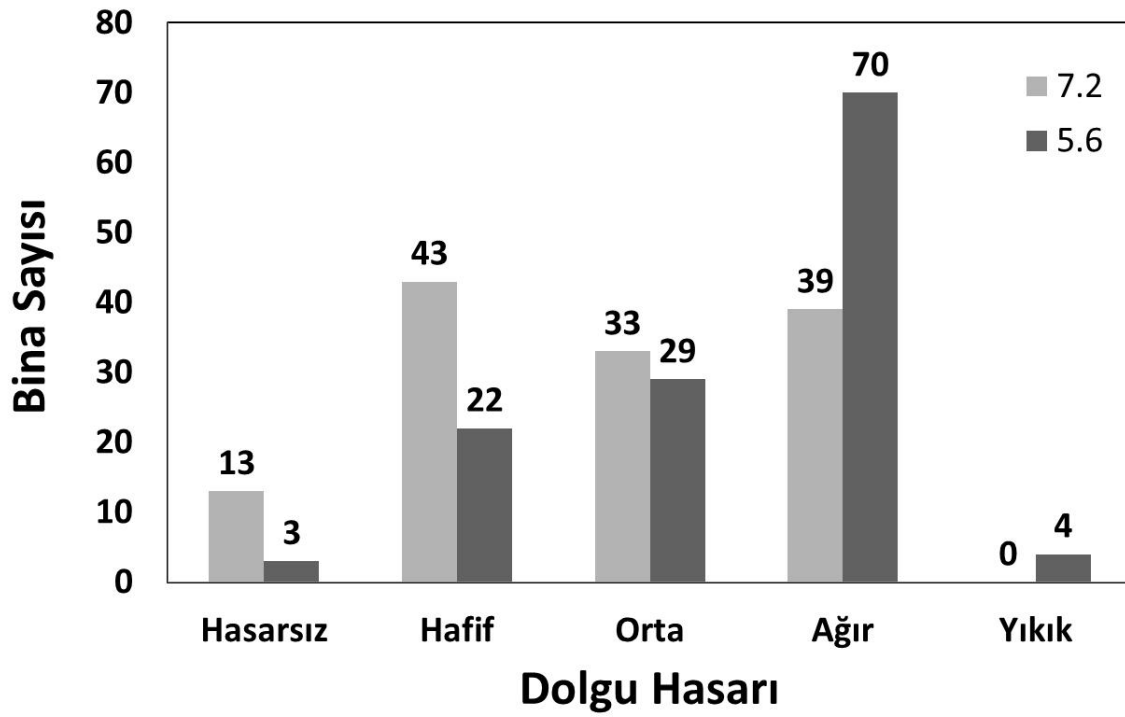


Hasarsız	Hafif	Orta	Ağır	Yıkık

Şekil 2.3. Van il merkezinde incelenen binaların harita üzerinde gösterimi.



Şekil 2.4. Van il merkezinde incelenen binalarda oluşan yapısal hasarın dağılımı

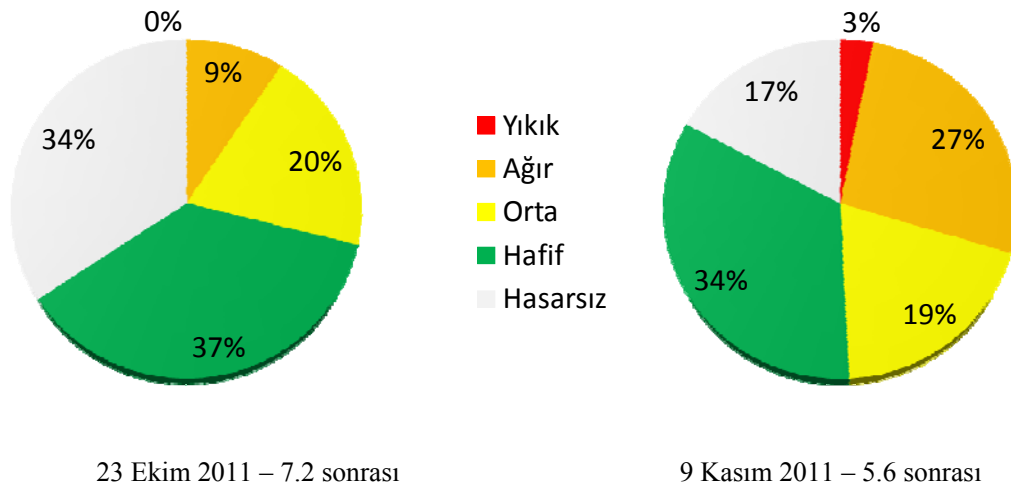


Şekil 2.5. Van il merkezinde incelenen binalarda oluşan dolgu duvar hasarının dağılımı

İncelenen tüm yapı stoku 128 binadan oluşmaktadır. 23 Ekim ve 9 Kasım depremlerinin bu yapılar üzerindeki birikimli etkisi Şekil 2.6’da verilmektedir. Bu şekil, Şekil 2.4 ve Şekil 2.5’de sunulan ayrıştırılmış hasarın Tablo 2.1’deki ölçütlerle genel yapı hasarına çevrilmesi ile elde edilmiştir. Bu anlamda yapısal hasarı “orta hasar” düzeyinde olan ancak ağır dolgu duvar hasarı olan binaların, hayati tehlike yarattığı ve yapısal hasara sebep olabildikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca dolgu duvarların ani bir şekilde göçmeleri yapının göçme konumuna daha hızlı bir şekilde gelmesine sebep olabilmektedir. Bu sebeple, yapısal hasarı orta, dolgu duvar hasarı ağır olan binalarda son hasar durumu “ağır hasar” olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 2.1. Toplam hasar sınıflandırması

Yapısal Hasar	Dolgu Duvar Hasarı	Toplam Hasar
Yıkık	Yıkık	<i>Yıkık</i>
Ağır	Ağır	<i>Ağır</i>
Ağır	Orta	<i>Ağır</i>
Ağır	Hafif	<i>Ağır</i>
Ağır	Hasarsız	<i>Ağır</i>
Orta	Ağır	<i>Ağır</i>
Orta	Orta	<i>Orta</i>
Orta	Hafif	<i>Orta</i>
Hafif	Ağır	<i>Orta</i>
Hafif	Orta	<i>Hafif</i>
Hafif	Hafif	<i>Hafif</i>
Hasarsız	Ağır	<i>Hafif</i>
Hasarsız	Orta	<i>Hafif</i>
Hasarsız	Hafif	<i>Hasarsız</i>
Hasarsız	Hasarsız	<i>Hasarsız</i>



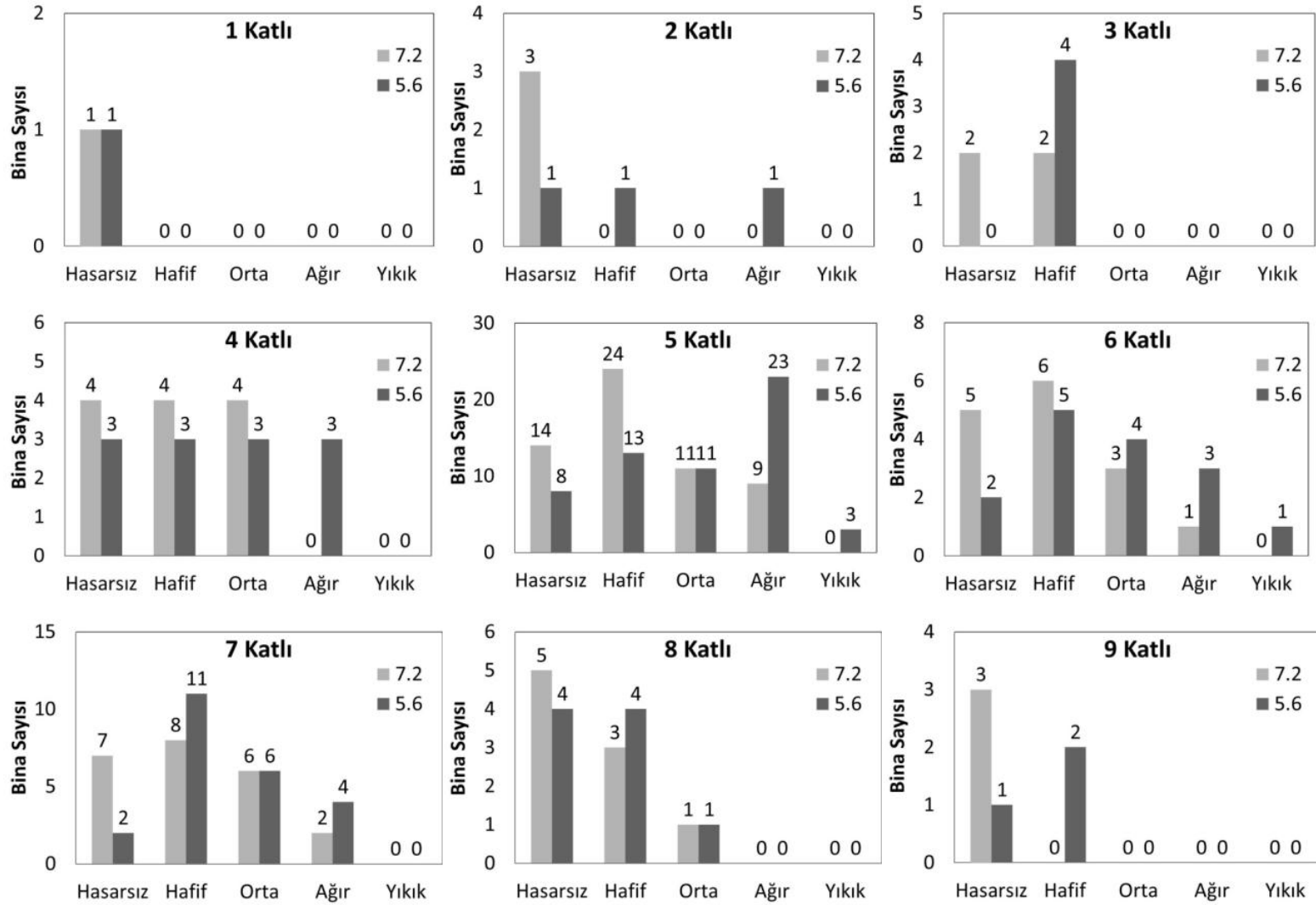
Şekil 2.6. Yapı stokunda gözlenen toplam hasar oranlarındaki değişim

Hasarın kat sayısına göre dağılımı Şekil 2.7, Tablo 2.2 ve Tablo 2.3’de gösterilmektedir. Bu şekil ve tablolardan görüleceği üzere incelenen bina stokunda gündeme gelen göçmeler yalnızca 5 ve 6 katlı binalarda görülmüştür. Ağır hasarlı binalar ise genellikle 4, 5 ve 6 katlı bina gurubunda yer almaktadır. İncelenen binalar arasında yer alan 23 adet 7 katlı binadan 4 tanesinde ağır hasar gözlemlenmiştir. Bina stokunda toplam 8 adet 3 veya daha az katlı, 12 adet ise 8 veya daha fazla katlı yapı yer almaktadır. Bu yapılar içerisinde yalnızca bir adet 2 katlı binada ağır hasar gözlemlenmiştir. Bunun dışında bu grupta yer alan yapılarda ağır hasar ve/veya göçme durumu gözlenmemiştir. Yapılan diğer bir gözlem ise 4, 5 ve 6 katlı binalarda her hasar sınıfında bina oluşudur. Bu grupta yer alan binalar ülkemizde olan diğer depremler sonrasında da benzer bir davranış sergilemiş ve ağır can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Bu anlamda deprem tehlikesi yüksek olan yerleşim merkezlerinde yer alan 4, 5 ve 6 katlı binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi öncelik taşımaktadır.

Tablo 2.4 ve Tablo 2.5’te 23 Ekim ve 9 Kasım depremlerinden sonra incelenen 128 binada gözlemlenen bina hasarının bina yaşına, imalatla kullanılan donatı türüne ve burulma düzensizliği, ağır çıkmalar, yumuşak kat, kısa kolon gibi çeşitli düzensizliklere göre dağılımları gösterilmektedir. Bu tablolardan görüleceği üzere incelenen binalardan 1999 yılından sonra inşa edilmiş olanları da ağır hasar almıştır. 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinde yaşanan ağır kayıpların ülkemizde depreme karşı dayanıklı yapılaşma konusunda yeterli duyarlılığı yaratamadığı Van depremleri ile bir kez daha en acı şekilde görülmüştür. Van’da 1999 yılından sonra yapılan binalardan bazılarının (incelenen bina stokunda yer alan ağır hasarlı ve yıkık binaların %23’üne karşılık gelen 8 bina) Van için tasarım depremi bile sayılamayacak bir depremde dahi yıkılmaları bu gerçeğin en yalın ve en açık kanıtıdır. İncelenen 128 bina içerisinde 46 tanesi 1999 yılından sonra imal edilmiş binalardır. Bu binalar içerisinde yalnızca 13 tanesinin depremi hasarsız atlatabilmiş olması düşündürücüdür.

Ağır hasarlı ve yıkılmış binalar üzerinde yapılan diğer bir “tekrarlayan gözlem ise” yumuşak kat oluşumunun ülkemizde hâlâ ağır hasar ve/veya yıkılma nedeni olmasıdır. İncelenen binalardan 81 tanesinde yumuşak kat tespit edilmiştir. Bu binalardan 13 tanesi 23 Ekim ve 9 Kasım depremlerini hasarsız kalmıştır. Geriye kalan 69 bina içerisinde 20 tanesinin ağır hasar alması veya yıkılması bu tip yapıların kırılganlığına işaret etmektedir.

Hasar üzerinde etkili olduğu düşünülen bir diğer unsur ise binaların planlarında gözlemlenen ağır çıkmalardır. İmar mevzuatından kaynaklanan bu çarpık yapılaşma uygulamasında binaların zemin kat planları normal katlara göre daha küçük olarak yapılmakta, bu durum düşeyde düzensizliğe yol açmakta ve doğal olarak deprem açısından en tehlikeli kat olan zemin katlarda zayıflık yaratmaktadır. İncelenen binalar içerisinde 92 adedinde çıkmalara rastlanılmıştır. Bu binalardan yalnızca 17 tanesinde hiçbir hasar gözlemlenmezken geriye kalan 75 tanesinde değişik düzeylerde hasar kaydedilmiştir. Bunlar içerisinde 21 binada ağır hasar gözlenmiş, 4 bina ise yıkılmıştır. Diğer bir deyişle bu grupta yer alan 92 binadan 25 tanesinin (%27), ya ağır hasar gördüğü ya da yıkıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 2.7.

Bina katsayısına bağlı olarak gözlemlenen nihai hasarlar

Tablo 2.2. Van-Erciş, 23 Ekim 2011 $M_w = 7.2$, depremi sonrasında bina katsayısına bağlı olarak gözlemlenen nihai hasar dağılımı

Kat Adedi	Hasarsız	Hafif	Orta	Ağır	Yıkık
1	1 (%100)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)
2	3 (%100)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)
3	2 (%50)	2 (%50)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)
4	4 (%33)	4 (%33)	4 (%33)	0 (%0)	0 (%0)
5	14 (%24)	24 (%41)	11 (%19)	9 (%16)	0 (%0)
6	5 (%33)	6 (%40)	3 (%20)	1 (%7)	0 (%0)
7	7 (%30)	8 (%35)	6 (%26)	2 (%9)	0 (%0)
8	5 (%56)	3 (%33)	1 (%11)	0 (%0)	0 (%0)
9	3 (%100)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)

Tablo 2.3. Van-Edremit, 9 Kasım 2011 $M_w = 5.6$, depremi sonrasında bina katsayısına bağlı olarak gözlemlenen nihai hasar dağılımı

Kat Adedi	Hasarsız	Hafif	Orta	Ağır	Yıkık
1	1 (%100)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)
2	1 (%33)	1 (%33)	0 (%0)	1 (%33)	0 (%0)
3	0 (%0)	4 (%100)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)
4	3 (%25)	3 (%25)	3 (%25)	3 (%25)	0 (%0)
5	8 (%14)	13 (%22)	11 (%19)	23 (%40)	3 (%5)
6	2 (%13)	5 (%33)	4 (%27)	3 (%20)	1 (%7)
7	2 (%9)	11 (%48)	6 (%26)	4 (%17)	0 (%0)
8	4 (%44)	4 (%44)	1 (%11)	0 (%0)	0 (%0)
9	1 (%33)	2 (%67)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)

Tablo 2.4. Van-Erciş, 23 Ekim 2011 $M_w = 7.2$, depremi sonrasında hasar durumlarına göre bina sayıları

		Toplam	Hasarsız	Hafif	Orta	Ağır	Yıkık
Yapım Yılı	1999 öncesi	63	15	23	17	8	0
	1999 sonrası	46	23	13	6	4	0
Donatı Tipi	Düz	26	14	6	4	2	0
	Nervürlü	40	7	13	15	5	0
Burulma Düzensizliği	Yok/Tespit Edilemeyen	127	44	47	24	12	0
	Var	1	0	0	1	0	0
Ağır Çıkmalar	Yok/Tespit Edilemeyen	36	14	8	11	3	0
	Var	92	30	39	14	9	0
Yumuşak Kat	Yok/Tespit Edilemeyen	47	21	14	10	2	0
	Var	81	23	33	15	10	0
Kısa Kolon	Yok/Tespit Edilemeyen	116	41	45	20	10	0
	Var	11	3	1	5	2	0

Tablo 2.5. Van-Edremit, 9 Kasım 2011 $M_w=5.6$, depremi sonrasında hasar durumlarına göre bina

		Toplam	Hasarsız	Hafif	Orta	Ağır	Yıkık
Yapım Yılı	1999 öncesi	63	7	16	13	25	2
	1999 sonrası	46	13	19	6	6	2
Donatı Tipi	Düz	26	6	13	4	3	0
	Nervürlü	40	3	5	12	17	3
Burulma Düzensizliği	Yok/Tespit Edilemeyen	127	22	43	25	33	4
	Var	1	0	0	0	1	0
Ağır Çıkmalar	Yok/Tespit Edilemeyen	36	5	12	6	13	0
	Var	92	17	31	19	21	4
Yumuşak Kat	Yok/Tespit Edilemeyen	47	9	16	4	17	1
	Var	81	13	27	21	17	3
Kısa Kolon	Yok/Tespit Edilemeyen	116	21	39	22	32	2
	Var	11	1	3	3	2	2

3. BÖLÜM

DEĞERLENDİRMELER

ve

SONUÇLAR

SİNAN AKKAR

BARIŞ BİNİCİ

ERDEM CANBAY

GÜNEY ÖZCEBE

AHMET YAKUT

3.1 Değerlendirmeler

Bir önceki bölümde değinildiği gibi Van'da meydana gelen her iki depremin birikimli etkisi sonunda gözlenen hasar dağılımında taşıyıcı olmayan dolgu (bölme) duvarların davranışı sistem davranışı üzerinde belirleyici rol oynamıştır. İncelenen binalar içerisinde yapısal açıdan “orta hasarlı” bir grup binanın bölme duvarlarında gözlenen yaygın hasar sonucunda genel hasar durumu “ağır hasar” düzeyine çekilmek zorunda kalınmıştır. Şekil 3.1’de gösterilen benzer büyüklükteki üç binanın 9 Kasım 2011 depreminden sonraki durumları gösterilmektedir.



Hafif Hasar



Orta Hasar



Ağır Hasar

Şekil 3.1. Benzer yapısal sistemlerde gözlemlenen değişik hasar durumları

Teknik açıdan dolgu duvarların betonarme yapıların yanal rijitliğini önemli oranda artırdıkları bilinen bir gerçektir. Boş bir betonarme çerçeve, dolgu duvarları örülmüş özdeş bir betonarme çerçeveye göre daha az yanal rijitliğe sahiptir. Deprem sırasında bu rijitlik artışı yapının taban kesme kuvveti istemini yükseltebilmekte ve yapıya daha büyük deprem kuvvetlerinin etkimesine neden olabilmektedir. Diğer taraftan boşluklu tuğla ile yapılan yapılarda katlararası ötelenme oranının yaklaşık %0.5 - %0.7 seviyelerini aşması durumunda bölme duvarlar ezilmekte ve/veya düzlemi dışında devrilmekte, bunun sonucu olarak yapısal sistemde gözlemlenen hasar artmaktadır. Dolayısı ile yapıların yanal rijitliğinin bölme duvarların hasar görmesini engelleyebilecek düzeyde olması sağlanmalıdır. Bunun sağlanamadığı durumlarda Şekil 3.1’de görüldüğü gibi değişik düzeylerde yapı hasarı ile karşılaşılabilir.

Van il merkezinde, Bölüm 2.2’de ayrıntıları ile verilen yapı hasarlarını belirledikten sonra cevap aranması gereken iki soru vardır. Bunlar sırasıyla:

1. 9 Kasım 2011 Depremi ($M_w = 5.6$) sırasında Van il merkezinde kaydedilen kuvvetli yer hareketi (bkz. Şekil 1.14 ve 1.15) Van için tasarım depremini temsil eder mi?
2. Bu yer hareketi altında Van il merkezindeki binalarda gözlemlenen hasar kabul edilebilir mi?

Bilindiği gibi moment büyüklüğü $M_w = 5.6$ olan deprem sırasında Van ve yakın çevresinde iki adet kuvvetli yer hareketi kaydı alınabilmiştir. Edremit ilçesinde ölçülen yer hareketi kaydı spektrumunun düşük periyot bölgesindeki spektral ivme değerlerinin, yönetmelik spektrumunda verilen değerlerden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Edremit civarında yer alan yapıların büyük çoğunluğunun alçak katlı yapılar olduğu düşünüldüğünde (1 ila 4 katlı yapılar) bu yapılara etkiyen kuvvetlerin yönetmelikte öngörülen kuvvetlerden çok daha düşük olduğu anlaşılmaktadır, Şekil 1.15. Van il

merkezindeki kayıt istasyonu ise daha yumuşak bir zeminde yer almaktadır. Bu nedenle Van il merkezinde Edremit'ten daha farklı bir durumla karşılaşmaktayız. Bu yörede yer hareketi seviyesi Edremit'e göre daha büyüktür, Şekil 1.14. Dolayısıyla Van il merkezindeki alçak katlı yapılara etki eden kuvvetler Edremit'tekilere göre daha büyüktür. Yer hareketinin DB bileşeni spektrumunda, yalnızca çok dar bir periyot aralığında spektral ivme değerleri ani yükselişle yönetmelik spektrumunda verilen değerleri aşmaktadır. Bu yükselişin çok ani ve dar bir bant içerisinde olması nedeniyle bölgedeki binaların yüksek taban kesme kuvvetlerine maruz kalmadığını söylenebilir.

Diğer taraftan deprem tehlike analizlerinde ortalama spektrumların sıklıkla kullanılan analitik gereçler olduğu düşünülürse deprem yönetmeliğimizde verilen tasarım spektrumunu Van-Edremit depreminin ortalama spektrumu ile karşılaştırmanın mühendislik değerlendirmeleri açısından daha önemli olduğu açıktır. Şekil 1.14'te verilen ortalama spektrum incelendiğinde, Van il merkezindeki yapılara etki eden kuvvetlerin yönetmelikte bu bölge için öngörülen değerlerden az olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bu belirlemeler ışığında, birinci sorunun cevabı olarak 9 Kasım 2011 depreminin ($M_w = 5.6$) Van il merkezi için tasarım depremini temsil edemeyeceği görüşü ağırlık kazanmaktadır. Böyle bir depremin yol açtığı hasarın değerlendirmesi için bazı belirlemelerin yapılması gereklidir.

Her şeyden önce Van merkezde yapılmış olan incelemeler ve hasar tespit çalışmaları, ikinci depremden sonra ağır hasar gören veya yıkılan binaların genellikle ilk depremde önemli seviyede hasar görmüş binalar olduğunu göstermiştir. 23 Ekim 2011 depreminde Van il merkezindeki yer hareketinin belirlenememiş olması birinci deprem sonrasında kuvvetli yer hareketi – hasar ilişkisinin detaylı analizinin yapılamamasına neden olmuştur. Bununla birlikte, bu depremin Van il merkezi için temsili tasarım depremi olmadığı tüm bilim çevrelerince kabul edilmiş bir gerçektir. Buna rağmen bu yapıların birinci depremde orta ve ağır derecede hasar görmeleri, ikinci depremden sonrada hasar seviyelerinin bir kademe artarak ağır hasar ve göçme düzeyine çıkması bu yapıların deprem yönetmeliğinde belirlenen yeterli dayanıma sahip olmadığını, ardışık deprem etkisi nedeniyle kabul edilemeyecek bir performans gösterdiklerine işaret etmektedir. Ülkemizde geçmiş yıllarda yaşanan büyük depremler yapıların tasarım depremleri karşısında yetersizliğini defalarca ortaya koymuştur. Van depremlerinin gözler önüne serdiği önemli bir bilgi ise, yetersiz yapılara ardışık olarak etki eden ve spektral ivme açısında orta seviyede sayılabilecek istemlerin dahi yapıların göçmesine sebep olabileceğidir. Bu kanıt, ülkemizde olması beklenen orta şiddetli depremler ile artçıların da tehlike yaratabilme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Ağır yapısal hasarın belli bir bölgede yoğunlaşmayıp şehir merkezi geneline yayılmış olması ve genellikle tekil binalar bazında kendini göstermesi yapılardaki münferit zayıflıkları ön plana çıkartmaktadır. Deprem yönetmeliğinde öngörülen tasarım depremi altında yapıların çökmelerinin engellenmesi veya daha düşük seviyede hasar görmeleri beklenirken, daha düşük şiddetli bir depremde çok daha yüksek seviyede hasar görmüş olan binaların beklenenden daha kötü performans sergilediği gözlemimizdir.

Yer hareketinden bağımsız olarak Van il merkezinde incelenen yapıların davranışlarına ve hasar dağılımlarına bakıldığında aynı özelliklere sahip ve bulundukları yer itibarı ile birbirine yakın olan yapıların oldukça farklı seviyelerde hasara uğramış olmaları düşündürücüdür, Şekil 3.1.

İlk depremde Van il merkezinde hasar görmeyen ve/veya az hasar gören binaların birçoğunda ikinci deprem sonrası gözlenen en önemli hasar, yapısal olmayan dolgu duvar hasarı şeklinde olmuştur, Şekil 3.2 – Şekil 3.13. Dolgu duvar hasarlarının esas olarak yapıların yanal rijitlik yetersizliğinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Benzer özelliklere sahip kirişli binalar ile asmolen döşeme sistemine sahip binalar karşılaştırıldığında, asmolen döşeme sistemine sahip olan yapılarda görülen dolgu duvar

hasarının daha ağır olduğu belirlenmiştir. Sığ kirişlerle oluşturulan asmolon döşeme sistemleri deprem hareketi altında kolon uç dönmelerini yeterli düzeyde tutamamakta ve yapıda büyük görelî kat ötelenmelerine yol açmaktadırlar. Bu durum dolgu duvarların göçmesinin birinci nedenidir. Bunun yanı sıra dolgu duvar hasarlarının nedenleri arasında işçilik ve malzeme kalitesindeki tahmin edilemez farklılıkları ve yetersizlikleri de saymak mümkündür.

	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Ağır	Ağır
	Hafif	Ağır
Yapısal Dolgu Duvar		
Bina Fotoğrafları	Hasar Fotoğrafları	
		
		

Şekil 3.2. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49976K, 43.38466D

Yapısal Dolgu Duvar	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Ağır	Yıkık
	Ağır	Yıkık
Bina Fotoğrafı	Hasar Fotoğrafları	
		
		

Şekil 3.3. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.48870K, 43.39221D

Yapısal Dolgu Duvar	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Hafif	Ağır
	Ağır	Ağır
Bina Fotoğrafı	Hasar Fotoğrafları	
		
		

Şekil 3.4. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49841K, 43.3833D

Yapısal Dolgu Duvar	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Orta	Yıkık
	Ağır	Yıkık
Bina Fotoğrafı	Hasar Fotoğrafları	
		
		

Şekil 3.5. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.4903K, 43.39226D

Yapısal Dolgu Duvar	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Ağır	Yıkık
	Ağır	Yıkık
Bina Fotoğrafı	Hasar Fotoğrafları	
		
		

Şekil 3.6. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49678K, 43.39253D

Yapısal Dolgu Duvar	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Hasarsız	Hasarsız
	Hafif	Ağır
Bina Fotoğrafi	Hasar Fotoğrafları	
		
		

Şekil 3.7. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49180K, 43.37314D

Yapısal Dolgu Duvar	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Hasarsız	Hasarsız
	Hafif	Ağır
Bina Fotoğrafi	Hasar Fotoğrafları	
		
		

Şekil 3.8. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49431K, 43.39741D

Yapısal Dolgu Duvar	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Hasarsız	Hafif
	Orta	Orta
Bina Fotoğrafı	Hasar Fotoğrafları	
		
		

Şekil 3.9. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49275K, 43.39591D

Yapısal Dolgu Duvar	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Hasarsız	Hafif
	Hafif	Ağır
Bina Fotoğrafı	Hasar Fotoğrafları	
		
		

Şekil 3.10. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49581K, 43.39384D

Yapısal Dolgu Duvar	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Ağır	Yıkık
	Ağır	Yıkık
Bina Fotoğrafı	Hasar Fotoğrafları	
		
		

Şekil 3.11. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49170K, 43.39400D

Yapısal Dolgu Duvar	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Hafif	Hafif
	Ağır	Ağır
Bina Fotoğrafı	Hasar Fotoğrafları	
		

Şekil 3.12. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49516K, 43.39823D

Yapısal Dolgu Duvar	Hasar Durumu	
	23 Ekim 2011 sonrası	9 Kasım 2011 sonrası
	Hasarsız	Hasarsız
	Ağır	Ağır
Bina Fotoğrafı	Hasar Fotoğrafları	
		
		

Şekil 3.13. Bina Hasarı: Koordinatlar 38.49635K, 43.39589D

3.2 Sonuçlar

9 Kasım 2011 tarihinde moment magnitüd büyüklüğü farklı ajanslar tarafından 5.6 veya 5.7 olarak verilen Van-Edremit Depremi'nin yaklaşık K-G uzanımlı ve sol doğrultu atımlı bir fayın kırılması sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Deprem sonrası meydana gelen artçı şokların yerleri bu fay zonunun yanı sıra büyük ihtimalle Van Gölü'nün içine doğru KB-GD yönünde uzanan sismik kaynakların varlığını da işaret etmektedir. Bu saptamanın doğrulanabilmesi ancak ve ancak farklı jeofizik, örneğin batimetri, çalışmalarıyla mümkün olabilir. Van-Edremit depremi ulusal kuvvetli yer hareketi şebekesine ait 5 ivme istasyonu tarafından kaydedilmiş, bu istasyonlar arasında Van-Merkez ve Edremit'te kaydedilen kayıtların uzun periyot spektral genlikleri güncel pek çok yer hareketi tahmin denklemleri tarafından hesaplanan spektral genliklerin üstünde kalmıştır. Bu durum söz konusu istasyonlarda alınan ivme kayıtlarında ileri direktivite etkisinin hâkim olduğunu işaret edebilir. Bu istasyonlara ait ivme ve hız kayıtlarında gözlenen uzun periyotlu darbe tipi sinyaller yukarıda belirtilen ileri direktivite ihtimalini arttırmaktadır. Bununla beraber her iki yakın mesafe kaydı genel davranımları itibarıyla büyük ölçüde deprem şartnamemizde önerilen tasarım spektrumu değerlerinin altında kalmaktadır. Van ve civarında çok kısa aralıklarla M_w 7.2 ve M_w 5.6 büyüklüğünde 2 ayrı depremin meydana gelmesi bu bölge için sismik tehlike hesaplarının, bu depremler sonrası ortaya çıkan fay zonları da dikkate alınarak, güncellenmesi gerekliliğini gündeme getirmektedir.

ODTÜ-DMAM ekipleri, yapısal hasarı ve bölgedeki yapıların temel yapısal özelliklerini derlemek amacıyla Van merkez ve Erciş ilçesini detaylı olarak incelemişlerdir. Çalışmalar neticesinde toptan göçen veya çeşitli düzeylerde hasar gören betonarme binalarda hasara neden olan sebepleri belirlemişlerdir. Çıkarılan sonuçlar ODTÜ-DMAM ekiplerinin yörede 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen Van-Erciş depremi sonrasında hazırladıkları raporun sonuçları ile bire bir örtüşmektedir. Bu anlamda:

1. Seçilen taşıyıcı sistemler hem tasarım hem de imalat açısından kusurlu olup depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine riayet etmemektedir. Mevcut yapılarda, özellikle yumuşak giriş katları olan ve katlar arası ciddi rijitlik farkları gözlemlenen binalar, toptan göçen ve ağır hasar gören binaların büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır.

2. Gözlemlenen yapısal hasarlar bina kat sayısı ile ilişkilidir. Van il merkezinde 5- 7 katlı betonarme binalar hasar yoğunluğu açısından ağırlığı oluşturmaktadır. Orta yükseklikteki perdesiz betonarme çerçeve sistemlerinin deprem performansı açısından ülkemizdeki en kırılgan yapı türü olduğu Van depremi ile bir kez daha doğrulanmıştır. Bu durum, özellikle konut olarak kullanılan bu tip yapıların gerekli mühendislik ve kontrol hizmeti alamamasından kaynaklanmaktadır.

3. İncelenen binaların pek çoğunda tasarım ve detay yetersizliği mevcuttur. Pek çok yapıda kirişlerin düz donatılarının kolonlardan sıyrıldığı tespit edilmiştir. Bunlar arasında birleşim bölgelerinde etriye sıklaştırması yapılmaması, etriye kollarının serbest uçlarının sadece 90 derece bükülerek kabuk betonu içerisinde bırakılması, düz donatı bindirme boyu yetersizlikleri ve tüm donatıların kat hizasında bindirilmesi gibi hususlar yıllardır gözlemlenen, önemleri defalarca vurgulanan ancak uygulamada değiştirilemeyen hususlardır.

4. Yapılardaki tasarım ve imalat kalitesizliği, yapı denetim mekanizmasının işleyişindeki aksaklıklar, 9 Kasım 2011 depremi tarafından bir kez daha ortaya çıkarılan önemli unsurlardır. Denetlenemeyen ortamlarda yapılan tasarım ve imalat, yapısal hasarın artmasında önemli rol oynamıştır.

5. İncelemeler esnasında ortaya çıkan en önemli bulgulardan biri tuğla dolgu duvarların yapı sistemlerinin davranışı üzerinde oynayabildiği belirleyici rolüdür. Dolgu duvarlar yapıya ciddi rijitlik kazandırmakta olup düzlemleri içinde kaldıkları müddetçe yapının kat ötelemelerini sınırlayabilmektedir. Ancak bazı durumlarda düzlem dışı göçerek bina davranışını ani olarak değiştirebilmektedir. Bunun yanında, gayet doğal olarak, duvar çatlaklarına bakarak binasını bir daha kullanmamak üzere yapıya girmeme kararı alan bölge halkında travma etkisi yaratmakta, aşırı mal kaybına sebep olmakta ve afet sonrası müdahaleleri zora sokmaktadır. Bu bağlamda yeni binalarda dolgu duvar yapımı, montajı ve çerçeve sistemle olan ilişkisi acilen ele alınmalıdır. Mevcut binalarda ise çerçeve içerisindeki dolgu duvarların düzlem içi ve düzlem dışı davranış etkileşimleri bilimsel çalışmalarla irdelenmelidir.

Van il merkezindeki yıkılan ve ağır hasar gören yapıların deprem yönetmeliğinde öngörülen etkilere maruz kalmadan bu duruma gelmiş olmaları bu yapıların oldukça zayıf yapısal özelliklere sahip olduklarını göstermektedir. Diğer taraftan taşıyıcı sistemlerinde hafif ve/veya orta düzeyde hasar olan yapılardaki bölme duvarların ağır hasar görmüş olması ise bu yapıların yeterli yanal rijitliğe sahip olmadıklarının göstergesidir.

23 Ekim 2011 Van Depremi ve ülkemizde geçmiş yıllarda yaşanan diğer büyük depremler, yapıların tasarım depremleri karşısında yetersizliğini defalarca ortaya koymuştur. Van depremlerinin gözler önüne serdiği önemli bir bilgi ise, yetersiz yapılara ardışık olarak etki eden ve spektral ivme açısından orta seviyede sayılabilecek istemlerin dahi yapıların göçmesine sebep olabileceğidir. Bu kanıt, ülkemizde olması beklenen orta şiddetli depremler ile artçıların da tehlike yaratabilme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer bir deyişle, ülke bina stokumuz içinde 5-7 kat arasında bulunan yetersiz yapılar, deprem yönetmeliğinde verilen deprem kuvvetlerinin çok altında istemler yaratan depremlerde dahi ağır hasar alabilir. Ardışık depremlerde ise bu yapılar yıkılma potansiyeline sahiptir.

En son Van depremleri ile ülkemizdeki kentsel yapı stokunun deprem güvenliğinin olmadığı bir kere daha gündeme gelmiştir. Bu yapı stokunda yer alan 4-8 katlı yapıların depremlerden sonraki performanslarının hiçbir şekilde kabul edilemez olduğunu artık bütün dünya görmüş ve anlamış vaziyettedir. Mevcut yönetmeliklerdeki performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemlerinin ise bu hastalığa ilaç olabilme kabiliyetleri sınırlıdır. Deprem performans tahmini konusunda belirsizliklerin farklı açılardan doğru bir şekilde ele alınabildiği basit yaklaşımlara ihtiyaç maalesef giderilememiştir.

Ülkemizde son on yıl içerisinde özellikle büyük kentlerde görülen hızlı ve plansız yapılaşma, yeni binaların birçoğunun tasarım ve inşaa süreçlerinde yeterli mühendislik hizmeti alamaması sonucunu doğurmaktadır. Bunun yanı sıra bu yapıların inşaa süreçlerinde büyük denetim eksiklikleri gündeme gelebilmektedir. Özellikle 2007 deprem yönetmeliğinin gerektirdiği üst düzey yapısal davranış bilgisi eksikliği içindeki (yetkin olmayan) mühendislerin elinden çıkan yanlış uygulama projeleri benzer teknik yetkinsizliğe sahip onay mercilerinden yapım onayı alabilmekte ve inşaa edilebilmektedir. Gerek tasarım gerekse yapım aşamalarında büyük açıkları olan bu yapılar deprem yönetmeliğinin öngördüğü güvenlik düzeyini sağlayamamaktadırlar. Deprem yönetmeliğimizdeki taşıyıcı sistem davranış katsayısı gönül rahatlığı içinde kullanmakta, ancak bunun gereği süneklik ve detaylandırma kuralları ile dolgu duvarların sistem ile nasıl entegre çalışacağı veya izole edileceği gibi detaylar göz ardı edilmektedir. Mevcut pratiğin bugünden yarına düzeltilebilmesi mümkün olamayacağı düşünüldüğünde deprem yönetmeliğimizde bazı köklü değişikliklerin yapılmasının gerekli olduğunu düşünüyoruz. Depremlerden sonra afet yönetimi ve yeniden yapılaşma faaliyetlerine harcadığımız milli serveti de göz önüne aldığımızda 8 kata kadar inşaa edilecek mesken ve ofis yapılarının daha basit, emniyetli ve kontrolü kolay yaklaşımlarla tasarlanıp inşaa edilmelerinin ülke ekonomisi açısından daha aydınlık bir gelecek hazırlayacağı açıktır. Benzer uygulamalar, büyük depremlerin yaşandığı Şili, Peru gibi bazı Güney Amerika ülkelerinde betonarme duvar kullanım zorunluluğu gibi bir takım basit yaptırımlarla yürürlükte. Bu anlamda 8 kata kadar inşaa edilecek yapıların tasarımında, mutlaka belli oranda perde duvar inşaa etme zorunluluğunun getirilmesi, kullanılacak olan taşıyıcı sistem davranış katsayısının (R), mühendislik camiasının mutabık kalacağı emniyetli bir değerde tutulması (örneğin 2-3) ve bu katsayı kullanılarak belirlenecek kuvvetler altında oluşacak görelî kat ötelenmelerinin yapısal olmayan dolgu duvar deprem performansı düşünülerek sınırlandırılması (örneğin %0.5-%0.7) gibi basit tasarım çözümler tartışılmaya başlanmalıdır. Bu tür yaklaşımların uzun vadede çok daha emniyetli ve ekonomik sonuçlar doğuracağı kanaatindeyiz.

KAYNAKÇA

- Abrahamson, N.A. ve Silva, W. (1997). "Empirical response spectral attenuation relations for shallow crustal earthquakes," *Seismological Research Letters*, 68, 94-127.
- Abrahamson, N.A. ve Silva, W. (2008). "Summary of the Abrahamson and Silva NGA ground motion relations," *Earthquake Spectra*, 24, 67-98.
- Akka, S. ve Bommer, J.J., (2006). "Influence of long-period filter cut-off on elastic spectral displacements," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 35, 1145-1165.
- Akka, S. ve Bommer, J.J., (2010). "Empirical Equations for the Prediction of PGA, PGV and Spectral Accelerations in Europe, the Mediterranean Region and the Middle East," *Seismological Research Letters*, 81, 195-206.
- Akka S. ve Çağnan Z. (2010). A local ground motion predictive model for Turkey and its comparison with other regional and global ground-motion models, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100, 2978-2995.
- Akka, S., Kale, Ö., Yenier, E. ve Bommer J.J., (2011). "The high-frequency limit of usable response spectral ordinates from filtered analogue and digital strong-motion accelerograms," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 40, 1387-1401.
- Boore, D.M. ve Atkinson, G.M. (2008). Ground motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01s and 10.0s, *Earthquake Spectra*, 24, 99-138.
- Campbell, K.W. ve Bozorgnia, Y. (2008). NGA ground motion model for the geometric mean horizontal component of PGA, PGV, PGD and 5% damped linear elastic response spectra for periods ranging from 0.01 to 10 s. *Earthquake Spectra*, 24, 139-172.
- Chiou, B.S.-J. ve Youngs R.R. (2008). "An NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra," *Earthquake Spectra*, 24, 173-215.
- Douglas, J. (2003). "What is a poor quality strong-motion record?," *Bulletin of Earthquake Engineering*, 1, 141-156.
- Kaklamanos, J., Baise, L.G. ve Boore, D.M. (2011). Estimating unknown input parameters when implementing the NGA ground-motion prediction equations in engineering practice. *Earthquake Spectra* (basılıyor).
- Koçyiğit A., Deveci, Ş. ve Kaplan, M. (2011). "Van depremleri raporu," Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Aktif Tektonik Laboratuvarı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06800.
- Türk Deprem Yönetmeliği (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY), T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- Özkaymak, Ç. (2003). "Van şehri yakın çevresinin aktif tektonik özellikleri," YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Mühendislik Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.

Özkaymak, Ç., Sağlam, A., Köse, O. (2003). “Van Gölü doğusu aktif tektonik özellikleri,” Aktif Tektonik Araştırma Grubu 7. Toplantısı – ATAG VII 1-3 Ekim 2003, Van.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşcu, I. (1992). “Türkiye Diri Fay Haritası,” ölçek 1:2000000, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.