



ATILIM  
ÜNİVERSİTESİ



# ATILIM ÜNİVERSİTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ 23.10.2011 VAN DEPREMİ RAPORU

YRD. DOÇ. DR. HALİT CENAN MERTOL  
YRD. DOÇ. DR. ERAY BARAN  
YRD. DOÇ. DR. BURCU GÜNEŞ

24 Kasım 2011

## İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
2. DEPREMİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ.....	4
2.1. BÖLGENİN SİSMİK ÖZELLİKLERİ.....	4
2.2. DEPREM KAYITLARINA AİT BİLGİLER.....	6
2.3. YER HAREKETİNİN SPEKTRAL KARAKTERİSTİKLERİ.....	9
3. YER ÇATLAKLARI.....	11
4. YAPILARIN PERFORMANSI.....	14
4.1. BETONARME YAPILAR.....	14
4.1.1. Malzeme ile İlgili Sorunlar.....	15
4.1.1.1. Agreganın Granülometrisinin Uygun Olmaması Ve Agreganın Olarak Dere Çakılı Kullanılmış Olması.....	15
4.1.1.2. Betonun İyi Yerleştirilememiş Olması.....	16
4.1.1.3. Nervürlü Donatı Kullanılması Ve Yeterli Kenetlenme Boylarının Sağlanmamış Olması.....	19
4.1.2. Donatı Detaylandırması İle İlgili Sorunlar.....	22
4.1.2.1. Etriye Kancalarının 90 Derece Bırakılarak Deprem Etriyeleri Oluşturulmaması.....	22
4.1.2.2. Kolon Ve Kirişlerde Yeterli Sargı Donatısı Bulunmaması.....	23
4.1.3. Yatay Yük Taşıyıcı Sistemi İle İlgili Sorunlar.....	26
4.1.3.1. Düğüm Noktalarında Kirişlerin Kolonlardan Daha Kuvvetli Olması.....	26
4.1.3.2. Zemin Katlarda Ani Rijitlik Kayıpları Oluşması.....	28
4.1.3.3. Taşıyıcı olmayan duvarlarda bulunan boşluklardan dolayı kısa kolonların oluşması.....	29
4.2. PREFABRİK BETONARME YAPILAR.....	30
4.3. YIĞMA YAPILAR.....	31
4.3.1. Yığma Yapılarda Hasar Tipleri Ve Bu Hasar Tiplerine Karşı Alınması Gereken Önlemler.....	33
4.3.1.1. Köşelerde Düşey Çatlaklar ve Ayrılmalar.....	33
4.3.1.2. Duvarlarda Çapraz Çatlaklar.....	36
4.3.1.3. Çatı İle Duvarların Birbirinden Ayrılması.....	37
4.4. OKUL BİNALARI.....	39
4.4.1. Van Merkez Okulları.....	39
4.4.1.1. İ. M. K. B. Okulları.....	39
4.4.2. Erciş Okulları.....	41
4.4.2.1. Atatürk İlköğretim Okulu.....	41
4.4.2.2. Yahya Kemal Beyatlı İlköğretim Okulu.....	43
4.4.2.3. Cumhuriyet İlköğretim Okulu.....	43

4.4.2.4.	İMKB Ticaret Meslek Lisesi .....	44
4.4.2.5.	75. Yıl Kız Yatılı İlköğretim Bölge Okulu.....	44
4.4.3.	Köy Okulları .....	45
4.4.3.1.	Tevekli İlköğretim Okulu .....	45
4.4.3.2.	Topaktaş İlköğretim Okulu.....	45
4.4.3.3.	Arısu İlköğretim Okulu .....	46
4.4.3.4.	Dibekdüzü İlköğretim Okulu.....	46
4.4.3.5.	Mollakasım İlköğretim Okulu .....	47
4.4.3.6.	Alaköy İlköğretim Okulu.....	48
4.4.3.7.	Göllü İlköğretim Okulu .....	50
4.4.3.8.	Güveçli İlköğretim Okulu.....	52
4.4.3.9.	Gedikbulak İlköğretim Okulu.....	53
4.4.3.10.	Canik İlköğretim Okulu .....	56
4.4.3.11.	Tabanlı İlköğretim Okulu.....	57
4.5.	CAMİLER VE KİLİSELER .....	57
4.5.1.	Camiler.....	57
4.5.1.1.	Erciş Van Yolu .....	57
4.5.1.2.	Erciş .....	58
4.5.1.3.	Alaköy .....	59
4.5.1.4.	Göllü Köyü .....	60
4.5.1.5.	Gedikbulak Köyü.....	60
4.5.2.	Kiliselere.....	61
4.5.2.1.	Akdamar .....	61
5.	SONUÇLAR.....	63
6.	TEŞEKKÜRLER .....	65
7.	KAYNAKLAR .....	66

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 – Ülkemizdeki aktif fay hatları .....	1
Şekil 1.1 – Türkiye deprem bölgeleri haritası. ( <a href="http://www.deprem.gov.tr/sarbis/shared/DepremHaritalari.aspx">http://www.deprem.gov.tr/sarbis/shared/DepremHaritalari.aspx</a> ).....	2
Şekil 1.1 – İnceleme yapılan bölgeler ve ana ve artçı sarsıntı merkezleri (Kandilli Rasathanesi) .....	3
Şekil 2.1 – Van Gölü çevresinin diri fay haritası (Şaroğlu vd, 1992’den alınmıştır) .....	4
Şekil 2.2 – Van Gölü ve çevresi diri fay haritası ( <a href="http://www.share-eu.org">www.share-eu.org</a> ).....	5
Şekil 2.3 – Van ili deprem haritası (Deprem Araştırma Dairesi, 1996) .....	6
Şekil 2.4 – 23 Ekim 2011 Van Depremi akabinde oluşan artçı sarsıntı sayıları.....	8
Şekil 2.5 – Ana şoka ait Muradiye istasyonu KG ve DB kayıtları için etkin sürenin hesaplanması.....	8
Şekil 2.6 – Muradiye İstasyonu KG ve DB bileşenlerine ait ivme izleri.....	9
Şekil 2.7 – Muradiye İstasyonu ivme spektrumları (a) KG doğrultusu, (b) DB doğrultusu.....	9
Şekil 2.8 – Muradiye İstasyonu KG doğrultusu (a) ivme spektrumları ve tasarım spektrumları (b) normalize edilmiş ivme spektrumları ve tasarım spektrumları .....	10
Şekil 3.1 – Karşılaşılan yer çatlaklarının harita üzerindeki yerleri.....	11
Şekil 3.2 – Gedikbulak Köyü yakınlarında oluşan yer çatlağı.....	12
Şekil 3.3 – Tevekli Köyü yakınlarında oluşan yer çatlağı .....	12
Şekil 3.4 – Dibekdüzü Köyü yakınlarında oluşan yer çatlağı.....	12
Şekil 3.5 – Topaktaş Köyü yakınlarında oluşan yer çatlağı.....	13
Şekil 4.1 – Van-merkez ve Erciş’te bulunan tipik çok katlı betonarme binalar .....	14
Şekil 4.2 – Van-merkez ve Erciş’te gözlenen tipik duvar çatlakları.....	15
Şekil 4.3 – Atatürk İlköğretim Okulu binasında agrega ve betonun yerleştirilmesi ile ilgili sorunlar .....	16
Şekil 4.4 – Gedikbulak İlköğretim Okulu binasında agrega ile ilgili sorunlar .....	16
Şekil 4.5 – Kolon ve kirişlerde iyi yerleştirilememiş beton.....	17
Şekil 4.6 – Kolon alt ucunda iyi yerleştirilememiş beton.....	18
Şekil 4.7 – Betonun yerleştirilmesi ile ilgili sorunlar .....	18
Şekil 4.8 – Gedikbulak İlköğretim Okulu binasında betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılması ile ilgili sorunlar.....	19
Şekil 4.9 – Düşük beton kalitesi nedeniyle donatı ile beton arasında yetersiz aderans oluşması .....	20
Şekil 4.10 – Nervürsüz donatı çubuklarının beton içerisinden sıyırılması .....	21
Şekil 4.11 – Zemin katta oluşan göçme ve kolon alt ucunda donatı sıyırılması.....	21
Şekil 4.12 – Birleşim bölgesinde yetersiz donatı kenetlenmesi.....	22
Şekil 4.13 – Kiriş içerisindeki etriye kancalarında yeterli ankraj bulunmaması .....	22
Şekil 4.14 – Kolon alt ucundaki etriye kancalarında yeterli ankraj bulunmaması .....	23
Şekil 4.15 – Kolon üst ucundaki etriye kancalarında yeterli ankraj bulunmaması.....	23
Şekil 4.16 – Kolon alt ucunda etriye sıklaştırması yapılmaması .....	24
Şekil 4.17 – Kolon üst ucunda etriye sıklaştırması yapılmaması .....	24
Şekil 4.18 – Etriye seyrekliği nedeniyle kolon donatılarının burkulması.....	25
Şekil 4.19 – Etriyelerin kopması sonucu çekirdek betonunun yeterli sargılanamaması.....	25
Şekil 4.20 – Yetersiz sargı donatısı nedeniyle zemin kat kolonlarında hasar oluşması .....	26
Şekil 4.21 – Kolonların kırılardan daha zayıf olmasından kaynaklanan hasarlar .....	27
Şekil 4.22 – Alt kat kolonlarında plastik mafsal oluşması sonucu ortaya çıkan stabilite problemi .....	27
Şekil 4.23 – Zemin katta tuğla duvar bulunmaması nedeniyle ortaya çıkan rijitlik değişimi .....	28

Şekil 4.24 – Tuğla duvarların devam ettirilmemesi ve asma kat bulunması nedeniyle ortaya çıkan “yumuşak kat” riski.....	28
Şekil 4.25 – Zemin katta ani rijitlik değişimi bulunan göçmüş binalar.....	29
Şekil 4.26 – Tuğla duvarlarda bulunan pencere boşlukları nedeniyle kolonlarda oluşan hasar.....	30
Şekil 4.27 – Depremde hasar almamış bir prefabrik betonarme yapı çerçevesi.....	31
Şekil 4.28 – Bölgede bulunan tipik yığma yapılar.....	32
Şekil 4.29 – Bölgede bulunan tipik yığma yapıların kesit görünüşleri.....	33
Şekil 4.30 – Bölgedeki yığma yapıların köşelerinde oluşan düşey çatlaklar ve ayrılmalar.....	34
Şekil 4.31 – Köşelerde oluşan düşey çatlaklar ve ayrılmalardan kaynaklanan duvar yıkılmaları.....	34
Şekil 4.32 – Düşey çatlaklar nedeniyle oluşan köşe yıkılmaları.....	35
Şekil 4.33 – Köşelerdeki düşey çatlakları önleme teknikleri (Arya vd., 2000).....	35
Şekil 4.34 – Köşelerdeki düşey çatlakları önleme teknikleri (Agarwal ve Shrikhande, 2006).....	35
Şekil 4.35 – Köşelerdeki düşey çatlakları önleme teknikleri (Gostik ve Dolinsek, 2008).....	36
Şekil 4.36 – Bölgedeki yığma yapılarda oluşan çapraz çatlaklar ve yıkılmalar.....	36
Şekil 4.37 – Duvarlardaki çapraz çatlakları önleme teknikleri (Arya vd. 2010).....	37
Şekil 4.38 – Çapraz çatlakları önleme teknikleri (Khakimov vd., 2007).....	37
Şekil 4.39 – Tipik çatı ile yan duvarların ayrılması sonucu oluşan yıkılmalar.....	38
Şekil 4.40 – Çatı ile yan duvarların birbirinden ayrılmasını önleme teknikleri (Arya vd. 2010).....	38
Şekil 4.41 – Van Selahaddin Eyyubi İMKB Lisesi’nin genel görünümü.....	39
Şekil 4.42 – Van Ahmet Yesevi İMKB İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	40
Şekil 4.43 – Van Selahaddin Eyyubi İMKB İlköğretim Okulu’nun duvar çatlakları.....	40
Şekil 4.44 – Van Ahmet Yesevi İMKB İlköğretim Okulu’nun duvar çatlakları.....	41
Şekil 4.45 – Erciş Atatürk İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	42
Şekil 4.46 – Erciş Atatürk İlköğretim Okulu’nun tuğla duvarların çerçeveden ayrılması.....	42
Şekil 4.47 – Erciş Atatürk İlköğretim Okulu’nun kolon ve perde duvarlardaki hasarlar.....	42
Şekil 4.48 – Erciş Atatürk İlköğretim Okulu’nun kolon ve perde duvarlardaki hasarlar.....	43
Şekil 4.49 – Erciş Yahya Kemal Beyatlı İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	43
Şekil 4.50 – Erciş Cumhuriyet İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	44
Şekil 4.51 – Erciş İMKB Ticaret Meslek Lisesi’nin genel görünümü ve bazı duvarlarındaki çatlaklar.....	44
Şekil 4.52 – Erciş’in 75. Yıl Kız Yatılı İlköğretim Bölge Okulu’nun genel görünümü.....	45
Şekil 4.53 – Tevekli İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	45
Şekil 4.54 – Topaktaş İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	46
Şekil 4.55 – Arısu İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	46
Şekil 4.56 – Dibekdüzü İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	47
Şekil 4.57 – Dibekdüzü İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	47
Şekil 4.58 – Mollakasım İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	48
Şekil 4.59 – Mollakasım İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	48
Şekil 4.60 – Alaköy İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	49
Şekil 4.61 – Alaköy İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	49
Şekil 4.62 – Alaköy İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	50
Şekil 4.63 – Alaköy İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	50
Şekil 4.64 – Göllü İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	51
Şekil 4.65 – Göllü İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	51
Şekil 4.66 – Göllü İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	51
Şekil 4.67 – Güveçli İlköğretim Okulu’nun genel görünümü.....	52

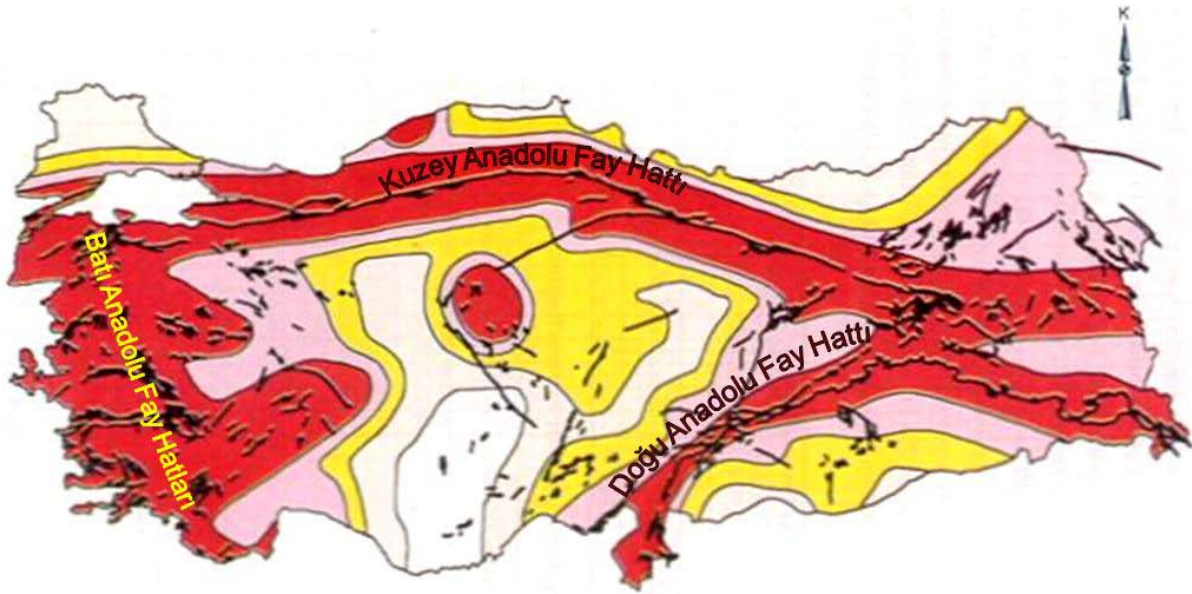
Şekil 4.68 – Güveçli İlköğretim Okulu'nun genel görünümü .....	52
Şekil 4.69 – Güveçli İlköğretim Okulu'nun genel görünümü .....	53
Şekil 4.70 – Güveçli İlköğretim Okulu'nun genel görünümü .....	53
Şekil 4.71 – Gedikbulak İlköğretim Okulları'nın genel görünümü .....	54
Şekil 4.72 – Gedikbulak İlköğretim Okulu'nun genel görünümü (ön taraf) .....	54
Şekil 4.73 – Gedikbulak İlköğretim Okulu'nun genel görünümü .....	55
Şekil 4.74 – Gedikbulak İlköğretim Okulu'nun genel görünümü (arka taraf) .....	55
Şekil 4.75 – Gedikbulak İlköğretim Okulu'nun kullanılan betonun kalitesi .....	55
Şekil 4.76 – Gedikbulak İlköğretim Okulu'nun kısa yöndeki perde duvarları .....	56
Şekil 4.77 – Gedikbulak İlköğretim Okulu'nun genel görünümü .....	56
Şekil 4.78 – Canik İlköğretim Okulu'nun genel görünümü .....	57
Şekil 4.79 – Tabanlı İlköğretim Okulu'nun genel görünümü .....	57
Şekil 4.80 – Erciş Van Yolu Camisi'nin genel görünümü .....	58
Şekil 4.81 – Erciş Van Yolu Camisi'nin yıkılan minaresi .....	58
Şekil 4.82 – Erciş Camisi'nin genel görünümü .....	59
Şekil 4.83 – Erciş Camisi'nin duvarlarındaki çapraz çatlaklar .....	59
Şekil 4.84 – Alaköy Camisi'nin genel görünümü .....	60
Şekil 4.85 – Göllü Köyü Camisi'nin genel görünümü .....	60
Şekil 4.86 – Gedikbulak Köyü Camisi'nin genel görünümü .....	61
Şekil 4.87 – Akdamar Kilisesi'nin genel görünümü .....	61
Şekil 4.88 – Akdamar Kilisesi'nin çatlayan çam kulesi kolonu görünümü .....	62

## TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 – Ana sarsıntı özellikleri.....	2
Tablo 2.1 – Van Gölü Havzası’nda aletsel dönemde meydana gelen M= 5 ve üzeri depremler .....	6
Tablo 2.2 – 23.10.2011 Van Depremi’nde alınan kayıtlar (AFAD, Deprem Dairesi Başkanlığı).....	7
Tablo 2.3 – Artçı sarsıntıların (23 Ekim-31 Ekim arası oluşan) yerel büyüklüğe göre dağılımı .....	8
Tablo 4.1 – Köylerin nüfusu ve Van Merkez’e uzaklıkları .....	31

## 1. GİRİŞ

Türkiye dünyanın aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alır. 20. yy'ın başlarından beri yapılan istatistiği çalışmalar Türkiye'de yaklaşık olarak her iki yılda bir yıkıcı deprem, her üç yılda bir de pek çok yıkıcı deprem olduğunu göstermektedir. Ülkemiz yüzölçümünün büyük bir kısmı deprem kuşağı üzerindedir. Türkiye'nin kuzey kesiminde doğu-batı doğrultusunda uzanan yaklaşık 1500 km uzunluğunda *Kuzey Anadolu Fay Hattı*, İskenderun Körfezi'nden Van'ın doğusuna kadar bir yay çizerek uzanan *Güneydoğu Anadolu Fay Hattı*, Ege Bölgesi'ndeki Bakırçay, Gediz, Küçük ve Büyük Menderes çöküntü ovaları boyunca uzanan *Batı Anadolu Fay Hattı* Şekil 1.1'de gösterilmiştir. Bu durum Türkiye için depremin kaçınılmaz bir doğal afet olduğunu ve gerekli tedbirlerin alınması zorunluluğunu açıkça ortaya koymaktadır.

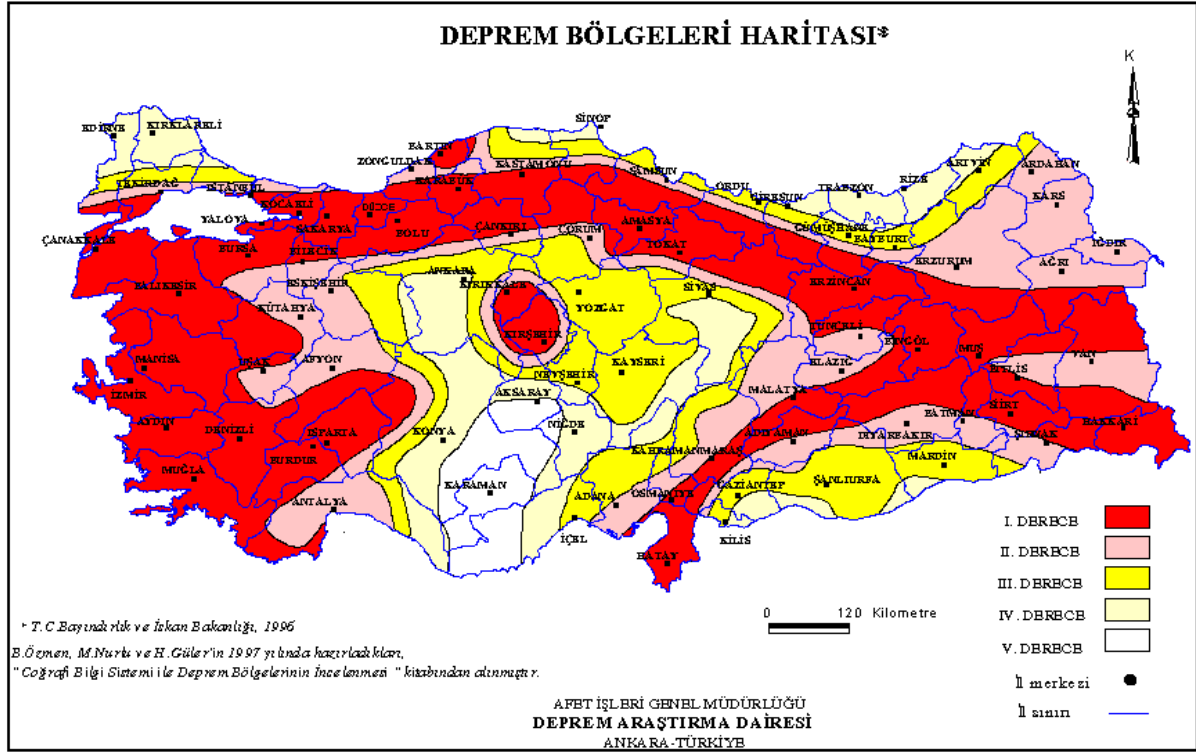


Şekil 1.1 – Ülkemizdeki aktif fay hatları

Yurdumuz deprem tehlikesi bakımından Şekil 1.2'de gösterilen beş bölgeye ayrılmıştır: I. derece deprem bölgeleri; başta Kuzey Anadolu ve Güneydoğu Anadolu fay kuşakları boyunca uzanan sahalar ile Ege Bölgesi ve Göller Yöresi'ni kapsar. II. derece deprem bölgesi; I. derece deprem bölgelerinin çevresini kuşatır. Trakya'nın kuzeyi, Karadeniz kıyıları. İç Anadolu'nun çevresi ile Güneydoğu Anadolu'nun güneyi III. Ve IV. Derece deprem alanlarını oluşturur. Tuz Gölü ile Akdeniz kıyısı arasındaki saha deprem tehlikesinin en az olduğu V. Derece deprem bölgesidir. Bu harita mevcut bilgilerin ışığı altında hazırlanmış Bakanlar Kurulu'nun 18.4.1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe girmiş bulunmaktadır. Önceki haritalardan farklı olarak olasılık metodu hesaplarına göre çizilen eşivme kontur haritası esas alınarak deprem bölgeleri tesbit edilmiştir. Buna göre normal bir yapı 50 yıllık ekonomik ömrü içinde %90 ihtimal ile bu ivme değerlerinden fazla bir yüklenmeye maruz kalmayacağı tahmin edilmektedir. Ekonomik ömrü daha uzun veya önemli yapılar için karşılaşılabilecekleri en büyük ivme değerlerinin ayrıca hesaplanması gerekir. Deprem Bölgeleri Haritası ile Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik bir birini tamamlamaktadır. Bu yönetmeliğe göre deprem bölgelerinde kabul edilen hesap ivmeleri 1.derece için 0.4g, 2.derece için 0.3g, 3.derece için 0.2g, 4.derece için



0.1g olarak alınmalıdır. 5.derece deprem bölgeleri için deprem hesabı yapmak zorunlu değildir.



Şekil 1.2 – Türkiye deprem bölgeleri haritası.

(<http://www.deprem.gov.tr/sarbis/shared/DepremHaritalari.aspx>)

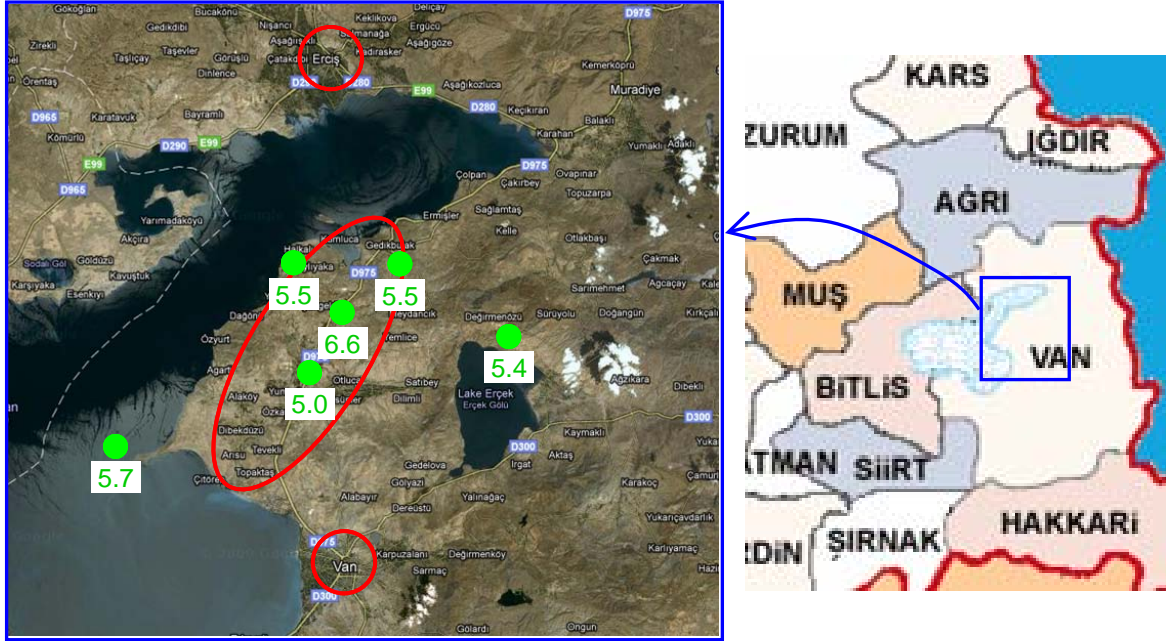
23 Ekim 2011 tarihinde yerel saat ile 13:41’de merkez üssü Van şehir merkezinin yaklaşık 30 km kuzeyinde bulunan Tabanlı Köyü olan bir deprem meydana gelmiştir. Depremin aletsel büyüklüğü T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Başkanlığı (AFAD) tarafından  $M_L=6.7$ , Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından  $M_L=6.6$  ve  $M_w=7.2$ , Amerikan Jeolojik Araştırmalar Enstitüsü (USGS) tarafından da  $M_w=7.3$  olarak verilmiştir. Ana sarsıntının bu üç farklı kaynak tarafından belirlenmiş olan özellikleri Tablo 1.1’de verilmektedir.

Tablo 1.1 – Ana sarsıntı özellikleri

	Saat	Merkez	Büyüklik	Derinlik (km)
<b>AFAD</b>	13:41:00	38.68K-43.47D	6.7 ( $M_L$ )	19.02
<b>Kandilli Rasathanesi</b>	13:41:21	38.758K-43.360D	6.6 ( $M_L$ ) 7.2 ( $M_w$ )	5.0
<b>USGS</b>	13:41:45	38.710K-43.446D	7.3 ( $M_w$ )	16.0

Depremin ardından, Atılım Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden üç kişilik bir teknik ekip oluşturulmuş ve bu ekip 27-30 Ekim 2011 tarihleri arasında depremden etkilenen bölgede incelemelerde bulunmuştur. Van şehir merkezi ve Erciş ilçesinin yanısıra depremin merkez üssüne yakın bölgede bulunan Topaktaş, Arısu, Teveklî, Dibekdüzü, Alaköy, Mollakasım, Göllü, Güvençli, Tabanlı ve Gedikbulak Köyleri’nde incelemelerde

bulunulmuştur. İnceleme yapılan bölgelerin Kandilli Rasathanesi tarafından belirtilen ana ve artçı sarsıntı merkezlerine göre konumları Şekil 1.3'de gösterilmiştir.



Şekil 1.3 – İnceleme yapılan bölgeler ve ana ve artçı sarsıntı merkezleri (Kandilli Rasathanesi)

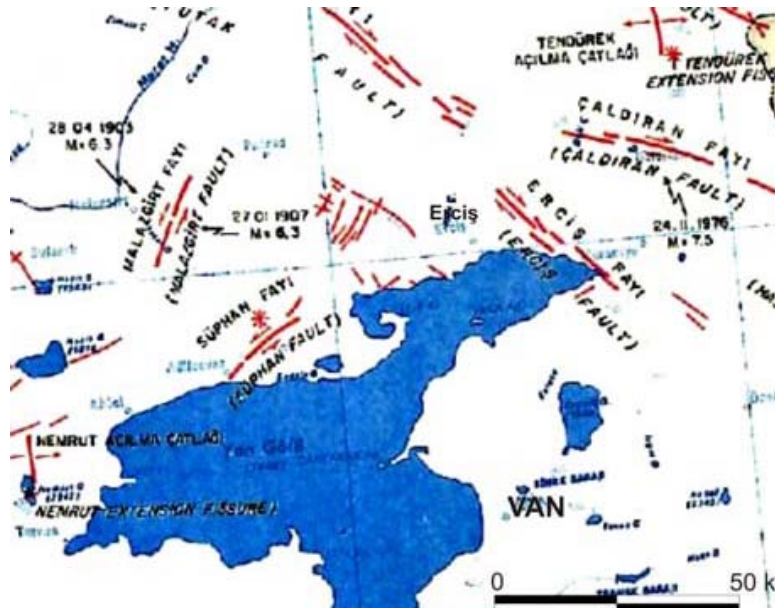
Bu rapor, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı bünyesindeki Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı tarafından deprem bölgesi civarındaki istasyonlarda ana sarsıntı sırasında kaydedilen yer hareketi kayıtlarının değerlendirilmesini ve bölgedeki yapılar üzerinde yapılan inceleme ve gözlemleri içermektedir.

## 2. DEPREMİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

### 2.1. BÖLGENİN SİSMİK ÖZELLİKLERİ

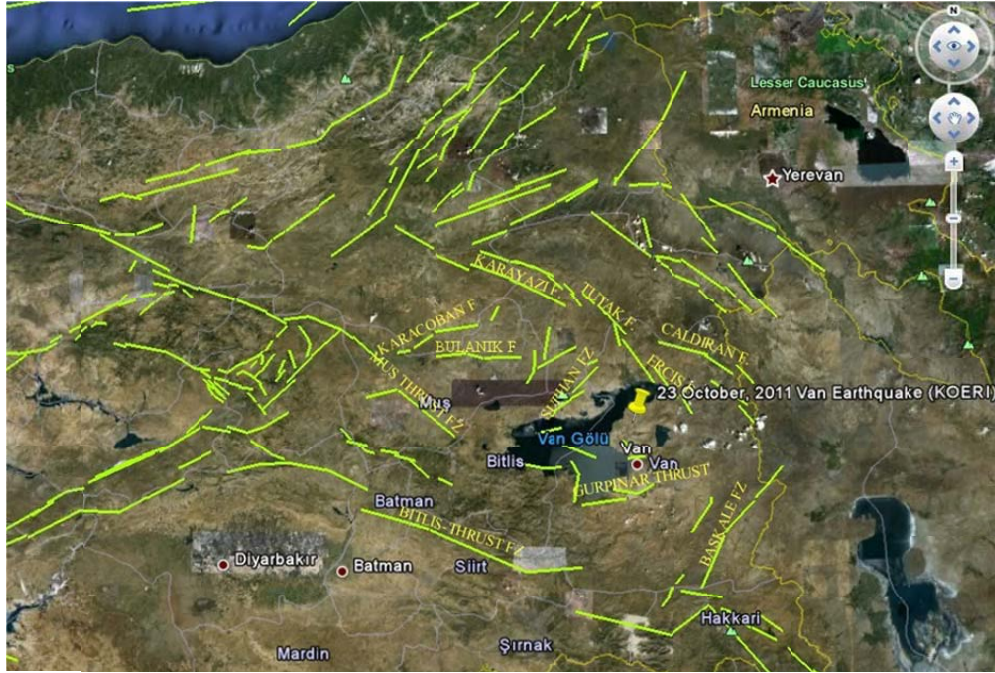
Merkez üssü Van şehir merkezinin yaklaşık 30 km kuzey batısı olarak bildirilen Van depreminin ters faylanma özelliği gösteren yaklaşık 60 km x 20 km boyutlarında bir kırılma sonucu meydana geldiği bildirilmiştir. Artçı deprem konumlanmalarının da bu bulguyu doğruladığı, bu fay düzlemi üzerinde yaklaşık 10 - 15 km derinlikteki ortalama yer değiştirmenin 2 m olduğu rapor edilmiştir. Yüzeyle herhangi bir fay kırılması gözlenmemiş olup fay kırılması (enerji boşalma süresi) yaklaşık 50 s kadardır. Fayın kırılma doğrultusu kuzeye göre yaklaşık 250 derece ve fayın eğimi yaklaşık 35 derecedir (Afet İşleri ve Acil Durum Yönetimi, AFAD, Deprem Dairesi Başkanlığı).

Bölgenin sismolojisi incelendiğinde, Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemin yaklaşık 12 milyon yıl önce Arap Levhası ile Anadolu Plakacığı'nın çarpışması sonrasında gelişen kuzey-güney yönlü sıkışma rejimi ile ilişkilendirildiği görülmektedir. Arap Levhası'nın Avrasya Levhası'nın altına dalarken yaklaşık doğu-batı doğrultulu bir kenet kuşağının oluşumuna neden olduğu bilinmektedir. Bitlis Kenet Kuşağı olarak adlandırılan bu bindirme kuşağının hemen kuzeyinde bulunan Van Gölü Havzası aynı zamanda Kuzey Anadolu Fayı'nın Doğu Anadolu Fayı ile kesiştiği Karlıova Eklemi ile Zagros Fay Zonu arasında yer almaktadır (Koçyiğit vd., 2000). Bu ara bölgenin, davranış şekli açısından Kuzey Anadolu Fayı'nın devamı niteliğindeki Çaldıran Fayı, Tutak Fayı, Erciş Fayı gibi sağ yönlü doğrultu atımlı ve Malazgirt Fayı gibi sol yönlü doğrultu atımlı faylardan oluşan bir geçiş fay zonu içerisinde bulunması, Van Gölü Havzası'nın jeodinamiğine ayrı bir önem kazandırmaktadır. Tamamı aktif olan bu faylar, bölgede irili ufaklı birçok depreme neden olmaktadır. Şekil 2.1'de Şaroğlu vd. (1992) 'nin çalışmasından alınan Van Gölü ve çevresinin diri fay haritası gösterilmiştir.



Şekil 2.1 – Van Gölü çevresinin diri fay haritası (Şaroğlu vd, 1992'den alınmıştır)

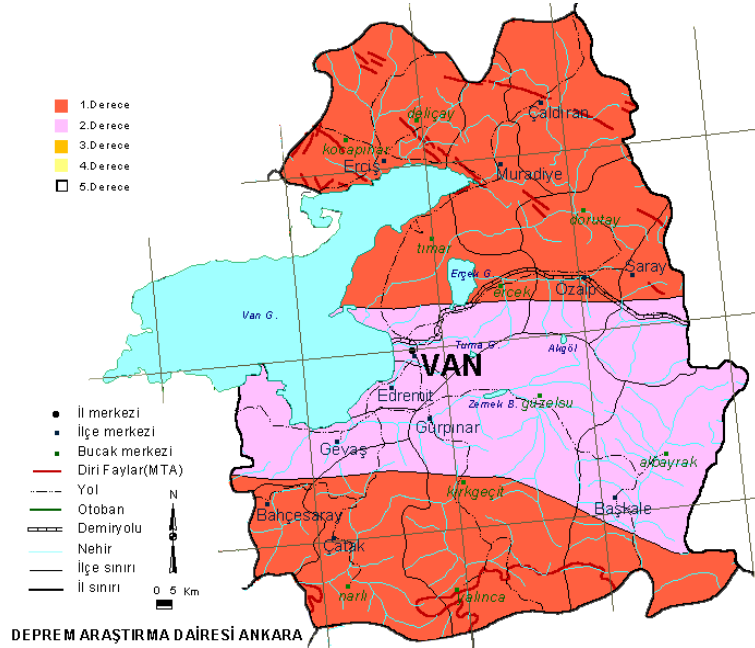
Şekil 2.2’de ise daha yeni bir çalışma olan SHARE (Seismic Hazard Harmonization in Europe) ve EMME (Earthquake Model of Middle East) projeleri kapsamında hazırlanmış bölgenin aktif fay haritası sunulmaktadır.



Şekil 2.2 – Van Gölü ve çevresi diri fay haritası (www.share-eu.org)

Doğu Anadolu Bölgesindeki diri fay hatları ile ilgili pek çok detaylı çalışma yapılmış olmasına rağmen 23 Ekim 2011 Van depremi merkez üssü bölgesindeki muhtemel tek aktif eleman Koçyiğit vd.(2001) çalışmasında haritaya alınmıştır. Ancak bu çalışmada yanıl atımlı olarak gösterilen fay depremin tümüyle ters olan karakteriyle örtüşmemektedir. (Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü, KRDAE, 2011).

Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı tarafından olasılık metodu hesaplarına göre çizilen eşivme kontur haritası esas alınarak hazırlanan deprem bölgeleri haritasına göre Van il merkezi, Başkale ilçesi merkez bucağı, ilçeye bağlı Albayrak bucağı, Edremit ilçesi merkez bucağı, Gevaş ilçesi merkez bucağı, Gürpınar ilçesi merkez bucağı ve ilçeye bağlı Güzelsu bucağı 2. derece deprem bölgesi olup, bunun dışında kalan tüm yerleşim yerleri 1. deprem bölgesi kuşağında yer almaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 – Van ili deprem haritası (Deprem Araştırma Dairesi, 1996)

Van Gölü Havzası'nda geçmişte de yıkıcı özellikli depremler meydana gelmiştir. Deprem Dairesi Başkanlığı ve KRDAE Ulusal Deprem İzleme Merkezi kaynaklarına göre Tablo 2.1'de verilen depremler, yöreyi etkileyen, aletsel dönemde meydana gelen  $M = 5$  ve üzeri depremler olarak özetlenmektedir.

Tablo 2.1 – Van Gölü Havzası'nda aletsel dönemde meydana gelen  $M= 5$  ve üzeri depremler

Sıra No.	Tarih	Enlem	Boylam	Büyükük	Odak Noktası
1	1903	39.30	42.60	6.3	Malazgirt
2	1907	39.20	42.65	6.3	Malazgirt
3	1930	38.00	44.50	7.6	İran
4	1941	39.50	43.00	6.0	Ağrı (Hamur-Tutak)
5	1945	39.20	43.20	5.8	Erciş Kocapınar
6	1968	39.20	44.30	5.6	İran-Çaldıran sınırı
7	1976	39.12	43.92	5.0	Çaldıran
8	1976	39.12	44.03	7.3	Çaldıran
9	1976	39.24	44.27	5.5	Çaldıran-İran sınırı
10	1977	39.20	43.46	5.0	Erciş
11	1977	39.33	43.42	5.0	Erciş kuzeyi
12	1977	38.93	44.38	5.4	Çaldıran-İran sınırı
13	1977	39.28	43.50	5.1	Erciş kuzeyi
14	1988	39.11	44.12	5.0	Çaldıran
15	2007	39.59	42.86	5.0	Tutak (Ağrı)

## 2.2. DEPREM KAYITLARINA AİT BİLGİLER

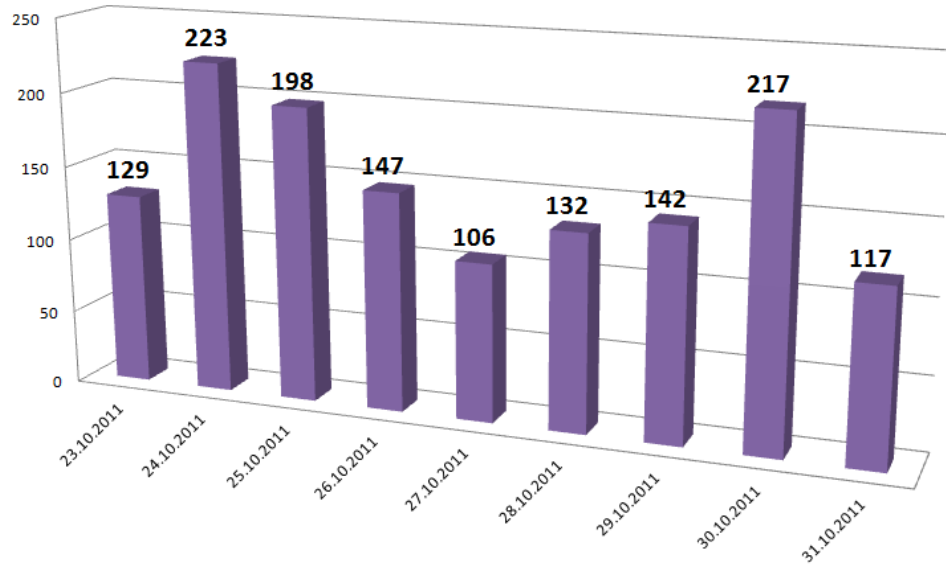
23 Ekim 2011 Pazar günü yerel saat ile 13:41'de, T.C. Başbakanlık, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) – Deprem Dairesi Başkanlığı verilerine göre 38.68K enlem ve 43.47D boylamında oluşan, 19.02 km. odak derinlikli, yerel büyüklüğü  $ML=6.7$  olan Van Depreminin ( $M_w=7.2$ ) ana şokuna ait yer hareketlerinin özellikleri AFAD'a ait Ulusal

Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt İstasyonlarından elde edilen kayıtlar kullanılarak aşağıdaki tabloda görüldüğü şekilde özetlenmektedir.

Tablo 2.2’den görüldüğü üzere, bu yirmi iki kayıt istasyonu arasında deprem merkez üssüne en yakın istasyon 42 km mesafede olan Muradiye İstasyonudur ve bu kayda ait en büyük yer ivme bileşeni 0.18g olarak Kuzey-Güney doğrultusunda elde edilmiştir. Ana şoku takiben yörede yoğun bir artçı deprem aktivitesi meydana gelmiş (Şekil 2.4), 31 Ekim tarihi itibariyle bu sayı 1411’e ulaşmıştır. Bu artçı sarsıntılar yerel büyüklüklerine göre Tablo 2.3’de görüldüğü şekilde gruplandırılabilir.

Tablo 2.2 – 23.10.2011 Van Depremi’nde alınan kayıtlar (AFAD, Deprem Dairesi Başkanlığı)

No	İSTASYON		CİHAZ TÜRÜ	ÖLÇÜLEN PİK İVME DEĞERLERİ (gal)			İstasyonun Deprem Merkez Üssüne Uzaklığı R <sub>epi</sub> (km)	İstasyonun Kayma Dalgası Hızı VS30 (m/sn)
	İL	İLCE/SEMT		KG	DB	Düşey		
1	Van	Muradiye	SMACH	178.5	168.5	75.5	42	293
2	Muş	Malazgirt	SMACH	44.5	56	25.5	95	311
3	Bitlis	Merkez	CMG-5TD	89,66	102,24	35,51	116	
4	Ağrı	Merkez	CMG-5TD	18,45	15,08	7,21	121	295
5	Siirt	Merkez	CMG-5TD	9,90	9,16	7,04	158	
6	Muş	Merkez	CMG-5TD	10,3	6,86	4,64	170	315
7	Bingöl	Solhan	CMG-5TD	4,58	4,19	2,46	211	463
8	Bingöl	Karlıova	CMG-5TD	7,52	11,08	4,65	222	
9	Batman	Merkez	CMG-5TD	8,29	8,58	3,74	223	450
10	Mardin	Merkez	CMG-5TD	2,00	1,90	1,58	284	
11	Elazığ	Beyhan	CMG-5TD	1,20	1,19	0,99	289	
12	Elazığ	Palu	CMG-5TD	2,11	1,64	1,72	307	329
13	Elazığ	Kovancılar	CMG-5TD	1,45	1,66	1,20	313	
14	Erzincan	Tercan	CMG-5TD	2,37	3,43	2,26	289	320
15	Erzincan	Merkez	CMG-5TD	1,53	1,29	0,71	358	314
16	Bayburt	Merkez	CMG-5TD	1,35	1,14	1,27	327	
17	Gümüşhane	Kelkit	CMG-5TD	1,05	0,88	1,25	378	
18	Şanlıurfa	Siverek	CMG-5TD	2,00	3,06	0,96	378	
19	Malatya	Pötürge	CMG-5TD	0,99	0,99	0,94	405	
20	Adıyaman	Kahta	CMG-5TD	2,96	2,70	1,64	437	
21	Adıyaman	Gölbaşı	CMG-5TD	1,12	0,74	0,35	521	469
22	K.Maraş	Merkez	CMG-5TD	1,74	2,18	0,96	590	317

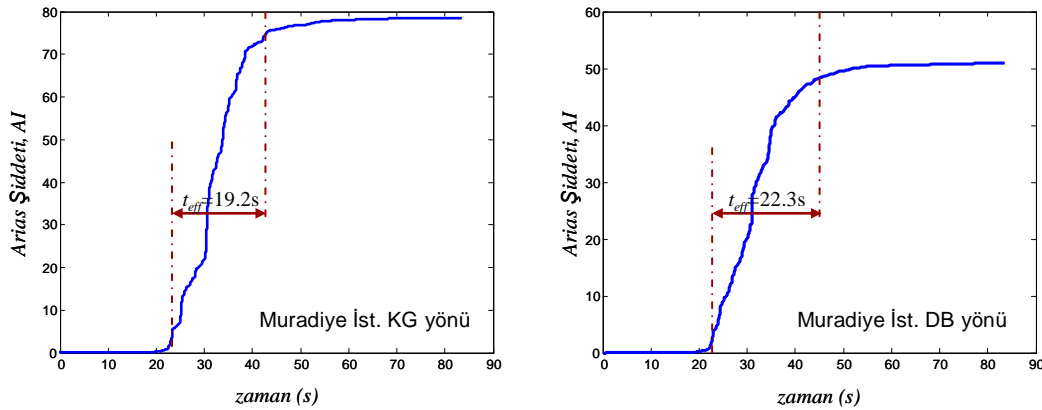


Şekil 2.4 – 23 Ekim 2011 Van Depremi akabinde oluşan artçı sarsıntı sayıları

Tablo 2.3 – Artçı sarsıntılarının (23 Ekim-31 Ekim arası oluşan) yerel büyüklüğe göre dağılımı

Yerel Büyüklük	Deprem Sayısı
$M_L \geq 5.0$	7
$M_L \geq 4.0$	82
$M_L < 4.0$	1322
<i>Toplam</i>	1411

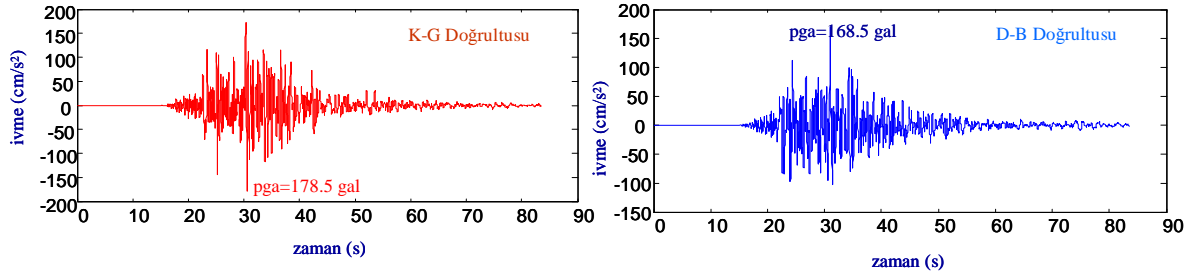
Muradiye istasyonundan elde edilen ana şoka ait ivme kayıtları kullanılarak hesaplanan Arias Şiddeti (AI) değişimleri Kuzey-Güney (KG) ve Doğu-Batı (DB) doğrultuları için Şekil 2.5’de gösterilmiştir. AI eğrisinin %5 ile %95 değerleri arasında geçen süre olarak tanımlanan depremin etkin süresi ( $t_{eff}$ ), KG doğrultusu için 19.2 s, DB doğrultusu için ise 22.3 s olarak belirlenmiştir.



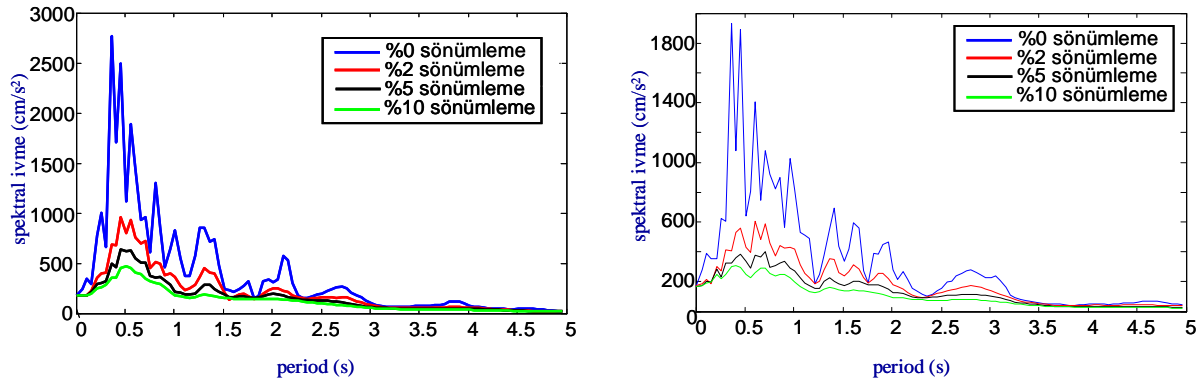
Şekil 2.5 – Ana şoka ait Muradiye istasyonu KG ve DB kayıtları için etkin sürenin hesaplanması

### 2.3. YER HAREKETİNİN SPEKTRAL KARAKTERİSTİKLERİ

Van Depremi, Muradiye İstasyonu KG ve DB bileşenlerine ait ivme izleri ve farklı sönüm oranları ( $\xi$ =%0, %2, %5 ve %10) için hesaplanan ivme spektrumları sırasıyla Şekil 2.6 ve Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



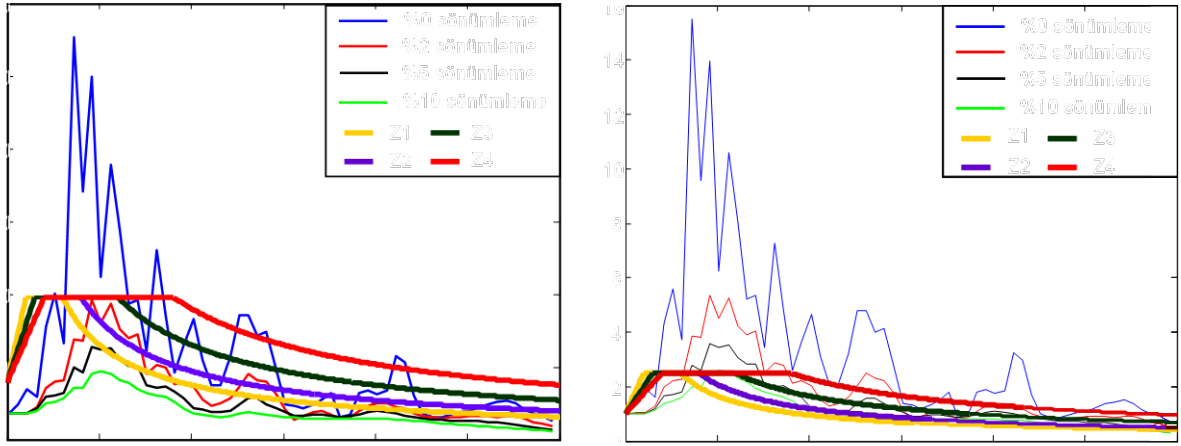
Şekil 2.6 – Muradiye İstasyonu KG ve DB bileşenlerine ait ivme izleri



Şekil 2.7 – Muradiye İstasyonu ivme spektrumları (a) KG doğrultusu, (b) DB doğrultusu

Şekil 2.8 (a)’da ise Van-Muradiye istasyonu KG doğrultusunda alınan kayıtlar kullanılarak elde edilen spektrumların 2007 tarihli Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’te farklı zemin sınıfları için tanımlanan tasarım spektrumları ile karşılaştırması sunulmaktadır. Şekil 2.8(b) bu spektrumları pik ivme değerlerine bölünmesi sonucu elde edilen normalize spektrumları göstermektedir. Bu spektrum eğrilerinde önemle üzerinde durulması gereken nokta tüm sönümleme oranları için yükseltgenme değerlerinin, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (2007)’de belirtilen en yüksek yükseltgenme değeri olan 2.5’in üzerinde olmasıdır. Bu değer, %2’lik sönümleme için 5.3, %5’lik sönümleme için 3.6 ve %10’luk sönümleme için 2.6 olarak hesaplanmaktadır.

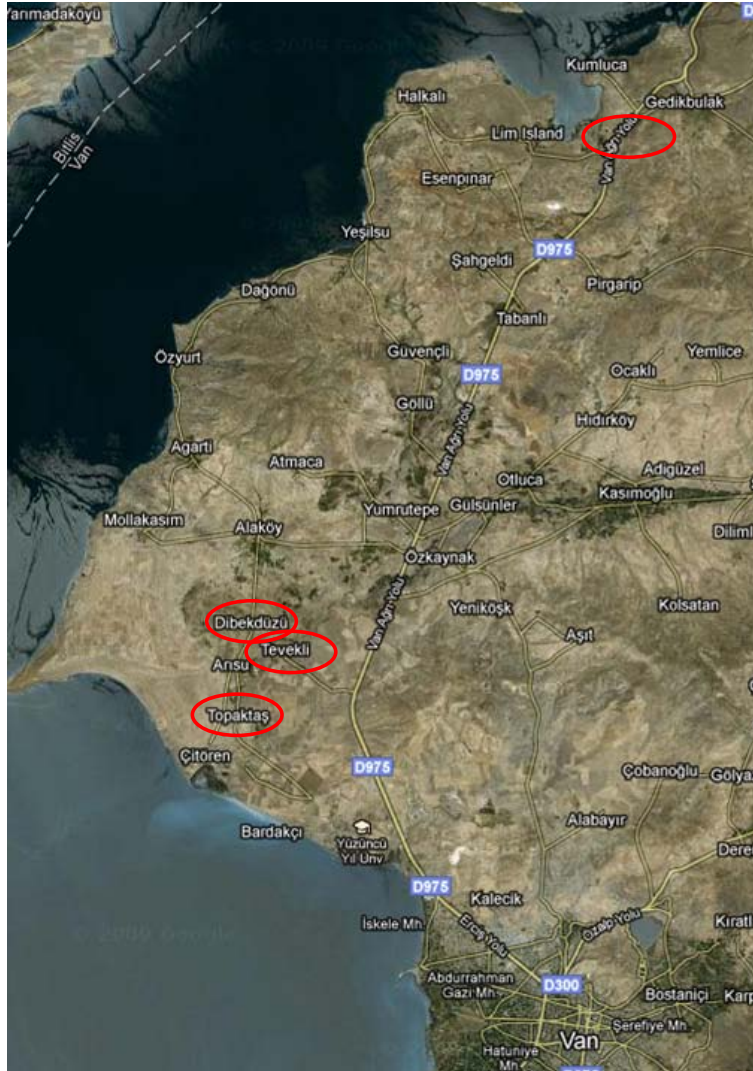




Şekil 2.8 – Muradiye İstasyonu KG doğrultusu (a) ivme spektrumları ve tasarım spektrumları  
(b) normalize edilmiş ivme spektrumları ve tasarım spektrumları

### 3. YER ÇATLAKLARI

Van şehir merkezi ile Erciş arasındaki bölgede yapılan arazi taraması sırasında, Tevekli, Topaktaş, Dibekdüzü ve Gedikbulak Köyleri yakınlarında, zemin üzerinde meydana gelen çatlaklara rastlanmıştır. Bu çatlakların buldukları yerleri gösteren harita Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Karşılaşılan yer çatlaklarının resimleri Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’te gösterilmiştir. Bu yer çatlaklarının, yamaçlardaki toprak kaymasından dolayı oluşan çatlaklar olduğu kanaatine varılmıştır. Bölgedeki detaylı incelemeler sonucunda fay hattı kırılmalarından dolayı oluşan yer çatlaklarına rastlanmamıştır.



Şekil 3.1 – Karşılaşılan yer çatlaklarının harita üzerindeki yerleri



Şekil 3.2 – Gedikbulak Köyü yakınlarında oluşan yer çatlağı



Şekil 3.3 – Tevekli Köyü yakınlarında oluşan yer çatlağı



Şekil 3.4 – Dibekdüzü Köyü yakınlarında oluşan yer çatlağı



Şekil 3.5 – Topaktaş Köyü yakınlarında oluşan yer çatlağı

## 4. YAPILARIN PERFORMANSI

### 4.1. BETONARME YAPILAR

Van şehir merkezi ve Erciş'te bulunan mevcut bina stokunun büyük kısmı 3-8 kat arası betonarme binalardan oluşmaktadır. Özellikle Van şehir merkezinde bulunan 5 kat ve üzeri binaların çoğunluğunun son yıllarda yapılmış olduğu ve halen devam etmekte olan çok sayıda bina inşaatı bulunduğu gözlenmiştir. Bölgede bulunan tipik çok katlı betonarme binalar Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1 – Van-merkez ve Erciş'te bulunan tipik çok katlı betonarme binalar

Yerel yetkililerden alınan bilgilere göre, deprem sırasında Van şehir merkezinde 6 bina göçmüş ve az sayıda binada da ağır hasar oluşmuştur. Bunun dışındaki binalar depremi hafif sayılabilecek düzeyde hasarla veya hasarsız olarak atlattır. Şekil 4.2'de, bölgede gözlenen tipik tuğla duvar çatlakları görülmektedir. Ercişte bulunan binalar ise depremden daha fazla etkilenmiştir. İlçede 100'e yakın bina tamamen göçmüş ve bunun yanında çok sayıda bina da ağır hasar alarak kullanılamaz hale gelmiştir. Depremde göçen veya ağır hasar gören betonarme binaların çoğunda standardın altında kalacak seviyede zayıf beton ve kalitesiz işçilik kullanıldığı gözlenmiştir. Bu binalar üzerinde yapılan incelemeler sonunda, yürürlükte olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 1997) ve Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS500, 2000) yönetmeliklerinde belirtilen basit donatı detaylandırması ile ilgili koşullara da uyulmamış olduğu tespit edilmiştir. İnceleme yapılan binalarda karşılaşılan yapısal sorunlar aşağıda sıralanmıştır. Hasar görmüş veya tamamen göçmüş binalarda bu kusurlu durumlardan genellikle birkaçı birlikte görülmektedir.



Şekil 4.2 – Van-merkez ve Erciş’te gözlenen tipik duvar çatlakları

Malzeme ile ilgili sorunlar:

- Agreganın granülometrisinin uygun olmaması ve agreganın dere çakılı kullanılmış olması,
- Betonun iyi yerleştirilememiş olması ve
- Nervürlü donatı kullanılması ve yeterli kenetlenme boylarının sağlanmamış olması.

Donatı detaylandırması ile ilgili sorunlar:

- Etriye kancalarının 90 derece bırakılarak deprem etriyeleri oluşturulmaması ve
- Kolon ve kirişlerde yeterli sargı donatısı bulunmaması.

Yatay yük taşıyıcı sistemi ile ilgili sorunlar:

- Düğüm noktalarında kirişlerin kolonlardan daha kuvvetli olması,
- Zemin katlarda ani rijitlik kayıpları oluşması ve
- Taşıyıcı olmayan duvarlarda bulunan boşluklardan dolayı kısa kolonlar oluşması.

**4.1.1. Malzeme ile İlgili Sorunlar**

**4.1.1.1. Agreganın Granülometrisinin Uygun Olmaması Ve Agreganın Dere Çakılı Kullanılmış Olması**

İncelenmiş olan betonarme binaların önemli bir kısmında agreganın yuvarlak yüzeyli dere çakılı kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca, çok büyük agreganın beton içerisinde kullanılmasından dolayı genel olarak agreganın granülometrisinin düzgün olmadığı tespit edilmiştir. Şekil 4.3’te Erciş’te bulunan Atatürk İlköğretim Okulu binasından bazı görüntüler verilmiştir. Üç katlı betonarme çerçeve yapısal sisteme sahip bu okul binasında orta düzeyde sayılabilecek hasar meydana gelmiştir. Binada kullanılan düşük beton kalitesi ile birlikte betonarme kolon elemanlarının farklı seviyelerinde ve kolon ve kiriş elemanları arasında soğuk derz olduğu ve bu bölgelerde elemanlar üzerinde süreksizlikler meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 4.3 – Atatürk İlköğretim Okulu binasında agrega ve betonun yerleştirilmesi ile ilgili sorunlar

Van şehir merkezinin yaklaşık 40 km kuzeyinde bulunan ve ana sarsıntının merkez üssü olan Tabanlı Köyü'ne yakın bir mesafede olan Gedikbulak Köyü'ndeki ilköğretim okulu binası deprem sırasında göçmüştür (Şekil 4.4). Üç katlı olan ve betonarme perde-çerçeve yapısal sistemine sahip bu okul binasında gözlenen beton kalitesi ile ilgili problemler şekildeki fotoğraflarda gözükmemektedir. Görüldüğü üzere, oldukça iri ve yuvarlak yüzeyli agregalar kullanılmış olmasından dolayı elemanlar içerisinde beton düzgün olarak dağılamamış ve beton harcı ile agrega yüzeyi arasında yeterli aderans sağlanamamıştır.



Şekil 4.4 – Gedikbulak İlköğretim Okulu binasında agrega ile ilgili sorunlar

#### 4.1.1.2. Betonun İyi Yerleştirilememiş Olması

Bölgede incelenmiş olan binaların önemli bir kısmında betonun kalıplar içerisine uygun şekilde yerleştirilememiş olduğu gözlenmiştir. Bu durum genellikle kolon ve perdelerin tabanları ile kirişlerin alt yüzünde donatının üzerinde bulunması gereken pas payı betonunun kısmi olarak bulunmayışı şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Şekil 4.5'de Van şehir merkezinde 8 katlı betonarme bir binanın zemin katta bulunan bir kolonunda ve kirişinde betonun iyi yerleştirilememesi durumu gözükmemektedir. Bu binada tuğla duvarlarda yoğun çatlaklar gözlenmiş ancak betonarme taşıyıcı sistem elemanlarda önemli bir çatlak görülemedi. Şekil 4.6'da yine Van şehir merkezinde inşaat halinde olan 9 katlı bir binanın zemin kat kolon alt ucunda betonun iyi yerleştirilememesi durumu

gözükmektedir. Bu binada da bazı tuğla duvarlarda çatlaklar oluşmuş ancak betonarme taşıyıcı elemanlarda bir hasar oluşmamıştır.

Erciş'te göçmüş bir bina ve bu binada betonun iyi yerleştirilememiş olmasından kaynaklanan sorunlar Şekil 4.7'de gözükmektedir. Binanın fotoğrafta gözüken sağ yarısının birinci katı tamamen göçmüş ve ikinci kat zemin katın üzerine oturmuştur. Bu binanın çeşitli kolonlarında yeterli pas payı bırakılmamış ve betonun düzgün bir şekilde yerleştirilememiş olmasından dolayı kolon enine donatıları dışarıdan kolaylıkla gözükmektedir. Ayrıca komşu katlar arasında betonun farklı zamanlarda dökülmüş ve muhtemelen farklı kalitelerde beton kullanılmış olmasından dolayı soğuk derzler oluşmuş ve bu bölgede kolonun bütünlüğü kaybolmuştur.



Şekil 4.5 – Kolon ve kirişlerde iyi yerleştirilememiş beton





Şekil 4.6 – Kolon alt ucunda iyi yerleştirilememiş beton



Şekil 4.7 – Betonun yerleştirilmesi ile ilgili sorunlar

Gedikbulak İlköğretim Okulu binasında gözlenen betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılması ile ilgili problemler Şekil 4.8’de gözükmemektedir. Sağ alt fotoğrafta gözükken betonarme kirişin boyuna donatılarının altında pas payı bulunmamakta ve bu donatıların tamamı dışarıdan

rahatlıkla görülebilmektedir. Bu sakıncalı durumun sebebi kiriş donatılarının birbirine çok yakın konulmuş olması ve vibratör kullanılarak betonun yeterince sıkıştırılamamış olmasıdır. Binanın farklı bölgelerinde betonun iyi sıkıştırılamamış olmasından kaynaklanan boşluklar bulunduğu da tespit edilmiştir.



Şekil 4.8 – Gedikbulak İlköğretim Okulu binasında betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılması ile ilgili sorunlar

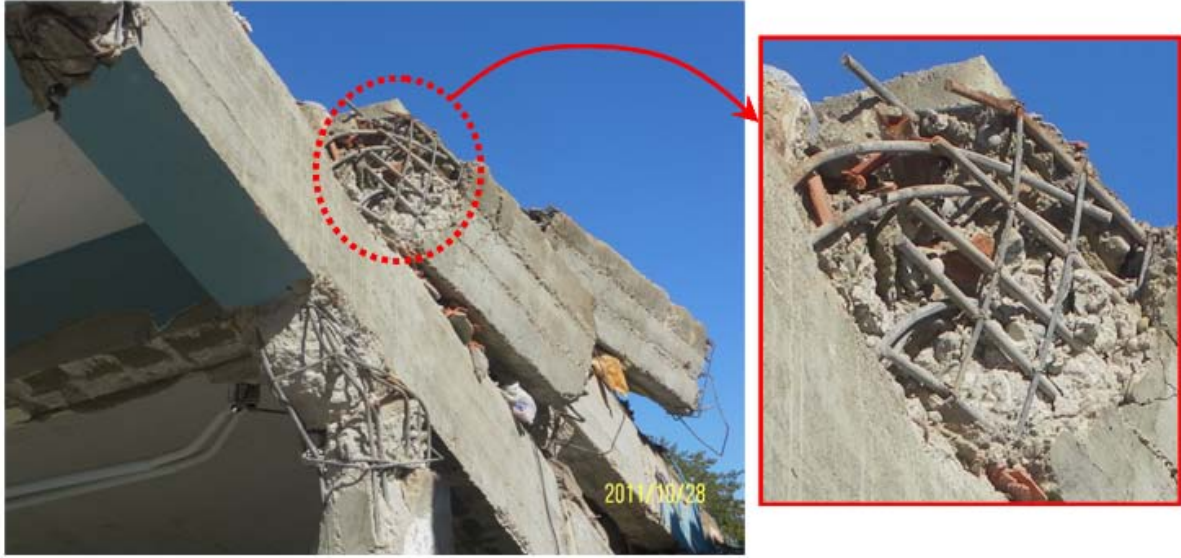
#### 4.1.1.3. Nervürsüz Donatı Kullanılması Ve Yeterli Kenetlenme Boylarının Sağlanmamış Olması

İnceleme yapılan binaların büyük çoğunluğunda betonarme donatısı olarak nervürsüz demir kullanıldığı görülmüştür. Nervürsüz donatı çubuklarının kiriş, kolon ve perde duvarlarda kullanımı 2007 Deprem Yönetmeliği'nde yasaklanmış olmasına rağmen 1998 ve daha önceki Yönetmeliklerde bu şekilde bir kısıtlama bulunmamaktadır. İncelenmiş olan binaların tamamına yakınının 2007 Deprem Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesinden önce yapılmış olmasından dolayı bu binalarda nervürsüz donatı kullanılmış olması binanın tabii olduğu Yönetmeliğe aykırı bir durum değildir. Ancak nervürsüz donatı çubuklarının betona kenetlenme (aderans) özellikleri nervürlü donatılar kadar iyi olmadığından, bu donatı çubukları için yeterli kenetlenme boyları sağlanmış olmasına özen gösterilmesi gerekmektedir. İncelenmiş olan betonarme binaların büyük çoğunluğunda yeterli donatı kenetlenme boylarının sağlanmamış olmasından ve düşük beton kalitesinden dolayı nervürsüz çubuklarla beton arasında yeterli aderans sağlanamamıştır (Şekil 4.9). Yetersiz aderansın dolayı Şekil 4.10'da gözüktüğü gibi donatı çubukları beton içerisinden kolaylıkla sıyrılmıştır. Bu duruma ilave olarak, yine sıklıkla gözlenen kusurlu bir durum da donatı bindirmelerinin kolonların alt ucuna yakın bölgede yapılmış olmasıdır. Deprem etkileri altında maksimum zorlanmaların bu bölgede olduğu düşünüldüğünde ve kullanılan nervürsüz

donatıların yeterli kenetlenme boylarına sahip olmadıkları dikkate alındığında, donatı çubuklarının beton içerisinden sıyrılması ve binada stabilite problemleri oluşturarak çoğu zaman göçmeye varan sonuçlar doğurması kaçınılmaz olmuştur. Bu duruma bir örnek Şekil 4.11’de görülmektedir. Fotoğrafta görülen bina Van şehir merkezinde bulunan 5 katlı betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahip bir binadır. Bu binanın zemin katında göçme olmuş ve binanın birinci katı zemin katın üzerine oturmuştur. Zemin kat kolonunun alt ucunda oluşan donatı sıyrılması fotoğrafta görülmektedir.



Şekil 4.9 – Düşük beton kalitesi nedeniyle donatı ile beton arasında yetersiz aderans oluşması



Şekil 4.10 – Nervürsüz donatı çubuklarının beton içerisinden sıyrılması



Şekil 4.11 – Zemin katta oluşan göçme ve kolon alt ucunda donatı sıyrılması

Betonarme elemanlar arasında yetersiz donatı kenetlenmesinin diğer bir örneği Şekil 4.12’de verilmiştir. Şekilde üç kirişin birleştiği bir düğüm noktası gözükmemektedir. Bu kirişlerden herbirinin boyuna donatısının ucuna kanca yapılarak elemanlar arasındaki süreklilik sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak bu elemanlar arasında sürekli donatı bulunmadığından düğüm noktası hasar görmüş ve elemanlar birbirinden ayrılmışlardır.



Şekil 4.12 – Birleşim bölgesinde yetersiz donatı kenetlenmesi

#### 4.1.2. Donatı Detaylandırması İle İlgili Sorunlar

##### 4.1.2.1. Etriye Kancalarının 90 Derece Bırakılarak Deprem Etriyeleri Oluşturulmaması

Depremde hasar görmüş yapıların büyük çoğunluğunda karşılaşılan bir diğer yanlışlık da bu elemanların içerisindeki enine donatıların (etriyelerin) uçlarındaki kancaların 90 derece bırakılmış olmasıdır. Bu durumda etriyelerin uçlarındaki kancaların eleman kesit içerisine yeterli ankrajı sağlayamadığından, deprem etkileri altında zorlanan kesitlerde etriyeler açılmış ve çekirdek betonunun hasar görmesini engelleyememiştir. Şekil 4.13’te betonarme bir kiriş elemanı içerisindeki etriye kancalarının yetersiz ankrajı sebebiyle açıldığı görülmektedir. Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de de kolon alt ve üst uçlarında etriyelerin açılmasından dolayı oluşan çekirdek betonundaki ağır hasarlar gözükmemektedir. Kolon elemanlarında oluşan bu tür hasarlar yer sarsıntıları sırasında binanın aşırı yatay öteleme yapmasına ve bunun sonucu olarak da stabilite problemlerine yol açmaktadır.



Şekil 4.13 – Kiriş içerisindeki etriye kancalarında yeterli ankraj bulunmaması



Şekil 4.14 – Kolon alt ucundaki etriye kancalarında yeterli ankraj bulunmaması



Şekil 4.15 – Kolon üst ucundaki etriye kancalarında yeterli ankraj bulunmaması

#### 4.1.2.2. Kolon Ve Kirişlerde Yeterli Sargı Donatısı Bulunmaması

Deprem sırasında oluşan tersinir tekrarlı zorlanmalara maruz kalan betonarme elemanların yük taşıma kapasitelerini devam ettirebilmeleri için eleman kesitlerindeki çekirdek betonun hasar almaması gerekmekte olup, bu durum da ancak çekirdek betonunun etriyeler tarafından sargılanması ile mümkün olmaktadır. Deprem etkileri altında betonarme bir çerçevede en fazla zorlanmaya maruz kalan bölgeler kiriş ve kolonların birbirlerine bağlandıkları düğüm noktaları ve elemanların bu düğüm noktalarına yakın olan bölgeleri olduğundan bu kısımların sargılanması daha büyük öneme sahiptir. Deprem Yönetmelikleri tarafından

benimsenen yöntem, kolon ve kirişlerin düğüm noktalarına yakın olan bölgelerinde kullanılan etriyelerin sıklaştırılması suretiyle bu bölgelerde etkili sargının sağlanmasıdır.

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de kolonların alt ve üst bölgelerinde etriye sıklaştırması yapılmamasından dolayı bu kesitlerdeki çekirdek betonunda oluşan hasarlar açıkça gözükmemektedir. Kolon etriyelerinin olması gerekenden daha seyrek yerleştirilmesi aynı zamanda bu elemanların içindeki boyuna donatıların burkulmasına yol açmaktadır. Bu şekilde oluşmuş bir hasar Şekil 4.18’de gözükmemektedir. Seyrek etriye kullanılmasının yanısıra küçük çaplı donatı çubuklarından yapılmış etriyelerin kullanılması da benzer sorunlara sebep olmaktadır. Bu durumda, etriyeler çekirdek betonunun genişleme etkisine karşı koyamayarak kopmakta ve Şekil 4.19’da görüldüğü gibi çekirdek betonunda ağır hasar oluşmasına ve boyuna donatı çubuklarının burkulmasına sebep olmaktadır.



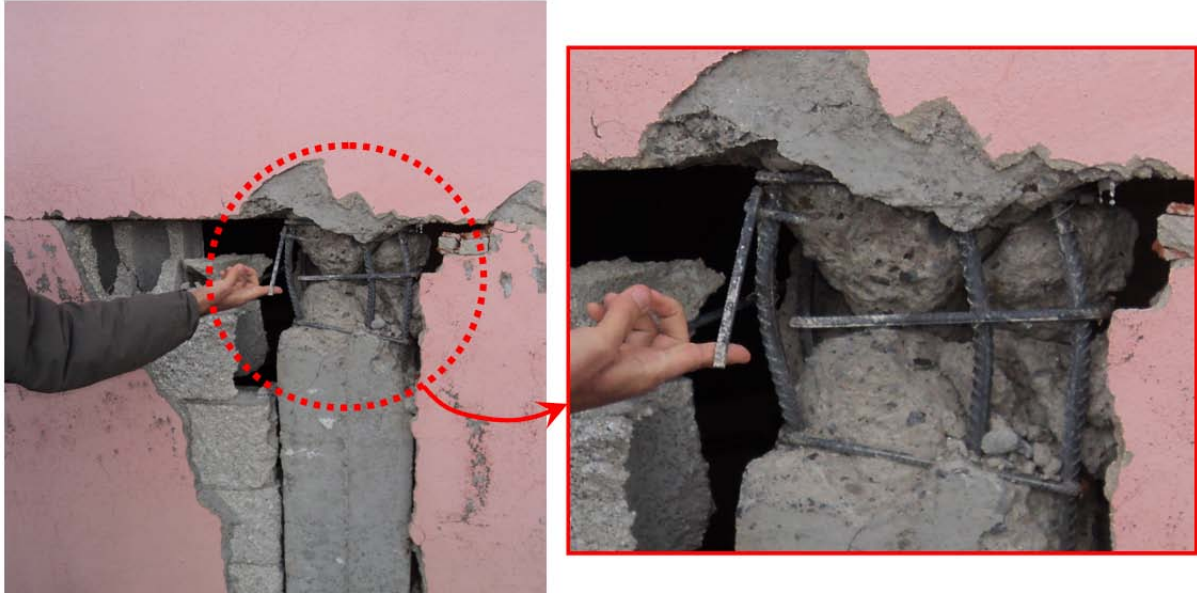
Şekil 4.16 – Kolon alt ucunda etriye sıklaştırması yapılmaması



Şekil 4.17 – Kolon üst ucunda etriye sıklaştırması yapılmaması



Şekil 4.18 – Etriye seyrekliği nedeniyle kolon donatılarının burkulması



Şekil 4.19 – Etriyelerin kopması sonucu çekirdek betonunun yeterli sargılanamaması

Perde-çerçeve betonarme yapısal sisteme sahip bir betonarme binanın zemin kat seviyesindeki perde ve kolonlarında oluşan hasar Şekil 4.20’de görülmektedir. Sahip olduğu yüksek rijitlikten dolayı perde elemanı kat seviyesinde oluşan deprem yüklerinin büyük bir kısmını üzerine çekmiş ancak yeterli enine ve boyuna donatı bulunmadığından bu tesirleri karşılayamayarak hasar görmüştür. Bunun üzerine deprem tesirleri aynı katta bulunan kolonlara etkimiş ve kolonlar da sargı donatısı yetersizliğinden dolayı düğüm noktasına yakın bölgelerde hasara uğramıştır.





Şekil 4.20 – Yetersiz sargı donatısı nedeniyle zemin kat kolonlarında hasar oluşması

### 4.1.3. Yatay Yük Taşıyıcı Sistemi İle İlgili Sorunlar

#### 4.1.3.1. Düğüm Noktalarında Kirişlerin Kolonlardan Daha Kuvvetli Olması

İncelenen betonarme binalarda en sık rastlanılan kusurlardan bir tanesi düğüm noktalarında kolonların kirişlere oranla daha zayıf yapılmış olmasıdır. Daha önceki bölümlerde bahsedilen kusurlu durumların birçoğu binanın yapım aşamasında oluşması muhtemel sorunlar olmasına rağmen, kolonların kirişlerden zayıf kalmış olması durumu yapısal tasarımdan kaynaklanmaktadır. Yer hareketlerinin binanın üzerinde ortaya çıkardığı enerjinin çoğunlukla kirişler üzerinde oluşacak hasarlı bölgelerde (plastik mafsallı) sönmülerek kolonların genel olarak hasarsız kalmaları yaklaşımı Deprem Yönetmelikleri tarafından benimsenmektedir. Kolon elemanlarının aynı düğüm noktalarına bağlanan kiriş elemanlardan daha kuvvetli yapılması yoluyla plastik mafsalların kiriş elemanları üzerinde oluşması sağlanmaktadır. Bu durumda kolonlar deprem etkileri altında genel olarak hasarsız kalmakta ve yapının stabilite problemi yaşanmasının önüne geçilmektedir. Benimsenmesi gereken tasarımı yaklaşımının bu olmasına rağmen, deprem bölgesinde incelenmiş olan binaların büyük çoğunluğunda kirişlerin hasarsız kalarak plastik mafsallaşmanın kolon elemanlarının alt ve üst uçlarında olduğu gözlenmiştir. Kirişlerin hasarsız kalarak kolon uçlarında hasar oluşması örnekleri Şekil 4.21’de görülmektedir.



Şekil 4.21 – Kolonların krişlerden daha zayıf olmasından kaynaklanan hasarlar

Yapı taşıyıcı sistemi içerisinde kolonların kirişlerden daha zayıf kalmasının sonucu olarak herhangi bir kat içerisindeki kolon elemanlarının alt ve üst uçlarında plastik mafsall oluşması durumunda yapının stabilitesi bozulmakta ve göçme meydana gelmektedir. Bu şekilde göçmüş olan bir binanın fotoğrafları Şekil 4.22’de görülmektedir. Yapının üst katlarında bulunan kolon ve kiriş elemanlarının hasarsız olmalarına rağmen zemin kat kolonlarının her iki uçlarında oluşan plastik mafsallaşma sonucu fotoğraflarda gözüktüğü gibi göçme meydana gelmiştir.



Şekil 4.22 – Alt kat kolonlarında plastik mafsall oluşması sonucu ortaya çıkan stabilite problemi

4.1.3.2. Zemin Katlarda Ani Rijitlik Kayıpları Oluşması

Binaların üst katlarında kullanılan tuğla dolgu duvarların, dükkan ve mağazalar bulunması nedeniyle zemin katlarda devam ettirilmemesi sonucu (Şekil 4.23) bu katlarda ani rijitlik azalmaları oluşmaktadır. Bu durum Deprem Yönetmeliklerinde “yumuşak kat” olarak tanımlanmaktadır. Binaların zemin katlarında asma katlar oluşturularak buradaki kat yüksekliğinin diğer katlara göre daha yüksek yapılması da (Şekil 4.24) ani rijitlik azalmasına katkıda bulunmaktadır. Ani rijitlik azalmasından dolayı binaların genellikle zemin ve birinci katları arasındaki göreceli yanal deplasmanlar yüksek mertebelere ulaşmakta ve binanın stabilitesi bozulmaktadır. Şekil 4.25’de yumuşak kat durumu bulunan ve zemin kat üzerine göçmüş binalar gözükmemektedir.



Şekil 4.23 – Zemin katta tuğla duvar bulunmaması nedeniyle ortaya çıkan rijitlik değişimi



Şekil 4.24 – Tuğla duvarların devam ettirilmemesi ve asma kat bulunması nedeniyle ortaya çıkan “yumuşak kat” riski



Şekil 4.25 – Zemin katta ani rijitlik değişimi bulunan göçmüş binalar

4.1.3.3. Taşıyıcı olmayan duvarlarda bulunan boşluklardan dolayı kısa kolonlar oluşması

Bina çevresindeki tuğla duvarlarda bırakılan pencere boşlukları nedeniyle kolonlarda hasar oluşması durumunun bir örneği Şekil 4.26’da görülmektedir. Kolonlara bitişik tuğla duvarların giriş altına kadar devam ettirilmemesi durumunda ortaya çıkan ve “kısa kolon” olarak adlandırılan bu durumda kolonlar tuğla duvar tarafından desteklenmeyen bölgede kesme zorlanmalarına maruz kalmaktadır. Kolon içerisinde bu bölgede yeterli miktarda etriye bulunmaması durumunda, eleman bu zorlanmalara karşı koyamamakta ve Şekil 4.26’da gözüktüğü şekilde deformasyonlara uğramaktadır.



Şekil 4.26 – Tuğla duvarlarda bulunan pencere boşlukları nedeniyle kolonlarda oluşan hasar

#### 4.2. PREFABRİK BETONARME YAPILAR

Deprem bölgesinde bulunan konvansiyonel betonarme binaların yanısıra prefabrik betonarme sanayi yapıları da incelenmiş ve bu yapıların istenilen düzeyde bir performans göstererek depremi hasarsız atlattığı belirlenmiştir. Ülkemizde geçmiş yıllarda meydana gelmiş depremlerde bu tür prefabrik betonarme sanayi yapılarında çatı makaslarının mesnetlerinden kurtularak kolonların üzerinden düşmesi şeklinde oluşan hasarlar sıklıkla gözlenmiştir. Van Organize Sanayi Bölgesinde bulunan ve deprem sırasında henüz yapım aşamasında olan örnek bir prefabrik betonarme yapının çerçevesi Şekil 4.27’de görülmektedir. Bu yapıda kullanılan kolonların temele bağlanma detayı ile makasların kolon üzerinde sabitleme detayı da fotoğraflarda görülmektedir. Daha önceki depremlerde bu tür yapıların sergiledikleri başarısız davranıştan ders çıkarılarak her makas-kolon bağlantısı için 4 adet bağlantı pimi

kullanılmış ve makasların yer hareketi sırasında karşılaşılabilecekleri stabilite problemleri engellenmiştir.



Şekil 4.27 – Depremde hasar almamış bir prefabrik betonarme yapı çerçevesi

### 4.3. YIĞMA YAPILAR

Van şehir merkezi ile Erciş'in yanısıra, depremin mekez üssüne yakın bölgedeki toplam 10 köy de (Topaktaş, Arısu, Tevekli, Dibekdüzü, Alaköy, Mollakasım, Göllü, Güveçli, Tabanlı, Gedikbulak) ziyaret edilmiş ve depremin yığma yapılar üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde gözlenmiştir. Ziyaret edilen birçok köyde yığma yapıların büyük bir çoğunluğu tamamen yıkılmıştır. Geri kalan yığma yapılar da ağır veya orta hasarlı olarak depremi atlattımlardır. Ziyaret edilen köylerin Van şehir merkezine olan uzaklıkları ve 2000 yılında yapılan Genel Nüfus Sayımı'na göre nüfusları Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 – Köylerin nüfusu ve Van Merkez'e uzaklıkları

Köy Adı	Nüfusu (2000 Genel Nüfus Sayımı*)	Van Merkez'e Uzaklığı (km)
Güveçli	1098	26
Topaktaş	496	17
Arısu	421	20
Tevekli	136	22
Dibekdüzü	240	23
Göllü	358	30
Mollakasım	271	35
Alaköy	866	30
Tabanlı	210	35
Gedikbulak	1819	48

\*www.tuik.gov.tr

Ziyaret edilen köylerdeki yerleşim birimleri genelde bir veya iki katlı, taş veya kerpiç yığma yapılardan oluşmaktadır. Bölgedeki tipik yığma yapıların dıştan görünümü Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



Şekil 4.28 – Bölgede bulunan tipik yığma yapılar

Bu yapıların kesitlerine bakıldığında, duvarların beton briket, kerpiç ve taş gibi malzemelerden, çatı kısmının da kalın kalaslar üzerine oturan çamurdan bir döşemeden yapıldığı gözlenmiştir. Bölgede bulunan tipik yığma yapıların kesit görünümleri Şekil 4.29’da gösterilmiştir.



Şekil 4.29 – Bölgede bulunan tipik yığma yapıların kesit görünümleri

#### 4.3.1. Yığma Yapılarda Hasar Tipleri Ve Bu Hasar Tiplerine Karşı Alınması Gereken Önlemler

Bölgede ziyaret edilen köylerdeki yığma yapılarda üç farklı hasar tipiyle karşılaşılmıştır. Bu hasar tipleri aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

##### 4.3.1.1. Köşelerde Düşey Çatlaklar ve Ayrılmalar

Bu hasar tipinde deprem esnasında gelen yanal yükler, yığma yapının köşelerinde düşey çekme çatlaklarına neden olmakta ve bu çatlakların büyümesi ile yapıdan ayrılan duvarlar kısmi olarak veya tamamen yıkılmaktadır. Bölgedeki yığma yapıların köşelerinde oluşan



tipik düşey çatlaklar ve ayrılmalar Şekil 4.30'da gösterilmiştir. Bu ayrılmadan kaynaklanan tipik duvar yıkılmaları da Şekil 4.31'de gösterilmiştir.



Şekil 4.30 – Bölgedeki yığma yapıların köşelerinde oluşan düşey çatlaklar ve ayrılmalar



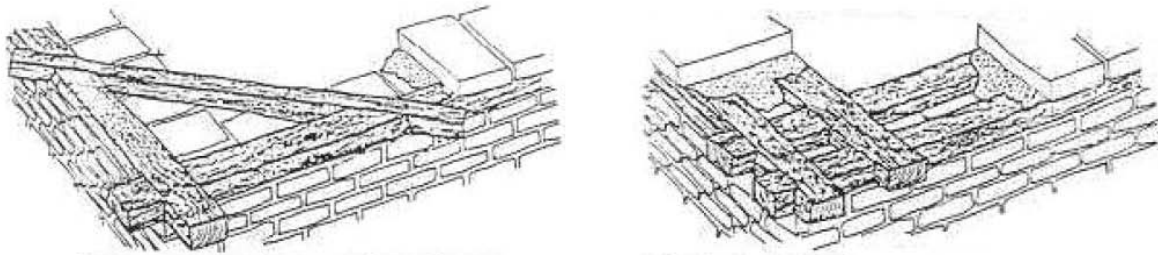
Şekil 4.31 – Köşelerde oluşan düşey çatlaklar ve ayrılmalardan kaynaklanan duvar yıkılmaları

Bu tip çatlakların yapının köşelerinde her iki yönde de oluşması durumunda, Şekil 4.32'de gösterildiği gibi yığma yapılarda köşe yıkılması ile de karşılaşmıştır.



Şekil 4.32 – Düşey çatlaklar nedeniyle oluşan köşe yıkılmaları

Bu tip hasarları önlemenin yöntemi, yığma binanın yapımı sırasında sağlam köşe bağlantıları kullanılmasıdır. Bu köşe bağlantılarının yapımında ahşap malzemelerin kullanılması durumunda, bu malzemeler Şekil 4.33'te gösterilen şekillerde birbirine geçirilerek tutturulmalı ve çivilerle/vidalarla deprem sırasında birbirinden ayrılması engellenmelidir.



Şekil 4.33 – Köşelerdeki düşey çatlakları önleme teknikleri (Arya vd., 2000)

Köşelerde bu tip çatlakların oluşmasının ardından Şekil 4.34'te gösterilen çeşitli teknikler kullanarak, yığma yapının onarımı ve güçlendirilmesi mümkündür. Bu tipte bir uygulama Şekil 4.35'te gösterilmiştir.

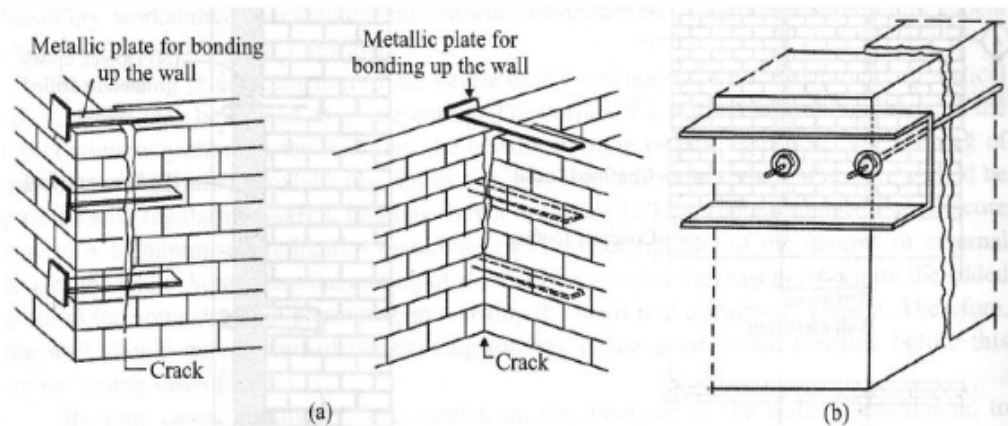


FIGURE 32.20 Strengthening of separated wall intersection (a) Use of steel plates (b) Use of tie rod (UNDP, 1983).

Şekil 4.34 – Köşelerdeki düşey çatlakları önleme teknikleri (Agarwal ve Shrikhande, 2006)



Şekil 4.35 – Köşelerdeki düşey çatlakları önleme teknikleri (Gostik ve Dolinsek, 2008)

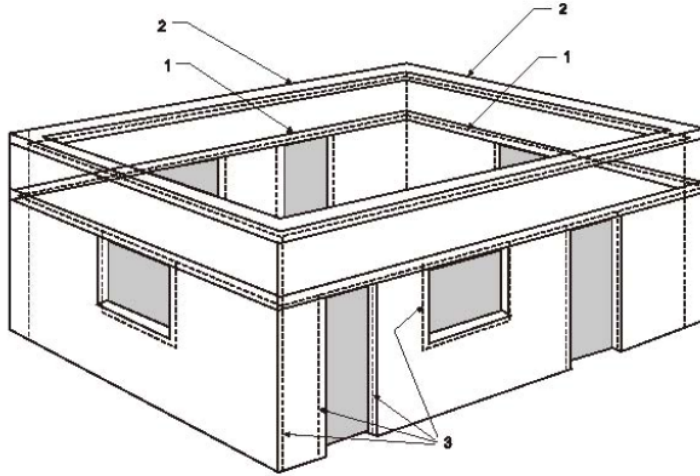
#### 4.3.1.2. Duvarlarda Çapraz Çatlaklar

Bu hasar tipinde deprem esnasında gelen yanıl yükler, yığma yapının duvarlarında çapraz kesme çatlaklarına neden olmaktadır ve bu çatlakların büyümesi ile yapı rijitliğini kaybederek kısmi olarak veya tamamen yıkılmaktadır. Bölgedeki yığma yapılarda oluşan tipik çapraz çatlaklar ve bu çatlakların sebep olduğu yıkılmalar Şekil 4.36’da gösterilmiştir.



Şekil 4.36 – Bölgedeki yığma yapılarda oluşan çapraz çatlaklar ve yıkılmalar

Bu tip hasarları önlemenin yöntemi, yığma yapının inşaatı sırasında belirli yüksekliklerde yapıyı çepeçevre saran sürekli bir şekilde hatıllar, Şekil 4.37’de gösterildiği gibi, yerleştirilmelidir. Bu şekilde, kapı ve pencere açıklıkları üzerinde ve çatı seviyesinde yerleştirilen sürekli hatıllar görülmektedir.



- 1: Lintel band
- 2: Roof band,  
only for pitched roofs and  
under flexible roof and floor
- 3: Vertical steel

Şekil 4.37 – Duvarlardaki çapraz çatlakları önleme teknikleri (Arya vd. 2010)

Mevcut yapıların çapraz kesme çatlaklarına karşı dayanımının artırılması, yapının duvarlarının hasır çelik donatı ve beton kullanılarak güçlendirilmesi ile mümkündür. Bu tipte bir uygulama Şekil 4.38’de gösterilmiştir.



Şekil 4.38 – Çapraz çatlakları önleme teknikleri (Khakimov vd., 2007)

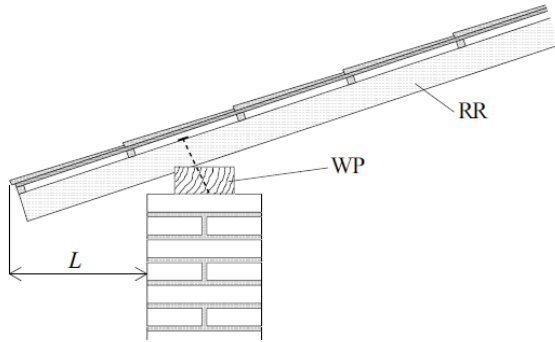
#### 4.3.1.3. Çatı İle Duvarların Birbirinden Ayrılması

Bu hasar tipinde deprem esnasında gelen yanal yükler, yığma yapının duvarlarının dışı doğru deforme olmasına neden olmakta ve bu deformasyon çatı tarafından engellenemediği takdirde yapı rijitliğini kaybederek kısmi olarak veya tamamen yıkılmaktadır. Bölgedeki yığma yapılarda çatı ile yan duvarların ayrılması sonucu oluşan yıkılmalar Şekil 4.39’da gösterilmiştir.



Şekil 4.39 – Tipik çatı ile yan duvarların ayrılması sonucu oluşan yıkılmalar

Bu tip yıkılmaları önlemenin bir yöntemi, yığma yapının inşaatı sırasında, Şekil 4.40'da gösterildiği gibi, çatıyı duvarlara sabitlemektir.



RR: roof rafter  
WP: longitudinal wood  
(wall plate)  
L: rain protection over hang  
(about 0.5 m)

Şekil 4.40 – Çatı ile yan duvarların birbirinden ayrılmasını önleme teknikleri (Arya vd. 2010)

#### 4.4. OKUL BİNALARI

##### 4.4.1. Van Merkez Okulları

###### 4.4.1.1. İ. M. K. B. Okulları

Van Merkez’de, Selahaddini Eyyubi İ. M. K. B. Lisesi ve Ahmet Yesevi İ. M. K. B. İlköğretim Okulu olmak üzere, mimarisi birbirinin aynısı olan iki adet okul ziyaret edilmiştir. Bu okulların ikisinde de, çatı seviyesinde bulunan kule şeklindeki çıkıntıların çevresine örülen tuğla duvarlar depremin etkisi ile yıkılarak aşağıya dökülmüştür. Ayrıca iki binanın da bazı bölümlerindeki tuğla duvarların betonarme çerçeveden ayrıldıkları gözlemlenmiştir. İlk belirlemelere göre, binalarının yapısal çerçevesinde önemli bir hasar gözlenmemiştir. Bu okulların genel görünüşleri Şekil 4.41 ve Şekil 4.42’de gösterilmiştir. Ayrıca bina tuğla duvarları üzerinde oluşan çatlaklar Şekil 4.43 ve Şekil 4.44’te gösterilmiştir.



Şekil 4.41 – Van Selahaddini Eyyubi İMKB Lisesi’nin genel görünümü



Şekil 4.42 – Van Ahmet Yesevi İMKB İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.43 – Van Selâhaddinî Eyyubi İMKB İlköğretim Okulu'nun duvar çatlakları



Şekil 4.44 – Van Ahmet Yesevi İMKB İlköğretim Okulu'nun duvar çatlakları

#### 4.4.2. Erciş Okulları

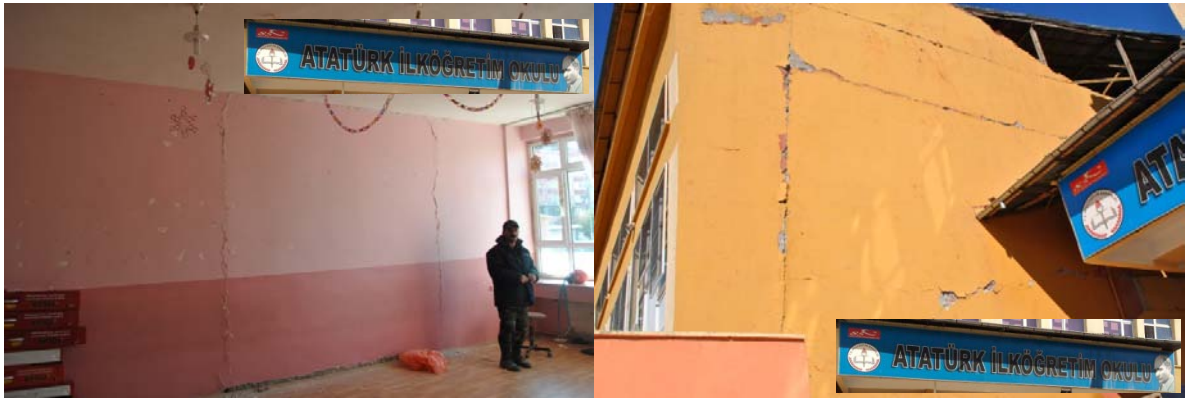
##### 4.4.2.1. Atatürk İlköğretim Okulu

Erciş'te bulunan Atatürk İlköğretim Okulu'nun genel görünümü Şekil 4.45'te gösterilmiştir. Bu okulun spor salonu olarak kullanılan bölümünün çatının üçgen kısmının kapatılmasında kullanılan tuğla duvarlar binanın dışına doğru yıkılmıştır. Okul binasının hem içten hem de dıştan incelenmiş ve binanın içindeki çoğu yerde tuğla duvarların binanın betonarme çerçevesinden Şekil 4.46'da gösterildiği gibi ayrıldığı gözlenmiştir. Binada kullanılan betonun kalitesi iyi olmamakla beraber (elle parçalenebilen beton parçacıkları), nervürlü donatı kullanılmıştır. Binanın kolon ve perde duvarlarının dökümü sırasında oluşan soğuk derzler, depremin etkisi ile hareket etmiş ve Şekil 4.47 ve Şekil 4.48'de gösterildiği gibi kolonlarda hasara neden olmuştur. Soğuk derzlerde oluşan hasarlar binanın o kattaki ötelenmesini arttırmış ve ötelenme artışından dolayı da yapısal olmayan tuğla duvar gibi elemanlar orta ve ağır hasar görmüştür. Soğuk derzler, döküm sırasında farklı yüksekliklerde gerçekleştirilmiş olup, iki döküm arasındaki beton kalite birbirinden farklıdır.





Şekil 4.45 – Erciş Atatürk İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.46 – Erciş Atatürk İlköğretim Okulu'nun tuğla duvarların çerçeveden ayrılması



Şekil 4.47 – Erciş Atatürk İlköğretim Okulu'nun kolon ve perde duvarlardaki hasarlar



Şekil 4.48 – Erciş Atatürk İlköğretim Okulu'nun kolon ve perde duvarlardaki hasarlar

#### 4.4.2.2. Yahya Kemal Beyatlı İlköğretim Okulu

Erciş'te bulunan Yahya Kemal Beyatlı İlköğretim Okulu'nun genel görünümü Şekil 4.49'da gösterilmiştir. Okul binası sadece dışarıdan incelenmiş ve binanın bazı bölümlerindeki tuğla duvarların betonarme çerçeveden ayrıldıkları gözlenmiştir. İlk belirlemelere göre, binanın yapısal çerçevesinde önemli bir hasar gözlenmemiştir.



Şekil 4.49 – Erciş Yahya Kemal Beyatlı İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

#### 4.4.2.3. Cumhuriyet İlköğretim Okulu

Erciş'te bulunan Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nun genel görünümü Şekil 4.50'de gösterilmiştir. Okul binası sadece dışarıdan incelenmiş ve binanın bazı bölümlerindeki tuğla duvarların betonarme çerçeveden ayrıldıkları gözlenmiştir. İlk belirlemelere göre, binanın yapısal çerçevesinde önemli bir hasar gözlenmemiştir.



Şekil 4.50 – Erciş Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

#### 4.4.2.4. İMKB Ticaret Meslek Lisesi

Erciş'te bulunan İMKB Ticaret Meslek Lisesi'nin genel görünümü ve bazı duvarlarındaki çatlaklar Şekil 4.51'de gösterilmiştir. Okul binası hem içten hem de dıştan incelenmiş ve binanın bazı bölümlerindeki tuğla duvarların betonarme çerçeveden ayrıldıkları ve bazı tuğla duvarların da çapraz çatlaklardan hasar gördüğü gözlenmiştir. İlk belirlemelere göre, binanın yapısal çerçevesinde önemli bir hasar gözlenmemiştir.



Şekil 4.51 – Erciş İMKB Ticaret Meslek Lisesi'nin genel görünümü ve bazı duvarlarındaki çatlaklar

#### 4.4.2.5. 75. Yıl Kız Yatılı İlköğretim Bölge Okulu

Erciş'te bulunan 75. Yıl Kız Yatılı İlköğretim Bölge Okulu'nun genel görünümü Şekil 4.52'de gösterilmiştir. Okul binası sadece dışarıdan incelenmiş ve ufak çatlaklar dışında bir hasar gözlenmemiştir.



Şekil 4.52 – Erciş'nun 75. Yıl Kız Yatılı İlköğretim Bölge Okulu'nun genel görünümü

#### 4.4.3. Köy Okulları

##### 4.4.3.1. Tevekli İlköğretim Okulu

Van Merkez'e 22 km uzaklıktaki Tevekli Köyü'nde bulunan ancak birkaç senedir kullanılmayan okul binasının genel görünümü Şekil 4.53'te gösterilmiştir. Çatı çevresinde betonarme hatilla güçlendirilmiş yığma taş bir yapı olan okul binası sadece dışarıdan incelenmiş ve belirgin bir hasar gözlenmemiştir.



Şekil 4.53 – Tevekli İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

##### 4.4.3.2. Topaktaş İlköğretim Okulu

Van Merkez'e 17 km uzaklıktaki Topaktaş Köyü'nde bulunan okul binasının genel görünümü Şekil 4.54'te gösterilmiştir. Çatı çevresinde betonarme hatilla güçlendirilmiş yığma taş bir

yapı olan okul binası sadece dışarıdan incelenmiş ve ufak çatlaklar dışında bir hasar gözlenmemiştir.



Şekil 4.54 – Topaktaş İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

#### 4.4.3.3. Arısu İlköğretim Okulu

Van Merkez'e 20 km uzaklıktaki Arısu Köyü'nde bulunan okul binasının genel görünümü Şekil 4.55'te gösterilmiştir. Çatı çevresinde betonarme hatilla güçlendirilmiş yığma taş bir yapı olan okul binası sadece dışarıdan incelenmiş ve belirgin bir hasar gözlenmemiştir.



Şekil 4.55 – Arısu İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

#### 4.4.3.4. Dibekdüzü İlköğretim Okulu

Van Merkez'e 23 km uzaklıktaki Dibekdüzü Köyü'nde bulunan okul binasının genel görünümü Şekil 4.56'da gösterilmiştir. Çatı çevresinde betonarme hatilla güçlendirilmiş yığma taş bir yapı olan okul binası sadece dışarıdan incelenmiş ve yığma taş olan bazı bölümlerin taşlarının Şekil 4.57'de görüldüğü gibi döküldüğü gözlenmiştir. Yığma taşları çimento-kumdan oluşan bir harç ile birbirine bağlanmıştır ancak bu harçın kalitesi elle parçalanabilecek kadar kötüdür.



Şekil 4.56 – Dibekdüzü İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.57 – Dibekdüzü İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

#### 4.4.3.5. Mollakasım İlköğretim Okulu

Van Merkez'e 35 km uzaklıktaki Mollakasım Köyü'nde bulunan okul binasının genel görünümü Şekil 4.58'de gösterilmiştir. Çatı çevresinde betonarme hatilla güçlendirilmiş kerpiç bir yapı olan okul binası sadece dışarıdan incelenmiş ve binanın duvarlarının büyük bir kısmının yıkıldığı, yıkılmayan duvarların da ağır hasar gördüğü gözlenmiştir (Şekil 4.59).



Şekil 4.58 – Mollakasım İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.59 – Mollakasım İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

#### 4.4.3.6. Alaköy İlköğretim Okulu

Van Merkez'e 30 km uzaklıktaki Alaköy'de iki adet betonarme ve bir adet yığma taş olan üç adet okul binası bulunmaktadır. Çatı çevresinde betonarme hatilla güçlendirilmiş yığma taş okul binası Şekil 4.60 ve Şekil 4.61'de gösterildiği gibi tamamen çökmüştür. Bu binanın hatıllarında bulunan etriyelerin aralığı 80 cm ila 100 cm arasında değiştiği gözlenmiştir. Betonarme okul binasının (Şehit Çetin Aysan İlköğretim Okulu) genel görünümü Şekil 4.62'de gösterilmiştir. Bu bina hem içten hem de dıştan incelenmiş ve binanın bazı bölümlerindeki tuğla duvarların betonarme çerçeveden ayrıldıkları (Şekil 4.63) ve bazı tuğla duvarların da çapraz çatlaklardan hasar gördüğü gözlenmiştir.



Şekil 4.60 – Alaköy İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.61 – Alaköy İlköğretim Okulu'nun genel görünümü





Şekil 4.62 – Alaköy İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.63 – Alaköy İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

#### 4.4.3.7. Göllü İlköğretim Okulu

Van Merkez'e 30 km uzaklıktaki Göllü Köyü'nde bulunan okul binasının genel görünümü Şekil 4.64 ve Şekil 4.65'te gösterilmiştir. Çatı çevresinde betonarme hatilla güçlendirilmiş yığma taş bir yapı olan okul binası sadece dışarıdan incelenmiş ve binanın duvarlarının büyük bir kısmının yıkıldığı, yıkılmayan duvarların da ağır hasar gördüğü gözlenmiştir. Tamamen

yıkılan duvarların bulunduğu yapının, okulu büyütmek için sonradan diğer binaya ek olarak yapılan bölümde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.66).



Şekil 4.64 – Göllü İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.65 – Göllü İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.66 – Göllü İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

4.4.3.8. Güveçli İlköğretim Okulu

Van Merkez'e 26 km uzaklıktaki Güveçli Köyü'nde bulunan ancak birkaç senedir kullanılmayan okul binasının genel görünümü Şekil 4.67 ve Şekil 4.68'de gösterilmiştir. Çatı çevresinde betonarme hatilla güçlendirilmiş yığma taş bir yapı olan okul binasının çatısındaki alınlıklar, iki tarafta da yıkılmıştır. Şu anda kullanılmakta olan betonarme okul binasının genel görünümü Şekil 4.69 ve Şekil 4.70'de gösterilmiştir. Bu okul binası hem içten hem de dıştan incelenmiş ve belirgin bir hasar gözlenmemiştir.



Şekil 4.67 – Güveçli İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.68 – Güveçli İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.69 – Güveçli İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.70 – Güveçli İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

#### 4.4.3.9. Gedikbulak İlköğretim Okulu

Van Merkez'e 48 km uzaklıktaki Gedikbulak'ta bir adet betonarme ve bir adet yığma taş olan iki ilköğretim okul binası bulunmaktadır. Bu iki okul binasının genel görünümü Şekil 4.71'de

gösterilmiştir. Betonarme okul binası tamamen yıkılmış (Şekil 4.72, Şekil 4.73 ve Şekil 4.74), yığma taş okul binası ise hiç hasar almadan depremi atlattır. Betonarme okul binasında iki adet uzun yönde ve iki adet de kısa yönde olmak üzere toplam dört adet perde duvar bulunmaktadır. Kullanılan donatı nervürsüz olup, beton kalitesi elle parçalanabilecek kadar düşüktür (Şekil 4.75). Binanın boyutları göz önüne alındığında, mevcut perde duvarlar ile bu binanın bu depremde hiç hasar görmemesi gerekmektedir. Ancak binanın uzun yönde olan perde duvarları Şekil 4.73'te gösterildiği gibi rijitliğin zayıf olduğu ekseninde eğilmiştir. Bölgeye giden ekibimiz bu binanın yıkılma nedenini detaylı olarak inceleme fırsatı bulmuş ve yıkılmaya neden olarak binanın kısa yöndeki perde duvarlarının deprem esnasında görevini yerine getirmediği kanaatine varmıştır. Kısa yönde bulunan perde duvarların detaylı incelenmesinden sonra temelinden ayrıldığı belirlenmiştir (Şekil 4.76). Temel perde birleşiminde bulunan donatı filizlerinin deprem sırasında perde betonundan sıyrıldığı gözlenmiştir. Donatı sıyrılmamasından dolayı, perde duvar temelden ayrılmış ve rijitliğini kaybetmiştir. Bu da binanın yıkılmasına neden olmuştur. Donatı sıyrılmasının nedeni olarak kullanılan betonun kalitesi, nervürsüz donatı kullanılması ve gerekli aderansı sağlayacak kenetlenme boyu sağlanmaması gösterilebilir. Binada bulunan donatı sıyrılmaları sadece temelde değil diğer birçok bölgede de meydana gelmiştir. Donatının sıyrıldığı bir beton parçası Şekil 4.75'te gösterilmiştir. Bu binada ayrıca Şekil 4.77'de gösterildiği gibi boyuna donatıların arasında yeterli aralığın olmaması (ki donatının aderansını azaltır), etriyelerin sonlarının betonun içine  $135^\circ$  bükülmemesi (deprem etriyesi) ve kolon-kirişlerin sonlarında etriye sıklaştırılmasının yapılmaması gibi hatalar da gözlenmiştir.



Şekil 4.71 – Gedikbulak İlköğretim Okulları'nın genel görünümü



Şekil 4.72 – Gedikbulak İlköğretim Okulu'nun genel görünümü (ön taraf)



Şekil 4.73 – Gedikbulak İlköğretim Okulu'nun genel görünümü



Şekil 4.74 – Gedikbulak İlköğretim Okulu'nun genel görünümü (arka taraf)



Şekil 4.75 – Gedikbulak İlköğretim Okulu'nun kullanılan betonun kalitesi



Şekil 4.76 – Gedikbulak İlköğretim Okulu'nun kısa yöndeki perde duvarları



#### 4.4.3.10. Canik İlköğretim Okulu

Van Merkez'e 47 km uzaklıktaki Canik İlköğretim Okulu binasının genel görünümü Şekil 4.78'de gösterilmiştir. Betonarme okul binası sadece dıştan incelenmiş ve belirgin bir hasar gözlenmemiştir.



Şekil 4.78– Canik İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

#### 4.4.3.11. Tabanlı İlköğretim Okulu

Van Merkez'e 35 km uzaklıktaki Tabanlı Köyü'nde bulunan okul binasının genel görünümü Şekil 4.79'da gösterilmiştir. Çatı çevresinde betonarme hatilla güçlendirilmiş yığma taş bir yapı olan okul binası sadece dıştan incelenmiş ve belirgin bir hasar gözlenmemiştir.



Şekil 4.79 – Tabanlı İlköğretim Okulu'nun genel görünümü

### 4.5. CAMİLER VE KİLİSELER

#### 4.5.1. Camiler

##### 4.5.1.1. Erciş Van Yolu

Erciş'te bulunan Van Yolu Camisi'nin iki minaresinin de üst tarafı Şekil 4.80'de gösterildiği gibi yıkılmış ve yıkılan minare parçaları Şekil 4.81'de gösterildiği gibi caminin abdesthanesinin üzerine düşmüştür.





Şekil 4.80 – Erciş Van Yolu Camisi'nin genel görünümü



Şekil 4.81 – Erciş Van Yolu Camisi'nin yıkılan minaresi

#### 4.5.1.2. Erciş

Erciş'te bulunan Erciş Camisi'nin bir minaresi Şekil 4.82'de gösterildiği gibi yıkılmış, diğer minaresi ise ağır hasar görmüştür. Ayrıca caminin duvarlarında Şekil 4.83'te gösterildiği gibi çapraz çatlaklar oluşmuş ve kolonları ağır hasar görmüştür.



Şekil 4.82 – Erciş Camisi'nin genel görünümü



Şekil 4.83 – Erciş Camisi'nin duvarlarındaki çapraz çatlaklar

#### 4.5.1.3. Alaköy

Alaköy'de bulunan Alaköy Camisi'nin minaresinin üst tarafı Şekil 4.84'te gösterildiği gibi yıkılmıştır.



Şekil 4.84 – Alaköy Camisi'nin genel görünümü

#### 4.5.1.4. Göllü Köyü

Göllü Köyü'nde bulunan caminin duvarlarında Şekil 4.85'de gösterildiği gibi ağır hasar meydana gelmiştir.



Şekil 4.85 – Göllü Köyü Camisi'nin genel görünümü

#### 4.5.1.5. Gedikbulak Köyü

Gedikbulak Köyü'nde bulunan caminin minaresinin üst tarafı yıkılmış, minare ağır hasar görmüş ve cami kısmı Şekil 4.86'da gösterildiği gibi tamamen yıkılmıştır.



Şekil 4.86 – Gedikbulak Köyü Camisi'nin genel görünümü

#### 4.5.2. Kiliseler

##### 4.5.2.1. Akdamar

915-921 yılları arasında yapılmış Akdamar Kilisesi'nin genel görünümü Şekil 4.87'de gösterilmiştir. Kilisede deprem sırasında sadece çan kulesinin kolonlarından bir tanesinde çatlak oluşmuştur (Şekil 4.88).



Şekil 4.87 – Akdamar Kilisesi'nin genel görünümü



Şekil 4.88 – Akdamar Kilisesi'nin çatlayan çam kulesi kolonu görünümü

## 5. SONUÇLAR

Ülkemiz toprakları üzerinde daha önceden gerçekleşmiş depremlerin yarattığı etkilerin benzeri 23 Ekim 2011 Van depreminde de tekrarlanmış ve mühendislik görmemiş yapıların yanısıra mühendislik hizmeti almış olması gereken yapıların bazıları da depremden ağır şekilde etkilenmiştir. Yapılarda oluşan hasarlar tasarım ve uygulama kaynaklı olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Tasarımdan kaynaklanan hataların sebebinin yetersiz teknik bilgi düzeyi olduğu düşünülmektedir. Uygulama kaynaklı hatalar ise teknik bilgi eksikliğinin yanısıra malzeme seçimi ve işçiliğe özen göstermeme sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Van-Muradiye istasyonu KG doğrultusunda alınan kayıtlar kullanılarak elde edilen spektrumların 2007 tarihli Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te farklı zemin sınıfları için tanımlanan tasarım spektrumları ile karşılaştırılması sonucunda yükseltgenme değerlerinin, yönetmelikte belirtilen en yüksek yükseltgenme değeri olan 2.5'in üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bu değer, %2'lik sönümleme için 5.3, %5'lik sönümleme için 3.6 ve %10'luk sönümleme için 2.6 olarak hesaplanmıştır.

Betonarme yapılarda kullanılan malzeme ile ilgili sorunların başında uygun olmayan agrega kullanılmasından dolayı ortaya çıkan kalitesiz beton gelmektedir. İnşaatlarda hazır beton yerine, yuvarlak yüzeyle ve gradasyonu düzgün olmayan agrega kullanılarak şantiyede yapılmış beton kullanılması çok yaygın bir problemdir. Bu şekilde hazırlanmış kalitesiz beton ile kötü işçilik birleştiğinde betonu düzgün yerleştirilememiş kiriş, kolon ve perde elemanları ortaya çıkmaktadır. Bu kusurun, eleman üzerindeki zorlanmaların en fazla olduğu, dolayısıyla en kritik bölge olan kolonların alt uçlarında ortaya çıkması da kalitesiz malzeme ve kötü işçiliğin olumsuz etkisini daha da arttırmaktadır.

Binaların tamamına yakın bir kısmında nervürsüz demir kullanılmış olması, beton ile donatı çubukları arasında yeterli aderansın sağlanamamasına ve donatı çubuklarının elemanların içerisinden kolaylıkla sıyrılarak elemanların ve yapının hasar görmesine katkıda bulunmuştur. Bu açıdan bakıldığında, nervürsüz donatı çubuklarının yapının yatay yük taşıyıcı sistemini oluşturan elemanlarında (kiriş, kolon ve perde duvar) kullanılmasının 2007 Deprem Yönetmeliği ile yasaklanmış olması, yerinde ancak geç kalmış bir uygulama olarak değerlendirilebilir.

Yapılarda kalitesiz beton kullanılması, kötü işçilik sonucu betonun iyi yerleştirilememesi ve nervürsüz dolatı kullanılmasının binanın performansı üzerinde yaratacağı olumsuz etkileri daha da arttıran bir başka hatalı uygulama da kolon ve perde duvar elemanları içerisinde donatı bindirmelerinin zorlanmaların en fazla olduğu elemanların alt uçlarında yapılmış olmasıdır.

Betonarme elemanlarda yetersiz ve ankraji uygun yapılmamış etriyelerin kullanılmış olması da yapıların başarısız performanslar göstermelerinde pay sahibidir.

Betonarme binaların başarısız performans göstermelerinin arkasındaki tasarım kaynaklı en önemli hatalar ise perde duvar kullanılmayarak yapı sistemlerinin yalnızca çerçeve olarak seçilmesi ve bu çerçevelerin düğüm noktalarında kolonların kirişlere göre zayıf yapılmış olmasıdır. Bu durumda deprem etkileri altında hasarlar özellikle yapının alt katlarındaki kolonlar üzerinde oluşmuş ve sonucu göçmeye kadar varan stabilite problemleri ortaya çıkmıştır.

Deprem yarattığı büyük hasar göreceli olarak eski binalarda ortaya çıkmış, yeni binaların depremi genellikle sorunsuz veya az sorunlu olarak atlattığı gözlenmiştir. Bu durum, 1975 yılından başlayarak sırasıyla 1998 ve 2007 Deprem Yönetmelikleri ile getirilmiş olan tasarım ve yapım kurallarının, yapıların deprem performanslarını geliştirdiğinin somut bir örneği olarak görülebilir. Ancak unutulmamalıdır ki, yapıların başarılı deprem performansı sergileyebilmeleri için Deprem Yönetmeliklerinde tasarım ve yapım ile ilgili kuralların belirtilmiş olması yeterli olmayıp, bu kuralların tasarım ofisi ve şantiyelerdeki uygulamalarının da denetlenmesi gerekmektedir. Özellikle Kuzey Amerika'da kullanılan yönetmeliklere oldukça paralel olan 2007 Deprem Yönetmeliğinin binaların tasarımı ve yapımı ile ilgili oldukça yeterli kurallar içerdiği göz önüne alındığında, etkili bir yapı denetimi sağlanabildiği takdirde başarılı deprem performansı gösteren binalara kavuşulabilecektir. Bu kapsamda, 2011 yılının başı itibari ile yurdumuz genelinde uygulamaya geçilen "Yapı Denetim" mekanizmasında var olan yanlışlıkların da düzeltilmesi büyük önem arz etmektedir.

Bölgedeki yığma yapılar da depremden etkilenmiş, birçoğu ağır hasar görürken önemli sayıda yığma yapı da tamamen yıkılmıştır. Bugün dünyada, yapılacak olan yığma yapılar depreme dayanıklı olarak tasarlanabilmekte ve mevcut yığma yapılar da depreme dayanıklı olacak şekilde güçlendirilebilmektedir. Mevcut durumda, yığma yapı yapacak halkın bilinçlendirilmesi (eğitim, sertifikasyon, vb.) ve bir sonraki depremde bu kayıpların yaşanmaması için gereken önlemlerin (mevcut yığma yapıların güçlendirilmesi, vb.) alınması şarttır.

Son olarak, bu aşamada öncelikli olarak tamamlanması gereken çalışmanın, deprem sonucunda ortaya çıkan hafif ve orta hasarlı binaların yanısıra hasarsız binaların da detaylı deprem performans analizlerinin yapılarak, gerekli tamir ve güçlendirme çalışmalarının tamamlanması ve bu binaların tekrar kullanımının sağlanmasıdır.

## **6. TEŞEKKÜRLER**

Bölgedeki incelemelerin gerçekleştirilmesi için sağladıkları cömert destekten dolayı Atılım Üniversitesi Rektörlüğü'ne ve Mütevelli Heyeti'ne, incelemeler sırasındaki yardımlarından dolayı İnşaat Mühendisleri Odası Van Şube Başkanı Sayın Şemsettin Bakır'a, İnş. Müh. Necdet Telsaç'a, İnş. Müh. Kamuran Turgut'a ve İnş. Müh. Ercan Altunli'ye teşekkürlerimizi sunarız.



## 7. KAYNAKLAR

Agarwal, P. ve Shrikhande, M., “*Earthquake Resistant Design of Structures,*” 3. Edition, PHI Learning Pvt. Ltd., 2006, 660 s.

Arya, A. S., Boen, T. ve Ishiyama, Y., “*IAEE Guidelines for Earthquake Resistant Non-Engineered Construction,*” IAEE-UNESCO-IISE Raporu, 2010, 148 s.

Gostik, S. ve Dolinsek, B., “*Lessons learned after 1998 and 2004 earthquake in Posočje region,*” Sunuş, <http://www.resorgs.org.nz/irec2008/Presentations%201/Gostic.pdf>, 2008.

Khakimov, S., Nurtaev, B., ve Tursunov, K., “*School Earthquake Safety Program in Uzbekistan,*” Sunuş, <http://www.hyogo.uncrd.or.jp/school%20project/bangkokws/Session%204%20Khusan%20Tursunov1.pdf>, 2007.

Koçyigit, A., Yilmaz, A., Adamia, S. ve Kuloshvili, S., “*Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip faulting: Geodinamica Acta,*” Sayı 14, 2001, s. 177–195.

Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE), “*The October 23, 2011 Van, Turkey Earthquake*”, Boğaziçi Üniversitesi KRDAE Raporu, 2011.

Şaroğlu, F., Emre, M. ve Kuşçu, M., “*Türkiye Diri Fay Haritası,*” Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 1992.

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,*” T.C.Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,*” T.C.Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1998.

T.C. İmar ve İskan Bakanlığı, “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,*” T.C. İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1975.

Türk Standardları Enstitüsü, “*Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*”, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 2000.