



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

23 EKİM 2011 VAN DEPREMİ

ÖN İNCELEME RAPORU



Ahmet KIZILKANAT

(YTÜ İnş. Fak. Yapı Malz. ABD)

Ali KOÇAK

(YTÜ İnş. Fak. Yapı ABD)

Ali COŞAR

(YTÜ İnş. Fak. Hidrolik ABD)

Deniz GÜNEY

(YTÜ Mimarlık Fak. Yapı ABD)

Murat E. SELÇUK –Mustafa YILDIRIM

(YTÜ İnş. Fak. Zemin Mekaniği ABD)

YTÜ © 2011

İÇİNDEKİLER

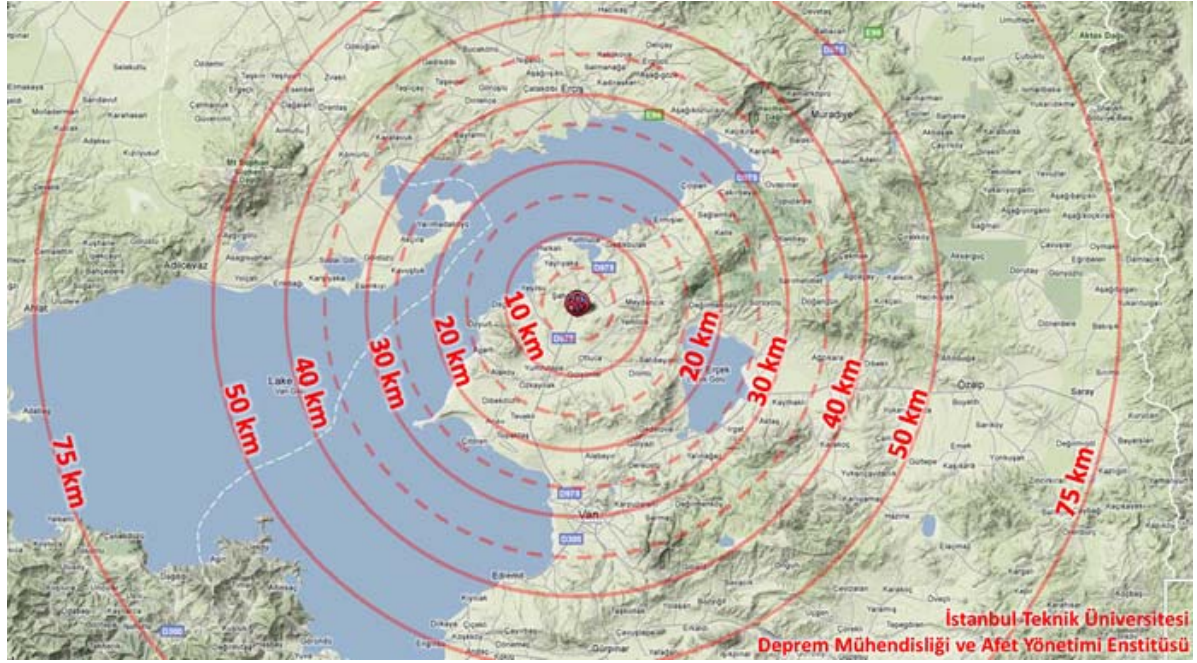
	Sayfa
1. GİRİŞ.....	3
2. BÖLGENİN SİSMİK ÖZELLİKLERİ VE SON DEPREMLER.....	5
2.1 Van ve Çevresindeki Tektonik Yapı	5
2.2 Van Depreminin Jeolojik Açıdan Yorumlanması.....	7
2.3 Van Depreminin Tektonik ve Depremsellik Açısından Değerlendirilmesi	9
3. VAN DEPREMİ TİTREŞİM KARAKTERİSTİKLERİ VE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ.....	16
3.1. Deprem İvmesinin Karakteristikleri	17
3.2. Tepki Spektrumları.....	21
3.3. Azalım İlişkisi	23
3.4. Zemin Problemleri ve Temel Sistemleri.....	24
4. BÖLGEDE YAPILAN İNCELEME VE DEĞERLENDİRMELER	26
4.1 Zemin İncelemesi	26
4.2 Malzeme İncelemesi	28
4.3 Yapısal İncelemeler	32
4.4 Kırsalda Yapılan Yapısal İncelemeler	47
4.4. Alt Yapı İncelemesi.....	50
6. DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER	56
TEŞEKKÜRLER.....	61
KAYNAKLAR.....	61

1. GİRİŞ

23 Ekim 2011 tarihinde, saat 13:41:21'de, $M_w=7.2$ büyüklüğünde Tabanlı – Van merkezli deprem meydana gelmiştir. Depremin aletsel büyüklüğü T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Başkanlığı – Deprem Dairesi Başkanlığı (DDB) tarafından $M_L=6.7$ olarak kamuoyuna duyurulmuştur. Depremin büyüklüğü Boğaziçi Üniversitesi – Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından $M_L=6.6$, $M_w=7.2$; United States Geological Survey (USGS) tarafından $M_w=7.2$; European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC) tarafından da $M_w=7.3$ değerlerinde, Postdam Sismoloji Merkezi, Almanya (GEOFON) tarafından $M_w=7.1$, İsviçre Sismoloji Servis (SED)da $M_w=7.3$ tanımlanmaktadır. Van depremine ait özet bilgiler aşağıdaki Tablo 1.1'de sunulmaktadır. Depremin oluşumunu takiben YTÜ bünyesindeki eğitimli arama kurtarma elemanları bölgeye intikal etmiştir. YTÜ tarafından belirlenen alanlarında uzman olan akademisyenlerimiz (Doç. Dr. Ali Koçak, Yrd. Doç. Dr. Deniz Güney, Yrd. Doç. Dr. Ali Coşar, Dr. Ahmet Kızıllanat ve İnş. Yük. Müh. Murat E. Selçuk) depremden kısa bir süre sonra bölgeye ulaşarak inceleme ve araştırma çalışmalarına başlamış ve dört gün boyunca il, ilçe ve köylerde detaylı bir inceleme araştırma çalışması yapmıştır. Yapılan çalışmalar Yrd. Doç. Dr. Deniz Güney editörlüğünde birleştirilerek 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen Van depremi raporu hazırlanmıştır.

Tablo 1.1: 23 Ekim 2011 Van Depremi Genel Bilgileri (AFAD)

M_w	M_l	Derinlik [km]	Koordinatlar	Kurum
	6.7	19.02	38.68 K 43.47 D	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)
7.2	6.6	5	38.758 K 43.360 D	Kandilli Rasathanesi (KOREI)
7.2		20	38.628 K 43.486 D	A.B.D Jeoloji Servisi (USGS)
7.3		10	38.86 K 43.48 D	Avrupa-Akdeniz Sismoloji Merkezi (EMSC)
7.1		15	38.67 K 43.58 D	Postdam Sismoloji Merkezi, Almanya (GEOFON)
7.3		10	38.86 K 43.48 D	İsviçre Sismoloji Servis (SED)



Şekil 1.1. Episantr uzaklıkları (Topograif harita kaynağı: Google Maps)

Şekil 1.1’de episantr uzaklıkları verilmiştir. Bu haritaya göre Van ili ve Erciş ilçesi depremin merkezinden 30km uzaklıkta bulunmaktadır.

Tablo 1.2’de depremde can kaybı, yaralı sayıları ile çöken bina sayılarının olduğu tablo görülmektedir. Bu tablo zaman ilerledikçe verilerin değişmesine bağlı olarak değişecektir, son durum değildir.

Tablo 1.2: Depremde can kaybı, yaralı ve hasarlı bina sayıları

Yer	Can kaybı	Yaralı	Çöken bina
Merkez, Van	100	350	10
Erciş, Van	351	750	100
Diğer	150	201	2197
Toplam	601	1301	2307



Şekil 1.2. Van ve köylerinde 5 ve üzeri büyüklüklü depremlerin merkezleri ile gösterildiği harita

Şekil 1.2’de Van ve Erciş arasında köylerin lokasyonları ile dört ve üzeri artçı depremlerin gerçekleştiği merkez noktalarının haritası verilmiştir. Depremde son verilere göre can kaybı 601 olarak gerçekleşmiştir. Hala kayıp ve haber alınamayan kimselerin olduğu ve bu kimseleri arama çalışmalarının devam ettiği bilinmektedir. Ayrıca bölge halkının geçimini sağladığı çok sayıda evcil hayvan da telef olmuştur. Depremi en ağır hasarı verdiği Erciş genelinde yapılan incelemelerde 14.557 hanenin incelendiği, bunlardan 5.497 hanenin ağır hasarlı, 9.060 hanenin az hasarlı olduğu bildirilmiştir (Anadolu Ajansı, Ntvmsnbc).

2. BÖLGENİN SİSMİK ÖZELLİKLERİ VE SON DEPREMLER

2.1 Van ve Çevresindeki Tektonik Yapı

Van ili’nin “Jeolojik Yapısı ve Haritası” Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Doğu Anadolu Van Bölge Müdürlüğü Jeoloji Mühendisleri tarafından yapılmıştır. MTA tarafından hazırlanan Van İli Jeolojisi, Jeoloji Haritası ve Lejand’ı, Şekil 2.2’de verilmektedir:

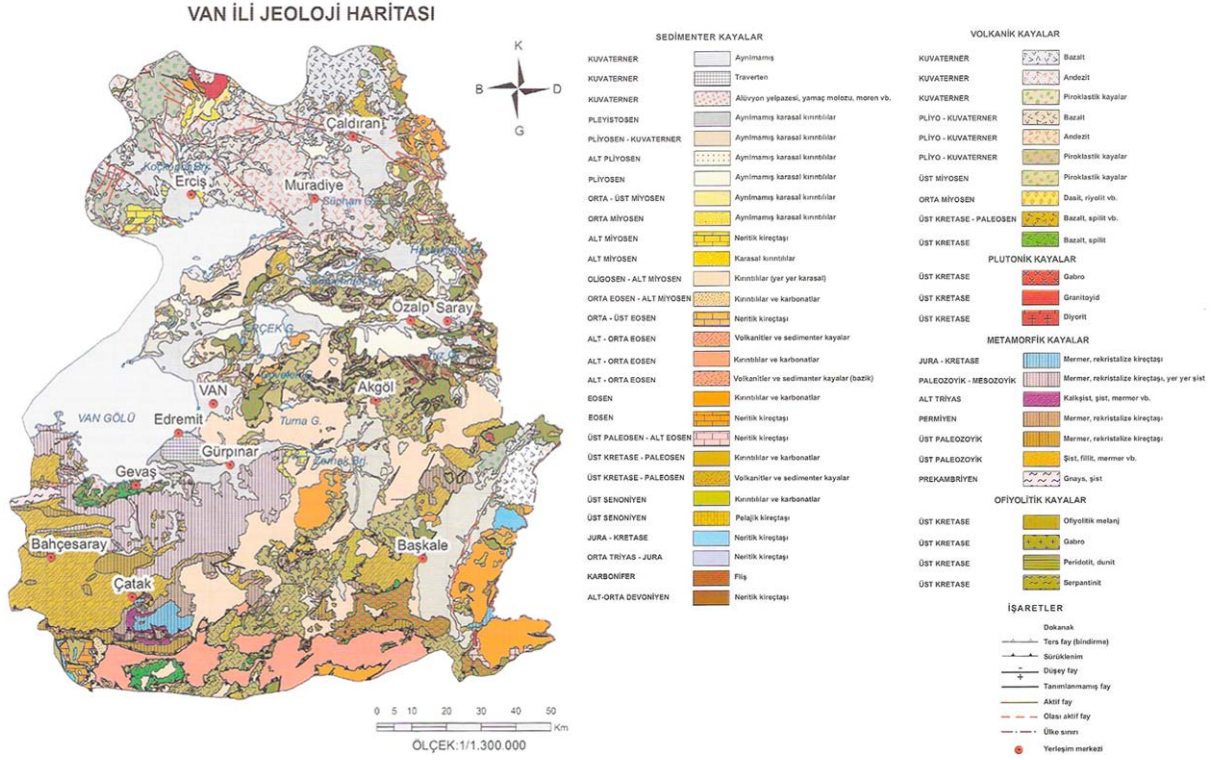
Van ili’nin en yaşlı birimleri Bitlis Metamorfikleri ile doğuda yüzeylenen Tepedam

metamorfitleti'dir. Bu litolojik birimler permiyen öncesi yaşta düşünölmektedir. Bu birim denizaltı volkanitleri ile ara katkılı çökel kayaçlardan oluşmuştur. Karbonifer - Permiyende ince taneli kırıntılar ve karbonatlar çökelmiştir. Permiyen yaşlı karbonatlar üzerine açısız uyumsuzlukla Triyas yaşlı kırıntılı kayaçlar gelmektedir. Paleozoyik ve Mesozoyikte gelişen uyumsuzluklar, volkanizmalar ve magmatik olaylar, Tepedam metamorfitleti ile birlikte diğeri Mesozoyik yaşlı formasyonlar, (Yamanyurt Formasyonu ve Kurbağapınar Formasyonu gibi) Kaledoniyen orojenezinden etkilenmiştir.Üst Kretase-Paleosen – Eosen'deki yoğun volkanizma kıtasal kabuk ve kıta kenarlarında gelişmiştir.

Üst Paleosen – Alt Eosen yaşlı Aktaş Kireçtaşları, tabanda çakıltaşları ile başlar, üste doğru derin deniz çökellerine geçer. Alt-Orta-Üst Eosen yaşlı (Eşengöl Flişi) tabanda çakıltaşları, üst kesimlerde silttaşı- kumtaşı – kıltaşı ardalanmasından oluşur. Oligosen-Miyosen yaşlı Yücelendere Formasyonu kırıntılılar ile; Alt Miyosen yaşlı Van Formasyonu, kumtaşı marn-kireçtaşı ile; Pliyosen yaşlı Saray ve Vangölü Formasyonları ise çakıltaşı-kıltaşı-seviyeleri ile temsil edilir.

Alt Miyosen sonunda Doğı Anadolu penneplen morfolojisi kazanmıştır. Orta Miyosen döneminde bölge sıkışınca, kıvrımlanmalar başlamış, yükselmeler oluşmuştur. Yükselmeler nedeniyle deniz çekilmeye başlamıştır. Üst Miyosen'de deniz bölgeden tamamen çekilmiştir. Üst Miyosen sonuna doğru bölgede geniş alanlar kaplayan göller oluşmuş ve göllerin çökelleri arasına Aladağ, Esrük, Pirreşit ve Kösedag volkanları malzeme vermiştir. Bu yanardağlar büyük havzaları bölmeye başlamıştır.

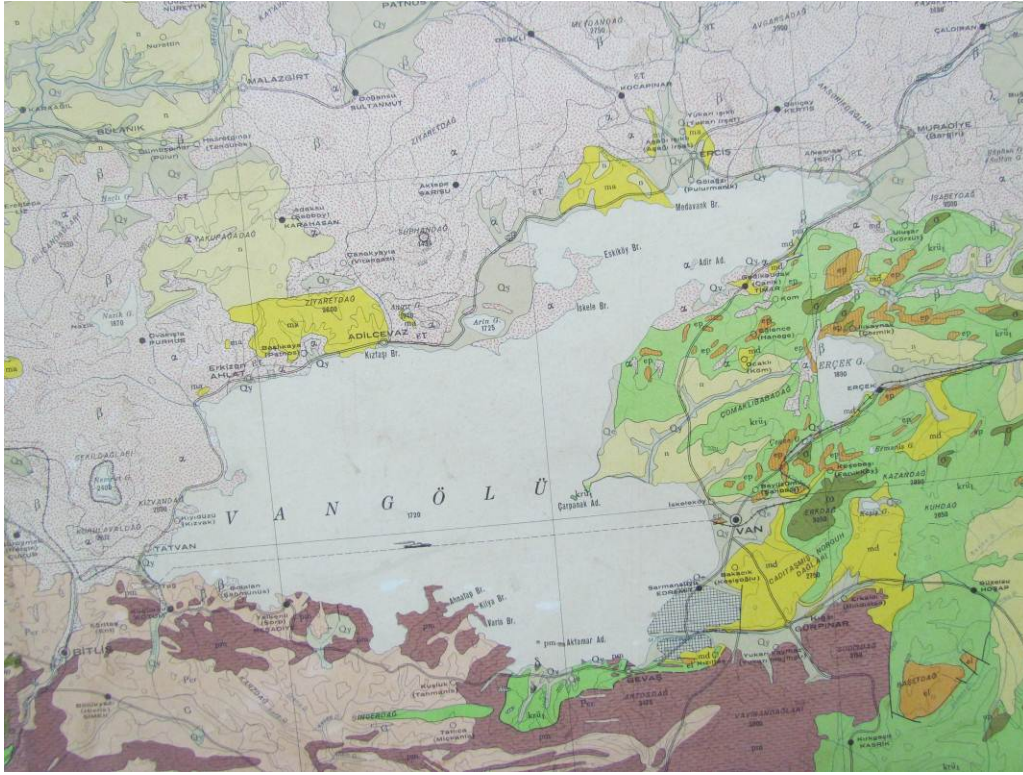
Esrük Dağı Çaldıran ve Muradiye havzaları, Van-Erciş havzalarından ayrılmıştır. Orta Pliyosen sonunda, doğrultu atımlı faylar bölgeye egemen olmuştur. Kuvaterner başında Süphan ve Tendürek yanardağları oluşmuştur.



Şekil 2.1. VAN ve Çevresinin Genel Jeoloji Haritası (MTA) ve Lejandı

2.2 Van Depreminin Jeolojik Açıdan Yorumlanması

23 Ekim 2011 Pazar günü saat 13.40'da, odak derinliği 20 km olan, $M = 7.2$ büyüklüğünde merkez üssü Van-Tabanlı Köyü olan bir deprem meydana gelmiştir. 601 can kaybının yaşandığı depremin replikleri ise devam etmektedir. Tabanlı Köyü kuzeyinde Erciş'ten güneyinde yer alan Van İli ve çevresi şiddeti IX büyüklüğündeki bu depremden etkilenmiş, can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Van Gölü ve çevresinin Genel Jeoloji Haritası Şekil 2.2'de deprem sonrasında oluşan artçı depremlerin yerleri Şekil 2.3'de verilmiştir.



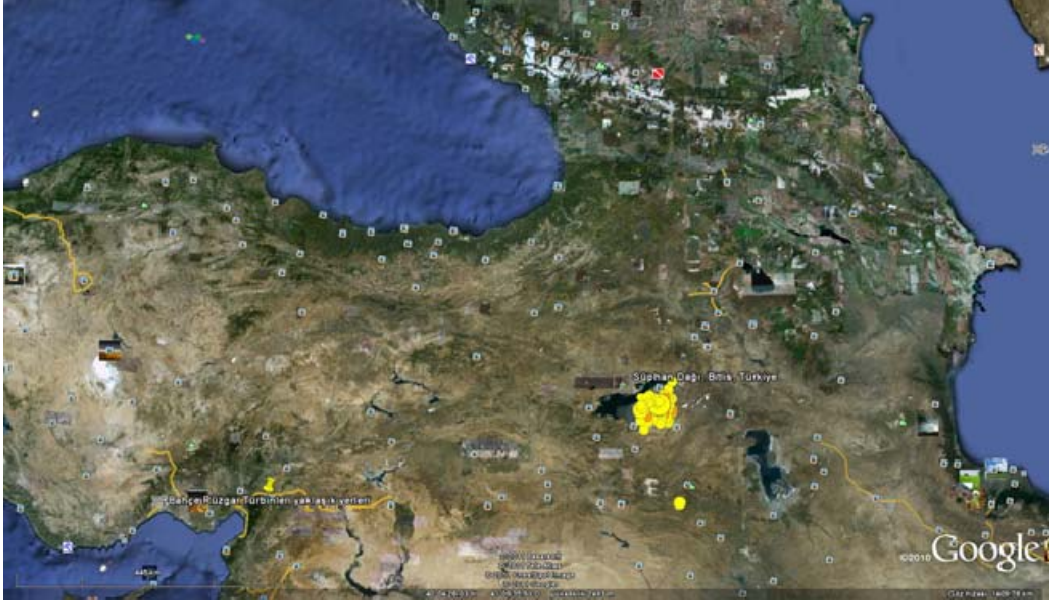
Şekil 2.2. Van Gölü ve çevresinin Genel Jeoloji Haritası



Şekil 2.3. 23 Ekim 2011 Van Tabanlı Köyü Depremi Merkez Üssü ile 29 Ekim 2011 tarihine kadar oluşan artçı depremlerin yerleri

Tabanlı Köyü merkez üslü Van Depremi'nin ardından, 27 Ekim 2011 Perşembe günü Van İli güneyinde Hakkari İli, Çukurca İlçesi'nde merkez üssü Dilekli Köyü'nde, odak derinliği 17.50 km olan 5.2 büyüklüğünde ikinci bir deprem meydana gelmiştir. Ancak Şekil 2.4'de gösterilen

bu deprem can ve mal kaybına neden olmamıştır.



Şekil 2.4. Hakkâri Çukurca-Dilekli Köyü Depremi. $M= 5.2$

Van ve Hakkâri yöresi Jeolojik açıdan çok değişik formasyonların ve sıkça bir arada bulunduğu yörede yer almaktadır. Denizden yüksekliği 1646m olan Van Gölü'nün batısında Süphan ve Nemrut Dağı gibi şu an sönmüş, ancak günümüzde henüz faaliyetleri sona ermemiş bu volkanlar, birkaç yüzbin sene önce en aktif oldukları dönemde, soğuyup katılaştıklarında set görevi görerek bugünkü Van Gölü'nün oluşumunda etken olmuşlardır. Bu volkanların Ağrı Dağı volkanları da dahil olmak üzere aktiflikleri yüzyılı aşkın bir süre öncesine kadar korumaları nedeniyle, günümüzde de bölgedeki jeolojik yapı ve tektonik aktiviteye bağlı olarak harekete geçebileceklerinin de ihtimal dahilinde olduğu düşünülmelidir.

2.3 Van Depreminin Tektonik ve Depremsellik Açısından Değerlendirilmesi

Güneydoğu ve Doğu Anadolu Bölgesini oluşturan hemen hemen çoğu iller, her zaman büyük depremlerin oluşabileceği alanlardır. Bunların başında Van, Bingöl, Muş, Hakkari, veya Erzincan gibi çok geniş bir coğrafyaya dağılmış iller yer almaktadır.

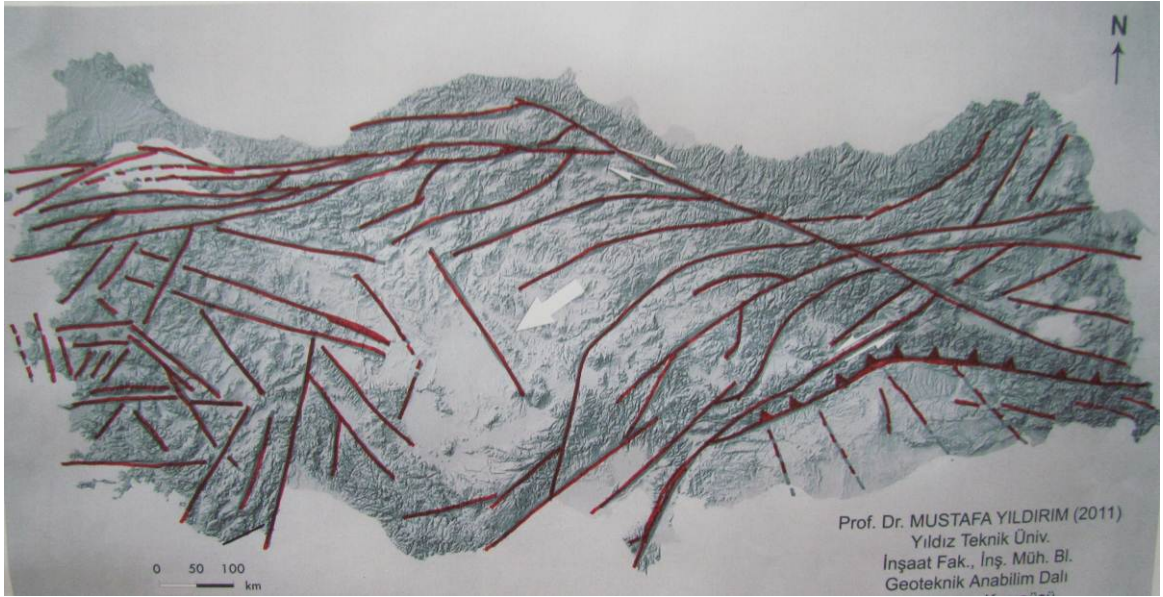
Türkiye'de gerek bu iller, gerekse Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayları, "Yanal Atımlı Faylar" olmaları nedeniyle en çok tahribata ve kayıplara neden olacak ölçüde, yani yıkıcı niteliktedirler. Yıkıcı nitelik taşıyan ve her zaman değişken zaman aralıklarında sık sık kırılıp yanal ve/veya düşey yönde aniden kırıldıklarında depreme neden olduklarından bu tür faylar "Aktif Faylar" olarak adlandırılırlar. Günümüzde 1992 yılından beri MTA tarafından

hazırlanmış resmi olarak kabul gören aktif faylar ve geçtikleri güzergâhlara bakıldığında, Şekil 2.5’de harita üzerinde gösterilen bu aktif fayların eksik olduğu ya da henüz tamamlanmadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 2.5. Maden Tetkik Arama Enstitüsü’ne ait (MTA) günümüzde de geçerli ve yeterli kabul edilen Türkiye Aktif (Diri) Fay Haritası (1992) Harita üzerindeki kırmızı çizgiler Aktif (Diri) Faylar’ı göstermektedir.

Tektonik açıdan Türkiye’nin plaka hareketleri nedeniyle sıkışmasına bağlı olarak oluşan yanal veya düşey atımlı aktif fayların yer aldığı yeni bir tavsiye edilen “Aktif Fay Haritası”, Şekil 2.5’de verilmektedir. Mart 2011 tarihinde tüm aktif faylar dikkate alınarak ve son şekli verilerek, Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM tarafından 25 Mart 2011 tarihinde tartışmaya açılmıştır.



Şekil 2.6. Türkiye Aktif (Diri) Fay Haritası (Yıldırım, 2011)

a) Günümüze kadar Van İli yakın civarında aktif bir fay ya da fay zone yer almadığı Şekil 2.5’de öngörüldüğü halde Şekil 2.6’da Tabanlı Köyü’nden geçen aktif bir fay zoneunun Mart 2011 tarihi itibarıyla var olduğu görülmektedir. Yaklaşık doğu batı doğrultuya yakın bu zonda, bu hatta birleşen ya da paralel fayların ağırlıklı olarak kuzey güney sıkışması ile aşırı stres sonucu kırılarak yanal atımı olan ters fayları ve yanal yayılımlarla yarıkları oluşturduğu anlaşılmaktadır. Bölgede 7.2 lik bir deprem üreten ve hakim sıkışmanın kuzey-güney yönlü olması nedeniyle oluşan ters fayın kırılan kesimin uzunluğunun 40-50km’den çok daha fazla olma ihtimalinin yüksek olabileceği tahmin edilmektedir. Bindirme hareketinin hakim olduğu bu fayın Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun Doğu Anadolu Fayı ile kesiştiği Karlıova’nın doğu uzantısında yer almakta, ancak hakim sıkışma yönünün ilk gözlemlere göre kuzey-güney yönlü olarak gelişmiş olduğu şeklindedir.

b) Şekil 2.6’da görüldüğü üzere, yörede Van Tabanlı’dan geçen ve yaklaşık doğu-batı doğrultuda uzanan ana aktif fayın, Aktif Fay Haritası’nda Van Gölü’nün batısına doğru devamının izlenebilmesi nedeniyle, Van Gölü batısında bu hat boyunca zaman içinde tetiklenebileceği ve de Muş, Varto’ya kadar doğu-batı doğrultusu boyunca uzanan bir zon içinde yeni bir deprem oluşturabileceği ve bu hat boyunca yer alan yerleşim alanlarında yaşayan insanların depreme karşı hazırlıklı olmaları gerekmektedir.

c) Yine Şekil 2.5’de Hakkari-Çukurca’dan da aktif bir fay geçmediği varsayılmakta, Şekil 2.6’da ise, doğu-batı doğrultuda uzanan diğer bir aktif fayın varlığı bu yörede de görülmektedir.

d) Üçüncü bir yenilik olarak da Doğu Anadolu Fay Zonu’nun Şekil 2.6’da gösterildiği üzere, tek bir ana koldan değil, 4 ana koldan oluştuğudur. Şekil 2.6’da Akdeniz’e kadar uzanan ve ana kolları oluşturan bu aktif faylar yer almaktadır.

Tektonik açıdan bakıldığında Şekil 2.6’da gösterildiği üzere Türkiye’nin hemen hemen çoğu yerinde ve doğusunda aktif fayların olduğu görülmektedir. Bu fayları canlı tutan mekanizma ise; Afrika kıtasının Akdeniz içindeki uzantısının kuzeye senede ortalama 4 cm, Arap Plakası’nın (Levha) ise kuzeybatıya saat yönünün tersi istikametinde doğru cm’ler mertebesinde, ama devamlı ilerleyip sıkıştırması ile açıklanabilir. İtme yönüne bağlı olarak Türkiye’nin biçimlendiği, sıkışma ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Dağlarının oluştuğu, sıkışma ile dağların oluşarak yükseldiği, volkanların bu yörelerde daha sık meydana geldiği görülmektedir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu’da hâkim sıkışma yönü daha çok kuzey güney yönde olması, bu yörelerde yanal atımı da olması gerekli ters fayların sık sık oluşmasına neden olmaktadır. Sıkışma sonuçta, tıpkı bir kirazı iki parmak arasında sıkıştırıp çekirdeğinin sıkışma yönüne bağlı olarak kirazdan ayrılması örneğinde olduğu gibi, ayrılma yüzeyleri bir benzetme ile batıya doğru uzanan Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Faylarını oluşturmuştur. Bu faylar, tıpkı bir balık iskeleti gibi, birçok kılıcığın ana gövdeye bağlanmasına benzer şekilde, ana faylara da birçok değişik yönlerde ve atımlarda aktif fayların bağlanması şeklinde bir benzetme yapılabilir.

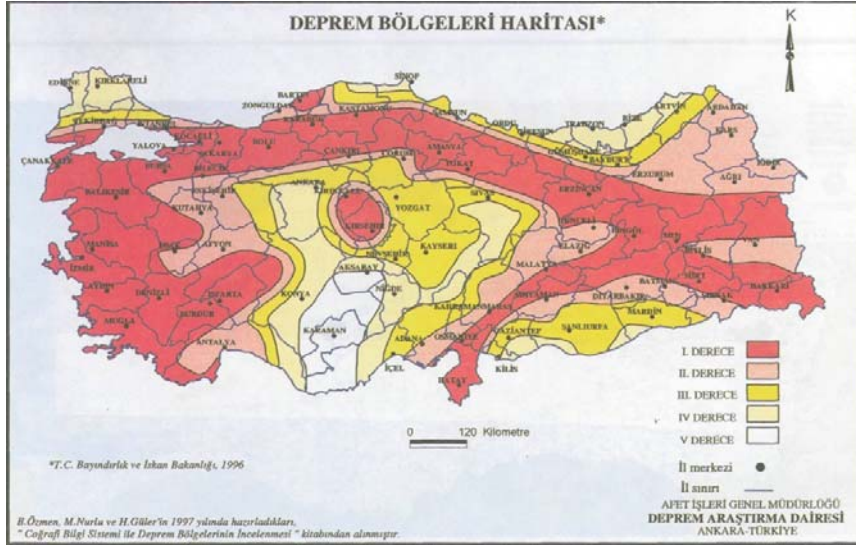
Türkiye’nin tamamında aktif olan faylar, tamamıyla Afrika Kıtası’nın kuzeye ve Arap Levha’sının kuzeybatıya hareketi ile günümüzde şekillenmekte ve şekillenmeye devam etmekte olduğudur. Bu sebepten, Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayları ile Ege Bölgesi içinde graben ve horstları oluşturmuş faylar topluca Levha hareketlerinin devam ettiği ve edeceğini göstermektedir.

Burada önemle belirtilmesi gereken diğer bir husus ise “ Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası”nın gözden geçirilmesi gerektiğidir. Zira, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası’nda “Van İli Merkez” 2. Derece Deprem Bölgesi içinde yer almaktadır. Şekil 2.6’da Önerilen Yeni Aktif Fay Haritasında görüldüğü üzere Van’ın aktif faya yakınlığı ve 23 Ekim 2011 tarihinde meydana

gelen Van Depremi'nin $M=7.2$ büyüklüğünde olması da göz önüne alındığında Van Merkez'in 1. Derece Deprem Bölgesi olarak gösterilmesi gerektiği düşünülmektedir. Diğer bir deyişle, bu büyüklükteki deprem, mevcut 1996 yılından beri geçerli olan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında, Deprem Bölgeleri'nin yeniden revize edilmesi ve Türkiye'de 1. derece deprem bölgelerinin daha geniş alanlar kaplaması gerektiğinin işaretidir.

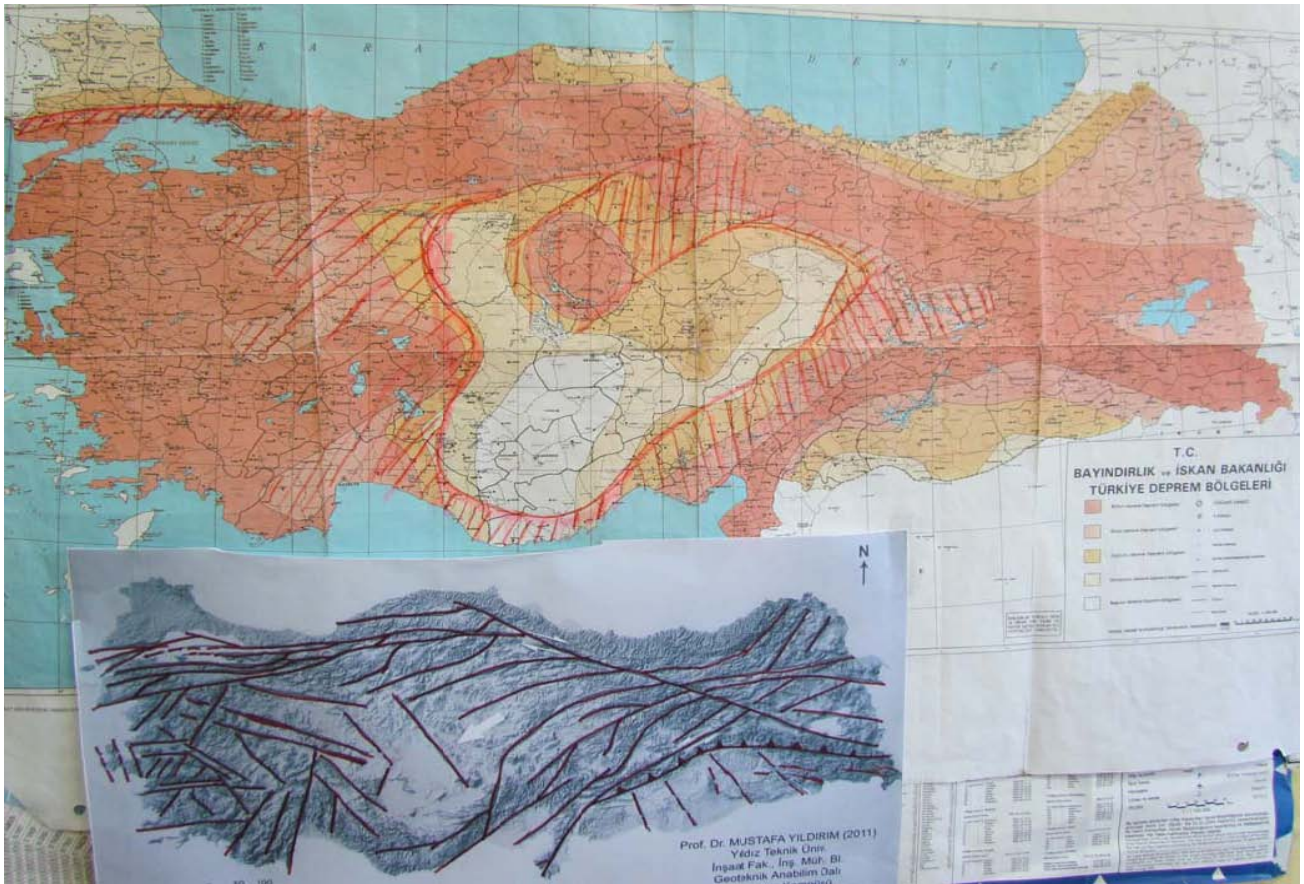
Şekil 2.7'de gösterilen, 2. veya 3, 4, hatta deprem tehlikesinin olmadığı varsayılan 5. Derece Deprem Bölgeleri mutlak surette revize edilmelidir. Örnek olarak, 1. derece deprem bölgesi içinde yer alan herhangi bir bölgede deprem esnasında, şayet bölge 4. derece deprem bölgesi olarak gösterilmiş ve binalar bu değere göre tasarlanıp inşa edilmiş ise, deprem esnasında yörenin 1. derece deprem bölgesi içinde yer alması nedeniyle yatay ivmenin 4 kat artması sonucu mevcut yapılarda ciddi sorunlar oluşması beklenmelidir. Bu durum, 1. derece deprem bölgesi içinde yer alan bir bölgede inşa edilen yapıların 2. ile 5. deprem bölgeleri arası gösterilmesi, binaların mutlak surette depreme dayanıklılığının yeniden sorgulanması gerektiğini göstermektedir. Doğru derecelenmiş bir deprem haritasında, mevcut şartnamelere göre yapılmış yapılarda ise asla herhangi bir sorun yaşanmayacak, depremin ne zaman olacağı, artçı mı öncü mü gibi soru ve verilen cevaplara da gerek kalmayacaktır.

Sadece Van ve civarı değil Türkiye'nin değişik yerlerinde de deprem bölgeleri sorunu gündeme gelmektedir. Burada dikkate alınması gerekli husus: "Deprem Bölgeleri Haritaları" hazırlanırken, sismik verilerin, sismometre ağının ve erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılması yanında mutlaka gerçek bir aktif fay haritası dikkate alınarak, aktif fay zonlarıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiğidir. Önerilen yeni deprem bölge haritası Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (1996). Haritada koyu kırmızı renkli şeritler halinde gösterilen zonlar 1. Derece Deprem Bölgelerini oluşturmaktadır.

Şekil 2.7'deki haritada koyu kırmızı renkli şeritler halinde gösterilen zonlar 1. Derece Deprem Bölgelerini oluşturmaktadır. Harita revize edildiği ve altta yer alan güncel yeni aktif diri fay haritası da dikkate alındığında 2., 3., 4. ve kısmen de 5. Derece Deprem bölgeleri olarak gösterilen kesimlerin yukarıdaki harita üzerine taranmış kesimlerin de 1. derece deprem bölgesi içinde yer alacağı görülecektir.



17 Ağustos 1999 tarihinde Mw=7.5 büyüklüğünde meydana gelen Marmara (Gölcük) depreminden birkaç ay sonra Gölcük'ün doğusunda Mw=7.2 büyüklüğünde 12 Kasım 1999 yılında meydana gelen deprem de göz önüne alındığında, Van ili kuzeyinde merkez üssü Tabanlı Köyü civarında oluşan depremin ardından Van Gölü'nün batısında aktif fayların harekete geçebileceği düşünülmelidir. Şekil 2.6'da gösterildiği üzere, "Aktif Fay Haritası"nda Tabanlı'dan Van Gölü batısına uzanan aktif fayın, Van Depremi etkisiyle Varto-Karlıova-Erzincan doğrultusu boyunca da tetiklenip depreme neden olabileceği ve bu yörelerde yer alan yerleşim alanlarında deprem öncesi tedbirlerin eksiksiz yerine getirilmesi hususunun dikkate alınması gerekmektedir.

3. VAN DEPREMİ TİTREŞİM KARAKTERİSTİKLERİ VE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

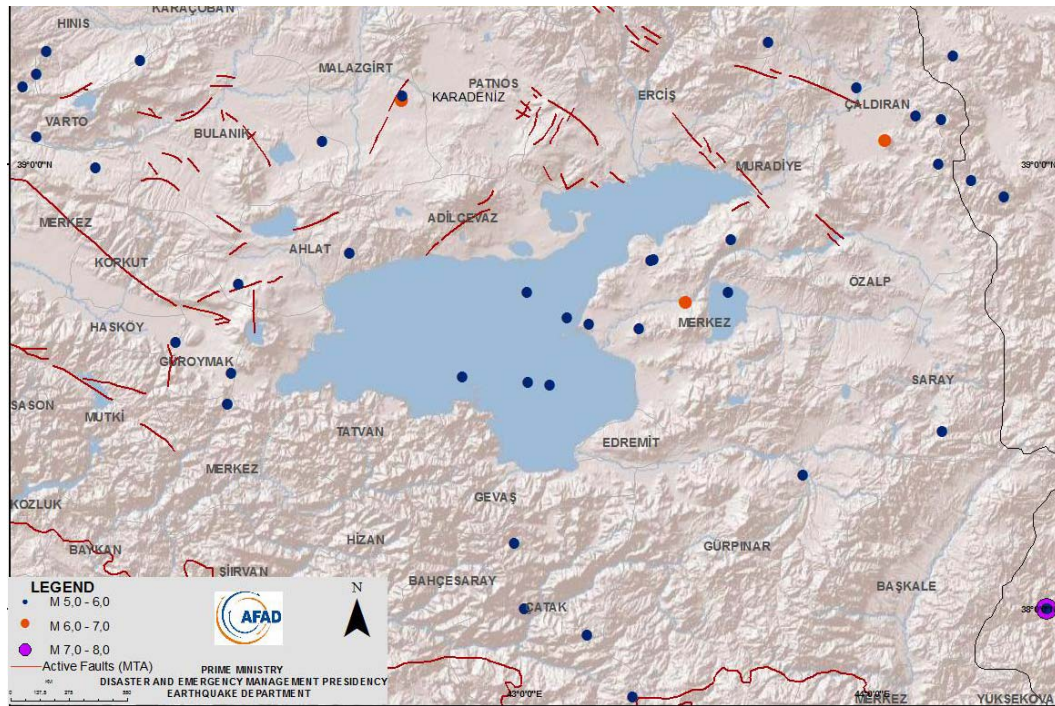
Depremin merkezi 38.6890N - 43.4657E koordinatlarında olmak üzere 42-590 km uzaklıklarda yeralan 22 farklı ivme ölçer istasyonlarında kaydedilmiştir(AFAD). En büyük yatay ivme değerlerinin ölçüldüğü dört adet ivme ölçer istasyonuna ait bilgiler ve ivme büyüklükleri Tablo 2’de verilmiştir. Bu kayıtlarda elde edilen büyüklükler ham verilerden elde edilmiştir.

Tablo 3.1. Depreme ait ölçülen en büyük ivme değerleri(AFAD)

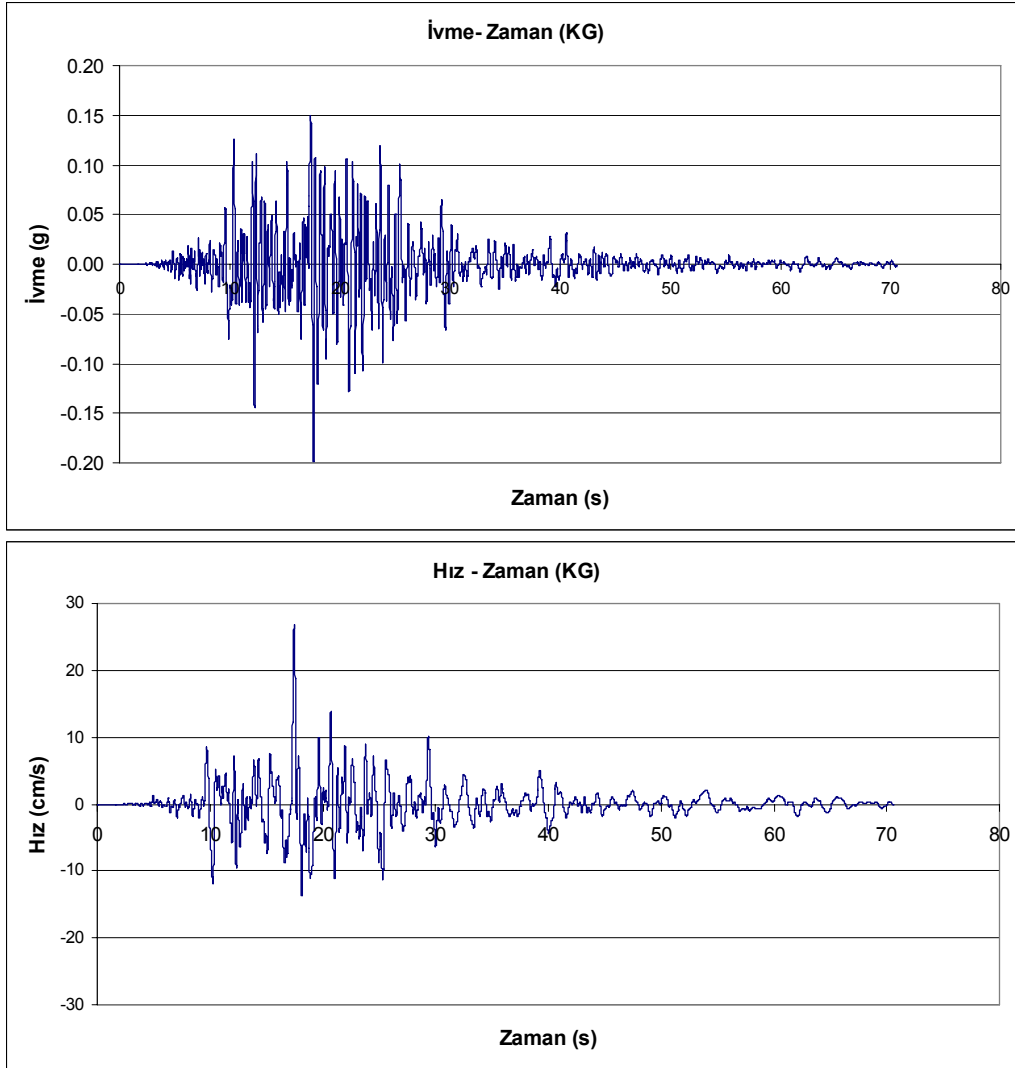
İL	İLÇE	KOORDİNAT	KG (cm/s ²)	DB (cm/s ²)	Düşey (cm/s ²)	R (Episantra olan mesafe) (km)
Van	Muradiye	38.99011 43.76302	178.5	168.5	75.5	42
Muş	Malazgirt	39.14394 42.53072	44.5	25.5	95	95
Bitlis	Merkez	38.466 42.15	89,66	102,24	35,51	116
Ağrı	Merkez	39.71978 43.0164	18,45	15,08	7,21	121

02/11/2011 itibari ile bölgede $M > 4$ büyüklüğünde meydana gelen artçı depremlerin sayısı 128 adet olmuştur. Bu depremlerden 120 adeti $M_L=4-5$ arasında, 8 adeti ise Şekil 1.2’de gösterildiği gibi $M_L=5-6$ arasında olmuştur. Artçı depremler büyüklükleri azalarak devam etmektedir. Kaydedilen en büyük artçı depremin büyüklüğü $M_L=5.8$ değerini almış, en büyük yer ivmesi değeri ise Van Muradiye istasyonunda 38 cm/s^2 olarak ölçülmüştür.

Bölgenin sismisitesi incelendiğinde 1976 Çaldıran ve 1939 Erzincan olmak üzere $M > 7$ olan iki deprem yeralmaktadır. Şekil 3.1’de 1900 yılından bu yana bölgede gözlenen $M > 5$ olan depremlerin yerleri gösterilmiştir(1945 $M=5.8$ Çatak, 1972 $M=5.2$ Van, 1977 $M=5.1$ Erciş).

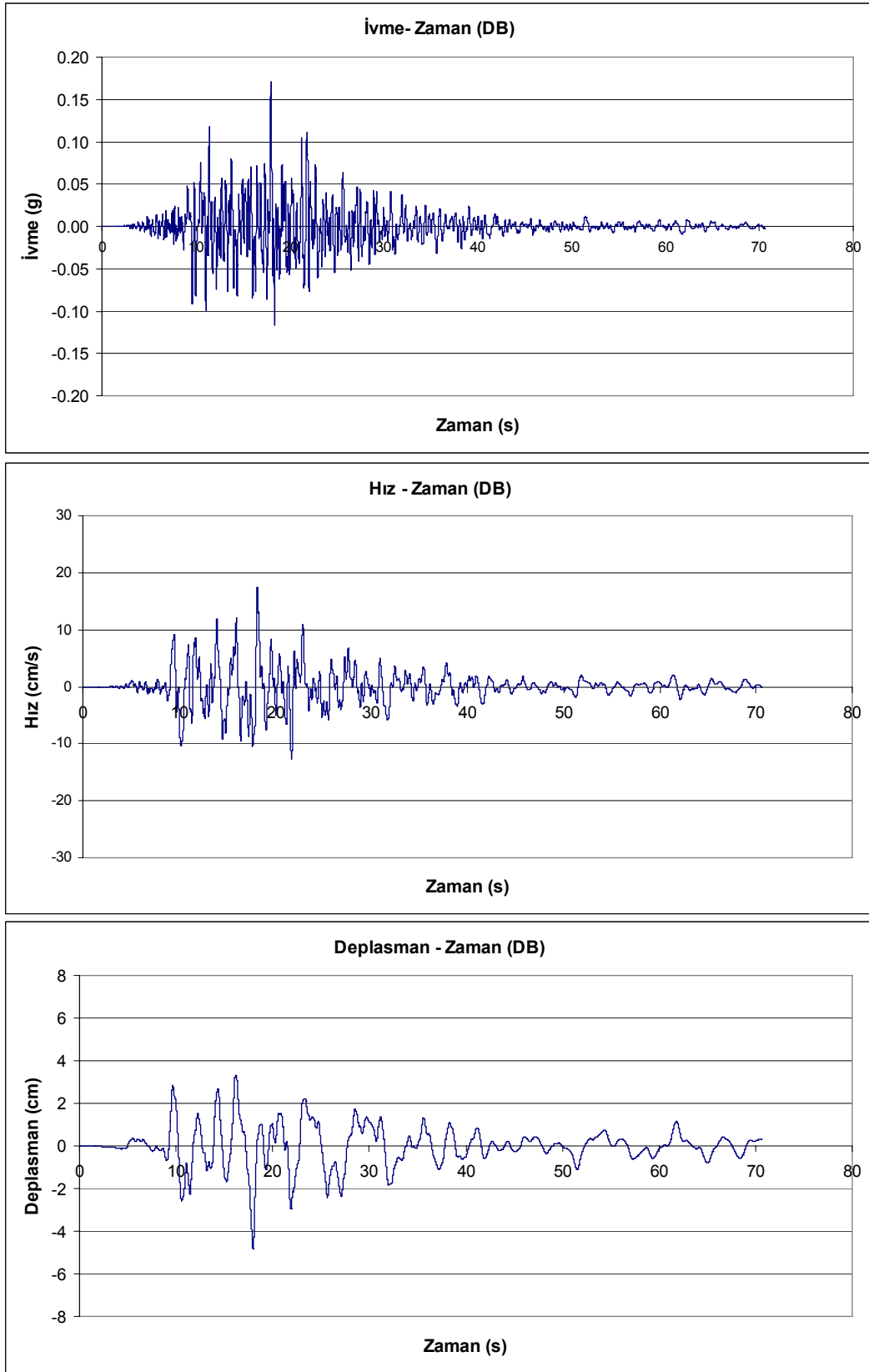


Ham verilerin 0.1 Hz -25 Hz aralığı dışındaki gürültü içeriği Butterworth filtreleme yöntemiyle ayrıştırılmıştır. Filtrelenmiş değerler incelendiğinde en büyük yer ivmesi değeri Kuzey güney doğrultusunda 195cm/s^2 seviyelerinde olduğu görülmektedir.

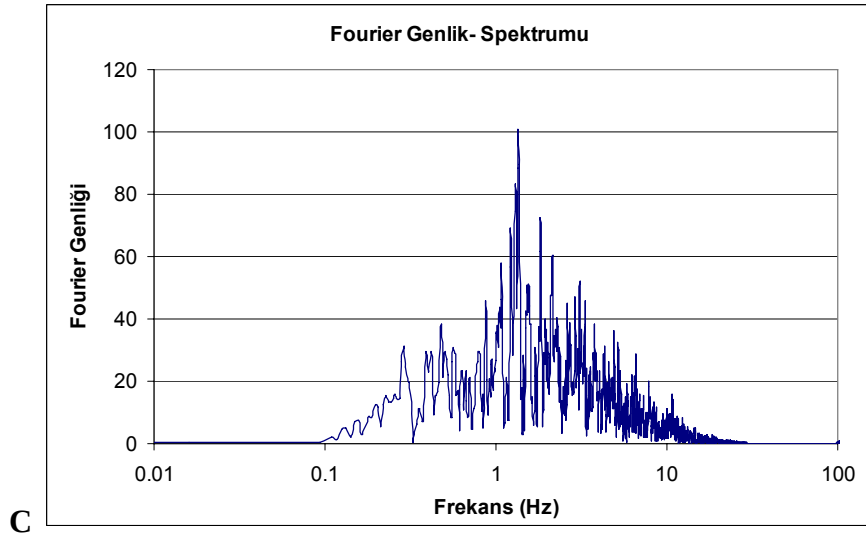
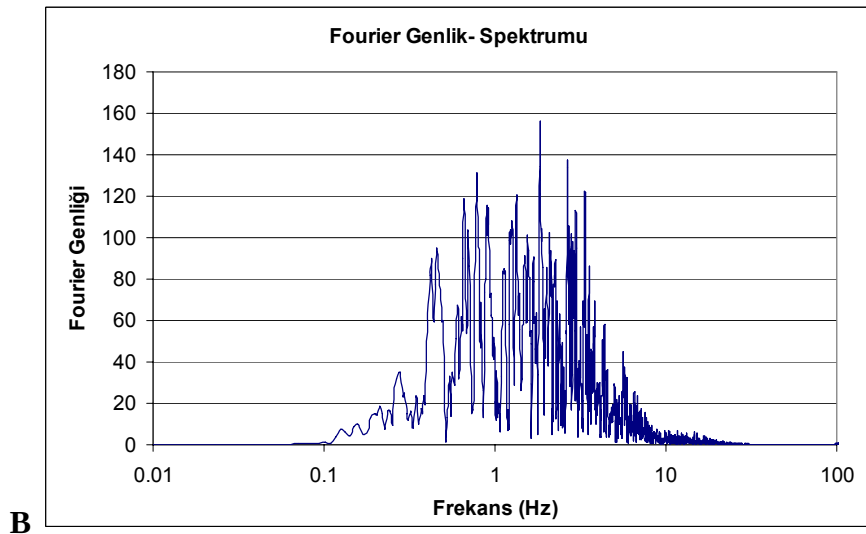
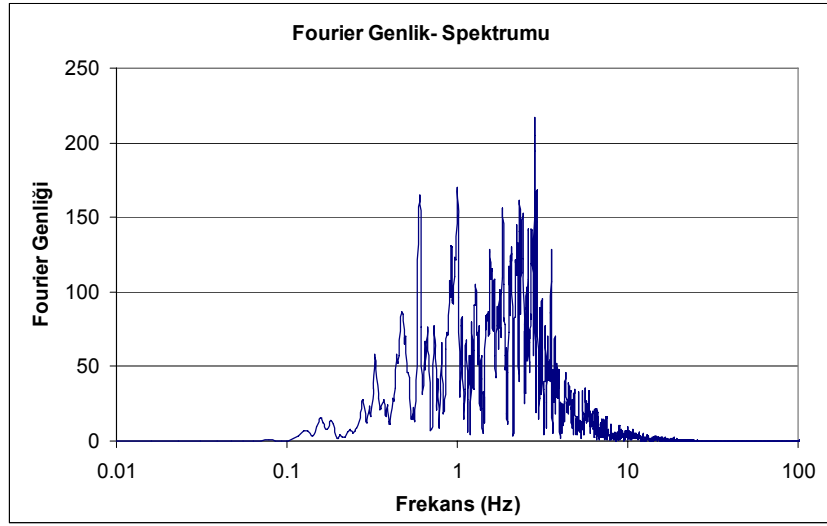


Şekil 3.3. Van Depremi 2011 İvme-Zaman- Hız-Zaman Grafikleri (KG)

Van Depremi Fourier Genlik Spektrumu (KG, DB, Düşey) doğrultuları için Şekil 3.5’de verilmiştir.



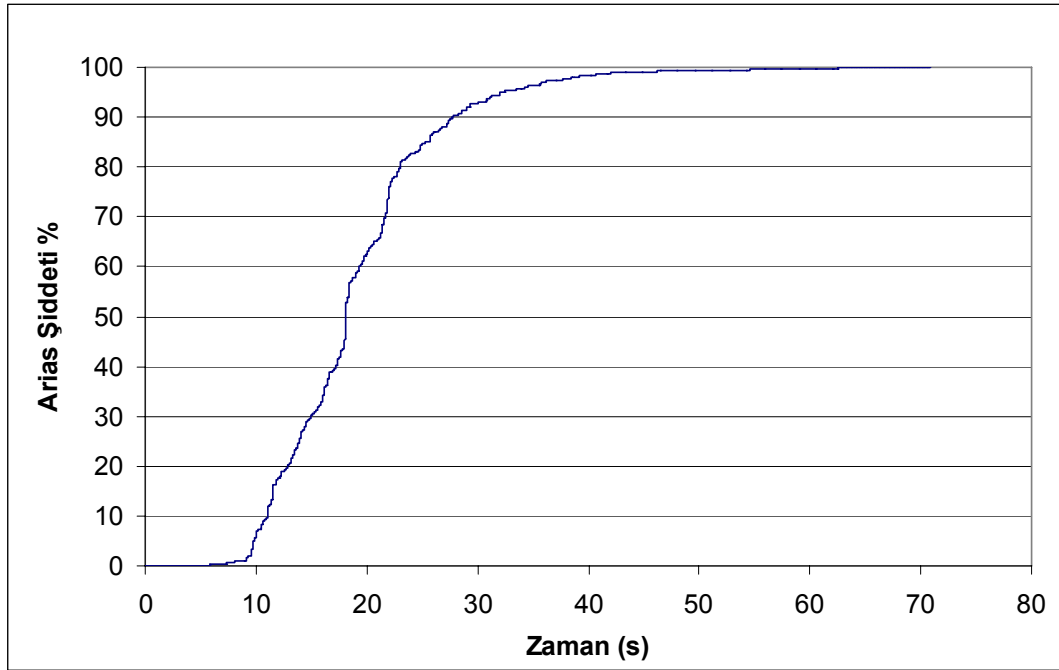
Şekil 3.4. Van Depremi 2011 İvme-Zaman- Hız-Zaman, Deplasman-Zaman Grafikleri (DB)



Şekil 3.5. Van Depremi Fourier Genlik Spektrumu a) KG b) DB c) Düşey

Depremi süresini belirlenmesinde Arias Şiddetinden faydalanılmaktadır. Arias Şiddeti

eğrisinde %5-95 aralığındaki süre etkin süre olarak tanımlanmaktadır. Van Muradiye istasyonunda elde edilen kayıttan hesaplanan Arias Şiddetine göre depremin etkin süresi 28.58 sn olarak hesaplanmıştır ve Şekil 3.1’da gösterilmiştir.

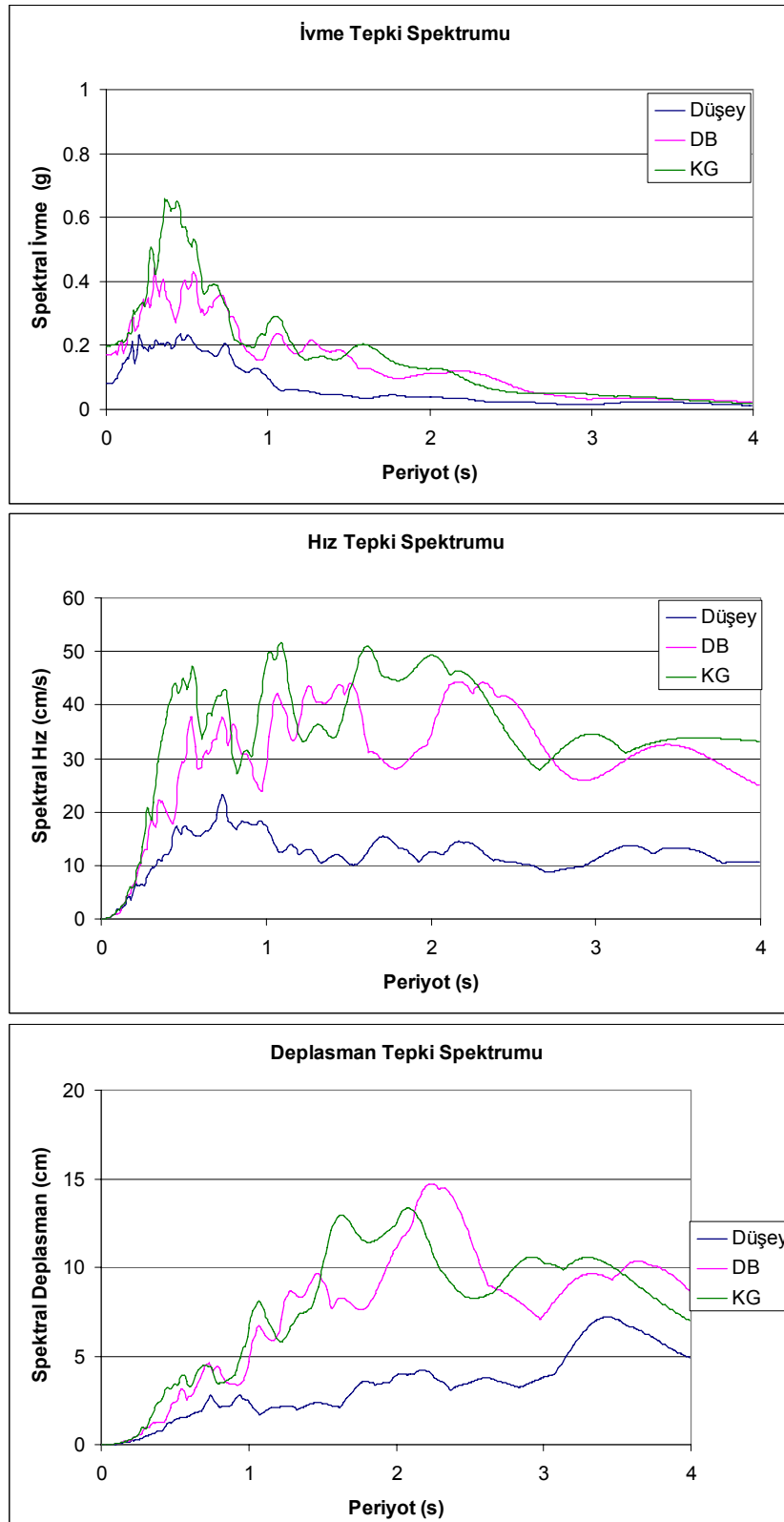


Şekil 3.1. Arias Şiddeti-Zaman değişim grafiği

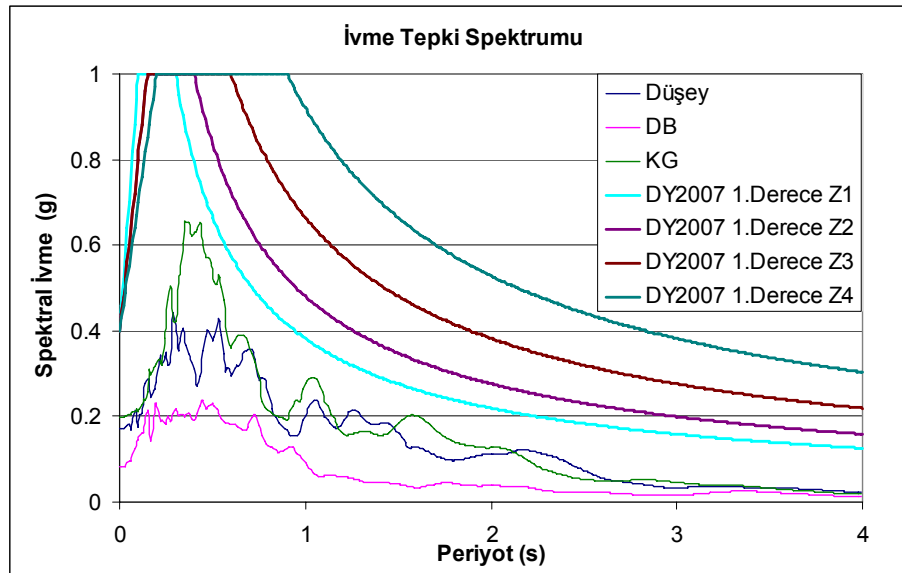
3.2. Tepki Spektrumları

Kuvvetli yer hareketinin spektral karakteristikleri olan ivme, hız ve deplasman tepki spektrumları %5 sönüm oranı için hesaplanarak Şekil 3.7’de gösterilmiştir. En büyük spektral ivme değeri 0.65g, en büyük spektral hız değeri 52 cm/s ve deplasman değeri ise 14.7 cm olarak hesaplanmıştır.

Van Depreminde elde edilen tepki spektrumları 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte verilen tepki spektrumları ile karşılaştırılmıştır ve Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Karşılaştırma grafiği incelendiğinde birinci derece deprem bölgesi için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremin ivmesi DY2007 de 0.4g iken Van Muradiye’de ölçülen en büyük yer ivmesi değeri 0.195g seviyelerinde olduğu, farklı periyotlardaki spektral ivme büyüklüklerinin de yönetmelikte öngörülen spektral ivmelerden daha düşük olduğu görülmektedir. Elde edilen hız spektrumları ve deplasman spektrumları incelendiğinde, ivme spektrumlarına benzer şekilde yöntemelik değerlerinden küçük olduğu görülmektedir.



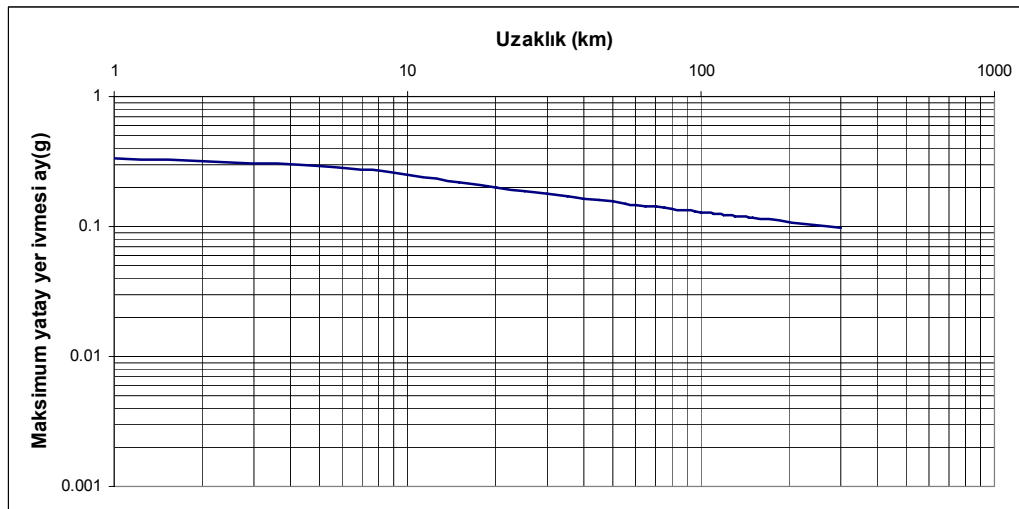
Şekil 3.7. Van Depremi Tepki Spektrumları



Şekil 3.2. TDY2007 ve Van Depremi Tepki Spektrumlarının Karşılaştırılması

3.3. Azalım ilişkisi

Olasılıksal Azalım ilişkileri kullanılarak deprem merkezinde olması muhtemel en büyük yer ivmesi değeri tahmin edilebilmektedir. Van depremi odağında beklenen en büyük yata yer ivmesi değerini tahmin etmek için Boore joyner1997 Azalım ilişkisi kullanılarak $M_w=7.2$, fay derinliği 5km ve $V_{s30}=300$ m/s için çizilen uzaklık – en büyük yatay yer ivmesi grafiği elde edilmiştir. Şekil 3.9 incelendiğinde deprem merkezinde hesaplanan en büyük ivme değeri 0.31 g seviyelerinde olacağı beklenmektedir.



Şekil 3.3. Boore ve Joyner1997 Azalım ilişkisi

3.4. Zemin Problemleri ve Temel Sistemleri

Van- Erciş bölgesinde yapılan arazi gözlemlerine miyosen dönemde çekilen deniz seviyesi ile birlikte çökeliş kayaçlardan oluştuğu anlaşılmaktadır. Bölge genelinde hakim litojinin tabanda çakıltaşları, üzerinde deniz çökelleri silttaşı- kumtaşı kilaşı ardalanmalarından oluşmaktadır. Erciş bölgesi yerleşimi magmatic kayaçlar ve kireçtaşlarından oluşan tepelerin alt kotlarında bulunan deniz çökelleri üzerine yerleşmiştir. Yeraltı su seviyesi ise yüzeye oldukça yakındır.

Kum çökellerinin yer aldığı ve yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu Erciş İnönü Mahallesi sınılaşma kaynaklı yanal yayılmalar gözlenmiştir. Yer altı su seviyesinin yüzeye çok yakın olduğu, düşük eğimli ince kumlu zemin profilinde yaklaşık 300 m boyunca yanal yayılma gözlemlenmiştir. Fotoğraf 3.1’de görüldüğü gibi çekme çatlaklarının derinliği 80 cm, genişliği ise 30cm’ye yaklaşmıştır.



Fotoğraf 3.1. Erciş, Çelebibağı - İnönü Mahallesi yanal yayılma (İnce kum ve yüksek YASS)

Deprem merkezine yakın köy yerleşimlerinden olan ve Van gölüne yakınlarında yer alan Dağönü Köyünde büyük oranda tam göçme yaşanmıştır. 80 haneden oluşan köyde 78 hanede tam göçme gerçekleşmiştir. Bölge zemin incelemeleri sonucunda gevşek

tutturulmuş kumlu çakıldaşları üzerinde kumlu alüvyal zeminler yer almaktadır. Van gölüne yakın olan bu köyün kıyı şeridinde yapılan zemin incelemelerinde benzer litolojinin yer aldığı görülmüştür. Arazi gözlemlerinde, kıyı şeridinin göl seviyesinden yaklaşık 10 m yüksekliğinde oldukça dik açığa sahip bir şev yaptığı görülmüştür. Yüzeyde 1-2 m kalınlığında alüvyal zemin yer almakta, derinlere inildikçe hafif tutturulmuş çakıldaşlarından, kumlu çakıldaşlarından oluştuğu görülmektedir. Fotoğraf 3.2’de görüldüğü gibi yüksek şev açısına sahip kıyı şeridinde 1 km boyunca heyelanlar oluştuğu gözlenmiştir.

Fotoğraf 3.3’de görüldüğü gibi meydana gelen bu heyelanlarda oluşan çekme çatlaklarının köye ulaşımı sağlayan yol üzerine kadar gerilediği görülmüştür. Artan yağışla birlikte heyelanın şiddetini artacağı, köyün ulaşımını sağlayan yolun önemli bir kısmını kullanılmaz hale getireceği düşünüldüğünden gerekli önlemlerin ivedilikle alınması gerekmektedir. Ayrıca Alaköy ve civarında kıyıya yakın bölgelerde yer alan deniz çökellerinin ince kum seviyelerinden oluştuğu, yeraltı su seviyesinin de yüksek olması sebebiyle sivilaşma görülmüştür.

Fotoğraf 3.4’de görüldüğü gibi Van ile Erciş ilçesini bağlayan karayolu üzerinde tüm bölgede yer yer dolgu şev stabilitesi kayıpları gözlenmiştir. Özellikle dere geçişlerinin olduğu ve göl kenarında olan bölgelerde zeminde ve dolgu şevinde stabilize kayıpları meydana gelmiş yol üzerinde trafik hızını azaltacak aksatacak boyutta çekme çatlakları gözlenmiştir. Oluşan çekme çatlaklarını genişliği 10cm seviyelerine ulaşmıştır. Karayolları ekiplerinin yolda oluşan çekme çatlaklarını tamiri çalışmalarına devam etmektedir.



Fotoğraf 3.2. Dağönü Köyü sahil şeridinde meydana gelen heyelan



Fotoğraf 3.3. Dağönü Köyü'ne ulaşım sağlayan yol boyunca meydana gelen heyelan



Fotoğraf 3.4. Van Erçiş karayolu üzerinde meydana gelen heyelan

4. BÖLGEDE YAPILAN İNCELEME VE DEĞERLENDİRMELER

4.1 Zemin İncelemesi

Van, Erçek ve Muradiye gibi yerleşim alanlarının çoğu, dağlık alanlarda değil, düzlük alanları kaplayan dere yataklarının oluşturdukları geniş düzlük alanlarda güncel alüvyal çökelleri üzerinde yer almaktadır. Dolayısı ile bu tür alüvyon ya da Neojen yaşlı gevşek tutturulmuş, ya da tutturulmamış zayıf nitelikli zeminlerde yer alan yerleşim alanları depremden en çok etkilenen alanları oluşturmuşlardır. Zayıf nitelikli bu tür zeminlerin dikkate alınmaması ve ölümlere neden olan yıkılan ya da hasar gören yapıların üst yapı ile doğru ilişkilendirilmemesi gibi önemli hususlar, hasar ve yıkımlarda diğer önemli etkenler yanında, başta jeolojik yapının dikkate alınmamasından kaynaklanmıştır.

Bölge genelinde hakim litojinin tabanda çakıltıları, üzerinde deniz çökelleri silttaşı- kumtaşı kıltaşı ardalanmalarından oluşmaktadır. Erçiş bölgesi yerleşimi magmatic kayalar ve kireçtaşlarından oluşan tepelerin alt kotlarında bulunan deniz çökelleri üzerine yerleşmiştir.

Yeraltı su seviyesi ise yüzeye oldukça yakındır. Kum çökellerinin yer aldığı ve yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu Erciş İnönü Mahallesinde sivilaşma kaynaklı yanal yayılmalar gözlenmiştir. Yer altı su seviyesinin yüzeye çok yakın olduğu, düşük eğimli ince kumlu zemin profilinde yaklaşık 300 m boyunca yanal yayılma gözlemlenmiştir. Alaköy’de zemin sivilaşması görüldüğü belirtilmektedir.

Fotoğraf 4.1’de görüldüğü gibi bina temelleri incelendiğinde çoğunluğunun genç çökeller üzerine bodrum kat yapılmadan inşa edildiği görülmüştür. Arazi gözlemlerinde, bina temel sistemlerinin genelde tekil temel ve sürekli temel şeklinde olduğu görülmüştür. Yüksek sismisiteye sahip bu bölgede, yapıların genç çökeller üzerinde yerleşmiş olması ve yeraltı su seviyesinin yüksek olmasının da etkisiyle düşük temel taşıma gücüne sahip olduğu açıktır. Bu sebeple bina temel sistemleri düzenlenirken porejede olduğu halde çoğu yerde düzenlenmemiş olan bodrum kat yapımına dikkat edilmesi, edilmesi gerekmektedir.. Ayrıca taşıma gücünün yetersiz olduğu bölgelerde radye temel sisteminin tercih edilmesi, yetersiz kaldığı durumlarda kazıklı temel sistemleri ile yapı yüklerinin daha alt tabakalara yük aktarımının yapılması önemlidir. İnce kumlu zemin profiline sahip alanlarda ise yeraltı su seviyesinin yüksekliğine bağlı olarak zemin içerisinde taş kolonlar, geopier gibi sistemlerinin seçilmesi ile deprem sırasında oluşacak boşluksuyu basıncının sönmülmesi sağlanmış olacaktır. Gevşek ve yumuşak zemin tabakalarında bir başka alternatif olarak ise deprem dalgaları nedeniyle oluşacak efekif gerilme kayıplarına karşı jet grout vb enjeksiyon yöntemlerinin kullanılması düşünülebilir. Ayrıca her türlü yapının taşıyıcı elemanlarının korozyondan korunması için yapılan temel sistemlerinde su izolasyonuna ve yüzey drenajına azami dikkat gösterilmesi gerekmektedir.



Fotoğraf 4.1. Zemin profili, bodrumsuz yapı (tekil/sürekli temel sistemi)

4.2 Malzeme İncelemesi

Van merkezde ve Erciş'te depremde hasar gören/göçen binaların genellikle betonarme karkas olduğu (Fotoğraf 4.2), kısmen yığma yapıların bulunduğu, genellikle yığma yapıların kullanıldığı çevre köylerde ise hasarın bu yapılarda olduğu gözlenmiştir (Fotoğraf 2).



Fotoğraf 4.2. Ağır hasarlı ve enkaz haline gelen betonarme karkas binalar



Fotoğraf 4.3. Depremde göçen yığma yapı enkazı

Enkazda ve hasar gören yapılarda yapılan inceleme ve tespitler aşağıda verilmiştir; Betonarme yapılarda, özellikle göçen binalarda hazır beton yerine şantiyede geleneksel yöntemlerle üretilen kalitesiz beton (Fotoğraf 4.4) kullanılmıştır.



Fotoğraf 4.4. Erciş'teki bir enkazdan görüntülenen beton

Betonarme yapılarda genellikle düz inşaat çeliğinin kullanıldığı (Fotoğraf 4.5), nervürlü inşaat çeliği kullanılan bazı yapılarda ise etriye olarak düz inşaat çeliğinin tercih edildiği (Fotoğraf 4.5), etriye kancalarının 135° yerine 90° büküldüğü (Fotoğraf 4.5) tespit edilmiştir.



Fotoğraf 4.5. Düz inşaat çeliği ile düz ve nervürlü çeliğin birlikte kullanıldığı yapı elemanları

Bazı binalarda gözlenebilen yapı elemanlarında boyuna donatının burkulduğu (Fotoğraf 6) görülmüştür.



Fotoğraf 4.6. Perdede burkulan boyuna inşaat çeliği (S 420)

Beton üretiminde uygun granülometride, boyut ve biçimde agrega kullanılmadığı, maksimum dane çapı yaklaşık 70-80 mm olan tüvenan agrega kullanıldığı, agrega dağılımının homojen olmadığı (Fotoğraf 4.7) görülmüştür.



Fotoğraf 4.7. Enkazdan görüntülenen beton kesitleri

Donatı aralıklarının sık, agrega maksimum dane çapının büyük olması nedeni ile betonun yerine iyi yerleştirilemediği (Fotoğraf 4.8) ve betonda büyük boşluklar olduğu tespit edilmiştir.



Fotoğraf 4.8. Betonda kullanılan iri malzeme ve yerleştirme problemleri

Kil-mil oranı ve suyun yüksek, dozajın oldukça düşük, agrega-çimento hamuru aderansının yetersiz olduğu, bunun sonucu olarak betonda kırılmanın agrega-çimento hamuru arayüzünde (Fotoğraf 4.9), betonarmede ise beton ile donatı arayüzünde sıyrılma şeklinde (Fotoğraf 4.9) gerçekleştiği görülmüştür.



Fotoğraf 4.9. Çimento hamuru-agrega arayüz çatlağı ve betondan sıyrılan düz inşaat çeliği

Ayrıca izolasyon amaçlı betonarme binalarda yapılan yatay delikli tuğla ile sandviç duvar uygulamalarında, dış cephe tuğla duvarlarının yalıtım malzemesi arayüzünden devrildiği gözlenmiştir.

Yığma yapılarda taşıyıcı duvarlarda briket veya kerpicin kullanıldığı (Fotoğraf 4.10) tespit edilmiştir. İstenen standartlarda ve uygun koşullarda imal edilmeyen, zayıf mekanik özelliklere sahip bu malzemelerin kullanılması özellikle kırsal kesimde büyük hasara neden olmuştur.



Fotoğraf 4.10. Kırsal kesimdeki yapı hasarları ve bağlayıcısı uygun olmayan bir yığma yapı detayı

4.3 Yapısal İncelemeler

Geçmişte yaşanan depremler gerek toplumun, gerekse bilim insanlarının ve yapı imalat sürecinde bulunanların ilk günlerde yoğun şekilde ilgisini çekmekte, ilerleyen süreçte toplumun ve yapı imalat sürecinde bulunanların gündeminden çıkmaktadır. Ancak depremde hasar gören yapılar akademik çevrelerin ilgisini çekmekte, depremde hasar görmeyen yapılarda araştırma konusu olmaktadır. Deprem sonrası hazırlanan raporlara bakıldığında da yapı hasarları bakımından çok farklılık göze çarpmamaktadır. 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1996 Adana (Ceyhan), 1999 Gölcük, 1999 Düzce ve 2003 Bingöl Depremleri gibi can ve mal kaybına sebep olan depremler de hasar gören yapılar incelendiğinde aynı hasar şekline ve aynı yapısal kalitesizliğe rastlanılmıştır. Bütün bu araştırmaların sonucunda bina tasarımından bina üretim sürecine kadar bir çok süreçte hatalar olduğu, depreme dayanıklı yapı üretemediğimiz, malzeme ve işçilik hatalarıyla dolu sağlıklı yapılar ortaya çıktığı görülmüştür.



şekil 4.1. Depremde en büyük hasarı gören Erciş İlçe merkezi uydu haritası



Fotoğraf 4.11. Yıkılan benzin istasyonu kanopisi ve ağır hasarlı tesis

Van-Erciş karayolu üzerinde yer alan Norşin Petrol kanopisi ve 2 katlı hizmet binasında görölen hasarlar Fotoğraf 4.11’de gösterilmiştir. Yıkılan kanopinin tesis doğruztusunda açıklığı 10m’ye yaklaşmaktadır. Kanopi yerden temiz yüksekliğı ise 6,16m olarak ölçölmüştür. Ayrıca kanopi hizmet binasına ankre edilmiştir. Farklı titreşim karakteristikleri olan çelik kanopi ve dolgu duvarlı hizmet yapısı deprem esnasında beklendiğı gibi farklı davranarak birbirlerine zarar vermiştir. Kanopi, uzun konsol doğruztusunda yıkılarak altında kalan

minibüsü ezmiş, ankrajlarını kopararak, bağlantı kalkan duvarıda kendi üzerine devirmiştir. Hizmet binasında duvarlar düzlemi dışına hareket ederek devrilmiş, betonarme taşıyıcı sistemde ciddi hasar görerek, bina kullanılmaz hale gelmiştir.



Fotoğraf 4.12.Erciş Van yolu caddesi üzerinde tamamen kat mekanizması oluşarak göçmüş betonarme yapı

Van Yolu Erciş Van arasındaki ulaşımı sağlayan, yoğun bir trafik oluşan, değer olarak ilçenin en değerli ve merkezi yoludur. Ticari değerinden dolayı yapıların alt katları genel olarak farklı maksatlarla ticarethane olarak kullanılmaktadır. Bu binaların alt katlarının dükkan olması ve dolgu duvarların kaldırılması yumuşak kat oluşumuna sebep olmuş, görelî kat deplasmanları sebebi ile alt katlarda hasar oluşmasına veya yapının tamamen göçmesine neden olmuştur.

Bazı kolonlarda ileri derecede akstan kayma gözlenmektedir. Bu durum kalıp işçiliğinin oldukça kötü olduğu sonucunu vermektedir. Düşey aksı tutmayan kolon veya perdelerin beklenen performansı göstermesi çok zordur.



Fotoğraf 4.13. Van Yolu Caddesinde yer alan ağır hasar yapı

Fotoğraf 4.13’de görülen yapıda düğüm noktaları plastik mafsallaşmıştır. Uygun düğüm noktası tasarımı ve imalatı yapılamadığı için düğüm noktaları plastikleşmiştir. Ayrıca Van Yolu Caddesindeki çoğu yapı gibi alt katı dükkân olup yumuşak kat oluşmuştur. Buna ek olarak girişlerin kolonlar kadar güçlü olduğu, güçlü kolon-zayıf giriş ilkesine aykırı tasarım yapıldığı görülmektedir.



Fotoğraf 4.14. Van yolu caddesinde aşırı yanal ötelenme sebebi ile göçmüş yapı

Fotoğraf 4.14 de görüldüğü gibi alt kat kolonları zayıf aksta depreme yakalanmış. Yapı güçlü olduğu doğrultuda depreme yakalansa göçmeden atlatabilirdi ancak tasarım hatası nedeni ile

zemin kat kolonları bir doğrultuda güçlü yapılmış. Bu durum ağır hasarın önemli sebeplerinden biri olarak gözlenmektedir.



Fotoğraf 4.15. Her iki minaresi de birinci şerefeden itibaren yıkılmış Seyit Muhammed camisi

Minare birinci şerefelerinde detay ve birleşim hatasından dolayı yeterince kesme kuvveti aktaramadığı için hasar gözlenmiştir.



Fotoğraf 4.16. Depremin tetiklediği yüzey ayrılması oluşumu ve ayrılma üzerinde kalan yapıda oluşan 1.50m lik ayrılma

Fotoğraf 4.16’da görüldüğü gibi fay hareketinin tetiklediği zeminde yüzey ayrılması dolayısı ile ayrılmalar oluşmuştur. Bu ayrılma hattında kalan yapıda 1.50m lik yarık oluşmuş bu nedenle yığma (briket) yapı kullanılamaz hale gelmiştir ancak tamamen göçmemiştir.



Fotoğraf 4.17. Yanal ötelenme ve burkulma katkısı ile göçme mekanizması oluşmuş yapı

Fotoğraf 4.17’de görüldüğü gibi tamamen mekanizma haline gelmiş yapıda, malzeme ve detay eksikliklerinin yanı sıra taşıyıcı sistem asimetrisinden kaynaklanan burulma etkisinin de yapının toptan göçmesi için etkili olduğu görülmektedir.



Fotoğraf 4.18. Yanal ötelenme ve burulma katkısı ile göçme mekanizması oluşmuş yapı

Fotoğraf 4.18’de görülen yapı ağır kat kütlelerinin aşırı yer değiştirmesini karşılayamaması sonucu düşey elemanların düğüm noktasından kırılması sonucu göçmüştür. Yapı köşesinde bulunan perde elemanda bu doğrultuda yeterli olamamış ve kat seviyesinde donatıları koparak kattan ayrılmıştır. Bu yapıda ST420 nervürlü çelik kullanıldığı görülmektedir. Ancak beton kalitesinin yetersiz olduğu düşünülmektedir.



Fotoğraf 4.19. Yıkılan yapıların hemen yanında bulunan duvar çatlağı dışında hasarsız betonarme yapılar

Fotoğraf 4.18’de görülen yıkılan yapıların hemen yanında hasar görmemiş veya duvar çatlakları olan betonarme altı katlı yapılar Fotoğraf 4.19’da görülmektedir. Hasarsız yapılarda perde çerçeve taşıyıcı sistem kullanıldığı görülmektedir. Dolgu duvarları henüz yapılmamış yapıda taşıyıcı elemanlarda herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir. Ayrıca bu yapıda kalkan duvarlar çatıya kadar uzanan kolonlara bağlanarak deprem esnasında devrilmesi engellenmiştir. Sağ tarafta bulunan altı katlı betonarme yapıda duvarlar yapılmıştır. Bu yapıda küçük duvar hasarları dışında yapısal hasar gözlemlenmemiştir.



Fotoğraf 4.20. Çekiçleme etkisi ile komşu yapılara çarparak yıkılan betonarme çok katlı yapı

Fotoğraf 4.20’de görüldüğü gibi altı katlı betonarme yapı, farklı titreşim karakteristiğine sahip olduğu komşu yapılara çarparak, çekiçleme etkisi ile önemli hasar verdikten sonra tamamen kat mekanizması haline gelerek göçmüştür. Malzeme ve tasarım olarak daha iyi görülen yapı

ise ayakta hem deprem etkisi hem de çarpan yapı etkisine rağmen ciddi hasar görmekle birlikte ayakta kalmayı başarmıştır.



Fotoğraf 4.21. Ara kat göçmesi ve üst kat göçmesi gözlenen betonarme yapılar

Fotoğraf 4.21’de sol tarafta görülen yapıda rölatif kat deplasmanlarının fazlalığı nedeni ile ara kat göçmesi yaşayan yapı görülmektedir. Özellikle ara katta bulunan köşe kolonların kırılması söz konusudur. Sağ tarafta ise dükkan katı ayakta kalan ancak üst katları göçen yapı görülmektedir. Bu yapıda göçmede farklı dönem eklerinin rol oynadığı düşünülmektedir.



Fotoğraf 4.22. Çekiçleme etkisi ile birbirine çarparak ağır hasar görmüş betonarme yapılar

Fotoğraf 4.22’de birinci katları dükkan olduğu için yumuşak oluşumu ve çekiçleme etkisi ile birbirine çarparak alt katları ezilmiş ve ağır hasar görmüş betonarme dört katlı yapılar görülmektedir.



Fotoğraf 23. Depremde orta hasar görmüş ancak taşıyıcı sistemi düşeyde düzensiz betonarme yapı

Fotoğraf 4.23’de görüldüğü gibi zemin kat betonarme perdeleri birinci kat seviyesinde oldukça küçülerek yaklaşık üçte bir genişliğe ulaşmaktadır. Perde elemanların yetersiz kalıp işçiliği ile aksından kaydığı görülmektedir. Bu elemanlarda malzeme ve işçiliğinde oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Ayrıca ağır briket elemanların dolgu duvar malzemesi olarak kullanılması söz konusudur. Bu briket elemanlar düzlemi dışına doğru hareket ederek yıkılmıştır.



Fotoğraf 4.24. Depremde zemin katı yanal hareket sonucu göçerek ağır hasar gören betonarme yapı

Fotoğraf 4.24’de zemin katı yanal yerdeğiştirme yapmaya çalışan ancak katlar arası rijitlik farkı nedeni ile zemin kat seviyesinde yaklaşık 3m yerdeğiştirme yaparak göçen yapı görülmektedir. Bu katta kolonların güçlü aksı harekete dik doğrultuda olduğu için yapı yer değiştirmelerini sınırlandıramamıştır. Ayrıca betonun oldukça kötü olduğu, granülometrinin

olmadığı, çok iri çakılların oluşturduğu aşırı boşluklu kalitesiz betonun hasarı arttırdığı görülmektedir.



Fotoğraf 4.25. Tamamen yıkılmış betonarme yapı

Fotoğraf 4.25’de görüldüğü gibi betonarme yapı tamamen göçmüştür. Bu yapıda kolonların kirişlere göre yeterince güçlü olmadığı, ayrıca bodrum kat yapılmadan, yetersiz hafriyat yapılarak nebati toprağın üzerine oturtulan, temeli uygun olmayan, briket ayırıcı duvarlarla iyice ağırlaştırılmış yapının tüm katlarının göçtüğü görülmektedir.



Fotoğraf 4.26. Yumuşak kat oluşumu sonucu kat kaybı ile ağır hasara uğrayan betonarme yapı

Fotoğraf 16’da alt katı dükkan olarak kullanıldığı için yumuşak kat oluşan böylece kat kaybı ile ağır hasara uğrayan betonarme yapı dört katlı yapı görülmektedir. Yapı alt katının hasar görmesi nedeni ile yola doğru yıkılmıştır. Betonarme yapının üst katlarında ise duvar hasarı bile görülmemektedir.



Fotoğraf 4.27. En üst katında kolonda ani rijitlik değişimi olan betonarme yapı

Fotoğraf 4.27’de sol tarafta görülen yapıda en üst kat taban döşemesi seviyesinde kolonda ani rijitlik değişimi görülmektedir. Ayrıca en üst katta tamamen yığma olarak briket elemanlar kullanılarak yapılmış mekan görülmektedir. Şiddetli depreme rağmen bu yapıda taşıyıcı sistemde önemli bir hasar gözlemlenmemiştir.



Fotoğraf 4.28. Erçiş’de Van Gölü kıyısında yapılan TOKİ konutları camisi ile yapımı devam etmekte olan tünel kalıp çok katlı yapı inşaatları

Fotoğraf 4.28’de sol tarafta Van ili Erçiş ilçesinde Van Gölü kıyısında inşa edilmiş olan TOKİ konutları görülmektedir. Bu yapılar beş katlı, tünel kalıp sistemine göre yapılmış, radye temele sahip betonarme yapılardır. Bu yapılarda sıva çatlakları ve duvardaki çok hafif ayrılma çatlakları dışında kayda değer hasarlar gözlemlenmemiştir. Yapılarda oturan insanlar günlük hayatlarına devam edebilmektedir. Yine sağ tarafta inşaatı devam eden ve hiçbir şekilde hasar görmeyen tünel kalıp yapılar ve kule vinçleri görülmektedir.



Fotoğraf 4.29. Erciş’de Van Gölü kıyısında bulunan ve depremde yıkılan Arsisa Otelin eski ve yeni hali

Fotoğraf 4.29’da Van ili Erciş ilçesinde Van Gölü kıyısında bulunan ve tamamen yıkılmış olan Hotel Grand Arsisa’nın yıkılmadan önceki ve sonraki durumu görülmektedir. Söz konusu yapı zemin ve birinci katta geniş bir alana yayılan alana sahiptir. Bu yapının üst katlarında kule şeklinde yukarı çıkan odaların bulunduğu katlar yer almaktadır. Yapı 2000 yılında yapılmıştır. Taşıyıcı sistemi perde-çerçeveedir. Malzeme olarak nervürlü çelik kullanıldığı görülmektedir. Ancak beton kalitesinin düşük olduğu görülmektedir. Bu yapıda üst katlara doğru yükselen kule kısmı tamamen devrilerek genişleyen alt katların üstüne devrilmiş ve ikiye bölünmüştür. Geniş kısımdan kule katlarına geçişte ciddi bir rijitlik süreksizliği sonucu depremde ortaya çıkan büyük kesme kuvveti ve moment üst kata aktarılamayarak, üst katları devirdiği ve ikiye böldüğü düşünülmektedir.

“Yerel zemin koşullarına uyumsuzluk, binanın mimari ve taşıyıcı sistem tasarımında yapılan hatalar, kalitesiz malzeme ve kötü işçilik, yetersiz denetim” deprem hasarlarını belirleyen en önemli faktörlerdir. Diğer yandan projesiz, projesine uygun olmayan ya da proje dışı kat ilavesi, bina oturma alanının büyütülmesi gibi durumları içeren binalarda deprem hasarı daha yoğun olmaktadır. Burada sayılan tüm olumsuzluklar diğer deprem bölgelerinde olduğu gibi Van Depremi’nde de görülmüştür. Diğer depremlerde olduğu gibi yönetmeliğe asgari koşullarda uyan binalar ayakta kalmış, diğer binalar ağır hasar almıştır. Van ve ilçelerinde hasar gören binalar son 10-15 yılda yapılan binalar olup, maalesef depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkerlerine uymayan, deformasyon kabiliyeti bulunmayan binalardır. Aşağıda betonarme binalarda deprem hasarları ve nedenleri verilmiştir:

- **Proje dışı bodrum katın iptali**

Van ve ilçelerinde özellikle yoğun hasar gözlenen Erciş ilçesinde binalar doğrudan bodrum kat yapılmadan 1 metrelik don seviyesine temel yapılarak zemin kattan itibaren yapılmıştır. Bu da bina temellerinin daha yumuşak zemine oturmasına neden olmuştur (Fotoğraf 4.30).



Fotoğraf 4.30. Projesinde bodrum katın yerinde yapılmaması ve temelin yumuşak zemine oturtulması

- **Yumuşak/zayıf Kat Oluşumu**

Ana cadde üzerinde yer alan binaların zemin katı genel olarak dükkan veya mağaza olarak tasarlanmış, üst kattaki bölme duvarlar zemin katta yapılmamıştır. Çok sayıda binanın bu kattı yoğun hasar almış, bir çok bina da bundan dolayı çökmüştür (Fotoğraf 4.31).



Fotoğraf 4.31. Yumuşak kat nedeniyle hasar gören binalar

Kuvvetli Kiriş-Zayıf Kolon Oluşumu

Çoğunlukla rastlanan tasarım hatalarından biri de kirişlerin kolonlardan güçlü olmasıdır. Yıkılan hemen her binada plastik mafsallar kolonlarda oluşmuş, bu nedenle de binalar ağır hasar almış veya yıkılmıştır (Fotoğraf 4.32).



Fotoğraf 4.32. Kuvvetli kiriş-zayıf kolon oluşumu

Yetersiz Sargı Donatısı

Hasar gören binaların kolon-kiriş bağlantı noktalarındaki etriye aralığı genelde 15-35 cm aralığında yer aldığı görülmüştür. Özellikle kolonlar yeterli düzeyde sargılanamadığı için plastik mafsall oluşumu kolonlarda daha yoğun olmuştur (Fotoğraf 4.33).



Fotoğraf 4.33. Yetersiz sargı donatısı

Ağır Bina Kullanımı

Binaların bir çoğu briket veya delikli tuğla kullanılarak asmolen döşeme sistemli olarak imal edilmiştir. Ayrıca bina cephelerinde kullanılan malzemelerde yapıyı ağırlaştırmıştır (Fotoğraf 4.34).



Fotoğraf 4.34. Asmolen döşemeli, cephesi ağır malzeme kaplanmış ağır binalar

Dolgu Duvar Hasarları

Deprem bölgesinde genelde briket tuğla kullanılmış, çok az sayıdaki binada duvarlar deprem yükünü taşımış ya da rijitlik göstermiştir. Genelde duvarlar kütle halinde binadan ayrılmıştır (Fotoğraf 4.35).



Fotoğraf 4.35. Dolgu duvar hasarları

Tasarım Hataları

Depreme dayanıklı yapı tasarımında temel ilkelerden biri taşıyıcı sistemin düzenli ve sisteme gelen yükleri hasara uğramadan aktarmasıdır. Ancak aşağıdaki fotoğraflardan da görüleceği gibi gerek mimari zorunluluktan ve gerekse kullanım amacından dolayı binalarda tasarım hataları yapılmıştır (Fotoğraf 4.36).



Fotoğraf 4.36. Tasarım hataları

Çarpışma-Çekiçleme Hasarları

Bitişik binalarda çoğunlukla derz olmadığından çarpışma sonrası hasarlar oluşmuştur (Fotoğraf 4.37).



Fotoğraf 4.37. Çekiçleme etkisi sonucu oluşan hasarlar

4.4 Kırılarda Yapılan Yapısal İncelemeler



Fotoğraf 4.38. Göllü köyünde ağır hasarlı ilköğretim okulu

Fotoğraf 4.38’de Göllü köyünde deprem nedeni ile ağır hasar gören köy ilköğretim okulu görülmektedir. Okul taş parçaları kullanılarak yığma olarak yapılmıştır. Üst kısımda betonarme bir hatıl görülmektedir. Taş parçaları arasındaki bağlayıcının çok zayıf olması sistemin yanal dayanımını çok azaltmış bunun sonucu olarak yapı ağır hasar görmüştür. Depremin Pazar günü olması nedeni ile okul kapalı olduğundan can kaybı olmamıştır. Bu köyde seksen civarı hanenin yaklaşık 45’i ağır hasar görmüştür. Buna ek olarak çoğunlukla kerpiç kısmen briket ile yığma olarak yapılan hayvan barınaklarının büyük kısmı yıkılmıştır.



Fotoğraf 4.39. Van yöresinde kırsalda yaygın olan kerpiç yapıların durumu

Fotoğraf 4.39’da Göllü köyünde hasar gören kerpiç yapıların durumu görülmektedir. Bölgede köylerde geleneksel olarak kerpiç, yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kurutulmuş toprak esaslı bu malzeme, üst üste konularak yığma yapı formu elde edilmektedir. Ancak aradaki bağlayıcı harç yok denecek kadar azdır. Ayrıca yapılarda basit silindirik kesitli ahşap kirişler, kerpiç duvarların üstüne oturtulmuş, bu kirişlerin üstüne yerleştirilen ahşap çıtaların üstüne yer yer 50cm kalınlığı bulan toprak damlar oturtulmuştur. Yanal yük taşıma kapasitesi çok düşük olan kerpiç duvarlar, deprem esnasında ağır olan damın hareketine dayanamayarak kısmen veya tamamen göçmüştür. Bu yıkım gezilen diğer köylerde de aynı karakteristik ile karşımıza çıkmaktadır.



Fotoğraf 4.40. Göllü köyünde hasar görmeyen iki katlı betonarme yapı ile alt katı göçen betonarme yapı

Fotoğraf 4.40'da sol tarafta Göllü köyünde yapılmış olan ve depremde hasar görmeyen, hale kullanılan iki katlı betonarme yapı görülmektedir. Söz konusu yapının düzgün bir taşıyıcı sistemi ve ortanın üstüne de malzeme kullanılarak yapıldığı görülmektedir. Sağ taraftaki fotoğrafta alt katı depo ve ahır olarak kullanılan ve depremde zemin katı göçen iki katlı betonarme yapı görülmektedir. Bu yapıda beton ve çelik malzeme kalitesinin çok düşük olduğu, işçilik ve bağlantı detaylarının yetersiz olduğu ayrıca alt katta yumuşak kat oluşturulduğu, bunun sonucu olarak alt katın tamamen göçtüğü görülmektedir.



Fotoğraf 4.41. Güveçli köyünde ağır hasarlı briket yığma yapılar ile külahı düşen minare

Depremde en ağır hasar gören köylerden biri olan Güveçli köyünde 17 civarında can kaybı olduğu ve 200 hanenin büyük kısmının yıkıldığı öğrenilmiştir. Yapı karakteristiği yine kerpiç veya briket yığma olan yapılarda, ahşap elemanlar üzerine toprak dam yapılmış bunun üzerine de ahşap kırma çatı konularak yer yer sac ile kaplanmıştır. Fotoğraf 4.41'de düzlemi

dışına devrilmiş briket duvar görülmekte, bunun arkasında ise külahı uçan minare görülmektedir. Sağ taraftaki fotoğrafta zayıf aksta olduğu için kerpiç duvarların devrildiği, güçlü akstaki duvarların ayakta kaldığı görülmektedir. Bu yapıların büyük bir kısmında temel olmadığı, yer yer yığma taş ile teşkil edilen tabanın üzerine yapının oturtulduğu görülmektedir.



Fotoğraf 4.42. Dağönü köyü camisinin depremden sonraki durumu

Depremde Van Gölüne yakın olan köylerden Dağönü köyü de ağır hasar uğramıştır. Bu köyle bulunan yaklaşık 80 haneden sadece 78'i tamamen yıkılarak kullanılmaz hale gelmiş, yaklaşık 18 can kaybı, 8 kadar ağır yaralı kaydedilmiştir. Fotoğraf 4.42'de ağır hasar gören köy camisi görülmektedir. Otuz otuzbeş yıllık olduğu öğrenilen caminin içinde ahşap asma tavanı taşıyan dikmeler olmakla birlikte ana taşıyıcı sistem taş ve kerpiç yığmadır. Yanal dayanımı çok zayıf olan, yetersiz bağlayıcı ile birleştirilen yığma elemanlar, yapının bir miktar da burulması ile ağır hasar görmüştür. Yine camide de ahşap elemanların üzerine yerleştirilen toprak dam ve üstünde ahşap elemanlarla teşkil edilip sac ile kaplanmış çatı uygulaması görülmektedir. Caminin 2 yıl önce betonarme olarak yapılan minaresinde ise kayda değer bir hasar görülmemektedir. Minarenin altına 6mx6m ebadında temel yapılarak temel zemininden yaklaşık 3m aşağıya inşaa edilmiştir.

4.4. Alt Yapı İncelemesi

Van ilinde yapılan incelemelerde alt yapı sistemlerinin çalıştığı belirlenmiştir. İnceleme yapılan bölgelerde altyapı hasarlarına rastlanmamıştır. Erciş ilçesinde yapılan incelemelerde içme suyu şebeke sisteminin çalışmadığı ve ilçeye su verilemediği görülmüştür. Şebeke

sisteminde meydana gelen hasarlardan dolayı içme suyu sistemi işletilememektedir. Sistem Yukarı Işıklı köyündeki su kaynağından (kaynak suyu) terfi merkezi yardımıyla beslenmektedir (Fotoğraf 4.43). Şebeke ana borusu su kaynağından yaklaşık 500 m mesafedeki tepeyi geçerek bu noktadan sonra alt kottaki Erciş ilçesini beslemektedir (Fotoğraf 4.43-44). Ana borunun yaklaşık 1000 m lik kısmı yerüstünden gittiğinden görülebilmekte ve bu mesafeden sonra sistem yeraltına indiğinden takip edilememektedir.

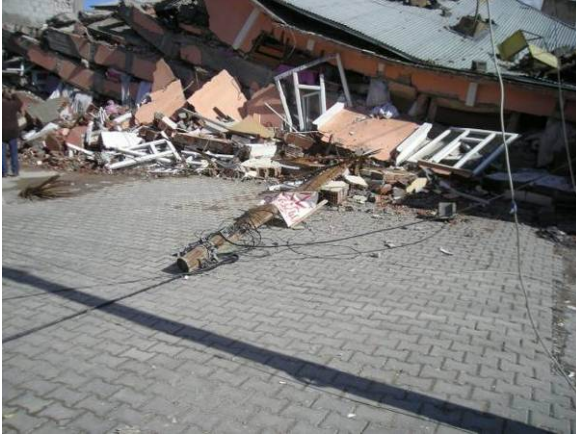


Fotoğraf 4.43. Şebeke sistemi terfi merkezi



Fotoğraf 4.44. Şebeke sistemi ana boru hattı

Şebeke alt yapısının çalışmamasının yanı sıra elektrik ve telekomünikasyon sistemleri de havai hat olarak inşa edildiğinden binaların çökmesi sonucu hasara uğradığından yerleşime elektrik verilememektedir (Fotoğraf 4.45-46-47). Elektriğin mevcut olmamasından dolayı terfi merkezide çalıştırılmamaktadır.



Fotoğraf 4.45. Telekomünikasyon sistemlerine ait kırılmış havai hat direkleri ve mobil iletişim araçları



Fotoğraf 4.46. Elektrik sistemlerine ait havai hat direkleri ve hasarları



Fotoğraf 4.47. Elektrik sistemlerine ait havai hat direkleri ve hasarları

Sistemin çalıştırılabilmesi için İstanbul İtfaiye Teşkilatı kendi mevcut ekipmanları ile sistemin

alıştırılmasını sağlamaya çalışmaktadır (Fotoğraf 4.48). İstanbul İtfaiye Teşkilatında mevcut 147 kW gücünde ve 8600 lt/dk kapasiteli iki jeneratör beslemeli pompa su kaynağı yakınına yerleştirilerek sistemin geçici bir hatla ilçe merkezi girişine kadar su iletecek şekilde düzenlendiği görüldü (Fotoğraf 4.48-49-50).



Fotoğraf 4.48. Su kaynağı ve şebeke sistemi su alma yapısı



Fotoğraf 4.49. Su kaynağı ve terfi sistemini sağlayan iki jeneratör beslemeli pompa



Fotoğraf 4.50. 147 kW gücünde ve 8600 lt/dk kapasiteli iki jeneratör beslemeli pompa

Biri yedek olmak üzere iki pompa sistemi iki ayrı hat düzenlemesi ile 150mm çaplı ve 35 bar basınca dayanıklı yangın hortumlarının birleştirilmesi ile 5 km'lik bir hat oluşturularak yerleşim yerinin giriş noktasına kadar su götürülmesi için düzenleme yapılmıştır (Fotoğraf 4.51). Hat her biri 50 m'lik boruların birleştirilmesi ile oluşturulmuştur.



Fotoğraf 4.51. 150mm çaplı ve 35 bar basınca dayanıklı yangın hortumları

İlçenin giriş noktasına getirilen su beş ağız çıkışlı sistemle düzenlenmiş olup bu parçadan bir boru vasıtasıyla 8 musluklu su dağıtım noktasına su verilmekte olup diğer ağızlar tankerlere su doldurmak için kullanılmaktadır (Fotoğraf 4.52). Bu noktadan dağıtılan sular için klorlama klor tabletleri ile yapılmaktadır.



Fotoğraf 4.52. İlçenin giriş noktasındaki su dağıtım merkezi ve klorlama



Fotoğraf 4.53. Beş ağız çıkışlı sistemle ve 8 musluklu su dağıtım elemanı

Bu noktadan tankerlere doldurulan su ilçenin değişik noktalarına taşınmaktadır. Tankerle taşınan sular cami vb. umumi su kullanım noktalarına ve kişilerin su alabilmesi için ilçenin bazı noktalarına getirilmektedir (Fotoğraf 4.53). İlçede su dağıtımı düzgün olmadığından su ihtiyacının tamamı şişe sularından karşılanmaktadır. Ancak getirilen sular umumi su kullanım noktalarındaki su tesisatları zarar gördüğünden kullanılamamakta, sadece depo çıkışlarından su alınarak kullanılmaktadır (Fotoğraf 4.54).



Fotoğraf 4.54. Tankerle camiye taşınan su ve bir şişe suyu dağıtım noktası

Köy gibi küçük yerleşim yerlerinin bir kısmında su şebekeleri zarar görmesine karşın bazı köy yerleşimlerinde ise hasarlara rastlanmamıştır. İçme suyu şebeke sistemlerinin yanı sıra atıksu ve yağmur suyu kanalizasyon sistemlerinde de hasarlar olduğu düşünülmektedir. Ancak atıksu kanalizasyon sistemlerinin ilçeye su verilemediği ve su kullanımı olmadığı için zarar görüp görmediği tespit edilememiştir. Atıksu kanalizasyon sistemlerinin hasarlı olup olmadığı ancak yapılarda su kullanımı başladıktan sonra anlaşılacaktır.

Yağmur suyu kanalizasyon sistemlerindeki durumun atıksu kanalizasyon sistemlerindeki benzer olduğu düşünülmektedir (Fotoğraf 4.55).

Köy yerleşimlerinde büyük bir çoğunlukla atıksu ve yağmur suyu sistemleri mevcut olmadığından, genellikle fosseptik çukurları kullanıldığından böyle bir problem söz konusu değildir.



Fotoğraf 4.55. Yağmur suyu kanalizasyon hattının yerüstüne yansıyan durumu.

6. DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER

“Deprem Bölgeleri Haritaları” hazırlanırken, sismik verilerin, sismometre ağının ve erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılması yanında mutlaka gerçek bir aktif fay haritası dikkate alınarak, aktif fay zonlarıyla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda Türkiye aktif fay haritası ve deprem bölgeleri haritaları güncellenmelidir. Van il merkezi 2. Derece deprem bölgesi olmasına rağmen depremde ciddi hasar oluşması bu bölgenin birinci derece olması gerektiğini göstermektedir. Buna benzer bölgelerinde varlığı bilindiğine göre haritalar güncellenmelidir.

Bölgede genelde kullanılan yapı sistemi ve hasarlı bina temelleri incelendiğinde çoğunluğunun genç çökeller üzerine bodrum kat yapılmadan inşa edildiği görülmüştür. Arazi gözlemlerinde, bina temel sistemlerinin genelde tekil temel ve sürekli temel şeklinde olduğu görülmüştür. Yüksek sismisiteye sahip bu bölgede, yapıların genç çökeller üzerinde yerleşmiş olması ve yeraltı su seviyesinin yüksek olmasının da etkisiyle düşük temel taşıma gücüne sahip olduğu açıktır. Bodrum katların nebati toprak tabakası bile kaldırılmadan yükseltilmesi temelden zemin yük aktarımı konusunda önemli bir zaafiyet oluşturmaktadır. Yapılarda

bodrum kat yapılması ve temel derinliğinin gerekli seviyeye kadar indirilmesi gereklidir.

Depremde ağır hasar gören ve göçen binalarda, hazır beton yerine geleneksel yöntemlerle, şantiyede, düşük dozajlı beton üretildiği tespit edilmiştir. Bu betonlarda kullanılan malzemelerin herhangi bir standart gözetilmeksizin üretimde kullanıldığı, donatı olarak genellikle düz inşaat çeliğinin tercih edildiği görülmüştür. Kalitesiz beton üretimi ve düz inşaat çeliği kullanımı betonarmede aderansı olumsuz yönde etkilemiş, betonda kırılmanın agrega-çimento hamuru ara yüzünde, betonarmede ise beton ile donatı ara yüzünde sıyrılma şeklinde gerçekleşmiştir. Ayrıca yığma yapılarda istenen standartlarda ve uygun koşullarda imal edilmeyen, zayıf mekanik özelliklere sahip malzemelerin kullanılması, özellikle kırsal kesimde, büyük hasara neden olmuştur. Malzeme testlerinin de yapılmadığı veya yetersiz yapıldığı, denetim mekanizmasının işlemediği açıktır.

Erciş ilçe merkezinde ağır hasar gören betonarme yapıların önemli bir bölümünde, ticari değerinden dolayı yapıların alt katları genel olarak farklı maksatlarla ticarethane olarak kullanılmaktadır. Bu binaların alt katlarının dükkan olması ve dolgu duvarların kaldırılması yumuşak kat oluşumuna sebep olmuş, görelî kat deplasmanları sebebi ile alt katlarda hasar oluşmasına veya yapının tamamen göçmesine neden olmuştur. Bu durumu engellemek için yumuşak kat oluşumunu engelleyecek tasarımlar yapılmalıdır.

Tasarım hataları incelendiğinde, kirişlerin kolonlar kadar güçlü olduğu, güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesine aykırı tasarım yapıldığı görülmektedir. Bu durumda kolonlar kirişlerden önce göçerek yapıların tamamen göçmesine ve tost haline gelmesine neden olmuştur. Tasarım sorunlarından bir diğeri de, kolonları zayıf aksta depreme yakalanmış yapıların durumudur. Yapıların her iki doğrultuda güçlü olması gerekirken, rijitlik dağılımı asimetric olarak yapılarak bir aksta zayıflatılmıştır. Bu durum yapılarda birinci modun burulma olmasına, burulma etkisi ile de yapının ağır hasar görmesine neden olmuştur.

Farklı titreşim karakteristiğine sahip olan bitişik nizamda yapılan yapılar deprem esnasında birbirlerine çarparak, çekiçleme etkisi ile birbirlerine önemli hasar verdikten sonra tamamen

kat mekanizması haline gelerek kısmen veya tamamen göçmüştür. Bu durumu engellemek için yapılar arasına yeterince mesafe bırakılmalı, çarpışma engellenmelidir.

Yapılarda farklı dönem eklerinin oluşturduğu süreksizliklerin deprem sırasında ortaya çıkan kesme kuvvetlerini karşılayamadığı bu nedenle hasara yol açtığı düşünülmektedir. Seçim dönemlerini kullanarak ilave kat yapılması ve bunların da sonradan ruhsata bağlanması, bu yapıların depremde yıkılmasının önemli sebeplerindendir.

Betonarme elemanların, yetersiz kalıp işçiliği ile aksından kaydığı görülmektedir. Bu elemanlarda malzeme ve işçiliğin de oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Donatıların aralıkları ve işçiliği de yetersizdir.

Briketler veya tuğla elemanlar, delikleri doğrultusunda daha çok yük alırken dik doğrultuda daha düşük yük taşıma kapasitesinde sahiptir. Bazı yapılarda briketlerin yanlış doğrultuda kullanıldığı görülmüştür. Bu nedenle depremde kötü performans sergileyerek hasara neden olmuştur. Briket elemanlar arasında bağlayıcı harcın olmadığı veya oldukça az olduğu görülmüştür. Briketlerinde standartlara uygun imal edilmediği gözlemlenmiştir.

Bölgede köylerde geleneksel olarak kerpiç, yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kurutulmuş toprak esaslı bu malzeme, üst üste konularak yığma yapı formu elde edilmektedir. Ancak aradaki bağlayıcı harç yok denecek kadar azdır. Ayrıca yapılarda basit silindirik kesitli ahşap kirişler, kerpiç duvarların üstüne oturtulmuş, bu kirişlerin üstüne yerleştirilen ahşap çıtaların üstüne yer yer 50cm kalınlığı bulan toprak damlar oturtulmuştur. Yanal yük taşıma kapasitesi çok düşük olan kerpiç duvarlar, deprem esnasında ağır olan damın hareketine dayanamayarak kısmen veya tamamen göçmüştür. Kırsal bölgeler için yanal dayanımı olan, bölgedeki yaygın malzemelerinde kullanılabileceği ucuz ve pratik konut yapım sistemleri geliştirilmelidir. Bu konuda UNDP ile ortaklaşa çalışma yapılabilir. UNDP gelişmekte olan deprem riski bulunan ülkelerde ucuz ve dayanıklı konut geliştirme projelerini uzun süredir devam ettirmektedir. Bu alt yapıdan yararlanılması bölge ve ülke için yerinde olacaktır.

Birinci katta konsollarla kat alanında genişleme sağlayabilmek için kolonların doğrultuları değiştirilerek konsol ucunda kolon uygulaması yapılmıştır. Esasen bu durum 1999 da zorunlu hale gelen deprem yönetmeliğinde yasaklanmıştır. Yönetmeliğe aykırı bu uygulama hasara neden olmuştur.

Yapı denetim ve kontrollük acilen yeniden değerlendirilmeli, yapı denetim yasası değiştirilerek daha sıkı denetim sağlanmalıdır. Yapı denetime odaların katılımı ve kontrolü de sağlanmalıdır. Van bölgesinde hasarın önemli sebeplerinden biri mimari ve statik plan projesi olan yapılarda bile mal sahipleri inşaat için kalfaları tercih ederek, düşük maliyetle projelerini uygulamak istemiş, projeye uygunluk denetlenmemiştir. Söz konusu müteahhitler iyi niyetli ve dürüst olsalar bile teknik detaylara haiz olmadıkları için dramatik işçilik ve uygulama hatalarına imza atmışlardır. İnşaat işçileri ise maalesef hiçbir eğitim almayan, toplumda en eğitimsiz insanlardan seçilmekte ve yapım işini sahada görerek öğrenmektedir. Yapılan işin detayları hakkında bilgisiz ve bilinçsiz olan işçiler kontrol edilmediğinde büyük eksikliklere sahip binalara imza atmaktadırlar. Bu sistemin radikal şekilde rehabilite edilmesi gerekmektedir. Müteahhitlik yapmak için temel teknik altyapıya sahip olunması gerekmektedir. Zira inşaat işleri ve projenin uygulanması ciddi bir mühendislik altyapısı gerektirmektedir. Ayrıca kontrollük sistemi kâğıt üzerinde kalmamalıdır. Ülkemizde ve bölgede yapı denetim firmalarının birçoğu düşük maliyetlerle, tecrübesiz veya emekli mühendislerin sadece diplomalarını kullanmakta, sahada etkin bir denetim yapmamakta, yetersiz yapıları yeterli göstermek için önemli suiistimallere yol açmaktadırlar.

Yerel yönetimler ile merkezi yönetimin henüz deprem konusunda etkin ve yeterli bir sistem kurduğunu söylemek mümkün değildir. Popülist söylemler yerine radikal tedbirler alınması gereklidir. Kaçak yapılan ve yönetmelik hükümlerini sağlamayan yapılar, hızla ve tavizsiz olarak yıkılmalıdır. Her seçim öncesi patlama yapan kaçak inşaatlar engellenmelidir. Bu durum belli kesimlerde tepki oluştursa da toplumun geneli ve sağlığı açısından hayati öneme sahiptir. Kaçak ve denetimsiz inşaat yapan herkes cezasını göreceği ve yaptığı yapının resmi birimlerce yıkılacağı konusunda tereddüt duymamalıdır. Bu hedefe ulaşmak için hukuki düzenlemelere ihtiyaç olduğu açıktır.

Mevcut yapıların riski de halen devam etmektedir. Ülke genelinde kentsel dönüşüm ele alınmalı, dönüşüm deprem odaklı ve modern kent ölçeğinde tasarlanmalıdır. Ayrıca mevcut yapılar acilen incelenmeli, olası bir depremde yıkılacak veya ağır hasara uğrayacak olanlar yıkılmalı, korunması gerekenler basit ve ucuz güçlendirme teknikleri ile güçlendirilmelidir. Zira bir yapının tek başına güvenli olması depremde ayakta kalabilmesi için yeterli değildir, çarpışma etkisi ile kendisi iyi durumda olan yapılarda yıkılabilir.

Diğer yandan bölgesel veya bir bölge içinde yer alan ada ölçeğinde parseller birleştirilerek yeşil alanı ve sosyal donatı alanı yüksek olan binalar üretilmelidir. O adada üretilen konutlar yaşayan halka verilerek sosyal barış da sağlanmalıdır. Özellikle İstanbul için bu sistemin adil ve etkin şekilde kurulması gerekmektedir.

Olası bir depremde kurtarma, yardım, erzak dağıtımı ve hasar tespiti için merkezi sistemle ekipler kurulmalı, deprem durumunda bu ekipler en kısa zamanda bölgeye iletilmelidir. Hemen her bölge için acil eylem planı hazırlanmalıdır.

Mimarlar ve inşaat mühendislerinin tamamının mezuniyet sonrası deprem ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ve inşaatı konusunda yeterli bilgi sahibi olduğu söylenemez. Bu durum projesi olan yapılarda da bilinçsiz davranılması durumunda tasarım kaynaklı hasarlara yol açmaktadır. Bu eksikliği engellemek için eğitim sistemi güncellenerek bu dersler zorunlu olmalı ve ders saatleri arttırılmalıdır. Ayrıca ülkemizde çok farklı kalitede eğitim verildiği bilindiğine göre ABD veya Japonya'daki gibi bir yeterlik ve sertifika sistemine geçilmesi şarttır. Kullanılmayan bilgi unutulabileceğine göre belli aralıklarla eğitim ve sınav sistemi kurularak mimar ve inşaat mühendislerinin bilgilerini güncellemesi, teknolojik gelişmeleri izlemesi sağlanmalıdır.

İlk ve ortaöğretimde deprem olgusu ile temel yapı karakteristikleri öğretilmelidir. Bu sayede yapı konusunda temel bilgi ve terminolojiye sahip bireyler yetiştirilerek otokontrol

mekanizması tesis edilmelidir.

Günümüzde en pahalı ve prestijli projeleri tasarlayan, yapan mimar ve mühendisler ile bunların teknik altyapıları bilinmemektedir. Bilinçli tüketici oluşturmak adına firmalar internette teknik elemanları ve aldıkları eğitimleri yayınlamalıdır. Tüketiciler gerçek taşıyıcı sistem tasarımı, hesabı, malzemesi gibi konularda bilinçlendirilmelidir. Kaliteli yapılan her şeyin sıradan olana göre bir maliyeti olacağı bilinmelidir.

TEŞEKKÜRLER

Yapılan çalışmada her türlü desteği sağlayan YTÜ Rektörlüğü ve YTÜ Vakfına teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, (1980). Kentlerin Jeolojisi ve Deprem Durumu, Ankara.

<http://www.mta.gov.tr/v1.0/bolgeler/van/van.htm>

<http://www.afad.gov.tr>

www.deprem.gov.tr

www.mta.gov.tr

www.koeri.boun.edu.tr

www.usgs.gov

www.emsc-csem.org