23 EKİM 2011 VAN DEPREMİNİN (MW 7.2) JEOLOJİK VE YEREL ZEMİN DAVRANIŞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

AHMET KARAKAŞ [1], KEMAL BEYEN [2]

akarakas@kocaeli.edu.tr, beyen@kocaeli.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Jeolojik etki, yerel zemin davranışı, deprem karakteristiği, fay mekanizma etkisi, yayılım etkisi, yönelim etkisi.

ÖZET

23 Ekim 2011 tarihinde merkez üssü Van il merkezinin 30 km kuzeyinde meydana gelen moment büyüklüğü (Mw) 7.2 olan deprem bölgede geniş çaplı maddi ve sosyal hasarlara yol açmıştır. Mühendislik jeolojisi ve yerel zemin davranış özelliklerinin baskın etkilerinin depremde gözlenen yapısal hasarlardaki rolü bu çalışmada tartışılmaktadır. Özellikle Erciş merkezinde yaşanan büyük yapısal kayıpların düşük kaliteli işçilik ve kalitesiz bina imalatının yanı sıra deprem oluşum mekanizmasının, deprem yayılım doğrultusunun ve yerel zemin davranış özelliklerinin depremin etkisini arttırıcı yönde olması temel nedenler arasındadır. Mühendislik jeolojisinin sunduğu bilgiler mühendislik yapılarının tasarımında yerel zemin özelliklerinin neden olduğu yerel etkilerin analizlerinde kullanılmalıdır. Çalışmada önemli bulunan ve dikkat çekilen konular; (i) Yerel jeolojik yapı ve etkisi, (ii) Depremin karakteristik özelliklerinin (fay mekanizmasının, kırılmaların, yayılımın, yönelimin) deprem kayıtlarında olası izleri, (iii) Yerel davranışın mühendislik tasarımında faya dik ve faya paralel yönde özellikleri, ve (iv) Düşey bileşen etkisi olarak sıralanabilir.

GİRİŞ

23 Ekim 2011 tarihinde merkez üssü Van il merkezinin 30 km kuzeyinde meydana gelen moment büyüklüğü (Mw) 7.2 olan deprem bölgede geniş çaplı maddi ve sosyal hasarlara yol açmıştır. Mühendislik jeolojisi ve yerel zemin davranış özelliklerinin baskın etkilerinin depremde gözlenen yapısal hasarlardaki rolü bu çalışmada sunulmaktadır. Van depremi 23 Ekim 2011 tarihinde merkez üssü Van il merkezinin 30 km kuzeyinde (Tabanlı Köyü) meydana gelmiştir. Moment büyüklüğü (Mw) 7.2 ve odak derinliği 5-19 km arasında olup, depremi yüzeyde çok küçük sol yanal atıma sahip (maksimum 9 cm) yüzey kırığı sınırlı görülen (~8 km) ters bir fay (bindirme) oluşturmuştur. Kırılma alanı yaklaşık olarak 60x20 km olup K60-70D doğrultulu 55 KB eğimli bir fay düzlemi oluşmuştur.

Mühendislik jeolojisinin sunduğu bilgiler mühendislik yapılarının tasarımında yerel zemin özelliklerinin neden olduğu yerel etkilerin analizlerinde kullanılmalıdır. Çalışmada önemli bulunan ve dikkat çekilen konular; (i) Yerel jeolojik yapı ve etkisi, (ii) Depremin karakteristik özelliklerinin (fay mekanizmasının, kırılmaların, yayılımın, yönelimin) deprem kayıtlarında olası izleri, (iii) Yerel davranışın mühendislik tasarımında faya dik ve faya paralel yönde özellikleri, ve (iv) Düşey bileşen etkisi olarak sıralanabilir.

GENEL JEOLOJİK YAPI

Van depremi Bitlis–Zagros Sutur Zonunun (BZSZ) yaklaşık olarak 60 km kuzeyinde yer alan Van Gölü havzasında meydana gelmiştir. Havzanın temelini ofiyolitik ve metamorfik kayalardan oluşan Bitlis Masifi oluşturur (Şengör ve Yılmaz, 1986). İki farklı sedimater grup temelin üstünde yer alır (Yılmaz, 1990). Havzada yer alan bu gruplar Oligo-Miyosen alt grup ve Plio-Kuvaterner üst gruptan oluşur (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986). Alt grup denizel ve gölsel ortamlarda çökelmiş çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, kiltaşı, marn ve kireçtaşı litolojilerinden oluşur (Aksoy, 1988) üst grup ise göl ve fluvial ortamlarda çökelmiş kireçtaşı-kumtaşı-çakıltaşı ardalanması ve pekişmemiş çakıl, kum, silt ve kil seviyelerinden oluşur (Özkaymak, 2003). 11 My- 17 yy yaşlı Volkanik kayalar temel ve alt grup kayaları üzerine akmış yer yer diğer birimleri kesmiştir (Şengör ve diğ., 2008).

JEOLOJİK BİRİMLERİN DEPREM ESNASINDAKİ DAVRANIŞLARI

Yerel jeolojik yapı depremlerde meydana gelen farklı alanlarda farklı derecelerdeki hasarların oluşmasında rol alan önemli parametrelerden biridir. Deprem esansında jeolojik birimler sağlam kaya, ayrışmış kaya (geçiş ortamı) veya zemin ortamlar şeklinde deprem dalgalarını arttırıcı veya azaltıcı etkiler yaratarak yapı hasarların coğrafik olarak da farklı şekilde ortaya çıkmasını sağlarlar. Van

[1] Yrd. Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl., İzmit, KOCAELİ-TÜRKİYE
[2] Doç. Dr. Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., İzmit,, KOCAELİ-TÜRKİYE

depreminin yıkıcı hasarları Van ve Erciş arasındaki bölgede yoğunlaşmıştır. Can kayıplarının çoğu ve bina yıkımı hasarının büyük bir kısmı Erciş ilçe merkezinde meydana gelmiştir. Bina yıkımlarının bu kesimlerde yüksek olmasının nedenlerinden biri Erçiş ilçe merkezi genç çökellerden oluşan alüvyal bir havza üzerine kurulmuş olmasıdır. Bu havzada yer alan birimler, çakıl, kum, silt ve kil boyutlarındaki göl ve akarsu çökellerinin ardalanmasından oluşmaktadır. Bu birim grimsi renklerde yer yer kahverenklidir. Birim gevşek-orta sıkı özellikte olup dayanımı oldukça düşüktür (Özvan ve diğ., 2008). Erçiş havzasındaki birimlerin büyük bir çoğunluğunu temsil eden gölsel çökeller Van Gölü seviye değişimlerine bağlı olarak oluşmuştur (Özvan ve diğ., 2008). Kuvaterner yaşlı birimler içinde yapılan derin sondajlarda birimin kalınlığı havza ortasında yaklaşık 188 m olarak belirlenmiştir (Özvan ve diğ., 2008). Genç, kalın, düşük dayanımlı ve yer altı su seviyesi yüksek olan çökeller üzerine inşa edilmiş Erçiş merkezi yerleşim alanı fayın kuzey bloğu (tavan bloğu) üzerinde bulunması gibi jeolojik etkilerle fayın güney bloğunda (taban bloğu) yer alan Van ilçe merkezine göre oldukça yüksek hasara uğramıştır.

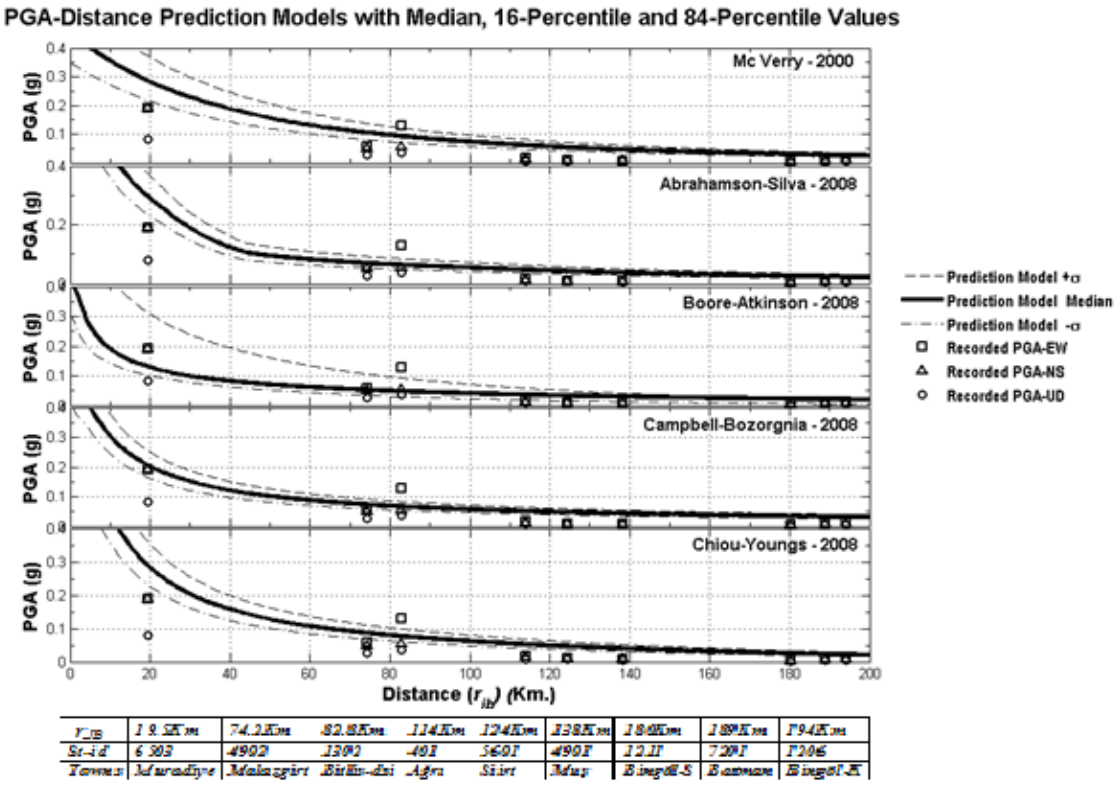
Deprem esnasında yerel zemin davranışları açısında farklı davranışlar gelişmiştir. Kum çökellerinin yer aldığı ve yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu kesimlerde (Qal) zemin sıvılaşması, yanal yayılmalar ve oturmalar yaygın olarak gelişmiştir. Özellikle Erciş İnönü Mahallesinde sıvılaşma kaynaklı yanal yayılmalar yaygın olarak gözlenmiştir. Yanal yayılma binalara, yollara, köprülere, Van gölü kenarındaki deniz yapılarına hasarlar vermiştir. Heyelanlar ve akmalar Pliyo-Kuvaterner az tutturulmuş üst grup birimlerinden oluşan eğimli yamaçlarda sıkça gelişmiştir. Kaya düşmeleri temel kayalar, alt grup Oligo-Miocene ve üst grup Plio-Quaternary kayaların olduğu yamaçlarda meydana gelmiştir. Van depreminde meydana gelen kütle hareketleri ve yüzey oluşumlarının türü, sayısı ve episantıra olan maksimum mesafeleri Tablo 1'de verilmektedir. Jeolojik birimlerle yakından ilişkili olan kütle hareketleri ve yüzey oluşumları depremi oluşturan ters fayın kuzey bloğunda yoğunlaşmıştır.

Kütle hareketi ve Yüzey Oluşumları	Gözlem Sayısı	Episantıra Maksimum Mesafe (km)
Heyelan	13	22
Toprak akması	3	23
Kaya düşmesi	3	23
Sıvılaşma	12	29
Yanal Yayılma	12	29
Oturma	6	31

Tablo-1. Yerel jeoloji ile ilişkili olarak depremde meydana gelen kütle hareketleri ve yüzey oluşumları.

ANA ŞOK ALTINDA YEREL ZEMİN DAVRANIŞI VE TAHMİN MODELLERİ

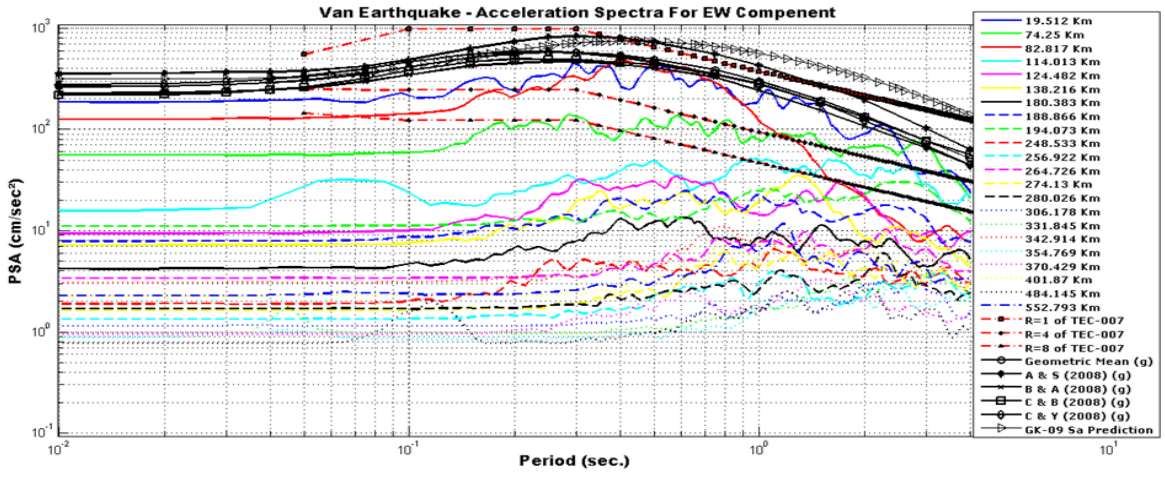
Üst yer kabuk yapılar için geliştirilmiş tepki spektrum modelleri katman zemin içinde yayılım esnasındaki enerji azalım kayıplarını göz önüne alabilmekte, belirli aktif yayılım ortamları ve belirli tektonik yapı ve deprem mekanizmaları için ihtimal maksimum tepe ivme değer tahmini yapabilmektedir. Bu çalışmada ana şoku kaydetmiş 22 istasyon için Grazier ve Kalkan, Campbell ve Bozorgnia, Derras ve Bard yatay bileşen tahmin modelleri (Earthquake Spectra, 2008) hesaplanmış ve gerçek kayıt büyüklükleriyle mukayeseli olarak Şekil 1'de çizdirilmiştir. Şekilde bindirme fayın iki tarafındaki istasyonların kayıt büyüklükleri tavan ve taban plakaların farklı özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Joyner&Boore mesafesiyle 80 km uzakta kırılma yönünde yer alan Bitlis istasyonunun faya parallel DB bileşeni 126 gal büyüklüğüyle güçlü yayılım-yönelim etkisini göstermektedir. Taban blok istasyonler 3-4 gal ivme büyüklüğüyle çok düşüktür. En yakın istasyon Muradiye için yalnız Campbell ve Bozorgnia-2008 tahmin modeli belirli bir standart sapmanın içinde maksimum ivme büyüklüğünü verebilmiştir. Muradiyenin jeolojik yapısının ve episentral mesafesinin kayıtcısı çalışmayan Erciş ile benzerliği göz önüne alınırsa Muradiyede gözlenen ivme büyüklüklerinin yapısal hasarın temel nedeni olamayacağı ancak doğrultu etkisiyle büyüyen deprem talebinin hasarlı yapıları büyük yer değiştirmelere ve nihayetinde göçmeye sürüklediği anlaşılmaktadır.



Şekil-1. Deprem kaynağından ilk 200km içindeki maksimum yer ivme tahminleri ve kaydedilenler.

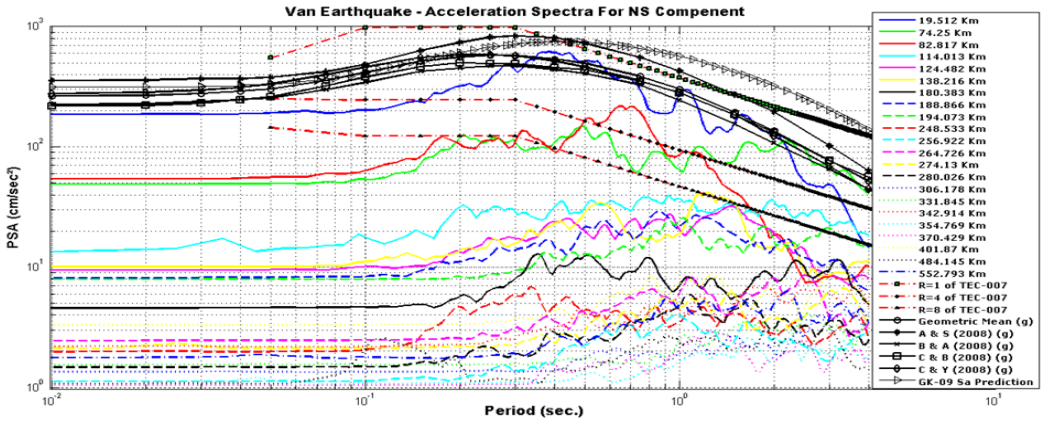
KAYIT SPEKTRUMLARI, TASARIM SPEKTRUMLARI VE TAHMiNLER

Yapı tasarımında en büyük yer ivmesi değerinin yanısıra depremin şiddetini tasarımda tanımlamak ve kullanmak için deprem büyüklüğü, faya uzaklığı, deprem süresi, zemin şartları ve frekans içeriği gibi önemli parametrelerde göz önüne alınmaktadır. PEER [2] tarafından ağ bazlı geliştirilmiş bir yazılım ile yeni nesil yer ivme spektrumları, yönetmelik tasarım spektrumları ve ilgili tahmin modelleri ana şoku kaydetmiş 22 istasyon için DB ve KG bileşen olarak % 5 sönüm için hesaplanmış ve mesafe bilgileriyle beraber Şekil 2'de çizdirilmiştir. Muradiye 600 cm/sn^2' lik PSA değeriyle 0.4 saniyede faya dik yönde yönelim etkisinin gücünü gösterirken, faya paralel yönde 0.1sn-2.5 s arasında 400 cm/sn^2' lik PSA değeriyle bir çok tepeciklerle yerel davranış sergilemektedir. Diğer istasyonlar göreceli olarak ivme genliklerinde küçülmeler verirken Bitlis istasyonu faya paralel yönde Muradiye'den de büyük genlikleriyle kırılma yöneliminin etkisini göstermektedir.



SONUÇ

Düşük dayanımlı zeminler üzerine yapı ve bina inşası ve ölümlere neden olan yıkılan ya da hasar gören yapıların deprem yönetmeliklerine uygun yapılmaması gibi önemli hususlar, hasar ve yıkımlarda diğer önemli etkenler yanında, başta jeolojik yapının dikkate alınmamasından kaynaklanmıştır Özellikle Erciş merkezinde yaşanan büyük yapısal kayıpların düşük kaliteli işçilik ve kalitesiz bina imalatının yanı sıra deprem oluşum mekanizmasının, deprem yayılım doğrultusunun ve yerel zemin davranış özelliklerinin depremin etkisini arttırıcı yönde olması temel nedenler arasındadır.



Şekil-2. Kayıt istasyonlarının hesaplanan ivme spektrumları, yönetmelik önerisi ve tahmin modelleri.

SONUÇLAR

Gözlenen değerler yerel etkilerin yanısıra yayılım, yönelim ve kırılma etkilerinin fay doğrultusunda ve paralel yönde bulunan yerleşimleri önemli oranda etkilemektedir. Erciş'de yaşanan yapısal hasarın büyüklüğü bilinen imalat hatalarının ötesinde sayılan parametrelerin etkileriyle açıklanabilmektedir. Yönetmeliklerde sağlıklı yapı tasarımı için sayılan parametrelerin göz önüne alınması gerekmektedir. Mühendislik jeolojisinin öngördüğü araştırma ve analiz yöntemleriyle yerleşim alanları ekonomik ve emniyet parametrelerine uygun bir şekilde gerekli mühendislik hizmetleri alınarak inşa edilmelidir.

KAYNAKLAR

Aksoy, E., (1988), Van İlinin doğu ve kuzeydoğusunun stratigrafisi ve tektoniği, Doktora Tezi, Fırat Universitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Earthquake Spectra, (2008), Special Issue on NGA, , Volume 24, Issue 1, pp. 1-341, February.

Özkaymak, C, (2003), Van Şehri ve civarının aktif tektonik özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 76 s.

Özvan, A., Şengül, M. A., Tapan, M., (2008), Van Gölü Havzası Neojen Çökellerinin Jeoteknik Özelliklerine Bir Bakış:Erciş Yerleşkesi, ***GeoSound***, Cilt:52, Sayı: 1, s.1-13

Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y., (1986), Geological evolution and basin models during Neotectonic episode in the eastern Anatolia, ***B. Mineral Res. Explor.***, 107, 61–83.

Şengör, A. M. C., Özeren, M. S., Keskin, M., Sakınç¸, M., Özbakır, A. D., ve Kayan, ˙I., (2008), Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type orogen: Implications for post-collisional crustforming processes in Turkic-type orogens, ***Earth-Sci. Rev.***, 90, 1–48.

Yılmaz, Y., (1990), Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia formed under a compressional regime: A review, ***J. Volcanol. Geotherm. Res.***, 44, 69–87.

Web kaynakları

[1] http://kocaeli2015.org

[2] PEER, http://peer.berkeley.edu/peer_ground_motion_database/spectras/17691/edit