

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin (Mw7.8 ve Mw7.5) Şiddet, İvme ve Hız Verilerinin İncelenmesi

Prof. Dr. Haluk Eyidoğan

İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü
Emekli Öğretim Üyesi

Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta olan Mw7.8 ve Mw7.5 büyüklüğündeki iki deprem için Türkiye ve yakın çevresindeki ülkelerde serbest yer yüzeyinde (bina etkisinden arındırılmış) ivmeölçerler ile kaydedilen maksimum yatay ivme (PGA) ve maksimum hız (PGV) verileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. PGA ve PGV değerlerinin dış merkez uzaklığı (R_{epi}) ile faya en yakın nokta uzaklığı (R_{rup}) ilişkisini simgeleyen ampirik bağıntılar elde edilmiş ve yorumlanmıştır.

Özet

Yaklaşık 200 yıldır büyük deprem olmayan Doğu Anadolu Fay Kuşağı'nın Çelikhhan-Hatay arasındaki üç ana fay kolu 6 Şubat 2023 tarihinde saat 04.17'de Mw7.8 büyüklüğünde bir deprem oluşturdu. Bu depremden 9 saat sonra kuzeyde doğu-batı doğrultusunda uzanan bir fay kuşağı tetiklenerek Mw7.5 büyüklüğünde bir deprem daha oldu.

Depremin oluşturduğu faydan aynı uzaklıklarda oldukça farklı şiddet özellikleri gözlenmiştir. Bu farklılığın, yapıların zemin ve çok çeşitli sorunlar içeren inşaat özellikleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

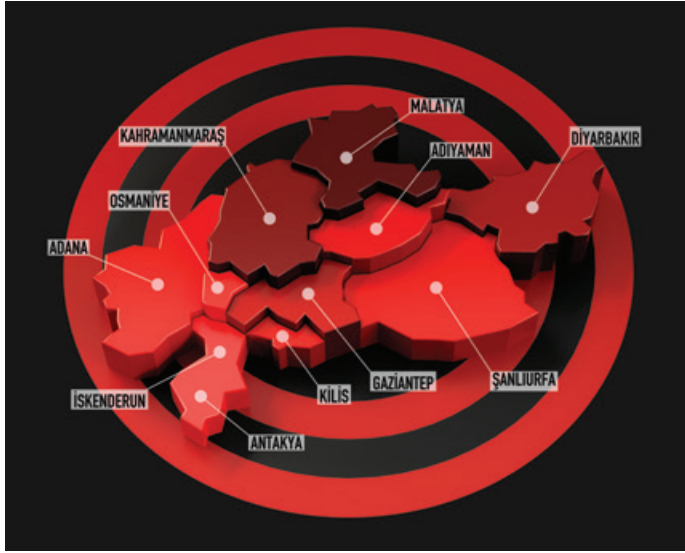
Bölgedeki ivmeölçerlerin kaydettikleri yer hareketi ivme (PGA) ve hızları (PGV) şiddet değerlerine göre daha az saçılma göstermekle birlikte uzak noktalarda yüksek değerler vermektedir. PGA ve PGV değerleri için bulunan en iyi uyum

eğrisinin uyum katsayısı, değerlerin saçılması nedeniyle oldukça düşüktür.

400 cm/s² ile 1000 cm/s² arasındaki PGA ivme değerlerinin faydan 40 km uzaklıklara kadar kaydedildiği, bu değerlerin 8 (VIII)-9 (IX) şiddet değerlerine karşılık geldiği görülmektedir. Faydan 40 km uzaklıklara kadar hareket hızı 200 cm/s'ye ulaşan çok sayıda PGV değerleri kaydedilmiştir.

Faydan 120 km'ye kadar olan uzaklıklarda 5 (V) ile 7 (VII) arasındaki şiddet değerleri yoğunlaşmakta, bu alan PGA değerlerinin 20 cm/s² ile 400 cm/s² arasındaki değerlerinin yoğunlaştığı alana denk gelmektedir. 9 (IX) şiddet değerlerine karşılık gelen 90 cm/s ile 200 cm/s arasındaki PGV değerleri faya 20 km uzaklıklara kadar ulaşmaktadır.

Büyük depremlere ait şiddet, ivme ve hız gibi sismolojik verilerin çok hızlı değerlendirilebilmesinin bize, gelecekte



büyük depremlerin yerleşim bölgelerindeki yapı ve zemin sorunlarına bağlı olarak gelişebilecek olumsuz etkileri konusunda daha ayrıntılı bilgi sahibi olma ve kayıpları azaltma konusunda önemli katkılar sunacaktır.

Deprebilim literatüründe, deprem şiddetinin mekânsal dağılımının haritalanması ve uzaklıkla değişiminin incelenmesi çalışmaları çok eski yıllara uzanır. Şiddetin çeşitli koordinatlarda saptanması yoluyla sismik sarsıntı şiddetinin ne kadar uzağa ulaştığı ve ne tür etkiler ve hasarlar yapabileceği ortaya çıkarılabilmektedir. Günümüzde gelişen iletişim teknikleri aracılığı ile deprem bölgesindeki tanıklar, depremin arazi ve yapılar üzerindeki etkilerine dair bilgileri deprem merkezlerine hızla iletmektedirler (Nazarov ve Shebalin, 1975, Musson, 2005; Musson vd, 2010; Bindi vd, 2011). Böylece deprem merkezleri depremin oluşturduğu şiddetin mekânsal dağılımına hızla ulaşabilmektedirler (Bossu vd, 2017; Grünthal, 1998).

Yoğun yerleşim alanlarında depremin sarsı ve etki gücü hakkında nicel bilgiler veren ivme kayıtçıları (akselograf) her yere yerleştirmek mümkün değildir. Ancak çok sayıda deprem tanıklarından alınan nitel şiddet bilgileri değerlendirilerek deprem bölgesindeki bina hasarları ve can kayıpları hakkında durumu hızla saptama olanağı sağlanabilmektedir (Wald vd., 1999; Atkinson ve Wald, 2007; Bossu vd., 2017). Depremden hemen sonra acil durum ve kriz yönetimi sürecinde ilgililer deprem merkezlerinin derlediği bu şiddet verilerini deprem bölgelerindeki ivme kayıtlarını da dikkate alarak ve yapı stoku bilgileri ile karşılaştırarak hasar ve kayıplar hakkında hızlı bir şekilde bilgi edinebilirler. Böylece olası hasarın en yüksek olduğu alanları hızla belirleyerek müdahaleyi hızlandırmak olanaklıdır.

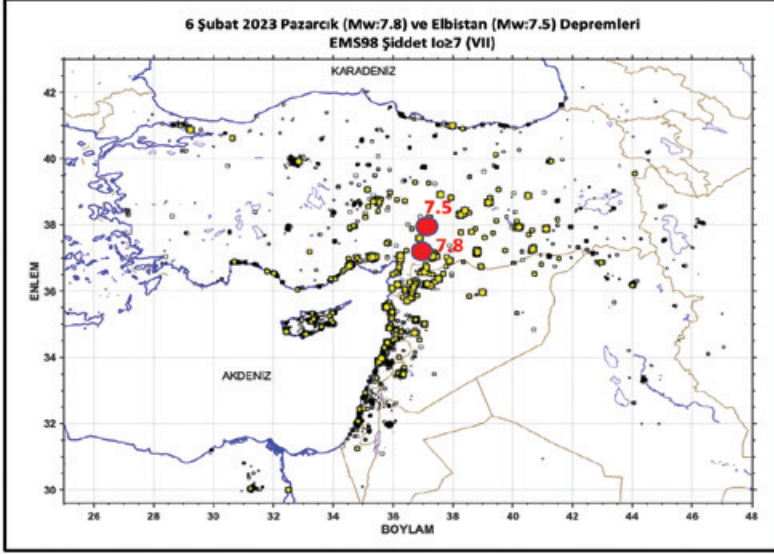
Deprem şiddet verilerinin mekânsal dağılımı

1822 yılındaki büyük depremden 200 yıl sonra 6 Şubat 2023

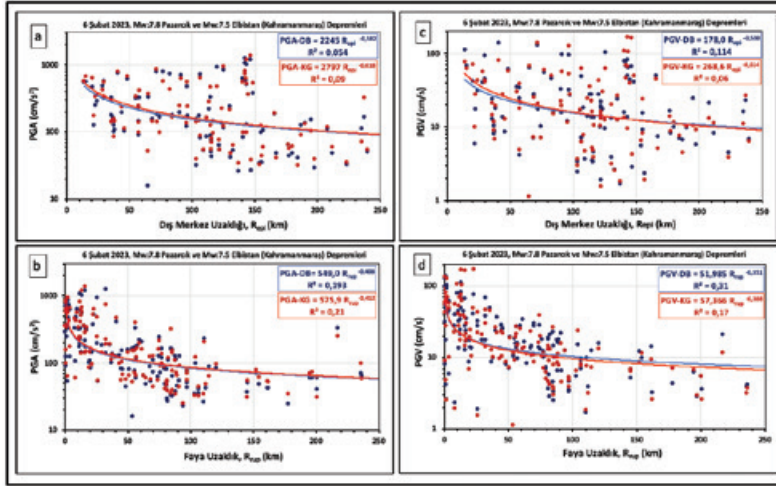
tarihinde sabah saat 04.17'de Pazarcık (Kahramanmaraş) merkezli Mw7.8 büyüklüğünde büyük bir deprem oldu. Deprem, son 85 yılın en büyüklerinden biriydi. Doğu Anadolu Fayı'nın (Emre vd, 1992; Duman ve Emre, 2013) güneybatısındaki Pazarcık kolu üzerinde başlayan ve Erkenek ve Amanos fayları ile toplam 290 km uzunluk-taki fay hareketine geçiren deprem, büyük can kayıpları ve yıkım oluşturdu. Bu depremden dokuz saat sonra Doğu Anadolu Fayı'nın kuzeyinde yer alan ve toplam uzunluğu 160 km olan Çardak Fayı, Savrun Fayı ve Akçadağ Fayı önceki depremin yüklediği gerilime karşı koyamamış ve tetiklenerek Elbistan (Kahramanmaraş) merkezli Mw7.5 büyüklüğünde bir deprem daha olmasına neden olmuştur (USGS, 2023a, b; EMSC, 2023a, b; AFAD, 2023; Eyidoğan, 2023; BÜ KRDAE Raporu, 2023; ODTÜ Raporu, 2023).

Deprem tanıkları tarafından EMSC'ye ulaştırılan şiddet verileri hızla işlendikten sonra kullanıcılara ve ilgililere gönderilmiştir. EMSC'nin değerlendirdiği şiddet değerleri 1(I) ile 10 (X) arasında değişmektedir. Bu çalışmada Mw7.8 ve Mw7.5 büyüklüğündeki her iki deprem için EMS98 ölçeğindeki 11.010 adet gözlemden 6.576 adedi Mw7.8 büyüklüğündeki depreme ait olup 4.434 adedi ise Mw7.5 büyüklüğündeki depreme aittir. 7 (VII) ve daha büyük olan şiddet değerleri deprem bölgesi ve çevresi için haritalanmıştır (Şekil 1). Mw7.8 büyüklüğündeki ilk depremde EMS98 şiddet ölçeğine göre 7 (VII) ve 8 (VIII) şiddetinin bölgesel dağılımına göre 11 milyona yakın sayıda kişinin etkilendiği anlaşılmaktadır. Deprem bölgesinden daha yüksek şiddet verileri bildirilememiştir. Çünkü, şiddetin 9 (IX) ve daha fazla olduğu alanlardaki binalarda kişilerin maruz kaldıkları ağır hasar ve yıkım, haberleşme ağları hasarı, yaralanma ve can kaybı nedeniyle mobil telefonlarla şiddet bilgisi iletme olanakları kalmamıştır. 6 Mart 2023 tarihinde TC Strateji ve Bütçe Dairesi tarafından yayımlanan rapora göre (SBB Raporu, 2023) deprem bölgesinde 11 ilde çok ağır hasarlı ve yıkılmış

"Deprem sırasında yer yüzeyine ve binalara yerleştirilen ivmeölçer kayıtçılarından elde edilen ivme, hız ve yer değiştirme türünden yer hareketi değerleri farklı zemin özellikleri ve yüksekliklere sahip binalardaki insanların algılarına kıyasla buldukları konumdaki durum hakkında daha somut ve nicel bilgiler vermektedir."



Şekil 1. Mw7.8 büyüklüğündeki Pazarcık ve Mw7.5 büyüklüğündeki Elbistan (Kahramanmaraş) depremleri için deprem tanıkları tarafından EMSC'ye (Url-2) bildirilen gözlemlerden EMS98 şiddet ölçeğine göre (Grünthal, 1998) hesaplanan şiddet değerlerinin mekansal dağılımı. Şiddet dağılımı $I \geq 7$ (VII) değerleri için gösterilmiştir. Kırmızı daireler her iki depremin dış merkez konumlarını gösterir.



Şekil 2. Mw7.8 ve Mw7.5 Kahramanmaraş depremlerinin dış merkez uzaklığı R_{epi} (a ve c) ve hareket eden faya en yakın uzaklığı R_{rup} için (b ve d) ivmeölçerlerde DB ve KG yönünde kaydedilen (a, b) maksimum ivme (PGA) ve (c, d) maksimum yer hareket hızı (PGV) değerlerinin azalım eğrileri. İvme ve hız verileri ODTÜ Raporu'ndan (2023) ve BÜ-KRDAE Raporu (2023) alınmıştır.

bina vardır. Hasar düzeyine bakıldığında depremin maksimum şiddetinin 12 (XII) düzeyine ulaştığı anlaşılmaktadır.

Şekil (1)'de görüleceği gibi yoğun nüfuslu bölgelerde aynı uzaklıklarda konumlanan insanlar oldukça farklı deprem şiddeti değerleri bildirdiler. Deprem merkezinden 500 km uzakta bile 8 (VIII) düzeyinde şiddet algıları bildirilmiştir. Depremde oluşan fayın boyutu ile deprem büyüklüğü arasında doğru bir orantı vardır; deprem ne kadar büyüksün oluşan fay boyu o kadar uzun, fay alanı o kadar büyük olmaktadır (Url-1). Büyük depremlerin oluşturduğu fayın uzunluğu, fayın türü-derinliği ve fayın üzerindeki kayma hareketinin

değeri şiddetin homojen dağılımını etkiler. Büyük depremlerde, depremin başladığı noktadan uzak olabilirsiniz ancak fay üzerindeki kayma hareketi size yakınsa sarsılma şiddetiniz büyük olacaktır. Bu nedenle şiddeti algıladığınız konumun hareket eden faya olan uzaklığına bağlı olarak azalım grafikleri çizildiğinde uzaklığa bağlı şiddet değeri daha gerçekçi olarak değerlendirilebilecektir.

Ayrıca, binaların yapısal özellikleri, yer kabuğunun sismik yapısı, zemin sınıfı, bina yüksekliği ve binanın statik ve dinamik tasarım özellikleri şiddetin değerini artırabilir. Ayrıca deprem tanıklarının algılama duyarlılık düzeyi de şiddet değerinin belirlenmesinde önemli bir etkidir. Aynı düzeyde sarsıntı yaşayan herkes bunu farklı düzeyde tanımlayabilmektedir. Depremin etkilediği bölgelerdeki yoğun nüfus barındıran şehirlerde özellikle taşıma gücü düşük ve sıvılaşma alanlarında (örn. Kahramanmaraş Ovası, Hatay Amik Ovası) yüksek yapılaşma ve çok çeşitli yapı türü nedeniyle birbirinden farklı hasar şiddet durumu gözlenmektedir.

İvme değerlerinin uzaklıkla değişimi

Deprem sırasında yer yüzeyine ve binalara yerleştirilen ivmeölçer kayıtlarından elde edilen ivme, hız ve yer değiştirme türünden yer hareketi değerleri farklı zemin özellikleri ve yüksekliklere sahip binalardaki insanların algılarına kıyasla buldukları konumdaki durum hakkında daha somut ve nicel bilgiler vermektedir. Bu veriler, inşaat mühendislerinin binaları depreme dayanıklı olarak tasarlamalarında kullanılan deprem tehlike haritalarının ve bina-deprem yönetmeliklerinin hazırlanmasında kullanılır. Mühendislik sismolojisi çalışmalarında deprem sırasında yapı üzerinde oluşan hasar durumuna göre belirlenen şiddet ile o alanda kaydedilmiş ivme, yer hızı ve yerdeğiştirme değerleri arasında ampirik bağıntılar üretilir (Wald vd, 1999; Wu vd, 2003; Pailople, 2012; Caprio vd, 2015).

Yer İvmesi-PGA, Spektral İvme-Sa, vb. ile ölçeklenirken, depreme maruz kalan yapıların hasar durumuna dair mühendislik ölçüsü (maksimum çatı ve katlar arası eğilme, yerdeğiştirme, süneklik vb) cinsinden tanımlanır. Akkar ve Özen (2005), Maksimum Yer Hızı'nın (PGV) deprem büyüklüğü ile iyi bir korelasyon gösterdiğini ve yapıların sismik davranışında etkili olan yer hareketi frekans içeriği ve kuvvetli hareket süresi hakkında yararlı bilgiler sağladığını belirtmiştir. Deprem mühendisliği alanında son yıllarda yapılan araştırmalar ve gözlemler PGV değerlerinin, PGA değerlerine kıyasla yapıların deformasyon özellikleri ile daha fazla ilişkili olduğunu göstermektedir. Yer hareketi şiddeti olarak PGV

değerlerinin seçilmesinin, özellikle kısa periyot aralığında tek serbestlik dereceli yapıların deformasyon analizlerinde (SDOF), PGA değerlerine kıyasla çok daha yararlı sonuçlar verdiği ne dair bulgular vardır (Akkar ve Özen, 2005). Ancak, ODTÜ ekibi Kahramanmaraş depremlerinin olduğu bölgedeki hasar gözlemlerine dayanarak (ODTÜ Raporu, 2023) en çok hasar gören bölgelerdeki bina stokunun çoğunluğunun katı (rijit), alçak-orta katlı binalardan oluştuğunu ve sünek betonarmenin sismik davranışıyla daha fazla ilişkili olan PGV yerine PGA değerlerinin daha iyi bir tanımlayıcı olabileceği tezini (Erberik, 2008) savunmuştur.

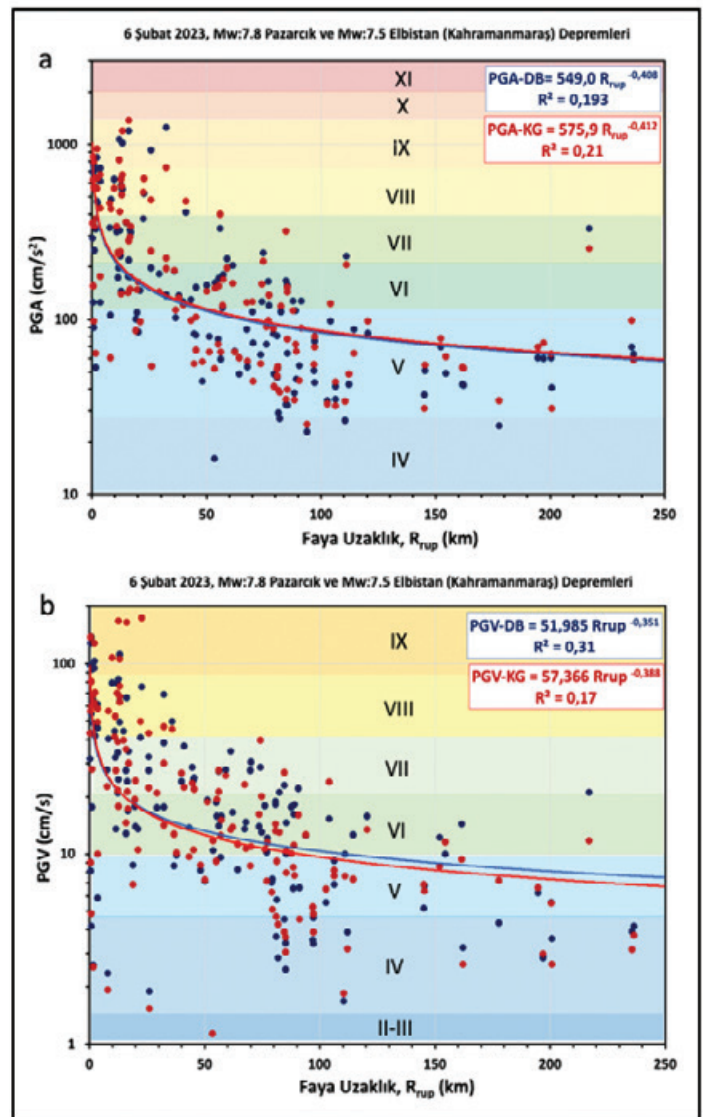
Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta olan Mw7.8 ve Mw7.5 büyüklüğündeki iki deprem için Türkiye ve yakın çevresindeki ülkelerde serbest yer yüzeyinde (bina etkisinden arındırılmış) ivmeölçerler ile kaydedilen maksimum yatay ivme (PGA) ve maksimum hız (PGV) verileri (BÜ Raporu, 2023; ODTÜ Raporu, 2023) karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. PGA ve PGV değerlerinin dış merkez uzaklığı (R_{ep}) ile faya en yakın nokta uzaklığı (R_{rup}) ilişkisini simgeleyen ampirik bağıntılar elde edilmiş ve yorumlanmıştır (Şekil 2). R_{ep} uzaklığına göre grafiklenen PGA ve PGV değerlerinin, R_{rup} uzaklığına göre grafiklenen PGA ve PGV değerlerine göre çok daha fazla saçılmaya uğradığı açıkça gözlenmektedir (Şekil 2a, c). Bu durum, büyük depremler için beklenen bir durumdur; çünkü büyük depremlere eşlik eden fayın uzunluğu ve deprem sırasında fay üzerinde oluşan zaman bağımlı kaymanın etkisi ile oluşturduğu yer hareketi (ivme, hız ve yerdeğiştirme) değerleri dış merkeze uzaklıktan çok faya olan uzaklığa (R_{rup}) göre farklı olacaktır. Mw7.8 ve Mw7.6 büyüklüğündeki Kahramanmaraş depremlerinde faya en yakın uzaklığa göre PGA ve PGV değer saçılmaları bazı yerlerde ortalamadan yüksek veya düşük olmuştur (Şekil 2b, d). Bunun nedenleri yer kabuğunun jeofizik ve sismolojik özellikleri, zemin özellikleri veya kayıt cihazının performansı ile ilgili olabilir. Bu saçılmaya neden olan koşulların o noktalarda ayrıntılı araştırılması gerekir.

Kahramanmaraş depremleri için şiddet, PGA ve PGV ilişkisi

Deprem merkezleri, kaydedilen kuvvetli ve büyük depremler için belirledikleri büyüklük ve konum bilgilerini kullanarak deprem dış merkezi çevresinde oluşabilecek şiddet değerlerini hızla haritalar ve yayımlarlar. Bu amaçla daha önceki depremlerden deneyimlenerek hazırlanan şiddet-ivme-hız ilişkisine ait diyagramlar kullanılır. USGS, Değiştirilmiş Mercalli Şiddet (MMI) ölçeğini (Tablo 1), EMSC ise EMS98 şiddet ölçeğini olası ivme değerleri ile eşleştiren diyagramlar kullanmaktadır. Her iki ölçek birbirine eşdeğer olarak kullanılabilir. USGS'nin kullandığı MMI şiddet ölçeği ile PGA ve PGV değerleri arasındaki ilişki aralığı 6 Şubat 2023 depremleri için elde edilen PGA ve PGV grafikleri (Şekil 3) üzerinde

Şiddet MMI	İvme (cm/s ²) PGA	Hız (cm/s) PGV	Algılama	Olası Hasar
I	0.455	<0.0215	Algılanmamış	Yok
II-III	0.455-2.91	0.135-1.41	Zayıf	Yok
IV	2.91-27.08	1.41-4.65	Hafif	Yok
V	27.08-112.81	4.65-9.64	Orta kuvvette	Çok hafif
VI	112.81-210.92	9.64-20	Kuvvetli	Hafif
VII	210.92-393.4	20-41.4	Çok kuvvetli	Orta
VIII	393.4-732.8	41.4-85.8	Şiddetli	Orta-Ağır
IX	732.8-1363.6	85.8-178	Çok şiddetli	Ağır
X+	>1363.6	>178	Aşırı şiddetli	Çok ağır-Yıkık

Tablo 1. USGS tarafından şiddet haritası (shake map) diyagramı oluşturmak için kullanılan MMI, PGA, PGV, şiddet algı düzeyi ve olası hasar tahmini için ölçeklendirme.



Şekil 3. 6 Şubat 2023 tarihindeki Mw7.8 Pazarcık ve Mw7.5 Elbistan (Kahramanmaraş) depremleri için AFAD ve KRDAE tarafından belirlenen a) PGA ve b) PGV değerlerinin K-G (kırmızı renk) ve D-B (mavi renk) bileşenlerinin faya en yakın uzaklığa (R_{rup}) bağlı değişimi ve bu değişim için hesaplanan en uyumlu azalım eğrileri.

farklı renklerdeki bantlarla çizilerek karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. PGA ve PGV değerlerinin KG ve DB bileşenlerinin faya uzaklığa bağlı en iyi uyumlu azalım eğrilerinin uyum katsayısı R^2 oldukça düşük bir uyum sergilemektedir. Bunun nedeni aynı uzaklıkta kaydedilen PGA ve PGV değerlerinin yüksek saçılma göstermesidir. Bu saçılma olgusu şiddet değerlerinde de gözlenmektedir.

6 Şubat 2023 tarihindeki Mw7.8 Pazarcık ve Mw7.5 Elbistan (Kahramanmaraş) depremleri sırasında oluşan faylardan 10 km ile 40 km arasındaki uzaklıklarda kayıt yapan altı ivmeölçerde 1000 cm/s^2 sınırını geçen ve 1400 cm/s^2 değerine ulaşan maksimum yatay ivme değerleri ürettiği gözlenmiştir (ODTÜ Raporu, 2023, AFAD, 2023). MMI veya EMS98 şiddet ölçeklerine göre bu ivme değeri çok şiddetli sınıf olarak tanımlanan 9 (IX) şiddet sınırının maksimum ivme karşılığına gelen en üst sınırdır (Şekil 3). Ancak, sahada gözlenen bina hasar ve yıkım dağılımı ve sayısı dikkate alındığında faydan oldukça uzak alanlarda bile 10 (X) ve 12 (XII) şiddetini simgeleyen ölçekte bina hasarları ve yıkım gözlenmiştir. Şiddet ölçeği ve ona kar-

şılık gelen maksimum ivme değeri sınıflamasında 9 (IX) şiddeti için 'ağır hasar' olarak tanımlanmasına rağmen deprem bölgesinde binalarda çok ağır hasar ve toptan göçme olaylarının varlığı, 50.500 kişinin ölümü, yapı kalitesinin ve yapı-zemin büyütme ve zemin sıvılaşması ilişkileri gibi konuların çok ciddi olarak sorgulanması ve Türkiye'de deprem dayanıklı yapılaşma ve şehirleşme düzeninin değiştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bir büyük felakete dönüşen bu depremde elde ettiğimiz şiddet, ivme ve hız verilerinin, hasarla ilişkilerinin değerlendirilmesi durumunda, yapıların depreme karşı davranışlarını anlamada önemli katkı sağlanması olanaklıdır. Ayrıca, mobil iletişim olanaklarının gelişmesine koşul olarak deprem şiddeti verilerine hızla ulaşım olanağı da artmaktadır. Bu verilerin dünya yörüngesine yerleştirilen uydulardan alınan InSar, GNSS vb gibi uzaktan algılama ve izleme verileriyle birlikte kullanılması sağlanmalıdır. Böylece, deprem anı ve sonrası hasar dağılımı ve can kaybı tahminlerinin hızla yapılması ve acil durum ve müdahale kararlarının alınmasında rehber olacak bir olanak sağlanacaktır.

KAYNAKLAR:

- AFAD, 2023. <https://deprem.afad.gov.tr/last-earthquakes>
- Akka, S. & Özen, E., 2005. Effect of peak ground velocity on deformation demands for SDOF systems, *Earthquake Engng Struct. Dyn.* 2005; 34:1551-1571.
- Atkinson, G. M. & Wald, D. J. (2007). 'Did You Feel It?' Intensity data: a surprisingly good measure of earthquake ground motion, *Seismological Research Letters*, 78 (3), 362-368.
- Bindi, D., Parolai, S., Oth, A., Abdрахmatov, K., Muraliev, A. & Zschau, J. (2011). Intensity prediction equations for Central Asia, *Geophys. J. Int.*, 187, 327-337.
- Bossu, R., Landès, M., Roussel, F., Steed, R., Mazet-Roux, G., Martin, S. S. & Hough, S. (2017). Thumbnail based questionnaires for the rapid and efficient collection of macroseismic data from global earthquakes, *Seismological Research Letters*, 88 (1), 72-81.
- Caprio, M., Tarigan, B., Worden, C. B., Wiemer, S. & Wald, D. J. (2015). Ground Motion to Intensity Conversion Equations (GMICs): A Global Relationship and Evaluation of Regional Dependency, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 105, No. 3, Early Edition.
- Duman, T.Y. & Emre, Ö. (2013). The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics *Geological Society, London, Special Publications*, 372, 495-529.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Hasan Elmacı, H. & Çan, T. (2018). Active fault database of Turkey, *Bull Earthquake Eng*, 16:3229-3275.
- EMSC, (2023a). <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php?id=1218444>
- EMSC, (2023b). <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php?id=1218771>
- Erberik, M. A. (2008). Generation of fragility curves for Turkish masonry buildings considering in-plane failure modes, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 37: 387-405.
- Eyidoğan, H. (2021). Spatial and temporal analysis of seismicity of the Pütürge Fault, and Gutenberg-Richter parameters before and after Sivrice-Doğanyol earthquake (Mw6.8) of January 24, 2020, *Yerbilimleri*, 42 (3), 287-300.
- Eyidoğan, H. (2023). 6 Şubat 2023 deprem felaketinin sismolojik özellikleri, *Bilim ve Gelecek*, Sayı 227. <https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2023/03/02/6-subat-2023-deprem-felaketinin-sismolojik-ozellikleri/>
- Grünthal, G. (1998). EMS98 European macroseismic scale 1998. *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, Conseil de l'Europe. Luxembourg, 1998.
- BÜ KRDE Raporu. (2023) Kahramanmaraş - Gaziantep Türkiye Mw7.7 Earthquake, 6 February 2023 (04:17 GMT+03:00), Hancılar, U., Şeşetyan, K., Çaktı, E., Şafak, E., Yenihayat, N., Malcıoğlu, F. S., Dönmez, K., Tetik, T. & Süleyman, H. Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Department of Earthquake Engineering, Strong Ground Motion and Building Damage Estimations, Preliminary Report (v6), 41 Sayfa.
- Musson, R. M. W. (2005). Intensity attenuation in the U.K., *Journal of Seismology*, 9, 73-86.
- Musson, R. M. W., Grünthal, G. & Stucchi, M. (2010). The comparison of macroseismic intensity scales, *Journal of Seismology*, 14, 413-428.
- Nazarov, A. G. & Shebalin, N. V. (Eds). (1975). The Seismic Scale and Methods of Measuring Seismic Intensity, *Nauka*, Moscow (in Russian).
- ODTÜ Raporu. (2023). *Middle East Technical University Preliminary Reconnaissance Report on February 6, 2023, Pazarcık Mw=7.7 and Elbistan Mw=7.6, Kahramanmaraş-Türkiye Earthquakes*, Edited by: Çetin, K. Ö., İlgaç, M., Can G. & Çakır, E., February 20, 2023, Report No: METU/EERC 2023-01, Earthquake Engineering Research Center, 91 sayfa.
- Pailoplee, S. (2012). Relationship between Modified Mercalli Intensity and peak ground acceleration in Myanmar, *Natural Science, Special Issue*, Vol.4, 624-630
- T.C. SBB Raporu. (2023). 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu, T.C. Strateji ve Bütçe Daire Başkanlığı, Ankara, 140 sayfa.
- Url-1, <https://se.copernicus.org/articles/10/1555/2019/>
- Url-2, EMSC Felt reports, 2022. <http://www.seismicportal.eu/testimonies-ws/>
- USGS, 2023a. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us600o0jllz/executive>
- USGS, 2023b. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us600o0jllq/executive>
- Wald, D. J., Quitoriano, V., Heaton, T. H. & Kanamori, H. (1999). Relationship between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity for Earthquakes in California, *Earthquake Spectra*, Vol. 15, No. 3, 557-564.
- Wu, Y. M., Teng, T., Shin, T. C. & Hsiao, N. C. (2003). Relationship between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Intensity in Taiwan, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 93, No. 1, 386-396.