

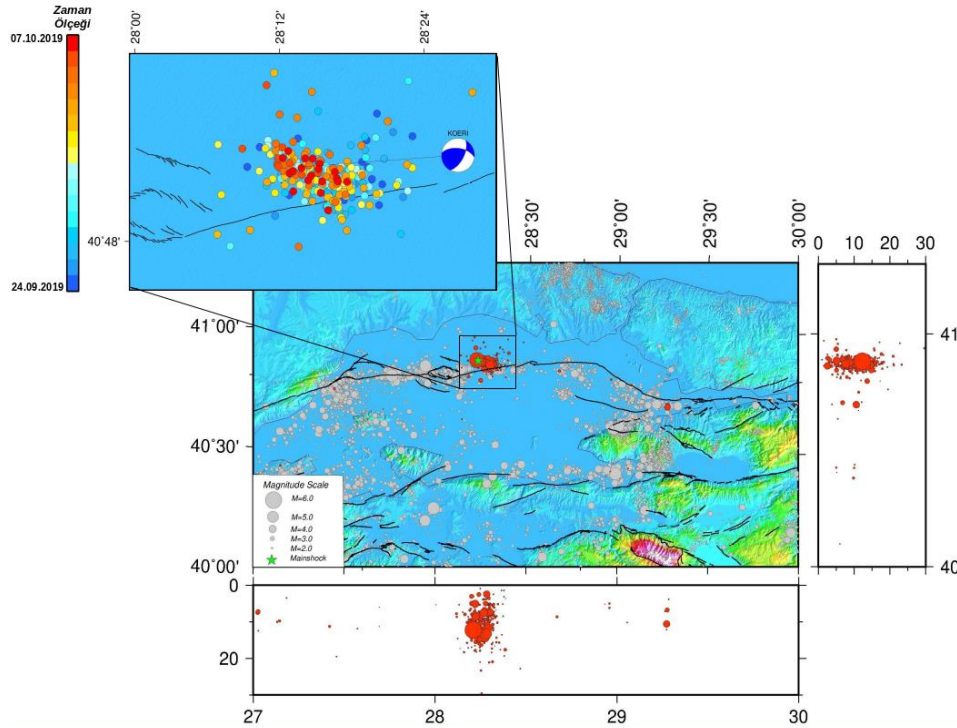
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
26 EYLÜL 2019 13:59 (UTC 10:59) Mw=5.8 SİLİVRİ DEPREMİ
BİLGİLENDİRME NOTU

Bu bilgilendirme notu, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Deprem ve Yapı Mühendisliği programı öğretim üyeleri tarafından hazırlanmıştır.

DEPREM BİLGİSİ

Marmara Denizi ve çevresi için 2000-2019 yılları arasında Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (B.Ü. KRDAE BDTİM) tarafından kayıt edilmiş, deprem dağılım haritası Şekil 1’de verilmiştir. 26 Eylül 2019 13:59 Silivri depremi (yeşil yıldız sembolü) ve artçı sarsıntılarının (kırmızı daireler) yerleri belirtilmiştir. Ocak 2000 ve Temmuz 2019 tarihleri arasında meydana gelmiş deprem aktivitesi gri daireler ile gösterilmiştir. 24 Eylül-7 Ekim 2019 tarih aralığında meydana gelen depremlerin ilksel çözümleri için yatay ve düşey ekseninde derinlik kesitleri oluşturulmuştur. Derinlik kesitlerine bakıldığında, 20 km’ye kadar değişen, düşey yönlü bir dağılım gözlenmektedir. Artçı deprem etkinliği, oluş zamanına görece renklendirilerek sol üst köşede harita üzerinde gösterilmiştir. Artçı deprem etkinliği seyrinin görece KB-GD dizilimli olduğu gözlenmektedir. Ancak ilksel çözümler değerlendirildiğinde, zamansal olarak belirgin bir yönelimden bahsetmek mümkün değildir. Deprem fiziğinin anlaşılmasında önemli veri sağlayan kaynak mekanizması çözümü bölgede mevcut baskın yanal atım karakteristiği ile uyumludur.

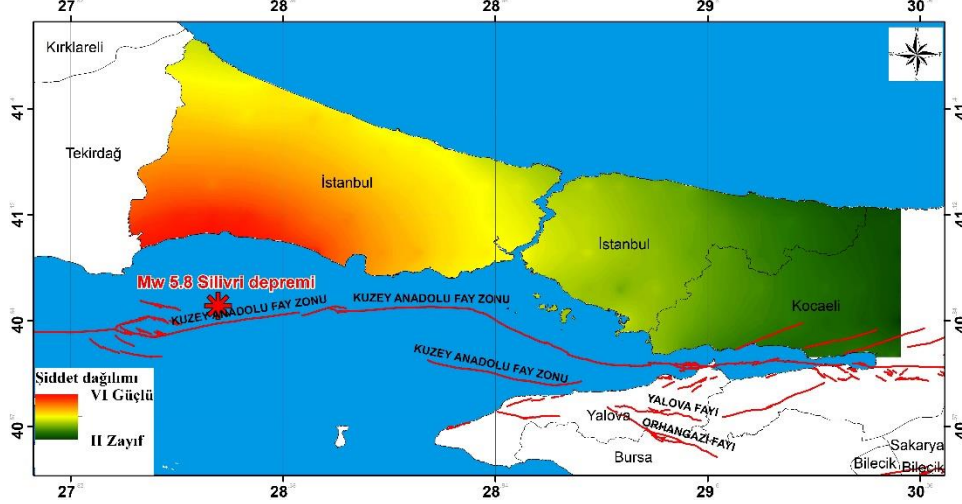
26 Eylül 2019 10:59 UTC Silivri depremi büyüklüğü ve oluş yeri itibari ile bilimsel araştırmalara ve KAFZ (Kuzey Anadolu Fay Zonu) Marmara Denizi içindeki morfolojiye ışık tutacak niteliktedir. Dalga formu analizi ve artçı sarsıntı dağılımı takip edilerek yapılacak detaylı bilimsel çalışmalar literatüre katkı sağlayacaktır.



Şekil 1. Deprem dağılım haritası BÜ-KRDAE-BDTİM web sayfası üzerinden alınan ilksel çözüm kataloğu kullanılarak üretilmiştir. Deprem kaynak mekanizması çözümü BÜ-KRDAE-BDTİM Basın bülteninden alınmıştır. Güncel fay haritası bilgisi Emre ve ark., 2013 makalesinden alınmıştır. (Şekil GMT yazılımı kullanılarak üretilmiştir (Wessel ve Smith,1995)).

KUVVETLİ YER HAREKETİ ÖLÇÜMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

26 Eylül 2019 $M_w=5.8$ Silivri depreminin şiddet dağılım haritası Şekil 2’de gösterilmiştir. Şiddet dağılımının oluşturulmasında Chiou ve Youngs, (2008) azalım ilişkisi, Wald vd (1999a, 1999b) regresyon ilişkileri kullanılmıştır. Çalışmada yerel zemin etkisi hücresel $V_{s,30}$ bilgisi kullanılarak göz önüne alınmıştır. Deprem, İstanbul’un Avrupa yakasında depremin merkezine yakın bölgelerde VI şiddetinde, diğer bölgelerde V ve IV şiddetlerinde hissedilmiş, Anadolu yakasında ise IV ve daha az şiddetlerde hissedilmiştir (Şekil 2).



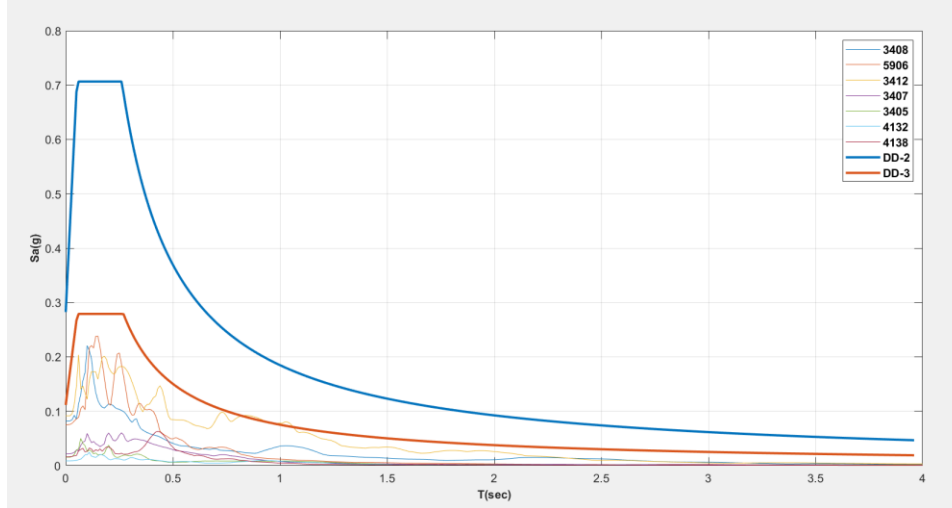
Şekil 2. Deprem Şiddet dağılım haritası

Depreme ait yer hareketi kayıtları Türkiye Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı istasyonlarından elde edilmiştir (http://kyhdata.deprem.gov.tr/2K/kyhdata_v4.php). Maksimum yer ivmesi Silivri istasyon kaydından 0.81 m/s^2 olarak elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan yer hareketi kayıt istasyonlarına ait bilgiler ve bu istasyonlarda kaydedilen pik yer ivmeleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. $M_w=5.8$ Silivri Depremini kaydeden bazı yer hareketi kayıt istasyonlarına ait bilgiler
(http://kyhdata.deprem.gov.tr/2K/kyhdata_v4.php)

İstasyon Kodu	İstasyon	R_{epi} (km)	V_{s30} (m/s)	PGA(cm/s^2)
3408	Silivri	23	639	81.62
5906	MarmaraEreğlisi	25	360	73.04
3412	Büyükçekmece	36	360	84.93
5915	S.Kumbag	62	360	5.38
5911	Muratlı	68	360	6.82
3407	Besiktas	72	595	21.84
3405	Kartal	81	360	14.5
3406	Umraniye	83	360	31.39
5914	Murefte	83	360	3.28
5912	Hayrabolu	98	360	14.99
4132	Çayırova_2	98	360	8.73
4138	Darıca	100	360	16.63

Tablo 1’de verilen kayıt istasyonlarından elde edilen yer hareketi kayıtlarının %5 sönüm oranı için davranış spektrumları Şekil 3’de gösterilmiş ve TBDY (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) 2018’e göre deprem yer hareketi düzeyleri DD-2 (tekrarlama periyodu 475 yıl olan ve 50 yıl içinde aşılma olasılığı %10 olan deprem) ve DD-3’e (tekrarlama periyodu 72 yıl olan ve 50 yıl içinde aşılma olasılığı %50 olan deprem) karşılık gelen tasarım spektrumları ile karşılaştırılmıştır. DD-2 ve DD-3 tasarım spektrumları, depremin merkezine en yakın yer hareketi kayıt istasyonu olan Silivri istasyonu lokasyonu ZB zemin sınıfı için belirlenmiştir.



Şekil 3. Depremde kaydedilen yer hareketi kayıtlarının %5 sönüm oranı için davranış spektrumları ve Silivri istasyonu ZB zemin sınıfı için DD-2 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeylerine ait tasarım spektrumlarının karşılaştırılması

DEĞERLENDİRME

Ülkemizde 1990’lardan itibaren meydana gelen yıkıcı depremler (Erzincan, 1992; Dinar, 1995; Ceyhan, Adana, 1998; Kocaeli ve Düzce, 1999; Van 2011) göstermiştir ki artık sadece depreme dayanıklı yapılar tasarlamak yetmemektedir. Büyük megapollere dönüşen şehirlerimizi aynı zamanda deprem sonrası oluşabilecek her türlü duruma ve tehlikeye (Tsunami, yangın, altyapı sistemlerinde olası hasarlar vb.) dirençli şehirler de inşa etmemiz gerekmektedir.

Ülkemizdeki yapı stoku ve geçmiş depremlerde elde edilen tecrübelerle göre yıkıcı depremlerden etkilenen betonarme binalarda hasar sıva çatlakları ile başlamakta ve dolgu duvarı hasarı ile devam etmektedir. Dolgu duvarı hasarı çapraz şeklinde çatlaklarla başlar. Özellikle orta şiddetli ve şiddetli depremlerde beklenen bir durumdur. Ayrıca, beton dayanımının düşük olması, yüksek çaplı agrega kullanılması ve beton kalite denetimi olmaksızın beton üretilmesi durumlarında betonarme kolonlar karşılamaları gereken kesme kuvvetlerini karşılayamadıklarından birçok kolonda kesme çatlakları oluşabilmektedir. Kolonların alt ve üst uçlarında oluşturulması gereken özel sarılma bölgelerinin yetersizliği, kiriş ve kolonlarda donatı aralıklarının fazla olması da istenmeyen sonuçlar doğurabilmektedir. Bu gibi durumlarda kolon, betonun ezilip parçalanması sonucu kolon düşey yüklerini taşıyamamakta, etriyeler açılarak boyuna donatılar dışarıya doğru burkulmaktadır. Ülkemizde özellikle mühendislik kurallarına uyulmadan yapılan binalarda genellikle kolonlar kirişlerden daha zayıf yapıldıklarından deprem sonrası hasarlar daha çok kolonlarda oluşmaktadır. Kiriş hasarları yerel olmakta ve genel olarak yapının stabilitesini bozmamaktadır, fakat kolon hasarları birçok zaman yapıyı göçme durumuna getirebilmektedir. Öte yandan, elimizdeki veriler göstermektedir ki 26 Eylül 2019 $M_w=5.8$ Silivri depremi, bina yapım yönetmeliğimizde tanımlanan standart tasarım yer hareketine karşılık gelen deprem yer hareketi düzeyi DD-2’nin (tekrarlama periyodu 475 yıl olan ve 50 yıl içinde aşılma olasılığı %10 olan deprem) oldukça altında kalmaktadır (Şekil 3). Bu nedenle, mühendislik hizmeti almış binalarımızda zaten herhangi bir hasar beklenmemektedir.

Mw=5.8 büyüklüğündeki Silivri depreminde, etkiye bağlı olarak zemin problemleri gözlemlenmemiştir. Ancak depremin büyüklüğünün daha fazla olması durumunda Marmara bölgesinde pek çok alanda sıvılaşma, taşıma gücü kaybı, toprak kayması, oturmalar gibi farklı zemin problemlerinin oluşması beklenmektedir. Zemin problemlerinin pek çok konut ve sanayi yapısını etkilemesinin yanında özellikle kıyı yapılarında sorunlara neden olması da öngörülmektedir. Proaktif bir yaklaşımla gelecek hasarları beklemekten ziyade ön incelemelerin yapılarak iyileştirmelerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Yıkıcı depremlerin ulusal ölçekte etki yaratması sebebiyle, afet sonrası götürülecek hizmetlerin çok hızlı ve koordineli bir biçimde yapılması gerekir. İstanbul için 2001 yılında hazırlanan “**Deprem Master Planı**”nın Kocaeli ili için de ivedilikle hazırlanması ve “**Deprem Erken Uyarı ve Yapı Sağlığı İzleme Sistemleri**”nin geliştirilmesi, şehirlerimizi depremlere karşı daha dirençli hale getirecektir. Deprem Master Planları, daha kısa sürede deprem sonrası durumu belirleyebilmek ve hizmet götürebilmeyi mümkün kılar. Erken Uyarı Sistemleri, depremlerin çok kısa bir süre de olsa önceden öğrenilmesini sağlayarak önemli tesislerde (doğal gaz dolum tesisleri, elektrik sistemleri vb.) meydana gelebilecek felaketin boyutlarını azaltmakta; Yapı Sağlığı İzleme Sistemleri ise kritik öneme sahip yapıların deprem öncesi ve sonrası izlenerek hasar durumları hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlamaktadır.

Tüm bunların ötesinde, deprem başta olmak üzere birçok afet tehlikesi altında olan ülkemizde, diğer gelişmiş toplumlarda örnekleri görüldüğü gibi, “**Yetkin Mühendislik**” sistemi bir an önce kurulmalıdır.

Kamuoyuna saygıyla duyurulur.

Dr. Bülent Akbaş, Dr. Ahmet Anıl Dindar, Dr. Ahu Kömeç Mutlu, Dr. Tolga Özer, Dr. Selçuk Toprak, Dr. Ülgen Mert Tuğsal, Dr. Hadi K.B. Zadeh, Dr. Abdullah Can Zülfikar

Kaynaklar:

1. Bogazici University Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute (2001): Bogazici University Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute. International Federation of Digital Seismograph Networks. Dataset/Seismic Network. 10.7914/SN/KO <https://doi.org/10.7914/SN/KO>, 2001.
2. Chiou, B., and Youngs, R. R., 2008. An NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra,
3. Emre Ö., Duman T. Y., Özalp S., Elmacı H., Olgun Ş., Şaroğlu F., Active fault map of Turkey with an explanatory text 1:125,000. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series, 30, 2013.
4. TBDY 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.
5. Wald, D. J., V. Quitoriano, T. H. Heaton, H. Kanamori, C. W. Scrivner, and C. B. Worden, TriNet ShakeMaps: Rapid Generation of Instrumental Ground Motion and Intensity Maps for Earthquakes in Southern California, Earthquake Spectra, 15, 537-556, 1999a.
6. Wald, D. J., V. Quitoriano, T. H. Heaton, H. Kanamori (1999b). Relationship between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity for Earthquakes in California, Earthquake Spectra, Vol. 15, No. 3, 557-564
7. Wessel P. and Smith W.H.F., 1995. New version of the generic mapping tools (GMT). EOS Transactions American Geophysical Union, 76, 329.