BÖLÜM 6

DEPREM KAYITLARI KULLANILARAK YEREL ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Erdem BAYRAK[1]

6.1. GİRİŞ

Bir depremin yıkıcılığında deprem-zemin-yapı etkileşimi önemli bir yer tutmaktadır. Meydana gelen bir depremin yeryüzünde hissedilme şiddetini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Depremin kaynak, yerel zemin ve yapı özellikleri bu faktörlerin başlıcaları olarak söylenebilir. Yani yapı tasarımında bu faktörlerin dikkate alınması ve birlikte değerlendirilmesi önem arz etmektedir (Saita ve diğ. 2012). İnsanların bir depremi en az zarar ile atlatabilmesi için farklı mühendislik dalları (jeofizik, jeoloji, inşaat) birlikte çalışarak bu depremden kaynaklı etkilerin belirlenmesi ve hasarların azaltılması sağlanabilir.

Yerel zemin koşullarının yer hareketi üzerine etkisini araştıran ilk çalışmalar Milne (1887, 1898) tarafından yapılmış ve bu çalışmalardan sonra çok sayıda teorik ve deneysel çalışma yapılmıştır. Meydana gelen yıkıcı depremler sonrası hazırlanan saha raporlarına göre hasar alan bölgeler ve yerel zemin koşulları arasında bir ilişki bulunmaktadır. Milne (1887) farklı jeolojik birimler üzerine yerleştirdiği sismometrelerde kaydedilen deprem kayıtlarını incelemiş ve gevşek zemin üzerinde çok daha büyük genlikler ve yer değiştirmeler gözlemlemiştir.

1906 yılında San Francisco (Kaliforniya)'da meydana gelen Mw=7.9 büyüklüğündeki deprem bölgenin yüksek deprem tehlikesini açıkça ortaya koymuş

1 Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, Deprem Araştırma Merkezi, Erzurum, erdembayrak@atauni.edu.tr

lışmalarında önemli bir aşamadır. Bu çalışma kapsamında Vs30 değeri bilinen 11 kuvvetli yer hareketi istasyonu kayıtları kullanılarak yerel zemin özellikleri araştırılmıştır. KYH kayıtları seçilirken istasyona uzaklık, büyüklük ve kaydın gürültülü olmamasına dikkat edilmiştir. Bir istasyon için en az üç farklı deprem kaydı olması aranmıştır. Yapılan analizler sonucunda ilk olarak zemin hakim periyotları ve büyütme faktörü değerleri hesaplanmıştır. Hasar görebilirlik indisi, bir deprem sonucu meydana gelecek hasar ile ilişkilidir. Hasar görebilirlik indisi değerleri nispeten düşük hesaplanmasına rağmen yüksek periyot değerlerinin olduğu alanlarda daha yüksek değerler elde edilmiştir. Son yıllarda zemin sınıflamasında kullanılan Vs30 değeri de ampirik bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. Özellikle Hassani ve Atkinson (2016) tarafından önerilen bağıntının çalışma alanı için daha uygun olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, kuvvetli yer hareketi kayıtlarından yerel zemin özellikleri başarılı bir şekilde elde edilebilmektedir, fakat daha başarılı sonuçlar için kullanılan ampirik bağıntıların çalışma alanını temsil etmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Deprem sayısal verilerini ve kataloglarını internet ortamında erişime açan Afet ve Acil Durum Yönetimi Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD)'a, haritaların hazırlanmasında kullanılan ArcGIS programının lisansını sağlayan Atatürk Üniversitesi'ne teşekkür ederim. Diri fay bilgileri Emre ve diğ. (2013, 2018)'den sayısallaştırılmıştır. Altlık haritalar Esri, USGS, NOAA (2022)'den alınmıştır.

KAYNAKLAR

Abubakar I., 1962. Reflection and Refraction of Plane SH Waves at Irregular Interfaces, II. Journal of Physics of the Earth. 10(1), 15-20

AFAD, 2022. Turkey Earthquake Data Center Project (TDVM), Ankara, Erişim adresi: https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu#

AFAD-KYH, 2022. T.C. İçişleri Bakanlığı AFAD Deprem Dairesi Kuvvetli Yer Hareketi İstasyonları, Ankara. Erişim adresi: https://tadas.afad.gov.tr/

Aki K., 1957. Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, Bulletin of the Earthquake Research Institute. 35, 415-456

Aki K., Larner K.L., 1970. Surface motion of a layered medium having an irregular interface due to incident plane SH waves, J. Geophys. Res. 75: 933-954

Aki K., 1988. Local site effect on ground motion. In:J.L. Von Thun (Editor), Earthquake Engineering and Soil Dynamics. It: Recent Advances in Ground-Motion Evaluation. Am. Sot. Civil Eng. Geotechnical Spec. Pub]., 20: 103-155

Aksu A.E., Calon T.J., Hall J., Mansfield S., Yasar D., 2005a. The Cilicia-Adana Basin complex, Eastern Mediterranean: neogene evolution of an active fore-arc basin in an obliquely convergent margin, Mar. Geol. 221, 121–159

Aksu A.E., Hall J., Yaltirak C., 2005b. Miocene to recent tectonic evolution of the eastern Mediterranean: new pieces of the old Mediterranean puzzle, Mar. Geol. 221, 1–13

Anderson J.G., Brune J.N., Prince J., Singh S.K., Quaas R., Onate M., 1986. Strong ground motion from the Michoacan, Mexico, earthquake, Science. 233:1043–1049

Ansal A., Iyisan R., Yıldırım H., 2001. The cyclic behaviour of soils and effects of geotechnical factors in microzonation, Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 21(5), 445-452

Aydın U., Pamuk E., Özer C., 2022. Investigation of soil dynamic characteristics at seismic stations using H/V spectral ratio method in Marmara Region, Turkey, Natural Hazards. 110(1), 587-606

Bard P.Y., Chávez-García F.J., 1993. On the decoupling of surficial sediments from surrounding geology at Mexico City, Bulletin of the Seismological Society of America. 83(6), 1979-1991

Boore D.M., 1972. A note on the effect of simple topography on seismic SH waves, Bulletin of the seismological Society of America. 62(1), 275-284

Borcherdt R.D., Glassmoyer G., 1992. On the characteristics of local geology and their influence on ground motions generated by the Loma Prieta earthquake in the San Francisco Bay region, California, Bulletin of the seismological society of America. 82(2), 603-641

Borcherdt R.D., 2012. Vs30–A site-characterization parameter for use in building Codes, simplified earthquake resistant design, GMPEs, and ShakeMaps. In The 15th World Conference on Earthquake Engineering.

Burton-Ferguson R., Aksu A.E., Calon T.J., Hall J., 2005. Seismic stratigraphy and structural evolution of the Adana Basin, eastern Mediterranean, Marine Geology. 221,189-222

Campillo M., Bard P.Y., Nicollin F., Sánchez-Sesma F., 1988. The Mexico earthquake of September 19, 1985, The incident wavefield in Mexico City during the great Michoacán earthquake and its interaction with the deep basin. Earthquake Spectra, 4(3), 591-608.

Campillo M., Gariel J.C., Aki K., Sanchez-Sesma F.J., 1989. Destructive strong ground motion in Mexico City: Source, path, and site effects during great 1985 Michoacán earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America. 79(6), 1718-1735

Chávez-García F.J., 2011. Site effects due to topography and to soft soil layers: progress made and pending issues. A personal perspective, in 5th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering. Chilean Geotechnical Society. ISBN: 978-956-7141-18-0, pp. 105–136

Crouse C.B., 1978. Prediction of free-field earthquake ground motions, Proceedings of the ASCE Geotechnical Engineering Division Specialty Conference on Earthquake Engineering and Soil Dynamics. 1:359–377

Çelebi M., 2000. Revelations from a single strong-motion record retrieved during the 27 June 1998 Adana (Turkey) earthquake, Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 20(5-8), 283-288

Emre O., Duman T.Y., Özalp S., Elmacı H., Olgun S., ve diğ., 2013. 1/1.125.000 scale Active Fault Map of Turkey. General Directorate of Mineral Research and Explorations Special Publications Series, Ankara-Turkey. http://www.mta.gov.tr/v3.0/.

Emre Ö., Duman T.Y., Özalp S., Şaroğlu F., Olgun Ş., Elmacı H., Çan T., 2018. Active fault database of Turkey, Bulletin of Earthquake Engineering. 16(8), 3229-3275

Ergin M., Aktar M., 2018. Lower crustal seismic activity in the Adana Basin (Eastern Mediterranean): Possible connection to gravitational flexure, Tectonophysics. 730, 1-10

Esri, USGS, NOAA, 2022. ESRI Binary 2-m Bathymetric Grid of National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Survey H11999 in Long Island Sound, North of Duck Pond Point, New York, Erişim adresi: https://pubs.usgs.gov/of/2011/1149/data

GEOPSY (1997) Geophysical signal database for noise array processing. Erişim adresi: http://www.geopsy.org

Ghofrani H., Atkinson G.M., Goda K., 2013. Implications of the 2011 M9. 0 Tohoku Japan earthquake for the treatment of site effects in large earthquakes, Bulletin of Earthquake Engine-

ering. 11(1), 171-203
Ghofrani H., Atkinson G.M., 2014. Site condition evaluation using horizontal-to-vertical response spectral ratios of earthquakes in the NGA-West 2 and Japanese databases, Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 67, 30-43
Gündoğdu O., Özer N., Baki M., Akkargan Ş., 1999. Adana – Ceyhan Depreminde Ne Oldu? Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Yer Bilimleri Sempozyumu, 20 –23 Ekim 1999, 11. Mühendislik Haftası Bildiriler Kitabı, Isparta
Haskell N.A., 1962. Crustal reflection of plane P and SV waves, Journal of Geophysical Research. 67(12), 4751-4768
Hassani B., Atkinson G.M., 2016. Applicability of the site fundamental frequency as a Vs30 proxy for central and eastern North America, Bulletin of the Seismological Society of America. 106(2), 653-664
Hassani B., Yong A., Atkinson G.M., Feng T., Meng L., 2019. Comparison of Site Dominant Frequency from Earthquake and Microseismic Data in California, Bulletin of the Seismological Society of America. 109(3), 1034-1040
Housner G.W., 1978. A challenge to earthquake research, Bulletin of Seismological Society of America. 68:1181–1185
Imamura A., 1924. Preliminary note on the great earthquake of southeastern Japan on September 1, 1923, Bulletin of Seismological Society of America.14:136–149
Ishimoto M., 1932. Comparison accelerométrique des secousses sismiques dans deux parties de la ville de Tokyo, Bulletin of the Earthquake Research Institute. 10:171–187.
Joyner W.B., Boore D.M., 1981. Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America. 71(6), 2011-2038
K-NET ve KiK-NET 2022. K-NET (Kyoshin Network) A nation-wide strong-motion seismograph network in Japan, Erişim adresi: https://www.kyoshin.bosai.go.jp/
Konno K., Ohmachi T., 1998. Ground-motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremor, Bulletin of the Seismological Society of America. 88(1), 228-241
Kramer S.L., 1996. Geotechnical earthquake engineering. Pearson Education India.
Lawson A.C., 1908. The California earthquake of April 18, 1906. Report of the State Earthquake Investigation Commission, Carnegie Institute of Washington, 1908. Reprinted in 1969.
Lermo J., Chávez-García F.J., 1993. Site effect evaluation using spectral ratios with only one station, Bulletin of the seismological society of America. 83(5), 1574-1594
Lermo J., Chávez-García F.J., 1994. Are microtremors useful in site response evaluation?, Bulletin of the seismological society of America. 84(5), 1350-1364
Livaoğlu H., Şentürk E., Sertçelik F., 2021. A Comparative Study of Response and Fourier Spectral Ratios on Classifying Sites, Pure and Applied Geophysics. 178(5), 1745-1759
Medvedev S.V., Sponheuer W., 1969. Scale of seismic intensity. Proceedings of the Fourth World Conference on Earthquake Engineering, Santiago Chile,1:143–153
Milne J., 1887. On a seismic survey made in Tokio in 1884 and 1885, Transactions of the Seismological Society of Japan. 10:1–36
Milne J., 1898. Seismology. Kegan, Paul, Trench & Truber: London UK
Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, Railway Technical Research Institute, Quarterly Reports. 30(1)
Nakamura Y., 1997. Seismic vulnerability indices for ground and structures using microtremor. In: Proceedings of world congress on railway research, Firenze, Italy, 1–7
Nakamura Y., 2000. Clear identifcation of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications. In: Proceedings of 12th world conference on earthquake engineering, Auckland, New

Zealand, paper 2656
NGA-East2, 2022. A multi-disciplinary research project, Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER), University of California, Berkeley, Erişim adresi: http://peer.berkely.edu
NGA-West2, 2022. Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER), University of California, Berkeley, Erişim adresi: http://peer.berkeley.edu/ngawest2/databases
O'connor J.M., Ellingwood B.R., 1992. Site-dependent models of earthquake ground motion, Earthquake engineering & structural Dynamics. 21(7), 573-589
Ordaz M., Singh K.S., 1992. Source spectra and spectral attenuation of seismic waves from Mexican earthquakes, and evidence of amplification in the hill zone of Mexico City, Bulletin of the Seismological Society of America. 82(1), 24-43
Pamuk E., 2019. Investigation of the local site effects in the northern part of the eastern Anatolian region, Turkey, Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata. 60(4)
Pamuk E., Özer C., 2020. The Site Effect Investigation with Using Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio Method on Earthquake Data, South of Turkey, *Geotectonics.* 54, 563–576.
Psarropoulos P.N., Gazetas G., Tazoh T., 1999. Seismic response analysis of alluvial valley at bridge Site, Proceedings of the Second International Conferance on Earthquake Geotechnical Engineering. 1, 41-47
Robertson A.H., 2000. Mesozoic-Tertiary tectonic-sedimentary evolution of a south Tethyan oceanic basin and its margins in southern Turkey, Geological Society, London, Special Publications, 173(1), 97-138
Saita J., Nakamura Y., Sato T., 2012 Liquefaction Caused by the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake and the Result of the Prior Microtremor Measurement, 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisboa, Portugal
Sánchez-Sesma F., Chávez-Pérez S., Suarez M., Bravo M.A., Pérez-Rocha L.E., 1988. The Mexico earthquake of September 19, 1985—On the seismic response of the Valley of Mexico, Earthquake spectra. 4(3), 569-589
Sánchez-Sesma F.J., Crouse C.B., 2015. Effects of site geology on seismic ground motion: Early history, Earthquake Engineering & Structural Dynamics. 44(7), 1099-1113
Seed H.B., Ugas C., Lysmer J., 1976. Site-dependent spectra for earthquake-resistant design, Bulletin of Seismological Society of America. 66:221–243.
Seed H.B., Romo MP., Sun J.I., Jamie A., Lysmer J., 1988. The Mexico earthquake of September 19, 1985 – Relationships between soil conditions and earthquake ground motion, Earthquake Spectra. 4:687–729.
Singh S.K., Mena E., Castro R., 1988. Some aspects of source characteristics of the 19 September 1985 Michoacán earthquake and ground motion amplification in and near Mexico City from strong motion data, Bulletin of Seismological Society of America. 78:451–477.
Stanko D., Markušić S., 2020. An empirical relationship between resonance frequency, bedrock depth and Vs30 for Croatia based on HVSR forward modelling, Natural Hazards. 103(3), 3715-3743
Şafak E., 2001. Local site effects and dynamic soil behavior, Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 21(5), 453-458
Şengör A.M.C., Görür N., Şaroğlu F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. https://doi.org/10.2110/pec.85.37.0211
TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Ankara. Erişim adresi: http://tdvm. afad.gov.tr
Trifunac M.D., 1972. Scattering of plane SH waves by a semi-cylindrical canyon, Earthquake Engineering & Structural Dynamics. 1(3), 267-281
Trifunac M.D., 1973. Routine computer processing of strong-motion accelerograms
Udwadia F.E., 1972. Investigation of earthquake and microtremor ground motions (Doctoral dis-

sertation, California Institute of Technology).
Udwadia F.E., Trifunac M.D., 1973. Comparison of earthquake and microtremor ground motions in El Centro, California, Bulletin of the Seismological Society of America. 63(4), 1227-1253
Vucetic M., Dobry R., 1991. Effect of soil plasticity on cyclic response, Journal of geotechnical engineering. 117(1), 89-107
Wathelet M., Chatelain J.L., Cornou C., Giulio G.D., Guillier B., Ohrnberger M., Savvaidis A. 2020. Geopsy: A user-friendly open-source tool set for ambient vibration processing, Seismological Research Letters. 91(3), 1878-1889