

İZMİR KÖRFEZİ GÜNEYİNDEKİ ZEMİNLERİN MİKROTREMOR ÇALIŞMALARIYLA GÖZLEMSEL ZEMİN TRANSFER FONKSİYONU VE NAKAMURA HASAR ENDEKS KATSAYISININ ELDE EDİLMESİ

Yaprak İpek², Özkan Cevdet Özdağ^{1,5}, Mustafa Akgün^{2,3}, Atilla Uluğ^{3,4}, Mehmet Utku²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir,
cevdetozdag@gmail.com

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İzmir,
mustafa.akgun@deu.edu.tr, mehmet.utku@deu.edu.tr, yaprakipek@yandex.com

³Dokuz Eylül Üniversitesi, Ege Bölgesi Araştırma ve Uygulama Merkezi (EBAMER), İzmir,
mustafa.akgun@deu.edu.tr, atilla.ulug@deu.edu.tr

⁴Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir
atilla.ulug@deu.edu.tr

⁵Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü, İzmir
cevdet.ozdag@deu.edu.tr

ÖZET

Zemin yüzeyine ait, yanal ve düşey yönlü deprem davranışlarını ön kestirmek için zemin transfer fonksiyonlarından yararlanılır. Bunun için zemin transfer fonksiyon spektrumlarındaki genlik frekans değişimleri temel alınır. Bu değişimler bize ana kaya ile zemin yüzeyi arasındaki ortamda oluşacak deprem hareketinin genlik frekans değişimleri hakkında bilgi verir. Zemin transfer fonksiyon spektrumları kuramsal ve gözlemsel olarak hesaplanabilir. Kuramsal hesaplamalarda derinlik, kalınlık, P ve S dalga hızları ile yoğunluk değerleri kullanılır. Gözlemsel hesaplamalarda, mikrotremor çalışmaları ile elde edilen kuzey-güney doğu-batı ve düşey yöndeki zemin doğal hareket bileşenlerine ait ölçümler kullanılır. Bu bileşenlerin Fourier Dönüşümlerinden elde edilen HVSR(f) grafikleri ölçü yapılan noktaya ait zemin transfer fonksiyon spektrumu olarak tanımlanır. Zemin transfer fonksiyonları kullanılarak herhangi bir noktada yapılacak yapının zemin ortak yapacağı davranışın depremin, ivme hız veya deplasman değişimlerinin hangisine duyarlı olarak oluşacağı tanımlanmış olur. Ayrıca HVSR(f) spektrumlarından elde edilen pik frekans değerleri ile bu frekans değerlerine karşılık gelen genliklerindeki değişimler ile kayma deformasyonu arasındaki ilişki kullanılarak olası deprem hasarları konusunda kullanılacak hasar endeks katsayısı tanımlanabilir. Böylece, tanımlanan $K_g = \text{Genlik}^2 / \text{Frekans}$ formülü ile bulunan hasar endeks değerlerinin haritalanması ile herhangi bir bölgede deprem sırasında oluşacak hasar riskleri hakkında ön bilgi sağlanmış olur. Bu bilgiler afet sonrası acil müdahale ekiplerini yönlendirme amacı ile kullanılabilir. Bu çalışma kapsamında TÜBİTAK 106G159 numaralı proje kapsamında gözlemsel HVSR(f) hesaplamaları için Nakamura tek istasyon tekniği ile toplanan ve değerlendirilen mikrotremor verileri kullanılmıştır. Her ölçüm noktası için tanımlanan HVSR(f) spektrumlarından pik frekans genlik değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan K_g hasar endeksi parametreleri harita bazında irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikrotremor, Zemin transfer fonksiyonu, Hasar endeksi, kayma deformasyonu

ABSTRACT

Of the soil surface, soil transfer functions are utilized to predict the seismic behavior of the front horizontal and vertical direction. For this, in the spectrum of soil transfer function amplitude frequency changes are based on. These changes give us information about amplitude frequency changes of seismic movements to occur in the area between the bedrock and the soil surface. Soil transfer function spectra can be calculated as observational and theoretical. In theoretical calculations, depth, thickness, P and S wave velocities and density values are used. North-south, east-west and vertical natural motion components are obtained with microtremor measurements. This is used in the calculation of observational. HVSR(f) graphs of these components are obtained from the Fourier transform. This is defined as spectrum of soil transfer function to the location of the measurement. The soils and structures of the common behavior is determined during an earthquake with using soil transfer function. The sensitivity of this behavior is defined with which earthquake acceleration, velocity or displacement change. also, between peak frequency from obtained spectrum of hvsr, this frequency amplitude and shear deformation correlation is used for using defined damage index factor during an earthquake. So that, mapping of the damage index values are found with $K_g = \text{amplitude}^2 / \text{frequency}$. In this case, in any region, we obtained information about the risk of damage during an earthquake. This information may be used under the guidance purposes of post-disaster emergency response teams. In this study, the number 106G159 TUBITAK project scope, collected and assessed Nakamura techniques microtremor data are used for calculating observational HVSR(f) spektrums. Peak frequency, peak amplitude values were obtained from spectrum of HVSR. Calculated K_g damage index parameters were examined on the basis of maps.

Keywords: Microtremor, Soil transfer function, Damage index, Shear deformation

GİRİŞ

Son yıllarda artan deprem zararları bizleri deprem-zemin-yapı davranışlarını irdelemeye ve modellemeye yönelik araştırmalara yönlendirmiştir.

Field ve diğ. (2000) ile Bommer ve diğ. (2003) kalın sedimanter (tortul) tabakaların bulunduğu ovalar ve vadilerde S dalgasının 30 m'ye kadar olan eşdeğer sismik hız verisi olarak kullanılmasının dahi, zeminin deprem sırasında gerçek hareketini hesaplamada yeterli olmadığını ve bu tür alanlarda ayrıntılı araştırmalar yapılmasını önermişlerdir.

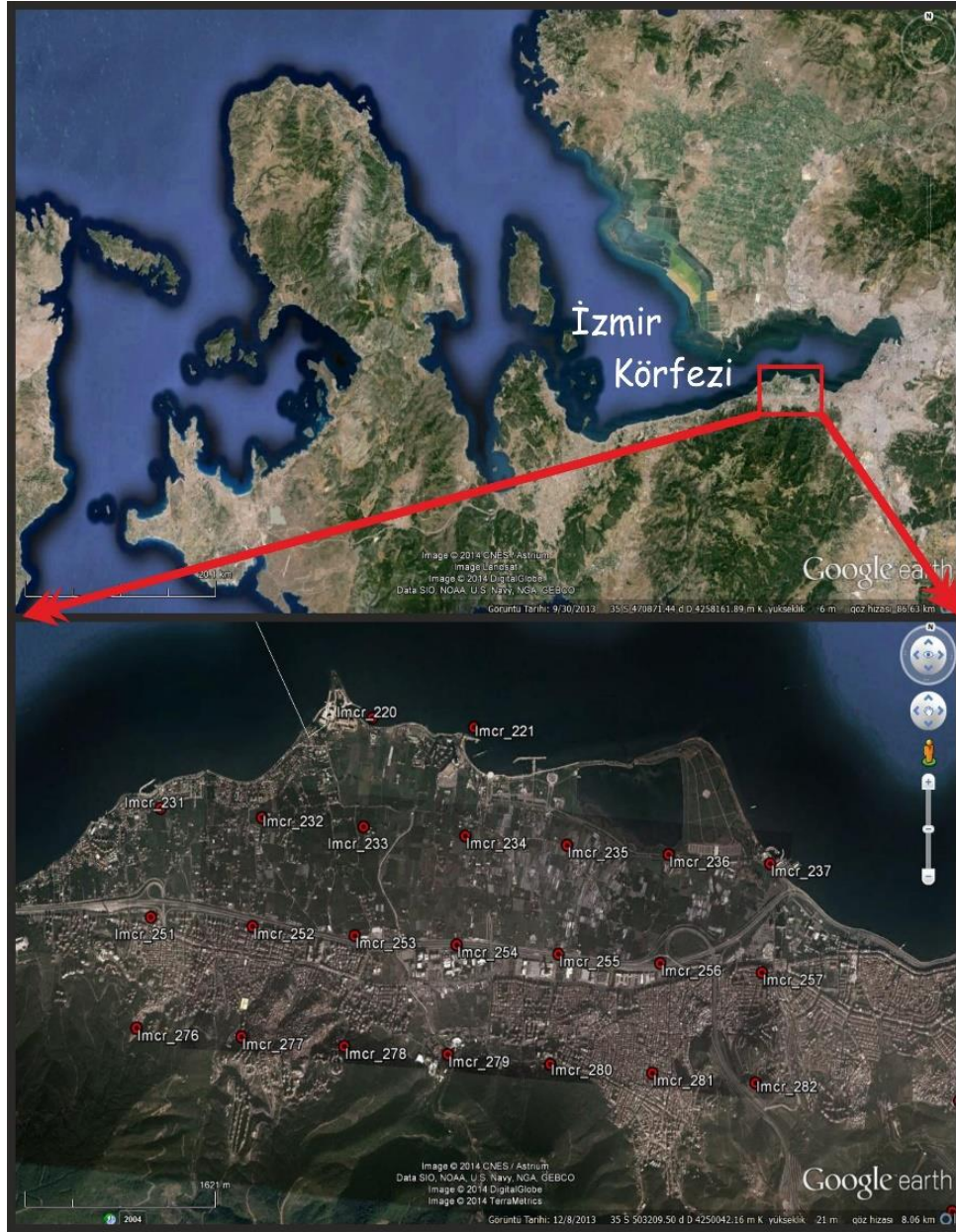
Depremin oluşumunu, yerini, zamanını, büyüklüğünü keşfetme amacıyla doğan deprem bilimi, çağımızın en önemli disiplinlerinden biri olmuştur. Deprem; Türkiye ve bölge coğrafyasının bir gerçeğidir. Mühendislik branşlarından jeofizik, jeoloji ve inşaat mühendislikleri disiplinleri tarafından ortaklaşa yapılan projeler depremin yaratabileceği hasarları önlemek için son derece etkilidir. Elde edilecek sonuçlar, depremin etkileyeceği coğrafyadaki sosyo-ekonomik zararları en aza indirmeyi sağlayabilir. Bu doğrultuda yaşam alanlarının bu araştırmaların dikkate alınmasıyla belirlenmesi ve düzenlenmesi olası can kayıplarını azaltacak ve mal kayıplarını da asgari seviyeye çekecektir. Deprem zararlarını önlemek zemin yapısına göre yapılacak binalara bağlıdır. 1999 Kocaeli depreminde de görüldüğü gibi maalesef bilinçsizlik ile inşa edilen binalar milyonlarca insanın hayatlarını doğrudan etkilemiş on binlerce insanın hayatlarını kaybetmesine neden olmuştur.

İzmir Metropol alanı deprem riski açısından en tehlikeli bölge içinde yer alır. Bu nedenle olası bir depremin olası can-mal kayıplarını bertaraf etmek için deprem sırasında yapıların davranışlarını incelemek, depreme dayanıklı yapılar tasarlamak, deprem sırasında yerin nasıl davranabileceğini tahmin etmek ve deprem hasarlarını en aza indirmek için ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekir.

Bu çalışmada İzmir Körfezi Güneyindeki zeminlerin toplam 18 noktada Nakamura (1989) çalışması temel alınarak gözlemsel HVSR ve Kg hasar endeks değerleri elde edilerek harita bazında irdelenmiştir.

Gözlemsel Zemin Transfer Fonksiyonu Hesaplamaları

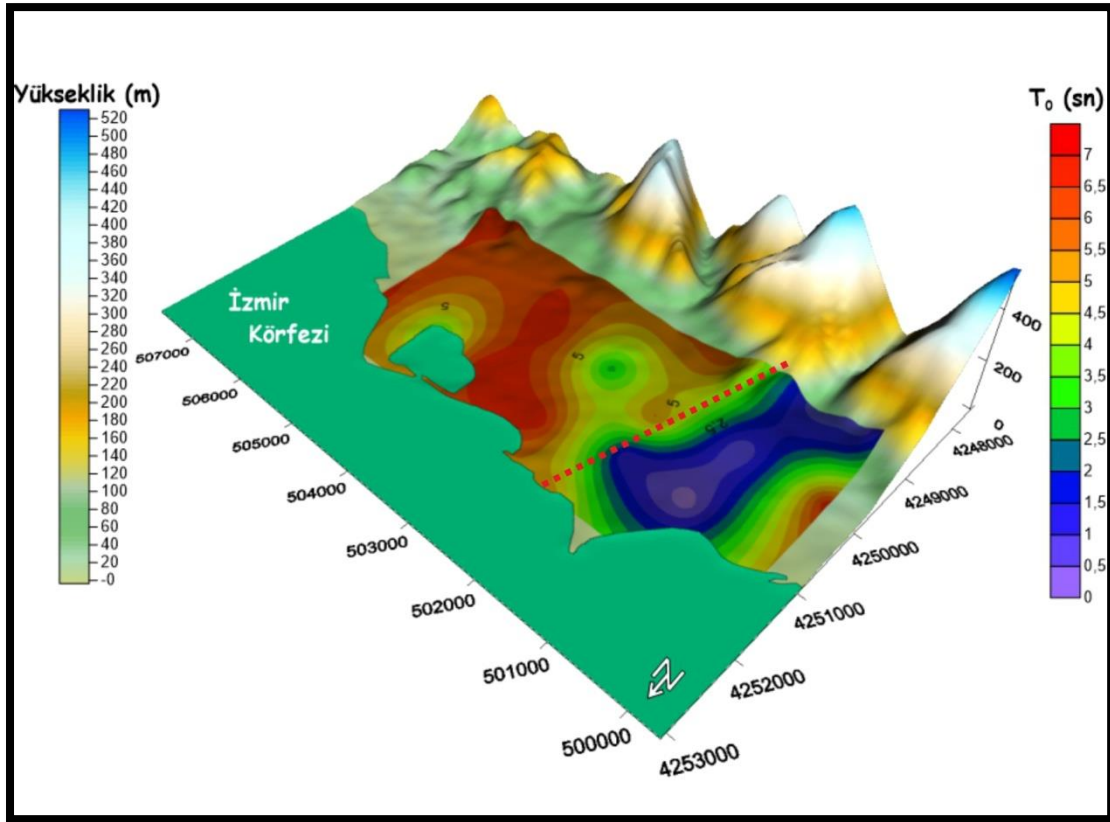
Mikrotremor ölçümleri, Nakamura tek istasyon yöntemine göre hem arazi hem de veri işlem aşamalarında çalışma alanındaki 18 nokta için uygulanmıştır (Şekil 1). Ölçümler Guralp Systems CMG-6TD hız ölçer sismometre ile her nokta için örnekleme aralığı 100 Hz ve kayıt süresi en az 30 dk olmak üzere alınmıştır (Şekil 2) . Çevresel bozucu etmenlerden kaçınmak amacıyla cihaz bir kova ile kapatılmış, ölçümler 00:00 ile 05:30 saatleri arasına alınmış ve kanalizasyon vb. Gömülü yapılardan mümkün olduğunca uzak durulmuştur. Kaydedilen mikrotremor etkisinin anayaya kadar olan kısmını örnekleylebilmek amacıyla pencere boyu 81,92 sn seçilmiştir (Komazawa vd. 2002). Uygulanan veri işlem teknikleri ve veri değerlendirme aşamalarından sonra elde edilen zemin hakim titreşim periyodu değerleri haritalanmıştır (Şekil 3).



Şekil 1. Çalışma Alanı



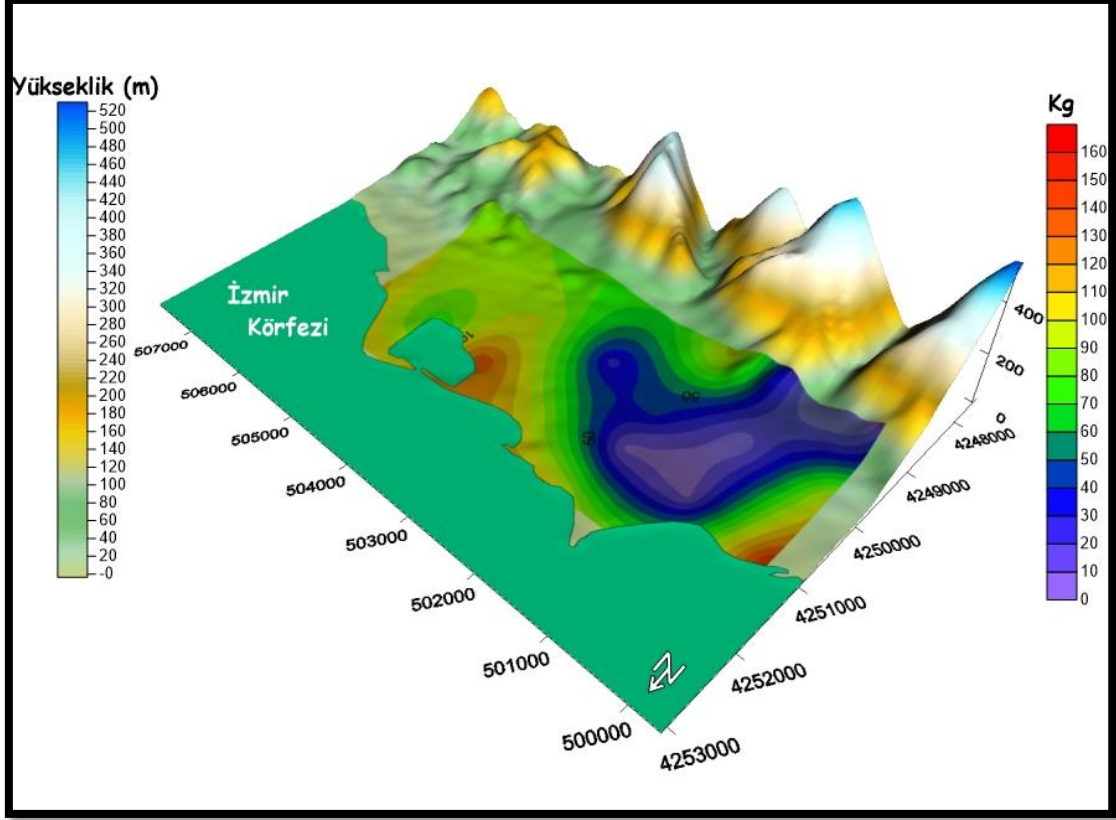
Şekil 2. CMG-6TD Hız Ölçer Sismometre ile Ölçü Alımı (Örnek)



Şekil 3. Çalışma alanı zemin hakim titreşim periyodu dağılımı.

Nakamura Hasar Endeksi Hesaplamaları

Çalışma alanında toplam 18 noktada uygulanan Nakamura tek nokta mikrotremor ölçümlerinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen pik periyot ve maksimum genlik değerlerinin bağıntı 3.13 ile kullanılması sonucu hesaplanan Nakamura (1997) hasar endeksi değerleri topografya ya bağlı olarak harita bazında elde edilmiştir (Şekil 4).



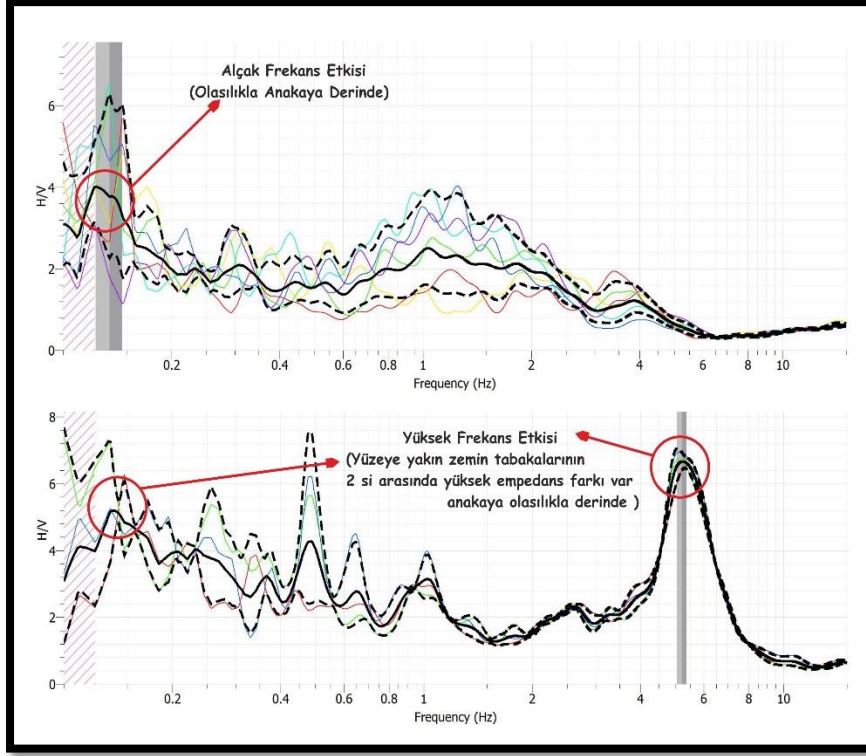
Şekil 4. Çalışma alanı nakamura hasar endeksi (Kg) dağılımı.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, çalışma alanında toplam 20 noktada tek nokta Nakamura ölçü yöntemine göre Guralp Systems CMG-6TD hızölçer sismometresiyle ölçü süresi en az 30 dk olmak üzere veriler toplanmıştır.

Toplanan veriler Geopsy programı ile FFT (Fast Fourier Transform) çalışma prensipleri de dikkate alınarak (2^n) 81,92 sn pencere uzunluğu ve 8192 örnekleme sayısı ile Nakamura Yatay/Düşey Spektral oran yöntemine göre değerlendirilmiş ve her noktaya ait gözlemsel zemin transfer fonksiyonları hesaplanmıştır.

Hesaplanan zemin transfer fonksiyonları ayrı ayrı ve birlikte irdelenerek yorumlanmaya çalışılmıştır. Şekil 5' te görülen iki spesifik örnek zemin transfer fonksiyonlarının nasıl yorumlanması gerektiğini göstermektedir. Buna göre elde edilen yatay/düşey spektral oran eğrileri sadece pik noktalarıyla değil bütünüyle irdelenip yorumlanması gerektiği açıktır.



Şekil 5. Çalışma alanında iki farklı noktada elde edilmiş zemin transfer fonksiyonları ve yorumlanması.

Çalışma alanı için elde edilen pik periyot değerleri ve hesaplanan Nakamura Hasar endeksi değerleri ayrı ayrı topoğrafyaya bağlı olarak haritalanmış ve Şekil 3 ve 4 'te verilmiştir. Çalışma alanında 0,22-7 sn aralığında değişen zemin hakim titreşim periyotları ve 8-160 aralığında değişen Nakamura hasar endeksi (Kg) değerleri tespit edilmiştir. Teves ve Costa (1996) yaklaşımına göre zemin hakim titreşim periyotları $T > 1$ sn ve $T < 1$ sn ayrımı dikkate alınarak çalışma alanında farklı iki bölge saptanmıştır (Şekil 3).

Çalışma alanının batısında doğusuna göreceli olarak zemin hakim titreşim periyot değerlerinin daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu değişim yaklaşık olarak bir çizgisellik göstermektedir ve şekil 3'te kırmızı kesikli çizgilerle verilen yanıl süreksizlik olarak kendini göstermektedir. Bu yanıl süreksizliğin diri fay olup olmadığının araştırılması için derin 2 ve 3 boyutlu jeofizik çalışmalar yapılması önerilmektedir.

Ayrıca hesaplanan Nakamura hasar endeksi değerleri zemin hakim titreşim periyodunun büyüdüğü alanlarda yüksek değerlerdedir. Bu olgunun çalışma alanında yapılması muhtemel planlama ve kentsel dönüşüm konularında mutlaka dikkate alınmalıdır.

Teşekkür

TÜBİTAK 106G159 numaraları proje kapsamında alınmış olan çeşitli verilerin kullanım izni ve destekleri için Prof. Dr. Zafer AKÇIG desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

- Bommer, J.J., Douglas, J., Strasser, F. (2003). Style-of-faulting in ground motion prediction equations. *Bulletin of Earthquake Engineering* 1(2), 171-203.
- Field, H. E. (1990). Accounting for site effects in Probabilistic Seismic Hazard Analyses of Southern California: Overview of the SCEC Phase III Report, *Bulletin of the Seismological Society of America*,90,6B,pp.S1-S31
- Komazawa, M., Morikawa, H., Nakamura, K., Akamatsu, J., Nishimura, K., Sawada, S., Erken, A., Önalp, A., (2002), Bedrock structure in Adapazari, Turkey—a possible cause of severe damage by the 1999 Kociaeli earthquake, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22, 829-836
- Nakamura, Y., (1989), A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface Q. Rep. Railw. Tech. Res. Inst. 30 25–33
- Nakamura, Y., (1997), Seismic Vulnerability Indices For Ground And Structures Using Microtremor. World Congress on Railway Research, Florence, Nov. 1997.
- Nakamura, Y. (2000). “Clear identification of fundamental idea of Nakamura’s technique and its applications,” Proc. 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, paper 2656.
- Suarez, L.E., Pando, M.A., Ritta, R.J., (2012), Ambient Vibration Measurements for Estimation of Site Fundamental Periods – Case History of the City of Mayagüez, Puerto Rico. 15. WCEE. Lizbon 2012.
- Teves-Costa, P., L. Matias, L., Bard P. Y. (1996), Seismic behaviour estimation of thin alluvium layers using microtremor recordings, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, London, AGU, 15:3, 201-209.