

# ERZİNCAN DEPREMİNDE ZEMİN BÜYÜTMESİ

## SOIL AMPLIFICATION DURING ERZİNCAN EARTHQUAKE

Ayşen LAV<sup>1</sup> ve Atilla ANSAL<sup>2</sup>

### SUMMARY

A parametric study has been carried out to evaluate amplification effects of local soil conditions based on E-W component of strong motion record obtained at Meteorological Station during March 13, 1992 Erzincan Earthquake. A city lot of 350 m x 550 m, located about 2 km west of the recording station has been selected to investigate in detail the effects of soil conditions on observed damage distribution. The soil profile at the strong motion station consists of several silty clay or sandy layers of different thickness down to approximately 8 m depth, underlain by very dense sandy gravel layer extending down to 60 m depth below the ground surface. The selected site has a similar soil profile but the depth to dense sandy gravel layer varies in the range of 2 to 8 m. SPT-N blow counts in this gravel layer is around 50/ft or higher at both sites. Shear wave velocity profiles measured at these locations and empirical relationships developed for Erzincan alluvial deposit based on seismic studies [4] were utilized. Outcrop motion on this gravel layer is calculated at the recording station using SHAKE [5] program taking into account strain compatible soil properties. Surface motion is calculated at different points in the selected site using outcrop motion and soil profiles at these points. Maximum acceleration values and spectral shapes of calculated surface motions, predominant soil periods, the thickness of the gravel layer were evaluated with respect to damage distribution defined in three category as heavy, medium, and light. Average values for these variables determined for each damage category have yielded close correlations with damage patterns. The most representative acceleration response spectrum for each three damage zones are presented.

---

<sup>1</sup>Yük.Müh.Ar.Gör. İTÜ İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul.

<sup>2</sup>Prof.Dr. İTÜ İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul.

## ÖZET

Yerel zemin koşullarının deprem dalgaları üzerindeki farklı etkilerini ve bu etkilerin üst yapı hasar şekilleri ile ilişkisini, Erzincan depreminin sonuçlarını gözönüne alarak incelerken, öncelikle zemin özellikleri ve hasar durumu detaylı olarak belirlenmiş olan 550 m x 350 m bir bölge seçilmiştir. Yavuz Selim Mahallesi'nde yer alan bu bölge kaydın alındığı noktanın yaklaşık 2 km batısında bulunmaktadır. İnönü mahallesi'nde, yüzeyde elde edilen kaydın bu bölgedeki zemin büyütme etkilerinden arındırılması ve seçilen bölgede, zemin tabakalaşma ve özellikleri gözönüne alınarak tekrar yüzeye çıkarılması yolu ile bulunan kayıt ve spektral değerler ile hasar dağılımları karşılaştırıldığında aralarındaki ilişkinin izlenen yol ile ortaya çıkarılabileceği görülmüştür.

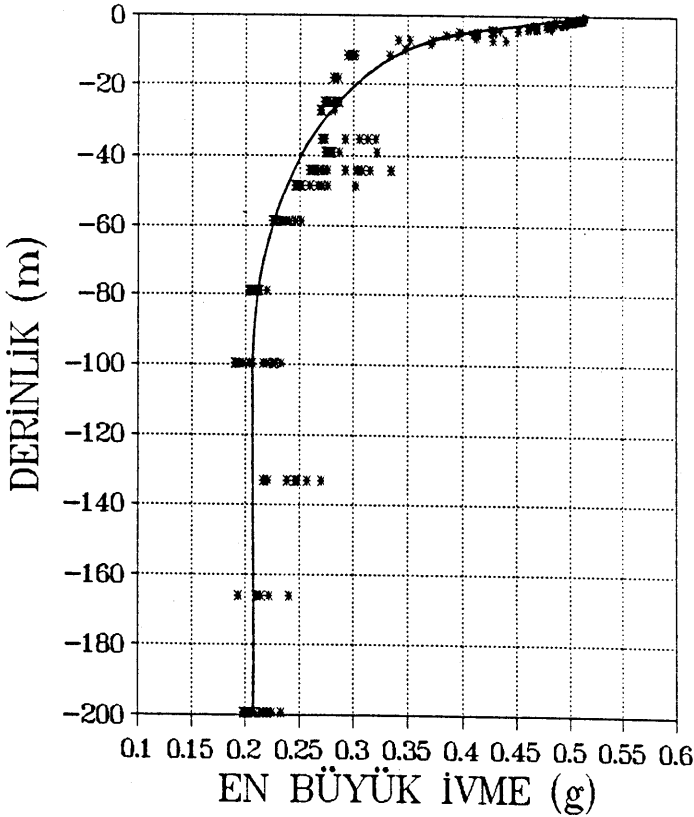
## GİRİŞ

Depremlerde sağlam kaya tabakaları üzerinde yer alan zemin tabakaları, özelliklerine bağlı olarak, deprem titreşim genliklerinde bir büyümüğe ve deprem etkisinde de bir artışa yol açabilir. Bu tür bir etki, zemin tabakalarının hakim periyodunun ana kayadaki deprem hareketinin hakim periyotlarından birine eşit veya yakın olması halinde rezonans olayının meydana gelmesi ile açıklanabilmektedir. Yapı hakim periyodu da bu civarda ise çifte rezonans söz konusu olur [1,2,3]. Bu durumda hakim periyotlara eşit ya da buna yakın periyoda sahip dalgaların genlikleri önemli miktarlarda artmakta ve önemli hasarlara sebep olmaktadır. 1985 Mexico City depremi esnasındaki büyük hasarın sebepleri bu şekilde açıklanabilmiş ve yapılan çeşitli çalışmalarda hakim periyot bir mikrobölgeleme kriteri olarak kullanılmıştır [3,7,8].

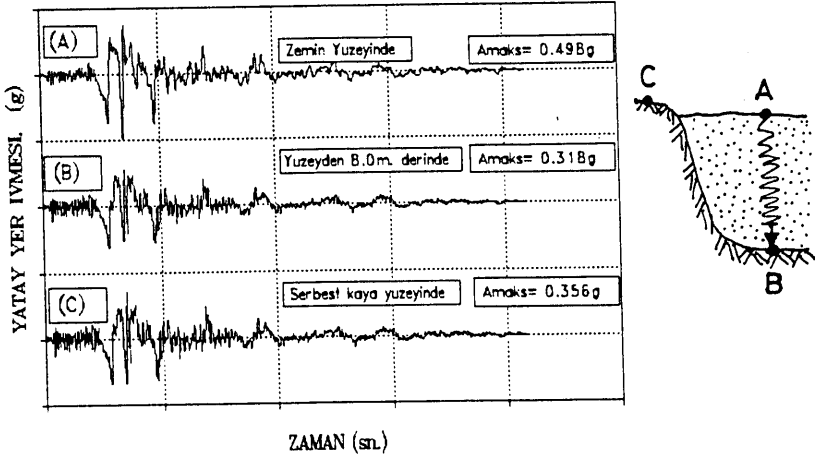
13 Mart 1992 Erzincan depreminde meydana gelen hasar sebeplerini rezonans durumlarını göz önüne alarak incelemek için öncelikle zemin tabakalarının hakim periyotlarını dolayısı ile tabakaların kalınlık ve kayma dalgası hızlarının ve birde kaydın elde edildiği bölgede zemin büyütme etkilerinden arındırılmış bir kaydın belirlenmesi gerekir. Erzincan bilindiği gibi yüzmetrelerce derinlere kadar inen alivyon tabakalar üzerine kurulmuş bir şehirdir. Bu bakımdan göz önüne alınması gereken derinliğin hangi derinlik olduğunu belirlemek gerekmektedir. Örneğin kalın alivyon tabakaları üzerine kurulmuş Tokyo şehrinde, mikrobölgeleme haritalarının oluşturulmasında benimsenen derinlik, SPT darbe sayılarını  $N=50$  değerine ulaştığı derinlik yada jeolojik kesitlerde görülen ortak en derin formasyon derinliğidir [6,7,8]. Bununla birlikte bu derinliği SPT  $N=150$  değeri ile sınırlayan çalışmalar da vardır [10]. Bu çalışmada dinamik sonda değerleri yoluyla elde edilen eşdeğer SPT-N değerlerinin 50 civarına ulaştığı ve dinamik sonda aleti ile geçilemeyen derinlik ana tabaka derinliği olmak üzere seçilmiştir.

## DEPREM KAYDININ SEÇİLMESİ

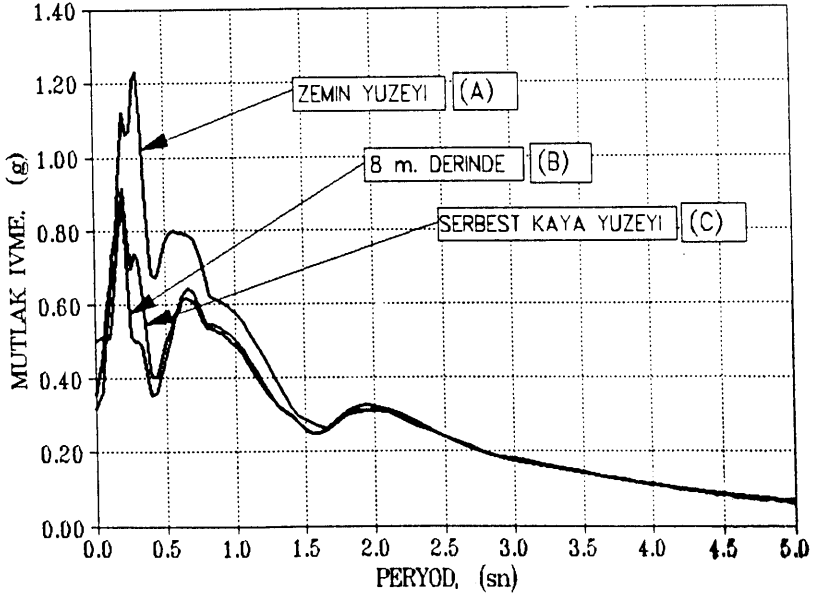
13 Mart 1992 Erzincan depremi esnasında kaydedilen yatay ivme kayıtlarından en büyük ivme değerine sahip olan doğu-batı bileşeni dikkate alınmıştır. Kayıtlar Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesine ait bir kuvvetli yer hareketi kaydedeci ile İnönü Mahallesi'ndeki Meteoroloji binasında elde edilmiştir. Meteoroloji binasının hemen yanında değişik kurumlar tarafından yapılmış sondajlardan bu bölgenin zemin tabakalaşması ve özellikleri 200m. derinlik boyunca yaklaşık olarak bellidir. İnönü mahallesinde diğer sonda deney sonuçları da dikkate alınarak deprem kaydından zeminin büyütme etkileri arındırılmıştır. Şekil 1'de gösterildiği gibi, 100 m.den daha derinlerde pratik olarak en büyük ivme değerlerinde bir değişiklik olmamakta, 10m.-100m. aralığında büyütme etkisi sınırlı bir değerde kalmaktadır. En büyük katkı yüzeyden itibaren 0-10m. derinliğindeki tabakalardan dolaydır.



Şekil 1. İnönü Mahallesi'nde en büyük ivmenin derinlikle değişimi



Şekil 2. A,B,C noktalarındaki kayıtlar



Şekil 3. A,B,C noktalarındaki spektrumlar.(Sönüm Oranı 0.10)

## Serbest Yüzey Kaydının Seçilmesi

Meteoroloji istasyonu yanında yapılan sondajda SPT-N=50 değerine 8 m. derinde rastlanmıştır. SPT-N değerlerinden kayma dalgası hızlarına geçerken (3) bağıntısı kullanılmıştır. Yüzeyde kaydedilen D-B bileşeni, zemin davranışının deformasyon seviyelerine bağlı olarak değişimini gözönüne alan bir boyutlu eşdeğer lineer elastik hesap yöntemiyle N=50 olan tabakanın serbest yüzey kaydı elde edilmiştir [5].

Şekil 2'de kayıtlar, Şekil 3'te de spektrumları görülmektedir. 8 m. derinlikte kaydın en büyük ivmesi 0.498g den 0.318g değerine azalırken, referans kaydının en büyük ivme değeri 0.356g değerini almaktadır. Deprem kaydının hakim periyodu 0.20 saniyedir. 0.5-0.6 saniye aralığında ikinci derecede önemli bir periyot belirlemektedir. Rezonans durumunun meydana gelmesi ise zemin hakim periyotlarıyla depremin hakim periyodunun çakışmasıyla mümkündür. Deprem kaydının frekans içeriğinin önemli rol oynadığı ve farklı depremlerin değişik zemin profilleri üzerindeki etkilerinde farklı olacağı bilinmektedir,[1,2]. Erzincan D-B bileşeninin ivme davranış spektrumu göz önüne alındığında zemin hakim periyodu 0.2-0.3 sn yada 0.5-0.6 sn olan bölgelerde en büyük spektral ivme değerleri hesaplanacağı tahmin edilebilir.

## SEÇİLEN BÖLGEDE YAPILAN ANALİZLER

Hasar dereceleri ve zemin özellikleri yeterli yoğunlukta incelenmiş ve yapı tiplerinin kat adedi bakımından benzer olmasından dolayı, Şekil 4'te planı verilen bölge öncelikle incelenmiştir. Aynı şekil içerisinde bu bölgedeki hasar dereceleri gruplandırılarak dinamik sonda yapılmış noktalar ile birlikte de gösterilmiştir.

### Yavuz Selim Mahallesinde Zemin Koşulları

Seçilen bu bölge kaydın alındığı bölgeden yaklaşık iki kilometre batıdadır. 350 m x 550 m bir alanındaki bu bölgede 23 adet dinamik sonda deney yapılmıştır. Bu deneylerde sıkı kumlu çakıl tabakasına kadar incelenebilmiş ama sondalar bu tabakayı geçememiştir. Bu tabakanın derinliği seçilen bölgede 2-8 m aralığında değişmektedir. Dinamik sonda profilleri ortamın tabakalaşma durumunu belirgin hale getirebilmektedir. Taşınmış zemin tabakaları bazen kum ve çakılı bazen kil ve silti daha fazla oranda ihtiva ederek farklı profiller meydana getirmektedir. Bölgedeki inceleme kuyularında ve sondajlarda gözlenen durum, ince daneli malzeme ağırlıklı tabakaların yumuşak veya orta katı, kaba daneli malzeme ağırlıklı olan tabakaların gevşek veya orta sıkı olduğudur.

Dinamik sonda sonuçlarının eşdeğer SPT-N değerlerine dönüştürülmesinde

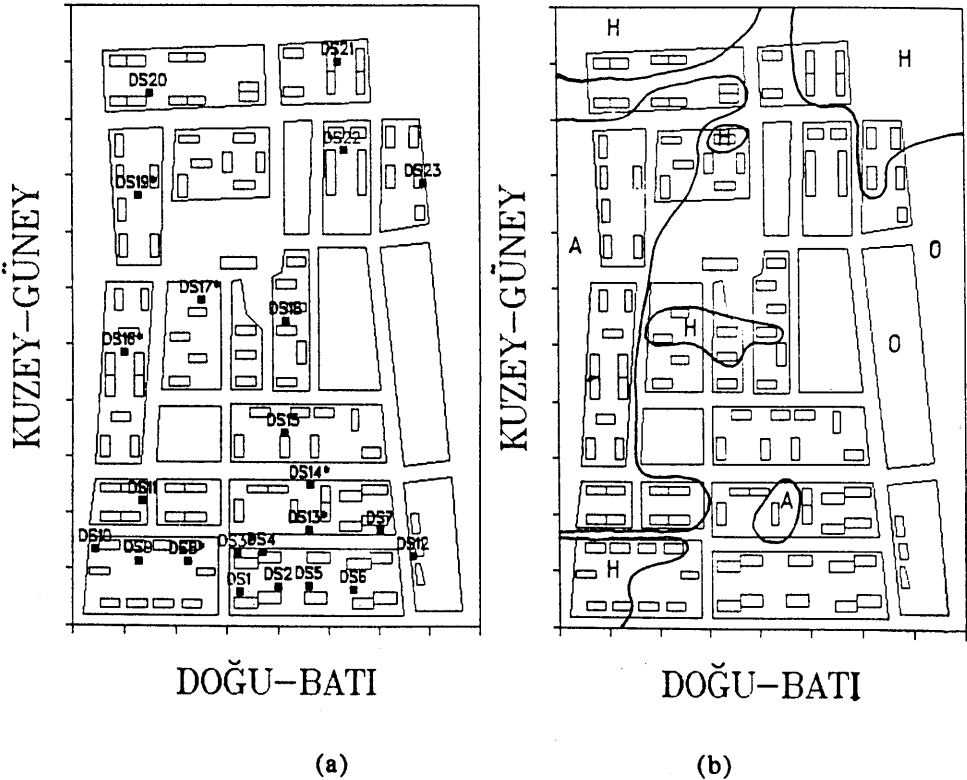
$$\text{Log } N_{30} = 0.025 + 0.675 \text{ Log } N'_{10} \quad (1)$$

$$N'_{10}=2N_{10} \quad (2)$$

( $N_{10}$ =Dinamik sondada 10 cm. giriş için gereken darbe sayısı) bağıntıları kullanılmıştır [9]. Eşdeğer SPT-N değerlerinden de kayma dalgası hızlarına geçerken

$$v_s = 58.5 N^{0.51} \text{ (m/sn)} \quad (3)$$

bağıntısından yararlanılmıştır [4]. Kayma dalgası hızı profilleri çizildiğinde, ince daneli malzeme miktarı arttıkça kayma dalgası hızlarının düşeceği ve bölgedeki bu tip tabakaların yumuşak veya orta katı olduğu göz önüne alınarak 150 m/sn den daha düşük hızlara sahip tabakalar killi silt-siltli kil tabakaları olarak, diğerleride çakıllı kum tabakaları olarak sondanın geçemediği tabaka ise çok sıkı çakıllı kum-kumlu çakıl tabakası olarak göz önüne alınmıştır. Bu tabaka için hesaplanan eşdeğer SPT-N sayıları 50 civarındadır ve dinamik analizde bu tabaka esas alınmıştır [8].



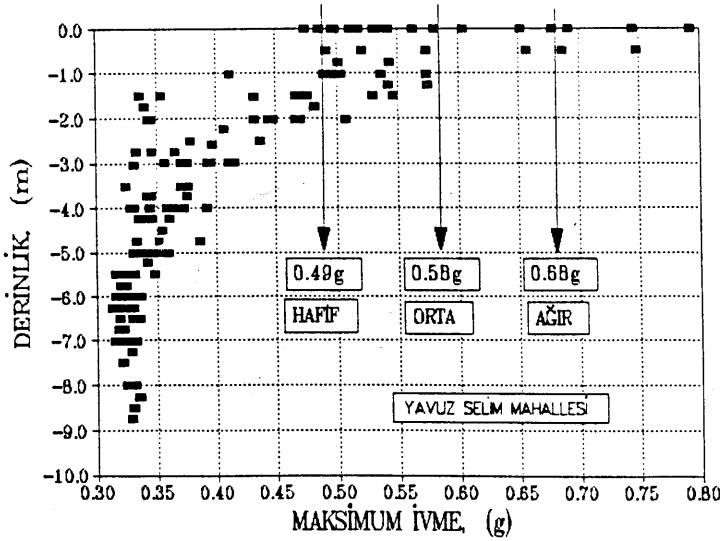
Şekil 4. a) Seçilen bölgenin planı ve dinamik sonda yerleri. b)Seçilen bölgede hasar dağılımı.

## Zemin Yüzeyindeki Kaydın Özelliklerinin Bulunması

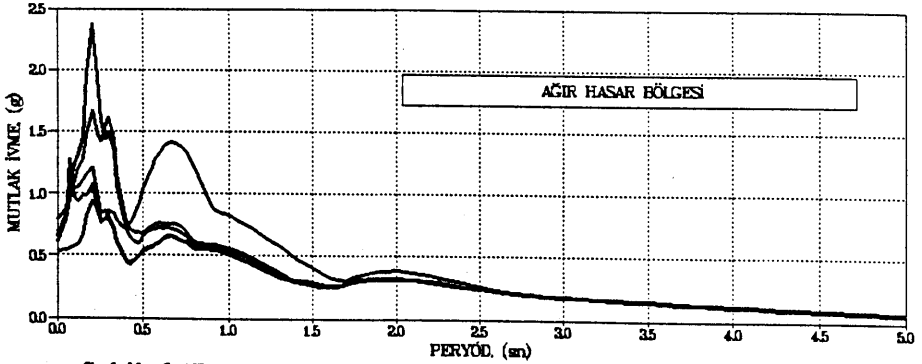
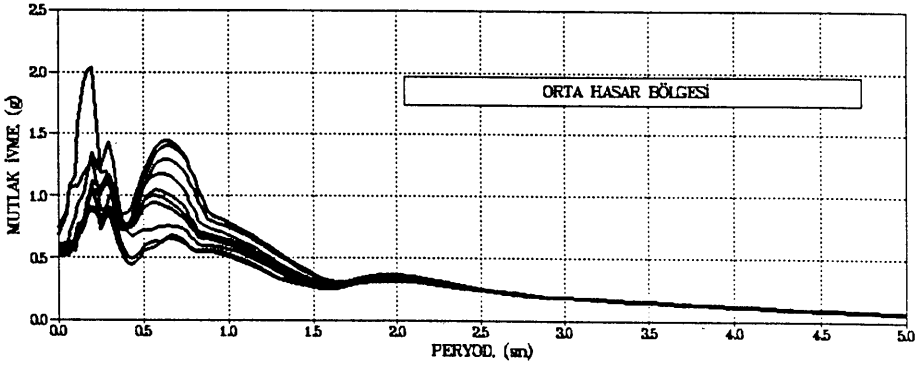
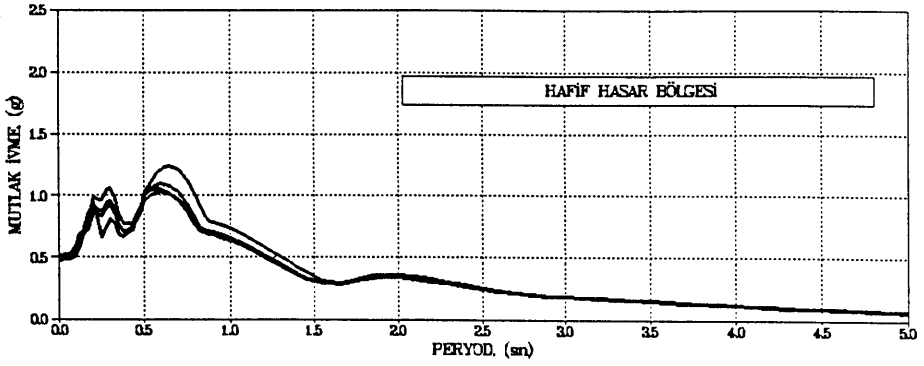
Zeminin dinamik özelliklerinin deformasyon seviyelerine bağlı değişimini dikkate alarak bir boyutlu eşdeğer lineer analiz yöntemine göre analiz yapan bir program kullanılarak [5] serbest yüzey kaydı her dinamik sonda noktasından zemin yüzeyine taşınmıştır. Tablo 1'de üç hasar bölgesi için çakıl derinliği, en büyük ivme ve zemin hakim periyotların ortalamaları verilmiştir. Buna göre çakıl tabakası derinliği azaldıkça zemin hakim periyotları azalmakta ve depremin hakim periyodu ile çakışma olasılığı artmaktadır. Üst yapı hakim periyotlarının da bu aralıkta kalması halinde çifte rezonans etkisinde kalabileceklerdir. Şekil 6'da üç farklı hasar bölgesinde kalan inceleme noktaları için zemin yüzeyindeki kayıtlar kullanılarak hesaplanmış spektrumlar verilmiştir. Şekil 5'de ise seçilen bölgede en büyük ivmenin derinlikle değişimi gösterilmiştir. Farklı hasar bölgelerinde hesaplanan en büyük ivme değerlerinin ortalaması hasar dereceleri ile bir uyum içindedir.

Tablo 1. Hasar Bölgelerine Göre Deprem Özellikleri

Hasar Derecesi	Çakıl Tabakası Derinliği(m)	En Büyük İvme(g)	Zemin Hakim Periyodu(sn)
Hafif	7.0	0.49	0.54
Orta	6.0	0.58	0.40
Ağır	2.5	0.68	0.18



Şekil 5. Yavuz Selim Mahallesi'nde en büyük ivme değerlerinin derinlikle değişimi



Şekil 6. Farklı Hasar Bölgelerinde hesaplanan spektrumlar

## SONUÇLAR

Seçilen küçük bir bölgede zemin yüzeyine taşınmış deprem hareketinin en büyük ivme ve spektral özellikleri incelendiğinde genel olarak en büyük ivmelerin 8.0-9.0 m. kalınlığındaki profillerde düşük değerler aldığı ortak çakıl tabakasına kadar zemin tabakası kalınlığı



azaldıkça arttığı hesaplanmıştır. Yüzeydeki ivme spektrumları ise bazen 0.20-0.40 sn. peryotlarında bazende 0.50-0.60 sn. peryotlarında en büyük değerlere sahiptir. Bu spektrumlar hafif, orta ve ağır hasar bölgelerinde bulunmalarına göre sınıflandırıldıklarında hafiften ağıra doğru spektral ivmelerin arttığı görülebilir. En büyük spektral ivme değerleri hafif hasar bölgesinde ikinci peryot aralığına, orta ve ağır hasar bölgesinde ise birinci peryot aralığına düşmektedir. Yapı hakim peryotlarında birinci peryot aralığına düşmüş olması olasılığı kuvvetlidir. Yapıların 2-3 katlı yapılar olduğu düşünülürse bu mümkündür. Yapıların doğrultu ve diğer detayları açısından farklılıklar gösterdiği düşünülürse bu çalışmada izlenen yol ile açıklanamayan bir iki bölge bulunması olasıdır. Örneğin DS11'in bulunduğu yerdeki ağır hasar bu şekilde açıklanamamıştır.

## KAYNAKLAR

1. Ansal A., Lav A., (1991) "Deprem Hareketinin Özelliklerindeki Değişkenliğin Zemin Davranış Spektrumları Üzerindeki Etkisi", 4. Int. Conf. on Seismic Zonation, 25-29 Ağustos, Stanford, Calif., USA, Cilt II, sf. 131-138. (İngilizce)
2. Ansal A., Lav A., (1991) "Deprem Özelliklerinin Zemin Davranış Spektrumları Üzerindeki Etkisi", 5. Int. Conf. on Soil Dyn and Earth. Eng., Kasım 23-26, Karlsruhe, Almanya, sf. 49-59. (İngilizce)
3. Elton D.J., Martin J.R., (1989) "Charleston, SC'da Dinamik Zemin Peryotları", Earthquake Spectra, Kasım, 5, 4, sf. 703-734. (İngilizce)
4. İyisan R., Ansal A., (1993) "Erzincan'da Dinamik Zemin Özelliklerinin Kuyu İçi Sismik Yöntemlerle Belirlenmesi", 2. Deprem Mühendisliği Konferansı, 13 Mart, İstanbul.
5. Schnabel P.B., (1972) "Shake: Yatay Tabakalaşmış Bölgelerde Deprem Davranış Analizleri İçin Bir Bilgisayar Programı", EERC Rapor No 72-12, Aralık. (İngilizce)
6. Shima E., (1978) "Tokyo'nun Sismik Mikrobölgeleme Haritası", 2nd Int. Earth. Micr. Conf. Proc., Nov. 26-Dec. 1, San Francisco, Calif., Vol. I, Pg. 433-443. (İngilizce)
7. Sugimura Y., Ohkawa I., Sugita K., (1982) "Tokyo'nun Sismik Mikrobölgeleme Haritası", 3rd Int. Earth. Micr. Conf. Proc., June 28-July 1, Seattle, Vol. III, Pg. 1439-1450. (İngilizce)
8. Sugimura Y., Ohkawa I., (1984) "Tokyo'nun Sismik Mikrobölgeleme Haritası", Proc. of the 8th WCEE, July 21-28, San Francisco, Calif., Vol. II, Pg. 721-728. (İngilizce)
9. 'Dinamik ve Statik Penetrometreler', Alman Standartları, DIN 4094 (1974), Berlin.
10. Int. Conf. of Building Officials, (1979), Uniform Building Code, 1979 baskısı, The Conference Whitter, California. (İngilizce)