

## MİKROBÖLGELEME ÇALIŞMALARINDA ZEMİN BÜYÜTMESİ ÖLÇÜTÜ (KUZEY ADANA ÖRNEĞİ)

**Memet GÜZEL**

MES Yer Altı Araştırma Merkezi Ltd. Şti, Adana / Türkiye

**Şaziye BOZDAĞ**

Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü Adana / Türkiye

**Ferhat ÖZÇEP**

İ.Ü., Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul / Türkiye

**ÖZET :** Zemin büyütmesi, deprem hasarlarını azaltma amaçlı çalışmaların başlangıç aşaması olan mikrobölgeleme uygulamalarının önemli ölçütlerinden birini oluşturmaktadır. Zemin büyütmesi, deprem dalgalarının geçtiği ortamın özelliklerine bağlı olarak deprem etkilerinin yüzeydeki yapılara büyüterek ulaşmasına ve deprem hasarlarının artmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada, Vs kayma dalgası hız değerleri kullanılarak, Kuzey Adana'da belirli bir bölgenin zemin büyütmeye etkileri hesaplanıp haritalanmıştır. İnceleme alanında çökel birimlerin daha kalın olduğu kısımlarda büyütmeye etkilerinin, mikrobölgeleme uygulamalarında, "B:orta tehlike düzeyi"ne karşılık gelen 2'nin üzerinde olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Zemin büyütmesi, Mikrobölgeleme, Adana (Türkiye).

## SOIL AMPLIFICATION CRITERION IN MICROZONATION STUDIES (NORTHERN ADANA CASE)

**ABSTRACT :** Soil amplification is one of the important criteria of microzonation studies forming initial phase of earthquake hazard minimization studies. According to the environment characterisation, the soil amplification caused to grow effect of earthquake for the buildings on surface, when the earthquake waves progress. In this study, it is investigated and mapped the soil amplifications in a region of Northern Adana (Turkey) by using shear wave values. In the study area, in the relatively deep sedimentary soils, amplification values are over 2 values that means the hazard level is considered as B level (middle hazard) in microzonation context.

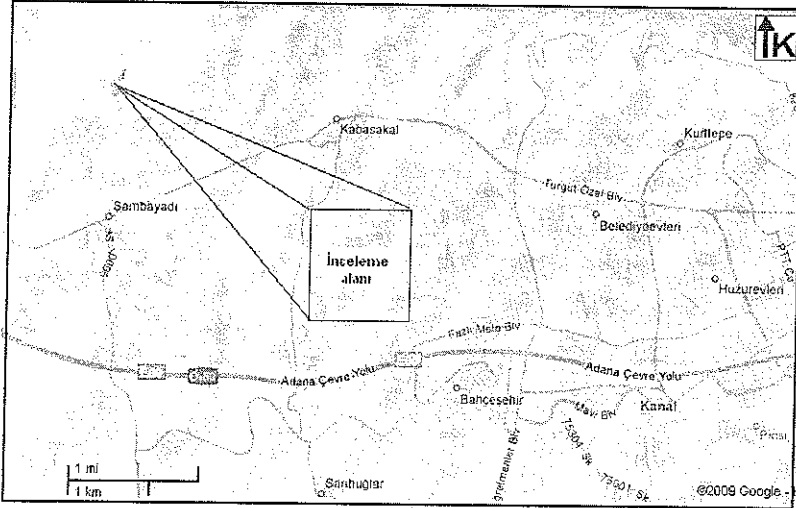
**Key Words:** Soil Amplification, Microzonation, Adana (Turkey).

## 1. GİRİŞ

Deprem hasarlarının azaltılmasında, etkin uygulamalar olan mikrobölgeleme çalışmaları, jeolojik, jeofizik, jeoteknik verilerin kullanıldığı multidisipliner uygulamalardır. Mikrobölgeleme uygulamalarında belirli ilkeler ve prensipler çerçevesinde, haritalanan zemin büyütmesi, yamaç stabilitesi, sıvılaşma, yüzeysel faylanma vb. gibi deprem etkilerini artırıcı etmenler modern mikrobölgeleme çalışmalarında ölçütler olarak kullanılmaktadır (1-3). Uygulamada, incelemesi yapılan alanın jeolojik durumu, zeminin jeofizik jeoteknik özellikleri, deprensellik durumu, tektonik yapısı, morfolojisi yapılaşma tarzı ve hatta ekonomik durum da göz önüne alınarak, gerekli ölçütler haritalanır. Bu çalışmada, Kuzey Adana'da kısmen yapılaşma sürecinde olan kesimde, kayma dalgası hızı (Vs) değerlerinden hareketle mikrobölgelemenin zemin büyütmesi ölçütü haritalanmıştır.

### 1.1. İnceleme Alanının Tanıtılması

İnceleme alanı Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesinde, hızlı bir kentleşme dolayısıyla, yapılaşma sürecinde bulunan Adana İli'nin kuzeye doğru genişleyip, geliştiği yelpazede yer almaktadır. Jeolojik olarak, yer yer jips içerikli kilitaşı, siltaşı, kumtaşı (Handere Formasyonu) birimlerin oluşturduğu anakaya üzerine, kaliçi (karbonat içerikli tortul çökeller) ve ince alüvyon birimler gelmektedir. X:430294-431668, Y:4100810-4100970 koordinatları aralığında yer alan inceleme alanının coğrafi konumu Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. İnceleme alanının coğrafi konumu

## 2. MATERYAL VE METOD

Zeminlerin özelliklerine bağlı olarak deprem dalgalarını çeşitli oranlarda büyüttüğü bilinmektedir. Deprem sırasında özellikle yumuşak zeminler üzerindeki yapıların, sert zeminlere veya kaya ortamlarına göre daha fazla hasar görmesi bu etkileşimin en büyük

göstergesidir. Bu büyütmeye etkisi deprem şiddetini de arttırmaktadır. Bazı jeolojik birimlerle göreceli büyütmeye faktörü arasındaki ilişkiler Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Yüzeysel jeolojisi ve göreceli büyütmeye faktörü arasındaki ilişkiler (1)

Jeolojik Birim	Göreceli Büyütmeye Faktörü
Borcherdt ve Gibbs (1976)	
Körfez çamuru	11.2
Alüvyon	3.9
Santa Clara Formasyonu	2.7
Great Valley dizisi	2.3
Franciscan Formasyonu	1.6
Granit	1.0
Midorikawa (1987)	
Holosen	3.0
Pleyistosen	2.1
Kuvaterner volkanik kayalar	1.6
Miyosen	1.5
Tersiyer öncesi	1.0

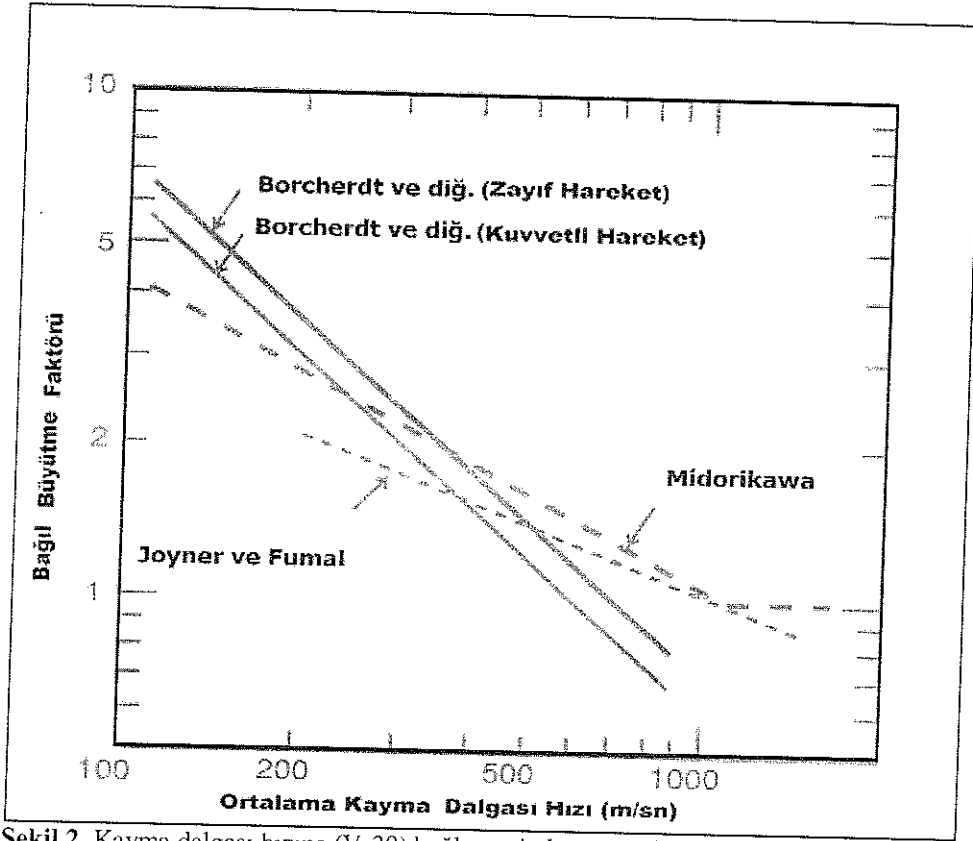
Zemin tabakalarının kayma dalgası hızı, zemin büyütmeye değerlendirmek için kullanışlı bir indeks özelliğidir. Shima, analitik olarak hesaplamış olduğu büyütmeye faktörünün, anakaya–zemin tabakası sismik hızları oranı ile doğru orantılı bir ilişkide olduğunu bulmuştur (4).

Midorikawa, Joyner ve Fumal, Borcherdt ve diğ.’nin gözlem ve analizlere dayanan araştırmalarında, yer hareketinin, belirli bir derinlik için yüzeysel tabakasının ortalama kayma dalgası hızının bağlı büyütmeye ile güçlü bir ilişkisi olduğunu göstermişlerdir (5-7). Bu araştırmacılarca geliştirilen Vs30 hızı ile büyütmeye ilişkisi Çizelge 2’de, Vs30 ile büyütmeye faktörü arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi ise Şekil 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Kayma dalgası hızına (Vs,30) bağlı zemin büyütmeye ilişkileri (5-7)

Araştırmacılar	Kayma dalgası hızı büyütmeye ilişkisi
Midorikawa (1987)	$A = 68V_1^{0.6}$ ( $V_1 < 1100$ m/sn) $A = 1$ ( $V_1 > 1100$ m/sn)
Joyner and Fumal (1984)	$A = 23V_2^{0.45}$
Borcherdt ve ark. (1991)	$AHSA = 700/V_1$ (zayıf hareket için) $AHSA = 600/V_1$ (kuvvetli hareket için)

A: maksimum yer hızı için göreceli büyütmeye faktörleri; AHSA: 0.4 - 2.0 sn periyot aralığı içinde ortalama yatay spektral büyütmeye;  $V_1$ : 30m bir derinlik için ortalama S dalgası hızı ( $Vs30 = 30 / (\sum_{i=1, N} (h_i/V_{si}))$ );  $V_2$ : bir saniyelik bir dalga için çeyrek dalga uzunluğu bir derinliğe karşılık gelen ortalama S dalgası hızı.

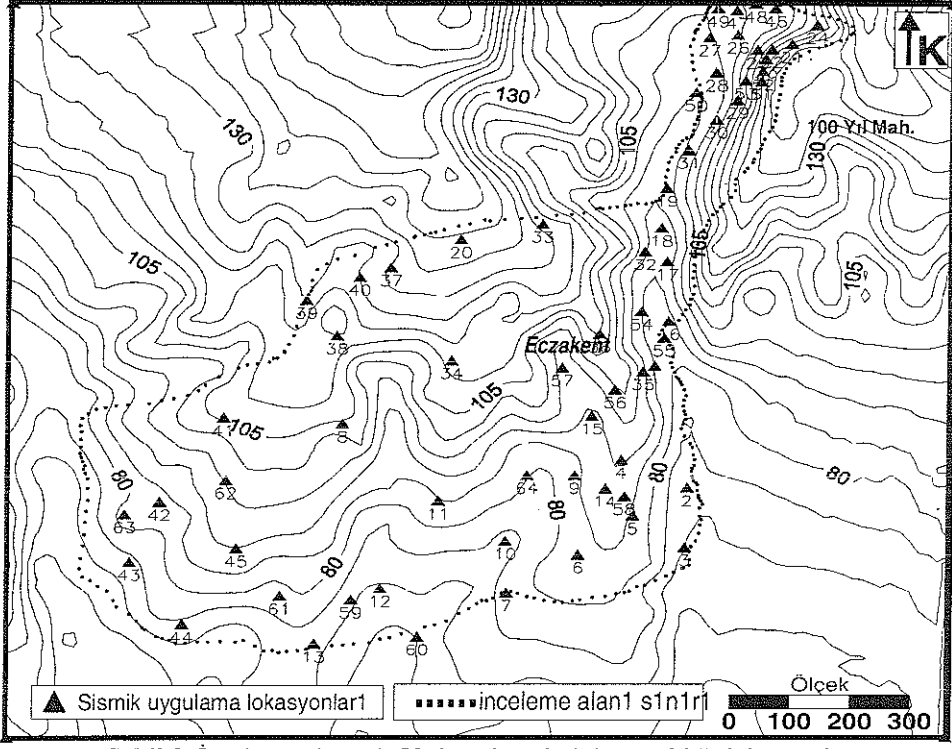


Şekil 2. Kayma dalgası hızına ( $V_{s30}$ ) bağlı zemin büyütme faktörünün grafik görünümü (5-7)

Uygulamada, anakayanın kayma dalgası hızının geniş bir alanda nispeten sabit olarak bulunduğu yerlerde, yüzeydeki her bir lokasyon için bağıl büyütme miktarı yüzey tabakasının kayma dalgası hızından ( $V_s$ ) elde edilebilir.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

İnceleme alanında toplam 64 lokasyonda sismik refraksiyon uygulamalarıyla  $V_s$  kayma dalga hızı ölçümleri yapılmıştır. Uygulamada, düz ve ters atışlar yapılmış, gerekli enerji birikimi vuruş sayısı artırılarak sağlanmıştır. İnceleme alanının morfolojik yapısı ve jeolojik birimlerin dağılımı göz önünde bulundurularak, hız ölçümleri, inceleme alanının genelini temsil edebilecek dağılımdaki lokasyonlarda yapılmıştır. İnceleme alanında  $V_s$  hız ölçümleri yapılan sismik uygulama lokasyonları Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. İnceleme alanında Vs hız ölçümlerinin yapıldığı lokasyonlar

Özellikle mikrobölgeleme ölçütlerinde kullanılan, gerekli Vs30 hızları inceleme alanı zemininin ilk 30 metresini oluşturan birimlerin hızlarının ortalamalarıdır. Uygulamada, ölçülen S dalga hızlarının ortalamasının hesaplanmasında,  $Vs30=30/(\sum_{i=1,n} (h_i/Vs_i))$  bağıntısı kullanılmıştır. Bağıntıda,  $h_i$  zemin tabakasının kalınlığı,  $Vs_i$  ise tabakanın S dalga hızıdır. İnceleme alanı Vs30 değerleri 238-742 m/s aralığında ölçülmüştür.

İnceleme alanında, belirli lokasyonlarda yapılan jeofizik-sismik refraksiyon uygulamalarıyla ölçülen Vs30 kayma dalgası hızı ve bu hızlardan hareketle Midorikawa'ya (5) göre hesaplanan zemin büyütme değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3'den görüleceği gibi inceleme alanında zemininin deprem etkisini büyütme değeri 1,3-2,5 aralığında değişmektedir. Mikrobölgeleme çalışmalarında, büyütme ölçütüne bağlı tehlike düzeyi haritalanırken, A, B, C şeklinde üç tehlike düzeyi belirlenir (1-3).

0,0-2,0 büyütme değeri için, tehlike düzeyi C (düşük tehlike)

2,0-4,0 büyütme değeri için, tehlike düzeyi B (orta tehlike)

4,0-6,5 büyütme değeri için, tehlike düzeyi A (yüksek tehlike)

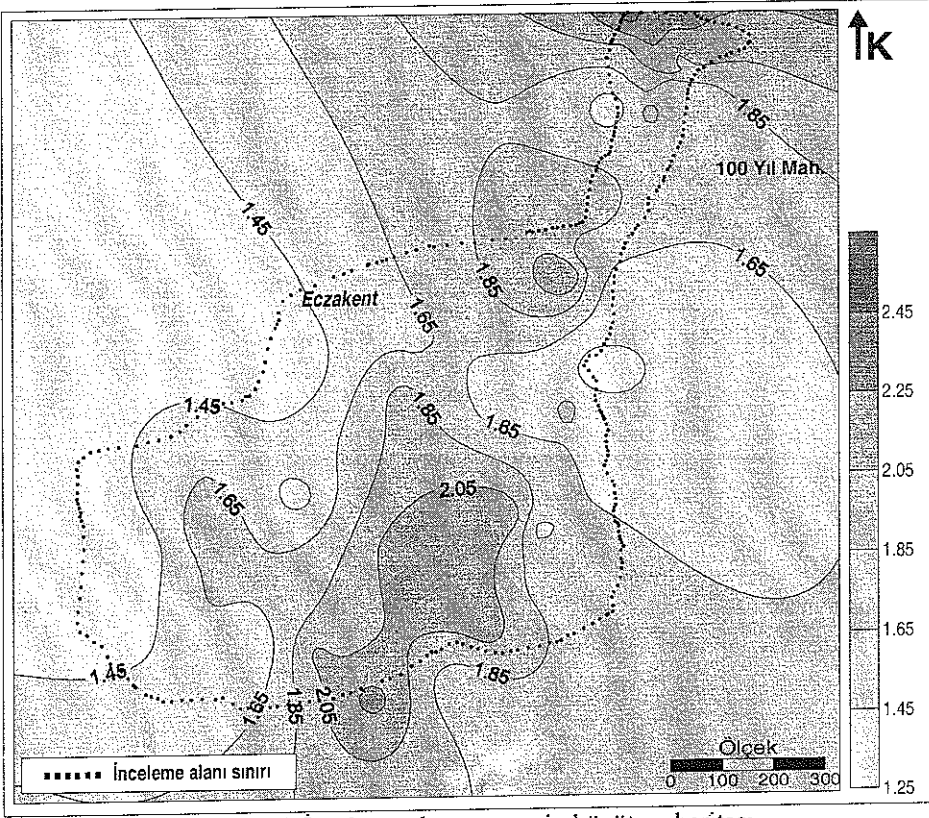
şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 3. İnceleme alanı büyütmeye değerleri

Vs ölçüm noktası	x	y	Vs30*	Büyütmeye Değeri A=68V1 <sup>^-0,6</sup>	Vs ölçüm noktası	x	y	Vs30*	Büyütmeye Değeri A=68V1 <sup>^-0,6</sup>
1	432101	4101419	563	1,5	33	431714	4101998	402	1,9
2	431947	4100712	448	1,7	34	431405	4101440	380	1,9
3	431747	4100536	319	2,1	35	432062	4101395	463	1,7
4	430348	4100768	-	-	36	430756	4101519	-	-
5	432030	4100805	416	1,8	37	431460	4101631	508	1,6
6	431004	4101064	691	1,3	38	431011	4101540	725	1,3
7	431600	4100337	476	1,7	39	430872	4101686	717	1,3
8	431032	4101180	541	1,6	40	431087	4101780	591	1,5
9	431831	4100971	304	2,2	41	430628	4101206	499	1,6
10	431595	4100702	313	2,2	42	430412	4100861	692	1,3
11	431363	4100865	321	2,1	43	430312	4100616	677	1,4
12	431165	4100508	380	1,9	44	430491	4100362	583	1,5
13	430940	4100233	445	1,8	45	430674	4100671	475	1,7
14	431935	4100916	533	1,6	46	432497	4102881	282	2,3
15	431888	4101214	453	1,7	47	432366	4102873	276	2,3
16	432147	4101601	621	1,4	48	432429	4102899	295	2,2
17	432139	4101846	456	1,7	49	432301	4102881	238	2,5
18	432119	4101982	484	1,7	50	432230	4102537	563	1,5
19	432136	4102146	342	2,1	51	432594	4102583	444	1,8
20	431434	4101935	-	-	52	432456	4102623	484	1,7
21	432554	4102736	304	2,2	53	432398	4102585	416	1,8
22	432486	4102714	374	1,9	54	432054	4101641	-	-
23	432466	4102674	298	2,2	55	432132	4101533	661	1,4
24	432638	4102814	307	2,2	56	431967	4101321	518	1,6
25	432436	4102711	299	2,2	57	431785	4101411	586	1,5
26	432370	4102773	291	2,3	58	432002	4100884	471	1,7
27	432274	4102763	358	2,0	59	431066	4100461	329	2,1
28	432299	4102619	414	1,8	60	431295	4100278	275	2,3
29	432371	4102507	385	1,9	61	430824	4100476	616	1,4
30	432301	4102426	447	1,7	62	430637	4100950	429	1,8
31	432208	4102302	-	-	63	430294	4100810	742	1,3
32	432063	4101886	285	2,3	64	431668	4100970	315	2,2

$$(*)Vs30 = 30/(\sum_{i=1,n} (hi/Vsi))$$

İnceleme alanı için hesaplanan büyütme değerleri kullanılarak, Midorikawa (5)'ya göre hazırlanan zemin büyütme haritası Şekil 4'de verilmiştir. Büyütme haritasından da görüldüğü üzere, zemin büyütmesi açısından inceleme alanı için C (düşük) ve B (orta) tehlike düzeyine karşılık gelen kısımlar görülmektedir. Özellikle inceleme alanının güney kesiminde, çökel zemin birimlerinin nisbeten daha kalın olduğu kesimde zeminin deprem etkisini büyütme değerleri 2'nin üzerindedir. Bu bölge için B (orta) tehlike düzeyi sözkonusudur.



Şekil 4. İnceleme alanının zemin büyütme haritası

#### 4. SONUÇLAR

Kuzey Adana'da kısmen yapılaşma sürecinde olan belirli bir alanda, yapılan jeofizik sismik refraksiyon uygulamalarıyla ölçülen Vs kayma dalga hız değerlerinden hareketle zeminin deprem etkisini büyütme değerleri haritalanmıştır. Buna göre, inceleme alanının zemin büyütme değerleri 1,3-2,5 değerler arasında değişmektedir. Bu olası bir deprem sırasında deprem dalgalarının bu alanda 1,3-2,5 arasında yer hareketini büyüteceği anlamına gelmektedir.

İnceleme alanının güney kesiminde, özellikle çökel zemin birimlerinin nisbeten daha kalın olduğu kesimde zeminin deprem etkisini büyütme değeri 2'nin üzerine

çıkılmaktadır. Mikrobölgeleme uygulamalarında, zemin büyütme ölçütünün 2,0-4,0 aralığındaki değeri B (orta) tehlike düzeyine kaşılık gelmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

1. ISSMFE, "Manual For Zonation on Seismic Geotechnical Hazards", Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1993.
2. ISSMGE/TC4, "Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards", Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering, The Japanese Geotechnical Society, 1999.
3. Özçep,F., "Mikrobölgeleme: İlkeler ve Uygulamalar", TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, 211 Sayfa, ISBN No: 978-9944-89-231-5, 2007, Ankara.
4. Shima,E., "Seismic Microzoning Map of Tokyo", Proc.Second International Conf. on Microzonation, Vol.1, Pp.519-530, 1978.
5. Midorikawa,S., "Prediction of Iseismal Map in the Kanto Plain due to Hypothetical Earthquake", Journal of Structural Engineering, Vol.33B, pp. 43-38, 1987.
6. Joyner,W.B. and Fumal,T., "Use of Measured Shear-Wave Velocity for Predicting Geological Site Effects on Strong Motion", Proc Eighth World Conf. on Earthquake Eng., vol. 2, pp. 777-783, 1984.
7. Borcherdt,R.D., Wentworth,C.M., Janssen,A., Fumal,T. and Gibbs,J.F., "Methodology for Predictive GIS Mapping of Special Study Zones for Strong Ground Shaking in the San Francisco Bay Region", Proc. Fourth International Conf. on Seismic Zonation, Vol.3, pp. 545-552, 1991.