T.C.
BAYINDIRLIK ve İSKÂN BAKANLIĞI
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

3

Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

Bulletin of Earthquake Research
(Bull. Earthq. Res.)

Ekim [October] / 1973
Cilt [Volume]: 1

Sayı [Issue]: 3

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı [Ministry of Public Works and Settlement]
Afet İşleri Genel Müdürlüğü [General Directorate of Disaster Affairs]
Deprem Dairesi Başkanlığı [Directorate of Earthquake Research]

İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

DİĞER [OTHER]
1969 Güney Afrika Boland Depreminde Bina Hasarlarının Onarımı [Repair of Building Damages in the 1969 South African Boland Earthquake]
Teoman GÜZEY 5-21

DİĞER [OTHER]
Nükleer Güç Santrallerinin Depremlere Karşı Projelendirilmesi [Designing Nuclear Power Plants Against Earthquakes]
Onur GÖKSEL 22-37

DİĞER [OTHER]
Depremler Sırasındaki Zemin Hareketlerinin Önemli Özellikleri [Important Properties of Ground Movements During Earthquakes]
Ussal Z. ÇAPAN 38-53

DİĞER [OTHER]
Mikro Bölgelendirme için Jeofizik Mühendisliği Araştırma Teknikleri [Geophysical Engineering Research Techniques for Microzonation]
Ersen BUKET 54-82

ARAŞTIRMA [RESEARCH]
Japonya'nın Bazı Bölgelerinde Gözlenen Deprem Zararları ve Zemin Altı Şartları [Earthquake Damages and Subsoil Conditions Observed in Some Areas of Japan]
Mehmet Emin ÖZEL 83-99

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
1923 50 YIL 1973

DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ BÜLTENİ

3

DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ BÜLTENİ

3

DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ BÜLTENİ

★

Üç Ayda Bir Yayınlanır
Bilim ve Meslek Dergisi

★

Sahibi
İmar ve İskân Bakanlığı adına
Teoman Güzey
Deprem Araştırma
Enstitüsü Başkanı

★

Yazı İşleri Müdürü
Oktay Ergünay
Deprem Araştırma Enstitüsü
Başkan Yardımcısı

★

Yönetim Yeri ve Yazışma Adresi
Deprem Araştırma Enstitüsü
Başkanlığı Konur Sokak No.: 4/2
Yenişehir/ANKARA

★

Telefon : 18 66 29 — 12 87 82

★

Basıldığı Yer
Şenyuva Basım Sanayii 17 70 94

★

İlânlar pazarlığa tabidir.

Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni

YIL : 1 SAYI : 3 EKİM 1973

Bu Sayıda

1969 Güney Afrika Boland Depreminde Bina hasarlarının Onarımı — Ç. J. Thomson 5

Nükleer Güç Santrallarının ..... Depremlere Karşı Projelendirilmesi — Kiyoshi Muto 22

Depremler Sırasındaki Zemin Hareketlerinin Önemli Özellikleri ..... — Prof. G. W. Housner ... 38

Mikro Bölgelendirme İçin Jeofizik Mühendisliği Araştırma Teknikleri — V. J. Murphy 54

Japonyanın Bazı Bölgelerinde Gözlenen Deprem Zararları ve Zemin Altı Şartları ..... — Tokyo Üniversitesi Deprem Araştırma Enstitüsü Zemin Altı Araştırmaları Grubu 83

1969 Güney Afrika Boland Depreminde Bina Hasarlarının Onarımı(*)

Yazan :
Ç. J. Thomson (**)

Çeviren :
Teoman GÜZEY (***)

SYNOPSIS

On the 29 th September 1965 at 10.00 p.m. the Western Cape in South Africa Was severely shaken by an earthquake which caused damage estimated at R 15 million ($ 18 million). This paper provides a general description of the damage caused to masonry structures near the epicentre describes repair techniques and methods of surveying the damage and specifying the repair details.

ÖZET

29. Eylül 1969 günü saat 10.00 da Güney Afrikanın batı kısmında tahminen 18 milyon dolarlık hasara sebep olan bir deprem olmuştur. Bu makale deprem merkezine yakın bölgelerde kargir binalarda meydana gelen hasarları, onların inceleme ve tesbit metodları ile özel onarım metodlarını izah etmektedir.

GİRİŞ

Depremin merkezi Cape Town şehrinden 100 km. uzaklıkta Ceres'in kuzey batısındaki sıra dağlar üzerinde bulunmaktaydı. Deprem olduğunda önce Worcester fayının hareket ettiği düşünülmüştü. Sonradan Price Enstitüsü Worcester fayına çok yakın yeni bir küçük fayın teşekkül ettiğini tesbit etmiştir. Depremin Magnitüdü Richter skalasına göre 6,5 - 6,8 dir. Episantr civarındaki hasarın durumuna göre şiddetin Mo-

(*) Makalenin orijinali, V nci Dünya Deprem Mühendisliği konferansı notları Cilt I. Sayfa 106 da yayınlanmıştır.

(**) Minham Shand ve Ortakları Müşavirlik Firması — Güney Afrika

(***) İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü

difiye Mercalli skalasına göre MM VII ile MM VIII arasında olduğu tahmin edilmiştir. Depremin akabinde 1 inci ay 72 replik (aftershock) kaydedilmiş ve bu replikler azalan bir tempo ile uzun süre devam etmiştir. 14 Nisan 1970 tarihinde magnitüdü 6,5 olan bir replik daha kaydedilmiş ve bu mevcut hasarın artmasına sebep olduğu gibi hasar görmüş yapıların onarılması gerektiği düşüncesini kuvvetlendirmiştir.

HASARIN ETÜD VE TESBİTİ

Deprem, episantra yakın küçük tarım yerleşme üniteleri olan Ceres, Wolseley ve Tulbagh da şiddetli hasara sebep olmuştur. Bilhassa eski ve kötü malzeme kullanılmış yapılarda hasarın büyük olduğu görülmüştür. Hasar bölgesinde yapılan incelemede en çok hasarın görüldüğü veya tamamen yıkılan yapıların eski ve kerpiç yapılar olduğu tesbit edilmiştir. Bu yapıların bazılarının yapılış tarihleri 1750 yılına kadar gitmektedri. Çok kötü ve büyük çatlaklar duvar birleşimlerinde olmuş ve birçok halde dış köşeler tamamen tahrip olmuştur. Birçok binalarda kalkan duvarları ve bacalar yıkılmış ve hasarın artmasına sebep olmuştur. Bu eski yapılarda ayakta kalan duvarlarda ise çok yerde sıvalar dökülmüştür.

Tamamen tahrip olan tek katlı modern teknikle inşa edilmiş yapılar çok nadir görülmüştür. Umumiyetle tuğla duvarlarda ve sıvalarda gözle görülür çatlaklar müşahade edilmiştir. Diyagonal çatlaklar genellikle pencere ve kapı üstleri ile, bunlar arasında kalan duvarlarda meydana gelmiştir. Kalkan duvarları tavan seviyesinde çatlamış ve çoğu yıkılmıştır. Bacalar ve tuğla kolonlar çok yerde çatlamış fakat durumunu muhafaza etmiştir.

Taşıyıcı sistemi çelik karkas olup, dolgu duvarları tuğla veya briket ile iyi inşa edilmiş yapılarda hasar görülmemiştir. Afet bölgesindeki mevcut çok az sayıdaki betonarme karkas yapıda çok ehemmiyetsiz hasar tesbit edilmiştir. Döşemeleri betonarme olan 2 katlı yığma yapılarda çok az hasar olmuş, üst katlarda tek katlı yapılardakilere benzer çatlaklar görülmüştür.

Birçok yerlerde zeminde çatlaklar meydana gelmiş, beton ve asfalt kaplı yollarda genişliği 30 mm. ye varan çatlaklar teşekkül etmiştir. Vadi yanlarında ve nehir yataklarında çökmeler olmuştur. Fabrika ve soğuk hava depoları gibi büyük döşemelerde yatay deplasmanlar görülmüştür. Bazı hallerde döşeme plakları arasında birbiri üzerine hareketden ötürü kırılmalar meydana gelmiştir.

ONARIM METODLARI PRENSİPLERİ

Güney Afrikada umumiyetle hasar görmüş yapılar ya kendi haline bırakılır veya birçok hallerde tahrip edilir. Bu şartlar altında sahadaki yapıların onarılması hususunda bölge sakinleri ile idarecileri ikna etmek gerekiyordu. İlk incelemeler sonunda emin ve ekonomik bir onarım konusunda çeşitli fikirlerin bulunduğu görüldü. Çok geçmeden üniform bir onarım metodunun lüzumu belirdi. 1969 yılı Ekim ayında Güney Afrika Müşavir Mühendisleri Birliği tarafından deprem hasarlarının onarımı konusunda gerekli metodları tesbit edecek bir komite kuruldu ve bu komitenin hazırlayacağı metodlar için hasarın durumunu gösteren pratik bir tesbit metodu (Survey) araştırıldı. Standart bir tek kâğıt üzerinde basit ve pratik bir şekilde hasarın durumunu gösteren bir sistem geliştirildi.

Yapının tamir edilmesine karar verilebilmesi için onarım maliyeti ile yapının yeniden yapılma maliyetinin çok iyi tahmin edilmesi gerekmekteydi. Duvarların desteklenmesi ve diğer koruyucu tedbirler, onarılması düşünülen yapılarda malzemenin bozulmaması için alınmıştır.

Bölge sakinlerini, yapılarının onarımının gerektiği bu suretle en az bu şiddetde bir depreme hayatlarını tehlikeye koymaksızın karşı koyabilecekleri hususunda ikna etmek gerekmiştir. Metod bütün çatlaklara sulandırılmış harç koymak, duvar yüzlerinin her iki tarafına tel kafes koyarak içine sika veya emsali maddeler katılmış sıva ile sıvamaktan ibarettir. Duvarlar kerpiç ve tuğla olduğuna göre 2. tip sıva şekli kabul edilmiştir.

STANDART ONARIM DETAYLARI

Ön etüdler takriben 2000 — 2500 hasarlı yapıda yapılmıştır. Bunların % 25 i onarım masraflarını kendileri ödemeyi % 40 ı ayrı ayrı sigortalara veya devlet kefaleti altında bir müessesesye yaptırmayı arzu etmişlerdir.

Her tip hasara göre özel onarım şekilleri kararlaştırılmıştır. İşin aceleliği ve insan gücünün sınırlı olması dolayısiyle basit ve standart hasar tarifi ve onarım şekli tesbit edilmiştir. İlk incelemeler hasarın yeri ve tiplerinin yapılarda birbirine benzer olduğunu ortaya koymuştur.

Nihayet 10 standart onarım detayı ve 1 keşif ve etüd raporu örneği geliştirilmiştir. Etüd raporunda sadece onarım detay numarası yazılarak o elemanın onarım detayı hakkında bilgi verilmiş bulunmaktadır. Bu tip basit raporun faydası etüd yapan kişi yapıyı terketmeden her kısmın onarım detayı hakkında karar vermiş olmasıdır.

Aşağıda bu onarım detayları kısaca açıklanmış ve her tip ayrı ayrı krokilerde gösterilmiştir.

Tip I, II ve III de duvarlarda, pencere ve kapı üstlerinde hasıl olan çatlakların onarılmasında yapılacak işler gösterilmiştir.

Tip IV, V ve VI da iç ve dış duvar köşelerindeki çatlakların onarılması gösterilmiştir.

Tip VII A ve B çeşitli çelik ve ön gerilmeli çelik germe çubuklarının detaylarını göstermektedir. Çelik germe çubukları mümkün olduğu yerde tavan seviyesinde yapılmıştır. Aşağı seviyelerde bu çubuklar bir levhaya ankre edilmiştir. Okul ve Oteller gibi uzun koridorları olan yapılarda harici duvarlar esas konstrüksiyona bu bağ çubukları ile bağlanmıştır. Arada iç duvarlar varsa bu duvarları geçişte bağ çubukları duvar içine konmuş galvaniz borular içinden geçirilmiştir.

Tip VIII balkon duvarlarının onarımını ve çatı makaslarının yan takviyelerini göstermektedir. Kalkan duvarlardaki

çatlaklar Tip I deki gibi tamir edilmekte ve karşıdan karşıya çelik çubuklarla bağlanmaktadır.

Tip IX ve X baca ve kolonların onarımını göstermektedir

Bu metodlar ayrı ayrı veya birlikte kullanılarak bütün yapılardaki hasarlar onarılabilmiştir.

14. Nisan 1970 de vukubulan Richter skalasına göre 6,5 magnitüdlü bir deprem de örnek olarak onarım görmüş birkaç yapı bir tecrübe geçirmiştir. Bu yapılarda yapılan incelemelerde bir kısım sıvalarda ve germe çubuk başlarındaki ankraj kısımlarındaki sıvalarda kılcal çatlaklar görülmüşse de başka bir hasar meydana gelmemiştir.

SONUÇ:

1969 yılı Aralık ayı sonunda teknik elemanlar ilk etüdleri tamamlamışlardır. 1970 Nisanında bir onarım programı hazırlanmıştır. Sınırlı yapı endüstrisi kaynaklarının bulunduğu takriben 200 mil kare sahaya yayılan bu büyük hacimdeki işin yıllarca süreceği anlaşılmıştır. Güney Afrika'nın 5 büyük inşaat firması bir konsorsium kurmuş ve (masraf + cüzi kâr) ile bu işi üzerine almıştır. 1972 yılı Haziran ayı sonunda bütün yapılar (% 10 sahipleri tarafından özel firmalara yaptırılanlar hariç) tamamlanmıştır.

Bu onarım detayları deprem hasarlarında kullanıldığı gibi yangın hasarı gören kârgir yapılarda da kullanılabilecektir. Yangında hasar gören bir yapının yenisinin yapılabileceği ücretin % 50 si ve zamanın % 30 — 40 ı müddetinde onarılabileceği anlaşılmıştır.

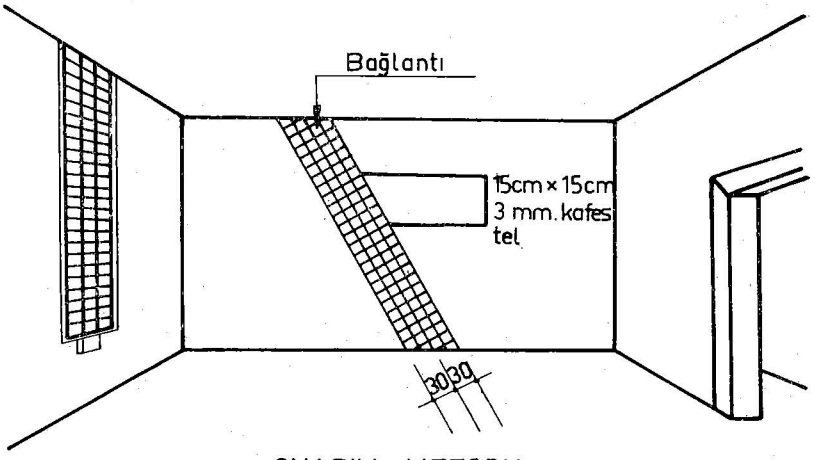
Tarih: 10.6.1970	ONARIM ETÜDÜ YAPILACAK YAPININ SAHİBİ : BAARTMAN	Saha No: 17/1
Etüdü Yapan:	Adres: ZULCH CADDESİ No: 25 CERES İÇ ONARIMLAR	Yapı No: 1039

Oda	Duvar Yeri	Duvar Detay	Kapılar	Pencereler	Köşeler Yeri	Köşeler Detay	Diğer izahat	Detay	Tahmin
9	Kuzey		III		KB				
	Doğu			II	KD		Döşeme bel vermiş, Kirişler		
	Güney		III^2		GD		eklenecek ve tesbit edilecek		
	Batı	I x	III x		GB				
10	Kuzey			I	KB	IV	Hasarlı tavan değiştirilecek		
	Doğu	I			KD	IV			
	Güney		III x		GD		X^2 (2 kolon çatlamış)		
	Batı				GB				
11	Kuzey		I ve III	I^2	KB		Hasarlı kapı – değişecek		
	Doğu	I	III x		KD				
	Güney				GD				
	Batı	I		I	GB				

İşaretler: Ev işgal edilmemektedir (Evet) Hayır — Duvarlardaki delikler doldurulacak (Evet) Ha
Muvakkat iskan yeri mevcuttur (Evet) Hayır — Çatlaklar doldurulacak X

TİP-I- KÜÇÜK VE DEVAMSIZ ÇATLAKLARIN ONARIMI

NOT: Bu tip onarım 1 mm. — 6 mm. genişliğindeki çatlaklara uygulanır.



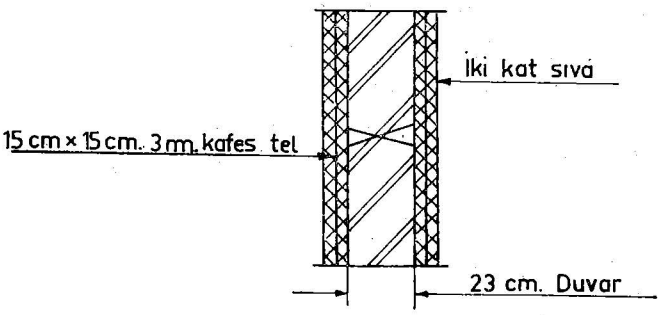
ONARIM METODU

1- Çatlağın her iki tarafında 30 cm. genişlikte sıva kazınacak.

2- Çatlak temizlenip mümkünse sulu harc ile doldurulacak.

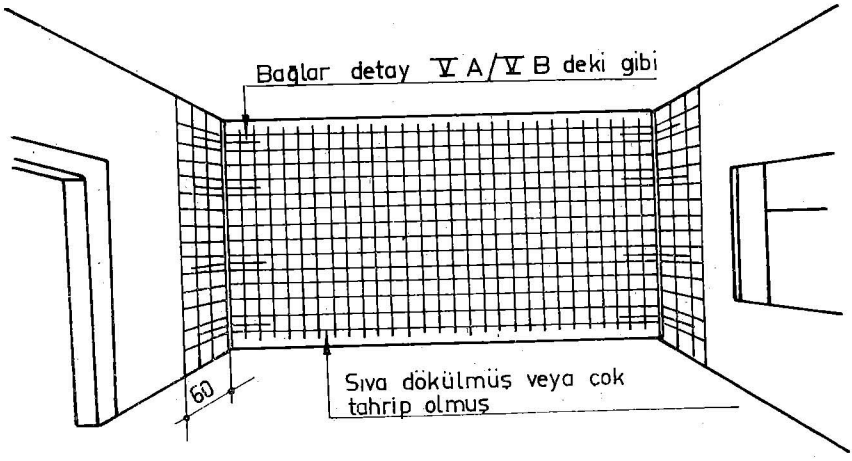
3- 15 cm. × 15 cm. 3 mm. kafes tel 3 mm. tel ile birbirine bağlanarak açılan yere konulacak.

4- İki kat sıva yapılacak.



TİP - II DUVARLARIN TEKRAR SIVANMASI

NOT : Bu onarım sıvıları tamamen veya çoğunlukla dökülmüş duvarlarda kullanılır.



ONARIM METODU

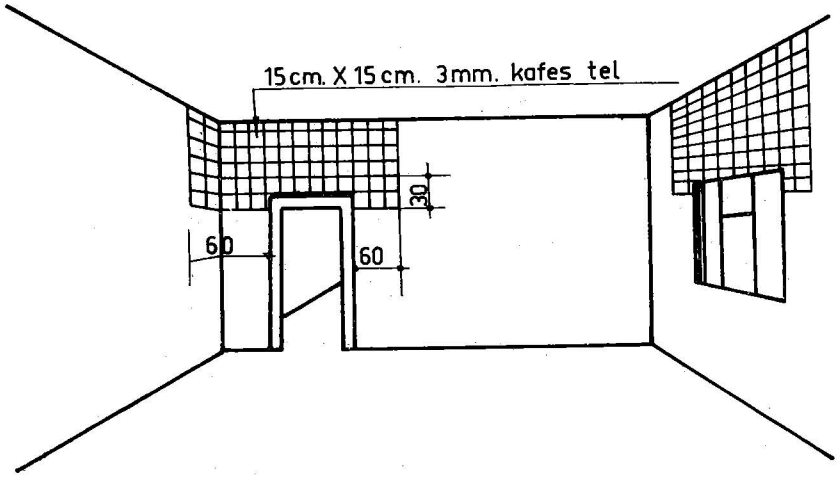
1 - Bütün duvar boyunca sıva kazınacak.

2 - 15 cm X 15 cm. 3 mm. kafes tel 3 mm. tel kullanarak duvar tesbit edilecek.

3 - İki kat sıva yapılacak.

TİP – III – PENCERE VE KAPILARIN ONARIMI

NOT: Bu onarım metodu pencere ve kapı üstlerinde hafif çatlak olan bölgelere uygulanır.
Bu tip onarım kapı ve pencere üstlerinin yeniden tuğla örülmesinde de kullanılır.



ONARIM METODU

1 – Yukarıda gösterildiği şekilde bütün sıva kazınacak.

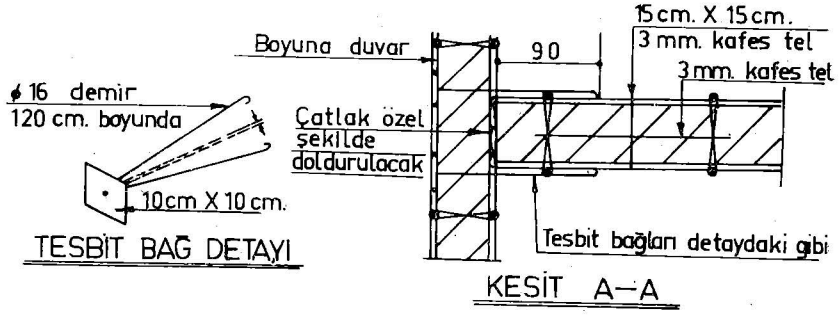
2 – Lüzum görülüyorsa çatlak temizlenecek

3 – Hazırlanan her iki yüze 15cm x 15 cm. 3 mm. kafes tel tatbik edilecek.

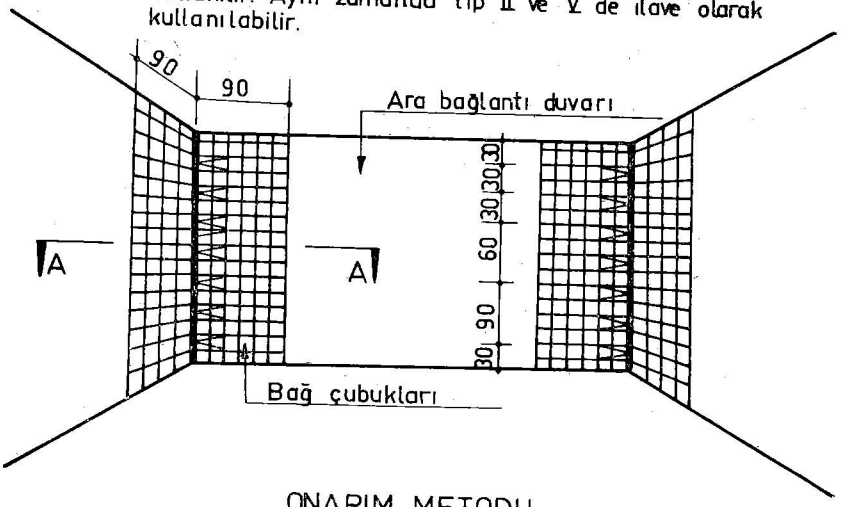
4 – İki kat sıva yapılacak.

5 – Eğer tuğla duvar fena halde tahrip olmuşsa yıkılıp yeniden örülecek, sonra yukarıdaki 3 ve 4. maddeler uygulanacak.

TİP- IV - DUVARLARIN BAĞLANMASI



NOT : Bu tip onarım duvarların biribirinden ayrıldığı köşelerde kullanılır. Aynı zamanda tip II ve V de ilave olarak kullanılabilir.



ONARIM METODU

1 - Duvar kösesinde her iki tarafa doğru 90 cm. boyunda sıva kazınacak.

2 - Çatlaklar sulu harc ile doldurulacak.

3 - Açıkta kalan duvar yüzlerine 15 cm X 15 cm. 3 mm. kafes tel tatbik edilecek ve 3 mm. tel ile bağlanacak.

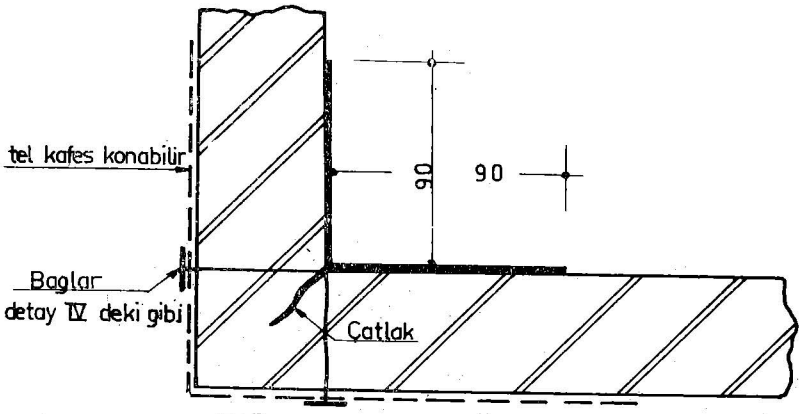
4 - Boyuna duvarda matkapla delik acılacak 3 mm. tel ile bağlanacak.

5 - Pratik olan yerde delik içine plastik tüp konacak.

6 - İki kat sıva yapılacak.

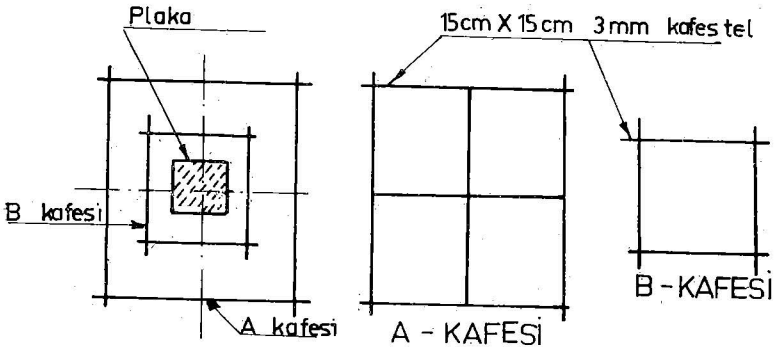
TİP - V - İÇ KÖŞELER

NOT: Bu tip onarım duvar köşelerinde iç yüzde, dış tarafa geçmeyen küçük çatlaklar olduğu zaman kullanılır.



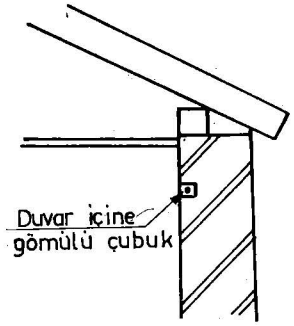
BAĞLAR TIP IV DE GÖSTERİLMİŞTİR

NOT: Dış yüzde kafes tel tatbik edilmediğinde A - ve B kafesleri konacaktır A kafesi B nin üzerine gelecektir.

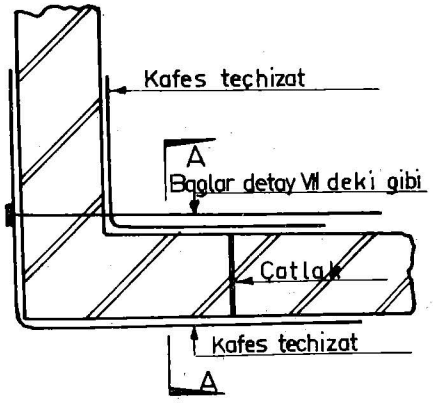


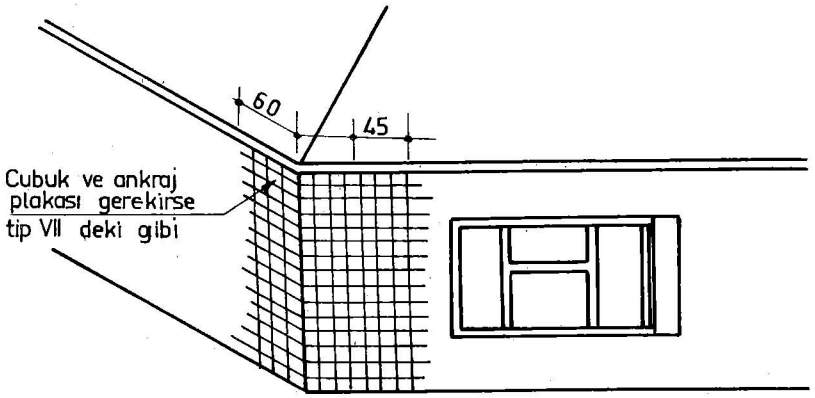
TİP – VI DIŞ KÖŞELER

NOT: Bu tip onarım yalnız bir dikey çatlak olan köşelerde kullanılır.



KESİT A–A



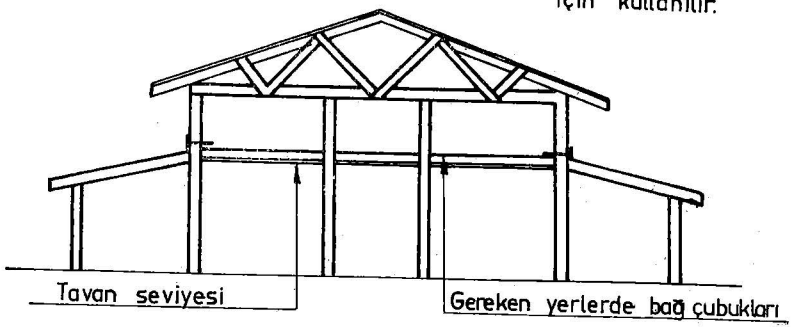


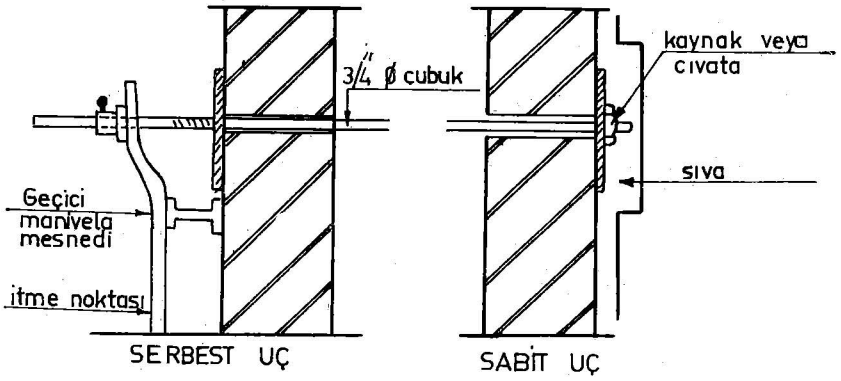
ONARIM METODU

1– Bütün sıva gösterildiği şekilde kazınacak.
2– Çatlak temizlenip sulu harç ile doldurulacak.
3– 15 cm. X 15 cm. 3 mm. kafes tel 3 mm. tel ile bağlanacak
4– İki kat sıva yapılacak.
5 – Tip VII deki gibi bağlantı cubukları özel hallerde kullanılır.

TİP - VII A - ÇELİK BAĞLANTI ÇUBUKLARI

NOT: Bu bağlantı çubukları duvarları olduğu durumda muhafaza için kullanılır.





ONARIM METODU

1 – Tavan seviyesi üzerindeki duvar tip II deki gibi en az 90 cm. yükseklikte tel kafes üzerine sıvanacak.

2 – Duvar 1" 1/4 Ø delinecek ve 3/4" Ø çubuk geçirilecek.

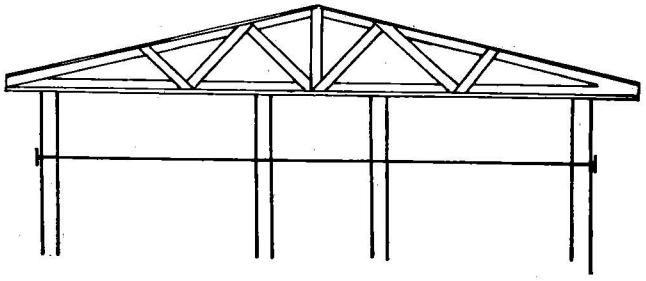
3 – Ucuna plaka kaynak edilecek veya vidalanacak.

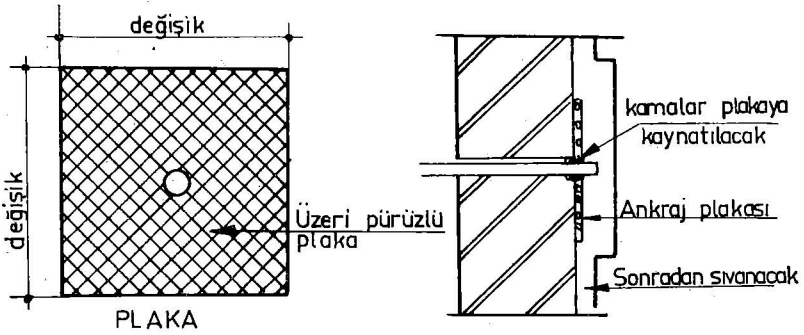
4 – Çubuğun serbest ucu yavaş yavaş çekilecek netlcede plakaya kaynak veya başka metotla tespit edilecek

5 – Koruyucu bir madde ile boyanıp üzeri sıvanacak.

TİP-VII B-ÖN GERİLMELİ BAĞLANTI ÇUBUKLARI

NOT: Bu baglantı cubukları duvarları olduğu durumda muhafaza için kullanılır.





ANKRAJ DETAYLARI
ONARIM METODU

1 - Duvarlar kafes tel ile kaplanıp sıvanacak

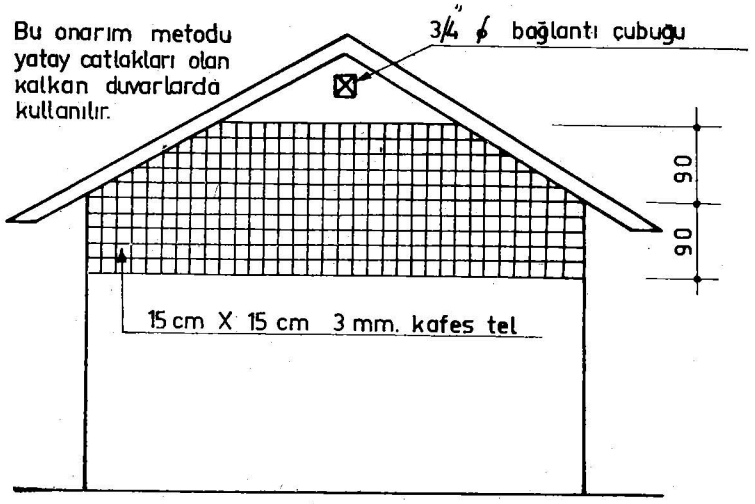
2 - Duvarda 3/4" Ø delik acılıp 7 mm çubuk gecirilecek.

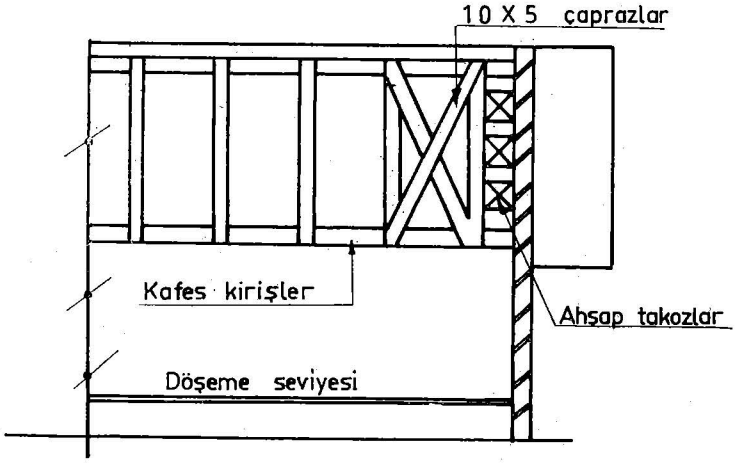
3 - Çubuk çekilecek ve her iki ucuna plâka kaynatılacak.

4 - Koruyucu bir madde ile boyanıp üzeri sıvanacak

TİP-VIII- KALKAN DUVARLARIN ONARIMI

NOT.: Bu onarım metodu yatay çatlakları olan kalkan duvarlarda kullanılır.





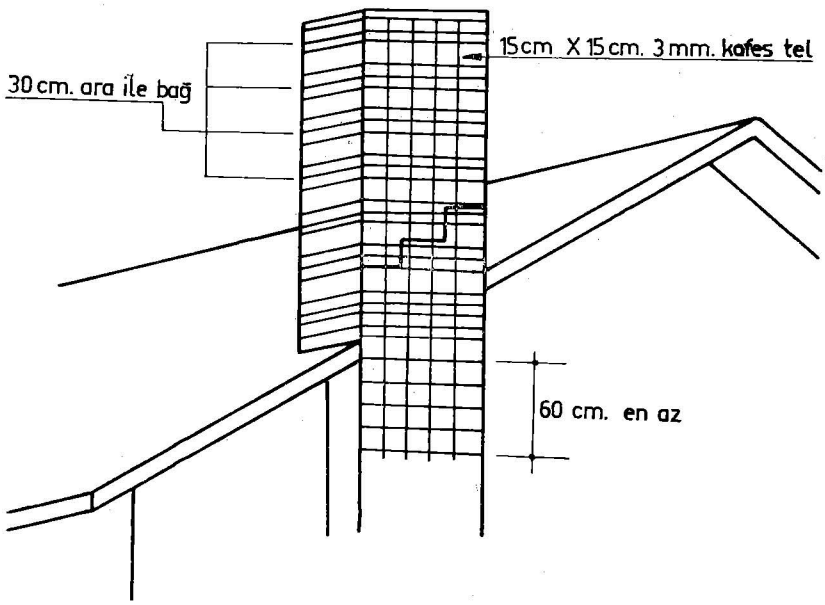
1- Çatlağın alt ve üstünden 90 cm. yükseklikle sıva kazınacak. ve çatlak temizlenecek.

2 - 15 cm. X 15 cm. 3 mm. kafes tel her iki tarafa tatbik edilip 3 mm. tel ile bağlanacak.

3 - İki kat sıva yapılacak.

4 - 1 1/2" ϕ delik delinip tip VI deki gibi cubuklar çekilecek.

TİP - IX - BACALARIN ONARIMI



ONARIM METODU

1 – Bütün sıva kazınacak.

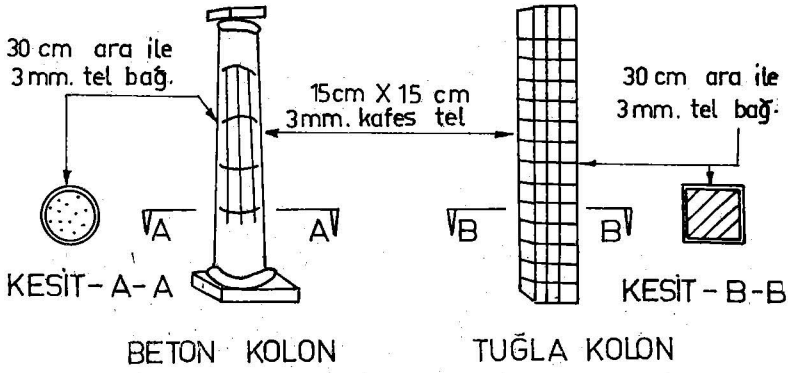
2 – Baca kontrol edilecek. Stabilitesinin bozuk olduğundan şüphe edilirse tamamen yıkılıp yeniden örülecek.

3 - 15 cm. X 15 cm. 3 mm. kafes tel ile tavandan en az 60 cm. aşağıya kadar sarılacak 3 mm. tel ile 30 cm. ara ile bağlanacak.

4 - İki kat sıva yapılacak.

TİP-X- KOLONLARIN ONARIMI

NOT: Bu tip onarım az catlak kolonlara veya takviye edilmesi arzu edilen kolonlara uygulanır.



ONARIM METODU

1- Sıvalar tamamen kazınacak.

2- Etrafına kafes tel sarılıp iyice tesbit edilecek.

3 -30 cm. ara ile 3 mm. tel ile bağlanacak.

4 - İki kat sıva yapılacak.

Nükleer Güç Santrallarının Depremlere Karşı Projelendirilmesi(*)

Yazan:
Kiyoshi Muto **

Çeviren:
Onur Göksel ***

1. GİRİŞ :

Yakın zamanda, sismisitesi yüksek olan Japonya ve Kaliforniya gibi bölgelerde nükleer güç santralları kurulmuştur. Bilindiği gibi nükleer güç santralları yapı, bina, teçhizat, boru sistemi ve radyo aktif materyel ihtiva edebilen diğer kısımlardan meydana gelmiştir. Dolayısiyle depreme karşı mukavemet yapı hesabında en önemli faktörlerden biridir. Depreme karşı projelendirme için, bütün kısımlar radyoaktivite emniyet önemi bakımından iki veya üç sınıfa ayrılmış ve her sınıf için dinamik veya statik analiz tatbik edilmiştir.

Japonya'da bu uygulama, ilk olarak 1957 yılında, Ticarî maksatlı Japon nükleer santralı olan Tokai nükleer güç santralının (Calder Hall - tipi) depreme karşı hesabında denenmiştir. Şimdiki sınıflandırma metodu 1964 yılında ikinci ticarî maksatlı Japon nükleer santralı olan Tsuruga nükleer güç santralının (BWR tipi) depreme karşı hesabında kullanılmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde, Profesör G. W. Housner (1960 2 WCEE) sınıflandırma yaklaşımını takdim etmiş ve 1963 de AEC (Atom Enerjisi Komisyonu) «Nükleer Reaktörler ve Deprem»i (TID — 7024) talimat olarak yayınlamıştır.

(*) Bu makale Deprem Mühendisliği 5 nci Dünya Konferansında sunulmuştur.

(**) Profesör Emeritus, Tokyo Üniversitesi, Kojima Şirketi faal başkanı, Muto Yapı Mekaniği Enstitüsü başkanı.

(***) Türkiye Elektrik Kurumu Nükleer Enerji Dairesi Başkanlığı.

1968 de Tokyo'daki IAEA (Milletlerarası Atom Enerjisi Komisyonu) konferansında yirmi iki etüd takdim edilmiş ve bunlar «Nükleer İmkânların Denenmesi ve Depreme karşı Projelendirme» de birleştirilmiştir. Buradaki talimatlar dünyada sismik bölgelerde kurulacak nükleer güç santrallarının depreme karşı projelendirilmesinde kullanılmaktadır.

Yazarın etüdü «Nükleer Güç Santrallarının Depreme Karşı Dizaynı» (Washisgton'da ANS kış toplantısında (1968) takdim edilen), 1971 Berlin'de Emirt'in ilk konferansında Hisada ve diğerleri tarafından takdim edilen «Filozofi ve Nükleer Güç Santrallarında Depreme karşı Dizaynda Pratik» gibi talimatlarla ilgilidir.

Bu konferansta nükleer güç santrallarının depreme karşı dizaynı konusunda çok fazla etüd takdim edildiğinden, yazar burada Japonya'daki nükleer güç santrallarının deprem problemlerinden bahsedecektir. Yazının ilk yarısında, yer seçimi problemi ve depreme karşı hesap yaklaşımı izah edilecektir. Daha sonraki kısım yazarın Shimane nükleer güç reaktörünün depreme karşı dizaynı ile inşaat bittikten sonra yapılmış cebrî titreşim deneyi ve simulasyon analizini göstermektedir.

2. Yer Seçimi Problemleri :

.1 — **Toprakaltı Tabakalarının Durumu** : Genellikle reaktör bina temelinin anakaya üzerine oturtulması istenir. Nükleer güç santralları üzerindeki titreşim deneyleri, sert yapıya sahip olan nükleer santralların sönüm (damping) bakımından sert kaya yerine yumuşak kaya üzerine oturtulmasının daha avantajlı olduğunu göstermektedir. Mamafi yer seçiminde daha ileri araştırmalar gerekmektedir.

Anakaya üzerinde kalın bir dolgu tabakası var ise kılıf ve kazık temel gereklidir. Meselâ Tokai Nükleer Güç Santralı toprak tabakasının onyedi metre altındaki kaya tarafından desteklenmiştir.

2 — Sismisite : Nükleer güç santrallarının yer seçiminde bölge sismisitesi önemli bir faktördür. Sismik hareketin mümkün olduğu kadar düşük olduğu yerlerin bulunması arzu edilir. Yerin sismik tarihi zemin durumu, sismo - tektonik çalışmalar, v.s. gözönüne alınarak, depreme karşı projelendirme sırasında kullanılacak depremler ve şiddetleri tayin edilir.

3 — Faylar : Yer yakınındaki alanda aktif fay olup olmadığının dikkate alınması gereklidir. Nükleer güç santrallarının dizaynında yerin böyle faya yakınlığı gözönüne alınmalıdır.

4 — Tsunamiler : Tsunami zararlarının önlenmesi için, santral deniz seviyesinin üstünde veya su seddi ile korunarak kıyıda kurulabilir.

5 — Heyelan : Yerin ve çevrenin topoğrafyası dikkatlice incelenmelidir. Yer münhanileri arızalı ise, yağmur veya deprem yüzünden santralın kaymasını önlemek için gerekli tedbirlerin alınması gereklidir.

3. Depreme Karşı Projelendirmede Yaklaşım :

1 — Depreme Karşı Dizayn için Santral Kısımlarının Sınıflandırılması :

Bütün nükleer güç santralları zarara uğramasından meydana gelecek tehlikeye göre genellikle üç sınıfa ayrılırlar.

A Sınıfı : Fonksiyonunu kaybettiği zaman ciddi nükleer kazaya sebebiyet veren ve çevreyi radyasyon tehlikesinden koruyan kısımları ihtiva eder.

Bu sınıftaki reaktör kabı ve reaktör durdurma sistemi gibi emniyet için gerekli olan kısımlar özel olarak As. Sınıfı şeklinde sınıflandırılır.

B) Sınıfı : Bu sınıf, A. sınıfına girmeyen yüksek radyoaktif madde ihtiva eden bütün kısımları kapsar.

C) Sınıfı : Bu sınıf diğer bütün kısımları ihtiva eder.

2 — Projelendirme Sırasında Gözönüne Alınan Depremler :

Nükleer Güç Reaktörlerinin depreme karşı dizaynı, Japonya Yapı Nizamnamesi'nce belirlenen sayılarla sismik katsayıların çarpımı ile statik analize dayanır. İlâve olarak, iki değişik şiddetli depreme göre dinamik analiz gereklidir. (bilhassa A ve As sınıfları). Yazar bu depremleri tecrübe mahiyetinde A depremi ve As depremi olarak belirlemektedir. Genellikle, As deprem şiddeti A deprem şiddetinin 1,5 mislidir.

3 — Yapı ve Binalara Etki Eden Deprem Kuvvetleri :

A) Sınıfı : Tatbik edilecek yatay deprem kuvveti :

i) Yapı Yönetmeliği tarafından tayin edilmiş faktör üç ile statik sismik katsayı (Co) ın çarpılmasından elde edilen yatay deprem kuvvetinden yani (3Co) dan,

ii) A - depremine göre dinamik analizden elde edilen yatay deprem kuvvetinden fazladır,

Düşey deprem kuvveti, yapının tabanındaki yatay sismik katsayının 0,5i kadardır. Yön aşağıya veya yukarıya doğru düşünülebilir ve yatay deprem kuvvetiyle birleştirildiğinde en şiddetli durumun meydana geldiği öngörülür.

As Sınıfı elemanları, As - depremine göre daha ileri bir matematiksel deney gerektirir.

B) Sınıfı : Yatay deprem kuvveti, yapı Yönetmeliği tarafından tayin edilmiş faktör 1,5 ile, statik sismik katsayı (Co) ın çarpılmasından elde edilen yatay deprem kuvveti olarak hesabedilir. ($1{,}5C_o$)

C) Sınıfı : Yatay deprem kuvveti Yapı Yönetmeliği tarafından tayin edilen statik sismik katsayı kullanarak bulunur.

4 — Teçhizat, Boru Sistemi ve Ölçü Aletlerine Etki Eden Deprem Kuvvetleri :

A) Sınıfı :

(i) Teçhizat ve yapının titreşim karakteristikleri gözö-

nüne alınarak, A - depremine göre dinamik analizle dizayn deprem kuvveti tayin edilir.

(ii) Bu kuvvet Reaktörün kurulacağı yerin ivmesinin 1.2 katından daha az olamaz, Bu ivme, (a) Yapının dinamik analizinden bulunan ivmeden veya (b) Yapı Yönetmeliği tarafından tayin edlmiş statik sismik katsayının 3 ile çarpılmasından elde edilen ivmeden daha büyüktür.

(iii) A Sınıfı yapıların düşey sismik katsayısından elde edilen düşey deprem kuvveti aşağı ve yukarı yönlerde tatbik edilebilir.

As Sınıfı elemanlarının mukavemeti, fonksiyonlarını devam ettirebilmeleri için As - depremine göre matematiksel olarak denenmelidir.

B) Sınıfı : Dizayn deprem kuvveti, B sınıfı binaların kuruluş yerindeki sismik katsayısının 1,2 misli alınarak tayin edilir.

Düşey deprem kuvveti tatbik etmeğe gerek yoktur.

C) Sınıfı : Dizayn deprem kuvveti, C sınıfı binaların kuruluş yerindeki sismik katsayısının 1,2 misli alınarak tayin edilir. Bu kuvvet lüzumlu gördüğü taktirde tatbik edilir.

4. Shimane Nükleer Güç Reaktörünün Depreme Karşı Dizaynı :

1 — Reaktör Binası :

Chugoku Elektrik Güç Şirketinin Shimane Nükleer Güç Santralı kaynar sulu reaktör tipine sahiptir. (460 WWe, GE tipi) Şekil 2 (a) da görüldüğü gibi reaktör binası temel dibinden 60 m. yükseğe kadar yükselmektedir. Temelden (BMT) beşinci (yakıt tazeleme) kata kadar betonarme ve çelik çatı kafeslerinden (ST) meydana gelmiştir. Temel hasırı (yaklaşık olarak 42 X 42m) sert kaya üzerine inşa edilmiştir ve tali binalardan tamamen bağımsızdır. Binanın merkezinde, beton gamma korunak duvarı (GSW), ampul şeklinde çelik birincil

kap (PCV) ve betonarme korunak duvarı (SW) ile çevrili reaktör basınç kabı (RPV) bulunmaktadır. PCV As Sınıfı ve diğerlerinde A Sınıfı elemanlardır.

2 — Titreşim Karakteristikleri :

(i) Titreşim Deneyi :

1972 Ağustosunda yapı tamamlandıktan hemen sonra, santralın kesin titreşim karakteristiklerini okuyabilmek için cebri titreşim deneyleri yapılmıştır. Yakıt tazeleme katına maksimum tahrik gücü 3 ton olan bir vibratör yerleştirilmiştir. [Şekil 2 (a) ya bakınız.] Yapı ve teçhizatın titreşimi, yeni korrelasyon tekniğini uygulayan yeni ölçü sistemine (MIK) göre ölçülmüştür.

Titreşim testinin rezonans eğri örnekleri şekil 3. de gösterilmiştir. Apsis, vibratörün frekansı (f) cinsinden ifade edilmiştir. Ordinat ise genlik A bölü f^2, (A/f^2) cinsinden ifade edilmiştir. A, 20 kg. m. lik dengelenmemiş moment cinsine çevrilmiştir.

(ii) Titreşim Modeli :

Teorik bakımdan santralın, titreşim karakteristiğini açıklayabilmek için, deney sonuçları, titreşim modeli kullanarak kompüter analizi ile simüle edilmiştir.

Şekil 2 (b) de gösterilen çok - yığımlı (multi - lumped) elâstik kütle sistemi, titreşim modeli olarak kabul edilmiştir. Dahilî viskoz sönüm teorisine göre, her yapı elemanına değişik sönüm katsayıları verilmiştir. Matematik modelin birleşimleri şu şekildedir.

Bina Duvarı ve Korunak Duvarı : Reaktör binasının asıl mukavemet eden elemanları, korunak duvarı ve üç bina duvarı olarak öngörülmüştür. W_1 ve W_3 (haricî duvarlar) ve W_2 (geri duvar) şekil 2 (a) da gösterilmiştir. Kütleler her kat hizasında yoğunlaştırılmış ve sertlikler, kesme ve bükülme deformasyonları gözönüne alınarak hesap edilmiştir. Bina duvar-

ları ile korunak duvarı arasındaki yatay sertliklerde (stifness) gözönüne alınmıştır.

Temel hasırı (mat) : Hasır üç temel elemanına ayrılmıştır :

F_1, F_2 ve F_3 [Şekil 2 (b) de gösterildiği gibi]. F_1 ve F_3, W_1 ve W_3 duvarlarını, F_2 ise W_2, Sw, PCV, GSW, RPV duvarlarını destekler. Bu üç temel hasırın aynı yatay harekete fakat bağımsız dönüş hareketine sahib olduğu öngörülmektedir. F_1, F_2 ve F_3 ün yatay ve dönüşlü (rotasyonel) sertlikleri, F_1 ve F_2 ile F_2 ve F_3 arasındaki dönüşlü sertlikler gibi toprak tabakasının ve hasırın elâstik deformasyonları gözönüne alınarak hesab edilmiştir.

Teçhizat : Sertlikler, her elemanın bükülme ve kesme deformasyonlarına dayanılarak hesap edilmiştir. Kesme kulağının (lug) ve iki stabilizatörün yatay yayları da hesaba dahil edilmiştir. [Şekil 2 (b)]. Hafif su ve RPV nin içindeki çekirdek yapının titreşiminde yalnız kütle etkisi vardır.

(iii) Hareket denklemi :

Analiz için hareket denklemi aşağıdaki gibi ifade edilir

$$[M]\{\ddot{X}\}+[C]\{\dot{X}\}+[K]\{X\} = \{P\}$$

Burada,

$[M]$: Kütle matriksi

$[C]$: Sönüm matriksi

$[K]$: Sertlik matriksi

$\{P\}$: Kuvvet vektörü

$\{\ddot{X}\}$ $\{X\}$ $\{X\}$ ise ivme, hız ve deplasman vektörleridir.

$[C]$ ise aşağıdaki şekilde verilmektedir.

$$[C] = (r_s.\ K_s + r_c.\ K_c + r_{st}.\ K_{st})$$

Burada,

r : dahili viskoz sönüm katsayısı, s, c ve st alt indisleri ise sıra ile toprak (zemin), beton ve çeliği ifade etmektedir.

(iv) Analizi ve deneyi yapılmış rezonans eğrilerinin karşılaştırılması :

Tablo 1 de gösterilen young modûlü E ve dahilî viskoz sönüm katsayısı r gibi fizikî sabiteleri denklemde yerine koyarak, vibratörün f frekansına göre rezonans eğrileri hesap edilebilir. (Şekil 3), RF, 5 F ve RPV deki analiz edilmiş ve test edilmiş rezonans eğrilerini göstermektedir.

Şekil 3 iki setin rezonans eğrileri arasında yakın bir ilgi olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, matematiksel titreşim modeli nükleer güç santrallarının tam bir simülasyonunu sağladığını belirtmektedir.

Tablo 1. Simülasyon için Fiziksel Sabitler

Malzeme	Eleman	E (t/cm²)	r (san.)
Toprak	Temel	550	0.00064
Beton	W, SW, GSW *	520	0.012
Çelik	Kafes	2100	0.00032
	RPV, PCV, GSW *	2100	0.0016

* Simülasyon analizinde GSW beton ve çelikten meydana gelmiş bir yapı olarak gözönüne alınır. Ancak dizayn analizinde, reaktör çalışırken beton yüksek radyasyon ısısına maruz kaldığından beton sertliği ihmal edilir.

(v) Sönümlü tabiî Modlar :

Sönümlü serbest titreşim denkleminin çözümünden elde edilmiş, birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sönümlü tabiî modları, sönümlü tabiî peryodları, konvansiyonel modal sönüm faktörleri ve faz araları ile beraber gösterilmiştir. (Şekil 4. e bakınız)

Her modun karakteristiği, dahilî viskoz sönüm teorisine göre aşağıdaki gibi açıklanabilir.

a) Birinci mod. : Şekil 2 (a) da gösterilen betonarme bina (RC) ve çelik çatı kafesi (ST) aynı yönde titreşirler. ST titreşimi etkili olduğundan sönüm modal faktörü yaklaşık olarak % 2 dir.

b) İkinci Mod. : RC ve ST karşıt yönlerde titreşirler RC nin sönüm karekteristiğine dayanarak modal sönüm faktörü yaklaşık olarak % 5 tir.

c) **Üçüncü mod.** : Bu mod RPV nin birinci moduna tekâbül eder. Yaklaşık olarak % 5 olan modal sönüm faktörü öncelikle RPV nin sönüm karekteristiğinden meydana gelmiştir.

d) **Dördüncü mod.** : RC nin ikinci moduna tekabül eder. Modal sönüm faktörü ,birinci, ikinci ve üçüncü modlara nazaran daha büyüktür. (% 9).

3 — Depreme Karşı Dizayn :

(i) Deprem hareketi :

Düşük magnitüdlü titreşimlerde yapılan titreşim deneyleri, Shimane nükleer güç reaktörünün titreşim karakteriştiğini açıkladığından, uygun bir depreme karşı dizayn büyük titreşimler için, de geçerlidir. Dolayısıyla, Tablo 2 de gösterilen fiziksel sabiteleri kullanarak, deprem hareket analizi yapılır.

Beton ve çelik için E (Young modülü) konvansiyonel yapı dizaynındaki yüksek gerilim değerlerine dayanır. Toprak için E, elâstik dalga hızı V_p (primer dalga) ve V_s (sekonder dalga) gözönüne alınarak tayin edilir. Dahilî viskoz sönüm teorisine göre, toprak, beton ve çelik için r katsayıları ,sönüm faktörlerinden bulunur (toprak - % 10, beton - % 5, çelik - % 2). Sönüm faktör değerleri 1967 IAEA konferansında verilen etüdlere göre seçilmiştir.

Depreme karşı dizayn için deprem dalgaları 1968 Shimane (kuruluş yerinde), ve 1940 El centro'da kaydedilmiştir. Her dalganın maksimum ivme şiddetleri, A sınıfı elemanları için 0,2 g de sabit tutulmuştur.

Maksimum hareket ivmesi Şekil 5 de gösterilmiştir. Ana titreşim elemanlarındaki maksimum yatay deplasman ve ivmeler aşağıdaki gibidir :

a) RF nin üstü : 3,5 cm, 1,8 g.
b) Beşinci kat : 1,6 cm, 0,6 g.
c) PCV nin üstü : 1,2 cm, 0,5 g.
d) RPV nin üstü : 1,4 cm, 0,8 g.

Tablo 2. Dizayn için Fiziksel Sabiteler.

Malzeme	Eleman	r (san.)	E (t/cm²)
Toprak	Temel	0.010	220
Beton	W, SW	0.005	210
Çelik	Kafes	0.002	2100
	RPV, PCV, GSW	0.001	2100

(ii) Dizayn kesme kuvveti :

Dizayn kesme kuvveti a) dinamik analizden b) Yapı Yönetmeliğinde gösterilen A Sınıfı elemanları sismik katsayıların üç katı ile yapılan statik analizden elde edilen değerlerin en büyüğü olarak belirlenmelidir. Japon kanunları bölgeleme faktörü olarak 0,8 istediğinden, 0,48 değeri kullanılır ($3C_0 \times 0{,}8 = 0{,}48$). Şekil 6. da statik sismik katsayılar gösterilmektedir.

Dinamik ve statik analizin kesme kuvvetleri şekil 6. da mukayese edilmiştir. Çoğu kısımlar için, statik analiz değerleri dinamik analiz değerlerinden daha büyüktür.

5 — SONUÇ :

1 — Nükleer güç santrallarının kuruluş yeri, bölgede toprak altı tabakasının, sismisitenin, fay ve tsunamilerin tehlikeleri incelendikten sonra seçilmelidir.

2 — Nükleer güç santrallarında binalar, yapılar, teçhizat ve boru sistemi zedelenmelerinden doğacak tehlike durumuna göre sınıflandırılırlar. A Sınıfı ve As Sınıfı için bilhassa dinamik analiz gereklidir.

3 — Nükleer güç santrallarının ideal titreşim modelleri her kısmı ayrı ayrı olduğu gibi, katlar, stabilizatörler ve toprak ile beraber gözönüne alınır.

4 — Shimane nükleer güç santralının cebrî titreşim testi ve simulasyon analizi sonuçları, titreşim modelinin her kısmı için ayrı sönüm katsayıları tanıma mecburiyetini göstermektedir.

5 — Shimane nükleer güç santralının üst yapısının fiziksel sabitleri, yapı ana kaya üzerinde olduğundan, cebrî titreşim testiyle tam olarak denenebilir.

(i) Beton binanın deneysel E'si dizayn değerinden daha büyük, çelik kafesin deneysel E, si yaklaşık olarak dizayn değerine eşittir.

(ii) Beton binanın ve çelik kafeslerin deneysel r'leri dizayn değerlerinden küçüktür.

Teşekkür :

Yazar, Shimane nükleer güç santralının cebrî titreşim deneylerindeki yardımlarından dolayı Dr. T. Hisada ve Kajima Konstrüksiyon Teknolojisi Enstitüsü'ndeki personele teşekkürlerini sunar. Aynı zamanda bu deney fırsatını veren Chugoku Elektrik Güç Şirketine de teşekkür eder.

R E F E R A N S L A R :

1 — K. Muto, et. al., «Special Requirements for the Design of Nuclear Power Stations to Withstand Earthquakes,» Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers, Vol. 177, No. 7, 1963.

2 — G. W. Housner, «Desing of Nuclear Power Reactors Against Earthquakes,» **Proceedings of the 2WCEE,** Vol. 1, 1960

3 — (IAEA), «Aseismic Desing and Testing of Nuclear Facilities,» **Technical Reports Series No. 88, IAEA,** Vienna, 1968

4 — K. Muto and T. Hisada, «Earthquake - Resistant Design for Nuclear Power Plants,» Paper for ANS winter meeting held in Washington D. C., 1968

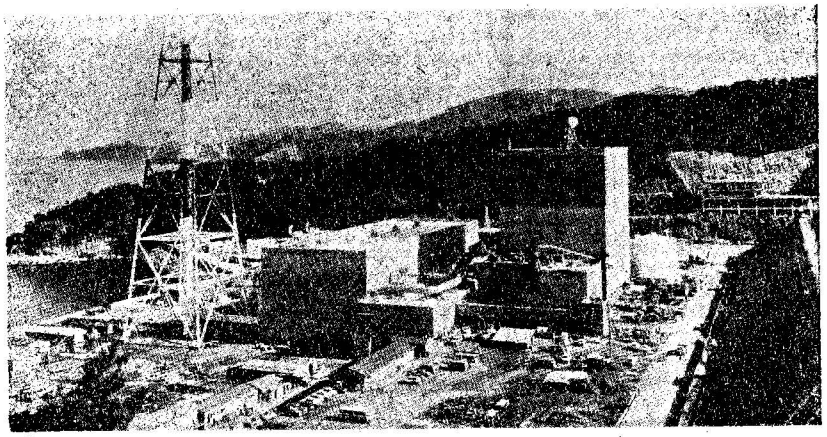
5 — T. Hisada, et. al. «Philosophy and Practice of the Aseismic Design of Nuclear Power Plants - Summary of the Guidelines in Japon,» paper for the First International Conference on SMİRT. Berlin, 1971

6 — K. Muto, et. al. «Comparative Forced Vibration Test of Two BWR — type Reactor Buildings,» paper for the Second International Conference on SMİRT, Berlin, 1973

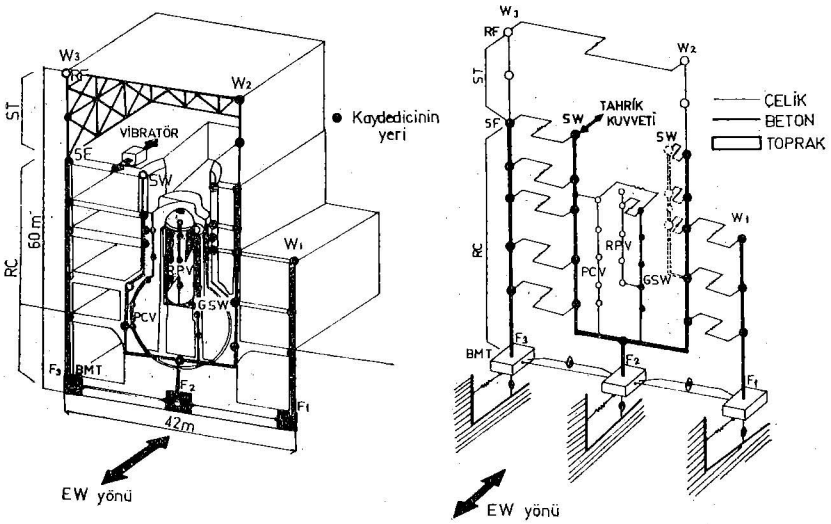
7 — The Co value is 0,2 up to 16 meters above the bottom surface of the basement, and increases 0.01 for every four meters arbove the 16 — meter level. «Earthquake Resistant Regulations A. World List,» compiled by IAEA, 1963

8 — K. Muto, et. al., «A New Measuring Method of Vibration Using Correlation Technique,» paper for the 5 WCEE, Roma, 1973

9 — Estimates based on K. Muto and K. Omatsuzawa, «The Earthquake Response Analysis for a BWR Nuclear Power Plant Using Recorded Data,» paper for the First International Conference on SMİRT, Berlin, 1971



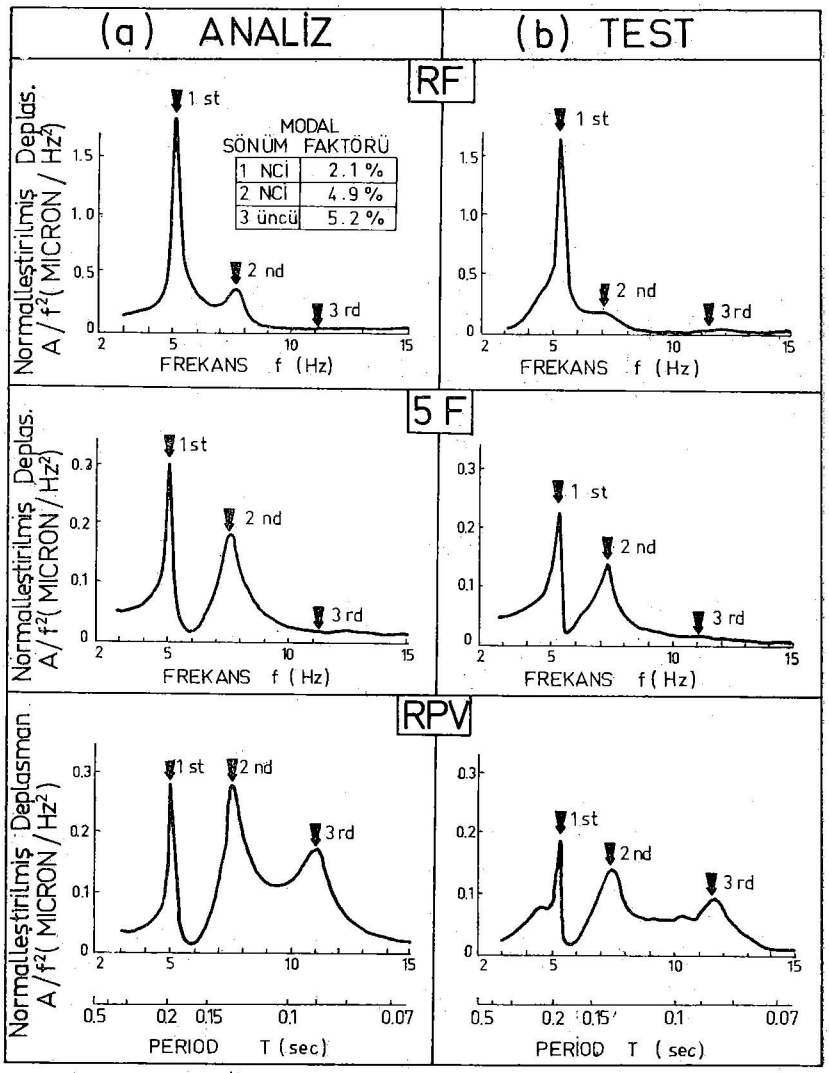
Şekil 1 — SHIMANE NÜKLEER GÜÇ SANTRALI.



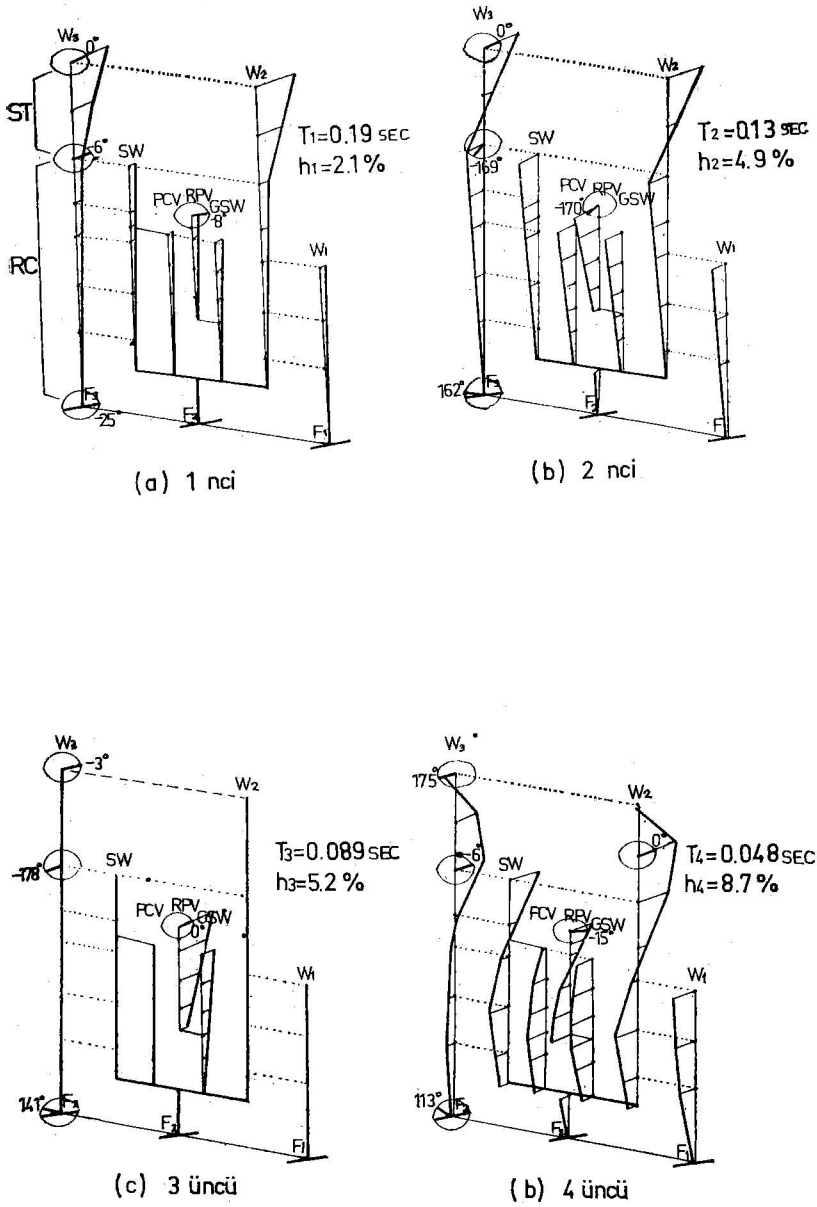
(a) : TOPLANMIŞ KÜTLELER VE KAYDEDİCİNİN YERİ.

(b) : EW YÖNÜNDEKİ MATEMATİKSEL TİTREŞİM MODELİ.

ŞEKİL . 2 ; SANTRALIN VE TİTREŞİM MODELİNİN ŞEMASI.



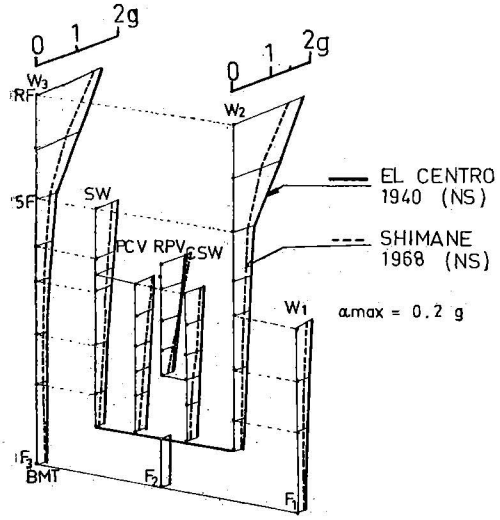
Şekil : 3 ANALİZ VE TEST SONUÇLARINDAN ELDE EDİLEN REZONANS EĞRİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI



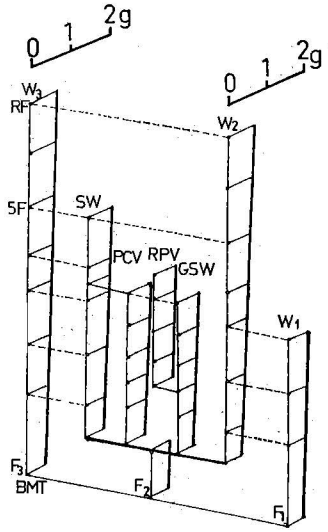
(a) 1 nci (b) 2 nci

(c) 3 üncü (b) 4 üncü

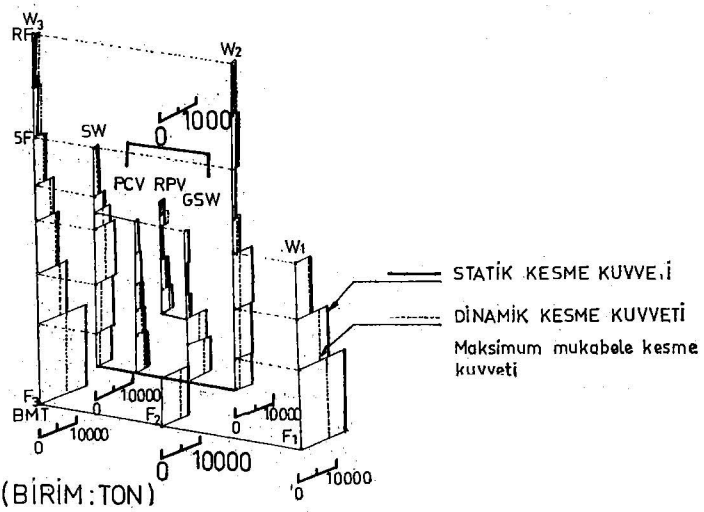
Şekil = 4 SÖNÜMLÜ TABİİ TİTREŞİM MODLARI



ŞEKİL:5 MAKSİMUM MUKABELE İVMESİ



ŞEKİL:6 STATİK SİSMİK KATSAYI



(BİRİM:TON)

ŞEKİL:7 STATİK VE DİNAMİK KESME KUVVETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.

Depremler Sırasındaki Zemin Hareketlerinin Önemli Özellikleri*

Yazan :
Prof. G. W. Housner **

Çeviren :
Ussal Z. Çapan ***

ÖZET :

Depremler sırasında meydana gelecek zemin hareketlerinin karakterlerinin bilinmesi Deprem Mühendisliğinin temel ve en önemli sorunudur. Zemin hareketleri, hem deprem dalgalarını meydana getiren fayın tipine hem de deprem dalgalarının katettiği jeolojik formasyonların cinsine bağlıdır. Zemin hareketine ait şiddetin karakteri, devam süresi, frekansı ve fayla ilgili bütün kantitelerin uzayda dağılış birimlerinin saptanması gereklidir. Zemin hareketleriyle ilgili çalışmalarda, farklı şiddetlerdeki depremlerin çok çeşitli jeolojik karakterlere sahip zeminlerde neler meydana getireceğinin bulunmasına öncelik verilmelidir.

SYNOPSIS

Knowledge of the nature of earthquake ground motions that can be expected is of fundamental importance for earthquake engineering. Ground motions are affected by the type of faulting that generates the seismic waves, and by the geology traversed by the seismic waves. The nature of the amplitude, duration, and frequency content of the ground motion, and the spatial distribution of these quantities about the fault need to be better defined. Greater effort should be directed to studying ground motions produced by earthquakes of different magnitudes in a variety of geologic settings.

---

* 5 nci Dünya Deprem Mühendisliği Konferansı. Roma 1973
** California Teknoloji Enstitüsü, Pasadena, Kalifornia,
*** Hacettepe Üniversitesi, Yer Bilimleri Enstitüsü

GİRİŞ :

Deprem Mühendisliği, yapılarda hasar meydana getirecek şiddetteki zemin titreşimlerinin karakterleri hakkında tam ve doğru bilgiler elde etmeyi gerektirir ve böylece şiddetin pratik önem taşımadığı, kaynaktan çok uzak mesafelerdeki zemin titreşimleri ile uğraşan Sismoloji biliminden ayrılmış olur.

Deprem Mühendisliğinde zemin titreşimleri hem pratik hemde bilimsel açıdan incelenir. Bilimsel açıdan inceleme : Sismik dalganın nasıl doğduğunu, içerisinden geçtiği zemini ne şekilde etkilediğini ve bina, köprü v.b. gibi yapıtları etkiliyecek şiddetteki zemin titreşimlerinin karakterlerinin ne olduğunu öğrenmeyi hedef olarak almıştır. Bilimsel inceleme, pratik değerinin ne olabileceğini hiç araştırmadan, zemin titreşimleri hakkında bilgi toplamayı amaçlar. Öte yandan, pratik açıdan inceleme, zemin titreşimlerinin bir takım uygulamalara hedef teşkil etmesi amacıyla yapılır.

Deprem mühendisliğinde, şüphesiz pratik açıdan inceleme öncelik taşımaktadır. Bununla beraber çok yakında doğabilecek pratikteki problemleri çözümlemede eldeki verilere göre bilimsel inceleme yolunumu yoksa pratik inceleme yolunumu öncelik taşıdığının anlaşılması çok güç hatta imkansızdır. Sonuç olarak, araştırmayı bilimsel yola ağırlık vererek yürütmek, zamanla toplanacak bilgilerin daha sonra pratikte kullanılmak üzere işe yarayacağını beklemek en uygun yol olacaktır. Dolayısiyle deprem mühendisliğinin, depremler sırasındaki zemin hareketlerini hem bilimsel hemde pratik açıdan ele alması zorunlu olmaktadır.

Geçtiğimiz on yıl içinde yıkıcı zemin hareketleri hakkındaki bilgiler çok genişlemiş olmasına rağmen, daha öğrenilecek pekçok şey bulunmaktadır. Zemin titreşimi problemi çok karmaşık bir problemdir ve depremlerin ne zaman meydana gelecekleri hakkındaki bilgiler henüz mükemmel olmaktan uzaktır. Konu, pratik açıdan ele alınınca, depremler sırasındaki zemin titreşimlerinde üç temel problem olduğu görülecektir. Bunlar; **Çeşitli mağnitüdlerdeki depremlerin nerede ve ne zaman meydana gelebileceğini tahmin etmek, bir deprem mey-**

dana geldiği anda bu depremin odak mekanizmasının karakterlerini kestirebilmek ve arz kabuğundan, yapının bulunduğu yerdeki zemin tabakalarına kadar yayılan deprem dalgalarının ne şekilde yayıldıklarının pratik analizlerini yapabilmek. Bu problemlerin çözümlerine, olması beklenen zemin titreşimleri hakkında daha güvenilir tahminlerde bulunabilmek için ihtiyaç vardır. Bu gün için, olması muhtemel zemin titreşimleri için en güvenilir tahminler, benzer koşullar altında kaydedilen zemin titreşimlerinin analizlerinden elde edilen sonuçlara dayanan tahminlerdir.

SİSMİK TARİHÇE ve JEOLOJİK DELİLLER :

Odak Mekanizması : Bilgilerimizdeki son gelişmeler, kuvvetli zemin titreşimlerine ait özelliklerin, sarsıntıyı meydana getiren fayın odak mekanizması ile büyük ölçüde ilgili olduğunu ortaya koymuştur. Bir deprem meydana geldiği zaman bunun etkileri, sismik dalgaları meydana getiren, faylanmanın tipi ve şekliyle ilgili olabilmektedir.

Aşağıdaki dört faylanma tipi, yıkıcı zemin titreşimlerinin incelenmesi sırasında ele alınması gerekli görülenlerdir.

a) Düşük açılı, sıkıştırıcı (Compressive), bindirme faylanması (under thrust faulting) :

Deniz gibi yayılması (Kıtaların kayması) teorisine göre, okyanusların altında bulunan bazı kabuk plakaları, yakınlarındaki kıtasal plakalara doğru hareket etmekte ve bu plakaların altına dalmaktadır. Güney Amerika'nın batı kıyısı, Aleutian adaları, Alaskanın kuzey kıyıları ve Japonya'nın doğu kıyısı boyunca olduğu gibi. Bütün bu bölgelerde, deniz dibi plakasının kıtasal plakaya doğru hareketinden doğan sıkıştırıcı (Compressive) kuvvetler. Şekil - 1 de gösterildiği gibi bindirme fayları boyunca makaslama gerilmesi yenilmelerine (shearing, stress failure) yol açmaktadır.

1964 Alaska depremi, 1960 şili depremi bu tip düşük açılı bindirme faylanmasına örnek olarak gösterilebilir.

b) Sıkıştırıcı Bindirme Faylanması :

Bu tip faylanmada sıkıştırıcı kuvvetler Şekil — 2 de gösterildiği gibi, eğimli bir fay boyunca makaslama gerilmesine sebep olmakta ve tavan bloku fay düzlemi boyunca yukarı doğru hareket etmektedir. 1971 San Fernando depremi bu tip bir faylanma nedeniyle meydana gelen depremlere örnektir.

c) Ekstensional Faylanma :

Eğimli bir fay üzerindeki kayma, yer kabuğunda ekstensional strain birikimi olan yerlerde de meydana gelebilmektedir. Bu tip depremlerde, fayın üst kısmında bulunan kayaçlar deprem sırasında, Şekil — 3 te gösterildiği gibi fay boyunca aşağı dalmak suretiyle yer değiştirirler.

Bu şekilde oluşan depremlere, Amerika'da Nevada Eyaletinde Dixie vadisindeki (1954) depremler, örnek olarak gösterilebilir.

d) Doğrultu Atımlı Faylanma :

Kalifornia'daki ünlü 1906 San Fransisco depremi San Andreas fayı üzerindeki doğrultu atımlı hareketlerin meydana getirdiği depremlere örnektir. Şekil — 4 de gösterildiği gibi, fayın iki kanadındaki relatif yerdeğiştirmeler, aşağı yukarı düşey konumda olan bir fay düzlemine dik yönde meydana gelmiştir.

Yukarıda sözü edilen tipteki faylanmalara ait ideal örnekler her zaman meydana gelmezler. Çoğu durumlarda fay üzerindeki yerdeğiştirme, kompresif veya Extensiyonal faylanma hallerinde, sadece yukarı doğru veya fay boyunca aşağı doğru olmaz. Doğrultu atımlı faylanma halinde ise relatif yerdeğiştirme her zaman mutlaka yataydır.

Çoğu hallerde fay üzerindeki yerdeğiştirme fay izinin yüzeyine hem paralel hemde dik olan iki bileşene sahiptir. Ayrıca fay boyunca kaymanın her zaman bir düzlem üzerinde olması gerekmez. Kayma, düzgün olmayan bir yüzey üzerinde olabileceği gibi çatal faylanmaların (branch faulting) meydana gelmeside olagandır.

Geometrik farklılıklar nedeniyle, sarsıntıya sebep olan fay çevresindeki zemin yüzeyinin titreşimini farklı şekillerdeki faylanmalara bağlı olarak önemli derece de farklılıklar gösterebilir. Fay atımları nedeniyle meydana gelen sismik dalgaların karakterleri aşağıdaki hususlara bağlı olacaktır.

a) Faylanma sırasındaki stress düşmeleri :

Fay hareketi sırasında kayaçlarda, faya dik yöndeki stress, S_1 başlangıç değerinden S_2 gibi daha düşük bir stress değerine doğru değişecek ve stress düşmesinin büyüklüğü ($S_1 - S_2$), meydana gelecek sismik dalgaların amplitüdleri üzerinde etkili olacaktır.

b) Toplam Fay Atımı :

Düşük mağnitüdteki bir depremin, fay boyunca küçük relatif yerdeğiştirmelere sebep olmasına karşı büyük mağnitüdlerde ki bir deprem fay boyunca büyük ve kalıcı yerdeğiştirmeler meydana getirecektir.

Büyük yerdeğiştirmeler, faylanma hareketinin daha uzun süreli ve uzun periyotlu dalgaların amplitüdlerinin daha büyük olduğuna delil olmaktadır.

c) Kayma Alanının Büyüklüğü :

Büyük mağnitüdlü bir deprem, fay düzlemi boyunca oldukça geniş bir alanda büyük atımların meydana gelmesi ile oluşabilmektedir. Örneğin, 1964 Alaska depremi (Mağnitüdü 8,4) 450 mil uzunlukta ve 20 - 30 mil genişlikte bir fay zonu üzerindeki kaymalar nedeniyle meydana gelmiştir. Bu deprem daha küçük bir alandaki fay hareketleri ile meydana gelen ve daha düşük mağnitüdlü olan (6,5) 1971 San Fernando depremi ile karşılaştırılabilir. Bu depremde hareket, yaklaşık olarak uzunluğu 12 ve genişliği 12 mil olan bir fay üzerinde meydana gelmiştir. Bu iki depremdeki kayan fay alanları arasındaki büyük fark, meydana gelen zemin titreşimleri arasında da önemli farklara sebep olacak niteliktedir.

d) Kayma Olayının Gelişmesi :

Deprem sırasında fay düzlemi üzerinde belli bir noktada (hiposantr) kayma veya kırılma meydana gelir ve hareket bu noktadan itibaren gelişir. Bu olay sırasında fayın iki yanındaki kayaçlar belli bir zaman süresi içersinde biribirlerine göre relatif olarak yerdeğiştirirler ve yerdeğiştirme miktarı fay üzerindeki farklı noktalarda farklı farklıdır. Fay düzlemi üzerindeki çeşitli noktalardaki kayma olayı ve kaymanın ilerlemesi belli bir düzgünlük derecesine uygun olarak gelişir veya belli bir nokta da enerjinin serbest kalması ile meydana gelen hareket zamana göre çok düzensiz olabilir .Açıkça anlaşılmaktadır ki eğer zemin titreşimi kayma alanının relatif olarak düzgün bir şekilde ilerlemesiyle meydana gelmişse ve fay düzleminin bütün noktaları üzerinde düzgün bir kayma varsa bu tip zemin titreşiminin karakteri, düzgün olmayan ilerleme ve kayma sınırının oldukca düzensiz ilerlemesi ile oluşan zemin titreşiminin karakterinden çok farklı olacaktır.

Uzak mesafelerdeki kayıtlara göre büyük mağnitüdlü olarak görülen bazı depremlerin, yakın civarda yapılan ölçmeler neticesinde aslında sık aralıklı ve hareketin düzenli olarak ilerlemediği bir çok küçük mağnitüdlü depremler olduğu ortaya çıkmıştır.

e) Fayın Biçimi :

Küçük mağnitüdlü, örneğin mağnitüdü 6'dan az olan, depremlerde faya ait kayma alanının genellikle bütün yönlerde yaklaşık olarak eşit boyutlara sahip olduğu tahmin edilmektedir. Bununla beraber bazı küçük mağnitüdlü depremlerde, kayma alanının uzunluğu diğer boyutlara oranla çok daha fazla olabilmektedir. Örneğin, 5,6 mağnitüdlü 1966 Parkfield depreminde, hareketin 20 mil uzunluğunda ve 1 - 2 mil derinlikteki bir fay alanı üzerinde meydana geldiği tahmin edilmiştir. (Doğrultu atımlı fay.) Büyük mağnitüdlü depremlerin, uzunluğu genişliğinden çok daha büyük olan fay alanları üzerinde meydana gelmesi beklenir. Kayma alanın boyutları, zemin titreşimlerinin karakteri üzerinde, frekans özellikleri, titreşimin devam süresi ve kuvvetli titreşimlerle etkilenen yüzey alanı-

nın büyüklüğü açılarından önemli etkiler meydana getirmek tedir.

f) Fay Düzleminin Sahta yakınlığı :

Bir depremin merkez bölgelerinde, zemin titreşimleri üzerinde büyük etkiye sahip bir başka faylanma özelliği de fayın kayma alanının yer yüzeyine olan yakınlığıdır. Eğer, kaymış bir fayda fayın üst bloku yer yüzünden oldukça derinde bulunuyorsa bu halde meydana gelen zemin titreşimleri ile fayın üst blokunun yer yüzüne eriştiği haldeki zemin titreşimleri şüphesiz aynı olmayacaktır. İkinci durumda, yer yüzeyi üzerindeki bir nokta, kuvvetli sismik dalgalar meydana getiren fay'a çok yakın olacaktır. Son zamanlarda oldukça küçük mağnitüdlü depremlerde, fay düzleminin yer yüzeyine ulaştığı noktalarda yapılan ölçmelerde oldukça şaşırtıcı büyüklükte ivme pikleri kaydedilmiştir. Örneğin, mağnitüdü 4,5 olan Bear Valley, California, 1972 depreminde yaklaşık olarak % 70 g'lik ivme pikleri ölçülmüştür. Yer sarsıntısı çok kısa sürmüş ve ivme piklerine ait etki (pulse) çok dar olmuştur. Dolayısiyle zemin titreşimlerinin yapılar üzerindeki etkisi pek küçük kalmıştır. Benzer sonuçlar 1972 Ancona italya, depremlerinde de elde edilmiştir. Önemle kaydetmek gereken nokta şudur; Fay düzlemine çok yakın yerlerde ivmelerin amplitüdleri, Depreminin mağnitüdünden daha fazla, faylanma olayının yüzeye yakınlığına bağlı kalmaktadır.

Bu gün faylanma mekanizması ve deprem dalgalarına ait genel özellikleri anlamakla beraber, zemin titreşimlerinin önceden tahmin edilebilmesi hakkındaki bilgilerimiz yetersiz kalmaktadır ve bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

YAYILMA - YOLU (Travel - Path) JEOLOJİSİ :

Sismik dalgalar faydan itibaren ışınsal şekilde yayılmaya başladıktan sonra bir takım değişmelere uğrarlar. Bu değişmelerin bir kısmı sismik enerjinin faydan uzaklara doğru geometrik yayılması etkisiyle meydana gelir. Bu etki özellikle küçük mağnitüdlü depremlerde ve faya yakın bölgelerde oldukça belirgindir. Bunlara ek olarak, dalgalar, odak-

tan dışa doğru yol alırlarken, çeşitli kayaçlar içersindeki enerji yutulmaları nedeniyle sönüme uğrarlar. Bu enerji kaybı faya yakın bölgelerde, geometrik sönümdeki kadar önemli değilmiş gibi görünmektedir. Önemli olan bir başka özellikte sismik dalgalarda kayaçların rijitlikleri ve yoğunluklarının değişmesi ile meydana gelen dispersiyon olayıdır. Dispersiyon önemli bir faktör olarak görülmekte ve dolayısiyle belli bir uzaklıktaki zemin titreşimi ,yayılma - yolu jeolojisinin özellikle rini göstermektedir. Bu etki Şekil — 6 ve Şekil — 7 de gösterilmiştir. Bu örnekte, mağnitüdü 5,6 olan bir depremin meydana, getirdiği zemin titreşimleri karakterinin, dalgalar 5 millik bir mesafe katettikten sonra nasıl değiştiği gösterilmektedir. Şekil — 6 dan görüleceği gibi, faya çok yakın bir bölgedeki zemin titreşimi, faydaki yerdeğiştirme hareketinin devam süresini kuvvetle yansıtmasına rağmen, faydan 5,3 mil ötedeki zemin titreşimi, faydaki yerdeğiştirme hareketinin özelliklerini yansıtmamaktadır. Bu mesafede, zemin titreşiminin karakteri muhtemelen çok heterogen karakterdeki bir yayılma - yolu jeolojisinin varlığını yansıtmaktadır.

Bir deprem sırasında bir alüvyon tabakası, çok çeşitli tipteki dalgalar tarafından katedilebilmekte ve bunlar çok çeşitli yayılma - yolu yönlerine sahip olabilmektedir. Maalesef, sismik dalgaların yumuşak satıh depoziteleri içerisindeki ilerleyişleri hakkında etraflı bilgilere sahip değiliz.

Bir tek ayrım 1962 Mexico city depreminde bir tek hakim mod'la titreşen yumuşak toprak tabakaları için yapılmıştır. Bu depremde, spektrum eğrileri zeminin tabii titreşim periyoduna yakın değerlerde oldukça belirgin pikler göstermişlerdir. Ancak bu depremden başka depremlerde alüvyal depozitler üzerinde kaydedilen zemin hareketlerine ait spektrum eğrileri, Önemli sayılabilecek pikler vermemişlerdir. Muhtemelen böyle durumlarda zemin hareketi, titreşimin bir tek modunda hâkim değildir. Pek çok küçük parçacıkların hakim titreşim modlarının birleşmesi ile ortaya çıkan modlar da hakimdir.

Bazı durumlarda yüzeydeki zemin hareketi, muhtemelen derindeki jeolojik yapının özelliklerini yansıtması nedeniyle anomali gösterebilir. Örneğin, 1968 Borrego Springs. California depreminde olduğu gibi.

Bunlara ek olarak, aynı lokal jeolojik yapı üzerinde kurulmuş biribirine yakın iki istasyonda kaydedilen zemin hareketlerinin şiddetleri arasında oldukça büyük farklılıklar bulunduğu gözlenmiştir. Bu husus muhtemelen ortamda gezinmekte olan çok sayıdaki sismik dalgaların farklı şekilde yönlenmiş gezinme yollarının biribirine yakın iki noktaya ulaşırken farklı şekillerde üst üste çakışması nedeniyle meydana gelmektedir. Yayılma - yolu jeolojisinin çok karmaşık karakterde oluşu, zemin hareketlerinin incelenmesinde istatistiğin kullanılmasını gerektirir gibi görünmektedir. Jeolojik değişikliklerin etkisini pratik olarak tespit etmenin en iyi yolu zemin hareketlerinde istatistik kavramları kullanmak olacaktır.

Yakın istasyonlarda zemin titreşimleri üzerinde yayılma, yolu jeolojisinin etkisini belirlemek için daha fazla araştırmalara büyük ihtiyaç vardır. Şimdilik, sismik dalgaların yakın istasyonlar arasında ne şekilde yol aldığı hakkındaki bilgilerimiz oldukça yetersiz kalmaktadır.

YÜZEYDEKİ ZEMİN TİTREŞİMLERİNİN KARAKTERİ :

Strong - motion akseleroğrafları esas olarak zemin ivmesinin devam süresini kaydeder. Ancak bazı durumlarda cihazın tabii frekansı çok düşük olabilir ve böyle durumlarda kayıt, cihazın özelliklerine göre düzeltilmelidir. Zemin hareketi nin hızı ve yerdeğiştirmesi de kayıt üzerinden elde edilebilir ve dolayısiyle mühendislik amaçları için ihtiyaç duyulan çoğu bilgiler bu cihaz yardımiyle sağlanmış olur. Mukabele spektrumu ve Fourier amplitüd Spektrumu akseleroğramda toplanmış olan bazı bilgileri sergilemek için elverişli vasıtalardır. Mukabele spekturumunun avantajı yapılardaki titreşimleri belirtmesidir. ve dolayısiyle şöyle bir sonuç çıkarmak mümkündür. Zemin titreşimlerinin ancak mukabele spektrumu üzerinde önemli bir etki yaratan özellikleri yapıların elastik titreşimleri için pratik öneme sahiptir.

Depremler sırasında kaydedilen zemin titreşimleri faydan uzaklaştıkça dispersiyon nedeniyle gittikçe söner. Yine disper-

siyon nedeniyle faydan olan uzaklık arttıkça zemin titreşiminin devam süreside artar.

Titreşimin şiddeti ise faydan olan uzaklık arttıkça ve frekansı yüksek olan titreşimlerde düşük frekanslı titreşimlere oranla daha hızlı bir şekilde sönme özelliği gösterir. Bu nedenle, uzun titreşim periyoduna sahip yüksek binalar faydan olan uzaklık arttıkça, kısa periyotlu alçak binalara oranla çok daha kuvvetli titreşimlerle titreşeceklerdir. Mühendislik amaçları için faya yakın bölgelerdeki hareket pratik bakımdan çok önemlidir çünki en büyük hasar buralarda olmaktadır.

Yapısal uygulamalar için en yüksek ivme darbesi amplitüdü kendi başına önem taşımamaktadır. Fakat ivme darbesinin etkilediği en büyük alan çok önemli olabilmektedir. Bu çeşit alanlar üzerinde ve özellikle bu alanlardaki en yüksek limitler ve istatistiki dağılmalar hakkında daha fazla araştırma yapılması gereklidir.

İDEAL AKSELEROGRAMLAR :

Zemin titreşimlerini meydana getiren faydaki yerdeğiştirmelerin zemin hareketi kayıtlarında çok önemle belirlenmemesi için, faydan yeterli uzaklıktaki bir istasyonda, ani bir başlangıca, onu izleyen oldukça uniform bir titreşim şiddetine ve bunları takiben titreşimin dereceli bir şekilde gittikçe sönmesine ihtiyaç vardır. Dolayısiyle bir takım düzenli fonksiyonlar (random functions) ortaya konularak yukarıdaki özellikler ifade edilebilir ve depremler sırasındaki zemin hareketlerinin bu çeşit fonksiyonlarla temsil edilmesi mümkün kılınabilir. Bu amaca uygun olarak genelikle, gerçek kayıtlardan elde edilen şekli ifâde eden ortalama Fourier Spektrumu ile işe başlanır. Bu spektrum başlangıç olarak verilen beyaz gürültü (White noise) W (t) nin bir kısmının filtre edilmesi ile elde edilen f (t) den meydana gelmektedir. Sürece, bir başlangıç, orta ve son kısım kazandırmak için filtre edilmiş fonksiyon, amplitüd fonksiyonu ile çarpılır. f (t). A (t) = a (t) ve elde edilen taklit akseleroğram a (t) ye daha önce tanımlanmış ortalama Fourier Spektrumu veya ortalama mukabele Spektrumu ihtiva eden bir topluluktan alınmış örnek gözüyle bakılır.

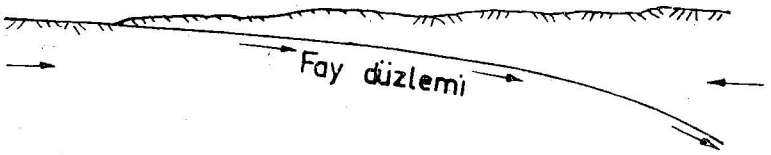
Bu metotla yaratılan deprem zemin hareketleri mühendi-

se belli bir uzaklıkta ve belli bir magnitüde sahip depremi temsil edecek idealleştirilmiş zemin titreşimi modelini yapma imkanını vermektedir. Ek olarak mühendis bu şekilde özellikleri belirtilmiş depremlere ait pek çok zemin titreşimi modeli yaratabilmekte ve istatistiki değişimleri hesaba katarak mukabele hesapları yapabilmektedir.

Bununla beraber, gerçek zemin hareketlerinin idealleştirilmiş olanlardan oldukça farklı olduğunu unutmamak gerekir. Gerçek olanlar faylanma mekanizmasına ait detayları veya sismik dalgaların geçtiği yerlerdeki jeolojik yapının etkilerini yansıtabilirler. Dolayısiyle mühendisin mümkün olduğu kadar tecrübesini arttırmak ve zemin titreşimlerinin farklı karakteristik özelliklerini öğrenmesini sağlamak amaciyle çok çeşitli koşullar altında oluşan yıkıcı depremlere ait kayıtların tutulmasına devam edilmesi mutlaka gereklidir.

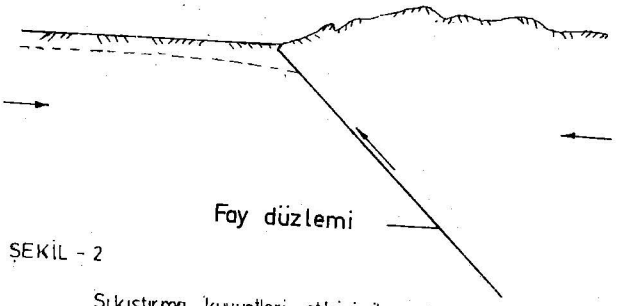
SONUÇLAR :

Mühendislik açısından zemin titreşimlerinin karakteri hakkında bilgi toplarken bu bilgiyi depremin meydana geliş frekansı hakkındaki bilgilerle birleştirmek büyük önem taşımaktadır. Bu amacın gerçekleşmesi için çeşitli jeolojik yapılar üzerinde çeşitli mağnitüdlere sahip pek çok depreme ait zemin titreşimlerinin kaydedilmesi gereklidir. Aynı zamanda kayıtlar, depreme sebep olan fayı çevreleyen ve faya değişik uzaklıklarda bulunan çok sayıda istasyondan alınmalıdır. Bu hiçbir zaman, bugün için başarılı bir şekilde deprem mühendisliği yapamıyacağımız anlamına alınmamalıdır. Bugünkü bilgilerimiz mühendislik sorunlarının çoğu için yeterlidir. Ancak bütün soruları cevaplandırmak mümkün olmamaktadır ve bu cevaplandıramadığımız sorular toplum emniyeti ve ekonomi için özel bir önem taşıyabilirler.



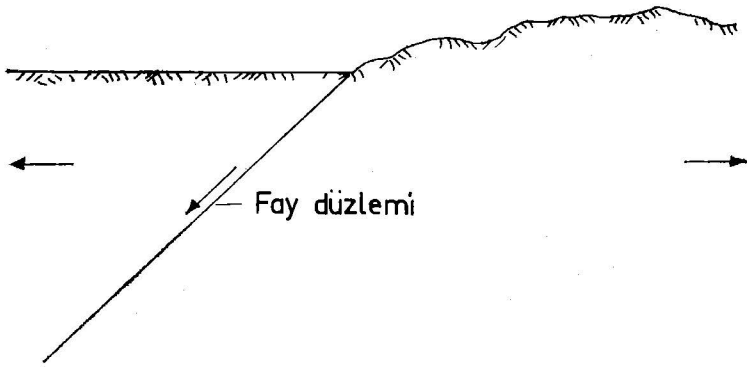
ŞEKİL - 1

Sıkıştırma kuvvetleri etkisi ile meydana gelen bir bindirme faylanması. Örnek, 27-3-1964 Alaska depremindeki faylanma.



ŞEKİL - 2

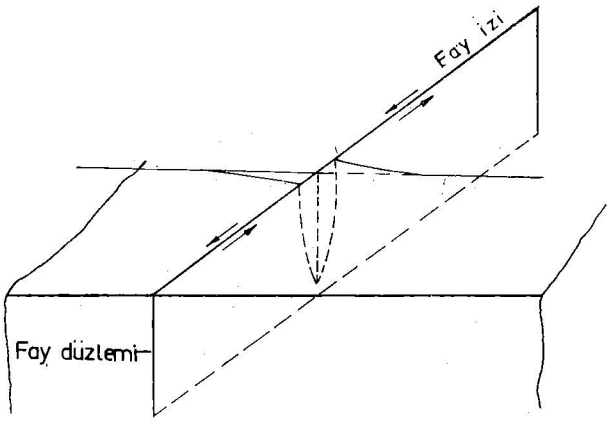
Sıkıştırma kuvvetleri etkisi ile oluşan bindirme fayı. Örnek, 9 Şubat 1971 San Fernando depremi.



ŞEKİL - 3

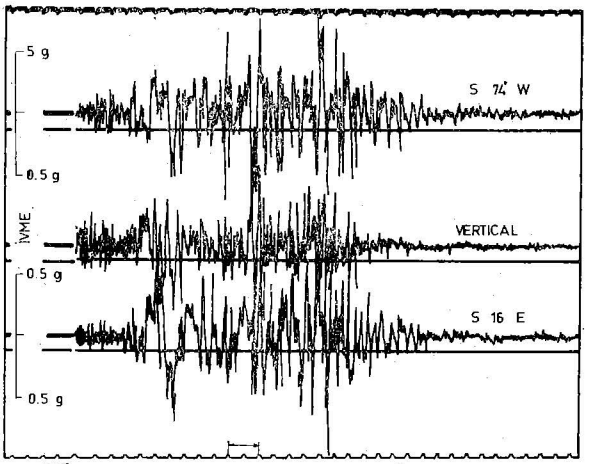
Extensional streynler etkisi ile oluşan Faylanma.

Örnek, 16 Aralık 1954 Nevada Depremi Dixie Valley piki.

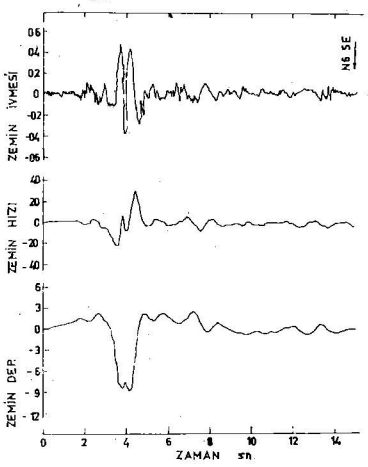


ŞEKİL - 4

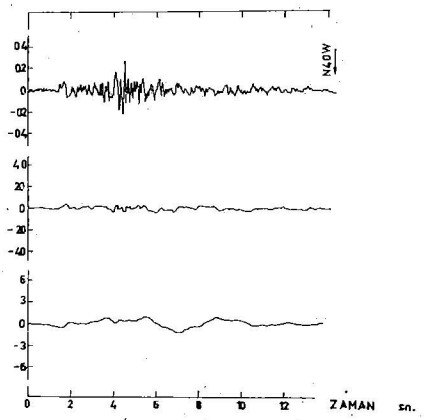
Düşey bir fay düzlemi üzerinde meydana gelen doğrultu atımlı Faylanma. Örnek, 18 Nisan 1906 California, depremi San Andreas Fayı.



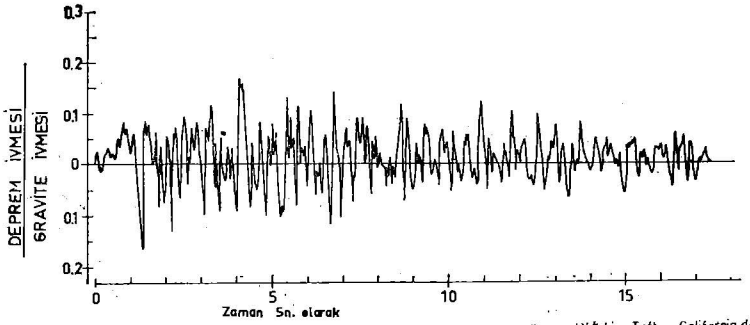
ŞEKİL- 5
9 Subat 1971 San Fernando depremi, Pacoima barajindaki ivme kaydı.



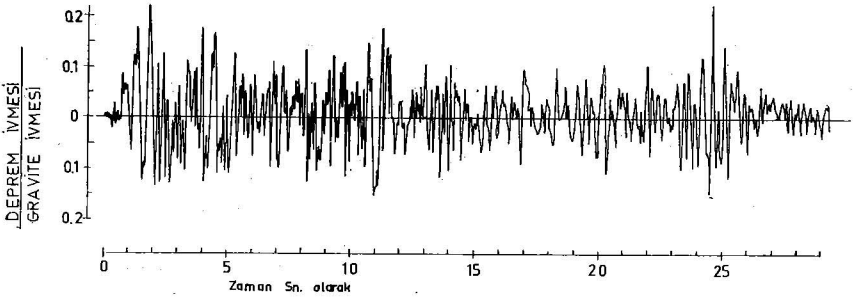
ŞEKİL- 6
17 Haziran 1966 Parkfield depremi (magnitüd 5,6) sırasında doğrultu atımlı fayın yüzeydeki izinden 200 ft. uzakta kaydedilen N.65 E Akselerogramı.



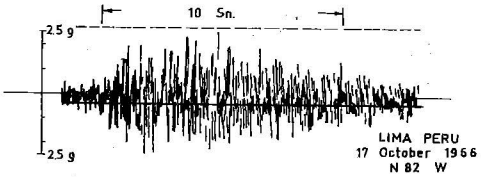
ŞEKİL-7 Parkfield depreminde faydan 5,3 mil uzakta kaydedilen N° 50 E akselerogramı, Şekil 6. ve Şekil 7 de kayıtlar fay izine dik hatlar üzerinde elde edilmiştir



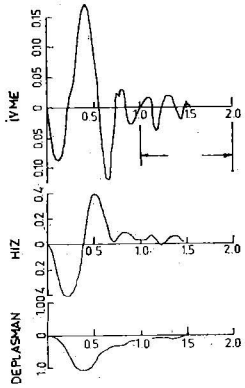
ŞEKİL - 8 21 Haziran 1952 Tehachapi depreminde faydan 25 mil uzaklıkdaki Taft, California,da kaydedilen S. 52 E akselerogramı (magnitüd - 7,6)



ŞEKİL - 9 18 Mayıs 1940 El Centro, California depreminde doğrultu atımlı faydan 4 mil uzakta kaydedilen E - W Akselerogramı. (Mag. 7.1)

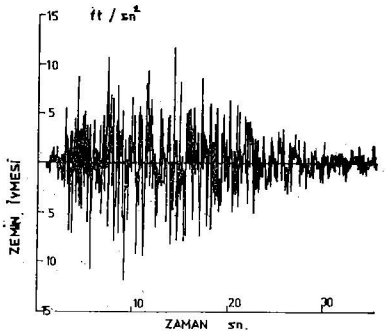


ŞEKİL- 10 17 Ekim 1966 Lima, Peru depremine ait N 82 W Akselerogramı (Magnitüd: 7,5)
Bu hareket muhtemelen jeolojik şartlar nedeniyle daha yüksek frekanslara sahiptir.



ŞEKİL - 11

18 Mart 1957, California Port Hueneme depremi sırasında N-S istikametinde kaydedilmiş Strong-motion kayıdı.



ŞEKİL - 12

Digital computer ve filtre edilerek hazırlanmış örnek ivme kayıt diyagramı.

Mikro Bölgelendirme için Jeofizik Mühendisliği Araştırma Teknikleri (*)

Yazan :
V. J. Murphy **

Çeviren :
Ersen BUKET ***

ÖZET :

Mikro bölgelendirme için uygun jeofizik metodları; Sismik Refraksiyon, Sismik Refleksiyon ve yerinde (in-situ) Kuyu Testi ölçülerini kapsar. Pratikte kullanma yeri ve organizasyon gibi değişik faktörlerin mevcudiyeti göz önüne alınırsa, dünya üstünde en çok kullanılan metod, sismik refraksiyon metodudur. Özellikle P-dalga hızı ölçümü, tabaka kalınlığı ölçümü, ve ana kaya derinliği ölçümü bu metodun kapsamına girmektedir. Yerleşme bölgelerinde açılan küçük deliklerde patlayıcı madde kullanmak veya sinyalleri büyütülmüş düşük enerjili yüzey vibratörleri kullanmak suretiyle bu metod tatbik edilebilir.

S - dalga hızlarının ölçümü ise, özellikle zemin dinamiğini ilgilendiren konularda, Japonya'da ve Amerika'da son yıllarda yaygın olarak kullanılan bir metottur. S - dalga hızlarının değişimi ∓ 5000 ft/Sn lik P-dalga hızı aralığında, özellikle materyel tayini için geniş ölçüde kullanılmaktadır.

En son oluşan Caracas, San Fernando ve çok sayıda tekrarlanan Matsushiro depremleri sismik metodların uygulanmasına ,direkt korelasyon örnekleri olarak gösterilebilirler.

Bir sahayı mikro bölgelendirmek için yapılması gereken işlemler şunlardır;

1 — Sahanın jeolojisine göre sismik refraksiyon hatları grit sistemi tespit edilir,

2 — S, dalga hızı değerleri, hem refraksiyon hemde kuyu testleri metotları ile yerinde ölçülür.

Elde edilen sismik veriler, dinamik analizlerde kullanılacak hale getirilmelidir, zira sismik ölçülerin alındığı strain seviyeleri, çok şiddetli depremlerden beklenen strain seviyelerinden düşük olacaktır.

---

* Uluslararası Mikrozon konferansı, seattle - Washington - Kasım - 1972

** Weston jeofizik Mühendisliği Şirketi.

*** Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Enstitüsü

1 — GİRİŞ :

Pek çok sayıda jeofiziksel araştırma metot ve teknikleri mevcut olduğu halde (Ref. 1 — 13) bunların mikrobölgelendirmeye uygulanabilmeleri için elde edilen verilerin, mühendislerin ve jeologların ihtiyacı olan ve ayrıca onların itimat edebileceği seviyede olmaları gereklidir. Ayrıca;

1 — Tabaka kalınlıkları,
2 — Derinlik,
3 — Dalga hızları ve dinamik modül değerleri,
4 — Faylar,
5 — Yukarıdakileri ihtiva eden bir harita,
6 — Profil,

mühendis ve jeologlar tarafından kullanılmak üzere hazır bulundurulmalıdır. Sismik ölçülere referans teşkil eden bu veriler muhtelif çalışmacılar tarafından tekrar tekrar gözden geçirilmelidir (Ref. 14 — 17).

Keza muhtelif derinliklerdeki her tabaka için, yerinde (in - situ) elastik modül değerleri elde edilmelidir.

Şurası açıkça anlaşılmalıdır ki, mikrobölgelendirme çalışmaları için zeminin ve kayacın mühendislik ile ilgili tüm özellikleri kullanılmalıdır, bu sebep ile seçilen jeofizik metotları, mühendislik açısından önemli olan parametreleri ölçen metotlar olmalıdır. Ayrıca bu metotlar zeminin ve kayacın dinamik özellikleri ile de yakından ilgili olmalıdır. Sismik metotlar sadece bu verilere ihtiyaç gösterirler. Bir zemin dinamiği makalesi incelendiğinde, içinde «dalga hızı» ve «shear modülü» deyimlerinin sık sık geçtiği görülür.

Diğer jeofiziksel metotlardan gravite metodu, manyetik metotlar, elektrik metotları, ve radyoaktivite metodu mikrobölgelendirme haricinde sadece özel bir mühendislik problemi için kullanılabilirler. Fakat bunların içinde rezistivite metodu kuru, nemli ve sulu materyelin elektriksel kondüktivite farklılıklarını ortaya koyduğu için yeraltı suyu çalışmalarında faydalı olmaktadır.

Jeofizik mühendisliği, mikrobölgelendirme için diğer metotlar içinde en uygun ve yaygın olanıdır. Bu metotlar nükleer enerji üretim tesislerinin kurulması için yer tayini maksadı ile yapılan mikrobölgelendirme çalışmalarında kullanılmıştır. Bu

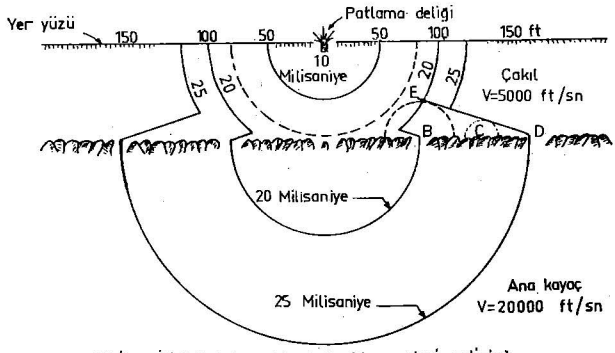
tip yerleşme merkezlerinin yer tayini için geniş sahalarda çalışma yapmak gerekir. Şehir merkezlerinin tespiti maksadı ile yapılan mikrobölgelendirme çalışmaları da aynı özelliğe sahip çalışmalardır.

2 — MİKROBÖLGELENDİRME ÇALIŞMALARI İÇİN TEMEL SİSMİK ESASLAR :

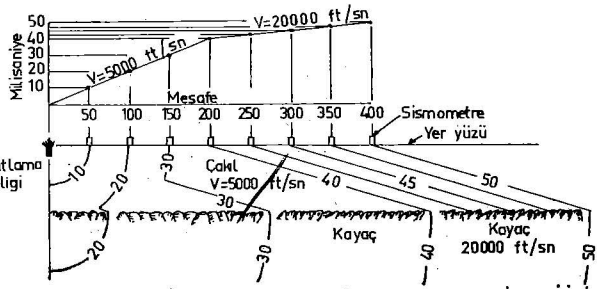
a) Metotlar ve Aletler :

Yüzey Metotları :

Mikrobölgelendirme çalışmaları için temel sismik yüzey metotları; refraksiyon ve refleksiyon tekni kleridir. Refleksiyon tekniği daha az kullanılır. İsimlerinden de anlaşıldığı gibi bu teknikler, sismik dalgaların yansıması veya kırılması esasına dayanırlar. Refraksiyon tekniği, dalga hızının direkt olarak hesaplanması için çok kullanışlıdır (Şekil - 1). Jeofizik ve mühendislik dergilerinde her iki metoda ait açıklamalara ve verilere sık sık rastlanabilir. (Ref. 6, 9, 11)



ŞEKİL. 1 İki tabaka probleminde dalga cephesi gelişimi

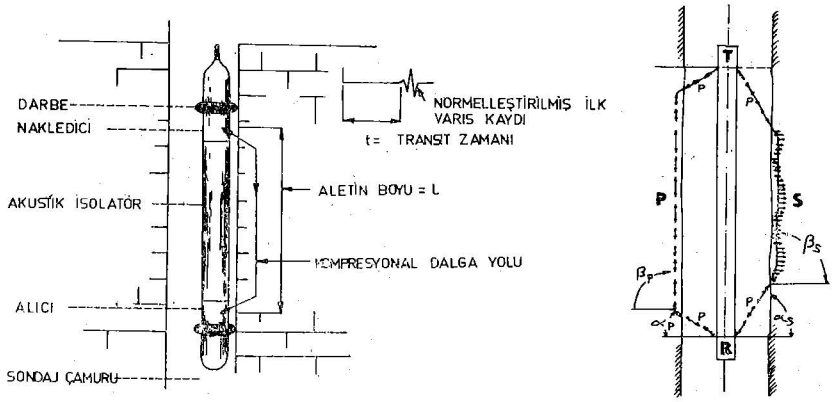


İKİ TABAKA PROBLEMİNDE DALGA CEPHESİ GELİŞİMİNİN ÇİZİMİ

ŞEKİL. 1
Linehan (Ref. 45)

Kuyu Testi Metotları :

Petrol aramalarında ve derin kuyularda genellikle sismik hız logu metodu kullanılır (Ref. 25, 28 ve Şekil 2). Son yıllarda kuyu testi tekniği bazı adaptasyonlarla sığ mühendislik problemlerine tatbik edilmektedir. (Ref. 38, 51, 53, 55).



KUYU DİBİ HIZ LOGU ALETİ

ŞEKİL. 2 Geyer (Ref)-25

Aletler ve Enerji Kaynakları :

Jeofiziksel metotlarda kullanılan aletler zaman gittikçe büyük bir hızla gelişmeler göstermektedir. Jeofizik mühendisliği ile ilgili tüm aletler önceleri yüksek maliyetli petrol arama aletleri şeklinde planlanmış ve imal edilmiştir. Sonraları bu aletlerin muhtelif değişik şekilleri planlanmış ve teknolojide ki gelişmelere paralel olarak daha kullanışlı, daha portatif hale getirilmiş, ayrıca maliyetleri de önemli ölçüde düşürülmüştür.

Filtre ve otomatik seçici olarak kullanılabilen dijital kayıt ve manyetik kayıt aletlerinin hem kara hemde su altı saha çalışmaları için kolaylıkla tedarik edilmesi mümkündür. Dedektörler, hıza karşı hassas olup, hareket eden birer bobin şeklindedirler. Enerji kaynakları çok çeşitlidir; Dinamit bir zamanlar bütün dünyada tercih edilen bir patlayıcı madde idi, fakat bugün muhtelif tipte enerji kaynakları kullanılmaktadır. Bunlardan birkaçı; çeşitli büyüklükteki ağırlıkların zemine düşürülmesi, çekiçler, havaya atılan silah, vibroseis

(Continental Oil Co. tarafından kullanılmaktadır), patlayıcı gazlar v.s. dir (Ref. - 18 — 30).

Hatların, Dedektörlerin ve Deliklerin Yerleştirilmesi :

Bir sahanın mikrobölgelendirilebilmesi için jeolojik şart lara uygun bir grit sistemi seçilmelidir. Bu sistem seçilirken maliyeti de dikkatle hesaplanmalıdır. Belli bir program seçildikten sonra, tipik jeolojik kayaçlar tespit edilir ve buralardan karakteristik jeofizik verileri elde edilir.

Genellikle, jeofiziksel mikrobölgelendirme, nüfus yoğunluğu fazla olan bölgelerde yapılır (Ref. 45 a, 62, 63). Bu nedenle programın uygulanması sırasında dinamit kullanmak sakıncalı olup, daha düşük enerjili titreşim kaynakları kullanılmalıdır (Ref. 21, 24, 50). Sinyal çoğaltıcıların son zamanlardaki gelişmeleri de şehir şartlarına göre uygulama olanaklarını daha da arttırmıştır.

Şehirlerde trafik girişimi, inşaatlar, çeşitli ihtiyaçlar için açılan ve tekrar doldurulan çukurlar da ayrı sorunlar olarak ortaya çıkmaktadır.

b) Metotların Sınırlandırılması :

Genel Görüşler :

Her sismik metot uygulaması sadece bir fiziksel parametrenin ölçülmesini kapsar ki o da «zaman»dır. Bir dalganın veya bir dalga grubunun oluştuğu yerden detektöre (jeofona) kadar gelmesi için geçen zaman, sismik metotlarda çok önemli bir rol oynar. Zaman milisaniye cinsinden, mesafe ise 10 - 20 veya birkaç yüz ft. cinsinden ölçülür. Her hız ölçümünde doğruluk derecesi yüzde birkaç mertebesinde olmalıdır. Kuyu logu ölçülerinde, alıcı ile kaynak arasında geçen zaman farkı mikrosaniye cinsinden ifade edilmelidir. (Ref. 25). Bu duruma göre kısa mesafe aralığı her zaman kısa zaman aralığına tekabül etmez. Kaynağa karşı tek alıcı mevcut ise aralığı tam ve doğru olarak tespit etme imkanı mevcut olmayabilir. Fakat birkaç alıcı mevcut ise, doğru netice alma olanağı daha fazladır. Tek alıcı ile çalışıldığında dalga tipinin tespiti, tek yönlü enerji kaynağı kullanmak sureti ile mümkündür.

Detektörler arasındaki mesafe biliniyorsa, hız değerleri direkt dalga yolu veya kırılmış dalga yolu teknikleri ile tayin edilebilir. Keza bu görüşe göre mesafe dikkate alınmaksızın, bir dalganın her kayıt noktasına aynı fazda yayılımını temin etmek için bir ilksel enerji oluşumu yeterlidir.

Sismik metot uygulamasında zaman ölçümü tek parametreyi teşkil ettiğinden sismik çalışmalara ve inşaat mühendisliği projelerine uygulanan diğer jeofizik metotları ile ilgili problemlerin bir kısmını izah etmek güç olacaktır. (Ref. 33)

Değerlendirme faktörünün de önemli olduğunu unutmamak gerekir. Son zamanlarda sismik refraksiyon ve derin refleksiyon verilerinin değerlendirilmesi elektronik kompüterler vasıtası ile yapılmaktadır (Ref. 34).

Dalgaların doğal şekillerinden istifade edilerek, ileride sismik veri kayıtlarının sübjektif değerlendirilmelerine de ihtiyaç hasıl olacaktır. (Özellikle shear dalgalarının ayırımı ve ölçümü ile ilgili olarak.)

Teorik Sınırlamalar :

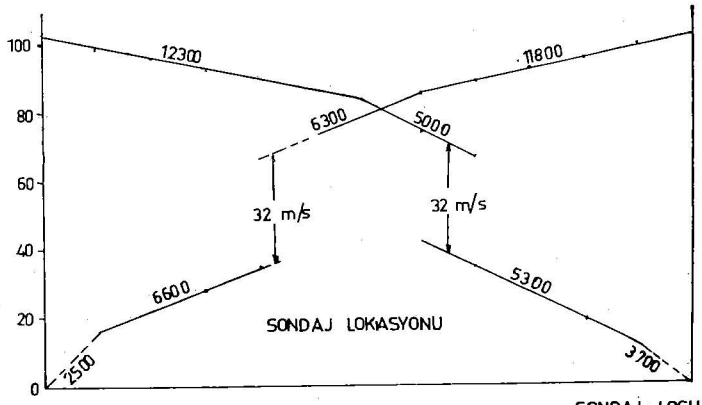
Sismik refraksiyon ve kuyu testi uygulamalarında tabaka kalınlığı değerinin, hız değerine oranı bazı tabakalar için elde edilemez. Ayrıca, sadece belli bir derinliğe kadar bu değer elde edilebilir (Ref. 31, 32, 35). Hız terslenmesi (inversion) de her zaman karşılaşılan bir diğer güçlüktür. Ref. 31, (Şekil 3).

Sismik refleksiyon uygulamasında ise, pek çok ikincil yansıma enerjisi ve sığ sinyallerin biribirini tutmaması nedeni ile sığ derinliklerden elde edilen bilgiler kullanışsızdır.

Sismik özellikler arasında da bir zıtlık bulunmazsa, materyellerin mühendislik açısından biribirlerinden ayırımı güçleşir.

Pratik Sınırlamalar :

Jeofonların yerleri ve hat uzunlukları sahanın şartlarına göre uygun olmalıdır. Jeofonları çok kısa aralıklarla yerleştirmek veya hatları uzun tutmak sureti ile saha şartlarına uygun bir yerleşme sağlanmalıdır. Tek kanallı veya 12, 24, 48



0 50 100

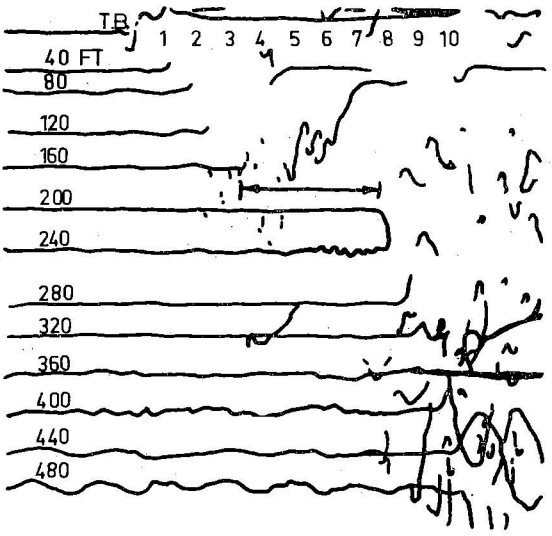
DÜŞÜK HIZ TABAKASININ ALTINDAKİ TAHMİNİ HIZ (KUM VE ÇAKIL)

3000 ft/sn

ANAKAYAÇ ÜSTÜNDEKİ MALZEMEDE HIZ TERSLENMESİ

SONDAJ LOGU

METERYAL	KALINLIK
BATAKLIK (TURBA)	1
ÇAKILLI KİL	6
HAREKETLİ KUM	6
ÇAKIL	3
KUM – ÇAKIL	52
ÇAKILLI KIL	58
ŞEYL	



ŞEKİL .3

kanallı sismograf sistemleri için jeofonların sayılarının ve yerlerinin tespiti de önemlidir. Belli uzunlukta bir profil için belli sayıda jeofona ihtiyaç vardır.

Enerji kaynakları da fazla tahrip edici seviyede olmamalıdır. Nüfusun yoğun olduğu yerleşme merkezlerinde büyük enerjili patlayıcılar yerine kontrol edilebilen vibratörler, düşen ağırlıklar ,çekiçler veya bunlara benzer patlayıcı olmayan kaynaklar tercih edilmelidir. Bu tip düşük enerji kaynakları için verileri çoğaltan aletlere de ihtiyaç vardır.

Sismik verileri değerlendiren kimsenin bu konuda bilgili ve tecrübeli olması gereklidir. Bu şahıs, değerlendirilmiş ve yorumlanmış verileri jeolog ve mühendislere doğru olarak aktarabilmelidir.

Hız değerlerinden faydalanılarak materyel tayini yapıldığında şu ayrım ortaya çıkar; P -- dalgaları için 10 000 ft/sn den büyük, S -- dalgaları için de 4000 ft/Sn den büyük hızlar veren materyel «kayaç» olarak sınıflandırılır. Düşük hız değeri elde edildiğinde, materyeli isimlendirmek için kuyu testi verilerine ihtiyaç vardır. 5000 ft/Sn P -- dalga hızı değerine sahip bir materyel, yumuşak kil ile iri taneli çakıl arasında bir zemine tekabül ede

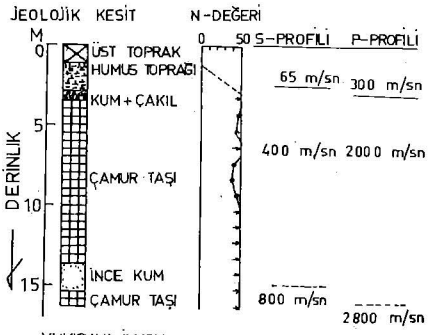
c) Korelasyon için gereken şartlar :

Sondajlar ve Test Kuyuları :

Kuyu testleri sismik verilerin korelasyonu ve kontrolu için uygun metotlardır. Fakat kalibrasyon için bir standart teşkil edemezler. Çok zaman, elde edilen jeofizik verileri, kuyu testi verilerini tutmaz. Böyle bir hal vukuunda daha detaylı araştırmalarla farkın nereden ve neden ileri geldiğini saptamak gereklidir (Ref. 36).

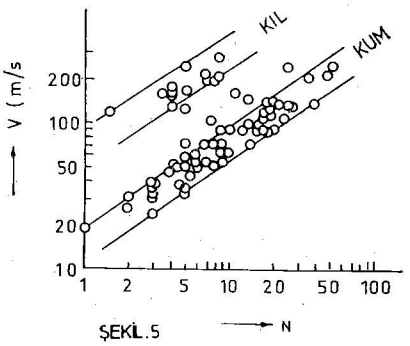
UYGULAMALAR :

Mikrobölgelendirme ile ilgilenen bir jeofizikçinin, sismik çalışmaları sırasında dikkat etmesi gereken hususlara aşağıda değinilmiştir (Ref. 37 — 59).



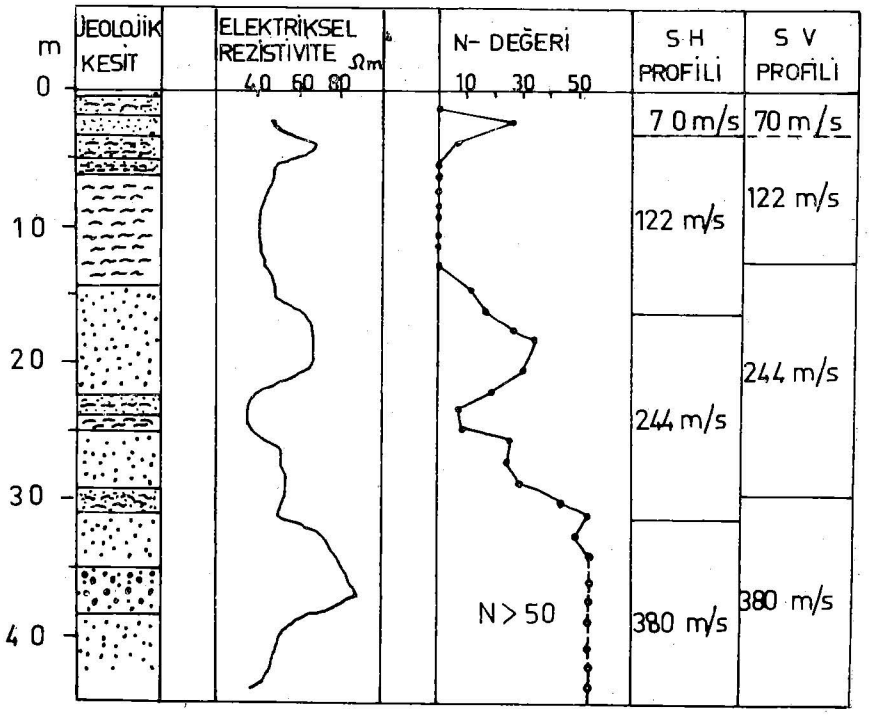
YUKIGAYA İLKOKULUNDA YERALTI YAPISI

ŞEKİL.4



ŞEKİL.5

STANDART PENETRASYON TESTİNDE N-DEGERI VE SHEAR DALGA HIZI



S DALGALARI İÇİN YERALTI YAPISI

ŞEKİL.6

Bunlardan en önemli olanları ilk ikisidir. Numunelere ait veriler Şekil 4, 5 ve 6 da gösterilmiştir.

a) Tabaka kalınlıkları ve ana kayaca kadar olan derinlik:

Bu parametrelerin tayini için normal refraksiyon metodu tatbik edilir. Hız değerlerinin tespit edilmesi için aralarında yeterli derecede zıtlık olmalıdır. Ayrıca tabakalar yeterli kalınlığa sahip olmalıdır. Bunlar metodun kapsamına giren ana prensiplerdir. Hız ve tabaka kalınlıkları arasında 2 ye 1 oranı tercih edilir, fakat tabakalanma düzgün ise az zıtlıkta olan kayaçlar içinde ölçme olanağı mevcuttur (Ref. 45 — 45a).

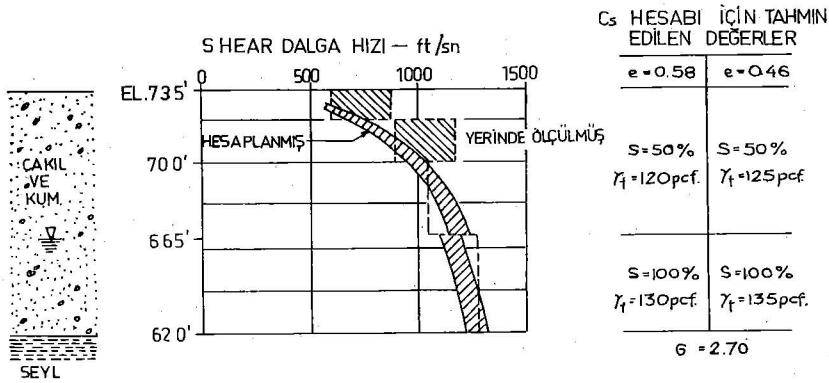
Mikrobölgelendirme sırasında sismik çalışma için ilk kaide sahanın her tarafında kayacın derinliğini tespit etmektir. Eğer yeterli sayıda veri elde edilirse, profillerden istifade edilerek ana kayaç kontur haritaları hazırlanır. Keza düşük hız anomali bölgeleri, bütün detayları ile tespit edilmelidir. (Şekil 3).

b) Hız Değerleri — P ve S — dalgaları :

Ana kayaca kadar olan derinlik ve tabaka kalınlıkları ölçülürken P — dalga hızlarıda tayin edilmelidir. Bazı hallerde S - dalga hızlarıda aynı zamanda ölçülür. Mamafih, bütün hız değerleri genel olarak uzun dalga yollarından elde edilen ortalama verilere tekabül ederler. Eğer özellikle ana kayaç 100 ft. (30 m.) den daha derinde ise ve üzerinde birkaç toprak tabakası varsa, yukarıda izah edilen durum ile karşılaşılır. Bu taktirde jeofonlar 400 ft (120 m.) den daha büyük aralıklarla yerleştirilir ve bu mesafelere göre hız ortalamaları alınır.

Jeofonların kısa mesafelerle dağılımı ile ∓ 50 ft (∓ 15 m.) derinliğe kadar sığ veriler tam ve doğru olarak elde edilebilirler. Burada zemin üstüne yerleştirilen ve istenilen yöne enerji yayan kaynaklarla bu yöndeki enerjiyi kaydedebilen jeofonlar kullanılır. Eğer dinamik analizler için ∓ 50 ft den daha fazla derinliklerden önemli veriler elde edilirse, yerinde (in—situ) ölçü almak üzere kuyu testleri yapmak gerekir. Veriler, kuyu üstü, kuyu dibi ve kuyu yanı çalışmaları ile elde

edilirler. Kuyu yanı tekniği, diğerlerine oranla her zaman tercih edilir (Ref. 47, 51) Şekil 7,8. Fakat kuyu sayısının fazla olması nedeni ile mikrobölgelendirme çalışmalarının daha geniş bir alana uygulanması ekonomik açıdan kısıtlanır. Son zamanlarda yapılan yayınlarda zemin değerlerine ait verilere geniş çapta rastlamak mümkündür. Aşağıda en son yayınlardan alınan birkaç korelasyan değeri verilmiştir (Ref. 48)



ŞEKİL. 7
NEHİR TERAS BİRİKİNTİLERİNDE SHEAR DALGA HIZI

Korelasyon Tablosu :

48 No. lu Referansa bakınız.

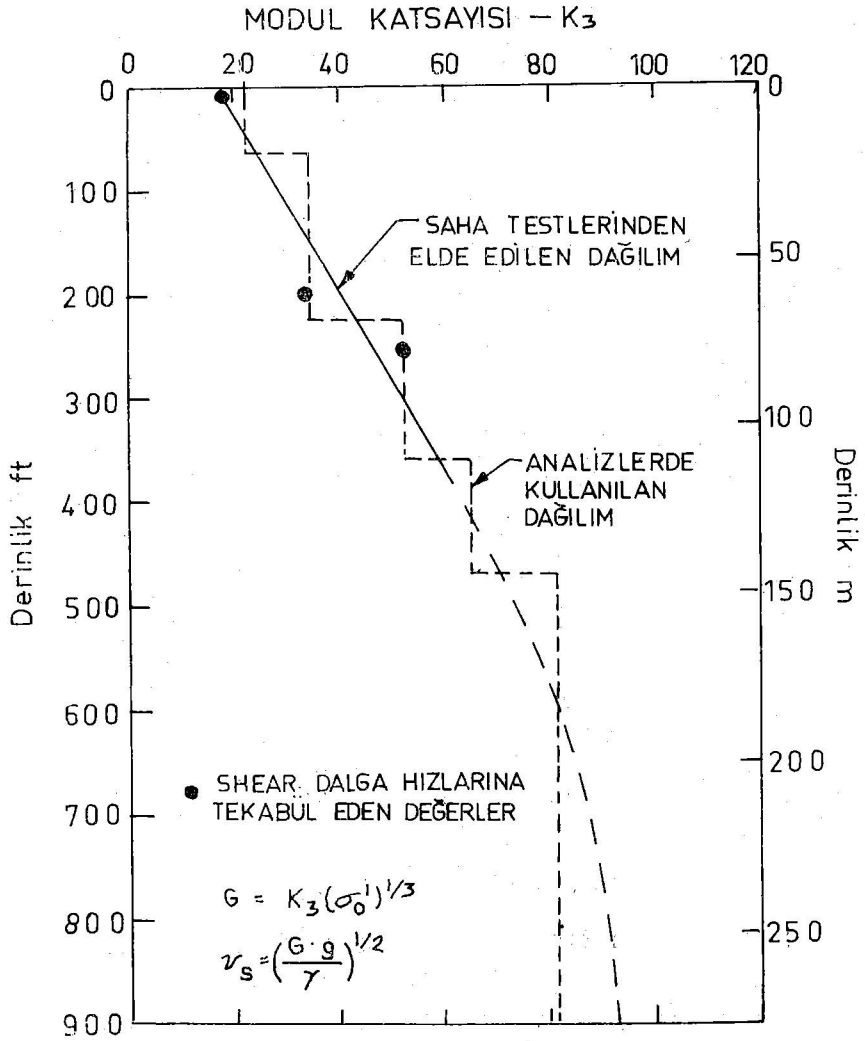
Yumuşak Zemin $V_s < 600$ m/Sn veya (2000 ft/sn)

Sağlam Zemin $V_s \geqq 600$ m/Sn veya (2000 ft/Sn)

Kaya $V_s > 1800$ m/Sn veya (6000 ft/Sn)

Böyle bir sınıflama, bir veriler dizisini değerlendirirken çok faydalı olmaktadır. Örneğin, Tokyo için şu değerler bulunmuştur. (Ref. 38).

Materyel	V_s	V_p
Yüzey toprağı ve humus	80 m/Sn	300 m/Sn
Çamurtaşı (İnce kum tabakalı)	420m/Sn	2000 m/Sn



SHEAR MODÜLÜNÜN DERİNLİKLE DEĞİŞİMİ

ŞEKİL .8

Çamurtaşı «kayaç» tan zıyade «toprak» olarak mütalaa edilmelidir.

c) **Modül Değerleri (E ve G) ve Dinamik Sabitler :**

Zemin dinamiği ile ilgili her yayında, sismik hız değerleri modülleri mevcuttur. Dinamik Sabitler de mühendislerin değerlendirdiği hareketin özel moduna göre tayin edilir.

$$E = V_p^2 d \frac{(1-2\sigma)(1+\sigma)}{(1-\sigma)} \qquad \sigma = \frac{\frac{1}{2} - \left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2}{1 - \left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2}$$

$$G = V_s^2 d$$

V_p = "P" Dalga hızı

V_s = "S" Dalga hızı

E = Young modülü

G = Shear modülü

d = Yoğunluk

σ = Poisson oranı

d) Su Tablası :

Sismik ölçüler özellikle su tablasının değerlendirilmesinde çok faydalı olmaktadır. (Ref. 56 - 59). Doymuş ortama tekabül eden hız değerleri arasında çok az bir tutarsızlık olmasına rağmen genellikle ∓ 5000 ft/Sn. lik P — dalga hızı % 100 doy gunluk oranına tekabül etmektedir. Bu sonuç yeraltı suyu ile ilgili pek çok sayıda saha çalışmalarından elde edilmiştir. Eğer bir su tablası, böyle bir hız değerine tekabül etmezse (∓ % 10 limit içinde), bu duruma mutlaka bir izah tarzı aramak gerekir. Su içinde çok küçük miktarlarda dahi organik madde veya erimiş halde gaz bulunması halinde hız değerleri önemli ölçü-

de düşer. Bu durum sadece zeminde değil, su — hava karışımında dahi müşahede edilmiştir (Ref. 60).

Tesbit edilen yeraltı suyu seviyesinin üstünde kalan seviyelerde elde edilen 5000 ft/Sn lik P—dalga hızı değeri, tünek suyuna aittir.

e) Fay Tespiti :

Yeraltının derinliklerinde fay tespiti, 40 yıldan beri petrol aramaları için sismik refleksiyon çalışmalarına ve haritalama için derin jeolojik yapılara konu olmuştur (Ref. 61 - 66). Petrol aramalarında dinamit kullanılarak tatbik edilen refleksiyon metotları, artık sığ sualtı çalışmalarında kullanılan yüksek frekanslı enerji kaynaklarını ihtiva eden metotlara dönüşmektedir. (Ref. 23, 30).

Karada, sığ fay ve tabaka tespiti için refleksiyon metodu kısıtlı olarak uygulanabilmektedir ve bu konuda pek az referans mevcuttur. Ref. 1 den Ref. 13 e kadar bütün referanslarda bahsi geçen jeofizik mecmuaları ve kitapları Ref. 46'dan bahsederler.

Son zamanlarda yazar, Kalifornia'da bulunan sığ fayları tespit etmek için refraksiyon metodu kullanmıştır. Su tablası içinde bulunan dikey fay atımları ve düşük hıza sahip yüzey tabakaları Calaveras fayının haritada ki izdüşümü ile tamamen çakışmıştır. Keza, San Andreas fayında da görülen iki özellik, fayın haritada ki izdüşümü ile çakışmaktadır. Bunlar, fay zonunda bulunan kayacın derinliklerinde rastlanan ani değişmeler (8000 ft/Sn) ve dalga yayılmasında görülen ani enerji değişmeleridir.

f) Sıkışmış Dolgular :

Özellikle büyük yerleşme merkezleri olan şehirlerde mikrobölgelendirme çalışmaları daha ziyade sıkışmış dolgular ve şehrin çeşitli bölgelerine rastgele serpiştirimiş gevşek dolgular üzerinde yapılmalıdır. Fakat bu konuda hiçbir referans verilmemiştir. Yazar son iki sene içinde şehirlerde yapılan muhtelif dolgu çalışmalarını yakından izleyerek, dolgular üzerinde konu ile ilgili çalışmalar yapmak fırsatını elde etmiştir.

Bunlardan iki tanesi baraj dolgusu, iki tanesi de yapı temeli dolgusu çalışmalarıdır. Dolgu maddesi, bol miktarda siltten ve bir miktar kum ve kayaç parçacıklarından müteşekkildir. S - dalga hızı değerleri nadiren beklenen seviyede olmakta (650 — 950 ft/Sn), çoğunlukla da 800 — 850 ft/Sn arasında değişmektedir. Herhangi bir çimento maddesi ilave edilmediği taktirde sıkışmış dolgular için S — dalga hızı değerinde en son limiti yaklaşık olarak 1200 ft/Sn. dir.

g) Heyelanlar :

Heyelanlar konusu mikrobölgelendirme çalışmalarının gelişimi sırasında en son olarak ele alınan bir konudur. Bu nedenle periyodik mecmualarda ve yayınlanmış jeofiziksel çalışma raporlarında heyelanlara gerektiğince değinilmemiştir. Yazar yer değiştiren, kayan materyellerin P—dalga hızlarının tayini konusunda çok tecrübeli olmasına rağmen, hızdan itibaren kayan materyelin cinsini tayine muvaffak olamamıştır. Mamafih, jeolojik haritaların yardımı ile ve refraksiyon kullanarak, heyelanları sınırlamak ve kayan materyelin temelini tespit etmek olanağı mevcuttur. Böyle bir bir tayin, kayma sırasında oluşan şartları gözlemek ve korelasyon yapmak ile mümkün olabilmektedir. Aktif heyelanlarda dalga hızı 1000 ile 3000 ft/Sn arasında değişir, eski heyelanlarda ve aktif heyelanların tabanında ise dalga hızı + 6000 ft/sn dir.

4 — ÖRNEKLER :

Son zamanlarda, geniş çapta zararlara yol açan şiddetli depremlerin lokal olarak değerlendirilmeleri sismik ölçülerle yapılmıştır. Mikrobölgelendirme programları için de aynı tarzda çalışmalar gerekmektedir. (Ref. 62, 68).

a) Caracas :

Temmuz 1967 de oluşan Caracas depremi, bu konuda çalışanlara ilginç tecrübeler kazandırmıştır. Merkezi şehirden 70 km. uzakta olan, şehrin mühim bir kısmında ağır hasar yapan, Caracas vadisinde de orta hasara yol açan depremin magnitü-

dü 6,3 tür. Hasar gören sahada ana kayaca kadar olan derinliği tespit etmek için sismik refraksiyon profilleri uygulanmıştır. Vadi de, kayaca kadar olan derinliğin konturlanması için daha önce mevcut bulunan su kuyuları verilerinden de istifade edilmiştir. Deprem sahasının ağır hasar görmüş kesiminde S—dalga hızları 70 m. derinliğe kadar kuyu yanı metodu ile tespit edilmiştir. Diğer kesimlerde yüzeysel refraksiyon metotları kullanılmıştır.

Elde edilen tüm veriler deprem komisyonlarında, zemin dinamiği ve zemin mekaniği eksperleri tarafından değerlendirilmiştir. (Ref. 67, 68 Şekil 8, 9, 10).

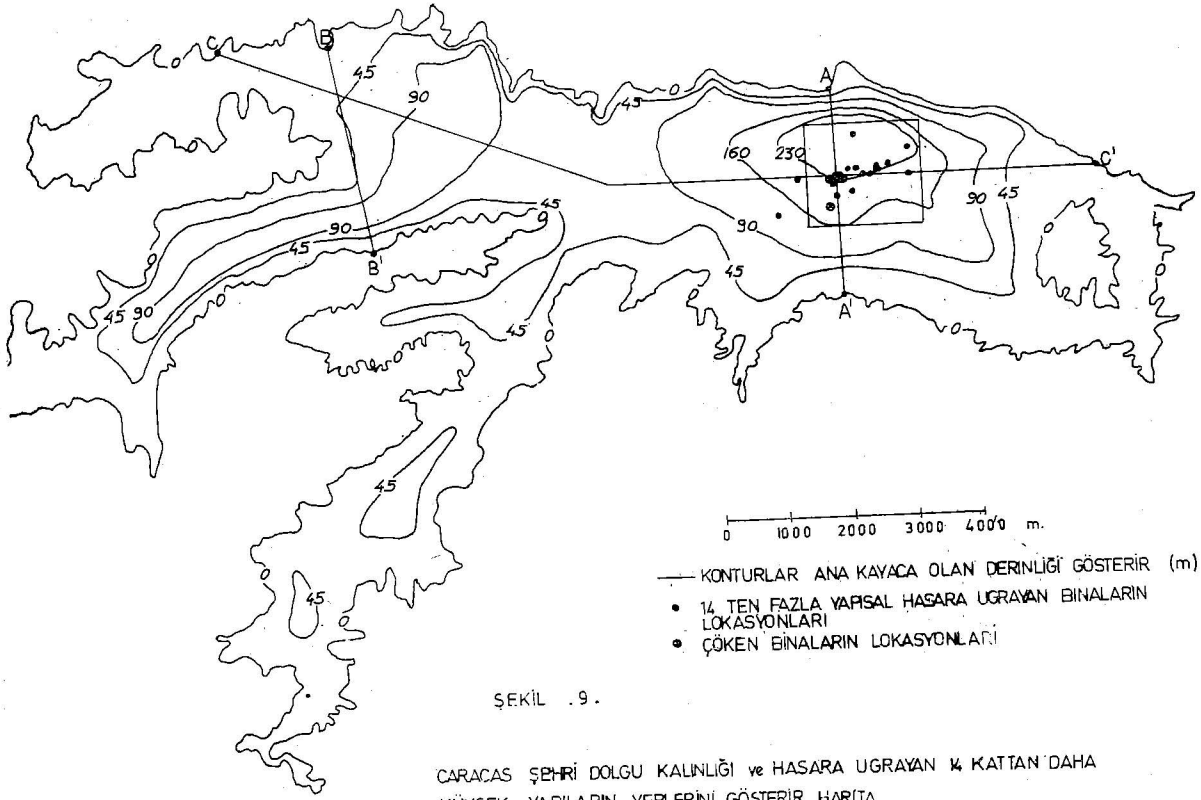
b) San Fernando :

San Fernando depremi 1971 yılının Şubat ayında büyük hasarlara yol açmıştır. Deprem sahasında birçok sismik refraksiyon ölçüleri alınarak P ve S—dalga hızı değerleri saptanmıştır. Ölçülerin mühim bir kısmı yönlü enerji kaynaklarından istifade edilerek alınmıştır. Bu metot tatbik edilirken, ağır ve kalın bir tahta ile çekiç darbesi kullanılmıştır. (Ref. 64). Sadece 60 ft derinliğe kadar ölçü alınabilmesine rağmen, San Fernando bölgesinin tümünde muhtelif lokasyonlarda oluşan yeni şartları değerlendirmek için uygun bir mukayese imkanı elde edilmiştir. Tipik verileri kapsayan kesit Şekil 11 de gösterilmiştir.

c) Matsushiro :

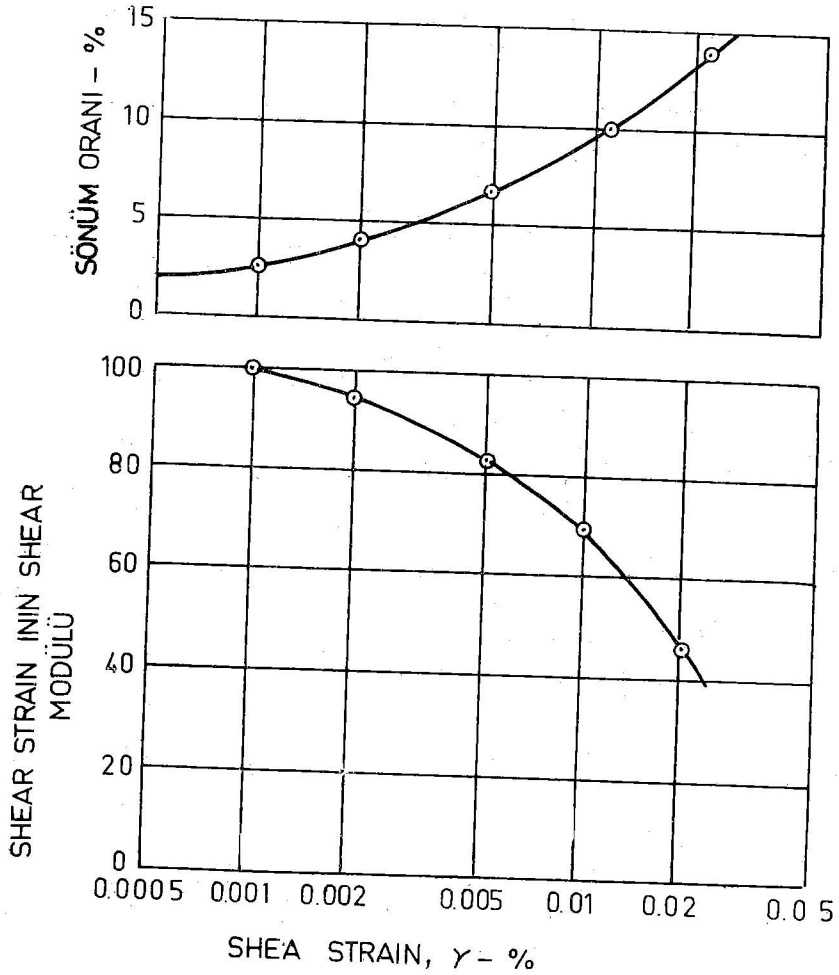
Son zamanlarda meydana gelen Matsushiro depreminin en çok etkilediği sahada, biribirini kesen iki profil hattı boyunca yoğun sismik refraksiyon ölçüleri alınmıştır. (Ref. 62). Jeolojik yapı ile hiposantr arasındaki münasebeti tespit etmek için çok sayıda jeofon yerleştirme düzeni ve patlatma kuyusu - Jeofon mesafeleri ayarlaması uygulanmış ve hem sığ, hem de derin profiller elde edilmiştir. Profil uzunlukları 60 - 150 km. arasında değişmektedir. Bir profil kesiti Şekil 12 de gösterilmiştir.

Matsushiro'da yürütülen çalışmalar dünyada ilk kez yapılan aktif episantr çalışmalarıdır. Elde edilen sonuçlar arasın-



ŞEKİL .9.

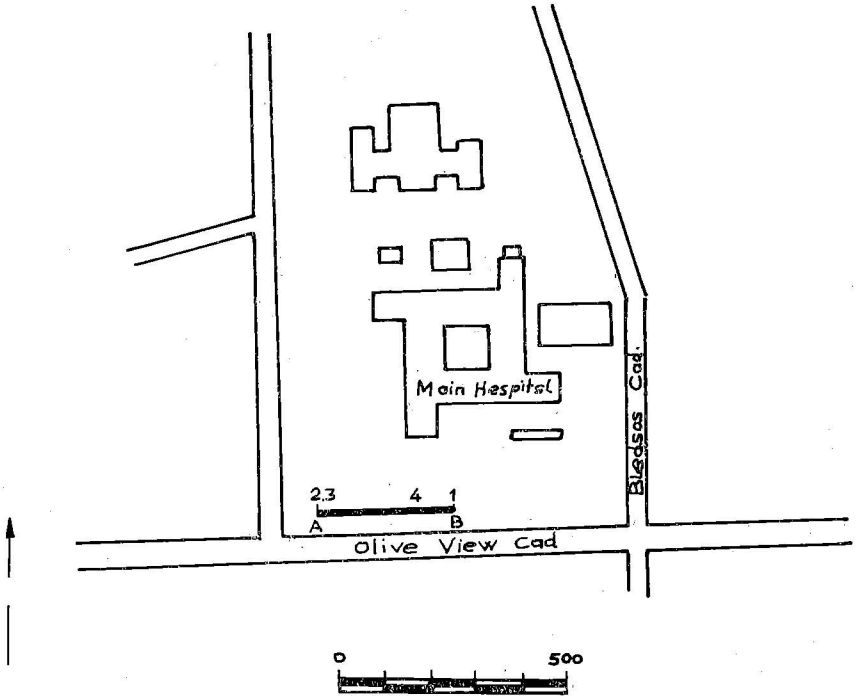
CARACAS ŞEHRİ DOLGU KALINLIĞI ve HASARA UGRAYAN 14 KATTAN DAHA YÜKSEK YAPILARIN YERLERİNİ GÖSTERİR HARİTA



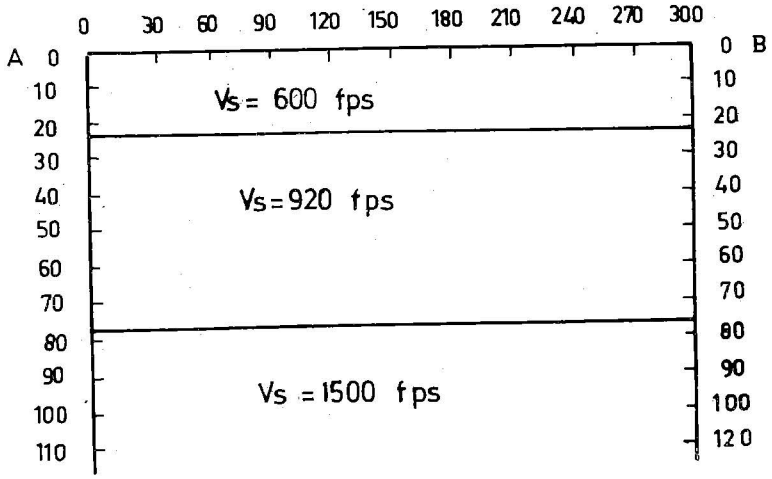
SHEAR MODÜLLERİNİN VE SÖNÜM ORANLARININ STRAIN İLE DEĞİŞİMİ

ŞEKİL .10

YER : OLIVE VIEW HASTANESİ, SYLMAR

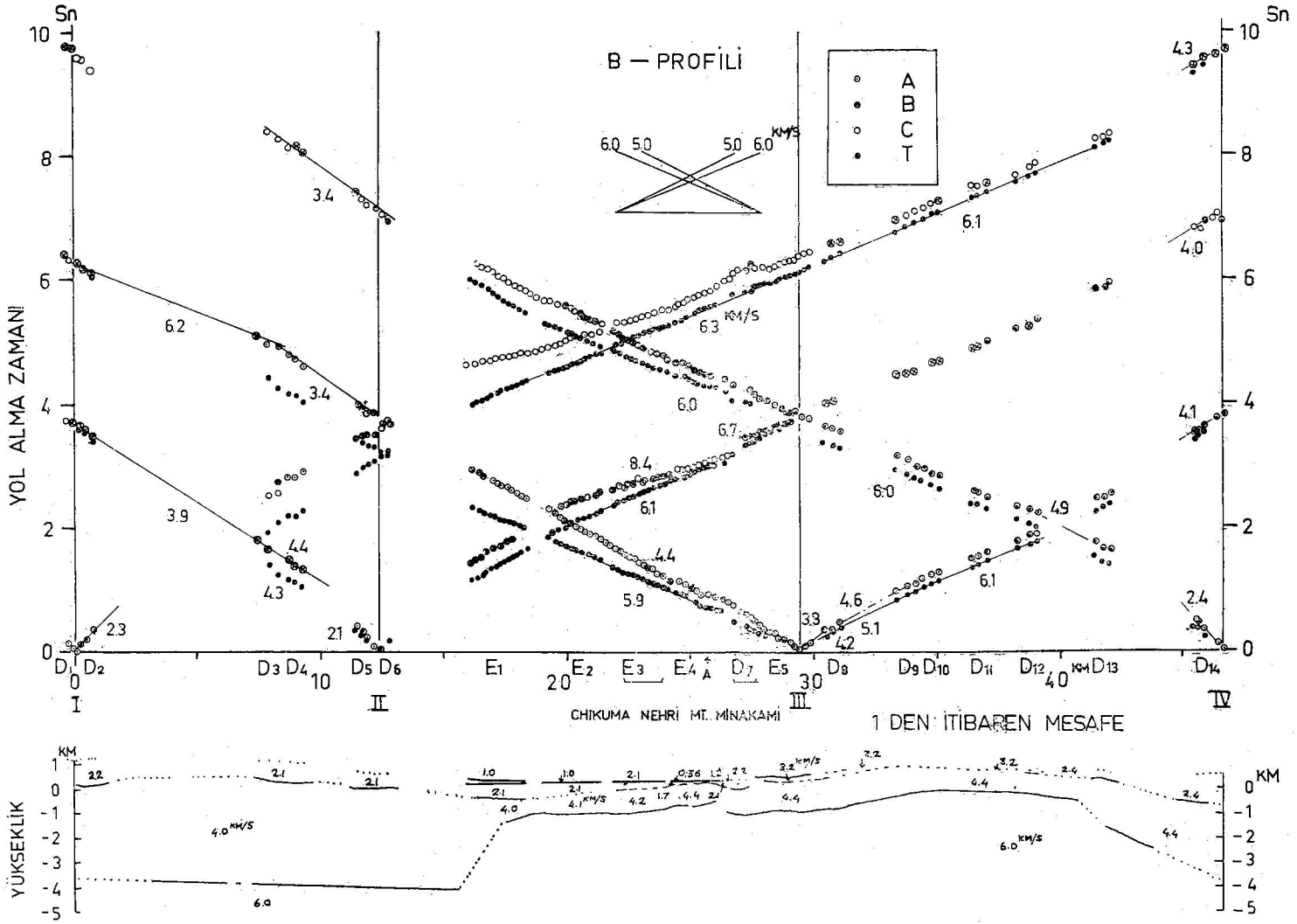


KESİT



TARİH MAYIS-25-1971

ŞEKİL . 11



B PROFİLİNDE YOL ALMA ZAMANI EĞRİLERİ VE YERALTI YAPISI

ŞEKİL .12

da en önemlisi, depremin en fazla tahrip ettiği yer 6 km/sn lik hız kuşağıdır, bir diğer önemli sonuca göre de hiposantr bölgesi, yükseltinin orta kuşağına (Ref. 62.) tekabül etmektedir.

Dış tesirlerden uzak kalmak için çalışmalar gece yarısı yürütülmüştür. 19 saha çalışma grubundan 14 ü çalışmaları sırasında manyetik kaydedici kullanmışlardır.

d) Boston :

Boston depremi ile ilgili en son deprem mühendisliği analizleri Prof. R. V. Whitman, Prof. J. Christian ve yazar tarafından Massachusetts Teknoloji Enstitüsü Kampusunda yapılmıştır. Saha çalışmaları için seçilen bölgede «Boston mavi kili» olarak adlandırılan kalın bir kil tabakası mevcuttur. Yaklaşık olarak 90 ft derinlikte kuyu yanı tekniği ile elde edilen S—dalga hızı verileri 900 ft/sn civarındadır. N değeri ise (S. P. T.) yaklaşık olarak 15 — 20, laboratuvarda tayin edilen S—dalga hızı değeri ise 908 ft/sn dir. Kilden elde edilen diğer değerler 800 ile 900 ft/sn arasında değişmektedir.

Kaydedilen saha verilerinin kalitesi kuyu teçhizatı ile kuyu deliği arasındaki kavramanın durumuna göre değişir.

e) Nükleer Güç Üretkenlerinin Yerleri :

Nükleer güç üretme merkezlerinin yerleri için yapılan tüm saha araştırma programları bir çeşit mikrobölgelendirme çalışmasıdır. Amerikan Atom Enerjisi Komisyonunca son olarak yayınlanan programlara göre (Ref. 70). saha jeolojisi, jeofiziksel saha ölçüleri, ve zemin dinamiği analiz çalışmaları mikrobölgelendirme uygulaması için şart koşulmaktadır. Eğer bu çalışmalardan elde edilen veriler tüm ilgililerin istifadesine sunulursa (Ref. 69 da olduğu gibi), referanslardan müteşekkil hazır bir kütüphane elde edilmiş olacaktır.

5 — STRAİN SEVİYESİ :

Mühendislik sismik metotlarına karşı yapılan en önemli tenkitlerden biri de metotların uygulandığı strain seviyeleridir. Gerçektende şiddetli bir depremden önce, deprem sırasında veya depremden sonra meydana gelen şartlara tekabül

eden muhtemel modül değerleri arasında ki farklar böyle bir tenkidin haklı olabileceğini ortaya koymaktadır. Son zamanlarda bu konu ile ilgili yoğun çalışmalar yapılmaktadır. (Ref. 54, Şekil 10), dolayısiyle ortaya çıkan her yeni cevap cetveller ve kurallar halinde hazırlanmaktadır.

6 — MİKROBÖLGELENDİRME KURALLARI :

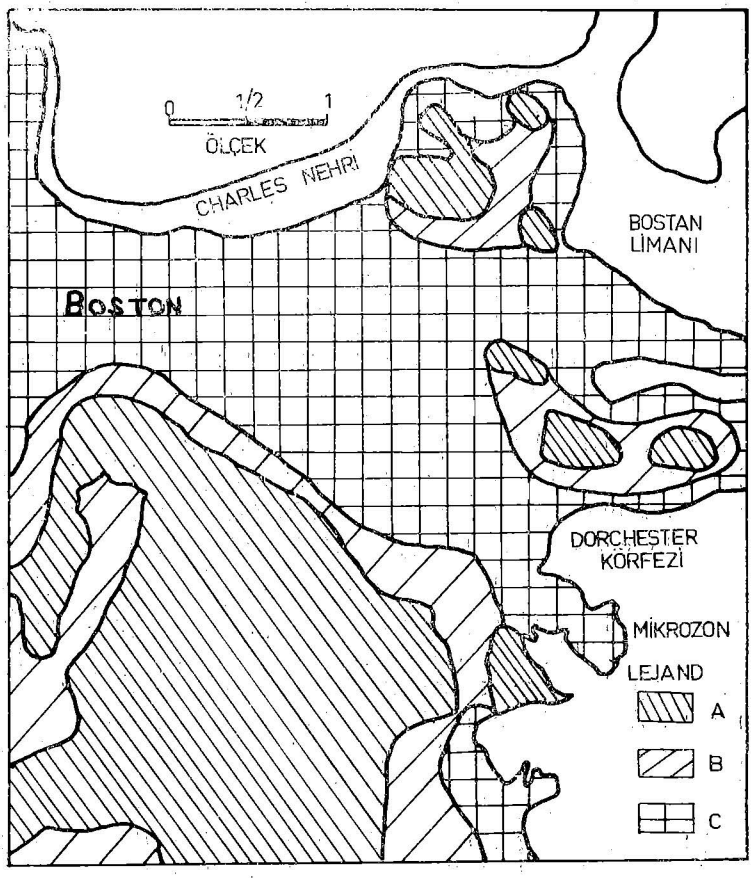
Yeraltı şartları değişken olan bir sahayı mikrobölgelendirmek için, jeolojik haritalama, jeofiziksel (sismik) ölçü alma ve zemin analizi çalışmalarını kapsayan integre bir program hazırlamak gereklidir.

Baz kontrolu için yapılan jeolojik haritalamayı takiben (Şekil 13) P ve S—dalga hızlarını tayin etmek, tabaka kalınlıklarını hesaplamak ve ana kayaca kadar olan derinliği saptamak için sismik refraksiyon hatları teşkil edilmelidir. Bu hatların konumları, eldeki bütçe imkanları nisbetinde, yakın grit esasına göre veya numune alma limiti esasına göre tespit edilmelidir. Her iki halde de hat, lokasyonları bilinen bir jeolojik yapı üzerinde olmalıdır. Bundan sonra ilksel ve kaba bir mikrobölgelendirme haritasının hazırlanabilmesi için sürekli sismik profillere ve ana kayaç kontur haritalarına ihtiyaç vardır.

İlksel mikrobölgelendirme haritasında yer alan bulguları kontrol etmek için test kuyuları ve laboratuarda incelenmek üzere alınan numuneler gereklidir.

Ana kayaç üzerinde kalan kısmın kalın olduğu yerlerde (50 ft : 15 m den kalın)ve tabakalanmanın çok değişken olduğu yerlerde yapılan mikrobölgelendirme çalışmalarında S—dalga hızını tespit etmek için, kuyu üstü, kuyu dibi veya tercihan kuyu yanı programı uygulanmalıdır. Sonradan refraksiyon metotları ile yüzeysel S—dalga hızı değerinin tespiti, bir kontrol noktası niteliğinde olan her test kuyusu lokasyonundan itibaren yatay olarak daha geniş bir alana tatbik edilebilir.

S—dalga hızı değerlerine tekabül eden modül değerleri de strain seviye farklarına göre ayarlanmalıdır.



BOSTONUN MİKROZON HARİTASI

ZEMİN TİPİ	MİKROZON	S
KAYAÇ, BUZUL MADDESİ VEYA DİĞER SERT VE KALIN KOHESİF TOPRAK	A	1 0
KUM, KİLLİ KUM, KIL VE KUMLU TOPRAK, DOLGU VEYA SILT TABAKASI (10 ft den daha at kalın)	B	1.3
DERİN SİLT VEYA DOLGU (10 ft den daha kalın) VEYA İRİ PARÇALI TOPRAK	C	1.5

ŞEKİL.13

7 — SONUÇ :

Mikrobölgelendirme çalışmaları için yapılan jeofiziksel araştırmalar şu özellikleri ile tercih edilmektedirler :

1 — Veri toplama işlemi daha uygun aletler kullanılarak yapılmaktadır. (Örneğin; büyük yerleşme merkezleri olan şehirlerde kullanılan ve patlayıcı niteliği olmayan enerji kaynakları, manyetik kayıt yapan aletler.)

2 — Verilerin değerlendirilmeleri elektronik hesaplayıcılar tarafından yapılmaktadır.

3 — Kuru ve doymuş tabakalara uygulanan yerinde (insitu) dalga hızı tespiti mümkündür.

4 — Strain seviyelerine yapılan ve analizler için değerleri çok düşük olan ölçülerin düzeltilmesi mümkündür.

5 — Sismik araştırmalarla ilgili tecrübe kayıtları ve geçmişte oluşmuş örneklerle hasarın şiddet derecesinin tespiti, ayrıca lokal jeolojik yapılar arasındaki farkların ortaya çıkarılması da mümkündür.

REFERANSLAR :

1 — Andrianova, Z. S., et. al., «Seismic Love Waves,» Tanslated by F. M. C. Goodspeed, Consultants Bureau, New York, 1967, 91 pp.

2 — Anstey, N. A., «Seismic Prospecting Intruments — Vol. 1 — Singal Characteristics and Instrument Specifications, «Geopublication Associates, Berlin — Stuttgart, 1970, 156 pp.

3 — Berzon, I. S. (Editor), «Seismic Wave Propagation in Real Media», (Translated from Russian journal by G.V. Keller) Available from Consultants Bureau, New York — London, 1969, 208 pp.

4 — Cerveny, V. and R. Ravindra, «Theory of Seismic Head Waves», University of Toronto Press, 1971, 312 pp.

5 — Dobrin, M.B., «Introduction to Geophysical Prospecting», 2 nd Edition, McGraw - Hill Book Company, 1960, 446 pp.

6 — Polshkov, M.K. (Editor), «Exploration Geophysics», (English translation of the Soviet Serial Publication «Prikladnaya Geofisika» — Translation Editor: G.V. Keller) Available form Consultants Bureau, New York (Ist English Edition is Vol. 47, 1968)

7 — Grant. F.S. and G.F. West, «Interpretation Theory in Applied Geophysics», McGraw - Hill Book Company, 1965, 538 pp.

8 — Griffiths, D.H. and R.F. King, «Applied Geophysics for Engineers and Geologists», Pergamon Press, 1965, 223 pp.

9 — Geophysical Prospecting, Published Quarterly by the European Association of Exploration Geophysicists, Vol. 20, 1972

10 — Geophysics, Published bi-monthly by the Society of Exploration Geophysicists, Vol. 37, 1972.

11 — Musgrave, A.W., «Seismic Refraction Prospecting», Society of Exploration Geophysicists, 1967, 604 pp.

12 — Nomokolyou, V.P. and D.K. Ganguli, «Theory of Seismic Prospecting Instruments», (2nd Edition Revised) Gordon and Breach, New York, London, Paris, 1967, 142 pp.

13 — White, J.E., «Seismic Waves (Radiation, Transmission and Attenuation)», McGraw-Hill Book Company, 1965, 302 pp.

14 — «CENTO Conference on Earthquake Hazard Minimization», Ankara, Turkey, july 1968, 204 pp. (especial reference to paper by. R.E. Wallace, «Geologic Factors in Earthquake Damage»).

15 — Housner, G.W. (Chairman), «Earthquake Engineering Research», Report to National Science Foundation by Comission on Earthquake Engineering Research, Publication of National Academy of Sciences, Washington, 1969, 313 pp. (Chapter 4, «Soil Mechanics and Earth Structure», p. 138)

16 — «Prediction of Earthquake Progress to date and Plans for further Development», by Earthquake Prediction Research Group, E.R.I., University of Tokyo, january 1967, 21 pp.

17 — Whitman, R.V., Proceedings of the Symposium on Soil - Structure Interaction, Tuscon, Arizona, September 1964 (Discussin on p. 600)

18 — Ballard, R.F. and R.E. Leach, «Development of a Vibropacker System for Inducing Polarized Shear Waves and Compressive Waves at Depths,» Miscellaneous Paper S-69-30, July 1969, U.S. Army Engineers Water. Ex. Stat. CE, Vicksburg, Mississippi.

19 — Carlson, R.C., etal., «High-Resolution Seismic Uphole Surveys at the Lawrence Radiation Laboratory,» Geophysics, Vol. 33, February 1968, pp. 78,87.

20 — Casagrande, D.R., «Vibro/Seismic Survey and Crater Disturbance Zone Delineation Pre-Gondola/Fort Pecki Montana, «Miscellaneous Paper S-69-6, February 1969, U.S. Army Engineers Water. Ex Stat. CE, Vicksburg, Mississippi.

21 — Cherry, J. and K. Waters, «Shear Wave Recording Using Continuous Signal Method, Part 1 - Early Development.» Geophysics, Vol. 33, April 1968 pp. 229-239.

22 — Dunster, D.E. and D.E. Miller, «A Research Study to Determine the Ocurrence and Structural Competency of Deep Rock Formations by the Use of Surface Vibrators,» Contract Report S-68-2, December 1968, U.S. Army Engineers Water. Ex. Stat. CE, Vicksburg. Mississippi.

23 — Edgerton, H. and G. Hayward, «The Boomer Sonar Source for Seismic Profiling,» Journal of Geophysical Research, Vol. 69. 1964. pp. 3033-3042

24 — Erickson, E., etal., «Shear Wave Recording Using Continuous Signal Method, Part 11-Later Expedimentation,» Geophysics, Vol 33 April 1968, pp. 240-254

25 — Gever, R.L. and J. Myung, «The 3-D Velocity Log; A Tool for insitu Determination of the Elastic Moduli of Rock,» Twelfth Annual Symposium on rock Mechanics, Universitiy of Missouri. Rolla, Missouri. November 1970.

26 — Giles, B., «Pneumatic Acoustic Energy Source», Geophysical Prospecting, Vol. 16, March 1968, pp. 21-53

27 — Gurbuz, B.M., «Singal Enhancement of Vibrating Source Data», Geophysical Prospecting, Vol. 20, No. 2, june 1969, pp. 421-437.

28 — Guyod, H. and L.E. Shaine, «Geophysical Well Logging — Vol. 1», Publication of Hubert Guyod, Houston, Texas, 1969, 256 pp.

29 — Maxwell, A.A. and F.B. Fry, «A Procedure for Determining Elastic Moduli of in-situ Soils by Dynamic Techniques, «Proceedings of the International Symposium on Wave Propagation and Dynamic Properties of Earth Materials», University of New Mexico Press, August 1967.

30 — Smith, V., «Recent Underwater Surveys using Low-Frequency Sound to Locate Shallow Bedrock», Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 69, 1958, pp, 69-98.

31 — Domzalski, W., «Some Problems of Shallow Refraction Investigations Geophysical Prospecting, Vol. 4, No. 2, pp. 140-166.

32 — Green, R., «The Hidden Layer Problem,» Geophysical Prospecting, Vol. 10, 1962, pp. 166-170

33 — Golder, H.O. and L. Soderman «Merits and Mistakes of Geophysics in Civil Engineering, «2 nd. American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering.

34 — a. Scott, J.H., et al, «Computer Analysis of Seismic Refraction data», United States Bureau of Mines, Report of Investigations 7595, 1972

34 — b. Proceedings of the International Symposia on Geophysical Theory and Computers

2nd Symposium, Rehovoth, Israel, 1965 (Publication for Royal Astronomical Society by Blackwell Scientific Publications, Oxford)

5th Symposium, Tokyo and Kyoto, 1968 (Published in Journal of Physics of the Earth, Geophysical Institute, University of Tokyo, August 1968.

35 — Soske, J.L., «The Blind Zone Problem in Engineering Geophysics», Geophysics, Vol. 24, 1959, pp. 359-365.

36 — Swiger, W.F., et al., «Subsurface Investigation for Desing and Construction of Foundations of Buildings: 11, «Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, A.S.C.E., Vol. 98, No. 6, june 1972.

37 — Allam, A., «An Investigation into the Motion of Microtremors through Experimental Studies of Seismic waves», Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Vol. 7, 1970, pp. 1-59

38 — Duke, C.M., «Techniques for Field Measurement of Shear Wave velocity in Soils», 4th W.C.E.E., Santiago, Chile, 1969, A-5, pp. 39-54.

39 — Geyer, R. and S. Marther, «SH Waves from Explosive Sources», Geophysics, Vol. 34, December 1969, p. 893.

40 — Kisslinger, C., et al., «SH Motions from Explosions in Soil», Journal of Geophysical Research, Vol. 66, pp. 3487-3496.

41 — Kawasumi, H., et al., «S-Wave Velocities of Subsoil Layers in Tokyo, 2», Bulletin of the E.R.I., Japan, Vol. 44, 1966, pp. 731-747

41 — a. Shima, E., et al., «S-Wave Velocities of Subsoil Layers in Tokyo, 2», Bulletin of the E.R.I., Japan, Vol. 46, 1968, pp 759-772.

42 — Kuboteva, A. and Y. Ohta, «On Seismic Waves Generated by Small Explosives», 1 and 11, Special Contributions, Geophsical Institute, Kyoto University (Part 1 — 1966, No. 6, and Part 11 — 1967, No. 7)

43 — Kurzeme, M., «In-situ Investigation Using SH-Waves», A.S.C.E. Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, Fabruary 1971, pp. 341 - 356

44 — Lastrico, R.M., et al., «Effects of Site and Propagation Path on Recorded Strong Earthquake Motions», Bulletin of the Seismological Society of America, Vol 62, 1972, pp. 933-954.

45 — Linehan, D., «Seismology Applied to Shallow Zone Research», A.S.T.M., Symposium on Surface and Subsurface Reconnaissance, 1951, STP 122.

45 — a. Linehan, D. and V.J. Murphy, «Engineering Seismology Applications in Metropolitan Areas», Geophysics, Vol. 27, No. 2, April 1962.

46 — Meidav T., «Shear Wave Velocity Determination in Shallow Seismic Studies», Geophysics, Vol. 32 December 1967, pp. 1041 - 1046.

46 — a. Meidav T., «Shear Wave Velocity Determination in Shallow Seismic Studies», Geophysics, Vol. 32, December 1967, pp. 1041-1046.

47 — Murphy, V., «Use of Cross-hole Techniques for in-situ Velocity and Moduli Determination», Research Brief — Soil Dynamics Special Session , 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mexico City, 1969.

48 — Newmark, N.M. and E. Rosenblueth, «Foundamentals of Earthquake Engineering,» Prentice Hall, 1971, 640 pp. (p. 422)

49 — Ohta, Y. and E. Shima, «Experimenthal Study on Generation and Propagation of S-Waves: 11-Preliminary Experiments on Generation of SV-Waves,» Bulletin of the E.R.I., Japan, Vol. 45, 1967, pp. 33-42

49 — a. Ohta, Y., «Experimental Study on Generation and Propagation of S-Waves: 111 — Generation of SV-Waves by Means of a Modified Explosion Source,» Bulletin of the E.R.I., Japan, Vol. 45, 1967, pp. 727-738.

49 — b. Shima, E. and Y. Ohta, «Experimental Study on Generation and Propagation of S-Waves: I — Designing of SH-Wave Generator and Ist Field Tests», Bulletin of the E.R.I., Japan, Vol. 45, 1967, pp. 19-31.

50 — Ohsaki, Y., «The Effects of Local Soil Conditions Upon Earthquake Damage», Soil Dynamics Specialty Conference, 7th International Conference on Soil Mechanics on Foundation Engineering, Mexico, 1969, p. 52.

51 — Stokoe, K.H. and Woods, R.D., «In-situ Shear Wave Velocity by Cross hole Method», Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, A.S.C.E., Vol. 98, No. 5, May 1972

52 — Whitcomb, J.H «Shear-Wave Detection in Near-Surface Sismic Refraction Studies», Geophysics, Vol. 31, Octoler 1966, pp. 981-983.

53 — Aisiks, E.G. and I.W. Tarshansky, «Soil Studies for Seismic Design of San Francisco Transbay Tube», A.S.T.M. — STP 450, 1969, pp. 138-166.

54 — Seed, H.B. and I.M. Idress, «Soil Moduli and Damping Factors for Dynamic Response Analysis», University of California at Berkeley Report EERC 70-10, December 1970.

55 — Swain, R.J., «Recent Techniques for Determination of In-situ Elastic Properties and Measurement of Motion Amplification in Layered Media», Geophysics, Vol. 27, April 1962, pp. 237-241.

56 — Berson, I.S., et al., «Wave Refraction by Aquiferous Sands, I and II», Bulletin (Izvestiza) Geophysics Series, Academy of Sciences, U.S.S.R., 1959, pp. 17-29 and 115-118 (Translations by the American Geophysical Union — P. Byerly, Chairman)

57 — Biot, M.A., «Theory of Propagation of Elastic Waves in a Fluid — Saturated Porous Solid — I, Low-frequency Range — II, High-frequency Range», Journal of the Acoustical Society of America Vol. 28, 1956, pp. 168-191.

58 — Brutsaert, W. and J. Luthin, «The Velocity of Sound in Soils Near the Surface as a Function of the Moisture Content», Journal of Geophysical Research, Vol. 69, 1964, pp, 643-652.

59 — Duguid, J., «Refraction Determination of Water Table Depth and Alluvium Thickness», Geophysics, Vol. 33, June 1968, pp. 481-488.

60 — Gibson, F.W., «Measurement of the Effect of Air Bubbles on the Speed of Sound in Water», Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 48, November 1970, pp. 1195-1197.

61 — Pakiser, L.C., «Geological and Geophysical Studies of California - Nevada Fault Zones», Proceedings of the 2nd United States-Japan Conference on Research Related to Earthquake Prediction Problem, June 1966, pp. 45-46, Sponsored by the National Science Foundation and the Japan Society for Promotion of Science.

62 — Ansano, S., et al., «Explosion Seismic Studies of the Matsushiro Earthquake Swarm Area», Geological Survey of Japan, Special Report No. 5, 1969.

63 — Arsovski, M., et al., «Seismological and Geological Investigations of the Skopje Valley and Urban Area», Proceedings of the International seminar on Earthquake Engineering, Skopje, 1964, pp. 87-90.

64 — Duke, C.M., et al., «Subsurface Site Conditions and Geology in the San Fernando Earthquake Area», U.C.L.A., Eng. 7206, December 1971.

65 — Leslie, S.K. and J.B. Biggs, «Earthquake Code Evolution and the Effect of Seismic Design on the Cost of Buildings», M.I.T. Structural Publication No. 341, R72-20, 1972.

66 — Rummerfeld, B., et al., «Seismic Survey in the Region of Recent Earthquake Activity near Denver, Colorado», Geophysics, Vol. 33, December 1968, pp. 915-925.

67 — a. Seed, H., et al., «Relationships Between Soil Conditions and Building Damage in the Caracas Earthquake of July 29, 1967», University of California, Berkeley, Report No. EERC 70-2, Fabruary 1970.

67 — b. Seed, H., et al., «Soil Conditions and Building Damage in the 1967 Caracas Earthquake», Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, A.S.C.E., August 1972.

68 — Whitman, R.V., «Effect of Soil Conditions on Damage to Structures, Caracas Earthquake of 20 july 1967», Report to Presidential Comission for Study of the Caracas Earthquake, 1969.

69 — Whitman, R.V., Evaluation of Soil Properties for Site Evaluation and Dynamic Analysis of Nuclear Plants», in seismic Design for Nuclear Power Plants, Edited by R. Hansen, M.I.T. Press, 1970, 489 pp.

70 — U.S. Atomic Energy Comission, Appendix A, «Seismic and Geologic Siting Criteria for Nuclear Power Plants», proposed Amendments to Regulations 10CFR, Part 100.

Japonya'nın Bazı Bölgelerinde Gözlenen Deprem Zararları ve Zemin Altı Şartları (*)

Hazırlayan :
Tokyo Üniversitesi Deprem Araştırma Enstitüsü Zemin Altı Araştırmaları Grubu

Çeviren
Mehmet Emin Özel (**)

Geçmiş depremlerden, deprem hasarı miktarlarının zeminaltı şartlarına göre değiştiği tesbit edilmişti. Son zamanlarda Japonya'da, sismik hasarları çeşitli bakımlardan incelemek üzere birçok araştırmalar yapılmaktadır. Bu arada, (a) Sismik hasarın jeolojik yapıya olan bağlılığını açığa çıkarmak amacı ile, sarsıntı alanının jeolojik incelemesi yapılmakta, (b) Çeşitli zemin şartlarında inşa edilen yapıların depreme mukabelesi ile ilgili olarak da, sismik dalgaların karakteristikleri üzerindeki çalışmalara devam edilmektedir. Dalga karakteristikleri, sun'i zemin tabakalarından yüksek derecede etkilenirler. Bu nedenle, sismik hasarların incelenmesinde zeminin sismik (veya dinamik) karakterini bilmek gerekmektedir.

Tokyo Üniversitesi Deprem Araştırmaları Enstitüsü, Zemin- altı Araştırmaları Grubunca Tokyo, Osaka, Yokohama. Kawasaki - Nagoya, Ichinomiya, Sakata şehirlerinde ve Totomi yönetim bölgesinde ayrıntılı araştırmalar yürütülmüş ve bu çalışmaların sonuçları birçok yerlerde yayınlanmıştır.

Bu tebliğde, Araştırma Grubu tarafından yapılan en son çalışmalar hakkında bilgi verilecek ve daha çok da, 1944 Tonankai depreminde zarar gören ahşap yapılarda tesbit edilen sismik hasarların dağılımı üzerinde durulacaktır. Ayrıca, Osaka'nın şehirsel alanı için, Araştırma Grubu tarafından yapılan sismik bölgeler haritası hakkında da bilgi verilecektir.

(*) Makalenin orijinali Proc. II nd World Conference an Earth. Eng. Vol. 1 Sayfa 311 de yayınlanmıştır.

(**) Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

(A) Totomi bölgesindeki ahşap meskenlerde sismik hasar yüzdelerinin dağılımı ile zeminaltı şartları arasındaki ilişki.

Yukarda belirtilen 7 Aralık 1944 tarihli depremin merkezi, Japonya'nın Büyük Okyanus kıyılarındaki Kumanonada olarak tesbit edilmiştir. Hasar genellikle Shizuako, Aichi ve Miye yönetim bölgeleri sınırları içinde görülmüştür.

Bu çalışma, Prof. H. Kawasumi ve diğer Araştırma Grubu üyeleri yardımı ile, S. O oba tarafından yürütülmüş ve elde edilen sonuçlar daha önce yayınlanmıştır (1). Aşağıdaki paragraflarda, bu çalışmanın sonuçları kısaca açıklanacaktır.

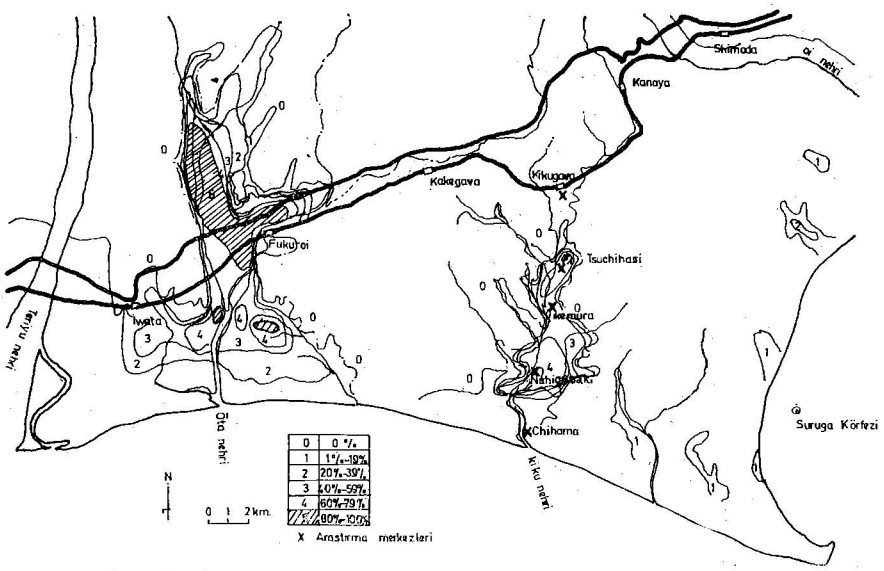
Uygun olması bakımından, Koaza köyü ve Ku kasabası, herbirine 20 — 30 veya 60 — 70 ev düşmek üzere birkaç altbölgeye ayrılmıştır. Her bölgedeki zeminsel jeolojik şartlar, yaklaşak olarak tek—düze bir durum arz ediyordu. Bu durumdaki alt bölgeler, bir şehir (Hamamatsu) ve ona ait 116 kasaba ve köye ait 1150 alt bölgenin % 98'ini teşkil ediyordu.

Sarsıntının şiddeti aynı tür yapılar üzerindeki dinamik etki farklarından bulunabilir. Bölge nüfus yoğunluğu oldukça yüksek olduğundan, meskenler, en yaygın ve yapısal bakımdan da pek farklı olmayan yapılar olarak göze çarpmaktadır. Bu nedenle, hasar gören evlerin yüzdesi, depremin şiddetinin bir ölçüsü olarak alınabilir. Eğer, bu bölge yukarıda belirtilen şartlar altında, gerektiği şekilde incelenebilirse, yersarsıntısının bilinen zemin altı şartlarında gösterdiği şiddetin ortalama değeri hakkında bilgi elde edilebilecektir.

Tamamen yıkılmış evlerle kısmen hasar görmüş evlerin tarifleri hakkında ortaya çıkabilecek belirsizlikleri önlemek için, bu çalışmada, yalnız tamamen yıkılmış evler referans alınacaktır.

Episantr'a en yakın olmamasına rağmen, Totomi'deki hasar en yüksek olmuştu. Merkezî Meteoroloji Gözlemevi (Central Meteorological Observatory) tarafından hesaplanan uzaklık 150 ilâ 200 km. arasında idi. Bütün deprem bölgesindeki hasar gören evlerin sayısının 26130 olduğu ve bunun 1/3 üne yakın kısmı olan 5183 hasar görmüş evin Totomi'de olduğu rapor edilmiştir.

Tamamen çökmüş evlerin yüzdeleri Şekil 1'de verilmektedir. % 20, 40, 60 ve 80'lik izosismal eğriler de şekilde çizilmiştir. Yine şekilde gözlendiği üzere, hasar oranının % 100'e kadar yükseldiği bölgelere Ootagawa ve Kikukawa nehirleri vadilerinde rastlanmaktadır. Tenryu ve Ooi nehir yataklarında ise durum oldukça farklıdır. Şiddet dağılımlarından, deprem şiddeti ile epsisantr'a olan uzaklık arasında doğrudan doğruya bir bağıntı elde edemeyiz. Ayrıca, sismik merkezden, bu tip çok özel bir enerji akışı da beklenemez. Bu nedenle, sismik hasar dağılımı ile ilgili olan daha başka sebepler aramalıyız. Jeolojik oluşum şekilleri ile dağılım eğrileri arasında yakın bir benzerlik görülüyor. Buna bakarak, Şekil 1'de gösterilen dağılımın, oralardaki zemin altı şartlarının bir göstergesi olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 1 — Totomi yönetim bölgesinde ahşap konutlardaki hasarın dağılımı.

Bu görüşlerden hareketle, söz konusu alan aşağıda gösterilen şekilde 10 parçaya ayrılmıştır.

1 — Ootagawa Havzası (C_o, G_0),
2 — Kikugawa Havzası (C_k),
3 — Makinohara Platosu ayağındaki alüvyonlu alan (C_m)

4 — Hamana Gölü yakınındaki alüvyonlu alan (C_h, S_h),
5 — Tenryu Ovası (G_t),
6 — Ooigawa Ağzı (G_i),
7 — Ogasa Dağı etrafındaki çakıllı bölge (G),
8 — Kıyıdaki kum tepecikleri ile dolu alan (S_c),
9 — Sellerin oluşturduğu plato bölgesi (Diluvial Plateau) (D),
10 — Kayalık temelli bölge (R),

C, S, G ve R sembolleri, sıra ile, balçık, kum, çakıl ve kaya temellerini; o, k, m, h, t, i ve g alt— indisleri ise, yukarda bahsedilen bölgelerin isimlerini göstermektedir.

Balçıklı bataklık yığılımlarının uzandığı nehir boyundaki alçak bölgelerde önemli ölçüde yüksek bir hasar tesbit edildiği halde, sellerin oluşturduğu plato bölgesinin çakıllı alanlarında veya daha yüksekçe olan çakıl yataklarında hasarın oldukça düşük olduğu (Tenryu ve Ooigawa bölgelerinde olduğu gibi) göze çarpmıştır.

Hasar, sahildeki kum tepecikleri civarında orta derecede ve kayalık bölgede ise ihmal edilebilir derecededir.

Mesken olarak kullanılan ahşap yapılardaki hasarın çeşitli jeolojik oluşum bölgesindeki ortalama yüzdesi şöyledir.

C	(balçıklı)	için	% 26,1
G	(çakıllı)	için	% 1,4
S	(kumlu)	için	% 3,5
D+R		için	% 0,2

A') Totomi bölgesi zeminaltı şartlarının daha ayrıntılı incelenmesi :

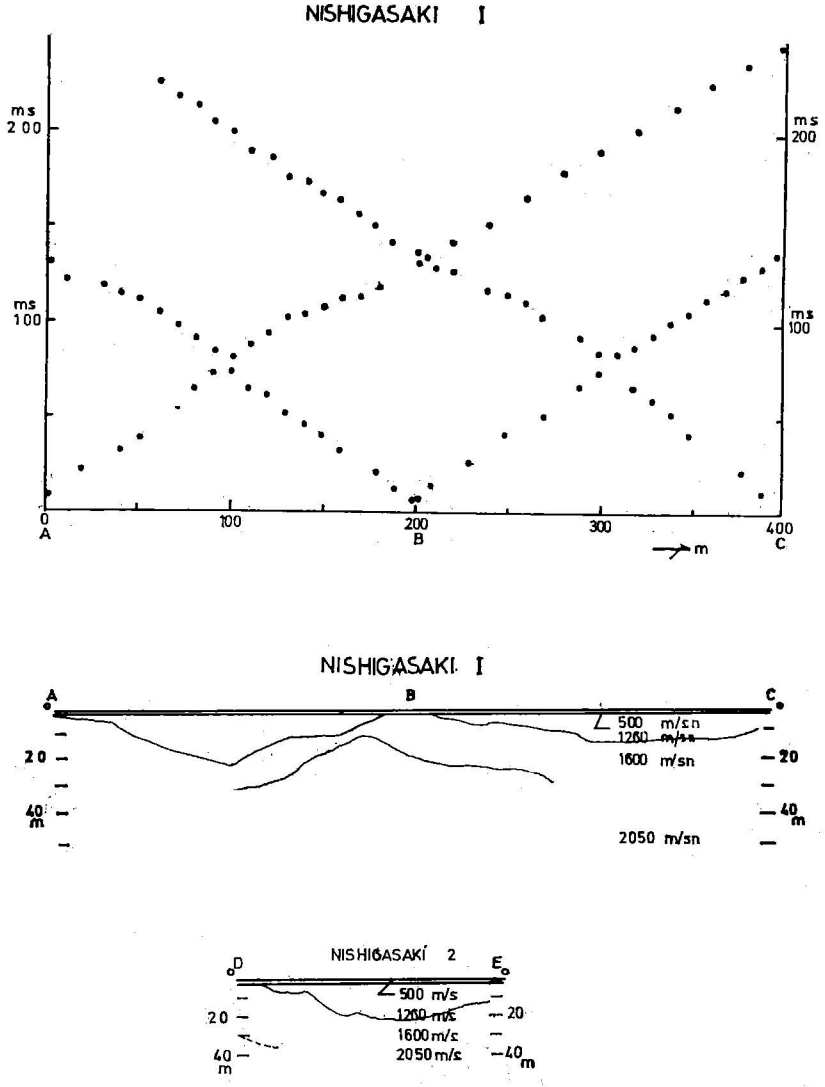
Totomi bölgesindeki sismik hasar üzerine Zemin altı Araştırma Grubu tarafından daha ayrıntılı çalışmalar yürütülmüş, bu sırada, sismik araştırma (seismic prospecting), delmeyle elde edilen örneklerin jeolojik incelenmeleri, zemin örneklerinin mekanik analizi vs. gibi çeşitli metotlar uygulanmıştır. Bu çalışmaların en yoğun yürütüldüğü alanlar Kikukawa ve Ootagawa bölgeleri olmuştur.

Arazinin sınıflandırılması için bu alanların muhtelif yerlerinde yapılan mikrotremor gözlemlerinin sonuçlarından

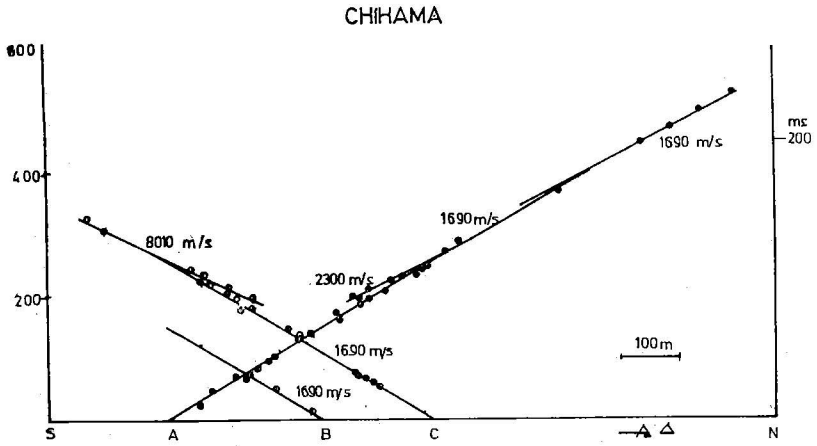
faydalanılmıştır. Fakat, bu konudaki sonuçları açıklamak için vakit erkendir.

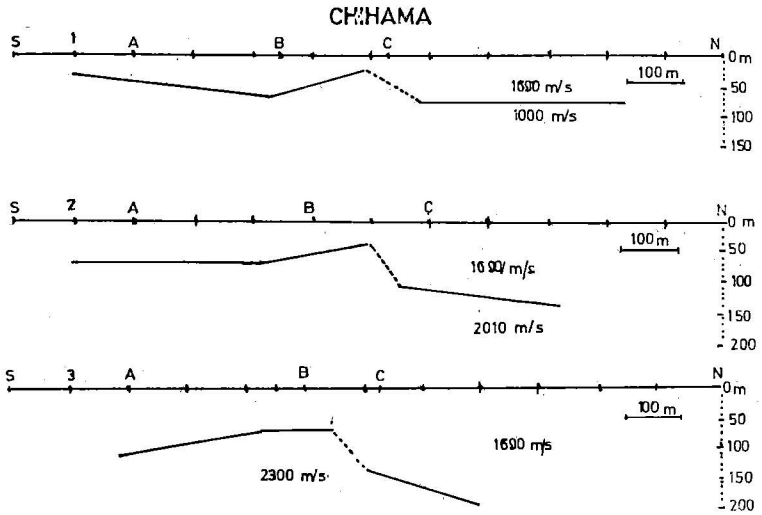
Sismik araştırma metodu 5 köyde yürütülmüştür. Bunlardan Nishigasaki ve Tsuchihaski'de hasar oranı % 80, Ikemura'da % 40 — 60, Chihama'da % 2 ve Kikukawa'da yaklaşık olarak sıfır idi.

Böylelikle, bu yerlerdeki yeraltı oluşum' ı Şekil 2'de gösterildiği üzere, açığa çıkarılmıştır.

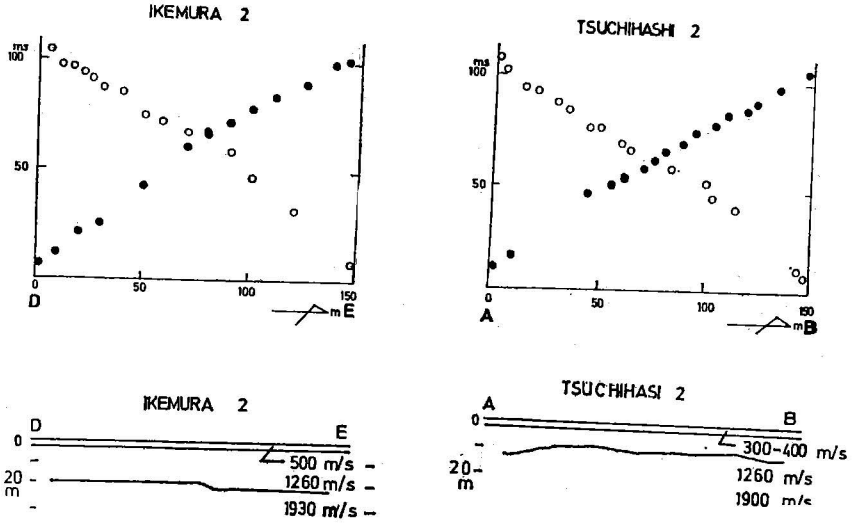


Şekil 2 — (1). Sismik metotlar ile elde edilen varış-zamanı eğrileri ve kesitler.

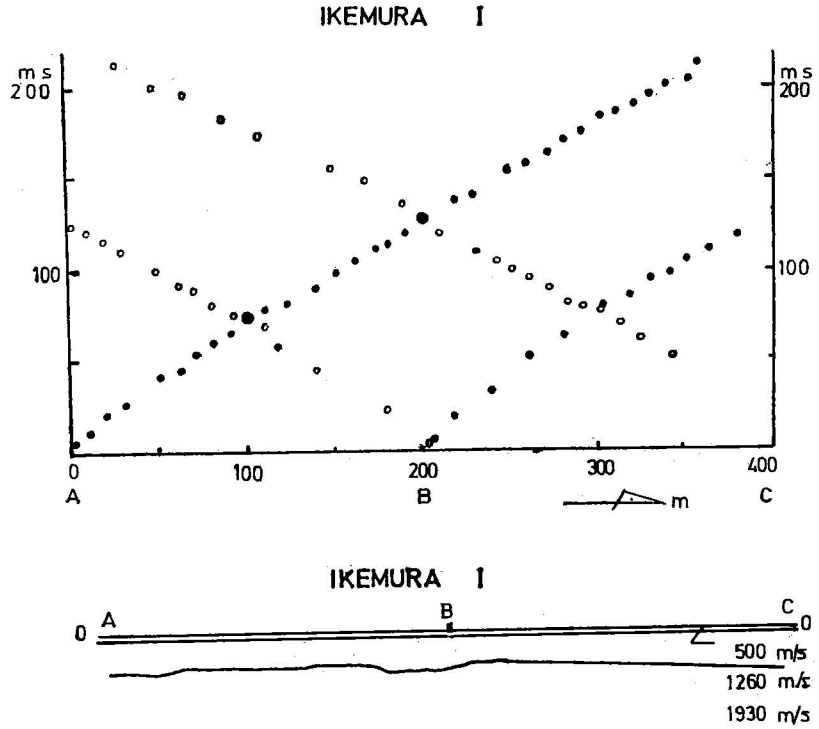


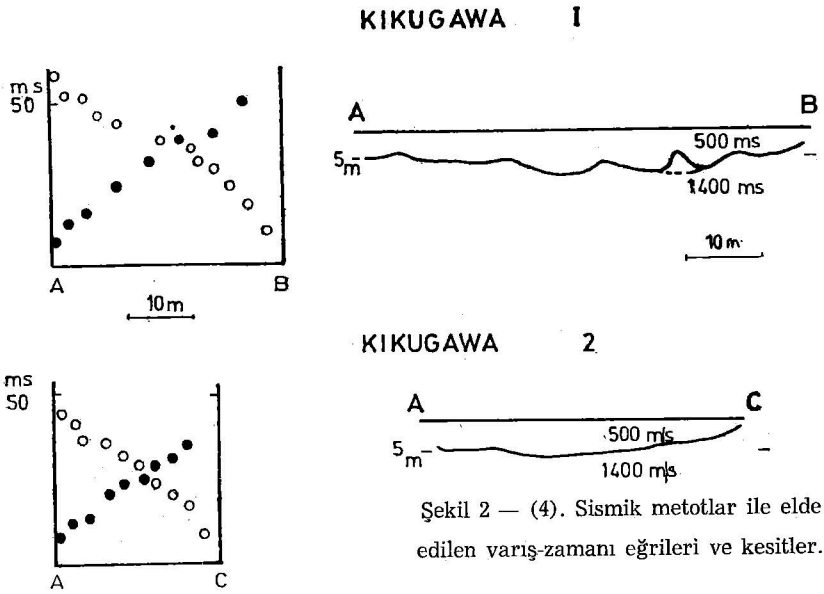


Şekil 2 — (2). Sismik metotlar ile elde edilen varış-zamanı eğrileri ve kesitler.



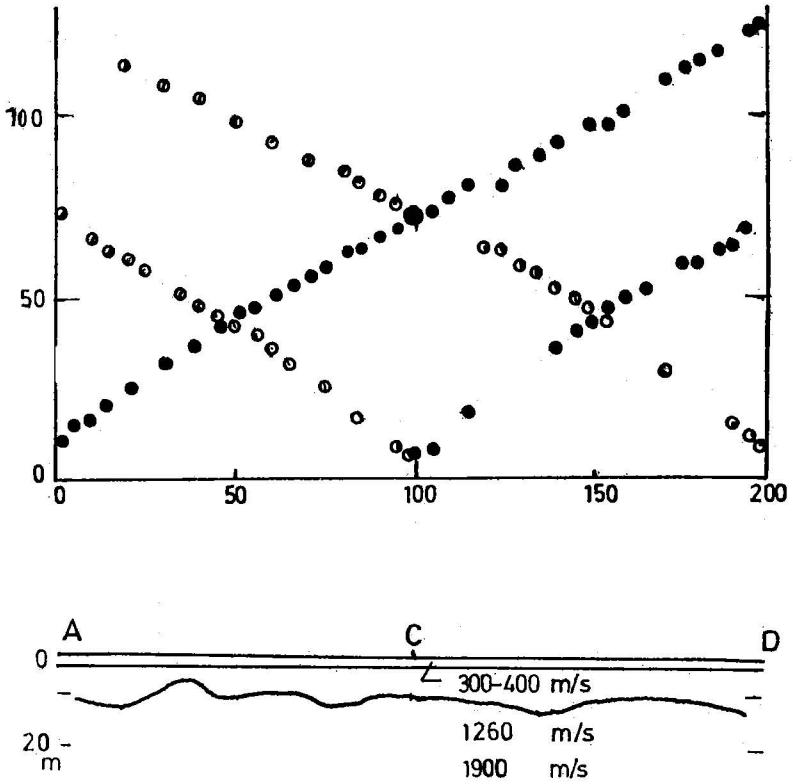
Şekil 2 — (3). Sismik metotlar ile elde edilen varış-zamanı eğrileri ve kesitler.





Şekil 2 — (4). Sismik metotlar ile elde edilen varış-zamanı eğrileri ve kesitler.

TSUCHIHASHI I



Şekil 2 — (5). Sismik metotlar ile elde edilen varış-zamanı eğrileri ve kesitler

Genelikle, yüzey tabakası hızı 500 m/sn, ikinci tabaka hızı 1200 — 1400 m/sn ve üçüncü tabaka hızı 1900 — 2050 m/sn olarak tesbit edilmiştir.

Yüzeye yakın yerler hiç bir zaman basit bir oluşum göstermemektedirler. Ayrıca, 2. ve 3. tabakalar arasındaki sınırlar da düzgün değildir. Sismik araştırma yapılan yerlerde bu kabil gözlemlerde bulunulmuştur.

Meselâ, Nishigasaki'de vadinin gidişine uyan ve derinliği 2 — 25 m. arasında olan 1260 m/sn'lik bir ikinci tabaka görülmüştür. Nishigasaki gibi yerlerde, hasar daha yakından incelendiğinde oranın çok daha değişik olduğu görülmüştür. Hasarın büyüklüğü tabakanın kalınlığına bağlı görünmektedir.

1923 depreminde görüldüğü üzere, Yokohama'daki ahşap yapılar üzerindeki hasarın oranı, alüvyon tabakasının kalınlığı arttıkça yükselmektedir. Alüvyon kalınlığının 30 m ve daha fazla olduğu yerlerde çok yüksek bir hasar oranı vardır. Totomi bölgesinde de aynı durum gözlenmiştir.

Chihama köyünde, yeraltı oluşumlarında bir süreksizlik saptanmıştır. Ikemura, Tsuchihashi ve Kikukawa gibi diğer yerlerde ise, tabakaların kalınlıklarındaki değişmeler daha küçüktür.

Kikukawa ve diğer bölgelerdeki zemin toprak yapısı aşağıdaki noktalar bakımından dikkatli bir şekilde incelenmiştir :

1 — Delgiler vasıtası ile, zemin toprağının dikey dağılımı,
2 — Su içeriği,
3 — Eleklerle yapılan mekanik analizler.

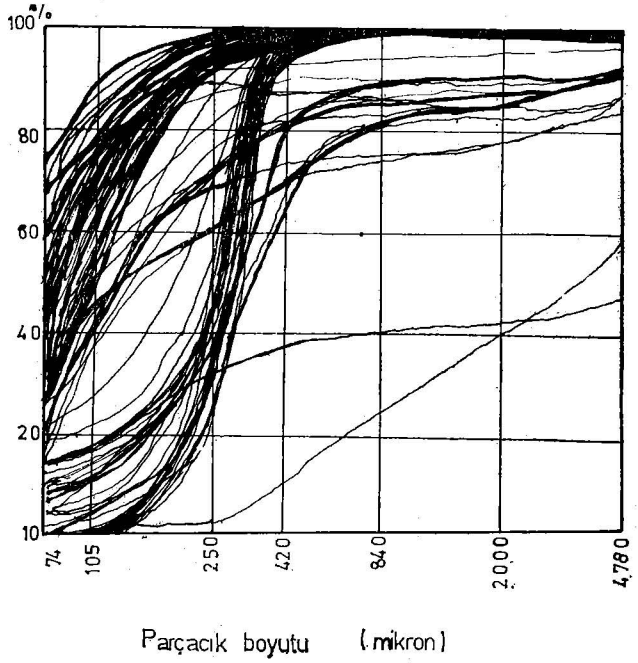
Bunlar arasında, mekanik analizler için büyük emek sarfedilerek 35 yerden 84 örnek zemin toprağı ve maksimumun bulunduğu alandan (Nishigasaki) 9 örnek zemin toprağı alınarak incelenmiştir.

Kendinden hareketli; 4, 9, 20, 35, 60, 140 ve 200 gözlü, göz genişlikleri sıra ile 4, 760; 2, 000; 0, 840;0, 250;0, 105 ve 0,074 mm olan elekler kullanılmıştır.

Örneklerden elde edilen yığılma eğrileri Şekil 3'te verilmektedir. Şekil'deki eğriler, yaklaşık olarak iki sınıfa ayrılabilir ki, birinci sınıfta parçacık boyutu 250 mikron civarında,

diğerinde 100 mikron civarındadır. Birinci grup daha ziyade kumlu bir zemine, diğeri ise milli bir zemine işaret etmektedir.

Kabaca söylenebilir ki milli zeminlerde hasar oranı oldukça yüksek, kumlu kısımlarda ise düşük olmuştur.



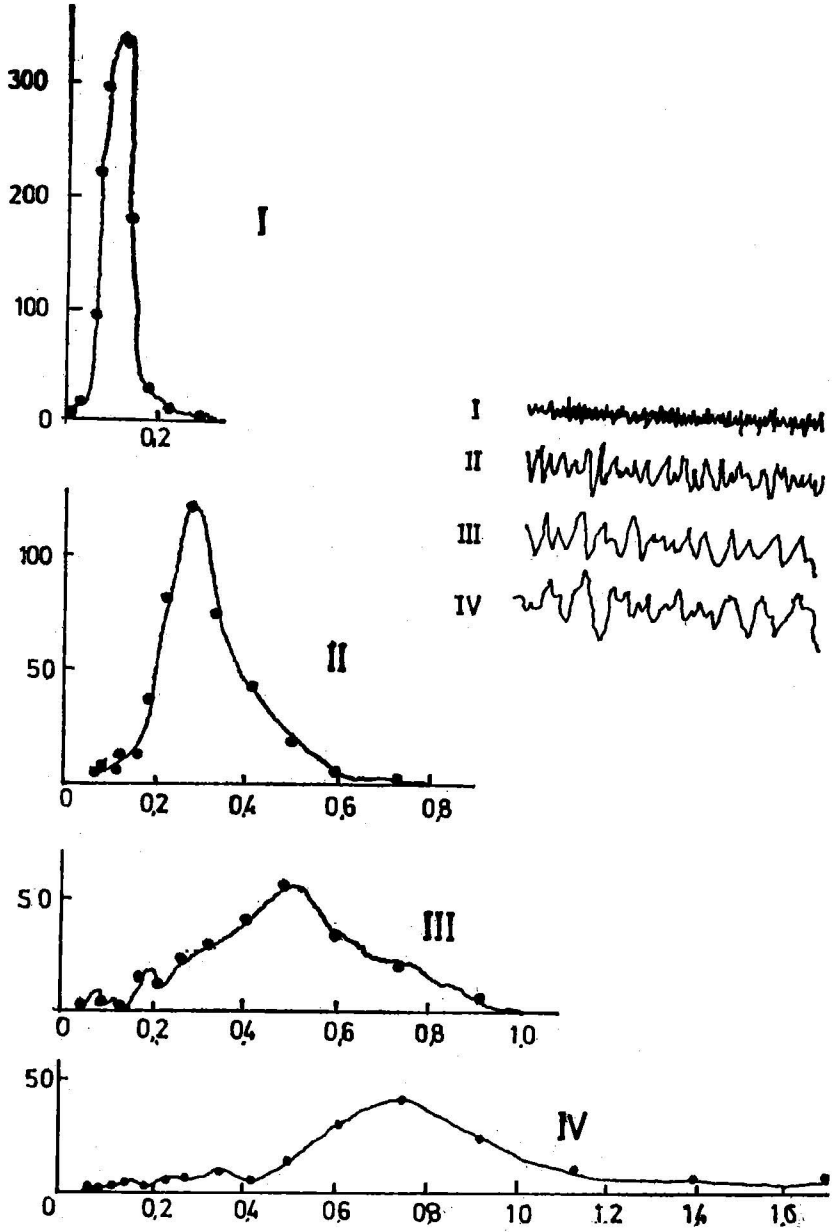
Şekil 3 — Yığılma eğrileri.

B) Osaka şehri civarındaki yerlerin sınıflandırılması :

Aynı yıllar için, mikro—tremor metodu uygulaması ile yerin cinsi hakkında karar verebilmek için çalışmalar yapılmıştır. Tipik kayıtlar ve mikro—tremor'ların frekans eğrileri Şekil 4'te görülmektedir.

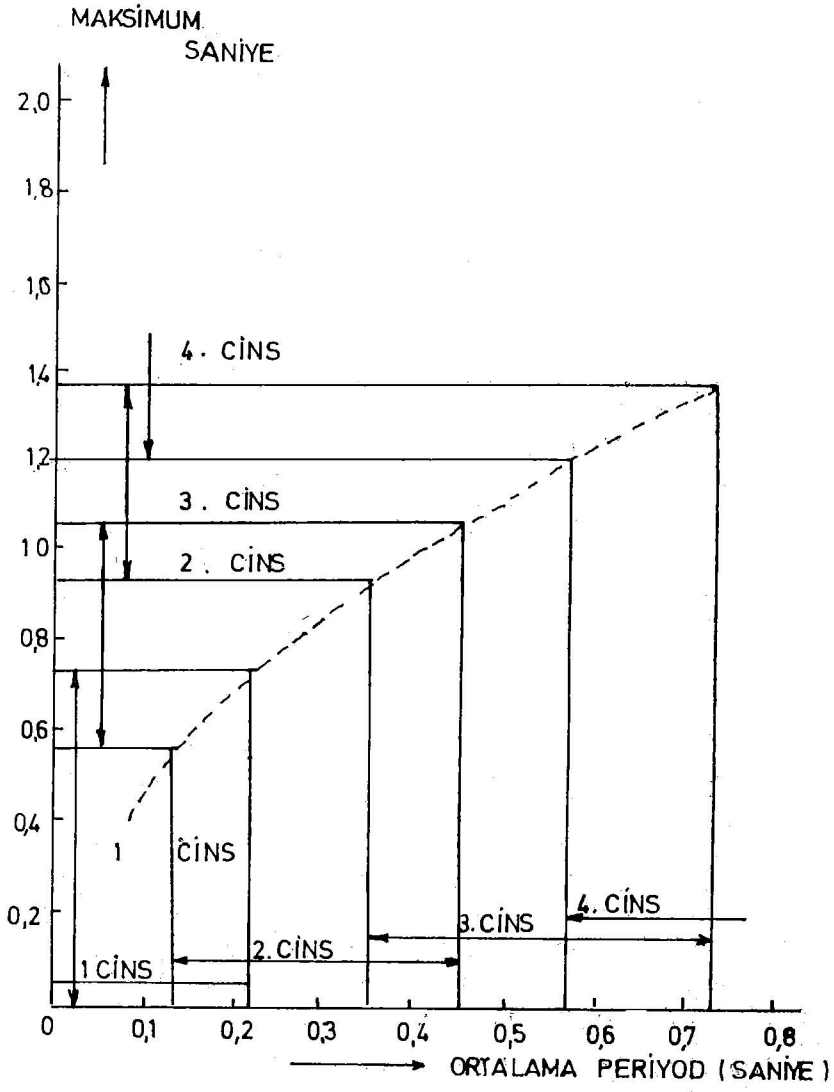
Aşağıdaki paragraflarda, mikro—tremor gözlemlerinden elde edilen, çeşitli yerlere ait örneklerin sınıflandırılması metodu hakkında açıklamalar yapılacaktır.

Mikro—tremorun hakim periyot, ortalama periyot ve maksimum periyot değerlerinin ne zaman ölçülseler değişmeyeceği bilinmektedir. Burada, maksimum periyodun fiziksel anlamı henüz tam açıklığa kavuşmuş değilse de yer sınıflandırmasında bu periyodu kullanmak uygun olmaktadır.



Şekil 4 — Tipik mikro-tremor kayıtları ve frekans eğrileri.

Zeminlerin sınıflandırılmasında Şekil 5 teki gibi bir diyagram kullanılması uygun olmaktadır. Burada, maksimum periyodun değeri çeşitli noktalarda tayin edilen ortalama periyoda karşı çizilmiştir. Şekil, ordinat ve absise paralel sınır çizgileri ile 4 ayrı kısma ayrılmıştır. Eğer bir nokta 2. kısma düşü-

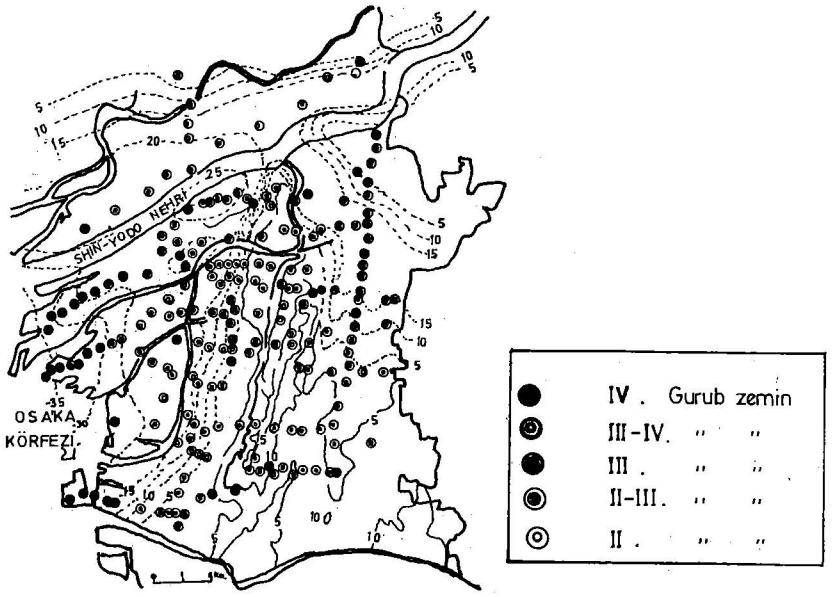


Şekil 5 — Zeminlerin sınıflandırılmasında kullanılan diyagram. (K. Kanai'den).

yorsa, bu nokta tarafından temsil edilen zemin 2. cins olarak sınıflandırılacaktır. Bir nokta 2. ve 3. kısım arasına düşüyorsa, bu noktaya ait olan zemin çinsi 2 — 3 olacaktır.

Mikrotremorların, Osaka şehrinde, gözlenmesi ve sonuçların alınması Zemin—altı Araştırma Gurubu tarafından yürütülmüştür.

Bu noktalar için, şimdiye kadar yapılan zemin sınıflandırmalarının sonuçları Şekil 6 da vermektedir.



OSAKA Şehri için değerlendirilmiş zemin cinsleri

Şekil 6 — Osaka'da yapılan zemin sınıflama çalışmalarının sonuçları.

Bu şekilde görüleceği üzere, zemin cinsi genellikle 3 ten yukarıdır, yani genellikle yumuşaktır.

Bu Şeklin yaklaşık olarak merkez bölgelerinde 2 — 3 cinsi bir kısım görülmektedir. Osaka'nın bu bölgesinde yer kabuğu yöresel olarak serttir. Bu bölge, Oogımachi, Saka—suzi ve Tanimachi ve Abeno yakınındadır.

Osaka'nın Osaka kalesinden Tennoji'ye doğru uzanan yukarı kısımlarının iyi ve sert bir zemine sahip olduğu görülmüştür. Bu bölgedeki zemin genellikle 3 veya 3 - 4 cinsi olarak bulunmuştur.

4. cins olarak isimlendirilen çok yumuşak zemin bölgeleri Osaka körfezi ve diğer benzer yerlerde gözlenmiştir. Buralar bir zamanlar balçık ve bataklık idi.

Tam çizgiler yerin yüksekliğini, kesikli çizgiler çakıl (Gravel) tabakasının derinliğini gösterirki bu tabakalar çok serttir ve birçok binanın temelleri bu tabaka üzerindedir.

Temelin iyi olduğu yerlerde bu çakıl tabakasının derinliği azdır. Cinsi 2 — 3 olan yerlerde kalınlık yaklaşık olarak 5 m. 4. cins olan yerlerde ise 25 m'den fazladır.

Temel kısımlarının yumuşak ve kötü olarak sınıflandırıldığı yerlerde kullanılan standartlar hakkında şu yayından faydalanılabilir: (Japon) İmar Bakanlığı, Notification No. 1074, Temmuz 1952;

1 — Yumuşak delta yığılımlarından, üst—zemin (top--soil), çamur, veya benzeri oluşumlardan meydana gelen aluvyonlar (kalınlığı 30 m veya fazla)

2 — Bataklık, dibi çamurlu deniz kıyıları gibi bölgelerin ıslahı ile elde edilen alanlar. Buralarda, ıslah edilen kısımların kalınlığı 3 m. veya fazladır ve ıslah işlemlerinin üzerinden 30 yıldan az bir süre geçmiştir.

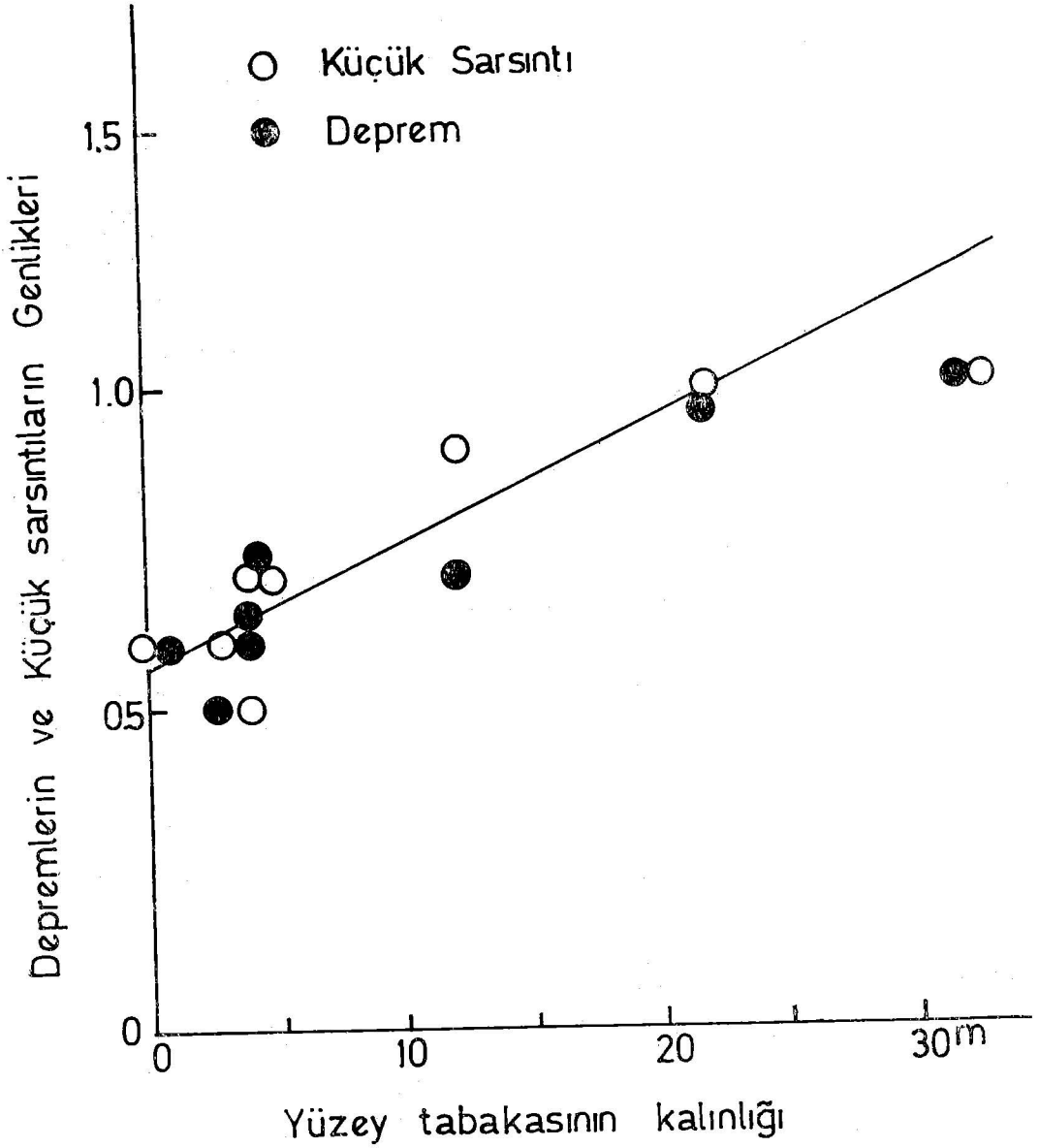
Kötü ve yumuşak zeminler üzerine yapılmış olan ahşap yapılar üzerindeki yatay sismik kuvvet çizim katsayısı 0,3'ten az olmayacaktır. (Yapı Standartları Kanunu, Madde 88, Kasım 1950).

Depremlerle küçük sarsıntıların mukayeseli incelenmesi (Osaka'da) :

Osaka'nın çeşitli yerlerinde, depremlerle küçük sarsıntılar (microseisms) arasında mukayeseli gözlemler yapılmıştır.

Küçük sarsıntı deyimi ile, periyotları genellikle mikrotremor'ların periyotlarından daha uzun olan titreşimsel yer hareketleri kastedilmektedir. Periyodun değeri, birkaç saniye mertebesindedir.

Gözlemlerin sonuçları Şekil 7'de verilmektedir.



Şekil 7 — Osaka'da çeşitli istasyonlardaki zemin toprağı kalınlıkları ile depremlerin ve küçük sarsıntıların genlikleri arasındaki bağın tı (Kowan istasyonundaki değerler birim olarak alınmıştır.)

Genliklerin oranı yatay zemin tabakalarının kalınlığı arttıkça artmaktadır. Aynı eğilimin depremler ve küçük sarsıntılar içinde görülmesi ilgiyi çekmektedir. Bu nedenle zeminlerin sınıflandırılmasında mikrotremorlar kadar, küçük sarsıntıların da gözlenmesi faydalı olmaktadır.

K A Y N A K L A R :

1) S. Ooba : Study of relation between the subsoil conditions and the distribution of the damage percentage of wooden dwelling houses in the province of Totomi in the case of the Tonankai earthquake of December 7th, 1944, Bull, Earthq. Res. Inst. No. 1, Cilt 35, 1957.

Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni
Yayın Koşulları

1. Bültene gönderilecek telif ve tercüme yazıların :

   a) Depremle doğrudan doğruya, ya da dolaylı yoldan ilgili olması

   b) Bilimsel ve teknik bir değer taşıması

   c) Yurt içinde daha önce başka bir yerde yayınlanmamış olması

   d) Daktilo ile ve kağıdın yalnız bir yüzüne en az nüsha olarak yazılmış bulunması

   e) Şekillerinin aydınger kağıdına çini mürekkebi ile çizilmiş olması

   f) Fotoğrafların net ve klişe alınmasına müsait bulunması gerekmektedir.

2. Telif araştırma yazılarının baş tarafına araştırmanın genel çerçevesini belirten en çok 200 kelimelik İngilizce, Fransızca ya da Almanca bir özet konulmalıdır.

3. İmar ve İskân Bakanlığı mensubu elemanlar tarafından hazırlanan ve telif ya da tercüme ücreti ödenerek yayınlanacak olan yazıların, mesai saatleri dışında hazırlanmış olduğu yazan, derleyen, ya da çevirenin bağlı bulunduğu birim amiri tarafından (genel müdürlüklerde daire başkanı, müstakil birimlerde birim amiri) verilecek bir belge ile belgelendirilmesi zorunludur. Bu belge ile birlikte verilmeyen yazılar için ücret ödenmez.

4. Telif ve tercüme ücretleri ancak yazı bültende yayınlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.

5. Bültende yayınlanacak yazıların 300 kelimelik beher standart sahifesi için teliflerde 40, tercümelerde 30 TL. ücret ödenir.

6. Yazılarda bulunan şekiller için, gerekli olan asgari alan içinde bulunabilecek kelime sayısına göre ücret takdir edilir.

7. Telif ve tercüme ücretlerinden doğacak vergi yükümlülüğü tamamen yazı sahiplerine aittir.

8. Yazıların bültende yayınlanması Deprem Araştırma Enstitüsü bünyesinde teşekkül eden Uzmanlar Kurulu'nun kararı ile olur.

9. Seçmeyi yapacak Uzmanlar Kurulu 5. maddede sözü edilen asgari alanları hesaplamaya ,yazı sahiplerine gerek siz uzatmaların kısaltılmasını teklif etmeye verilecek ücrete esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.

10. Kurulca incelenen yazıların bültende yayınlanıp yayınlanmayacağı yazı sahiplerine yazı ile duyurulur.

11. Yayınlanmıyacak yazılar bu duyurmadan sonra en geç bir ay içinde sahipleri tarafından geri alınabilir. Bu süre içinde alınmayan yazıların korunmasından Enstitü sorumlu değildir.

12. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi haber tanıtma v.b. gibi nedenlerle gönderilecek not ve açıklamalar ya da bu nitelikteki yazılar için ücret ödenmez.

13. Enstitü mensupları Enstitüce kendilerine verilen görevlere ait çalışmalarından ötürü herhangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.