



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

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

70



Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

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



Nisan [April] / 1992
Cilt [Volume]: 19

Sayı [Issue]: 70

İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Yapıda Denetim ve Sertifikalı Mühendis [Construction Supervision and Certified Engineer]

Semih S.TEZCAN, Rifat YARAR, Hasan BODUROĞLU 5-24

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

17 Ocak 1995 Hyogoken Nanbu Depreminin Oluşum Mekanizması ve Deprem Dalgalarının Özellikleri [Mechanism and Seismic Characteristics of Hyogo-Ken Nanbu Earthquake of January 17,1995]

Ömer AYDAN 25-42

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Kuzey Anadolu fayının paleosismisitesi: Mudurnu vadisi segmentinde örnek çalışma [Paleoseismology of the North Anatolian Fault: A Case Study of the Mudurnu Valley Segment, Turkey]

Ramazan DEMİRTAŞ 43-63

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Batı Anadolu'da Kabuk Yapısının Saptanması [Determination of Shell Structure in Western Anatolia]

Doğan KALAFAT, Mehmet KARA, Zafer ÖĞÜTCÜ, Gündüz HORASAN

..... 64-89

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Prefabrike Çerçeveli Yapılarda Depreme Dayanıklı Kolon-Kiriş Ek Yeri Tasarımı [Earthquake Resistant Design of Beam-Column Joints of Prefabricated Frame Structures]

Nejat BAYÜLKE 90-109



Yüksek KURULUŞ
İşletim

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

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

70



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

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

70

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ



Üç Ayda Bir Yayınlanır
Bilim ve Meslek Dergisi



Sahibi
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Adına

Oktay Ergünay
Afet İşleri Genel Müdürü



Yazı İşleri Müdürü
Erol Aytaç

(Jeomorfolog)
Afet İşleri Genel Müdürlüğü
Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı



Posta Kutusu 763
Kızılay - ANKARA



Telefon : 287 36 45 - 287 36 46

ÖZYURT MATBAACILIK
Tel: 230 76 31
ANKARA

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

YIL 19

SAYI 70

1992

BU SAYIDA

Yapıda Denetim ve Sertifikalı Mühendis S. S. TEZCAN
R. YARAR
H. BODUROĞLU

17 Ocak 1995 Hyogoken Nanbu
Depreminin Oluşum Mekanizması ve
Deprem Dalgalarının Özellikleri Ö. AYDAN

Kuzey Anadolu Fayının Paleosismisitesi
Mudurnu Vadisi Segmentinde Örnek Çalışma..... R. DEMİRTAŞ

Batı Anadolu'da KabukYapısının Saptanması..... D. KALAFAT ve
Diğerleri

Prefabrike Çerçevesel Yapılarda Depreme
Dayanıklı Kolon-Kiriş Ek Yeri Tasarımı N. BAYÜLKE

YAPIDA DENETİM ve SERTİFİKALI MÜHENDİS

Semih S. Tezcan⁽¹⁾, Rifat Yazar⁽²⁾, Hasan Boduroğlu⁽³⁾

ÖZET

Plânsız yapılaşmanın ve denetimsiz bina inşaatının ülkemizde nasıl bir çarpık kentleşmeye yol açtığı, insan huzurunu ve mutluluğunu hiçe sayan boyutlara ulaştığı dile getirilmiştir. Ülkemizde özel sektör inşaatlarında çağdaş nitelikte bir yapı denetiminin bulunduğunu iddia etmenin güçlüğüne işaret edilmiştir. Göç olgusu ile gittikçe artan bir hızla büyüyen kentlerimizde, tüketiciye sağlıklı, güzel, kaliteli, güvenceli ve işlevleri yerinde yapılar kazandırmanın çareleri araştırılmıştır.

İstanbul'da meydana gelebilecek şiddetli bir depremin yol açacağı ağır can ve mal kaybı tahminlerine yer verilmiştir. Özel sektör binalarının denetimi ile ilgili yasal sistemin niçin işlemediğine işaret edilmiş ve gelişmiş ülkelerin denetim sistemlerinden örnekler verilmiştir. Bina inşaatında çağdaş bir denetim sistemi "Sertifikalı Mühendis / Profesyonel Mühendis" kavramını gündeme getirmiştir. Böyle, yeni bir mühendislik kavramı yasallaşınca kadar, denetim görevinin Meslek Odaları aracılığı ile yapılması zarureti ileri sürülmüştür.

1. GİRİŞ

1.1 Çarpık Kentleşme

Çarpık yapılaşma, denetimsiz inşaat, çirkin mimarî, çağdışı ve ilkel çözümler, plânsızlık, yetersiz İmâr Mevzuatı, çok sık değişen ve hiçe sayılan nazım plânlar, kaçak inşaat ve denetimsizlik... İşte şehirlerimizin, şehir yaşamımızın boynuna sarılmış sanki bir veba mikrobi. Gecekondu çilgınlığından örnekler *Şekil 1* ve *Şekil 2*'de verilmiştir.

Bir blok arsa içindeki kat adetlerini bile kontrol edemez olmuşuz. İki katlı bir binanın yanbaşında beş, onun yanında on, hemen yanında yedi katlı bir bina ile burun buruna gelirsiniz de sebebini bir türlü izah edemezsiniz.

1.2 Mevcut Denetim Sistemi

İnşaatın kalitesi, sonuçta insanımızın can ve mal güvenliği, ülkemizde büyük bir tehlike ortamına itilmiştir. Proje ve uygulamanın denetimi 3.5.1985 Tarih ve 3194 Sayılı İmâr Kanunu ile Yerel Yönetimler'in sorumluluğuna bırakılmıştır. Bu sorumluluğun bilincinde olmayan, özellikle 27 Mart 1994 Seçimleri'nde işbaşına gelmiş Refah Partili Belediye Başkanları, işi oluruna terk etmişler, "Projeleri bir Mühendis yapıyor ya" "İnşaatın bir Teknik Uygulama Sorumlusu var ya" diyerek, devekuşu misâli gerçeklere gözlerini yummuşlardır. Böylece, İmâr Kanunu'nun arkasına gizlenip, kafalarını kuma sokmuşlar ve çağdaş bir denetim ne demektir ve nasıl olmalıdır konusundaki bilgisizliklerini ve umursamazlıklarını ortaya koymuşlardır.

⁽¹⁾ Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi

⁽²⁾ İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi E. Öğretim Üyesi,

Türkiye Deprem Mühendisliği Millî Komitesi Başkanı, Türkiye Deprem Vakfı Başkanı

⁽³⁾ İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Öğretim Üyesi



ŞEKİL 1. – GECEKONDU ÇILGINLIĞI (Tempo, Şubat 1993)



ŞEKİL 2. - YIKILANIN YERİNE YENİSİ YAPILIYOR (Tempo, Şubat 1993)

1.3 Göç Olayı Bir Kısır Döngüdür

1945'te 1 256 000 olan İstanbul nüfusu yılda ortalama yüzde 4 oranında artarak, elli yıl içinde 1995'te en az 9 200 000'e ulaşmıştır. Kısaca, elli yılda 7'ye katlanmıştır. Halbuki, bu arada Türkiye'nin nüfusu elli yılda 18.8 milyondan 63 milyona çıkarak sadece 3.3 katı artmıştır. İstanbul'daki bu anormal nüfus artış hızı benzer şekilde Ankara ve İzmir'de de mevcuttur.

Görülüyor ki, üç büyük şehrimize Anadolu'dan çok büyük göç olmuş ve hâlâ da olmaktadır. Bu elli yıl içinde, Anadolu'dan, özellikle kırsal kesimden, yaklaşık 12 milyon nüfus yerini yurdunu terk etmiştir. Bunun 2 milyonu yurtdışına, geri kalan 10 milyonu ise on büyük şehrimize göç etmiştir (*Tezcan, 1994*). En çok göç veren on ilimiz sırası ile, Sivas, Kastamonu, Kars, Balıkesir, Erzurum, Niğde, Yozgat, Çorum, Gümüşhane ve Çanakkale'dir. 1955-1990 yılları arasında bu illerden toplam 4 milyon kişi göç etmiştir. En çok göç alan on ilimiz ise sırası ile, İstanbul, Ankara, İzmir, Adana, İçel, Kocaeli, Antalya, Diyarbakır, Hatay ve Gaziantep'tir. 1955-1990 yılları arasında bu illere toplam 7.2 milyon kişi göç etmiştir.

İşte çarpık kentleşmenin, plânsızlığın, su sıkıntısının, trafik keşmecesinin ve çağdışı şehir yaşamının temel nedeni budur. Elbette, göçün nedenleri ayrıca incelenmeli, sorun vakit geç olmadan kökeninden çözüme kavuşturulmalıdır. Aksi halde göç kendi kendini durduracaktır. Çünkü, İstanbul'da yaşam çekilmez bir hâl alacaktır.

Eğer bir projeksiyon yapmak gerekirse, tersine bir göç olgusu ile karşılaşmadıkça bu tempo ile (*yılda yüzde 4 artış*) elli yıl sonra 2045 yılında İstanbul'un nüfusu 68 milyon olacaktır. Bugünkü 9 milyon nüfusa yetmeyen İstanbul'un alt yapısı (*yolu, suyu, kanalizasyonu, telefonu, elektriği, okulu, hastanesi*) 68 milyon nüfusa nasıl yetecektir?

İstanbul'un il sınırları içindeki yerleşim bölgelerinin alanı 54 720 hektardır. 1995 nüfusu olarak kabul edilen 9.2 milyon nüfus bugünkü yerleşim bölgeleri alanına bölünürse, hektar başına ortalama yoğunluk 168 kişi olur. İstanbul ilinin toplam arazisi içinden göller ve ormanlar çıkarılırsa, geriye yerleşim alanı olmaya uygun toplam sadece 132 000 hektarlık boş arazi kalır. 2045 yılına kadar yeni gelecek 59 milyon nüfusu bu yeni alana bölerssek, yeni yerleşim bölgelerinde hektar başına 447 kişi düşecek ki, bu yaşanılması mümkün olmayan bir şehir olacak demektir.

Demek ki, İstanbul nüfusu çarpık ve kısır bir döngü içindedir. İstanbul'un nüfusu bugünkü tempo ile büyüyemez. Muhakkak önlemler alınmalıdır. Yapılacak işlerin başında, çevreyi koruyacak, sıhhatli ve huzurlu yaşanacak mekânlardan oluşan şehir plânlarını yapmak ve bunları hiç bozmadan uygulamak gelir. Yeni yerleşim bölgeleri ve mücavir sahalar için İstanbul'da hiçbir imâr plânı yoktur. Plânsızlık, başıbozukluk, denetimsizlik, fırsatçılık ve gecekondulaşma bu yeni yerleşme yörelerinin yegâne plânıdır. Ayrıca, Emlâk Vergisi ve diğer Ek Vergiler yolu ile, İstanbul'a göçü caydırıcı önlemler alınmalıdır.

1.4 Normlar ve Standartlar

Çağdaş şehircilik anlayışından, özgün bir mimarî karakterden, uzun vâdeli plân ve programlardan yoksun olan bu ortaçağvârî yapılaşmanın bir de, standart ve normlara uygunsuzluk açısından yürekler acısı bir panoraması vardır.

Konut inşaatında enerji tasarrufuna ve dolayısı ile, ısı yalıtımı kurallarına uyulmasını emreden "*TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*" ve özellikle, Bayındırlık ve İskân Ba-

kanlığı'nın yayınladığı "16.1.1985 Tarih ve 18637 Sayılı İmâr Yönetmelikleri" özel inşaatlarda genellikle gözardı edilmektedir. Böylece, bilinçsiz dış duvar malzemesi seçimindeki hatalarımız, yıllık enerji kayıplarımızın astronomik boyutlara ulaşmasına yol açmaktadır.

Deprem güvencesini sağlayacak yapım kurallarına uyulması ise, henüz bir fantazi sayılmaktadır. Ses ve su izolasyonu ise gündeme hiç gelmez.

Yapı fiziğinin aradığı şartlar, normlara ve standartlara uygunluk çok etkin ve bilinçli bir kalite kontrol ve denetim sistemini beraberinde getirir. Su yalıtımı da, ses yalıtımı da, yangın güvenliği de, ısı yalıtımı ve deprem güvencesi kadar önemli ve hayatî konulardır. Hangi yerel yönetim, yapı fiziğinin bu gibi önemli ve hayatî konularında etkin bir denetim sürdürebilmektedir?

1.5 Deprem Riskinin Azaltılması

Nüfusumuzun yüzde sekseni 1'inci ve 2'nci derece şiddetli deprem kuşakları üzerinde yaşamaktadır. Her şiddetli depremde, binlerce kişi hayatını kaybetmekte, onbinlerce kişi evsiz kalmaktadır. Son 85 yılın büyük depremlerinde meydana gelen can ve mal kaybı *Ek 1*'de verilmiştir. Bu tabloların hazırlanmasında çoğunlukla "*Türkiye Büyük Depremleri Makrosismik Rehberi*", *Eyidoğan ve arkadaşları, 1991*'nden yararlanılmıştır. Ayrıca, 13 Mart 1992 Erzincan depreminde, işyerleri de dahil, toplam 4 061 konutun az hasarlı, 3 290 konutun orta hasarlı ve 2 169 konutun ise yıkık veya ağır hasarlı olduğu unutulmalıdır.

Görülüyor ki, 85 yıl içinde 70 adet büyük deprem meydana gelmiştir. Demek ki, ortalama her 1.2 yılda bir adet şiddetli deprem olmaktadır. Dünyada hiçbir ülkede tahripkâr depremler bu kadar sık değildir. Bu depremlerin bilançosuna bakılırsa, 85 yıl içinde 81 078 kişi hayatını kaybetmiş ve 461 155 bina ağır veya orta hasar görmüştür. Bazı orta şiddetli depremlerdeki can ve mal kaybı da eklenirse, özellikle depremlerde hafif hasar gören binaları da gözönüne alırsak, bilançonun gittikçe ağırlaştığını ve ülke ekonomisine yılda yaklaşık ortalama 6 000 adet konuta eşdeğer zarar verdiğini görmekteyiz. Bir konutun , sosyal ve teknik altyapısı dahil, metrekare bedeli 250 US Doları olarak kabul edilirse, yıllık ortalama kaybın 6 000 (250 US Doları) 100 = yaklaşık 150 milyon US Doları olduğu hesaplanır.

Bu hasarların ve kayıpların suçlusu elbette "*deprem*"in kendisi olamaz. Gerçek suçluyu arıyorsak, eğitim ve denetim noksanlığına bakmalıyız. Türkiye'de (1994) mevcut yaklaşık 45 000 inşaat mühendisinden depreme dayanıklı bina projelendirme kurallarını bihâkkın bilip uygulayanların sayısı yüzde 1'i geçmez. Hangi üniversitemizde, lisans seviyesinde depreme dayanıklı tasarım dersleri zorunlu ders olarak okutulur? Hiçbirinde!..

Hem eğitimi noksan verelim, hem denetimi gözardı edelim, hem de Japonya'da, Kalifornia'da olduğu gibi şiddetli bir depremi en az hasarla ve çok az sayıda can kaybı ile atlatabıyız ümit edelim! Bu mümkün değil!

1.6 İstanbul İçin Deprem Senaryoları

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Âfet İşleri Genel Müdürlüğü'nde yapılan bir araştırmaya göre (*Ergünay, 1991*) İstanbul'da meydana gelebilecek şiddetli bir depremde en az 180 000 binanın orta hasar göreceği, 93 000 binanın yıkılacağı ve bu arada 33 000 kişinin öleceği, 100 000 kişinin yaralanacağı ve en az 1 milyon kişinin de evsiz kalabileceği hesaplanmaktadır.

Diğer bir senaryoya göre (Erdik, 1991) 12 000 binanın orta hasar, 4 000 binanın ağır hasar göreceği ve 5 000 binanın yıkılacağı, ayrıca 21 000 kişinin öleceği tahmin edilmektedir.

1.7 Beton Kalitesinin Denetimi

İstanbul'da dökülen betonların kalitesizliği üzerine yapılan ve 202 şantiye, 603 örneği içeren deneysel bir araştırmaya göre (Arioğlu, 1974 ve Arioğlu, 1976) aşağıdaki alarm verici sonuçlar elde edilmiştir:

"Beton kalitesinin 16 MPa öngörüldüğü şantiyelerde ortalama mukavemet 9.7 MPa olarak gerçekleşmiş, dolayısı ile beton kalitesinde yüzde 40'lık bir eksiklik saptanmıştır. Bu şantiyelerdeki yeterli mukavemete erişebilme ihtimali ancak yüzde 2 olmuştur. Diğer bir deyimle, bu şantiyeler yüzde 98 ihtimalle Yönetmelik'e aykırı beton dökmüşlerdir."

İstanbul'da 1980'li yıllardan itibaren yaygınlaşmaya başlayan hazır beton üretiminin, bu hizmeti kullanan şantiyelerde, beton için bir kalite güvencesi doğuracağı şüphesizdir. Ancak, İstanbul ve Türkiye genelinde bu güvencenin mevcut olduğunu söyleyebilmek kolay değildir.

Bütün bunlar bizi, binalarımızın proje ve uygulamalarının usulüne uygun yapılmadıklarını, dolayısı ile sıkı bir denetime tabi tutulmaları gerektiği kanısına ve yargısına götürmüyor mu? Çağdaş medeniyet seviyesini yakalamak için her türlü kopyasını çıkarmaya çalıştığımız gelişmiş Batı ülkelerindeki kalite, kontrol ve denetim sistemini, bina inşaatlarımıza niçin getiriyoruz?

2. İMÂR KANUNU HÜKÜMLERİ

Bina inşaatlarının kalite kontrolü, denetimi ve İmâr Mevzuatı'na uygunluğu, 3.5.1985 Tarih ve 3194 Sayılı İmâr Kanunu ile Yerel Yönetimler'in sorumluluğuna bırakılmıştır. Kanun'un 22'nci Maddesi aynen şöyle der:

"Yapı Ruhsatı almak için Belediye'ye yapı sahipleri veya kanunî vekillerince dilekçe ile müracaat edilir. Dilekçeye sadece, tapu, mimarî proje, statik proje, elektrik ve tesisat projeleri, resim ve hesapları, röperli veya yoksas, ebatlı kroki eklenmesi gerekir."

Belediyeler'ce ruhsat ve ekleri incelenerek eksik ve yanlış bulunmuyorsa müracaat tarihinden itibaren en geç otuz gün içinde yapı ruhsatı verilir."

Bu Fıkra'nın orjinal halinde, Belediyeler'in ruhsat verme yetkisi "Yeminli Serbest Mimarlık ve Mühendislik Büroları"na verilmiş idi. Ancak bu, 18.4.1987 Resmî Gazete ve E.1985/11, K.1986/29 s Numaralı Anayasa Mahkemesi Kararı ile iptal edilmiştir.

Yapının uygulama sırasındaki denetimi ise, yapı sahibinin seçeceği ve ücretini ödeyeceği bir Teknik Sorumlu'ya bırakılır. Madde 28 aynen şöyle der:

"Yapının fennî mesuliyetini üzerine alan meslek mensupları yapıyı ruhsat ve eklerine uygun olarak yaptırmaya, ruhsat ve eklerine aykırı yapılması halinde durumu üç iş günü içinde ruhsatı veren Belediye'ye bildirmeye mecburdurlar."

Binanın inşaatı bitince, yapı kullanma izni müracaatı yapılır ve Madde 30'a göre, sadece gözleme dayalı kısa bir inceleme sonucu, yapı kullanma izni verilir.

"Mal sahibinin müracaatı üzerine, yapının ruhsat ve eklerine uygun olduğu ve kullanılmasında fen bakımından mahzur görülmediğinin tespiti gerekir."

Görülüyor ki, projelerin kontrolü Belediye mühendislerine, uygulamanın kontrolü Fenni Sorumlu'ya bırakılmaktadır. İşte bütün proje ve uygulama çarpıklıkları İmâr Kanunu'nun yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Yılda 120 000 konut inşa edilen İstanbul'da proje kontrolü ile görevli mühendislerin sayısı parmakla sayılacak kadar azdır.

Diğer günlük işlerinin yanı sıra, yılda ortalama 1 500 konut projesi onaylamak zorunda kalan ve bu arada imâr durumu, kanalizasyon çözümü ve harç hesaplarını yapmakla yükümlü bir Belediye mühendisinin, bu işi gerçek anlamı ile kontrol edebilmesi için yeterli vakti yoktur. Çoğu zaman depreme dayanıklılık kurallarından habersizdir veya yeterli bilgi ve tecrübe birikiminden yoksundur.

3. BELEDİYE - TMMOB İŞBİRLİĞİ

3.1 Proje Denetimi

Denetim gereğinin bilincine varan Belediyeler, Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği ile Protokoller imzalayarak, proje denetiminin ehliyetli ve tecrübeli mühendisler eliyle, bilinçli ve etkin bir şekilde yapılmasını sağlamışlardır. Bu maksatla, önceleri 1980 yılından itibaren, TMMOB devreye girmiştir. Ancak, 12 Eylül Askerî Müdahalesi'nden sonra bu uygulamaya ara verilmiştir. Daha sonra, 1987 yılında, Belediyeler ile TMMOB arasında çeşitli Protokoller imza edilmiş ve genelde proje kontrollüğü büyük kentlerimizde Mühendislik Odaları'nın görevlendirdiği uzman mühendisler aracılığı ile yapılmıştır.

Esasen, TMMOB'nin 1954 Tarih ve 6235 Sayılı Kuruluş Kanunu ile ve onu tadil eden 7303 Sayılı Kanun'a göre, TMMOB'ne "Belediyeler'le işbirliği yaparak, yapıların proje ve uygulamaları konusunda meslekî denetim yapma görev ve yetkisi" verilmiştir.

Ancak, 27 Mart 1994 Yerel Seçimleri'nden sonra iş başına gelen Refah Partili Belediye Başkanları 1987 yılından beri Meslek Odaları tarafından bir Protokol ile sürdürülen denetim hizmetini, İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanı R. Tayyip Erdoğan'ın imzaladığı 22 Nisan 1994 Tarih ve 209 Sayılı Genelge ile bir gecede tek yanlı olarak iptal etmişlerdir. İstanbul'daki Meslek Odaları Şube Başkanları da bu tasarrufun sakatlığını dile getiren ağır bir cevap vermişler, hem de bir basın toplantısı yapmışlardır. Fakat, hiçbir müsbet sonuç alınamamıştır.

Böylece, Refah Partili Belediye Başkanları'nın sorumsuz tutumları ile durum büyük bir karanlığın içine itilmiştir. Şöyle ki, proje yapan mühendisin normlara ve standartlara uyup uymadığı, projenin hatalı yönleri olup olmadığı hiçbir şekilde kontrol edilmemektedir. İnşaatın uygulaması, sadece mal sahibinin ismen göstermek zorunda olduğu bir teknik uygulama sorumlusuna bırakılmaktadır. Bu fen adamının, bilgi ve tecrübe düzeyi aranmakta ve bu teknik sorumluluk bir imza formalitesini yerine getirmekten ve yasal bir zorunluğu göstermelik olarak sağlamakdan öteye bir denetim getirmemektedir.

İnşaatın projelere uygunluğu ise, inşaatın sonunda oturma izni vermeye giden karma meslek gruplarından bir heyetin birkaç saatlik gezisine inhisâr etmektedir. Binanın dış boyutu, kat adedi ve balkon çıkıntısının miktarı ölçülerek oturma izni hemen verilebilmektedir.

İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Bakırköy Temsilciliği tarafından verilen bir istatistiğe göre, 1989 Eylül ayında denetlenen projelerin yüzde 91'inde tasarım, hesap ve çizim hataları saptanmıştır. Demek ki, projelerin sadece yüzde 9'u hatasız bulunmuştur. Bu korkunç tablo bile, İnşaat Mühendisleri Odası'nın yaptığı proje denetiminin ne kadar isabetli olduğunu Refah Partili Belediye Başkanları'nın gözleri önüne sayısal olarak sermektedir (*Ansaf ve arkadaşları, 1994*).

Bu arada, Refah Partili olmayan Şişli, Beşiktaş, Kadıköy, Bakırköy, Bahçelievler, Zeytinburnu, Çatalca ve Silivri Belediye Başkanları Protokoller'ine sadık kalmışlardır. Bu ilçe Belediyeler'inde proje denetimleri sıkı bir şekilde Mühendislik Odaları'nca yürütülmektedir.

3.2 İnşaat Uygulama Denetimi

TMMBO ile Belediyeler arasında imzalanmış İşbirliği Protokollerinde, uygulamanın denetimine dönük bazı hususlar da vardır. Nitekim, İzmir, Denizli, Sakarya ve Gemlik Belediyelerinde, yapı kullanma izni verilirken, yerinde incelemeye giden heyete, İnşaat Mühendisleri Odası'ndan uzmanlar da katılmakta, böylece, kısmen de olsa, etkin bir denetim yapılmaktadır.

Belediyeler'in denetim görevlerinin belli bir statü içinde *TMMOB*'ne verilmesi için bir Kanun Taslağı hazırlanmış ve bu Taslak Bayındırlık ve İskân Bakanlığınca olumlu görüşe mazhar olmuşsa da, henüz (1994) Yasama Organları'na ihtikâl etmemiştir.

3.3 Tasarlanan Yönetmelikler

Bir yandan Bayındırlık ve İskân Bakanlığınca, *TMMOB*'nin denetim konusunda etkin rol alması hususunda Kanun Taslağı girişimleri devam ederken, diğer taraftan şaşırtıcı ve yetki konusunda kavram kargaşasına yol açacak bazı ilginç öneri Yönetmelikler de hazırlanmaktadır. Millî Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan bir Yönetmelik çalışmasında, Meslek Lisesi Mezunlarına dört kata kadar olan binaların, Teknik Okul mezunlarına ise, on kata kadar olan binaların proje yapımı ve inşaat uygulaması konularında denetim ve fennî mesuliyet yetkisi tanınması yer almaktadır.

Önemli fennî sorumluluk ve yetkileri, böylesine sınırlı eğitilmiş ellere cömertçe teslim etme teşebbüsünden hemen vazgeçilmelidir. Aksi halde, böyle bir Yönetmelik kalite kontrol ve çağdaş denetim fakiri olan ülkemizde onarılamaz yaralar açacaktır.

4. YABANCI ÜLKELERDE YAPI DENETİMİ

Ülkemizde denetim eksikliğini ve kargaşasını giderebilecek bazı önerilerde bulunmadan önce, bazı gelişmiş ülkelerde uygulanan denetim örneklerine kısaca bir göz atmakta yarar vardır. Bu amaçla, yoğun bir çalışmanın ve yurtdışında yapılan ayrıntılı incelemelerin ışığında hazırlanmış olan "*Yapıda Denetim-Sorumluk ve Sigorta*", *Karaesmen ve arkadaşları, 1989* adlı Rapor'dan yararlanılmıştır. Yapı denetimi konusunda çok geniş kapsamlı ve çok yararlı bilgi ve görüşleri içeren bu Rapor'dan burada sadece, bazı özet alıntılar yapılmıştır.

4.1 Fransa Örneği

Denetim sistemi içinde rol alan ve birbirleri ile sıkı bir işbirliği içinde çalışan üç önemli kesim vardır:

a) **Bina Mütahhitleri Sendikası Birliği**
(*FNB-Fédération Nationale de Bâtiment*)

Yapı sektöründe elli bin firmanın ve 22 İşveren Sendikası'nın temsilcisidir. Beşyüze yakın elemanı ve dünyanın en gelişmiş araştırma laboratuvarları zinciri ile, kaliteli imalatın âdeta yegâne takipçisidir. Bu Federasyon, denetimin teknik ve yasal çerçevesinin oluşturulmasında görev alır, inşaat özel sektörünün ağırlıklı temsilcisi olarak, Hükümet ve politika dünyası ile ilişkilerinde, mesleğin en itibarlı ve güçlü isimlerini profesyonel olarak çalıştırır. Ayrıca, üç Sendikalar'ın ve firmaların eğitilmesi alanında da çok aktiftir.

b) **Bina Sigortası Kesimi**
(*MARC-Moyen Administratif pour la Reassurance de la Construction*)

Fransa'da binaların inşaatın sonra sigorta ettirilmesi zorunludur. Bu nedenle, bağımsız teknik denetimi yapılmayan bir bina sigortalanamaz. Binalarda biri binanın asıl yapı elemanlarını ve tesisatlarını kapsayan on yıllık mecburî, diğeri de zamanla yıpranabilen parçaları kapsayan iki yıllık ihtiyarî olmak üzere iki ayrı sigortası vardır.

Sigorta şirketi mal sahibine karşı, müteahhidin yaptığı işi, bir denetim şirketine kontrol ettirir. Bu şirketlerin (*MARC*) ayrıca, kuvvetli bir teknik kadrosu da vardır. Sigorta ve denetim masrafları bina inşaatının maliyetini yaklaşık yüzde 2.5 kadar artırmaktadır. Tüm sigorta ve denetim giderleri mal sahibi tarafından ödenir. Yerel Yönetimler'in sorumluluğu sadece imâr durumu ve çevre şartlarının kontrolü ile sınırlıdır.

c) **Teknik Denetim Firmaları**
(*SOCOTEC-Société de Control Technique*)

Fransa'da SOCOTEC altı ayrı denetim grubunun en büyüğüdür. İkibini aşan ve çok yüksek ücret alan personeli ile, binaların proje ve uygulama safhasında tüm denetim işlerini ciddi ve sıkı bir şekilde yürütürler. Bu teknik denetim yapılmadan ne binayı sigortalamak, ne satışını yapabilmek, ne de oturma izni almak mümkündür.

Fransa'daki denetim sistemi şematik olarak *Ek 2*'de gösterilmiştir. Görülüyor ki, bu sistem "*Sigortacılık dünyasının bina kalite ve güvenliğine angaje olması ve bu nedenle de, ağır malî müeyyidelerle yükümlü bağımsız ve ciddi bir teknik denetim mekanizmasının işletilmesi*" şeklinde tarif edilebilir.

4.2 Belçika Örneği

Belçika örneği, Fransa örneğine çok yakındır. Ancak, bina sigortası yasal bir zorunluluk değildir. Bağımsız teknik denetim firmalarının, binaları proje ve uygulama aşamasında, sürekli ve etkin bir denetime tabi tutmasının nedeni yasaların gereğidir. Projeleri denetim firmasınınca onaylanmamış binalara Yerel Yönetimler ruhsat veremezler. Mütahhitlerin kalite kontrolünü, *CNC-Confédération Nationale de la Construction* yapar. Ülkedeki tüm bina teknik denetim görevini *SECO-Bureau de Controle pour la Securite de la Construction* isimli merkezî bir örgüt üstlenmiştir. Denetim hizmetinin bedeli, yapı maliyetinin yaklaşık yüzde 1'i mertebesindedir.

Belçika'daki sistemin Fransa örneğinden farklı yönleri *Ek 2*'de parantez içinde gösterilmiştir.

4.3 Federal Almanya Örneği

a) Denetim Örgütleri

Federal Almanya'daki teknik denetim sistemi *Ek 3*'te şematik olarak özetlenmiştir. Görülüyor ki, teknik denetimin en etkin örgütü, bazen Yerel Yönetimler'e bağlı, bazen de bağımsız olarak çalışan denetim kuruluşları ve denetim mühendisleri (*prüfingenieur*)'dir.

Binanın projesini yapanlar, inşaatın kontrolluğunu da yaparlar. Ancak, müteahhitler ve proje sorumluları daima Eyalet'te bulunan (*Landesprüfamt für Baustatik*) veya Yerel Yönetimler'in bünyelerinde oluşturulan (*Prüfamt*) Denetim Daireleri'nde istihdâm edilen veya bağımsız olarak kendileri hesabına çalışan denetim mühendisleri (*Prüfingenieur*)'ne karşı doğrudan sorumludurlar. Müteahhit veya proje mühendisinin hata veya kusuru halinde ağır ve büyük boyutta para cezaları vardır. Pratikte bu cezaları hemen hiçbir kimse göze alamamaktadır.

b) *Prüfingenieur* Yetkisi

Prüfingenieur statüsü ve yetkisi İçişleri Bakanlığı tarafından, üniversite profesörlerinin de katıldığı, üst düzey komisyonların açtığı sınavlar sonucunda verilir. En az on yıllık tecrübe, en az iki yıl şantiye tecrübesi, büyük ve önemli proje deneyimi, yayınlar, meslek ahlâkı ve becerileri ile ilgili olarak çeşitli referanslar aranılan minimum yeteneklerdir. Bu statüyü alan mühendisler, binaların denetimini büyük bir disiplin ve etkinlikle artık kamu görevi olarak ifâ ederler.

c) Sigortalama

Sigortalama zorunlu değildir. Bina sigortalarını klâsik sigorta şirketleri yapar. Ancak, binanın sigortalanabilmesi için proje ve uygulamaların bağımsız denetim mühendislerinin onayından geçmiş olması koşulu aranır.

4.4 Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada Örneği

a) Denetim Örgütleri

Pratik ve kestirmeci çözümler ülkesi olan ABD'de denetim hizmeti, Profesyonel Mühendis (*P. Eng. = Professional Engineer*) adı verilen Sertifikalı Uzman Mühendisler tarafından yürütülmektedir. Esasen, ülkemizde 3194 Sayılı İmâr Kanunu içinde tarif edilen "*Yeminli Mühendislik Büroları*" sistemi aynen ABD'deki modelin bir benzeri olarak düşünülmüştü. Ancak, bu Yeminli Bürolar'ın seçiminde ve görevlerinde yeterince titiz davranılmadığı için, sistem 18.4.1987 tarihinde Anayasa Mahkemesi tarafından iptal edilmiştir.

b) *P. Eng.* Yetkisi'nin Verilmesi

P. Eng. ünvanını alabilmek için, mezun olduktan sonra en az beş, bazen yedi yıl geçmesi şartı aranır. Master ve Ph. D. derecesi olanlara birer yıl çabuk terfi hakkı tanınır. Aday, üniversite profesörlerince hazırlanan yazılı meslek sınavlarını geçmeli ve referansları ile ahlâkı ve teknik yönden yeteneklerini ispatlamalıdır. *P. Eng.* ünvanı çok onurlu ve prestijli bir ünvanıdır. Tüm mühendislerin yaklaşık sadece onda biri bu ünvana sahiptir.

c) Çifte Denetim Mekanizması

Binanın projelerini yapan ve inşaatı kontrol eden bir müşavir firma daima vardır. Bu müşavir firmanın projeleri muhakkak *P. Eng.* ünvanlı mühendisler tarafından imzalanmalıdır. Ancak, projeleri de, inşaat uygulamalarını da denetleyen ve Yerel Yönetimler'e durumu rapor eden ayrıca başka bir denetçi müşavir firma daha vardır. Böylece, işler hem yapılırken hâl *P. Eng.*'lerin elindedir, hem de onaylanırken hâl ellerdedir. Dolayısı ile, denetim âdeta iki kere yapılmaktadır.

d) Sigorta Uygulaması

Binaları sigortalama kanun gereği değildir. Teâmüle göre binaların yüzde 98'i genel sorumluluk (*comprehensive*) ve bütünleştirici (*wrap up*) tiplerde sigortaladır. Yerel Yönetimler (*City Building Department*) proje müşavir firmalarının sigortalanmasını ve denetçi müşavir firmalar da, müteahhit ve taşaronların sigortalanmasını şart koşar.

ABD'de ve Kanada'da uygulanan çifte denetim mekanizması *Ek 4*'te şematik olarak gösterilmiştir. Genelde, tüm denetim hizmetleri, vicdan muhasebesine, karşılıklı güvene ve büyük ölçüde meslekî ahlâk kurallarına sıkı sıkıya bağlı kalmak prensibine dayanır.

5. TÜRKİYE İÇİN ÖNERİ

5.1 Durum Değerlendirmesi

Eğer, yapıyı kaliteli, güvenceli, dayanıklı, güzel, fonksiyonel ve standartlara uygun olarak projelendirmek ve inşa etmek, insana huzurlu ve sıhhatli bir yaşam ortamı sağlamak istiyorsak, Fransa, Belçika, Federal Almanya, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada örneklerinde olduğu gibi, ciddi, bilinçli, disiplinli ve etkin bir denetim sistemini oturtmak zorundayız. Özel sektör bina inşaatlarında bugün (1994) uygulanan denetim sistemi yasal olarak kontrol altında imiş gibi görünüyorsa da, aslında bilgisizlik, tecrübesizlik, neme lâzımcılık, fırsatçılık, kaçakçılık, nizam ve kurallara baş kaldırmayla yoğrulmuş işlemeyen bir sistemdir.

İmâr Mevzuatı'na uygun, ruhsatlı binalarda bile, projenin normlara ve standartlara uygunluğu kontrol edilmez. Çünkü, bu kontrolü yapmaya yeterli Yerel Yönetim teşkilâtı ve personeli yoktur. Projeyi yapan mühendis inşaatı kontrol etmez çünkü, böyle bir mecburiyeti yoktur. İmalâtın kalite ve güvenlik yönetiminden sorumlu kişi, sadece imzası aranan, bilgi ve tecrübe düzeyi tartışılmayan teknik bir elemandır. Çoğu zaman, binanın adresini bile bilmez. Varlığı ve ücreti sanki fuzûlidir. Bürokratik ve yasal zarûret nedeni ile oradadır. Kalite yönetimine pek karışmaz. Eldeki istatistikler, Teknik Uygulama Sorumlusu'nun bulunmasına rağmen yüzde 65 oranında ruhsatlı projelere aykırı imalât yapıldığını göstermektedir.

Bina denetimi bir kere, o da inşaat bitip oturma izni verileceği zaman yapılır. Kat adedi ve boyut kontrolundan pek öteye geçmeyen bu işlemi, kalitenin, güvenliğin, bina fiziği koşullarının, fonksiyonelliğin ve işlerliğin denetlenmesi saymak safdillik olur. Böylece, tüketiciler, kapısı ve penceresi kapanmayan, elektrik, pis su, temiz su ve ısıtma apaneyleri çalışmayan ve çoğu zaman kısa bir kullanım sonucu bozulan, ısı, ses ve su yalıtımından mâhrum, yangın ve deprem güvencesinden yoksun, sigortasız binaların içine çaresiz başlarını sokuverirler.

Bütün eksiklik, bu aksaklıkların sorumlularına hesap soracak bir kalite ve güvence yönetimi bilincinin henüz toplumumuzda yeterince oluşmaması ve özellikle bu aksaklıklara meydan verilmesini daha orijininde kökünden önleyecek bir denetim sistemini ön-gören bir Yasal Mevzuat'ın bulunmayışıdır. Hepsinden acı olanı ise, Refah Partili Belediye Başkanları örneğinde olduğu gibi, Yerel Yönetimler'in Meslek Odaları'ndan destek almak istememeleridir.

5.2 Sertifikalı Mühendis Kavramı

Proje yapımında da, inşaatın kontrolünde da, bu her iki işlevin denetiminde de, sihirbazın değneği gibi, soruna en etkin çözümü getirecek tek çare, "Sertifikalı Mühendis" kavramıdır. Kuzey Amerika örneğinde olduğu gibi buna aynen "Profesyonel Mühendis" de denilebilir. İster *S. Müh.*, isterse *P. Müh.* densin, bilgi ve tecrübe birikimini kanıtlamış, meslekî ahlâk ve teknik düzeyi çok yüksek bu mühendisler, Türkiye'de yapı denetimi ve yapı sigortası sorununu bıçakla keser gibi, bir çırpıda çözüme kavuşturacaklardır. Çünkü, gelişmiş ülkelerdeki denetim mekanizması böyle çalışmaktadır.

Fransa'daki *SOCOTEC*, Teknik Denetim Büroları ne ise, Federal Almanya'daki *Prüfingenieur*'lar ne ise, ABD ve Kanada'daki *P. Eng.*'ler ne ise, Türkiye'deki *S. Müh.*'ler de aynı rolü oynayacaklardır. Tıpta gelişmiş ülkeleri takip ediyoruz, teknolojiye gelişmiş ülkeleri takip ediyoruz, inşaat endüstrisinde gelişmiş ülkeleri takip ediyoruz da, yapı denetiminde ve sigortalama sisteminde gelişmiş ülkeleri niye takip etmeyelim? Bunun tek yolu, hiç geciktirmeden *Sertifikalı Mühendis* kurumunu işlerliğe kavuşturmaktır.

Sertifikalı Mühendis ünvanı ve yetkisi, ABD ve Kanada'daki örnekleri gibi yedi yıl tecrübeli mühendisler arasından (Master ve Ph. D.'si olanlar için daha az yıl tecrübeli) üniversite profesörleri tarafından hazırlanmış, meslekî sınavları kazananlara ve meslekî ahlâkî ve yeteneklerini kanıtlayacak yeterli referansı olanlara verilebilir.

Meslek Odaları Kuruluş Kanunu'nda (No. 6235 ve 7303) yapılacak bir değişiklik- le, bu ünvan ve yetkinin nasıl ve hangi koşullarda verileceği saptanır. Aynı Kanun değişikliği sırasında, Yerel Yönetimler'in veya sigorta şirketlerinin ancak, *Sertifikalı Mühendisler* tarafından onaylanan/denetlenen proje ve inşaatlara ruhsat verebileceği veya sigorta edebileceği koşulu getirilir. Dolayısı ile, Kanunî Mevzuat değişikliği sadece bir Kanun'a, Meslek Odaları Kuruluş Kanunu'na yapılacak bazı ilâvelerle çabukça gerçekleştirilebilir.

5.3 İnşaat Müteahhitleri Odası

Ülkemizde inşaat müteahhitlerinin, *TİMSE* ve *INTES* gibi, Sendikalar'ı olmasına rağmen, bir İnşaat Müteahhitleri Odası'nın bulunmaması meslekî denetim ve meslek ile ilgili eğitime olanak vermemektedir. Böyle bir Oda'nın kurulması, yapı denetiminin bir hal-kasını oluşturan müteahhitlerin de önerilen sistem içinde gereken sorumluluğu taşımalarını sağlayacaktır. Bu hususta da, Fransa örneğinde olduğu gibi (*FNB*), gerekli kanunî düzenlemeler yapılmalıdır.

5.4 Kanun Değişikliği Çıkıncaya Kadar

Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Kuruluş Kanunu'nda yapılacak olan ve yukarıda açıklanan değişiklik gerçekleşinceye kadar geçecek süre içinde, *Sertifikalı Mühendis*'in denetim görevini, Meslek Odaları'nın tayin edeceği, tecrübeli ve yetenekli mühendisler veya üniversitelerin gözetim ve denetimindeki teknik uzmanlar yapabilir. Böylece, etkin bir yapı denetimi kesintisiz şimdiden başlamış olur. Ancak, bu hususa Yerel Yönetimler'in ayak uydurmalarını sağlamak için, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın geçici bir Yönetmelik veya bir Kanun Hükmünde Kararname çıkarması yeterlidir.

5.5 Yapı Sigortası

Eğer, tutarlı ve disiplinli bir yapı denetimini gerçekleştirmek istiyorsak, Fransa örneğinde olduğu gibi, yapı sigortasını bir süre zorunlu hale getirmeliyiz. Bu takdirde, yapı kalitesi ve güvenliğini garanti altına alan bir uygulama ve denetim sistemine kavuşmuş oluruz.

Türkiye için önerilen ve gerçekte Federal Almanya ve Kuzey Amerika'da aynen uygulanan yapı denetim sistemi örneği şematik olarak *Ek 5*'te gösterilmiştir.

6. SONUÇLAR

1. Türkiye'de özel sektör bina inşaatında projelerin ve inşaatın denetimi âdeta yok denecek kadar azdır.
2. Üretilen binaların yapı fiziği koşullarına uygunluğunu, yangın ve deprem güvencesinin teminât altına alındığını, malzeme ve teçhizatının kaliteli, güvenli ve işlerliği bulunduğunu, irdeleyen ve talep eden bir tüketici bilinci henüz ülkemizde yeterince gelişmemiştir. Dolayısı ile, ne ana yapı malzeme ve elemanlarının, ne de elektrik, su, ısı ve pis su tesisatının sigortalanması gibi bir ihtiyaç duyulmamaktadır.
3. Özellikle göç olgusu nedeni ile hızla artan büyük kent nüfusu, gittikçe kaçak inşaatlara ve gecekondu tipi çarpık yerleşime neden olmaktadır. Kentlerimizde, mücavir sahaların uzun vâdeli nazım plânları ve imâr plânları yoktur.
4. Yapı denetiminde en etkili ve çağdaş çözümü "*Sertifikalı Mühendis*" kurumu getirecektir. Çünkü, projeleri yapan da, inşaatı kontrol eden de, projeleri onaylayan da, inşaatın kontrolünü denetleyen de, safha safha, hep uzmanlığına, tecrübesine ve meslekî ahlâkına güvenilen "*Sertifikalı Mühendis*"ler olacaktır.
5. "*Sertifikalı Mühendis*" ünvan ve yetkilerini düzenleyen Kanun değişikliği çıkarılıncaya kadar, Meslek Odaları veya üniversitelerin denetim ve gözetimindeki uzman mühendisler yapı denetiminde Yerel Yönetimler'e destek vermelidirler.
6. Yapı denetimi ve mecburî sigortası, bina maliyetini yaklaşık yüzde 2 kadar artırabilecek bir yük getirebilir. Ancak, elde edilecek kalite, güvenlik ve işlerlik düzeyi bu küçük maliyet artışını haklı gösterecektir.

7. REFERANSLAR

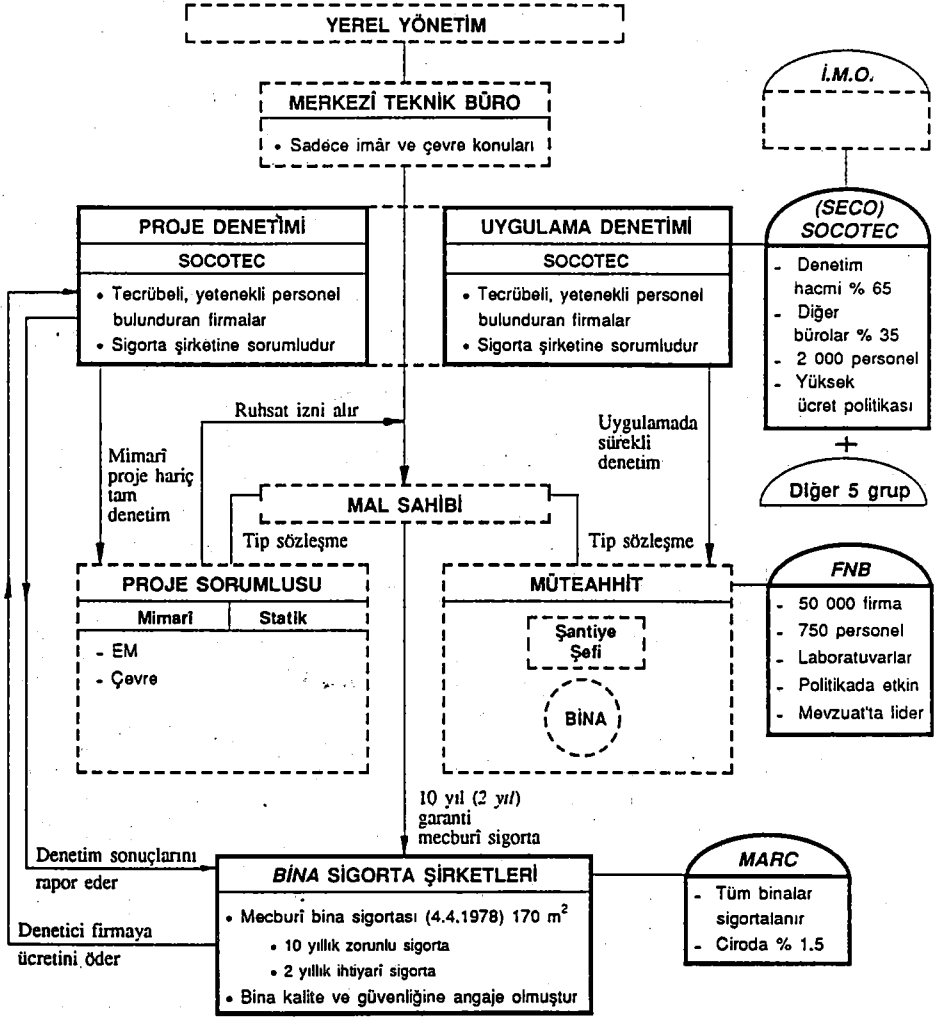
1. Ansal, A., Altıneller, M., Akalın, M., Çelebi, H., Erciyestepe, M., Gökçe, C., Kuşbilay, S., Öztürk, M. ve Ürgüplü, M., (1994), "*Bina İnşaatlarında Proje ve Yapım Sürecinde Denetim İçin Bir Model Önerisi*", İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Yapı Denetim Modeli Çalışma Grubu, 1994, Harbiye, İstanbul.
2. Arnoğlu, E., (1974), "*İstanbul'da Üretilen Betonarme Betonlarının Nitelikleri Üzerinde Araştırma*", İnşaat Mühendisleri Odası 19'uncu Dönem Genel Kurul Tebliğleri, 22 Şubat 1974, İstanbul.
3. Arnoğlu, E., (1976), "*İstanbul'da Üretilen Betonarme Betonlarının Nitelikleri*", İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Yayınları, 1976, İstanbul.
4. Erdik, M., (1991), "*Urban Earthquake Hazard Risk and Mitigation*", Fifth Inter. Conf. Soil Dyn. Earthq. Eng. Karlsruhe, 1991, Germany.
5. Ergünay, O., (1991), "*İstanbul İçin Deprem Senaryosu Esasları*", İstanbul ve Deprem Sempozyumu Tebliğleri, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 4 Mayıs 1991, İstanbul.
6. Eyidoğan, H., Güçlü, U., Utku, Z. ve Değirmenci, E., (1991), "*Türkiye Büyük Depremleri Makrosismik Rehberi*", İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Kurtiş Matbaası, 1991, İstanbul.
7. Karaesmen, E., İzmir, H. ve Boyacı, N., (1989), "*Yapıda Denetim-Sorumluluk ve Sigorta*", İNTES-Türkiye İnşaat ve Tesisat Mütcaahhitleri İşveren Sendikası Yayınları, 1989, Ankara.
8. Tezcan, S.S., (1994), "*2000'li Yıllarda Türkiye'nin Konut Sorunu*", Uransan Kültür Yayınları, 1994, Altunizade, İstanbul.

EK 1. - TÜRKİYE'DE DEPREMLERDE CAN ve MAL KAYBI (1900-1984)

Tarih	Yer	M	I ₀	Ölü	Orta, Ağır Hasar
12.07.1900	Kağızman	5.9	VIII	140	2 000
08.11.1901	Erzurum	6.1	VIII	? 500	10 000
09.03.1902	Çankırı	5.5	IX	4	3 000
28.04.1903	Patnos	6.3	IX	3 560	12 000
28.05.1903	Göle	5.8	VIII	1 000	? 8 000
04.12.1905	Malatya	6.8	IX	? 500	? 5 000
19.01.1909	Foça	6.0	IX	8	1 700
09.02.1909	Enderes	6.3	IX	? 500	5 000
09.08.1912	Mürefte	7.4	X	2 836	39 980
03.10.1914	Burdur	7.1	IX	4 000	17 000
24.10.1916	Tokat	7.1	X	? 500	5 000
18.11.1919	Soma	6.9	IX	3 000	16 000
13.09.1924	Horasan	6.8	IX	50	25 000
31.03.1928	Torbalı	6.3	VIII	200	2 000
18.05.1929	Gürün	6.6	VIII	39	543
04.01.1935	Erdek	6.4	IX	5	500
19.04.1938	Kırşehir	6.8	IX	194	4 300
22.09.1939	Dikili	6.5	IX	170	1 800
26.12.1939	Erzincan	7.8	XI	40 000	36 000
23.05.1941	Muğla	5.9	VIII	10	350
10.09.1941	Van	6.0	VIII	192	27
02.12.1942	Çorum	5.9	VIII	26	300
20.12.1942	Tokat	7.1	X	500	3 000
20.06.1942	Hendek	7.3	IX	304	4 346
26.11.1943	Samsun	7.5	X	4 000	40 000
01.02.1944	Bolu	7.5	X	4 000	50 000
25.06.1944	Gediz	6.0	VIII	30	3 500
06.10.1944	Edremit	6.8	IX	30	5 500
20.03.1945	Adana	5.7	VIII	22	1 800
29.07.1945	Van	5.8	VIII	12	2 000
21.12.1945	Denizli	? 6.8	IX	190	400
21.02.1946	İlgın	5.7	VIII	56	800
31.05.1946	Varto	6.0	VIII	833	1 991
23.07.1949	Sakız	6.6	VIII	260	1 767
17.08.1949	Bingöl	6.9	IX	300	1 500

Devam

Tarih	Yer	M	I ₀	Ölü	Orta, Ağır Hasar
13.08.1951	Çankırı	6.9	IX	50	8 000
03.01.1952	Hasankale	5.6	VIII	100	2 500
22.10.1952	Misis	5.3	VII	10	150
18.03.1953	Yenice, Gönen	7.8	X	250	8 000
18.06.1953	Edirne	5.2	VI	10	323
16.07.1955	Söke	6.7	VIII	2	400
20.02.1956	Eskişehir	6.1	VIII	4	1 854
25.04.1957	Fethiye	7.3	VIII	150	4 900
26.05.1957	Abant	7.3	IX	? 50	? 500
25.04.1959	Köyceğiz	6.3	VIII	6	266
25.10.1959	Varto	6.2	VIII	12	1 000
11.03.1963	Denizli	5.6	VII	0	1 000
22.11.1963	Tefenni	5.1	VII	0	362
14.06.1964	Malatya	6.5	VIII	16	350
06.10.1964	Manyas	6.9	IX	300	9 602
02.03.1965	Salihli	5.8	VIII	12	150
13.06.1965	Denizli	5.6	VIII	2	900
07.03.1966	Varto	5.6	VIII	15	7 600
19.08.1966	Varto	6.8	IX	2 529	34 000
22.07.1967	Adapazarı	7.5	X	43	250
26.07.1967	Kığı, Erzincan	6.0	VIII	100	600
03.09.1968	Bartın	6.5	VII	14	75
28.03.1969	Alaşehir	6.5	VIII	15	150
28.03.1970	Gediz	7.1	IX	1 100	15 000
12.05.1970	Burdur	6.5	IX	35	3 148
22.05.1971	Bingöl	6.4	VIII	881	20 763
01.02.1974	İzmir	5.9	VII	2	157
27.03.1975	Gelibolu	6.4	VII	7	980
06.09.1975	Lice	6.2	VIII	2 384	8 149
25.03.1975	Ardahan	5.1	VIII	3	461
02.4.01976	İğdır	5.1	VIII	4	80
24.11.1976	Çaldıran	7.5	X	3 840	9 232
25.03.1977	Elazığ	5.0	VIII	8	831
30.10.1983	Horasan	6.8	VIII	1 150	6 248
18.09.1984	Erzurum	5.5	VII	3	570
TOPLAM		6.4		81 078	461 155

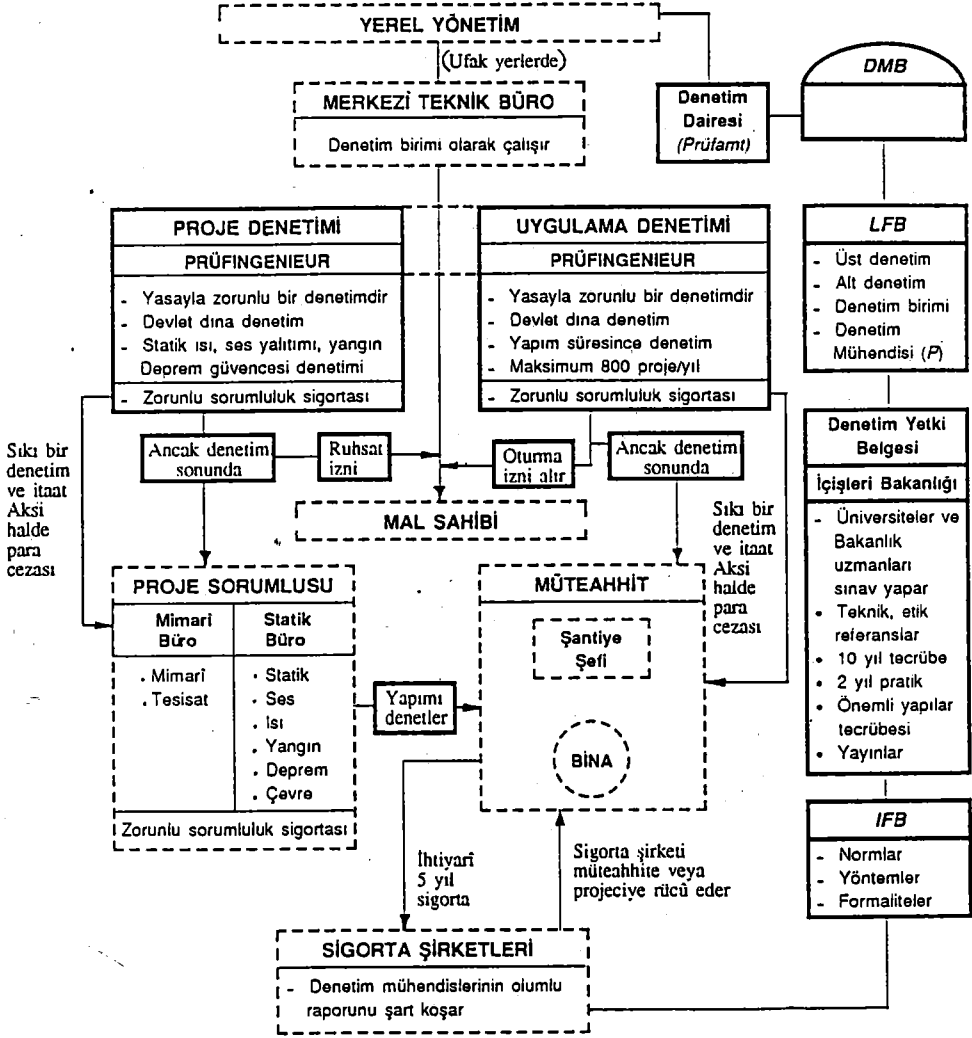


PRENSİPLER:

- Kaliteli, işlevsel, güvenceli bina inşaatı bilinci yerleşmiştir.
- Sigorta zorunluluğu, maliyeti % 2.5 - % 3 artırabilir.
- Müteahhi sigortaya karşı sorumludur.
- Denetim şirketinin kontrolü zorunludur, sigortaya karşı sorumludur.
- Müeyyideler genelde sadece parasaldır, polisye tedbir yoktur.

- FNB** = Fédération Nationale de Bâtiment
MARC = Moyen Administratif Pour la Reassurance de la Construction
SOCOTEC = Société de Contrôle Technique, France
(SECO) = Bureau de Contrôle pour la Sécurité de la Construction, Belgium

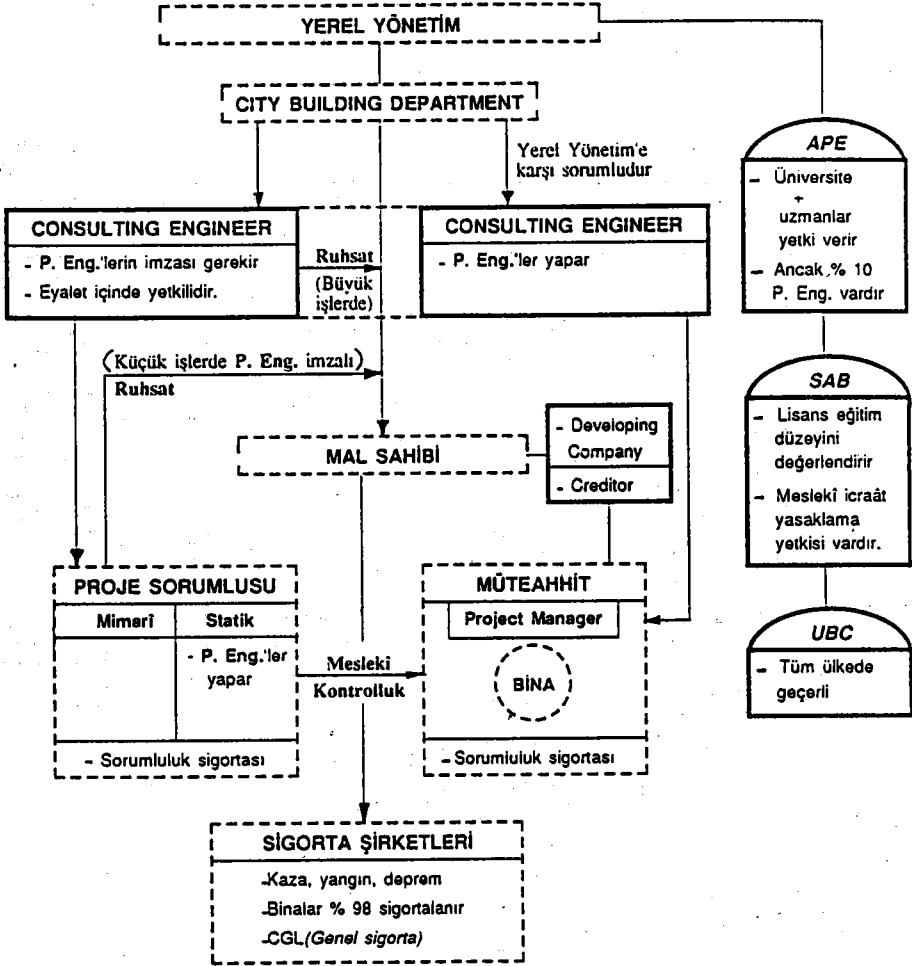
EK: J. - FEDERAL ALMANYA ÖRNEĞİ



PRENSİPLER:

- Kalite, güvenlik, işlevsellik toplum yararına sıkıca gözetilir.
- Sigortalama, denetimin çok sınırlı bir boyutudur, rolü çok azdır.
- Denetim mühendisleri ücretlerini Yerel Yönetim İnşaat Daireleri'nden alır.

- P** = Prüflingenieur (Denetim Mühendisi)
DMB = Denetim Mühendisleri Birliği
LFB = Landesprüfamt Für Baustatik
IFB = Institut Für Baustatik

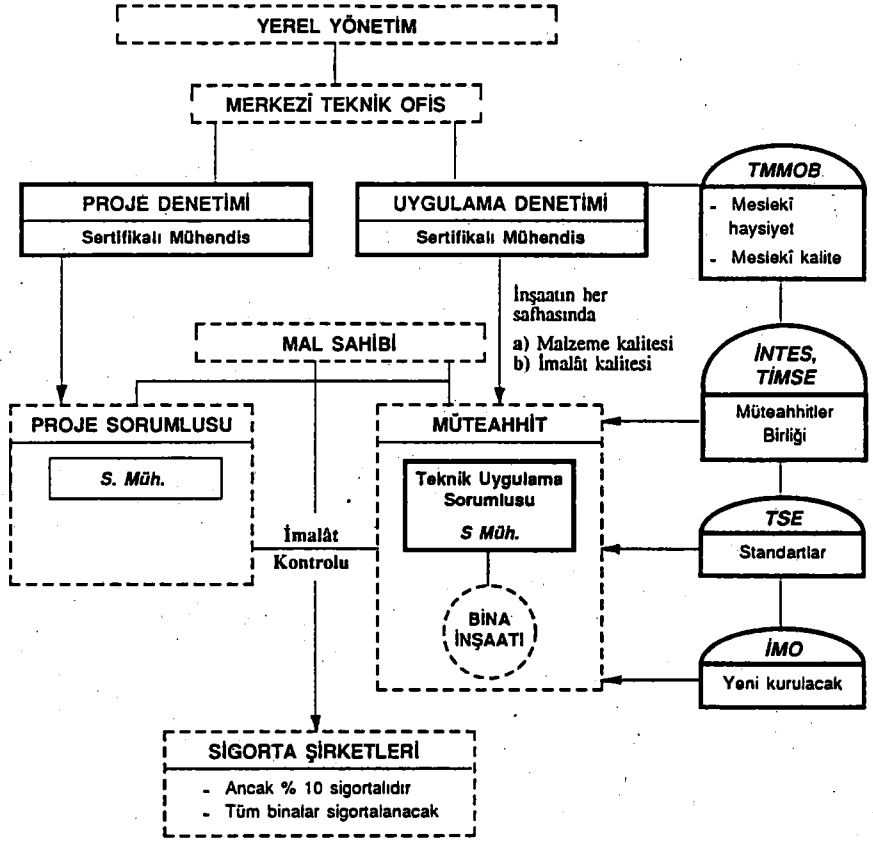


PRENSİPLER:

- Güvenlik, kalite; mesleki düzey, vicdana, karşılıklı itimata, etik kurallarına bırakılmıştır.

- APE** = Association of Professional Engineers
P. Eng. = Professional Engineer (Mezuniyet, Lisansüstü, Ph D.'den sonra en az 7, 6 ve 5 yıllık tecrübe + sınav şartı)
SAB = School Accrediting Board
UBC = Uniform Building Code
CGL = Comprehensive General Liability

EK 5: TÜRKİYE İÇİN YAPIDA DENETİM ÖNERİSİ



PRENSİPLER:

Sertifikalı Mühendis

- Yerel Yönetimler'e, Meslek Odaları'na ve Üniversiteler'e karşı onur sistemi ile sorumlu
- Ücretini mal sahibinden değil, Yerel Yönetim'e yatırımlar harçlardan alır.
- Ücretini tarifeye göre alır.

- S. Müh.** = Sertifikalı Mühendis
- TMMOB** = Türkiye Mimar ve Mühendis Odaları Birliği
- İNTEŞ** = Türkiye İnşaat ve Tesisat Mütahhilleri İşveren Sendikası
- TSE** = Türk Standartları Enstitüsü
- TİMSE** = Türkiye İnşaat Mütahhilleri Sendikası
- İMO** = İnşaat Mütahhilleri Odası

17 OCAK 1995 HYOGO-KEN NANBU DEPREMINİN OLUŞUM MEKANİZMASI VE DEPREM DALGALARININ ÖZELLİKLERİ

MECHANISM AND SEISMIC CHARACTERISTICS OF HYOGO-KEN NANBU EARTHQUAKE OF JANUARY 17, 1995

Ömer AYDAN
Tokai University, Shimizu, Japan

SUMMARY

An earthquake with a magnitude of 7.2 on Richter scale occurred in the southern part of Hyogo Prefecture at 5.46 on Jan. 17, 1995. The earthquake killed more than 5500 people and damaged buildings, bridges elevated highways and railways. The epicenter of this earthquake was located as 34.6° N and 135.0° at a focal depth of 14.3 km. The analyses of seismic waves recorded at various locations around the world indicated that the earthquake was caused by a right lateral strike-slip fault. However, the detailed analysis of the waves by Prof. Kikuchi of Yokohama City University implied that three faults were activated in sequence, namely, Nojima fault, Maya fault system and Rokko fault system. The maximum lateral and vertical movements of the Nojima fault, which is a right lateral strike-slip fault, were 180 cm and 135 cm, respectively. Furthermore, the seismic characteristics of earthquake waves are presented and discussed in relation to the faulting mechanism.

ÖZET

17 Ocak 1995'te Japonya'nın Hyogo Eyaletinin güneyinde Awaji Adası ile vilayet merkezi Kobe şehrinin bulunduğu Honshu Adası arasındaki Akashi Boğazında 7.2 şiddetinde bir deprem oluştu. Bu deprem yaklaşık 5500 kişinin ölümüne, çok sayıda bina, özellikle yükseltilmiş karayolları ile demiryollarında büyük hasarlara neden olurken, Dünyada örneği görülmemiş ölçüde sıvılaşma bütün deprem bölgesinde izlendi. Bu bildiriye, önce Japonya'nın bulunduğu bölgenin genel tektonik yapısı kısaca verildikten sonra depremin olduğu bölgenin jeolojisi ve tektonik yapısı anlatılmaktadır. Daha sonra, depremin oluşum mekanizması ve oluşan deprem dalgaları ve özellikleri anlatılıp tartışılmaktadır.

GİRİŞ

17 Ocak 1995'te Japonya'nın Hyogo Eyaletinin güneyinde Awaji Adası ile vilayet merkezi Kobe şehrinin bulunduğu Honshu Adası arasındaki Akashi Boğazında 7.2 şiddetinde bir deprem oluştu. Bu deprem yaklaşık 5500 kişinin ölümüne, çok sayıda bina, özellikle yükseltilmiş karayolları ile demiryollarında büyük hasarlara neden oldu. Bunun yanı sıra, Dünyada örneği görülmemiş ölçüde sıvılaşma bütün deprem bölgesinde izlendi.

Bu çalışmada, ilk önce Japonya'nın bulunduğu bölgenin genel tektonik yapısı kısaca verilmektedir. Sonra depremin olduğu bölgenin jeolojisi ve tektonik yapısı anlatılmaktadır. Daha sonra, depremin oluşum mekanizması ve faylanmalar verilmektedir. En son kısımda, oluşan deprem dalgaları ve özellikleri anlatılıp tartışılmaktadır.

JAPONYANIN GENEL TEKTONİK YAPISI

Japonya 4 büyük ada üzerine kurulmuş bir ülke olup, bu adalar Kuzeyde Hokkaido, ortada Honshu, Güneyde Kyushu ve Güney-Doğuda Shikoku olarak adlandırılmaktadır. Japonya'nın genel tektonik yapısı Şekil 1(a)'da gösterilmiştir. Şekildende görüleceği üzere Japonya Kuzey Amerika Levhası ile Avrasya Levhası üzerinde olup, doğuda Pasifik ile güneyde Filipin Levhaları tarafından batıya doğru itilmekte ve depremlerin oluşumu bu levhalar arasındaki çarpışmalardan kaynaklandığı varsayılmaktadır.

Şekil 1(b)'de son 20 yılda oluşan depremlerin yerleri ve büyüklükleri gösterilmiştir. Şekildende görüleceği üzere depremlerin büyük bir çoğunluğu levhaların çarpıştıkları ara yüzeylerde veya ara yüzeylere yakın üstteki levhada oluşmaktadır. Depremlerin şiddetleri büyükte olsa Japon adalarından uzak yerlerde oluşması, deprem dalgaları adalara ulaştıklarında yerkabuğunun viskoz özelliği nedeniyle şiddetleri azalmaktadır. Karasal depremlerin sayısı az olmakla beraber Türkiyede olduğu gibi çok büyük can kaybı ile yapılarda hasarlara neden olmaktadır.

DEPREM BÖLGESİNİN JEOLJİSİ VE TEKTONİK YAPISI

Deprem olduğu bölge Japonyada Kinki Bölgesi olarak adlandırılmakta olup bölgenin genel jeolojik yapısı Şekil 2'te gösterilmiştir. Kinki bölgesinin güneyinde Orta Tektonik Hat (Median Tectonic Line) olarak adlandırılan ters atımlı verev bir fay bulunmaktadır. Yalnız bu fay boyunca çok uzun bir süre herhangi bir deprem oluşmadığı için tektonik açıdan aktif olmadığı düşünülmektedir.

Orta Tektonik Hattın güneyindeki kısımda Orta Tektonik Hattta paralel olarak dinamik metamorfizmaya uğramış yeşil şistler yer almaktadır. Orta Tektonik Hattın kuzeyindeki kısımda granitik kütleler taban taşı oluşturmakta ve bunların üzerinde tortul kökenli ardışık kumtaşı ve kiltası bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, Japon adalarının aktif volkanizması nedeniyle yer yer tüf kütleleri görülmektedir. İrmakların aktığı ve denize ulaştığı bölgelerde alüvyonlar granitik veya tortul kütleleri örtmektedir. Osaka körfezinin kıyılarında yapay dolgu oldukça yaygın olup, 3 tane yapay dolgu ada bulunmaktadır. Bunlar Kobe şehrinde Port Adası ve Rokko Adası ve Osaka şehrinde Uluslararası yeni Kansai Havaalanı adası olarak adlandırılmaktadır.

Awaji adası uzun eksenine paralel iki sağ yan atımlı faylar ile sınırlanmaktadır. Adanın batısındaki fay Nojima fayı olarak adlandırılmaktadır. Bu fayların doğrultusuna yakın olarak Honshu Adasında Rokko fay sistemi bulunmakta ve bu fay sistemi parçalı olarak çek-ayır sonucu oluşan Biwa gölü üzerinden Japon Denizine ulaşmaktadır. Rokko fayı ile Awaji adası fayları arasında sağ basamaklı (right step) ve ters atımlı verev bir fay sistemi bulunmaktadır. Kobe şehri ve yakın çevresindeki faylar Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 4'de Rokko dağı ile Ashiya ve Nishinomiya şehirlerinin kıyılarında kapsayan jeolojik bir kesit verilmiştir. Her iki şekildende görüleceği üzere Kobe şehri ve çevresinde yoğun bir faylanma olup şehirleşmenin yaygın olduğu yerler alüvyonlar ile örtülmüş durumdadır. Ayrıca yumuşak tortul kütleler dağlara doğru giderek incelmekte kama gibi bir yapıya sahiptir.

DEPREMİNİN OLUŞUM MEKANİZMASI VE KIRILMALAR

Japonya Metereoloji Kurumu depremden 5 saat sonra depremin oluşumunun sağ yan atımlı faylanmadan kaynaklandığını, Richter ölçeğinde şiddetinin 7.2, derinliğinin 14.3 km ve Hyogo Eyaletinin güneyinde Awaji Adası ile vilayet merkezi Kobe şehrinin bulunduğu Honshu Adası arasındaki Akashi Boğazında olduğu şeklinde bir açıklamada bulundu. Bu deprem için, Amerika Jeoloji Kurumu (USGS) ve Japonya Metereoloji Kurumu Şekil 5'de gösterilen çözümleri önermektedir.

Yokohama Şehir Üniversitesi (横浜私立大学) Profesörü Kikuchi (1995) Japonya ve yakın çevre ülkelerde alınan kayıtlardan yararlanarak deprem esnasında 3 büyük kırılmanın olduğunu ileri sürmektedir. Kikuchi kırılmanın ilki sağ yan atımlı Nojima fayında, ikincisi sağ basamaklı ve ters atımlı verev bir fay sisteminde ve üçüncüsü ise Rokko fay sisteminde oluştuğunu belirtmekte ve her bir faylanma için Şekil 6'de gösterilen çözümleri önermektedir (Kikuchi 1995). Prof. Kikuchi'nin toplam çözümü Amerika Jeoloji Kurumu (USGS) ve Japonya Meteoroloji Kurumunun Şekil 5'de gösterilen çözümleri ile hemen hemen aynı olmakla beraber depremin merkezinin derinliği hususunda farklıdır.

Şekil 7 ana deprem ile artçı depremlerin oluşum merkezlerinin uzaysal ve zamana bağlı olarak dağılımını göstermektedir. Artçı deprem merkezlerinin dağılımından yaklaşık 80 km'lik uzunlukta bir kırılmanın olduğu düşünülmektedir. Ana depremden sonra artçı depremlerin büyük bir çoğunluğu fayın uçlarında yoğunlaşmakta olup, bu olgu kuramsal yaklaşımlarlada uyum içersindedir.

17 Ocak Depreminde arazide en belirgin kırılma Nojima fayı boyunca gözlemlendi. Yapılan arazi incelemelerinde bu fayın sağ yan atımı yaklaşık olarak 180 cm ve düşey atımı 135 cm olarak ölçülmüştür (Lin ve diğ. 1995). Şekil 8 Awaji Adasında Nojima fayı boyunca yapılan ölçümleri göstermektedir. Bu fay boyunca oluşan yer değiştirmelerle ilgili birkaç görüntü Levha 1'de gösterilmiştir.

Nojima fayı depremin oluşumunu başlattığı ve diğer fayların hareketlenmesine neden olduğu ileri sürülmesine karşın Kobe şehrinin bulunduğu Honshu adasındaki faylarda Nojima fayındaki gibi büyüklükte yer değiştirmeler gözlenmemiştir. Buna neden olarak fayların kalınlığı 1000 metreye kadar ulaşan alüvyonlarla örtülmüş olması (Şekil 4) ve yaygın bir şehirleşme fayların atımını izlemeyi engellediği düşünülmektedir.

Şu ana kadar yapılan yerinde incelemelerde Rokko fay sistemine dahil olan Ot-suki fayını kesen Bantaki tüneline yanal olarak 15 cm'lik bir atımın olduğu Kobe Üniversitesi araştırma ekibi tarafından bildirilmektedir (Sakurai et al. 1995). Bunun yanı sıra, Hirano ve Fujita (1995) Rokko fay sistemine dahil olan Ashiya fayında 10-20 cm ve Gokusebashi fayında 5-30 cm'lik yanal atımların olduğunu bildirmektedir.

Yukarıda sözü edilen gözlemlerin yanı sıra yazar Kobe, Ashiya, Takarazuka ve Nishinomiya şehirlerinde yaptığı arazi incelemelerinde değişik yörelerde faylanmaların olduğunu gözlemiş olup, bu gözlemler detaylı olarak başka bir yayında verilmiştir (Aydan 1995). Levha 2 yazar tarafından gözlenmiş faylanmalar ilgili bir kaç görüntüyü vermektedir.

FAYLANMAYA BAĞLI OLARAK OLUŞAN DEPREM DALGALARININ ÖZELLİKLERİ

Şekil 9 Kobe'deki Denizcilik Meteoroloji İstasyonunda (Kobe Marine Meteorology Observatory - KMMO) alınan ivme, hız ve yer değiştirme kayıtlarını göstermektedir. Şekillerde görüldüğü üzere depremin süresi 15 saniye içersinde sona ermekte ve deprem dalgaları karasal depremlerin tipik özelliği olan darbe türü bir niteliğe sahiptir. Deprem dalgalarının Fourier spektrumu Şekil 10'da gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere, hakim periyot yaklaşık 1 saniye olup, bu değer diğer kayıt istasyonlarında alınan kayıtlarınki ilede hemen hemen aynıdır. Tek serbestliğe sahip bir sistemin sönüm oranları 0.05 (kırık çizgi), 0.03 (kesiksiz çizgi) için elde edilmiş her bir bileşene karşılık gelen davranış spektrumu Şekil 11'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere, deprem dalgaları doğal periyotları 0.4 saniye ile 0.8 saniye olan yapılarla özellikle etkili olacağını göstermektedir.

Şekil 12 Osaka Körfezinin çevresinde bir kaç yerde alınan hız ve ivme kayıtlarının entegre edilerek elde edilmiş yer değiştirmelerin yatay düzlemdeki izdüşümlerini

göstermektedir. Şekildende görüleceği üzere, en büyük salınım KB-GD yönünde olmaktadır. Bu olgu deprem dalgasının en büyük yatay bileşenin yönünün fayın hareket yönüne hemen hemen dik olduğunu göstermektedir. Bu gözlem depremden sonra yapılan sayısal elastik analiz sonuçları ile uyum içersindedir. Bu yön aynı zamanda yapıların yıkılma veya hasar gördüğü yönle hemen hemen çakışmaktadır.

Şekil 13 Kobe'deki çok büyük ölçüde sıvılaşmanın olduğu yapay dolgu adası olan Port Adasında değişik derinliklerde alınmış ivme kayıtlarını göstermektedir. Bu kayıtların düşey ve yatay bileşenlerinin derinliğe bağlı olarak değişimi oldukça ilginç bir özelliğe sahiptir. Düşey bileşenin değeri -79 metrede 186.7 gal iken yüzeye ulaştığında 555.8 gal'a ulaşmaktadır. Bu olgu zeminin düşey yönde dalganın genliğini büyütücü bir özelliğe sahip olduğunu göstermektedir. Diğer yandan örneğin KG bileşenin değeri -79 metrede 678.7 gal iken yüzeyde 341.0 gal'a düşmektedir. Bu olgu sıvılaşma nedeniyle zeminin kesme deformasyon modülüsünün değerinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Büyük bir olasılıkla bu olgu yatay deprem yüklerini azaltarak yapay adalardaki kazıklı temellerin üzerine oturtulmuş yapıların depremi çok az bir hasarla atlattırmasını sağlamıştır. Yazar Port Adasında bu depremi yaşamış adalı bir şahıs ile yaptığı görüşmede deprem esnasında oluşan ilk düşey sarsıntı ile sonradan oluşan yatay sarsıntının kıyaslandığında yatay sarsıntının daha az şiddetli ve daha kısa olduğu şeklinde idi. Adalı şahsın bu kişisel deneyiminin deprem kayıtları ile uyum içersinde olması oldukça ilginçtir.

Şekil 14 Kobe ve Kinki Bölgesinde çeşitli yerlerde ivme ve hız ölçerlerden elde edilen en büyük ivme değerlerinin dağılımını göstermektedir. 3 değerler olduğu ivmeler üstten alta doğru DB, KG ve YA (düşey) bileşenlere, tek değerli olanlar ise en büyük yatay bileşene karşılık gelmektedir. Kobe Üniversitesinde alınan kayıt kayada Motoyama veya Kobe Denizcilik Meteoroloji Kurumunda (KMMO) alınan kayıtlar zeminde olup, zemindeki kayıtlar kayadakinin yaklaşık olarak 2 veya 3 kat büyük değerlere ulaşmaktadır. Bu iki yer arasındaki uzaklık 1-2 km'dir. Bu olgu bilindiği gibi zeminin büyütücü özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Şekil 15 kayıt edilen en büyük ivmenin kırılma düzleminden olan uzaklığa bağlı olarak azalmasını göstermekte ve aynı zamanda Amerikadaki son 2 depremde elde edilenlerle karşılaştırmaktadır. Şekildende görüleceği üzere, bu depremin şiddeti diğer iki depreminki ile kıyaslandığında büyük olmasına karşın en büyük ivmeler daha küçük olabilmektedir. Bu olgu büyük bir olasılıkla zemin koşullarından kaynaklanmaktadır. Bu şekilde dikkat edilmesi gereken diğer bir hususta uzaklık aynı olsa bile kayıtların alındığı yer zemin veya kaya olmasına bağlı olarak değiştiğidir. Genellikle zeminde elastik davranmak koşuluyla kayada elde edilen değer zemindekinden daha küçüktür.

SONUÇLAR

Bu çalışmada 17 Ocak 1995'ta Japonya'nın Hyogo Eyaletinde olan depremde görülen faylanma ve oluşan deprem dalgaları ile olan ilişkisi sunulmuştur. Deprem karasal bir özelliğe olup şehirleşmenin çok yaygın olduğu bu yörede büyük hasarlara neden olmuştur. Türkiyede oluşan depremlerin büyük bir kısmı kara içersinde olması nedeniyle bu depremden elde edilen bulgular Türkiye içinde oldukça önem taşımaktadır.

Deprem mühendisliğinde yapıların tasarımı ivme dalgalarına göre yapılmaktadır. Böyle bir yaklaşım yapıların temelini oluşturan kütlede (kaya, zemin veya her ikisi) kalıcı bir yer değiştirme olmadığı bir durum için geçerlidir. Temeli oluşturan zeminde kalıcı bir yer değiştirme varsa yapı tasarımında bu olgu gözönüne alınmak zorundadır. Bu depremde görülen hasarları sadece zemin büyütmesine, yüksek ivmeye veya tasarım ve yapım kusurlarına bağlamak yanlış olacaktır. Karada olan depremleri deniz açıklarında olan depremlerden ayırt eden özellik temeli oluşturan

kütledeki kalıcı yer değiştirme olgusudur. Bu nedenle faylanmanın şekli ve kalıcı değiştirmenin büyüklüğü karasal depremlerde ivmelerin yanısıra yapıların tasarımında gözönüne alınmasını zorunlu kılmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazar bu yayında sunulan bilgi ve verilerin elde edilmesinde büyük yardım ve ilgi gördüğü aşağıda isimleri verilen kişilere teşekkür etmek ister:

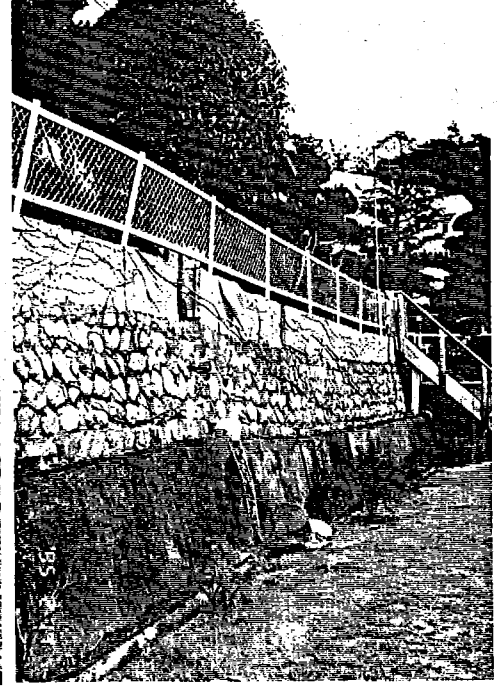
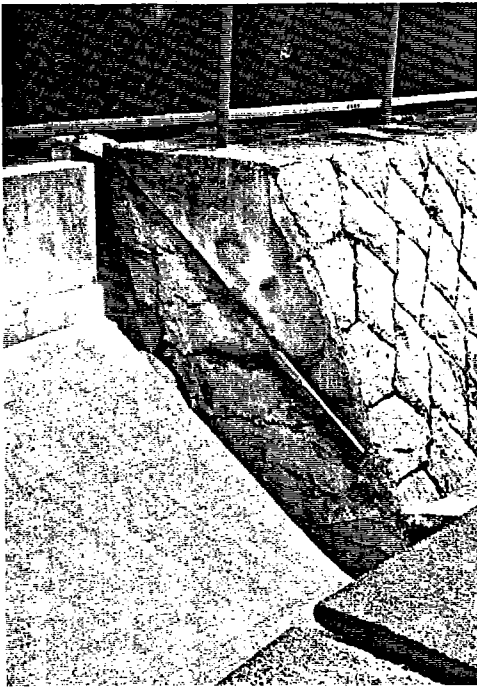
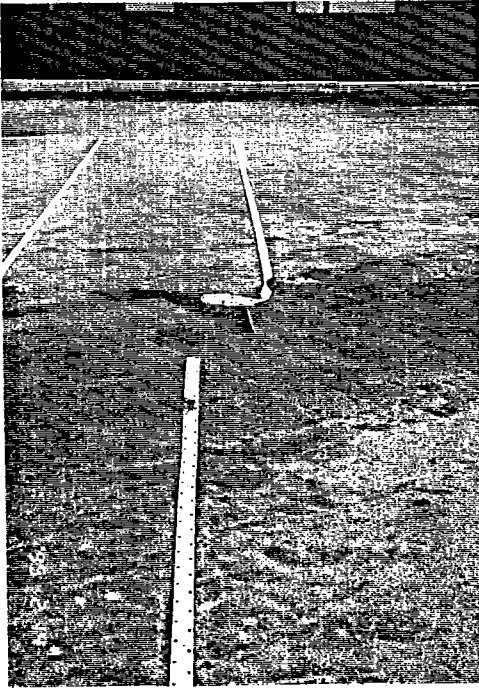
Prof. Dr. T. Kawamoto, Aichi Institute of Technology, Toyota
Prof. Dr. S. Sakurai, Dr. S. Akutagawa, Kobe University, Kobe
Assoc. Prof. Dr. A. Yashima, Gifu University, Gifu
M. Yamagata, Honshu-Shikoku Bridge Authority, Kobe
Y. Uchita, Kansai Electric Power Co., Osaka
K. Kamemura, N. Takeda, Taisei Corporation
T. Okuno, Shimizu Corporation, Tokyo
Y. Iwasaki, Geo-Research Institute, Osaka
Y. Nishigaki, Kiso-Jiban Consultant Co., Nara

KAYNAKLAR

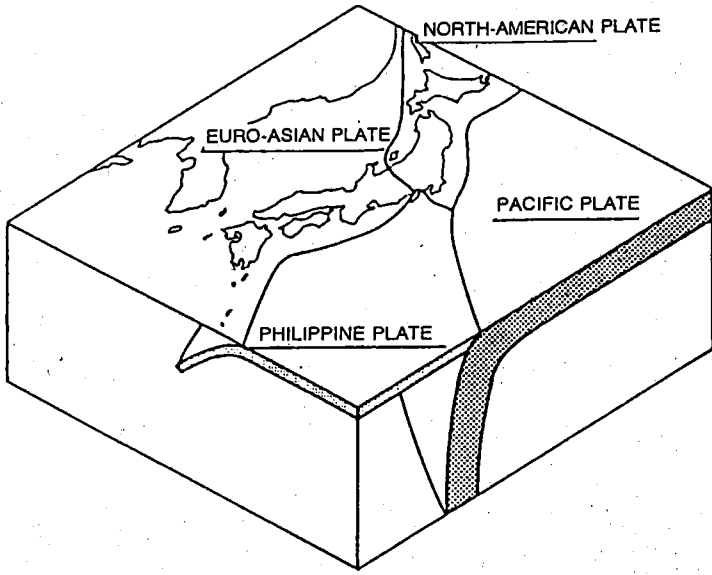
- Aydan, Ö. 1995: 17 Ocak 1995 Hyogo-ken Nanbu Depreminde (Japonya) gözlenen faylanmalar ve oluşan deprem dalgalarının özellikleri. TJK Bülteni (basımda).
- Hirano, M., Fujita, T. 1995: Geological hazards from the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake with reference to the slip landform along the active faults (Japonca). Earth Science (Chikyu Kagaku), 49(2), 77-84.
- Kikuchi, S. 1995: Source process of the Kobe Earthquake of January 17, 1995 (Japonca). Chishitsu News, 486, 12-15.
- Lin, A., Imiya, H., Uda, S., Inuma, K., Misawa, T., Yoshida, T., Abematsu, Y., Wada, T. ve Kawai, K. 1995: Investigation of the Nojima Earthquake Fault occurred on Awaji Island in the Southern Hyogo Prefecture Earthquake (Japonca). J. Geography (Chigaku Zasshi), 104(1), 113-126.
- Okamoto, A. 1995: Rokko-Awaji Island fault system and Hyogo-ken Nanbu Earthquake (Japonca). Chiri, 40(4), 86-97.
- Sakurai, S. (editor) 1995: Hyogo-ken Nanbu Depreminde oluşan hasarlarla ilgili araştırma raporu (Rapor 1). Kobe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayını (Japonca).



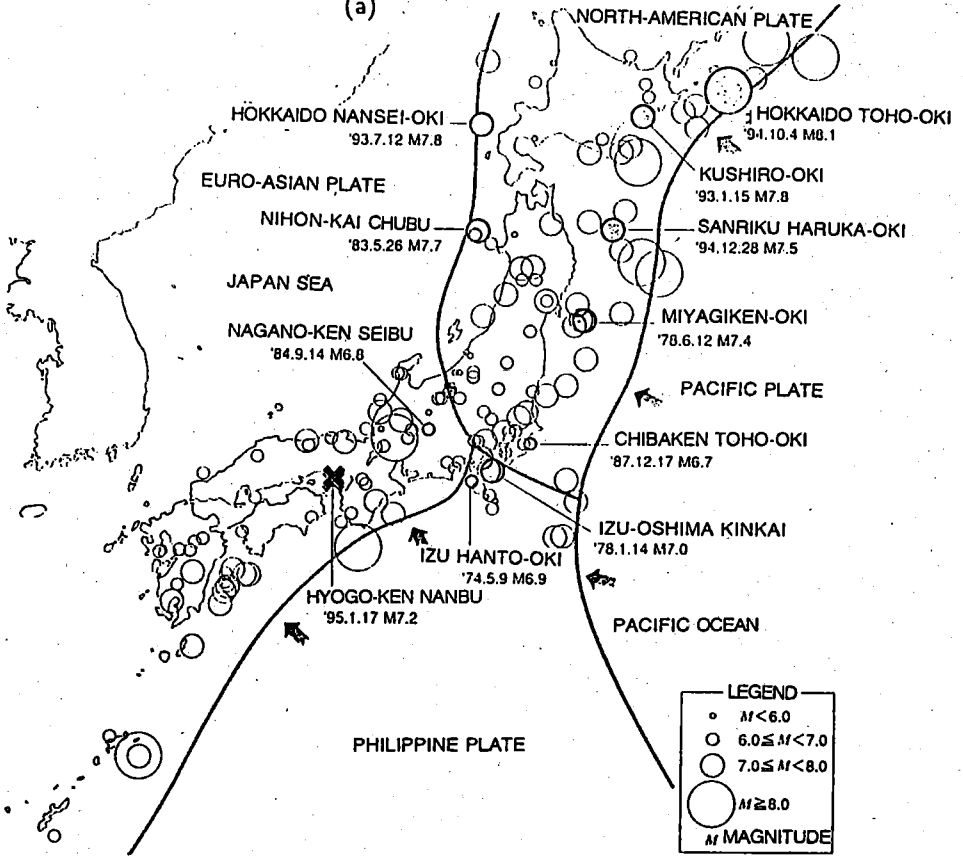
Levha 1 Nojima fayında oluşan atımlar ile ilgili görüntüler



Levha 2 Honshu adası tarafında gözlenen yer kırıkları ile ilgili görüntüler

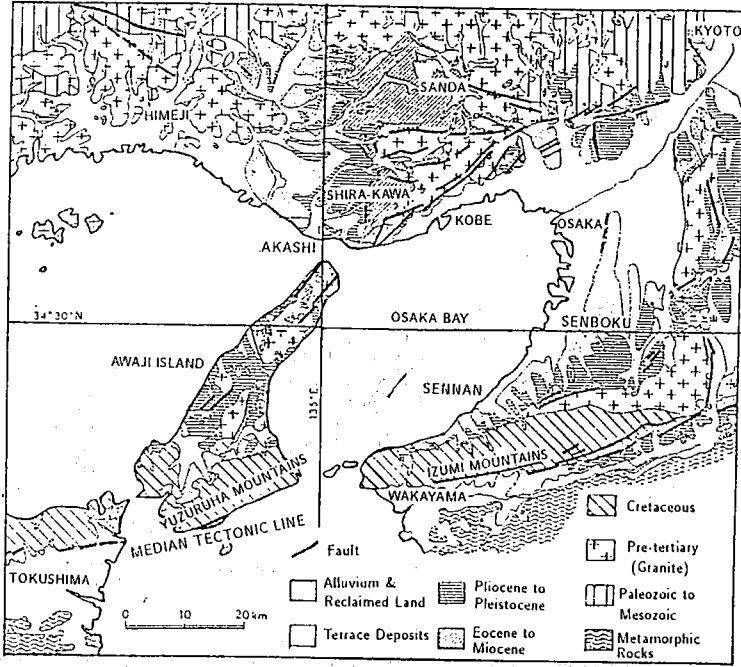


(a)

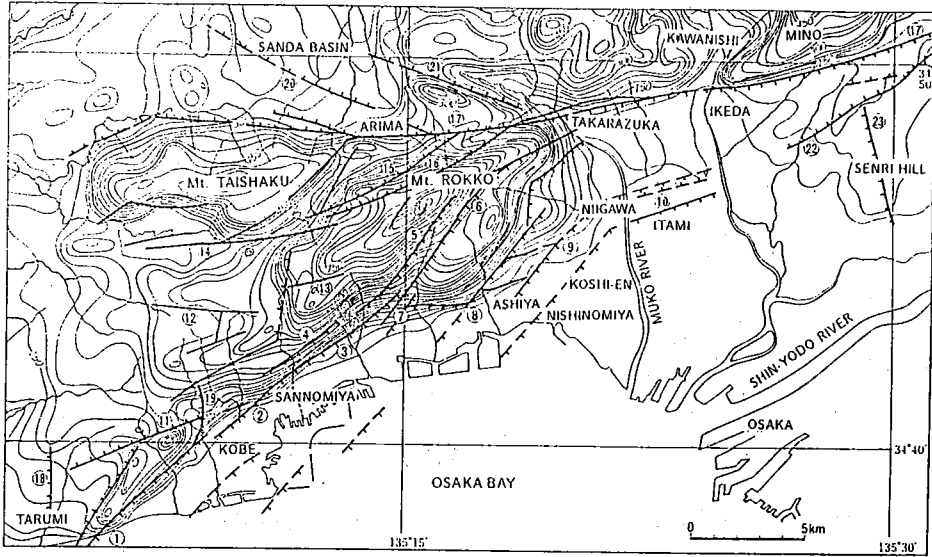


(b)

Şekil 1 (a) Japon adalarının tektonik yapısı
(b) Son 20 yılda oluşan depremlerin yerleri ve büyüklüğü

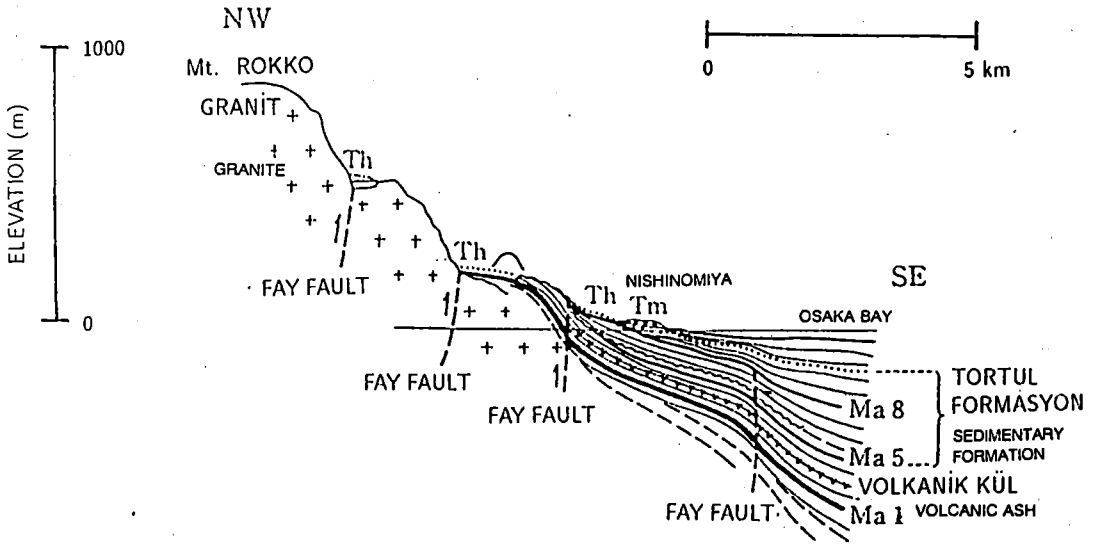


Şekil 2 Kinki bölgesinin jeolojisi

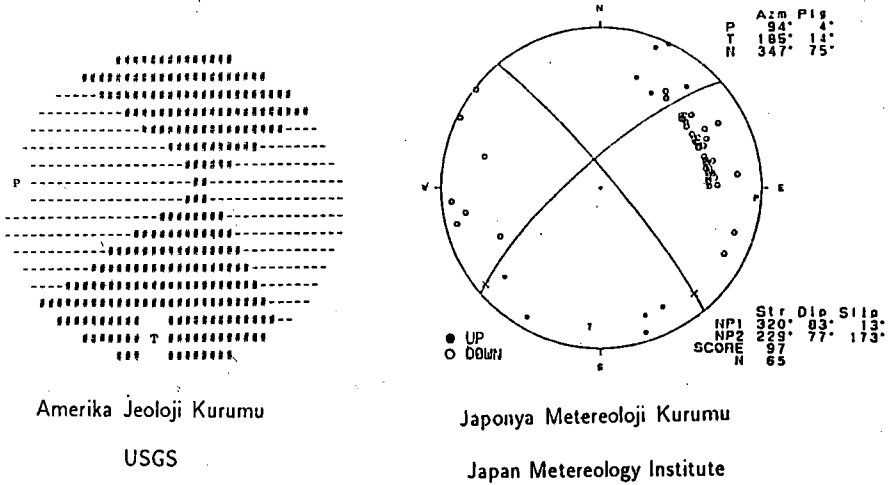


- (1) Suma (2) Egeyama (3) Suwayama (4) Nunobiki (5) Otsuki (6) Gosukébashí (7) Uzugamori (8) Ashiya (9) Koyo (10) Itami
 (11) Takatori-yama (12) Manpukuji (13) Kita-maya (14) Yamada (15) Ibayama (16) Yuokedani (17) Rokko (18) Takazuka-yama
 (19) Maruyama (20) Suzuran-dai (21) Najjo (22) Onohara (23) Butsunen-ji

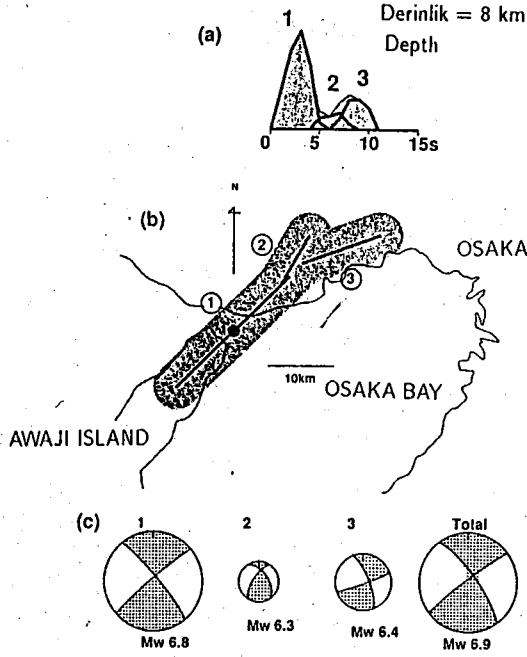
Şekil 3 Kobe Şehri ve çevresindeki faylar



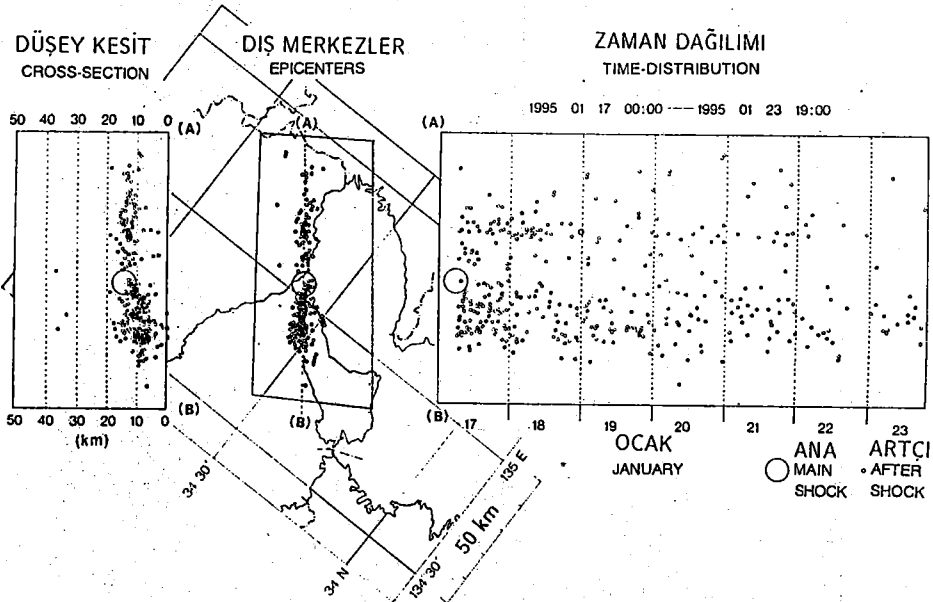
Şekil 4 Rokko Dağı ile Nishinomiya Sahili arasındaki bölgenin jeolojik kesiti



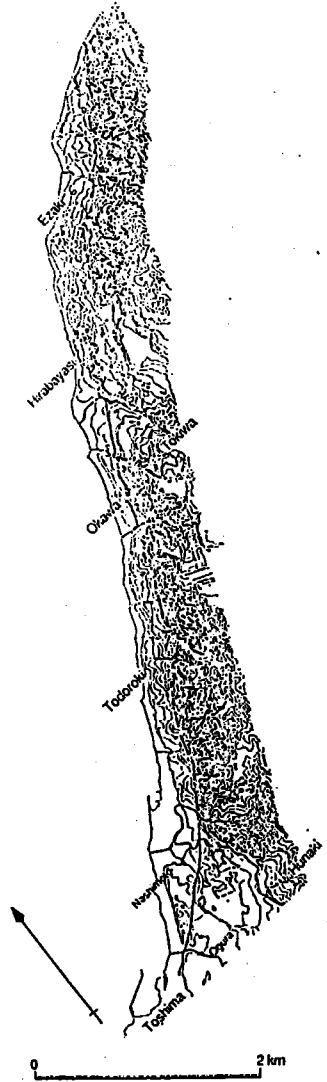
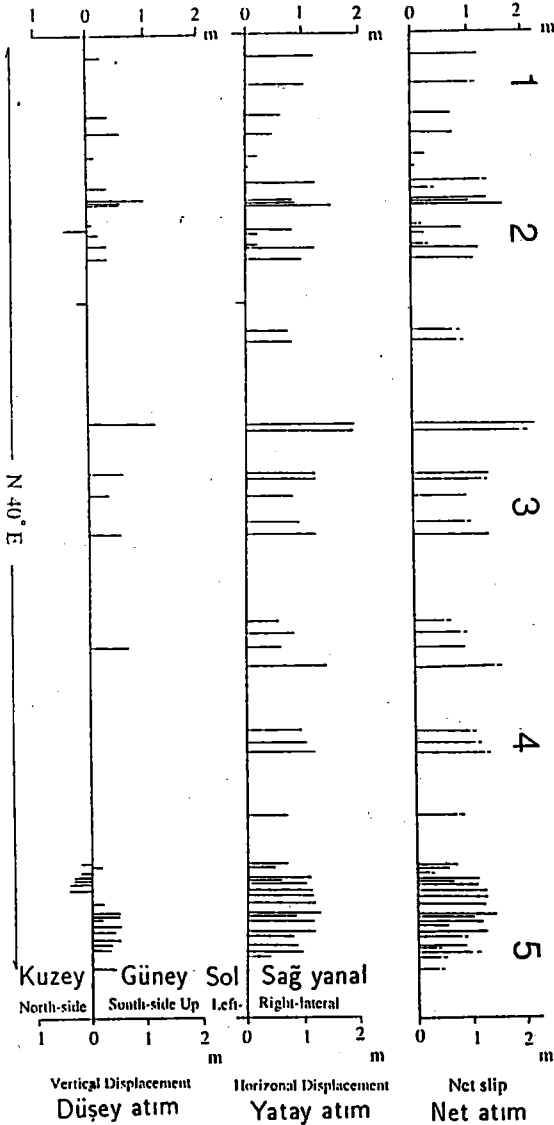
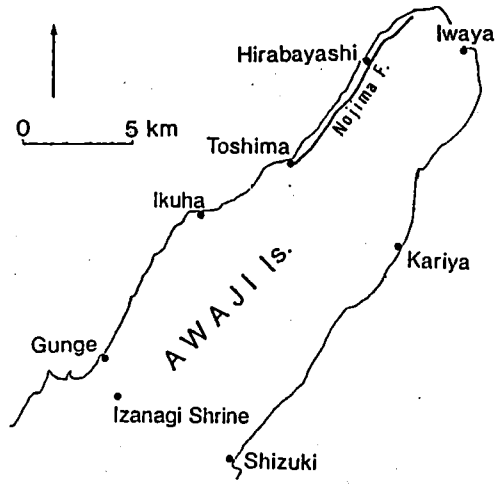
Şekil 5 Amerika Jeoloji Kurumu ile Japonya Metereoloji Kurumunun fayın kayma yönü ile ilgili çözümleri



Şekil 6 Depremin oluşum mekanizması ve fayın kayma yönü ile ilgili çözümler

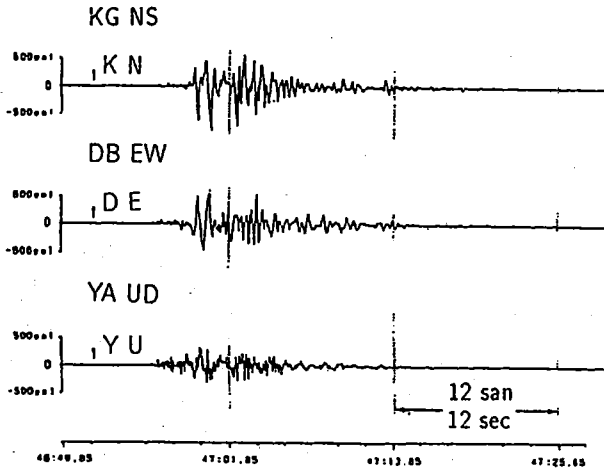


Şekil 7 Ana ve artçı depremlerin oluşum merkezinin uzaysal ve zamana bağlı olarak dağılımı

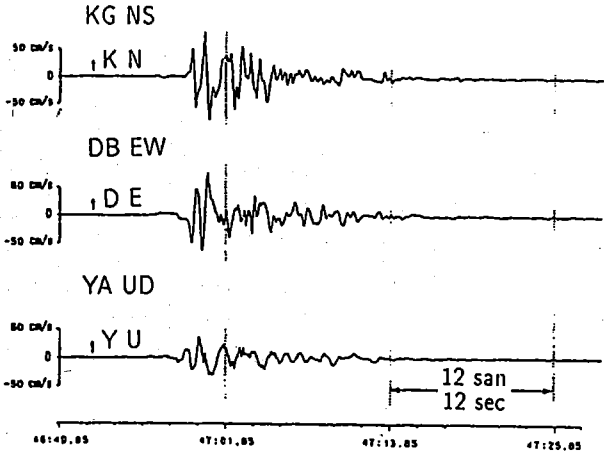


Şekil 8 Nojima fayında gözlenen atımlar

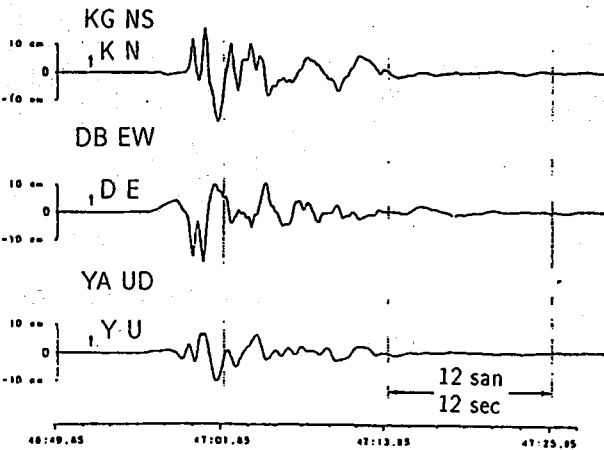
İVME ACCELERATION



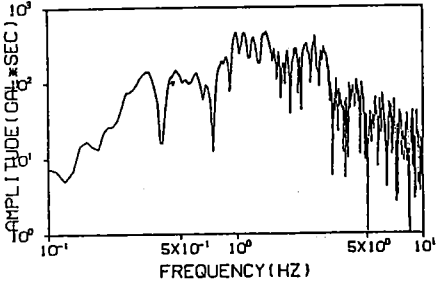
HIZ VELOCITY



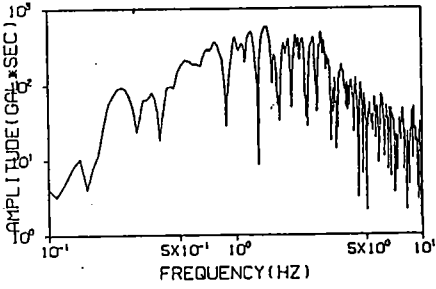
YER DEĞİŞTİRME DISPLACEMENT



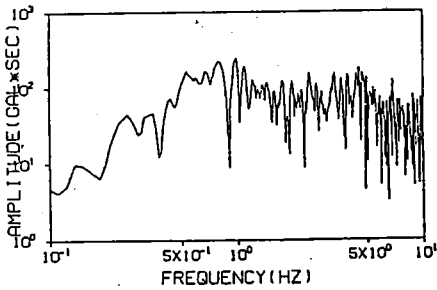
Şekil 9 Kobe Denizcilik Meteoloji Kurumundaki ivme, hız ve yer değiştirme kayıtları



(a) E-W

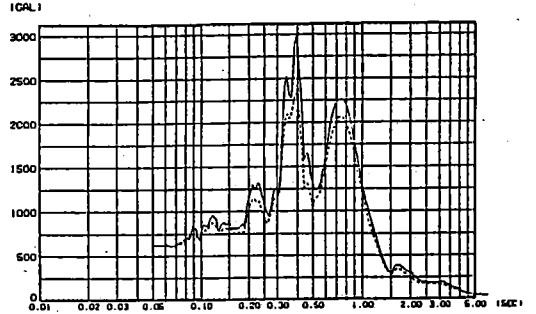


(b) N-S

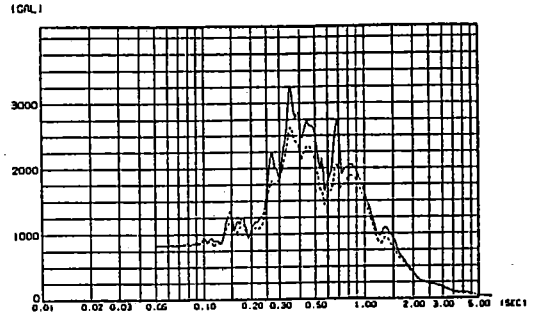


(c) U-D

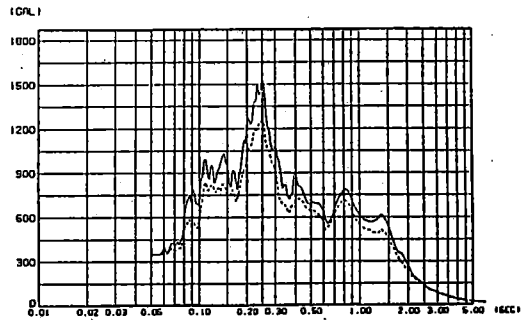
Şekil 10 Deprem dalgalarının spektrumları



(a) E-W

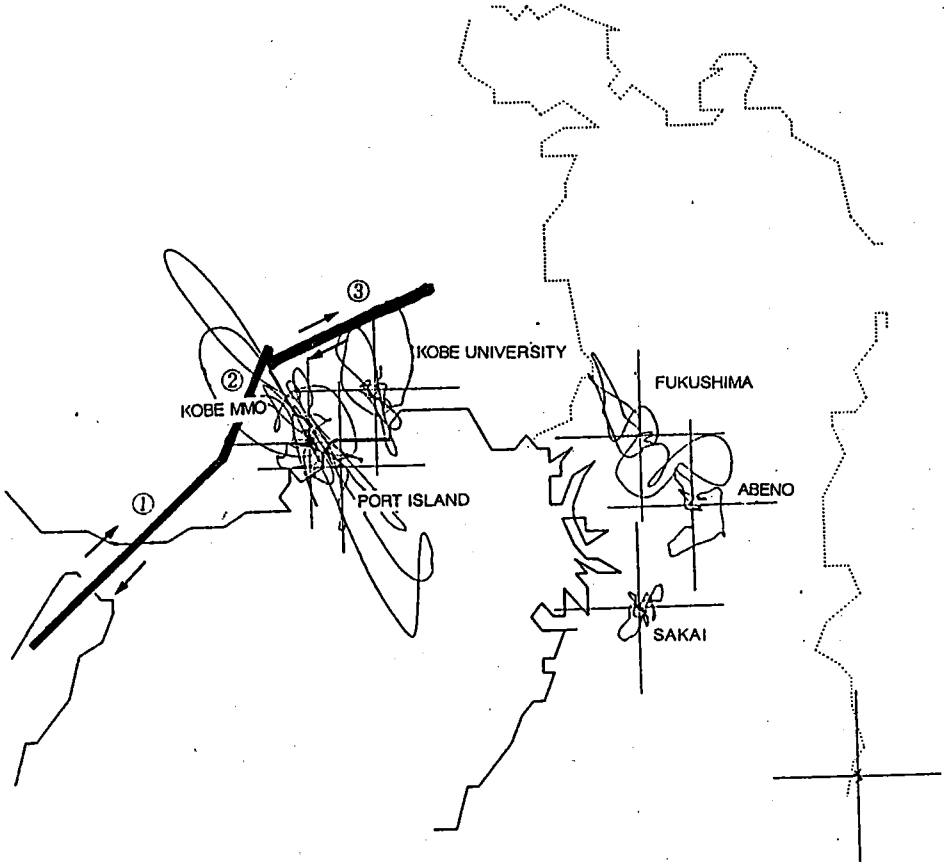


(b) N-S



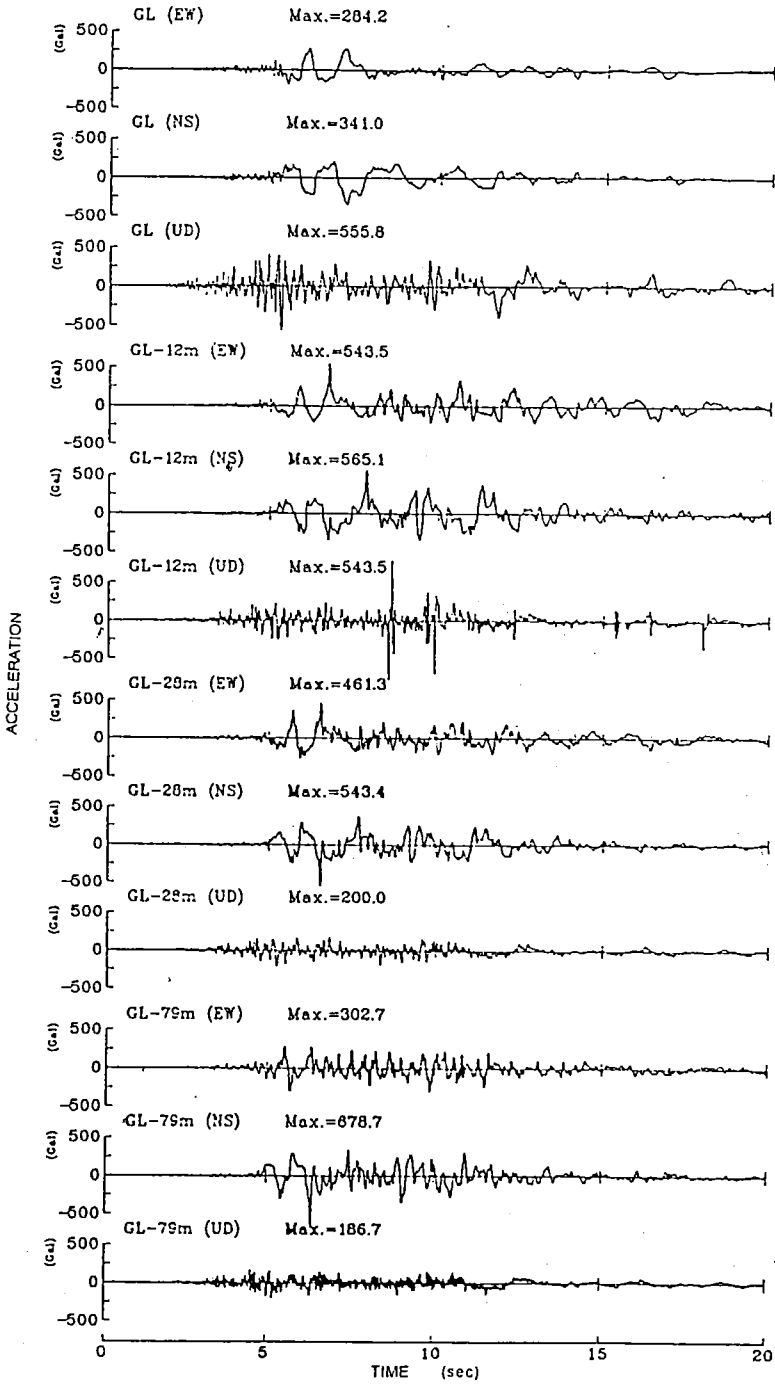
(c) U-D

Şekil 11 Tek serbestlik sistemlerin davranış spektrumları

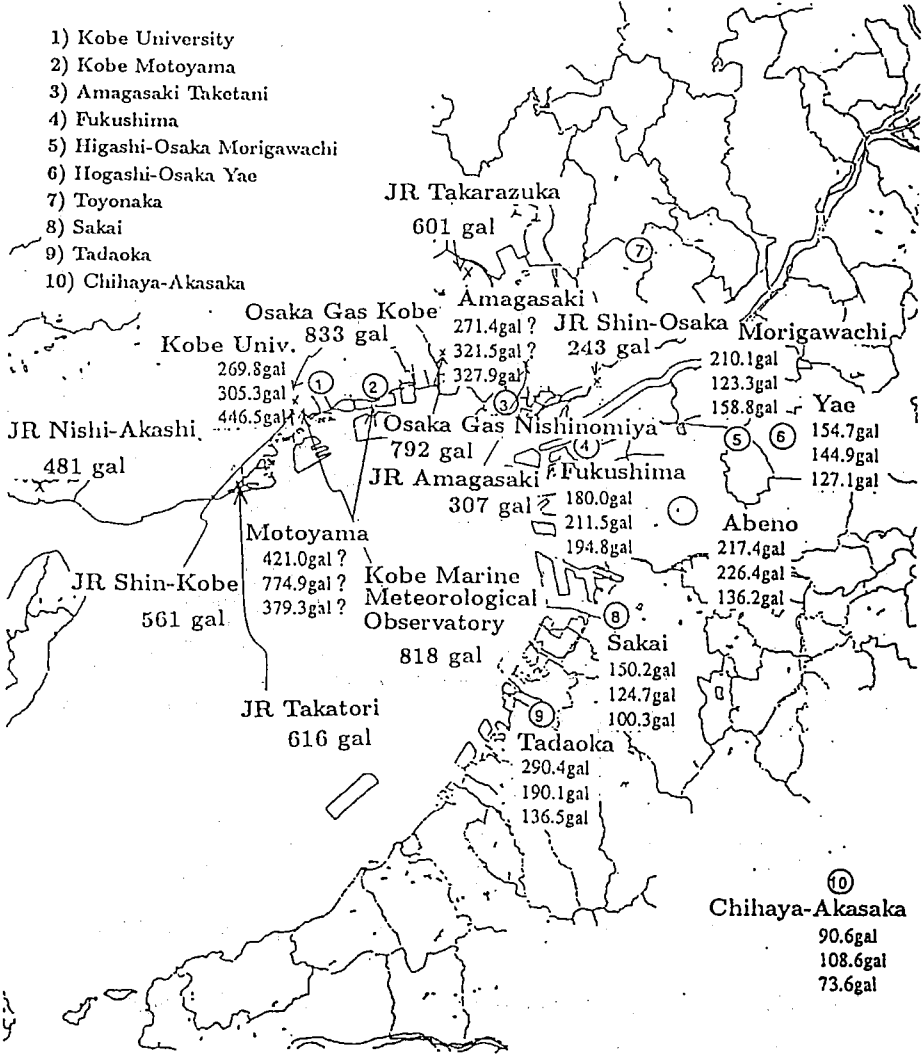


Şekil 12 Deprem esnasında değişik yerlerdeki noktaların hareketlerinin yatay düzlemdeki izdüşümleri

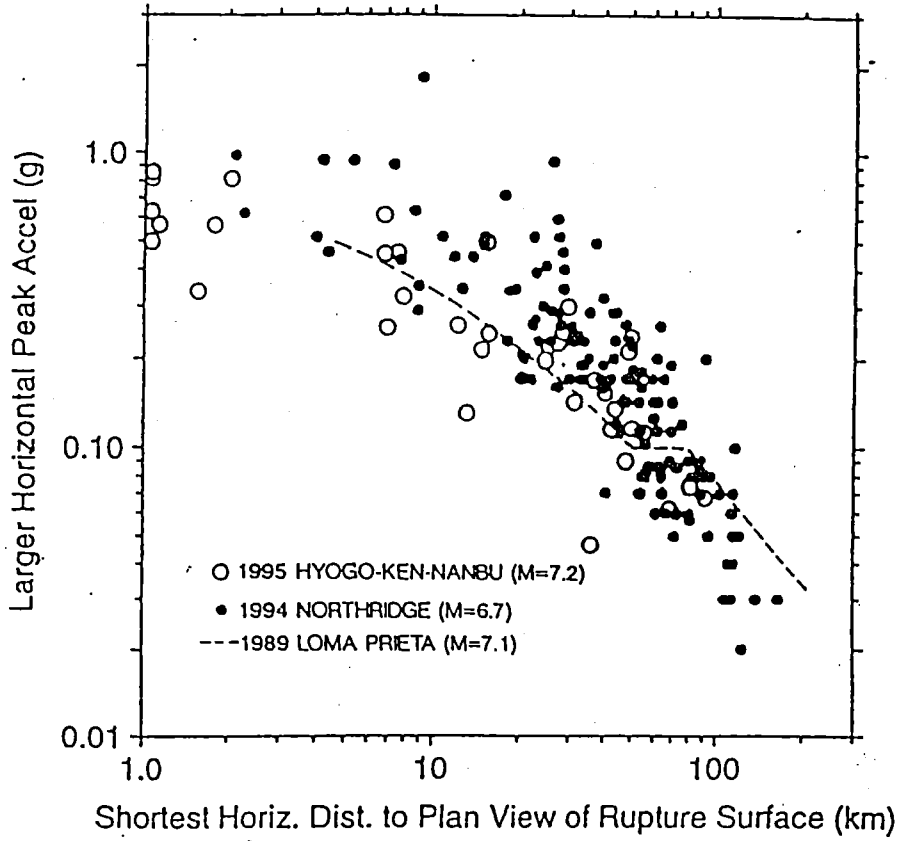
PORT ISLAND



Şekil 13 Port Adasında değişik derinliklerde ivme kayıtları



Şekil 14 En büyük ivme değerlerinin dağılımı



Şekil 15 En büyük ivme değerlerinin kırılma düzlemine olan uzaklığa bağlı olarak azalmı

KUZEY ANADOLU FAYININ PALEOSİSMİSİTESİ:
MUDURNU VADİSİ SEGMENTİNDE ÖRNEK ÇALIŞMA

Ramazan DEMİRTAŞ

Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı,
Sismoloji Bölümü, ANKARA

ÖZET

Türk-Alman Ortak İşbirliği Depremlerin Önceden Bilinmesi Projesi, 1993 ve 1994 yıllarında Mudurnu Vadisi segmenti üzerinde, 1957 Abant ve 1967 Mudurnu Vadisi depremlerinin yüzey kırığı üzerinde dört tane trench açtı. Mudurnu Vadisi segmenti, Kuzey Anadolu fayının batı kesiminde, hem doğrultu atımlı fay sisteminin hemde KD-GB yönlü çekme gerilmesinin etkisi altında bulunan bir segmentini oluşturur. Bu yüzyıl içerisinde, 1957 Abant depremi ($M_s=7.0$) ve 1967 Mudurnu Vadisi depremi ($M_s=7.1$), Mudurnu Vadisi segmentinde 40 km ve 60 km uzunluklarında yüzey kırıkları meydana getirmiştir. Tarihsel kayıtlar içerisinde, bu son iki depremden önce Mudurnu Vadisi segmentini kıran faylanma olaylarının yaşları ve faylanma mekanizmaları hakkında kesin bilgiler bulunmamaktadır. Açtığımız trenchler, trench sahasında deprem faylanmalarının görünür geometrisinin, doğrultu atımlı fay içerisinde gelişmiş yüksek açılı güney- tarafları yükselmiş ters faylanma bileşenleri olduğunu gösterdi. Bu sıkışma tipi yapılar, trench sahasında fayın bir sıkışma büklümü (restraining bend) oluşturduğunu belirtmektedir..

Kesin tarihi bilinmeyen kuvvetli bir tarihsel öncesi deprem, trench yerlerinin yakın civarında büyük bir heyelana neden olmuştur. Bu heyelan, Mudurnu nehrinin akış yönünü engelleyerek bu bölgede günümüzden 82000 yıl-2500 yıl öncesinde bir dönem içerisinde geçici bir gölün oluşmasına neden olmuştur. Bu gölde hızlı bir sedimentasyon gelişerek Taşkesti formasyonunun çökelleri depolanmıştır. Trench duvarlarında gözlenen çökeller, 4 ana litolojik birime ayırıldı. Bu birimler, göl-akarsu ortamında depolanmış çökelleri temsil ederler. C 14 yaş tayini sonuçları, *Birim b'nin* bu gölde M.Ö. 3995 yıl ile M.Ö. 4335 yıl arasındaki bir dönem içerisinde depolanmış olması gerektiğini ortaya koymaktadır. *Birim a* ise, M.Ö. 4335 yılından daha fazla bir zaman öncesinde menderesli bir akarsu ortamında meydana gelmiş çakılları temsil etmektedir. *Birim c* ve *Birim d*, M.Ö. 3995 yıl sonrasında günümüze kadar olan bir dönemde, fayın yükselen bloğunun aşınması sonucu türemiş yamaç döküntüleri ve yamaç yıkama tortularını oluşturmaktadırlar.

Bu çalışmada, trench duvarlarında gözlenen birimlerin stratigrafik ve yapısal özelliklerine dayanarak, Mudurnu Vadisi segmenti üzerinde 1957 ve 1967 depremlerinden önce yüzey faylanması meydana getirmiş en az 4 faylanma olayları saptadık. Radyokarbon yaş tayini sonuçları, bu 4 faylanma olaylarının M.Ö. 4335 yıl ile günümüzden 2500 yıl öncesi arasında bir dönemde meydana geldiğini göstermektedir. Ayrıca, trench çalışmamız, bu segmentde yüzey faylanması meydana getiren depremlerin ortalama tekrarlanma aralığının 150 yıldan daha fazla olabileceğini gösterdi.

PALEOSEISMOLOGY OF THE NORTH ANATOLIAN FAULT:
A CASE STUDY OF THE MUDURNU VALLEY SEGMENT, TURKEY

BY

Ramazan DEMİRTAŞ

Seismological Division, Earthquake Research Department,
General Directorate of Disaster Affairs, Ankara, TURKEY

SUMMARY

Turkish-German Earthquake Research Project excavated four trenches across the surface ruptures of the 1957 and 1967 earthquakes on the Mudurnu Valley segment in the years 1993 and 1994, respectively. Mudurnu Valley segment forms the segment of the North Anatolian fault, in northwestern Turkey under the interaction of strike slip system and NE-SW tensile stress. The Abant earthquake of 1957 ($M_s=7.0$) and the Mudurnu Valley earthquake of 1967 ($M_s=7.1$) ruptured this segment for 40 km and 60 km in this century. There was no information about the age of the faulting events ruptured this segment prior to these last two earthquakes in historical records. In these exploratory trenches, the apparent geometry of the faults was high angle south-side up reverse faulting. This compressional features seems to be derived from subtle restraining bend of the excavated area.

A strong earthquake probably caused a huge landslide damming up the flow of the Mudurnu river in the vicinity of the trench site. Then, a temporary lake formed during the period between 82000 yr. B.P. and 2500 yr. B.P. A rapid sedimentation occurred in this lake and Taşkesti formation deposited. The sediments exposed on the walls of the trenches are classified into 4 main lithologic units. This units represent the sediments deposited in a fluvial-lacustrine environment. Based on the C 14 dating, we assumed that *Unit b* must have deposited in this lake between 3995 yr. B.C. and 4335 yr. B.C. *Unit a* deposited in a meandering river before 4335 yr. B.C. and *Unit c* and *Unit d* are composed of slope debris material derived from the upthrown block of the fault after 3995 yr. B.C.

In this study, we revealed clear evidence for at least three or four previous large earthquake events produced surface faulting prior to the last two earthquakes of 1957 and 1967 based on stratigraphy and structures appeared on the trench walls. Radiocarbon dates show that all faulting events prior to the last two earthquakes occurred on the Mudurnu Valley segment between some time 4335 yr. B.C. and 2500 yr. B.P. years ago. Furthermore, our excavation has demonstrated that the average recurrence interval of this segment is longer than 150 years.

1. GİRİŞ

Kuzey Anadolu fayı, sağ yönlü doğrultu atımlı aktif bir fay olup, 1939-1967 yılları arasında 6 büyük depremde yaklaşık bin kilometrelik bir kısmı kırılmıştır AMBRASEYS [1], [2]. AMBRASEYS and FINKEL [3], Kuzey Anadolu fayı üzerinde tarihsel dönem içerisinde 1939-1967 deprem serisine benzer, 994-1045 ve 1667-1668 tarihlerinde yüzey faylanması oluşturmuş iki ana tarihsel deprem serisinin meydana geldiğinden bahsetmektedirler. Bu deprem serileri, Kuzey Anadolu fayının, farklı uzunluklara, kayma hızlarına, tekrarlanma aralıklarına ve davranışlara sahip 8 veya 10 ayrı segmentten oluştuğunu ortaya koymuştur. AMBRASEYS [1] tarihsel deprem kayıtlarına dayanarak, Kuzey Anadolu fayındaki yüzey faylanması oluşturan depremlerin ortalama tekrarlanma aralıklarının 75 ile 150 yıl arasında olduğunu belirtmiştir.

Deprem sürecini anlamak ve sismik tehlike analizlerinde önemli parametreler oluşturan kayma hızı, her bir depremde meydana gelebilecek maksimum kayma miktarı ve her bir fay segmentinin geometrisi gibi aktif fayların karakteristik özelliklerini bilmek amacıyla, ilk defa 1980 yılından sonra Türkiye' de paleosismisite çalışmaları başlatılmıştır. Sonra, 1993 yılının sonlarında KUŞÇU vd. [4] tarafından 1:1 000 000'lük Türkiye'nin aktif fay haritası yapıldı. Aşağıda kısaca bahsedileceği gibi, bu dönem içerisinde farklı kuruluş ve enstitüdeki araştırmacılar tarafından Kuzey Anadolu fayının farklı segmentlerinde birkaç tane trench açılmıştır;

BARKA ve WESNOUSKY [5] Erzincan'ın 30 km doğusunda 1939 depremin yüzey kırığı üzerinde bir takım trench açmışlardır. Son 3810 yıl içerisinde bu segmenti kıran en az iki faylanma olayının olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Kuzey Anadolu fayının 1939 yüzey kırığının doğu ucundan başlayan komşu segment üzerinde meydana gelen 1784 yüzey kırığı üzerinde OKUMURA vd. [6] tarafından diğer bir trench açılmıştır. Son 1000 yıl içerisinde 200 ile 250 yıl arasında değişen tekrarlanma aralıklarına sahip olan 5 tane faylanma olaylarını saptadıklarını belirtmektedirler.

OKUMURA vd. [6] ayrıca, 1993 yılında Suşehri yakınlarında, 1939 yüzey faylanması batı taraflarında diğer bir trench daha açmışlardır. Bu trenchde de iki tane deprem tanımlayabilmışlardır.

Mudurnu Vadisi segmenti, K 40.5°-D 30.5° ile K 41.0°-D 31.5° koordinatları arasında yer alır. Bu segment, Türkiye'nin yoğun nüfus ve sanayileşmenin olduğu şehirlerin içerisinde ve yakınından geçmesi bakımından büyük önem taşımaktadır. Şekil 1A Mudurnu Vadisi ve komşu segmentlerin bulunduğu yerlerin bir bulduru haritasını göstermektedir. Kuzey Anadolu fayı, Mudurnu Vadisi segmentinin batı kesiminde, Beldibi (Dokurcun'un batısı) yakınlarında iki ana kola ayrılır. Kuzey kol, kalın Neojen yaşlı sedimentler ile doldurulmuş geniş graben benzeri depresyon alanı ile temsil edilen İzmit-Sapanca fayı olarak adlandırılır. Bu fay segmenti, en son 20 Haziran 1943 Adapazarı depremi (Ms=6.4) tarafından kırılmıştır. Diğer taraftan güney kol, İznik-Mekece fay segmenti olarak adlandırılır. İznik-Mekece fay segmenti, Mudurnu Vadisi segmentinin batı ucundan başlar, Geyve'nin güneyinden geçer ve İznik gölünün güney kıyılarını izleyerek batıya doğru uzanır. Bu yüzyıl içerisinde bu segment üzerinde herhangi bir yüzey faylanması meydana getirebilecek bir deprem meydana gelmemiştir.

İKEDA [7] İznik-Mekece fay segmenti üzerinde bir trench açmış ve günümüzden 200-500 yıl öncesi arasında bir zamanda kırılan son faylanma olayına ait deliller bulmuştur.

Diğer taraftan, Bolu-Gerede segmenti, Mudurnu Vadisi segmentinin doğu ucundaki diğer komşu deprem segmentini oluşturur. Bu segmentin uzunluğu, yaklaşık olarak 150 km civarındadır. Bu segment, en son olarak 1 Şubat 1944 tarihinde Ms=7.3 olan bir deprem tarafından kırılmıştır.

OKUMURA vd. [6] tarafından 1944 Gerede deprem kırığı üzerinde bir trench açılmış ve M.Ö. 30 yılından 1944 yılına kadar olan bir dönem içerisinde meydana gelmiş 8 deprem olayını saptamışlardır. Bu segment üzerinde yüzey kırığı

oluşturmuş depremlerin ortalama tekrarlanma aralıklarını, 200 ile 300 yıl arasında değişen bir zaman olarak tahmin etmişlerdir.

Mudurnu Vadisi segmenti, en son 26 Mayıs 1957 Abant ($M_s=7.0$) ve 22 Temmuz 1967 Mudurnu Vadisi depremleri ($M_s=7.1$) tarafından kırılmıştır. Her iki depremin episantr bölgeleri, bu segmentin doğu ucuna yakın bir alanda yer almıştır. 1957 Abant depremi, bu segmentin Abant Gölü ile Dokurcun arasında uzanan 40 km'lik bir bölümünü kırmıştır ÖCAL [8]. Bu deprem, maksimum 120 cm sağ yanıl doğrultu atımlı bir ötelenme meydana getirmiştir. Bu depremden 10 yıl sonra 1967 Mudurnu Vadisi depremi, bu segmentin İğneciler köyü ile Beldibi arasında uzanan 60 km'lik bir kısmını kırmıştır DEMİRTAŞ [10]. Bu deprem 1957 deprem kırığının doğu kısmının 20 km'lik bir kesimini yeniden kırmıştır. AMBRASEYS ve ZATOPEK'e [9] göre, bu depremde 80 km lik bir yüzey faylanmasının meydana geldiğini söylemekle birlikte, bahsedilen yüzey faylanmasının 20 km lik batı kesimini, sarsıntı sonucu meydana gelmiş ve sıvılaşma sonucu gelişmiş kısa ve süreksiz kırıklar şeklinde olan ikincil kırıklar oluşturmaktadır. Üstelik, bu 20 km lik batı kesim, farklı fay doğrultusuna sahip diğer komşu segment üzerinde yer almaktadır. Mudurnu Vadisi segmentinin batı ucunda farklı doğrultulara sahip üç ana deprem segmenti birbirini keserek bir fay kaması oluşturmaktadırlar. Bu sebeble, bu bariyer 1967 deprem kırığının batıya doğru yayılmasını engellemiş ve bu civarda yüzey kırığının sona ermesine neden olmuştur. Diğer komşu fay segmentleri üzerinde sarsıntıdan dolayı harekete geçmiş ikincil deprem kırıkları gelişmiştir.

NEIHL [11] depremlerin magnitüd değerlerine ve bu depremlerin aynı fay segmenti üzerinde oluşup oluşmadıklarına bakarsanız, Mudurnu Vadisi segmenti üzerinde oluşan depremlerin tekrarlanma aralıklarının en az 15 yıl ve en çok 20 yıl olduğunu ileri sürmektedir. Bununla birlikte, 1967 depreminden 1995 yılına kadar ileri sürdüğü maksimum tekrarlanma aralığı olan 21 yıldan daha fazla bir zaman, yani 28 yıl geçmesine rağmen bu segment üzerinde herhangi bir deprem meydana gelmemiştir. Mudurnu Vadisi segmentinin batısından başlayan komşu İznik-Mekece fay segmenti, 1939-1967 deprem serisinde kırılmamış ve Mudurnu Vadisi segmentinin 100 km batısında yer alan segment, 1953 Yenice-Gönen depremi

($M_s=7.2$) tarafından kırılmıştır. Bu depremde 60 km uzunluğunda bir yüzey faylanması meydana gelmiştir. Bu yüzden TOKSÖZ vd. [12] ve EVANS vd. [13] Mudurnu Vadisi segmentinin batısında yer alan bu bölgeyi, gelecekte magnitü 7.0 veya daha büyük bir depreme maruz kalabilecek potansiyel bir bölge olarak nitelendirmişlerdir. Bu sebeple, 1985 yılından beri Kuzey Anadolu fayının Bolu-Sakarya arasında yer alan bir bölgede yürütülmekte olan Türk-Alman Ortak İşbirliği Depremlerin Önceden Bilinmesi Projesi içerisinde, Mudurnu Vadisi segmenti üzerinde yüzey kırığı oluşturan ve hasar verici depremlerin tekrarlanma aralıklarını, kayma hızını bulmak ve deprem tehlikesini belirlemek amacıyla 1993 yılında paleosismolojik (özellikle trench çalışmaları) çalışmalara başlanılmıştır.

Diğer taraftan, Türk-Japan Projesi, Kuzey Anadolu Fayı'nın Paleosismolojisi kapsamında, Mudurnu Vadisi segmentinin batı ucuna yakın bir yerde, Dokurcun'un hemen batısında, bir trench açıldı. IKEDA vd. [14] bu segment üzerinde yüzey faylanması meydana getirmiş 1967 Mudurnu Vadisi depremi dahil son iki depreme ait deliller bulmuşlardır. IKEDA vd. [14] 1967 depreminden önceki faylanma olayının, Kuzey Anadolu fayında Bolu'dan Erzincan'a kadar olan kısmında 600 km lik bir yüzey kırığı oluşturan 17 Ağustos 1967 depremine karşılık geldiğini ve bu depremin 1480 A.D. den sonra 1650 +/- 20 A.D. den kısa bir zaman sonra meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir.

Bu çalışmada, Mudurnu Vadisi segmentinin deprem tehlikesini belirlemede önemli parametreler oluşturan büyük depremlerin tekrarlanma aralıklarını ve kayma hızını bulmak amacıyla, 1967 Mudurnu Vadisi ve 1957 Abant depremlerinin yüzey kırıkları üzerinde dört tane trench açtık.

2. TRENCH YERİNİN TEKTONİK KONUMU

Trench yerleri, Abant gölünün 10 km batısında, Mudurnu nehrinin Mudurnu Vadisi segmentinin aktif izini enine geçtiği Taşkesti-Çayköy arasında bir yerde yer alır (Şekil 1A). Şekil 1B, trench yerleri ve civarının topografik haritasını göstermektedir. Mudurnu Nehri, Taşkesti-Çayköy arasında Kuzey Anadolu fayını enine geçtikten sonra, bu segmentin batı ucuna kadar aktif ana fay izine paralel

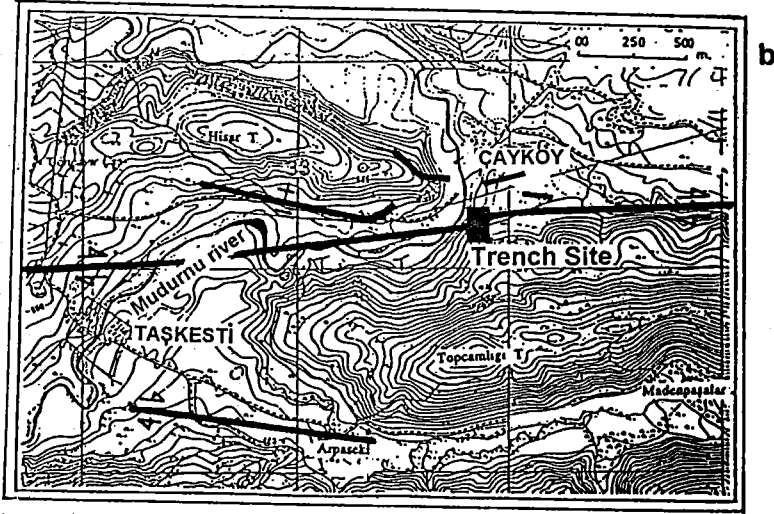
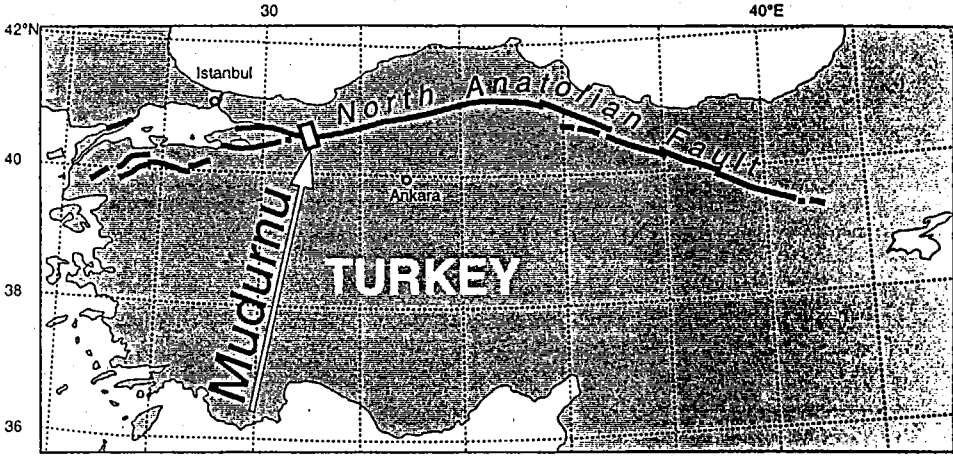


Fig.1. (a) The surface faulting of the North Anatolian fault during the period 1939-1967 and the site of exploratory trenches. (b) Detailed topography map showing the trenching site with the surface ruptures associated with the Mudurnu Valley earthquake of 22 July, 1967.

Şekil 1: (a) 1939-1967 deprem serisinde Kuzey Anadolu fayında yüzey faylanması oluşturmuş deprem segmentleri ve trench yeri. (b) Trench yeri ve civarında 22 Temmuz 1967 Mudurnu Vadisi depreminin yüzey kırığını gösteren topografik harita.

olarak akar. Bu bölgede, tekrarlanan faylanma olayları ve daha sonraki Mudurnu nehrinin erozyonu, doğrultu atımlı fayların karakteristik özelliklerinden biri olan çizgisel rift vadisi meydana getirmiştir. Mudurnu nehri, Taşkesti civarında faya kapılmadan önce GB-KD yönünde akar. Daha sonra Çayköy civarında, GD dan D-B yönüne doğru keskin bir dönüş yaparak ana fay izine uygun bir şekilde akar. Bölgenin yükselmesi ve Mudurnu nehrinin yatağını sürekli olarak kazması sonucu, Taşkesti formasyonunun gösel çökelleri dereceli olarak aşındırılmış ve nehir boyunca formasyonun alt seviyelerinin görünmesine neden olmuştur. Taşkesti-Çayköy arasında, hem KD-GB yönlü sıkışma sonucu yükselme hemde ana fayın ötelemesinin etkisiyle Mudurnu nehrinin bugünkü kanalı boyunca dört ayrı teras seviyesi meydana gelmiştir. Aynı zamanda, nehrin şimdiki kanalı, 1957 Abant ve 1967 Mudurnu Vadisi depremlerinde 120 cm ve 190 cm sağ yanal olarak ötelenmiştir.

Taşkesti-Dokurcun arasında kalan bir alanda sismotektonik açıdan önemli bir olay PALUSKA ve SİPAHİOĞLU [15] tarafından ortaya konmuş ve bu çalışmada da kanıtlanmıştır. Araştırmacılar, Yarbaşı köyü civarında (Taşkesti'nin 3 km batısı) kuvvetli bir paleosismik olayın büyük bir heyelana sebep olduğunu ileriye sürmüşlerdir. Bir kilometre küpden daha fazla bir malzeme, fayın güney yamaçlarından kopararak Mudurnu nehrinin akış yönünü engellemiş ve Taşkesti formasyonunun depolanması için geçici bir gölün meydana gelmesine neden olmuştur. Birimlerin biyostratigrafisi, litostratigrafisi ve yaş tayinine göre, PALUSKA ve SİPAHİOĞLU [15] bu çökellerin yaşını, günümüzden son 82 000 yıl ile 2500 yıl öncesi arasında bir dönemde olduğunu tahmin etmişlerdir: Bu sedimantasyon, günümüzden 2500 yıl öncesinde Mudurnu nehrinin kaya bariyerini aşındırarak yeniden akışını sağlaması sonucu sona ermiştir.

Abant gölünün 15 km batısında Kuzey Anadolu fayının Mudurnu Vadisi segmenti üzerinde dört tane trench açtık (Şekil 1A ve 1B). Trench yerleri yakınında ana fay izi, küçük açılı bir sıkışma bükümünü (restraining bend) yapar. Ayrıca trenchler, son iki büyük depremin meydana getirdiği fay skarpı ile Mudurnu nehrinin en üst teras seviyesi üzerinde de bulunmaktadır. Trench I ve Trench III 1957 ve 1967 deprem kırıklarını üzerinde, Trench II ana fay izinin 10 m güneyinde ve 20 m

uzunlukta olan ve ana fay izini enine geçen Trench IV ise, trench duvarlarının stratigrafisini ortaya koymak ve karşılaştırmak amacıyla, Trench II'nin 5 m doğusunda açıldı.

3. TRENCH DUVARLARININ STRATİGRAFİSİ VE YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Pliyo-Kuvaterner yaşlı Taşkesti formasyonun alt ve orta seviyeleri, Mudurnu nehrinin bankları boyunca mostra verir. Diğer taraftan, formasyonun üst seviyeleri ise teras seviyelerinde görülür. Bu durum, hem GD-KB yönlü sıkışma hemde sıkışma büklümünün etkisinden dolayı bu alanın yükseldiğini ve Taşkesti formasyonunun alt ve orta seviyelerinin ortaya çıktığını göstermektedir. Taşkesti formasyonunun alt ve üst yaşlarının sınırı, günümüzden 82000 yıl ile 2500 yıl öncesi olarak tahmin edilmiştir PALUSKA ve SİPAHİOĞLU [15]. Kuvvetli bir paleosismik olay, büyük bir heyelana neden olarak Mudurnu nehrinin akış yönünü engellemiş ve geçici bir gölün meydana gelmesine neden olmuştur. 80000 yıllık bir dönem içerisinde bu gölde hızlı bir sedimantasyon gelişmiş ve Taşkesti formasyonunun çökelleri depolanmıştır.

Trench duvarlarında gözlenen en yaşlı birimi, günümüzden M.Ö. 4335 yıl öncesinden daha fazla bir zaman içerisinde oluşmuş akarsu çakılları temsil etmektedir. Akarsu çakıllarının üzerine 4335 M.Ö. yıl öncesi ile günümüzden 2500 yıl öncesi arasında bataklık bir ortamda depolandığını gösteren kömürlü, ince taneli kil, silt ve ince taneli kum ardalanmasından oluşan bir birim gelir.

Trench-I, II, III ve IV duvarlarında gözlenen çökeller, 4 ana litolojik birime ayrıtıldı. Bu birimler, *Birim a*, *Birim b*, *Birim c* ve *Birim d* gibi semboller ile gösterildi. Bu litofasiyes, göl-akarsu ortamın kanal kenarı ve alüviyal yamaç ortamlarında depolanmış çökelleri temsil etmektedir. C 14 yaş tayinine göre, T-II D-Duvar'da gözlenen *Birim b*'nin M.Ö. 3995 yıl ile M.Ö. 4335 yıl arasında bir dönemde depolanmış olabileceği tahmin edilmiştir.

Birim a, Mudurnu nehri tarafından taşınmış çakıllardan oluşan bir litolojik birimi temsil eder. Bu çakıl birimi, bu bölgede yer alan Geç Kretase yaşlı kireçtaşları, Üst

Jura-Geç Kretase yaşlı Mudurnu Formasyonunun volkano-klastikleri, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Abant kompleksinin granitleri gibi çeşitli kayaçları içeren çakıllardan oluşmaktadır. Çakıllar, orta boylanmalı ve dört normal derecelenmeli seviyeye sahiptir. Bu birim gri-mavi renkli gölssel birimlerin killi seviyesi üzerine gelmektedir (Şekil 2). Trench-P'in her iki duvarlarının kuzey kenarlarında güncel toprak seviyesini temsil eden *Birim d*, çakıllı seviyeyi uyumsuz olarak örter.

Birim b, mavi-gri renkli kil tabakaları ile kumlu kil tabakalarının ardalanmasından oluşan göl-bataklık ortamında depolanan çökeller oluşturur. Bu birim, 16 *altbirim*'e ayrılmıştır. Bu birimin üst seviyeleri, nehirin sellenmesi ile meydana gelen çökelleri meydana getirir. *Altbirim 1*, kömürlü kırıntılardan oluşan gri renkli kil tabakasından meydana gelir. *Altbirim 2*, odun ve bitki parçalarından oluşan kırmızı-gri renkli killi kum tabakası meydana getirir. *Altbirim 3*, gri renkli ince killi tabaka temsil eder. *Altbirim 4*, kırmızımsı sarı renkli ince killi kum tabakası, *Altbirim 5*, ince bir killi tabaka, *Altbirim 6*, silt ve kil tabakalarının ardalanmasından oluşan bir seviye, *Altbirim 7*, odun ve bitki parçaları içeren kil ve siltli kum tabakalarından oluşur.

Altbirim 8, gri renkli ince kil tabakası, *Altbirim 9*, sarı renkli killi ve siltli kum tabakası, *Altbirim 10*, çok ince bir kil tabakası, *Altbirim 11*, ince taneli kum ve kil tabakalarının ardalanmasından oluşan sellenme çökelleri, *Altbirim 12*, kahverenkli ince killi bir seviye, *Altbirim 13*, gri renkli çok ince killi bir seviye, *Altbirim 14*, sarı renkli killi kum, *Altbirim 15*, gri renkli çok ince killi tabaka ve *Altbirim 16* ise sellenme sonucu depolanmış kalın kumlu kil tabakasını temsil eder.

Birim c, yüksek derecede konsolide olmuş, gastropod kabukları içeren açık kahverenkli, biotürbasyona uğramış kumlu ve çakıllı kalın bir masif birimi oluşturur. Birimin kalınlığı ortalama 120 cm civarındadır. Bu birim, fayın yükselen bloğunun aşınması sonucu meydana gelmiş yamaç döküntü tortullarını temsil eder. Bu birim her iki duvarın güney taraflarına doğru gidildiğinde dereceli olarak kaybolur.

Birim d, konsolide olmamış, koyu kahverenkli masif güncel toprak seviyesini temsil etmektedir. Odun ve bitki parçaları içerir. Bu birimin kalınlığı 60 cm civarındadır. Bu birimde fayın güneyinde yükselen bloğundan türeyen yamaç döküntü ve yamaç yıkama tortullarından meydana gelmiştir.

Birim f, yalnızca Trench-III'ün güney tarafında tabana yakın kesimde gözlenen *birim a*'dan yaşlı bir seviyeyi temsil eder. Birim, köşeli, kahverenkli killi çakıllardan meydana gelmektedir. Bu birim muhtemelen bir heyelan tortullunu temsil eder. Bu birimin en üst seviyesinde sarsmanın etkisiyle gelişmiş çökme yüzeyleri görülmektedir. Bu çökme sonucu, *Birim f* Taşkesti formasyonu ile yanyana gelmiştir.

4. FAYLANMA OLAYLARINI TANIMLANMA KRİTERLERİ

Tabakalanmalı yapılarda faylanma izlerinin yukarıya doğru belirli horizonlarda sona ermeleri, belirli horizonlarda kayma miktarlarının (separation) aniden artış göstermeleri, tabakaların belirli seviyelerde kıvrımlanması, tiftlenme ve bükülmeler, kolluviyal kamalar (colluvial wedge) ve deprem yarıkları (ground fissures) gibi jeolojik kriterler, trench duvarlarında gözlenen her bir faylanma olayların tanımlanmasında ve ayırt edilmesinde kullanılmıştır.

Bu çalışmada, karışıklıklığa engel olmak amacıyla her bir trench duvarlarının ismi semboller ile gösterilmiştir. Örneğin T-I B-Duvar, Trench I'in Batı Duvarını göstermektedir. Trench duvarlarında tanımlanan en eski faylanma olayı, Trench-I'in batı duvarının güney tarafında gözlenen *Event 1* temsil etmektedir (Şekil 2, T-I B-Duvar). *Birim a* ve *Birim b*'nin tabakaları, fay boyunca yukarıdan aşağıya doğru kayma miktarlarında ani artışlar göstermektedir. Bu kriter, *Event 1* olarak gösterilen faylanma olayının ayırt edilmesinde rol oynamıştır. *Event 1* faylanma olayı, *Altbirim 1*'den *Altbirim 10*'a kadar olan birimleri keserek ötelemiştir. *10* ve *11* nolu *Altbirimler* hafif bir şekilde kıvrımlanırken, *11 nolu Altbirim'in* üstünde bulunan birimler hiç bir deformasyona uğramamışlardır. Çakıllı birim olan *Birim a*'da ters faylanmalı kesme sonucu meydana gelmiş 45 cm düşey atım miktarı (düşey separasyon) olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte, *Birim a*'nın üzerinde

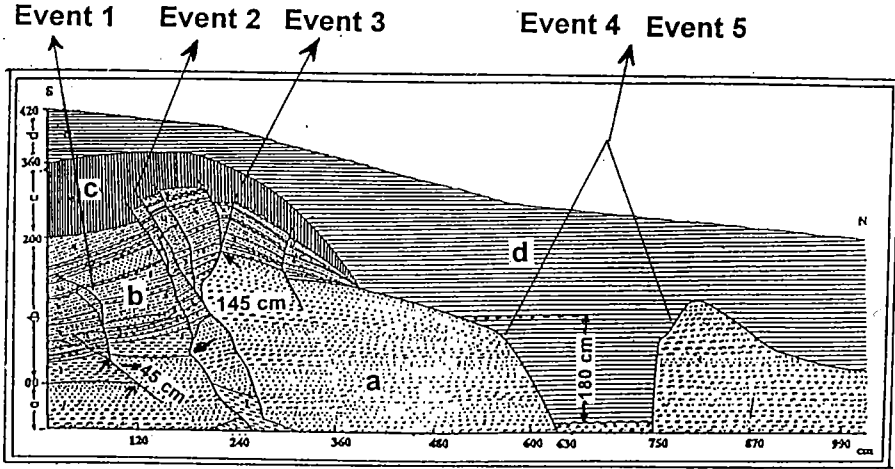


Fig. 2. Log of the western wall of Trench-I of 1993 Mudurnu Valley. a: sorted river gravels with normal grading and coarse grained sand intercalations, b: lacustrine-river deposits consisting of alternation of clay, silt and fine grained sand, c: bioturbated lower soil level with light brown gastropod fossils and shells, and d: upper recent soil level with roots and fragments, slope debris. Small arrows and numbers between two points show amounts of vertical displacements.

Şekil 2. Mudurnu Vadisi segmenti üzerinde 1993 yılında açılan Trench-I'in Batı duvarı. a: normal derecelenmeli boylanmış akarsu çakalları ve kaba taneli kum ardalanmaları, b: kil, silt ve ince taneli kum ardalanmasından oluşan göl-akarsu tortulları, c: açık kahverenkli gastropod fosil ve kabukları içeren biotürbasyona uğramış yamaç döküntüleri, d: odun ve bitki parçaları içeren koyu kahverenkli yamaç döküntü ve yamaç yıkama tortulları. İki nokta arasındaki ok ve sayılar, düşey ötelenme miktarlarını, Event 1, Event 2, Event 3, Event 4 ve Event 5, tarihsel ve tarihsel öncesi dönemlerde yüzey faylanması meydana getirmiş depremleri göstermektedir.

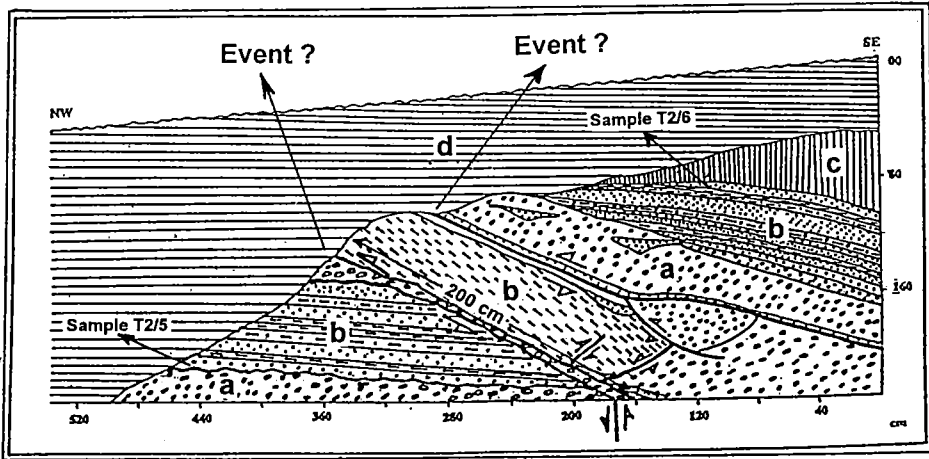


Fig. 3. Log of the eastern wall of Trench-II of 1994 Mudurnu Valley. Symbols are the same as in Figure 2.

Şekil 3. Mudurnu Vadisi segmenti üzerinde 1994 yılında açılan Trench-II'nin Doğu Duvarı. Semboller, Şekil 2'de gösterilen semboller ile aynı. Event ?, tarihsel öncesi dönemde meydana gelmiş deprem kırıklarını göstermektedir.

bulunan birimler ,alttan üste doğru 4 cm ile 16 cm arasında değişen düşey ötelenmeler göstermektedirler. Bu yüzden, bu ilişki *Event 1* faylanma olayının *11 nolu Altbirim*'in depolanması öncesinde ve/veya esnasında meydana geldiğine işaret etmektedir (Şekil 2, T-I B-Duvar).

Muhtemelen *Event 2* ve *Event 3* faylanma olaylarına ait birkaç tane ikincil fay *Birim a* ve *Birim b*'yi ötelemiş ve *Birim c* içerisinde sona ermiştir. Düşey ötelenme miktarları, 10 cm ile 23 cm arasında değişmektedir (Şekil 2, T-I B-Duvar). *Event 2* ve *Event 3* faylanma olayları, çakıllı birim olan *Birim a*'yı 145 cm düşey olarak ötelemiştir (Şekil 2, T-I B-Duvar).

Muhtemelen bölgenin en genç faylanma olayları olan *Event 4* ve *Event 5*, çakıllı birim üzerine uyumsuz olarak gelen ve trenchler içerisinde en genç birim oluşturan *Birim d*'yi kırmıştır (Şekil 2, T-I B-Duvar). Bu iki faylanma olayı, deprem anında zemin yüzeyinde büyük bir deprem yarığı (ground fissures) meydana getirmiştir. Daha sonraki erozyon olayları, bu yarığın içerisini doldurmuş ve *Birim b* ve *Birim c*'nin yamaç döküntü ve yamaç yıkama tortullarının meydana gelmesine neden olmuştur (Şekil 2, T-I B-Duvar). Maksimum skarp dolgusunun kalınlığını gösteren bu son iki faylanma olayının bu yarıқта meydana getirdiği düşey separasyon miktarı, yaklaşık 150cm ile 190 cm arasındadır. Bu miktar, 1957 ve 1967 depremlerinin kümülatif olarak meydana getirdiği düşey atım miktarı ile bir uyumluluk göstermektedir. Dolayısıyla, trench duvarlarında gözlenen bu son iki genç faylanma olayları, 1957 ve 1967 deprem kırıklarına karşılık gelmektedir.

Trench-I ile aynı doğrultuya sahip olan Trench-III de en az iki büyük faylanma olayı (*Event 4* ve *Event 5*) tanımlayabildik (Şekil 4A, T-III D-Duvar). T-I B-Duvarı'nda görüldüğü gibi bu faylanma olayları, T-III D-Duvarı'nda aynı litolojik birimleri kesmiş ve korele edilebilir düşey kayma miktarı meydana getirmişlerdir (Şekil 2, T-I B-Duvar ve Şekil 4A, T-III D-Duvar). Bu trenchde, *Birim c* ve *Birim d*'yi kesen bu faylanma olayları, bu bölgenin en genç olaylarına ait açık deliller sunmaktadır. *Birim a* ve *Birim b* içerisinde meydana getirdikleri düşey separasyon miktarı, 145 cm den daha fazladır. Bu miktar T-I B-Duvar'da gözlenen miktar ile

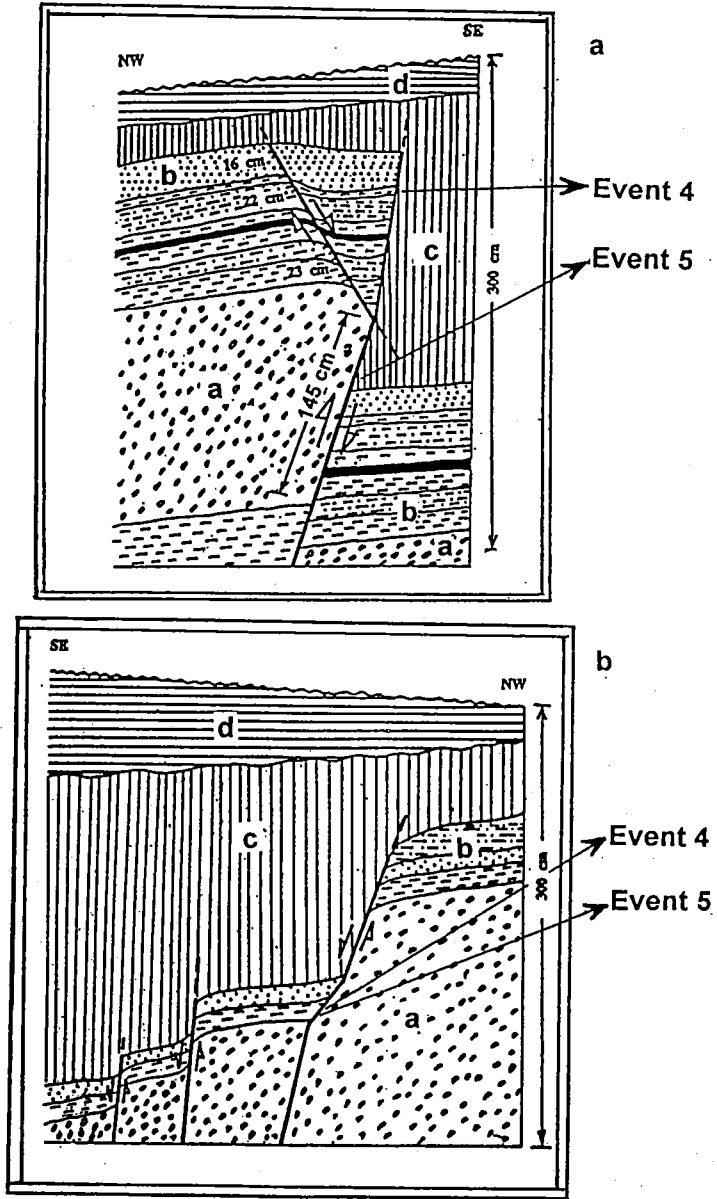


Fig. 4. (a) Log of northern side of the eastern wall of Trench-III of 1994 Mudurnu Valley, (b) Log of northern side of the western wall of Trench-III. Symbols are the same as in Figures 2 and 3.

Şekil 4. (a) Mudurnu Vadisi segmenti üzerinde 1994 yılında açılmış Trench-III'ün doğu duvarının kuzey bölümü, (b) Trench-III'ün batı duvarının kuzey bölümü. Semboller, Şekil 2'de gösterilen semboller ile aynıdır. *Event 4* ve *Event 5*, 1957 Abant ve 1967 Mudurnu Vadisi deprem kırıklarını göstermektedir.

bir uyum içerisinde (Şekil 4A, T-III D-Duvar). Trench-III B-Duvar'ında ise *Event 4* ve *Event 5* faylanma olaylarının neden olduğu birkaç basamak fayları (step faults) gelişmiştir (Şekil 4B, T-III D-Duvar).

Trench-II, kompleks bir görüntü sunmaktadır. Her bir faylanma olaylarını ayırmak güç olmakla birlikte, Trench-III de *Event 1* den daha yaşlı ve/veya *Event 1*, *Event 2* ve *Event 3* faylanma olaylarından ikisine karşılık gelen ve yüzey faylanması meydana getirmiş en az iki faylanma olayı (*Event ?* ve *Event ?*) saptadık (Şekil 3, T-II D-Duvar). Bu faylanma olayının her ikisinde *Birim a* ve *Birim b*'yi kırmışlar ve daha sonra erozyona uğramışlardır. Son olarak, *Birim c*, bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak depolanmıştır. Bu olayların ayırt edilmesinde, faylanmaların belirli seviyelerde yukarıya doğru aniden kesilmesi kriteri kullanılmıştır. İlk *Event ?* faylanma olayı *Birim a*'yı 200 cm civarında yukarıya doğru ötelemiştir. İkinci *Event ?* faylanma olayı da birincisine eşit miktarda düşey ötelenme meydana getirmiştir (Şekil 3 T-II D-Duvar). Bu düşey ötelenmelerin, doğrultu atımlı faylanmanın düşey bileşenlerini meydana getirdiklerini hatırlatmak yerinde olur.

Trench-II de diğer bir faylanma olayı tanımlamakla birlikte kesin deliller olmadığı için, bu depreme ait kesit bu çalışmada gösterilmemiştir. Bu faylanma olayının ayırt edilmesinde diğer bir jeolojik kriter olan depremin neden olduğu heyelan (earthquake-induced landslide) kriteri kullanılmıştır. Bu heyelan, muhtemelen bir paleosismik olay tarafından tetiklenmiştir. Bu heyelanın neden olduğu kayma yüzeyi, trenchin her iki duvarında da bariz bir şekilde görülmektedir. Bununla birlikte, bu olaya ait herhangi bir delil diğer trenchlerde bulunamamıştır.

Sonuç olarak, tüm trench duvarlarında gözlenen birimlerin stratigrafik ve yapısal özellikleri, Mudurnu Vadisi segmenti üzerinde en az 5 ayrı faylanma olaylarına ait deliller sunmaktadır.

5. FAYLANMA OLAYLARI VE TRENCH YERİNİN TEKTONİK KONUMUNUN YORUMLANMASI

Trench-I B-Duvar'ın güney kısmında 5 faylanma olayının (*Event 1*, *Event 2* ve *Event 3*) üçü, ters bileşenli doğrultu atımlı faylanma paterni göstermektedir. Tersine, T-I B-Duvar'ın kuzey kesimindeki faylanma olayı (*Event 4* ve *Event 5*) normal bileşenli doğrultu atımlı fay paterni göstermektedir DEMİRTAŞ [10]. *Event 1*, *Event 2* ve *Event 3* faylanma olayları, tekrarlanan ters faylanmalar sonucu *Birim a'*yı 190 cm yukarıya doğru ötelerken, T-I B-duvar'ın kuzey kesiminde *Event 4* ve *Event 5* faylanma olayları normal faylanmalar sonucu, aynı birimi 150 cm (kuzey tarafı aşağıya) aşağıya doğru ötelenmiştir. Fayın güney bloğunun yükselmesi sonucu, Trench-I'in güney kesiminde *Birim a'* nın üzerine gelen *Birim b* ve *Birim c* aşınmış ve incelmıştır (Şekil 2, T-I B-Duvar).

Trench duvarlarında gözlenen deprem kırıklarının gösterdiği ötelenmelerin (seperasyon) genel tabiatları, doğrultu atımlı faylanma sisteminde gelişmiş yüksek açılı güney tarafı yükselmiş ters faylanmalar şeklindedir. Bu fay paternleri, bu bölgede fayın bir sıkışma bükümü (Restraining bend) yaptığını göstermektedir DEMİRTAŞ [10]. Yerel sıkışma sonucu T-I B-Duvar'ının güney kesimlerinde pozitif çiçek yapısı (positive flower structure) gelişirken aynı trenchin kuzey kesiminde negatif çiçek yapısı (negative flower structure) meydana gelmiştir.

Trench duvarlarında gözlediğimiz birimlerin stratigrafik ve yapısal özellikleri gözönüne alındığında, T-I B-Duvarı, en az dört veya beş faylanma olaylarına ait deliller göstermektedir (Şekil 2, T-I B-Duvar). Tüm trench duvarlarında yorumladığımız en güncel iki büyük deprem, 26 Mayıs 1957 Abant ($M_s=7.0$) ile 22 Temmuz 1967 Mudurnu Vadisi ($M_s=7.1$) depremleridir. Bu çalışmada, 1957 ve 1967 deprem kırıklarının çakıştığı trench duvarlarında açık bir şekilde gözlenmiştir. Çünkü bu iki depremin meydana getirdiği kümülatif düşey atım miktarları, Trench-I ve Trench-III de ölçülmüş ve 150 ile 190 cm civarında bulunmuştur DEMİRTAŞ [10]. Bu değer, AMBRASEYS ve ZATOPEK [9]'in

1957 ve 1967 depremleri için bahsettikleri toplam düşey atım miktarları ile uyum göstermektedir.

Event 4 ve *Event 5*'den önceki tüm faylanma olayları, *Birim d*'nin depolanmasından önce oluşmuştur. Çünkü bu faylanma olaylarından hiçbiri, en genç birimler olan *Birim c* ve *Birim d*'yi kırmamıştır. Diğer taraftan, en son faylanma olayları olan *Event 4* ve *Event 5* olayları *Birim c* ve *Birim d*'yi kırarak bu birimler içinde büyük bir deprem yarığı (ground fissures) meydana getirmişlerdir. Daha sonra bu yarığın içi, fay skarpında yer alan *Birim c* ve *Birim d*'ye ait malzemelerin aşındırılması sonucu doldurulmuştur. Bu durum, bu faylanma olaylarının bölgede oluşan en genç deprem olaylarının olduğunu göstermektedir.

6. FAYLANMA OLAYLARININ YAŞI

T-II D-Duvar'dan alınan örneklerin C 14 yaş tayinlerine ait sonuçlar Tablo-1 de verilmiştir (Şekil 3, T-II D-Duvar). Hd 17426-17 000 nolu numune çakallı birimin (*Birim a*) hemen üstünde yer alan tabakadan, Hd 17427-16892 nolu numune ise aşınma yüzeyinin yani *Birim c*'nin hemen altında yer alan tabakadan alınmıştır (Şekil 3, T-II D-Duvar).

Tablo-1: C 14 yaşlandırılmasının kalibre edilmiş hali

TABLE-1. Calibrated age for the ¹⁴C dates

Sample and ¹⁴ C age	δ ¹³ C	1σ BC	2 σ BC
Hd 17426-17000 T2/5 IDNDR 5354 + 54 B.P.	-24.86	4310-4295 4250-4215 4200-4135 4120-4085	4335-4035 4015-4000
Hd 17427-16892 T2/6 IDNDR 5313 + 39 B.P.	-25.34	4225-4170 4165-4075	4245-4030 4020-3995 4060-4040

Calibration is according to STUIVER and REIMER [16].

Kalibrasyon STUIVER ve REIMER [16] göre yapılmıştır

Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi, Taşkesti-Dokurcun arasında yer alan bir bölgede sismotektonik açıdan çok önemli bir jeolojik olay PALUSKA ve SİPAHİOĞLU [15] tarafından ortaya konulmuştur. Kuvvetli bir paleosismik olay, Yarbaşı köyü civarında büyük bir heyelana neden olmuştur. 1 km küpten daha fazla bir kaya kütlesi, fayın güney yamaçlarından koparılarak Mudurnu nehrinin akış yönünü engellemiş ve bu alanda geçici bir gölün meydana gelmesine neden olmuştur. Bu göl içerisinde hızlı bir sedimantasyon olmuş ve Taşkesti formasyonunun çökelleri depolanmıştır. Birimlerin biyostratigrafi, litostratigrafi ve yaş tayinlerine göre, PALUSKA ve SİPAHİOĞLU [15] bu tortulların alt yaş sınırını, günümüzden 82000 yıl öncesi olarak tahmin etmişlerdir. Bu depolanma, nehrin kaya engellini aşındırarak akışını yeniden sağladığı günümüzden 2500 yıl öncesine kadar devam etmiştir. Bu değer de bu birimin üst yaş sınırını temsil eder. Bu çalışmada yapılan C 14 yaş tayini de birleştirilerek her bir faylanma meydana getiren olayların yaşları birlikte yorumlanmaya çalışılmıştır.

Birimlerin detaylı biyostratigrafi, litostratigrafi, yapısal özellikleri ve C 14 yaşlandırma sonuçlarına göre trench duvarlarında gözlenen en yaşlı birimi temsil eden akarsu çakıllarının yani *Birim a*'nın yaşı, M.Ö. 4335 yıl öncesinden daha fazla olan bir yıl elde edildi. C 14 yaş tayini için iki örneğin alındığı tabakalar arasında kalan ve bu çakıllı birimin üstüne gelen kil, silt ve ince kum aradalanmasından oluşan *Birim b*'nin yaşı ise M.Ö. 4335 yıl ile M.Ö. 3995 yıl arasında bulundu. Bununla birlikte, T-I B-Duvarı'nda gözlenen *Birim b* 'nin çökelleri, T-II D-Duvar'da yer alan *Birim b*'ye ait çökellerin hemen üst seviyelerine ait çökelleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla, trench duvarlarında rastladığımız *Birim b*'nin alt yaş sınırı 4335 M.Ö. yıl iken bu birimin üst yaş sınırını, Mudurnu nehrinin heyelanın sebep olduğu kaya engelini aşındırıp yeniden akışını sağladığı ve Taşkesti formasyonunun depolanmasının sona erdirdiği günümüzden 2500 yıl öncesi meydana getirir. Dolayısıyla, Mudurnu Vadisi segmenti üzerinde bölgenin en güncel depremleri olan 1957 ve 1967 depremlerinden önce oluşmuş en az 4 faylanma olayının yaşı M.Ö. 4335 yıl ile günümüzden 2500 yıl öncesi bir dönem arasındadır (Şekil 2 T-I B-Duvar, Şekil 4A T-III D-Duvar ve Şekil 4B T-III B-Duvar). T-II D-Duvar'da gözlenen ve *Birim a*'yı kesen iki *Event* ? faylanma

olaylarının yaşı ise günümüzden M.Ö. 4335 yıl öncesi ile M.Ö. 3995 yıl arasındadır (Şekil 3 T-II D-Duvar). Dolayısıyla, bu iki *Event ?* olayı T-I B-Duvar'ın güney kesiminde gözlenen *Event 1*, *Event 2* ve *Event 3* faylanma olaylarından ikisine karşılık gelme olasılığı fazla görünmektedir.

7. SONUÇLAR

PALUSKA ve SİPAHİOĞLU [15] Taşkesti formasyonunun alt ve üst yaş sınırı, 82000 ile 2500 yıl olarak tahmin edilmiştir. Bu çalışmada, C 14 yaş tayini, *Birim a*'nın yaşını, günümüzden M.Ö. 4335 M.Ö. yıl öncesi bir zaman verdi. Trench-II de bu çakılı birimin üstüne gelen iki numunenin alındığı tabakalar arasında kalan *Birim b*'nin yaşını, M.Ö. 4335 yıl ile M.Ö. 3995 yıl arasında bulduk. Diğer taraftan, PALUSKA ve SİPAHİOĞLU [15] tarafından elde edilen yaş tayini ile bu çalışmadaki C 14 sonuçları birlikte yorumlanarak, Trench-I ve Trench-III deki *Birim b*'nin yaşını, M.Ö. 4335 yıl öncesi ile günümüzden 2500 yıl öncesi arasında tahmin ettik.

Bu çalışmada, Trench duvarlarında gözlenen birimlerin stratigrafik ve yapısal özelliklerinin detaylı bir şekilde yorumlayarak, Mudurnu Vadisi segmenti üzerinde, bölgenin en güncel depremleri olan 1957 ve 1967 depremlerinden önce oluşmuş en az 4 faylanma olayı saptadık. Yapılan C 14 yaş tayinine göre, bu son iki depremden önce oluşan faylanma olaylarının yaşlarının M.Ö. 4335 yıl ile günümüzden 2500 yıl öncesi arasında bir dönemde olduğu tahmin edildi. T-II D-Duvarında gözlenen ve *Birim a* ve *Birim b*'yi kesen iki *Event ?* faylanma olaylarının yaşı ise günümüzden M.Ö. 4335 yıl ile M.Ö. 3995 yıl arasında saptandı. Dolayısıyla, bu iki *Event ?* olayı, T-I B-Duvar'ın güney kesiminde gözlenen *Event 1*, *Event 2* ve *Event 3* faylanma olaylarından ikisine ait olma olasılığı fazla görünmektedir.

Yukarıdaki sonuçlar, Mudunu Vadisi segmentinde yüzey faylanması oluşturan depremlerin ortalama tekrarlanma aralıklarının 150 yıldan daha fazla olabileceğini göstermektedir.

Mudurnu Vadisi segmentinin tektonik olarak kompleks bir bölge içerisinde bulunmasından ve trench duvarlarında gözlenen birimlerin bu tektonikten etkilenerek oldukça karışık bir görüntü sunmaktadır. Bu yüzden, bu çalışmada her bir faylanma olaylarının yaşları ayrı ayrı olarak verilemediği için, Mudurnu Vadisi segmentinde yüzey kırığı oluşturmuş faylanma olayların tam bir kronolojisi ortaya konulamamıştır. Bu sebeple, bu segmentin deprem tehlikesini belirlemede önemli parametreler oluşturan faylanmanın tipi, mekanizması, kayma miktarı ve tekrarlanma aralığını kesin olarak saptamak için Mudurnu Vadisi segmentinin doğu ve batı ucuna doğru olan kesimlerde de trenchlerin açılmasına ve çeşitli yaylandırma metodların kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, 1994-1995 yılları arasında JICA (Japan International Cooperative Agency) tarafından düzenlenen 11 aylık sismoloji kursunda hazırlanmış olduğum ve bu dönem sonunda IISEE'ye (International Institute of Seismology and Earthquake Engineering) sunduğum bireysel çalışma (Individual Study) raporunun bir çevirisini teşkil etmektedir.

Bu çalışmada, özellikle 4 aylık bireysel çalışmam sırasında, arazi ve büroda paleosismoloji, özellikle trench çalışmasıyla ilgili konularda değerli bilgiler ve katkılarda bulunan Geological Survey of Japan'da görev yapan danışmanım sayın Koji Okumura'ya;

1994-1995 yılları arasında IISEE kursuna katılma fırsatı veren ve maddi desteklerde bulunan JICA'ya;

Bu kurs süresi içerisinde sismoloji konusunda deneyimlerinden yararlandığım ve Japonya'nın çeşitli yerlerinde saha çalışması olanağımı veren IISEE araştırmacı ve çalışanlarına;

Son olarak da, bu kursa katılma fırsatı veren Afet İşleri Genel Müdürü sayın Oktay Ergünay'a, Deprem Araştırma Dairesi Başkanı sayın Sinan Gencoğlu'na ve Sismoloji Şube Müdürü sayın Rüçhan Yılmaz'a sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

- [1] AMBRASEYS, N. N., Some characteristic features of the North Anatolian Fault Zone, *Tectonophysics*, 9, (1970), pp. 143-165.
- [2] AMBRASEYS, N. N., Studies in historical seismicity and tectonics, *Geodynamics Today Royal Soc. Pub.*, London, (1975), pp. 7-16.
- [3] AMBRASEYS, N. N., and FINKEL, C. F., The Anatolian earthquake of 17 August 1668, in historical seismograms and earthquakes of the world, (W. H. K. Lee, H. Meyers and K. Shimizaki, Eds.), *Academic Press*, (1988), pp. 173-180.
- [4] KUSÇU, I., SAROGLU, F., and EMRE, O., Active Fault map of Turkey and implication on paleoseismology, In *Proceedings of the Workshop on Paleoseismology*, U.S. Geological Survey, Open File Report 94-568, (1994), p. 104.
- [5] BARKA, A. A., and WESNOUSKY, G., Potential of a large earthquake in Erzincan region following the 1992 earthquake, M=6,9: preliminary trench study results, In *Proceedings of the Workshop on Paleoseismology*, U.S. Geological Survey, Open File Report 94-568, (1994), p. 14.
- [6] OKUMURA, K., YOSHIOKA, T., and KUSÇU, I., Surface faulting on the North Anatolian Fault in These two Millenia, In *Proceedings of the Workshop on Paleoseismology*, U.S. Geological Survey, Open File Report 94-568, (1994), p. 143.
- [7] IKEDA, Y., Geomorphological observations of the North Anatolian fault, West of Mudurnu, Multidisciplinary research on fault activity in the western part of the North Anatolian fault zone (Y. Honkura and A. M. Isikkara, Eds.), (1988), pp. 6-14.
- [8] OCAL, N., Abant Zelzelesi Hakkinda, *Istanbul Kandilli Rasathanesi Yayinlari*, 4 (1959).
- [9] AMBRASEYS, N. N. and ZATOPEK, A., The Mudurnu Valley earthquake of July 22nd 1967, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 59, (1969), pp. 521-589.
- [10] DEMIRTAS, R., Trenching studies on the western part of the North Anatolian fault zone between Taskesti and Caykoy (Bolu-Adapazari), *Bulletin of Earthquake Research Department, General Directorate of Disaster Affairs, Ankara*, (1993), p. 43.
- [11] NEIHL, In *Introduction to the Turkish-German Earthquake Research Report*, (Ergunay, O. and Zschau, J., Eds.), (1989).
- [12] TOKSOZ, M. N., SHAKAL, A. F. and MICHEAL, A. J., Space-Time migration of earthquakes along the North Anatolian Fault Zone and microseismic gap, *Pure Applied Geophysics*, 117 (19), (1979), pp. 1258-1270.
- [13] EVANS, R., ASUDEH, I., CRAMPIN, S., and UCER, S.B., Tectonics of the Marmara sea region of Turkey: new evidence from microearthquake fault plane solution, *Jour. Royal. Astrolog.*, 83, (1985), pp. 47-60.
- [14] IKEDA, Y., SUZUKI, Y., HERECE, E., SAROGLU, F. and ISIKKARA, A., Geological evidence for the last two faulting events on the Northern Anatolian fault zone in the Mudurnu Valley, western Turkey, *Tectonophysics*, 193, (1991), pp. 335-345.
- [15] PALUSKA, and SIPAHIOGLU, S., In *Introduction to the Turkish-German Earthquake Research Report*, (Ergunay, O. and Zschau, J., Eds.), (1989).
- [16] STUIVER, M., and REIMER, P., Extended 14 C data base and revised CALIB 3.0 ¹⁴C age calibration program, *Radiocarbon*, 35, (1993), pp. 215-230.

BATI ANADOLU'DA KABUK YAPISININ SAPTANMASI

Doğan KALAFAT · Mehmet KARA · Zafer ÖĞÜTCÜ · Gündüz HORASAN

ÖZET

Batı Anadolu, özellikle Marmara Denizinin güneyinde kalan bölgede Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (B.Ü.K.R.D.A.E.) sismik ağına ait 7 adet yerleşik olarak kurulu bulunan deprem istasyonları tarafından kayıt edilen depremlere ait kabuktaki cisim dalgalarının varış zamanları kullanılarak elde edilen seyahat zamanları yardımı ile bölgedeki kabuk yapısı araştırılmıştır. 0-600 km. uzaklıklar arasındaki deprem verilerinden yararlanarak seyahat zamanı-uzaklık grafikleri oluşturulmuş ve istasyonların altındaki tabaka kalınlıkları ve hızları bulunmuştur. Sediment tabakasının hızı, yakın deprem verilerinden bulunmuş olup, P dalga hızları sırasıyla üst kabuk için $V_1 = 4.4-4.8$ km/sn., alt kabuk için $V_2 = 5.81-5.91$ km/sn. ve kabuk-üst manto sınırındaki hız için de $V_3 = 7.75-7.94$ km/sn. arasında elde edilmiştir.

Sediment tabakasının kalınlığı ortalama 3.0 km., toplam kabuk kalınlığının ise ortalama 29-30 km. arasında değiştiği bulunmuştur. V_p/V_s oranının da 1.62-1.83 arasında, kabuktaki ortalama S dalgası hızının ise 3.2-3.6 km/sn. arasında değiştiği gözlenmiştir.

ABSTRACT

The crustal structure in the Western Turkey except the Marmara Sea Region were investigated using travel times obtained from the permanent seismic stations Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute. Thickness of the layers and seismic velocities were found by fitting the observed data to the travel time-distance graphs. The data obtained at epicentral distances between 0 and 600 km. The velocity of the sedimentary layer was found constrained by near earthquake travel time data. P-wave velocities were found in the range of $V_1=4.4-4.8$ km/s for upper crust, $V_2=5.81-5.91$ km/s for lower crust. Pn wave velocity was found $V_3=7.75-7.94$ km/s for crust-upper mantle MOHO discontinuity. Sedimentary layer thickness was found total 3.0 km and total crustal thickness found between 29-30 km. V_p/V_s ratios also calculated for 7 seismic stations, which found between 1.62-1.83 and S-wave velocity was found between 3.2-3.6 km/s.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü

GİRİŞ

Ülkemizde kabuk yapısı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar ilk defa Canitez (1962) tarafından Kuzey Anadolu Fay Zonunda yapılmıştır. Canitez fayın Kuzeyinde yerkabuğunun ince, güneyinde daha kalın olduğunu saptamış ve Anadolu yarımadasında yerkabuğunun ortalama kalınlığını 31 km. olarak hesaplamıştır. Canitez (1969); yüzey dalgalarının dispersiyon özelliğinden faydalanarak Anadolu ve Ege için yerkabuğunun yapısı ve P dalgalarının hızlarını saptamıştır. Kabuk kalınlığını K.Anadolu için ortalama 36 km., G.Karadeniz için 25-26 km. bulmuştur. Yine Canitez (1975), yüzey dalgalarının dispersiyon özelliklerinden ve gravite verilerinden faydalanarak ortalama kabuk kalınlığını 30 km. olarak, Ege Denizinin kuzey kısmı için üst manto hızını 8.08 km/sn. olarak vermiştir.

Crampin ve Üçer (1975); Marmara Bölgesinde yaptıkları çalışmada kabuk kalınlığını 18-24 km., Pn hızını da 8.1 km/sn. bulmuşlardır. Kenar (1977); İstanbul ve civarında P dalgalarının genlik spektrumlarından yararlanarak yerkabuğunu 4.0 km. sediment, 7-10 km. granit, 14-16 km. bazalt türü tabakalardan oluştuğunu ve bu tabakalardaki P dalga hızlarını sırasıyla 4.0, 6.0, 7.0 ve 8.1 km/sn. olarak saptamıştır.

Uluslan (1978); deprem verisi kullanarak Batı Anadolu için yaptığı çalışmada üç tabakalı bir yerkabuğu modelini benimsemiş, toplam 32 km. kalınlık ve tabakaların kalınlığını sırasıyla 5.2, 9.3, 17.4 km., hızlarını da 5.9, 6.1, 6.7 ve 8.0 km/sn. olarak vermiştir.

Necioğlu ve diğ. (1979); yine deprem verileri kullanarak ortalama kabuk kalınlığını 28.4 km., Pn hızını da 8.0 km/sn. bulmuşlardır. Gürbüz ve diğ. (1979); Adapazarı yöresindeki taş ocağı patlatmalarından kaydedilen verileri kullanarak kabuk kalınlığını 28-29 km., Pn hızını da 8.1 km/sn. bulmuşlardır.

Canitez ve Toksöz (1980); P dalgalarının geliş zamanları, istasyon rezidüellerini, yüzey dalgalarının faz ve grup hızlarını kullanarak Batı Türkiye'de kabuk yapısını araştırmışlar ve Pn hızını da 8.1 km/sn. olarak bulmuşlardır.

Gürbüz ve Üçer (1980); İstanbul Anadolu Kavağında yapılan taş ocağı patlatmalarından elde edilen kayıtlardan Marmara Bölgesinde en üstte 2 km. tortul, altta 23 km.'lik ikinci bir tabakanın var olduğunu bulmuşlardır. Toplam kabuk kalınlığını 25 km., Pn hızını da 8.0 km/sn. olarak bulmuşlardır..

Ezen (1983); Love dalgalarının dispersiyon özelliklerini incelemek suretiyle Kuzey ve Doğu Anadolu Platosunda yerkabuğu yapısını araştırmış ve toplam 38 km.'lik kabuk kalınlığı bulmuştur.

Kalafat ve diğ. (1987); deprem verisi kullanarak, deprem istasyonlarından elde edilen varış zamanları yardımı ile kabuk ve üst manto yapısını araştırmışlar ve Batı Türkiye'de ortalama 29-32 km. arasında bir kabuk kalınlığı bulmuşlardır.

Kenar ve Toksöz (1989); Love dalgalarının grup ve faz hızlarından faydalanarak, İstanbul-Tebriz arasında 41 km. kalınlığında, üç tabakalı bir yerkabuğu modeli saptamışlar ve Pn hızını da 8.0 km/sn. olarak bulmuşlardır.

Özer ve Kenar (1992); P ve S dalga şekillerinin modellenmesi ile toplam kabuk kalınlığını İstanbul ve civarında yaklaşık 30 km. olarak bulmuşlar ve üç tabakalı bir kabuk yapısını benimsemişlerdir.

GENEL TEKTONİK YAPI

Tüm Batı Anadolu yaygın bir depremselliğe sahip olup, özellikle açılma rejimi genelde Batı Anadolu'da hakim durumdadır. Bu açılma rejiminin sonucu gelişen graben ve horst yapılarına bölgede büyük ölçüde rastlanmaktadır. Bu sebeple de yaygın depremsellik günümüzde de devam etmektedir. Özellikle İzmir, Manisa, Denizli, Muğla, Antalya ve Burdur civarı irili ufaklı aktif faylar ile çevrilmiştir. Menderes ve Gediz grabenleri bölgenin yükselmekte olduğunun kanıtıdır. Bu graben yapılarının genelde doğu-batı doğrultusunda bölgede yer aldığı bilinmektedir (Arpat ve Bingöl, 1968; Koçyiğit, 1984). Güneybatı Türkiye'de de horstlardan grabenlere doğru gençleşen belirgin blok fayların varlığı bilinmektedir (Koçyiğit, 1984).

Güneybatı Anadolu'nun yılda 13.5 mm/yıl hızla, Kuzey-Güney yönünde açıldığı yapılan çalışmalarda bulunmuştur (Eyidoğan, 1988). Bunun yanında özellikle bölgede Kuzeydoğu-Güneybatı ve Kuzeybatı-Güneydoğu yönünde fayların mevcudiyeti de bilinmektedir. Tüm bu fay sistemleri Batı Anadolu'da yaygın depremselliğin kaynağını oluşturmaktadır.

KULLANILAN DATA VE YÖNTEM

Bu çalışmada Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsüne ait 7 adet deprem istasyonunun verileri kullanılmıştır (Şekil-1). Gerek istasyon dağılımının, gerekse veri birikiminin fazla olmasından dolayı çalışma alanı Ege Bölgesi ve Güneybatı Anadolu olarak seçilmiştir. Çalışmada 1989-1994 yılları arasında kaydedilen depremlerin episantr çözümleri data seti olarak kullanılmıştır. Deprem verileri seçilirken; depremlerin episantr uzaklıkları yaklaşık 0-600 km. arasında alınmıştır (Şekil-2). Çalışmada yaklaşık 9400 adet deprem verisi değerlendirilmiştir. Odak derinlikleri 10 km.'ye kadar olan depremler kullanılmış olup, özellikle sediment tabakasının hızının hesaplanmasında kullanılan depremlerin, istasyonlara çok yakın ve sığ depremler olmasına dikkat edilmiştir.

Kullanılan deprem kayıt sistemleri analog sismograf sistemleri olup kayıt hızı 60 mm/dakika'dır.

Depremlerin magnitüdüleri ise genelde 2.5'dan büyük olup, aynı depremin çalışma alanının içersine giren tüm istasyonlar tarafından kaydedilebilmesine özen gösterilmiştir.

Önce her istasyon için indirgenmiş seyahat zamanı-uzaklık grafikleri çizilmiştir (Şekil-3a-g). Bu grafikler aşağıda verilen bağıntıya göre hesaplanmıştır.

$$T_r = T_i - X_i / V_{in}$$

Burada T_r = İndirgenmiş zaman

T_i = Gözlenmiş seyahat zamanı

X_i = Episantr uzaklığı

V_{in} = İndirgeme hızı

İndirgeme hızı 6.0 km/sn. alınmıştır.

İndirgenmiş zaman-uzaklık grafiklerinin yardımı ile;

a) Hatalı olan verilerin ayıklanması,

b) Her tabakaya ait seyahat zamanlarının belirlenmesi mümkün olmaktadır. Hatalı olan verilerin ayıklanmasında rezidüellerin ortalama karaköklerine (RMS) bakılmış ve RMS değeri 1.0'den küçük olan depremler alınmıştır. Seyahat zamanlarının farklı tabakalara göre ayıklanmasının nedeni, bu seyahat zamanlarına çakıştırılacak eğrinin belirli bir tabakaya ait olmasını sağlamak için yapılmıştır. Ayrıca kesişme uzaklıkları ve gecikme zamanları bulunarak, değerlendirme için gerekli parametreler bulunmuş olmaktadır. Böylece deprem verileri 0-15 km, 15-140 km, 140-600 km. olarak üç grupta toplanmış, bu şekilde ayıklanan seyahat zamanı-uzaklık verilerine En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) uygulanarak gecikme zamanları, tabaka eğimleri ve tabaka hızları hesaplanmıştır (Şekil-4a-g), (Şekil-5a-f), (Şekil-6a-g), (Şekil-7a-g).

Batı Anadolu'da meydana gelen depremlerin genelde odak derinliği 10-20 km. arasında değişmektedir. Bu nedenle özellikle 10 km. altında odak derinliğine sahip deprem verilerinden yararlanarak kabuk kalınlığı ve kabuk-üst manto sınırlarındaki Pn hızı hesaplanmaya çalışılmıştır. Bu şekilde deprem verilerinin sınıflandırılması ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Her istasyon için seyahat zamanı-uzaklık grafiklerinin eğimlerinden istasyonların altındaki hız ve kalınlıklar hesaplanmıştır.

Kabuk, üst kabuk ve alt kabuk olmak üzere iki tabakalı düşünülmüştür. Üst kabuk kalınlığı H1, alt kabuk kalınlığı H2 ve toplam kabuk kalınlığı H olarak verilmiştir.

V1, V2, V3 sırası ile üst kabuğun, alt kabuğun ve Moho süreksizliği altındaki hızları göstermektedir (Tablo-1).

Data setindeki S dalgası varışlarından da (genelde 0-150 km. arasında) kabukta ortalama S hızı bulunmaya çalışılmış ve her istasyona ait Seyahat zamanı-uzaklık grafikleri çizilmiştir (Şekil-8a-g). S dalgasının hızının hesaplanmasında yaklaşık 2600 adet deprem verisi kullanılmış ve hız dağılımları Tablo-2'de verilmiştir. Bunun yanında da tüm istasyonlardaki Vp/Vs oranına bakılmıştır (Tablo-3).

SONUÇLAR

Bu çalışmada Batı Anadolu'da bulunan yerleşik deprem istasyonlarından elde edilen P dalgası geliş zamanları kullanılarak yerkabuğunun yapısı araştırılmıştır. Sonuçta deprem datası kullanılarak önerilen kabuk modelinde 2 tabakalı yapı benimsenmiş ve istasyonların altındaki tabaka kalınlıkları, tabaka hızları ve kabuk-üst manto sınırındaki hız dağılımı araştırılmıştır. Üst kabuktaki tortul tabakanın hızı, kayıt istasyonlarına sıgı odaklı depremlerden gelen P dalgalarının geliş zamanlarından yararlanılarak bulunmuştur. IZM (İzmir), YER (Yerkesik), ALT (Altıntaş), DST (Dursunbey) için yeterli veri sağlanmış, BCK (Bucak), ELL (Elmalı), KHL (Karahallı) için yeterli veri bulunamamıştır. Bunun nedeni istasyonlara 0-15 km. uzaklıkta deprem etkinliğinin olmadığından kaynaklanmaktadır. Veri birikiminin olmadığı istasyonlar için hız değeri daha önceki çalışmalardan $V_1 = 4.5$ km/sn. olarak alınmıştır. Üst kabuktaki hız değeri 4.4-4.8 km/sn. arasında, kalınlığının ise 2.4-2.9 km. arasında değiştiği gözlenmiştir.

Alt kabuktaki hız değerleri 5.8-5.9 km/sn., tabaka kalınlığı 23.9-27.2 km. ve kabuk-üst manto sınırındaki hız değerleri ise 7.7-7.9 km/sn. arasında değiştiği gözlenmiştir.

Sonuç olarak Batı Anadolu'da kabuk kalınlığının ortalama 26.6-29.9 km. arasında değiştiği gözlenmiştir. Kabuk kalınlığının en ince olduğu istasyon ELL (Elmalı) olarak bulunmuştur.

Kullanılan veri setinde S dalgası hızı da hesaplanmış ve kabukta ortalama bir S dalgası hızı bulunmuştur. S dalgasının hızının değeri 3.2-3.6 km/sn. arasında değiştiği ve en düşük S dalgası hızının BCK (Bucak) istasyonunda, en yüksek S dalgası hızı ise KHL (Karahallı) istasyonunda rastlanmıştır.

İstasyonların altındaki toplam kabuk kalınlığı ve Moho sınırındaki Pn hızları Şekil-9'da verilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi, Moho hızının ortalama olarak 7.8 km/sn. olup kuzeye doğru DST'de 7.75km/sn., BCK'da arttığı 7.9 km/sn. olduğu gözlenmiştir. Seyahat zamanı-uzaklık grafikleri 0-15 km., 15-140 km. ve 140-600 km. arasında çizilmiştir. Kesişme uzaklıklarından, seyahat zamanı-uzaklık eğrilerinden ve bunların eğimlerinden yaklaşık kabuktaki tabaka kalınlıkları hesaplanmıştır. Eğrilerin eğimleri hesaplanırken korelasyon katsayısı değerlerinin 1'e yakın çıktığı gözlenmiştir.

Çalışma alanında bulunan V_p / V_s oranı ortalama olarak 1.73 tür. Bittiği gibi V_p / V_s oranı bölgedeki kayaların elastik parametrelerine, porozitesine, kuru olmalarına, sıvı veya gaz ile dolu bulunmalarına bağlı olarak değişmektedir. V_p / V_s oranındaki ani değişim ve bunun takibi, deprem olma olasılığı yüksek olan bölgelerin belirlenmesinde ve depremlerin önceden belirlenmesi çalışmalarında önemli katkılar sağlayacaktır. Bölgedeki kabuk yapısının sağlıklı olarak ortaya çıkarılması, yerel sismik ağlarla kullanılan episantr programlarında değerli katkılar sağlayacaktır. Böylece deprem parametrelerinin daha sağlıklı belirlenmesi mümkün olacaktır.

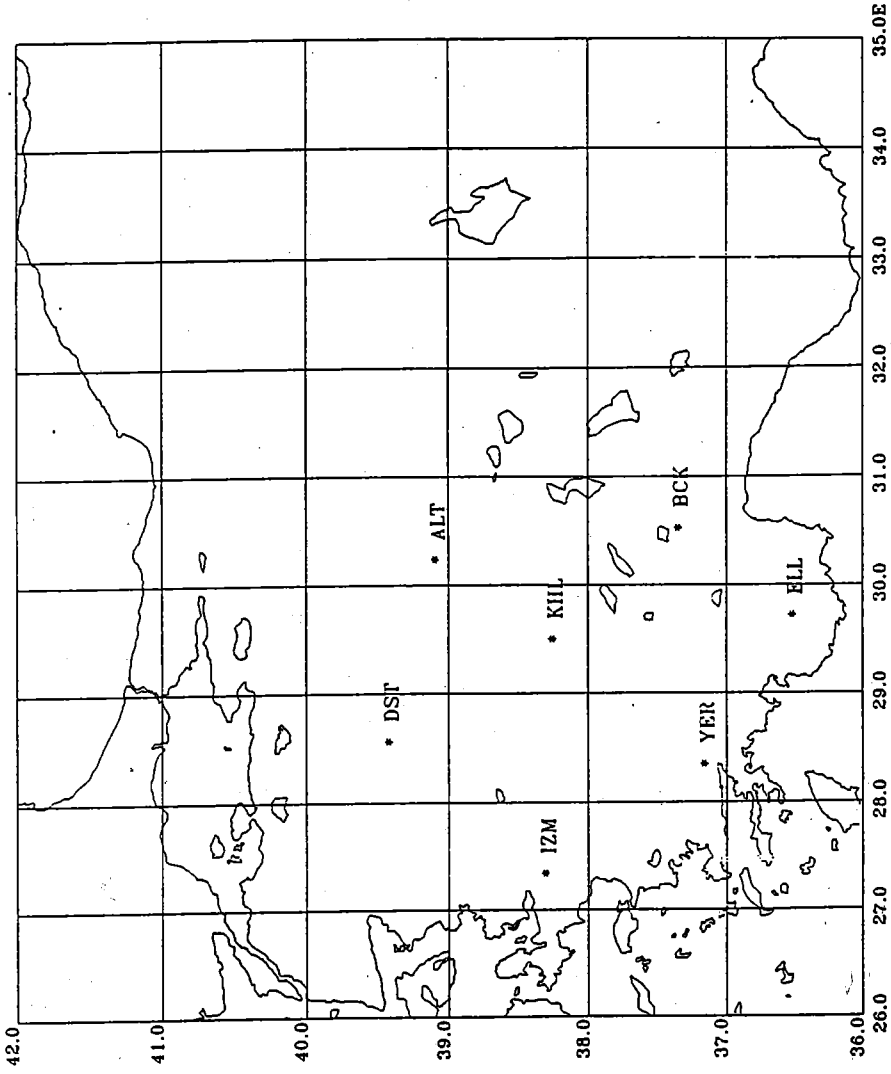
TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bize her türlü yardım ve desteği esirgemeyen Enstitü Müdürü Sayın Prof.Dr. A.Mete IŞIKARA'ya teşekkürlerimizi bir borç biliriz. Ayrıca değerli katkılarından dolayı Doç.Dr. Niyazi TÜRKELLİ, Doç.Dr. S.Balamir UÇER ve Jeofizik Yüksek Mühendisi Erhan AYHAN'a teşekkür ederiz.

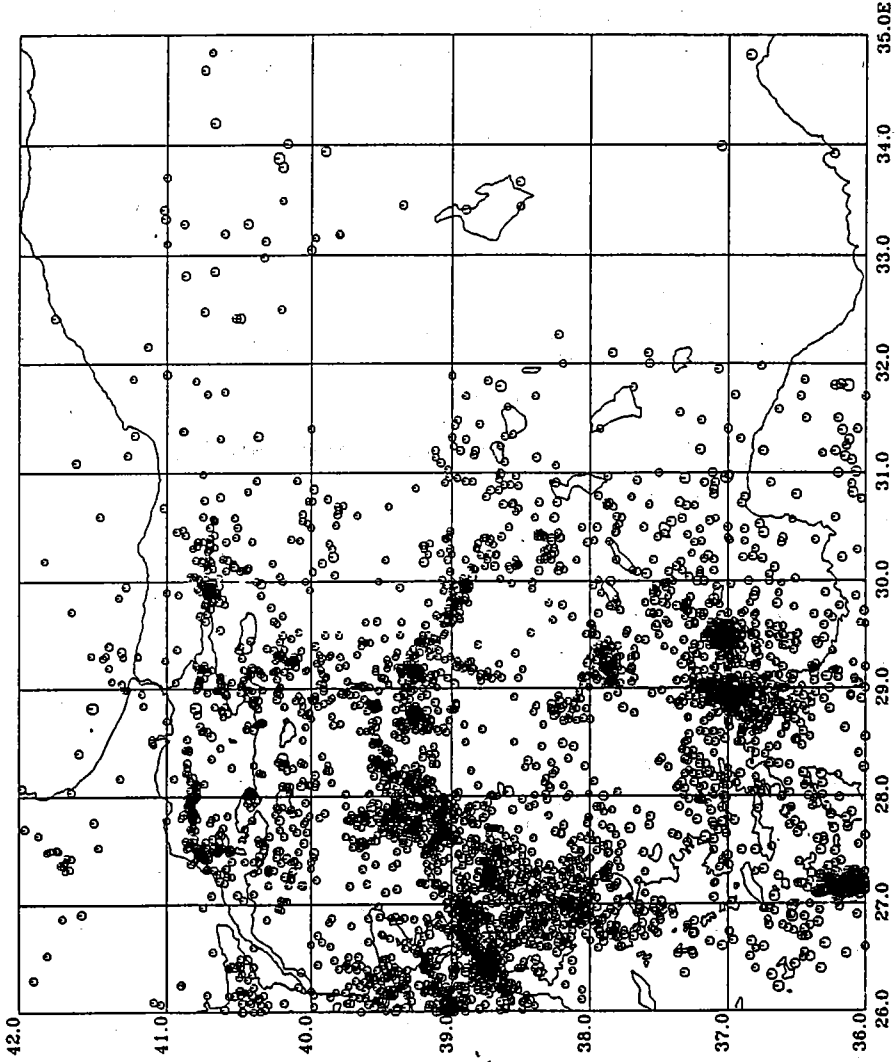
REFERANSLAR

- Arpat, E., Bingöl, E., 1968, Ege bölgesi graben sisteminin gelişimi üzerine düşünceler, MTA Dergisi 73, 1-9.
- Canitez, N., 1962, Gravite anomalleri ile Sismolojiye göre Kuzey Anadolu'da arz kabuğunun yapısı, Doktora Tezi, İ.T.Ü.M.F.
- Canitez, N., 1969, Türkiye ve civarındaki depremlere ait fundamental moddan yüzey dalgaları üzerine incelemeler, TÜBİTAK Proj. no.- MAG.150.

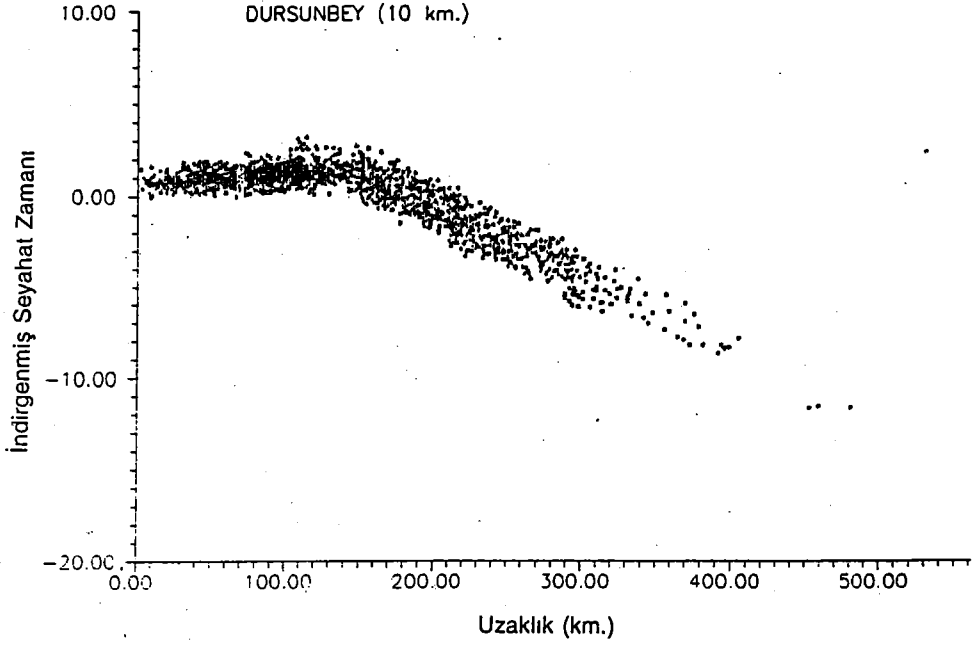
- Canitez, N., 1975, Ege bölgesinde yer kabuğunun yapısı, İ.T.Ü.M.F. rept.
- Canitez, N. and Toksöz, M.N., 1980, Crustal Structure beneath Turkey, EOS TRANS. AGU.,61, 290.
- Crampin, S., Üçer, S.B., 1975, The seismicity of the Marmara Sea Region of Turkey, Geophys.J. R. Astron. Soc., 40, 269-288.
- Eyidoğan, H., 1988, Rates of crustal deformation in Western Turkey as deduced from major earthquakes, Tectonophysics, 148, 83-92.
- Ezen, Ü., 1983, Kuzey ve Doğu Anadolu'da love dalgalarının dispersiyonu ve yer kabuğu yapısı, DAEB 43, 42-62.
- Gürbüz, C., Üçer, S.B., 1979, Özdemir, H., 1979, Adapazarı yöresinde yapılan yapı patlatma ile ilgili ön değerlendirme sonuçları, DAEB 31, 73-88.
- Gürbüz, C., Üçer, S.B., 1980, Anadolu Kavağında yapılan taş ocağı patlatmalarından elde edilen sismik kayıtların değerlendirilmesi, DAEB 49, 39-49.
- Kalafat, D., Gürbüz, C., Üçer, S.B., 1987, Batı Türkiye'de kabuk ve üst manto yapısının araştırılması, DAEB 59, 43-64.
- Kenar, Ö., 1977, Sismik P dalgalarının genlik spektrumlarından yararlanarak İstanbul ve civarında yer kabuğu yapısı, İ.T.Ü. Doktora Tezi.
- Kenar, Ö., Toksöz, N., 1989, Anadolu yarımadasında yüzey dalgalarının dispersiyonu ve ortamın soğurma özellikleri, Jeofizik 3, 92-106.
- Koçyiğit, A., 1984, Güneybatı Türkiye'de tektonik gelişim, TJKB C.2 1, 1-15.
- Necioğlu, A., Maddison, B., Türkelli, N., 1981, A study of crustal and upper montle structure of Northwestern Turkey, Geophys. Res. Letters, 8, 1, 33-35.
- Özer, M.F., Kenar, Ö., 1992, Dönüşmüş fazlarla İstanbul Civarında Yer kabuğu yapısının modellenmesi, Jeofizik 6, 113-124.
- Ulusan, N., 1978, Batı Anadolu'daki kabuk hızlarının araştırılması, Lisans Üstü Tezi İ.Ü.F.F.



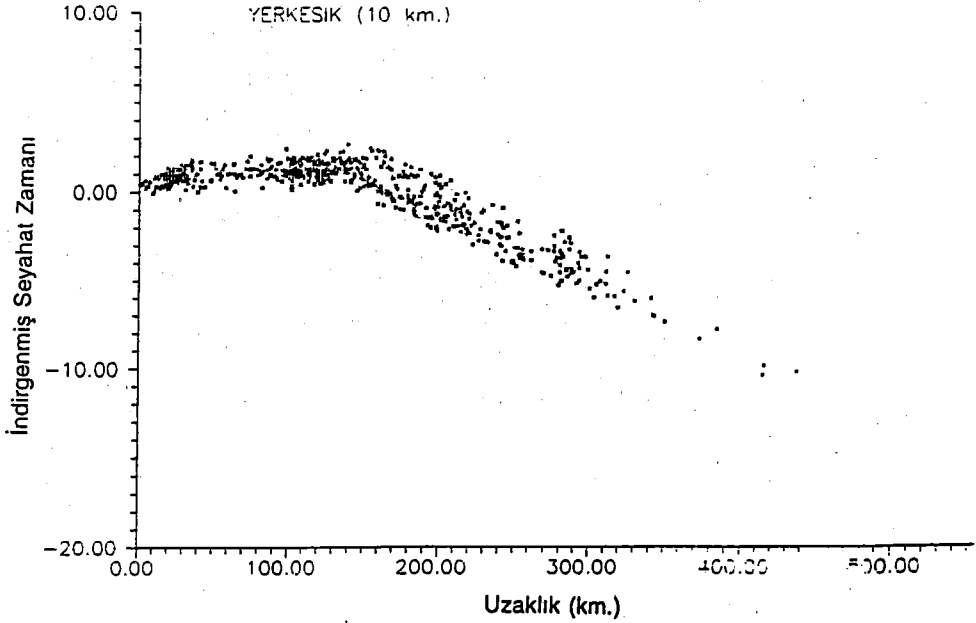
Şekil-1: Çalışmada kullanılan istasyonların dağılımı.



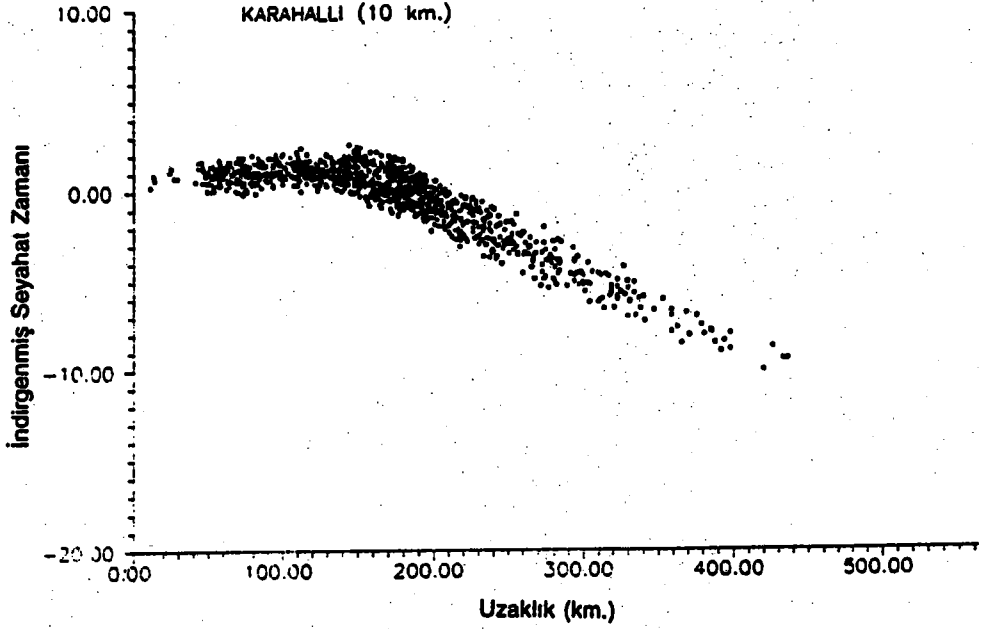
Şekil-2: Çalışmada kullanılan depremlerin episantr dağılımları.



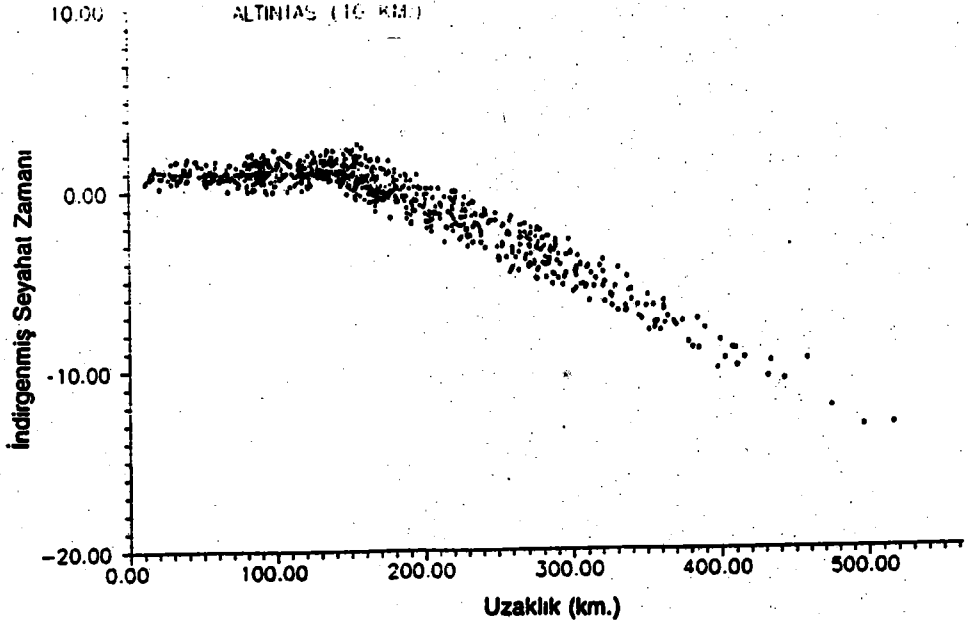
Şekil-3a: DST istasyonu indirgenmiş Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



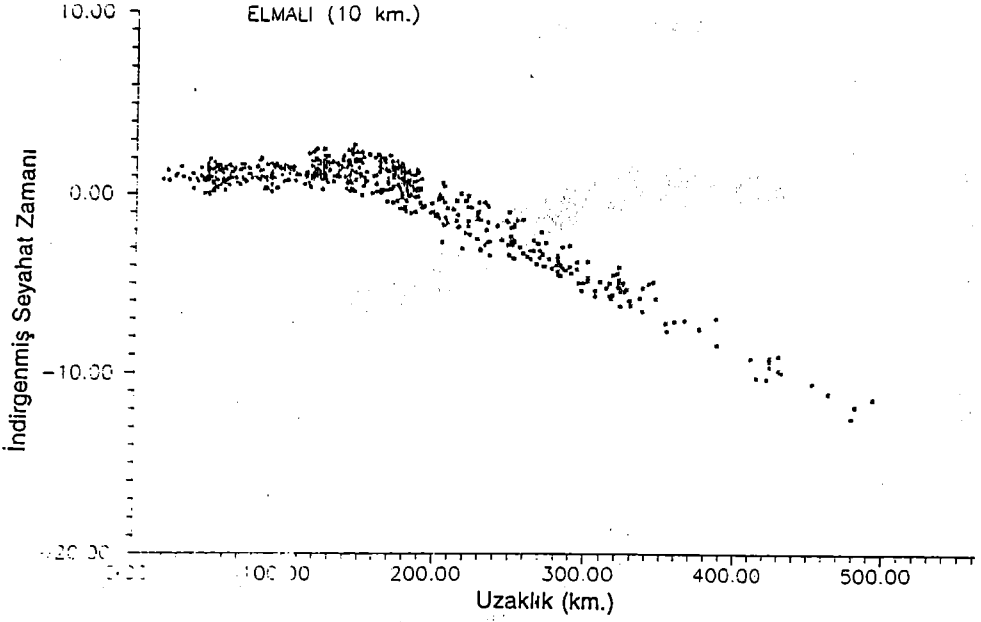
Şekil-3b: YER istasyonu indirgenmiş Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



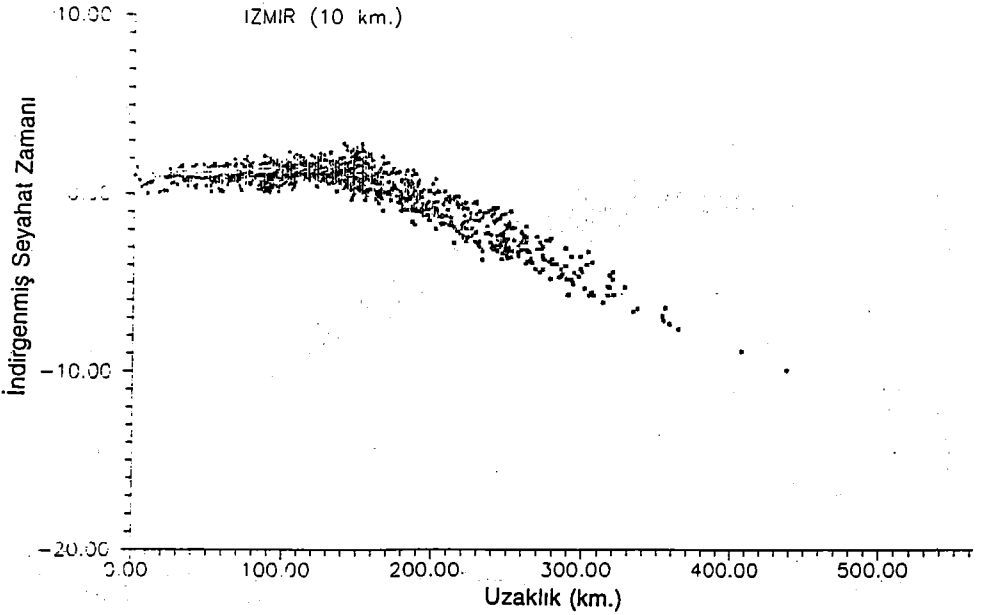
Şekil-3c: KHL İstasyonu İndirgenmiş Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



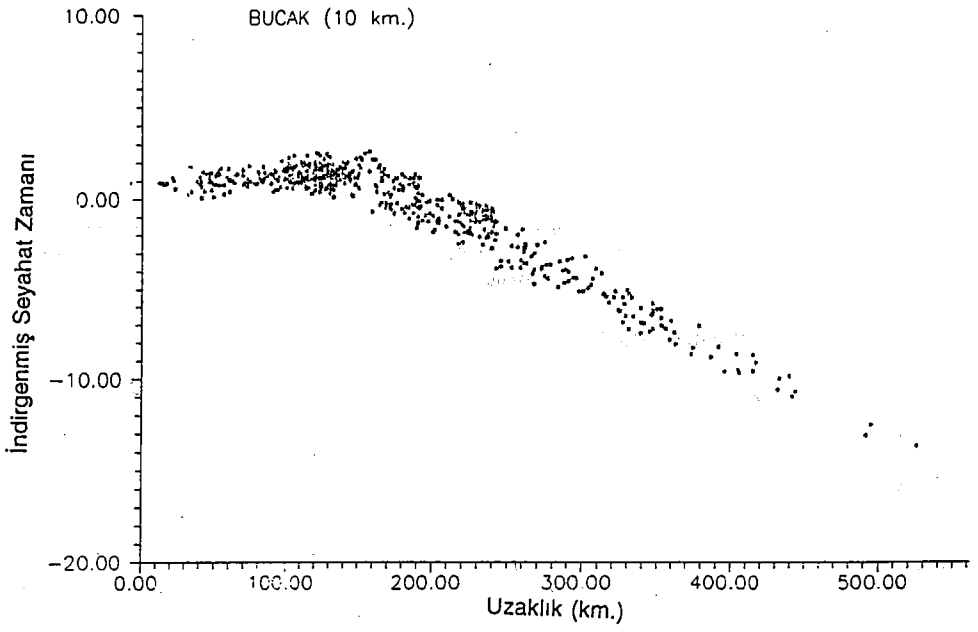
Şekil-3d: ALT İstasyonu İndirgenmiş Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



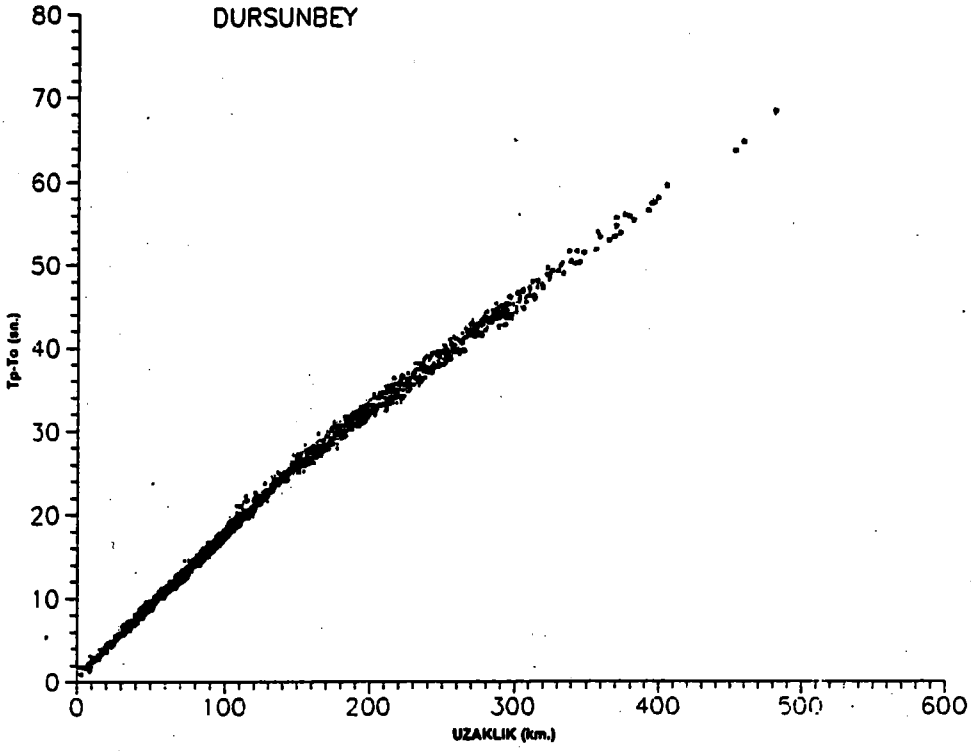
Şekil-3e: ELL İstasyonu İndirgenmiş Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



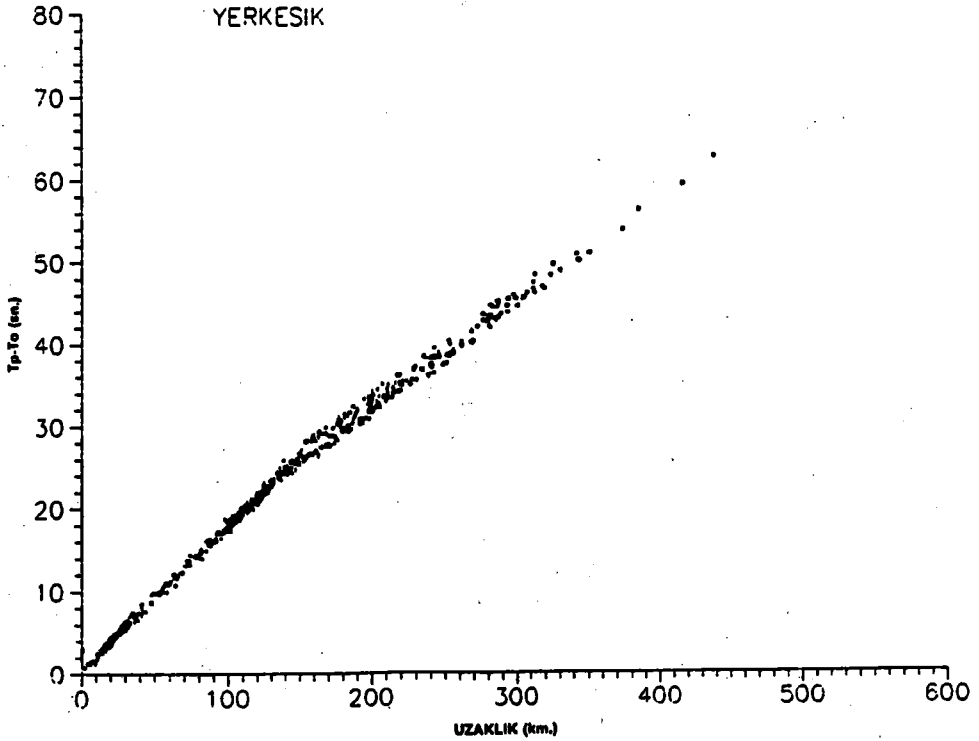
Şekil-3f: İZM İstasyonu İndirgenmiş Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



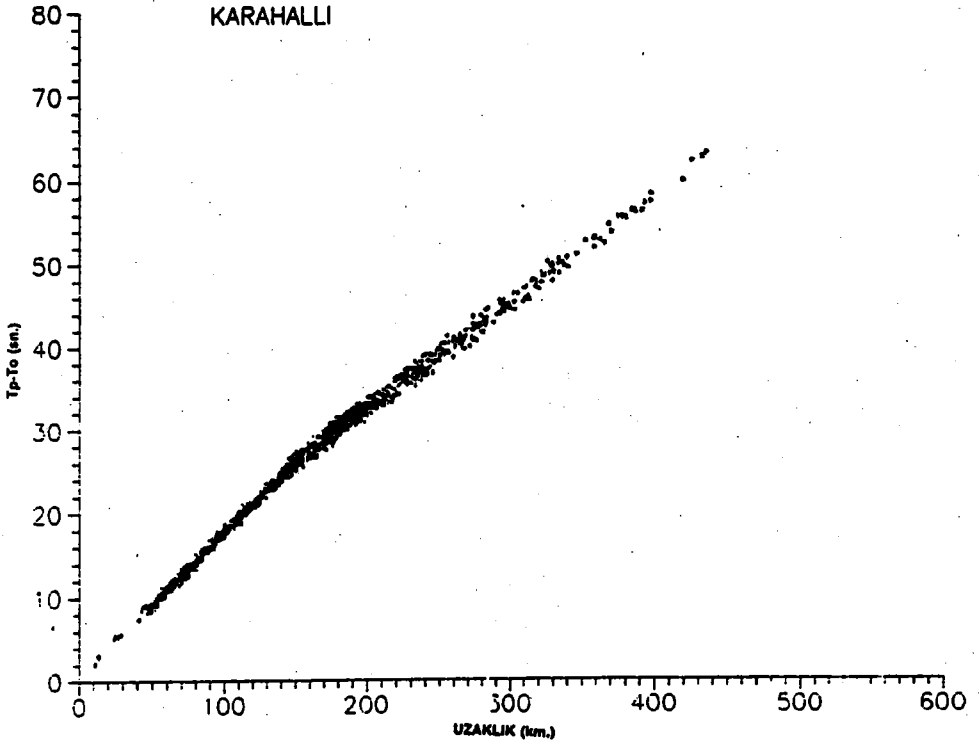
Şekil-3g: BCK istasyonu indirgenmiş Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



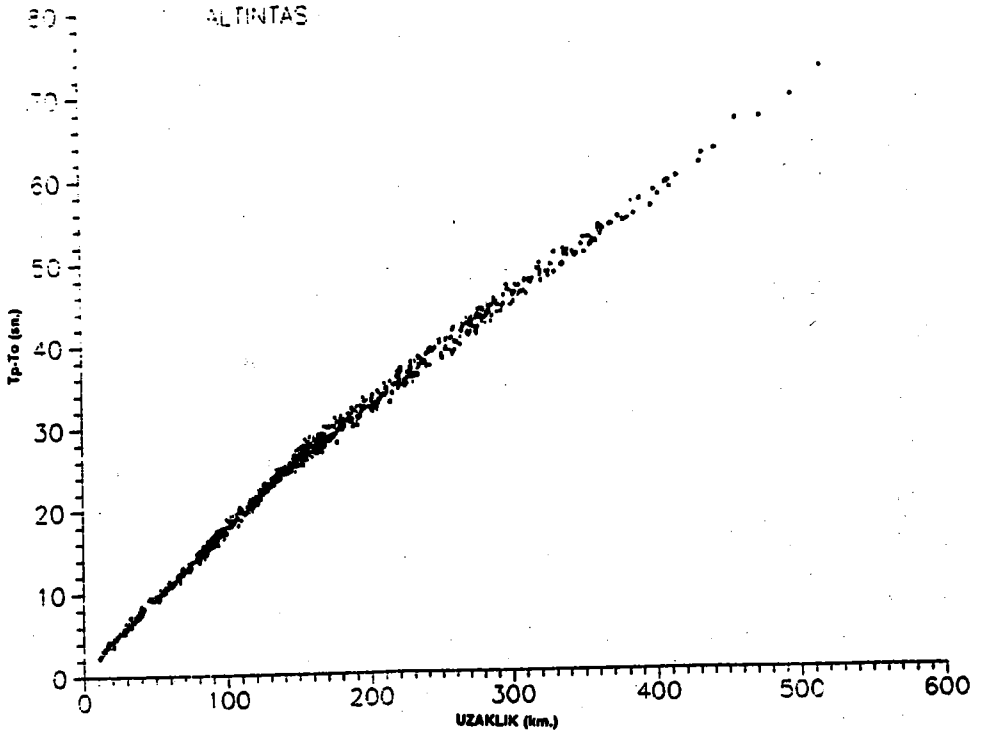
Şekil-4a: DST İstasyonu Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



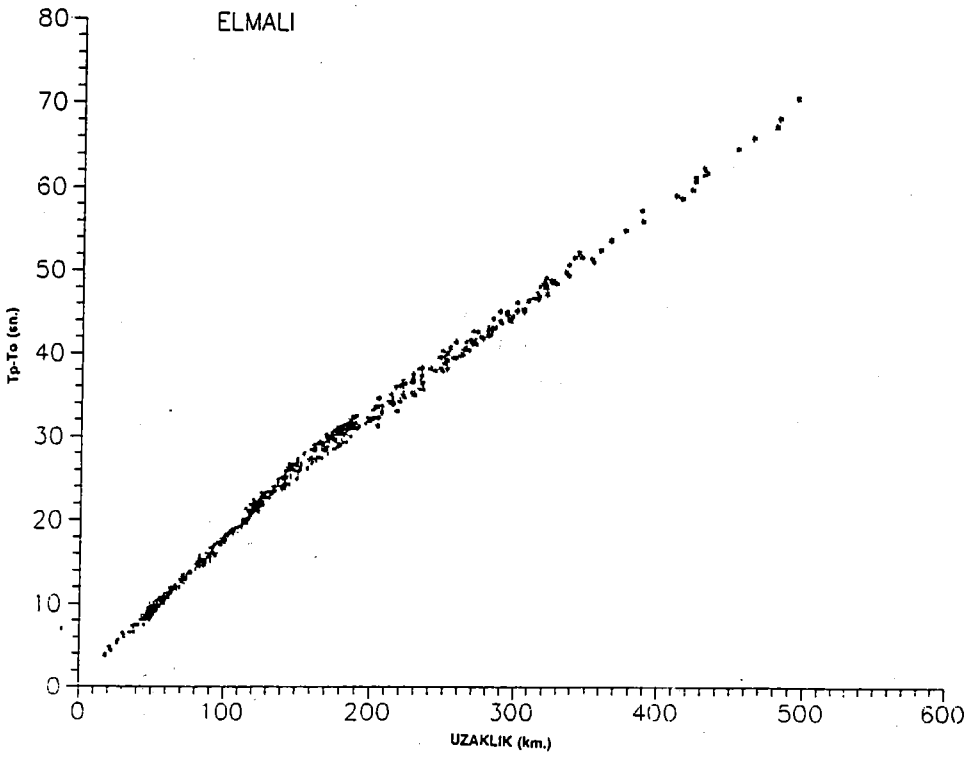
Şekil-4b: YER İstasyonu Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



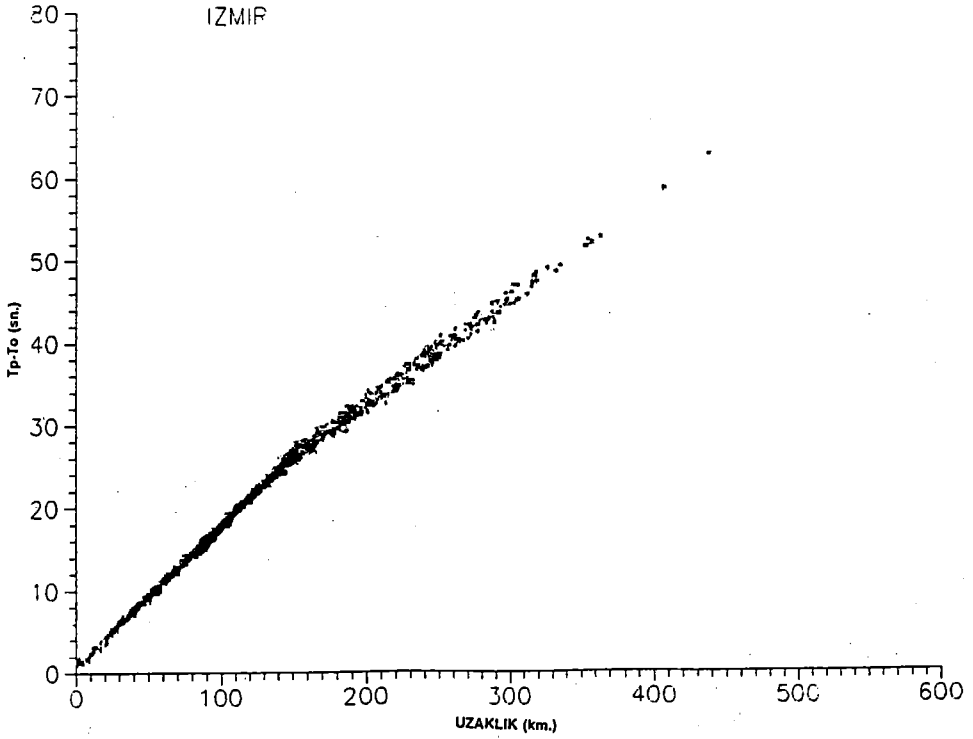
Şekil-4c: KHL İstasyonu Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



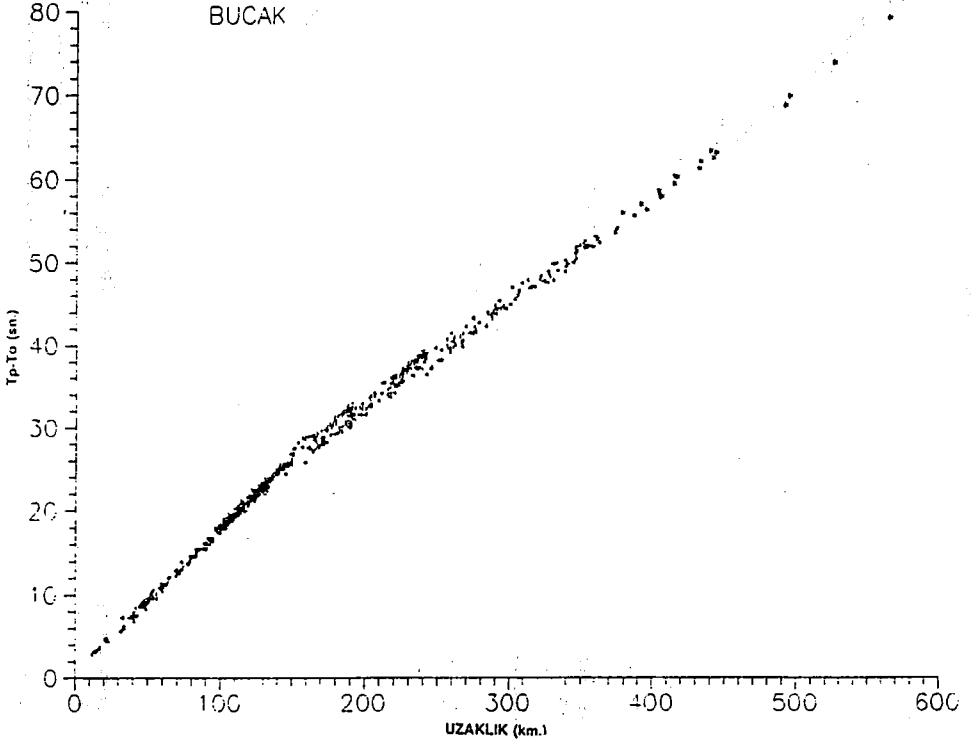
Şekil-4d: ALT İstasyonu Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



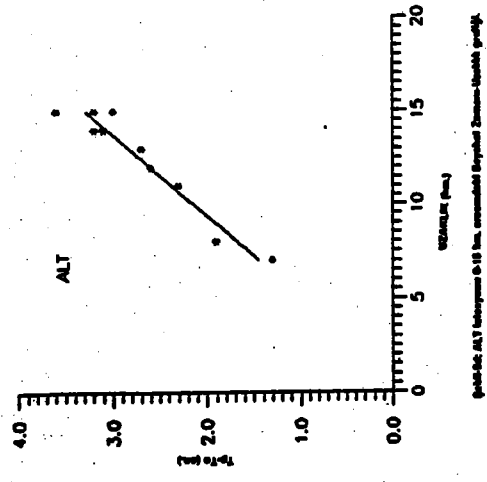
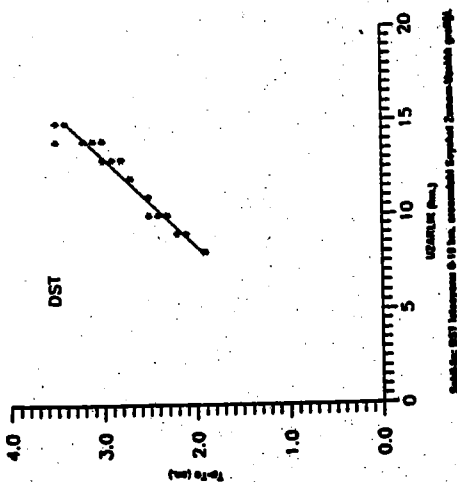
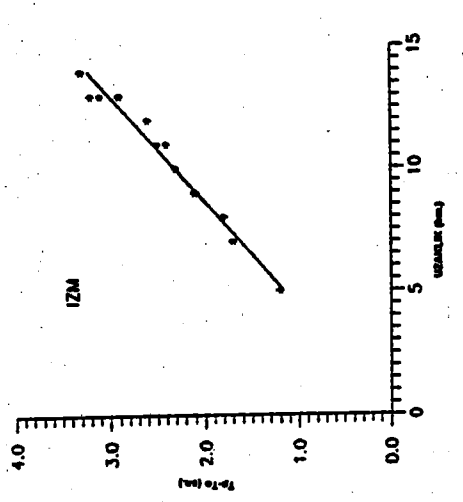
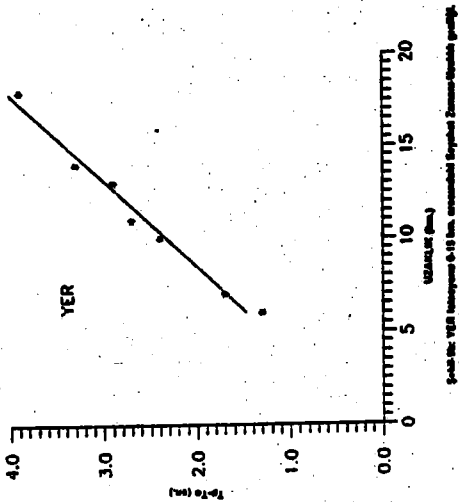
Şekil-4e: ELL İstasyonu Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.

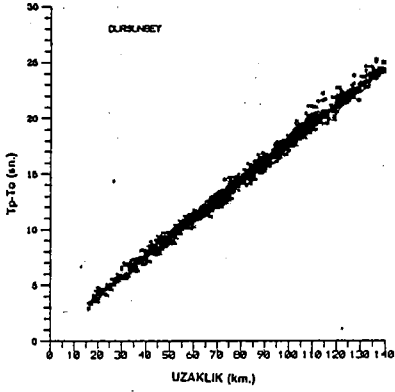


Şekil-4f: IZM İstasyonu Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.

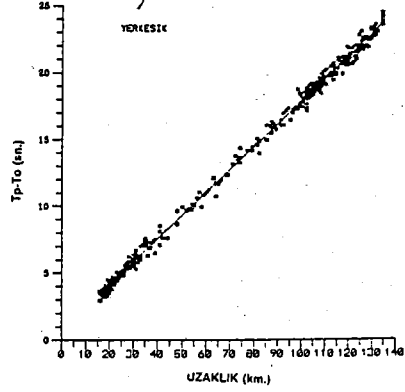


Şekil-4g: BCK İstasyonu Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.

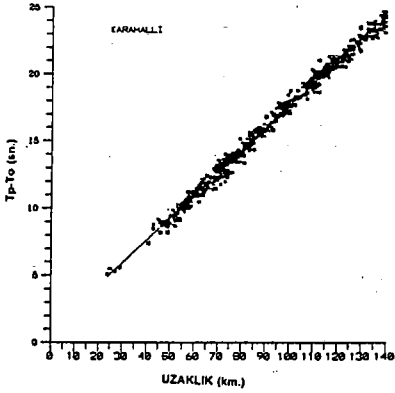




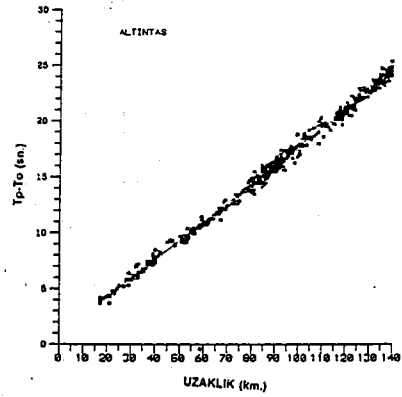
Şekil-5a: DST İstasyonu 15-140 km. arasındaki Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



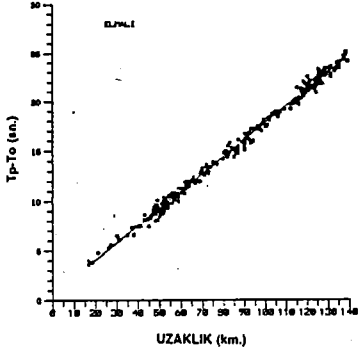
Şekil-5b: YER İstasyonu 15-140 km. arasındaki Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



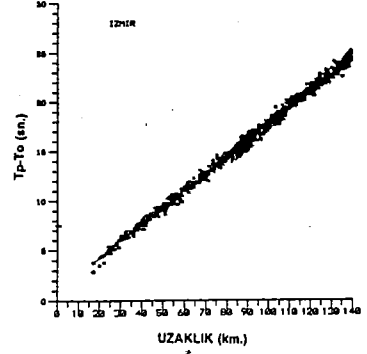
Şekil-5c: KHL İstasyonu 15-140 km. arasındaki Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



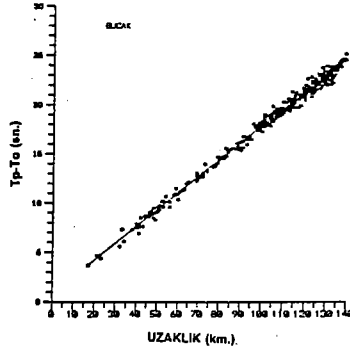
Şekil-5d: ALT İstasyonu 15-140 km. arasındaki Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



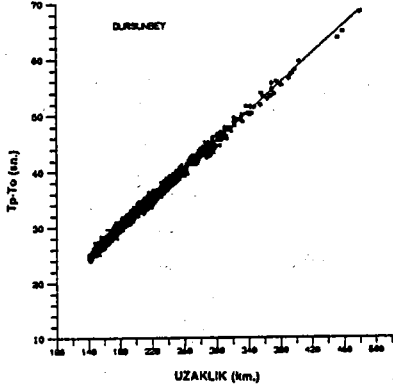
Şekil-6e: ELL İstasyonu 15-140 km. arasındaki Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



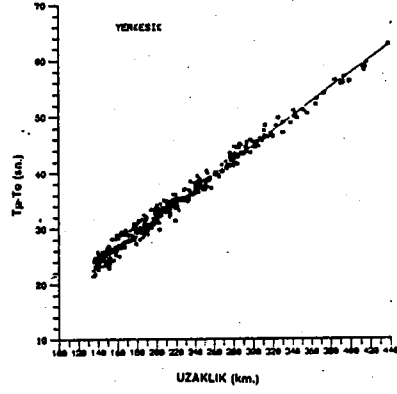
Şekil-6f: IZM İstasyonu 15-140 km. arasındaki Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



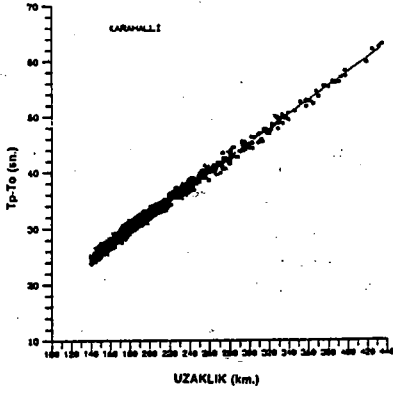
Şekil-6g: BCK İstasyonu 15-140 km. arasındaki Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



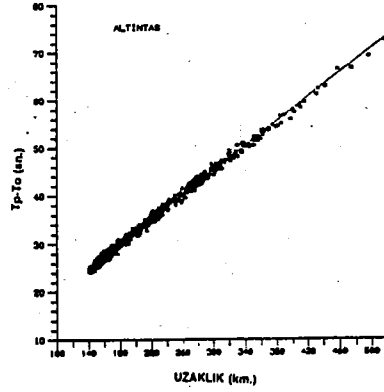
Şekil-7a: DST istasyonu 140-600 km. arasındaki Seyahat Zamani-Uzaklik grafiği.



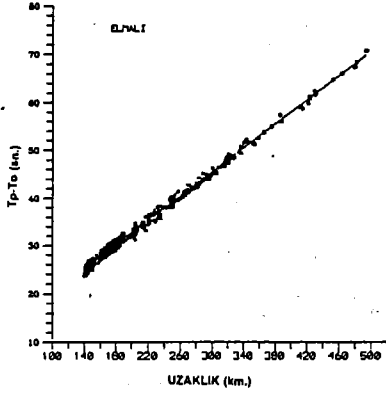
Şekil-7b: YER 140-600 km. arasındaki Seyahat Zamani-Uzaklik grafiği.



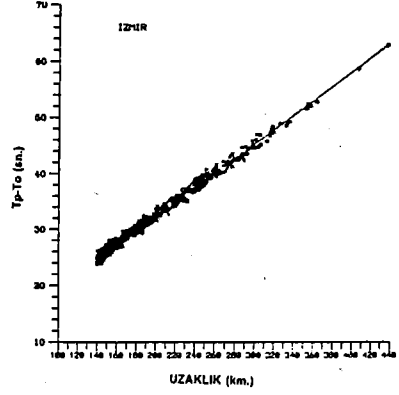
Şekil-7c: KHL 140-600 km. arasındaki Seyahat Zamani-Uzaklik grafiği.



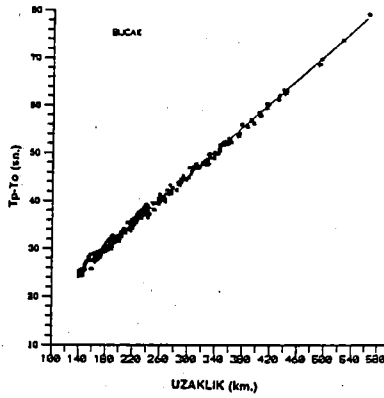
Şekil-7d: ALT 140-600 km. arasındaki Seyahat Zamani-Uzaklik grafiği.



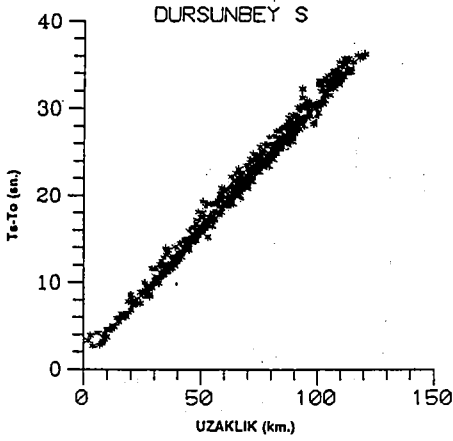
Şekil-7e: ELL 140-600 km. arasındaki Seyahet Zamanı-Uzaklık grafiği.



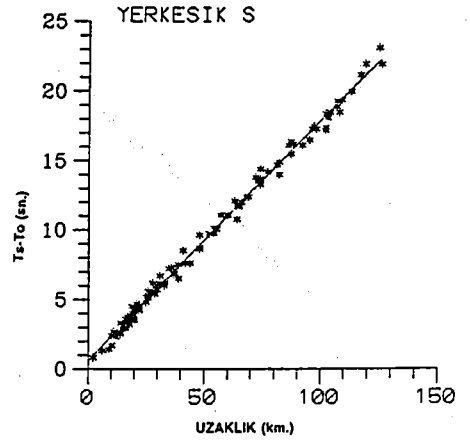
Şekil-7f: IZM 140-600 km. arasındaki Seyahet Zamanı-Uzaklık grafiği.



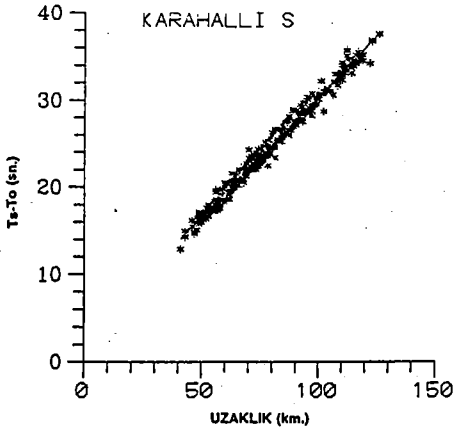
Şekil-7g: BCK 140-600 km. arasındaki Seyahet Zamanı-Uzaklık grafiği.



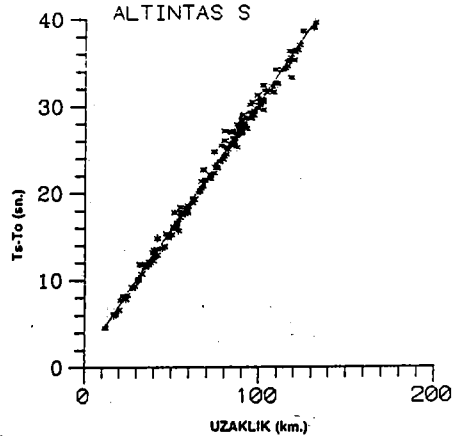
Şekil-8a: DST İstasyonu S dalgası için Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



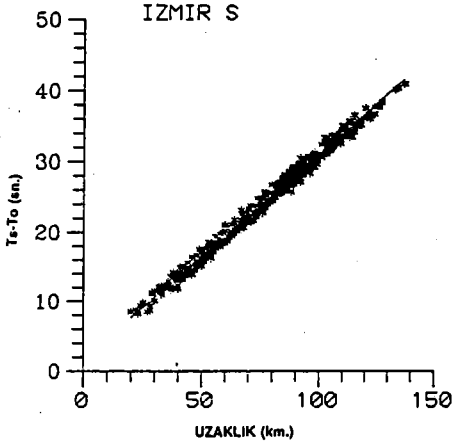
Şekil-8b: YER İstasyonu S dalgası için Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



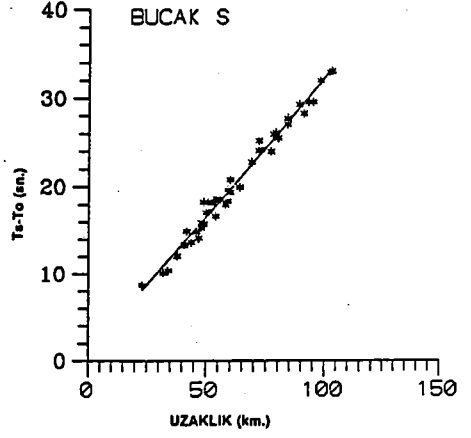
Şekil-8c: KHL İstasyonu S dalgası için Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



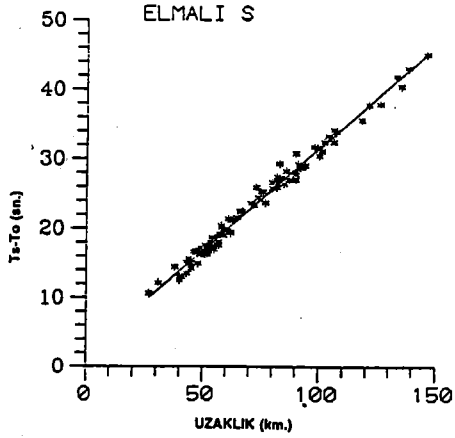
Şekil-8d: ALT İstasyonu S dalgası için Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



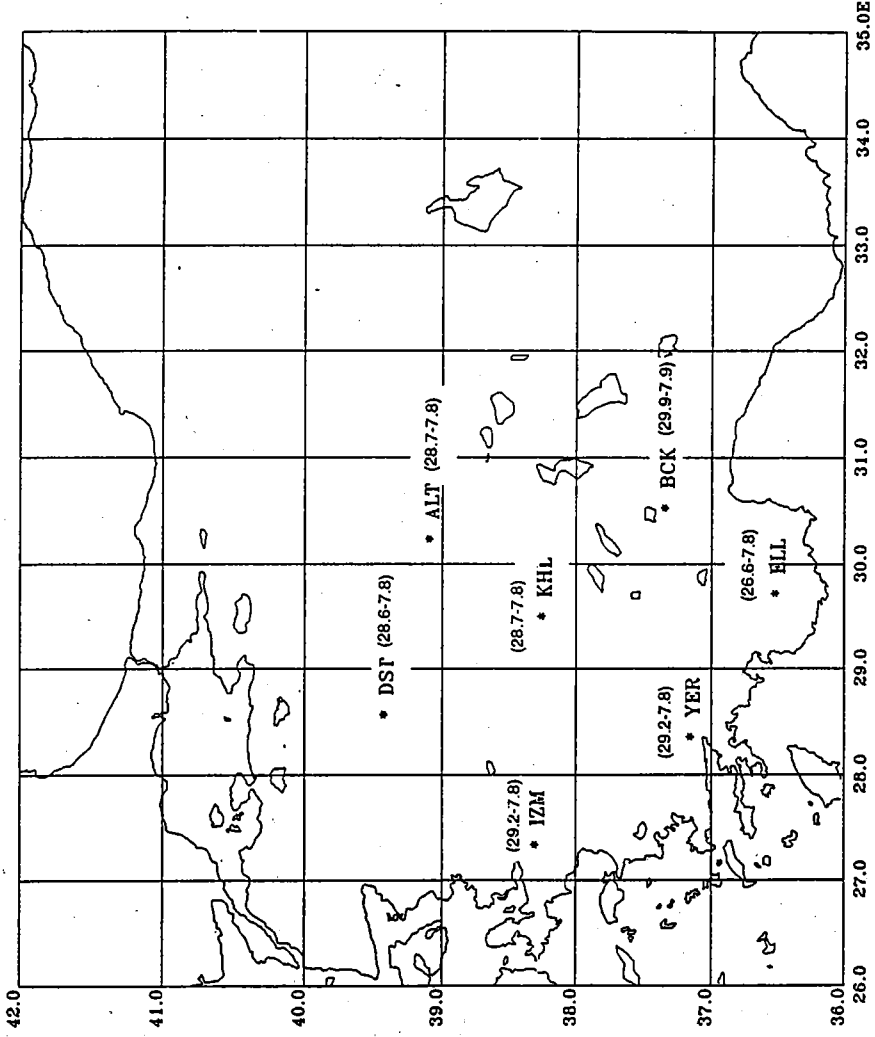
Şekil-8a: IZM istasyonu S dalgası için Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



Şekil-8b: BCK istasyonu S dalgası için Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



Şekil-8g: ELL istasyonu S dalgası için Seyahat Zamanı-Uzaklık grafiği.



Şekil-9: İstasyonların altındaki kabuk kalınlığı ve Moho sınırındaki Pn hızları.

Tablo-1: P hızı dağılımları.

İSTASYON KODU	KULLANILAN DATA SAYISI	V1 HIZI km/sn	KOR. KAT.	V2 HIZI km/sn	KOR. KAT.	V3 HIZI km/sn	KOR. KAT.
ALT	1149	4.35	0.96	5.90	0.99	7.76	0.99
BCK	623	-	-	5.85	0.99	7.93	0.99
DST	2697	4.79	0.97	5.84	0.99	7.75	0.99
ELL	669	-	-	5.81	0.99	7.84	0.99
IZM	2011	4.34	0.99	5.90	0.99	7.84	0.99
KHL	1567	-	-	5.87	0.99	7.80	0.99
YER	720	4.68	0.99	5.82	0.99	7.82	0.99

Tablo-2: S hızı dağılımları.

İSTASYON KODU	ADİ	KULLANILAN DATA SAYISI	S DALGASI HIZI	KORELASYON KATSAYISI
ALT	ALTINTAŞ	223	3.42	0.99
BCK	BUCAK	50	3.18	0.99
DST	DURSUNBEY	943	3.37	0.99
ELL	ELMALI	108	3.38	0.99
IZM	İZMİR	768	3.44	0.99
KHL	KARAHALLI	351	3.61	0.99
YER	YERKESİK	123	3.35	0.99

Tablo-3: Çalışmada bulunan kalınlıklar, P dalgası hızları ve Vp/Vs oranları.

İST. KODU	TABAKA DERİNLİKLERİ km.			P DALGASI HIZLARI km/sn			Vp/Vs
	H1	H2	H	V1	V2	V3	
ALT	2.91	25.80	28.67	4.36	5.91	7.76	1.73
BCK	2.71	27.21	29.92	4.50	5.85	7.94	1.84
DST	2.36	25.19	28.55	4.79	5.84	7.75	1.73
ELL	2.69	23.92	26.62	4.50	5.81	7.84	1.72
IZM	2.92	25.24	29.17	4.35	5.91	7.84	1.72
KHL	2.76	25.98	28.74	4.50	5.87	7.80	1.62
YER	2.48	25.74	29.22	4.68	5.83	7.82	1.74

PREFABRIKE CERÇEVELİ YAPILARDA DEPREME DAYANIKLI KOLON-KİRİŞ EK YERİ TASARIMI

EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN OF BEAM-COLUMN JOINTS OF PREFABRICATED FRAME STRUCTURES

NEJAT BAYULKE*

SUMMARY

Cast in place reinforced concrete frame buildings dissipate earthquake energy by the formation of hinges at the ends of beams and columns. Frame buildings made from prefabricated beam and column elements should have an energy dissipation capability similar to the cast in place reinforced concrete structures. First, requirements for cast in place beam-column joints are presented and the hysteresis behaviour cast in place joints are stated. Experimental behaviour of several precast beam column joints are evaluated from the standpoint of earthquake resistance. Finally requirements for sufficient earthquake behaviour of precast joints are presented: 1-continuity of reinforcement and concrete, 2-confinement of cast in place concrete at the joint by ties, 3-Sufficient ties for the prevention of buckling of longitudinal reinforcements, 3-sufficient development of longitudinal reinforcement and 4-refraining from welded connections and reinforcement.

ÖZET

Yerinde dökme betonarme çerçeve yapılar depremlerin enerjisini kolon ve kiriş uçlarında mafsallaşma ile tüketirler. Prefabrike kiriş ve kolon elemanlarından yapılan çerçevesel yapılarda da yerinde dökme betonarme yapılara benzer bir enerji tüketme gücü bulunmalıdır. Önce, yerinde dökme kolon-kiriş ek yerleri için gerekenler ve bu ek yerlerinin tersinir yükler altındaki davranışları verilmektedir. Bazı prefabrike kolon-kiriş birleşim sistemlerinin deneysel davranışları deprem dayanımı bakımından değerlendirildikten sonra prefabrike birleşim yerlerinde deprem açısından yeterli davranış için gerekenler verilmektedir: 1-beton ve donatının ek yerinde sürekliliği, 2-ek yerindeki yerinde dökme betonun etriyelerle kısıtlanması, 3-ek yerindeki boyuna donatının burkulması için yeterli etriye ile sarılması, 3-boyuna donatının yeterli ankraj boyunun olması ve 4-donatıda sürekliliği sağlamak ve elemanları bağlamak için için kaynak kullanılması.

(*) Deprem Mühendisliği Sube Müdürü, Deprem Araştırma Dairesi, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

DEPREME DAYANIKLI YERİNDE DÖKME KOLON-KİRİS BİRLEŞİMLERİNİN ÜZELLİKLERİ

Betonarme yapılar depremlerin titreşim enerjisini elastoplastik, kalıcı, deformasyonlarla tüketirler. Enerji tüketimi, kiris ya da kolon uçlarında "mafsallaşma" ile gerçekleşir. Mafsallaşmanın önemli bir kosulu ise kolon ve kiris boyuna donatılarının kolon-kiris ek yerinde yeterli ankrajıdır. Mafsallaşma sırasında boyuna donatılar betondan sıyrılmadan peklesme gerilmelerine kadar yüklenmelidir. Peklesme gerilmeleri ile en kesitin taşıma gücü de artmaktadır.

Yapı elemanlarının tersinir deprem yükleri altındaki davranışı Histeresis eğrisi ile görülebilir. Şekil-1a'da ideal elastoplastik bir malzeme yada elemanın histeresis eğrisi verilmektedir. Ancak betonarme yapı elemanlarında elastik limit şekil değiştirmenin ötesine geçildiği zaman betonda bir yönde yüklemeye olusan çatlaklar, diğer yönde yüklemeye olduğu zaman kapanmakta ise de yükün yeniden ilk yüklemeye yönünden geldiği durumda artık yük artık çatlaklı en kesitleri olan bir elemana yüklenmektedir. Her yüklemeye sonra giderek ya aynı yük düzeyinde ötelenmeler ve deformasyonlar artmakta ya da aynı miktar deformasyon daha düşük bir yük düzeyinde oluşmaktadır. Gerçek yapı elemanlarının histeresis eğrisi ideal eğriden farklıdır (Şekil-1b-f). Bu eğrilerin altındaki alan yapı elemanının tükettiği enerjidir. Her bir tersinir yüklemeye yük-deformasyon çevrimi içindeki alanın küçülmesi enerji tüketiminin azalması demektir. Şekil-1b'de verilen kirisli mafsallaşma eğrisinin altındaki alan Şekil-1c-1e'de verilen kolon ve perde duvarlarda mafsallaşma eğrilerinin altındaki alandan daha büyüktür. Şekil-1f'deki histeresis eğrisi ise deprem açısından hiç uygun değildir, enerji tüketimi ötelenmenin yarattığı sürtünme ile olmaktadır ve artan ötelenme yapının stabilitesini azalttığı için tehlikelidir. İdeal olan, yerinde dökme betonarme çerçevesel yapılarda, kolon-kiris birleşimlerinin deprem yükleri altında Şekil-1b'deki gibi davranmasıdır.

Depreme dayanıklı yapı elemanının elastik deformasyon sınırının ötesinde yüklendiği zaman, tersinir yükler altında, yük taşıma gücündeki azalma olabildiğince düşük olmalı ve olabildiğince çok sayıda tersinir yük çevrimini taşıyabilmelidir.

Bu durumda, taşıyıcı elemanda elastik deformasyon limitinin ötesine kaç geçilme kriterinin belirlenmesi gerekir.

Yerinde dökme betonarme elemanların tersinir yükler altındaki elastik sınır yükü yada ötelenmesi sonrasındaki davranışları incelenirken değişik yüklemeye kriterleri kullanılmaktadır. Laboratuvar deneylerinde önce eleman 1-3 kez elastik limit düzeyinde deformasyon (e_y) yaratan tersinir yüklerle denendikten sonra her biri 2-4 kez olmak üzere $2(e_y)$ ile $4(e_y)$ arasında değişen deformasyonlar yaratan kuvvetlerle denenmektedir. Bazen de elemanda dönme limitleri kullanılmaktadır e_y yerine 1/100 ile 1/40 arasındaki, depremlerde ulaşıldığı varsayılan miktarlarda, dönelere ulaşmak için gereken yükler uygulanmaktadır. Bu yüklemeye koşulları altında oluşan histeresis eğrilerinin karşılaştırılması ile eleman ya da birleşimin yerini deprem açısından uygun ya da yetersiz olduğu çıkarılmaktadır. Ancak herhangi bir betonarme elemanın belli bir şiddetteki depremin kuvvetli yer hareketinin etkisinde denemesi için nasıl bir yüklemeye sıralamasının uygulanması henüz standartlaşmamıştır. Bu nedenle deney sonuçlarının karşılaştırılması güç olmaktadır.

Eleman deneyi yapılırken, elemanın belli bir yapının zemin katında olduğu, bu yapının yine kuvvetli yer hareketi ölçülmüş belli şiddette bir depremden etkileneceği, bu hareketin bu elemanda deprem süresi içinde yaratacağı yüklenme koşulları uygulanmaktadır.

Yerinde dökme betonarme kolon-kiris ek yeri deneylerinden ve deprem davranışlarından çıkarılmış depreme dayanıklı davranış için gerekli koşullar: 1-Kolon ve kiris boyuna donatılarının sürekliliği, 2-Boyuna donatıların betona yeterli ankraj boyunda yerleştirilmesi, 3-Boyuna donatıların yeterli aralıklarla enine donatılar, etriye, ile sarılması, 4-kolon ve kiris uçlarında etriye sıklaştırması yapılması, 5-Eksenel yükün belli bir düzeyin altında kalması, taşıma gücünün % 30-40'ını geçmemesi, 6-Ek yerlerindeki beton enine donatı, etriyelerle kısıtlanmalı, ve 7-Kolonların moment taşıma güçlerinin kirislerin moment taşıma gücünden daha büyük olması ya da en azından kirise gelebilecek en büyük momentten büyük olması olarak sıralanabilir.

PREFABRIKE KOLON-KIRIS EK YERİ DAVRANIŞI

Deprem deneyini ve laboratuvar deneyleri, iyi tasarlanmış, detaylandırılmış ve uygulanmış yerinde dökme betonarme çerçeve ek yerlerinin şiddetli depremlerde iyi davrandıklarını, fazla hasar olmadan yeterli deprem enerjisi tüketebildiklerini göstermiştir. Üte yandan prefabrike elemanlardan oluşan çerçeve sistemleri için aynı sayıda deprem ve laboratuvar deneyleri henüz yoktur. Çok sayıda değişik prefabrike çerçeve yapı ek yeri sistemi vardır ve belli bir sistemin davranışı diğer sistemler için de geçerli olmaktadır.

1988 Spitak Depreminde bu bölgede uygulanmış bir prefabrike çerçeve sistemin (Şekil-2) deprem davranışının hiçte iyi olmadığını göstermiştir (Wyllie ve Filson-1989). Ancak bu deneyimle bütün prefabrike çerçeve sistemlerin deprem açısından yeterli olmadığını ya da depreme dayanıklı çerçeve bir sistemin gerçekleştirilemeyeceğini düşünmek yanlıştır.

Prefabrike çerçeve betonarme yapıların tasarımında temel sorun, hazır elemanların birleşim yerlerinin de yerinde dökme yapıların ek yerleri kadar enerji tüketebilecek ve yük taşıyabilecek güçte olmasını sağlayacak ekonomik ve pratik bir çerçeve sistemi bulmaktır. Yerinde dökme kolon-kiris birleşimlerinde genel olarak boyuna donatı ankraj biçimi, etriye sıklaştırması ve eksenel yük tasarım parametreleridir. Buna karşılık prefabrike ek yerlerinin çok sayıda farklı kolon ve kiris elemanı birleştirme ve boyuna donatı ekleme biçimleri vardır.

Eğer elemanların ek yeri plastik mafsallaşmanın oluşmasının beklendiği bir yerde ise ek yerinin yerinde dökme betonarme eleman gibi davranmasını sağlamak olmalıdır. Elemanlar arasındaki gevrek bağlantılar yüksek dayanımlı olmalı ve plastik mafsallaşmanın oluşmasının beklendiği yerlerden uzakta yapılmalıdır (New Zealand-1991).

PREFABRİKE CERCEVE EK YERİ DENEYLERİ

Depreme dayanıklı ek yerinde olması gereken koşulları belirtirken laboratuvar ve deprem deneyiminden yararlanılacaktır. Burada özellikle ele alınacak deneyler yerinde dökme betonarmenin ek yeri özelliğinde olduğu sayılan tipte ek yerleri üzerinde yapılan ve davranış üzerine ilginç sonuçlar çıkarılmış bazı deneylerdir.

Park ve Bull (1986) tarafından bir oluk kiris ile yerinde dökme kolon ek yeri (Şekil-3) deneyinden elde edilen histeresis eğrisi (Şekil-4) Şekil-1b'de verilen ve deprem açısından ideale çok yakın olan kirislerde mafsallaşma davranışına çok benzemektedir.

Buna karşılık denenen bazı ek yeri sistemlerinin (Şekil-5) (Bilgin 1986) histeresis eğrileri (Şekil-6) ideal davranıştan çok farklı olmaktadır.

Baysal (1991) tarafından Şekil-7'de gösterilen bir birleşim yerinde yapılan deneylerde kırılma ek yeri bölgesinde etriyelerle kısıtlanmamış boyuna donatının kaynaklı uç etrafında dönmesi ve yine etriye ile kısıtlanmamış ek yeri betonunu çatlatıp parçalaması ile gerçekleşmiştir. Bu deneyden elde edilen histeresis eğrisi Şekil-8'de verilmektedir. Deney ek yerindeki beton ve boyuna donatının enine donatı ile kısıtlanması gereğini vurgulamaktadır.

Baysal (1991) ve Yağcı (1993) tarafından yapılan diğer deneylerde Şekil-7a'da verilenden az farklı bağlantı ayrıntıları kullanılmıştır (Şekil-7b ve c). Ancak bu deneylerde kirisin altında, kolondaki plakaya kaynakla bağlanan, plağın ankrajlarının plağa kaynaklarının koştığı gözlemlenmiştir. Daha değişik, daha uzun ankraj boylu ve yatay, bir bağlantıda bu kez kopma olmanakla birlikte ankraj donatısının kesitin (+) moment taşıma gücünü artırdığı gözlemlenmiştir.

Deneylerde kiris donatısının artırılması ek yerinde kırılmaya neden olmaktadır (Yağcı-1993). Bu durum ek yeri tasarımında önemli olan bir başka noktayı vurgulamaktadır: Ek yerindeki betonun, kiris donatılarından aktarılan kuvvetler ek yerindeki betonun taşıyabileceği güçte olmalıdır. Buradaki betonun kesme dayanımının, etriyelerle kısıtlanarak artırılması gerekir (Şekil-9).

Uran (1993) tarafından yapılan deneyde Şekil-7c'deki kirisde mafsallaşmanın kolon yüzünden uzakta olmasını sağlayacak donatı ayrıntıları geliştirilmiştir. Yüklemenin ilk aşamalarında mafsallaşma kiris ucundan uzakta başlamış ancak daha sonra kirisle kolon bağlantısının alt ucundaki kaynak koştığı için istenilen davranışa ulaşılamamıştır.

Burada ilginç olan denenen "moment taşıyan" ilk birleşim sistemi ile önerilen son birleşim arasındaki ek yeri ayrıntı farkıdır. Üstelik sorun henüz tümü ile tatmin edici bir çözüme de ulaşmamıştır. Ayrıntılar karmaşıklaşmış, fabrika ve şantiyede kaynak gereksinimi artmış ve güç koşullarda kaynak yerleri ortaya çıkmış olmalıdır.

Deneylerde (Baysal-1991) tarafından yapılan bir başka ilginç gözlem: monolitik ek yerlerinde bir önceki yüklemde oluşan çatlakların, bir sonraki ters yöndeki yüklemde kapanarak rijitlikte geri kazanç sağlarken, prefabrike ek yerlerinde aynı koşullarda benzer bir rijitlik geri kazanımının olmamasıdır. Bu gözlem prefabrike birleşimlerin monolitik birleşimler kadar rijit olamayacağı görüşünü onaylamaktadır.

Dönmez (1994) tarafından Sekil-10a'da gösterilen türden bir iç aks ek yerinde yapılan deneylerde kiriş moment taşıma gücünün % 27'sine ulaşıldığı zaman ek yerindeki mesnet plakasının ankraj donatılarının kaynağı koparak kırılma olmuştur. Bu arada yapım sırasında hazır kirişlerin üst başlarından kaynakla bağlanması sırasında ortaya çıkan büyük ısı betonu çatlatmıştır. Bir iç aks ek yeri deneyinde ise (Sekil-10b) etriyelerle kısıllanmamış ek yeri betonunda basınç kırılması olmuş ve yine kiriş moment kapasitesinin yaklaşık 1/3'ü kadar bir momentte kırılma olmuştur. "Birleştirdiği elemanlardan daha zayıf olan bir birleşim detayı hiçbir şekilde yeterli olarak sınıflandırılmaz" (Dönmez-1994) ifadesi prefabrikte elemanların birleşim yerlerinin tasarımında temel kriter olarak kabul edilmelidir.

Özellikle çok az düşey yük taşıyan tek katlı fabrika tipi çerçevelerde birleşim yerlerine depreme mutlak değeri birbirine çok yakın pozitif ve negatif momentler geleceği için ek yerinin her iki yönde de bir birine çok yakın moment taşıma gücü olmalıdır. Deneylerde her iki yöndeki moment taşıma güçlerinin çok farklı olduğu anlaşılan ek yerleri yeniden ele alınmalıdır.

KAYNAKLI BİRLEŞİMLER YADA KAYNAKLAR

Prefabrikte çerçeve sistemlerde çok yaygın bir birleşim biçimi kiriş boyuna donatılarını kiriş ucunda bir levhaya, bu levhanın da kolondaki bir gussedeki bir başka levhaya bağlanmasıdır (Sekil-7a, b ve c). Bu tür birleşimlerde tersinir yükler altında deneylerde karşılaşılan sorunlar vardır:

Donatının levhaya bir açı ile kaynatılmış olması donatıdaki kuvvetlerin kaynak üzerinde eğilme etkileri yaratmasına neden olmaktadır. Kaynaklar ankrajlarından kopmaktadır. Ya da levhalar arasındaki kaynaklar kopmaktadır

Kiriş boyuna donatısı kiriş uç levhasına uygun bir biçimde kaynaklanınca ya da levhaya bağlanan ankraj donatıları çok sayıda ise bu kez de sorun kiriş uç levhası ile kaynaklandığı kolondaki levha arasında çıkmaktadır (Uran-1993).

Kaynakların önemli bir sorunu yapım sırasındaki kalitedir. Kaynaklı çelik kolon-kiriş ek yeri üzerinde yapılmış bir deneyde (Engelhardt ve Hussain-1993) kaynak kalitesi üzerinde çok dikkate değer bir gözlem yapılmaktadır: "Burada üzerinde önemle durulması gereken bu deney programındaki bütün deney örneklerinin piyasadan bir çelik inşaatçısı tarafından, ve bütün kaynakların belgeli kaynakçılarca yapıldığı ve bütün köşe kaynakların bağımsız bir kaynak denetim şirketi tarafından denetlenmiş olduğunu, buna rağmen ek yerleri ve bağlantılarının kırılmaya kadar yüklenildiği zaman ortaya yetersiz yapılmış kaynaklar olduğu çıkmış olmasıdır." Burada akla şu soru gelmektedir: Kaynaklarda, hemen her zaman elemanda tam taşıma gücüne varmadan, oluşan kopmaları her zaman "yapım hatası" olarak nitelenek gerçeği midir yoksa bu kaynakların "doğasından" kaynaklanan bir hastalık mıdır?. Kısa kaynakların şiddetli depremlerde yetersiz kalması kuvvetli bir olasılıktır.

Kaynaklarla ilgili olarak önemli bir nokta da şiddetli depremlerde elastik deformasyon limitlerinin çok ötesinde tersinir yüklenmeler altında kaynakların davranışı konusunda bilinenler az oluşudur ve iyi araştırılması gerekmektedir.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde yapılan prefabrike ek yeri deneylerinde çok sayıda kaynak kırılması ile karşılaşılmış olması hiçte şaşırtıcı değildir. Bu nedenle Amerika Birleşik Devletlerinde prefabrike yapılarda kaynaklı birleşimlere izin verilmemektedir (Tankut ve Ersoy-1993).

Kaynaklarla ilgili bir diğer nokta kiristen ve kolondan gelen ve birbirine kaynaklanmış L-kösebent ve plakalarda yük altında deformasyon oluşmasıdır. Eğer kaynak iyi yapılmış ise bu plaka ya da kösebentlere bağlanmış donatılarda ekstra gerilmeler oluşmakta kaynak daha donatı tan gücüne ulaşmadan kopmaktadır. Eğer kopma kaynağa olmazsa donatıda kaynağa yakın yerlerde kaynağın ısısının yol açtığı nitelik değişimini donatının zayıflayarak kopmasına neden olmaktadır (Ochs ve Ehsani-1993).

Kaynakla ilgili bir diğer deneysel gözlem kaynak sırasında ortaya çıkan büyük ısının betonda çatlamaya yol açmasıdır (Dönmez-1994).

MONOLİTİK TASARIM KOŞULLARI

Yerinde dökme cercevelere benzer davranış sağlayacak ek yerleri olarak Sekil-11'deki (New Zealand-1991) ek yerleri uygun görünmektedir. Birinci sistende yerinde dökme bir kolon ve üst tarafı kolonla birlikte betonlanacak hazır kiristen olmaktadır. Hazır kiris oluk biçimindedir ve içine donatı ve beton dökülmektedir. Sekil-11a. Hazır kiristen gelen alt donatıların kolon en kesitinde ankrajı için yeterli mesafe olmasıdır. Bunun için donatıların ek yerinde yukarı doğru bükülmesi ile ankraj boyu uzatılabilir.

İkinci bir detayda yerinde dökme kolon ve kirisler kullanılmakta kolonda açılan delikten geçen bir kiris elemanı kolon yüzünden daha uzakta bir noktada yaklaşık olarak düğüm noktasından uzakta bir yerde birleştirilmektedir. Sekil-11b .

Bir diğer çözüm yolu ise T-biçiminde düşey elemanlar kullanılarak kirisler kolon yüzünden uzakta bağlanmaktadır (Sekil-11c). Bu noktada da T eleman ve kiris donatıların uygun biçimde ankrajı bağlantısı gerekmektedir. Bu ayrıntıda bağlantı olası mafsallaşma noktasından uzakta yapılmaktadır. Bu tür bir bağlantı üzerinde yapılmış deneyler (Bilgin-1986)'de kaynaklı birleşimde iki eleman arasındaki boşluğun artması ile davranışın kötüleştiği gözlemlenmiştir.

Bir başka çözüm yolu mafsallaşmanın birleşim yerinden uzakta olmasını sağlamaktır (Ochs ve Ehsani-1993). Kolon kiris birleşimlerine art gerilme verilmesinin de uygun bir çözüm olabileceği gösterilmiştir (Cheok ve Lew-1993).

Monolitik ek yerlerinde olduğu gibi ek yerindeki kolon donatılarının etriyelerle çok iyi sarılmaları gerekir. Bu hem ek yerindeki betonun basınç dayanımını artıracak, boyuna donatıdaki gerilmelerin betona aktarılması ve betonun kesme dayanımının artırılması ile ek yerinde çatlama önlenecektir. Tipik bir örnek olarak kolonda ek yerinde 7.5 cm ara ile ϕ 13 çapında donatı kullanılmıştır (Ochs ve Ehsani-1993) olması bu noktadaki enine donatı koşullarının ağırlığını gösterir.

SONUC

Deneysel çalışmalar davranışı en iyi biçimde belirlenmektedir. Çok sayıda bileşeni olan ve bunların arasındaki karmaşık karşılıklı etkileşim nedeni ile geliştirilen her ek yeri tipin kesinlikle deprem koşullarına benzer koşullarda denenmesi tenel bir kural olarak alınmalıdır.

Depremlerde yapılara düşey ve yatay deprem hesap yüklerine alışmış tasarımcılar tarafından kolay algılanamayan boyutta büyük yatay yükler gelmektedir. Bu yüklerle karşı yapıdan elastoplastik davranış beklenmektedir. Ancak kaynak gevrek bir birleştirme yöntemidir. Ayrıca tersinir yükler altında da zorlandığı için deprem açısından son derece yetersiz kalabilmektedir.

Depreme dayanıklı prefabrikte kolon-kiris ek yeri tasarımı simdiye kadar deneysel çalışmalardan elde edilmiş bilgilerin yönlendirilmesi ile yapılmalı ve kesinlikle bir deney sınavından geçirilmelidir.

KAYNAKLAR

Baysal, M., Z. (1991) "Behaviour of an Exterior Precast Beam-Column Joint Under Reversed Cyclic Loading" Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara

Bilgin, S., A. (1986) "Behaviour of Dry Joints Under Seismic Action" Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara

Cheok, G., S., and Lew, H., S. (1993) "Model Precast Concrete Beam to Column Connections Subject to Cyclic Loading" PCI Journal, July-August, pp 80-92

Dönmez, C. (1994) "Seismic Performance of a Precast Concrete Connection Used in Single Storey Buildings" Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara

Engelhardt, W., D., and Hussain, A., S. (1993) "Cyclic-Loading Performance of Welded Flange-Bolted Web Connections" ASCE Structural Journal, Vol.119, No.12, December, pp 3537-3551

New Zealand (1991) "Guidelines for the Use of Structural Precast Concrete in Buildings" Report of a Study Group of the New Zealand Concrete Society and the New Zealand National Society for Earthquake Engineering, August 1991

Ochs, J., E., and Ehsani, M., R. (1993) "Moment Resisting Connections in Precast Concrete Frames for Seismic Regions" PCI Journal, September-October, pp 64-75

Park, R., and Bull, D., K. (1986) "Seismic Resistance of Frames Incorporating Precast Prestressed Concrete Beam Shells" PCI Journal, July-August 1986, pp 54-93.

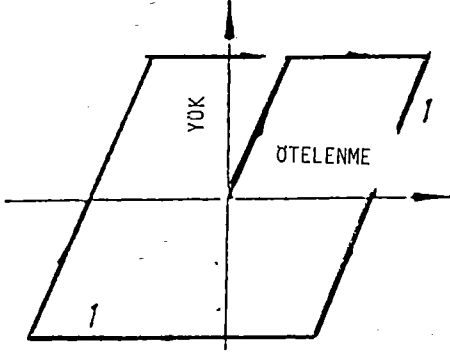
Paulay, T., and Priestley, J., M., N. (1992) "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings" John Wiley & Sons Inc.

Tankut, T., ve Ersoy, U. (1993) "Ünretimli Betonarme Yapılardaki Birleşimlerin Görünen ve Görünmeyen Sorunları" 7nci Prefabrikasyon Sempozyumu Bildirileri, sayfa IX-19-36, İstanbul

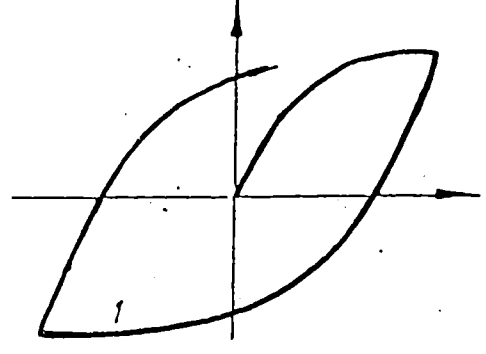
Uran, B. (1993) "Ündökümlü Betonarme Yapılarda Kullanılan İyileştirilmiş bir Kolon-Kiris Birleşiminin Deprem Davranışı" Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara

Wyllie, L., W., Jr., and Filson, J., R., Editors, (1989) "Armenia Earthquake Reconnaissance Report" Earthquake Spectra, Special Supplement, August.

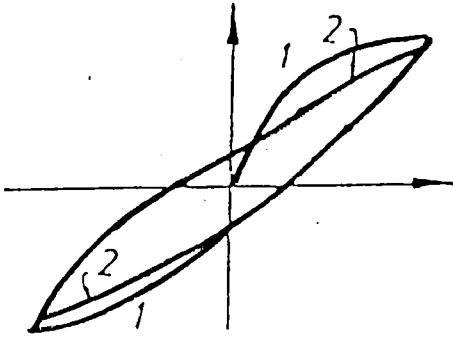
Yağcı, S. (1993) "Behaviour of an Improved Exterior Precast Beam-Column Joint Under Reversed Cyclic Loading" Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara



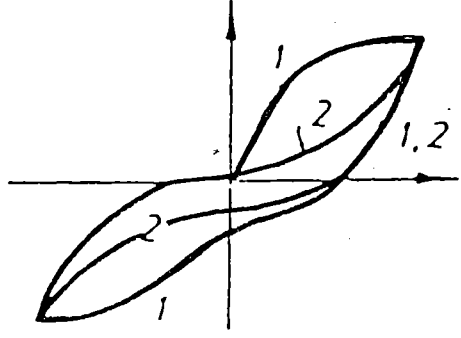
(a) İDEAL ELASTOPLASTİK DAVRANIŞ



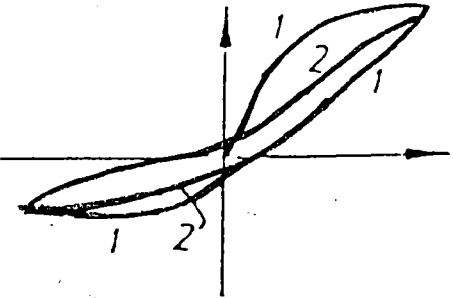
(b) KIRIŞTE PLASTİK MAFSAL



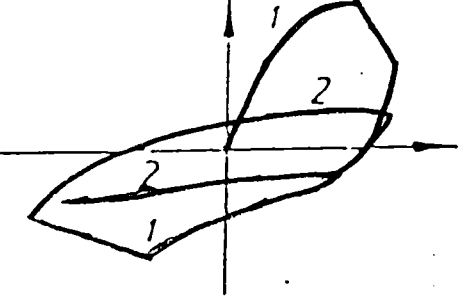
(c) KOLONDA PLASTİK MAFSAL



(d) ALÇAK PERDE DUVAR



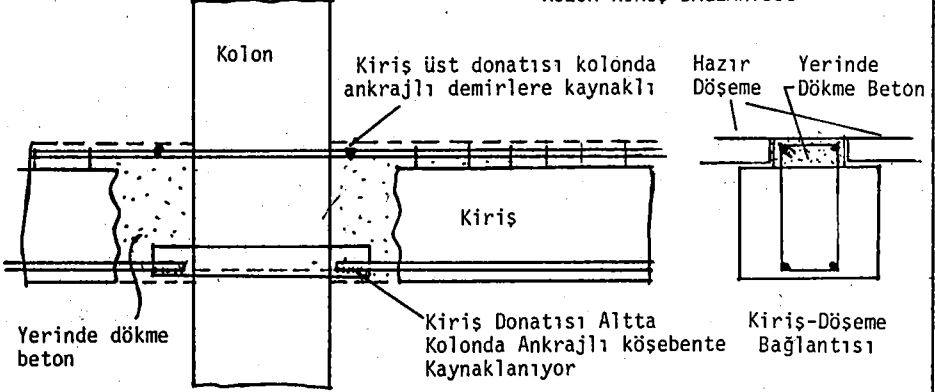
(e) T-KESİTLİ PERDE DUVAR



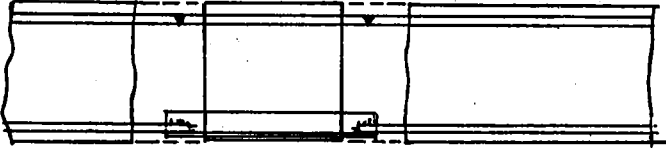
(f) KESME KIRILMASI

SEKİL-1 BETONARME ELEMANLARIN TİPİK HİSTERESİS EGRİLERİ (Paulay ve Priestley-1992)

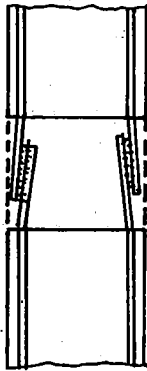
KOLON-KIRIŞ BAĞLANTISI



Donatıların kaynaklandığı bölgeye 1-2 etriye konuluyor.

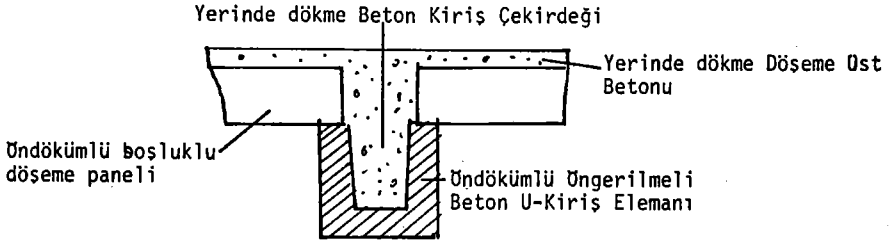
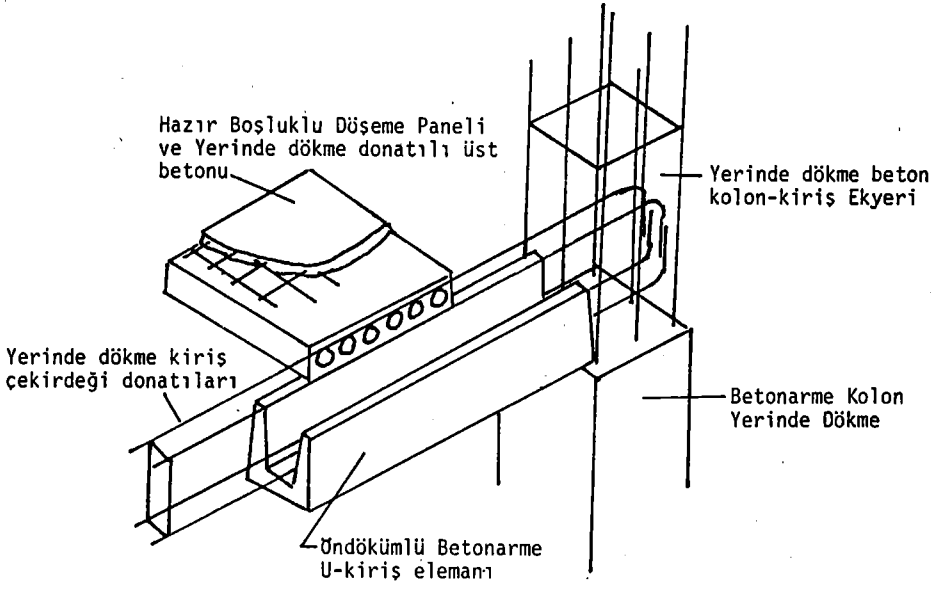


ÜSTTEN GÖRÜNÜŞ

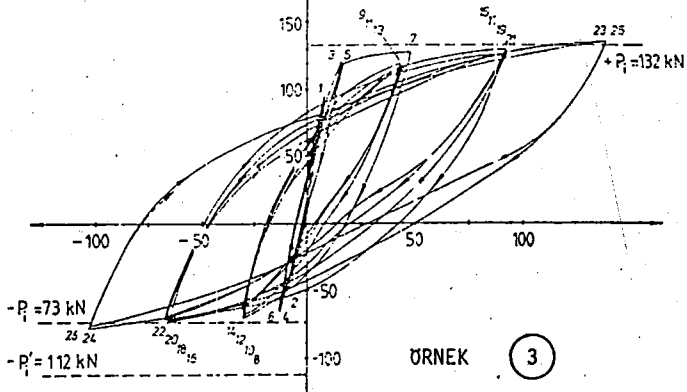
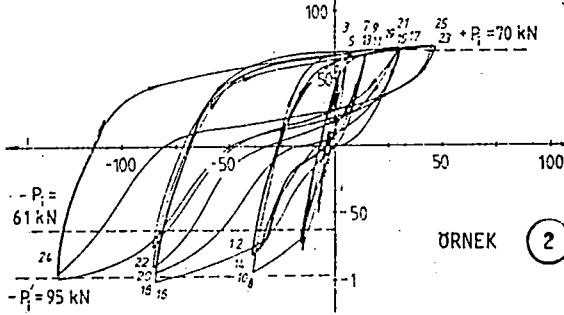
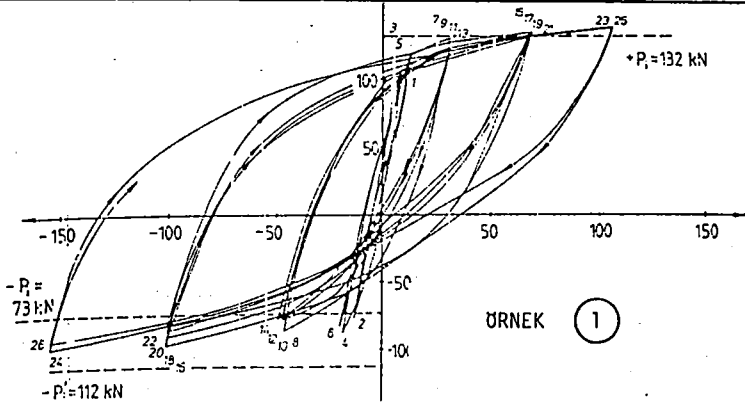


KOLON-KOLON BAĞLANTISI

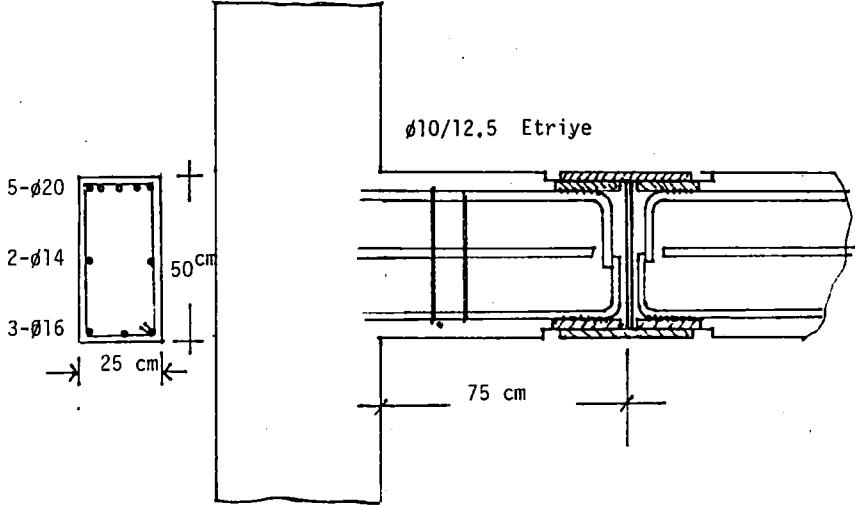
SEKİL-2 SPITAK DEPREMİNDE KOTU DAVRANMIŞ PREFABRİKE ÇERÇİVE
KOLON-KIRIŞ EK YERİ AYRINTILARI (Wyllie ve Filson-1989)



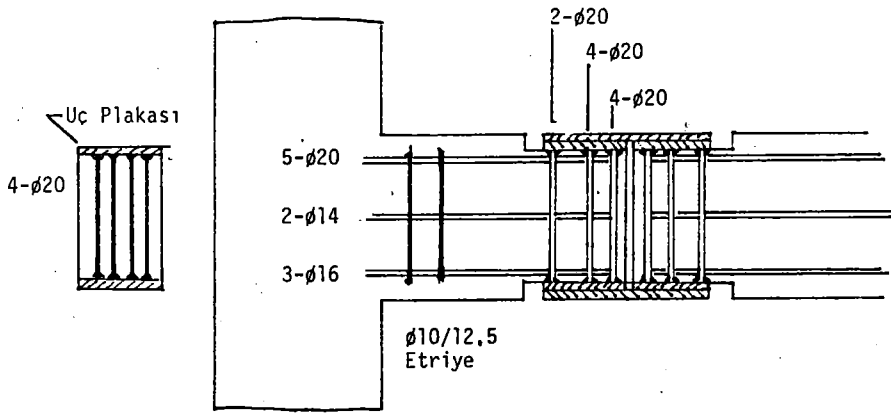
SEKİL-3 MOMENT TAŞIMA GUCU YUKSEK KOLON-KIRIŞ EK YERİ (Park ve Bull-1986)



SEKİL-4 SEKİL-3'DEKİ EK YERİ DETAYININ
HİSTERESİS EGRİLERİ (Park ve Bull-1986)

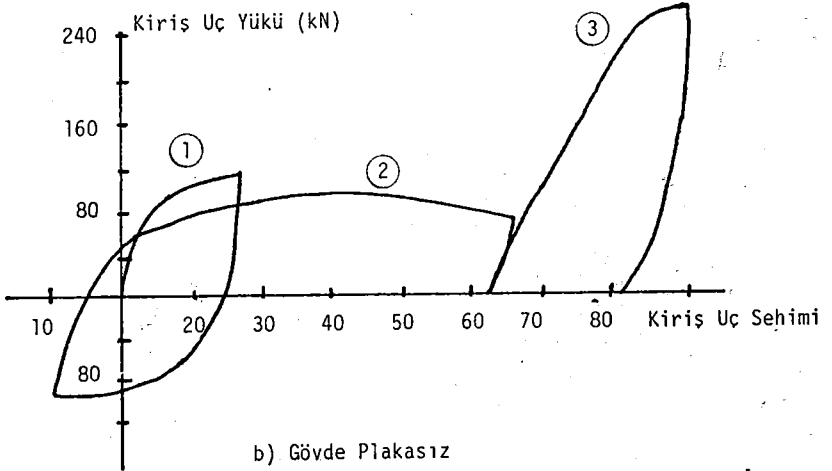
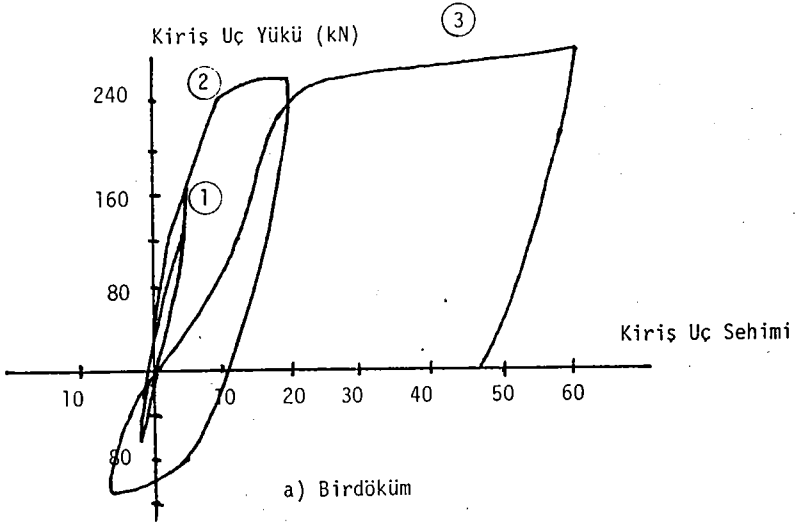


a) Orijinal Tasarım

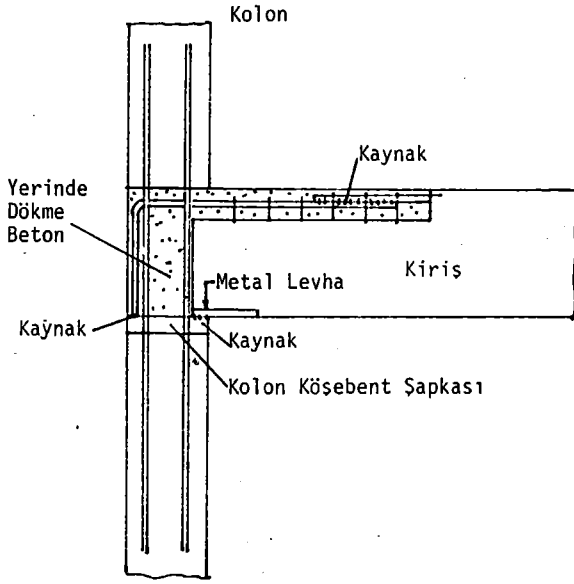


b) Geliştirilmiş Tasarım

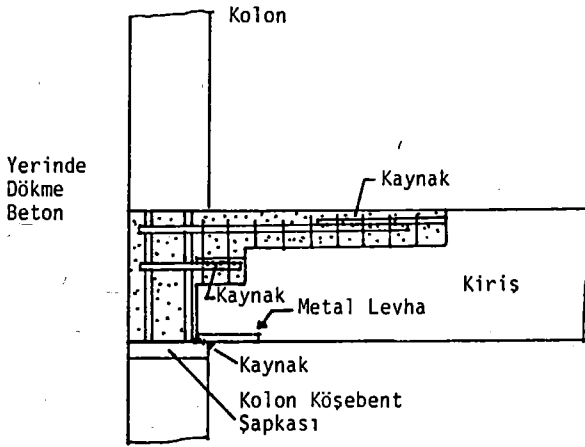
SEKİL-5 KAYNAKLI KOLON-KİRİS BİRLEŞİM DETAYI (Bilgin-1986)



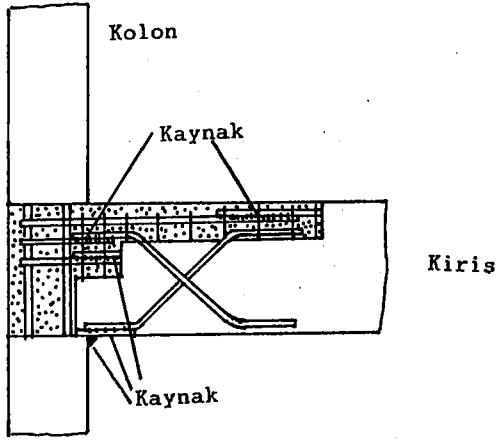
SEKIL-6 SEKIL-5a'DAKI DETAYIN HISTERESIS EGRISI (Bilgin-1986)



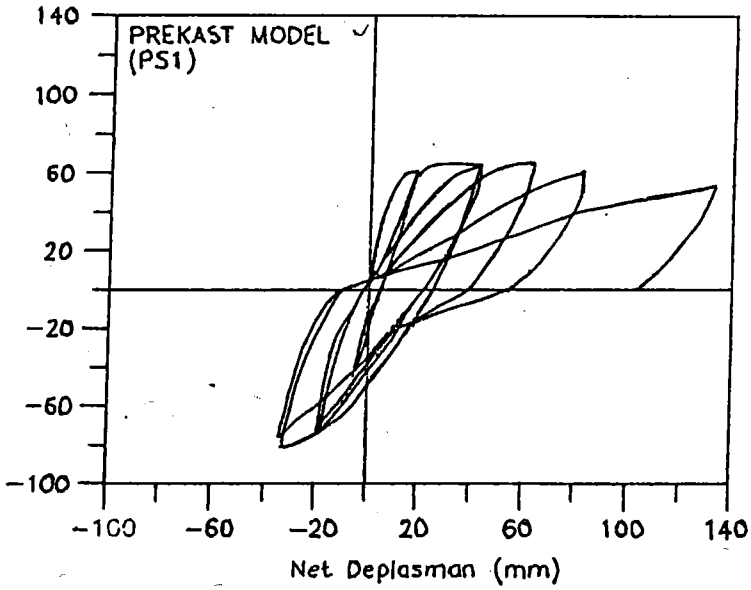
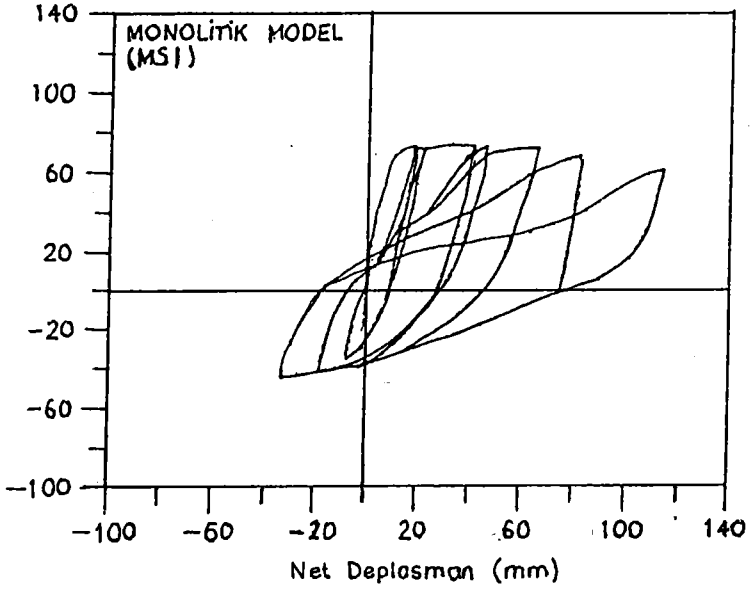
SEKIL-7a KOLON-KIRIS EK YERİ DETAYI



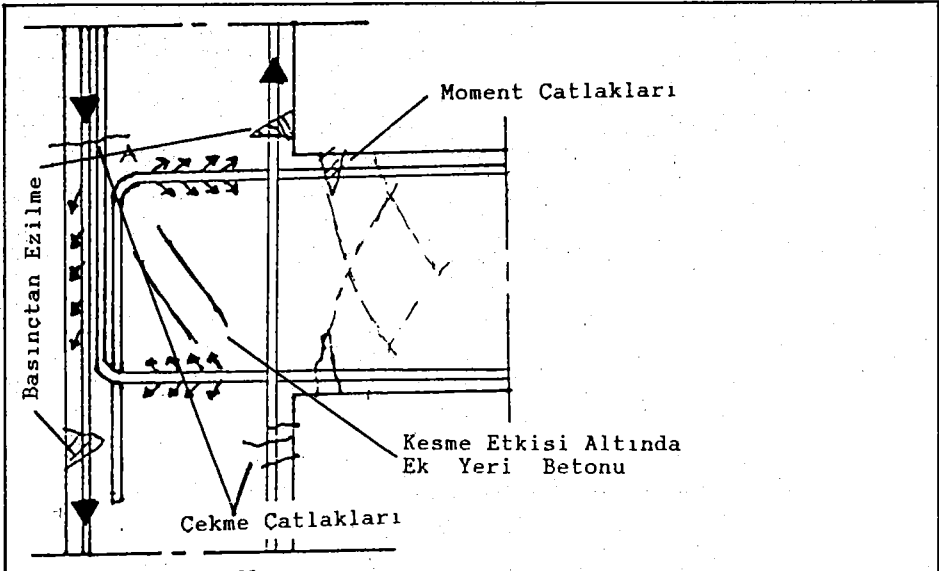
SEKIL-7b GELİSTİRİLMİŞ EK YERİ DETAYI



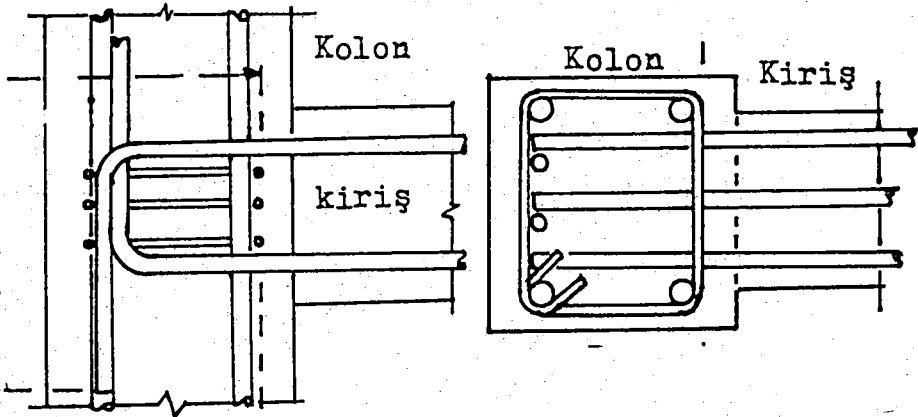
SEKIL-7c MAFSALLASMAYI KOLON YUZUNDEN UZAKLASTIRAN EK YERI DETAYI
SEKIL-7a VE 7b'DEN GELISTIRILMIS



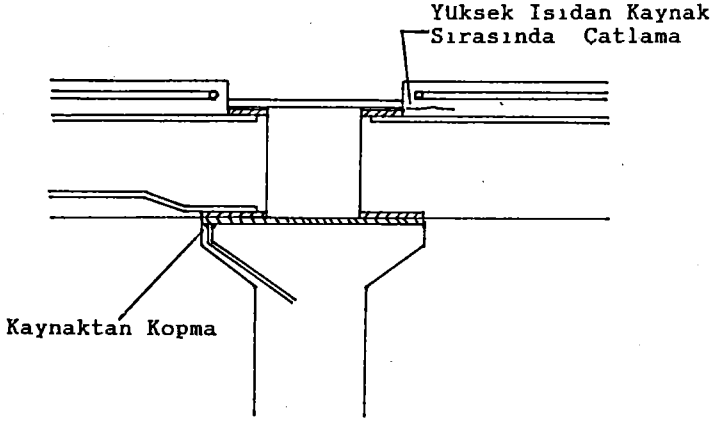
SEKİL-8 SEKİL-7a'DAKI EK YERİNİN HİSTERESİS EGRİSİ



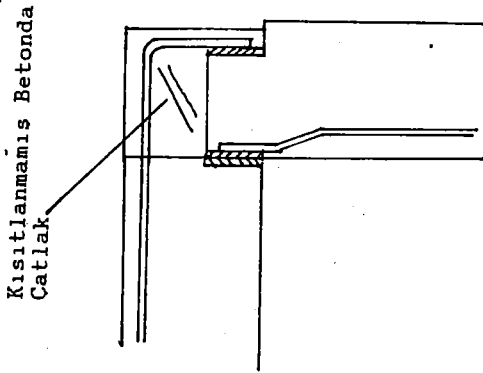
SEKIL-9a MONOLITIK BETONARME EK YERİNDE DEPREMDE OLMASI BEKLENEN ETKİLER



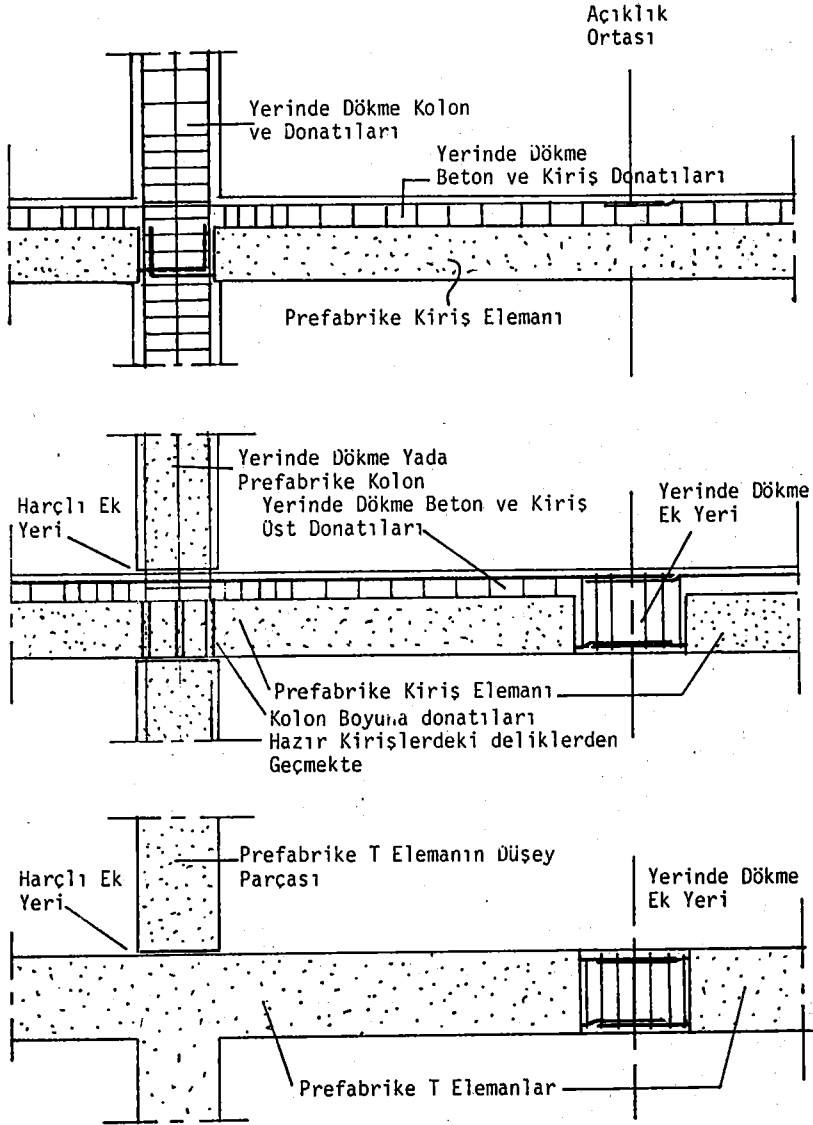
SEKIL-9b. MONOLITIK BETONARME EK YERİNDE KIRIŞ DONATILARI VE EK YERİ BETONUNUN ETRİYELERLE SARILMASI



SEKIL-10a TEK KATLI YAPIDA IC AKS KOLON-KIRIS BIRLESIM DETAYI



SEKIL-10b TEK KATLI YAPIDA DIS AKS KOLON-KIRIS BIRLESIM DETAYI



SEKİL-11 MOMENT TASİYABİLEN KOLON-KİRİŞ EK YERİ
ÖRNEKLERİ (New Zealand-1991)

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ YAYIN KOŞULLARI

1. Bültene gönderilecek telif ve tercüme yazılarının :
 - 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 iki nüsha olarak yazılmış bulunması.
 - e) Şekillerin aydınlatma kağıdına çini mürekkebi ile çizilmiş olması.
 - e) Fotoğrafların net ve kişi alınmasına müsait bulunması gerekmektedir.
2. Telif araştırma yazılarının baş tarafına araştırmanın genel çerçevesini belirten en az 200 kelimelik İngilizce, Fransızca ya da Almanca bir özet konulmalıdır.
3. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı mensubu elemanları tarafından hazırlanan ve telif ya da tercüme ücreti ödenerak yayınlanacak olan yazıların, mesai saatleri dışında hazırlanmış okluğu 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 yayımlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.
5. Bültende yayımlanacak yazılara, «Kamu Kurum ve Kuruluşlarınınca Ödenen Telif ve İşleme Ücretleri Hakkında Yönetmelik» esaslarına göre ücret ödenir.
6. Yazılarda bulunan şekiller için, gerekli olan asgari alan içinde bulunabilecek kelime sayısına göre ücret takdir edilir.
7. Yazıların bültende yayınlanması Genel Müdürlüğümüz bünyesinde teşekkül eden Uzmanlar Kurulu'nun kararı ile olur.
8. Seçmeyi yapacak Uzmanlar Kurulu 5. maddede sözü edilen asgari alanları hesaplamaya, yazı sahiplerine gereksiz uzatmaların kısaltılmasını teklif etmeye, verilecek ücrette esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.
9. Kurulca incelenen yazıların bültende yayınlanıp yayınlanmayacağı yazı sahiplerine yazı ile duyurulur.
10. Yayınlanmayacak yazılar bu duyurmadan sonra en geç bir ay içinde sahipleri tarafından geri alınabilir. Bu süre içinde alınmayan yazıların korunmasından Genel Müdürlüğümüz sorumlu değildir.
11. Yayınlanan yazılardaki fikir, görüş ve öneriler tamamen yazarlarına ait olup, Afet İşleri Genel Müdürlüğünü bağlamaz ve Genel Müdürlüğümüzün resmi görüşünü yansıtmaz.
12. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi, haber taşıma vb. gibi nedenlerle gönderilecek not ve açıklamalar, ya da bu nitelikteki yazılar için ücret ödenmez.
13. Genel Müdürlüğümüz mensupları Genel Müdürlükçe kendilerine verilen görevlere ait çalışmalarından ötürü her hangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.