



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

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

56



## Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

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



Ocak [January] / 1987  
Cilt [Volume]: 14

# Sayı [Issue]: 56

# İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

---

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Prefabrikte Yapı Sistemlerinin Depreme Dayanıklı Tasarım Yaklaşımları  
[Earthquake Resistant Design Approaches of Prefabricated Building  
Systems ]

Nejat BAYÜLKE ..... 5-29

## DİĞER [OTHER]

İnşaat Mühendisliği Araştırmalarında Sismik Kırılma Uygulamalarının  
Tasarımı [Design of Seismic Refraction Applications in Civil Engineering  
Research]

Mehmet ALTINTAŞ, Cemal ÖZALP ..... 30-71

## DİĞER [OTHER]

Uluslararası Portopia'81 Fuarının Uzay Kafes Kabuğunun Tasarımı,  
Statik ve Dinamik Analizi, İnşaatı [Construction, Space Cage Shell  
Design, Static and Dynamic Analysis of the Space Cage Shell of the  
International Portopia'81 Fair]

Erdal COŞKUN ..... 72-90

## DİĞER [OTHER]

9 Ağustos 1912 Şarköy-Mürefte Depremi [The Mürefte-Şarköy  
Earthquake of August 9, 1912]

Feriha ÖZTİN ..... 91-127



YAYIN: 20

BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI  
TEKNİK ARAŞTIRMA VE UYGULAMA  
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

# 56



YAYIN: 20

BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI  
TEKNİK ARAŞTIRMA VE UYGULAMA  
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

56

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

\*

Üç Ayda Bir Yayınlanır  
Bilim ve Meslek Dergisi

\*

Sahibi  
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Adına  
Oktay Ergünay  
Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü  
Deprem Araştırma Dairesi Başkanı

\*

Yazı İşleri Müdürü  
Erol Aytaç  
(Jeomorfolog)  
Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü  
Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı

\*

Posta Kutusu 763  
Kızılay - ANKARA

\*

Telefon : 287 36 45 - 287 36 46

\*

Eroğlu Matbaacılık Sanayii Ltd. Őti.  
136 71 93 - ANKARA

## DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

YIL: 14

SAYI: 56

OCAK 1987

### BU SAYIDA

Prefabrike Yapı Sistemlerinin Depreme  
Dayanıklı Tasarım Yaklaşımları ..... N. BAYÜLKE

İnşaat Mühendisliği Araştırmalarında  
Sismik Kırılma Uygulamalarının  
Tasarımı ..... Çeviren : M. ALTINTAŞ  
C. ÖZALP

Uluslararası Portopia'81 Fuarının Uzay  
Kafes Kabuğunun Tasarımı, Statik ve  
Dinamik Analizi, İnşaatı ..... Masao Saituh  
Çeviren : E. COŞKUN

9 Ağustos 1912 Şarköy - Mürefte Depremi ..... F. ÖZTİN

# PREFABRİKE YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREME DAYANIKLI TASARIM YAKLAŞIMLARI

Nejat Bayülke

İnş. Y. Müh.

## 1. GİRİŞ

Depreme dayanıklı yapı tasarımının amacı yapıların ekonomik ömürleri içinde olacak hafif ve orta şiddetli depremlerde hiç hasar görmemelerinin ve yine aynı süre içinde olacak en şiddetli depremde de can kaybına yol açmayacak ve ekonomik biçimde onarılabilecek düzeyde hasar görmelerinin sağlanmasıdır. Bu, yapıların orta şiddetli depremlerde elastik, çok şiddetli depremlerde plastik davranması demektir. Yerinde dökme monolitik betonarme yapılarda bu amaca ulaşmak için gereken hesap yöntemleri ve yapım ayrıntıları genellikle 'Deprem Yönetmeliklerinde' verilmektedir. Prefabrike pano ve diğer tip yapıların deprem davranışları yerinde dökme betonarme yapılardan farklıdır. Bu bakımdan yerinde dökme betonarme yapılar için geliştirilmiş yaklaşımların prefabrike yapılara da uygulanması genellikle doğru değildir.

Özellikle ek yerleri dolayısı ile prefabrike yapılar yerinde dökme betonarme yapılar kadar rijit değildirler. Kolon-kiriş ve pano ile pano arasındaki birleşim yerlerinin moment ve kesme kuvvetlerini aktarma biçimleri değişiktir. Birleşim yerlerindeki hasar biçimleri ve deformasyon güçleri de farklıdır.

Betonarme prefabrike yapılarda da yerinde dökme betonarme yapılardan istenen düzeyde deprem güvenliğinin bulunması gerekir. Sistemlerin davranışlarının farklı oluşu karşısında prefabrike yapıların depreme dayanıklı tasarımında değişik yaklaşımların kullanılması gerekmektedir.

Uygulamada çok kullanılan yapıların deprem yüküne benzeyen bir yatay yük altında statik hesabı yöntemi prefabrike yapılar için de uygulanabilir. Ancak yatay yük katsayısı C'nin hesabında kullanılan yapı tipi katsayısı (K) yerinde dökme betonarme yapılardan daha büyük olmak zorundadır. Bu durum bir ölçüde prefabrike yapıların yerinde dökme betonarme yapılara göre depreme karşı daha güçsüz olduklarının kabulü demektir. Prefabrikasyonun sağladığı birçok üstünlük ek yerlerinin deprem açısından getirdiği problemlerin çözümünü teşvik etmektedir. Depreme dayanıklı prefabrike yapı ve yerleri geliştirme çalışmaları mutlaka sonuçlandırılacaktır.



Bu bildiride prefabrike yapıların depreme dayanıklı tasarım yaklaşımları ve deprem yatay yüklerinin depreme dayanıklı tasarım için seçiminin boyutları üzerinde durulacaktır. Önce yerinde dökme betonarme yapılardan istenen deprem güvenlik düzeyi ve bunun sağlanması yöntemleri üzerinde kısaca durulacak, daha sonra prefabrike sistemlerde farklılıkları da göz önüne alınarak aynı düzeyde güvenlik sağlamanın koşulları incelenecektir.

## 2. YERİNDE DÖKME BETONARME YAPILARIN DEPREME DAYANIKLI TASARIMI

Yapıların depreme dayanıklı tasarımı depremlerde oluştuğu bilinen miktarda kuvvetlerin yapı tarafından taşınabildiğinin gösterilmesi olayıdır.

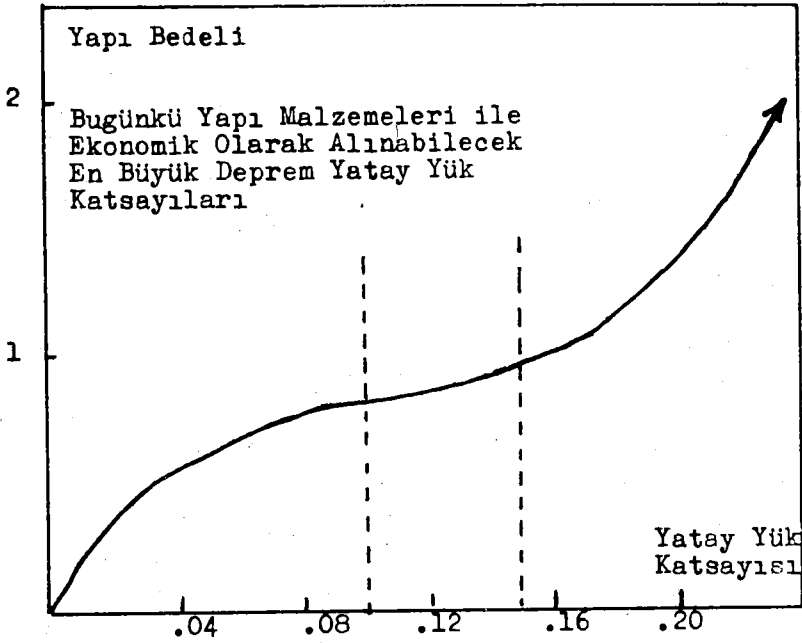
Depremlerde oluşan yükler ise, deprem yönetmeliklerinde yatay yük hesabı için verilenlerden çok fazladır. 1 nci derece deprem bölgesindeki bir yapının yatay deprem hesap yükü ağırlığının % 10'u kadardır. Oysa 1 nci derece deprem bölgesindeki bir yapının ekonomik ömrü içinde bir kere karşılaşacağı IX şiddetindeki bir depremde oluşan yatay yük yapı ağırlığının % 30-40'ı kadar olmaktadır.

Bu durumda ağırlığının % 10'u kadar bir yatay yükü elastik gerilme sınırları içinde taşıyacak bir yapı ancak VI-VII şiddetlerindeki depremlerin yatay yüklerine hasar görmeden karşı koyabilecektir. IX de daha şiddetli bir depremde yapıya gelen yükler daha büyük olacağı için yapının hasar görmesi ve hatta yıkılması bile söz konusu olabilir. Hasarı önlemek için yapının ağırlığının % 30-40'ına eşit yatay kuvvetlere dayanacak biçimde boyutlandırılması gereği öne sürülebilir. ancak Şekil-1'de verilen yapı maaliyeti ve deprem yatay yük katsayısı ilişkisi büyük boyutlardaki yatay kuvvetlere göre tasarımın yapı maaliyetini ekonomik bölgenin dışına çıkardığını göstermektedir. Bu nedenle büyük yatay hesap yükleri ancak nükleer santral gibi yapıların tasarımında kullanılmaktadır.

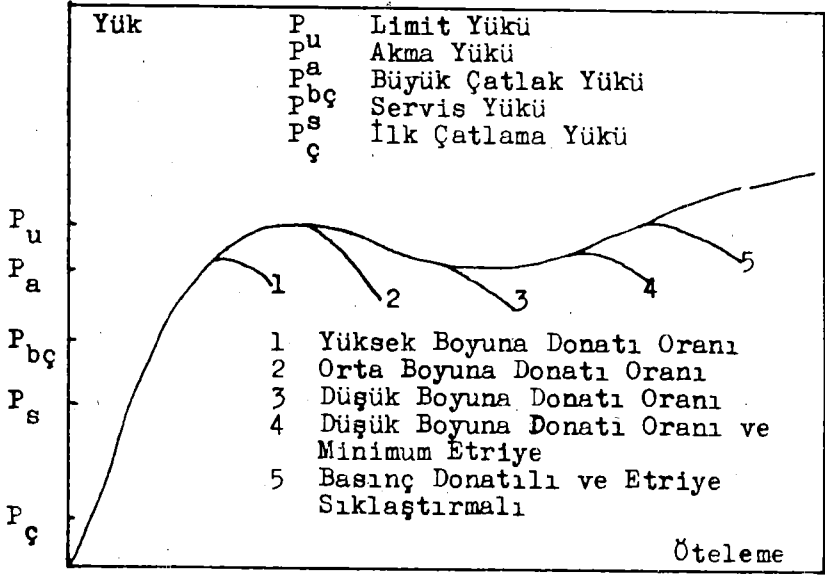
Betonarme yapı e'emanlarının yük-deformasyon ilişkisinin incelenmesinden (Şekil-2) görüleceği gibi betonarme elemanlarda kalıcı ötelemelere izin verilir ve bunu sağlayacak ayrıntılar sağlanırsa elemanın önemli ölçüde enerji tüketebileceği anlaşılmaktadır. Şekil-2'deki eğrinin altındaki alan, kuvvet çarpı öteleme, enerji tüketimini göstermektedir. Malzemenin bu özelliği şiddetli depremlerde kullanılabilir. Betonarme yapılar yüksek deformasyon gücü olan elemanlardan oluşuyorsa kalıcı deformasyonlar yaparak depremin enerjisini tüketebilmektedirler. Kalıcı deformasyon yapıda çatlama ve hasar demektir. Ancak bu durumda

yapının tasarımında kullanılan elastik deprem yükleri önemli ölçüde azalmaktadır.

Şekil-3'de yatay hesap yük katsayıları 0.10, 0.20 ve 0.30 olan yapıların yatay yük ve deformasyon eğrileri verilmektedir. Bu eğrilerin özelliği her üç yapının da aynı depremin enerjisini tüketmekte oluşlarıdır. Yapılardan biri deprem sırasında elastik olarak kalmakta, diğerleri ise kalıcı deformasyonlar yapmakta, çatlayıp hasar görmektedir. Hasar gören yapılar kalıcı deformasyonlara rağmen düşey yüklerini taşıyabilecek biçimde donatılandırılıp boyutlandırılmışlardır. Bu ilişkilerde ilk çatlak deformasyonu ile taşıma gücünde önemli bir kayıp olmadan oluşan maksimum kalıcı deformasyon arasındaki oran düktilite olarak tanımlanır. Düktilite elemanın kopmadan büyük deformasyon yapabilme özelliğidir. Düktilitesi yüksek ve elastik limit yükü az olan yapılar küçük depremlerde bile çok hasar gördüklerinden tercih edilmezler.



Şekil - 1 Yapı Maliyetinin Deprem Yatay Yük Katsayısı ile Artışı



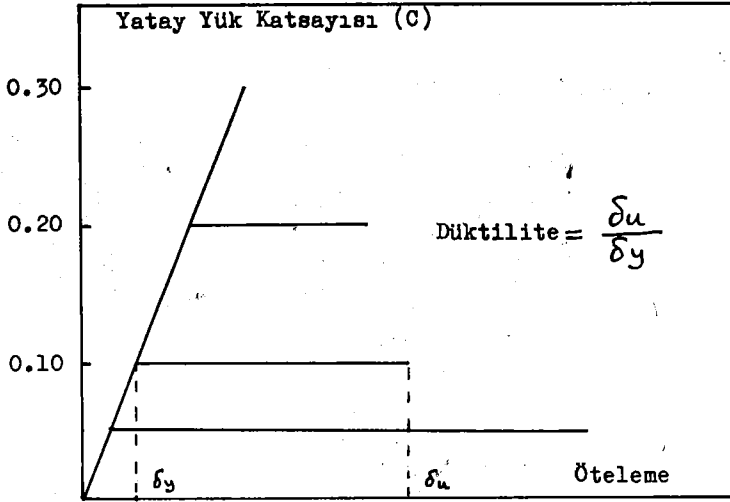
Şekil - 2 Çeşitli Biçimde Donatılmış Betonarme Elemanların Yük Deformasyon Özellikleri

Yerinde dökme betonarme yapılardan 5-6 civarında düktiliteye sahip olması istenir. Betonarme yapılarda deprem enerjisi tüketimi rijit elemanların uçlarının mafsallaşması ile gerçekleşebilir. Çerçevesel yapılarda ya kolonların ya da kirişlerin uçlarının mafsallaşması ile (Şekil-4) enerji tüketimi oluşmaktadır. Kolon uçlarında olacak mafsallaşma yapının güvenliği açısından daha tehlikelidir ve kolonun onarımı güç olmaktadır. Bu bakımdan kiriş uçlarında mafsallaşma tercih edilir. Bunun hem enerji tüketimi daha çok, hem onarımı kolay hem de yapı güvenliği bakımından sakıncası daha azdır. Kirişlerde mafsallaşmayı sağlamak için herhangi bir kolon-kiriş düğüm noktasındaki alt ve üst kat kolon uçlarının moment kapasitelerinin bu düğüm noktasındaki kirişlerin moment kapasitelerinden fazla olması gerekmektedir. Ayrıca kirişlerin ve kolonların kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin kirişlerde moment taşıma gücüne ulaşıldığı zaman ortaya çıkan kesme kuvvetlerinden daha büyük olması sağlanmalıdır. Nitekim "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" Madde 6.6.5'de kolonların enine donatılarının kolonlarda kesme kırılmasını önleyecek biçimde hesaplanması yöntemi verilmektedir. Şekil-5'de deprem açısından uygun bir kolon-kiriş ek yeri donatı detayı verilmektedir.

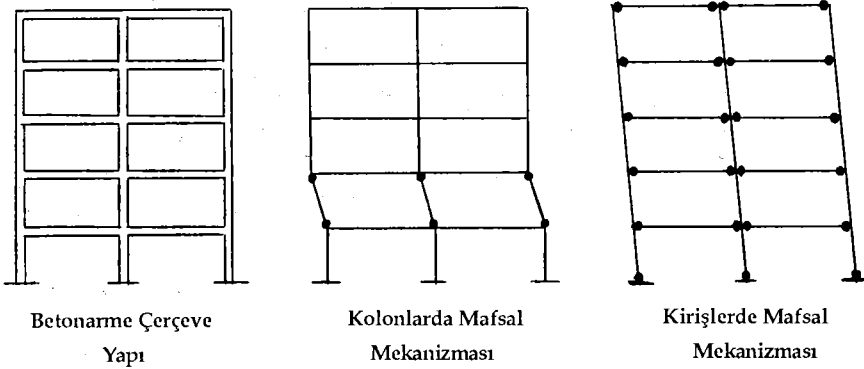
Perde duvarlı yapılarda ise mafsallaşma (Şekil-6) ya perde duvarın temelinde ya da perde duvarlar arasındaki bağ kirişlerinde

olabilmektedir. Bağ kirişlerinin uçlarında olan mafsallaşma hem enerji tüketimi hemde yapının stabilitesi bakımından tercih edilmektedir. Perde duvarların bağ kirişlerinin düktil ve enerji tüketebilecek nitelikte olması için önerilen ayrıntılar Şekil-7'de verilmektedir. Perde duvarların yüksek moment taşıyabilmesi ve düktil olması flanşlı olarak (I-Kesitli) yapılmasını gerektirmektedir. Şekil-8.

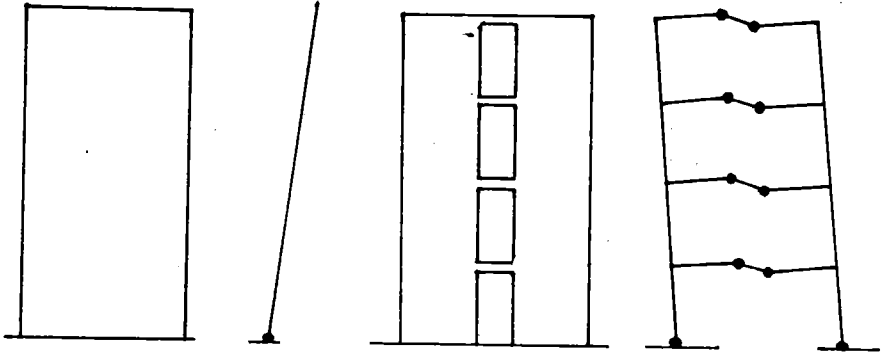
Yerinde dökme betonarme yapıda deprem tehlikesinin büyüklüğü ve yapının önemine göre ağırlığının % 5-15'i kadar bir yatay kuvvetin elastik olarak taşınabildiği; buna ek olarak etriye sıklaştırması, boyuna donatı yüzdesinin kısıtlanması, çeşitli betonarme eleman en kesit kısıtlamalarına uyulması ile hafif ve orta şiddetli depremlerde mal ve can kaybı, çok şiddetli depremlerde ise can kaybı önlenmekte mal kaybı ise çok şiddetli depremlerde dayanılabilir bir düzeyde tutulabilmektedir.



Şekil - 3 Yatay Yük, Öteleme ve Düktilite İlişkisi



Şekil - 4 Çerçevesel Yapılarda Mafsallaşma Bicimleri

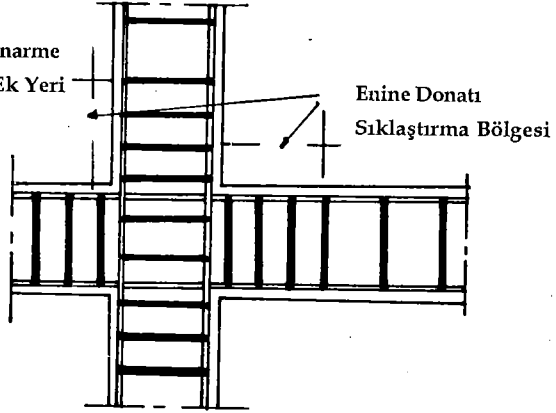


Temelde Mafsallaşma

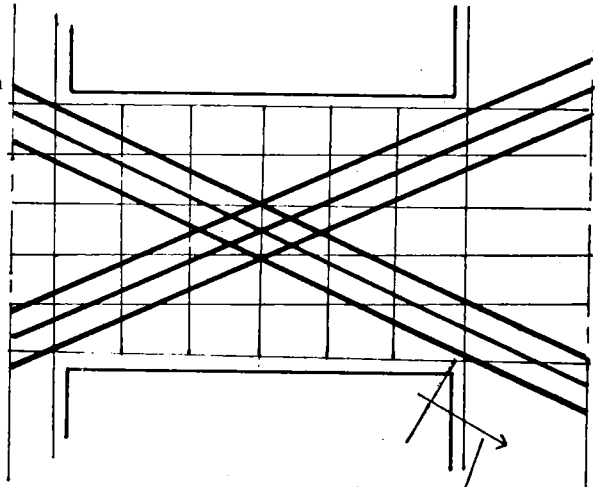
Bağ Kirişlerinin Uçlarında  
Mafsallaşma

Şekil - 6 Perde Duvarlı Yapılarda Mafsallaşma Biçimleri

Şekil - 5 Yerinde Dökme Betonarme  
Yapıda Depreme Dayanıklı Ek Yeri  
Donatı Ayrıntıları



Şekil - 7 Perde Duvarlı Yapılarda  
Depreme Dayanıklı Bağ Kirişi  
Donatı Ayrıntıları



Normal Ankraj  
Boyununun 1.5 Katı

Yerinde dökme betonarme yapılar için geliştirilmiş bu depreme dayanıklı yapı kavramı prefabrik yapılarla da uygulanabilir. Ancak prefabrik yapıların davranışı ve özellikleri yerinde dökme betonarme yapılara göre değişik olması prefabrik bir yapının aynı deprem davranışını göstermesi için gerekli yaklaşımlar ve ayrıntıların da farklı olmasına yol açmaktadır.

### 3. BETONARMA PREFABRİKE YAPILARIN YERİNDE DÖKME YAPILARA GÖRE DAVRANIŞ FARKLARI

a/ — Yerinde dökme betonarme yapılarda deprem enerjisi, yapının monolitik ve rijit olan ek yerlerinin hasar görerek mafsallaşması ile tüketilmektedir. Buna karşılık prefabrik yapılarda elemanların birleşim yerleri yerinde dökme elemanlardaki ek yerleri gibi tam monolitik ve rijit olamamaktadır. Böylece prefabrik yapıların ek yerlerinde şiddetli depremlerde deprem enerjisi tüketme gücü yerinde dökme betonarme yapıların ek yerlerine göre daha azdır. Bu nedenle de prefabrik yapıların aynı yerinde dökme, rijit ek yerli betonarme yapılar gibi kabul edilerek hesaplanıp tasarlanması gerçekçi olmayıp prefabrik yapının daha düşük deprem güvenliğinde olmasına yol açacaktır.

b/ — Yerinde dökme betonarme yapılarda sünek davranış betona tam bir aderans ile bağlı donatının kalıcı birim deformasyon (Strain Hardening) bölgesine girmesi ile sağlanmaktadır. Prefabrik yapılarda ek yerlerinde donatıların sürekliliğinin kaynak yada bulonlu birleşim ile sağlanması güç olmaktadır. Şantiye koşullarında kaynak gevrek kırılmaya uğramaktadır; bulonların kısa boylu oluşu kopmadan kalıcı uzamalar yapmalarına olanak vermemektedir. Uzun bulonların ise tersinir yükleme dolayısı ile basınç altında burkulmaları söz konusudur. Böylece enerji tüketimi gerçekleşmeyebilmektedir.

c/ — Donatıların ek yerinde kaynaksız yada bulonsuz olarak basit biçimde bindirilip betonlandığı birleşimlerde betonun ezilmesi ile aderans yok olmakta ve donatının kuvvet aktarması olmamaktadır. Ek yeri betonunun enine donatı (etriye) ile kısıtlanarak çatlayıp paralanmasını önlemek için geniş kesitli beton sınır elemanları yapımı prefabrikenin yerinde dökme beton ihtiyacını artırmaktadır.

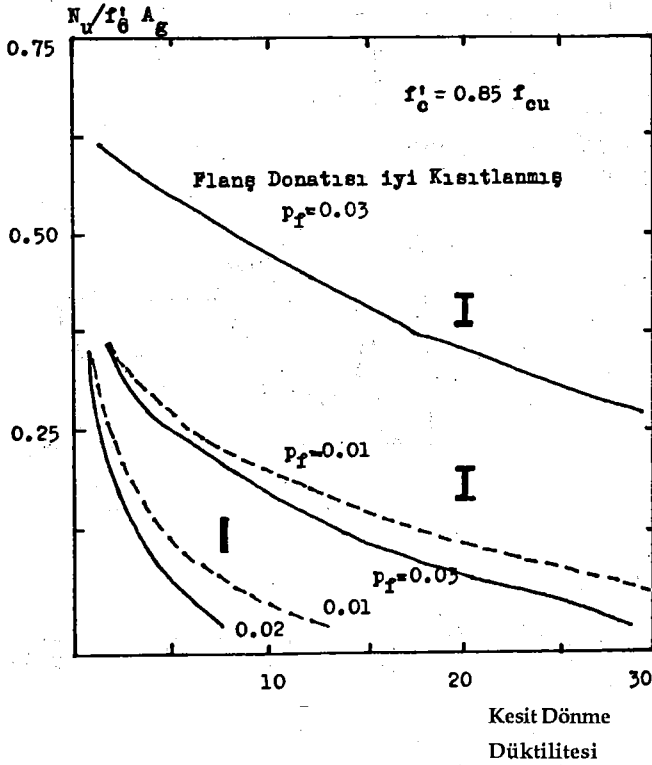
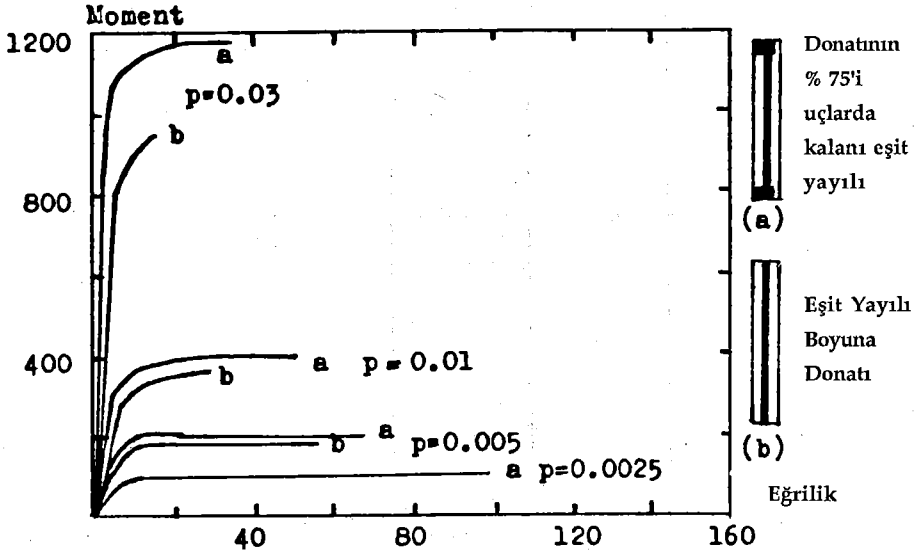
d/ — Panolu yapılarda, alt ve üst duvar panoları ile döşeme panolarının birleştiği yerde kesme ve basınç gerilmeleri taşıma gücü birleşen elemanlara göre zayıf olmaktadır.

e/ — Yerinde dökme perde duvarlı yapılarda perdelerin uçlarının daha geniş (dişli) olarak yapılması düktilite açısından çok olumlu olmaktadır. Ancak bu tür I-kesitli pano imali kolay değildir (Şekil-8).

Yapılan deneyler ve analitik değerlendirmeler prefabrike yapıların yatay ek yerlerinin  $M-\emptyset$  ilişkisinin yerinde dökme betonarme yapıların benzer ek yerlerine göre daha düşük düzeyde enerji tüketme gücünde olduğunu göstermektedir.

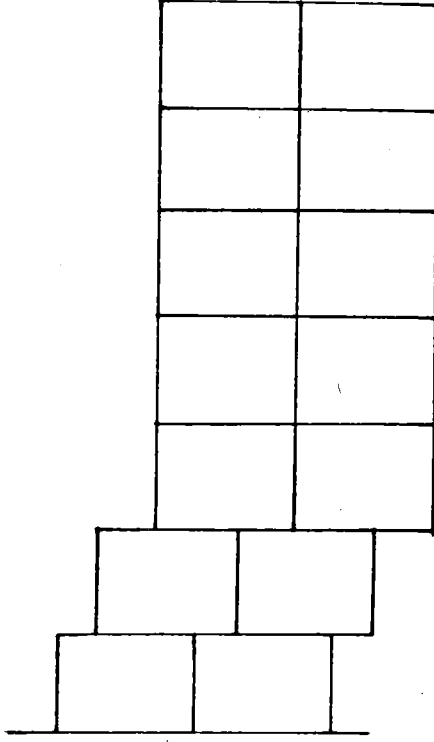
f/ — Deneyler ve analitik değerlendirmeler prefabrike panolu yapıların yatay ek yerlerinde yatay deprem yükleri altında kalıcı kaymaların olabileceğini ve bu tür kaymaların giderek yapının stabilitesini tehlikeye sokabileceğini göstermektedir. Şekil-9.

g/ — Prefabrike yapıların ek yerleri bir bakıma, yerinde dökme yapıların rijit ek yerlerine göre önceden çatlamış ek yeri olarak nitelenmektedir. Monolitik betonarme yapıda ek yerindeki çatlama ile birlikte yapının sönümünün arttığı bilinmektedir. Sönüm artışı ise yapının deprem enerjisi tüketimini artırdığı için olumludur. Ancak yerinde dökme betonarme yapıya göre önceden 'çatlamış' prefabrik yapılar daha esnek olmaları nedeni ile daha uzun periyotludurlar ve de uzun periyotlu yapıların yatay ötelemeleri daha fazladır. Sönümdeki artış ile birlikte olan büyük miktarda yatay ötelemeler hem ikinci mertebeden momentler oluştururlar hemde yapının stabilitesini bozarlar.

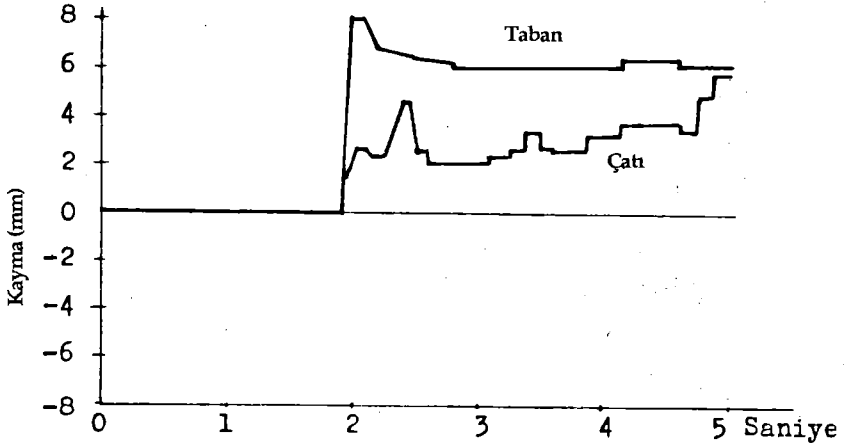


Şekil - 8 Perde Duvarlarda Yüksek Dayanım ve Düktilite Sağlamanın Yolları





Zayıf Yatay Ek Yerleri  
Olan Panolu Yapının Davranışı



Şekil-9 : Deprem Etkisi ile Zayıf yatay ek yerlerinde kayma (Mueller 1981)

h/ — Özellikle prefabrike panolu yapılarda yatay ve düşey ek yerlerinin deprem yükleri altındaki davranışları bu tür yapıların tasarımında en belirleyici unsur olmaktadır.

g/ — Prefabrik yapıların düktilitesinin yerinde dökme betonarme yapılardan az oluşu yada aynı miktar düktilitenin sağlanmasındaki güçlük karşısında pratik olarak ne miktarda düktilitenin gerçekleştirilebileceği sorusu ortaya çıkmaktadır. Çünkü bu miktar prefabrike yapı tasarımında gerek deprem yükünün, gerekse de çeşitli bağlantı detaylarının üzerinde belirleyici olmaktadır.

Betonarme prefabrike yapıların depreme dayanıklı tasarımında yerinde dökme betonarmeden farklı oldukları yukarıda verilen noktaların dikkate alınması ve buna göre tasarım seçeneklerinin geliştirilmesi gerekir.

#### 4. PREFABRİKE ÇERÇEVELİ YAPILARIN TASARIM SEÇENEKLERİ

Yerinde dökme betonarme çerçevesiz yapılarda kiriş uçlarında mafsallaşma ile enerji tüketimini prefabrike çerçevesiz yapıların kolon-kiriş birleşimlerinde de gerçekleştirmek seçeneklerden birisini oluşturmaktadır. Diğer bir seçenek ise kiriş-kolon ek yerlerini, büyük deprem momentlerinin oluştuğu bu noktaları, monolitik olan çerçeve elemanlarından oluşturmak, yada bir diğer deyişle prefabrike çerçeve elemanlarını moment etkilerinin minimum olduğu yerlerde birbirine bağlamaktır. Bir başka çözüm yolu ise çerçeve elemanlarının enerji tüketemeyecek şekilde birleştirildiği, enerji tüketimi ve yatay yük taşıma işlevinin yerinde dökme betonarme perde duvarların yüklendiği yapı sistemleridir. Son bir seçenek ise enerji tüketme işlevinin beklenmediği, ek yerinin hasar görmeden büyük yatay kuvvetleri elastik kalarak taşıdığı sistemlerdir.

##### 4.1 Moment Alabilen Kiriş-Kolon Birleşimleri

Bu tür birleşimlere örnek olarak Şekil-10'da verilen hazır kiriş ve yerinde dökme kolondan oluşan (Dolan, Stanton ve Anderson 1987) ek yerinin tıpkı yerinde dökme kolon-kiriş gibi davranabildiği anlaşılmaktadır.

Bu tür ek yerine bir diğer örnek yerinde dökme kolon ve hazır U-kirişler ve döşeme plaklarından oluşan ek yerleridir. Şekil-11. Bu tür ek yerlerinin yerinde dökme betonarme kiriş çekirdekleri bulunmaktadır. Yüksek düktilite ve enerji tükettikleri deneysel olarak belirlenmiştir (Park ve Bull 1986).

Öte yandan prefabrike kiriş ve kolonlardan oluşan son gerilmeli kolon-kiriş ek yerlerinin de (Şekil-12) mafsallaşarak enerji tüketebilecekleri deneylerle belirlenmiştir (Blakely ve Park 1971). Bu tür ek yerlerinin montaj sırasında desteklenme gereksinimini gidermek için Şekil-13'deki gibi kısa konsollu ek yeri bağlantısı önerilmektedir (Engelkirk 1987).

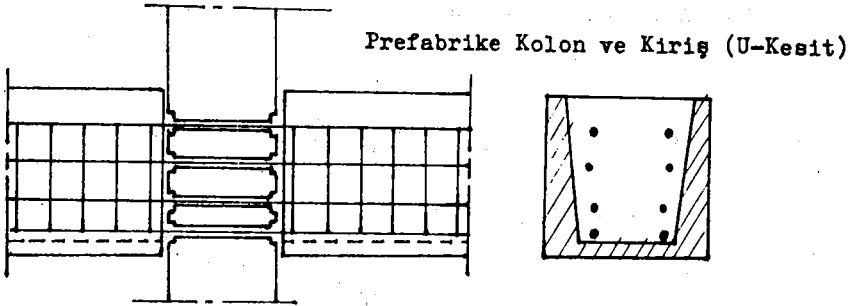
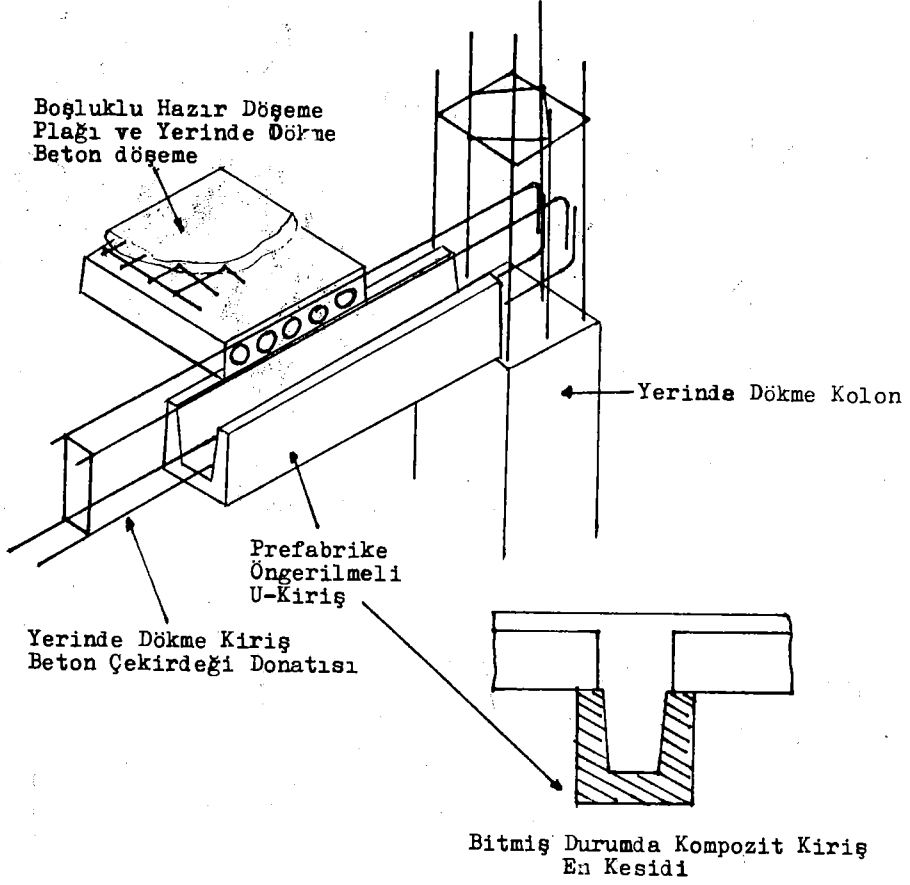
Bu tür moment taşıyabilen ek yerlerinin uygulama öncesinde denemesi gerekir. Çünkü son gerilme düzeyi; gergi çubuklarının ankraj elemanlarının nitelikleri; gergi çubuklarının betonlanmış yada betonlanmamış yuvalar içinde yer almaları, kolon ve kiriş ara yüzeylerinin ve buraya konulan harcın cinsi ve kalınlığı gibi faktörler davranış üzerinde etkili olmaktadır.

Öte yandan deney sırasında uygulanacak yüklemenin boyutu da gerçek bir depremde ek yerinde olabilecek yatay kuvvetler ve deformasyonlar boyutunda olmasını gerektirmektedir. Başka ülkelerde yapılan deneylerin tam bir değerlendirilmesi yapılmalıdır.

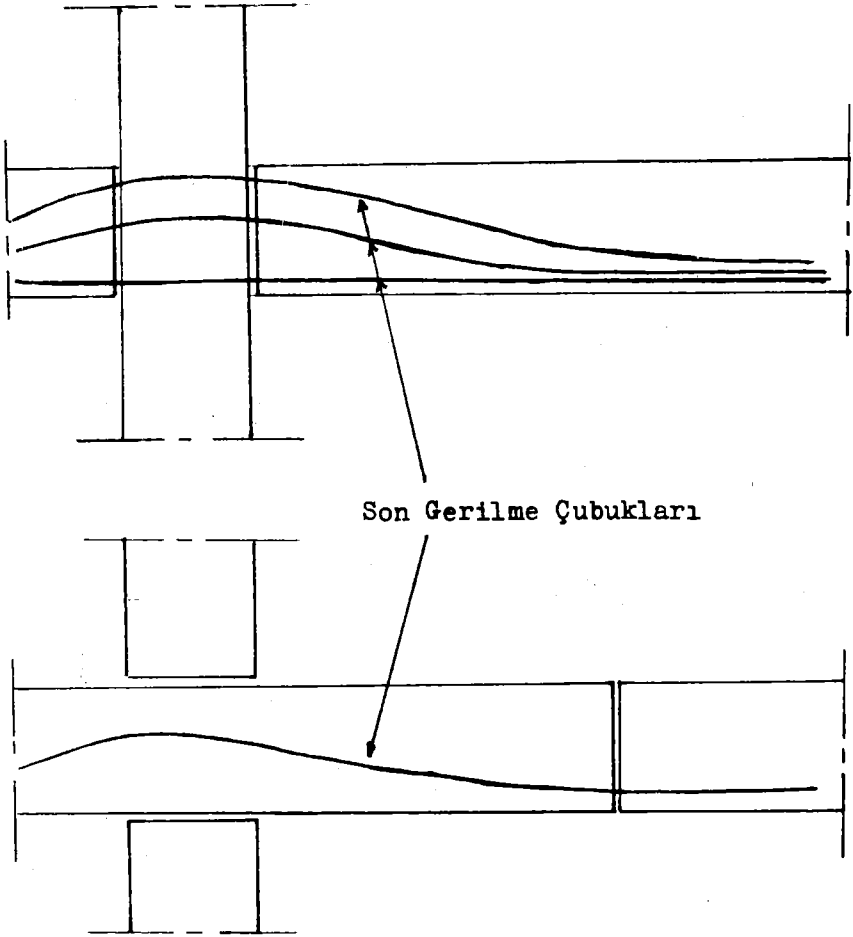
Şekil-13'deki gusseler üzerine oturan ek yerlerinde gusse (kısa konsol)'lerin negatif moment etkisi altında ezilebildikleri gözlenmiştir (Dolan, Stanton ve Anderson 1987). Moment taşıyabilen ve mafsallaşarak enerji tüketebilen ek yerleri genellikle yapımı güç, önemli miktarda yerinde dökme beton ve donatı işçiliği, kontrollü son gerilme işlemleri gibi şantiye işçiliği gereksinmesi yüksek olan çözümlerdir.

#### 4.2 Moment Almayan Kolon-Kiriş Birleşimli Sistemler

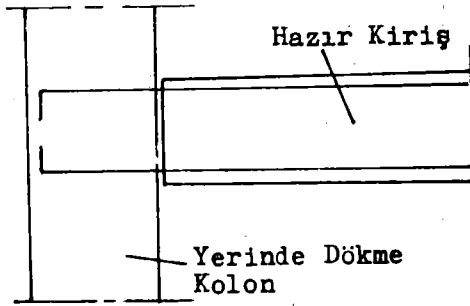
Kolon-kiriş birleşimlerinin elemanlarda yatay yüklerden dolayı büyük momentlerin oluşacağı yerlerden uzakta yapmak bir başka çözüm şeklidir. Kolonların orta noktaları yaklaşık olarak yatay yüklerden dolayı oluşan momentlerin sıfır yada çok küçük değerlerde olduğu yerlerde birleşim yapmak bu tasarım seçeneğinin özünü oluşturmaktadır. Bu durumda kolon-kolon birleşim yerlerinden yalnızca kesme kuvvetlerin taşıma işlevi beklenmektedir. Bu tür çerçevesel prefabrike sistemlerde üç boyutlu elemanlar söz konusudur (Şekil-14). Üç boyutlu elemanların gerek üretimi, gerekse taşınması doğrusal elemanlara (kolon ve kiriş gibi) göre daha güçtür.



Şekil - 11 Moment Taşıyabilen Yerde Dökme ve Hazır Kolon U-Kiriş (Prefabrik) Ek Yeri Ayrıntıları



Şekil - 12 Son Gerilme ile oluşturulmuş Hazır Kolon Kiriş Ek Yerleri

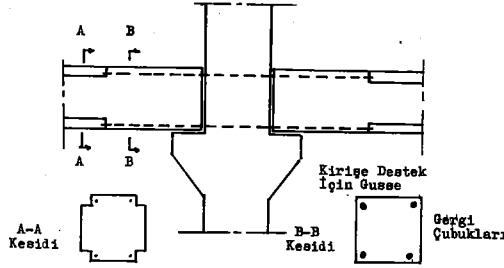


Şekil - 10 Yerinde Dökme Kolon Hazır Kiriş Ek Yeri

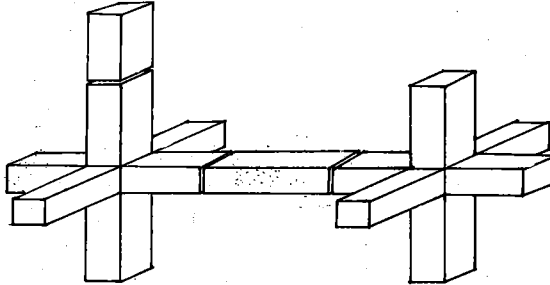
Bu tür tasarımda ise kesme gerilmesini aktarabilen kolon-kolon bağlantılarının tasarımı gerekir. Kolon-kolon birleşimlerinde yeterli kesme kuvveti aktarılabilmesi için Şekil-15'deki bağlantı önerilenler arasındadır. (Engelkirk 1987). Bu tür bir bağlantının genel olarak moment taşıma gücü çok kısıtlıdır (Stanton, Dolanve Anderson 1987). Ancak bu noktaya fazla bir moment zorlaması gelmediğinden bu eksiklik önemli değildir.

Kolon-kiriş ek yerlerinde ise durum farklıdır. Mafsallaşmanın kolonla kirişin birleştiği yerden kiriş açıklığına doğru kaydırılması ise çok büyük miktarda dönme kapasitesi olan bir kolon-kiriş bağlantısının oluşturulmasını gerektirir. Şekil-16'de verilen kolona saplanan kiriş ucukiriş bağlantısının (Engelkirk 1987) büyük miktarda tersinir yüklemelerin yarattığı dönmelere karşı koyabilmesi için oldukça uzun olması gerekir. Böyle bir kiriş-kiriş bağlantısının ne ölçüde moment alabileceğinin yada mafsal olarak yapılması halinde dönme kapasitesinin ne olduğunun deneysel olarak belirlenmesi gerekmektedir.

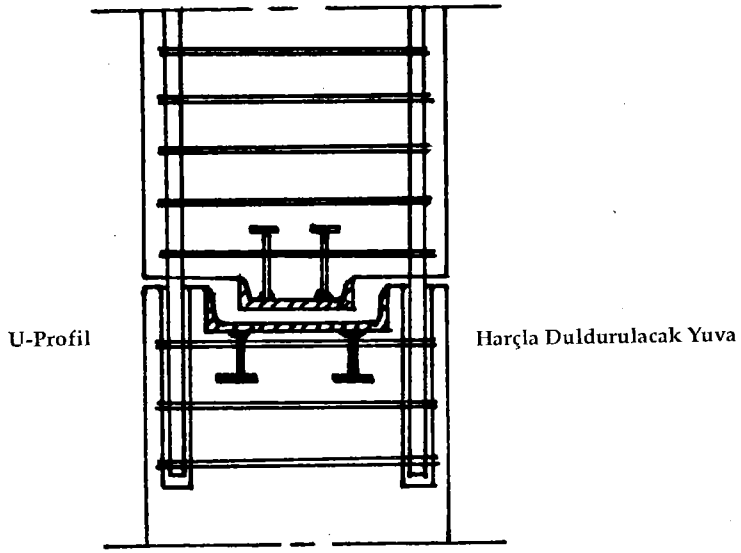
Böyle sistemlerde kirişlerin montaj sırasında desteklenme gereğinin olduğu ve ek yerinin betonlanmasının da zaman alacağı dikkate alınmalıdır.



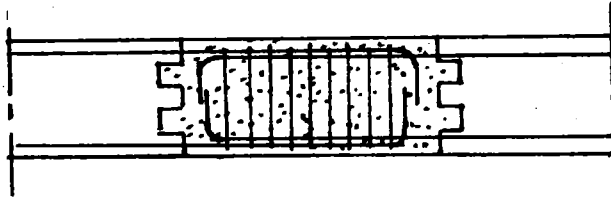
Şekil-13 Son Gerilme Elemanları İle Kolona Bağlanmış Hazır Kirişler



Şekil - 14 Üç Boyutlu Elemanlardan Oluşan Prefabrik Çerçeve Sistemler. Kolon Ekleri Momentin En Küçük Olduğu Yerde



Şekil - 15 Kesme Kuvveti Aktaran Kolon-Kolon Ek Yeri



Şekil - 16 Moment Alabilecek Kiriş-Kiriş Bağlantısı. Ek Yerinin Uzun Olması Moment Kapasitesinde Etkili

#### 4.3 Yatay Yük Almayan Prefabrike Çerçevesi Sistemler

Bu yaklaşımda bütün yatay yüklerin yerinde dökme betonarme perde yada kutu sistemler tarafından alındığı, kolonların yalnızca düşey yük taşımakta oldukları kabul edilmektedir.

Böyle bir sistemde döşeme, kiriş ve kolonların oluşturduğu sistemin yerinde dökme perde duvarlı sisteme bağlantısı önemlidir. Yatay yüklerin tümünü taşıyan perde yada kutu sistemin yatay ötelemeleri özellikle üst katlarda kolonlarda ve döşemelerde önemli yatay ötelemelere ve uç dönmelerine yol açar (Şekil-17). Bu yatay ötelemelerin altında kolon-kiriş bağlantılarının kayması, döşeme ve kirişlerin mesnetlerden düşmesi önlenmelidir. Bu sistemde döşemenin kendi düzlemi içinde rijit olması gerekmektedir.

Daha önce belirtildiği gibi konsol şeklinde davranan münferit perde duvarların (Şekil-6) zemin katlarında olarak dönme ve mafsallaşma genellikle gevrek nitelikte olup fazla enerji tüketmemektedir. Perde duvarların temelinde oluşacak kırılma sisteminin süratle yakılmasına yol açmaktadır (Sutherland 1965) Boşluklu duvarların oluşturduğu sistemler ise enerji tüketme bakımından daha üstün olup yapı stabilitesi daha az etkilenmektedir.

Münferit konsol gibi, çalışan perdelerin daha az güvenli oluşu bu tür tek dayanım elemanlarının çok daha yüksek yatay kuvvetlere elastik olarak dayanabilecek güçte olmalarını gerektirmektedir.

#### 4.4 Düktilitesi ve Enerji Tüketme Gücü Olmayan Ek Yerleri

Bu tür ek yerlerinden mafsallaşarak enerji tüketme işlevi beklenmemektedir. Ek yeri kendisine en şiddetli depremde gelmesi beklenen yükleri ve etkileri elastik gerilim ve deformasyon limitlerini aşmadan taşıyabilmelidir. Bu ek yerlerinin çok büyük yatay yüklere elastik olarak dayanacak biçimde boyutlandırılmalarını gerektirir. Ekonomik ve Pratik olmayan, eleman boyutları ve donatı miktarları gerekebilir.

#### 4.5 Yatak Yük Seçimi

Prefabrike çerçevesel yapı sisteminin ve ek yerlerinin tasarımında daha önce Bölüm 2'de sözü edilen eşdeğer statik yatay yük altında ek yerleri ve elemanların yeterliliğinin kontrolü yöntemi uygulanabilir. Yapıya depremde gelen yatay hesap yüklerin çıkarılmasında kullanılan C katsayısı

$$C = C_0 K I S$$

formülünden hesaplanmaktadır. Burada  $C_0$  deprem bölgesi katsayısı; I yapının önem katsayısı; S yapının bulunduğu zeminin ve kendisinin dinamik özelliklerine bağlı bir katsayı ve K yapı tipi katsayısıdır. K katsayısı yapının ve yapıyı oluşturan elemanların Bölüm 2'de belirtilen enerji tüketme, kalıcı deformasyon yapabilme güçleri ve yıkılma biçimlerine bağlı olarak seçilmektedir. "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" (1975) yerinde dökme betonarme yapı sistemleri için K-katsayıları vermektedir. Düktil çerçevesel yapılarda katsayı 0-8 olurken düktil olmayan çerçevelerde 1.50 olmaktadır. Düktil davranışın prefabrike çerçevesel yapılarda yerinde dökme betonarme yapılar kadar olmaması sonucu prefabrike yapılarda kullanılacak K-katsayılarının daha büyük seçilmesi gerekir:



Prefabrike çerçeve yapılar için K-katsayılarının benzer tip yerinde dökme betonarme yapılara göre en az % 25 en çok % 100 fazla olması gerektiği düşünülmektedir.

Yapı Tipi	Yerinde Dökme	Prefabrike
Düktil Çerçeve (Bölüm 4.1)	0.80	1.00
Düktil Olmayan Çerçeve (Bölüm 4.4)	1.50	2.50
Düktil Çerçeve ve Perde Duvar	1.00	2.00
Tüm Perde Duvar Yatay Yük Almayan Çerçeve (Bölüm 4.3)	1.33	2.50

Burada sözü edilen prefabrike yapı tiplerinin özellikleri Bölüm 4.1-4.4'de tanımlanmaktadır.

Yeni geliştirilen prefabrike çerçeve sistemlerin ek yerlerinin elastik deformasyon limitlerini aşan tersinir yükler altında denenmeleri ve enerji tüketme güçleri belirlenmelidir. Örnek olarak Japon yaklaşımında ek yerinin dört kez elastik limit deformasyonunun 2 katı ve 5 katı tersinir deformasyonlarla zorlanması ve bu koşullar altında enerji tüketimi ölçü alınarak ek yerlerinin moment alıp alamayacağı yada ne ölçüde alabildiği belirlenmektedir (Hawkins ve Engelkirk 1987). Daha sonra Şekil-3'deki yaklaşımlarla düktilitesi ve enerji tüketimi düşük olan ek yerleri için daha yüksek K-katsayıları seçilmektedir.

Öte yandan ek yerlerinin deprem hasarını önlemek için bir kural olarak ek yerlerinin birleşen elemanlardan daha yüksek yük taşıma kapasiteli olması gerekmektedir. Bu ek yerinin eleman tasarımında kullanılan daha büyük yatay yüklere göre tasarlanmasını gerektirir.

## 5. PREFABRİKE PANOLU YAPILARIN TASARIM SEÇENEKLERİ

Prefabrike panolu yapıların yerinde dökme betonarme yapılar kadar deprem güvenliğine sahip biçimde tasarımında da birkaç seçenek bulunmaktadır (Mueller 1981). Bunlar panolu yapının yerinde dökme perde duvarlı yapı kadar monolitik, sünek ve rijit yapılması; bu durmuda yapıda yerinde dökme betonarme yapı kadar düktilite sağlanmaktadır. Prefabrike panolu yapının hiç hasar görmeden elastik bölgede kalacak biçimde yatay yük taşıma gücünde olması, bu prefabrike yapının depremde oluşabilecek en büyük yatay yüke elastik olarak karşı koyacak biçimde tasarlanması demektir. Bir diğer seçenek ise yapının yerinde dökme perde duvarlı yapılar kadar olmasa bile bir miktar kalıcı deformasyon yaparak enerji tüketebilmesine izin veren tasarım biçimidir. Bu değişik yaklaşımlar daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

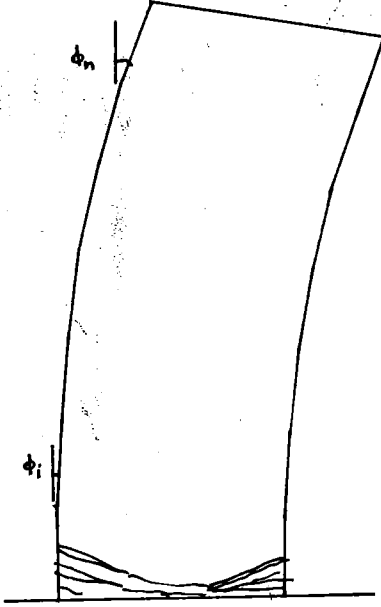
### 5.1 Monolitik Tasarım

Bu tür tasarım yaklaşımında amaç prefabrike panolu yapının "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" Tablo 13.3'de belirtilen tüm perde duvarlı kutu sistemler gibi sünek yerinde dökme betonarme perde duvarlı yapı gibi davranmasını sağlamak olmaktadır. Burada sözü edilen davranış biçimi bugün Türkiye'de pek çok yerde yapılan proje, beton dayanımı, etriye sıklaştırması yetersiz olan betonarme yapıların yetersiz davranışları değildir. Bu tür niteliksiz yerinde dökme yapılar prefabrike ile karşılaştırılacak ölçü yapılar olamazlar.

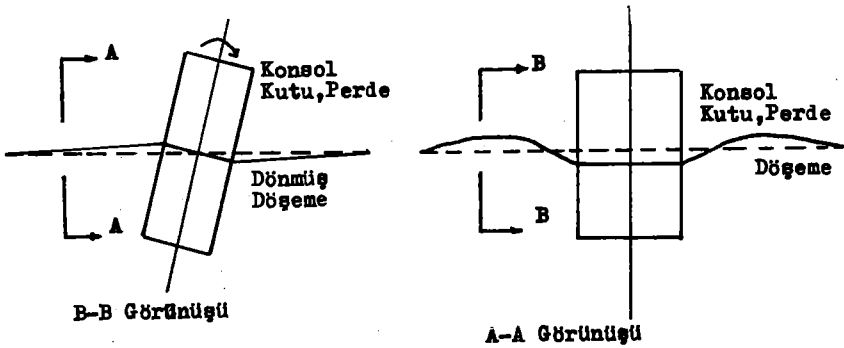
Bu tasarım yaklaşımında i- panoların hem düşey hemde yatay ek yerlerinin perde duvarın tabanında plastik mafsallaşma oluşmasına yol açacak (Şekil-17) boyuttaki deprem kuvvetlerine dayanabilecek kesme kuvveti taşıma gücünde olmalarının sağlanması gerekmektedir. Perde duvarın tabanında yeterli süneklik sağlanabilmesi için ise yapının zemin katında ve zeminden yukarı birkaç katında panoların uçlarında 'sınırlayıcı elemanlar' bulunmalıdır (Şekil-8); panoların uçları daha kalın olmalı yada yandan destek sağlanması ve dengesizlikten dolayı erken yıkılması önlenmelidir, ii- boyuna donatıların bindirmesi, donatıların taşıma gücüne burkulmadan ulaşabilmesini sağlayacak biçimde olmalıdır, iii- duvarın alt katlarında mafsallaşmanın olduğu yerde kesme donatıları betonun kesme kuvveti taşımaya katkısı olmayacak biçimde hesaplanmalıdır, iv- duvar panolarının temelden kaymasını önleyecek biçimde donatılarının temelde ankraji gerekir.

Böyle bir tasarım koşulları altında çözüm : i- yapının ilk bir kaç katının yerinde dökme betonarme olarak yapılması, ii- döşemelerin

yerinde dökme betonarme olarak yapılması, iii- yada bütün duvar panolarının temele ankrajlı çubuklarla son gerilme ile birbirine bağlanması olmaktadır. Ancak bu tür ayrıntıların sağlanması durumunda prefabrike panolu yapılardan tıpkı yerinde dökme betonarme perde duvarlı yapılarda sağlanan davranış sağlanabilecektir (Mueller 1981).



Münferit Konsol Perde Duvarın Tabanında Mafsallaşma ve Üst Katlara Doğru Artan Yatay Ötelemeler ve Dönmeler



Şekil - 17 Perde Duvardaki Dönmelerin Döşemeye Etkisi

## 5.2 Yapının Depremde Elastik Kalmasını Sağlayan Tasarım

Bu tasarım yaklaşımında yapı ekonomik ömrü içinde beklenen en şiddetli depremde oluşacak kuvvetlere elastik olarak, hiç bir hasar görmeden, dayanabilecek biçimde tasarlanmaktadır. Yapının herhangi bir yerinde sünek davranış beklentisi yoktur. Yapıdan oluşabilecek en büyük kuvvetlere hiçbir hasar görmeden karşı koyması beklenmektedir. Bu tasarım yaklaşımına göre yapının Yönetmelikteki (1975) C katsayısının en az bir kaç katı kadar olan bir katsayının oluşturacağı yatay yükü elastik olarak taşıyabilecek güçte olmalıdır. Yapının yatay deprem hesap yükü yapı ağırlığının % 25-30'undan az olmamalıdır.

Prefabrike panolu yapının en şiddetli depremde bile hiçbir hasar görmemesi isteniyorsa, deprem yatay kuvveti gerçek bir depremde oluşan düzeyde olmalıdır. Yatay yük katsayısı normal yerinde dökme sünek betonarme yapılara göre en az 2-3 kat daha büyük alınmalıdır. Bu tür rijit yapının temelinde oluşacak devrilme momentine karşı koyabilecek önlemlerin de alınması gerekir. Yapıda ek yerlerinin kritik oluşu nedeni ile ek yerlerinin elemanlara göre daha büyük alınmış yatay kuvvetlere dayanabilecek güçte olmaları sağlanmalıdır. Bunun için panoların yeterli genişlikte olması ve yatay ek yerini kesen pek çok sayıda düşey donatı bulunması gerekmektedir. Aynı biçimde düşey ek yerlerinin çatlamayacak biçimde tasarlanması gerekir.

## 5.3 Deprem Enerjisi Tüketebilen Panolu Yapı Tasarımı

Prefabrike panolu yapılar için bir diğer tasarım yaklaşımı daha önce önerilen iki ayrı yaklaşımın ortası bir yaklaşımdır. Burada prefabrike panolu yapının yerinde dökme perde duvarlı yapı gibi davranmasının gerçekleştirilmesinin güçlüğü kabul edilmekte, öte yandan yapının hasar görmeden elastik kalmasının da ekonomik olmayacağı da göz önüne alınmaktadır.

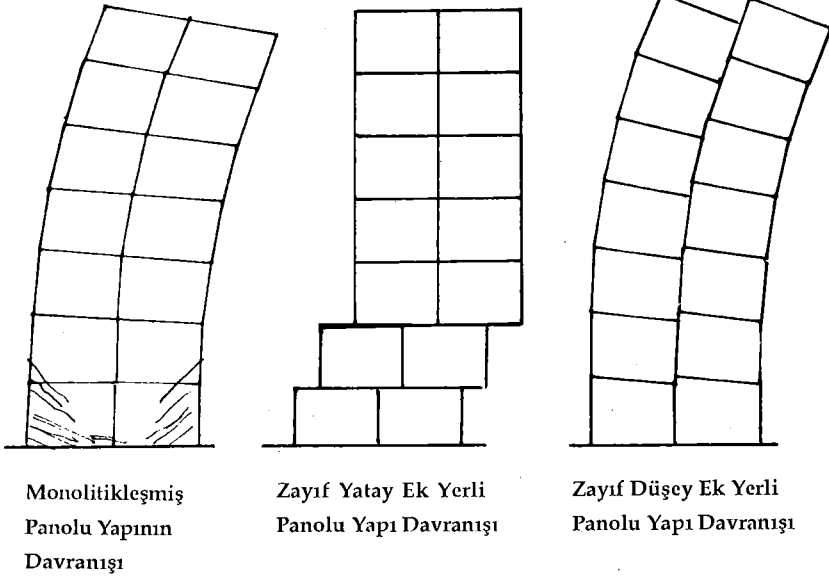
Bu yaklaşımda prefabrike panolu yapıların enerji tüketebilme gücünden olabildiğince yararlanma ile birlikte yapının stabilitesinde tehlikeye sokulmaması gerekmektedir. (Şekil-18).

Enerji tüketiminde panoların yarıklı olmasının da katkısı olabilir. Böylece rijitlikleri azalan panolarda iç deformasyonlar artacak ve ek yerlerine daha az zorlanma gelecektir. Öte yandan içlerinde kapı ve pencere boşlukları olan panoların boşluk üzerindeki lentoları yerinde dökme boşluklu perde duvarlı yapıların bağ kirişleri gibi çalışarak enerji tüketimine katkıda bulunacaklardır (Şekil-6) (Mattock 1981).

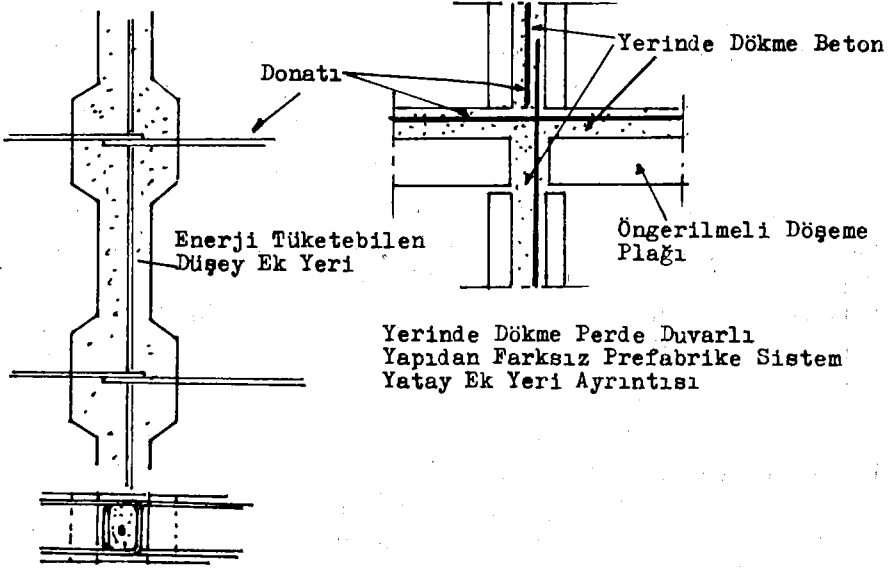
Ancak enerji tüketimine en çok katkısı olan elemanlar yapı yüksekliği boyunca uzanan pencere ve kapı boşluk üstü lentolarıdır.

Genellikle düşey yük taşımazlar ve bunlar düşey duvar pano sıraları arasında bağ elemanı niteliğindedirler. Uçlarının mafsallaşması ile enerji tüketimine katkıları önemlidir. Panolar arasındaki düşey ek yerlerinde de deformasyonun başlaması ile enerji tüketimi başlar önce sürtünme ile enerji tüketimi olurken daha sonra eğer kesme takozları varsa bunların çatlaması ve paralanması ile enerji tüketimi gelişir. Ek yerini kesen donatıların deformasyonu ile enerji tüketimi için çok daha büyük deformasyonlara gerek vardır. Lentoların kırılması ve düşey ek yerlerinde çatlayıp kaymalar yapının düşey yük taşıma gücüne etkili olmaz.

Yapılan değerlendirmeler, zayıf fakat sünek düşey ek yerlerinin yapıların davranışlarına olumlu katkıda bulunabileceklerini göstermektedir (Mueller 1981). Romanya ve Yugoslavya'da olan depremlerde düşey ek yerlerinde hafif çatlakların olduğu ve boşluk üstü lentolarının kırıldığı bazı panolu yapıların şiddetli depremlere dayanabildikleri gözlenmiştir. Yapıdaki bütün panolar arası düşey ek yerlerinin zayıf yapılması gerekmez, belli bazı düşey ek yerlerinin zayıf fakat sünek olması yeterli olabilir. Bu tür ek yerlerinde panolarda iyi ankrajlanmış halkalı donatıların aralarına düşey donatı konularak yapılmış uçları dişli yada dişsiz ve betonlanmış olmalıdır (Şekil-19).



Şekil - 18 Prefabrike Panolu Yapıların Deprem Davranışları



Şekil -19 Enerji Tüketimi Yüksek Panolu Yapı İçin Yatay ve Düşüy Ek Yerleri

Panolu yapıların düşey ek yerlerinin kolayca çatlayıp ancak çatladıktan sonra sürtünme ve ek yerlerindeki halkalı donatılarda olacak deformasyonlar ile enerji tüketimi sağlamak en ekonomik deprem tasarımı olarak görünmektedir.

#### 5.4 Yatay Yük Seçimi

Perde duvarlı panolu prefabrike yapılar için Yönetmelikte verilen türden yatay kuvvet hesabı için yatay yük katsayısı (C)'nin hesabındaki K-katsayısı seçimi önemli olmaktadır. Yatay yüklerin tümünün perde duvarlar tarafından alındığı yerinde dökme betonarme yapılarda  $K = 1.33$  olarak alınmaktadır. Amerikan deprem yönetmeliklerinde ise bu katsayı  $1/R = K$  biçiminde ifade edilmektedir.

Avustralya Yönetmeliğinde bu katsayı  $K = 3.2$  olarak verilmektedir. Yeni Zelanda Betonarme Yönetmeliğinde ise  $K = 2.4$ 'e eşittir. Yeni Zelanda genel yapı yönetmeliğinde ise 2-3 kata kadar olan alçak ve sünek olmayan yapılarda K katsayısı 6 olarak verilmektedir. Romanya Yönetmeliğinde ise  $K = 3.34-4.00$  civarında bir değerde olmaktadır.

Prefabrike yapılarda değişik tip ek yerlerinin davranış biçimleri bilinmektedir. K-katsayısı ek yerlerinin ve yapının genel davranış biçimine göre belirlenmesi gerekir. Panolu yapılar için K-katsayısının aşağıdaki gibi seçilmesi önerilir:

Yerinde Dökme Perde	Depremde Elastik Kalan Perde Duvarlı Prefabrikte Panolu Yapı	Depremde Kalıcı Deformasyon Yapan Panolu Yapı
1.33	4.00	2.0-2.5

Prefabrikte panolu yapıların deprem hesabında monolitik betonarme yapılar için geliştirilmiş perde çözümleri kullanılabilir ancak panolu yapının yerinde dökme yapı gibi davranışı yukarıda verilen K-katsayıları kullanılarak yapılmış yatay yük hesabı durumunda panolu yapının yerinde dökme perde duvarlı yapı gibi davranması beklenebilir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

a/ — Prefabrikte yapıların tasarımında kullanılacak yatay kuvvetlerin yerinde dökme yapılar için öngörülenden daha büyük olması gerekir. Çünkü her türlü prefabrikte yapıların ek yerleri yerinde dökme yapılar kadar rijit ve enerji tüketebilecek güçte değildir. Bu durum deneysel olarak saptanmıştır.

b/ — Prefabrikte panolu yapıların en uygun tasarımı düşey ek yerlerinin enerji tüketebilecek güçte tasarlanmaları, eleman ve yatay ek yerlerinin ise yüksek taşıma güçlü ve elastik bölgede kalacak biçimde tasarlanmalarını gerektirmektedir. Bu ise pano ve yatay ek yerlerinin, düşey ek yerlerine göre iki kat kadar daha büyük yatay kuvvetlere göre tasarlanmalarını gerektirebilir.

c/ — Prefabrikte çerçevesel yapılarda ise moment taşıma gücü olan kolon birleşim yerleri seçilmelidir. Bu yapılamıyorsa ek yerleri yerinde dökme yapılara göre çok daha büyük yatay kuvvetlere dayanabilecek şekilde boyutlandırılmalıdır.

d/ — Depreme dayanıklı yapı tasarımında önemli bir başka faktör de döşemelerdir. Döşemelerin kendi düzlemleri içindeki kuvvetlere karşı çok rijit oldukları için yatay yükleri düşey elemanlara rijitlikleri ile orantılı dağıtabildikleri kabul edilmektedir. Prefabrikte döşeme plaklı yapılarda da bunun gerçekleştirilmesi için döşeme plak elemanlarının birbirlerine bağlanmaları gerekir. Bu plakların birbirlerine son gerilme ile bağlanması yada üzerlerine 3-5 cm kalınlığında bir tabliye dökülerek monolitikleştirilmeleri olumludur.

e/ — Daha önce de belirtildiği gibi burada prefabrikte yapılar Yönetmeliklere göre yapılmış yerinde dökme perde duvarlı yapılarla karşılaştırılmaktadır. Ülkedeki niteliksiz ve deprem açısından yetersiz olan betonarme yerinde dökme yapıların prefabrikte yapılara göre üstün

olduğu izlenimine kapılmamalıdır. Karşılaştırma depreme dayanıklı nitelenebilecek özellikleri olan yapılarla prefabrikte yapı sistemleri arasındadır.

g/ — Deprem ülkesi olan Türkiye'de dünya genelinde prefabrikte yapıların deprem davranışları üzerine bilgi ve deneyim birikiminin sınırlı oluşu ve çok değişik tiplerde prefabrikte yapı sistemlerinin bulunması da düşünülürse prefabrikte yapıların tasarımında yerinde dökme betonarme yapılardakinden daha çok güvenli tarafta olmak, en azından prefabrikte sistemlerin deprem problemleri tümü ile çözümlünceye, kadar yararlı olacaktır. Ülke dışından getirilecek prefabrikte sistemlerin deprem açısından yeterli olduğunun kanıtlanması da ısrarla istenmek gerekir.

#### KAYNAKLAR

- ....(1975) "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Dairesi
- ....(1976) "Code of Practice for General Structural Design and Design Loadings for Buildings (NZS4203)" Standarts Association of New Zealand
- ....(1979) "The Design of Earthquake Resistant Buildings, Australian Standart 2121" Standart Association of Australia
- ....(1980) "Draft Code of Practice for the Design of Concrete Structures (DZ 3101)" Standards Association of New Zealand
- Mueller, P. (1981) "Behavioural Characteristics of Precast Walls" *Proc. of a Workshop on Design of Prefabricated Concrete Buildings for Earthquake Loads*, April 27-29, 1981, ATC, Berkeley California, sayfa 278-308
- Mattock, A.H. (1981) "A Survey of Precast Wall Systems" *Proc. of a Workshop on Desing of Pref. bricated Concrete Buildings for Earthquake Loads*, April 27-29, 1981, ATC, Berkeley, California sayfa 253-276
- Englekirk, R.E. (1987) "Concepts for the Development of Earthquake Resistant Ductile Frames of Precast Concrete" *PCI Journal* Jan-Feb, Vol. pp.
- Dolan, C.W., Stanton, J.P., and Anderson (1987) "Moment Resistant Connections and Simple Connections" *PCI Journal*, March-April, pp 62-74
- Park, R, and Bull, D.K. (1986) "Seismic Resistance of Frames Incorporating Concrete Prestressed Precast Beam Shells" *PCI Journal*, July-Aug. pp 54-93
- Blakely, R.W.G. and Park, R. (1971) "Seismic Resistance of Prestressed Concrete Beam-Column Assemblies" *Jour. American Concrete Institute Proc.* Vol. 26 No. 9 Sept. pp 677-692
- Sutherland, W.M. (1965) "Prestressed Concrete Earthquake Resistant Structures-Development, Performance and Current Design" *Proc. of the 3rd World Confrence on Earthquake Engineering*, 22 Jan-1 Feb New Zealand. Vol IV, pp 463-494, Discussion by Benuska, L. Vol IV, pp 495-505.
- Hawkins, N.M. and Englekirk, R.E. (1987) "US-Japan Seminar on Precast Concrete Conctruction in Seismic Zoner" *PCI Journal* March-April pp 75-85



# İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ARAŞTIRMALARINDA SİSMİK KIRILMA UYGULAMALARININ TASARIMI<sup>(x)</sup>

The Society of Exploration Geophysicists of Japan

Çeviri : Mehmet ALTINTAŞ<sup>(xx)</sup>  
Cemal ÖZALP

## 1. Genel Düşünceler

### 1.1 Amaçlar

İnşaat mühendisliği araştırmalarında, sismik kırılma uygulamaları yapılırken, sahanın jeolojisi ve topolojisi hesaba katılarak, amaçlara yönelik uygun araştırmanın planlanması önemlidir. Ayrıca ölçüm doğruluğunun geliştirilmesi ve tabii ki uygun çözüm yöntemlerinin kullanımı da çok önemli olup, araştırma sonuçları üzerinde güçlü bir etki gösterirler.

Bu makale, bu tip bir araştırma oluşturulacağı zaman çeşitli etkenlerin hesaba katılması gerektiğini göstermektedir. Burada, Hagiwara çözüm yöntemi (1) ile, aynı derecede gelişmiş uyarlamaların kullanıldığı varsayılmaktadır.

Makalenin ikinci kısmında, araştırma örneklerine ait tasarımlara yer verilmiştir.

#### (1) Hagiwara çözüm yöntemi :

Şekil-A'da gösterildiği gibi, bu yöntem üstteki tabakanın hızının  $V_1$  ve alttaki tabaka hızının  $V_2$  olduğu, iki tabakalı yapıdan oluşan bir zeminde incelenmektedir. P'de kaydedilmiş ve A patlatma noktasından kırılan dalganın yol zamanı  $T_{AP}$ ; P'ye B'den kırılan dalganın yol zamanı  $T_{BP}$ ; B'de A'dan kırılan dalganın yol zamanı  $T_{AB}$ 'dir. (Şekildeki beyaz noktalar P'de kaydedilmiş, kırılan dalgaların yol zamanları gösterilmiştir. Direkt dalgaların yol zamanları X ile gösterilmiştir ki,

(x) The Society of Exploration Geophysicists of Japan, 1983, Planning of seismic Refraction Prospecting For Civil Engineering Investigations, OYO Technical Note, TN-48, RP-4134.

(xx) Demiryolları, Limanlar ve Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı - ANKARA

P'de kaydedilmiş bu dalgalar sadece birinci tabaka içinde yapılmaktadırlar). Burada,  $T_{AP}$ ,  $T_{BP}$  ve  $T_{AB}$  doğrudan gözlemlerden elde edilen değerlerdir.

$t_0$  değeri, sıfır yol zamanı olarak anılır :

$$t_0 = T_{AP} + T_{BP} - T_{AB} \quad (a)$$

$T_{AP}$ , ve  $T_{BP}$ , değerleri,

$$T_{AP} = T_{AP} - t_0/2 = (T_{AP} - T_{BP} + T_{AB}) / 2 \quad (b)$$

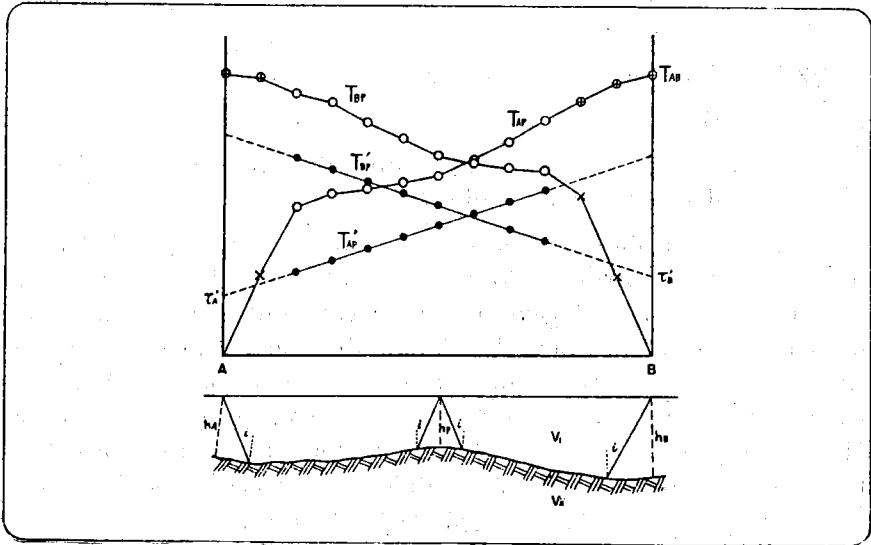
$$T_{BP} = T_{BP} - t_0/2 = (T_{BP} - T_{AP} + T_{AB}) / 2$$

şeklinde ve hız yol zamanı olarak tanımlanırlar (Şekildeki siyah noktalar hız yol zamanını göstermektedir). Her bir alıcı nokta için hesaplanmış ve ardarda birleştirilmiş hız yol zamanlarının oluşturduğu eğri, hız yol zaman eğrisi olarak anılır. Teorik olarak bu doğrusal çizgi ve onun eğimi alttaki tabakanın  $V_2$  hızını gösterir. Üstteki tabakanın  $V_1$  hızı, yukarıda açıklandığı gibi direkt dalganın yol zamanından hesaplanmıştır.

Eğer alttaki tabakanın yüzeyine (alttaki tabakanın derinliği) P alıcı noktasından düşey bir hat çekerek, bu uzunluğu  $h_p$  olarak gösterirsek;

$$h_p = \frac{V_1(T_{AP} + T_{BP} - T_{AB})}{2 \cos i} \quad (c)$$

burada  $\sin i = V_1/V_2$  alınarak,  $h_p$  hesaplanabilir.



Şekil-A : Hagiwara çözüm yönteminin tanımı.

Alıcı nokta için hem  $T_{AP}$  hem de  $T_{BP}$  bilindiği takdirde, formül (c) kullanılarak alttaki tabakanın derinliğinin hesaplanabileceğini görürüz. Ancak  $\oplus$  işaretli noktalar, bilinen  $T_{AP}$  veya  $T_{BP}$  değerlerinden sadece biridir. Bu alıcı noktalar için, formül (b)'yi formül (c)'de yerine koyarsak, bize,

$$h_P = \frac{V_1 (T_{AP} - T_{AP}')}{\text{Cosi}}$$

$$h_P = \frac{V_1 (T_{BP} - T_{BP}')}{\text{Cosi}}$$

verir.

Burada  $T_{AP}$ , veya  $T_{BP}$ , değerleri, hız yol zaman eğrisi uzanımındadır. P'deki değerler, kullanılmış olan bu uzanlı eğrinin üzerinden okunur. Aynı şekilde, eğer biz, noktanın değerini,  $T_{AP}$ , hız yol zaman eğrisinin A patlatma noktasındaki düşey eksenini kestiği nokta olarak  $T_A$  ve  $T_{BP}$ 'nin B patlatma noktasındaki düşey eksenini kestiği nokta olarak  $T_B$  ile gösterirsek, aşağıdaki formüller bulunur.

$$h_A = \frac{V_1 T_A'}{\text{Cosi}} \quad (d)$$

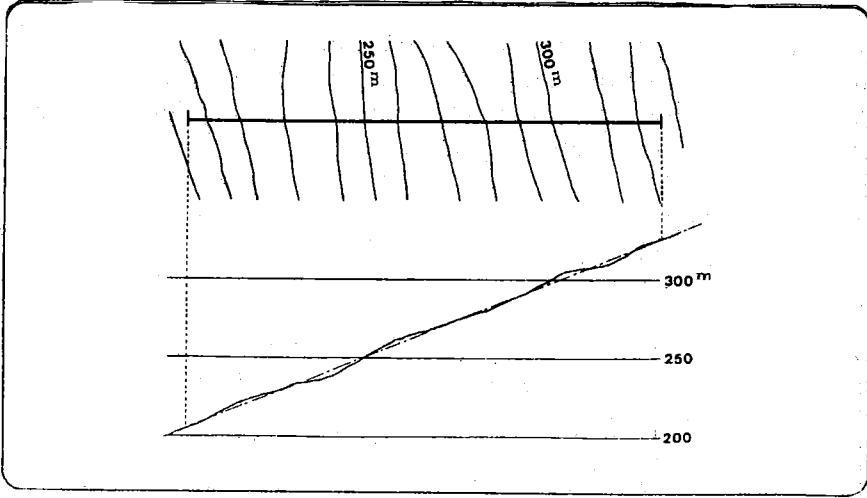
$$h_B = \frac{V_1 T_B'}{\text{Cosi}}$$

## 1.2 Profil Hatlarının Planlanması

### 1.2.1 Profil Hatları

Profil hatları belirlenen lokasyonlarda arazi yüzeyi üzerine serilerek ölçümleri tamamlanmış olmalıdır.

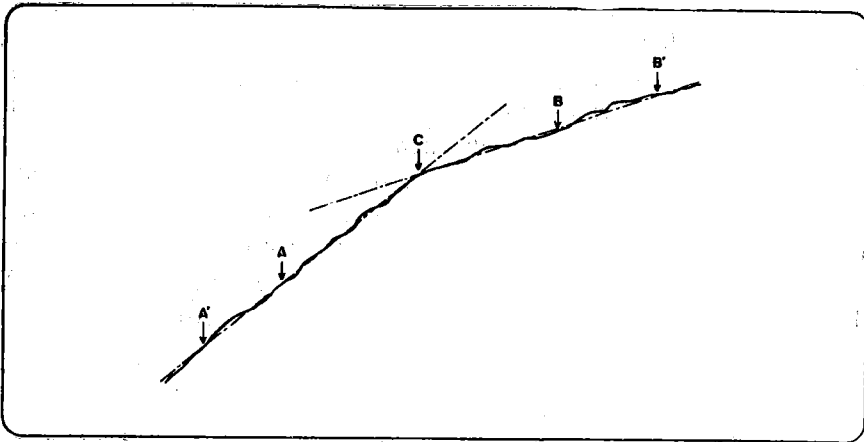
Normal olarak, ölçüm sonuçlarının çözümünde Hagiwara yöntemi ve onun geliştirilmiş çevirimleri kullanılmaktadır. Bu çözüm yöntemleri, zemin yüzeyinin düz ve dalgaların ilerleme yolunun, bir tek doğrusal hat tarafından kesilmiş bir düzlem dahilinde olduğunu varsayar. Bunun için çözüm kolaylığı ve doğruluğunun sağlanması amacıyla bir profil hattı düzenlenmesi gerekir ki, zaten bu varsayımlar çok akla yatkın ve tatmin edicidir. Bu amaç için, Şekil-1.1'de gösterildiği gibi profil hattı yerleştirilmelidir. Bunun için tek bir doğrusal hat (1) belirlenir ve alta görülen yüzey kesitinde (2) düzgün bir eğim elde edilir.



Şekil - 1.1 : İyi bir profil hattı.

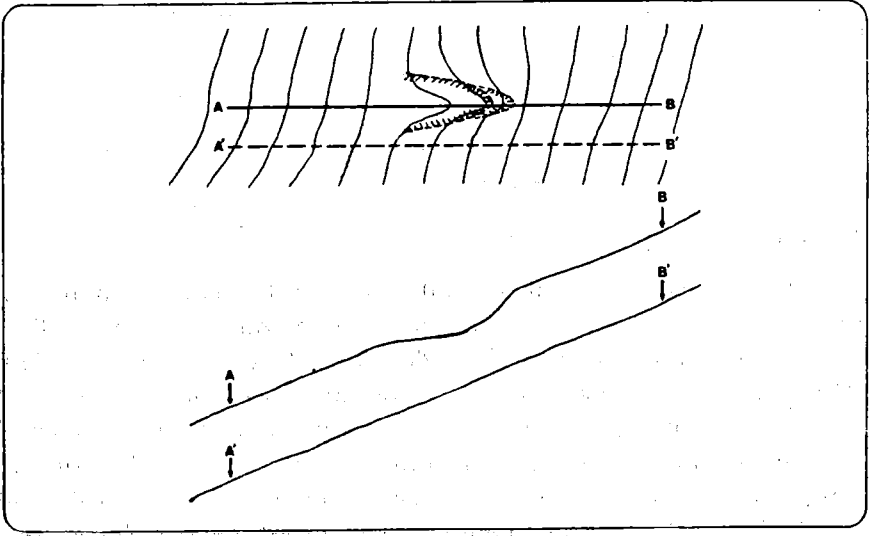
### 1.2.2 Profil Hattının Serilmesi

1) Şekil-1.1'de gösterilen profil hattı ideal bir hatır. Çünkü, profil hatları araştırılacak olan sahaya bağlıdır ve her zaman, tamamen lineer olmayacaktır. Örnek olarak, Şekil-1.2'de yamaçta ve yamaç üzerinde bir profil hattı gösterilmektedir. AB aralığında meydana getirilmiş olan araştırmada, yamaç aşağı ve yukarı bölgelerden ibaret olup, C noktasında eğim değişmektedir. Bu gibi durumlarda, eğer araştırılan derinlik hesaplaması, karşılıklı yol zaman eğrilerine uygun ise, profil hattı olarak CA ve CB hatları kullanılmalıdır. Eğer CA ve CB'nun yeterli derecede uzun olmadığına karar verilirse bunlar uzatılacak ve CA'. CB' hatları kullanılmış olacaktır.



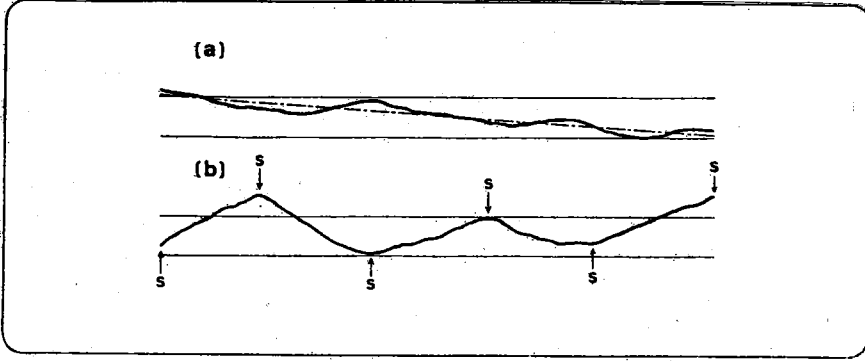
Şekil - 1.2 : Yamaç üzerindeki bir profil hattının eğim değişimindeki serilimi.

2) Bazen tüm sahanın temel zemin topografyasının araştırılması sırasında bir çok profil hatlarının eş aralıklarla serilmesi gerekebilir. Bu durumda, her bir hattın konumu düzenlenir. Böylece, bir uçtan bir uca çizgisellik korunur, fakat bütün hatları ayarlamak mümkün olmayacaktır. Örneğin, Şekil-1.3'te profil hat aralıklarının tekdüzeliğinin korunması durumunda, yüzeyde enine kesit hattı AB'nin bir uçurumda kavise neden olduğu gösterilmektedir. Bu durumda A'-B' hattı A-B hattı yakınında serilecek böylece yüzey profili doğru bir hat olacaktır. (Şekil-1.3).

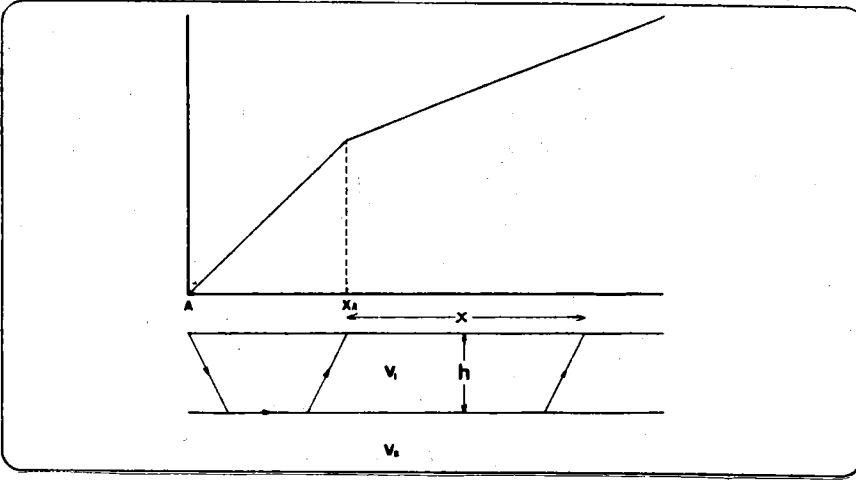


Şekil-1.3 : Uçurumdan sakınılarak profil hattının eğim değişimlerindeki değişimi.

3) Araştırılacak sahanın belli bir miktarı tamamıyla düz, geniş saha olduğunda, profil hatları düzeni, mümkündür, çünkü düzenlenen her bir hattın lokasyonları bir uçtan bir uca çizgiselliğe sahip olacaktır. Fakat tünellerde olduğu gibi çok fazla uzun ve ensiz sahalar üzerinde profil hatlarının lokasyonlarını değiştirmek mümkün değildir. Böyle yapıldığında sahanın sınırları aşılmış olacaktır ki bu da doğru değildir. Bunun için genellikle tünel inşaatlarına ait profil hatları planlanacak, böylece doğrudan saha yüzeyden itibaren derinlikleri ve her bir tabakadaki hız değeri hesaplamaları yöntem ve yorumundan elde edilmiştir.



Şekil-1.4 : Çok değişken profil hatlarının tepe ve çukurluklarda patlatma noktalarının yerleştirilmesi.



Şekil-1.5 : Araştırma derinliği ve ölçüm uzunluğunun paralel iki tabakalı zemindeki tanımı.

Şekil-1.5, amaçları daha iyi açıklayabilmek için basitleştirilmiş paralel iki tabakalı bir yapıyı göstermektedir. A ile X<sub>A</sub> arasındaki uzaklık;

$$AX_A = 2h \sqrt{\frac{V_2 + V_1}{V_2 - V_1}} \quad (1)$$

Burada, A'da başlayan yol zaman eğrisinde A ve  $X_A$  arasındaki açıklık içinde kırılan dalga bir ilk varış olarak gözükmemektedir. Belli bir genişlik içindeki (Şekildeki x'in genişliği) ikinci tabakadan kırılan dalgaların yol zamanına uyabilmek için ölçüm hattı uzunluğu  $AX_A + x$  olmalıdır.

2) Hagiwara yönteminde açıklandığı gibi (Bölüm 1'in sonunda), profil hattının sonlarındaki (A ve B) her iki yol zaman eğrisine gerektirim vardır. Bunun için, B'den x'in genişliğini ve ikinci tabakadan kırılan dalgaların yol zamanını elde etmek için, profil hattı uzunluğunun  $BX_B + x$  olması gerekmektedir. AB profil hattının uzunluğunu x olarak gösterirsek, üzerinden geçeceklerdir. Şekil-1.4 (a)'daki gibi durumlarda nisbeten yumuşak eğimli bir yamaç silsilesinde profil hattının tanımlanması ve onun düzenli bir doğrusal hatta olduğu gibi, analizinin geçerliliği önemli olacaktır. Fakat kavislerde büyük değişimlerin olduğu benzer durumlarda (b), doğrusal hatlara bölünmesiyle her bir tepede, çukurlukta ve her bir işlemde patlatma noktalarının kurulması gerekli olur.

### 1.2.3 Profil Hat Uzunluğu

Araştırmalar planlanacağı zaman, sahanın ana kontur haritalarının üzerinde profil hatlarının uzunluğu ve lokasyonlar hakkında ortak bir karar verilir. Genellikle bu harikaların üzerindeki profil hatlarının uzunluğu, gerçek profil hat uzunluğu olarak alınır. Saha düz olduğu zaman bu durumlar geçerlidir. Fakat çok büyük sahalarda gerçek profil hat uzunluğu eğimli yüzeyler içerir. 15 'lik eğimler için hatlar % 3.5, 20 için % 6.5, 25 için % 10 ve 30 için % 15 daha uzundur.

Eğimli sahalarda, eğer kaçınılmazsa, "düz hat uzunluğu" ve "gerçek profil hat uzunluğu" arasında bir fark meydana gelecektir.

### 1.2.4 Araştırma Derinliği ve Profil Hat Uzunluğu

"Araştırma derinliği" terimi sismik kırılma araştırmalarında iki anlamda kullanılmaktadır. Bir anlamı, araştırmanın objektifliğine dayanmaktadır. Yani belli bir derinlikteki araştırma şartlarına bağlıdır. Diğer anlamı, sismik kırılma yöntemi ilkesi ile tanımlanmış ve profil hat uzunluğu tarafından sınırlı bir derinliği ifade etmektedir (Aşağıda açıklanan yol zaman eğrisi uzunluğu).

Sonuç olarak, araştırmanın amaçlarına uygun olan bir profil hattını hesaplamak için, önceden profil hat uzunluğu ve araştırma derinliği arasındaki bağıntıyı bilmek önemlidir. Bu bağıntı aşağıda özetlenmiştir:

1) Sismik kırılma yöntemi, ortamda var olan zemin tabakalarının titreşimlerinin hızının, yüzeyden itibaren derinlikle arttığını varsaymaktadır. Kullanılan yol zaman eğrileri, her bir tabakanın

$$X = AX_A + BX_B + x$$

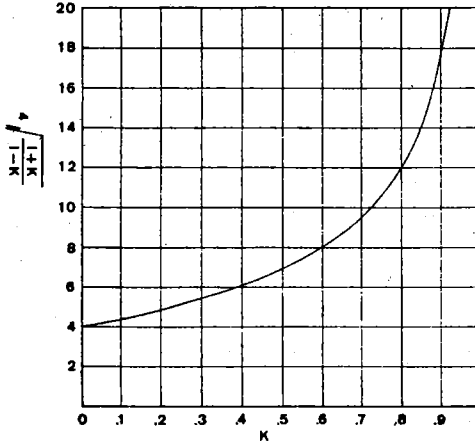
tabakalar paralel olduğundan  $AX_A = BX_B$ 'dir. Böylece,

$$X = 2AX_A + x \quad (2)$$

Hagiwara'nın çözüm yönteminde, mümkün olduğu kadar doğru olarak ikinci tabakanın  $V_2$  hızını bulmak için,  $x$ 'i yeter derecede büyük aralık içinde tutmak gereklidir. Bu amaç için  $AX_A$ 'daki artışlar da ölçüm uzunluğunu da arttırmak gereklidir.

3) (1) ve (2) formülleri arasındaki bağıntı bir paralel iki tabaka yapısı formülü olup, profil hatlarının hesaplanmasında ve uygun araştırma derinliğinin ve profil hat uzunluğunun belirlenmesinde yararlıdır. Sahadaki jeolojik yapının varsayımında hazır veri kullanılmıştır. Her bir tabaka için uygun teorik hız değerleri seçilmiştir. Eğer ikinci tabakanın derinliği verilirse, formül(1) den  $AX_A$  hesaplanabilir ve  $x$ 'in yeterli bir değeri eklenerek gerekli profil hat uzunluğu elde edilmiş olur. Eğer  $V_1/V_2 = K$  ise, formül (2)'den

$$X = h.4 \sqrt{\frac{1+K}{1-K}} + x \quad (3)$$



Şekil-1.6 : Formül (3)'teki  $4 \sqrt{\frac{1+K}{1-K}}$  ve hız oranı K arasındaki ilişki.



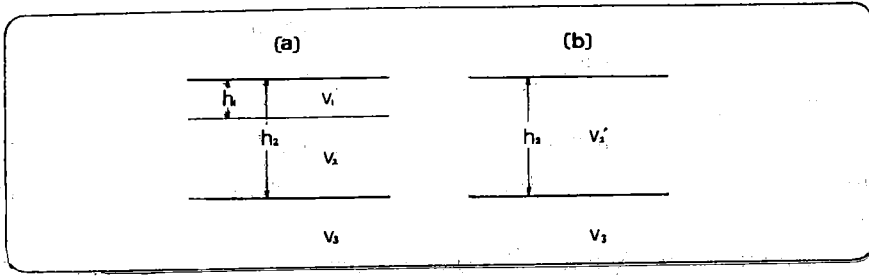
Şekil-1.6'da formül (3)'teki  $4\sqrt{(1+K)/(1-K)}$  ve K arasındaki ilişki çizilmiştir. Genellikle,  $K=V_1/V_2$  formülündeki K değerleri çok defa 0.4-0.6 aralığındadır. Tablo-1.1,  $K = 0.40, 0.45, 0.50, 0.55$  ve 0.60 olduğunda, çeşitli zemin derinlik sınırları için, AXA ve x değerlerini göstermektedir.

4) Yukarıda, paralel iki tabaka yapısıyla ilgili ilişkiler açıklanmıştır. Profil hat uzunluğu ve araştırma derinliği arasındaki bağıntı genel bir anlama sahip olması yanında ayrıca bu bilgi, araştırmaların planlanmasında tamamı ile kullanışlıdır. Bununla beraber iki tabakalı yapı, gerçekte çok nadir; üç veya dört tabakalı yapılar ise sık bulunur. Böyle durumlarda, aşağıdaki tabakanın belirlenmesinde, yukarıdaki tabaka için ortalama hız değeri kullanılır. Bu değer, iki tabaka modelinde en üstteki tabakanın hız değeri olarak kullanılacaktır ki bu da profil hat uzunluğu ve araştırma derinliği arasındaki bağıntının saptanmasına imkân verir. Eğer Şekil-1.7 (a)'da gösterilen üç tabaka yapısı yerine (b)'deki iki tabaka yapısını koyacak olursak aşağıdaki bağıntıyı buluruz :

$$\frac{h_2}{V_2'} = \frac{h_1}{V_1} + \frac{h_2 - h_1}{V_2} \quad (4)$$

beklenen jeolojik yapı		kırılma aralığı $\frac{AX_A}{V_1}$ (m)	Hız yol zamanlayıcısının dağılım aralığı X (m)				
hız oranı $K = \frac{V_1}{V_2}$	araştırma derinliği h(m)		profil hat uzunluğu X (m)				
			500	800	1200	2,000	3,000
0.40	25	75	350	650	1,050	1,850	2,850
	50	155	190	490	890	1,690	2,690
	100	305	-	190	590	1,390	2,390
	200	610	-	-	-	780	1,780
0.45	25	80	340	640	1,400	1,840	2,840
	50	165	170	470	870	1,670	2,670
	100	325	-	150	550	1,350	2,350
	200	650	-	-	-	700	1,700
0.50	25	85	330	630	1,030	1,830	2,830
	50	175	150	450	850	1,650	2,650
	100	345	-	110	340	1,340	2,340
	200	690	-	-	-	620	1,620
0.55	25	95	310	610	1,010	1,810	2,810
	50	185	130	430	830	1,630	2,630
	100	370	-	80	460	1,260	2,260
	200	740	-	-	-	520	1,520
0.60	25	100	300	600	1,000	1,800	2,800
	50	200	100	400	800	1,600	2,600
	100	400	-	-	400	1,200	2,200
	200	800	-	-	-	400	1,400

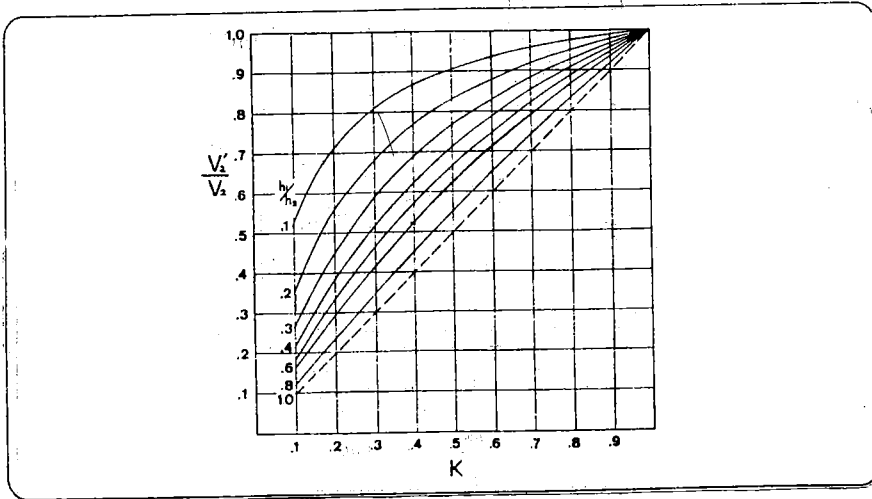
Tablo-1.1 : Profil hat uzunluğu ve araştırma derinliği arasındaki ilişki.



Şekil-1.7: Üç tabakalı yapı ve eşdeğer yapı.

Yukarıdaki formülde,  $V_2'$  değeri,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $h_1$  ve  $h_2$ 'ye göre saptanmış varsayımlı değerlerden elde edilmiştir. Profil hat uzunluğu, derinlik  $h_2$ , üstteki tabaka hızı  $V_2'$  ve alttaki tabakanın hızının  $V_3$  olması üzerine dayandırılarak hesap edilmelidir. Eğer formül '4/'te  $K = V_1/V_2$ 'yi yerine koyacak olursak :

$$\frac{V_2'}{V_2} = \frac{1}{1 + h_1 \frac{1-K}{h_2}} \quad (5)$$



Şekil-1.8 : Formül (5) için hesaplama diyagramı.

Şekil-1.8, formül (5) ve parametre olarak  $h_1/h_2$  ile  $K$  ve  $V_2'/V_2$  arasındaki bağıntıyı gösterir.

— Hesaplama Örneği —

Şekil-1.9'da gösterilen durumda profil hat uzunluğu gereklidir. Burada  $V_1=800$  m/sn,  $V_2=2000$  m/sn,  $V_3=4500$  m/sn,  $h_1=10$  m ve  $h_2=50$  m hesaplanmıştır.

i) İkinci tabaka için formül (1) uygulanır.

$$AX_1 = 2 \times 10 \sqrt{\frac{2000+800}{2000-800}} = 20 \times 1.53 \sqrt{30} \text{ (m)}$$

ii) Birinci ve ikinci tabakaların ortalama hızları formül (5) veya Şekil-1.8'den bulunmuştur.

$$K = \frac{800}{2000} = 0,4 \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{10}{50} = 0,2$$

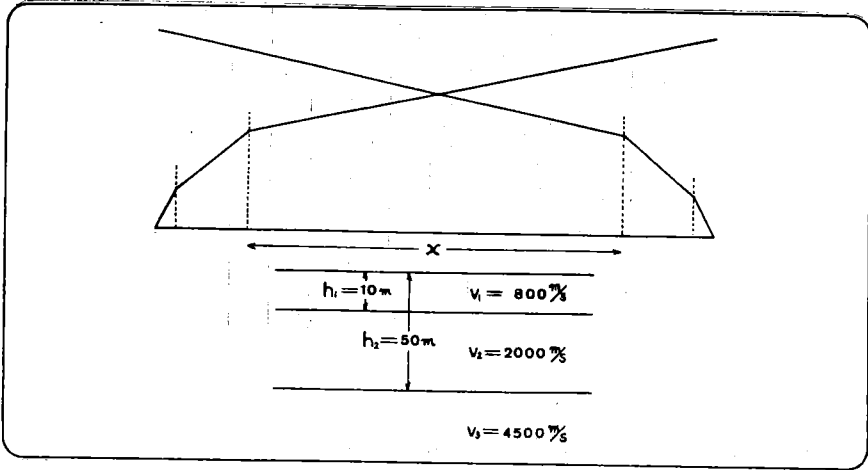
$$\frac{V_2'}{V_2} = 0,77$$

Sonuç olarak;

$$V_2' = 0,77 \times 2000 \sqrt{1500} \text{ m/sn}$$

iii) Üçüncü tabaka için,

$$AX_2 = 2 \times 50 \sqrt{\frac{4500+1500}{4500-1500}} = 100 \times 1.41 \sqrt{140} \text{ (m)}$$



Şekil-1.9 : Gerekli profil hat uzunluğunun hesabı için 3 tabakalı zemin örneği.

iv) Yukarıdan, 30 m'ye kadar direkt dalgaların yol zamanı, 30 ile 140 m arası ikinci tabakadan kırılan dalgaların yol zamanı ve 140 m veya daha derindeki üçüncü tabakadan kırılan dalgaların yol zamanı hesaplanabilir.

Sonuç olarak, formül (2)'den,

$$x = \frac{2}{3} X \text{ ise}$$

$$X = 3 \times 2 \text{ AX}_2 = 6 \times 140 = 840 \text{ (m)}$$

ve eğer

$$x = \frac{1}{2} X \text{ ise, buradan}$$

$$X = 2 \times 2 \text{ AX}_2 = 4 \times 140 = 560 \text{ (m)}$$

### 1.2.5 Yol Zaman Eğrisi Uzunluğu

Yol zaman eğrisi uzunluğu demek, oluşturulan bir doğru hatta, alıcılar boyunca aynı patlatma noktasında elde edilip, çizilmiş yol zamanlar tarafından tanımlanan eğrinin uzunluğu demektir. Profil hat uzunluğu ve araştırma derinliği arasındaki bağlantı son kısımda tanımlanmıştır. Bir burada, yol zaman eğrisinin uzunluğunun, profil hattının her iki başında kurulan iki patlatma noktası arasındaki mesafeye karşılık olması ve sayımı ile ilerleyeceğiz. Bununla beraber, profil hattının araştırma derinliğinden oldukça uzun olması durumlarında, bütün profil hatı uzunluğunun üzerinde bir yol zaman eğrisi çizimine gereksinim yoktur. Bu durumda yol zaman eğrisi uzunluğu maksimum yol zaman eğrisi uzunluğu gibi alınacak araştırma derinliğine karşılık gelir.

### 1.2.6 Ana Profil Hatları ve İkincil Profil Hatları

Uzun yapıların temel araştırmalarında, örneğin, tüneller, su kanalları, borular vb.'de bazen olası yapı üzerine serilen bir ana profil hatı ve bunu kesen ikincil profil hatı arasında bir ayrım yapılır. Biz bu terimlerin anlamlarını şöyle varsayabiliriz; ana ölçüm hatı, araştırma sahası ile lineer olarak doğrudan orantılı iken, ikincil ölçüm hatı doğrudan orantılı değildir. Mafih, bunların anlamları ardaşılmamış olabilir veya ikincil hatlar yardımcı bir hat gibi varsayılabilir; bir çok örnekte görüldüğü gibi çok sık ölçü hatlarının araştırılan derinlikle olan

ilişkisi açıklık kazanmamıştır. Profil hatlarının seriliminde, bunların birincil mi yoksa ikincil profil hatlarını olduğunu belirtmesi önem taşır. Çünkü araştırmacının amacına uygun olacak biçimde, yeterli profil hattı üzerinde iyi bir yol zaman eğrisinin elde edilmesi gereklidir.

### 1.3 Alıcı Nokta ve Patlatma Noktası

#### 1.3.1 Alıcı Nokta Aralığı

Genellikle kayıt nokta aralıkları 5 veya 10 m alınır. Oldukça sığ araştırma derinliğinde ilk aralık, daha büyük derinlikler içinde sonraki aralık kullanılır. 10 m'lik aralığın kullanımı oldukça yaygın görünmektedir.

#### 1.3.2. Patlatma Noktası Aralığı

Hagiwara'nın çözüm yöntemi ilk olarak birinci ve ikinci tabakaların hızlarını ve ikinci tabakanın derinliğini hesaplar. Bu bilgi daha sonra sırasıyla daha aşağıdaki her bir tabakanın derinliklerini ve hızlarını bulmada kullanılır. Dolayısıyla üstteki tabakaların hız ve derinlik hesaplamasında değerlerin içerdiği bir hata aşağıdaki tabakalar için hesaplanan değerler üzerinde büyük bir etkiye sahip olacaktır. Örneğin, benzer durumlarda, o, üstteki her bir tabaka için değerlerin doğru ve akla yatkın tasarımında önemli olup ana hız ve derinlik hesabında gereklidir.

#### 1) Daha Aşağıdaki Tabaka Hızı Hesabında Gerekli Alıcı Noktaların Minimum Sayısı

Dipnotta tanımlanan Hagiwara yönteminde, formül (b)'deki hız yol zamanları ve bu değerlerin eklem noktasındaki eğrinin eğiminden aşağıdaki tabakanın hızı hesaplanır. Bu hız yol zaman eğrisi teorik olarak bir doğru hattır, fakat ölçülen yol zamanlar gerçekte içeriğindeki hatadan dolayı o bazen dağılım gösterir. Bu durumlar da hız doğrusal çizgiden hesaplanır ve gerçek olarak ortaya çıkar. Bu nedenle, en az üç veya dört hız yol zamanlarının bulunması arzu edilir. Şekil-1.10'da siyah daireler, direkt dalgaların yol zamanları ve beyaz daireler aşağıdaki tabakadan kırılan dalgaların yol zamanları olursa, iki, üç, dört ve beşteki dört alıcı nokta için hız yol zamanını hesaplamak olasıdır. Şekilde, alıcı nokta aralığını  $a$ , patlatma noktalarını  $A$  ve  $B$ , en yakın alıcı noktaların aralığını  $a/2$ ,  $A$  ve  $B$  arasındaki mesafeyi de  $6a$  olarak gösterebiliriz. Bunun için, temel tabakasının hızının hesaplanmasında, eğer dört hız yol zamanları kullanılmışsa sadece  $A$  ve  $B$ 'ye (alıcı noktalar 1 ve 6) en yakın alıcı noktalarda direkt dalgaların yol zamanları kaydedilir, burada patlatma noktası aralığı  $6a$  olmalı ve minimum patlatma noktası aralığı

hesaba katılmalıdır. Alıcı nokta aralığı 5 m olduğunda, minimum patlatma noktası aralığı 30 m; 10 m olduğunda ise 60 m'dir.

## 2) Üç Tabaka Yapısında İkinci Tabakadan Alınan Kırılma Dalgalarının Uzanımı

İkinci tabakadan gelen ve A patlatma noktasından ortaya çıkan kırılma dalgalarının yol zamanı  $X_{A1}$ 'den itibaren, üçüncü tabakadan kırılan dalgalar ise  $X_{A2}$ 'den itibaren kaydedilmeye başlanır. Aynı şekilde, B patlatma noktasında ortaya çıkarılan yol zamanlar,  $X_{B1}$  ve  $X_{B2}$  olur. Şekil-1.11'de gösterildiği gibi, hem  $X_{A1}$  ve  $X_{B2}$  hem de  $X_{A2}$ ,  $X_{B1}$  tam olarak aynı noktaya karşılık gelirler.  $X_{A1}$   $X_{A2}$  ve  $X_{B1}$   $X_{B2}$  açık olarak aynı bölgeyi göstermektedir, ve o, ikinci tabakanın hesabında çok yararlıdır. Bu görüş içinde formül (1)'de kullanılmış olan bağıntı aşağıda hesaplanmıştır:

$$AX_{A1} = 2 h_1 \sqrt{\frac{V_2 + V_1}{V_2 - V_1}}$$

$$AX_{A2} = 2 h_2 \sqrt{\frac{V_3 + V_2'}{V_3 - V_2'}}$$

Böylece,

$$X_{A1} X_{A2} = AX_{A2} - AX_{A1}$$

$$= 2h_2 \sqrt{\frac{V_3 + V_2'}{V_3 - V_2'}} - 2h_1 \sqrt{\frac{V_2 + V_1}{V_2 - V_1}} \quad (6)$$

Sonuç olarak, paralel üç tabaka yapısında patlatma noktası aralığı AB olduğu zaman, yol zaman eğrisi örnek olarak Şekil-1.11'de gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$AB = AX_{A1} + AX_{A2}$$

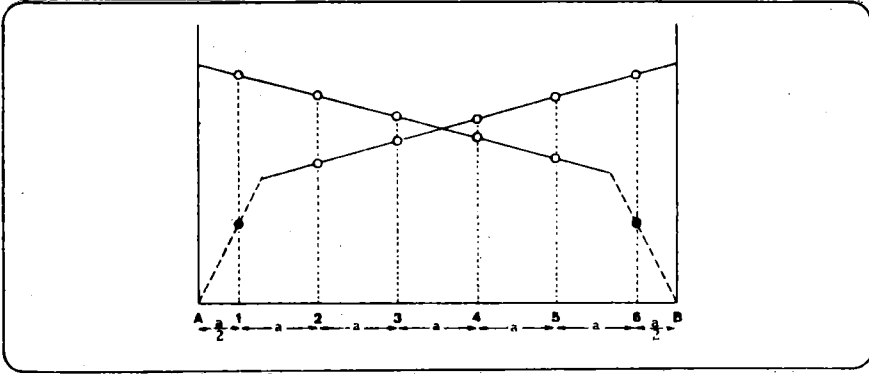
$$= 2 h_1 \sqrt{\frac{V_2 + V_1}{V_2 - V_1}} + 2 h_2 \sqrt{\frac{V_3 + V_2'}{V_3 - V_2'}} \quad (7)$$

—Hesaplama Örneği—

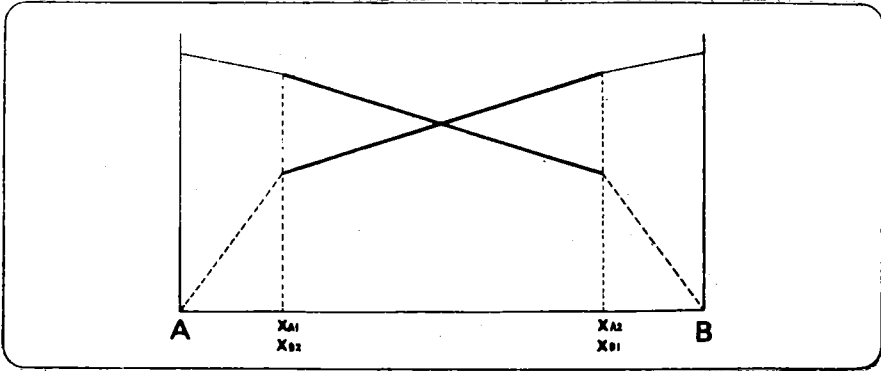
Şekil-1.9'da kullanılan hız ve derinlik, paralel üç tabakalı zemin olarak şeklin alt kısmında gösterilmektedir.

Şekil-1.9'da kullanılan hız ve derinlik, paralel üç tabakalı zemin olarak şeklin alt kısmında gösterilmektedir.

$$AX_{A1} = 30 \text{ (m)} , AX_{A2} = 140 \text{ (m)}$$



Şekil-1.10 : Patlama noktası aralığı ve alıcı nokta aralığının tanımı



Şekil-1.11 : Üç tabakalı yapılarda 2. tabakadan kırılan dalga yol zamanı

Böylece formül (7)'den,

$$AB = AX_{A1} + AX_{A2} = 30 + 140 = 170 \text{ (m)}$$

Patlatma noktası aralığı yaklaşık olarak 170 m olduğunda, hız, ikinci tabakadan daha yararlı olarak hesaplanabilir. Bu durumda formül (6) kullanılarak,

$$AX_1 X_{A2} = AX_{A2} - AX_{A1} = 140 - 30 = 110 \text{ (m)}$$

Alıcı nokta aralığı 10 m ise 11 hız yol zamanı hesaplanabilir. Bu itibarla Şekil-1.12 (a)'da olduğu gibi, patlatma noktası aralığı 200 m ise,

$$BX_{A2} = AB - AX_{A2} = 200 - 140 = 60 \text{ (m)}$$

$$AX_{B2} = AB - BX_{B2} = 200 - 140 = 60 \text{ (m)}$$

Böylece, kırılan dalga yol zamanı 2. tabakadan kaydedilmiş olur ki buradaki  $X_{B2} X_{A2}$  genişliği A ve B patlatma noktalarıyla bağlantılıdır.

$$X_{B2} X_{A2} = AB - (BX_{A2} + AX_{B2}) = 80 \text{ (m)}$$

Böylece 8 hız yol zamanı hesaplanmış olabilir.

Keza, Şekil-1.12 (b)'de gösterildiği gibi patlatma noktası aralığı 150 m olduğu zaman,

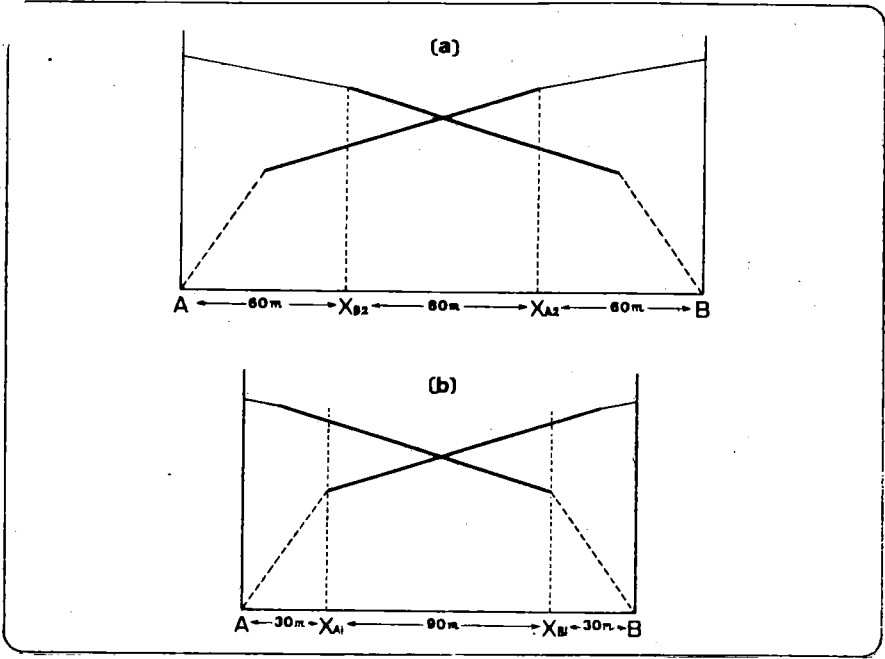
$$AX_{A1} = 30 \text{ (m)},$$

$$BX_{B1} = 30 \text{ (m)},$$

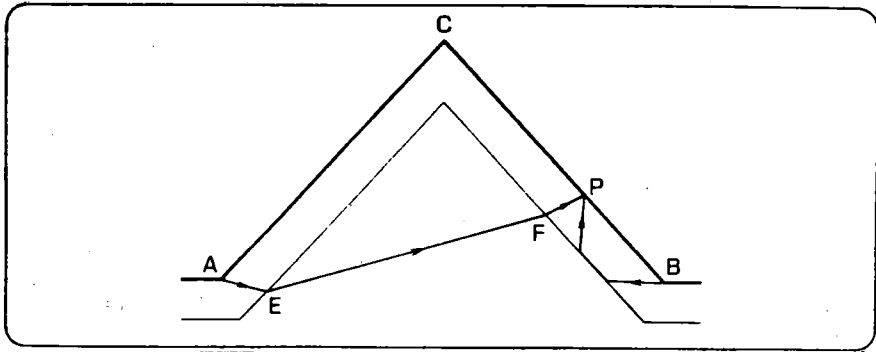
$$X_{A1} X_{B1} = AB - (AX_{A1} - BX_{B1}) = 90 \text{ (m)}$$

Hesaplama örneğinden görülebileceği gibi, en alttaki tabakanın hız değerinin hesaplanmasında, patlatma aralığı çok etkili olup, tam bir araştırma için, araştırılan sahada bir zemin yapısı (luz yapısı) modeli varsayılması arzu edilir.

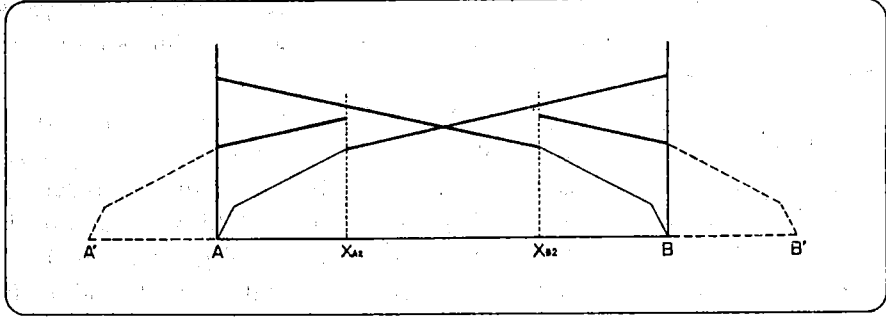




Şekil-1.12 : Patlatma noktası aralığı ve 2. tabakadan kırılan dalga yol zamanları.



Şekil-1.13 : Konveks zemin üzerinde patlatma noktalarının yerleştirilmesi.



Şekil-1.14 : Uzak patlatma noktalarındaki yol zaman.

### 1.3.3 Patlatma Noktası ve Topoloji

Yer şekli, aşağı ve yukarı noktalardaki en büyük değişiklikleri kapsar ki bu bölgedeki patlatma noktalarının yerleri Kısım 1.2.2'ye göre ele alınan çok ayrıntılı bir problem içinde incelenmiştir. Kolaylık olarak Şekil-1.13'te gösterilen iki tabakalı yapı incelenecek olup buradaki tümsekliin iki kenarında A ve B noktaları bulunur. Kırılan dalga B patlatma noktasından, P noktasına ikinci tabaka içinde kritik olarak kırılarak ulaşır. P ve B veya A ve P arasındaki yol zamanının bulunmasında Hagiwara yöntemi uygulanamaz. Çünkü A'dan kırılan dalga tamamıyla ikinci tabakadan geçer. Bu gibi benzer durumlarda bir diğer nokta, C tümseğinin üstüne yerleştirilir ve Hagiwara yöntemi iki kısımda AC ve BC olarak uygulanır.

### 1.3.4. Uzak Patlatma Noktaları

Uzak patlatma noktaları profil hattının her iki ucunda, patlatma noktalarından uygun bir uzaklığa yerleştirilir, hattın uzaması nedeniyle diğer titreşim kaynağı noktalarının aralığı ile, bu aralıklar bir bağlantıya sahip değildir.

Şekil-1.14'te, A ve B patlatma noktalarından elde edilerek ve üç tabakadan kırılan dalganın yol zamanı kullanılarak  $X_{A2} - X_{B2}$  aralığında üç tabakanın hızı hesaplanmalıdır. Bu aralık içinde, derinlik de, sıfır yol zamanından hesaplanmış olmalıdır ki bu da ölçülen değerlerden bulunabilir. Bununla beraber, üç tabaka içinde A- $X_{A2}$  ve B- $X_{B2}$  aralıklarında derinlik değerleri hesaplanmayabilir. Dip notta Hagiwara yöntemi tanımlamasında da açıklandığı şekilde, bu aralıklar içinde, hızların  $X_{A2} - X_{B2}$  aralığı içindeki gibi, aynı olduğu varsayılır ve bu dayanakla sıfır yol zamanı hesaplanır. Sonuç olarak, A- $X_{A2}$  veya B- $X_{B2}$  aralıkları yeter derecede  $X_{A2} - X_{B2}$ ' den kısa olduğunda yukarıdaki

varsayım doğru olabilir, fakat A-XA<sub>2</sub> veya B-XB<sub>2</sub> aralıkları büyük tutulursa bu varsayım doğru olmayacaktır. Bu durumlarda A-XA<sub>2</sub> veya B-XB<sub>2</sub> aralıklarında taşınmış patlatma noktaları üçüncü tabaka hızının hesabına gereksinim gösterecektir.

Şekil-1.14'te gösterildiği gibi XA<sub>2</sub> yönünde uzatılan profil hattının üzerinde yer alan A' patlatma noktasındaki yol zaman eğrisine, eğer A-XA<sub>2</sub> aralığı içindeki yol zaman (koyu hatla belirli) üçüncü tabakadan kırılan dalgalardan gelirse, B titreşim kaynağındaki yol zaman ile bunların yol zamanları birleştirilerek A-XA<sub>2</sub> aralığındaki üçüncü tabakanın hızı hesaplanabilir, (aynı durum B' patlatma noktasındaki B-XB<sub>2</sub> içinde geçerlidir). Bu durumda, sadece, elde edilen A-XA<sub>2</sub> aralığındaki üçüncü tabakadan kırılan dalgaının yol zamanı yeterlidir. XA<sub>2</sub>'den bir karşı noktaya doğru yol zaman da, teorik olarak gereksizdir. Buna ek olarak, tabakaların birbirine paralel olduğunu varsaymanız. A'A'nun AXA<sub>2</sub>'na eşdeğer olmasını tercih ederek mümkündür. Bununla beraber, yukarıdakiler, basit bir modeldeki sonuçlardan daha fazla doğrudur ve bu nedenle, pratik bir problem gibi, kaydırılmış patlatma noktalarının yeri kararlaştırıldığında, yukarıda varsayılan AXA<sub>2</sub> standart ve önceki AA' daha büyük alınmış olacaktır. Ayrıca, araştırılan derinliğin A-XA<sub>2</sub> aralığını aşması en iyi çözüm şekildir.

#### 1.4 Sismik Dalgaların Yaratılması

##### 1.4.1 Sismik Kaynaklar

Elastik dalga kırılma yönteminde genellikle sismik kaynak olarak patlatma kullanıldı. Bununla beraber, patlatmanın kullanılmadığı yerlerde veya özel durumlarda çekiçle vurma, ağırlık düşürme, hava tabancası vb. kullanışlıdır.

1) Patlatma : Patlatma yöntemleri yeraltı, sualtı ve kuyucu patlatmaları içine alır.

Yeraltı patlatmaları amacıyla 1-1.5 m derinliğinde bir çukur, kürek ile veya benzer bir aletle kazılır. Sualtındaki patlatmada, patlatma su tabanında, 0.5-1 m derinliklerde oluşturulur. Kuyu içi patlatmada, patlatma bir kuyunun içinde yönlendirilir.

titreşim kaynağı	alıcı mesafesi (km)									
	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0
yeraltında patlatma	■									
sualtı patlatma	■									
kuyucu patlatma	■									
çekiç	■									
ağırlık düşürme	■									
hava tabancası	■									

Tablo-1.2 : Farklı çeşitteki titreşim kaynakları için standart alıcı mesafeleri.

2) Çekişle vurma : Sismik dalgalar, demir veya ağaç bir çekiç ile demir veya tahtadan bir plakaya vurularak oluşturulur.

3) Ağırlık düşürme : Bu yöntemde, sismik dalgalar, yer yüzeyine düşürülen ağırlığın sarsıntısı ile oluşturulur. Genellikle standart penetrasyon testinde kullanılan ağırlık (63.5 kg) burada da kullanılmakta ve 2-3 m yükseklikten serbestçe bırakılıp düşürülmektedir.

4) Hava tabancası : Bu alet basınç altındaki bir piston ile çelik bir kaptan ibarettir. Piston su altında bırakılarak sismik dalgalar oluşturulur. Genellikle inşaat mühendisliği araştırmalarında kullanılan düzeme, küçük ve yaklaşık 140 kg/cm<sup>2</sup> basınçta 10-100 cc hava kapasitelidir.

Bu sismik dalga üretim yöntemlerinin kullanımı, çevresel ve teknolojik şartlara dayanılarak kararlaştırılır. Her bir yöntem için alıcı nokta ve sismik kaynak arasındaki standart mesafeler Tablo-1.2'de verilmiştir.

Patlatma sırasında kullanılan patlayıcı miktarı artışıyla alıcı mesafesi uzatılabilir. Bununla beraber çekişle vurma, ağırlık düşürme veya hava tabancasında mesafe en fazla 100 m civarındadır. Bu durumlarda sismik veri kaydedilmesinde kullanılan cihaz sinyal biriktirmeli ve yığılmalı işe alıcı mesafesi uzatılabilir.

#### 1.4.2 Kullanılması Gereken Patlayıcı Miktarı

Patlatmalarda patlayıcı madde olarak genellikle dinamit kullanılmaktadır. Her bir patlatmada kullanılması gereken patlayıcı miktarı, patlatma yöntemine, jeolojik şartlara, gürültü miktarına vb. bağlıdır. Hesaplanmış miktar en uzaktaki alıcı nokta ile ilişkilidir. Genelde miktar, mesafenin karesi ile orantılıdır. Tablo-1.3, alıcı mesafesi ile patlayıcı miktarı arasındaki gerçek örnek ilişkilerini göstermektedir.

alıcı mesafesi (km)	patlayıcı miktarı (kg)						
	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
yeraltında patlatma	0.1~0.2	0.4~0.7					
kuyusunda patlatma		0.1~0.2	0.7~1.0	2.5~4.0	7~10	30~40	70~100

Tablo-1.3 : Alıcı mesafesi ve patlayıcı miktarı arasındaki ilişki.

### 1.4.3. Emniyet Derinliği

Patlama dolumunun en üstünden yer yüzeyine kadar olan mesafe patlatma üstü derinliği (blasting head depth) olarak alınır. Aşağıdaki formül emniyetli ve etkili bir patlatma üstü derinliğinin hesabında kullanılır.

$$\text{patlatma üstü derinliği (m)} = k \cdot \sqrt[3]{\text{patlayıcı miktarı (kg)}} \quad (8)$$

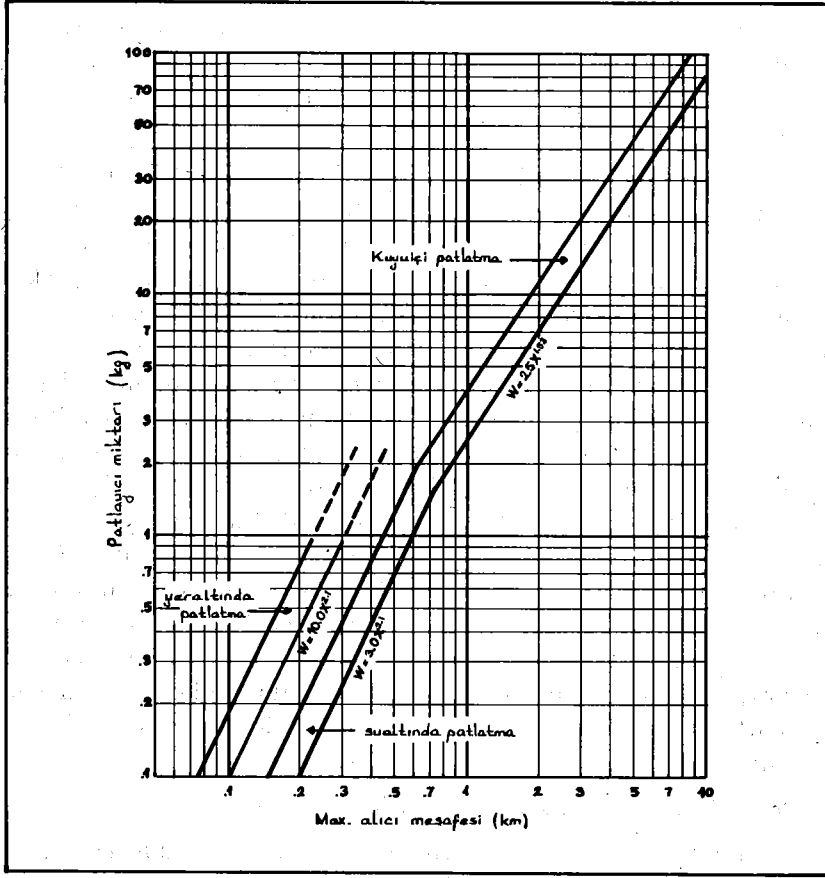
Formül (8)'deki k için jeolojik şartlara bağlı olarak farklı değerler verilir. Genelde 2 veya 3 değerleri kullanılır. Bu k değerlerinin her biri için hesaplanmış patlatma üstü derinliği değerleri Tablo-1.4'te verilmektedir.

		patlatma üstü derinliği (m)									
		0.1	0.2	0.5	1	2.5	5	10	20	50	100
k	2	4.0	4.2	4.5	2.0	2.7	3.5	4.5	5.5	7.5	9.5
	3	4.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.5	8.0	11.0	14.0

Tablo-1.4 : Patlatma üstü derinliği ve dolum miktarı arasındaki ilişki.

Kuyu içi patlatmalarda kullanılan derinlik, kuyu ile orantılı ve patlatma materyalinin uzunluğu patlatma üstü derinliğine eklenerek kullanılmalıdır.

Yeraltındaki patlatmalarda, patlatma üstü derinliğine elverişli bir kuyuya sahip olmak hemen hemen mümkün değildir. Bu gibi durumlarda uçan parçalara karşı koruma almalı veya levha kullanılması gereklidir.



Şekil-1.15 : Patlayıcıların miktarı ve maksimum alıcı mesafesi arasındaki ilişki.

## 2. Araştırma Örnekleri

### 2.1 Tüneller

"Society of Exploration Geophysicists of Japan" a ait tünel standartları ilkesi aşağıda verilmektedir:

"Kırılma yöntemleri sismik araştırmalarda kullanılan başlıca yöntemlerdendir. Sismik araştırma; jeolojik sınırların yeri, bozmuş tabakaların derinliği, faylar, kırık zonlarının ve diğer yumuşak tabakaların yeri, derecesi, genişliği vb. ile yüzey tabakaları içinde konsolide olmamış birikintilerin asıl derinliklerinin bulunmasında kullanılmış olmalıdır. Tüneller çevresindeki arazi yüzeyi üzerinde kırılma araştırması yapılırken, genel bir kural olarak (profil hatları çok büyük olduğunda uygulanmaz) jeofon aralığı 5-10 m olmalıdır. Ana profil

hattı, tünel ağzından yeterince uzak olmalı ve olası uzunluğu 150 m dahilindeki aralıklarda sınır patlatma noktaları kurulmalıdır. Tünel ağzı yanında ikincil bir profil hattı bulunduğuna göre, bir veya birden fazla her 500 m ana profil hattı için, ikincil profil hatları, ana profil hatlarından bir veya daha fazla olacaktır."

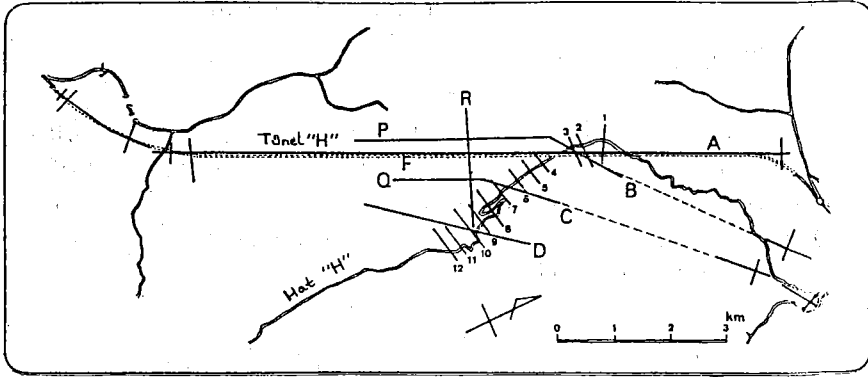
Profil hatları haritalara veya jeolojik incelemeler gibi ön araştırmalara dayalı olarak planlanmalıdır. Bir profil hattının serilmesinde en basit yol, onu, tünelin merkez hattına benzer yapmaktır. Kırılan dalganın ilk varışından beri seyahat yolu kaya içinden geçer ki bu çok kısa zaman alır, kırık zonları veya yumuşak kaya zonları merkez hattına paralel uzanırsa, araştırma yapılamaz. Keza, yeraltı yapılarının değerlendirilmesi gerçekten hatalı sonuçlanabilir ki profil hattının yanında veya aşağısında yüksek hızlı tabakalar olabilir, bu durumda, yüksek hız tabakası içinden geçen kırılan dalganın ilk kopuşu önce kaydedilmiş olacaktır. Bu çeşit hatalardan sakınmak için, işin bir düzeni olmalı ve buna ek olarak, bir profil hattı tünelin merkez hattına uygun, diğer profil hattı da buna dik olmalıdır. Fayların, bilindiği veya varsayıldığı durumlarda, profil hatlarının, vadi içerisinden, dağ geçitlerinden, düşey veya eğimli shaftlardan geçirilmesi arzu edilir. Çok önemli araştırmalarda; kullanılan diğer profil hatlarına oranla bazen ikincil araştırmalar oluşturulur veya sahalardaki en iyi araştırma için, profil hatları serilebilir, çünkü sahanın jeolojisi özel problemler paratabilir.

#### Örnek 1 : Özellikle Uzun Tüneller İçin Araştırma

Uzunluğu 13.7 km olan bir tünelin elastik dalga araştırması, toplam uzunluğu 36.5 km olan bir grup profil hattı kullanılarak tamamlanmıştır.

Fay hattı "H", 200 m veya daha geniş bir kırık zonuna sahip durumdadır. Bu araştırmaya göre, 300-600 m uzunlukta 12 profil hattı faya ters olarak serilmişlerdir.

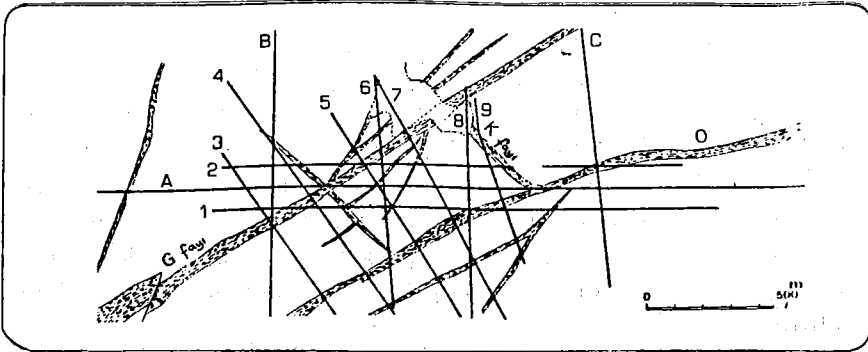
Buna göre, F.P.Q ve R profil hatları, sahada granit araştırması için, tasarlanmış tünelin, giriş yakınına serilmiştir. Önceden hazırlanmış bir hatla karşılaştırmak için, A,B,C, ve D noktaları hesaba katılmış ve bütün A hattı boyunca ölçüm yapılması kararlaştırılmıştır. (Şekil-2.1)



Şekil-2.1 : Uzun tünel için profil hat örneği

### Örnek 2 : Tünel Güzergâhında Fay Kırık Zonu Araştırması

Tünel güzergâhındaki fay kırık zonunun araştırılması için profil hatları serilmiştir. Sahada üç büyük fayın olduğu ve güzergâha diyagonal olarak çapraz durumda buldukları bilinmektedir. Ayrıca, bir profil hattı tünel güzergâhının ekseninde, ilave profil hatları merkez profil hattının 75 m her iki yanında, 1.6 ve 1.8 km uzunluk içinde serilmişlerdir. İlave olarak, ikincil profil hatları merkez hattına çapraz ve 5 diğer ikincil profil hattı ana fay tabakasına çapraz ve toplam 6 km uzunlukta serilmişlerdir(Şekil-2.2)



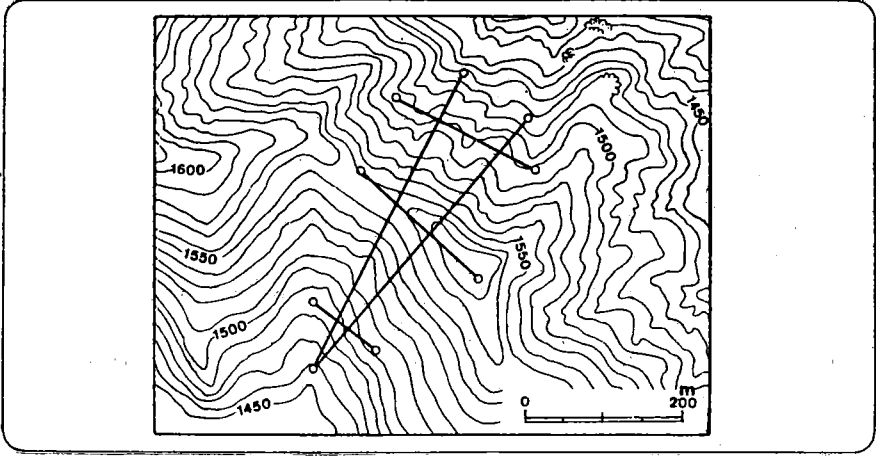
Şekil-2.2 : Tünel güzergâhında kırık zonu araştırması için profil hatları örneği.



### Örnek 3 : Karşılaştırmalı Tünel Güzergâh Araştırması

Bir karayolu tünelinin (orman içinde) planlanmış iki güzergâhını karşılaştırmak için profil hatları serilmiştir.

Profil hatları her bir güzergâh boyunca, keza 3 ikincil profil hattı güzergâha çapraz açılmışlardır. Tünel uzunluğu 400 m'dir. Profil hat uzunlukları : (No.1) 414 m, (No.2) 420 m, (No.3) 100 m, (No.4) 200 m ve (No.5) 200 m olup, toplam 1.334 m.'dir. Zemin tüf çakıldan ibaret olup, maksimum örtü kalınlığı 100 m.'dir(Şekil-2.3).



Şekil-2.3 : Tünel güzergâh araştırmasında örnek profil hatları.

### 2.2 Baraj Sahaları

Baraj sahalarındaki elastik dalga araştırmalarının başlıca amacı, baraj temelinin zemin yapısının kalitesiyle ilgilidir. Bu, özellikle, nehir yatağı birikintilerinin, kum ve çakıl taraçalarının ve şev birikintilerinin kalınlıklarının hesabı; bozmuş tabakalar ve aşınmış kaya miktarı ve kalınlık hesabı; fay kırık zonu büyüklüğü ve yerinin hesabını ifade etmektedir. Ayrıca, eğer su sızıntısı olası ise bu topoloji ve jeolojik şartlara bağlı olup, su taşkın dönemleri, heyelanlar vb. araştırmalar planlanmış olmalıdır.

Çok defa, baraj sahaları için profil hatları, sahanın merkez hattı üzerine serilir (kabaca nehre dik açılarda). Buna paralel diğer profil hatlarının bir kısmı sahayı örtecek yeterli bir dizilim içinde serilirler. Keza, bunlara dik açılarda (nehir yönünde) profil hatlarının bir kısmı, dağ yamaçları boyunca, nehrin her iki yanında, tasarlanan en yüksek su

kesiminin nehir tabanından uzanımına serilirler. Bazen araştırma, ağ şeklinde baraj sahası üzerine serilerek yapılır. Sondaj (elastik dalga incelemesi önce veya sonrasında), araştırma galerileri (normal olarak elastik dalga incelemelerinden sonra yönlendirilir) vb. gibi diğer araştırma şekillerinin verileri ve bu ağ ile profil hatları uygun olduğunda, o, gerçek araştırma prosedürüne benzer, genellikle, profil hattı aralığı 30-100 m'dir. Her bir profil hattının baraj sahası sınırlarından öteye uzanması gereklidir ki, bu araştırma sırasında belirlenir. Buna ek olarak, profil hatları, dolgu barajlarda su yolları veya kemer barajlarda ayaklar boyunca serilir. Baraj Temelleri İçin Saha Araştırma Standartları (Japan Large Dam Conference'da telif edildi)'na göre "Baraj sahaslarında araştırmaların oluşturulmasında başlıca, elastik dalga yöntemi kullanılır. Elastik dalga araştırmaları sırasında, jeofon aralığı 5 m veya 10 m, patlatma aralığı 25 m veya 110 m; getirilir ki bu da, arzu edilen araştırmadır." Ayrıca "10 m'lik aralıklarda yer alan hatlar ile kafes tipi bir profil hattı oluşturulması kullanışlı olmaktadır. Jeolojik şartlara ve barajın tipine bağlı olarak, yerler planlanmış olmalıdır ki orada, çok ayrıntılı bir araştırma istendiğinde, ağ tipi aralıklar küçültülür."

#### Örnek 1 : "A" Baraj Sahası Araştırması

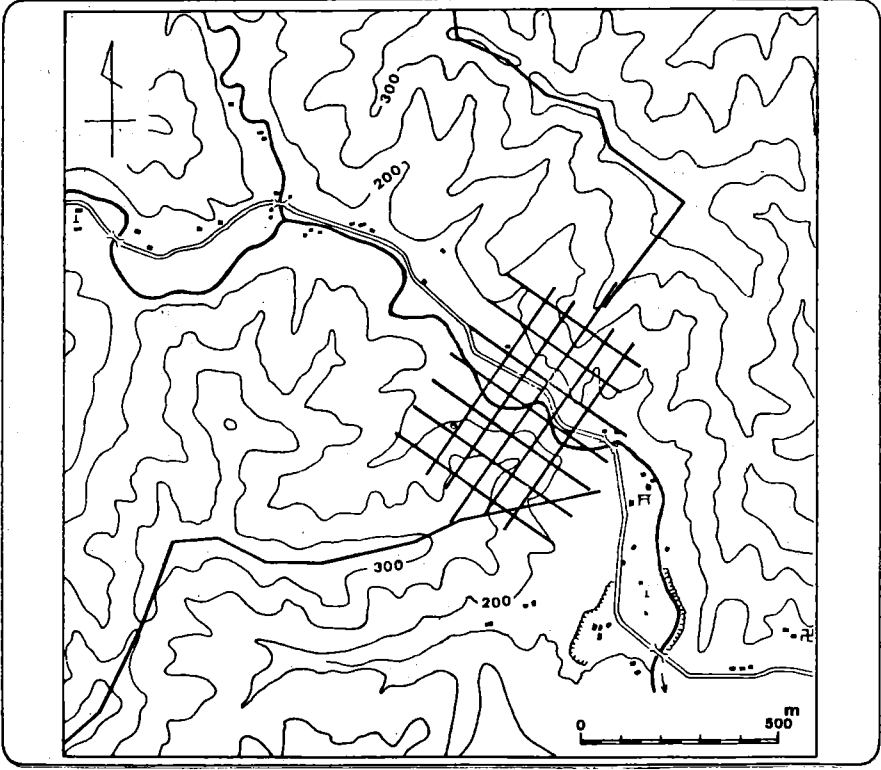
Baraj projesi : yaklaşık 100 m yükseklik, kaya dolgu tipi

Zemin tipi : paleozoyik

Kullanılan inceleme hattı, sahanın merkez hattına uygun ve yeri kesin olarak bilinmekte olup, profil hattı 720 m serilmiştir. Sonra, dört 480 m'lik profil hattı bu hattın her iki kenarına, iki adet ve paralel olarak, 60 m'lik aralıklarda serilmişlerdir. Daha sonra, bu profil hatlarına dik açıda, yedi adet 480 m'lik (veya 400 m) profil hatları 80 m'lik aralıklarda serilmişlerdir. Böylece, baraj sahası, gerektiği gibi kaplanmıştır. Profil hatlarının toplam uzunluğu 6,160 m'dir.

Belirlenen en yüksek su sınırı + 260 m'dir. Çünkü, baraj sahasının her iki yanındaki sırtlar 300 m yüksekliktedir, belirlenen sızıntıya karşı tedbir amacıyla sırtlar etrafında özel bir araştırma planlanmıştır. Profil hat uzunluğu sağ set üzerinde 1,800 m; sol set üzerinde 1,550 m'dir.

Alıcı nokta aralığı 5 m'dir. Patlatma noktası aralığı 50 m'dir fakat bazı durumlarda uzak patlatma noktaları da ilave edilmiştir. (Şekil-2.4).



Şekil-2.4 : "A" Baraj sahasında profil hatları.

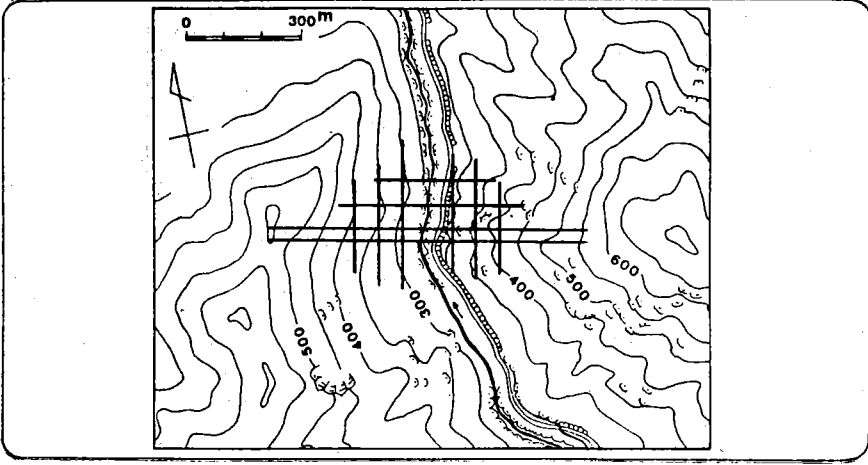
#### Örnek 2 : "B" Baraj Sahası Araştırması

Baraj Projesi : ortalama yükseklik 150 m, kaya dolgu tipi

Zemin tipi : paleozoyik (arduvaz, diyabaz tuf, çört) akıntıyla aynı yönde bir dizi fayı kapsar.

Saha inişli, çıkışlı olup, bir çok yerde, birdenbire çıplak kaya yüksek kotlara ulaşır. Araştırmanın amaçları, ayrılmış kaya tabakalarının kalınlığı, kayanın tipi, fayların devamı vb.'dir. Her biri 400 m uzunluktaki iki profil hattı, aralarındaki açıklık 40 m olarak, projelendirilen barajın üzerinde, 400 m uzunluğundaki merkez hattı boyunca serilmişlerdir.

Ayrıca, 60 m aralık ile 2 profil hattı akıntının aşağı kısmı üzerine ve 3 profil hattı her bir set üzerine araları 60 m ve toplam uzunluğu 4,100 m olmak üzere, tümü 10 profil hattı serilmiştir. Alıcı nokta aralığı 5 m, patlatma noktası aralığı 50 m'dir. (Şekil-2.5).



Şekil-2.5 : "B" Baraj sahasında profil hatları.

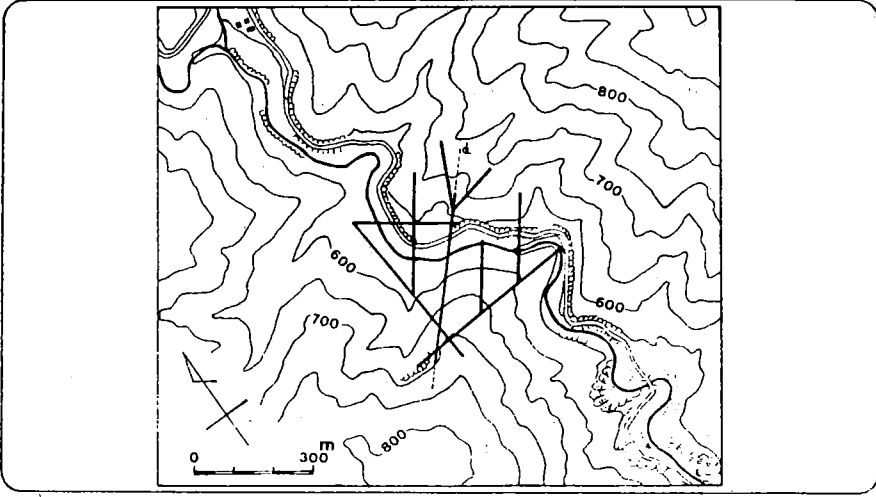
### Örnek 3 : "C" Baraj Sahası Araştırması

Baraj projesi : ortalama 120 m, kaya dolgu tipi

Zemin : granodiyorit ve porfirite

Araştırmanın amaçları, merkez hattı boyunca zemin temelinin kaya tipini ortaya çıkarmak ve ayrılmış tabakaların ve diğer depozitlerin kalınlığını bulmak, kaynak ve akış taraflarının her ikisi üzerindeki kaya temel içeriğidir. Profil hatları projelendirilen merkez hattı boyunca serilmişlerdir, fakat sakınılan bir vadinin karşılıklı sırtlarına (depozitlerin ve ayrılmış tabakaların varlığını değerlendirmek için) bölünmüş, sol set üzerinde keskince, ana hat dışında çatallanmıştır. Ayrıca, 200-500 m'lik profil hatları, nehir yatağı depozitleri ve sağ set üzerinde kalın bir ayrılmış yamaç bölgesi üzerinde serilmişlerdir. Tamamı 9 profil hattı serilmiş olup, toplam uzunluk 2,600 m'dir.

Alıcı nokta açıklığı 5 m, patlatma noktası açıklığı 55-60 m'dir. Bununla beraber, orta açıklık (25-30 m) yüzey tabakası ölçümü için patlatma noktalarının yerleştirilmesi esasları içinde kullanılmıştır. (Şekil-2.6)



Şekil-2.6 : "C" Baraj sahası için profil hatları.

### 2.3 Heyelanlar

Heyelan araştırmalarında, heyelan yönündeki kırık zonlarının yerinin, fayların ve heyelanın şeklinin, derinliğinin bulunması önemlidir ve, çok açık olarak, heyelana neden olan etkenler, ayrışma, kırıklılık, temel zemini içinde yumuşak zemin varlığı ve yüzey tabakası tortulları nedenlerinden biri veya bir kaçı olarak saptanmıştır.

Profil hatları, aşağıdaki heyelanın yönünde çoğunlukla kafes şeklinde veya yelpaze şeklinde düzenlenerek geniş bir sahaya tanzim edilir. Onlar, en sık, yerin eğimi boyunca, tabakaların yönü boyunca veya yamaçlar yönünde yerleştirilirler.

Bir veya bir çok profil hattı, heyelanın en üstünden, formasyonun en üstüne kadar geçen bütün rol boyunca, devam etmiştir. Keza, heyelanın alanını boydan boya çevreleyecek bir dizi profil hattının yerleştirilmesi gereklidir.

Çoğunlukla, uzun, dar vadilerdeki heyelan sahalarında, gerekli uzunlukta bir ana profil hattı, tabakaların yönüne, yamaç gidişine veya bu serilime ters ikincil profil hatlarının sayısına bakmadan, aşağıdaki gibi, heyelan merkez hattına serilir.

## Örnek 1 : Geniş Yayılımlı Heyelan Araştırması

Yükseklik 100 m veya daha azdır.

Sahanın her yerinde bir çok kuzey-güney yönlü bataklıklar ve çukurluklar bulunmaktadır ki bunlar eski heyelan sahası kalıntıları olarak fikir vermektedirler. Sahanın üst kısmındaki moloz yığın-tısı dışı doğru öteleme göstermektedir. Bu heyelan sahası kabaca; zeminin sıkışmasıyla kemer şekline dönüşmüş kısım, yumuşak eğimli kısım ve keskin eğimli kısımdan ibarettir.

Zemin başlıca, tersiyer meosiyen tüf ve çamur taşından ibarettir. Tabakalar genellikle kuzey-güney doğrultulu, eğimleri batıya doğru iken; fayların çoğunluğu hemen hemen kare şeklinde kuzey-güney yönlüdür. Tüf kil içinde metamorfize olmuş (görünüşü talka benzer) kaya çok dağınık bir hale gelmiştir. Bu kaya birçok çökme zonlarını kapsar. Blok A, heyelanlar ile çok aktiftir ve kolluvial zemin ile dolmuş olan çatlakları meydana getirir. Ayrıca, en üstteki dik yamaçlı saha, aşırı ayrışma göstermektedir.

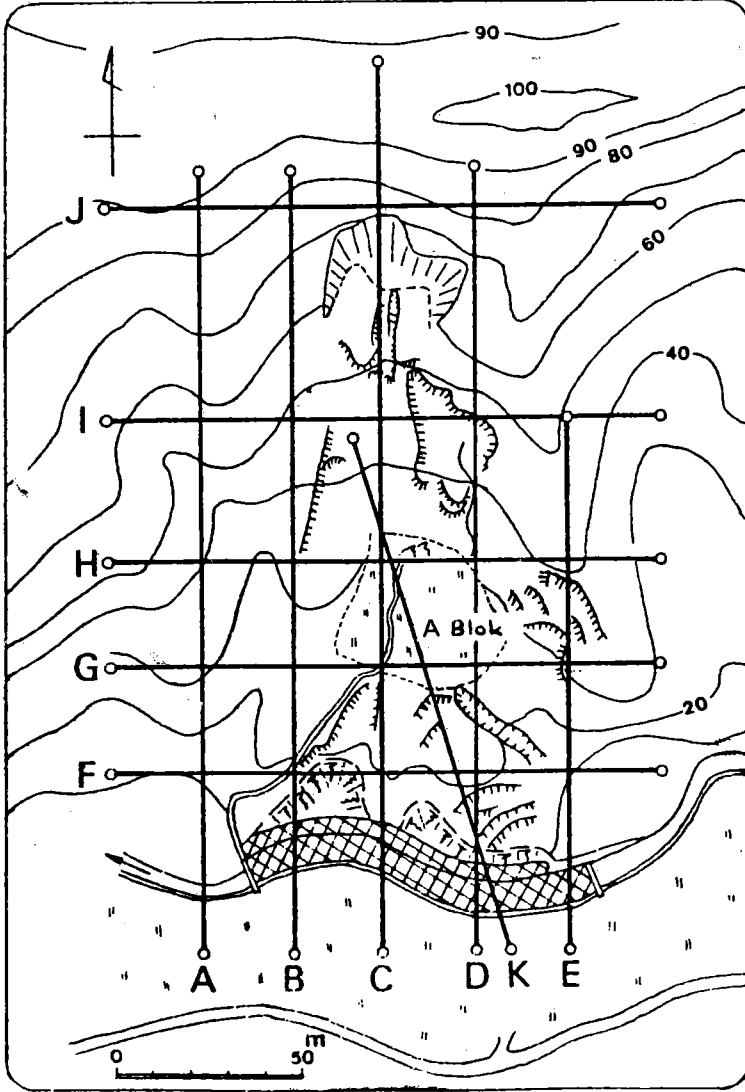
Araştırmanın amacı, kayadaki düşük hız zonlarının dağılımını, kayanın durumunu, sahanın jeolojik yapısını ve yapının hızı arasındaki ilişkileri teşhis ederek, heyelanların mekanizmasının, nedenlerinin önlenme yollarının bulunmasıdır.

Aktif heyelan sahasının tasarlanabilmesi için, 25 m aralıklarla 5 kuzey-güney yönlü hat, ayrıca, 5'i doğu-batı ve biri Blok "A" içinde olmak üzere toplam 11,960 m uzunlukta ve toplam 11 profil hattı serilmiştir. Alıcı nokta aralığı 5 m, patlatma noktası aralığı 20-30 m'dir. (Şekil-2.7)

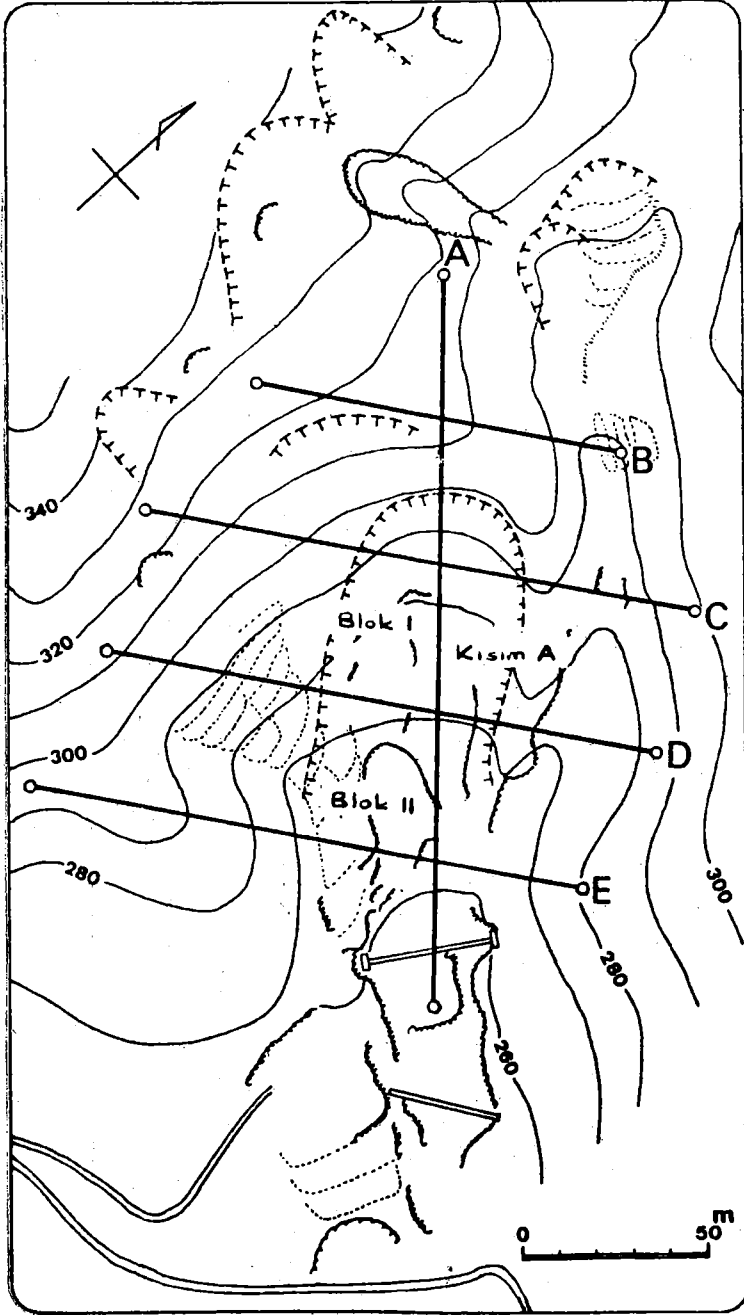
## Örnek 2 : Uzun ve Dar Heyelan Araştırması

Bu heyelanlar, yumuşak eğimli, yüzeyi çok engebeli, çok fazla bozulmuş, yumuşak zemin yükselme sahası, sedimantasyon alanı gibi sahanın altında çok dik uçurlukları içerir. Saha uzun ve dar olup genişliği 45 m, uzunluğu 120 m'dir. Zemin, tersiyer meosiyen tüftür, üzeri breş, silt ve kil tarafından örtülmüştür. Araştırmanın amacı, heyelan önleme yöntemlerini incelemek, heyelanların mekanizma ve nedenlerini bulmaktır. Araştırma Kısım A üzerinde ve çevresinde merkezilenmiştir. Kısım A, Blok I (ana heyelan hareket bloğu) ve Blok II'yi (ikincil heyelan hareketi, heyelanın orta ve son kısımları; yüksek kayma potansiyeline

sahip) kapsamaktadır. Beş profil hattı serilmiştir. Bunlar toplam 750 m uzunluğa sahip olup, heyelan yönünde ve ona dik olarak uzanmaktadır. Profil hat aralığı 40 m, alıcı nokta aralığı 5 m ve patlatma noktası aralığı 30-40 m'dir. Uzak patlatma noktaları da kullanılmıştır.



Şekil-2.7 : Geniş yayımlı heyelan sahası için profil hatları



Şekil-2.8 : Uzun, dar heyelan bölgesi için profil hatları.

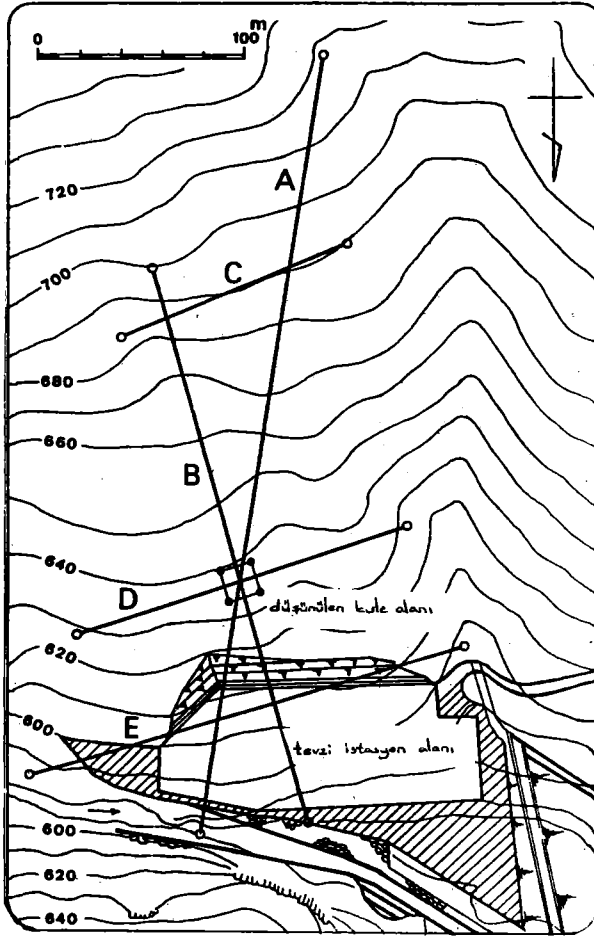


## 2.4 Yapı Temelleri (Boruhatları, Güç Merkezleri, Vb.)

Boruhatları, güç merkezleri, kuleler vb. gibi yapılar için zeminlerin araştırılma amacı, altere zonların, fayların dağılımının, ayrılmış zemin kalınlığının, birikintilerin yayılımının, kalınlığının ve diğer dağılım karakteristiklerinin vb. bulunmasıdır.

Zeminlerde ön hazırlık için, yamaç düşmesi ve çökme olasılıkları nedeniyle, ayrılmış, yumuşak tabakaların ve birikintilerin dağılımının bilinmesi gereklidir.

### Örnek 1 : Tevzi İstasyon Alanı Araştırması



Şekil-2.9 : Tevzi istasyon araştırması için profil hatları

Yamacın kesmesi kuzeye eğimli olup, tevzi istasyonu inşaatı için zeminin bazı kısımlarının ön hazırlığı yapılmıştır. Yaklaşık 40 m yüksekliğinde, büyük boyutlu bir radyo röle kulesi, saha üzerine inşa edilecektir. Araştırma, eğimli yüzeyin stabilitesinin hesaplanmasına yönlendirilmiştir.

Zemin, başlıca Sanbagawa metamorfik kuşağına ait siyah ve yeşil kaya parçalarını içerir. Tabakalar doğu-batı yönlü, eğim kuzeye doğru ve eğimle bağlantılı bir potansiyel kayma tabakası oluşumludur. Yamaç yukarısında, kalın moloz birikintilerinin yayılma uzanımının oldukça fazla olduğu düşünülmüş ve ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, bu moloz konik birikintilerinin altında bir fay ortaya çıkarılmıştır. Böylece, bu birikinti kalınlığının hesaplanması, fayın varlığının kuvvetlendirilmesi ve gereği gibi bir saha araştırması planlanmıştır.

Toplam profil hat uzunluğu : 1,170 m

Alıcı nokta aralığı : 5 m

Patlatma noktası aralığı : yaklaşık 50 m

(Şekil-2.9)

#### Örnek 2 : Su Kanalı Araştırması

Tasarlanan alan, kuzeye doğru eğimli, dik yamaç sırtı üzerine yerleştirilecektir. Araştırmanın amacı, kaya şartlarının ve birikintilerin kalınlığının bulunmasıdır. Zemin, Tedor Grubu'na ait, kumtaşı ve şeylden ibarettir. Bu şekiller hemen hemen düz bir eğimdedir.

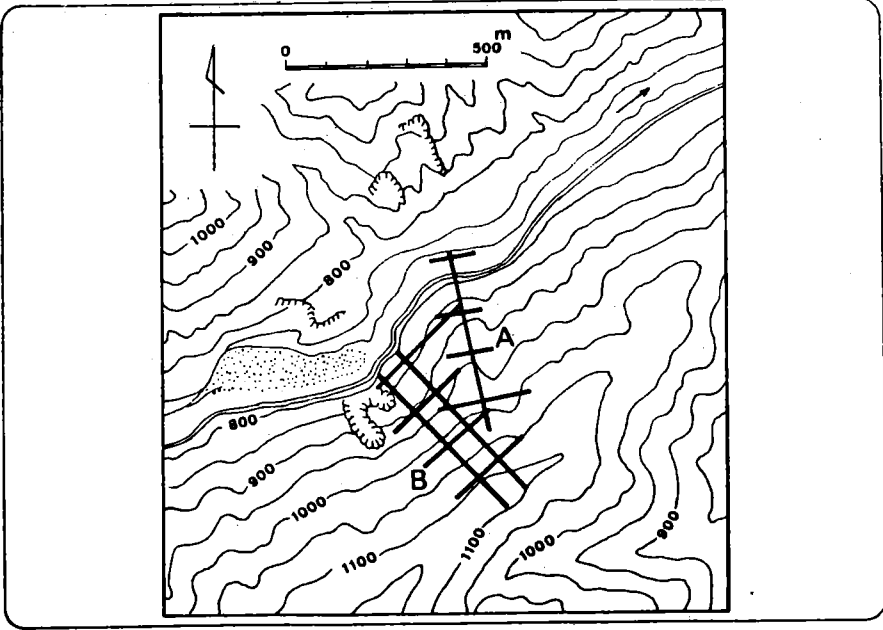
Profil hattı, düşünülen su yolu sahası üzerinden geçerek uzanmakta olup 100 m uzunluğunda serilmiştir. Ayrıca, 4 profil hattı, bu hatta dik olarak serilmişlerdir. (Şekil-2.10'da "A"). Profil hatlarının toplam uzunluğu 1.000 m'dir.

Sonra, düşünülen su yolu sahasının batı yamacındaki ("B") kayma hareketi göz önüne alınarak, aynı sahada, kafes şeklinde profil hatları serilmiştir. Aynı zamanda, yamacın üstünde bir fayın olduğu görülerek, dikey profil hattı, yamaç sırtı boyunca uzatılmıştır. Uzak patlatma noktası da, yamaçta, profil hatının sonundan 100 m'ye kurulmuştur. Toplam profil hat uzunluğu : 1,000 m + 2,100 m = 3,100 m

Patlama noktası aralığı : yaklaşık 50 m

Alıcı nokta aralığı : 5 m

(Şekil-2.10).



Şekil-2.10 : Su kanalı araştırması için profil hatları

## 2.5 Taşocakları

Beton için agrega, küçük malzeme, kaya dolgu barajlarda kullanılan taş vb. malzeme örnekleri taşocağından çıkartılır. Bu malzemelerin tabiatı hakkındaki ayrıntıları bulmak için malzeme testleri yol gösterici olmalıdır. Bununla beraber, kullanılacak malzemenin toplam miktarını bulabilmek için sismik araştırma gerçekleştirilir.

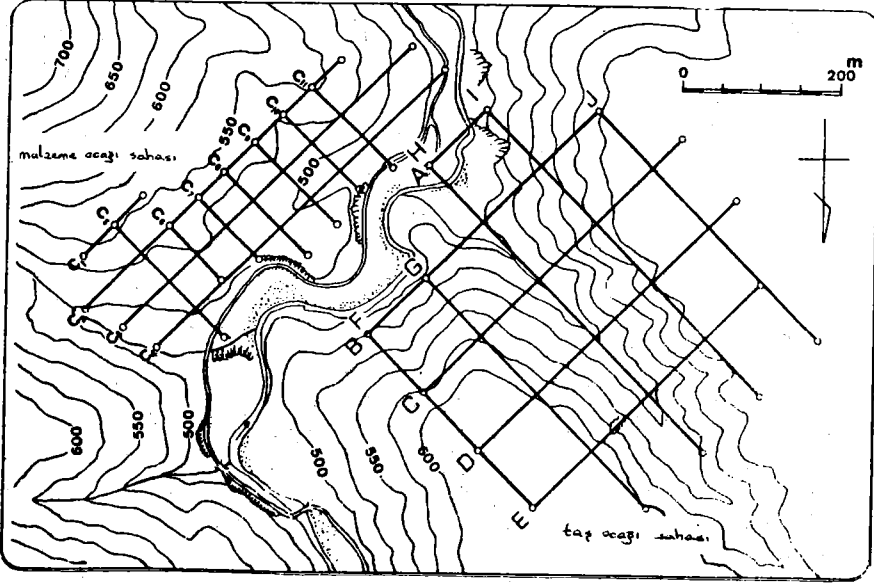
Kullanılacak olan dolgu malzemesinin miktarına göre, profil hatları düzenlenir. Örneğin 100 m'lik bir enine profil hattı alınması ve bu hatta dayanarak enine görünüşten hacmin hesaplanması yöntemlerden birisidir. Böyle bir durumda, dikey yöndeki ikincil profil hattı, enine hatlara bağlantılı serilir. Her bir hız tabakası için kalınlık veya yükseklik konturu aracılığı ile küçük malzemenin hacmi hesaplanacağı zaman kafes tipi düzenleme en iyi kullanımdır.

### Örnek 1 : Taşocağı Araştırması

#### 1) Taş araştırması

Şeklin sağ tarafındaki saha bir kaya dolgu barajı için gerekli taşın 3,000,000 m<sup>2</sup>'sini işleme amacıyla sismik araştırmanın yapıldığı sahayı

göstermektedir. A-E enine profil hatları ara açıklıkları 100 m'dir. A, 100 m; BE 400 m; CD 450 m uzunluğundadır. F-J ikincil profil hatları, bu hatlara diktir ve 300-500 m uzunluğundadır. Toplam profil hat uzunluğu 4,000 m'dir (Şekil-2.11).



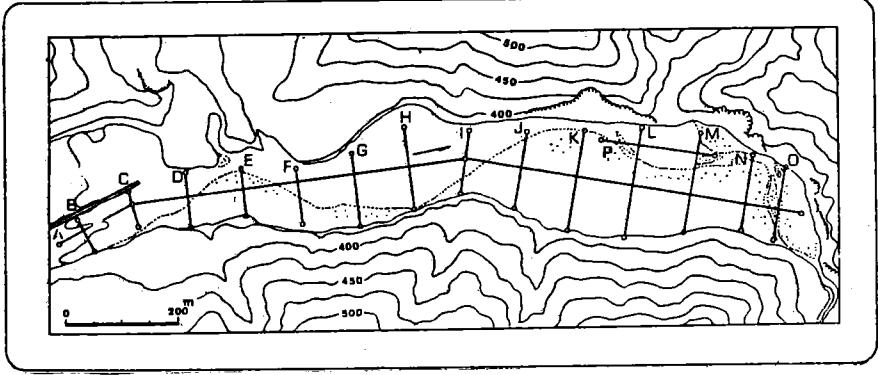
Şekil-2.11 : Küçük malzeme ve taşocakları için profil hatları.

## 2) Küçük Malzeme Araştırması

Şeklin sol kısmında, hafif eğimden dolayı toplanmış olabilecek küçük malzeme miktarını hesaplamak için bir araştırma örneği vardır.  $C_I - C_{II}$  profil hatları birbirlerinden 50 m aralıktır. Toplam profil hat uzunluğu 2,555 m'dir. Sondaj karot örnekleri, elastik dalga hızı ve karakteristik verileri toplanarak küçük malzeme kalınlık konturları v emalzemenin miktarı hesaplanmış, bir araya getirilerek tarik edilmişlerdir. (Şekil-2.11)

## Örnek 2 : Nehir Yatağı Çakıl Araştırması

Bu, nehir yatağında birikmiş çakıl miktarının araştırmasıdır. 1,300 m'lik A profil hattı, nehir merkezi boyunca uzatılarak serilmiştir. Ondört profil hattı, B ile O arasında, yaklaşık 100 m aralıklarda, 150 m ilâ 250 m uzunluğunda ve A profil hattına dik olarak serilmişlerdir. Sonuç olarak, 200 m'lik P profil hattı, akıntı yönünde, nehrin açık kısmında serilmiştir. (Şekil-2.12).



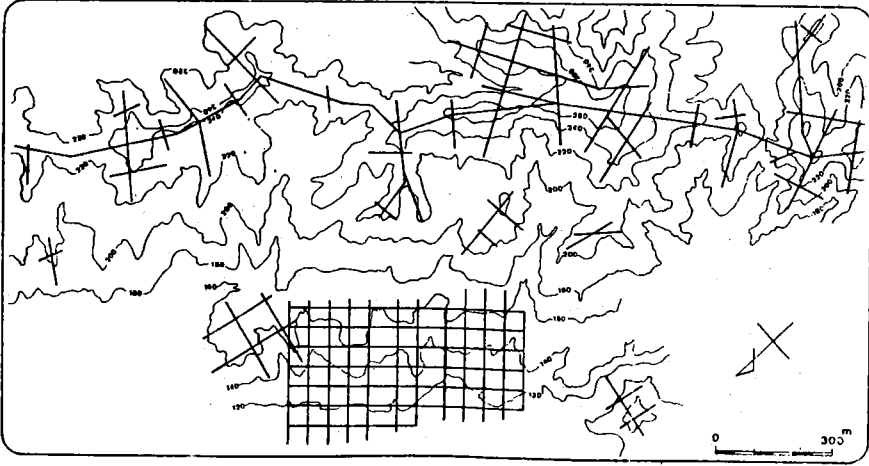
Şekil-2.12 : Nehir yatağı çakıl araştırması için profil hatları

## 2.6 Arazi İyileştirimi

Arazi iyileştiriminde, elastik dalga araştırmalarının ana amacı, yumuşak tabakaların dağılımının ve sökülebilirliğinin bulunmasıdır. Kaya yüzeyine yakın tabakalar, ayrılmış tabakalar, yüzey birikintileri gibi nisbeten sıg tabakaların önceden araştırılmasını kaysamaktadır. Daha sonraki araştırmalar, potansiyel heyelanların yaratmış olduğu doğal durumdaki, işlenmiş dolgu malzemeleri ile aynı zamanda yerleşim yasaklarının uygulandığı sahaları oluşturur.

### Örnek 1 : Dayanımlı Sahaların Araştırılması

Şekildeki saha büyük ölçekli bir yerleşime uygun inşaat sahası olup yaklaşık olarak 2 km x 1 km kapsamındadır. Şeklin üstünde yer alan sırtlar kuzeydoğu güneybatı yönlü (yaklaşık yükseklik 240 m) iken kuzeybatı tarafı (şeklin tabanını kaylayan) yumuşak eğimli bir saha şeklindedir. Bölgenin sökülebilirliğini hesaplamak için, ana profil hattı sırtlar boyunca ve ikincil profil hatları ise tali sırtlar boyunca serilmiştir. Şeklin alt merkez kısmında projelendirilen set sahası, pirinç çeltik tarlaları, havuzlar, teraslar vb. kapsamaktadır.



**Şekil-2.13 : Yerleşim sahası inşaatı için profil hatları**

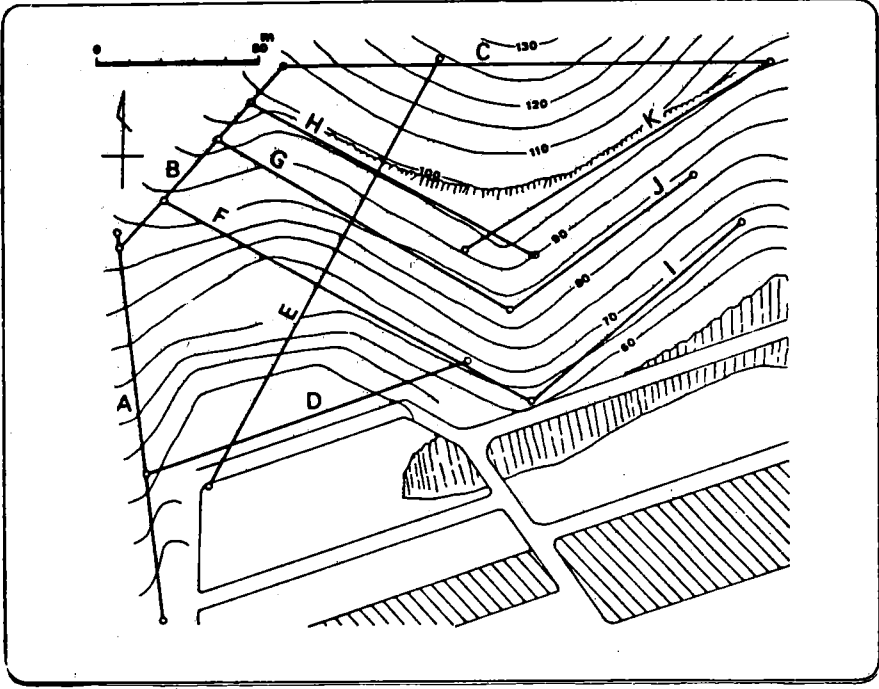
Dolgudan önce zemini araştırma amacı ile, ağ şeklinde 300 m genişliğinde ve 600 m uzunluğundaki profil hatları 50 ile 70 m aralıklar ile serilmişlerdir. Prensipten alıcı nokta aralığı 5 m ve patlatma noktası aralığı 50 m'dir. (Şekil-2.13)

#### Örnek 2 : Yamaç Araştırması

Bir dağın tabanından kesilip atılarak oluşturulmuş yerleşim sahasının arkasında kalan yamaçın araştırma örneği şekilde gösterilmiştir. Zemin aşırı kırıklı şeyl fillittir. Aşınma içinde olan zeminin dayanımsızlığı bekleneneğinden buradaki araştırmanın amacı stabilizasyon planına ulaşmada esas malzemenin sağlanmasıdır. Alıcı nokta aralığına prensipten 5 m'de, patlatma noktası aralığına ise 25 m'de başlanmıştır.

#### 2.7 Çukurlar ve Boşluklar

Boşluk ve çukur (veya mağara-Çev. Notu) araştırmalarının amacı, yeraltı tünellerini, terk edilmiş kömür madenlerini, sarkıt mağaraları vb. içerir. Bu araştırmalara çukurun derinliği, devamlılığı, topolojisi, şekil ve boyutu vb. gibi bir çok faktör etki eder. Çukurların sismik araştırmaları planlanacağı zaman, genellikle, boşluk içinden geçen dalgaların yol zamanlarındaki yavaşlama ve kırılma analizlerinde çukur sonucu oluşan düşük hızlı sahaların karşılaştırılması gibi bazı teknikler kullanılır.



Şekil-2.14 : İyileştirilmiş sahanın eğim araştırması için profil hatları.

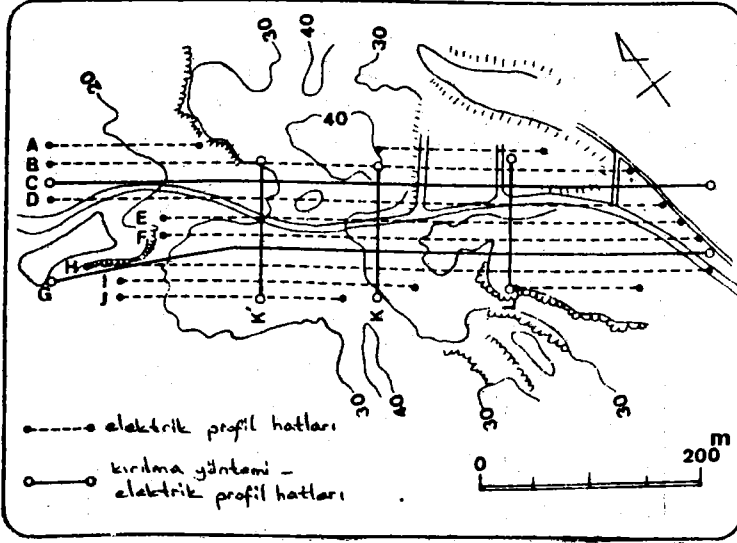
Doğrudan veya kırılan dalgaların ilk kopmalarının yanında dalga şeklinin eğimi üzerindeki yoğunlaşmalar araştırmanın diğer bir şeklidir. Araştırma koşullarına bağlı olarak genelde, kuyu içinde yelpaze atışı uygulanır veya elektriksel araştırma vb. gibi tamamlayıcı araştırma yöntem tipleri kullanılır.

#### Örnek 1 : Terkedilmiş Kömür Madeni Araştırması

Kömür, ana galerideki malzemelere dokunulmadan, yeraltından hafredilerek çıkarılmıştır. Çıkarma, 8 - 10'lik eğimde, 10-15 m'lik derinlikte tamamlanmıştır. Daha aşağıda bir çok boş maden kuyusu bulunmakta olup orada sızıntı vardır. Saha tepelik, 20-40 m yükseltilidir. Formasyon Paleojenik, kömür oluşuklu kumtaşı ve şeyldir. Araştırmanın amacı, göçükler olabileceği için, eski ocakların yerlerini hesaplayarak, yol için yeni bir güzergâhın belirlenmesidir. İki 600 m'lik profil hattı mevcut yolun her iki yanında serilmiştir. Üç 90 m'lik profil hattı, bu hatta dik olarak serilmiştir, 5 hattın toplamı 1,470 m'ye varmakta olup, kafes

şeklinde dirler. Diğer yöntemlerin yapısında olduğundan, bu araştırmada, yukarıdaki profil hatları kullanılır. Bununla beraber, sismik kırılma uygulamaları sırasında, gereksinim duyulduğunda hatların sayısının iki katı bizzat kullanılmıştır. Alıcı nokta aralığı 5-7 m, patlatma noktası aralığı yaklaşık 60 m'dir.

#### Ek Açıklamalar



Şekil-2.15 : Eski maden ocağı araştırması için profil hatları.

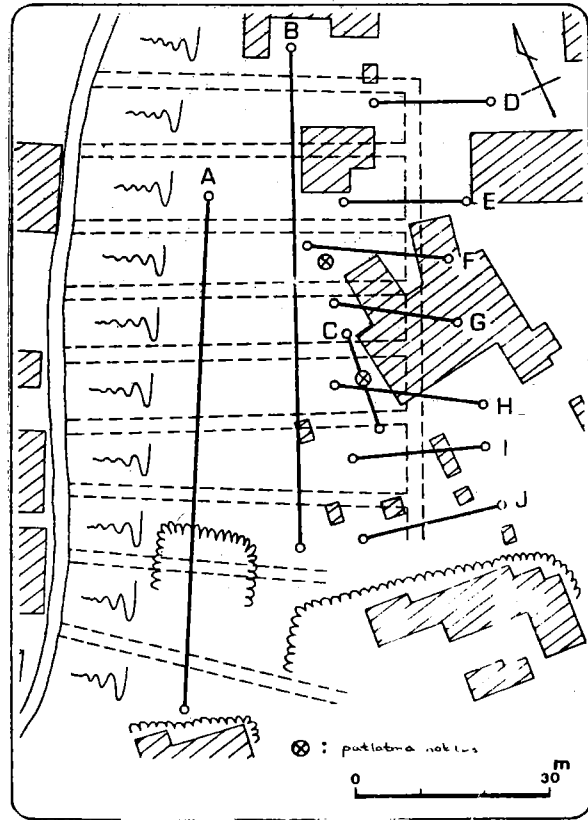
Bu araştırmada, normal kırılma analizi tamamlanmış, ve aynı zamanda : (1) Kırılma dalgaları ilk varışlarının hakim frekansları araştırılmıştır. (Dalgaların frekanslarının boşlukların içinden geçerek, yüzeye ulaşmalarının zaman olarak oldukça uzun olduğu göz önüne alınmıştır.); (2) Kırılma dalgalarının ilk varışı ve ortalama hızlar, yelpaze atışlı kırılma yöntemi profil hatlarında kullanılarak araştırılmıştır. (3) Elektriksel profil açılımı (2 elektrot yöntemi, a : 5, 10, 15, 20 m) A-J kırılma profil hatlarına, bütün saha üzerinde yol gösterici olmuştur. (Şekil-2.15)

#### Örnek 2 : Yeraltı Tünel Araştırması

Araştırma sahası, düz bir kıyı boyu taraçasıdır. Yeraltı tüneli serilerine giriş taraçanın yamacı üzerindedir. Çakıllı silt veya kil



tabakalarının hafriyatı yanal olarak tamamlanmıştır. Galeriler 2x2x50 metre, yaklaşık 10 metre aralık ve yüzeyden ortalama 12 metreye yerleştirilmiştir. Peşpeşe dizili tünelleri birleştirme hafriyatında ahşap kaplama kullanılmıştır. Bazı yerler üst yüzeyin göçmesi nedeni ile, sonradan tekrar doldurulmuştur. Araştırmanın amacı, boşlukları doldurmak için tünelleri bulmaktır ki bu yekleşim sahasındaki zemini destekleme projesinin bir kısmıdır. Çöküntü alanlarının ve maden girişlerinin incelenmesindeki bilgi kullanılarak, tünellere dik, 80 m uzunluğunda 2 profil hattı ve birleştirme tünelinin yolunu tesbit etmek için 20 m'lik profil hatları serilmiştir. Toplam 10 hat olup, bütün uzunluk 320 m'dir. Jeofon aralığı 2 metredir. Sismik kaynaklar araştırma sahasının merkez kısmında açılan iki kuyunun tabanına yerleştirilmiştir. (Tünelin derinliğinin iki katı derinlikte). Profil hatları ve sismik kaynak arasındaki ölçüm, yelpaze atışı kullanılarak yönlendirilmiştir. Boşlukların tanımı, yol zaman gecikmeleri tanımlanarak yapılmıştır. (Şekil-2.16)



Şekil-2.16 : Yeraltı tüneli

## Sonsöz

İnşaat mühendisliği araştırmalarında yaygın olarak kullanılmakta olan ve sismik kırılma uygulamaları üzerine bir çok yayın, uzun zamandan beri yayınlanmaktadır. Ne var ki, patlatma noktalarının yerleştirmesi ve profil hatlarının serilmesi gibi araştırma planlanmasına bu şekilde bir bakış hiçbirinde yer almamıştır. Bu nedenle, SEGJ, 1978 Temmuz'unda "Civil Engineering Seismic Prospecting Research Committee"yi kurmuştur.

Komite, 1979 Haziran sonuna kadar periyodik olarak 12 defa toplanmıştır. Bu makale sonuçtur.

Bu makalenin, sadece elastik dalga araştırmalarında çalışan mühendisler için değil aynı zamanda konuyla bağlantılı jeoloji mühendisleri gibi inşaat mühendislerinin de referans olarak kullanılabileceği beklenmektedir.

ULUSLARARASI PORTOPIA' 81 FUARININ UZAY KAFES  
KABUĞUNUN TASARIMI, STATİK VE DİNAMİK  
ANALİZİ, İNŞAATI

Masao Saituh  
(Assoc. Prof.)  
Fumio Kuroki  
(Assistant)

Tokyo Üniversitesi  
Bilim ve Teknoloji Koleji  
Mimarlık Bölümü  
Tokyo, JAPONYA

ÖZET

İçinde çeşitli faaliyetlerin yer aldığı Uluslararası Portopia'81 Fuarı'nı örten kabuk çatı dört kolonla mesnetlenmiş ve MERO sistemi ile oluşturulmuş bir uzay kafes sistemidir.

Uzay kafeslerin yapısal karakteristikleri üzerinde etkili olan genelde üç temel faktör vardır. Bunlar, a) Şekil (Form), b) İç Yapı, c) Birleşimler dir.

Büyük konsol kabuklar ve noktasal mesnetlerin özelliğinden dolayı, deprem'lerin yukarı aşağıya hareketinden doğan sismik kuvvetler ve kuvvetli rüzgârların dinamik etkileri yapısal davranışta çeşitli problemler meydana getirir. Bu amaçla deneysel ve nümerik analizler yapılmaktadır.

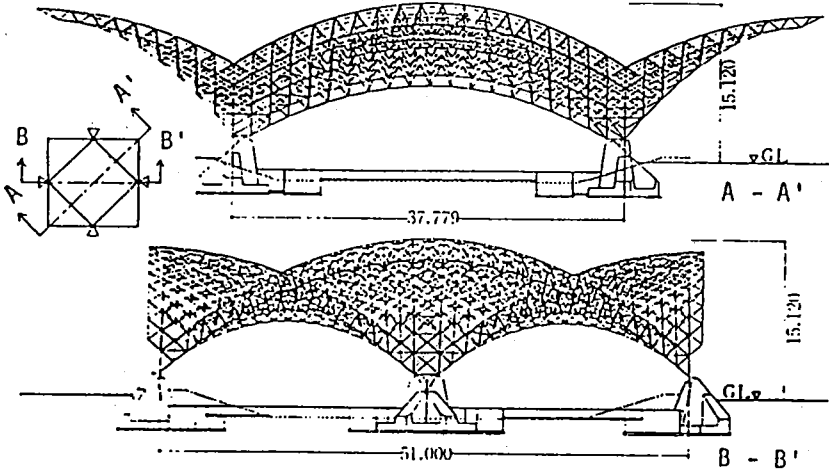
Çalışmanın sonucu olarak uzay kafesin ekonomik inşaatı anlatılmış, iskelesiz olarak çatının yerleştirilmesi üzerinde durulmuştur.

1. YAPININ DIŞ GÖRÜNÜŞÜ

Üzerinde 436 hektarlık deniz şehiri kurulması amacıyla on yıl önce inşaa edilen yapay adanın tamamlanmasını anmak üzere, Portopia'81 olarak adlandırılan bu yapı Japonya'nın Kobe şehrinde kurulmuştur. Uluslararası fuar'ın çatı yapısı serginin sembolik bölümü olup, çift eğrilikli yüzeyi olan çift tabakalı uzay kafes sistem dört kolon tarafından mesnetlenmiştir.

Çeviren : Yük. Müh. Erdal COŞKUN

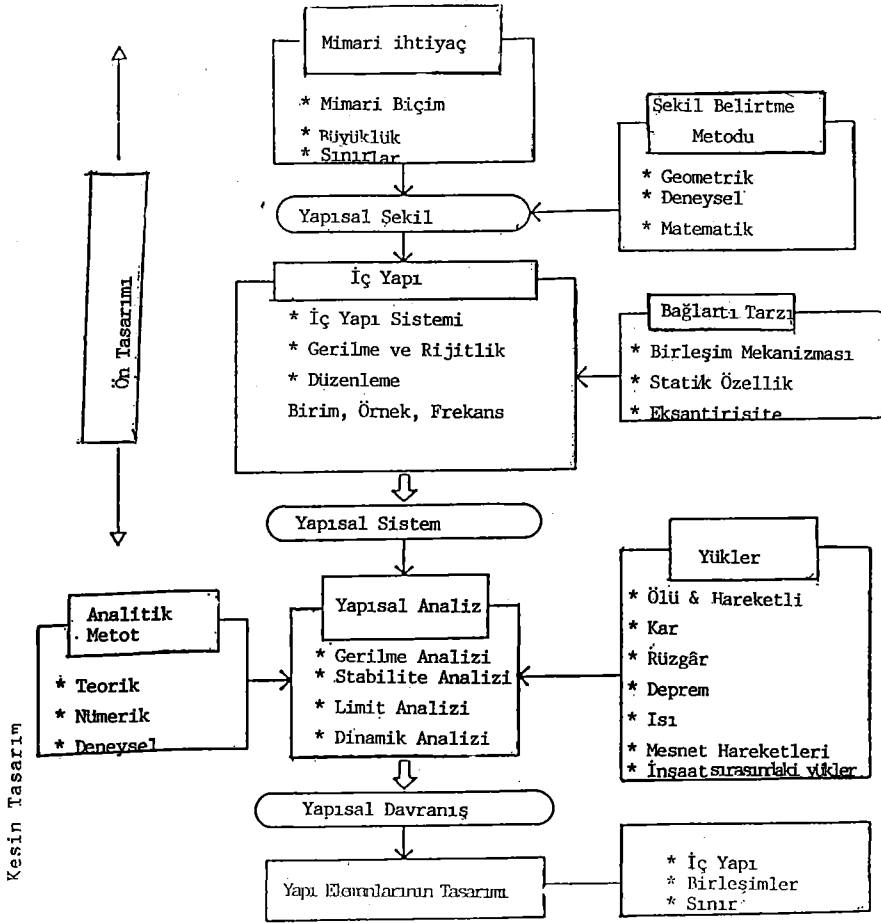
M.S.Ü. Mimarlık Fakültesi Araştırma Görevlisi Yapı Mühendisliği Bilim Dalı



(Şekil 1) Sistemin Kesiti

Çatı kafes sistem yaklaşık 2 m lik çift tabakalı modelin üst ve alt katmanlarını içerir. Ve derinliği 1 ila 2 m arasında değişir. Bu çatıya uygulanan Mero sistemin düşey yatay ve diyagonal elemanları için 5600 çelik boru ve onların bağlantısı içinde 1560 çelik bağlantı kullanılmıştır. Çatı kafesin ağırlığı 3 kg/m<sup>2</sup> ye karşılık gelen 85 tondur. Uzun vadede tasarım yükü 50 kg/m<sup>2</sup> (Çatı kaplaması dahil) olarak tahmin edilmektedir. Genelde yapı tasarımı Şekil 2 de gösterilen akış şeması ile ele alınacaktır. Bu sırada iki durum önemlidir.

İlk durum, yapısal sistemi belirlemek için ön tasarımdır. İkinci hal ise yapısal davranışı incelemektir. Önce şekil ve elemanların düzenlenmesinden bahsedilecek dinamik analizde içeren gerilme analizi daha ilerki bölümlerde incelenecektir.



(Şekil 2) Uzak Kafes Sistemin Tasarımı Şeması

## 2. ÖN TASARIM

Uzak kafesleri tasarlamayı planladığımızda, dikkat aşağıda sıralanan üç temel faktörde toplanır:

- Şekil (Form)
- Düzen
- Bağlantılar

Burada şekil, uzak kafesin tümünü kapsayan biçimdir. İç yapının düzenlenmesi bir kaç elemandan oluşan birimlerin ya da tek tek elemanların nasıl düzenleneceği anlamına gelmektedir. Bağlantılar uzak

kafesin birleşim sistemini belirlemektedir. Uzay kafesin mesnet durumları ve sınır şartlarının önceden belirlendiği durumlarda, onun yapısal özellikleri yukarıda bahsedilen faktörler tarafından belirlenir. Bu çalışmada (a) ve (b) faktörleri tartışılacaktır.

## 2.1 Şekillerin Karşılaştırılması

Bir kabuğun ilk tasarımından başlangıç noktası, çatı yüzeyinin şeklini belirlemektir. Uzay kafes'in tasarımında ortak yaklaşım genel şekilde başlamak - uzayda eğri bir yüzeyle - ve sonra onu tek tek elemanlardan oluşan benzer yapıyla oluşturmaktadır.

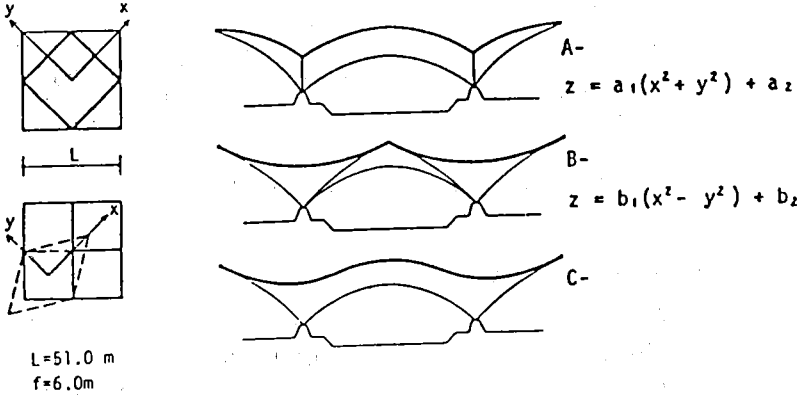
Bu açıdan, uzay kafeslerin şeklinin tasarımı için kullanılan teknik, kabuk, çekme ve pünomatik yapılarda kullanılan teknikle aynıdır.

Tasarımda üç metot kendini gösterir, geometrik, matematik ve deneysel.

Mimari özellikler açısından, şeklin yalnızca içerdeki seyirciler için kapalı bir hacim sunması değil, ayrıca bir anıtsal mimarlık eseri olarakda ilgi çekici yapıyı oluşturması gerekiyordu.

Önce dört noktasından mesnetlenmiş farklı eğrilikte yüzeyler düşünülebilir. Burada, eğrisel üç tür kabuk şekli önerilmiştir. (Şekil 3)

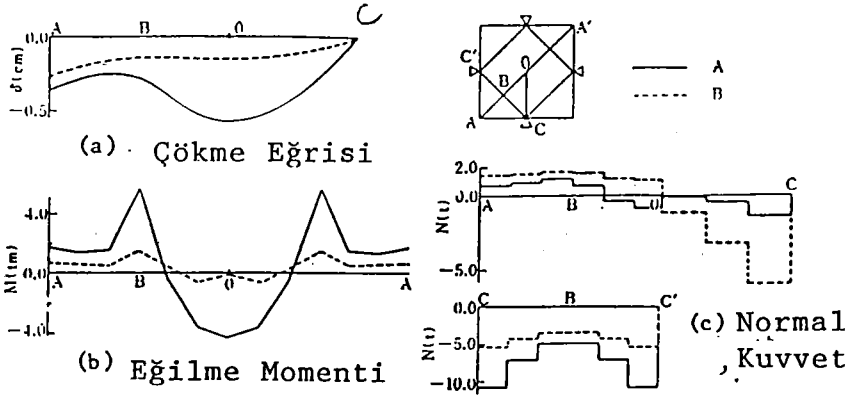
A tipi merkez kubbeden ayrı dört kanat kabuktur. B tipi dört Hiperbolik paraboloid yüzeyin birleşiminden elde edilmiştir.



(Şekil 3) Önerilen Çatı Şekilleri

C tipi ise A ve B tiplerinin her ikisinin de özelliklerine sahip sürekli bir yüzeydir. A ve B geometrik yüzeylerdir. C ise matematik olarak belirlenecektir.

A ve B tipleri arasındaki yapısal davranışı karşılaştırmak için büyük açıklık yapılarında hakim olan öz ağırlık durumu için gerilme analizleri yapılmıştır. Sonlu elemanlar metodunun nümerik analizi gibi, yerine koyma metodundan bölüm 3.1 de bahsedilmiştir. Bunun sonucunda, çekme, eğilme ve kesmenin etkili rijitlikleri birim olarak ölçülmüş ve kabuk çatının ızgara yüzeyini oluşturan kirişte yerine konmuştur. Hesapların sonuçları Şekil.4 de gösterildiği gibidir. B'nin çökmesi ve eğilme momenti değerleri A'dan oldukça küçüktür. Diğer taraftan OC boyunca aksel kuvvet A'dan büyüktür. Bu sonuçlardan, B'nin membran davranışının A'dan çok olması beklenebilir. Bu gibi hususları göz önüne aldıktan sonra, bir eliptik paraboloidin ötelenmiş yüzeylerinden oluşmuş asıl kabuk çatı için A tipi uygulanmıştır.



(Şekil 4) A ve B tiplerinin Karşılaştırılması

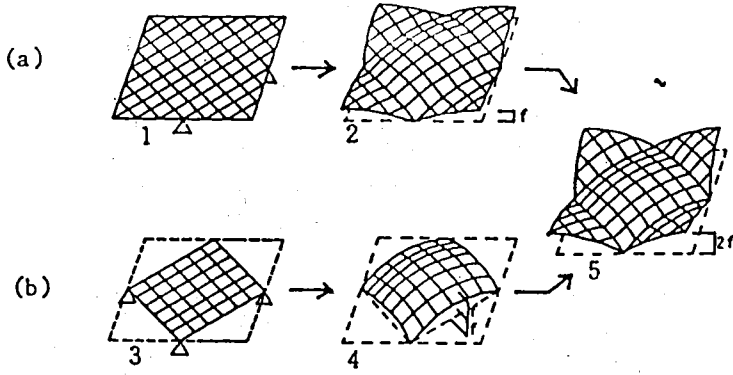
## 2.2 Eğrisel Yüzeğe Geçiş

Seçilen A tipi kabukta eğri tarafından sağlanan yapısal etkiyi anlayabilmek için, bir plak elemandan yapının son şeklini alması için takip edilen yol Şekil. 5 de gösterilmiştir. Düzgün yayılı yüke maruz modellerin (50 kg/m<sup>2</sup>) her hali Bölüm 2.1 de tahsebilene metotla hesaplanmıştır. Aşağıdaki sonuçlar sehimlerin ve eğilme momentlerin bulunmasından çıkmıştır. (Şekil 6)

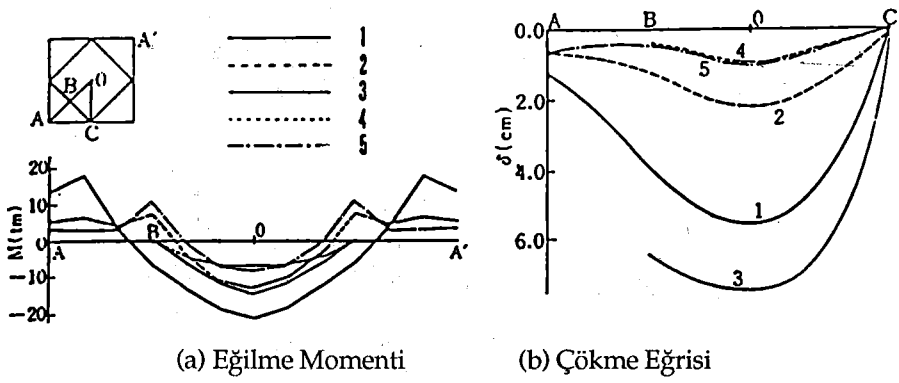
1) - Model 1, Model 3 den eğilme momenti değeri yönünden elverişsiz, sehim değeri yönünden ise elverişlidir.

2) - Kabuk yapılar da eğriliğ in etkisi Model 2 ve Model 4 üç çökme eğrilerinden görüleb ilir.

3) - Model 4 den Model 5'e geç işte çökmenin değ işimi ihmal edilebilir olduğ undan, konsol kabukların, merkez kabuğ un uygun yapısal davranış ını bozmadığı söylenebilir.



(Şekil 5) Kabuğ un Meydana Geliş i



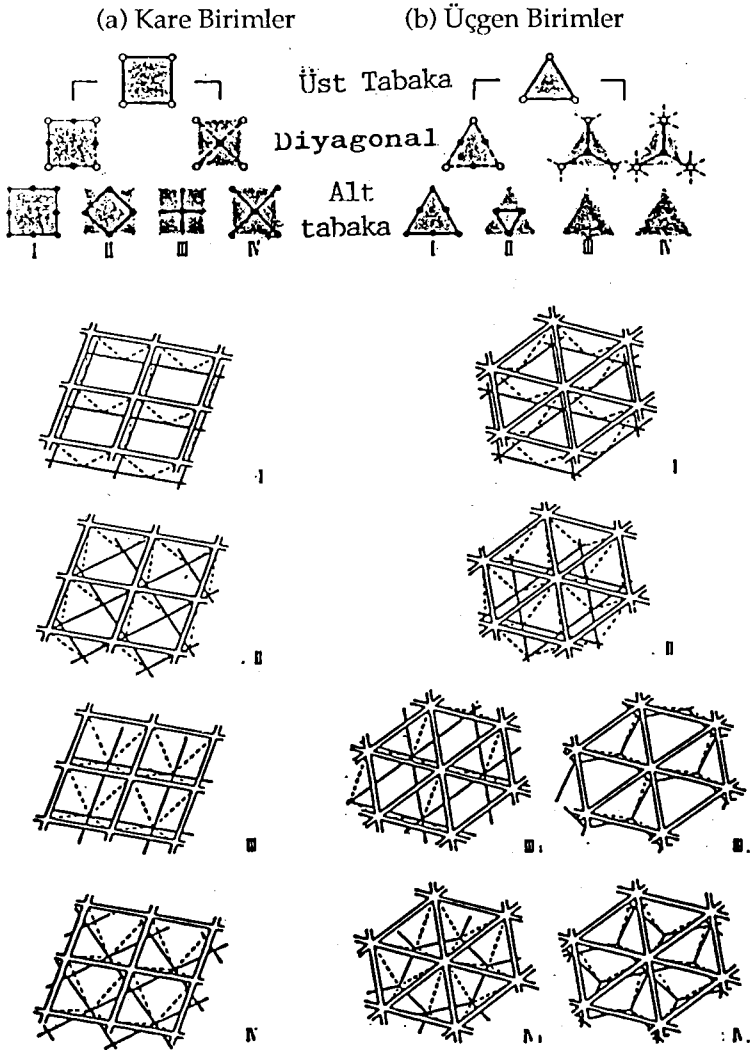
(Şekil 6) Eğrisel Yüzeye Geç işte Yapısal Davranış

### 2.3 Eleman Düzeni

Çift tabakalı uzay kafes in ana birimleri alt tabaka ve ağ elemanlarının bir araya getirilmesi ve geometrik olarak düzenlenmesi ile elde edilmiştir. (Şekil 7)

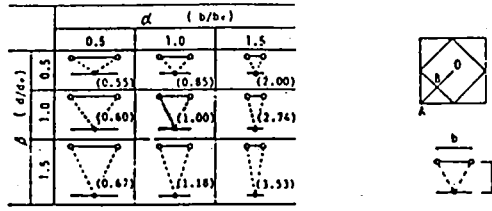


En çok tanınan kare birim tip olan Birim III, yada kaydırılmış ızgara olarak adlandırılanı, bu yapı için uygulanmıştır. Bu birimin özellikleri, hiç burulma rijitliği olmaması ve iç stabilitesinin bulunmamasıdır. Bunları sağlamak için yeterli mesnetler yapılmalıdır. Bu şekilde sağlanan iç stabilitenin avantajı olarak, inşaat ve farklı oturmalar neticesi ortaya çıkabilecek gerilmelerden sakınılabileceği söylenebilir.



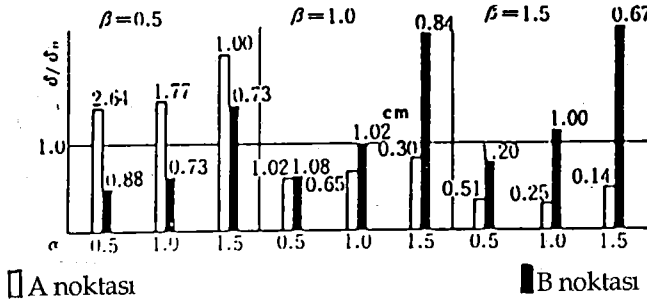
(Şekil 7) Birimlere Belli başlı örnekler

Elemanların düzenlenmesi ve gereken frekans (eleman boyutlarının tüm boyutlara oranı) uzay kafes sistemin rijitliğini ve yük taşıma kapasitesini belirler. Yapısal davranışta derinliğin ve frekansın etkisini anlayabilmek için Tablo 1 de gösterildiği gibi birim modeller üzerinde nümerik analizler yapılmıştır. Bu tabloda gerçekleştirilmiş yapıda kullanılan temel birim için frekans ve derinlik oranları sırasıyla  $\alpha$  ve  $\beta$  olarak belirtilmiştir. Parantez içindeki değerler tüm yapıda kullanılan çatı elemanlarının toplam hacminin oranıdır.



Tablo 1 Farklı Birimlere ait Analitik Modeller.

Analitik metot daha önceki bölümlerdeki gibi olup, sadece kabuktaki ızgara kirişleri için etkili rijitlikler değiştirilmiştir. Şekil 8 temel birimin eşit eleman hacmine sahip olmak üzere değiştirilen A ve O noktalarındaki çökmeyi gösterir. ( $\alpha = \beta = 1.0$ ) Bu şekilde her durum için çökme temel birimin O noktasındaki çökmesiyle bölünmüş ve çökmeye ait gerçek değerler verilmiştir. Derinlik oranı büyüdükçe, çökme azalır ve maksimum çökme noktası eğlime rijitliğinde artırarak A noktasından O noktasına değişir. Derinlik ve frekansı içeren ekonomik bir kullanılabilirlik tahmini zordur.  $\alpha$  ve  $\beta$  artıkça, çökmelerde azalma eğilimi gösterdiği halde burkulma kuvvetinde aynı oranda azalmasına dikkat edilmelidir.

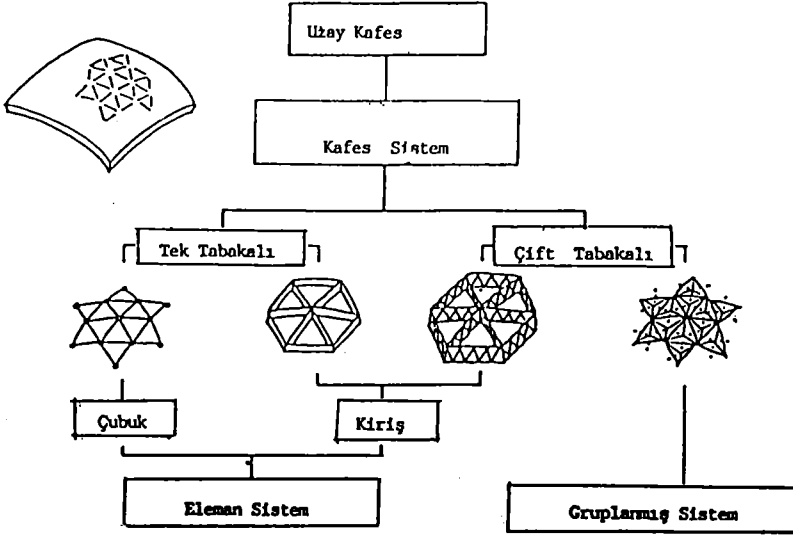


(Şekil 8) Düşey Yükleme Altında Çökmelerin Karşılaştırılması

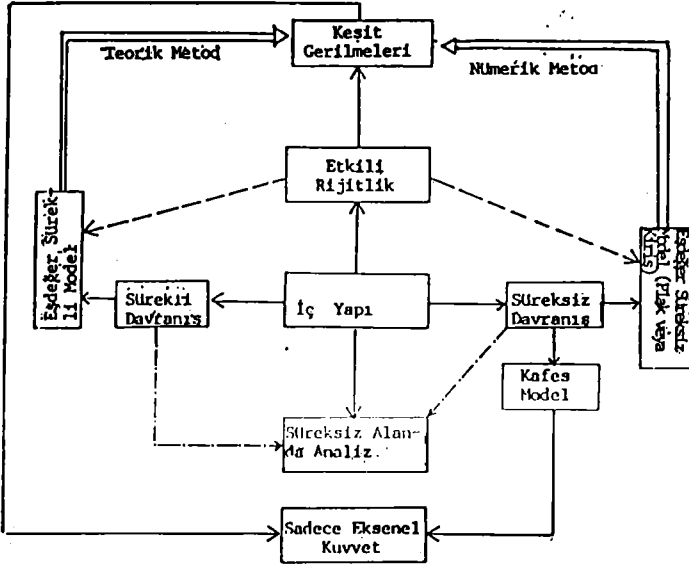
### 3. UZAY KAFES KABUĞUN KULLANILAN NÜMERİK ANALİZİ

#### 3.1 Eşdeğer Kiriş Yerine Koyma Metodu :

Statik ve diğer gerekli hususlardan dolayı, kafes sistemlerin iç yapısındaki elemanların düzenlenmesi Şekil 9 da gösterildiği gibi iki temel sistem içersinde sınıflandırılabilir. Gruplanmış Sistem, yüksek frekans ve düzenlilik ile karakterize edilebilir. Şekil 10 de bu gerekli özellikleri geçerli kılmak için analitik metotlar gösterilmiştir.

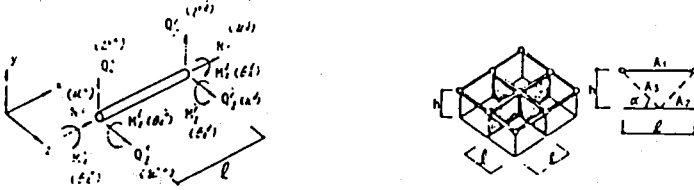


(Şekil 9) İç Yapının Düzenlenmesi



(Şekil 10) Uzay Sistemlerde Analitik Metot

Kafes kiriş modeli, Sonlu Eleman Metodu ve Sürekli Ortam Metodlarından elde edilen avantajları birleştirmek amacıyla yazarlar, nümerik sürüksizlik analizinin bir yaklaşık metodu olarak, eşdeğer kirişli yerine koyma metodunu öneriyorlar. Uzak kafesin yerini ideal hasır üstünde tekrarlı olarak yer alan etkili rijitiye sahip eşdeğer kiriş yer alabilir. Şekil 7 deki kare birime karşılık gelen eşdeğer kiriş için hesaplanmış olan Rijitide Matrisi ve onun etkili rijitlikleri Denklem 1 ve Tablo 2 de gösterilmiştir.



$$\begin{pmatrix} N^i \\ Q_y^i \\ Q_z^i \\ M_x^i \\ M_y^i \\ N^j \\ Q_y^j \\ Q_z^j \\ M_x^j \\ M_y^j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_x}{l^3(1+2\nu)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{GA_y}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{EI_x}{l} & \frac{GJ_c}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{EI_x}{l} & 0 & 0 & \frac{6EI_x}{l^2(1+2\nu)} & 0 & 0 & \frac{(4+2\nu)EI_x}{l^3(1+2\nu)} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{EA}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} & \frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_x}{l^3(1+2\nu)} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_x}{l^2(1+2\nu)} & 0 & 0 & \frac{12EI_x}{l^3(1+2\nu)} \\ 0 & 0 & -\frac{GA_y}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GA_y}{l} \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{EI_x}{l} & -\frac{GJ_c}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{EI_x}{l} \\ -\frac{EA}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{(2-2\nu)EI_x}{l^3(1+2\nu)} & -\frac{6EI_x}{l^2(1+2\nu)} & 0 & 0 & \frac{(4+2\nu)EI_x}{l^3(1+2\nu)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U^i \\ V^i \\ W^i \\ \theta_x^i \\ \theta_y^i \\ U^j \\ V^j \\ W^j \\ \theta_x^j \\ \theta_y^j \end{pmatrix} \quad (1)$$

SYM.

$\nu = \frac{6EI_x}{GA_y l^2}$

Tablo 2 Eşdeğer Kirişin Etkili Rijitliği

$u_i - u_j$	I	II	III	IV
$EA/l$	$(A_1 + A_2)/l$	$(A_1 + \frac{1}{2}A_2)/l$	$(A_1 + A_2)/l$	$(A_1 + \frac{1}{2}A_2)/l$
$EI_x/l$	$(A_1 + A_2) \frac{h^3}{4l}$	$(A_1 + \frac{1}{2}A_2) \frac{h^3}{4l}$	$(A_1 + A_2) \frac{h^3}{4l}$	$(A_1 + \frac{1}{2}A_2) \frac{h^3}{4l}$
$GA_y/l$	0	$EA_2 \frac{\sqrt{2}}{8} h^2$	0	$(\frac{A_2}{\sqrt{2}} + A_1 \frac{2\cos^2 \alpha}{(1+\cos^2 \alpha)}) \frac{h^3}{4l}$
$GA_{xy}/l$	$EA_1 \sin^2 \alpha \cos \alpha / l$	$EA_1 \sin^2 \alpha \cos \alpha / l$	$EA_1 \frac{2 \sin^2 \alpha \cos \alpha}{(1+\cos^2 \alpha)} \frac{h^3}{l}$	$EA_1 \frac{2 \sin^2 \alpha \cos \alpha}{(1+\cos^2 \alpha)} \frac{h^3}{l}$
$GA_{xz}/l$	0	$EA_2 \frac{1}{\sqrt{2}}$	$EA_1 \frac{2 \cos^2 \alpha}{(1+\cos^2 \alpha)} \frac{h^3}{l}$	$(\frac{A_2}{\sqrt{2}} + A_1 \frac{2 \cos^2 \alpha}{(1+\cos^2 \alpha)}) \frac{h^3}{l}$
$EA_{xx}/l$	$(A_1 - A_2) \frac{h}{2l}$	$(A_1 - \frac{1}{2}A_2) \frac{h}{2l}$	$(A_1 - A_2) \frac{h}{2l}$	$(A_1 - \frac{1}{2}A_2) \frac{h}{2l}$
$EA_{yy}/l$	0	$EA_2 \frac{\sqrt{2}}{4l} h$	0	$(\frac{A_2}{\sqrt{2}} + A_1 \frac{2 \cos^2 \alpha}{(1+\cos^2 \alpha)}) \frac{h}{2l}$

- $EA_e$  : Uzama Rijitliği  
 $GK_e$  : Bükölme Rijitliği  
 $ER_e$  : Birleştirici Rijitlik  
 $EI_e$  : Eğilme Rijitliği  
 $GA_e$  : Kayma Rijitliği

Bu metodun avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir :

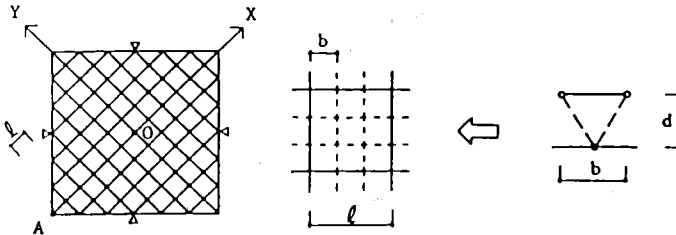
1) - Izgara sistem için matrisin boyutları çok küçölür, bunun neticesi olarak da ızgara sistemin frekansının seçimi hesaplama zamanından tasarruf için oldukça önemlidir.

2) - Uzay kafesin düğüm noktalarından ayrı olduğundan, birim tipi derinlik, frekans için düzenlemelerde rijitlikleri değiştirmek kolaydır. Bu yüzden aynı geometrik yüzey koşulları ile yapı için parametrik çalışmalar ekonomik olmaktadır.

3) - Gerilmeler, eksenel kuvvet olarak değilde, eğilme momenti ve düğüm noktası kuvvetleri olarak verilmiştir.

Çatı modelde, matris metodun, tasarımın son aşamasından kullanıldığı farz edilerek, yerine koyma metodu ön tasarımda yaklaşık bir analitik metot olarak stabilite veya dinamik davranış gibi yapısal problemleri araştırmak için düşünölmüştür. Fakat bu metotta sınır şartları için dikkatli kullanım gereklidir ve kesinlik sağlanmalıdır. Uzay kafesmodeli ve eşdeğer kiriş modeli arasındaki analitik sonuçları karşılaştırmak için yer değiştirme etki katsayıları Tablo 4 de gösterilmiştir.

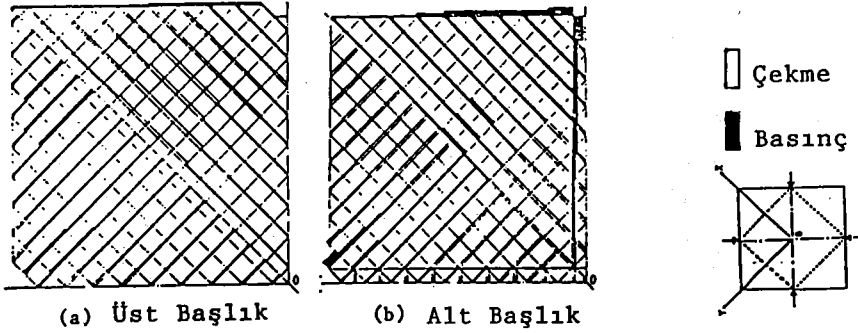
şekil 11 bölüm 2 ( $b = 2.12$  m,  $d = 20$  m) ve 4 ( $b = 2.12$  m,  $d = 1.0$  m 2.0 m) de kullanılan frekansı 3 olan eşdeğer kirişten oluşmuş analitik modeli göstermektedir. Izgara sistemin düğüm noktası koordinatları Bölüm 5 de açıklandığı gibi verilmiştir.



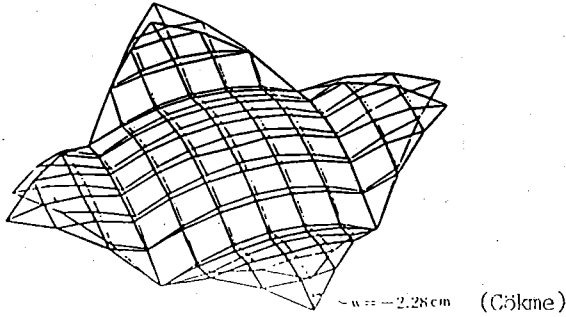
şekil 11 Eşdeğer Kirişin Analitik Modeli (Frekans 3)

### 3.2 Statik Analiz

Ön tasarım aşamasında yapı ızgara sistem gibi analiz edilmiştir. Yapısal sistemde şekil ve eleman düzenlenmesi hakkında karara varılmıştı. Kesin hesaplama birleşimler mafsalli kabul edilerek, yer değiştirme metodu ile yapılmıştır. Uzun sürede tasarım yükü ( $50 \text{ kg/m}^2$ ) göz önüne alındığında kafes elemanlarındaki aksenal kuvvetlerin cinsi (çekme-basınç) ve çökme Şekil 12 ve 13 de gösterilmiştir.



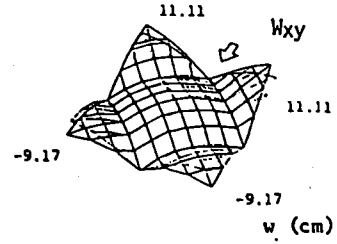
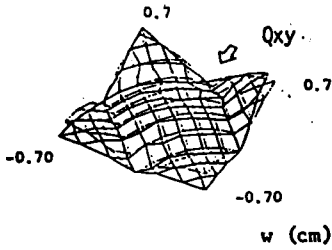
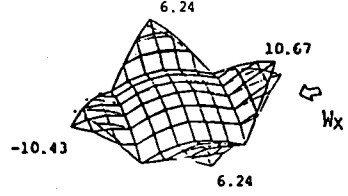
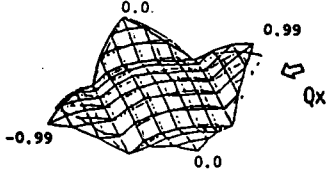
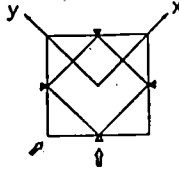
Şekil 12 Başlıklardaki Aksenal Kuvvet



Şekil 13 Düzgün Yayılı Yükten Dolayı Çökme

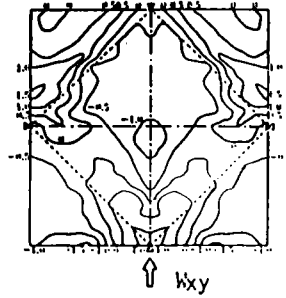
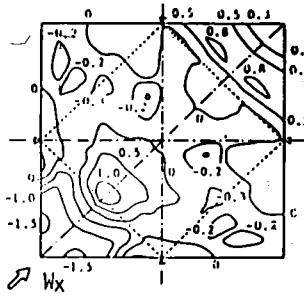
Şekil 14 ve 15 yatay deprem kuvveti ( $k=0.3$ ) ve rüzgâr kuvvetinden ( $v=35 \text{ m/sn}$ ) dolayı meydana gelen çökmeleri gösterir. Tasarım yüküne karar vermek için 1/100 ölçeğinde model rüzgâr tüneline teste tabi tutulmuştur.

iki doğrultu için rüzgâr basınç katsayıları kontur çizgileri şeklinde Şekil 16 da gösterilmiştir.



Şekil 14 Yatay Deprem kuvvetinden dolayı çökme

Şekil 15 Rüzgâr kuvvetinden dolayı çökme



Şekil 16 Rüzgâr Basıncı Katsayılarının Dağılımı

Çatının hafifliği ve hava etkilerine açık olmasından dolayı, yapısal davranışında rüzgâr kuvvetleri göz önüne alınmaktadır. Tablo 3 rüzgâr kuvvetlerinden dolayı maksimum değerleri göstermektedir. Parantez içindeki değerler, kendi ağırlığı olan düzgün yayılı tasarım yükünün değerleridir.

Tablo 3 Rüzgâr Kuvvetinden Dolayı Maksimum Değerler (Düzgün Yayılı Yük)

Düşey Yer Değiştirme	-11.1 cm (+ 2.3 cm)*
Çatı Elemanında Eksenel Kuvvet	18.4 t, - 24,9 t (4.0t, - 10.9t)
Düşey Tepki	36.6 t (21.6 t)
Yatay Tepki	32.3 t (19.9 t)

\* (—) Yukarıya, (+) Aşağıya Doğrudur.

Bundan başka sıcaklık değişimleri, mesnetlerin farklı oturmaları bağlantı kirişlerinin uzamaları gibi durumlar incelenmiştir.

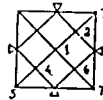
#### 4. ÇATININ DİNAMİK ANALİZİ

Çatı tipi yapıların bazı durumlarında, özellikle konsol çatılarda, kuvvetli yer hareketinin yani depremin yatay bileşeninin yanı sıra düşey bileşeninde etkisi göz önüne alınmalıdır. Bu yüzden depremin aşağı yukarı hareketinden dolayı kafes sistem kabuğun yapısal davranışı incelenmiştir. Dinamik analiz, deneysel ve teorik metotlar kullanılarak yapılmıştır.

##### 4.1 Deneysel Analiz

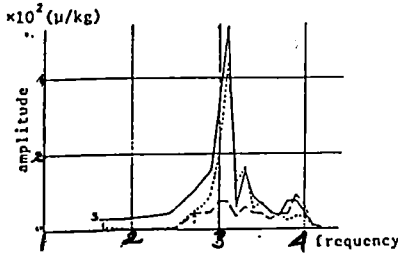
Titreşim testi, ağırlığı 35 kg/m<sup>2</sup> olan kafes çatının tamamlanmasından sonra yapılmıştır. Yapıya zorlanmış titreşim uygulamak için kuvveti 15 kgf. olan iki küçük elektrikli manyetik ivme verici kullanılmıştır. Kabuk çatının en üst noktasına ve merkezine yerleştirilen aletler, düşük modda kuvvet uygulamışlardır.(Şekil 17)

Bu deney tarafından elde edilen rezonans eğrilerinden çatının doğal periyotları maksimum 3.1 Hz ve 6.9 Hz olarak kabul edilmiştir. (Şekil 18) ve dönüm faktörü, kuvvetin uygulandığı merkez ve üst noktalarda 1.3 % ve 1.6 % olarak ölçülmüştür.

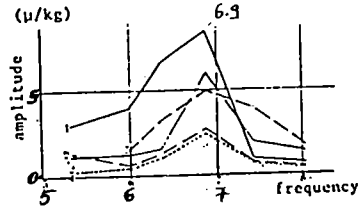


(Şekil 17) İvme Uygulama ve Ölçme Noktaları





a)- ivmelendirme Noktası 5

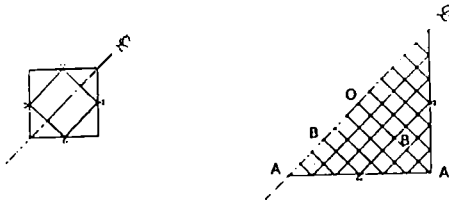


b)- ivmelendirme Noktası 1

(Şkil 18) Rezonans Eğrileri

#### 4.2 Teorik Analiz

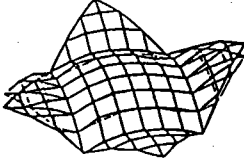
Analitik model Şkil 19 da gösterildiği gibi 85 birleşim noktasından ve 168 eşdeğer kirişten meydana gelmiştir. Tüm sisteme uygulanan analiz, sönüm faktörünü ve maksimum ivmelendirme kuvvetini sırasıyla 0.02 ve 200 gal olarak kabul etmiştir. Uygulanan davranış Spekturumu analizinin sonuçları Şkil 20 ve 21 de verilmiştir. İvmelendirme davranışının maksimum büyüklüğü 8.43 (EL CENTRO 1940) ve maksimum çökme (MIYAGIOKI 1978). 1.42 cm dir.



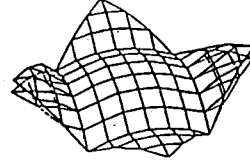
(Şkil 19) Analitik Model

Tablo 4 Yer-değiştirme Etki Katsayıları

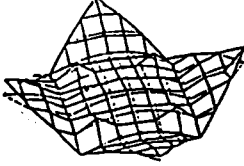
	$\alpha_{oo}$	$\alpha_{BB}$	$\alpha_{AA}$
Sonlu Elemanlar Metodu	0.038	0.034	1.255
Yerine Koyma Metodu	0.040	0.028	0.702



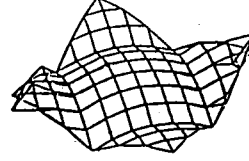
a)- 1. Mod  $T= 0.212$



b)- 2. Mod  $T= 0.182$

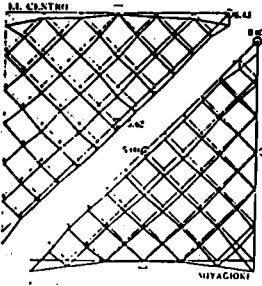


c)- 3. Mod  $T= 0.148$

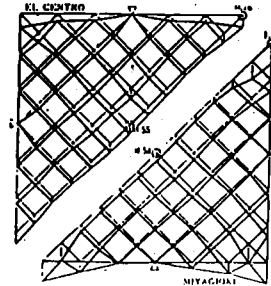


d)- 4. Mod  $T= 0.182$

Şekil 20 Titreşim Modları ve Doğal Periyotlar  $T$  (Sn)



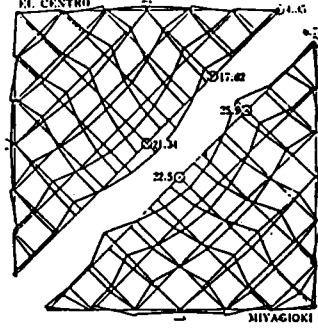
a)- İvmelendirme



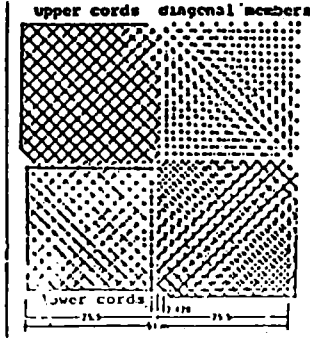
b)- Çökme (cm)

Şekil 21 Dinamik Yüklemeden Dolayı Maksimum Değerler

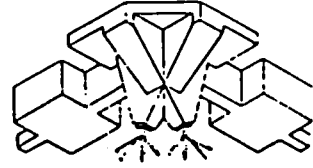
Şekil 22 de eğilme momentinin dağılımını göstermektedir. Önemli olan bir diğer husus aksenal kuvvetin değerinin büyük olmasıdır. Şöyle ki maksimum kuvvet 15,6 tondur. Bu 10.9 büyüklüğünde yatay deprem kuvvetine ( $k = 0.3$ ) ve 0.96 büyüklüğünde rüzgar kuvvetine karşı gelir ( $q = 148 \text{ kg/m}^2$ )



Şekil 22 Dinamik Yüklemelerden Dolayı Maksimum Eğilme Momenti (tm)



(Şekil 23) Elemanların Düzeni

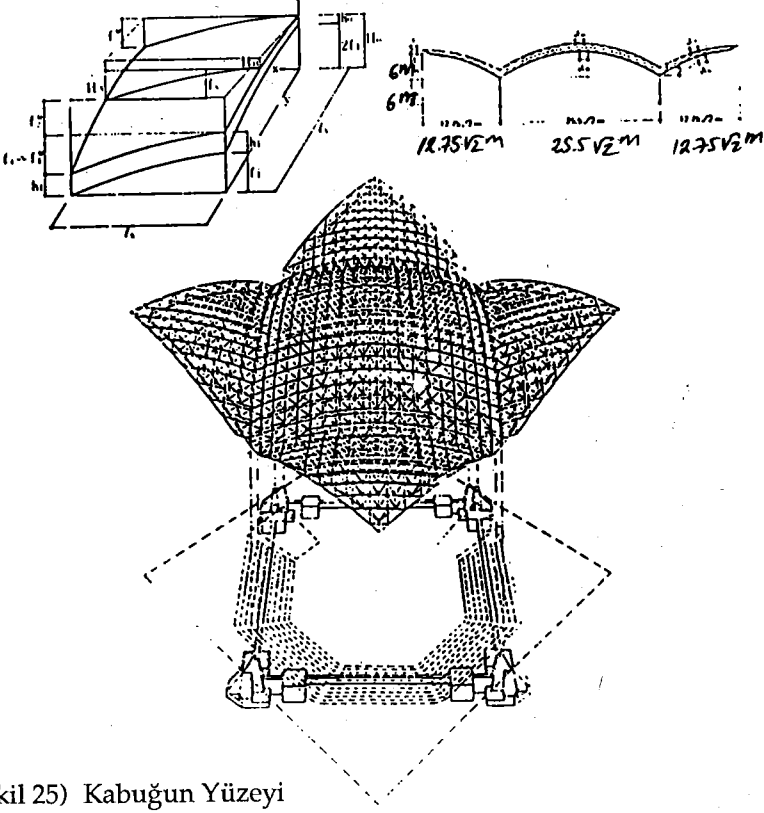


(Şekil 24) Mesnetleme Noktası

## 5- TASARIM VE YAPIM

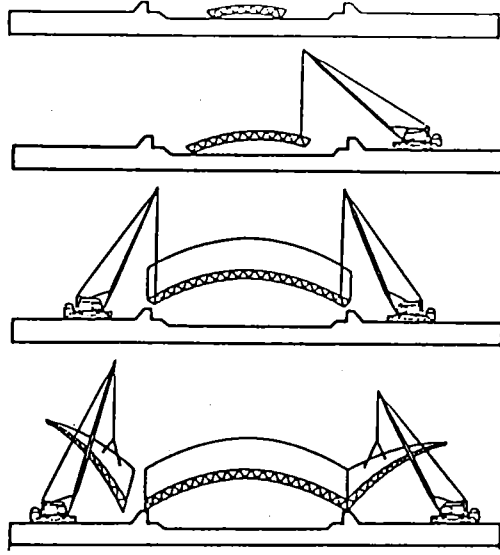
Bu çatıda kullanılan çelik tüplerin eleman boyları sekiz çeşittir. 114,3  $\varnothing$  x 6.0 dan 48.6  $\varnothing$  x 3.2 ye kadar ve narinlik oranları üst başlık için 50~100 alt başlık için 80~120 ve diagonal elemanlar için 60~130 dur. Kesişme için küresel bağlantıların 150  $\varnothing$  den 85  $\varnothing$  ye kadar beş farklı çapı vardır. (Şekil 23) Çatının alt başlık betonarme olan dört kolon üzerinde sekiz noktasal mesnete sahiptir. Rüzgar veya deprem kuvvetinden doğan dönmeye karşı koymak için bu kolonlar karmaşık üzerine oturtulmuştur ve birbirleriyle yerin altından bağlantı kirişleri ile bağlanmıştır. (Şekil 24) Yeterli dayanım açısından, bakım için geçiş yerleri, uzay kafeste çatı derinliğinin boşluğu kullanılarak sağlanmıştır. Estetik ve statik açıdan, kanat kabuk derinliği 2 m'den 1m'ye azalır. Bu yüzden çatının alt ve üst yüzeyleri iki çeşit eliptik parabollerden meydana getirilmiştir. Tüm çatının alt yüzeyleri ve merkez kabuğun üst yüzeyleri  $Z_0$  ve kanat kabuğun üst yüzeyinin denklemi  $Z_1$  olarak verilmiştir.

Ötelenmiş yüzeylerin geometrik özelliklerinden dolayı, alt yüzeyin tüm çubukları ve merkez kabuğun üst çubukları parabol üniform olarak bölünürse aynı uzunluğa sahip olur. (Şekil 25).



(Şekil 25) Kabukun Yüzeği

Çatı kafesin birleştirilmesi yerde tamamlanmıştır. Merkez kabuk kolonlara oturtulduktan sonra, teker teker dört kanat kabuk ona eklenmiştir. (Şekil 26). Bağlantılardaki burulmanın da kontrolü dahil olmak üzere, kafes kabuğu oluşturmak otuz gün sürmüştür. Mero sistemde, eleman uzunluğundaki toleransla kabul edilebilecek hata 1 mm mertebesinde olup, hata kabul etme kapasitesi olmadığı halde yapı iskeleyle alınmadan yada desteklenmeden yapılmıştır. Bu metodun kullanılmasının ana nedeni, yapının çok büyük olmaması ve kullanılan uzay kafes biriminin burulma rijitliğine sahip bulunmamasıdır. Geniş açıklıklı uzay kafesin yapımında ise en çok dikkat ısı değişimine ve elemanların kendi ağırlığına bağlı olan deformasyonu üzerinde toplanmalıdır.



(Şekil 26) Yapım Aşamaları

## 9 AĞUSTOS 1912 Şarköy - Mürefte Depremi

### The Mürefte - Şarköy Earthquake of

August 9, 1912

Feriha Öztin (x)

Only two publications had been known widely and used as references on the Mürefte - Şarköy Earthquake of August 9, 1912 which has been the second largest earthquake of Turkey during the period of 1900 - 1988, following the Great earthquake of Erzincan 1939, namely the works of Macovei (1912) and Mihailovic (1927).

Up to now this publication of medical doctor Captain M. Sadi on the earthquake did not draw the attention of both the native and foreign researchers, although a medical doctor by profession, due to his great interest in geo-sciences he had visited the earthquake region immediately after the earthquake for twenty days and reported his observations with a very high attention to detail.

For this reason this publication of the Late Dr. M. Sadi on this earthquake are being presented to the attention of the researchers in Ottoman Turkish and in latin scripts without any change in the language except the present day Turkish equivalents of some of the words.

It is considered that the loss of life and property figures for August 9, 1912 earthquake given by Dr. M. Sadi, being a Turkish researcher, would be of more dependable nature.

It is hoped that the observations and comments of Dr. M. Sadi on the earthquake precursors, tsunami, post earthquake events, emergency assistance and temporary sheltering of the people would be of great interest to the reader.

(x) Earthquake Research Department, General Directorate of Disaster Affairs.

## GİRİŞ :

En büyük olayların, en önemli vak'aların kısa bir süre içinde unutulması ülkemizde bir huy, bir adet haline gelmiştir. Örneğin İstanbul'un 1310 (M 1894) yılındaki o müthiş depreminden Millî Kütüphânemizde, belgeler adına, ararsınız ararsınız da Rasathane'nin kısa bir kaydına bile rastlayamazsınız!

Topraklarımızın altında nice bin medeniyetlerin ölüleri, kefen parçaları duruyor da bunlardan haberimiz bile yok!. Günün birinde bir İngiliz, bir Alman... kırık bir mermer parçasıyla şaşkın bakışlar ve hayretimize eski Yunanlılar'ın, Fenikeliler'in... görkemli bir şehrinin, gösterişli bir mâbedini bulur meydana çıkarır da bizde en ufak bir merak belirtisi bile uyanmaz!...

Ülkemizin sağlık durumları, tarım, ticaret ve ekonomik durumları hakkında tek tek bilgi almak istediniz mi ne gerçek bir kayıta, ne doğru bir istatistiğe, olanaksız, rastlayamazsınız!..

Bütün bunların nedenleri ehil kişilerin ve onları izleyenlerin kendimizi, ülkemizi bizzat incelemek ve bunlara ilişkin monografik eserler meydana getirmekdeki ihmalleridir.

Yalnız bu yararlı sandığım amaca, elimden geldiğince, hizmet içindir ki şu son Marmara depremini, o yürek yakıcı olayı kayıt ve belgelemek istedim. Bunun için deprem yerlerine uzun ve oldukça zahmetli bir seyahat yaptım. Yer bilimi açısından gözlemlerimi yazdım. Bir takım fotoğraflar da çektim. Bunlardan oluşan şu mecmuayı değerli okurlarımın görüşlerine sunuyorum.

Bu konudaki çalışmalarda henüz ikinci adımı attığım için, biliyorum, kusurlarım pek çoktur. Fakat amaca, velevki kusurlu olsun, biraz hizmet edebilirsem bu haz, bu sevinç benim için yeterlidir.

Doktor Yüzbaşı M. Sadi Haydarpaşa, 29 Ağustos 1328

## MARMARA HAVZASININ 26-27 TEMMUZ 1328 DEPREMİNİN NEDENLERİ

Depremi nedeni eskiden neye bağlanırdı? - Mağaraların yıkılmasıyla sınırlı ve küçük depremler olabilir. - Yanardağlar teorisi - Yanardağlar deprem için artık bir genel neden olamazlar - Dağların oluşumuyla depremler nasıl olabilir? - 159781 deprem hep aynı bölgede - Alp dağları en yeni bir kıvrımdır. - Marmara depreminin nedeni nedir?

Değerli okuyucularım, bu seferki depremin nedenleri hakkında kimbilir ne garib fikirlere, ne inanılmaz görüşlere rastlamışlardır. Hele memleketimizde pek çok yaygın olan yanlış inanışlar bu gibi görüşlerin daha çok genelleşmesine neden oluyor. Bunun için ben de özellikle bu noktayı elden geldiğince aydınlatmaya ve açıklamaya çalışmak istiyorum.

Bir zamanlar depremi her yüz yılda yinelenir, fakat nedeni belli olmayan bir olay olmak üzere garib ve anlamsız bir şekilde açıklamaya kalkışmışlar ve bunu istatistiklerle doğrulamaya kadar vardırımlardır. Bir zaman da deprem, dört mevsimin değişimine ilişkin bir olay gibi kabul edilmiştir. Kış, deprem için en uğursuz bir mevsim gibi kabul ediliyordu.

Kitap yazarların bir çoğu depremleri hava değişimleri ile pek çok ilişkili olduğunu iddia etmişler; diğerleri de depremler ile Ay'ın hareketleri arasında uzun uzadıya ilişkiler, bağlar aramışlardır. Bunlardan başka, kutuplar hattının her yılki dönemsel değişimiyle büyük depremler arasında da güçlü bir ilişki düşünölmek istenilmiştir.

Hele depremin inanışlara, hurafelere dayanan ve ilişkilendirilen nedenleri çok garib, garib olduğu kadar da gerçekten çok uzaktır. Bu teorilerin hiç birisi bilimsel kanıtlarla savunulamamıştır. Deprem biliminde en çok bilgili olanlardan sayılan "Montessu de Ballore" adındaki kişi önemli bir eserinde bu nedenleri bir bir, hem de çok akla yakın bir şekilde, çürötmekte ve reddetmektedir.

Bugün jeolojide bütün yer hareketleri üç nedene bağlanmaktadır :

1. Derin tabakaları, sahraları, silisli kaya tuzu veya alçı taşından olan yerlerde sızan sularla bir çok geniş ve büyük mağaralar, boşluklar oluyor. Günün birinde herhangi bir nedenle bu büyük mağaranın bir tarafı çökerse, bu yıkılma hareketi yer yüzeyinde deprem şeklinde yayılır. Bu gibi yer hareketi hem nâdir ve hem de sınırlı bir yer, uzamsız (=imtidatsız) bir bölge içinde kalırlar, uzak mesafelere dek yayılamazlar.

2. Yanardağların püskürmesi : Çok uzun bir süre volkan püskürmeleri depremin tek nedeni sanıldı.



Ülkemizin her yanında yayılmış ve hatta kökleşmiş olan fikir de bu merkezdedir. Fakat, gerçek böyle değildir. Yanardağların püskürmeleri yer hareketinin çoğunu artık açıklayamıyor.

Volkan püskürmeleri sonucunda oluşan depremler de hem sayı olarak azdır, yâni nâdirdir, ve hem de yayılma genişliği yönüyle sınırlıdır. Gerçekte çok derin veya biraz yüzeysel tabakalardan gelen bir püskürme yeri sallar, bundan dolayı depreme neden olur. Bununla birlikte püskürme ne denli şiddetli ve korkunç olursa olsun bunun doğurduğu yer hareketi dâima yerin sınırlı ve küçük bir bölgesi ile ve özellikle püskürmenin olduğu yer ile sınırlı kalır. Buna bir örnek verelim :

1888'de Japonya'da şiddetli bir püskürme, bunun sonucunda korkunç bir deprem olur. Püskürmede San Bandai adındaki volkanın konilerinden biri tümüyle devrilmişti. Hareket ise epeyce bir mesafeye kadar etkisini göstermişti.

1891'de püskürme ile ilgili olmayan diğer bir deprem olur. Fakat bu seferki deprem, öncekinin kırk katı fazla bir bölgede yayılmış ve genişlemiş bulunuyordu!...

Volkan püskürmesi ile tüm yer hareketinin açıklanması olası değildir. Hatta püskürme, depremler için hiç bir zaman genel bir neden olamaz. Çünkü en şiddetli ve en geniş alanlara dek yayılan yer hareketi, hemen genellikle hiç bir yanardağı püskürmesi ile birlikte olmuyor. Ayrıca, öyle yerler vardır ki devamlı olarak depremlerle sallandığı halde orada hiç bir yanardağ mevcut değildir.

Etna'nın, Vezüv'ün, Stromboli'nin püskürmeleri sırasında o çevreye özgü yer hareketi görülebilir. Bunlar da püskürmeye - hakkıyla - bağlı ve dayanak olunabilir. Fakat, dediğim gibi, böyle hareketler hem sayı ve hem de yayılma alanı olarak çok sınırlı kalırlar.

3. Bu son senelerde Avusturya Jeoloji uzmanları ve bunların içinde Viyana Fen Fakültesi öğretim üyesi değerli "Mösyö Ed. Sues" yukarıdaki iki teoriye, yer hareketlerinin genel nedenlerini açıklayabilen, ve jeoloji deneyimleriyle tümüyle doğrulayan, üçüncü bir teori eklemiştir. Buna "dağların oluşumuna ilişkin yer hareketi" (Tremblements de terre tectoniques) adı verilir.

Dağların oluşumu ! Yer biliminde bu deyim ne kapalı ve ne de anlaşılabilir bir şeydir. Değerli okuyucularım yer küremizin oluşumu yani Laplace teorisinden bugünkü dağların nasıl meydana geldiğini ve henüz ne şekilde oluşmakta devam ettiklerini elbette anımsarlar. Bununla birlikte bu önemli sorunu biraz da beraberce izlerssek yararsız olmaz sanırım :

Yer küresi önce güneş gibi ateşlerden alevlerden, ibâretti. Uzayın soğuşu yavaş yavaş etkiledi. Bu ateşlerin en dış kısımları donmaya, katı hâle gelmeye başladılar. O zaman yer etrafında bir kabuk meydana geldi. Bu kabuk gittikçe soğudu ve o ölçüde de kalınlaştı. Bu katı kabuk, kurumuş bir armudun üstü gibi buruşuk, yani girintili çıkıntılı idi. Bu kıvrılmalar, daha doğrusu bu kıvrımlar dağları ve denizleri meydana getiriyordu. Küremizin merkezi ise yine o ateşlerden, o alevlerden ibaretti. Yanardağların lâvları, yer yüzü kazıldıkça yavaş yavaş artan sıcaklık, yer merkezinin henüz ateş gibi kızgın ve yakıcı bir sıvıdan ibaret olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte bu sıvı da yüzey dışından olsun yine yavaş yavaş soğumaktadır. Demek ki üzerinde oturduğumuz taşların, toprakların altında, çok derinlerde sıvı ateşinin soğuması ve dolayısıyla soğuyan kısımların donması ve sonuçta kıvrılması, kıvrım haline gelmesi olayı devam ededuruyor.

Alp, Himalaya, Kafkasya dağ sıraları Arzımızın en son oluşan ve hâlâ da buna devam eden geniş bir kıvrılmasına örnektir. Öyle ise sorun artık çözümlendi demektir.

Mösyö "Sues" in önem verdiği bir iki önemli ve esaslı nokta vardı. Bir taraftan kabuğumuzun en yeni kıvrımlarını inceliyor, diğer taraftan da gözlem ve deneyimlere dayandırıyor. En önemli gözlem de şuydu :

1903 yılından bu yana 159781 yer hareketi üzerine yapılan bir istatistik sonucunda Mösyö "Montessu de Ballore" aşağıdaki kanuna ulaşıyordu :

Yer küresi özellikle ve birbirine eş iki dar bölgede hareket ediyor ve sallanıyor. Bölgenin biri "Ak Deniz veya Alp - Kafkasya - Himalaya" bölgesi ki yukarıdaki depremlerin % 53.5'i burada oluyordu. Bölgenin diğeri Atlas Okyanusu kenarındaki "And - Japonya - Doğu Hind" dağlarına veya kıvrımına isabet ediyor. Yine aynı hareketlerin % 41'i bu bölgede baş gösteriyordu.

Mösyö Suç artık teorisinin en can alacak yerlerini bulmuştu. Bu iki bölge de jeoloji açısından hâlen oluşmakta olan iki kıvrılmadan ibarettir. Ve 159781 deprem iki belirli bölge içinde oluyordu. Sues bu sonucu bir çok yerlerde uyguluyor ve teorisinin doğruluğunu da ciltlerce kitaplarla çok parlak şekilde kanıtıyor. Demek ki: Depremler, dağlar veya kıvrımlar oluşurken meydana gelen kırılmaların bir sonucudur.

Marmara Havzası Depremi de Bu Nedene Bağlı Olabilir mi?

Evet, Marmara Havzası depremi de bu kânuna tümüyle bağlıdır. Açıklayalım: Alp dağları yeni oluşmakta bulunan bir kıvrımdır demiştik.

Alpler, Avrupa'nın en büyük sıradağlarıdır. Fransa ile İtalya arasında en önemli kısmı başladıktan sonra her yöne sayısız kollar verir ve her yerde de özel isimler alır. Bunları, coğrafyadan, herkes çok iyi bilir. Balkan dağları Alp Dinar'ı ile asıl Alp dizisine bağlanır. Tekfur dağları ise Balkanlar'a ve dolayısıyla Alp Sıradağlarına aittir. Tekfur dağları Remzi Cebeli Tekfur dağından başlar, Marmara'nın bütün Avrupa Sahilinde devam eder ve yayılır. Bu dağlar Gelibolu yarımadasında adanın iki sahilini izler. İki sahilin birbirinden ayrılmasından(\*) ibaret olan Kal'a-i Sultâniye (= Çanakkale) yâni Marmara'nın bir kısım Anadolu Sahilinin doğaldır ki bu dağlar dizisine mensubiyeti vardır.

İşte bu ayrılma bilindikten sonra Marmara depremi kendi kendine açıklanmış olur. Şöyle ki; Alp sıradağlarının oldukça geniş bir kısmının yer altında meydana gelmekte olan kıvrılması sonucu olarak Arz'ın bir bölgesi harekete geçmiş ve bunun en fazla hareketi Tekfur dağı sıradağı alanında ortaya çıkmıştır.

Bunun böyle olduğunu doğrulayacak diğer nedenler de vardır. Marmara depreminin bir yanardağ püskürmesi sonucu olması olası değildir. Çünkü depremden ne önce ve ne de sonra hiç bir püskürmeye rastlanmamıştır. Bazı yerlerden sıcak sular fışkırmış, yerden, denizden gazlar çıkmış gibi söylentilerin tümü, görüleceği gibi, doğru değildir. Böyle olayların olduğu haber verilen yerleri gezdim ve bunların söylentiden ibaret olduğunu anladım.

Bundan başka depremin genişliği konusunda, görüleceği gibi, bir ucu tâ Fransa'ya kadar uzanan, binlerce kilometre bir alan kaplayan bir deprem hiç bir zaman volkanik nedenlerden doğamaz.

Bu nedenle Marmara depremi "Tectonique" dağların oluşumuna ait ve Alp büyük sıradağlarının yerel bir kıvrıma dönüşümüne aittir.

### **DEPREMİN ŞİDDETİ, MERKEZİ ve GENİŞLİĞİ**

Jeolojiden bir bölüm - Yine gârib söylentiler - Depremin merkezi bir köy, bir kasaba değil, geniş bir merkez bölgesidir. - Depremin genişliği tâ Fransa'ya dek uzanıyor. - Depremin yayılma alanı tam Alp sıradağlarının bölgesine uyuyor.

Depremin kapladığı alan ne olursa olsun her yerde aynı zararı, aynı yıkımı meydana getirmediği gibi, her noktada da aynı şiddetle yeri

(\*) Karadeniz ve Çanakkale boğazlarının nasıl oluştuğuna ilişkin yazmakta olduğum eserde bu konu açıklanmaktadır.

(Dr. Yzb. M. Sadi)

sarsamaz. Bunun için depremlerin, sarsıntılarının en çok devirdiği ve bu nedenle en şiddetli olduğu yer merkez kabul edilir. Buradan uzaklaştıkça şiddet ve yıkımlar azalır. Deprem yerin içindeki kırılmalardan, derin değişmelerden çıkmış bir olay olduğuna göre yer kabuğumuzun derinlerinde o değişimin görüldüğü yere, bölgeye "İç Merkez" (Hypocentre) denir. Bu iç merkezden yayılan deprem yer kabuğumuzun bütün kültelerini, kayalarını katedip yer yüzüne en büyük şiddetiyle yayıldığı, ortaya çıktığı bölgeye de "Dış Merkez" (Epicentre) ismi verilir.

Dış merkez pek ender olarak mesâfesi, yüzey alanı az bir bölge, yani yalnız bir köy ve yalnız bir kasaba olur. Daha çok kilometrelerce mesafede bir kaç kentin yer aldığı alan içinde bir daire veya bir elips olur. Buna "Merkez Dışı Bölge" (Zone épiscopale ou plistosiste) adı verilir. Merkez Dışı Bölgesinin ötesinde berisinde bâzı yerlerin şiddetleri birbirine eşit olabilir. Bunlara "Sarsıntı Şiddetleri Eşit Bölgeler" (Isoseistes ou isosistes) adı verilir.

Merkez dışı bölge ile hareket şiddetleri eşit bölgelerin toplamı yer hareketinin (= depreminin) "genişlik" derecesini gösterir. Depremin hemen bir anda olduğu yerler de vardır. Bu gibi zamanları ortak bölgelere "Eş Zamanlı Bölgeler" (Cosiste : homosiste) adı verilir.

### Marmara Depreminin Şiddeti, Merkezi ve Genişliği

Değerli okuyucularım, bu son yer hareketinin merkezi, genişliği ve şiddeti hakkında oldukça garib söylentiler duymuşlardır. Bunların içinde çok gülünçleri de vardır. Kimisi Hoşköy'ü, kimisi Mürefte'nin sınırlı bir dairesini, kimisi de bilmen hangi münferit noktayı depremin merkezi olarak alıyor. Depremden sonra incelemede bulunmak üzere bir de Romanya'lı deprem uzmanı gelmiş ve merkezin Mürselli olduğunu söylemiş! Bizce bir uzman böyle söz söylemez.

Tekirdağ'dan Çanakkale'ye kadar olan o geniş bölgedeki yıkımları bizzat gezdim, gördüm. Marmara depreminde Tekirdağ'ın oldukça uzun bir bölgesini depremin merkezi olarak kabul ediyorum. Bu bölge Tekirdağ'dan başlayarak Hoşköy, Gaziköy, Mürefte, Şarköy, Gelibolu ve Çanakkale ile bu ilçe ve illere bağlı olan birçok köylerin tamamını kapsar. Bu nedenle sarsıntı merkezi sınırlı bir köy, bir kasaba olmayıp, genellikle olduğu gibi adetâ bir hat üzerinde vâki "Merkez Bölgesi" halindedir. Alanı aşağı yukarı bir elips şeklindedir. Yalnız Mürefte, Şarköy ve Gaziköy gibi yerlerde görülen ve daha fazla gibi kabul edilen yıkımları yangınlarla başka nedenlerden ayırmak gerekir. Bu konuda tasarladığım harita bu yönleri açıklar sanırım.

Marmara depreminin, hatâsız olarak, genişliğini belirlemek ancak elde edilen ilk belgeler gibi önemli olaylara bağlayacakları önem nisbetinde mümkün olur. Uzak ve çeşitli yerlere kadar yayılan deprem o yerlerin basını ile her tarafa haber verilir. Bu haberlerin tamamı bir araya getirilirse depremin genişliği hakkında kesin bir fikir edinilebilir. Bizim bu konuda toplayabildiğimiz belgelere göre depremin yayılması kuzeyde Edirne, Bulgaristan ve Romanya, güneyde Midilli, İzmir(\*), doğuda İstanbul ve Afyonkarahisar, batıda ise Selânik, Viyana kuzeyi, İtalya ve Fransa ile civârı'dır.

Şimdi bu yayılma alanı dikkatle izlenir ve incelenirse çok önemli bir sonuç elde edilmiş olur. Görülüyor ki deprem özellikte doğu ve kuzeyde Alp sıradağlarının yayılma alanına doğru yayılıyor. Bu sonuç, nedenler konusundaki söylediklerimizi kuvvetlendirmeye neden olduğu için bizce çok önemlidir. Bundan başka İstanbul'dan tâ Fransa'ya kadar bir genişlik gösteren Marmara depremi volkan püskürmesinden nasıl oluşabilir?

### MARMARA DEPREMİNDE SARSINTILARIN ÇEŞİDİ, DEVAMI, YÖNÜ VE YAYILMA GENİŞLİĞİ

Evlerin, kulelerin, minarelerin yıkılma resmi depremin çeşidi hakkında bir fikir verebilir mi? - Dönemsel (= devrî) sarsıntı olabilir mi? - Felâketzedelerden bilgi alınabilir mi?

Herhangi bir deprem sonucunda yıkılan, devrilen evler, saat kuleleri, dikili taşlar, kilise çanları, cami minarelerinin düşüş resmi incelenecek olursa sarsıntıların çeşidi hakkında yaklaşık bir fikir edinilebilir. Örneğin deprem sırasında ağır bir cisim, koca bir kapı, bir evin bütün bir katı havaya doğru oldukça önemli bir yüksekliğe fırladığı, yükseldiği görülürse o sarsıntıya "amudî (=dikey)" (Secousses verticales, sussultaires) denir. Sarsıntıların en çok ve en önemli çeşidi "ufkî (=yatay)" (Secousses horisontales, tangentielles) dir.

Deprem sırasında bâzı kısımlardan gösterişli heykellerin veya dikili taşların eksenleri üzerinde döndükleri gözönüne alınarak sarsıntıların bir de "döndürücü,devrî" (rotatoires, tourbillonnantes) çeşidi olduğu sanılmış ise de bu gibi hareketler ufkî sarsılma ile pek âlâ açıklanabilir. Bu nedenle sarsıntıların bu çeşidini kabul etmeyen çoğu yazarın fikrine de katılıyorum.

(\*) Memâlik-i Osmaniyemizin içindeki genişlik derecesini çok zorlukla araştırabiliyoruz. Bulgaristan ve Viyanadaki depremi telgraflar haber vermişti. Fransa'dakiler Illustration'un 24 Ağustos 1912 senesindeki makalede yazılıdır.

Sarsıntuların devam süresi ve yönü çok önemli bir konu ise de ülkemizde bu noktaların açıklanması yanlış fikirlere, çok hatalı gözlemlere dayanır. Birini görseniz deprem sırasında çok fazla korkduğundan, zangır zangır titrediğinden, âdetâ aklının başından gittiğini size anlatır da, akabinde depremin devam süresi, yönü hakkında fikir bildirir ve görüş açıklar. Diyebilirim ki bu konudaki fikirler sinirlerin tümünün ve özellikle dikkat ve muhakemenin az çok etkilendiği bir zamanda meydana geldiği için bence çok az dikkate değerdir.

Sarsıntuların gerçek ve bilimsel bir şekilde devamı ve özellikle çeşidi zezelenüvis (=Sismographe) âletlerinin sismogram denilen isli kâğıt üzerindeki çizgilerden gözlemlenir. Sismograf, ne yazık ki, ülkemizin bilimsel araçlarının eksiklerinin en önemlilerindendir.

Bunlardan bir tanesi Beyoğlu'ndaki "Saint Benoit" okulundadır. "İlm-i Arz" (Jeoloji, Yer Bilimi) adındaki eserimin birinci basımına eklemek üzere okula gitmiş ve bu Sismograf âletini incelemişdim. Sistemi pek de o kadar mükemmel değildir. Âlet o zaman işleyemeyecek derecede bozuk veya aksâmı henüz tümüyle düzenlenmemişti.

Sarsıntuların yayılma hızı da başka iki şeye bağlanıyordu. Biri yine sismograf!!... İstanbul'daki sismograf harekete geldiği hakiki bir zaman ile örneğin Sofya veya Fransa'da aynı âletlerin işlediği zaman arasındaki fark elbette yayılma hızını bize öğretecekti.

Bir de depremin yayıldığı alandaki kütlelerin çeşidi tabakaların cinsi bizce bilinse idi o çeşit kütlelerde yayılma hızını bulmak, yaklaşık da olsa kolaydı.

Seyahatimdeki, bu konuda, bütün gözlemlerim gözden geçirildiği takdirde sarsıntuların çeşidinin "ufkî" olduğu kanaatine vardım. Benim de dayandığım nokta elbette sismograf değildir. Çünkü nerede!... Şarköy, Mürefte'deki evlerin çoğunlukla yıkılma şekli, Tekirdağ, Gelibolu, Çanakkale'deki minarelerin, saat kulelerinin yıkıldığı, devrildiği, şekil bu kanaatimi güçlendiriyor ve doğruluyor...

Buralarda sarsıntuların devamı hakkındaki fikirler de çok karışık. Kesin olan bir şey varsa ilk sarsıntının üç ayrı sarsıntıdan ibaret olduğudur. Bunlardan ilk sarsıntı hafif, ikinci şiddetli, üçüncü ise en şiddetli idi. Söylentiler arasında bu üç sarsıntının sürelerini birleştirip 40 hatta 50-60 saniyeye çıkarırlar olduğu gibi, tek tek sarsıntuların süresi 30-40 saniye kadar devam etmiştir diyenler de vardır. Yine ortalama bir gerçeği söylemek gerekirse depremin tüm süresi 25-30 saniyeyi geçmemiştir. Bu arada sâkin dönemler hesap edilmezse asıl depremin zamanı 10-15 saniyeyi geçmez. Sarsıntuların birbirleriyle karışmasına da

"Essaims" denilir.

Depremın yönünün de açıklanması aynı soruna tesâdüf etmektedir.

### DEPREMİN GÖRÜNÜRDEKİ FİİLLERİ

Jeolojiden bir iki söz - Marmara depreminin "artçı sarsıntuları" bir kaç aydır devam edip duruyor. - Fransızca İstanbul gazetesinin garip havadisleri. - Mürefte köylerinde 400 m. uzunluğunda ve 5 m. derinliğinde bir çatlak. - Bolayır'da kırmızı su fıskırtan bir kaynak?!...

Büyük bir depremin tek bir olay olduğu pek nadirdir. Genellikle birinci ve büyük sarsıntıyı şiddetleri gittikçe azalan birçok sarsıntılar izlemektedir. Bu izleyen sarsıntılar bâzân haftalarca hatta aylarca devam ederler. Bunlara "Répliques" denir.

Bâzân asıl büyük depremden önce önemsiz sarsıntılar hissedilir. Bunlara da "Secousses Premonitoires" (Haberci sarsıntılar) adı verilir.

Bâzı kez deprem sırasında yer altından geliyor gibi bir takım gürültüler, uğultular duyulur. Bir kısmı top veya yıldırım seslerine benzer. Güney Amerika'da böyle seslere "Retumbos", İtalya'da "Rombos" Hind İngilizleri de "Barris al guns" diye isimlendirirler.

Sâhillere rastlayan yer hareketi denizi de titretir ve sallır. Sarsıntılardan oluşan heybetli ve büyük dalgalar "Tsunamis" karalara doğru uzak mesafelere hücum ederler.

Şiddetli depremlerde yerler yarılr. Derin, geniş ve devamlı çatlaklar açılır.

Sarsıntılar sırasında birçok kaynaklar kurur, çeşmeler akmaz. Sıcak kaynakların suları azalır veya tümüyle kesilir, yâhut yeniden sıcak, soğuk kaynaklar belirir.

### Marmara Depreminin Görünürdeki Fiilleri

Marmara depreminin birinci ve esaslı sarsıntısından sonra tâlî bir çok replikler hiss olunmuştur. Hatta bu tâlî sarsıntılar birçok ay geçtiği halde bugüne kadar devam etmektedir. Bir kaç gece önceki sarsıntı da büyük repliğin sonu kabilindedir. Bunların daha ne kadar devam edeceği kestirilemez. Şimdiye dek meydana gelen replik sayısı 60-65 kadardır.

Depremden önce, haberci olaylardan hiç biri hissedilememiştir. Şarköy ile çevresindeki yerlerde sarsıntılar sırasında bazı gürültülü ve uğultulu sesler duyulduğu söylentileri vardır.

Depremın sadmesi deniz sahilinden epeyce yere rastladığı halde "tsunamis" denilen o korkunç dalgaları meydana getiremedi. Yalnız buna

ilişkin bâzı garip söylentiler vardır: İstanbul'da Fransızca olarak yayınlanan "Stamboul" gazetesi de "Bir Doğa Olayı" başlığıyla şu haberi duyuruyordu: "Gece saat 11.00'de Kadıköy'de Mühürdar'da deniz çok dalgalıydı. Gece yarısından bir saat sonra sahile çarpan dalgalar çoklukla yağmur yağmakta olduğu hissini veriyordu; halbuki bir damla bile yağmur yağmamışdı. Aynı zamanda şiddetli bir rüzgâr toz bulutları kaldırmakta idi.

Saat ikide depremden yaklaşık birbuçuk saat önce sıcaklık çok fazla artmış ve denizde dalgalanma fazlaşarak bir olağanüstü olayın olmasının yakın olduğu anlaşılmakta bulunmuştu. Denizdeki kaynaşma şiddetli depremden ancak yarım saat sonra sükun bulmuşdur. Depremden az önce epeyce bir kum yağmuru görülmüştür?..." Bu haberdekilerin hemen tümü uydurmadır. Bu gibi doğa olayları(! depremlerin işlevleriyle kesinlikle ilişkili değildir.

Bu depremde sarsıntı alanı içinde çatlamış, yarılmış bir kaç yere de rastlayabiliyoruz. Mürefte, Şarköy köylerinde dağlar arasındaki vadilerde yarım metre, 30 cm genişliğinde, 20-30 m uzunluğunda birçok yarıklar olmuştur. Fakat bunların içinde bir tane çok dikkat çekicidir. Mürefte'ye bağlı Kestanbolu ile Yenice köyleri arasında (I) Stelyanoz'un Dışbudak Mevkii tarlasında doğu yönünde yaklaşık 400 m uzunluğunda, 5 m genişliğinde ve 10 m kadar derinliğinde yer yarılmıştır.

Mürefte ve Şarköy ile civar köylerinde bir çok kaynaklar kurumuştur. Hatta aynı Şarköy ve Mürefte'de çeşmelerin çoğundan bizim ziyaretimiz gününe kadar sular henüz akmamıştı. Deprem sırasında güyâ Gaziköy'den geçen bâzı gemiler o anda denizin üzerinde geniş bir petrol tabakasının yayıldığını haber vermişlerse de, yaptığım araştırmada bunun da aslı olmadığı meydana çıkmıştır. Hele sıcak su kaynakları meydana getirme konusunda biçâre depremzedelerde büyük bir istek vardır. Kimle konuşsanız filân veyâ falan yerde sıcak su kaynamışdır diye sizi iknaya çalışır. Oralardan araştırırsanız kuru bir söylenti bulursunuz.

Bolayır'a gittiğimiz gün (9 Ağustos sabahı) bir kişi bize şu olayı anlatıyordu: Köylünün biri bir desti içinde kan gibi kırmızı bir su getirmiş, hatta çarşı sokaklarına döküldüğünü gözleriyle görmüş imiş. Köylü bu suyu Bolayır'dan üç saat ötede Adilçeşme adındaki yerde yeni ortaya çıkan bir kaynaktan doldurduğunu söylemiş. Bu kadar kesinlikle söylenen bir söylentinin araştırılması merakına düştüm. Fakat söyleyen kişi köylüyü tanımadığı gibi, Bolayırlıların hiç birinin de bu olaydan haberleri yokmuş!... Bilmem ki bu gibi garipleri, böyle olaylar sırasında pek doğal ki çok hareketli olan akıl gücünün hayalleri diye mi kabul edelim?!...



Bu arada Dedeğaç'daki kaplıca sularının biraz azaldığı kesindir.

## MÜREFTE VE ŞARKÖY'DE FELÂKET SAHNESİ

Mürefte ve Şarköy hakkında birkaç söz - Deprem gecesi ve sabahı. - Mürefte ve Şarköy'deki hasarlar. - Ne kadar ev yıkılmış - 1115 ölü! Garib birkaç olay. - Depremden sonra halkın durumu. - Yardımlar.

### Mürefte ve Şarköy Hakkında Birkaç Söz

**Mürefte :** Mürefte ismi Rumca Myriophiton kelimesinden bozmadır. Yunan dilinde "bitkileri bol, bol bitkili" demektir. Mürefte eskiden beri bağ ve bahçeleriyle, zirai ürünleriyle tanınmış olduğu için ismi de buradan kalmış olsa gerektir. Mürefte'nin nüfusu 6000 civarındadır. Ahalisi genellikle Rum'dur. Bir mikdar müslüman, çok az da Ermeni, Musevî ve Kıptî vardır. Bu ahalinin başlıca işleri gemicilik, bahçıvanlık ve kozacılıktır. Yıllık 5 milyon kilodan fazla şarap, 50 bin kilodan fazla da rakı ihraç olunur. İpek kozası da başlıca ürünlerindedir. Yıllık geliri 2500 lirayı geçmektedir.

**Şarköy (Peristeri) :** Şarköy'ün asıl adı "Şehirköy"dür. Nüfusu 5500 civarındadır. 15'i İslâm ve 9'u Hristiyan olmak üzere 42 köyü vardır. Halkı ziraat bağcılık, kozacılık ve gemicilikle meşguldür. Üzüm ile ekini çok fazladır.

### Deprem Gecesi ve Sabahı(\*)

Mürefte ve Şarköy, o mutlu ve zengin kasabaların bu kez karşılaştıkları sefâlet ve harabiyeti tanımlamak gerçekten çok acı verici bir olaydır:

Temmuzun o sıcak gecesinde herkes, kendisini bekleyen kötü talihten habersiz tatlı uykularına dalmışdı. Tam saat üçde İsrâfil'in sûr'unu andıran canhıraş sesler, gürültülü çığlıklar herkesi uykudan uyandırmışdı. O zaman, o talihsiz yerlerde kıyâmet kopuyordu!.. Yerler devamlı sallanıyor, bütün yer yıkılacak sanılıyordu. Küçük büyük herkes kendini sokağa atıyordu. O sırada evler yıkılıyor, minareler, kilise kuleleri devriliyor, canını kurtarmaya çabalayan çaresiz insanlar ise bu

### Buraya kadar olan bilimsel verilere yardım eden eserler :

Emil Haug	Traité de geologie
Ed. Suess	La face de la terre
Ed. Suess	Die erdbeben niederostereichs
Ed. Suess	Die erdbeben sudlichen Italien
A. de Lapparent	Le progrès des études sismologiques
F. de Montessus de Ballore	Les tremblements de terre
F. de Montessus de Ballore	La sciens sismologique

(\*) Olayı duyduklarıma göre tasvir ediyorum. (M. Sadi)

yıkıntı arasında mezar felâketi buluyordu!... Ortalık mahşere dönmüştü.

Arası çok geçmeden. her taraftan "yangın var" çığlıkları da yükselmeye başladı! Ne yazık! Depremden, o müthiş felâketten daha fazla ev bark yakan, kül eden bir belâ başgöstermişti.

Alevler yükseldikçe yükseliyor, gökler bile ateş gibi bir renk veriyordu. Çoluk, çocuk, kadın, erkek herkes artık bütün bütün şaşırmışdı.

Ortada çaresiz bir anne mışıl mışıl uyuyan ciğerpâresini kurtarmak için, saçlarını yolarak, alevlere, ateşlere saldırıyor!... Beride kendisinden geçmiş bir bahtsız birkaç parça eşyasını kurtarmak için mahyası düşmüş bir çatının altına sokuluyor, fakat orada ancak kendisini bekleyen ölümü buluyor!... Daha ötede üç - dört yaşında bir yavrucak annesini kaybetmiş, ağlıyor, koşuyor, bağıyor. Nihayet deli gibi seyirten bir alay halkın ayaklarının altında çiğneniyor, eziliyor!..

Diğer bir köşede yatağından yarı çıplak fırlamış çaresiz genç bir kız, kanlar, bereler, yaralar içinde yatan sevgilisine gözyaşlarıyla bir damla hayat vermeye uğraşiyor!..

Tâ ötede yarı beline kadar yıkıntı içinde kalmış bir zengin, alevlerin yaklaştığını görünce gümüş ve altının kıymetsizliğini anlıyor, kendisini kurtaracak olanlara yüz, beş yüz,... lira vaad ediyordu! Yazık ki orada yalnız bir şeyin kıymeti vardı, o da herkesin kendi yaşamı idi!

Yangın beş altı yerden devam ediyordu! Her iki kasaba da cehennemî bir görünüm almışdı!...

Bir iki saat geçti. Sabah olmuşdu. Güneş o gün ilk ışınlarını artık Mürefte, Şarköy şehirlerine değil iki mutsuz yangın yıkıntısına aksettiriyordu!

O gecenin sabahı gerçekten çok keder doluydu. Bir anne daha şafak sökmeden geceden yanan, ölen bir iki aylık yavrusunu bir tepsi içine koymuş, kendi kazdığı bir çukura gömmeye götürüyordu. Büyücek diğer bir evladı da ölüyü izliyordu. Tabut, cenâze alayı, dua okuyacak bir rûhânî hep o tepsi ile bu iki çaresiz felâketzededen ibaret!.. Bir taraftan yıkıntılar kazılıyor, içinden yarısı yanmış insanlar, yarı ölmüş bedbahtlar çıkarılıyordu. Sokaklar yaralılarla dolmuşdu.

Yolunuzda, başını iki eli içine almış devamlı ağlayan nice bin çaresize rastgelirsiniz. Bunlar ya annesini, ya babasını, ya evlâtlarını ...

yahut da bütün servetlerini kaybetmişlerdir!...

Tanrım ne üzüntü verici bir görünüm ! Her tarafta feryad, her köşede figândan başka bir şey yok!...

Saatler biraz daha ilerliyordu. Çocuklar her şeyi unuttur gibi olmuşlar. Annelerinin eteklerine sarılıyorlar. O mâsum ağızlar artık şu cümleyi tekrara başlamıştı: "karnım aç, ekmek!" Her şey olup bitmişti. Şimdi ise "açlık", o dayanılmaz gereksinme baş gösteriyordu!..

#### Mürefte ve Şarköy'deki Hasarlar :

Mürefte ve Şarköy felâketin en büyük payını ortaklaşa paylaşmışlardır. Depremden meydana gelen hasâra her iki yerde de yangın tahribatını eklemiştir. Mürefte'deki 850, Şarköy'deki 1085 evden hemen sağlam denecek bir tek ev bile kalmamıştır. Bu iki kasabada da yangın ile depremin tahribâtını ayrı ayrı incelemek mümkündür. Şarköy'de yangının uzanamadığı, ulaşamadığı yerler vardır. Doğaldır ki oradaki hasarlar yalnız depreme aittir. Böyle olmakla birlikte o yerlerde yıkılmadık bir eve rast gelmek mümkün değildir. - Bu durum aldığım resimlerden birisinde de çok güzel fark edilebilir. - Buna karşın çok doğru olarak denilebilir ki, yangın, depremin yıkdığı evleri yakmış, kül etmiştir.

Buralardaki felâketzedelerin durumu da diğer yerlerle karşılaştırılabilecek gibi değildir. Yangın olmayan yerlerde herkes bir yatak, bir yorgan, bir elbise parçası velhâsıl eşyasından bir kısmını kurtarabilmiştir. Mürefte ve Şarköy bîçâreleri çırılçıplak sokaklarda kalmışlardır. Tümüyle yıkılan evlerin sayısı bütün deprem alanında 9000 civarındadır.

#### Ölümler :

Bereket versin ki harman zamanıydı. Halkın bir kısmı kırlarda, harmanlarda yatıyordu. Bununla birlikte ölümlerin sayısı epeyce bir yekûne ulaşıyor.

Şarköy'deki depremin ertesinde 57, Mürefte'de 68 ölü görülüyordu. Şarköy'ün bütün köyleriyle birlikte toplam ölü sayısı 182, Mürefte'nin 707 idi. Her iki kasabanın toplam ölü sayısı 889 sayısına ulaşıyordu. Bu sayıya ağır yaralılarından daha sonra ölen 120 kişi ile Gelibolu ve ona bağlı yerlerdeki 33, Çanakkale'deki 3 ölü eklenirse depremin genel ölü sayısının 1115 kişiden ibaret olduğu anlaşılır.

Bu ölümler arasında çok garip olaylara da rastlanılır: Hoşköy'de kadının biri Çorbacı kabağın evinin karşısında yangına yakalanıyor. Dört tarafı alevler içinde kalıyor. Kadın oradaki meydancığın çeşmesine

giriyor. İki gün yıkıntı ortasında kaldıktan sonra sâlimen kurtuluyor.

Mürefte müftüsünün nâ'sı, önünde Kur'ân-ı Kerim, gözünde gözlük olduğu halde Kur'ân okuma durumunda bulunmuştur!

Hoşköy belediye kâtibi İbrahim Efendinin keçisi 6 gün kadar yıkıntı altında kaldıktan sonra sağ olarak kurtarılmıştır.

İki, üç hatta beş, on gün yıkıntı altında hayatta kalmış kedi, küpek, keçi, koyun gibi hayvanlar pek çoktur.

Şarköy'de evin birinin damı yıkılır. Odada kuvvetlice bir sandalye bulunduğu için yıkılan damın direkleri sandalyeye takılır kalır. Bu durumda döşeme ile tavanın yıkıkları arasında bir mesafe kalır. O sırada oracıkda yatan iki kişi de tamamen kurtulur.

#### Depremden Sonra Halkın Durumu :

Depremın ertesi günü halkın bir kısmı Gelibolu'ya, Çanakkale'ye, İstanbul'a öteye beriye taşınmaya başladı. Birkaç gün içinde ahalinin hemen yarısı dağılmıştı.

Kasabalarda ve köylerde kalan halkın durumu cidden ağlanacak bir şekilde idi. Her aile kırlarda, bahçelerde eline geçirdiği bir parça bez, bir keçe parçası, bir çuval ile birer kulübe yapmışlar. Sefil, acıklı bir hayat geçiriyorlar. Herkesin su içecek bir bardağı bile kalmamıştı. Bütün halk öteden beriden gelecek bir lokma ekmeği, en ufak yardımı sabırsızlıkla bekliyordu.

#### Yardımlar :

Beklenen yardımlar pek de gecikmedi. Hemen o gün her taraftan ekmek, un, pek çok da eşya gelmeye başladı. Halk açlıktan o kadar da çok etkilenmedi. O sırada hükümetin büyük bir kabahati olmuştu. Halkın gerçek gereksinmelerini anlamakta çok geç kalındı. Halkın yiyecekten sonra bir tek gereksinmesi vardı ki, o da ev idi. Valiler hatta bakanlar çok yazdılar çizdiler. Çok da geldiler, gittiler; fakat gerçek gereksinme anlaşılmıyordu, yahut anlaşılamiyordu! Depremden 10-15 gün sonra Mürefte'de barakalar yapılmaya başladı. Yalnız Mürefte'de 300-400 aileyi yerleştirmek zorunluluğu varken günde ancak bir iki baraka tamamlanabiliyordu. Ne işçi var, ne de malzeme! Yapılan barakalar için "anlaşıyor ki" bilgisi olan efendilerden bir tek kişinin bile görüşü alınmamış! Biraz olsun sıhhî bir baraka yapmak mesclesi kimsenin aklına bile gelmemişti. Daha o zaman damlara çakılan muşambalar rüzgârın zoruyla kalkıyordu. Bulaşıcı hastalıkların yayılmasını önleyecek önlemler, tuvaletler, akacak sular hakkında kuralların hiçbirine uyulmamıştı. Birkaç çam tahtası birbirine çakılmış, aralarında

bir iki bölme yapılmış işte o kadar!

Ahalinin diğer zorunlu bir gereksinmesi daha vardı. O da zahire ve hayvanlarının korunması sorunu idi. Fakat insanları bu kadar ihmal edenlerin hayvanlara bakış açısının takdirini değerli okuyucularıma bırakıyorum.

Sağlık komitelerinin yardımları oldukça övgüye değer. Bu komitelerden çok azı felâketin akabinde yetişebilmişlerdir. Çoğu biraz, hatta çok gecikmişlerdi. Bilindiği gibi bu tür sağlık komitelerinin en büyük başarısı olay yerine zamanında erişebilmektir. Yaralar çürüyüp, koktukdan, iltihaplandıktan sonra yardımın değeri - âdetâ - sıfıra indirilmiş olmaz mı?

Kızılay'ımız felâketin ya sekizinci veya onuncu günü deprem yerine varabilmişlerdir. Fakat neden saklayalım, vapurumuz Mürefte'ye yaklaşınca ilk gözüme çarpan şey Kızılay'ın şefkatli bayrağı olmuştur. Onu görünce kalbim sevinçle çarpmaya başladı. Seviniyordum. Çünkü hükümetimizi şu çâresiz halkın yaralarını sararken pek az kez görmüştüm. Denizde, açıklarda bir de vapur duruyordu. Öğrendiğime göre o da Kızılay'a aitti. Orada ağır yaralılara ameliyat yapılıyor ve vapurun içindeki hastaneye yatırılıyordu. Hastane vapurundaki özen ve kusursuzluk Amerika Büyükelçiliği tarafından gönderilen sağlık komitesinin bile övgüsünü kazanmıştı. Bunu görmek ne yazık ki bana kısmet olmadı. Şiddetli bir poyrazın dalgalarından vapura gidemedim.

Kızılay'ın dışarıda çadırdaki çalışma şekli ve hizmetini, mesleğim nedeniyle, çok büyük bir dikkatle izledim. Tedavi şeklinde, dışarıdaki bütün öğütünde çok belirgin şekilde göre çarpacak kusurlar vardı. Bunları birer birer eleştirmek niyetindeydim. Fakat Kızılay'a mensup değerli doktor arkadaşlarım bu konudaki düzensizlikleri raporlarla Başkanlığa bildirdiklerini söylediler. Ben de iyi niyetle, Başkanlık yetkililerinin bu yönleri göz önüne almasını bekleyerek şimdilik susmayı yeğliyorum.

Tekirdağ, Gelibolu ve Çanakkale'de :

Tekirdağ'a 3 Ağustos'da gelmişdim. Şehrin denizden görünümü depremden pek de etkilendiği kanısını uyandırmıyordu. Uzaktan, hatta sahile iyice yaklaşıldığı halde bile, tamamen yıkılmış bina görüleliyordu. Yalnız camilerin devrilmiş minâreleri âfetin derecesini yaklaşık bir şekilde gösteriyordu. Vapurda sahilde herkesin ağzında "hamdolsun çok hasar ve zâiyat yoktur." cümlesi dolaşıyordu. Sahile çıktım. Yirmidört saat kalmak zorunda olduğum için hemen sokakları dolaşmaya başladım. Herkes işiyle gücüyle meşgul fakat bütün yüzlerde kolaylıkla farkedilecek bir korku var! Bir çok aile bahçelerinde açık

yerlerde çadırlar kurarak orada oturuyorlardı. Çarşıdaki "Gümrük Camii" çok fazla eski olduğu için tümüyle çökmüştü. Bundan başka hemen bütün camilerin şerefeleri az çok yıkılmıştı. İskeleyle yakın olan meşhur "Paşa Camii" ile bunun civarındaki "Saat kulesi" çok fazla zarara uğramıştı. Yukarıki mahallelerde de aynı manzara görülüyordu. Bâzı sokaklarda evlerin duvarlarının bir tarafı yıkılmış, çatılarının bir kenarı devrilmişti. Telgrafhane oldukça hasar görmüş ve telgraf makinesi çadır altında, bahçede işliyordu. Askeri hastane de önemli hasara uğramıştı. Bir çok yerleri çatladığı gibi başhekim binbaşı Rüştü Bey'in hemen bir süre önce oturmakta olduğu odanın tavanı çökmüştü. Hastanede bir de çavuş ölmüştü. Tekirdağ'a bağlı yerlerde de az çok ölü ve hasarlar meydana gelmiştir. Işıklar, Simitli, Nâib, Panados ve Çanakçı köyleri oldukça etkilenmişlerdi. Tekirdağı ve civarındaki ölü sayısı 60-70 civarındadır. Maddi zarar ise 20.000 lirayı geçer.

Gelibolu'ya 8 Ağustos'ta ulaştım. Hasârı, Mürefte ve Şarköy'den sonra, ikinci derecede buldum. Hükümet konağı, saat kuleleri, bir çok ev hemen tümüyle yıkılmıştı. Hasârın derecesi cetvelde yazılıdır.

Çanakkale'deki hasâr Tekirdağ'dan biraz fazlacadır. En çok etkilenen yerler deniz kenarıdır. Oradaki binalar ve özellikle konsolosluklar oldukça zedelenmişlerdir. En çok hasâra uğrayan bina Yunan Konsolosluğudur.

Mürefte ve Köylerinin Hasârını Gösterir Cetvel

İsimler	Ev Sayısı	Genel Nüfus	Ölümler	Ağır Yaralılar	Yıkılan Evler
Mürefte	850	5250	68	40	800
Platanoz (Çınarlı)	250	1400	49	30	250
Kerasya (Kirazlı)	160	982	75	35	160
Kalamiç (Kalamış)	150	750	30	20	150
Murselli	40	255	29	30	40
Yaya	20	120	4	3	20
Yorguç (Yörgüç)	26	180	7	7	26
Hora (Hoşkøy)	592	4098	192	45	592
Ganos (Gazikøy)	550	3480	130	40	550
Melan (Güzel)	280	1470	111	30	280
Uçmaktdere	360	1840	6	34	210
Kestanbolu	163	1070	5	20	119
Yenice	240	1450	1	8	150
Beyoğlu	35	235	—	1	30
Tatarlı	20	125	—	—	5
TOPLAM	3736	22705	707	343	3382

Şarköy ve Köylerinin Hasârını Gösterir Cetvel

Köyler	Ev Sayısı	Genel Nüfus	Ölümler	Ağır Yaralılar	Yıkılan Evler
Şarköy	1085	5214	57	100	1085
Gölcük	98	376	29	44	98
Ulaman	26	140	—	—	26
Yayaağaç	55	226	—	9	—
İshaklı	45	216	—	1	38
Emir ali	44	188	—	3	38
Aksakal	70	312	—	3	61
Mustecib	61	298	—	4	52
Deliler	22	119	—	—	18
İydemir	43	221	1	—	38
Balyula	35	171	—	—	30
Yuva	14	60	—	—	12
Araphacı	35	202	—	—	30
Bey	43	209	—	—	37
Esendik	131	590	—	6	105
Palamut	100	430	—	3	87
Bulgur	22	119	—	—	19
Kızılcaterzi	48	232	—	—	38
Koca Ali	18	73	—	—	2
Sofu	9	46	3	3	9
Cedid (Yeniköy)	160	679	7	10	150
(İ) Sterna	607	2443	10	60	200
Eriklice	326	1255	30	42	296
Çengelli	33	145	—	5	30
Arpalı	293	1245	46	36	248
TOPLAM	3523	15314	183	329	2647

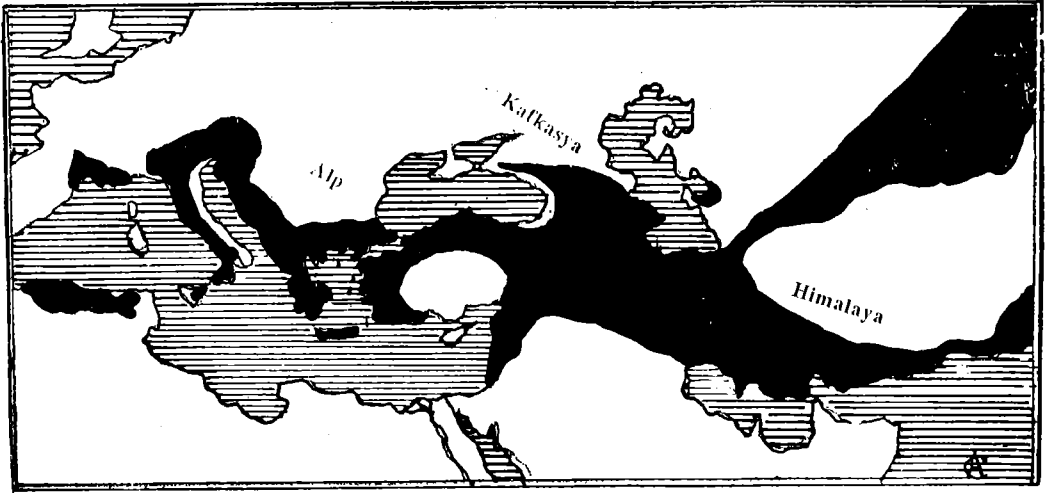


**Gelibolu ve Köylerinin Hasârını Gösterir Cetvel**

Köyler	Ev Sayısı	Genel Nüfus	Ölümler	Ağır Yaralılar	Yıkılan Evler
Gelibolu	2344	13127	5	16	802
Cedid (Yeniköy)	592	2604	8	21	252
Fındıklı	466	1914	—	20	92
Kavaklı	42	214	—	—	14
Cevizli	35	160	—	3	31
Bayır	340	1609	1	8	307
Galata	288	1287	—	—	7
Cumalı	29	120	2	3	27
Burhanlı	47	217	—	3	45
Pazarlı	38	150	—	4	36
Tayfur	359	1490	—	—	5
Burgos (Burgoz)	220	825	—	9	47
Bolayır	467	2113	5	20	257
Eksemil	232	1207	—	22	104
Evreşe (Kadıköy)	314	1373	1	5	174
Adilhan	84	360	—	1	78
Kayak	150	609	7	4	147
Bayramıç	127	517	—	—	121
Yuluca	97	447	—	—	75
Kiliseli	80	356	—	—	72
Şadıllı	109	447	—	—	51
Çokal	60	311	2	1	45
Kalealtı	29	132	—	—	17
Karaçalı	50	205	2	2	47
Muarız	107	468	—	—	25
<b>TOPLAM</b>	<b>6706</b>	<b>32263</b>	<b>33</b>	<b>142</b>	<b>2878</b>



Mürefte'de deprem ve yangından tümüyle yıkılmış mahallerden biri

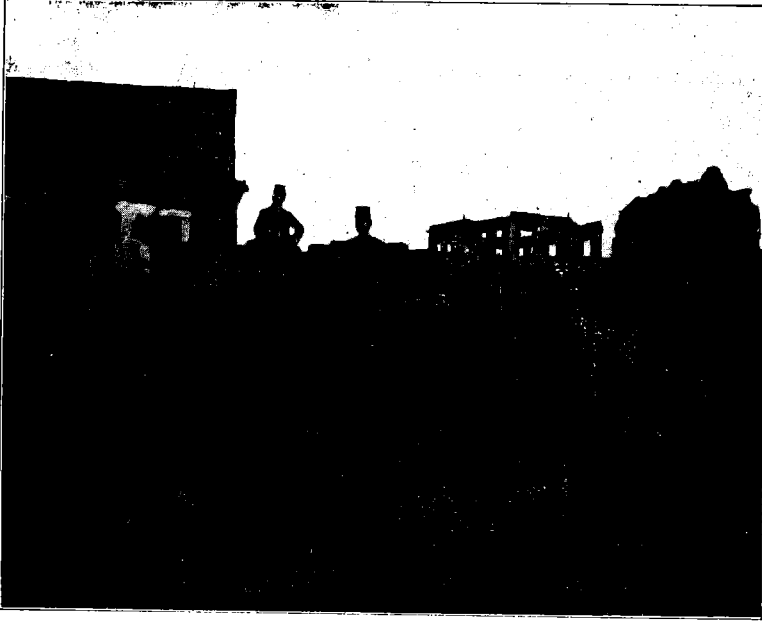


1903 tarihinden beri meydana gelen 159781 depremin isabet ettiği bölge

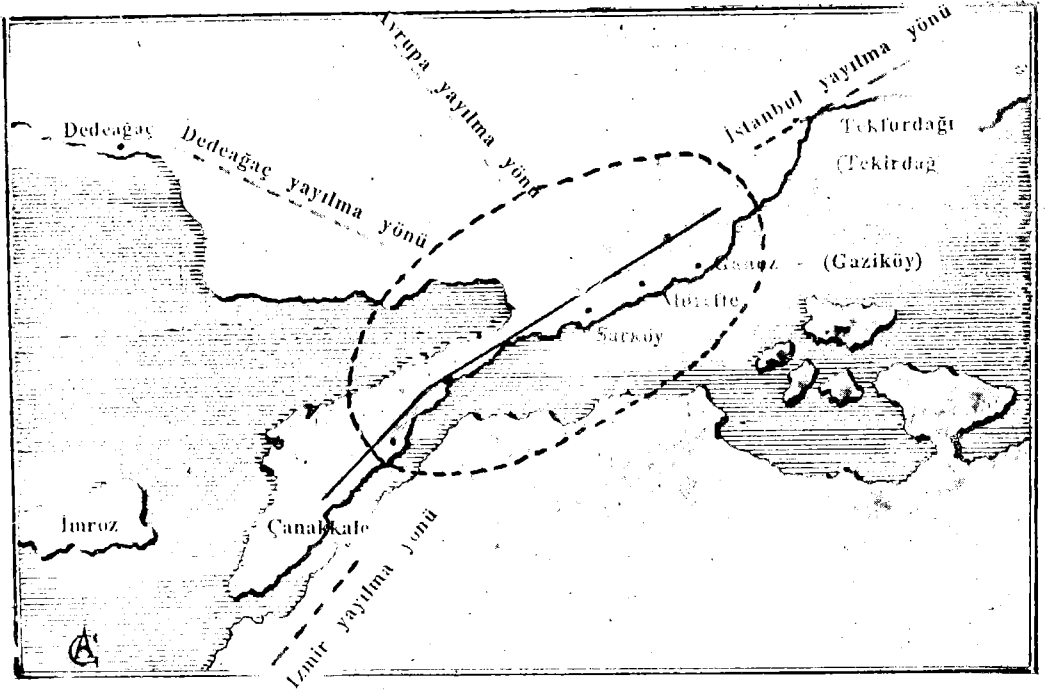
(M. Sadi tarafından hazırlanmış ve İstanbul İli Mühendisi Şükrü Bey tersim etmiştir)



Çaresiz felaketzedelerden bir topluluk



Mürefte'de deprem ve yangından yıkılan bir mahalle ile Rum Kız Okulu



Depremin merkezi ve yayılma yönleri

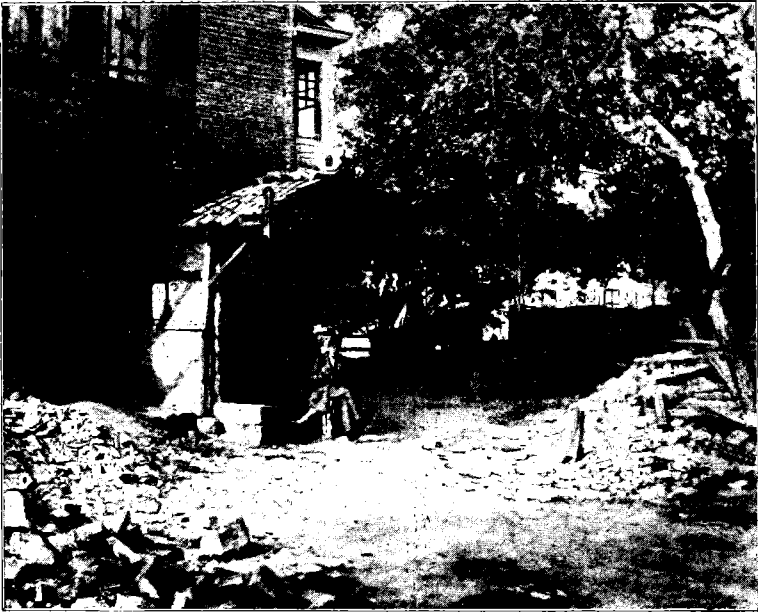
(M. Sadi tarafından hazırlanmış ve İstanbul İli Mühendisi Şükrü Bey tersim etmiştir)



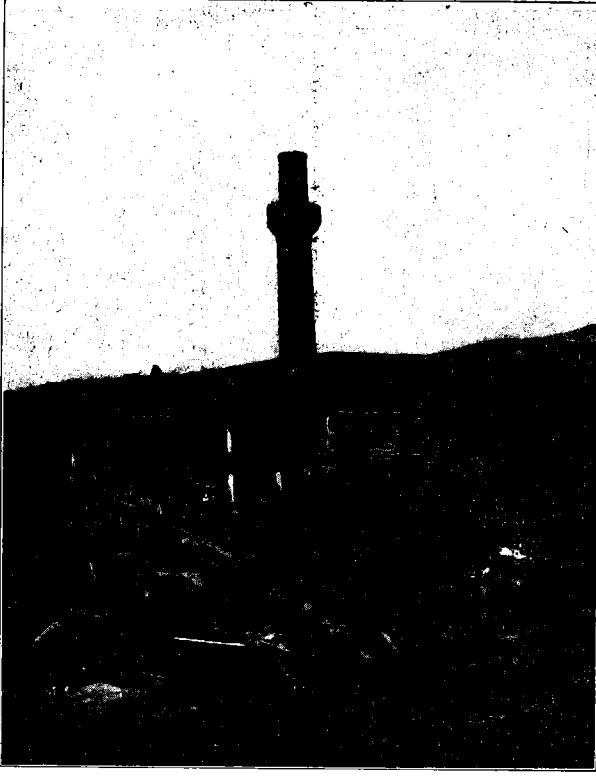
Mürefte'de pek garip bir şekilde yıkılan bir ev



Mürefte'de depremden yaralananların taşınması

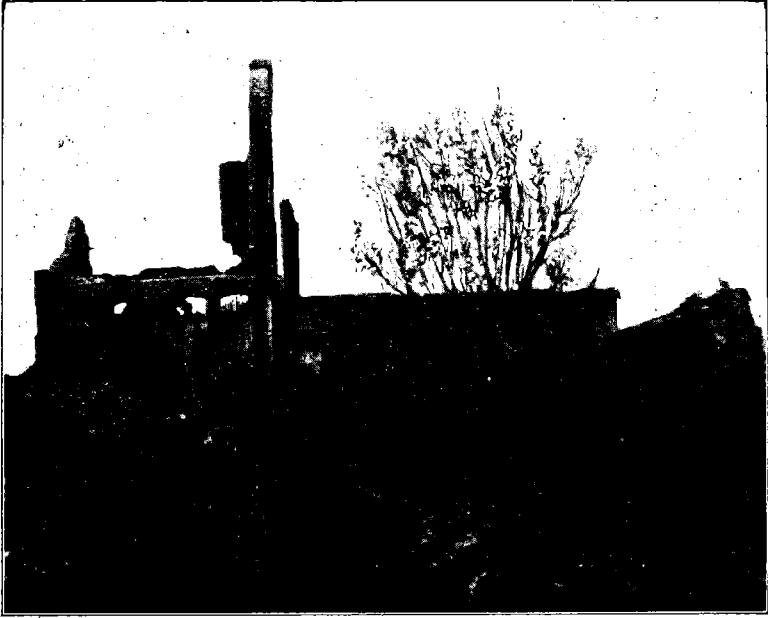


Şarkoy'de depremden kurumuş bir çeşme

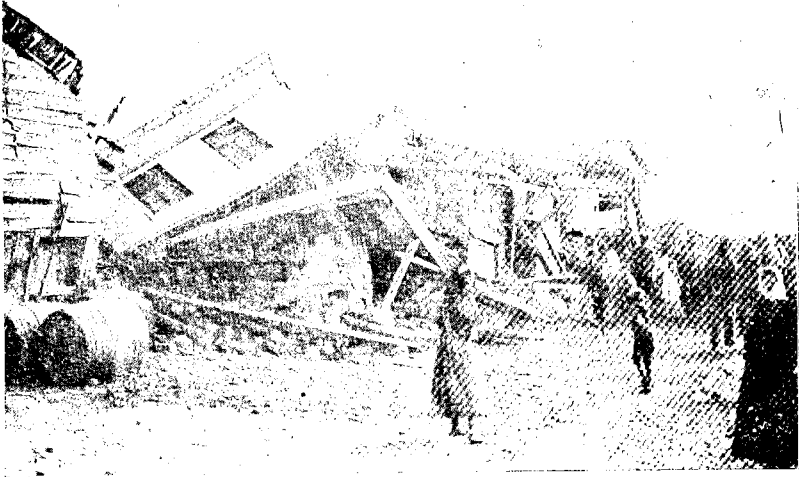


**Mürefte'de depremden ve yangından yıkılan mahallelerle bir cami**





Şarköy'de deprem ve yangından tümüyle yıkılan bir mahalle



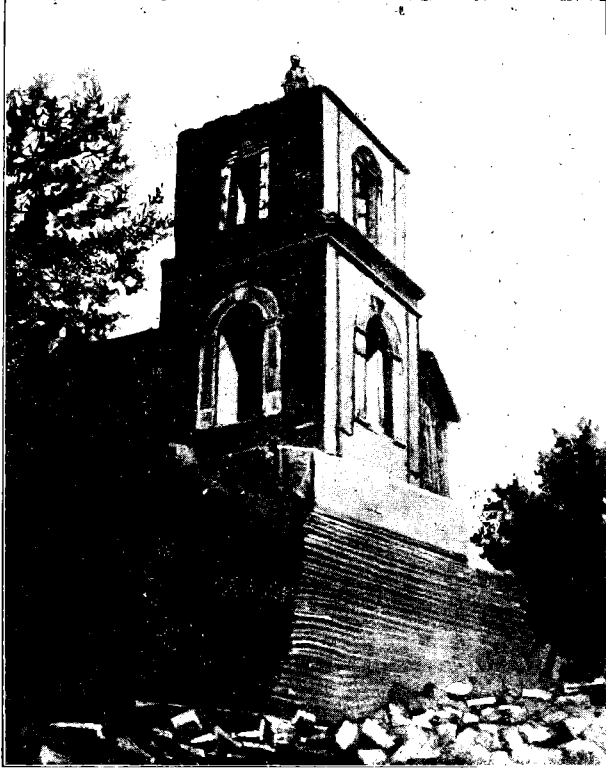
Depremın Ganos'daki (Gaziköy) tahribatında



Sarköy'de yalnız depremin tahribatına uğramış bir mahalle



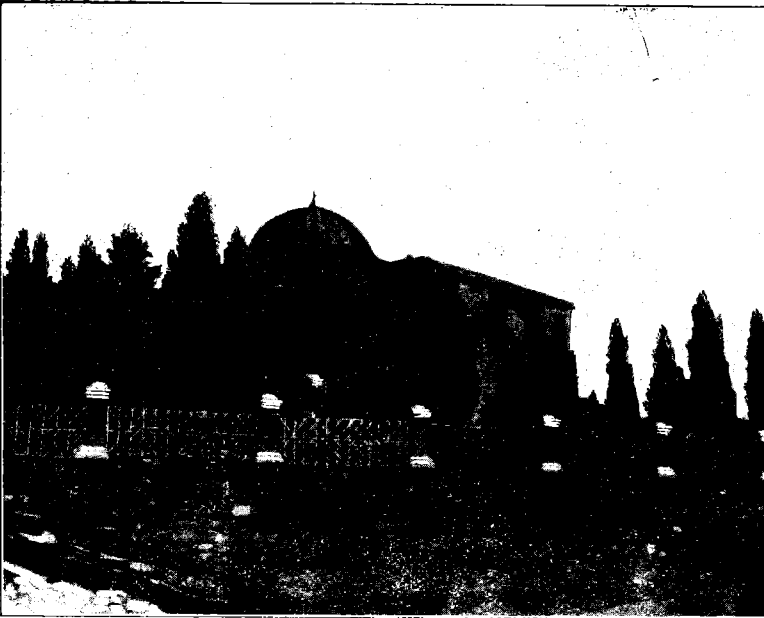
Gelibolu'da çok fazla hasar gören "Mekteb-i İdadi" (Lise)



Gelibolu'da yıkılan saat kulesi



Bolayır'da hemen tümüyle yıkılan merhum Namık Kemal Bey'in kabri



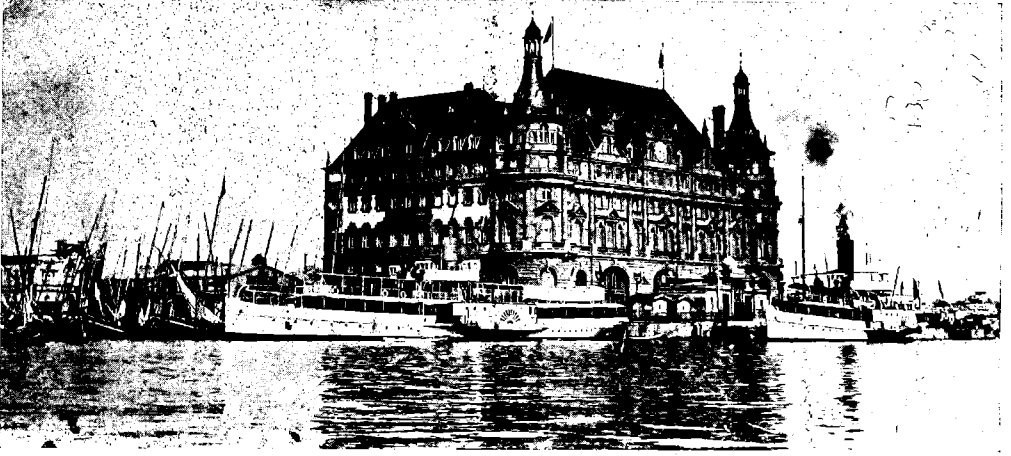
Bolayır'da çok fazla hasar gören Gazi Süleyman Paşa Türbesi



Çanakkale'de oldukça zedelenen saat kulesi



Çanakkale'de en çok hasar gören Yunan Konsolosluğu

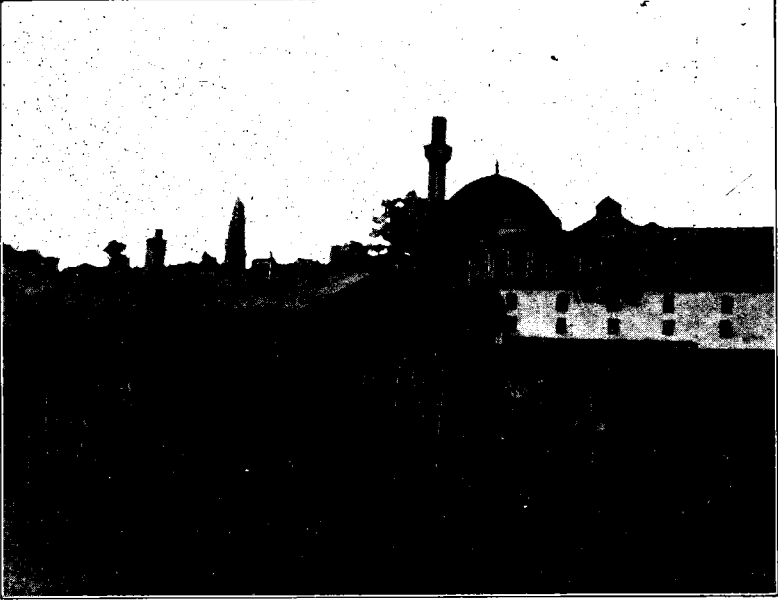


Deprem sırasında saat kulesi zedelenen Haydarpaşa tren garı



Tekfurdağında (Tekirdağ) tümüyle yıkılan Gümrük Camii





Tekirdağ'da depremde yıkılan minarelerden "Paşa Camii"



Mürefte'de Kızılay çalışırken

## 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,
  - f) Fotoğrafların net ve klişe 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 elemanlar tarafından hazırlanan ve telif ya da tercüme ücreti ödenerek yayınlanacak olan yazıların, mesai saatleri dışında hazırlanmış olduğu yazan derleyen , ya da çevirenin bağlı bulunduğu birim amiri tarafından (genel müdürlüklerde daire başkanı, müstakil birimlerde birim amiri) verilecek bir belge ile belgelendirilmesi zorunludur. Bu belge ile birlikte verilmeyen yazılar için ücret ödenmez.
4. Telif ve tercüme ücretleri ancak yazı bültende yayınlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.
5. Bültende yayımlanacak yazılara, "Kamu Kurum ve Kuruluşlarının Ödenecek Telif ve İşlenme 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 kısıtlanmasını teklif etmeye, verilecek ücrete 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. Yayımlanan yazılardaki fikir, görüş ve öneriler tamamen yazarlarına ait olup, Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğünü bağlamaz ve Genel Müdürlüğümüzün resmi görüşünü yansıtmaz.
12. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi, haber tanıtma 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.