

## TAHRİPKAR DEPREMLERDE ZEMİN HAREKETLERİNİN ÖLÇÜLMESİ (\*)

Y a z a n :  
D.E. Hudson (\*\*)

Ç e v i r e n :  
Murat Köylüoğlu (\*\*\*)

### Ö N S Ö Z :

Sismik bakımdan aktif bölgelerin şiddetli - hareket akseleroğraf ları (strong - motion accelerographs) ile incelenmesi günümüzde önem kazanmış bir konudur. Halen kullanılmakta olan akseleroğrafların karakteristik özellikleri yanında detay çizimi de yapı mühendisleri için bu makalede sunulmuştur. Alet kayıt hızının en az 1 cm/sn. olması ve tabii periodunun da 0.1 sn den küçük olması gereği yapılan çalışmalarla saptanmış olup otomatik çalıştırıcı kısmı bir hayli tartışmalıdır. Birleşmiş Milletler Sahil ve Jeodezi Araştırma Merkezinde (U.S. Coast and Geodetic Survey) şiddetli hareket akseleroğraflarının sarkaç, geçici mukabelesi hakkında da bilgi verilmiştir. Ayrıca gene U.S.C.G.S tarafından geliştirilen ve zaman kayıt etmeyen, akseleroğraf şebeke tesisi çalışmalarında kullanılan, sismoskopların genel karakteristikleride bu makalede izah edilmiştir.

### G İ R İ Ş :

Büyük depremler, deprem mühendisliği konusunda çalışanları, yeni araştırmalar yapmağa ve ilgilerinin tahripkâr depremler üzerine yönelmesine sebep olmuştur. Böyle zamanlarda eski bilgileri gözden geçirmek ve eksiklikler için yeni programlar geliştirmek iyi bir başlangıç olur.

Mayıs 1960 da ana şok magnitüdü 8,5 olan Şili depremi tarihteki en büyük ve tahripkâr depremlerden biridir. Tokyo ve Kyoto'da ki II. Dünya Deprem Mühendisliği Konferansın'dan önce meydana gelen bu deprem, sismologlara ve deprem mühendislerine tahripkâr depremler üzerinde arazi çalışmaları yapmak için iyi bir fırsat olmuştur.

- 
- (\*) Makalenin aslı «Bulletin of the Seismological Society of America», cilt 53 sayı 2 sayfa 419 da yayınlanmıştır.  
(\*\*) Kalifornia Teknoloji Enstitüsü, Pasedena, Kalifornia  
(\*\*\*) İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü

Saha çalışmaları, hasar görmüş yapılar üzerinde olduğu kadar hasar görmemiş yapılar için de önemlidir. Ancak bu çalışmalar her bölgede zemin hareketinin tam olarak tesbit edilememesinden dolayı tatminkâr olmayabilir. Şili depreminde de zemin hareketiyle ilgili hiçbir noktada ölçü alınmamıştır.

Aletsel sismolojinin yüz yıllık bir geçmişi olmasına rağmen şimdiye kadar büyük bir depremin merkezinde herhangi bir ivme kaydı elde etmek mümkün olamamıştır. Zemin ivmesinin en büyük değeri, U.S.C.G.S şiddetli - hareket akseleroğrafları ile magnitudü 7 olan, 18 Mayıs - 1940 tarihinde El Centro depreminde, episantr'dan 30 mil uzakta saptanmıştır. Zaten tahripkâr depremlerden elde edilen tüm kayıt sayısı onbeş'den fazla değildir. Bunlarda U.S.C.G.S tarafından Kalifornia ve Pasifik sahil şeridinde kayıt şebekesi kuru olarak sağlanmıştır.

Tokyo Üniversitesi Deprem Araştırma Enstitüsünün ilk yöneticilerinden Dr. K. Suyehiro 1920'de, yapı mühendislerinin istediği kayıtları verecek özel bir aletin önemini belirtmiş daha sonrada ihtiyaca uygun bir akseleroğraf örneği çizmiştir. 1931'de Amerika'da Mühendislik Sismolojisi üzerine verdiği konferansların birinde özetle mühendislik sismolojisinin tatbikata en uygun olacak şiddetli - hareket sismometrelerini ve akseleroğraflarını hazırlaması gereğini belirterek bunları, sismik bölgelere yerleştirip uzun süreli ölçüler almanın sağlayacağı faydaları izah etmiştir. Aynı konuşmasında sismogramlardan elde edilen başlıca hareketlerin period ve amplitüdlerinin mühendislere birşey ifade etmediğini, gerekli olan verilerin ise akseleroğraf vasıtasıyla elde edilen ivme ve onun periodu olduğunu söylemiştir. (Ref. 1). Dr. Suyehiro'nun öngördüğü bu fikirler Amerikalı uzman J.R. Freeman tarafından kuvvetlendirildi. J.R. Freeman, «Depremlerde hasar ve Deprem sigortası» (Ref. 2) üzerine yaptığı çalışmada zemin ivmesine ait ölçünün önem derecesini belirtmiştir. Bu sahadaki çalışmalar, 1931 de U.S.C.G.S. tarafından düzenlenen akseleroğrafların geliştirilmesi konulu konferansla en yoğun dönemine girdi. Şiddetli harekete ait ilk kayıt ise 10. Mart. 1933'de Long Beach depreminde elde edilmiştir. Magnitudü 6,3 olan bu depremden sonra Kalifornia - Pasifik sahil şeridinde orta şiddette 20 depreme ait zemin ivme kayıdı da aynı tarihlerde yapılmıştır. Halen Amerika'nın batı kesiminde altmışa yakın U.S.C.G.S şiddetli - hareket akseleroğrafı çalışır durumdadır. Bu cihazların bir kaçı - da diğer ülkelerdeki şebeke çalışmalarına örnek olmak için gönderilmiştir.

Şiddetli - hareket akseleroğraf şebekesi Japonya'da da kurulmaktadır, buna paralel olarak 1951'de «Şiddetli Hareket Akselasyon Komitesi» (S.M.A.C) tarafından iki tip akselerometrede gayelere uygun olabilecek şekilde geliştirilmiştir. (Ref. 3). 1960'dan bu yana yaklaşık olarak 50 tane S.M.A.C ve 15 tanede DC tipindeki akseleroğraf Japonya'da çalışır durumdadır (Ref. 4).

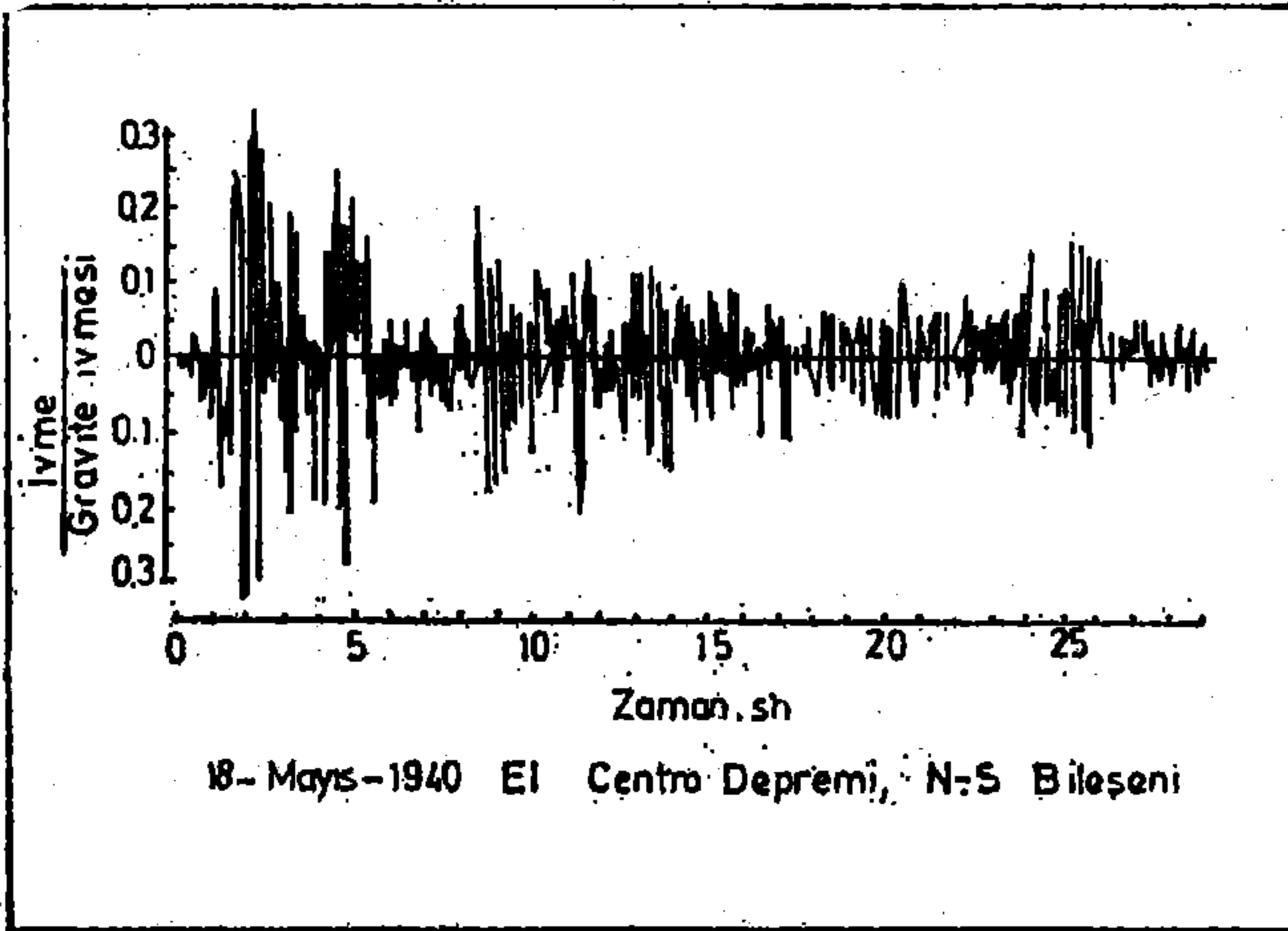
## ŞİDDETLİ HAREKET AKSELEROMETRESİ'NİN DÜZENLENMESİ :

Mühendislik taleplerine uygun olan sismografin esasını anlamak için ilk önce bilgilerin nerede kullanılacağını, sonrada zemin hareketinin ölçülen karakteristiklerini bilmeliyiz.

Yapı mühendislerinin, depreme dayanıklı yapı dizaynında karşılaştıkları esas problem zemin hareketi sırasında yapılarda meydana gelen dinamik gerilimlerin tesbitidir. Deprem esnasında meydana gelen yapısal gerilimler zemin ivmesine ait relatif deplasmanları verirler. Bu veriler ise, zamanın fonksiyonu olarak zemin ivmesinin gerçek değerini hesaplamada kullanılır.

Deplasman, hız ve ivme arasında basit bir teorik bağıntı vardır. Dolayısı ile ölçülen birimlerin hangisi olduğu önemli değildir. bununla beraber tam bir doğruluk için zemin hareketinin ölçülen ivmesi diğer verileri bulmada başlangıç noktası olmalıdır. Zaman - ivme eğrisinden hız ve deplasman istenilen hassasiyette entegral tekniği ile elde edilebilir. Ancak, bu neticeye deplasman eğrisinden tersine bir işlemle, ivme - zaman eğrisi şeklinde diferansiyasyonla ulaşma olanağı yoktur. Bu nedenle sismometre alıcısının bir akselerometre şeklinde monte edilmesi gereği ortaya çıkar.

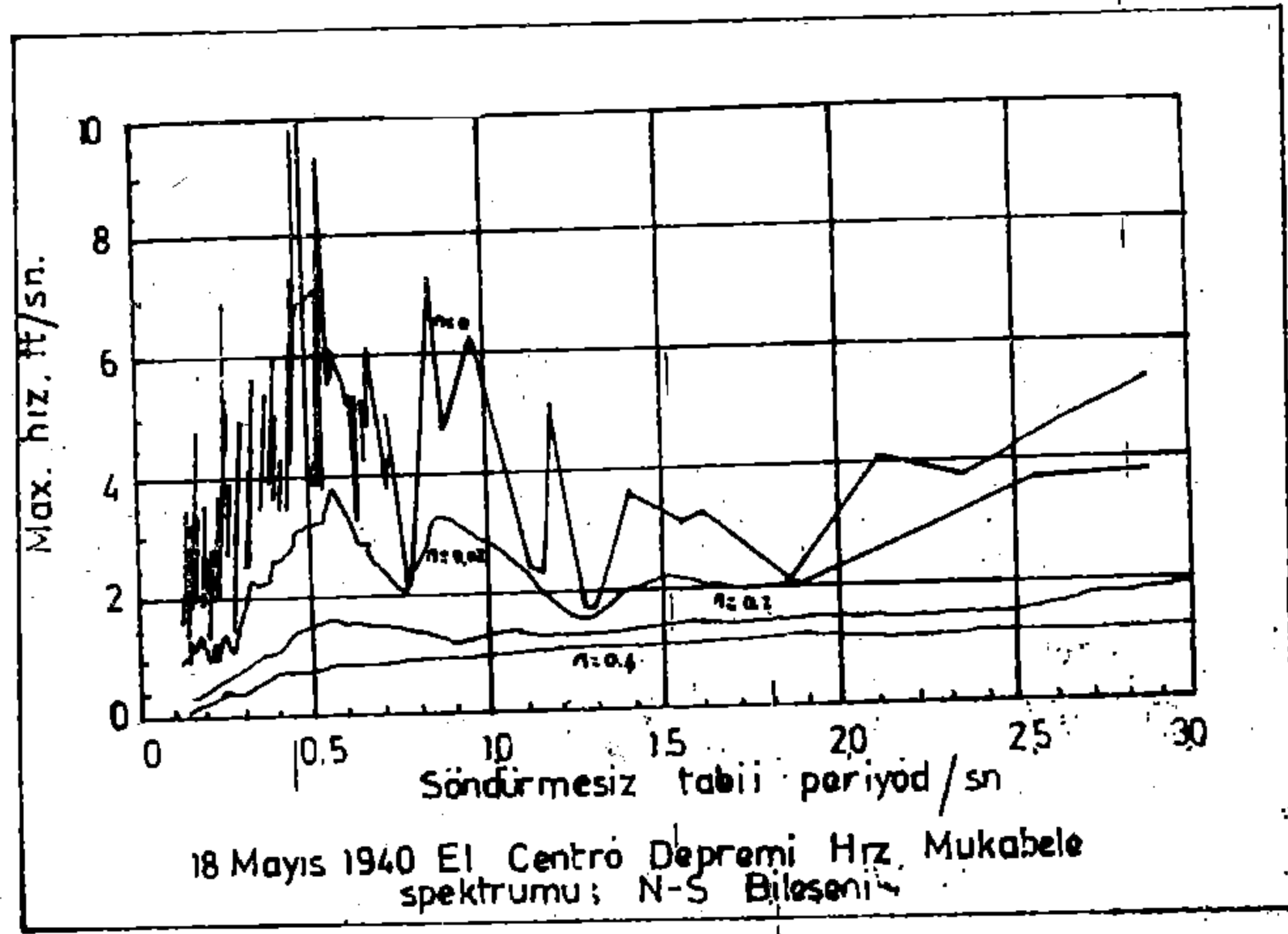
Batı Amerika'da depremlere ait ölçüler ve aletsel hesaplamaların, diğer depremlerle benzer karakteristiklere sahip olduğu zannedilmişse de sonraki çalışmalarla bu düşünüşün yanlış olduğu saptanmıştır. Yer yüzünün muhtelif yerlerindeki büyük depremlerde, zemin hareketinin period ve magnitudü gibi karakteristiklerinin birbirlerinden farklı olduğu görülmüştür. Aslında birçok bölgede zemin ivmesine ait kayıtları gerçeğe en yakın şekilde elde edebilme olanağı olsa idi bunların başka kayıtlar için kriter olma olasılığı da mümkün olabilirdi. Bunun sebebi ise bölgeye göre jeolojik yapıların değişmesidir.



ŞEKİL-1 Şiddetli hareket depremine ait ivme-zaman kaydı

Şekil I de U.S.C.G.S.'nin şiddetli - hareket akselerograflarıyla Kalifornia da elde edilen bir kayıt görülmektedir. (Ref. 5). Şekil. 2 ise, Şekil I deki ivme zaman eğrisine uygunluk gösteren hız mukabele spektrumunu göstermektedir ki, buda max. relatif hızı verir. Sıfır sönümlü mukabele eğrisi, ivme - zaman eğrisinin Fourier spektromu ile aynı genel görünüşe sahiptir. Bu münasebet ise hareket periodunun bileşenlerini saptamada yararlı olur.

Kalifornia depreminde, Şekil 2'deki eğri tipine benzer bir grup mukabele eğrisi üzerinde çalışıldığında diğer mukabelelerden farklı olanların periodlarının 0.1 sn'nin altında olduğu görülmüştür. Bu sebepten alıcının, önemli zemin periodlarını kayıt eden bir akselerometre gibi çalışması için periodunun 0.1 sn den küçük, sönümünde % 50 - 70 kritik sönümde olması lazımdır.



Şekil. 2, Şekil 1.deki kayıda ait max. relatif hız - mukabele spektrumu

#### AKSELEROMETRE DUYARLILIĞI :

Alet duyarlılığının küçük ve büyük depremlerin ölçek harici sapmalarını yaklaşık bir doğrulukla verecek şekilde olması istenir. U.S.C.G.S. akselerografları ile kayıt edilen en geniş ivme piki magnitudü 7 olan bir depremden 30 mil uzakta 0,3 g olarak tesbit edilmiştir. Kalifornia akselerografları ise 0,5 g'yi okuyacak şekilde ayar edilmiştir, ancak bu değer büyük bir depremin episantral arazisi içinde aşılabılır, o takdirde bir takım önemli verilerin elde edilememesi durumu söz konusu olur. U.S.C.G.S.'in ilk akselograf modellerinde çift optik sistem mevcuttu, bu sistemin yardımı ile iki ayrı kuvvetteki hareketler aynı anda tesbit edilebiliyorlardı (Ref. 7). Daha sonraları ise bu sistem geliştirilerek alet hassasiyetinin gereken düzeyde olması sağlandı.

## KAYIT HIZI VE TEKNİĞİ :

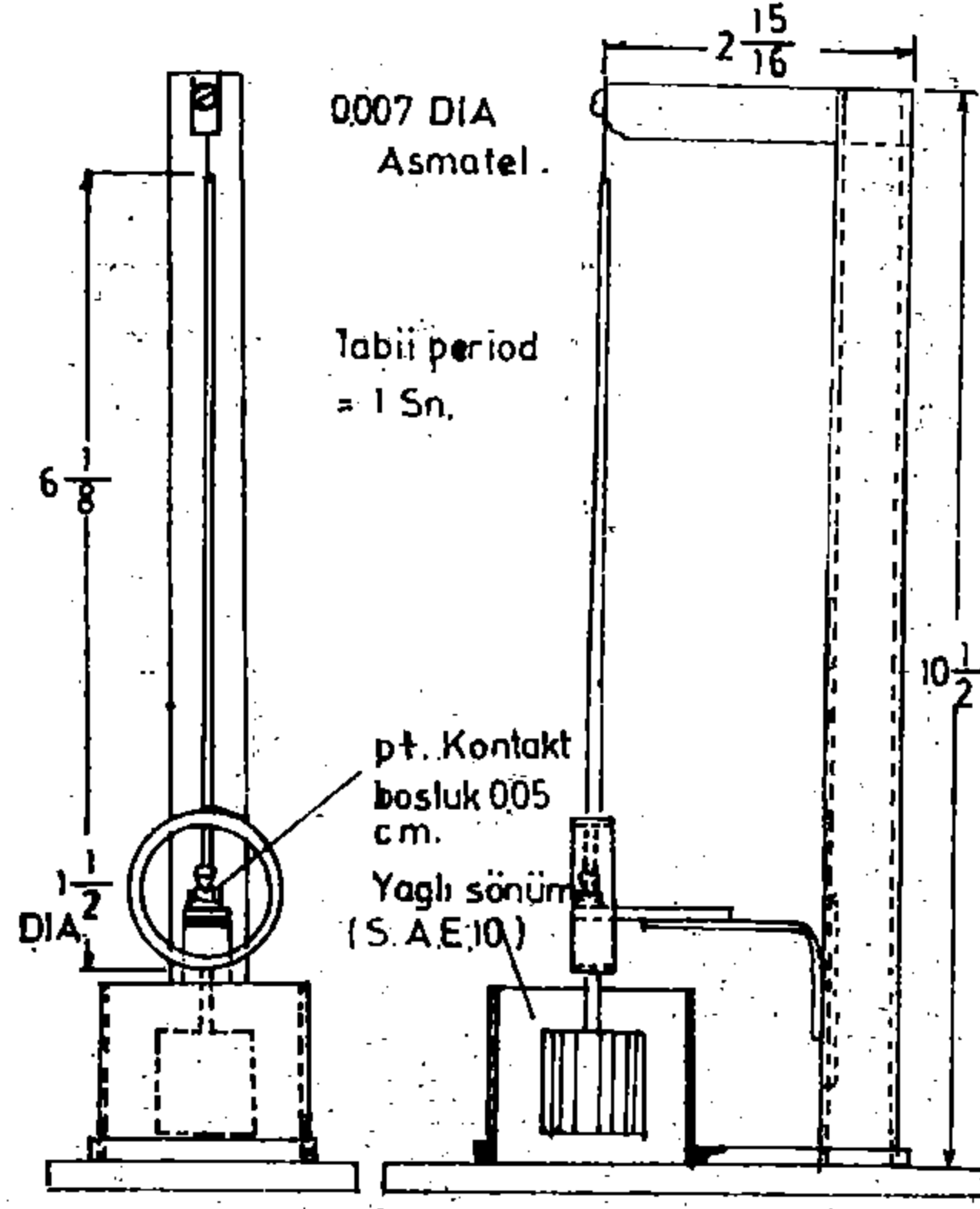
Yapısal mukabele analizini istenen doğrulukta hesaplamak için kayıt hızının en az 1 cm/sn olması lâzımdır. Bu ise oldukça yüksek bir değerdir, dolayısı ile devamlı kayıt için elverişli değildir. Kayıt sistemi 2 - 3 dakikalık kayıtları elde edecek şekilde düzenlenir, bu süreden sonra kayıt işlemi otomatik olarak durarak yeni kayıtlar için hazır duruma geçer.

Şiddetli - hareket akseleroğrafları için fotoğrafik kayıt, mumlu kâğıt ve stylus sistemi, isli kâğıt, kayıt metotları başarıyla uygulanmaktadır.

## OTOMATİK ÇALIŞTIRICI :

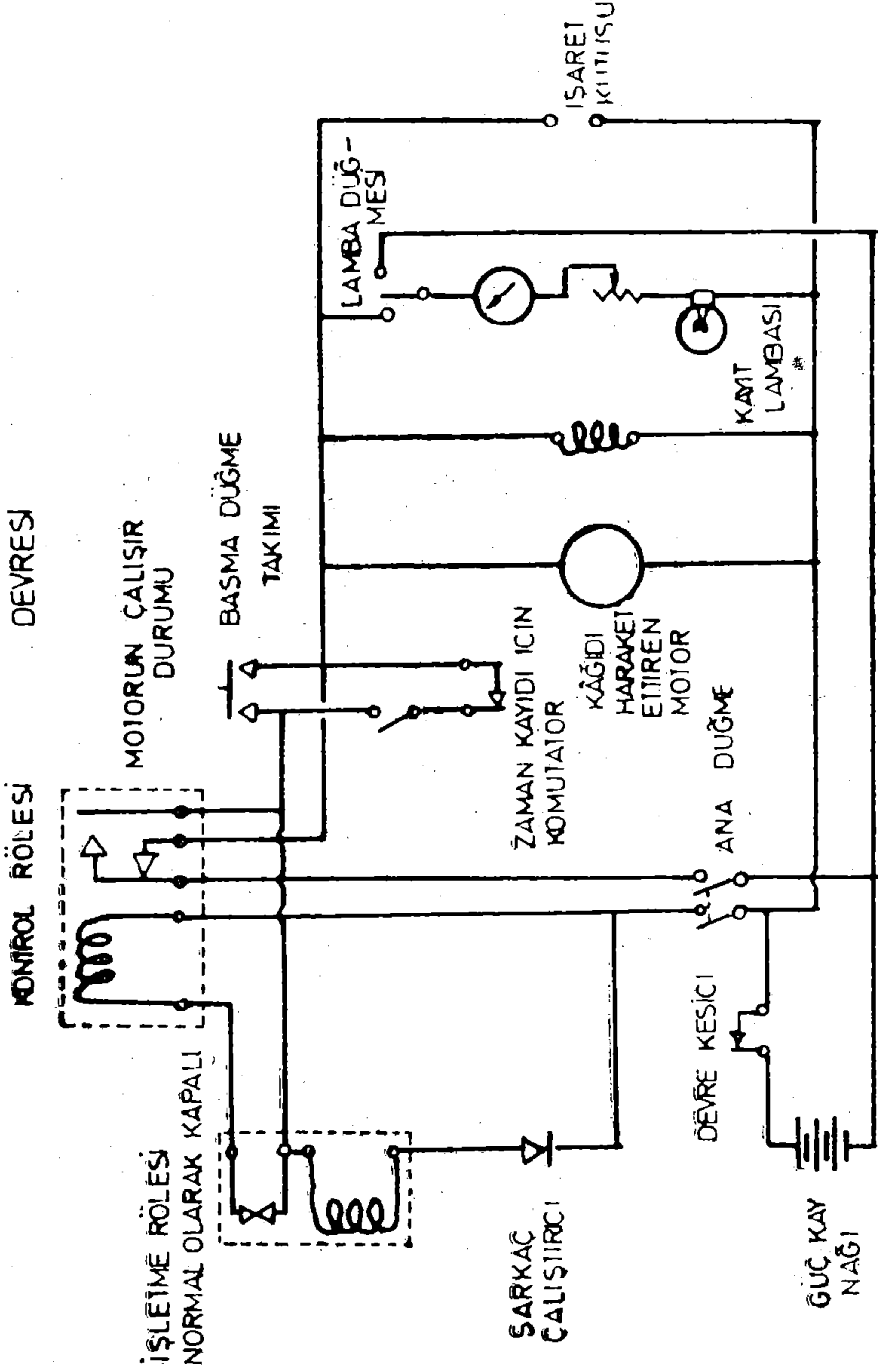
Otomatik çalıştırıcı (starter) tüm akseleroğrafın hemen hemen en kompleks birimi olup anlaşılması da güçtür. Bunun için bu bölümde U.S.C.G.S de kullanılan akseleroğrafların bu birimlerinin detayları verilecektir.

Esas olan, çalıştırıcının bir hareket anında en kısa zamanda işliyerek tüm aletteki gecikmenin asgariye inmesidir. Zemin - ivme kayıtları incelendiğinde başlangıç kısımlarındaki anlamsız ivme piklerinin nedenleride çalıştırıcı aletin zamanla ilgili olan bu ilişkisinden ileri gelir. İvme - zaman ayarının çok düşük değerlerde tutulması sismik olmayan titreşimlerin ve küçük magnitütlü depremlerin kayıt edilmesine böylece kayıt kâğıdının şiddetli depremlerden önce bitmesine sebep olur, bunun için ayarın belirli bir düzeyde olması gereklidir. Bu ise bir takım ön deneylerle sağlanır.



Şekil - 3. U.S.C.G.S.'nin şiddetli hareket akseleroğrafları için kullandığı sarkaç çalıştırıcısının (pendulum starter) ana özellikleri ve boyutları

U.S.C.G.S. ŞİDDETLİ HARAKET AKSELERO-  
GRAFLARI İÇİN TİPİK BİR KONTROL  
DEVRESİ

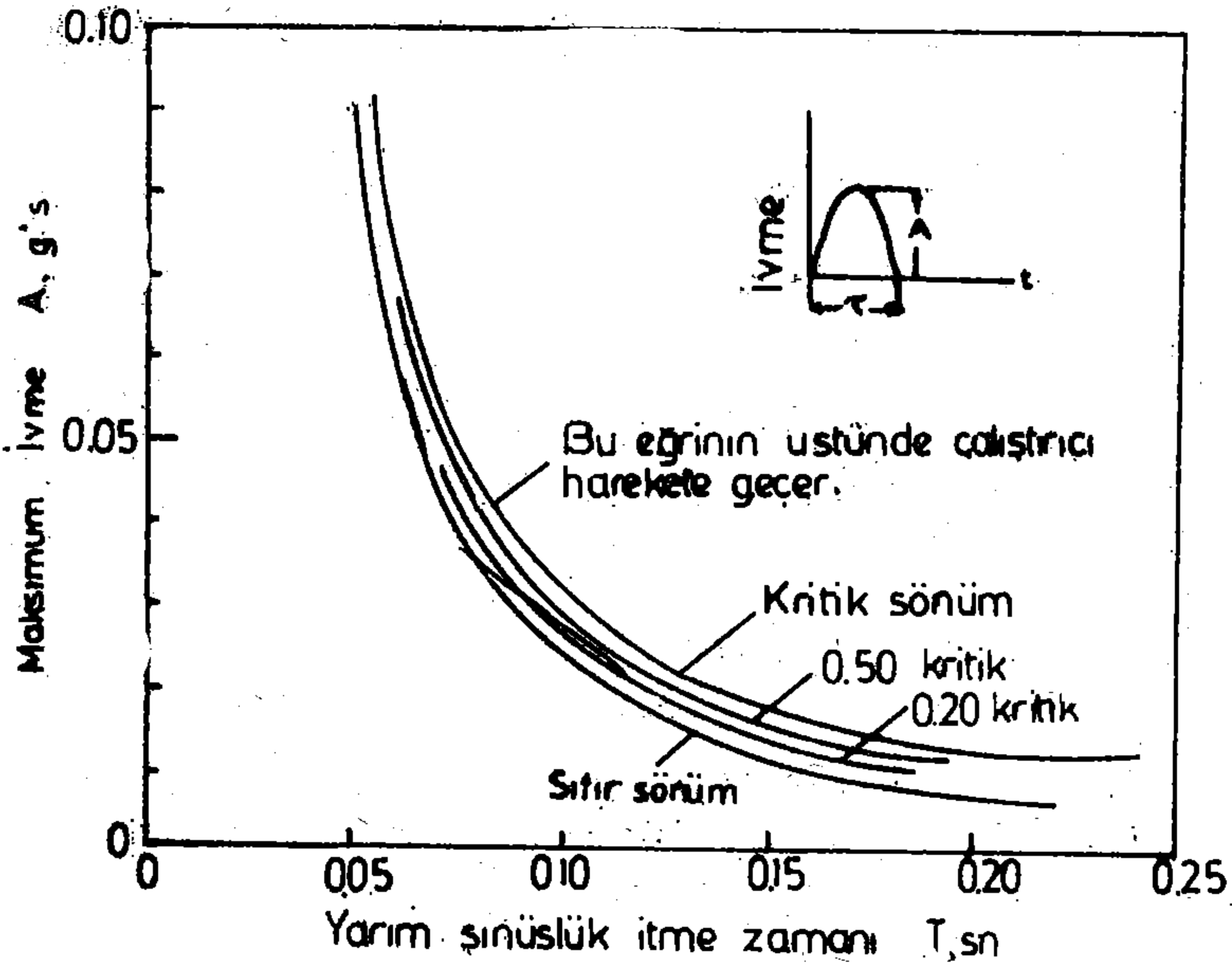


ŞEKİL 4. OTOMATİK ÇALIŞTIRICI İÇİN ELEKTRİK RÖLE VE KONTROL SİSTEMİ

Yatay sarkaç çalıştırıcı U.S.C.G.S. tarafından geliştirilmiş olup yirmibeş seneden beri kullanılmaktadır Şekil. 3 (Ref. 7-8). Sarkaç yaklaşık olarak % 30 kritik sönüme ve 1 sn'lik periyoda sahiptir. Kayıt işlemi için diagramda görülen platinlerin kontağı gereklidir, bu kontakta da 0,05 cm'lik yatay deplasmanla sağlanır. Otomatik çalıştırıcının sabit röle ile daha güvenilir şekilde çalıştığı tesbit edilmiştir. Şekil. 4'de çalıştırıcı röle ve kontrol sisteminin şematik di-agramı gösterilmiştir.

Bu sistemde kayıt sürecinin başlaması için istenen zaman 0.2 sn civarındadır. Otomatik çalıştırıcının kendine özge dinamik ka-rakteristikleri vardır. Buna paralel olarak çalışmanın başlaması için gerekli olan yeterli relatif harekete, ivme büyüklüğü, zaman sü-reci ve dalga şekli kombinasyonları sebep olur. Belirli bir arazi için ise karakteristiklerin en iyi kombinasyonu deneylerle tesbit edilir.

Sarkaçlara ait dinamik mukabeleyle ilgili şimdiye - dek pek çok eğri ve onun yorumu verilmiştir. Dinamik mukabele eğrileri, sa-bit - durum mukabelesini ivmeye ilişkin sünisoidal eğri olarak verir.



Şekil. 5, U.S.C.G.S sarkaç çalıştırıcısı için geçici mukabele eğrisi

Aletin çalışır duruma geçmesi için gerekli koşullar aslında geçici koşullar olup bu dinamik karakteristiklerin istenen biçimde et-kili olması için geniş kapsamlı analizleri gerektir. Şekil. 5'de sarkaç kontağının sağlanması için gerekli olan süreyle ilgili eğri, max. iv-menin ve zamanın fonksiyonu olarak görülmektedir.

Burada birde yarım sinüslük puls'a sebep olacak ivmenin mevcudiyeti farz olunmaktadır. Duruma bir başka bakış açısında şudur : Şayet verilen bir amplitüd ve frekanstaki sabit sinüs dalga treni  $t=0$  anında otomatik çalıştırıcı ile birlikte harekete geçerse, eğriler max. ivme amplitüdünün ve sinüs - dalga frekansı'nın kombinasyonunu gösterecektir. Bu şartlar ise ilk yarım - sinüslük bir ivmede otomatik çalıştırıcının harekete geçmesini garanti edecektir. Söz konusu yarım sinüslük ivme puls'u hakiki durumun yaklaşık bir modelidir. Tabii ki, bu durumda derece derece artan (+) ve (-) ivme piklerinden önce, otomatik çalıştırıcı işlemeye başlamıştır.

Geçici şartlarda, çalıştırıcıdaki gecikme zammı ile de ilgili olan magnitüd verilerini değerlendirmede şekil. 5'deki eğriler yardımcı olabilir. Gene aynı şekilden sarkaç sönümünün kritik bir parametre olmadığı da görülür.

Düşey hareketle işleyen çalıştırıcıları geliştirmek için U.S.C.G.S tarafından birçok deneysel çalışma yapılmıştır, ancak sarkaç sisteminin uzun zaman kararlı kalabilmesi konusunda güçlüklerle karşılaşılması U.S.C.G.S'nin yatay sistemi seçmesine sebep olmuştur.

U.S.C.G.S şiddetli - hareket akseleroğrafları ile elde edilen birçok deprem kayıtlarında ilk uç değerden sonra max. ivme uç değerleri kayıt edilmiştir ki bunlarda başlangıçta aletin harekete geçiş gecikmesinden doğan hataların telafisinde geçerli olmuştur.

Üst paragraflarda da açıklandığı gibi akselerometrenin mühendislik çalışmalarındaki en önemli kısmı otomatik çalıştırıcısıdır. Muhtemelen bu konuda yapılan çalışmalarla istenen hassasiyet elde edilecektir.

#### **HALEN KULLANILMAKTA OLAN AKSELEROĞRAFLAR :**

Şiddetli - hareket akseleroğraflarının mukayesesi için bunların temel karakteristiklerini gösteren bir tablo bu makalede yer almaktadır. U.S.C.G.S akseleroğrafı 2 tane 5 sn. lik yatay sarkaca sahiptir. sarkaçlar periodları 3 sn'den küçük olan dalgalar için deplasman aleti olarak iş görürler. Bütün akseleroğraflarda güç kaynakları pillerdir. Bunun için tahripkâr depremlerde enerji kesilmesi diye bir şey söz konusu olamaz. Japon malı akseleroğraflara ait özelliklerde bu tabloda verilmiştir (Tablo. I).

#### **ŞİDDETLİ - HAREKET AKSELEROĞRAF ŞEBEKE TESİSİ ÇALIŞMALARI :**

Depremlerde genellikle episantr'dan 10 - 20 mil kadar uzaklıktaki noktalarda zemin ivmesine ait bilgilerin elde edilmesi istenir. Bunun içinde çok sayıda akseleroğrafa ihtiyaç vardır. Akseleroğraflar aralarında 100 milden fazla bir uzaklık olmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Ayrıca şehirlerin yakınlarında, baraj ve nükleer güç santralleri gibi önemli mühendislik yapılarında alet sayısında artırılmalıdır.



## ŞİDDETLİ — HAREKET AKSELEROĞRAFLARININ ÖZELLİKLERİ

	U.S.C.G.S. (Şek. 6)	SMAC	D. C - 3
Tabii Period. sn	0.045 0.0668 0.0848	0.10	0.10
Hassasiyet, mm/0.1g	6.4 13.0 19.4	4.0	4.0
Sönüm	0.60 kritik	Kritik	Kritik
Sönüm mekanizması	Manyetik	Hava pistonlu	Yağ Pistonlu
Kayıt Aralığı	0.01 - 1.0g	0.01 -1.0g	0.01 - 1.0 g
Kayıt hızı : mm/sn	10	10	10
Kayıt için kullanılan kâğıt	Fotoğrafik kâğıt	Mumlu Kâğıt	İsli kâğıt
Kayıt Çalıştırıcısı	Elektrik	Yaylı Motor	Elektrik
	Motor	3 Sn.	motor 3
Kayıt süresi	1 1/4 sn.	5	2 yatay, 1 düşey
Sayıl sayısı	5	2 yatay, 1 düşey	Düşey Sarkaç
Bileşenler	Yatay Sarkaç	düşey sarkaç	Elektrikli Kont.
Çalıştırıcı tipi	2 yatay, 1 düşey	Elektrikli Kont.	0.3 sn.
Çalıştırıcı Periyodu	Elektrikli Kont.	0.3 sn.	0.01 g
Çalıştırıcı	Isn, 0.3 kritik	0.01 g.	1/5, - 1/2 veya I Sn.
Hassasiyeti	sönüm	Mekanik, 0.10 g.	4 kuru pil
Yedek Çalıştırıcı	0.05 cm. sakarcın	I Sn.	40 X 60 X 80
Zaman işaretlemesi	merkezinden - uzak	4 kuru pil	200
Güç Kaynağı	1/2 Sn.	37 X 54 X 54	Hosaka
Boyutlar, cm	Sulu Akümülatör	100	Seismograph Co.
Toplam Ağırlık, Kg.	Bataryası	Akashi Seisakusho	
Temin edileceği yer	32 X 50 X 115 Pilsiz 50 Pilsiz U.S.C.G.S. (Satışı Yapılmıyor)	Co.	

(TABLO : 1)

Halen 7 adet U.S.C.G.S akselerografi yüksek yapıların üst katlarına yerleştirilmiştir. Zemin ivmesinin ve yapının ivme mukabelesinin aynı anda ölçümlerinden, yapılarını önemli dinamik özellikleri hesaplanabilmektedir.

Akselerograf şebeke tesisi çalışmalarında iki problem vardır : Bunlardan ilki alet fiyatlarının yüksek oluşu, ikincisi ise devamlı olarak bir grup elemanın bu iş için çalışmasıdır. Akselerograf fiyatları 3000 - 5000 Dolar arasında değişmektedir. Aletlerin kompleks olması, periodik olarak güç kaynaklarının değiştirilmesi, devamlı olarak çalışır vaziyette bulunması nedeniyle bu işle ilgili olarak eğitilmiş bir teknisyenin en az ayda bir defa aletleri kontrol etmesi zorunludur.

### **KAYIT TEKNİĞİNDE YENİ GELİŞMELER :**

Önceki bölümde detayları verilmiş olan akselerografin, pahalı ve karışık bir sisteme sahip oluşu nedeniyle zemin hareketlerinin ana hatları verecek daha basit bir alet yapımı için birçok çalışma yapılmıştır. Geçen üç yılda U.S.C.G.S, Kalifornia Teknoloji Enstitüsü ve Milli Fen Kuruluşunun müşterek çalışmaları ile yeni bir alet geliştirilmiştir (Ref. II).

Bu alete «U.S.C.G.S. Sismoskopu» adı verilmiştir. Sismoskopun tabanı 10 inç<sup>2</sup> olup paslanmaz çelikten bir koruyucusu vardır.

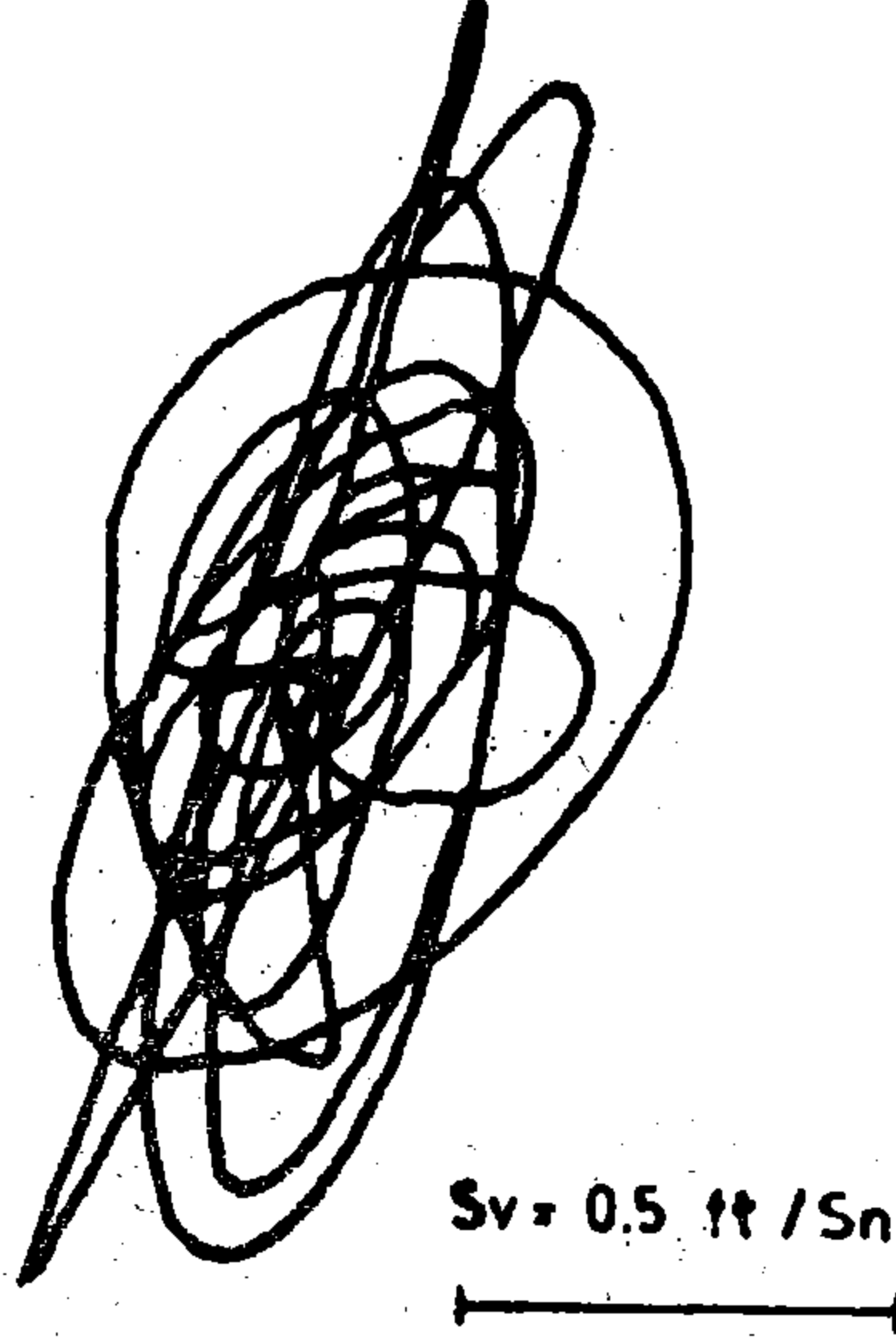
Sismoskop da yatay olarak hareket edebilen konik bir sarkaç vardır. Bu sarkaç zemindeki deplasmanla harekete geçer ve meydana gelen açılmalarda isli cam üzerine kayıt edilir. Şekil. 10'da bir testten alınmış kayıt görülmektedir. Sarkaç endüksiyon akım sönümü, aliminyum disk tarafından temin edilir. Bu disk de, kalıcı manyetik sistemin kutupları arasında hareket eder. Hareketin yatay düzlemde ve devamlı bir kayıt şeklinde olması olayların sırasını zaman kayıt edici olmadan izleme imkânını verir. Bu yöntemle max. deplasmanın saptanmasından elde edilecek bilgilerden daha basit fakat kesin neticeler elde edilir.

Bu alete ait tüm bilgiler ve çizimler iki rapor halinde hazırlanmıştır (Ref. 12 - 13).

Deprem esnasında zemin hareketlerinden tayin edilen period ve sönüm, tek serbestlik dereceli sistemlerin mukabelesi olarak sismokoplarda kayıt edilirler. Sismoskop için kullanılan parametreler mukabele spektrumunu tek nokta olarak verecek şekilde hesaplanmıştır, bu parametrelerde çok kuvvetli depremleri bile tarif edecek niteliktedir. Deprem kayıtlarındaki, spektrum eğrileri üstüne yapılan çalışmalar tek spektrum noktasının 0.75 sn'lik bir period ve % 10 kritik sönümde olması gereğini saptamıştır. Mart 22.1957 San Fransisco depreminin tamamlanmamış neticeleri ile spektrum noktasının uygunluğu irdelenmiştir. (Ref. 14). Herhangibir zemin hareketinde meydana gelecek tam ölçekli bir saptamada max. relatif mukabele

spektrum hızı  $S_v - z$  ft/sn dir. İslı cam 2,5 inç'lik standart boyutları ile bu tür sapmaları kayıt edecek özelliktedir.

Sismoskopun sönümü sabit olmayıp sarkaç amplitüdü ile değişir. Arazi şartlarında sönümü ayar etmek ve ölçmek için yeni bir teknik geliştirilmiştir (Ref. 15). Ayrıca bu aletlerin hassasiyetlerini kontrol için birçok istasyonda akseleroğraflarla konumlandırılmaları iyi neticeler vermiştir. Buna örnek olarak 27. Ağustos. 1957 Montana depreminde Hebgen barajındaki akseleroğraf ve sismoskop neticelerinin yaklaşık olarak aynı olması verilebilir.



Şekil. 6. Sismoskop ile elde edilen tipik kayıt. Sönüm = % 10 kritik, Period = 0.73 sn.

Şekil 7 de ivme - zaman kaydından hesaplanan hız - mukabele spektrumuna ait eğri görülmektedir. Bir üst paragrafta sözü geçen deprem için bu hesaplamalar analog hesaplayıcısı ile mukabele spektrumlarının analizleri neticesinde elde edilmiştir. Diğer depremlerdeki testlerde her iki aletin yaklaşık neticeler verdiğini göstermiş ancak Şekil. 8'deki uyumluluk hepsinde görülememiştir.

Sismoskopun belirtilen bu faydaları akseleroğraf verilerinin eksik yönlerini tamamlayacak özelliktedir ancak sınırlı verileri ile akseleroğrafın yerini tutamayacağı aşikârdır. Ucuza mal olması, kolay yerleştirilmesi ve muhafaza edilmesi ilâve alet olarak kullanılma olanağını getirmiştir. Şiddetli - Hareket akseleroğrafları civarında 15-20 sismoskop koyarak lölal jeoloji ve zemin durumu hakkında bilgi edinilmesi de bu aletlerin olumlu yönlerindedir. Elli sismoskop maliyetinin bir akseleroğraf maliyetine denk olması para yönünden aradaki büyük farkı göstermektedir.

Sismoskop yer hareketini zamana bağı olarak kaydetmez, ne bir akselerometre ve ne de bir deplasman ölçüsüdür. Ayrıca, yalnız sismoskop kayıtlardan ivme veya deplasman bilgilerinin çıkarılması yeterli sayılmaz. Aslında bu alet bir yapının dinamik modeli şeklinde düşünülebilir. Sismoskop verilerinden deprem - mukavemet problemleri ile ilgili hususlar aydınlığa kavuşturulabilir. Depremde herhangi bir yapının ölçülen mukabeleleri aynı deprem sahasındaki diğer yapı davranışları için yaklaşık bir takım hesapları verir. Neticelerin zemin hareketi ile değilde yapısal mukabele ile ilgili olması mühendislere ilk plânla hitap eder.

Tipik mukabele spektrum eğrilerinin kullanışlı olmadığı araziler için çeşitli period ve sönüme sahip sismoskop grupları yerleştirilebilir. 1926'da «Sismic Vibration Analyzer» adlı çalışmasında Dr. K. Suyehiro böyle bir prensibi yaklaşık olarak ifade etmiş. Sovyetler Birliğinden A.G. Nazarov bu prensibi, tekniğin günümüzdeki getirilerinden faydalanarak geliştirmiştir (Ref. 16, 17, 18).

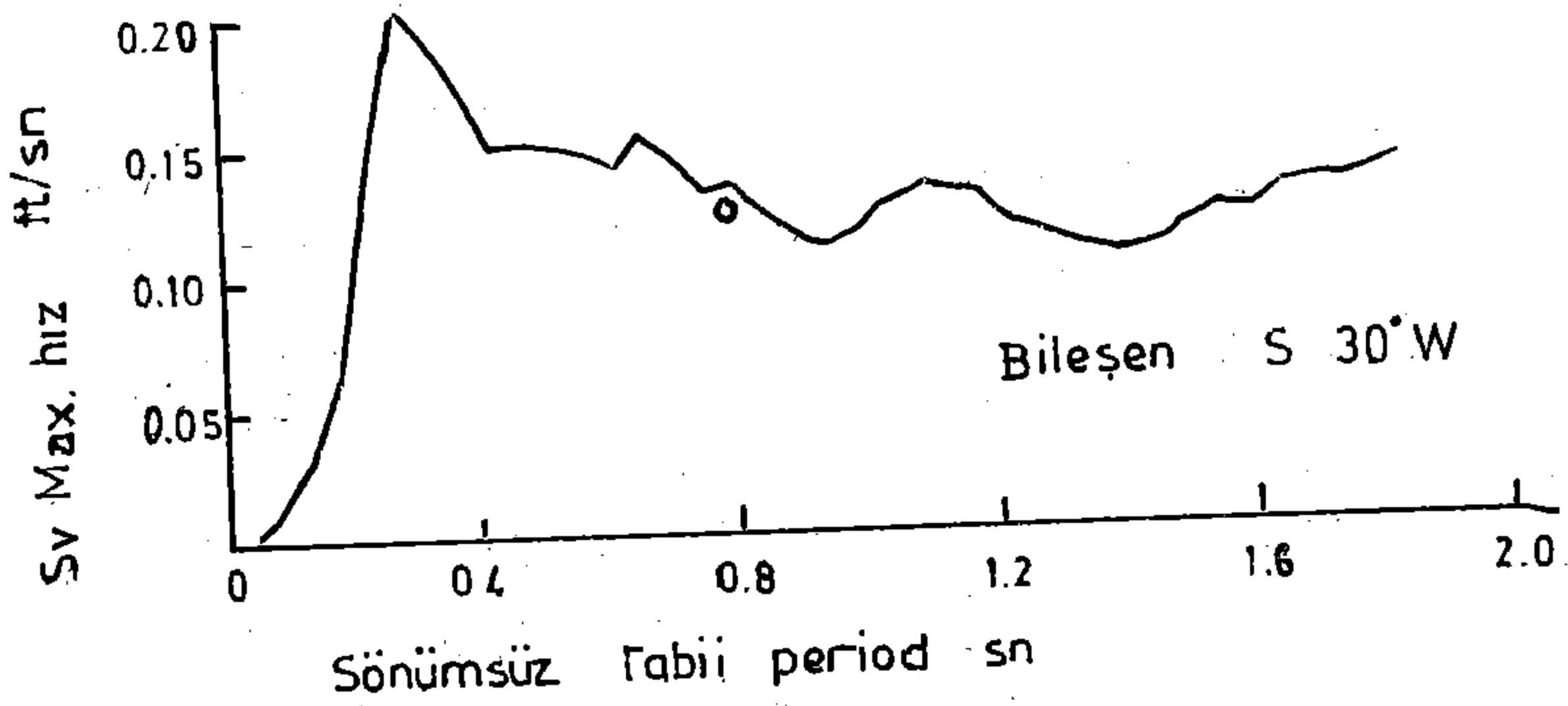
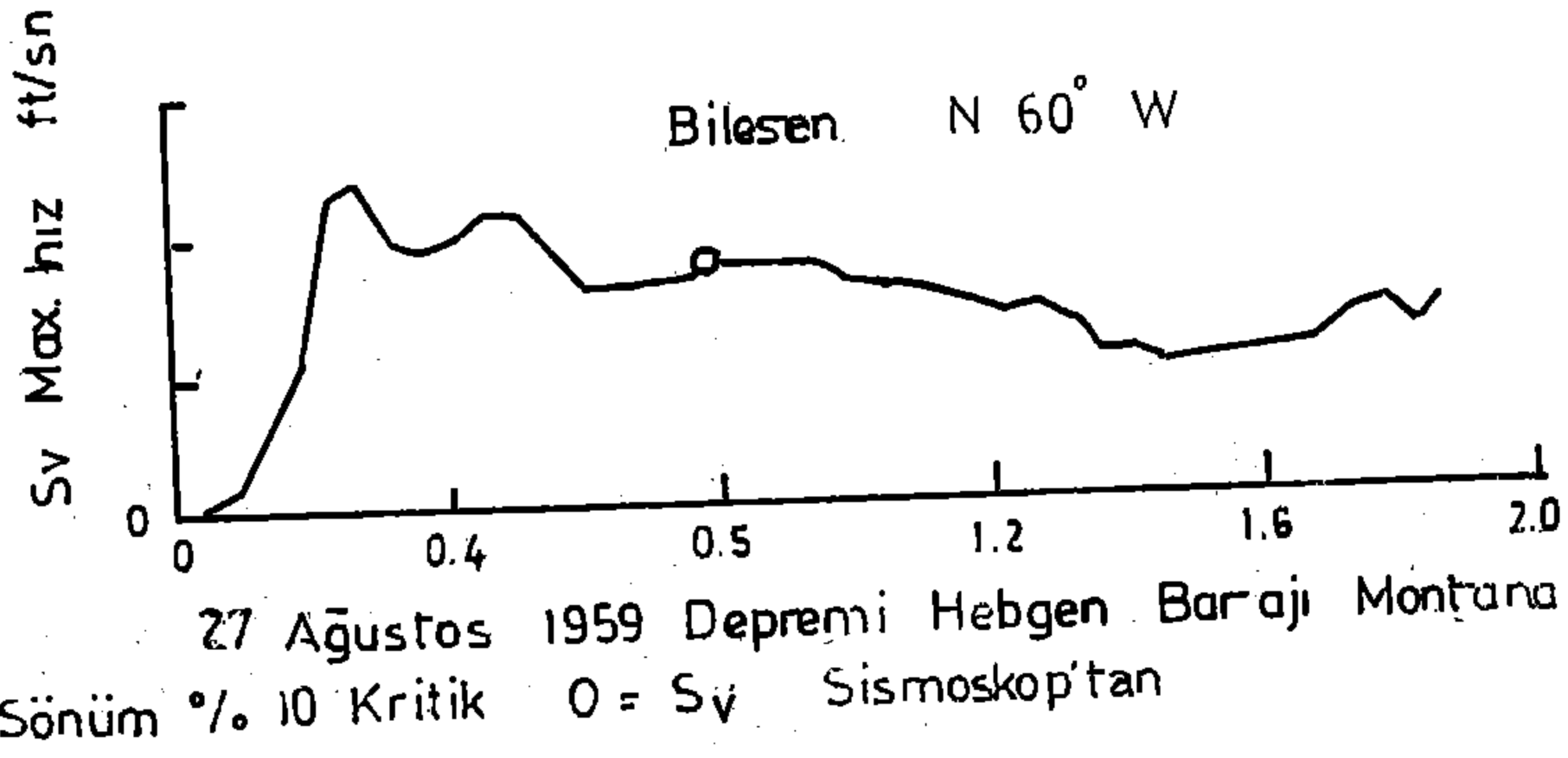
Rus malı AIS - 2 sismometreleri bir seri değişik periyodlara sahip sarkaçlardan meydana gelmiştir. Bu sismometrelerin isli camlarındaki çok küçük kayıtlarda, mikroskop yardımıyla incelenebilmiştir. Rus yapısı bu aletlerin tüm dinamik özellikleri bilinmediği için U.S.C.G.S sismoskop'u ile tam olarak mukayese edilemiyor, fakat U.S.C.G.S sismoskopunun Sovyetler Birliğinden S.V. Medvedev tarafından geliştirilen 0,25 sn period ve % 18 kritik sönümdeki sismoskoba benzediği de bilinmektedir.

Halen 100 kadar sismoskop Kalifornia da çalışır vaziyettedir, 30 adet daha bunlara ilâve edilecektir. Şili Sismoloji Enstitüsünde 50 kadar sismoskop gönderilmiştir. Sismoskopların diğer ülkelere de tanıtılmasına başlanmıştır.

#### K A Y N A K L A R :

- 1 — Suyehiro, K., «Engineering Seismology - Notes on American Lectures», Proc. A.S.C.E, Vol. 58, No. 4, (1932).
- 2 — Freeman, J.R., Earthquake Damage and Earthquake Insurance, McGraw - Hill Book Company, Inc., New York and London (1932).
- 3 — Takahasi, R., «The SMAC Strong Motion Accelerograph and Other Latest Instruments for Measuring Earthquakes and Building Vibrations», Proc. World Conference on Earthquake Engineering, Earthquake Engineering Research Institute and the University of California, Berkeley, (1956).
- 4 — Strong - Motion Earthquake Observation Committee, Strong - Motion Earthquake Records in Japan, Vol. I, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, March (1960).
- 5 — Neumann, F., United States Earthquakes, 1940, U.S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey, Serial No. 647, Washington, D.C., (1942).

- 6 — Housner, G.W., R.R. Martel and J.L. Alford, «Spectrum Analysis of Strong - Motion Earthquakes», Bull. Seis. Soc. Amer., Vol 43, No. 2, (April 1953).
- 7 — Heck, N.H., H.E. McComb and F.P. Ulrich, «Strong - Motion Program and Tiltmeters», Earthquake Investigations in California, Spec. Pub. No. 201, U.S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey, Washington, D.C., (1936).
- 8 — Hudson, D.E., «Ground Motion Measurements in Earthquake Engineering», Proc. Sympos. on Earthq. Eng., University of Roorkee, Roorkee, India, 1959.
- 9 — Cloud, W.K. «Intensity Distribution and Strong - Motion Seismograph Results», Nevada Earthquakes of December 16, 1954» Bull. Sois. Soc. Amer., Vol. 47, No. 4, (Oct. 1957).
- 10 — Hudson, D.E., «A Comparison of Theoretical and Experimental Determinations of Building Response to Earthquakes», Proc. Second World Conference on Earthquake Engineering Tokyo and Kyoto, Japan, (1960).
- 11 — Cloud, W.K., and D.E. Hudson, «A Simplified Instrument for Recording Strong Motion Earthquakes», Bull. Seis. Soc. Amer Vol. 51, No. 2, (April 1961).
- 12 — Hudson, D.E., The Wilmot Survey Type Strong Motion Earthquake Recorder, Earthquake Engineering Research Laboratory, California Institute of Technology, (September 1958).
- 13 — Hudson, D.E. and W. Diwan, The Wilmot Survey Type Strong Motion Earthquake Recorder (The U.S.C.G.S. Seismoscope) Part II, Earthquake Engineering Research Laboratory, California Institute of, Technology, (November 1960).
- 14 — Hudson, D.L. and G.W. Housner, «An Analysis of Strong Motion Accelerometer Data from the San Francisco Earthquake of March 22, 1957», Bull. Seis. Soc. Amer., Vol. 48 No. 3, (July 1958).
- 15 — Maley, R.P., Standard Procedure for Adjustment and Installation of U.S.C.G.S Seismoscopes, Report to Seismological Field Survey, 1960.
- 16 — Suyehiro, K., «A Seismic Vibration Analyzer and the records Obtained Therewith», Bull. Earthquake Res. Inst., Tokyo, Vol. I. (1926).
- 17 — Nazarov A.G., The Method of Engineering Analysis of Seismic Forces, Academy of the Armenian S.S.R., Yerevan, 1959 (In Russian).
- 18 — Nazarov, A.G., B.K. Karepetian and S.A. Shahinian, «The Method of Direct Determination of Reduced Spectra of Seismic Accelerations», Proc. Second World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo and Kyoto, Japan, 1960 (In English).
- 19 — Savarensky, E.F., and Kirnos, D.P., Elements of Seismology and Seismometry, Moscow 1955 (English Translation).
- 20 — Medvedev, S.V., Engineering Seismology, State Publishing House for Construction Architecture, and Construction Materials, Moscow, 1962. (In Russian).



ŞEKİL - 7 : Ivme zaman kayıtlından, mukabele spektrumunun ve Sismoskop neticelerinin mukayesesi