

Genelde Yerin Hareketinin Yatay Bileşenini veya «P» ve «S» e Ait Bileşenleri Kayıt Edebilen Elektromagnetik 2S - Sismografin Transfer Fonksiyonu

THE TRANSFER FUNCTION OF THE TWO ELECTROMAGNETIC SEISMOMETER SEISMOGRAPH WHICH CAN RECORD TOTAL «P», «S» OR THE HORIZONTAL COMPONENT OF THE GROUND MOTION PREDOMINENTLY

Ruhi GÜRÇAN

İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeofizik Bölümü.

ÖZET: Yerin hareketinin yatay bileşkesini (veya herhangi bir düzlem üzerindeki bileşkesini) veya, «P» ve «S» (SH+SV) yi bir bütün olarak (SV nin yatay bileşeni hariç) kayıt etmek gayesi ile bildiğimiz (konvensiyonel) N-S, E-W ve Z sismometreleri veya birbirine dik konumda herhangi iki elektromagnetik sismometre bir galvanometreye (kaydediciye) paralel olarak bağlanıyor. Makalede, bu bağlantı ile ilgili ilk kuramsal geliştirmelerin yanısıra sistemin çıkışını sayısal olarak değerlendiren «Transfer fonksiyonu» da ifade ediliyor.

«P» ve «S» dalgalarının partikül hareketlerini, içine düştüğü (sismometre pozisyonlarının tayin ettiği) çeyrek arz yüzeylerine bağlı olarak, iki farklı büyütme (magnifikasyon) ile kaydedebilen 2S - Sismograf, algılanmadan hemen sonraki «polarizasyon» ve «komponent birleştirme» özellikleri ile günümüzün güçlü dijital işlemleri ile elde edilebilecek birleşik sismik verilerden daha sade ve sağlıklı bir kayıt temin etmektedir.

İki sismometrelili sismograf ayrıca alet olarak, cevap eğrilerinde sağladığı «smoothing» (yumuşatma) ve kayıtlarda sismik dalga tiplerini ayırtetmek suretiyle temin ettiği «standartlaştırma» neticesi bir ölçüde «dinamik genlik» aralığının genişlemesine yol açmaktadır.

ABSTRACT: The conventional N-S, E-W and Z-component seismometers (or, any two perpendicularly placed electromagnetic seismometers) with equal and non-equal parameters, are connected in paralel to the terminals of one recording galvanometer with a purpose of direct recording the horizontal (or, any plane) component of the ground motion and or, total «P» or «S» (SH+SV) with the exception of SV's horizontal component. In this study, besides the first theoretical developments for the connection, the transfer function are also derived for quantification of the system's output.

The «polarization» and «combination» which the 2S - Seismograph contribute immediately after the detection provides technically safer and easier seismic data than that of obtainable from digital records by combination. Another interesting result is that the records include basically one of the seismic energy «P» or «S» due to patern of detection, that is, it quaterly emphesizes, or on the contrary, diminishes the component of the «P» and «S» arrivals depend on their direction of particle motion.

Two sismometer seismograph as an instrument, it provide «standardization» in the records by separating the energies and «smoothing» in the response curves, which alltogether they cause some improvement in the «dynamic range».

G İ R İ Ş

Sismoloji, gözlem aracılığı ile gelişme yapan bilim dallarından biridir. Karşılaştığı problemlerinin çoğunun çözümü, kaliteli ve değişik tip verinin (datanın) mevcudiyetine oldukça bağlıdır. Bu bakımdan buradaki birbirine dik iki sismometrenin çıkışlarının (out put'larının)

bir kayıt edici galvanometreye bağlanması (Şekil 1) ile yer hareketinin yatay veya düşey düzlem üzerindeki bir bileşkesini veya, icabında, «P» veya «S» dalgalarını bir bütün olarak (SV nin horizontal bileşeni hariç) kaydının yapılabilmesi, daha değişik bilgiler temin edilebilmesi önem taşımaktadır.

Burada, sistemin teorisini hazırlarken kabul edilen ilk prensip: kayıt eidci lineer bir galvanometrenin çıkışı (output'u) sisteme sokulan iki lineer sismometrenin outputları ile beslenirken bu giriş, ister, bu iki outputun farkları, isterse, toplamlarından meydana gelmiş olsun, netice output'ta lineer olacaktır. Teorik geliştirmelerin dayandığı ikinci önemli gerçek: elektromagnetik sismografin elektriki analog devresi ile temsil edilebileceğidir ki, daha evvel Grenet (1936), Scherbatskay (1937), Savill (1936), Dopp (1964), Kollar ve Russel (1966) ve daha birçok araştırmacı tarafından çeşitli gayelerle başarı ile kullanılmıştır.

Sismografların outputlarının birleştirilmelerine gelince; sismik dalgaların sismogramlarda daha iyi ayırdedebilmek (discrimination) veya istenmiyeni filtre etmek ve sismik sinyalleri daha güçlendirmek gayeleri ile Benioff (1952), Romney (1964), Robert (1966) gibi sismologlar tarafından da başvuru birer çare olmuştur.

1960 da ise Pumeroy ve Sutton'un ikinci bir galvanometreyi doğrudan doğruya sismografin içine sokarak üçlü seri bir bağlamayı, filtreleme yapmak gayesiyle gerçekleştirdiğini görüyoruz. Bu mekanik filtreleme tekniğinin neticesinin olumlu olmasına rağmen, hızla gelişen elektrik veya elektronik filtrelerin daha kolay kullanılması ve yine, (daha da önemli bir etken olarak) digital kayıt ve digital bilgisayarların signal analizine getirdikleri hızlı modern filtreleme üstünlükleri bu mekanik filtreleme tarzını hemen unutturmıştır.

Aslında bu araştırma konusunda ikinci bir sistemin (galvanometrenin) sismograf içinde kullanılması hariç, yukarıdaki paragrafta ki durumla hiç bir ilişkisi yoktur. Bunun nedeni, ilkine paralel olarak bağlanan ikinci sismometrenin frekans ortamındaki (domenindeki) filtre özelliğinden faydalanma sözkonusu olmadığıdır. Buradaki üçlü bağlama tarzı, sismometrelerin birbirine paralel bağlanmaları şeklinde olup, hiç düşünülmemiştir değildir. Seriff (1959). Ne var ki, büyüyen sistemin output'unun sayısal değerlendirilmesi zorluğu yanında, bu lineer sistemin output'unda «kayıp» (aslında sismometre akımları farklarının sıfırlanmasın-

dan kaynaklanıyor) veya «zayıf» sismik sinyallerin fazlaca yer alması sismograma kompleks bir görünüm vermiş ve sistemin üzerinde gereğince durulmamasına neden olmuştur.

Halbuki, burada sismometrelerin output'ları birleştirilirken polarizasyon yönüne tabi olarak sismometrelerin meydana getirdiği akımları toplamak veya birbirinden olan farklarını kayıt yapmak gibi neticede iki farklı büyütmenin (magnifikasyonun) gerçekleşmesi söz konusudur ki, bu bir dezavantaj olmuyor, bilakis, teorik çalışmalar yapıldıktan sonra anlaşılmıştır ki, pratikte, sismometreler birbirine dik ve eşdeğer parametrelerle çalıştırıldığında çok değerli bir data türü; «P» veya «S» dalgalarından genelde yalnız birini kaydeden bir sismogram temin edilebiliyor. Bununda bir avantaj olarak signal analizinde kullanılabilirliği kesindir.

Burada yer-zaman döneminde yapılmış bir filtreleme söz konusu olmaktadır ki; diğer polarizasyon filtrelemelere veya komponentlerden bileşke bulma işlemlerine kıyasla (dijital dahil) daha direkt ve sade bir veri temin etmektedir. Yer ve zaman bakımından bir hata içermemesi; sismometrelerin önceden eşdeğer alınması ve komponentlerin birleştirilmesinin algılamadan hemen sonra yapılması sebebiyle kayıt farklarından doğacak hataların yer alması ve araya fazladan bir alet girmiş olması nedenleriyedir.

2S - Seismograf kayıtlarının zannedildiği gibi, kompleks bir yapı değil, bilakis, bir çift sismogramdan herbirinin üzerinde daha az sismik dalga tipini bulundurması nedeniyle sinyal analizi kolay, kantitatif değerlendirmesi yapılabilir ve yerin partikül hareketlerinden normal bir sismografa nazaran daha büyük bir bileşenini, hatta icabında, bütün bir bileşkeyi verebilen bir kayıt cinsi temin etmektedir.

Ayrıca şunuda belirtmek gerekir ki, sinyaller bir amplifikatör aracılığı ile kuvvetlendirilmeyip doğrudan doğruya sismometrelerin akımlarının birleştirilmesi ile yapılmakta ve dedeksiyona yardımcı olsun diye herhangi bir «multiplier» de kullanılmaktadır. Bu hususun deterministik (doğrudan değerlendirici) sismolojik bilgi edinmelerde çok önem kazandığı aş-

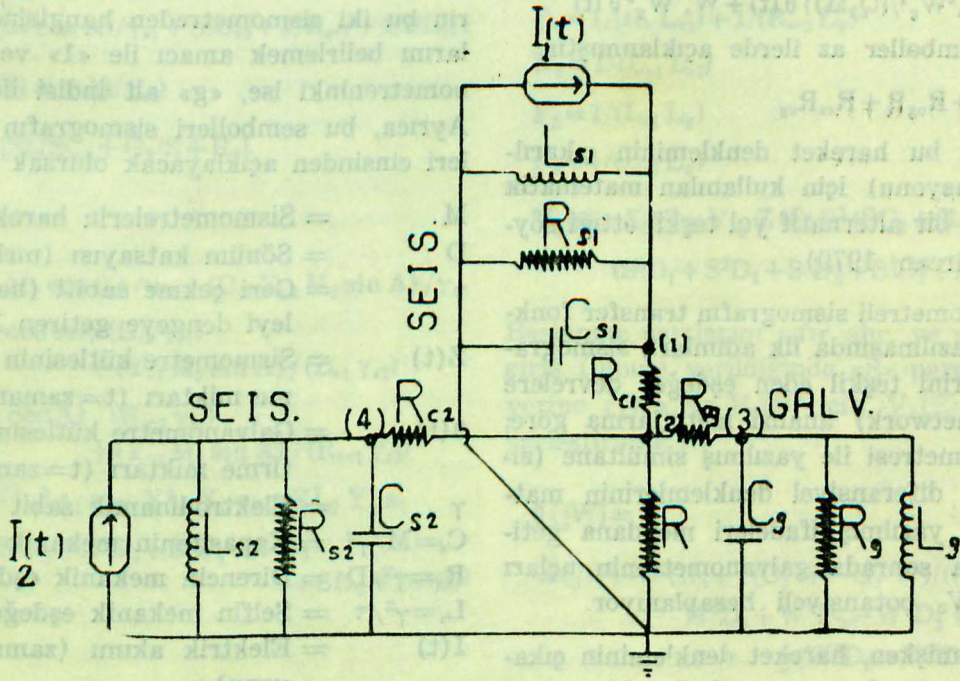
kar olup, sismolojinin ikinci üretim dalı olan statik yaklaşımları için ise, yine, bu sade data'nın modern filtre tekniklerinden faydalanmak açısından, dijital kaydı için hiç bir engel oluşturmadığı nedeniyle ancak avantaj söz konusu olabilir.

İki sismometreli sismografin paralel birleştirilmesi ve çalışması bakımından bazı hususlar kritik görünebilir. Örneğin, kayıt edici galvometrenin sismometre akımlarından biri veya ikisi ile beslenirken sismometrenin bir diğerrinin sisteme aynı anda kuble olmasından dolayı üzerine bir miktar akım çekebileceği ve etkisinin ne olacağı; ikinci olarak, sismometrelerden birinin meydana getirdiği daha güç-

kir. Burada, sistemin output'unun sayısal değerlendirilmesi, elektriki devre analizi usullerince yapılmış olduğunu ve dolayısıyla verilen neticeler içinde yukarıdaki hususların nazarı itibare alındığını göz önünde bulundurmak gerekir.

METOD

Teorik geliştirmelerde, kısmen daha evvel «elektromagnetik sismografin altıncı dereceden hareket denklemi»nde kullanılan matematik teknik kullanılıyor (Gürcan, 1979). Bunun için önce, sismografin bileşenlerine (sismometre, galvanometre) devre sentezi (network synthesis) metotları ve özdeş elemanlar yardımı ile



Şekil 1. 2S - Sismografin tamamını analog olarak temsil eden elektrik devre.

lü bir akımın bir kısmının diğeri üzerine çekilerek, ani galvanometre yüklemelerine fırsat vermeyen ve böylece non - linear sapmaları önleyen, yumuşatılmış bir cevap eğrisi gibi bir avantajı ne derece sağlayacağı hususu. Bu ilginç noktalara dengeli bir cevabın ne bir akıl erdirme ve ne de uygun seçilmiş sismograf parametreleri ile peşinen verilebileceği düşünülemez. Fakat, bütün bir sismografin tek bir elektrik devresi olarak gösterilebildiği nedenle esas cevabı iyi gelişmiş elektrik mühendisliğinin metodlarının verebileceğine inanmak gere-

eşdeğer devreler tayin ediliyor, sonrada, bu eşdeğer devreler tüm sismografin analog olarak temsil edecek şekilde birleştiriyor (Şekil 1).

Literatürden farklı olarak; sismografin analog devresi ayrıca bir teste tabi tutuluyor ve bu analog devreden çok iyi bilinen «sismografin dördüncü dereceden hareket denklemi»nin elde edilmesiyle gerekli bir deneme yapılmış oluyor. Netice, aşağıda yazıldığı gibi: katsayılar için hiçbir gurup terim oluşturulmadan, bütün detayı ile açık bir şekilde ifade edilmiş bu denklemin, herhangi bir sismoloji ders

kitabında raslanacak değişik teroloji ile yazılmış denklemlere eşit olduğu görülür. Örneğin böyle bir ifadeye Carl Kisslinger'in (1967) «Sismological Instrumentation» adlı kitabında rastlamak mümkündür.

$$\begin{aligned} \ddot{Z}(t) \gamma_s \gamma_g R / (m Q^2) &= \theta^{(4)}(t) + \{(\gamma_g^2 / m) (R + R_{cs}) / \\ Q^2 + (\gamma_s^2 / M) (R + R_{cg}) / Q^2 + D_s / M + \\ D_g / m\} \ddot{\theta}(t) &+ \{W_s^2 + W_g^2 + D_s D_g / (Mm) + \\ (R + R_{cs}) D_s \gamma_g^2 / (Q^2 Mm) + (R + R_{cg}) D_g \gamma_s^2 / \\ (Q^2 Mm) + (\gamma_s^2 \gamma_g^2) / (Q^2 Mm)\} \dot{\theta}(t) &+ \{D_s W_g^2 / \\ M + D_g W_s^2 / m + (R + R_{cs}) \gamma_g^2 W_s^2 / (Q^2 m) + \\ (R + R_{cg}) \gamma_s^2 W_g^2 / (Q^2 M)\} \dot{\theta}(t) &+ W_s W_g^2 \theta(t) \end{aligned}$$

Buradaki semboller az ilerde açıklanmıştır.

$$Q^2 = R_{cs} R + R_{cg} R + R_{cs} R_{cg}$$

Aslında, bu hareket denkleminin çıkarılması (derivasyonu) için kullanılan matematik işlemin, yeni bir alternatif yol teşkil ettiği söylenebilir (Gürcan, 1979).

İki sismometreli sismografin transfer fonksiyonunun yazılmasında ilk adımları, sismografin bileşenlerini teşkil eden eşdeğer devrelere ait devre (network) analizi metotlarına göre, laplace parametresi ile yazılmış simültane (simultaneous) diferansiyel denklemlerinin matrix şeklinde yazılmış ifadeleri meydana getiriliyor. Daha sonrada galvanometrenin uçları arasındaki V_3 potansiyeli hesaplanıyor.

Yeri gelmişken, hareket denkleminin çıkarılması, bu noktadan sonra farklı bir adıma daha içerdiğini kısaca belirtmek isterim. Yazılmış normal sismografa ait simültane denklemlerden, altıncı mertebeden tek bir lineer diferansiyel denklem elde edilmektedir. Daha sonraki matematik işlemler: başlangıç şartlarına göre, invers transform yapmak gayesiyle «S» laplace parametresi yerine, sinisoidal hareketin açısal hızı $S=iw$, ($i=\sqrt{-1}$) yerleştirilerek cevap eğrileri için zaman domeninde çözüm bulunması ortak yanlarıdır.

2S - Sismografin transfer fonksiyonu yebir parametre «A» açısını içermektedir. Bu açı horizontal 2S - sismograf için azimüt açısı

olmakla beraber, vertikal 2S - sismograf için azimütten başka, bilhassa «P» veya «S» dalgası oluşuna göre, bileşkeye katkıları bakımından geliş açısını, veya «S» in polarizasyon açısını temsil edebilir. Yerin mutlak hareketinin büyüklüğü söz konusu olduğunda bu açıların değerlendirilmesi gerekli olacaktır.

TRANSFER FONKSİYONUN DERİVASYONU

Hernekadar pratikte 2S - Sismografin çıkışı kompleks duruma sokmamak için kullanılan iki sismometre birbirine eşit alındı ise de, teorik derivasyonlarda sistemi daha geniş kapsamlı tutmak için sismometrelerin eşit olmadıkları farz edildi ve, kullanılan sembollerin bu iki sismometreden hangisine ait olduklarını belirlemek amacı ile «1» ve «2» galvanometreninki ise, «g» alt indisi ile gösterildi. Ayrıca, bu sembolleri sismografin parametreleri cinsinden açıklayacak olursak :

M	= Sismometrelerin hareketli kütlesi
D	= Sönüm katsayısı (mekanik)
τ	= Geri çekme sabiti (hareketli kütleyi dengeye getiren kuvvet)
Z(t)	= Sismometre kütlesinin yerdeğiştirme miktarı (t=zaman)
$\theta(t)$	= Galvanometre kütlesinin yerdeğiştirme miktarı (t=zaman)
γ	= Elektrodinamik sabit
$C_d = M / \gamma^2$	= Kapasitenin mekanik eşdeğeri
$R_d = \gamma^2 / D$	= Direncin mekanik eşdeğeri
$L_d = \gamma^2 / \tau$	= Selfin mekanik eşdeğeri
I(t)	= Elektrik akımı (zamanın fonksiyonu)
$V_{1,2,3,4}$	= Şekildeki devrede gösterilen noktalarındaki voltaj değerleri
R	= şönt

Şekil 1 deki noktalar için «node» denklemlerinin matrix şekli :

$$\begin{vmatrix} I_1(S) \\ 0 \\ 0 \\ I_2(S) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & -Y_{c1} & 0 & 0 \\ -Y_{c1} & b & -Y_{cg} & -Y_{c2} \\ 0 & -Y_{cg} & Y_g & 0 \\ 0 & -Y_{c2} & 0 & a_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} V_1(S) \\ V_2(S) \\ V_3(S) \\ V_4(S) \end{vmatrix}$$

burada,

$$a_1 \equiv SC_{s1} + 1/R_{sc1} + 1/SL_{s1} ; \quad 1/R_{sc1} = 1/R_{s1} + 1/R_{c1}$$

$$a_2 \equiv SC_{s2} + 1/R_{sc2} + 1/SL_{s2} ; \quad 1/R_{sc2} = 1/R_{s2} + 1/R_{c2}$$

$$b \equiv 1/R + 1/R_{cg} + 1/R_{c1} + 1/R_{c2} ; \quad Y_{cg} = 1/R_{cg}$$

$$Y_g \equiv SC_g + 1/R_h + 1/SL_g ; \quad R_h = R_{cg} R_g / (R_{cg} + R_g)$$

$$I_1(S) = M_1 \ddot{Z} \cos A / \gamma_{s1} \quad Y_{c1,2} = 1/R_{c1,2}$$

$$I_2(S) = M_2 \ddot{Z} \sin A / \gamma_{s2} \quad A = \text{azimut açısı}$$

$$\text{Node (3) teki voltaj : } V_3(S) \equiv \Sigma_3 / \Sigma$$

burada,

$$\Sigma_3 = a_2 I_1(S) Y_{cg} Y_{c1} + a_1 I_2(S) Y_{cg} Y_{c2}$$

$$\Sigma_3 = Y_{cg} \{ (SC_{s2} + 1/R_{sc2} + 1/SL_{s2})$$

$$(Y_{c1} M_1 \ddot{Z}(S) \cos A) / \gamma_{s1} + (SC_{s1} + 1/R_{sc1} + 1/SL_{s1})$$

$$(Y_{c2} M_2 \ddot{Z}(S) \sin A) / \gamma_{s2} \}$$

$$\Sigma_3 = Y_{cg} \ddot{Z}(S) (SC_3 + G_3/S + R_3)$$

burada,

$$C_3 = (C_{s2} Y_{c1} M_1 \cos A) / \gamma_{s1} + (C_{s1} Y_{c2} M_2 \sin A) / \gamma_{s2}$$

$$G_3 = (Y_{c1} M_1 \cos A) / (L_{s2} \gamma_{s1}) + (Y_{c2} M_2 \sin A) / (L_{s1} \gamma_{s2})$$

$$R_3 = (Y_{c1} M_1 \cos A) / (R_{sc2} \gamma_{s1}) + (Y_{c2} M_2 \sin A) / (R_{sc1} \gamma_{s2})$$

$$\Sigma = (b Y_g - Y_{cg}^2) a_1 a_2 - Y_{c1}^2 Y_g a_2 - Y_{c2}^2 Y_g a_1$$

$$\Sigma = (S^6 D_1 + S^5 D_2 + S^4 D_3 + S^3 D_4 + S^2 D_5 + S D_6 + D_7) / S^3$$

burada,

$$D_1 = C_{cg} K_1 b$$

$$D_2 = T_2 - (Y_{cg}^2 K_1 + Y_{c2}^2 F_1 + Y_{c1}^2 P_1)$$

$$D_3 = T_3 - (Y_{cg}^2 K_2 + Y_{c2}^2 F_2 + Y_{c1}^2 P^2)$$

$$D_4 = T_4 - (Y_{cg}^2 K_3 + Y_{c2}^2 F_3 + Y_{c1}^2 P_3)$$

$$D_5 = T_5 - (Y_{cg}^2 K_4 + Y_{c2}^2 F_4 + Y_{c1}^2 P_4)$$

$$D_6 = T_6 - (Y_{cg}^2 K_5 + Y_{c2}^2 F_5 + Y_{c1}^2 P_5)$$

$$D_7 = T_7 = K_5 b / L_g$$

$$T_2 = (K_1 / R_h + C_g K_2) b$$

$$T_3 = (K_1 / L_g + K_2 / R_h + C_g K_3) b$$

$$T_4 = (K_2 / L_g + K_3 / R_h + C_g K_4) b$$

$$T_5 = (K_3 / L_g + K_4 / R_h + C_g K_5) b$$

$$T_6 = (K_4 / L_g + K_5 / R_h) b$$

$$K_1 = C_{s1} C_{s2}$$

$$F_1 = C_{s1} C_g$$

$$P_1 = C_{s2} C_g$$

$$K_2 = C_{s2} / R_{sc1} + C_{s1} / R_{sc2}$$

$$F_2 = C_g / R_{sc1} + C_{s2} / R_h$$

$$P_2 = C_g / R_{sc2} + C_{s2} / R_h$$

$$K_3 = C_{s2} / L_{s1} + 1 / (R_{sc1} R_{sc2}) + C_{s1} / L_s$$

$$F_3 = C_g / L_{s1} + 1 / (R_{sc1} R_h) + C_{s1} / L_g$$

$$P_2 = C_g / L_{s2} + 1 / (R_{sc2} R_h) + C_{s2} / L_g$$

$$K_4 = 1 / (R_{sc1} L_{s2}) + 1 / (R_{sc2} L_{s1})$$

$$F_4 = 1 / (R_h L_{s1}) + 1 / (R_{sc1} L_g)$$

$$P_4 = 1 / (R_h L_{s2}) + 1 / (R_{sc2} L_g)$$

$$K_5 = 1 / (L_{s1} L_{s2})$$

$$F_5 = 1 / (L_{s1} L_g)$$

$$P_5 = 1 / (L_{s2} L_g)$$

$$V_3(s) = \Sigma_3 / \Sigma = Y_{cg} \ddot{Z}(S) S^3 (SC_3 + G_3/S + R_3) / (S^6 D_1 + S^5 D_2 + S^4 D_3 + S^3 D_4 + S D_5 + D_6)$$

Başlangıç şartlarını sıfır alır, ve sinisoidal bir giriş (input) verildiğinde «S» parametresi için yerine «jW» ve $V_3(S)$ için, $V_3(S) = -\gamma_g S \theta(S)$ yerleştirerek :

$$\theta(jW) =$$

$$\ddot{Z}(jW) W^2 (R_3 + j(C_3 W - G_3/W)) / ((R_{cg} \gamma_g) (-W^6 D_1 + W^4 D_3 - W^2 D_5 + D_7 + j(W^5 D_2 - W^3 D_4 + W D_6))$$

$$\theta(jW) / Z(jW) = W^4 (R_3 + jI_3) / ((R_{cg} \gamma_g) R_4 + jI_4)$$

bulunur.

burada,

$$I_3 = C_3 W - G_3 / W$$

$$R_4 = -W^6 D_1 + W^4 D_3 - W^2 D_5 + D_7$$

$$I_4 = W^5 D_2 - W^3 D_4 + W D_6$$

$$\theta(t) / Z(t) = W^4 ((R_3 R_4 + I_3 I_4)^2 +$$

$$(R_4 I_3 - R_4 I_3)^2)^{1/2} / (R_{cg} \gamma_g (R_4^2 + I_4^2))$$

Bu ifade, 2S - Sismografin dinamik büyütmesinin sayısal değerini frekansa tabi olarak veriyor. Faz frekans respansı ise, pratikte 2S -

Sismografin kullanımında her iki sismometre eşit parametrelerle çalıştırılmış olduğunda, iki sismometre arasına farz farkı girmeyeceğinden bildiğimiz (konvensiyonel) sismograftaki gibi tek bir sismometreli olarak basitçe değerlendirilebilir. Fakat, şayet farklı sismometreler kullanılacak olursa, pay'daki kompleks fonksiyonun (imajiner/reel) terimlerinin arctg'ını değişen «W» lar için hesaplamak suretiyle sistemin faz spektrası bulunabilir.

BİLGİSAYAR SONUÇLARI

2S - Sismografin uzun görünen transfer fonksiyonu ifadesi için bir bilgisayar programı yazmak suretiyle kolayca sayısal (kantitatif) neticeler elde etmek mümkündür.

Burada bilgisayar uygulamaları şu iki amaç için yapılmıştır. Birincisi, 2S - Sismografin uzun formüllerini çıkarırken yapılabilecek basit hatalardan formülleri arındırmak gayesindedir. Bunun için her iki sismograf tipinde, sismometre ve galvanometre parametreleri için eşdeğer sabiteler alınmış ve böylece bu değerler değiştirildikçe, eşit olmayan fakat ilişkili bir değişim gözlenebilmiştir. (Burada şunu belirtmek gerekirken, «Giriş» bölümünde konvensiyonel sismografin hareket denkleminin 2S - sismografin sembolleri ile açık bir şekilde ifade edilmiş olması, bu kıyaslamamızın daha rahat bir şekilde yapılmasına fırsat vermiştir.) İkinci amaç, her iki sismografin değişen tipleri için bir karşılaştırma yapılarak; değişen sismograf parametrelerinin etkilerinin incelenmesidir.

Şekil 2 de horizontal bir 2S - sismografin (sismometrelerinin ikisinde horizontal) bilgisayar programı ve Call Comp platter'i yardımı ile çizilmiş cevap eğrileri bulunmaktadır. On derecelik bir azimüt açısı artımı ile çizilmiş bu eğrilerin, 45° ile simetrik bir özellik gösterdikleri gözlenir.

Sismometrelerin birbirine dik konumları ile, arz yüzeyini 90 ar derecelik dört çeyrek yüzeye böldükleri ve bunların ikiye ikiye (bir ile üç; iki ile dört) eşit büyütme (magnifikasyona) tabi tuttıkları görülür. Böylece yer yüzünün iki çeyreğindeki partikül hareketi,

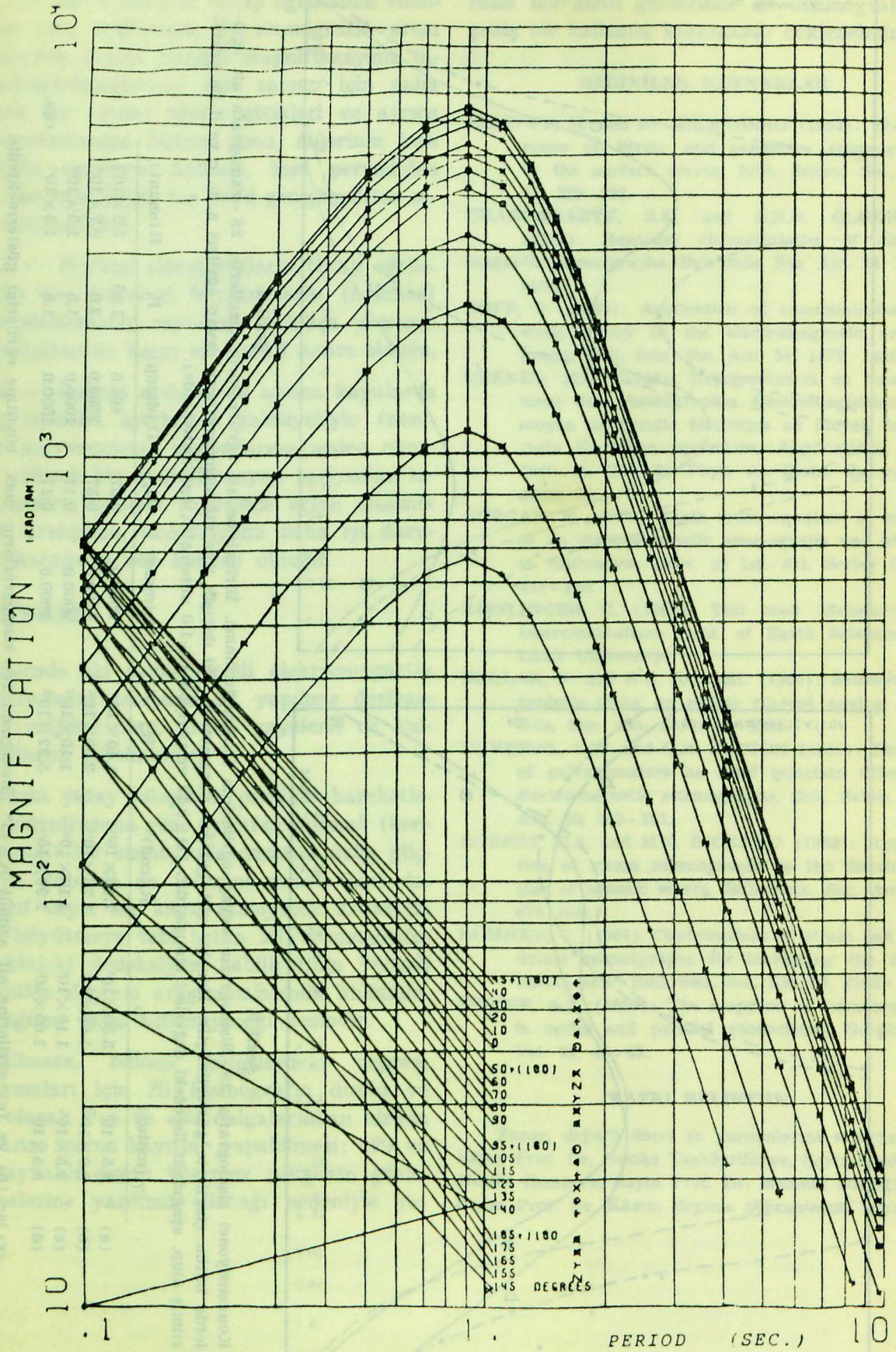
normal bir sismografa nazaran daha çok bir büyütme, diğer ikisinde ise daha düşük bir magnifikasyona (icabında sıfır olabiliyor) bağlı olarak kayıt etmek olanağı sağlanıyor.

Bir horizontalle bir vertikal sismometreden oluşan «Vertikal 2S - Sismograf» Şekil 2 deki gibi bir modelde çalışma tarzına, ancak horizontal sismometrenin koluna dik düşey bir düzlem üzerinde «S» lerin çeşitli doğrultularında polarizasyonu dolayısı ile karşılaşıyoruz. Halbuki, düşey düzlemi kola paralel alırsak, horizontal sismometre 180° lik bir azimütal geliş açısı için gene de vertikal toplam pozisyonunda olabilmektedir. Böylece belirli bölge deprem araştırmalarında bilhassa bileşke «P» lerin (yaklaşık 90° için tüm bileşkenin) yüksek magnifikasyonla kayıt olasılığı, çeyrek arz yüzeyleriyle değil, daha geniş, yarım arz yüzeyleri ile gerçekleştirilebilmektedir.

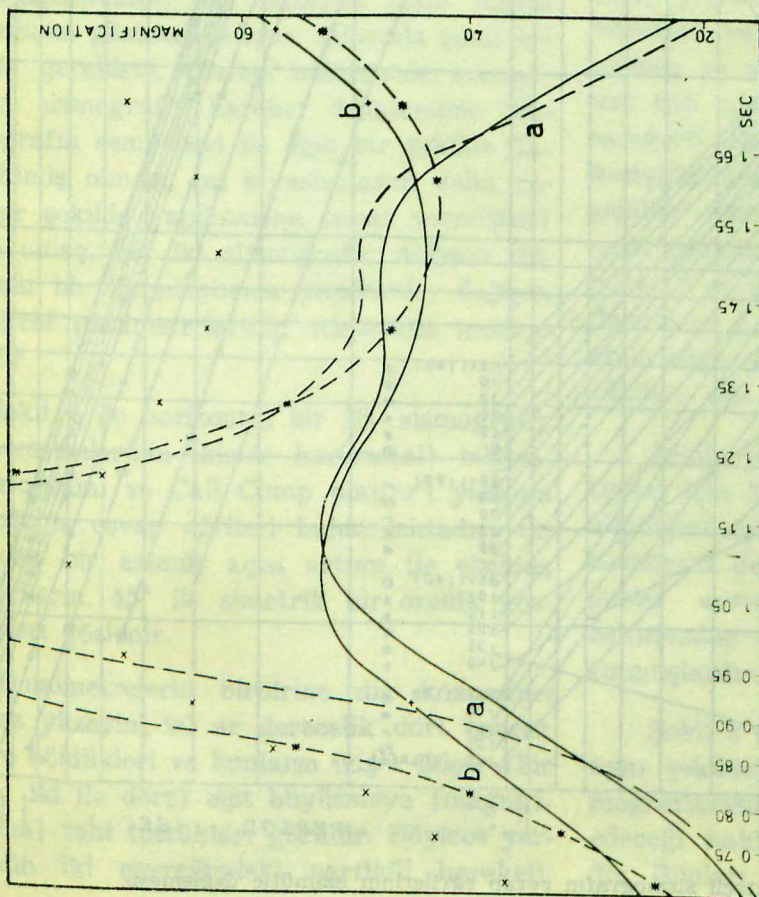
Şekil 3 ve 4 deki kırık çizgili eğriler konvensiyonel, düz çizgili eğriler de 2S - sismografa ait cevap eğrileridir. Konvensiyonel sismografla 2S - sismografin karşılaştırılmalarının kolay yapılması için her iki sismografin sismometre ve galvanometreleri eşit sabitelerde alınmış ve ayrıca, respans eğrileri rahat gözlem için normalize edilmişlerdir. Her iki tipin eşdeğerli sismograflarına ait cevap eğrileri, kesiştikleri noktalarda a, b, c ve d harfleri ile şekiller üzerinde gösterilmişlerdir. Eğrilerin şekli genelde azimüt açısı değerlerinin değişmesi ile etkili bir şekilde değişmediğinden, sadece b ve c için 2S - sismograflarına ait maksimum büyütme değeri olan 45° ye tekabül eden eğriler, «X» lerle işaretlenmişlerdir.

Şekillerin altında a, b, c ve d sismograf tipleri için hangi parametrelerde ne değerleri alındığını gösteren liste yazılmıştır. Gerçek sismograf değerleri ile kıyaslanabilecek bu değerler ayrıca duraylı - işlerlilik (kararlılık) bakımından «Routh Hurwitz» testine tabi tutulmuşlardır.

Şekil 3 ve 4 ve burada yer almamış diğer aynı şekildeki bilgisayar çalışmaları 2S - Sismograflarının kullanımlarının avantaj teşkil edeceği hakkında manalı neticeler vermişlerdir. Bunları şöyle sıralayabiliriz :



Şekil 2. İki sismometreli sismografin cevap eğrilerinin azimütle değişmesi.

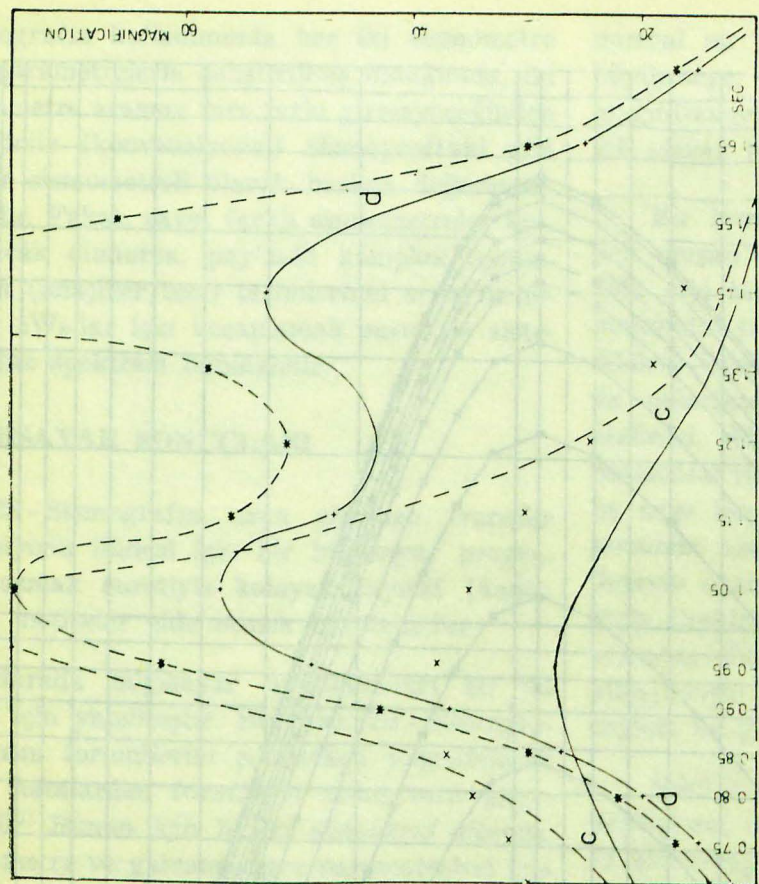


Şekil 3.

Konvensiyonel sismografla 2S - Sismografin cevap eğrilerinin karşılaştırılması. Birincisine ait eğriler kırık çizgilerle, 2S - sismografa ait eğrilerde bütün çizgilerle gösterilmiştir. Her bir çift eşdeğer parametrelî, iki değişik tipe ait sismografların cevap eğrileri a, b, c ve d ile gösterilmiş olup, aşağıdaki listedeki değerleri almışlardır. ($D=0.13$ ve periyod $P=1.0$ alınmıştır, cgs sistemindedir).

	γ_s (motor)	γ_s	R_c (coil)	R_{cg}	M_s (mass)	M_s	D_s (damp)	P_s	R (shunt)
(a)	8.5×10^7	3.30×10^5	7.40×10^{11}	1.40×10^{11}	9000.0	0.37	464.0	1.55	1.5×10^{13}
(b)	5.0×10^7	1.65×10^5	1.25×10^{11}	2.50×10^{10}	4800.0	0.37	2500.0	2.0	0.7×10^{13}
(c)	2.5×10^7	1.10×10^5	1.10×10^{11}	1.10×10^{11}	9000.0	0.17	1000.0	1.5	1.5×10^{12}
(d)	8.5×10^7	1.65×10^5	2.90×10^{11}	5.22×10^{10}	2000.0	0.17	1500.0	1.5	1.5×10^{13} cgs.

«x» ler (b) ve (c) eğrilerine ait azimüt $A=45^\circ$ alındığında 2S - sismografların max. büyütme eğrilerini göstermektedir.



Şekil 4.

1 — 2S - sismograf cevap eğrilerinin (ikinci bir ters bağlanmış 2S - sismografla arzın her çeyrek yüzeyi yüksek magnifikasyona tabi tutulabileceğinden) her zaman için daha yüksek bir «gain» temin ettikleri ve ayrıca sismometrelerden birinin uzun, diğerinin kısa peryodlu seçilmesi halinde, kısa peryod'dan uzun peryoda doğru bir band genişlemesine sahip olabilecekleri,

2 — Normal sismografların cevap eğrilerindeki dar ve sivri büyütme notches) ikinci sismometre sayesinde oldukça yumuşamış olduklarının kesin bir positif netice olduğu,

3 — İkideki nedenle ve ayrıca kayıtlarda dalga tiplerini ayırtma kabiliyetiyle (non-linear galvanometre sapmalarına neden olmadan) yüksek bir magnifikasyon seviyesine tabi tutabilme olanağı sayesinde artan dinamik genlik aralığının, dedeksiyonu daha iyi duruma sokacağının söz konusu olduğu.

NETİCELER

Burada iki sismometreli elektromagnetik sismografların teorisine ait yapılmış derivasyonlar orijinal olup, pratik gayelerle de kullanılabilir niteliktedir.

Yerin yatay bileşenini partikül hareketlerinin doğrultusuna göre ayırarak normal, (konvensiyonel) bir sismografa nazaran daha güçlü veya icabında da (elimine etmek için) daha zayıf veya, hiç kayıt etmeyecek kadar iki farklı büyütme tabi tutan 2S - sismografin bu şekilde dedeksiyon kabiliyetinin verimli bir şekilde deprem araştırmalarında kullanılacağına iddia edilemeyeceği kesindir.

Bilhassa, bilinen bölgelerdeki deprem araştırmaları için 2S - Sismografin direkt ve genel olarak P»« ve «S» dalgalarından birinin kayıtlarını içeren kayıtlar yapabilmemesi; «P» ve «S» kaynaklı çeşitli kompleks gelişlerin gözlemlenmelerine yardımcı olacağı nedeniyle ya-

rının bol aletli günlerinde 2S - Sismografların geniş bir kullanım kazanacağı beklenebilir.

DEĞİNİLEN KAYNAKLAR

- BENIOFF, H. and B. GUKENBERG (1952): The response of Strain and pendulum seismographs to the surface waves, Bull. Seism. Soc. Am. 44, 229 - 237.
- CHAKRABARTY, S.K. and S.N.R. CLUDHURY (1964): Response characteristics of electromagnetic seismographs, Bull. Seis. Soc. Am. 54, 1455 - 1458.
- DOPP, S. (1964): Application of communication network theory to the electromagnetic seismograph, Bull. Seis. Soc. Am. 54, 1479 - 1489.
- CRENET, M.G. (1936): Représentation du fonctionnement des seismographes électromagnetique au moyen de circuits électrique au moyen de circuits électrique equivalents, Applications, Bull. Inst. et Obs. de Phys. du Globe du puyde-dome 8.
- GÜRCAN, R. (1979): Sixth order equation of motion of an electromagnetic seismograph and absolute calibration, Univ. of Ist. Sci. Series S. 44, 193 - 210.
- KISSLINGER, C. (1967): Test book «Seismological Instrumentation» Dept. of Earth Sciences, St. Louis University.
- KOLLAR, F. and R.D. RUSSEL (1966): Seismometer analysis using an electric current analog, Bull. Seis. Soc. Am. 56, 1193 - 1295.
- PUMEROY, P.W. and G.H. SUTTON (1960): The use of galvanometers as band rejection filters in electromagnetic seismographs, Bull. Seism. Soc. Am. 50, 135 - 151.
- ROBERT, C.S. and H.K. RICKARD (1969): Application of strain seismographs to the discrimination of seismic waves, Bull. Seis. Soc. Am. 59, 673 - 689.
- ROMNEY, C. (1964). Contributions of strain and pendulum seismographs for increasing the detectability of P. Bull. Seis. Soc. Am. 54, 2165 - 2174.
- SERIFF, A.J. (1959): The response of seismometers in series and parallel connections, Geophysics Vol. 24, 49 - 63.

KATKI BELİRTME

Yazar, değerli öneri ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Nezihe Taşköprülü'ye, Sayın Prof. Dr. Nezihi Canitez'e, Sayın Prof. Dr. Mehmet Dizioğlu'na, Sayın Prof. Dr. Kâzım Ergin'e şükranlarını sunar.

Yazın başında 22 - Sismografik yerleşim yerlerinin...

INGİLİZCE KAYNAKLAR

BESTOFF, H. and E. GUKENBERG (1962): The use of strain and pendulum seismographs to the surface waves. Bull. Seism. Soc. Am. 52, 229-237.

CHAKRABARTY, A.K. and S.M. CLARKE (1964): Response characteristics of electric magnetic seismographs. Bull. Seism. Soc. Am. 54, 1435-1445.

DOPT, S. (1964): Application of electromagnetic wave theory to the electrostatic seismograph. Bull. Seism. Soc. Am. 54, 1415-1428.

CHRETT, M.G. (1962): Representation of the motion of a seismograph electrostatically as a system of electric circuits. Applications. Bull. Seism. Soc. Am. 52, 1415-1428.

CHURCH, R. (1975): Sixth order equation of motion of an electrostatic seismograph and its application. J. Geophys. Res. 80, 2185-2192.

KISSELINER, C. (1967): Text book of seismological instrumentation. Dept. of Earth Sciences, St. Louis University.

KOLLAR, F. and R.L. RUSSEL (1966): Seismometer analysis using an electric current source. Bull. Seism. Soc. Am. 56, 1393-1398.

PUMEROY, P.W. and G.L. SUTTON (1960): The use of galvanometers as bond resistors. Bull. Seism. Soc. Am. 50, 125-131.

ROBERT, G. and H.L. RICHARD (1969): Application of strain seismographs to the detection of seismic waves. Bull. Seism. Soc. Am. 59, 613-620.

ROMNEY, C. (1964): Contributions of strain and pendulum seismographs for increasing the depth of the response of seismometers. J. Geophys. Res. 69, 2165-2171.

SEMP, A.J. (1960): The response of seismometers in series and parallel connections. Geophysics. Vol. 25, 20-23.

KAYNAK BELİRTME

Yazın başında 22 - Sismografik yerleşim yerlerinin...

1 - 22 - Sismografik yerleşim yerlerinin...

2 - Normal sismografik yerleşim yerlerinin...

3 - İlk kez yapılan ve ayrıca kayıtlarda...

KAYNAKLAR

Birinci iki sismografik elektromanyetik sismografik yerleşim yerlerinin...

Yeni yapılmış sismografik yerleşim yerlerinin...

Birinci sismografik yerleşim yerlerinin...

Birinci sismografik yerleşim yerlerinin...

