

Mail Tabakalarda Vasatî Sismik Suratlerin Tayini¹

Hilmi F. Sagoci²

ÖZET. — Sismik prospeksiyonda, vasatî süratleri tayin etmek için kullanılan usuller hulâsatan gözden geçirilmektedir. Kuyu atışları sayesinde elde edilen verilerin mevcut olmadığı bakir sahalarda, sismogramları kullanmak suretiyle vasatî süratler tayin edilirken tabakaların meyli neticesi olan zaman farklarının nazarı itibara alınması şayanı arzudur. İki taraflı asimetrik bir jeofon dizisi kullanmak suretiyle bu gayenin tahakkuk ettirebileceği gösterilmektedir.

Refleksiyon ışınları genel olarak münhanilerden mürekkep yollar takibederler. Lâkin sismik istikşafıta, ışınların değışmez vasatî bir sürate tekabül eden düz çizgilerden ibaret olduklarını farzetmek tamamen tatmin edici neticeler vermektedir. Derinlikleri ve ofset mesafelerinin hesap edilmesi vasatî yayılma süratleri hakkında malûmat mevcut olmasına bağlıdır. Hali hazırda sürat tayinlerinde en çok kullanılan usul, kuyu atışları usulüdür. Kuyu atışları neticesinde elde edilmiş sürat verileri mevcut olmadığı takdirde, reflexyon donelerinin tefsirinde bazan tashih edilmiş zaman mak-taları ve haritaları kullanılır. Fakat Phil. P. Gaby (journal of geophysics) te bu usulün muhatap kalacağı itirazları belirtmiş, bir antiklinalin zaman mak-tasında bir senklinal şeklinde tebarüz edebileceğini gösteren olağanüstü bir misal vermiş (1) ve bu usul yerine, şakulî zaman ve ufki ofset mesafesinden müteşekkil ve sürat hatalarına karşı hassas olmayan bir koordinat sistemi kullanmağı teklif etmiştir. Bu halde bile ofset mesafesini hesap edebilmek için, vasatî sürat hakkında takribi fakat makûl bir fikre sahip olmak gerekir.

Jeolojik maktain katî surette tesbit edilmiş bulunduğu bazı hallerde refleksiyonlar ile tekabül ettikleri formasyonlar arasında bir korelasyon yapılabilir. Bunun kabil olduğu yerlerde fasıla süratleri, refleksiyon zaman fasılları ile derinlik farkları sayesinde, vasatî süratler ise refleksiyon zaman-ları ile refleksiyon seviyelerinin derinlikleri sayesinde hesabedilir.

Çok zamanlar, başka hiç bir usule baş vurulamayan yerlerde, sürat—

(1) Şubat 1947, Ankara toplantısında okunmuştur.

(2) M. T. A. Enstitüsünden.

derinlik fonksyonu hakkındaki mâlûmatı sadece sismogramlar vasıtasıyla çıkarmak mecburiyeti hasıl olur.

Sûrat hakkında refraksiyon profilleri sayesinde toplanmış mâlûmat kâfi derecede sıhhatlı değildir ve bu profiller hemen hiç bir zaman sadece ve sadece sûrat tayin etmek gagesiyle alınmazlar.

Refleksiyon çalışmalarında, tabakaların ufki olduklarını farzederek, yayılma zamanı, vasatî sûrat, jeofon mesafesi ve derinlik arasındaki münasebet (1) numaralı denklemlerle gösterilir:

$$t^2 = \frac{1}{V^2} (x^2 + 4Z^2) \quad (1)$$

Şu halde her refleksiyon için, yayılma zamanının murabbainı, jeofon mesafesi murabbainın tâbii olarak göstermek suretiyle elde edilen düz çizginin meyli $1/v^2$ inı verecektir. Böylece, sismogram üzerinde kâfi derecede refleksiyonlar varsa bir sûrat derinlik fonksyonu tesbit etmek kabildir.

Bu usulün tatbikinde karşılaşılan başlıca güçlükler, evvelâ $t^2 - X^2$ çizgisinin tesbitinde kullanılan zaman farklarının çok küçük olması ve sonra refleksiyon tabakalarının meylinin nazarı itibare alınmamış olmasıdır. Eğer meyiller küçükse, meyil aşağı ve meyil yukarı atışlar yapmak ve her iki halde elde edilen sûratların aritmetik vasatîsini almak suretiyle bahsi geçen son güçlük ortadan kaldırılabilir. Meyiller büyük olduğu takdirde buna imkân yoktur.

Konuşmamızın esas mevzuunu teşkil eden biraz değişik bir metotda, vasatî sûrat tâyinlerinde meyillerin tesirleri nazan itibara alınmaktadır. Başlangıç noktası Gutenberg (2) tarafından meyil hesaplarında kullanılan herkezce bilinen bir denklemdir:

$$V^2 \Delta T - T_m = 1 (\Delta m - \Delta')$$

Bu ifadedeki harflerin manâsı aşağıda sıralanmıştır:

$$V = \text{Vasatî sûrat}$$

ΔT = Şekil 1 de d_1 ve d_2 deki jeofonlara varıncaya kadar geçen yayılma zamanları arasındaki tefazül

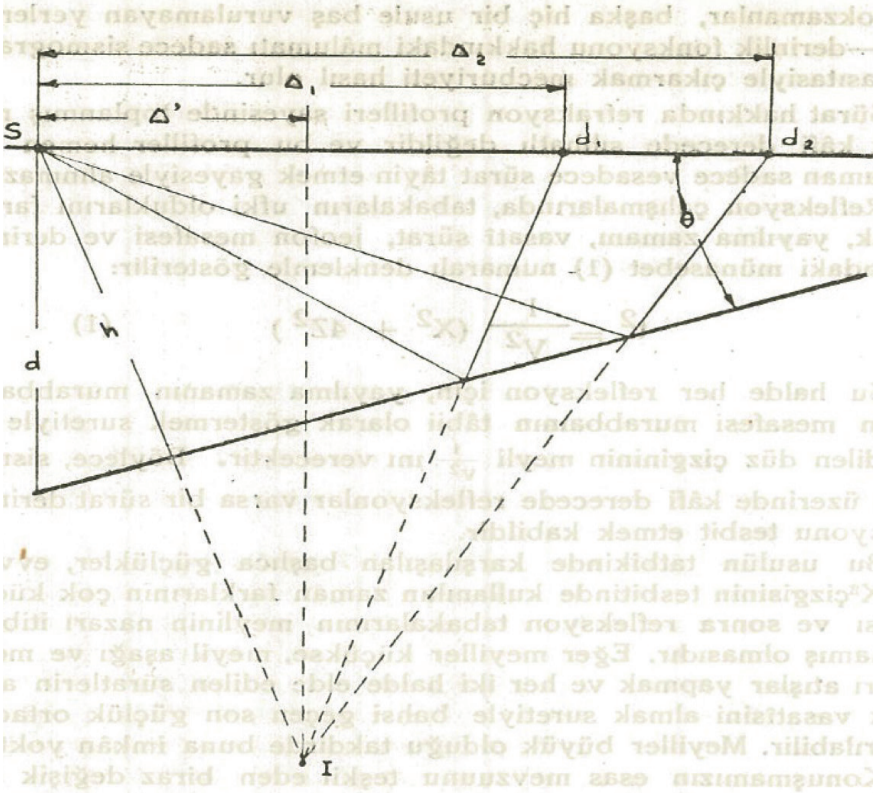
$$T_m = \text{Refleksiyon yayılma zamanlarının vasatîsi}$$

$$I = \text{Jeofonlar arasındaki mesafe}$$

$$\Delta^m = \text{Atış noktası ile jeofonlar arasındaki vasatî mesafe.}$$

Şekil 1 de:

$$\frac{\Delta^1 + \Delta^2}{2}$$



(Şekil-1)

(Fig.-1)

Δ^1 = Atış noktası ile, refleksyon aynasındaki hayalinin şakulî projeksiyonu arasındaki mesafe.

Şimdi, iki taraflı asimetrik bir jeofon dizisi kullanmak ve (2) numaralı denklemi atış noktasının her iki tarafında seçeceğimiz birer çift jeofona iki defa tatbik etmek suretiyle,

$$V_2 \Delta T_1 T_{m1} + l_1 \Delta^1 = l_1 \Delta_{m1}$$

$$V_2 \Delta T_2 T_{m2} + l_2 \Delta^1 = l_2 \Delta_{m2} \quad (3)$$

denklemlerini elde ederiz. $l_2 \Delta T_1 T_{m1} = l_1 T_2 \Delta T_{m2}$ olduğu takdirde - ki bu Δ^1 sıfır olmadığı ve jeofon dizisinin asimetrik bulunduğu müddetçe daima varittir.

$$V^2 = \frac{\left| \begin{array}{ccc} \Delta' & & \\ l_1 \Delta m_1 & & l_1 \\ l_2 \Delta m_2 & & l_2 \end{array} \right|}{\left| \begin{array}{ccc} \Delta T_1 T m_1 & l_1 & \\ \Delta T_2 T m_2 & l_2 & \end{array} \right|} = \frac{l_1 l_2 (\Delta m_1 - \Delta m_2)}{(l_2 \Delta T_1 T m_1 - l_1 \Delta T_2 T m_2)} \quad (4)$$

$$\Delta' = \frac{\left| \begin{array}{ccc} \Delta T_1 T m_1 & l_1 \Delta m_1 & \\ \Delta T_2 T m_2 & l_2 \Delta m_2 & \end{array} \right|}{\left| \begin{array}{ccc} \Delta T_1 T m_1 & l_1 & \\ \Delta T_2 T m_2 & l_2 & \end{array} \right|} = \frac{(l_2 \Delta m_2 \Delta T_1 T m_1 - l_1 \Delta m_1 \Delta T_2 T m_2)}{(l_2 \Delta T_1 T m_1 - l_1 \Delta T_2 T m_2)} \quad (5)$$

denklemleri sayesinde tâyin edilir. V ile A' bir defa tesbit edilince şekil : 1 de h ile gösterilen derinlik ve Δ ile gösterilen meyil herkezce bilinen denklemler sayesinde bulunur, yani

$$To = 2h \text{ ve } \Delta' = 2h \sin \Delta = V To \sin \Delta$$

burada To atış noktası jeofonuna tekabül eden zamandır. Burada, vasatî süratin (4) numaralı denklem sayesinde ne derece sihatle tayin edilebileceğinin analitik bir münakaşasını yapmıyacağız. Genel olarak denilebilir ki bu tayinlerin sihhati refleksiyon ve ΔT zamanlarına tabidir, tesadüf edilen zaman farkları ne kadar büyük olursa V de o kadar sihatle hesaplanmış olur. Şu halde, daha büyük ΔT zamanları gösteren büyük yatımların mevcut bulunduğu yerlerde daha iyi neticeler alınması beklenebilir. Ve esasen bahis mevzuu ettiğimiz usul tamamen bu vaziyetlerde kullanılmak gayesiy-le düşünülmüştür. Daha büyük ΔT kıymetlerini temin edecek başka bir faktör de tabii l' kemiyetina daha büyük kıymetler vermektir, bu işe pratik bakımdan mümkün olduğu kadar uzun bir jeofon dizisi kullanmak ve dizinin her iki tarafındaki ilk ve son jeofonları kullanmakla temin edilebilir.

Hülâsa edersek, sismogramlar üzerinde kâfi derecede refleksiyonlar bulunduğu takdirde, Gutenberg'in yatım denklemini, mutad kullanma şeklinden hafifçe değişik bir şekilde kullanmak suretiyle, çok yalınmlı refleksiyon tabakalarının mevcut olduğu yerlerde, bir vasatî sürat - derinlik fonksiyonu tâyin etmek kabildir.

Determination of Average Seismic Velocities in Sloping Beds¹

Hilmi F. Sagoci²

ABSTRACT. — A brief summary of methods used in determining average velocities in seismic prospecting is given. In virgin territory, where there are no well shot data available, it is desirable that in using reflection records to determine average velocities, step-outs due to the effect of the dip, be taken into consideration. It is shown that by taking an asymmetrical split spread this end can theoretically be achieved.

Reflection rays follow in general curved paths. However, in seismic exploration the assumption of straight rays, which correspond to uniform average velocities, gives quite satisfactory results. Depth and offset distance calculations depend on a knowledge of average velocities of propagation.

At present, well shooting is the method most widely used in velocity determinations. In the absence of well shot velocity data, corrected time sections and maps are sometimes used in the interpretation of reflection data. However, Phil. P. Gaby points out the objections to such a procedure and gives an extreme example where an anticline is represented in a time section as a syncline (1). He proposes instead to use a system of coordinates, namely vertical time and horizontal offset distance, which would be insensitive to velocity errors. But even then, to calculate the offset, an approximate but reasonable knowledge of the average velocity is required.

In certain instances where the geologic section is known rather certainly, reflections can be correlated with corresponding geologic formations. When this is feasible, interval velocities may be computed with the help of reflection time intervals and depth differences between corresponding beds, while reflection times and depths to reflecting horizons determine the average velocities.

Often, in the absence of any other means, it becomes necessary to secure some knowledge about the velocity-depth function by the use of seismograms alone. Average velocity information, obtained by using refraction profiles, are rather inaccurate and these refraction profiles are almost never

(1) Presented at the Ankara meeting, February 1947

(2) M.T.A. Enstitüsü.

shot with the sole purpose of determining average velocities.

In reflection work, assuming horizontal beds, travel, time average velocity, detector distance and depth are related through :

$$t^2 = 1/V^2 (X^2 + 4Z^2)$$

Therefore, for each reflection, the slope of the straight line obtained by plotting the square of travel time against the square of detector distance will give $1/V^2$. Thus, if on a seismogram there should be enough reflections then it would be possible to determine a depth-velocity function.

The main objections to this method are that very small time differences have to be used in order to determine the $t^2 - x^2$ line, and that the slope of the reflecting beds has not been taken into account. When the dips are small, by shooting both down and up dip and taking the arithmetic average of velocities obtained in each case, the last objection can be eliminated. However, this cannot be done for large dips.

The slightly different method proposed in this paper takes into account the effect of the dip in determining the average velocity. The starting point is the well known equation used by Gutenberg(2) in dip calculations (see fig. 1).

$$V^2 \Delta T T_m = 1 (\Delta m - \Delta ') \quad (2)$$

The meaning of the symbols used in this expression are listed below:

V = average velocity to the reflecting bed.

T = difference in reflection times to detectors d_1 and d_2 (Fig.: 1), or the step-out time.

T_m = mean reflection travel time.

l = distance between detectors.

Δm = Mean distance from shot point to detectors:

$$\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}$$

(Fig.: 1)

Δ' — distance between shot point and vertical projection of the image point I (Fig.: 1).

Now, by using an asymmetrical split spread and applying equation (2) to two sets of two detectors on both sides of the shot point, one obtains:

$$\begin{aligned} V^2 \Delta T_1 T m_1 + l_1 \Delta' &= l_1 \Delta m_1 \\ V^2 \Delta T_2 T m_2 + l_2 \Delta' &= l_2 \Delta m_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Provided that $l_2 \Delta T_1 T m_1 = l_1 \Delta T_2 T m_2$, which is true as long as $\Delta' = 0$ and the spread is asymmetrical, V^2 and Δ' can be determined as follows:

$$V^2 = \frac{\begin{vmatrix} l_1 \Delta m_1 & l_1 \\ l_2 \Delta m_2 & l_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \Delta T_1 T m_1 & l_1 \\ \Delta T_2 T m_2 & l_2 \end{vmatrix}} = \frac{l_1 l_2 (\Delta m_1 - \Delta m_2)}{(l_2 \Delta T_1 T m_1 - l_1 \Delta T_2 T m_2)} \quad (4)$$

$$\Delta' = \frac{\begin{vmatrix} \Delta T_1 T m_1 & l_1 \Delta m_1 \\ \Delta T_2 T m_2 & l_2 \Delta m_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \Delta T_1 T m_1 & l_1 \\ \Delta T_2 T m_2 & l_2 \end{vmatrix}} = \frac{(l_2 \Delta m_2 \Delta T_1 T m_1 - l_1 \Delta m_1 \Delta T_2 T m_2)}{(l_2 \Delta T_1 T m_1 - l_1 \Delta T_2 T m_2)} \quad (5)$$

Once V and Δ' are determined the depth h (Fig.: 1) and the dip Θ can be obtained in the well known manner through the well known equations:

$$v T_o = 2h \text{ and } \Delta' = 2h \sin \Theta = v T_o \sin \Theta \quad (6) \quad \text{where}$$

T_o is the time corresponding to the shot point detector.

We shall not go into an analytical discussion of the degree of accuracy with which v can be determined through eq. (4). In general, it can be said that the accuracy will depend on reflection and ΔT times; the greater the time differences one has to deal with, the greater will be the expected accuracy of v . Therefore, for larger dips, which yield larger ΔT times, better results would be expected. The preceding procedure is intended precisely to be used in regions where sloping beds are present. Another factor which may insure larger ΔT times is of course the use of larger values of l , that is the distance between geophones. Larger values for l can be obtained by using as long a spread as practically possible, and by using the extreme geo-

phones on each of the spread.

Summing- up, given enough reflections on a seismogram than is generally done, it is possible theoreticaliy to determine an average velocity-depth function in regions wehere reflecting beds represent appreciable dips.

BIBLIYOGRAFI

1-PHIL. P. GACY- : A NewType of Seismic Cross-section where- in Accuracy of Representation is Rendered Insensitive to Velocity Error, Geophysics, Vol. X, No. 2, 1945

2-NETTLETON, L. L. -: Geophysical Prospecting for Oil. 1940 pp.209-292
