

ATLANTİK OKYANUSU BASENİNİ AŞARKEN RAYLEIGH DALGALARININ DAĞILMASI *)

Yazan : Orhan BAYKAL

Bu etütteki deprem 25 Ekim 1941 Universal zaman (Universal Time) saat 18 s. 03' 53" de vuku bulmuştur. Episantr'in Portekiz sahillerinden 600 mil batıda olması, Atlantik baseninin stürüktürü hakkında bir fikir vermesi bakımından gayet müsaitti.

Sismogramlardan elde edilen donelere istinaden şu noktalar etüt edilmiştir: Deniz ve kara yolları boyunca Rayleigh dalgalarının «dağılması» (dispersion); sathi dalgaların kıta hudutlarında kırılması ve bu kırılmanın tesiri; Rayleigh dalgalarının dağılmasına istinaden Atlantik Okyanusu baseninin bünyesi.

Rayleigh dalgaları teorisi

Londra'da 1885 te «Mathematical Society» nin yayınlarında Üçüncü Lord Rayleigh «namütenahi, mütecanis, izotrop, elâstik bir katının serbest sathında dalgaların hareketi ve bu dalgalar katının satıh kısmında, dalga uzunluğuna mütekabil bir kalınlık dahilinde hareket etmekte oldukları» hakkında bir makale neşretmişti. O zamandan beri bu tip dalgalar sismogramlarda da tanınmış ve bu tip dalgalara «Rayleigh» veya «R» dalgaları ismi verilmiştir.

Bu dalgalar dilatasyon ve makaslama kuvvetlerinin muhassasıdır. Amplitüdleri derinlere doğru azalmakta ve X'i hareket istikametinde, Z'i de şakulî aşağı doğru olarak alıp, Poisson fak-

törü 1/4 olan bir elâstik katıda Lord Rayleigh şu neticeyi vermektedir :

$$u = A (e^{-rz} - 0.5773 e^{-sz}) \sin k (x - ct)$$

$$w = A (0.8475 e^{-rz} - 1.4679 e^{-sz}) \cos k (x - ct)$$

$$c = 0.1949\beta \quad s = 0.3944 k \quad r = 0.8475k$$

Bu muadelelerde c, «R» dalgalarının ve β makaslama (Shearing) dalgalarının sürati; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ A, sabit bir kıymet; (u) ve (w), ufki ve şakulî hareketlerin mürekkipidir.

(u) ve (w) nin müşterek kıymetleri eliptik bir mahrek verir. Sathıta, $z=0$, hareket ilerleyiş istikametine nazaran geriye doğru eliptik mahrekler çizerek devam eder ve ufki mürtesemin şakulî mürteseme nispeti 0.68 dir. Derinlik arttıkça ufki amplitüd azalmaktadır. $Z=0.19 \lambda$ için ufki amplitüd olmayıp, hareket, dalga ilerleyiş istikametine amut bir mahrektir. Z, 0.19λ dan büyük olduğu zaman hareket değişip aksi istikamette olmakta ve $Z=0.46 \lambda$ için bu şekilde en fazla ufki deplasman elde edilmektedir. Fazla derinlerde ufki mürtesem ile şakuli mürtesem arasındaki nispet haddi 0.39 dur,

Sismogramlarda görülen Rayleigh dalgalarının sürati, periodu ve amplitüdları Lord Rayleigh'nin teorisine tam mânasıyle uymamaktadır. Lord

(*) Bu makale «Seismological Society of Amerika» bülteninin Ocak 1948 sayısında James T. Wilson ve Orhan Baykal tarafından daha kısa bir şekilde neşredilmiştir.

Rayleigh'nin nazariyesinde, dalga sürati ve dalga uzunlukları birbirinden müstakildir. Fakat sismogramlarda dalgalar «dağılma» (dispersion) ihtiva etmektedir, yani sürat dalga uzunluğuna tâbidir. Ayrıca Lord Rayleigh nısfı, -namütenahi bir cisim tasavvur etmiştir. Fakat jeolojide ekseri nısfı - namütenahi bir katının üstünde, sathi, ke-safeti ve elâstik karakteristiği değişik asgari bir tabaka mevcuttur.

STONELEY¹, LEE², SEZAWA³, JEFFREYS⁴ ve diğerleri etütlerini bu durumu nazarı itibara alarak yapmışlardır.

STONELEY, LOVE'un gayri kabili tazyik bir katıda kullandığı hal şeklini kullanarak aşağıdaki, umumi dalga-sürati muadelesini vermektedir.

$$\xi \eta' - \xi' \eta = 0$$

Burada :

$$\begin{aligned} \xi &= b (X \cos h rT + \frac{r'}{r} Y \sin h rT) \\ &- 2 \frac{s}{k} (\frac{r'}{k} W \sin h sT + \frac{k}{s} Z \cos h sT) \\ \xi' &= b (\frac{s'}{k} W \cos h rT + \frac{k}{2} Z \sin h rT) \\ &- 2 \frac{s}{k} (X \sin h sT + \frac{s'}{s} Y \cos h sT) \\ \eta &= b (\frac{r'}{k} W \cos h sT + \frac{k}{s} Z \sin h sT) \\ &- 2 \frac{r}{k} (X \sin h rT + \frac{r'}{r} Y \cos h rT) \\ \eta' &= b (X \cos h sT) + \frac{r'}{r} Y \sin h sT \\ &- 2 \frac{r}{k} (\frac{r'}{k} W \sin h rT + \frac{k}{s} Z \cos h rT) \end{aligned}$$

$$\text{ve: } X = \frac{\mu' c^2}{\mu \beta^2} - 2 (\frac{\mu'}{\mu} - 1)$$

$$Y = 2 (\frac{\mu'}{\mu} - 1) + \frac{c^2}{\beta^2}$$

$$Z = \frac{\mu' c^2}{\mu \beta^2} - 2 (\frac{\mu'}{\mu} - 1) - \frac{c^2}{\beta^2}$$

$$W = 2 (\frac{\mu'}{\mu} - 1)$$

Bu muadelelerde, $(\frac{r'}{k})^2 = 1 - \frac{c^2}{3\beta^2}$;

$$(\frac{s}{k})^2 = 1 - \frac{c^2}{\beta^2}; (\frac{r'}{k})^2 = 1 - \frac{c^2}{3\beta^2};$$

$$(\frac{s'}{k})^2 = 1 - \frac{c^2}{\beta^2}; b = 2 - \frac{c^2}{\beta^2};$$

m ve m rijiditedir. T üst tabakanın kalınlığı olup, aksanlar da alt tabakayı temsil etmektedir.

JEFFREYS⁵, STONELEY'nin muadelesini ele alarak, tabaka sınırı şartları için aşağıdaki muadeleleri vermektedir :

$$- (2 - \frac{c^2}{\beta^2}) \frac{k}{r} A \sin h rT + (2 - \frac{c^2}{\beta^2})$$

$$- B \cos h rT - 2 \frac{s}{k} C \sin h sT +$$

$$2 \frac{s}{k} D \cos h sT = 0$$

$$2 A \cos h rT - 2 B \sin h rT + (2 - \frac{c^2}{\beta^2})$$

$$C \cosh sT - (2 - \frac{c^2}{\beta^2}) D \sin h sT = 0$$

$$A + C = E + F$$

$$\frac{k}{r} B + \frac{s}{k} D = - \frac{k}{r'} E - \frac{s'}{k} F$$

$$\mu \left[(2 - \frac{c^2}{\beta^2}) \frac{k}{r} B + 2 \frac{s}{k} D \right] =$$

$$\mu' \left[(2 - \frac{c^2}{\beta^2}) \frac{k}{r} E + 2 \frac{s'}{k} F \right]$$

$$\mu \left[2 + (2 - \frac{c^2}{\beta^2}) C \right] =$$

$$\mu' \left[2E + (2 - \frac{c^2}{\beta^2}) F \right]$$

Bu muadelelerde, A, B, C, D, E ve F sabit kıymetlerdir. Her iki muadelenin halli tatonmanla olup, uzun zamana mal olmaktadır.

Sabit period prensibini kullanarak JEFFREYS⁶ dalga sürati muadelesinin takribi bir hallini vermektedir :

$$\frac{c^2}{\beta^2} \left[1.2409 + \left(\frac{\rho'}{\rho} - 1 \right) M \right] = \left(\frac{\mu'}{\mu} - 1 \right) L -$$

$$0.8453 \left[1.2409 + \left(\frac{\mu'}{\mu} - 1 \right) M \right]$$

Bu muadeledeki L ve M, mütecanis halin kıymetlerinden elde edilir.

kT'nin ufak kıymetleri için (0.2 den az) LEE'nin⁷ muadelesi kullanılabilir.

$$kT = \frac{1 - 1.0877 \frac{c/\beta'}{c^2/\beta'^2}}{c^2/\beta'^2 - c^2/\beta'^2} \times 3.70 \frac{\mu'}{\mu}$$

25 Ekimdeki zelzeleden alınan malûmatla mukayese edebilmek için üç tane dağılma münhanisi kullanılmıştır.

Birinci münhani JEFFREYS'den alınmıştır. JEFFREYS'in münhanisi $\beta = 3.3$ ve $\beta' = 4.5$ kıymetindeki tabakalar içindir.

İkinci münhani SEZAWA tarafından. Bu münhanide $\beta = 3.6$ ve β' JEFFREYS'in münhanisinde olduğu gibi 4.5 tur. SEZAWA bir cetvel vermediğinden ve münhaniler de ufak olduğundan kıymetler serahaten okunamamıştır. Binaenaleyh dakik olmayabilirler.

Üçüncü münhani tarafımızdan hesap edilmiştir. Burada $\frac{\rho'}{\rho} = 7/6$ ve $\frac{\mu'}{\mu} = 10/7$ 'dir ve bu da $\beta = 4.0$ ve $\beta' = 4.5$ km./sec. kıymetlerini haiz olan tabakalara mukabildir. Münhaninin hesabında STONELEY ve JEFFREYS'in muadeleleri ve $kT < 0.20$ için LEE'nin formülü kullanılmıştır. Cetvel 1, JEFFREYS'in sabit period metoduna istinaden c/β nın takribi kıymetlerini göstermektedir. Cetvel 2 meselenin esas halini ihtiva etmektedir. Birinci ve ikinci cetvel grafik olarak şekil l'de gösterilmiştir.

Cetvel 1

Takribi «Dağılma»

$$\frac{\rho'}{\rho} = 7/6 \quad \frac{\mu'}{\mu} = 10/7$$

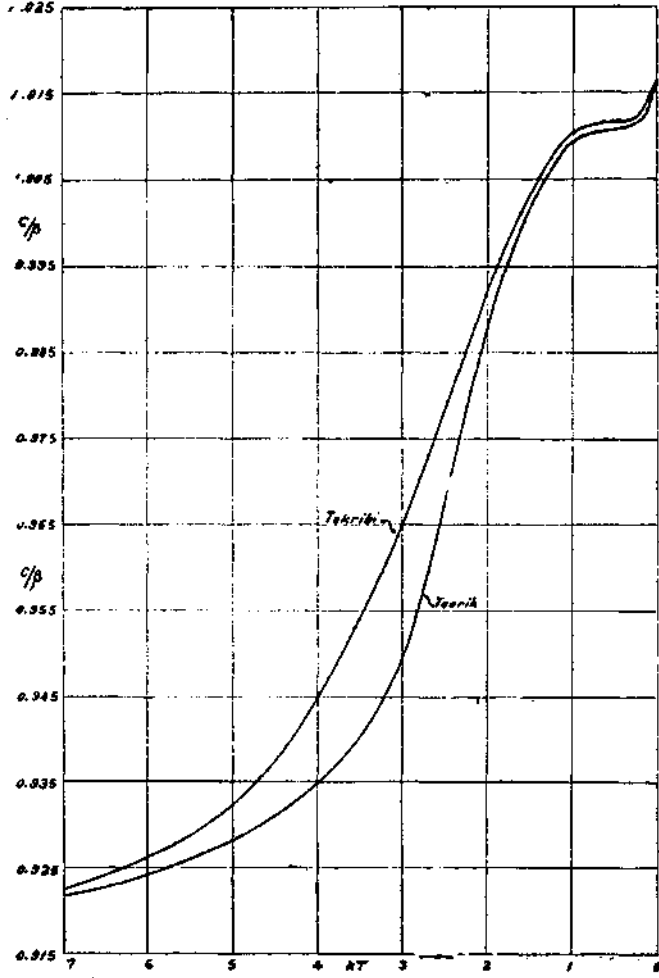
kT	c/β
0.0	1.01739
0.1	1.01455
0.2	1.01297
0.3	1.01219
0.4	1.01190
0.6	1.01194
1.0	1.01074
1.5	1.00395
2.0	0.99225
2.5	0.97881
3.0	0.96570
4.0	0.94513
5.0	0.93264
7.0	0.92245
∞	0.91940

Cetvel 2

Takribi «Dağılma»

$$\frac{\rho'}{\rho} = 7/6 \quad \frac{\mu'}{\mu} = 10/7$$

c/β	kT	β T/P	C/β
1.0174	0.000	∞	1.01740
1.0170	0.015	411.87627	—
1.0150	0.065	95.23542	—
1.0140	0.090	68.84920	1.01061
1.0120	0.200	31.04337	1.01012
1.0100	0.964	6.45327	1.00422
1.0000	1.585	3.96415	0.97099
0.9900	1.945	3.26314	0.92738
0.9800	2.214	2.89584	0.88702
0.9700	2.445	2.60141	0.86293
0.9600	2.710	2.41512	0.85865
0.9400	3.500	1.90978	0.89135
0.9300	4.687	1.44146	0.90235
0.9250	5.804	1.17033	0.90585
0.9210	7.450	0.91572	0.91131
0.9194	∞	0.00000	0.91940



Şekil 1. kT nin fonksiyonu olarak Dalga - Sürati

Grup - sürati, dalga - süratinden

$$\frac{C}{\beta} = \frac{c}{\beta} + kT \frac{dc/\beta}{dkT}$$

muadelesini kullanarak hesap edilmiştir. Burada C grup süratidir, $dc/\beta/dkT$ müştaki grafik olarak hal edilip netice cetvel 2 dedir. Şekil 2 de ise üç şeklin «dağılma» münhanileri gösterilmektedir.

Sismogramdan alınan doneler

Tetkik edilen deprem 25 Kasım 1941de vuku bulmuştur. Episantr'ın

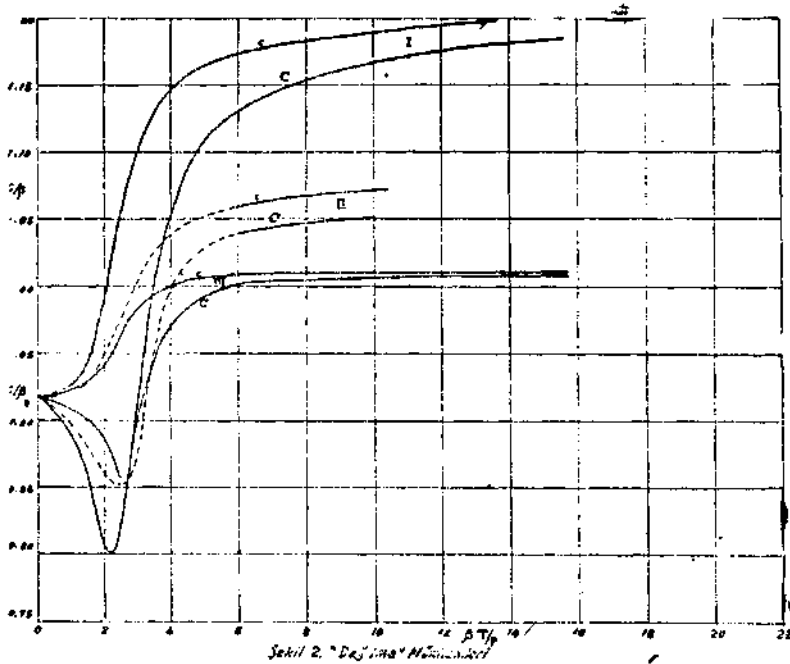
lokasyonu ve zelzele zamanı Dr. J. T. WILSON tarafından verilmiştir.

Lokasyon: $\varphi = 37^{\circ} 00'$

$\lambda = 19^{\circ} 00'$

Zaman: $O = 18$ saat: 03 dak.; 53 sa. (U.T.)

Episantr'ın lokasyonu, Portekiz sahilleri açıklarında olduğundan, sathi dalgalar Atlantik Okyanusunu katetdikten sonra Amerikan kıtasına vasil olup orada kaydedilmiştir. Weston, Fordham, [St. Louis, Mt.-Wilson ve Huancayo olmak üzere dalgalan kaydetmiş altı istasyonun şakuli mürtesem



sismogramları mevcuttur. Ekseri sismogramlar gayet bariz Rayleigh dalga gruplarını göstermektedir. St. Louis ve Weston'un sismogramları diğerlerine nazaran biraz daha karışıktır.

Periodlar, tahmini bir «O» (sıfır) çizgisinden itibaren okunmaya başlanmıştır. Dalgaların «O» çizgisini kestiği noktanın zamanı dakik olarak tesbit edilmiştir. Dalganın bu çizgiyi kestiği zamanı takip eden ilk tam periodun istasyona vasıl oluş zamanı olarak alınmıştır. Bu metod, basit olup, yeknesak bir periodun okunmasından hasıl olarak yanlışlığı bertaraf etmektedir.

Dalgaların amplitüd ve şekline istinaden Kayleigh dalgalarının başlangıcı tesbit edilmiştir. Ancak; başka cins dalgaların görülür interferansı olmadığı kısımlarda, Rayleigh dalgaları okunmuştur. Weston sismogramında ufki ve şakulî mürtesemleri mukayese etmek imkânı olmuştur. Tesbit edilen hareket, Rayleigh tipindeki satıh dalga-

larından beklenen tipte olup hareketi ilerleyiş istikametine nazaran geriye doğru olan eliptik bir mahrektir.

Weston, St. Louis ve Mt. Wilson'un sismogramları şekil 3 de görülebilir. Sismogramda AA hatları Rayleigh dalgaları grubunda periodları okunan kısmı gösterir.

İstasyonlarda kullanılan makineler şunlardır :

- Berkeley : Şakuli ufak Weiohert
- Weston : Kısa periodlu şakuli Benioff
- Fordham : Kısa periodlu şakulî Benioff
- Huancayo : Uzun periodlu şakuli Benioff
- Mt. Wilson: Kısa periodlu şakuli Benioff
- St. Louis : Kısa periodlu şakulî Sprengretten

Cetvel 3 _f

«Müşahede» edilen dağılıma doneleri

Berkeley		Fordham		Huancayo		Mt. Wilson		St. Louis		Weston	
P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V
22	3.36	28	3.68	25	3.61	24	3.41	22	3.67	26	3.37
21	3.34	22	3.66	25	3.58	25	3.40	23	3.65	23	3.69
22	3.32	21	3.63	23	3.56	24	3.38	26	3.62	22	3.65
21	3.31	20	3.60	20	3.54	24	3.36	28	3.59	21	3.62
21	3.29	21	3.57	22	3.52	24	3.34	27	3.57	22	3.58
21	3.27	21	3.54	24	3.50	26	3.33	22	3.55	21	3.55
20	3.26	20	3.52	22	3.48	24	3.32	23	3.52	20	3.52
19	3.25	19	3.49	21	3.47	22	3.30	22	3.50	20	3.49
19	3.24	19	3.47	22	3.45	22	3.29	21	3.47	19	3.47
18	3.23	19	3.44	22	3.43	21	3.27	21	3.44	18	3.44
18	3.22	19	3.41	22	3.42	21	3.26	21	3.42	20	3.42
18	3.21	18	3.39	20	3.41	21	3.25	21	3.41	20	3.40
16	3.20	18	3.37	19	3.39	20	3.23	21	3.39	20	3.37
14	3.19	18	3.35	20	3.37	21	3.22	19	3.37	19	3.34
15	3.18	18	3.33	19	3.36	20	3.21	17	3.36	19	3.32
16	3.17	18	3.31	19	3.35	18	3.19	19	3.35	20	3.30
16	3.16	19	3.29	20	3.34	18	3.18	20	3.33	18	3.28
16	3.15	20	3.26	20	3.33	18	3.17	21	3.30	21	3.25
15	3.14	18	3.24	18	3.31	16	3.16	20	3.28	20	3.23
16	3.13	17	3.22	15	3.29	15	3.15	17	3.26	17	3.20
17	2.12	17	3.20	17	3.28	14	3.14	18	3.25	18	3.18
17	3.11	17	3.18	19	3.27	14	3.14	14	3.23	18	3.15
17	3.10	17	3.16	20	3.26	16	3.13	14	3.22	16	3.13
17	3.09	18	3.14	20	3.24	16	3.12			15	3.11
15	3.09	17	3.12	18	3.23	14	3.11			16	3.09
13	3.08	16	3.11			17	3.10			17	3.07
13	3.07	16	3.09			15	3.09			17	3.05
13	3.06	17	3.07			15	3.08			16	3.04
14	3.05	17	3.05							16	3.03
15	3.04	16	3.04							15	3.01
16	3.03	17	3.03							14	3.00
		16	3.01								
		15	3.00								
		16	2.98								
		16	2.96								
		17	2.95								

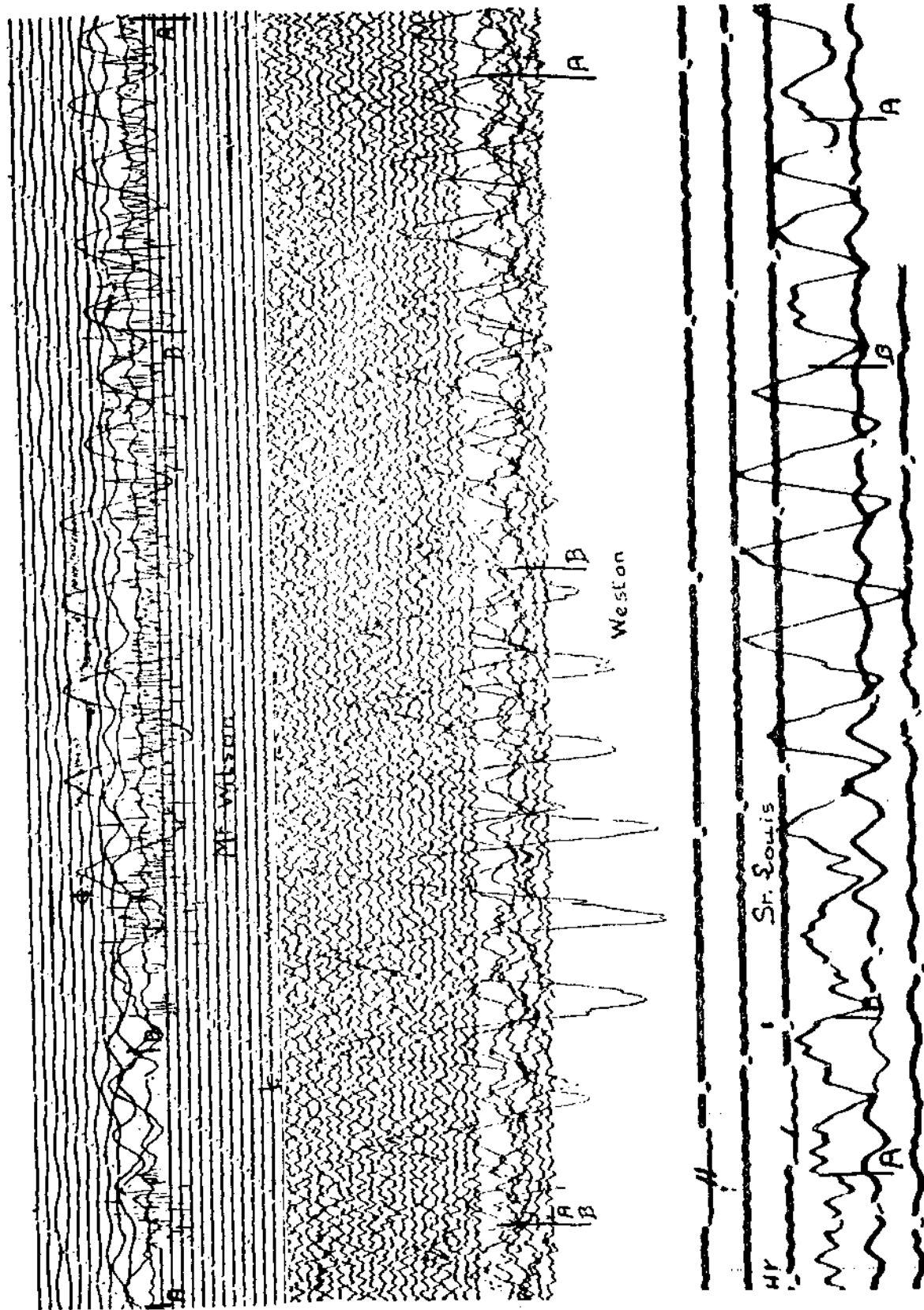
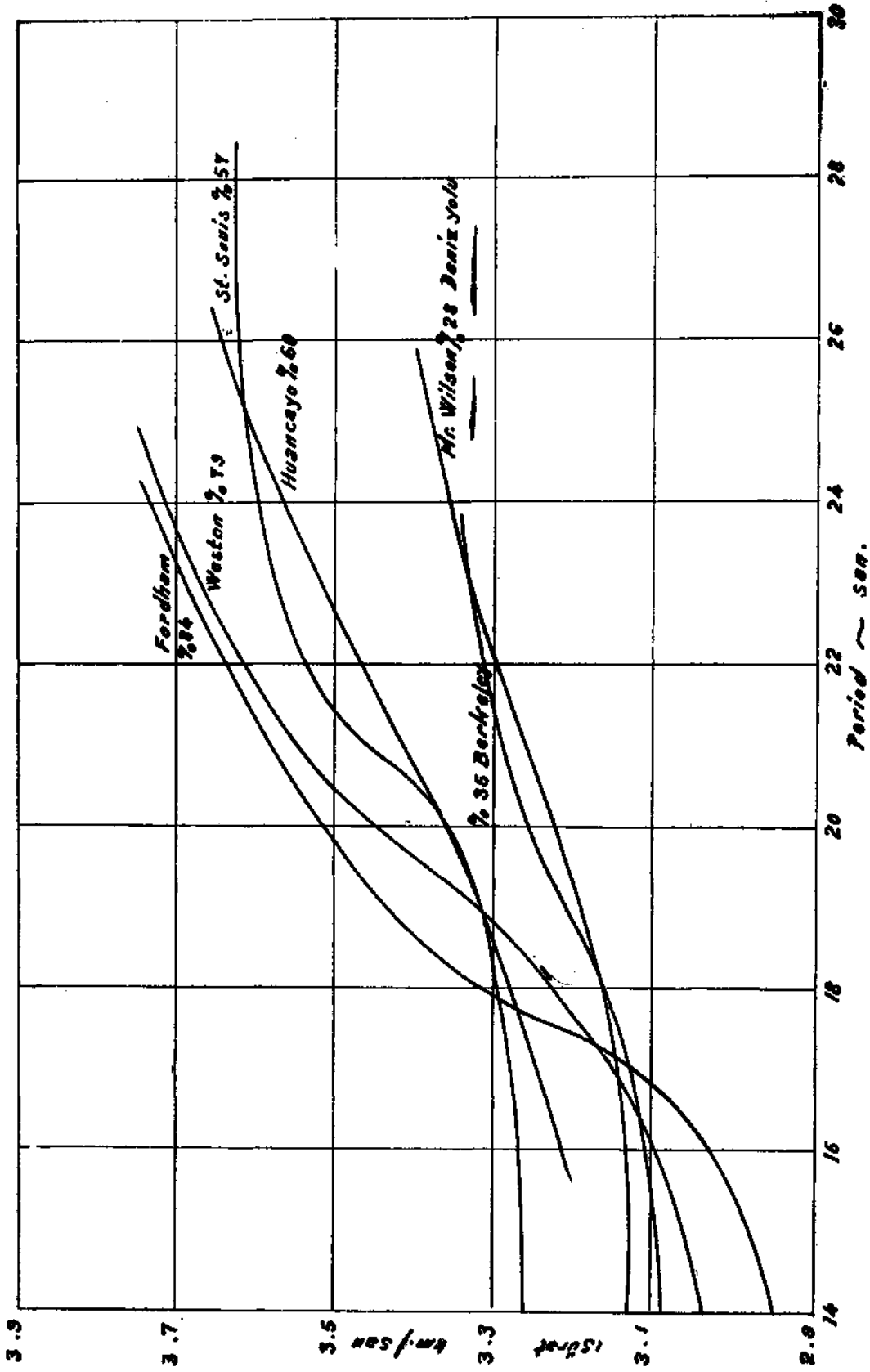


Fig. 3 Seismograms



Sekil 4. "Müşahade" edilen "Doğılma" münhanileri

Bu istasyonlara gelen dalgaların periodları ve bu periodlara mukabil «karışık» grup sürati cetvel 3 te gösterilmiştir. Her periodun sürati episantr'-dan istasyona olan mesafeyi, zelzele-nin yükü bulduğu zaman ile periodun istasyona vasıl olduğu zaman farkına taksim ederek bulunmuştur. Bu hal şekli «dağılma» nazariyesine istinad eder. «Dağılma» prensibine göre, rasat istasyonları, zelzele mıntakasından intişar eden dalgaları, tedricen periodu değişik dalgalar halinde kaydeder; her period kendi grup sürati ile ilerlemekte ve istasyona bu grup süratine tekabül eden bir zamanda vasıl olmaktadır.

Cetvel 3 ten elde edilen istasyonların «Dağılma» münhanileri şekil 4 te gösterilmiştir.

Dalga kırılmasının tesiri

Dalga intişarının basit teorisine göre, bir dalga, kesafeti ve elâstik karakteristiği ayrı olan iki cismin kontakt hattını geçerken akseder veya kırılır. Kıtaların ve deniz basenlerinin zeminin teşkil eden taşların kalınlığı ve terkibi değişik olduğundan dolayı sathı dalgalar denizden kontinental platform'a geçerken ufkî. bir sath dahilinde kırılırlar. Kıtaların kenarlarında bir miktar enerji kaybolmaktadır. Bu enerjinin büyük bir kısmı gelen dalga (incident wave) tipinde olan kırılan dalgaya geçmektedir. Kırılan dalganın yolu, kırılmamış bir dalganın yolu gibi jeodezik yol değildir.

Snell kanununa göre: $\frac{c_1}{c_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$

C_2 , C_1 , kıtada ve deniz basenindeki dalga süratleridir. θ_1 insidans zaviyesi, θ_2 kırılma zaviyesidir. Dalgalar, dalga zaviyesine göre kırılır, fakat grup — sürati ile ilerler¹⁰.

STONELBY¹¹ kıta kenarlarında dalgaların kırılması hakkında bir etüt yapmış, fakat misal vermemektedir.

Kıta kenarı (Continental shelf) deniz seviyesinden 5000 ayak derinlikte olduğu tahmin edilmiştir. Dalgaların kıta kenarını katettiği yerlerde, kıta kenarları düz hat olarak alınmıştır. Episantr'dan istasyona giden jeodezik yol tesbit edilmiştir. Şekil 5 te altı istasyonun jeodezik yolu aynı zamanda Weston, St. Louis, Fordham ve Huan-cayo'nun jeodezik yollarıyla kıta kenarının yaptığı zaviyeler gösterilmektedir. Kıta kenarının her iki tarafında dalga yolunu tesbit etmek için 5-6 nokta hesap edilmiştir. Bu noktalar büyük makyaslı bir harita üzerinde tesbit edildikten sonra, yolun kıta kenarı ile yaptığı zaviye doğrudan doğruya haritadan okunmuştur. Bundan sonra episantr'dan kıta kenarına olan mesafe hesap edilip kıta ve deniz yolu nispeti tesbit edilmiştir.

Kırılmanın tesirini hesap etmek için iki muadele kullanılmıştır.

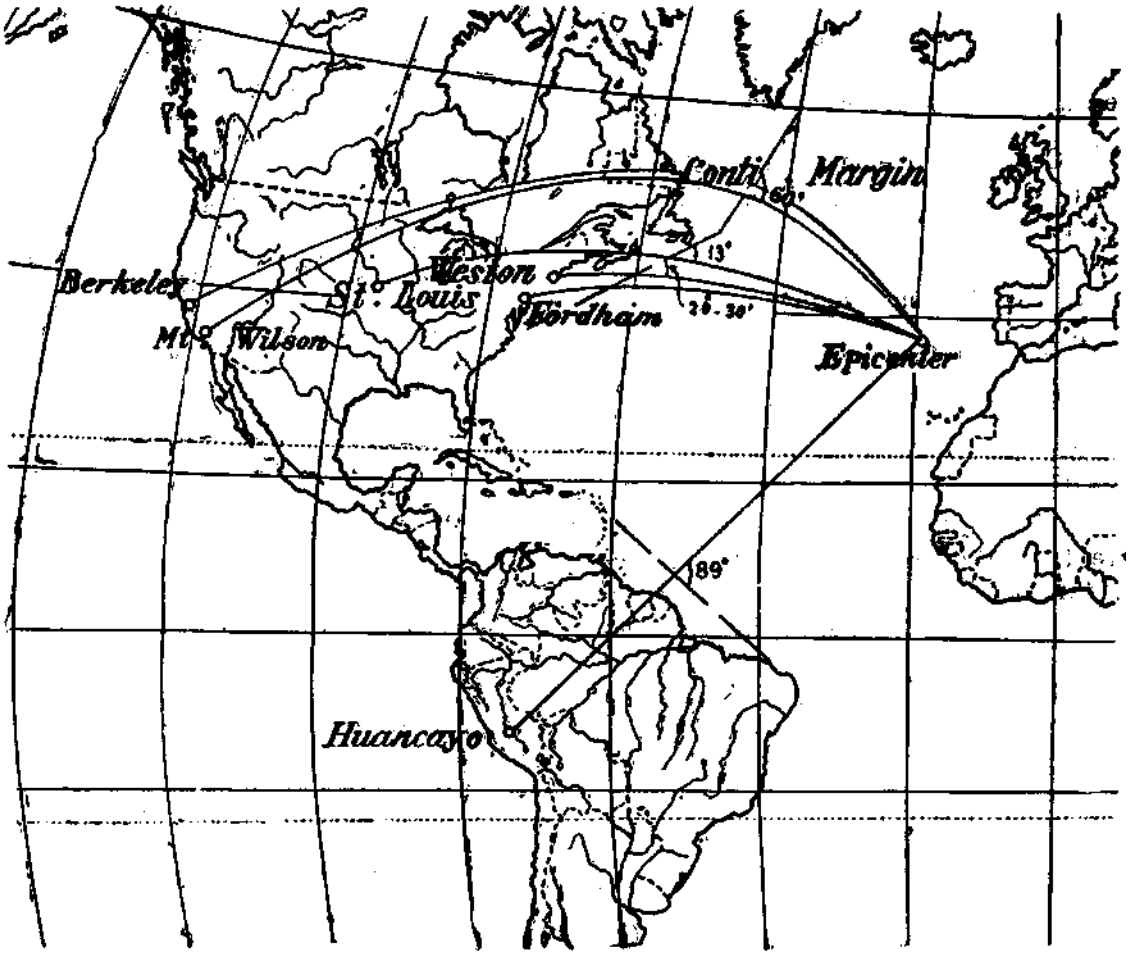
Zaman muadelesi: $t = \frac{r_1}{C_1} - \frac{r_2}{C_2}$

TI , r_2 , kırılan dalgaların deniz ve kıta yollarını, C_1 , C_2 grup süratim temsil etmektedir; diğer muadele yukarıda zikredilen Snell kanunudur. 1 ve 2, (C_1, C_2 şeklinde) diye kullanılan rakamlar, 1 deniz, 2 ise kıtayı temsil etmektedir.

Kırılmanın tesirini ölçmek için c_1 , C_1 ve c_2 , C_2 'nin kıymetleri I ve III (şekil 2) münhanilerden alınmış ve T 'nin kıymeti de tahmin edilmiştir. Kıtalar için $T_2 = 20$ km., deniz için $T_1 = 15$ km. dir. Netice cetvel 4 te verilmiştir.

Çelvel 4

P.	c/β	C/β	c/β	C/β	c_2/c_1
25	4.040	4.024	3.802	3.515	0.9400
20	4.032	3.984	3.713	3.218	0.9207
15	4.004	3.883	3.468	2.706	0.8662
10	3.896	3.468	3.185	2.772	0.8173
5	3.696	3.624	3.049	2.987	0.8254
0	3.678	3.678	3.034	0.034	0.8249



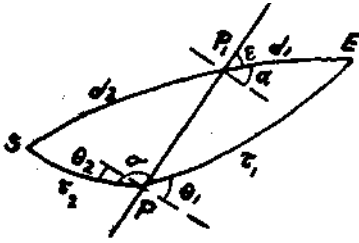
Şekil. 5. İstasyonlara giden jeodezik yol

Cetvel 5

Kırılmanın tesiri

St. Louis 56.72 % oceanic $\epsilon=13^\circ$				Weston 79.40 % oceanic $\epsilon=20^\circ-30'$				Mt. Wilson 27.80 % oceanic $\epsilon=60^\circ$			
P	V	Vav.	%	V	Vav.	%		V	Vav.	%	
25	3.89	3.80	2.3	3.93	3.91	0.5		3.65	3.64	0.3	
20	3.81	3.65	4.2	3.85	3.80	1.3		3.40	3.40	—	
15	3.50	3.38	6.1	3.69	3.57	3.3		2.97	2.96	0.3	
10	3.37	3.17	5.9	3.37	3.30	2.1		2.95	2.94	0.3	
6	3.50	3.35	4.3	3.52	3.47	1.4		3.15	3.14	0.3	
0	3.56	3.40	4.5	3.57	3.52	1.4		3.20	3.19	0.3	

Şekil 6 da, küresel üçgen SPE'de:



Şekil. 6

$$\sigma = 180 - (\theta_1 - \theta_2)$$

$$\text{ve } \cos D = \cos r_1 \cos r_2 - \sin r_1 \sin r_2 \cos (\theta_1 - \theta_2) \quad (1)$$

$$\sin r_1 = \sin d_1 \frac{\cos \alpha}{\cos \theta_1} \quad (2)$$

$$\sin r_2 = \sin d_2 \frac{\cos \alpha}{\cos \theta_2} \quad (3)$$

Meseleyi halletmek için O_1 e uygun bir kıymet verilip O_2 de Snell kanunundan bulunmaktadır. Yukardaki (2) ve (3) muadelelerinden r_1 ve r_2 nin kıymetleri bulunup muadele (1) de yerlerine konarak D'nin kıymeti bulunmaktadır. D'nin kıymetine göre muadele (1) hal oluncaya kadar bu ameliye tekrar edilir. Muadele (t) i halleden r_1 ve r_2 kıy-

metleri, t yi bulmak için, zaman muadelesinde kullanılmaktadır.

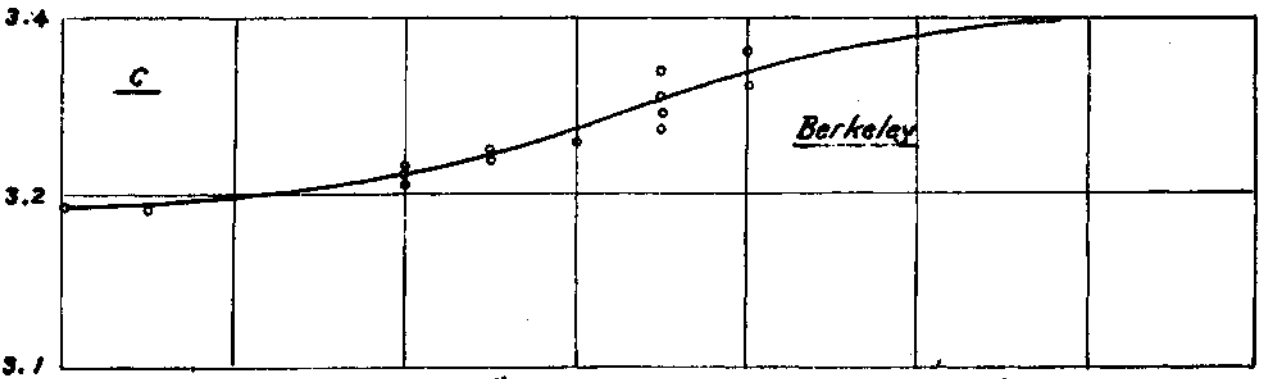
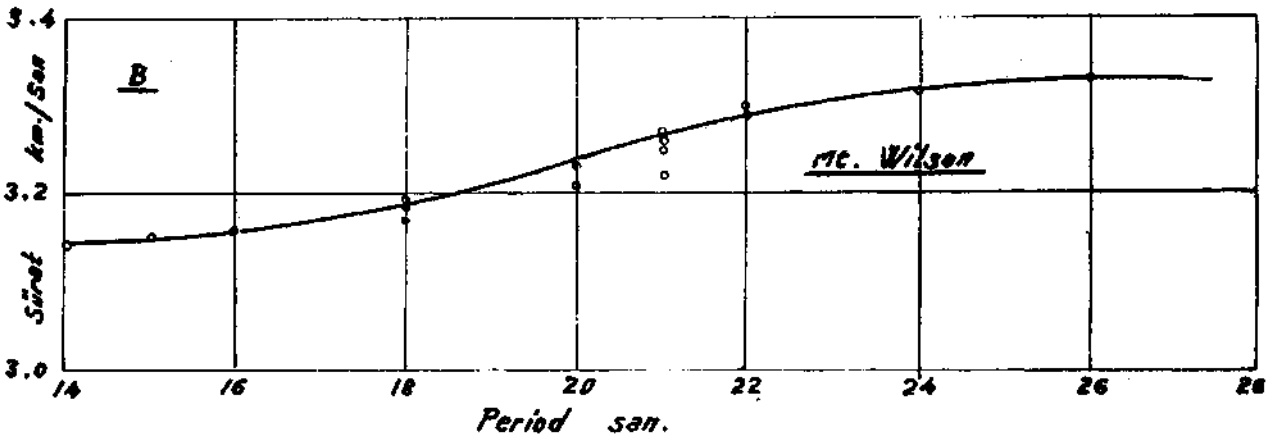
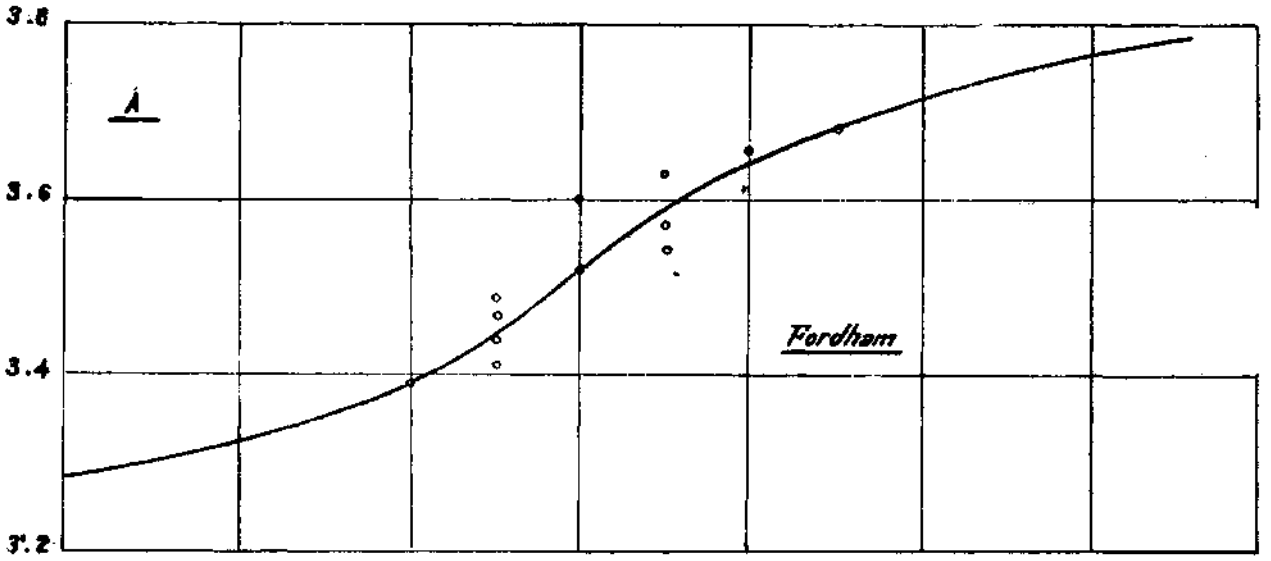
Bu hesap üç istasyon için yapılmıştır: Weston, St. Louis ve Mt. Wilson. Bu mesele aynı şekilde, yer sathını düz farzederek de halledilmiştir. Her iki şekil arasında zaman ve sürat farkının % 1 den aşağı olduğu görülmüştür.

Bahsedilen «dağılma» nazariyesinde (t) kıymetine mukabil bir periodun süratini, umumi yolu (t) ye taksim ederek bulmuştuk. Netice cetvel 5'te verilmiştir; V, kırılmayı nazarı itibara alarak dalga suratıdır, Vav ise aynı periodlu fakat jeodezik hattını takip eden dalga'nın süratidir.

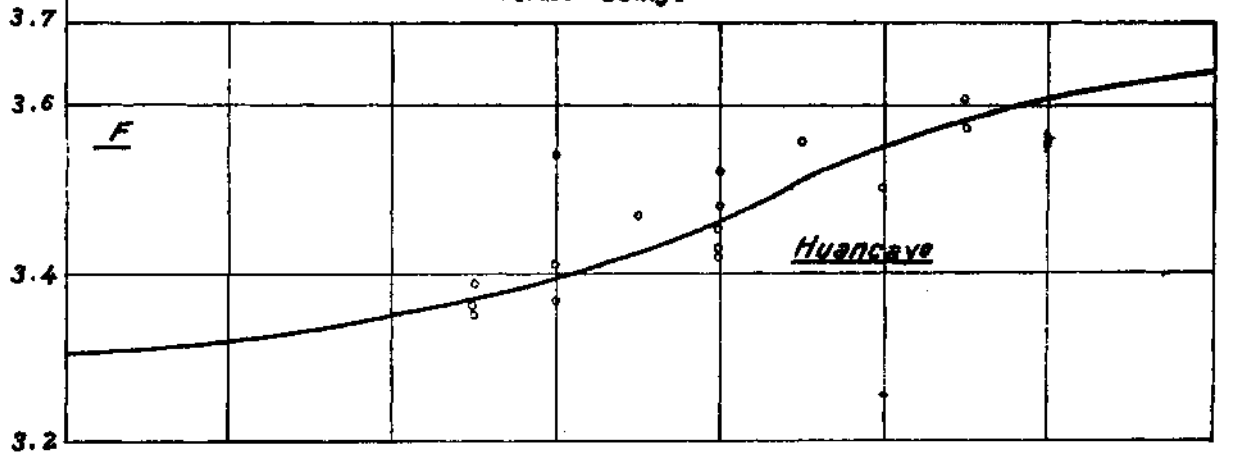
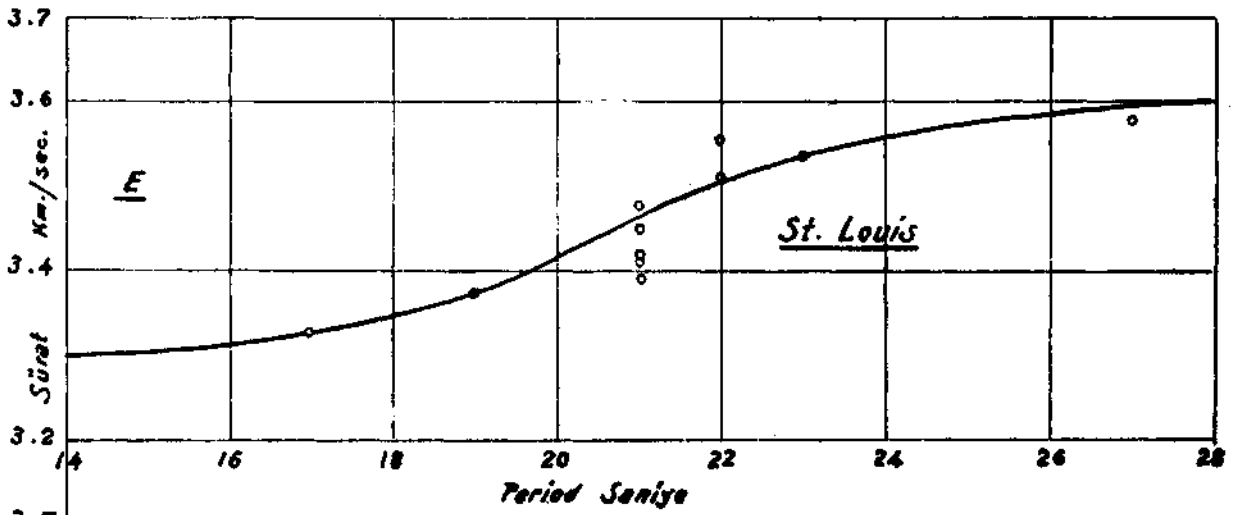
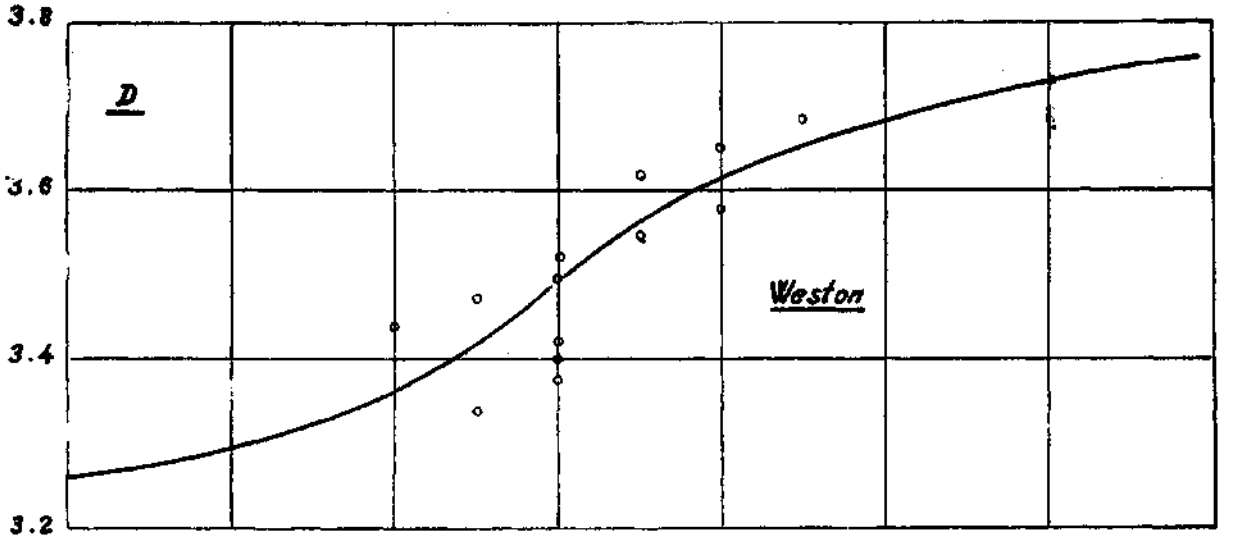
Cetvel 5 ve şekil 5'in tetkiki şu neticeyi vermektedir; kırılmanın tesiri iki âmile istinad etmektedir :

1. - Kıta ve deniz yollarının birbirine nispeti,
2. - Bu yolun kıta kenarı ile yaptığı zaviye.

İlk maddeye göre, kara yolu umumi yolun ufak bir kısmı ise, kırılmanın tesiri gayet az olacağı barizdir. Kırılma tesirinin hissedilebilmesi için kara yolunun, umumi yolun asgarî % 10 u olması icap etmektedir.



Şekil 7. "Müşahede" edilen Dağılma Mânhanılları



Şekil 7. (Devam)

En mühim faktör ikinci maddedir. Yolların kıta kenarı hattı ile yaptıkları zaviye Weston için: $20^{\circ} 30'$, St. Louis için : 13° ve Mt. Wilson için de: 60° dir. Mt. Wilson'da, zaviye -60° olduğundan, kırılmanın tesiri gayet azdır. Böyle bir zaviye için* kırılmanın gayet az olması beklenebilir, zira insidans zaviyesi 90 dereceye yaklaşmaktadır. Bu netice STONELEY'in¹² neticesi ile aynıdır. STONELEY'in misalindeki insidans zaviyesi $55^{\circ} 49'$ dir ve kırılmanın tesiri % 1 den aşağıdır. Fakat Weston ve St Louis'te kırılmanın tesiri % 6 olduğundan mühim bir fark teşkil etmektedir. Bu iki istasyona giden yolların kıta kenarı hattı ile yaptıkları zaviyeler ufaktır ve kırılmanın tesiri de büyüktür. Binaenaleyh, yolların kıta hattı ile yaptıkları zaviye ufak ve yolun da umumi yola nazaran makûl bir nispette olduğu takdirinde kırılmanın tesiri hissedilmekte olup nazarı dikkate alınması icabetmektedir.

«Karışık» grup - süratlerinin kıymetleri c_1 , C_1 , c_2 , C_2 ve T_1 , T_2 için tahmin edilen kıymetlere istinad etmektedir. Fakat bu kıymetlerde yapılabilecek normal bir değişiklik, neticeyi değiştirecek kadar, tesir etmemektedir.

Dağılma münhanileri ve bünye

Şekil 4 te, 20 saniyeden yüksek periodlar için «Dağılma» münhanileri aynı karakteristikleri havidir. Bu münhaniler period, «karışık» sürat ve deniz yolu nispetine göre sıralanmıştır. $C_1 > C_2$ olduğuna göre deniz yolu fazla olan istasyonun daha fazla «karışık» grup sürati ihtiva etmesi lâzımdır. Fakat 20 saniyeden düşük periodlar için, Fordham ve Weston'un süratleri St Louis'inkinden aşağı düştüğü görülebilir.

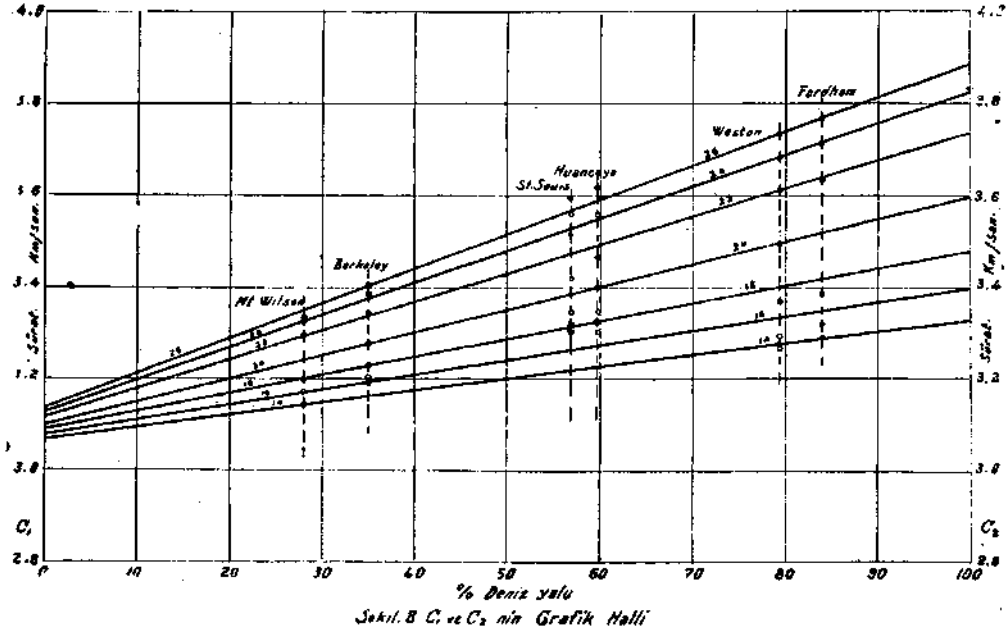
Herhangi bir istasyonda kaydedilen period miktarı takriben episatr'a olan mesafesi ile mütenasiptir. Fakat

cetvel 4 te, yakın istasyonlarda, daha uzak istasyonlara nazaran fazla periodun okunmuş olduğu görülebilir. Muhtemelen Rayleigh dalgaları gurubundan hariç. dalgaların periodu da okunmuş olabilir.

Misal olarak Mt. Wison'un sismoqramını ve mukabil şekil ve cetvelleri tetkik edelim. Rayleigh dalgaları saat 10, s. $15' 33''$, de, $24''$ lik bir periodla başlamıştır. Fakat $46' 33''$ de period $26''$ dir. $46' 33''$ den $49' 07''$ ye kadar periodlar düşmektedir. $49' 07''$ de period $14''$ dir. Bu noktadan itibaren dalgalar şeklen Rayleigh dalgaları tipinde olmakla beraber, period yükselip, alçalmaktadır. Binaenaleyh ilk dalgadan itibaren periodlar bir azamiye çıkıyor, alçalıp asgariye düştükten sonra yükseliyor ve tekrar düşüyor. Bunun bariz sebebi diğer dalgaların Rayleigh dalgalarına tesir etmesidir.

Bu delillere göre, «R» dalgalarında tam period miktarı tashih edilmiştir. Bu son duruma istinaden çizilen münhaniler şekil 7 de görülebilir. Burada münhaniler birbirini kesmemekte ve kaydedilen tam period miktarı takriben istasyon ile episantr mesafesine mütenasiptir. Bu şekilde beklenen bir iki aykırı perioddan maada, periodlar tedricen azalmaktadır. Şekil 3'te, AA ilk Rayleigh gurubunu, BB ise tashih edilmiş Rayleigh dalgaları gurubunu temsil etmektedir.

Şekil 7'deki münhanilerden C_1 ve C_2 nin esas kıymetleri grafik olarak elde edilmiştir. Bu grafik usulü şekil 8'de gösterilmektedir. Her period için çizilen düz hat muayyen bir periodun grup süratinin kıta veya deniz yolunun birinci dereceden bir tabii olduğu farzedilerek çizilmiştir. Bu şekilde elde edilen C_1 ve C_2 nin kıymetleri cetvel 6'dadır.



Ayrıca, çift istasyonlar olarak, C_1 ve C_2 nin kıymetleri, kırılma donelerini kullanarak cebirsel olarak da hesap edilmiştir. Dört çift istasyon kullanılmıştır: Mt. Wilson - St. Louis, Mt. Wilson-Weston, St. Louis-Weston ve Mt. Wilson - Huancayo. "Müşahede,, edilen süratler şekil 4ten alınmıştır. 20 saniye ve daha fazla olan periodlar için C_1 ve C_2 nin kıymetleri, cetvel 6daki mukabil periodun kıymetlerine uymaktadır. Bilhassa Weston'un donesi kullanıldığı takdirde, 20 saniyeden düşük periodlar için fazla ayrılık vardır. Bu durum şimdi kolayca izah edilebilir. Şekil 4 deki münhanileri tekrar çizmek lâzım geldiğinden "müşahede,, edilen süratlerin kıymetleri de değişmiştir. Bu değişiklik 20 saniyeden fazla olan periodlar için bariz olmayıp, ancak 20 saniyeden az periodlara tesir etmiştir.

Atlantik Okyanusu besenlnln bün yesi

Yukarıdaki doneler ile mukayese

edebilmek için üç tane nazari münhan-i kullanılmıştır. Bunlar şekil 2 deki I, II ve III «Dağılma» münhanileridir.

«P» dalgalarına istinaden en alt tabaka için b nin kıymeti 4.4 ilâ 4.5 km/sec, dir. Münhani III te $b=4.0$ ve $b'=4.5$ dir. Ş ve b nın bu kıymetleri, altta «ultrabasic», üstte «basic» sahrelerden müteşekkil bir deniz baseninin bünyesini temsil etmektedir.

Cetvel 6

Müşahede • edilen grup - süratleri

P	C_1	C_2
14	3.33	3.07
16	3.40	3.08
18	3.48	3.09
20	3.60	3.10
22	3.74	3.12
24	3.83	3.13
26	3.89	3.14

Cetvel 7

Nazari grup - süratleri

P	$\beta = 4.00$ T = 26	$\beta = 4.06$ T = 29	$\beta = 4.11$ T = 30
	C_1	C_1	C_1
10	3.61	—	3.73
12	3.58	—	3.70
14	3.53	3.61	3.67
16	3.43	3.55	3.62
18	3.48	3.49	3.53
20	3.62	3.56	3.58
22	3.74	2.67	3.70
24	3.84	3.80	3.85
26	3.89	3.89	3.93
28	3.92	—	3.98
30	3.95	—	4.02

C_1 deniz basenindeki grup süratini temsil ettiğinden cetvel 6 daki deniz kısmına ait done ile münhani III karşılaştırılmıştır.

Münhani III e istinaden yapılan hesaplar $b = 4.00$, 4.06 ve 4.11 km/sec. kıymetleri içindir. Mukabil kalınlık tatonmanla bulunup netice cetvel 7 de verilmektedir. Bu cetvelde $b = 4.00$ km/sec, ve $T = 26$ km sütununun kıymetleri cetvel 6 daki C_1 in kıymetlerine az farkla tekabül etmektedir. Bu mutabakat şekil 9 da grafik olarak gösterilmiştir.

Mutabakat 18 saniyeden yüksek priodlar için gayet iyidir. 18 saniyeden düşük periodlar için «müşahede» edilen süratler nazari süratlerden azdır. Kısa periodlar satih tabakalarının tesiri altında kaldığından bu fark en üstte ince bir tabakanın mevcudiyetini telkin etmektedir.

Netice olarak, nazari «dağılma» münhanisi ile donelerin karşılaştırılması «ultrabasic» sahrelerin üzerinde takriben 26 km. kalınlığında «basic» sahreden müteşekkil bir tabaka mevcut olup bu tabakanın üstünde de muhtemelen daha az sürat veren ince bir tabaka vardır. Gutenberg¹³ $b = 3.3$ km/sec. olarak 25 kilometrelik bir kalınlık bulmaktadır. Bu eserde:

$$\frac{\mu'}{\mu} = \frac{10}{7} \text{ ve } \frac{\rho'}{\rho} = \frac{7}{6};$$

buna istinaden deniz baseninin altındaki üst sahrelerin kalınlığı takriben 26 ilâ 30 kilometre arasında olduğu tahmin edilebilir.

Amerika kıtasının bünyesi

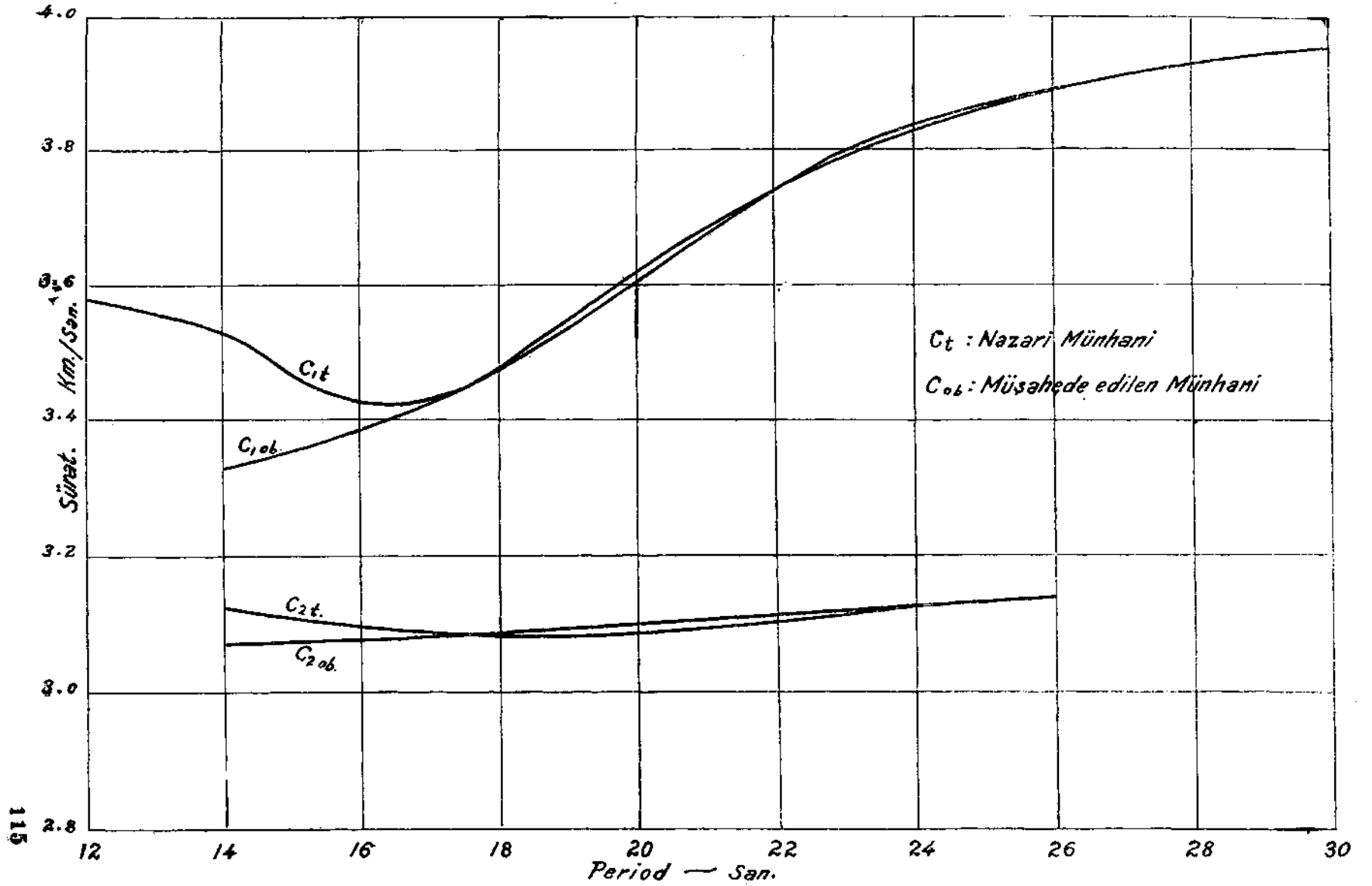
Mevzii zelzelelere istinaden kıtanın en alt kitlesinin b kıymeti 4.5 km/sec. orta kitlenin $b = 3.6$ km/sec. ve en üst kitlenin $b = 3.3$ km/sec. dir. Rüşubi sahreler nazari itibare alınmıştır.

20 saniyeden yüksek periodlar için dalgalar bilhassa $b' = 4.5$ ve $0 - 3.6$ km/sec, olan alt kitlelerin tesiri altındadır. Bu periodlar dahilinde mesele altı «dunitic» üstü «basaltic» olan iki kitleyi ilgilendiren bir meseledir. SEZA-WA'nın münhanisi (şekil 2, münhani II), $b' = 4.5$ ve $b = 3.6$ km/sec. olarak hesap edildiğinden kıta donlerinin karşılaştırılmasında kullanılmıştır.

C_2 nin, nazari ve «müşahede» edilen kıymetlerini birbirine mutabık kılan bir T kıymeti tatonmanla bulunmuştur; netice cetvel 8 dedir. $T = 31$ km olduğu takdirde 18 saniyeden yüksek periodlar için gayet iyi bir mutabakat vardır ve bu durum grafik olarak şekil 9 da gösterilmiştir. 18 saniyeden düşük periodlar için müşahede edilen süratler nazari süratlerden azdır. Kısa periodlarda, üstteki «granitic» kitle süratin düşmesine sebep olmaktadır. Takriben 18 saniyelik periodlar için $b = 3.3$ km/sec. olan üst kitlelerin tesiri bariz bir şekilde gözüküyor.

Cetvel 8

T = 31 km için	
P	C
14	3.12
18	3.08
20	3.09
22	3.10
24	3.13
26	3.14



Şekil. 9 Nazari ve "Müşahede" edilen "Dağılma" münhanileri

«Granitic» kitlenin kalınlığı hesap edilmemiştir. Bu tabakanın kalınlığını iyi bilmek için daha kısa periodların müşahedesi lâzımdır. Fakat burada en kısa period 14 saniyeliktir. Ayrıca, nazari münhaniler iki tabakaya istinad ederek çizilmiştir; fakat 18 saniyeden düşük periodlar için mesele üç tabakayı ilgilendirebilir.

WILSON Love dalgalarının «dağılması» etüdünde kıtanın satıh kalınlığının 30 ilâ 40 km. olduğunu bulmuştur. Biz bu etüdümüzde «basaltic» tabakanın kalınlığını 31 km olarak bulduk. »Basaltic» tabakanın kalınlığı 31 km olup Wilson'a nazaran umum kıta kalınlığı 40 km olduğuna göre «granitic» tabaka takriben 9 ilâ 10 km kalınlıktadır. GUTENBERG¹³ Eurasia için 45 kilometrelik bir kalınlık tahmin etmektedir.

Hulâsa :

Atlantic Okyanusunda 15 Ekim 1941 de vukubulan bir depremden alınan Rayleigh dalgalarının «dağılma» donelerini karşılaştırmak için üç tane nazari «dağılma» münhanisi çizilmiştir.

Dalga sürati ve yolu üzerinde dalga kırılmasının tesiri münakaşa edil-

miştir. Kırılmanın tesiri, dalga yolunun kıta kenarı ile yaptığı zaviye ve deniz-kıta yolu nispetine tâbi olduğu tebellür ettirilmiştir. Bu zaviye ufak olup, kara yolu da umumî yolun tatmin edici bir miktarı olduğu takdirde kırılmanın tesiri nazarı itibare alınması icap etmektedir.

Dağılma doneleri ile teorik dağılma münhanilerini birbirine intibak ettirerek arzın muhtemel kabuk yapısı hakkında şu neticelere varılmıştır. Atlantik Okyanusunun altında «ultrabasic» sahrenin üstünde 26 km kalınlığında «basaltic» sahreler ve bu sahrelerin üstünde de daha düşük süratli ince bir tabaka mevcuttur. Bütün seksiyonun kalınlığı takriben 30 km dir. Kıtada «dunitic» sahrenin üstünde 30 km kalınlığında «basaltic» bir kitle mevcuttur, Wilson'a nazaran umumî kalınlık 40 kilometre olduğuna göre, «basaltic» kitlenin üstündeki «granitic» tabakanın kalınlığı takriben 10 kilometredir.

Bu etüdün hazırlanmasında kıymetli yardımları dokunan Michigan Üniversitesinden Profesör Dr. J. T. Wilson'a derin takdir ve teşekkürlerimi sunarım.

BIBLIOGRAPHYA

- 1 — STONELEY, R. : « A Rayleigh Wave Problem »
Leeds Philo. and Litt. So. Scientific section
Vol. I, part VI, 1928, pg. 219.
- 2 — LEE, A. W. : « The Effect of Geological Structure upon Microseismic Disturbance, »
« Roy. Astron. So., Geophys. Suppl. », Vol. 3, 1932, pg. 90.
- 3 — SEZAWA, K. : « Rayleigh and Love waves transmitted through the Pacific Ocean and the Continents, »
Tokyo Imp. Uni., Earthquake resear. Insti. Vol. 43 part 2, June 1935, pg. 245.
- 4 — JEFFREYS, H. : « The surface waves of Earthquake »
Roy. Astron. So., Geophys. Suppl. Vol. 3. 1935. pg. 253-261.
- 5 — Op. Cit. 4
- 6 — Op. Cit. 4
- 7 — Op. Cit. 2
- 8 — WILSON, J. T. : The Love waves of the South Atlantic Earthquake of August 28, 1933, » Bull. Seismo. So. of Ame., Vol. 30, Nov. 3, July 1940.
- 9 - HAVELOOK, T. H.: Camb Tract., No. 17
- 10 — STONELEY, R. : « Dispersion of Seismic Waves, » Roy. Astron. So., Geophys. Suppl., Vol 1, 1925, pg. 280.
H. Jeffreys: Surface waves of Earthquakes, Roy. Astron. So., Geophys. Suppl., Vol 1, 1925, pg. 282.
- 11 — STONELEY, R. : « Earthquakes waves over the surface of the Earth » Roy. Astron. So. Geophys. Suppl. , Vol. 3, 1935, pg. 262.
- 12 - Op. Cit. 11.
- 13 — GUTENBERG, B. : « Dispersion und Extinktion von seismischen Oberflächenvellen und der obersten Erdschichten » Physical. Zeitschr., 25 : 377 - 381 (1924).
- 14 — « Handbook of Physical Constants, » Geolo. So. of Ameri.
No. 36, Jan. 31, 1949, sect. 7, pg. 93 - 106.
- 15 — Op, Cit 8.
- 16 — Op. Cit 13.