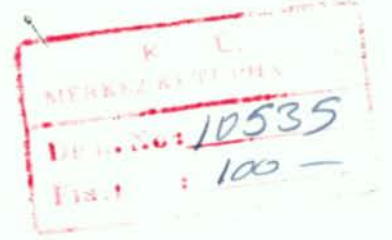


KARADENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTOSU

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

TEZ NUMARASI

Genel :
Ana Bilim Dalı :
Program :



YAPAY SİSMOGRAMLARIN MODELLENMESİ
VE TABAKA PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI

Kenan GELİŞLİ

Yönetici : Doç.Dr.Ömer ALPTEKİN

Trabzon
Ocak, 1986

Ö Z E T

Bu çalışmada tabakalı ortamda dalga yayılımını incelenerek yapay sismogramların hesaplanması irdelenmiştir. Sismogramlarda kaydedilen yansıma olayı model çalışmayla açıklanarak tabakalı ortamda yansıma genliklerinin hesabı ve bunlara tekrarlı yansımaların katkısı tartışılmıştır. Yapılan model çalışma ile tabaka hızı, kalınlığı ve kullanılan dalgacığın elde edilen yapay sismogramı nasıl etkilediği incelenmiştir. Ayrıca doğada karşılaşılabileceğimiz bazı tabakalı ortam modellerinin yapay sismogramları oluşturularak jeolojik yapıların gerçek sismogramlardaki izleri araştırılmaya çalışılmıştır. Bundan başka yapay sismogram oluşturulmasında karşılaşılan sorunlar, kullanılan kaynak dalgacığının seçimi ve gürültünün sismograma olan etkileri incelenmiştir.

Yansıma sismolojisinde en önemli problemlerden birisi yüzeyde kaydedilen yansıma sismogramlarından tabaka parametrelerinin (yoğunluk, P-dalgası hızı, S-dalgası hızı) saptanmasıdır. Düzlem dalganın sınıra normal gelişi halinde sadece akustik empedanslar ($Z=\rho.V$) hesaplanabilmektedir. Üçüncü Bölümde verilmiş olduğu gibi dalganın sınıra normal olmayan gelişi halinde yansıma matrisleri kullanılarak tabaka parametreleri hesaplanabilmektedir. Bu amaçla bir tabaka empedans matrisi tanımlanarak bu matrisin özel durumundan yararlanılıp doğrusal olmayan bir denklem takımı oluşturulmuştur. Bu denklem takımının çözülmesiyle bir alttaki tabakanın parametrelerinin iteratif olarak nasıl hesaplanabileceği açıklanmıştır.

Bu hesaplamalar için sadece düzlem dalganın geliş açısı, ilk tabakanın parametreleri ve tabakalı ortamın yansıma matrislerinin bilinmesi yeterli olmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın konusunu öneren ve çalışmalarımnda değerli bilgilerinden yararlandığım, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Doç.Dr.Ömer ALPTEKİN'e içtenlikle teşekkür ederim. Yine çalışmalarımnda her konuda yardımlarını gördüğüm Sayın Hocam Doç.Dr.Özer KENAR'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yapay sismogramlar konusunda görüşlerinden yararlandığım ve bu konuda bazı verileri elde etmemde yardımcı olan T. P.A.O. elemanlarından Jeofizik Yük.Mühendisi Sayın M.Ali ENGİN'e teşekkür ederim.

Çalışmalarımnda K.O.Jeofizik Mühendisliği Bölümündeki arkadaşlarım yardımcı oldular, Sağolsunlar.

Ocak,1986

TRABZON

Kenan GELİŞLİ

İ Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
TEŞEKKÜR	ii
1. GİRİŞ	1
2. YAPAY SİSMOGRAMLAR	4
2.1. DALGA YAYILIMI	4
2.2. YANSIMA VE İLETİM KATSAYILARI	5
2.3. YAPAY YANSIMA SİSMOGRAMLARI	12
2.4. YANSIMALAR VE TEORİK SİSMOGRAMLAR	15
2.5. YAPAY SİSMOGRAM MODELLEMESİ	30
3. TABAKA PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI	47
3.1. YANSIMA KATSAYILARINDAN TABAKA EMPEDANSLARININ HESAPLANMASI	47
3.2. YANSIMA MATRİSLERİNDEN YARARLANARAK NORMAL OLMAYAN GELİŞ(NON-NORMAL INCIDENCE) HALİNDE TABAKA EMPEDANSLARININ HESAPLANMASI	47
3.3. TABAKA EMPEDANSLARINDAN TABAKA PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI	51
4. SONUÇLAR	59
KAYNAKLAR	60

$n+1$ nci tabakanın parametrelerinin nasıl hesaplanabileceği gösterilmiştir. Ayrıca Aminzadeh(1984) in tabaka parametrelerinin hesaplanması için önerdiği algoritma irdelenerek çeşitli modeller üzerinde denenmiş ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

$$g_T(y,t) = A_T \cos(2\pi f(t - \frac{y}{V_2}) + \phi) \quad (2.10)$$

denklemini ile gösterilir.

Yansıyan ve iletilen dalgaların genlikleri doğrudan ortamın elastik özelliklerine bağlıdır. Bu bağımlılığını incelemek için dalgaların sınırda sağlaması gereken iki şarttan yararlanır. Bu şartların birincisi elastik yer değiştirme g 'nin bütün t zamanları için sınırda sürekli olması, ikinci şart ise gerilmelerin bütün t zamanları için sınırda sürekli olmasıdır (Treitel ve Robinson, 1966). Şimdi bu iki sınır şartını uygulayalım. İlk şart 1. nci ve 2. nci ortamda yer değiştirmelerin eşit olması gerektiği anlamına gelir. Yer değiştirme g 'nin sürekliliğinden $y=0$ sınırı için,

$$A_I \cos(2\pi ft + \phi) + A_R \cos(2\pi ft + \phi) = A_T \cos(2\pi ft + \phi) \quad (2.11)$$

yazılabilir. Buradan da,

$$A_I + A_R = A_T \quad (2.12)$$

elde edilir. Yani 1. nci ortamdaki yer değiştirme gelen ve yansıyan dalgaların toplamından oluşur ve bu da iletilen dalgadaki yer değiştirmeye eşittir.

$$g_I(y,t) + g_R(y,t) = g_T(y,t) \quad (2.13)$$

Başlangıçta denge durumunda olan bir ortamın farklı noktalarında farklı yer değiştirmelerin oluşumu gerilmelere yol açar. Herhangi bir yöndeki, örneğin y -yönündeki gerilim yer değiştirmenin bu yöndeki değişimine yani türevine ve ortamın elastik yapısına orantılıdır. 2. nci şartta sürekli olması istenen gerilmeler şu formülle verilir (Treitel ve Robinson, 1966):

$$\sigma(y,t) = E \frac{\partial g(y,t)}{\partial y} \quad (2.14)$$

Burada E: esneklik katsayısıdır ve ortamın yoğunluk ve hızına bağlı olduğundan iki ortam için farklıdır. Tam esnek ortamlar için

$$E = \rho \cdot v^2 \quad (2.15)$$

dir. (2.14) denklemi (2.5a) ya uygulandığında gerilme için

$$\sigma(y,t) = E A \sin(2\pi f(t - \frac{y}{v}) + \phi) \frac{1}{v} \quad (2.16)$$

denklemi elde edilir. $y=0$ Sınırında (2.8), (2.9) ve (2.10)daki yer değiştirmelere ait gerilmelerde

$$\begin{aligned} \sigma_I(y,t) &= E_1 A_I \sin(2\pi f t + \phi) \frac{1}{v_1} \\ \sigma_R(y,t) &= -E_1 A_R \sin(2\pi f t + \phi) \frac{1}{v_1} \end{aligned} \quad (2.17)$$

$$\sigma_T(y,t) = E_2 A_T \sin(2\pi f t + \phi) \frac{1}{v_2}$$

olur. Sınırdaki gerilmelerin sürekliliğinden, yani iki ortamda gerilmelerin eşit olması şartına göre,

$$\sigma_I(y,t) + \sigma_R(y,t) = \sigma_T(y,t) \quad (2.18)$$

yazılabilir. Bu şarta göre $\sigma_I, \sigma_R, \sigma_T$ 'nin (2.17) deki değerleri (2.18) de yerine yazılırsa,

$$\frac{E_1}{v_1} A_I - \frac{E_1}{v_1} A_R = \frac{E_2}{v_2} A_T \quad (2.19)$$

elde edilir. $\frac{E}{v} = \frac{\rho \cdot v^2}{v} = \rho \cdot v$ olur. $\rho \cdot v$ akustik empedans olarak adlandırılır ve Z ile gösterilir ($Z = \rho \cdot v$). Burada ρ : kütle yoğunluğu, v : esnek dalga hızıdır. Buna göre (2.19) denklemi,

$$Z_1(A_I - A_R) = Z_2 A_T \quad (2.20)$$

şeklinde yazılabilir. Burada Z_1 : 1.nci ortama ait akustik empedans, Z_2 : 2.nci ortama ait akustik empedansı göstermektedir. Sınırdaki yer değiştirme ve gerilmelerin sürekli olması şartlarından elde edilen (2.12) ye göre (2.20) denkleminde A_R ve A_T yi A_I cinsinden,

$$A_R = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} A_I \quad (2.21)$$

$$A_T = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} A_I \quad (2.22)$$

şeklinde yazabiliriz. Böylece yansıyan ve iletilen dalganın genlikleri gelen dalga cinsinden ve ortamın akustik empedansına bağlı olarak gösterilmiş oldu. (2.21) ve (2.22) eşitliklerinde A_I nin katsayılarını sırası ile R ve T ile gösterirsek ;

$$A_R = R.A_I \quad , \quad R = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (2.23a)$$

ve

$$A_T = T.A_I \quad , \quad T = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} \quad (2.23b)$$

olur. Burada R:sınıra ait yansımaya katsayısı, T:sınıra ait iletim katsayısıdır. Yansımaya katsayısı R ve iletim katsayısı T arasındaki ilişki şöyle ifade edilir :

$$T = 1 + R \quad (2.24)$$

Burada elde edilen yansımaya ve iletim katsayıları yer değiştirme ile ilgili kurallar kullanılarak türetilmiştir(Treitel ve Robinson, 1966).Karada yapılan sismik çalışmalarda kullanılan jeofonlarla

bir parçacığın yer değiştirmesi değil, bu yer değiştirmedeki hızı (sismik hız değil) algılanır. Yer değiştirme hızı yer değiştirmenin zamana göre türevidir ve bu nedenle yer değiştirme hızı kullanılarak yapılacak bir katsayı türetiminde yansıma katsayısı ;

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (2.25)$$

olarak bulunur. Bu katsayının (2.23a) daki katsayıdan farkı sadece değişen işarettir. İletim katsayısı yer değiştirme hızı ile türetilirse (2.23b) de bir değişiklik olmaz. Jeofizik prospeksiyonda yer değiştirme hızı esas alındığından yansıma katsayısı için çoğunlukla (2.25) denklemi kullanılmaktadır. Buna göre yansıma ve iletim katsayıları arasındaki ilişkide,

$$T + R = 1 \quad (2.26)$$

şeklinde olur.

Bir sınırda sismik dalganın yansımaları için sınırın ayırdığı iki ortamın akustik empedanslarının farklı olması gerekir. Eğer iki ortamın akustik empedansları aynı ise yansıma sismiği açısından burada bir sınır yok demektir. Bu nedenle buradan sismik dalga yansımaz. Yansıma katsayısında bu akustik empedans farklılığının bir göstergesidir. A_R ve A_T için vermiş olduğumuz formüllerden yararlanarak bir dalganın yansıma ve iletimi için gerekli olan koşullar tartışılabilir. $Z_1=Z_2$ olduğu zaman, $R=0$, $A_R=0$ olur. Bu durumda $A_I+0 = A_T$ olur. Böylelikle gelen dalganın genliği iletilen dalganınkine eşit olur. Bunun anlamı iki ortamı ayıran sınırdan hiç yansıma olmamasıdır. Eğer $Z_2 \gg Z_1$ ise, yani ikinci tabakanın hızı çok büyükse $T=0$, $A_T=0$ ve $A_R=A_I$ olur. Bu durumda gelen dalganın genliği yansıyan dalganın genliğine eşittir. Bu da tam yansımanın olduğu ve iletimin olmadığı anlamına gelir. $Z_1 \gg Z_2$ olduğu durumu inceleyelim. Böyle bir durum genellikle ikinci taba-

kanın hızının çok düşük olmasıyla ortaya çıkar. Bu durumda $A_R = -A_I$ ve $A_T = 2A_I$ olur. Yansıyan dalganın genliği gelen dalganın genliğine eşit fakat negatif işaretlidir. Harmonik bir dalganın genliğinin negatif olması bu dalganın 180° faz kaymasına uğradığını gösterir. İletilen dalganın genliği ise gelen dalga genliğinin iki katıdır.

Benzer şekilde sınırdan yansiyarak yukarıya doğru gelen dalganın genliğini A'_I ile gösterelim (' simgesi yukarı doğru giden dalgayı göstermektedir). Bu dalga yukarı doğru gelirken rastladığı sınırdan yansıma ve iletme uğrayacaktır. Buna göre yansıyan dalganın genliği A'_R ve iletilen dalganın genliği A'_T öncekine benzer yoldan bulunabilir.

$$A'_R = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} A'_I \quad (2.27a)$$

$$A'_T = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} A'_I \quad (2.27b)$$

A'_I nın katsayılarını bu eşitliklerde R' ve T' ile gösterirsek (yer değiştirme hızı için),

$$A'_R = R' A'_I \quad , \quad R' = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (2.28)$$

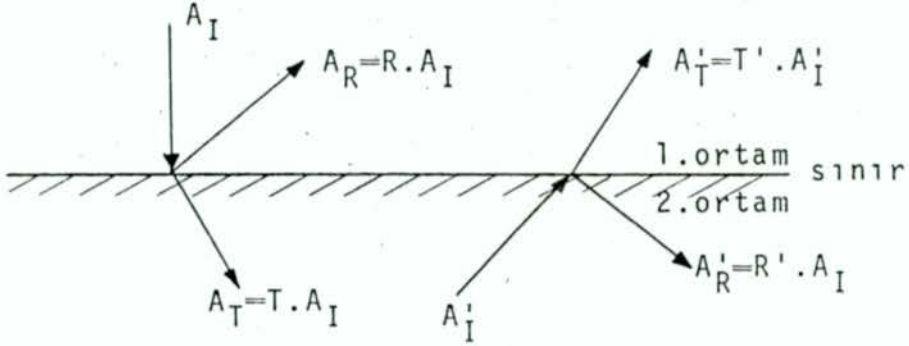
ve

$$A'_T = T' A'_I \quad , \quad T' = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (2.29)$$

olur. Bu katsayılarla birbirleriyle,

$$R' + T' = 1 \quad , \quad R' = -R \quad , \quad T' = 1 - R' = 1 + R \quad (2.30)$$

şeklinde ilişkilidirler. Böylece R, T, R', T' olmak üzere dört katsayı tanımlamış olduk. Bunlar şekil 2.2'de görülmektedir.



Şekil 2.2 : Sınıra normal gelen bir P-dalgasının yansıma ve iletim katsayıları cinsinden gösterilimi. Solda yansıma katsayısı R ve iletim katsayısı T görülmüyor. Sağda ise yansıma katsayısı R' ve iletim katsayısı T' olur (yansıyan ve iletilen dalgalar gösterim amacı ile eğik çizilmişlerdir).

2.3. YAPAY YANSIMA SISMOGRAMLARI

Şimdi yukarıda açıkladığımız tabakalı ortamda dalga yayılımı teorisine dayanarak yapay sismogram modellemesine bakalım. Kaynak dalgacığımız S_t , $t=1, 2, \dots, N$ ile simgelenir ve $N+1$ boyunda olsun. Bir sınırda dalgacığın yansıması bu dalgacığın zaman ortamında bu sınırın yansıma katsayısı ile çarpılması demektir. Dalgacık yansıma sonrası $R_n \cdot S_t$ haline gelir ve şekli, frekans içeriği değişmez. Bu dalgacığın başlangıçta $t=0$ zamanında yola çıktığını kabul edersek $t_R = 2h/V$ zamanında yüzeye varır. Burada V : ortam hızı, h ise sınırın derinliğidir. Yansıtıcı yüzeyler arasındaki her bir tabakada dalganın gidiş-geliş zamanının Δt olduğunu kabul edersek tabakanın kalınlığı $h_i = v_i \cdot \Delta t / 2$, $i=0, 1, \dots, n$ olacaktır. Bu dalgacık n . zamanında başlayarak $n+N$ zamanına kadar sürer ve tüm değer-

leri n.nci sınırın yansımaya katsayısı R_n ile çarpılmıştır. $n+1$ zamanında ise $n+1$.nci sınırın yansımaya katsayısı ile çarpılmış dalgacık başlar, $n+1+N$ zamanına kadar sürer ve değerleri n zamanında gelen dalgacığın değerlerine eklenir. Kaydedilen sismogramın herhangi bir n anındaki genliği A_n yukarıdaki açıklama nedeniyle n ve önceki zamanlarda gelen dalgacıkların katkılarının toplamıdır. n anında gelen dalgacığın katkısı $R_n S_0$, $n-1$ anında gelen dalgacığın katkısı $R_{n-1} S_1$, $n-2$ anında gelen dalgacığın katkısı $R_{n-2} S_2$ olacak şekilde tüm katkılar toplandığında,

$$A_n = R_n S_0 + R_{n-1} S_1 + R_{n-2} S_2 + \dots + R_{n-N} S_N \quad (2.31)$$

elde edilir. $n-N$ den önce gelmeye başlayan dalgacıklar boyları $N+1$ ile sınırlı olduğu için n zamanında katkıda bulunamazlar. (2.31) denkleminde sinyalin genliği A_n yerine x simgesi ve zaman içinde n yerine t sayacı kullanılırsa

$$X_t = R_t S_0 + R_{t-1} S_1 + R_{t-2} S_2 + \dots + R_{t-N} S_N \quad (2.32)$$

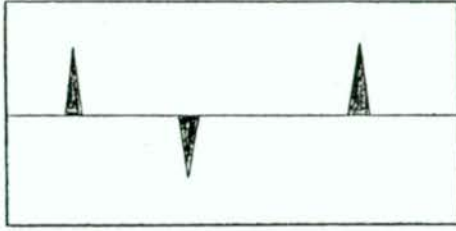
veya kısaca,

$$X_t = \sum_{\tau=0}^N S_{\tau} R_{t-\tau} \quad (2.33)$$

yazılabilir. Bu bir konvolüsyon denklemdir. Bu konvolüsyon işleminde S_t gibi bir dalgacık, R_t gibi bir yansımaya katsayısı dizisi ile konvolv edilerek çıkışta X_t sismogramı oluşmaktadır. Yani uygun bir giriş dalgacığı ile yansımaya katsayıları konvolüsyona tabi tutulup, buna rastgele gürültü eklenirse yapay sismogram elde edilir. Buna göre yansımaya sismogramı

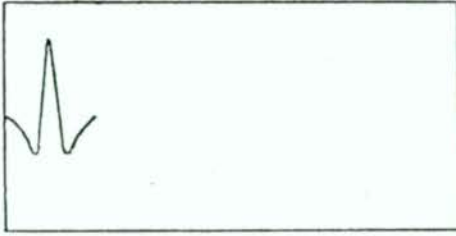
$$S_t * R_t = X_t + n_t = Y_t \quad (2.34)$$

bağıntısı ile gösterilebilir. Burada n_t : rastgele gürültüyü simgelemektedir. Bu işlem bir blok diyagramı ile Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



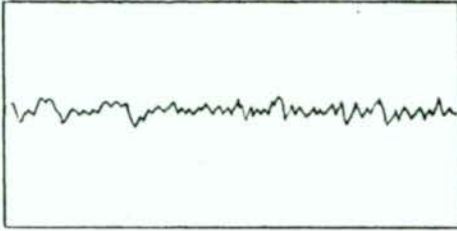
Yansıma katsayıları
→ t(zaman)

*



Kaynak dalgacığı

+



Rasgele gürültü

=



Gürültülü yapay sismogram

Şekil 2.3 : Gürültü içeren yapay sismogram oluşturulmasının blok diyagram şeklinde gösterilimi.

Buraya kadar açıklanan yapay sismogram oluşturulmasında tekrarlı yansımalar hesaba katılmamıştır. Herhangi bir sınırdan yansıyan ve yukarı gelen dalganın içerdiği enerjinin bir kısmı yüksek hız farkı nedeniyle rastladığı sınırdan tekrar aşağıya doğru yansır ve alttaki sınırdan tekrar yukarı yansıyabilir. Tekrarlı yansımaları içeren dalga yayılımı biraz daha farklı bir yaklaşım içerir. Bu konu Wuenschel(1960), Robinson(1967) tarafından açıklanmıştır. Ayrıca yukarıda açıklanan yapay sismogram oluşturulması işlemlerinde dalgacığın geçtiği ortamda uğrayacağı soğurma da hesaba katılmamıştır.

2.4. YANSIMALAR VE TEORİK SISMOGRAMLAR

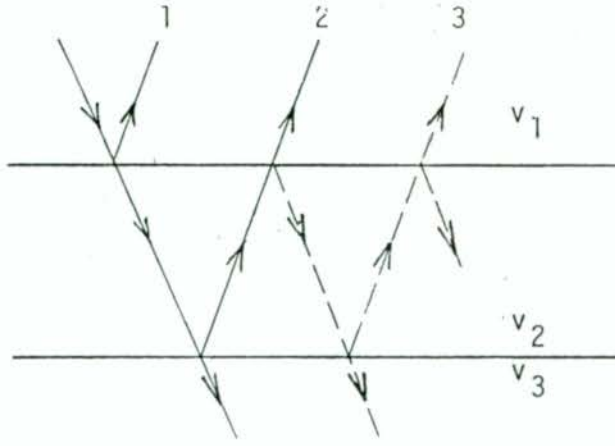
Pratik olarak yansıma akustik empedansları farklı iki tabaka arasındaki sınırdaki enerjinin yansımalarının sismogramda belli olmasıdır. Sedimanter kayalardan oluşan bölgelerde litoloji derinlikle hızla değişebilen tabakalardan oluşur. Litolojideki değişimler sonucu elastik sabitler ve yoğunluk değişebileceğinden sismik dalga hızında değişecektir. Böylece aşağıya giden sismik enerji herbiri bir yansıma üreten akustik empedansları farklı ortamları ayıran letolojik sınırlara rastlayabilir. Bu tabakaların kalınlığı sismik dalganın dalga boyundan daha küçükse farklı tabakalardan gelen yansımalar üst üste gelir ve biri diğeri ile karışır. Ayrıca her sınırdan gelen ilk yansımaların üzerine gelebilecek her tabaka içinde oluşan tekrarlı yansımalar vardır. Bu olayların toplamından oluşan sismogramlar oldukça karmaşıktırlar. Bu bölümde sismogramların içerdiği olayları ayrı ayrı göz önüne alarak basitleştirilmiş yapay sismogramların modellenmesini inceleyeceğiz. Ortamın herbiri izotropik, doğrusal, pasif ve zaman bağımsız süzgeç gibi davranan birbirine paralel tabakalardan meydana gelmiş olduğu kabul edildi. Bu süzgeç tipi iyi bilinen ve aşağıda verilen özelliklere sahiptir.

- 1) Doğrusallık : Çıkış girişe doğrusal bağlıdır. Giriş $f_1(t)$, çıkış $O_1(t)$ yi üretirse ve bir ikinci giriş $f_2(t)$, çıkış $O_2(t)$ yi üretirse, giriş $f_1(t)+f_2(t)$, çıkış $O_1(t)+O_2(t)$ yi üretecektir. Ayrıca giriş $Af_1(t)$ ise, çıkış $AO_1(t)$ olacaktır.

- 2) Pasiflik : Süzgecin iç kaynağı yoktur ve bir girişe maruz kaldığı zaman sadece cevap verir.
- 3) Zaman Bağımsızlık: Süzgecin özelliği zamandan bağımsız olmasıdır. Yani $f_1(t)$, $O_1(t)$ yi üretirse $f_1(t+\tau)$, $O_1(t+\tau)$ yu üretir.

Sengbush, Lawrence ve McDonol(1961), kaynak dalgacığı(giriş) zamanla değişmeyen ve normal gelen düzlem dalgaysa tabakalı ortamda yansıma işleminin doğrusal model süzgeç ile gösterilebileceğini açıklamışlardır. Normal gelen düzlem dalga yayılımının kabulü girişin kararlılığını arttırır ve süzgecin şartlarını sağlar. Ayrıca geometrik açılamdan dolayı enerji kaybı olmayan düzlem dalga yayılımı süzgecin zamanla değişmeyen süzgeç olma özelliğininide sağlar. Hernekadar bu kabüller gerçek yer için tamamen yeterli olmasalarda, atış noktasının yakınlarındaki jeofon gruplarında kaydedilen derin yansımalar için yaklaşık geçerlidirler. Kaynak pulsu gerçekte yayılırken genişler. Çünkü yüksek frekanslar yer içinde düşük frekanslardan daha hızlı azalır. Yer süzgecinin kaynak pulsunu azaltması giriş dalga şeklinin zamanla değişmezlik kabulünde bir hataya neden olur. Bu hata miktarı giriş dalga şeklinde göz önüne alınmaktadır. Bundan başka yüzeysel yansımalar derin yansımalarından daha yüksek frekansları içerirler ve bu başitleştirme ile onlar tam gerçeği temsil etmeyebilirler.

Daha önce açıklamış olduğumuz tabakalı ortamda dalga yayılımı prensipleri altında basit olarak teorik sismogramları inceleyelim. Hızları v_1 ve v_3 olan çok kalın iki tabaka arasında hızı v_2 ve kalınlığı h olan bir tabakanın bulunduğu tabakalı ortam modelinde dalganın normal gelmesi halinde ışın yolları şekil 2.4 de görülmektedir. Aşağı giden sismik enerji $f(t)$, sınırın üstünde bölünür ve 1 ile gösterilen kısmı yansır ve bir kısımda alttaki ortama iletilir. İletilen enerji daha aşağı sınırdaki tekrar bölünür, bir kısmı yansır ve bir kısımda iletilir. Aşağı sınırdan yansıyan üst sınırdaki tekrar bölünür ve olay 2 ile gösterilen bir kısmı iletilir. Olay 3, 2 nci tabaka içinde oluşan bir



<u>OLAY</u>	<u>TİP</u>	<u>GENLİK</u>
1	İLK YANSIMA	$A_i (R.C.)_1$
2	İLK YANSIMA	$A_i (T.C.)_1 \cdot (R.C.)_2 \cdot (T.C.)_2$
3	TEKRARLI YANSIMA	$A_i (T.C.)_1 \cdot (R.C.)_2^2 (-R.C.)_1 \cdot (T.C.)_2$

- A_i =Gelen dalganın genliği .
 $(R.C.)_1$ Tabakanın üstünün yansımaya katsayısı
 $(R.C.)_2$ Tabakanın altının yansımaya katsayısı
 $(T.C.)_1$ Tabakanın içine iletim katsayısı
 $(T.C.)_2$ Tabakanın dışına iletim katsayısı

Şekil 2.4 : İki kalın tabaka arasındaki bir ince tabakadan yansımalar. Gösterim amacı ile yörüngeler eğik çizilmiştir.

dizi tekrarlı yansıma(multiple) dır. Böylece sismogram :

$$\text{Sismogram} = \text{Olay 1} + \text{Olay 2} + \text{Olay 3}$$

olmak üzere üç olayın toplamından oluşur. Bu olayların hepsi yüzeye farklı zamanlarda varır. Olay 2, Olay 1 den $2h/V_2$ kadar ve tekrarlı yansımada $4h/V_2$ kadar sonra gelir. Bu olayların herbirinin genliği üç ortamın hız ve yoğunluklarına bağlıdır. Olay 1'in genliği sadece ilk sınırın yansıma katsayısına bağlıdır. Olay 2 'nin genliği 2.nci sınırın yansıma ve 1.nci sınırın iletim katsayısının bir fonksiyonudur. Tekrarlı yansımanın genliğide sınırların yansıma ve iletim katsayılarının bir fonksiyonudur. Giriş $f(t)$ olsun. Buna göre doğrusal bir süzgeç için çıkış $O(t)$ şu formülle verilir :

$$O(t) = r_1(\tau_1)f(t-\tau_1)+r_2(\tau_2)f(t-\tau_2)+r_3(\tau_3)f(t-\tau_3) \quad (2.35)$$

Burada τ_1 : kaynaktan tabakanın üstüne ve oradan da serbest yüzeydeki kayıtcıya varış zamanıdır. $\tau_2 = \tau_1+2h/V_2$ ve $\tau_3 = \tau_1+4h/V_2$ dir. $r_i(\tau)$: yansıtabilirlik fonksiyonudur ve girişe karşı akustik sınırların etkisini gösterir. Tabaka süzgeç gibi gösterilebilir. Bu durumda $r_1(\tau)$: üstteki sınırın yansıma katsayısı, $r_2(\tau)$: 1.nci sınırın 2.nci ortama ve 2.nci ortamdan 1.nci ortama iletim katsayısı ile 2.nci sınırın yansıma katsayısının çarpımıdır. $r_3(\tau)$: 2.nci sınırın yansıma katsayısı ile 1.nci sınırın yansıma katsayısının negatifinin olay 2 ile çarpımına eşittir. Denklem (2.35) aşağıdaki gibi yazılabilir.

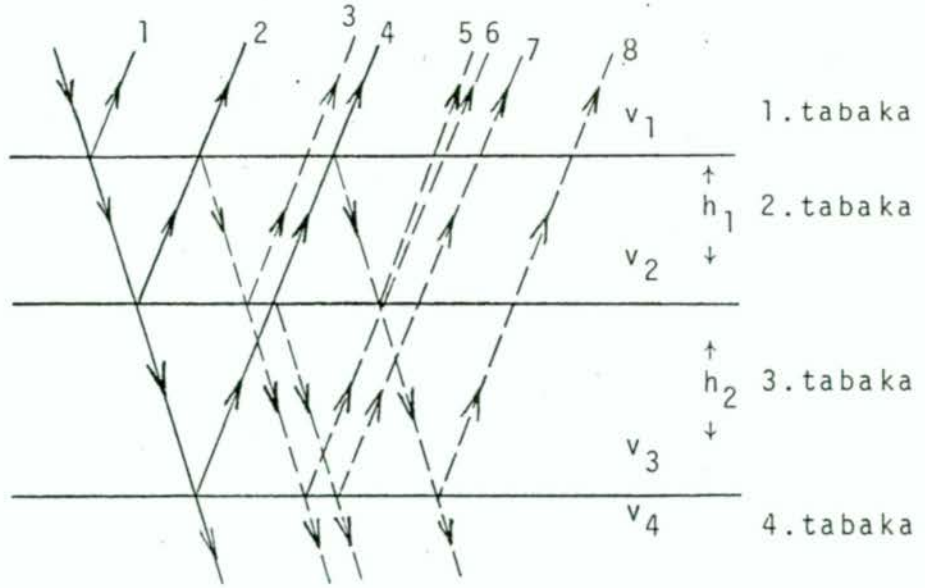
$$O(t) = \sum_{i=1}^3 r_i(\tau_i)f(t-\tau_i) \quad (2.36)$$

Burada $r_i(\tau_i)$ yansıtabilirlik fonksiyonunu göstermektedir ve giriş-dönüş zamanının bir fonksiyonudur. Daha öncede gösterdiğimiz gibi (2.36) ifadesi matematik olarak bir konvolüsyondur. Böylece yansıma işlemi süzgeç teorisine dayanarak tanımlanmış olur. Bu

formül n tabaka için bir kaç dizi tekrarlı yansımalarıda içine alarak genelleştirilebilir(Wuneschel,1960).

Şimdi Şekil 2.5'de görülen biraz daha karmaşık bir modeli göz-önüne alalım. Bu modelde iki kalın tabaka arasında kalınlıkları h_1 ve h_2 olan iki tabaka vardır. Şekilde dalğanın normal gelmesi halinde ışın yolları görülmektedir. Şekilde ilk ve ilk dizi tekrarlı yansımalarda gösterilmiştir. Şeklin alt kısmında bunlara karşılık gelen genlikler verilmiştir. Şekil 2.7'de aynı model için yansıtabilirlik fonksiyonları verilmiştir. Bu modelde olduğu gibi tabaka sayısı arttıkça sismogramın daha karmaşık olması doğaldır. Yansıma sismogramının şekli, tabaka sayısına, hızlara, tabakaların kalınlıklarına ve giriş dalga şekline bağlıdır. Yansıtabilirlik fonksiyonunun varış zamanı dalğanın geçeceği tabakanın gidiş-geliş zamanına bağlıdır. Gidiş-geliş zamanı çok küçükse tabakanın üstünden ve altından gelen olaylar birbirine çok yakın olur. Eğer bu gidiş-geliş zamanı giriş dalgasının süresinden daha az ise olaylar üst üste gelecektir. Yansımanın içeriğini değerlendirmek için her bir parametrenin sismogramdaki rolünün iyi bilinmesi gerekmektedir. Bunun için bazı basit modellerden üretilen sismogramları inceleyeceğiz.

Şekil 2.6'da tabakalar arasındaki hız farkının 2500 ft/sn olduğu üç model görülmektedir. Her bir model için tüm sınırların yansıma katsayısı ve tabakanın içine ve dışına iletim katsayıları verildi. Her bir modelin yan tarafında da şekil 2.4'de göz önüne alınan üç olayın herbiri için yansıtabilirlik fonksiyonları verildi. Yansıtabilirlik fonksiyonlarının hesaplanması sonucu bulunan değerlerden iki önemli sonuç ortaya çıkmaktadır. Birincisi ilk dizi tekrarlı yansımanın genliği ilk olayın yaklaşık 1/100 üdür. Buna göre kısa tekrarlı yansımanın sismik sinyale eklenmesi ilk yansımanın seçilmesinde fazla büyük bir sorun yaratmaz. İkinci sonuç yansıtabilirlik fonksiyonu ($r_2(\tau_2)$) yaklaşık alt sınırın yansıma katsayısına eşittir. Şekil 2.7'de verilen bir hız modeli için Şekil 2.5'deki olaylara karşılık gelen yansıt-



OLAY	TİP	GENLİK
1	İLK YANSIMA	$A_i \cdot (R.C.)_1$
2	İLK YANSIMA	$A_i \cdot (T.C.)_1 \cdot (R.C.)_2 \cdot (T.C.)_4$
3	TEKRARLI YANSIMA	$A_i \cdot (T.C.)_1 \cdot (R.C.)_2^2 \cdot (-R.C.)_1 \cdot (T.C.)_4$
4	İLK YANSIMA	$A_i \cdot (T.C.)_1 \cdot (T.C.)_2 \cdot (R.C.)_3 \cdot (T.C.)_3 \cdot (T.C.)_4$
5	TEKRARLI YANSIMA	$A_4 \cdot (-R.C.)_1 \cdot (R.C.)_2$
6	TEKRARLI YANSIMA	A_5
7	TEKRARLI YANSIMA	$A_4 \cdot (-R.C.)_2 \cdot (R.C.)_3$
8	TEKRARLI YANSIMA	$A_4 \cdot (-R.C.)_1 \cdot (T.C.)_2 \cdot (R.C.)_3 \cdot (T.C.)_3$

$(R.C.)_{1,2,3}$ = sınırlara ait yansımaya katsayıları

$(T.C.)_{1,2}$ = Aşağıya doğru sırasıyla ikinci ve üçüncü tabakaların içine iletim katsayısı

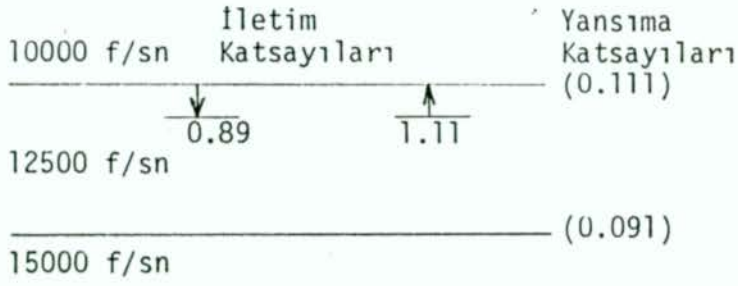
$(T.C.)_{3,4}$ = Yukarıya doğru sırasıyla üçüncü ve ikinci tabakanın dışına iletim katsayısı

A_4 = 4 olayının genliği

A_5 = 5 olayının genliği

Şekil 2.5 : İki kalın tabaka arasındaki iki ince tabakadan yansımalar.

bilirlik fonksiyonları görülmektedir. Burada da üç tabaka modelindeki gibi tekrarlıların genlikleri ilk yansımaların genliklerinin yaklaşık 1/100 üdür. Bu sonuca göre verdiğimiz bu basit modellerden üretilen sismogramlara tekrarlı yansımaların fazla bir etkisi olmaz. Sismogramın içeriğine sadece ilk yansımaların göz önüne alınması ile bakılabilir. Eğer dalganın tabakadaki gidiş-geliş zamanı her tabaka için aynı ise 5,6 ve 7 olayları ile gösterilen tekrarlılar aynı zamanda gelir. Göz önüne alınan hız modelleri Şekil 2.6'da görülmektedir. Eğer tabaka yeteri kadar kalınsa, tabakada gidiş-geliş zamanı giriş dalgası $f(t)$ nin süresinden daha büyük olur. 0 zaman sismogramda her sınırın görüntüsü bir dalgacık şeklinde olur. Kalınlıkları bilinen tabakalar seçerek Şekil 2.4 ve 2.5'in basit modelleri için elde edilen sismogramları inceleyelim. Şekil 2.8 ve 2.9'da giriş dalga şeklinin etkisi hız dağılımı ve tek bir ince tabaka modeli için tabaka kalınlığı görülmektedir. Şekil 2.8(A) da iki ayrı model için ara hız eğrisi, giriş dalga şekli ve gidiş-geliş zamanı 20 ms olan bir tabaka için elde edilen iz görülmüyor. iz(a) da 1.nci sınırdan gelen yansıma, iz(b) de 2.nci sınırdan gelen yansıma görülmektedir. İkinci yansıma ilk yansımanın başlangıcından 20 ms sonra gelir. Yansıma katsayısının her iki sınırdan aynı değere sahip olduğu kabul edilmiştir. Yukarıda anlatılan süzgeç teorisinin ışığı altında sistemin çıkışı ayrı ayrı yansımaların cebirsel toplamıdır. Bu toplam iz(c) de görülmektedir. Her iki modelde giriş dalga şekli aynı olmasına rağmen hız dağılımları farklı olduğundan modellerden farklı yansımış dalga şekilleri üretilir. Şekil 2.8(B) de tabaka kalınlığı azaltılarak gidiş-geliş seyahat zamanı 10 ms olduğu zaman toplam çıkış dalgası ve Şekil 2.8(C) de de gidiş-geliş zamanı 2 ms olduğu zaman toplam çıkış dalgası görülmektedir. Bu şekilden görüldüğü gibi 20 ms kalınlıklı tabakalı model dışındaki sinyallerin birden fazla sınıra işaret ettiğini söylemek oldukça güçtür. Bileşke sinyallerde görülen gerek şekil ve gerekse genlik değişimleri farklı yorumlara neden olabilir. Girişimin etkisi her iki modelde de açıkça görülmektedir. Bu şekilde gösterilen çok basit modelde çıkış dalga şeklin-



MODEL A

$$r_1(\tau_1) = (R.C.)_1 = 0.111$$

$$r_2(\tau_2) = (T.C.)_1 \cdot (R.C.)_2 \cdot (T.C.)_2$$

$$= (0.89) \cdot (0.091) \cdot (1.11)$$

$$= -0.090$$

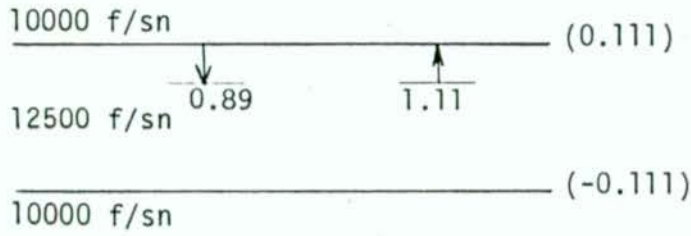
$$r_3(\tau_3) = (T.C.)_1 \cdot (R.C.)_2^2 \cdot (-R.C.)_1$$

$$\cdot (T.C.)_2$$

$$= r_2(\tau_2) \cdot (R.C.)_2 \cdot (-R.C.)_1$$

$$= (0.090) \cdot (0.091) \cdot (-0.111)$$

$$= -0.00090$$

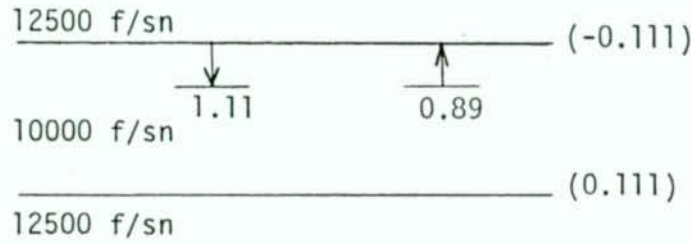


MODEL B

$$r_1(\tau_1) = 0.111$$

$$r_2(\tau_2) = -0.111$$

$$r_3(\tau_3) = -0.00135$$



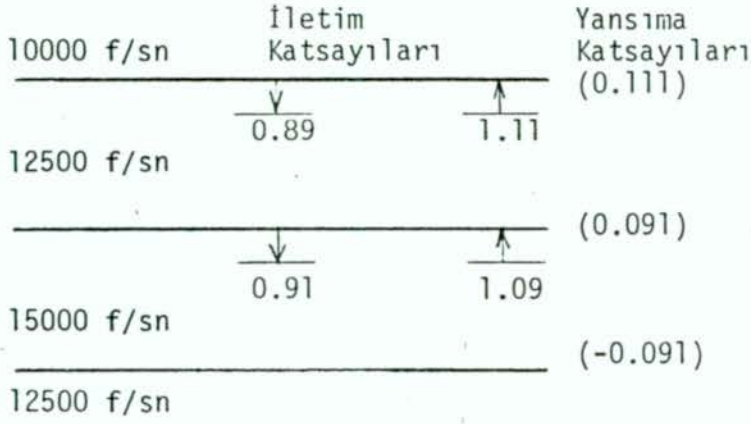
MODEL C

$$r_1(\tau_1) = -0.111$$

$$r_2(\tau_2) = 0.111$$

$$r_3(\tau_3) = 0.00135$$

Şekil 2.6 : İki kalın tabaka arasındaki bir ince tabaka modelleri için yansıtabilirlik fonksiyonları



$$r_1(\tau_1) = (R.C.)_1 = 0.11$$

$$r_2(\tau_2) = (T.C.)_1 \cdot (R.C.)_2 \cdot (T.C.)_4 = 0.089$$

$$r_3(\tau_3) = r_2(\tau_2) \cdot (R.C.)_2 \cdot (-R.C.)_1 = 0.00089$$

$$r_4(\tau_4) = (T.C.)_1 \cdot (T.C.)_2 \cdot (R.C.)_3 \cdot (T.C.)_3 \cdot (T.C.)_4 = (-0.088)$$

$$r_5(\tau_5) = r_4(\tau_4) \cdot (-R.C.)_1 \cdot (R.C.)_2 = 0.00092$$

$$r_6(\tau_6) = r_5(\tau_5)$$

$$r_7(\tau_7) = r_4(\tau_4) \cdot (-R.C.)_2 \cdot (R.C.)_3 = 0.00075$$

$$r_8(\tau_8) = r_4(\tau_4) \cdot (-R.C.)_1 \cdot (T.C.)_2 \cdot (R.C.)_3 \cdot (T.C.)_3 = -0.00092$$

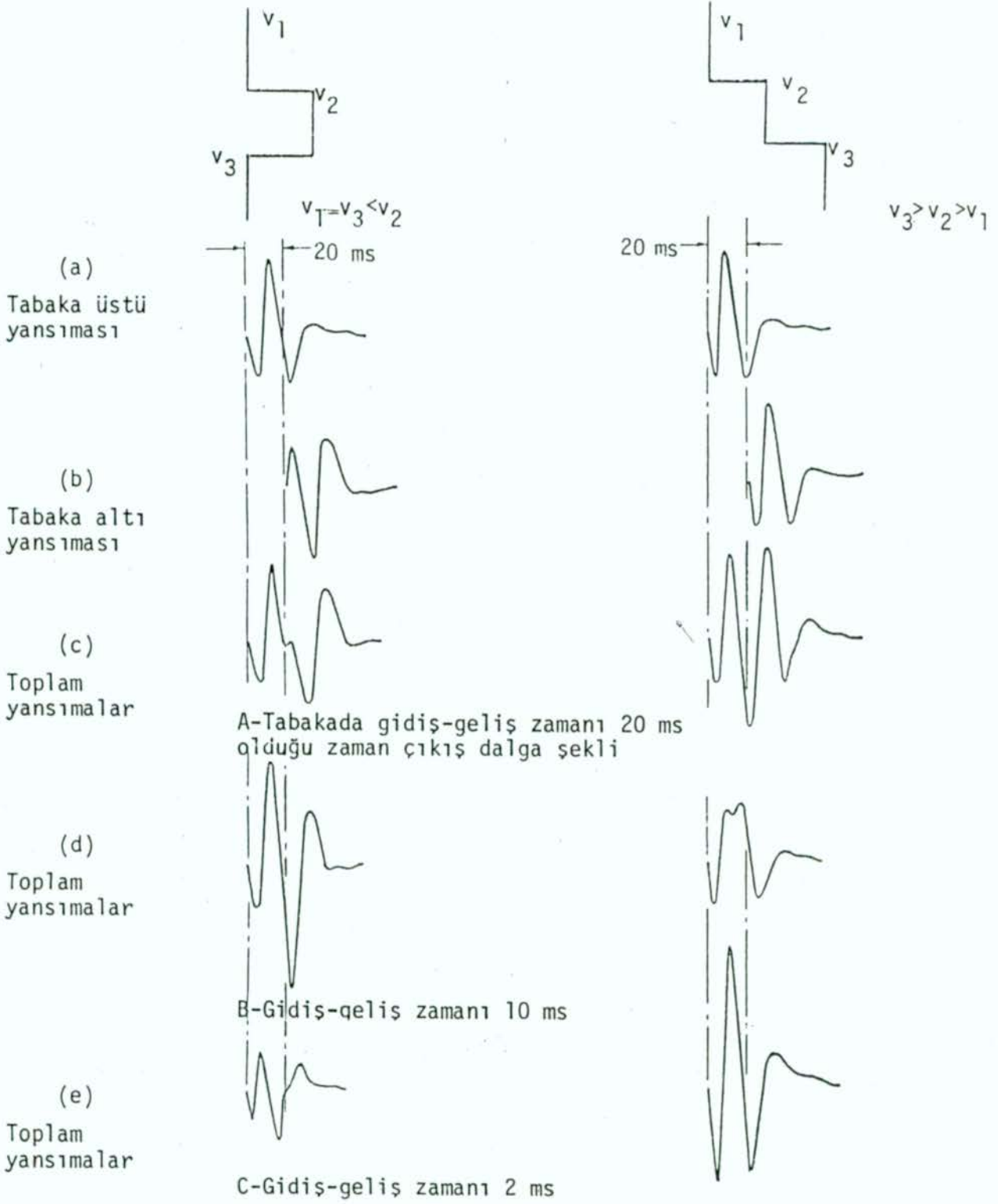
$r_i(\tau_i)$ = Şekil 2.5 de görülen olaylar için yansıtabilirlik fonksiyonlarıdır.

Şekil 2.7 : Şekil 2.5'in iki kalın tabaka arasında iki ince tabakalı modeli için yansıtabilirlik fonksiyonları.

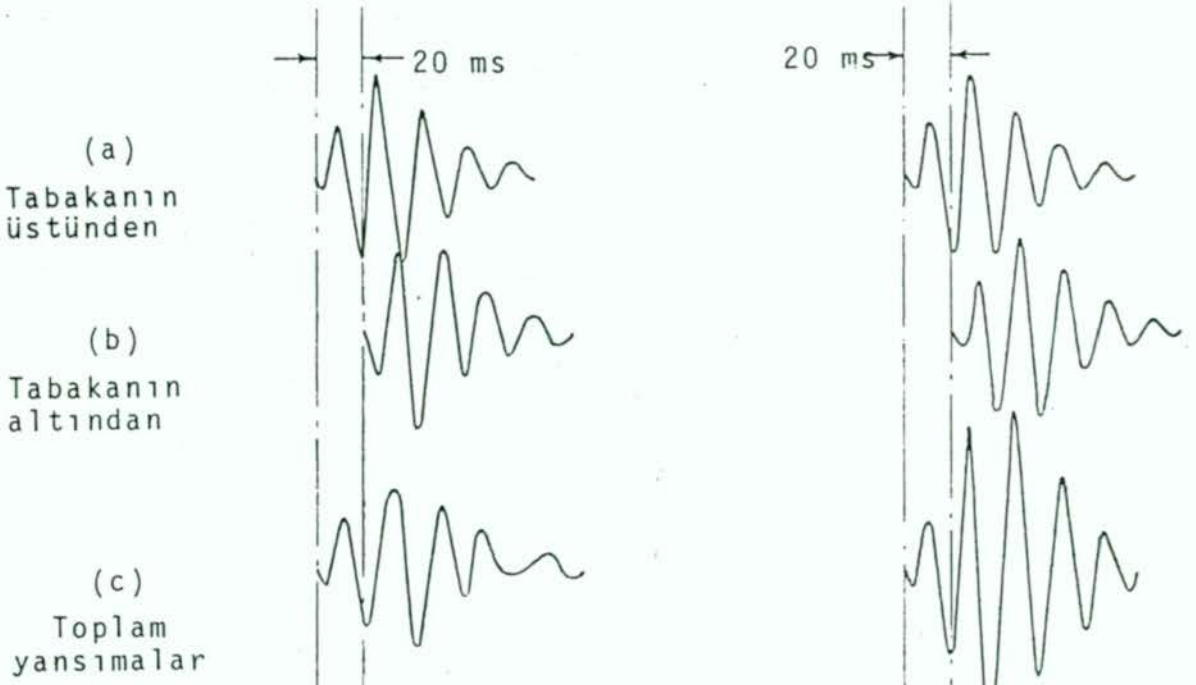
deki değişimler, düzlem dalga şekilli bir yansımanın içeriğinin karmaşıklığını gösterir.

Şekil 2.9'da daha uzun boylu bir dalgacık kullanıldığı halde gidiş-geliş tabaka kalınlıkları 20 ve 10 ms için bileşke sinyaller verilmiştir. Bu modellerden de sınır ayırımına imkan vermeyen sinyaller elde edilirken tek yönlü hız değişiminde 10 ms tabaka kalınlığı için sinyal izlenemeyecek genliklere düşmüştür. Şekil 2.9(A) ve 2.9(B) ile Şekil 2.8(A) ve 2.8(B) nin karşılaştırılması, giriş dalga şeklinin etkisi ve buna karşılık çıkışta yer süzgecinin etkisini açıklamaktadır. Şekil 2.8 ve 2.9'da aynı hız modeli kullanılmasına rağmen elde edilen izin karakteri birbirinden çok farklıdır. Ayrıca Şekil 2.9(A) da tabaka gidiş-geliş zamanı 20 ms olan $v_3 > v_2 > v_1$ modelinden elde edilen çıkış Şekil 2.9(B) de 10 ms'lik durum için $v_1 = v_3 < v_2$ olan yüksek hızlı tabaka modelinden elde edilen çıkışa çok benzer.

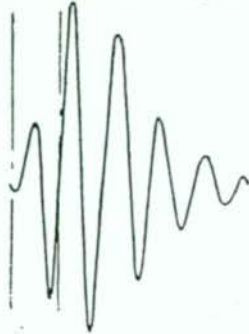
Şekil 2.10'da Şekil 2.8'in giriş dalga şekli için Şekil 2.5'deki 4 tabaka modelinden elde edilen toplam çıkış görölüyor. Şekil 2.10 (A),(a) da tabaka hızlarını gösteren bir stickogram (birim impuls tepkisi) veriliyor. Çizginin yeri sınırlar arasındaki gidiş-geliş zamanının, çizginin uzunluğu ise yansıma katsayısının genliğinin bir ölçüsüdür ve yönü yansıma katsayısının işaretini gösterir. İz(b) de her sınırdan gelen ilk yansımalar ayrı ayrı gösterilmiştir. İz(c) gidiş-geliş zamanı 20 ms'lik tabaka durumu için çıkışdır (İz(b) deki dalga şekillerinin toplamıdır). İki ayrı hız modeli için farklı çıkış dalgası elde edilmiştir. Şekil 2.10(B) ve 2.10(C) de aynı hız modelleri ve farklı birim impuls tepkisine göre dalganın çıkışı görölüyor. 2.10(B) de alt tabakada ve 2.10 (C) de her iki tabakada gidiş-geliş zamanı 10 ms'dir. Şekil 2.10 da elde edilen sinyalleri incelediğimizde 20 ms'lik kalınlığın belirlediği sınırlar bazı koşullarda görülebildiği halde 10 ms'lik kalınlık etkisi izlenememektedir. Bu zamansal kalınlıklar $V=5000$ m/sn için 25 ve 50 m ve $V=4000$ m/sn için 20 ve 40 m tabaka kalınlığına eşdeğerdir. Şekil 2.11'de görünüşte çok benzer



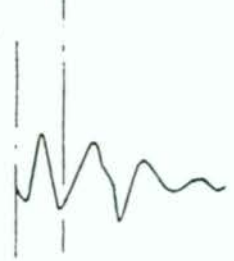
Şekil 2.8 : Toplam yansımalar



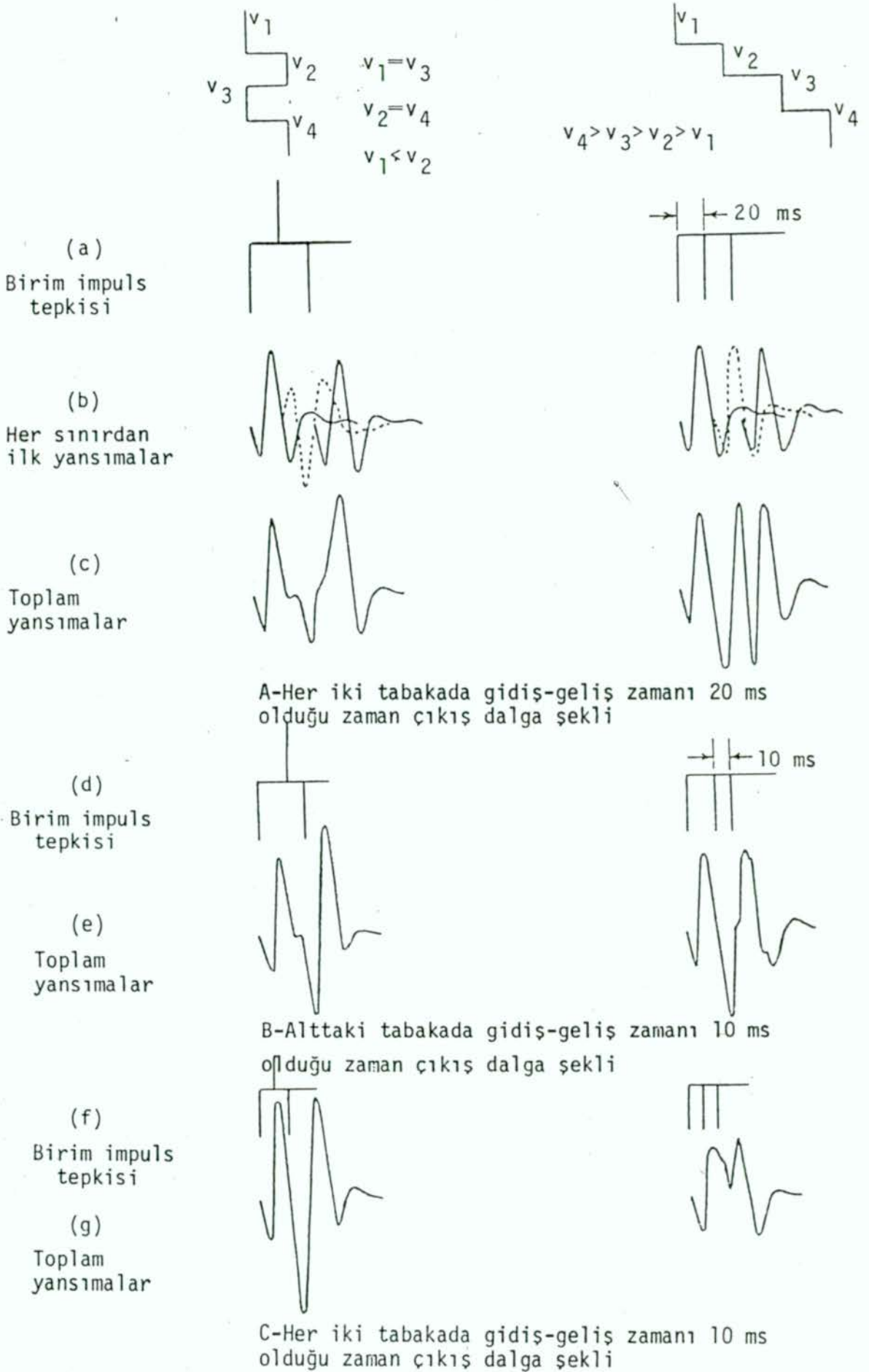
A-Tabakada gidiş-geliş zamanı 20 ms olduğu zaman çıkış dalga şekli



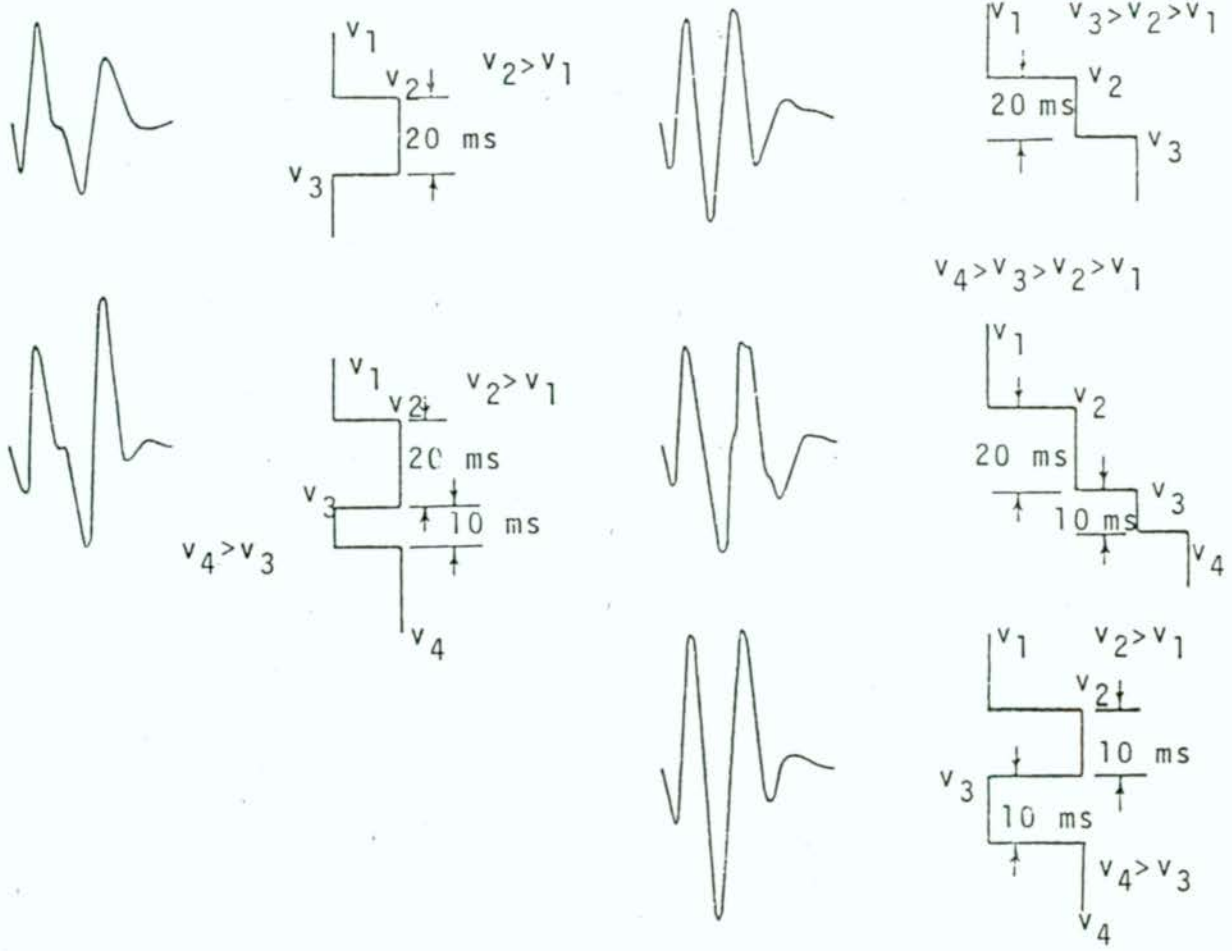
B-Tabakada gidiş-geliş zamanı 10 ms



Şekil 2.9 : Toplam dalga şekilleri



Şekil 2.10 : Toplam dalga şekilleri



Not : Tabaka zamanı tabakada gidiş-geliş zamanıdır.

Şekil 2.11 : Farklı hız modellerinden üretilen toplam dalga şekilleri

olan fakat farklı modellere ait izler karşılaştırılmaktadır. Hız modelleri ve tabaka kalınlıklarınının gösterimi her izin sağında verilmektedir. Farklı modellerden elde edilmesine rağmen çıkış dalga şekillerinde çok az farklılıklar vardır. Faz, frekans v.s. benzer karaktere sahiptir. Sismogramlardaki küçük farklılıkların nedenlerini doğru anlayabilmek sismogramların gürültü içeriğıyle ilişkilidir.

Arazi sismogramları ile teorik sismogramların karşılaştırılmasında çeşitli problemler vardır. Bunlardan en önemlisi uygun giriş dalgasının seçimi ve bölgenin gürültü içeriğidir. Bu sebeplerden dolayı çoğu kez arazi sismogramları ile teorik sismogramların tam olarak uyuşması zordur.

2.5. YAPAY SISMOGRAM MODELLEMESİ

Bu bölümde önceki bölümlerde teorisi anlatılan yapay sismogramlarla ilgili yapmış olduğumuz model çalışmalar anlatılmaktadır. Kayıtlarda yansımali dalga kaynak dalgacığı görünümü şeklindedir. Yayılan dalgayı temsil eden kaynak dalgacığı sınırların yansıtma özelliklerine bağılı olarak yansır ve alıcılara ulaşır. Bu şekliyle yansıtma olayı empedans farklarının ortaya çıkardığı bir dalga yayılım şeklidir. Olayı basitleştirmek için kaynak dalgacığını yayılım esnasında' oluşturmak yerine oluşturulmuş bir kaynak dalgacığının herhangi bir değışikliğe uğramadan yayıldığı kabul edilebilir. Böyle bir sistemde herhangi bir sınırdan yansıtma, kaynak dalgacığı genliğinin sınırın yansıtma özelliğine göre değışmesiyle eşanlamalıdır. Kaynak dalgacığının varış zamanı kaynak alıcı arasındaki yayılım süresini gösterirken dalgacık genliği ve fazı sınırdaki empedans kontrastına ait bilgiler taşır(Çoruh,1984). Uygulamada, alınan kayıtlara aşağıdaki ortamın etkisini daha iyi belirginleştirmek için bazı veri işlem yöntemleri uygulanarak ortamın içerdiği gürültüler ve tekrarlı yansımaların etkileri kayıtlardan ayıklanmaya çalışılır. Bu sebeple gerçek arazi kayıtları ile karşılaştırılmak üzere oluşturulan yapay sismogramlara gürültü ve tekrarlı yansıtma etkileri katılmamaktadır. Ayrıca yine uygulamada kayıt alınırken küresel uzaklaşma ve soğurmadan dolayı oluşan enerji kaybının giderildiğı varsayıldığından oluşturulan yapay sismogramlarda bu tür etkilerde gözönüne alınmamaktadır.

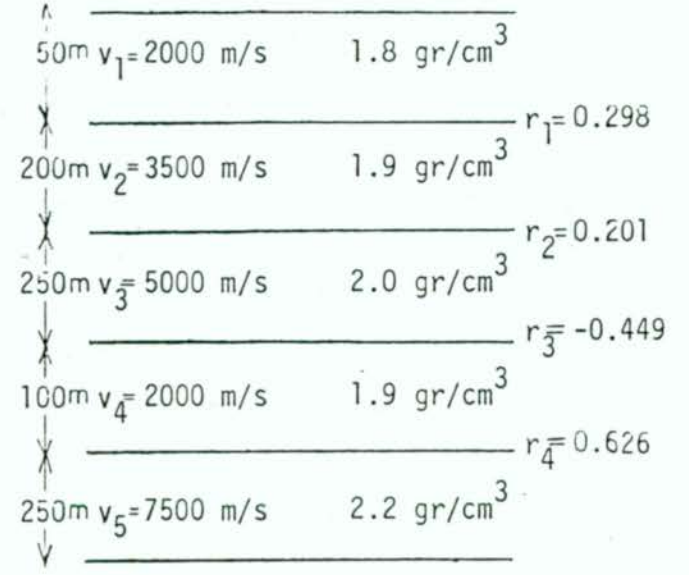
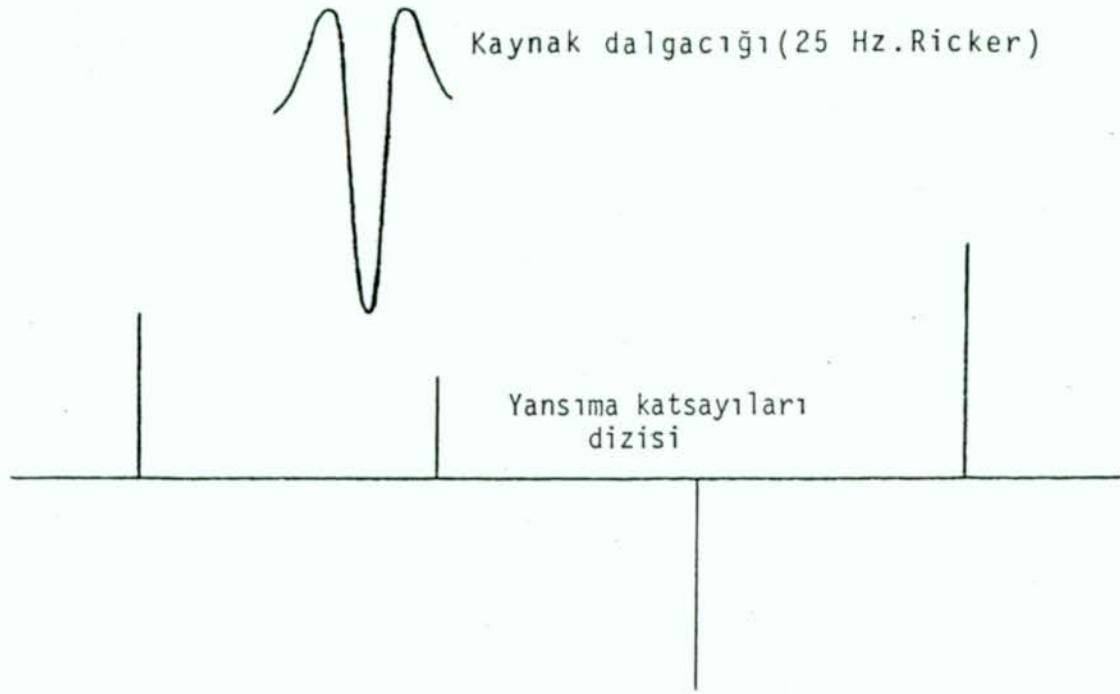
Sismik prospeksiyonda araziden alınan kayıtlara çeşitli çözüme hazırlayıcı veri işlem yöntemleri ve çözüm yöntemleri uygulanarak kaydın alındığı ortam hakkında yorum(tabaka kalınlıkları, hızları, yoğunlukları v.s. gibi) yapıldığını biliyoruz. Bu yorumdan hareketle oluşturulan yapay sismogramlar, eğer ortam gerçekten yorumlandığı şekildeyse gerçek arazi sismogramları ile uyum içinde olmalıdır. Yapay sismogram çalışmalarının en önemli yararı budur. Gerçek arazi sismogramlarından elde edilen

modelden hareketle yapay sismogramlar oluşturulur ve gerçekte yapay sismogramlar arasındaki uyum ve uyumsuzluklardan modelin doğruluğu tartışılır.

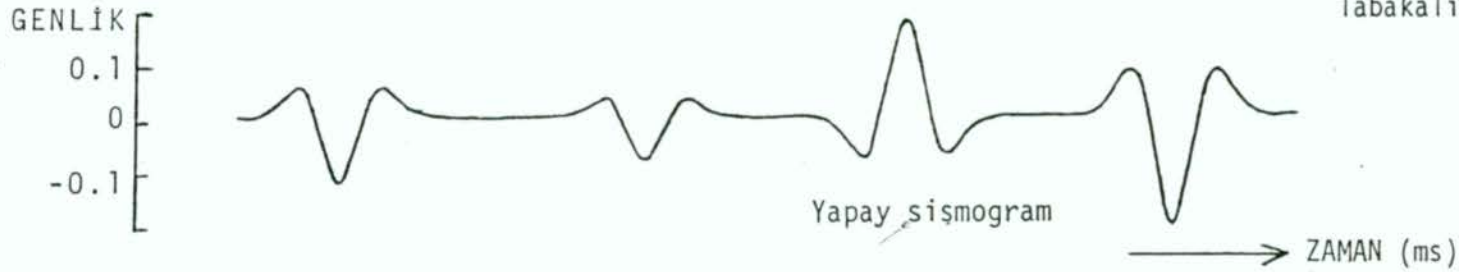
Şekil 2.12'de verilen bir tabakalı ortam modeline göre oluşturulan yapay sismogram görülmektedir. Sismogramın üst kısmında yansıma katsayıları dizisi verilmiştir. Görüldüğü gibi tabakalar yeterince kalın olduğu için yapay sismogram farklı zamanlarda gelen kaynak dalgacığı biçimindedir. Dalgacığın genliği, periyodu ve geliş zamanı tabakaların kalınlığına, hızlarına ve yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Tabaka kalınlaştıkça periyod büyümekte ve yüzeye varış zamanı gecikmekte, sınırın yansıma katsayısının büyüklüğüne göre de genlik büyümektedir. Bu yapay sismogramın elde edilmesinde baskın frekansı 25 Hz olan Ricker dalgacığı kullanılmıştır. Yapay sismogram üretiminde amaca göre çeşitli kaynak dalgacıkları kullanılmaktadır. Uygulamada genellikle sağladığı kolaylıklar bakımından Ricker dalgacığı tercih edilmektedir. Şekil 2.13'de dalga boyu, baskın frekans ve örnekleme aralığına göre ürettiğimiz çeşitli Ricker dalgacıkları görülmektedir. Farklı Ricker dalgacıkları kullanılarak oluşturulan yapay sismogramların dalgacığa göre almış olduğu durumlar incelenebilir. Uygulamada elde edilen deneyim sonunda yapay sismogram çalışmalarında genellikle 25-45 Hz'lik Ricker dalgacıkları kullanılmaktadır. Yapay sismogram oluşturmada kullanılan kaynak dalgacığı sismogramlardan dekonvolüsyon yoluyla kestirilerek (Lines ve Ulrych, 1977) yapay sismogram çalışmaları için daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilmektedir.

Şekil 2.14'de verilen ortam modelleri için oluşturulmuş üç ayrı yapay sismogram görülmektedir. 2.14(a) dikkatle incelenirse dört tabaka ayırt edilebilmektedir. İlk sınırdan yansıyan gelen dalgacık daha periyodunu tamamlamadan negatif yansıma katsayılı ikinci sınırdan yansıyan gelen bir dalga onun üzerine binmiş, daha sonra o da tam periyodunu tamamlamadan 3. sınırdan yansıyan gelen dalga onun üzerine binmiştir. 2.14(b) de tabaka sınırlarını ayırt etmek mümkün değildir. Tabakalar çok

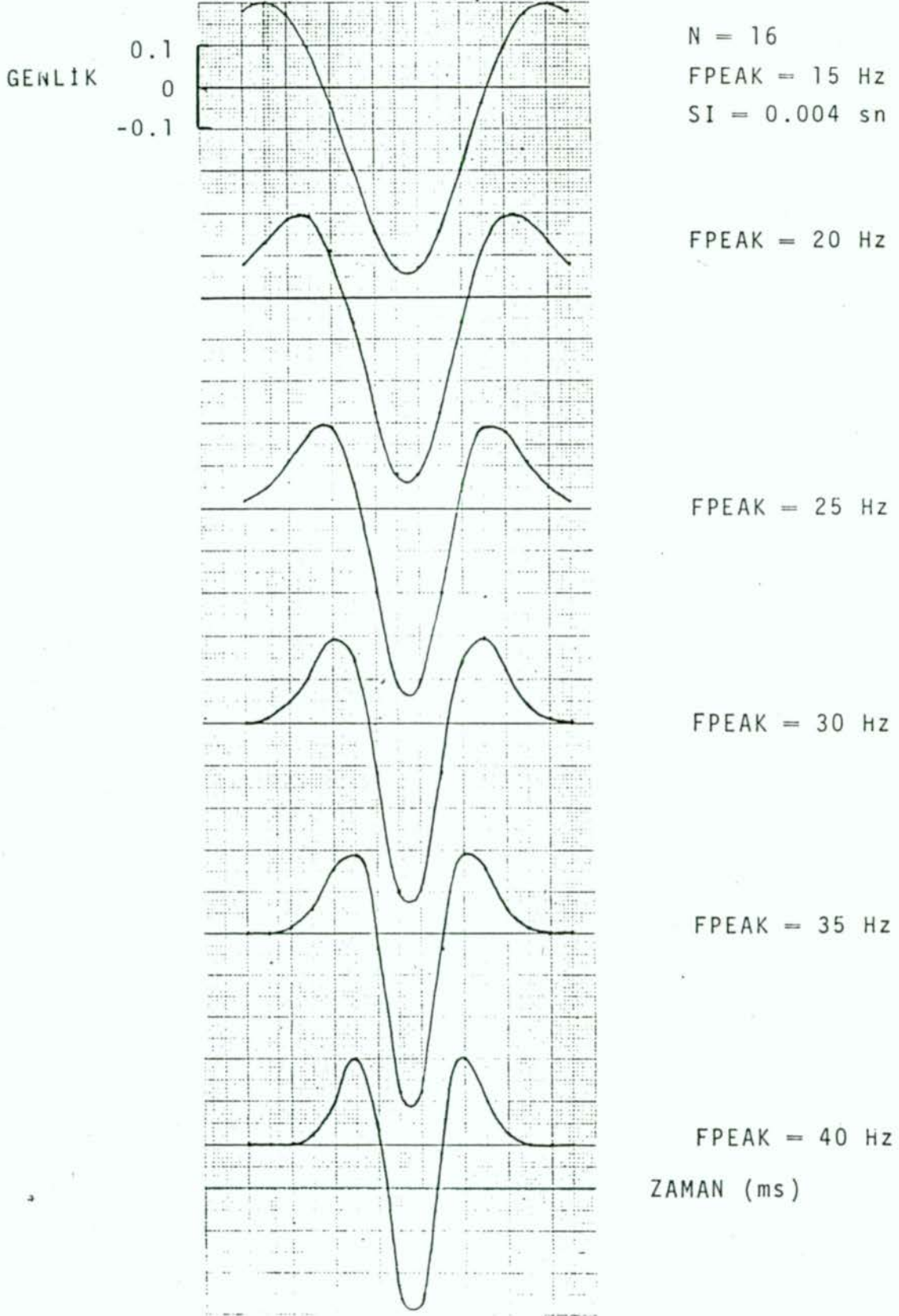
Kaynak dalgacığı (25 Hz. Ricker)



Tabakalı ortam modeli

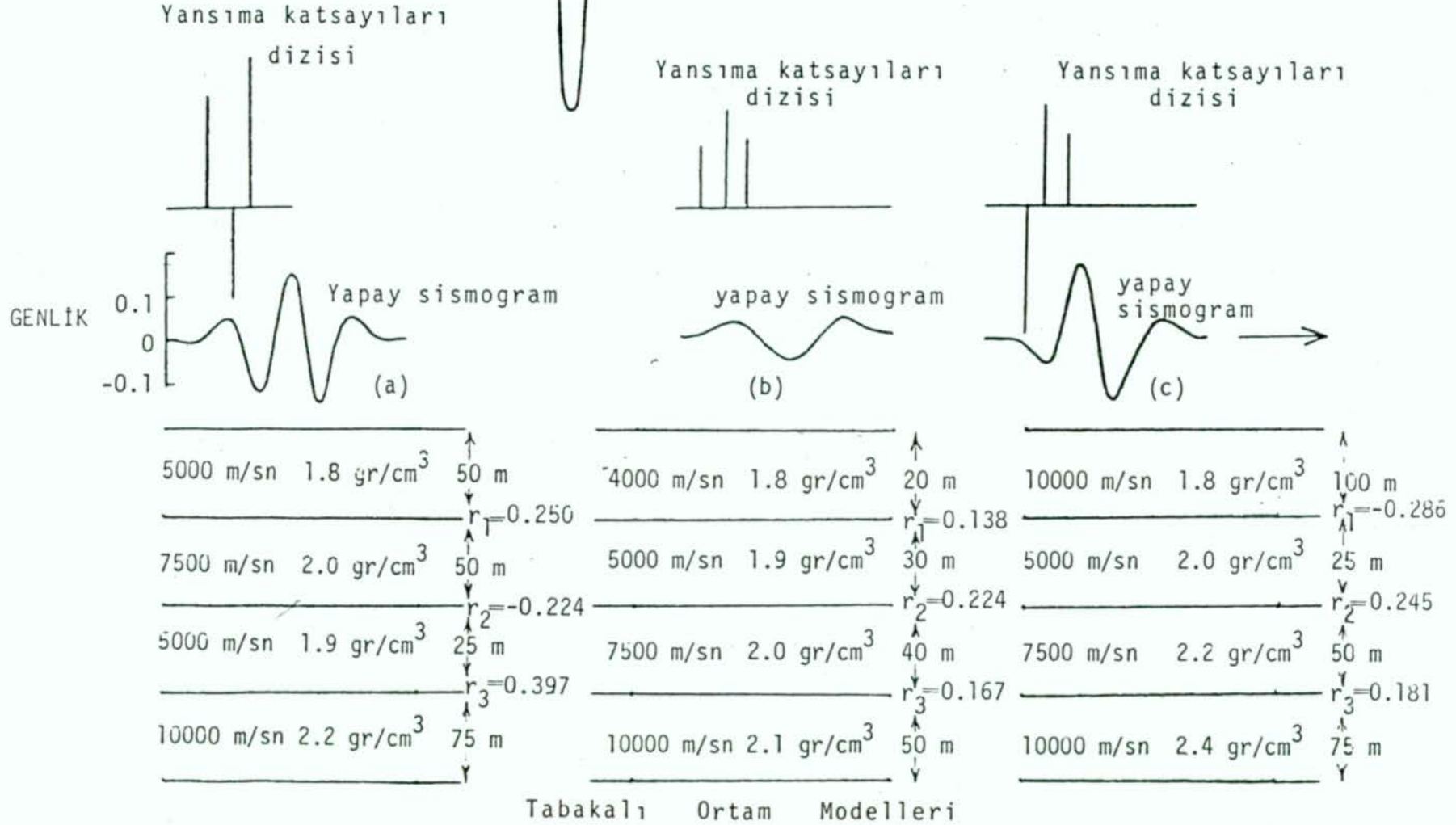
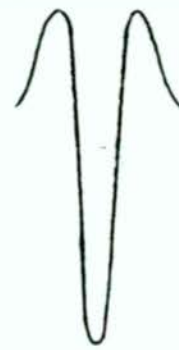


Şekil 2.12 : Şekildeki tabakalı ortam modeli için oluşturulan yapay sismogram. Yapay sismogram kaynak dalgacığı görünümündedir.

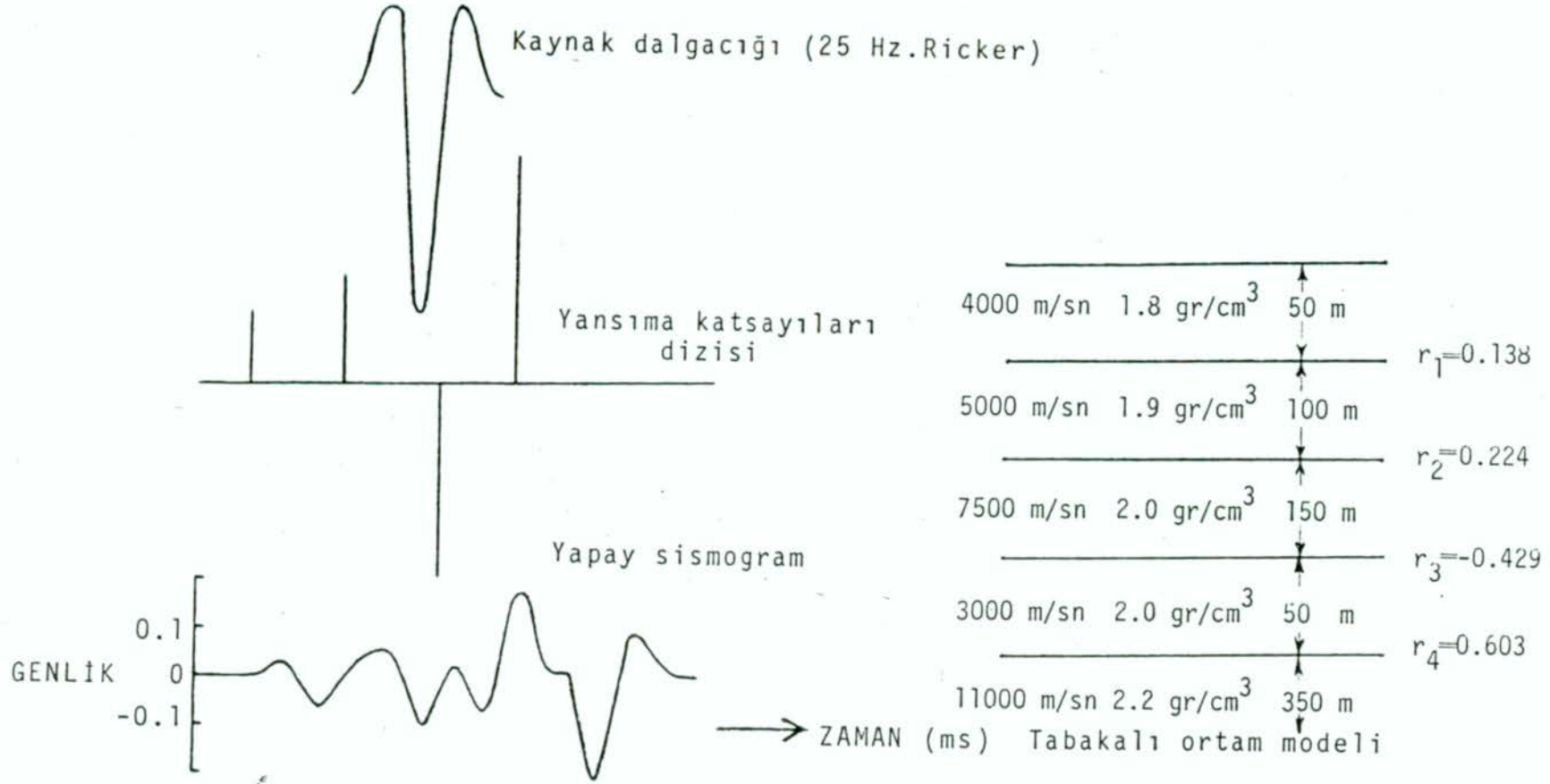


Şekil 2.13 : Değişik baskın frekansı Ricker dalgacıkları

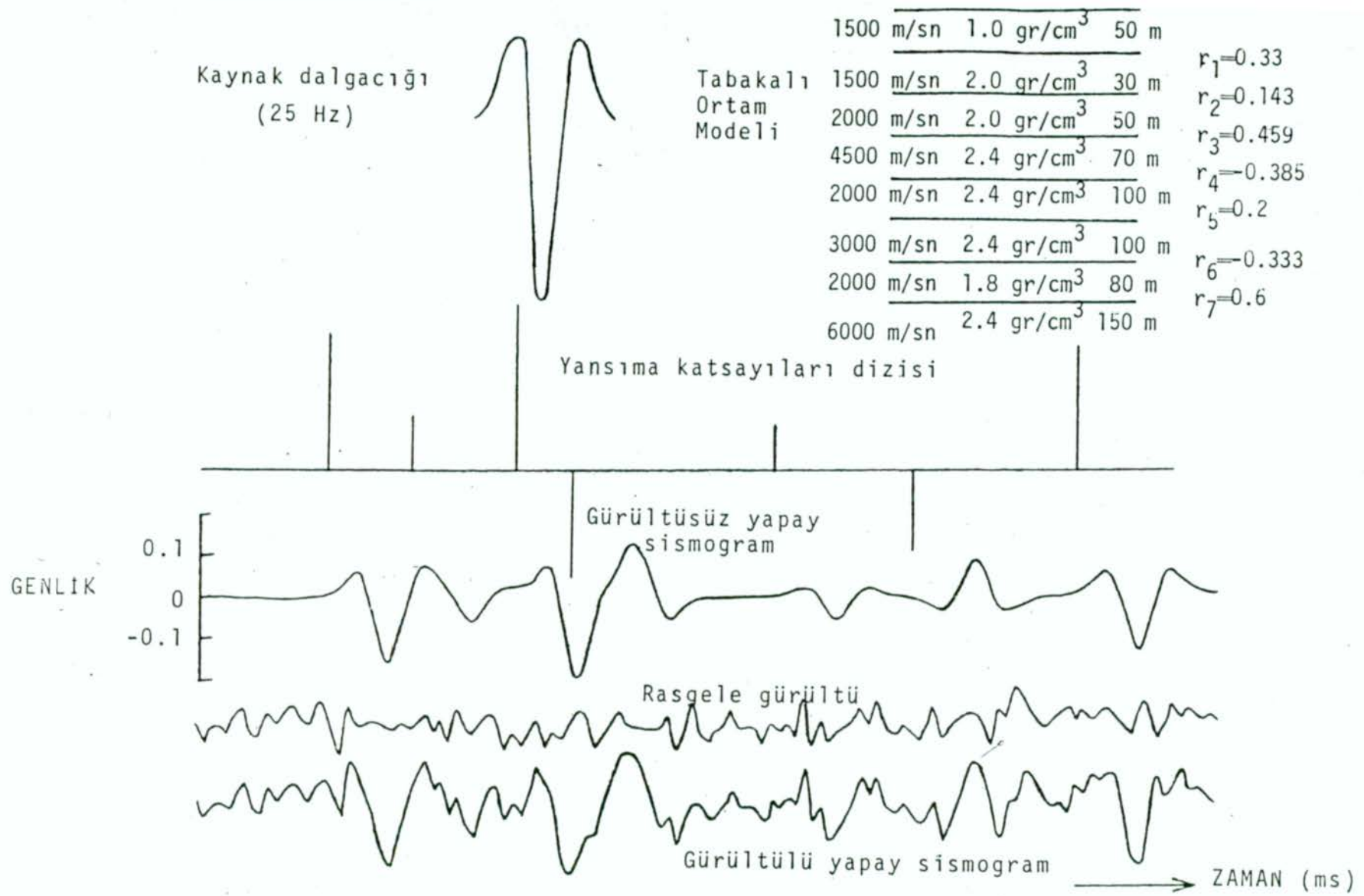
ince olduğundan ayrı sınırlardan gelen sinyaller birbirine girmişdir. Bu nedenle yapay sismogram çok kalın bir tabakaya aitmiş gibi görülmektedir. 2.14(c) yi incelediğimizde sadece üç tabakayı ayırt edebilmekteyiz. Bu sismogramların elde edilmesinde de kaynak dalgacığı olarak 25 Hz'lik Ricker dalgacığı kullanılmıştır. Şekil 2.15'de 4.ncü tabakası düşük hızlı bir tabaka olan 5 tabakalı bir ortam modeli görülmektedir. Şekilde görüleceği gibi arayüzeylerin hepsi sismogramlardan seçilebilmektedir. Şekilden ayrıca yansıma katsayısının büyüklüğüyle orantılı olarak genliklerin büyüüp küçüldüğünü görmekteyiz. Yüksek hızlı tabakalar arasındaki düşük hızlı bir tabaka 3.ncü sınırdaki negatif bir yansıma katsayısına neden olduğundan bu sınırın etkisi sismogramda pozitif pik olarak görülmektedir. Şekil 2.16 da şeklin alt kısmında verilen modelin neden olduğu gürültülü yapay sismogram görülmektedir. Sismogramı incelersek bütün sınırları seçebildiğimizi görürüz. Gürültülü yapay sismogram üretiminde Gauss dağılımlı rastgele gürültü kullandık(Şekil 2.16). Ürettiğimiz gürültünün rastgelelik yaklaşıklığı içerisinde olup olmadığını test için özilişkisine ve genlik spektrumuna baktık. Ürettiğimiz gürültünün özilişki fonksiyonu Şekil 2.17'de görülmektedir. Şekle baktığımızda ilk değer en büyük değeri aldığı ve ondan sonraki değerlerin rastgele ve gittikçe azalarak küçüldüğünü görürüz. Şekil 2.18'de ürettiğimiz gürültünün genlik spektrumu görülmektedir. Bu şeklide incelediğimizde genlik spektrumunun rastgele davranış gösterdiğini görürüz. Ürettiğimiz gürültünün özilişki fonksiyonu ve genlik spektrumunun incelenmesi sonucu gürültünün oldukça rastgele olduğu kabul edilebilir. Aslında doğada belli frekansları içeren gürültüye rastlanmaktadır(Özdemir,1984). Gerçek arazi sismogramları ile karşılaştırılmak üzere oluşturulan yapay sismogramlarda doğada rastlanılan belli frekansları içeren gürültü kullanılmalıdır. Bunun için ürettiğimiz Gauss dağılımlı beyaz gürültüyü(White noise) doğada rastlanılan gürültünün alt ve üst frekansları arasındaki değerleri geçiren bir band geçişli süzgeçle süzüp renkli(colored)



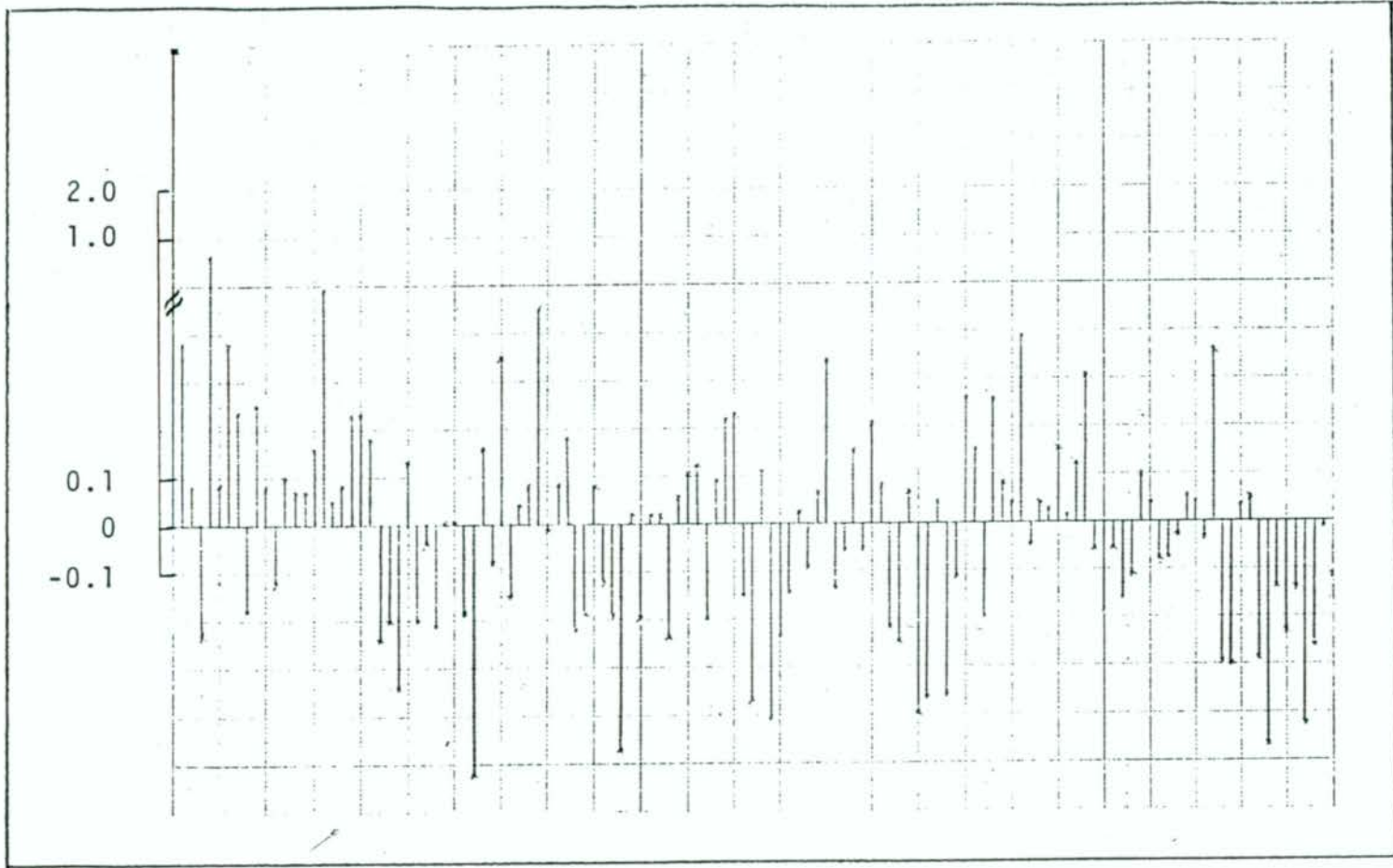
Şekil 2.14 : Şekildeki tabakalı ortam modelleri için oluşturulan yapay sismogramlar. Şekilden sınırların seçilmesinin çok zor olduğu görülmektedir.



Şekil 2.15 : Şekildeki tabakalı ortam modeli için oluşturulan yapay sismogram görülmektedir. Şekilden bütün sınırların seçilebildiği görülmektedir.

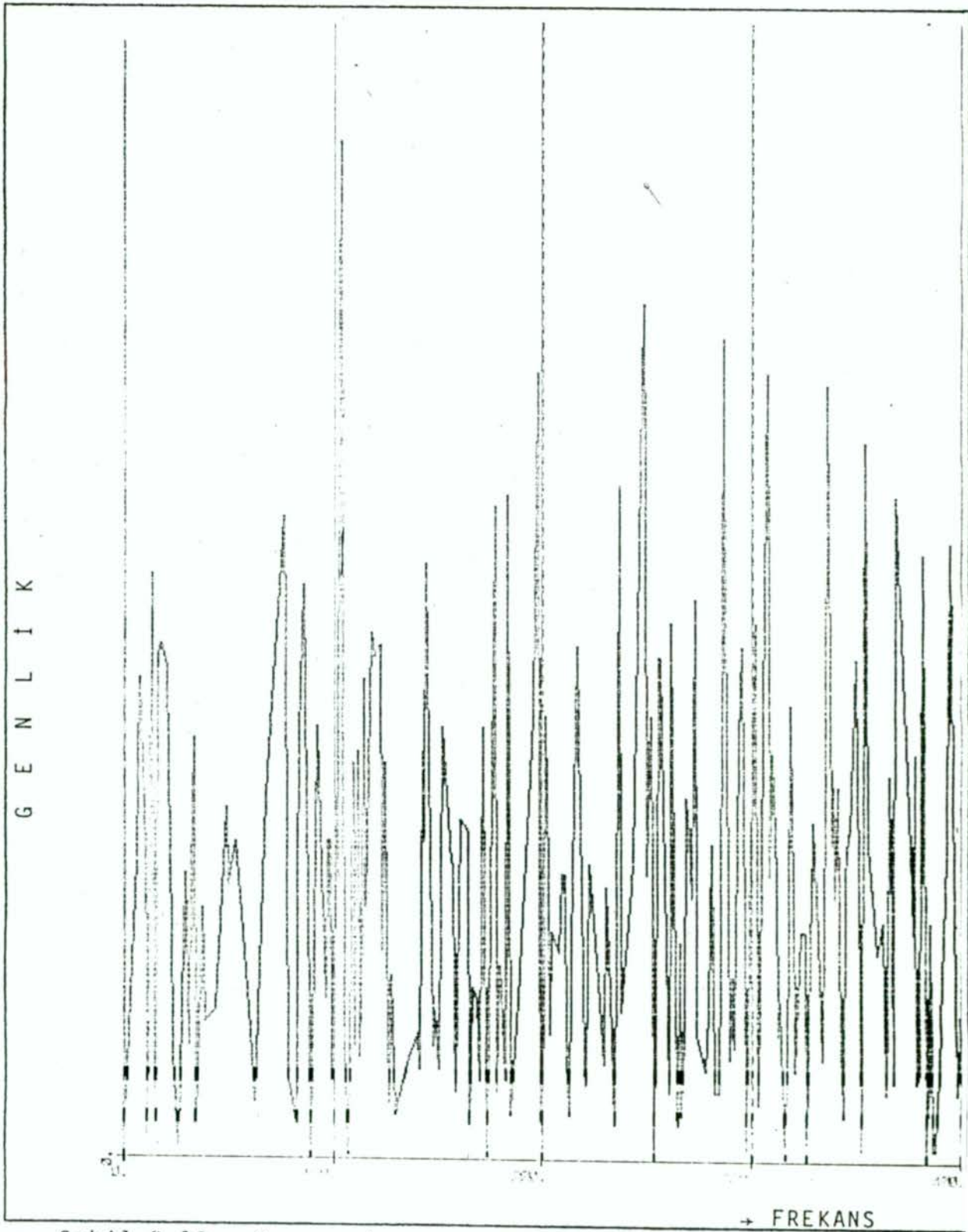


Şekil 2.16 : Şekildeki tabakalı ortam modeli için oluşturulan rasgele gürültü içeren yapay sismogram. Gürültünün seçilebilirliği etkilediği görülmektedir.



Şekil 2.17 : Yapay sismogram üretmek için kullandığımız Gauss dağılımı gürültünün özilişki değerleri.

G E N L I K



Şekil 2.18 : Yapay sismogram üretmek için kullandığımız Gauss dağılımlı gürültünün (ilişkisiz gürültü) genlik spektrumu.

gürültü haline getirip kullanabiliriz. Renkli gürültünün alt ve üst frekansları 5-80 Hz arasında olduğundan kullanılacak süzgeç bu aralıktaki değerleri geçirip diğerlerini süzmelidir. Böylece elde edilen gürültü gözönüne alınarak oluşturulan yapay sismogramlar gerçek sismogramlarla daha iyi uyum içinde olacaktır.

Şekil 2.19'da doğada karşılaşılabileceğimiz bir tabakalı ortam modeli ve bu modelden üretilen yapay sismogram, rastgele gürültü ve gürültülü yapay sismogram görülmektedir. Şekli incelediğimizde gürültünün olmadığı yapay sismogramdan tabaka sınırlarının daha iyi ayırt edilebildiğini görürüz. Bu nedenle daha öncede belirttiğimiz gibi düşük yansıma katsayılı, yüksek hızlı ince tabakaların sismogramlardan seçilebilmesi ortamın gürültü içeriğine bağlıdır. Buraya kadar ürettiğimiz sismogramlarda tekrarlı yansımaların etkileri gözönüne alınmamıştır. Şekil 2.20'de denizlerde çok rastlanılan su, çamur, kum, kaya ve kaya tabanından oluşan bir tabakalı ortam modeli görülmektedir. Şeklin üst kısmında yansıma katsayıları, yansıma genlikleri ve kaynak dalgacığı, yan tarafta ise tabakalı ortam modeli verilmektedir. Alt kısımda ise yapay sismogram, Gauss dağılımlı rastgele gürültü ve gürültülü yapay sismogram verilmektedir. Bu sismogramın hesaplanmasında tekrarlı yansımalar hesaba katılmıştır ve Robinson(1967) un yapay sismogram hesaplayan programından yararlanılmıştır. Bu sismogramı incelediğimizde ortamın kaç tabaka olduğunu ayırt etmek çok zordur. Çünkü sınırlara ait yansıma katsayıları çok küçüktür. Bu sismogramın hesaplanmasında atış noktası ve alıcıların suyun içinde olduğu kabul edilmiştir. Şekil 2.21'de birçok tabakalı ortam modeli ve bu modelden tekrarlı yansımalar hesaba katılarak oluşturulmuş yapay sismogram görülmektedir. Bu sismograma bakarak bütün sınırları ayırmak güçtür. Sismogramdan sadece çok kuvvetli yansıma katsayılarına sahip sınırlar seçilebilmektedir. Farklı sınırlardan gelen dalgaların girişiminden dolayı azalan seçilebilirli-

Kaynak dalgacığı
(25 Hz)

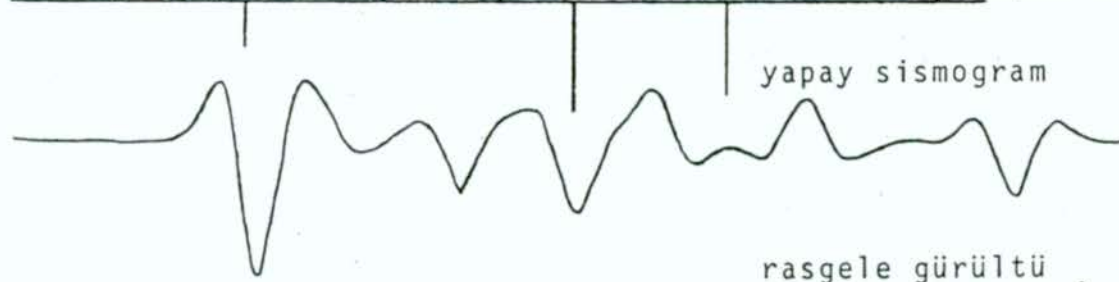


Yansıṁa katsayıları
dizisi

Tabakalı
Ortam
Modeli

1500 m/sn	2.0 gr/cm ³	50 m
2500 m/sn	2.0 gr/cm ³	30 m
2000 m/sn	2.0 gr/cm ³	50 m
3000 m/sn	2.4 gr/cm ³	70 m
8000 m/sn	2.4 gr/cm ³	100 m
3500 m/sn	2.4 gr/cm ³	100 m
2000 m/sn	1.8 gr/cm ³	80 m
6000 m/sn	2.4 gr/cm ³	150 m

$r_1=0.53$
 $r_2=-0.11$
 $r_3=0.28$
 $r_4=0.45$
 $r_5=-0.39$
 $r_6=-0.4$
 $r_7=0.6$



yapay sismogram

rasgele gürültü

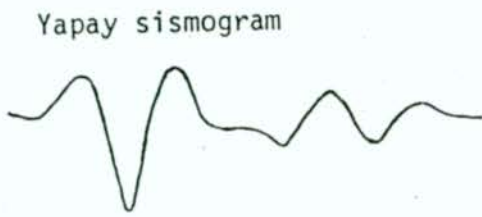
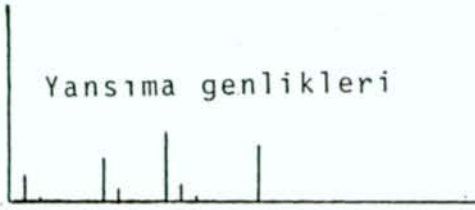
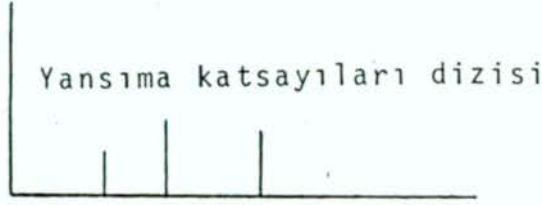
Gürültülü yapay sismogram

GENLİK

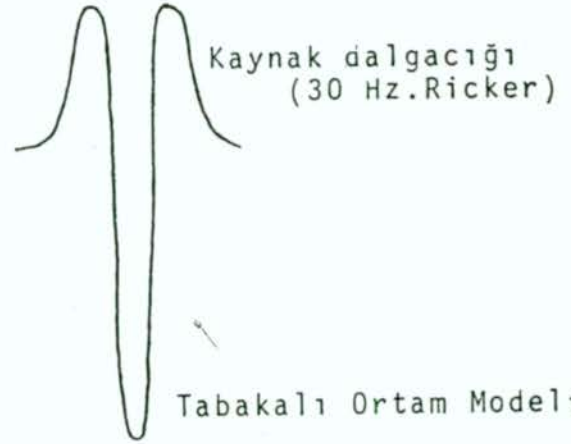
0.1
0
-0.1

ZAMAN (ms)

Şekil 2.19 : Şekildeki tabakalı ortam modeli için oluşturulan rasgele gürültü içeren yapay sismogram.

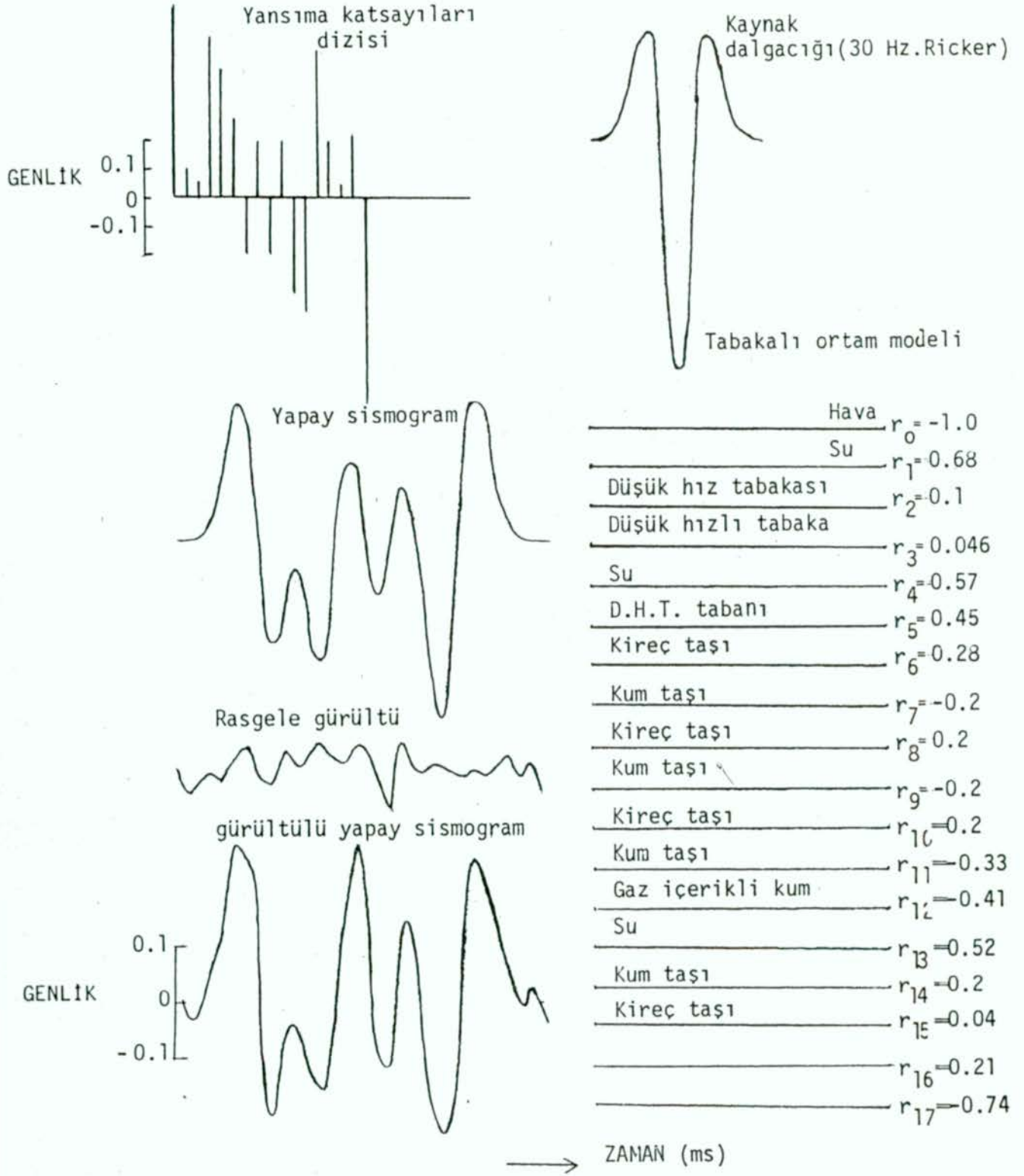


gürültülü yapay sismogram



	Hava	
1. tabaka	Su	$r_0 = -1.0$
2. tabaka	Çamur	$r_1 = 0.13$
3. tabaka	Kum	$r_2 = 0.03$
4. tabaka	Kaya	$r_3 = 0.03$
5. tabaka	Kaya tabanı	$r_4 = 0.04$

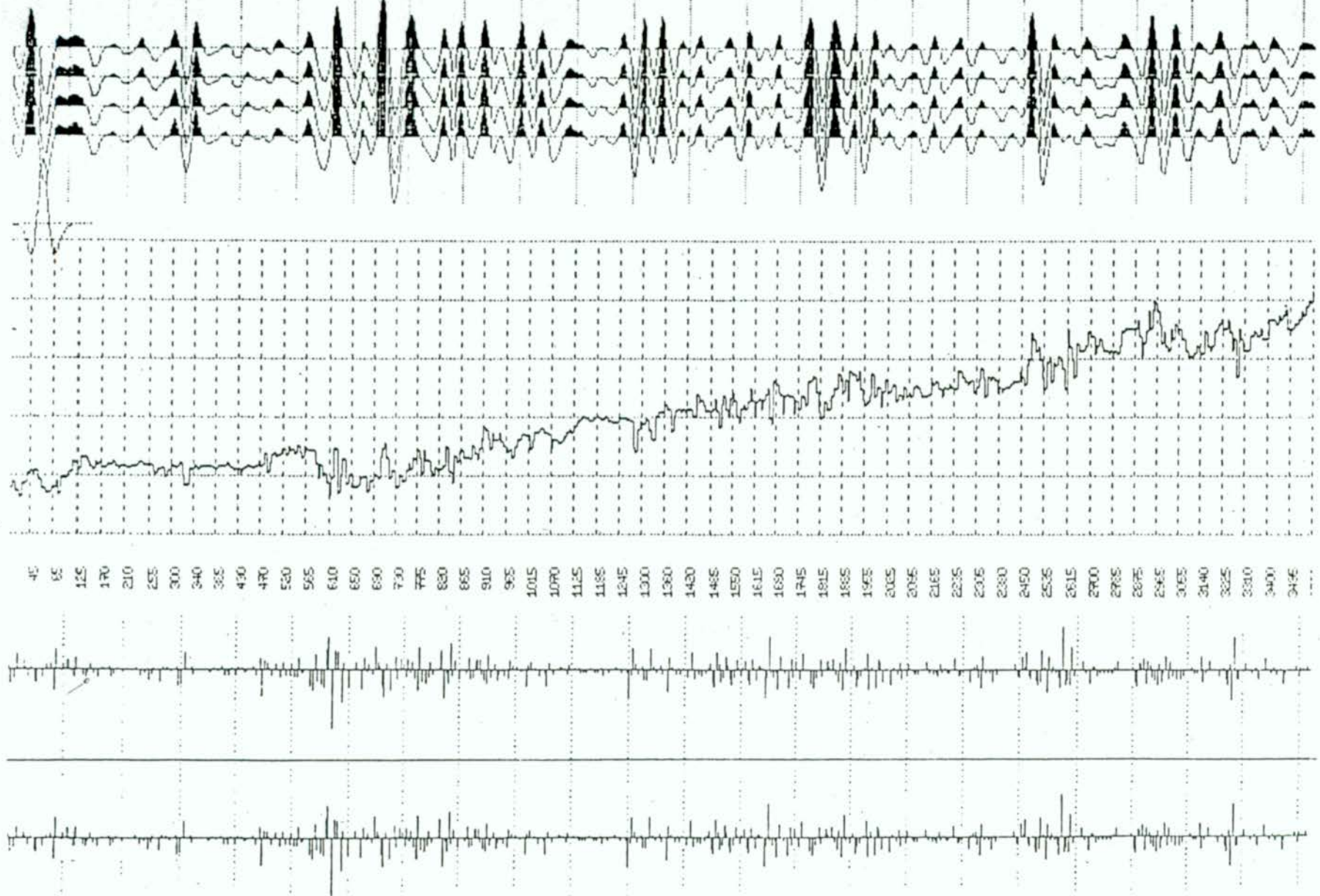
Şekil 2.20 : Şekildeki tabakalı ortam modeli için oluşturulan tekrarlı yansımaları ve rasgele gürültü içeren sismogram



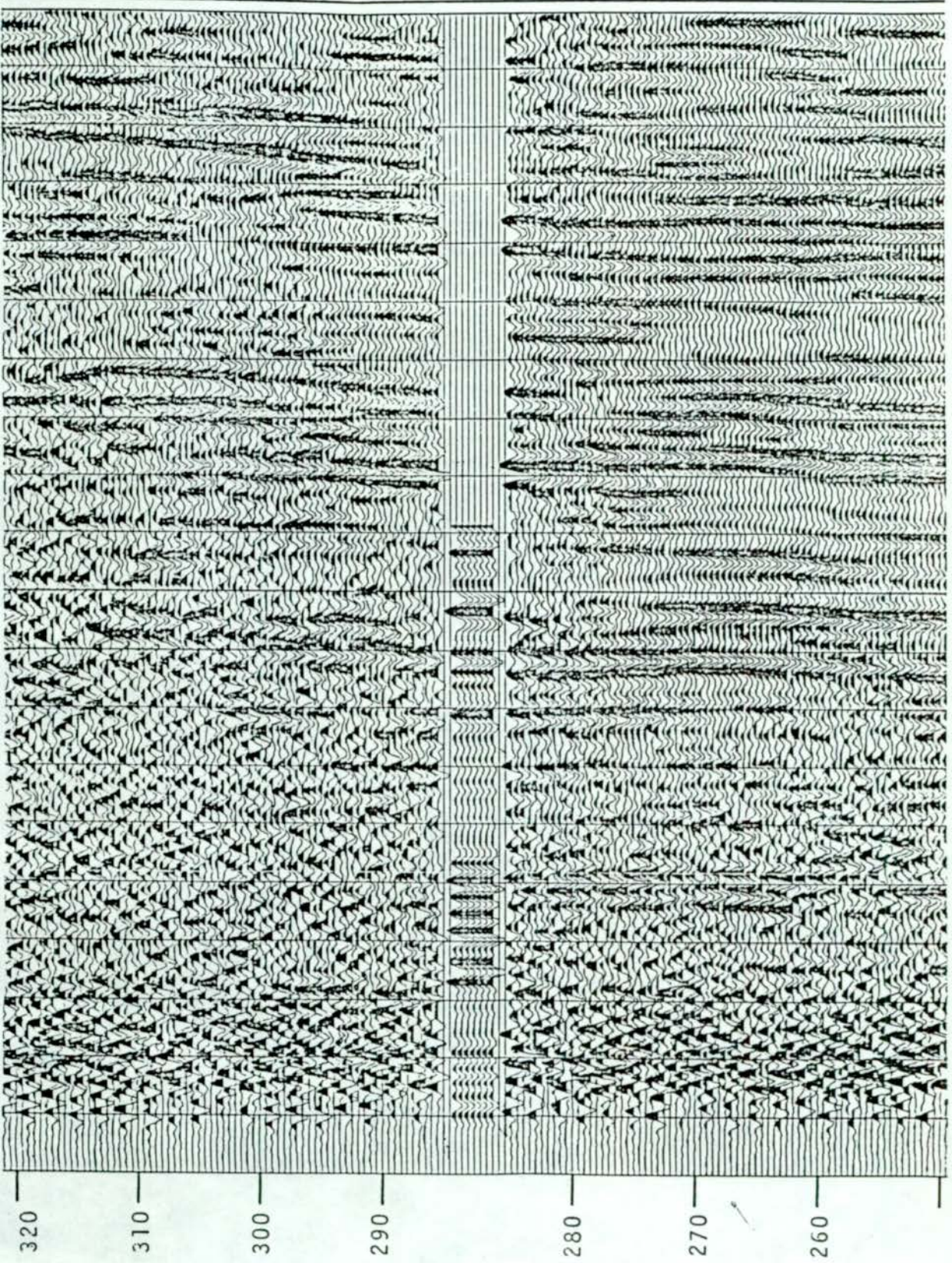
Şekil 2.21 : Şekildeki tabakalı ortam modeli için oluşturulan tekrarlı yansımaların ve rasgele gürültü içeren yapay sismogram.Şekilden tekrarlı yansımaların seçilebilirliği azalıtığı gözlenmektedir.

ğın tekrarlı yansımaların hesaba katılmasıyla daha da azaldığı görülmektedir. Ayrıca rastgele gürültünün de tabakaların seçilebilirliğini etkilediği görülmektedir. Şekil 2.22'de iki boyutlu gerçek kesitle karşılaştırılmak üzere oluşturulmuş yapay sismogram görülmektedir. Şekilde yansıma katsayılarından görüldüğü gibi ortam çok sayıda tabakadan meydana gelmiştir. Tekrarlı yansımaların sıfır olduğu kabul edilmiştir. Oluşturulan bu yapay kesitte ancak kuvvetli yansıma katsayısına sahip sınırların izlenebildiği görülmektedir. Şekil 2.23'de oluşturulmuş iki boyutlu yoruma hazır sismik kesit ve bunun arasına yerleştirilmiş yapay kesit görülmektedir. Yapay kesit için 30 Hz lik Ricker dalgacığı kullanılmıştır. Bu şekle bakıp gerçek kesit ile oluşturulan yapay kesit arasındaki uyum ve uyumsuzluklar irdelenerek gerçek kesitten yapılan yoruma katkıda bulunabilir. Görüldüğü gibi bazı formasyonlar her iki kesitte uyum içinde, fakat bazı formasyonlar birbirine uymamaktadır. Yapay kesit hiç bir zaman gerçek kesite tam uymaz. Fakat daha öncede belirtildiği gibi belli bir yaklaşım sağlanarak aralarındaki uyum ve uyumsuzluklardan yorumda yararlanılabilir.

Gerçek arazi kayıtlarının yorumlanmasında yapay sismogramlar önemli bir araç olmakla beraber asıl önemli olan kayıtlardan yararlanarak yeraltını oluşturan tabakaların fiziksel parametrelerinin (hız, yoğunluk) saptanmasıdır. Bu amaçla çeşitli dekonvolüsyon yöntemleri kullanılarak yansıma katsayıları dalganın sınıra normal ve normal olmayan gelişleri için hesaplanabilmektedir. Bundan sonraki bölümde normal olmayan geliş hali için yansıma katsayıları matrisinden yararlanılarak tabaka parametrelerinin nasıl saptanabileceği incelenmiştir.



Şekil 2.22 : Çok tabakalı bir ortam için hesaplanmış iki boyutlu yapay sismogram. Sismogramda sadece çok kuvvetli yansıma katsayısına sahip sınırlar seçilebilmektedirler.



Şekil 2.23 : Yoruma hazır sismik kesit ve arasına yerleştirilmiş bu kesitten yapılan yorumla göre oluşturulmuş yapay kesit. Şekilden sismik kesitteki bazı formasyonların yapay kesitte de devam ettiği gözlenmektedir.

3. TABAKA PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI

3.1. YANSIMA KATSAYILARINDAN TABAKA EMPEDANSLARININ HESAPLANMASI

Bu bölümde normal gelen dalga durumu için yansımaya katsayıları ve tabakanın akustik empedansı arasındaki ilişki verilmektedir. Bitişik iki tabakanın akustik empedansları Z_n ve Z_{n-1} ise, sınıra normal gelen düzlem dalga halinde n. nci tabakanın yansımaya katsayısı r_n :

$$r_n = \frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_n + Z_{n-1}} \quad (3.1)$$

ile verilir. (3.1) denkleminde Z_n 'i çekersek Z_{n-1} ve r_n 'e bağlı olarak

$$Z_n = \frac{1 + r_n}{1 - r_n} Z_{n-1} \quad (3.2)$$

denklemini elde ederiz. İlk tabakanın akustik empedansı (Z_0) ve yansımaya katsayıları bilinirse n. nci tabakanın akustik empedansı (Z_n) (3.2) denkleminde hesaplanabilir. Yani tabakalı ortamın yansımaya katsayıları ve tabakanın akustik empedansı arasındaki ilişkiden bir alt tabakaya ait akustik empedans ($Z = \rho \cdot V$) hesaplanabilmektedir (Kunetz ve d'Erceville, 1962). Fakat tabakaya ait yoğunluk ρ ve hız V 'nin hesaplanması mümkün olmamaktadır.

3.2. YANSIMA MATRİSLERİNDEN YARARLANARAK NORMAL OLMAYAN GELİŞ (NON-NORMAL INCIDENCE) HALİNDE TABAKA EMPEDANSININ HESAPLANMASI

Normal olmayan geliş halinde her arayüzeyin yansımaya ve iletim katsayıları (2×2) boyutunda R_n, T_n, R'_n ve T'_n (tabakanın altından ve üstünden yansımaya ve iletim katsayıları) olmak üzere dört matrisle verilir (Frasier, 1970). Habibi Ashrafi (1978) in geliştirdiği aşağı doğru iterasyon tekniğinin genelleştirilmesi ile normal olmayan geliş için bu matrislerin tanımlanması mümkündür (Shiva, 1982).

Tabaka parametrelerinin saptanması için yansıma matrisleri R'_n , T'_n ve parametre matrisleri $A_n, B_n, L_n, A_{n+1}, B_{n+1}, L_{n+1}$ ne ihtiyaç vardır. Parametre matrisleri aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (Frasier,1970) :

$$A = \begin{bmatrix} -q^P & 1 \\ (1-\gamma)\rho q^P & \rho\gamma \end{bmatrix} \quad (3.3a)$$

$$B = \begin{bmatrix} -1 & -q^S \\ -\rho\gamma & (1-\gamma)\rho q^S \end{bmatrix} \quad (3.3b)$$

$$C = \begin{bmatrix} \sqrt{\rho q^P} & 0 \\ 0 & \sqrt{\rho q^S} \end{bmatrix} \quad (3.3c)$$

$$q^P = \sqrt{\left(\frac{C}{v^P}\right)^2 - 1} \quad (3.3d)$$

$$q^S = \sqrt{\left(\frac{C}{v^S}\right)^2 - 1} \quad (3.3e)$$

$$\gamma = 1 - 2\left(\frac{v^S}{C}\right)^2 \quad (3.3f)$$

(3.3d) ve (3.3f) deki C: yatay faz hızıdır ve

$$C = \frac{v^P}{\sin\theta} \quad (3.3g)$$

ile verilir. Düzlem dalganın geliş açısı θ ile gösterilir. Yukarıdaki denklemlerde tabakayı gösteren indisler basitlik olsun diye yazılmamıştır. Frasier(1970) in denklemlerini (A-11) aşağıdaki şekilde yeniden yazabiliriz :

$$B_n = -B_n L_n^{-1} R_n' L_n + B_{n+1} L_{n+1}^{-1} T_n' L_n, \quad (3.4a)$$

$$A_n = A_n L_n^{-1} R_n' L_n + A_{n+1} L_{n+1}^{-1} T_n' L_n \quad (3.4b)$$

(3.4a) ve (3.4b) nin her iki tarafını sırasıyla B_n^{-1} ve A_n^{-1} ile çarparsak aşağıdaki denklemleri elde ederiz.

$$-L_n^{-1} R_n' L_n + B_n^{-1} B_{n+1} L_{n+1}^{-1} T_n' L_n = I \quad (3.5)$$

ve

$$L_n^{-1} R_n' L_n + A_n^{-1} A_{n+1} L_{n+1}^{-1} T_n' L_n = I \quad (3.6)$$

Şimdi de (3.5) ve (3.6) nın her iki tarafını sırasıyla önce L_n sonra L_n^{-1} ile çarparsak

$$-R_n' + L_n B_n^{-1} B_{n+1} L_{n+1}^{-1} T_n' = I \quad (3.7)$$

ve

$$R_n' + L_n A_n^{-1} A_{n+1} L_{n+1}^{-1} T_n' = I \quad (3.8)$$

elde ederiz.

(3.7) ve (3.8)'i aşağıdaki gibi yeniden yazabiliriz :

$$I + R_n' = L_n B_n^{-1} B_{n+1} L_{n+1}^{-1} T_n' \quad (3.9)$$

ve

$$(I - R_n')^{-1} = (T_n')^{-1} L_{n+1} A_{n+1}^{-1} A_n L_n^{-1} \quad (3.10)$$

(3.9) ve (3.10) un her iki tarafını çarparsak

$$(I + R_n')(I - R_n')^{-1} = L_n B_n^{-1} B_{n+1} A_{n+1}^{-1} A_n L_n^{-1} \quad (3.11)$$

denklemini elde ederiz. Normal gelen dalga için limit $C \rightarrow \infty$ durumu Aminzadeh(1982) EK-B de açıklanmıştır. (3.2) denkleminin sağ tarafı ile (dalganın normal gelmesi durumu için yansımaya katsayısına bağlı olarak tabaka empedansı) (3.11) denkleminin sol tarafı yapısal olarak birbirine benzemektedir. (3.11) denklemi normal gelmeyen dalga durumu için yansımaya matrisleri ile parametre matrisleri arasındaki ilişkiyi gösterir. (3.11) denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir :

$$B_{n+1} A_{n+1}^{-1} = B_n L_n^{-1} (I+R'_n)(I-R'_n)^{-1} L_n A_n^{-1} \quad (3.12)$$

Bu denklem $n+1$ nci tabakanın parametre matrisleri ile n .nci tabakanın parametre ve yansımaya matrisleri arasındaki ilişkiyi gösterir. (3.12) denklemi $B_i A_i^{-1}$, $i=1,2,\dots,n+1$, R_j , $j=0,1,\dots,i$ ve A_0 , B_0, L_0 'ın bilinmesiyle çözülebilir.

(3.12) denklemi ρ_n ve V_n 'in çarpımını veren (3.2) denklemi gibi A_{n+1}^{-1} ve B_{n+1} in çarpımını verir; tabaka parametrelerini vermez. (3.2) ve (3.12) denklemlerini karşılaştırırsak bu denklemler arasında büyük benzerlik olduğunu görürüz. Denklemnin sağ tarafını düşünürsek benzerlik daha açık görülür. O da matris olarak

$$(I+R'_n)(I-R'_n)^{-1} L_n^{-1} L_n B_n A_n^{-1}$$

şeklinde veya

$$\frac{I+R'_n}{I-R'_n} B_n A_n^{-1}$$

biçiminde yazılabilir. Bu denklemlerin türetme işlemindeki normalizasyondan dolayı empedans matrisi boyutsuzdur. Tabaka parametreleri ρ_n , V_n^P ve V_n^S nin bu hesapladığımız empedans matrisinden nasıl bulunabileceği izleyen bölümde açıklanacaktır. Daha önce belirtildiği gibi dalganın normal gelmesi halinde bu mümkün değildir.

3.3. TABAKA EMPEDANSLARINDAN TABAKA PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI

Bu bölümde tabaka parametreleri ρ_n, V_n^D ve V_n^S yi elde etmek için (3.12) denklemini kullanacağız. Bunun için (3.12) nin sağ tarafını K_n ile gösterelim(Aminzadeh,1984) :

$$B_n A_n^{-1} = K_n \quad (3.13)$$

K_n : İterasyonun n.nci safhasındaki matristir. (3.13) matris denklemini tabaka parametrelerinin hesabı için bilinmeyen sayısından fazla denkleme(dört denklem üç bilinmeyen)sahiptir(Overdetermined). (3.13)ün çözülebilmesi için üç bağımsız denklem yeterlidir.

A ve B matrislerini aşağıdaki şekilde yeniden yazabiliriz(Aminzadeh,1984). Yine gösterimde basitlik için tabaka indislerini yazmıyoruz.

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{1}{U} & 1 \\ \frac{(1-X)Y}{U} & XY \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

ve

$$B = \begin{bmatrix} -1 & -W \\ -XY & (1-X)YW \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

Burada $X=\gamma$, $Y=\rho$, $U=1/q^D$ ve $W=q^S$ dir. Buna göre A^{-1}

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} -XU & U/Y \\ 1-X & 1/Y \end{bmatrix} \quad (3.16)$$

dır. (3.14) ve (3.16)denklemlerini kullanarak(3.13) denklemini aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$B.A^{-1} = \begin{bmatrix} XU-W(1-X) & -\frac{U+W}{Y} \\ X^2YU+WY(1-X)^2 & -XU+W(1-X) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_1 & K_2 \\ K_3 & -K_1 \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

(3.17)de $B.A^{-1}$ in diyagonal elementleri aynı mutlak değerlere sahiptir.(3.17)den aşağıdaki üç bağımsız denklemi yazabiliriz.

$$XU-W(1-X) = K_1 \quad (3.18)$$

$$-(U+W)/Y = K_2 \quad (3.19)$$

$$X^2Y^2+WY(1-X)^2 = K_3 \quad (3.20)$$

(3.3e) ve (3.3f) den X ve W arasında ilişki sağlayan bir denklem elde ederiz :

$$X = \frac{W^2 - 1}{W^2 + 1} \quad (3.21)$$

(3.18),(3.19),(3.20) ve (3.21) X,Y,U ve W nın çözülebileceği doğrusal olmayan denklem sistemini meydana getirirler.(3.17) nin her iki tarafının determinantını alıp eşitleyerek aşağıdaki basit bağıntıyı buluruz.

$$WU = -K_4 \quad (3.22)$$

Burada $K_4=K_1^2+K_2K_3$, yani K 'nın determinantının negatifidir. Doğrusal olmayan denklem takımının çözümünü elde etmek için(3.18),(3.19), (3.21)ve (3.22)yi kullanırız. Bazı cebirsel işlemlerden sonra W için aşağıdaki denklemi elde ederiz(Aminzadeh,1984) :

$$W^3 + W^2 \frac{2+K_4}{K_1} + W - \frac{K_4}{K_1} = 0 \quad (3.23)$$

Bu denklemin fiziksel anlamlı pozitif kökünü alıp, bunu W^* ile gösterip (3.22)de yerine yazarsak :

$$X^* = \frac{W^{*2} - 1}{W^{*2} + 1} \quad (3.24)$$

ve

$$U^* = \frac{-K_4}{W^*} \quad (3.25)$$

denklemini elde ederiz. Bu denklemlerden X^* ve U^* i hesaplayabiliriz. Daha sonra (3.19) dan

$$Y^* = - \frac{U^* + W^*}{K_2} \quad (3.26)$$

eşitliğini yazarız. (3.23),(3.24),(3.25) ve (3.26) ile verilen X^* , Y^* , U^* ve W^* çözümleri ve X, Y, U ve W nın tariflerinden aşağıdaki şekilde tabaka parametrelerini elde ederiz :

$$V^{P*} = CU^* / \sqrt{U^{*2} + 1} \quad (3.27)$$

$$V^{S*} = C / \sqrt{W^{*2} + 1} \quad (3.28)$$

ve

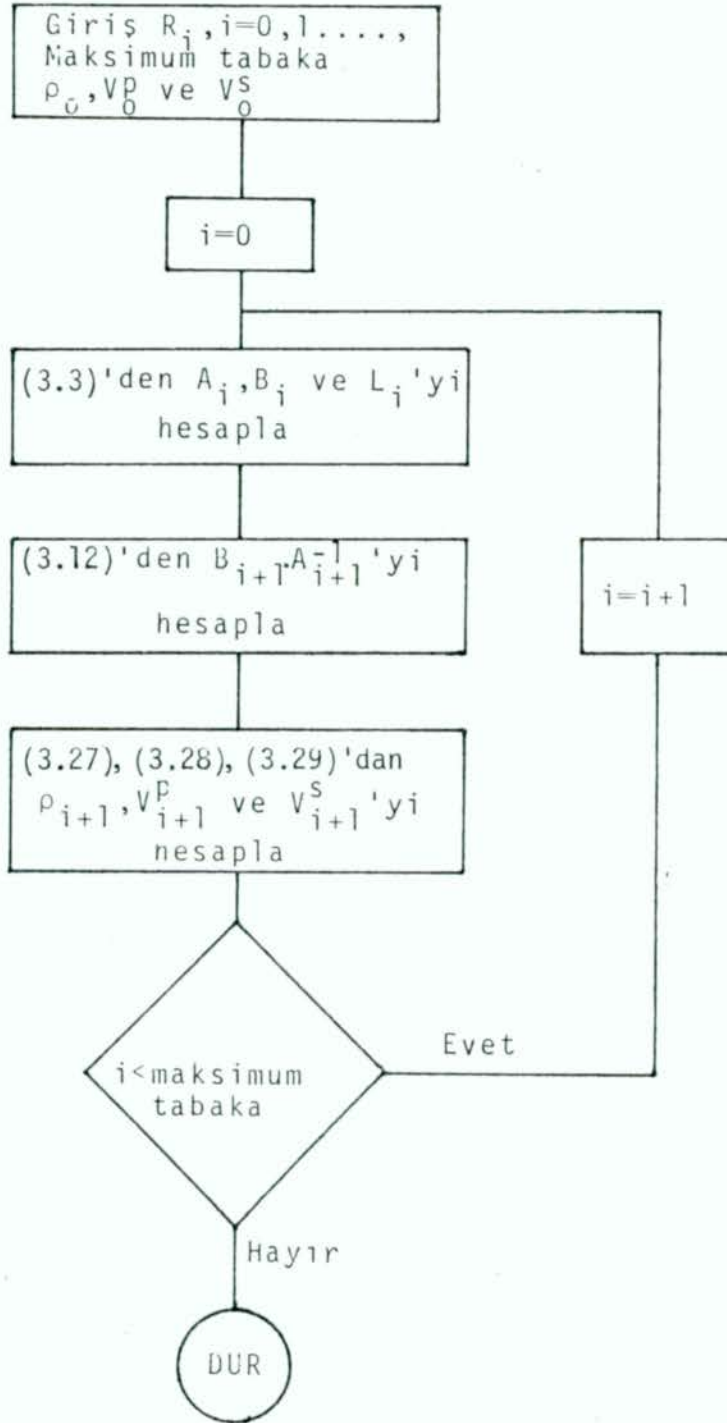
$$\rho^* = Y^* \quad (3.29)$$

Bu sonuçlara göre tabaka empedanslarından tabaka parametreleri elde edilebilmektedir. Yani elastik ortamda dalganın normal gelmemesi halinde her tabakanın parametreleri hesaplanabilmektedir. Bunun için yalnızca gerekli olan düzlem dalganın geliş açısı, serbest yüzeyin parametreleri (veya ilk tabaka) ve yansıma katsayısı matrisleridir. Hesaplamada gürültü etkisini azaltmak ve kararlılığı arttırmak için farklı geliş açıları için ve hesap değerinin ortalamasını alarak bu işlemi tekrarlayabiliriz.

Şekil 3.1'de aşağı doğru iteratif olarak bütün tabakaların parametrelerini hesaplama tekniğini özetleyen bir akış diyagramı verilmiştir. Diyagramdan da görüleceği gibi i.nci iterasyonda (3.3)den A_{i+1} , B_{i+1} ve L_{i+1} ve (3.12)den de $A_{i+1} \cdot B_{i+1}$ hesaplanır. Daha sonra (3.27),(3.28),(3.29)dan da tabaka parametreleri hesaplanır. Hesaplamalarda ρ_0, V_0^P, V_0^S ve R_i , $i=0,1,\dots$,maksimum tabaka sayısı dizisine ihtiyaç vardır.

Tablo 1'de Aminzadeh(1984)'ın kullandığı giriş parametreleri ve

hesapladığı parametreler verilmektedir. Tablodan da görüleceği gibi hesaplanan değerler olması gereken değerlere çok yakın,hatta tamamen aynıdır. Tablo 2'de aynı model için bu çalışmada hesapladığımız değerler ve giriş parametreleri görülmektedir. Bu tablodan da hesaplanan değerlerle modellememizdeki değerlerin çok yakın olduğu görülmektedir. Tablo 3'de bir başka model için giriş parametreleri ve hesaplanan değerler görülmektedir. Tablolarda farklı geliş açıları için hesaplanan değerlerde verilmektedir.



Şekil 3.1 : Tabaka parametrelerinin hesaplanmasını gösteren akış diyagramı

Tablo 1 : Model ve Hesaplanmış Değerler (Aminzadeh,1984)

Tabaka	Giriş Parametreleri				
	1	2	3	4	5
v^P	5000.0	8000.0	10000.0	2000.0	9000.0
v^S	2887.8	4618.8	5773.5	1154.7	5196.2
ρ	1.934	2.175	2.3	1.538	2.240
$\theta = 2^0$ için hesaplanan parametreler					
v^P	5000.0	7999.6289	9999.84	2004.123	8960.256
v^S	2887.8	4618.55	5773.437	1157.117	5164.078
ρ	1.934	2.17508	2.300021	1.534837	2.24897
$\theta = 20^0$ için hesaplanan parametreler					
v^P	5000.0	7999.832	9999.824	1995.382	9018.5977
v^S	2887.8	4618.679	5773.382	1151.985	5216.914
ρ	1.934	2.1750412	2.3000259	1.541538	2.23672

Tablo 2 : Model ve Hesaplanmış Değerler

Tabaka	Giriş Parametreleri				
	1	2	3	4	5
v^P	5000.0	8000.0	10000.0	2000.0	9000.0
v^S	2887.8	4618.8	5773.5	1154.7	5196.2
ρ	1.934	2.175	2.30	1.538	2.240
$\theta = 2^0$ için hesaplanan parametreler					
v^P	5000.0	7996.2	9995.3	2002.6	8999.5
v^S	2887.8	4616.6	5770.8	1156.2	5196.9
ρ	1.934	2.176	2.30	1.535	2.240
$\theta = 20^0$ için hesaplanan parametreler					
v^P	5000.0	7999.86	9999.79	1999.895	9000.1
v^S	2887.8	4618.73	5773.4	1154.64	5196.28
ρ	1.934	2.175	2.30	1.538076	2.23996

Tablo 3 : Model ve Hesaplanmış Değerler

Tabaka	Giriş Parametreleri			
	1	2	3	4
v^p	3464.1	5196.2	6062.2	6928.2
v^s	2000.0	3000.0	3500.0	4000.0
ρ	1.9	2.0	2.1	2.2
$\theta = 2^0$ için hesaplanan parametreler				
v^p	3464.1	5194.5	6059.8	6925.1
v^s	2000.0	2999.0	3498.6	3998.3
ρ	1.9	2.0	2.1	2.2
$\theta = 20^0$ için hesaplanan parametreler				
v^p	3464.1	5195.4	6053.4	6928.8
v^s	2000.0	2999.5	3494.5	4000.4
ρ	1.9	2.0	2.1	2.199

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada tabakalı ortam için yapay sismogramların hesaplanması incelenmiştir. Yansıma olayı model çalışma ile irdelenerek tabaka hızının, kalınlığının, kullanılan dalgacığın, tekrarlı yansımaların ve kullanılan gürültünün oluşturulan yapay sismogramı nasıl etkilediği açıklanmıştır. Doğada karşılaşılan bazı jeolojik modellerin yapay sismogramları oluşturularak yapay sismogramların sismik kesitin yorumlanmasına olan katkıları vurgulanmıştır. Yapılan model çalışma sonucunda arazi sismogramları ile karşılaştırılmak üzere oluşturulan yapay sismogramlar için uygun giriş dalgasının seçimi ve bölgenin gürültü içeriğinin çok önemli olduğu anlaşılmıştır. Gerçek arazi sismogramları ile yapay sismogramlar hiç bir zaman birbirine tam uymamaktadır. Bunun en önemli nedeni yapay sismogram oluşturulmasında yapılan bazı kabuller ve modelimizin gerçek yer modeline her yönüyle tam uymamasıdır.

Çalışmada ayrıca dalganın sınıra normal olmayan gelişi halinde yansıma ve parametre matrisleri arasındaki ilişkiden yararlanarak ve yansıma matrisleri kullanılarak bir tabaka empedans matrisi tanımlanmıştır. Bu matrisin özel durumundan yararlanarak oluşturulan doğrusal olmayan denklem takımının çözülmesiyle bir alttaki tabakanın parametrelerinin iteratif olarak nasıl hesaplanabileceği gösterilmiştir. Ayrıca dalganın geliş açısındaki farklılıkların hesaplamalardaki duyarlılığı fazla etkilemediği gösterilmiştir. Deneylerimiz Aminzadeh'in önerdiği algoritmanın başarılı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Sismogramlardan inversiyon yoluyla yansıma matrislerinin elde edilebilmesi halinde bu algoritmanın tabaka parametrelerinin hesaplanmasında kullanılabileceği vurgulanmıştır.

K A Y N A K L A R

AMINZADEH,F.,1984, Derivation of Layer Parameters of an Elastic Medium from Reflection coefficient Matrices, Geophysical Prospecting, 32, 819-827.

AMINZADEH,F.and MENDEL,J.M.,1982, Non-normal incidence state space model and line source reflection synthetic seismogram, Geophysical prospecting, 30, 541-562.

CANITEZ,N.,1984, Jeofizikte Veri İşlem (cilt-I), İTÜ Maden Fak. yayınları.

CLAERBOUT,J.F.,1976, Fundamentals of Geophysical Data processing, McGraw-Hill,Newyork.

ÇORUH,C.,1984, Yansımali Sismikte Temel Kavramlar, Türkiye Petrolleri A.O. Arama Grubu yayınları.

1965, Educational aids to modern exploration seismology, Courtesy of Pan American Petroleum Corporation.

FRASIER,C.W.,1970, Discrete-time solution for plane P-SV-Waves in a plane layered medium. Geophysics 35, 197-219.

GELİŞLİ,K. ve Ö.ALPTEKİN,1985, Yansıma matrislerinden yararlanarak normal olmayan geliş halinde tabaka parametrelerinin hesaplanması, yayın için madencilik dergisine sunuldu.

KUNETZ,G. and D'ERCEVILLE,I.,1962, sur certaines proprietes du'une onde acoustique plane de compression dans un milieu stratifie, Annales de Geophysique 18, 351-359.

- LINDSETH, R.O., 1979, Synthetic sonic logs-a process for stratigraphic interpretation: Geophysics, V.44, p.3-26.
- LINES, L.R. and ULRYCH, T.J., 1977, The old and the New in seismic Deconvolution and wavelet Estimation, Geophysical prospecting, v.25, p.512-540.
- MANUEL, T.S. and E.A.ROBINSON, 1982, Geophysical time series in the exploration for oil and natural gas, McGraw-Hill, New York.
- ÖZDEMİR, H., 1980, Jeofizikte Veri İşlem II, İTÜ Maden Fak. Yayınları.
- PETERSON, R.A., W.R.FILLIPONE, and F.B.COKER, 1955, The synthesis of seismograms from well log Data, Geophysics, v.20, p.516-538.
- ROBINSON, E.A., 1967, Multichannel Time series Analysis with Digital Computer programs, Holden Day, San Fransisco.
- SHERWOOD, J.V.C., 1962, The Seismoline, An Analog computer of theoretical seismograms, Geophysics, v.27, p.19-34.
- SENGBUSH, R.F., P.L.LAWRENCE, and F.J.Mc DONAL, 1961, Interpretation of synthetic seismograms, Geophysics, v.26, p.138-157.
- SILVERMAN, D., C.C.LASH, and C.F.HADLEY, 1963, Murac A Multiple Reflection Analog computer, Geophysics, v.28, p.975-989.
- TREITEL, S., and ROBINSON, E.A., 1966, Seismic wave propagation in layered media in terms of communication theory: Geophysics, v.31, p.17-32.

WUENSCHER, P.C., 1960, Seismogram synthesis including multiples and transmission coefficients: Geophysics, v.25, p.106-129.

YARAMANCI, U., 1984, Jeofizik'te Stokastik Modelleme, İTÜ Maden Fak. yayınları