

Damar İçi Sismik Yöntemle Kömür Damarı İçerisindeki Süreksizliklerin Aranması

Investigations of Discontinuities Within the Coal Seam by In-seam Seismic Method

Cemil GÜRBÜZ*

ÖZET

Sismoloji, özdirenç ve gravite gibi jeofizik yöntemler ile yüzeyden yapılan ölçülerle yeraltı yapısı hakkında bilgiler elde edebiliriz. Büyük fayların varlığı ortaya çıkarılabilir. Yüksek ayrımlı sismik yöntemle sığ derinliklerdeki küçük faylar da bulunabilir. Derinlere inildikçe çok önemli olan küçük süreksizliklerin bulunması güç olduğundan sismoloji uygulamaları yeraltına inmiş ve damar içi sismik yöntem geliştirilmiştir.

Kömür damarı kendisini çevreleyen kayalara göre çok düşük bir hıza sahiptir. Kömür damarı içerisine açılan bir kuyuda yapılan patlatmadan açığa çıkan enerji düşük hızlı kömür damarı içerisinde kanalize olur ve kanal dalgalarını oluşturur. Kanal dalgalarının patlatma noktasına benzer şekilde açılan kuyulara yerleştirilen iki bileşenli jeofonlar tarafından algılanmasıyla kömür damarı içerisinde çeşitli şekillerde oluşmuş süreksizliklerin varlığı ve konumları belirlenebilir.

ABSTRACT

The subsurface structure can be investigated by geophysical methods such as seismology, resistivity and gravity. Large faults may be detected. Furthermore, small faults at shallow depths can be detected by high resolution seismic method. When the depth of interest becomes deeper then small but vitally important faults can be missed, for this reason seismology has gone underground.

The coal seam has a lower velocity than the surrounding rocks. Energy produced by an explosion which was detonated within a hole inside the coal seam, becomes trapped within the seam and called channel waves. Channel waves received by two component geophones placed within a hole inside the coal seam like the shot point can be used to detect and determine positions of discontinuities formed by various ways.

1. GİRİŞ

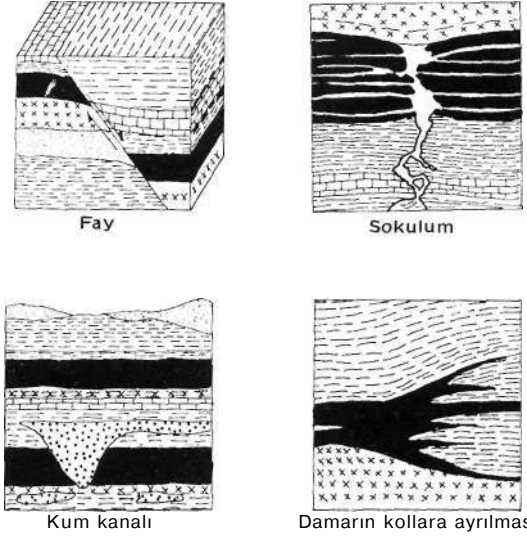
Yüzey sismik yansıma yöntemleriyle yeraltında bulunan kömür damarlarının uzanımları araştırılabilir. Yüksek duyarlılıkta veri elde edilmişse, atımları kömür damarının kalınlığına eşit ve büyük olan fayları bulmak mümkündür (1). Yüksek duyarlılıkta sismik veriyi elde etmek çok pahalıdır. Ayrıca düşük hız tabakasının kalınlığının çok değişken olması ve ardışık kömür damarları arasında katlamalı yansıma ve dalgaların saçılması sonucu elde edilen yüzey yansıma sismik verilerin değerlendirilmesi güçtür. İlgilenilen derinlik arttıkça bu daha da güçleşmektedir.

Yüzeyde yapılan jeofizik ölçmelerle çok önemli olan küçük faylar belirlenemediğinden kömür çıkarmak için açılan galerilerde sismik yöntemler uygulanabilir. Kömür damarı içerisindeki faylar yatay yönde sismik ışınlama ile araştırılabilir. Uzun ayak sistemiyle kömür çıkarma büyük yatırımlar gerektirmektedir. Galeriler açılmadan önce muhtemel fayların yerlerinin belirlenmesi kömür çıkarma maliyetini oldukça düşürecektir.

Kömür damarlarındaki devamlılığı etkileyen çeşitli süreksizlikler vardır (Şekil 1). Bunlardan en önemlisi küçük faylardır. Diğer tür süreksizlikler sokulumlar, kum kanalları, damarın kollara ayrılması, damar içerisinde çakıl taşlarının bulunması ve kömür damarının sıkışma sonucu daralması gibi. Bu süreksizliklerin kömür çıkarma galerinin açılması ve kömürün alınması sırasında aniden ortaya çıkması büyük zararlara ve kömürün çıkarılmasında gecikmelere neden olmaktadır. Sıkışmış zonlardaki yüksek basınç alanlarının ani olarak kömürü fıskırtmaları da can kaybına neden olmaktadır. Bu tür sorunlara bir çözüm getirebilmek için galeri içerisinde sismik yöntemlerin uygulanması birçok Avrupa ülkesinde ve Avustralya'da yapılmaktadır. Bugün yüksek duyarlılıkta antigrizu edilmiş sayısal kayıtçıların geliştirilmesiyle başarılı sonuçlar alınmaktadır. Aletteki gelişmeye paralel olarak veri işlem ve değerlendirme yöntemlerinde de büyük gelişmeler olmuştur. Damar içi sismik yöntemin başarılı olması, bu yöntemi uzun ayak sistemiyle kömürün çıkarıldığı ülkelerde zorunlu hale getirmiştir. Zonguldak kömür havzasında da galeri içi sismik yöntem uygulama aşamasındadır.

2. GALERİ İÇİ SİSMİK YÖNTEM

Galeri içi sismik yöntem 1955 yılında ilk olarak Yeni Zelanda'daki bir kömür ocağında uygulan-



Şekil 1. Kömür damar içerisinde en çok rastlanan süreksizlik türleri. Siyahla taralı alanlar kömür damarını göstermektedir.

mıştır (2). 1963 yılından sonra birçok ülkede uygulamaya konmuş ve başarılı olmuştur. Krey (3) kömür damarı içerisindeki sismik dalgaların damar içerisinde kaldığı ve dışarıya çok az miktarda enerjinin çıktığını göstermiştir. Bu dalgalara kanal dalgaları adı verilmiştir. Bu dalgaların hızları frekansa bağlı olarak değiştiğinden dispersif özelliktedirler ve yayılım boyunca şekil değiştirirler.

Kömürü çevreleyen kayaçların hızları kömürdeki hızın en az iki mislidir (4). Kanal dalgaları yüzey dalgalarının özelliklerini taşıdıklarından birinci ve daha yüksek dereceden modları ihtiva ederler. Sismik yansıma yöntemi de ilgilenilen normal moddaki yüzey dalgalarıdır. Kanal dalgaları kömür içerisinde oluşturulur, damar içerisinde yönlendirilir ve damar içerisinde bulunan jeofonlar tarafından algılanır.

Yüzey dalgaları Love ve Rayleigh dalgaları olmak üzere iki türdür. Galeride içi sismik çalışmada önemli olan Love dalgalarıdır. Love dalgalarının tanecik hareketi kömür damarının merkezi düzlemine diktir ve bu özelliklerinden dolayı kömürün merkezi düzleminde en büyük genliğe sahiptir. Bu nedenle patlatma noktası ve jeofonlar kömür damarının merkezi düzlemine paralel olacak şekilde yerleştirilir.

İki yatay bileşen jeofonu kullanılır ve doğal frekansları 28 Hz dir. İlgilenilen kanal dalgalarının frekansları 500-700 Hz arasında olduğundan bu frekans bandında sinyallerin sönümlenmeden algılanması gerekir. Açılan kuyu içerisine yerleştirilen

jeofonlar sinyali sönülmeye uğratmaz ve frekans açısından bir kayıp yoktur. Kayıtçılar sayısaldır ve 24 kanallıdır. Örnekleme aralığı 0.5 ms olduğundan 1000 Hz'e kadar sinyalleri kaydedebiliriz. Böylelikle önemli bilgi taşıyan sinyaller kaybedilmemiş olur. Sismik kayıtçının gürültü seviyesi küçük ve yükselticiler geniş bir dinamik aralığa sahiptir. Bu açıdan sismik kayıtçı çok duyarlıdır. Ölçümler galeri içerisinde olacağından grizuya karşı bütün sistem anti-grizu edilmelidir.

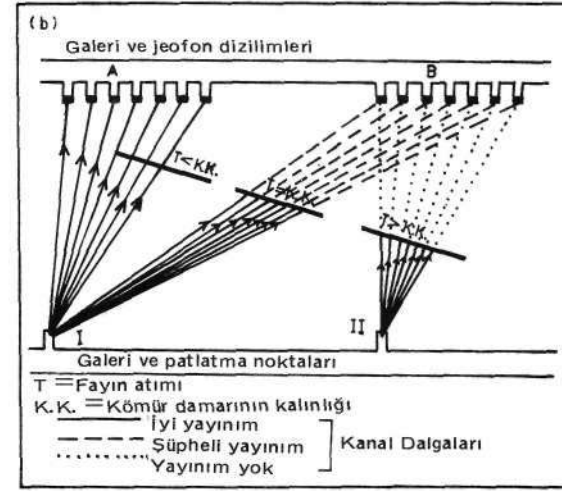
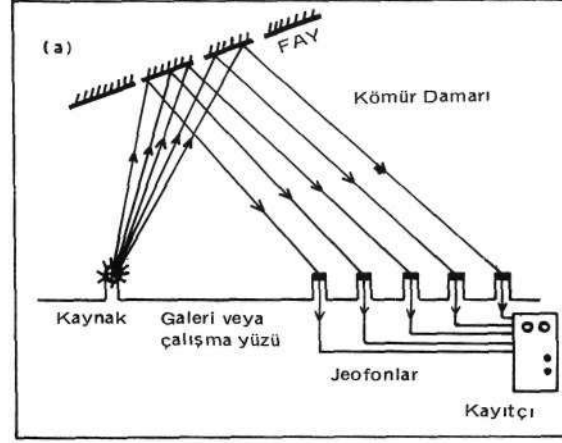
Kömür damarı içerisinde yapılan patlatmadan açığa çıkan sismik dalgaları kaydetmek için iki yöntem kullanılır. Bu yöntemler yansıma ve yayılım yöntemleridir.

2.1. Yansıma Yöntemi

Eğer kömür damarı tamamen veya kısmen fay tarafından kesilirse fayın her iki yanında farklı akustik direşimler oluşur. Bu bir sismik yansıtıcı gibi davranır. Yansıtıcılık özelliğinden hareketle yansıma yöntemi geliştirilmiştir. Patlatma noktası ve jeofonlar aynı galeri veya kömürün çıkarıldığı yüz boyunca (Şekil 2a). Patlatma noktası ve jeofonlar kömür damarının ortasına ve yatay yönde 1-2 m uzunlukta açılmış kuyulara yerleştirilir. Kullanılan iki yatay bileşen jeofonları birlikte ve kömür ile temasta olacak şekilde geliştirilmiştir. Bir noktadan birden fazla yansıma alınarak sinyal gürültü oranı yığma sonucu artırılır (Şekil 2b).

Yansıma sismogramları ilk gelen ve çevre kayaç boyunca ilerleyen Pj dalgasını galeri veya kömürün çıkarıldığı yüz boyunca kömür içerisinde ilerleyen CJ dalgasını ve kömür damarı içerisindeki bir süreksizlikten yansıyan gelen C kanal dalgalarını içerir (Şekil 3a). C dalgası süreksizlik varsa oluşur. Eğer fayın atımı kömürün kalınlığından büyükse faydan sonraki yapıdan hiç bilgi alınamaz. Fayın atımının küçük olması halinde birbiri arkasına gelen süreksizlikler ortaya çıkarılabilir. İyi kalitede yansıma alabilmek için kömür damarının merkezi düzlemi ile fay düzlemi arasındaki açı 30 den büyük olmalıdır. Diğer taraftan kömür damarının eğimi yansıma sonuçlarını etkilemez.

Şekil 3b de ok işaretleri arasında kalan bölgede kanal dalgaları yer almaktadır. Burada yatay eksen jeofon konumlarını ve düşey eksen yansıma zamanlarını göstermektedir. Fayın yerini daha iyi anlayabilmek için dalga trenlerini yığma yerine kanal dalgalarının zarfları bulunur ve yığılır (Şekil 3c). Fa-



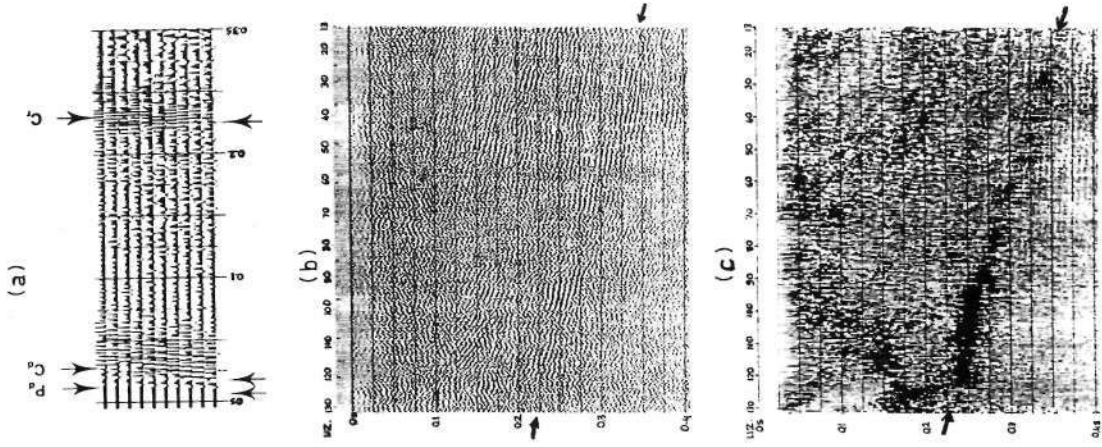
Şekil 2. a) Yansıma yönteminin prensibi, b) Yayılım yönteminin prensibi.

yn yeri daha belirgin hale gelmiştir. İki ok işareti arasında kalan en büyük zarf genlikleri muhtemel fayın olduğu yerdedir.

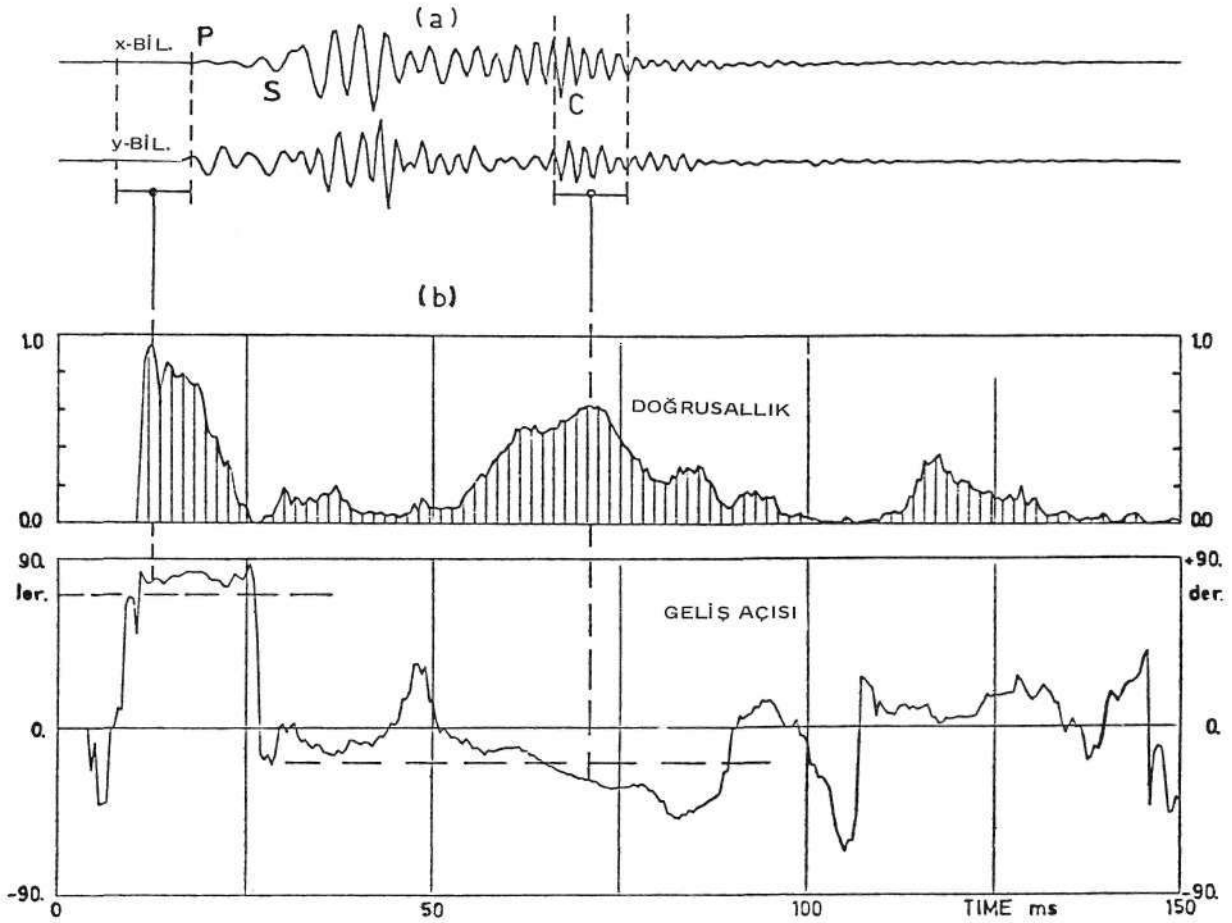
Kanal dalgalarının genlikleri frekansa bağlı olarak değişir. Yığma ve dalga zarflarının genliklerinin hesaplanmasından önce kanal dalgalarının sıkıştırılması yani iğnecik haline getirilmesi gerekir (6). Kanal dalgalarına uygulanan bu işlemlerden sonra elde edilen sismik kesitler zaman-uzaklık şeklinde verilmiştir. Fayın konumunu belirlemek için hız bilgisine gereksinim vardır. Sismik yayılım yöntemiyle hız değeri bulunarak jeofon konumlarına göre fayın yeri belirlenir.

2.2. Yayılım Yöntemi

Yayılım yönteminde amaç kömür damarına kıyasla fayın atımını tahmin etmek ve kanal dalgala-



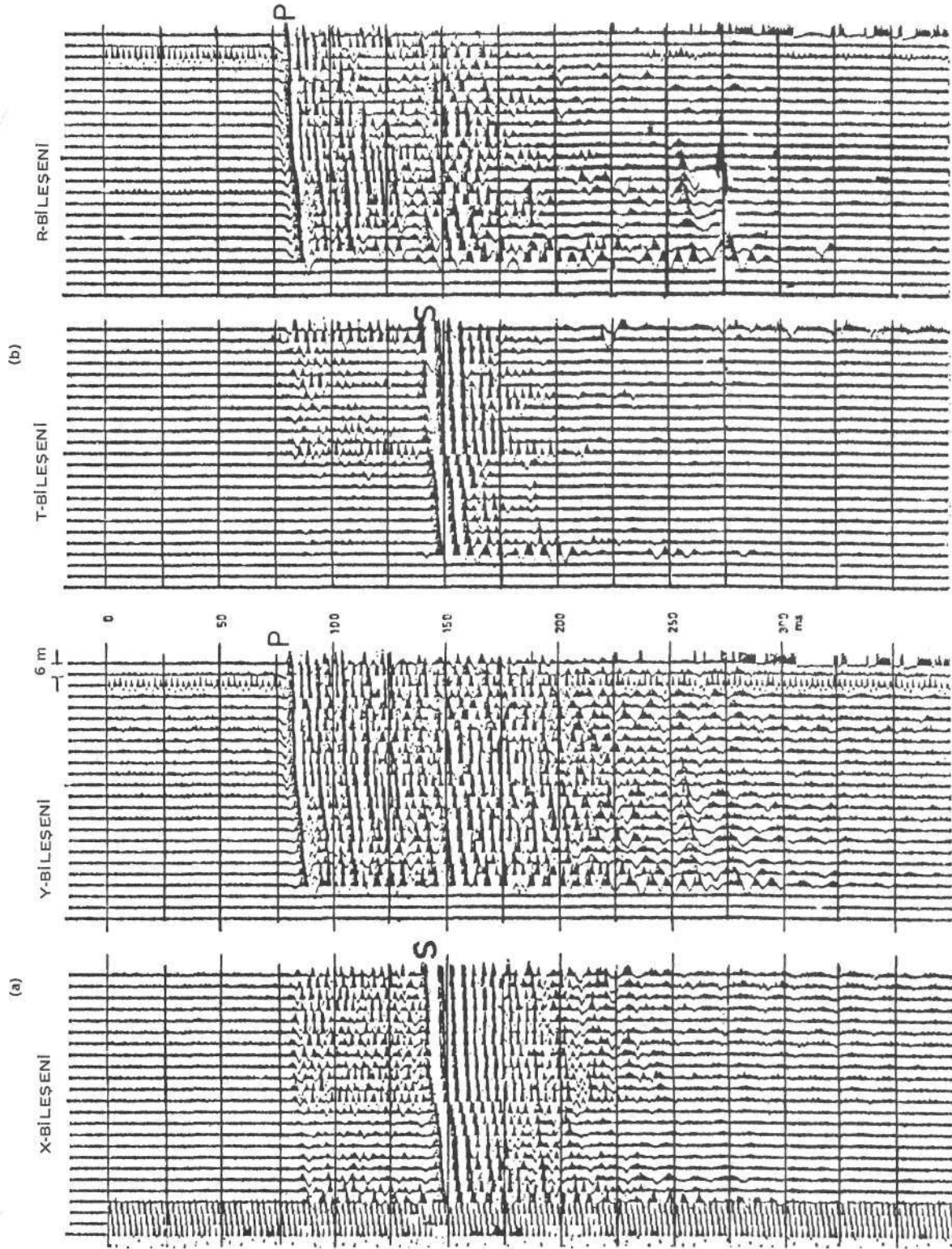
Şekil 3. a) Bir yansıma kaydı örneği, b) Altı katlamalı yansıma kesiti, c) Aynı kesitin dalga zarflarının toplanmasıyla elde edilmiş. Oklar muhtemel fayın yerini göstermektedir (5).



Şekil 4. a) Bir yayılım kaydı, b) Bu kaydın polarizasyon analizi (7).

rının hızını belirlemektir. Yansıma yöntemine benzer şekilde ölçü alınır. Yalnız kaynak noktası ile jeofonlar aynı doğrultu boyunca değildir (Şekil 2b). Fayın atımı damar kalınlığından büyükse kanal dalgaları gözlenmez. Kanal dalgalarının gözlenmesi fayın olmadığı veya atımının damar kalınlığından küçük olduğunu gösterir.

Yayılım kayıtlarının kalitesini artırmak için jeofon eksenleri döndürülür. Kayıt esnasında bir yatay jeofon kömür damarına dik (Y-bileşeni) ve diğeri kömür damarına paraleldir (X-bileşeni). Y-bileşeni kaynak noktası yönünde döndürülür ve R bileşeni adını alır. X-bileşeni ise kaynak doğrultusuna dik duruma getirilir ve T-bileşeni adını alır.



Şekil 5. Yayınım yöntemiyle elde edilmiş kayıt (a) ve bu kaydın döndürülmüş ve polarizasyon süzgeçlenmiş şekli (b) (7).

R-bileşeni P-dalgalarına ve T-bileşeni ise S-dalgalarına karşı duyarlıdır.

Yayınım sismogramları çevre kayada yayman ve ilk gelen P-dalgaları, ikincil gelen S-dalgaları ve kanal dalga trenini (C-dalgası) içerir (Şekil 4a). C-dalgalarının yokluğu büyük atımlı süreksizliğin varlığına işaret eder. Sismogram üzerindeki dalgaların türlerini belirlemek için polarizasyon analizi uygulanır (Şekil 4b). Doğrusallık ve geliş açısı polarizasyon analizinin iki önemli parametresidir. Doğrusallık ve geliş açısının değeri ve işareti dalganın türünü belirler. 70° de P-dalgası ve -20° de ise S-dalgası gelmiştir. 30 ms de doğrudan gelen S-dalgası ve 60-80 ms aralığında ise doğrusal polarize olmuş kanal dalgaları vardır. 115-120 ms arasında ise 10° lik geliş açıyla yakın bir faydan olan yansıma dalgası vardır.

Elde edilen yayınım kayıtları geliş açısı ve polarizasyon özelliklerine göre döndürülür ve R, T izleri elde edilir. Daha sonra polarizasyon süzgeci ile doğrusal olarak polarize olmuş dalgalar kuvvetlendirilir ve diğer tür dalgalar giderilir (Şekil 5). T-bileşeni üzerinde S-dalgaları ve R-bileşeni üzerinde ise P-dalgaları iyi gözükür. Büyük ölçüde gürültü giderilmiştir. Kanal dalgalarının olmayışı bir fayın varlığını gösterebilir.

Yayınım verisi analiz edildiğinde grup ve faz hızları elde edilir. Doğrudan gelen ve kanal dalgalarının hızları frekansa bağlı olarak bulunur. Yansıma verisi üzerinde önemli olan Airy fazıdır. Airy fazının hızı grup hızının minimum değerinden belirlenir.

3. SONUÇLAR

Galeri içi sismik yöntemler uzun ayak sistemleriyle kömürün çıkarıldığı bölgelerde karşılaşılan sorunlara bir çözüm getirmek için yararlı bir yöntemdir. Yansıma ve yayınım yöntemlerinin birlikte kullanılması gereklidir. Her iki yöntem birbirlerini tamamlar. Süreksizliklerin yerlerini belirleme uzaklığı 300-600 m arasındadır. Gelecekte bu daha da artırılacaktır.

Kullanılan yöntemin bazı sorunları vardır. Bu sorunlar yöntemin başarısını etkilemektedir ve sınırlamaktadır. Yöntemin başarısının derecesinde bilinmelidir. Süreksizliğin geometrisi, boyutları ve kömürün tekdüzeliği yöntemin başarısızlığını etkileyen önemli parametrelerdir. Başarıyı etkileyen diğer bir etken kanal dalgalarının dispersif olmasıdır. Bu nedenle yansıyan ve yayman dalgaların doğrulukla geliş zamanlarını belirlemek güçtür. Sorun hangi hız kullanılacağıdır. Bu soruna çözüm getirmek için iki yol izlenmektedir. Birinci yaklaşım ters evrişim (8) ve ikinci yaklaşım yansıma ve yayınım izlerinin çapraz ilişkisini anlamaktır (9).

Patlatma şeklinde yapılacak yenilikler yöntemin başarısını artıracaktır. Vibroseis yöntemle istenilen frekans bandında sinyal gönderilebilir. Yalnız bu yöntemin grizu sorunları giderilirse kullanılabilir. Verilerin analizi ve buna bağlı olarak değerlendirilmedeki gelişmeler devam etmektedir. Galeri içi sismik yöntemin başarısı da bu gelişmelere bağlı olarak artmaktadır.

KAYNAKLAR

1. ZIOLKOWSKI, A., and LERWILL, W.E., A Simple Approach to High Resolution Seismic Profiling for Coal, Geophys. Prosp., V. 27, 1979, pp. 360-93.
2. EVISON, F.F., A Coal seams as Guide for Seismic Energy, Nature 176, 1955, pp. 1124-5.
3. KREY, T.C., Channel Waves as a Tool of Applied Geophysics in Coal Mining, Geophysics, V.28, 1963, pp. 701-714.
4. BUCHANAN, D.J., In-Seam Seismology: A Method for Detecting. Faults in Coal Seams, In Developments in Geophysical Exploration Methods-5. Ed-A.A.Fitch. Applied Science Pub. London, 1983, pp. 1-34.
5. PRAKLA-Seismos Information No. 23, In-Seam Seismic Techniques, 1980.
6. MASON, I.M., D.J. BUCHANAN, and A.K. BOOER, Fault Location by Underground Seismic Survey, IEE PROC, V. 127, 1980, pp. 322-335.
7. MILLAHN, K.O., and ARNETZL, H.H., Analysis of Digital In-Seam Reflection and Transmission Surveys Using Two Components. Paper presented at the 41st EAEG-Meeting, Hamburg, 1979.
8. BUCHANAN, D.J., Fault Location Using Seismic Technique, ECSC Progress Report, 1976.
9. ARNETZL, H., and Th.KREY, Progress and Problems in Using Channel Waves for Coal Mining Prospecting, paper at 33rd EAEG-Meeting, Hannover, 1971.