

合成地震記録・VSP 測定と岩盤亀裂特性

(株)大林組 技術研究所 正会員 桑原 徹  
 (株)大林組 技術研究所 正会員 並木和人  
 (株)地球科学総合研究所 川中 卓  
 (株)地球科学総合研究所 須田茂幸

1. はじめに

反射法地震探査における反射面の出現は、地盤の密度と速度から計算される反射係数の大小と関係する。一般的に反射面は第四紀層や第三紀層等の堆積岩層の地層境界に相当すると考えられているので、反射法の対象はこれらの堆積層である。しかし基盤層としての硬質岩盤においても、亀裂密度の疎密による深度方向の層境界が存在すれば、堆積層の境界面と同様に反射面が存在し、観測手法の改善あるいはデータ処理の高度化によっては亀裂集中帯として検出できる可能性がある。今回の研究報告は、音波検層による合成地震記録と VSP 記録を主体とした反射波を利用して、岩盤亀裂の抽出技術に関してその可能性を検討したものである。

2. 実験サイトの地質条件と調査内容

ボーリング調査（コア試料観察）およびボアホールテレビ観察によると、実験サイトの深度 110m に至る地質構成は、不均質な石灰岩、ドロマイト、泥質石灰岩からなる。RQD 値は概ね 50 以上で、80 以上の区間も多く、岩盤工学的には均質な岩盤中に亀裂が散在していると言える（図 - 1）。調査項目としては、キャリパー検層、ガンマ線検層、フルウェーブ音波検層から合成地震記録を作成し、併せて VSP 測定（油圧インパクターによるゼロオフセット測定）およびサスペンション型 PS 検層、電気検層を行った。

3. 高周波数帯域の合成地震記録と岩盤特性

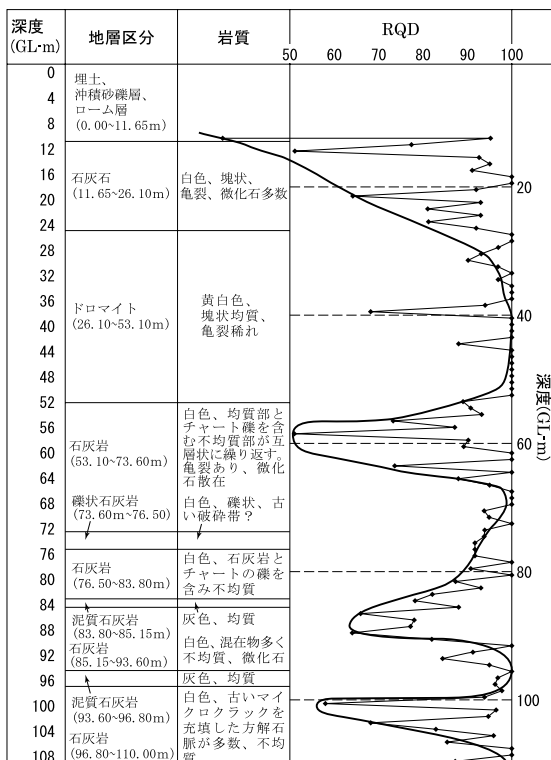


図 - 1 地質柱状図と RQD 値

ボーリング孔内での各種調査結果に、音波検層による合成地震記録を付加した比較検討結果を図 - 2 に示す。深度軸に対する合成地震記録は Cycle/km で表わされるが、ここでは便宜上対応する時間軸の周波数で表わす。合成地震記録として 30 ~ 200Hz の周波数帯域から、6 種類の周波数帯域の波形記録が示されているが、岩盤特性との対比用としては最も高分解能と考えられる 60 ~ 200Hz の記録を利用した。反射位相は 6 カ所（図中 No.1 ~ No.6）で認められるが、他の調査結果の特異点（図中の丸印）とは、以下のような対応が認められる。

検層記録の内、弾性波速度における変動のピーク（低速度へ振れるピーク）と電気検層における変動のピーク（低比抵抗へ振れるピーク）は良く対応する。これらのピークは、コア試料観察で得られる亀裂頻度・RQD 値の変動のピークと 4 カ所において対応し、他の 2 カ所では対応が認められない。また反射位相と弾性波速度、比抵抗値、亀裂頻度・RQD 値のピークとの対比から、4 カ所の反射位相は岩盤中の亀裂

キーワード：フルウェーブ音波検層、VSP、合成地震記録、RQD、亀裂帯、岩盤

(株)大林組 技術研究所 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640, TEL 0424-95-0910, FAX 0424-95-0903

(株)地球科学総合研究所 研究開発部 〒112-0012 東京都文京区大塚 1-5-21, TEL 03-5978-8034, FAX 03-5978-8058

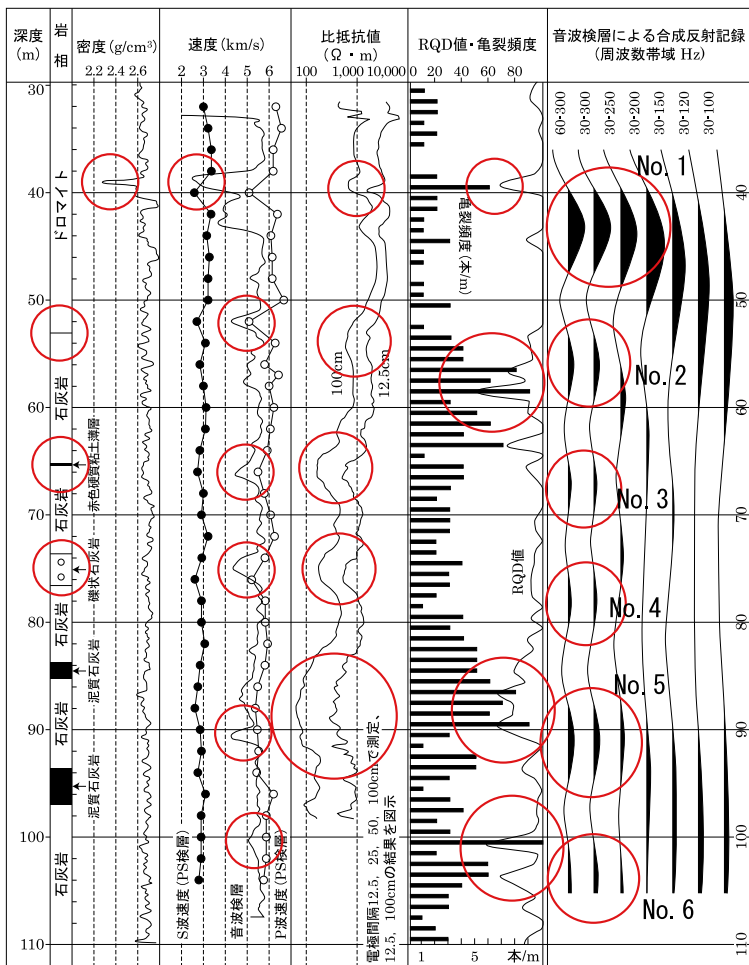


図 - 2 物理検層の調査結果

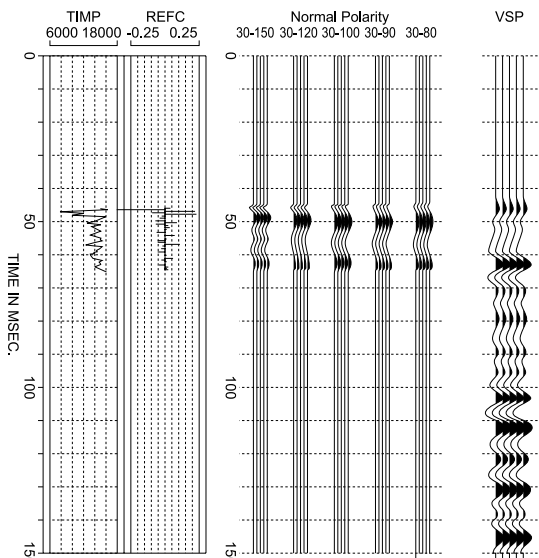


図 - 3 合成地震記録と VSP（時間軸）

（帯）に対応し、残りの 2 ヲ所では岩相変化に対応している（表 - 1）。

4 . 合成地震記録と V S P

音波検層記録の往復走時は 45 ~ 65msec と極めて短いが、対比できる時間断面（往復走時）の範囲においては、高周波数成分をカットした合成地震記録（30 ~ 80 Hz）と VSP 記録が概ね対応している（図 - 3）。岩盤中の高速度帯では、音波検層による合成地震記録は、VSP との観測データの周波数領域の違いにより、VSP で得られる時間断面の一部しか表わしていない。すなわち、音波検層による合成地震記録は高分解能ではあるが、高周波数成分が卓越するが故に、低周波数成分まで含む VSP で得られる時間断面の一部しか表わすことが出来ない。

5 : V S P と岩盤特性

VSP の結果は、検層結果に見られる細かいピーク変動、BTV に見られるマイクロクラック群、わずかな岩相変化とは明瞭な関係がなく、RQD 値のような巨視的な変化との対応が強い。亀裂頻度の疎密（RQD 値）の顕著な変曲点、あるいは疎密の繰り返しが発生する部分で反射面が生じていると判断される。

6 . まとめ

高周波数帯域の合成地震記録では、亀裂頻度の疎密境界ならびに一部の岩相境界が反射面として検出された。一方低周波数帯域の合成地震記録および VSP 記録では、亀裂頻度が巨視的に変化する部分で反射面が生じている。以上から堆積層の境界面と同様に、硬質岩盤中での亀裂頻度の疎密部の境界でも反射面は同様に発生するという推論が、今回の結果から確認できた。なお VSP で音波検層と同様な記録を得るためには、岩盤中では 100 ~ 200Hz 程度の記録が必要と予想された。

表 - 1 反射位相と岩盤特性の対比

反射位相	岩質	密度変化 (密度検層)	速度変化 (音波検層)	速度変化 (ガスノンソニック型 PS検層)	比抵抗値 (電気検層)	亀裂頻度 (コア試料)	RQD値 (コア試料)	反射位相の原因
No.1		相関大	相関大	相関あり	相関大	相関あり	相関あり	亀裂(帯)
No.2	相関大 (トロイト/石灰岩)		相関あり	相関あり	相関あり	相関大	相関大	亀裂(帯)
No.3	相関あり (硬質粘土薄層)		相関あり	相関あり	相関大			岩相
No.4	相関あり (礫状石灰岩)		相関あり	相関あり	相関大			岩相
No.5			相関あり		相関大	相関大	相関大	亀裂(帯)
No.6			相関あり		-	相関あり	相関大	亀裂(帯)