

【CO130】

岩盤斜面の緩み領域の推定を目的とした、弾性波探査結果とボーリング調査結果との整合について

大日本ダイヤモンドコンサルタント株式会社 ○小玉 聡、遠藤 理

1. はじめに

岩盤斜面の緩み状況を把握することを目的として、初めに弾性波探査により斜面の速度分布を求め、斜面の緩み領域を推定した。推定した緩み領域に対して、ボーリング調査を計画し、ボーリングコア状況及びボアホールカメラの観察結果と速度分布を比較した。その結果、弾性波探査で推定された岩盤斜面の緩み領域とボーリングコアの状況やボアホールカメラ解析結果は概ね整合が見られた。

2. 弾性波探査

弾性波速度は地層の硬軟、風化・変質の状況、割れ目の発達状況、断層の有無により変化する。その速度値は、良く固結した岩盤で高いが、風化が進み土砂化が進んだ岩盤では低くなる。本調査では、屈折法の原理を利用し弾性波探査を行った。原理は人工的に発生させた地震動のうち、縦波（P波）や横波（S波）が直接または異地層間で屈折して地層中を伝わっていく状況を地表で観測し、それを基にして地下の地質状況を調査した。表-1に弾性波探査の諸元を示す。

表-1 弾性波探査の諸元

起震方法	ハンマー打撃
データ取得方法	スタッキング法
受振点間隔	2～5m
受振器	固有周波:2Hz 型
解析ソフト	高精度屈折法地震探査

3. 弾性波探査の解析

弾性波探査の解析は、図-1に示す SIRT 法に基づくトモグラフィ法を適用した。トモグラフィ法の初期モデルは、走時曲線からハギトリ法で求めたハギトリ曲線の見掛け速度値を参考にした。セルサイズは、水平方向が受振点間隔の水平2～5m 以下、深度方向は地表から深度約10～30m の層厚を15区分に設定した。SIRT 法は、速度構造モデルを複数の四辺形（セル）に近似し、各セル内の速度を一定と仮定した上で、j 番目のセルのスローネスの修正量（ $\Delta S_j$ ）を、式-1で繰り返し修正しながら、実測値（走時）と整合する最適な速度モデルを推定する方法である。また、解析は走時曲線をハギトリ法で検討し、速度断面をトモグラフィ（的）法で求めた。このトモグラフィ法は、受振・起振点が地表だけでも、急崖地では立体的な測定になるため、適用性が高い。この利点を生かし、下記の2つの条件でそれぞれ行い、比較検討することで解

釈精度を向上させた。

- ① 解析1:深いほど速度増加すると仮定した一般的な方法
- ② 解析2:深いほど速度増加すると仮定しない方法(速度逆転層の有無を検討)

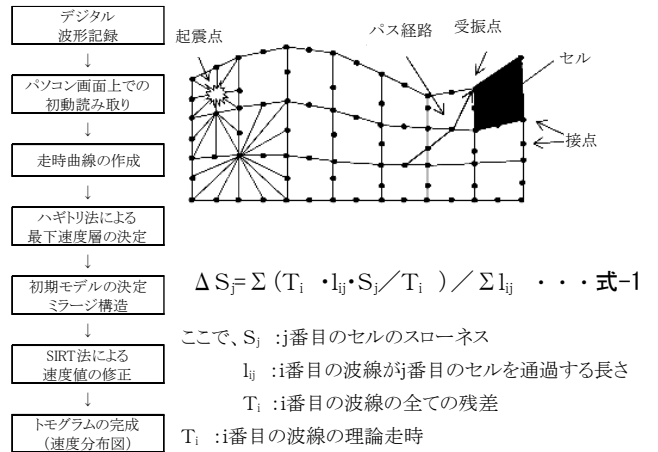


図-1 トモグラフィ法の解析手順

4. 緩み領域の推定

P波速度の全国的な統計資料の平均値を表-2に示す。弾性波探査および解析で得られた速度分布図を図-2に示す。

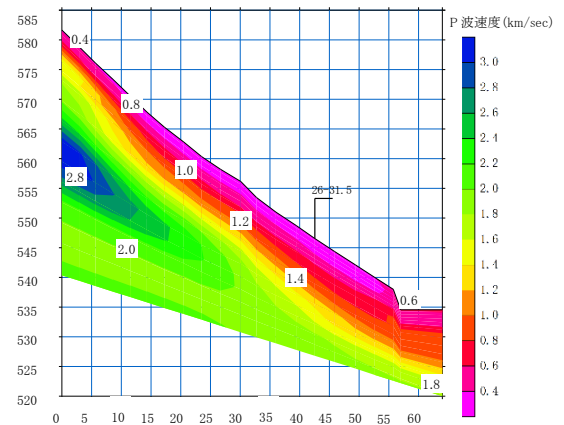


図-2 速度分布図

速度構造は、深いほど徐々に速度増加する速度漸移帯が尾根で厚く、谷で薄くなる風化帯のパターンや逆に低速度層が斜面下で厚くなる崩壊土砂等が反映された。深部の高速度層は、表-2に示す平均速度と比較し同等以下のため、風化岩～弱風化岩に相当する。露岩地で崖堆積物や空気（≒0.34km/s）まで速度低下した箇所は、浮石状で角礫状に剥離した箇所となっている。以上の解釈から、地山は下記のように大別され、緩み領域はP波速度0.4～1.4km/sと設定した。

- ① 約0.4～0.6km/s 以下：崩壊土砂、風化土～強風

化岩（遷急線直下で主な緩み部）

- ② 約0.6～1.4 km/s：強風化岩～風化岩または崩壊土砂の含水増加部
- ③ 約1.4～3.0km/s以上：風化岩～弱風化岩
- ④ 低速度帯や低速挟み層：割れ目帯や軟質層の挟み層（泥質部）

表-2 P波速度の統計的資料(全国平均)<sup>1)</sup>

岩石名		個数	平均値 km/sec	Max km/sec	Min km/sec
中生代堆積岩	砂岩類	33	4.18±0.24	5.31	2.70
	頁岩類	46	4.02±0.17	5.28	2.83
	互層類	167	3.93±0.09	5.26	2.26

### 5. ボーリング調査結果

図-3に速度分布図とボーリング柱状図の重ね合わせ図およびコア写真を示す。ボーリング調査結果の地層およびN値等を表-3に示す。層境界付近のP波速度について、「崩壊土砂」と「風化層」境界および「風化層」と「基盤層」境界のP波速度や各層厚は概ね整合している。また、各層厚が概ね整合していることから平均N値および平均RQDは、ボーリング調査結果と比較し大きな差はないといえる。よって、ボーリング調査結果と弾性波探査により想定された緩み領域は概ね整合している。

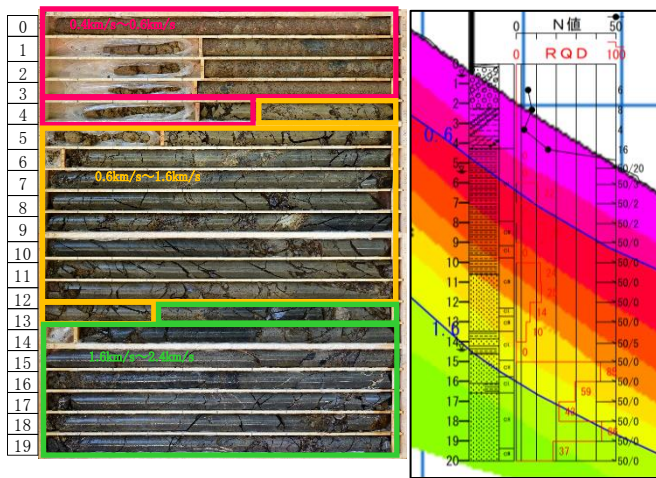


図-3 速度分布図と柱状図およびコア写真

表-3 ボーリング調査結果

	弾性波探査による想定	調査結果 (コア)	弾性波速度 (km/s)		平均N値	平均RQD
			弾性波探査による想定	調査結果	調査結果	調査結果
崩壊土砂		4.25	0.4～0.6	6		
風化層		12.02	0.6～1.4	254	11	
基盤層		14.92	1.4～3.0	300	62	
		20.00				

※N値の上限は300とした。

### 6. ボアホールカメラ観察結果

ボアホールカメラ解析によって得られる岩盤の緩み状態図を図-4に示す。図-4より、亀裂の開口幅についてGL-13m以浅は「0.5mm～2.5mm」であるが、GL-13m以深の開口幅は「0.5mm」が主体となっている。また、割れ目の頻度について、GL-13m以浅は1mあたり概ね20本以上の亀裂が見られたが、GL-13m以深では、GL-19m～20m区間を除けば、1mあたり概ね20本以下に減少する傾向が見られる。これらの深度は、弾性波探査により想定された「風化層」と「基盤層」の境界 (GL-12.02m) 付近に位置しており、弾性波探査で想定された緩み領域内では、亀裂の幅が大きく亀裂の頻度が高いことが分かった。以上より、ボアホールカメラ観察による岩盤の緩み状態と弾性波探査による想定された緩み領域は概ね整合している。

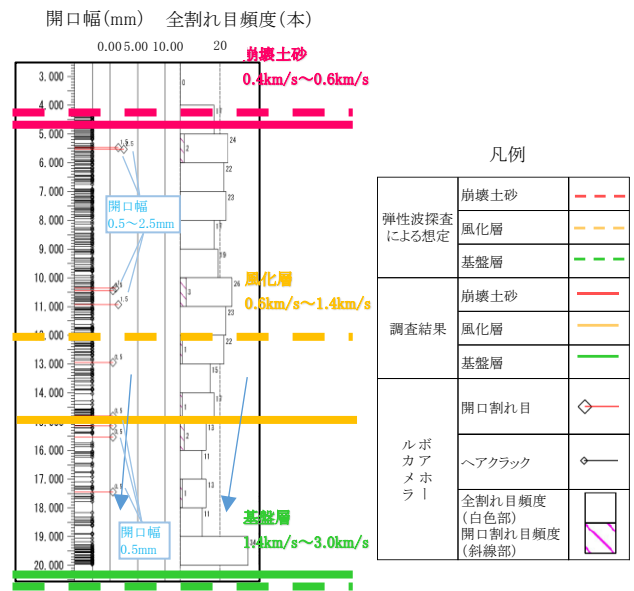


図-4 岩盤の緩み状態図

### 7. まとめ

岩盤斜面の緩み状況を把握するため、弾性波探査により斜面の緩み領域を推定した。推定した緩み領域に対して、ボーリング調査を実施し、想定された緩み領域とボーリングコア状況及びボアホールカメラの観察結果等の調査結果による緩み領域を比較した。弾性波探査で推定された岩盤斜面の緩み領域は、ボーリングコアの状況やボアホールカメラ解析結果と比較して、亀裂の頻度分布やN値等が概ね整合した。本業務では、弾性波探査による緩み領域の推定は有効であった。

### 《引用・参考文献》

- 1) 服部保正、杉本卓司 (1975)：岩石のP波伝播速度に関する統計的研究 (I) (II)、物理探鉱第28巻第1号