

高周波数帯域成分を用いた非破壊探査システムによる岩盤内部亀裂探査

北海道開発局 開発土木研究所 工博・理博 正会員 鈴木哲也
 北海道開発局 開発土木研究所 正会員 疋田貞良
 (株)青木建設 研究所 土木研究室 工博 正会員 塩月隆久
 (株)青木建設 研究所 土木研究室 学博 正会員 孫 建生

1. はじめに

岩盤内部の状態、亀裂の把握は岩盤構造物およびその基礎となる構造物の安全性に大変重要なことである。その把握方法としてボーリング調査などが多用される。本研究は新しく開発した高周波数帯域の応力波を利用する非破壊探査システムを用い、岩盤内部の亀裂の探査し、ボーリング結果と比較を行った。

2. 探査概要

2.1 探査システム概要

システムは深い位置からの応力波の高周波数成分を検知するため、発振はハンマーによる打撃を行い、高い共振周波数を持つ受振センサ及び高周波数成分帯域を選択するハイ・パス・フィルタで構成されている¹⁾。

2.2 探査概要

事前に行ったボーリング孔 B-1 B-2 近辺の 2 箇所において岩盤表面に受振センサを設置し、センサから約 15cm 離れたところでハンマーで打撃し探査を行った。岩質は砂岩である。

3. 探査結果

3.1 弾性波速度 V_p の推定

亀裂等の位置は式(1)を用いて計算する。L は亀裂位置 (m), t は伝播時間 (走行時間) (ms), V_p : 弾性波速度 (km/s) である。このとき弾性波速度 V_p の設定が探査精度に大きく係わる。

$$L = t \times V_p / 2 \quad (1)$$

既知のボーリングコアの室内超音波試験結果は、規則性がなく、2 孔の平均値も大きな差があるため、B-1, B-2 のボーリング結果による不連続面位置と、本法による亀裂位置をフォーリングすることによって弾性波速度を逆算することにした。B-1 で得られた波形図に開口節理 (深度 25.873m, 開口量 4.0mm) からと思われる

反射波があり、その走行時間が 11.08ms で、逆算すると $V_p=4,670\text{m/s}$ となり、更に、他の亀裂位置とのフォーリングも考慮し、 $V_p=4,670 \sim 4,650\text{m/s}$ とした。

3.2 探査波形例

図-1, 2, 3 はそれぞれボーリング B-1 位置付近で探査した深度 0m ~ 4.65m (0 ~ 2.0ms), 0m ~ 9.53m (0 ~ 4.1ms), 0m ~ 47.66m (0 ~ 20.5ms) の結果例である。探査深度に応じて設定レンジを変えて探査を行っている。波形図中に示すようにボーリングで確認された開口節理及び他の亀裂と思われる位置から反射波を得られた。

3.3 ボーリング結果との比較

表-1, 2 に B-1, B-2 での探査で推定された亀裂位置とボーリング結果との比較を示す。B-1(表-1)では約 25m 範囲以内の開口節理をすべて検知したほか、浅い位置の層理面、 Λ -クラックからも反射波が得られた。さらに、ボーリングでは不明であった位置からも 7 つの反射波が得られ亀裂と判断した。これはボーリングがあくまで線的な観察結果であるのに対し、本法による検知範囲は平面的な広がりを持つためと考えられる。

B-2(表-2)では約 21.5m までの 9 個の開口節理とほぼ同じ位置からすべて反射波が得られている。深度 6.194m (ボーリング結果) の開口量 6.0 mm の開口節理までは開口節理、 Λ -クラック、層理面のすべてから反射波を得ている。それより深い範囲は層理面あるいは Λ -クラックでは得られていないが、開口節理から反射波が得られている。同じくボーリング結果で未検出の位置からも 8 つの反射波が得られている。

4. 考察

a) 深度約 20m までのすべての開口節理の位置を検知でき、ボーリング結果とよく一致した。

b) 節理の開口幅にもよるが、浅部の節理・ Λ -クラック

キーワード： 岩盤，内部亀裂，節理，非破壊探査，高周波数

連絡先： 〒305-0005 つくば市要 36-1, (株)青木建設 研究所 jianshengsun@aoki.co.jp

の検知も可能である。

c)本法はボーリングと併用して岩盤内部の状態・開口節理の分布を簡便に把握することが可能と考えられた。

表-1 B-1 位置探査結果とボーリング結果との比較

ボーリング 調査結果				本 法探査結果	
不連続面 番号	深度(m)	区分	開口量 (mm)	推定深 度(m)	誤差(m)
1	1.05	開口節理	5.0	0.81	-0.24
2	1.27	開口節理	1.0	1.22	-0.05
		推定亀裂 1		1.51	
3	1.84	開口節理	1.0	1.76	-0.08
4	1.97	開口節理	2.0	1.92	-0.05
5	2.59	層理面		2.54	-0.05
		推定亀裂 2		3.66	
6	4.28	開口節理	2.0	4.21	-0.07
7	4.49	開口節理	1.0	4.55	0.06
		推定亀裂 3		5.29	
8	5.87	ヘアークラック		5.54	-0.33
9	6.15	開口節理	6.0	6.18	0.03
10	6.38	開口節理	2.0	6.47	0.09
		推定亀裂 4		7.48	
		推定亀裂 5		8.35	
11	9.88	ヘアークラック		10.39	0.51
		推定亀裂 6		11.64	
		推定亀裂 7		12.71	
12	13.99	開口節理	2.0	13.72	-0.27
13	15.26	ヘアークラック		15.59	0.33
14	17.53	開口節理	1.0	18.01	0.48
15	19.84	開口節理	1.0	19.95	0.11
16	20.38	開口節理	1.0	21.89	1.51
17	23.57	開口節理	1.0	23.97	0.40
18	25.87	開口節理	4.0	25.87	0.00

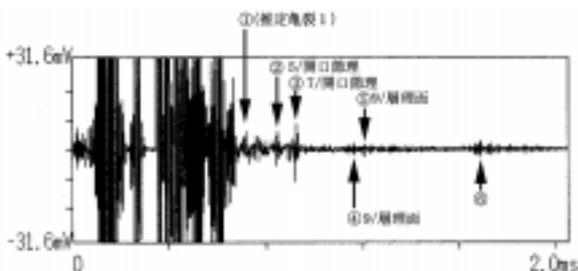


図-1 B-1 位置探査波形例 探査深度 0m ~ 4.65m

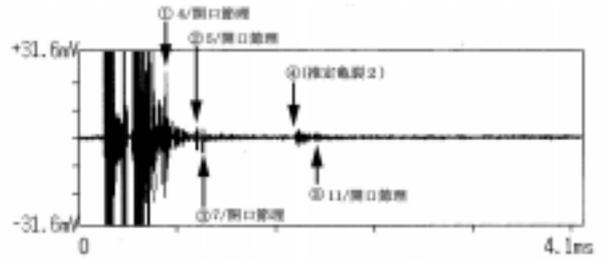


図-2 B-1 位置探査波形例 探査深度 0m ~ 9.53m

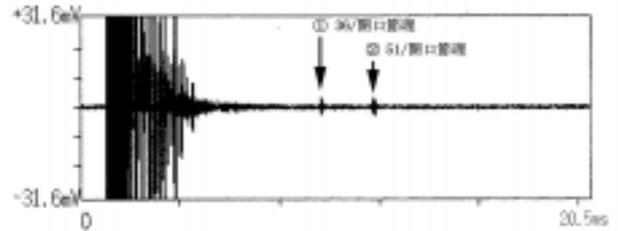


図-3 B-1 位置探査波形例 探査深度 0m ~ 47.66m

表-2 B-2 位置探査結果とボーリング結果との比較

ボーリング 調査結果				本 法探査結果	
不連続面 番号	深度(m)	区分	開口量 (mm)	推定深 度(m)	誤差(m)
1	1.88	ヘアークラック		1.77	-0.11
2	2.04	開口節理	2.0	2.01	-0.03
3	2.31	開口節理	5.0	2.25	-0.06
		推定亀裂 1		2.55	
		推定亀裂 2		2.75	
4	3.12	層理面		3.13	0.01
5	3.41	層理面		3.40	-0.01
		推定亀裂 3		3.74	
		推定亀裂 4		4.96	
6	6.19	開口節理	6.0	6.15	-0.04
		推定亀裂 5		7.15	
		推定亀裂 6		7.59	
		推定亀裂 7		11.08	
7	14.41	ヘアークラック		---	
8	14.98	開口節理	2.0	14.91	-0.07
		推定亀裂 8		19.95	
9	21.82	開口節理	1.0	21.48	-0.34

5. 参考文献： 1) 塩月隆久・孫 建生・古川浩平：非破壊探査システムによる転石根入れ長さ探査実験，土木学会 第 53 回年次学術講演会 部門、pp.837 ~ 838、1999.10