

III-587

トンネル切羽における簡易弾性波探査結果の一評価

日本道路公団 福岡建設局 正員 日永田 雅司
 (株)大本組 技術本部 技術開発部 正員 鈴木 昌次
 山口大学 工学部 社会建設工学科 正員 古川 浩平
 山口大学 工学部 社会建設工学科 正員 中川 浩二

1. 簡易弾性波探査の内容 本研究は、日本道路公団の実施した坑内簡易弾性波測定結果の有効利用を目的としたものである。ここでは、測定結果の性質および利用可能性の基本的な検討結果を報告する。なお、ここでの測定データは収集範囲を広島建設局管内に限定したものである。坑内での簡易弾性波探査では同一の切羽面において、計測距離を変化させて数回の計測を行っている。表-1に現在までに収集した支保パターンごとの計測切羽数を示す。なお、以下では説明をつけない限り弾性波速度とは切羽において簡易弾性波測定器によって計測した弾性波速度を言う。弾性波速度の測定に用いた計測器は打撃点より受信器までの弾性波の到達時間（走時）を計測するものであり、通常の弾性波探査に用いられる計測装置とは原理的に同一である。しかしながら、切羽面での測定では測定間距離を十分大きく取ることが不可能であり、せいぜい9m程度が限界距離となる。したがって、ほとんどの場合に直接波の走時のみが計測されているものと思われる。本研究で対象としたトンネルはすべて発破工法によって掘削されているが、トンネル周辺地山の発破による緩みが従来から指摘されていることから計測された弾性波速度は発破によって緩みを生じた地山領域での弾性波速度と考えてもよいと思われる。

表-1 簡易弾性波計測切羽数

岩種	トンネル数	支保パターン							合計
		A	B	CI	CII	DI	DII	DIII	
b (粘板岩)	10	-	4	46	16	13	-	5	84
c (花崗岩)	14	-	10	15	3	1	-	-	29

2. 弾性波速度と支保パターンの関係 図-1にb岩種での支保パターンと弾性波速度の平均値の関係を示す。平均値は各切羽において計測された弾性波速度の内の最小値と最大値を除いて平均値を算出し、さらに支保パターンごとに算出したものである。図-1より、支保パターンが剛になるに従い弾性波速度が低下することがわかる。図-1では同様にc岩種に関する弾性波速度も示してある。ただし、c岩種ではデータ数が比較的そろったBとCIパターンのみを示した。文献1)によればb岩種では弾性波速度の低下に従い支保の剛性が大きくなるが、c岩種ではば

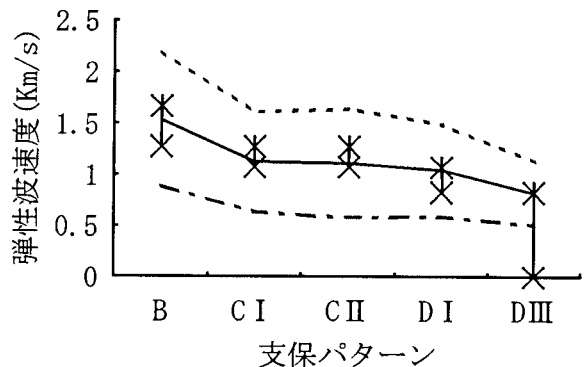
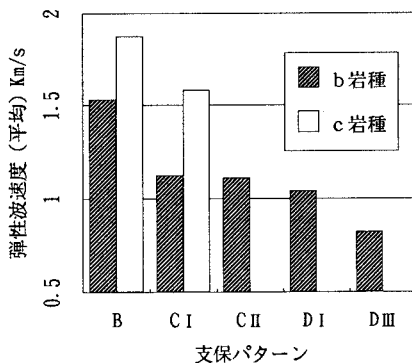


図-1 支保パターンと弾性波速度の関係

図-2 地山分類での弾性波速度範囲との関係

らつきが大きく明確な傾向が認められないことが報告されている。本研究での結果も文献1)と同様であるが、c岩種においてもb岩種に類似した傾向が見られる。

3. 弾性波速度と地山分類の関係 日本道路公団の地山分類に採用されている弾性波速度²⁾は、事前調査時の弾性波速度に対する判断基準として用いられる。しかし、これらは施工時に計測された坑内での弾性波探査による速度であり、過去の実績における支保形態との対比において設定されたものである³⁾。地山分類に用いられた弾性波速度の探査方法等は不明であるが、トンネルの側壁等を利用して計測されたものと推測され、速度値は切羽表層の緩み範囲を無視したものであると思われる。そこで、b岩種に対して地山分類の弾性波速度との対比を試みる。図-2では弾性波速度の平均値（実線）、標準偏差範囲（破線、一点鎖線）および地山分類の弾性波速度範囲を1/3倍にスケールしたもの（×-×範囲）を示してある。図-2より、地山分類の弾性波速度範囲との関係では、切羽での弾性波速度の平均値が各支保パターンとも地山分類のほぼ1/3程度に低下していることがわかる。発破による緩みの程度は掘削前の地山の地質状況はもとより、発破パターンや薬量等の発破条件によって異なると考えられる。また、施工時の岩質判定も地山分類での弾性波速度範囲を直接の判断基準としては用いていない。このため、施工時の岩質判定によって決定された支保パターンと地山分類の弾性波速度範囲の対応関係は必ずしも明確ではない。しかしながら、同一の支保パターンであれば一掘進長も同一であり、地質状況も工学的には大きくは変わらないと考えることもできる。この場合には、特殊な条件が無い限り発破条件が大きく異なることは無いであろう。このことから、b岩種に関しては、弾性波速度は地山分類の弾性波速度範囲と比較的対応し、また地山の弾性波速度は掘削によって1/3程度に低下することが推察される。

4. 事前調査時の弾性波速度との関係 図-3に事前調査時の弾性波速度との関係を示す。図ではbとc岩種を同一図上に示しており、直線は両者が一致する点を示す。図より、弾性波速度の増加とともに、事前調査時の弾性波速度も増加する傾向は見られるものの、相関係数は $r=0.26$ であり、実際の関連はほとんど無いようである。事前調査時の弾性波速度の精度に問題があることは過去の研究から明らかにされており、特にb岩種での事前調査時の弾性波速度の信頼性はかなり低いことが明らかにされている⁴⁾。このことから、事前調査時に実測された弾性波速度との関係はほとんど無いと言えよう。

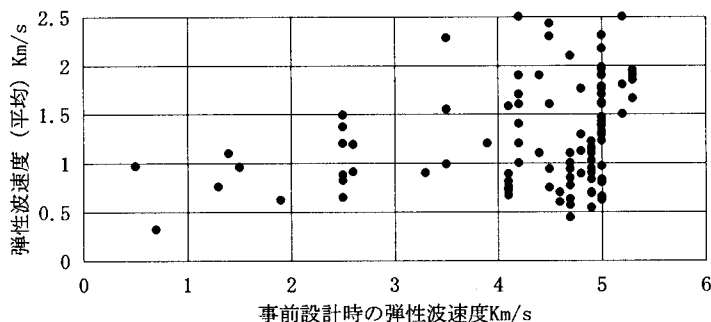


図-3 事前調査時の弾性波速度との関係

5. おわりに

切羽での簡易弾性波探査による弾性波速度の基本的な評価結果から、1) b岩種では支保パターンが剛になるに従い弾性波速度は低下し、この傾向はc岩種にも見られる。2) b岩種での弾性波速度は地山分類に示された支保パターンごとの弾性波速度範囲と対応し、地山は掘削によってほぼ1/3程度に低下していることが推察される。3) 弾性波速度の範囲と支保パターンの対応関係を地山分類での弾性波速度範囲と同様に分類することによって施工時の岩質判定のための客観的な判断基準とする可能性も考えられる。

参考文献: 1) 日本トンネル技術協会：トンネル計測工の活用に関する調査研究報告書 p.100~101, 1992.3, 2) 日本道路公団：設計要領三集第9編トンネル, p.32~36, 1995.10, 3) (社) 日本トンネル技術協会：地山評価のあり方に関する研究 p.46~48, 1995.2, 4) 鈴木 古川 井上 中川：NATM施工実績に基づく事前設計の評価に関する一考察 土木学会論文集 第47号/VI-14, p.261~270, 1991.3