

トンネル事前調査における水平ボーリングの評価

山口大学大学院（学） ○井上浩一
（株）大林組（正） 保岡哲治
山口大学工学部（正） 中川浩二

1. はじめに

トンネル建設にあたって事前調査として地表面の踏査や地表からの弾性波探査が行われているが、これに加えて最近では坑口部における水平ボーリング調査が頻繁に行われている。しかしその効果や評価に関する研究は少ない。そこで本研究では、水平ボーリング調査の地山状況把握効果に対する評価を目的としている。

2. 水平ボーリングの地山状況把握効果に対する検討

水平ボーリングの地山状況把握効果に対して実証的、定量的に検討した研究は筆者らの知る限りにおいて見られない。そこで本研究では水平ボーリングの地山状況把握効果に関する検討を行った。水平ボーリングをトンネル事前調査として行う目的には次の2点が挙げられる。

(1) 地山等級の確認：まず第一に挙げられる目的として地山等級の確認がある。現在の事前調査では踏査、弾性波探査に重点が置かれているが、それらにはいくつかの欠点があり、特に坑口部の設計においては、さらに信頼できる調査も必要となる。水平ボーリングはトンネル掘削に先駆けた地質資料の採取であるため、掘削地山内部状況を線で捉えることが可能となる。そのため例えば、D級地山の区間長の把握及びC級地山との境界位置の把握等が可能になると考えられる。

(2) 切羽予測精度の向上：事前設計では支保パターンの決定、補助工法の必要性和その種類等の検討が行われる。その設計の際には、ある程度切羽の予測がなされていると考えられる。さらに水平ボーリング調査によって得られた結果は、地山のダイレクトな情報であるため切羽の予測精度を向上させることが可能と考えられる。水平ボーリング調査で得られる情報のうち“岩質・土質”では切羽観察項目のC、D、E、F、G項目、“地下水の状況”ではH、I項目が対応していると考えられる。

3. 水平ボーリングの地山状況把握効果に対する実証

(1) 地山等級の確認：地山等級（支保パターン）の決定に対して、水平ボーリングデータ（以下BDに略）がどの様に活用されたかを明らかにするため、複数の地質技術者グループに対して地山の再評価を依頼した。地山再評価とは、すでに施工されたトンネルを対象として、施工に携わっていない技術者に対して、地表踏査を行ってもらい、さらに弾性波速度、調査ボーリングなどのデータを提供して再度、トンネル事前設計を行ってもらうことである。

(2) 切羽予測精度の向上：BD（コア写真のみ）からどの程度切羽を予測することができるかを明らかにするために、我が研究室で比較的ボーリングに詳しい者3名を対象とし切羽予測を依頼した。切羽予測方法としては切羽観察表を用いてA～I項目について1～4点に点数化した。

4. 結果の整理

(1)-1 地山状況の確認

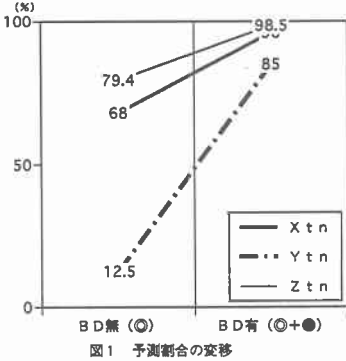
地山状況を確認できたかどうかを調べるには、再評価結果で得られたコメントを基に評価するのが本研究では最も有効であると考えた。そこでBD無、有それぞれにおいて1) 破碎帯の存在、2) 湧水の状況に関するコメントを求め、そのコメント内容が

正しいかどうかを切羽観察記録から判断した。切羽観察記録とは、日常の切羽の状態を切羽

表1 各トンネルの予測割合

	Xトンネル	Yトンネル	Zトンネル
BD無でも予測できている (○)	68	12.5	79.4
BD有で初めて予測できた (●)	28	72.5	19.1
予測できた (○+●)	96	85	98.5
予測できていない (×)	4	15	1.5

単位 (%)



観察シートを用いて評価し、詳細なコメントを書いたものである。得られたコメント内容を判断した結果、表1が得られ、それを図にしたものが図1である。この図を見ると、BD有ではBD無に比べて全てのトンネルにおいて予測割合が高くなっている。さらにBD有では実際の9割近くが予測できている。特にYトンネル（片岩）では水平ボーリングの地山状況把握効果が顕著に表れている。これはYトンネルでは水平ボーリングを行うことによって、特に岩盤の亀裂に関して予測できていたためである。

(1)2 支保パターンの予測

支保パターンはトンネルを支持するための設計法であり、岩盤が工学的に良好な状態から不良な状態に順次して支保部材の数量及び剛性が増加するように設定されている。

図2は、地山再評価後の設計支保パターンと施工支保パターンの一致率を表している。各トンネルごとの岩種の違いによって一致率も異なるが、ここではBD無と有における一致率の違いに注目する。BD無より有の方が一致率が増加しているのは6例中4例あった。しかしたとえ増加したとしても、飛躍的に施工支保パターンと一致しているわけではない事が分かる。つまり水平ボーリングで地山の状態を9割近く予測できたとしても、必ずしも支保パターンは一致しないことが分かる。次に施工と地山再評価後（BD無、有）の支保パターン採用状況を図3に示す。これを見るとBD無、有で採用している支保パターンが施工では採用されていなかったり、各ランクの支保の採用割合も一致していない。唯一坑口パターンであるDⅢの採用割合が各トンネルともBD有ではBD無に比べて施工に近くなっている。

(2) 切羽予測精度の向上

図4はBD有の切羽予測結果から切羽観察項目別に一致率を表したものである。これを見ると、トンネルによって一致率の差はあるもののA、Bに比べてC～I項目の一致率が比較的高いことが分かる。さらにA～I項目の総合の一致率では3トンネル平均 51.7%であった。これは切羽予測を行った対象者が、ボーリングコアに対する経験が非常に浅かったことも考えられる。

5. おわりに

(1) 地山状況の確認：BD有ではBD無に比べて確認割合が全てのトンネルにおいて高くなっていた。さらにBD有では9割近く確認できている。又、片岩トンネルにおいてはその効果が顕著に表れていた。地山状況の確認に対しては水平ボーリングは効果があったといえる。

(2) 支保パターンの予測：BDが提供されると一致率は増加する傾向にはあるが、たとえ増加したとしても飛躍的に施工支保パターンと一致するわけではない。しかし変更状況を見ると、支保パターンの予測については坑口付近のDⅢのみ水平ボーリングの地山状況把握効果があったといえる。

(3) 切羽予測精度の向上：水平ボーリングはA、B項目に比べC～I項目の一致率に影響を与えている。3トンネル平均のA～I項目の一致率が51.7%ということから、コア鑑定とそれに基づく切羽予測にはかなりの知識と経験が必要であるといえる。よって切羽予測に対する水平ボーリングの地山状況把握効果は薄いといえる。

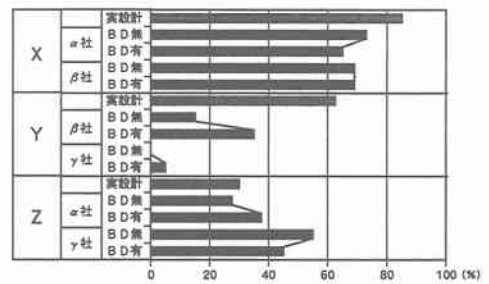


図2 支保パターン一致率

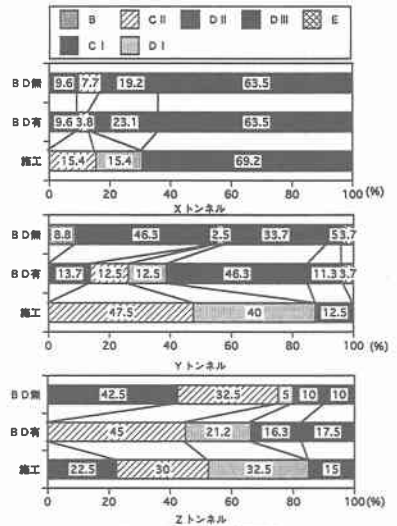


図3 支保パターン採用状況

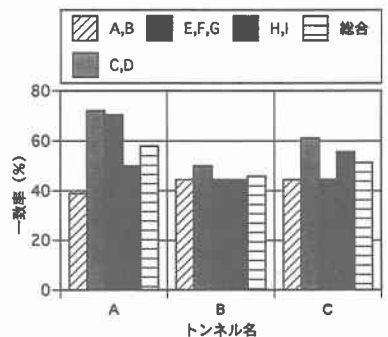


図4 項目別一致率 (BD有)