

TBM 先進導坑の坑内観察記録による本坑地山状況の予測

山口大学大学院 学生会員 ○坂本寿夫 山口大学大学院 学生会員 宇根史雄
日本道路公団 正会員 中田雅博 山口大学工学部 正会員 進士正人
山口大学工学部 正会員 中川浩二

1. はじめに

第二東名・名神高速道路では3車線を有する大断面トンネルを施工する際、本坑掘削前にTBM（Tunnel Boring Machine）を用いて、導坑を先進させる事例がみられる。この工法の利点として、本坑施工に対する先行地質調査が挙げられている。この調査は地山を目視等で観察することにより行われるが、この結果を用いて本坑の地山状況を予測しようとする研究は、過去の施工事例の少なさからあまり行われていない。そこで本研究では、導坑と本坑で行われた坑内観察記録を比較し、導坑の坑内観察記録によって本坑地山状況をどの程度予測できるのかという点について、既に施工されたA及びBトンネルのデータを用いて検討する。

2. 比較対象データ

図-1に対象トンネルの掘削断面の位置関係を示す。導坑の坑内観察はTBM通過直後のトンネル壁面について行われる。坑内観察は日本道路公団による新切羽観察記録表を用いて行われているが、Bトンネル導坑については独自の観察記録表が用いられていたため、全ての観察記録表において図-2に示すように各観察項目の評価区分値の読み換えを行った。ここで、比較を行う観察項目は、総合的な岩盤強度に関する圧縮強度・風化変質・割目間隔・割目状態の4項目とした²⁾。

3. 導坑と本坑の同じ地点における坑内観察記録の比較

導坑と本坑の同じ地点における評価区分値を比較した。観察項目ごとに導坑と本坑の評価区分値の差を算出し、それぞれの全データ数に対する割合を求めたものを図-3に示す。本坑では評価区分値が天端部・肩部で加重平均されていることから、「 $-0.5 \leq x \leq +0.5$ 」の範囲は同等とみなせると判断した。また、評価区分値の差が、正の場合は本坑の方が不良に、負の場合は本坑の方が良好に評価されたことを表す。図-3から、導坑と本坑の評価では、全体のほぼ半数程度が一致しており、また、本坑の方が若干劣悪に評価される傾向にあることがわかる。

更に詳細に分析するために、導坑が本坑の主に天端部に位置していることから、より地山状況が近似していると考えられる導坑と天端部で比較した。比較にあたっては、導坑の評価区分値に対する天端部の評価区分値の分布を調べた。図-4には、特に偏りがみられる割目間隔について示す。その他項目については図-4のような偏りはみられなかった。図-4では、導坑でどの評価区分値でも、天端部では全データの内の92.8%が3と4となるような傾向がみられる。このことから、割目間隔については導坑から精度良く本坑地山状況を予測しにくい項目であるといえる。

以上より、本坑地山状況を精度良く予測できない原因として

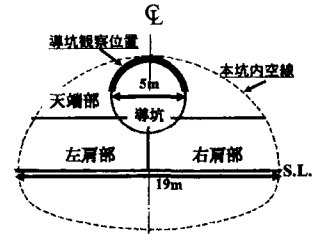


図-1 掘削断面と観察位置

圧縮強度	風化変質	割目間隔	割目状態
評価区分	評価区分	評価区分	評価区分
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6

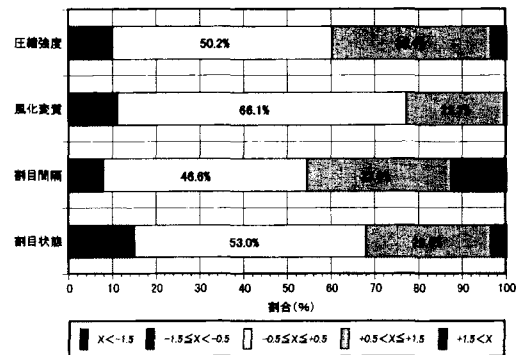
圧縮強度	風化変質	割目間隔	割目状態
評価区分	評価区分	評価区分	評価区分
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6

圧縮強度	風化変質	割目間隔	割目状態
評価区分	評価区分	評価区分	評価区分
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6

圧縮強度	風化変質	割目間隔	割目状態
評価区分	評価区分	評価区分	評価区分
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6

※割目状態についてはAトンネルのみで検討

図-2 評価区分値の変換



Aトンネル: 168組 Bトンネル: 360組 計: 528組

図-3 同じ地点における比較

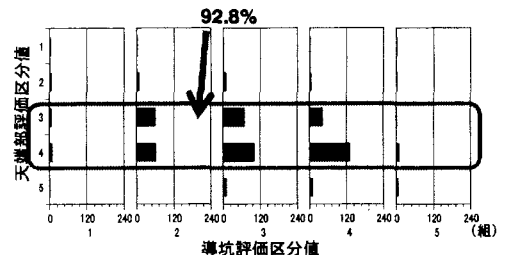


図-4 割目間隔の評価区分値別比較

考えられることは、①導坑は機械掘削であるのに対し、本坑は発破掘削であること、②観察箇所が異なっていること、③観察者の定性的判断による誤差、④地質的要因による誤差などが挙げられる。

4. 地質との関係

導坑と本坑の評価区分値の比較において、一致しない大きな要因としては前述の通りであるが、前者3つの原因は本坑地山状況を予測する際に取り除くことのできない影響といえる。しかし、④については、地質的要因が影響する場合には、その影響を除去することで、本坑地山状況の予測精度が向上すると考えられる。そこで、Bトンネルについて図-3に基づき圧縮強度・風化変質の2項目とも評価が一致しなかった場合について、影響したと考えられる地質的要因を、導坑施工後の地質縦断図を参照し検討した。図-5は、それら2項目とも評価が一致しなかったデータの中で、そのデータ数に対する地質的要因の占める割合を求めたものである。一方、図-6は、同トンネルについて導坑と本坑でそれら2項目とも評価が一致した場合における検討を図-5と同様の方法で求めたものである。

図-5を見ると、互層を呈する地山、地層境界付近、断層・破碎帯の割合が約6割となり、評価が一致しなかった一つの要因と考えられる。しかし、図-6を見ると、評価は一致していたにも関わらず、約4割は互層地山等が占めていることがわかる。このことから、互層を呈する地山、地層境界付近、断層・破碎帯などの部分では評価が一致しない可能性が高く、導坑にこれらの特殊な箇所が存在する場合、本坑地山状況を予測する際には注意が必要であるといえる。

5. 導坑の平均と本坑一断面の比較

先に述べたように、掘削方法・観察位置・観察者による誤差、及び地質的要因による誤差が影響し同じ地点による比較では予測精度には限界がある。そこで、図-7に示すように本坑一断面に対して前後5m区間の導坑評価区分値の平均で比較を行うことで、評価が一致しない要因を考慮に入れ、本坑地山状況の予測精度の向上を図る方法を考えた。前後5mとしたのは本坑断面に導坑が先進していること、及び坑内地山観察が行われる間隔を考慮し、この値が妥当であると判断したためである。図-8に示すように、このような検討を行った結果、導坑と本坑で評価が同等とみなせる割合は、同じ地点による比較を行った図-3と比べると、各項目ともに約1割増しとなり予測精度の向上を図れた。

6. まとめ

本研究では導坑の坑内観察記録から、本坑地山状況をどの程度予測できるかという点について検討した。その結果、同じ地点における比較によって、導坑と本坑でその評価が一致する割合は約5割であった。その要因としては、導坑と本坑の掘削方法の違い、観察箇所が異なっていること、観察者の定性的判断による誤差、地質的要因による誤差などが挙げられ、それら要因が重なり合い、予測精度には限界があることがわかった。

そこで、本坑一断面に対して前後5m区間の導坑評価区分値の平均値を用いることで、本坑の地山状況を精度良く予測できることがわかった。

参考文献

- 1) 三浦克ら：トンネルボーリングマシン入門（最終回）TBMの将来性、トンネルと地下、Vol.26/No11, pp.77-83, 1996.11.
- 2) 赤木渉, 佐野理, 進士正人, 西塚朗, 中川浩二：山岳トンネル施工支援のための切羽評価法の適用性に関する研究, 土木学会論文集, No686/VI-52, pp.121-134, 2001.9.

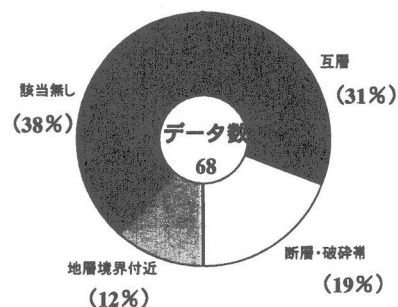


図-5 2項目とも評価が一致しなかった場合

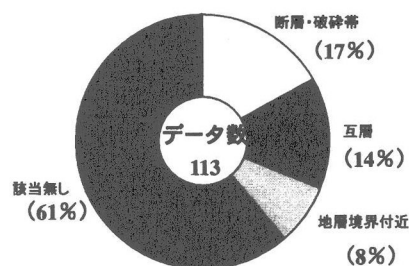
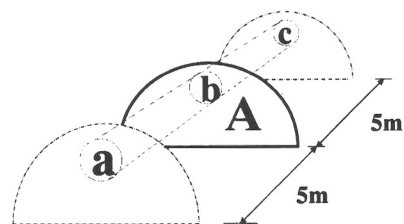


図-6 2項目とも評価が一致した場合



$$\begin{aligned} \text{※ 導坑の評価} &= \frac{a+b+c}{3} \\ \text{本坑の評価} &= A \\ \text{本坑と導坑の評価区分値の差} &= A - \frac{a+b+c}{3} \end{aligned}$$

図-7 前後5m平均の考え方

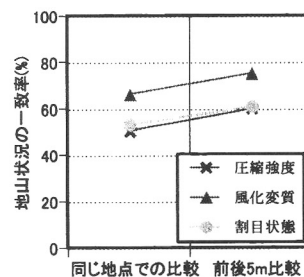


図-8 予測精度の比較