

ノンコアボーリング削孔情報によるトンネル地質の把握について

（株）間組   ○正員   大沼和弘，正員   山本浩之，正員   多宝   徹

1. はじめに

山岳トンネルの施工において、切羽前方の地質状況を把握することは、支保選定などのトンネルの品質確保および崩落などの施工時の安全確保において重要である。従来より、切羽の地質状況の把握手法として、削孔機械を用いたノンコアボーリング、いわゆるさぐりのみが行われてきたが、その探査手順や評価方法は確立していないのが現状である。また、最近、削孔時の機械トルクなど計測データを自動測定することで、切羽前方の地質状況を予測する手法も開発されつつある<sup>1)</sup>。こうした方法は客観的な数値情報で地山状況を把握できる反面、専用の機器が必要となることや経済性の問題から、適用上の制約がある。

本報告では、さぐりのみであっても、一定の方法に従った削孔情報を測定することによって、切羽前方の地質状況に関して実用上十分な精度で把握できることを示した。ノンコアボーリング探査の概要と削孔情報の評価方法を以下に報告する。

2. ノンコアボーリング調査

ノンコアボーリング調査を実施したトンネルは、中生代白亜紀に形成された砂岩、頁岩、凝灰岩などが分布する。これらの岩盤は、新鮮な部分では硬岩となるが、地表営力により風化した部分や破碎帯の部分では軟質化している。調査実施箇所は、風化部から堅岩部に変化する境界にあたり、切羽に堅岩部がレンズ状に出現した。堅岩部が広範に分布する場合は、掘削施工性に大きな影響をおよぼすことから、その空間的な分布を把握することを目的に調査を実施した。

調査の概要を表-1に示す。削孔は、通常 NATM トンネルに配置されているドリルジャンボを用い、メタルクロスビットφ65mmにより削孔した。調査では、削孔長1mあたりの削孔時間を1秒読みで記録し、削孔速度を算出している。削孔時のフィード圧（削孔機の油圧）は、原則としては3MPaで一定としたが、堅岩では削孔が困難となるため、削孔時間60秒を目安に5MPaに昇圧した。調査は、同一切羽で周方向に5箇所で切羽前方上向き10°方向に削孔して行い、1箇所あたりの削孔長は5～14mとした。

調査結果は、図-1のように削孔速度の距離呈ごとの経時変化を示すとともに、スライムの地質、フィード圧を記載し、削孔速度の変化から、低速度部を抽出した。

3. 評価

探査実施箇所では、トンネル掘削時、切羽および坑壁の観察を行い、岩種および地山区分についての観察を行った。なお、地山区分については、日本道路公団による区分<sup>2)</sup>を行っている。

表-1 ノンコアボーリング調査の概要

| 項目    | 仕様             | 摘要           |
|-------|----------------|--------------|
| 削孔機械  | ドリルジャンボ        | トンネル用削孔機     |
| 削孔ビット | メタルクロスビットφ65mm | 同一ビットを使用     |
| フィード圧 | 3MPa（昇圧時5MPa）  | 原則一定、削孔困難時昇圧 |
| 単位削孔長 | 1m             | 原則一定         |
| 測定項目  | 削孔時間           | 読み精度1秒       |
| 評価指標  | 削孔速度           |              |

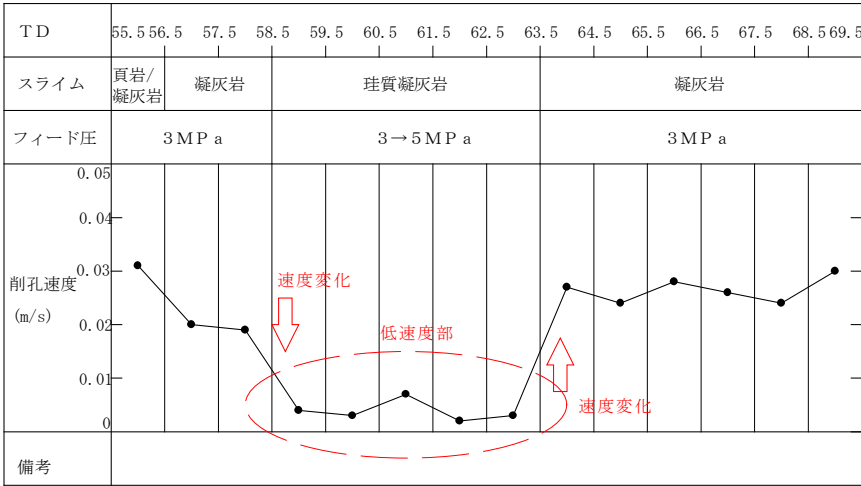


図-1 調査シート

キーワード：トンネル，前方探査，ノンコアボーリング

連絡先：〒107-8658 東京都港区北青山 2-5-8 （株）間組土木事業総本部技術設計部，TEL:03-3405-4052，FAX:03-3405-1854

ノンコアボーリング調査における測定項目（削孔深度、削孔速度、フィード圧）と地質観察結果における観察事項（岩種：砂岩頁岩互層・凝灰岩、地山区分：C I・C II・D I・

表-2 相関係数一覧

|       | 削孔深度   | 削孔速度   | フィード圧  | 岩種     | 地山分類 |
|-------|--------|--------|--------|--------|------|
| 削孔深度  | 1      |        |        |        |      |
| 削孔速度  | -0.063 | 1      |        |        |      |
| フィード圧 | -0.050 | -0.420 | 1      |        |      |
| 岩種    | 0.687  | -0.362 | 0.235  | 1      |      |
| 地山分類  | -0.148 | 0.454  | -0.502 | -0.737 | 1    |

D II) について、それぞれ相関を求めた。それぞれの項目ごとの相関係数(R)の分布は表-2に示した。ここで、地山区分と削孔速度、フィード圧とはそれぞれ相関傾向が見られ、良好な岩盤では削孔速度が小さくなるとともに、フィード圧が大きくなる傾向を示していることが分かる。前方の地質状況を把握するためには、削孔速度またはフィード圧を用いることが考えられるが、フィード圧については人為的な操作を加えているため、探査指標として用いるのは適切ではないと考えられる。

このため、以下では地山区分と削孔速度の関係を検討した。地山区分ごとの削孔速度の分布を図-2に示す。この図から、以下のようなことが考察される。

・C地山(C I)とD地山(D I～D II)では、削孔速度分布傾向が異なる。特に、D地山は一部の例外を除いて削孔速度が約0.02m/s以上となっている。

・各地山区分ごとの削孔速度平均値に着目すれば、C I、D I、D IIの順で、削孔速度が大きくなる。

・各地山区分ごとの削孔速度測定値のばらつきが見られる。特にD IIのばらつきが大きく、ほとんどのデータがD Iの分布範囲と重複する。地質観察から、D IIではその大部分が破碎帯に相当しており、破碎帯中の岩片部では削孔速度が小さく、粘土化した部分では削孔速度が大きくなることから、結果的にばらつきが大きくなったものと考えられる。

以上のことから、ノンコアボーリング調査から、C地山とD地山を区分することが可能と考えられ、本トンネルの場合、削孔速度が0.02m/s以下であればC地山と評価することができる。

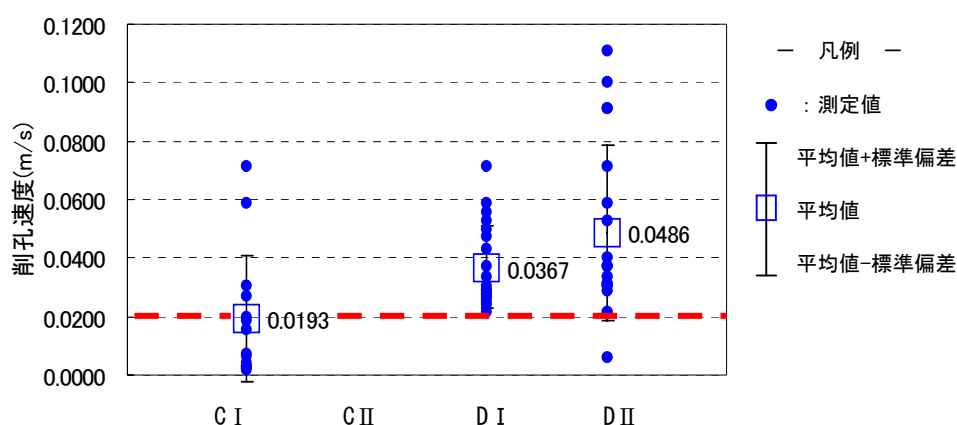


図-2 削孔速度分布

#### 4. まとめ

トンネル切羽の堅岩分布について、ノンコアボーリング調査を実施することで、その分布を確認することができた。いわゆるさぐりのみであっても、適切な調査を行うことで、切羽前方の地質状況を把握することができた。すなわち、削孔速度の違いから、容易に脆弱部と堅岩部の判別することが可能であると考えられる。ただし、他のトンネルで適用するにあたっては、地質状況が異なり、削孔速度も変化することが予想されることから、調査実施時に地山区分ごとに試験的に簡易削孔探査を行い、脆弱部と堅岩部との削孔速度の違いを把握することが必要である。

なお、今回は探査深度が大きくなった場合の評価を加えていないが、1回あたりの探査距離を小さくし、繰り返し探査を実施することで、容易に切羽前方の地質状況把握が可能になると考えている。

・参考資料

- 1) 戸井田ほか、トンネル切羽前方予測システムの開発、土木学会地下空間シンポジウム論文報告集、1998
- 2) 日本道路公団、設計要領第三集 トンネル、1997