

削孔検層による地山軟硬の定量評価

鹿島建設(株) 正会員 ○小林直広 三宅広之 小倉 勉 加藤洋平 高野恵佑 加藤大樹

1. はじめに

PFI 事業として新たに整備する工業団地造成工事における着手前の調査・設計業務として切土部の地山に対する軟硬の定量評価を行った。その目的は、基本設計における軟硬分類の調査密度を効率的に高め、工事に大きな影響を及ぼす土砂・軟岩・中硬岩以上といった区分の各掘削土量を精度良く把握することである。中でも、中硬岩については基本設計時の弾性波探査とボーリング調査の結果に差異が確認されたため、出現が想定されるエリアに対して重点的に調査することにした。ただし、造成着手までの短期間に調査を実施し、結果をまとめる必要があり、調査深度も 30m 程度になることから自走可能なロータリーパーカッションドリル（以下、RPD）を用いた削孔検層を選定した（写真－1）。本稿では、既往の地質調査と削孔検層の結果について報告する。

2. 削孔検層方法

削孔検層は、油圧ドリルを用いて岩盤を削孔する際に得られる深度・速度・打撃圧・回転圧等から単位長さに要したエネルギーを算出するものであり、トンネル掘削における切羽の前方探査に用いられる手法として知られている。算定式を以下に示す。なお、条件設定として削孔に大きな影響を与えるフィード圧（削岩機を穿孔地山に押し付ける油圧）は、算定式のパラメータにないため固定値として、施工中は変化させないこととした。

$$E_d = (E_p \times C_p \times K) / (S \times V_d)$$

ここに、 E_d ：穿孔エネルギー（J/cm³）、 E_p ：油圧ドリルの仕事量（J）
 C_p ：打撃数（bpm）、 K ：ロッド伝播時のエネルギー効率（-）
 S ：ビット断面積（cm²）、 V_d ：穿孔速度（cm/min）

RPD は RPD-40C（鉦研製）を使用し、その他削孔条件は表－1 のように設定した。削孔は単管（ビット）削孔を原則とし、孔壁の崩落対策として地表面から 1.5m のみを二重管で削孔した。調査の第一段階として、既往のボーリング地点近傍で実施して両者の結果を比較検証するとともに、削孔検層の再現性を確認するため複数回の試験施工を行った。その後計画で定めた 80 地点について順次検層を進めた。また、削孔検層の結果について軟硬の閾値を穿孔エネルギーで定量的に分類するために追加のボーリング調査を 4 カ所で実施し、岩級区分等の地質情報とボーリングコアの観察によって総合的に判断することとした。

3. 穿孔エネルギーの設定

軟硬分類は、岩級区分では土砂：DL, DM, 軟岩：DH, CL, 中硬岩：CM, 硬岩：CH とし、穿孔エネルギーの閾値は、50J/cm³, 140J/cm³, 530J/cm³ という結果を得た。ただし、土砂と軟岩の閾値 50J/cm³ については明確に設定することができなかった。これは DH 級と CL 級は 66J/cm³ で判別可能だったのに対し、DM 級と DH 級、DL 級と DM 級の境界値がともに 50J/cm³ となり、穿孔エネルギーのみによる判別ができなかったため



写真－1 ロータリーパーカッションドリル

表－1 削孔条件

項目	条件	備考
フィード圧	2.5MPa (最小値)	不変
打撃圧	9.0MPa (最小値)	最大 14.0Mpa まで可変
二重管の使用	GL－1.5m まで	1.5m 以深で崩落した場合はその深度まで二重管で再削孔 その後は単管削孔を再開

キーワード 削孔検層, ロータリーパーカッションドリル, 岩盤分類

連絡先 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 2-20-15 鹿島建設(株)中部支店土木部 TEL052-307-5111

ある．そこで DH 級と CL 級の閾値 $66\text{J}/\text{cm}^3$ の約 75%，かつ D 級内の判別基準となった $50\text{J}/\text{cm}^3$ を閾値とした．一方で，DH 級と CL 級の閾値については，標準設計法の地山分類である軟岩Ⅰと軟岩Ⅱの境界として利用できるものであった．また，表層から 1.5m までは，前述した二重管削孔の影響で穿孔エネルギーが過大評価されるため，評価対象外とした．

4. 土軟硬分類結果

試験施工の地点における既往調査と追加調査のボーリング，ならびに削孔検層結果の比較例を図-1 に示す．標高を統一して比較しているが，既往と追加のボーリングデータにおいて軟硬の判別に差異が生じている．これは既往ボーリング位置の緯度・経度が正確なものではないために，検層位置と差異があったことが原因と考えられる．一方，追加ボーリングと削孔検層の結果を比較すると，土砂と軟岩，中硬岩と硬岩の判別に差があるものの，軟岩以下と中硬岩以上に大別すれば高い精度の結果を得ることができたと考える．削孔検層で得られた全 80 地点の土軟硬分類結果は，暫定的に基本設計と比較すれば，0%の硬岩が 12.5%，2.7%の中硬岩が 12.9%と硬い層が増加する傾向を示した．

5. まとめ

5.1 3Dモデル作成による軟硬別土量の把握

削孔検層と追加ボーリングおよび別途実施した弾性波探査の結果を元に切土範囲を三次元化する予定である．平面的な点の情報である削孔検層の結果に，地層の広がりを示す弾性波探査で補間するとともに，既往の地質調査結果とも照合する．最終的に精度の高いモデルから軟硬別の土量を算出する．

5.2 実際の岩盤との比較によるフィードバック

切土掘削で露出した実際の岩盤に対して打球探査と観察によって軟硬を判別し，削孔検層の結果へフィードバックする必要がある．加えて，今回判別が難しかった転石に関する情報等も現地状況から得られることで削孔検層の精度向上に寄与すると考えられる．

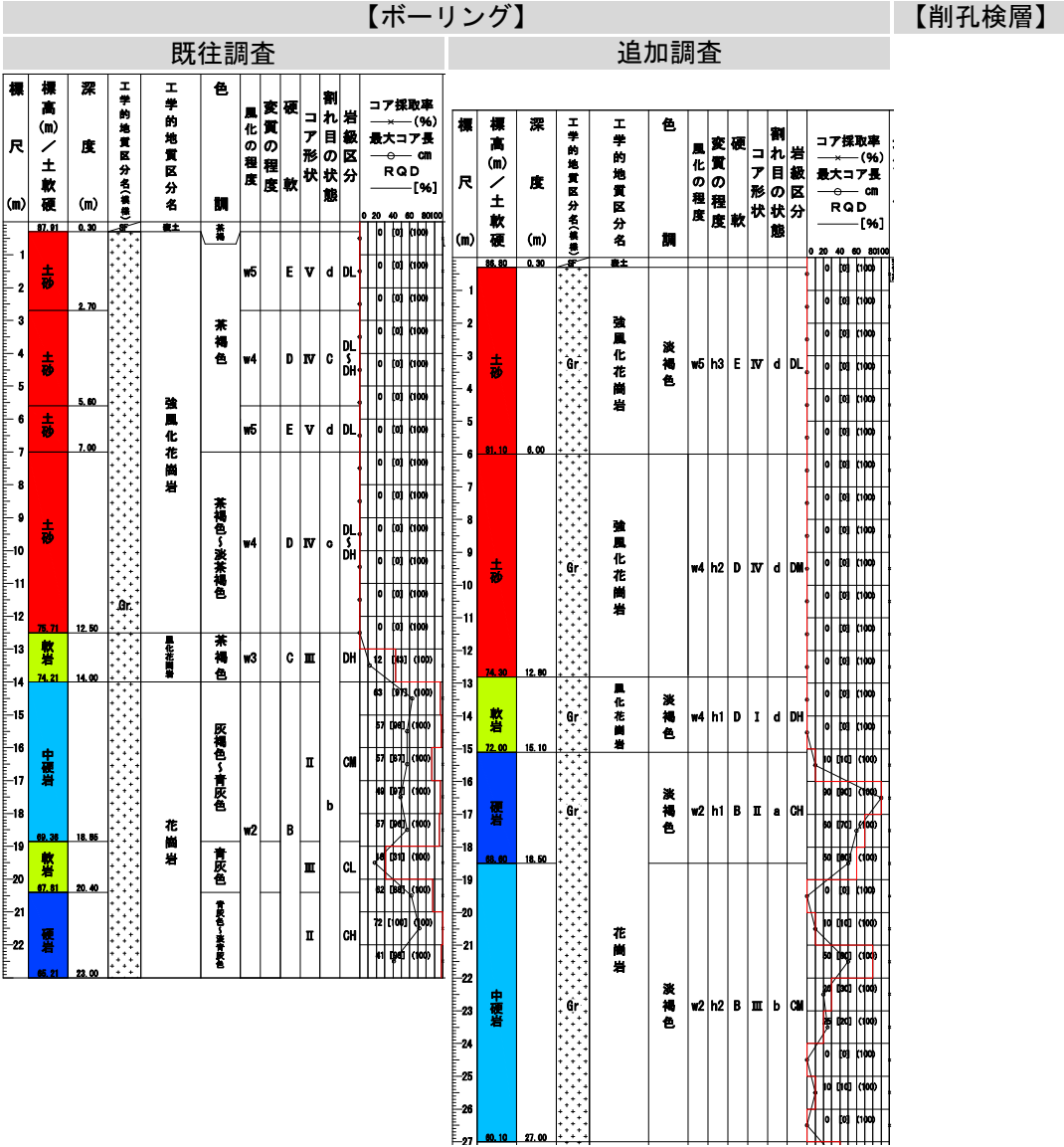


図-1 ボーリングと削孔検層の結果