

RPD を用いた連続打撃動的貫入試験による脆弱部の支保パターン設計

鹿島建設(株) 正会員 ○岡崎勇樹 北村義宣 小林幸司 河本貴史

1. はじめに

小嵐トンネル調査坑Ⅱ期工事(長野~静岡県)は全長 1,211m の調査坑を建設するものであり、青崩トンネル本坑掘削に利用する地質データの取得を目的としている。本トンネルでは、ロータリーパーカッションドリル(RPD)を用いた水平ボーリングを全線で約 90m おきに実施し、切羽前方の要対策土の有無の判定と水抜き及び地質を確認した。この際に実施した連続打撃動的貫入試験により地盤の変形係数を推定しており、本稿では、RPD による変形係数の推定方法と、これを用いた脆弱部の切羽前方に適用する支保パターンの設計事例を紹介する。

2. 地質

Ⅱ期工事における地質縦断図を図-1 に示す。事前調査から小嵐トンネルの地質は泥質変成岩、珪質変成岩及び断層岩である斑状マイロナイトが分布する想定となっていたが、Ⅰ期工事にて斑状マイロナイトが断層活動によってさらに圧砕された細粒マイロナイトが確認された。細粒マイロナイトは、中央構造線の影響により細かな割目が発達しているため、掘削による緩みの進展が懸念される脆弱な地質である。

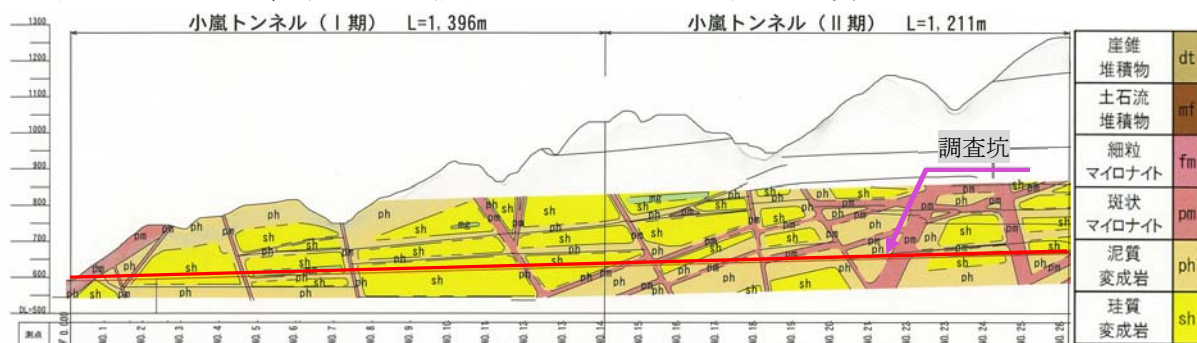


図-1 地質縦断図

3. RPD による連続打撃動的貫入試験から得られる P 値

ロータリーパーカッションドリル(RPD)による連続打撃動的貫入試験は、連続打撃貫入抵抗(P 値)によって地盤の硬軟変化を把握することができ、これにより地盤の変形係数を推定することができる。P 値はロッドが 30cm 貫入に対する打撃回数(回/30cm)で整理しており、式(1)で求めている。

取得した P 値から地盤の変形係数を推定する際には、図-2 に示す 9 箇所の山岳トンネルで得た P 値と変形係数の相関式を用いて決定する

①. なお、この相関式は、①堆積岩(泥岩・砂岩・頁岩)と②火砕岩(火山礫凝灰岩)の 2 つのグループに区分される。

$$P \text{ 値} = \frac{\Sigma E}{\text{基準 1 打撃エネルギー}} \quad \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

ここに、 $\Sigma E = E_R + E_V + E_P$

(E_R , E_V は削孔に大きく影響していると判断した場合考慮)

E_R :試験時の回転油圧から評価される回転エネルギー

E_V :試験時の給進油圧から評価される押込みエネルギー

E_P :所定の貫入長で測定した打撃回数×試験時の打撃油圧から評価される 1 打撃エネルギー

基準 1 打撃エネルギー：大型 RPD における打撃油圧 10.5MPa 時の 1 打撃エネルギー

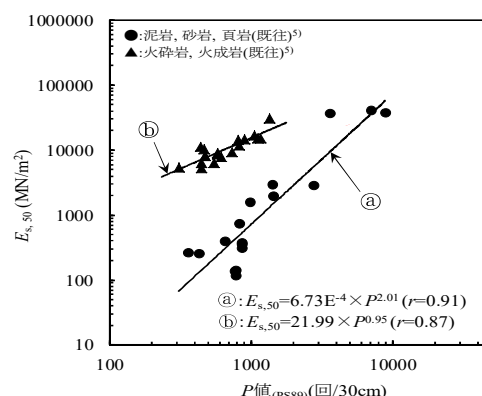


図-2 P 値と変形係数の関係

キーワード RPD, 動的貫入試験, P 値, 断層

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部 Tel : 03-6229-6754

4. 水平ボーリングによる地盤変形係数の推定

本稿では、No.25+41~No.26+21 において RPD による水平ボーリング調査から得られた P 値に基づいて支保設計を実施した事例を取り上げる。水平ボーリングで計測した P 値と前述した式から算出した変形係数を掘削深度ごとに列挙した結果を図-3 に示す。RPD により取得したコアサンプルを確認したところ、No.25+93.5 以深にて脆弱な地質である細粒マイロナイトが連続的に出現し、No.25+99.5~No.26+11.5 で P 値及び変形係数が低下することが判明した。No.25+93.5 以深の平均 P 値は 1882(回/30cm)であり、細粒マイロナイトは堆積岩の一種であるため、相関式⑧を用いて平均変形係数 $E_{s,50}$ を 5641(MN/m²)と推定した。

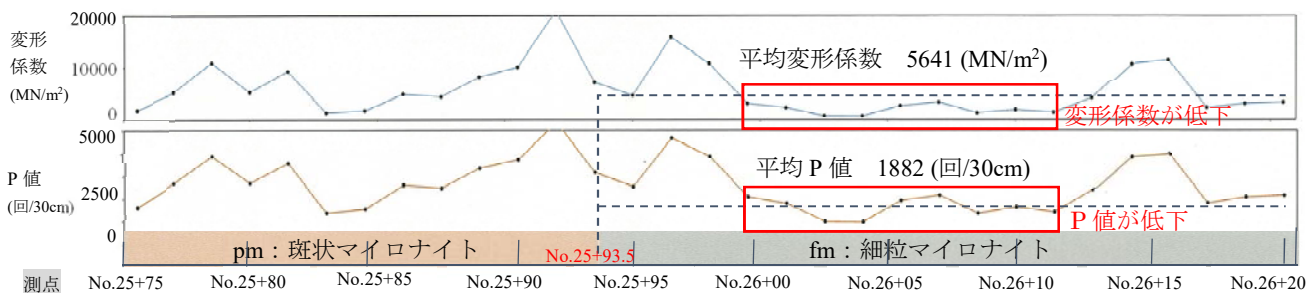


図-3 コアと掘削深度毎の P 値と $E_{s,50}$

5. P 値を用いた支保パターン設計事例

No.25+93.5 までは図-4 に示す支保パターン(DIs(T)-L)で掘削した。No.25+93.5 以降脆弱な地質である細粒マイロナイトが連続的に出現することが確認できたため、DIs(T)-L パターンと図-5 に示す Esc3(T)-L パターンの両方で支保の健全性を比較した。

表-1 に示す FEM 解析条件にて掘削解析を実施した結果、表-2 に示すように、DIs(T)-L パターンは吹付けコンクリートに発生する応力や天端沈下量が許容値を上回るが、Esc3(T)-L パターンは両者とも許容値を下回ることが確認できた。そのため当該区間の掘削は Esc3(T)-L パターンを適用した。

表-1 解析条件

変形係数 (MN/m ²)	粘着力 (MN/m ²)	内部 摩擦角 (deg)	土被り (m)	側圧 係数	掘削解放力	
					掘削	支保建込
5641	2.0	45	595	1.0	40%	60%

表-2 解析結果

		変位 (mm)		応力 (N/mm ²)		
		天端	内空	鋼アーチ支保工		吹付けコンクリート
DIs(T)-L パターン	解析値	22.4	24.7	降伏	降伏	21.5
	許容値	21.0*	42.0*	---	---	18.0
Esc3(T)-L パターン	解析値	19.6	26.5	降伏	降伏	19.4
	許容値	24.8*	49.6*	---	---	36.0

※変形係数と限界せん断ひずみの関係から許容値を算出

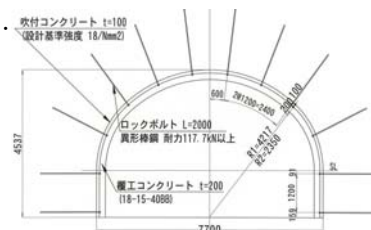


図-4 解析断面(DIs(T)-L)

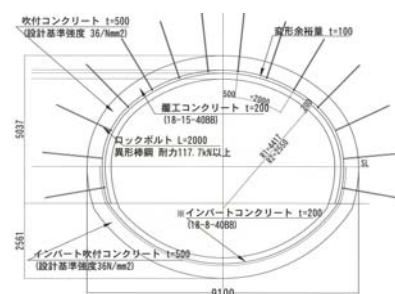


図-5 解析断面(Esc3(T)-L)

6. おわりに

本稿では、小嵐トンネル調査坑工事において、連続打撃動的貫入試験により得られる P 値から変形係数を推定し、脆弱部における FEM 解析を用いて支保パターンを設計した事例を紹介した。当該区間では Esc3(T)-L パターンを適用し掘削した結果、天端沈下量が 7mm、内空変位量が 10mm 程度に収まり、2018 年 3 月末に工区境までの掘削を完了することができた。

参考文献

1)中野・柴田・今村：PS-WL で採取した岩石試料の品質及び強度・変形特性と連続打撃貫入抵抗の関係,土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, pp.833-834