

フォアパイリングさく孔データと薬液注入量の関係

大成・西松・佐藤共同企業体 ○正会員
 (株)地層科学研究所
 中日本高速道路(株)
 (株)横浜コンサルティングセンター

亀山 克裕
 松原 誠
 森山 守
 鈴木 敦也

1. はじめに

近年、日本の TBM(Tunnel Boring Machine) 掘削においては、切羽前方の地質調査を目的としたノンコアボーリングの適用時に、さく孔データから地山性状を定量的に評価するための探査システムが採用される事例が数多く報告されている。本研究は、このような探査システムを用いてフォアパイリング施工時のさく孔データを収集し、さく孔データから求めた地山評価パラメータの一つである穿孔エネルギー¹⁾と薬液注入量の関係について検討を行ったものである。

2. データ採取現場

東海北陸自動車道飛騨トンネル工事における TBM 掘削区間内でフォアパイリングが採用された区間の施工データを使用した。また、フォアパイリングは同一断面より複数本施工されるが、さく孔による緩み・他孔からの薬液注入による影響を除外するため同一断面において初回にさく孔・注入を実施した孔のデータを複数断面にて採取した。対象とした岩種は、中生代白亜系～古第三系の溶結凝灰岩(濃飛流紋岩)で、健全な状態では300～400MPaの一軸圧縮強度を有すが、亀裂が板状や網状に発達し、その間隔は50cm以下の区間である。

3. 注入式フォアパイリング施工概要

図1に示すように鋼管径114.3mm、鋼管長15.9m、鋼管先端部牽引推進型リングロストビット式により施工した薬液注入には、懸濁型アルカリ無機系中結注入材(粘度40mPa・s)を用い、グラウトポンプによる1.5ショットでの注入を実施した。

4. 結果の整理方法

(1) 穿孔エネルギー代表値の算出

1本のさく孔により得られた穿孔エネルギー(以下、穿孔Eとする)を50cm間隔で代表値の決定を行うにあたり、下記に示す3種類の統計量を用いた。また、図2に穿孔Eの概念図を示す。

- 穿孔Eの算術平均

$$\text{穿孔Eの平均値} = (E1 + E2 + \dots + E9) / \text{穿孔Eデータ個数} \quad (1)$$

- 穿孔Eの最下限値

$$\text{穿孔Eの最下限値} = E7 \quad (2)$$

- 穿孔Eの極小平均値

$$\text{穿孔Eの極小平均値} = (E1 + E3 + E5 + E7 + E9) / \text{極小該当個数} \quad (3)$$

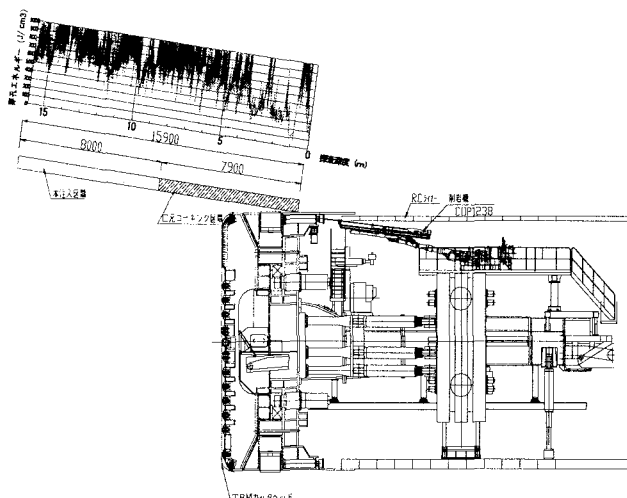


図1 フォアパイリングの施工図

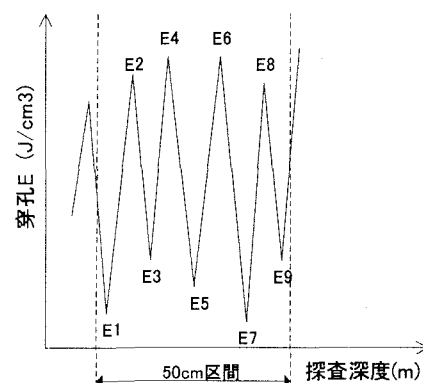


図2 穿孔エネルギーの概念図

キーワード , TBM 掘削, 鋼管フォアパイリング, 穿孔エネルギー, 薬液注入量

連絡先 〒501-5627 岐阜県大野郡白川村荻町字寺田 3296 大成・西松・佐藤共同企業体 TEL 0577-68-3990

(2) 穿孔エネルギー代表値の区間割合百分率化

上記, 3 種類の手法にて集計された 50cm 間隔での穿孔 E 代表値に, しきい値を設けその値を下回る区間割合を百分率化し, この値と薬液注入量の関係について検討を行った。

(3) 薬液注入量の算出

実注入量より, フォアパイリング鋼管内部および鋼管と地山との隙間に充填される注入量を除き, 純地山注入量 $Q(L/m)$ を算出した。

5. 穿孔エネルギーと薬液注入量の相関性検討

穿孔 E 平均値および, 極小平均値より得られる代表値百分率と薬液注入量において明瞭な相関性は, 認められなかった。これは, 硬岩で亀裂密集帯の場合, 穿孔 E の上限値が高くなるため, 平均値が上限側に引き寄せられることが原因であると考えられる。

図 3 に, 穿孔 E の最下限値を用いた区間割合を示す。しきい値 $150(J/cm^3)$ 以下とした場合, 他のしきい値に比して注入量の増減との相関性が認められる。図 4 に, しきい値 $150(J/cm^3)$ と地山注入量の関係を示す。図 3 においては, 定性的に穿孔 E と注入量の増減傾向に相関がある箇所が見受けられたものの, 図 4 においてはばらつきの目立つ結果となった。しかし, 巨視的に見ると大きく 2 グループに大別できる。下位に位置するゾーンは穿孔 E 百分率と地山注入量の関係において, ある線形に従う傾向を示していると言える。また, 上位に位置するゾーンは地山性状より判断すると, 部分的に大きな開口亀裂を有する岩盤下での薬液注入を実施した結果と考えられる。

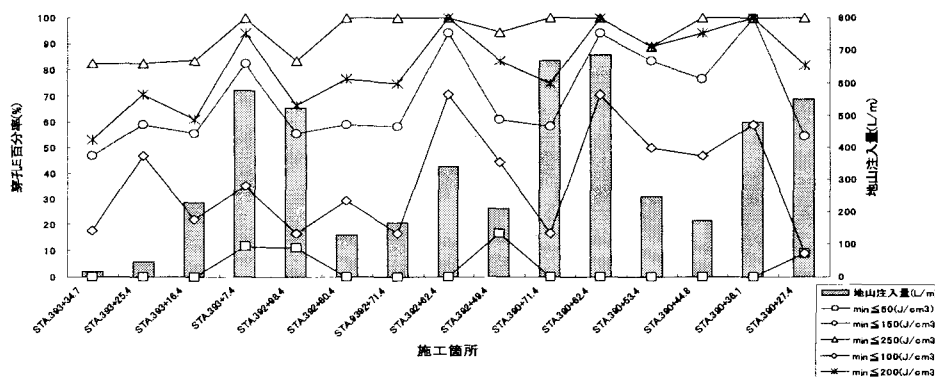


図 3 穿孔エネルギー最下限値百分率と注入量

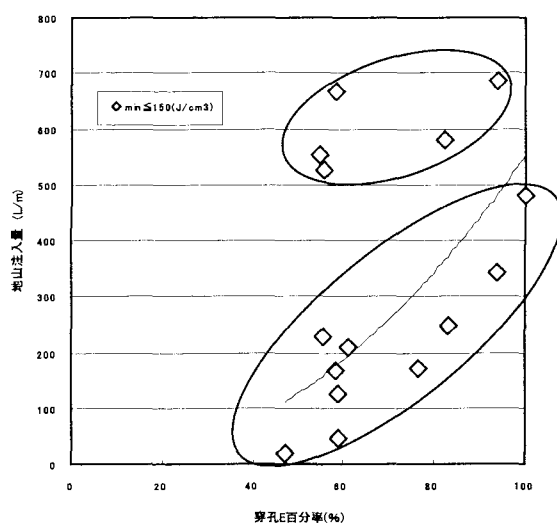


図 4 穿孔エネルギー百分率と地山注入量相関

6. まとめ

フォアパイリングさく孔データと薬液注入量の関係を知る上で, 穿孔 E 百分率を用いての評価を行った。穿孔 E 百分率と地山注入量の関係は, 2 つのゾーンに分かれる結果となったが, 下位のゾーンに着目した場合, 相関性があると判断できるものであった。つまり, 穿孔エネルギーにしきい値を設定することにより, 薬液注入の可否判断もしくは必要量の想定が可能であることを示唆するものと言える。しかし, 定量的評価を行うには注入材の粘性・ゲルタイム・流速・粒径と岩盤中の亀裂性状に起因する不確定要素が多く残されており, 現段階ではこれらの要素を除去できるほどのデータ個数が得られていない。今後より多くのデータ蓄積を行い, 地質情報と比較することで精度の高い相関が得られるものと考えられる。

謝辞: 本研究を進めるにあたり東京大学 工学系研究室 福井勝則助教授に数多くのご協力・ご意見をいただいたことに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 山下, 石山, 木村, 明石, 岡田, 福井: 穿孔探査法の TBM 掘削への適用, 第 11 回岩の力学に関する国内シンポジウム講演論文集, 2002