

ケーブルボルト施工のためのグラウト注入実験

大成建設技術研究所 正 伊藤文雄
(株)ケー・エフ・シー 正 羽馬 徹
山口大学工学部 正○清水則一 正 成川麻里子

1. はじめに

海外の鉱山におけるケーブルボルト施工では、定着材としてポルトランドセメントが一般に用いられ、多くの実験結果もそれに対するものである。ところが、我が国のトンネルや地下空洞のロックボルト施工では、一般的にセメントと砂をあらかじめ混合したモルタル（プレミックスモルタル）が用いられている。したがってケーブルボルトを施工する際、特別な定着材や施工設備を用いることなく、山岳トンネル建設現場に通常設備されているロックボルト施工用の注入ポンプとプレミックスモルタルが利用できれば便利である。そこで、プレミックスモルタルの適用の可能性を検討するため、ケーブルボルトに対するグラウトの注入実験を行った。

グラウトとして要求される性質は、圧送時の流動性と硬化後の剛性・強度である。実際には、ボアホールとケーブルボルト間が隙間なく充填され、かつ、高い強度と剛性を持つように最適な水セメント比を定める必要がある。今回の実験では、この点に着目してドライモルタルを用いる場合の、最適な水セメント比、適切な練り・注入ポンプ、圧送圧などを考察する。

2. 配合試験

海外におけるケーブルボルト施工のグラウトの基準として、水セメント比 $W/C = 35 \sim 40\%$ 、圧縮強度 σ_{c28} 60MPaが示されている¹⁾。本試験で用いるプレミックスモルタルがこの圧縮強度の基準を満たし、ロックボルト施工用の注入ポンプ（MAI ポンプ H400 HP3）で施工可能なコンシステンシーを確保できる配合を明らかにするため、事前に配合試験を行った。その結果を図-1に水セメント比に対する圧縮強度、弾性係数、フロー値の関係を示す。図-1から、プレミックスモルタルはポルトランドセメントに対して、水セメント比が大きくても、強度・弾性係数とも大きく低減せず、 $W/C =$ 約 40 ~ 45%、フロー値 180 前後で、十分に基準を満足することが確認された。本試験では、 $W/C = 42 \sim 43\%$ 程度になるよう、MAI ポンプの水量計を調整し、フロー値を確認した上で注入を実施することとする。

3. グラウトの注入実験

本実験で用いるケーブルボルトは表-1に示すように、国内で流通している標準的なPC鋼より線（以下、プレーンストランド）と、付着強度を向上させるためにストランドに一定間隔の膨らみを持たせたバルブストラ

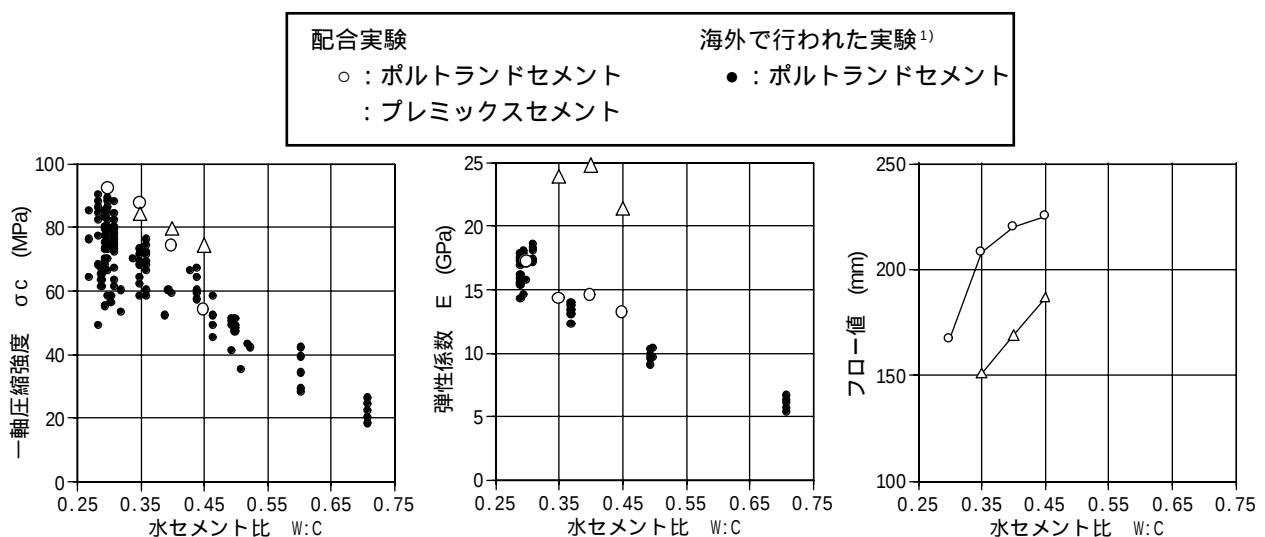


図-1 グラウト配合試験

Keywords: Cablebolt, grout, support/reinforcement, tunnel, experiment

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-11 山口大学工学部 清水則一

TEL 0836-35-9936 FAX 0836-35-9429 e-mail: shimizu@rock.civil.yamaguchi-u.ac.jp

ンドの2種類である。注入実験では、同一の注入設備、定着材および注入方法を用いて行う。定着材はプレミックスモルタルとしてIBOドライモルタルを用い、ケーブルボルト材の形状が施工性や定着材の充填度に与える影響を比較する。写真-1に透明ポリカーボネイト(PC)の模擬ボアホール内に設置したケーブルボルトを示す。図-2に模擬ボアホールの図を示す。実験方法は、まず人力によりケーブルボルトを挿入し、ケーブルボルト材に沿って取り付け付けたグラウトチューブから定着材を注入し、孔奥側から吐出させて、口元までリターンさせるグラウトチューブ方法とする。グラウト硬化後の充填状況を写真-2に示す。写真-2から、グラウトの充填状況はプレーンストランド(左)、バルブストランド(右)共に良好であることがわかる。また、スペーサの設置によってケーブル同士が接触している箇所が少なくなり、スペーサの役割は重要であると考えられる。

4. まとめ

本実験は、ドライモルタルを用いる場合の、最適な水セメント比、適切な練り・注入ポンプ、圧送圧などの検討を行った。また、ケーブルボルトとしてプレーンストランドとダブルストランドの2種類を用いて、ケーブルボルト材の形状が施工性や定着材の充填度に与える影響を比較した。その結果を以下にまとめる。

配合試験の結果、最適なセメント水比は $W/C = 42 \sim 43\%$ となった。

このコンシステンシーは、上向き施工の充填式ロックボルトにも使用できるレベルの硬練りとした。

MAIポンプの水量計を 250 ㍓/hr に調整しポンプの吐出圧は最大で 7.4 MPa 、平常時で $2.9 \sim 4.4 \text{ MPa}$ であった。

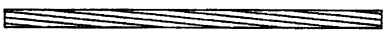
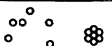
充填状況は、両ケーブルとも良好であり、ケーブル材の違いによる充填の差異は特に見られず、スペーサの重要性も確認できた。

以上のことから、ケーブルボルト施工に山岳トンネル建設現場に通常設備されているロックボルト施工用の注入ポンプとプレミックスモルタルが適用できるといえる。

参考文献

- 1) Hyett, A. J., Bawden, W. F. and Coulson, A. L. : Physical and Mechanical Properties of Normal Portland Cement Pertaining to Fully Grouted Cable Bolts. Int. Symposium on Rock Support, Balkema. pp.341-348, 1992.

表-1 各種ストランド

	ケーブル側面	横断面
シングルプレーンストランド		
バルブストランド		

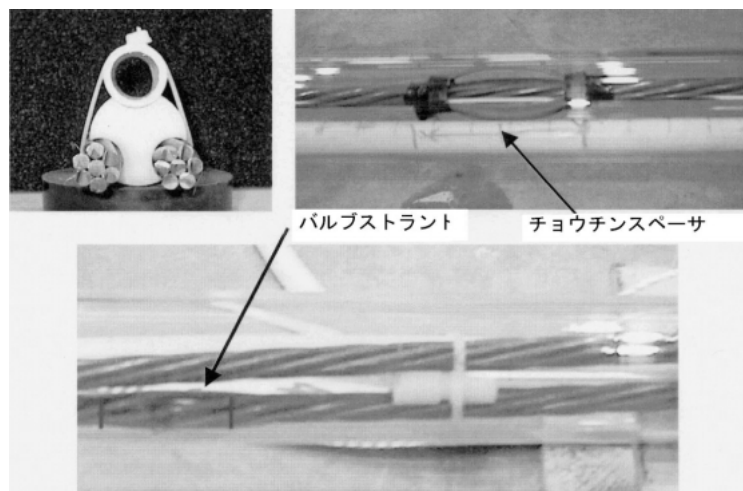


写真-1 ケーブルストランドの位置

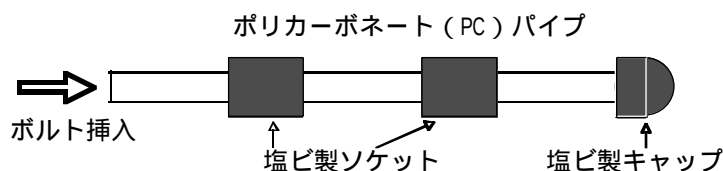


図-2 模擬ボアホール

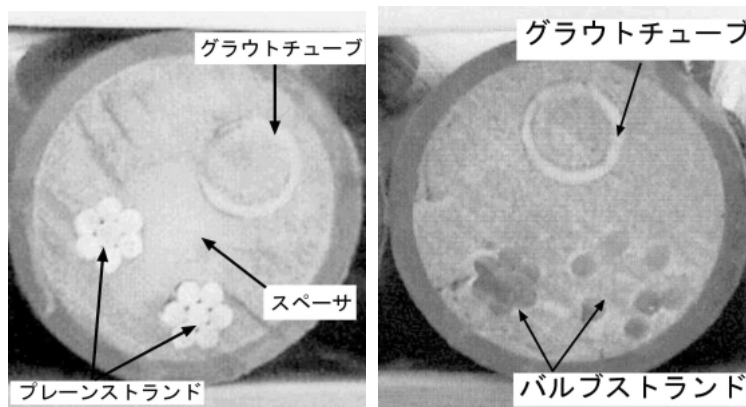


写真-2 グラウト充填状況