

## VI-325 フェースボルト（長尺鏡ボルト）の効果確認試験 （その1．試験概要と施工に関する評価）

飛島・金森建設共同企業体

荻田雅弘

三井建設東京土木支店

角屋裕志

三井建設土木本部土木技術部

会員 ○富田 稔

飛島建設技術本部土木技術開発部

会員 川端康夫

### 1. はじめに

トンネル断面の大型化，施工の効率化に伴い，トンネル切羽の安定化を図る補助工法的重要性が増してきており，特に，最近，フェースボルト（長尺鏡ボルト）が注目されつつある。フェースボルトは切羽から前方に10～20mのFRP製のボルトを打設するもので，現在多用されている鏡ボルト（ $L=3\sim4$  m）とは，規模の差だけではなく機能的な違いがあることも考えられる。こうした背景から，小島信濃木崎（停）線木崎湖トンネルの貫通点においてフェースボルトの効果確認試験を実施した。本編は，試験の概要と施工結果に関する報告を行うものである。

### 2. 試験の概要

本試験は，図-1に示すように，木崎湖トンネルの工区境において，先に到達した稲尾工区側の鏡面から長尺のグラスファイバーボルトを打設し，後から到達する木崎工区から打設区間を掘削しながら各種の計測を実施したものである。

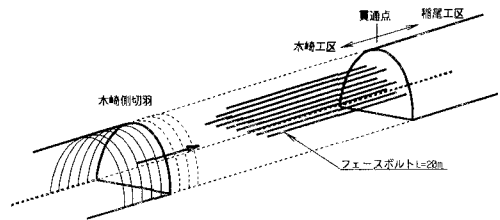


図-1 試験箇所概要図

#### 1) 地山条件

試験箇所は，未固結であるが締まった火山灰（シルト混じり砂）が連続して分布する。顕著な亀裂はないが潜在的な不連続面があり，時々，鏡の滑落が発生する。湧水は部分的な滲み出し程度である。また，当該部は沢地形となっており，土被りが14m～18mと小さく，改良型注入式鋼管先受工法等も実施している。

#### 2) 打設パターン

フェースボルトは図-2に示すパターンで施工した。ボルトは定着材の充填の確実性を高めるために，20 m前方でのトンネル断面におけるずれを勘案して， $4^\circ$ の角度をつけた。

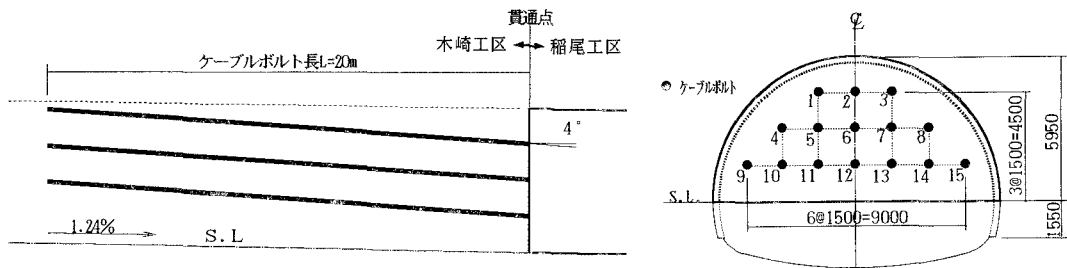


図-2 フェースボルトの打設パターン

#### 3) 使用材料

フェースボルトの母材には，組み紐状のグラスファイバーボルトを使用した（表-1，図-3）。また，定着材はカルシウムアルミネート鉱物を成分とする速硬性セメントを使用した。



図-3 母材の形状

表-1 フェースボルト仕様

|                     |                                               |
|---------------------|-----------------------------------------------|
| 母材<br>材質<br>形状<br>径 | グラスファイバーケーブルボルト<br>組み紐状<br>$\phi 15\text{mm}$ |
| 定着材<br>W/C<br>Pボート  | $60\pm 3\%$<br>10秒                            |

### 3. 施工状況

#### 1) 削孔

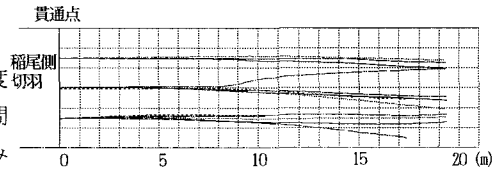
削孔は、軸力計と地中変位計を設置する孔を除き65mmのビットを用いた。削孔スピードは概ね1m/分であり、孔荒れやジャミングはほとんど生じなかった。また、孔曲がりや曲がり方に一定の傾向が見られ、削孔精度として、10mまでの曲がりや曲がり方は小さいが、10m以降からは所定の位置からの水平方向のずれが徐々に大きくなった。また、上下方向には、先端に向かって1～2mの垂れ下がりが生じた（図－4）。

表－2 施工機械

|        |                  |
|--------|------------------|
| 削孔機械   | ジャンボHD-90        |
| ロッド径   | 28mm             |
| 削孔ビット径 | 65mm, 75mm(計測孔用) |
| 注入ポンプ  | 連続練りミキサポンプ       |
| 足場     | テーブルリフター         |

#### 2) 挿入

ケーブルボルトは、20mを1本ものとして直径1.5m程度に巻いた状態で搬入したが、巻き癖は僅かで取り扱い上の問題はなかった。定着材の充填方式は後注入式とし、1本のみ施工性の比較のため定着材を充填後に挿入（先注入）した。



図－4 孔曲がり縦断面図

後注入式ではリターンホースを取り付けたケーブルボルトを人力で挿入したが、いずれの孔についても1分以内でスムーズに挿入できた。また、先注入の場合も最後の約1mでやや抵抗が強まったが、人力で容易に挿入できた。

#### 3) 注入

定着材はW/C=60%のペーストでφ15mmのホースにより、20%/min程度の注入速度で口元から送った。定着材の注入量は平均150%/孔であり、ビット径に対して2倍以上となった。注入圧は注入開始後徐々に増加し、リターン確認時には5kgf/cm<sup>2</sup>程度となった。これらのことから、定着材の一部が地山の弱部へ浸透したことも考えられる。また、先注入の場合は、注入ホースを孔先端まで一旦挿入し、W/C=45%のペーストをホースを引き抜きながら充填注入したが、口元からのダレが見られる程度で施工性等の問題もなかった。

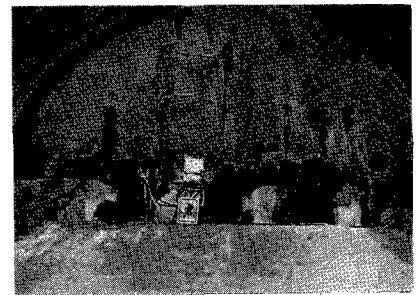


写真－1 ボルト施工状況（注入）

#### 4. 考察

長さ20mの長尺フェースボルトの効果を確認する目的で、既存の施工機械を用いて通常の削孔方法により試験施工を行った結果、施工面では、以下のことが分かった。

- ・20mの長尺削孔は、通常のロッドで施工するのは、削孔精度を確保する点から難しい。特にビットの回転力が影響するためか、曲がりやに一定に傾向が生じるが、過去の経験からしてもロッド径は32～38mmが限界であり、ロッド径の大型化での対処は困難と考えられる。
- ・今回の試験では20mのボルト長でも先注入で施工できるが、充填性の確認が難しく、作業員の感覚に頼らない充填方法の開発が必要である。
- ・孔曲がりや作業性は実施個所の地山条件に左右されるため、今後、さらに種々異なった地山条件で削孔テストを重ねていき、ジャンボによる削孔の適用範囲を探る必要がある。



写真－2 ボルト施工後の状況

**謝辞：**本報告を行うにあたり、長野県大町建設事務所の方々に感謝いたします。また、今回の試験施工に際しご協力をいただいた、(株)東亜測器、(株)東横エルメス、(株)東京測器研究所、(株)エーティック、電気化学工業(株)に御礼申し上げます。