

Ⅲ－B108 崩積土地山における長尺鏡ボルトの挙動

飛島建設土木本部土木設計部 正会員 小原勝巳
 日本道路公団上野原工事事務所 石川洋一
 飛島建設・アイサワ工業共同企業体 安永礼三
 飛島建設土木本部土木設計部 柿原真二

1. はじめに

トンネル断面の大型化，施工機械の高性能化等に伴い，切羽の安定を確保しながら断面を最小限の分割で掘削することが，大断面トンネルを効率良く施工するための必要条件となっている。最近，鏡の崩壊や押し出し対策の1手法として，切羽面から前方に向かって10～20 m程度の長さのファイバーボルトやケーブルを打設する長尺鏡ボルトの採用例が増加しているが，長尺とすることによる作用効果については，計測例が少ないこともあり，明確な設計の評価が難しいのが現状である。本文は，3車線高速道路トンネルにおいて実施した長尺鏡ボルトの軸力計測から判明した挙動について報告するものである。

2. 計測概要

(1) 軸力測定方法

長尺鏡ボルトは切羽の進行と共に順次切削されるため，計測用ケーブルの保護が難しく，従来は，貫通点において反対側の切羽に計測ケーブルを取り出す方法¹⁾またはデータレコーダーを先端部に埋め込む方法により計測が行われている。本計測では，図1に示すように，軸力を測定するボルトの先端部に，測定条件の入力やデジタル化された測定結果の排出が随时可能な小型のデータログを取付けることにより，計測ケーブルが切断されても継続してデータが得られるようにした。なお，自動計測のインターバルは10分とした。

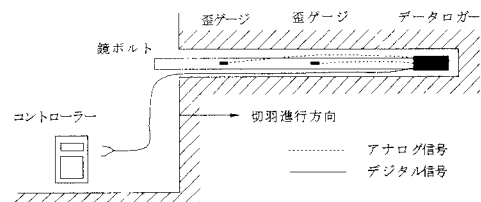


図1 計測システム概要

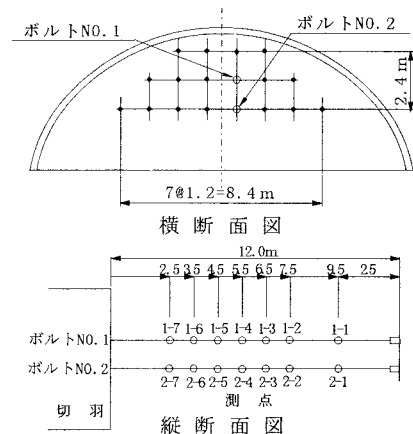


図2 打設パターンおよび計測位置

(2) 長尺鏡ボルトの施工概要

長尺鏡ボルトは，長尺先受け工と共に中央高速道路（改築）新岩殿トンネルの坑口から27～102 mの範囲で施工した。計測箇所は小礫を含有するN値4～11の含水比の高い粘性土質の崩積土がほぼ上半盤まで分布し，土被りは13 m程度である。施工パターンは，ボルト長12 m（6 mのものをカプラにより連結）とし，ラップ長4 mを残して切羽を8 m掘削するごとに1断面当たり16～20本を交互に施工した。図2に打設パターン図を示す。

3. 計測結果とボルトの挙動

(1) ボルト軸力の経時変化

ボルトNO.1の軸力の経時変化を図3に示す。軸力の時間的および施工的要因による変化には次のような特徴が見られる。

①地山が粘性土であることを反映して，全般にクリープ的な動きを生

表1 施工仕様

ボルト材質	グラスファイバー
ボルト径	中空φ30.5mm
削孔径	φ70mm
定着材	速硬性セメント
定着方法	後注入方式

トンネル，切羽安定対策，長尺鏡ボルト，計測

飛島建設（株）土木本部土木設計部 東京都千代田区三番町2番地 TEL:03-3288-6515 FAX:03-3288-5285

じている。特に、3 m掘削した時点で35時間切羽を停止している間、クリープ曲線状に軸力が増加している。

②掘削時に一時的な軸力の低下が生じる。

これは、切羽掘削（奥行き1 m）分の地山による拘束がなくなり、ボルト残長が減少するためと考えられる。また、これに先行し掘削開始直後に軸力が増加する場合もあるが、これは、掘削順序等施工的な要因による切羽表面付近の一時的な不安定化が原因と思われる。

③測点 1-1 で明瞭のように、1つの測点

に着目すると、掘削時の軸力の増減幅は、掘削が進みボルト残長が短くなるに従い大きくなる。

④ボルトの残長が長い3 mまでの掘削においては、

一旦低下した軸力が元の軸力レベルまで比較的急速に回復し、その後は掘削直前までの曲線の延長線上を推移する。

(2) ボルト残長（拘束条件）と軸力分布

掘削進行に伴い短くなるボルトの軸力分布には、次の特徴が見られる（図4）。

①切羽の進行と共に軸力のピーク値が高くなるのは、

ボルト中央付近の5 m掘削時点までである。これは、残長が短くなるとボルトに対する地山の拘束力（せん断抵抗力の総和）が低下するためと考えられる。

②軸力のピーク値が発生する位置は切羽から2～

3 mであるが、残長が短くなるにつれてその距離は小さくなる傾向がある。

(3) 掘削回数による応力履歴と軸力の増加

切羽の接近に伴う各測点の軸力の増加傾向には以下の特徴が見られる（図5）。

①切羽と測点の距離が3 m程度以上では、切羽接近に伴い掘削ごとの軸力の増分値が大きくなる。

②測点 1-1 以外では、先端部に近い測点ほど掘削に伴う応力履歴を多く受け、軸力も大きくなる。

4. まとめ

長尺鏡ボルトの軸力の発生傾向は、①長さの変化に伴うボルト自体の拘束条件の変化、②掘削回数による応力履歴、③地山のひずみ分布、等の諸条件を考慮することにより解明しうると考えられる。計測結果により、①と②については、N0.2のボルトの計測結果も含めて評価できることが分かったが、③に基づく検討は不可欠であり、今後、③も含めて、長尺鏡ボルトの設計的根拠付けを検討するつもりである。

参考文献 1) 荻田、角屋、富田、川端；フェースボルト（長尺鏡ボルト）の効果確認試験（その1）、土木学会第51回年次学術講演会

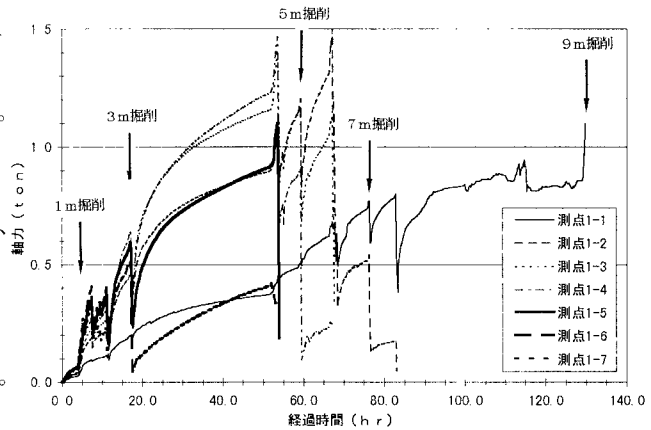


図3 ボルト軸力の経時変化 (N0.1)

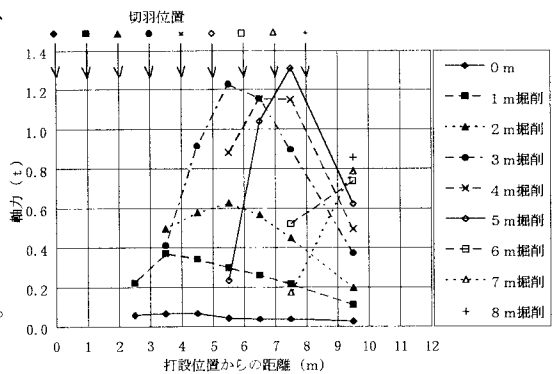


図4 切羽進行に伴う軸力分布の変化 (N0.1)

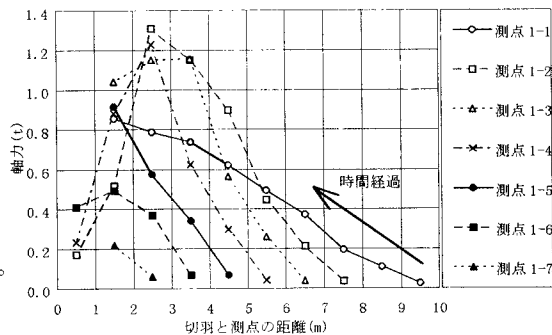


図5 切羽距離に対する軸力の変化 (N0.1)