

## トンネル掘削に伴う切羽前方地山挙動についての一考察 ～長尺鏡ボルトの効果の検証～

神奈川県横須賀土木事務所 道路都市課 課長 正員 高村栄二  
 神奈川県横須賀土木事務所 道路都市課 主査 佐藤 映  
 前田・日産・イワキ特定建設共同企業体 所長 小島正人  
 同 上 副所長 正員 酒井照夫

### 1. はじめに

本トンネルは三浦半島中央部東方に位置し、葉山 - 嶺岡隆起帯の中の葉山層群衣笠泥岩（新第3紀中新世前期）に計画された長さ  $L=407\text{m}$ 、幅  $W=28\text{m}$ 、土かぶり  $DP=20\text{m}$  の上下2車線のめがねトンネルである。葉山層は膨張性を有し潜在クラックが無数に発達した破碎性泥岩で早期劣化が顕著である。トンネル掘削においては、地耐力の確保と切羽安定の確保が大きな課題である。本トンネルは切羽の安定のために大規模な長尺鏡ボルトが長尺先受け工と共に実施されている。近傍の同類地山でのトンネル施工実績によれば、顕著な切羽の押出に連動して地表面沈下が計測されたが、この際長尺鏡ボルトが切羽押出し防止に有効な手段であったとしている<sup>1)</sup>。本稿では、この長尺鏡ボルトの有効性確認のために行われた切羽前方地山の挙動測定結果から得られた知見を報告するものである。

### 2. 長尺鏡ボルトの基本仕様

鏡ボルトは切羽の安定と地表面沈下に効果があることは総論的には知られているところであるが、詳細なメカニズムは不明確で確立された設計手法もなく、採用に当たっての詳細仕様の決定には苦慮するところである。実際は付近での実績を基に設計され、試行区間を経て目標に応じた仕様に達する、という様な場合も多いものと思われる。当トンネルでは、坑口部直上に民家が点在するため、試行区間を設けて仕様を決定することが許されなかった。このため本トンネルでは、導坑掘削時の地表面先行沈下状況、切羽での潜在クラックが開いて剥落するような崩壊、さらに前述の近傍同類地山トンネルでの実績<sup>1)</sup>、解析事例の文献<sup>2)</sup>等を参考に以下の通りの標準仕様に決定した（図-1、図-2 参照）。

- ・鏡ボルト材料...GFRP管、外形 $\phi 75\text{mm}$ 、内径 $\phi 60\text{mm}$ 、 $L=3000\text{mm}$ （1本当たり）
- ・長尺鏡ボルト延長... $L=21\text{m}$ 、ラップ長  $6\text{m}(1/2D)$   $D$ ：1本トンネル幅
- ・打設本数... $n=2$  1本（14本）@  $1.2\text{m} \sim 1.5\text{m}$
- ・注入材...シリカレジン、 $\phi 600\text{mm}$  相当、注入率  $\lambda = 16\%$

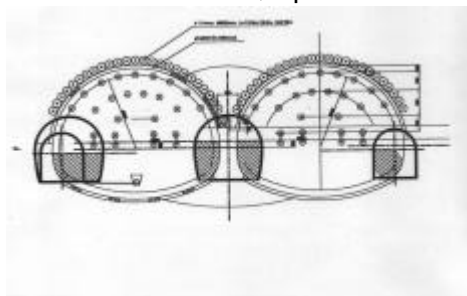


図-1 トンネル断面図

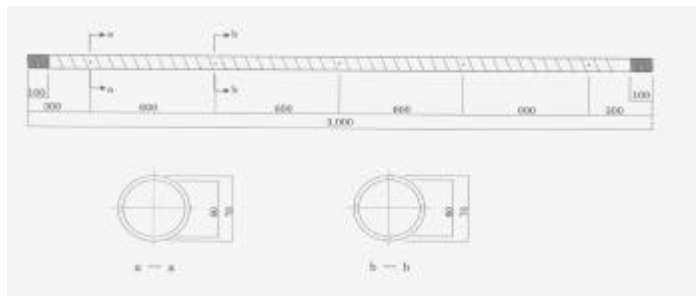


図-2 GFRP 管詳細図面

### 3. 切羽前方地山挙動測定方法の概要

計測は地中のひずみの変化を測定するものとしたが、本トンネルの鏡ボルトは  $L=21\text{m}$  と長いため、GFRP管内でのセンサーとデータロガーの設置は困難である。このため、鏡ボルトとは別にセンサー管（pet管）を地山に挿入する方式とした。Pet（ポリエチレンテレフタレート）管とひずみゲージ仕様は図-3の通りである。ひずみは2mピッチにひずみゲージをpet管に張付け、先端に設置したデータロガーに一定時間毎に記録するものとした。データロガーは先端に残置としPet管長は  $L=19\text{m}$  とした（図-4参照）。

キーワード：葉山層、膨張性、潜在クラック、破碎性泥岩、鏡の押出し、鏡ボルト

連絡先：横須賀市池上 5-8-16 前田・日産・イワキ特定建設工事共同企業体 TEL.0468-54-0212

：横須賀市公郷町 1-56-5 横須賀土木事務所道路都市部道路都市課 TEL.0468.53-8800 ex,423

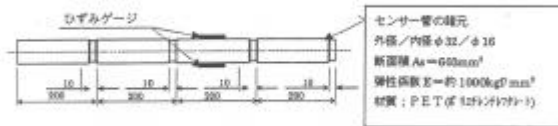


図-3 pet 管とひずみゲージ

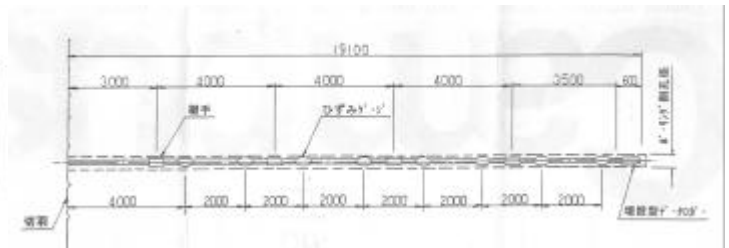


図-4 切羽への設置状況

#### 4. 測定結果

測定は、上下トンネル計 2 ヶ所にて行った。以下に各位置でのひずみの最大値と掘削進行を模式的に表すと図-5 の通りである。これによると切羽前方地山のひずみ分布にはピークが存在し、切羽の進行に伴いピーク的位置が移動する。手前のピークが破断すると、次の位置にピークが出現する。ピークの出現間隔は 4m である。切羽と初期ピークとの間隔は 6m ( $1/2D$ ) 程度である。

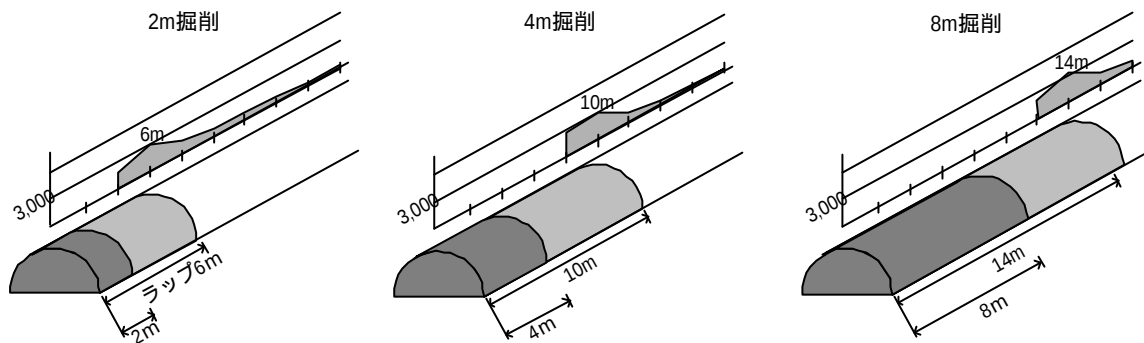


図-5 地中ひずみ分布イメージ図

以上の測定結果は 2 箇所とも類似の傾向をしめしていることから、少なくとも当該地山では、切羽の進捗に伴い、切羽前方 4 ~ 6m 付近の位置にピークが出始め、そのピークは順次切羽前方に移動していく、という知見が確認された。

#### 5. まとめ

いくら長尺ボルトで切羽をおさえても、切羽付近 2m 程度以下の鏡の崩壊は発生する。これは打設長よりも打設密度に関係されるものと判断され、この場合長尺鏡ボルトの補完として、地山注入または短尺ボルトの追加打設も効果があると思われる。当トンネルでは鏡ボルト打設と同時にシリカレジンの注入を実施しており、最大注入圧は初期圧+15kg/cm<sup>2</sup>を目安としているが、ほとんどの場合、注入圧はこれを下回り予定通りの量が注入されている。

切羽の押し出し量の測定結果によると、鏡ボルトが有る場合には押し出し量が半分以下に収まっている場合も確認されており、押し出し量は鏡ボルトの打設および注入に伴い徐々に収まって行く傾向が確かめられている。これらのことから、今回の鏡ボルト仕様は、注入効果とあいまって、総合的な効果を有効に発揮していると判断される。最後に、当該地山の様に潜在クラックが多く、掘削とともにそれが顕著に広がるような挙動を呈する地山でのトンネル掘削にはこの様な注入式長尺鏡ボルトが切羽の安定には極めて有効であると思われる。

以上

#### 参考文献

- 1) 根本、田井、小松、梶山 強破碎質泥岩の地すべり地帯を...「トンネルと地下」1999、7
- 2) 池口、真下 切羽安定化のための鏡ボルトの効果「トンネル工学研究論文・報告集第7巻」1997、11