

Ⅲ-B107

ケーブルボルトとロックボルトの挙動特性

清水建設（株）正会員 楠本 太
 清水建設（株）正会員 垣見 康介
 清水建設（株）正会員 岩根 保男

1. はじめに

鉱山では、地山の事前補強技術としてケーブルボルトが使用されている。これのトンネル掘削時のシステムボルティングへの適用性を調べるために、トンネル切羽直近でケーブルボルトとロックボルトを打設し、各ボルトに発生する軸力を計測した。その結果、ボルトに発生する軸力の発生機構が大きく異なることが分かったのと、地山挙動との関係でボルトの挙動特性が明らかとなったので報告する。

2. 地質概要

地質は塩基性の凝灰岩を主体とし、砂岩、頁岩を挟在する地層を構成する。岩種は輝緑凝灰岩である。地山の弾性波速度は3.3～5.0km/secであり、一軸圧縮強度は約100Mpa程度である。坑内観察調査から節理は発達し、層状の割れ目形態をなす。

3. トンネル構造と計測断面

トンネル坑口から約80m地点の新設トンネルが既設トンネルに合流するトンネル交差部で計測した。計測断面は、扁平大断面トンネルと3心円トンネルの2断面とし、この位置でのトンネル構造と支保パターンは表-1に示すとおりである。トンネル掘削工法は上半先進ショートベンチ工法を採用し、掘削方式は機械掘削である。土被り厚は約60mである。

4. ボルト仕様

ボルト仕様を表-2に示す。ロックボルト軸力計測は、NATM-B計測で一般に使用しているものを使用する。ケーブルボルト軸力計測では、専用の軸力計を7本よりPC鋼線に取付け、室内試験で性能確認したものを1孔当たり1本挿入する。これの定着方式は、口元にワッシャーを装着しない全面接着タイプとし、ケーブルボルト挿入後に、口元から早期に定着できるセメントミルクを注入する。

5. 計器配置

扁平大断面トンネルでの計器配置状況を図-1に示す。ケーブルボルト軸力計とロックボルト軸力計および地中内変位計は、最大80cmの離れで、切羽位置から約50cm後方で設置した。

表-1 トンネル構造と支保パターン

項目	計測断面番号	断面-1	断面-2
掘削断面積 (㎡)		75	150
トンネル縦横比		0.8	0.45
地山等級		C I	C I
吹付けコンクリート厚 (cm)		15	25
鋼製支保工		H-150	H-200
ロックボルト	長さ (m)	4.0	6.0
	周ピッチ (m)	1.2	1.0
	軸ピッチ (m)	1.0	1.0

表-2 ボルト材と定着方法

項目	種類	ロックボルト	ケーブルボルト
ボルト材		TD24	SWPR7BN
ボルト径(mm)		24	15.2
軸力計		ボルトひずみ計	KBS-01
定着材		フレックスモルタル	デンカイクワンカ
充填方式		先充填	後注入
ボルト端部		ワッシャーあり	ワッシャーなし

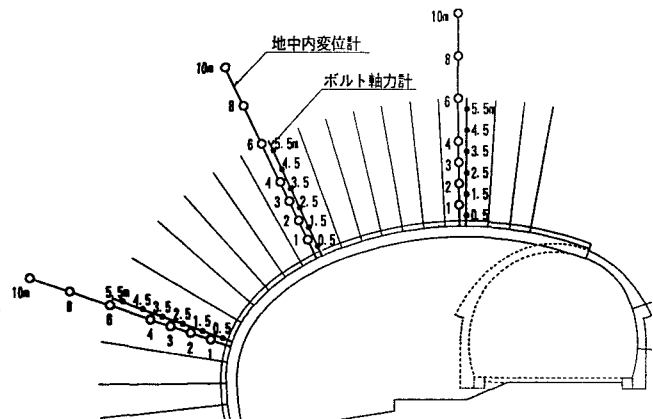


図-1 計器配置（断面-2）

キーワード：ケーブルボルト、ロックボルト、地中内変位計、ボルトの挙動計測、扁平大断面トンネル連絡先（住所：東京都港区芝浦1-2-3、Tel：03-5441-0566、Fax：03-5441-0515）

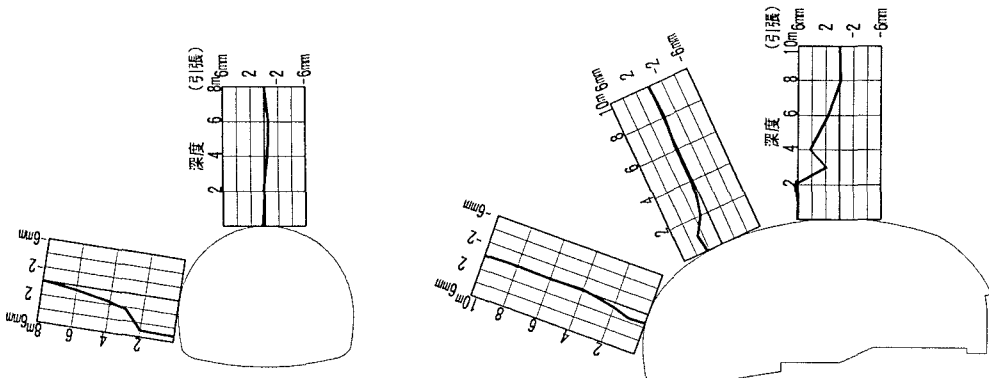


図-2 地中内変位分布

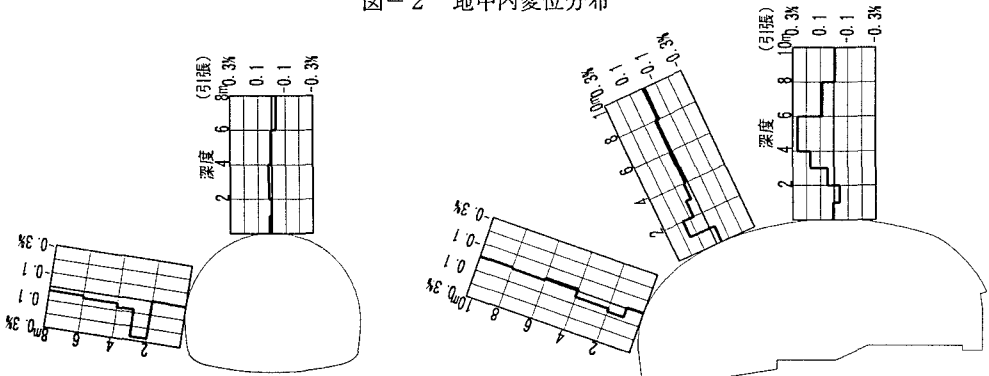


図-3 地中内ひずみ分布

6. 計測結果と考察

(1) トンネル周辺地山挙動

掘削面から約1～2m間では、計器設置以前のトンネル先行挙動により、トンネル半径方向に引張ひずみを受ける。この領域は、切羽進行にともない、トンネル内空側に変位するがひずみの変化は小さい。この以奥では、トンネル半径方向に顕著な引張ひずみを受けながら内空側に変位する。

(2) ロックボルトの挙動特性

掘削面から約1.5～2.5mの位置に、最大約5～12tfの引張力が発生する。ロックボルト軸力分布の深度軸での変化は、地中内ひずみ分布の変化とよく対応する。これは全面接着のTD24は、充填材との有効な付着力により、ひずみが生ずる箇所の地山挙動を耐荷力内で確実に拘束できるからである。

(3) ケーブルボルトの挙動特性

最大軸力値は、トンネル内空側に大きく変位し地中内ひずみの変化が小さい掘削面近傍で生じ、約6tfの引張力である。ワッシャーなしのケーブルボルト軸力分布の深度軸での変化は、地中内変位分布の変化とよく対応する。これは「7本よりPC鋼線のより戻りや不連続で局部的にひずむ地山挙動をその周辺のケーブルボルト付着力のみで拘束できないため」と考える。

7. まとめ

ケーブルボルト軸力は地中内変位分布に対応し、ロックボルト軸力は地中内ひずみ分布に対応することがトンネル計測で明らかとなった。今後は、これらの挙動特性を力学モデルで評価することを考えている。

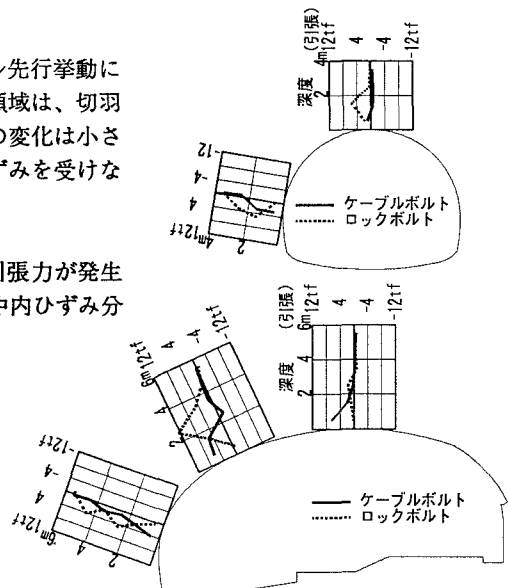


図-4 ボルト軸力分布