

ロックボルトと吹付コンクリートによる山留工の施工について

国鉄 盛岡工事事務所 正会員 多田 信幸
中嶋 俊雄
○ 正会員 鈴木 義廣

I. まえがき

近年、トンネルの合理的な工法としてロックボルトと吹付コンクリートによる支保パターンが、NATM工法の普及とともに各地で採用されている。しかし、国鉄仙山線北仙台駅構内地下鉄南北線工事では、全国的にもあまり例を見ない開さくトンネル区間の直切り軟岩部分の山留として、ロックボルト・吹付コンクリートを施工し、また、同時にロックボルト軸力計、地中変位計、傾斜計を取付け、計測管理を行なったのでその概要について述べる。

II. 構 造

ロックボルト・吹付コンクリートの構造を図-1に示す。鋼棒はSD35、 $\phi 25\text{mm}$ の異形鉄筋を使用し、長さ $\ell = 1.5 \sim 3.5\text{m}$ で全面接着型とした。打設角度は 15° にとり、 $2\text{m}^2 / 1\text{本}$ の打設密度とした。

また、吹付コンクリートの厚さは最小吹付厚で 10cm とし、設計基準強度を $\sigma_{28} = 240\text{kg}/\text{cm}^2$ とした。

表-1には吹付コンクリートの現場配合を示す。

III. 計測管理

計測器取付位置を図-2に示す。

1. 計測の目的と管理基準値

(1) ロックボルト軸力測定

ロックボルトにひずみゲージを取付け、各測点に発生する軸力の分布と大きさからロックボルトの妥当性を判断する。ボルト長は $\ell = 2.0 \sim 3.5\text{m}$ とし、管理基準値を軟岩と定着モルタルの摩擦力から考えて $N = 5.50\text{t}$ とした。

図-1 ロックボルト工構造図

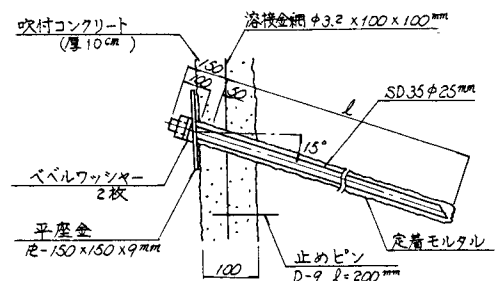


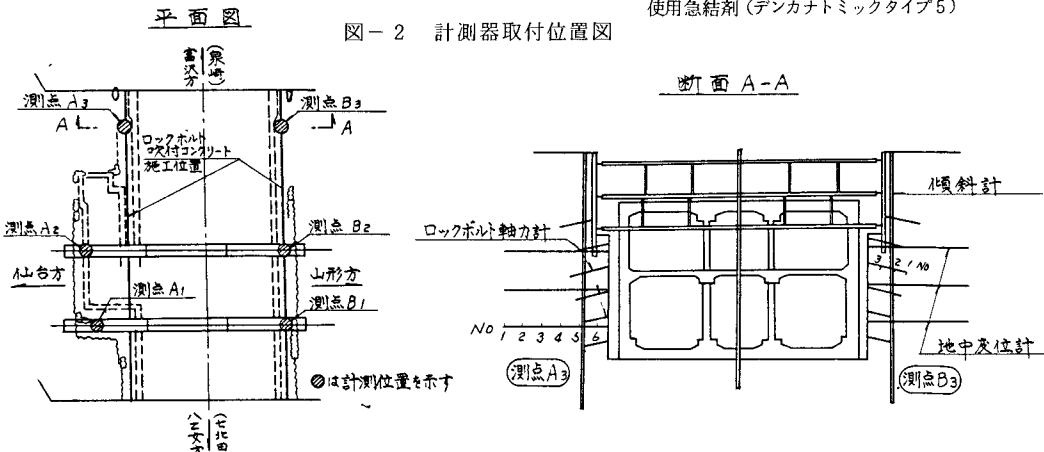
表-1 現場配合

$\sigma_{28} = 240\text{kg}/\text{cm}^2$ 単位 kg/m^3

セメント	水	細骨材	粗骨材	急結剤
360	(168)	1099	726	18

水セメント比 46.7%
細骨材率 60.0%
セメント急結剤比 5.0%
粗骨材最大寸法 15mm
使用急結剤 (デンカナトミックタイプ5)

図-2 計測器取付位置図



(2) 地中変位測定

変位測定用ロッドにアンカーを取付け、各測点での変位を測定し、そのゆるみ領域を発生する変位量と分布形状から把握し、ロックボルトの妥当性や岩盤の安定性を判断する。ロッド長は $l = 7.5 \text{ m}$ とし管理基準値は限界ひずみから考え、安全を考慮して $\epsilon = 0.25\%$ ととり、区間変位量を $\delta = 3.75 \text{ mm}$ として管理した。

(3) 傾斜測定

ボーリング孔に測定用パイプを建込み、各測点での変位を測定し、直切り壁面の安定性を評価するため、壁面変位状態・破壊面を把握する。測定長は $l = 20 \text{ m}$ で壁面から 1 m 付近で測定し、管理基準値は、限界ひずみをせん断によるものと考え、安全を考慮して $\tau = 0.5\%$ ととり、区間変位量を $\delta = 5.00 \text{ mm}$ として管理した。

なお、各計測器の計測回数は週1回とした。

2. 計測管理データ

(1) ロックボルト軸力計

管理データ表を表-2に示す。

発生軸力は $1 \sim 3 \text{ t}$ 程度であり、しかもほぼ一定の値を示した。しかし、圧縮力と引張力の分布状況については、各データを比較しても同一傾向を示しておらず、測点での軸力状況を判断したにとどまった。それらの原因については、今後検討を加えてゆく必要がある。

(2) 地中変位計

管理データ表を表-3に示す。

区間変位量は $0 \sim 2 \text{ mm}$ 程度であり、ほぼ一定の値を示しているが、変位量の傾向も測点での地山状況により一様ではなく、地山のゆるみ領域の明確な把握が難しかった。

(3) 傾斜計

管理データ表を表-4に示す。

区間変位量は掘さくの進行に伴い増加しているが、床付面付近で節理による滑動と思われる急激な変化があり管理基準値を上回ったため掘さくを中止し、対応策としてロックボルトの増打ちを施工して対処した。

IV. まとめ

計測結果は、一部に異常な壁面変位はあったものの、全体的に管理基準値内にあり、ロックボルトの妥当性・岩盤の安定性を確認できた。しかし、ロックボルト長、打設密度、吹付コンクリート厚等については更に検討の必要がある。また設計時には地山を単純にモデル化して行っているが、実際は複雑で不確定要素があり、思いがけない地山の挙動を示すことがあるので、ロックボルト・吹付コンクリートの施工に際しては、常に計測管理の併用を考えるべきである。

表-2 ロックボルト管理データ

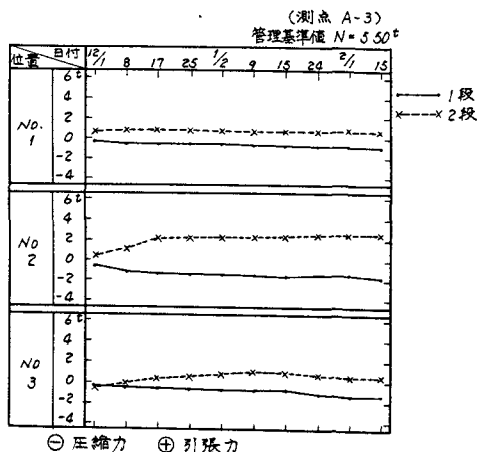


表-3 地中変位管理データ (測点A3)

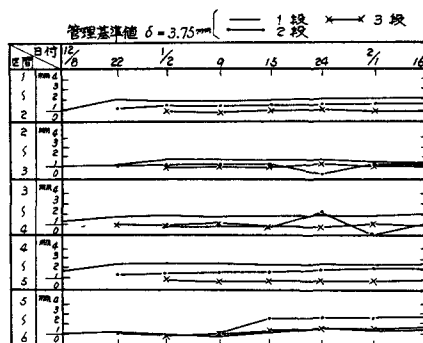


表-4 傾斜計データ (測点A3)

