

日本鉄道建設公団 井上 俊 隆
西松建設(株) 川並 五三三
西松建設(株) 正員 ○吉村 和夫

1. はじめに

北越北線鍋立山トンネルは、新潟県東頸城郡松代町に位置し、新第三紀寺泊層泥岩中を貫いている鉄道トンネルである。この泥岩は、モンモリロナイトを含み、含水比も高く、かなり褶曲作用を受けており、支保工による応力測定をおこなったところ、 100 t/m^2 という強大な膨張圧が作用している事がわかった。

過去に採用した支保工としては、 $H-175 \times 175 \times 7.5 \times 11$ の鋼製枠を $45 \text{ cm} \sim 75 \text{ cm}$ ピッチに建て込み、仮巻コンクリートによって補強をする方法であった。しかしながら、この方法では鋼製枠の座屈、仮巻コンクリートのクラック発生等の現象を呈したので、このような欠陥をおぎなうために、ロックボルト、吹き付けコンクリートを補助手段として採用し、その効果を観察した。

この折に実施した各種の測定の中から特にロックボルトの軸力分布測定、センターホールロードセルによるロックボルトの荷重測定、ロックボルト引抜試験、地山の変形測定の4項目を選び、その結果を報告し、併せてロックボルトの耐荷機構について2～3の考察を加える。

2. 施工および測定方法

ショートベンチ工法を採用した鍋立山トンネルは、掘削外径 $D=7.60 \text{ M}$ の円形単線トンネルである。用いたロックボルトは、S・Nアンカーで、削孔径 $\phi 42 \text{ mm}$ 、ロックボルト径 $\phi 24 \text{ mm}$ (SS50、スパイラル鋼棒)、モルタル配合1:1、スランプ $5 \sim 7 \text{ cm}$ で、急結剤としてトバックカプセルを使用した。削孔パターンは、図-1に示す通りである。

軸力分布測定は、ロックボルトに溝を切り、ここにワイヤーストレインゲージを取り付けたうえでおこなった。

ロックボルト荷重測定は、ロックボルト頭部にセンターホールロードセルを取り付けたうえでおこなった。

変形測定は、不動点から測定点までの距離をスチールテープを使って測定した。

3. 測定結果および考察

ロックボルトの軸力および頭部における荷重の測定結果は、図-2、図-3に示されているが、図-2をみればわかる通り、壁面から $1.0 \text{ m} \sim 1.5 \text{ m}$ 区間において軸力が激減している。図-3にみられるように、側壁部付近における荷重は、 $0 \sim 2 \text{ t}$ 、 $40^\circ \sim 50^\circ$ 付近の荷重は $7 \text{ t} \sim 9 \text{ t}$ 、天端においては $0 \sim 1 \text{ t}$ という値であった。

ロックボルト引抜試験から、引抜抵抗力は $7 \text{ t} \sim 9 \text{ t}$ であることを知られた。又、図-4は変形測定結果を示すが、側壁部における変形が一番大きく、天端における変形が一番小さいことがわかる。

これらの結果から、以下に示すことが、考察できる。

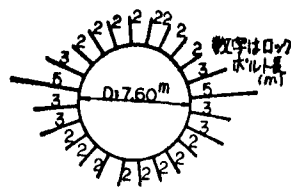


図-1 削孔パターン

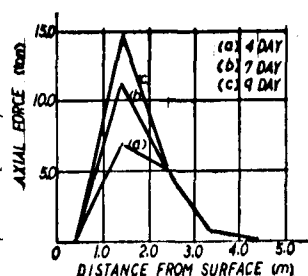


図-2 軸力分布測定結果

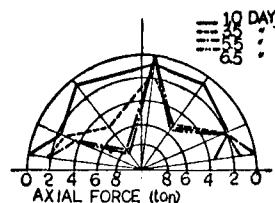


図-3 荷重測定結果

① 軸力が壁面から 1.0 ～ 1.5 区間で激減しているのは、ロックボルト頭部において high bonded stresses 状態となり、この範囲が slip をおこしたためか、あるいは、この範囲が地山の応力解放により、ロックボルトを打設する以前に地山が塑性化され、付着抵抗がとれなかったためかいずれかに原因があると考えられる。

② 側壁部において、ロードセル荷重が 0 ～ 2t という値を示しているのは、①で述べたように、high bonded stresses 状態のために slip がおこったため、あるいはロックボルト打設以前に地山が塑性化されたためかいずれかに原因があると思われる。

③ 40° ～ 50° 付近において、ロードセル荷重が 7t ～ 9t という値を示し、しかも引抜抵抗力が 7t ～ 9t になったことを考慮すると、この部分においては頭部において最大となるような軸力分布が示されたものと考えられる。このようなことから、この付近の地山は、slip をおこす状態にはなっていないものと解釈される。

④ 天端においてロードセル荷重が 0 ～ 1t という値を示しているが、これは後述するように、この付近の地山の変形が 0 であることに起因すると考えられる。

⑤ 地山の変形は、支保工建て込み後 6.5 日で側壁 9cm、40° ～ 50° 付近 6cm、天端で 0cm であったが、このことと、②、③、④で述べた考察により、地山の変形が大きくなると、それにつれて slip をおこす範囲も大きくなるように推定される。

以上、5つの考察により、high bonded stresses 状態によって生じた slip の範囲、又はロックボルト打設以前に塑性化された領域は、図一5に示した斜線の部分であると推定される。

これらの推定より、当トンネルのように膨張性地山中を掘削する場合に使用するロックボルトは、できるだけ早期に打設し、側壁部から 40° ～ 50° 付近までに打設するロックボルト長は、2.0m 位の余裕をみておく必要があると考えられる。

4. まとめ

今回、ロックボルトの軸力分布測定、ロックボルトの荷重測定、ロックボルトの引抜試験、地山の変形測定をおこない、その結果にもとづいてロックボルトの耐荷機構について、図一5に示した如き解釈をした。

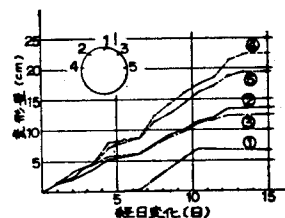
今後は、弾性波探査、岩盤相対変位測定等の各種測定により、ロックボルトの耐荷機構の解明につとめたいと考えている。

参考文献

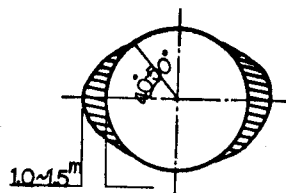
Dr.R.K. Dunham

"Anchorage tests strain-gauged resin bonded bolts"

Tunnel & Tunnelling Sep/Oct.1976



図一4 変形測定結果



図一5 Slipをおこした範囲