

国 鉄 武田 竜次
 鉄道公園 玉貞 白井 廣治
 顧問 組 正貞 武内 滋

1. まえがき

最近、我国のトンネル建設においてもNATMの適用頻度は増大し、施工延長は20^{km}にも達している。これは本工法の支保材である吹付けコンクリートやロックボルトが従来のH鋼と比較して、掘削周辺地山の安定化に有利であり、また、施工性、安全性においても優れていることが施工および現場計測により実証されているためである。しかしながら、全面接着型ロックボルト（以下ロックボルトとする）の支持機構については、多方面で研究されているにもかかわらず十分な説明はされていないため、事前設計として有限要素解析やRabcewiczなどの提案式により試算を行なうほか、ヨーロッパにおける岩盤等級と支保パターンを参考にしている。

本文はトンネル覆工コンクリートの改築に際し、事前に施工したロックボルトがコンクリートの崩しおよび新しく覆工コンクリートを打設することによりどのような挙動をみるか、またコンクリートの崩しによるトンネル周辺地山のゆるみについて述べたものである。

2. 改築について

建設中の東北新幹線釜石トンネルの一部区間において強大な地圧によりトンネルクラウン付近の覆工コンクリートにクラックが発生し、部分的に崩落したため改築を行なった。本区間は斧山岩質凝灰岩であり、当初底設導坑方式で掘進したが20^m・30^mの盤脹れが発生したため二段側壁導坑方式に変更した区間である。

改築方法は工期上の問題から全面的な改築は不可能であったためロックボルトを事前に施工し、コンクリート崩しによるゆるみに対して抵抗する方法とし、この場合プレートの効果は期待できないと判断してロックボルトの付着抵抗だけに期待した。コンクリートの崩しは覆工厚70^{cm}のうち50^{cm}とし、H-200の支保工（支保間隔90^{cm}）の内側までとした。

本区間は掘削後約3年経過し、クラックは長期にわたり進行していたため、トンネル周辺はゆるみが生じていると考えられたが、スプリングライン付近において引抜試験（ロックボルト長さ6.0^m）を実施した結果、引抜力は17^tであった。事前設計として、ロックボルトは長さ6.0^m、ピッチ1.5^m×1.5^m（225^本/本）とし、同時にロックボルト軸力測定、地山内変位測定および内空断面変位測定を実施した。また、新しい覆工コンクリート内にはトンネルの安定状態を把握するための応力計を埋設した。

表-1、図-1にはそれぞれ使用計器および計器配置図を示す。

表-1 計器一覧表

計測項目	計器
ロックボルト軸力	ひざめげシ付ロックボルト WRB-5P
地山内変位	多点岩盤変位計 VC-9 ^m
コンクリート応力	有効応力計
内空断面変位	コンバージェンスメジャー

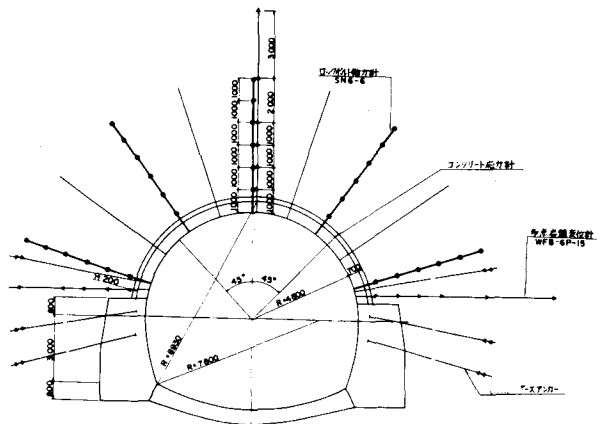


図-1 計器配置図

3. 計測結果と考察

図-2にはトンネル肩部(No.2)のロックボルト挙動について示した。コンクリート崩しによりロックボルト軸力は引張力が増大し、深度2.0m地点で最大15^tcm²であったが深度5.0m, 6.0mではほとんど軸力は発生していない。ロックボルト軸力が15^tcm²に達し後述する内空断面変位量および変位速度を考慮し、増打ち(11%)を行ない、変位速度が0.16mm/日の時点で覆工コンクリートを打設した。コンクリート打設後ロックボルト軸力は減少する傾向にあった。

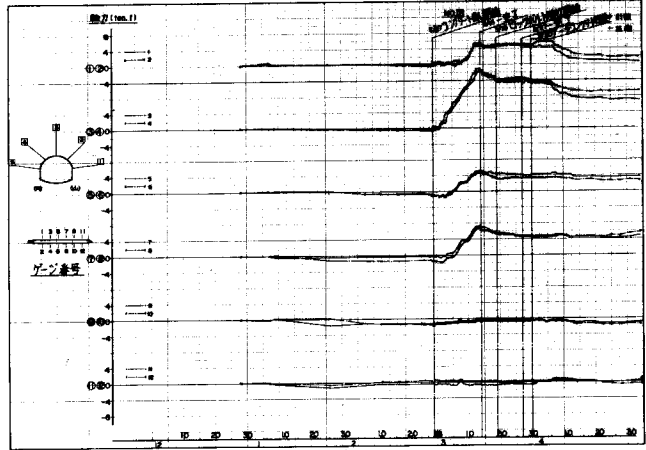


図-2 ロックボルト軸力図(No.2)

図-3には内空断面変位およびコンクリート応力について示す。コンクリート崩し開始後、側壁上部(H)の変位速度は0.8mm/日であったが、増打ち完了後0.31mm/日に減少し、変位量は14.5mmであった。コンクリート応力は全測点において圧縮側で、最大軸応力はトンネルフラウン部において、2940^{kg}/m²であった。

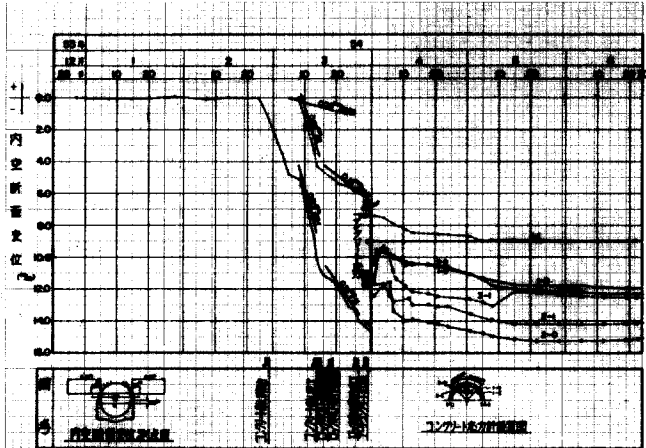


図-3 内空断面変位および覆工コンクリート応力図

ロックボルトの長さの適正については、Freeman¹⁾がロックボルトの軸力分布からせん断応力を算出し、Pick-up length(ゆるみ領域)、Anchor-length(支保領域)の判定方法を提案している。これを参考にした場合、ゆるみ領域は深度2.0m付近と考えられるが、地山内変位測定結果によると深度2.0~4.0mであり、1.0~2.0mの差が生じている。また、使用したロックボルト長さは1.0~1.5m長いと判断されるが、当初が4.5~5.0mのロックボルトを使用した場合、最大軸力の位置(Neutral point)はロックボルト先端方向へ移動しゆるみ領域を拡大し、それに抵抗する支保領域も拡大すると考えられる。したがって、ロックボルトの軸力分布のみからゆるみ領域やロックボルトの長さの適正を判断することは難しく、地山内変位、内空断面変位、坑内弾性波速度などが総合的に判断する必要がある。

4. あとがき

本文はトンネル覆工コンクリートの政策に際して実施した各種計測結果のうち、主にロックボルトの挙動について述べた。その結果、変位速度がある場合に覆工コンクリートを打設すると、ロックボルト軸力は減少する傾向にあり、各支保材において応力再配分が行われることが明らかになった。今後、ロックボルトの支持機構について現場計測および有限要素解析により研究する予定である。

なお、計測結果の詳細については当日発表する予定である。

参考文献

1) Freeman, T. J.: The behaviour of fully-bonded rock bolts in the Kielder Experimental tunnel. Tunnel & Tunneling. 10-5, 1978, pp. 37-40