

膨張性地山における多重支保工法の適用

日本鉄道建設公団上越鉄道建設所	正会員	竹津 英二
日本鉄道建設公団上越鉄道建設所	非会員	永田 聡
大成建設(株)飯山トンネル作業所	非会員	林 成浩

1. はじめに

北陸新幹線飯山トンネルは長野県飯山市から丘陵台地を抜け新潟県板倉町に至る全長約 22.2km の長大トンネルである。地質条件は超膨張性土圧が発生し施工が著しく難航した北越北線鍋立山トンネルと類似し(第三紀泥岩椎谷層)、ここ飯山トンネル木成工区においても同様な現象が発生するなどその注目度は高い。

木成工区では多重支保工法を採用することにより、非常に大きなトンネル内空変位に対して大きな手戻りも無く施工を行っている。この多重支保工法とは、大きな膨圧に対し剛性の高い支保で対抗するのではなく、坑壁の変位をある程度許容することにより最初の支保の健全性が損なわれることを見越し、その内側に新たな支保を設けることで、支保全体の健全性を確保する工法である。

2. 試験施工結果

飯山トンネル木成工区では、土被りの増加とともに大きな土圧が発生し、支保部材の変状(鋼製支保工の座屈、吹付けコンクリートの剥落等)、300mm を超える内空変位が発生した。対策として支保のランクアップ(鋼製支保工: H150 H200、吹付けコンクリート: 15cm 20cm(補強繊維入り))、増しボルトによる補強を実施したが効果的な変位収束を得ることが出来なかった。このため、飯山トンネル富倉工区で実績のある多重支保工法を採用することとした。

図 2-1 は多重支保区間の標準的な支保パターンである。一次支保は鋼製支保工 200H、吹付けコンクリート 25cm(補強繊維入り)

一次インバートは早期閉合と断面剛性のアップを考慮してインバートストラット(200H)付きで吹付けコンクリート厚 25cm(補強繊維入り)の構造とした。二次支保は鋼製支保工 125H、吹付けコンクリート 12.5cm(補強繊維入り)でロックボルトは施工せず、二次インバートは生コン(早強、補強繊維入り)で厚さ 25cmとした。なお変形余裕量は一次が 30cm、二次が 10cmとしている。

多重支保工法における変位拘束効果と支保の健全性については、その施工時期との関係が問題となる。そこで当工区は、切羽から 1.0D(10m)離れと 3.5D(35m)離れにそれぞれ A 計測と B 計測を行い、施工時期の差異による二次支保の変位量及び発生応力の違いを確認した。図 2-2 に二次支保の吹付けコンクリートの B 計測結果を示す。図より、3.5D の場合は 5.3N/mm^2 と応力値は小さく設計基準強度($= 18\text{N/mm}^2$)まで十分余裕があるのに対して、1.0D では最大 17.4N/mm^2 と設計基準強度に近い値を示していることが分かる。

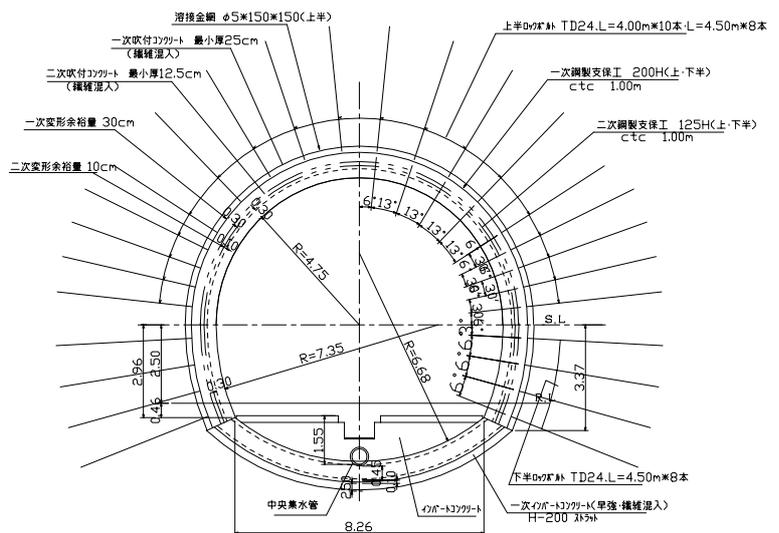


図 2-1 多重支保パターン図(特 D)

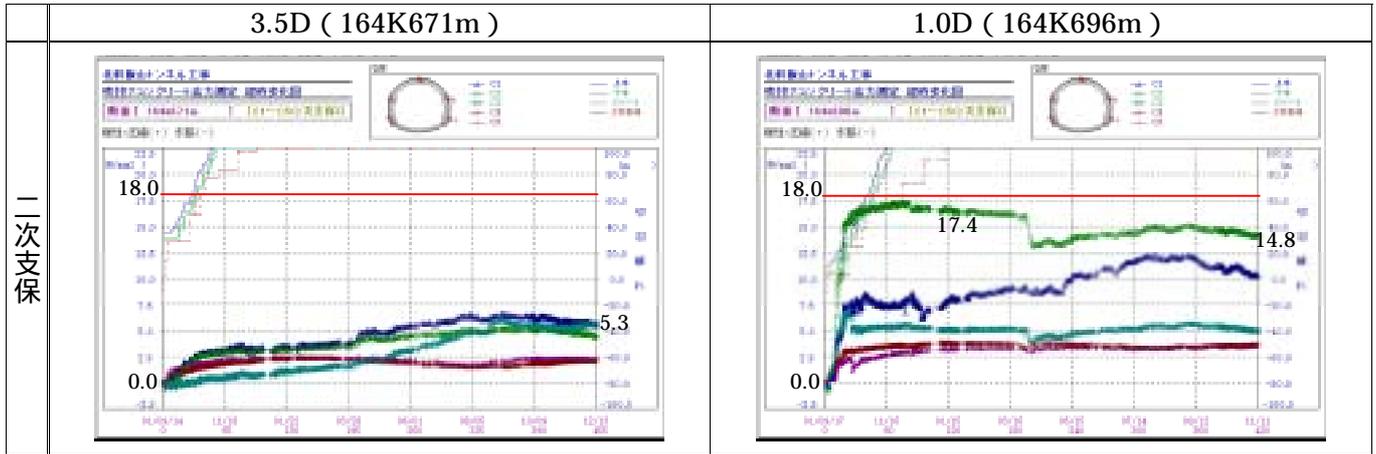


図 2-2 3.5D と 1.0D の比較 (吹付けコンクリート応力測定)

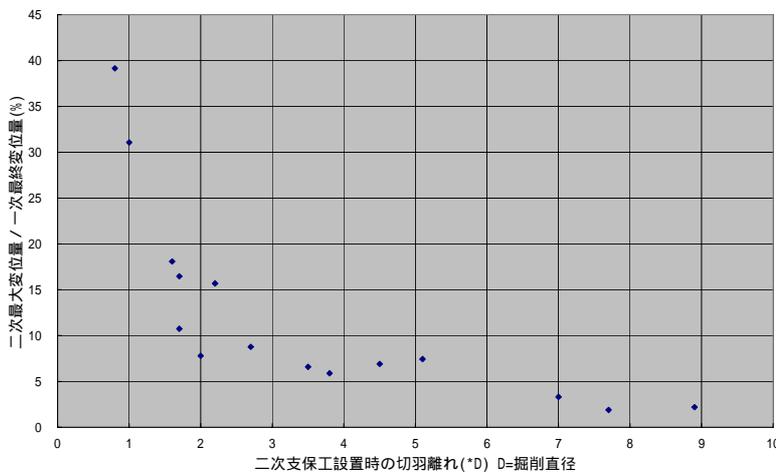


図 2-3 二次支保工設置時期と一次、二次支保変位比率の関係のグラフ

また図 2-3 は(二次支保の最大変位量/一次支保の最終変位量)と、二次支保施工時の切羽離れの相関関係を表す図である。図によると、切羽離れが 3.0D 以内ではこの比率が高く、それ以上離して二次支保を施工すると、この比は小さい傾向を示している。

これらのことから、切羽からある程度離して二次支保を施工すれば二次支保に発生する変位量、応力共に少なく出来ることが分かった。

3. 二次支保工設置に関するまとめ

膨張の大きい地山のトンネル掘削において変位制御と支保の健全性を確保するために多重支保工法を採用した結果、以下の事柄が明らかになった。

- 1) 一次支保工が破損し、変位が収束しない場合でも、内側に簡易な二次支保工を施工して断面を閉合することにより、支保の健全性と変位の収束を図ることができた。
- 2) 二次支保工の施工時期については、支保の健全性を確保するために切羽から 3.0D 以上離して実施することが望ましい。

4. 三次支保工の設置

木成工区では、試験施工結果より切羽後方での二次支保の設置が有利と判断し切羽から 3.5D ~ 10D の間で二次支保の施工を行っていた。しかし本坑掘削 165K130m(斜路交点より 500m)付近より、一次支保の激しい変状と大変位(最大天端沈下量 450mm、最大内空変位量 500mm)が切羽近傍で発生するようになった。このため、対策として三次支保まで含むパターン(特 F)を作成し、一次支保の変状が早く大きい場合には切羽近傍で二次支保(鋼製支保工と吹付けコンクリート)を施工し、早めの変位抑制と支保補強対策を実施することとした。そして二次支保の変位がある程度収束した時点で、三次支保(吹付けコンクリートのみ)を施工してやることで支保の健全性を確保することとしている。

今後とも現在までの計測結果を詳細に分析し、合理的な支保パターンの確立を行っていく所存である。