

長大めがねトンネル施工時におけるセンターピラーの挙動に関する一考察

阪神高速道路公団 正 藤井 康男 正 石橋 照久
(株) 鴻池組 宇田 隆彦 ○正 山田 浩幸

1. はじめに

北須磨トンネル（北工区）終点側山岳工法区間においては、都市部で土被りが10m程度と小さく地盤条件も悪

い中でめがねトンネル（偏平大断面）施工を実施した。めがねトンネル特有の課題の1つであるセンターピラーの設計と干渉部の補強方法は施工時のトンネルの安定を左右するものであるが、過去の施工事例も少なく、各トンネル毎に個別に検討されているのが実情である。

今回、左右対称型センターピラーの本坑施工時における計測結果を基に得られた知見について報告する。

2. トンネル概要

北須磨トンネルは神戸市道高速道路2号線（神戸山手線）の白川出入口～白川ジャンクション間に位置する総延長 $L=1107.5\text{m}$ のめがねトンネルである。そのうち始点側59.5m、終点側110m区間は開削トンネルで計画されており、残りの938mの区間は、山岳工法によるめがねトンネルで計画され、完成すれば日本で最長のめがねトンネルとなる。

終点側の地質は、神戸層群白川類層の礫岩・砂岩・泥岩・凝灰岩の互層で構成され、付近の岩盤の一軸圧縮強度は一部で5～13MPaと低い値を示している。また、図-1に示すようにトンネル切羽面から地表面にかけてN値10前後の盛土層が出現すると予測されており、施工時の切羽天端の安定および地表面への影響が懸念されていた。

3. センターピラーの設計

過去の施工実績から干渉部では左右のゆるみが重なり大きなゆるみ荷重が発生し、その結果センターピラーに大きな作用荷重が発生していることが判明しており、センターピラーの構造については干渉部の作用荷重を支えるとともに左右のトンネル掘削により生じる傾斜や底盤付け根のせん断力に対する安定性が重要となる。

北須磨トンネルの場合、トンネル延長が長いこともあり導坑断面が大きく（断面積 $A=36\text{m}^2$ ）センターピラーの施工性にも配慮して図-2に示す形状で計画された。

設計の詳細に関しては別途報告しており、参照されたい。

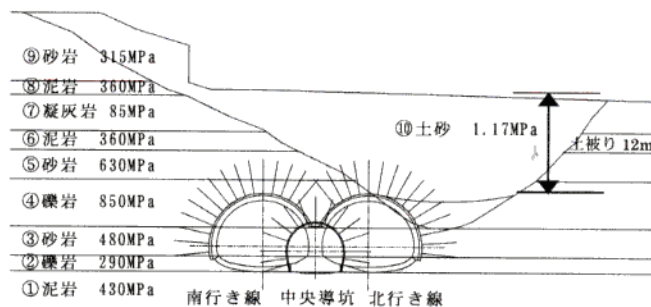


図-1 トンネルと周辺地山状況

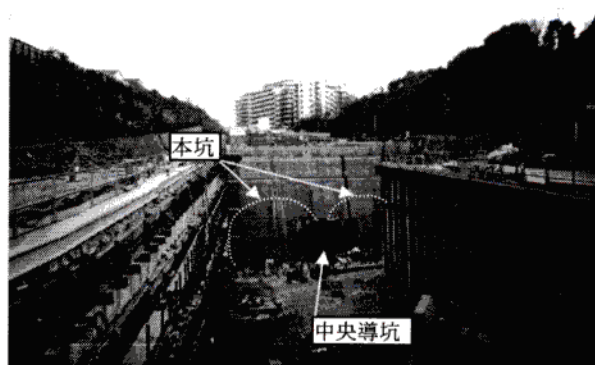
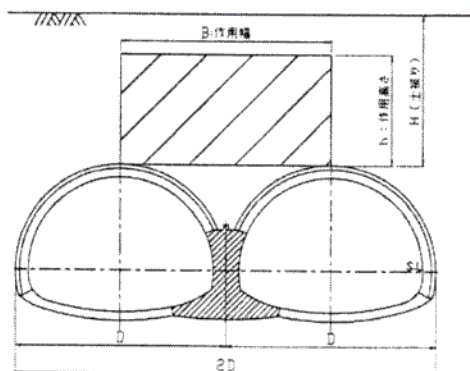


写真-1 現場施工状況

①土砂地山 2D (D: トンネル片側掘削径)
②岩 地山 1D (D: トンネル片側掘削径)



※作用幅をトンネル中心間と設定して作用高さを1つの指標として整理するため便宜的に設定した荷重図

図-2 センターピラーの形状と作用荷重

キーワード：めがねトンネル，FEM解析，補助工法，近接施工

連絡先：大阪市中央区北久宝寺町3-6-1

(株) 鴻池組

TEL (06)-6244-3684 FAX (06)-6244-3676

4. センターピラーの施工と計測結果

センターピラーの施工は本坑に先行して実施するが、北須磨トンネル終点側の地質状況が前述のとおり複雑であるため導坑施工時と本坑施工時で地山分類が異なることが考えられたことから、本坑掘削に配慮した施工パターンを採用した。

なお、前述のとおり当該区間は切羽天端の安定と地表面への影響を極力抑制する目的で補助工法として事前薬液注入（地表）+PU-IF（坑内）を実施した区間である。

表－1、2及び図－4、5に施工時に得られた計測結果を示す。

計測断面①（No.-44-10）ではセンターピラー作用軸力から土被りを換算し、設計時の荷重と比較すると、センターピラー軸力では1.7D（設計2.0D）と同程度であった。一方、支保軸力については0.8D（設計2D）と小さくなったがこれは図－3に示すようにセンターピラー上部の沈下対策で施工したセンター支保工と中詰めコンクリートに上載荷重の一部が流れたためと考えられる。さらに底盤土圧からの換算値でも1.4D（設計2.0D）と小さくなった。これは底盤土圧自体が測定箇所によりばらついており、今回平均値を用いたためであると考えられる。

なお、センターピラーの傾斜は先進坑施工時に後進坑側へ1.8mm傾き、後進坑施工時に先進坑側へ1.6mm戻り、結果的に0.2mm後進坑側へ傾いた。傾斜角としては 0.8×10^{-4} radであり事前解析値とほぼ同程度に収まった。

25m離れた計測断面②（No.-42-5）の測定結果では支保軸力の増加が若干大きくなったが概ね同様の挙動を示しており、地山状態が若干改善されたことでセンターピラーの傾斜が後進坑掘削時に先進坑側へ戻る傾向が見られた。

以上の各計測結果から判断するとセンターピラーは当初FEM解析で想定した挙動を示し、作用荷重として設計荷重相当の荷重が確認されたことから本トンネルにおける設計の妥当性が検証されたと考える。

5. まとめ

今回、めがねトンネル特有の課題であり、本坑施工時の安定を左右するセンターピラーの挙動に関する一考察を示した。複雑な地質状況での厳しい施工条件下のトンネル掘削となったが、事前のFEM解析による挙動予測、ならびに適切な補助工法の採用により当該区間のトンネル掘削を問題なく完了できた。

今後、都市部でのトンネル施工に際し、用地費や用地取得の困難さからめがねトンネルや超近接トンネルといった特殊断面トンネルの計画が増加してくるであろうと考えられる。

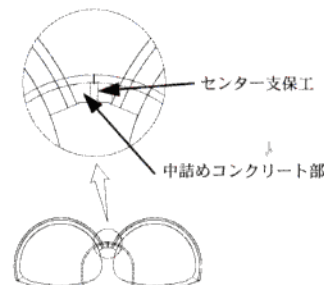
今回、計測結果の一例を示したが、今後の同種工事の設計・施工の参考となれば幸いである。

最後に、本工事の設計・施工にあたり、北須磨トンネル施工検討委員会において各委員の方々に様々な課題に関してご議論いただき、貴重なご意見を伺いましたことに深く感謝の意を表します。

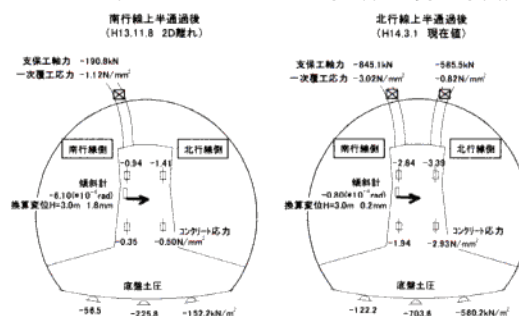
表－1 計測結果一覧表（No.-44-10）

	先進坑（南行き線） 上半貫通後(2D 離れ)	後進坑（北行き線） 上半貫通後（現在値）	土被り換算 ()内は設計値
支保軸力	470.8 kN	2390.6 kN	0.8D (2.0D)
センターピラー 軸力	1446.1 kN	4898.1 kN	1.7D (2.0D)
底盤土圧	840.0 kN	3961.7 kN	1.4D (2.0D)
センターピラー 傾斜	北行き線側に 1.8mm	北行き線側に 0.2mm	

最終センターピラーの傾斜角： 0.8×10^{-4} rad



図－3 センター支保工部の詳細

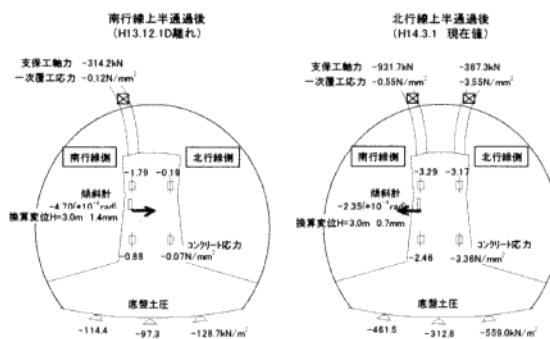


図－4 センターピラー計測値(No.-44-10)

表－2 計測結果一覧表（No.-42-5）

	先進坑（南行き線） 上半貫通後(2D 離れ)	後進坑（北行き線） 上半貫通後（現在値）	土被り換算 ()内は設計値
支保軸力	344.2 kN	2324.0 kN	0.8D (2.0D)
センターピラー 軸力	1313.5 kN	5392.2 kN	1.8D (2.0D)
底盤土圧	716.1 kN	2577.7 kN	0.9D (2.0D)
センターピラー 傾斜	北行き線側に 1.4mm	南行き線側に 0.7mm	

最終センターピラーの傾斜角： 2.35×10^{-4} rad



図－5 センターピラー計測値(No.-42-5)