

中壁分割（CD）工法による低土被り大断面トンネルの掘削

（株）奥村組 正会員 ○西江寛次
 （株）奥村組 正会員 深田 正
 中電コンサル（株）正会員 石田滋樹

1. はじめに

古地山トンネルはJR三原駅の南西約3kmの市街地に位置し、トンネルルート上に大学があり、周囲は民家が密集した都市域の山岳トンネルである。掘削断面積168.7m²の大断面道路トンネルで土被りは8～12mと非常に小さい。トンネルの施工に際しては、切羽の安定対策ならびに騒音・振動・地表面沈下対策が技術的課題となった。このため、先受け工法などの補助工法を併用する中壁分割（CD）工法によるNATMを採用し掘削は自由断面掘削機による機械掘削とし、周辺の環境保全を図りながら掘削を完了したので概要を報告する。

2. 工事概要

2-1 工事概要

三原市新倉町1号線を国道2号線に接続する道路改良工事（古地山トンネル）である。

- (1) 工事名：道路改良（トンネル）工事（新倉町1号線）
 (2) 発注者：広島県三原市 (3) 施工場所：広島県三原市学園町他
 (4) 施工者：奥村・大同共同企業体 (5) 工期：平成8年8月23日～平成10年3月25日
 (6) トンネル諸元：延長L=182m, 掘削断面A=168.654m², 幅員W=16m

掘削工法 中壁分割（CD）工法

掘削方法 機械掘削（自由断面掘削機：ロードヘッター S-250）

2-2 地形・地質概要

トンネルルートの古地山は、元々は標高50m程度の丘陵であったが、大学建設のため上部を平らに切り取り現在は、標高25mの台地状の地形を呈している。地質は中生代の粘板岩で一部に花崗岩が貫入し、岩盤等級はCMが主体で一部CH級が存在する。両坑口付近は著しく風化していて起点側は小規模な地滑り地形を形成している。

また、花崗岩（貫入岩）と粘板岩の一部に、一軸圧縮強度が1000kgf/cm²（100MPa）以上の硬岩が分布する。

3. 施工概要

3-1 掘削工法

大断面の掘削工法の選定に当たっては、ミニベンチ、中壁（CD）、サイロットNATM工法について比較検討した結果、『地山変化への対応性』『切羽の安定性』『施工性』に優れ、地表面沈下量を抑制できる中壁（CD）工法を採用した。支保パターンは大きく分けて、上下半中壁と上半中壁である。

3-2 トンネル掘削

掘削機械は上半は加背・地質状況よりロードヘッター（s-250）、下半はロードヘッターと大型ブレーカを基本とし、ロックボルト・先受け工の削孔に2ブームホイールジャンボを使用した。

掘削は工程上有利な横割り（上半）CDとした。先進坑と後進坑の距離は計測結果より15～20m（先進坑が収束した後）とした。また、中壁撤去時期は中壁の軸力が抜けたことを確認した後行った。計測結果より判断して、次のような基準を設定した。

☑後進掘削完了後6日経過した地点までとする。

☑後進掘削完了後15m後方までとする。

☑撤去区間は1日に10m以内とする。

3-3 補助工法

3-3-1 切り羽・斜面の安定対策

起点側坑口は風化が著しく、土被りも小さくアーチアクションが期待できないため、先受けと地山改良を目的としてシリカレジン注入（L=6.0m, 3.0mピッチ60cm自穿孔）を施工した。終点側は切り羽鏡・天端の崩落対策として、鏡吹き付け（t=5-8）・鏡ボルト（L=3-4mFRP）、フオアパイリング（L=3.0m）を採用した。

3-3-2 硬岩対策

硬岩部 q_u 700KGf/Cm²では単独機械では掘削が著しく困難となったため、割岩工法を採用した。φ100mmの穴を（@40～60cm）あけ、大型油圧破碎機（ビッカーHRB1000）で岩盤にクツラクを入れ（一次破碎）、ブレーカ、ロードヘッターにて破碎（2次破碎）する。

4、計測工

4-1 先行変位計測と計測工（A、B）の強化

地山の挙動を事前に精度良く定量的に把握し、予測するため、従来の計測工に加え「3次元変位計測器」を採用し、切羽進行に伴い地山の応力解放状態を予測し、地山をゆるませない対策工の予測資料とした。

4-2 計測管理基準値

本トンネルは土被りが小さいため、トンネル天端沈下がそのまま地表面に影響する。また中壁分割工法なのでインパート掘削まで測定できる天端沈下と地表面沈下を計測管理の主とする。管理基準値は直接ひずみ法、FEM解析結果よりまた、大学構造物周辺の地表面沈下は、『建築基礎構造設計指針』に準拠して、許容沈下量・限界変形角より設定した。（許容沈下量；2.0～3.0cm限界変形角； $0.5 \sim 1.0 \times 10^{-3}$ rad）

表-2 管理基準値（mm）

項 目	天端沈下			地表面沈下		
	レベル1	レベル2	レベル3	レベル1	レベル2	レベル3
上半先進完了	5	7	10	5	7	10
上半後進完了	10	14	19	10	14	18
下半完了	14	20	27	13	19	25

4-3 計測結果

(1)天端沈下；中央（大学校舎）区間は5～7mmと管理レベル1以内で、N08+10で下半掘削完了後48mmと管理レベル2を越えたが支保に変状もみられなかった。

(2)地表面沈下；中央区間は2～5mmで施設に影響無く完了できた。No8+10付近では天端沈下と同様50mmを越えたが管理レベル2以内で収束し、支保には変状が無かった。

(3)坑外地中沈下変位；N02+00, N06+05において、トンネルセンターでそれぞれ2.5mmと5mmと地表面からトンネル天端まで一様に沈下した。先行変位率は27%と当初想定（40%）より小さかった。これらの計測結果より、これまでの実績通り、土被りの小さいトンネルでは天端沈下量がそのまま地表面沈下に現れる。また、先行変位が小さかったのはフオアパイリングの効果と判断される。

(4)吹付コンクリート応力・ロックボルト軸力・鋼製支保工応力；これらB計測についても3段階の管理基準値を設定したが、管理レベル1程度であった。中壁撤去時期の判断資料とした支保工軸力の推移を表-2に示す。

表-2支保工軸力推移

中壁(t)

掘削ステップ	上	足元
上半後進通過前	10	4
上半後進通過後	2	0
中壁撤去前	6	8

5、おわりに

本工事は大きなトラブルもなく、地元住民や大学の協力により無事に掘削を完了することができた。最近の山岳トンネルは、掘削断面も大きくルートの制約から市街地に坑口を設ける場合も多く、騒音・振動・地表面沈下等の周辺環境に制約を受けることが多くなっている。

今後作業環境の厳しいトンネル施工に今回の成果を十分に生かしていきたいと思っている。