# TBM 避難坑拡幅掘削切羽の安定性

西日本高速道路(株)関西支社和歌山工事事務所　信永　博文
清水建設(株)関西支店川辺第一トンネル作業所　正会員○木村　厚之
清水建設(株)土木技術本部地下空間統括部　正会員　楠本　太

## 1．はじめに

脆弱地山の補助ベンチ付き全断面工法の直平面切羽は，上半工法も同様であるが，切羽鏡面の不安定な岩塊や岩盤ブロックは，鏡面から頻繁に剥げ落ち，切羽崩壊を起こしている．低強度地山では，安定形状の曲面切羽を採用して，切羽鏡の自立安定性を確保している[1)]．一方，山岳トンネルの安定確保における球面切羽の合理性が報告されており，グランドアーチ形成に有利な球面切羽による全断面工法爆破掘削のⅡ期線トンネル工事への適用性を試験施工で確認することにした．本報告では，この掘削方法をφ4.5mTBM 避難坑のⅡ期線トンネル拡幅掘削に採用し，球面切羽の挙動特性と力学的安定性に関する知見を得たので報告する．

## 2．トンネル概要

川辺第一トンネルの地質縦断図を図-1 に示す．地質は，砂岩，砂岩頁岩互層，珪質頁岩，チャート層からなる．切羽集中湧水はない．標準支保パターンによる施工を基本とし，全断面工法爆破掘削の CⅡ-b(f)は，上半と下半に鋼アーチ支保工を設けている(図-2)．

球面切羽は，球中心をトンネル中心 SL 平面に設け，鏡掘込み長 Ls を 1 掘進長 L の 2 倍とする Ls=2L+0.3m で進行方向に球形状を目標として掘り込む(図-3)．

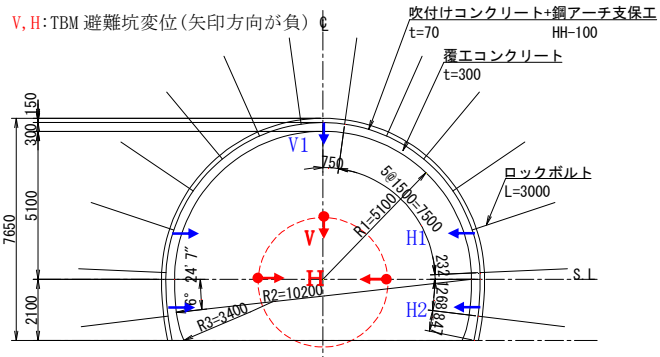


図-2　支保パターン CⅡ-b(f)

表-1　切羽の安定性評価

| 評価区分 | 素掘り面の状態 |
|---|---|
| 1 | 肌落ち，剥落なし |
| 2 | 岩片等が剥離，剥落した |
| 3 | 岩塊，岩片等が抜け落ちた |

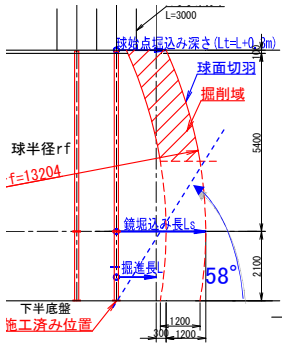


図-3　球面切羽形状(Ls=2L)

## 3. TBM 避難坑計測工概要

切羽鏡の安定性は観察する(表-1)．TBM 避難坑変位は，切羽から 1 掘進長分を残した位置での TBM 避難坑内空表面の測点変位とする(図-2)．拡幅の以前に，TBM 避難坑に測点を設け，初期値をとり，自動測定する．

## 4．試験施工概要

試験施工は，　STA.240+35～STA.236+24 の延長 411m 間で行った．この区間の TBM 避難坑支保パターンは，薄肉モルタル吹付けの CⅠ-T である．本坑支保パターンは，切羽評価点法で選定し，補助ベンチ付き全断面工法の CⅡ-a(b)，CⅡ-b(b)，DⅠ-b(b)，全断面工法の CⅡ-b(f)，DⅠ-b(f)の 5 パターンで施工した(図-4)．

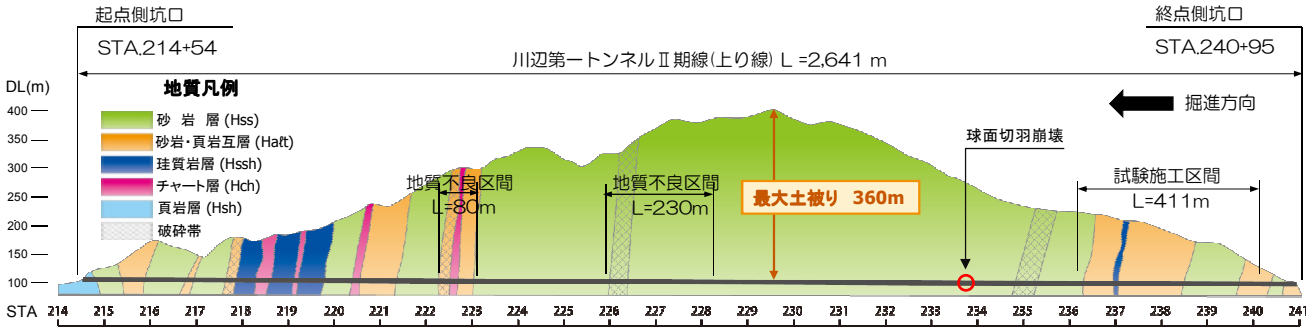


図-1　地質縦断図（上り線）

キーワード：全断面工法，球面切羽，TBM 避難坑，切羽の安定性，切羽崩壊
連絡先：〒649-1325 和歌山県日高郡日高川町中津川 1357-2，Tel.050-5578-4792，ayuki.kimura@shimz.co.jp

## ５．試験施工結果

試験施工区間の切羽評価点は，15 以上，55 以下であり，CⅡとＤＩ地山である．標準支保パターンによる施工であり，切羽作業の安全確保から，鏡吹付けの補助工法を併用した．

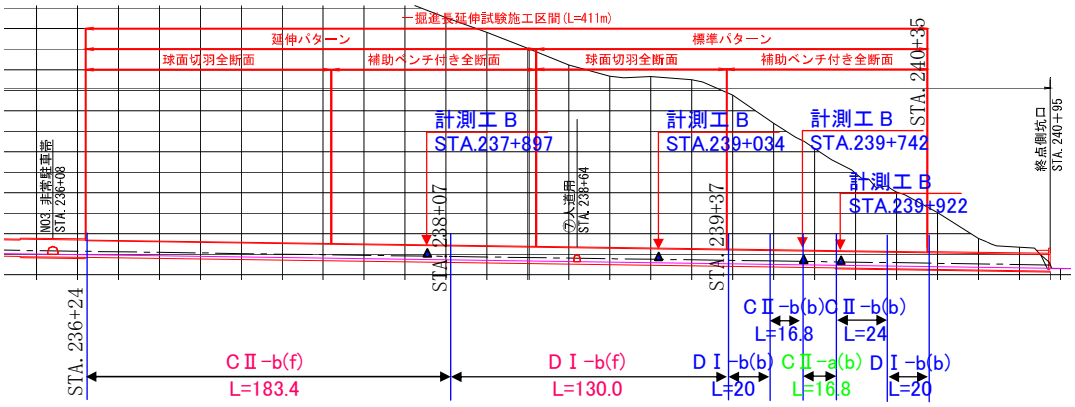


図-4　実施支保パターンと延長(試験施工区間)

### (1)自立安定地山の切羽安定性

切羽安定性の評価点は，切羽観察の全てにおいて 1 となり，肌落ち，剥落はなく，切羽鏡の掘込み長を Ls=2L とする球面切羽は，自立安定する(写真-1，図-5)．TBM 避難坑の変位は，天端沈下Ｖは 0.1～-0.5mm，SL 内空変位Ｈは 0.1～-0.3mm であり，標準支保パターンで施工した自立安定性の高い地山では，TBM 避難坑は安定し，有意な変位はなく，TBM 避難坑が全断面工法の球面切羽の安定性に及ぼす影響は小さい．

写真-1(1)　球面切羽前景 CⅡ-b(f)

写真-2(2)　球面切羽全景 ＤＩ-b(f)

### (2)脆弱頁岩地山の切羽安定性

脆弱な頁岩地山において，球面切羽による掘削にも関わらず，φ4.5mTBM 避難坑上部岩盤ブロックの大規模崩落が発生した(写真-2，写真-3)．ここでの TBM 避難坑支保パターンは，ＣＩ-T であり，鋼リング支保工のない厚肉モルタル吹付けである．切羽鏡の崩落規模は，TBM 避難坑幅と同等の約 4m，目標球面切羽位置の前方 1～2m である．これは，鏡掘込み長が最大で Ls=3L 範囲の TBM 避難坑上部の崩落であり，全断面早期閉合工法の主動崩壊線 58 度[1]と同程度の崩落である(図-3)．

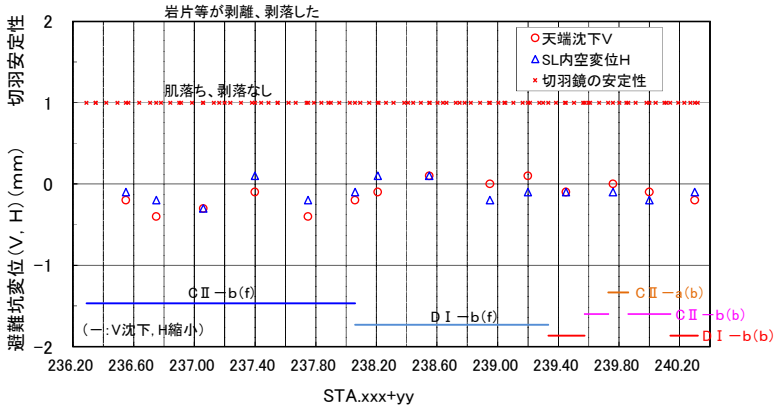


図-5　切羽鏡の安定性と TBM 避難坑変位

写真-2　ＤＩ-b(f)(STA. 233+85. 6)

写真-3　ＤＩ-b(f)(STA. 233+81. 6)

Ｉ期線施工記録に「リングカットにより掘削するものの天端が抜け落ちた」の施工記述があり，これらから，掘削工法と切羽鏡からの剥げ落ち，抜け落ちの関係はなく，地山強度が支配的であることが示された．

## ６．まとめ

標準支保パターンによる CⅡ，ＤＩ地山の球面切羽を用いた全断面工法爆破掘削における球面切羽安定性に関する知見が得られた．今後は，この方法を継続し，合理的な球面切羽形状となるよう追及し，実証したい．

1)木村厚之ほか：山岳トンネルの合理的な切羽形状と掘削工法に関する考察，JSCE，土木建設技術発表会，2013.