

低強度地山のⅡ期線トンネル拡幅掘削挙動特性

西日本高速道路(株)関西支社和歌山工事事務所

信永 博文

西日本高速道路(株)関西支社和歌山工事事務所

正会員○山中 慎也

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

1. はじめに

Ⅰ期線トンネルに併設した TBM 避難坑施工時に、TBM 坑は崩落、リング支保工と厚肉モルタル吹付け、空洞充填工などの補強工で TBM 坑の安定を確保している低強度 DⅡ地山を拡幅掘削するⅡ期線トンネル工事である。この DⅡ地山では、曲面切羽の全断面早期閉合法を採用して、Ⅱ期線トンネルの力学的安定を確保、施工を確実にし、供用Ⅰ期線へのⅡ期線トンネル掘削影響を抑止した。この周辺地山を含めた計測データから、早期閉合トンネルの変形挙動とⅠ期線影響に関する知見を得たので報告する。

2. トンネル概要

川辺第一トンネルは、川辺 IC と広川南 IC 間に位置し、湯浅御坊道路 4 車線化事業で最初に施工されるⅡ期線トンネルである¹⁾。掘削断面積は 70～89m²、トンネル延長が 2641m の 2 車線トンネルで、Ⅰ期線を供用しながらこれに併設するφ4.50mTBM 避難坑を爆破方式で拡幅掘削して、上り線として建設される。トンネル中心離隔は、30m である。

3. トンネル構造概要

崩落区間 STA. 226+95.5～STA. 226+88.5 は、中規模 DⅡ地山を想定し、早期閉合パターン DⅡc を採用する(表-1)。

掘削補助工は、掘削素掘り面の自立確保から、岩盤固結の注入式長尺先受け工を併用する。ここでの土被り高は、h=320～305m である。

4. 施工方法

全断面早期閉合法による TBM 坑拡幅掘削である。早期閉合施工単位は Lc=3m、早期閉合距離は Lf=6m である。1 掘進長を 1m とする全断面掘削と 3m 単位の早期閉合は、交互施工である(写真-1)。切羽鏡形状は、鏡掘込み長を一掘進長 L の 2 倍とする Ls=2L の安定形状の曲面切羽である。作業安全確保から、鏡吹付けを併用する。

5. 計測工概要

計測工 A を実施し、トンネルの挙動特性や安定性を把握、適用性を評価する。計測工 A 断面は、トンネル進行方向 10m 間隔に設ける。測点は、切羽通過時に設け、初期値をとり、6～12 時間毎に 3 次元自動測量・計測システムを用いて自動測定する(図-1)。計測工 A の天端沈下 V と内空変位 H の計測管理基準値は、早期閉合 DⅡc パターン実績を考慮し、V は-50mm、H は-100mm とする(表-2)。

キーワード：Ⅱ期線トンネル、低強度地山、曲面切羽、全断面早期閉合法、Ⅰ期線影響

連絡先：〒640-8323 和歌山市太田 3-10-6, Tel. 073-474-7832, E-mail: s.yamanaka.aa@w-nexco.co.jp

表-1 標準支保パターンと早期閉合パターン諸元

支保パターン	DⅠb	DⅡc
想定地山強度比 Cf (-)	2.0<	1.0～2.0
一掘進長 (m)	1.00	1.00
変形余裕量 (cm)	0	0
支保構造	吹付け厚 (cm)	10
	圧縮強度 (28day)	36N/mm ²
	鋼アーチ支保工	HH-100
	ロックボルト工	L=4m, 290kN (16 本, 8 本)
早期閉合構造	早期閉合部材	上下半と同様
	構造半径比 (r3/r1)	2.00
	早期閉合距離 Lf (m)	6
覆工厚 (cm)	アーチ・側壁	30
	インバート	45

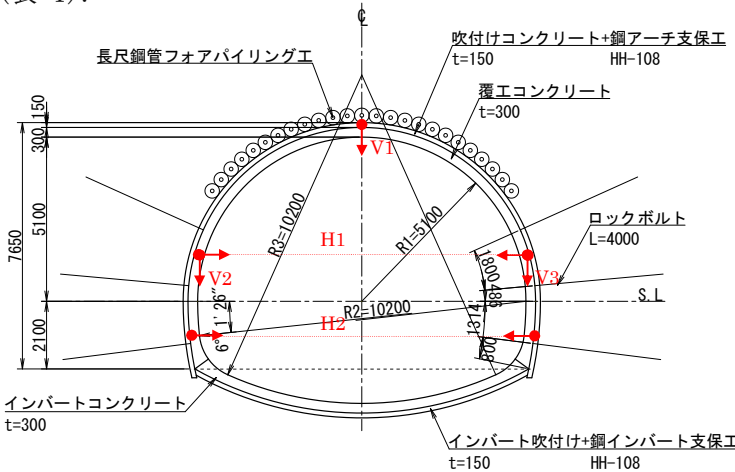


図-1 早期閉合 DⅡc パターンと計測工 A 測点

表-2 計測工 A 管理値

評価項目	天端沈下 V1	内空変位 H1, H2
初期変位速度	-10mm/day	-25mm/day
トンネル変位	50mm	100mm

6. 地山状況

中規模 DII 地山の地質は、脆弱な頁岩が分布する。拡幅掘削時切羽湧水はない。早期閉合 DIIc パターンの切羽評価点は、20 以下が連続し、平均値は 21.5 である。これの前後地山は 25 以上であり、標準 DIb パターンの施工である。DIb 終端 STA. 227+11.9 の切羽評価点は 19 で、DIIc の地山性状と同等である(図-2)。

7. II 期線トンネル挙動特性

II 期線トンネルの天端沈下 V1, 上半と下半の内空変位 H1 と H2 の測定データは、図-2 に示す。下半内空変位と天端沈下の関係は図-3 に示し、初期変位速度は図-4 に示す。

・DIb の天端沈下 V1 は、DIIc 直近のものを除くと、約-2mm の沈下である。DIIc は、-13mm の沈下である。

・DIb の下半内空変位 H2 の最大は、DIIc 直近のものを除くと、-3mm の縮小である。DIIc は、-2mm の縮小である。

・DIIc 直近 STA. 227+7.0 の DIb の V1 は -15mm の沈下、内空変位は-10mm の縮小であり、標準 DIb に比べて、V1 で 8 倍、H2 で 3 倍大きく発生する。

・II 期線トンネル掘削幅程度の中規模 DII 地山を全断面早期閉合工法で施工すると、V1 は DIb より大きい H2 は同等レベルとなり、II 期線トンネル施工を確実にする。

・早期閉合距離を $L_f=6m$ とする多心円リング構造 DII パターンの初期変位速度の dH_2/dt は-1.5mm/day,

dV_1/dt は-1.8mm/day となり、計測管理値以下である。

8. 供用 I 期線影響

供用 I 期線の II 期線側覆工表面の肩部 1 と底部 2 に測点を設け、鉛直変位 V と水平変位 H を 1 時間毎に自動測定する。測定は、II 期線影響が生じない 6 月前から開始した。I 期線覆工変位 H は-0.2~1.1mm(図-5), 鉛直変位 V は±0.4mm となり、明確な II 期線掘削影響はなく、車両通行による影響が支配的である。

9. まとめ

低強度 DII 地山の DIIc パターンによる全断面早期閉合工法の有効性、施工を確実にするなどが示された。

参考文献 1) 信永博文, 木村厚之: 供用避難坑を全断面工法で拡幅掘削, 土木施工, pp. 32-35, Vol. 57, No. 11, 2016.



写真-1 全断面早期閉合施工状況 (Lf=6m)

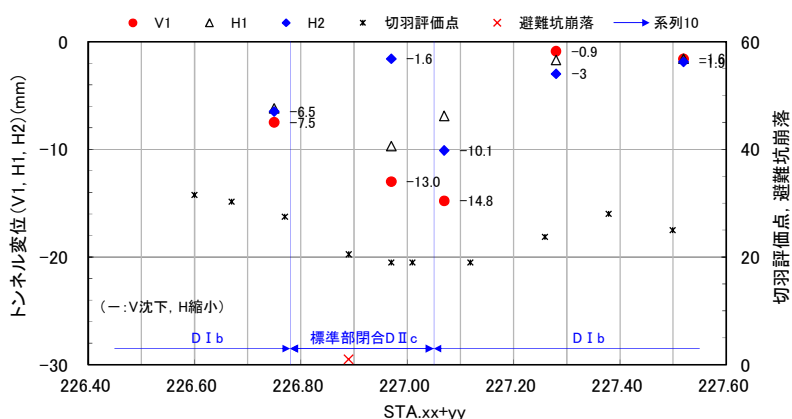


図-2 II 期線トンネル変位と切羽評価点

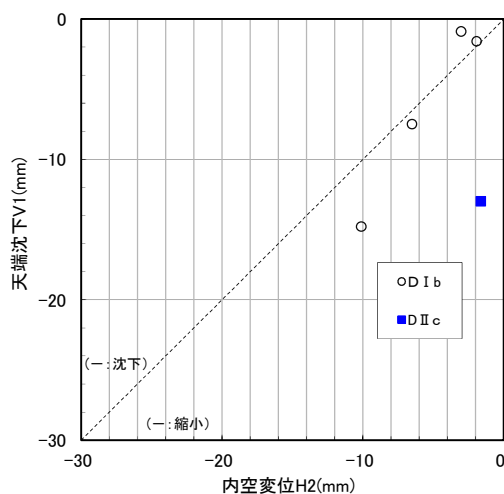


図-3 下半内空変位と天端沈下

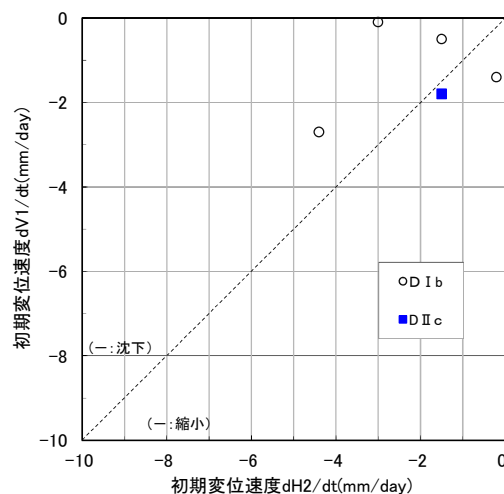


図-4 初期変位速度

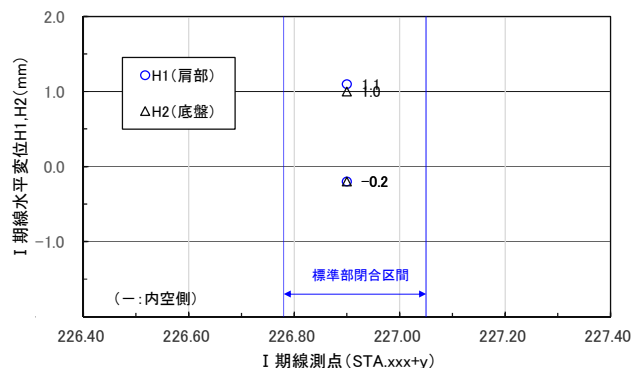


図-5 供用 I 期線変位 (max, min)