

### 勾配 12%小断面トンネルの施工法

龍振鋳業株式会社鋳務部 非会員 藤野 圭介  
 清水建設株式会社東北支店土木部 非会員 高野 浩司  
 清水建設株式会社東北支店土木部 正会員 谷口 博章

#### 1. はじめに

婁下 1BC 坑道は、トンネル延長 2672m、内空幅 5m、施工機械離合のための幅 7.4m で延長 40m の拡幅部を延長方向 160~170m 間隔に設ける縦断勾配 12%と 1.4%からなる石灰岩運搬用ベルトコンベヤトンネルである。この BC 坑道には、最大勾配 12%で延長 192m のアクセス坑道で接続する。施工は、鋳山保安法を準拠し、労働安全衛生法を基本にして計画、管理する。本報告は、長い急勾配トンネル施工法と施工結果を報告する。

#### 2. 工事概要

婁下 1BC 坑道は、岩手県気仙郡住田町の婁下山(標高 587m)に位置し、内空幅 5m の小断面トンネルである。葉山側坑口部は、急峻な斜面地形をなしており仮設ヤード確保が困難なため、最大勾配 12%で延長 192m のアクセス坑道を設け、地中で接続する。婁下側坑口に破碎室を設ける。

表-1 代表的トンネル構造諸元

BC 坑道	支保パターン名	内空断面		一掘進長(m)	トンネル支保構造			アクセス坑道パターン名
		上半 R1(m)	SL 幅(m)		吹付け厚(cm)	支保工サイズ	RB 間隔(m)	
一般部	A1	2.5	5.0	2.00				
	C2	2.5	5.0	1.50	5			C II (w)
	D5(g) 空洞	2.5	5.0	1.00	10	H-100		D I (w)
	D I	2.5	5.0	1.00	10	H-100	1.00	
	D I (2)	2.5	5.0	1.00	10	H-100		
BC 設備坑	D I (c)	2.95	5.90	1.00	10	H-100		
坑口部	D III a (c)	2.95	5.90	1.00	10	H-125	1.00	破碎室側
	D III a (H)	2.5	5.0	1.00	10	H-125	1.00	葉山側
拡幅部	C II (e2)	4.42	7.4	1.50	5			
交差部	C II (e)	4.42	7.4	1.50	5		1.20	C II (we)
作業基地	C II (e2)	4.42	7.4	1.50	5			石灰岩

#### 3. トンネル構造概要

BC 坑道一般部は、上半単心円の幌型断面とし、内空幅は 5.0m である。拡幅部は、内空幅 7.4m の上半 3 心円の幌型断面である。小断面トンネル支保構造は、薄肉吹付けコンクリート、鋼アーチ支保工、ロックボルト(RB)の組み合わせで設計する(表-1)。吹付けコンクリート設計基準強度は  $f'_{ck}=18N/mm^2$  である。ロックボルト長は 2m、耐力 110kN 以上である。BC 坑道坑口部は、吹付け厚 20cm の吹付け覆工を設ける。BC 坑道支保構造の一般部 C2 と拡幅部 C II (e2) を図-1 に示す。

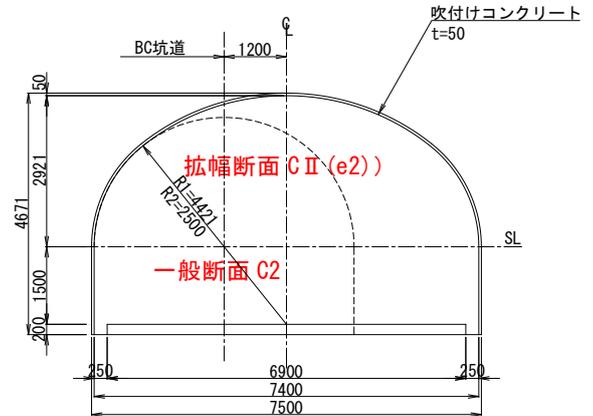


図-1 支保構造概要 (一般 C2, 拡幅 C II (e2))

#### 4. 施工方法

タイヤ方式全断面工法爆破掘削である。BC 坑道は、アクセス坑道で地中接続し、交差部に作業基地を設ける。



図-2 婁下 1BC 坑道 (地質) 縦断図

キーワード：ベルトコンベヤ, 小断面トンネル, 勾配 12%, 爆破掘削, タイヤ方式

連絡先：〒980-0801 宮城県仙台市青葉区木町通 1-3-26, Tel. 022-267-9111, taniguchi-hi@shimz.co.jp

トンネル掘削は、葉山側から婁下側に向かって、上り勾配1.4%で延長525.552m、12%で1934.270m、水平で51.000mを施工し、婁下側で貫通する(写真-2)。その後、アクセス坑道交差部から葉山側に向かって下り勾配1.4%で延長161.893mを施工し、貫通する。

5. 施工結果

(1)実施支保パターン延長

BC坑道の主な実施支保パターンは、1掘進長1.5mで薄肉吹付けコンクリートを支保部材とする一般部はC2パターン、拡幅部はCII(e2)パターンであり、BC坑道延長の89%を施工した(写真-1, 図-3)。このうちC2は64%, CII(e2)は25%である。

(2)小断面トンネル変位

石灰岩地山に施工したアクセス坑道一般部CII(w)と拡幅部CII(we)および道路トンネル標準断面相当(上半単心円, R1=5.0m)の貯鉱場DIIIa(2), DI(1)の天端沈下VとSL(上半)内空変位H1は、TSを用いて計測した。小断面トンネルのアクセス坑道と貯鉱場のトンネル変位は、トンネルサイズの違いによる有意な差はなく同等レベルであり、天端沈下の最大は-2.0mmの沈下、上半内空変位H1は-1.3mmの縮小であり、トンネル変位は小さくBC坑道は安定する(図-4)。

(3)12%勾配の影響

一般部C2の月進行は、勾配の違いによる差は小さく、約100m/月となり、計画進行117m/月の約85%となった(図-5)。勾配12%は、これを除くすべての実施パターンにおいて、計画と実施は同等である。勾配1.4%の多亀裂状DI地山や空洞部DI(g)の実績は、31m/月と25m/月となり、計画の約30~40%である。12%下り勾配の長距離ずり運搬は、運搬機械の故障、トラブルが多発、掘削進行に悪影響をおよぼした。

(4)空洞対応

最大規模の空洞は、土砂流出はないが、切羽左側から出現し、延長方向7mにおよんだ。ここでは、空洞部のBC坑道底盤から側部にかけてコンクリートを吹き付け、計画掘削面から約0.3D範囲内を吹き付けコンクリートで充填した。鋼アーチ支保工(H-100, 建込み間隔1.0m)と吹き付けコンクリート(厚さ10cm)を主要支保部材とし、注入式フォアポーリングで天端部周辺地山を岩盤固結、補強する空洞パターンDI(g)を採用、BC坑道の安定、切羽作業の安全性を確保した。

6. おわりに

勾配12%の長い小断面トンネルのタイヤ方式全断面工法爆破掘削は、長距離ずり運搬が工程確保に大きく影響する。



写真-1 勾配変化点全景(12%側から1.4%坑道をのぞむ)

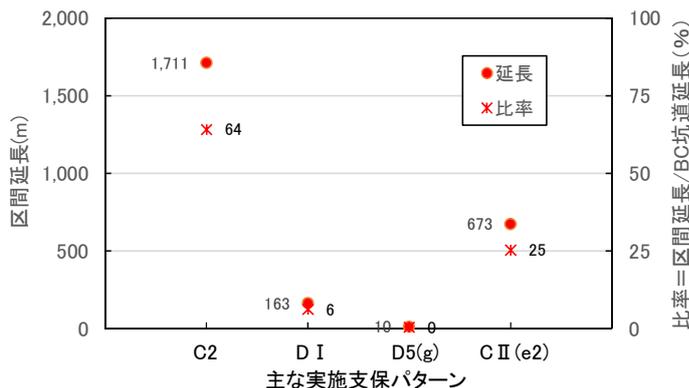


図-3 主な実施支保パターン延長と実績

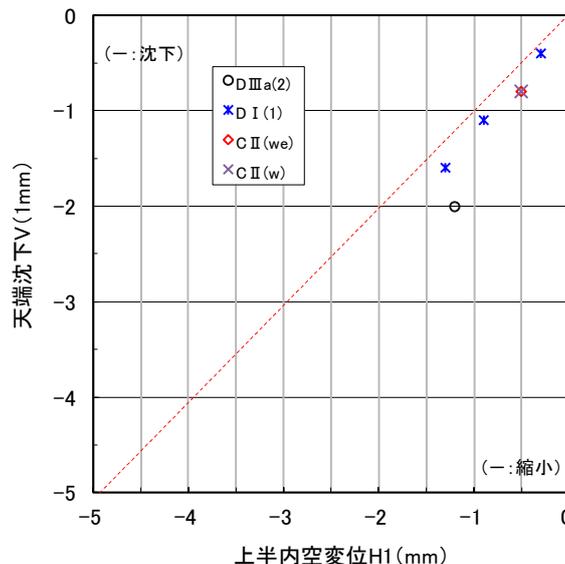


図-4 トンネル変位 (アクセス坑道)

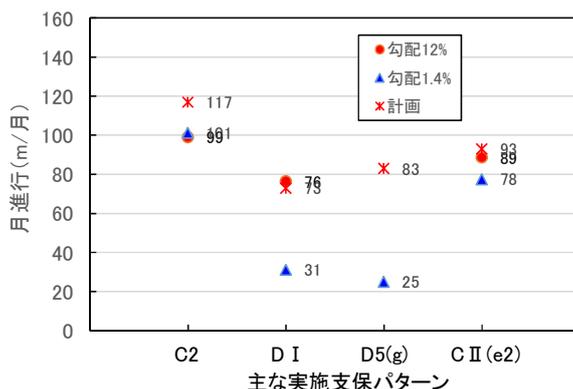


図-5 主な実施支保パターン月進行の計画と実績