

600m を超える大土被りを二重支保の切羽施工で克服

国土交通省 東北地方整備局 磐城国道事務所 相馬出張所 非会員 土田 優
国土交通省 東北地方整備局 福島河川国道事務所 非会員 高橋 忠国
三井住友建設株式会社 ○正会員 今村 新吾, 非会員 長岡 浩康, 非会員 神田 銀平

はじめに

栗子トンネルは、福島県相馬市を起点として福島市・米沢市・山形市などを経由して秋田県横手市で秋田自動車道に接続する総延長 268km の東北中央自動車道のうち、福島県と山形県境に位置する延長 8,972m の道路トンネルであり、当工事は山形側の 3,826m を施工する。地質調査によると、山形側では大沢層に属する火山礫凝灰岩や流紋岩等の比較的良好な地質や砂岩・泥岩互層（松川層）が出現すると予測されていたが、NATM で施工された山形側避難坑の大半では砂岩・泥岩互層が出現し、県境付近では 600m を超える土被りの影響により大変形が発生した。また、TBM で施工された福島側避難坑も県境付近ではおよそ 100m にわたり崩落や坑壁の押し出しが発生した。本坑ではこれらの区間において早期閉合により変位の抑制を図り掘削を進めていたが、強大な地圧により支保が破壊され、支保の増強と対策を繰り返し実施し、最終的には二重支保を切羽で施工することで地圧を克服した。

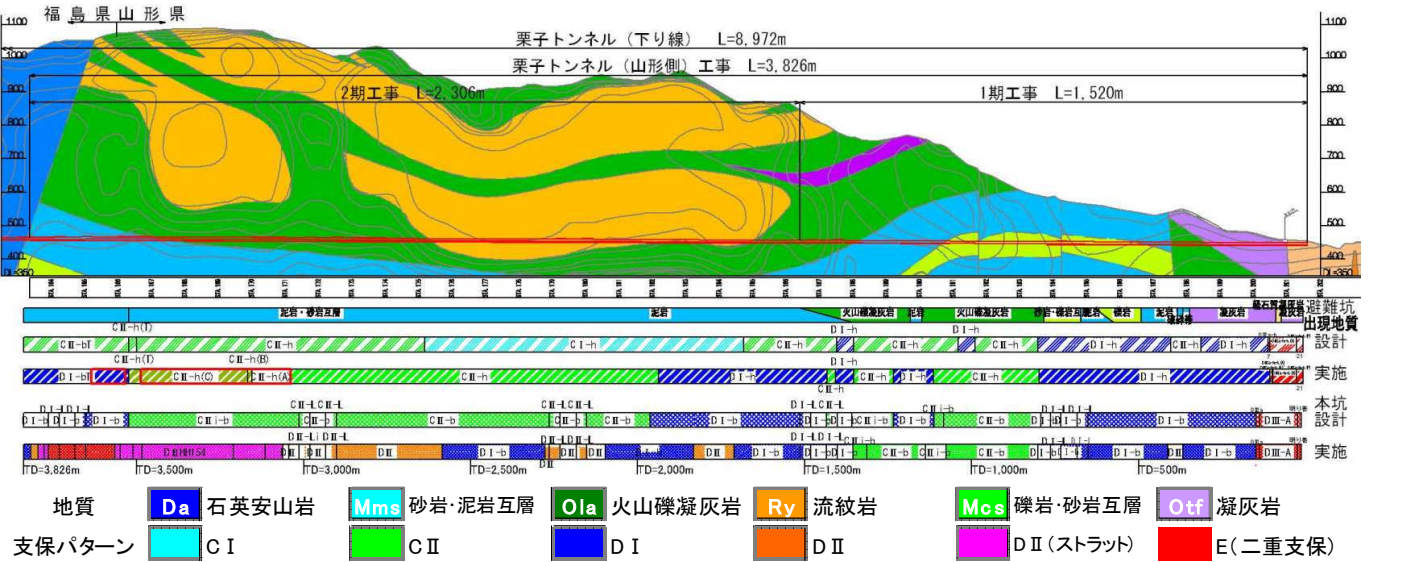


図-1 栗子トンネル山形側地質縦断図（地質調査時）

1. 早期断面閉合～二重支保

安定した砂岩・泥岩互層の切羽であったが早期閉合が必要な変位の状況であり、STA. 170+00 (TD=3,160m) から D II HH154 パターン（表-1）により掘削していた。内空変位が 30mm 程度で安定していたが、STA. 167+70 付近 (TD=3,390m) から変位量大きくなり、STA. 167+00 では内空変位が 70mm を超えて吹付けコンクリートの剥落・ロックボルトの破断・鋼製支保工の変形が発生した。変位抑制対策として増し吹付けコンクリート (36N/mm² t=10cm) を施工するとともに、切羽では支保の増強 (D II NH200) を実施して一旦変位は落ち着いたが、切羽から 5m 程度で吹付けコンクリートにクラックが発生し、後方の増し吹付けコンクリートにもクラックが発生した。支保の増強 (D II NH200) を行うとともに、クラックの発生した増し吹付けコンクリートを取り壊して増し枠 (H-125+増し吹付け t=15cm) を実施したが同様な結果となった。非鋼繊維補強吹付けコンクリート (D II HH200F) を採用したが、クラックの発生が遅れただけで同様な結果となり、二重支保 (E) を採用することとした。

表-1 支保構造一覧

	単位	D II HH154	D II NH200	D II HH200	D II HH200F	E
吹付けコンクリート (36N/mm ²)	mm	200	250	300	300 (FRS)	450
ロックボルト (TD24 L=4m)	本	18	19	19	19	19
鋼製支保工 (@1.0m)	-	HH-154	H-200	HH-200	HH-200	H-200 (一次) H-150 (二次)
変形余裕量	mm	100	100	100	100	100

キーワード：大土被り，早期断面閉合，二重支保
連絡先：山形県米沢市万世町梓山字下原 445-2 三井住友建設(株)東北支店 栗子トンネル作業所 0238-29-0921

2. 二重支保の施工

過去の施工事例を参考に、上半一次支保（H-200）の後方2mで上半二次支保（H-150）を施工し、下半とインバートストラットは一次・二次支保を同時に施工するサイクルとした（E1パターン図-2）。内空変位は70mm程度で収束したが、切羽から約15m後方で左右肩部にクラックが発生し、切羽から2mの間で一次支保の支保機能が損なわれているのではないかと考え、一次・二次支保を切羽で同時に施工するE2パターン（写真-1、図-3）に施工サイクルを変更した。また、閉合距離を7mから6mに短縮した。

3. 計測結果

E1, E2 において実施した計測工Bの結果（吹付けコンクリート合成軸力）を図-4に示す。E2では軸力が7,000～10,000kNとE1よりも大きくなっているが、断面閉合後の軸力の伝達がスムーズに行われている。鋼製支保工応力についても同様な結果であり、一次・二次支保が協調して健全に機能しているものと思われる。

また、E1における内空変位は70mm程度であったが、STA. 165+74.85 (E1)では切羽での施工をE2に変更したタイミングで変位速度が鈍化して40mm程度に抑制されている（図-5）。

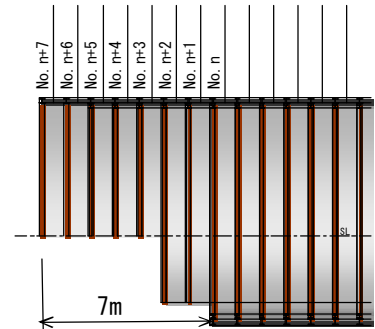


図-2 E1パターン施工サイクル

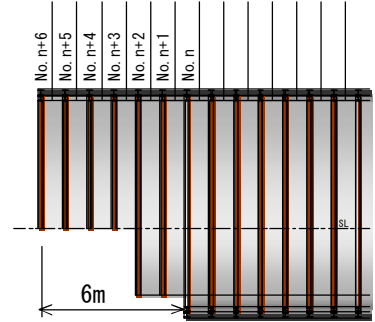


図-3 E2パターン施工サイクル



写真-1 二重支保施工状況 (E2)

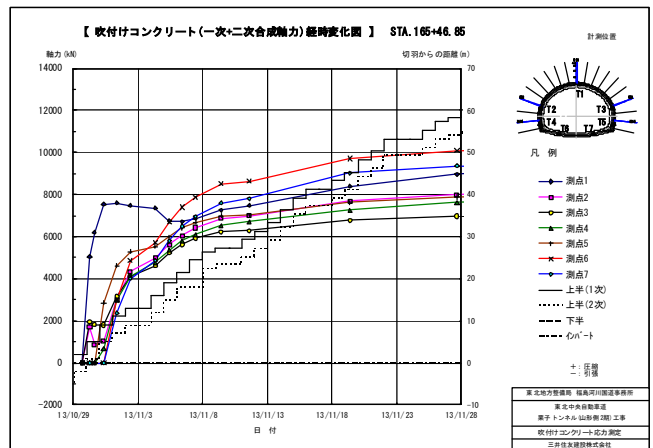
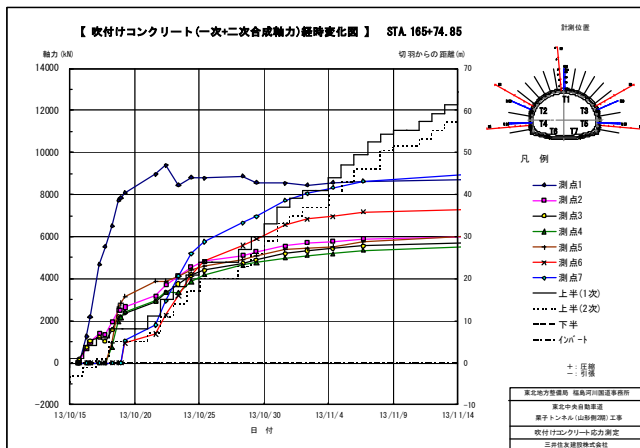


図-4 吹付けコンクリート軸力（一次+二次）経時変化（左：E1 右：E2）

おわりに

過去の二重支保の施工事例では二次支保施工のタイミングは様々であったが、「いなし」が効果を発揮していた。しかし当工事では切羽解放時の変位の進行が早く、二次支保施工までの間に一次支保の機能が損なわれ変位が大きくなったものと思われる。

岩片強度は30～40N/mm²（地山強度比2.5～3.0）であり、評価点ではCⅡ～DⅠと判定される様な切羽で補助工法は必要とせず、100mm未満の変位量であるが支保が破壊されるという非常にまれなケースであった。

今後の類似事例の参考となれば幸いである。

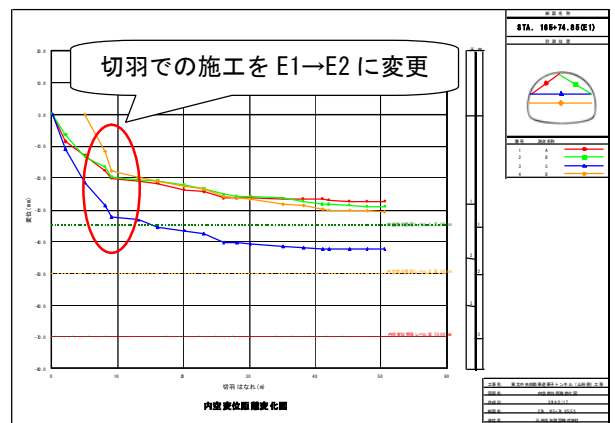


図-5 STA. 163+74.85 内空変位経時変化