

治山事業におけるコスト縮減の取り組み

山形森林管理署新庄事務所 大蔵直轄治山事業所
大野泰宏

1.はじめに

銅山川地すべりは山形県最上郡大蔵村大字南山に位置しており、東北森林管理局において民有林直轄地すべり防止事業として総延長5.8kmに及ぶトンネル暗渠工を主体とした立体排水工による地すべり対策を進めている。

今回は、当事業地において現在実行中であるトンネル暗渠工Ⅳ期工事の覆工（※1）方法について従前の工法を変更し、コスト縮減を図ったのでそれについて報告する。

2.地形及び地質条件

当該地域の地形は、丘陵状で肘折火山噴出物が厚く堆積した台地状地形になっている。また、陥没地形が連続して同心円状の地形をなしており、古くから地すべりが繰り返されてきたことが推測できる。

当該地域の地質は、下位から古口層、野口層、シラス層が分布している。古口層は第三系中新統の砂質泥岩を狭在する黒色泥岩である。野口層は第三系中新統から鮮新統の凝灰質砂岩で古口層と整合で重なっており、未風化の砂岩は硬質で難透水性であるが、風化が進むと固結度も低くなり透水性が上昇する。シラス層は約1万年前の肘折火山活動により噴出した石英安山岩質の半固結火砕流堆積物であり、野口層上位に不整合で堆積して径1～20cmの多孔質の軽石を多く含み、固結度は低く脆弱で空隙が多く、透水性が高い。

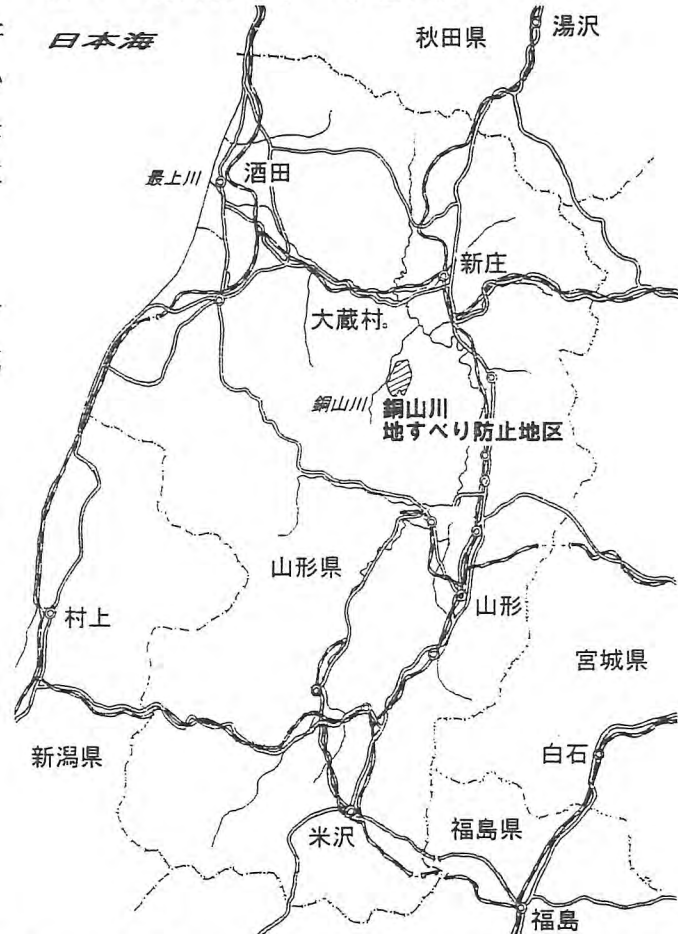
3.トンネル暗渠工について

トンネル暗渠工とは地すべりの原因となる地下水が深部にあり、集水井などでは排水不可能な場合などに用いられる工法である。全国的にも施工例が少なく、なじみの薄い工法であると思われるので、当事業地の経緯と並行しながら簡単に説明していく。

3-1.トンネル着工までの経緯

銅山川直轄地すべり防止事業は平成4年度から開始され、当初は以前からしばしば災害を引き起こしていた比較的すべり面の浅い地すべりを抑制することを当面の目標として集水井な

図-1 銅山川地すべり位置図



どの小規模な工法を主体とした地すべり防止事業を進めてきた。

しかし、平成8年6月に約130haが滑動するという大規模な地すべり災害が発生し、国道などに大きな被害をもたらしたため、東北森林管理局ではこの大規模地すべりをできるだけ早期に安定させることに主眼を置き、強制排水工（※2）と並行してトンネル暗渠工を実施することとなった。

3-2.技術の変遷

トンネルの工法については実に様々なものがあり、地質条件や使用目的、施工性、経済性など様々な条件を勘案して決定される。土地条件や地質条件に制約される部分が多い治山事業においてはヤード、断面ともに小規模ですむ在来工法が用いられてきた。在来工法とは掘削と並行してH鋼などの支保工を建て込み、

それに矢板をはめて崩落を防ぐ文字通り従来から用いられてきた工法である。通常、その後何らかの恒久的な素材で覆工してトンネルは完成となる。治山事業においてトンネル暗渠工の覆工に使用される材料はライナープレートが一般的であり、当時の治山技術基準にもそのように記述されていた。これらの過去の実績や経験などがあったこと、また掘削断面や土地条件などにも制約があったこと、さらには災害対策で早急に着工する必要があり、あまり例のない工法を検討・採用するには時間的に十分な時間がなかったことなどから、銅山川直轄地すべり防止事業においても在来工法での掘削を採用し、覆工にはライナープレートを使用することとした。また、ライナー覆工の場合コンクリート覆工に比べて覆工厚が薄くすむので掘削断面も小さく抑えられる。このことは坑口付近においてすべり面とトンネルが極度に隣接せざるを得なかった当現場では、着工当初は大きなメリットであった。このようにして、

I期～III期工事の約1,100m区間をライナー覆工で進めていった。

表-1 コンクリート覆工とライナー覆工の相違点

比較項目	コンクリート覆工（IV期工事）	ライナー覆工（I～III期工事）
掘削	断面積 10.056㎡	断面積 8.822㎡
支保工	巻厚 ≥ 20cm 鋼製支保工 巻厚の分だけ大きく必要 支保間隔 = 土質に応じ対応	巻厚 = 不要 (t = 3.2mm) 鋼製支保工 必要最小限 支保間隔 = 土質に応じ対応
覆工	コンクリート	ライナープレート
インバート	厚さ ≥ 30cm	厚さ ≥ 30cm
水路	ベンチフリューム (インバートで抱き込み)	ベンチフリューム (インバートで抱き込み)

写真-1 在来工法

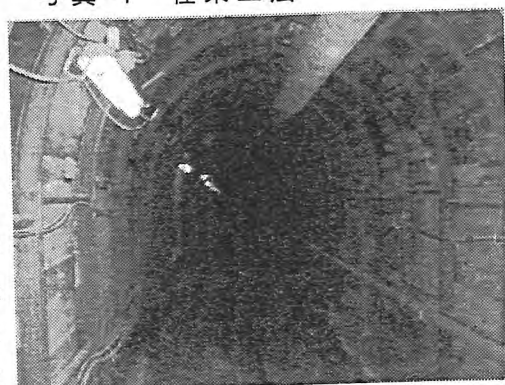
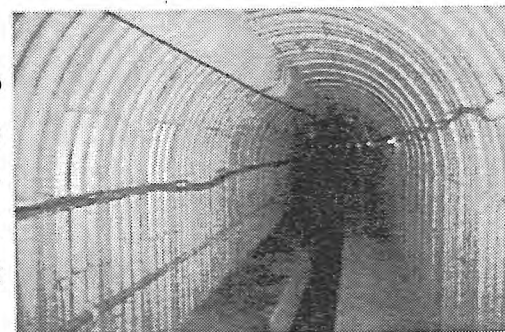


写真-2 ライナー覆工



3-3.コンクリート覆工の検討と結果

写真-3 コンクリート覆工

しかし、その後掘進が進むにつれてすべり面とトンネルとの深度差が開き、接触の恐れが無くなったことや、すでに他官庁施工のトンネル暗渠工や水路トンネル工などではコンクリート覆工が一般的になっていたことから、当現場でも今回のIV期工事からコンクリート覆工が採用できないか、また採用した場合にどのようなメリットがあるのかを検討した。



しかし先に述べたとおり、完成時に同じ内空を確保しようとする

とするとライナー覆工に比べてコンクリート覆工では巻厚の関係上掘削断面を大きくしなければならない。また、コンクリート覆工にはアジテーターカー（※3）、圧送ポンプ車、セントル（※4）などの資機材も必要になり、ライナーを運搬する台車とつり上げるウィンチがあれば事足りるライナー覆工に比べて損料なども多く掛かることになる。そのため、どの程度のメリットがあるのか疑問もあったが、実際に掘削から覆工までの一連の経費を比較計算してみると次のようになった。

表-2 延長1mあたりの施工経費比較

工種	種別	規格	単位	単価(千円)	コンクリート覆工		ライナー覆工	
					数量	金額(千円)	数量	金額(千円)
掘削工	機械掘削		m ²	23	10.06	230	8.82	202
	コンクリート覆工	N18-25-12	m	104	1.00	104	—	—
	ライナー覆工	t=3.2mm	m	143	—	—	1.00	143
	エアモルタル	モルタル1:3	m ³	24	0.83	20	2.48	59
	インバートコンクリート	N18-40-8	m ³	35	0.59	21	0.59	21
水路工	パンチリウム	材工共	m	10	1.00	10	1.00	10
その他	残土処理		m ³	1	10.06	12	8.82	11
	合計					396		446
	差額					▲49		

注：四捨五入しているため、合計があわないことがある。

このように、コンクリート覆工ではライナー覆工に比べ、掘削からの一連の流れを計算すると約49千円/m、率にして約11%のコスト縮減効果があることが分かった。この結果を用いてIV期工事の当初設計掘削延長約740mについて単純な計算をしてみると以下のようになった。

○コスト縮減の総額・・740m×49千円=36,260千円 約3,600万円

○ライナー覆工の場合に可能な延長・・740m×396千円/445千円=658.5m 約660m

このように、コンクリート覆工することによって大きなコスト縮減効果と、それに伴い進捗率の向上を図ることができた。つまり、コンクリート覆工は将来においてトンネル暗渠工の総予算の縮減をもたらし、加えて一工期ごとの予算額が従来と同じであるならば完成までの期間を大きく短縮できる可能性がある。(※5)

3-4. 課題

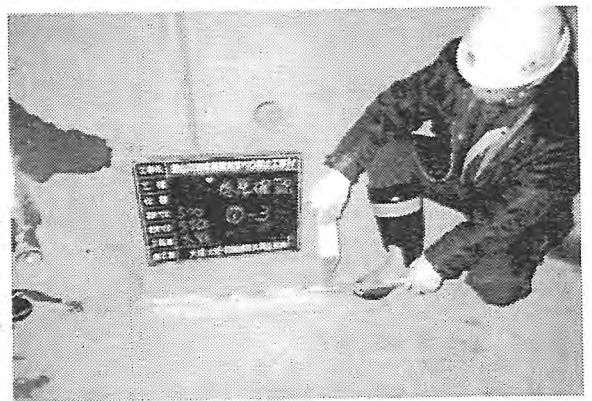
このように、当現場では覆工方法を変更したことにより大きなコスト縮減効果を得ることができた。しかし、生コンの運搬距離が伸びるに従ってサイクルタイムも増加することから、運搬距離が何mまでならコスト縮減効果があるのか、ということも検討しなければならないかもしれない。また、一般的にトンネル暗渠工はできる限り小さな内空断面を目指すことから、アジテーターカーなどの機械の通行に支障を来す恐れもあるため中途の変更はもちろん当初の設計段階から注意しなければならない。

また、当現場ではヤードなどの関係上不可能であるが、断面を大きくして大型の機械を入れて能率を上げたり、あるいは在来工法による掘削ではなくNATM工法(※6)による掘削方法を採用した方が安価ですむ場合もある。もし、これからトンネル暗渠工を採用する予定がある場合にはそのようなことも含めた幅広い検討を行うべきである。もちろん、我々自身もこのような積極的な姿勢を持つ必要がある。

4.まとめ

今回はトンネル暗渠工の覆工方法について検討、変更を行った事例を紹介した。ライナー覆工からコンクリート覆工に変更したことで施工者、発注者ともに品質管理などにより一層の注意を払わなくてはならなくなったが、それでも掘削から覆工、インバート打設というトンネル工事の要の部分で1割強ものコスト縮減につなげられたことは大きな成果であると考えている。トンネル暗渠工に限らず、今後もより低コストで、よりよいものが作れるよう努力していきたいと考える。

写真-4 コア抜きによる覆工巻厚および圧縮強度検査(筆者)



5.本文注釈

- (※1) 地山の変形や崩落の抑制、防止等、地山安定の確保などのためトンネルの掘削面を被覆する構造体またはその構造体を構成すること(=ライニング、巻立て)。計算上、トンネルにかかる圧力は支保工で支える構造であるため直接トンネルの強度には影響しないが、支保工同士の連結性を高めたり、均等に圧力を分散させるために欠かせない構造物である。通常、地山との密着性を高め劣化を防止するため覆工背面にエアモルタルやウレタンを注入する。当現場はエアモルタル。
- (※2) 集水井では排水不可能な深度の地下水を排除するため、深井戸を鑿井し地下水をポンプで汲上げて排水する工法。将来はトンネル暗渠工に接続され自由落下による集水に切り替えられる。(≒ディーブウェル)

- (※3) 生コンを攪拌しながら運搬するトロッコ式の車。ミキサー車のトロッコ版。
- (※4) 覆工コンクリート打設用型枠。1打設ごとに組立・分解をするバラセントルと形を保ったままレール上を移動できるスライドセントル(=スライディングフォーム)がある。当現場はスライドセントル。
- (※5) これらの計算はあくまで延長1m当りの単価を基に行った試算例であり、実際の施工時とは合致しない可能性がある。
- (※6) 掘削した地山に対しコンクリート吹付とロックボルト挿入を行うことにより、地山が本来有している耐荷能力を積極活用して支保する工法。在来工法が支保工と矢板で直接地山を抑えるのと対照的。ただし、吹付プラント用に大きなヤード面積が必要であり、加えてあまり小断面のトンネル内で吹付を行うと粉塵がひどくなる問題がある。