

トンネルズリによる法面保護工について

静和工業株式会社
土木部 佐藤孝造
(補助) 田代貞臣

工事名 平成18年度(主)山脇大谷線道路改良工事(下地区土工区)

工期 平成18年2月23日～平成21年8月31日

工事概要 土工区 L=345.0m

道路土工(盛土)	88,410	m ³
法面保護工	5,070	m ²
擁壁工(逆T式)	121	m
擁壁工(重力式)	202	m
擁壁工(フレキャスト)	30	m
ブロック積工	1,137	m ²
舗装工	15,930	m ²
取合道路	L=118.6m	
側溝工	172	m

1. はじめに

本工事の盛土構造は、トンネルズリ(最大粒径300mm)を使用するので岩塊盛土となる。のり面は岩塊によるので植生によるのり面保護工は困難な場合が多く、当初設計の種子散布では種子が雨等で流れてしまう恐れがある為、岩塊のり面に適したのり面保護工を検討する。

また、播種による早期全面緑化を行い、法面の表面保護と同時に、周辺植物が進入しやすい群落を造成することが適当であると考えます。

以上のことから、ここでは播種による植生復元を行う場合の工法選定・復元目標・使用植物・種子配合・必要吹付厚等について検討を行うこととする。

2. のり面保護工の種類と目的

法面保護工はのり面の浸食や風化を防止するため、植生または構造物でのり面を被覆したり、排水工や土留め構造物でのり面の安定をはかるために行うものである。本工事は、当初より植生によるのり面保護を施すことになっているので、植生工による標準的な工種を示すと表-1のとおりである。

表-1 のり面保護工の工種と目的 (道路土工のり面-斜面安定工指針)

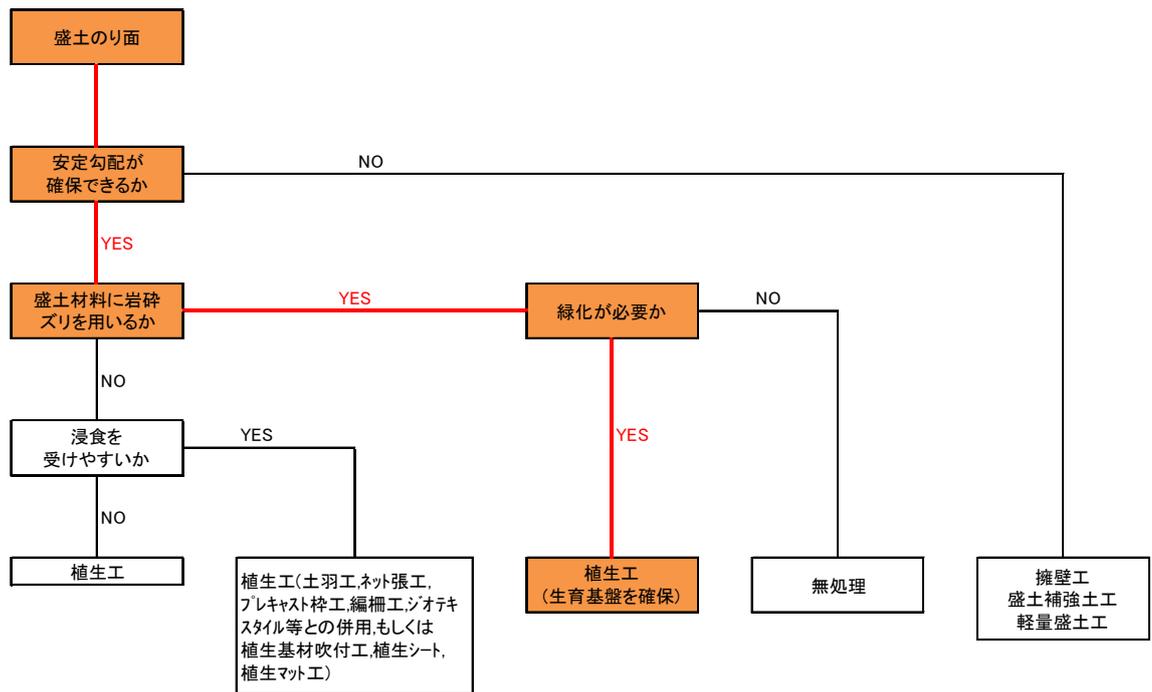
分類	工 種	目 的 ・ 特 徴
植 生	種子散布工	浸食防止, 凍上崩落抑制, 全面植生(緑化)
	客土吹付工	
	植生基材吹付工	
	張芝工	
	植生マット工	
	植生シート工	
工	植生芝工	盛土のり面の浸食防止, 部分植生
	筋芝工	
	植生土嚢工	不良土, 硬質土のり面の浸食防止
	苗木設置吹付工	浸食防止, 景観形成
	植栽工	景観形成

植生によるのり面保護工(以下、植生工と呼ぶ)は、のり面に繁茂させた植物の根系の効果により、のり表層部の土砂を安定させ、雨水による浸食や地表面の温度変化の緩和ならびに凍上による表層剥落の防止を図ることを主目的としている。また、このような斜面の安定化という目的に加えて、近年では、緑化に期待される美観の向上や自然環境の保全・復元効果に対する関心が高まっており、その価値が見直されているところである。

植生工は一般に工費が安く、景観形成に優れた工法ではあるが、のり面保護工としての効果の限界を適切に認識するとともに、施工時期・場所・気象条件・維持管理面などに十分な留意を払っておく必要がある。つまり、植生工の根系は深い崩壊を生じるような場合には効果がないし、橋梁の直下のように日光や雨が当たらない場所、土壌の乏しい岩質あるいは強酸性土壌ののり面などでは、植物の生育が困難で効果的なのり面保護工とならない場合がある。また、のり面勾配が1:0.8を越えるような急勾配なのり面では植生工の持続性を確保することが困難であるし、1:0.8~1.2程度食や表層崩落を防止しきれない場合がある。

植生工を効果的に活用するためには、将来の植物の繁茂状況を的確に予測し、植物の選定や種子配合にあたって最終的な緑化目標に十分配慮した計画としなければならない。一般に、山間地や自然景観を重視する地域では灌木林とするか、もしくは灌木林から森林に進む緑化を行うことが、周辺植生との連続性や維持管理を軽減できる観点から好ましいと言える。これに対して、都市近郊や農牧地周辺では、多少の維持管理を伴っても草本植物のみが繁茂する状態が望ましい場合もある。

次項に示す図-1の盛土のり面におけるのり面保護工選定フローにて選定する。



図— 1 盛土のり面におけるのり面保護工選定フロー

3. 植生によるのり面保護工 (植生工)

植生工によるのり面保護

雨水による浸食防止
 地表面の温度変化に緩和
 凍上による表層破壊
 緑化による美的効果
 環境保全

植生工ののり面保護には、土羽土を使用して法面を整形し、種子を散布したり、芝等を植えたりする場合と路体と同様の材料を使用して法面を整形し種子等を客土等に混入して散布する場合との二通りの場合がある。

以下に代表的な植生工の工法を記述する。

【種子散布工】

のり面を対象とした植生工の中で、最も一般的で、数多く施工されている工法のひとつである。種子を散布する方法には、以下の方法がある。

- ① ガン吹付けで、種・肥料・土・水を泥水状にして吹付ける。高所で、急勾配な切

土のり面などに適している。

② ポンプを使用して、種・肥料・ファイバーなどをスラリー状に混合し、ハイドロシーダーなどにより吹付けるもので、比較的低所で緩勾配の盛土のり面に適している。

通常、散布する材料の厚さは1 cm 未満と薄い。使用材料は、種子、高度化成肥料、水、木質繊維（ファイバー）などが主体となり、施工直後の耐浸食性が乏しいため、粘着剤や被膜剤などを浸食防止用に用いることもある。また、補助材料として、ネット（繊維網）、金網、編柵、むしろなどが用いられる場合もある。

使用植物は外来および在来の草本類が用いられることが多い。土壌硬度が23mm 以上の硬い地盤に対しては基本的に適用が難しく、切土のり面などの肥料分の少ない土質では追肥管理が必要となる。また、のり面勾配は1 : 1.0 より緩い勾配の箇所が適用対象となる

【植生筋工】

種、肥料などを装着した帯状の布または紙（繊維帯）を盛土のり面の土羽打ちの際に、水平筋状に挿入し、施工してゆく。使用される植物は外来および在来の草本種子であり、施工直後の耐浸食性はほとんどない。

適用できるのり面勾配は1 : 1.2 より緩いものとされ、地質も土壌の多い盛土に限定される。このため、比較的小面積の限られた範囲に適用されることが多い。肥料分の少ない土質では追肥管理が必要で、砂質土には不向きである。

種子、肥料を装着した繊維帯を定められた間隔に2/3 以上が土に埋まるように土羽打ちを行いながら水平に施工する。

【客土吹付工】

水、土（黒ボクなど）、肥料、種子などをモルタル吹付け用ガンまたはスクイズポンプに投入し、良く混合して所定の厚さに一度に吹付ける。通常の吹付け厚さは1 ~ 3 cm 程度であり、補助材料としては、ネット（繊維網）、金網やむしろなどが用いられることがある。

使用植物は外来や在来の草本類に加えて、先駆植物種の本木類の種子も使用できる。種子散布工と同様に施工直後の耐浸食性は乏しいが、土壌硬度が高い礫質土に対しても適用可能であることが、種子散布工と異なる点である。また、適用可能なのり面勾配は1 : 0.8 より緩勾配ののり面である。

本木類の導入が可能であることから、環境復元やのり面の長期安定化に寄与する効果が高い。また、肥料分の少ない土質に対して草本類主体の植生とする場合には、追肥管理が必要となる場合が多い。

補助材料として用いる、ネットや金網を張った上に、厚さ3 cm 以下で吹付けを行おうとすると、吹付け表面に網が露出することもあるので、網は斜面の凹凸に合わせて浮

きなどが無いようしっかり固定する必要がある。浸食防止剤としては、種子散布工と同様に粘着剤や被膜剤が用いられるが、特殊な合成樹脂や繊維が用いられることもある。

【植生基材工】

水、基盤材、肥料、接合材、種子などをモルタル吹付け用ガンに投入し、よく混合して所定の厚さに一度に吹付ける。通常、繊維網、金網、むしろが補助材料として用いられ、吹付け厚さは3～10cmとされることが多い。基盤材は、人工土壌と有機基材に分けられ、土、木質繊維、バーク堆肥、ピートモスなどで構成されている。

この工法には様々なものが開発、実用化されており、使用材料や施工法の違いにより、施工直後の耐浸食性や適用できるのり面勾配、永続的な植生が維持できる期間などが異なってくる。

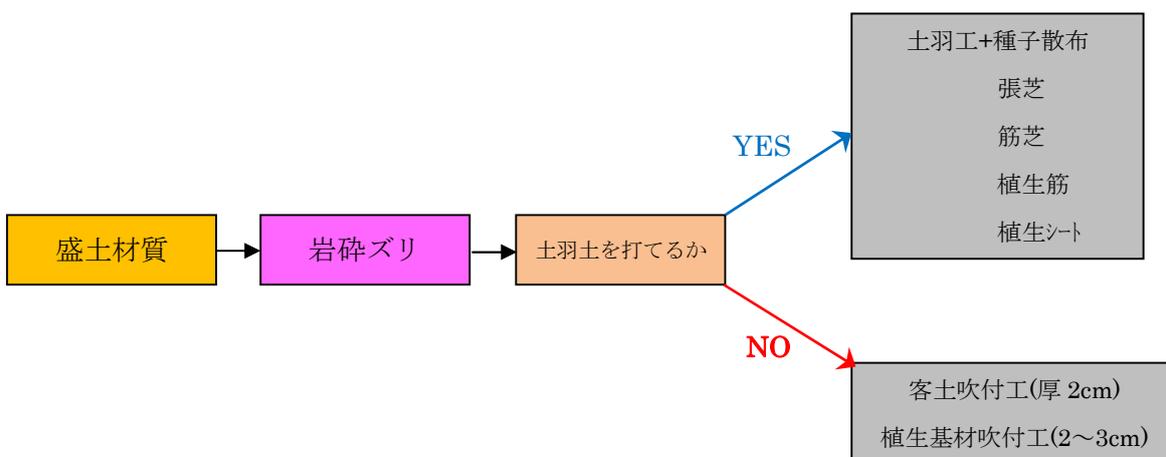
基本的に、接合材にセメントを用いる工法の場合は、類似工法のなかでも最も施工直後の耐浸食性が乏しく、比較的緩勾配ののり面への適用に限定される。

また、のり面が急勾配であったり、亀裂の少ない岩盤などのように、より厳しい植生条件に対してこの工法を適用する場合には、接合材として高分子樹脂や繊維等を用いる工法もある。このような工法を用いると、必要な吹付け厚さも厚くはなるが、硬岩や強酸性土壌など、従来では緑化が不可能であった厳しい植生環境においても十分な植物の繁茂が期待でき、追肥の必要も少ない。

ただし、草本類主体の植生を導入した場合は、やはりある程度の追肥管理が必要となる場合もあるため留意しておく必要がある。

各種工法は、下記のフローより選定される。

植生工選定フロー



上記選定フローより、本工事の岩塊のり面に適した工法として、施工性が容易で全面

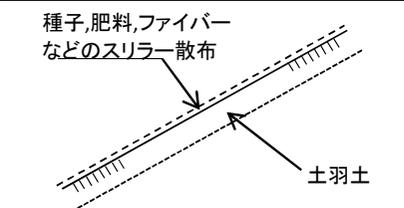
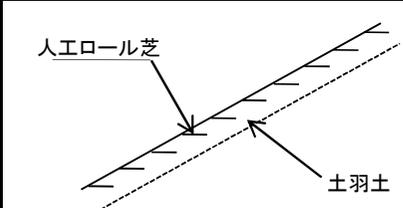
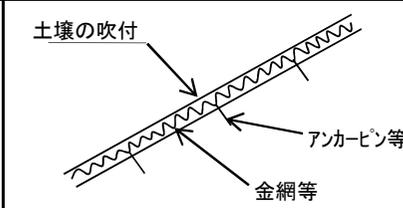
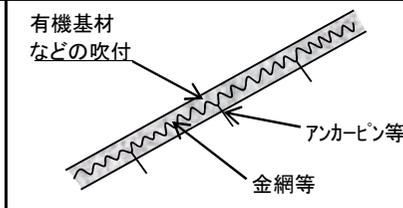
緑化が可能であり、修景効果や根系の伸長、維持管理の軽減に優れた木本類を導入する場合には、その発芽特性より覆土が必要とされることから、次項に示す工法が適切と思われる。

- ① 土羽工＋種子散布
- ② 土羽工＋植生筋
- ③ 客土吹付（厚 2 cm）
- ④ 植生基材吹付（厚 3 cm）

4. 工法の選定

前記 4 つの工法の比較検討を次項に添付する。

植生工の比較表

工 種		土羽土+種子散布	土羽土+植生筋	客土吹付工	植生基材吹付工
施 工 方 法		土羽土を法面施工時に搬入し整形後、ポンプを用いて散布厚を1cm未満に施工する。	土羽土を法面施工時に搬入し整形中に、各段(20~30cm)毎に人力にて敷設する。	ポンプ又はガンを用いて厚さ1~3cmに吹き付ける。	ポンプ又はモルタルガンを用いて厚さ3~10cmに吹き付ける。
使用材料	基盤材	木質繊維(ファイバー)など	人工ロール芝	・土(黒ボクなど) ・人口土壌(土、木質繊維、パーク堆肥)	・人口土壌または有機基材等 (土、木質繊維、パーク堆肥、ピートモス等)
	浸食防止剤又は接合材	粘着剤、被膜剤	なし	粘着剤、被膜剤、合成樹脂、長繊維など	高分子系樹脂、繊維、セメント等
	植物種子	外来草木、在来草木	外来草木、在来草木	木本(先駆植物) 外来草木、在来草木	木本 外来草木、在来草木
	肥料	高度化成	なし	緩効性(山型)注1 P K化成注1 高度化成(草本適用)	緩効性(山型)注1 P K化成注1 高度化成(草本適用)
補 助 材 料		繊維網、金網、むしろ、網柵		繊維網、金網、むしろ	金網
の又浸耐は食浸接防食合止性材剤	耐降雨強度	10mm/hr程度	耐浸食性大きい	10mm/hr程度	10mm/hr~100mm/hr程度 (使用する接合材によって異なる)
	期 間	1~2ヶ月程度	耐浸食性大きい	1~2ヶ月程度	1~10年程度 (使用する基盤材や接合材によって異なる)
適 用 条 件	地 質	土砂(土壌硬度23mm以下)	なし	種子吹付の外礫質土	客土吹付の外岩、モルタル吹付面
	勾 配	1:1.0より緩勾配 注2	1:1.0より緩勾配 注2	1:0.8より緩勾配 注2	1:0.8より緩勾配 注2 (使用する基盤材や接合材によって異なる)
備 考		肥料分の少ない土質では追肥管理を必要とする。	通常の小規模な盛土法面に使用される。人力施工にて行われる為、施工性が悪く大規模な法面保護には不向きである。	肥料分の少ない土質に草本類を導入した場合には追肥管理を要する場合が多い。	肥料分の少ない土質に草本類を導入した場合には追肥管理を要する場合が多い。亀裂のない岩盤面やモルタル吹付面への施工には厚さ10cm以上を必要とし、また滑落することのない工法や基材、接合材を使用する。
工 標 準 種 図					
本 工 事 適 応 性		岩塊盛土の為、種子等が降雨により流れ出してしまいますので土羽土を必要とする。土羽土は山土等を使用する。施工性等も良好であり、土羽土を考慮しても安価にて行うことができる。	種子散布同様に土羽土が必要である。人力にて人工筋芝を行うので施工性が悪いが、土羽土を考慮しなければ比較的安価にて行うことができる。	岩塊盛土であっても植物の定着に必要な客土層を形成するので根系の伸長を促すことが可能である。機械播種施工なので施工性は良好であるが、種子吹付より工事費が高価である。(本工事では安定勾配であるので金網等は不要である)	客土吹付工同様、基盤材を形成するので土壌硬度の高い硬質土、軟岩、硬岩等の根の伸長が期待できない法面を緑化することができる為、最も本工事に適している。しかし、工事費が最も高価である。(本工事では安定勾配であるので金網等は不要である)
経 済 性		1145 円/m ² (施工費+土羽土+法面整形)	1990 円/m ² (施工費+土羽土+法面整形)	1705 円/m ² (施工費2cm+削取整形)	2465 円/m ² (施工費3cm+削取整形+ラス張)
評 価		○	×	○	△

注1) 山型肥料とはN:P:K配合がN<P>Kとなっているもので、PK化成肥料はNがほとんど無いものを言う。

注2) 地質、気象、使用植物、浸食防止剤などにより適用範囲は多少の差異が生じる。

前項比較表より、施工性及び岩塊のり面の適応性からは客土吹付工が適しているが、経済性からでは、土羽土+種子散布工が適している。しかし、土羽土+種子散布工では本工事に搬入されるトンネルズリは岩塊であるので、植生工に適していない為、土羽土は購入土（山土）としなければならない。土羽土は、法面より 30cm の厚さが必要であるので、約 1750^mを搬入しなければならないが、次項に示す土量調整書より本工事不足土量は約 120^mであるので、約 1600^mの残土処理が発生してしまう。

したがって、土羽土+種子散布工に残土処理費を計上すると経済性の優位性がなくなり、客土吹付工の方が経済性においても適していると言えるので、本工事においては客土吹付工の施工が最も望ましいと判断できる。

5. 施工



6. まとめ

トンネルズリ（最大粒径 300mm）を使用した盛土の法面は、岩塊によるので植生による法面保護工は困難であったが、経済性や施工性を考慮して協議を行い設計変更した結果、施工した時期も良好であったので、種子の植生も大変よく満足する結果となった。

法面保護工の目的の法面の浸食や風化を防止する為であるので、当初設計がどのような工法であり、その工法が盛土材及び現場環境や条件等に適しているか十分検討を行わなければならないと改めて知ることができた現場であった。

吹付完了



完 成

