

法面緑化工の検討書

工事名：

工事場所：

発注者：長野県 ○○市役所

(目次)

| | | |
|------|--------------------|----|
| 1. | はじめに | 2 |
| 2. | 現場調査 | 2 |
| 2.1. | 現場の概要 | 2 |
| 2.2. | 土壌硬度 | 3 |
| 2.3. | 土壌分析 | 4 |
| 3. | 法面緑化工の検討 | 7 |
| 3.1. | 緑化目標の選定 | 7 |
| 3.2. | 必要な基盤整備手法の選定 | 8 |
| 3.3. | 工法の比較検討 | 10 |
| 4. | まとめ | 12 |

1. はじめに

本書は、林道沿いの崩壊法面における法面緑化工について、現地調査の結果を基に工法の選定を行ったものである。

2. 現場調査

2.1. 現場の概要

対象地は林道沿いの既設法面で、小規模の表層崩壊が発生し、地山が露出した状態にある。

【No.1 崩壊地】

主要土質は、「粘性土」である。



写真 2-1. No. 1 崩壊地（赤丸箇所にて調査）

【No. 2 崩壊地】

主要土質は、「砂質土」と「礫混じり粘性土」である。



写真 2-2. No. 2 崩壊地（赤丸箇所にて調査）

2.2. 土壌硬度

対象法面における植物生育の適否を判定するため、山中式土壌硬度計にて土壌硬度測定を行った。調査は現状の露出箇所にて実施し、1箇所につき3回測定を行い、その平均値を土壌硬度値とした。

測定結果を表 2-1 に示す。

表 2-1. 土壌硬度測定結果（軟岩部）

| | ① | ② | ③ | 平均 |
|----------|----|----|----|------|
| No.1 崩壊地 | 24 | 28 | 29 | 27.0 |
| No.2 崩壊地 | 18 | 22 | 26 | 22.0 |

測定の結果、平均値は 22～27 mmを示した。現状の地山露出箇所にて実施したため、法面整形後は現状よりも硬い値を示すことが予想される。

表 2-2 の「土壌硬度からみた植物の生育状況予測」によると、植物根系の伸長は妨げられる状態にあるため、生育基盤層の造成等により初期生長を促進させる必要がある。

表 2-2. 土壌硬度からみた植物の生育状態予測i

| 土壌硬度 | 植物の生育状態 |
|--------------------------|---|
| 10mm未満 | • 乾燥のため発芽不良になる。 |
| 粘性土10～23mm 砂質土10～27mm | • 根系の伸長は良好となる。（草本類では肥沃な土である場合） • 樹木の植栽にも適する。 |
| 粘性土23～30mm 砂質土27～30mm | • 木本類の一部のものを除いて、根系の伸長が妨げられる。 |
| 30mm以上 | • 根系の伸長はほとんど不可能である。 |
| 軟岩・硬岩 | • 岩に亀裂がある場合には、木本類の根系の伸長は可能である。 |



写真 2-3. 土壌硬度測定（No.1 崩壊地）



写真 2-4. 土壌硬度測定（No.2 崩壊地）

2.3. 土壌分析

土壌硬度以外の植物生育適否の指標として、現地土壌の一部を採取し、土壌分析を行った。分析結果を表 2-3 に示す。各項目の詳細は、次に示すが、肥料成分が欠乏状態にあるが、pH(H₂O)は問題の無い範囲を示したことから、植物の生育に対し問題ない土壌と判断する。

表 2-3. 土壌分析結果

| 分析項目 | 単位 | No. 1 崩壊地 | No. 2 崩壊地 | 適正值 [*] |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| pH(H ₂ O) | | 5.96 | 6.34 | 5.0~7.0 |
| 電気伝導度(EC) | (ms/cm) | 0.026 | 0.008 | 0.1 以下 |
| 容水量 | (%) | 48.6 | 29.4 | 50~60 |
| 硝酸態窒素 | (mg/100g) | 微量 | 微量 | 10.0 程度 |
| アモニア態窒素 | (mg/100g) | 微量 | 微量 | 1.25 程度 |
| リン | (mg/100g) | 微量 | 微量 | 2.5 程度 |
| カリ | (mg/100g) | 微量 | 微量 | 12.5 程度 |

(注)微量とは、測定レンジ以下の数値。^{*}印は、(社)農山漁村文化協会：「農業技術体・土壌施肥編 4 土壌診断・生育診断」、1995 等を参考にした目安。

1) 土壌酸度 (pH)

植物(根)の生育に直接かかわる土壌酸性の強弱を示す。緑化における適正 pH 値は 5~7 である。現場の土壌は、pH(H₂O)=5.96~6.34 を示したため、植物の生育に対し問題ない土壌と考えられる。

2) 電気伝導度(EC)

電気伝導度は、水溶液中や土壌溶液中の塩類濃度を測定するものであり、単位は、1cm²の極板 2 枚の間の電気抵抗値の逆数を比伝導度とよび、この値を mS(ミリジーメンス)/cm と表す。

一般に EC 値が高くなると植物の根からの水吸収が阻害され、植物体内の塩含有率が高くなって生育不良になり、限界濃度を超えると枯死に至る。1.0mS/cm 以上になると濃度障害を引き起こす危険性が高い。一般的な地山心土では低い値(0.1mS/cm 以下)を示すが、強酸性土壌では活性化したイオンが多く含まれ EC 値が高くなる傾向がある。

現場の土壌は、0.008~0.026(mS/cm)と低い値を示したため、植物の生育に対して問題ないと判断する。

3) 容水量

容水量の高い土壌は、水分の保持能力が高い土壌であり、容水量が低い土壌は、水分保持能力が乏しい土壌と判断する。粘性土の場合、高い容水量値を示すが、固結した粘性土は法面のような傾斜地では水分が表面を流れるだけで、地中に浸透することができない。したがって容水量が 50%以下の土壌や締め固まった粘性土の場合は、気象条件が乾燥期になると植物はすぐに枯れやすい状況となる。

No.2 崩壊地は、29.4%を示したため、地質的には乾燥害を受けやすい土壌であると考えられる。

4) 硝酸態窒素

硝酸態窒素は植物に吸収され、アミノ酸やタンパク質などに合成され、植物体の構成成分となる。硝酸態窒素の診断基準を表 2-4 に示す。

現場の土壌は、欠乏状態にある。

表 2-4. 水溶性硝酸態窒素の診断基準

| 分析値 | 診断 |
|----------------|-------|
| 0.5 (mg/100g) | 少ない |
| 1.25 (mg/100g) | 少ない |
| 2.5 (mg/100g) | やや少ない |
| 10.0 (mg/100g) | 適当 |
| 25.0 (mg/100g) | 多い |

5) アンモニア態窒素

植物の生育に必要な肥料成分である窒素成分の中のアンモニア態窒素は、還元土壌に生育する植物（イネ・レンコンなど）に吸収利用され、一般には硝酸態窒素となって植物が吸収利用する。また土壌中に過剰に含まれると生育阻害となる場合もある。表 2-5 より土壌 100g 当たり 25mg 以上になると過剰と考えられる。

現場の土壌は、欠乏状態にある。

表 2-5. 水溶性アンモニア態窒素の診断基準

| 分析値 | 診断 |
|----------------|------|
| 0.5 (mg/100g) | 少ない |
| 1.25 (mg/100g) | 適当 |
| 2.5 (mg/100g) | やや多い |
| 5.0 (mg/100g) | 多い |
| 25.0 (mg/100g) | 過剰 |

6) リン酸

リン酸は作物の根の発育、茎の枝分かれや葉数の増加をさかんにし、開花・結実を促進する。

現場の土壌は、欠乏状態にある。

表 2-6. 水溶性リン酸の診断基準

| 分析値 | 診断 |
|----------------|-------|
| 0.5 (mg/100g) | 少ない |
| 1.25 (mg/100g) | やや少ない |
| 2.5 (mg/100g) | 適当 |
| 10.0 (mg/100g) | やや多い |
| 25.0 (mg/100g) | 多い |

7) カリウム

カリウムは作物体の有機物質を構成する元素でないが、作物体内で水溶性 K^+ として移動しやすく、細胞・組織内の代謝の活性化、pH の安定、浸透圧の調整など、大切な生理的役割を果たしている。

現場の土壌は、**欠乏状態にある。**

表 2-7. 水溶性カリの診断基準

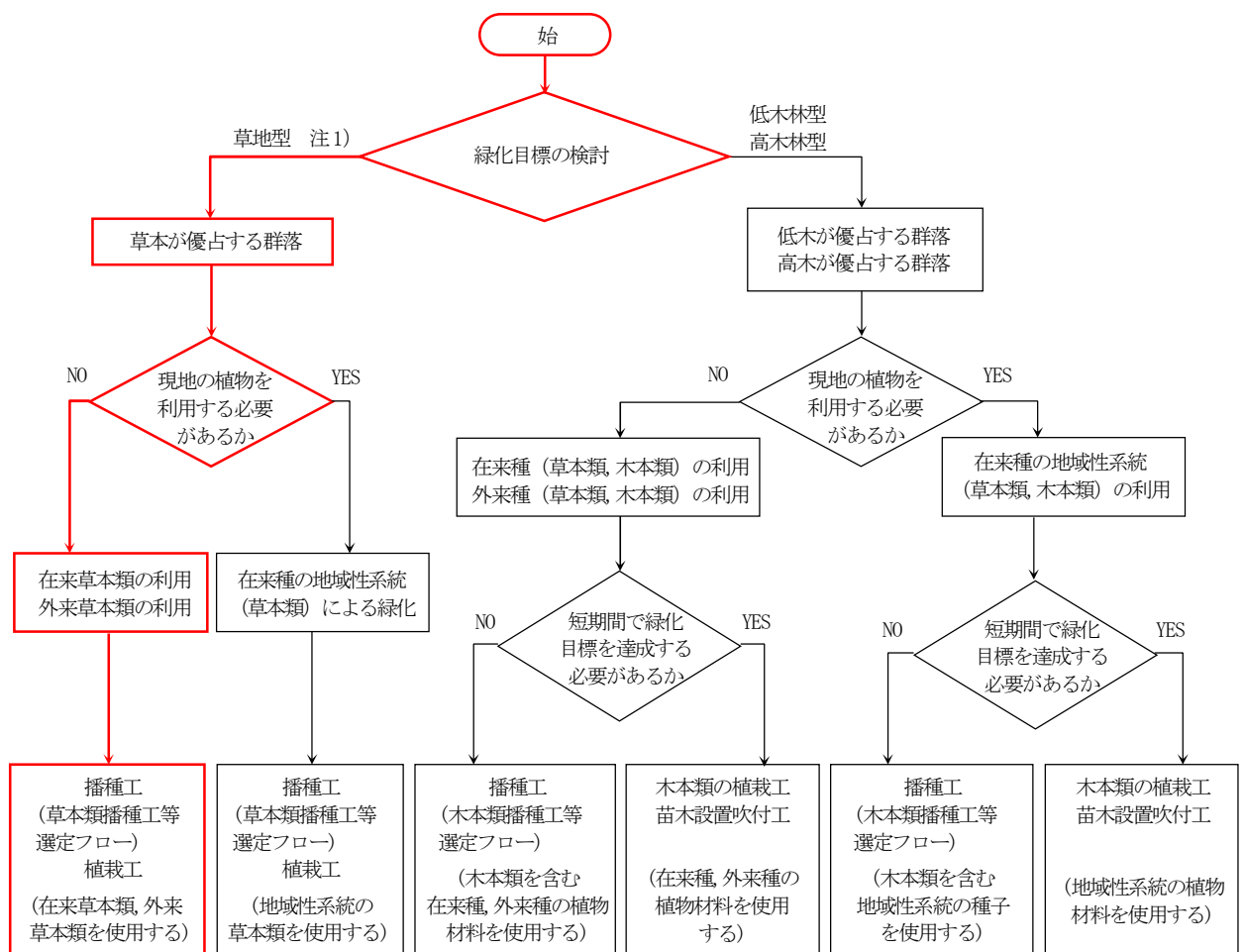
| 分析値 | 診断 |
|-----------------|------|
| 5.0 (mg/100g) | 少ない |
| 12.5 (mg/100g) | 適当 |
| 25.0 (mg/100g) | 多い |
| 50.0 (mg/100g) | 多すぎる |
| 100.0 (mg/100g) | 過剰 |

3. 法面緑化工の検討

3.1. 緑化目標の選定

植生工の第一目的は、浸食を防止し表層崩落を防止することにあるが、併せて周辺環境との調和を図ることや維持管理の軽減することを目的として、将来の植物の繁茂状況を考慮し、植物の選定を行うことが重要である。

対象法面は、林道沿いの法面であることから、視距確保、維持管理作業の軽減を考慮し、草丈の短い草本植物が主体の植物群落の造成が望ましいと考える。そこで、緑化目標を「草地型」に設定する。



注1)：初期の目標を草本群落とし、長期間かけて自然の遷移によって木本群落を形成する場合を含む。

図 3-1. 植生工選定フロー(緑化目標および植物材料からの選定)ⁱ¹

3.2. 必要な基盤整備手法の選定

道路土工の切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版)における「のり面条件を基にした植生工の選定フロー」を参考にし、必要な基盤整備手法を検討する。

現地にて実施した調査の結果を表 3-1 にまとめる。

表 3-1. 現地調査結果

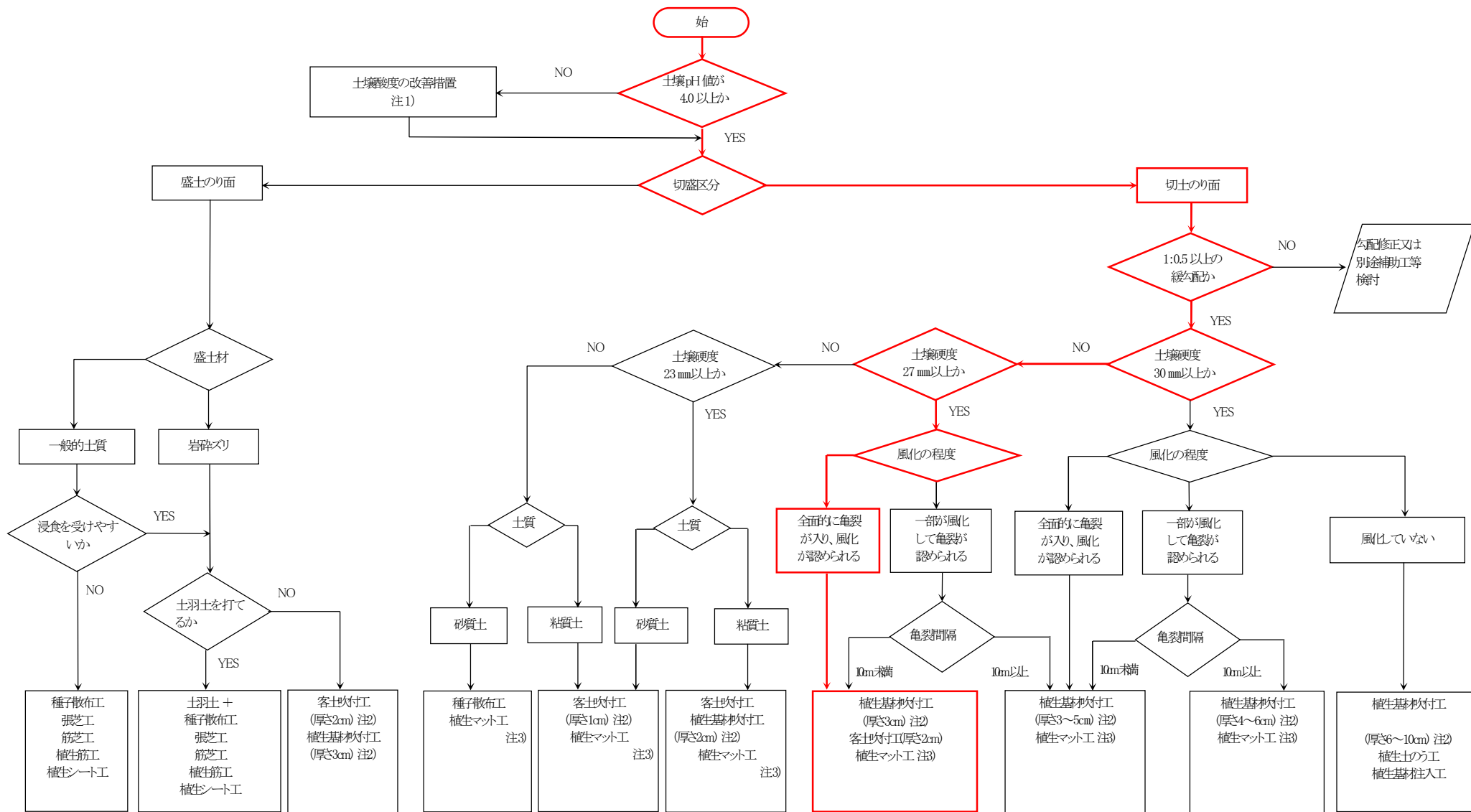
| | 土質 | 土壌硬度(想定) | その他 |
|-----------|----------------|----------|--|
| No. 1 崩壊地 | 粘性土 | 27 mm | <ul style="list-style-type: none">• pH(H₂O)=5.96• 肥料成分が欠乏している |
| No. 2 崩壊地 | 砂質土 礫混じり粘性土 | 22 mm | <ul style="list-style-type: none">• pH(H₂O)=6.34• 肥料成分が欠乏している• 保水性が低く、乾燥害が発生しやすい。 |

調査結果を、選定フロー(図 3-2)に当てはめると、以下の工法が選定される。

表 3-2. フローによる選定工法

| 選定条件 | フローによる選定工法 |
|--------------|---|
| 土壌硬度 27 mm以上 | <ul style="list-style-type: none">• 植生基材吹付工(厚 3 cm)• 植生マット工(植生基材入り・ 上記吹付工と同等の植生機能を有する) |

※No. 2 崩壊地では、土壌硬度 22 mmと比較的軟らかい状態にあるが、法面整形によって硬い土質の出現が予想されること、保水性が低く乾燥害の発生が懸念されることから、植物の生育を考慮し、No. 1 崩壊地と同様の工法を選定した。



注1): 土壤酸度の改善措置が不可能な場合はブロック張工などの構造物工のみの適用を検討する。 注2): 吹付厚さは緑化目標も考慮して決定する。
 注3): 植生マットを適用する場合には、植生基材が封入されたもので、その機能が同条件での植生基材吹付工の吹付厚さに対応した製品を使用する。

図 3-2. のり面条件を基にした植生工の選定フロー

3.3. 工法の比較検討

第3.2項にて選定された工法（基盤整備の目安）を参考に、工法の比較・検討を行い、最適な工法の絞込みを行う。

工法の比較に当たっては、以下の点を考慮する必要がある。

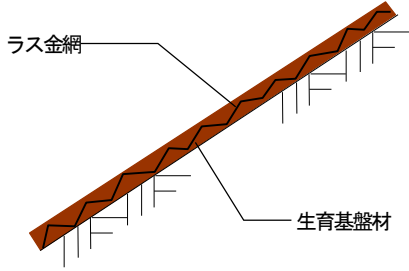
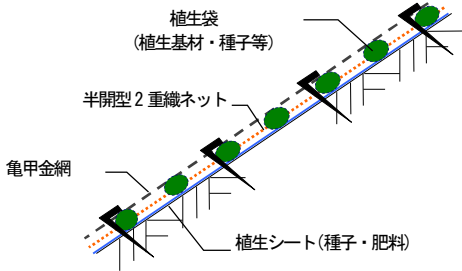
- 対象箇所は小規模で林道沿いに点在しているため、機械施工の場合には資機材の移動が必要となる。

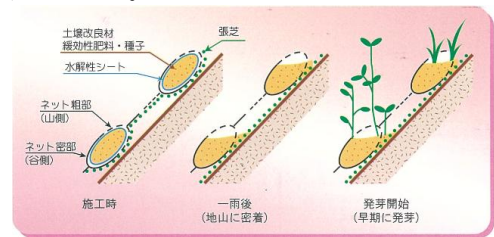
以上の点を考慮し、以下の工法について、表3-3にて比較を行った。

- ①. 植生基材吹付工（厚3cm）
- ②. 半開型厚層植生マット（亀甲金網付）5A型張工

（注）②の植生マットについては、積雪地域のため、亀甲金網付とした。

表 3-3. 工法比較

| | | 工法 ① 植生基材吹付工 (厚 3 cm) | 工法 ② 半開型厚層植生マット (亀甲金網付) 5A 型 張工 |
|-------------|----------|--|--|
| 工法の位置付け | | 市場単価工法 | NETIS CB-030036-V (設計比較対象技術・掲載期間終了) |
| 概略図 | |  |  |
| 構造 | | <ul style="list-style-type: none"> ラス金網 生育基盤 (吹付) | <ul style="list-style-type: none"> 亀甲金網 半開型2重織ネット 植生袋 (生育基盤材・種子) 植生シート (種子・肥料付) |
| 施工方法 | | <ul style="list-style-type: none"> ラス金網を法面に展開し、アンカーピン等により法面に固定し、生育基盤材をモルタルコンクリート吹付機を用いて、法面に吹付けする。 | <ul style="list-style-type: none"> ロール状の製品を法面に展開し、アンカーピン等で法面に設置する。 |
| 施工性 | 工程管理 | <ul style="list-style-type: none"> 2工程(ラス金網張工+吹付工)。 全法面整形後の一斉施工となる場合が多い。 | <ul style="list-style-type: none"> 1程(マット張工) 法面整形の工程に合せた施工が可能。 |
| | 資機材の搬入 | <ul style="list-style-type: none"> 吹付機械、及び資材設置のため大規模なスペースの確保が必要。 施工箇所が点在する場合には、施工機械の移動に手間を要する。 | <ul style="list-style-type: none"> 施工数量・時期に応じた材料搬入が可能のため、小規模なスペースでの施工が可能。 人力施工のため、小規模法面や施工箇所が点在する場合にも対応しやすい。 |
| (施工性の評価) | | (△) | (◎) |
| 植物の生育 | | <ul style="list-style-type: none"> 有機質系資材、緩効性肥料の配合より、植物による永続的な緑化が可能。 | <ul style="list-style-type: none"> 保水材、土壌改良材、緩効性肥料の配合により、植物による永続的な緑化が可能。 |
| 生育基盤の特徴・効果 | 材料 | <ul style="list-style-type: none"> 有機質資材を主体とした人工土壌による生育基盤を造成 (市場単価への移行に伴い生育基盤の品質低下が見られることが多い)。 バーク堆肥が主材料のため長期乾燥時には撥水作用が発生し保水能力が低下する。 | <ul style="list-style-type: none"> 軽量人工土壌による生育基盤を造成。 保水材の配合により保水能力が高い。 緩効性肥料等の配合により肥効が長期間持続する。 |
| | 生育基盤の耐久性 | <ul style="list-style-type: none"> 生育基盤が露出しているため、耐浸食性や耐凍上性は植生マット工に比べて劣る。特に越冬後の生育基盤の剥落が問題になりやすい。 | <ul style="list-style-type: none"> 半開式2重織ネットにより生育基盤が保護されているため、凍上・凍結害や積雪害等から生育基盤を保護する効果が高い。 |
| | 地山との密着性 | <ul style="list-style-type: none"> 吹付施工のため、凹凸が大きくても地山との密着性の確保が可能である。 | <ul style="list-style-type: none"> 半開式2重織ネットの採用により、植生マット工の欠点である地山との密着性の問題を大きく向上させている。 下図のように法面上に小段を形成するため、急勾配法面においても導入種子の発芽生長を促進させる。 |
| (生育性の評価) | | (◎) | (◎) |
| 経済性 (直接工事費) | | 植生基材吹付工 (t=3cm) 4,290 円/m ² ※ | 半開型厚層植生マット (亀甲金網付) 5A 型 張工 3,993 円/m ² |
| (経済性の評価) | | (△) | (◎) |
| 総合評価 | | △ | ◎ |



※印は長野県市場単価 (土木コスト情報 2020 年 7 月夏, 500 m²未満)

4. まとめ

以上の検討結果より，対象法面における法面緑化工について，以下の工法を選定する。

表 4-1. 提案工法

| 提案工法 | 特徴・提案理由 |
|---|--|
| 半開型厚層植生マット (亀甲金網付) 5 A型 張工 (キッコウガンソクマット 5A 型) | <ul style="list-style-type: none">• 植生基材をマット内に充填した厚層タイプの植生マットであり，法面に生育基盤層を造成して植物の安定活着を図る。(植生基材吹付工(t=3 cm)と同程度の植生機能を有している。)• 植生基材をマット内に保持しているため，表流水や凍上等から植生基材を保護する効果が高い。• 半開型2重織ネットによって，法面上に小さな小段を形成するため，急勾配の法面においても安定した生育基盤層を造成することが可能である。• 亀甲金網によって，凍上・積雪害に対して効果的である。• 他工法と比較して経済性・施工性に優れている。 |

参考積算

| 名称 | 規格 | 単位 | 数量 | 単価 | 金額 | 摘要 |
|-----------------------------------|-----------|----|-----|--------|-----------|----------|
| 半開型厚層植生マット(亀甲金網付) 5 A型張工 (材料費) | | | | | (100㎡当たり) | |
| キッコウガンリョクマット 5 A型 | 幅1m×長さ10m | ㎡ | 110 | 2,600 | 286,000 | メーカー価格 |
| アンカーピン | φ9×200mm | 本 | 377 | 30 | 11,310 | |
| 小計 | | | | | 297,310 | |
| (労務費) | | | | | | |
| 土木一般世話役 | | 人 | 0.5 | 23,200 | 11,600 | |
| 法面工 | | 人 | 2.3 | 25,600 | 58,880 | |
| 普通作業員 | | 人 | 1.6 | 19,700 | 31,520 | |
| 小計 | | | | | 102,000 | |
| 合計 | | | | | 399,310 | 3,993円/㎡ |

- 労務単価は、長野県の公共工事設計労務単価(令和2年3月)です。
- 製品単価は、メーカー価格です。

参考文献

- ⁱ (社)日本道路協会：「道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)」P210, 2009
- ⁱⁱ (社)日本道路協会：「道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)」P226-P227, 2009
- ⁱⁱⁱ (社)日本道路協会：「道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)」P228-P229, 2009