

林床保護のための厚層客土吹付け工法（K-Knight 工法）の開発（その1）

— 室内外における強度特性・耐侵食性検討結果 —

鹿島建設(株) 正会員 ○田中真弓 山口毅志 佐藤寿幸 清水清一郎 上木泰裕

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故から10年以上が経過した現在も住居に隣接する森林の空間線量率が高い地域がある。そのような森林では、線量の低減を図るために通常の森林除染では行われていない表土の削り取りを行えば、樹木の根が露出し生育障害が起きることが懸念される。そのため、自然林への移行阻害のない工法で、森林地盤と同様の材料で構成され、植生保護に加えて土壌流出防止などの効果を発揮する生分解性の厚層覆土が求められる。そこでラス網等を必要としない生分解性の厚層客土吹付け工法として、「K-Knight（ケイナイト）[®]工法」を開発した。本報では、本技術で使用する材料特性と、強度特性・耐侵食性に関する検討結果について報告する。

2. 使用材料の特性

本工法は、下記材料（写真-1）と水をハイドロシーダー車（写真-2）に投入し、吹き付けることで5 cm以上の厚層覆土が実現できる。その際、ラス網等の設置は不要である。

(1) 材料

食品添加物や天然素材で構成されている下記5種類の材料と水を原料とする。混合後のpHは6~8とほぼ中性である。

- ①A材：酢酸ビニル重合体の水性エマルジョン。客土材（ケイナイトソイル）の土粒子同士を固着させる。生分解性である。
- ②B材：機能成分は植物由来の天然多糖類であり、材料混合性の向上と表層強度の増加に働く。生分解性である。
- ③C材：炭酸ナトリウム、硫酸アルミニウム、ポリマーなどにより、客土材の密実化を促進し、厚層化させる。
- ④S材：セルロースを主成分とし、施工後の吹付け基材の強度調整や、早期厚層化・早期強度発現に寄与する。生分解性である。
- ⑤ケイナイトソイル：山砂・バーク堆肥等から構成され、林床および植生回復のための良好な植物生育基盤機能となる。補助的に、放射線遮へい能力、放射性物質の吸着と森林内循環の抑制機能を有している。

(2) 生分解性

人工合成材料を含むA・B・C材が、吹付け基材に占める割合は1.5wt%である。このうち93.5%を占めるA・B材の好氣的究極生分解度試験（JISK6955:2006 準拠）を実施し、推定215日で60%以上生分解されることを確認した。

(3) 環境安全性

A・B材を対象にヒメダカを用いた急性魚毒性試験（OECD、JIS K 0102:2016 準拠）を実施し、水生生物に対する安全性の濃度基準（LC₅₀）が100mg/L以上であることを確認した。

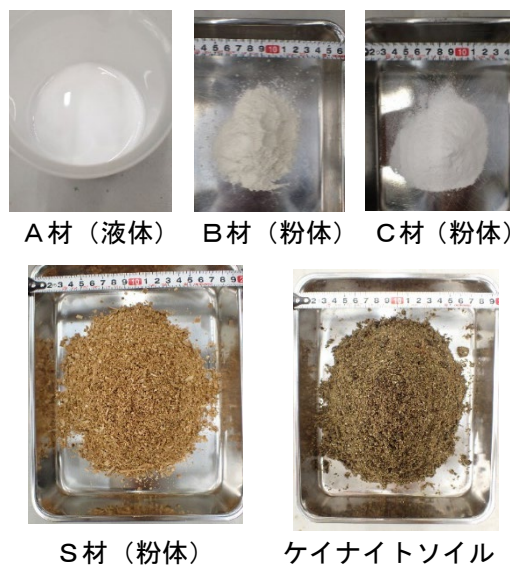


写真-1 本工法で使用する材料



写真-2 ハイドロシーダー車

キーワード 除染、厚層覆土、強度特性、侵食防止、植栽基盤

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

3. 吹付け後の強度と降雨による耐侵食性の確認

(1) 強度目標値と現地における強度特性確認試験

吹付け後自然乾燥した客土材の安定の目安は、一般的に歩行可能な強度とされる約 200kN/m^2 以上とした。また長期的には施工対象地域の森林の地山の土壌強度と同じ約 500kN/m^2 を目標値とした。なお強度は山中式土壌硬度計で測定し、測定値から式-1を用いて換算コーン指数を求めた。

$$\text{換算コーン指数 } Y = 10^{((X+18.4)/11.9)}, \quad X: \text{硬度計測定値}^1 \quad (\text{式-1})$$

現地試験は、ハイドロシーダー車を用いて、① 1m^2 の傾斜板への吹付け試験、②森林内での吹付け試験の2段階で実施した。試験実施場所はいずれも福島県双葉郡大熊町内である。

①傾斜板試験 (吹付け日：2021年6月3日)

私有地広場にて、不織布 ($1\text{m} \times 1\text{m}$) を貼り付け、 0° 、 15° 、 30° 、 45° に傾斜させた板上で吹付け試験を行った。吹き付けは、ケイナイトソイル・水・A材・B材・C材の混合材とS材を別々に行った。吹付け後に、吹付け厚さと発現強度の経時変化を測定した。なお、施工翌日に 34mm/日 の強雨があったが変位等は生じなかった。

図-1に試験結果を示す。全ケースで吹付け厚さは 5cm 以上、最大 7cm となり、歩行可能強度 200kN/m^2 は吹付け4日後に、地山と同程度の約 500kN/m^2 は6日後に確認した。その後、目標強度を大きく上回る値となったが、これは日光を遮るものが無い環境のため材料が乾燥したことや、二材吹付けによる混合状況の不均質性が原因と考えられる。また、130日後に強度が低下したのは、材料の生分解が進んだためと考えられる。

②森林内試験 (吹付け日：2021年6月17日～19日)

最大傾斜約 20° の表土削り取り後の林床を対象とし、①試験で課題となった二材吹付け時の材料混合の均質性を確保するため、全材料を一度に混合し一材として吹き付けた(写真-3)。

図-2に試験結果を示す。 7cm 以上の吹付け厚さを確保でき、歩行可能強度 200kN/m^2 は吹付け4日後に、地山と同程度の約 500kN/m^2 は93日後に確認した。森林内は乾燥しにくいいため、傾斜板試験と比べて強度発現時期が遅くなったと考えられる。

(2) 降雨による耐侵食性確認のための室内試験

室内にて本工法と従来工法との侵食土量の比較を行った。炉乾燥した直径 6.5cm の供試体に 100mm/h 相当の散水を1分間行い、散水した水と侵食土壌を全て回収した。図-3に侵食土量(回収土壌の乾燥重量[g]/乾燥密度[g/cm³]/供試体平面積[m²])を示す。試験結果より、侵食土量は、本工法では従来工法の約12%に抑制されることを確認した。

4. おわりに

本工法は、従来技術では難しかったラス網等を必要としない厚層客土吹付けを可能にした。今後、一般的な薄層の植生基材吹付け工法と同様に植生の繁茂の進展に伴って法面が安定化することが期待できるので、長期的に植物の生育状況調査を行っていきたい。



写真-3 森林内試験状況

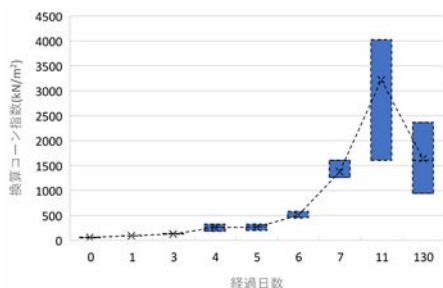


図-1 傾斜板試験における強度特性

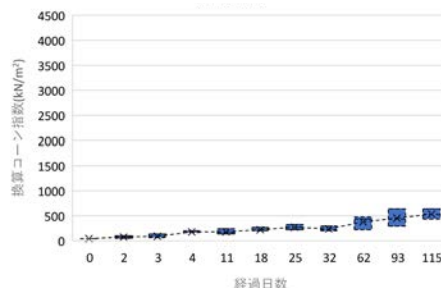


図-2 森林内試験における強度特性

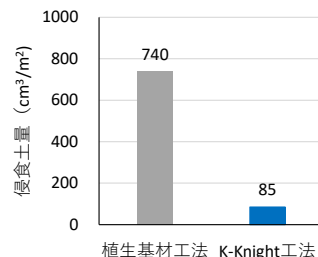


図-3 侵食土量

参考文献

- 1) 土壌環境分析法編集委員会. 土壌環境分析法. pp33-38. 1997.