

マルチングによる土砂流出防止工法の開発

高木亨¹・勝又正治²・飯島健¹・野田兼司¹

¹正会員 工修 前田建設工業株式会社 技術研究所（〒179-8914 東京都練馬区旭町1-39-16）

²正会員 工博 前田建設工業株式会社 技術研究所（〒179-8914 東京都練馬区旭町1-39-16）

降雨時に建設現場内で発生する土砂流出対策として、水に軽焼マグネシアを主成分とする土壌硬化剤（マグホホワイト）と増粘材を混合し、これを汎用の吹付機により対象となる地盤表面に薄く散布する土砂流出防止工法を開発した。特徴を以下に示す。a) 地盤表面を硬化剤の膜でコーティングすることで、雨滴による浸食を防止する。b) 現地土壌の透水性を極端に低下させないため、表面流出水の量を抑制できる。c) 材料には、有害物質を含まない環境に配慮した安全性の高いものを使用している。

本報告では、小規模試験および沖縄県石垣島で実施したフィールド試験等を通じて得られた土砂（赤土）流出防止効果に関する知見並びに現場での適用事例について示す。

キーワード：土砂流出防止, マグホホワイト, マルチング, SS, 透水性, フィールド試験, 降雨, 赤土

1. はじめに

土壌環境問題には、土壌汚染と土壌浸食がある。日本は傾斜地が多く多雨なので浸食を受けやすく、表土流出防止が図られている。しかし、保全管理が十分なされない場合には土壌浸食のおそれがある。

沖縄県に広く分布するマーヅ（赤土）は、降雨時、雨滴による地表面の浸食に伴って造成地や農耕地から流出し、美しい海を赤く染め、珊瑚礁を死滅させるなど自然環境に大きな負荷を与えており、その対策が強く求められている。建設事業においては建設現場内で発生した濁水を基準値以内（例えば晴天時25mg/L、降雨時200mg/L）で排水することが義務付けられており、法面への植生や濁水処理といった赤土流出対策がとられている。

著者らは、（独）農業工学研究所と共同で、建設工事や農業に適用できる赤土流出防止技術として、

軽焼マグネシアを主成分とする土壌硬化剤（マグホホワイト）による液状マルチング（被覆）工法を開発した。

2. 工法の原理

本工法は、水に軽焼マグネシアを主成分とする土壌硬化剤（マグホホワイト）と増粘材を混合し（以下、液状マルチング材と称す）、これを汎用の吹付機により対象となる地盤表面に薄く散布することで土砂流出を防止する簡便な工法である。その原理を図-1に示す。これにより、雨滴による地盤の浸食を防止する。なお、ここでいう“マルチング”とは通常使われている水分の蒸発防止のための根囲いをするという意味ではなく、膜でコーティングするという意味で用いている。

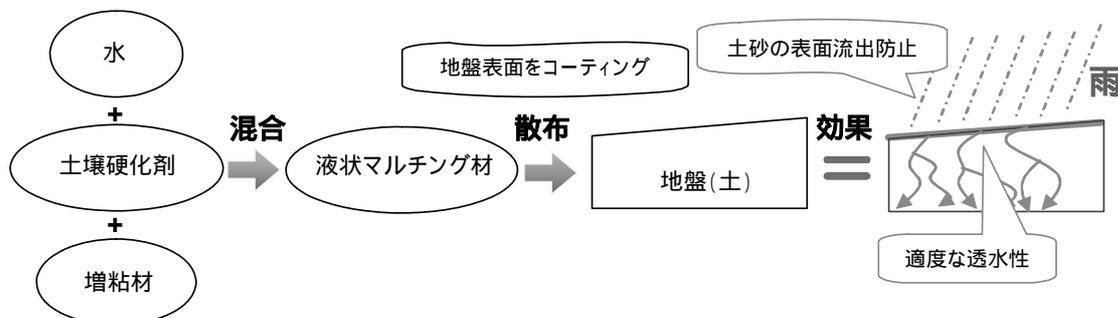


図-1 土砂流出防止工法の原理

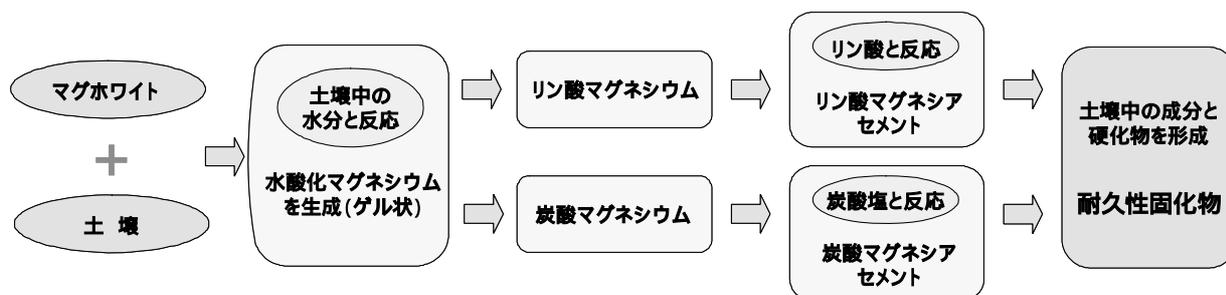


図 - 2 マグホワイト硬化の原理

(1) 土壌硬化剤 (マグホワイト) ^{1),2)}

マグホワイトは軽焼マグネシアを主成分とする土壌硬化剤であり、(独)農業工学研究所と東武化学で開発したものである。その特徴は以下の通り。

- ・軽焼マグネシアと溶性リン酸肥料または炭酸塩及びクエン酸を主原料としており、固化物を粉砕すれば土に戻すことが可能である。

- ・セメント系固化材による固化物のpHが12~14と高アルカリであるのに対し、マグホワイトによる固化物のpHは9~11であり、淡水性動物のメダカ、シジミ、タニシ、水生動物などの生息試験では死滅事例はない。

- ・有機性土壌や河川、湖沼、ため池の底泥など、高含水土壌も固めることが可能である。また、土壌に含まれる重金属類を封止することもでき、固めた土壌は再利用が可能である。

マグホワイトの硬化の原理を図 - 2に示す。

(2) 増粘材

本工法では、マグホワイトを液状にした際に生じる材料分離を抑制するために増粘材を混合する。これにより品質の安定化がはかれる。増粘材の特徴は以下の通り。

- ・木材から抽出されたセルロース系材料で、天然素材であるため生態系に影響がない。

- ・食品添加物としての利用もあり、人体に対しても無害である。

3. 小規模試験

本工法に用いる液状マルチング材の最適散布量を把握するため、石垣島の赤土を用いた小規模試験を(独)農業工学研究所にて実施した。

(1) 試験方法

小規模試験では、圃場(1m×5m, 勾配3%)を試験ケース(表 - 1)に合わせて3区画造成し、液状マルチング材を汎用の吹付機を用いて散布した(写真 - 1)。養生期間は24時間とし、地盤表面には自然の降雨を模擬した散水(降雨強度50mm/h, 1時間)を実施した。試験中は流出水のSS(浮遊物質量)を10分毎に測定した。

表 - 1 試験ケース一覧(小規模試験)

Case	散布量 (L/m ²)	マグホワイト (kg/m ²)	増粘材 (kg/m ²)
No.1	-	-	-
No.2	2	0.3	0.008
No.3	4	0.6	0.016



写真 - 1 液状マルチング散布状況

(2) 試験結果

SSの測定結果を図 - 3に示す。マルチング材散布量4L/m²以上(No.3)で総理省令の排水基準値200mg/L以下(沖縄県の排水基準値)となることが確認できた。

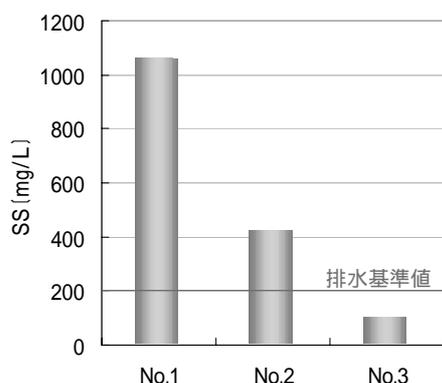


図 - 3 表面流出水のSS

4. 透水特性

本工法では、マルチング材の散布により地盤表面に不透水の膜が形成され、地盤が元来有している透水性が低下し、雨水の地下浸透障害や流出量増大による洪水被害の拡大が懸念された。そのため、本工法の適用による地盤の透水特性の変化を的確に把握しておくことは非常に重要であった。

(1) 試験方法

試験は「土の透水試験法」(JIS A 1218)に準拠して実施した。試料の作成は、目標とする湿潤密度 t (緩詰め試料: $t = 1.5 \text{ tf/m}^3$, 密詰め試料: $t = 1.7 \text{ tf/m}^3$) となるように突固めエネルギーを調整して行った。通常、赤土流出は地盤に降雨が浸透しない不透水の地盤で生じるが、ここでは本工法による地盤の透水性の変化量の確認を目的としていたため、あえて透水係数を 10^{-3} オーダーに設定した。マルチング材の散布量は散布なしのケースを合わせ3水準(表 - 1)に設定し、散布後24時間養生後に透水試験を開始した。

(2) 試験結果

透水試験の結果を図 - 4に示す。マルチング材の散布によって、緩詰め、密詰め共に透水性は若干低下しているものの、オーダーが変わるほどの低下ではないことが確認され、前述した雨水の地下浸透障害などは生じないものと考えられる。

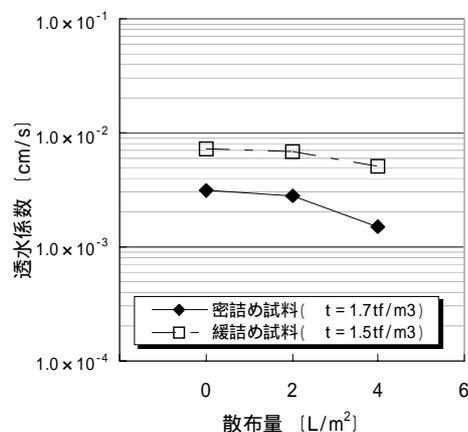


図 - 4 透水試験結果

5. フィールド試験

配合仕様決定のための事前の小規模試験および透水試験を経て、実際の降雨に対する本工法の赤土流出防止効果および耐久性について確認することを目的に、沖縄県石垣にてフィールド試験を実施した。

(1) 試験方法

フィールド試験(5m × 10m、勾配1.5 ~ 3.5%)では「無対策」、現地土にマグホワイトを混合して粒状体を作成し、それを赤土表面に4cm程度敷き均す「造粒マルチング」(写真 - 2)、前述した「液状マルチング」(写真 - 3)および「液状マルチングで転圧有無の効果確認を目的としたケース」の計4ケースの試験を実施した(写真 - 4, 表 - 2)。

表 - 2 試験ケース一覧(フィールド試験)

Case	仕様	内容	混合比
No.1	無対策	かきおこした地盤	-
No.2	造粒マルチング	かきおこした地盤に造粒マルチング材を敷き均し	赤土(含水比43%):マグホワイト 100:15
No.3	液状マルチング(耕地地盤)	かきおこした地盤に液状マルチング材を散布(農耕地を模擬)	水:マグホワイト:増粘材 100:15:0.4
No.4	液状マルチング(転圧地盤)	転圧した地盤に液状マルチング材を散布(土工事を模擬)	水:マグホワイト:増粘材:結合材 100:15:0.4:0.5

試験期間は平成15年4月～10月の約7ヶ月であり、その間、SS、表面流出量および雨量については自動計測を行い、さらに試験終了後にはフィールド地盤から土の採取、溜槽等の流出土砂の回収、回収土の重量測定、粒度試験を実施した。



写真 - 2 造粒マルチング施工状況



写真 - 3 液状マルチング施工状況

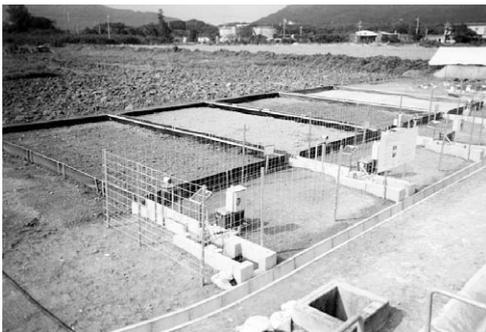


写真 - 4 フィールド試験実施状況

(2) 試験結果および考察

結果の整理は大きな降雨強度（10mm/h以上）を記録した一連の雨を抽出して行った。図 - 5に試験期間中の降雨強度および濁度について、経時変化の一例を示す。大きな降雨の発生に伴い、No.1（無対策）ではSSの増加が認められるのに対し、No.2～No.4（マルチング対策）ではSSの顕著な増加は認められない。

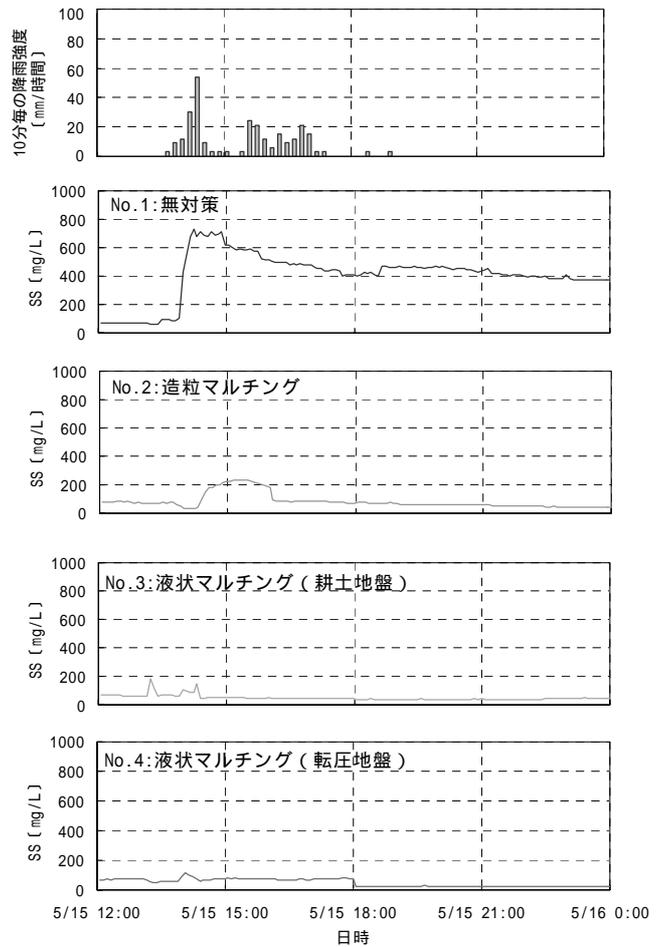


図 - 5 降雨強度および濁度の経時変化

試験期間中の降雨強度とSSの関係（図 - 6）では、降雨強度によらず、No.1 > No.2 > No.3 > No.4を示した。No.3（液状マルチング）は放流基準値200mg/Lを超えることはなく、特にNo.4については絶えず100mg/L以下の値を示し、10分間計測値の降雨強度で最大80mm/hクラスの降雨に対する赤土流出防止効果が確認された（計測値は10分毎の値）。

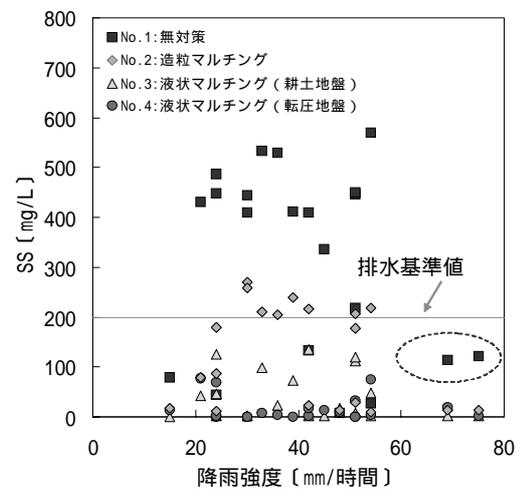


図 - 6 降雨強度とSSの関係

次に、抽出した各降雨期間における降り始めからの総雨量と総表面流出量の関係を図-7に示す。表面流出量のデータについては、SSとは異なり瞬間値同士の比較よりも累積値同士の比較が妥当と考え、総雨量(mm)～総表面流出量(m³)の関係として整理した。総雨量と総表面流出量の関係には、ある程度の正の相関が見られる。図中の傾きは、表面流出係数 = 総表面流出量(m³) / { 総雨量(mm) × ヤード面積(50m²) } を示すものである。図中には表面流出係数1.0のラインを併記しており、このライン上にプロットがある場合は、雨水はすべて地盤表面を流れたことを意味し、このラインよりも下にプロットがある場合は、雨水が地盤に浸透していることを意味する。ここでは、すべてのプロットが1.0のラインよりも下にあり、無対策とその他のケースを比較しても、ほとんど差異は認められないことから、本工法は雨水の地下浸透を阻害しないことが分かる。

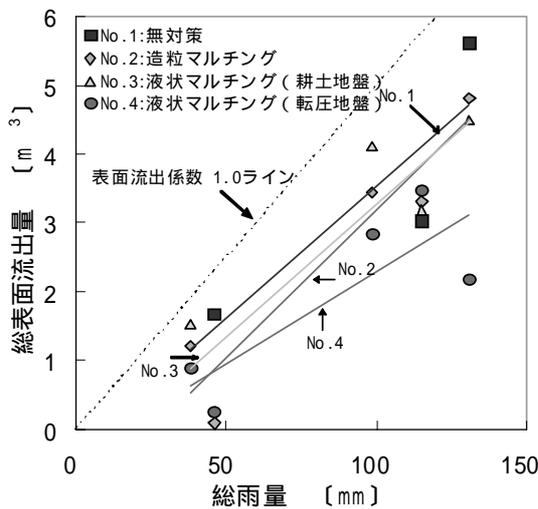


図-7 総雨量と総表面流出量の関係

図-8は、No.1(無対策)のフィールドから採取した土の粒度分布である。試験開始時と試験終了時の粒度分布を比較すると、赤土の流出は粒径の小さい範囲(シルト, 粘土分)が多いことが分かる。また、図-6において囲みを施したプロットは、無対策で大きな降雨強度であったにもかかわらず、低いSSを示したプロットである。これは試験後半のデータであることから、限られたフィールド内での細粒土が既に降雨によって流れ出たためと考えられる。

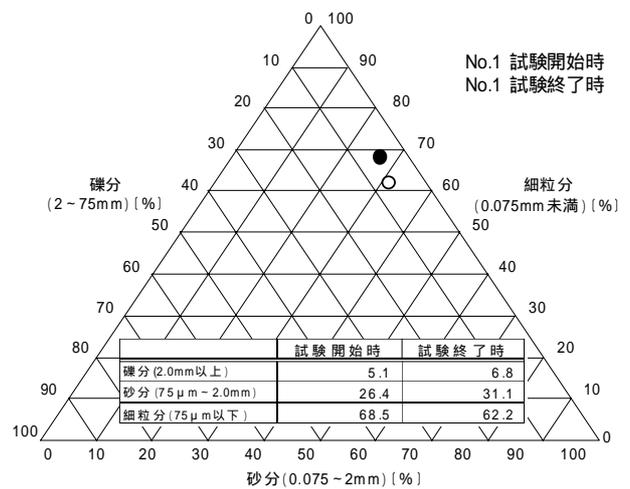


図-8 粒度分布の変化

図-9は各ケースにおける溜樹等の粒径0.075mm以下の流出土砂乾燥重量である。無対策であるNo.1に比べ、何れのケースもフィールドからの細粒土砂の流出が抑制されていることが分かる。

以上より、赤土流出防止工法を対象地盤に適用することによって、夏期の豪雨や台風等、実際の自然条件の下で、降雨時の赤土流出防止効果と、適度な透水性を6ヶ月以上維持可能であることが確認された。

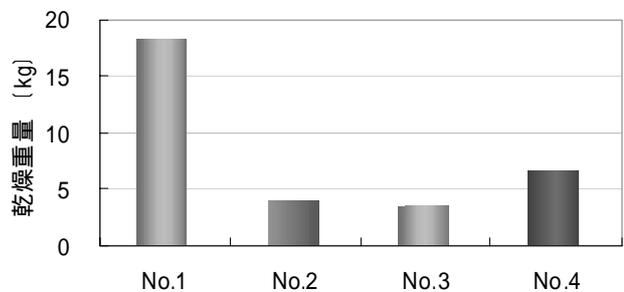


図-9 流出土砂(0.075mm以下)

6. 現場適用事例

造成地などにおいては、平面部と同様、法面に対する赤土流出防止対策が必要となる。建設事業における法面の赤土流出防止対策としては、シート被覆等による応急的な対策があるが、この代替工法として、液状マルチング工法の適用が考えられる。ここでは、沖縄県のダム建設現場の仮設法面における適用事例について紹介する(写真-5, 写真-6)。



写真 - 5 仮設切土法面への適用状況



写真 - 6 盛土材仮置き法面への適用状況

本工法を法面へ適用する際の課題として、マルチング材のダレや流れ落ちが予想された。そこで、それらの課題を解決する配合を選定するため、土壌硬化剤の高濃度の配合や、結合材の増量などを主なパラメータとした表 - 3に示す配合で適用性試験を実施した。その結果、No.3の土壌硬化剤の高濃度タイプが最もダレや流れ落ちが少なく、施工後のマルチング材の付着状況も良好であった。これより、この配合を、法面を対象とした本工法の標準的な配合に選定した。

表 - 3 試験ケース一覧（現場適用性試験）

Case	水 (L)	マグホワイト (kg)	増粘材 (kg)	結合材 (kg)	散布量 (L/m ²)	備考
No.1	100	15	0.4	0.5	4	基本ケース
No.2	100	15	0.4	1.0	4	結合材2倍
No.3	100	30	0.4	1.0	2	高濃度

赤土流出防止効果の確認は、人為的な散水を行い、法面の流出水を採取することで実施した。その結果、仮設の切土法面への適用において、無対策時のSSが1000mg/L以上であるのに対し、液状マルチング対策時のSSは2週間後で10mg/L、6ヶ月後で5mg/Lと良好な結果が得られた。また、仮置材の盛土法面への適用においては、無対策時のSSが1000mg/L以上、2週間後、液状マルチング対策時のSSが1mg/Lとなり、提案工法の優位性が確認された。

写真 - 7は、東北地方ダム基礎掘削工事における適用事例である。ここでは粉塵防止として当工法を使用した例である。盛土材に使用する材料の仮置き法面に当工法を施工し効果を得ている。



写真 - 7 粉塵対策としての盛土材への適用

7. おわりに

一連の試験により得られた知見を以下に示す。

- ・本工法の適用により、降雨時の浸食による法面地盤等の赤土流出を防止し、80mm/hクラスの雨でもSSを200mg/L以下に抑えることが可能である。
- ・本工法の適用によって地盤の透水性が極端に低下することはない。
- ・本工法の耐用期間は6ヶ月以上である。

以上から、本工法は高い赤土流出防止効果を発揮することが示された。沖縄の赤土だけでなく、一般の土に対しても土砂流出防止工法として適用可能であり、また、建設現場内における沈殿池や濁水処理設備などの規模の縮小が図れ、さらには強風による粉塵防止工法としても機能すると考える。

本工法は、安価な施工が可能であり、環境安全性も高く、また着色による景観との調和も良好であることから、今後よりいっそうの適用拡大が期待される。

謝辞

(独)農業工学研究所農地整備部水田整備研究室の藤森新作室長、東武化学株式会社の小堀茂次氏には、貴重なご意見やご指導を頂きました。末筆ながら謝意を表します。

参考文献

- 1) 藤森新作, 小堀茂次: 自然環境にやさしい土壌硬化剤 マグホワイトの開発, 農土誌 68(12), pp.1297-1300, 2000.12
- 2) 藤森新作, 小堀茂次: 土壌硬化剤マグホワイトの農業土木的な利用技術, ARIC 情報 No.62, pp.54-60, 2001