

水和硬化性マットを用いた排水工への取り組み

桑嶋 啓治¹⁾, 荒木 功平²⁾, 福田 靖³⁾, 中村 廣義⁴⁾
中村 考宏⁵⁾, 岡崎 和保⁶⁾, 上 俊二⁷⁾, 鈴木 素之⁸⁾

- 1) 教授, 徳山工業高等専門学校, kuwajima@tokuyama.ac.jp
- 2) 准教授, 徳山工業高等専門学校, araki@tokuyama.ac.jp
- 3) 技術長, 徳山工業高等専門学校, fukuda@tokuyama.ac.jp
- 4) 代表取締役, 中村建設株式会社, info@nakamura-k.jp
- 5) 常務取締役, 中村建設株式会社, t.nakamura@nakamura-k.jp
- 6) 執行役員統括本部長, 中村建設株式会社, k.okazaki@nakamura-k.jp
- 7) 特命教授, 徳山工業高等専門学校, ue@tokuyama.ac.jp
- 8) 教授, 山口大学, msuzuki@yamaguchi-u.ac.jp

近年, 我が国において毎年のように豪雨による被害が報告されており, 集中豪雨を引き起こす「線状降水帯」も各地で頻繁に発生し, 社会インフラに甚大な被害が生じている。そのため, 災害発生に対し迅速かつ簡易に対応可能であり, かつ長期間対応可能な対策工法が求められている。本研究では, セメントを主な材料とした水和硬化性マットを用いた排水工への活用を目的に実験を行った。その結果として, 水和硬化性マットの粗度係数は0.01であり排水工として活用できることや, 社会実装へ取り組みの様子を示した。

キーワード: 水和硬化性マット, 斜面崩壊, 法面保護, 排水工, 粗度係数

(IGC : D-04, E-07, K-01)

1. はじめに

近年, 地球温暖化をはじめとする気候変動の影響により, 異常気象の発生頻度が増加傾向にあることが広く報告されている^{1), 2), 3)}。中でも, 線状降水帯の形成に起因する集中豪雨の発生が顕著化しており, それに伴う土砂災害の多発が全国的に深刻な問題となっている。これらの災害は, 斜面崩壊や土砂流出, 洪水, さらに交通インフラの機能不全など多岐にわたる被害を誘発し, そのリスクは年々増大している。2018年7月の西日本豪雨では山口県内においても多くの災害が発生しており, 写真-1に示すように JR 西日本の山陽本線下松一光間もこの豪雨被害を受け, 土砂崩れによって電車が不通となった。このような背景を踏まえ, 土砂災害の頻発化および激甚化に対応するためには, 防災や減災に資する技術の高度化とその迅速な社会実装は喫緊の課題である。特に, 災害リスクが顕在化している地域においては, 施工性に優れ, かつ即応性の高い応急的対策工法の導入が強く求められている。

災害発生直後の初動対応としては, 被災箇所ブルーシートを設置して斜面へ雨水のさらなる浸透を防ぐ工法, 斜面の足元に土を盛ったり, 大型の土のうを設置することにより斜面の滑動を抑える工法, 矢板設置などによる仮土留め工などが挙げられる。これらの簡易的な地表面保護対策が一般的に用いられているのは, 降雨時の雨水

浸透を抑制し, 地盤の飽和化を防止することで, 土粒子間の結合力低下による地盤の不安定化を抑制し, 二次災害の発生リスクを低減する効果が期待されているためである。また, ブルーシートはあくまでも一時的な処置であるが, 高耐用性ブルーシートを使用した被覆工の継続的な効果の検証⁴⁾もされている他, 植生マットや不織布敷設によって地表面を保護し土砂の流出を抑える工法⁵⁾などの対策がとられており, 今後も対策工法の選択幅を広げることは重要である。そこで本研究では, セメントを主成分とする水和硬化性マットに着目し, その耐久性や排水性能を評価し, 斜面保護機能と排水機能を兼ね備えた工法として排水工への適用に関する有効性を検証するため, 斜面にマットを設置し, 平時や降雨時における観察を行う。そして, 試験結果をもとに水和硬化性マットの性能を検討し, 社会実装への試みを目的とする。



写真-1 JR 山陽本線土砂災害現場

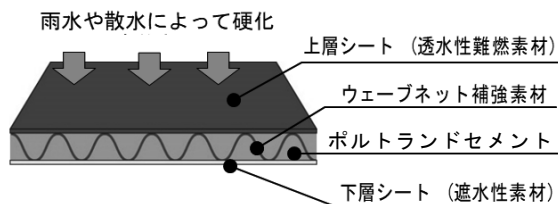


図-1 水和硬化性マットの構造（イメージ図）⁶⁾

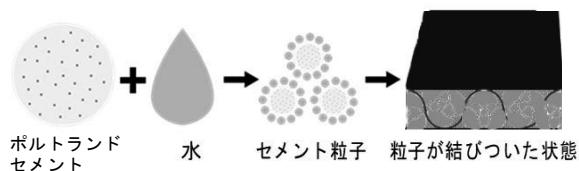


図-2 水和硬化性マット硬化のイメージ

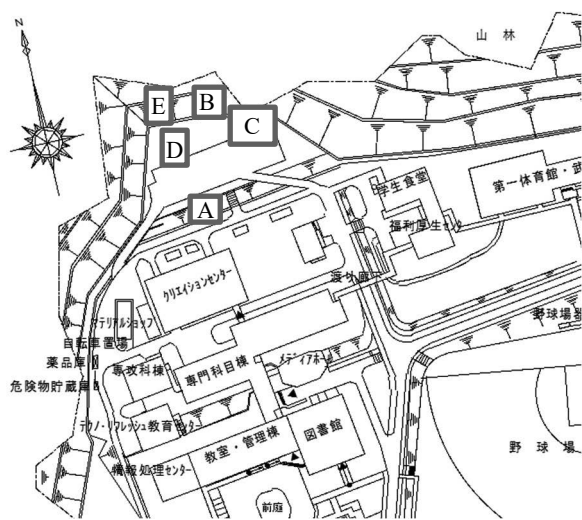


図-3 試験場所（徳山高専）の平面図

2. 水和硬化性マットの特性

2.1 水和硬化性マットについて

本研究で用いる水和硬化性マットは、図-1に示すように上層シートと下層シートの間に配置されるポリエステル製のウェーブネットの間に、ポルトランドセメントを充填している厚さ5mm程度の複合シートである。この水和硬化性マット（以下マットと呼称）は、所定の場所に設置後、散水や降雨によってセメントが反応し、時間の経過とともにマットの強度が増加する。そのため、設置時はセメントが硬化していないため、地山の形状に沿う形で設置することが可能であり、硬化後は地表面を長期間にわたり安定的に保護することが期待される。また、本マットは単なる地表面保護材としての機能にとどまらず、形状設計を工夫することで排水工としての利用も可能であると考え、多機能型の応急対策資材としての展開が期待される。



写真-2 防草目的での活用



写真-3 マット下の様子



写真-4 マット裏面



写真-5 セメントの固化状況

2.2 水和硬化性マットを用いた防草対策

本研究で用いたマットは、地表面に敷設するだけで、雑草の発生を抑制する防草効果が期待できる。写真-2は、地表面に敷設することで、雑草の植生を抑制する防草シートとしての活用事例を示している。これは図-3のAに示す徳山工業高等専門学校（以下、徳山高専と称する）実験用場所で2022年4月に設置されたマットを、1年経過後に撮影した時の様子である。

観察の結果、マット表面に損傷は認められず、また植生がマットを突き破るような現象も確認されなかった。

写真-3は、設置場所から日光が遮られていた様子がうかがえる。マットを取り外した際の地表面の様子を示している。マット直下の植生は茶褐色に変色しており、日光が遮られたことによって植生の生育を抑制していたと考察される。写真-4は、マットの裏面の状態を示している。図-1に示したようにマットの下層部分には遮水性素材のシートが配置されている。全体としては目立った損傷は認められなかったが、局所的には小規模な破損や、素材の薄さに起因する劣化の様子も確認された。写真-5は、マット裏面の下層シートを取り除き、内部のウェーブネット補強材およびセメント粒子の付着状態を示したものである。全体的には、セメント粒子と降雨等による水分との水和反応により、ウェーブネットと一体化している様子が確認された。そのため、通常のもルタルとは異なりウェーブネットの影響により、セメントの硬化後もマットは延性的な挙動をとることが考察された。また硬化後の内部には局所的には間隙が存在している。実際の降雨時においては、これらの間隙に水が浸透・滞留することも考えられる。

2.3 水和硬化性マットを用いた法面保護

本研究で用いたマットは、セメントで充填されているため、法面掘削に対する保護としてのモルタル吹付工法と類似した機能を有している。写真-6に示す試験施工は、およそ35度の傾斜を有する徳山高専の北側斜面（図-3の

B)において、2020年11月に施工したものである。写真-7に示すように、施工から4年以上経過した2025年5月時点においても、マット自体に顕著な損傷は認められず、また周辺の植生の成長にも影響を与えることなく、法面の安定性を良好に維持していることが確認された。

この施工においてモルタル吹付工法と大きく異なる点は、施工に重機を一切使用していない点である。使用したマットの1ロールの長さは10m程度であり、人力によって斜面上部まで持ち上げることが可能であった。施工は、マットを傾斜面に沿って展張し、両端をピンで固定するという極めて簡便な手順で完了し、所要時間も数時間程度と短時間であった。特殊な技能や機材を必要としないことから、施工性に優れ、結果として施工コストの低減にも寄与する点は大きな利点である。また、硬化には降雨を利用しており、緊急性を要しない場合には自然環境下での放置による硬化も可能であると考えられる。なお、硬化後のマットの強度は人力によって容易に変形可能な程度である。この点においては、モルタル吹付工法の方が高い構造的強度を有しているが、単に法面の表面保護を目的とする場合には、水和硬化性マットは十分に実用的な代替手段となり得る。そのため、モルタル吹付工法の方が十分な強度を有するが、法面保護のみを考えた場合は適していると考ええる。

また、セメント系材料を用いた製品において環境への影響として懸念されるpH値については、文献²⁾に示す結果より、設置初期段階では高アルカリ性を示しているが、時間の経過とともにpH値は徐々に低下し、設置後約3カ月を経過する頃には、pH8前後で安定する傾向が見られた。このことから、本材料は中性から弱アルカリ性の範囲内に収束することが確認されており、長期的には周辺環境への影響が限定的であると判断される。

3. 試験概要

3.1 実験用斜面について

実証的な検討を目的として、図-3のCに示す徳山高専の北側斜面に実験用斜面を造成した。実験用斜面は斜面勾配30度、高さ5mであり、成型後の地山表面には、幅0.9m、厚さ0.1mの表土(まさ土)を設置しており、その物理特性を表-1に示す。この斜面は写真-8に示すように7つのレーンに斜面を区分して造成された。一番左側の第①レーンと中央の第④レーンは、法面対策を施していない無対策(裸地)斜面であり、それぞれ裸地-1、裸地-2と呼称する。一番右の第⑦レーンには、まさ土地表面に水和硬化性マットを設置している。また、②、③、⑤、⑥レーンには、まさ土地表面の保護工法として実施した不織布ネットによる保護フィルターを設置している。

斜面の安全性を評価する上で、斜面の健全度や危険度は土中水分量に大きく依存することが示されている^{6), 7)}。そのため、各レーンの斜面法尻から1m、埋没深さ10

cmに写真-9に示す土中水分計(EC-5 土壤水分センサー、METER社製)を設置し、写真-10に示すデータロガー(Em50 データロガー、METER社製)を用いて降雨に伴う体積含水率の変化を計測した。



写真-6 設置後の様子 (2020年11月)



写真-7 設置4年後の様子 (2025年5月)

表-1 表土の物理特性

土質パラメータ	記号	単位	値
初期間隙比	e_0	(-)	0.383
土粒子の密度	ρ_s	(Mg/m ³)	2.648
最適含水比	w_{opt}	(%)	10.8
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	(Mg/m ³)	1.915
平均粒径	D_{50}	(mm)	1.1
均等係数	U_c	(-)	21.4
乾燥密度	ρ_d	(Mg/m ³)	1.83



写真-8 実験用斜面

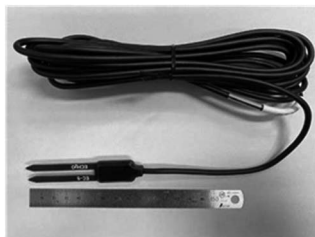


写真-9 土中水分計



写真-10 データロガー

3.2 水路を用いた流水試験

マットの上を流れる水の流れやすさを評価するため、マットの粗度係数を求める。そのため、図-3のDに示す試験場所において流水試験を行った。写真-11に示す幅32cmの水路を作製し、その上にマットを施設した状態で、流水実験を行った。水路を通して流出された水はポンプによって上流側へ循環させる連続的な流れとした。水路の動水勾配は、1%、2%、3%に調整して実験を行い、各動水勾配において、流速、径深、断面積、潤辺の計測を3回行い、その平均値を求めた。

また、比較対象として水和硬化性マットと類似しているコンクリートキャンパス⁹⁾を用いた同様の流水試験も実施し、粗度係数を求める。このコンクリートキャンパスは、主成分をドライコンクリートとしたシートであり、ポリエステル織布と塩ビフィルムの上に立体繊維と硬化したドライコンクリートで構成されている。なお、このコンクリートキャンパスは1m²あたり10kg以上の重量があり、実際の施工時には重機の使用が不可欠となる点が挙げられる。それに対して水和硬化性マットは1m²あたり5kgであり軽量のため人力での施工が可能な点が特徴として挙げられる。

水路を用いた流水試験より得られた値を以下に示すマンニングの式より粗度係数を算出する。

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$R = \frac{A}{S} \quad (2)$$

ここで、v=流速(m/s)、n=粗度係数、R=径深(m)、I=動水勾配、A=流水断面積(m²)、S=潤辺(m)である。式(1)、(2)を用いて水和硬化性マットとコンクリートキャンパスの粗度係数を算出し両者を比較する。得られた粗度係数をもとに、それぞれの材料が水路としての適性に関する検討を行う。

3.3 排水工としての試験施工

実際の斜面による検証を行うため、2022年6月に図-3のDに示す試験場所において、徳山高専の屋外にある切土斜面を整備し、写真-12に示すようにマットを排水工として設置した。斜面の長さは約12m、高低差は約8m、奥行きである水平距離は約8m、平均的な斜面勾配は43.5度、溝の幅は30cm程度、溝の深さは3cm程度であった。

この施工は、設置場所の草木を除去した後、予定位置

の中心部分に浅い溝を掘り、マットを敷いて固定するだけの簡易な施工である。そのため、施工に費やした時間は、わずか数時間であった。この簡易排水工は、地山に沿った形で形成することが可能であり、場所ごとに断面形状や動水勾配が異なる場合でも、問題無く短時間で施工することが可能であることを確認した。



写真-11 流水実験の様子



写真-12 簡易排水工の設置

4. 試験結果および考察

4.1 降雨と体積含水率の変化

2021年6月3日午前0時～2021年6月4日午後24時までの48時間、時間降水量と体積含水率を計測した。その経時的な降水量～土中水分（体積含水率）の関係を図-4に示す。図中にはマットを設置したレーンの結果を実線で、比較対象とした裸地-1と裸地-2を、点線と破線でそれぞれ示している。なお体積含水率の測定場所は、地表面より10cmの深さである。この図より降雨前の体積含水率は、裸地の方が、マットを設置したレーンよりも若干大きな値を示していることがわかる。その後の降雨に伴い、各レーンにおいて体積含水率が変動する様子が確認された。6月4日午前2時頃に、最大降水量32mmが観測され、裸地-1では午前4時頃最大体積含水率45.1%となった。この体積含水率の上昇は、ガリ侵食等の地表面の変状が推察される。裸地-2においても、同様に体積含水率が急上昇しており、午前2時頃には約30%に達した。一方、マットを設置したレーンにおいても、初期段階において体積含水率の上昇は見られた。これは、マット内部の隙間に水分が満たされていき、その水が斜面の内部に侵入していくことが考えられる。マット内部の水が地表面に透水する速度と、降雨によるマットへの侵入速度が異なることにより、30mm/h程度の降雨の際にはマット表面を水が流出されることが考えられる。結果として体積含水率の最大値は20%程度にとどまり、それ以上の顕著の増加は見られなかった。また、降雨の状況に対しても、裸地の方が機敏に反応していることが明らかとなった。

写真-13に降雨後の状況を示す。裸地-1と裸地-2のレーンでは、同じ条件であったが様子が異なっていた。中央に位置する裸地-2よりも左端の裸地-1の方により水が流入したことや土砂が流出しやすい水道が形成されたことが考えられる。結果として無対策のまさ土の斜面には、斜面崩壊につながるガリ浸食が発生した。降雨に伴う斜面崩壊の多くは表層すべり（厚さ 1.1m 程度の平面すべり）であることが知られている。この様に、まさ土のみの斜面では降雨による体積含水率の上昇、表面流水の集約によるガリ浸食が発生したことに対して、マットを設置した⑦レーンでは、降雨後も明確な被害は認められなかった。水和硬化性マットにより地表面を保護した際には体積含水率の上昇を抑制できたこと、この降雨によるガリ浸食を抑制したことは、裸地のまさ土斜面に対して優位性を示すことが出来た。今後は、斜面内部からの排水に対する対策などの検討を進める必要がある。



写真-13 降雨後の状況

表-2 水和硬化性マット

動水勾配 i	1%	2%	3%
平均流速(m/s)	0.650	0.810	0.890
平均面積 $A(m^2)$	0.00528	0.00480	0.00394
平均潤辺 $S(m)$	0.353	0.350	0.357
径深 $R(m)$	0.0150	0.0137	0.0110
粗度係数 n	0.009	0.010	0.010

4.2 水路を用いた流水試験

水路装置を用いた試験を各動水勾配（1%、2%、3%）で3回ずつ実施し、その平均値を算出した。得られた結果を表-2と表-3に示す。これらの結果より、いずれの試験においても動水勾配が大きくなるについて流水速度は増加する様子が確認された。両者を比較すると、若干、コンクリートキャンパスの方が流速は速くなるが、顕著な差は見られなかった。また粗度係数はどちらも0.01前後の値を示しており、設計時におけるコンクリートの二次製品の標準値（0.013）と同程度の値を得ることが出来た。さらに実際に水路を作成しマットの上に水を流すことで粗度係数を求めただけでなく、目視によって水が流れる様子が確認できた。動水勾配が1%～3%においてこれらの結果を確認できたが、水路の形状変化による流水の様子の変化は、今後の検討項目とする。また今後、マット表面の素材を改良することにより、さらなる粗度係数の改善も見込まれるが、今回、実際に用いられているコンクリートの水路の粗度係数と同程度の値が確認できたため、現時点で得られた0.01の値を用いて表-4に示す入力パラメーターとして排水量の算定を行った。

表-3 コンクリートキャンパス

動水勾配 i	1%	2%	3%
平均流速(m/s)	0.773	0.834	0.980
平均面積 $A(m^2)$	0.00547	0.00482	0.00390
平均潤辺 $S(m)$	0.359	0.355	0.349
径深 $R(m)$	0.0153	0.0136	0.0112
粗度係数 n	0.008	0.010	0.009

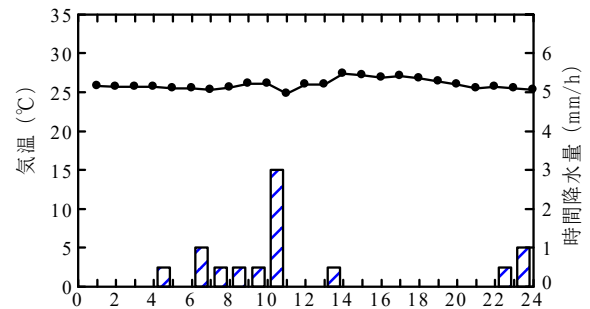


図-5 降雨の様子（日本気象協会のHPより）10

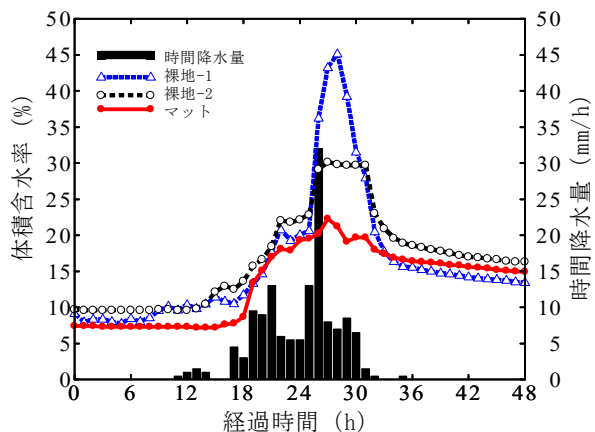


図-4 降雨と体積含水率の関係

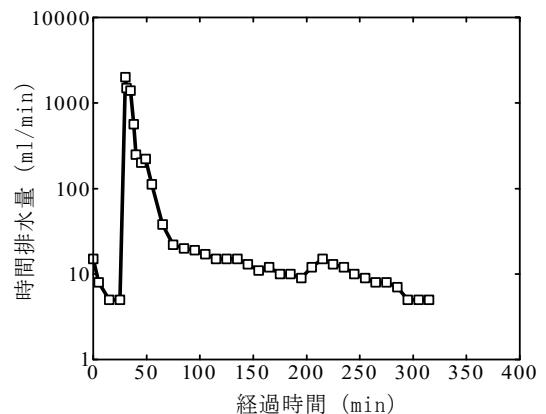


図-6 時間排水量の推移

4.3 排水工としての試験施工

2022年6月に図-3のE示す徳山高専の敷地内へ設置したマットの上を流れる水の様子を観察した。方法は、排水工の上部から所定の水を容器に入れて一気に流した。まず100mlずつ容器に入れた水を流してその様子を伺うと、初期段階では透水性を有する上層シートから内部に水が浸透し、排水工最下部まで達することはなかったが、繰り返しこの作業を繰り返して行った結果、排水工最下部における水の流出が確認された。その後は、順次、流した水が流出するようになった。この結果より、初期段階ではマット内部に存在する間隙に水が充填されていき、間隙が飽和した後に、余剰水がマット表面を流れていくようになると思われる。比較のため、排水工横の地山に直接1200mlの水を流したところ、地表面を流れる様子は見られず、全ての水がその場に浸透した。

引き続き、実際の降雨時における排水工からの排水量を計測した。日時は2022年9月17日である。この日の山口県下松市のアメダスの観測データを図-5に示す。下松市の観測所は試験場所から最も近い地点にあり、3mm/hの雨量を記録した時に排水量測定の実験を実施した。計測は9月17日9時30分から開始し、排水される水の量を計測した。その結果を図-6に示す。降雨の初期段階では、地表面を流れる水の様子は少なく、マット全体に雨水が浸透していたが、降雨が強まると急激に急に排水量が多くなり、1分間に約2000mlの排水量を記録した。その後は、時間の経過とともに排水量が小さくなった。なおアメダスの結果は時間降雨量だけであり、詳細な関係性を示すことは出来ないが、計測中の経験より雨の激しさと排水量の結果が直結しているを感じた。図-6に示す時間排水量は対数で示しており、降雨が止んだ後もしばらくは、周辺からの流入水やマット内部に吸収された水が徐々に排出されている様子が確認できた。

5. 社会実装への試み

5.1 実施場所

社会実装への試みとして、図-7に示す山口県周南市大河内遠見横川線において、水和硬化性マットを設置した。この設置にあたっては、周南市役所建設部道路課の担当者および地権者の理解と協力を得て道路占有許可を取得し、実施することが可能となった。この場所は、2023年7月の豪雨により斜面が崩壊した箇所である。写真-14の(a)と(b)にそれぞれ崩壊前後の様子を示している。崩壊状況としては大規模ではなかったものの、道路が一時通行不可になるなどの被害が発生した。

5.2 現地調査

市役所の職員の方とともに現地を調査し、施工方法等について協議を行った。応急処置として流出した土砂や草木を除去し、ブルーシートによって崩壊箇所が覆われ

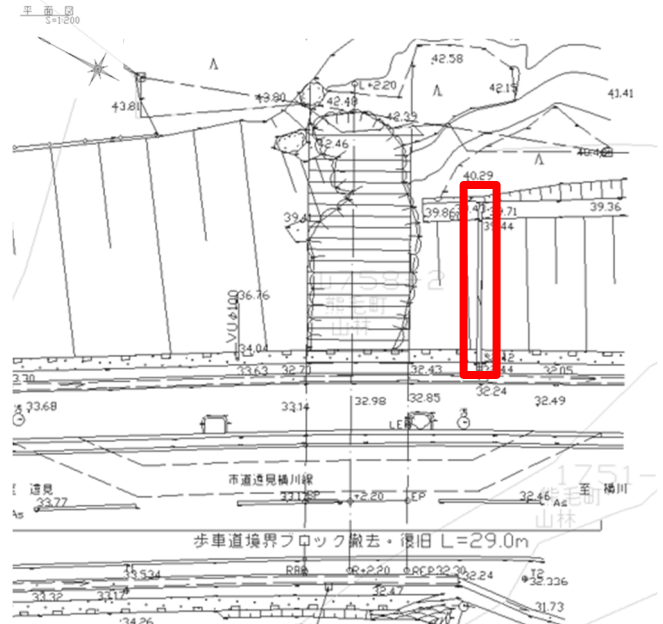


図-7 災害現場（周南市大河内遠見横川線）



(a) 崩壊前（2019年7月）(b) 崩壊後（2023年7月）

写真-14 崩壊前後の様子



写真-15 ブルーシートによる斜面保護

た様子を写真-15に示す。現地を詳細に調査した結果、崩壊箇所のすぐ近く写真-15に示す枠線の個所に、排水設溝が存在していることがわかった。この既存の排水溝はコンクリート製であり構造的な破損は見られなかったが、草木で覆われており排水溝としての機能が劣化していると考察された。そこで、既存の排水溝の機能回復と高寿命化を考えて、新たにマットを設置し排水機能としての改善を図ることで施工の方針が決定された。

写真-16に示すように既存の排水溝は、長期間の間に、

水路の溝の部分に枝葉や土砂が堆積し、排水路が詰まりつつある状況が確認された。このことから排水処理機能が低下していると推察される。さらに流出速度の低下に伴って土砂の堆積が進行し、さらにコンクリートの目地からは植生の発生も確認された。これらは経年劣化による現象の一部であると言える。このような現象に対し、本研究で使用するマットは、写真-7に示すように防草効果を有するとともに、排水機能も有している。そのため、既存の排水溝をマットで再整備することで排水機能の回復および維持が期待される。

5.3 社会実装

設置作業は、2025年5月に2日間に分けて行った。1回目は写真-17に示すように、既存の排水溝内に堆積していた雑草や土を除去し、排水溝周辺の雑草も併せて除去した。2回目は写真-18に示すように、既存の排水溝の上に水和硬化性マットを設置して完了した。マットによる排水工の断面図を図-8に示す。図より断面積は、 290cm^2 であった。次に、この排水工の排水量を算定する。水位の想定として、図-17に示す底面から8cm、マット上面12cmの位置に水面がある場合(case1)と、底面から18cm、マット上面2cmの位置に水面がある場合(case2)について示す。表-4と表-5にそれぞれ計算に用いたパラメータと算定結果を示す。この表に示すように1時間あたりの排水量が 1000 m^3 でも排水処理が可能であることが示された。当然のことながら、作業前に既存の排水溝の上部から水を流してもあまり水が流れてくる様子は無かった。草木や土砂を除去した状態で水を流したところ、水が流れ、排水性は回復したが、長期間の使用により、再び写真-16に示すようなつまりが発生することが予想される。しかしながら、排水溝の上にマットを設置したことによって、再度、草木により溝が覆われてしまう懸念が取り除かれ、設備の長寿命化が期待できる。なお、実際に崩壊した箇所はカゴ枠工によって復旧工事が完了しており、そこに隣接する排水溝は水和硬化性マットによって新たな排水工として整備された。作業終了後、排水溝上部より水を流したところ、施工前と比較して流速は著しく改善され、大量の水を排水することが可能となった。今後は、実際の降雨時における排水状況を観察し、より詳細なデータの取得と分析を進めていく予定である。



写真-16 既存の排水溝の様子



写真-17 作業中の様子



写真-18 水和硬化性マット設置

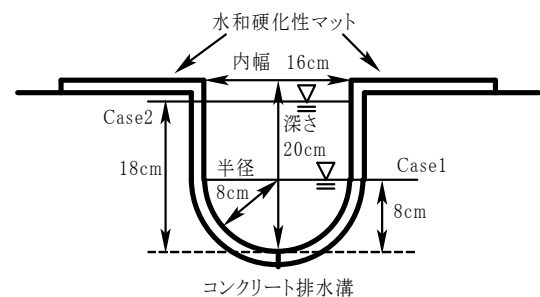


図-8 排水工の断面

6. まとめ

現在、インフラメンテナンスの維持管理は重要な課題であり、排水機能の劣化は災害リスクの増加に直結する問題である。本研究でえられた知見を以下に示す。

- (1) 水和硬化性マットの粗度係数は0.01であり、コンクリートの製品よりも同程度か低い値を示すことより、排水工への適用が可能である。

表-4 入力パラメータ

	A(m ²)	S(m)	R	n	I
Case1	0.010	0.251	0.040	0.01	1.0
Case2	0.026	0.451	0.058	0.01	1.0

表-5 排水量の算定結果

	v(m/s)	Q(m ³ /s)	Q(m ³ /hr)
Case1	11.7	0.12	423
Case2	14.9	0.39	1400

- (2) 地山に沿った形で斜面を保護することが可能であり、周辺の環境への影響は見られない。
- (3) 水和硬化性マット単体でも排水機能を有しており、さらに既存の設備と組み合わせることで、長期間その機能が保持されることが期待される。
- 4) 高橋良輔・鏡原聖史・岩佐直人・金村和生・片山政和・歳藤修一・西浦清貴・石川昌幹・石田優子・芥川真一：表層崩壊斜面に設置した被覆工の効果検証，第 63 回地盤工学シンポジウム論文集(Web)，地盤工学会，2022。

謝辞

施工に対し快く承諾いただいた地権者，周南市役所建設部道路課の担当者に貴重なご意見と協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 鈴木素之・太田岳洋・大和田正明・河内義文・楳原京子・片岡 知・西山健太・西川智樹：平成 30 年 7 月豪雨による山口県南東部の地盤被害の状況，第 61 回地盤工学シンポジウム，地盤工学会，pp.117-124，2018。
- 2) 桑嶋啓治・荒木功平・福田靖・上俊二・中村廣義・中村考宏・岡崎和保・鈴木素之：水和硬化性マットを用いた災害への取り組み，第 63 回地盤工学シンポジウム論文集(Web)，地盤工学会，2022。
- 3) 地盤工学会 2009 年 7 月豪雨による山口県土砂災害緊急調査団：2009 年 7 月 21 日豪雨による山口県防府地区での斜面災害，地盤工学会誌，Vol.57, No.12, pp.39-42，2009。
- 5) 藤原東雄・福田靖・上俊二・桑嶋啓治・常村忠生：開放型フィルターによる斜面の安定，地盤と建設，地盤工学会中国支部論文報告集，Vol.21, No.1, pp.23-30，2003。
- 6) 中村建設 HP：<https://www.nakamura-k.jp/>，(参照 2025.5.20)。
- 7) 北村良介・酒匂一成・荒木功平・宮本裕二・山田満秀：豪雨災害の予知技術，地盤工学会誌，Vol.60, No.3, pp.6-9，2012。
- 8) 荒木功平・北村良介：不飽和土の締固め曲線と水分特性曲線の関係，地盤工学シンポジウム発表論文集，pp.83-90，2005。
- 9) 太陽工業株式会社：コンクリートキャンバス，<https://www.taiyokogyo.co.jp/products/9590/>，(参照 2025.5.20)。
- 10) 日本気象協会 [tenki.jp](https://tenki.jp/past/2022/08/17/amedas/7/38/81386.html)：山口県下松のアメダスによるの観測情報，<https://tenki.jp/past/2022/08/17/amedas/7/38/81386.html>，(参照 2025.5.20)。

(2025 年 6 月 16 日 受付)

Hydration-Hardening mat apply to Drainage System

Keiji KUWAJIMA¹, Kohei ARAKI², Yasushi FUKUDA³, Hiroyoshi NAKAMURA⁴, Takahiro NAKAMURA⁵, Kazuyasu OKAZAKI⁶, Shunji UE⁷, and Motoyuki SUZUKI⁸

- 1 Professor, National Institute of Technology, Tokuyama College
- 2 Associate Prof., National Institute of Technology, Tokuyama College
- 3 Director of Technical Support, National Institute of Technology, Tokuyama College
- 4 Representative Director, Nakamura Construction Co., Ltd.
- 5 Managing Director, Nakamura Construction Co., Ltd.
- 6 Administrative Manager, Nakamura Construction Co., Ltd.
- 7 Specially Appointed Professor, National Institute of Technology, Tokuyama College
- 8 Professor, Yamaguchi University

Abstract

In recent years, damage caused by torrential rains has been reported in every year in Japan. As a result, disasters caused by torrential rains that bring a large amount of rain in a short period of time have caused enormous damage to social infrastructures in some areas. In this context, countermeasure construction methods are more important for implemented quickly and easily in response to disasters, while also ensuring long-term effectiveness. This study investigated with the water flow through a hydration-hardening mat, which is mainly composed of cement. Hydration-hardening mat apply to use in drainage system, experimental investigations show that the coefficient of roughness was 0.01 and applied to use in drainage systems.

Key words: hydration-hardening mats, Slope failure, Slope protection, Drainage, coefficient of roughness