

OH-GROUTの基礎的特性とのり面防護効果 (第2報)

齋藤 二郎 岡田 純二
内藤 和章

On the Fundamental Characteristics and Slope Protection Effect of Water-soluble Polyurethane Resin as a Slope Protection Agent (Part 2)

Jiro Saito Jyunji Okada
Kazuaki Naito

Abstract

Up to this time, slope protection agents have been used with the purpose of preventing slopes from progressive erosion and collapse from rainfall during the time until the slopes are completely covered by grass sown there. Accordingly, it has been thought sufficient for the protective function of the agent to last for only a few months. Recently, however, not only the possibility of construction works in unsuitable seasons for planting, but also the applicability of planting in cold regions have come to be discussed. Fundamental experiments were carried out in the laboratory for the purpose of clarifying the characteristics of water-soluble polyurethane resin as the slope protection agent in regard to erosion resistance against rainfall and particularly freeze resistance in cold seasons. This paper reports on the results of these experiments.

概 要

従来ののり面防護剤は芝草種子の全面被覆が完成するまでの間、降雨によるのり面の浸蝕や崩壊の進行を防止する作用をねらいとしているため、その効果持続性については数ヵ月程度でよいとされてきた。

ところが、最近では、植生工の不適期（冬期）施工の可能性、寒冷地での植生工の適用性について議論されるようになってきた。

降雨に対する耐浸蝕性、および特に寒冷期における耐凍上崩壊性について、OH-GROUTの特性を明らかにするために、基礎実験を行なった。

この報文は、これら結果について述べたものである。

1. まえがき

OH-GROUT（主成分：水溶性ポリウレタン樹脂）は最初、地盤注入薬液として開発されたが、その後、この樹脂（以下〔OH〕と称す）はのり面防護剤としても有効であり、その他に多くの特徴を有している。

〔OH〕の特徴を、従来ののり面防護剤と比較して列記するとつぎのごとくである。

(1) 固結した樹脂は、ゴム状弾性を有し、引張り強度が大きく、また、土粒子との付着力が大きいので、

降雨や凍結融解などに対する耐浸蝕性が大きい。

(2) 親水性樹脂で界面活性作用を有しているため、土粒子のヌレが充分であり、また、粘性が低いので、微細粒土中にも浸透して、厚さの大きい団結膜が得られる。

(3) ゲル化時間が短いので、吹付け後、直ちに効果を発揮するため、天候不順な場合でも、施工可能である。

(4) 芝草種子に対する薬害はなく、むしろ、保温性などにより、発芽しやすい条件を作る。

(5) 耐候性が大きく、特に、寒冷期における耐凍土融解性が優れている。

(6) 水が硬化剤であるため、特別に添加剤を必要としないこと、水に容易に均一に溶解することのために、樹脂と水とを所定の割合で、ノズルの先端部分で合致させて吹付ける方式などにより、施工が容易である。

以上の特徴を有する〔OH〕の特性を明確にするために、各種の室内基礎実験を行なったので、以下に、その結果について述べる。

2. のり面防護剤〔OH〕の特性

2.1. ゲルタイム

のり面防護剤としての〔OH〕は、大量の水で薄めて、樹脂濃度3%~7.5%で使用するが、各濃度に対するゲルタイムは、表-1のごとくである。

濃度	3%	5%	7.5%
水温			
5°C	17	11	8
10	12	7.5	6
20	—	5	4
30	—	3	2

表-1 樹脂〔OH〕のゲルタイム (分)

2.2. 降雨に対する耐浸蝕性

のり面防護剤として第一に要求される条件は、降雨に対する耐浸蝕性である。そこで、図-1に示す人工降雨装置と実験土槽を用いて、耐浸蝕性実験を行なった。

降雨装置は雨源を往復移動させながら均一に降雨させるようにしたものである(雨滴落下高は1.20m~2.20m, 雨滴粒径は0.5mm程度)。実験土槽は、幅40cm, 長さ180cm, 深さ10cmのものが3連になっており、勾配1:1.5の人工のり面を作るためのものである。

土槽内に各種試料土(山砂, シラス, マサ土)を、一定含水比のもとで均一に締固め(締固め度は、山中式土壌硬度計により測定)、表面に各種のり面防護剤〔カチオン系アスファルト乳剤(以下、アスファルト乳剤と称す)、アクリル系樹脂、酢酸ビニール系樹脂、〔OH〕の3%、5%、7.5%各水溶液、無処理〕を、いずれも2l/m²吹付け、24時間放置した後、各種降雨強度(50~200mm/h)で降雨させた。降雨により浸蝕された流出土は、のり尻先で、一定時間毎にパットに受け、その乾燥土重量を測定した。

測定結果の一部を、図-2、図-3に示す。流出土量が少ないほど、耐浸蝕性が大きいことになるが、こ

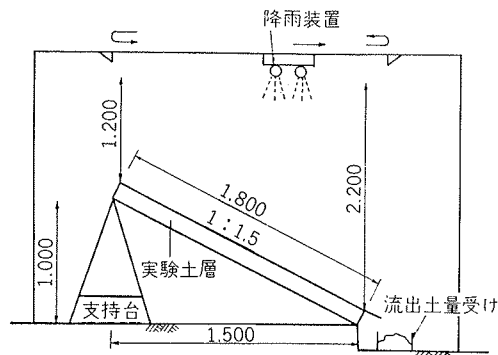


図-1 耐浸蝕性実験装置

れによると、〔OH〕の7.5%水溶液が最も有効であり、続いて、アスファルト乳剤、〔OH〕の5%水溶液、〔OH〕の3%水溶液の順であり、アクリル系樹脂、酢酸ビニール系樹脂は、あまり効果が認められない。ただし、最後の2者は、十分乾燥させると有効であるとされている。

また、のり面の浸蝕状態を観察すると、〔OH〕の場合は、雨滴孔が発生しても、その拡がり極めて遅く、土粒子と強力に付着していることがわかった。

写真-1はマサ土のり面の、降雨強度150mm/h, 経過時間2時間の浸蝕状態である。

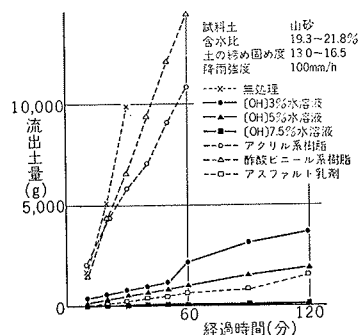


図-2 耐浸蝕性実験結果(試料土:山砂)

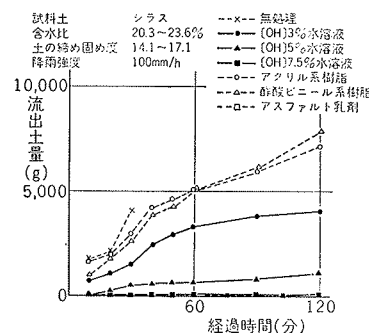


図-3 耐浸蝕性実験結果(試料土:シラス)

2.3. 耐圧力水性

前節の実験は、降雨状態が一定の雨滴落下高、雨滴

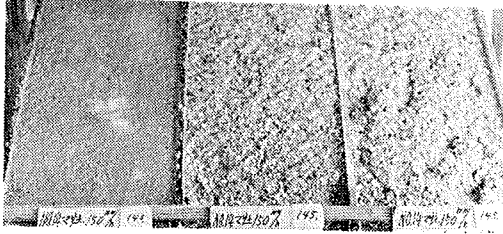


写真-1 のり面の浸蝕状態
(左；[OH] 5%水溶液，中；酢酸ビニール系樹脂，右；アクリル系樹脂)

粒径であったが、雨滴の衝撃エネルギーが異なれば、浸蝕状態は異なるものと考えられる。そこで、図-4に示す装置を用いて、圧力水に対する耐浸蝕性実験を行なった。これは、一定圧力 (0.5 kg/cm²) の水を、ノズルから噴射し、透明アクリル製円筒に詰めた試料土の中心に当て、貫通するまでの時間を測定するものである。

試料土 (山砂, シラス, マサ土) は、2層に分け、各層 1 kg のランマーで5回締固めて、高さ40cmに仕上げた。表面に、各種のり面防護剤を、いずれも、

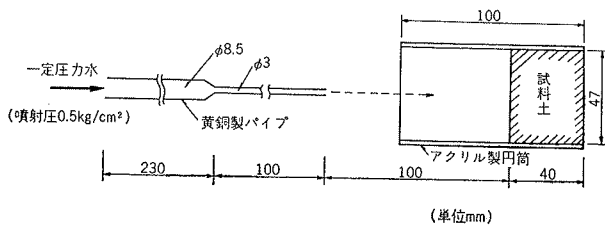


図-4 耐圧力水性実験装置

2l/m² 吹付けて、24時間放置した後、実験した。

実験結果の一部を、図-5、図-6に示す。これによると、いずれの場合も、[OH]の7.5%水溶液とアスファルト乳剤は、30秒以上経過しても変化せず、最も有効であり、続いて、[OH]の5%水溶液、[OH]の3%水溶液が有効であり、その他のものは、無処理のものと同様でほとんど変わらなかった。

2.4. 浸透膜厚

のり面防護剤により形成される膜の厚さは、耐浸蝕性や耐久性などに大きな影響を与える。

そこで、各種のり面防護剤の浸透膜厚、被膜厚を比較するために、豊浦標準砂を10cm×10cm×10cmの箱に均一に締固めて詰め、表面に、のり面防護剤をい

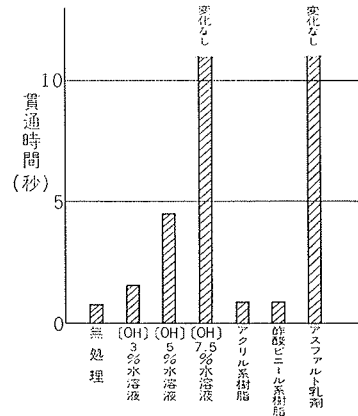


図-5 耐圧力水性実験結果 (試料土：山砂)

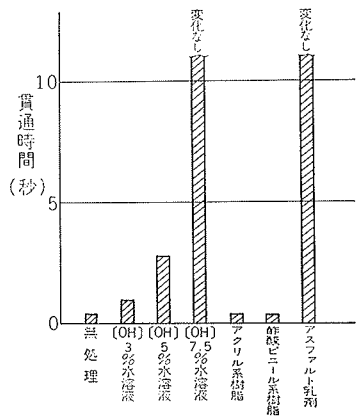


図-6 耐圧力水性実験結果 (試料土：シラス)

ずれも、2l/m² 吹付けて、24時間放置した後、水浸させ、固結部分の厚さを測定した。なお、試料土の含水比によって浸透膜厚は異なるといわれているので、標準砂の含水比を種々変化させた。

測定結果を図-7に示す。これによると、いずれも、試料土の含水比が高くなると、のり面防護剤の土中への浸透が悪くなり、表層部で固結するが、[OH]の7.5%水溶液、[OH]の5%水溶液は、ある含水比のもとでは、かなりの膜厚ができることがわかる。

2.5. 薬害性

植生工を施した直後に、のり面防護剤を吹付ける場合や、芝草種子とのり面防護剤を混合して吹付ける場合には、芝草種子の発芽に対する薬害性が問題である。

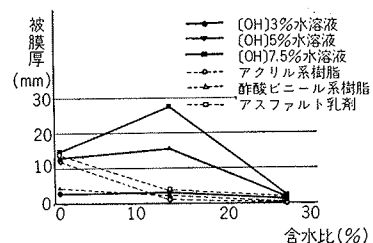


図-7 浸透膜厚測定結果

そこで、薬害試験を行なった。

実験方法はつぎのごとくである。

まず、パットに、関東ローム（含水比 118%）を入れて締固めた後、イネ科のイタリアンライグラスを 100 粒播き、その上を、種子が見えなくなる程度に薄く土で覆い、さらに軽く締固めた。その上に、各種のり面防護剤を、いずれも、 $2l/m^2$ 吹付けて、24時間毎に種子の発芽数を数えた。

なお、蒸発量に見合う水を常に補給した。

実験結果を図-8 に示す。これによると、いずれのり面防護剤を用いても薬害はほとんどないといえるが、[OH]は無処理の場合よりむしろ良好である。

これは保温性などにより、発芽しやすい条件が作られたためであると推定される。

2.6. 耐凍上融解性

寒冷地において、特に問題となるのはのり面の凍上融解に伴う浸蝕崩壊である。凍上は土壌の凍結によって起る現象で、主に、土壌粒子の組成と構造、地下水

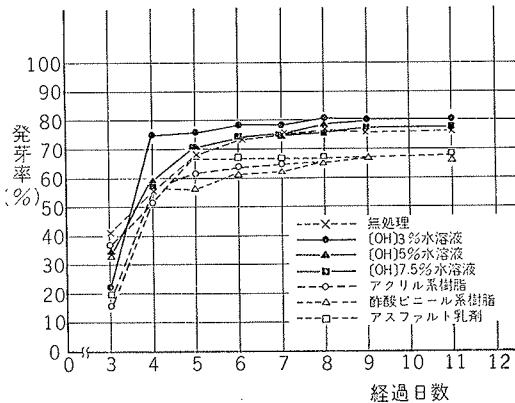


図-8 薬害実験結果

の供給状態、気象状態などに左右される。凍上を抑える方法の一つは土壌の凍結そのものを阻止する、すなわち、土壌が $0^{\circ}C$ 以下にならないようにすればよい。

そこで、断熱材の効果があると推定される[OH]について、耐凍上融解性実験を行なった。

実験方法はつぎのごとくである。

実験装置として、大型環境自動周期試験機（図-9 参照）を使用した。この装置はプログラムシートによって環境槽内の温度（ $-50^{\circ}C \sim +100^{\circ}C$ ）、湿度（ $0\% \sim 98\%$ ）および周期を任意に変えることができるようになっている。この実験における環境条件は $-20^{\circ}C$ 、 $+10^{\circ}C$ を各々 6 時間を 1 サイクルとし、4 サイ

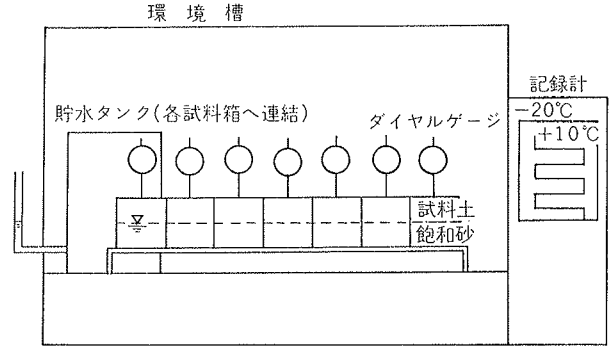


図-9 大型環境自動周期試験機の概略図

ル、合計48時間継続した。槽内には内のり寸法 $10cm \times 10cm \times 10cm$ の上部開放の断熱木製二重箱7ヶが並べてある。各箱には深さ 5cm の飽和砂を詰め、その上に凍上の発生しやすい関東ローム（含水比130%、砂分18%、シルト分60%、粘土分22%）を詰めた。締固め度は山中式土壌硬度計による値で、 $20 \sim 24mm$ であった。表面に各種のり面防護剤を、いずれも、 $2l/m^2$ 吹付けた。また、[OH]は強力な付着性を有しているので、グラスファイバー（比重2.50、直径 9μ 、長さ0.6cm）を添加すれば、凍上融解に対して強力な防護膜が保全されると推定されたので、これについても行なった。凍上融解による表面の垂直変位量はダイヤルゲージを使用して測定した。のり面防護剤を吹付けて、24時間放置した後、測定を開始した。なお、各箱内の関東ロームの凍上を連続的に促進させるために槽外から各箱の飽和砂層へ常時給水できるようになっている。

実験結果を図-10 に示す。これによると、無処理、アスファルト乳剤、アクリル系樹脂、酢酸ビニール系

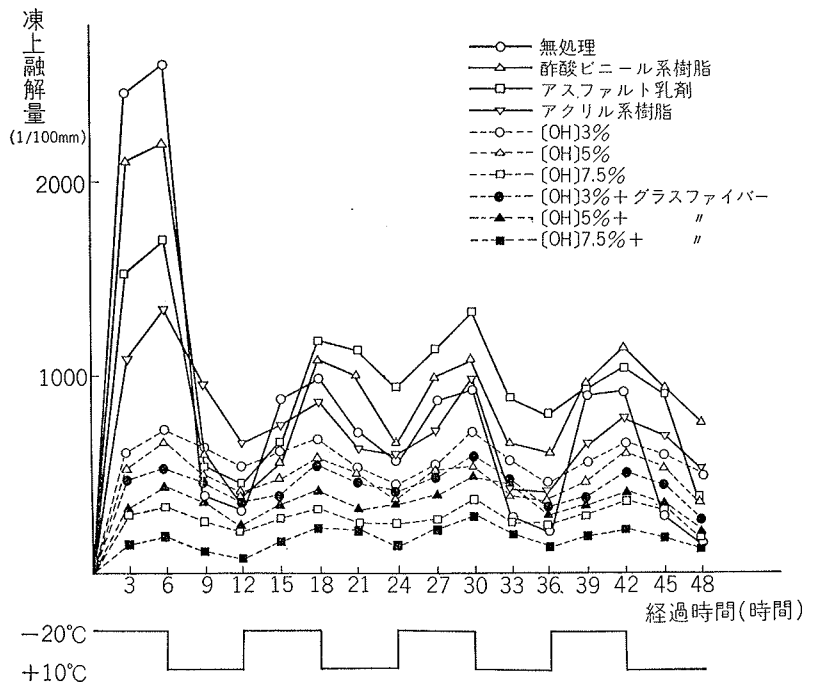


図-10 凍上融解量と経過時間との関係

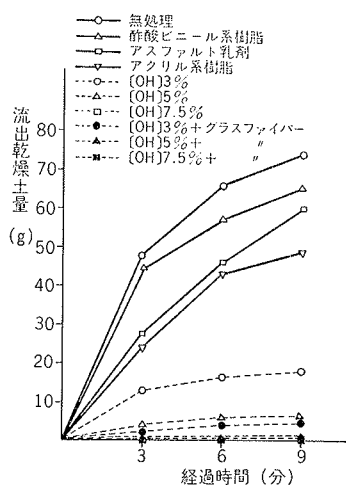


図-11 流出乾燥土量と経過時間との関係

樹脂はいずれも、凍上融解を受けやすいことがわかる。これらの防護膜はひとたび凍上を受けるとキレツが入り、そこから霜柱が発生すること、また、凍上融解を繰り返すことにより、膜は細かく砕かれ、ついには、融解水により、表層部とともにヘドロ状に変わることが認められた。一方、[OH]は凍上を受けるが、その量は少なく（すなわち、[OH]は他のり面防護剤と比較して断熱材的効果があることが推定される）、また、ゴム状の膜を形成するので、キレツは認められなかった。また、[OH]にガラスファイバーを添加した場合、凍上量がより少なくなることもわかった。

実験を開始してから48時間後に、融解状態になったものを45°傾斜させ、降雨実験（降雨強度 1500mm/h）を実施し、流出土量を測定した。

実験結果を図-11に示す。これによると、過飽和状態となった無処理、アスファルト乳剤、アクリル系樹脂、酢酸ビニール系樹脂はいずれも短時間のうちに、大部分の関東ロームが流失した。一方、[OH]は降雨に対する抵抗が強いことがわかる。また、ガラスファイバーを添加した場合は、流失土はほとんどなかった。

3. 吹付け機械

のり面防護剤としての[OH]を吹付ける、吹付け機械は特殊なものを用いる。すなわち、つぎのような理由で、通常の吹付け機械では施工不可能である。

(1) [OH]のゲルタイムは短いので（したがって、施工後、直ちに効果を発揮する）、予め水と攪拌混合したものをポンプにより吹付けることは不可能であること。

(2) [OH]と水との配合比は標準配合で約1:20ときわめて大きいこと。

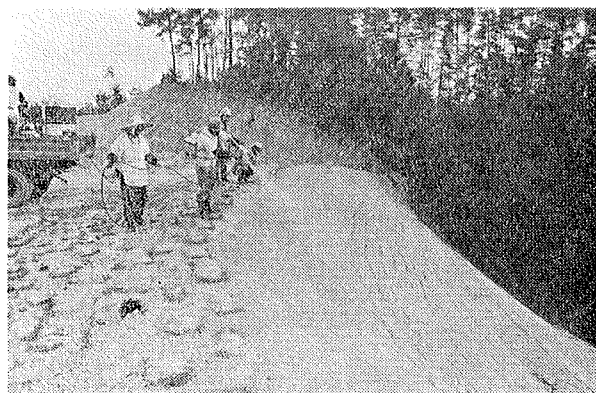


写真-2 簡単な吹付け機械

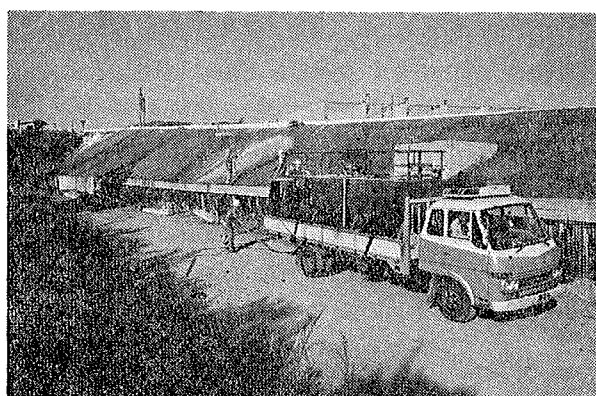


写真-3 大型吹付け機械

上記の問題点を解決するために新しいタイプの吹付け機械を開発した。

写真-2に示すように、簡単な吹付け機械と送水ポンプを用いることにより、比較的小規模な施工ができる。吹付け機械は圧送する水により生ずる負圧により、[OH]が自動的に、任意の配合で吸入されるようになっている。

写真-3に示す大型吹付け機械は大規模な施工を行なうのに適している。この機械は2台のポンプからそれぞれ圧送された[OH]と水、種子、肥料、ファイバーなどをノズル先端にて混合させて吹付けるようになっている。

4. あとがき

以上、のり面防護剤[OH]の特性などについて述べ、特に、耐浸蝕性が優れ、薬害はないこと、さらに、永年の懸念であった寒冷地における耐凍上融解性もかなり有効であることがほぼ確認された。今後、施工法の改良研究と、施工結果の追跡調査を実施する予定である。