

現場吹き付け遮水シートに関する研究（その1）

——開発シートの耐久性——

齋藤 二郎 喜田 大三
青山 幹 西林 清茂
川地 武 林 好正
仮谷 幸吉

Study of Sprayed-in-Place Water Cut-off Sheets (Part 1)

——Durabilities of Sheets Developed——

Jiro Saito Daizo Kita
Tsuyoshi Aoyama Kiyoshige Nishibayashi
Takeshi Kawachi Yoshimasa Hayashi
Kokichi Kariya

Abstract

The OH-sheeting technique provides sheets of good adherence to the ground through spraying of a mixture of polyurethane resin and asphalt emulsion onto nonwoven fabrics placed on the surface to impregnate the nonwoven fabrics and the underlying foundation with the mixture. The authors carried out research and development on a new type of sprayed-in-place water cut-off sheet which is made available through spraying of coating materials onto the conventional type of sheet to enhance such properties as water cut-off and durability. The coating materials used were of rubberized asphalt base, tar base, polymer cement base and urethane base. The time-dependent changes in some of the physical properties have been examined from outdoor exposure experiments covering reservoirs and embankment slopes. One year has elapsed since then and there are some examples which will be practical. This paper describes the outline of the authors' experiences together with test results.

概 要

OH-シート工法は、地表に敷設した不織布にポリウレタン樹脂とアスファルト乳剤の混合液を吹き付けて、不織布およびその下の地盤にも含浸させ、地盤に密着性の良いシートを造成するものである。この従来タイプのシートの上にさらにコーティング材を吹き付けて耐候性、耐久性などの性能向上をはかる新しいタイプの現場吹き付け遮水シートの研究開発を行なった。コーティング材としては、ゴムアスファルト系、ゴムタール系、ポリマーセメント系、疎水ウレタン系などを試用し、貯水池や、盛土斜面を有する屋外暴露実験によって諸物性の経時変化を追跡調査した。現在1ヶ年経過時点であるが実用し得るものも見出している。ここに実験の概要と試験結果について述べる。

1. まえがき

貯水池や水路、また最近、急増している廃棄物処理場などの遮水工事に各種の遮水シート工法の施工が行なわれている。この既成の遮水シートは、大部分が工場で整形され、施工現場では、ジョイント部を接着剤および熱

溶着して仕上っている。

この既成の遮水シートは、下地への接着性が無いため急こう配の斜面では、直接シートに引張り作用を受けてシートが引き裂れて破損することが多い。また、ジョイント部の接着処理には、熟練を必要とする。

これら既成の遮水シートの弱点を解決するために、現

場吹き付けの遮水シート工法（OH-シート工法）の研究開発を数年来行なってきた。

当工法は、地表に敷設した不織布に親水性のポリウレタン樹脂（OH-GROUT）とアスファルト乳剤の混合液を吹き付けて不織布および、その下の地盤に含浸させ地盤に、密着性が良く、しかも吹き付け工法であるためジョイント部が無く一体化した遮水被膜を形成するものである。さらに、現場吹き付けの OH-シート工法には、つぎの利点も兼ね備えている。

(1) 種々の下地および形状の地盤に対しても施工ができる。

(2) シートを幾層にも仕上げることができるので、任意の厚みに調整することができる。さらには、万一シートが破損しても吹き付けるだけで補修ができる。

(3) 小型の吹き付け機械のため重機が不要であり、しかも材料が分割されているので小人数で施工ができる。

この従来の OH-シートの性能向上、使用目的（主に廃棄物処理場の遮水工事）に応じた現場吹き付けの遮水シートを造成するため、OH-シートの上にさらにコーティング材を吹き付けて、より一層の耐候性、耐久性を備えた新しいタイプの現場吹き付け遮水シートの研究開発を行なった。コーティング材としては、ゴムアスファルト系、ゴムタール系、ポリマーセメント系、疎水ウレタン系などを供試し、当技術研究所敷地内にて貯水池や盛土斜面を有する屋外暴露実験場に、実際の施工方法により吹き付けを行なった。施工後、この各種のコーティング材を併用した OH-シートの強度特性、止水性さらに目視状態などの諸物性の経時変化について追跡調査した。以下この実験概要と試験結果について述べる。

2. 使用材料

コーティング材を併用した OH-シートの層の構成は基層と仕上げ層からなるもので、基層は、下地への密着性を保ち、仕上げ層は、耐候性を確保するものである。

2.1. 基層

基層の OH-シートに使用した材料は、凝固剤である OH-GROUT と、下地への密着性にすぐれたアスファルト乳剤の混合液（固結時間 5～10 分）と、厚みと引張り強度を確保するため不織布を用いた。基層に用いた各材料の主な性状を表一～表三に示す。

基層の吹き付け材の配合比および吹き付け量を表一に示す。

2.2. 仕上げ層

仕上げ層は、耐候性に優れ、吹き付け作業が可能なコーティング材を選定した。コーティング材としては、

- (1) ゴムアスファルト系 (A), (B), (C)

種類	外観	比重	粘度 (CPS)	ゲル特長
OH-1A	淡黄色 透明液状	1.08 (20℃)	350 (20℃)	高弾性ゲル

表一 OH-GROUT の主な性状

種類	外観	粘度 (CPS)	比重	固形分量 (%)	針入度
クォーターゲル カチオン系	黒褐色 懸濁液	100	1.01 (20℃)	60	90

表二 アスファルト乳剤の主な性状

種類	目付量 (g/m ²)	厚み (mm)	引張り強度 (kgf/5cm幅)		伸び率 (%)		引裂き強度 (kgf/5cm幅)	
			縦	横	縦	横	縦	横
ポリプロピレン E-2000	75	2	3	4	55	85	2.1	1.6

表三 不織布の主な性状

OH-GROUT	水	アスファルト乳剤	吹き付け量
1	5	10	一層につき 6l/m ²

表四 基層吹き付け材の配合比および吹き付け量

種類	外観	比重	粘度 (CPS)	pH	固形分量 (%)	配合比	固結時間		
ゴムアスファルト A	黒褐色 懸濁液	1.0	800	9~10	58	ゴムアスファルト : 分解剤 = 20 : 1	瞬時		
ゴムアスファルト B	〃	〃	1000	10.5	80	ゴムアスファルト : 分解剤 = 20 : 1	〃		
ゴムアスファルト C	〃	〃	2000	10.5	85	ゴムアスファルト のみ	〃		
ゴムタール	灰黒褐色 ペースト状	1.2	—	7	50	ゴムタール のみ	1時間		
ポリマーセメント A	セメント色 ペースト状	—	—	10以上	100	ポリマー:セメント = 2 : 1	〃		
ポリマーセメント B	セメント色 モルタル状	—	—	〃	100	ポリマー:セメント : 砂 = 0.4 : 1 : 2	〃		
疎水ウレタン	主	硬	主	硬	主	硬	主:硬 = 1 : 1	〃	
	透明液	緑液	1.05	1.50	6000	3000			7

表五 各種コーティング材の主な性状

- (2) ゴムタール系
(3) ポリマーセメント系 (A), (B)
(4) 疎水ウレタン系

を使用した。以下、各材料の特徴および性状について述べる。このうち主な性状については、表一に示す。

- (1) ゴムアスファルト系 (A)

アスファルト乳剤に合成ゴムを混入したゴムアスファルトを塩化カルシウム溶液（分解剤）の噴霧中を通して OH-シート面にスプレーすることにより、OH-シート面に瞬時に凝固したゴムアスファルトの被膜層を形成するものであり、この被膜層は経時的に分離水を排出し均一

な継ぎ目のない連続被膜層となるものである。

(2) ゴムアスファルト系 (B)

ゴムアスファルト (B) は、前述 (A) と同様の原理にもとづいて連続した被膜を形成するものであるが、ゴムアスファルトの固形分量が80%ときわめて高濃度のものを使用しているため分離水が極めて少ない。

(3) ゴムアスファルト系 (C)

ゴムアスファルト (C) は、前述 (B) のゴムアスファルト成分とはほぼ同一のものであるが、固形分量が85%である。また、作業は一液で、はけ塗り (吹き付け作業は可能) で施工し、天日乾燥によって固化させる。

(4) ゴムタール系

ゴムタールはコールタールピッチと鉱物質繊維および高分子エラストマーを主剤とするものである。作業は空気圧送によって吹き付け施工し、天日乾燥によって固化させる。

(5) ポリマーセメント系 (A)

ポリマーセメント (A) は、エチレン酢ビ (EVA) 系エマルジョンにセメント粉末を添加して吹き付けたもので、固化後、配合によって高弾性を示し、接着力、引張り力に優れた特性を示す。

(6) ポリマーセメント系 (B)

ポリマーセメント (B) は、SBR 系合成ゴムラテックスにセメント粉末、砂、グラスファイバーなどを混入させるものである。

(7) 疎水ウレタン系

疎水ウレタンは、主剤のウレタン樹脂と硬化剤のカラー色剤と混合することにより常温反応して接着性を発揮しながら、継ぎ目のない一体化したゴム状弾性体の遮水膜を形成する。

3. 実験概要

屋外暴露実験は、コーティング材を併用した OH-シートを実際の施工方法によって仕上げて、直接、自然環境条件下に置きシートの強度特性および止水性、さらに目視による表面状態などを追跡調査したものである。

屋外暴露実験場は、図-1 に示すように、貯水池 (3.0m×3.0m, 深さ1.0m, こう配1:1) と盛土斜面 (5.5m×3.0m, こう配1:2) を1ブロックとして計6ブロック造成した。各ブロックに表-6 に示す施工仕様にもとづいて基層の OH-シートを吹き付けた後、仕上げ層の各種コーティング材を吹き付けた。(写真-1~2)

施工後、各種コーティング材を併用した OH-シートの物性を調査するため屋外暴露実験と同様の方法で作成して養生した試験体について種々の物性試験をした。また、屋外の環境条件による貯水池の止水状態および斜面

併用工法	層の構成	使用量および厚み	施工手順
1. ゴムアスファルト A	基層:不織布2mm 厚1枚、OH・アスファルト層 仕上げ層:ゴムアスファルトA層	OH・アスファルト 64/m ² 厚さ2mm ゴムアスファルトA 64/m ² 厚さ3mm	1.不織布敷設 2.OH・アスファルト吹き付け 3.養生 4.ゴムアスファルトA吹き付け 5.養生
2. ゴムアスファルト B	基層:不織布2mm 厚1枚、OH・アスファルト層 仕上げ層:ゴムアスファルトB層	OH・アスファルト 64/m ² 厚さ2mm ゴムアスファルトB 44/m ² 厚さ3mm	1.不織布敷設 2.OH・アスファルト吹き付け 3.養生 4.ゴムアスファルトB吹き付け 5.養生
3. ゴムアスファルト C	基層:不織布2mm 厚2枚、OH・アスファルト層 仕上げ層:ゴムアスファルトC層	OH・アスファルト 124/m ² 厚さ4mm ゴムアスファルトC 24/m ² 厚さ1mm	1.不織布敷設 2.OH・アスファルト吹き付け 3.養生 4.ゴムアスファルトC塗り付け 5.養生
4. ゴムタール	基層:不織布2mm 厚2枚、OH・アスファルト層 仕上げ層:ゴムタール層	OH・アスファルト 124/m ² 厚さ4mm ゴムタール 0.71/m ² 厚さ0.4mm	1.不織布敷設 2.OH・アスファルト吹き付け 3.養生 4.ゴムタール吹き付け 5.養生
5. ポリマーセメント A (ペースト状)	基層:不織布2mm 厚2枚、OH・アスファルト層 仕上げ層:ポリマーセメントA層	OH・アスファルト 124/m ² 厚さ4mm ポリマーセメントA 14/m ² 厚さ1mm	1.不織布敷設 2.OH・アスファルト吹き付け 3.養生 4.ポリマーセメントA吹き付け 5.養生
6. ポリマーセメント B (モルタル状)	基層:不織布2mm 厚1枚、OH・アスファルト層 仕上げ層:ポリマーセメントB層	OH・アスファルト 124/m ² 厚さ4mm ポリマーセメントB 204/m ² 厚さ20mm	1.不織布敷設 2.OH・アスファルト吹き付け 3.養生 4.ガラスメッシュ敷設 5.ポリマーセメントB吹き付け 6.養生
7. 疎水ウレタン	基層:不織布2mm 厚2枚、OH・アスファルト層 仕上げ層:疎水ウレタン層	OH・アスファルト 124/m ² 厚さ4mm 疎水ウレタン 24/m ² 厚さ2mm	1.不織布敷設 2.OH・アスファルト吹き付け 3.養生 4.疎水ウレタン吹き付け 5.養生

表-6 各種コーティング材を併用した OH-シートの施工仕様

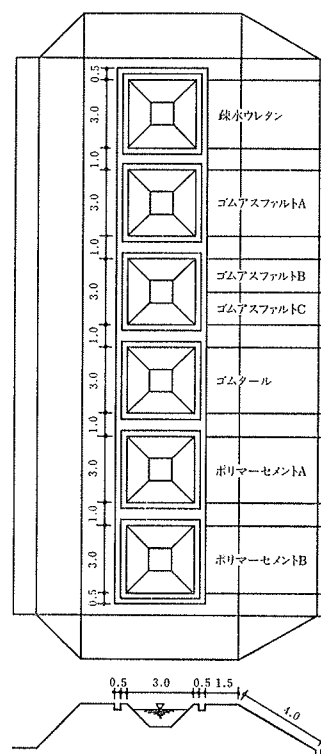


図-1 各種コーティング材を併用した OH-シートの屋外暴露実験場

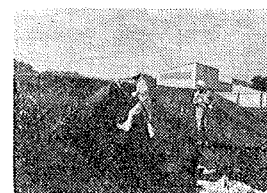


写真-1 斜面部吹き付け状況

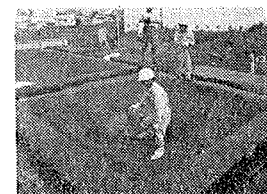


写真-2 貯水池吹き付け状況

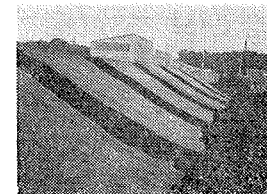


写真-3 斜面部

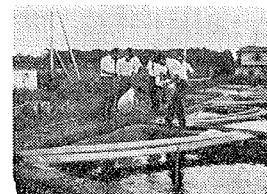


写真-4 貯水池

のシート表面状態についても調査した。(写真-3~4)

調査項目は、主として物性面では、

- (1) 引張り強度 (2) 引裂き強度
- (3) 剝離強度 (4) 透水性

について試験を行ない、貯水池や盛土斜面に造成されたシートについては、

- (1) 貯水状態 (2) シートの表面状態
- の目視観察を行なった。

なお、物性試験の試験体は、30 cm×30 cm に整形してアクリル板に固定した後、屋外で空中と水中に養生した。試験体の養生期間は、1 カ月、3 カ月、6 カ月、1 年間とした。

3.1. 引張り強度試験

引張り試験は、試験体を引張り試験用ダンベル 2 号形に成形した後、JISK-6301 加硫ゴムの物理試験法の引張り試験法に準じて行なった。各養生期間ごとの引張り試験結果については図-2、図-3 に示す。

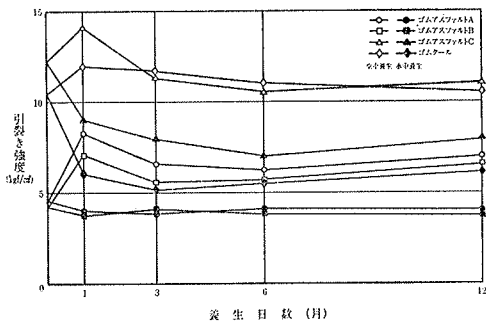


図-2 コーティング材を併用した OH-シートの引張り強度

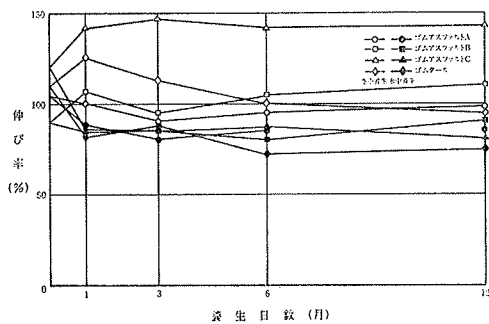


図-3 コーティング材を併用した OH-シートの伸び率

試験したコーティング材は、供試体の作成上の都合から、ゴムアスファルト系 A, B, C, とゴムタール系についてのみ行なった。試験結果から、ゴムアスファルト A と B については、不織布 1 枚でコーティング材の厚みが 3mm~5mm であり、強度的には、空中養生で 5 kgf/cm² 以上、水中養生では、3 kgf/cm² 以上であった。また、ゴムアスファルト C とゴムタールについては、不織布 2 枚でコーティング材の厚みが 1mm 程度であり、強度的には、空中養生で 10 kgf/cm²、水中養生では 5 kgf/cm²

以上であった。つぎに引張り試験体の伸び率は、各材料とも最大引張り荷重の時に 100%前後であり、さらに試験体の破断時までの伸び率は、1500%以上であった。以上のことからシートの引張り強度は、不織布の種類、強度に関係ある。経時変化については、初期から 1 カ月間は、変化したがそれ以後は、安定していた。

3.2. 引裂き強度試験

引裂き試験は、試験体を引裂き試験用 B 形の形状に打ち抜き整形した後、JISK-6301 加硫ゴム物理試験法に準じて行なった。各養生期間ごとの引裂き試験結果については図-4 に示す。

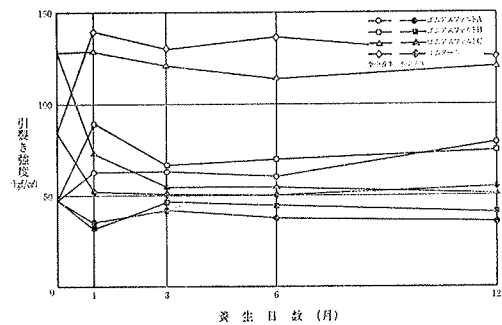


図-4 コーティング材を併用した OH-シートの引裂き強度

試験したコーティング材は、引張り試験と同様のものを使用した。試験結果は、引張り試験結果と同様の傾向であった。

3.3. 剝離強度試験

剝離試験は、基層の OH-シート層と仕上げ層のコーティング層の接着力を試験するものである。試験は、OH-シート層の端部とコーティング層の端部を T 字形に剝離されるように試験機を固定した後、JISK-6854 接着剤の剝離試験法に準じて行なった。各養生期間ごとの剝離試験結果は図-5 に示す。

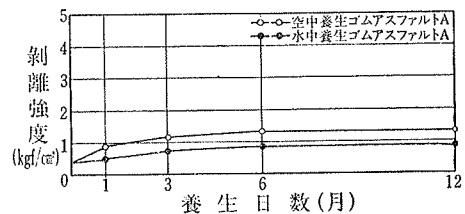
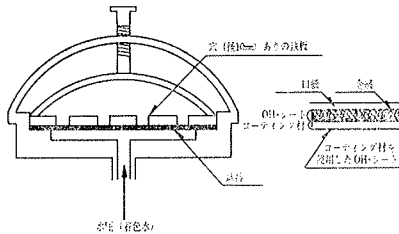


図-5 コーティング材を併用した OH-シートの剝離強度

試験したコーティング材は、試験体の作成上の都合からゴムアスファルト A についてのみ行なった。試験結果から、養生 1 年後の剝離強度は、空中養生で 1.3 kgf/cm²、水中養生では 1.0 kgf/cm² であった。経時変化は、初期から 6 カ月間は増加の傾向にあり以後は安定していた。

3.4. 透水性試験

透水性試験は、図一6に示す国鉄車両用屋根布水圧試験機にて行なった。試験は、シート端部の周囲を固定してコーティング層の面から水圧 2.0 kgf/cm² 加えて2時間観察して漏水の有無を調べたが、いずれのコーティング材のものも漏水は無かった。



図一6 コーティング材を併用した OH-シートの透水性試験機

3.5. 貯水状態

屋外暴露試験場に造成した貯水池の止水性を調べるため、造成後、注水して水位観測を行なった。なお降水量、蒸発量を考慮するためにポリ容器の水槽の水位と比較した。各貯水池の水位変化は図一7に示す。

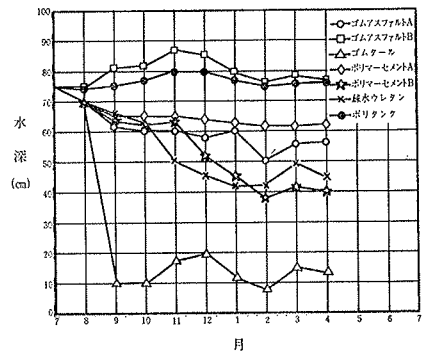
調査結果から、各コーティング材を併用した OH-シートの貯水池のうち、ゴムアスファルト (B) の貯水池は、比較用のポリ容器の水槽とほぼ同じ水位変化を示したことから完全な止水性が保たれていることが確認できた。つぎに良好であったポリマーセメント (A) は、わずかに変化したが以後この水位を保った。他のコーティング材は、貯水池の中間位置まで減少したが以後この水位を保った。ただゴムタールについては、基層に膜厚の薄い所があって漏水した。

3.6. シートの表面状態

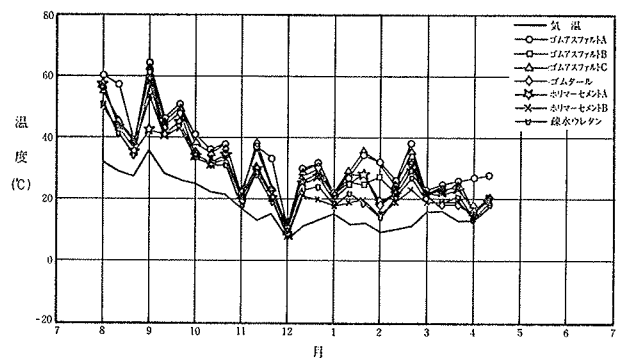
各種コーティング材を併用した OH-シートを屋外暴露させた際、各季節ごとの温度変化がシートに与える影響を調べるために、シートの表面温度測定と目視観察を行なった。シートの表面温度変化は、図一8に示す。また、表面状態の目視観察結果を表一7に示す。

シート表面の温度測定結果から、夏期(7月~9月)においてゴムアスファルト A, B, C の表面温度は、気温が 30℃~35℃ のとき 55℃~65℃ であった。他のコーティング材は、50℃前後であった。冬期(11月~3月)においては、天候にもよるが気温、10℃前後の時、シート表面温度、30℃前後であった。いずれの時期においてもゴムアスファルト系のシート表面温度の方が他のコーティング材より高かった。これは、シートが黒色のため熱吸収が大きくなるためである。

また、シート表面状態はゴムアスファルト A, B, C, ゴムタール系にしま模様が出来たがポリマーセメント A, 疎水ウレタンには変化がなかった。これは、コーティング材の水分量の違いにより乾燥収縮してしま模様ができ



図一7 コーティング材を併用した OH-シートの貯水池の水位変化



図一8 コーティング材を併用した OH-シートの表面温度変化

種類	時期	
	夏 期	冬 期
ゴムアスファルト A	亀甲状のしま模様が發生。	しま模様の跡が残っていた。
ゴムアスファルト B	細いしま模様が發生。	しま模様の跡が残っていた。
ゴムアスファルト C	細いしま模様が發生。	一部溶剤で溶けた部分があった。
ゴ ム タ ー ル	細いキ裂が發生。	キ裂が大きくなった。
ポリマーセメント A	変化なし。	変化なし。
ポリマーセメント B	モルタルの砂分が砕けていた。	凍上により数本細いクラックが發生。
疎水ウレタン	変化なし。	端部の薄い所にキ裂が發生。

表一7 コーティング材を併用した OH-シートの表面状態の目視観察

たためと考えられる。

4. あとがき

以上、OH-シートに各種コーティング材を併用した時の屋外暴露実験を実施してみた結果、ゴムアスファルト系 (B)、ポリマーセメント (A) の2品について実用し得ることが確認できた。

今後、この2品について、さらに材料物性の改良、施工性の改良などを行ない本工事の施工に対応できるよう研究を進めてゆく所存である。

なお、今回造成したゴムアスファルト (B) については、さらに長期的に追跡調査を行なう予定である。