

技 術 資 料

CSクリアー

成分・改質効果に関する品質試験

けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）・JSCE-K572 関連

Version 1.0



目 次

1. CSクリアーとは	2
2. CSクリアーの特徴	3
3. CSクリアーの品質	4
3.1 CSクリアーの成分・改質効果に関する試験結果	4
3.2 JSCE-K572 けい酸塩系表面含浸材の試験方法（案）	5
3.2.1 試験概要	5
3.2.2 試料概要	6
3.2.3 1) 反応性確認試験の結果	7
3.2.4 2) 種類判定試験の結果	8
3.2.5 3) 含浸深さ試験の結果	9
3.2.6 4) 外観観察試験の結果	10
3.2.7 5) 透水量試験の結果	11
3.2.8 6) 吸水率試験の結果	12
3.2.9 7) 中性化に対する抵抗性試験の結果	13
3.2.10 8) 塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験の結果	14
3.2.11 9) スケーリングに対する抵抗性試験の結果	15
3.2.12 10) ひび割れ透水性試験の結果	16
3.2.13 11) 加圧透水性試験の結果	17
3.2.14 乾燥固形分率試験	18
3.2.15 品質規格：開水路補修マニュアル「けい酸塩系表面含浸工法（反応型）」	18
3.3 表層引張強度試験	19
(1) 室内試験	19
(2) 実証実験	22
3.4 摩耗試験	24
4. CSモルタルへのCSクリアー塗布による効果	26
4.1 CSモルタルの概要	26
4.2 寸法安定性	27
4.3 耐摩耗性	28
(1) テーバー摩耗試験	28
(2) 水砂噴流摩耗試験	29
4.4 耐凍害性	30
4.5 まとめ	30

1. CSクリアーとは

CSクリアーは、写真1・表1に示す液体材料をコンクリート・無機系被覆材の表面から散布または塗布し、浸透させることで、農業水利構造物（コンクリート製開水路等）補修・改修時の下地処理、無機系被覆材の表面保護などを行う材料である。



写真1 CSクリアー（20kg ポリ缶）

表1 CSクリアーの物性

項 目	CSクリアー
外 観	無色透明液体
主成分	けい酸ナトリウム
比 重（密度 g/cm ³ ）	1.06～1.10
pH値	11.0～13.0
乾燥固形分率（%）	10.0～12.0
粘度（mPa・s）	1.0～5.0

土木学会の「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）」では、けい酸塩系表面含浸材を図1のように分類しており、CSクリアーは、反応型けい酸塩系表面含浸材に該当する。

※農林水産省：農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路編】では、上記指針（案）に準拠し、けい酸塩系表面含浸工法：反応型・固化型に分類しており、CSクリアーは、けい酸塩系表面含浸工法（反応型）に該当する。

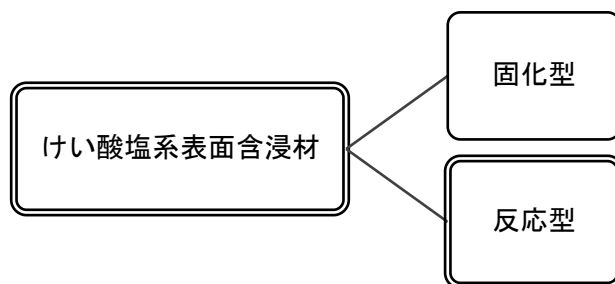


図1 けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）における種類

本資料では、CSモルタル工法（水路補修改修工法研究会）用けい酸塩系表面含浸材：CSクリアーの概要を紹介する。

2. CSクリアーの特徴

CSクリアーは、図2に示すように、コンクリート表面に塗布し浸透(含浸)させることで、乾燥固化物(未反応成分)、およびコンクリート中のカルシウム成分等と反応し生成される安定した反応物(CSH系結晶)により、微細ひび割れ等の空隙を充填する。

浸透後に未反応のまま残った主成分は、乾燥固化後も水分の供給により溶解し安定した反応物(CSH系結晶)を生成して、施工後新たに発生する微細ひび割れ等の空隙を充填する。

これらの反応により、ひび割れ深部を含む表層部の空隙を緻密化して、水や各種劣化因子の侵入(鋼材腐食)を長期にわたり抑制する。

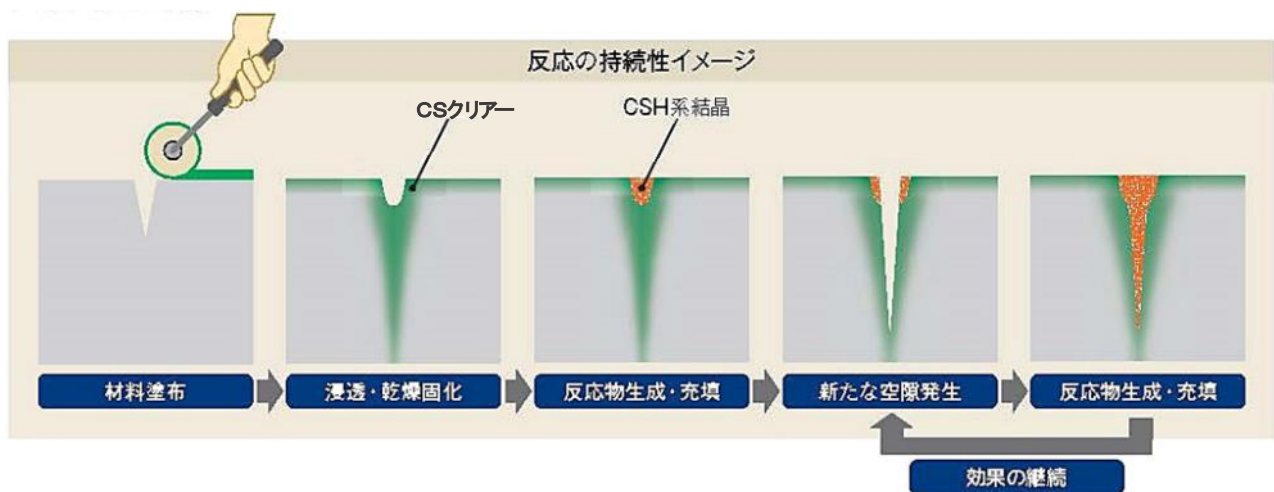


図2 CSクリアー概要図

CSクリアーの特徴

CSクリアーは、写真2・3、図3に示す開水路補修時に、下地処理(高圧洗浄等)後の躯体面(コンクリート)に散布することで、下地を強化し、ポリマーセメントモルタル被覆面に塗布することで、被覆材の耐久性を向上させることができるため、無機系被覆工法の補助工法として適用されている。



写真2 躯体面 散布



写真3 被覆面 塗布

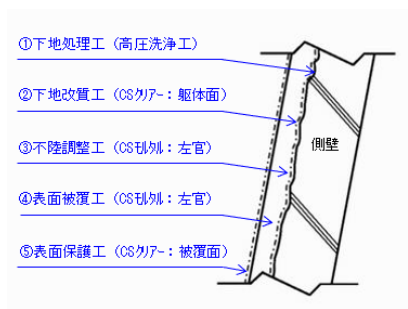


図3 水路補修概要図

3. CSクリアーの品質

3.1 CSクリアーの成分・改質効果に関する試験結果

CSクリアーの成分・改質効果に関する試験結果を表2に示す。

表2 CSクリアーの成分・改質効果に関する試験結果

試験方法	試験項目		試験結果
JSCE-K572 けい酸塩系 表面含浸材 の試験方法 (案)	1) 反応性確認試験		反応性あり
	2) 乾燥固形分率試験		11.3%
	3) 種類判定試験		反応型けい酸塩系表面含浸材
	4) 含浸深さ試験		1.9mm
	5) 外観観察試験		外観変化なし
	6) 透水性試験		透水比 65% (抑制率 35%)
	7) 吸水率試験		吸水比 82% (抑制率 18%)
	8) 加圧透水性試験		水の浸透深さ比 77% (抑制率 23%)
	9) 中性化に対する抵抗性試験		中性化深さ比 24% (抑制率 76%)
	10) 塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験		塩化物イオン浸透深さ比 91% (抑制率 9%)
	11) スケーリングに対する抵抗性試験		質量損失比 85% (抑制率 15%)
	12) ひび割れ透水性試験		ひび割れ透水量比 33% (抑制率 67%)
表層引張強度試験 (建研式)	室内試験 (コンクリート試験体)		表層引張強度比 130% (向上率 30%)
	実証実験 (実構造物)	北陸地方	表層引張強度比 124% (向上率 24%)
		北関東地方	表層引張強度比 150% (向上率 50%)
耐摩耗性試験 (JIS K 7204)			質量減少量比 65% (抑制率 35%)

試験の結果、CSクリアーは、

- コンクリート（モルタル）の表面に塗布し、浸透させることで、水や炭酸ガス等の劣化因子の侵入を抑制し、凍結融解に対する抵抗性を向上させる性能を有しており、農林水産省：開水路補修マニュアル「けい酸塩系表面含浸工法(反応型)」の品質規格に適合する製品であること
- 補修時の下地処理材として既設コンクリートに塗布することで、下地を改質（強化）し、後から被覆する無機系被覆材（ポリマーセメントモルタル）の付着力を有効に発揮させること
- 補修時の表面保護材として無機系被覆材（ポリマーセメントモルタル）に塗布することで、耐摩耗性を向上させること

が確認された。

3.2 JSCE-K572 けい酸塩系表面含浸材の試験方法（案）

3.2.1 試験概要

C S クリアーの反応性・浸透性、および塗布による表面保護（劣化抑制）効果を確認するため、表 3 に示す土木学会規準試験：JSCE-K572 けい酸塩系表面含浸材の試験方法（案）を、建材試験センターにて実施した。

表 3 試験概要

試験名	試験規格*	試験体の種類**
1) 反応性確認試験	6.1	セメントペースト試験体
3) 種類判定試験	6.3	
4) 含浸深さ試験	6.5	Type I
5) 外観観察試験	6.4	
6) 透水性試験	6.6	
7) 吸水率試験	6.7	
8) 加圧透水性試験	6.12	Type II
9) 中性化に対する抵抗性試験	6.8	Type I
10) 塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験	6.9	
11) スケーリングに対する抵抗性試験	6.10	
12) ひび割れ透水性試験	6.11	Type II

* 試験規格は、JSCE-K572 の適用箇条を示す。 ** 試験体 Type を図 4 に示す

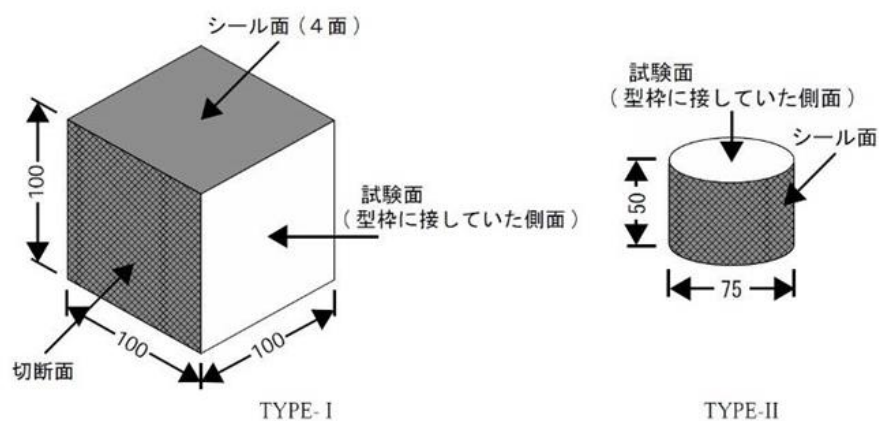


図 4 試験体（Type I・II）概要図

3.2.2 試料概要

試験に使用したセメントペースト試験体に関する事項を表4に、基板（試験体 Type I・II）に関する事項を表5に、塗布材（CSクリアー）の概要および施工仕様に関する事項を表6に示す。

表4 セメントペースト試験体に関する事項

セメント種類	普通ポルトランドセメント
水セメント比	50%
形状	セメントペースト円柱供試体（Φ50mm×h100mm）を、粉碎あるいは乾式で切り出し、目開き 4.75mmのふるいを通して、2.36mmのふるいに留まるセメントペースト片

表5 基板に関する事項

基板の種類	モルタル基板
セメント種類	普通ポルトランドセメント
水セメント比	55%
砂セメント比	3
準拠規格	JSCE-F505

表6 塗布材の概要および施工仕様

名称	CSクリアー
主成分	けい酸ナトリウム
塗布前のモルタル基板の含水率	約 6%（散水後、指触乾燥確認後に塗布）
塗布方法	刷毛塗り
塗布回数	2 回
塗り重ね間隔	2 時間（塗布材乾燥後の湿潤散水を含む）
塗布量	500 g/m ² （400 g/m ² +100 g/m ² ）
含浸後の養生方法	温度 20±2℃ 相対湿度 80%以上 14 日間、その後、相対湿度 60%±5%14 日間

3.2.3 1) 反応性確認試験の結果

(1) 試験概要

セメントペースト試験体と、CSクリアー、比較用の純水をそれぞれ試験管内に投入し、その後、セメントペーストから溶出する水酸化カルシウムとCSクリアーとの反応による白濁が確認されるまで目視観察を行う。

観察の結果、白濁が確認された場合には、「反応性あり」と判定し、けい酸塩系表面含浸材に該当する材料と判定する。白濁が確認できない場合には、「反応性なし」と判定し、けい酸塩系表面含浸材には該当しない材料と判定する。

(2) 試験結果

反応性確認試験の結果を写真4に示す。

試験の結果、比較用の純水では変化が見られないが、CSクリアーは試験開始7日後時点で明確な白濁が確認され、「反応性あり【けい酸塩系表面含浸材に該当】」と判定された。

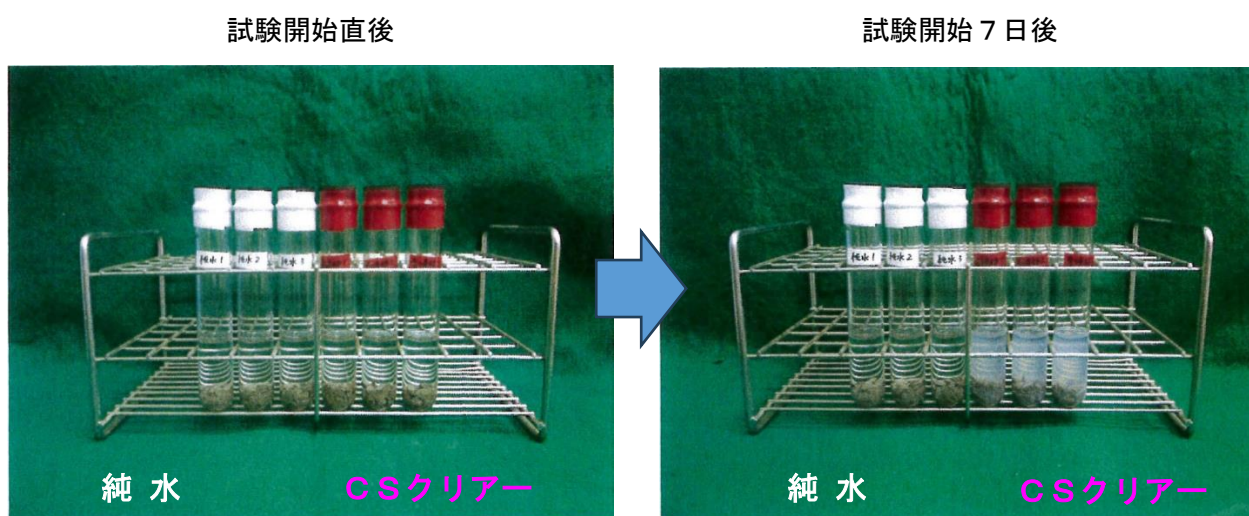


写真4 反応試験状況

3.2.4 2) 種類判定試験の結果

(1) 試験概要

乾燥固形分率試験で得られたCSクリアーの乾燥固化物を粉碎し、目開き 2.36mmのふるいを通過し、1.0mmのふるいに留まるものを試料とする。

写真5に示すように、乾燥固化物の溶解処理として、試料と蒸留水を試験管内に投入し、72 時間静置後にろ過し、ろ液（CSクリアーの乾燥固化物の溶解液）を採取する。

試験開始 72 時間後

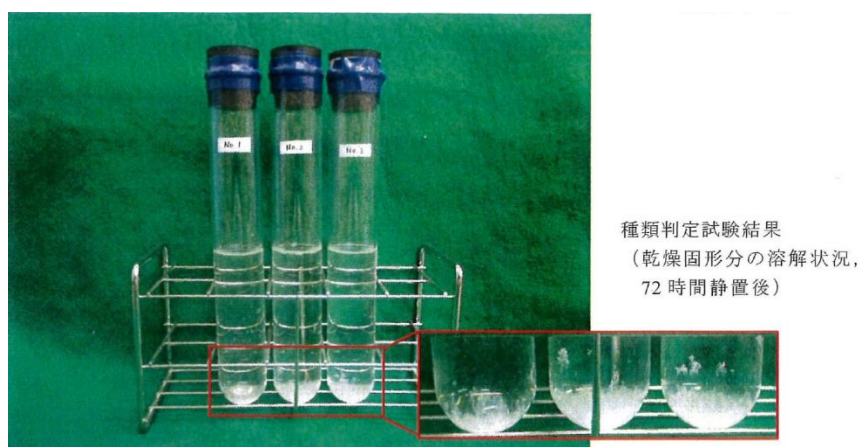


写真5 乾燥固化物の溶解処理状況

次に、採取したろ液と比較用の蒸留水を、反応性確認試験と同様の手順で作製したセメントペースト試験体と、それぞれ試験管内に投入し、その後、反応による白濁が確認されるまで目視観察を行う。

観察の結果、白濁が確認された場合には、「反応性あり」と判定し、『反応型けい酸塩系表面含浸材』*に該当する材料とする。白濁が確認できない場合には、「反応性なし」と判定し、『固化型けい酸塩系表面含浸材』**とする。

* 反応型けい酸塩系表面含浸材

浸透（含浸）の初期段階で主成分の一部が水酸化カルシウムと反応した後、残りの主成分（未反応成分）が乾燥にともなって可溶性の固化物となって空隙を充填するとともに、未反応成分が、水酸化カルシウムとの反応を繰り返すことにより、長期的に空隙を充填することを期待した材料。

** 固化型けい酸塩系表面含浸材

浸透（含浸）の初期段階で主成分の一部が水酸化カルシウムと反応した後、残りの主成分が乾燥にともなって難溶性の固化物となって空隙を充填することを主として期待した材料。

(2) 試験結果

種類判定試験の結果を写真 6 に示す。

試験の結果、比較用の純水では変化が見られないが、CS クリアーのろ液は試験開始から 7 日後時点で白濁が確認され、「反応性あり【反応型けい酸塩系表面含浸材】」と判定された。

この結果から、CS クリアーは、コンクリートに浸透後も、水分の供給下において、反応が持続し、反応物生成による継続的な空隙充填性を有することが確認された。

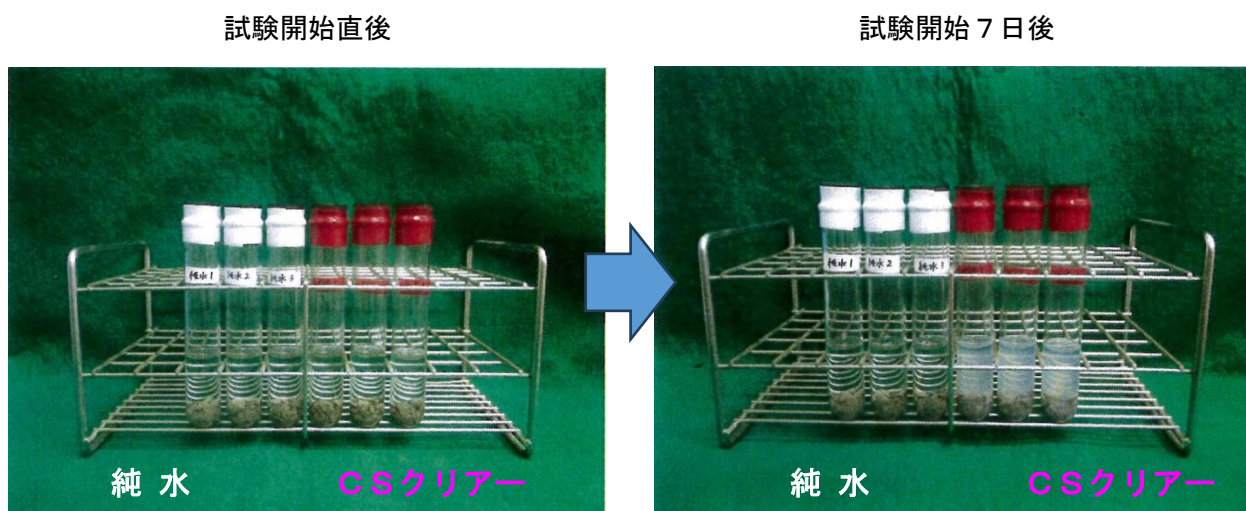


写真 6 種類判定試験（ろ液の反応性確認）

3.2.5 3) 含浸深さ試験の結果

(1) 試験概要

土木学会規準試験：JSCE-K572 けい酸塩系表面含浸材の試験方法（案）に準拠し、作製した試験体（type I：100mm 角・モルタル）の試験面（型枠に接していた面）に、CS クリアーを塗布する。

28 日間の気中養生後、試験面の 3 箇所から、マイクロドリルまたはマイクロワインダー等を用いて、表面からおよそ 2mm の深さごとに粉体試料を採取し、これらを純粋と混合して得られた液体試料に含有されるアルカリ金属イオンをイオンクロマト等の分析機器によって測定する。

測定結果から、CS クリアーに含まれるアルカリ金属イオン（ナトリウムイオン）量が、無塗布（原状試験体）と比較し、30% 以上増加した範囲を含浸深さとする。

(2) 試験結果

含浸深さ試験の結果、CS クリアーの含浸深さは 1.9mm であった。

3.2.6 4) 外観観察試験の結果

(1) 試験概要

試験体（type I：100mm角・モルタル）の試験面（型枠に接していた面）に、CSクリアーを塗布し、28日間の気中養生後に、外観変化の有無について目視で確認を行う。

(2) 試験結果

外観観察試験の結果を写真7に示す。

観察の結果、CSクリアーと、無塗布（原状試験体）の外観に大きな差は見られず、外観の変化は確認されなかった。

この結果から、CSクリアーの塗布・浸透後もコンクリートの外観変化はなく、点検等の際に、塗布後もコンクリートを直接目視可能なことが確認された。

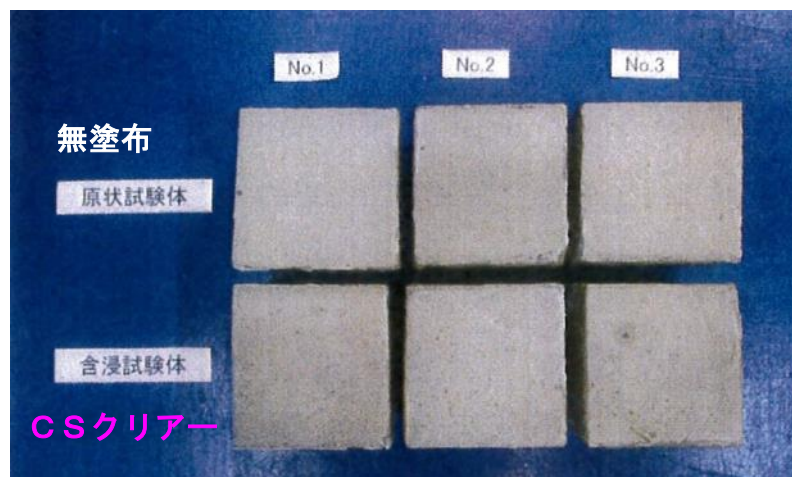


写真7 外観観察試験結果

3.2.7 5) 透水量試験の結果

(1) 試験概要

試験体（type I：100mm角・モルタル）の試験面（型枠に接していた面、1面）に、CSクリアーを塗布する。無塗布（原状試験体）は別途作製する。

28日間の気中養生後、JIS A 6909 の 7.13（透水試験B法）に準じて、図5・写真8に示すように、試験面に透水試験器具を止め付けて、透水量試験を行う。なお、試験水が蒸発しないよう、パラフィン等をたらして試験する。

試験開始時から7日後の水頭の高さを読み取り、試験開始時の高さとの差から、透水量を算出し、無塗布（原状試験体）と比較する。

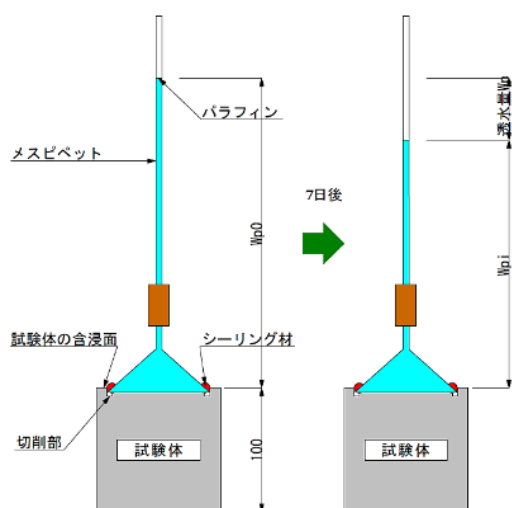


図5 透水量試験 概要図



写真8 透水量試験状況

(2) 試験結果

透水量試験の結果を表7に示す。

試験の結果、CSクリアーを塗布・浸透させた試験体の透水量は5.53m lであり、無塗布8.45m lに対し、透水比65%（抑制率35%）であった。

この結果から、CSクリアーは、コンクリート表面から塗布することで、水の浸透に対する抵抗性を向上させることが確認された。

表7 透水量試験の結果

試験体種類	透水量 (m l)	透水比 (%)	抑制率 (%)
無塗布（原状試験体）	8.45	—	—
CSクリアー	5.53	65	35

3.2.8 6) 吸水率試験の結果

(1) 試験概要

試験体（type I：100mm角・モルタル）の試験面（型枠に接していた面、2面）に、CSクリアーを塗布する。無塗布（原状試験体）は別途作製する。

28 日間の気中養生後、試験体の質量を測定し、図 6 に示すように、試験面が側面となるよう、水中に浸漬する。試験開始 7 日後に、試験体を取り出し、湿布を用いて表面の水分を除去した後、質量を測定する。

試験開始前と試験後の質量から吸水率を求め、無塗布（原状試験体）と比較する。

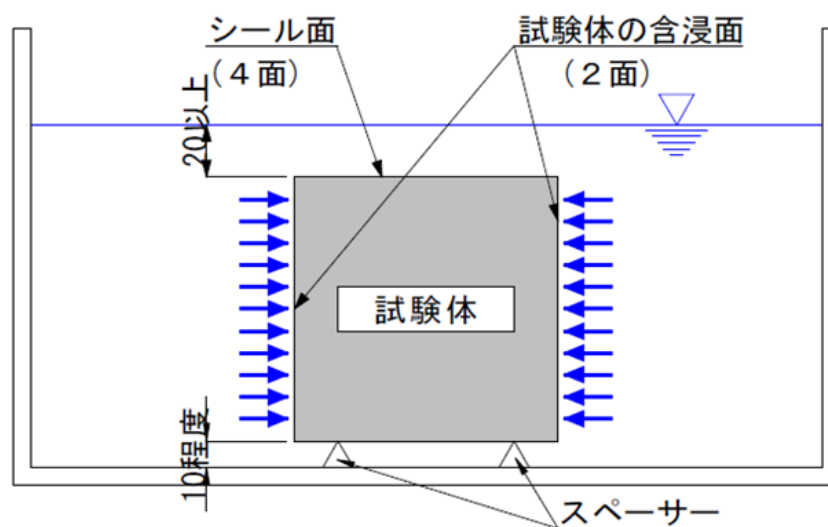


図 6 試験容器と吸水率試験の例

(2) 試験結果

吸水率試験の結果を表 8 に示す。

試験の結果、CSクリアーを塗布・浸透させた試験体の吸水率は 0.9% であり、無塗布 1.1% に対し、吸水比 82%（抑制率 18%）であった。

この結果から、CSクリアーは、コンクリート表面から塗布することで、水の浸透に対する抵抗性を向上させることが確認された。

表 8 吸水率試験の結果

試験体種類	吸水率 (%)	吸水比 (%)	抑制率 (%)
無塗布（原状試験体）	1.1	—	—
CSクリアー	0.9	82	18

3.2.9 7) 中性化に対する抵抗性試験の結果

(1) 試験概要

試験体（type I：100mm角・モルタル）の試験面（型枠に接していた面、1面）に、CSクリアーを塗布する。無塗布（原状試験体）は、CSクリアー塗布面に対向する型枠に接していた面とする。

28日間の気中養生後、JIS A1153に準拠し、二酸化炭素濃度 $5 \pm 0.2\%$ の条件下で、28日間の促進中性化を行う。促進中性化完了後、試験面を2分割するように割裂して、割裂面の中性化深さ、CSクリアー塗布面側と無塗布側をそれぞれ測定し比較する。

(2) 試験結果

中性化に対する抵抗性試験の結果を表9および写真9に示す。

試験の結果、CSクリアーを塗布・浸透させた試験体の中性化深さは4.7mmであり、無塗布7.0mmに対し、中性化深さ比67%（抑制率33%）であった。

この結果から、CSクリアーは、コンクリート表面から塗布することで、中性化に対する抵抗性を向上させることが確認された。

表9 中性化に対する抵抗性試験の結果

試験体種類	中性化深さ (mm)	中性化深さ比 (%)	抑制率 (%)
無塗布（原状試験体）	4.1	—	—
CSクリアー	1.0	24	76

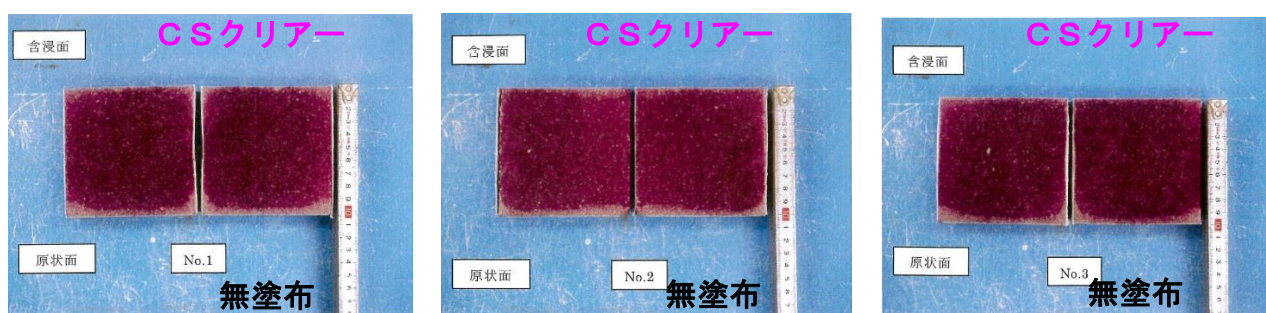


写真9 中性化に対する抵抗性試験、割裂断面（試薬噴霧後）

3.2.10 8) 塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験の結果

(1) 試験概要

試験体（type I：100mm角・モルタル）の試験面（型枠に接していた面、1面）に、CSクリアーを塗布する。無塗布（原状試験体）は、CSクリアー塗布面に対向する型枠に接していた面とする。

28日間の気中養生後、試験面が側面となるよう、塩水（濃度 $3 \pm 0.3\%$ の塩化ナトリウム水溶液）中に浸漬する。試験開始63日後に、試験体を取り出し、試験面を2分割するように割裂して、割裂面の塩化物イオン浸透深さ、CSクリアー塗布面側と無塗布側をそれぞれ測定し比較する。

(2) 試験結果

塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験の結果を表10・写真10に示す。

試験の結果、CSクリアーを塗布・浸透させた試験体の塩化物イオン浸透深さは13.6mmであり、無塗布15.0mmに対し、塩化物イオン浸透深さ比91%（抑制率9%）であった。

この結果から、CSクリアーは、コンクリート表面から塗布することで、塩化物イオン浸透に対する抵抗性を向上させることが確認された。

表 10 塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験の結果

試験体種類	塩化物イオン 浸透深さ（mm）	塩化物イオン 浸透深さ比（%）	抑制率 （%）
無塗布（原状試験体）	15.0	—	—
CSクリアー	13.6	91	9



写真 10 塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験、割裂断面（試薬噴霧後）

3.2.11 9) スケーリングに対する抵抗性試験の結果

(1) 試験概要

試験体（type I：100mm角・モルタル）の試験面（型枠に接していた面、1面）に、CSクリアーを塗布する。無塗布（原状試験体）は別途作製する。

28 日間の気中養生後、図 7 に示すように、試験体の一部を塩水（濃度 $3 \pm 0.3\%$ の塩化ナトリウム水溶液）中に浸漬し、所定の凍結融解サイクル*で試験体表面にスケーリングを生じさせ、試験面より剥離したスケーリング片の質量（スケーリング量）を測定する。

* $20^{\circ}\text{C} \rightarrow -20^{\circ}\text{C}$ [4 時間]、 -20°C 保持 [3 時間]、 $-20^{\circ}\text{C} \rightarrow 20^{\circ}\text{C}$ [4 時間]、 20°C 保持 [1 時間] の計 12 時間を 1 サイクルとし、60 サイクルまで繰り返す。

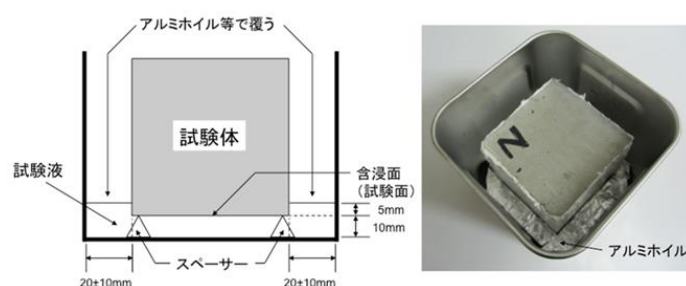


図 7 試験容器とスケーリングに対する抵抗性試験の例

(2) 試験結果

スケーリングに対する抵抗性試験の結果を表 11 および写真 11 に示す。

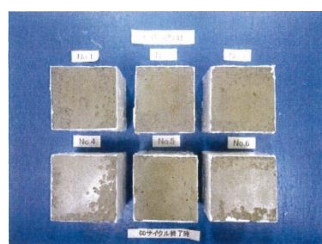
試験の結果、CSクリアーを塗布・浸透させた試験体の平均累計スケーリング量は 380.61 g/m^2 であり、無塗布 448.78 g/m^2 に対し、質量損失比 85%（抑制率 15%）であった。

この結果から、CSクリアーは、コンクリート表面から塗布することで、スケーリングに対する抵抗性を向上させることが確認された。

表 11 スケーリングに対する抵抗性試験の結果

試験体種類	平均累計スケーリング量（ g/m^2 ）	質量損失比（%）	抑制率（%）
無塗布（原状試験体）	448.78	—	—
CSクリアー	380.61	85	15

無塗布（原状試験体）



CSクリアー

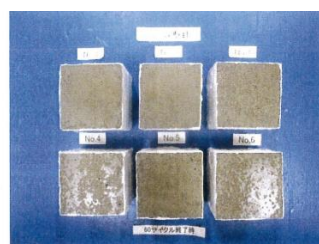


写真 11 スケーリングに対する抵抗性の試験体状況

3.2.12 10) ひび割れ透水性試験の結果

(1) 試験概要

試験体（typeⅡ：Φ75mm×h50mm・幅0.2mm以下の貫通ひび割れを導入したモルタル）を試験装置（図8・9）に取り付け、初期のひび割れ透水量を測定する。

その後、水の流出面に、CSクリアーを塗布する。

28日間の気中養生後に、CSクリアーを塗布した面の反対側が加圧面となるよう試験装置に取り付け、14日間試験を実施し、14日目の1日間のひび割れ透水量を、初期のひび割れ透水量（無塗布〔原状試験体〕）のひび割れ透水量と比較する。

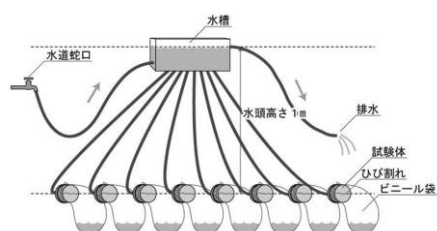


図8 ひび割れ透水性試験装置の概要図

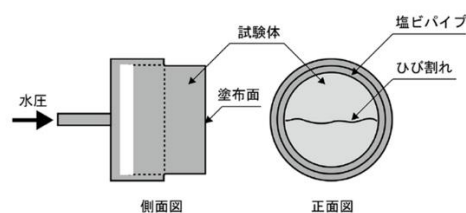


図9 試験装置の概要図、試験体加圧部

(2) 試験結果

ひび割れ透水性試験の結果を表12および写真12に示す。

試験の結果、CSクリアーを塗布・浸透させた試験体のひび割れ透水量は16,475.5 g/dayであり、無塗布 49,653.6 g/day に対し、ひび割れ透水量比 33%（抑制率 67%）であった。

この結果から、CSクリアーは、コンクリート表面から塗布することで、ひび割れ部に浸透して空隙を充填し、ひび割れのない健全部に比べ、劣化因子の侵入し易いひび割れ部の耐久性を向上させることが確認された。

表 12 ひび割れ透水性試験の結果

試験体種類	透水量 (g/day)	ひび割れ透水比 (%)	抑制率 (%)
無塗布（原状試験体）	49,653.6	—	—
CSクリアー	16,475.5	33	67%

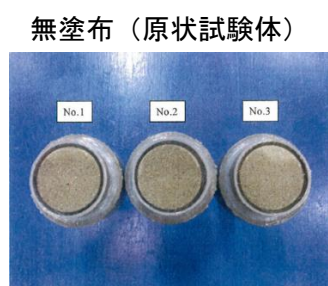


写真 12 ひび割れ透水性試験完了状況

3.2.13 11) 加圧透水性試験の結果

(1) 試験概要

試験体 (type II : $\Phi 75\text{mm} \times h 50\text{mm}$) の試験面 (型枠に接していた面) に、CS クリアーを塗布する。無塗布 (原状試験体) は別途作製する。

28 日間の気中養生後、図 10・11 に示すように、試験装置に試験体を取り付け、容器に水を注入し、窒素ガスを用いて加圧 ($0.5\text{MPa} \cdot 48\text{時間}$) する。

加圧完了後、試験体を取り出し、試験面を 2 分割するように割裂して、割裂面の水の浸透深さを測定する。

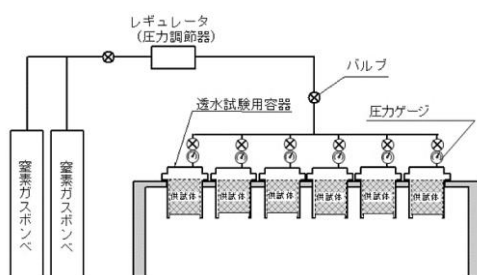


図 10 加圧透水試験装置の例

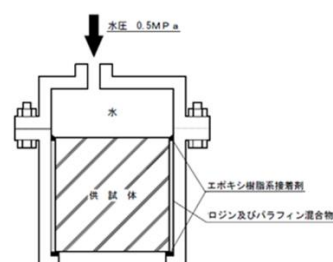


図 11 加圧透水性試験の概要図

(2) 試験結果

加圧透水性試験の結果を表 13・写真 13 に示す。

試験の結果、CS クリアーを塗布・浸透させた試験体の水の浸透深さは 7.9mm であり、無塗布 10.3mm に対し、水の浸透深さ比 77% (抑制率 33%) であった。

この結果から、CS クリアーは、コンクリート表面から塗布することで、水の浸透に対する抵抗性を向上させることが確認された。

表 13 吸水率試験の結果

試験体種類	水の浸透深さ (mm)	水の浸透深さ比 (%)	抑制率 (%)
無塗布 (原状試験体)	10.3	—	—
CS クリアー	7.9	77	33

無塗布 (原状試験体)



CS クリアー



写真 13 加圧透水性試験完了状況

3.2.14 乾燥固形分率試験

(1) 試験概要

JSCE-K572 6.2 乾燥固形分率試験に準拠し、CSクリアーを投入した容器を、デシケーター（温度 $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ）内に入れ、乾燥させ、液体（CSクリアー）中に含まれる乾燥固形分量を測定し、その割合を求める。

(2) 試験結果

乾燥固形分率試験の結果を表 14 に示す。

試験の結果、CSクリアーの乾燥固形分率は 11.3% であった。

表 14 乾燥固形分率試験の結果

材料名	乾燥固形分率 (%)
CSクリアー	11.3

※CSクリアーの JSCE-K572 試験のうち、6.2 乾燥固形分率試験については、アストン社で実施。

3.2.15 品質規格：開水路補修マニュアル「けい酸塩系表面含浸工法(反応型)」

農林水産省：農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】には、土木学会規準試験：JSCE-K572 けい酸塩系表面含浸材の試験方法（案）の結果に対する品質規格値（案）が掲載されている。

CSクリアーが該当する「けい酸塩系表面含浸工法（反応型）」の品質規格値（案）と、CSクリアーの JSCE-K572 試験結果を表 15 に示す。

表 15 けい酸塩系表面含浸工法(反応型)の品質規格値(案)と、CSクリアーの JSCE-K572 試験結果

要求性能項目		品質項目	照査方法	品質規格値(案)	CSクリアー
基本的性能	緻密度	乾燥固形分率	JSCE-K572 6.2	10%以上	11.3% 適合
	中性化抑止性	中性化抑制率	JSCE-K572 6.8	10%以上	76% 適合
個別的性能	耐凍害性	透水抑制率	JSCE-K572 6.6	20%以上	35% 適合
		吸水抑制率	JSCE-K572 6.7	10%以上	18% 適合

CSクリアーは、けい酸塩系表面含浸工法（反応型）の品質規格値（案）に適合する材料・工法であることが確認された。

3.3 表層引張強度試験

(1) 室内試験

①試験概要

CSクリア塗布による表層部を緻密化する効果を確認するため、試験体による表層引張試験を、高知大学にて実施した。

②試験体概要

試験に使用したコンクリート試験体に関する事項を表16に、塗布材（CSクリア）の概要および施工仕様に関する事項を表17に、試験概要図を図12に、試験状況を写真14に示す。

表 16 コンクリート試験体に関する事項

セメント種類	普通ポルトランドセメント
水セメント比	45%
呼び強度	27N/m ²
形状	300mm×300mm×60mm 試験面：底面（300mm×300mmの1面）

表 17 塗布材の概要および施工仕様

名 称	CSクリアー
主成分	けい酸ナトリウム
塗布面の含水率（塗布前）	約 6.0%
塗布方法	刷毛塗り
塗布回数	2 回
塗り重ね間隔	2 時間（塗布材乾燥後の湿潤散水を含む）
塗布量	500 g/m ² （400 g/m ² +100 g/m ² ）
準拠規格	JSCE-K572

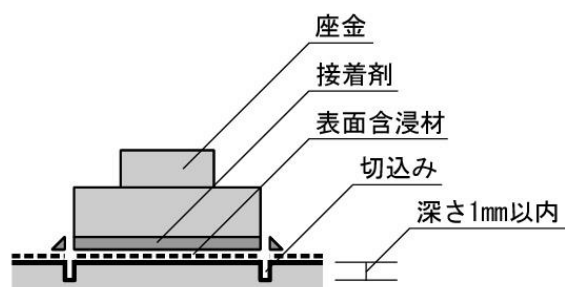


図 12 表層引張試験 概要図



写真 14 表層引張強度試験状況

③試験結果

表層引張試験の結果を図 13・表 18 に示す。

試験の結果、CS クリアーを塗布・浸透させた試験体の表層引張強度は 2.96 N/mm² であり、無塗布 2.27 N/mm² に対し、表層引張強度比 130%（向上率 30%）であった。

* 農林水産省：官民連携新技術研究開発事業「表面改質複合工法による農業用水路の長寿命型新補修技術の開発（番号 82 [H27-29]）」様式 1 研究成果報告書 P20 図-14 参照：図中の含浸材記号 C=CS クリアー

この結果から、CS クリアーは、コンクリート表面から塗布することで、表層部を緻密化し、下地を改質（強化）することが確認された。

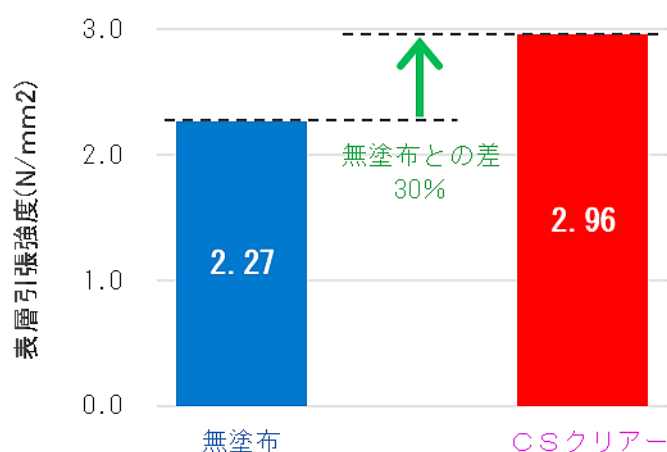


図 13 引張強度測定結果グラフ（コンクリート板）

表 18 表層引張強度試験の結果（コンクリート板）

試験体種類	表層引張強度 (N/mm ²)	表層引張強度比 (%)	向上率 (%)
無塗布	2.27	—	—
CS クリアー	2.96	130.4	30.4

④CS モルタル被覆部の表層引張強度試験

表 17 に示すコンクリート試験体、CS クリアー塗布と無塗布の表面に、標準配合のCS モルタル 100PS、CS モルタル 100P を、コテ塗りにて被覆し、表層引張強度の測定を実施した。

CS モルタル 100PS の結果を図 14・表 19 に、CS モルタル 100P の結果を図 15・表 20 に示す。

試験の結果、CSクリアーを塗布・浸透させた試験体（CSモルタル100PS被覆部）の表層引張強度は2.33N/mm²であり、無塗布2.01N/mm²に対し、表層引張強度比116%（向上率16%）であった。

また、CSクリアーを塗布・浸透させた試験体（CSモルタル100P被覆部）の表層引張強度は1.99N/mm²であり、無塗布1.33N/mm²に対し、表層引張強度比150%（向上率50%）であった。

* 農林水産省：官民連携新技術研究開発事業「表面改質複合工法による農業用水路の長寿命型新補修技術の開発（番号82[H27-29]）」様式1 研究成果報告書 P29 図-24 参照：図中の含浸材記号C=CSクリアー、PCM番号2=CSモルタル100PS、PCM番号1=CSモルタル100P

この結果から、CSクリアーは、コンクリート表面から塗布することで、表層部を緻密化し、下地を改質（強化）することで、塗布面に被覆する無機系被覆材（ポリマーセメントモルタル）の付着力を有効に発揮させることが確認された。

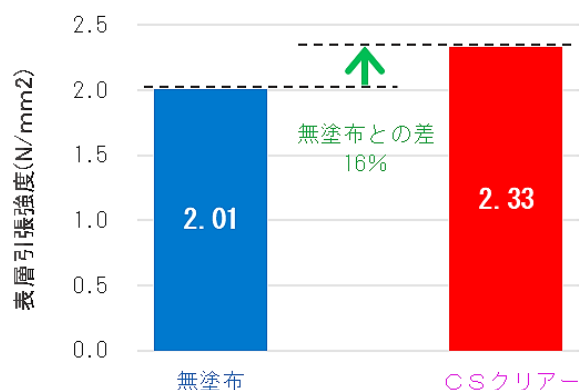


図 14 引張強度測定結果グラフ
コンクリート板・CSモルタル#100PS被覆部

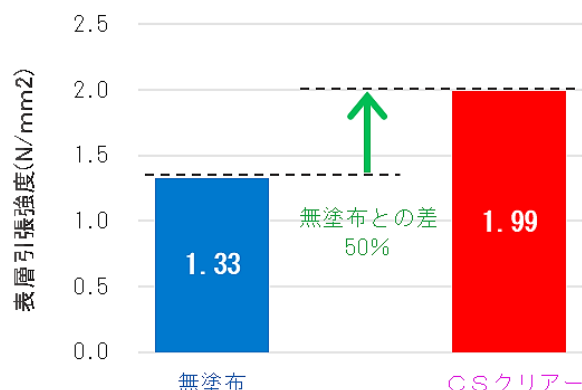


図 15 引張強度測定結果グラフ
コンクリート板・CSモルタル#100P被覆部

表 19 表層引張強度試験の結果（コンクリート板・CSモルタル#100PS被覆部）

試験体種類	表層引張強度 (N/mm ²)	表層引張強度比 (%)	向上率 (%)
無塗布	2.01	—	—
CSクリアー	2.33	115.9	15.9

表 20 表層引張強度試験の結果（コンクリート板・CSモルタル#100P被覆部）

試験体種類	表層引張強度 (N/mm ²)	表層引張強度比 (%)	向上率 (%)
無塗布	1.33	—	—
CSクリアー	1.99	149.6	49.6

(2) 実証実験

①実証実験概要

ＣＳクリアー塗布による表層部を緻密化する効果を、実構造物で確認するため、開水路補修箇所（北陸・北関東地方の２現場）において表層引張試験を実施した。

②試験箇所の概要

試験を実施したコンクリート製開水路の概要を表２１に、補修工法の概要を表２２に、補修状況を写真１５・１６に示す。

表 21 対象開水路の概要

所在地	北陸地方	北関東地方
竣工年	1991 年（平成 3 年）	1977 年（昭和 52 年）
構造	R C開水路（現場打ち）	R C開水路（現場打ち）
健全度ランク＊（補修前時点）	S-4（竣工 25 年後）	S-4（竣工 39 年後）
補修部位	側壁・底板	側壁

＊S-4＝軽微な変状が認められる状態／農水省・農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」（平成 28 年 8 月）

表 22 補修工法の概要

工 程	施工内容
下地処理工	高圧洗浄
下地改質工	ＣＳクリアー散布（400 g/m ² ）、湿潤散水
不陸調整・無機系被覆工	ＣＳモルタル#100PS・コテ塗り（不陸調整+3mm厚）
表面保護工	ＣＳクリアー塗布（100 g/m ² ）、湿潤散水



写真 15 開水路補修状況（北陸地方）



写真 16 開水路補修状況（北関東地方）

③試験結果

高圧洗浄後（補修前）と、補修から１年後の追跡調査時に実施した表層引張試験について、北陸地方の結果を図１６・表２３に、北関東地方の結果を図１７・表２４に示す。

試験の結果*、北陸地方の補修１年後（グラフ・表の「ＣＳクリアー」）における表層引張強度は 1.77 N/mm² であり、補修前（図 16・表 23 の「無塗布」）1.43 N/mm² に対し、表層引張強度比 124%（向上率 24%）であった。

また、北関東地方の補修１年後における表層引張強度は 2.25 N/mm² であり、補修前（図 17・表 24 「無塗布」）1.50 N/mm² に対し、表層引張強度比 150%（向上率 50%）であった。

* 農林水産省：官民連携新技術研究開発事業「表面改質複合法による農業用水路の長寿命型新補修技術の開発（番号 82 [H27-29]）」様式 1 研究成果報告書 P43 図-34 参照

この結果から、ＣＳクリアーは、補修時の下地処理材として既設コンクリートに塗布することで、表層部を緻密化し、下地を改質（強化）することで、後から被覆する無機系被覆材（ポリマーセメントモルタル）の付着力を有効に発揮させることが確認された。

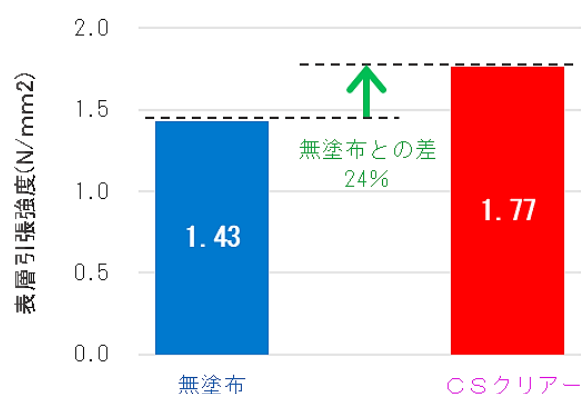


図 16 引張強度測定結果グラフ
無塗布〔補修前〕と補修１年後（北陸地方）

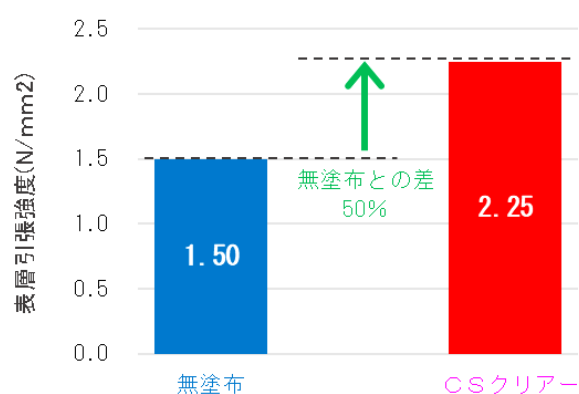


図 17 引張強度測定結果グラフ
無塗布〔補修前〕と補修１年後（北関東地方）

表 23 表層引張強度試験の結果（無塗布〔補修前〕と補修１年後（北陸地方））

試験体種類	表層引張強度 (N/mm ²)	表層引張強度比 (%)	向上率 (%)
無塗布	1.43	—	—
ＣＳクリアー	1.77	123.8	23.8

表 24 表層引張強度試験の結果（無塗布〔補修前〕と補修１年後（北関東地方））

試験体種類	表層引張強度 (N/mm ²)	表層引張強度比 (%)	向上率 (%)
無塗布	1.50	—	—
ＣＳクリアー	2.25	150.0	50.0

3.4 摩耗試験

(1) 試験概要

CSクリアー塗布による耐摩耗性の向上効果を確認するため、摩耗試験を建材試験センターにて実施した。

(2) 試験体概要

試験に使用したモルタル試験体に関する事項を表25に、塗布材（CSクリアー）の概要および施工仕様に関する事項を表26に、試験条件を表27に示す。

表 25 モルタル試験体に関する事項

セメント種類	普通ポルトランドセメント
水セメント比	50%
砂セメント	3
形状	100mm×100mm×10mm 試験面：押え面（100mm×100mmの1面）
準拠規格	JIS R 5201

表 26 塗布材の概要および施工仕様

名 称	CSクリアー
主成分	けい酸ナトリウム
塗布前のモルタル基板の含水率	約 6.0%
塗布方法	刷毛塗り
塗布回数	1 回
塗布量	100 g /m ²
準拠規格	JSCE-K572

表 27 試験条件

項 目	条 件
試験荷重	9.8N
回転数	1000 回転
摩耗輪	CS17
準拠規格	JIS K 7204（プラスチック摩耗輪による摩耗試験方法）付属書 1（規定）

(3) 試験概要

試験装置に、無塗布とＣＳクリアーを塗布した試験体をそれぞれ取り付け、JIS K 7204 による摩耗試験を実施し、試験体の質量減少量（摩耗量）の測定結果を無塗布と比較する。

試験装置・試験体を写真 17 に示す。

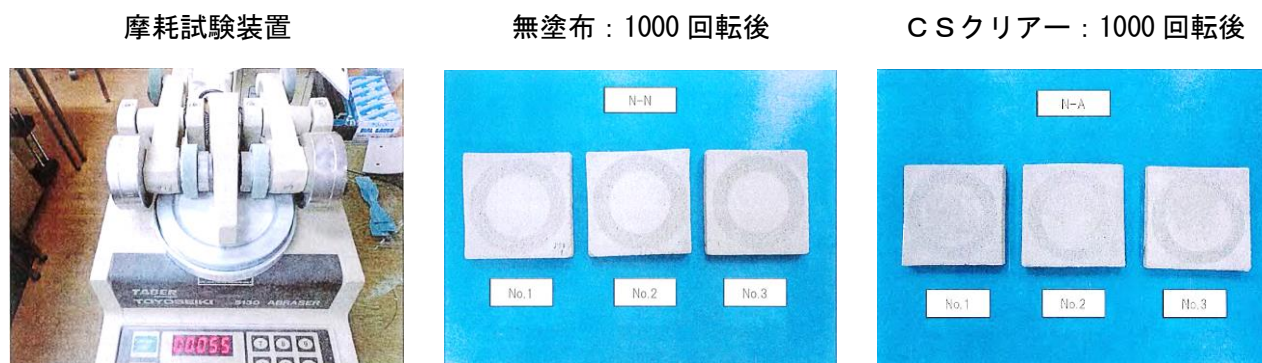


写真 17 摩耗試験装置・試験体

(4) 試験結果

摩耗試験の結果を図 18、表 28 に示す。

試験の結果、ＣＳクリアーを塗布・浸透させたモルタル試験体は、質量減少量：0.76 g であり、無塗布の質量減少量：1.17 g に対し、質量減少量比：65%（抑制率 35%）であった。

この結果から、ＣＳクリアーは、モルタルに塗布することで、耐摩耗性を向上させることが確認された。

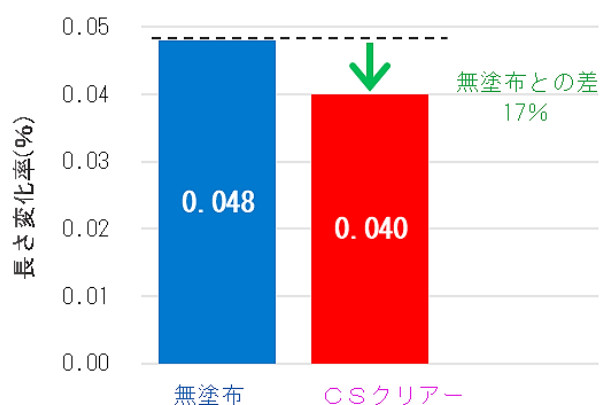


図 18 摩耗試験結果（質量減少量）グラフ

表 28 摩耗試験の結果

測定結果 (1000 回転後)	J I Sモルタル		無塗布との比 (%)	抑制率 (%)
	無塗布	ＣＳクリアー		
質量減少量 (g)	1.17	0.76	65.0	35.0

4. CSモルタルへのCSクリア塗布による効果

4.1 CSモルタルの概要

CSモルタル（写真18）は、農業水利構造物（コンクリート製開水路等）などの補修・改修時に、無機系被覆材・断面修復材として使用するポリマーセメントモルタルである。

CSモルタル#100PS【速硬型】		CSモルタル#100P【普通型】	
	形態：プレミックスモルタル		形態：プレミックスモルタル
	密度：2.9 g/cm ³		密度：2.7 g/cm ³
	主成分		主成分
	速硬セメント		ポルトランドセメント
	粉末樹脂（アクリル系）		粉末樹脂（アクリル系）
	骨材、繊維、特殊混和材		骨材、繊維、特殊混和材

写真 18 CSモルタルの製品概要

水と練り混ぜるだけで使用できるプレミックスタイプであり、繊維で補強されているため、ひび割れや剥離に対する抵抗性を有しており、耐久性・耐候性に優れている。

CSモルタルは、表29に示すように、農林水産省：農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】無機系被覆工法の品質規格値を満たしている。

表 29 CSモルタルの試験結果

要求性能	品質項目	照査方法	CSモルタル		品質規格値*
			#100PS	#100P	
中性化抑止性	中性化深さ (mm)	JIS A 1153 (4 週間)	2	0	5mm 以下
付着性	付着強度 (N/mm ²)	JSCE-K 561 (乾湿・温冷繰返し回数 は 10 サイクル)	標準条件	1.8	1.5N/mm ² 以上
			多湿条件	1.9	
			低温条件	1.7	
			水中条件	1.5	1.0N/mm ² 以上
			乾湿繰返し条件	2.2	
			温冷繰返し条件	1.8	
一体化性	圧縮強度 (N/mm ²)	JSCE-K 561 (28 日間養生)	39.8	53.6	21N/mm ² 以上
寸法安定性	長さ変化率 (%)	JIS A 1129	0.048	0.039	0.05%以下
耐摩耗性	摩耗深さ	水砂噴流摩耗試験 (材齢 28 日, 10 時間)	1.25	1.07	1.5 以下
耐凍害性	相対動弾性係数	JIS A 1148 (A 法 300 サイクル)	92	93	85 以上

* 農林水産省：農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】

無機系被覆工法・断面修復工法に使用する材料・工法の品質規格値（案）

4.2 寸法安定性

(1) 試験概要

ＣＳクリアー塗布によるＣＳモルタルの乾燥収縮への影響を確認するため、長さ変化率試験を建材試験センターにて実施した。

(2) 試験手順

標準配合のＣＳモルタル#１００ＰＳにより、測定用チップを有する試験体：40×40×160mm【図１９】を作製。

材齢 28 日時点で、全面（6 面）にＣＳクリアーを塗布し、試験体を作製。

作製した試験体を温度 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $60\%\pm 5\%$ 環境下に静置し、JIS A1129 モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法に準拠して、材齢 28 日を初期値として、長さを 4 週間（28 日間）測定し、長さ変化率を無塗布と比較する。

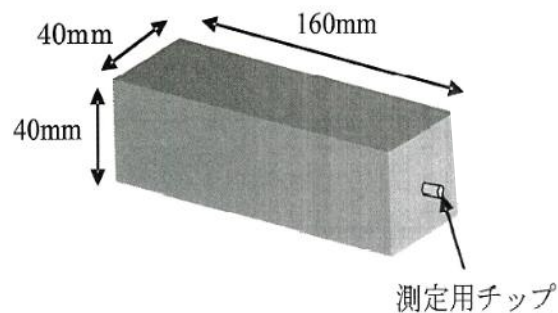


図 19 長さ変化率試験、試験体概要図

(3) 試験結果

長さ変化率試験の結果を図 20、表 30 に示す。

試験の結果、ＣＳクリアーを塗布・浸透させた試験体は、長さ変化率：0.040%であり、無塗布の長さ変化率：0.048%に対し、長さ変化率比：83%（抑制率 17%）であった。

この結果から、ＣＳクリアーは、ＣＳモルタルに塗布することで乾燥収縮を抑制することが確認された。

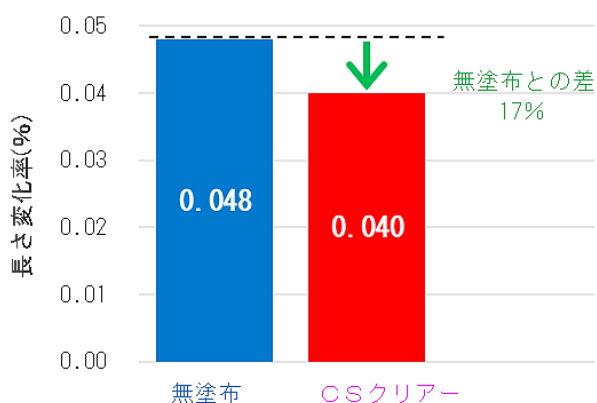


図 20 長さ変化率試験結果グラフ

表 30 長さ変化率試験の結果

測定結果	ＣＳモルタル#１００ＰＳ		無塗布との比 (%)	抑制率 (%)
	無塗布	ＣＳクリアー		
長さ変化率 (%)	0.048	0.040	83.3	16.7

4.3 耐摩耗性

(1) テーバー摩耗試験

①試験概要

CSクリアー塗布によるCSモルタルの耐摩耗性への影響を確認するため、テーバー摩耗試験を建材試験センターにて実施した。

②試験手順

標準配合のCSモルタル#100PS・CSモルタル#100Pにより、形状：100mm×100mm×10mmの試験体を作製。（CSクリアー塗布と無塗布を作製）

JIS K 7204（荷重 9.8N、摩耗輪 CS17、1000 回転）による摩耗試験を実施し、試験体の摩耗質量の測定結果を無塗布と比較する。

③試験結果

テーバー摩耗試験の結果を図21・22、表31に示す。

試験の結果、摩耗減少量比は、CSモルタル#100PS：無塗布 0.33 g・CSクリアー塗布 0.26 g、CSモルタル#100P：無塗布 0.21 g・CSクリアー塗布 0.18 gであった。

この結果から、CSモルタルは、CSクリアーを塗布することで、耐摩耗性が向上することが確認された。

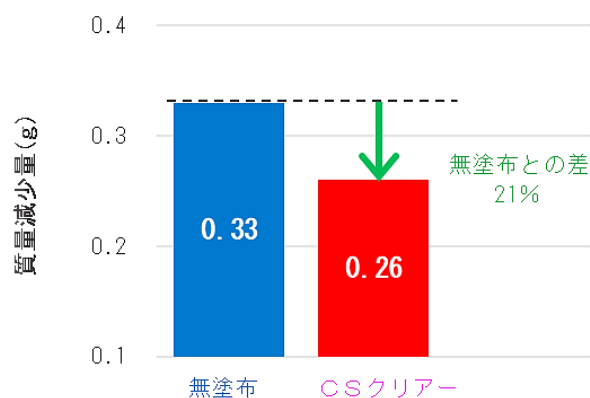


図21 試験結果グラフ (#100PS)

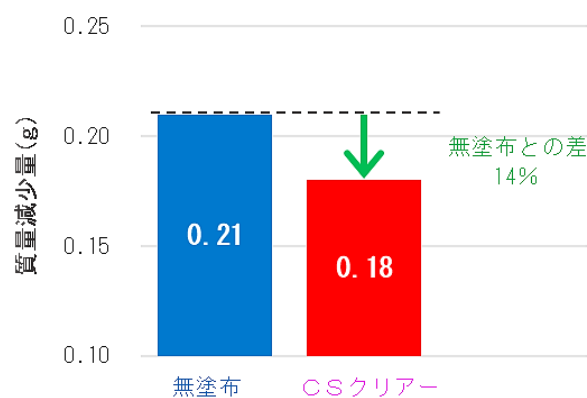


図22 試験結果グラフ (#100P)

表31 摩耗試験の結果

測定結果 (1000 回転後)	質量減少量 (g)		無塗布との比 (%)	抑制率 (%)
	無塗布	CSクリアー		
CSモルタル#100PS	0.33	0.26	78.8	21.2
CSモルタル#100P	0.21	0.18	85.7	14.3

(2) 水砂噴流摩耗試験

①試験概要

CSクリア塗布によるCSモルタルの耐摩耗性への影響を確認するため、水砂噴流摩耗試験を島根大学にて実施した。

②試験手順

標準配合のCSモルタル#100PS・CSモルタル#100P、および標準モルタル（JIS R 5201）により、形状：195×145×40mmの試験体を作製。（CSモルタルは、CSクリア塗布と無塗布を作製）

図23に示す試験装置に作製した試験体を取り付け、珪砂混入圧力水を10時間噴射し、レーザー変位計により摩耗深さ測定。試験体（例）を写真19に示す。

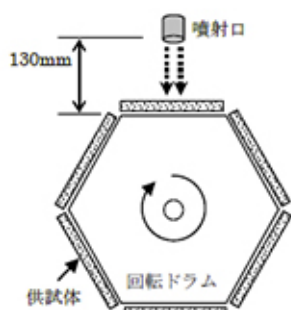


図23 試験概要図

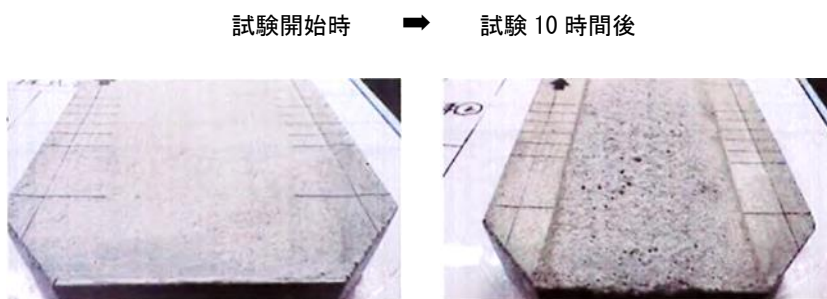


写真19 試験体（例）

③試験結果

水砂噴流摩耗試験の結果を図23・24に示す。

試験の結果、標準モルタルに対する摩耗深さ比は、CSモルタル#100PS：無塗布 1.25・CSクリア塗布 1.09、CSモルタル#100P：無塗布 1.07・CSクリア塗布 0.89であった。

この結果から、CSモルタルは、無塗布でも品質規格値：1.5 以下*を満たすが、CSクリアを塗布することで、耐摩耗性が更に向上することが確認された。

* 農林水産省：農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】無機系被覆工法の品質規格値

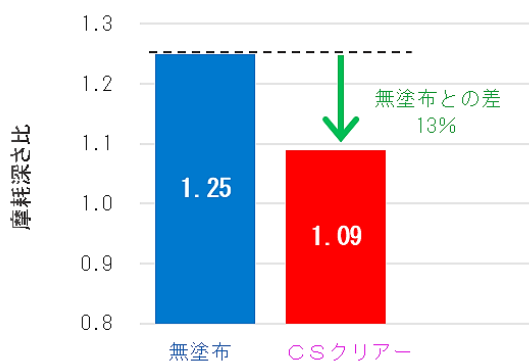


図23 試験結果グラフ（#100PS）

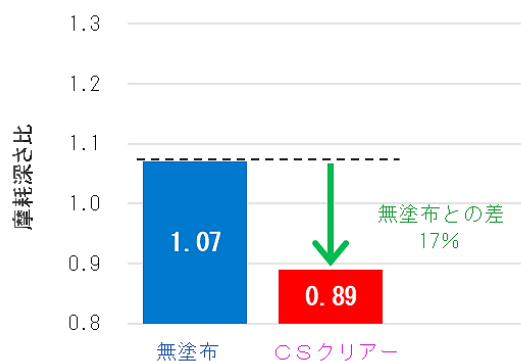


図24 試験結果グラフ（#100P）

4.4 耐凍害性

(1) 試験概要

CSクリアー塗布によるCSモルタルの耐凍害性への影響を確認するため、凍結融解試験を建材試験センターにて実施した。

(2) 試験手順

標準配合のCSモルタル#100PSにより、形状：100×100×400mmの試験体を作製。（CSクリアー塗布試験体は、材齢2日後の脱型後、全面〔6面〕にCSクリアーを塗布）。

材齢28日まで、試験室（温度20℃・相対湿度80%以上）に静置し、JIS A1148（A法300サイクル）に準拠し、凍結融解試験を実施した。

(3) 試験結果

凍結融解試験の結果を図25に示す。

試験の結果、300サイクル後の相対動弾性係数は、CSクリアーを塗布・浸透させた試験体：96であり、無塗布の相対動弾性係数：92に対し、相対動弾性係数比：104%（向上率4%）であった。

この結果から、CSモルタル#100PSは、無塗布でも品質規格値：85以上*を満たすが、CSクリアーを塗布することで、耐凍害性が更に向上することが確認された。

* 農林水産省：農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】無機系被覆工法の品質規格値

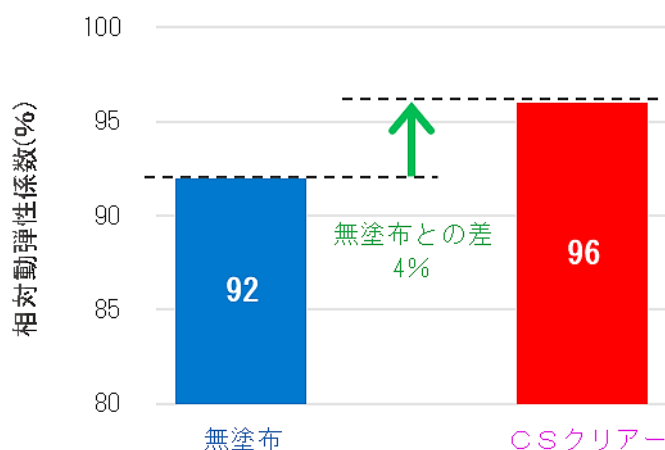


図 25 凍結融解試験結果グラフ

4.5 まとめ

試験の結果、CSモルタルにCSクリアーを塗布することで、乾燥収縮を抑制し、耐摩耗性・耐凍害性を向上させることが確認された。