

# 技 術 資 料

## CS－21

塗布工法によるひび割れ・打継目の耐久性向上対策

Version 1.2





# 目 次

1. CS-21とは .....	2
2. CS-21の特徴 .....	3
3. CS-21の性能 .....	4
3.1 塗布工法によるひび割れ・打継目の耐久性向上効果の確認試験結果.....	4
3.2 JSCE-K572 ひび割れ透水性試験 .....	5
(1) 試験概要 .....	5
(2) 試験体概要 .....	6
(3) 試験方法概要 .....	7
(4) 試験結果：①モルタル試験体 .....	8
(5) 試験結果：②コンクリート試験体 .....	9
3.3 ③ひび割れを導入したHPFRCC試験体による透水試験.....	10
3.4 ④ひび割れを導入したコンクリート試験体の曝露試験 .....	11
3.5 ⑤打継目の中性化に対する抵抗性試験 .....	12
3.6 ⑥型枠合わせ目部を含む採取コアの透気試験 .....	13

## 1. CS-21とは

CS-21は、写真1・表1に示す液体材料をコンクリート表面から塗布または散布、あるいは注入し、浸透させることで、コンクリートの躯体防水・表面保護・打継ぎ部処理、ひび割れ補修、止水などを行う材料である。



写真1 CS-21 (5kgポリ缶)

表1 CS-21の物性

項目	CS-21
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 <sup>3</sup> )	1.24~1.28
pH値	11.3~12.3
乾燥固形分率(%)	31.5~33.5
粘度 (mPa・s)	5.0~15.0

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-21は、**反応型けい酸塩系表面含浸材**に該当する。

ひび割れ補修工法としては、土木学会：コンクリート標準示方書【維持管理編】における分類(図2)の**表面含浸工法**に該当する。表面含浸工法について、日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針2022では、表面被覆工法(ひび割れ被覆工法)の類似工法として「ひび割れ深部でのコンクリートの緻密化による閉塞が期待できるため、表面上はひび割れが閉塞されていなくても防水効果が期待できる」と掲載されている。

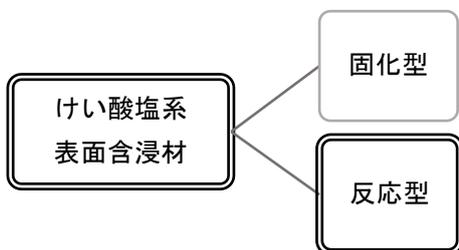


図1 けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案)における材料の種類

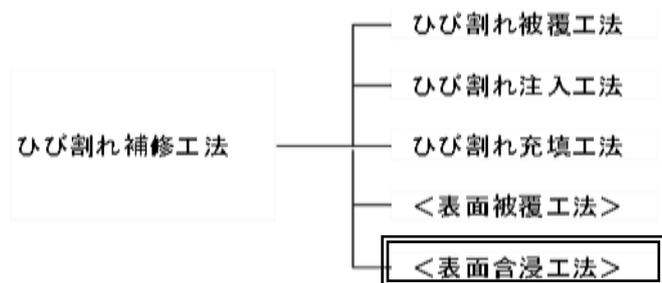


図2 コンクリート標準示方書【維持管理編】におけるひび割れ補修工法の分類

本資料では、CS-21シリーズ製品：CS-21の塗布によるひび割れ・打継目の耐久性向上対策の概要を紹介する。

## 2. CS-21の特徴

CS-21は、図3・図4に示すように、硬化した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。

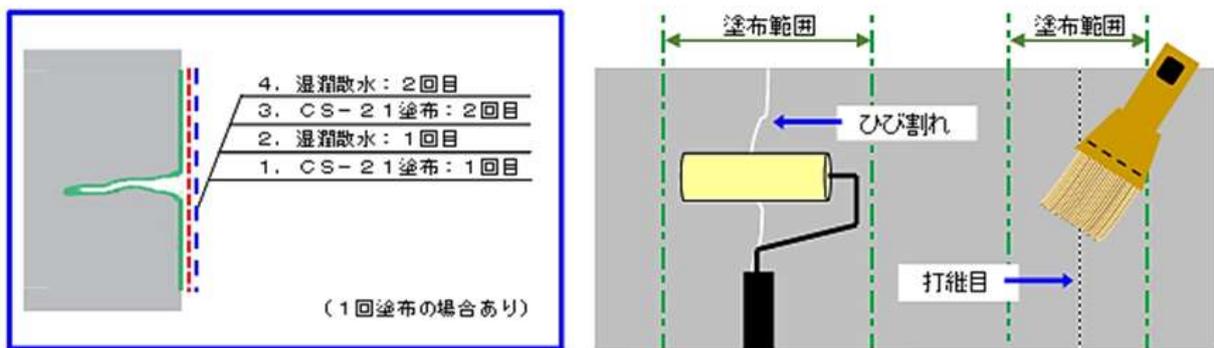


図3 CS-21 工程概要図

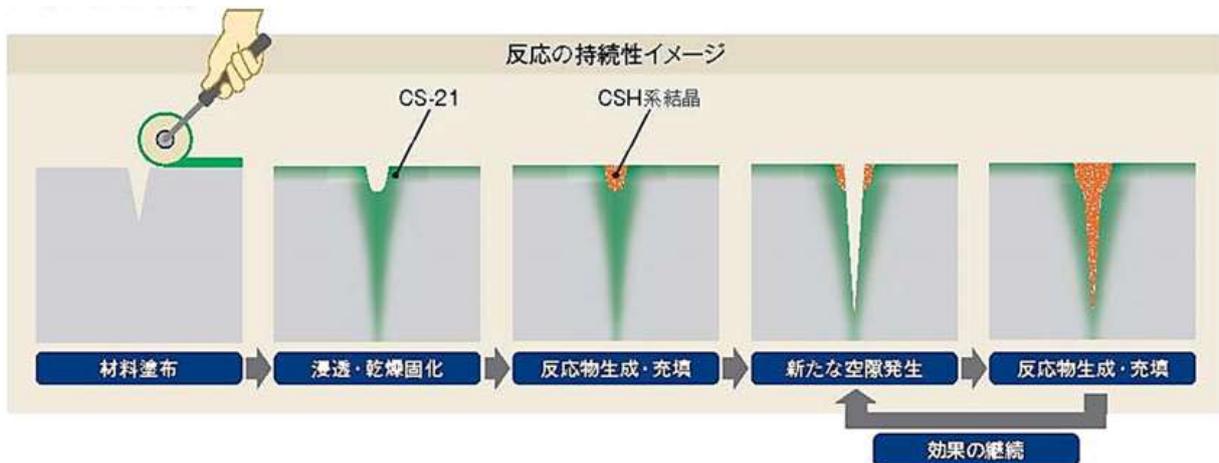


図4 CS-21 概要図

### CS-21の特徴

- 空隙の充填率を高めるため、高濃度の材料を希釈せず原液のまま使用
- コンクリート構造物(駐車場・屋上・地下・水槽等)の躯体防水が可能
- 開発1993年、施工実績の追跡調査により15年以上の効果持続性が確認済

### 3. CS-21の性能

#### 3.1 塗布工法によるひび割れ・打継目の耐久性向上効果の確認試験結果

CS-21 塗布工法によるひび割れ、および打継目の耐久性向上効果の確認試験結果を表2に示す。

表2 ひび割れ・打継目の耐久性向上効果、確認試験結果

試験項目	試験結果
①JSCE-K572 ひび割れ透水性試験【モルタル】	ひび割れ透水量比 1% (抑制率 99%)
②JSCE-K572 ひび割れ透水性試験【コンクリート】	ひび割れ透水量比 1% (抑制率 99%)
③ひび割れを導入した HPFRCC 供試体による透水試験	透水量比 4~24% (抑制率 76~96%)
④ひび割れを導入した試験体による曝露試験	ひび割れ部の塩化物イオン浸透深さ比 40% (抑制率 60%)
⑤打継部の中性化に対する抵抗性試験	打継ぎ部の中性化深さ比 66% (抑制率 34%)
⑥型枠合わせ目部を含む採取コアの透気試験	型枠合わせ目部の透気係数比 3% (抑制率 97%)

試験の結果、CS-21は、

- ・コンクリート表面から塗布することで、ひび割れや打継目等の空隙内に浸透し、ひび割れや打継目等の空隙から、水や劣化因子が浸透することを抑制して、耐久性を向上させる性能を有すること
- ・上記の性能は、コンクリートの材齢を問わず、新設から表層部の中性化した材齢の古い既設の場合、およびポリマーや繊維を含む場合にも発揮されることが確認された。

#### ■ CS-21 塗布ひび割れ補修工法の適用範囲 (例)

- ① 乾燥収縮などにより、施工中または竣工後の早い時点で顕在化し、数年以内に収束すると考えられる非進行性のひび割れ。(評価 I に該当するひび割れ)
- ② 挙動が小さく、漏水がない場合。
- ③ ひび割れ幅 0.2mm 程度以下\* の場合。

\* 鋼材腐食の観点からのひび割れの部材性能への影響：小 (20 年耐久性)、オーナーによる期待延命期間：20 年以上の場合、環境条件ごとの適用ひび割れ幅は下表のとおり。

環境条件	適用ひび割れ幅
塩分環境下	幅 0.2mm 以下
水掛かりあり	幅 0.3mm 以下
水掛かりなし	幅 0.4mm 以下

※左表は、「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 2022」に基づく検討例であり、補修の要否・工法選定の最終判断はオーナー（施設管理者等）が行うものであることにご留意ください。

### 3.2 JSCE-K572 ひび割れ透水性試験

#### (1) 試験概要

CS-21 塗布工法による ひび割れ補修性能を確認するため、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） ひび割れ透水性試験を、岡山大学に依頼し実施した。

表 3 試験概要

試験名	試験規格*	試験体の種類**
ひび割れ透水性試験	6.11	Type II : モルタル試験体
		Type II : コンクリート試験体

\* 試験規格は、JSCE-K572 の適用箇条を示す。

\*\* 試験体 Type II を図5・図6に示す。

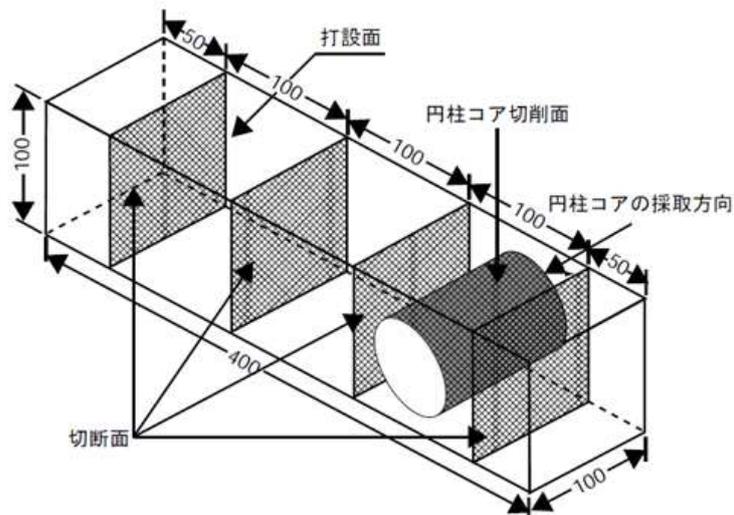


図5 円柱コア（試験体 Type II）の切削方法（単位：mm）

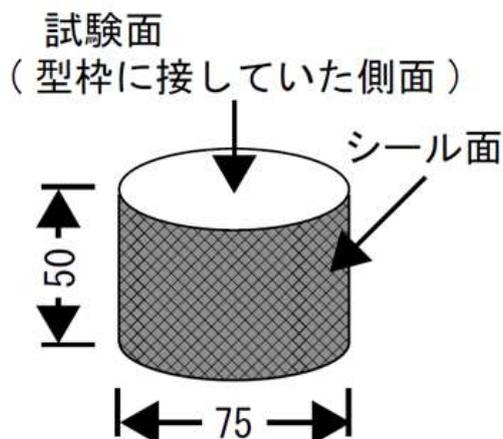


図6 試験体 Type II 概要図（単位：mm）

(2) 試験体概要

試験に使用した Type II 試験体、モルタルに関する事項を表 4 に、コンクリートに関する事項を表 5 に、塗布材（CS-21）の概要および施工仕様に関する事項を表 6 に示す。

表 4 Type II : 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	55%
砂セメント比	3
形状	Φ75mm × h 50mm (幅 0.2mm 以下の貫通ひび割れを導入)

表 5 Type II : 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	55% (単位水量 175kg/m <sup>3</sup> ・セメント量 318kg/m <sup>3</sup> )
細骨材率	49%
形状	Φ75mm × h 50mm (幅 0.2mm 以下の貫通ひび割れを導入)

表 6 塗布材の概要および施工仕様

名称	CS-21
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
塗布量	合計 300 g/m <sup>2</sup> (150 g/m <sup>2</sup> × 2 回)
塗布量中の乾燥固形分量	95.7 g/m <sup>2</sup> (乾燥固形分率 31.9%)
含浸後の養生方法	温度 20±2°C 相対湿度 80%以上 14 日間、その後、相対湿度 60%±5%14 日間

### (3) 試験方法概要

試験体 (type II :  $\Phi 75\text{mm} \times h 50\text{mm}$  ・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7・図8) 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-21を塗布する。

28日間の気中養生後に、CS-21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。

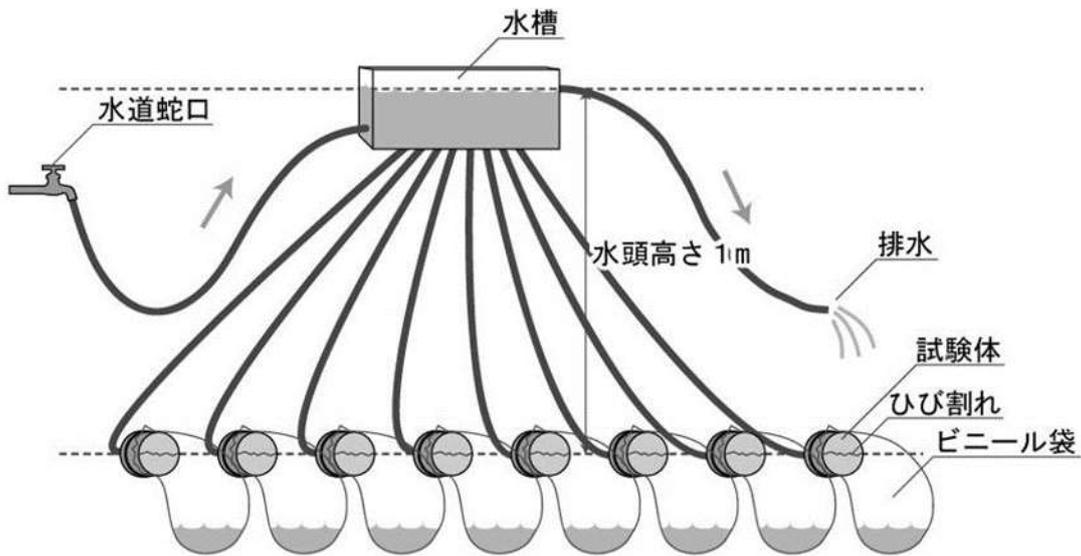


図7 ひび割れ透水性試験装置の概要図

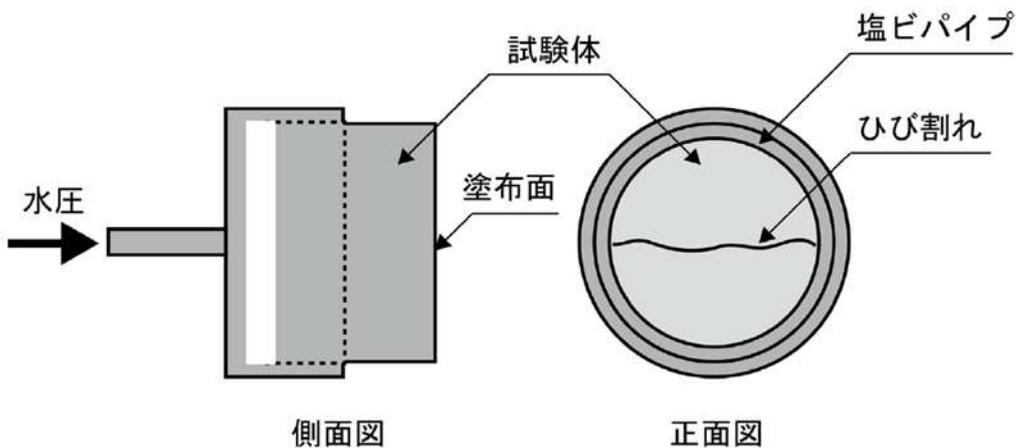


図8 ひび割れ透水性試験装置の概要図、試験体加圧部

(4) 試験結果：①モルタル試験体

ひび割れ透水性試験の結果を表7および写真2に示す。

試験の結果、CS-21を塗布・浸透させた試験体のひび割れ透水量は17.3g/dayであり、無塗布1,888.4g/dayに対し、ひび割れ透水量比1%（抑制率99%）であった。

この結果から、CS-21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7 モルタル試験体による 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）	1,888.4	—	—
CS-21	17.3	0.92	99.08%

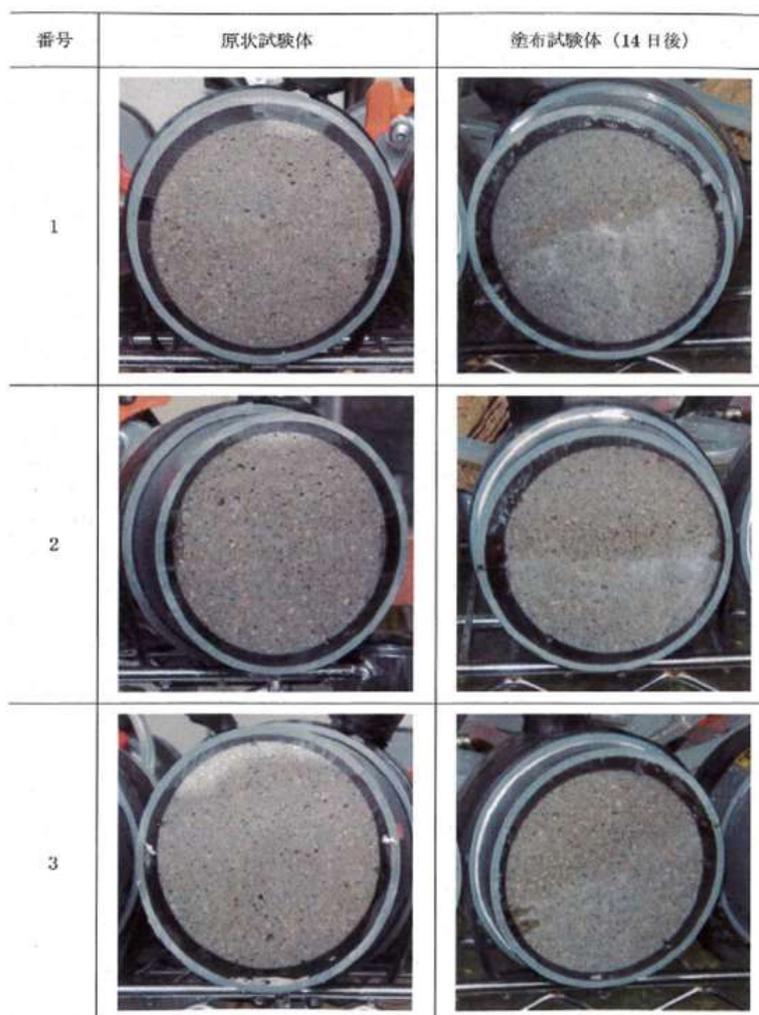


写真2 ひび割れ透水性試験完了状況（モルタル）

(5) 試験結果：②コンクリート試験体

ひび割れ透水性試験の結果を表 8 および写真 3 に示す。

試験の結果、CS-21 を塗布・浸透させた試験体のひび割れ透水量は 6.5 g/day であり、無塗布 807.3 g/day に対し、ひび割れ透水量比 1% (抑制率 99%) であった。

この結果から、CS-21 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 8 コンクリート試験体による 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)	807.3	—	—
CS-21	6.5	0.81	99.19%

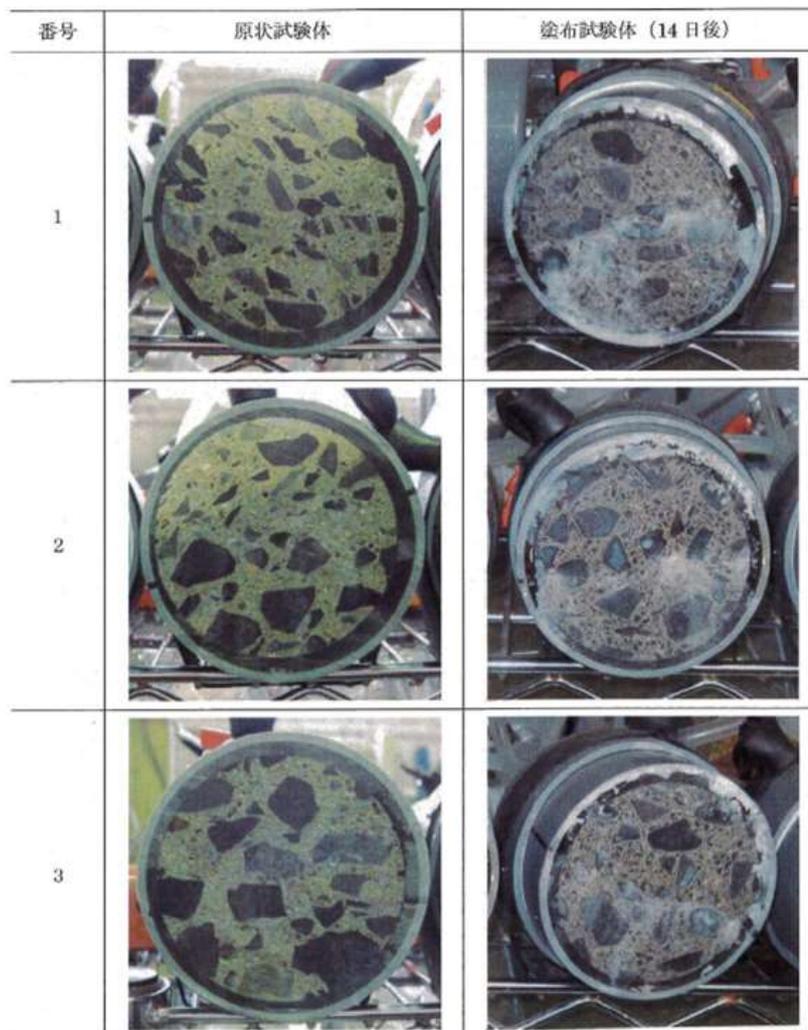


写真 3 ひび割れ透水性試験完了状況 (コンクリート)

### 3.3 ③ひび割れを導入したHPFRCC試験体による透水試験

#### (1) 試験概要

CS-21 塗布による微細空隙へ浸透性、および空隙充填性を確認するため、HPFRCC（複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料）により、割裂によってひび割れを導入したΦ=100mmの円盤型供試体を作製し、試験水頭差 15mの透水試験\*により、CS-21 塗布前と塗布後に同一箇所の透水量測定を実施した。

\*論文「ひび割れが発生した HPFRCC への含浸剤塗布による性能改善効果」, 第 65 回 農業農村工学会 中国四国支部講演会講演要旨集, II-06, 2010 参照

#### (2) 試験結果

透水試験の結果を図9・表9に示す。

試験の結果、CS-21 を塗布・浸透させた供試体の透水量は、塗布前の約 4~24%であり、塗布前に比べ、76~96%抑制する結果となった。処理方法としては、塗布量が多く、塗布後の養生期間の長い方が、透水量の抑制効果が高い結果が得られた。

この結果から、CS-21 は、繊維およびポリマーを含むセメント系材料の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。

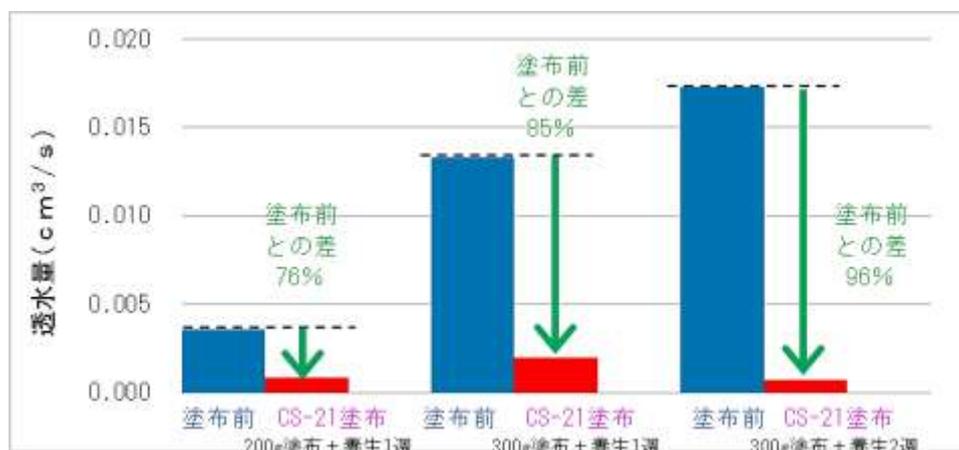


図9 透水試験結果グラフ

表9 透水試験の結果

番号	処理方法	透水量 (cm³/s)		塗布前比 (%)	抑制率 (%)
		塗布前	塗布後		
No.3	200g 塗布 (200g/m² × 1) + 養生 1 週	0.0036	0.0009	23.9	76.1
No.2	300g 塗布 (150g/m² × 2) + 養生 1 週	0.0133	0.0019	14.5	85.5
No.1	300g 塗布 (150g/m² × 2) + 養生 2 週	0.0173	0.0007	4.0	96.0

### 3.4 ④ひび割れを導入したコンクリート試験体の曝露試験

#### (1) 試験概要

CS-21 塗布による微細空隙へ浸透性、および空隙充填性を確認するため、外側に塩ビ管 VU100 型枠を残置したままのΦ107mm×h250mm・幅0.1mm程度のひび割れを導入したコンクリート円柱供試体を作製し、上水道施設配水池内に3年間曝露（水道水に浸漬）\*した後、無塗布とCS-21塗布のひび割れ部の塩化物イオン浸透深さ測定を実施した。

\* 論文『配水池の経年劣化に対する「けい酸塩系表面含浸材」の効果検証報告』, 全国会議（水道研究発表会）講演集, pp. 518 - 519, 2017 参照：論文中のけい酸塩系表面含浸材＝CS-21

#### (2) 試験結果

ひび割れ部の塩化物イオン拡散状況確認試験の結果を図10、表10に示す。

試験の結果、曝露3年後の塩化物イオン浸透深さは、CS-21を塗布・浸透させた試験体では、19.6mmであり、無塗布48.8mmに対し、塩化物イオン浸透深さ比40%（抑制率60%）であった。

この結果から、CS-21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、ひび割れからの塩化物イオンの浸透（拡散）を抑制することが確認された。

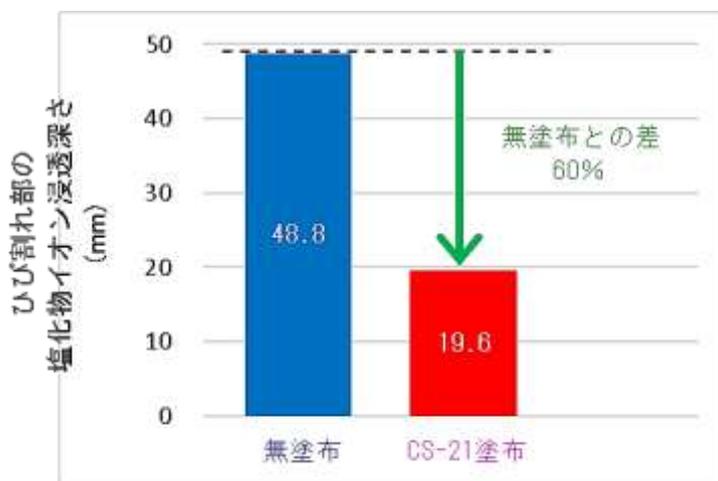


図10 ひび割れ部の塩化物イオン浸透深さグラフ（曝露3年後）

表10 ひび割れ部の塩化物イオン拡散状況確認試験の結果

処理方法	ひび割れ部の塩化物イオン浸透深さ (mm)	無塗布との比 (%)	抑制率 (%)
無塗布	48.8	—	—
CS-21	19.6	40.2	59.8

### 3.5 ⑤打継目の中性化に対する抵抗性試験

#### (1) 試験概要

CS-21塗布による微細空隙へ浸透性、および空隙充填性を確認するため、打継目を有するコンクリート試験体を作製し、促進中性化試験\*により、無塗布とCS-21塗布の打継部の中性化深さ測定を実施した。

\*論文「表面含浸材を適用したコンクリート打継部の中性化抑制に関する検討」、とびしま技報, No.67, 2019 参照：論文中の含浸材A=CS-21

#### (2) 試験結果

打継目の中性化に対する抵抗性試験（促進中性化56日間）の結果を図11・表11に示す。

試験の結果、CS-21を塗布・浸透させた試験体の打継部の中性化深さは11.6mmであり、無塗布：17.6mmに対し34%抑制する結果となった。

この結果から、CS-21は、コンクリート表面から塗布することで、打継部に浸透して充填し、打継のない一般部に比べ、劣化因子が侵入し易い打継部の耐久性を向上させることが確認された。



図11 打継部の中性化深さ測定結果グラフ

表11 中性化に対する抵抗性試験の結果

処理方法	打継部の中性化深さ (mm)	無塗布との比 (%)	抑制率 (%)
無塗布	17.6	—	—
CS-21	11.6	65.9	34.1

### 3.6 ⑥型枠合わせ目部を含む採取コアの透気試験

#### (1) 試験概要

CS-21 塗布による微細空隙へ浸透性、および空隙充填性を確認するため、凍害・塩害の複合劣化を受けた経年 22 年のコンクリート電柱から、型枠合わせ目部を含むコアを採取し、室内透気試験\*により、CS-21 塗布前と塗布後に同一箇所の透気係数測定を実施した。

\* 論文「コンクリート電柱の塩害劣化メカニズムの解明と長寿命化手法の基礎的検討」、コンクリート工学年次論文集、Vol.36, No.1, 2014 参照

#### (2) 試験結果

室内透気試験の結果を図 12・表 12 に示す。

試験の結果、CS-21 を塗布・浸透させた型枠合わせ目部を含むコアの透気係数は  $0.09 \times 10^{-16} \text{m}^2$  であり、塗布前： $3.26 \times 10^{-16} \text{m}^2$  に対し 97%抑制する結果となった。

この結果から、CS-21 は、コンクリート（表層部の中性化した二次製品）表面から塗布することで、型枠合わせ目にも浸透して充填し、継目のない一般部に比べ、劣化因子が侵入し易い箇所の耐久性を向上させることが確認された。

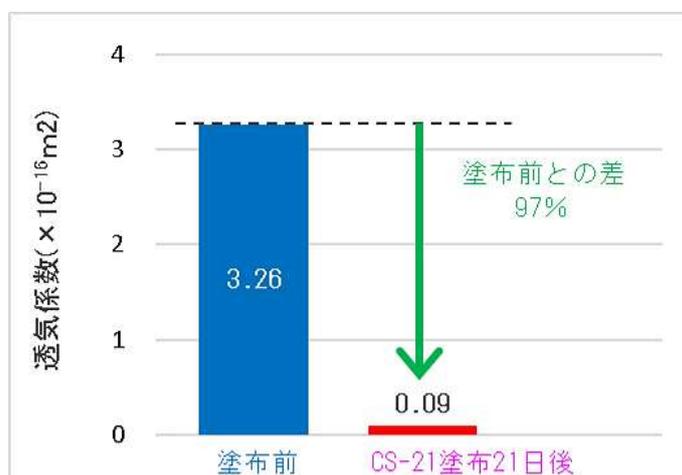


図 12 型枠合わせ目部の透気係数測定結果グラフ

表 12 型枠合わせ目部の透気係数測定結果

処理方法	透気係数 ( $\times 10^{-16} \text{m}^2$ )	無塗布との比 (%)	抑制率 (%)
塗布前	3.26	—	—
塗布 21 日後	0.09	2.8	97.2