

各劣化現象・劣化機構別のCS－21工法による対応

Ver. 1.3



はじめに

実構造物におけるコンクリートの劣化は、複合劣化である場合が多く、劣化と初期欠陥、損傷が複合しているなど、様々な要因が混在しています。

本資料では、土木学会発刊の『2013年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕』に掲載の劣化現象・劣化機構について、各項目ごとにCS-21工法の適用性および対策（例）の概要を解説しています。

実構造物への適用にあたっては、調査・診断の結果、推定される要因ごとに、複数の項目についてご参照いただけますよう、お願いいたします。

目 次

1. コンクリートの劣化現象・劣化機構に対応するCS-21工法について	P 2
2. 水掛かり	P 3
3. ひび割れ	P 4
4. 鋼材腐食	P 5
5. 中性化	P 6
6. 塩 害	P 7
7. 凍 害	P 8
8. 疲 労	P 9
9. すりへり	P10
参考資料 : CS-21工法による初期欠陥対策（例）	
10. 豆 板（ジャンカ）	P12
11. コールドジョイント	P13
12. 砂すじ	P14
13. 表面気泡	P14

1. コンクリートの劣化現象・劣化機構に対応するCS-21工法について

CS-21工法の概要

・表面保護工法

硬化コンクリート（材齢を問わない）表面に、CS-21シリーズ製品を塗布・浸透させることで、ひび割れ深部を含む表層部の空隙を緻密化し、施工後新たに発生する微細なひび割れなどの空隙も充填する性能により、水や各種劣化因子の侵入（鋼材腐食）を長期にわたり抑制し、耐久性を向上させる工法。

・打継ぎ部処理工法

コンクリートを打ち継ぐ際に、既に打ち込まれたコンクリート表面に、CS-21を塗布含浸させることで、ひび割れ深部を含む表層部の空隙を緻密化し、打継目からの水や各種劣化因子の侵入を抑制し、耐久性を向上させる工法。

・塗布ひび割れ補修工法

注入工法までの必要がないと判断された微細なひび割れに対し、CS-21を塗布含浸させることで、ひび割れ深部を緻密化し、水や各種劣化因子の侵入を抑制し、耐久性を向上させる工法。

・ひび割れ注入工法

CS-21を先行注入後に無機系注入材を注入し、注入後の表面に塗布含浸させることで、注入材の流動性低下を防ぎ、従来材料では浸透し難い微細な空隙を充填する。また、無機系注入材の硬化収縮により発生する空隙も充填することで、水や各種劣化因子の侵入を抑制し、耐久性を向上させる工法。

・断面修復工法

下地処理材および断面修復材の表面保護材としてCS-21を塗布含浸させることで、下地コンクリートのひび割れ深部を含む表層部の空隙を緻密化し、断面修復材の付着力を有効に発揮させ、元々の部材との界面からの水や各種劣化因子の侵入を抑制し、耐久性を向上させる工法。

※CS-21工法は、新設・既設を問わず様々な構造物に適用されています。各工法の概要については資料「CS-21シリーズ製品・CS-21工法概要」を、実績については「施工実績表（工法別）」をご参照ください。

CS-21シリーズ製品による表面保護工法の適用範囲と各劣化現象・劣化機構別の適用性

CS-21シリーズ製品による表面保護工法の適用範囲は、「表面保護工法 設計施工指針（案）表面含浸工マニュアル」における「けい酸ナトリウム系表面含浸材」の適用範囲、「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）」における「反応型けい酸塩系表面含浸材」の適用範囲に準拠しています。

コンクリート構造物の劣化現象・劣化機構の分類については、2013年制定コンクリート標準示方書「維持管理編：劣化現象・機構別」（土木学会）に、10種類の劣化現象および劣化機構が掲載されています。

CS-21による表面保護工法の適用範囲と、各劣化現象・劣化機構別の適用性の関係は下表のとおりです。

けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案） P28
新設または潜伏期にある構造物を対象とする場合の適用範囲の目安

2013年版示方書[維持管理編] P109～
劣化現象・劣化機構分類とCS-21の適用性

目 的	改質する性能			反応型
劣化に対する抵抗性の向上	鋼材を保護する性能	中性化抑止性		○
		塩害抑止性	陸上・内陸・海上大気中	○
			飛沫帯、干潮帯	△
			海 中	－
	凍害（スケーリング）抑止性			○
	化学的侵食抑止性			△
	コンクリート表層部の改質	ひび割れ透水性		
防水性			○	
すり減り抵抗性			△	
表面硬度			△	
アルカリ付与性			○	

劣化現象・劣化機構	CS-21
水掛かり	○
ひび割れ	○
鋼材腐食	○
中性化	○
塩 害	○
凍 害	○
化学的侵食	—
アルカリシリカ反応	—
疲 労	△
すりへり	○

凡例）「○」：適用可能な範囲、「△」：要検討、「—」：適用範囲外

※劣化現象・劣化機構別のCS-21工法による対策（例）については、該当頁（P3～10）をご参照ください。

2. 水掛かり

記載事項の抜粋

【2013年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編：劣化現象・機構別〕＞2章 水掛かり】より

『水は、塩害等の鋼材の腐食反応や凍害等のコンクリートの劣化に大きく関与する。これは化学反応のみならず荷重との相互作用についても同様で、床版内部に水平ひび割れが生じて水が侵入し、交通作用の繰り返しによる疲労や凍害を受けてコンクリートが砂利化する現象も報告されている。』

『このように、コンクリート構造物の劣化の発生や進行の多くに水が関与している。また、水の供給を断つことによって、コンクリートに生じる懸念のある劣化を未然に防止することも少なくない。』 (P114)

『水は存在するだけでも劣化を促進させるが、さらに移動を伴うことで劣化因子を蓄積させたり変状箇所を広げたりする影響をもたらす。』 (P114)

『水が常時作用していることが確認された場合は、潜在的な劣化がないか注意して点検することが必要である。特に、当初想定していなかった箇所に水の存在が常時確認される場合には、劣化を誘発する要因となっていないか留意して点検を行うのがよい。』 (P115)

『桁受け部、電架柱の基礎、片持ち張出しスラブ（水切りのないもの）、地中から水を吸い上げている場所の柱下端、打継部、といによって集水された場合等では、水による劣化の促進が生じやすい。』 (P116)

『構造物に補修の履歴がある場合は、特に内部水分に注意する必要がある。表面被覆材は水分の蒸発を妨げ、内部含水率を高い状態に保つ場合がある。また、断面修復材は元々の部材との界面に水が浸透しやすいとする報告がある。』 (P116)

CS-21工法による対策（例）

水掛かり対策への適用にあたっては、

塗布工法の場合、単独での使用は、水の浸透を抑制することを目的に、予防的に実施される表面処理工法の表面含浸工法（けい酸ナトリウム系表面含浸材・反応型けい酸塩系表面含浸材）に該当します。

CS-21シリーズ製品は、水蒸気透過性を阻害せず（内部水分の排出を妨げない）に、水や各種劣化因子の侵入（鋼材腐食）を長期にわたり抑制します。

また、部分塗布も可能であり、下地コンクリートが湿っている場合でも塗布できるため、施工性に優れています。

そのため、水掛かりに対する対策（微細ひび割れ補修を含む表面保護）として有効です。

新設時においては、水掛かりが想定、または、水による劣化が促進されやすい箇所に、事前に塗布することで、水の浸透を抑制することができます。

また、水による劣化が促進されやすい箇所として記載のある「打継部」については、CS-21打継部処理工法により、水の浸透を抑制することができます。（打設後、打継目に沿って部分塗布することで、水の浸透を抑制することも可能。）

既設の場合、水の浸透により劣化の兆候が確認された箇所や、当初想定していなかった箇所に水の存在が常時確認された箇所などに塗布することで、水の浸透を抑制することができます。

断面修復の場合、CS-21断面修復工法により、下地コンクリートを緻密化し、断面修復材の付着力を有効に発揮させ、元々の部材との界面からの水の侵入を抑制することができます。

CS-21シリーズ製品は、第三者機関による土木学会規準試験により、コンクリート表面から塗布することで、無塗布に比べ、水や劣化因子の侵入を抑制する表面保護効果が確認されており、様々なコンクリート構造物の表面保護に適用されています。

3. ひび割れ

記載事項の抜粋

【2013年制定コンクリート標準示方書[維持管理編：劣化現象・機構別]>3章 ひび割れ】より

『コンクリートのひび割れには、以下のようなものがある。

- (i) 打ち込みから数年の間にひび割れの進行が収束すると考えられる初期ひび割れ
- (ii) 中性化や塩害による腐食ひび割れのような進行性のひび割れ
- (iii) 荷重により発生するひび割れ 』 (P119)

『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－2013－」では、ひび割れ幅、環境条件、設計耐用期間等に応じて、ひび割れが部材の性能に与える影響を評価し、対策の可否を判定する方法を示している。』 (P125)

『ひび割れの種類に関する留意点は以下のとおりである。

- (i) 進行性でないひび割れ

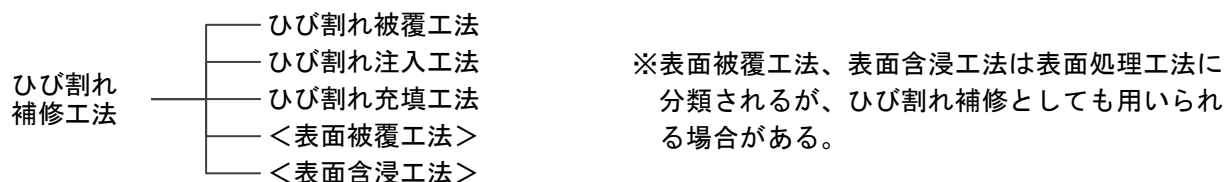
初期ひび割れ等の進行性でないひび割れに対しては、ひび割れだけを補修することにより、発生したひび割れによる耐久性や防水性能の低下を回復させることが可能である。

また、発生した全てのひび割れを補修することは一般に困難である。このため補修計画の策定段階で、診断による判定結果を反映させて適切に補修対象とするひび割れの範囲を決定する必要がある。

ひび割れの補修方法にはひび割れ被覆工法、ひび割れ注入工法、ひび割れ充填工法等があり、補修目的やひび割れの特徴に応じて最適な工法を選定することが重要である。』 (P126要約)

【2013年制定コンクリート標準示方書[維持管理編：標準]>7章 対策】より

解説 図7.3.1 コンクリート構造物に適用されている主な補修、補強工法（ひび割れ補修工法抜粋：P81）



CS-21工法による対策（例）

ひび割れ対策への適用にあたっては、

JCI「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針－2009, 2013－」に準拠した調査・診断の結果に基づき、下記の工法を選定します。

CS-21塗布ひび割れ補修工法

CS-21塗布ひび割れ補修工法は、前述のJCIの指針に準拠した調査・診断の結果、注入工法までの必要がないと判断された非進行性のひび割れで、漏水がなく、挙動が少ない場合が対象となります。

CS-21をひび割れに沿って塗布・浸透させることで、水や各種劣化因子の侵入を抑制することができます。ひび割れが多数発生し、密度が高い場合には、全面塗布による補修も可能です。

（塗布のみでは開口部の外観変化がないため、美観の回復が必要な場合は、CS-21ひび割れ補修セットの使用が有効。）

※詳細については、技術資料「塗布工法によるひび割れ・打継目の耐久性向上対策」をご参照ください。

CS-21ひび割れ注入工法（CS-21＋無機系注入材：セメント系等）

CS-21ひび割れ注入工法は、前述のJCIの指針に準拠した調査・診断の結果、ひび割れ注入工法が選定された場合が対象となります。

CS-21を先行注入後に、無機系注入材を注入し、注入後の表面に塗布含浸させることで、注入材の流動性低下を防ぎ、従来材料では浸透し難い微細な空隙を充填する。また、無機系注入材の硬化収縮により発生する空隙も充填することで、水や各種劣化因子の侵入を抑制し、耐久性を向上させることができます。

CS-21は、ひび割れ補修・漏水補修における注入材として20年以上の実績があります。また、第三者機関による土木学会規準試験により、コンクリート表面から塗布することで、無塗布に比べ、水や劣化因子の侵入を抑制する表面保護効果が確認されており、様々なコンクリート構造物のひび割れ補修に適用されています。

4. 鋼材腐食

記載事項の抜粋

【2013年制定コンクリート標準示方書[維持管理編：劣化現象・機構別]>4章 鋼材腐食】より

『一般に、健全なかぶりコンクリートにより保護された鋼材の腐食速度はきわめて小さく、腐食しないと考えてよい。

鋼材の腐食発生時期や腐食速度は、かぶり、かぶりコンクリートのひび割れ等の存在、コンクリート中の含水状態等に大きく依存する。』（P129）

解説 表4.1.1 かぶりコンクリートの状態から分類した鋼材腐食の発生原因（P130）より抜粋

鋼材腐食の主な原因

- ・ 鋼材表面の不動態被膜の破壊（鋼材表面における塩化物イオンの蓄積、コンクリートのpH低下等）
- ・ かぶりの減少または喪失（酸や塩類の作用、凍結融解作用、すりへり作用等）
- ・ 施工段階で生じたひび割れ等の存在
- ・ 構造上設けられた打継目の存在
- ・ かぶりコンクリートの劣化によるひび割れの発生（アルカリシリカ反応、繰返し荷重の作用等）

『鋼材腐食における対策の原則としては次が挙げられる。

- （i）腐食に関与する酸素や水等の供給を少なくする対策を講じる。
- （ii）かぶりコンクリートを健全な状態に修復する。
- （iii）電気化学的手法により鋼材を防食する。

（i）は、日常的に水が作用する箇所等の点検を重視し、不具合が確認された段階で対策を講じる、表面処理工法を適用するなどの対策が該当する。

（ii）は、ひび割れ箇所を補修する、断面修復工法等の適用によりかぶりコンクリートを健全な状態に修復する対策が該当する。

（iii）は、主として電気防食工法が該当する。』（P139）

CS-21工法による対策（例）

鋼材腐食対策への適用にあたっては、

塗布工法の場合、単独での使用は、水や各種劣化因子の侵入を抑制することを目的に、予防的に実施される表面処理工法の表面含浸工法（けい酸ナトリウム系表面含浸材・反応型けい酸塩系表面含浸材）に該当します。

CS-21シリーズ製品は、既存の空隙および施工後新たに発生する微細なひび割れなどの空隙を充填し、表層部を緻密化して水および各種劣化因子の侵入を長期にわたり抑制して、かぶりコンクリートを健全に保ちます。

この性質を利用した塗布工法により、

- ・ 鋼材表面の不動態被膜の破壊を抑制（塩化物イオンの浸透、中性化を抑制）
- ・ かぶりの減少を抑制（凍害によるスケーリング、すりへりを抑制）
- ・ 施工段階で生じたひび割れ等の空隙を充填（注入対象外の目視では発見し難い微細なひび割れを含む）
- ・ 打継目の空隙を充填（既に打ち込まれたコンクリートの沈みひび割れ等の空隙を充填）
- ・ かぶりコンクリートの劣化により発生する微細なひび割れを充填

といった鋼材腐食の主な原因に対する対策（微細ひび割れ補修を含む表面保護）として有効です。

ひび割れ注入工法の場合、CS-21ひび割れ注入工法により、無機系注入材の流動性低下を防ぎ、従来材料では浸透し難い微細な空隙を充填します。また、無機系注入材の硬化収縮により発生する空隙も充填することで、水や各種劣化因子の侵入を抑制することができます。

断面修復の場合、CS-21断面修復工法により、下地コンクリートを緻密化し、断面修復材の付着力を有効に発揮させ、元々の部材との界面からの水や各種劣化因子の侵入を抑制することができます。

CS-21シリーズ製品は、第三者機関による土木学会規準試験により、コンクリート表面から塗布することで、無塗布に比べ、水や劣化因子の侵入を抑制する表面保護効果が確認されており、様々なコンクリート構造物の表面保護に適用されています。

5. 中性化

記載事項の抜粋

【2013年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編：劣化現象・機構別〕＞5章 中性化】より

『鋼材の腐食が一旦開始すると、点検を頻繁に行う必要も生じ、また必要とされる対策もそれ以前と比較して大規模かつ高価となる。そのため、重要度が高い、もしくは予定供用期間が長い構造物等では、鋼材の腐食が確認された場合や表面にさび汁が確認された場合の段階を維持管理限界とするのが望ましい場合もある。また、市街地の高架橋等、第三者影響度が特に重要視される構造物についても、できるだけ劣化の初期段階で対策を実施するように維持管理限界を設定する』（P143：要約）

『二酸化炭素濃度が大きい、温度が高い、乾燥しやすいほど、中性化速度は大きくなる。具体的な箇所としては、直接二酸化炭素の影響を受ける壁高欄、交通量の多い道路上に架かる跨道橋の床版下面、主桁下面等が挙げられる。また、日射によって乾燥しやすい南面や西面で一般に中性化速度が大きくなる。』

中性化速度が大きくなる箇所に雨掛かりや漏水の影響を受ける場合、鋼材腐食に伴う劣化が生じやすい。二酸化炭素および水の供給があり、日射の影響により乾燥しやすい箇所としては、壁高欄、跨道橋の張り出し床版下面、伸縮目地からの漏水がある桁端部付近などが挙げられる。』（P145）

解説 表 5.3.3 構造物の外観上のグレードと劣化の状態 (P146)

外観上のグレード	劣化過程	定義
グレードⅠ	潜伏期	外観上の変化が見られない、中性化残りが発錆限界以上
グレードⅡ	進展期	外観上の変化が見られない、中性化残りが発錆限界未満、腐食が開始
グレードⅢ-1	加速期前期	腐食ひび割れが発生
グレードⅢ-2	加速期後期	腐食ひび割れの進展とともに剥離・剥落が見られる、鋼材の断面欠損は生じていない
グレードⅣ	劣化期	腐食ひび割れとともに剥離・剥落が見られる、鋼材の断面欠損が生じている

解説 表 5.4.3 構造物の外観上のグレードと標準的な工法の例 (P159)

外観上のグレード	劣化過程	着目する性能	
		安全性・使用性	第三者影響度
グレードⅠ	潜伏期	表面処理*（剥落防止工*を含む）	再アルカリ化* 増厚*
グレードⅡ	進展期	表面処理（剥落防止工を含む）	再アルカリ化
グレードⅢ-1	加速期前期	再アルカリ化 断面修復	表面被覆（主に、剥落防止工）
グレードⅢ-2	加速期後期	断面修復	表面被覆（主に、剥落防止工）
グレードⅣ	劣化期	断面修復	表面被覆（主に、剥落防止工）

*予防的に実施される工法

『各補修工法の詳細については、「連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針」、「電気化学的防食工法・設計施工指針（案）」、「表面保護工法 設計施工指針（案）」、「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）」、「吹付けコンクリート指針（案）〔補修・補強編〕」などを参考にするとよい。』（P160）

CS-21工法による対策（例）

中性化対策への適用にあたっては、

塗布工法の場合、単独での使用は、中性化の進行を抑制することを目的に、予防的に実施される表面処理工法の表面含浸工法（けい酸ナトリウム系表面含浸材・反応型けい酸塩系表面含浸材）に該当します。

CS-21シリーズ製品は、既存の空隙および施工後新たに発生する微細なひび割れなどの空隙を充填し、表層部を緻密化して水および各種劣化因子の侵入を長期にわたり抑制して、かぶりコンクリートを健全に保ちます。

この性質を利用した塗布工法により、

- ・炭酸ガスの侵入を抑制（中性化の進行を抑制）
- ・水の浸透（透水・吸水）を抑制

といった中性化に対する対策（微細ひび割れ補修を含む表面保護）として有効です。

参考指針「表面保護工法 設計施工指針（案）」、「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）」では、中性化抑制対策に適用可能とされており、評価の対象となる試験方法は、「JSCE-K572」（または、旧規準「JSCE-K571」）です。

CS-21シリーズ製品は、第三者機関による土木学会規準試験により、表面保護効果および、中性化の進行に大きく関与する微細ひび割れの補修効果が確認されており、様々なコンクリート構造物の表面保護に適用されています。

6. 塩 害

記載事項の抜粋

【2013年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編：劣化現象・機構別〕＞6章 塩害】より

『塩害の場合、鋼材の腐食が開始された後の劣化の進行が速く、劣化の程度が著しくなるとその後の劣化の進行を抑制することはきわめて難しくなる。そのため、さび汁の溶出や鋼材軸方向のひび割れの発生、もしくはそれ以前の段階で対策を行えるような維持管理限界を設定するのが望ましい。なお、かぶりコンクリートの浮き、剥離・剥落、もしくは腐食による鋼材の断面減少に至った場合は、断面修復による補修等の大掛かりな対策が必要となり、結果として維持管理費用の増大につながることが多い。』（P163）

解説 表 6.3.3 構造物の外観上のグレードと劣化の状態 (P166)

外観上のグレード	劣化過程	定 義
グレードⅠ	潜伏期	外観上の変化が見られない、腐食発生限界塩化物イオン濃度以下
グレードⅡ	進展期	外観上の変化が見られない、腐食発生限界塩化物イオン濃度以上、腐食が開始
グレードⅢ-1	加速期前期	腐食ひび割れや浮きが発生、さび汁が見られる
グレードⅢ-2	加速期後期	腐食ひび割れの幅や長さが大きく多数発生、腐食ひび割れの進展に伴うかぶりコンクリートとの部分的な剥離・剥落が見られる、鋼材の著しい断面減少は生じていない
グレードⅣ	劣化期	腐食ひび割れの進展に伴う大規模な剥離・剥落が見られる、鋼材の著しい断面減少が見られる、変位・たわみが大きい

解説 表 6.4.2 構造物の外観上のグレードとそれに対応する補修工法の選定方針の例 (P180：要約)

外観上のグレード	劣化過程	構造物の要求性能ごとの対策方針
		安全性・使用性（たわみや振動等）
グレードⅠ	潜伏期	塩化物イオンの浸透量の低減 【表面処理】
グレードⅡ	進展期	塩化物イオンの浸透量の低減・除去、鋼材の防食 【表面処理】 【脱塩】 【電気防食】 【断面修復】
グレードⅢ-1	加速期前期	塩化物イオンの除去、鋼材の防食 【脱塩】 【電気防食】 【断面修復】
グレードⅢ-2	加速期後期	耐力、剛性の回復等 【断面修復】
グレードⅣ	劣化期	耐力、剛性の回復等 【断面修復+鋼材の増設や交換】

【】は標準的な工法例を示す

『選定および設計された工法を施工する場合は、次に示す指針類を参考にして適切な方法で実施する。参考とすべき指針類としては、「コンクリート構造物の補強指針（案）」、「連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針」、「電気化学的防食工法・設計施工指針（案）」、「表面保護工法 設計施工指針（案）」、「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）」、「吹付けコンクリート指針（案）〔補修・補強編〕」等がある。』（P182）

CS-21工法による対策（例）

塩害対策への適用にあたっては、

塗布工法の場合、単独での使用は、塩化物イオンの浸透量を低減することを目的に、予防的に実施される表面処理工法の表面含浸工法（けい酸ナトリウム系表面含浸材・反応型けい酸塩系表面含浸材）に該当します。

CS-21シリーズ製品は、既存の空隙および施工後新たに発生する微細なひび割れなどの空隙を充填し、表層部を緻密化して水および各種劣化因子の侵入を長期にわたり抑制して、かぶりコンクリートを健全に保ちます。

この性質を利用した塗布工法により、

- ・塩化物イオンの浸透を抑制
- ・水の浸透（透水・吸水）を抑制
- ・中性化の進行による内部に浸透した塩化物イオンの移動・濃縮を抑制

といった塩害に対する対策（微細ひび割れ補修を含む表面保護）として有効です。

参考指針「表面保護工法 設計施工指針（案）」、「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）」では、塩害抑制対策に適用可能とされており、評価の対象となる試験方法は、「JSCE-K572」（または、旧規準「JSCE-K571」）です。

CS-21シリーズ製品は、第三者機関による土木学会規準試験により、表面保護効果および、塩害の進行に大きく関与する微細ひび割れの補修効果が確認されており、様々なコンクリート構造物の表面保護に適用されています。

7. 凍 害

記載事項の抜粋

【2013年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編：劣化現象・機構別〕＞7章 凍害】より

『凍害を受ける構造物の維持管理限界の設定にあたっては、外観上の劣化の程度を指標とすることが合理的となる場合が多い。一般には、できるだけ早い段階（コンクリート表面のスケーリング、ポップアウト、ひび割れの顕在化や、スケーリング、ポップアウトの進行による骨材の露出やひび割れの進展）を維持管理限界として対策を実施することが望ましく、かぶりコンクリートの剥落等の劣化の進行が外観から確認される段階では、対策費用が大きくなる。』（P186：要約）

解説 表 7.3.3 構造物の外観上のグレードと劣化の状態 （P190）

外観上のグレード	劣化過程	定 義
グレードⅠ	潜伏期	凍結融解作用を受けるが、外観上の変状が認められない
グレードⅡ	進展期	スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトが発生
グレードⅢ	加速期	スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトが進展、骨材の露出や剥落の発生
グレードⅣ	劣化期	かぶりコンクリートの剥落、鋼材の露出や腐食の発生

解説 表 7.4.2 補修に期待する効果と工法の例（予防を含む） （P194）

期待する効果	工法例
水分の供給を抑制	表面処理 ひび割れ注入 排水処理
断面の回復	断面修復 ひび割れ注入

解説 表 7.4.3 構造物の状態と標準的な工法の例 （P194）

外観上のグレード	劣化過程	標準的な工法
グレードⅠ	潜伏期	表面処理* 排水処理
グレードⅡ	進展期	表面処理 排水処理
グレードⅢ	加速期	断面修復 表面処理 ひび割れ注入 排水処理
グレードⅣ	劣化期	断面修復 排水処理

*予防的に実施される工法

『各補修工法の詳細については、「コンクリート構造物の補強指針（案）」、「表面保護工法 設計施工指針（案）」、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－2013－」などを参考にするとよい。』（P194）

CS－21工法による対策（例）

凍害対策への適用にあたっては、

塗布工法の場合、単独での使用は、水分の供給を抑制することを目的に、予防的に実施される表面処理工法の表面含浸工法（けい酸ナトリウム系表面含浸材・反応型けい酸塩系表面含浸材）に該当します。

CS－21シリーズ製品は、既存の空隙および施工後新たに発生する微細なひび割れなどの空隙を充填し、表層部を緻密化して水および各種劣化因子の侵入を長期にわたり抑制して、かぶりコンクリートを健全に保ちます。

この性質を利用した塗布工法により、

- ・水の浸透（透水・吸水）を抑制
- ・スケーリングを抑制
- ・塩化物イオンの浸透を抑制

といった凍害に対する対策（微細ひび割れ補修を含む表面保護）として有効です。

参考指針「表面保護工法 設計施工指針（案）」では、凍害抑制対策に適用可能とされており、評価の対象となる試験方法は、「JSCE-K571」になります。

また、CS－21表面保護工法が準拠している「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）」では、凍害（スケーリング）抑制対策に適用可能とされており、評価の対象となる試験方法は、「JSCE-K572」です。

CS－21シリーズ製品は、第三者機関による土木学会規準試験により、表面保護効果および、凍害の進行に大きく関与する微細ひび割れの補修効果が確認されており、様々なコンクリート構造物の表面保護に適用されています。

8. 疲 労

記載事項の抜粋

【2013年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編：劣化現象・機構別〕>10章 疲労】より

『疲労を受ける床版の維持管理限界の設定にあたっては、外観上の劣化の程度を指標とすることが合理的となる場合が多い。一般には、できるだけ早い段階（一方向ひび割れや二方向ひび割れが確認された段階）で対策を実施することが望ましく、ひび割れの網目化と角落ちなどの段階まで劣化が進行すれば対策に要する費用は大きくなることが知られている。』（P236：要約）

『凍結防止剤散布下においては、床版下面に加えて舗装面の外観から床版上面の変状を確認する必要がある。具体的には、床版の疲労はおおむね次の i) から vi) の順に進行するので、これらの段階から適切な維持管理限界を設定するとよい。

- i) 床版下面に格子状のひび割れ網が形成されはじめた段階
- ii) 床版断面内にひび割れが貫通し、漏水やエフロレッセンスが生じた段階
- iii) ひび割れの開閉やひび割れ面のすり磨きが始まった段階
- iv) 凍結防止剤散布下において床版上面のスケールリング、鋼材腐食、水平ひび割れ、砂利化が生じた段階
- v) ポットホールが同じ所に繰返し発生する現象が生じた段階
- vi) 舗装面からのポンピング現象が生じた段階

床版の疲労において維持管理区分Bを適用する場合でも、上述の i) の段階で補修を行うことが望ましい。ii) 以降の段階に至った場合は、比較的大掛かりな対策が必要となる。』（P236）

『床版の疲労には、水や凍結防止剤の影響が大きいため、対策を実施する場合は、他の対策と併せて表面防水工を実施することが望ましい。』（P245）

解説 表 10.4.3 構造物の外観上のグレードと標準的な工法の状態 (P246)

外観上のグレード	劣化過程	標準的な工法
グレードⅠ	潜伏期	表面防水層*
グレードⅡ	進展期	表面防水層、鋼板・FRP接着、上面増厚、下面増厚、はりの増設
グレードⅢ	加速期 (浸透水の影響有り)	表面防水層、鋼板接着、上面増厚
グレードⅢ	加速期 (浸透水の影響なし)	表面防水層、鋼板接着、上面増厚、増設桁
グレードⅣ	劣化期	供用制限、打換え、部分打換え

*予防的に実施される工法

『疲労によるひび割れが進展する前に、床版上面に表面防水工を施し床版内への雨水や凍結防止剤等の侵入を防ぐことで、疲労の進行を抑止する効果がある。』（P246）

『床版上面の水平ひび割れ周辺あるいは砂利化部を十分に取り除かず上面増厚や床版上面の劣化箇所除去等を施すと、既設床版部との付着が十分に確保できないために水平ひび割れの再発等、再劣化を引き起こすことが知られているため、劣化部を適切に取り除いた上で既設床版との一体性が確保できる方法により対策を施す必要がある。』（P246）

CS-21工法による対策（例）

疲労（床版）対策への適用にあたっては、

※疲労（床版）の対策は、一般的に、補強対策が必要であり、併せて表面防水層の設置が選定されるため、塗布工法の適用は、他工法との併用による予防保全対策として検討されます。

CS-21は、疲労により発生する微細なひび割れなどの空隙を充填し、水および各種劣化因子の侵入を長期にわたり抑制して、床版コンクリートを健全に保ちます。

表面防水層を設置する前に、床版上面よりCS-21を塗布することで、防水層の端部や破損部などから水や各種劣化因子が侵入した場合、床版コンクリートへの浸透を抑制します。
（養生期間〔2週間以上〕経過後であれば、防水層の付着を阻害しません。）

床版上面がコンクリート舗装の場合、既設舗装面にCS-21を塗布することで、床版コンクリートへの水や凍結防止剤などの各種劣化因子の侵入抑制します。

また、上面増厚や部分打換え、断面修復の場合、既設床版部にCS-21を塗布することにより、下地コンクリートを緻密化し、新たに打ち継ぐコンクリートや断面修復材の付着力を有効に発揮させ、打継目や元々の部材との界面からの水や各種劣化因子の侵入を抑制することができます。

CS-21シリーズ製品は、第三者機関による土木学会規準試験により、ひび割れ透水性抑制効果などが確認されており、新設・既設橋梁床版の予防保全・長寿命化対策に適用されています。

9. すりへり

記載事項の抜粋

【2013年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編：劣化現象・機構別〕>11章 すりへり】より

『この章は、すりへりの影響を受ける無筋コンクリート、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリートおよび鋼コンクリート合成構造からなる構造物に適用するが、特に水流による劣化を生じるコンクリートへの適用を中心として作成したものである。』（P250）

『コンクリートのすりへりが顕在化した後に劣化の進行を止めることはきわめて困難であることから、できるだけ早い段階で、対策を実施することが望ましい。粗骨材の脱落の段階まで劣化が進行すれば断面修復等比較的大規模な対策が必要となる。』（P252：要約）

解説 表 11.3.3 構造物の外観上のグレードと劣化の状態 （P257）

外観上のグレード	劣化過程	定 義
グレードⅠ	潜伏期	コンクリートのすりへりが顕在化するまでの期間
グレードⅡ	進展期	すりへりが顕在化してから粗骨材が露出するまでの期間
グレードⅢ	加速期	粗骨材が露出してから脱落するまでの期間
グレードⅣ	劣化期	すりへりによるコンクリートの断面欠損により性能の低下が顕著な期間

『コンクリートの表面を緻密に改質させるような材料で表面処理を施した場合にも、すりへり速度は遅くなる。』（P259）

解説 表 11.3.3 構造物の外観上のグレードと標準的な工法の例 （P262）

外観上のグレード	劣化過程	標準的な工法
グレードⅠ	潜伏期	表面処理*
グレードⅡ	進展期	断面修復 表面処理*
グレードⅢ	加速期	断面修復 表面処理*
グレードⅣ	劣化期	断面修復 打替え 表面処理*

*予防的に実施される工法

『各補修工法の詳細については、「コンクリート構造物の補強指針（案）」、「表面保護工法 設計施工指針（案）」、「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）」、「吹付けコンクリート指針（案）〔補修・補強編〕」等を参考にするとよい。』（P263）

CS-21工法による対策（例）

すりへり対策への適用にあたっては、

塗布工法の場合、単独での使用は、すりへりの進行を抑制することを目的に、予防的に実施される表面処理工法の表面含浸工法（けい酸ナトリウム系表面含浸材・反応型けい酸塩系表面含浸材）に該当します。

CS-21は、既存の空隙および施工後新たに発生する微細なひび割れなどの空隙を充填し、表層部を緻密化して水および各種劣化因子の侵入を長期にわたり抑制して、かぶりコンクリートを健全に保ちます。

この性質を利用した塗布工法により、

- ・すりへり速度を低減（耐摩耗性の向上）
- ・粗骨材の脱落を抑制（モルタル部分の緻密化）

といったすりへりに対する対策（微細ひび割れ補修を含む表面保護）として有効です。

参考指針「表面保護工法設計施工指針（案）」、「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）」では、すりへり対策に適用する場合に評価の対象となる試験方法は、「JIS A 1453」になります。

断面修復の場合、CS-21断面修復工法により、下地コンクリートを緻密化し、断面修復材の付着力を有効に発揮させ、浮き・はく離などを防止します。また、元々の部材との界面からの水や各種劣化因子の侵入を抑制することができます。

CS-21は、第三者機関による「JIS A 1453」試験により、耐摩耗性向上効果が確認されており、水流の影響を受ける新設・既設構造物の表面保護に適用されています。

参 考 資 料

ＣＳ－２１工法による初期欠陥対策（例）

コンクリート構造物に発生する初期欠陥について、コンクリート診断技術’ 14 [基礎編]（日本コンクリート工学会）には、豆板、コールドジョイント、砂すじ、表面気泡の標準的な補修方法が掲載されています。

以降の頁では、これらの初期欠陥補修におけるＣＳ－２１工法による対策例をご紹介します。

10. 豆板（ジャンカ）

記載事項の抜粋

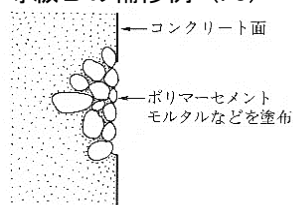
【コンクリート診断技術’ 14 [基礎編] > 2章 対策 > 2.2 変状の種類と原因 > 2.2.1 豆板】より

表 2.2.1-1 等級別豆板の程度と補修方法 (P8)

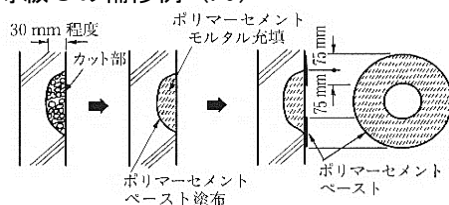
等級	豆板の程度	深さの目安	補修方法
A	粗骨材が表面に露出していない。	—	—
B	粗骨材が露出しているが、表層の粗骨材を叩いてもはく落することはなく、はつり取る必要がない程度。	1～3 cm	ポリマーセメントモルタルなどを塗布。
C	粗骨材が露出し、表層の粗骨材を叩くとはく落するものもある。しかし、粗骨材同士の結合力は強く連続的にバラバラとはく落することはない。	1～3 cm	不良部分をはつり取り、健全部分を露出。ポリマーセメントペーストなどを塗布後、ポリマーセメントモルタルなどを充填する。
D	鋼材のかぶりからやや奥まで粗骨材が露出し、空洞も見られる。粗骨材同士の結合力は弱まり、粗骨材を叩くと連続的にバラバラとはく落することもある。	3～10 cm	不良部分をはつり取り、健全部分を露出。無収縮モルタルを充填する。
E	コンクリート内部に空洞が多数見られる。セメントペーストのみで粗骨材が結合している状態で、粗骨材を叩くと連続的にバラバラとはく落する。	10 cm以上	不良部分をはつり取り、健全部分を露出。コンクリートで打ち換える。

補修方法例

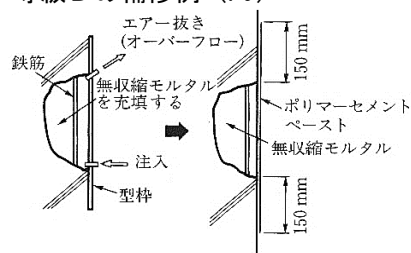
等級Bの補修例 (P8)



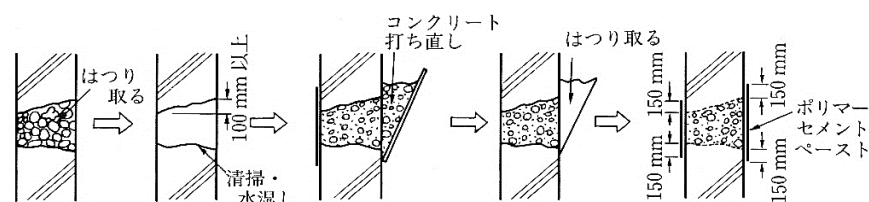
等級Cの補修例 (P9)



等級Dの補修例 (P9)



等級Eの補修例 (P9)



CS-21工法の適用例

等級Aの場合 … 表面保護

等級Bの場合 … ポリマーセメントモルタル塗布前の下地処理、仕上げ後の表面保護

等級Cの場合 … はつり後、ポリマーセメントペースト塗布前の下地処理、仕上げ後の表面保護

等級Dの場合 … はつり後、無収縮モルタル充填前の下地処理、仕上げ後の表面保護

等級Eの場合 … はつり後、コンクリート打ち換え前の下地処理、仕上げ後の表面保護

※適用材料 表面保護：CS-21ネオ・CS-21、下地処理・表面保護：CS-21クリアー
ポリマーセメントペースト：CSフィラー
ポリマーセメントモルタル：CSモルタル・CSフィラー

11. コールドジョイント

記載事項の抜粋

【コンクリート診断技術' 14 [基礎編] > 2章 対策 > 2.2 変状の種類と原因 > 2.2.2 コールドジョイント】より

(5) 補修方法 (P11)

コールドジョイント発生後の補修対策は、主に2つに区分される。

軽微なコールドジョイント（色違いはあるが縁切れははっきりと認められないもの）は、図2.2.2-8 に示すように、ポリマーセメントペーストを刷毛塗りし対処する。

ひどいコールドジョイント（縁切れしているもの）、特に壁面に生じている場合は、図2.2.2-9 に示すように、Uカット工法などひび割れの補修に準じて行う事例がある。

補修方法例

軽微なコールドジョイントの補修例 (P12)

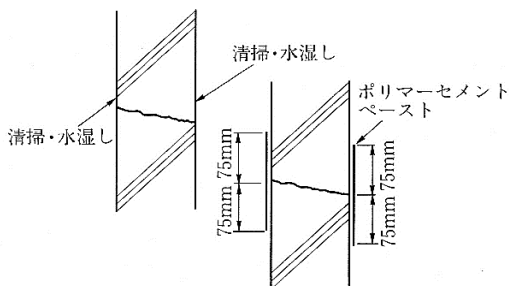


図2.2.2-8 軽微なコールドジョイント打継ぎ不良の補修⁸⁾

ひどいコールドジョイントの補修例 (P12)

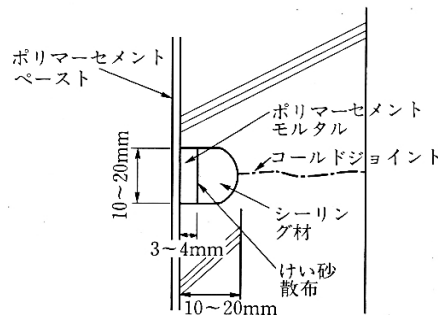


図2.2.2-9 ひどいコールドジョイント打継ぎ不良の補修⁸⁾

CS-21工法の適用例

軽微なコールドジョイントの場合

- ・ 塗布ひび割れ補修工法（コールドジョイントに沿って刷毛塗りなどにより空隙へ浸透させる）
- ・ ポリマーセメントペースト塗布前の下地処理、仕上げ後の表面保護

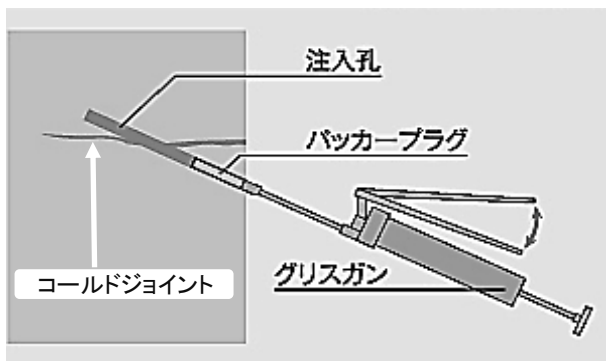
ひどいコールドジョイントの場合

※ 上記補修例では、Uカット工法の図が掲載されているが、本文中にあるように、ひび割れ補修に準じて対策が検討される。

CS-21工法によるひび割れ補修は、健全部へのダメージを最小限とすることを基本としているため、縁切れしているコールドジョイントが挙動が少ないと判断できる場合には、Uカット工法ではなく、注入工法を検討する。

- ・ ひび割れ注入工法（注入プラグにより、CS-21と微粒子セメントを注入）

パッカープラグによる注入工法図



※適用材料

- ・ 塗布ひび割れ補修：CS-21
- ・ 下地処理・表面保護：CS-21クリアー
- ・ ポリマーセメントペースト：CSフィラー
- ・ ひび割れ注入：CS-21

1 2. 砂すじ

記載事項の抜粋

【コンクリート診断技術’ 1 4 [基礎編] > 2章 対策 > 2.2 変状の種類と原因 > 2.2.4 砂すじ】より

(4) 補修方法 (P14)

砂すじは、打放し仕上げやコンクリート二次製品では美観上問題となることがある。

補修は、ワイヤーブラシで砂すじ部分とその近傍を健全な部分までケレンして、ポリマーセメントペーストなどを用いて均一に塗布して行う。

補修方法例	細骨材がしま状に露出している 砂すじ ①ワイヤーブラシ等によるケレン ②ポリマーセメントペーストの塗布
-------	--

CS-21工法の適用例

砂すじの美装処理

- ・ ポリマーセメントペースト塗布前の下地処理、仕上げ後の表面保護

※適用材料

- ・ 下地処理・表面保護：CS-21クリアー
- ・ ポリマーセメントペースト：CSフィラー

1 3. 表面気泡（あばた）

記載事項の抜粋

【コンクリート診断技術’ 1 4 [基礎編] > 2章 対策 > 2.2 変状の種類と原因 > 2.2.5 表面気泡】より

(4) 補修方法 (P16)

一般にコンクリート構造物の表面気泡が生じた場合の補修は、表面気泡部にポリマーセメントペーストを塗布し、直ちにポリマーセメントモルタルを表面気泡部に押し込むようにして密実に充填して行う。

補修方法例	あばた状のコンクリート表面 表面気泡 ①ポリマーセメントモルタルの塗布 ②ポリマーセメントモルタルの充填
-------	---

CS-21工法の適用例

表面気泡の美装処理

- ・ ポリマーセメントペースト塗布前の下地処理、仕上げ後の表面保護

※適用材料

- ・ 下地処理・表面保護：CS-21クリアー
- ・ ポリマーセメントペースト（モルタル）：CSフィラー