

コンクリート構造物の診断と補修

愛媛県農村環境保全向上活動支援協議会

水路補修改修工法研究会

I N D E X

対策検討の概要

点検のポイント

調査 - 変状の種類と原因

- (1) 初期欠陥
- (2) 劣化 / 二次的変状
- (3) 損傷

診断 - 簡易補修適用の可否

対策

- ・ 変状の種類に応じた補修工法
- ・ 各種補修材料の概要
- ・ 各種補修工法の概要
- ・ 補修のポイント

終わりに

対策検討の概要

点検

- ・ 日常点検
- ・ 定期点検

調査

- ・ 変状の種類と程度
- ・ 原因の推定

診断

- ・ 対策の有無
- ・ 簡易補修適用の可否

対策選定

- ・ 簡易補修工法選定
- ・ 専門業者依頼

点検のポイント

変状の発見

日常的な点検において、変状を早期に発見する

変状の経過観察

定期的な点検において、変状の変化を経過観察する

調査 - 変状の種類

ひび割れ

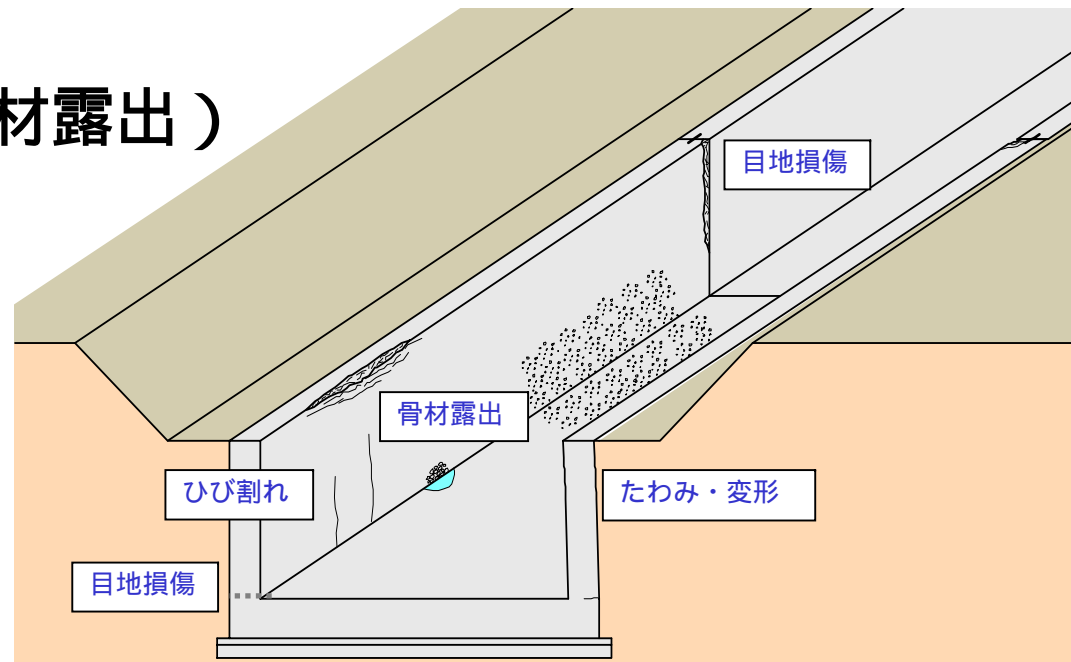
目地（継目）損傷

磨耗（すりへり / 骨材露出）

たわみ・変形

二次的変状

- ・ はく離
- ・ はく落
- ・ 錆汁
- ・ 鉄筋露出
- ・ エフロレッセンス等



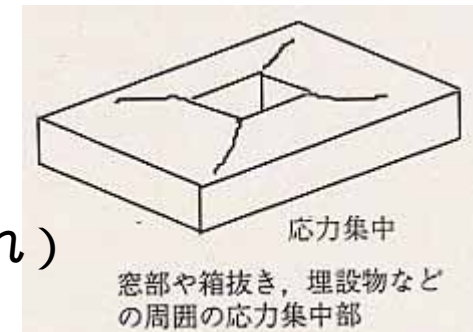
(1) 初期欠陥 - ひび割れ

原因

- ・材料 : 乾燥収縮 セメントの水和熱
- ・施工 : 締固め不良 急激な乾燥

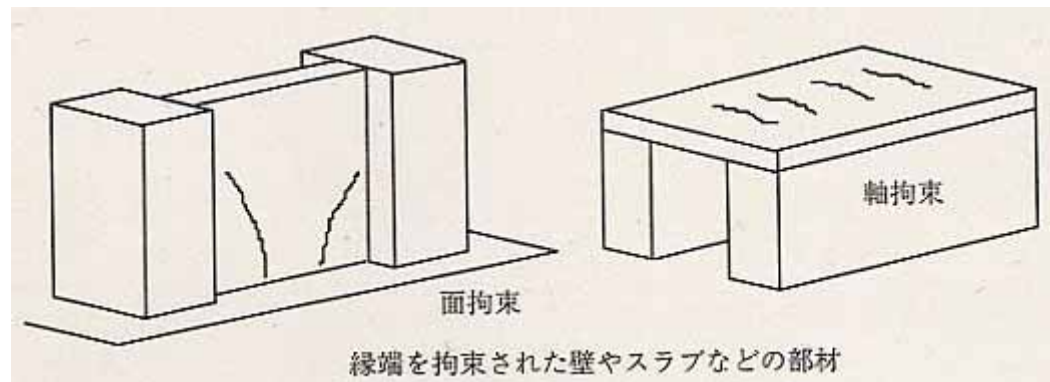
変状の特徴

- ・等間隔など規則的なひび割れ
拘束された壁部材，断面の大きな部材（貫通ひび割れ）
- ・特定箇所での不規則なひび割れ



低下する機能

- ・中性化が速い
- ・水密性の低下（漏水）



(1) 初期欠陥 - ジャンカ (豆板)

原因

- ・ 打設時の締固め不良

変状の特徴

- ・ 粗骨材の露出

低下する機能

- ・ 中性化が速い
- ・ 粗度 (係数) の上昇
- ・ 水密性の低下 (漏水)



水路トンネル側面

(1) 初期欠陥 - コールドジョイント

原因

- ・ 打重ね時間を過ぎてコンクリートを打設した時、前に打設したコンクリートとの間に生じる不連続面

変状の特徴

- ・ 打継面のひび割れ
- ・ 打継面の骨材露出

低下する機能

- ・ 中性化が速い
- ・ 粗度（係数）の上昇
- ・ 水密性の低下（漏水）



(1) 初期欠陥 - 砂すじ

原因

- ・コンクリート中の水量が多く、材料分離して上方に移動する際に生じる

変状の特徴

- ・コンクリート表面に、細骨材が縞状に露出する

低下する機能

- ・粗度（係数）の上昇
- ・コンクリート表面の強度が低く、摩耗に弱い



(1) 初期欠陥 - 表面気泡

原因

- ・ コンクリート中に巻込まれた気泡がなくならず表面に残ったもの

変状の特徴

- ・ あばた面

低下する機能

- ・ 粗度（係数）の上昇
- ・ コンクリート表面の強度が低く、摩耗に弱い



(2) 劣化 - 中性化

原因 / メカニズム

- ・ 大気中の二酸化炭素がコンクリート表面から浸入し、コンクリートのアルカリ性が失われる現象

変状の特徴

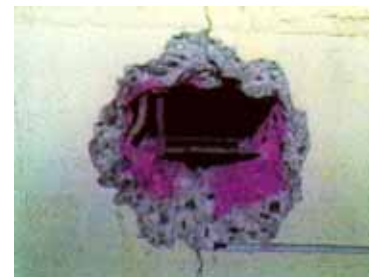
- ・ R C 構造物特有の変状
 - ・ 鉄筋が錆び、鉄筋に沿ったひび割れが発生する
 - ・ 錆の膨張圧でかぶりコンクリートがはく離、はく落する
- 初期欠陥でかぶり厚不足が契機になる場合がある

低下する機能

- ・ 耐久性



開水路側壁：鉄筋露出



中性化試験(フェノールフタレイン法)

(2) 劣化 - 塩害

原因 / メカニズム

- ・ 海岸部の構造物に潮風や波しぶきがかかり、塩分が経年と共にコンクリート内部に浸透し、内部の鋼材が腐食する
- ・ 農作物に塩害が発生する地域の構造物も要注意

変状の特徴

R C 構造物特有の変状

- ・ 鉄筋に沿ったひび割れが発生
- ・ 錆汁の発生
- ・ 錆の膨張圧でかぶりコンクリートがはく離、はく落する

低下する機能

- ・ 耐久性
- ・ 安全性能
- ・ 耐荷性能



橋桁の損傷



(2) 劣化 - 凍害

原因 / メカニズム

- ・ 寒冷地域（最低気温が - 2 以下になる地域）でコンクリート中の水分が凍結、融解を繰り返すことで、微細なひび割れや表層部のはく離が発生し、表面からボロボロになる現象

変状の特徴

- ・ スケーリング
鱗状の微細なひび割れと表層はく離
- ・ ポップアウト
骨材がはじけて円錐状のはく離

低下する機能

- ・ 耐久性
- ・ 安全性能
- ・ 粗度（係数）の上昇



開水路側壁



壁高欄

(2) 劣化 - 化学的侵食

原因 / メカニズム

- ・ 温泉地域や下水道施設で、酸性物質や硫化イオンがコンクリートを溶かし、ボロボロになる現象

変状の特徴

- ・ 表面からの崩壊

低下する機能

- ・ 耐久性
- ・ 安全性能
- ・ 粗度（係数）の上昇



下水道



堰

(2) 劣化 - アルカリ骨材反応(ASR)

原因/メカニズム

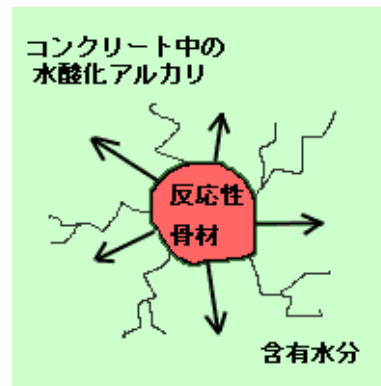
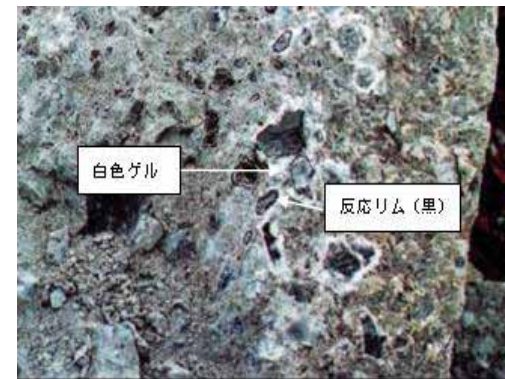
- ・ コンクリート中のアルカリ分と骨材のシリカ鉱物が反応し、シリカゲルを生成する。このゲルが吸水膨張して、ひび割れが発生する

変状の特徴

- ・ 壁、擁壁等では網状や亀甲状に発生
- ・ 柱、梁等では鉄筋に沿って軸方向に発生
- ・ 骨材回りに反応リムが発生

低下する機能

- ・ 耐久性
- ・ 安全性能
- ・ 水密性の低下



(2) 劣化 - 摩耗 (すりへり)

原因

- ・ 流水中に含まれる砂礫による摩耗
- ・ 流速が速いことによるカルシウム化合物の溶脱

変状の特徴

- ・ 骨材の露出
(モルタル分の流出)
- ・ コンクリート表面の凹凸
(骨材自身の摩耗)

低下する機能

- ・ 粗度 (係数) の上昇



開水路壁面

(2) 劣化 - 疲労

道路橋 R C 床版の場合

原因 / メカニズム

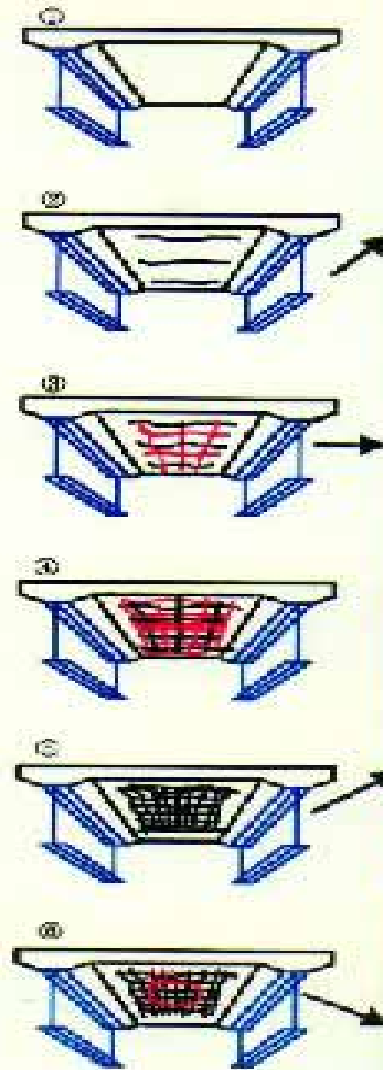
- ・ 過積載車両の走行（繰返し荷重）により、床版下面にひび割れが発生する．更にそのひび割れに雨水が浸透して、ひび割れ幅が拡大し、ブロック状となって床版が陥没する

変状の特徴

- ・ 一方向ひび割れ 二方向
格子状 陥没に発展する

低下する機能

- ・ 安全性能
- ・ 耐荷力



二次的変状 - エフロレッセンス

原因

- ・コンクリートの可溶成分が表面に移動し、炭酸ガスの吸収等により析出する
(ひび割れやコールドジョイント等の変状の有無とも関連)

変状の特徴

- ・コンクリート表面に白色の結晶物が析出する(白華)

低下する機能

- ・水密性の低下
- ・中性化が速い



水槽 : コールドジョイントから



水槽 : セパ孔, 打継目から

二次的変状 - 錆汁

原因

- ・ 初期欠陥（かぶり不足）、劣化（塩害，中性化）により鋼材が腐食する

変状の特徴

- ・ 錆汁の析出

低下する機能

- ・ 耐荷力
- ・ 耐久性

重大な損傷につながる場合がある



二次的変状 - 浮き・はく落

原因

- ・ 初期欠陥（かぶり不足）、劣化（塩害，中性化）により鋼材が腐食し、かぶりコンクリート片が押し出される

変状の特徴

- ・ 鉄筋に沿ったひび割れ
- ・ 鋼材の露出

低下する機能

- ・ 耐荷力
- ・ 耐久性

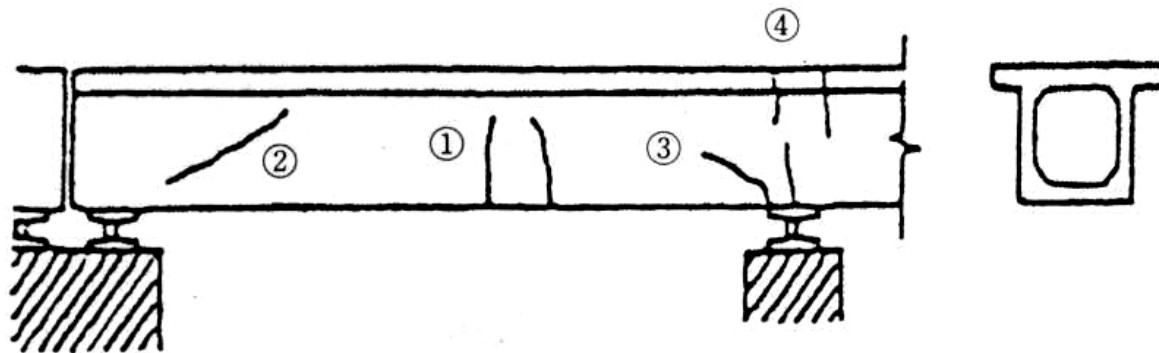
コンクリート片の落下による
第三者被害の恐れがある



(3) 損傷 - ひび割れ (構造的)

R C 構造の場合

0.3mmを超える曲げひび割れやせん断ひび割れ () には**要注意**

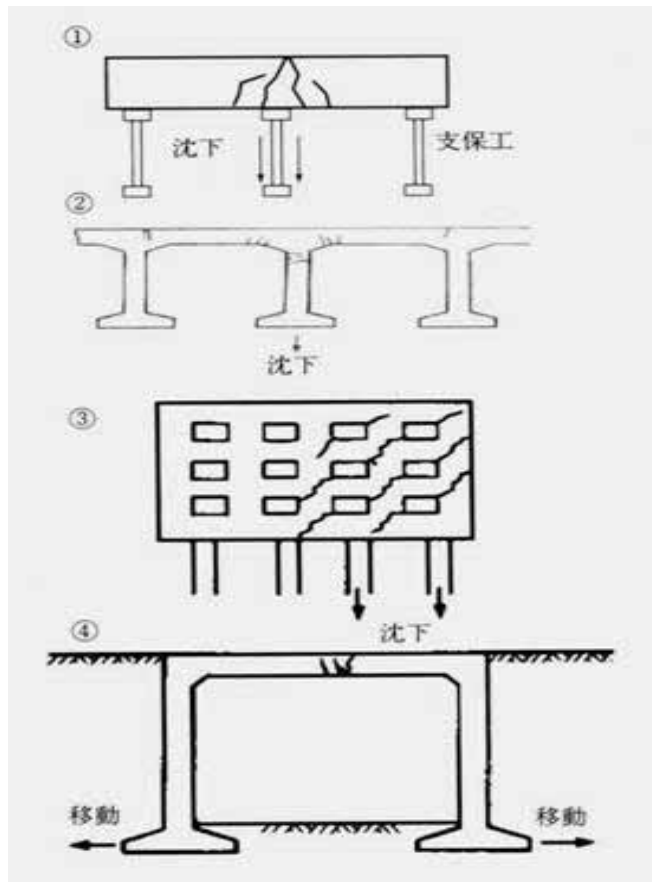


- ① : 曲げひび割れ, ② : せん断ひび割れ, ③ : 支点上の局部応力過大,
- ④ : プレストレストの不足や支点沈下の影響



水路橋: せん断力不足

(3) 損傷 - たわみ・変形



支点の不同沈下による
ひび割れ(支持力不足)



開水路底版(浮力による損傷)



開水路側壁(凍上圧の補強対策)

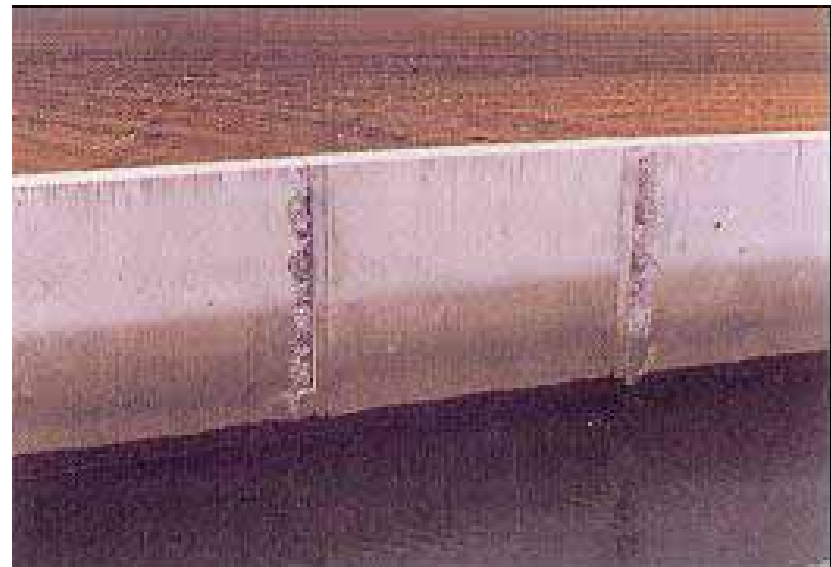
(3) 損傷 - 目地損傷

L : 側壁の長さ = 10 m の時、 $\pm 1 \text{ mm} / 10$



角欠け

原因：長さ変化(膨張)または
不同沈下



角欠け

原因：長さ変化(膨張)

(3) 損傷 - 目地損傷



目地材の脱落

原因：長さ変化(膨張)



目地からの漏水

原因：不同沈下

(3) 損傷 - 目地損傷

下記既存補修工は1年以内の再損傷事例が多い

- 原因
- ・シーリング材の耐久性不足
 - ・目地の伸縮に対応できない



シーリング材による施工



表面被覆による施工

診断 - 簡易補修適用の可否

変状原因や劣化過程の特定が困難な場合

(塩害、凍害、ASR、化学的侵食など)

大掛りな仮設、補修機材や特殊あるいは危険を伴う工具が必要な場合

(大規模な足場、モルタル吹付け機、高圧の洗浄機など)

補修面積や延長が広範囲となり、相当の作業日数が必要となる場合

上記のような場合は、簡易補修の対象外。

簡易補修の対象外となる場合は、専門会社へ調査、診断、補修・補強計画立案、実工事を適宜委託して、適切な維持管理を行う。

損傷に応じた簡易補修工法

損傷の種類	補修方針	選択可能な補修工法	使用材料名
ひび割れ 目地	漏水防止	ひび割れ補修工法	シーリング材
ジャンカ（豆板）	漏水防止 粗度改善	ひび割れ補修工法 断面修復工法	ポリマーセメントモルタル
コールドジョイント	漏水防止 粗度改善	ひび割れ補修工法 断面修復工法	シーリング材 ポリマーセメントモルタル
砂すじ 表面磨耗	粗度改善	断面修復工法（素地調整） 表面被覆	ポリマーセメントモルタル
中性化	炭酸ガス 水の遮断	断面修復工法（素地調整） 表面被覆	ポリマーセメントモルタル 表面含浸材

共通の選択可能な補修工法：表面被覆工法

各種補修材料の概要



シリコンシーラント（スリーボンド5232B）
一般に販売されているシリコンシーラントは、価格も安く施工も容易なため、手軽に利用できる。
ただし伸縮性に欠け、コンクリートの動きに追従できないため、早期に再施工しなければならなくなる場合が多い。
土木用シリコンシーラントは、高価だが接着力と伸縮性とのバランスが良く、コンクリート目地の伸縮に対して優れた**追従性**を発揮する。
また、長期劣化が少なく、優れた耐候性を有する。

水路補修では、主に乾燥している目地部やひび割れの補修に使用する。

各種補修材料の概要



水中エポキシパテ（ロンジーパテ / 紙パック）

水中エポキシパテは、本剤と硬化剤を等量ずつ手で取って混ぜて使用する。

作業性が良く、コンクリート**湿潤面**でも接着力が良好で、耐水性にも優れている。

また、硬化物は弾性体なので、下地の動きに追従し、防水性を保持する。

水路補修では、主に湿潤している目地部やひび割れの補修に使用する。

各種補修材料の概要

止水セメント（エレホン#300）

止水セメントは超速硬性の無機化合物粉体で、水を加えて練り混ぜるだけで**急速硬化**する急結セメント。

収縮も極めて少なく、接着性、防水性、耐水圧性に優れている。

水路補修では、主に漏水しているひび割れ等の箇所に止水材として使用する。



各種補修材料の概要



ポリマーセメントモルタル〔プレミックスタイプ〕 (CSモルタル#100PS)

ポリマー（いわゆる接着剤）を含有しているため、普通セメントモルタルと比較して、躯体コンクリートとの**接着性**に優れている。また、普通セメントの場合では砂を混ぜる手間が必要があるが、プレミックスタイプであれば、水と練り混ぜるだけで使用できる。次のような特徴を持つ特殊なタイプも有効。

- ・ 繊維混入タイプ
（ひび割れや剥離に対し十分な抵抗性を発揮する）
- ・ 速硬タイプ
（強度発現性が良好で短時間で実用強度が得られる）

水路補修では、主に断面修復材および表面被覆材として使用する。

各種補修材料の概要



表面含浸材〔けい酸ナトリウム系〕

（CS - 21 クリアー）

コンクリート表面へ塗布または散布し含浸させることにより生成される不溶性の結晶体が、空隙を充填し表層部を**緻密化**する。

断面修復において、高性能な断面修復材を使用しても、下地が脆弱な状態の場合には剥落する恐れがある。

そのため、下地に表面含浸材を使用し、表層部を強固なものに改質することが有効となる。

また、外部からの劣化因子（水、炭酸ガス、塩化物等）浸入を抑制する表面保護効果がある。

水路補修では、主に断面修復の下地強化および表面保護材として使用する。

各種補修材料の概要



表面含浸材〔シラン系〕（SM-9）

浸透性吸水防止材とも称され、コンクリート表層部に含浸させることにより**吸水防止層**を形成し、外部からの水や塩化物イオンの浸入を抑制する。一般的には撥水材と呼ばれる。

その他の補修材料

- ・ ひび割れ補修セット

前出のCS-21クリアーとCSパテのセット。

CSパテはコンクリートの**自閉効果**を促進させる効果を有する無機質パテ材。

- ・ HBテープ



各種補修工法の概要

目地補修工法 / ひび割れ補修工法 (シリコンシーラント)



- 1 . コンクリートカッター等によりひび割れをU字にカットする。
- 2 . 高圧洗浄により汚れを除去する。
- 3 . プライマーをハケ等で塗布する。
- 4 . コーキングガン等でシリコンシーラントを充填しヘラで仕上げる。

各種補修工法の概要

目地補修工法 / ひび割れ補修工法 (水中エポキシパテ)



- 1 . コンクリートカッター等によりひび割れをU字にカットする。
- 2 . 高圧洗浄により汚れを除去する。
- 3 . 均一に練り混ぜた水中エポキシパテを手またはヘラで充填する。

各種補修工法の概要

目地補修工法 / ひび割れ補修工法 (止水セメント)



- 1 . 劣化部を電動ハンマー等により斫り落とす。
- 2 . 高圧洗浄により汚れを除去する。
- 3 . CS - 2 1 クリアーを噴霧器等により散布する。
- 4 . 止水セメントを充填箇所に強く詰め込み、固まるまで押さえる。

各種補修工法の概要

断面修復工法（ポリマーセメントモルタル）

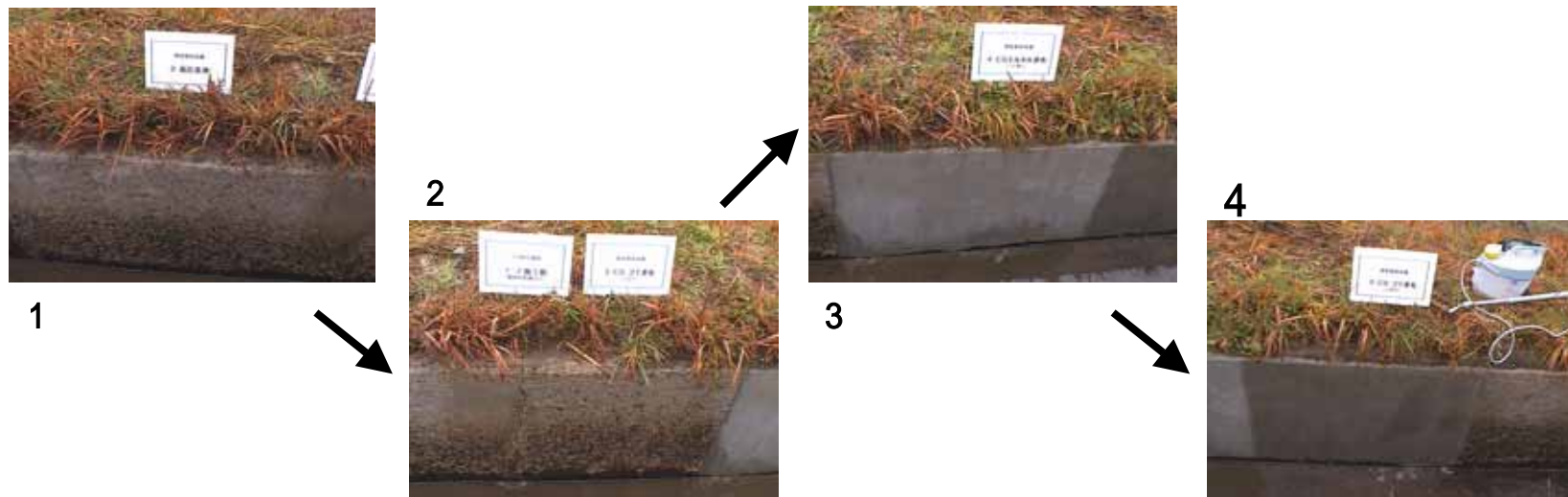
- 1．劣化部を電動ハンマー等により斫り落とす。
- 2．高圧洗浄により汚れを除去する。
- 3．CS - 2 1 クリアーを噴霧器等により散布する。
- 4．CSモルタルをコテ等により充填し、断面を修復する。



断面が大きく手作業では効率が悪い場合は、型枠を組み立てて充填する。

各種補修工法の概要

表層硬化工法（CSモルタル）



- 1 . 高圧洗浄により汚れを除去する。
- 2 . CS - 21 クリアーを噴霧器等により散布する。（1回目）
- 3 . CSモルタルをコテにより塗り付ける。
- 4 . CS - 21 クリアーを噴霧器等により散布する。（2回目）

各種補修工法の概要

表面保護工法（CM - 9）

- 1．高圧洗浄により汚れを除去する。
- 2．SM - 9を噴霧器等により散布する。



表面含浸材(シラン系)を塗布してあるコンクリート(右)は、水をかけても撥水し、染み込まない。

各種補修工法の概要

その他の補修工法（HBテープ）



- 1．高圧洗浄により汚れを除去する。
- 2．シーリング材を塗布する。
- 3．HBテープを貼り付け、しっかり押さえる。

補修のポイント

下地処理の重要性

補修工法とは、既設構造物に対して補修材料を定着（接着、含浸等）させることである以上、下地処理が最も施工の良否を左右する。

いかに優れた補修材を使用しても、下地処理が不完全では、その効果あるいは耐久性が発揮されない。

補修の際は、劣化部分を除去し、汚れ等の付着物を残さないよう洗淨することこそ重要である。

終わりに

謝意

本資料は全国土地改良事業団連合会 土地改良施設機能更新等検討委員会発行資料「農業水利施設のコンクリート構造物診断と補修（簡易補修等による機能回復手法）」を元に改編し作成しました。関係各位に謝辞を表します。

参考文献

- ・コンクリート標準示方書「維持管理編」 土木学会
- ・コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 - 2003 -
日本コンクリート工学協会
- ・コンクリート診断技術（コンクリート診断士テキスト）
日本コンクリート工学協会