

2025/11/14

令和7年度 水利施設保全管理補修部門 中央研修会

## 無機系表面被覆工法の 耐久性評価試験方法および現地適用事例

農研機構 農村工学研究部門  
川邊 翔平

※ 農研機構（のうけんきこう）は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。

NARO

## 本日の話題：農業用開水路の調査技術



表 4.2-1 本書における補修工法別の基本的性能と個別性能

基本的性能 (○) : 標準的な現場に共通して求められる性能。  
個別性能 (□) : 施工条件や環境条件等により個々の現場に個別的に求められる性能。

要求性能項目	表面被覆工法						ひび割れ 補修工法	断面 修復工法	目地補修 工法			
	無機系	有機系	パネル		シート							
			接着方式	アンカー固定方式	無機系 ト工法	ライニング 工法						
中性化抑制性	○							□				
耐候性	○	○	○		○				○			
付着性	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
耐摩耗性	○	○	○	○	○	○		□				
一体化性	○								○			
寸法安定性	○								○			
耐凍害性	□			□				□				
ひび割れ追従性	○				○		○					
通水性	□	□	□	□	□	□						
止水性									○			

中性化：病気（内科的）  
付着：事故（外科的）  
摩耗：寿命

### 要求性能を現地で確認するための 調査技術

- コアビット法
- 付着試験
- 摩耗モニタリング

試験方法は  
マニュアル  
掲載済み



<解説動画>  
「農業水利施設の保全管理  
インフラメンテナンスってどんなもの？」

※空欄については、照査を省略できる性能、当該工法には期待できない性能、及び照査方法が未確立な性能が含まれており、現時点においてこれらを明確に整理することができない。

# 要求性能と品質規格値の考え方

**中性化抑制性**：二酸化炭素の侵入を遮断又は抑制する性能

- 部材の中性化の進行を抑制することが求められる
- 規格値の考え方：20年で5mm

**付着性**：補修材が開水路の躯体コンクリートから剥離しない性能

- 付着した状態ではじめてその性能を発揮
- 規格値の考え方：躯体の引張強度と同程度の付着強度

参考) 一体化性：補修材が単独で破壊しない性能

- 標準的な現場打ちコンクリート開水路の設計強度から $21.0\text{N/mm}^2$ 以上

**耐摩耗性**：流水等による摩耗に対する抵抗性

- 溶脱や研磨作用、衝撃力等でコンクリートの断面が欠損していく現象
- 規格値の考え方：20年で5.2mm

出典) 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】 , pp.67-78

品質照査（事前評価）は室内試験／本日の話題は現地調査の方法と結果

規格値または期待耐用年数の見直しのためには、現地に施工された補修工法の性能・効果を評価する必要がある

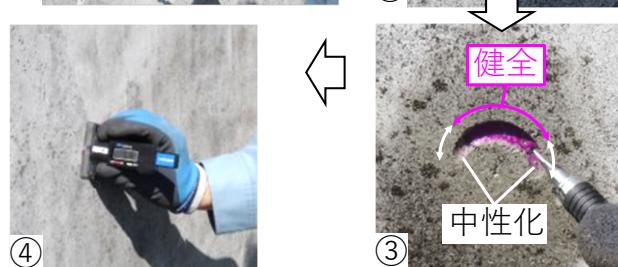
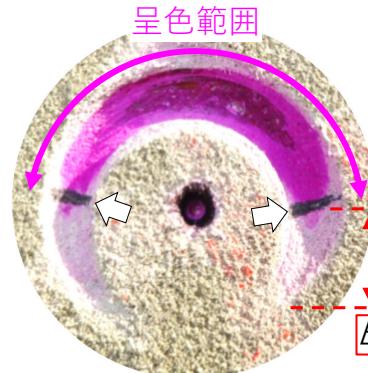
2

## 無機系表面被覆工の簡易な中性化深さ測定手法 「コアビット法」

- 特別な機材・訓練が不要で、現場で容易に実施可能
- 短時間：約3分/箇所、測定誤差は0.3mm未満
- 従来のコア割裂面による手法と同等の測定値
- 構造物の損傷も小さく、調査後の補修も容易

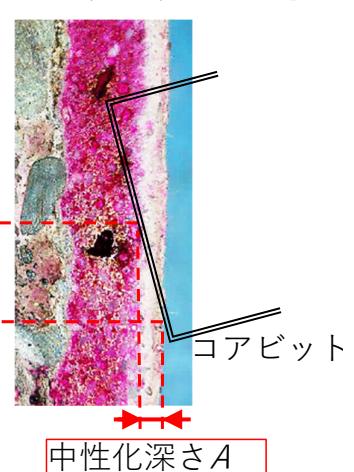


[コアビット法の観察面] [被覆材（コア）の断面]



川邊ら（2016）、農業農村工学論文集、84(3)

川邊ら（2017）、農業農村工学論文集、85(1)



中性化深さ A

3

# 無機系表面被覆工法の中性化深さのばらつき

- 無機系表面被覆工法 2 工法の中性化深さとばらつき
- 供用約3年後の側壁気中部で 中性化深さ： $\sim 2.5\text{mm}$ 程度  
中性化速度係数： $0.6\sim 0.9\text{mm/年}^{0.5}$ 程度  
(平均の中性化深さに対して)  
変動係数：20~40%

小口径コア

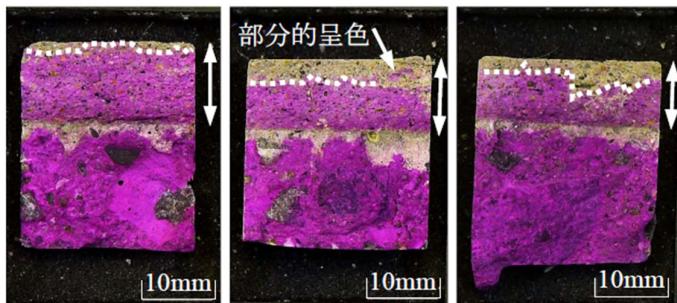
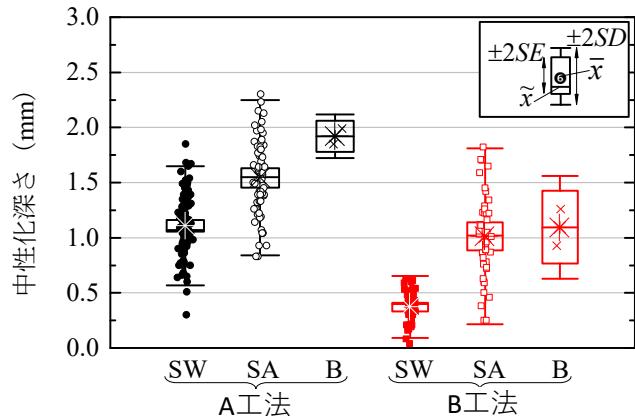


Fig. 5 中性化進行のばらつき  
Variations of neutralization front

コアピット法



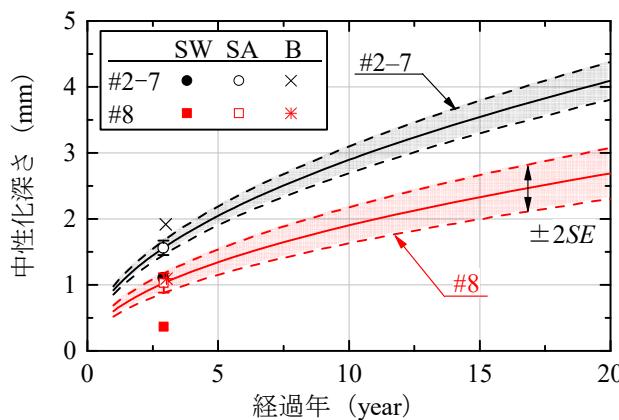
川邊ら (2016) 農業農村工学論文集84(3)  
川邊ら (2017) 農業農村工学論文集85(1)

4

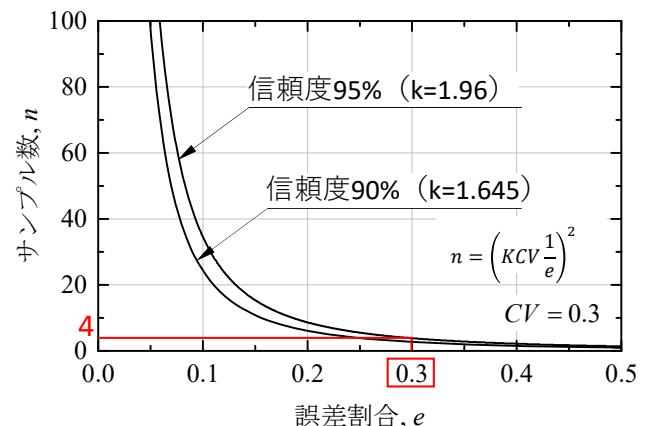
# 無機系表面被覆工法の中性化深さのばらつき

- 規格値の考え方：20年で5mm は十分に満足する見込み
- 許容誤差30%で信頼度95%の平均値を得るために必要なサンプル数は4 以上

$\sqrt{t}$ 則による予測



サンプル数と相対誤差



# 安全、簡単、確実なコンクリート補修材料の現場付着試験方法



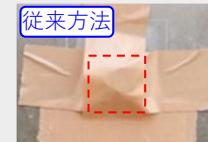
川邊ら (2022) コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集Vol.22

- 作業者の技量やノウハウに頼らない試験が可能
- 試験装置が流用可能で、導入コストが低い
- 試験値は従来方法と同等で、長期モニタリングに影響しない

## ①切込み作業



- 切込み深さを均一にしやすい
- 試験断面形状も均一
- 粉塵の飛散も少ない



均一な断面・切込み



②ジグの接着



ジグの挿入



ゴムリング設置

- 余剰接着剤の目視確認
- 硬化中ジグがずれない

## ③補修・美観



引張載荷は  
従来方法と同じ

補修後



土のうやモルタルで止水



切込み作業も可能



接着面を保護

## その他



導入コストも  
わずか

## 従来の付着試験の課題



付着試験では切込み深さが試験結果に影響する  
一方で、切込み深さが不安定になりやすい



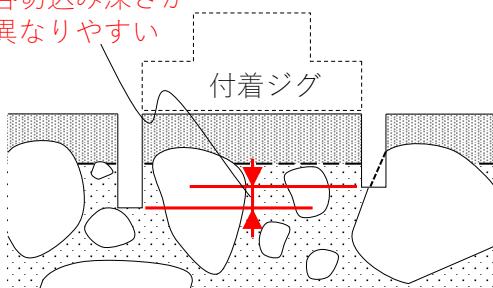
不十分な切込み範囲



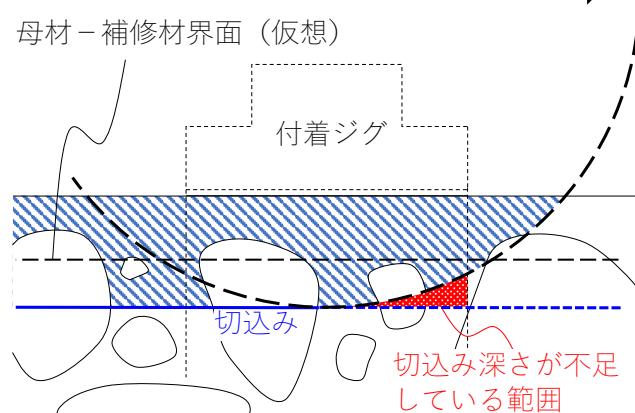
十分な切込み範囲



各切込み深さが  
異なりやすい



母材 - 補修材界面 (仮想)



切込み深さが不足  
している範囲

# 現場の付着強さ

- 従来の切込み作業よりも切込み深さのばらつきを低減
- 水路の底版に近いほど付着強さは低い傾向（測点の設定方法に注意）

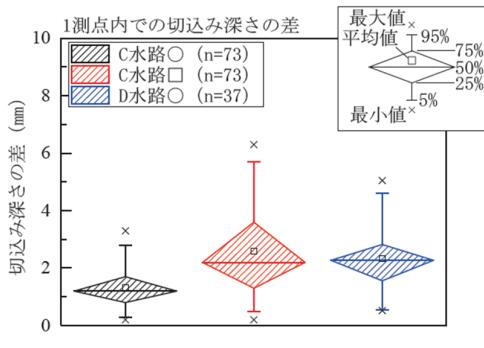


図-8 切込み深さのばらつき

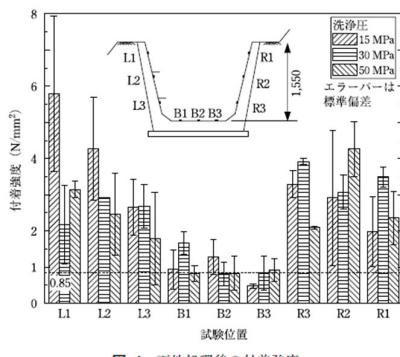
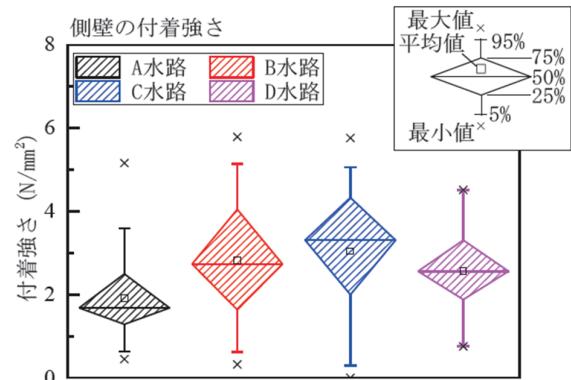


図-4 下地処理後の付着強度

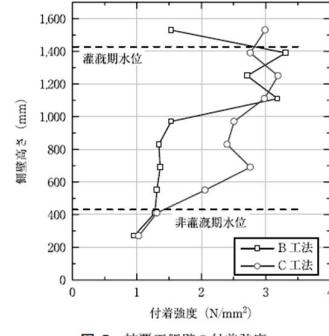
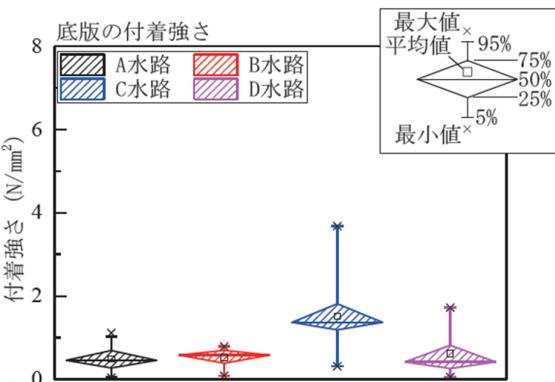
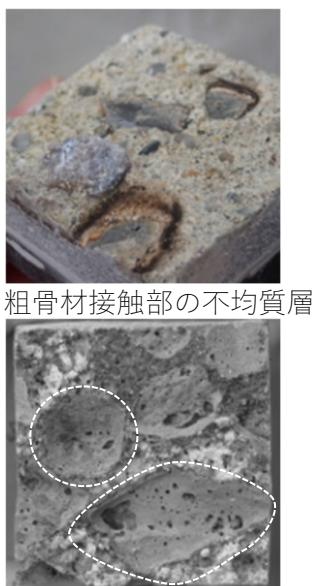
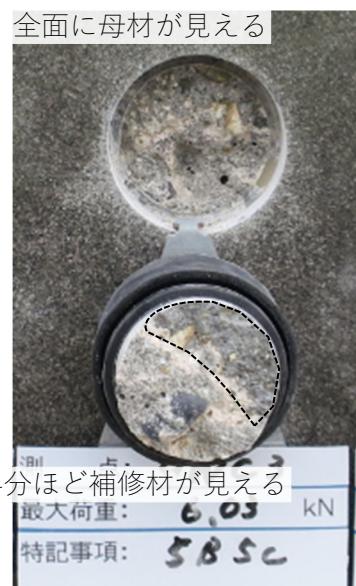
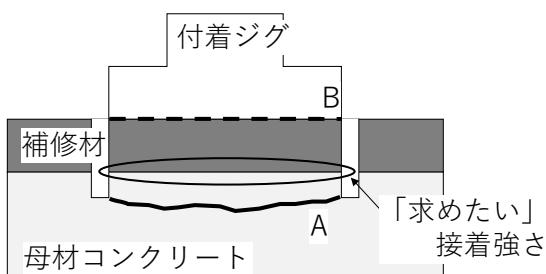
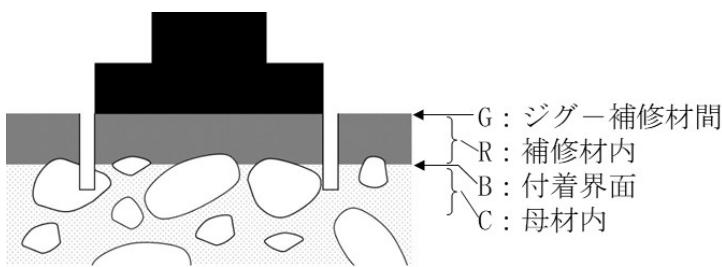


図-5 被覆工側壁の付着強度



## 付着試験の結果の観察

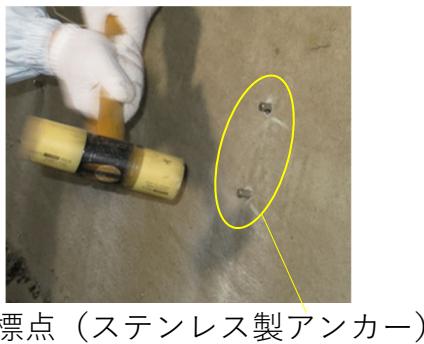
- 破断位置と破断面、母材の観察が大切
- 破断位置：試験値の意味が異なる ただし、十分な切込み深さが前提
- 破断面を観察：湿っている | プライマー | 骨材・モルタルとの接着は？



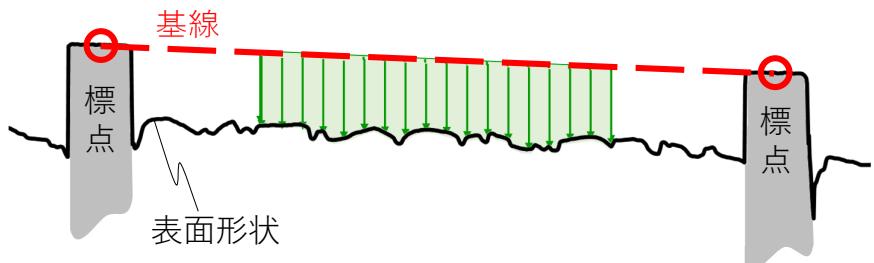
# 摩耗計測手法

- 摩耗量：不動点（標点）から材料表面までの距離の変化

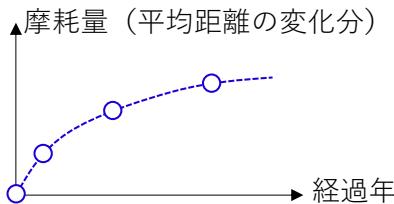
## ①標点の設置



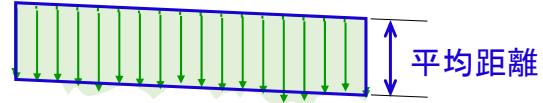
## ②表面形状(材料表面までの距離)を計測



## ④平均距離の経年変化を 摩耗量としてモニタリング



## ③基線から材料表面までの平均距離を計算



10

# レーザー変位計による凹凸形状の取得

- レーザー変位計で、水路表面の凹凸を詳細に取得
- 摩耗モニタリングに必要な「平均距離」を自動計算

## 測定装置



## 解析用プログラム

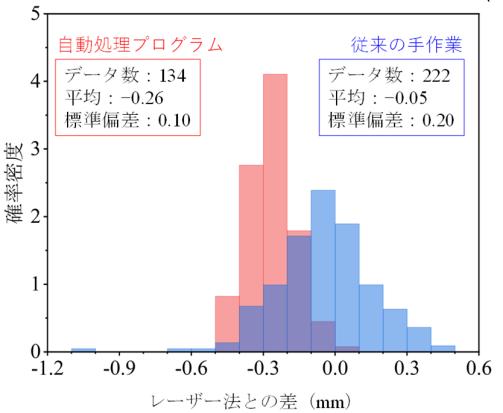
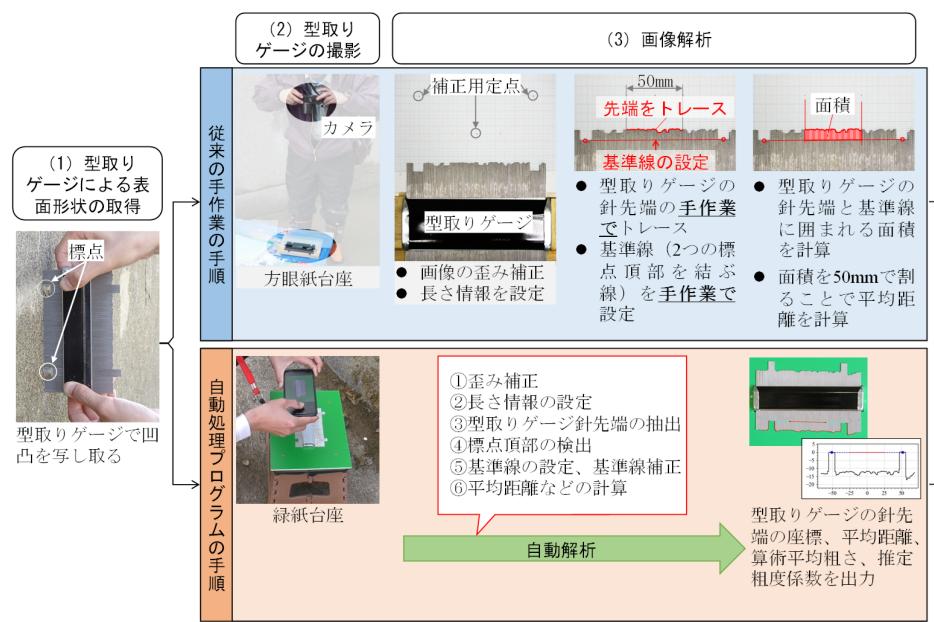


11

# 型取りゲージを用いた簡易手法

- レーザー変位計の代わりとして型取りゲージを利用
- 従来の手作業による方法よりも、測定値のばらつきは約半分
- 「実行ファイルと入出力用エクセル」を提供中
- Webアプリとして提供開始

## 補修補強マニュアルの調査方法が誰でも簡単に



数年ごとの計測で  
よければ型取り  
ゲージでも十分

\*粗度係数の推定も可能

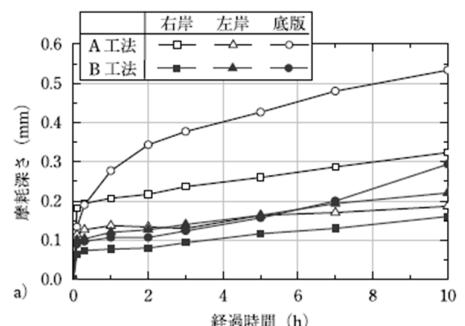
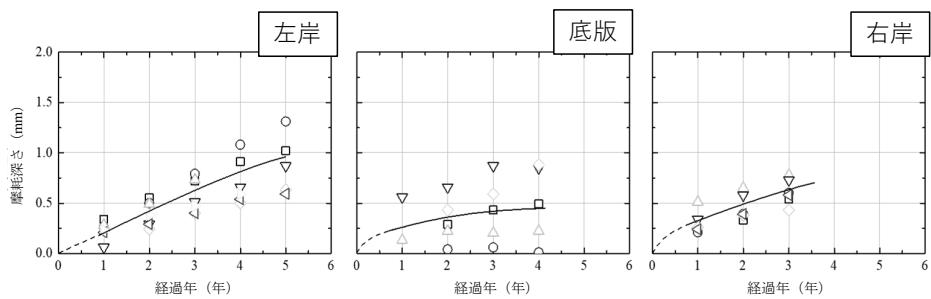
金森ら (2023) コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集Vol.23 を基に作成

12

## 無機系表面被覆工法の摩耗

- 年間摩耗量は 0.2mm程度未満  
(ただし材料による)
- 早急に対策が必要になることは少ない
- 摩耗進行が速ければ 早期に対策  
遅ければ先送りに  
**施設条件に合わせた維持管理**

同一補修工法の  
現場での年間摩耗量の例



コアの促進摩耗試験：ごく表層が弱い

川邊ら (2020) 農業農村工学会誌88 (6)

13

農業水利施設の機能保全の手引き 2007年策定

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】 2015年策定

施工後10年、20年（試験施工も含む）経過する施設が出てきた  
モニタリングや施工の再評価によって、

**品質規格値の見直し**

**標準期待耐用年数の見直し**

あるいは工法ごとの実績に基づいて設定

**合理的な保全計画**

**合理的な長寿命化コスト削減**（製品開発・補修工事含む）をを目指せる

ただし、きちんと施工がなされていれば

早期変状・早期再劣化を低減するためには**施工管理**（または施工環境・条件に依存しにくい工法）**も大切**