

# RC構造物の延命化技術研究協議会 (M協議会)

## 活動報告

- 予防保全を目的とした小規模橋梁の維持管理
- 簡易点検、簡易補修、簡易床版防水工
- 土木学会全国大会の論文調査

# 1. 予防保全を目的とした 小規模橋梁の維持管理

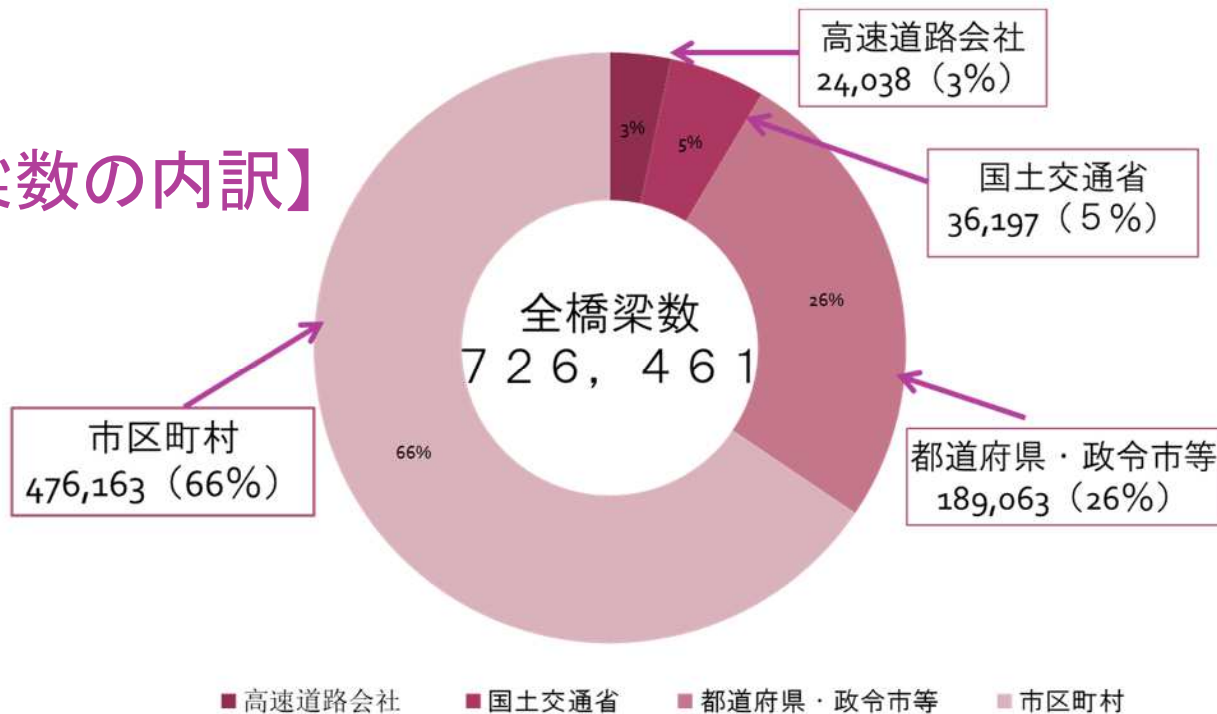
# 1.1 背景と目的

- 道路橋の約66%を市町村などの地方自治体が管理。
- 膨大な橋梁を管理する小規模な市町村では、予算不足と人材不足が特に厳しい状況。

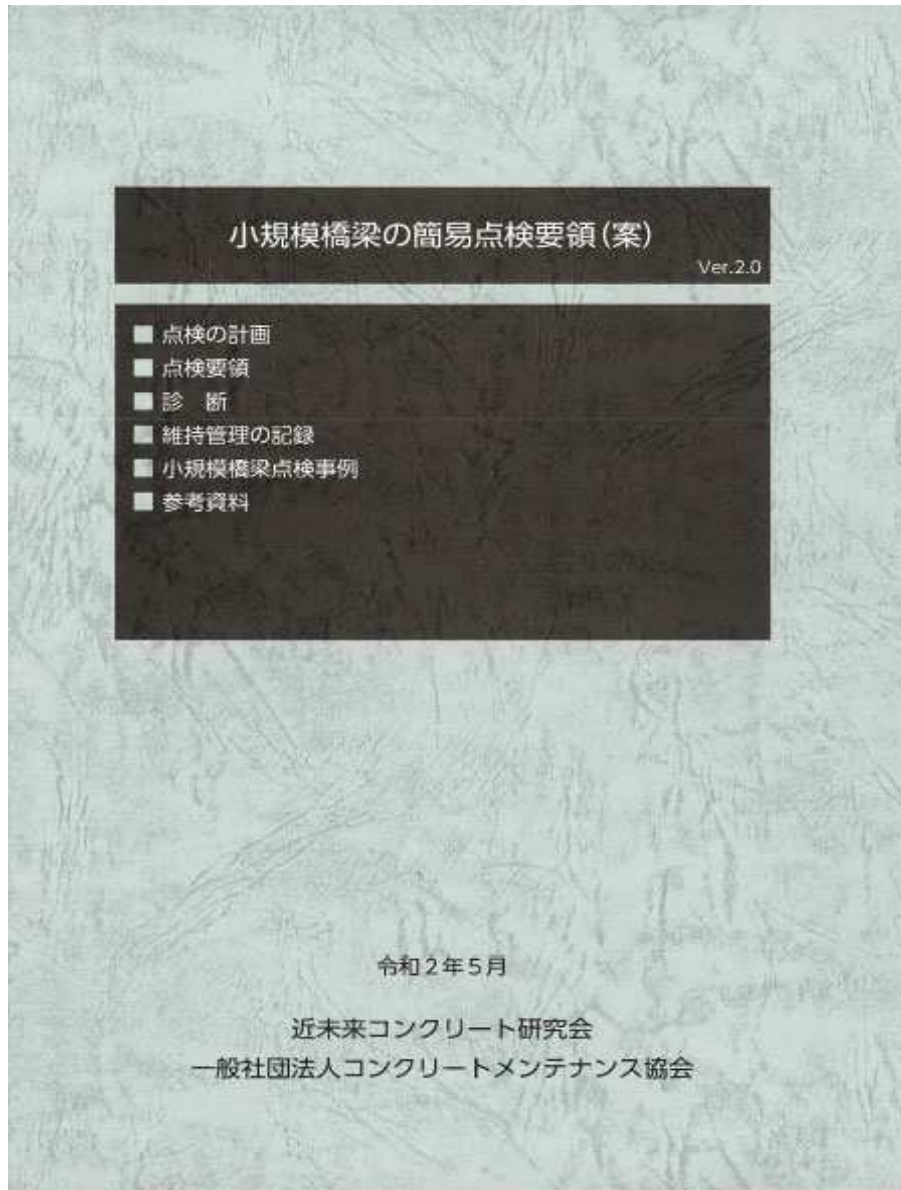


- 小規模な市町村が管理する比較的小規模な橋梁の維持管理のあり方について検討を進める。

【維持管理者別の橋梁数の内訳】



# 1.2 小規模橋梁の簡易点検要領(案)Ver2.0



## 目次

### 1. 総 則

適用の範囲、診断のフロー、用語の定義

### 2. 点検の計画

点検の目的、点検のフロー、点検の内容

### 3. 点検要領

調査項目の選定、調査方法、外観調査、強度調査、かぶり厚さの測定、中性化深さの測定、塩化物イオン量の測定、定期点検の頻度、調査結果の整理

### 4. 診 断

判断(健全度診断)、補修の要否判断、補修方法の選定

### 5. 維持管理の記録

維持管理の記録、記録の保管

### 小規模橋梁点検事例

参考資料編

# 1.3 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の社会実装

## 【目指す方向性】

- ・小規模の橋梁を管理する道路管理者、自治体の負担軽減
- ・維持管理費用の低減もしくは平準化

◎最小限のデータを収集、記録しておくことで、スクリーニング



◎中には点検頻度を落としてもよい橋梁が出てくる



◎限りある費用を緊急性の高い橋梁の維持管理に回せる



◎管理すべき橋梁を可能な限り広くカバーできる

## 1.3 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の社会実装

### 【これまでの試験施工実績(簡易点検、簡易補修)】

東広島市	堀田橋(点検)
	押谷橋(点検)
安芸高田市	工業団地橋(点検)
	小原橋(点検)
尾道市	坂石堂2号橋付近の水門(点検)
	中川橋(点検)
大竹市	玖波3号線1号橋(点検、補修)
廿日市市	可愛ヶ丘1号線路線橋(点検、補修)
安芸高田市	矢賀橋(床版防水)

# 1.3 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の社会実装

## 【床版防水工の重要性】

- ・水はコンクリート構造物のあらゆる劣化の劣化因子
- ・床版防水工がないと、床版の鉄筋は腐食環境に陥りやすい  
⇒道路橋の維持管理には床版防水工が極めて重要

## 【小規模橋梁のコンクリート舗装】

- ・小規模橋梁の橋面はコンクリート舗装仕上げのものが多数
- ・コンクリート舗装に特化した床版防水工の選定  
⇒高浸透型床版防水材「HI-SPECシール工法」

## 【亜硝酸リチウムとの併用効果】

- ・凍結防止剤を散布する路線では塩化物イオンによる鉄筋腐食
- ・単に水分を遮断するだけでなく、鉄筋防錆効果をプラス  
⇒亜硝酸リチウムを併用した簡易床版防水

# 1.3 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の社会実装

【HI-SPECシール工法(アイゾールテクニカ)】

<https://www.isol.co.jp/>

下地補修ができる高浸透型防水工法

## HI-SPECシール工法

(CPタイプ コンクリート舗装用)

水性エポキシ系 高浸透型床版防水材

(揮発性) VOCを一切含まない **水性材** 環境対応



### オールインワン型防水材 6つの特徴

1 高い防水性	2 ひび割れ補修効果
3 コンクリート舗装上に塗布	4 施工性が良い
5 高い耐摩耗性とすべり抵抗性	6 VOC(揮発性有機化合物)を完全に不使用

優れた浸透性を発揮

表面  
防水材

ひび割れに含浸している様子  
コンクリート断面(EPMA画像)





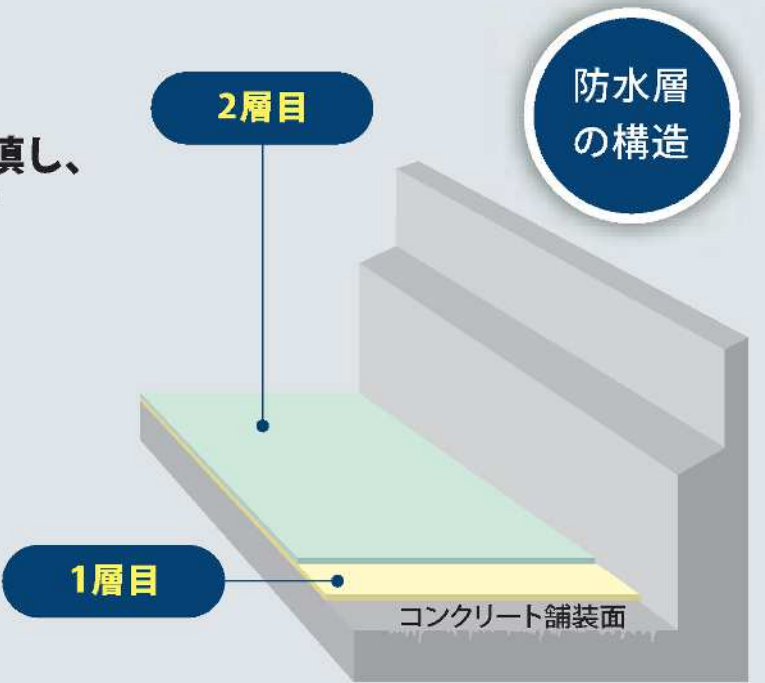
# 1.3 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の社会実装

## 【HI-SPECシール工法(アイゾールテクニカ)】

<https://www.isol.co.jp/>

### 特長

- 1 低温化でも極低粘度(10~20mpa・s)の水性エポキシ樹脂で高い防水性を発揮します
- 2 幅0.1mm~2mm程度のひび割れに対して浸透・充填し、コンクリート舗装表面のひび割れを補修します
- 3 コンクリート舗装表面に塗布します
- 4 施工性がよく、早期の交通解放が可能です
- 5 耐摩耗性、すべり抵抗性に優れています
- 6 VOCを一切使用しない、完全な水性塗料です



### ■主成分

① HI-SPECシールL (CPタイプ)【液体】
主 剤 … 水性エポキシ樹脂 硬化剤 … 脂肪族ポリアミン
② HI-SPECシールP【粉体】
ポルトランドセメント、結晶性シリカ

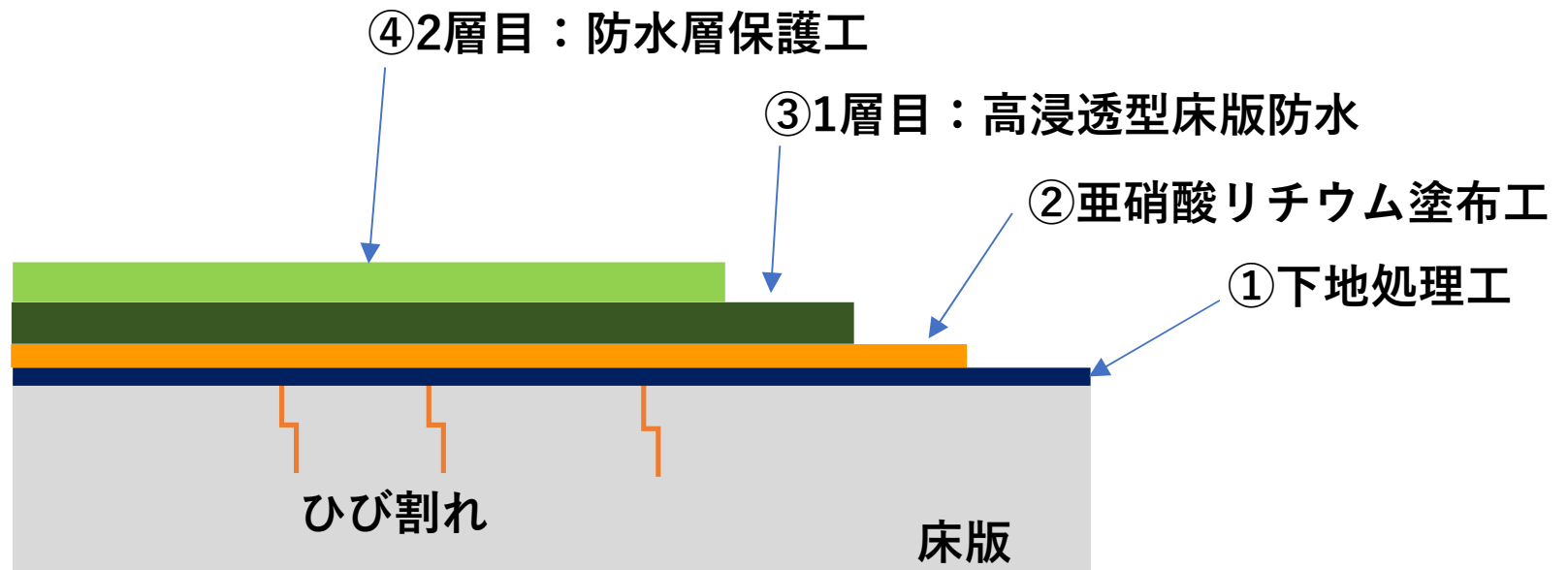
### ■標準塗布量

1層目 0.25kg/m <sup>2</sup>	HI-SPECシールL (CPタイプ) を塗布する 主剤:硬化剤 = 1:1 重量比
2層目 0.8kg/m <sup>2</sup>	HI-SPECシールL (CPタイプ) と HI-SPECシールPを混合攪拌したものを塗布する L主剤:L硬化剤:P=1:1:2 重量比

# 1.3 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の社会実装

## 【工法概要】

- ・コンクリート舗装用の床版防水工「HI-SPECシール工法」と亜硝酸リチウム「プロコン40」を組合わせた床版防水工法



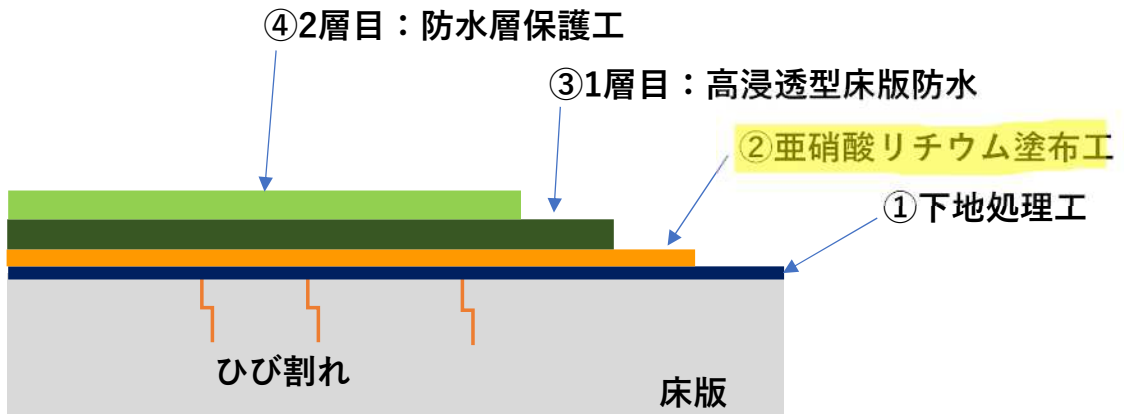
## 【期待される効果】

- ・水分侵入の抑制
- ・微細なひび割れの閉塞
- ・鉄筋腐食抑制(不動態皮膜の再生)

# 1.3 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の社会実装

## 【試験施工報告】

名称: 矢賀橋  
場所: 広島県安芸高田市  
環境: 凍結防止剤散布  
時期: 2024年3月



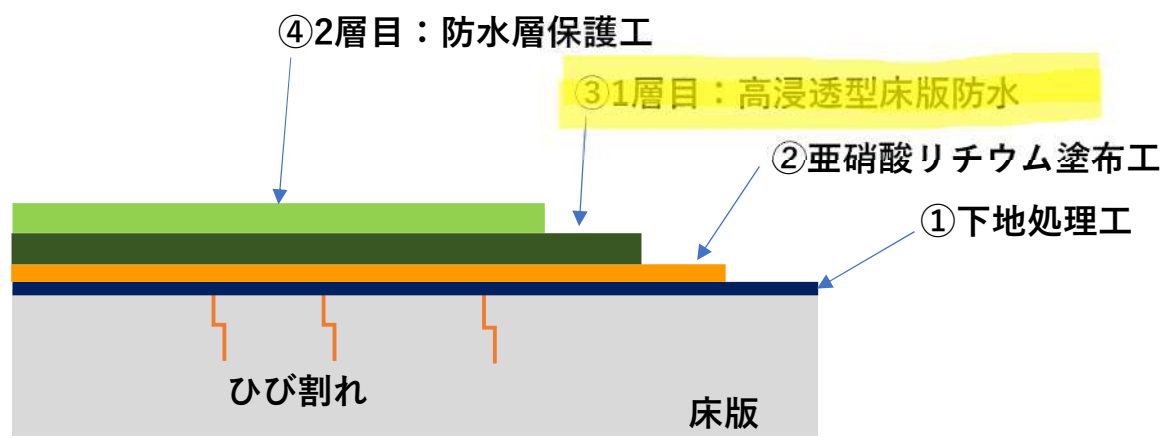
亜硝酸リチウム塗布後の状況

# 1.3 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の社会実装

## 【試験施工報告】



高浸透型床版防水の施工状況

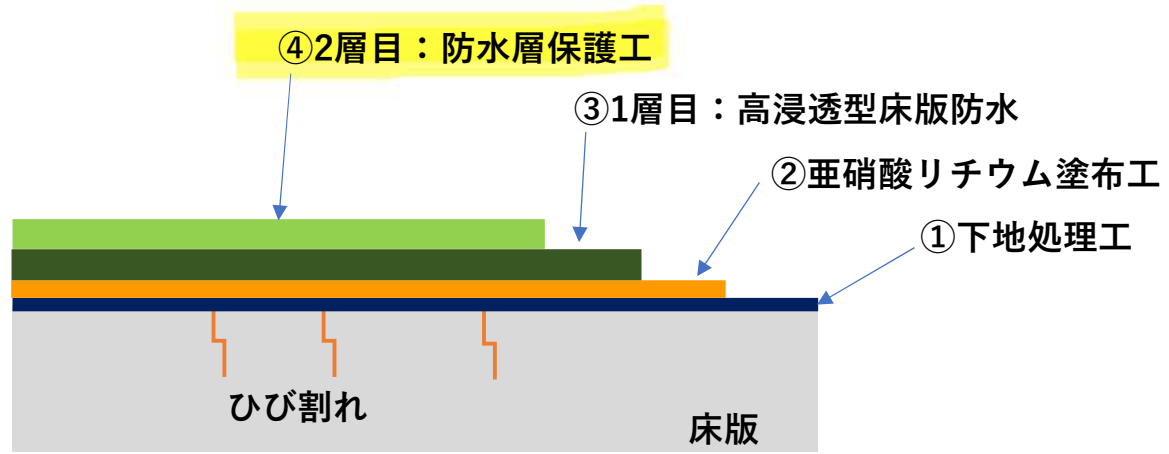


# 1.3 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の社会実装

## 【試験施工報告】



### 防水層保護工の施工状況



# 1.3 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の社会実装

## 【試験施工報告】



2024年5月現在 施工後2ヵ月で変状なし

# 1.3 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の社会実装

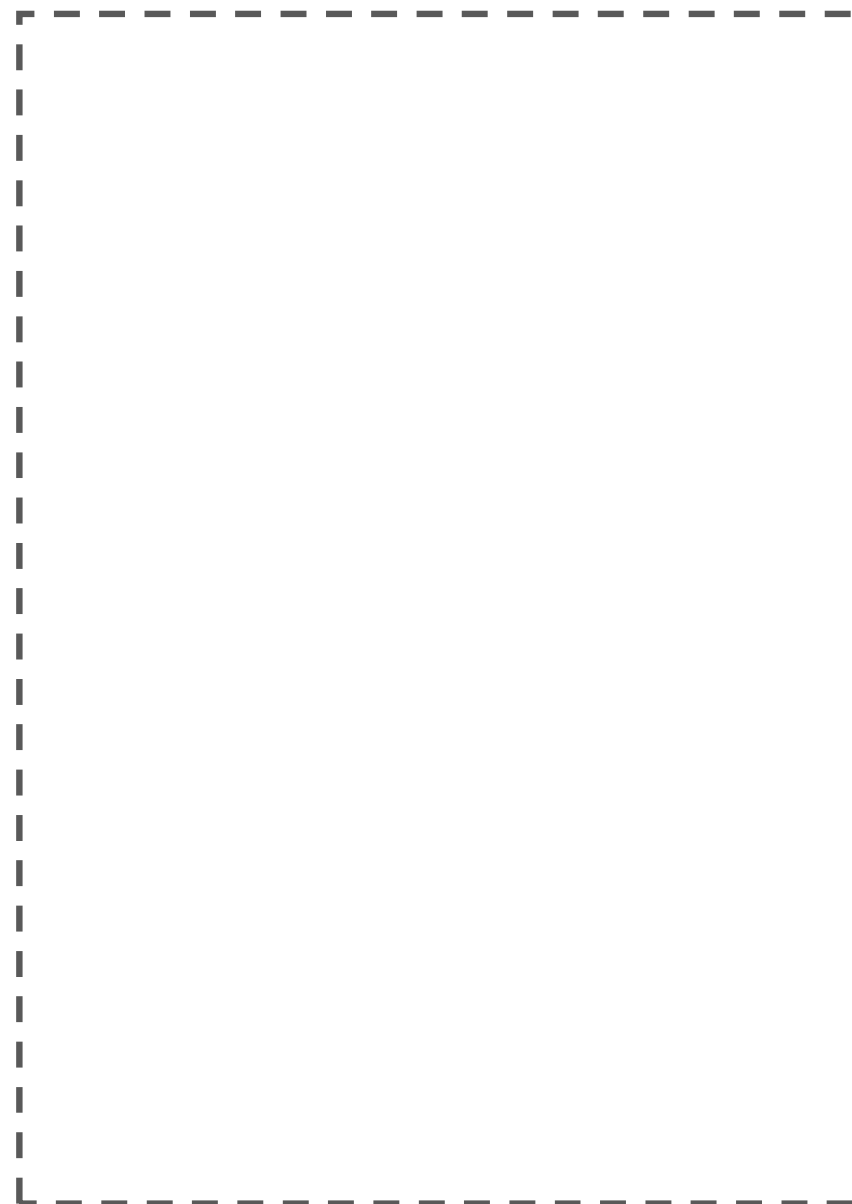
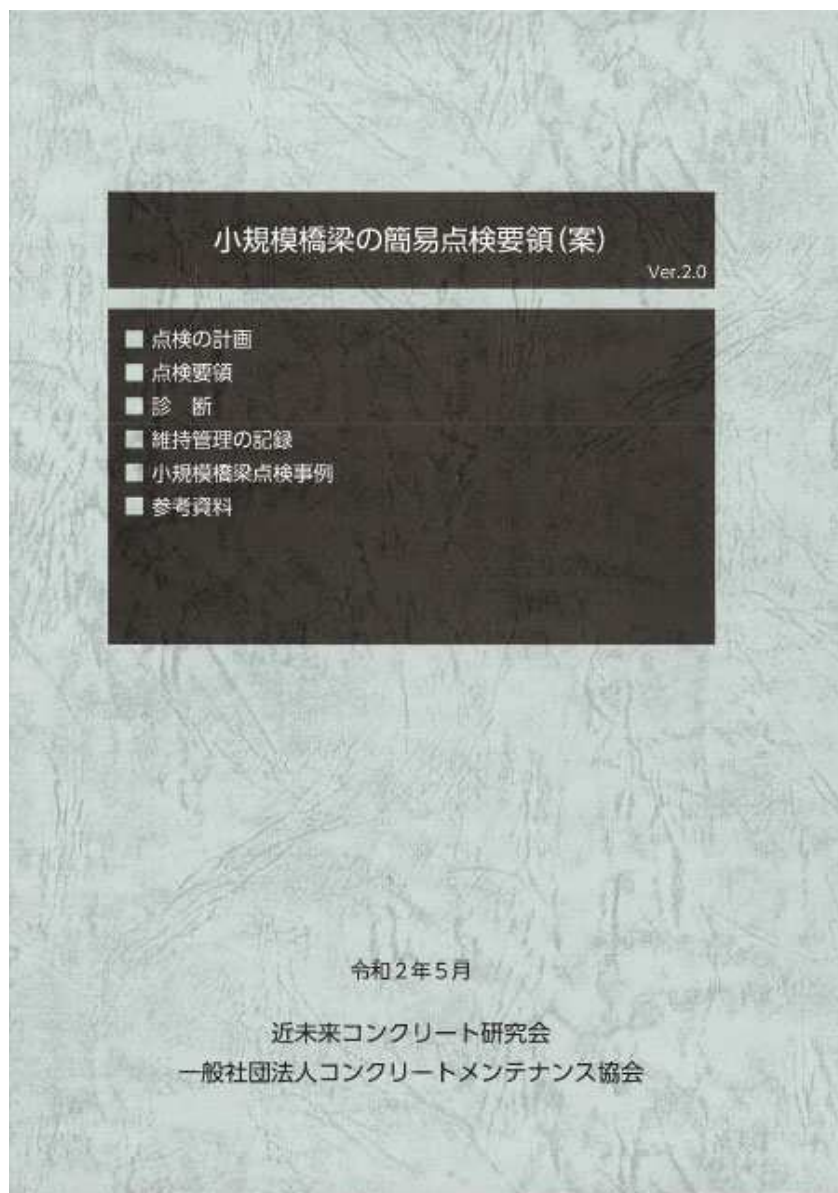
【安芸高田市 矢賀橋の簡易床版防水工】

施工動画にて

## 2. 小規模橋梁の簡易点検要領(案)の改訂



## 2.1 小規模橋梁の簡易点検要領(案) Ver3.0



## 2.1 小規模橋梁の簡易点検要領(案) Ver3.0

### 1. 総 則

- 1. 1 適用の範囲
- 1. 2 診断のフロー
- 1. 3 用語の定義

### 2. 点検の計画

- 2. 1 点検の目的
- 2. 2 点検のフロー
- 2. 3 点検の内容

### 3. 点検要領

- 3. 1 調査項目の選定
- 3. 2 調査方法
  - 3. 2. 1 外観調査
  - 3. 2. 2 強度調査
  - 3. 2. 3 かぶり厚さの測定
  - 3. 2. 4 中性化深さの測定
  - 3. 2. 5 塩化物イオン量の測定
- 3. 3 定期点検の頻度
- 3. 4 調査結果の整理

### 4. 診 断

- 4. 1 判断(健全度診断)
- 4. 2 補修の要否判断
- 4. 3 補修方法の選定

### 5. 維持管理の記録

- 5. 1 維持管理の記録
- 5. 2 記録の保管

### 補足資料

小規模橋梁点検事例

診断結果の基づいた補修の提案

参考資料編

### 3. 土木学会全国大会での論文調査

# 3.1 土木学会全国大会2023 広島

令和5年度  
土木学会認定 CPD プログラム  
Japan Society of Civil Engineers 2023 Annual Meeting

## 土木学会全国大会

不確実な時代における土木の新たな挑戦  
技術でつながる「適散適集」な社会

令和5年(2023年) 9月11日(月)~15日(金)

会場  
広島大学「東広島キャンパス」(東広島市)  
広島工業大学「五日市キャンパス」(広島市)  
広島国際会議場(広島市)ほか

主な大会プログラム

- ▶ 研究討議会 9月11日(月)~12日(火) 10:00~12:00, 13:00~15:00, 15:30~17:30
- ▶ 研究討議会 9月13日(水) 10:00~12:00
- ▶ International Program (国際進行司) 9月13日(水) 10:00~12:00
- ▶ アンサンブル・シヴィル演奏 9月13日(水) 13:15~13:40
- ▶ 基調講演会 9月13日(水) 13:55~14:40
- ▶ 特別講演会 9月13日(水) 14:50~15:50
- ▶ 全体討論会 9月13日(水) 16:10~17:50
- ▶ ANAクラウンプラザホテル広島
- ▶ 交流会 9月13日(水) 18:30~20:00
- ▶ 第78回年次学術講演会 9月14日(木)・15日(金) 両日 9:00~18:10
- ▶ 映画会 広島大学「東広島キャンパス」ほか 9月14日(木)・15日(金) 両日 10:00~15:00
- ▶ 見学会 9月14日(木)・15日(金) 広島駅周辺地下広場(イベント広場)
- ▶ パネル展示 9月13日(水)~15日(金) 10:00~18:00 (TEL: 082-252-2376)
- ▶ アンサンブル・シヴィル演奏 9月13日(水) 16:00~16:40, 9月14日(木) 12:00~13:00

お問い合わせ 公益社団法人 土木学会 中国支部

主催：公益社団法人 土木学会

令和5年(2023年) 9月13日(水)

入場無料

広島国際会議場フェニックスホール  
〒730-0811 広島市中区中島町 1-5 (平和記念公園内)

### 全体討論会

▶ 討論会時間 16:10~17:50  
▶ 討論会テーマ 技術でつながる「適散適集」な社会

コーディネーター	パネリスト
藤原 章正 広島大学 10月13日 建築学教授 教授	湯崎 英彦 広島県知事
パネリスト	パネリスト
田中輝美 高松国立大学 地域政策学部 准教授	羽藤 英二 東京大学大学院 工学系研究科 教授
パネリスト	パネリスト
田中茂義 第11代 土木学会会長	中崎 剛 国土交通省 中国地方整備局 局長

### 基調講演会

▶ 講演時間 13:55~14:40  
▶ 講演題目 土木の魅力伝える ~次世代に向けてイノベーションを起こす~  
田中 茂義  
大東建設株式会社代表取締役会長

### 特別講演会

▶ 講演時間 14:50~15:50  
▶ 講演題目 AIの進展と社会への影響  
松尾 豊  
東京大学大学院工学系研究科教授

### 会場所在地 アクセス

新幹線以外のJR・広島電鉄・路線バス・空港リムジンバスでは、交通系ICカードがご利用できます。  
また、会場へのアクセスや広島等の観光に便利なデジタルチケットを発売します。購入はデジタルチケットサービス「MOBIRY」からどうぞ。

交通案内	広島国際会議場	ANAクラウンプラザホテル広島
<ul style="list-style-type: none"> <li>1 広島大学東広島キャンパス</li> <li>2 瀬田クラウンプラザホテル広島</li> <li>3 広島国際会議場</li> <li>4 広島工業大学五日市キャンパス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 広島市中区中島町1-5 (平和記念公園内)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 広島市中区中島町7-20</li> </ul>
広島大学東広島キャンパス	広島工業大学五日市キャンパス	デジタルチケット MOBIRY
<ul style="list-style-type: none"> <li>1 広島県東広島市鞆山1-3-2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 広島市五日市3番2-1-1</li> </ul>	

## 3.2 論文調査

### 1. 「小規模橋梁の簡易点検要領(案)」を活用した点検・補修の社会実装に関する論文

- ①鉄筋コンクリート構造物の中性化深さの測定と将来予測に関する一提案
- ②鉄筋コンクリート構造物の塩化物イオン量の現場測定方法に関する一提案

### 2. 「近未来コンクリート研究会メンバー関連論文

- ③グリースロミン法を用いたコンクリート中の亜硝酸イオン濃度の測定方法
- ④亜硝酸系表面含浸材を塗布したコンクリートの海洋環境下における耐久性

## 3.2 論文調査

### 3. キーワード「小規模橋梁、予防保全」に関する論文

- ⑤長崎における道守と連携した橋梁 維持管理の構築の試み
- ⑥ラジコンボートを用いた小規模な橋梁の点検システムに関する基礎検討
- ⑦小規模橋梁維持管理スキームへの性能変化早期検知手法の活用効果
- ⑧実効性のある長寿命化修繕計画策定の取組み
- ⑨筑西市における橋梁維持管理への新技術・データ等の活用
- ⑩小規模橋梁を対象とした現地計測結果と計測結果を受けた維持管理方針
- ⑪予知保全を想定した損傷分析による補修優先順位付け

## 3.2 論文調査

### 4. キーワード「補修、塩害、中性化、ASR」に関する論文

- ⑫ 既設橋梁の塩害特定点検結果に基づいた塩分浸透予測に対する調査箇所の影響
- ⑬ 中性化したモルタルへのけい酸塩系表面含浸工の改質効果に与えるカルシウム補助溶液の影響
- ⑭ 新潟県のASR構造物における維持管理手法の研究
- ⑮ 亜硝酸リチウムによるASR抑制機構解明に関する検討

[VI-1134] 鉄筋コンクリート構造物の塩化物イオン量の現場測定方法に関する一提案

A Proposal for On-Site Measurement of Chloride Ions in Reinforced Concrete Structures

\*竹田 宣典<sup>1</sup>、甲斐 英樹<sup>2</sup>、峯松 昇司<sup>3</sup>、十河 茂幸<sup>4</sup> (1. 広島工業大学、2. 一般社団法人 広島県土木協会、3. 一般社団法人 コンクリートメンテナンス協会、4. 近未来コンクリート研究会)

\*Nobufumi Takeda<sup>1</sup>, Hideki Kai<sup>2</sup>, Shoji Minematsu<sup>3</sup>, Shigeyuki Sogo<sup>4</sup> (1. Hiroshima Institute of Technology, 2. Hiroshima Prefecture Civil Engineering Association, 3. Japan Concrete Maintenance Association, 4. Near Future Concrete Association)

キーワード：塩化物イオン、中性化、予防保全

Chloride ion, Neutralization, Preventive maintenance

橋梁の点検を効率的に行うことは、点検費用を削減し、必要な補修対策を行うことにつながる。今後の点検費用を削減し、延命化のための予算を効率的に使うためにも予防保全型の点検が必要と考え、打音検査や近接目視では確認できない中性化深さや塩化物イオン量の測定を行う提案を行った。簡易な中性化深さや安価な塩化物イオン量の測定は劣化因子の特定と腐食の進行程度の把握に有効となり、補修方法の提案に役立つものと考えられる。

Efficient inspection of bridges leads to reduced inspection costs and necessary repair. In order to reduce future inspection costs and efficiently use the budget for life extension of bridges, preventive maintenance type inspections are necessary. Therefore, we proposed to measure the neutralization depth and the amount of chloride ions, which cannot be confirmed by hammering test or close visual inspection. A simple measurement of neutralization depth and inexpensive chloride ion content is effective in identifying deterioration factors and grasping the degree of progress of corrosion.



## 鉄筋コンクリート構造物の塩化物イオン量の現場測定方法に関する一提案

広島工業大学 フレーム会員 ○竹田 宜典  
 (一社) 広島県土木協会 □浅 英樹  
 (一社) コンクリートメンテナンス協会 □三倉 隆司  
 近未来コンクリート研究会 □名誉会員 河 茂幸

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の老朽化が問題視され、全国の橋梁を5年ごとに点検することが定められ、点検結果により劣化グレードがⅢ以上の橋梁の補修が進められている。しかし、打音検査と近接目視だけで劣化が進んだ状況しか確認できないため、劣化グレードⅡの橋梁の経年劣化が進んで劣化グレードⅢに移行することが懸念されている。そこで、打音検査や近接目視では確認できない塩化物イオンの侵入や中性化の進行度合いを簡易に確認する方法を検討することにした。この報告は、特に小規模の橋梁に対して適用した結果を報告し、簡易な点検方法を提案するものである。

## 2. 構造物からの塩化物イオン量の測定方法

鉄筋コンクリート橋梁の劣化としては、塩化物イオンの侵入による鉄筋の腐食の可能性が高い。そこで、小規模の橋梁を対象として、配筋状況、かぶり厚さ、圧縮強度、中性化深さ、塩化物イオン量を測定することとした。なお、点検に費用をかけるより、点検結果で得られた結果により補修に費用をかける方が延命化には有効であり、点検はできるだけ安価に行うことが必要である。中性化深さの測定は、ドリル法を採用し、塩化物イオン量の測定には粉末を用いて行う簡易測定方法を採用することとした。なお、配筋状況やかぶり厚さの測定には非破壊の測定方法として電磁波レーダを用いることとした。配筋状況とかぶり厚さは変化しないため、一度の測定で済むため、費用負担は少なくなると考えられる。測定項目と塩化物イオン量の測定方法を表-1および写真-1に示す。

塩化物イオン量の測定は、深さ方向にどの程度侵入しているかを調査するため、表面から20mm、20～40mm、40～60mmと深さ別に粉末を採取し、ま

た、上流側と下流側、さらには岸側と対岸側の4か所とし、合計12か所で測定した。また、1か所の測定ではドリル径10mmで3か所とし、採取できた粉末は約10gでそれを混合して5gの試料で塩化物イオン量を測定する方法とした。

対象とした橋梁は、1975年竣工で、橋長7m、幅員12.6mのボックスカルバートである(写真-2)。配筋は橋軸方向100～200mm、橋軸直角方向100～300mmで、かぶり厚さ60mmであった。塩化物イオン量の測定位置を図-1に示す。当該橋梁は寒冷地の内陸部に位置し、融結防止剤の散りが考えられる。

表-1 測定項目および測定方法

測定項目	実施項目
1 形状寸法	・橋梁の寸法・形状の記録 ・調査状況の写真
2 表面観察	・外観調査(ひび割れ、変色、厚さ、剥離など)→スケッチ、写真 ・内部不具合調査(空孔、豆粒など)→スケッチ、写真 ・打音検査(テストハンマー)
3 鉄筋位置 かぶり厚さ	・電磁波レーダによる鉄筋の配置 かぶり厚さの測定
4 圧縮強度	・リバウンドハンマーによる表面硬度測定から推定 (JIS A 1155、JISCE-G-504)
5 中性化深さ	1)ドリル法による粉末で中性化深さ測定(NDIS 3419) 2)ろ紙に吸着したフェノールフタレイン溶液が赤紫色に着色 3)ドリルを止めてその時の深さをノギスで測定
6 塩化物イオン量	・乾式ドリル粉の採取 →実験室で簡易塩分量測定器「クロキット」による塩分量測定



左: ドリルによる粉末の採取状況

右: 簡易塩化物イオン量キット

写真-1 塩化物イオン量の測定方法

キーワード 鉄筋コンクリート、予防保全、点検、塩化物イオン量、中性化深さ、かぶり厚さ  
 連絡先 〒731-5193 広島市南區三宮2丁目1-1 広島工業大学工学部環境土木工学科 TEL.083-921-3121



写真-2 対象とした橋梁

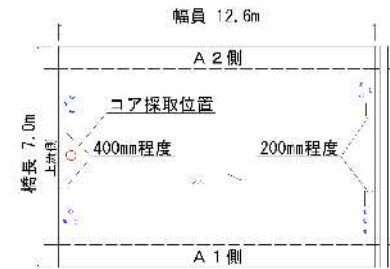


図-1 測定位置

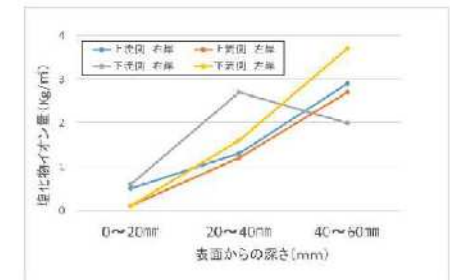


図-2 塩化物イオン量の測定結果

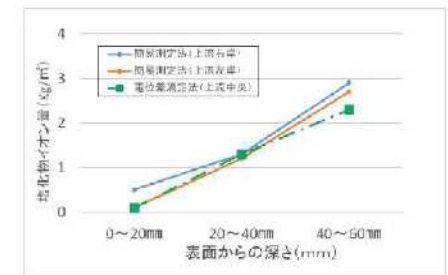


図-3 塩化物イオン量の測定比較

## 3. 測定結果及び考察

塩化物イオン量の測定の結果を、図-2に示す。

塩化物イオン量の測定は、深さ方向で異なり、内部ほど塩分濃度が高くなった。これは、中性化による塩分濃縮が生じたものと推察され、鉄筋の位置で塩化物イオン量が飽和塩分濃度に達していると考えられるが、鉄筋の腐食は水と酸素が必要であり、鉄筋の腐食がどの程度進んでいるか不明である。しかし、鉄筋が腐食環境になれば点検頻度を少なくできると考えれば、塩化物イオン量の測定は意味があり、点検を安価に行うことができると考えられる。

簡易な塩化物イオン量の測定方法については、試料の量の影響を受けると考えられる。つまり骨材の量の過多があると誤差を生む可能性が否定できない。今回は、ドリル径を10mmとして、1か所の測定に要する3か所のドリルから採取すると約10gとなり、これらを混合して、試験に供する試料を5gとした。そこで、簡易な測定装置で測定した結果と、比較的正確に測定できる方法として、同じ位置でコアを採取してJIS A 1154の電位差測定法による測定との比較を行った。簡易な測定との比較を図-3に示す。若干の誤差はあるものの、大まかな傾向は同様となり、簡

易な測定でもある程度の塩化物イオン量の把握が可能なもの判断できる。なお、今後ほどの程度の試料から採取するとより正確な評価ができるかを検討する予定である。

## 4. まとめ

橋梁の点検を効率的に行うことは、点検費用を削減し、必要な補修対策を行うことにつながる。今後の点検費用を削減し、延命化のための予算を効率的に使うためにも予防保全型の点検が必要と考え、中性化深さや塩化物イオン量の測定を行う提案を行った。ここに一例を示したが、簡易な中性化深さや安価な塩化物イオン量の測定は劣化因子の特定と腐食の進行程度の把握に有効となり、補修方法の提案に役立つものと考えられる。

最後に、現場測定の提供をして頂いた、安芸高田市ほか自治体の皆様には感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 非破壊検査協会: ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法
- 2) 非破壊検査協会: 硬化コンクリート中の塩化物イオン量の簡易試験方法, NDIS 3433

## 4. 今後の展望

## 4.1 小規模橋梁の簡易補修の試行継続

- ・小規模橋梁の簡易点検要領(案)に準じて実際の橋梁の点検作業、補修作業を実施し、適用性評価および改善点抽出。
- ・簡易床版防水工(安芸高田市)の施工後の追跡調査
- ・再劣化した構造物(竹原市)への新規取り組み
- ・広島県土木協会様からの多大なご協力
  - …劣化構造物の情報提供
  - 点検作業フィールドの提供

## 4.2 協議会メンバーの技術向上および情報提供

- ・メンバーからの話題提供（各地域での取り組み事例や技術相談）
- ・専門家を招聘して維持管理分野に関する特別講座を企画（他協議会との合同イベント）
- ・簡易補修の現場見学会開催