

橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定  
—水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全—

1. 研究目的
2. 研究内容
3. 研究期間
4. 参加メンバー
5. 具体的な取り組み内容
6. 研究項目
7. 研究成果と課題

工学研究科 地球総合工学専攻 教授 奈良 敬



～新都市社会技術融合創造研究会～

## 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定

—水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全—  
プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

# 研究成果報告

## 1. 研究背景と目的

## 2. 研究内容

## 3. 研究期間

## 4. 参加メンバー

## 5. 具体的な取り組み内容

## 6. 研究項目

## 7. 研究成果と課題

## 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定

—水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全—  
プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

### 1. 研究背景と目的

平成25年度から3年にわたり、**橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術開発**に取り組んできた。点検調書に基づき、腐食損傷の課題を明らかにし、損傷橋梁を抽出して試験施工メニューを提示し、桁端防食、伸縮装置の取り替え、床版防水、伸縮装置からの漏水など、対象橋梁を絞って4橋の試験施工を実施、その過程において、**技術標準を目指した手引き案**を提示した。試験施工した橋梁のモニタリングや手引き案のスパイラルアップが必須であることから、**水を制御した橋梁の耐久性向上の取り組みがスタート**したと言っても過言ではない。

本研究テーマは、技術標準の策定を目的として、腐食損傷調査、補修・補強メニュー、モニタリングを通して、**橋梁の耐久性向上の改善サイクルが機能する仕組みを確立**することを目標とするものである。

## ・平成25年度の成果

1. 腐食による損傷データの収集と現場の把握
2. 収集した腐食による損傷データの分析手法
3. 橋梁単独で取り扱える課題の抽出
4. 橋梁と隣接する道路を含めた課題の抽出

調査すべき橋梁を抽出

- ・利用可能な損傷データの把握と分析
- ・代表的事例から損傷シナリオの理解
- ・代表的事例から疑問点の整理

課題の抽出

## ・平成26年度の成果

5. 抽出課題の順位付けと課題の選択・設定
6. 選択・設定された課題への取り組み

- ・損傷の重要性から課題の順位付け
- ・選択された課題への解決策の検討

## ・平成27年度の成果

7. 成果のとりまとめ

- ・試験施工の検討と実施に資する技術提案
- ・モニタリング手法の提案
- ・橋梁排水の手引き

## ○研究成果の概要

### (1) 試験施工の検討と実施に資する技術提案

次の4つのモデル橋梁に関する詳細な設計条件を照査し、現場サイドに現場状況における助言を行った。また、補修・補強工事実施時、補修・補強工法の効果確認を判断するための必要な計測工法・モニタリング技術について提案を行った。

#### 1) 浅水川橋(国道8号)

腐食が進行した桁端に金属溶射による高耐久性防食の施工とモニタリング方法の検討。

#### 2) 伝法大橋(国道43号)

伸縮装置の交換と止水機能の向上ならびに桁端での点検方法の検討。

#### 3) 百瀬川大橋(国道161号)

床版、地覆、壁高欄の高性能防水の施工。

#### 4) 山添橋(国道25号)

桁端の伸縮装置での止水機能保持を変更して、排水できる構造に変更した。さらに、排水を桁端下部に流下できないように、受水樋を設置。

## ○研究成果の概要(2)

### (2) 排水に関する技術標準の検討

補修補強に制約の多い既設橋と、構造変更が可能な新設橋に分けて、橋梁の排水に関する技術標準について検討し、技術標準案をまとめた。

1) 排水に関する技術標準(既設橋梁)案

2) 排水に関する技術標準(新設橋梁)案

「橋梁排水の手引き」に

### (3) モニタリング手法の提案

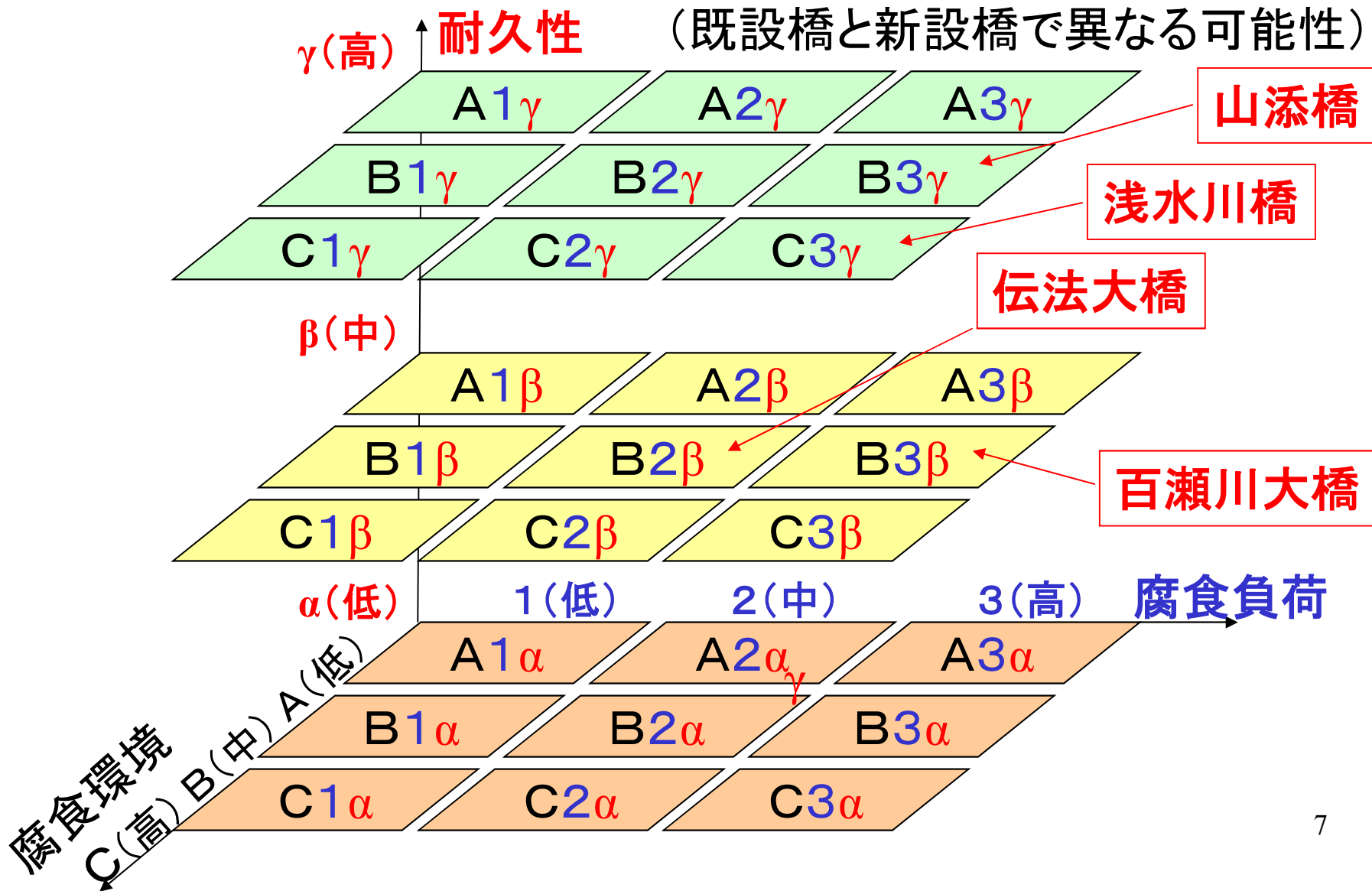
防食の要求性能を把握し、腐食の進行を制御するための定量的評価法について、検討案をまとめた。

1) 橋梁の腐食環境、腐食負荷の評価

2) 種々の防食性能を持つ暴露試験片の設置とその評価

腐食負荷と腐食環境に加えて耐久性の分類による腐食対策

(既設橋と新設橋で異なる可能性)



## ○課題

### (1) モニタリング方法の検討

個々の橋梁の腐食環境と腐食負荷がどの程度であるかに加えて、対する対策工法がどの程度の耐久性を有するかを判断するには、施工後のモニタリングが重要である。設置環境によって制約は受けるが、モニタリング方法の検討が不可欠である。これにより、耐久性確保のための維持管理がより一層具体化する。

### (2) 腐食環境と腐食負荷、耐久性のマトリックス表示

例示した腐食損傷とその対策事例について、腐食環境と腐食負荷、さらに耐久性の3つの視点から、3次元のマトリックスとしてわかりやすく位置づけることが望ましい。

### (3) 腐食負荷の定量化

課題を明らかにしたことから、新技術の導入が望まれる。特に腐食負荷の定量化については、橋面雨水の排水解析を前提とした排水予測など、耐久性に資する情報に基づいた排水対策が不可欠である。



## 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定

—水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全—  
プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

## 2. 研究内容

排水機能を長期間制御して、耐久性を実現できるように、次のような技術開発、

A) 地覆、壁高覧等の強制目地、ひび割れ内に浸透、流れる**雨水の止水、排水対策**

B) A)に基づき、橋面勾配、橋面防水工、橋面排水構造、舗装内雨水の**排水構造**

C) 劣化し易い構造をもち、止水材の劣化が顕著な**伸縮継手構造**

D) 伸縮継手全面での**滞水、漏水対策**

E) **支承回りの滞水、支承の腐食抑制**

F) 桁端の部材のかぶり損傷、鉄筋の腐食、鋼桁の腐食抑制

G) 伸縮継手、支承、桁端の**維持管理のし易い構造**

に関する技術開発が促進されるように、橋梁の腐食環境、橋梁への腐食負荷と、新設あるいは補修・補強された橋梁の腐食耐性を、腐食マトリックスに整理し、このマトリックスの要素を埋められるようにする。これにより、次の事柄が具体化できることになると考えている。

a) 滞水や漏水のない**排水構造と排水設備の維持・更新戦略**

b) 排水設備の**機能的長寿命化**に資する排水構造と架設精度

c) 橋梁の**耐久性向上に資する定期点検手法**

d) **既設橋梁の耐久性向上に資する改善手法**

## 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定

—水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全—  
プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

### 3. 研究期間 平成28年度から平成30年度まで

#### ・平成28年度(初年度)の活動

- |                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| 1) 研究計画の方針と進め方の検討                | 6月24日  |
| 実施可能な研究計画、進め方と具体的構成メンバーの検討       |        |
| 2) 第1回幹事会                        | 8月 2日  |
| WG構成による具体的な進め方の決定と全体会議の準備        |        |
| 4) 第1回全体会議                       | 8月26日  |
| 具体的な研究計画と方針、進め方の説明、WG構成と役割分担     |        |
| 5) 各WGにおける部会                     | 9～10月  |
| 具体的作業の検討と役割分担                    |        |
| 6) 第2回幹事会                        | 10月12日 |
| 進捗状況の確認と全体会議の議題整理                |        |
| 7) 第2回全体会議                       | 10月24日 |
| 橋梁点検調書に基づくデータ整理、腐食マトリックスの説明と検討ほか |        |
| 8) 第3回全体会議                       | 12月13日 |
| 橋梁点検調書の検討状況、モニタリングの検討、橋面排水解析の説明  |        |

## 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定

－水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全－  
プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

### ・平成28年度(初年度)の活動

- |                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 9) 第3回幹事会                       | 1月24日 |
| 橋梁点検調書の分析状況の確認、全体会議の議題整理        |       |
| 10) 第4回全体会議                     | 1月31日 |
| 腐食損傷データの整理分析、腐食マトリックスとモニタリングの検討 |       |
| 11) 第5回全体会議                     | 3月 2日 |
| 報告書案の検討                         |       |

### ・平成29年度の準備

- |                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 12) 第4回幹事会                      | 5月15日 |
| 平成28年度の課題整理と平成29年度の活動方針         |       |
| 13) 第6回全体会議                     | 5月24日 |
| モニタリングの検討、腐食マトリックスの項目整理、排水実験の検討 |       |
| 14) 第5回幹事会(予定)                  | 6月 7日 |
| 腐食損傷のない橋梁データの収集ならびに抽出方法の検討      |       |

## 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定

－水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全－  
プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

### 4. 参加メンバー

橋梁全般にわたって、対象が多岐にわたることから、出来るだけ**多様な分野の技術者**の参画を促し、次のような**産官学メンバー**で構成している。

- ・橋梁の維持管理に実績ならびに意欲のある若い**学識経験者**
- ・橋梁の維持管理を担当する**国交省**近畿地方整備局のベテランならびに若手技術者
- ・**日本橋梁建設協会(橋建協)**、**プレストレスト・コンクリート建設業協会(PC建協)**ならびに**橋梁メーカー**の技術者
- ・**近畿建設コンサルタンツ協会**ならびに**建設コンサルタント**の技術者
- ・**建材メーカー**団体ならびに**建材メーカー**の技術者
- ・**橋梁付帯設備**や**素材メーカー**の技術者
- ・**計測器メーカー**の技術者

## 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定

—水を溜めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全—  
プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

### 5. 具体的な取り組み内容

主として、橋梁において、

- イ) 水を溜めない構造
- ロ) 水を通さない構造
- ハ) 水による材料劣化を抑制する構造
- ニ) 排水設備の維持管理し易い構造

という4つの視点から、構造の役割ならびに既往構造の欠陥と改良点について議論し、改良方法について検討を進める。

該当する構造としては、次のようなものが挙げられる。

- ・橋面勾配、橋面防水工、橋面排水構造、舗装内雨水の排水構造
- ・地覆、壁高欄等の強制目地
- ・伸縮継手、支承
- ・桁端、鉄筋
- ・構造詳細

これらの構造について、腐食や材料劣化の抑制と機能の持続性を念頭に置き、維持管理がより容易となるように、

～新都市社会技術融合創造研究会～

## 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定

—水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全—

プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

- a) 滞水や漏水のない排水構造と排水設備の維持・更新戦略
- b) 排水設備の機能的長寿命化に資する排水構造と架設精度
- c) 橋梁の耐久性向上に資する定期点検手法
- d) 既設橋梁の耐久性向上に資する改善手法

に資する技術標準案を策定する。

## 6. 研究項目

これまでの研究成果で述べた3つの課題を克服し、既設橋の長寿命化に資する補修補強方法の提案と、維持管理が容易となる新設橋の超長寿命化が実現できるような仕組みを盛り込んだ、技術標準案の策定が、主な研究項目である。

### (1) モニタリング方法の検討

個々の橋梁の腐食環境と腐食負荷がどの程度であるかに加えて、対する対策工法がどの程度の耐久性を有するかを判断するには、施工後のモニタリングが重要である。設置環境によって制約は受けるが、モニタリング方法の検討が不可欠である。これにより、耐久性確保のための維持管理がより一層具体化する。

### (2) 腐食環境と腐食負荷、耐久性のマトリックス表示

例示した腐食損傷とその対策事例について、腐食環境と腐食負荷、さらに耐久性の3つの視点から、3次元のマトリックスとしてわかりやすく位置づけることが望ましい。

## 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定

—水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全—  
プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

### (3) 腐食負荷の定量化

課題を明らかにしたことから、新技術の導入が望まれる。特に腐食負荷の定量化については、橋面雨水の排水解析を前提とした排水予測など、耐久性に資する情報に基づいた排水対策が不可欠である。

### (4) 技術標準案の策定

既設橋の長寿命化に資する補修補強方法の提案と、維持管理が容易となる新設橋の超長寿命化が実現できるような仕組みを盛り込んだ、技術標準案の策定ができれば、それに基づき、

- a) 滞水や漏水のない排水構造と排水設備の維持・更新戦略
  - b) 排水設備の機能的長寿命化に資する排水構造と架設精度
  - c) 橋梁の耐久性向上に資する定期点検手法
  - d) 既設橋梁の耐久性向上に資する改善手法
- の実現が可能となる。



## 7. 研究成果と課題

### 7.1 平成28年度(初年度)の成果

#### (1) 橋梁点検調書データの追加と分析

平成26年度以降の橋梁点検調書に基づき、データの追加と分析を行った。

#### (2) 橋梁モニタリングの検討

平成27年度に試験施工した4橋梁について、モニタリング方法の検討を行い、一部については、具体的提案を行った。

#### (3) 腐食マトリックスの検討

既設橋の補修補強と維持管理のみならず、新設橋の建設においても、長寿命化を実現するための指標となる腐食マトリックスの項目について、具体的な検討を進めた。

#### (4) 排水実験の検討

排水解析法を実用的な道具とするために、検証のための実験橋の候補について、検討を行った。

# 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術開発研究

プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

表－1 腐食損傷に対する負荷と腐食損傷部位・程度との関連性

	負荷項目	腐食損傷の部位と程度											
		A. 床版		B. 桁端部		C. 不連続部		D. 下部工		E. その他			
		排水口部		支承	下フランジ								
腐食損傷に対する負荷	1 排水負荷 a)降水量 b)散水量 c)凍結防止剤 d)横断勾配 e)縦断勾配												
	2 腐食環境 a)日照 b)風 c)桁下空間												
	3 交通量												
	4 排水機能低下 a)伸縮装置 b)排水設備 排水口 排水柵 排水管												
	5 橋梁構造 a)桁端部 b)不連続部 c)道路部との接続 d)竣工年or補修年												

## 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定

－水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全－  
プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

### 7. 2 平成29年度に向けた課題と取り組み予定

#### (1) 腐食損傷のない橋梁データの収集と抽出

腐食マトリックスの項目検討にあたり、腐食損傷した橋梁だけでなく、長期健全橋についても調査する必要があるとの認識に立ち、検討を進めたい。

#### (2) モニタリング手法と実施の検討

4橋のうち1橋については、具体化が進んだので、残りの3橋についても検討を進める。

#### (3) 腐食マトリックスの項目の具体化とその検討

(1)と関連させて、具体化を進める。

#### (4) 排水実験の実施検討

実験校補強料を選定し、実験の実施を検討する。

#### (5) 技術標準案策定への検討

仕様規定ではなく、性能規定と具体的事例からなるものなど、広く議論を進める。

## 橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定

—水を留めない、通さない、水による材料劣化を抑制し、排水設備の持続的機能保持が可能な構造とその保全—

プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

### 研究により期待される具体的成果

構造物の長寿命化の実現を目指して、300年橋梁、200年建築と言われて久しいが、ミニマムメンテナンスの実施により実現不可能ではなくなりつつある。

本研究では、次のような成果が期待される。

- ・ 100年の耐久性が保証できる橋梁構造の創造が可能となる。
- ・ 既存橋梁も大幅な長寿命化が可能となる。
- ・ 橋梁の維持管理費の大幅低減が可能となる。

すなわち、研究方針において、特に提供できる内容として記述した以下の項目へと昇華させることが重要である。

- a) 滞水や漏水のない排水構造と排水設備の維持・更新戦略
- b) 排水設備の機能的長寿命化に資する排水構造と架設精度
- c) 橋梁の耐久性向上に資する定期点検手法
- d) 既設橋梁の耐久性向上に資する改善手法



ご清聴ありがとうございました

是非ご意見いただきたく思います

Millennium Bridge with St.Paul's Cathedral in the Background