

進捗状況報告

- 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. 進捗状況**

1. 研究目的

橋梁の主構造に期待される寿命に比較して、主構造の耐久性に大きな影響を与える**伸縮装置や排水設備の機能的寿命は著しく短い**のが現状である。供用開始後のこれらの不具合が、主として腐食をはじめ材料劣化という現象により、橋梁の耐久性を損ねていることは、周知の事実であるが、未だ**抜本的な対策が十分ではない**のが実状である。

この現状に、きちんと科学のメスを入れ、橋梁が主構造や床構造などの構造部材、舗装や地覆などの道路構造、さらに伸縮装置や排水設備などの、寿命や機能の異なるパーツから構成される橋梁システムと考えて、**システム全体で健全性を一定レベルに維持することを目指す視点から、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む。**

2. 研究内容

上述した背景と研究目的から、次のような内容を提供できる研究を目指したい。

- a) 滞水や漏水のない排水構造と排水設備の維持・更新戦略に資する成果
- 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

本研究では、モデル橋梁を選定する実際的な研究課題であることから、主として架設数の多い桁橋を対象としている。しかし、床版上の雨水の排水が大きな課題となることから、桁橋に限らず他の橋梁形式においても、研究成果の適用が可能になると考えている。

3. 研究期間

平成25年度から平成27年度まで。

3. 研究期間 (つづき)

・平成25年度(初年度) の活動

- | | |
|---|--------|
| 1) 研究方法の検討と利用できるデータの把握
武庫大橋 (10/29)、温泉大橋 (11/27) | 10月～ |
| 2) 研究計画の方針と進め方の検討
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 | 12月18日 |
| 3) 研究計画ならびに進め方の決定
WG構成による具体的な進め方の決定と全体会議の準備 | 12月27日 |
| 4) 第1回準備会議
全体会議の資料確認 | 1月16日 |
| 5) 第1回全体会議
具体的な研究計画と方針、進め方への説明、WG構成と役割分担 | 1月17日 |
| 6) 第1回幹事会
利用可能なデータの周知と、持ち寄りデータの確認 | 1月29日 |
| 7) 現場見学会
大和川大橋 (国道26号)、山田橋 (国道2号) | 3月11日 |

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

・平成25年度の活動

- | | |
|---------------------------|-------|
| 8) 第2回幹事会 | 3月13日 |
| 今年度のまとめについて討議 | |
| 9) 伸縮装置メーカー工場見学 | 3月14日 |
| 中外道路(株) 豊中配送センター、サクラ産業(株) | |
| 10) 報告書提出原稿最終打ち合わせ | 3月20日 |
| 提出原稿の最終確認 | |

・平成26年度(第2年度)の活動

- | | |
|--------------------------------|-------|
| 1) 第1回代表幹事会 | 4月11日 |
| 平成25年度の総括と今年度の研究計画 | |
| 2) 第2回全体会議 | 4月23日 |
| 平成25年度の成果報告と平成26年度の取り組み内容と役割分担 | |
| 3) 第2回代表幹事会 | 5月 8日 |
| 平成26年度の後半の取り組み内容と全体スケジュール | |
| 4) 第3回全体会議 | 6月18日 |
| 各WGの取り組み内容の報告と課題についての討議 | |

・平成26年度(第2年度)の活動

- | | |
|---------------------------------|--------|
| 5) 第3回代表幹事会 | 8月18日 |
| 平成26年度前半までの活動内容の確認と進捗状況 | |
| 6) 第4回全体会議 | 8月20日 |
| モデル橋梁の抽出と試験施工について | |
| 7) 第4回代表幹事会 | 10月14日 |
| 平成26年度報告書の目次案との構成内容の検討 | |
| 8) 第5回全体会議 | 10月22日 |
| 各WGの取り組み内容の報告とモデル橋梁の試験施工の討議 | |
| 9) 現場見学会 | 12月 2日 |
| 伝法大橋、新伝法大橋、正蓮寺川ランプ橋ほか(国道43号) | |
| 10) 第6回全体会議 | 12月10日 |
| 平成26年度の成果報告書準備状況とモデル橋梁の試験施工メニュー | |
| 11) 第5回代表幹事会 | 1月29日 |
| 平成26年度の成果報告書案の検討 | |
| 12) 第3回幹事会 | 2月13日 |
| モデル橋梁の試験施工メニューの検討 | |

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

・平成26年度(第2年度)の活動

- 13) 第7回全体会議 2月20日
各WGの取り組み内容ならびに平成26年度の成果報告書案の報告
- 14) 現場見学会 2月25日
国道25号山添橋
- 15) 報告書提出原稿最終打ち合わせ 3月20日
提出原稿の最終確認

・平成27年度(最終年度)の活動

- 1) 第8回全体会議 4月28日
平成26年度の成果報告と平成27年度の取り組み内容と役割分担
- 1) 第6回代表幹事会 5月27日
平成27年度前半までの活動内容の確認と進捗状況
- 2) 第9回全体会議 6月18日
モデル橋梁の抽出と試験施工ならびに橋梁排水技術標準案目次
- 3) 第10回全体会議 8月19日
各WGの取り組み内容の報告と橋梁排水技術標準案についての討議

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

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、技術開発研究に取り組む。

これらの4つの視点毎に、**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

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**となるような技術開発に取り組む。

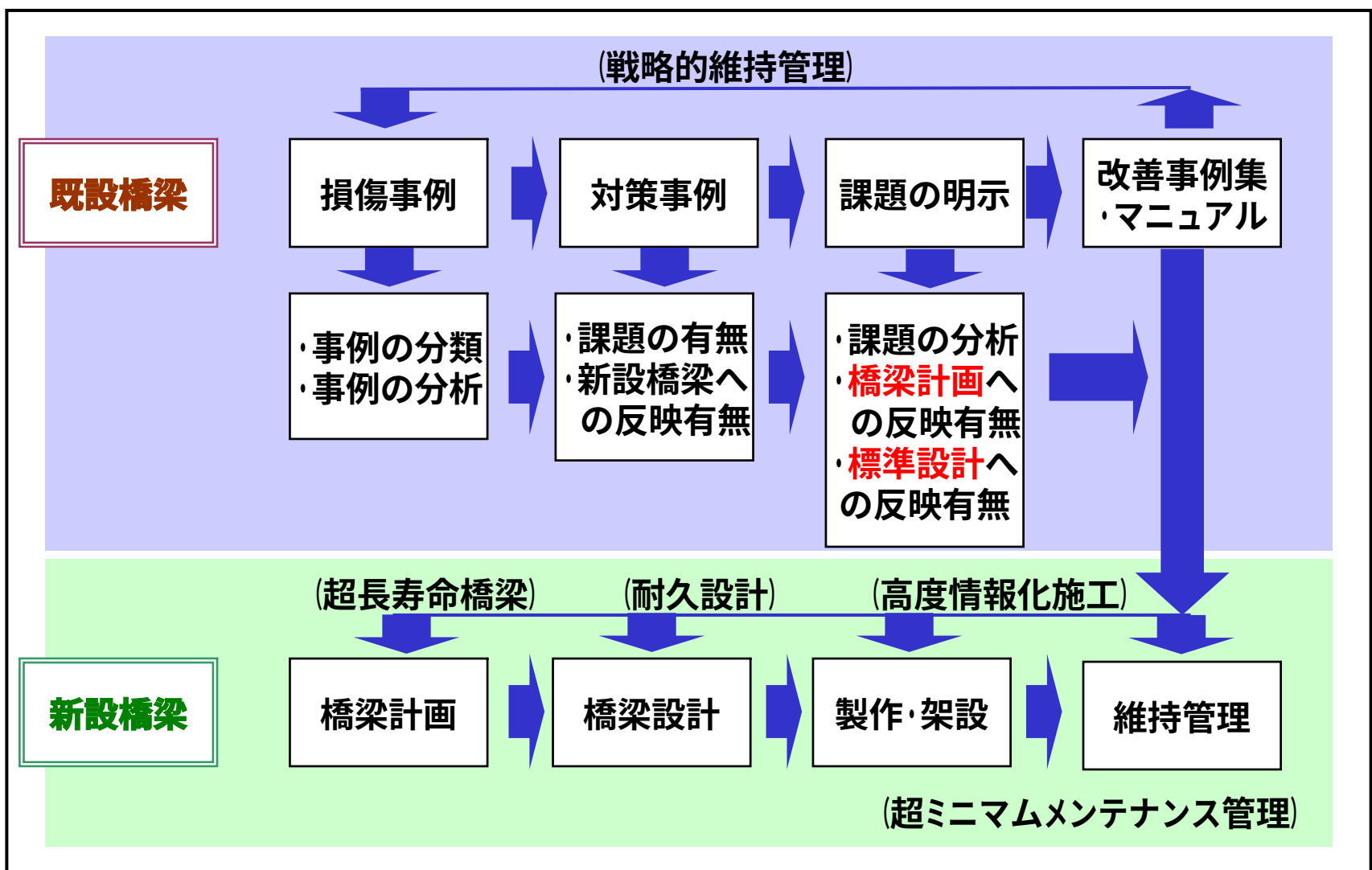
6. 研究項目

長期安定な金属組織を有する鋼ならびに精選された材料によりきちんと養生されたコンクリートは、劣化が促進される環境でなければ長期の耐久性が確保できることは、劣化環境が厳しくない橋梁において実証されている。

本研究では、このことを踏まえて、排水機能を長期間制御して、耐久性を実現できるように、次の研究項目に取り組む。

- A) 地覆、壁高欄等の強制目地、ひび割れ内に浸透、流れる雨水の**止水、排水の対策**に資する技術開発
- 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**の技術開発
- 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**の技術開発
- D) 伸縮継手全面での**滞水、漏水対策**の技術開発
- E) 支承回りの滞水、支承の**腐食の抑制技術**開発
- F) 桁端の部材のかぶり損傷、鉄筋の腐食、鋼桁の**腐食の抑制技術**開発

研究内容と目指す方向



7. 進捗状況

7.1 平成25年度(初年度)

(1) 概要

図－1に示すスケジュールにおいて、今年度は、

1) 腐食による**損傷データの収集と現場の把握**

に努めた。研究会メンバーで認識を共有するために、大和川大橋(国道26号)と、山田橋(国道2号)の調査を兼ねた現地見学を行った。それ以降の調査項目である、

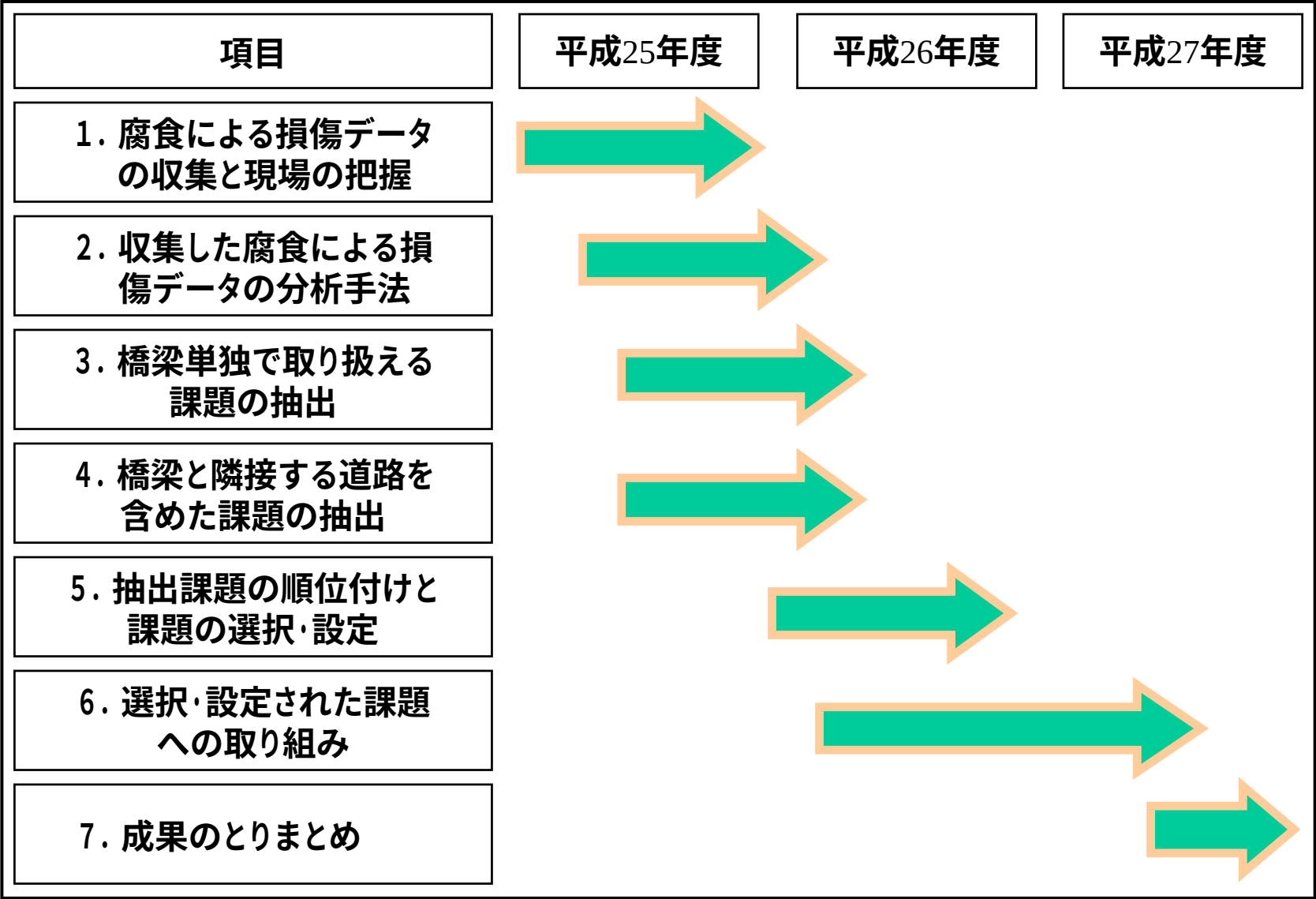
2) 収集した腐食による**損傷データの分析手法**

3) **橋梁単独**で取り扱える**課題の抽出**

については、1)と並行して開始した。また、

4) **橋梁と隣接**する道路を含めた**課題の抽出**

については、項目だしを行った。



図－1 調査項目と予定スケジュール

(2) 詳細報告

構成メンバーは別表の通りである。今年度は、課題抽出のための情報収集を中心とすることから、構造対象別に、次の3WG構成として、主として桁橋を中心に活動を進めた。

- 1) **鋼橋WG**
- 2) **コンクリート橋WG**
- 3) **排水構造WG** (伸縮装置を含む)

また、すべてをWGによる現地調査に基づくことは研究期間を考えると不可能であることから、主として次のデータを持ち寄り、分析を進めた。

- a) 近畿地整管内の3,884橋のうち、**点検調書**がある約3,500橋
- b) 参加メンバーが所属する各業界団体等で蓄積された**提供可能なデータ**
- c) これまでに公表された**学術研究データ**

・参照データ

- a) 近畿地整管内の3,884橋のうち、**点検調書**がある約3,500橋
- b) 参加メンバーが所属する各業界団体等で蓄積された**提供可能なデータ**
- c) これまでに公表された**学術研究データ**

・その他のデータ

- d) 国土技術政策研究所資料
道路橋の定期点検に関する参考資料 一橋梁損傷事例写真集
- e) 耐候性鋼橋に関する調査研究データ
主として、2000年以降の調査データ

(3) 平成26年度に向けて

・平成25年度の成果参照データ

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年度以降の実施計画

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

7. 成果のとりまとめ

7. 2 平成26年度 (第2年度)

(1) 概要

平成26年度の調査に基づき、次のように取り組んだ。

- ・前半：モデル橋梁の抽出
- ・後半：腐食損傷の優先課題と解決策の検討

(2) 前半の取り組み内容

鋼橋、コンクリート橋、排水3WGにより、次の点を明らかにした。

- 1) 腐食損傷事例のうち、すでに現在の対応技術で改善しているもの。
すなわち、解決策が新設橋に適用済みで、既設橋に問題が生じていないもの。課題は、既設橋の改修方法である。
- 2) 腐食損傷事例のうち、すでに現在の対応技術で改善しているものの、既設橋での評価が未確定のもの。
類似の橋梁の損傷事例の有無が課題である。
- 3) 腐食損傷事例のうち、未解決であるが、橋梁構造や伸縮装置、排水装置など、総合的な取り組みで改善が可能と判断されるもの。
各WGで損傷原因の提案が可能である。

4) 腐食損傷事例のうち、未解決であり、改善方法の検討が十分になされていないもの。解決策の議論の対象となる。

5) 上述の調査に基づき、現場見学によりモデル橋梁を抽出した。

(3) 後半の取り組み内容

前半の取り組み結果に基づき、次の事柄に取り組んだ。

1) 抽出したモデル橋梁に基づき、損傷原因の確認ならびに究明。

2) 解決策の検討。新設橋には標準設計への反映、既設橋には改修方法の検討。

(4) 平成27年度に向けて

平成26年度までの取り組みに基づき、次の2点に取り組む。

1) 抽出したモデル橋梁の試験施工とモニタリング方法。

2) 橋梁排水に関する技術標準案の検討

平成26年度までの成果

1. 損傷事例の収集と整理・分析

鋼橋WG、コンクリート橋WG、排水設備WG、ならびに平成26年度(第2年度)に設置した設計WGで担当

2. 損傷事例とそれに対応する補修・補強工法の整理

鋼橋WG、コンクリート橋WG、排水設備WG、設計WGで担当

3. 既往の補修・補強工法の改善方法の検討

鋼橋WG、コンクリート橋WG、排水設備WG、設計WGで横断的に議論、適用例の少ない工法や最近の工法などの評価

4. 試験施工のためのモデル橋梁の抽出

4WGで試験施工の実施工法の検討ならびに提案

(4) 平成27年度に向けて

平成26年度までの取り組みに基づき、次の2点に取り組み中。

- 1) 抽出したモデル橋梁の試験施工とモニタリング方法。**
- 2) 橋梁排水に関する技術標準案の検討**

7.3 平成27年度 (最終年度)

- 1) 試験施工の検討**
- 2) 排水に関する技術標準の検討**

腐食損傷要因とその分析ならびに課題抽出 (案)

腐食要因	要因となる主原因	腐食損傷への負荷	原因分析
1. 腐食環境	・設置環境 ・構造詳細	・気候や設置位置 ・凍結防止剤散布	・床版損傷？ ・止水低下？
2. 不具合の発生 (予想可)	・機能的寿命 ・過大な負荷	・融雪散水 ・重交通量	・排水不備？ ・その他？
3. 不具合の発生 (想定困難)	・腐食環境の変化 ・構造改変 (改変時想定可否)		

点検調書をはじめとするデータから代表例を抽出

プロジェクトリーダー 奈良 敬 大阪大学大学院教授

[illegible]

①腐食箇所	②漏水個所	③漏水原因	④腐食負荷	⑤腐食環境
1)桁端部	・伸縮装置 ・地覆間	・短寿命 ・多水量 ・間隙	・雨水 ・凍結抑制 ・散水量	・陽当たり ・風通し ・植生
2)床版	・防水層 ・排水設備 ・張出部	・浸水漏水 ・浸水漏水 ・土砂流入 ・浸水	・雨水 ・凍結抑制 ・散水量 ・交通量	・陽当たり ・風通し ・水はけ ・植生
3)主構部	・排水設備 ・伸縮装置 ・床版	・浸水漏水 ・土砂流入 ・多水量 ・漏水貫通	・雨水 ・凍結抑制 ・散水量 ・交通量	・陽当たり ・風通し ・結露
4)				

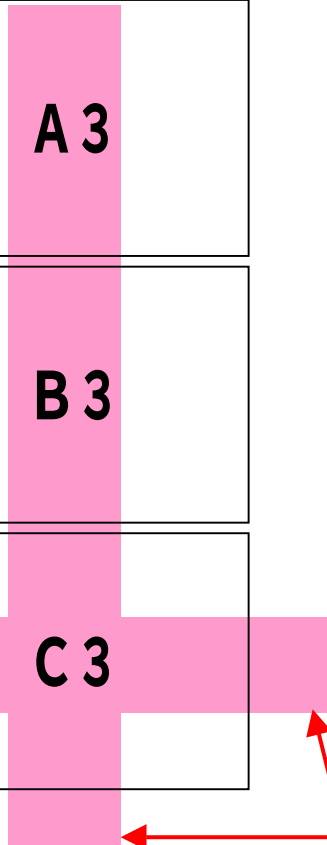
腐食負荷と腐食環境の分類
(腐食箇所毎に分類要)

- 1)桁端部
- 2)床版
- 3)主構部

		④腐食負荷		
		1 低	2 中	3 高
⑤腐食環境	A 低	A 1	A 2	A 3
	B 中	B 1	B 2	B 3
	C 高	C 1	C 2	C 3

腐食負荷と腐食環境の分類による**防食**対策
(**既設橋**と**新設橋**で異なる可能性)

		④腐食負荷		
		1 低	2 中	3 高
⑤腐食環境	A 低	A 1	A 2	A 3
	B 中	B 1	B 2	B 3
	C 高	C 1	C 2	C 3

**新技術**

既設橋と新設橋

1. 既設橋

○効果的な補修補強方法

- ・補強方法は現状の構造と架設法に大きく左右される**
- ・実現可能な対策と抜本的対策の比較検討**

2. 新設橋

○長期健康橋梁の建設

- ・橋梁計画と標準設計から対応**
- ・基本は、創意工夫で排水の制御と合理的な腐食の考え方**

2つの視点

1. 単独対策から総合対策

- ・伸縮装置
- ・排水設備 (排水口、排水柵、排水管ほか)
- ・床版防水
- ・地覆 (橋と道路部の境界)
- ・橋梁構造ほか

総合対策

2. 抵抗から順応へ

- ・鋼は腐食するもの (劣化は進むもの)
腐食 (劣化) の制御と許容水準の設定
- ・水は高いところから低いところへ流れるもの
良く流れるように、早く流れるように

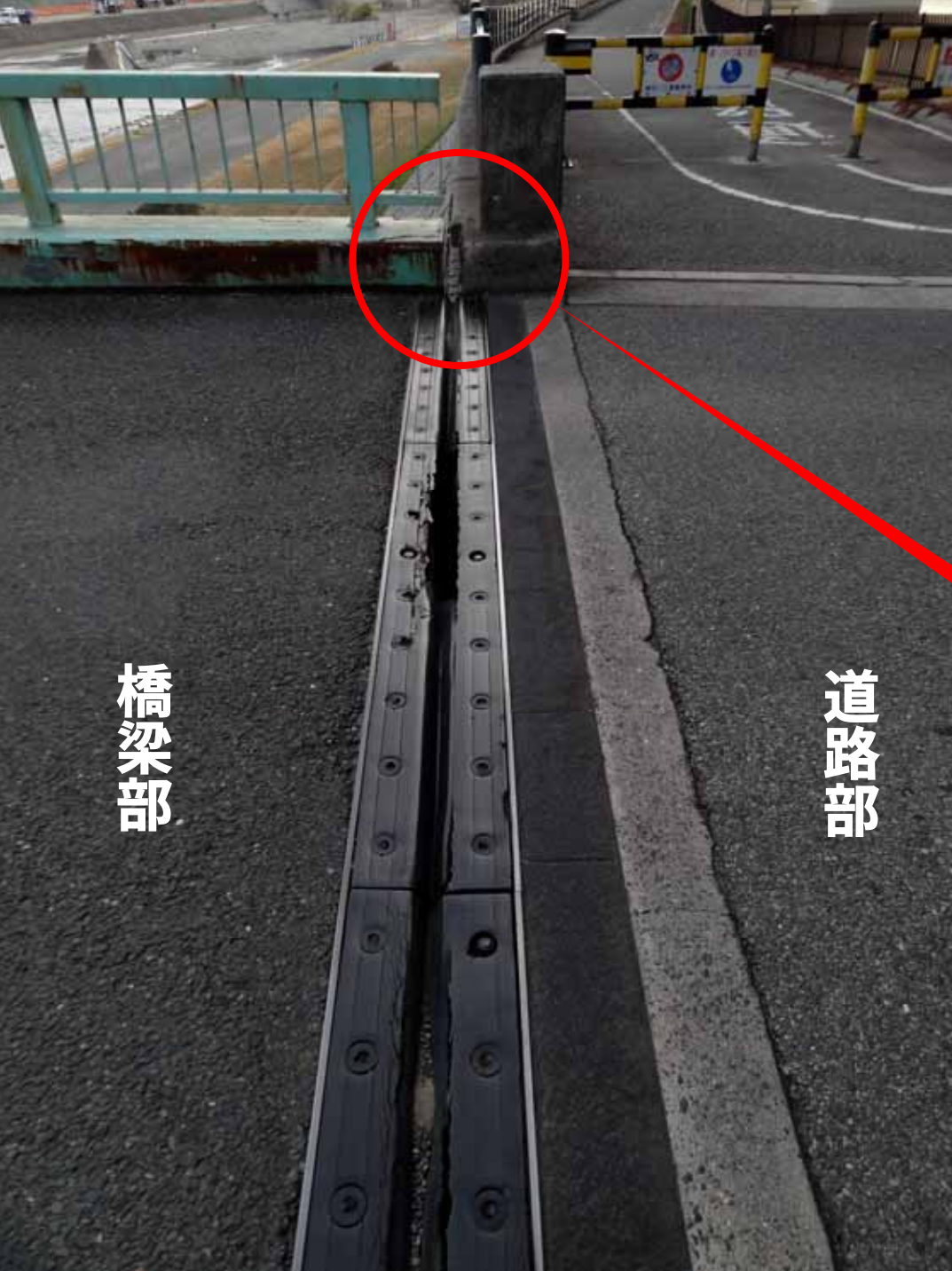
歩道

道路部

橋梁部







橋梁部

道路部



歩道

排水管

排水管





排水管

車道側外主桁



歩道





腐食負荷と腐食環境の分類による**美装化**対策 (水による汚れを抑制)

		④腐食負荷		
		1 低	2 中	3 高
⑤腐食環境	A 低	A 1	A 2	A 3
	B 中	B 1	B 2	B 3
	C 高	C 1	C 2	C 3

美装化

腐食負荷と腐食環境の分類による**腐食**対策
(既設橋と新設橋で異なる可能性)

		④腐食負荷		
		1 低	2 中	3 高
⑤腐食環境	A 低	抵抗 A 1	A 2	A 3
	B 中	B 1	B 2	B 3
	C 高	C 1	C 2	C 3

橋面排水モデル

二次元 Kinematic wave モデル

- ・斜面上の流れを解析でき、道路線形の違いによる橋面流水を物理的に再現できる。

基礎方程式

連続式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = r \quad (1)$$

流量式

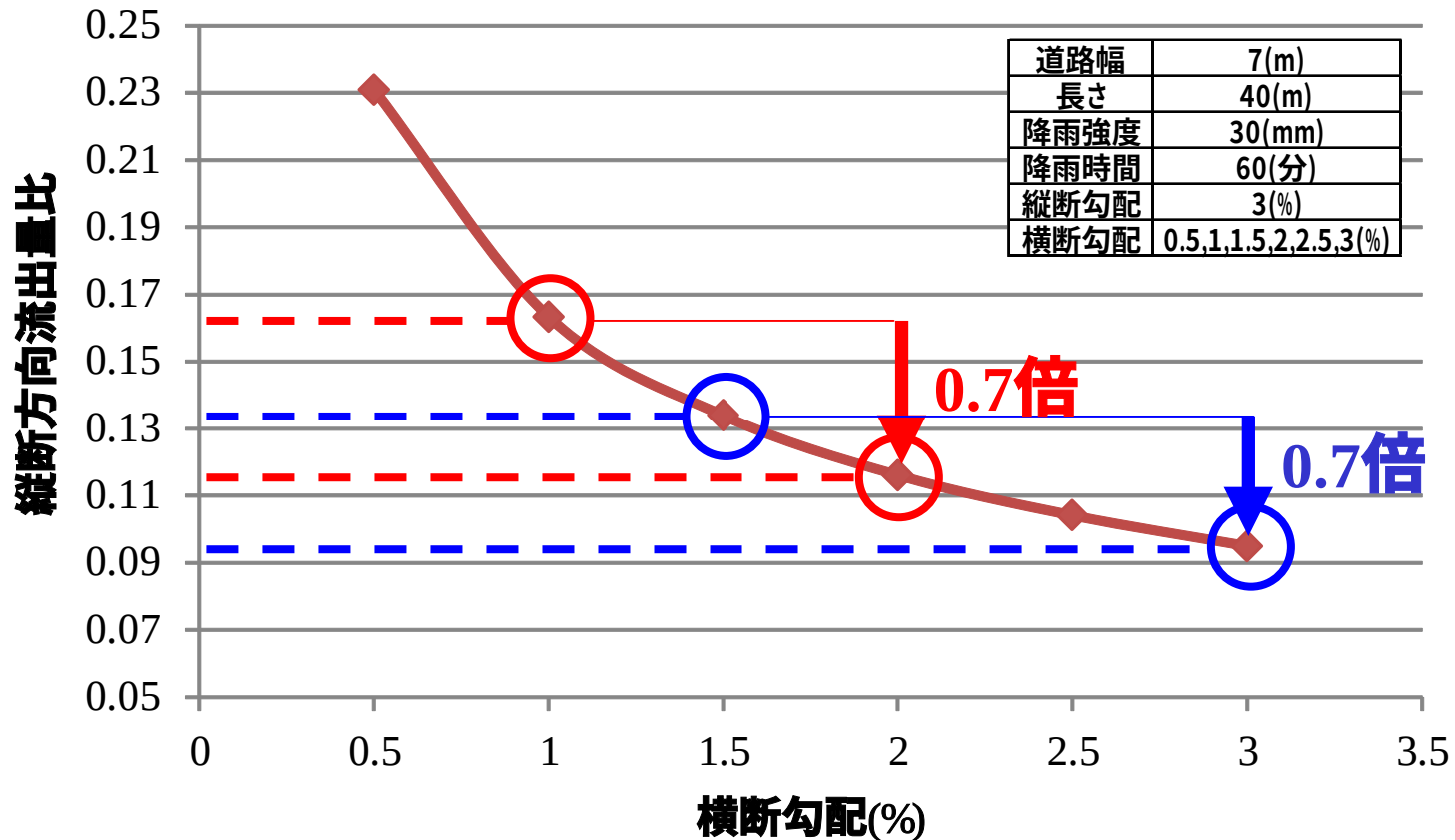
$$q_x = \frac{1}{n} h^{\frac{5}{3}} \frac{I_x^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{I_x^2 + I_y^2}}, \quad q_y = \frac{1}{n} h^{\frac{5}{3}} \frac{I_y^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{I_x^2 + I_y^2}} \quad (2)$$

流速式は $I > \frac{1}{1000}$ の場合、十分に精度が得られる

h :水深(m), q_x : x 方向からの単位幅流出入量(m^2/s), q_y : y 方向からの単位幅流出入量(m^2/s), r :降雨強度(m/s), t :時間(s), n :マンニングの粗度係数($s/m^{\frac{1}{3}}$), I_x : x 方向勾配, I_y : y 方向勾配

数値計算結果の一例

$$\text{縦断方向流出量比} = \frac{\text{縦断方向流出量}}{\text{総流出量(縦断・横断方向流出量)}}$$



横断勾配の違いによる縦断方向流出量の変化

排水に関する技術標準 (既設橋梁) 案

- 第1章 総論**
- 第2章 点検・調査**
- 第3章 鋼橋桁端部の損傷の概要と対策**
- 第4章 コンクリート橋桁端部の損傷の概要と対策**
- 第5章 伸縮装置部の損傷の概要の対策**
- 第6章 排水装置の損傷の概要の対策**
- 第7章 排水処理計画**
- 第8章 維持管理と応急対策**
- 第9章 損傷および対策事例**



ご清聴ありがとうございました

是非ご意見いただきたいと思います

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

～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

参考資料

■研究の目的又は背景 橋梁の主構造に期待される寿命に比較して、主構造の耐久性に大きな影響を与える伸縮装置や排水設備の機能的寿命は著しく短いのが現状である。供用開始後のこれらの不具合が、主として腐食をはじめ材料劣化という現象により、橋梁の耐久性を損ねていることは、周知の事実であるが、未だ抜本的な対策が十分ではないのが実状である。

この現状に、きちんと科学のメスを入れ、橋梁が主構造や床構造などの構造部材、舗装や地覆などの道路構造、さらに伸縮装置や排水設備などの、寿命や機能の異なるパーツから構成される橋梁システムと考えて、システム全体で健全性を一定レベルに維持することを目指す視点から、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む。

■研究の内容 上述した背景と研究目的から、次のような内容を提供できる研究を目指したい。

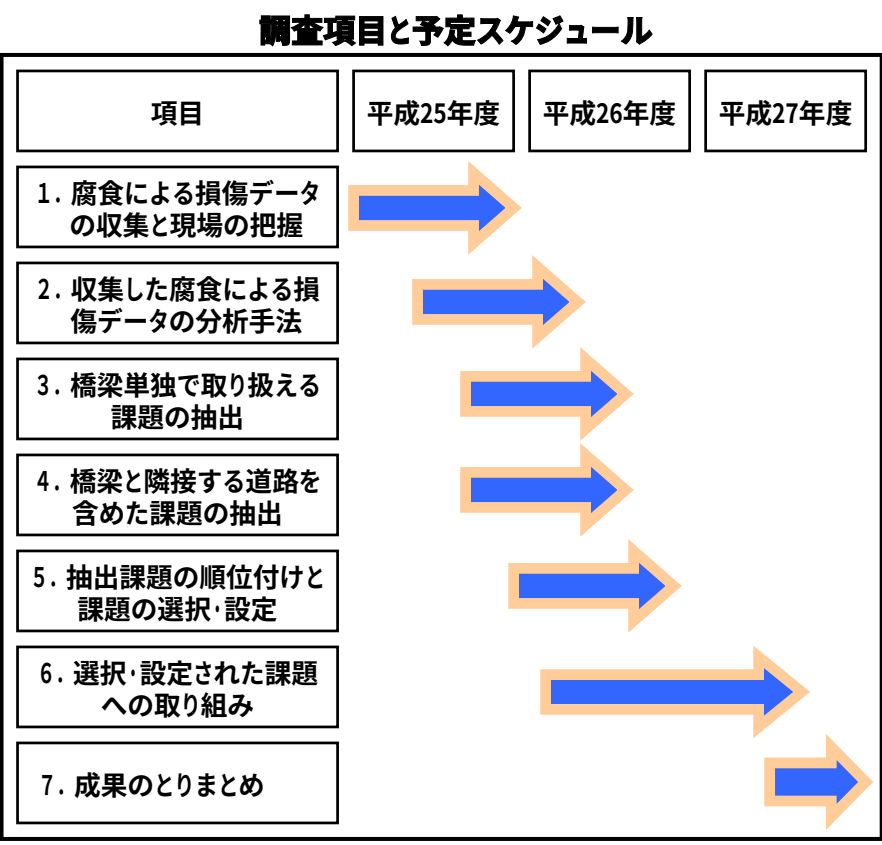
- a) 滞水や漏水のない排水構造と排水設備の維持・更新戦略
- b) 排水設備の機能的長寿命化に資する排水構造と架設精度
- c) 橋梁の耐久性向上に資する定期点検手法
- d) 既設橋梁の耐久性向上に資する改善手法

本研究では、モデル橋梁を選定する実際的な研究課題であることから、主として架設数の多い桁橋を対象としている。しかし、床版上の雨水の排水が大きな課題となることから、桁橋に限らず他の橋梁形式においても、研究成果の適用が可能になると考えている。

■研究期間 平成25年度～平成27年度

■参加予定メンバー (体制) 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、次のようなメンバーで構成する。

- ・ 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



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

■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、技術開発研究に取り組む。これらの4つの視点毎に、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、壁高覧等の強制目地
- ・伸縮継手、支承
- ・桁端、鉄筋

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な技術開発に取り組む。

■研究項目

長期安定な金属組織を有する鋼ならびに精選された材料によりきちんと養生されたコンクリートは、劣化が促進される環境でなければ長期の耐久性が確保できることは、劣化環境が厳しい橋梁において実証されている。本研究では、このことを踏まえて、排水機能を長期間制御して、耐久性を実現できるように、次の研究項目に取り組む。

- 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、排水の対策に資する技術開発
- 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の技術開発
- 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の技術開発
- D) 伸縮継手全面での滞水、漏水対策の技術開発
- E) 支承回りの滞水、支承の腐食の抑制技術開発
- F) 桁端の部材のかぶり損傷、鉄筋の腐食、鋼桁の腐食の抑制技術開発

G) 伸縮継手、支承、桁端の維持管理のし易い構造の技術開発

■実施計画

上述した7つの研究項目を、4つの視点で整理分析し、提供しようとする4つの内容にまとめることを目標とするため、橋梁をシステムとして全体を把握することが重要である。すなわち、橋梁全体の健全性を担保するために、個々の構造について考えるというスタンスから、対象を限定した研究項目毎のWGメンバーが共通の問題意識を共有することが必要である。このことから、次のような7つの過程で技術開発を進めることにする。

- あ) 腐食による損傷データの収集と現場の把握
- い) 収集した腐食による損傷データの分析手法
- う) 橋梁単独で取り扱える課題の抽出
- え) 橋梁と隣接する道路を含めた課題の抽出
- お) 抽出課題の順位付けと課題の選択・設定
- か) 選択・設定された課題への取り組み
- き) 成果のとりまとめ

研究内容と目指す方向

