SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）
キックオフシンポジウム

課題名：「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」
研究開発項目　「(5)－(A)インフラマネジメント技術の国内外への
展開を目指した統括的研究」

研究開発課題
「コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントシステムの開発」

於　2014年12月9日　KKRホテル金沢

研究代表者
金沢大学理工研究域　環境デザイン学系
鳥居　和之

SIP･Kick Off Symposium（金沢）の開催にあたって

昭和３９年に開催された東京オリンピックは，戦後からの脱却，経済復興のシンボルとして国民に大きな希望を与えました。この時，私は小学校６年で，マラソン競技でのアベベビキラの独走と，君原健二とヒラリーのゴール前での死闘を講堂で応援していたのを鮮明に記憶しています。東海道新幹線や首都高速道路，阪神高速道路などの道路インフラは東京オリンピックを契機に一気に整備され，道路は砂利道からアスファルト舗装に変貌しました。都市部の道路インフラはすでに５０歳になろうとしています。それに対して，北陸地方などでの道路インフラの整備はほぼ１０年の遅れで始まり，昭和５０年代始めに北陸自動車道路や能登有料道路などが相次いで開通しました。一方，一昨年の笹子トンネルでの仕切り板の落下事故は国民に大きな衝撃を与えました。太田国土交通大臣は「メンテナンス元年」を宣言し，昨年，道路管理の基本となる「道路法」の改正により，５年に一回の道路インフラ（橋梁，トンネルなど）に対する点検業務が管理者に義務づけられることになりました。このことを受けて，北陸地方の３県でも「道路メンテナンス会議」を平成２６年に立ち上げ，「道路インフラの老朽化対策（超寿命化）」の課題に取り組むことになりました。

このような時代背景のもと，内閣府総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)［インフラ維持管理・更新・マネジメント技術］において，金沢大学から申請した「コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料･構造性能評価に基づくトータルマネジメントシステムの開発」がこのたび採択されました。北陸地方の道路インフラでは，塩害やアルカリシリカ反応(ASR)による深刻な早期劣化が生じており，財源と人財，技術力がすべて不足する厳しい状況の中でそれらをいかに維持管理していくのかが喫緊の課題となっています。本研究プロジェクトの特色は，北陸地方における道路インフラの経済的かつ合理的な維持管理手法として，点検・診断，モニタリング，評価判定，対策・更新における一連の技術開発とメンテナンスマネジメントシステムを構築することにあります。このため，地方道路橋のモデルケースとなれるように，まず産学官民連携を重視した研究開発体制を築づくことが必要となります。幸いなことに，北陸地方では，官学からなる「北陸道路研究会」と産民からなる「北陸コンクリート診断士会」の組織が長年にわたり活発に活動してきており，人財と技術の交流において，全面的なご支援をいただけるものと期待しております。

最後に，新しくSIP･研究開発を始めるにあたって，「Kick Off」という言葉には４０年ぶりの懐かしさと興奮を感じます。ラグビーの攻撃的（Aggressive）な「Kick Off」とは，相手の陣に高くボールを蹴り上げ，相手選手がボールを取った瞬間に低く飛び込み，倒してボールを奪うことにあります。これには「体力」と「判断力」，「気力（勇気）」がすべて必要となります。このチャレンジ精神を常に忘れず，研究開発の課題解決に向けて取り組んでいきます。

本研究プロジェクトへのご支援とご協力を賜りますようにお願いいたします。

平成２６年１２月９日

SIP研究開発責任者
金沢大学教授
鳥居和之

内閣府総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)・
SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)

課題名：インフラ維持管理・更新・マネジメント技術
研究開発項目：⑸-Ⓐインフラマネジメント技術の国内外への展開を目指した統括的研究
研究開発課題：「コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料･構造性能評価に基づくトータルマネジメントシステムの開発」

本研究開発の内容

北陸地方（特に，富山県，石川県，福井県）は，日本海側に面しており，海岸地域に架かる橋梁は，季節風などによって飛来する塩分の影響を大きく受ける。また，同地方は積雪寒冷地域でもあるため，冬季には主要幹線道路において，凍結防止剤が散布されている。また，同地方は安山岩が主要因とされるアルカリ骨材反応（以下，ASR）の発生地域でもある。さらに，山間部における標高の高い地域では凍害が起きやすい地域が広がっている。このような環境条件の中，北陸地方では，海岸地域において飛来塩分による塩害劣化，凍結防止剤を散布している地域では塩害劣化，反応性骨材を使用した橋梁において発生するASRによる劣化，山間部における凍害などが発生している。さらに，それらの複合劣化が生じた橋梁も数多く存在する。それらの劣化現象は，経年劣化とは異なった早期劣化が生じるため，現在の全国をマクロに見た画一的なマネジメントシステムとは異なった手法が必要である。

本研究開発では，このような早期劣化が生じたコンクリート橋を対象として，劣化の種類とその程度を橋梁の部位（上部構造，下部構造）ごとに階層化し，北陸地方の道路橋に対する点検・診断・モニタリング→評価・判定→対策（補強・補修・更新）への一連の流れを産学官民のトータルな支援体制のもとメンテナンスマネジメントシステムとして確立し，同様な早期劣化を生じている地域へ展開できる研究開発を行う。

これまでの一般的な経年劣化による橋梁の維持管理においては，点検・診断・モニタリング→評価・判定→対策（補修・補強）という流れの中でメンテナンスマネジメントを行ってきた。しかしながら，通常の経年劣化した橋梁（供用年数50年以上を想定）と塩害やASRによる早期劣化した橋梁（30年程度で耐荷性や使用性が問題化）では，緊急性と重要性の観点から，維持管理の基本的な考え方やその対応策が全く異なる。

特に，北陸地方の橋梁の長寿命化修繕計画に長年にわたり携わった経験から，地方道路橋において「事後保全」から「予防保全」への転換と，「構造物の耐荷性（耐久性）の劣化曲線」によるメンテナンスマネジメントの実施が 10～20 年では現実的に容易ではないと考えている。この点では，「中央」と「地方」とで橋梁の維持管理における基本的なしくみを変えることが必要であると考えている。すなわち，地方道路橋では，まず構造物の現況の正確な把握と診断技術の精度の向上が重要であり，試行錯誤的な対応策の繰り返しの中で，50年後には予防保全に転換できるように地域的な課題の解決策を模索するのが現実的と考えられる。

そのために本研究開発では，まずはASR，塩害およびそれらの複合劣化における劣化機構を解明し，それらを点検にフィードバックすることにより，早期劣化が生じている橋梁の正確な診断をすることができる。つぎに，既存の早期劣化事例と合わせて多くのデータを収集することにより，評価基準の作成に役立てることができ，本研究開発で提案するメンテナンスマネジメントシステムの技術情報を提供できる。これまで北陸地方の主要な幹線道路での道路橋の診断より得られた主要な劣化原因，従来の対策と課題，およびその課題の解決策をデータベース化することにより，次の同様な課題を解決できれば，メンテナンスマネジメントシステムとして有効に機能するものと考えている。さらに，本研究開発で提案したい点は，「必ず守るべきもの」とあくまで見守るだけで，「あえて対策をしないもの（安楽死想定）」との峻別をすることである。これは，現在の全国をマクロに見た画一的な維持管理のしくみではできていないことであり，正確な診断により劣化の予測ができないとその判断を下すことができないと考える。さらに，北陸地方の道路橋に対するメンテナンスマネジメントシステムによるデータを「北陸・道路メンテナンスセンター（仮称）」にて一括管理する。また，ここでは北陸地方において数十橋を対象とした常時モニタリングのデータも集積させる。これらのデータベースが構築されれば，維持管理マニュアルの刊行に加えて，北陸地方における若手技術者の人財育成や地域の活性化，さらに北陸地方と同様な問題を抱えている地域への情報発信ができるものと期待される。

SIP　（戦略的イノベーション創造プログラム）

キックオフシンポジウム　プログラム

司会 金沢大学　教授　桝谷　浩

15:00-15:10

開会挨拶　金沢大学　学長　山崎　光悦

15:10-15:45

SIP 採択課題の概要　金沢大学　准教授　深田　宰史

15:45-16:20

「北陸地方の代表的なコンクリート橋の紹介―丈夫で、長持ちの秘訣」

PC 建設業協会北陸支部　小林　和弘

16:20-16:55

「北陸地方における塩害および ASR による劣化コンクリート橋梁の

メンテナンスマネジメント」

金沢大学　教授　鳥居　和之

16:55-17:00

閉会挨拶　金沢大学　理工研究域長　加納　重義

金沢大学　深田　宰史　准教授

SIP採択課題の概要

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

採択課題の概要

コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントシステムの開発

研究開発責任者：鳥居和之（金沢大学　理工研究域）
研究開発グループ　　：金沢大学
共同研究グループ（1）：金沢工業大学
共同研究グループ（2）：石川工業高等専門学校
共同研究グループ（3）：長岡技術科学大学
共同研究グループ（4）：福井大学

1

戦略的イノベーション創造プログラム
(Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program)

総合科学技術・イノベーション会議が，府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たし，科学技術イノベーションを実現するために新たに創設するプログラムであり，以下の10テーマからなる．

革新的燃焼技術
次世代パワーエレクトロニクス
革新的構造材料
エネルギーキャリア
次世代海洋資源調査技術
自動走行システム
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術
レジリエントな防災・減災機能の強化
次世代農林水産業創造技術
革新的設計生産技術

2

「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」意義・目標

プログラムディレクター（PD）
藤野 陽三　教授
（横浜国立大学　安心・安全の科学研究教育センター ）

- インフラの高齢化
- 重大な事故リスクの顕在化
- 維持修繕費の増大

- 厳しい地方の財政状況
- 熟練技術者の減少

新技術を活用したシステム化したインフラマネジメントが必要

- 予防保全
- ライフサイクルコスト最小化

- これまでのインフラ維持管理市場に新たなビジネスチャンス
- 海外へのビジネス展開

3

インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

(1) 点検・モニタリング・診断技術の研究開発

(A)-a 医療分野や産業分野で普及している先端計測技術、電磁波やレーザーなどを駆使した先端計測技術に基づく点検・モニタリング・診断技術の開発
(A)-b インフラ分野にとってこれまでにない新しい計測技術を活用した点検・モニタリング・診断技術の開発

(2) 構造材料・劣化機構・補修・補強技術の研究開発

(A) 各種研究機関の密接な連携による次世代インフラ構造材料の総合的・実用化研究開発
(B) インフラ構造物の劣化検出・診断のための新材料に関する研究開発
(C) 鋼構造物の腐食による劣化損傷に対する補修技術の研究開発

(3) 情報・通信技術の研究開発

(A) インフラのセンシングデータを収集し統合的に解析する技術の開発

(4) ロボット技術の研究開発

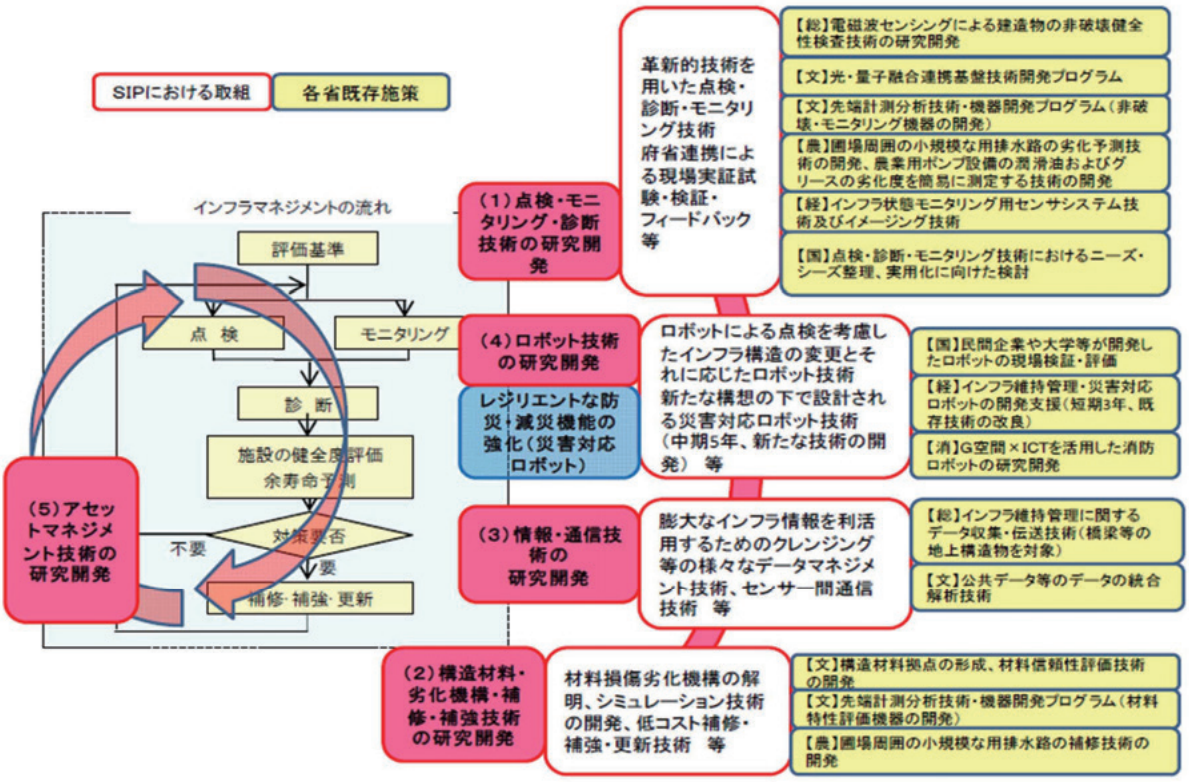
(A) 維持管理ロボット・災害対応ロボット開発に必要なコア技術（ロボティクス技術）の開発

(5) アセットマネジメント技術の研究開発

(A) インフラマネジメント技術の国内外への展開を目指した統括的研究
(B) 特定の基幹インフラ施設を対象にした維持管理・更新・マネジメント技術（河川、港湾、鉄道、上下水道、農業分野などの施設・構造物が対象）の開発

4

各省既存施策とSIPの関係



出典：http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/7_infura.pdf

5

研究開発小項目	研究開発課題名	概要
(5)-(A) インフラマネジメント技術の国内外への展開を目指した統括的研究	道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究	東京大学　大学院工学系研究科　前川宏一　教授 コンクリート系橋梁床版の余寿命推定法とコスト削減・高耐久化を実現する橋梁の設計/管理技術を開発するとともに、広域道路への実装を展開し、技術基準や点検制度等の改善と進化を実現するインフラアセットマネジメントの標準化を図る。さらに地方自治体に展開するための財源確保、調達、入札、契約、組織などの仕組みを提案する。あわせてアセットマネジメントを国際展開するアジアのネットワークを形成し、具体的に実装を行う。
	コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントシステムの開発	金沢大学　理工研究域　環境デザイン学系　鳥居和之 教授 北陸地方のコンクリート橋で生じている、塩害やアルカリシリカ反応（ASR）による深刻な早期劣化の現状を把握するとともに、財源と専門技術者が不足する厳しい状況の中で、緊急性と重要性を踏まえつつ、地域の大学関係者と民間技術者ならびに道路管理者の参画のもと、点検やモニタリング、評価や判定、対策や更新への個別的な課題の抽出を通して、地方道路橋が事後保全から予防保全へ転換できるよう、新技術の開発及びマネジメントシステムの構築を行う。
(5)-(B) 特定の基幹インフラ施設を対象にした維持管理・更新・マネジメント技術の開発	港湾構造物のライフサイクルマネジメントの高度化のための点検診断および性能評価に関する技術開発	（独）港湾空港技術研究所　加藤 絵万　構造研究チームリーダー 港湾構造物の維持管理は、他の社会基盤構造物と比べて劣化の進行が速いことや点検が困難である等の特徴があるため、安全性確保のための大規模な対策が必要となる場合がある。本課題では、港湾における鋼・コンクリート部材の安全性評価手法を高度化するとともに、評価に必要となるデータが取得可能な点検装置の開発、適切な点検箇所・センサ配置等を考慮した点検診断システム等を開発し、効果的・効率的な維持管理の実現を目指す。
	基幹的農業水利施設の戦略的なアセットマネジメント技術の開発	（独）農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所　中嶋 勇　上席研究員 施設の老朽化、管理組織・人の高年齢化という状況を受け、複数種類の施設で構成される農業水利システムのアセットマネジメントを円滑に進める技術の開発を行う。具体的には、目視診断で対応困難な施設に対し、目視診断に換わる技術を開発する。また、後追い対策が多く予防保全が困難な施設に対し定量的な性能評価技術を開発するとともに、維持管理の効率化と人材育成に資する技術を開発する。

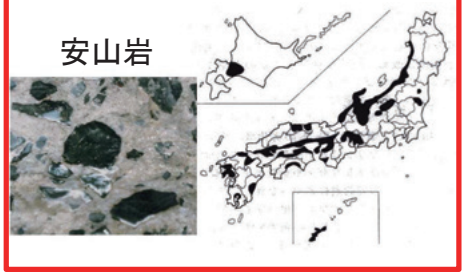
6

研究背景（北陸地方の劣化状況）

凍結防止剤散布の散布状況

季節風による塩分の飛来

コンクリート中の安山岩砕石



凍結防止剤散布による塩害劣化

飛来塩分による塩害劣化

アルカリ骨材反応（ASR）による劣化

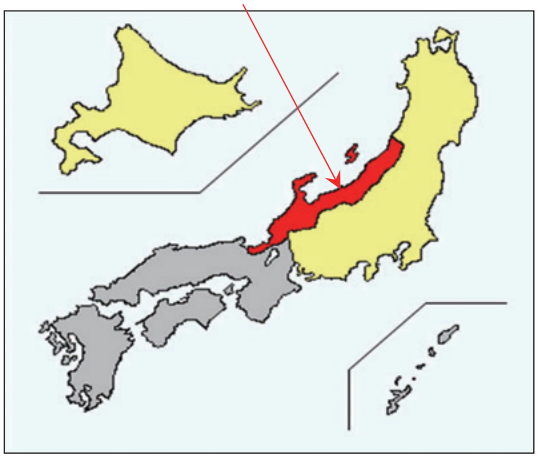
経年劣化とは異なった早期劣化

7

研究背景（北陸地方の複合劣化状況）

塩害とASRの複合劣化地域の区分

ASR多発地域＋飛来塩分，凍結防止剤によりASRを促進



出典：小林一輔ら：コンクリート構造物の維持管理

コンクリート構造物の使用・環境条件は
北陸地方がもっとも過酷！

ASRを含む複合劣化は，北陸だけの問題ではなく
全国共通の重大な問題！

ダブル複合劣化（塩害，ASR）

トリプル複合劣化（塩害，ASR，凍害）

8

研究開発の目的

地方道路橋の抱える課題

- 橋種・構造形式が多種多様
- 地域特性が複雑
- 人手，財源，技術力　すべてが不足

特に北陸地方では，
塩害やASRによる早期劣化橋梁に対しては，
緊急性と重要性の観点から，
これまでの画一的な
マネジメントシステムの適用が困難

産学官民の研究体制のもと，
早期劣化が生じた北陸地方のコンクリート橋を対象とした
トータルマネジメントシステムを確立

地方道路橋のモデルケース

◆ WG 1～WG 7 による研究開発の実施体制

WG 1　塩害による劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価
WG 2　ASRによる劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価
WG 3　橋梁の材料・構造性能評価とモニタリング技術の開発
WG 4　上部構造の健全度評価と材料・構造性能評価に基づく補修・補強技術の開発
WG 5　補修・補強材料の性能評価と簡易かつ経済的な新技術の開発
WG 6　メンテナンスマネジメントシステムの確立
WG 7　全体統括

9

研究開発の内容（WG 1）

WG 1　塩害による劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価

WG1代表
宮里心一（金沢工業大学）

木村定雄（金沢工業大学）
徳永光晴（金沢工業大学）
武市祥司（金沢工業大学）
伊藤始（富山県立大学）
酒井雄也（東京大学生産技術研究所）
青山實伸（中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)）
石川裕一（中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)）
石井浩司（ピーエス三菱(株)）

敬称略，順不同

◆ 塩害劣化させたPC試験桁の作製
◆ 塩害劣化橋梁の地域マップの作成
◆ **塩害・ASR・中性化による複合劣化機構の解明**
◆ PC試験桁および**撤去PCポストテンション桁の載荷試験**
◆ フライアッシュコンクリートによる塩害抑制対策

10

研究開発の内容（WG 1）

WG 1　塩害による劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価

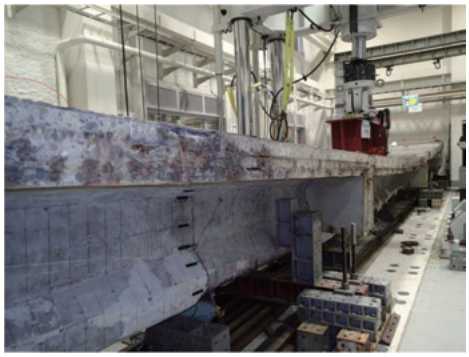
①塩害劣化させた試験桁
②塩害劣化した撤去PC桁

塩害劣化した撤去桁

破壊試験 →

全体構造の耐荷力

非破壊モニタリング
一連のプロセスを
数値解析に反映



大型載荷試験装置（金沢大学）

使用性，耐荷性の評価判定ができ，目視点検に活用できる簡便，
経済的な非破壊モニタリング技術の開発　（全国の地方道路橋で活用可能！）

11

研究開発の内容（WG 2）

WG 2　ASRによる劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価

WG2代表
鳥居和之（金沢大学，北陸道路研究会理事長）

高橋佑弥（東京大学，東大グループとの連携）
三原守弘（日本原子力研究開発機構，金沢大学客員准教授）
大代武志（富山県）
津田誠（石川県）
鍵本広之（J-POWER(電源開発(株))）
参納千夏男（北陸電力(株)）
麻田正弘（アルスコンサルタンツ（株））
奥田由法（アルスコンサルタンツ(株)，全国コンクリート診断士会技術部長）
笹谷輝彦（(株)国土開発センター）
野村昌弘（(株)フルテック）

敬称略，順不同

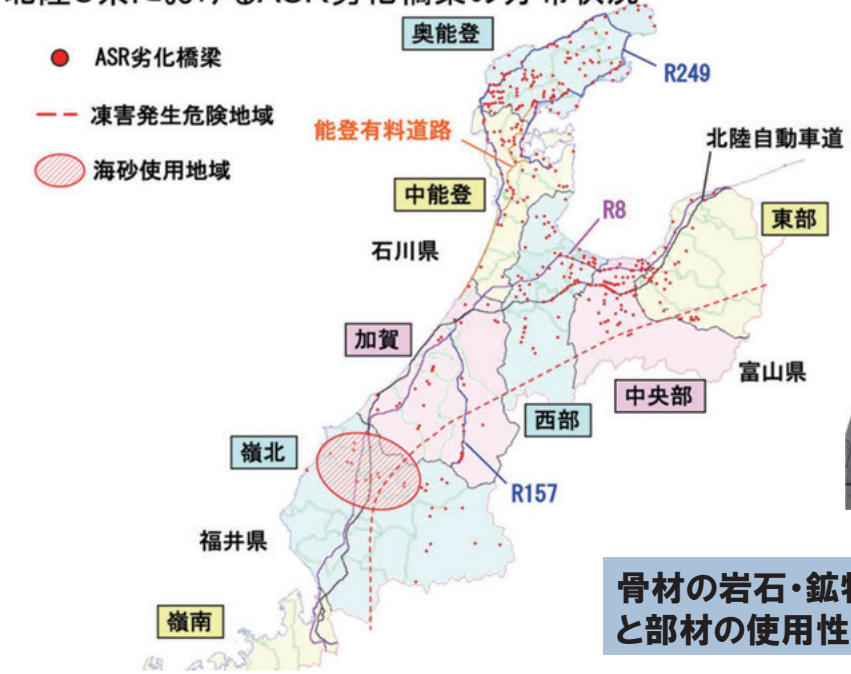
◆ 北陸地方におけるASR劣化橋梁の地域マップの作成
◆ 骨材の岩石・鉱物学的特徴とASR劣化度との関係解明
◆ ASR劣化した撤去PCホロー桁の載荷試験
◆ フライアッシュコンクリートによるASR抑制対策
◆ ASR劣化PC桁のそりやひび割れの解析（東大グループとの連携）

12

研究開発の内容（WG 2）

WG 2　ASRによる劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価

北陸3県におけるASR劣化橋梁の分布状況



骨材の岩石・鉱物学的特徴，ASR劣化度と部材の使用性・耐荷性の関係を解明

13

研究開発の内容（WG 3）

WG 3　橋梁の材料・構造性能評価とモニタリング技術の開発

WG3代表

深田宰史（金沢大学）

前川幸次（金沢大学）
北川章夫（金沢大学，電子情報学系）
上野敏幸（金沢大学，電子情報学系）
宮下剛（長岡技術科学大学）
鈴木啓悟（福井大学）
森山守（中日本高速道路（株）金沢支社）
有馬直秀（中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)）
角本周（オリエンタル白石(株)）

敬称略，順不同

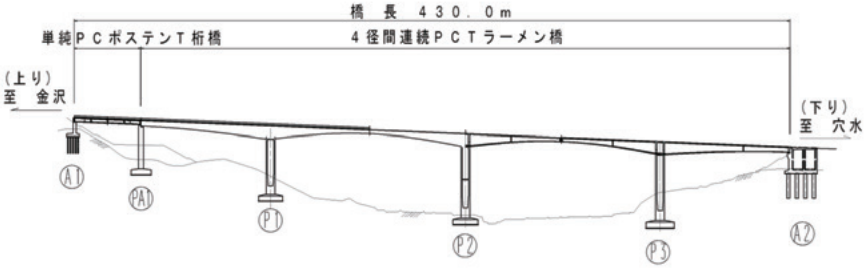
- ◆ 劣化橋梁における静的および動的載荷試験による現況調査
- ◆ 劣化橋梁の変状を把握できるモニタリングシステムの開発
- ◆ 振動特性の変化に基づいた橋梁の劣化原因及び使用性・耐荷性の推定
- ◆ 塩害・ASR劣化した撤去桁およびPC試験桁の載荷試験（WG1，WG2との連携）
- ◆ 実際の早期劣化橋梁を対象とした長期モニタリング

14

研究開発の内容（WG 3）

WG 3　橋梁の材料・構造性能評価とモニタリング技術の開発

ASR劣化を生じたゲルバー橋梁



■架橋位置：石川県鳳珠郡穴水町地内
■橋梁形式
　上部構造：単純ポステンPCT桁橋
　　＋4径間連続PCTラーメン橋
　下部構造：A1橋台　逆T式橋台
　　：PA1橋脚　壁式橋脚
　　：P1～P3橋脚　中空橋脚
　　：A2橋台　箱式橋台
■橋　　長：430.0m
■竣工年月：1978(S53)年6月

15

研究開発の内容（WG 4）

WG 4　上部構造の健全度評価と材料・構造性能評価に基づく補修・補強技術の開発

WG4代表
桝谷浩（金沢大学）

徐晨（金沢大学）
西澤辰男（石川高専）
冨田充宏（石川高専）
大西弘志（岩手大学）
石川裕夏（福井県コンクリート診断士会会長）
橋吉宏（中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)）
原田政彦（大日本コンサルタント(株)）
横山広（大日本コンサルタント(株)）

敬称略，順不同

◆ 北陸地方の上部構造に対する点検データに基づく現況把握
◆ コンクリート系の上部構造に対する健全度評価方法
◆ 舗装構造に対する健全度評価方法の提案
◆ 炭素繊維補強材を用いた高耐久性コンクリート構造の技術開発

16

研究開発の内容（WG 4）

WG 4　上部構造の健全度評価と材料・構造性能評価に基づく補修・補強技術の開発

劣化したコンクリート床版の水平ひび割れ

構造的な劣化としての疲労問題？
材料的な問題（塩害，ASR）？

衝撃荷重載荷法を用いた舗装・RC床版の健全度評価

17

研究開発の内容（WG 5）

WG 5　補修・補強材料の性能評価と簡易かつ経済的な新技術の開発

WG5代表
久保善司（金沢大学）

五十嵐心一（金沢大学）
小林俊一（金沢大学）
福留和人（石川高専）
石井浩司（ピーエス三菱(株)）
石川裕一（中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)）
笹谷輝彦（(株)国土開発センター）
羽渕貴士（東亜建設工業(株)，早稲田大学客員教授）

敬称略，順不同

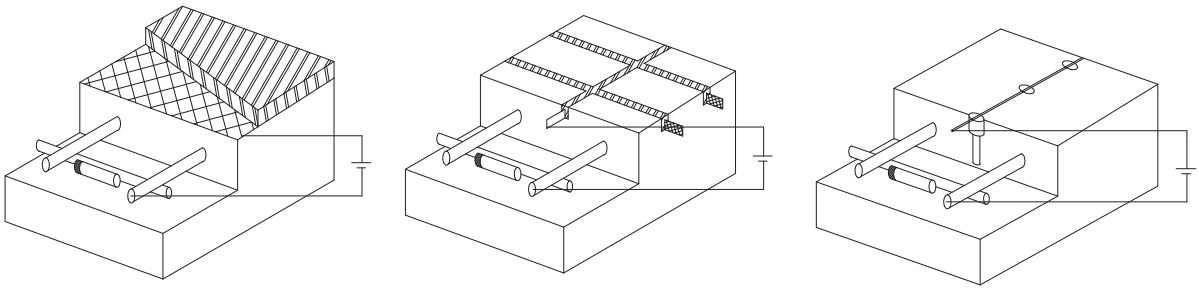
◆ 既存塩害・ASR劣化橋梁に適用した**補修材料の耐用年数の推定**
◆ 簡易かつ経済的な**浸透性撥水剤，浸透性腐食防止剤の技術開発**
◆ 簡易かつ経済的な**電気防食工法の技術開発**
◆ **過酷環境下における補修・補強工法の技術開発**

18

研究開発の内容（WG 5）

WG 5　補修・補強材料の性能評価と簡易かつ経済的な新技術の開発

簡易かつ経済的な電気防食工法の技術開発



面状陽極方式　　線状陽極方式　　点状陽極方式

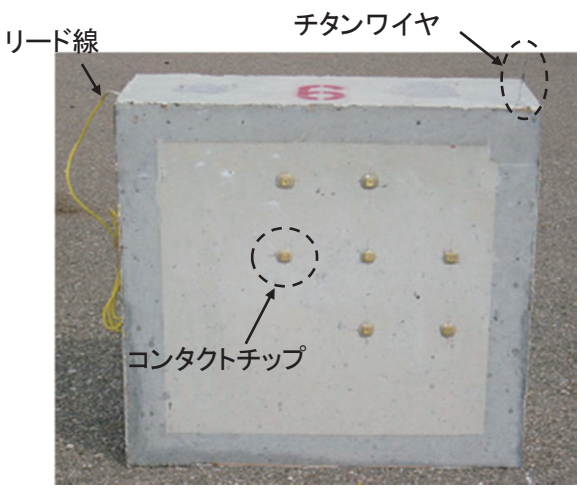
19

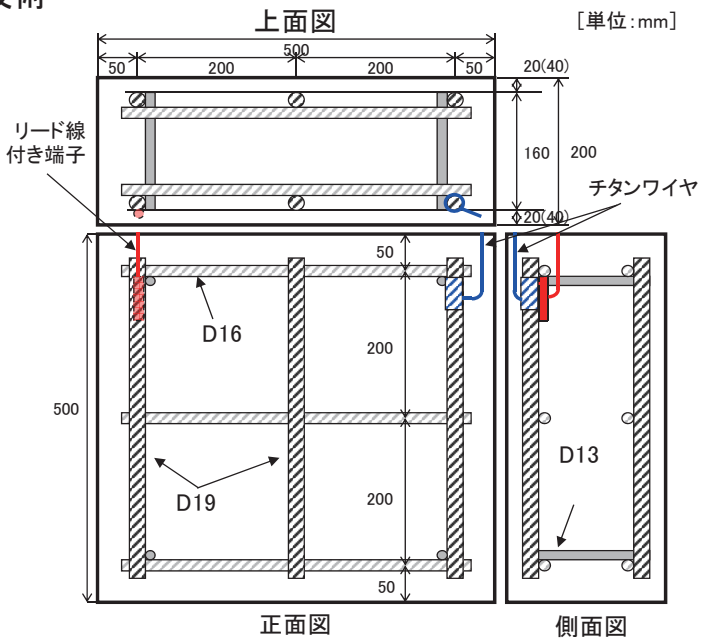
研究開発の内容（WG 5）

WG 5　補修・補強材料の性能評価と簡易かつ経済的な新技術の開発

チタンワイヤを用いたモニタリング技術

正面写真





チタンワイヤセンサ：　錆びないチタンを参照電極の代わりとして用いた使い捨てセンサ
鉄筋が錆びた時の電位差を測定する

20

研究開発の内容（WG 6）

WG 6　メンテナンスマネジメントシステムの確立

WG6代表
近田康夫（金沢大学）

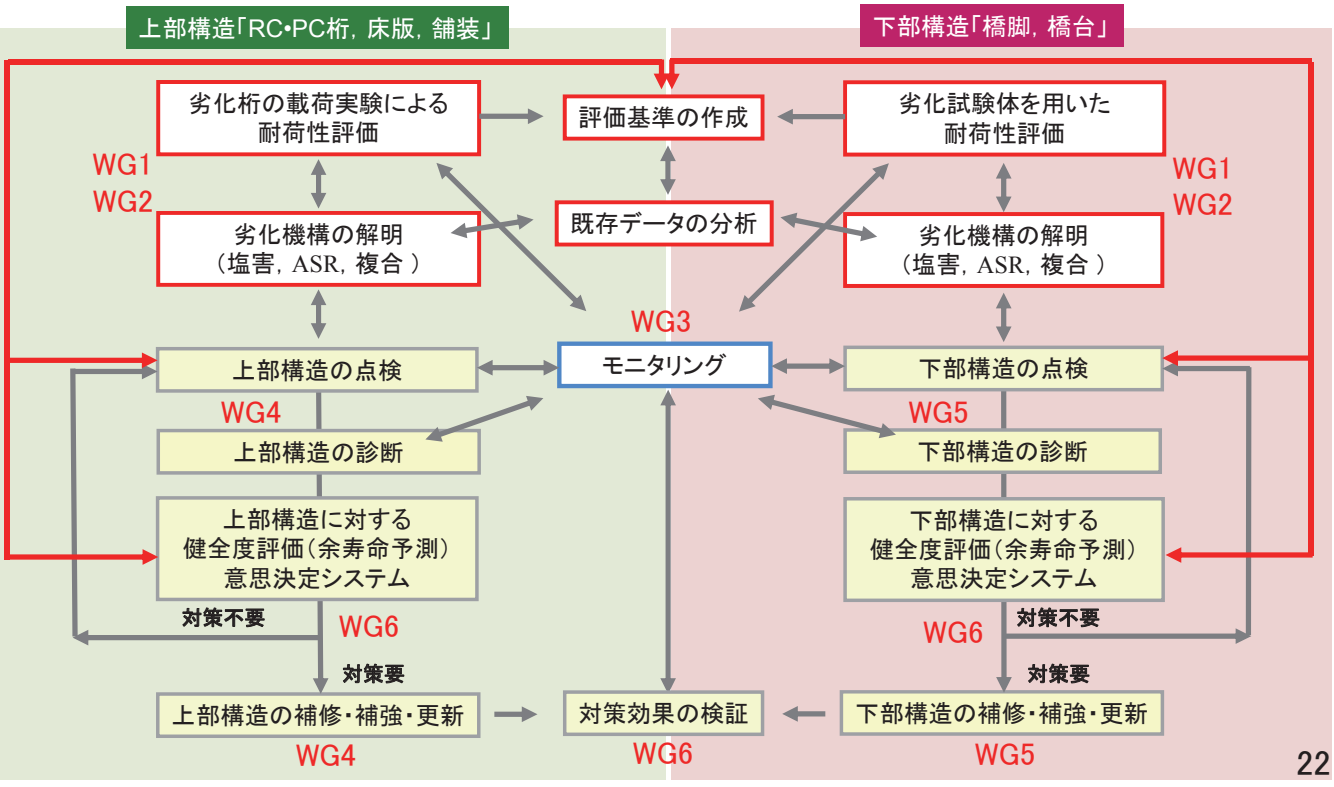
藤生慎（金沢大学）
中川直人（富山県道路課長）
畠山邦夫（石川県道路整備課長）
西出俊亮（福井県道路保全課長）
浅野雄司（大日本コンサルタント(株)）
喜多敏春（(株)日本海コンサルタント）
中井良彰（朝日エンヂニヤリング（株））
牧祐之（大日本コンサルタント(株)）

敬称略，順不同

◆ 道路橋（北陸3県管理）の点検，補修・補強履歴，劣化状況のデータベース化
◆ 膨大な道路橋（北陸3県管理）点検データを用いた健全度評価法，補修優先順位決定法および予算平準化手法の提案
◆ **県を跨ぐ重要路線の早期劣化に対応したメンテナンスマネジメント（共通仕様）の提案**

21

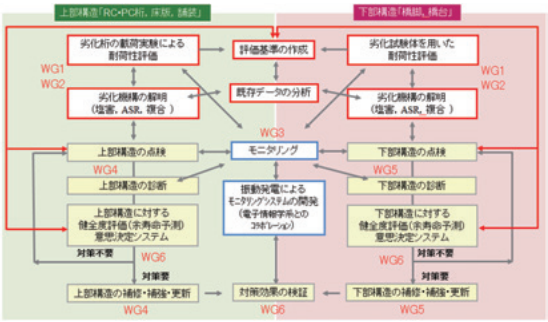
メンテナンスマネジメントシステム



22

出口戦略

メンテナンスマネジメントシステム



常時モニタリングによる
自動監視
（無電源モニタリング）

⟷

データベース化による技術情報の蓄積

⇩

大学を主体とした
北陸・道路メンテナンスセンターの新設

全国のモデルケース！

研究協力体制の強化

- 産学官民連携による**「北陸地方における道路橋メンテナンス会議（仮称）（金沢大学）」**を設置

継続性の確保

- **若手研究者，技術者，地方の人財を育成・強化 （円滑な世代交代と技術の継承）**

情報発信

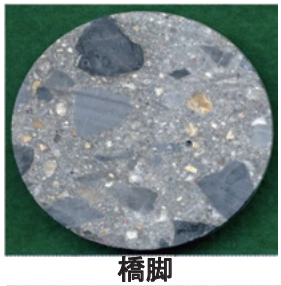
- **シンポジウムの開催**により，北陸地方の道路橋の維持管理に関する最新情報を発信
- 北陸発，地方道路橋の問題解決の先駆けとなる**報告書および維持管理マニュアルの刊行**

23

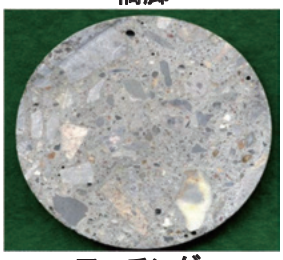
出口戦略（東南アジアへの国際協力展開）

- 1990年代にODAで建設したタイの高速道路，1000の橋脚でASRによるひび割れを発見，反応性骨材の岩種を初めて特定
- 塩害やASRの研究開発は東南アジアなどの国々と情報共有

今後，これらの橋梁の維持管理にも
本プロジェクトは積極的に関与



橋脚



フーチング

PC橋脚

フーチング

ひび割れ幅 2mm超が多数

東南アジアの国々への情報提供

- ◆ 東南アジアでのセミナーや講習会の開催
- ◆ 東南アジアからの留学生や技術者を招聘，人財育成

24

研究組織

研究開発グループ
金沢大学

鳥居和之　教授
前川幸次　教授
近田康夫　教授
桝谷浩　教授
五十嵐心一　教授
北川章夫　教授
上野敏幸　准教授
小林俊一　准教授
深田宰史　准教授
久保善司　准教授
徐 晨　助教
藤生慎　助教
安川直樹　特任助教

共同研究グループ(1)
金沢工業大学

宮里心一　教授
木村定雄　教授
徳永光晴　教授
武市祥司　教授

共同研究グループ(2)
石川高等専門学校

西澤辰男　教授
冨田充宏　教授
福留和人　教授

共同研究グループ(3)
長岡技術科学大学

宮下剛　准教授

共同研究グループ(4)
福井大学

鈴木啓悟　講師

25

実施体制（役割分担）

WG 7　全体統括
- 研究開発グループ　金沢大学
  ◯鳥居和之，桝谷浩，近田康夫，深田宰史，久保善司
- 共同研究グループ(1)　金沢工業大学
  宮里心一

WG 1　塩害による劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価
- 共同研究グループ(1)　金沢工業大学
  ◯宮里心一，徳永光晴，武市祥司，木村定雄

WG 2　ASRによる劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価
- 研究開発グループ　金沢大学
  ◯鳥居和之

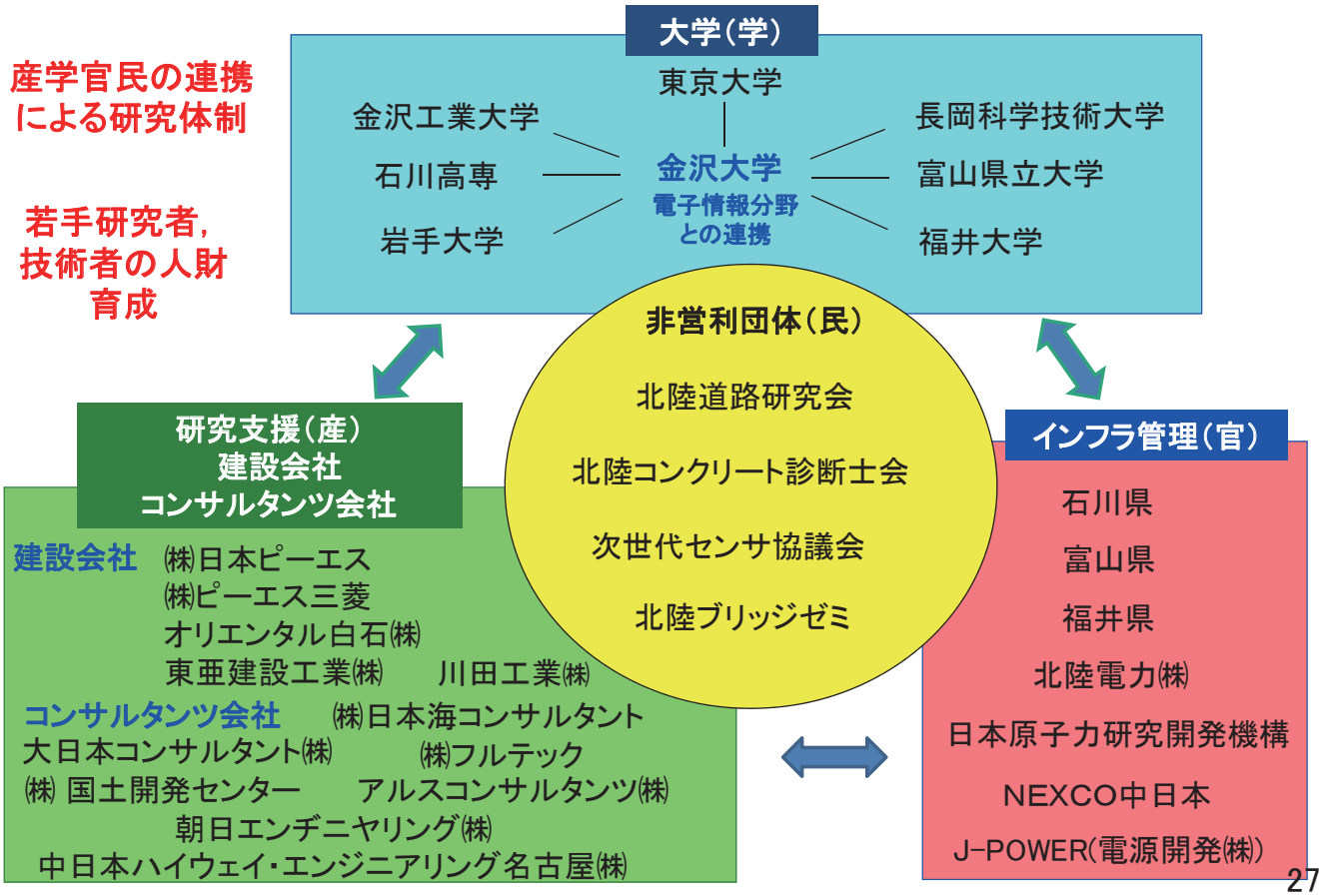
WG 3　橋梁の材料・構造性能評価とモニタリング技術の開発
- 研究開発グループ　金沢大学
  ◯深田宰史，前川幸次，北川章夫，上野敏幸
- 共同研究グループ(3)　長岡技術科学大学
  宮下剛
- 共同研究グループ(4)　福井大学
  鈴木啓悟

WG 4　上部構造の健全度評価と材料・構造性能評価に基づく補修・補強技術の開発
- 研究開発グループ　金沢大学
  ◯桝谷浩，徐 晨
- 共同研究グループ(2)　石川高専
  西澤辰男，冨田充宏

WG 5　補修・補強材料の性能評価と簡易かつ経済的な新技術の開発
- 研究開発グループ　金沢大学
  ◯久保善司，五十嵐心一，小林俊一
- 共同研究グループ(2)　石川高専
  福留和人

WG 6　メンテナンスマネジメントシステムの確立
- 研究開発グループ　金沢大学
  ◯近田康夫，藤生慎

26



27

本研究開発に対する大学としての対応

金沢大学 KANAZAWA UNIVERSITY

地域と世界に開かれた教育重視の研究大学
東アジアの知の拠点

対応事項

・地方公共団体保有インフラのアセットマネジメント技術を研究開発する「北陸・道路メンテナンスセンター（仮称）」を新たに設置し，インフラ管理者を育成

・大学院自然科学研究科に橋梁会社を連携先とする連携講座「構造物メンテナンス講座（仮称）」を新たに設置し，大学院の教育・研究体制の充実・強化

・東南アジアを中心とした国際展開を加速するインフラマネジメントに関する技術交流会議を主催し，国際ネットワークを構築

将来構想

・機関として最大限の人員配置とスペースの確保を実施

・大学改革・戦略的な研究強化により，この先端融合領域の教育・研究を推進

28

PC建設業協会北陸支部　小林　和弘氏

「北陸地方の代表的なコンクリート橋の紹介
―丈夫で、長持ちの秘訣」

「北陸地方の代表的なコンクリート橋の紹介

～丈夫で、長持ちの秘訣～

（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会（PC建協）
北陸支部　副支部長　小林和弘

金沢大学　SIPキックオフシンポジウム
KKRホテル金沢　2014.12.9

「北陸地方の代表的なコンクリート橋の紹介
～丈夫で、長持ちの秘訣～

1．ご紹介

（1）歴史的な構造物

（2）特徴的な構造物（環境、構造）

2．劣化事例

3．対処事例

4．まとめ（万代橋と柳都大橋）

（1）歴史的な構造物

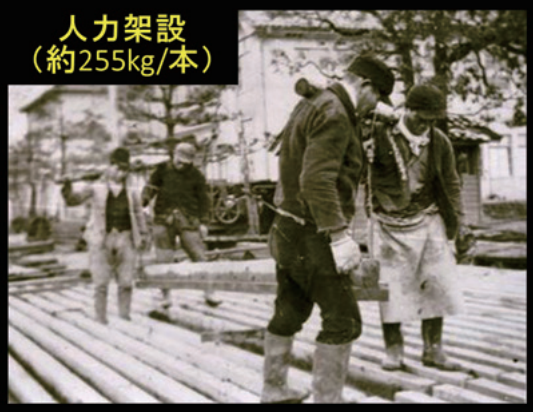
長生橋（日本初（プレテン）のPC橋）　昭和26年12月

供用50年後（平成13年）に
希望の丘公園（七尾市）移設保存

・架橋位置：石川県七尾市
・七尾市、石川県（河川改修に伴う架替）
・構造形式：プレテンション方式3径間単純床版橋
・橋長：11.590m　・有効幅員：5.970m
・主桁本数：33×3＝99本

長生橋の施工状況

人力架設
（約255kg/本）



十郷橋（日本初のポステン橋） 昭和28年6月

現在の状況（供用中）

- 架橋位置：福井県坂井市
- 構造形式：ポストテンション方式単純PC床版橋（セグメント工法）
- 橋長：7.850m
- 有効幅員：7.50m
- 主桁本数：18本

十郷橋の施工状況

セグメント桁製作

緊張作業

フランス人による指導

桁架設作業

コンクリート養生

載荷試験

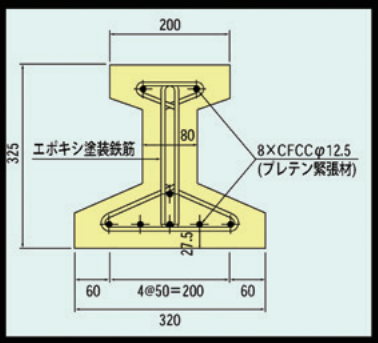
土木学会選奨土木遺産（2013年認定）

（2）特徴的な構造物（環境、構造）

能登島大橋（海上橋） 昭和57年3月

・架橋位置：石川県七尾市石崎町～能登島町
・発注者：石川県
・構造形式：PC3径間連続ラーメン箱桁＋PC単純プレテンT桁橋（18連）
・橋長：1,050m　・有効幅員：8.4m　・片持架設工法＋クレーン船運搬架設

新宮橋　平成元年3月



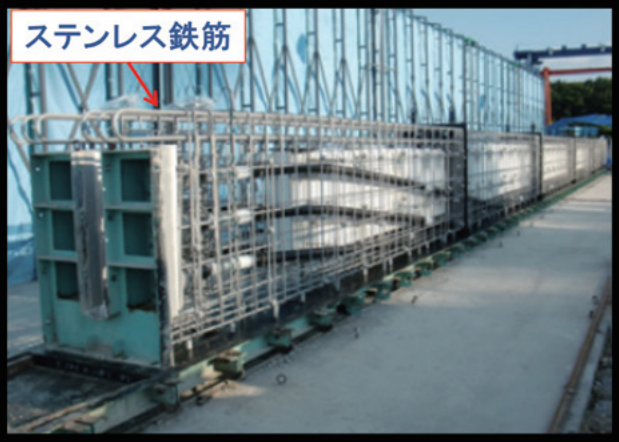
- 架橋位置：石川県羽咋郡志賀町
- 発注者：石川県
- 構造形式：プレテンション方式PC床版橋
- 橋長：6.1m　・幅員：7.0m
- より線状炭素繊維（CFRP材）緊張材の世界初採用

羽咋自転車道13号橋　平成4年3月

- 架橋位置：石川県羽咋郡志賀町
- 発注者：石川県
- 構造形式：FRP鈑桁橋（歩道橋）
- 橋長：11.3m　・幅員：4.0m
- 鈑桁、横桁、床版はFRP製
- 木製トラス橋（供用13年）より架替

能生大橋　平成25年2月

- 架橋位置：新潟県糸魚川市能生
- 発注者：国土交通省（北陸地整）
- 構造形式：
  PC4径間連結ポステン中空床版桁橋
- 橋長：130.1m　・幅員：13.7m
- ステンレス鉄筋を試用（1径間）



金沢大学アカデミックホールウェイ　平成15年3月

・架橋位置：石川県金沢市
・発注者：金沢大学
・構造形式：PC連続V脚ラーメン歩道橋
・橋長：97.6m　・有効幅員：4.5m

吊り床版橋（歩道橋）

夢吊橋（いしかわ動物園）

橋長：67.5m

厳門園地園路橋
（PC曲弦トラス橋）

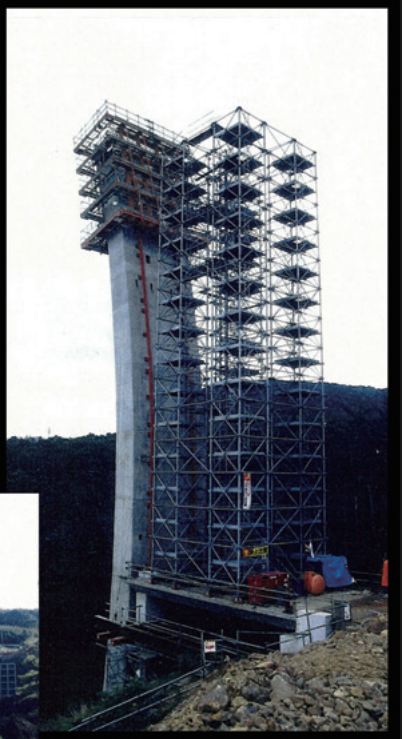
橋長：39.0m

大巻どんど橋（白山ろくテーマパーク）

いしかわ景観大賞受賞

橋長：96.0m

三貫目大橋　平成11年8月



・架橋位置：新潟県佐渡市
・発注者：新潟県
・構造形式：RCアーチ橋
・橋長：125.0m　・幅員：7.7m
・アーチ支間90mは当時最大

麻生アーチ橋　平成21年3月

・架橋位置：石川県七尾市
・発注者：国土交通省
・構造形式：RCアーチ橋
・橋長：86.0m　・幅員：4.0m
・ロアリング架設工法

庵谷町長大橋　平成19年3月

・架橋位置：富山県富山市
・発注者：国土交通省（北陸地整）
・構造形式：鋼・コンクリート複合アーチ橋
・橋長：369.0m　・幅員：9.5m
・仮設ピロン柱間距離220mは国内最大

新開橋　平成5年11月

・架橋位置：新潟県新潟市
・発注者：新潟県
・構造形式：波形鋼板ウェブPC2主単純箱桁橋
・橋長：31.0m　・幅員：14.8m
・国内初の波形鋼板ウェブ橋
・鋼板の防錆方法は塗装

荒山大橋　平成22年11月

・架橋位置：石川県金沢市荒山町
・発注者：石川県
・構造形式：PC4径間連続波形鋼板ウェブ箱桁
・橋長：419.0m　・幅員：10.0m
・ニッケル系高耐候性鋼板を採用
・最大支間長：122.5m

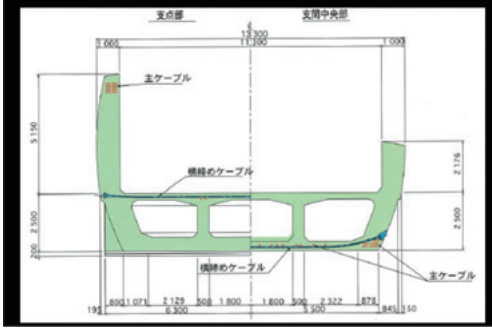
曽宇川橋　平成21年3月

・架橋位置：石川県加賀市
・発注者：石川県
・構造形式：
　プレテンション方式波形鋼板ウェブPCT桁橋
・橋長：23.9m　・幅員：13.0m
・亜鉛メッキ鋼板を採用

黒部川橋りょう　平成16年2月

・架橋位置：富山県黒部市
・発注者：鉄道・運輸機構
・構造形式：
　6径間連続波形鋼板ウェブPC箱桁橋
・橋長：344.0m　・幅員：11.8m
・高耐候性鋼板を採用

姫川橋りょう　平成19年7月



・架橋位置：新潟県糸魚川市
・発注者：鉄道・運輸機構
・構造形式：7径間連続フィンバック橋
・橋長：462.0m　・幅員：13.3m

神通川橋りょう　平成24年12月

・架橋位置：富山県富山市
・発注者：鉄道・運輸機構
・構造形式：
　４径間連続PCエクストラドーズド橋
・橋長：428.0m　・幅員：13.7m
・最大支間長128mは、鉄道橋の
　エクストラドーズド橋として国内第２位

清水スノーシェッド　平成25年

清水川原
片持スノーシェッド　平成21年

八箇スノーシェルター　平成13年

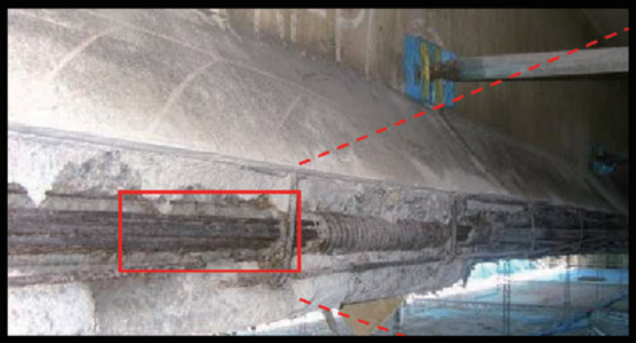
十郷調圧水槽　平成23年3月

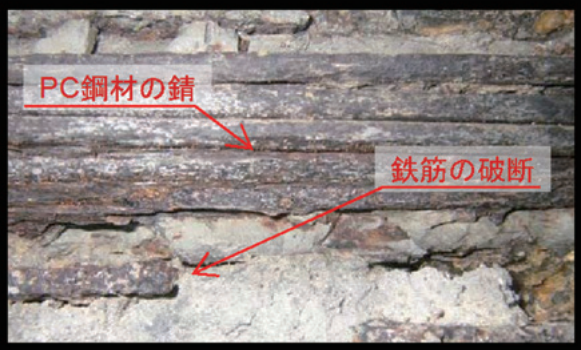
・施工位置：福井県坂井市
・発注者：北陸農政局 九頭竜下流農業水利事業所
・工事内容：現場打ちPCタンク
・容量：30,000m3
・壁高：30m
・内径：36m

2. 劣化事例

塩害による劣化の代表事例

PC鋼材の破断





3. 対処事例

青戸大橋補修工事（電気防食） 平成24年2月

・架橋位置：福井県大飯郡おおい町
・発注者：福井県小浜土木事務所
・工事内容：電気防食
（導電性塗料方式）
・防食面積：590m2
（全5径間中3径間分）

河野大橋補修補強工事（電気防食・外ケーブル） 平成26年3月

・架橋位置：福井県南越前町河野
・発注者：福井県丹南土木事務所
・工事内容：電気防食
（線状陽極方式）
・防食面積：695m2
（全17径間中の1径間分）
・外ケーブル：F20TS×2本
F70TS×2本

豊川橋橋脚補強　平成9年3月

施工前

施工後

- 架橋位置：石川県七尾市中島町
- 発注者：石川県
- 既設RC橋脚のまわりに
  プレキャストパネルを建て込み
  PC鋼線をらせん状に巻き付ける
  PCコンファインド工法

ASR発生状況

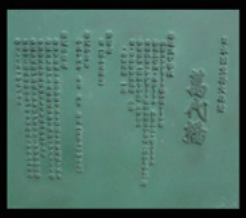
4. まとめ（万代橋と柳都大橋）

万代橋　昭和4年　6連RCアーチ橋

供用85年　御影石化粧張り（型枠兼用、重厚感）

土木学会選奨土木遺産
（2002年認定）

重要文化財
（2004年指定）



73年を経て

柳都大橋　平成14年
3径間連続PC箱桁橋

景観と塩害対策を兼ねたファインセラミック化粧張り

丈夫で、長持ちの秘訣
↓
私見ですが、「コンクリートは生き物」
であるという認識が重要

慎重な設計
良質な材料
丁寧な施工
継続した維持管理
＋技術の研鑽
どれも欠かすことができない

ご静聴ありがとうございました

PC建協では、金沢大学のSIPに協力させて頂くとともに
これからもPC技術の向上を図り、
持続型社会の基盤整備に貢献してまいります。

金沢大学　鳥居　和之　教授

「北陸地方における塩害およびASRによる劣化コンクリート橋梁のメンテナンスマネジメント」

北陸地方における塩害および ASRによる劣化コンクリート橋梁のメンテナンスマネジメント

金沢大学理工研究域環境デザイン学系

教授　鳥居和之

於　KKRホテル金沢　H26.12.9

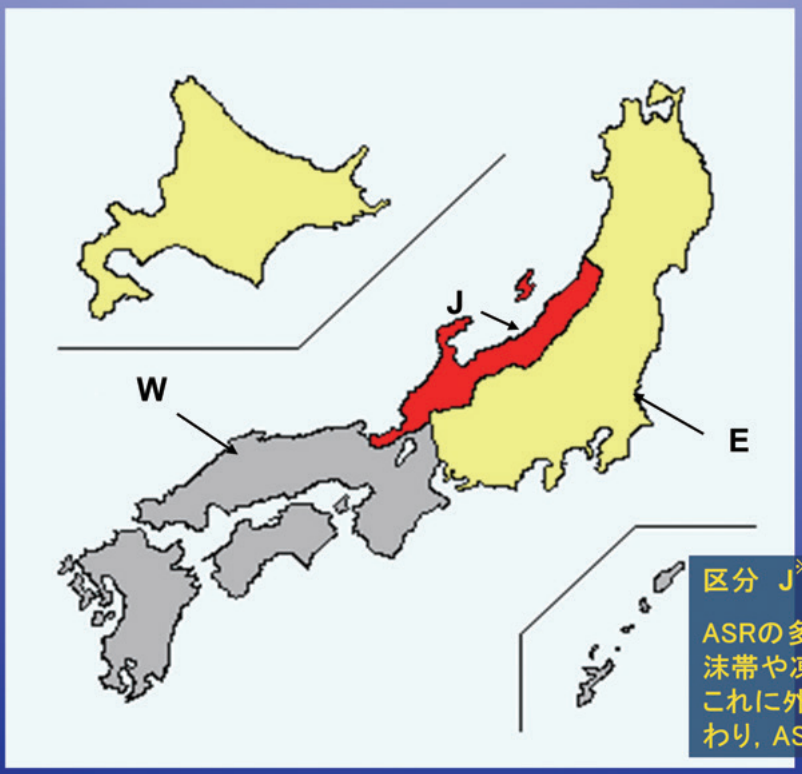
Kanazawa Univ. SIP Kick Off Symposium

1

1. 塩害およびASRによる劣化現象と北陸の地域性（何が課題で，今，何をすべきか）

2

北陸地方の塩害とASRの地域区分



区分　J※

ASRの多発地域である。海洋飛沫帯や凍結防止剤散布地域では，これに外部からの塩分浸透が加わり，ASRを促進させた。

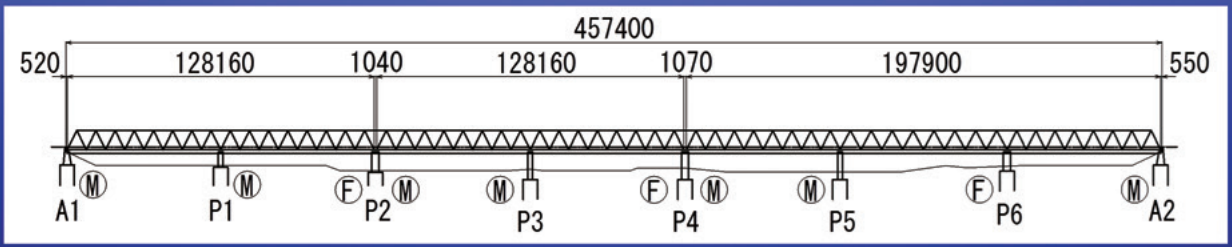
※小林一輔ら：コンクリート構造物の維持管理

3

まずは，有澤橋のASR劣化の紹介

■橋梁形式
上部構造：2・2・3径間連続ワーレントラス橋
下部構造：橋脚 張出式の小判形鉄筋コンクリート構造

■橋　　長：457.400m
■竣工年月：1972（S.47）年



橋梁の全体側面図

4

かくも無惨なコンクリートの劣化状況

RC柱部の解体

ばらばらのコンクリート殻

5

20数年後，ついにRC橋脚の打替えを決断

仮設ベントの設置

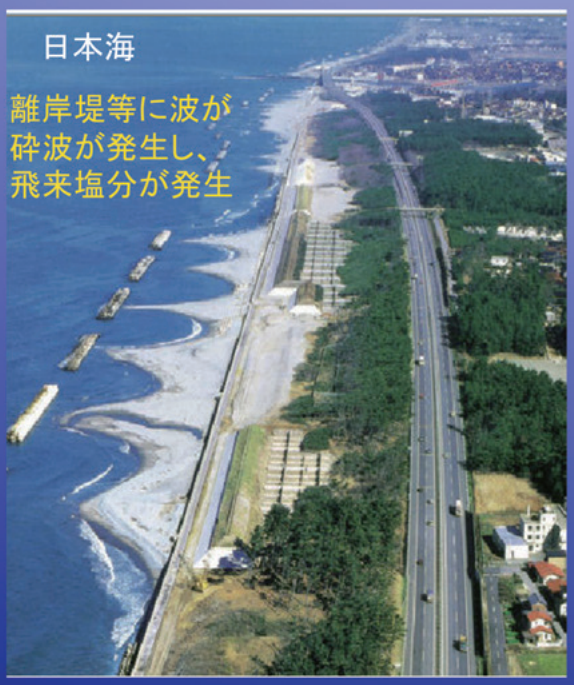
打替え後の橋脚

6

2.　飛来塩分による塩害の劣化事例（のと里山海道，国道249号，国道305号，北陸自動車道での豊富な経験）

7

飛来塩分による塩害の損傷事例



石川県根上町付近

PC桁での鉄筋腐食

床版での鉄筋腐食

南志見橋（国道249号，塩害補修対策済み）

下フランジ部のひび割れ状況

鋼材の腐食状態

10

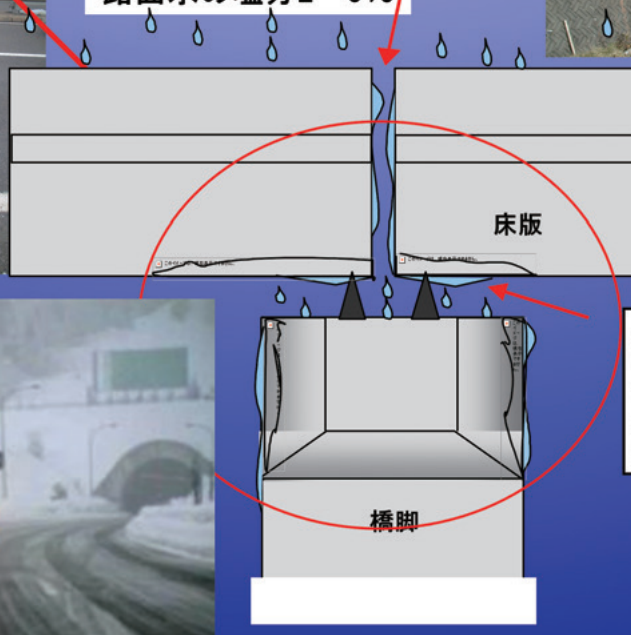
炭素繊維シート（CF）の貼り付け作業（4層）

3. 凍結防止剤による塩害の劣化事例（北陸地方から全国へ情報発信が可能）

11

凍結防止剤による塩害

けた端部，下部工で発生

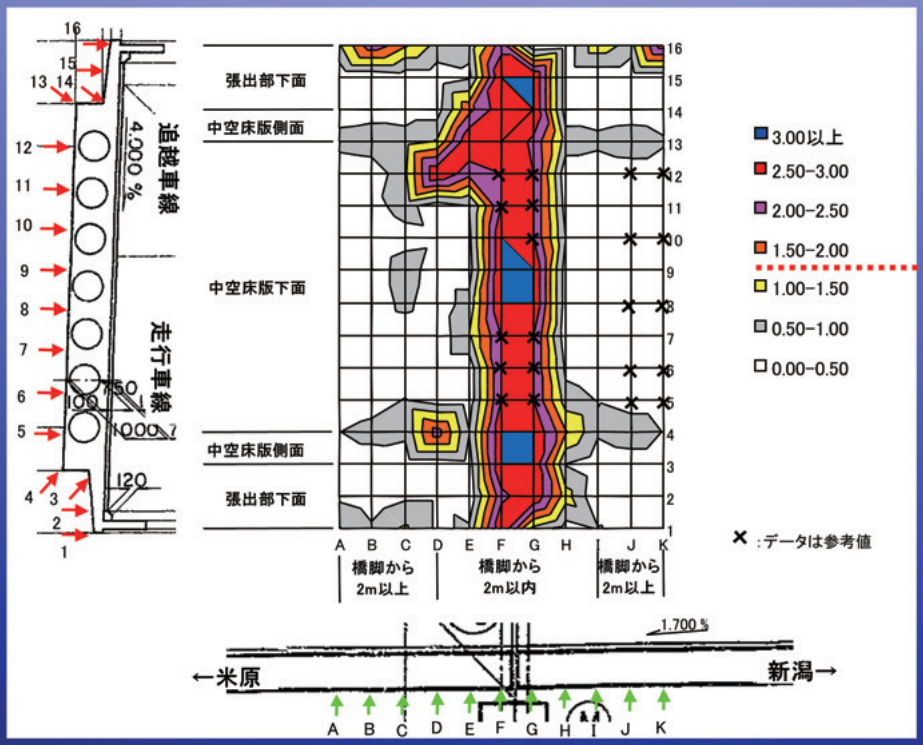


漏水が床版や橋脚を伝い，コンクリート表面に塩分が付着し塩化物イオンが浸透し塩害損傷を発生させる．

12

桁端部から塩化物イオンが浸透⇒塩害

床版下面における塩化物イオン調査



発錆限界塩化物イオン量1.2kg/m³

凍結防止剤による塩害の損傷事例（狭隘な箇所での補修技術の開発）

床版端部でのコンクリートの浮きと鉄筋腐食

4．ASRによるコンクリート橋の割れと鉄筋破断（補強，更新後の維持管理をどうするか）

15

橋脚・はり部のせん断補強鉄筋の破断状況

橋脚側面のひび割れ（枕梁）

はつり後の破断状況

16

橋脚・フーチングの主鉄筋の破断状況

17

5. 塩害に対するメンテナンス技術（表面塗装後の再劣化対策，電気防食工法へのチャレンジ）

18

（1） 親不知高架橋の塩害対策
（最も厳しい塩害環境で実績）

19

飛来塩分による塩害の損傷事例

拡大

橋脚に発生した塩害

事後保全として実施した表面被覆工法の再劣化
（5年内に再劣化）

21

（2） 電気防食工法
（地方道路橋（国道249号，305号）で
実績は北陸が一番）

22

検証事例　船通橋（国道249号）

構造物位置図

周辺環境（冬）

現場状況

23

塩害とASRによる橋梁の複合劣化

24

完成後（平成19年3月）から
塩害環境とASRへの影響をモニタリング

海側

桁下

25

電話回線による遠隔監視の採用
（地元コンサルタンツ会社への技術供与）

26

6. ASRのメンテナンス技術
（試行錯誤の繰り返し，反省多し）

27

（1） 橋脚枕梁の鋼板接着工法
（失敗した事例，何が問題だったか）

28

鋼板の腐食とかぶりのはく離（打ち替え）

29

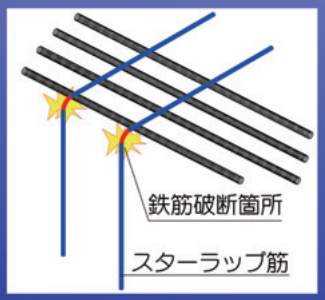
（3） RC橋脚のPC鋼材巻立て工法
（ASR対策と耐震補強の区分けが必要）

30

補強対策前

阿津見橋（P1梁）

海側の劣化と
鉄筋破断状況
（施工時に確認）



スターラップ（D19）
17本/19本中 = 89% →

安津見高架橋・柱部
（PC鋼材巻立て）

32

(3)フーチングのPC鋼材による膨張拘束工法
(やはり無理か，点検方法は(？))

33

フーチングのASRによる劣化状況

34

フーチングのPC鋼棒による縦締め

フーチングのPC鋼より線による横締め

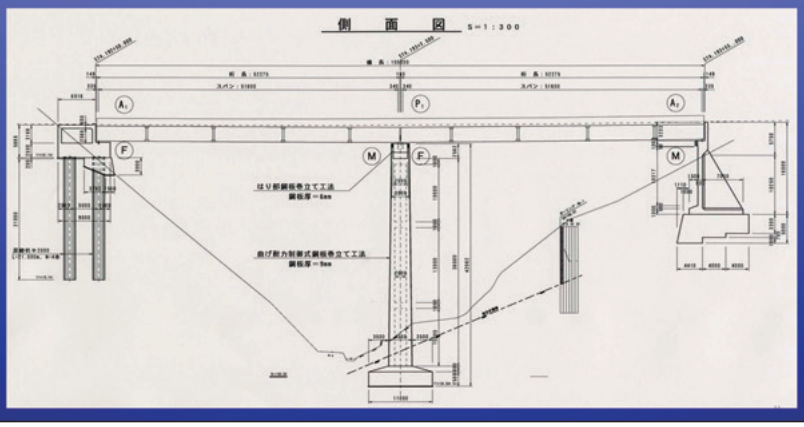
35

（5） 橋脚の打替えとモニタリング技術（のと里山海道での社会実装）

36

鹿島橋の劣化状況

■橋梁形式
上部構造：2径間単純合成鋼鈑桁橋
下部構造：A1橋台　ラーメン橋台
：A2橋台　控え壁式橋台
：P1橋脚　張出式中空橋脚
■橋　　長：105.00m
■竣工年月：1977（S.52）年6月

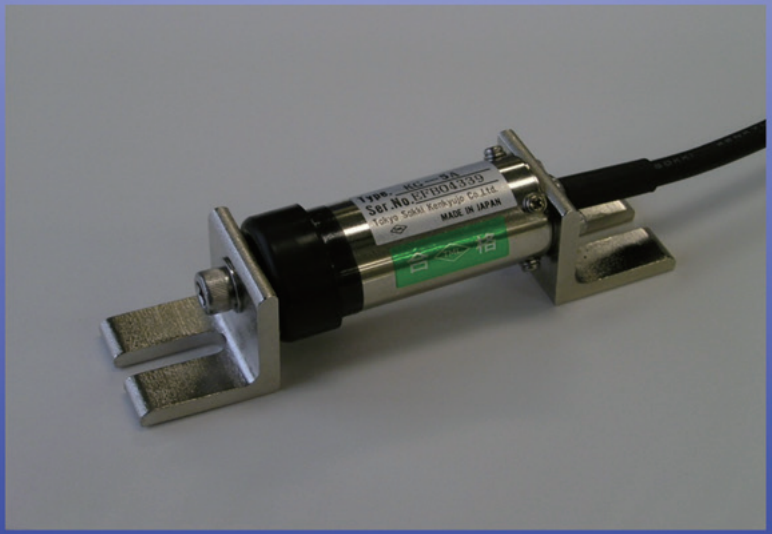


37

スターラップ破断

38

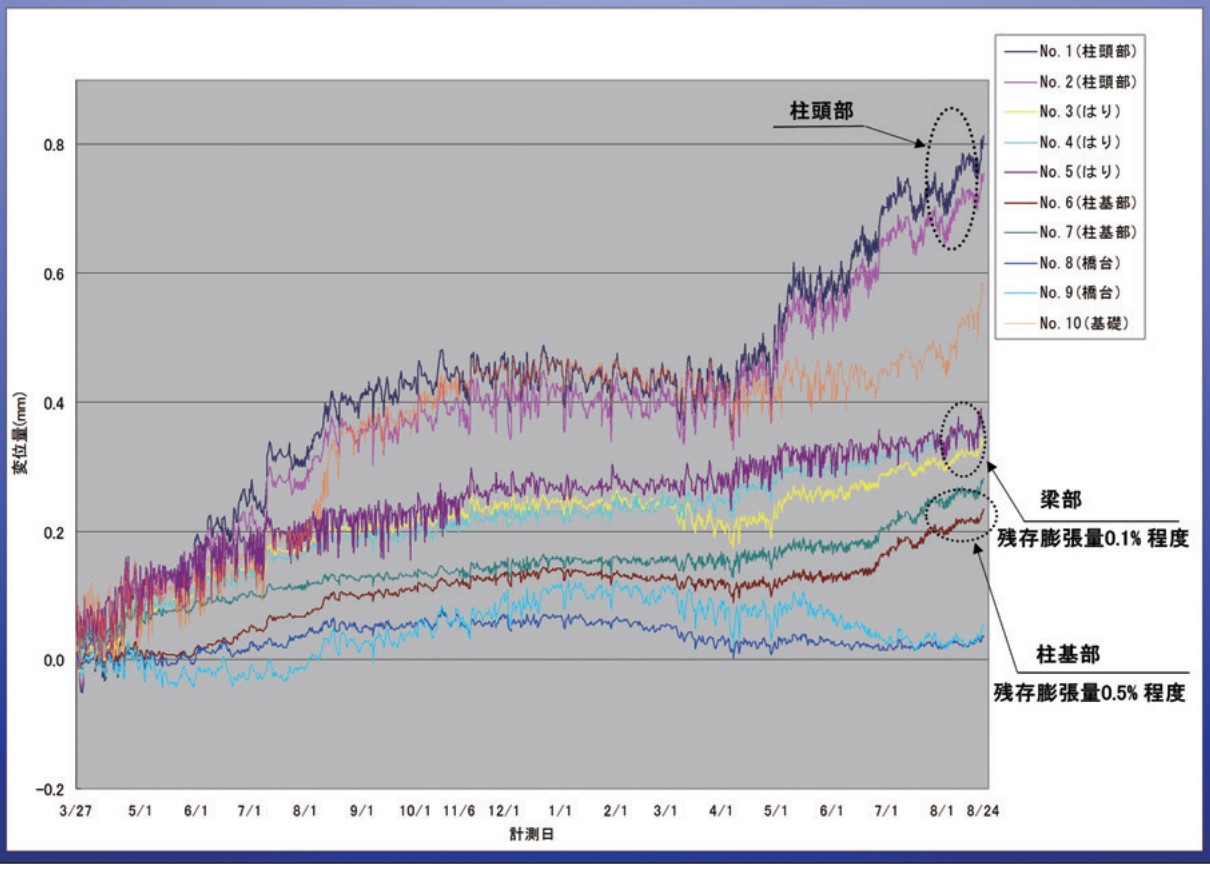
亀裂変位計



KG-5A（東京測器研究所）
・防滴構造
・容量：±5mm

39

ひび割れ幅の計測結果（モニタリングの活用実績）



橋脚・柱部の鋼板巻き立て工法と
梁・柱接合部のPC鋼棒による一体化

41

7. 北陸地方における産学官民連携事業の強化（若手研究者，技術者の育成と活動支援）

（1） JCI中部支部・会員活性化活動費助成

「北陸三県のコンクリート診断士会による連携推進事業」（H22年，H23年度）

（2） 北陸電力・産学官民共同研究活動

「北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用の推進」（H23年度～）

（3）内閣府•JST「 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」の採択（H26年度～）

42

最後に（決意表明）

北陸からの新たなメンテナンスマネジメントの
情報発信ができるように，皆様方とともに
５年間頑張る所存です。
今後のご支援とご協力をよろしくお願いします。

SIP研究開発責任者
金沢大学　教授
鳥居和之

43