

「塩害環境下における既存コンクリート構造物の地域立脚型維持管理システムの開発と実践」

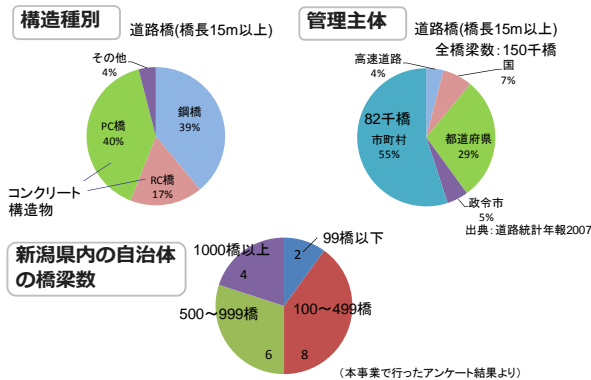
丸山 久一（長岡技術科学大学）
 岩波 基（長岡工業高等専門学校）
 篠田 佳男（日本コンクリート技術株式会社）
 田中 泰司（長岡技術科学大学）

井林 康（長岡工業高等専門学校）
 佐伯 竜彦（新潟大学）
 下村 匠（長岡技術科学大学）
 宮下 剛（長岡技術科学大学）

1. 背景や必要性

建設後 50 年を超えるコンクリート構造物が年々増加する中で、構造物の維持管理に関わる経費の増加が大きな問題となりつつある。

その対策として、橋梁構造物の長寿命化を図ることが国土交通省で検討され、同省の主導の下、各地方整備局のみならず、県および市町村でも橋梁構造物の長寿命化計画が策定されつつある。しかし、対象となる橋梁は膨大な数にのぼる。たとえば新潟県の場合は、県の管理下にあるもので、スパン 15m 以上に限っても 4,000 橋程度あり、15m 以下となると 10,000 橋を超える。市町村に移管されたものになると、数万橋にも及ぶ。



市町村レベルでは、長寿命化計画の策定だけでも技術者不足で困難な状況にあり、まして、その実施にあたっては、経費および人材が不足していて、ほとんど不可能な状態にある。

このような厳しい制約下においても実施可能な、構造物の維持管理システムを作り上げ、実践していかなければ、社会インフラの荒廃は早晚避けられないところまで迫っている。特に塩害環境の厳しい新潟県は、コンクリート構造物の劣化が顕在化していて、課題解決は急務である。そこで本申請事業では、県内の市町村レベルでも実施可能な新たな維持管理システムを開発することを目的とする。

◆新潟県沿岸部・山間部で、塩害劣化が深刻化



他の地域に先んじて塩害が発生



合理的な解決策を早急に導き出す必要がある

2. 申請事業の内容とその特徴

新潟県内にあるコンクリート構造物を合理的に維持管理できるシステムを開発し、実践する

【本事業のポイント】

◆市町村の実状を踏まえたシステムの構築

- ・人材不足（数・専門性）
- ・予算不足

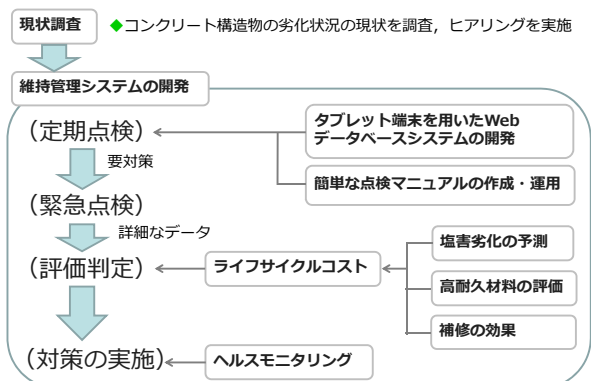
近い将来、橋梁の高齢化が深刻化すること

上記の制約を踏まえたうえで、維持管理システムを考える

◆最新の知見にもとづく、維持管理対策の合理化

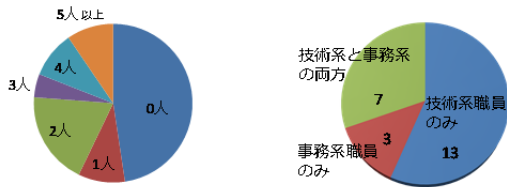
- ・劣化予測の高度化
- ・新材料による長寿命化
- ・補修補強効果の評価
- ・ヘルスマonitoring

主として、地方の自治体が管理している既存構造物を、効率的かつ現実的に維持管理するための診断技術とマニュアルを開発・普及することが本申請事業の最終目的である。また、劣化が進行した構造物に対して、現在の技術レベルで最も経済的な対策が評価可能な要素技術を構築し、具体的なソリューションを地方自治体に提供することも研究目標とした。



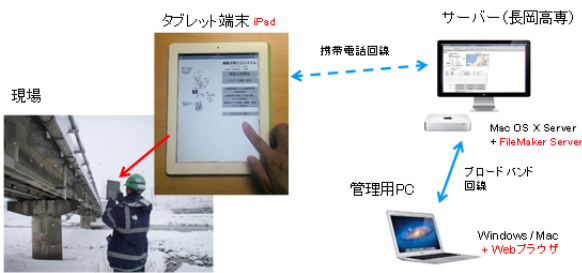
事業の進め方についてであるが、まず、新潟県内にある市町村の維持管理体制の実態を把握するために、調査・ヒアリングにより、問題点や制約条件等の整理を行った(担当：下村)。その結果、新潟県内の地方自治体では構造物の維持管理を専門とした職員が不足していること、担当者がいても十分な技術を持っていないことが判明した。

- ◆職員の数 (橋梁の維持管理に携わる職員)
- ◆技術的な業務を行っている職員 (橋梁の維持管理に関して)



次に、予算・人的資源などの実態に即した維持管理マニュアルの作成を行った(担当：丸山・岩波)。作成したマニュアルは、管理主体内の予算不足と技術者不足を解決するために、地元の建設業者や市民でも使いこなせるように、本質的な項目だけを抽出して簡略化した。マニュアルを熟読しなくても確実かつ簡単に点検ができるように、タブレット端末を用いた点検システムを構築し、橋梁点検専用のアプリを開発した。タブレット端末に入力された点検結果は、ボタンひとつでネット上にあるデータベースサーバーに収集されるような仕組みとした(担当：井林)。

タブレット端末+Webデータベースシステムを開発



簡略点検システム

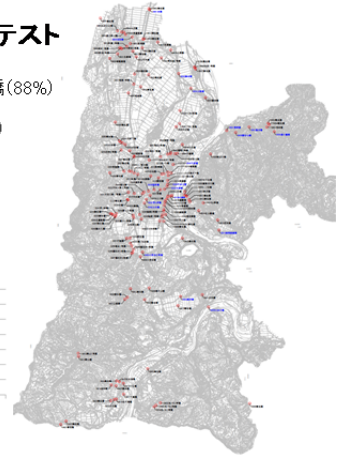
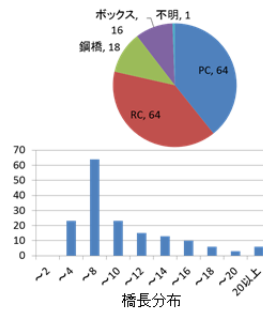
結果入力 → タブレット端末を使用

- ・「Yes」、「No」、「目視不可」から選択
- ・「No」、「目視不可」 → 次の点検項目
- ・「Yes」を選択 → チェック画面
- ・写真の撮影 ※複数枚撮影可能
- ・該当する項目にチェック

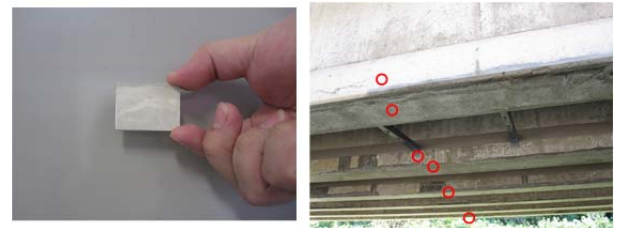
橋守によって変状の発生が報告された場合には、専門コンサルタントによる外観調査(現行の定期点検に相当する)を行い、対策の要否を判断することになる。小千谷市の協力を得て、このシステムを試行運用したところ、これまでの詳細点検とほぼ同様の診断結果を得ることができる上、詳細点検の数を8割以上減らせることが示された。

小千谷市で実地運用テスト

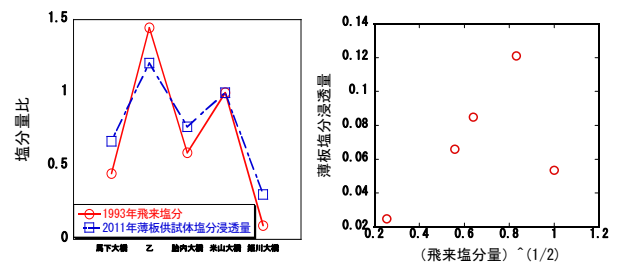
- 小千谷市の協力
- ・全163橋、15m未満が144橋(88%)
 - ・複数径間(は6橋のみ)
 - ・橋長最長300m(2位は30m)



対策の必要な変状が確認された場合には、対策方法を決定するために、無対策の場合と対策を施した場合のそれぞれで、劣化予測を行い、対策の効果を評価する必要がある。そのためには、飛来塩分などの環境評価が不可欠であるので、その評価方法の提案を行った(担当：佐伯)。我々の提案する薄板モルタルによる飛来塩分量調査法は、既往の方法と同等の分析結果が得られるうえ、安価かつ手軽に環境分析を行えるという利点がある。また、従来では難しかった、きめ細かな飛来塩分分布測定も可能である。



薄板モルタルによる飛来塩分量分析



従来の測定方法との比較

塩害環境下にある橋梁の劣化予測を、どのように行うことがよいのか検討するためには、実際の橋梁がどのような劣化を呈しているのかをデータベース化し、検証データとして蓄積しておく必要がある。そこで、新潟県沿岸部にある207橋の劣化状況を調査したところ(担当:田中)、海岸から100m以内にある橋梁の約8割で塩害の劣化が生じていることがあきらかとなった。ただし、海岸から500m離れると、塩害はほとんど問題にならないようである。



・県境(伊弉野)~上越市の200km区間、207橋を調査
⇒海岸より500m以内の橋梁

・構造別橋梁数
PC橋: 76橋
RC橋: 106橋
鋼橋: 25橋

評価レベルA:

健全、もしくはセバ近傍の軽微な劣化。

評価レベルI:

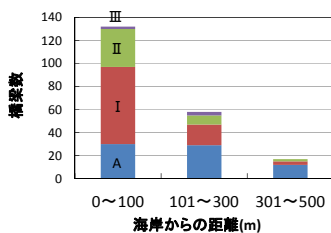
主桁もしくは床版下面に、塩害起因のひび割れが発生。鉄筋の錆汁。また、補修している。

評価レベルII:

主桁もしくは床版下面から鉄筋が露出し腐食している。補修後、再劣化ひび割れが発生。

評価レベルIII:

崩落の危機にある(有識者の判断)。



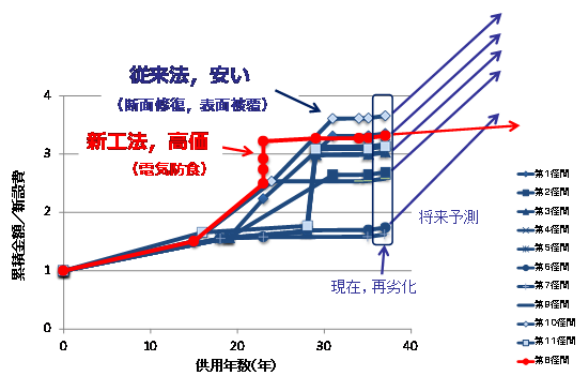
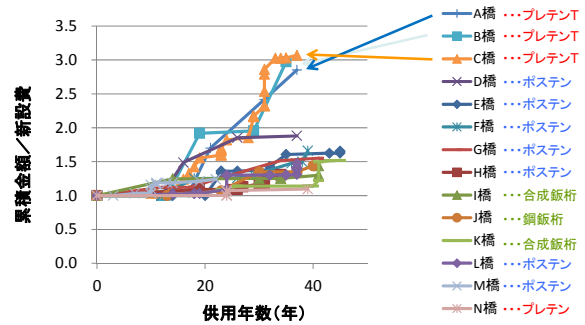
評価レベル別橋梁数
A: 71橋
I: 88橋
II: 43橋
III: 6橋

海岸近傍(100m以内)での劣化が顕著

⇒多くの橋梁が補修されておりレベルIに集中

いったん、塩害劣化が生じた橋梁をどのように維持管理していくのが適当であるのかを考えるために、塩害補修が行われた橋梁のライフサイクルコストの調査を行った(担当:田中)。その結果、いったん補修を始めると定期的に補修を繰り返すことになり、補修開始から30~40年後には新設費用と同程度の補修費用がかかることが明らかとなった。また、構造形式によっては、劣化し始めてから15年程度で補修費が新設

費の2倍まで積みあがっていたものもあった。従来の補修ではその場しのぎにしかならないが、電気防食工法は高価ではあるが、ある程度耐久であり、長い目でみれば従来の補修方法よりもコストが低くなることがわかった。



- ◆現段階では、補修方法によらず、トータルコストはあまり変わらない
- ◆近い将来、従来法の方がトータルコストが高くなる

このように、塩害ですでに劣化した橋梁に対しては、下手に補修をせずに架け替えた方がトータルの金額を抑えることができる。架け替えた橋梁は当然、高耐久性を求められるので、ステンレス鉄筋などの高耐久材料の活用についても本研究課題で取り組んでいる(担当:篠田)。具体的には、ステンレス鉄筋使用による薄肉化の提案と実証試験、ステンレス鉄筋を用いた埋設型枠の開発と試験施工を実施している。

SDPフォームの開発

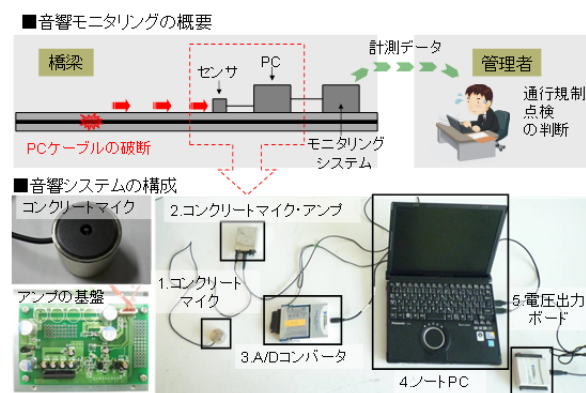
さらなる薄肉軽量化を目指して



極細径ステンレス鉄筋(D4)の製品化



重要構造物で即時の架け替えや補修補強が困難な場合には、経過観察の措置が取られることも考えられる。構造性能の劣化を確実にとらえることのできるモニタリング技術の開発も本申請事業で実施した(担当：宮下)。PC橋梁では、PCケーブルが少しずつ破断しながら強度低下していくことに着目し、PCケーブルの破断音を検知する装置を開発した。



このように、本研究課題では、点検・診断コストを抑えながら、変状を生じたものは漏れなくフォローできる仕組みの作成と必要技術の開発を行った。また、最新の研究成果にもとづく対策評価手法の提案を行い、維持管理計画の合理化を図れるようにした。経過観察の措置がとられた場合でも、適確なモニタリング技術を提供することによって、構造安全性の確保が担保できるようにした。

3. 期待される具体的な成果

本事業の成果

- ◆点検：タブレット端末+Webデータベースの開発
- ◆評価：ライフサイクルコストの実態把握
- ◆対策：破断音モニタリングの開発

市町村が管理する膨大な数のコンクリート橋梁の維持管理が適切に実施される

波及効果

- ◆地域の安全・安心の確保
- ◆地域の建設技術者の技術力向上
- ◆地域産業の育成

本研究で開発した診断技術・維持管理システムは、高度な技術に裏付けられた簡易なマニュアルとタブレット端末や Web データシステム、音響波動測定装置など、最先端の電子機器で構成される。これは国や県のみならず、市町村においても実施可能なものとするを前程としているため、その実施に際しては市民や地域の技術者を組み込んだ産官学の協同体制で行うものである。したがって、本システムの導入効果としては、橋梁を含めたコンクリート構造物の長寿命化計画を実際に実施可能とするとともに、地域の建設産業に従事する技術者のレベルアップを図り、さらには、新たな地域産業の育成にも貢献できるものである。

笹子トンネルの天井版崩落事故を契機に、構造物の老朽化が社会問題としてクローズアップされている。本研究課題で開発したシステムは橋梁に焦点を絞ったものであるが、その仕組みは他の構造物や施設へそのまま応用することが可能である。今後は、本システムの対象を、トンネルや建物、付帯設備などへと早急に拡張し、喫緊の対応が迫られている構造物の老朽化対策に役立てる予定である。

最後に、本事業を通じて得られた成果より、以下の提言を行う。

1. タブレット端末とデータベースを組み合わせた最先端の点検システムと地元の力を活かすことで、従来よりも低コストで構造物の点検を実施できることを本事業で証明した。構造物の老朽化問題に対しては、これまでの枠にとらわれず、地域の実情に即した仕組みを構築すべきである。
2. 新潟県沿岸部の橋梁の大半が塩害劣化している。下手な補修はその場しのぎにすぎない。現代では高耐久な構造物を作る技術があるので、塩害で劣化した構造物は計画的に架け替えを進めるべきである。どうしても架け替えできない場合は、電気防食工法など高耐久な補修を行うべきである。
3. 既往のヘルスマニタリング技術はコンクリート橋の劣化を感知する能力が不足しているので、我々が開発した鋼材破断検知システムのような、新たなモニタリング技術の開発を推進すべきである。