

公共施設等の維持管理・更新 マネジメント (その2) 公共施設等の簡易劣化診断についての検討

松田浩*・安武敦子*・森田千尋**・佐藤吉宏***・稲田裕***

Maintenance, Renovation and Management of Public Facility etc. (part 2) Consideration on simple deterioration diagnosis of public facilities etc.

by

Hiroshi MATSUDA*, Atsuko YASUTAKE*, Chihiro MORITA**, Yoshihiro SATO***
and Hiroshi INADA***

In Japan, the aging of public facilities constructed during the period of high economic growth is progressing. It is expected that huge renewal investment will concentrate in the future. In addition to the reduction in tax revenues, supplementary expenses etc. are expected to increase, there is concern about securing expenses for renewal and repair. In this report, we examined the creation of a format relating to simple deterioration diagnosis when checking public facilities and infrastructure facilities, and the manualization of implementation method.

Key word: simple deterioration diagnosis, public facility, maintenance, renovation, management

1. はじめに

わが国では、高度経済成長期に集中投資された公共施設等の老朽化が進み、施設の更新需要が高まっている。今後巨額の更新投資負担が集中して発生することが予想される中、税収減に加えて扶助費等の増大が見込まれ、更新・修繕費用の確保が懸念される。

こうした課題への対応として、前報1)では諫早市の総合管理計画の策定にあたって、まず、諫早市における公共施設等の状況把握に関する現状分析とその特徴について検討した。

本報では、公共施設およびインフラ施設を点検する際の簡易劣化診断に係るフォーマット等の作成並びに実施方法のマニュアル化について検討した。簡易な劣化診断における具体的な点検項目は「安全上・機能上の重大な不具合」を、目視を中心として実施することを前提とするものである。

2. 公共施設の簡易劣化診断

2.1 簡易劣化診断の目的

簡易劣化診断については、「公共施設の新たな保全管理体制(棟守)」の構築を目的としており、その管理体制において「施設管理者」は定期的に「簡易な劣化診断」を実施することとしている。この診断結果に基づき、市の公共施設を管理する部署は必要に応じて「専門技術者」による調査を実施し、適切な公共施設の維持管理を図るものとする。

簡易な劣化診断における具体的な点検項目は「安全上・機能上の重大な不具合」を、目視を中心として実施することを前提とする。

i) 安全上の重大な不具合

- ・ 建築部材・設備機器等の劣化が進み、脱落・転倒等により人災につながるような危険な状況
- ・ 構造体の劣化が進行し、構造安全上懸念されるような状況

ii) 機能上の重大な不具合

- ・ 施設の継続使用に大きく支障をきたす機能的な不具合や、不具合の明らかな兆候が見られる状況

平成29年6月28日受理

* システム科学部門 (Division of System Science)

** 宮崎大学工学部社会環境システム工学科

(University of Miyazaki Department of Civil and Environmental Engineering)

*** 清水建設株式会社 (SHIMIZU CORPORATION)

表1 診断における調査実施内容

| 調査段階 | 実施内容 | 診断方法 | 補足説明 |
|--------|--|---|--|
| 1.事前調査 | | | |
| 1-1. | 図面から調査対象項目を選定 | 該当項目は施設点検表、不具合チェックリストの「項目チェック」欄に「■」を記入する | <ul style="list-style-type: none"> ・図面にて不明な項目は、現地にて確認する ・法定点検、外部委託定期点検等は適宜、その結果を不具合チェックリストの備考欄に時期・内容を記入する ・耐用年数は保全センターの設定を基本とする ・設置年は、日常修繕・日常保全等を考慮しない |
| 1-2. | 図面・改修履歴から「仕上・機器類」と「設置年」を設定 | | |
| 2.現地調査 | | | |
| 2-1. | 事前調査の内容は現地にて確認の上、必要に応じて事前調査段階での記入項目を修正 | 図面(劣化不具合状況、箇所を記載) 診断写真(劣化不具合状況を記録) ↓ 劣化不具合情報を「不具合チェックリスト」に整理 ↓ 「施設点検表」に劣化不具合情報・年度内保全記録を一元化して集約 | <ul style="list-style-type: none"> ・外観目視(触診)点検を基本とし、機器類の運転・停止は行わない ・建物屋上等で安全に確認できない場合は原則実施せず、その旨を備考欄に記載する ・電気室や機械室内に立ち入る場合は当該施設の「管理者」若しくは「専門業者」立ち合いで行う |
| 2-2. | 安全上・機能上の重大な不具合の有無を確認 | | |
| その他 | | | <ul style="list-style-type: none"> ・年1回の点検を基本とするが、適宜発生した不具合は「施設管理者」が「施設点検表」に加えていく ・アスベストとPCBは別途調査・対応を前提とする |

表2 公共施設台帳への追記案(土地利用評価)

| 評価目的 | 評価項目 | 調査概要の補足説明 |
|--------------|---------|---|
| ① 施設建設 適正 | 法的制約 | ・建築基準法の集団規定による「建設できる建物用途の規制」等 |
| | アクセス | ・主要道路からの距離 等 |
| | その他 | <ul style="list-style-type: none"> ・塩害地域等の施設の劣化に影響する要因 ・浮動沈下の危険性や建物支持地盤に関する顕著な特性がある場合 等 |
| ② 防災安全性 | 災害発生可能性 | ・ハザードマップ情報による、水害・土砂災害 等 |

2.2 診断及びその実施者

- ・診断は年1回実施することとし、診断実施者は「施設管理者」とする。
- ・「施設管理者」が常駐していない施設は、施設に常駐する「施設管理補助者」を任命する。「施設管理補助者」は「施設管理者」が実施する診断に参加し、「不具合チェックリスト」の項目に関して、状況を報告する。

2.3 診断における調査実施内容

事前調査および現地調査における実施内容を表1に示す。なお、平成27年度は上記の簡易劣化診断方法に則り、市の建物1,340棟のうち1,201棟について診断を実施した。その内訳としては、962棟は簡易劣化診断、239棟は詳細な劣化診断である。詳細な劣化診断は、30年以上経過しており、かつ100㎡以上の施設を対象として実施したものである。

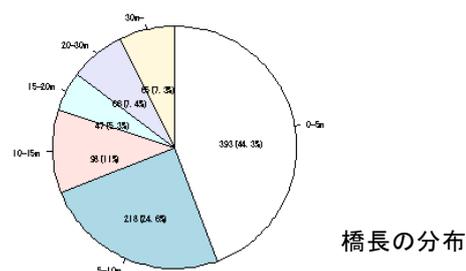
公共施設等の維持管理・更新 マネジメント (その2)
公共施設等の簡易劣化診断についての検討

表3 公共施設台帳への追記案(施設評価)

| 評価目的 | 評価項目 | 調査概要の補足説明 |
|--------------|--|--|
| ①施設利用 継続性 | 躯体の寿命 | ・構造形式による標準耐用年数 ・専門家の躯体劣化診断の判定(RCひび割れ、爆裂等) (市職員による「簡易劣化診断」の結果、専門家判断を要する建物) |
| ②防災安全 性 | 耐震安全 性 | <構造体> ・築年による判定(建築基準法の耐震性能要求が上がった経緯があるため) ・旧耐震建物の耐震診断結果(1981年の建築基準法改正以前の建物が対象 →耐震補強実施の場合はその結果で判定) <非構造部材> ・築年による判定(建築基準法の耐震性能要求が上がった経緯があるため) |
| | 火災安全 性 | <防災設備> ・築年による判定(建築基準法の耐震性能要求が上がった経緯があるため) |
| ③施設の付 加価値 | 機能的付 加価値 | ・バリアフリー対応 ・環境負荷低減機能 省エネルギー、創エネルギー(太陽光発電、風力発電等)等 ・BCP対応(災害に対する施設の利用継続性) 防災用非常電源、非常時の飲用水とWC対応・自然換気対応等 ・その他 |
| | 歴史的価 値 | ・歴史的価値の調査 |
| | 転用性 | * 検討中 例)転用のしやすさに関する評価軸を検討の上転用パターンを類型化 (構造体の制約(床荷重、階高、耐震壁等)、保有設備等の評価軸) |
| ④維持保全 コスト | 維持保全コ スト指標 (円/m ² ・ 年) | * 検討中 例)維持保全コスト指標(円/m ² ・年)のパターンの類型化 |

2.4 公共施設台帳への追記提案

上記の簡易劣化診断内容の検討に加え、諫早市公共施設台帳(案)への追記事項の提案を行った。施設概要については、避難場所指定の有無を記載する。また、評価の視点から、土地利用評価(表2)および施設評価(ハード面)(表3)の2つの項目の追記を提案する。



3. インフラ施設

3.1 簡易劣化診断の整理と対象の選定支援

i) 橋梁特性の分析例

まず、橋長や橋梁種別の分布特性の評価を行う。図1に橋梁特性の分析例を示す。諫早市においては、橋長15m未満の橋梁が約8割を占めている。また、小規模橋梁にはRC橋が多いと考えられる(ただし、別途詳細分析が必要)。

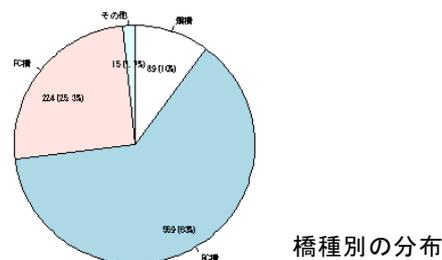


図1 橋梁特性の分析例

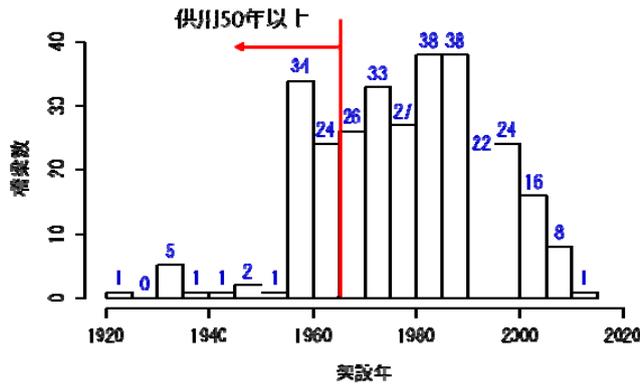


図2 橋梁の架設年の分布

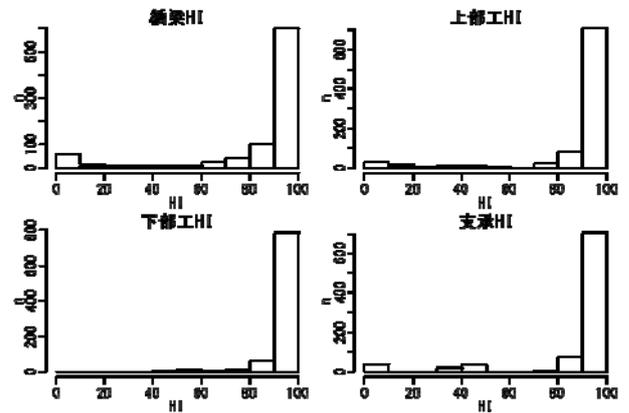


図3 健全度の分布

次に、橋長の架設年に関する分析を図2に示す。橋長の架設年に関する分析では、分析の前提として、データの無い橋梁が585橋あった。これら架設年が不明な橋梁については、小規模橋梁と見られるが、15m以上のデータを重ねる等、分析には工夫が必要である。

ii) 健全度の分析例

次に、健全度の分析を図3に示し、橋梁全体と各部位の健全度の分布を見る。前述の結果を踏まえ、本年度は、橋長2m以上の橋梁データを対象として分析を行った（昨年度は橋長15m以上の橋梁が対象）。橋長15m以上の橋梁における結果と比べると、健全度が高いデータが多い傾向にある。

一方、各部位の健全度と橋梁全体の健全度の相関を見ると、上部工、支保、下部工の順番に相関が高い結果となった。これは、昨年度、15m以上の橋梁で見た傾向と類似した結果である。今後、橋種や橋長別に分布を見る等、詳細検討を重ねる必要があると考える。

iii) GISの活用

今年度は、データの可視化として、マッピングを実施した。一つは図4に示した電子地図による表示、もう一つは、図5、6に示したGISの適用について検討した。結論としては、電子地図では健全度の色分け程度の分析でなければ利用は難しいことが分かった。一方、GISでは道路や公共施設との重ね合わせが可能であり、

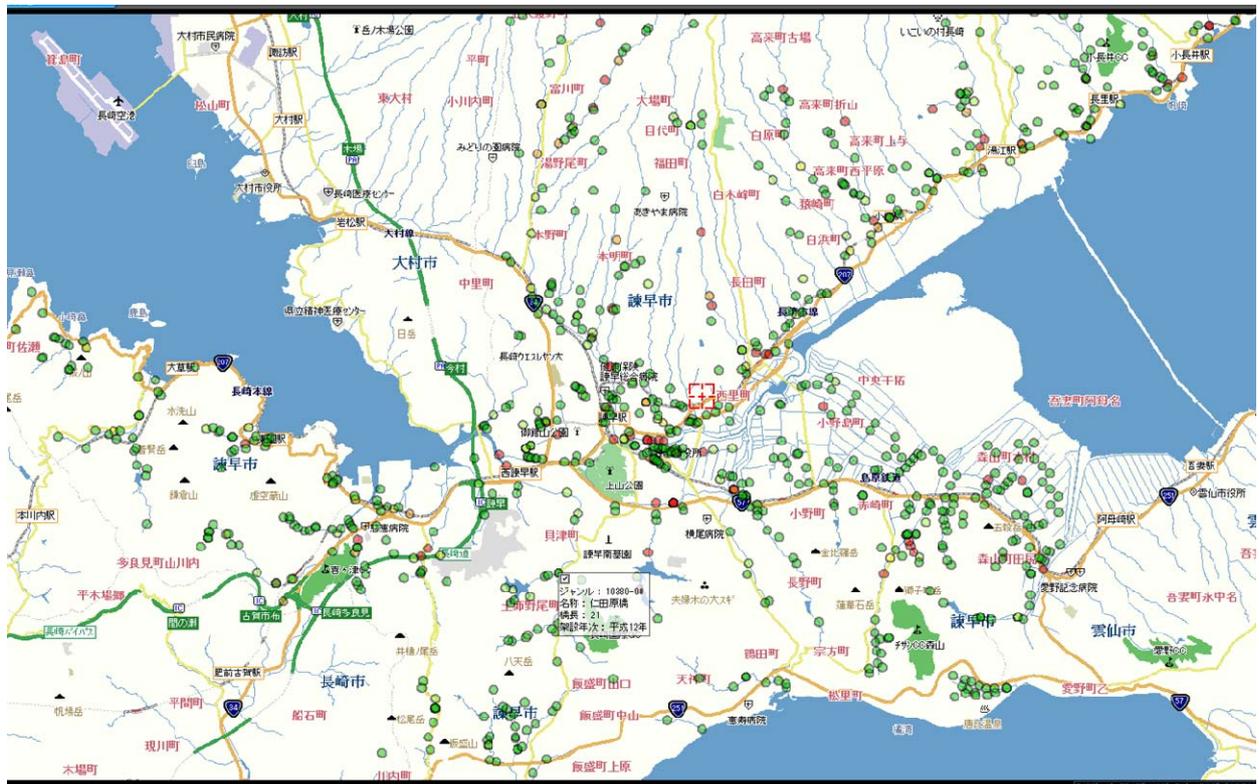


図4 電子地図上の表示(健全度のプロット)

公共施設等の維持管理・更新 マネジメント (その2)
 公共施設等の簡易劣化診断についての検討

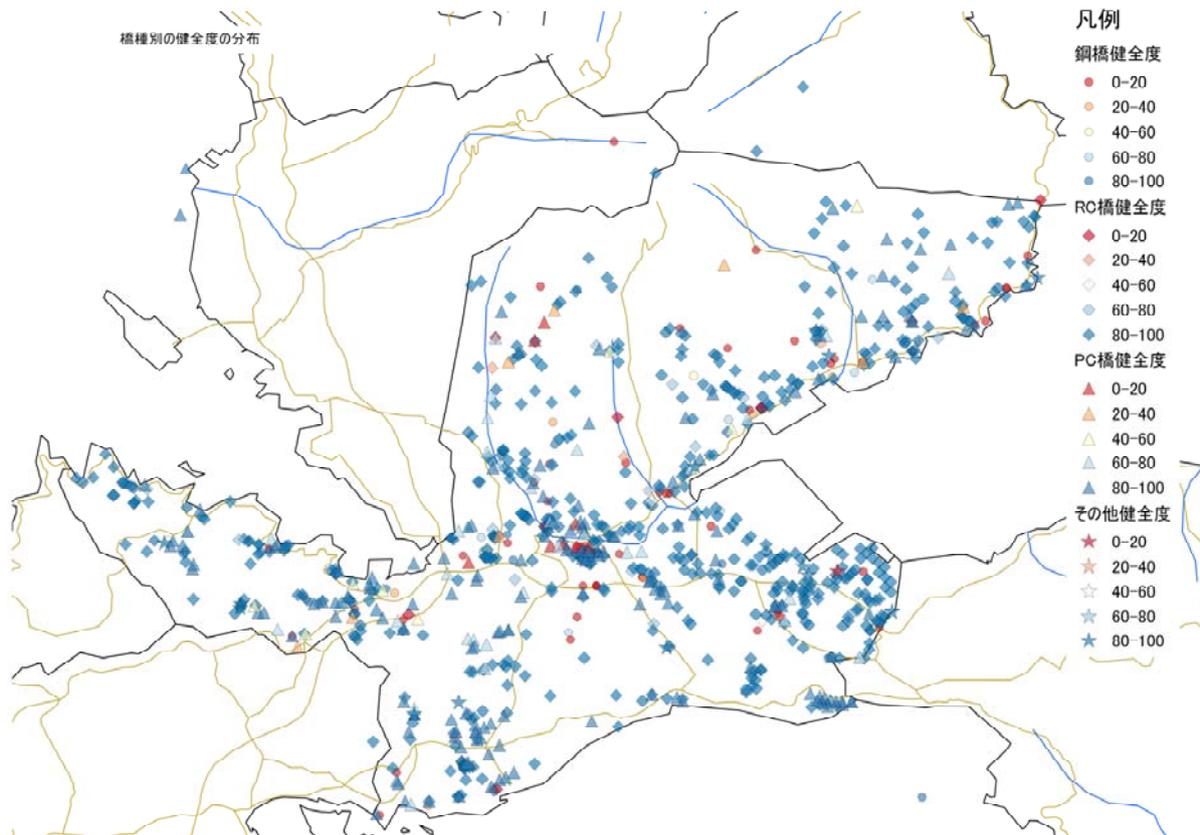


図5 GIS の利用 (橋種別の健全度のプロット)

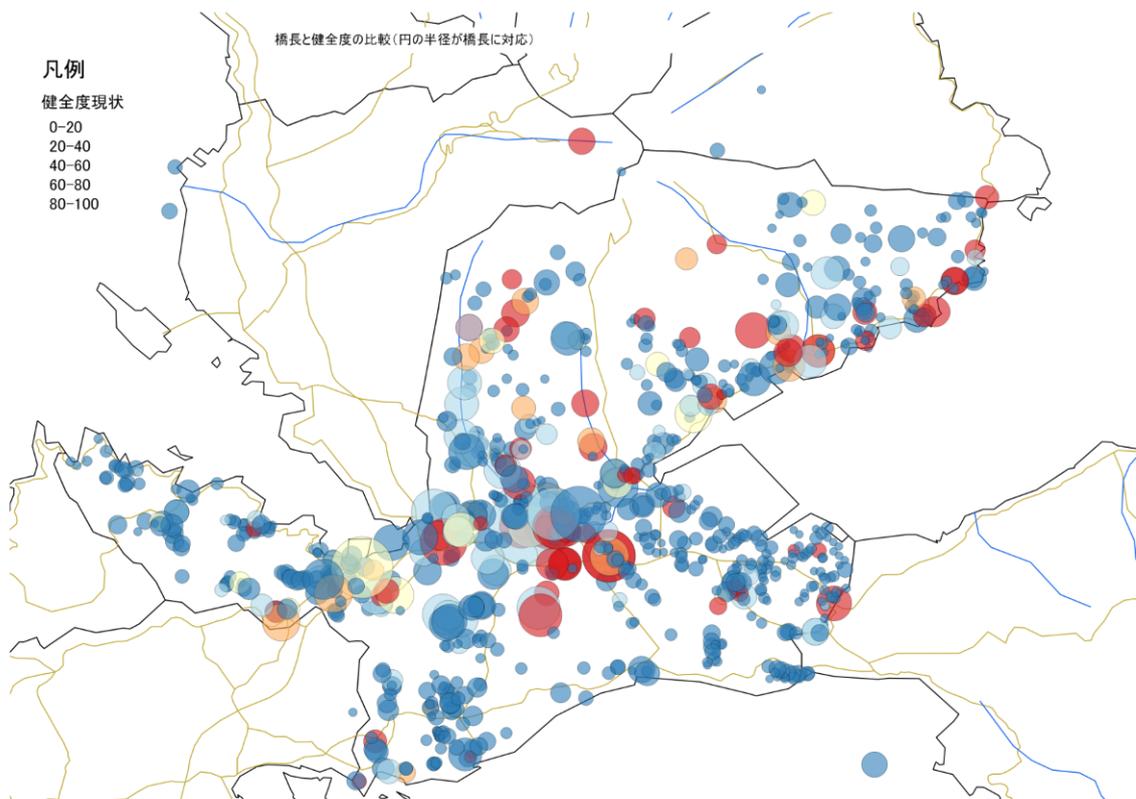


図6 GIS の利用 (橋長による健全度のプロット)

表 4 簡易診断判定基準

| 対象部材 | | | 状態 | | |
|------|----------|------------------|----------------------------|-----------------------------------|---|
| 部位 | 部材 | 材料 | レベル I | レベル II | レベル III |
| 上部工 | 床版 | 鋼 | ・損傷無し ・部分的な錆の発生 | ・全面的な錆の発生 | ・錆の進行による断面欠損・貫通穴の発生 |
| | | コンクリート | ・損傷無し ・軽度(0.2mm以下)のひび割れ | ・一方向または軽度の格子状ひび割れ | ・格子状のひび割れ、コンクリート脱落 |
| | 主構 | 鋼 | ・損傷無し ・部分的な錆の発生 | ・全面的な錆の発生 | ・錆の進行による断面欠損の発生 |
| | | コンクリート | ・損傷無し ・軽度(0.2mm以下)のひび割れ | ・部分的な軸直交方向の曲げひび割れ ・錆汁の混じった遊離石灰 | ・桁端のせん断による斜めひび割れ ・コンクリート剥離、鉄筋が露出し錆が発生 ・PC に添った軸方向の大きなひび割れ |
| 下部工 | 橋脚 橋台 | 鋼 | | | |
| | | コンクリート | ・損傷無し ・軽度(0.2mm以下)のひび割れ | | ・コンクリート剥離、鉄筋が露出し錆が発生 ・沈下を伴うひび割れの発生 |
| | 基礎 | コンクリート | ・損傷無し、または軽微な損傷 | | ・洗掘等による沈下の発生 |
| 支承 | 本体 | 鋼 | ・損傷無し、または軽微な損傷 | | ・断面欠損を伴う激しい腐食の発生 |
| | 沓座・モルタル | | ・損傷無し、または軽微な損傷 | | ・著しい割れの発生 |
| 路上 | 舗装 | アスファルト コンクリート | ・損傷無し、または軽微な損傷 | | ・大きな割れ、陥没 |
| | 伸縮装置 | 鋼・ゴム | ・損傷無し、または軽微な損傷 | | ・段差を伴う破損 |

分析手法が多様であって、利用について種々の情報源（出版物や Web 等）があることから、今後、高度な分析への適用が期待される。

3.2 簡易劣化診断手法マニュアルの精査

橋梁の簡易劣化診断の実施にあたって、表 4 に示す診断判定基準を策定した。対象部材を部位、部材、材料に分け、状態をレベル I～III の間で判定する方式である。各状態の判定については表 4 の通りである。

3.3 新しい計測技術の適用

道路や橋梁等のインフラ施設について、ICT を活用した計測技術の適用による点検の効率化を目指した検討を継続的に行っている。今年度の検討では、携帯端

末を利用した画像モニタリングシステムの点検作業への適用性の評価を進める。このシステムは構造物の変状箇所に橋梁や位置の ID を付与するためのカメレオンコードを貼り付け、コードを入れた画像を撮影しクラウド管理することによって画像の比較や経時変化の評価を容易とするものである。

平成 27 年度の実証試験では、後述するように、2015 年 11 月 19 日に対象橋梁へのカメレオンコードの貼り付け、タブレットによる初期画像撮影と諫早市職員へのデモを実施した。今後も月一回程度の観察と画像の取得を継続する。限られた期間の試験であり、大きな変状の検出は難しいことが予想されるが、システムの適用性の把握や課題の抽出を目的として検討を行うものである。

表5 計測対象橋梁

| 橋梁コード | 橋梁名 | 道路種別 | 架設年度 | 橋長 (m) | 幅員 (m) | 橋梁種別 |
|-------|------|------|-----------|--------|--------|------|
| 40002 | 川西籠橋 | 1級市道 | 1994/3/31 | 21.9 | 8.0 | PC橋 |
| 40014 | 大淀橋 | 2級市道 | | 9.8 | 5.1 | 鋼橋 |

i) 計測概要

作業場所：諫早市森山町慶師野（対象橋梁は後述）

実施日時：設置，初期計測 2015年11月19日（木）
第二回計測 2015年12月15日（木）
第三回計測 2016年1月20日（水）

ii) 対象橋梁

調査の対象とする橋梁は、表5に示すように計測の対象となるような劣化が見られ、橋種、規模の異なる2橋を選択した。川西籠橋では、橋台付近の擁壁石積み部に比較的大きいひび割れが発生しており、その部位を計測対象に設定した。一方、大淀橋は鋼桁端部の錆と橋台コンクリートのひび割れの発生が見られる。モニタリングではこれらの劣化部位に着目し、カメレオンコードの貼り付けによる画像撮影による位置の特定と経時変化の観察の容易化を検証する。

iii) カメレオンコードの実橋梁への貼り付け

カメレオンコードはカラーバーコードの一種で、特殊な計測器を要せず、一般のデジタルカメラの撮影で画像のIDを関連づけることができる。ここでは、各橋梁に橋梁を特定するための親コードを1枚、撮影対象位置毎に川西籠橋には1カ所、大淀橋には2カ所に子コードの貼り付けを行った。

カメレオンコードは電子データとして与えられるため、貼り付け対象に応じて適切な母材、大きさにプリントして用いる。今回は耐久性を考慮して、プラスチック版にコードを印刷した。今回用いたコードの大きさは、縦3cm×横8cmである。撮影する範囲の大きさや撮影距離に応じて、適切な大きさのコードを用いることが可能である。また、貼り付けには両面テープを用いた。貼り付けの状況を図7に示す。

今回の撮影時の天候は晴天下であり、コード面の反射によって読み取りが難しくなるなどの課題も見られた。コードの材料や表面加工などは再度検討を行い、



図7 コードの貼り付け（左：川西籠橋、右：大淀橋）

最適な方策を見出すことが求められる。また、貼り付け方法についても、今回の実証試験の状況を評価した上で、長期的に安定な接着方法を設定する必要がある。

iv) 画像撮影状況

画像の撮影は、カメレオンコードの読み込み、画像の管理のためのアプリをインストールしたタブレット（Apple iPad）を用いて行う。アプリを起動し、表示された撮影画面には、カメレオンコードを入れる領域が表示されるため、劣化部位とカメレオンコードを含むように撮影領域を設定する必要がある。

撮影の状況を図8に示す。現状ではコードを入れる領域は、画面の左下のみに設定されている。今回の実証の結果、撮影対象の範囲や形状とコードの位置関係によっては、縦画面やコードを上にも位置する必要も生じることが確認された。今後、コードの領域を画面四隅に設定する等の改良を検討する。

v) 諫早市へのデモの実施

提案するモニタリングシステムを自治体の橋梁維持管理に適用するための課題や有効性の確認のため、諫早市の橋梁の管理を担当する職員立ち会いの下、デモを実施した。デモでは、撮影方法の説明、過去の撮影データの読み込みと現状との比較等を現地で実際に行い、実際に施設の管理を担当される技術者の意見を伺うものとした。

橋梁の点検と診断では、劣化部位の画像が重要であるが、大量の画像の管理と有効活用は課題となっているため、このようなICT技術の活用は必要であるという意見を伺った。また、撮影自体は非常に簡単で、専門家ではない一般の人でも対応が可能であり、道守のような組織に点検を依頼する有効なツールとなるという指摘もあった。



図8 プレットを用いた損傷部位の撮影とデモ



図9 システム操作画面(左;川西籠橋,右;大淀橋)



図10 画像の比較状況
(上;川西籠橋,
中・下;大淀橋)

経時変化の観察の状況として、12月15日の第二回計測の状況を示す。システムを立ち上げ、橋梁IDの親コードを読み込むと、初期に設定した監視対象部位の選択画面が表示される。部位を選択すると前回の撮影画像が表示されるため、できるだけ前回と同じ構図、かつ子コードが設定領域に入るように撮影を行う。撮影後のシステムの操作画面を図9に示すが、画面上の今回の撮影画像(左)と前回の画像(右)が比較可能であれば、サーバーにアップロードして

クラウド上でのデータ管理を行う。

vii) 経時変化の監視状況

前項のように撮影した画像は、サーバー上に管理された任意の過去の画像との比較が容易に可能である。本報では、第二回の画像と初回の画像を比較した例を示す。

対象の2橋梁の3箇所を対象部位について、今回の画像(左)と過去の画像(右)を比較した結果を図10に示す。経過時間が1ヶ月であるため、両画像には顕著な差異は見られず、特に大淀橋の2カ所の画像はほとんど一致していることが分かる。このような比較を継続的に容易に実施できることは、目視点検の支援技

術として有効と考えられる。特に、画像の撮影には特殊な技術は求められないため、初期画像のみ技術者が場所を特定して撮影しておけば、その後は一般の住民でも撮影が可能である。そして、画像の比較は技術者が現地に行くこと無しに任意の時間と場所で行うことができるため、維持管理の効率化への貢献が期待される。

一方、上の川西籠橋の結果では、二つの写真が微妙に異なる。これは撮影した部材の表面の凹凸が大きく、直射日光の影響により、画像に差が生じたことによる。このような撮影手法の最適化についても、今後実証を通じて検討を進める必要がある。

viii) 今後の展開

今回設置したコードは今年度の3月頃まで現状を保持し、月一回程度の現地調査と撮影の継続的を予定している。限られた期間のため、大きな変化は生じないことが予想されるが、コードの状況や有効性の確認と実構造物への適用の課題の抽出を図る。また、長崎大学の学生やシステム開発者以外の担当者による撮影、システム運用を行うことにより、専門家以外の利用に向けた課題を見出し、システムの改良を進めていく。また、離れた位置からのレンズカメラを用いた撮影など撮影方法の検討も予定している。

4. あとがき

本報告では、本報では、公共施設およびインフラ施設を点検する際の簡易劣化診断に係るフォーマット等の作成並びに実施方法のマニュアル化について提案した。

謝辞

本事業は平成26年度の諫早市からの委託事業として実施したものである。諫早市の職員はじめ㈱日本経済研究所、㈱日本政策投資銀行、(一)地域総合整備財団の方々には多くの資料等を作成していただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 松田浩ほか、公共施設等の維持管理・更新・マネジメント(その1)、長崎大学工学研究科研究報告、2017.7
- 2) 平成27年度諫早市公共施設用総合管理基本計画策定業務委託報告書、国立大学法人長崎大学、2016.3