

# 構造物に対する非破壊検査技術 — 次世代の構造物診断に向けて —

木村嘉富\*

## 1. はじめに

今後急速に高齢化する我が国の社会資本を適切に管理していくためには、構造物の現状を把握し、適切な時期に適切な補修等の措置を行うことが必要である。また、橋梁で重大な損傷が認められた場合、荷重規制や通行止めの判断が求められる。このような措置の決定に際しては、設計図書や点検・補修といった管理記録の確認と共に、構造物の状況を把握するための調査を実施する。ここで、供用中の構造物の部材への影響を最小限とするため、用いる手法としては外観検査の他、内部情報を得るための非破壊検査が中心となる。

供用中の構造物に対する非破壊検査技術としては、コンクリート構造物においても弾性波や電磁波を用いた検査技術が開発されつつある。しかしながら、得られる情報は比較的表面付近の情報であり、X線CTやMRI等により任意の断面情報を得ることができる人体の検査技術に比して、限定的であるといわざるをえない。その一方で、他分野では中性子線や素粒子等を活用した新しい検査技術も開発されつつある。本稿では、コンクリート道路橋を題材として、構造物診断のために必要となる情報、これらを得るための新しい技術開発の方向性と、土木研究所の取り組みを紹介する。

## 2. コンクリート構造物診断に必要な情報

構造物の診断においては、建設時の情報に加え、その後の劣化・損傷による性能低下の評価と、今後の劣化の進行予測を行うこととなる。道路管理者は、診断結果に基づき、補修工法やその実施時期、荷重制限等の緊急措置といった処方を決定しなければならない。このような診断に必要とされる情報を、コンクリート道路橋を例として示す。

供用中の橋梁に著しい損傷が認められた場合、その健全性として、橋を構成する主要部材の断面耐力を評価しなければならない。写真-1は、塩害

を受けて撤去されたPC桁の載荷試験<sup>1)</sup>を示したものである。一連の載荷試験により、断面の曲げ耐力は、PC鋼材の残存断面積が支配的であることが確認されている。損傷を受けた桁のせん断耐力については、現在研究中であるが、斜引張鉄筋の残存断面積の他、コンクリート内のひび割れ状況も影響すると考える。なお、その前提として、PC鋼材の配置、導入プレストレスに関する情報は不可欠である。

今後の劣化の進行を予測する場合には、例えば塩害の場合、コンクリート表面への飛来塩分、表面や内部の塩化物イオン濃度についての情報が必要となり、また、シース内部のグラウトの充てん

写真-1 撤去桁の載荷試験<sup>1)</sup>

写真-2 桁の解剖調査



図-1 コンクリート道路橋の診断高度化のために非破壊検査に求められる調査項目例

状況も必要となる。

写真-2に示すような撤去時の解剖調査においてはこのような情報を得ることができるが、供用中の橋においては、構造物に影響を与えないよう、非破壊検査によりこれらの情報を得る必要がある。

コンクリート道路橋の診断高度化のために非破壊検査に求められる調査項目例を図-1に示す。塩害を受けた橋梁では、断面修復が行われている場合も多く、前述した事項に加え、修復材内部のコンクリートの劣化状況についての情報も必要となる。

アルカリ骨材反応が懸念される場合、コンクリートのひび割れがどの程度内部まで進展しているのか、コンクリートの強度や剛性の低下はどの程度か、鉄筋の破断や付着切れが生じているか等が挙げられる。

また、古い橋では設計計算図書や使用材料、施工時の状況はもちろん、図面すら残されていないことも多く、耐荷力計算の前提となる鋼材の配置についての情報も必要となってくる。

### 3. コンクリート橋における非破壊検査手法

#### 3.1 使用されている非破壊検査手法

##### (1) 既設構造物の点検

現在、国土交通省が管理する道路橋の点検は橋

梁定期点検要領(案)<sup>2)</sup>等により行っている。ここでは近接しての目視を基本としており、損傷程度をより詳細に把握したり、表面からの目視によるだけでは検出できない損傷を調査する場合に、必要に応じて採用することのできる方法の例として、非破壊検査手法を幾つか示している。また、特定点検においては、コンクリートの落下可能性の調査として赤外線サーモグラフィ法を、塩害による鋼材の腐食度調査として自然電位法を、ASRに対する調査として超音波伝搬速度の測定を紹介している。ただし、いずれの調査においても適用範囲がかなり限定されていることに加えて、得られる結果から判断を下すことが難しいものとなっている。

##### (2) 建設時の品質管理

そもそもコンクリート構造物においては、耐久性に富んだ所定の品質を有するものを建設することが重要であり、そのために品質検査方法の確立が求められていた。このため、土木研究所では関係機関との共同研究により<sup>3)</sup>非破壊・微破壊試験によるコンクリート構造物の品質検査方法を確立し、国土交通省の事業において用いている。

この品質検査方法として、かぶり厚さ、コンクリートの強度・緻密性、内部欠陥等を検査することを目的に、電磁波および弾性波を用いた各種非

破壊試験法を開発した。なお、これらの検査結果は、建設時の初期値としてその後の点検にも用いることを期待している。

### 3.2 新しい検査技術の方向性

コンクリート道路橋における非破壊検査手法として幾つかの手法が用いられているが、これらから得られる情報は限界がある。例えば鋼材については、電磁誘導法によればその位置や径が推定可能とされているが、配筋ピッチが密な場合、相互に影響され、複数段配置では表面側しか検出できない。また、X線透過法を用いた場合、鋼材の位置や径、コンクリート中のひび割れ、シース内のグラウトの充てん状況まで得られるとされているが、適用限界厚さは30cm程度である<sup>4)</sup>。

人体においてはX線CTやMRI等といった検査により任意の断面情報を得ることができるが、コンクリート構造物で得られる情報は、現在のところ表面付近や薄い部材に限定される。このような構造物の非破壊検査技術であるが、他分野の技術で可能性のある技術がいくつか見られる。

その中の一つが、中性子線の活用である。中性子線の透過性能は、電子量には関係なく、試料に含まれる元素により異なってくる。X線が透過しにくい鉄を透過することができる一方、水素原子は透過しにくいことから、従来にはない検査技術につながる可能性がある。

写真-3は、中性子ラジオグラフィにより、コンクリートひび割れ部の水分挙動を可視化したものである<sup>5)</sup>。コンクリート供試体に人工的に発生させた幅0.05mmの亀裂に対し、注水したもので、8秒間隔で2時間まで撮影されている。研究室のホームページには画像を処理した動画も掲載されており、ひび割れ中を移動する水分の様子が捉えられている。

中性子線の線源は、現在のところ原子炉や大型加速器によらざるを得ないが、米国では車両搭載型も開発・実用化されている。実際の道路橋調査へ活用できるよう、関係機関における小型装置の開発に期待する。

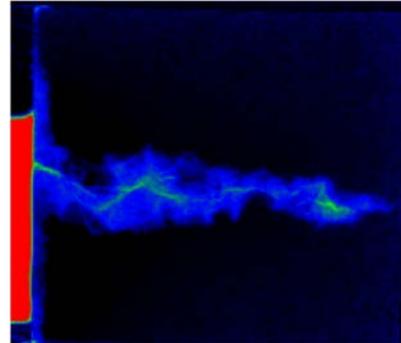


写真-3 中性子ラジオグラフィによるコンクリート中の水分挙動の可視化<sup>5)</sup>

このほか、宇宙線の素粒子を用いたコンクリート中の鉄筋探査や、高輝度X線によるコンクリート内部構造を詳細に調査する技術等、新しい技術も開発されつつある。これら高性能な透過技術は、コンピュータトモグラフィ技術と組み合わせることにより、任意のコンクリート断面の情報を得ることができ、構造物診断の高度化につながるものとする。

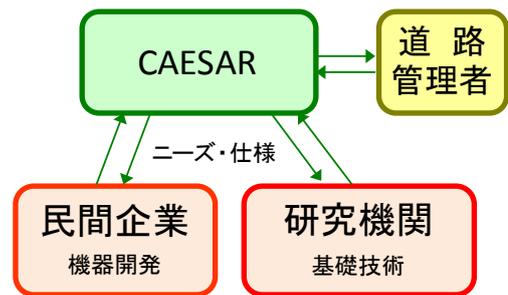


図-2 非破壊検査技術へのニーズ等の提示

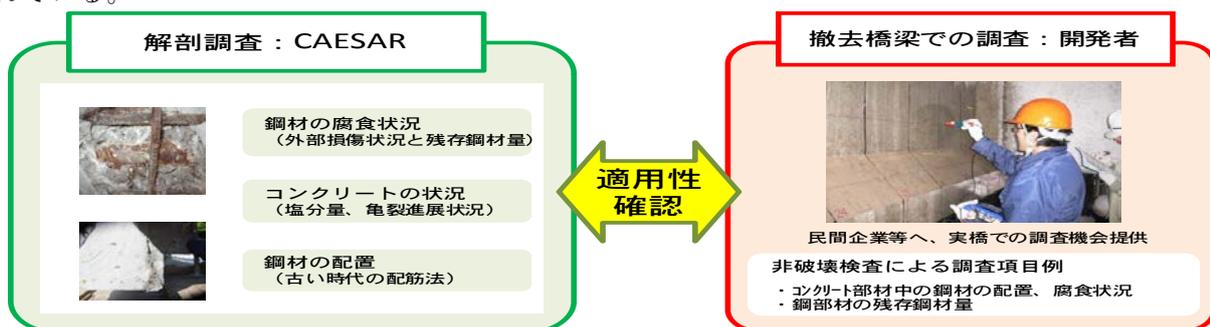


図-3 非破壊検査技術の適用性確認調査

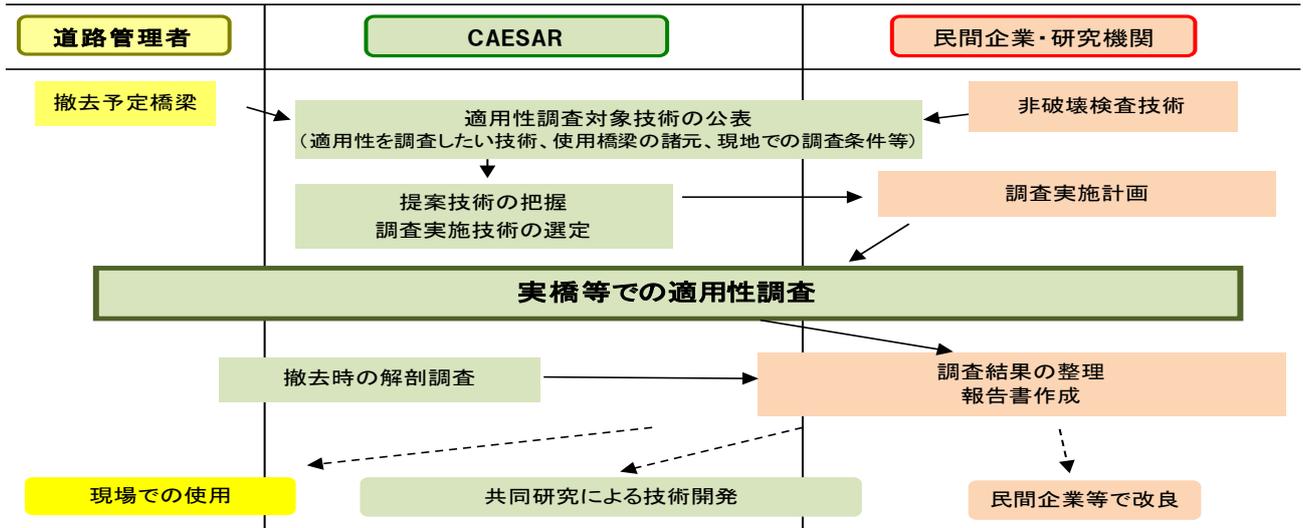


図-4 非破壊検査技術の適用性確認調査の手順

#### 4. 土木研究所における取り組み

構造物診断を高度化するために必要とされる非破壊検査技術であるが、土木研究所では関係機関と連携し自ら開発を行うと共に、民間企業や他の研究機関での技術開発を支援する取り組みを始めたところである。民間企業や研究機関においては、シーズとなる技術を有しているものの、構造物管理のために必要となる検査項目や測定精度が分からないとの声を聞く。このため、図-2に示すように、道路管理者との緊密な連携の下、非破壊検査技術に対するニーズや必要とされる仕様・性能を提示していく。

検査技術の開発に際しては、実構造物レベルでの適用性の確認が不可欠であるが、これを開発者が独自に準備するのは困難である。このため、土木研究所が所有する実構造物からの切り出し部材や大型供試体を開発者に提供することにより、技術開発を支援していくこととしている。

調査の概要を図-3に、手順を図-4に示す。調査対象技術、そのために使用可能な供試体や実橋梁での調査機会については、逐次ホームページ等で紹介していくので、ご覧頂きたい。

#### 5. おわりに

建設後50年以上が経過した道路橋は平成18年度において約6%であるが、20年後の平成38年には約47%と半数近くに達する。このような社会資本を適切に維持管理するためには、適切な診断に基づく措置が必要であり、そのための非破壊検査技術の高度化が不可欠である。

構造物の検査技術については、対象とする構造物によりその規模や計測すべき項目、必要な精度

が異なることから、その管理者を中心に個別に開発が行われてきた。しかしながら、その基礎技術は共有できる部分があり、萌芽技術も含め幅広い技術を融合・活用することが効率的である。土木研究所では、関係機関と協力して必要な非破壊検査技術の開発を進めていくとともに、民間企業・研究機関での開発を促すためにニーズの提示と実構造物を利用した適用性確認の場を提供していくので、引き続きご協力を頂きたい。

#### 参考文献

- 1) 土木研究所コンクリート研究室、東北地方整備局秋田工事事務所：塩害を受けたPC橋の耐荷力評価に関する研究(IV)－旧芦川橋の載荷試験－、土木研究所資料第3816号、2001
- 2) 国土交通省道路局国道・防災課：橋梁定期点検要領(案)、2004
- 3) 例えば、森濱和正：非破壊・微破壊試験によるコンクリート構造物の品質検査方法の検討、土木技術資料、Vol50、No.9、pp.26-29、2008
- 4) 日本道路協会：道路橋補修・補強事例集(2009年版)、2009
- 5) 東京理科大学兼松研究室ホームページ：[http://www.rs.noda.tus.ac.jp/manabu/kanematsu\\_lab/kanematsu.html](http://www.rs.noda.tus.ac.jp/manabu/kanematsu_lab/kanematsu.html)

木村嘉富\*



独立行政法人土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ 上席研究員  
Yoshitomi KIMURA