

# (独)土木研究所構造物メンテナンス研究センターの活動紹介

## 2008年設置から3年間の活動を中心に

桑原 徹郎

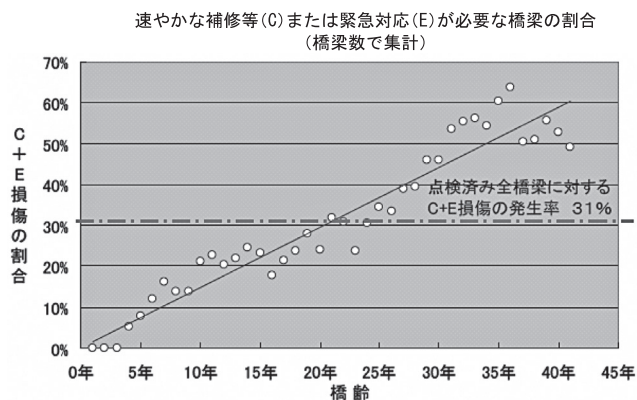
(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センター (CAESAR) は、日本の道路構造物、特に道路橋の保全を効果的・計画的に実施するために必要となる技術・研究開発の実施を目的として、2008年4月に設立された。本報では、CAESAR 設立の背景とともに、「現場の支援」、「研究開発」及び「情報交流の場」という組織が目指す3つの役割の具体的な取り組みと、維持管理の実情を踏まえた「臨床研究」の実施など特徴的な活動事例について紹介する。

キーワード：道路橋、維持管理、技術支援、臨床研究

### 1. 設立の背景

日本では、高度成長期（1955年～73年）に道路整備が急ピッチに進められた。1930年代のニューディール政策の時代から整備が本格化した米国と比較すると、橋梁を含めた集中的な道路整備のピークは、米国は日本に約30年先行している。すなわち、米国では日本よりも30年早く、道路の高齢化が進んだこととなる。そして1980年代に入り、高齢化に加えて道路投資の減少が、いわゆる「荒廃するアメリカ」と言われる状況を招くこととなった。その後米国では道路に対する投資を増加し、更新・機能回復に努めているものの、例えば2008年においても全体の1/4、15万橋もの欠陥橋梁を有するなど（NBI2008）、一旦低下した水準の回復には至っていない。

図一は、直轄国道の点検結果から、橋梁の供用年数（橋齢）と損傷発生の傾向を整理したものである。



出典：道路橋の予防保全に向けた有識者会議（第1回）資料より作成

図一 橋梁の高齢化と損傷の関係

図より、早急に補修補強が必要とされた橋梁の占める割合は、橋齢につれて増加する傾向が見て取れる。我が国でも、米国から遅れること30年、すなわち今後10年程度の間適切な手段を講じなければ、米国と同様の事態を迎えることが想定される。

こうした状況や、2007年8月の米国ミネアポリスでの高速道路（I-35W）の橋梁の崩壊等を踏まえて、国土交通省では、2007年10月から道路橋の予防保全に向けての有識者会議を4回にわたり開催した。翌2008年5月には「道路橋の予防保全に向けた提言」が公表され、従来の何かが起きたら対処するという「事後対策」ではなく、早期発見・早期対策で国民の安全安心とネットワークの信頼性を確保するとともに、ライフサイクルコストの最小化と構造物の長寿命化を図る「予防保全」の実現のための以下の5つの方策が示された。

- ①点検の制度化
- ②点検及び診断の信頼性確保
- ③技術開発の推進
- ④技術拠点の整備
- ⑤データベースの構築と活用

この提言に呼応する形で、日本の道路構造物、特に道路橋の保全を効果的、計画的に実施するために必要となる技術・研究開発の実施を目的として、2008年4月に(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センターが、土木研究所の4番目の研究組織として設立された。本センターの英語名は“Center for Advanced Engineering Structural Assessment and Research”であり、この頭文字から“CAESAR（シーザー）”を略称として用いている。

## 2. 組織と役割

CAESARの組織構成を図-2に示す。CAESAR設立以前は、構造研究グループの橋梁チームと基礎チーム、耐震研究グループの耐震チーム、技術推進本部の構造物マネジメント技術チームが道路橋に関する研究を主に担っており、協力しながらそれぞれ道路橋に関する研究開発を行っていた。しかし、既設橋では多くの場合、複合的な要因により不具合が生じ、設計、施工、補修補強等にかかる様々な知見が必要となることから、CAESARでは既往のチームを母体としつつも、維持管理に関する研究開発を効果的かつ機動的に対応できる体制とした。すなわち、上部構造や下部構造といった本来の専門分野的な視点に加え、橋梁を全体系として捉えて、その検査、予測評価、補修補強という維持管理の一連の流れと、それらをシステムチックに管理するという別の視点から、いわば、複眼的な視点で研究開発を行えるような体制としている。

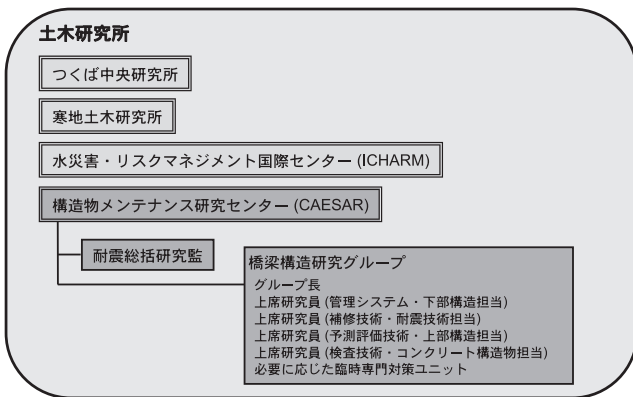


図-2 組織構成

CAESARが果たす主な役割として、「現場の支援」、「研究開発」及び「情報交流の場」の3つがある。

「現場の支援」とは、損傷、変状といった不具合等、技術的課題を抱えている個別の橋梁の診断・処方等の技術支援を行うとともに、そのフォローアップを行うことである。この過程で蓄積された知見は、マニュアル化や技術者への講習等を通じ、現場へフィードバックしている。

「研究開発」のうち維持管理については、通行止めをさせず橋としての機能を保持させるための「計画的な保全」と、落橋させず利用者の安全を図るための「安全管理」の2つの軸を立てている(図-3)。維持管理に重点を置き、橋梁の社会的重要度や求められる管理レベルに応じた技術の開発をめざすものである。その中で最も特徴的な取り組みが、3.に示す「臨床研究」である。

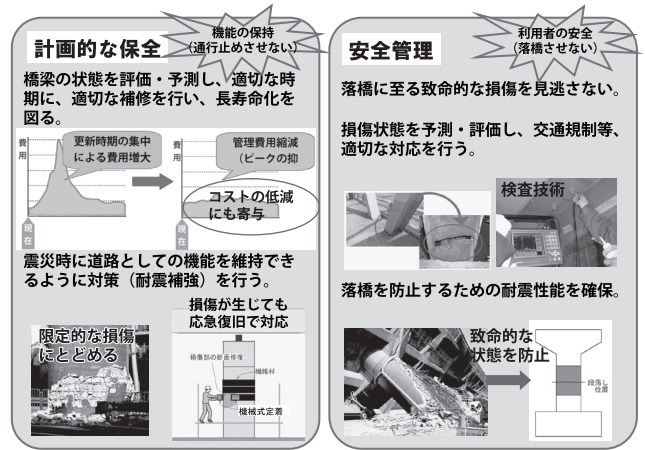


図-3 維持管理に関する研究開発

「情報交流の場」は、維持管理技術の集積拠点として、現場の道路管理者や大学、民間との連携を通じて、最新の技術情報が集まり、技術交流・情報発信が行える場を整えることである。講演会やウェブページによる情報発信のほか、理化学研究所と連携した研究開発、合同シンポジウムの開催等を行っている。

## 3. CAESARの活動事例

CAESARの活動事例のうち、特徴的なものを以下に示す。

### (1) 技術相談・技術支援

CAESARでは、国土交通省国土技術政策総合研究所と一体となって、道路管理者からの技術相談に対応している。相談件数はCAESAR発足後に増加しており、相談内容としては、設計、施工の段階だけではなく、供用後の橋梁の不具合に関するものが増加していることが、特徴としてあげられる(図-4)。相談案件も直轄管理、自治体管理を問わず全国から寄せられ、不具合の種類も、疲労、塩害、ASR(アルカリ骨材反応)のいわゆる

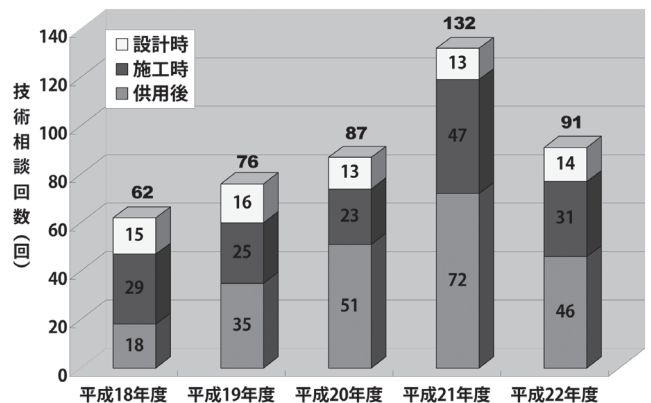
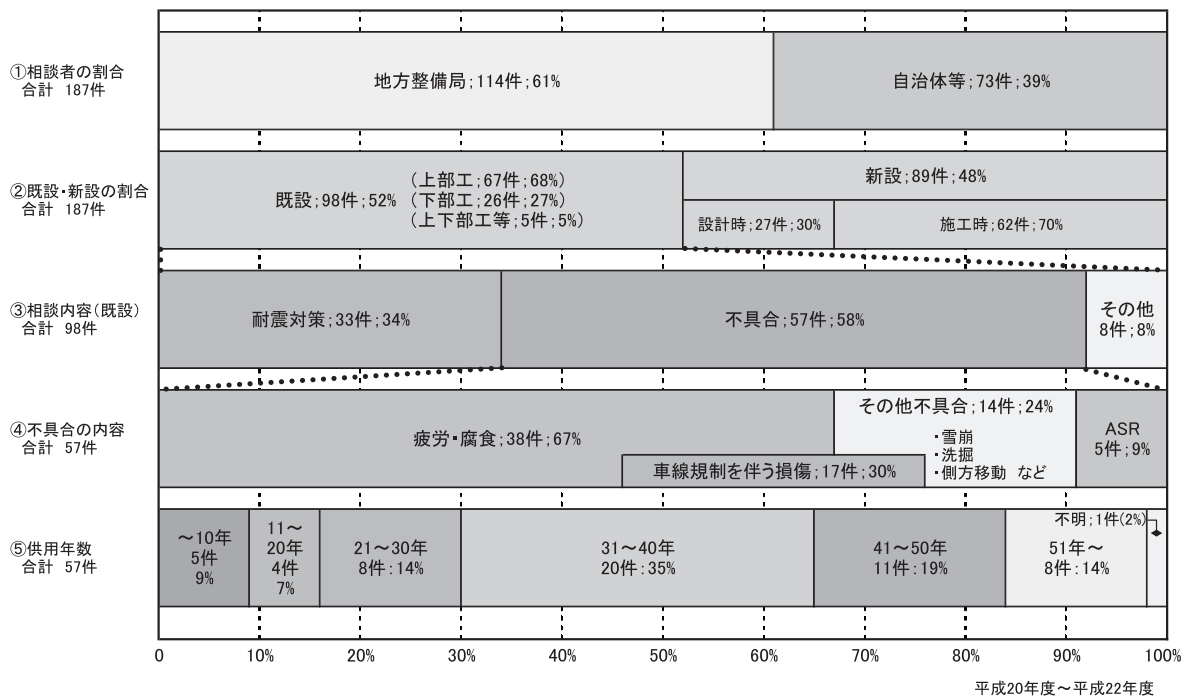


図-4 技術相談回数の推移(橋梁関係)



図一5 技術相談の内訳 (H20-22年度, 橋梁関係)

3大損傷をはじめとする、多種多様なものとなっている(図一5)。今後、橋梁の高齢化に伴い、こうした傾向はますます増加することが予想される。また、このような技術相談を経て得られた知見等を分析し、今後の研究開発ニーズを的確に把握するとともに、必要に応じ、国土交通省を通じた全国の道路管理者への注意喚起や、技術基準類への反映等を行っている。

災害時に被災した橋梁に対する緊急的な健全性の評価や講じるべき処置の提示など、高度な専門能力に基づく道路管理者への支援も、CAESARの重要な役割である。3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に関して、被災地支援に不可欠となる路線上の橋梁に対する緊急的な健全度調査や、直轄・自治体を含めた道路管理者からの要請に基づく、個別被災橋梁に関する現地での技術支援等を行っている(写真一)。

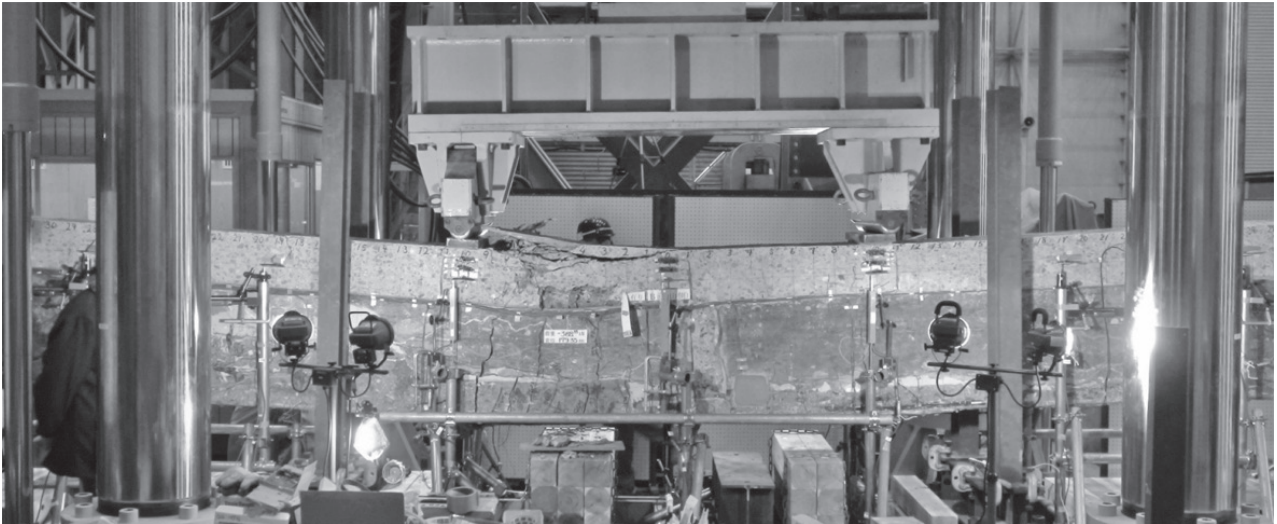


写真一1 東北地方太平洋沖地震での津波による被災橋梁の調査

## (2) 臨床研究

道路橋の安全管理は、点検、診断、措置、経過観察の一連の行為を行うことでなされるものであり、これを確実に行うことが維持管理の根幹である。これら維持管理における各段階には、様々な課題とその解決のための研究開発があるが、既設橋の劣化損傷・変状の要因は多岐にわたるので、実験室で再現するには限界がある。そこで、医学にたとえると、症例の蓄積、検死解剖例の蓄積、標本を用いた残存強度実験や補修・補強効果実験の蓄積、さらには、年代別の損傷形態を分析するなどの疫学的分析が必要となる。このような、実際の橋を用いた一連の研究を、「臨床研究」と呼び、CAESAR発足以来取り組んでいる。撤去橋梁もその一環として活用しているが、その情報は、管理主体である国土交通省や地方自治体から提供をいただき、これらの機関の協力を得ながら研究対象部材の収集を行っている。最近の主だった取り組みを以下に紹介する。

劣化損傷の進行した橋の健全度評価・診断を行う上で、橋全体系の挙動や損傷部材の残存耐力力がどの程度であるか、未だ不明な点が多く、試験データを蓄積していくことが重要である。全橋での載荷試験としては、腐食による劣化損傷の進んだ銚子大橋(国道124号、鋼トラス橋、1962年供用開始)や桜橋(国道8号、鋼アーチ橋、1963年供用開始)、塩害により劣化損傷の進んだ能生大橋(国道8号、PCポステンT桁橋、1967年供用開始)、構造的特徴として床版目地を有する2主桁である北海道の旭橋(国道452号、鋼I桁橋、



写真一 2 塩害を受けた桁の載荷試験（長橋）

1953年供用開始）でのダンプトラックを用いた載荷試験や起振機等による振動試験を行い、解析結果との比較検証、解析手法の検討を行っている。これらの結果は、劣化損傷の進んだ橋の健全度評価・診断技術の確立のための基礎データとして活用していく予定である。

撤去橋梁から採取した部材を用いての研究も実施している。コンクリート橋においては、耐荷力への寄与の大きい鋼材がコンクリート内部に配置されていることから、その状況を把握することが難しく、塩害やASR（アルカリ骨材反応）などにより劣化した橋梁がどの程度の耐荷力を有しているかの判断が困難である。劣化損傷したコンクリート橋の残存耐荷特性を確認するために、これらの劣化要因により撤去された倉谷橋（市道、RC床版橋、1959年供用開始）、神戸橋（県道、RCT桁橋、1935年供用開始）、長橋（国道352号、RCT桁橋、1974年供用開始）の桁を用いて載荷試験を実施（写真一2）し、劣化状態（鋼材の腐食、コンクリートのひび割れ・劣化）と残存耐荷力の関係について検証した。鋼橋では、腐食損傷の生じた鋼トラス格点部を活用し、載荷試験を実施する予定である。

ポストテンション方式のPC橋については、グラウトの充填状況が、橋の耐荷特性・耐久特性に影響を及ぼすことになるが、昨今、グラウト充填不良によるPC鋼材の腐食・破断の報告が見られるようになってきている。グラウト充填不足の発生要因や、このような不具合を有する橋梁の全体像を把握する目的で、同種の橋梁の撤去時にグラウト充填状況の調査を行っている。市の管理する佐野橋（1965年供用開始）や、上述の能生大橋の撤去時に現地に赴き、切断された桁断面におけるグラウト充填状況の調査を実施している。

また、実橋梁において非破壊検査技術の検証も実施している。コンクリート橋では、内部のグラウト充填状況や鋼材配置、鋼材腐食、ひび割れ状況などが確認できる非破壊検査技術の確立が望まれている。現在、中長期の研究開発を視野に、中性子線による透視技術の検討を進めている。また、既開発技術についても、例えば、劣化したコンクリート床版内部の状況把握を対象に、ニーズを提示した上で、民間の有する電磁波レーダ、超音波法、赤外線サーモグラフィ、X線といった各種の非破壊検査技術の適用性の調査を行っている。鋼橋では、鋼床版の内在き裂（デッキプレートとUリブ間の溶接部のき裂）に対して、超音波探傷法を開発している。現在、実橋の鋼床版において試行中であり、内在き裂検出の信頼性や実用性の検討を行っている（写真一3）。

沖縄は橋梁の耐久性といった観点からするときわめて厳しい環境条件を有しているが、この環境下での橋梁の長寿命化を図ることを目的に、CAESARは沖縄県等と協力協定を締結し研究を実施している。この協定における活動の一環として、実橋梁部材の経年劣化



写真一 3 鋼床版での超音波探傷の状況

を計測するための暴露供試体などの設置、塩害により劣化した橋脚における塩分調査・内部鋼材の腐食状況調査などを実施している（写真—4）。



写真—4 塩害橋脚の鋼材腐食状況調査（瀬底大橋）

本取り組みはまだ始まったばかりであるが、引き続き実施することで知見の蓄積と現場への還元を図っていきたいと考えている。

### (3) 技術者育成支援

CAESARでは、国、自治体など橋梁管理に携わる技術者の人材育成のための各種活動に対する支援を行っている。例えば、国土交通大学校や(財)全国建設研修センターにおける道路橋に関する各種研修や、地方整備局や自治体を実施するセミナー、講習会等へ講師を派遣し、維持管理の実務を担う技術者が備えるべき知見の提供・指導等を行っている。また、特に専門技術者の不足が課題となっている市町村の管理担当者の育成のため、長崎大学・岐阜大学や香川高専と協定を結び、研修講師の派遣、講義テキスト作成等を行っている。なお、香川高専での取り組みを参考に、他の10の高専でも同様の取り組みが進められるなど、活

動が全国的な広がりをみせている。

また、維持管理の実務にかかる留意点や参考事例について、国土交通省と連携して国及び自治体の橋梁担当者への情報提供を行うとともに、「現場に学ぶメンテナンス」と称して雑誌土木技術資料への掲載を行うなど、広く周知を図っている。

## 4. おわりに

CAESARは、発足から3年が経過し、設立当初の基盤整備の段階から、本格的な研究開発実施の段階に移行してきている。引き続き現場の支援や交流等を実施するとともに、研究成果等を適切なタイミングで成果を社会に還元していくことにより、安心・安全で快適な道路橋を長く使える環境作りの一助になるべく注力する所存である。

なお、CAESARの活動内容・成果はウェブページに掲載している。これまでに実施した講演会資料、各種マニュアル、国際的な活動状況、試験データ等を閲覧することが可能であり、ご興味があればぜひアクセスされたい。

JCMA

#### 《参考文献》

- ・「道路橋の予防保全に向けた提言」、道路橋の予防保全に向けての有識者会議（国土交通省）、2007年5月
- ・「現場に学ぶメンテナンス」、土木技術資料51-8、2009年8月 他
- ・CAESAR ウェブページ  
(<http://www.pwri.go.jp/caesar/index-j.html>)

#### 【筆者紹介】

桑原 徹郎（くわばら てつろう）  
 (独)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長

