



## 橋梁技術分野の取り組み

小 野 秀 一

### 1. はじめに

施工技術総合研究所研究第二部では、主として橋梁を中心とした構造物に関する調査、試験、研究、開発を行っている。橋梁に関連しては鋼構造物やコンクリート構造物全般に加え、付属物としての伸縮装置、支承等を対象とした点検、補修技術も業務対象である。さらには、特殊橋梁や大規模更新、耐震補強工事等の施工計画立案や積算等の発注者支援業務も行っている。このように、橋梁構造物の耐久性や耐荷性、これらに使用される材料の性能評価試験、構造物の非破壊試験や実橋載荷試験、構造解析、事故原因の究明と対策、新技術開発などの、橋梁に関連する産・学・官からの様々なニーズに対応している。

以下に、橋梁分野への取り組みとして、最近実施している橋梁関連業務の概要を紹介する。

### 2. 鋼構造物に関する業務

施工総研は、最大動的載荷荷重 4,000 kN（静的には最大 6,000 kN）の大型疲労試験装置（写真—1）から、小型のものについては 100 kN に至る各種の疲労試験

機を複数台保有しており、実物大の鋼構造物を中心に鋼材や溶接継手、ボルト継手等の疲労耐久性および耐荷力等に関する試験研究を行っている。また、屋外には輪荷重走行試験機として、載荷容量 300 kN を 2 台、200 kN を 1 台と計 3 台を設置しており、屋外の自然環境で試験を行っている（写真—2）。

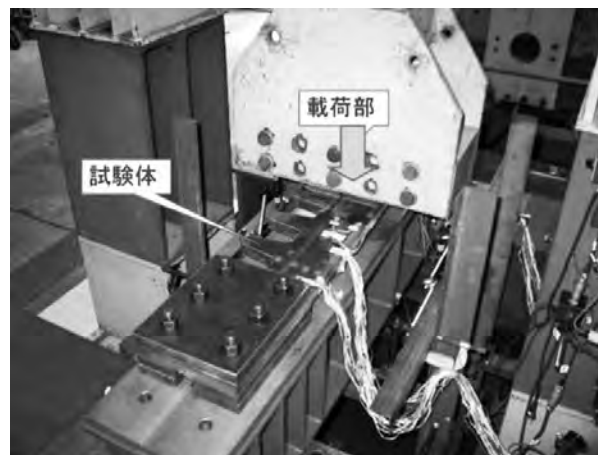
最近の試験研究のテーマとしては、新しく開発された鋼材や溶接継手の S-N 曲線の確認、鋼床版の疲労損傷対策として実橋での適用事例が多く見られるコンクリート系材料（例えば鋼繊維補強コンクリート）を舗装材として用いた場合の補強効果確認や耐久性評価、既存あるいは新たに開発された橋梁伸縮装置の疲



写真—2 300 kN 屋外輪荷重疲労試験機



写真—1 4,000 kN 大型疲労試験装置



写真—3 橋梁伸縮装置の疲労試験



写真一4 電磁誘導加熱 (IH) による塗膜剥離工法



写真一5 緊急仮設橋の開発

劣耐久性確認 (写真一3)、火害を受けた鋼桁の耐荷力試験などを行っている。近年は特に実構造物の維持管理や補修・補強技術に関する業務が多くなっている。

技術開発テーマに関しては、鋼橋の塗装塗替え時に適用される、環境や作業員への負荷が小さい電磁誘導加熱 (IH) 式塗膜除去工法 (写真一4)、水害や地震時等の道路寸断時に利用可能で、乗用車3台が同時に乗載できるうえ、数分で約16mのスパンを架設できる緊急架設橋 (写真一5) を産学共同で開発している。

### 3. コンクリート構造物に関する業務

コンクリート構造物に関する最近の業務は、コンクリート床版、プレストレストコンクリート (PC) 構造物、コンクリート製壁高欄の耐久性や耐荷力評価、補修工法の検討、補修材料の性能確認試験等が多くなっている。

コンクリート床版にはRC床版、PC床版、合成床版があり、各床版および継手部の耐荷力 (静的荷重試験) や耐久性 (疲労試験) の確認、疲労試験等による補修・補強効果の確認 (上面補修、下面補強)、実橋調査 (荷重車載荷試験、モニタリング、施工試験) などを行っている。

また、施工総研には高速道路総合技術研究所 (NEXCO 総研) 所有の移動載荷試験機 (写真一6) や定点載荷疲労試験機が設置されていることもあり、新東名をはじめとした高速道路に使用される新形式床版などの疲労試験や、近年では、大規模修繕として行われている床版取替え工事に用いられるPC床版の現場接合部に着目した疲労耐久性確認試験が多く実施されている。

PC構造物 (PC桁) については、写真一7に示すように耐荷力や耐久性の確認試験のほか、グラウト再注入試験や非破壊試験 (PC鋼材の破断検知、グラウト充填、モニタリング) などを手掛けている。

補修工法に関する業務としては、コンクリート橋の調査、診断 (疲労、塩害、中性化、凍害、アルカリシリカ反応、初期欠陥等)、補修・補強対策 (ウォータージェット、断面修復、防水層、電気防食、表面被覆・含浸、ひび割れ注入、FRP接着、接着剤等に関する性能確認試験、技術開発)、マスコンクリートの温度応力解析などが挙げられる。

材料評価に関しては基本的な強度試験、劣化促進 (温



写真一6 移動載荷試験機 (NEXCO 総研)



写真一7 PC桁の載荷試験

冷・乾湿繰返し，凍結融解，塩水負荷，中性化促進など）試験に加え，塩分分析，X線回折，イオンクロマトグラフ法によるイオン分析試験，熱重量示差熱分析（TG-DTA）などの分析装置を充実させ，各種室内試験の実施をはじめとして，各地（北海道から沖縄）での屋外暴露試験（写真—8は沖縄の暴露試験場）も実施している。

また近年，写真—9に示す小型の輪荷重疲労試験機（最大輪荷重40kN）を導入し，コンクリート床版を対象とした補修材料や補修工法の予備的な検討のための輪荷重疲労試験も可能となっている。

#### 4. 各種性能評価試験

前章で紹介した鋼構造やコンクリート構造に関連する業務の成果の一部は，関係機関の施工管理要領や性能評価試験法に反映されている。このように規準化された各種工法や技術，材料仕様等に関しては，新しい性能評価基準に則った性能や新たに開発された装置の性能を各種試験法に基づいた評価業務を行っている。また，一定の評価が得られた技術については，その普及促進や技術レベルの維持のために研修会や講習会も開催している。

例えば，写真—10に示すウォータージェット工法に関してはコンクリート構造物のはつりに使われる装



写真—10 ウォータージェットによるはつり性能評価試験



写真—11 吹付け材料の性能評価試験



(せん断試験) (ひび割れ追従性試験)

写真—12 床版防水材の性能評価試験



写真—8 暴露試験場（沖縄）



写真—9 小型輪荷重疲労試験機

置の性能評価（オペレータの技能評価も含む）を行っており，これまでに約60社の認定を行っている。断面修復工法に関しては，吹付け材料について各種性能評価試験（写真—11）を実施し，各補修材料メーカーが製品化している20製品が合格に至っている。加えて，吹付け材料のみならず，吹付け作業を行うノズルマンの技能評価も行っており，これまでに150名近くを認定しているほか，その監理技術者については約850名が講習会を受講している。

コンクリート床版の防水層に関しては，施工総研が開発したせん断疲労試験やひび割れ閉閉負荷試験をはじめとした各種性能評価試験（写真—12）を実施し，高機能防水材に関しては複数製品を認定している。コンクリート床版については，輪荷重の繰返しによる疲労寿命に及ぼす雨水浸透の影響が極めて大きいことが知られており，様々な高性能・高機能な防水層の開発が進められている。床版防水については，舗装体等と

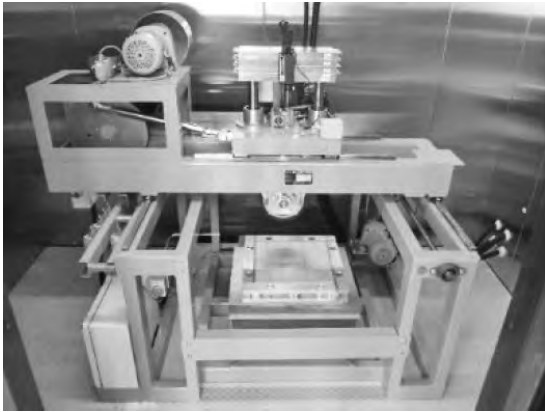


写真-13 ホイールトラッキング試験装置



写真-15 耐衝突性能確認試験装置



写真-14 橋梁伸縮装置止水構造の性能評価試験

一体になって防水システムとしての性能評価も重要であり、写真-13に示すように、ホイールトラッキング試験装置によってシステムとしての評価も行っている。

橋梁の桁端で多く生じる腐食損傷の一要因と伸縮装置からの雨水の漏水が挙げられている。このような背景に鑑みて、橋梁伸縮装置からの漏水を抑制するため、伸縮装置遊間部に止水構造を設けて止水性能を求めることが増えてきている。写真-14は伸縮装置の伸縮試験装置であり、日々および年間の気温変化を想定して、温度負荷と伸縮負荷を与えた上で止水性能を有しているかどうかの性能確認を行っている。本試験では、所定の温度環境下での実施が求められることから、内部で試験ができる大型の恒温室（-30～50℃に対応）も有している。

写真-15は、衝突台車を用いたレール走行方式の衝突実験装置である。近年、橋梁の既設床版の取替用としてプレキャストPC床版が採用されているが、加えて壁高欄のプレキャスト化も進んでいる。場所打ち壁高欄と比べてプレキャスト製品の場合には、部材同士を接合する目地が存在するため、当該部位の耐衝撃性評価が課題である。本装置はこのようなプレキャスト製壁高欄の本体および目地等の耐衝撃性を確認する

ための装置であり、最大衝撃度273kJの性能を有している。

## 5. 発注者支援業務

一般的な積算資料に載っていない特殊な橋梁の架設や耐震補強工事等の工事費積算の参考資料を作成するための歩掛り検討、橋梁の架替えや大規模修繕、複雑に立体交差するジャンクション等の施工計画といった積算支援業務を行っている。その検討に必要なデータの収集に向け、現地での実態調査や施工業者へのヒアリング、各種資料収集なども行っている。

さらに、様々な現地調査や室内における疲労試験や載荷試験等の経験を活かし、特に損傷が著しい橋梁や損傷程度、損傷原因が不明で対策検討が難しいケースなどのそれぞれの状況に応じて技術的な視点でのアドバイスをを行う、自治体への技術支援業務も行っている。損傷原因調査としては、橋梁本体の損傷調査の他に、付属設備である道路照明や道路標識の支柱、公園遊具の破損原因調査などがある。

## 6. 新技術開発その他

実構造物の損傷程度の正確かつ的確な把握、その施工条件の確認、3次元的な応力変形挙動の把握や可視化など、構造物の評価を行う上で、計測技術や検査技術の高度化は不可欠である。施工総研でも新しい診断・計測技術などの開発も行ってきており、以下にこれまでに関わって新しく開発された技術のうち、特に最近、適用事例が増えてきている技術について以下に紹介する。

### ①自動車交通用のバルーン式自動交通遮断機

この遮断機は、写真-16に示すように、遮断機設置箇所が事務所から遠方に位置する場合でも遠隔操作



写真-16 エアバルーン式交通遮断機

が可能であり、料金所等での同時交通遮断等も可能となることをコンセプトに開発したもので、遠隔操作での自動伸長、事故や災害時に緊急時に即時交通遮断する装置である。主材料としてテント地として利用されているポリエステル製を用いたエアバルーン方式のため、車両が60 km/hで衝突しても車両が損傷することは無く、撥水性を有するため時間雨量200 mm/hでも問題なく使用が可能である。また、内部にはLEDの発光機能を搭載しており夜間でも視認性が確保されている。浸水しているアンダーパスへの車両進入防止用としても多数利用されてきており、現在は全国で約250台の設置に至っている。

近年は、この応用技術として、特に自動車専用道路のインターチェンジ等への設置を想定した、車両の逆走防止装置の開発も行っており、高速道路で実装される予定である。

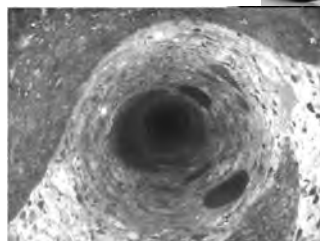
②コンクリート床版内部のひび割れ検査手法

コンクリート内部の損傷状況を検査する非破壊検査手法はこれまでに、いくつもの技術が提案されているが、その精度は高いとは言い難い一面がある。そこで、写真-17に示すように、構造物への影響を最小限にした極小径コアを対象構造物に削孔して、その内部を小型カメラによって目視検査する方法（シングルアイ工法）を開発した。これは、発生している複雑なひび割れや空隙の表面からの距離（位置）、大きさが一目瞭然となる可視化技術である。ひび割れが生じたり、凍害やアルカリ骨材反応等で劣化したりしたコンクリート構造物の内部調査に最適な低コストの簡便な方法であるため、採用事例が増加してきている。

③コンクリート床版内部の水分計測手法

床版防水層の適切な施工には床版内の水分量を把握する必要がある。このため、より精度の高い計測を可能とすべく水分計の開発を行った。本計測法は、写真-18にも示すように、センサによってコンクリート

(コア内面の観察)



(極小径コアの削孔)

写真-17 小径コアによる内部調査



写真-18 コンクリート床版水分計

床版の電気抵抗を計測し、その値から水分量を求める方式でまた、この計測法を利用することで、床版防水等の防水性能の確認にも適用が可能であり、NEXCOにおけるコンクリート床版表面の水分量を確認する標準的な測定器となっている。

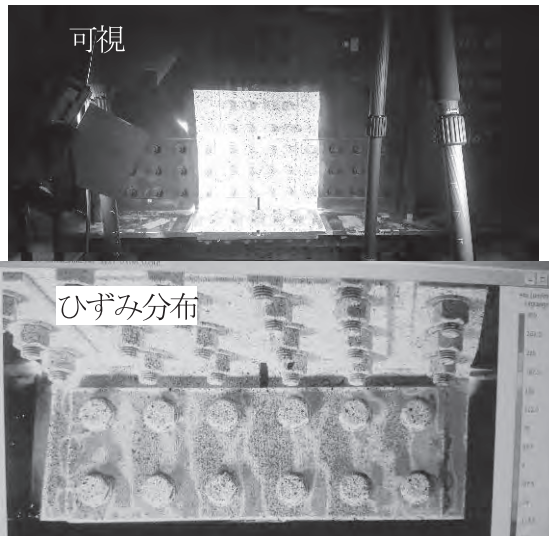
④デジタル画像相関法によるひずみ計測

従来のひずみ計測はひずみゲージによるものが一般的であり、現在もその方法が主流である。ひずみゲージによる計測は、ひずみゲージを貼付した位置のひずみを計測するもので、ひずみ分布を把握するためには複数の計測点で計測する必要がある。

近年、画像の記録や処理技術の向上に伴って、面的あるいは立体的なひずみや変形挙動を計測する技術が開発されてきており、施工総研においても、新しい計測技術としてデジタル画像相関法によるひずみ計測法に着目し、実業務への適用を進めている。写真-19では、鋼構造物の接合方法の一つである高力ボルト摩擦接合継手部のひずみ分布をデジタル画像相関法で計測した一例を示している。

7. おわりに

本稿では、研究第二部で最近実施してきた調査、研



写真—19 デジタル画像相関法によるひずみ計測

究、開発などの事例を紹介した。橋梁に着目すると、新設に関連する業務に加え、維持管理技術に関連した業務も多くなっている。

今後も、国や人々の社会経済活動を支えていくためにも安全で災害に強い根幹的ネットワークとしての道

路および橋梁の建設、維持補修に対する重要性はますます高くなっていくものと考えられる。約15年後には建設後50年を経過した高齢の橋梁の割合が全橋梁数（約73万橋）の1/2に達することから、各種変状の発生も徐々に増加していくことが懸念されている。このような中、我が国では、少子高齢化に伴う人手不足、予算不足等に伴う様々な制約が生じてきており、その意味でも今後もより確実な点検・調査、補修・補強、高品質の施工等により、効果的で耐久性の高い橋梁の維持管理を行っていく必要がある。施工総研は、ここで紹介したような各種調査研究業務を通して、より安全で快適な橋梁や道路の建設、維持保全に向けて貢献していきたいと考えている。

【筆者紹介】

小野 秀一（おの しゅういち）  
（一社）日本建設機械施工協会  
施工技術総合研究所  
研究第二部 部長

