

橋梁保全への取り組み

～鋼・PC上部工および下部工の橋梁一式の保全に向けて～

Maintenance Business of Steel Superstructure, Concrete Superstructure and Substructure

子吉 信幸 *1
Nobuyuki NEYOSHI

山岸 俊一 *2
Toshikazu YAMAGISHI

江崎 正浩 *3
Masahiro EZAKI

湯本 大祐 *4
Daisuke YUMOTO

木下 正彦 *5
Masahiko KINOSHITA

上野 勝敏 *6
Katsutoshi UENO

1. はじめに

我が国の橋梁はこれまでに約15万橋（橋梁延長約930万km）が整備されてきました。これらの橋梁整備は、高度経済成長期を中心に急速に行われ、橋齢40年を経過する橋梁数は2015年に64,000橋に達する見通しです。（図1）

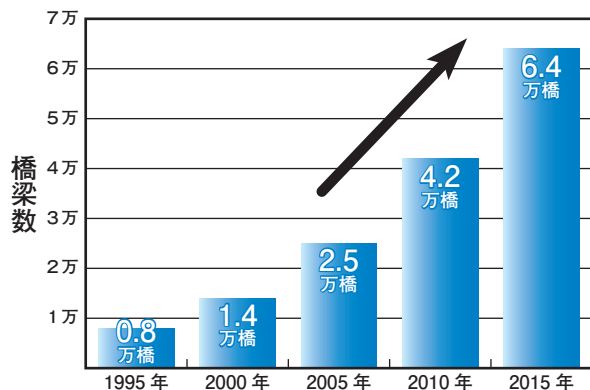


図1 橋齢40年以上の橋梁数の推移
(出典：道路橋の予防保全に向けた有識者会議委員会資料)

これらの橋梁は、平成19年に国土交通省が公表した定期点検結果より、橋齢40年以上で早急な補修が必要な橋梁の割合は45%となっており、老朽化にともない、劣化損傷が進行している結果となっています。（図2）

今後これら大量の橋梁は順次、架け替え等の更新の時期に突入しますが、我が国の現在の厳しい財政状況が今後急速に進む少子高齢化の影響でさらに厳しさを増し、橋梁の維持管理費や更新費用の増大と対策時期の集中にいかに対応していくかが、大きな社会問題として採り上げられてきています。

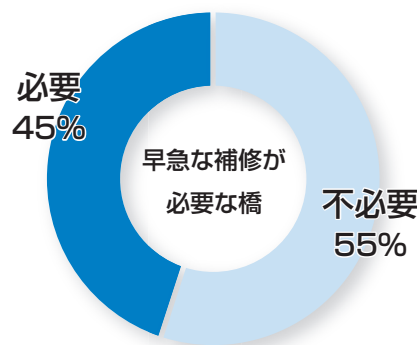


図2 橋齢40年以上の直轄国道の橋梁点検結果
(出典：道路橋の予防保全に向けた有識者会議委員会資料)

このような状況の下、損傷を早期に発見し、状態が軽微なうちに対策を施す「予防保全」の必要性が指摘されてきており、国土交通省では事後保全から予防保全への転換によって維持管理費の抑制と平準化を図ることを方向付け、国や地方を問わず厳しい財政事情の中で効率的に橋梁を保全するため、さまざまな施策が策定されています。

2. 国内の橋梁保全が抱える問題点

しかしながら近年、鋼トラス橋の斜材破断や床版の抜け落ち、疲労き裂の進展による落橋寸前の橋梁が発見される等、橋梁の重大な損傷が報告されることとなり、点検のあり方と点検結果が橋梁の管理に十分活かされていないことが問題となりました。

実際の補修工事においては、不適切な工法の採用や、施工中に部材に損傷を与える等、かえって橋梁に悪影響を及ぼす事例も見られます。これは、橋梁保全工事

*1 川田建設(株)東京支店事業推進部 部長
*2 川田建設(株)東京支店事業推進部技術課 課長
*3 川田工業(株)東京技術部保全技術室 室長

*4 川田工業(株)橋梁事業部 保全工事業 室長
*5 (株)橋梁メンテナンス技術営業部技術課 課長
*6 川田テクノシステム(株)設計部東京設計二課 課長

が価格優先で発注された結果として保全の特殊性を理解せずに、また適切な設計や施工監理がなされないままに施工して、不具合を生み出すことが主要因と考えられます。

このような不具合は、施工段階のものであれば即座に対策を講じることが可能ですが、先に述べたような種々の要因により構造物に潜在的な不具合や欠陥を残ってしまうことが既存の橋梁を半永久的に守っていくために、最も危惧される問題であると言えます。

3. 川田グループの取り組み

橋梁保全では、①些細なことに重大な事象が隠れていることを見逃さない想像力、②実際に生じている事象から原因を特定する分析力、③多くの制約条件を加味して適切な施工方法を考え出す技術力、④実際の事象に的確に対応できる即応力等、あらゆる角度からの幅広い能力が要求されます。なかでも点検の精度と診断技術の重要性は言うまでもなく、また橋梁保全は単に設計すればよい、施工すればよいというものではなく、上流の点検、診断、設計技術及び施工計画能力を十分に保持し、両者を融合させることが、既存の橋梁保全の品質を確保する上で極めて重要です。

川田グループは、鋼橋及びPC橋それぞれの設計施工能力を有する専門業者である川田工業と川田建設、さらに橋梁用伸縮装置等の製品販売を専門とする橋梁メンテナンス、IT技術により、橋梁点検時や災害発生時の情報把握と共有を図るシステムを提供する川田テクノシステムの4社を保有しています。

具体的には次章で紹介するように、鋼橋及びPC橋の上部工及び橋梁の下部工といった、橋梁一式の保全工事のあらゆる工種について設計・施工を行ってきています。

また、橋梁の3大損傷といわれる疲労・塩害・アルカリ骨材反応の対策技術も、これまでに蓄積してきた技術と実績をもとに、設計・施工及び非破壊検査に関する技術開発を行っています。さらに川田工業が事業展開するロボット技術の橋梁保全への導入といった観点から、作業員のアクセスが不可能なことにより一般的に困難と思われる橋梁点検を、ロボット遠隔操作で可能とする開発に取り組み、実用化しています。(図3)

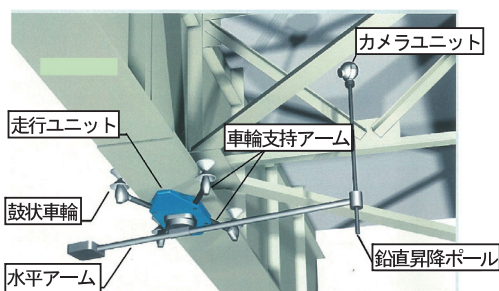
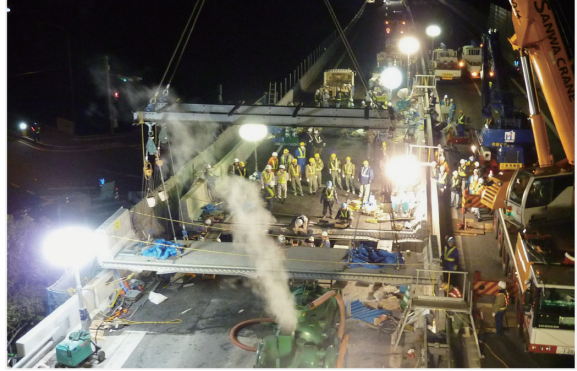


図3 橋梁点検ロボット

本文では、川田グループがこれまでにやってきた橋梁保全に対する取り組みとして、各種施工実績を通じた保全技術と、保有する製品及びIT技術の一部を紹介いたします。

4. 施工事例

RC床版の合成床版（SCデッキ）への取替え



既設RC床版を「プレキャストSCデッキ」へ取替えを行いました。工程的に厳しい条件であったため、合成桁の上フランジごと切断して既設RC床版を撤去する初めての試みで施工が行われました。(川田技報Vol.31)

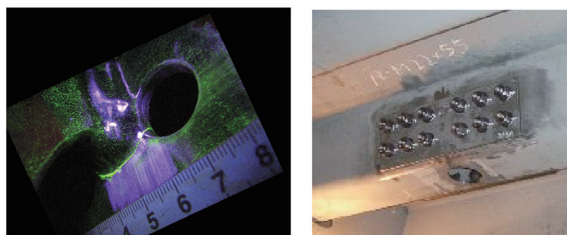
川田グループでは、本工事のようなプレキャストタイプに加え、急速施工が可能な場所打ちタイプのSCデッキなど、複数のメニューを揃え、施工条件に応じた製品や技術を提供することで、橋梁保全のさまざまなニーズに応えます。

RC床版のPC床版への取替え



既設合成桁橋のRC床版をPCプレキャスト床版に取替えました。既設のRC床版をコンクリートカッターにより切断・撤去し、鋼桁にスタッドを溶植して、工場で作られたPC床版を設置し、主桁と合成させました。

鋼床版の疲労対策工事

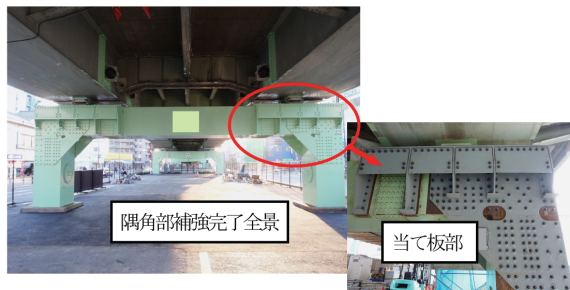


写真左：疲労き裂の先端にストップホール施工した例
 写真右：Uリブ突合せ溶接部が疲労き裂で破断した強度を回復させるために当て板補強した例

既設鋼床版に発生している疲労き裂を対象に、き裂補修及び当て板補強に加え、細部構造の改良や部材交換などによる応急対策及び恒久対策に関する調査・設計・施工を行いました。(川田技報Vol.28)

近年都市高速を中心とする重交通路線に多くの疲労き裂が報告されています。川田グループでは、3大損傷の一つである鋼部材の疲労対策を対象に、各種機関との共同研究による補修方法の立案や、非破壊検査手法及び施工技術の開発に取り組んでいます。(川田技報Vol.26, 29)

鋼製橋脚の疲労対策工事



鋼製橋脚隅角部に発生した疲労亀裂の対策を行いました。重交通路線を中心に疲労亀裂が発生しており、鋼製橋脚隅角部の溶接部にも損傷が報告されています。写真は、隅角部の補強としてフランジ交差部に発生する応力を低減するために当て板補強を行った例です。

交通供用下での施工のため、荷重が載荷された状態での施工であり、ボルトの締め付けはFEM解析にてボルトへの応力集中を避ける順序を検討して施工しています。(川田技報Vol.27)

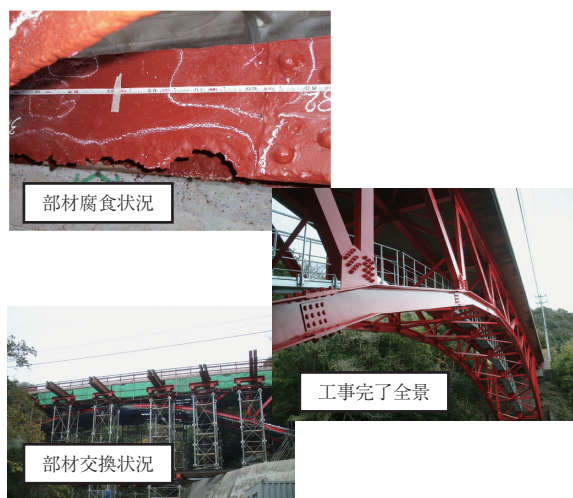
鋼桁の腐食対策工事



既設鋼橋の腐食対策として当て板補修を行いました。橋梁端部では、漏水や塩害による鋼製部材の腐食が見受けられますが、縦桁が腐食しウェブと下フランジが断面欠損したものを当て板により補修した例です。

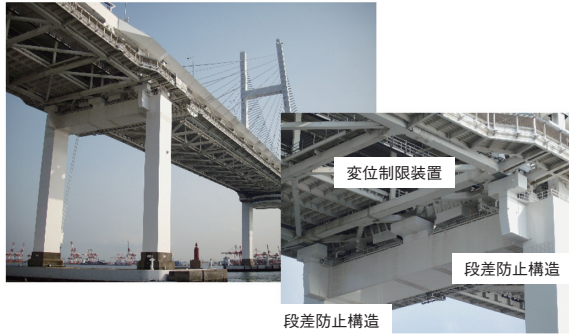
作用応力が大きい箇所では、施工時に仮設のバイパス部材により応力を迂回させて腐食部の撤去・復旧を行いました。

アーチ橋の腐食部材交換工事



塩害により腐食で断面欠損したアーチ橋の部材を取替えました。腐食が橋梁全体に広がっていたため、補剛桁を除く全ての部材を交換しました。施工は交通開放下で多点支持工法で行っています。構造物と工事の安全を確保するために架設ステップを詳細に検討し、各架設ステップの解析結果と橋梁の形状や応力状態の計測結果と検証しながら施工しました。

鋼長大斜張橋の耐震補強工事



大地震時に破損を生じる恐れのある橋脚や補剛トラス部材へ、現場溶接やワンサイドボルトで補強材を接合するとともに、橋梁の落橋を防止するための落橋防止システムの設置に関する設計・施工を行いました。(川田技報Vol.28, 29)

鋼逆ランガー橋の耐震補強工事



大地震時に破損を生じる恐れのあるアーチリブ等の主要部材へ、ワンサイドボルト等で補強材を接合する工事を行いました。本工事では、冬期の施工制約がある厳しい工程の中、大規模な補強工事を安全と品質を確保しながら効率的に施工を行いました。(川田技報Vol.31)

橋脚の鋼板巻立て耐震補強工事



RC橋脚への鋼板巻立てを行いました。RC橋脚に鋼板を巻立て、靱性や曲げ耐力の向上により補強するものです。鋼板は現場溶接により接合し、隙間にモルタルを充填して一体化させています。

PC桁橋の支承取替え



PC桁橋の鋼製支承をゴム支承(タイプB)に取替えました。

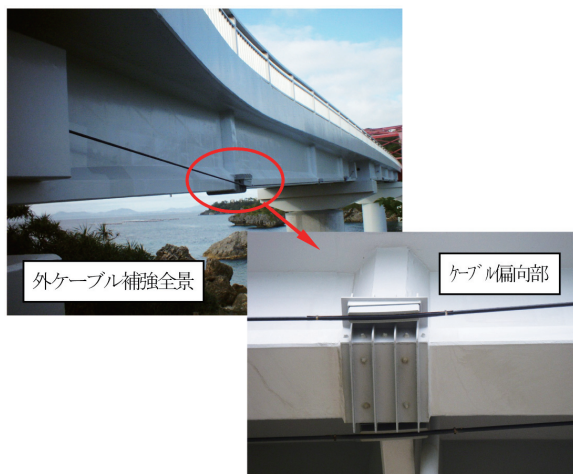
支承を取替えて耐震性能を向上させることを主目的に行っています。現行基準により設計するため、建造時よりも水平力が大きくなるためアンカーボルトを追加し、上脊は主桁側面にアンカーを設置して固定しています。

RC床版の炭素繊維補強



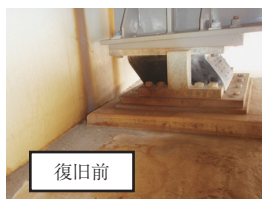
輪荷重載荷によって損傷したRC床版の下面に炭素繊維を貼付け、床版を補強しました。床版の耐力を向上させ、現行の荷重に対応するものです。炭素繊維を格子状に貼付け、床版下面からの観察・点検を容易にしています。

PC桁橋の外ケーブル補強工事



内ケーブルが腐食したPC桁を外ケーブルにより補強しました。曲げ耐力が不足する主桁に補強用外ケーブルを設置しプレストレスを追加することで、主桁の耐力を向上させました。定着部はコンクリート突起とし、ケーブル偏向部は鋼製ブラケットを使用しています。

震災復旧工事



地震で被災した橋梁の復旧工事を行いました。支承再設置、パラペット再設置、伸縮装置取替え、対傾構・横構補修など工種は多岐にわたっています。

5. 伸縮装置の紹介

橋梁メンテナンスではアルミ製の伸縮装置KMAジョイントを研究開発しています。

橋梁用伸縮装置は要求性能が明確にされ、性能評価が求められるようになりました。伸縮装置は路面で輪荷重を直接支持し、長期間に渡り繰り返し载荷される厳しい環境に設置されます。また交通規制の問題から簡単に取り替えることができません。鋼製フィンガージョイントなどは40年以上も更新されることがなく老朽化しています。

伸縮装置に求められる重要な性能として耐久性があります。最近の要求性能として製品ジョイントを評価する照査期間は30年とされました。橋梁メンテナンスではアルミ製ジョイントの材料疲労試験を実施して1000万回の繰り返し载荷で疲労破壊しないことを確認しています。これは交通量の多い路線での40年の供用期間に相当するものです。

また近年、性能面で止水性能に対する要求が厳しくなりました。過去に伸縮装置からの漏水を放置したため、橋梁の支点部の損傷が進行しました。この経験から長期間にわたり止水性を保障することが求められます。止水用に使用されるゴムは断面がハニカム状で伸縮性能は良好ですが、継手部の止水性が課題となりました。現在は継手部の接続方法は試行中です。接続部からの漏水を受ける二次止水装置には対応が可能です。

KMAジョイントの優位性は、三角形歯型にもあります。この歯型は高速で走行する車両のタイヤの衝突音を抑制する機能があり、歯の下部に設置された止水ゴムとの共同作用で騒音・振動が軽減されます。更にアルミは塩害にも有利です。また、鋼製ジョイントと比較してリサイクルアルミニウムの採用による製造段階におけるCO₂排出量抑制、施工時の削減効果などがあり、環境問題の解決への貢献が期待されます。

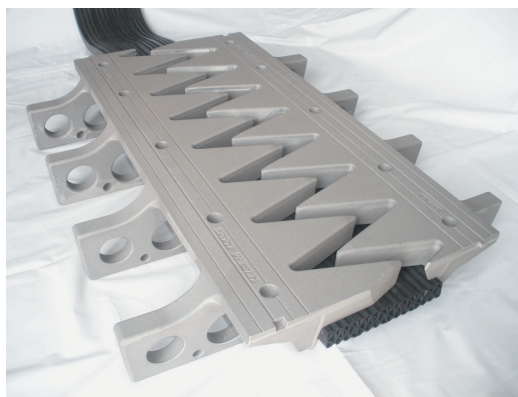


写真1 KMAジョイント

6. IT技術の紹介

川田テクノシステムでは、保全業務に関する受託設計業務とIT関連のソフトウェアの開発・販売を行っています。

アーチ橋・ラーメン橋などの複雑な構造系を有する橋梁では、耐震補強設計を行う際に、構造物の振動特性を把握し、効果的な耐震補強を講じることが要求されます。動的解析のみならず、補強計画・設計計算・図面・数量作成までを総合的にサポートする形で受託設計業務を行っており、応力レベルの可視化をはじめ、補強工法の検討・補強部材の設置計画を含めた提案型の業務遂行に努めています。(図4)

「basepage」は、多くの情報を蓄え、それを共有するシステムで、一つの使い方として災害情報共有システムがあります。通常は橋梁パトロール結果の集約と共有に使用し、災害有事においては、GPS携帯と連動させ災害情報の即時収集と共有に使用できます。先の東日本大震災では所有資機材の事前登録により、迅速な初動対応を支援できました。この様な高い実用性と共に災害時の安否確認など更なる用途拡大への開発を進めています。(図5, 6)

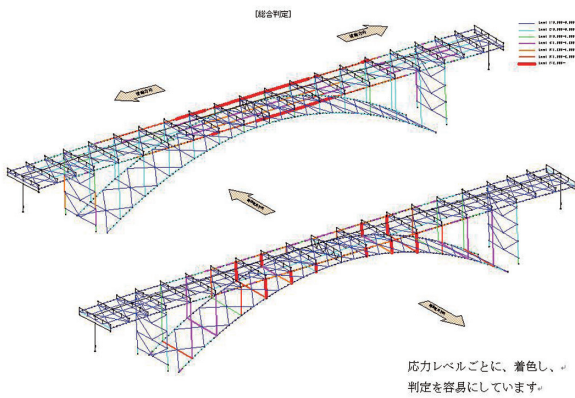


図4 応力度レベルの可視化

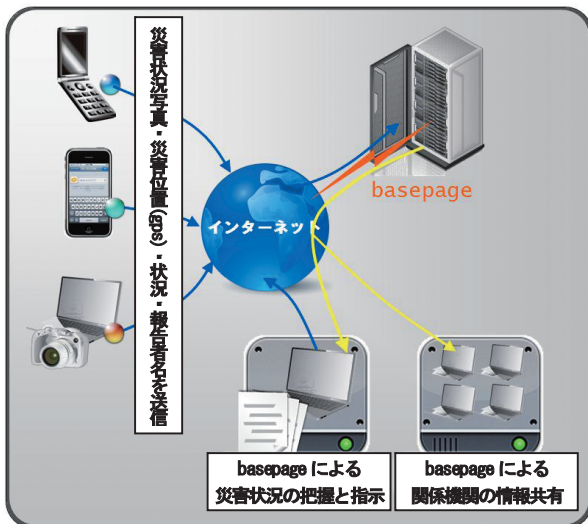


図5 「basepage」災害情報共有システム(概念図)



図6 「basepage」災害情報共有システム(運用イメージ)

7. まとめ

橋梁保全は、供用下での施工となることが多く、現地の諸条件によりさまざまな制約を受けます。また、橋梁保全に対する基準及び制度は未整備な部分が多く、設計・施工とも実際の損傷状況や現地の諸条件に応じて個別に対応しているのが実情です。

このような状況の下、発注時の設計成果や実施工において、既設橋梁の性能に影響を及ぼしかねない不具合が見受けられることから、橋梁保全の品質確保に向け、橋梁保全の特性に配慮した基準及び制度の整備などを早急に行う必要があります。

また、実施工時の調査や協議の結果により、設計内容が大きく変わる特徴を有する保全工事に対し、工事請負業者が現地諸条件を踏まえ、発注時の設計成果の矛盾点を積極的に見出し、設計内容の見直しに携わる技術力を大いに発揮できる環境を整備するため、設計変更への柔軟な対応や、実態に即した積算制度の整備も橋梁保全の品質確保のために重要な課題と言えます。

川田グループでは、このような橋梁保全の特性を考慮し、さまざまなニーズに応えられるよう、グループ各社が保有する技術力を結集して、今後も橋梁保全の品質確保と事業発展に向け努力する所存です。