

土木学会平成26年度全国大会
研究討論会 研-20 資料

社会インフラの改築・更新 のあり方を考える

座 長	島 弘	高知工科大学
話題提供者	葛西 昭	熊本大学
	加賀山泰一	阪神高速道路(株)
	木村 元哉	西日本旅客鉄道(株)
	野崎 芳郎	神宮司庁

日 時	平成26年9月12日(金) 12:45~14:45
場 所	大阪大学豊中キャンパス
教 室	全学教育推進機構 C102

複合構造委員会

趣旨説明

高知工科大学 教授 島 弘

近年、社会資本が抱える社会的要請の大部分が維持管理に関する問題となっている。そのような中、構造物の長寿命化を中心とした取り組みが積極的に進められており、構造物の維持管理は、すなわち、長寿命化としてとらえられている感がある。そして、多くの場合、長寿命化を目的とした事後保全としての対策工を実施しているのが実情である。この事後保全としての対策工の実施は、構造物に対して一定の延命化を図ることは可能であるが、それでも近未来に構造物が設計耐用期間を迎え、構造物に対して解体を含めた大規模な更新が必要となる事態を招くことは容易に想像できる。故に、この「構造物の解体・更新技術」に関する研究は、社会資本の統合的な維持管理の観点からも近未来に向けて最重要な課題となることは自明である。

一方で、日本の社会資本は、その多くが計画時に比べて交通量が増大したことや、河川改修など構造物を取り巻く諸条件の変化等、構造物の機能に対する要求性能レベルの向上に対応することで、更新が図られてきたのが実態である。具体的には、橋梁であれば桁拡幅など既設橋梁の増改築や、既設構造物の解体撤去を伴う新設橋梁への架け替えが実施されてきた。なお、橋梁などの構造物においては、体系化は行われていないものの、既に更新技術が個別には開発され推進されてきており、近未来の構造物の更新に関する解体撤去や増改築に関する要素技術は、一定のレベルで既に構築されている。

しかし、これまでの更新技術は、構造物が比較的健全な状態での増改築や解体撤去などの更新技術であったが、今後は、構造物の延命化対策によって、従来よりも劣化した状態における更新技術が必要とされ、これまでもよりもより高度な技術力や的確な判断が必要となる。

このような背景を踏まえ、これまでの更新技術における種々の要素技術を再評価、検討、および体系化等を図ることは、近未来における構造物の更新技術に対して、具体性と実用性をさらに兼ね備えた更新技術とすることに匹敵する。なお、体系化された更新技術は、今後の社会資本の維持管理の観点から、構造物の更新のみならず、現状の性能レベルの向上を目的とした構造物の更新に対しても有効であり、即効性は極めて高い。

本研究討論会では、来たる構造物の改築・更新の時代の到来に対して、「構造物の解体・更新技術」の体系化に必要な事項をパネラーと共に議論し、また、フロアからの意見も頂戴しながら、今後の研究課題を抽出することを目指している。そこで、パネラーとして、以下の話題提供者をお呼びした。

- 1) 葛西 昭 (熊本大学)：構造物の更新・改築技術に関する研究小委員会の主旨説明
- 2) 加賀山泰一 (阪神高速道路(株))：阪神高速道路構造物の補修・補強・更新事例について
- 3) 木村 元哉 (西日本旅客鉄道(株))：J R 西日本における橋梁の更新・補強事例
- 4) 野崎 芳郎 (神宮司庁)：伊勢神宮式年遷宮に見る改築技術「宇治橋」

本研究討論会で、構造物の改築・更新のあり方が新たなステージへと駆け上がり、新小委員会で議論すべき内容が取りまとめられる有意義な議論が交わされる場となることに期待する。

構造物の更新・改築技術に関する研究小委員会の主旨説明

熊本大学 准教授 葛西 昭

近年、社会資本の維持管理は、長寿命化を中心とした取り組みが進められている。構造物の長寿命化は、多くの場合、事後保全としての対策工が実施されているのが実情である。このような、事後保全としての対策工の実施は、いずれ近未来に構造物が設計耐用期間を迎え大規模な構造物の更新を必要とすることに繋がることは容易に想像できる。つまり、構造物の大規模改築技術、撤去解体技術などの更新技術が、極めて重要な課題となる。

そこで、本研究小委員会では、構造物の更新技術の体系化を目的として、これまでの構造物の増改築技術および解体撤去技術を調査し、近未来に必要とされる更新技術に対する課題を抽出し、検討および研究を実施するものである。現在のところ、以下の手順を想定している。

① 構造物の更新技術の現状調査

構造物の更新に必要となる技術について現状調査を実施する。具体的には、増改築技術、解体撤去技術などに着目する。

② 構造物の更新技術の課題の抽出

現状調査結果に基づき、対象構造物や対象構造の規模に応じた更新技術の課題を抽出する。

③ 維持管理における更新の意思決定方法に関する検討

維持管理における予防保全、事後保全などの対策区分や、補修補強、解体撤去等の対策工の選定などについて、LCCの導入など意思決定方法について検討する。

④ 近未来に必要とされる更新技術の検討

大規模更新などを踏まえて、新たに必要とされる更新技術の可能性などの検討する。

⑤ 更新技術の体系化

本研究討論会は、上記小委員会の設立にあたって、キックオフとして執り行われるものである。従って、上記手順は、現時点では想定に過ぎない。討論会での議論を踏まえて、あるべき姿を追っていきたいと考えている。

なお、現状でも既に更新改築を行っている事例は見受けられる。そこで、現状調査の一環として、本研究討論会では、2つの団体からの更新事例を紹介いただく。もちろん、これだけで全てが網羅できるわけではない。フロアからの活発な意見に期待したい。最後に、例えば、伊勢神宮の式年遷宮では、20年に1回の割合で、定期的に構造物を作り直すことで、1300年前の建築様式を継承している。20年後には構造物を解体し、作り替えることを前提としており、資材や用地等の準備を含めて、総合的な見地から構造物が形成されている。リビルドは、ただ単に解体する、新しいものを作る、というものではなく、これらの一連の流れも総合的に捉えることに神髄がある。この点について、特に土木構造物の観点から敷地内にある「宇治橋」を取り上げ、その更新改築に見られる考え方を講演いただく。

※ なお、本研究討論会では、伊勢神宮式年遷宮に見られる改築事例についてもご紹介いただく予定であるが、本資料には、その内容が含まれていないことを、ここに付記しておく。

「阪神高速道路構造物の補修・補強・更新事例について」

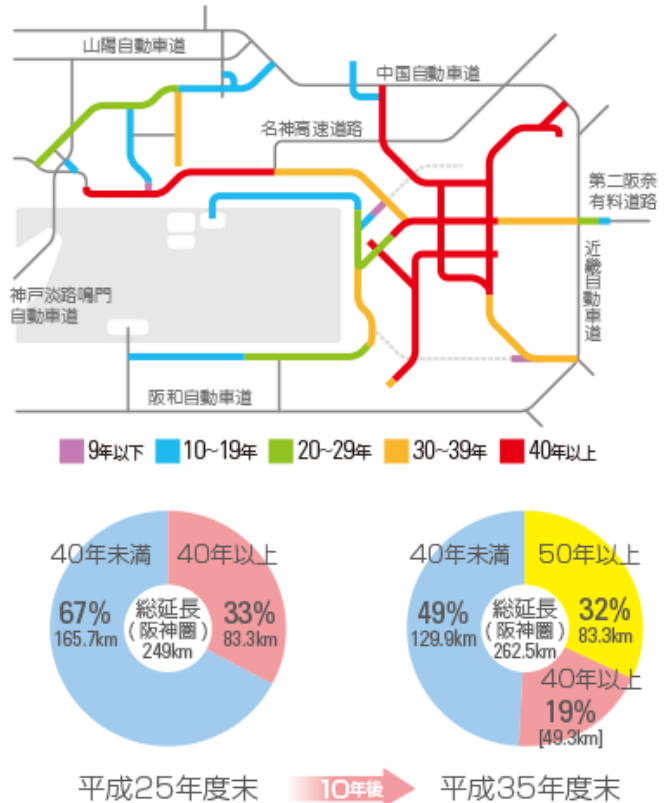
平成 26 年 9 月 12 日
 阪神高速道路株式会社 技術部
 大規模修繕・更新技術推進室
 加賀山 泰一

1. はじめに

大阪，神戸を中心とする都市部において年々悪化する自動車交通事情に抜本的な解決を求める地元等の強い要望を受け，阪神都市圏の自動車専用道路整備を目的として 1964（昭和 39）年 6 月に現在の阪神高速 1 号環状線，土佐堀～湊町間 2.3 km が開通し，今年で 50 年の節目を迎えた．その後も順次，建設を進め，現在は 259.1Km の供用延長，1 日の通行台数 74 万台に至っている．

現在の阪神高速道の供用年別の内訳は図－1 のとおりであり，40 年を超える路線は全体の 30％以上である．これら阪神高速道路は都市高速道路という性格上，総延長の 80％近くが高架構造，すなわち橋梁構造物である．これら構造物に対しては図－2 に示すような点検 ⇒ 評価 ⇒ 補修という基本的ルーチン作業をはじめ，様々なメンテナンスを実施することで，その安全性・快適な車両走行性の確保に努めてきた．

しかしながら，この基本ルーチンでは，通常の補修・修繕行為で対応可能な損傷レベルのみで，これを超えるレベルでは対応も変えることが必要となる．その事例の一つは阪神淡路大震災で，それ以外にも初期施工の不具合等により更新した事例もある．一方，今後は構造物の老朽化に伴い，このような更新や大規模な修繕の必要性に迫られる構造物が増えることが想定され，阪神高速道路では今般その計画を取りまとめたところで



図－1 阪神高速道路の供用年別内訳



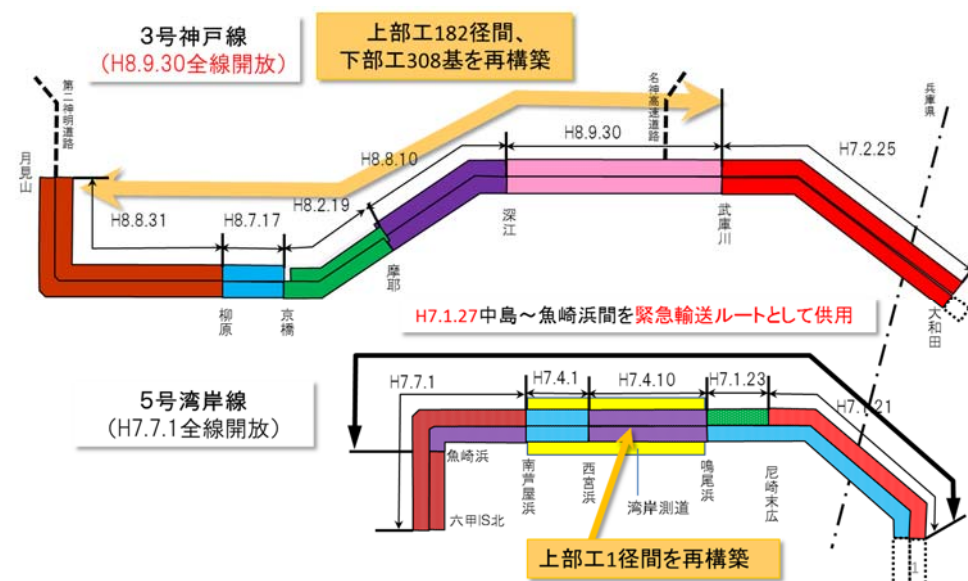
図－2 メンテナンス業務の基本ルーチン

ある。以下，過去の事例と今後の更新等にあたりその課題や方向性について紹介する。

2. これまでの事例

2. 1 阪神淡路大震災

平成 7 年 1 月に発生した阪神淡路大震災により，神戸市域を中心に阪神高速道路も甚大な被害を受けた。図－3 に示すように供用年次が古い（昭和 44 年）3 号神戸線では橋脚が全体の約 27%にあたる 308 基を，また上部工については全体の 14%にあたる 182 径間をそれぞれ撤去・再構築の更新を実施した。一方で供用年次の新しい（平成 6 年）5 号湾岸線は橋脚の増杭等基礎を含む補強を実施した箇所はあるものの，撤去した橋脚は無く，上部工の更新箇所も側方流動による橋脚移動により落橋した 1 か所のみで，適用設計基準によりその被害には大きな差が生じた。

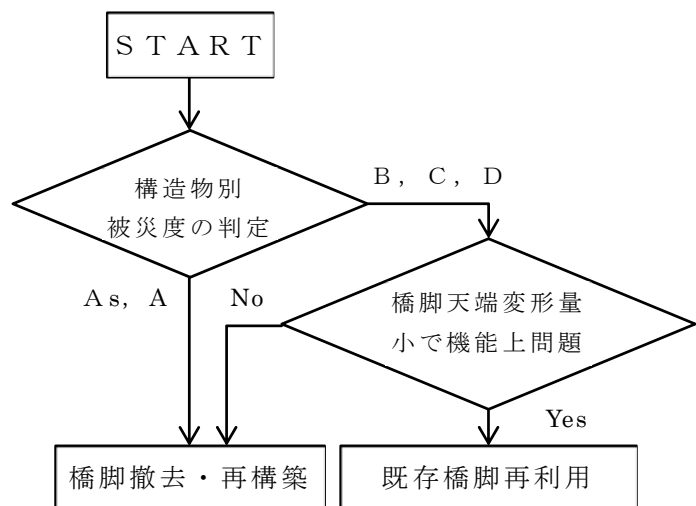


図－3 阪神淡路大震災による復旧工事・供用概要

この復旧工事においては，様々な撤去・更新に関し，急速施工含む施工を中心とした技術が新規開発、もしくは既存技術の改善等がなされ，幅広く実施・応用された（図－4）。また，更新にあたり，その判断基準を明確にして復旧工事を進めることが重要で，図－5 に示すような更新もしくは補強の判断手順を策定した。この判定は道路震災対策便覧（震災復旧編）の判定区分を基に，橋脚の場合は，桁との取り合い等から，ある一定以上の変形（傾き）を生じている場合は撤去・再構築するもの



図－4 被災橋脚の撤去前状況



※ As, A, B, C, D は道路震災対策便覧による

図－5 被災橋脚の撤去更新検討手順¹⁾



図－6 R C柱－鋼製梁の複合橋脚

とした。また橋脚についても基礎の調査を行い、杭に一定以上のひび割れが生じている場合は、増杭補強を実施した。なお、更新する橋脚形式は可能な限り現地の施工時間を短縮できるよう、図－6に示すような複合橋脚など工夫を施した。

2. 2 桁の架け替え



図－7 R C橋梁 損傷状況



図－8 R C橋梁の撤去工事

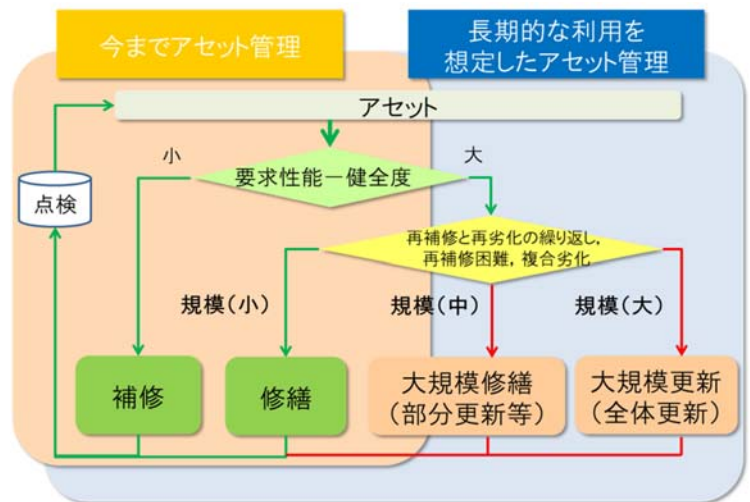
2. 1の震災以外に昭和45年供用の1号環状線のRC桁橋で、桁端部の鉄筋量が少ないなど、建設当初の設計・施工の不具合で発生した斜めひび割れの抜本的補修が出来ず、桁の更新を実施した事例がある²⁾。当該橋梁は可動側の支承機能が固定化したことが発端となり、結果として損傷レベルは厳しい状況（図－7）に進行した。これに対し部分更新等の抜本的補修をしなければひび割れは解消できず、この状況が10年以上続いたこと、同様の損傷が別の周辺桁にも発生し始めたことを契機に、通行止め工事により更新することとなった（図－8）。

震災を含めいずれの事例も、通常補修や修繕では要求される性能を回復できないと想定・判断し、更新を選定した事例だが、これらの一連の判断、つまり将来予測をいかに工学的に説明できるかがポイントとなる。

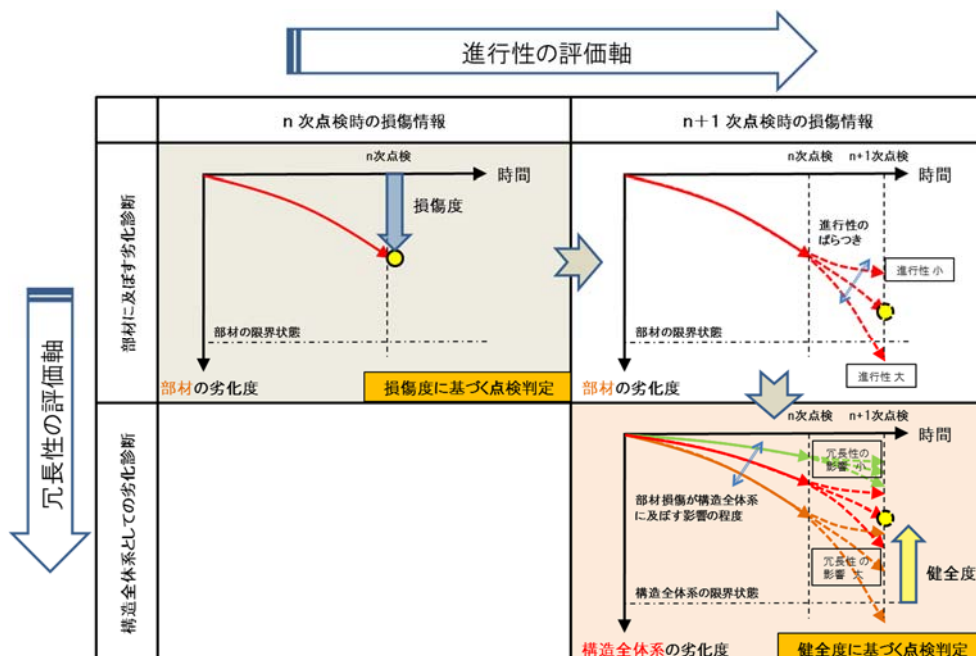
3. 今後の大規模更新等について

昨今，高速道路会社を主体に大規模更新計画が公表されている．その理由は供用後 50 年を経過し，ある特定の構造物については，老朽化による損傷が顕在化し，将来における構造物の安全性が懸念されることから，順次計画的に更新や大規模修繕を実施する必要性が生じたことから取りまとめたものである．

図－9 に大規模更新等を考慮した維持管理メニューの選定フローを示している．従前は補修か修繕かの二者の選択で，これらの違いは概ね回復目標とする性能を，実施前より高くするか否かの選択であった．しかし，今回は修繕のうち，その実施する規模や範囲について，損傷発生状況や内容，さらには将来状況を予測して，大規模修繕もしくは更新の判断が必要となる．つまり，より精度の高い構造物としての健全性についての評価が必要となる．通常，点検による判断では，まず構造物の損傷（度）を判断することとなるが，構造物に対する影響（健全度）については，主に図－10 に示すように，その損傷の進行性と発生している部材の構造物における重要度に応じて判断され，この判断がより体系的になるよう求められると思われる．



図－9 大規模更新等を考慮した選定フロー



図－10 損傷の判定因子

また，今後は図－9 に示す大規模修繕・更新を実施するための判断要因，再劣化，補修の容易性，損傷要因の複合などを如何に構造物の将来の健全性と絡めて判断できる

かもポイントとなる．その為，不足する情報の有無の検討を含め，必要に応じデータ等を収集することとなろう．

4. おわりに

阪神高速道路構造物の補修・補強・更新事例について，阪神淡路大震災，及びR C桁の損傷に伴う更新，さらに今後の大規模更新について紹介をした．更新の実施，すなわち施工する技術については，低騒音等の環境負荷低減タイプの撤去工法を含め，阪神大震災をはじめ，その後の震災だけでなく，制約条件の多い都市土木を中心に進化を続けていると思われる．一方で，このような更新等を実施するためには，それを判断する客観性の高い根拠が必要となるが，この点については構造物の健全性評価技術をはじめ，今後も改善の余地があると思われ，その為のデータ収集も必要と思われる．

- 1) 阪神高速道路公団；大震災を乗り越えて－震災復旧工事誌－，平成 9 年 9 月 30 日
- 2) 高田，伊東，山本；環状線 R C 単純桁の損傷と桁架け替え工事報告，阪神高速道路技報 21 号，2003，PP. 29－35

1. はじめに

J R 西日本が保有する橋梁のうち、鋼橋（合成桁を含む）は大正末期から昭和初期にかけて、コンクリート橋は高度経済成長期に建設されたものが最も多い。また、鋼橋は古い年代に製作されたものが多いため、支間 10m 未満の桁が全体数量の約 51%を占めており、短い桁が多いのが特徴である。

以下に J R 西日本における最近の更新・改築事例を紹介する。

2. J R 西日本における橋梁取り替えの現状

橋梁の取り替えは、桁自体の損傷・機能低下等が理由で取り替えを行うものと、河川改修等に伴い、新たな橋梁に取り替えられるものとがある。このうち、桁自体の理由で取り替えを行う橋梁は年間数連程度で数少なく、支間数 m の小規模な桁が多い。その取り替え理由は疲労き裂と軌道保守困難がほとんどである。疲労き裂により取り替えられる橋梁のほとんどは I ビーム桁および槽状桁で、支点付近にき裂が発生しているが、部材寸法が小さいことにより当て板等による補修が困難なため、取り替えを行うことがある。軌道保守困難を理由に取り替えられる桁は槽状桁であり、重軌条化のため、建設時よりも断面の大きなレールに交換した場合、締結装置を設置するスペースが少なく、軌道保守上の問題となるために桁の取り替えを行うものである。

架設方法は横取り工法、門構を用いた工法、クレーン一括架設工法、エレクトリオンガーダー方式の桁交換機（写真 2）等である。



写真 1 槽状桁の例

3. 大規模トラス橋の部分交換

J R 西日本では「鋼鉄道橋の維持管理に関する調査・検討委員会（委員長；松井繁之大阪大学名誉教授）」を立ち上げ、そのなかで、大都市部の大規模トラス橋を対象とし、今後の維持管理のあり方について詳細に検討していただいた。

対象とした A 橋は大阪市中心部の 3 複線区間に架設されており、橋長は 729m である。最も古い複線下路トラスは 1900 年供用開始、新しい上路プレートガーダーは 1932 年供用開始である。上部工の数量は単線上路プレートガーダー 46 連、複線下路トラス 43 連である。

過去には縦桁上フランジの腐食対策としてカバープレートを溶接で取り付ける等の補修が施され



写真 2 桁交換機による施工状況



写真 3 A 橋の外観

ている。また、平成 1997 年から 2007 年にかけて、下路トラス橋のローラー支承の可動不良対策として支承交換を実施している。

上述のとおり A 橋は最も古いもので 100 年以上前から供用されており、これをさらに 100 年供用し続けることを前提として、腐食、疲労の観点から詳細に調査を実施し、委員会に付議した結果、以下の提言を受けた。

- ・ 現状の塗装塗替えを継続していくことにより、腐食進行による耐力低下を防ぐことができる。
- ・ 図 1 のとおり、疲労き裂が発生している縦桁上フランジを部分交換することで、今後の疲労き裂発生を防ぐことができる。
- ・ 支承の可動機能低下については、これまでの支承取り替えにより改善され、現時点で問題はない。

A 橋では以上の提言を受け、縦桁上フランジの交換を順次進めている。

4. 災害復旧

近年の豪雨の増加により、橋桁流失災害がしばしば発生している。ここでは豪雨の河川増水により橋桁が流失した 2 つの事例を紹介する。

B 橋は中山間地域の上路プレートガーダー（3 連）を下路トラス橋（1 連）に架け替えた事例であり、架設桁工法を用いて復旧した。

C 橋は単純下路桁が 3 連架設されており、このうち 2 連が流失した。当時当社で保管していた災害予備桁が C 橋の条件と合致し、これを活用したため短期間で復旧することができた。架設にあたっては栈橋を設置してクレーン一括架設を行った。

5. おわりに

現在、J R 西日本で桁自体に問題があり、取り替えが必要と判断される橋梁は I ビーム、槽状桁等の小規模橋梁がほとんどである。これは I ビームや槽状桁等は部材寸法が小さく、当て板等の補修・補強が困難であることに起因している。

それ以外の多くの鋼橋は鋼構造物の特徴である補修・補強・改造を行うことにより、橋梁の機能を維持させることを基本に、供用し続けたいと考えている。

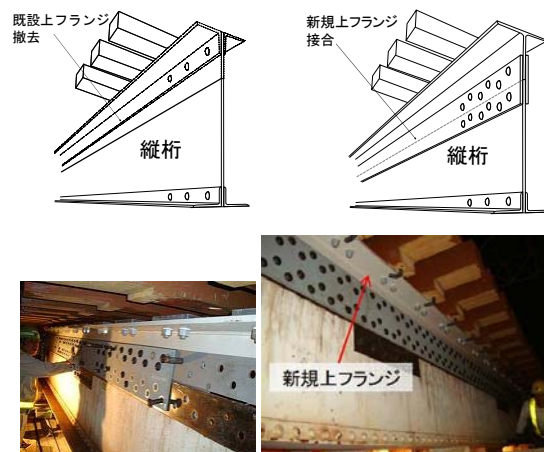


図 1 縦桁上フランジ交換



写真 4 B 橋施工状況（架設桁工法）



(a)被災状況



(b)復旧後

写真 5 C 橋の外観

1. はじめに

過去にはわが国の鋼鉄道橋で盛んに更新が行われた時期があるので、そのことについて触れた後、今日の J R 西日本の橋梁の維持管理について、山陽新幹線と在来線とに区分して説明する。

2. 鋼鉄道橋の更新・補強^{1),2)}

文献 1),2)によると、わが国の鋼鉄道橋において、過去 2 度にわたって更新・補強が盛んに行われた時期がある。

一つめは明治期の機関車荷重増大に伴う補強・取り替えである。明治期の設計活荷重は機関車の大型化に伴い、数度にわたり改正され、1909 年にクーパー E 荷重に改正された。なお、クーパー E 荷重は JR 発足までの間、長く使われた KS 荷重とほぼ同じ大きさであるため、この時に活荷重増大に対する設計荷重改正が完了したといえる。このような変遷を受けて 1896 年以前に架設された英国式トラスの多くは耐荷力不足により、その後架け替えられた。同時期に作られた上路プレートガーダーは架け替えで対応できないものもあったため、桁を増設する並列補強、またはカバープレートを溶接する溶接補強が行われ、1931 年から 1940 年の間に約 1300 連の溶接補強が行われた。

二つめは、戦後の鋼鉄道橋の荒廃に対する計画的取り替えである。これは明治期より保守の重要性に対する認識がなかったうえ、戦時中、塗装等の保守ができない時期が続いたことにより、鋼鉄道橋の荒廃が進んだものである。戦後、耐荷力不足となった鋼橋の架け替えが行われた。このうち多くを占める上路プレートガーダーを対象とし、初期には回転式あるいはエレクションガーダー方式の桁交換機による架け替えが行われ、1960 年に操重車³⁾ 200 が製作されてからは操重車による架け替えが増加した。

3. 山陽新幹線の維持管理

1999 年頃に山陽新幹線では高架橋床版からのコンクリート片剥落事故が発生し、「山陽新幹線コンクリート構造物検討委員会」を立ち上げて検討を行った結果、山陽新幹線の RC 構造物の劣化の主要因は中性化であり、塩化物イオンもこれに寄与していると結論付けられ、構造物ごとの中性化残りや塩化物イオン濃度を考慮した補修工法選定フローを提言いただいた。

現在ではこのフローを基本として補修を進めており、加えてデータベースやマニュアルも整備して、一定の維持管理体系は確立できたと考えている。

山陽新幹線は経済や国民生活に必要な社会基盤施設であると同時に、当社にとっては最も重要な経営基盤のひとつである。したがって、一日も運休することなく、将来にわたって山陽新幹線の安全安定輸送を継続し続けることが、当社に課せられた責務でもある。

山陽新幹線の RC 構造物は構造物延長 192km に及ぶため、その補修工事の費用や労力も決して小さなものではない。しかし、上述のとおり列車運行に支障させないという制約を考慮すると、上述の維持管理体系によって既存構造物を供用し続けてゆくことが必要と考えている。

なお、山陽新幹線では鋼橋は非常に少なく、合成桁が多く採用されている。これらの合成桁についても、詳細調査を実施し、一部のソールプレート溶接部に初期の疲労き裂が発見され、当て

板工法による対策を実施している。ソールプレート直下の BP シューの腐食等変状が進んでいる場合には、シューの取り替えを行っている。合成桁についてはこれらの対策を施すことにより、供用し続けることが可能と考えている。

なお、J R 他社の事例をみると、東海道新幹線においては大規模改修引当金制度を活用し、各構造物の大規模な改修を進めている。例えば鋼橋については当初、取り替えを計画していたが、列車の運休や一部徐行が必要になる等、列車の運行支障が避けられないため、研究を重ねて、取り替えと同等の効果を有する工法を開発し、既設構造物に対する補修・補強を行うこととして、現在その施工を進めている³⁾。

4. 在来線の維持管理

p.8~9 で述べたとおり、J R 西日本では I ビームおよび槽状桁を対象とし、年間数連の取り替えを行っている。これらの桁は小規模で部材寸法が小さいため、当て板等の補修・補強が困難なことが取り替えの理由となっている。

海沿いの塩害が厳しい環境に架設された橋梁では腐食が著しく進行する場合がある。当該環境下のトラス橋において、上弦材の格点付近のガセットプレート等の腐食が著しく、補強を行った事例⁴⁾がある。このように、小規模橋梁以外は当て板や部材交換といった補修・補強を行い、長寿命化を図っている。

また、p.8~9 に示す A 橋の事例ではこれまで 100 年間供用してきた A 橋をさらに 100 年供用し続けるという目標を設定し、委員会で調査検討を行った結果、部材交換により供用可能であることが示された。

5. おわりに

J R 西日本における橋梁の維持管理についてまとめると、以下のとおりである。

- ・ 過去には鋼鉄道橋が盛んに架け替えられた時期があった。機関車荷重の増大と、戦前・戦時中の保守が不十分であったことによる荒廃がその理由である。架け替えにあたっては、いくつかの架け替え機械・工法が考案され、実際に使用された。
- ・ 現在の鉄道橋梁について、将来的な設備更新の必要性を検討した事例がいくつかあるが、いずれも列車運行を支障しないことが前提となるため、取り替えは行わず、既存橋梁の補修・補強を適切に行う、という方向性になっている。ただし、小規模な鋼橋は補修が困難であることが多く、取り替えが実施されている。

参考文献

- 1) 日本国有鉄道：鉄道技術発達史，第 2 編施設，1959.1.
- 2) 仁杉巖：鉄道土木構造物の耐久性，p.154，山海堂，2002.12.
- 3) 関 雅樹：東海道新幹線鉄道橋梁の大規模改修による予防保全，橋梁と基礎，2014.4.
- 4) 佐藤,前田,大間：トラス橋梁格点部の腐食劣化に対する補修について,土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集第 1 部, 1-043,2005.9.