

第61回

コンクリート橋りょうの変遷と長寿命化への取り組み

はじめに

現在供用中の鉄道土木構造物の大半は、明治から昭和初期および高度経済成長期に建設されたものです。これらの鉄道土木構造物は、道路や港湾など他の社会基盤施設に比べて経年の進みが早く、また、さまざまな環境条件下に置かれています。このような背景から、鉄道では維持管理体系の整備や補修・補強技術の開発といった経年劣化対策に、いち早く取り組んできています。しかし、経年劣化が著しく進んだ構造物については、これまでの対応で対処できない事例も増えつつあります。また、近年では、劣化にともなう構造物の性能の回復だけを目的とするのではなく、耐震性や利便性の向上なども目的とした大規模改修(リニューアル)を行う機運も高まっています。

ここでは、鉄道コンクリート橋りょうの変遷を紹介するとともに、鉄道コンクリート構造物の長寿命化に向けた

維持管理の現状やリニューアルに関する研究開発について紹介します。

鉄道コンクリート橋りょうの変遷^{1),2)}

鉄道橋りょうは、古くはレンガ積み橋りょうや鋼橋が中心でした。その後、防災や騒音および維持管理などの観点から、コンクリート構造が採用されるようになり、近年建設された橋りょうでは、コンクリート構造が非常に多く採用されています。

鉄道コンクリート構造物の歴史は古く、明治37年に、鉄道における最初の鉄筋コンクリート(RC)橋りょうとして山陰線・島田川暗渠(RCアーチ橋)が建設されました。このころには、コンクリート構造物の施工の標準となるものはまだなく、試行錯誤的に施工されたようです。

明治末期には各地で鉄筋コンクリートの適用が推進されはじめました。こ

うしたことから、鉄道院において、大正3年に「鉄筋混凝土橋梁設計心得」が制定されました。大正12年に発生した関東大震災の復興工事にコンクリートが広範囲に使用されるようになり、施工機械も次第に普及しはじめました。この時期に最初のRC桁式橋りょうである房総線(現内房線)・山生橋りょう(桁長10.3m, 16連)が大正13年に建設されました。また、この時期、鉄道においては新線建設、既設線の改良が比較的盛んに行われ、現在でも鉄道高架橋に多く採用されているラーメン高架橋の建設が始まりました。

コンクリート橋りょうは規模を徐々に拡大していきましたが、RC構造を用いて長スパン化するには、自重の増加とコンクリートのひび割れの問題から、限界がありました。そのような背景の中、あらかじめ圧縮応力をコンクリートに導入すること(プレストレス)で、列車などの荷重が作用した場合でも、コンクリート部材のひび割れ



図1 信楽高原鐵道 第1大戸川橋りょう



図2 北陸新幹線 姫川橋りょう



図3 北陸新幹線 黒部川橋りょう



図4 北陸新幹線 神通川橋りょう

発生を防止できるプレストレストコンクリート(PC)構造が鉄道橋りょうに採用されるようになりました。我が国初めての本格的なPC鉄道橋(支間30m)として、昭和29年に信楽線(現信楽高原鐵道)・第1大戸川橋りょう(図1)が建設されました。その後、昭和34年の大阪環状線の高架橋建設、根岸線、東海道新幹線でも多くのPC桁式橋りょうが採用されました。

山陽新幹線の建設時には、PC鉄道橋に関するさまざまな技術開発が行われました。その1つに、桁の長スパン化があげられます。昭和46年に完成した吉井川橋りょうは支間73.2mで、新大阪～岡間間の最長支間を有する橋りょうです。また、錦町架道橋は、昭和49年に完成し、最大支間は88mで、山陽新幹線の最長支間となっています。

東北・上越新幹線では、山陽新幹線に比べさらに支間が長大化されました。東北新幹線では、支間105mの第2阿武隈川橋りょうが昭和50年に完成しました。一方、上越新幹線では、支間110mの太田川橋りょう、支間109.5mの吾妻川橋りょう、支間126mの赤谷川橋りょうが昭和53年に建設されています。

平成9年、平成27年に順次開業した北陸新幹線では、特徴的な橋りょうが多数建設されています。高崎～長野間では、支間133.9mのPC斜張橋である第2千曲川橋りょうやPCエク

トラード橋である屋代南架道橋が建設されました。長野～金沢間には、新幹線では初めてとなるPCフィンバック橋の姫川橋りょう(図2)、鉄道橋りょうでは初めて波型鋼板ウェブを採用した黒部川橋りょう(図3)、

PCエクストラード橋の神通川橋りょう(図4)などがあります。

鉄道コンクリート橋りょうの維持管理体系

鉄道構造物については、戦前までは何らかの問題が発生してから対処するという、いわゆる「事後保全」を基本とした維持管理が行われていました。しかし、構造物の不具合が原因となる事故が多発したことを受け、昭和31年に「建造物保守心得」を制定するなど、構造物検査の重要性が認識されました。その後、昭和49年には「土木構造物取替の考え方」(取替標準)が制定され、定期的な検査により健全度を判定し、健全度の程度に応じて大きな事故に至る前に監視や補修・補強などの適切な措置を施す、いわゆる「予防保全」の概念による維持管理の体系が示されました。そして現在は、鉄道



図5 維持管理標準



図6 鉄道設計標準

基準類の性能規定化への移行に基づき、平成19年に維持管理標準(図5)が制定されています。維持管理標準は、基本的には取替標準の考え方を踏襲していますが、別途整備が進められてきた鉄道設計標準(図6)とともに、性能規定化に対応した基準として整備されています。両標準の制定によって、建設から保守に至るまで構造物の性能評価が可能となりました。図7は、性能規定化された維持管理標準における維持管理の体系を示したものです。新たに鉄道構造物を建設する際には、設計標準に基づき設計・施工がなされます。次に、構造物の供用開始に際して初回検査を実施し、構造物の初期の性能を把握します。その後、2年に1回を基本とした定期的な検査を実施します。定期的な検査では健全度を判定し、前回の検査に比べて性能が低下し、早晩、要求性能を下回る可能性がある場合には、補修・補強などの措置を施します。

また、措置にともなう性能の変化を予測し直し、通常のループに戻り維持管理を継続します。

措置は、図8に示すように、実施するタイミングによって予防保全的な措置と対処療法的な措置に分かれますが、ここでは要求性能は満足しているもの

の、性能低下の傾向を確認した時点で、未然に構造物の保有している性能が要求性能を下回ることを防ぐための措置を「予防保全的な措置」、保有する性能が要求性能を下回った時点で、行う措置を「対処療法的な措置」と呼ぶこととします。維持管理を行う上で

は、検査結果に基づき、その後の構造物の性能の変化を予測することが重要です。性能の変化の予測結果や、構造物の今後の供用予定を勘案し、予防保全的な措置を積極的に行うか、性能の変化を確認しつつ対処療法的な措置とするのか選択し、アセットマネジメントを行うことが効果的な維持管理を行う上で必要となります。

一方で、要求性能は、たとえば耐震設計の見直しや、鉄道の安全に対する社会的期待の高まりなどに応じて、時代時代で変化します。したがって、補修や補強などの措置を施そうとする際に、性能がその時点での要求性能と大幅に乖離していることがあります(図9)。このような際に、とくに新幹線や都市鉄道のような重要線区においては、性能や機能の抜本的向上を目的に、「リニューアル」が行われる場合があります。構造物を維持管理していく上では、技術的判断に経営的判断を加えて、補修、補強、リニューアルのいずれかの措置を選択することが有効となります。

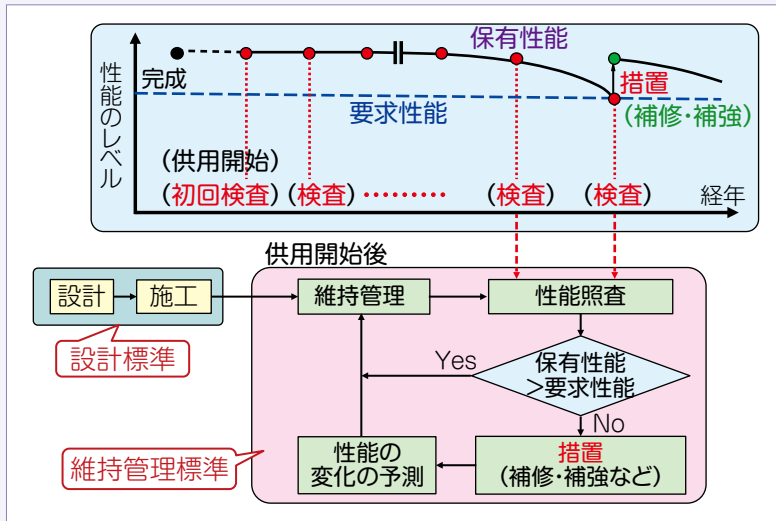


図7 性能規定化におけるメンテナンスの体系

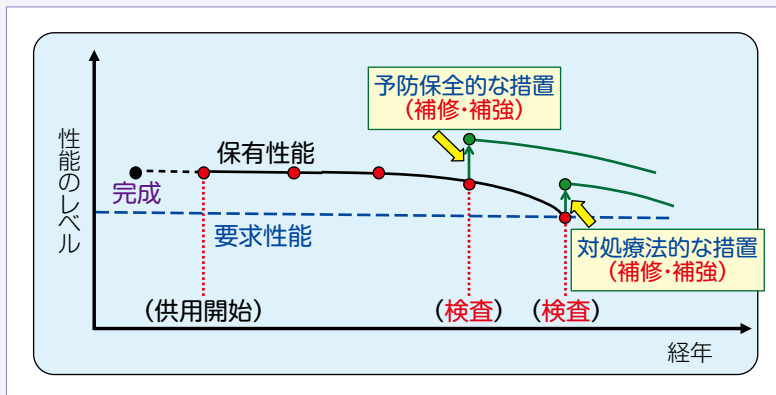


図8 予防保全的な措置と対処療法的な措置

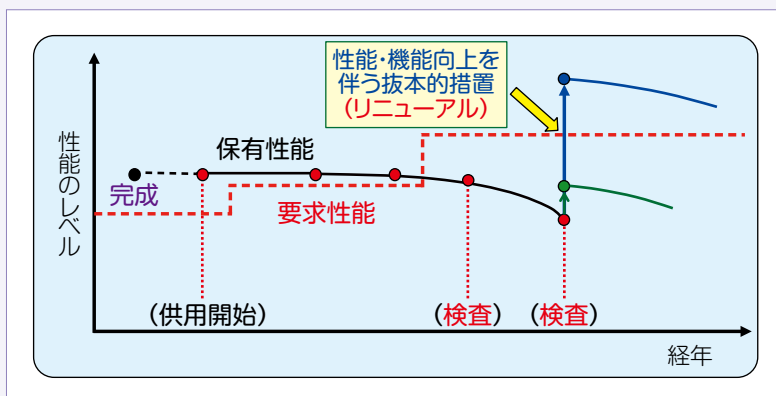


図9 要求性能の変化とリニューアル

鉄道高架橋のリニューアル技術³⁾

近年、鉄道総研では、鉄道コンクリート構造物のリニューアルに対して技術開発を行ってきています。ここでは、RCラーメン高架橋に関するリニューアル技術の一部を紹介します。

RC構造のラーメン高架橋は、柱、はり、スラブなどの部材から構成されています。RCラーメン高架橋は、先に述べたように昭和初期から都市部などで建設され始め、その後、立体交差化や新線建設で広く用いられるようになりました。そして、高度成長期には膨大な数量の高架橋が建設されましたが、その一部では鉄筋の腐食やコン

クリートの剥落など、建設後比較的早期に劣化を生じているものもあります。

ところで、RCラーメン高架橋のはりとスラブは一体構造となっており、縦ばり（線路方向）、横ばり（線路直角方向）と、これらのはりに囲まれる中間スラブ、縦ばりの外側に張り出した片持スラブから構成されています。このうち、高架橋の中間スラブは、軌道の直下に位置する重要な部材ですが、鉄筋の腐食により耐力

の低下が懸念される場合や、列車通過時の騒音・振動の低減が求められる場合があります。これらの課題を解決するために、超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）ボードを用いた中間スラブの補修・補強工法を開発しました。本工法は、スラブ下面にUFCボードを設置し、無収縮モルタルを充填して一体化するものです（図10）。この工法は大掛かりな足場を必要としないため施工性を向上でき、大幅な耐力向上が期待できます。また、薄肉軽量のUFCボードを用いるため基礎への負担が小さいこと、スラブ剛性が高まることから振動や騒音の低減効果が期待できることなどの特徴があります。

高架橋の柱は、耐震性に影響する重要な部材であり、これまでにさまざまな耐震補強工法が開発されてきました。一方、近年では高架下の空間をさまざまな施設として有効に活用するニーズが高まっています。しかし、柱の位置によって高架下空間の利用が制限され

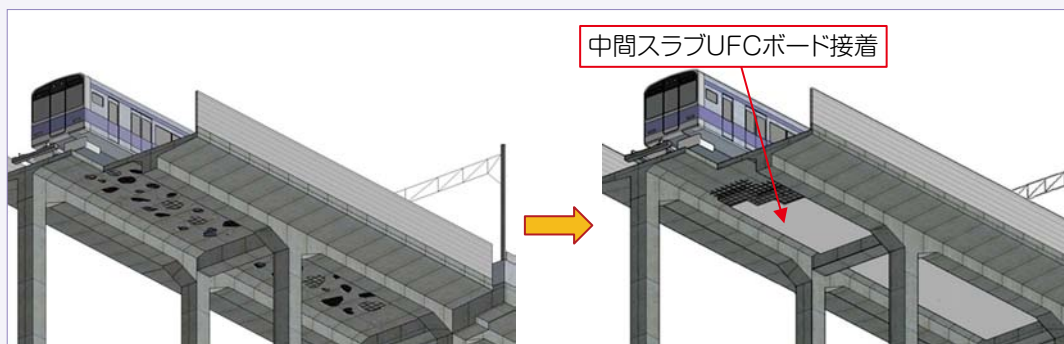


図10 RCラーメン高架橋スラブの補修・補強工法

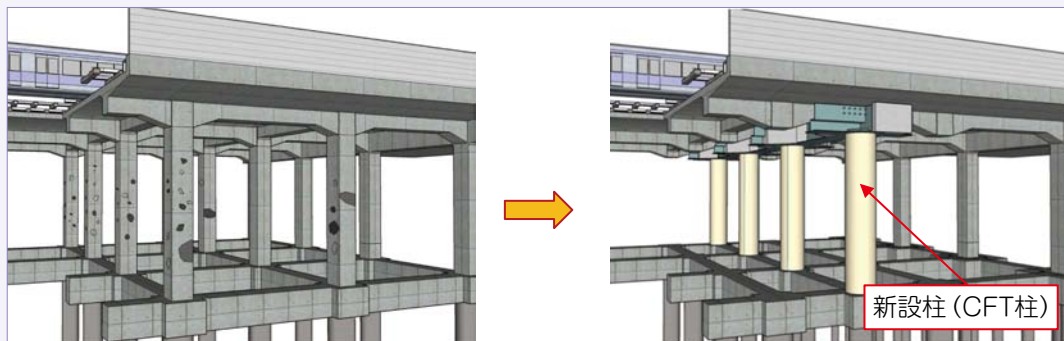


図11 高架橋柱の取り替え・移設工法

る場合があります。これを解消するには柱を取り替えて移設する必要があります。しかし、高架橋の柱を取り替えるためには、大掛かりな工事が必要となりました。そこで、コンクリート充填鋼管（以下、CFT）柱を用い、大規模な仮設物を必要としない柱の取り替え・移設工法を開発しました（図11）。この工法は、さまざまな条件の柱の取り替えや移設に対応できますが、図に示すように、既設の柱と柱の間にCFT柱を設置し、既設柱を撤去して柱間隔の拡大を図ることもできます。この工法を実現するため、はりに新設のCFT柱を接合する技術を開発しました。新たに開発した方法は、はりの横から孔をあけて鋼棒を挿入し、周囲に鋼板を取り付けてはりを抱き込むことで、はりと柱の間で力を伝達できる構造となっています。この接合方法は、既設のはりのコンクリートを大きく除去する必要がなく、施工を効率化することができます。

おわりに

これまで多くの鉄道構造物が建設され、実用に供されてきました。これらの鉄道構造物に対しては、適切な維持管理のもと、安全・安心を確保することはもちろん、社会のさまざまなニーズに応じたりリニューアルが可能であることが求められています。そのため、鉄道総研では、維持管理やリニューアルなど長寿命化に関する技術開発を今後も行っていきたいと考えています。

（岡本大／構造物技術研究部
鋼・複合構造研究室）

文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）コンクリート構造物，丸善出版，2007
- 2) 構設史編集研究会編：鉄道構造物を支えた技術集団，日本鉄道施設協会，2009
- 3) 谷村幸裕，焼田真司：構造物のリニューアル技術の革新，RRR，Vol.72，No.7，pp.36-39，2015