

構造物のリニューアル技術の革新



谷村 幸裕
Yukihiko Tanimura
構造物技術研究部 部長
[専門分野] コンクリート工学

鉄道は明治期以来、建設と改良を重ねて発展してきました。この間、多数の構造物が建設されましたが、近年では建設後長期間経過した構造物が増加しており、補修や補強が必要となる場合が増えていきます。また、地震対策、快適性や利便性の向上など、建設時には想定されていなかった新たな要求が生じており、これらへの対応が課題となっています。そこで、このような状況に対応するため、既設構造物を大規模にリニューアルする技術の開発を進めてきましたので、紹介します。

はじめに

1872年に我が国で初めての鉄道が開業してから140年以上が経ちました。また、1964年に東海道新幹線が開通してから50年が経過しました。この間、鉄道路線の拡大に伴い、多数の構造物が建設されてきました。そして、近年では建設後長期間経過した構造物が増加しており、これらの維持管理が課題となっています。特に、鉄道は重要なライフラインであり、その機能を阻害するような構造物の取替えが難しいため、できる限り既設構造物を使い

続けるのが基本となります。

そこで、鉄道総研では2010年度から5年間にわたり、鉄道の将来に向けた研究開発課題として、構造物のリニューアル技術の革新に取り組んできました。既設構造物をさらに長く安全に使い続けるための延命化技術や、今後の発生が懸念されている大規模地震に対する耐震性向上技術に加え、駅部における空間創造や、快適性向上につながる構造物のリニューアル技術を開発してきました。その成果の一部を紹介いたします。

高架橋のリニューアル技術

鉄道高架橋として多く用いられる鉄筋コンクリート(以下、RC)構造のビームスラブラーメン形式は、柱、はり、スラブなどの部材から構成されています。高架橋のリニューアル技術として、それぞれの部材を対象とした補修・補強工法を開発しました。

(1) はり・スラブの補修・補強工法

RCラーメン高架橋は、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

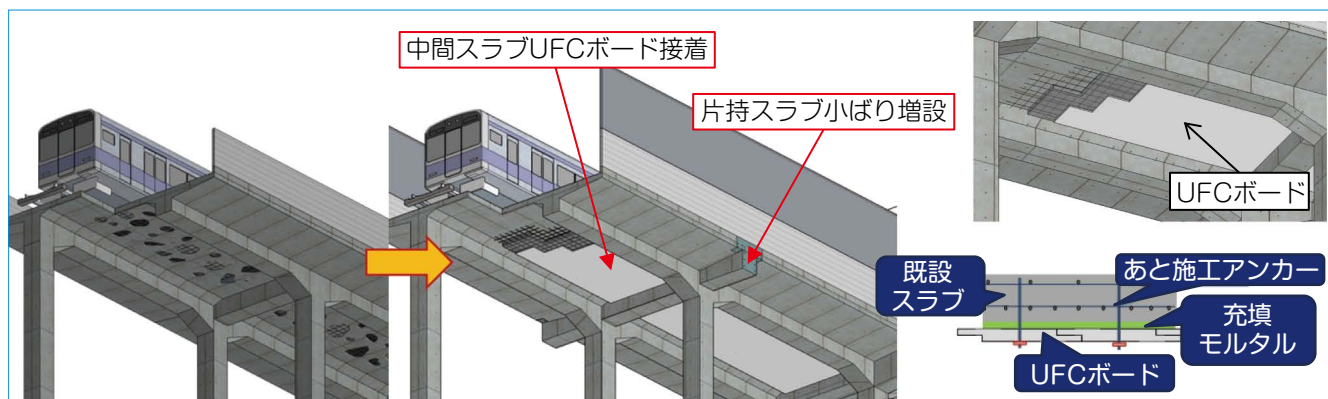


図1 高架橋スラブの補修・補強工法

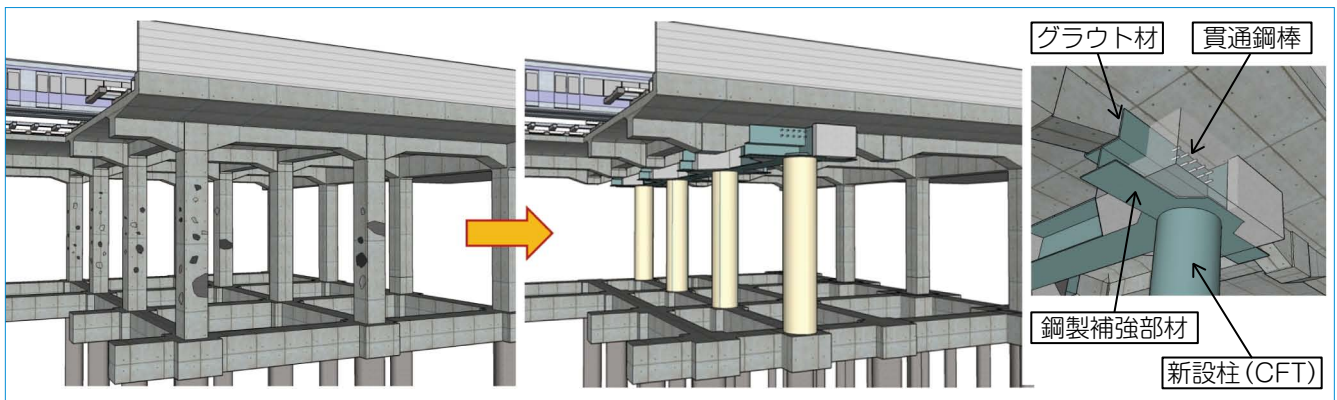


図2 高架橋柱の取替え・移設工法

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はく落など、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、ビームスラブ式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1）。従来の全断面修復工法に比べて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、スラブの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。

一方、片持スラブは、その先端に設置された高欄や防音壁を支持する部材ですが、騒音対策として防音壁をかさ上げする場合、耐力が不足することがあります。そこで、片持スラブの下面に小ばりを増設して補強する工法を開発しました。本工法により、高さ5m程度まで高欄のかさ上げが可能となります。

高架橋のはりに関してはアーチ型鋼材を用いて補強する工法¹⁾を、高欄に関しては高じん性セメントボードを用いた補修工法²⁾を既に開発しており、これらを組み合わせることにより高架橋のはり・スラブなどの全面的なリニューアルが可能となりました。

(2) 柱の取替え・移設技術

高架橋柱は、高架橋の耐震性に影響する重要な部材であり、これまでに様々な耐震補強工法が開発されてきました³⁾。一方、近年では高架下の空間を様々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る場合があり、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には、従来工法では大掛かりな工事が必要となっていました。

そこで、コンクリート充填鋼管（以下、CFT）（※参照）柱を用い、大規模な仮設物を必要としない柱の取替え・移設工法を開発しました。本工法は、様々な条件の柱の取替えや移設に対応でき、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（図2）。

本工法はCFT柱を用いるのが特徴ですが、これを実現するためにはCFT柱を既設のRCはりに設置する接合方法を開発する必要がありました。

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。また、CFT柱の鋼管は、

※ コンクリート充填鋼管（CFT）柱

鋼鉄製の管（鋼管）の中にコンクリートを充填した柱で、一般に、RC柱よりも高い耐力が得られるため、小さな断面で柱を構築することができます。また、RC柱と比べて短い期間で施工できるというメリットがあります。

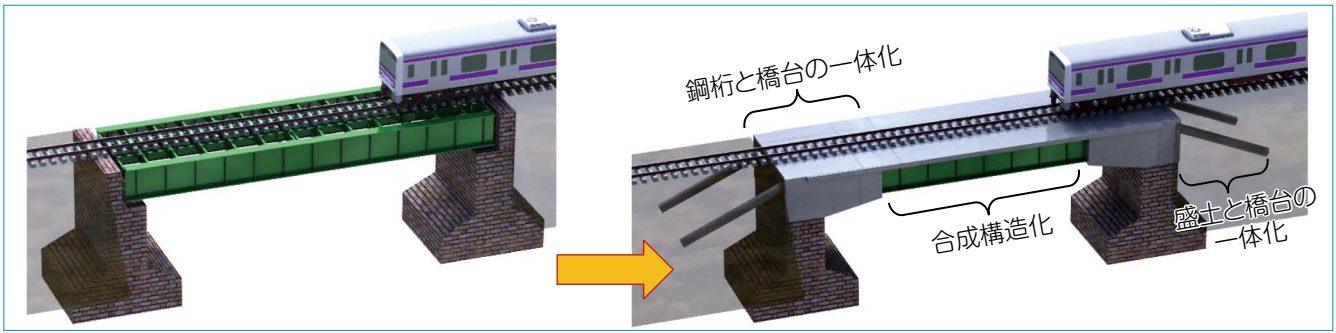


図3 鋼桁・橋台・盛土一体化工法

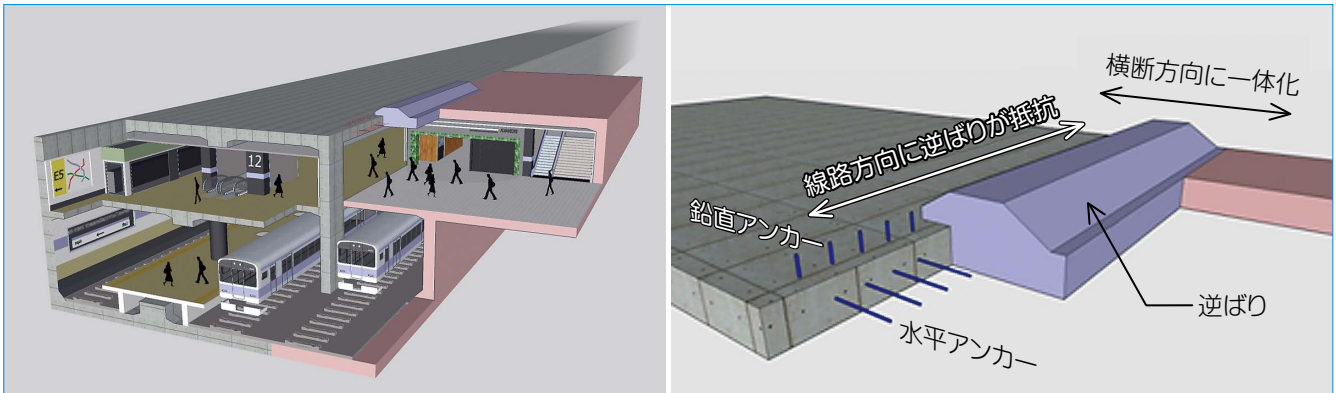


図4 地下駅の大規模拡幅工法

コンクリートを充填する前でも仮支柱として用いることができるので、仮設物を大幅に省略することができます。

このように、本工法を用いることにより、柱の取替えによる経年劣化対策、耐震対策を実現できるだけでなく、移設により高架下空間の有効活用を図ることができます。既設高架橋の諸元や柱の移設位置によっては、柱以外の補強が必要になる場合もありますが、増しぐいによる基礎の補強や前述のほり補強工法を用いることにより対応ができます。

鋼橋りょうのリニューアル技術

鋼橋りょうは、明治期以来、膨大な数量が建設されてきました。しかし、近年では騒音の問題などから新設構造物として採用される場合は減少しています。このため、鋼橋りょうは戦前期に建設された路線に多数存在しており、その多くは建設後長期間経過しており、

中には100年以上供用されているものもあります。

これらの鋼橋りょうは経年が進み、支承の機能不全やまくらぎ下の鋼桁の腐食などが発生している場合があります。また、地震時には橋台の損傷や傾斜が生じることがあります。さらに、列車通過時の騒音も課題になっています。このため、このような鋼橋りょうでは補強や取替えなどの対策が必要になってきています。

そこで、鋼橋りょうの支承部を無くし鋼桁と橋台を一体化し、橋台と背面盛土を地山補強材で連結させ、鋼桁をそのまま存置した状態で再生させる「鋼桁・橋台・盛土一体化工法」を開発しました⁴⁾。この工法により鋼橋りょうは延命化し、耐震性能も大幅に向上します(図3)。また、鋼桁の補強や騒音低減策として、まくらぎを撤去しコンクリート床版と鋼桁を一体化する「合成構造化工法」を開発しました。実物

大試験橋りょうを用いた施工実験、載荷試験を行い、これらの工法の補強効果を確認しました。これら2つの工法は、鋼桁の架替えと比較して1/2以下にコストを低減できます。また、両工法を併用することで、延命化や耐震補強のほか、騒音の低減も可能になります。

地下駅空間のリニューアル技術

都市部の地下駅では、混雑緩和や機能向上などを目的として、既設トンネルの一部を開口し、新設トンネルと接続して拡幅する工事が増加しています。しかしながら、開口幅が大きくなると、供用中の既設トンネルの耐荷力に影響するため、大がかりな補強が必要となる場合があります。そこで、開口による既設トンネルへの影響を抑制した新旧トンネルの接続工法を開発しました。

本工法では、既設トンネルの上床版を抱き込むように逆ばりを設置し、水平と鉛直の十字に配置したアンカーで



図5 高架駅ホームのシェルター化工法

新旧トンネルを接続します(図4)。本工法で提案する構造は、線路横断方向に新旧トンネルを一体化するだけでなく、線路方向に逆ばりを設置することで荷重の分散を図り、開口による既設トンネルへの負担の増加を抑制しています。実物大模型の載荷試験などを行い、新旧トンネルが一体的に挙動することや、接続部が十分な耐荷力を有することを検証するとともに、実用的な設計法をとりまとめました。

標準的な2層2径間の地下駅に幅12mの開口を設けるケースの試算によると、本工法を適用することにより既設トンネルの補強量を大幅に低減できることから、従来工法よりも10%程度のコストダウンを図ることができます。

地上駅空間のリニューアル技術

高架駅のホームは、屋外に直接面しているため、天候などによっては必ずしも快適性が高い空間とは言えない場合があります。そこで、ホームのシェルター化により快適性を向上する技術を開発しました(図5)。

ホームをシェルター化すると、ホームから線路への転落を防止できること、ホーム上に待合室の壁などが不要となり空間が拡大すること、ホーム上への風雨の吹き込みを防止できることなど

多くの利点が期待できます。一方で、照度の低下や、夏季における気温上昇などの欠点が生じる可能性もあります。また、高架橋も含めてすべてを新設する場合と異なり、既設駅をシェルター化する場合には、壁やホームドアなどの重量増により既設高架橋への負担が増すため、設置が困難となることが考えられます。

そこで、本工法では、屋根を膜材に変更することで軽量化を図りました。既設高架駅ホームの屋根には、鉄板やスレートなどの材料が用いられており、また、ホーム上に雨が吹き込まないように線路上まで張り出して設置されています。本工法では、屋根を膜屋根に取り替えること、および、壁が雨よけとなるので、屋根の設置範囲をホーム直上のみにも縮小できることから、屋根の大幅な軽量化を実現し、既設高架橋上への設置が可能となりました。また、膜材は太陽光を透過するので、シェルター化の欠点の一つである照度低下の防止にも寄与します。

一方、夏季温熱環境の悪化を低減するには、十分な換気量を確保するため開口部を設ける必要があります。そこで、模型実験などによりホーム上の気温を外気温よりも過度に高くないようにするための開口量を明らかにしました。

成果の活用

開発した構造物のリニューアル技術は、維持管理の低コスト化や安全性の確保、快適性の向上に役立つものと考えています。今後は、設計ツールを整備するなど、技術の普及を図っていきたいと考えています。

おわりに

構造物のリニューアル技術の革新について、これまでの成果の概要を紹介しましたが、今後もさらなる技術開発に取り組んでいく予定です。

なお、本研究の一部は、国土交通省の技術開発費補助金を受けて実施しました。RRR

文献

- 1) 田所敏弥, 谷村幸裕, 前田欣昌, 北沢宏和: アーチ型鋼材を用いてラーメン高架橋梁を補強する, RRR, Vol.69, No.10, pp.8-11, 2012
- 2) 佐藤栄寿: 高じん性セメントボードを用いた高欄リニューアル工法, RRR, Vol.70, No.7, 2013
- 3) 岡本大, 堀慎一, 谷村幸裕: 既設高架橋の耐震性を向上する, RRR, Vol.70, No.3, pp.20-23, 2013
- 4) 神田政幸, 館山勝, 小林裕介, 杉本一朗: 構造変更による旧式鋼橋梁のリニューアル, RRR, Vol.69, No.10, pp.4-7, 2012