

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

高架橋をリニューアルする

RCラーメン高架橋は鉄道高架橋に広く用いられていますが、その中には経年による劣化や損傷を受けているものがあります。また、安全性や快適性の向上のほか、周辺環境との調和など、構造物に対する新たな要求が生じています。RCラーメン高架橋は柱、梁、スラブ、高欄など、さまざまな部材により構成されていますが、各種の部材に対して補修・補強技術を開発しました。そして、開発した補修・補強技術を組み合わせることにより、高架橋の全面的なリニューアルが可能となりました。



岡本 大
Masaru Okamoto
構造物技術研究部
コンクリート構造研究室
室長
[専門分野]コンクリート工学



仁平 達也
Tatsuya Nihei
構造物技術研究部
コンクリート構造研究室
主任研究員
[専門分野]コンクリート工学



轟 俊太郎
Shuntaro Todoroki
構造物技術研究部
コンクリート構造研究室
副主任研究員
[専門分野]コンクリート工学

はじめに

現在供用中の鉄道土木構造物の多くは、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、平均経年数は約60年となっています。これらの構造物を使い続けるために、技術基準に基づいた系統的な維持管理が行われてきましたが、経年劣化が著しく進んだ構造物については、これまでのような方法では対処が難しい事例も増えつつあります。また、鉄道利用者の安全に対する意識が高まり、首都直下地震や東海・東南海地震に対する対応が求められる中、特に都市部などの重要線区においては劣化した性能の回復だけを目的とするのではなく、耐震性をはじめとする安全性や快適性の向上のほか、周辺環境との調和などを併せて向上できる大規模改修(リニューアル)のニーズが高まっています。

RCラーメン高架橋のリニューアル技術

鉄筋コンクリート構造(以下、RC)の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、高度経済成長期には、膨大な数量が建設されましたが、その中の一部には経年による劣化や損傷を受けているものがあります。また、耐震性など、現在の技術基準で必要とされる構造物の性能を満足していないものもあります。

ところで、RCラーメン高架橋は、柱、縦梁(線路方向)、横梁(線路直角方向)と、これらの梁に囲まれる中間スラブ、縦梁の外側に張り出した片持ちスラブ、高欄などのさまざまな部材から構成されています。鉄道総研では、これまでに、柱の耐震補強¹⁾や梁の補強技術²⁾を開発してきました。そして最近では、中間スラブ、片持ちスラブおよび高欄の補修・補強技術を開発しました。これらの各部材に対する補強技術を組み合わせることにより高架橋の全面的なリニューアルが可能となりました(図1)。以下には、RCラーメン高架橋のリニューアル技術のうち、最近開発した中間スラブ、片持ちスラブ、高欄のリニューアル技術について紹介します。

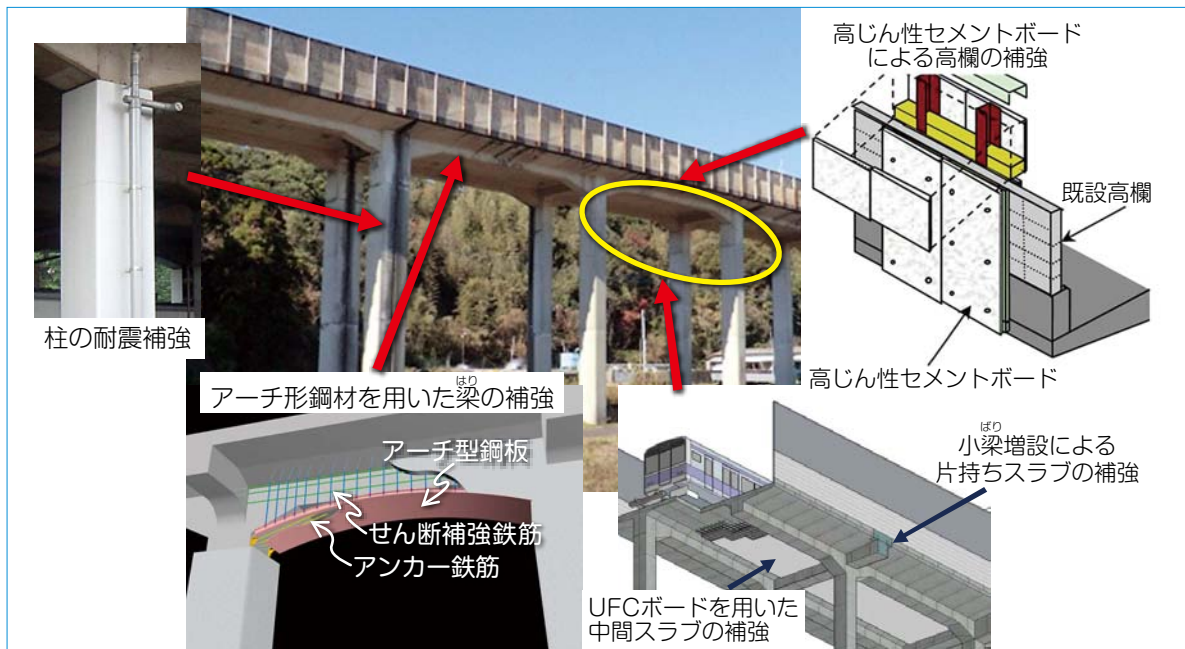


図1 RCラーメン高架橋のリニューアル

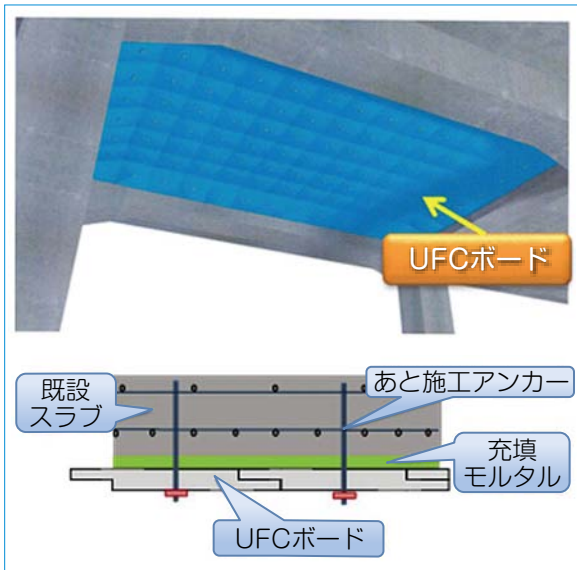


図2 UFCボードを用いた中間スラブの補修・補強工法

UFCボードを用いた中間スラブのリニューアル

近年、RCラーメン高架橋スラブの経年劣化が進み、耐力の低下が懸念される場合があります。また、列車の高速化に伴って、振動や騒音の低減が求められる場合もあります。現在、老朽化したスラブを補修・補強する工法としては、断面修復工法や鋼板接着工法などが用いられる場合が多くなっています。しかしながら、これらの工法では、はつり作業による騒音や再変状を生ずる危険性があるなどの課題があり

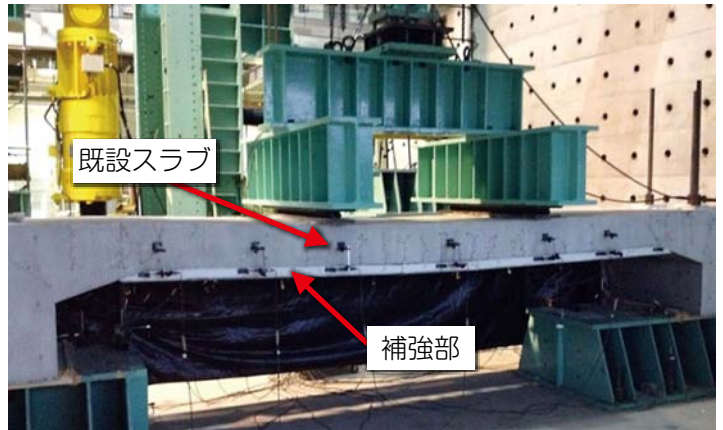


図3 载荷試験の状況

ます。このような課題を解決することを目的として、超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）ボード（※参照）を用いたスラブの補修・補強工法を開発しました。開発した工法は、スラブ下面にUFCボードをアンカー筋により設置し、既設スラブとの間に無収縮モルタルを充填して一体化するものです（※図2）。工法の主な特徴としては、UFCボードの腐食因子に対する優れ

た遮断性により、耐久性に優れること、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、経済性に優れること、薄肉軽量のため人力施工が可能であるとともに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が挙げられます。

本工法の補強効果については、载荷試験を実施し（※図3）、耐力および剛性が大きく向上することを確認しまし

※ 超高強度繊維補強コンクリート（UFC）ボード

高強度のモルタルに鋼繊維を混入したもので、約 200N/mm^2 の圧縮強度を有しており、引張強度は一般のコンクリートの約3倍あります。また、組織が緻密であるため劣化要因の浸入に対して高い遮断性を有しています。

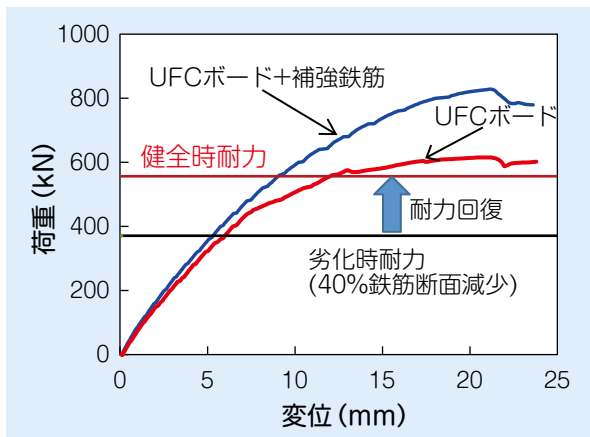


図4 载荷試験結果

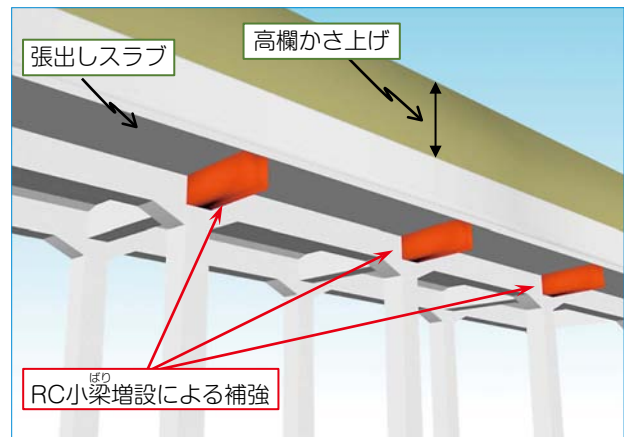


図5 小梁増設による片持ちスラブの補強工法

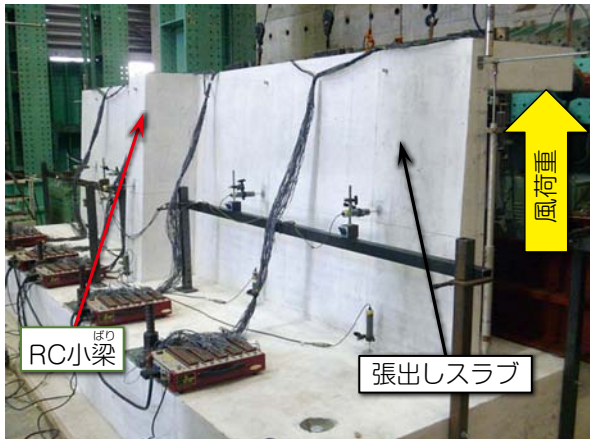


図6 载荷試験の状況

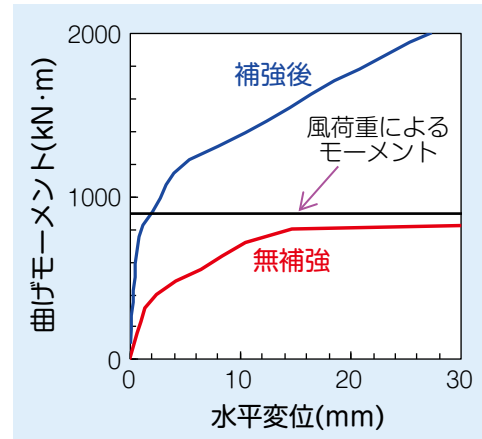


図7 解析結果

た(図4)。例えば、腐食により鉄筋の断面積が40%程度減少した場合について、UFCボードにより補強を行うことで、健全時の耐力まで耐荷能力を回復できることが可能です。また、UFCボードに加えて補強鉄筋を配置することにより、補強後の耐力を調整可能であることも確認しました。

本工法は、東急建設(株)との共同研究の成果です。

小梁増設による片持ちスラブのリニューアル

片持ちスラブは、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、近年、騒音対策として防音壁のかさ上げが必要となる場合があります。一方で、防音壁をかさ上げすると、防音壁が受ける風荷重が増加し、結果として片持ちスラブの耐力が不足する場合があります。この問題を解決する

ために、片持ちスラブの下面に柱と同じ間隔でRC小梁を増設して補強する工法を開発しました(図5)。本工法は、あと施工アンカーにより補強鉄筋を配置した後に型枠を設置、コンクリートを充填することにより小梁を構築するものです。本工法の特徴としては、施工範囲が比較的小さく大掛かりな足場を必要としないため、施工性、経済性に優れること、柱と同じ位置に小梁を設置するため景観にも優れることなどが挙げられます。

本工法の補強効果を明らかにするために、風荷重を模擬した载荷試験を実施しました(図6)。(図に示す载荷試験状況は、片持ちスラブを90°回転させた状況で行っています。)その結果、本工法により、曲げ耐力は無補強の場合に比べて約1.5倍となることを確認しました。また、高欄の高さを5mにかさ上げた実構造物を想定した解析

により、風荷重によるモーメントを上回る補強効果が得られることを確認しました(図7)。

高じん性セメントボードを用いた高欄のリニューアル

近年、老朽化した高架橋が増加し、高欄からのコンクリート片の剥落による第三者被害および耐荷力の低下が問題となる場合があります。また、列車の高速化に伴い遮音性を高めるために高欄のかさ上げや補強が必要となる場合があります。そこで、高じん性セメントボード(☞参照)を用いた既設高欄の改修工法の開発を行いました。

本工法は、既設高欄を高じん性セメントボードで両面から挟み、貫通ボルトで固定することにより、既設高欄への劣化因子の浸入を抑制することができると考えられます。さらに、基部にアンカーを接続することで、耐力の向

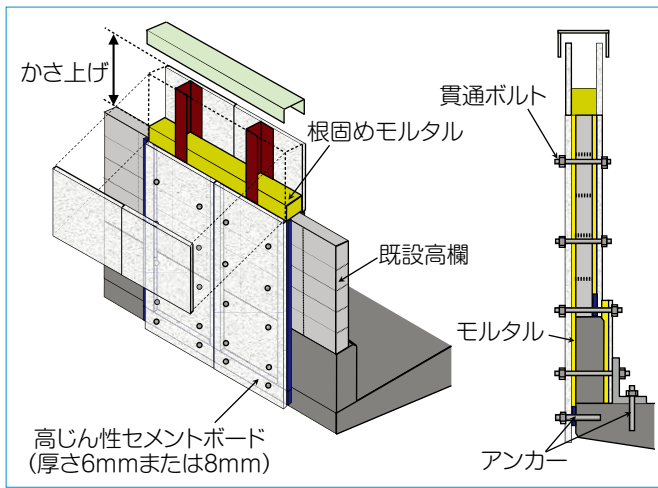


図8 高じん性セメントボードを用いた既設高欄の改修工法



図9 荷重試験状況

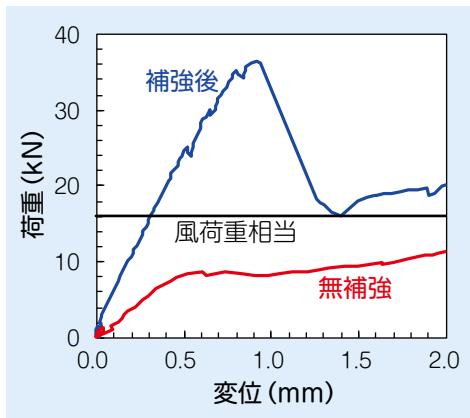


図10 荷重試験結果



図11 ラーメン高架橋の高欄での施工例

上が期待でき、高さ約1mのかさ上げが可能となります(図8)。また、従来、劣化した高欄の対策工法としては、既設高欄を全撤去した後に、新しい高欄を設置する方法が用いられてきました。これに対し本工法では、既設高欄を利用し、補修・補強を行うため、既設高欄の撤去・処分が不要となり、さらに工期短縮により工事コストの削減が期待できます。

本工法による高欄の補強効果は、風荷重などの水平力に対する抵抗がほとんど無いブロック高欄を用いた実物大の試験体を用いた実験により確認しま

した(図9)。その結果、かさ上げ部、ボード間の継手部、高欄基部(ボード下端の床版への固定部)など、いずれの部位においても、おおむね想定した計算値と一致しており、設計荷重に対しても十分な耐力を有していることを確認しました(図10)。例えば、高欄基部の耐力は、風速50m/s相当の設計荷重に対して、約2倍あることを確認しました。

現在、本工法は、ラーメン高架橋の高欄の改修・かさ上げ工事に適用されており、良好に施工できることを確認しています(図11)。

なお、本工法は、(株)大林組との

共同研究の成果です。

おわりに

今後も、鉄道高架橋の経年化は確実に進行し、大規模な補修や補強などの措置が必要な高架橋が増加することが考えられます。また、安全性や快適性などのさらなる機能向上が求められることも予想されます。今回ご紹介した各種工法が、高架橋のリニューアルを行う上で少しでも寄与できればと考えています。RRR

文献

- 1) 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
- 2) 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

高じん性セメントボード

セメントボードに短繊維を混入することによって補強したもので、本工法で用いる高じん性セメントボードは薄肉・軽量でありながら、設計基準強度 30N/mm²のコンクリートと比較して、曲げ強度で約8倍、圧縮強度で約3倍あります。また、劣化要因の浸入に対して高い遮断性を有しています。