

鉄道一般

車両

軌道

構造物

防災

電力

信号通信  
情報

材料

環境

人間科学

浮上式鉄道

# 既設鋼鉄道橋を リニューアルする

鋼鉄道橋は明治時代から用いられており半数以上が70年以上経過しています。今後、大規模な補修・補強や架け替えが必要となる鋼鉄道橋の数が増加することが予想されます。そのため、現状の個々の変状に対する対策だけではなく、鋼鉄道橋を今まで以上に長持ちさせるリニューアル技術を開発することが重要となっています。ここでは、鋼鉄道橋のうち大多数を占める上路プレートガーダーを対象として、主桁の上に床版を設置して合成化する合成構造化手法についてご紹介します。

## はじめに

鋼鉄道橋の種類には、上路プレートガーダー、下路プレートガーダー、トラス橋などがあります。一般に鋼鉄道橋というと、大きなトラス橋を思い浮かべる方が多いかと思われそうですが、実際には小さな河川や道路を跨ぐ橋が多く、特に上路プレートガーダーが沢山用いられています。

鋼鉄道橋は明治時代から用いられ、半数以上が70年を超えており、中には100年を超えた橋も見られます。設計時に想定した役目は既に十分果たし、鉄道の安全輸送に大きく貢献してきたと考えられるこれらの鉄道橋ですが、まだまだ健全な鋼鉄道橋も多く、供用し続けることも十分可能です。しかしながら、老朽化も少しずつ懸念されており、今後、架け替えが必要となる鋼鉄道橋の数が増加していくことが想定されます。その際、一度に多くの鋼鉄道橋を掛け替えることは困難が予想されます。そのため、従来の変状に対する個々の対策とは別に、簡易な構造改良により既設の鋼鉄道橋を今まで以上に上手に使い続けていく方法を検討することが重要と考えられます。ここで

はこの方法をリニューアルと称します。

## リニューアル技術

私たちの身の周りでもリニューアルという言葉がよく用いられています。例えば、お店の改修や改装の際に、リニューアルという言葉が耳にされたことがあるかと思います。厳密な定義はありませんが、取り替えよりも簡易な方法で、鋼鉄道橋に限らず鉄道土木構造物を再生することをリニューアル技術と称しています。お店のリニューアルと違う点は、簡易な構造改良を前提としていることや、お店のように休業して工事を行うことが難しいことなどです。

鉄道総研で開発を進めているリニューアル技術には、鋼桁端部と橋台をコンクリートで固めて一体化する手法やコンクリート高架橋の床版下面からアーチ補強を行う方法などがあります。前者は既設盛土一体化橋梁と呼ばれ、支承部のメンテナンスが不要となり、耐震性に非常に優れた構造となります。後者は床版の補強により耐久性が向上します。

鉄道土木構造物をリニューアルする



杉本 一郎  
Ichiro Sugimoto  
構造物技術研究部  
鋼・複合構造研究室  
室長  
[専門分野] 鋼構造, 複合構造



吉田 善紀  
Yoshinori Yoshida  
前 構造物技術研究部  
鋼・複合構造研究室  
研究員  
[専門分野] 鋼構造, 複合構造



吉田 直人  
Naoto Yoshida  
前 構造物技術研究部  
鋼・複合構造研究室  
研究員  
[専門分野] 鋼構造, 複合構造



池田 学  
Manabu Ikeda  
構造物技術研究部  
鋼・複合構造研究室  
主任研究員  
[専門分野] 鋼構造, 複合構造

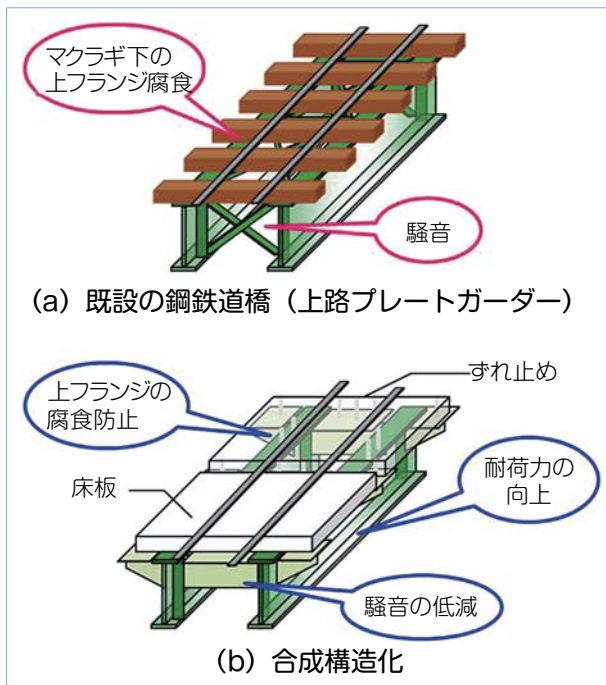


図1 既設の開床式桁および合成構造化技術

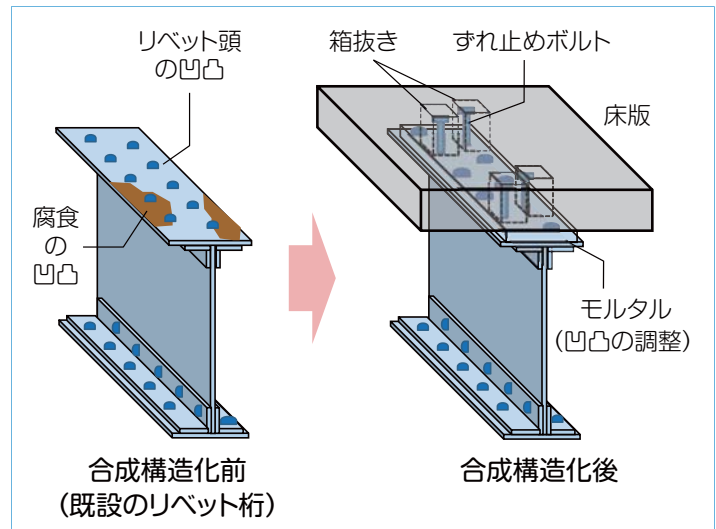


図2 合成構造化の基本的な構造

技術にはいろいろな案が考えられます。今回、ご紹介する合成構造化技術もこのような状況の中で検討を進めている技術の一つです。

### 合成構造化

既設の鋼鉄道橋では、図1(a)に示すような橋まくらぎ方式が多く見られます。このタイプを開床式と称しています。一般に開床式の上路プレートガーダーでは橋まくらぎの下フランジの腐食が問題となることが多く、腐食が進行すると耐荷力の低下も懸念されます。開床式では騒音への配慮も大切です。そこで、腐食や騒音に対する対策の代わりに、図1(b)に示すように橋まくらぎの部分をコンクリート床版に置き換えて一体化する方法の可能性について検討することとしました。これは、鋼桁とコンクリート床版をずれ止めを介して合成桁のように一体化させることが可能であれば、鋼桁の応力を低減でき、耐荷力の向上が期待できると考えられることや、床版の設置により上フランジの腐食進行を抑制することができると考えられること、さらには、騒音も低減することが十分可能

と考えられることなどのためです。このようにリニューアル技術では、個々の対策ではなく簡易な構造改良を行うことによって、鋼鉄道橋を長持ちさせることを目指しています。

合成構造化の基本的な構造を図2に示します。鋼桁上の床版はずれ止めボルトを用いて鋼桁と一体化を図ります。新設の合成桁(☞参照)などでは、ずれ止めにスタッドジベルや孔あき鋼板ジベル、および馬蹄形ジベルなどが一般に用いられますが、合成構造化で対象とするものにはリベット構造(☞参照)の古い鋼桁も想定されるため、溶接ではなく機械的な結合が望まれます。ここでは、鋼桁上フランジのリベット孔を利用して、高力ボルトをずれ止めに用いる方法を用いています。

ずれ止めボルトと床版の結合は、床版に予め箱抜きを設けておき、床版設置後にモルタルを箱抜きに充填することで一体化を図ります。このとき、鋼桁の上フランジ面にはリベットの頭や上フランジ面の腐食などにより凹凸があることが想定されるため、これらの凹凸を調整するために、鋼桁の上フランジ面と床版の間にもモルタルを充填

しています。

このようにして、鋼桁とコンクリート床版をずれ止めを介して合成桁のように一体化させることで、鋼桁に加わる作用の一部を床版に分担させて耐荷力の向上を目指します。鋼桁の上フランジ面が床版で覆われるため、上フランジの腐食の進行を抑制することができ、列車通過時の騒音も低減可能と考えられます。

本構造は鋼桁の上にコンクリート床版を設置するため、死荷重が増加します。このため、支分部や橋台に弱点がある場合は、支分部や橋台の補強が別

#### ☞ 合成桁

鋼桁とコンクリート床版を一体化した構造。鋼材とコンクリートの材料の利点を組み合わせています。新設の合成桁では、スタッドジベル、孔あき鋼板ジベル、馬蹄形ジベルと呼ばれるずれ止めが用いられています。

#### ☞ リベット構造

鋼材と鋼材の接合方法の一つで、ボルトのような軸部の支圧力で部材の力を伝達します。図7に示すような丸い頭の形状が見られます。(図7はトルシア形高力ボルトで模擬しています)

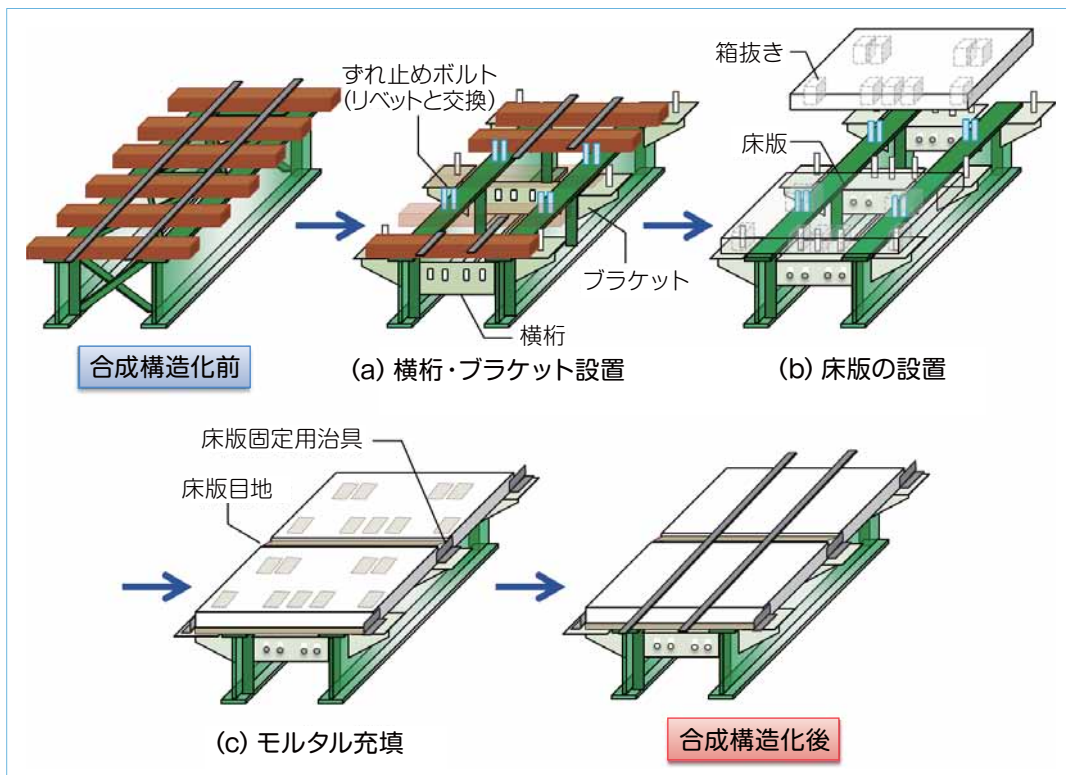


図3 合成構造化の施工手順例

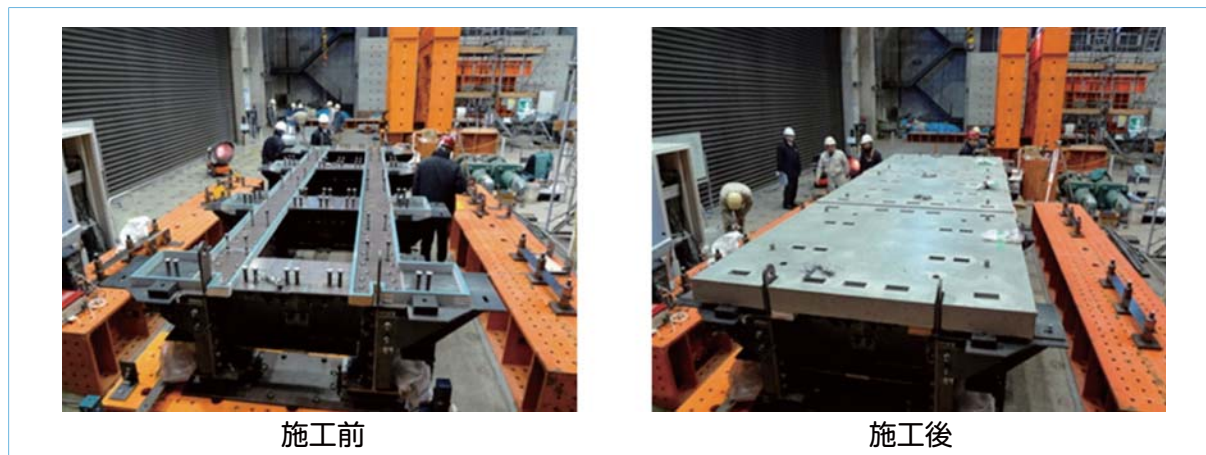


図4 試験体の施工状況

途必要になります。なお、鋼桁の耐力不足に関しましては、これまでの設計が概ね降伏荷重に対して安全率を1.7程度見込んでいることや蒸気機関車などの重い軸重で設計が行われてきたことなどを考慮すると、鋼桁の耐力が不足するというケースはそれほど多くないと考えられます。

### 合成構造化の施工手順

既設の鋼桁を合成構造化する場合、供用中の施工が前提となることが考えられます。そこで、夜間の列車間合い

での作業を想定した施工手順の一例を図3に紹介します。

#### (a) 事前準備作業

床版設置の施工性向上のため、横桁や主桁外側の橋側歩道などを支持している腕材(ブラケット) (☞参照)を新規部材に交換します。また、リベットの一部をずれ止めボルトに交換します。

#### (b) 床版の設置

軌道部材を撤去し、床版を設置します。床版の仮支持、調整は、新規に設けた横桁や腕材(ブラケット)を利用します。

#### (c) モルタル充填

床版と鋼桁の間にモルタルを充填します。

本施工方法では、横桁は床版間の目地にモルタル充填する際の型枠替わりを兼ねます。また、横桁やブラケット上にずれ止めを設けることで、交換が

#### ☞ 横桁、腕材

図3(a)に示すような、2本の主桁の間をつなぐ部材を横桁といいます。また、主桁の外側に張り出している部材を腕材(ブラケット)といいます。

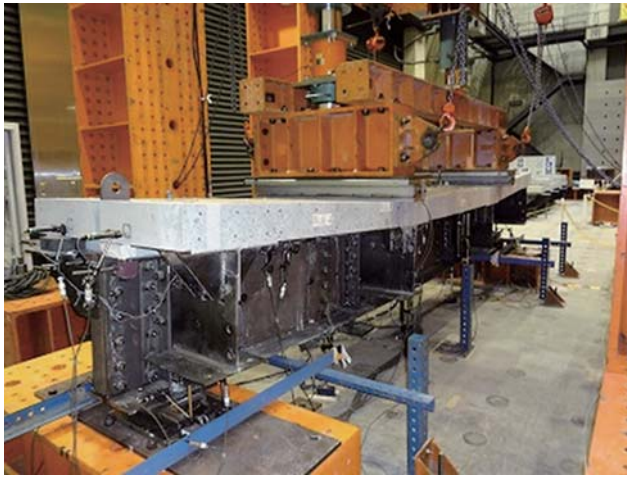


図5 荷重試験状況

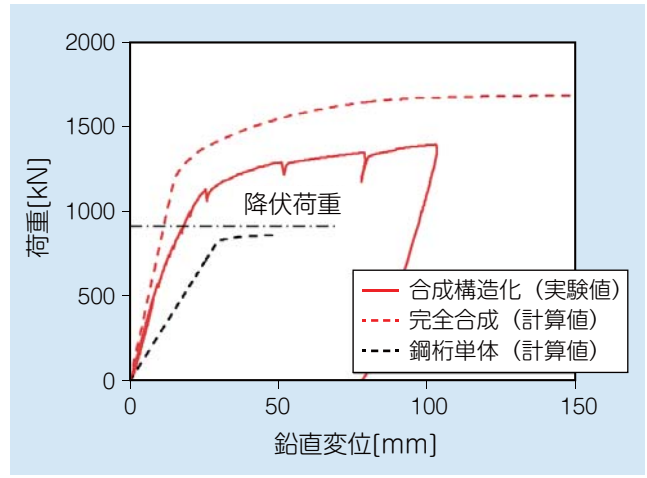


図6 試験結果

必要な主桁のリボットの本数を減らすことができます。

図3の手順に従って実際に施工した試験体を図4に示します。

### 合成構造化の効果の確認

合成構造化後の桁の挙動を把握するために、荷重試験を行いました。荷重は、荷重ばりを介して中間部の2箇所を鉛直方向に荷重することとしました(図5)。

図6に、荷重荷重と試験体支間中央における鉛直変位の関係を示します。900kN程度で鋼桁の一部が降伏し、以降、変位が徐々に増加し続けました。耐力は特に急激に低下する傾向も見られず、本構造が鋼桁と比較して非常に高い耐力と変形性能があることが示されました。

合成構造化を行うことにより、設計荷重レベル程度(500kN)では完全合成桁(計算値)に近い剛性が得られ鋼桁と床版が一体で挙動していることがわかりました。

供用中の施工を想定した場合、モルタル充填後数時間で列車が通過することも考えられます。モルタルに関しては、既に支点部のシュー座の補修に多数用いられていますが、今回は適用箇所が異なるため、モルタルが完全に固化する前に振動を加えることとし、

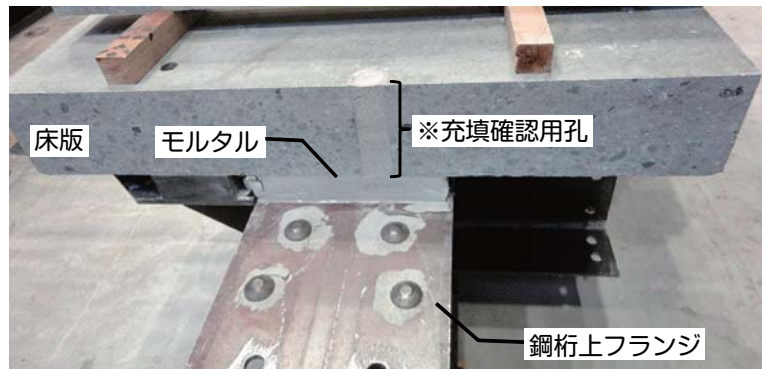


図7 試験体切断面

施工上の工程を考慮してモルタル充填後、2時間程度経過してから列車による振動を想定して、200kNで24時間加振試験を実施しました。

図7には、加振終了後に試験体を床版の中央で切断した様子を示します。モルタルは床版と鋼桁間、および床版の目地に隙間なく充填されており、加振によるひび割れや空隙などは特に見られません。モルタルと鋼桁の境界面に関しても特に滑ったような跡は見られず、加振試験の荷重の範囲では付着が切れることなく一体で挙動していたものと考えられます。

以上の結果から、モルタル充填後2時間程度経過すれば、鋼桁と床版の一体化が十分可能と考えられます。

### おわりに

老朽化した既設の鋼桁を今後も供用し続ける方法として、リニューアル技

術が重要であることを示し、その中で既設鋼橋を合成構造化する手法とその効果についてご紹介しました。本構造により、上フランジの腐食抑制や耐力向上だけでなく、耐久性向上や騒音低減も期待できます。今後、このような技術開発の精度をさらに向上させて、維持管理業務に役立てたいと考えています。

本研究は国土交通省補助金を受けて実施しました。[RRR]

### 文献

- 1) 杉本, 谷利, 平, 浅沼: 既設鋼橋の合成構造化における施工手順を考慮した実験的検討-その1-, -その2-, 土木学会第66回年次学術講演会, 2011.9
- 2) 吉田, 谷利, 杉本: 既設鋼橋のリニューアルのための合成構造化の開発, 鉄道総研報告, vol.26, No.4, 2012.4