

## 既設鋼橋の合成構造化によるリニューアル技術

構造物技術研究部 鋼・複合構造

研究室長 杉本一朗

### 1. はじめに

鋼鉄道橋は明治時代から数多く架設され、半数以上が60年の供用を超えるなど、老朽化した鋼鉄道橋が増加している。多くの既設鋼鉄道橋は今でも十分に役目を果たしているが、腐食による耐荷力の低下、疲労によるき裂の発生など、補修・補強や取替えを余儀なくされている橋梁も少しずつ増加してきている。また、一部では列車通過時の騒音の発生なども指摘されている。今後、鋼鉄道橋の架け替えや補強を行うケースが増えることが予想されるが、一度に多くの鋼鉄道橋を架け替えることや、大規模な補強を行うことは、コストや施工性、列車運行への支障など多くの困難が伴う。このため、既設鋼鉄道橋を出来るだけ長く供用し続けることが求められている。

ここでは、既設鋼鉄道橋の耐荷力や耐久性の向上、および、列車通過時の騒音の低減を図る手法として、既設鋼鉄道橋を合成構造化する方法について取り組んだ。そして、現場での施工性を考慮して、鋼鉄道橋にプレキャストコンクリート床版を用いるリニューアル技術について基礎的な検討<sup>1)</sup>を行ったのでその内容を紹介する。

### 2. 合成構造化の概要

既設鋼鉄道橋の多くは、図1(a)のような橋まくらぎ方式で軌道が敷設されている。これはまくらぎが鋼桁の上に直接設置されているもので、まくらぎ直下の上フランジにおける局部腐食による腐食の進行が他の部位に比べて早い(図2)。上フランジが腐食して断面が減少すると、断面減少箇所の座屈などにより桁の曲げ耐力が低下する<sup>1)</sup>。このように腐食により断面減少した上フランジは、一般に、部材補強が困難であることから、塗装の塗り替えのみで対応することが多い。そこで、図1(b)のように、まくらぎ部分をコンクリート床版に置き換え、鋼桁と一体化させることにより、桁全体の耐荷力が向上し、合成構造化した桁全体に発生する応力が低減される。さらに、上フランジ面を覆うことによって、上フランジのさらなる腐食を防止することができる。

また、鋼鉄道橋では他の構造物より大きな騒音が課題となっている。現在、沿線騒音対策の必要性が増大しているため、鋼鉄道橋から発生する騒音の抑制は急務である。過去の測定例などから、鋼桁とコンクリート床版の合成桁は、鋼橋よりも発生する騒音が小さい。したがって、

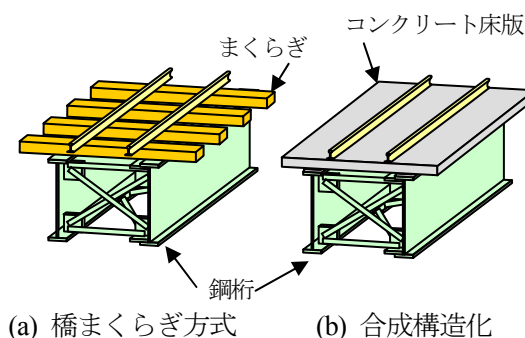


図1 開床式既設鋼橋の合成構造化

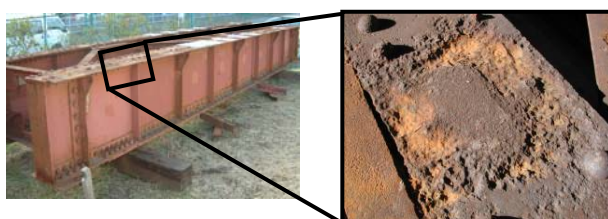


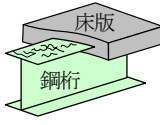
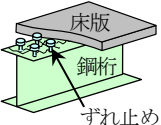
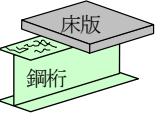
図2 既設鋼鉄道橋におけるまくらぎ接触面の腐食

既設鋼桁の合成構造化は、騒音を低減するのに有効な方法であると推測される。

### 3. 合成構造化の施工方式

合成構造化の施工方法として、表1に示すような合成構造化の方式が考えられる。一般に合成効果が高いと考えられるのは、上フランジ全体をコンクリート床版で巻き立てる上フランジ巻き立て法や、鋼桁上フランジの既存のリベットを取り外して、ずれ止めを兼ねたボルトを設置するボルト置き換え法である。しかしながら、これらの方法では場所打ちコンクリートを使用するため、施工に数日から数週間を要することとなり列車運行への支障が大きい。これに対して、プレキャスト床版法は、床版にプレキャストコンクリート製の床版を用いるもので、最も急速な施工が可能である。この方法では、図3のように、床版パネル毎に施工を分割することができるため、施工を何度かの当夜作業に分けるなど、施工の自由度も増すと考えられる。このようなことから、ここでは、プレキャスト床版法を用いる方法について検討することとした。

表1 合成構造化の施工方式の比較

施工法	上フランジ巻き立て法	ボルト置き換え法	プレキャスト床版法
施工概略図			
施工時間	数日～数週間	数日～数週間	急速施工可
合成効果	合成効果が大きい	合成効果あり	接合方法の検討が必要
重量増	重量増が大きい	抑制できる	抑制できる
施工方法の選択例	合成効果を高める場合	簡易な施工と合成効果を期待する場合	短時間で施工する場合

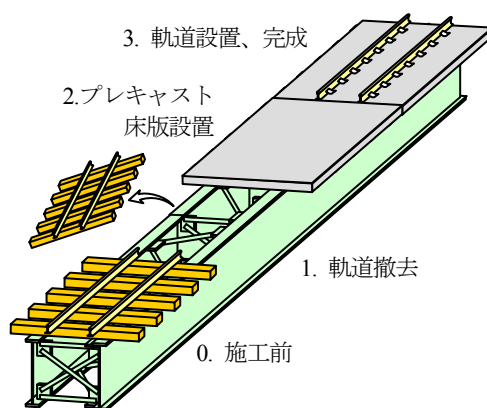


図3 プレキャスト床版法における合成構造化の手順

### 4. 鋼桁と床版の接合に関する検討

#### 4.1 鋼桁と床版の接合方法

プレキャスト床版法による急速施工を行う場合、鋼桁と床版の接合方法が課題となる。特に、既設鋼橋ではリベット構造が多く、上フランジ面にはリベット頭が無数に並んでいる。また、局部腐食による凹凸のほか、カバープレートによる段差なども存在する。このような箇所の接合方法として、図4のように、鋼桁と床版の間にモルタルを充填することにより接合し、さらに図5のような固定金具によって結合を確実にする方法を考案した。

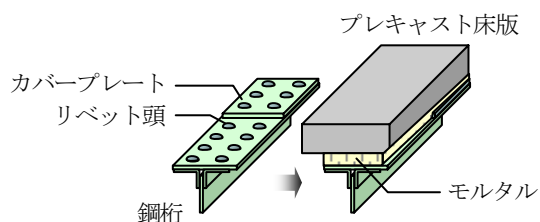


図4 モルタルによる不陸調整のイメージ

## 4.2 鋼桁－モルタル層の押し抜きせん断試験

鋼桁と床版の合成構造化を図るには、鋼桁とモルタルの接合面でのせん断抵抗を把握する必要がある。ここでは、リベット頭を有する既設鋼桁の上フランジ面とモルタルの間におけるせん断抵抗を確認することを目的として、鋼桁－モルタル層の押し抜きせん断試験を行った。

図6に試験の概要を示す。鋼桁上フランジ側を固定し、モルタル部分をせん断方向に荷重することによって試験を行った。試験体には、上フランジ面のリベットの有無および上フランジ面の表面処理の有無を考慮して3体用意した。また、実際の鋼桁におけるリベット頭を模擬するために、試験体の上フランジ面にはトルシアボルトの頭部を6本取り付けました。

それぞれの試験体における条件および結果をまとめて表2に示す。また、タイプAおよびタイプBの試験体について、荷重試験における荷重と変位の関係を図7に示す。最大せん断抵抗は、鋼材表面をブラスト処理した方（タイプB）が未処理のもの（タイプA）より大きい値となった。また、タイプAおよびタイプBでは、接合部にはたらく最大せん断力より大きなせん断抵抗を持つことから、鋼桁表面は合成構造化の際にブラスト処理するのが望ましいものの、かならずしも入念な処理は必要ではないことが分かった。また、リベット頭なしの試験体（タイプC）では、きわめて低いせん断抵抗であったため、タイプAおよびタイプBの（リベット頭あり）の試験体のせん断抵抗は、ほとんどがリベット頭の支圧による抵抗であったと考えられる。

このことより、鋼桁の上フランジ面にリベット頭のような凹凸があると、せん断抵抗に有利に働くことが明らかとなった。なお、床版側にも凹凸を設けることによって、同様のせん断抵抗を得ることが出来ると考えられる。

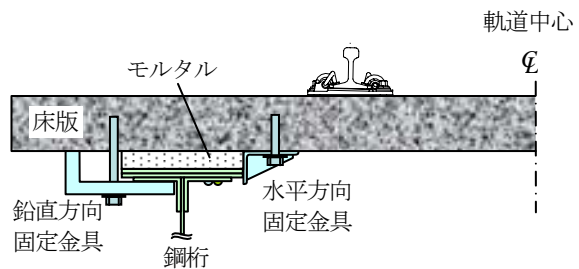
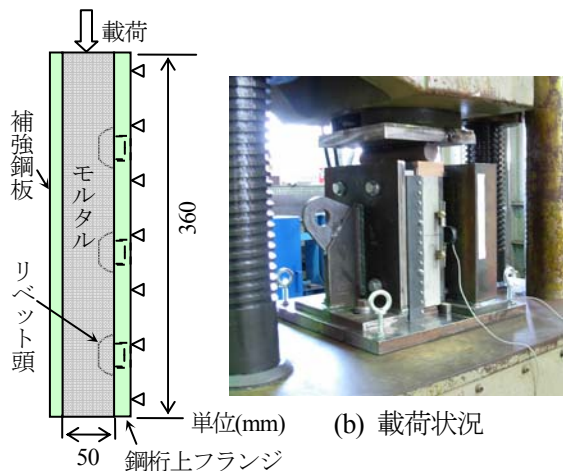


図5 鋼桁と床版の接合方法



(a) 試験体概略図

(b) 荷重状況

図6 鋼桁－モルタル層の押し抜きせん断試験概要

表2 押し抜きせん断試験の条件と結果

タイプ	リベット	鋼材面処理	最大せん断抵抗 (kN)	リベット1本分 (kN/本)
A	あり	未処理	109.1	18.18
B	あり	ブラスト	141.0	23.50
C	なし	未処理	0.567	—

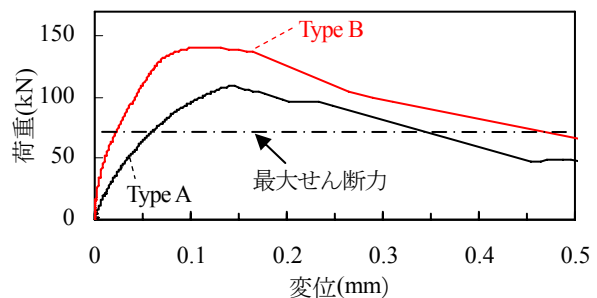


図7 押し抜きせん断試験結果

### 4.3 固定金具を用いた鋼桁と床版の接合部の荷重試験

前項において、モルタルによる鋼桁と床版の接合部は必要なせん断抵抗を得られることがわかった。しかし、リベット頭などによる凹凸の存在しない上フランジ面ではせん断抵抗を期待できないことや、列車通過に伴い接合部端部に上揚力の発生なども懸念される。そこで、図8のような機械的な固定金具などを用いて鋼桁と床版の間にかかる力の伝達をより確実にする方法について検討した。

z 固定金具を用いた接合部の強度を確認するために、静的荷重試験を行った。試験体にはコンクリート床版と鋼桁の接合部を模擬した実物大のものを用い、1軸分の軸重が荷重される範囲を考慮して1m幅とした。固定金具による接合の強度のみを確かめるために、鋼桁と床版の間にはモルタルは使用せず、鋼板とゴム板を敷いて、接触面に余分な横方向の抵抗力が生じないようにした。

図9に試験の概要と試験結果を示す。水平荷重試験、鉛直荷重試験ともに設計で想定しうる最大の荷重まで繰返し荷重した。その結果、いずれの試験体においても、弾性挙動が見られた。さらに、繰返し荷重後、最大荷重まで荷重したが、各試験体の最大荷重は設計時の想定最大荷重を大きく上回り、接合部は十分な強度を持つことが確認できた。

### 5. まとめ

既設鋼鉄道橋を対象として、コンクリート床版と合成構造化させるリニューアル技術として、プレキャスト床版を用いた急速施工法を提案し、鋼桁と床版の接合部の荷重試験によって接合部が十分な強度を持つことを確認した。今後、実用化に向けてさらなる検証を進めていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 齊藤雅充, 杉本一郎, 小林裕介, 市川篤司: 既設鋼鉄道橋の合成構造化によるリニューアル工法の提案, 鉄道総研報告, Vol.22, No.10, 2008.10

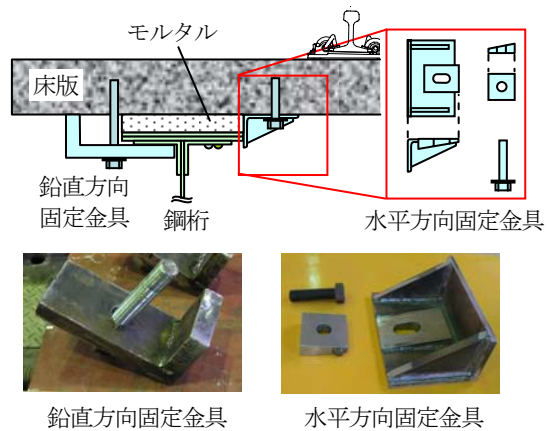
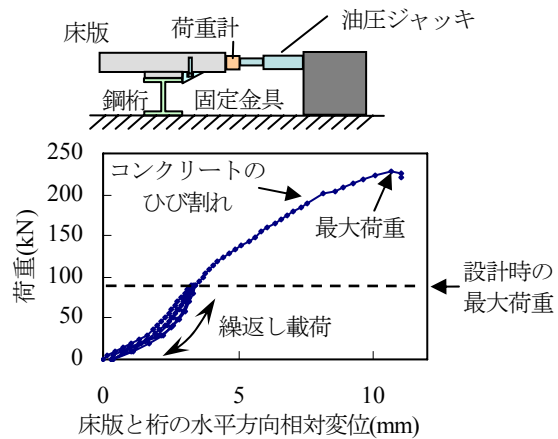
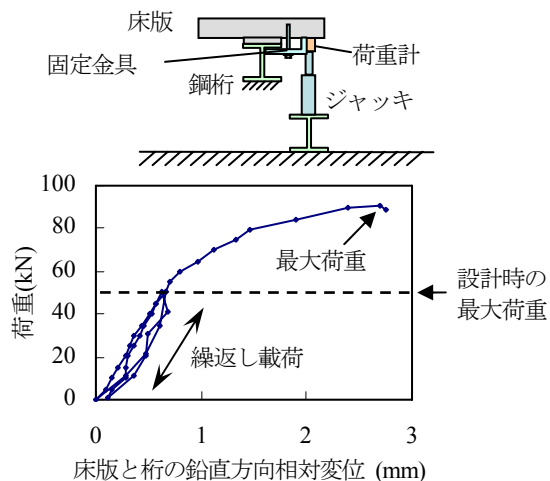


図8 鋼桁と床版の固定金具



(a) 水平荷重試験



(b) 鉛直荷重試験

図9 静的荷重試験体と試験結果