

(1) 既設鋼鉄道橋における 鋼桁・橋台・盛土の一体構造化

小林 裕介¹・杉本 一郎²・須賀 基晃³・横山 知昭⁴・舘山 勝⁵

¹正会員 公益財団法人鉄道総合技術研究所 鋼・複合構造 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)
E-mail:kobayasi@rtri.or.jp

²正会員 公益財団法人鉄道総合技術研究所 鋼・複合構造 (同上)
E-mail:sugimoto@rtri.or.jp

³正会員 公益財団法人鉄道総合技術研究所 基礎・土構造 (同上)
E-mail:suga@rtri.or.jp

⁴正会員 公益財団法人鉄道総合技術研究所 基礎・土構造 (同上)
E-mail:tomoyoko@rtri.or.jp

⁵フェロー会員 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 (同上)
E-mail:tate@rtri.or.jp

本研究では、既設の鋼鉄道橋の抜本的な延命化手法として鋼桁・橋台・盛土を一体化しラーメン構造化することを提案し、研究所の敷地内に実物大の一体化橋梁を施工した。本稿では、この一体化橋梁の概要および鋼桁支点部と橋台とを一体化する2種類の隅角部構造について説明するとともに、一体化橋梁の活荷重応答を確認するための載荷試験、温度変化による隅角部の実挙動把握を目的とした動態観測の結果について考察した。

Key Words : railway steel bridge, integrated structure, thermal behavior, load carrying capacity

1. はじめに

鋼鉄道橋において最も多く用いられている構造形式として、橋台に支えられた20m前後の開床式デッキガーダーが挙げられる。一般的に供用年数が長く、既存の半数以上が設計寿命である60年を超えている¹⁾。このため、まくら木下の上フランジの腐食による耐荷力不足^{2,4)}、支承部に発生する疲労き裂や支承自体の変状など^{5,7)}により、大規模な補修・補強や架け替えを余儀なくされる橋梁が急増している。また、旧式の橋台は地震時の安定性に課題があり、構造系全体で抜本的な対応策の確立が急務となっている。

本研究では、合理的かつ経済的な延命化手法として、鋼桁・橋台・盛土を一体化しラーメン構造化することを提案している。鋼桁の支点部と橋台とを鉄筋コンクリートで一体化することにより、鋼桁の支点部近傍のメンテナンスが省略可能になることに加えて、単純支持されていた鋼桁が両端固定となることで活荷重に対する発生モーメントが低減され、必要耐荷力を大幅に減じることがで

きるといった利点が得られる。さらに地震時に対しては、ラーメン構造化したことにより、橋台背面土の受働抵抗を積極的に期待することができることや、構造的弱点である支承部が無くなったことで耐震性が向上する利点がある。

新設時に上記構造を採用した道路橋（インテグラルアバットメント橋梁）は、国内でも多数架設実績がある⁸⁾。これらでは、橋台基礎を1列杭の柔構造として変形しやすくするなどして、鋼桁の温度変化等による変形を吸収していることに特徴がある。しかしながら、温度変化による鋼桁の伸縮が橋台天端に水平変位として作用することで、橋台背面の地盤が沈下し走行路面が陥没したり、このような挙動の経年的な累積により橋台背面の土圧が上昇し、橋台躯体に損傷が生じたものもある^{10,11)}。

本研究で提案する手法では、橋台と盛土についても、棒状補強材を打設することにより一体化する。これにより、温度変化による橋台天端の水平変位が抑制できることに加え、橋台背面の盛土の剛性が増加し、沈下量を抑制することができる。

一体化前



一体化後



図-1 実物大一体化橋梁 (写真)

これまでに筆者らは、今までに施工実績が無い既設鋼桁と橋台との隅角部構造に関する検討・提案^{12,13}や、棒状補強材の配置方法^{14,16}などについて検討してきた。また、橋台と盛土を一体化したことによって増加する隅角部への作用断面力に対し、室内実験を実施し、提案した隅角部の挙動を把握してきている¹³。さらにこれらを踏まえて、研究所の敷地内に、100年間供用されたデッキガーダーを用いて実物大の鋼桁・橋台・盛土を構築し、一体化施工を実施した^{17,18}。

この実物大の一体化橋梁において、発生モーメントの低減などを確認することを目的として載荷試験を実施し、さらに温度変化による隅角部の実挙動把握を目的とした動態観測を実施してきている。本稿では、実物大一体化橋梁の概要を示すとともに、本橋梁に対する上記試験結果について報告する。

2. 実物大一体化橋梁および隅角部の概要

(1) 実物大一体化橋梁

研究所の敷地内に構築した一体化橋梁の写真を図-1に示す。本研究では、実際に供用されている鉄道橋の一体化施工を模擬するため、一体化されていない一般的な既存の鉄道橋を再現し、その上で次項に述べる隅角部の構造により、鋼桁と橋台とを一体化した。

橋梁は、図-2に示すように桁長13.3m、橋台高6.05mであり、橋台幅は単線橋梁を想定し2.95mとした。鋼桁は、

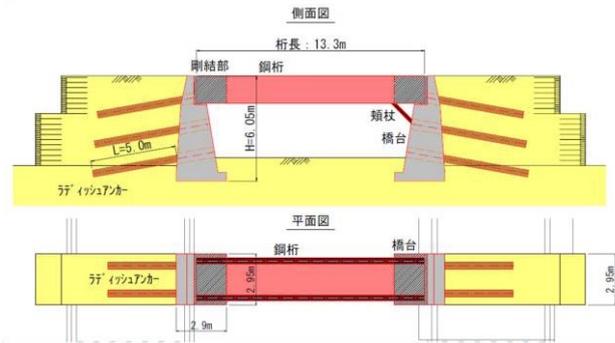


図-2 実物大一体化橋梁の概要

表-1 橋台・盛土・補強材の諸元

橋台	コンクリート	普通ボルトランドセメント 圧縮強度(28日・標準養生): フーチング 42.2N/mm ² 壁体 42.6N/mm ² パラベット 44.8N/mm ²
	鉄筋	D13~22(SD345)
背面盛土	締固め密度	頬杖有り側:平均94.5%, 頬杖無し側:平均95.7%
	K ₃₀ 値	頬杖有り側:82MN/m ³ , 頬杖無し側:84MN/m ³
補強材	改良径	改良径:φ400mm, 改良長:5.0m, 芯材:D35(SD390)

山陰本線余部橋梁で使用されていた開床式デッキガーダーの1スパン18mの桁を加工し、橋長を調整して用いた。なお、本橋梁では桁端が一体化の施工箇所となるため、桁端は既存橋梁の状態のままとし、支間中央の約5mを取り除くことにより桁長を調整している。

橋台とその支持地盤、および橋台背面の盛土については、既存のものを再現する形で新設している。橋台は鉄筋コンクリートであり直接基礎とした。支持地盤は稲城砂を敷き均し締め固め、N値は7程度となっている。橋台背面盛土にも稲城砂を使用し、一般的な盛土を考慮し、鉄道構造物等設計標準・同解説(土構造物)¹⁹に示される性能ランクⅢ(締固め密度比90%以上かつK₃₀値70MN/m³以上)とした。棒状補強材(ラディッシュアンカー)については、橋台コンクリート打設時に予め箱抜きしていた箇所に打設した。その後、箱抜き部に無収縮コンクリートを打設することで、橋台と盛土とを一体化している。橋台、盛土、棒状補強材の諸元を表-1に示す。

なお、橋梁は橋軸方向がほぼ南北に向いており、周囲に日射を遮るような高層の建物は無い。また、支間中央には載荷用の治具(H鋼で組み立てたもの)が設置されており、軌道部材は載せていない。

(2) 隅角部の構造

鋼桁と橋台とを一体化する隅角部構造については、これまでに筆者らが2タイプの構造を提案し試験してきており^{12,13}、本橋梁においても両側の隅角部でそれぞれの構造を施工した(図-3)。以降に2タイプの隅角部構造

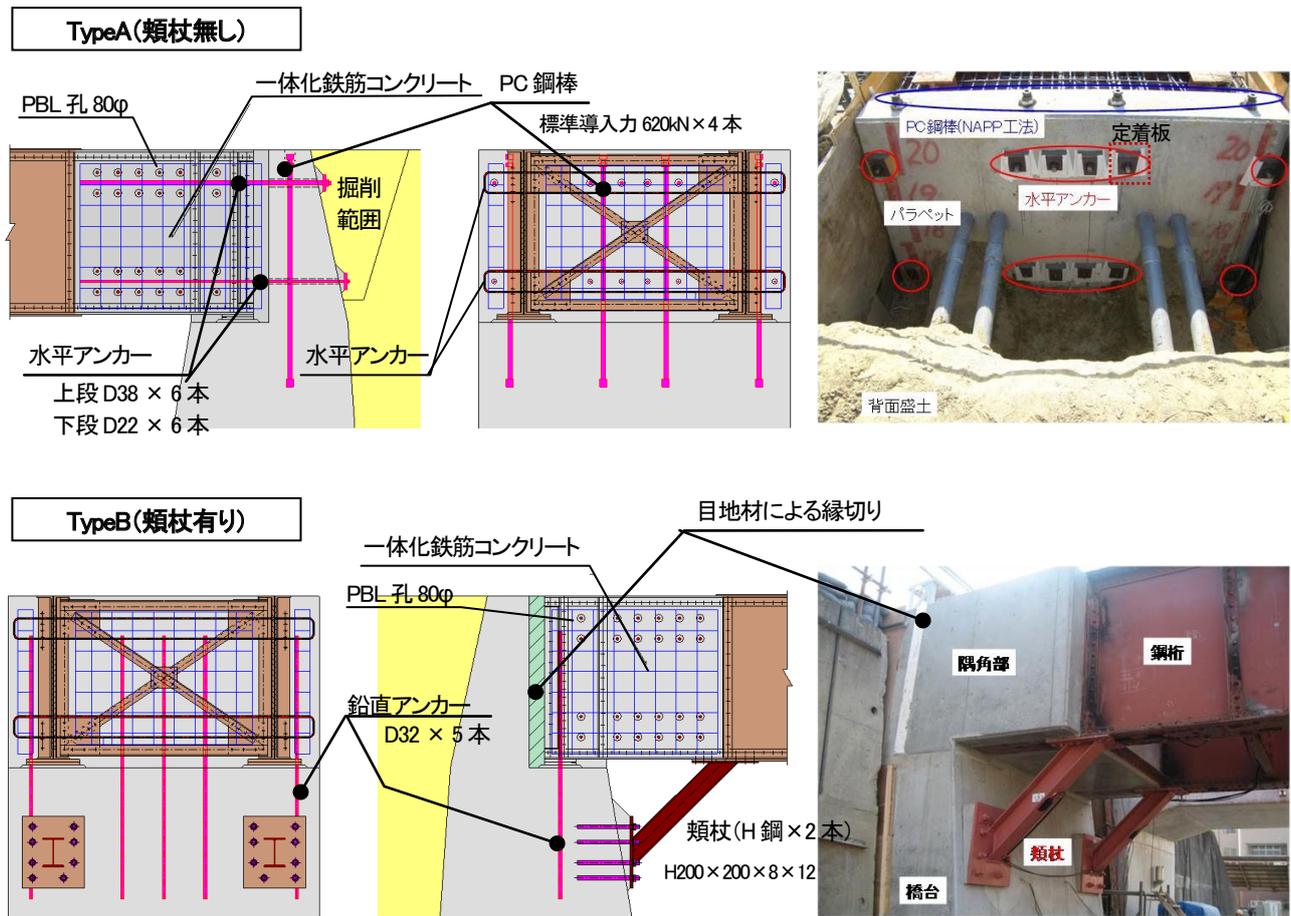


図-3 隅角部構造 (TypeA/TypeB)

の詳細を示す。

a) TypeA (頬杖無し)

TypeAは、鋼桁－橋台間に作用する断面力を、上下2段に配置した水平アンカーで伝達する構造である。すなわち鋼桁⇄一体化鉄筋コンクリート⇄水平アンカー⇄橋台パラペットの順で力が伝わる。

鋼桁と一体化鉄筋コンクリートは、鋼桁のウェブに設けたPBL孔で連結している。PBL孔は80φで、図-3に示すように、1主桁あたり上下段にそれぞれ6×2列を設けている。PBL孔にはD13の鉄筋を貫通させた。

水平アンカーは、上段がD38、下段がD22でありそれぞれ6本配置し、パラペットを貫通させる形で定着させている。ただし、パラペットの幅（天端において400mm）ではアンカーの定着長が不足するため、パラペットの背面側に定着板を設置した。さらに、パラペットに作用する曲げモーメントに対し、パラペット基部が抵抗しきれないため、後施工のPC鋼棒を用いてパラペットに鉛直方向の圧縮軸力を導入した。PC鋼棒は4本用いており、1本あたりの標準導入軸力は620kNである。

このようにTypeAの構造では、パラペット背面に定着板を施工するため、背面盛土を一部掘削する必要がある。また、パラペットの天端からPC鋼棒を後施工する必要

があることから、一体化の施工時には当該箇所の軌道部材を一時的に撤去することとなる。したがって、施工後の仕上がりは外観はシンプルであるものの、夜間の列車間合いが短い場合には、施工が困難となるデメリットがある。

b) TypeB (頬杖有り)

TypeBは、鋼桁－橋台間に作用する断面力を、図-3に示すように頬杖と、鋼桁の支点に位置する鉛直アンカーによって伝達している。すなわち、鋼桁から頬杖を介して橋台に力を伝達する経路と、鋼桁⇄一体化鉄筋コンクリート⇄鉛直アンカー⇄橋台の順で力を伝達する経路を有する。

頬杖はH鋼（H200×200×8×12）で製作し、鋼桁とは下フランジのリベット孔を利用してボルトで接合し、橋台には後施工アンカーD38を8本利用して連結している。

鋼桁と一体化鉄筋コンクリートは、TypeAと同様に主桁ウェブに設けたPBL孔で連結した。鉛直アンカーには、主桁の外側に2本と内側に3本で、計5本用いている。いずれもD32である。なお、パラペットには力を伝達させないように、目地材を用いて縁を切っている。

このようにTypeBの構造では、頬杖を用いたことによりパラペットに力が伝達されないため、パラペット背面

表-2 隅角部の設計照査

		荷重	照査項目	
			アンカー・頬杖	コンクリートひび割れ
地震時	安全性 (破壊)	死荷重* 列車荷重(EA17) 地震の影響	降伏しない	---
	復旧性 (損傷)	死荷重* 列車荷重(EA17) 衝撃 温度変化(±40℃)	降伏しない	---
常時	使用性 (ひび割れ)	死荷重* 温度変化(±40℃)	降伏しない	制限値内

* 死荷重については一体化前の状態を想定して作用させている

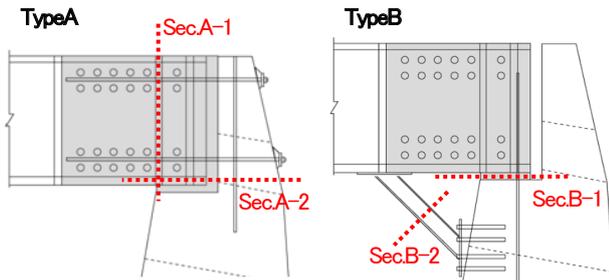


図-4 隅角部の照査断面

の盛土を掘削したり、パラペット自体を補強する必要がなく、コンクリートを打設する時以外は、列車の営業時間帯でも施工を進めることが可能である。一方で、桁下空頭に制約がある橋梁では頬杖を設置することができず、本構造を採用できない可能性がある。

(3) 隅角部の設計

前項で示した2つの隅角部構造については、鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）²⁰⁾にしたがって表-2に示す考え方で設計照査している。

荷重については、地震時はL2地震動を考慮し、今回の地盤条件の表層において水平震度1.0が作用すると想定し²¹⁾設計した。また常時においては、列車荷重（EA17）とそれに対応する衝撃、さらに鋼桁の温度変化±40℃を、性能項目ごとに分けて作用させて設計した。実際には、フレーム解析において上記荷重を作用させて隅角部に生じる断面力を求め^{12),14),22)}、この断面力を用いて隅角部を照査している。なお、死荷重については、鋼桁端部を一体化する前の状態（単純支持）で作用させたものを考慮しているため、隅角部には死荷重による断面力は発生していない。

隅角部の照査は図-4に示す断面で行った。鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼とコンクリートの複合構造物）²²⁾にしたがって、TypeAについては、Sec.A-1、A-2ともにRC断面として、圧縮はコンクリート部材、引張はアンカーで抵抗させた。なおSec.A-2では、負曲げのモーメン



図-5 載荷試験の状況

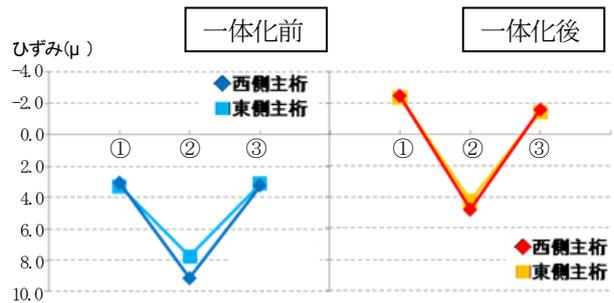


図-6 載荷試験の結果

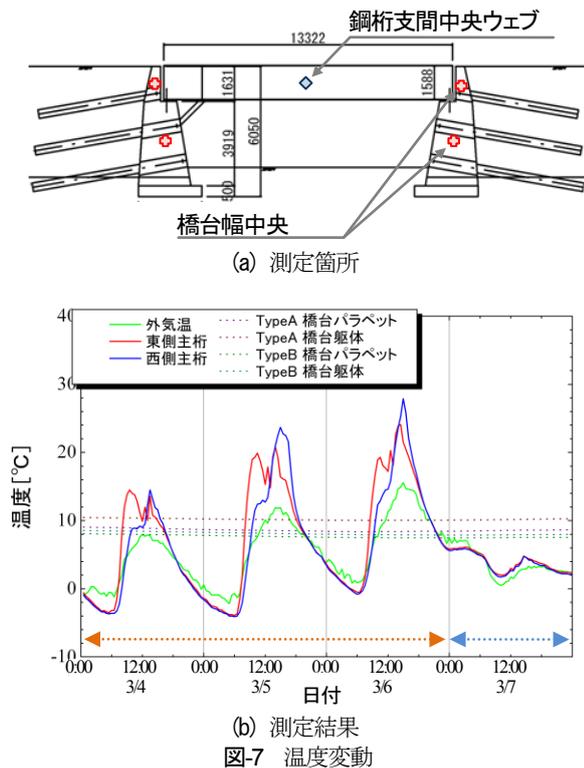
ト（隅角部が閉じる方向）については橋台の線路方向幅をRC断面の桁高とし、正曲げのモーメントについては、一体化鉄筋コンクリートの打ち継ぎを考慮してパラペット基部の線路方向幅をRC断面の桁高とした。TypeBについては、負曲げのモーメント（隅角部が閉じる方向）に対して、頬杖の圧縮と鉛直アンカーの引張で抵抗させており、Sec.B-1、B-2において照査している。正曲げのモーメントについてはこれの逆である。

図-4に示した断面以外にも、鋼桁の仕口断面（一体化鉄筋コンクリートから出た位置）、頬杖と鋼桁および頬杖と橋台との連結部、PBL孔についても照査をしている²⁴⁾。なお、PBL孔については本隅角部構造の一つのキーとなる要素であるが、これに対する研究や使用実績もあるため^{25),27)}、本研究の対象とはしなかった。

3. 載荷試験による鋼桁の応答

一体化橋梁の目的の一つである“鋼桁の活荷重応答の低減”を確認するため、構築した橋梁に、概ね53kNの錘をクレーンを用いて支間中央に静的に載せた。図-5に載荷の状況を示す。なお、試験は隅角部を一体化する前後の2回実施することで、一体化の効果を把握した。

載荷した時の鋼桁の応答は、図-5に示すように2本の主桁の下フランジにおける支間中央、および鋼桁の両端においてひずみゲージを用いて測定した。結果を図-6に



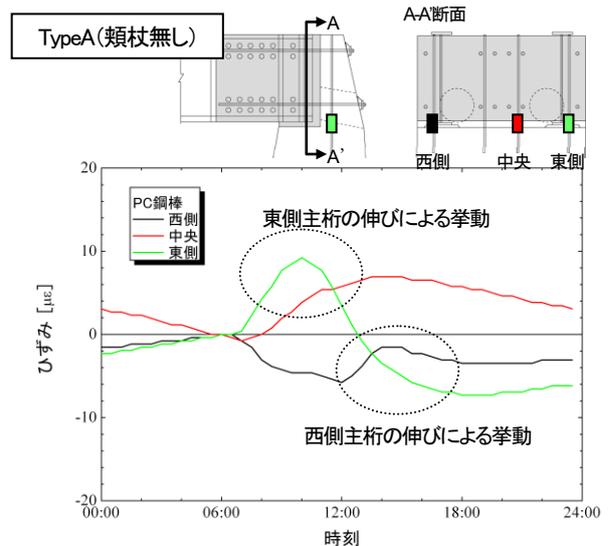
示す。

一体化前は、下フランジのひずみ分布が単純梁のそれと一致しており、全ての箇所では引張となっている。一方で一体化後のひずみ分布は、両端固定梁の分布形状を呈しており、支間中央におけるひずみ（両主桁の平均）は 4.54μ であり、一体化前の 8.45μ と比べほぼ半分となっている。また、一体化によって断面力分布が変化し、鋼桁端部の下フランジでは圧縮のひずみが生じている。なお、TypeBの仕口の方①が圧縮ひずみが大きいのは、頬杖の影響であると考えられる。

以上より、2章で示した方法により構築した橋梁において、鋼桁と橋台との一体化が可能であることを確認できた。また、一体化により発生断面力をほぼ半分までに減らせることから、まくら木下の上フランジの腐食などにより耐荷力が減少した橋梁に対して、一体化が有効な延命化措置であると言える。

4. 温度変化による隅角部の挙動

2章において示した隅角部の設計では、断面力や照査の具体的な数値の紹介を省略したが、表-2に示す復旧性の照査において温度変化による断面力が比較的大きく、例えば軸力については温度に起因するものが半分以上であった。そこで、一体化した隅角部の温度変化に対する実挙動を把握することを目的に、動態観測を実施してきている。本章ではその結果について考察し、当該橋梁の



隅角部の設計方法について検証した。

(1) 温度変化

一体化橋梁では鋼桁および橋台において温度を計測している。図-7(a)に示すように、鋼桁は両主桁の支間中央におけるウェブ中央、橋台はTypeAおよびTypeBのパラペットおよび橋台高さの半分位置であり、これらについては橋台幅の中央で測定している。

測定結果を図-7(b)に示す。なお、グラフ中の外気温については、一体化橋梁から最も近くに位置する気象庁のアメダス観測所（府中）のデータを参照した²⁶⁾。

鋼桁の温度は、晴れの日において東側主桁と西側主桁とピークの時間が異なり、東側は9時頃、西側は15時頃となっている。これは一体化橋梁が南北に伸びており、太陽が東から昇って東側主桁のウェブを温め、南中した後に今度は西側主桁のウェブを温めていることによるものと考えられる。このことから、東側主桁では温度変化による伸びが9時頃に最大となり、西側主桁では15時頃が最大となっていると考えられる。なお、日射の無い雨の日については、鋼桁の温度は外気温とほぼ同様の変動を示す。また、橋台については、温度の日変動が殆ど生じていなかった。

以降の隅角部の挙動については、晴れの日を対象として、3月4日の結果について示す。また、いずれの日も6時頃から温度が上昇していたことから、ひずみの測定結果については、6時の時点がひずみのゼロとなるように前処理をした。

(2) TypeA（頬杖無し）

図-8にTypeAの隅角部における、PC鋼棒における鉛直方向のひずみ変動の測定結果を示す。午前と午後におい

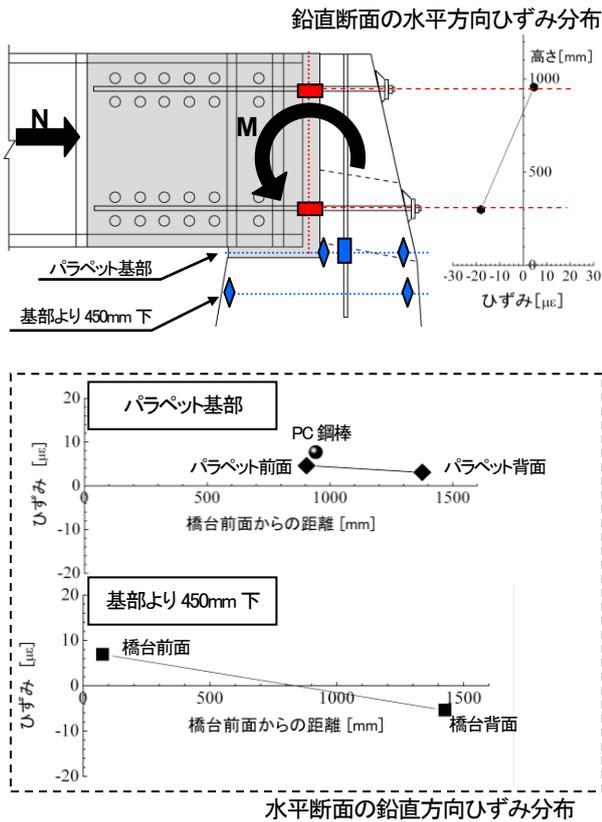


図-9 TypeAの隅角部（東側）の挙動

て、それぞれ温度変化による主桁の伸びに起因していると思われる引張のピークが見られる。これに加え、一日にわたって中央が引張、東側と西側が圧縮となっている緩やかなひずみの変動もみられる。これは、一体化鉄筋コンクリートおよびパラペット内の、橋軸直角方向の温度分布に起因して生じたものと考えられる。パラペットの中央は図-7に示すように一日を通して温度変動は無かったが、東側や西側の端部については、鋼桁から伝わってくる熱や、一体化鉄筋コンクリートの側面が日射によって熱せられたことによって、このような温度分布が生じたものと考えられる。

設計では温度変化による鋼桁の伸びに起因する挙動のみを考慮しているため、本研究でも当該挙動について考察することとした。そこで、コンクリート内の温度分布に起因して発生するひずみの影響がより少ない、9時の挙動（東側主桁の伸びが最大）について着目した。そのときのひずみ分布を図-9に示す。一体化鉄筋コンクリートとパラペットの目地位置における鉛直断面の水平方向ひずみ分布については、上段の水平アンカー位置で引張、下段において圧縮となっている。このことから、設計時には、隅角部における断面力に対して、RC断面として照査したのは妥当であったと考えられる。

パラペット基部における水平断面についても、設計時

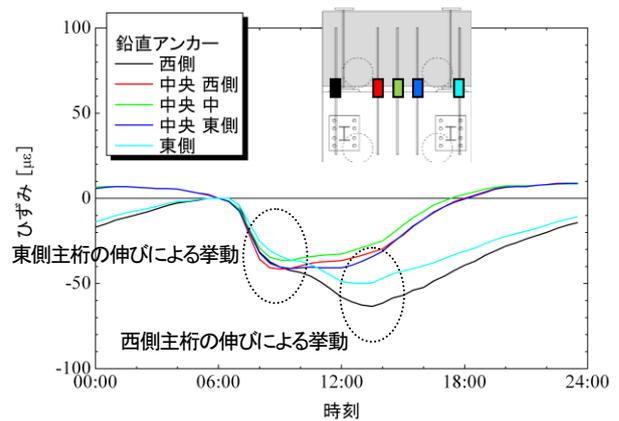


図-10 TypeB 鉛直アンカーの挙動

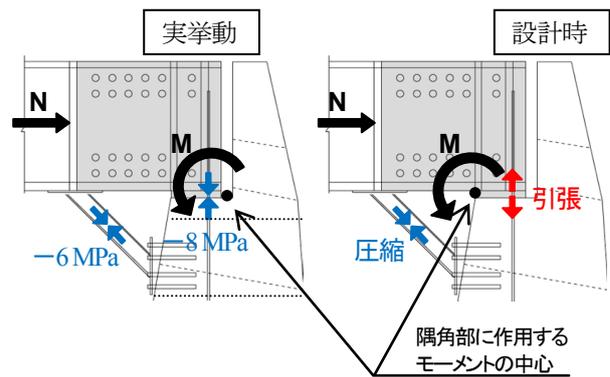


図-11 TypeBの隅角部（東側）の挙動

にはRC断面として照査しており、負曲げのモーメント（隅角部が閉じる方向）に対しては、橋台前面を圧縮、背面を引張として抵抗させている。しかしながら、図-9に示す結果ではそのような挙動を呈してなく、パラペット前面より手前では測定データが無いものの、全てが引張領域にあるように見受けられる。これは、パラペット基部には負曲げのモーメントが作用していることに加え、パラペット基部より450mm下の断面に見られるような、鋼桁の水平方向の伸びによって橋台が背面に反り、橋台前面に引張、背面に圧縮が生じる挙動も、同時に生じていることが原因の可能性として考えられる。

(3) TypeB（頬杖有り）

図-10にTypeBの隅角部における、鉛直アンカーにおけるひずみ変動の測定結果を示す。TypeA隅角部のPC鋼棒と同様に、午前と午後においてそれぞれ温度変化による主桁の伸びに起因していると思われる挙動と、コンクリート内の温度分布に依存して生じていると思われる挙動が見られる。温度分布に依存する挙動については、西側と東側の端部に位置する鉛直アンカーのひずみが、主桁より内側に位置する鉛直アンカーのひずみより圧縮側になっている傾向も同じである。

9時（東側主桁の伸びが最大）の頬杖および鉛直アンカーに生じた応力を図-11に示す。いずれも負曲げのモ

ーメントに対して圧縮の応力が生じていた。これは、設計時に想定していたような、モーメントの回転中心を橋台前面の位置として鉛直アンカーは引張に抵抗する、というものと異なっており、図-11に示すようにモーメントの回転中心が一体化鉄筋コンクリートの最背部にあったためであると考えられる。設計時に考慮したモーメントの回転中心は、地震時を想定して実施した模型実験¹³⁾から決めたが、今回は地震時よりも軸力成分Nが卓越する温度変化に対する挙動であった。したがって、TypeBにおけるモーメントの回転中心は、隅角部に作用するモーメントと軸力の割合に応じて変化することが、可能性の一つとして考えられる。

5. まとめ

本研究では、既設の鋼鉄道橋の抜本的な延命化手法として鋼桁・橋台・盛土を一体化しラーメン構造化することを提案し、研究所の敷地内に実物大の一体化橋梁を施工した。本稿では、この一体化橋梁の概要および鋼桁支点部と橋台とを一体化する2種類の隅角部構造について説明するとともに、一体化橋梁の活荷重応答を確認するための載荷試験、温度変化による隅角部の実挙動把握を目的とした動態観測の結果について考察した。以降に得られた結果をまとめる。

- ① 本稿で示した方法により、鋼桁支点部と橋台との一体化が可能である。
- ② 一体化により、鋼桁支間中央に発生するモーメントを半分程度に低減することが可能であり、腐食などにより耐荷力が減少した橋梁に対して、本研究で提案する一体化は有効な延命措置である。
- ③ 隅角部では、温度変化に対する応答として、主桁が伸縮することに起因した挙動と、一体化鉄筋コンクリートに温度分布が生じることに起因した挙動とが見られた。
- ④ TypeA（頬杖無し）の構造では、パラペットと一体化鉄筋コンクリートの打ち継ぎ部である鉛直断面に関しては、隅角部に作用する断面力に対して、RC断面として照査するのは妥当であると考えられる。また、パラペット基部の水平断面に関しては、橋台が背面側に反ることによって生じる断面力も影響していると考えられる。
- ⑤ TypeB（頬杖有り）の構造では、負曲げのモーメントに対して頬杖も鉛直アンカーも圧縮応力で抵抗していた。また、隅角部に生じるモーメントと軸力の割合によって、モーメントの回転中心が変わる可能性がある。

謝辞：本研究は国土交通省の補助金を受けて実施しました。また、余部鉄橋の鋼桁についてはJR西日本より提供して頂いた。関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 市川篤司：鋼鉄道橋の補修・補強の概要，橋梁と基礎，1994.8.
- 2) 杉本一朗，小林裕介，市川篤司，谷口望，Vo Thanh Hung：腐食上路プレートガードの座屈挙動に着目した耐力評価，鉄道総研報告，Vol.19，No.12，pp.27-32，2005.12.
- 3) Vo Thanh Hung：A Study on Evaluation of Load-carrying Capacities of Corroded Steel Bridges，東京工業大学学位論文，2004.11.
- 4) 中山太士，岡本章太，近藤拓也，藤井堅，松井繁之：まくらぎの下上フランジに局部腐食を有する桁の残存耐力，構造工学論文集 A，Vol.56，pp.145-156，2010.3.
- 5) 川村力，宍戸真也，小島俊一，吉田直人，小林裕介：鋼直結軌道上路鋼桁橋梁に発生した疲労き裂の補修について土木学会第 66 回年次学術講演会，IV-131，2011.9.
- 6) 中瀬理至，中山太士：80 年供用された鋼鉄道橋の溶接補修，土木学会第 60 回年次学術講演会，I-013，pp.25-26，2005.9.
- 7) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編 鋼・合成構造物），丸善，2007.1.
- 8) 道下恭博，櫻井信彰，本間宏二，渡部弘明，平田尚，藤川敬人：インテグラル複合ラーメン橋（西浜陸橋）の設計と施工，橋梁と基礎，Vol.36，No.2，pp.11-18，2001.2.
- 9) (財)土木研究センター，新日本製鐵（株）：インテグラル橋の計画ガイドライン（案）（鋼橋編），2004.3.
- 10) 中谷昌一，竹口昌弘，小林篤司：道路分野における新技術—インテグラルアバット橋，基礎工，Vol.36，No.1，pp.22-26，2008.1.
- 11) 岩崎信正，天満真士，新平信幸，津田佳明，栗田章光：インテグラルアバット橋のアプローチスラブに関する調査・研究，橋梁と基礎，Vol.42，No.7，pp.34-39，2008.7.
- 12) 三川武紀，松尾仁，平陽兵，山野辺慎一，小林裕介，杉本一朗：既設鋼桁と橋台の一体化方法の検討-その 1 隅角部設計，土木学会第 65 回年次学術講演会，第 CS 部門，pp.67-68，2010.9.
- 13) 平陽兵，山野辺慎一，松尾仁，三川武紀，小林裕介，杉本一朗：既設鋼桁と橋台の一体化方法の検討-その 2 隅角部載荷実験，土木学会第 65 回年次学術講演会，第 CS 部門，pp.69-70，2010.9.
- 14) 白仁田和久，館山勝，神田政幸，小島謙一，渡辺健治：鋼桁・橋台・盛土一体化(ラーメン構造化)による延命化工法の提案と影響解析，第 45 回地盤工学研究発表会，pp.1393-1394，2010.8.
- 15) 白仁田和久，館山勝，神田政幸，奥村幹也，野中隆博，黒岩俊之：縁端距離および載荷角度を考慮した定着構造に関する水平載荷試験，土木学会第 65 回年次学術講演会，第 V 部門，pp.1165-1166，2010.9.
- 16) 黒岩俊之，野中隆博，奥村幹也，館山勝，神田政幸，白仁田和久：棒状補強材頭部の定着長に関する引抜き載荷試験，土木学会第 65 回年次学術講演会，第 V 部門，pp.1167-1168，2010.9.
- 17) 野中隆博，神田政幸，館山勝，小林裕介，杉本一朗：鋼桁・橋台・盛土の一体化補強工法における鋼桁・橋台の施工方法，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011.9.

- 18) 須賀基晃, 栗山亮介, 舘山勝, 神田政幸, 杉本一朗, 小林裕介: 老朽橋梁の延命化のための鋼桁・橋台・盛土の一体化補強, 第 46 回地盤工学研究発表会, pp.1499-1500, 2011.7.
- 19) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (土構造物), 丸善, 2007.1.
- 20) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造物), 丸善, 2004.4.
- 21) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (耐震設計), 丸善, 1999.10.
- 22) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (鋼とコンクリートの複合構造物), 丸善, 2002.12.
- 24) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (鋼合成構造物), 丸善, 2009.7.
- 23) 矢崎澄雄, 栗山亮介, 須賀基晃, 神田政幸, 舘山勝: 鋼桁・橋台・盛土の一体化補強の設計法に関する検討, 第 46 回地盤工学研究発表会, pp.1501-1502, 2011.7.
- 24) 本間宏二, 平田尚: 孔明鋼板ジベルを用いた鋼桁-RC 橋台接合構造の実験的研究, 鋼構造論文集, 第 8 巻, 第 30 号, pp.23-30, 2001.6.
- 25) 芦塚憲一郎, 宮田弘和, 坂手道明, 木曾収一郎, 栗田章光: 直接基礎を有する鋼ポータルラーメン橋の設計と剛結部構造の合理化, 構造工学論文集, Vol.53A, pp.936-945, 2007.3.
- 25) 天満真士, 岩崎信正, 新平信幸, 津田佳明, 森田晃稚, 栗田章光: 鋼合成桁を用いたポータルラーメン橋における新しい隅角部構造の提案と設計法, 橋梁と基礎, Vol.43, No.10, pp.25-30, 2009.10.
- 26) 気象庁 HP 気象統計情報,
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>

INTEGRATED STRUCTURE OF EXISTING RAILWAY STEEL GIRDER, ABUTMENT AND EARTHFILL

Yusuke KOBAYASHI, Ichiro SUGIMOTO, Motoaki SUGA, Tomoaki YOKOYAMA
and Masaru TATEYAMA

In this research, the integrated structure of steel girder, abutment and earthfill is proposed as life-prolonging method for existing railway steel bridges and the full-scale integrated structure bridge was constructed for several tests in our research institute. This paper firstly introduces the overview of the full-scale bridge and 2 types of corner structure to connect the girder end to the abutment. Then, this paper summarizes the results from loading tests to confirm the reduction of response against train loads, and from monitoring to grasp thermal behavior of 2 corner structures.