

論文・報告

PB ポータルラーメン 八田橋の設計・施工

～富山駅周辺の八田橋上り線架け替え工事～

Design and Construction of Pre-Beam Portal Ramen Bridge, Hatta Bridge

農坂 真*1
Makoto NOUSAKA

畠 岳志*2
Takeshi HATA

板谷 城宏*3
Kunihiro ITAYA

栗山 浩*4
Hiroshi KURIYAMA

上島 稔*5
Minoru KAMISHIMA

富山駅北口から 700 m 離れた位置にある八田橋は 1965 年頃に造られた RC3 径間ゲルバー橋で、バスや路面電車が走行する重要道路橋である。2013 年の富山市の橋梁調査で、掛け違い部の老朽化に伴い、上り線と下り線の 2 橋を順次架け替えることになった。新設橋は、「河川や周辺の道路線形条件」、「施工時の上下線道路切り替え条件」、「添架物の条件」のほかに「供用後の維持管理が容易であること」を評価され、ポータルラーメン型プレビーム合成桁が採用された。本稿ではポータルラーメン構造の上下部工の接続部（隅角部）の構造と施工、多点プレフレクションによる応力導入、施工概要について報告する。

キーワード：プレビーム合成桁、ポータルラーメン構造、鋼桁開孔方式孔あき鋼板ジベル、PBL、多点プレフレクション、

1. はじめに

八田橋は富山駅北側 700 m 程の位置にある一級河川いたち川に架かる橋で、富山駅と東西の地域を結ぶバスや路面電車の公共交通が走行する主要幹線道路に架かる橋である（図 1）。当初の橋梁は 1970 年頃に造られた RC3 径間ゲルバー橋で、架け替え工事や拡幅工事を経て最終的に上り線・路面電車専用橋・下り線の 3 橋が並列した形となった（図 2・図 3）。2013 年に富山市による点検によってゲルバー構造の桁掛け違い部で損傷が確認され（図 4・写真 1）、早急に何らかの対応が必要であると判断された。



図 1 八田橋位置図

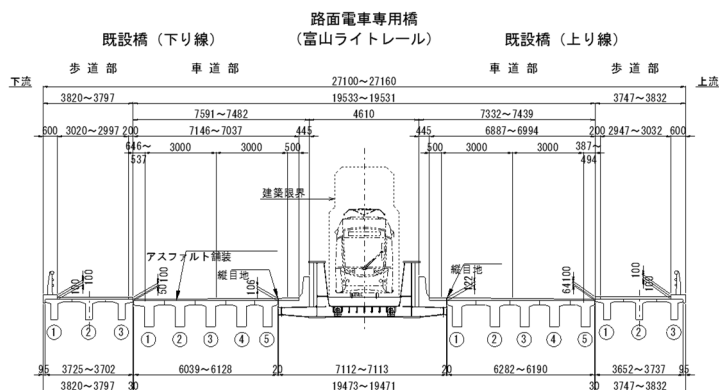


図 2 撤去前の旧八田橋（断面図）

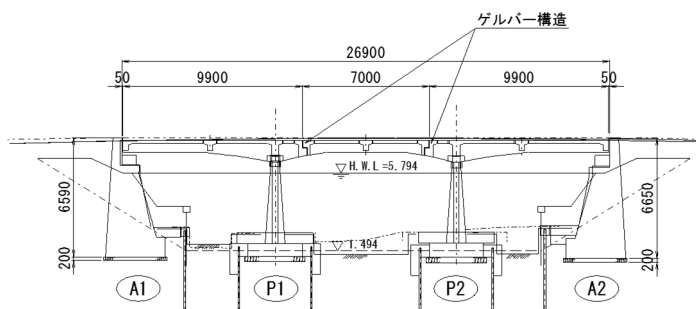


図 3 撤去前の旧八田橋（側面図）

*1 川田建設(株)北陸支店事業推進部工務課 課長
*2 川田工業(株)鋼構造事業部技術部富山技術課
*3 川田建設(株)北陸支店事業推進部技術課

*4 川田工業(株)鋼構造事業部技術部富山技術課 主幹
*5 川田建設(株)北陸支店事業推進部工事課 総括工事長

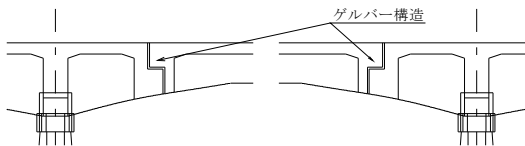


図4 旧八田橋のゲルバー構造部



写真1 旧八田橋の損傷箇所（ゲルバー構造部）

維持管理対策を検討した結果、2015年北陸新幹線の開業や路面電車の路線延長などのまちづくりに伴う交通需要の増加を見据えて、上り線と下り線を順次新しく架け替えることになった。本稿では、2016年から開始し、2018年3月に完了した上り線の架け替え工事、特に上下部工の接合部（隅角部）の構造と施工、多点プレフレクションによる応力導入、施工概要について報告する。

2. 工事概要

- 工事名：八田橋架け替え工事
- 施工場所：富山県富山市永楽町外地内
- 路線名：市道綾田北代線
- 発注者：富山市建設部
- 元請：佐藤工業・日本海建興・角地建設JV
(下請として上り線の新設工事を川田建設が担当)
- 工期：2017.5～2018.3(上り線新設工事のみ)
- 構造形式：ポータルラーメン型プレビーム合成桁
- 橋長：36.042 m
- 支間長：33.971 m
- 幅員構成：0.445+7.000+3.000+0.400=10.845 m
- 主桁本数：7本(6@1.550 m=9.300 m)
- 設計荷重：B活荷重
- 平面線形：直線(R=∞)
- 縦断勾配：-3.550%～+2.479%(V.C.L=35.000 m)
- 横断勾配：車道2.0%→歩道2.0%←
- 斜角：右75°
- 添架物：光ファイバー1条、CATV2条、NTT2条、路面電車用信号線2条、電力2条、予備4条

八田橋の橋梁選定条件は、

- ①河川上の施工であるため固定支保工形式以外であること
 - ②施工時の道路擦り付けと上下線の切り替えがあるため、縦断勾配と路面標高を現状と可能な限り合わせる必要があること
 - ③H.W.L.の条件から桁高が小さく出来る構造であること
 - ④添架物を多く設置できる形式であること
- であり、これらの諸条件を満足するプレビーム合成桁が選定された。

また、道路部と橋梁部との継ぎ目の周辺は劣化損傷が進展しやすい部分であるため、桁と橋台が一体となった構造で伸縮装置や支承が無く、橋梁の維持管理が容易なポータルラーメン構造が採用された。

プレビームの両端部を下部工橋台の鉄筋コンクリートで巻き立てて剛結するポータルラーメン構造(図7)には次のような特長がある。

(1) メリット

- ①維持管理対象の支承と伸縮装置が省略でき、橋の維持管理費を抑えられる
- ②伸縮装置が無いため、走行時の騒音・振動を軽減できる
- ③橋台と桁が剛結されているため、落橋防止装置が必

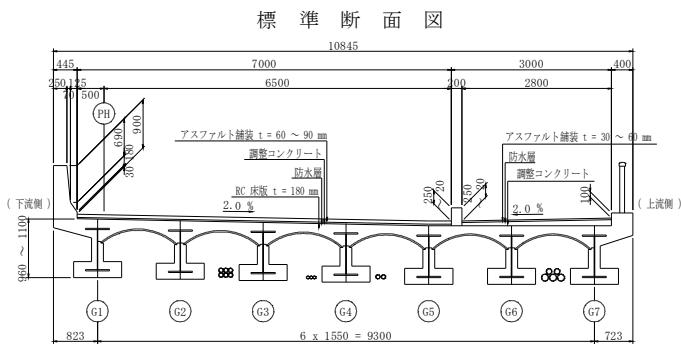


図5 架け替え後の標準断面図

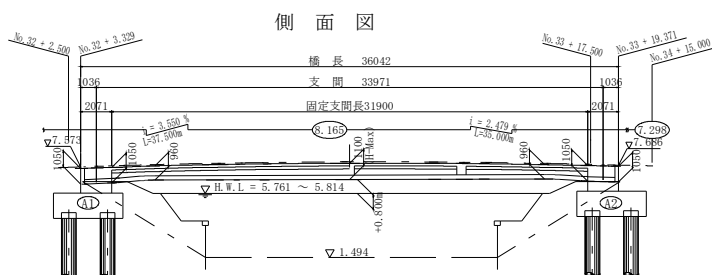


図6 架け替え後の側面図

要ない

④支間の中央付近の発生応力を低減できる

(2) デメリット

- ①構造が静定系から不静定系に変化し、温度、乾燥収縮、クリープの構造解析が煩雑である
- ②施工順序が複雑である
- ③橋台と鋼桁の接合部分（隅角部）が高密度配筋になる

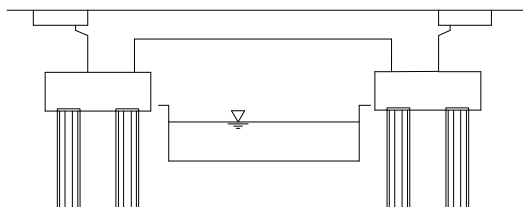


図7 ポータルラーメン構造

(3) 実績

ポータルラーメンは国立開発研究法人土木研究所の2014年8月の調査結果によると日本道路公団（現NEXCO）や国土交通省で145橋の実績がある。¹⁾

箱桁、中空床版、鋼I桁がそのうちの大部分を占めており、ポータルラーメン型プレビーム合成桁を採用したものは八田橋が初めての実績となる。

3. 設計概要

(1) 隅角部構造^{2)~10)}

隅角部の設計は、以下の方針により行った。

- 1) 隅角部のずれ止めとしては、スタッドジベル、孔あき鋼板ジベル（鋼板方式、鋼桁開孔方式）等があるが、本橋は桁高が低く、狭隘であることなどの理由により、フランジに孔を設けた鋼桁開孔方式孔あき鋼板ジベル（以降PBL）とスタッドジベルを併用した。フランジのPBLはU字貫通鉄筋と組み合わせたものとしており、構造高が低いSCスラブ橋（合成床版橋）のTリブのずれ止めにも採用されている。
- 2) 鋼とコンクリートの分担断面力を算出し、鋼桁断面が分担する断面力相当分をPBLとスタッドジベルにて確実に伝達できるように設計する。
- 3) 図8の構造にして、曲げモーメントと軸力は上下フランジのPBLが、せん断力はウェブのスタッドジベルが伝達する機構とする。

隅角部配筋については、設計当初より煩雑になることが予想されたため、シンプルな構造となるように留意した。PBL貫通鉄筋の配筋は、SCスラブ橋（合成床版橋）のTリブのずれ止め補強鉄筋配置と同じ要領で計画した。

また、本橋は添架物の開口部が多いため、発生曲げモー

メントに対する引張補強鉄筋の配置が困難であった。そこで、鉄筋径を大きくし、鉄筋の重ね継手位置を考慮して多段的に分散配置させることで、配筋スペースを確保した（図9）。

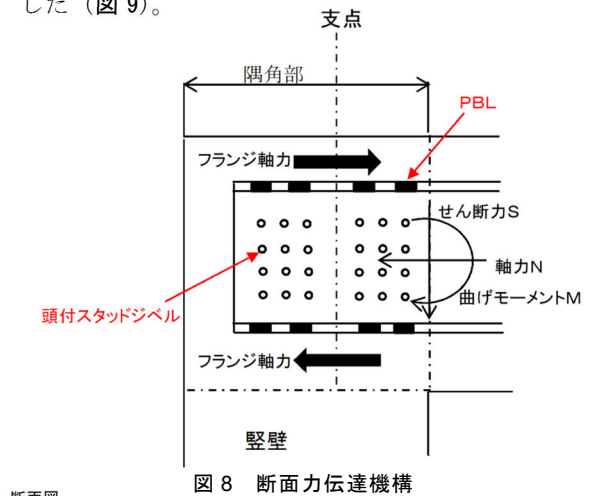


図8 断面力伝達機構

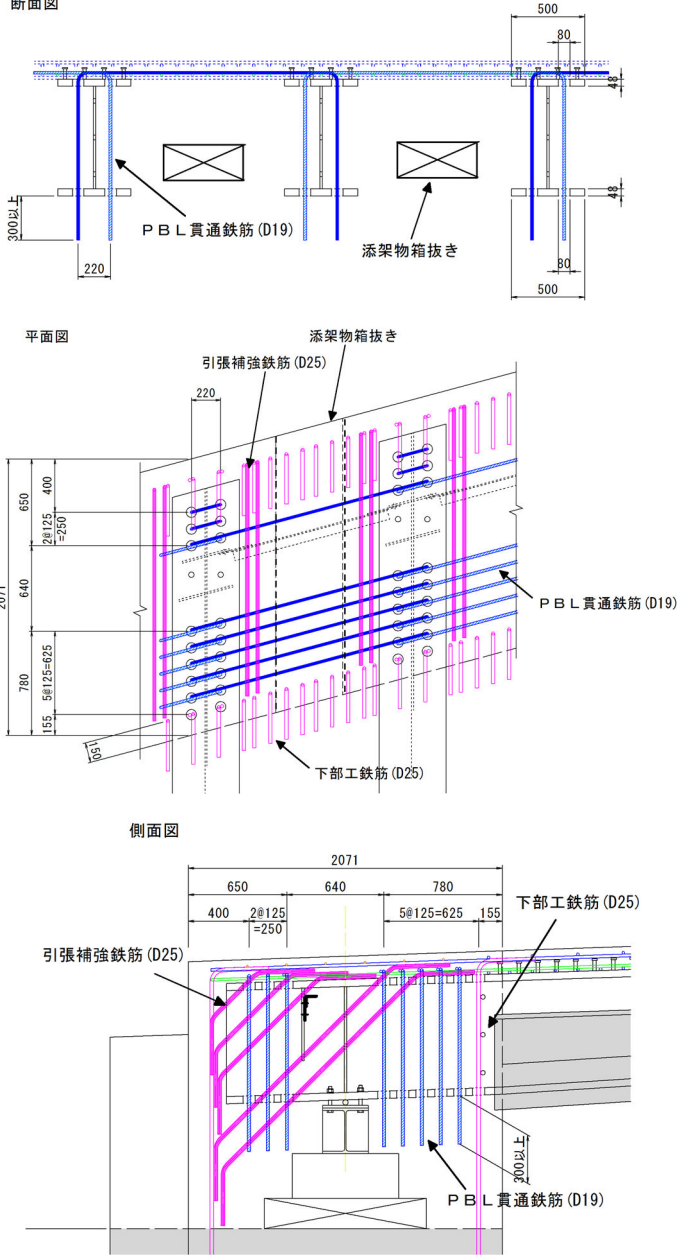


図9 隅角部配筋

(2) 多点プレフレクションによる応力導入

本橋においては、路面電車の基線との取合いにより路面高さに制限を受け、また、河川橋のため桁下余裕量の確保が必要なことから、従来のプレビーム桁よりも桁高を低くする必要があった。そこで多点支持工法を採用した。

従来の応力導入における、プレフレクション (Pf) 曲げモーメントは、設計曲げモーメントを包含するように2点に集中荷重を載荷し、台形曲げモーメントとして与えている。しかし、設計曲げモーメントは放物線であるため、Pf 荷重載荷点付近では図 10 のとおり Pf 曲げモーメントと差が生じ、必要桁高や必要鋼桁断面が大きくなる傾向にあった。

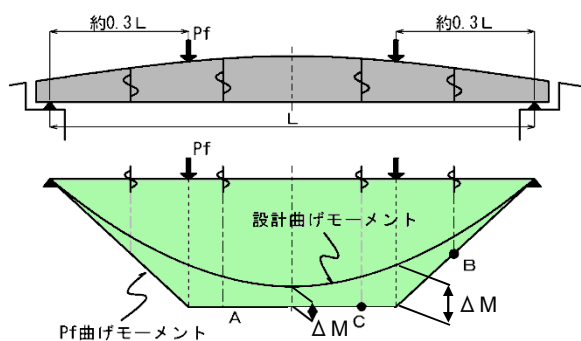


図 10 従来の2点載荷 Pf 曲げモーメント (台形分布)

前述の改良策として考案された工法に多点 Pf 工法がある。Pf 点を増やすことで、Pf 曲げモーメント形状を設計曲げモーメントの放物線形状に近似させることができ、効率的な断面構成が可能となる (図 11)。

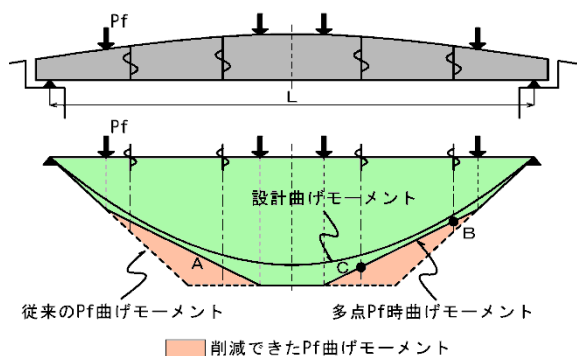


図 11 多点 Pf 曲げモーメント (多角形分布)

本橋では3点の集中荷重載荷により、応力導入を行った (写真 2)。



写真 2 応力導入状況

4. 施工概要

(1) 施工ステップ

図 12 に本橋のステップ図を示す。

- 【Step-1】橋台フーチング打設後に主桁仮置用の架台を設置
- 【Step-2】架設桁架設で、架設桁の設置の際には現場に残されている橋脚をバンド代わりにして河川上で組立
- 【Step-3】添接部のウェブコンクリート打設
- 【Step-4】隅角部と接続付近の床版部を除いた横桁部と床版部の打設。なお、本橋は床版・横桁部に埋設型枠を使用
- 【Step-5】敷鉄板による 60 ton のカウンターウェイトを載荷、鋼桁下縁に引張力を与えている間に下フランジコンクリートを打設 (コンクリートの強度発現後にカウンターウェイトの撤去を行い部分プレストレスを付与)
- 【Step-6】隅角部と残りの床版部を打設し、上部工と下部工を一体化
- 【Step-7】橋面施工

主桁は川田工業の富山工場にて3分割で製作した桁を現場搬入し、架設桁上で組み立てた後、200 t と 130 t クレーンによる相吊り架設を行った。桁組立から架設・横繫ぎを1日の架設サイクルで実施し、仮置き・架設桁解体を含めて8日で架設は完了した。クレーンのアウトリガから3 m 隣を路面電車が通過する状況であったが、約 15 分間隔の電車のダイヤの合間に吊り作業を完了させる条件で役所の承諾を得て日中の架設を行った (写真 3)。

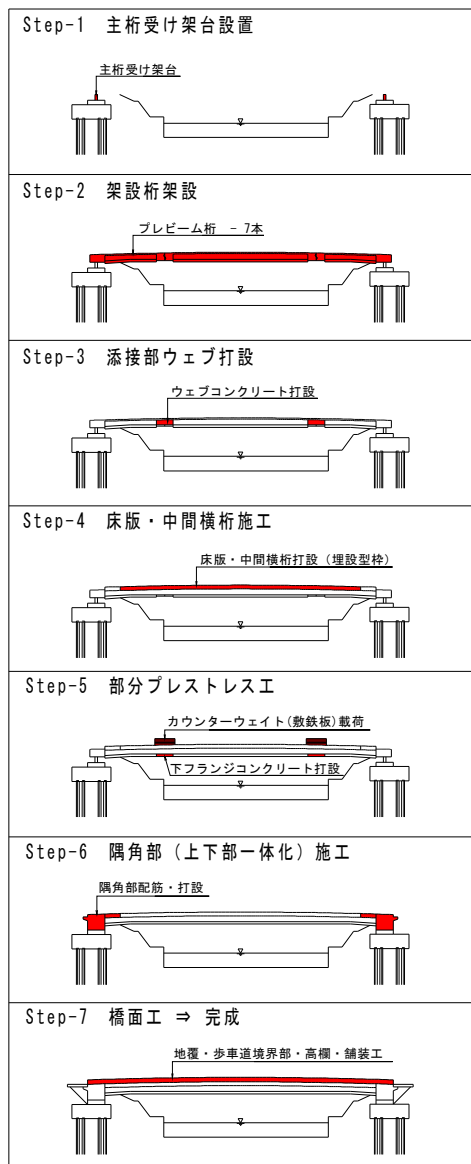


図 12 施工ステップ図



写真 3 主桁架設状況

(2) 隅角部の施工

受け架台は、架設から隅角部打設までの主桁のたわみと伸縮を容易にするため、支持点をφ38丸鋼で製作し、主桁との設置面ができる限り小さくなるようにした（写真4）。

受け架台は隅角部の打設時に埋設されるが、空気溜りが発生し易い箇所には予め空気孔を設けた。



写真 4 主桁受け架台

コンクリートの配合は、拘束ひび割れを抑制するため膨張材を添加するとともに、鋼桁・鉄筋・架台・添架物開口用埋設管により密な配置となった隅角部付近（写真5）のコンクリートの充填性を確保するためにスランブを18cmとした。

また、コンクリートポンプ車のホース外径を9cmの小さなタイプに変更し、床版上縁部に内径11cmの鞘管シースを桁間に各4箇所設置することで、ホースが架台部の隅々まで直接届くように工夫した（写真6）。打設完了後は鞘管シースを抜き、鉄筋を設計通りに配置した。

更に、振動機による締固めを確実に実施するため、堅壁部の型枠に振動機挿入用の開口窓を前面側と背面側に12箇所ずつ設けた。

他に、打設時に空気の溜まりやすい各架台の下奥および添架物開口用埋設管の下縁にコンクリート充填検知システム（ジューテンダー）を取付け、充填性を目視以外でも確認した。



写真 5 隅角部の鉄筋・付属物配置状況

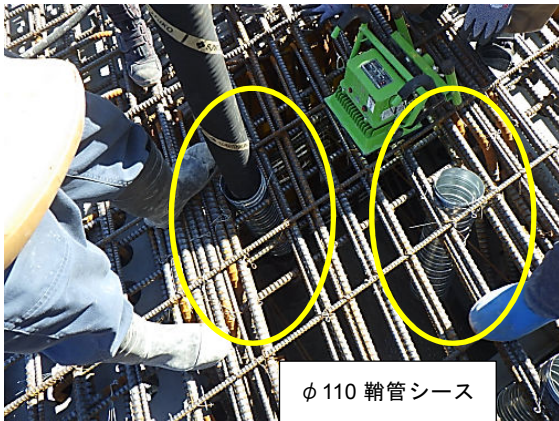


写真6 コンクリートポンプホース挿入用の鞘管



写真8 上り線完成写真

5. おわりに

工期短縮のために発注時の段階で床版部や横桁部に埋設型枠が採用されていた。桁下空間が充分確保できない本橋では、型枠の組立解体作業を大幅に省略できる床版埋設型枠（アーチフォーム）は作業軽減に効果的であった。



写真7 床版埋設型枠（アーチフォーム）

上り線の架け替え工事は路面電車や主要道路が隣接し、ヤードが十分に確保できない条件の中での施工であったが事故もなく無事に完了した（写真8）。なお、河川内の既存橋脚は2020年に撤去予定で、2018年8月現在、佐藤工業・日本海建興・角地建設JVにより、下り線架け替えの準備中である。旧下り線の撤去を11月に開始、主桁架設を川田建設が2019年6月に行い2020年3月頃に施工完了となる。

最後に、ご協力・ご指導頂いた佐藤工業・日本海建興・角地建設JVの皆様ならびに関係各署の方々にお礼を申し上げ結びとする。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所, 大阪工業大学, 一般社団法人, 一般社団法人日本橋梁建設協会: 橋台部ジョイントレス構造における鋼-コンクリート接合構造の設計・施工手法に関する共同研究報告書, 2015.
- 2) (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)(鋼桁編), 2004.
- 3) (独)土木研究所: インテグラルアバット構造の設計・施工ガイドライン(案), 2012.
- 4) 高木優任, 中村俊一, 室井進司: PBLを用いた複合ラーメン橋隅角部に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.49A, 2003.
- 5) 遠藤繁人, 和田圭仙, 七澤利明, 星隈順一: 鋼-コンクリート接合部の耐力評価に関する実験的研究: 構造工学論文集 Vol.60A, 2014.
- 6) 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, 2007.
- 7) 本間雅史, 前田良文, 小林良, 大久保宣人: 小針岸橋の設計と施工, 土木学会北海道支部論文報告集第54号
- 8) 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, 2009.
- 9) 酒井義弘, 吉田順一郎: 上下部一体プレキャスト合成桁橋の提案: 土木学会第60回年次学術講演会, 2005.
- 10) SCスラブ橋: 特許番号第4146314号, 登録日2008年6月.