

ハーフプレキャスト工法による鉄道営業線直上RCラーメン高架橋の計画

～東急東横線武蔵小杉～元住吉高架化工事～

Design of Railway Rigid-Frame Viaduct, Over and Along Another Operating Line, with Half Precast Construction Method

小西 哲司
Tetsushi KONISHI

川田建設(株)東京支店技術部次長

渡邊 佳
Kei WATANABE

川田建設(株)東京支店技術部設計課

谷野 英一
Eiichi YANO

川田建設(株)東京支店工事部総括工事長

根岸 隆久
Takahisa NEGISHI

川田建設(株)東京支店那須工場
生産技術課

東京急行電鉄(株)東急東横線の立体化事業において、営業線の仮線切替が不可能な狭隘用地環境での、近隣への影響にも配慮した直上施工対処工法として、従来工法の移動式型枠を用いた場所打ち工法に替わるハーフプレキャスト(HPCa)工法を適用検討した。HPCa工法は工場製作のHPCa部材を現場において架設し、場所打ちコンクリートにより接合一体化してRCラーメンを構築するものである。本稿は従来工法をHPCa工法に変更するにあたり実施した全体計画、部材設計・製造・施工計画について、特にポイントとなるHPCa部材割付計画を中心にその概要を報告するものである。

キーワード：鉄道ラーメン高架橋、営業線直上工事、ハーフプレキャスト工法、ACT研究会

1. はじめに

東京急行電鉄(株)は、東急東横線の混雑を抜本的に緩和するため、武蔵小杉～元住吉(第一工区)付近の直上高架化を鋭意施工中である。

RC鉄道ラーメン高架橋のプレキャスト化については、種々の対外文献に概要を述べてきたところであるが、今回、第一工区延長約500mの区間において、

- ① 仮線切替が不可能な狭隘用地環境への対処
- ② 上部の架空線制約の解消
- ③ 夜間作業に伴う建設騒音・振動の軽減

等への対応策として、RCラーメン高架橋躯体の梁およびスラブ部材と、ラーメン間の単版桁をハーフプレキャスト(以下、HPCaと記す)工法で構築することとした。そこで、RCラーメン高架橋について、その計画概要および部材設計、製造・架設施工計画等を報告する。図1に計画断面を示す。

なお、本件のHPCa工法は、鉄道ACT研究会に登録された「鉄道ラーメン高架橋のプレキャスト構築工法(東急建設・川田建設の共同開発)」¹⁾の部分技術であり、(財)鉄道総合技術研究所から平成11年3月に発刊された「ハーフプレキャスト工法を適用した鉄道ラーメン高架橋の設計・施工指針」²⁾に準拠して計画するものである。

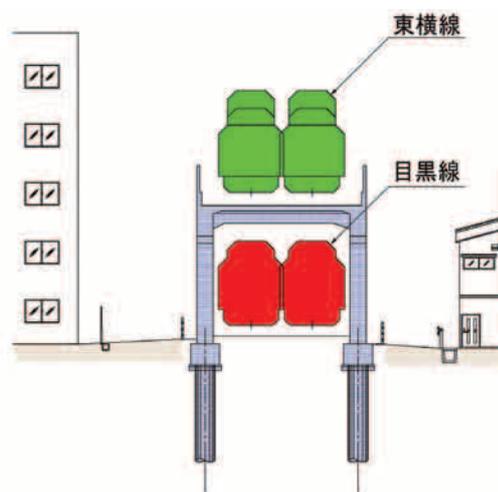


図1 計画断面

2. 採用の経緯

表1に本工区における当初計画の移動式型枠工法(トラベラー工法)とHPCa工法との比較表を示す。

当該工区の架設環境は両側道とも生活道路であることから、現営業線の直上に仮線切替なしでRCラーメン高架橋を構築する方式として移動式型枠工法による場所打ち施工が計画されていた。

しかし、本ラーメン高架橋は営業線を跨ぐ構造であり、構築にあたっては、運行車両に対する安全の確保が最重要条件であること、き電停止後の工種、作業が多岐にわ

表1 移動式型枠工法とHPCa工法比較表

検討タイプ	現行設計	変更案
	移動式型枠工法	ハーフプレキャスト工法
構造図および施工概念図		

たることから作業期間が長期化し、併せて移動式型枠降下移動時などにおける、夜間騒音に対する近隣環境対策が必要となる。そこで、

- ① 大幅な工期短縮が可能である
- ② 現場での作業量が1/3程度に低減できる
- ③ 架設後のスラブが防護工としての機能を併せ持つことから、営業線に対する安全性が向上する

などの優位点を有する、HPCa工法を適用することとした。

3. 計画および設計照査

ハーフプレキャスト工法の計画における、およその作業内容は以下のとおりである。図2に設計照査フローを示す。

- (1) 架設施工条件に適合した部材分割組立計画 (設計照査フロー①～③)
- (2) 各種ラーメン部材の施工手順に従った構造計算と断面照査 (設計照査フロー④～⑦)
- (3) 部材構造および配筋計画を満足する構造細目の決定 (設計照査フロー⑧、⑨)

上記のうち、(1) および (3) は一連の計画作業として行い、(2) については分割計画と並行して進める。

(1) 部材の分割・組立計画

標準ラーメンの基本構造寸法は、横断面柱間隔8.5 m、縦断面柱間隔9 m×4スパンである。

部材分割は次の施工手順にしたがって実施した。

- (1) 柱部材を通常の現場打設で施工
- (2) 縦梁・横梁・床版の各HPCa部材を順次架設
- (3) 柱～梁接合部を現場打設コンクリートで連結
- (4) 躯体上部 (梁・床版を含む全面) に現場打設コンクリートを施工
- (5) 地覆・防水工・擁壁 (防音壁) を施工し躯体完成

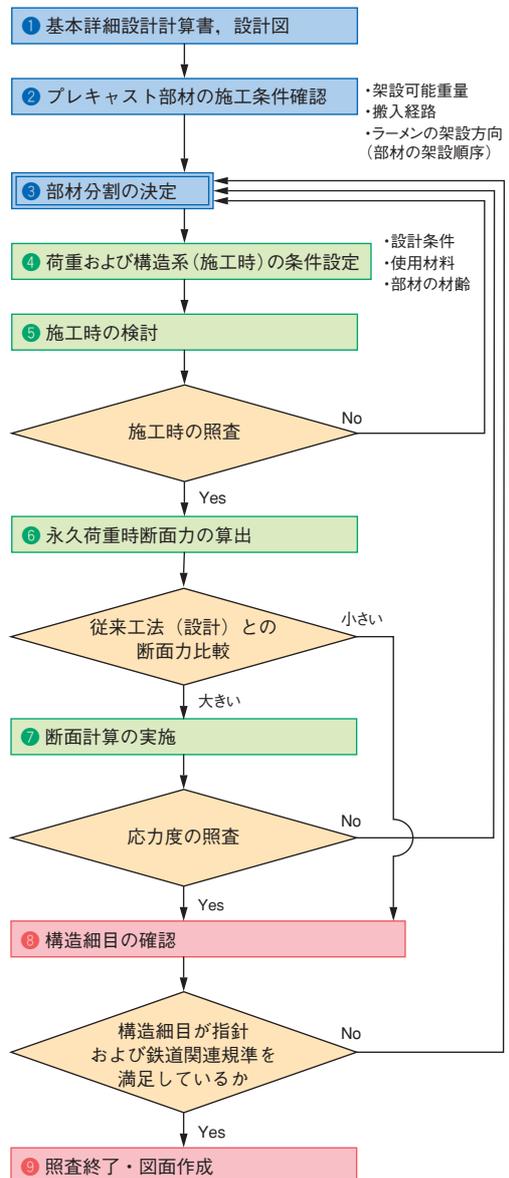


図2 設計照査フロー

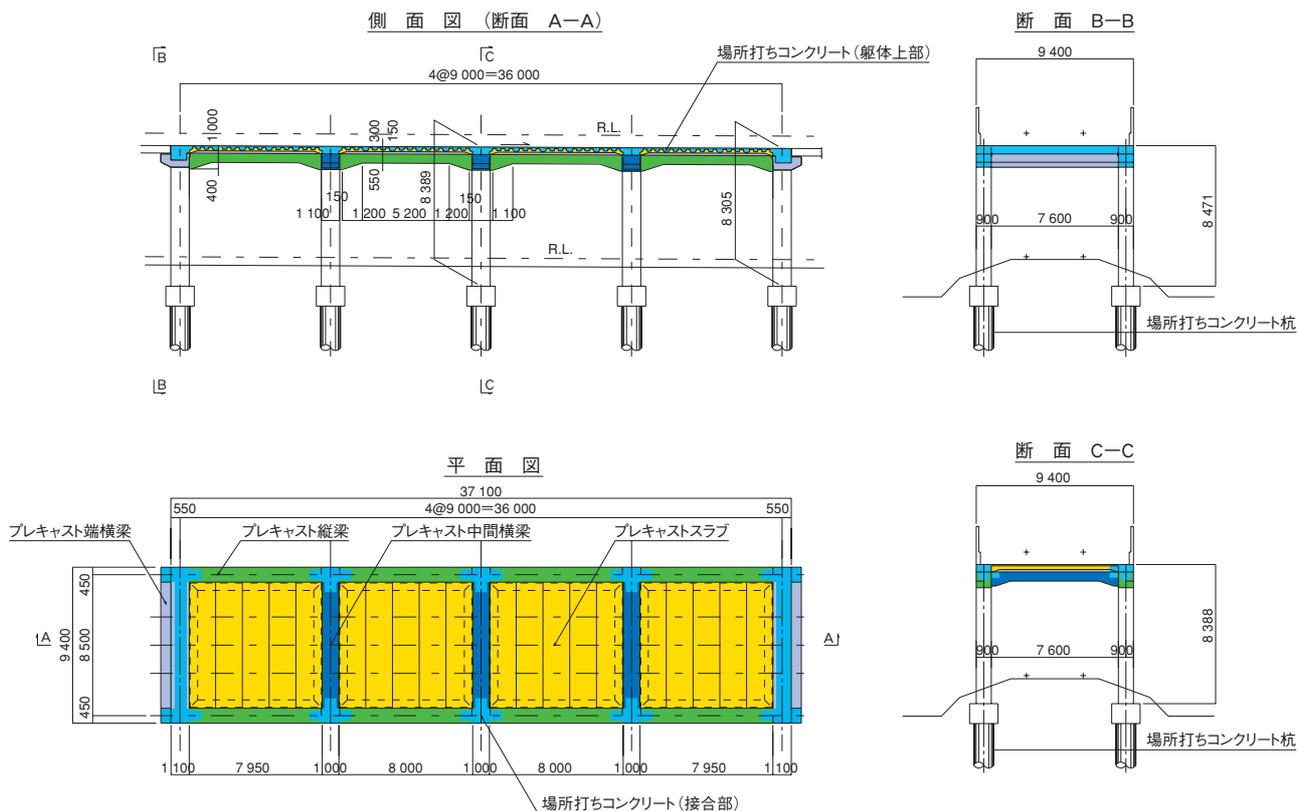


図3 HPCa工法における標準ラーメン高架橋部材の割付図

HPCa部材割付は、使用重機的能力および作業時間を考慮した作業性の良否により決定するが、特に重量の大きくなる梁部材については、架設中の支持状態として最も安定した1支間1部材を原則としている。この際、部材重量は断面を矩形とするか中抜きをしてU字形とするかで、ある程度コントロールしている。本構造では縦梁、中間横梁を矩形断面、端部横梁をU字形中抜き断面とした。

図3に部材割付図を、図4に部材分割フローを示す。

(2) 部材の分割・配筋計画

部材分割におけるポイントは部材組立と同時に、輻輳する鉄筋の組立手順を含めた配筋計画である。

PC橋梁におけるPC鋼材のさばきと同様に、RCラーメン高架橋においては、配筋計画が重要である。配筋計画においては以下について満足することが重要である。

- ① 工場製作において、鉄筋組立が支障なく行えるとともに、組立誤差を最小限に抑えることができること
- ② 部材架設時の作業に支障がなく、また、鉄筋組立・接合作業に支障がないこと
- ③ 構造物における構造細目等の規定を満足しており、構造上の安全性が確保されていること

実際の配筋計画においては②、③を優先して変更検討し、設計打ち合わせの中で協議の上変更(①)している。特に②については企業者と元請け企業との合同打ち合

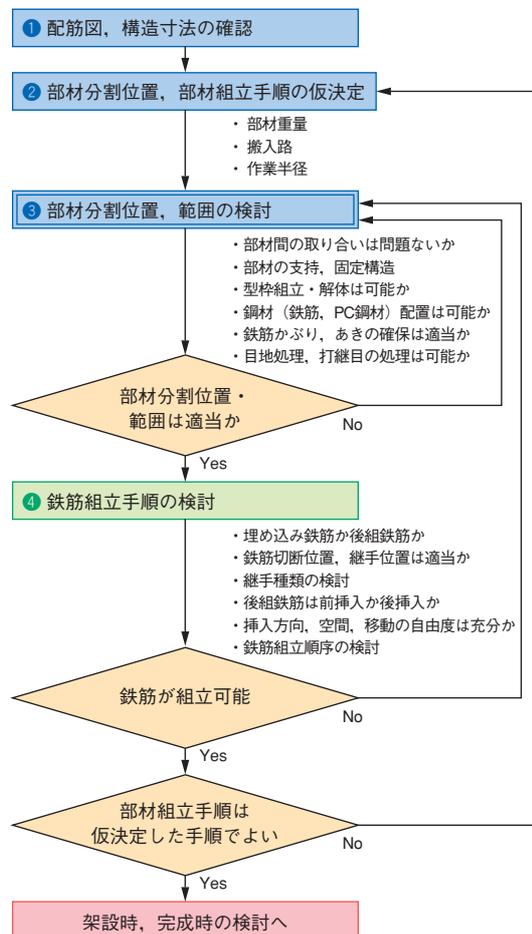


図4 部材分割フロー

わせの中で詳細を決定しているが、一般的には今回のような直上施工においては、特に都市部の営業線直上施工の場合架設作業時間が2~3時間程度しか取れないため、この間で所定の架設部材数を消化することが連日の作業工程を、ひいては全体の架設工程を左右することから最優先項目としている。

配筋計画での留意点としては、場所打ち工法のように現場組立の鉄筋同士が点接触するような配筋計画は避けなければならないことは言うまでもない。

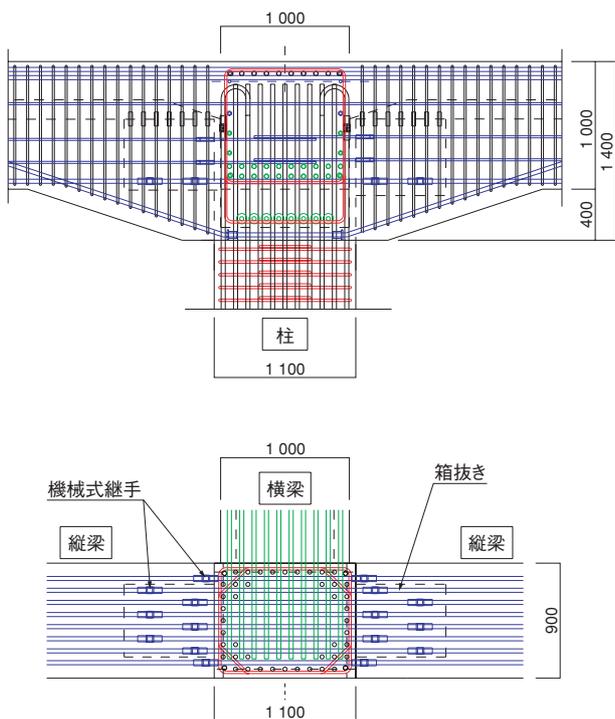


図5 柱～梁接合部配筋図

また、使用重機の設置位置や荷取時の部材～重機間の関係によっても部材吊り能力が左右されるため、現場での測量結果と並行して検討した。

プレキャスト部材間における鉄筋の継手は機械式継手を用いており、鉄筋は全ねじ異形鉄筋とした。機械式継手を用いることにより、鉄筋軸方向および直角方向の設置余裕が確保でき、鉄筋の継手作業が容易になった。

ねじ込み式機械式継手の接合完了後は継手内にエポキシ樹脂を注入して接合を完了した。図5に柱～梁接合部の配筋図を示す。

計画の最終段階においては、特に鉄筋の輻輳する柱～梁接合部の実物大モデルを製作し、鉄筋の組立実験を行って配筋確認を実施している。

(3) 設計照査

部材分割に並行して分割、施工手順に応じたラーメン完成時の照査およびHPCa部材照査を行う。

部材照査の手順については過去の文献⁴⁾に詳述してい

るので、ここでは概要を述べる。

HPCa工法は、型枠支保工を用いる従来工法と比べて各施工段階に応じて構造系および荷重が変化する。HPCa工法の解析では断面変化に伴って発生する応力度を順次積算していくことから、ラーメン完成時における永久荷重での応力度および断面力が若干変動する。(図6)

しかし、躯体完成後に載荷される荷重(版上荷重、列車荷重など)と断面力については、従来工法と特に変わる点はない。そこで、HPCa化に伴う照査では、永久荷重時において、従来の設計着目点に対し断面力の値が従来工法を上回っている着目点をチェックすることで、構造物としての安全性を判定した。

また、新耐震基準により設計された従来工法を基に、永久荷重時の断面力変動分を考慮して求めたHPCa工法の地震時発生モーメントは、従来工法と比較して大差はなく、地震時の安全性が確保されていることを確認している。

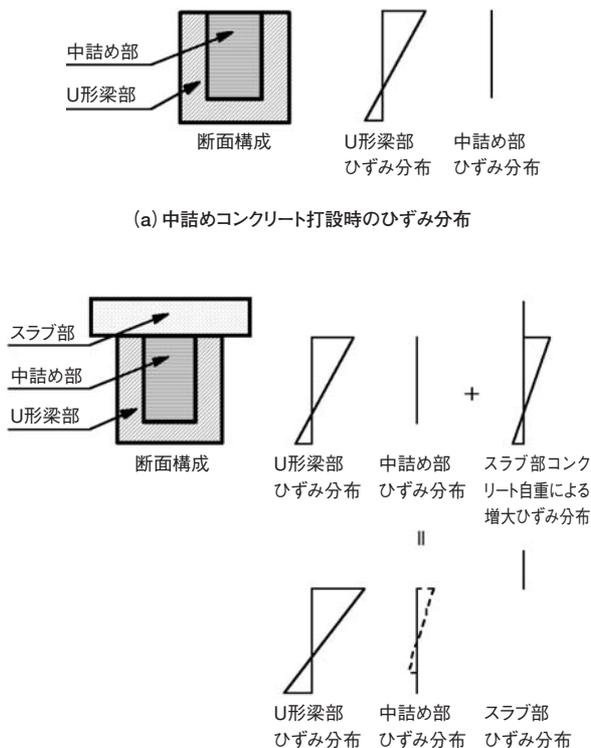


図6 PRC合成梁の施工時のひずみ分布

なお、一連の照査過程では、HPCa化に伴って変更する次のような条件事項も考慮している。

- (1) 現場打設コンクリート設計基準強度を24 N/mm²から30 N/mm²に変更(HPCa部材とのヤング係数のバランス)
- (2) HPCa部材には、施工途中に発生する応力度に対し、ひび割れを発生させない程度のプレストレスを、工場プレテンション方式により補助的に導入

4. HPCa部材の製造

(1) コンクリートの配合

配合については文献2)に基づき、工場製作プレキャスト部材は設計基準強度50 N/mm²、現場打設コンクリートについては設計基準強度30 N/mm²とした。

本構造物のコンクリート配合に際しての留意事項は次の2点である。

- ① 縦梁・横梁・スラブの各HPCa部材コンクリートに、ポリプロピレン系の短繊維を混入
 鉄道営業線直上での躯体構築であることから、隅角部の剥落防止等、さらなる耐久性向上を図った。短繊維を混入することにより、若干のスランプロスが生ずるが、打設締め固めには支障がない程度のロスである。短繊維の分散状況は、3回に分けて投入しているが、脱型後の状況を見ても良好であり、いわゆる“だま”は生じてはいない。
- ② 柱～梁接合部の現場打設コンクリートに、短繊維に加え収縮補償材を混和
 柱～梁接合部は4方向がHPCa部材に閉鎖された空間となることから、コンクリートに収縮補償材を混和し、HPCa部材と場所打ちコンクリートの確実な一体化を目指した。

表2にHPCa部材および柱～梁接合部の主要材料と配合を示す。

(2) 鉄筋組立

製造時の重要な管理項目として、現場接合鉄筋の組立精度確保が挙げられる。特に軸方向鉄筋の突出位置および突出長、突出方向、現場組立鉄筋の挿入スペースの確保などが、架設時の作業性を左右する、重要なポイントとなるため、組立においては鉄筋組立用金具を用いて精度の確保に努めた。(写真1、写真2)

また、端横梁などの鉄筋の輻輳する部材接合点については、組立手順を間違えると組立が出来なくなることから、手順図を作成するとともに実物大モデルを製作し、組立実験を行って実際の配筋計画に反映させた。(写真3)



写真1 工場における鉄筋・型枠組立状況（横梁）



写真2 工場における鉄筋・型枠組立状況（縦梁）

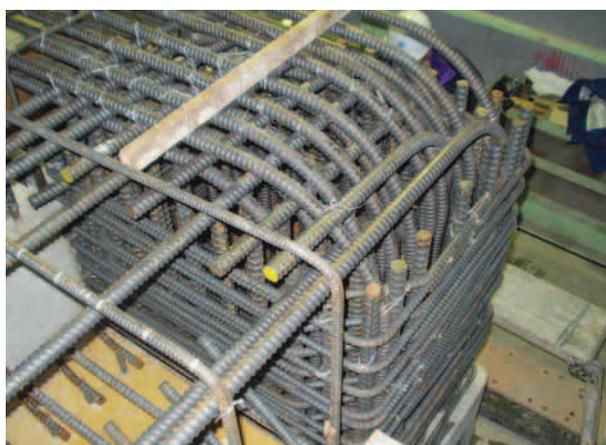


写真3 柱～梁接合部鉄筋組立試験状況

表2 HPCa部材および柱～梁接合部の主要材料と配合⁵⁾

項目	工場製作 (HPCa) コンクリート		現場打設コンクリート (柱・梁接合部)	
	基準	摘要	基準	摘要
設計基準強度	50 N/mm ²		30 N/mm ²	
最大粗骨材径	20 mm		20 mm	
W/C	35.2%		49.0%	水結合材比46.3%
目標スランプ	18±2.5 cm		12±2.5 cm	
目標空気量	4.5±1.5%		4.5±1.5%	
使用セメント	早強セメント		普通セメント	
混和材 (収縮補償材)	—		20 kg/m ³	低添加型
混和材 (ポリプロピレン系短繊維)	0.05%/vol		0.05%/vol	



写真4 縦梁の架設状況



写真5 ラーメン躯体施工完了状況

5. 架設計画

工場製作した各部材は、夜間き電停止作業で、順次架設する。使用重機の吊能力は最大120 t級で、部材の最大重量・長さは、端部横梁で約21 t・約8 mである。

縦梁の架設状況を写真4に、ラーメン躯体施工完了状況を写真5に示す。

前述の通り、当現場においては、営業線直上施工であることから、各部材の脱落に対する防止措置が安全性確保の上で最重要課題であり、以下のような対策³⁾を行っている。

- (1) 梁部材：柱部に設置した鋼製支持部材により部材直角方向の移動を、梁鉄筋と柱鉄筋の固定により部材方向の移動を、それぞれ拘束
- (2) スラブ部材：縦梁へのかかり長さを設計施工上の規定を満足する範囲で通常より3 cm長くし、移動可能量を制限し、加えてスラブ鉄筋と縦梁スターラップを緊結金具を用いて架設直後に固定

6. おわり

平成16年7月末時点で単版桁およびラーメン縦・横梁の製作は完了し、スラブについても全枚数のうち50%程度が製作完了している。

一方、現場においては11ラーメン中5ラーメンの架設が完了し、内4ラーメンはスラブコンクリートまで打設完了しており、作業は順調に進行している。

1日の利用乗客数107万人の足の確保のため、安全第一

を合言葉に、当たり前ではあるが無事故を絶対的な命題として関係者職員一同日夜緊張しながら架設施工にあたっている。工程は平成17年6月一杯を予定しており、本稿の発刊時期においてもまだラーメン部材の架設を鋭意進行中である。ご興味のある方は是非一度現場を見ていただければ幸甚である。

最後に、本稿執筆にあたり、資料提供ならびに多大なるご指導をいただいた、東京急行電鉄(株)東横線元住吉工事事務所、鹿島建設(株)元住吉工事事務所、(株)復建エンジニアリングならびに東急建設(株)の関係各位に感謝の意を表するものである。

参考文献

- 1) 鉄道ACT研究会：PR対象工法一覧，No.13，2004.
- 2) (財)鉄道総合技術研究所：ハーフプレキャスト工法を適用した鉄道ラーメン高架橋の設計・施工指針，1999.
- 3) 鈴木，犬塚：鉄道営業線直上における鉄道ラーメン高架橋（ハーフプレキャスト工法）の施工について，土木学会第59回年次学術講演会論文集，IV-107，pp.213-214，2004.
- 4) 服部，増田，得能，玉井：U型ハーフプレキャスト部材を用いた合成梁の曲げ性状について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.3，pp.781-786，1999.
- 5) 須藤，小西，山本，古賀：ハーフプレキャスト工法による鉄道営業線直上高架橋部材の設計製作，土木学会第59回年次学術講演会論文集，V-161，pp.319-320，2004.