

鉄道ラーメン高架橋へのトラス鉄筋付き ハーフプレキャストスラブの適用

米田大樹¹・原夏生²・今西秀公³・田畑稔⁴・大澤泰治⁵・下田誠剛⁶

¹正会員 工修 前田建設工業株式会社 技術研究所 (〒179-8914 東京都練馬区旭町一丁目39-16)

²正会員 工博 前田建設工業株式会社 技術研究所 (〒179-8914 東京都練馬区旭町一丁目39-16)

³正会員 工修 前田建設工業株式会社 土木技術部 (〒179-8903 東京都練馬区高松五丁目8)

⁴正会員 前田建設工業株式会社 土木技術部 (〒179-8903 東京都練馬区高松五丁目8)

⁵正会員 前田建設工業株式会社 関西支店 (〒541-0056 大阪市中央区久太郎町二丁目5-30)

⁶正会員 工修 西日本旅客鉄道株式会社 大阪工事事務所 (〒531-0071 大阪市北区中津一丁目11-1)

これまでに、著者らは、大阪外環状線鉄道整備事業の久宝寺地区高架橋新設他工事へのプレキャスト化および急速施工技术 (PRecast EXpress工法 以下、PREX工法と呼ぶ) 適用にあたり、ハーフプレキャスト床版の架設方法に関する検討を実施し、架設時の課題とその解決方法を示した。そこで本稿では、これまでのPREX工法適用の経緯のまとめと、現場での実施工を通じて得られたデータを基に、PREX工法適用による合理化施工について定量的評価を試みたものである。その結果、本工事にPREX工法を適用したことで、在来工法と比較して大幅に工期および作業人員を削減できたことがわかった。以上より、都市部の鉄道ラーメン高架橋構築工事へPREX工法を適用すれば、大幅に合理化施工が可能であるとの見通しを得た。

キーワード: 近接施工, 急速施工, ハーフプレキャスト

1. はじめに

大阪外環状線建設事業の久宝寺地区高架橋新設他工事では、ラーメン高架橋が営業線間に位置する近接施工である。また、安全のため列車通過時の作業中断が必要であり、従来の施工方法では大幅な工期の増加が予想された。このような背景から、著者らは、安全性向上および施工の合理化を目的として、鉄道ラーメン高架橋のプレキャスト化および急速施工技术^{1),2)} (PRecast EXpress工法 以下、PREX工法と呼ぶ) の適用を行ってきた。そして、トラス鉄筋付ハーフプレキャスト床版 (以下、PREXスラブと呼ぶ) と高欄付張出しスラブ (以下、PREX高欄と呼ぶ) の合理的な架設方法について検討し、架設時に生じる課題とその解決方法を示した^{3),4)}。しかし、既往の報告では、施工途中であったこともあり、合理化施工の効果についての定性的評価は行っているものの、定量的評価には至っていない。そこで本稿では、PREX工法適用に関する設計変更から実施工の流れの経緯をまとめると同時に、実施工を通じて得られた各種データを基に、PREX工法適用による合理化施工の効果について定量的評価を試みたものである。

2. 工事概要

東大阪市南西部地区では、城東貨物線と道路が平面交差していることによって、多くの踏切があり、交通渋滞や交通事故の原因になっている。これら諸問題を解決するため、大阪外環状線鉄道整備事業が推進されている^{5),6)} (図-1)。久宝寺工区の鉄道高架橋構築工事は、大阪外環状線鉄道整備事業の一部として行われているものである。

大阪外環状線鉄道整備事業は、現在の城東貨物線の施設や用地を有効活用して複線化・電化を行うとともに新大阪駅に至る連絡線を新設し、新大阪駅から大阪東部地域を経てJR関西線の久宝寺駅にいたる約20.3kmの旅客線を整備するものである。整備スケジュールは、I期工事として南区間 (放出～久宝寺) を平成19年度末に完成し、II期工事として北区間 (新大阪～放出) を平成23年度末に完成させることとしている^{5),6)}。

久宝寺工区は、関西本線と大阪外環状線の合流部に位置し、主要工事は、SRCラーメン高架橋区間 (下部工: RC橋脚・SRC橋脚) が112m, ラーメン高架橋区間が270m, および補強盛土区間が140mとなっている。

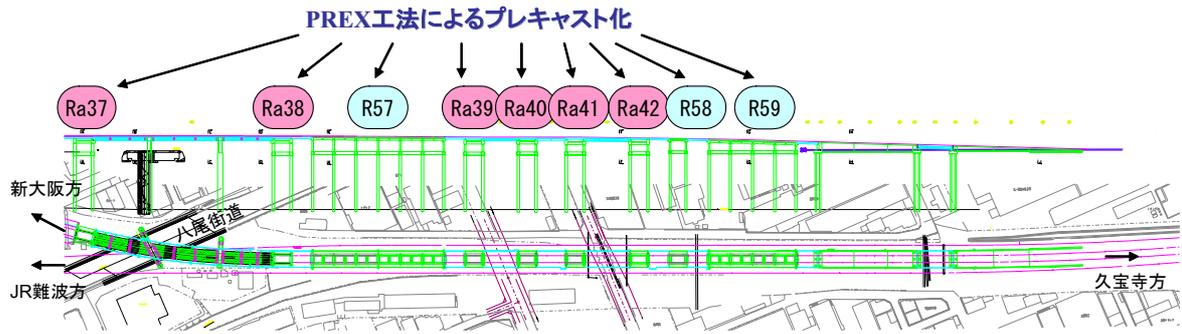
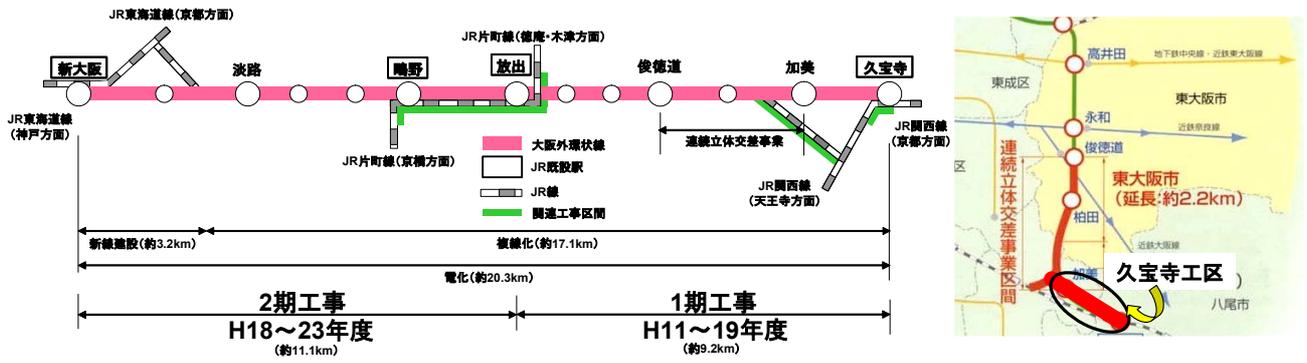


図-1 久宝寺工区の概要^{5), 6)}

3. PREX工法の適用

(1) 工法概要

PREX工法の主な特徴は、高耐久性埋設型枠（PREX型枠）とプレストレスを導入したハーフプレキャストスラブ（PREXスラブ）を用いることで、使用揚重機の高さを抑え、施工時の安全性と品質の向上、および狭隘地における急速施工を可能とした点である。特に、鉄道高架橋施工時の要となるスラブの架設では、PREXスラブ自身を足場および埋設型枠として無支保での施工を可能とし、活線直上施工のような状況下においても大幅な合理化施工を可能としている。図-2に、PREX工法の施工手順を示す。PREX工法のさらに詳細な内容については、参考文献を参照されたい^{1), 2), 3), 4)}。

(2) 適用範囲

本工区は、関西本線の上下線間に高架橋を構築する営業線近接工事であり、施工位置と建築限界まで

が非常に近いだけでなく、1時間あたり上下24本の列車が両側を行き交う中で、列車接近時の作業中断も頻繁に行わなければならない。このような施工条件の中で安全性の確保と支保工簡略化、および資材ヤードの削減による効率化を目的として、PREX工法の適用を行った。

今回の久宝寺工区では、高架橋構築において煩雑な中間スラブ・中層スラブおよび高欄・張り出しスラブの施工に対し、作業時の安全性確保と支保工簡略化による作業効率の向上を目的としてPREX工法を採用することとした。図-3に在来工法とPREX工法の支保工例を示す。また、合わせて図-4に今回の久宝寺工区におけるPREX工法適用箇所を示す。ただし、今回の久宝寺工区では、柱と梁は在来工法のままである。

(3) 在来工法からの設計変更

a) 置き換え設計について

久宝寺工区でのPREX工法の設計は、在来工法によ

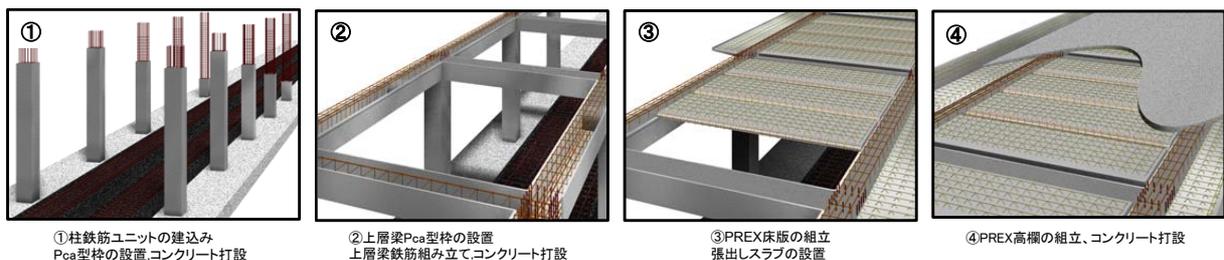


図-2 PREX 工法施工手順例

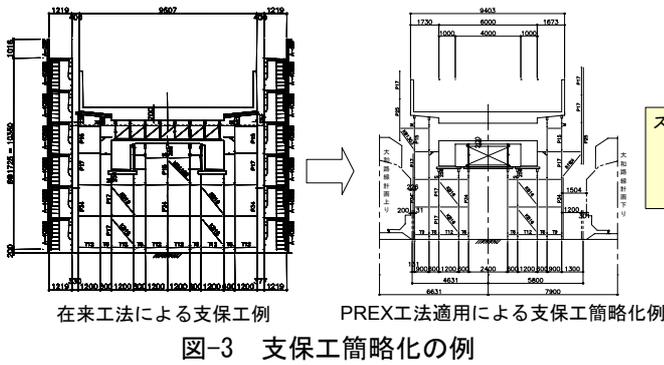


図-3 支保工簡略化の例

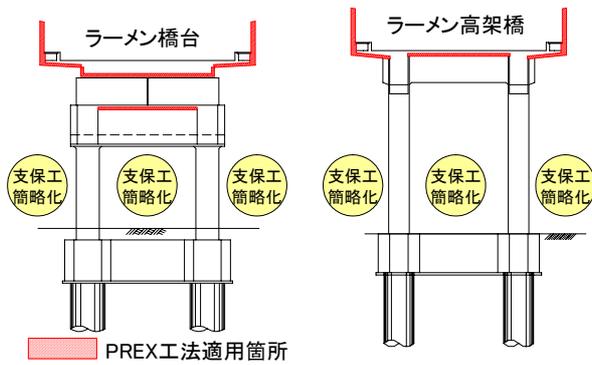


図-4 久宝寺工区における PREX 工法適用箇所

る原設計を置き換える手順で行った。各部材耐力および剛性は、原設計とほぼ同等になるように置き換えている。これは、各部材の仕様変化が原設計における全体系の破壊モードを変化させないようにするためである。

PREXスラブを用いた合成スラブでは、ハンチが省略されているため、在来工法によるスラブと仕様が大きく変わる。そこで、設計変更にあたっては、原設計と同じ照査を再度行った。

一方、梁についてもハンチの省略によって有効断面の変化が生じる。ハンチ省略による梁の仕様変化に対しては、以下の①～③を満足するような断面を設定できる場合に、フレーム再計算を行わず、原設計の断面力を使用することとした。すなわち、このような置換え設計方法を用いることで、在来工法によって設計された鉄道ラーメン高架橋を容易にPREX工法へ置き換えることが可能となったのである。ただし、当初からPREX工法の適用を前提として設計を進めていけば、ラーメン高架橋の中間横梁の省略など、さらに合理的な設計が可能である。したがって、今後の新設の鉄道高架橋については、早い段階でPREX工法の適用を前提として計画を進めることが望ましい。

置換え設計における検討項目

- ①梁の断面剛性の変化率 α が $\pm 5\%$ 以内
- ② (原設計の照査結果) $\times (1 + \alpha / 100) \leq 1.0$

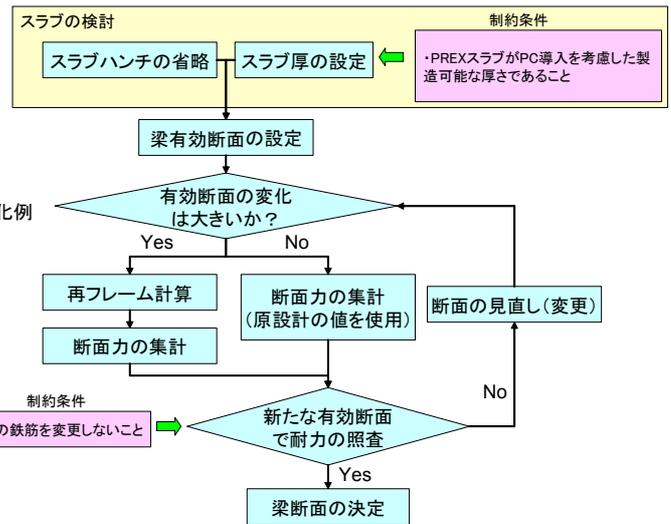


図-5 PREX 工法適用に伴う梁の照査フロー

③変化後の剛性を用いても梁の配筋が変わらない

ここに、原設計の照査結果 $= \gamma_i \times S_d / R_d$, γ_i : 構造物係数, S_d : 設計断面力, R_d : 設計断面耐力である。図-5にPREX工法適用に伴う梁の照査フローを示す。

b) 部材分割に関する検討

ここでは、在来工法からの置換え、およびPREX工法の適用を前提としていた場合のどちらにおいても重要な部材の分割について述べる。

一般的に、プレキャスト部材は同一形状の物を多用することがコスト削減に重要であり、PREXスラブにおいても、設計時に可能な限り同一形状の部材となるよう配慮しなければならない。PREX工法では、1径間あたりのPREXスラブおよびPREX高欄の分割について部材の耐力以外に以下の①～③の制約条件の下で、可能な限り同一形状としつつ、部材分割数を少なくすることがコスト削減の上で重要となる。

PREX工法における部材分割時の制約条件

- ①工場で製作可能な大きさ
- ②運搬・搬入可能な大きさ
- ③揚重機の設置位置、揚重能力の範囲内

久宝寺工区では、これらのことを検討した結果、橋台の中層スラブは4分割、ラーメン高架橋中間スラブについては3分割としている。

4. 施工状況

(1) スラブと高欄の架設

本工区は、写真-1に示すような超近接施工であり、スラブおよび高欄のプレキャスト化による合理化と、安全性の向上が非常に重要である。一方、PREX工法の本格的な適用は、本工区が始めてであったため、施工時の安全性や精度についてあらかじめ検討を行い、問題のないことを確認して施工を行った³⁾⁴⁾。

写真-2にPREXスラブの架設状況を、写真-3にPREX高欄の架設状況を示す。このように、プレキャスト部材を並べていくだけでPREXスラブを足場および埋設型枠として使用可能となるため、急速施工と安全性向上の両立が可能であった。

(2) PREX高欄適用の効果

写真-4に在来工法による高欄施工とPREX高欄による施工の比較を示す。このように、PREX高欄自身が防護壁となるため、在来工法に比べて防護ネットの簡略化が可能であった。また、在来工法での高欄施工と比較して、PREX高欄では架設の完了と同時に高欄が完成するため、作業員が営業線に近づく頻度を大幅に減らすことが可能となり、安全性が大幅に向上した。

(3) 帽子桁スラブの架設と支承部

一般的に、ラーメン高架橋の中間スラブが梁と剛結であるのに対し、帽子桁スラブは橋台の支承によって支持される構造である。支承部の施工手順としては、図-6（左図）のように砂山によって型枠を支持し、コンクリートの硬化後に砂山を撤去するなどの方法を用いることが多い。しかし、PREX工法では、図-6（中図）のような帽子型の鞘管を用いることで、支承部の施工においても急速性が損なわれない工法となっている。さらに、従来の施工方法がノロ漏れなどによって砂山が硬化する危険性があったのに対し、PREX工法の施工方法では、万が一ノロ漏れが生じたとしても、始めから砂山がないため、砂山が撤去できない等の問題が生じることはない。このように、PREXスラブは、ラーメン高架橋の中間スラブだけでなく、帽子桁スラブへの適用においても、急速施工と品質の向上が可能となっている。今回、久宝寺工区の帽子桁スラブへのPREX工法適用では、中間スラブと帽子桁スラブのスパンの違いによる施工の影響はあるものの、両者の品質や安全性については、大きな違いは生じていない（図-6右写真）。



写真-1 久宝寺工区の近接施工状況



写真-2 PREXスラブの架設状況

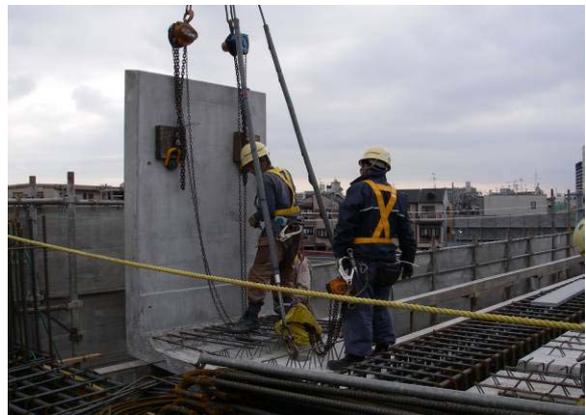


写真-3 PREX高欄の架設状況

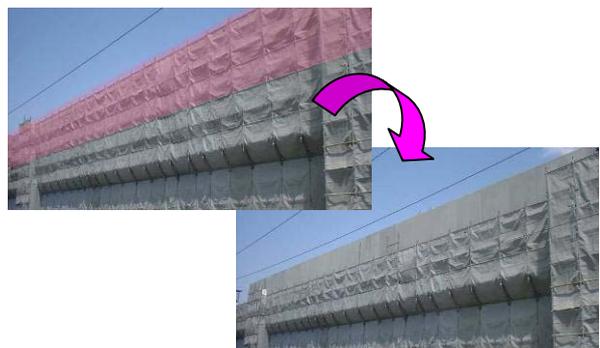


写真-4 防護ネットの高さの違い
(左：在来工法，右：PREX高欄)

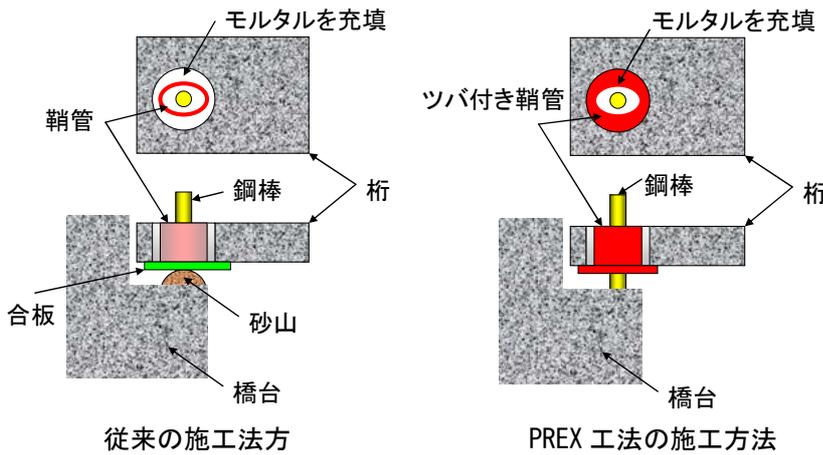


図-6 支承部施工の概念図と PREX 工法の鞘管
(左：在来工法，中：PREX 工法，右：実際の適用状況)

5. 効果の確認

今回のPREXスラブおよび高欄の架設では、列車接近時にクレーンの旋回を中止しているため、単純に架設時間を比較することは難しいと考えられるが、クレーン旋回の時間も含んだPREXスラブ1枚あたりの架設時間は、約5分～15分であった。また、PREX高欄については、20分～30分で架設が可能であった。なお、ここで言う架設時間には、スラブのコンクリート打設の時間は含めていない。

図-7に1スパン（ラーメン高架橋10m）あたりのスラブ・高欄の施工日数、図-8に1スパンあたりの作業人数の比較を示す。比較対象の「在来」は、久宝寺工区において在来工法で施工した場合を想定したものである。ただし、これらの値に、保安要員の数は含んでいない。これは、在来工法とPREX工法のどちらにおいても保安要員は必要であり、PREX工法適用による保安要員削減分の明確な分離が難しいためである。

図-7および図-8に示すように、本工区ではPREX工法を適用したことで、1スパンあたりの施工日数が9.7日、作業人数が34人削減できた。また、プレキャスト化による材料費の増加は、工期の短縮と作業人数の削減によって在来工法とほぼ同等に抑えることが可能であった。今回、PREX工法適用による合理化施工の効果について、保安要員の削減分が含まれていないため、この削減分を考慮することができれば、さらに合理化の効果が明確になると考えられる。以上より、PREX工法を適用することで大幅に合理化施工が可能であることが確認できた。

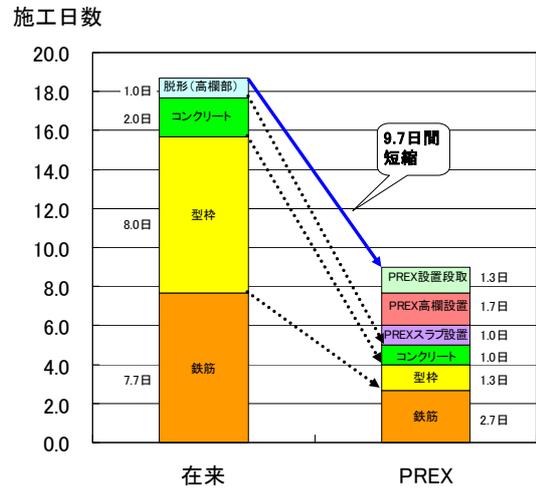


図-7 施工日数の比較 (1スパンあたり)

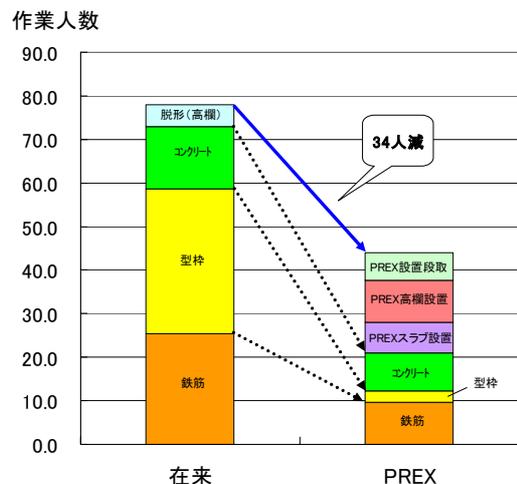


図-8 作業人数の比較 (1スパンあたり)

6. まとめ

本稿では、久宝寺工区へのPREX工法適用に関する設計変更から実施工への流れの経緯、および急速施工と安全性の両立についてまとめた。また、実施工を通じて得られた各種データを基に、PREX工法適用による合理化施工の効果について定量的評価を試みた。以下に、得られた知見をまとめる。

- ① 工期：PREX工法を適用することで、1スパン（10m）あたり18.7日の施工日数を、9.7日に工期を短縮できたことで、全体工期を2ヶ月短縮することができた。
- ② 安全：PREX工法の適用によって、近接施工においても、安全に施工が可能であった。特に、PREX高欄によって、架設と同時に高欄を完成させることができ、作業員の営業線との近接作業を大幅に削減することができた。
- ③ 費用：プレキャスト化によるコストの増加（材料費）は、工期短縮による経費の低減、およびPREX高欄の使用による安全対策費（防護ネット等）の減少により、在来工法とほぼ同等に抑えることができた。
- ④ 品質：プレキャスト化によるコンクリートの品質向上や、かぶりの確実な確保によって、急速施工と品質向上の両立が可能であった。

謝辞

久宝寺工区での実施工にあたり、財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部コンクリート構造研

究室長の谷村幸裕様にご指導頂きました。また、日本カイザー株式会社の竹山博史様にはプレキャスト工場との調整等、多大なご協力を頂きました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：プレキャスト型枠工法を適用した鉄道ラーメン高架橋の設計・施工指針，平成11年3月
- 2) 鉄道総合技術研究所：トラス鉄筋付プレキャスト版を用いた鉄道ラーメン高架橋スラブの設計・施工指針，平成15年12月
- 3) 大澤泰治・玄田昌彦・米田大樹・川井晴至・原夏生・福山雅典・西田寿生・下田誠剛：鉄道ラーメン高架橋の営業線近接工事におけるトラス鉄筋付きハーフプレキャストスラブの架設方法に関する検討，土木建設技術シンポジウム2006論文集，pp. 121-128，2006。
- 4) 米田大樹・大澤泰治・川井晴至・原夏生・今西秀公・下田誠剛：鉄道ラーメン高架橋の営業線近接工事におけるPREXスラブとPREX高欄の架設方法に関する検討，前田建設技術研究所報，Vol. 47，2006。
- 5) 雨水千秋：大阪外環状線鉄道建設工事の概要，鉄道界，第47巻，pp. 60-71，2006年4月
- 6) 大阪外環状線鉄道株式会社：ホームページ，<http://www.city.higashiosaka.osaka.jp/140/140070/p3/p3.html>，2006年2月23日取得