

(31) ワーゲン施工における鉄筋プレファブ化技術の開発と施工

京都府亀岡土木事務所 岸上 岩樹
 住友・川田・金下共同企業体 正会員 原 克彦
 住友・川田・金下共同企業体 正会員〇 齋藤 謙一
 住友・川田・金下共同企業体 浮 穴 勝

1. はじめに

保津橋は、京都市西方の亀岡市で一級河川桂川を渡河する6径間連続PCエクストラードロード橋である。本橋では工程短縮と現場作業の省力化を目指し、場所打ち張出し施工する主桁ブロックの鉄筋、PC、型枠を地組み(プレファブ化)し、架設作業車(ワーゲン)に改造を加えて吊り込む新ワーゲン工法を開発、実施した。その結果、張出し工程を3割短縮できた。本文はこの取り組みを報告するものである。

表-1 工事概要

工事名	府道亀岡園部線橋梁新設改良工事 桂川広域基幹河川改修工事(保津橋上部工)
工期	平成10年10月～平成13年3月
位置	京都府亀岡市保津町
道路規格	第3種第2級
形式	6径間連続PCエクストラードロード箱桁橋
荷重	B活荷重
橋長支間	368.0m (34+50+76+100+76+32m)
有効幅員	車道 7.5m 自歩道 3.0m×2

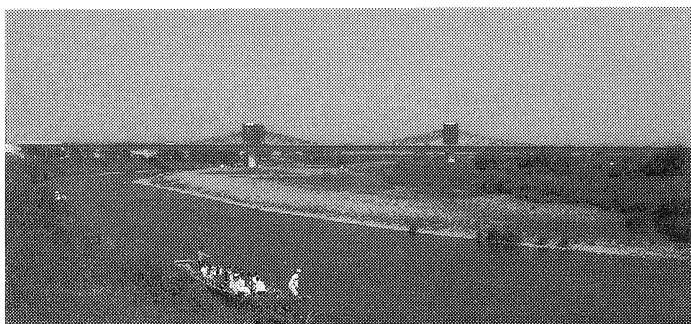


写真-1 橋体の完成

2. 橋梁概要

一般図を図-1に、工事概要を表-1に示す。本橋は¹⁾、²⁾橋長368mの6径間連続PCエクストラードロード橋で、桁高は2.8mの等桁高、総幅員16m、床版支間9.6mの広幅員一室箱桁断面である。平面線形はA1～P2間に半径360mの曲線がある他は直線であり、縦断線形は1%の直線勾配である。主塔は高さ10mの独立2本柱形式、8段の斜材は主塔内のサドルで偏向して主桁の箱桁内に定着されている。

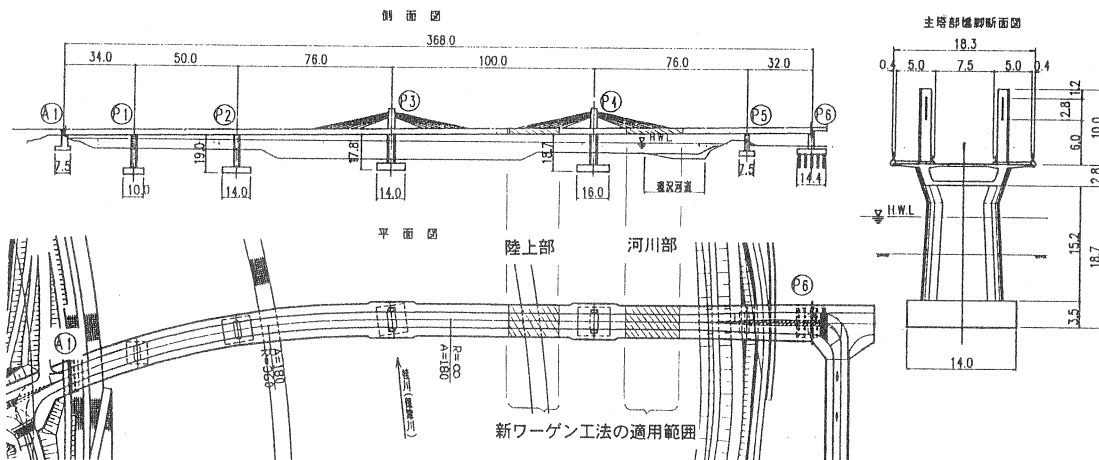


図-1 一般図

3. 施工概要

施工順序を図-2に示す。両端の陸上部は接地式支保工、河川内の P3, P4, P5 はワーゲン5台を用いた場所打ち張出し施工とした。下部工は渇水期中に完了したが河川部の上部工は出水期からの着工となり、増水で工事用道路が寸断されたために工程上クリティカルとなる P4 橋脚の柱頭部の施工に約1ヶ月の遅れが生じた。

張出し施工を渇水期中に終了して翌年の出水期の影響を最小限に抑えるために、P4 橋脚張出し施工における急速施工法を検討した。その結果、1ブロック全体の鉄筋プレファブ化によってワーゲン施工サイクルを短縮できる新ワーゲン工法³⁾を採用することとした。

新ワーゲン工法の施工平面図を図-3に示す。

左岸堤外に鉄筋籠組立てを設置し、組み上がった鉄筋籠をトラッククレーンでトレーラに積み込む。トレーラは堤防を越えて河川内の架設地点に鉄筋籠を運搬し、所定の位置でそれを吊り上げ架設した。

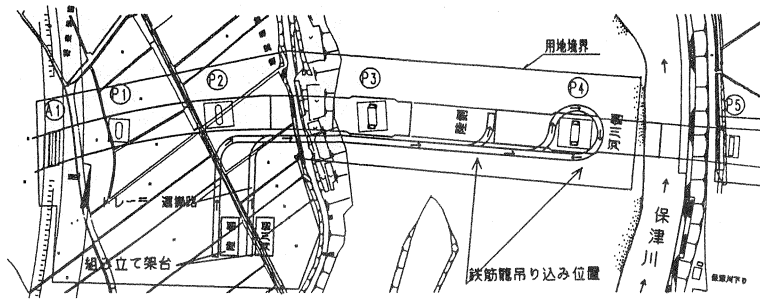


図-3 新ワーゲン工法の施工平面図

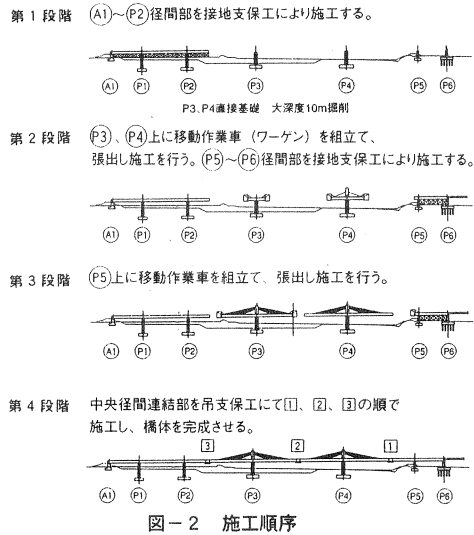


図-2 施工順序

4. 新ワーゲン工法の概要

国内の張出し施工によるPC橋は昭和33年嵐山橋以来1500橋を超える実績を数えるが、場所打ち施工のサイクルは大きく変化しておらず、①コンクリート打設養生、②緊張、ワーゲン移動、③型枠、鉄筋PC組み立ての3工程から成る。このサイクルで工程短縮を試みた場合、①はコンクリートの強度確保の点で、②は機械設備の点で困難であり、また③は増員残業で対応できるが作業性、労務単価の面で限界がある。

プレキャストセグメント工法は①、③の工種を別の場所で並行して作業を進め、工程短縮を図る方法である。この方法では製作ヤード、セグメント運搬、吊り込み装置など設備費が膨大となるためこれら固定費に見合う工事規模がなければ採算が合わないという問題があり、中小規模の工事には適用が難しい。

今回採用した新ワーゲン工法は鉄筋、PC材、一部の型枠等をあらかじめ組み立てておいてワーゲン内に吊り込むことで、③の工種に着目して大幅にサイクル工程を短縮する工法である(表-2)。

場所打ち工法 (従来工法)	プレファブ鉄筋工法 (新ワーゲン工法)	プレキャストセグメント工法
① ② ③	① ② ③	②
小	中	大

表-2 サイクル工程と設備費の比較

設備費に関してはプレキャストセグメント工法と比較して1/20程度で、本橋においては工程短縮できた約1ヶ月分の現場経費相当であった。このことから、今後の中小規模PC橋への適用も期待できる。

新ワーゲン工法の実施に当たり大きな二つの問題があった。ひとつはワーゲン内へ鉄筋籠を吊り込むためのワーゲン構造であり、もうひとつは鉄筋籠のプレファブ化率を高めるための主鉄筋継手構造である。

5. プレファブ鉄筋対応ワーゲンの構造

ワーゲンには鉄筋箒を吊り込む空間を確保する構造が要求される。従来から使用されているワーゲンを最大限に利用しつつこの吊り込み空間を確保し、船の航行に支障をきたさないように、作業台を前方に移動させる構造を採用した。

従来ワーゲンと異なる点は、後方足場を省略するとともにトラス上部に大型縦梁を設置して作業台を前後にスライドできる構造とした点で、これにより鉄筋箒を下方から吊り込む空間が確保された（図-4）。吊り込み空間の橋軸方向の長さは吊り込み時の余裕量と風の影響を考慮して4.0mとした。これにより作業台を前方にスライドさせて鉄筋箒を吊る際にワーゲントラスへの負荷が4割増えるので、トラス材質とアンカー鋼棒サイズのランクアップで対応した。

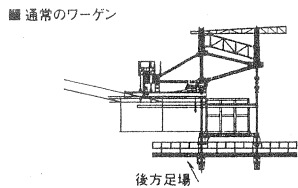
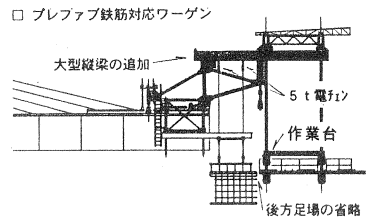


図-4 プレファブ鉄筋対応ワーゲン

6. 主鉄筋の継手構造

プレファブ化率を高めるためには鉄筋継手を短くする必要がある。一般的な千鳥の重ね継手では継手区間が長くなるために横方向鉄筋や突起補強筋などのプレファブ化が難しく、従来のプレファブ化は部材の一部に限定^{4), 5)}されていた。本橋の主鉄筋は耐震設計により上下床版でD25が配置されており、千鳥の重ね継手区間長が188cmと1ブロック長の半分以上の長さを継手部が占めることとなる。

この問題を解決するため全数ループ継手の採用を検討した。従来の全数ループ継手の採用ケースと比べて本橋では地震時の高圧縮応力下の挙動が懸念されたため、繰り返し載荷時の主鉄筋の飛び出し防止の鉛直補強筋D10（図-5）を施した上で、鉄筋径D25の実物大部分模型による性能比較試験⁶⁾を実施した。

結果、従来の千鳥の重ね継手と比較して、鉛直・水平補強筋のある継手長40cmの全数ループ継手が同等以上の耐力および変形性能を有することを確認した。

ウェブの橋軸方向主鉄筋D13については重ね合わせ長を割り増した全数重ね継ぎ手（いも継ぎ）とし、鉄筋箒架設時の施工性を確保した。

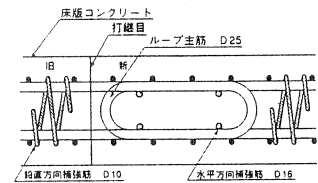


図-5 主筋D25の全数ループ継手構造

7. 配筋・PC配置の工夫

プレファブ化して組立てた鉄筋を効率良く設置するために、従来の現場合せの方法には無い工夫を凝らした。

① ループ主筋の配置

吊り込む鉄筋箒のループと既設桁から突出するループとが干渉しないよう、奇数、偶数ブロック毎にループ主筋の横方向位置を相対差で30mm（=鉄筋径25mm+余裕5mm）ずらした（図-6）。前方は木製妻枠で、後方は鋼製ゲージ（写真-2）で、その位置を正確に押さえた。各ループ主筋は鉛直に立てるとともに橋軸に平行とした。

さらに下床版ループ筋の横方向位置を上床版に揃えた。

② 定着部の配筋

図-9に示すように斜材突起と定着突起の鉄筋がたぐり寄せの支障とならぬよう、突起形状と補強筋をコンパクトな構造とした。

上床版先端 断面図

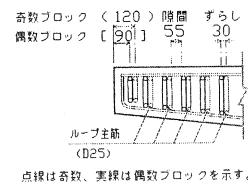


図-6 主筋ループの横方向の間隔

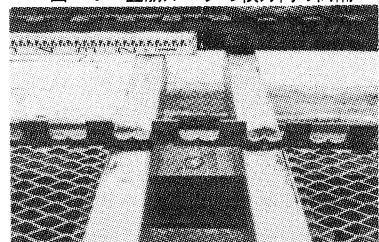


写真-2 後方の鋼製ゲージ

③ スターラップ

たぐり寄せするもの以外は閉じた形状とし、鉄筋籠の剛性を増した。

④ 鉄筋のたぐり寄せ

スターラップ・床版横筋はヤードでは仮組みにとどめ、吊り込み完了後にたぐり寄せて接合を行った(図-7)。

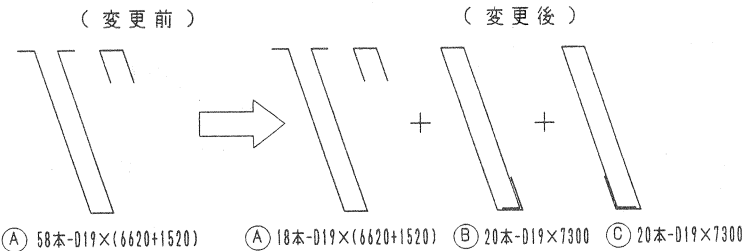
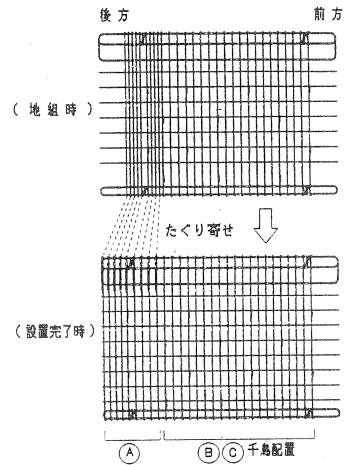


図-7 たぐり寄せとスターラップ形状の変更



⑤ 鉄筋バンド

鉄筋籠は吊り上げ・移動時に籠自身の変形を最小限に抑えるために剛性を高める必要がある。そこで鉄筋結束の要所に幅 19mm の金属製のバンド(図-8)を使用した。この鉄筋バンドは、P C鋼より線のロール等の荷作りに広く用いられており信頼性が高く、1 箇所当たりの締め付け時間は 10 秒程度である。

鉄筋籠の変形量を吊り上げの際に計測した結果、上下床版の幅や桁高に変形は全く無く、有効に機能した。

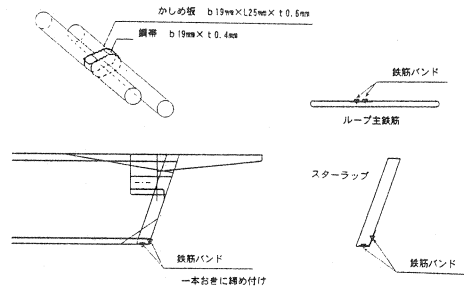


図-8 鉄筋バンド

⑥ P Cの組立

吊り込み空間の橋軸方向の余裕量を 10cm としたため、桁内シースを長く突出させる余裕がない。このため既設桁の継手シース(L=20cm、#2075)を妻面より 1 cm 程度突出させ、これに新規シース(#2070)を継いだ。シース内へのモルタル侵入を防ぐため中にポリエチレン管を仮挿入してコンクリートを打設し、硬化後に引き抜いた。

斜材定着体の外鋼管は図-9に示すように既設ブロックとの干渉を避けるため2分割で製作し、架設完了後にジョイントする構造とした。

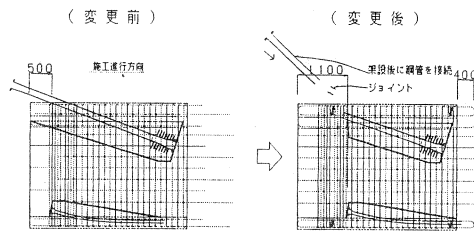


図-9 斜材鋼管、P C定着突起の変更

8. 新ワーゲン工法の施工

(1) 鉄筋籠の組立

プレファブヤードには図-10に示す組立架台を2基設置した。組立架台には組立て時の精度を確保するための剛性と組立時の作業性や足場の確保が要求される。

そこで基礎コンクリート上に鋼材を組立てた固定式とし、上床版や張出し床版には既成の金網足場を設置した。設備

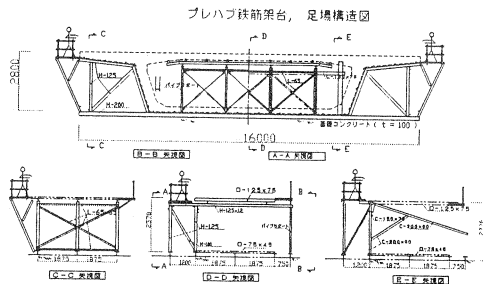


図-10 組立架台の構造

費を少なくするため上床版の前方支持柱を着脱式として、搬出時に鉄筋籠を横取りする簡易な構造とした。

ウェブ両側面には型枠を設置する必要がないので作業性が向上する、このため鉄筋・PC組立に作業順序の制限が少なくなり例えば鉄筋組立完了後でもPC材の組立が可能になる。従って工種毎の人員・資機材の管理が単純化され分業化しても時間のロスが生じにくい。

(2) 積み込み・運搬

鉄筋籠の重量は最大14tである。これを45tクレーン2台の相吊りにより吊り上げ、トレーラに積み込んで運搬する。架設完了までの鉄筋籠の変形を防ぐ目的で吊りフレーム(写真-3)から上下床版の鉄筋を吊り下げる方法とした。

運搬時にはトレーラ上に架台(写真-4)を取付け、この上に吊りフレームを固定する。運搬時のトレーラの安全性を確保するために、鉄筋籠下端のループ筋をトレーラに固定して横揺れ時の水平力作用位置を下げるとともに、人が歩く程度に速度を制限して運搬を行った。

(3) 吊り込み

鉄筋籠をワーゲン内に取り込むために5t電動チェーンブロック4台をワーゲンに設置した。ただし吊り込み時の鉄筋籠の位置精度を高めるために、組立架台での鉄筋籠の吊り上げ時に吊りフレームと鉄筋籠の位置関係を計測し、手動にて電動チェーンブロックの位置を微調整できる構造とした。

陸上部の鉄筋籠の架設は図-11に示すように吊り上げ位置の真下にトレーラを停止させ、鉄筋籠を電動チェーンブロックでトレーラ上から直接吊り上げる方法とした。

河川部ではトレーラから直接吊り込むことができないため、鉄筋籠を抱えたまま既設桁上のレールを自走する移動装置(図-12)を用いた。装置自重は11tである。これが既設桁先端に到達するとジャッキとPC鋼棒で後方反力をとり、最後の前方4mを付属の電動トロリーで送り出して下方吊り込み空間の真下まで鉄筋籠を移動し、最後に電動チェーンブロックで吊り上げる。(写真-5)

運搬・架設に要する時間は片側1ブロックで2時間、両側2ブロックで半日であった。

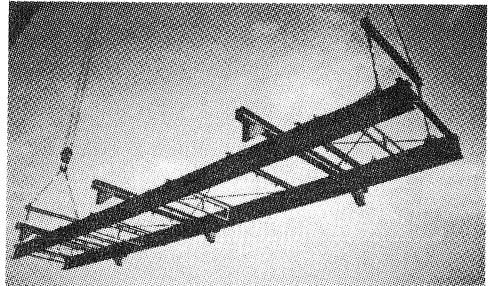


写真-3 吊りフレーム

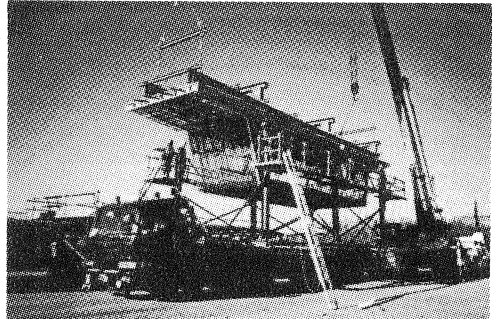


写真-4 トレーラ架台

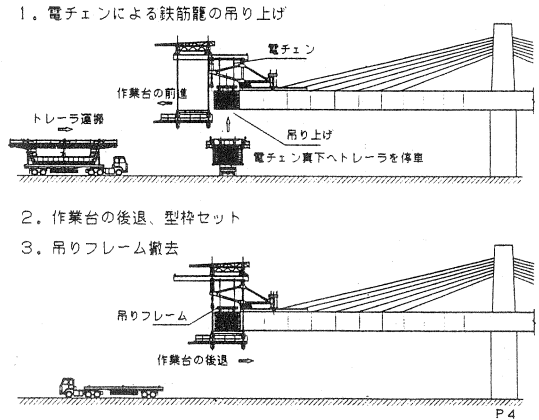


図-11 陸上部の吊り込み

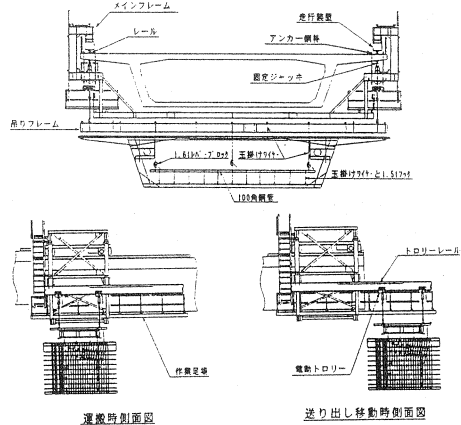


図-12 移動装置

（4）吊りフレーム撤去と鉄筋籠の据付け

鉄筋籠を吊った吊りフレームや吊り材は鉄筋の変形を避けるため鉄筋を型枠に預けた後に撤去する。吊りフレーム撤去と鉄筋籠の据え付け手順は以下のとおりである。

- ①底版とウェブ型枠をセットした後、下床版の吊り材を撤去して下床版自重を底版型枠に載せる。
- ②ウェブ・下床版の鉄筋 PC の接合を行う。
- ③内枠、張出し枠をセットした後、上床版部の吊り材を撤去して上床版鉄筋の自重を型枠に載せる。
- ④吊りフレームを撤去する。
- ⑤上床版の接合を行う。

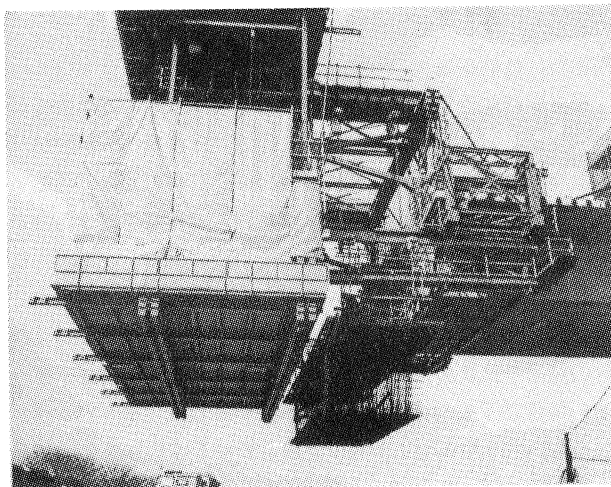


写真-5 河川部の吊り込み

この後の工程は従来の施工と同様にコンクリート打設・養生・緊張・移動となる。

9. 労務計画

新ワーゲン工法では鉄筋籠の運搬・架設に要する時間が1ブロックにつき2時間と短く、一瞬で鉄筋、PC、小口枠が組み上がることになる。これを型枠にセットして次の工程に進むため、型枠組立が工程上クリティカルとなる。そのため型枠工にかかる負担が大きくなり、従来のワーゲン施工とは異なった労務計画が必要となった。今回は作業員が工種を越え多能工として作業⁷⁾することで対応し、施工サイクルを30%短縮できた。

10. あとがき

工費縮減や費用対効果向上に支える創意工夫が技術者に求められる今日、これまでの場所打ち張出し施工に新たな一頁を開く新ワーゲン工法に踏み切った。初めての試みであるため技術的改良の余地も残るが、今後の他工事の参考として頂ければ幸いである。対象として、鉄筋構造の複雑な波形鋼板ウェブ、外ケーブル、斜張橋、あるいは施工期間が短く限定されている橋梁などが考えられる。

本工事は平成10年10月の着手以来順調な進捗をみて、平成12年5月の最終連結コンクリート打設で橋本体を完成した。この橋が地域のシンボルとして多くの人々に愛され、地元活性化と交流促進に寄与することを願っている。

参考文献

- 1) 渡利：PC橋の合理的な設計と施工の省力化の事例，月間建設，建設省，1999年7月
- 2) 林，岸上，牧田，齋藤：保津橋の計画と設計，第9回PCシンポジウム論文集，1999年10月
- 3) 角山，住田，塩見，牧田，新井，吉岡：保津橋の設計と施工，橋梁と基礎，2000年9月
- 4) 鳥谷越，奥田，横山，三島：新猪名川大橋の急速施工，第7回PCシンポジウム論文集，1997年10月
- 5) 川崎，山内：またきな大橋における新しい設計施工手法，プレストレストコンクリート，2000年5月
- 6) 小田切，新井，岸上，山崎：繰り返し高圧縮応力を受ける全数ループ継手の性能評価，第9回PCシンポジウム論文集，1999年10月
- 7) 日経コンストラクション，ズームアップ橋 保津橋上部工事 鉄筋の95%をプレハブ化，2000年2月11日