

(159) PC逆ランガーアーチ橋 池田湖橋(仮称)の施工

日本道路公団 四国支社 池田工事事務所 飯東 義夫  
 日本道路公団 四国支社 池田工事事務所 安藤 博文  
 鹿島・白石・ピーシー橋梁共同企業体 正会員○宇津木一弘  
 鹿島・白石・ピーシー橋梁共同企業体 若林 良幸

1. はじめに

池田湖橋(仮称)は、徳島自動車道美馬IC~川之江東JCT間(第11次整備区間)のうち、井川池田IC(仮称)の西方5kmに位置する橋長705mのプレストレストコンクリート(PC)5径間連続バランスドアーチ橋である。本橋は、PC補剛桁を有する逆ランガー形式のアーチ橋部(134.2m+200m+100m)とラーメン橋部(60m+130m+79.2m)が連続した構造形式となっており、最大支間長200mは、逆ランガー形式のコンクリートアーチ橋としては、わが国最大である(図-1)。アーチ部の架設方法には、特殊大型移動作業車を用いて補剛桁・アーチリブを順次施工し、鉛直材および仮設用斜吊材でトラスを構成しながら、両側を同時に張出し架設する工法を採用した(写真-1)。本文は、アーチ部の施工方法を中心に報告するものである。

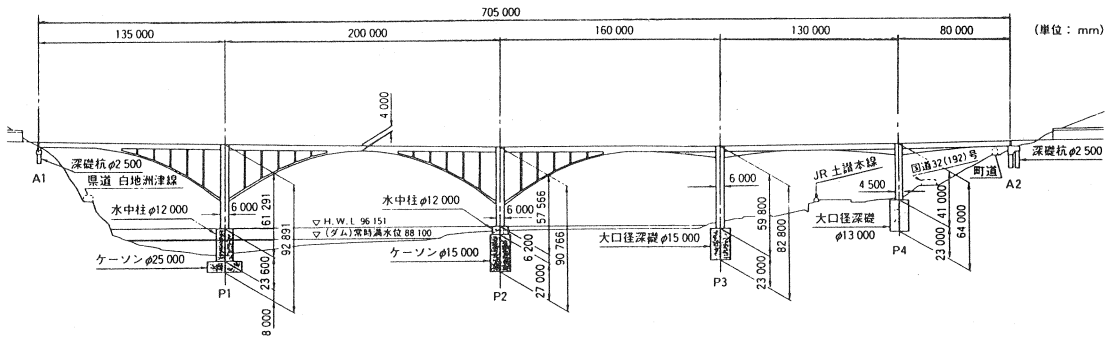


図-1 全体一般図

2. 概要

2.1 橋梁諸元

工事名: 徳島自動車道 池田湖橋工事  
 路線名: 高速自動車国道四国縦貫自動車道  
 道路規格: 第1種第3級B規格  
 設計荷重: B活荷重  
 設計速度: 80 km/h  
 構造形式: PC 5径間連続バランスドアーチ橋  
 橋長: 705.0m  
 支間割: 134.2m+200.0m+160.0m+130.0m+79.2m  
 幅員: 9.0m (有効幅員)  
 平面線形:  $R = \infty$   
 縦断勾配: 2.39% (↘) ~ 2.00% (↗)  
 横断勾配: 2.00% (↘)

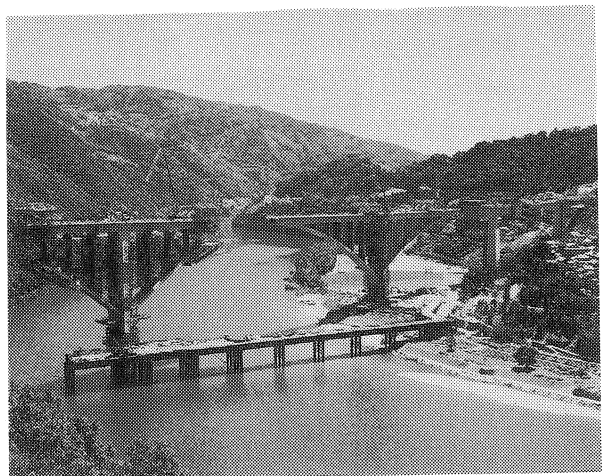


写真-1 張出し架設状況

2. 2 主要工事数量

主要工事数量を表-1に示す。

表-1 主要工事数量

種別	仕様	単位	数量	摘要
コンクリート	40N/㎓ <sup>2</sup>	㎧ <sup>3</sup>	1300	桁、鉛直材、アーチリブ
	24N/㎓ <sup>2</sup>	㎧ <sup>3</sup>	500	地覆・高欄
鉄筋	S345	t	2840	桁桁、鉛直材、アーチリブ、地覆・高欄
	SM490YB, SS400	t	470	鉛直材
鋼材	SBPR930/1180 φ26	t	5	外ケーブル定着横桁、拡幅部
	SBPR930/1180 φ32	t	308	補剛桁主方向、せん断、鉛直材
	SWPR7B 12S12.7B	t	199	補剛桁・主桁主方向
	SWPR7B 27S15.2B	t	183	補剛桁主方向(外ケーブル)
	SWPR19 1S28.6	t	63	補剛桁主方向(外ケーブル)
仮設PC鋼材	SBPD 930/1080	t	100	斜吊材

3. 全体施工概要

本橋の全体施工順序を図-2に示す。上部工の施工の流れとしては、先行しているP2、P4橋脚の柱頭部及びP2橋脚のスプリング部をブラケット支保工により施工し、その後、補剛桁及びアーチリブ張出し施工用の移動作業車を組立て、張出し架設を行う。引き続き、P1、P3橋脚を施工する。張出し架設終了後、A2側からA1側に向けて順次、桁の閉合を行い、P2-P3間の中央閉合後、構造系全体の応力改善のために、A2橋台にて反力調整(ジャッキアップ)を行う。その後、P1-P2間を中央閉合し、引き続きA1側径間部を県道に設けた仮支柱を用いて張出し架設し、側径間部を吊支保工にて連結する。最後に、斜吊材の撤去、橋面工を施工して完成となる。

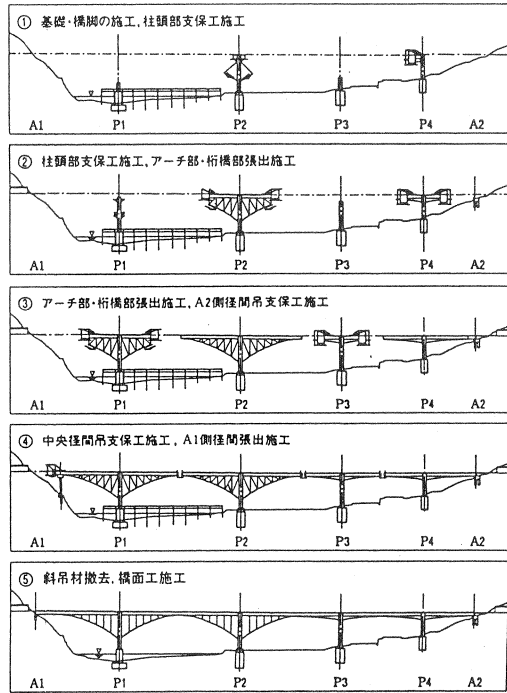


図-2 全体施工順序図

4. アーチ橋部の施工

4. 1 施工手順

補剛桁及びアーチリブの張出し施工には、特殊大型移動作業車(ワーゲン)を用いる。このワーゲンは、補剛桁施工用(桁ワーゲン)とアーチリブ施工用(アーチワーゲン)にわかれており、クラウン部では一体化して使用する。ワーゲンの構造概要図を図-3に示す。

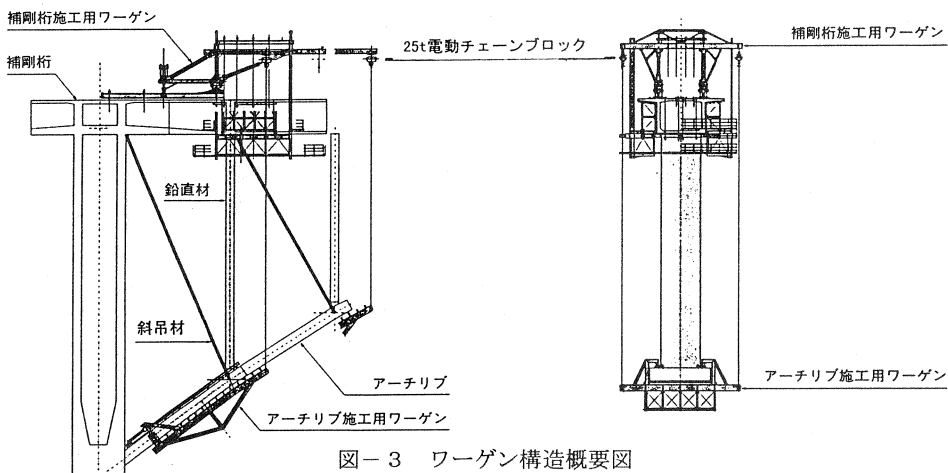


図-3 ワーゲン構造概要図

アーチ部の施工サイクルを図-4に、施工ブロックを図-5に示す。

- ① 補剛桁緊張後、補剛桁ワーゲンを前進する。
  - ② アーチワーゲンの先端を桁ワーゲンに設置している25t電動チェーンブロックで吊りながらワーゲンレール上を推進ジャッキにより前進した後、所定の位置で基部を固定し、斜吊材の設置及び1次緊張を行う。
  - ③ 補剛桁の型枠をセットして、補剛桁ブロック(標準部)及びアーチリブの施工を行う。
  - ④ 補剛桁緊張後、桁ワーゲンを前進する。
  - ⑤ 鉛直材の鉄骨を桁ワーゲン上からクレーンにより吊り込み、斜吊材のアーチリブ部材へ張力の盛替及び2次緊張を行う。
  - ⑥ 補剛桁の型枠をセットして、補剛桁ブロック(横桁部)の施工を行う。補剛桁の緊張後、斜吊材の3次緊張を行う。
- ①～⑥を繰り返して張出し施工を行っていく。1フレームの標準施工サイクルを表-2に示す。

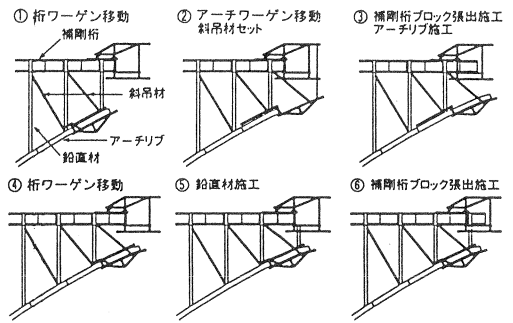


図-4 アーチ橋部施工サイクル図

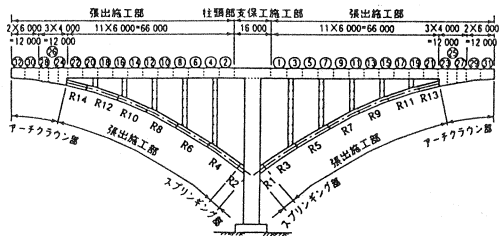


図-5 アーチ橋部施工ブロック図

表-2 アーチ部標準施工サイクル

工種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
補剛桁の施工																																								
移動作業車の移動・据付	6BL																		8BL																					
型枠組立																																								
鉄筋・PC鋼材組立																																								
コンクリート打設																																								
養生・チップング																																								
PC鋼材緊張																																								
アーチリブの施工																																								
移動作業車の移動・据付																																								
斜吊材架設・1次緊張																			地組、設置・1次S104																					
鉄筋・PC鋼材組立																																								
型枠組立																																								
コンクリート打設																																								
養生・チップング																																								
斜吊材の盛替・緊張																																								
鉛直材の施工																																								
鉄骨組立																																								
プレース組立・本締																																								
アンカー工(無収縮・緊張)																																								

4. 2 補剛桁の施工

(1) 桁ワーゲン

補剛桁は、柱頭部をブラケット支保工施工し、支保工解体後、補剛桁施工用の特殊大型移動作業車(桁ワーゲン：能力 900tf・m、最大施工ブロック長 6m)を組み立て、張出し施工部を施工する。桁ワーゲンの両側には、アーチワーゲン移動時に先端を吊り下げるための電動チェーンブロック(能力25t)を装備した。また、最下段の踊場は、鉛直材の鉄骨を建込ため、開閉可能な構造となっている。桁ワーゲンの主要仕様を表-3に示す。

(2) 型枠

補剛桁の外型枠には、ステンレスフォームを用いた。内型枠は、定着突起、横桁等が多くあるため、加工及び組払いの容易な合板型枠とした。

表-3 桁ワーゲン主要仕様

能力	450tf×2フレーム
施工ブロック長	6.0m
施工幅員	10.1m
メインジャッキ	350tf×200s×2台
アンカージャッキ	200tf×200s×2台
推進ジャッキ	10tf×900s×4台
型枠ジャッキ	80tf×200s×4台
油圧ポンプユニット	375kgf/cm <sup>2</sup> ×2台
電動チェーンブロック	25tf×15m吊×2台
部材重量	約140t

(3) コンクリート打設

コンクリートは、設計基準強度  $\sigma_{ck} = 40\text{N/mm}^2$ 、筒先目標スランプ12cmの高性能AE減水剤を用いた早強コンクリートである。急速施工を図るため、材令2日で緊張を行うことを目的に、コンクリートの配合は  $\sigma_2 = 27\text{N/mm}^2$  となるように設定している。コンクリートの示方配合を表-4に示す。

表-4 コンクリートの示方配合

水・セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 SP8N
45.2	43.5	173	383	739	969	3.830

注1) 混和剤は高性能AE減水剤(標準型)を使用。

コンクリートの打設は、桁高が4mと高く、鉛直材位置にある横桁及びウエブの鉄筋・PC鋼材配置が非常に密で、打設ホースが入らないため、横桁及びウエブの打設用窓を設ける事により施工性の向上を図った。

(4) PC鋼材

補剛桁の張出し用及び連結用鋼材としては、内ケーブルと外ケーブルを併用している。内ケーブルとしては、張出し用にPC鋼棒SBPR 930/1180  $\phi$  32、連結用にPC鋼より線SWPR7B 12S12.7Bを使用している。外ケーブルとしては、わが国でも最大級の容量のケーブル、PC鋼より線SWPR7B 27S15.2Bを張出し用及び連結用に使用している。

外ケーブルの鋼材には、エポキシ樹脂被覆したノングラウトタイプを使用した。外ケーブルの定着は、横桁を利用している。また、外ケーブルの挿入はプッシングマシンを使用して1本ずつ行い、先端には鋼線が交差しないように挿入用の特殊な先端キャップを使用した。挿入時に防食性能を低下させる損傷がエポキシ樹脂に発生しないか、また、施工性の確認を行うために挿入試験を行った。挿入試験の結果、エポキシ樹脂被覆の仕様及び損傷のないこと、先端キャップの形状、鋼線の挿入順序、挿入の作業手順の確認がされた。先端キャップ形状を写真-2に、挿入順序を図-6に、PC鋼線の構成を図-7に示す。



写真-2 先端キャップ

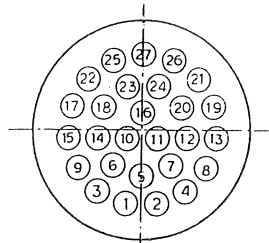


図-6 挿入順序

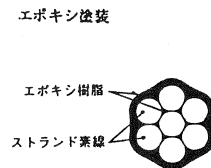


図-7 PC鋼線の構成

外ケーブルの緊張は、一括緊張用の大型ジャッキでは狭い桁内での施工が困難なことから施工性および経済性を考慮してシングルストランドジャッキを用いて1本ずつ行った。緊張はすべて両引きとした。また、緊張管理は、各ケーブルとも偏向部が2ヶ所となり摩擦による損失がほとんどないこと及び緊張本数が非常に多いことを考慮して長さ管理によって行った。この長さ管理とは、あらかじめ工場で検尺し、所定の位置にマーキングをしておき、左右のジャッキ後方からの突出量の合計が引き止め量に合うように緊張することにより全てのストランドの緊張後の長さを一定とする管理方法である。緊張概念図を図-8に示す。

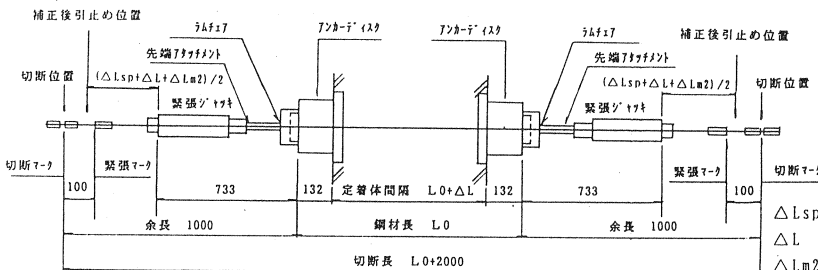


図-8 外ケーブル緊張概念図

$\Delta L_{sp}$ : 設計緊張伸び量(標準温度)  
 $\Delta L$ : 定着横桁間の施工誤差  
 $\Delta L_{m2}$ : 自由長(アンカーディスクからジャッキのグリッパ間)の伸び

横締めPC鋼材には、2種類の太径のシングルストランド1S28.6を使用した。床版横締めには、基本的に2年硬化型のアフターボンドタイプを使用した。横桁横締め、柱頭部及び横桁上の床版横締めには、コンクリートの硬化熱の影響を考慮してボンドタイプを使用した。

#### 4.3 アーチリブの施工

##### (1) アーチワーゲン

アーチリブは、スプリング部をブラケット支保工施工し、支保工解体後、アーチリブ施工用の特殊大型移動作業車(アーチワーゲン:施工長14m)を組み立てた。アーチワーゲンのメインフレームは平面的に4分割して地組した後、順次150tクローラクレーンにて架設した。

アーチワーゲンは、後部を既設コンクリートからPC鋼棒で緊張・固定し、先端部を斜吊材で支持する構造とした。斜吊材の取付部は、斜吊材の角度変化に対応出来るようにトラニオン構造となっている。

また、型枠受けビームは、鉛直材部のアーチリブの折れ角度の変化に対応出来るよう、 $4.0^{\circ}$  ~  $6.0^{\circ}$  まで角度調節可能な構造となっている。主要仕様を表-5に示す。

##### (2) 型枠

補剛桁と同様に底面及び側面には、ステンレスフォームを使用し、上面には、表面アバタの防止及び耐久性の向上を目的として合板材にRC型枠クロスを貼りつけた繊維型枠を押しえ型枠として使用した。

##### (3) 鉄筋

軸方向鉄筋(D38)の継手には、傾斜部での施工性を考慮して確実な圧着方式の機械継手を採用した。

##### (4) コンクリート打設

アーチリブ上を配管してポンプ打設とした。コンクリートの配合は補剛桁と同様とした。

表-5 アーチワーゲン主要仕様

支保フレーム	長21m×幅12m
施工ブロック長	14.0m
アンカージャッキ	70tf×400s×2台
推進ジャッキ	30tf×1005s×4台
油圧ポンプユニット	450kgf/cm <sup>2</sup> ×2台
スクリージャッキ	50tf×2台
部材重量	約97t

#### 4.4 鉛直材の施工

##### (1) SRC構造

鉛直材は、橋脚から片側5部材あり、橋脚寄りの4部材をSRC構造とした。これは、張出し架設の急速施工を図るための方策でもあり、トラス構成時の初期段階の比較的作用力が小さい間は鉄骨で負担させ、その後、張出しの進捗に合わせて順次巻き立てる施工方法とした。鉄骨下端は、アーチリブにPC鋼材で緊結した。また、鉛直材上端は、鉛直材の応力緩和を図るため、橋脚よりの2部材は固定、残りの3部材はゴム支承とした。固定部の上端は、補剛桁にPC鋼材で緊結するため補剛桁と一体施工とした。

鉄骨の架設は、長さ4.5~5.0m、橋軸直角方向に3分割して、桁ワーゲン上から順次吊り込んで行った(写真-3)。

##### (2) 型枠

型枠には、合板を使用した大型枠工法を採用した。

##### (3) 鉄筋

軸方向鉄筋(D38)の継手には、標準部では施工性から圧接継手を使用した。また、上端固定の鉛直材の間詰め部は上下の鉄筋を接続するため、ネジ鉄筋機械継手(樹脂注入)を使用した。

##### (4) コンクリート打設

外周に枠組み足場を設置し、高さ3.45mのリフトで配管によるポンプ打設を行った。また、間詰め部にはプレミックスタイプの無収縮モルタルを充填した。

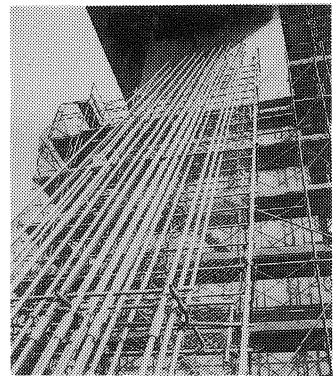


写真-3 鉛直材鉄骨架設状況

#### 4. 5 斜吊材の施工

##### (1) 架設方法

仮設用の斜吊材には、総ネジPC鋼棒(SBPD930/1080φ36)を使用した。段数は全6段あり、橋脚から5段目までは24本、6段目は14本で構成されている。斜吊材の架設は、鋼棒を下から桁出口部の鋼棒を挿入し、それより下はカップラにて順次継ぎ足すことにより行った。足場には、ワイヤーブリッジを使用した。

##### (2) 緊張

アーチワーゲン移動後、斜吊材を設置し、アーチリブコンクリート打設時のアーチリブの応力改善を図るために1次緊張を行った。アーチリブコンクリート硬化後、アーチワーゲンに定着していた鋼棒をコンクリートに盛替え、鉛直材架設によるアーチリブの変形を補正して鉛直材天端の高さを調整するために2次緊張を行った。鉛直材上端の補剛桁打設後に補剛桁に発生する応力改善のために3次緊張を行った。

斜吊材の緊張作業は、センターホール型油圧ジャッキ4台(連動式)を使用して、左右対称の位置にある鋼棒を同時に行った。各緊張時の最終導入力が一定となるように緊張グループ毎に導入力を算出して緊張した。緊張管理は圧力管理を主とした。

##### (3) 断熱材

日射による温度差の影響を抑えるため斜吊材を発泡ウレタン製の断熱材で被覆した(写真-4)

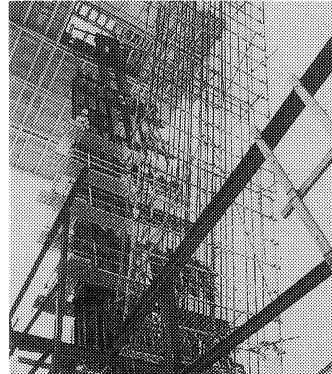


写真-4 斜吊材設置状況

#### 4. 6 アーチクラウン部の施工

アーチクラウン部の施工は、桁ワーゲンとアーチワーゲンを一体化して行った。施工要領図を図-9に示す。クラウン部の施工ブロックは4mブロック×3と6mブロック×2とした。

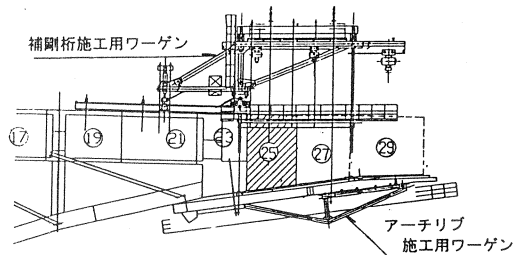


図-9 クラウン部施工要領図

#### 5. 施工管理計測

本橋の構造形式及び施工方法については実績が少なく、スプリング部やアーチクラウン部等構造または設計的に特殊な箇所が存在する。したがって、設計・施工上重要な部材に応力を検出する計測器を設置し、各施工ステップ毎に部材の安全性を確認しながら施工を進める必要があるため、施工管理計測を行った。

#### 6. おわりに

わが国でも初めてという逆ランガー形式コンクリートアーチ橋の両側同時張出し架設となった池田湖橋は、平成10年7月現在、64%の進捗状況であり、P2及びP4橋脚の張出し施工が終了し、P1及びP3橋脚の張出し施工中である。施工中のため、本工事の側面のみ報告となりましたが、今後の同種工事の参考になれば幸いです。本橋の施工に当たり、御指導・御助言いただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 望月、飯東、湯川：池田湖橋(仮称)の計画と設計、プレストレストコンクリート, Vol. 39, No5, pp54~62, 1997. 9
- 2) 望月、飯東、石原：日本最長のPC逆ランガーアーチ橋の施工-徳島自動車道池田湖橋工事-, 土木施工, 39巻5号, pp4~10, 1998. 5