

# CLCA工法によるアーチ橋の設計と施工

## — 川張橋 —

佐藤 恒夫\*1・渡辺 寛\*2・播磨 順一\*3

### 1. はじめに

川張橋は一般国道349号丸森道路改良事業の一環として、宮城県伊具郡丸森町川張地内に架橋される橋長68.0m、アーチ支間55.0mの上路式鉄筋コンクリート固定アーチ橋である。

架橋地点は東北三大長流の一つ、阿武隈川が流れる阿武隈渓谷県立自然公園内に位置しており、阿武隈ライン舟下りをはじめとして地域の人々に親しまれている景勝地である。古くは江戸時代の御城米に始まり、明治期の木材や木炭、石材など、昭和の初めまでこの地方の生活を支えてきた重要な輸送機関が阿武隈川の舟運であり、現在は観光屋形船として往時の面影を残している。この川沿いに、宮城県角田市と福島県梁川町とを結ぶ一般国道349号線があり、近年の交通量の増大に対応するため、道路改良事業が実施されている。そのうちの工事が本橋の架替工事で、現在、平成10年度内の完成、使用開始を目指し鋭意施工中である。

橋梁形式の選定にあたっては、架橋位置での周辺の渓谷美との調和に配慮し、景観に優れた合理的な構造であること、維持費が少なく経済的であることなどによりコンクリートアーチ橋が採用された。また、アーチリブの架設工法については経済性、施工性などを種々検討の結果、合成アーチ巻立て工法（CLCA工法）が採用された。

ここでは、当工法により架設中の川張橋のアーチリブに関する設計、施工についてその概要を報告する。

### 2. 工事概要

工事名称：川張橋架替工事

工事場所：国道349号線 宮城県伊具郡丸森町川張地内

道路規格：第3種第2級

活荷重：B活荷重

橋長：68.0m

支間：55.0m（アーチ支間）

有効幅員：8.5m（車道）+2.5m（歩道）

構造形式：上路式RC固定アーチ

架設工法：合成アーチ巻立て工法

工期：平成9年3月～平成11年1月

発注者：宮城県 大河原土木事務所

主要材料：表-1参照

図-1に本橋の構造一般図を示す。

### 3. 構造概要

#### 3.1 CLCA工法の概要

合成アーチ巻立て工法（Concrete Lapping Method with pre-erected Composite Arch 略称：CLCA工法）は合成柱の構造理論をコンクリートアーチ橋のアーチリブ構築方法に応用した施工法である。

本工法はアーチリブ軸線に架け渡した薄肉角形鋼管内にコンクリートを充填して、剛性の高い合成構造とし、次に、この合成アーチを架設支保工材として、移動作業車によりスプリング部からアーチクラウン部に向かって、アーチリブ躯体を順次巻き立てていく工法である。

#### 3.2 CLCA工法の特徴

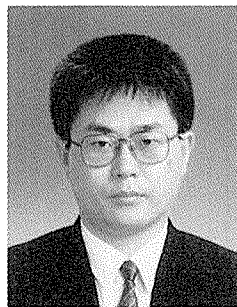
本工法は鋼管とコンクリートとの合成構造をコンクリートアーチ橋の架設用アーチ支保工として応用した点に大きな特徴がある。以下に、主な特徴を列記する。

- ① 施工の初期段階で鋼管を閉合するので、耐震、耐風安定性に優れている。また、コンクリートが充填された合成アーチは堅固な構造なので、アーチリブの巻立て施工は極めて安全性が高い。
- ② 中規模のアーチ支間の場合、鋼管アーチをロアリング架設することで、ケーブルクレーンを使用した斜吊り工法に比べて架設工期の短縮が図れる。
- ③ 一つのアーチ軸線を基本として、鋼管アーチから合成アーチ、RCアーチへと段階的に部材断面が変化するが、構造系が変化しないので設計・施工管理が容易で



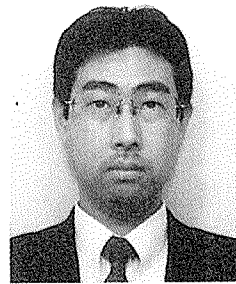
\*1 Tsuneo SATO

宮城県 土木部  
大河原土木事務所長



\*2 Hiroshi WATANABE

(株)ピー・エス  
東北支店 土木技術部



\*3 Jun-ichi HARIMA

(株)ピー・エス  
東北支店 土木技術部

表-1 主要材料

種 別	規 格	単 位	数 量
アーチリブ	コンクリート	$\sigma_{ck} = 300\text{kgf/cm}^2$	m <sup>3</sup> 520
	鉄 筋	SD295A	tf 50
	鋼 管 材	SS400	tf 70
支上路柱桁	コンクリート	$\sigma_{ck} = 240\text{kgf/cm}^2$	m <sup>3</sup> 450
	鉄 筋	SD295A	tf 47

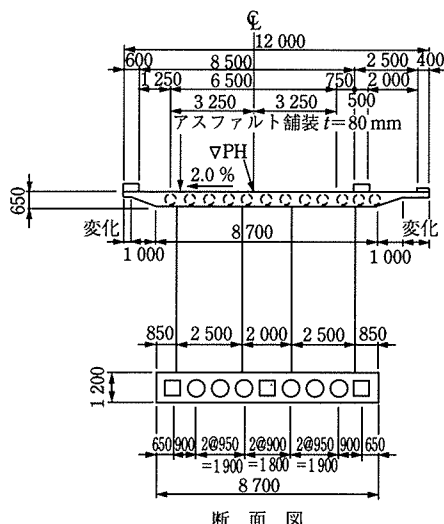
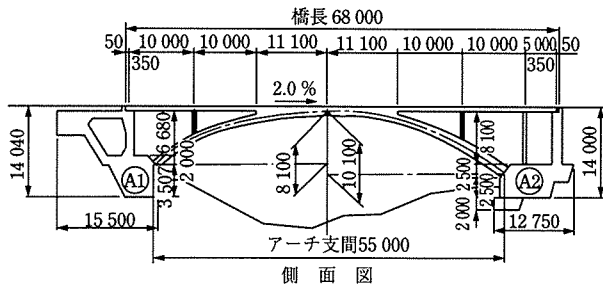


図-1 構造一般図

ある。

- ④ 軸圧縮力に優れた合成柱の特性が生かされ、メラン工法やセントル工法に比べて鋼材量を大幅に減少できる。
- ⑤ アーチリブ巻立て用移動作業車は片持ち張出し架設工法と違い、前方支持ができるので簡素化、軽量化が図れる。

3.3 CLCA工法の合成効果

本工法は合成柱の構造理論を応用したものである。合成柱の構造特性として、

- ① 鋼管とコンクリートとの合成効果により部材剛性および耐荷力が増大する
- ② 曲げ変形性能が高く、鋼断面積に対する付着面積比が大きい

などがある。

具体的に述べると、①については充填コンクリートは圧縮強度の高いものが有利である。これは、コンクリートのヤング係数が大きくなると合成アーチ部材の剛性が高くなるので、巻立て施工中のたわみを小さく抑えることができ、かつ、巻立てコンクリート部材の負担する曲げモーメントを減少させることができるからである。また、合成

アーチ部材としてはアーチ作用による軸圧縮力の多くをコンクリートで負担することができるので、鋼管鋼材量を少なくできる。

②については一般に、鋼とコンクリートとの合成部材はずれ止めを用いて合成効果を確保するが、本工法では以下の理由によりずれ止めを用いていない。

- ① アーチ形状の力学的特性でせん断力が小さい。
- ② 架設時のみの部材である（完成系では鋼管部材を考慮していない）。
- ③ 付着面積が大きい。
- ④ 密閉構造なので乾燥収縮の影響が無視できる。

これらについては、すでに施工済みである城址橋（新潟県）および旭橋（福島県）における実証試験の結果、ずれ止めを設けなくても鋼とコンクリートとの付着で十分な合成効果が得られることが確認されている<sup>1)~3)</sup>。

4. 設計概要

アーチリブは施工の進行に伴い、鋼管アーチ、合成アーチ、RCアーチと構造系部材が変化するが、ここでは特徴的なアーチリブ施工時の設計について述べることにする。なお、設計条件を表-2に、設計のフローチャートを図-2に示す。

4.1 充填コンクリート打設時

鋼管の設計は道路橋示方書Ⅱ（鋼橋編）により鋼管部材として行った。構造系は2ヒンジアーチとし、考慮した荷重を以下に示す。

- ① 鋼管および充填コンクリート重量、② 作業荷重、③ 温度変化、④ 風荷重、⑤ 地震荷重

ほかに、面内および面外の座屈に対する安全性についても照査を行った。

4.2 巻立てコンクリート打設時

巻立て施工段階は巻立てが終了したコンクリートアーチリブ部材と、まだ終了していない合成アーチ部材の両方で構成されている。合成アーチ部材は鋼管を鉄筋に換算したRC部材として、また、巻立て後のアーチリブ部材は巻き立てられた合成アーチをコンクリート部材としたRC部材として設計を行った。断面力やたわみの解析では、合成アーチ部材は実ヤング係数比  $n = 7.5$  を使用し、応力度の算定では  $n = 15$  とした。また、せん断力に対しては鋼管のウェブのみが抵抗するものとした。巻立て施工段階に従ったクラウン部の合成アーチの断面力とスプリング部のアーチリブの断面力の変化を図-3、4に示したが、いずれも架設途中に

表-2 設計条件

荷 重	完成系	架設系
活 荷 重	B活荷重	—
乾 燥 収 縮	$15 \times 10^{-5}$	—
温度変化	アーチリブ	$\pm 10^\circ\text{C}$
	そ の 他	$\pm 15^\circ\text{C}$
風 荷 重	—	25m/s
設計震度	面 外	0.2
	面 内	0.2
支 点 移 動	A1左へ5mm	—
軸 線 誤 差	$\pm 50\text{mm}$	—
移 動 作 業 車	—	60tf

において曲げモーメントが最大となり、アーチリブ巻立て終了時には減少しているのが分かる。

横軸の施工内容は次のようである。

- Step-0 : 充填コンクリート打設
- Step-1 : スプリング部巻立て完了

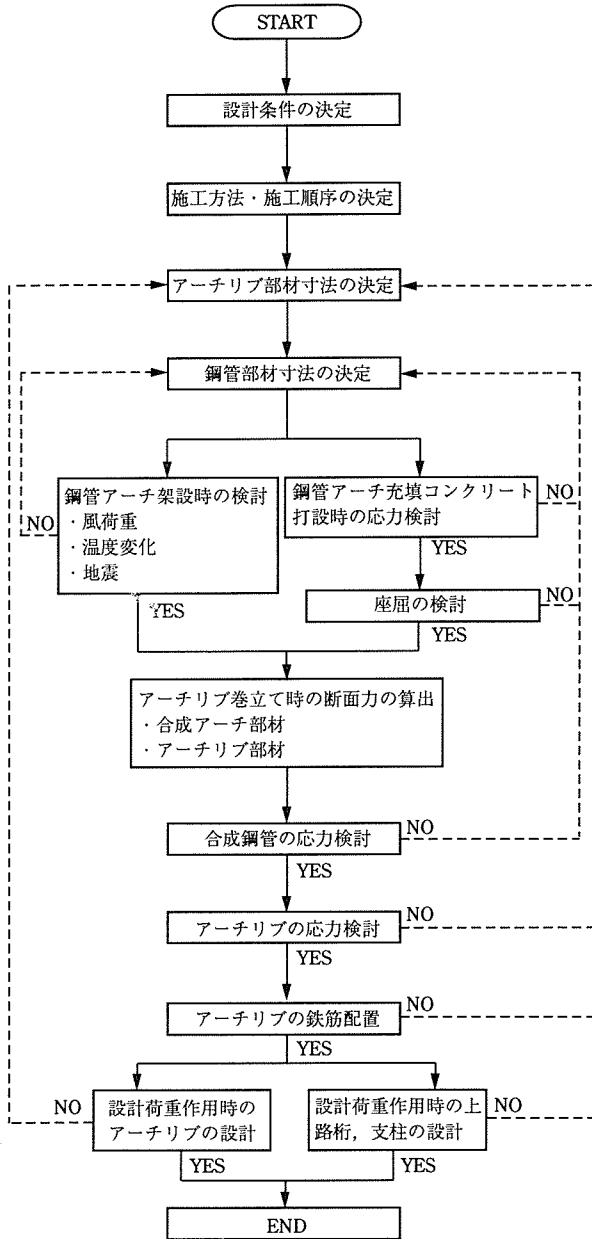


図-2 設計フローチャート

- Step-2~14: 左右交互にアーチリブの巻立て(1ブロック長約4.0m)
- Step-15 : アーチリブ巻立て完了(アーチリブ完成)

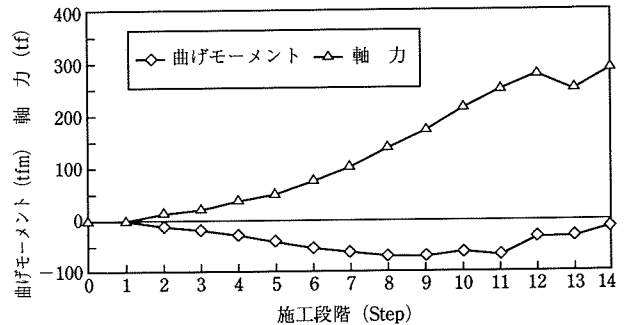
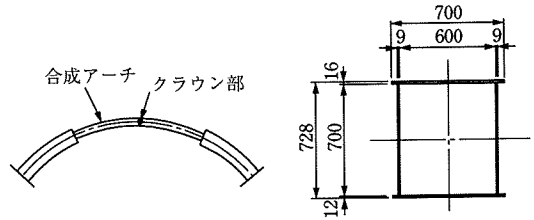


図-3 合成アーチの断面力変化(クラウン部~鋼管1本あたり)

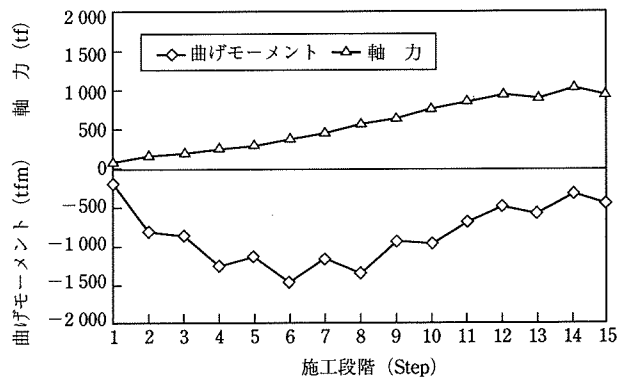
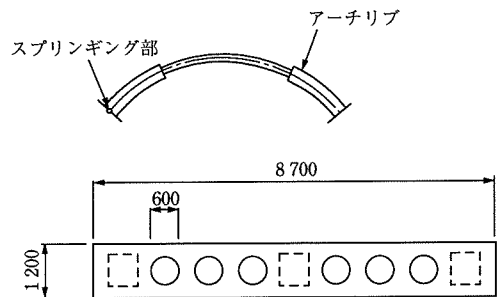


図-4 アーチリブの断面力変化(スプリング部)

表-3 施工工程表(上部工)

	平成10年 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平成11年 1月	2月
鋼管運搬工	■										
鋼管組立て工	■	■									
充填コンクリート工		■									
アーチリブ工		■	■	■	■	■	■				
支柱工						■	■				
上路桁工							■	■			
橋面工								■	■		
片付け工										■	

## 5. 施工概要

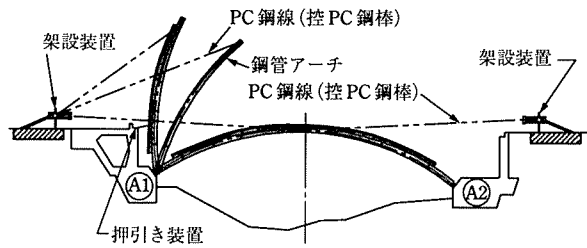
### 5.1 施工順序および施工工程

施工順序および施工工程を表-3および図-5に示す。

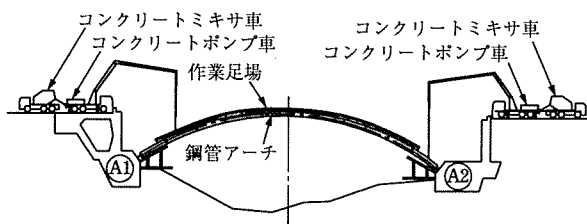
### 5.2 鋼管アーチの組立て

鋼管アーチの組立ては3主構をA1側およびA2側でそれぞれ

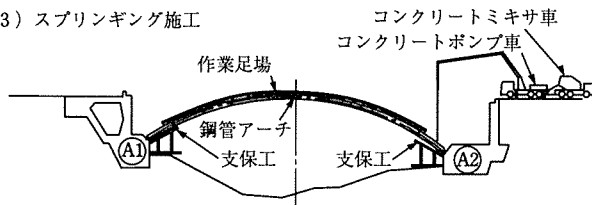
#### 1) 鋼管アーチ閉合



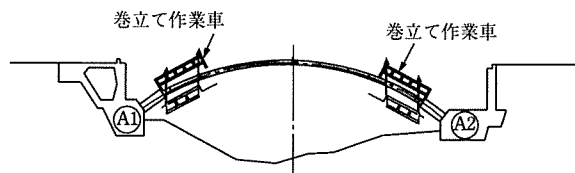
#### 2) 充填コンクリート打設



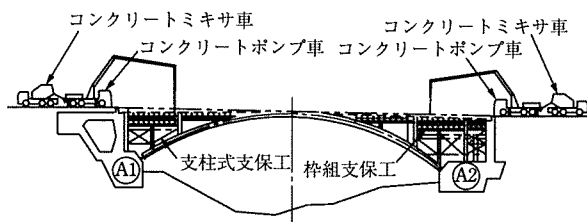
#### 3) スプリングング施工



#### 4) アーチリブの巻立て施工



#### 5) 支柱、上路桁の施工



#### 6) 完成

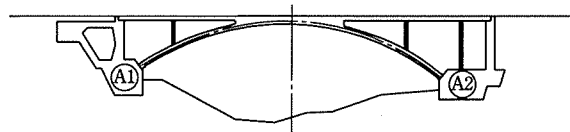


図-5 施工工程図

れ2ブロックごとに地組みして、200t吊り油圧式クレーンで建込みを行った後、組み上げられた鋼管アーチをA1側、A2側にそれぞれ設置した専用の架設装置(油圧ジャッキ)により所定の位置まで移動させてアーチ形状を形成し、クラウン部で閉合をした。ジャッキの1回のストロークは500mmで3分、これを30回行い、閉合作業開始より約90分で終了した(写真-1~4)。

閉合部は閉合調整金具を用いて所定の位置に仮固定し、現場でスプライスプレートに穴あけ作業をしてトルシア型高力ボルトにより緊結した。

組立てに際しては、以下の点に注意をして施工を行った。

- ① 閉合時に基準となる鋼管アーチのスプリングング部のピン支承の据付け精度
- ② 鋼管組立て時の方向の精度
- ③ 組立て作業足場の確保

また、鋼管アーチのスプリングング部のピン支承は鋼管閉合時の回転部分なので、鋼管アーチの自重と充填コンクリートの荷重に対しても許容できる設計を行った。

### 5.3 鋼管内へのコンクリートの充填施工

鋼管アーチの充填コンクリートはアーチリブ巻立てコンクリートと同じコンクリート設計基準強度 $\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$ とし、充填性を考慮して流動化コンクリートを使用した。

打設順序としては鋼管アーチ3主構のうち中央の主構から打設を行い、その後、山側、谷側へと偏らないよう均等に打設を行った。コンクリート打設はポンプ車を使用し、鋼管の上面に約2m間隔で設けられた打設用孔から行い、左右のスプリングングからはほぼ同じ速度で打ち上げた。打設速度は鋼管1カ所あたり約6m/hで行った。充填の確認は鋼

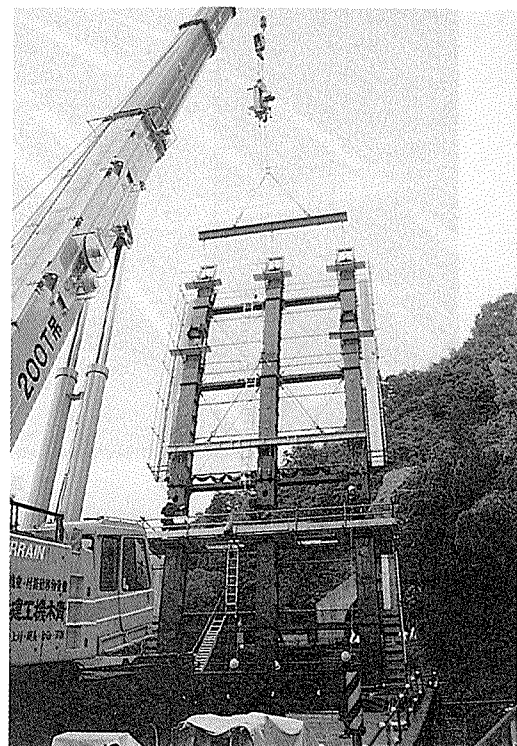


写真-1 鋼管アーチの組立て



写真-2 鋼管アーチ組立て完了



写真-3 閉合作業



写真-4 閉合完了

管の上面に設けられた管理孔により確認した後、順次ふたを閉じた。硬化後の充填確認でブリージングにより空隙があった場合にはグラウトを注入する予定であったが、グラウトを注入するほどの空隙は認められなかった。

#### 5.4 アーチリブ巻立て施工

コンクリートは設計基準強度  $\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$  とし、充填コンクリートと同様に、流動化コンクリートを使用した。

まず、スプリング部を施工し、下部工とアーチリブを剛結した。現在、移動作業車を組み立てて、コンクリート巻立て施工をスプリング部よりクラウン部に向かって左右交互に行っている状況である。打設ブロック長は約4.1m、1回の打設数量は約30m<sup>3</sup>である。移動作業車は前方を合成アーチ上面で支持し、後方は巻立てコンクリート上で支持できる構造とし、重量も約60tと軽くなった(写真-

5, 6)。

たわみの管理は各施工段階ごとのたわみを集計し、その上越し量を鋼管アーチの製作時キャンバとしたので、鋼管部材の製作管理を十分に行った。また、これにより巻立て施工時のたわみ管理は比較的容易にできることとなった。

なお、1ブロックあたりの施工日数は標準サイクル工程で8日、稼働効率を考慮した工程で10日である。標準サイクル工程を表-4に示す。



写真-5 移動作業車組立て

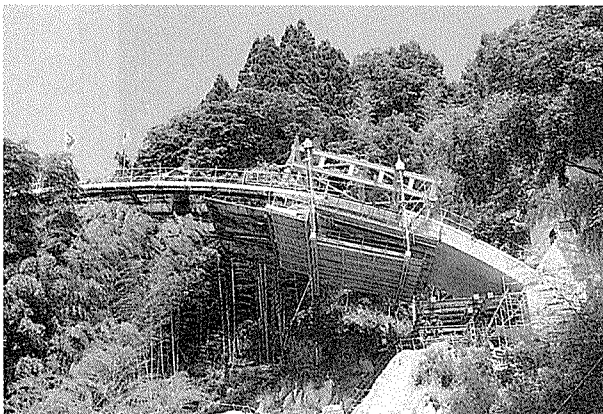


写真-6 巻立てコンクリート施工

表-4 アーチリブ巻立てコンクリート工の標準サイクル工程

工種	日	1	2	3	4	5	6	7	8
移動作業車移動・セット		■							
端 枠 工			■						
鉄 筋 工			■	■	■	■			
円筒型枠セット					■				
側枠・上面型枠工						■	■		
コンクリート工								■	■
養生工									■

## 6. おわりに

合成アーチ巻立て工法は設計・施工が容易であり、経済性にも優れているので、昭和61年に城址橋(新潟県)が計画されて以来、約10年間ですでに20橋近くの施工実績がある。

本工法による川張橋のアーチリブの施工は、5月中旬の鋼アーチの形成に始まり、鋼管内充填を経て、8月末に完成している。

平成11年1月末には、周囲の景観に調和した美しいコンクリートアーチ橋が無事完成し、地域住民はもとより観光で訪れた全国各地の人々に愛される橋梁として、阿武隈ラインの新たな景勝地となることを願っている次第である。

アーチ橋の形状の美しさは日本の山、川、渓谷など原風景によく調和するので、本工法によるコンクリートアーチ橋の今後のさらなる発展を期待し、本報告が類似の橋梁の計画の一助となれば幸いである。

最後に、本橋の設計および施工にあたり、多大なご指導、ご協力を賜った関係諸氏に感謝の意を表する次第である。

### 参 考 文 献

- 1) 大浦, 加藤, 佐藤: 架設用支保工に適用したコンクリートアーチ橋の施工と施工時実橋試験—合成アーチ巻立て工法—, 土木学会構造工学論文集, Vol.36A, 1990.3
- 2) 川上, 高橋, 大浦, 水城: 合成アーチ巻立て工法によるコンクリートアーチ橋の施工と実証試験, 第11回コンクリート工学年次論文報告集, 1989
- 3) 山本, 佐川, 小林, 遠山: 合成アーチ巻立て工法による城址橋の設計と施工, 橋梁と基礎, Vol.23, No.11, 1989.11

【1998年7月15日受付】