

(159) 立山大橋 (RC固定アーチ橋) における新しいメラン工法の計画と架設

住友建設(株)土木本部PC設計部	正会員 ○中村 収志
富山県立山土木事務所	川口 歳則
大日本コンサルタント(株)新潟事務所	庄田 浩二
住友・丸新志鷹・岩崎建設共同企業体	玉井 裕明

1. はじめに

立山大橋(仮称 極楽橋)は、立山・黒部アルペンルートの富山県側の玄関口に位置し、一級河川常願寺川に架けられるアーチ支間188m(国内第6位)の上路式RC固定アーチ橋である。2000年に開催される「とやま国体冬季大会」のアクセス道路として利用するため、平成7年度より工事に着手している。

本橋の技術的特徴としては、RCアーチ橋として初めてNATMによる大口径斜め深礎基礎を採用したこと、アーチリブの架設工法においては、架設アンカー力の低減と架設工程の短縮を目的とした「メラン直吊り一括架設」という新しい架設工法を採用していることがあげられる。

本稿は、本橋で初めて採用した「メラン直吊り一括架設工法」の計画と架設について報告するものである。

2. 橋梁概要

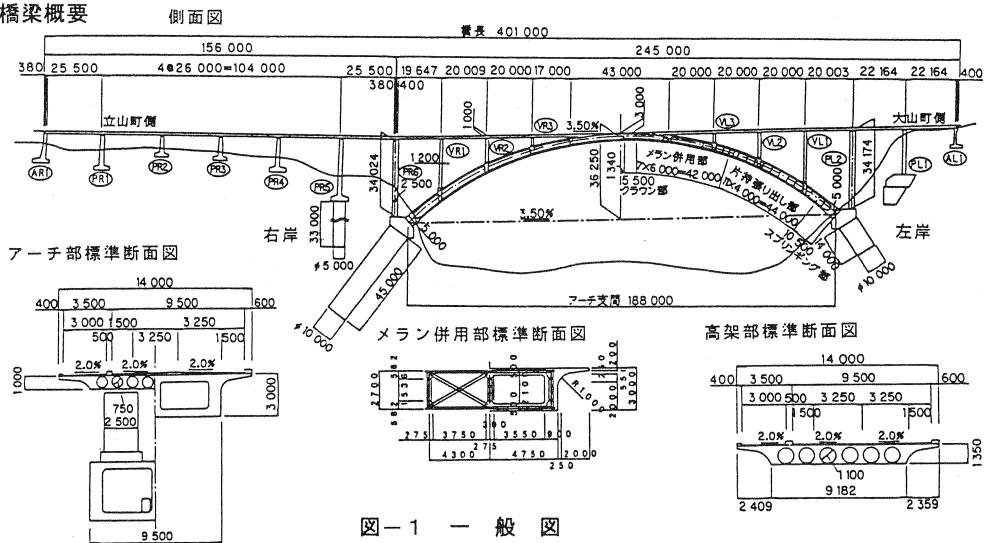


図-1 一般図

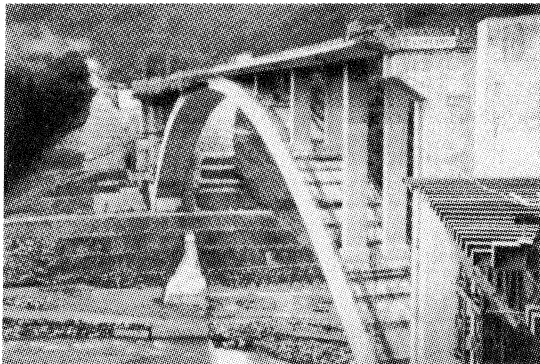


写真-1 立山大橋施工状況全景

【工事概要】

橋名：立山大橋(仮称 極楽橋)
 構造形式：[上部工] RC固定アーチ橋
 + 連続PC中空床版橋
 [下部工] 大口径斜め深礎基礎(アーチ部)
 直接基礎、鉛直深礎(高架部)
 橋長：245.0m+156.0m=401.0m
 アーチ支間：188.0m
 有効幅員：13.0m(車道部9.50m 歩道部3.50m)
 活荷重：B活荷重
 架設工法：斜吊り張出し工法+メラン直吊り一括架設

3. アーチ架設工法の選定

本橋の架設条件を考慮したアーチ架設工法の選定フローを図-2に示す。

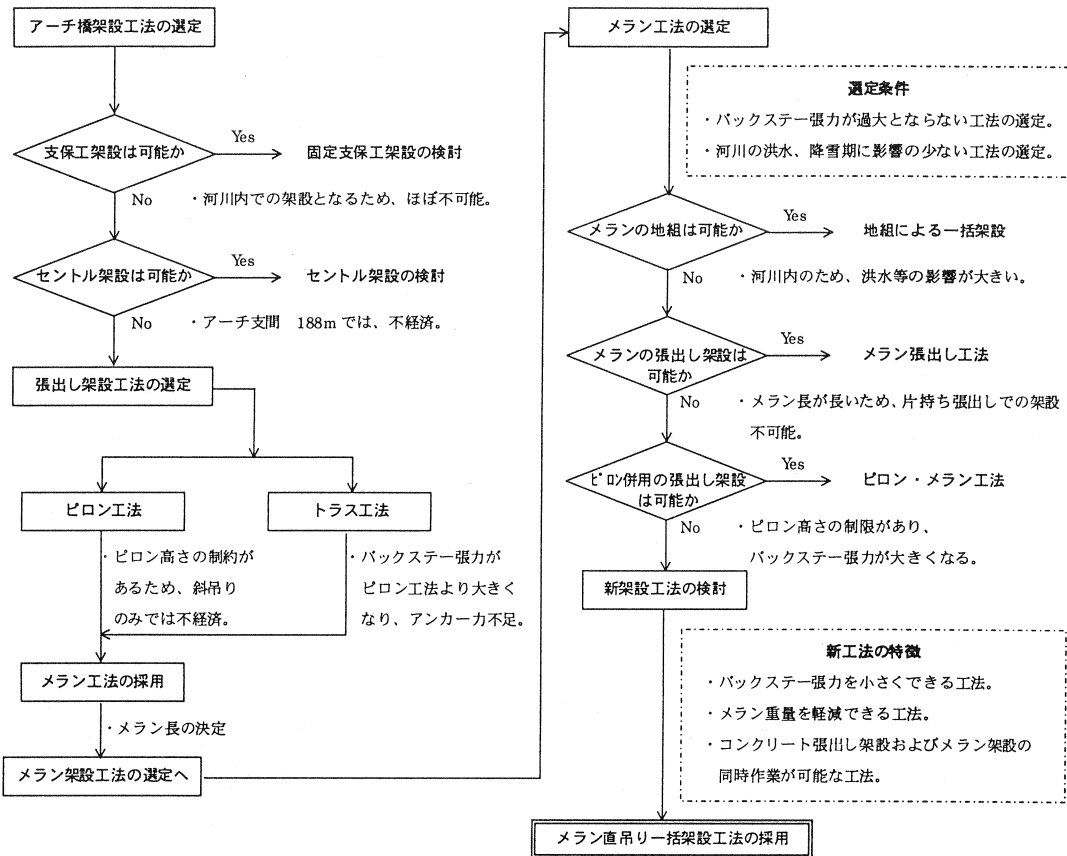


図-2 立山大橋アーチ架設工法選定フロー

コンクリートアーチ橋においては、架設工法の選定が重要課題である。特に本橋では、アーチ基礎に大口径斜め深礎基礎を採用し、支持地盤まで杭長を延ばしていることでもわかるようにアンカー定着位置にも弱破碎帯層が存在している。そのため、アーチ連結までに生じるアンカー張力を極力少なくするため、アーチ中央部を鋼製の補強材で閉合するメラン工法併用の斜吊り張出し工法を選定した。

また、さらなるアンカー張力の軽減と河川の洪水期、降雪期に影響されないメラン材の架設工法が、既存の工法では対応不可能であったため、新工法の「メラン直吊り一括架設工法」を採用した。

この工法の特長は、次のとおりである。

- ① メラン材を地組みすることが不可能な河川内の様な架橋場所においても施工が可能
- ② 既存の架設工法（ピロン工法）と比較してバックステー張力の低減が可能
- ③ 連結時にメラン材をタイドアーチ構造とすることにより、メラン重量の軽減が可能
- ④ コンクリートの張出し施工とメラン架設の並行作業により、大幅な工程短縮が可能
- ⑤ メラン材は低い位置での組立て作業となり、クレーン効率と作業の安全性が向上

この工法の採用により、ピロン工法と比較してバックステー張力を約1,000t低減したと同時にメラン連結までに要する工程を60日短縮し、メラン重量も大型トラッククレーンによる直吊り架設で行うことで長大ブロック化(3m→6m)が可能となり、約80tの重量減となった。

4. メラン材の設計

4.1 メラン材の構造

本橋のメラン材の使用区間長は、アーチ架設工法の選定で述べたようにアーチ連結時までのアンカー張力を極力低減する目的で、アーチ支間の約1/2に相当する全長97.52 mとした。また、構造形式としては、プレートガーダー方式とトラス方式を比較検討した結果、よりコンパクトな断面構成が可能なプレートガーダー方式を採用した。なお、メラン材は、架設時の荷重にのみ抵抗する部材として設計を行った。

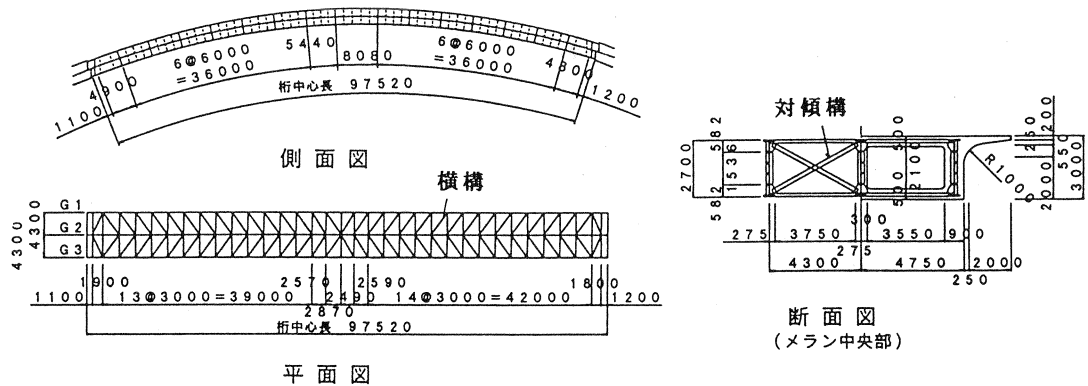


図-3 メラン材構造図

4.2 断面力解析

メラン材に作用する断面力は、メラン材一括吊り上げ時のタイドアーチ系解析モデルによる断面力と、メラン材がコンクリートアーチと一体化した全体系解析モデルの断面力との組み合わせとした。また、面内方向の荷重に対してはコンクリート部材、メラン部材を1本の梁部材として平面解析を、面外方向の荷重に対してはコンクリート部材を1本の梁部材、メラン材の3主構を3本の梁部材として立体解析をそれぞれ行った。

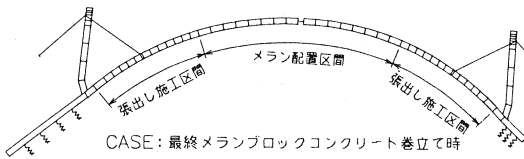


図-4 面内解析モデル



図-5 面外解析モデル

5. メラン直吊り一括架設工法の計画

5.1 架設計画

メラン直吊り架設は、エンドポストから張り渡した主索ケーブル(φ56mm、6×2本)に、メラン材を順次ハンガー索で吊り下げながら宙吊り架設する。メラン材の組立て高さは、最大河川増水時にメラン材が流失しない位置まで低くして、主索ケーブルのサグ量を大きくとり、架設時に必要なアンカー力を低減する。

メラン一括架設は、直吊り架設して組み立てたメラン材(W=610tf)をアーチリブ先端の移動作業車に設置した8台(2台×4箇所)のロッド式リフトアップジャッキ(吊上げ能力150tf/台)で吊り上げ架設を行い、コンクリートのアーチリブと閉合する。一括吊り上げ時は、直吊り時の多点支持から両端の2点支持となるため、メラン材の両端からタイドケーブルを張り渡し、吊り上げ時のメラン材をタイドアーチ構造としてメラン材の応力管理と形状管理を行う。

それぞれの施工要領を図-6、図-7に示す。

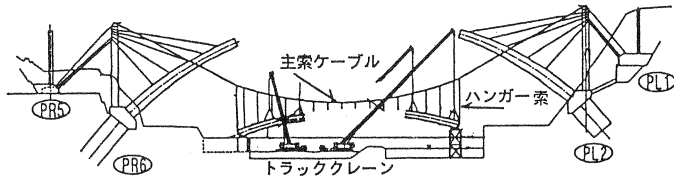


図-6 メラン直吊り架設

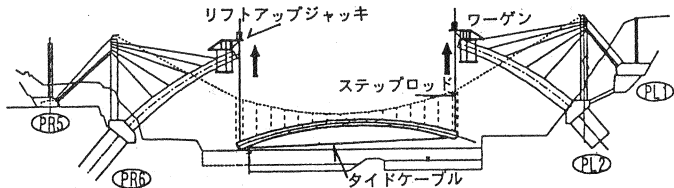


図-7 メラン一括架設

- ①主策アノカールームの設置
- ②主策塔頂設備の設置
- ③主策ケーブルの張り渡し
- ④ハンガー索の設置
- ⑤メラン材の直吊り架設
- ⑥タイドケーブルの架設、一次緊張
- ⑦メラン材の一次吊上げ
- ⑧タイドケーブル二次緊張
- ⑨メラン材の二次吊上げ、7-7連結
- ⑩タイドケーブル解放

5.2 タイドケーブル導入張力の決定

一括吊り上げ時は、直吊り時の多点支持から両端の2点支持となるため、メラン材の両端からタイドケーブルを張り渡し、タイドアーチ構造としている。さらにこのケーブルによりプレストレスを導入し、コンクリート巻き立て時に生じる正の曲げモーメントに抵抗する負の曲げモーメントを付加しておく。この効果により、トータルとしてのメラン材作用モーメントを減少させ、メラン材重量の軽減を図った。

導入プレストレスは、プレストレスの大きさと鋼材重量の相関関係およびタイドケーブル定着設備の規模などを検討した結果、1主構当り170tとし、連結時のメラン材の応力管理、形状管理もこのタイドケーブルのプレストレスを利用して行うこととした。

5.3 メラン材端部の固定構造

メラン材とコンクリート部の固定構造は、図-8に示すようにあらかじめ、ゲルバーヒンジ構造のメラン端部受け部材 (W=10tf×2) をコンクリート部先端に仮置きしておき、吊り上げてきたメラン材と添接板で連結する。メラン材の形状および応力を確認し、メラン端部背面とコンクリート部の間を無収縮モルタルにより間詰めを行う。最後にタイドケーブルを解放することにより、鋼とコンクリートの混合アーチ構造が完成する。直吊り架設からアーチ構造完成までの連結要領図を図-9に示す。

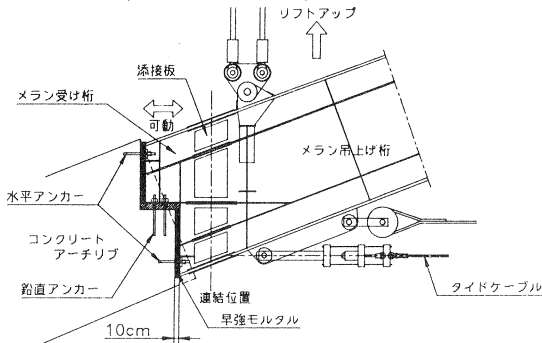


図-8 端部固定構造

1. メラン材直吊り架設完了時

メラン材の自重は、主索ケーブルからの吊り線で多点支持 (無応力状態)。

2. 一次吊上げによるメラン材自重の移行

()内設計値

メラン材の自重は、主索ケーブルからアーチリブ (多点支持→両端支持) へ移行。タイドケーブルにメラン自重が張力として作用する。

3. タイドケーブル二次緊張およびリフトアップ

タイドケーブルの二次緊張により、所定のメラン応力に設定する。支間長を確認 (ジャッキ支間長=メラン支間長) し、リフトアップを行い連結する。

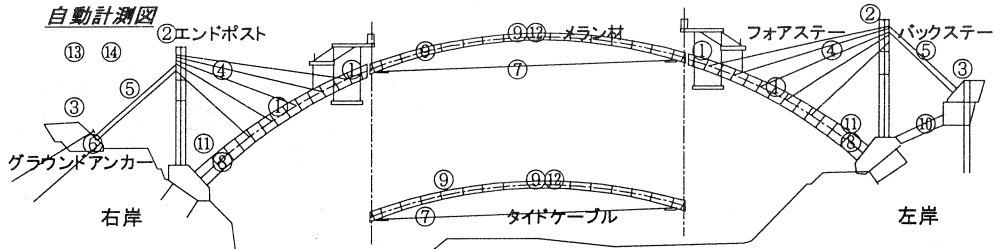
4. タイドケーブル解放、アーチ構造完成

メラン背面部をモルタルにより間詰めした後、タイドケーブルを解放する。鋼とコンクリートの混合アーチ構造が完成する。

図-9 アーチ構造連結要領図

5.4 計測計画

本橋の計測計画は、図-9に示したように架設中のアンカー張力の監視と張出し時および一括架設時の品質管理を徹底するため、すべての計測データを統括的に管理できる計測システムを採用した。メラン材一括架設時には、吊り上げ時に必要な計測データをアーチリブ上に設けた吊り上げジャッキ制御室で管理した。



計測項目	計器名称	位置	右岸	左岸	合計	備 考
変位 アーチリブ エンドポスト 架設アバット	Y変位	差圧変換機	①	2	2	4
	X変位	設置型傾斜計	②	1	1	2
	X, Y変位	ロッド式中変位計	③	2	2	4
張力 斜材(7+7) 斜材(ハク) アンカー タイドケーブル	張力	縦棒張力計	④	10	10	20
	"	"	⑤	2	2	4
	"	ロードセル	⑥	2	2	4
	"	ロードセル	⑦	3	3	6
応力 アーチリブ メラン材 連結斜材	応力(+, -)	鉄筋応力計	⑧	4	4	8
	ひずみゲージ	ひずみゲージ	⑨	14	14	28
	応力(+)	鉄筋応力計	⑩	2	2	4
温度 アーチリブ メラン材 外気温	温度	温度計	⑪	1	1	2
	"	"	⑫	1	1	2
	"	"	⑬	1	1	2
風速 架橋地点	風向, 風速	風向風速計	⑭	1 (1)	0 (2)	1 (3)

管理基準		管理方法
変位 アーチリブ	±100mm(目安)	併合時の遊間を確保するため、100mm程度を管理基準とする。補正が必要な場合は、フォアステーの張力調整により行う。
張力 フォアステー	±20% (許容張力以内)	管理基準は、変動量の±20%を目安とし、変位、応力等により補正が必要な場合は、斜吊り縦棒の許容張力以内で行う。
応力 アーチリブ	-25 < σ < 140kgf/cm ²	一括吊り上げ時の変動を監視する。管理基準は、架設時コンクリート応力度の許容値以内とする。
温度 全て	-	標準温度での設計値に対する補正に使用する。特にメラン材の温度変化による伸縮を管理する。
風速 架橋地点	平均風速 10m/S ~、15m/S ~	平均風速10m/S以上は作業中断、15m/S以上はベント開放風速とする。一括吊り上げ時には、平均風速5m/S以下を目安とする。

図-9 自動計測計画図

なお、一括架設時には、① 吊り上げ中の強風 ② 温度変化による部材の伸縮 が大きな要素となるため、1年以上にわたり現地で風速を観測し、気圧配置等の気象データと併せて風速データベースを作成した。吊り上げ日については、そのデータをもとに、予想気圧配置の気圧傾度から風速を予測して慎重に決定した。

6. メラン直吊り一括架設工法の施工

6.1 メラン直吊り架設

メラン材の直吊り架設は、雪解けと同時に河川内より、トラッククレーンにより行った(写真-2,3)。

メラン材を低い位置で組み立てることにより、トラッククレーン施工が可能となり、ケーブルクレーン施工に比べて施工性が飛躍的に向上した。

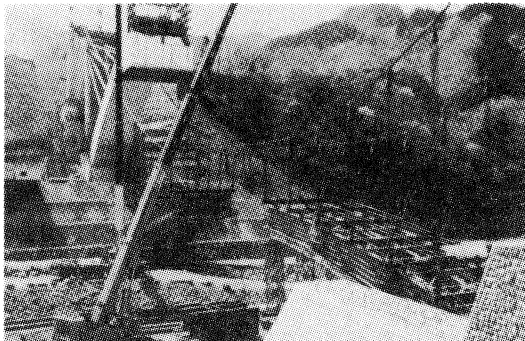


写真-2 直吊り架設中

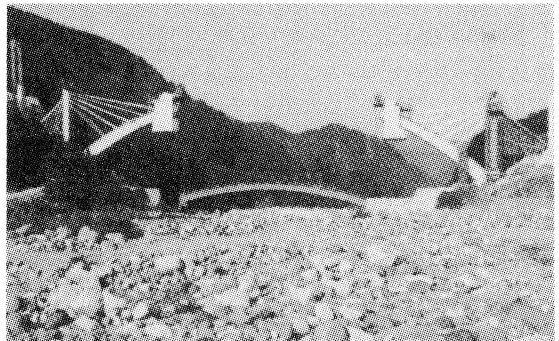


写真-3 直吊り架設完了

6.2 メラン一括架設

一括架設の吊り上げ時間は、吊り上げ高さが43mで、約8時間要することから、温度変化の影響が比較的に少ない午前2時から開始することとし、吊り上げ日の最終判断は、予想気圧配置と風速データベースをもとに決定した。この結果、ほぼ無風状態で連結作業を終えることができ、温度変化による部材の伸縮もほとんどなく、メラン支間長と吊り上げ支間長との誤差はわずか8mm程度であった(写真-4、5)。

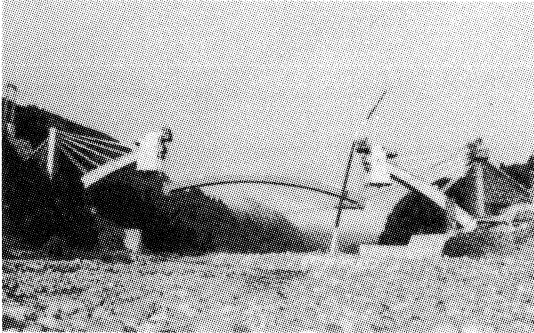


写真-4 一括架設状況(上流より)



写真-5 一括架設状況(右岸より)

6.3 計測結果

メラン架設時のタイドケーブル張力とメラン応力(中央、1/4点)の計測結果を図-10に示す。温度変化の激しい時期であったため、その影響を大きく受けたが、タイドケーブルの調整により、メラン応力と形状がほぼ設計値と一致していることを確認して連結作業を行うことができた。

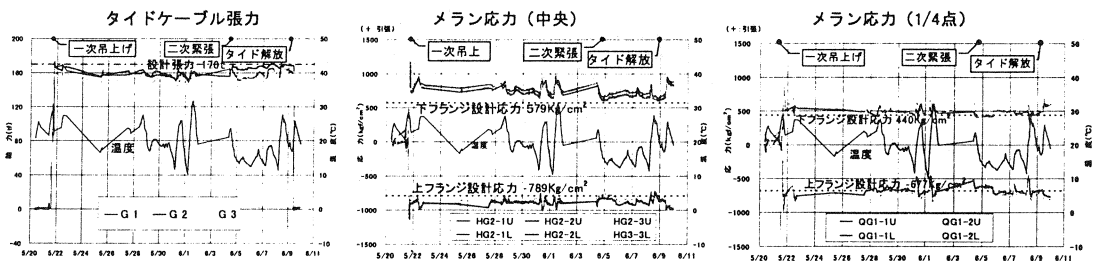


図-10 計測結果

7. おわりに

コンクリートアーチ橋は、完成すると非常に美しい構造形式ではあるが、架設条件が厳しい架橋場所においては、常に架設方法の創意工夫が要求される構造物である。

現在、橋面工を残すのみとなり、これまでの施工状況と現況については、立山大橋橋梁建設工事ホームページ (<http://www.nsknet.or.jp/~g-bridge/>) で公開中である。

最後に本橋の施工にあたり貴重なご意見、ご指導を賜った「(仮称)極楽橋 技術検討委員会(委員長 横浜国立大学 池田尚治教授)」の委員の方々をはじめとする関係各位に深く感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 中村収志、中川直人、大磯章、帆足洋和：RC固定アーチ橋「極楽橋(仮称)」の施工、第8回シンポジウム、pp.361~366、1998.11
- 2) 中川直人、庄田浩二、大磯章、中村収志：メラン直吊り一括架設によるアーチ橋の設計と施工—極楽橋(仮称)—、プレストレストコンクリート Vol140.No6、pp.58~65、1998.11
- 3) 中川直人、大磯章、中村収志、斎藤基文、新井英雄：新しい架設工法を用いたRC固定アーチ橋の施工—極楽橋(仮称)—、土木施工 Vol140.No2、pp.57~64、1999.2