

(120) 逆ランガー連続アーチ橋 (池田へそつ湖大橋) の施工管理計測

鹿島建設(株) 技術研究所 正会員 ○ 宇津木一弘  
 日本道路公団 四国支社 非会員 望月 秀次  
 日本道路公団 四国支社 非会員 中野研一郎  
 鹿島建設(株) 営業第二本部 正会員 石原 重孝

1. はじめに

池田へそつ湖大橋は、徳島自動車道美馬 IC～川之江 JCT 間のうち、井川池田 IC の西方 5 km に位置する橋長 705m のプレストレストコンクリート 5 径間連続アーチ橋である。構造的には、アーチ部 (134.2 m+200 m+100 m) とラーメン部 (60 m+130 m+79.2 m) が連続した形式となっている。アーチ部は、補剛桁の剛性がアーチリブの剛性よりも大きい逆ランガー形式となっている。(図-1、2)

本橋のアーチ部の施工については、補剛桁・アーチリブ・鉛直材および仮設斜吊り材でトラスを構成し、左右のバランスをとりながら両側に張出し架設する我が国初の施工方法を採用した。

本論文は、池田へそつ湖大橋の施工概要ならびに施工管理計測の結果について報告を行うものである。

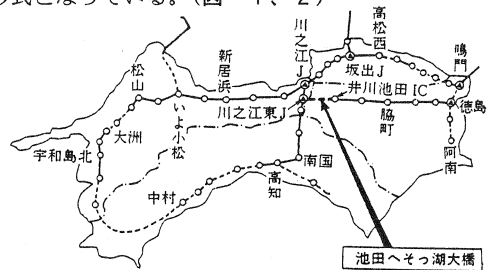


図-1 池田へそつ湖大橋位置図

2. 施工概要

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：PC5 径間連続アーチ橋  
 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)：暫定 2 車線

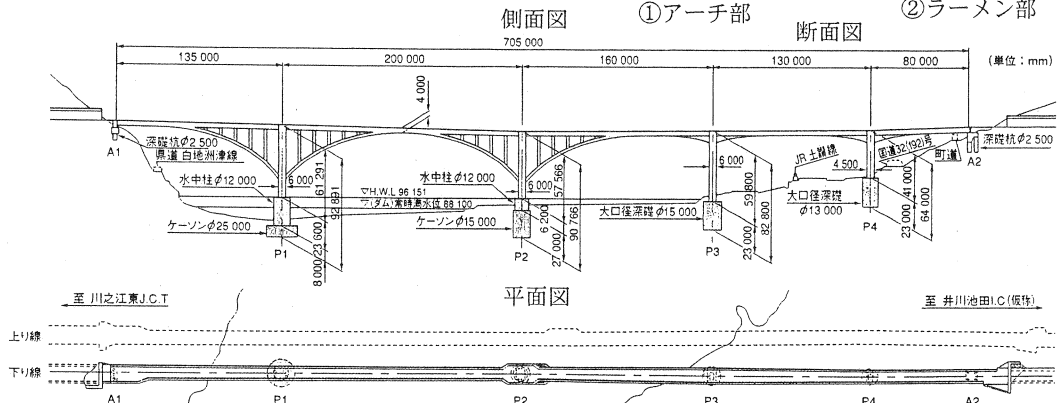
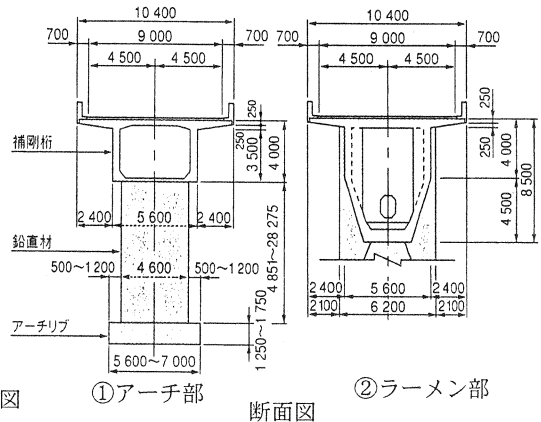


図-2 全体一般図

2-2 主要工事数量

上部工の主要工事数量を表-1に示す。

表-1 上部工主要工事数量

種別	仕様	単位	数量	摘要
コンクリート	40N/mm <sup>2</sup> , 30N/mm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	13,500	桁、鉛直材、アーチ、地堰・高欄
鉄筋	SD345	ton	2,840	桁、鉛直材、アーチ、地堰・高欄
鋼材	SM490YB, SS400	ton	470	鉛直材
PC鋼材	SBFR930/1180, SWPR7B	ton	760	桁、鉛直材
仮設PC鋼材	SBPD930/1080	ton	100	斜吊り材

3. 施工概要

3-1 上部工施工概要

本橋の上部工施工順序を図-3に示す。施工の流れとしては、P2、P4 橋脚部の柱頭部及び 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施工用の移動作業車を組み立て、張出し架設を行う。引続き、P1、P3 橋脚部を施工する。

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、引続き A1 側径間側を県道上に設けた仮支柱を用いて張出し架設し、側径間部を吊り支保工にて連結する。最後に斜吊り材の撤去、橋面工を施工して完成する。

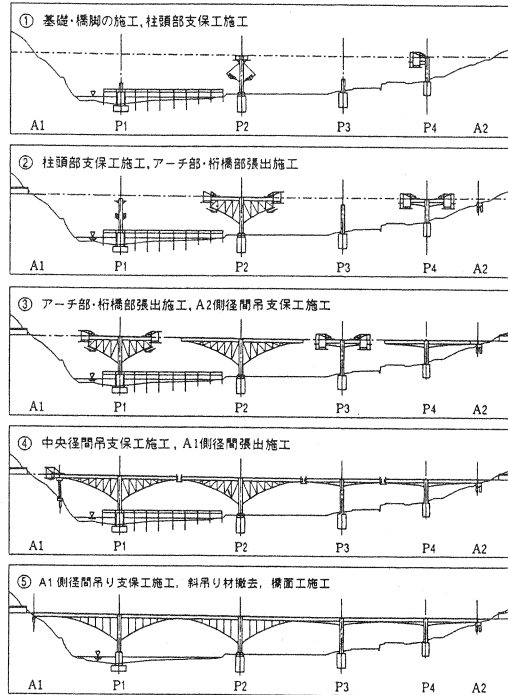


図-3 全体施工順序図

3-2 アーチ部施工概要

アーチ部の施工は、補剛桁、アーチリブ、鉛直材及び斜吊り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で行う。施工サイクルを図-4に示す。

補剛桁及びアーチリブの架設には、補剛桁施工用（以下、桁ワーゲン）とアーチリブ施工用（以下、アーチワーゲン）に分かれた特殊大型移動作業車を使用し、クラウン部では両者を一体化して使用する。

アーチ部の施工は、以下の手順①～⑥を繰り返して張出し架設を行った。

- ① 補剛桁の PC 鋼材緊張後、桁ワーゲンを前進させる。
- ② アーチワーゲン先端を桁ワーゲンに設置した 25tf 電動チェンブロックで吊り、推進ジャッキによりアーチワーゲンを前進させる。その後、所定の位置で基部を固定し、斜吊り材の設置及び1次緊張を行う。
- ③ ワーゲンの型枠をセットして補剛桁（標準部）の施工を行う。同様にアーチリブの施工を行う。
- ④ 補剛桁の PC 鋼材緊張後、桁ワーゲンを前進させる。
- ⑤ 鉛直材の鉄骨を橋面上のクレーンにより桁ワーゲン上方から吊り込み、斜吊り材の2次緊張及びアーチリブ部材への張力盛替えを行う。
- ⑥ 桁ワーゲンの型枠をセットして補剛桁（横桁部）の施工を行う。補剛桁の PC 鋼材緊張後、斜吊り材の3次緊張を行う。

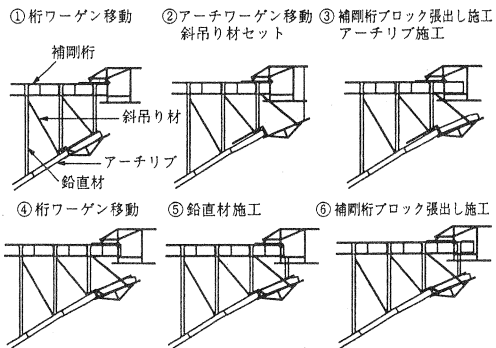


図-4 アーチ部施工サイクル

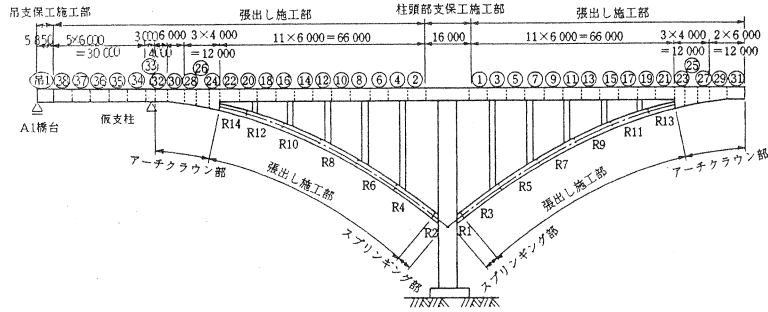


図-5 P1橋脚部施工ブロック割図

4. 施工管理

4-1 施工管理計測の目的

本工法では、アーチ部材が閉合するまでは不安定な構造となり、施工段階において構造系が逐次変化するとともに各構成部材の応力度も厳しい状態となる。このため、施工に当たっては、上げ越し管理の他に各部材の安全性、施工精度を確保しつつ、完成系での部材の応力状態やたわみ形状を許容範囲内におさえるため、設計・施工上重要な部材に計測器を設置し、施工ステップ毎に設計値との比較および部材の安全性の確認をして施工状態の確認を行い、施工にフィードバックする計測管理による情報化施工を行った。

本橋では、計測の目的を①出来形管理に必要な計測と②部材応力の確認のための計測の2つに大別して計測機器を設置するとともに、管理基準値を設けて施工に反映させることとした。

4-2 計測計画

計測機器の仕様・数量・目的を表-3に、計測機器の配置を図-6に示す。

表-3 計測項目および計測機器一覧

計測対象	計測位置	測定項目	計測器	点数	計測目的
橋脚	P1, P2, P4橋脚 (柱頭部及び下端)	傾斜	据置型傾斜計	7 A	アンバランスモーメント又は基礎の沈下により傾斜が生じていないか確認する。(P2橋脚は橋軸直角方向の傾斜も確認)
アーチリブ	スプリング部	コンクリート 応力	コンクリート 有効応力計	4 B	アーチリブのコンクリート応力度及び鉄筋応力度を測定することにより張力調整の効果を確認する。
		鉄筋応力	鉄筋計	4 B	
		温度	熱電対	4 B	
鉛直材	第1鉛直材中央	目録応力	ひずみゲージ	4 B	H鋼に発生する応力度を測定してSRC構造としての挙動を確認する。
		温度	熱電対	4 B	
		温度	熱電対	4 B	
補剛桁	柱頭部	コンクリート 応力	コンクリート 有効応力計	4 B	コンクリート有効応力度を測定することによって張力調整の効果を確認する。
		温度	熱電対	4 A, B	
		温度	熱電対	4 A, B	
斜吊り材	全段上下流2本ずつ (P2) 全段上流1本ずつ (P1) I段目に上下流1箇所 (P2)	緊張力	センターホール 型荷重計	36 B	導入張力と張力推移を測定し、施工時の応力状態の確認及び異常の早期発見を図る。
		温度	熱電対	4 A	
		温度	熱電対	4 A	
仮支柱	仮支柱上端	傾斜	据置型傾斜計	1 A	基礎の沈下又は作用荷重により異常な傾斜が生じていないか確認する。
		仮支柱応力	ひずみゲージ	2 B	

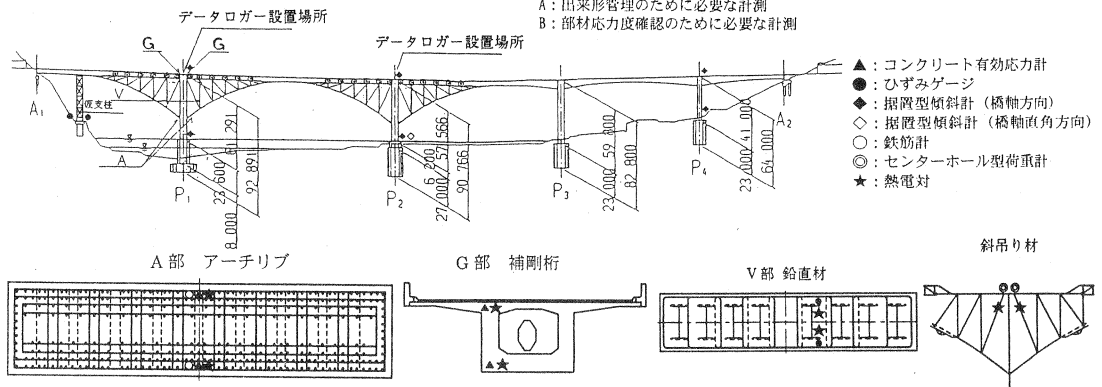


図-6 計測機器配置図

4-3 管理方法

1) 測定期間と頻度

測定期間については、対象部材の施工時に計器を設置し、計測対象の挙動が発生する時点から施工時の影響がなくなり応力や変位の値が安定するのを確認して測定を終了した。

測定頻度は、計測対象の挙動が施工中の品質管理に与える影響の程度を考慮して設定した。測定期間および測定頻度を表-4に示す。

表-4 測定期間と測定頻度

測定期間	平成9年7月～工事完了時(平成11年7月) 初期値設定(計測開始時)～橋体工事完了(施工の影響が認められなくなるまで)
計測頻度	インターバルタイマーにより、3時間毎に計測を行う。計測時刻は以下のとおり。 0.3.6.9.12.15.18.21 施工の影響が少なくなった時点で6時間毎の計測とする。
随時測定	① 重要な施工段階※ ② 測定値の急激な増大や現象 ③ 測定値の不規則な変化や変動劇 ④ 測定値が収束しない場合

※重要な施工段階とは斜吊り材の緊張、コンクリート打設、ワーゲン移動等大きな断面力変化があるとき。

表-5 計測管理値

測定項目	管理項目	管理基準値
補剛桁応力	許容応力度	$\sigma_c = 175\text{kgf/cm}^2$ $\sigma_t = -25\text{kgf/cm}^2$
スプリングング応力	許容応力度	$\sigma_c = 175\text{kgf/cm}^2$ $\sigma_t = -25\text{kgf/cm}^2$
斜吊り材張力	許容張力	$0.7\sigma_{Pu}$ (78tf)
補剛桁出来形	施工時計画高	$\pm 25\text{mm}$
アーチリブ出来形	施工時計画高	$\pm 25\text{mm}$

※補剛桁およびアーチリブの出来形の管理基準値については「日本道路公団施工管理要領基準集 6-4 コンクリート構造物の出来形基準」による。

2) 計測管理体制

計測管理は、図-7に示す管理体制で行った。

3) 計測管理値

部材応力および張力の管理値としては、表-5に示す値を設定した。ただし、施工は常に計測値と設計値との比較を行い、有為な差が生じた場合、あるいは異常な挙動をした場合は、すみやかに原因を追求し対策を行うこととした。

4-4 計測結果

1) 傾斜

P1橋脚橋軸方向傾斜の計測結果を図-8に示す。張出し架設中は、P2側の張出しが先行していることによりP2側に傾いていたが、A1側に1BL多い33BLを打設することにより、A1側に傾斜した。最終的に仮支柱の撤去により、A1側に傾斜したが許容値以内であった。

2) 斜吊り材張力

斜吊り材の張力管理の例としてP1橋脚のS101、S103の張力管理結果を図-9に示す。張出し施工中の斜吊り材張力の実測値と設計値の差は10%程度であった。本橋の場合、

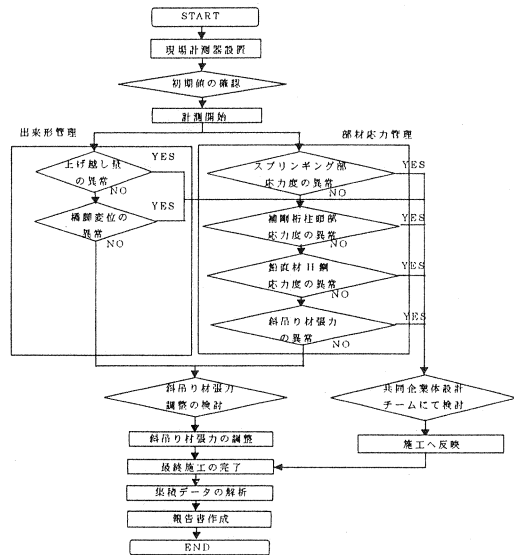


図-7 管理体制図

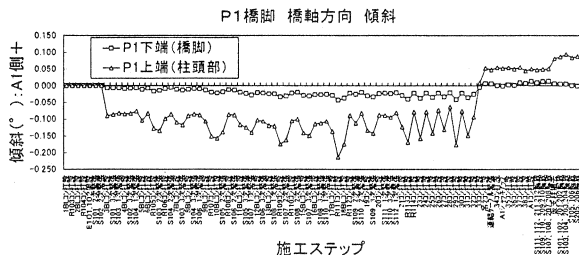


図-8 P1橋脚橋軸方向傾斜計測結果

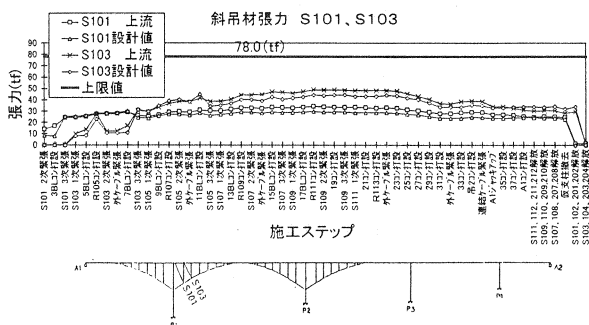


図-9 斜吊り材張力計測結果

10%の張力変動による補剛桁の応力変動は±2kgf/cm<sup>2</sup>程度であり、施工時および完成時において応力的に問題のないことを確認して施工を行った。また、斜吊り材解放前の張力分布を図-10に示す。斜吊り材張力の設計値と実測値の差は最大で2.0倍程度となった。この張力差が完成後の補剛桁応力度に与える影響を検討し、応力的に問題のないことを確認した。主桁の応力度照査結果を図-11に示す。

3) スプリング部応力度

スプリング部応力度の管理例としてA1側の鉄筋およびコンクリート応力度計測結果を図-12、13に示す。

鉄筋およびコンクリート応力度とも設計値とほぼ一致した挙動を示しており、斜吊り材の1次緊張によりスプリング部に発生する応力が緩和される効果が確認された。また、コンクリートの引張応力度は、管理基準値内であった。

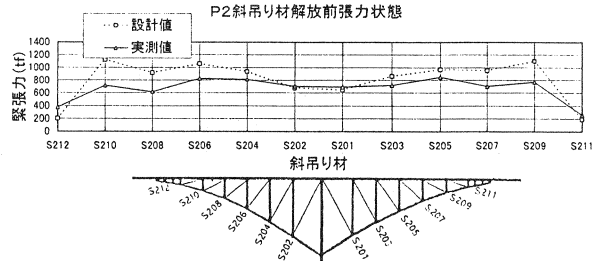


図-10 斜吊り材張力解放前

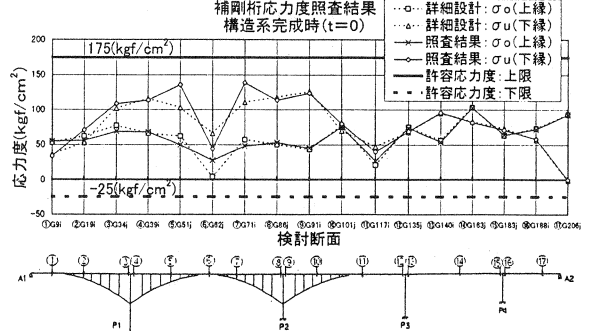


図-11 補剛桁応力照査結果

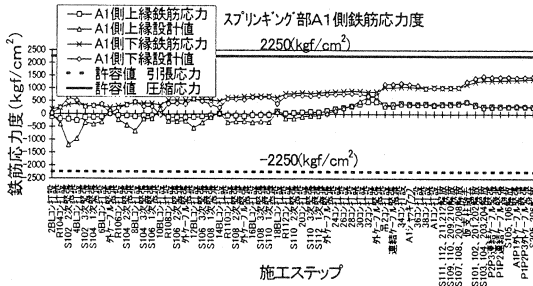


図-12 スプリング部鉄筋応力度計測結果

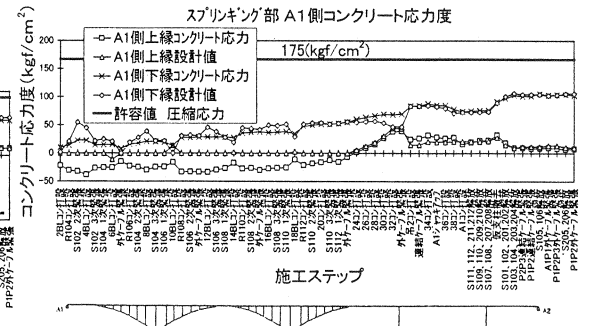


図-13 スプリング部コンクリート応力度計測結果

4) 補剛桁応力度

補剛桁応力度の管理例として柱頭部A1側のコンクリート応力度の計測結果を図-14に示す。コンクリート応力度は上縁・下縁応力度とも設計値とほぼ一致した挙動を示しており、管理基準値内であった。

5) 鉛直材応力度

鉛直材はSRC構造として設計されており、初期段階では鉄骨構造として応力度を算出し、RC巻き立

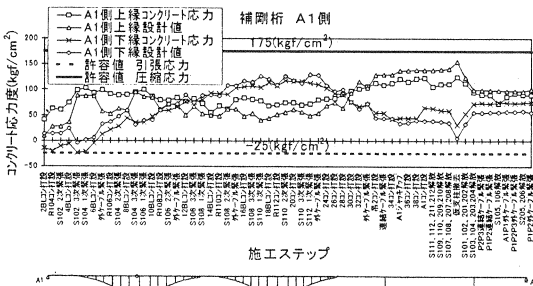


図-14 補剛桁柱頭部A1側応力度計測結果

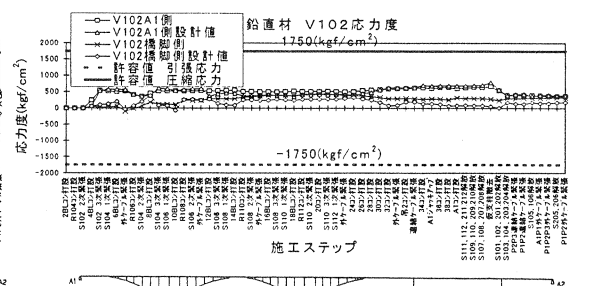


図-15 A1側鉛直材応力度計測結果

て以降は鉄骨構造時の応力との和(累加応力)として照査を行っている。鉄骨応力度の管理例としてA1側の鉄骨応力度計測結果を図-15に示す。

コンクリート応力度はA1側・橋脚側応力度とも設計値とほぼ一致した挙動を示しており、SRCとしての設計が妥当であることが確認された。

6) 仮支柱反力

仮支柱反力の計測結果を図-16に示す。仮支柱反力は、設計値と比較して5%程度の差で推移しており、構造系として所定の応力状態が確保されたと考えられる。

7) 斜吊り材張力解放時張力

斜吊り材の解放は、張力解放による各部材(補剛桁、アーチリブ、鉛直材、斜吊り材)の応力変動が大きいため、常に応力状態を把握しながら行う必要があった。また、斜吊り材の張力解放時には、同一フレーム内の張力解放順序が問題となった。1フレームを構成する斜吊り材の本数は24本(第6フレームのみ14本)であるが、先に解放した斜吊り材の張力が、解放していない残りの斜吊り材に分配されるため、後に解放する斜吊り材ほど解放張力は増加する。このため、同一フレーム内の斜吊り材の解放は斜吊り材に設置してあるロードセルを利用して図-17のフローに従って行った。

斜吊り材の解放による張力の変化量を図-18に示す。全ての斜吊り材とも張力を分割することなく順次解放することが出来た。

5. おわりに

わが国で初めてとなった逆ランガー形式連続アーチ橋の両側同時張り出し架設時に実施した計測管理結果について報告した。本年3月11日無事開通式を迎え、四国のすべての県都が3時間以内で結ばれた。本報告が、今後の同種工事の参考になれば幸いである。最後に、本工事に多大なご協力とご指導を頂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、No.5、pp.54~62、1997年9月
- 2) 飯東・安藤・宇津木・若林：PC逆ランガーアーチ橋池田湖橋(仮称)の施工、プレストレストコンクリート技術協会第8回シンポジウム、pp.819~824、1998年10月
- 3) 飯東・宇津木・西松・若林：PCバランスドアーチ橋の施工、プレストレストコンクリート、Vol.40、No.4、pp.45~51、1998年11月
- 4) 望月・岡田・石原・若林・西松・宇津木：逆ランガー連続アーチ橋(池田へそつ湖大橋)の施工と管理計測、橋梁と基礎、Vol.34、No.6、pp.2~11、2000年6月

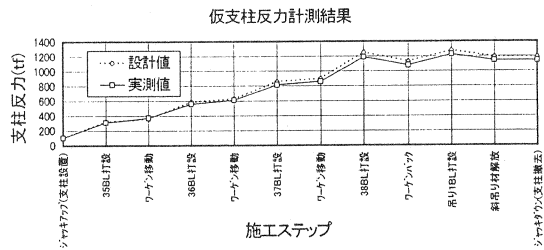


図-16 仮支柱反力測定結果

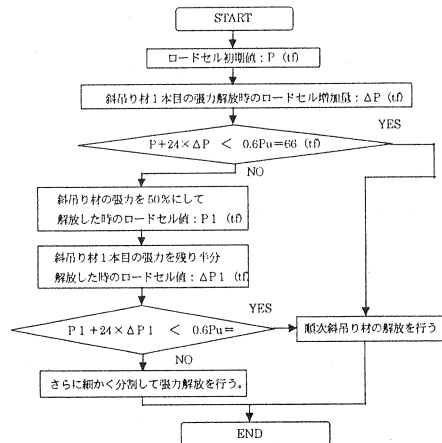


図-17 斜吊り材張力解放フロー

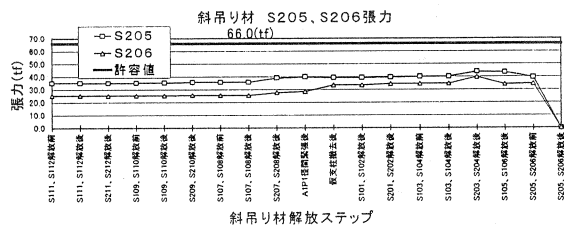


図-18 斜吊り材解放による張力変化量