

長瀬線橋りょうの設計

川田建設(株) 大阪支店 技術部 ○ 梅田 隆朗
 川田建設(株) 大阪支店 技術部 正会員 大久保 孝
 京都府南丹土地改良事務所 五島 省吾
 京都府南丹土地改良事務所 湯浅 浩平

1. はじめに

長瀬線橋りょうは、京都府京丹波町(旧和知町)地内を流れる由良川に架かる橋梁である。架橋位置は、分水嶺付近に位置し、地形は溪谷を成している。本橋は、橋長185m アーチ支間113mのPC補剛桁を有するRC逆ランガーアーチ橋であり、国内の施工実績からみても数少ない構造形式である。

一般にコンクリートアーチ橋は、完成時では安定した構造であるが、架設時は他の構造形式に比べると不安定であり、架設時の安定を保つための特殊な工夫が必要となる。逆ランガーアーチ橋では、一般的に補剛桁・アーチリブ・鉛直材および架設時の斜吊り材でトラスを形成しながら、移動作業車による張出し施工が行われる。本橋は、各トラス格点までのアーチリブを3分割して施工を行う特殊な方法を採用した。

本稿では、構造形式および施工方法の特徴を踏まえた設計の概要について報告する。

2. 橋梁概要

長瀬線橋りょうの橋梁諸元を表-1、主要材料を表-2、全体一般図を図-1に示す。

表-1 橋梁諸元

工 事 名	府営中山間地域総合整備事業和知地区集落道長瀬線橋りょう新設工事
工 事 場 所	京都府船井郡京丹波町長瀬地内
道 路 規 格	第3種第4級
活 荷 重	A活荷重
構 造 形 式	PC補剛桁を有するRC逆ランガーアーチ橋
橋 長	185.000 m
支 間 間	22.250 + 21.750 + 120.100 + 19.500 m
アーチスパン	113.000 m
アーチライズ	(L)24.759 m, (R)20.242 m
アーチ軸線	ハイパボリック曲線 (パラメータ m=3)
有効幅員	6.500 m
平面線形	R=∞
縦断勾配	3.997 %
横断勾配	1.500 % (拌み勾配)

表-2 主要材料

種 別	仕 様	使 用 箇 所
コンクリート	$\sigma_{ck}=40N/mm^2$	補剛桁, アーチリブ, エンドポスト, 鉛直材
	$\sigma_{ck}=24N/mm^2$	橋台, 橋脚, 深礎杭, アーチアバット
鉄 筋	SD345	上部工, 下部工, 基礎工
	SBPR 930/1180 ϕ 32	補剛桁縦締め (架設内ケーブル)
P C 鋼 材	SWPR7BL 19S15.2	補剛桁縦締め (連続外ケーブル)
	SBPR 930/1180 ϕ 32	斜吊り材
	SWPR7BL 19S15.2	バックステー
	F230TA	A1橋台部グラウンドアンカー
仮設 P C 鋼材	F310TA	A2橋台部グラウンドアンカー

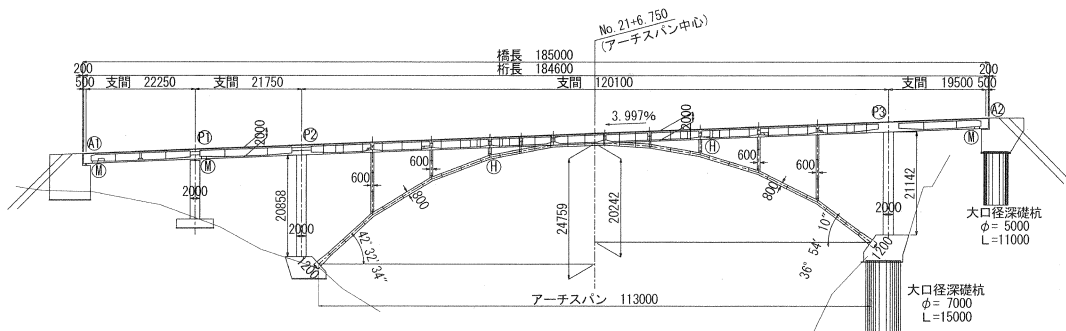


図-1 全体一般図

3. 設計概要

3.1 構造形式の特徴

逆ランガーアーチ橋では、一般的に側径間部を固定式支保工で施工後、アーチ部は移動作業車により補剛桁・アーチリブ・斜吊り材・鉛直材の順にトラスを形成しながら張出し架設する。トラス張出し架設工法に使用する移動作業車は、一体型と分離型に分けられる。一体型は補剛桁とアーチリブを1基の大型移動作業車で施工するもので、分離型は補剛桁とアーチリブをそれぞれ別の移動作業車で施工するものである。いずれの場合も、アーチリブは鉛直材間(格点間)を1ブロックとして一括施工されるが、本橋では一体型移動作業車の軽量化を図る目的で、一般的な中型移動作業車を、補剛桁とアーチリブの型枠が兼用できるように改良し、格点間のアーチリブを3分割施工とした。このため、施工進捗に伴う構造系変化が多数となったが、それらを逐次追いつながら、平面フレームモデルにより解析を行った(図-2)。

以上のように、実績のある逆ランガーアーチ橋とは異なり、各トラス格点までのアーチリブを分割施工としたことが本橋の特徴である(図-3)。

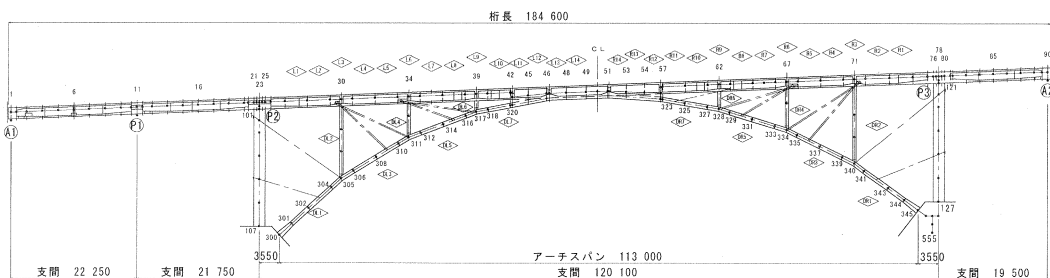


図-2 解析スケルトン

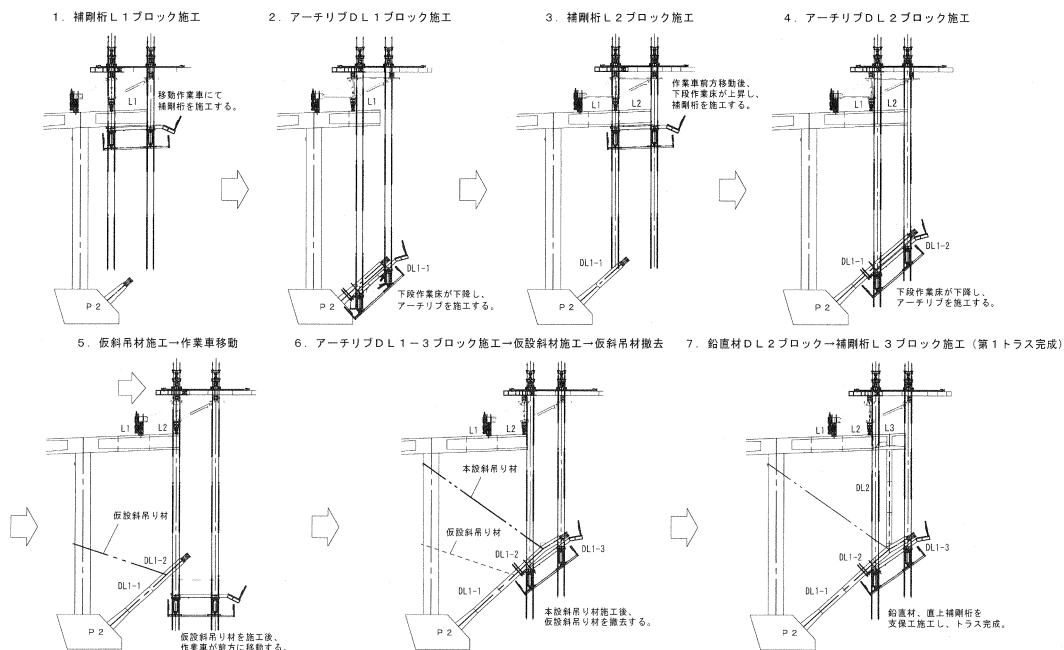


図-3 第1トラス形成までの施工ステップ(アーチリブ分割施工)

なお、主部材の構造条件は、補剛桁はPC構造（1室箱桁断面）とし、アーチリブ・エンドポストおよび鉛直材はRC構造（長方形充実断面）としている。下部工との接合条件は、エンドポストは剛結構造とし、A1, A2 橋台および P1 橋脚では支承を設置している。鉛直材は、剛結合を基本としているが、クラウン部に最も近く短柱となる第3支柱(DL6,DR6)は上下端でヒンジ結合とした。また、斜面上の大口径深礎杭を採用した P3 橋脚基部は、アーチアバットであり架設時及び完成時でアーチリブからの大きな水平力を受け、特に地震時においては、多方向から地震時水平力が作用する。したがって、P3 橋脚基部に作用する水平力に対して抵抗する深礎杭周辺の地盤条件を、設計に反映することが重要であることから、水平力の向きによって地盤条件を使い分けて基礎バネ値を設定した。

3. 2 架設時安定のための仮設PC鋼材

架設時安定のための仮設PC鋼材として、斜吊り材、バックステーおよびグラウンドアンカーを設置した。本橋での配置概要図を図-4 に示す。

(1) 斜吊り材

斜吊り材は、トラスを構成し全体剛性を高めるとともに、アーチリブや鉛直材の変形量の調整、補剛桁断面力の改善を目的として配置される。斜吊り材にはPC鋼棒φ32を使用し、許容張力は $0.75\sigma_{py}$ に対し、施工時の温度変化やサグの影響および施工誤差等を考慮し、 $0.50\sigma_{pu}$ （475 kN/本）とした。

アーチリブを分割施工したことで必要となる仮設斜吊り材は、トラス形成用の本設斜吊り材設置後に撤去する。また、トラス形成用の本設斜吊り材も、構造系完成後に撤去するものである。

(2) バックステー

バックステー鋼材は、張出し施工中の転倒モーメントに対抗するために配置される。本橋では、外ケーブル方式の19S15.2を側径間主桁内に配置し、柱頭部横桁と橋台部に定着した。また、構造解析において部材評価法で外ケーブルをモデル化し、クリープ乾燥収縮など架設時の張力変動の影響を考慮した。

(3) グラウンドアンカー

グラウンドアンカーは、バックステーを介して橋台に作用する水平力を最終的に支持する重要な構造である。このため、施工ステップに応じて作用力とアンカー力とをバランスさせながら、緊張時期や回数を検討した。特にA2橋台部は深礎杭であるため、橋台変位の抑制等を考慮して緊張回数を検討した。なお、A1橋台部にはF230TAを10本配置し、A2橋台部にはF310TAを10本配置した。

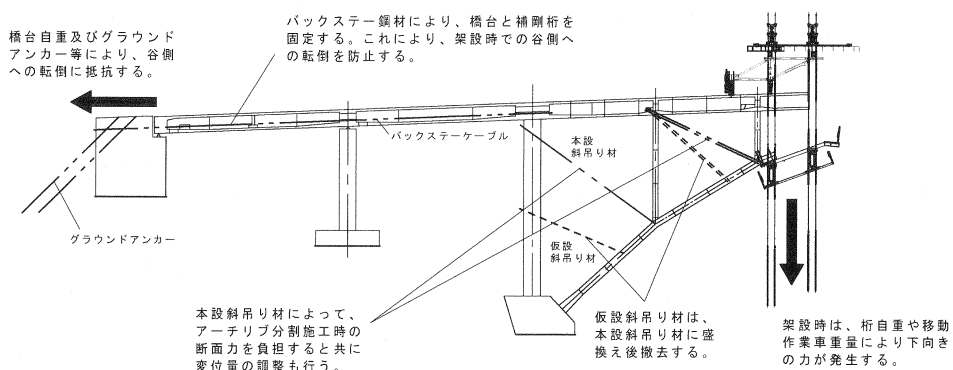
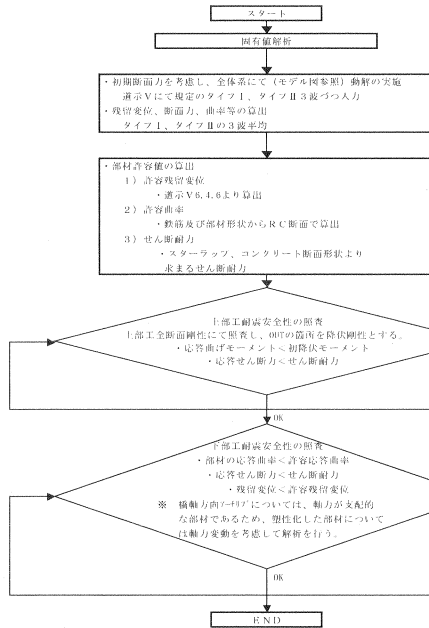


図-4 架設時安定のための仮設PC鋼材

3. 3 耐震設計

アーチ橋は、地震時の挙動が複雑で地震時保有水平耐力法の適用性が限定される構造形式であるため、本橋の耐震設計では非線形動的解析を行った。動的解析は、非線形時刻歴応答解析法を用いた。図-5に動的解析の照査フローと各部材の照査方法を示す。



	モデル構造部材	軸線方向	直角方向	照査方法
上部工	橋脚面	・STEP1: 全断面有効 ・STEP2: OMTの座金を確保し剛性化する	・同左	・応答曲面モーメント ・繰戻曲げモーメント ・応答せん断力 ・せん断耐力
	エンドホスト	・非線形部材とし、セリヤのひび割れ、崩壊後、終局の履歴を遡った剛性低下型トリリニアモデル(試田型)とした。	・同左	・応答曲面 ・許容曲面 ・応答せん断力 ・せん断耐力
下部工	アーチリブ スプリング	・非線形部材とし、セリヤのひび割れ、崩壊後、終局の履歴を遡った剛性低下型トリリニアモデル(試田型)とした。 ・「塑性化した部材について軸力変動を考慮する」 ・「曲面橋脚の剛性設計に関する留意点」	・同左	・応答曲面 ・許容曲面 ・応答せん断力 ・せん断耐力
	橋脚	・非線形部材とし、セリヤのひび割れ、崩壊後、終局の履歴を遡った剛性低下型トリリニアモデル(試田型)とした。	・同左	・応答曲面 ・許容曲面 ・応答せん断力 ・せん断耐力
	橋脚		・別添1本柱断面にて照査	・許容残留変位・許容残留変位
	全体系			・残留断面力として、残留応力の断面力を与えた。 ・ここで言う塑性化した部材とは、応答曲面が崩壊曲線を越えたものとする。
	備考			

図-5 非線形動的解析の照査フローと各部材の照査方法

4. 架設時計測計画

4. 1 計測目的

本橋の架設時の安全性は、橋台部に設けられたグラウンドアンカーや側径間主桁内に設置したバックステーおよび斜吊り材により担保される。よって、施工段階毎で逐次変化するこれらの応力状態や挙動を計測することが重要である。

また、架設時と完成時で大きく構造系が変化する本橋のような構造では、完成時での部材応力度やたわみ形状を許容範囲内に収めるため、計測管理による施工段階毎の設計値と実測値を情報化し、施工状態を確認することが重要である。

よって、上記に述べた架設時安全管理および出来形管理を目的として、架設時計測を計画した。

4. 2 計測項目

本橋の架設時に実施する計測項目を、表-3に示す。

表-3 計測管理項目一覧

計測対象	計測部位	測定項目	計測器	計測分割と計測目的
グラウンドアンカー	A1・A2橋台	グラウンドアンカーの鋼材張力	ピストン4型荷重計	アンカー張力を管理することにより安全を確認する。
バックステー	A1~A2径間・P3-A2径間	バックステーの鋼材張力	ピストン4型荷重計	ステー張力を管理する事により安全確認と設計値との比較による妥当性検証。
架設斜吊材	P2・P3架出(第1~3)斜吊材	斜吊材張力 斜吊材角度	ピストン4型荷重計 傾斜計	斜吊材張力を管理することにより張力推移と施工上の応力状態及び異常有無の検証。 土崩し角度補正用。
エンドホスト	P2・P3橋脚上下端	鉄筋応力 変位	鉄筋計 1-桁スプリング	施工段階毎の応力度を逐次測定することで、設計値との比較による安全確認。 架設時形状管理と橋上端変位の土崩し計測補正用。
支柱材	P2橋脚第1、第2支柱材	鉄筋応力	鉄筋計	橋上段階毎の応力度を逐次確認することで、設計値との比較による安全確認。 架設斜吊材緊張によるトラス形成時の支柱材発生耐力を確認する。
橋脚面	P2・P3架出(柱脚部・3桁・6桁)	鉄筋応力 コンクリート応力	鉄筋計 コンクリート有線応力計	架設斜吊材張力による橋脚断面応力状態を確認し設計値と比較。
アーチリブ	スプリング第1~3支柱材位置	鉄筋応力 コンクリート応力 変位	鉄筋計 コンクリート有線応力計 変位	架設斜吊材によるアーチリブ応力状態を確認し設計値と比較。 橋上段階毎の応力状態を逐次確認。 アーチリブ曲率管理。
橋台・アーチアバット	A1・A2橋台 P2・P3アーチアバット	傾斜 変位	傾斜計 1-桁スプリング	下部の傾斜(水平、法平等)や傾斜の状態を施工段階毎で逐次計測し、変位の有無を監視する。

5. おわりに

現在、本橋は工期内完成を目指して、逐次施工中である。施工報告および計測結果については、別の機会に改めて行いたい。本報告が、今後の類似橋梁の参考になれば幸いである。

最後に、本橋の設計にあたり、貴重なご助言・ご協力を頂きました関係各位に対しまして、厚く感謝の意を表します。