

バランスド扁平アーチ構造の滝見橋 (4) 計測管理

三井住友建設 (株)	正会員	〇五味 傑
ドービー建設工業 (株)	正会員	長谷川 剛
日本大学	学生会員	山田 眞弘
日本大学	正会員	関 文夫

1. はじめに

2013 年富士山の世界文化遺産構成資産の一つである白糸の滝に新設された歩道橋 (以下滝見橋) の構造形式には、橋体のコンパクト化と長寿命化に配慮したバランスド扁平アーチ構造 (以下 BFA 構造) が採用された¹⁾。本研究では、バランスド扁平アーチ構造の応力性状を把握するために、滝見橋を対象にひずみ計測を行った。本稿はひずみ計測から得られた結果を考察し、滝見橋で採用された解析モデルの妥当性について報告するものである。

2. 滝見橋におけるひずみ計測

5.1 使用機器

- 本研究で使用したひずみ計は以下の 2 種類である。
- ① FCA-3-11-1L (鉄筋用 2 軸クロスゲージ)
 - ② KM-100BT (コンクリート用)

5.2 測定位置

ひずみの測定位置は、応力集中が考えられる斜材端部、アーチ端部、アーチ頂部、主桁を選定した (図-1)。図-2~5 にそれぞれ鉄筋及びコンクリートひずみ計の測定位置を示す。

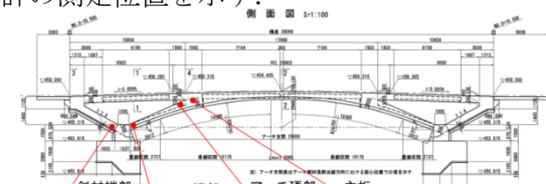


図-1 測定位置側面図

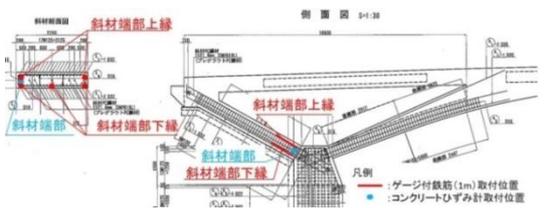


図-2 斜材端部の測定箇所

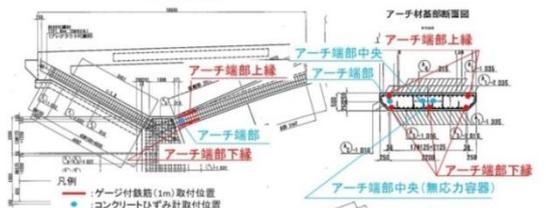


図-3 アーチ端部の測定箇所

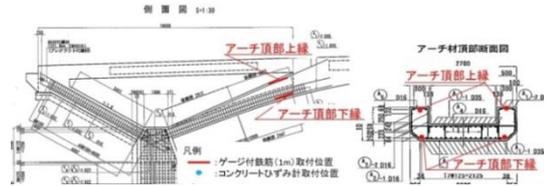


図-4 アーチ頂部の測定箇所

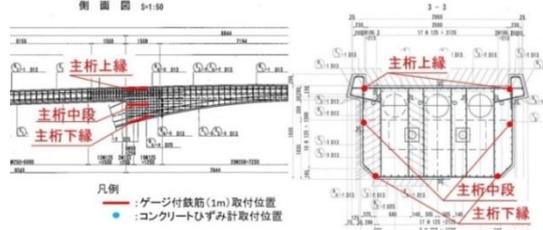


図-5 主桁の測定箇所

3. 計測経過

各断面の応力状態を縁応力で評価するために鉄筋のひずみ実測値を用い、以下に示す応力とひずみの関係式を用いて計測したひずみを応力に換算し、応力 [N/mm²] と計測日数 [日] (外力の変化が大きかったと考えられる 32 日目以降に着目した) の関係で示した (図-6~9)。実測値は日中の温度変化による温度ひずみの影響を少なくするために、AM8:00 の値を用いた。

$$\sigma_s = \varepsilon \cdot E_s \dots (1)$$

ここで、 σ_s は鉄筋の応力、 ε は計測ひずみ、 E_s は鉄筋の弾性係数を示す ($E_s = 2.0 \times 10^5$ N/mm²)。

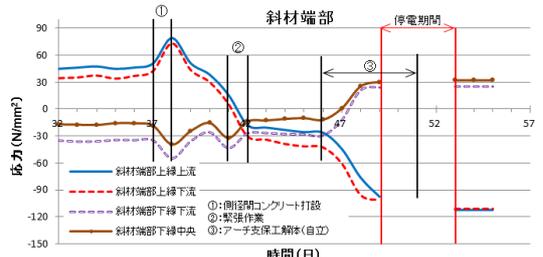


図-6 斜材端部計測経過

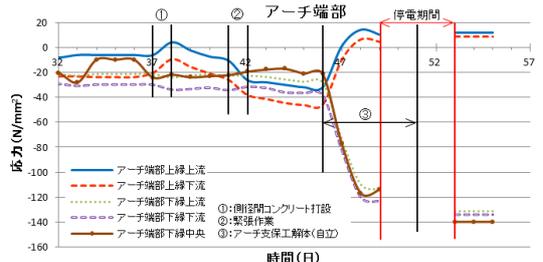


図-7 アーチ端部計測経過

キーワード アーチ橋 バランスド扁平アーチ 骨組モデル ひずみ計測

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-4-18 TEL 03-3259-066

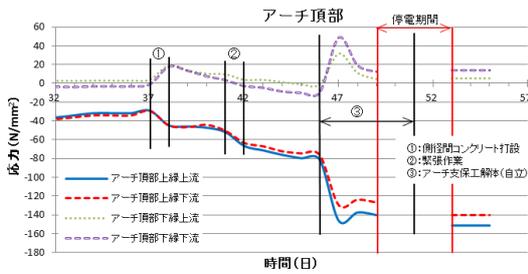


図-8 アーチ頂部計測経過

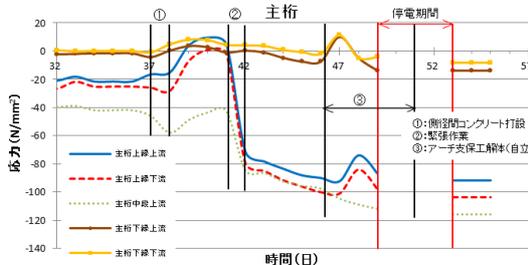


図-9 主桁計測経過

4. 実測値の考察

施工時の残留応力等の影響を無視し，ここでは構造モデルの変化に伴う応力性状の変化を確認するために，斜材端部，アーチ端部，アーチ頂部については支保工解体前（46日目）と解体後（停電のため53日目の値を使用）の実測値の相対変化量，主桁については，緊張作業の際に主桁上縁の応力が圧縮側に大きく転じたため，これをプレストレスの影響による仮想的な自立と考え，緊張作業前（41日目）と支保工解体後（停電のため53日目の値を使用）の実測値の相対変化量に着目した．これらの値と，滝見橋の骨組モデルである図心モデル（図-10）の設計値との比較を行った表を表-1に示す．荷重条件は自重とプレストレス荷重を考慮し，支点条件は両端固定とした．各断面の圧縮応力を確認すると，実測値と設計値の誤差が最大のアーチ端部で設計値 $\sigma_d = -63 \text{ N/mm}^2$ ，実測値 $\sigma_r = -118.3 \text{ N/mm}^2$ と約 1.9 倍となり，値の傾向としては設計値と実測値は概ね一致した．ここで，骨組みモデルの他案である図心軸をアーチ軸線にとったアーチモデル（図-11）での設計値と実測値を比較した表を表-2に示す．実測値と設計値の誤差が最大のアーチ端部で設計値 $\sigma_d = -67.4 \text{ N/mm}^2$ で 1.8 倍，となっており，図心モデルでの解析結果よりもアーチモデルでの解析結果の方が一部で実測値に近い結果となった．これは，滝見橋での施工手順として，施工の初期段階でアーチリブを打設したため，初期段階で構造体の中でアーチアクションが卓越しその後の作業の過程で発生する力がアーチリブを流れ，橋台とアーチリブに残留応力として積み重なり，今回のような実測値を

得たものと推定される．BFA 構造の実測値は施工手順よる残留応力がみられ，モデルの違いによる影響は多少みられたがその差は小さく，さらに，応力の正負の傾向（引張圧縮）は設計値と一致していたことから，本計測管理によって BFA 構造の解析モデルとして，図心モデルの妥当性が確認された．

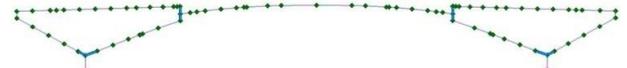


図-10 図心モデル

表-1 解析結果と実測値（図心モデル）

部材	位置	設計値		実測値		誤差	
		応力 σ_d (N/mm ²)	応力状態	応力 σ_r (N/mm ²)	応力状態		
斜材端部	上縁	-56.5	圧縮	上縁	-86	圧縮	-29.5
	下縁			-68.3	圧縮	-11.8	
	中縁			50.2	引張	4.3	
アーチ端部	上縁	30.2	引張	上縁	43.6	引張	13.4
	下縁			54.3	引張	24.1	
	中縁			-102.8	圧縮	-32.6	
アーチ頂部	上縁	-47.4	圧縮	上縁	-69.8	圧縮	-22.4
	下縁			-63.8	圧縮	-16.4	
	中縁			1.6	引張	4.9	
主桁	上縁	-55.5	全断面圧縮	上縁	62	引張	117.5
	中縁			-96.4	圧縮	-40.9	
	下縁			-101.5	圧縮	-46	
	中縁			-45.9	圧縮	-27.3	
主桁	上縁	-6.2	全断面引張	上縁	-12.8	圧縮	-6.6
	下縁			-12.6	圧縮	-6.4	

鉄筋応力：引張(+), 圧縮(-)

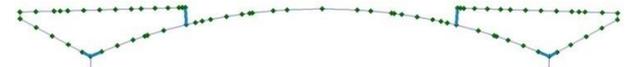


図-11 アーチモデル

表-2 解析結果と実測値（アーチモデル）

部材	位置	設計値		実測値		誤差	
		応力 σ_d (N/mm ²)	応力状態	応力 σ_r (N/mm ²)	応力状態		
斜材端部	上縁	-59.8	圧縮	上縁	-86	圧縮	-26.2
	下縁			-68.3	圧縮	-8.5	
	中縁			59.5	引張	-5	
アーチ端部	上縁	36.4	引張	上縁	43.6	引張	7.2
	下縁			54.3	引張	17.9	
	中縁			-102.8	圧縮	-35.4	
アーチ頂部	上縁	-67.4	圧縮	上縁	-95.5	圧縮	-28.1
	下縁			-118.3	圧縮	-50.9	
	中縁			-69.8	圧縮	-6.6	
アーチ頂部	上縁	-63.2	圧縮	上縁	-63.8	圧縮	-0.6
	下縁			6.2	引張	-7.7	
	中縁			13.9	引張	9.7	
主桁	上縁	-67.7	全断面圧縮	上縁	-96.4	圧縮	-28.7
	中縁			-101.5	圧縮	-33.8	
	下縁			-34.3	圧縮	-38.9	
	中縁			-0.21	引張	-12.59	
主桁	上縁	-12.6	全断面引張	上縁	-12.8	圧縮	-0.2
	下縁			-12.6	圧縮	-0.2	

鉄筋応力：引張(+), 圧縮(-)

5. まとめ

本研究で，BFA 構造である滝見橋のひずみ計測を行った．構造変化に伴う応力性状の変化による実測値の相対変化量と設計値を比較した結果，施工順序の関係から一部の断面において図心モデルよりもアーチモデルが実測値に近い値を示したが，その差は少なく，BFA 構造は図心モデルでの設計が適切であると考えられる．

謝辞：本研究を進めるにあたり，橋体への計測機器設置にご協力頂きました富士宮市佐藤様，現場での丁寧なご対応を頂きましたドーピー建設工業（株）山崎様，長谷川様，坂野様，に対して厚く感謝の意を表し，ここに付記致します．

参考文献

1) 関文夫，佐藤和幸，伊東靖，石原大作，天野光一：世界文化遺産の構成資産白糸の滝に架けられた滝見橋のデザイン，景観・デザイン研究講演集 No.9, pp.117～122