

バランスド扁平アーチ構造の滝見橋 (2) 構造特性

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

世界文化遺産の構成資産である白糸の滝内に施設された滝見橋は、日本で初めてバランスド扁平アーチ構造(以下、BFA 構造)を採用している(写真-1)。地盤改変を極小にしたコンパクトな形状であり、ノーシューノージョイントから長寿命化に配慮し、滝周辺の景観に配慮している。本研究は骨組解析を用いて BFA 構造の最適形状を分析し、構造特性について考察し、適用スパンについて検討する。

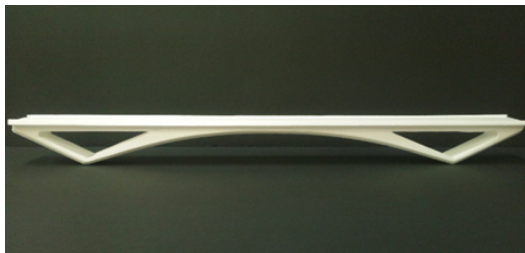


写真-1 バランスド扁平アーチの模型

2 BFA 構造の構造特性

(1) 扁平アーチ構造の構造特性

アーチ構造(アーチスパン:L, ライズ:H)はスパンライズ比(H/L)の変化によって発生する軸力、曲げモーメントが変化する。H/L=1/8 よりも低いアーチを扁平アーチと呼称し¹⁾、BFA 構造の造形に係る軸力、曲げモーメントの変化を分析する。

① 解析方法

アーチスパンを一定にし、骨組モデル(図-1)の H/L を変化させ、H/L=1/6~1/14 の 9 通りを解析する。

② 解析条件

荷重は自重のみ。支点条件はアーチ両端が固定、側径間端部は自由である。

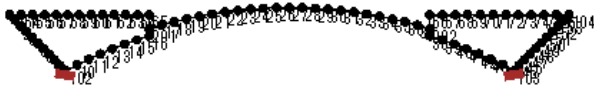


図-1 BFA 構造の骨組モデル

③ 解析結果

アーチに作用する軸力、曲げモーメントをアーチスパン毎に(図-2)に示す。スパンライズ比が 1/14 より扁平になるにしたがって、軸力が急激に増加する(図-2)。アーチクラウン部の曲げモーメントが 0 に近づくのは、アーチ構造がスパンライズ比 1/8 で

あるのに対して、バランスド扁平アーチ構造は 1/10 である(図-3)。さらに、軸力、曲げモーメントの増加傾向、減少傾向がアーチ構造よりも緩やかである。

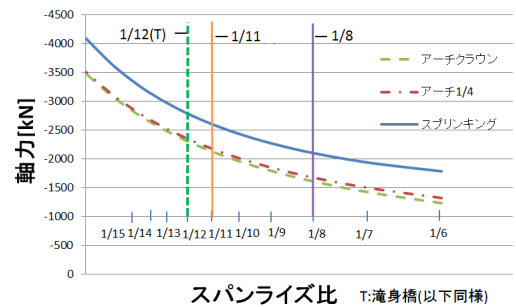


図-2 軸力

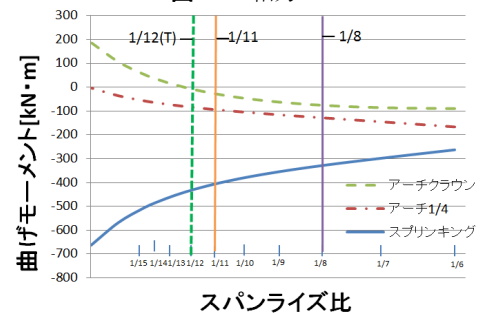


図-3 曲げモーメント

(2) バランスドアーチのプロポーション

BFA 構造は斜材を設けることでバックステイ効果が生じ、水平力が減少する²⁾。アーチと側径間の接合部(以下、接合部)と斜材のプロポーションによって、アーチスプリング部の水平力、鉛直力が変化するかを分析する。なお、斜材と接合部の関係について考察するために、接合部(L1)と斜材(L2)のバランスドアーチ比を L2/L1 とする(図-4)。

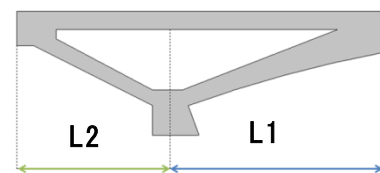


図-4 プロポーション

① 解析方法

骨組モデル(図-1)の斜材の長さを変え、プロポーション L2/L1=1/3~2 の 11 通りを解析した。

② 解析条件

荷重は自重のみ。部材端条件はアーチ両端が固定、側径間端部は固定である。

キーワード BFA 構造 構造特性 スパンライズ比 バランスドアーチ比 適用スパン

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-4-18 TEL 03-3259-0666

③ 解析結果

$L2/L1$ をアーチスパン毎に(図-5)に示す。 $L2/L1$ が高くなることでアーチスプリング部の水平反力は減少し、鉛直反力は増加する。水平反力と鉛直反力の値のバランスを考慮すると、BFA 構造は $L2/L1=11/10$ が最適なプロポーションであることが分かった。

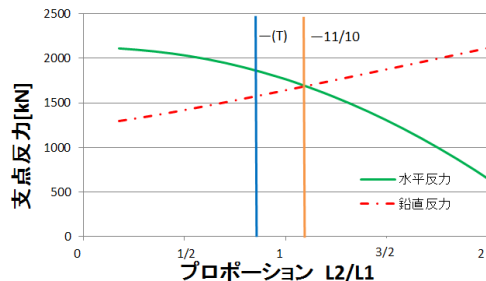


図-5 プロポーションの曲げモーメント図

(3) 構造特性の分析

スパンライズ比 $1/14$ より扁平であっても扁平アーチ構造よりも曲げモーメントの変化が緩いことから、BFA 構造は扁平に適した構造であり、単径間で長いスパンを飛ばすことができる。プロポーションの変化によってスプリング部の水平反力、鉛直反力が変化する。解析結果より、BFA 構造の構造特性上の最適なプロポーションはスパンライズ比 $H/L=1/10, L2/L1=11/10$ である(図-6)。



図-6 最適なプロポーション

3 BFA 構造の最適スパン

(1) 曲げ応力の照査

BFA 構造は二次応力による影響が大きい³⁾ため、曲げモーメントが大きく発生する箇所での曲げ応力の照査が必要である。曲げモーメントの値が大きい接合部と側径間で照査し、分析を行う。

① 解析方法

$H/L=1/10, L1/L2=11/10$ であるモデルを作成し、アーチスパンが $80\text{m} \sim 130\text{m}$ の6通りを解析した。

② 解析条件

荷重は自重と L 荷重。支点条件はアーチ両端が固定、側径間端部は自由である。コンクリート設計基準強度 $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ とする。

③ 解析結果

側径間部、接合部での下縁で発生する曲げ圧縮応力は許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}=14\text{N/mm}^2$ ⁴⁾以内であり、上縁で発生する曲げ引張応力は許容曲げ引張応力度 $\sigma_{ta}=-1.5\text{N/mm}^2$ を超えている(図-7)。プレ

ストレスコンクリート構造とすることで、コンクリートの設計上のプレストレス力 $12\text{MN} \sim 24\text{MN}$ を導入し、縁応力の目安として上縁 $\sigma_{ca}=1\text{N/mm}^2$ 、下縁 $\sigma_{ta}=-9\text{N/mm}^2$ とした。また側径間での曲げ引張応力はアーチスパンに応じて、 $12\text{MN} \sim 24\text{MN}$ のプレストレスを導入することで許容値以内になる。応力の照査より BFA 構造の適用スパンは 90m である。

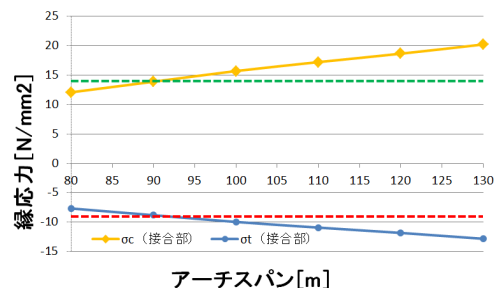


図-7 縁応力

(2) 支持力の照査

長大化することでアーチスプリング部に大きな支持力が発生するため、支持力の照査が必要である。応力の照査と同じ解析方法、解析条件で解析を行った。基礎の面積 $A=35\text{m}^2, 45\text{m}^2, 55\text{m}^2$ の場合の支持力をアーチスパン毎に(図-8)に示す。アーチスパンが 90m であり、許容支持応力 $q_a=300\text{kN/mm}^2$ の場合、 $A=45\text{m}^2$ が必要である。

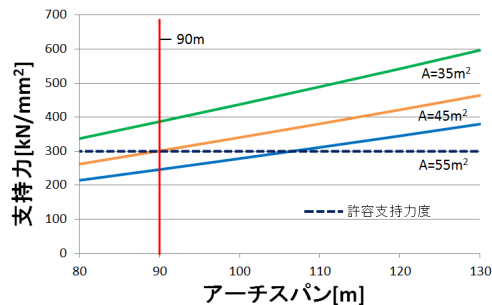


図-8 支持力

4 まとめ

世界文化遺産の構成資産である白糸の滝内に施設された滝見橋は日本初の BFA 構造を採用しており、その構造について解析を行い、構造特性について分析した。解析結果より、BFA 構造は斜材、スパンライズ比のプロポーションによって曲げモーメントや軸力が変化することが分かった。さらに曲げ応力と支持力の照査を行い、スパン 90m の長大化が望めることが分かった。

1) 橋本 直樹, 秋葉 芳之: バランスド扁平アーチ構造の構造特性とデザインに係る研究

2) パシフィックコンサルタンツ: 平成 24 年度 白糸の滝橋梁詳細設計業務 第 4 編 上部工設計計算書

3) 関 文夫, 佐藤 和幸, 伊藤 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かけられた滝見橋のデザイン

4) (社) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編・III コンクリート橋編