

反曲アーチ橋の構造検討（その1）  
 — 初期検討と折り返し構造の提案 —

Study on Structural Characteristics of Inflected Arch Bridge  
 — Initial study and proposal of folded structure —

○柴村綜一郎<sup>1</sup>, 佐々木碧波<sup>1</sup>, 長谷部寛<sup>2</sup>, 長澤大次郎<sup>3</sup>

Souichirou Sakaemura<sup>1</sup>, Aoba Sasaki<sup>1</sup>, Hiroshi Hasebe<sup>2</sup>, Daijiro Nagasawa<sup>3</sup>

Abstract: In the present study, we studied a new shape that changes the longitudinal line of the arch bridge. An inflected arch bridge was proposed. Both sides of the longitudinal line of the proposed bridge have folded structure. The slope of its longitudinal line was varied gradually. A fundamental study for the structural characteristics and feasibility of the proposed bridge was conducted. As a result, we showed that folded structure reduced the disadvantage of the inflected arch bridge. In addition, moving loading was performed as one of unbalanced loading. As a result, it was found that moving loading and full loading showed the same tendency.

1. 研究背景

太鼓橋などアーチ材部上側を利用する橋は、橋の終始端部の勾配が不連続かつ大きくなってしまふ。そこで、勾配の変化が緩やかな形状として figure 1 に示す反曲アーチ橋を考えることとした。

2. 反曲アーチ橋の形状

figure 2 のように半径  $r$  と円弧の基本角度  $\theta$  を組み合わせた縦断ラインを設定すると、円弧アーチと反曲アーチでは、同じ支間長  $L$  とライズ  $H$ （桁下クリアランス  $H'$ ）で、同じ最大勾配  $i_{max}$  となるが、反曲アーチでは勾配の急変がない縦断ラインになる。

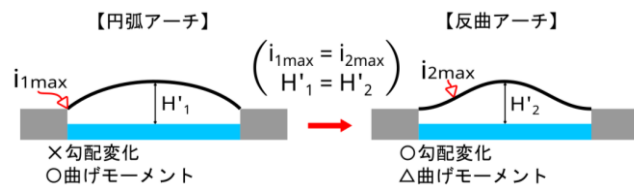


Figure 1. Features of an inflected arch

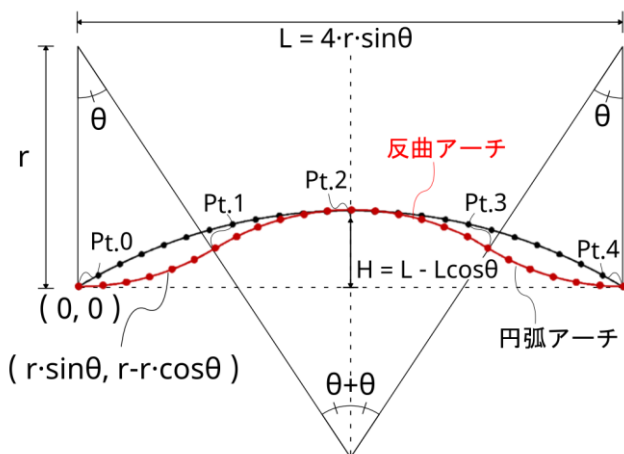


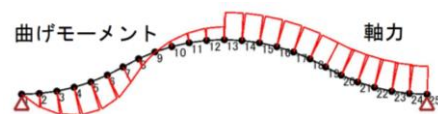
Figure 2. The longitudinal line of an inflected arch

3. 形状と力学特性の検討

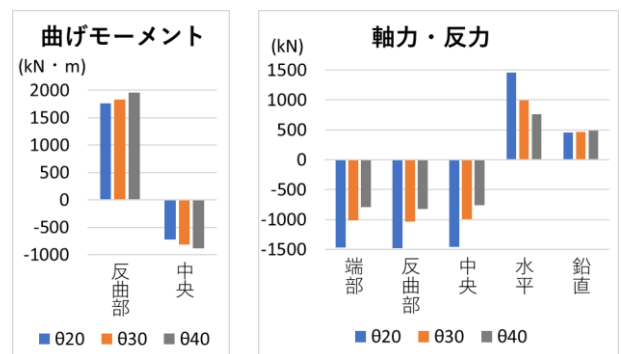
(1) 検討要領：縦断ラインの基本角度  $\theta$  を 20, 30, 40 度に変え、ライズ比 ( $H/L$ ) と断面力の関係を検討する。解析は 2 次元骨組解析とし、設計条件は、支間長 50m, 幅員 3m の歩道橋 (人道橋) を仮定し、死荷重および活荷重 (群集荷重全載) を考える[1]。

(2) 形状による断面力：figure 3 (a) に解析結果の断面力図を示す。軸力は一般的なアーチ橋と同様に発生している。曲げモーメントは、反曲部で正曲げ、中央部で負曲げが生じている。これは、本来のアーチ形状では発生しない定性的には不利な断面力となるため、構造設計的な照査が必要になる。

figure 3 (b) に、基本角度  $\theta$  による断面力および反力の変化を示す。  $\theta$  を大きくすると、曲げモーメントはどの位置でも増加し、軸力および水平反力は逆に減少する。



(a) Distribution



(b) Values at several points

Figure 3. section force and reaction force

1: 日大理工・学部・土木 2: 日大理工・教員・土木 3: 日大理工・研究員・土木

#### 4. 端部（折り返し部）の構造検討

(1) 検討要領：アーチ桁の端部を折り返し、内側に支点を設けることで、端部に強制的に曲げモーメントを発生させ、反曲部の正曲げモーメントを相殺させ小さくすることを考える。figure 4 に折り返し部の解析モデルと実構造のイメージを示す。また、折り返し寸法  $S$  を 0 から 3m まで変更させ、折り返し寸法  $S$  と断面力の変化を検討する。

(2) 折り返しによる断面力の変化：figure 5 (a) は折り返し無し、(b) は折り返しありの場合の曲げモーメントであり、折り返しによる強制曲げモーメントにより、反曲部の曲げモーメントが小さくなるのが分かる。反面、端部の曲げモーメントは大きくなるため、最適形状の判断には端部の設計的検討が必要になるが、折り返し構造が、反曲アーチに有効な構造であると言える。ただし、端部構造の設計においては、せん断遅れを考慮した隅角部の照査、骨組解析モデル化と実構造の差異の考慮、製作性の検討等が必要になる。

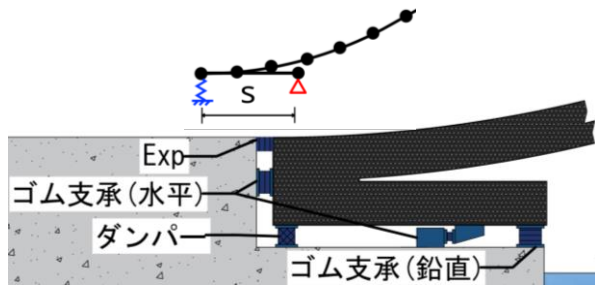


Figure 4. Folded end structure

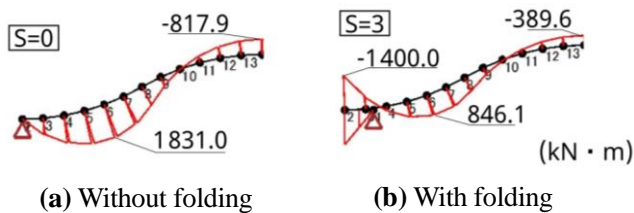


Figure 5. Folded structure and bending moment

#### 5. 移動載荷による偏載時の解析

(1) 検討要領：折り返し寸法  $S$  を 2m、基本角度  $\theta$  を 30 度として、活荷重の移動載荷を行った。載荷ケースは table1 に示す全載と移動載荷の計 4 つで、全載を基本に無次元化を行った。

(2) 全載・移動載荷の比較：結果を table1 にまとめる。なお曲げ応力度は、反曲部で発生する曲げモーメントの最大値を用いている。table1 の曲げモーメント図より移動載荷と全載は同じ傾向であることが分かった。また、曲げ応力度を無次元化した結果より、移動載荷時の断面力は全載よりも小さくなり、特に反曲部

Table 1. Comparison of full load and mobile load

ケース	載荷図	曲げモーメント	応力度	無次元化
全載			77.7N/mm <sup>2</sup>	×1.00
移動 1			39.9N/mm <sup>2</sup>	×0.51
移動 2			56.9N/mm <sup>2</sup>	×0.73
移動 3			43.9N/mm <sup>2</sup>	×0.56

に載荷した場合に応力度が大きくなるということが分かった。

#### 6. まとめと利活用の提案

(1) まとめ：本検討では、勾配変化の緩やかな形状として反曲アーチ橋を提案した。形状と力学的特性の検討より反曲部に不利な断面力が発生することが分かったため、折り返し構造を提案した。折り返し構造は、桁の不利な断面力を減少させた。よって反曲アーチ橋に有効な構造を示すことができた。また全載と移動載荷では、同じ傾向を示すことが分かった。

(2) 利活用の提案：反曲アーチ橋は、円弧アーチ橋と比べ、勾配変化が緩やかなため、歩行者がスムーズに通行できる特徴がある。また、折り返し部を地面より下げることにより、周りからは上部の反曲アーチ形状のみ見えるため、印象的な構造になることが期待される。

反曲アーチ橋の利活用案としては、桁下のクリアランスが確保できることや、構造が歩道に侵入する領域が小さいことから、遊歩道からのアプローチが可能であると考えられる。よって、反曲アーチ橋は figure6 のイメージに示すように都内の河川や、河口域において有効であると考えられる。



Figure 6. Image of installed the inflected arch bridge

#### 参考文献

[1] 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説」，2017