

反曲アーチ橋の構造検討（その2）
— 折り返し構造の有限要素解析による詳細検討 —
Study on Structural Characteristics of Inflected Arch Bridge
— Finite Element Analysis of folded structure —

○佐々木碧波¹, 柴村綜一郎¹, 長谷部寛², 長澤大次郎³

Aoba Sasaki¹, Souichirou Sakaemura¹, Hiroshi Hasebe², Daijiro Nagasawa³

Abstract: In this paper, we proposed an inflected arch bridge which had a folded structure at both ends. Due to the folding, bend and shear stresses varied complicated. Therefore, we conducted the finite element analysis. As a result, the bending moment from the main arch reduced the stresses at the corner of folded end. Moreover, we proposed the applicability of the folded end structure.

1. はじめに

本検討では、従来のアーチ橋の縦断ラインの両側を反曲させ、勾配変化を緩やかにした反曲アーチ橋の提案[1]に対して、重要な構造部位となる端部折り返し構造の力学的特性を検討し、実構造物としての適用性を検討するものである。

2. 反曲アーチ橋の構造の特徴

反曲アーチ橋の縦断ラインは Figure 1 に示すように基本角度 θ の円弧を組み合わせた形状を定義とする。アーチ桁端部を Figure 2 (a) 左下のように折り返し、その部の内側端に支点（支承）を設ける。Figure 2 (b) の右下に示す曲げモーメント図では、端部では曲げモーメントが大きい、アーチ桁では比較して小さいことがわかる。これは、折り返し構造により発生する強制曲げモーメントによりアーチ桁反曲部の曲げモーメントが相殺され小さくなるためであり、折り返し構造の効果と言える。

3. 端部折り返し構造の検討

(1) 検討要領：本検討では折り返し構造に着目し、有限要素解析 (Marc/Mentat 2021) を行い、応力特性等を検討する。Figure 3 に解析モデルを示す。アーチ桁側から別途行った骨組解析[1]による断面力を与え、折り返しの内側端に支点拘束を行った。隅角形状は、アーチ桁高さ h (0.8m) に対して、上下桁を結合させている。隅角幅 x を $h, 2h, 3h$, 隅角高さ y を $2h$ とした。

(2) 端部の構造と応力状態：Figure 4 に応力状態（ミーゼス応力）を示す。隅角幅 x を $h, 2h, 3h$ として隅角部の形状を変化させると、隅角幅 x が h では上下桁接合部で応力が大きくなるが、 $x=2h, x=3h$ では同じように応力が緩和される。このことから、初期検討の段階ではあるが、隅角高さ $y=2h$, 隅角幅 $x=2h$ の形状が概ね妥当であると言える。

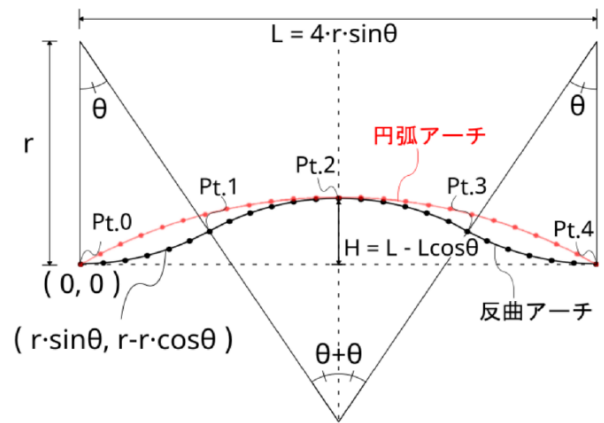
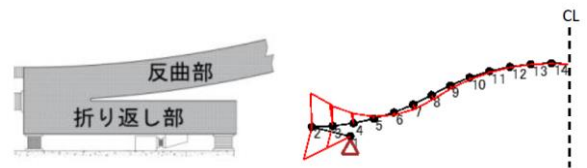


Figure 1. The longitudinal line of an inflected arch



(a) Image of the structure (b) Bending Moment

Figure 2. Folded end structure

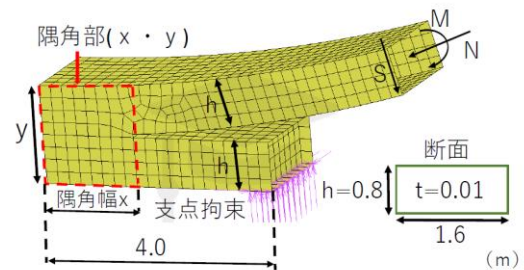


Figure 3. Analytical model of folded end structure

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

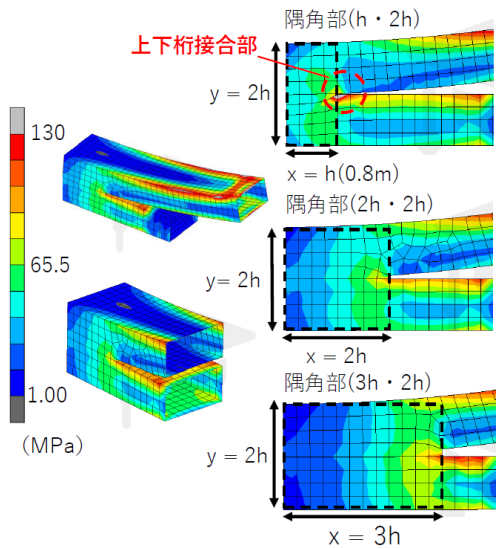


Figure 4. Corner width and stress

(3) 端部の曲げモーメントの影響：反曲アーチ橋では、アーチ桁から端部折り返し構造に対して、一般的なアーチ橋に比較して大きな曲げモーメント（正曲げ）が作用する[1]。この曲げモーメントが端部折り返し構造に与える影響を把握するため、アーチ桁から作用する曲げモーメントを変化させ解析を行った。Figure 5に解析結果を示す。アーチ桁から入る曲げモーメント M を0から最大荷重時に近い $M=1000\text{kN}\cdot\text{m}$ まで変化させたものを並べている。この図から、 M が小さいケースでは上下桁接合部で応力が大きくなり、 M が大きくなると応力の大きい範囲が減少することがわかる。これは、アーチ桁から入る正曲げにより、アーチ桁の下フランジでは軸力と曲げ引張が相殺され応力が小さくなるためと考えられる。このことより、端部折り返し構造の有効性を確認することができた。

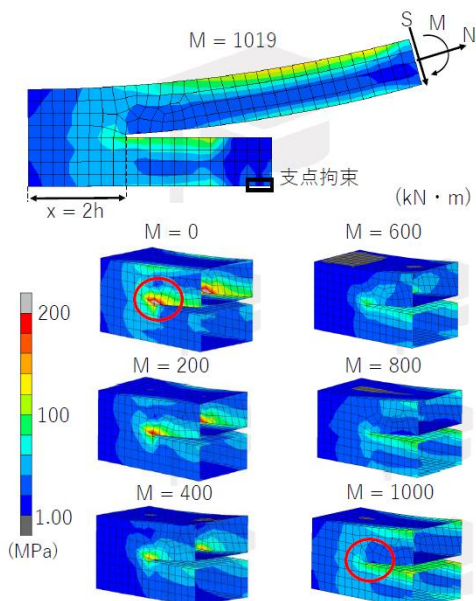


Figure 5. Effect of bending moment from arch girder

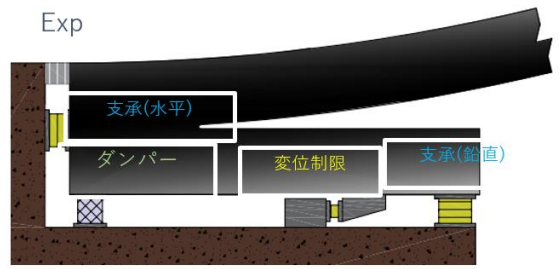
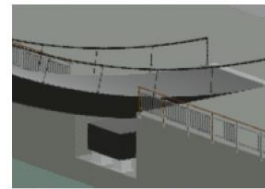
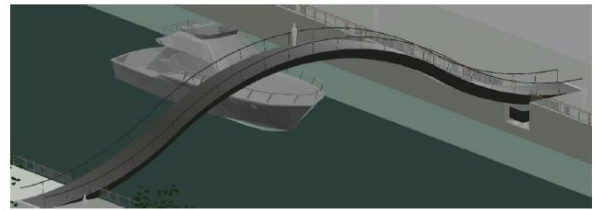
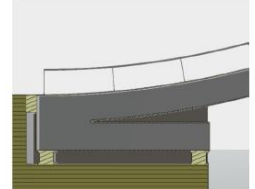


Figure 6. Image of folded end structure



端部折り返し構造が地中にあるので橋への同線がスムーズになる。



端部折り返し構造は地中に収納されている。

Figure 7. Image of installed the inflected arch bridge

4. 折り返し構造の適応への検討

Figure 6 に反曲アーチ橋の端部折り返し構造のイメージを示す。今回の解析では、折り返し部の内側端のみに支点（支承）を設けているが、実構造においては、鉛直支承と水平支承を分ける入れる必要がある。また、耐震性や振動防止のためダンパーを入れることが有効であると考えられる。Figure 7は川を渡る歩道橋(人道橋)をイメージしたものであり、端部折り返し構造を下げて隠すことで、すっきりとした外観の橋梁形式になることが期待される。

5. おわりに

本検討では、反曲アーチ橋を考える際に複雑な構造になる端部折り返し構造を中心に検討を行い、実構造の可能性を示したが、初期検討であり、検討すべき課題が多く残っている。実構造の提案までには、想定すべき様々な荷重への対応、隅角部の詳細検討などが必要と考える。

参考文献

[1] 柴村ら:「反曲アーチの構造提案と初期検討」, 土木学会第47回年次学術講演会, 2022