

## 反曲アーチ橋の端部構造の検討

日本大学 学生会員 榮村綜一郎 日本大学 正会員 長谷部寛  
 日本大学 学生会員 佐々木碧波 日本大学 正会員 長澤大次郎

### 1. はじめに

本検討は、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<sup>1)</sup>に対して、重要な構造部位となるアーチ桁端部から折り返し部の構造および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特性

反曲アーチ橋の縦断ラインは、図-1 上に示すように基本角度  $\theta$  の円弧を組み合わせた形状を定義する。アーチ端部を図-1 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(解析では内側端の支承のみ考慮)。図-1 右下に示す曲げモーメント図では、アーチ端部では曲げモーメントが大きいことがわかる。これは、折り返しより発生する強制曲げモーメントによりアーチ桁反局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によると言える。

### 3. 端部の構造検討

(1) 検討要領：本検討では端部構造に着目した検討を行うこととし、その端部(折り返し部)を対象に有限要素解析(Marc/Mentat 2021)を行い、応力特性等を検討する。図-2 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<sup>1)</sup>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。端部形状は、アーチ桁高さ  $h$  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：図-3 に応力状態(ミーゼス応力)を示す。隅角幅  $x$  を  $h=0.8\text{m}$ 、 $2h=1.6\text{m}$ 、 $3h=2.4\text{m}$  として隅角部の形状を変化させると、隅角幅  $x$  が  $h$  の場合は上下桁接合部で応力が大きくなるが、 $x=2h$  では応力が緩和され、 $x=3h$  では隅角部が桁部の応力より小さくなるのがわかる。このことより、初期検討の目安ではあるが、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。

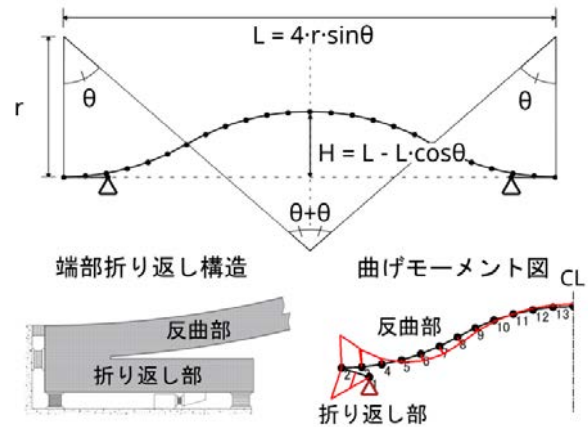


図-1 反曲アーチ橋の構造

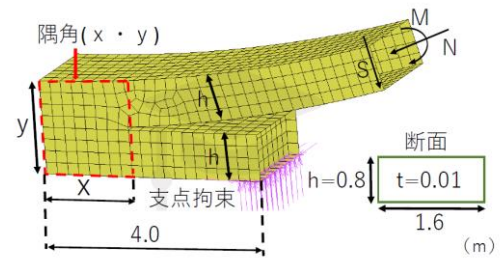


図-2 端部の解析モデル

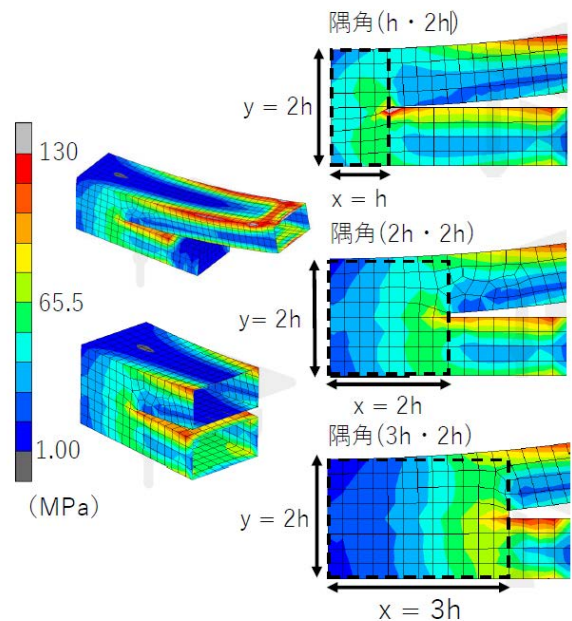


図-3 端部の構造と応力状態

キーワード 反曲アーチ橋, 歩道橋, 隅角部, 付加曲げモーメント

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学理工学部土木工学科 03-3259-0687

(3) 端部の曲げモーメントの影響：反曲アーチ橋では、アーチ桁からアーチ端部に対して、軸力に加え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<sup>1)</sup>。この曲げモーメントが端部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。

図-4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から最大荷重時と同等の $M=1000\text{kN}\cdot\text{m}$ まで変化させたものを並べている。

これを見ると、 $M$ が小さいケースでは上下桁接合部で応力が大きくなり、 $M$ が大きくなると大きな応力となる範囲が減少するのがわかる。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、この折り返し構造は、今回の条件においては、不利な形状ではないと言える。

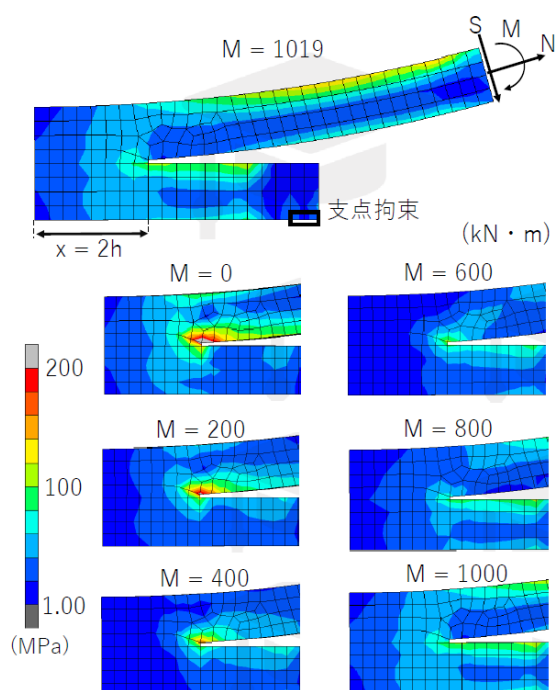


図-4 アーチからの曲げモーメントの影響

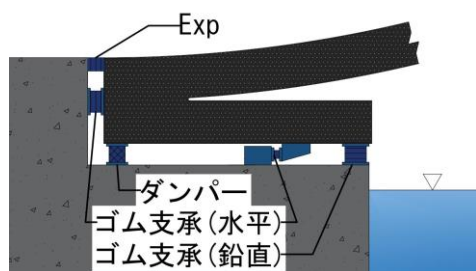
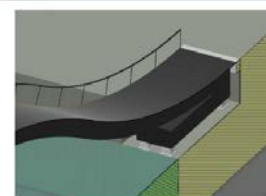
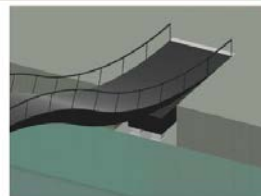
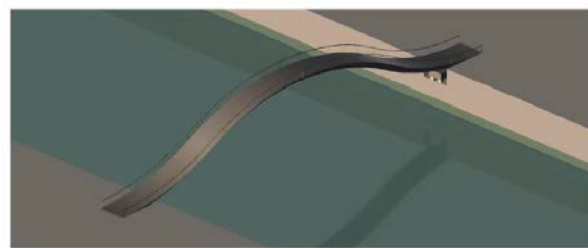


図-5 端部構造(イメージ)



折り返し部が地中にあるので橋への同線がスムーズになる。端部を折り返した構造は地中に収納されている。

図-6 適用イメージ

ただし、上下が鋭角に交差する複雑な隅角となるため、詳細な構造特性の把握には、想定される様々な応力状態に対する検討や実構造を踏まえた細部のモデル化等が必要と考える。

#### 4. 適用性の検討

図-5に反曲アーチ橋の端部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必要がある。また、耐震性や振動防止のためにダンパーを入れることが有効であると考えられる。

図-6は川を渡る歩道橋(人道橋)をイメージしたものであり、端部構造を下げて隠すことで、すっきり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(まとめと今後の課題)

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の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、検討すべき多くの課題が残っている。実構造の提案までには、想定すべき様々な荷重への対応、隅角部の詳細検討等が必要と考える。

#### 参考文献

- 1) 榮村ら(2022)；反曲アーチ橋の構造提案と初期検討，土木学会第47回年次学術講演会。
- 2) 日本道路協会(2017)；道路橋示方書・同解説
- 3) 奥村ら(1967)；薄板構造ラーメン隅角部の応力計算について，土木学会論文集第153号