

反曲アーチ橋の構造提案と初期検討

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、太鼓橋などアーチ部材上側を利用する橋の縦断ラインを変えた新たな形状の橋を考えるものである。アーチ部材の縦断ラインの両側を反曲させ、縦断勾配の変化が緩やかにする反曲アーチ橋を考え、その構造特性および実現性についての初期検討を行うこととする。

2. 反曲アーチ橋の形状

(1) 研究背景：太鼓橋などアーチ材部上側を利用する橋は古くから作られてきたが、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、両側を反曲させた反曲アーチ橋を考え、勾配の変化が緩やかな形状を考えることとした(図-1)。

(2) 縦断ラインの設定：図-2のように半径 r と円弧の基本角度 θ 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(図-1, 図-2)。

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 θ 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 (EzyFrame) 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²⁾。

(2) 形状による断面力：図-3 上部に解析結果の断面力図を示す。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。軸力は一般的なアーチ橋と同様に発生している。反曲部の正曲げの主因は、形状と軸力に伴う付加曲げモーメントであり、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。

図-3 下に、基本角度 θ による断面力および反力の変化を示す。 θ を大きくすると、曲げモーメントは

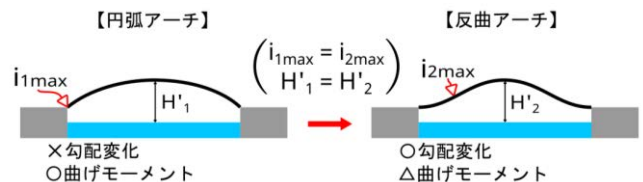


図-1 反曲アーチの特徴

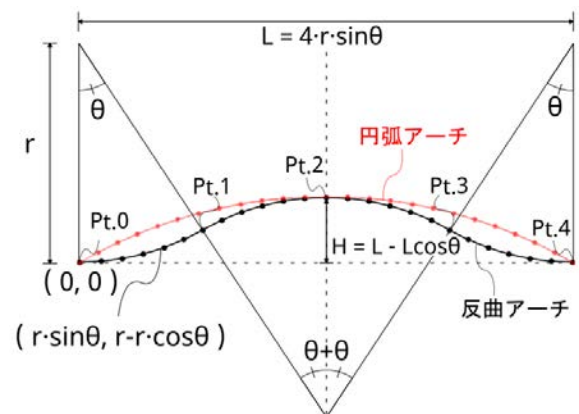


図-2 反曲アーチ橋の縦断ライン

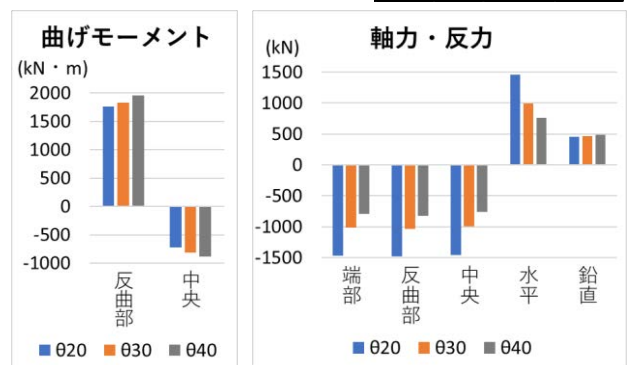
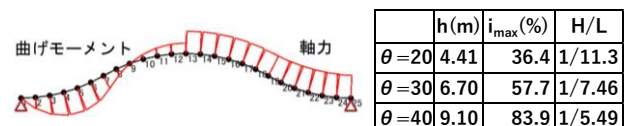


図-3 断面力および反力

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。今回設定した条件では、反曲部の曲げモーメントは、軸力よりも形状起因の付加曲げモーメントの影響により大きくなっていると見える。また、構造的には、反曲部の断面力が制御すべき断面力と考える¹⁾。

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

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。図-5 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：図-6 左は折り返し無し、右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。図-7 は折り返し寸法 S と曲げモーメントの関係であり、 S が大きくなると反曲部の曲げモーメントおよび中央の曲げモーメントも低減することが分かる。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の検討が必要になるが、折り返し構造が、反曲アーチ

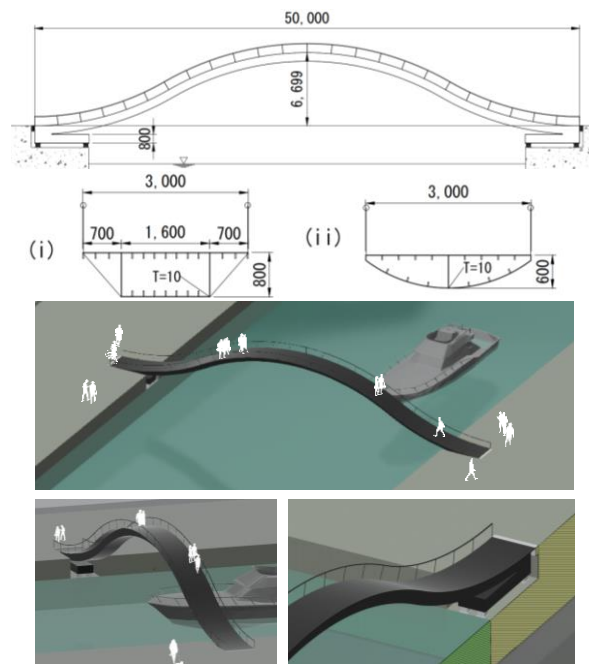


図-8 構造案および適用イメージ

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³⁾、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。

5. 反曲アーチ橋の構造案(適用イメージ)

今回の条件による試設計を元にした構造案を図-8 に示す。桁は鋼製とし、(i)箱桁+ブラケットと(ii)下フランジを曲面にした扁平断面の2つを考えた(寸法は参考値)。

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で、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。

6. おわりに(まとめと今後の課題)

本検討では、ユニークな形状で利用面ではメリットがあるが、力学的に不利な縦断ラインとなる反曲アーチ橋に対して、折り返し構造を用いることで不利な構造特性を軽減させ、実構造として成立する可能性を示すことができた。今後は、折り返し部の詳細検討を含む全体構造の最適化に加え、構造物の価値創造も考えていきたい。

参考文献

- 1) 佐々木ら(2022);反曲アーチ橋の端部構造の検討, 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(1968);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

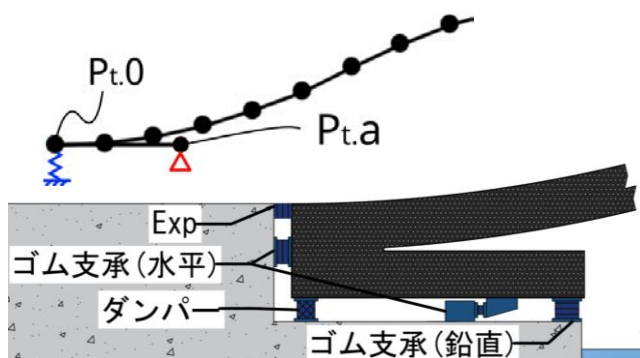


図-5 端部構造(折り返し部)

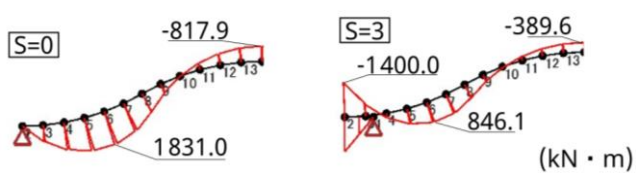


図-6 折り返し構造と曲げモーメント

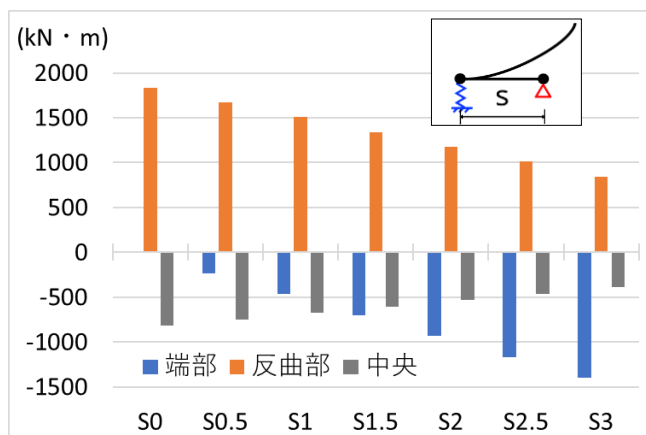


図-7 折り返しと断面力