

既設石造アーチ橋の耐荷力向上策について

国土工営コンサルタンツ(株) 正員○筒井光男
九州産業大学 フェロー 水田洋司
福岡大学 正員 坂田 力

1. まえがき

通行車両の大型化などにより石造アーチ橋(以下単に石橋と呼ぶ)の耐荷力が不足する場合がある。歴史的価値がある場合に限らず、日々の生活に使用されている石橋でも、極力手を加えずに耐荷力を向上させることが出来れば、当初の位置で保存することが可能となる。このために、石橋の耐荷力向上を研究することは意義があると考えられる。今回、石橋の耐荷力向上について考察を加えたので報告する。

2. 検討方針

石橋が安定であるためにはいくつかの条件が必要である。それは輪石の支圧力や輪石間のせん断力が許容値に入ること、および軸力線がミドルサード内にあることなどである。文献 1)の計算例によると、これらの中では軸力線の偏心が最も余裕が少ないとされている。実橋でも、輪石間が開閉している例が報告されている(文献 2))。軸力線がミドルサードをはずれる場合は、線接触になることも考えられ、この場合は支圧応力度が無限大になり、そのことにより輪石が損傷する可能性も大きくなると考えられる。従って、軸力線の偏心量に着目して考察を進める。石造アーチ橋の軸力線の偏心量 δ は次式で表される³⁾。

$$\delta = \frac{Mp + Mq}{Hp + Hq} \quad (1)$$

ここで、 Hq は分布荷重による水平力、 Mq は分布荷重による曲げモーメント、 Hp は集中荷重による水平力、 Mp は集中荷重による曲げモーメントを示す。このときの安全率 S は、式(1)で表される偏心量 δ と限界偏心量 $T/6$ (ミドルサード)との比で求められ、次式で表される³⁾。

$$S = \frac{T}{6\delta} > 1 \quad (2)$$

3. 耐荷力向上対策

3.1 安全率の向上

式(2)より、石橋の安全率を上げる方法としては、偏心量 δ を小さくするか輪石厚 T を厚くすればよいことが判る。式(1)からは、 δ を小さくするためには、活荷重および死荷重による曲げモーメントを小さくするか、または軸力を大きくすれば良いことが判る。

3.2 対策案

対策案の中で、既設橋に適用しやすい下記について具体例をあげて考察を加える。

- a)活荷重による曲げモーメントを小さくする。
- b)死荷重による曲げモーメントを小さくする。
- c)軸力を増加させる

上記対策案の中で、a)の活荷重によるモーメントを小さくする方法は、荷重制限を行う方法や、曲げ部材で曲げモーメントを分担させて、輪石の曲げモーメントを減らす方法が考えられる。は耐荷力向上ではないので検討からは省く。たとえばH形鋼を裏込め土中に埋め込むなどが考えられる。次に、b)の死荷重の曲げモーメントを減らす方法は、たとえば裏込め材料を比重の大きいものと小さいものを用い、
キーワード：石造アーチ橋、耐荷力、荷重分布、ケーブル張力

連絡先：〒 815-0075 福岡市南区長丘 2-25-43 国土工営コンサルタンツ(株) TEL092-512-6362 FAX092-512-6365

その配置を調整して死荷重による曲げモーメントを小さくすることで可能となる。文献 4) では、軸力線を円弧とする荷重分布を求めている (式(3))。

$$w = \frac{1}{a \cos^3 \theta} \tag{3}$$

ここで、aは円弧アーチの半径を示す。この荷重はクラウン部で 1/a、スプリング部 (X = ± a) で w = ∞となる。クラウン部の値 1/ a は、クラウン部の輪石と壁石などを加えた荷重と考えることができる、その値を比重で割れば厚さとなる。いま、輪石および壁石等の比重をすべて同じと仮定すれば、その他の場所でも、輪石と壁石を加えた厚さが、式(3)の値となる。図 - 1 は、 1/aの値を0.05から0.2まで変化させ、その時のwを半円アーチのY座標に加えた図である。したがって、図 - 1 は、比重を同じとしたときの、軸力線を円弧とするアーチ形状と載荷状態を示していることになる。最後に、c)の軸力を増やす方法は式(1)の分母が増えるので、偏心量δが減り、曲げモーメントに対する安定が増す。具体的には、

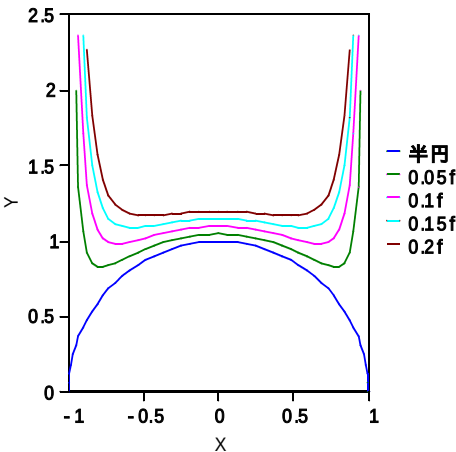


図- 1 軸力線を円とするアーチ

死荷重を増加させる方法、 ケーブルを張って張力を 導入する方法が考えられる。 は鉄板を敷き詰めたり、裏込め土を比重の大きいものに取り替えることとなる。 は図 - 2 の様にケーブルに張力を導 入しアーチ水平力を増加させる方法である。この方法は、

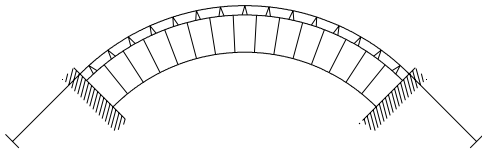


図 - 2 ケーブルによる補強案

死荷重増加 と同様の効果が期待できる。さらには、ケーブルの張り方を変えれば軸力線の位置調整も可能である。つまり、円弧に張ればP C タンクの円周方向締め付け力を増加させる場合と同様の効果となり、放物線形状に張れば等分布荷重になる。形状を変えれば偏載も可能であり、洪水時の流出防止および地震時の倒壊防止に役立つ可能性もある。なお、上記b)とc) を組み合わせて、裏込め材の比重を大きくしながら軸力線位置を調整することも可能である。

表 - 1 荷重値

荷重 No	荷重 (kN)
1,20	40.9
2,19	31.6
3,18	25.6
4,17	21.6
5,16	18.8
6,15	16.8
7,14	15.5
8,13	14.5
9,12	14.0
10,11	13.7

4 . 偏心量試計算

死荷重分布調整による軸力線位置調整が可能か計算をしてみる。秋月眼鏡橋の荷重分布を式(3)の値に調整し、20 個の集中荷に分けると、単位幅あたり表 - 1 の値となる。その荷重を構造力学の公式を用いて、軸力線位置を算出すると、図 - 3 となる。図 - 3 では、偏心量が約 1cm 程度となり軸力線が調整されていることが判る。

5 . 終わりに

石橋の耐荷力向上について考察を加え、対策案を検討した。本提案が既設石橋の耐荷力向上の一助となり、現地保存に役立てば幸いである。

軸力線位置

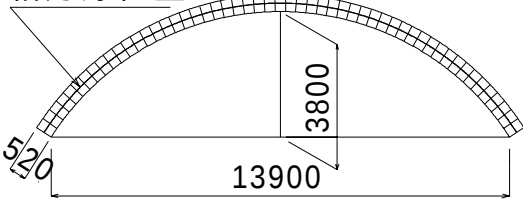


図 - 3 式(3)荷重による軸力線位置

参考文献

1)「袋橋の耐荷重性に関する袋橋調査検討の紹介」資料、産業基盤維持補修研究会、平成 17 年 7 月 15 日。 2)岡林他：交通荷重による石造橋(袋橋)の動的挙動に関する安全性照査、土木学会第61回年次学術後講演概要集平成 18 年 9 月。
3)筒井、水田：石造アーチ構造物の架設時安定性と簡易照査法、土木構造・材料論文集 第 22 号、pp.75 ~ 82、2006 年 12 月。 4)筒井、水田：石造アーチの軸力線を円弧にする方法について、土木学会第 61 回年次学術後講演概要集平成 18 年 9 月。