

CS-111

現行設計荷重に対する古い石造アーチ橋の安全性評価

九州大学 学生員

松尾洋一

九州大学 正会員

彦坂 照

九州大学 正会員

劉 玉撃

中央コンサルタンツ 正会員

柚 辰雄

1. はじめに

古い石造アーチ橋の中には、貴重な文化遺産であると同時に一般道路の橋梁として現代の重交通を受けているものもある。その維持保存に際しては、現代の同種構造物に要求される安全性を確保することが必要であるが、石造アーチ橋のような不連続体の解析法はまだ十分に確立されていない。本研究では、約110年前(明治21年)に架設され現在も佐賀県内国道34号線で供用されている石造アーチのY橋を対象とし、剛体ーパネモデルを用いて道路橋示方書の設計荷重に対する安定性を解析した。

2. 解析方法

Y橋の解析モデルならびに荷重載荷条件を図-1および表-1に示す。アーチリングはスパン10.96m、ライズ2.73m、スパンライズ比4.01である。リング石の寸法(高さ×幅)は、クラウン部で約52×37.9cm、基礎石近傍部で約75×37.9cmであり、クラウン部

表-1 荷重載荷条件

荷重条件	記号	内容
1	D	死荷重のみ
2	D+L-1	死荷重+B活荷重全載荷
3	D+L-2	死荷重+B活荷重半載荷
4	D+T-1	死荷重+T活荷重中央点載荷
5	D+T-2	死荷重+T活荷重1/4点載荷
6	D+E	死荷重+地震荷重(水平震度係数 $k=0.14$)

から基礎石近傍部まで徐々に断面高さが増している。アーチリング石、基礎石をそれぞれ原形状の多角形剛体ブロック要素で表し、石材が本来持っている変形および強度特性は剛体要素接合面に挿入する分布パネに集約させる剛体ーパネモデルを採用する。橋面荷重の分散効果を考慮し、不規則に混入された中詰材のランダム性を模擬するため、中詰材も剛体ーパネモデル要素でモデル化し、スパンドレル部をランダムな多角形剛体要素にボロノイ分割する¹⁾。

キーワード：石造アーチ橋、剛体ーパネモデル、非線形挙動

連絡先：〒812 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学工学部都市建設工学科 TEL&FAX 092-642-3260

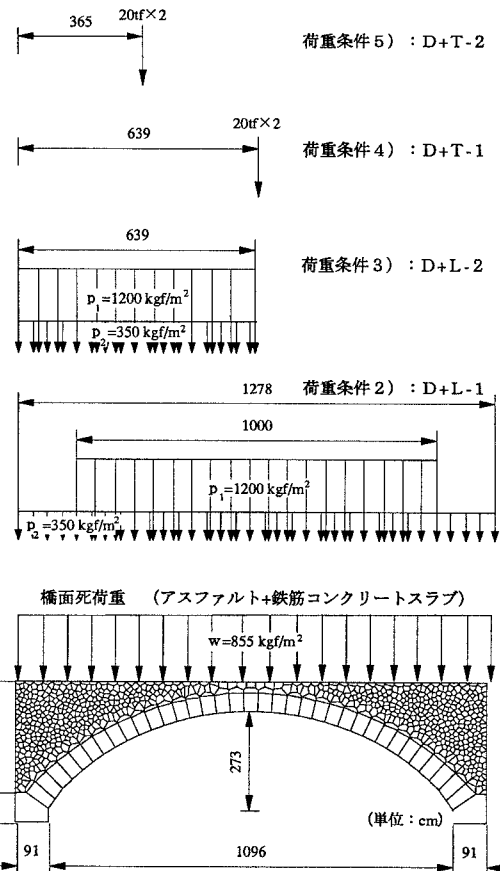


図-1 Y橋の解析モデルおよび荷重載荷条件

表-2 材料特性

特性 材料	ヤング率 (kgf/cm^2)	ポアソン比 ν	圧縮強度 (kgf/cm^2)	粘着力 (kgf/cm^2)	摩擦角 ϕ (度)	密度 (ton/m^3)
石材	267,000	0.41	700	0.0	40	2.5
中詰材	280	0.20		0.3	15	1.8
境界面	重み平均値	重み平均値		0.15	40	

石材ブロック、中詰材およびそれらの境界面の材料特性を表-2のように設定する。境界面のヤング率およびポアソン比は、両要素の重心から要素境界面に下した垂線の長さを重みとしての平均値を採用する。境界条件は基礎石を完全固定とし、左右両端のスパンドレル部を水平方向のみ拘束（鉛直方向自由）とする。但し、地震荷重（荷重条件6）載荷時においては左右両端のスパンドレル部に静止土圧を与え、地震荷重を右向きに載荷する。

3. 解析結果および考察

石造アーチ橋の上部構造の安全性評価指標としては圧縮破壊安全率、すべり破壊安全率、圧力線偏心距離の3つのパラメータを用いた²⁾。表-3に示すように圧縮破壊安全率は、すべての解析結果において60以上の値を示した。すべり破壊安全率についても荷重条件3、5、6の場合において死荷重のみ（荷重条件1）の場合より低下し、圧力線は荷重条件3、6の場合において基礎石近傍でミドルサードからわずかに外れている。すべり破壊安全率ならびに圧力線偏心において、最も不利な荷重条件は地震荷重（荷重条件6）となった。

図-2に死荷重のみならびに地震荷重載荷時におけるリング石のすべり破壊安全率の分布状況を示す。両ケースとも、クラウン部および肩部領域でのすべり破壊安全率は十分である。地震荷重載荷時におけるすべり破壊安全率の最小値は4.7であり、左から第2、第3個目のアーチリング石接合面において発生している。

図-3に死荷重のみならびに地震荷重載荷時における圧力線偏心距離の分布状況を示す。両ケースとも、クラウン部では中心圧縮状態となっている。地震荷重載荷時における最大の圧力線偏心距離は、基礎石近傍部で発生しミドルサードより内側に3.3cm離れた。

4. まとめ

剛体-バネモデルを用いた石造アーチ橋の解析法ならびに安

表-3 各荷重条件における安全率

荷重条件	圧縮破壊安全率 η_c	すべり破壊安全率 η_s	圧力線がミドルサードから外れた距離
1	8.5	6.4	ミドルサード内
2	6.0	11.4	ミドルサード内
3	6.8	5.0	2.0 cm
4	7.1	10.1	ミドルサード内
5	7.6	6.0	ミドルサード内
6	7.0	4.7	3.3 cm

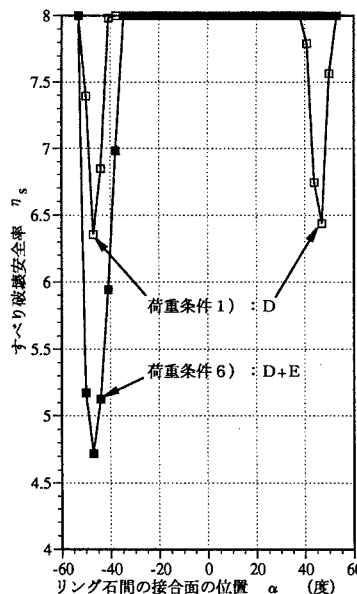


図-2 すべり破壊安全率の分布状況

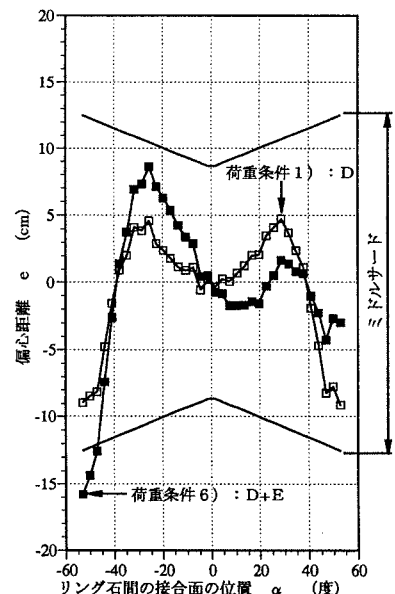


図-3 偏心距離の分布状況

全性評価法を提案し、一般国道で供用中の架設後約110年を経た実橋を対象に現行設計荷重に対する解析を行ってその安全性を検討した。また、地震荷重載荷時におけるすべり破壊安全率ならびに偏心距離についてアーチリング石上の分布状況を明らかにした。圧力線がミドルサードからわずかに外れるのは、荷重条件3、6の場合においてであるが、両ケースともリング石の圧縮破壊安全率が極めて高いので安全性に問題はないと思われる。

（参考文献）

- 1) 彦坂 照他：不連続体力学モデルによる古い多連式石造アーチ橋の強度評価法，土木学会構造工学論文集，Vol.43A，pp.995～1001，1997.3.
- 2) 松尾洋一他：不連続体力学モデルによる石造アーチ橋の耐荷特性解析，土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.4～5，1997.3.