

交通荷重による石造橋（袋橋）のたわみ，開閉量による安全性照査

長崎大学工学部 学生会員 ○石橋直樹 長崎大学工学部 フェロー 岡林隆敏
長崎市道路公園部 非会員 岩永 洋

1. はじめに

歴史的石造橋である袋橋は，長崎市内に流れる中島川に1655年頃に架設された石造橋で，長崎市の有形文化財に指定されている．この袋橋に対し橋面底部に亀裂・剥離・欠損が多く確認されたため，車両等の通行に対する現況の調査を実施し，供用していく上で安全性の確認を行うとともに，今後の維持管理を目的とした計測を行ったものである．今回の計測では，車両通行時のひずみ調査と目地の開閉量計測を行った．

2. 対象橋梁

袋橋は，長崎市の中心部を流れる中島川に架かる石造アーチ橋であり，眼鏡橋の下流側に架設され，中島川石橋群の中で最も下流側に位置している．架設された年は，1655年頃といわれている．構造的には壁石を整然と積む長崎式の石造りアーチ橋の代表例であり，中島川の最下流に位置するため川幅が広く偏平なアーチ橋となっている．写真 - 1 に袋橋の全景，表 - 1 に袋橋の諸元を示した．



写真 - 1 袋橋全景

表 - 1 橋梁諸元

名称	袋橋
所在地	長崎市古川町他
構造形式	石造橋
橋長	17.3m
有効幅員	4.35m
経間	16.70m
架設	1655年頃

3. 計測概要

今回，高感度変位計を用いた鉛直ひずみ調査とクリップ変位計による開閉量の調査を行った．センサーの設置位置を図 - 1 に示す．写真 - 2 に示す高感度変位計は，1/500mmまで計測が可能である．写真 - 3 に示すクリップ型変位計は，開閉量を計測したい部分にクリップ部を挿入することにより，車両荷重などの外力により起こる変位を測定することが出来る．各々の諸元を表 - 2 に示した．

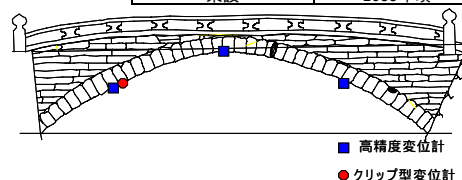


図 - 1 センサー設置位置

4. 検証結果

試験方法は，静的載荷では，試験車を両移動させて，1/4 点，1/2 点，3/4 点に静止した場合に生ずる鉛直ひずみと，目地の開閉量を計測した．移動載荷では，走行速度が $V = 15\text{km/h}$ 程度の徐行と $V = 30\text{km/h}$ 程度の通常走行の場合において生ずる鉛直ひずみと，目地の開閉量を計測した．図 - 2 に用いた計測システムの概要を示す．

(1) たわみ計測

1) 静的載荷

静荷重試験による鉛直変位を表 - 3 に示す．表中の左欄上段は1回目の計測，左欄下段は2回目の計測，右欄は平均値であり，鉛直上向きが正である．計測位置における最大変位は，4t車では支間中央部の-0.169mm，1/4点に載荷した時の1/4点の変位と3/4点に載荷した時の3/4点の変位はほぼ等しかった．また，1/4点に載荷した時の3/4点もしくは3/4点に載荷した時の1/4点は上側へ変位しており，一般的なアーチ橋の挙動を示した．

2) 移動載荷

車両を走行させた場合の動的載荷の変位履歴を表 - 4，表 - 5 に示す．徐行した場合の最大変位は，支間中央部の-0.196mm，その最大振幅はそれぞれ0.134mmであった．また，1/4点と3/4点を比較すると50%程度1/4点の方が大きく変位している．



写真 - 2 高感度変位計



写真 - 3 クリップ型変位計

表 - 2 センサー諸元

	高感度変位計	クリップ変位計
型名	CDP - 25	RA - 5
感度	1/500mm	約600 ($\times 10^{-5}/\text{mm}$)
計測内容	15mm	5(2 ~ 7)(mm)

一方、通常走行の場合の最大変位は、 -0.396mm 、その最大振幅はそれぞれ 0.596mm であった。また、通常走行の場合も徐行の場合と同様に1/4点の方が3/4点より変位が大きくその振幅も大きかった。図 - 3 に4t車が通過した時の中央点の時間とたわみを表したグラフを示した。

(2)開閉量計測

1)静的載荷

図 - 4 は静的載荷における開閉部の変位量を縦軸に、時間を横軸に示したものである。車両を1/4点、1/2点、3/4点に静止した場合の、1/4点のアーチ輪石の目地部の開閉を計測した。車両の移動による、輪石の変動が明確にとらえられている。

2)移動載荷

図 - 5 は動的載荷における開閉部の変位量を縦軸に、時間を横軸に示したものである。車両が進入すると1/4点は下側に変形を起こし、その結果引っ張りとなる輪石の下縁の隙間が開いている。車両が中央径間に来ると初期の状態に戻り、車両が3/4点に移動すると、1/4点は上方に変形を起こし、その結果圧縮側となる輪石の下縁の隙間が閉じている。

5.考察

静的載荷と動的載荷の変位の比率は2.4倍程度であり、振幅も含めて非常に大きくなっていることが確認された。これは、貨物用の商用車は重量が重い上にサスペンションが硬いためであると考えられる。石材間の開閉量の計測結果から、静的荷重、動的荷重において明らかに輪石の目地部が開閉していることが分かる。この原因としては、接合面が粗いため、接合部の応力に偏りが生じ、開閉量が次第に大きくなっていったと考えられる。また近年、袋橋を通行する車両の大型化も開閉部を大きくした要因である。架設時に予想されていた荷重よりも大きい荷重が掛かることにより、石材自体にひびやうきが生じていると考えられる。

6.まとめ

本研究をまとめると以下のようなになる。

- 1) 石材は、個々の弾性的な変形ではなく、石材が動き目地が開閉し、荷重を伝達している。
- 2) 徐行と通常走行を比較すると、後者の方により大きなたわみが確認できた。

今回の計測で袋橋は、石材の挙動があると考えられる。しかし、長崎市の有形文化財に指定されている橋梁であり、景観を著しく損なうような補強工事は期待することは出来ないことから、定期的に、袋橋の老朽化の進行具合を調査し、交通規制などの対策をとることが望ましい。

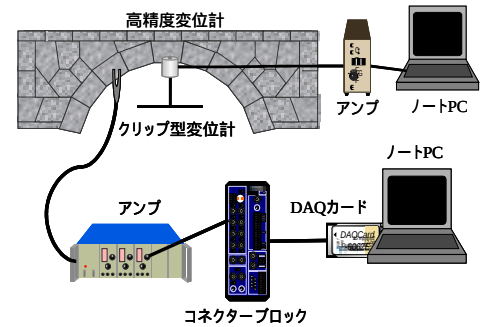


図 - 2 計測システム

表 - 3 静的たわみ試験結果

計測位置	荷重位置					
	1/4点	1/2点	3/4点	1/4点	1/2点	3/4点
1/4点	-0.084	-0.085	-0.092	-0.090	0.012	0.013
1/2点	-0.086	-0.088	-0.088	-0.088	0.014	0.013
3/4点	-0.03	-0.032	-0.166	-0.169	-0.086	-0.087
	0.016	-0.032	-0.172	-0.169	-0.088	-0.087
	0.014	0.0150	-0.018	-0.017	-0.080	-0.080
			-0.016	-0.017	-0.080	-0.080

表 - 4 動的たわみ試験結果(徐行)

計測位置	徐行 1回目		
	最大	最小	最大振幅
1/4点	0.036	-0.116	0.066
1/2点	0.012	-0.196	0.134
3/4点	0.040	-0.078	0.060

表 - 5 動的たわみ試験結果(通常走行)

計測位置	通常走行					
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
1/4点	最大 0.110	最小 -0.224	最大振幅 0.298	最大 0.118	最小 -0.204	最大振幅 0.284
1/2点	最大 0.114	最小 -0.390	最大振幅 0.454	最大 0.252	最小 -0.396	最大振幅 0.596
3/4点	最大 0.038	最小 -0.154	最大振幅 0.146	最大 0.048	最小 -0.178	最大振幅 0.202

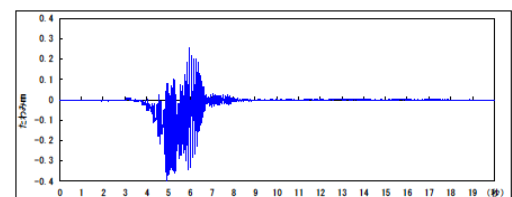


図 - 3 動的載荷たわみ履歴

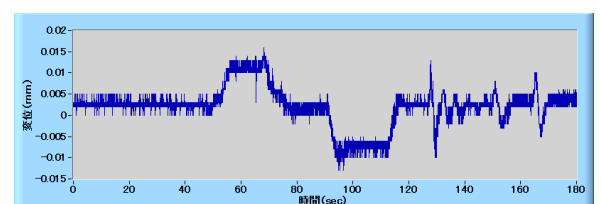


図 - 4 静的載荷における隙間の変位量

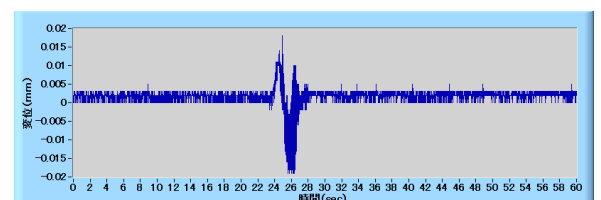


図 - 5 動的載荷における隙間の変位量