

朝地橋の車両載荷試験による静的挙動および動的挙動の把握

熊本大学 学生員○宝江 沙央里 熊本大学大学院 学生員 藤田 千尋・小倉 孟
 熊本大学大学院 フェロー 山尾 敏孝 九建設計(株) 草野 健一郎 大分県 藤田 典孝

1. はじめに

1923年に架設された大分県豊後大野市内にある朝地橋(写真1)は、竣工90年を経過した単一径間を有する石造アーチ式の石橋である。本橋は一般県道朝地停車場線の主要構造物であり、現在も生活道路として利用されている。しかしながら、本石橋は下流左岸側の壁石に膨らみが生じており、石材の浮や剥離等の劣化状況が見られることから健全度評価を実施することになった。石橋の健全度評価手法についてはまだ確立されていないが、本研究では、本橋の変状状況を把握するため20ton 車両を用いた載荷試験として、静的載荷試験による変位挙動および車両走行試験による加速度を計測して振動特性を実施した。



写真1 朝地橋

2. 試験概要

試験対象の朝地橋は、橋長 $L=33.4\text{m}$ 、支間長 $l=17.3\text{m}$ 、拱矢 $f=6.1\text{m}$ 、全幅員 8.2m (有効幅員 7.3m)、スパンライズ比 $f/l=0.35$ である。載荷試験は、20ton 車両での静的載荷によるアーチ輪石と壁石の変形特性把握、橋面上における20kg 重錘を用いた落下試験による振動特性および20ton 車両を20km/h あるいは30km/h の速度で走行させた時の振動を加速度計により計測し振動特性を把握した。以下に試験方法を示す。

1) 車両静的載荷試験： 橋面上で20ton 車両を所定の位置に静的載荷させ、その際のアーチ輪石下面や壁石の鉛直方向と水平方向の変位をアーチ輪石下面や壁石直角面に設置した変位計により計測した。試験に使用した車両の荷重作用位置を図1に示す矢印の位置とした。前輪は40.28 kN、後輪は160.23 kN の荷重であった。また、静的載荷ケースは表1に示すような組み合わせで行った。変位計は図2に示すように、アーチ輪石下面の橋軸方向の両支承部、 $L/4$ 点、 $L/2$ 点および $3L/4$ 点に設置した。また、壁石の面外方向への変位を測定するために、左岸側の両側壁石にも変位計を設置した。

表1 静的載荷ケース

	静的荷重の作用位置			
	①	②	③	④
前輪	$L/4$	$L/2$	$3L/4$	—
後輪	—	$L/4$	$L/2$	$3L/4$

2) 車両走行載荷試験： 車両の走行試験では、20ton 車両を20km/h あるいは30km/h で走行させるケースと、20km/h で走行させ石橋の中央で制動させるケースで行い、振動特性をそれぞれ計測した。使用した20ton 車両は静的載荷試験時の車両と同じである。このとき、加速度計は橋面において3か所の6個のサーボ型を、アーチ輪石下面において、橋軸方向の $L/4$ 点、 $L/2$ 点、 $3L/4$ 点に2G型を設置した。設置箇所を図2に、写真2には設置状況を写真で示した。

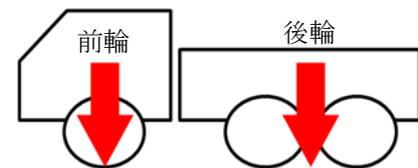


図1 試験車両の荷重作用位置

□ 加速度計 ↑○ 変位計 × ひずみゲージ

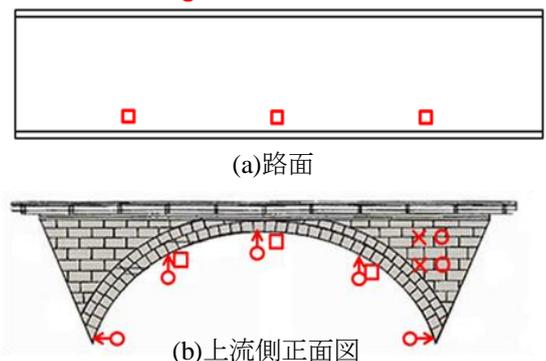


図2 計測機器とひずみゲージの設置箇所



(a)変位計 (b)サーボ型加速度計 (c)ひずみゲージ

写真2 計測機器とゲージの設置状況

3. 実験結果と考察

図3及び図4は、20ton 車両を静的載荷させた試験で得られた鉛直変位で、アーチ輪石下面の L/4 点、L/2 点、3L/4 点における変位分布を示したものである。鉛直変位が最大となった荷重は、車両の2つの後輪の中間位置が L/2 点に作用したときであり、このときの最大変位は図3に示すように 0.42 mm 程度であった。また、後輪の中間位置が 3L/4 点にあるときの変位分布を図4に示すが、作用位置で最大となっているが、鉛直変位量は 0.3 mm 程度であった。鉛直変位は支間長さ 19.5m に対して 1/50000 程度であり、ほとんど問題がないと思われる。

車両走行試験では、20ton 車両を走行させたときの橋面の L/4 点、L/2 点および 3L/4 点の鉛直変位の応答加速度とそのパワ・スペクトルを求め、その結果の一例を図5と図6に示した。左岸から右岸に向けて速度 20km/h で走行させたときの応答加速度を図5(a)に、そのパワ・スペクトルを図5(b)に示した。また、図6(a)は右岸から左岸に向けて速度 30km/h で走行させたときの応答加速度で、図6(b)はそのパワ・スペクトルである。図から分かるように卓越振動数が 12Hz のあたりにピークが見られ、次に 40Hz あたりにピークが見られることがわかる。なお、60Hz にも大きな値が見られるがこれは装置の特徴と思われる。

次に、図7はアーチ輪石下面 L/4 点の鉛直変位、図8は橋面 L/4 点の鉛直変位及び図9は下流左岸側の壁石の水平変位について、20ton 車両を 30 km/h の速度で走行させたときの測定結果を示した。図より、最大の鉛直変位はアーチ下面で 0.3 mm 程度に対して路面は 1.0 mm 程度であり、絶対変位量は小さいものの、路面の荷重がアーチ輪石に十分伝達していないと考えられる。また、図9より、多少ではあるが壁石に水平変位を生じていることが分かる。

以上より、朝地橋は載荷試験での変位が非常に小さく比較的健全であると考えられるが、壁石の膨らみや路面内部の空隙等に関する詳細調査を実施することにより、さらに健全性が確認できると思われる。

今後の研究では、解析手法を用いて²⁾実験結果との比較検討を行っていく予定である。

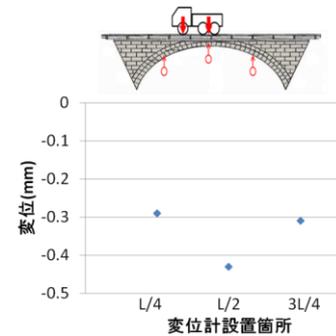


図3 後輪 L/2 点への静的載荷結果

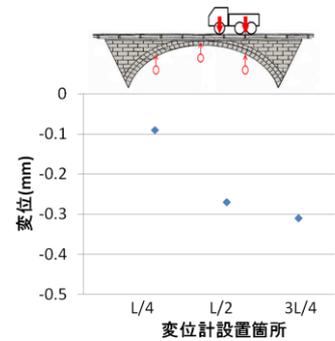
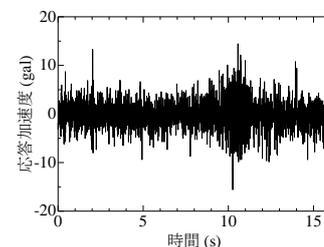
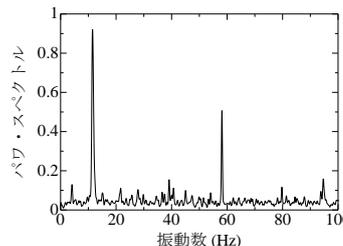


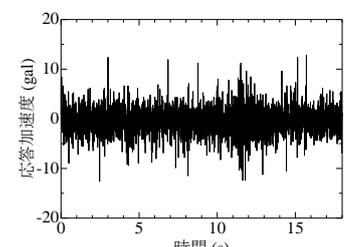
図4 後輪 3L/4 点への静的載荷結果



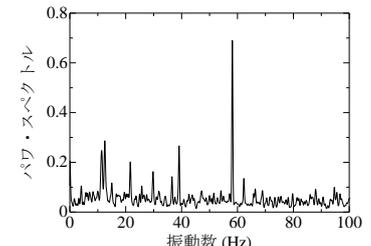
(a) 応答加速度



(b) パワ・スペクトル



(a) 応答加速度



(b) パワ・スペクトル

図5 20km/h 走行時の応答結果

図6 30km/h 走行時の応答結果

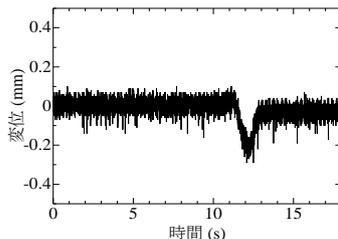


図7 アーチ下面 L/4 点の鉛直変位

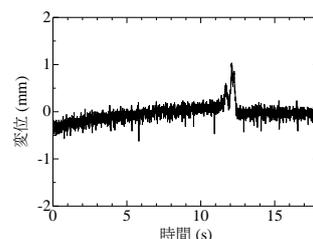


図8 橋面 L/4 点の鉛直変位

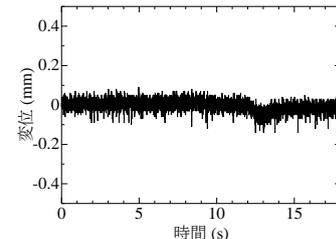


図9 下流左岸側壁石の水平変位

参考文献

- 1)大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版会，2008
- 2)古賀圭一郎：石材間摩擦に着目した石アーチの動的解析手法の検討，熊本大学自然科学研究科，平成23年度修士論文，2011