

石造アーチ橋の地震による被害状況

(株) ジャス・コンサルタンツ 正会員 安原 克巳 正会員 井上 肇
上東 英一 小久保 正勝

1 まえがき

石造アーチ橋が地震によって崩壊又は破損した例は少なく、今までに報告されているのは、表-1の1~4の4例のみである¹⁾。昨年3月~5月に発生した鹿児島県北部地震(川内市の東北部を震央とするM=6.3を最大とする一連の地震で、中でも5月13日には宮之城町では最大加速度は南北方向で902gal, 東西に901gal, 上下に288galが観測されている。)により大薄(おおすき)橋と堂下橋(表-1の5と6)とが被害を受けた。その調査を行ったので被害状況とそれを発生させた機構についての考察とを報告する。

表-1 地震で破損・崩壊した石造アーチ橋^{1), 2)}

橋名	所在地	築年	被災年月日	橋長 (m)	スパン (m)	地震の M	地震動加速度 推定(gal)	地震後の		備考
								状況	処置	
1 永久橋	鹿児島県 知覧町	1852	1893/09/07	約21.0	約9.8	5.3	1000<	崩壊	撤去	震源域内?
2 堂蘭眼鏡橋	熊本県 八代市	1835	1909/11/10	約15.0	約13.0	7.6	—	崩壊	撤去	軟弱地盤?
3 金浜眼鏡橋	長崎県 小浜町	1846	1922/12/08	14.5	11.0	6.9	—	高欄破損	現存	—
4 幸橋	大分県 湯布院町	1897	1975/04/21	—	—	6.4	—	大破	撤去	震源域内?
5 大薄橋	鹿児島県 宮之城町	1919	1997/03/26	14.5	11.8	6.3	約900	礫石破損	撤去	震源域内?
6 堂下橋	鹿児島県 宮之城町	1919	1997/03/26	14.5	11.8	6.3	約900	礫石破損	撤去せず ²⁾	震源域内?

2 被害状況

調査対象; 大薄(おすき)橋, 調査日; 5月8日及び5月28日の2回

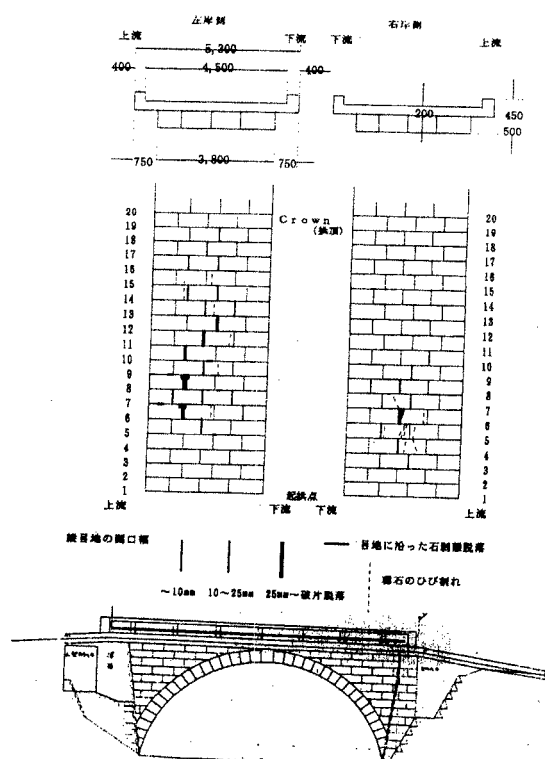


図-1 第1回調査(5月8日)大薄橋アーチ礫石の被害状況

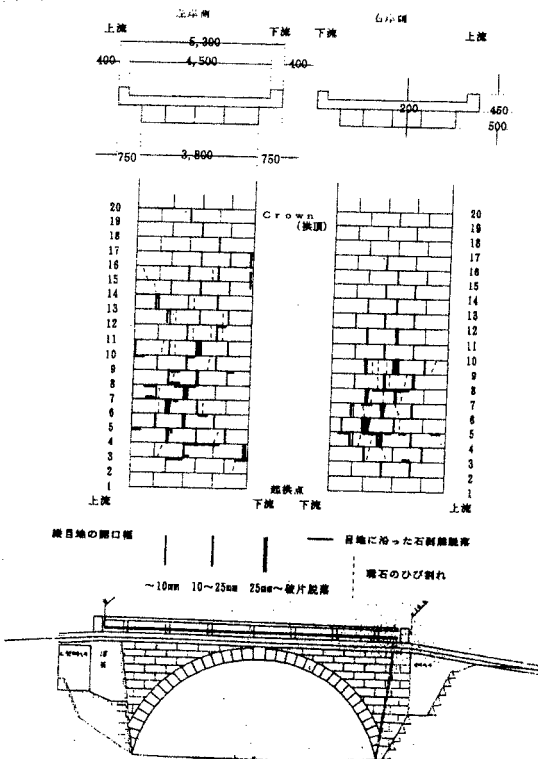


図-2 第2回調査(5月28日)大薄橋アーチ礫石の被害状況

諸元 橋長; 14.5m, スパン; 11.8m, ライズ; 4.2m, 拱環石の厚さ; 0.5m, アーチ幅; 3.25m

橋面幅; 4.5m (コンクリート舗装, 地覆・高欄あり) 橋軸の方向; 大体東西, 使用石材; 熔結凝灰岩
所在地; 鹿児島県薩摩郡宮之城町大薄(大薄川), 堂下橋は大薄橋の約500m下流。

被害は4月5日の地震($M=4.9$)の直後に発見された。3月26日より4月4日までに $M=6.3$ を最大として, $M=5\sim 6$ が2回, 4~5が6回の地震に襲われている。その間に宮之城町では震度5強が2回, 5弱が1回, 4が4回, 3が7回観測されている。その後5月13日に $M=6.2$, 震度5強の地震に見舞われている。

被害調査は, アーチ下面からの観察により行い, その状況は図-1(5月8日), 図-2(5月28日)に示した。これらからも判るように, スパンの1/4付近と3/4付近での拱環石のひび割れ, 剥離, 橋軸方向の目地の拡大などの損傷が激しく, 部分的な環石の脱落も認められた。第1回調査に比べて第2回調査のときには拱環石の損傷は大きくなっており, とくに目地の開口幅が著しく大きくなっていた。また, 橋面の舗装には橋軸直角方向に5月8日にはスパン中央付近に1本の, また5月28日の第2回調査では総計5本のクラックが発見された。一方, 左岸上流側の袖石積(高さ約4m)が幅約1.5mにわたり崩壊しており, 取り付け道路の左岸側に橋台から約21mと26mにおよび右岸約15mの路面に道路を横断したクラックが認められた。

3 被害の発生機構の推定

両端固定の弾性アーチの面内自由振動の振動モードは図-3, 4に示す様である³⁾。石造アーチも大体このようであると考えられるので, 水平方向に加振されたときは, 図-3のような半径方向の変位が逆対称のものが, 鉛直方向に加振では図-4のような対称変形が発生すると考えられる。大薄橋の拱環石の損傷程度がスパンの1/4, 3/4付近で著しいことから地震時には, スパンの1/4, 3/4付近に腹をもつアーチの1次振動である逆対称変形が生じたものである。また, 第1回の調査(5月8日)の際認められた橋面の中央での橋軸直角方向のひび割れは, アーチの第2次振動でのスパン中央に腹のある対称変形によるものであろうと推定できる。拱環石の損傷が両側の起拱点に近い所にも見受けられるのは, 対称振動のモードの中央とは別の腹がスパンの1/8~1/4付近にあることから, ここにもかなり大きな変位が生じ, 拱環石に大きな応力が発生していたとみられる。

取り付け道路の路面に現れたクラックは, 道路の土砂が橋体に押されて出来た受動土圧の滑り面が路面に表れたものである。左岸側の取り付け道路の勾配は右岸側のそれよりも緩やかであって, 橋とクラックまでの距離が左岸側の方が大きいことからクラックが受動土圧の滑り面を示していることを裏付けるものである。

一方, 縦目地の大きな開口は, 次のように説明できる。兩岸の取り付け道路は橋上でその中心線の延長線が交差しており, そのため橋体に対する地震時の土圧(一方は主動, 他方は受動)(図-5)は橋を両側から締め付ける力と直角方向の合力とを与える。この力と地震動の橋軸直角方向の成分とが橋の水平面内(アーチにとっては面外)に働く曲げモーメントとせん断力とを生じ, アーチ軸方向の拘束が橋軸方向の振動により減退することと競合して, 拱環石の縦目地に大きな開口を生じさせたものとみられる。

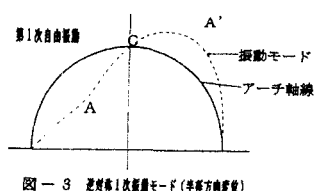


図-3 逆対称1次振動モード(半波方向変位)

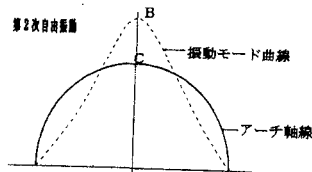


図-4 対称1次振動モード(半波方向変位)

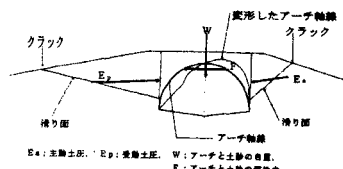


図-5 地震時での大震動に強い力と取り付け道路を含めた橋の挙動

参考文献 1) 山口祐造; 石橋は生きている, 葦書房, 平成4年。2) 理科年表1997年版。3) 岡本舜三; 建設技術者のための振動学, pp. 141~147, オーム社, 昭和59年。