

石造アーチ橋の洪水流への影響と流体力に関する実験的研究(第3報)

長崎大学工学部 ○正員 小西 保則

長崎大学工学部 正員 武政 剛弘

長崎大学工学部 永田 正美

1. 概要

昭和57年7月23日の長崎地方の集中豪雨で中島川が氾濫し、アーチ橋が流失又は損壊した。石造アーチ橋が冠水すると洪水流による流体力によりアーチ石にドラッグ、ダウンプルが起る。このドラッグ、ダウンプルによってアーチにねじり、アーチ面外曲げ、及びせん断力が生じ、目地での回転、滑動、圧縮破壊が起る。今回は従橋の石積アーチ橋模型によって、アーチ石に作用するドラッグ、ダウンプルの合力の測定実験を行った。又同時に水中でのアーチ石間の摩擦係数 μ を測定した。 $\mu = 0.67$ であった。

これらの実験結果の値を用いて、アーチ橋の安定計算を行った。その結果について報告する。

2. 石積アーチ橋模型による実験

従橋実橋の $1/38.5$ 模型を幅40cmの実験水路の中に設け $1/94.14$ の水路勾配で洪水流を再現し実験を行った。荷重測定のための天秤装置を図-1に示す。

又石積アーチの模型図を図-2に示す。②, ③, --- ②と11個のアーチ石に分け、1個のアーチ石を上図に示す。①, ②, ③, ④は揚力測定点, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧は抗力測定点としてアーチ石に作用する流体力の合力の大きさ, 作用点を測定, アーチ橋の流体力による破壊の限界を推定するのに必要な外力としての流体力を測定した。測定回数はほぼ50回であった。流体力中の測定値の内 No. 2-②, No. 7-②, No. 12-④のヒストグラムを図示すると図-3・1, 3・2, 3・3に示す通りである。図中 F_m は測定値の平均値(g), F_{max} は最大値, F_{min} は最小値, σ は標準偏差である。

全体の測定値を見ると、揚力(実際は揚力+静水圧)の標準偏差 $2 \sim 6$ と可成大きい、抗力の分は $0.3 \sim 1.0$ と小さい。測定点①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧点の測定値より洪水流によるアーチ石に作用する流体力の合力を測定した。流体力により図-2に示すアーチ石には、揚力(揚力+静水圧)、抗力、横力の3方向の流体力、及び3つのモーメント(ピッチングモーメント、ローリングモーメント、ヨーイングモーメント)が作用するが、石造アーチ橋の場合、揚力+静水圧 P_v (g)、抗力 P_H (g)、ヨーイングモーメント M_x (g-cm)の影響が大である。之を図-4に示す。但し計算の便宜上、測定値は左右対称であるが、平均化して左右対称として構造計算に用いた。 P_v は支間1/4点附近が大きく、支間中央附近、橋台附近は小さい。抗力 P_H も P_v と似た傾向にある。 M_x は橋台側は可成大きく、⑤点の石附近で最小、支間中央の石でやや大きくなっている。又抗力係数 C_d 、揚力係数 C_e を計算すると図-5に示す通りである。揚力係数・抗力係数共に支間中央附近で

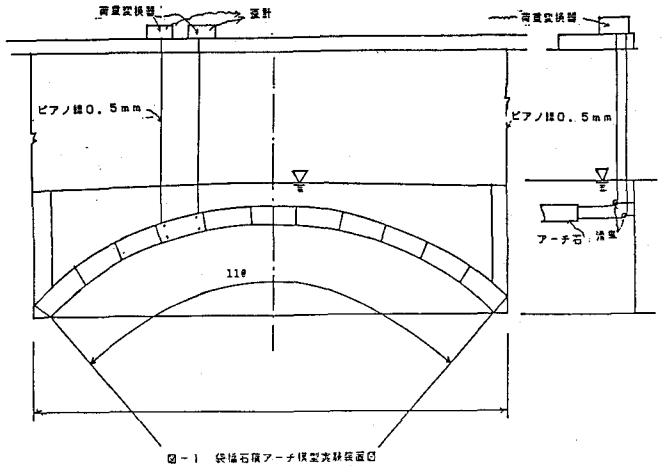


図-1 従橋石積アーチ橋模型実験装置図

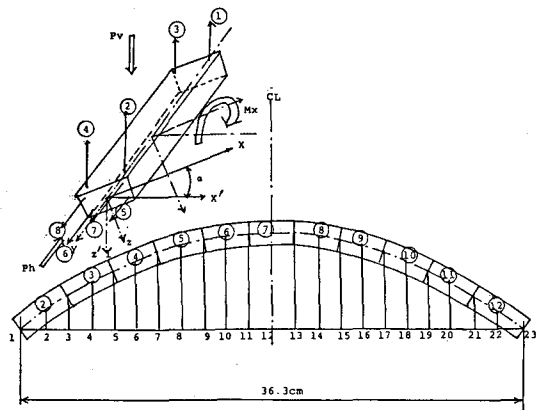


図-2 従橋石積アーチ橋模型図

小さい。

3. 石造アーチ橋の洪水流による安定計算。

本実験的研究で測定した、アーチ石に作用する抗力、揚力+静水圧、モーニングモーメントを用いて図-2に示すアーチ橋を立体骨組構造物として構造解析を行った。アーチ橋としての軸力 F_x 、曲線橋としてのせん断力 F_y 、アーチ橋としてのせん断力 F_z 、曲線橋としてのトルク T 、アーチ橋曲げモーメント M_y 、曲線橋曲げモーメント M_z が生ずる。

安定計算：トルクによるせん断力は

$$\tau = T / J \cdot t$$

----- (1)

但し T ：トルク、 $J = 1/3 b t^3$ とする。このせん断力に対してアーチ推力による摩擦力によって安定を保つ。

又アーチとしてのせん断力 τ_2 、曲線橋としてのせん断力 τ_3 に対しても、アーチ推力による摩擦力($\tau_a = F_x / A \times \mu$ とする。ここに F_x ：アーチ軸力、 A ：摩擦面の曲面積、 μ ：摩擦係数(0.67)によって安定を保つ。流速が大きくなると、 τ_2 、 τ_3 の合成応力が大きくなると、 τ_a より大になつてアーチ石間の目地が回転、又はずれが起つて安定を保ち得ないで破壊する。計算結果を図-6に示す。本実験の結果は安定であった。

結論：

本実験的研究の結果、急橋については洪水流に対して安定を保つことが判明した。又破壊実験として、石積模型を用いて水路勾配1/94.14で洪水流を再現し破壊状況をビデオカメラで撮影した。その結果アーチ橋面、スパンドレル部はただちに流失したが、アーチ石部は破壊しはつた。引きついで眼鏡橋についても実験中である。又阪大工学部室田明教授の御助言をいただいたことに謝辞申し上げる。

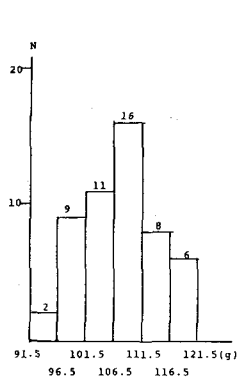


図-3. 1 アーチ石に作用する合力実測値のヒストグラム (No. 2-2)

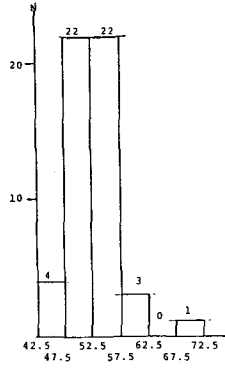


図-3. 2 アーチ石に作用する合力実測値のヒストグラム (No. 7-2)

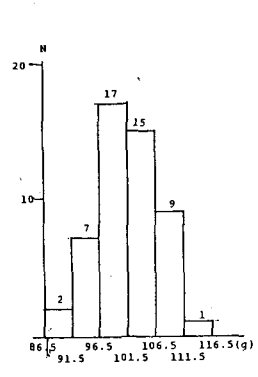


図-3. 3 アーチ石に作用する合力実測値のヒストグラム (No. 12-4)

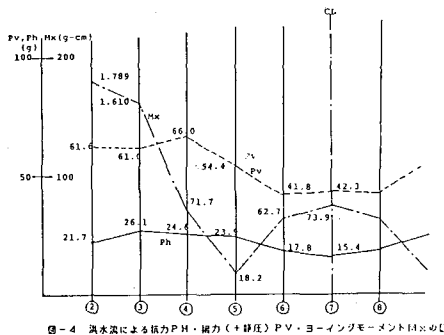


図-4 洪水流による抗力 P ・揚力 F_h ・モーニングモーメント M の図

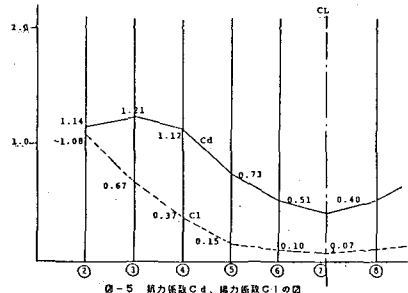


図-5 橋力係数 C_d 、橋力係数 C_l の図

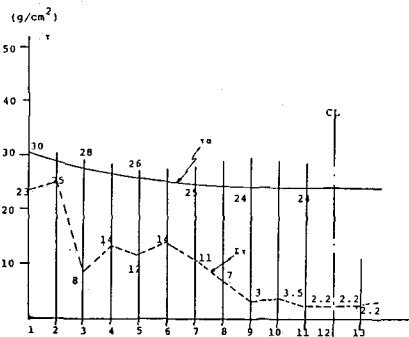


図-6 実験値からの安定計算結果の図