

I-20

石造アーチ橋の洪水流への影響と流体抗力に関する実験的研究

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

石造アーチ橋は紀元前の古くから架けられ、長崎市中島川の眼鏡橋を始め重要文化財の石造アーチ橋が多く架けられている。

昭和7年7月23日の長崎地方の集中豪雨で中島川が氾濫し、これらのアーチ橋が流失又は損壊した。これらの石橋は洪水時冠水すると2/5も河積が狭められダムアップして河川氾濫を助長し、洪水被害を大きくする。そこで石造アーチ橋による洪水流の影響と石橋破壊の原因となる流体抗力を管橋の一体模型を用いて、水路による予備実験を行った。

2. アーチ橋模型寸法

管橋アーチ橋の模型寸法を図-1に示す。縮尺は実橋の1/19.5である。水路全長は図2に示すように15.232mで幅80cmである。水路平均勾配は $i = 1/97.4$ とし、下流端には洪水時に再現する水位の高さを得るため高さ17.45cmのせきを設けた。

3. 実験結果

(1) アーチのない場合の水理量

アーチのない場合の平均流速及び水位の測定値より水理量の計算を行った。その結果を表-1に示す。ここに $U$ :平均流速(cm/sec),  $H$ :水位(cm),  $Q$ :流量( $m^3/sec$ ),  $\alpha$ :エネルギー補正係数である。下流端における越流水深の測定値: $H = 12.07$ cmでせきの位置での水深: $h_b = 12.07 + 17.45 = 29.52$ cmであり、 $Q = 0.1039$  $m^3/sec$ に対する常流水深 $h_0$ , 限界水深 $h_c$ は水路幅80cm, 水路底勾配 $i = 1/97.4 = 0.010267$ , 粗度係数 $n = 0.013$ とすると $h_0 = 0.081$ m,  $h_c = 0.125$ mとなる。 $h_b$ ,  $h_0$ ,  $h_c$ を用いて橋梁より上流側10cm, 橋梁中央, 下流側10cmの位置の水位の計算を行った。 $h_b > h_c > h_0$ であり急勾配せき上げ水位でS-1カーブで

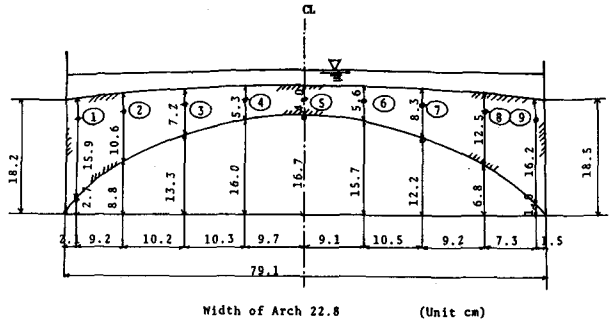


図-1 管橋模型寸法図

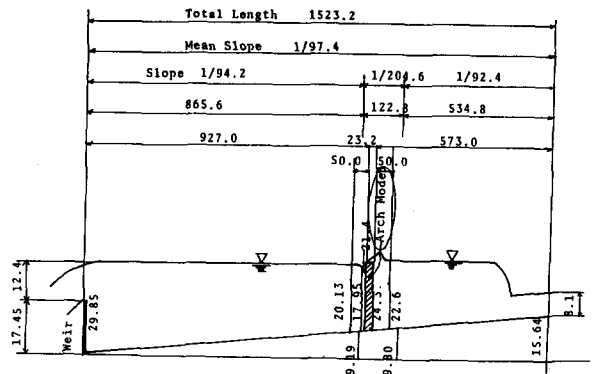


図-2 水路中心線上の水位図(水位全長)

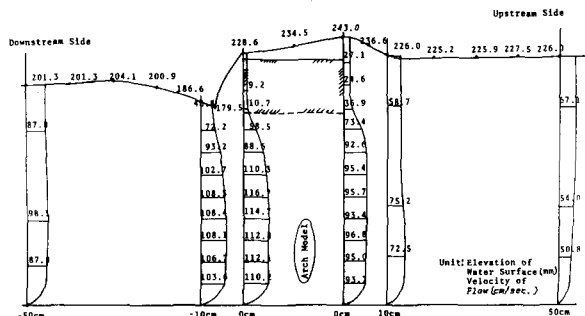


図-3 水路中心線上の水位及び流速分布図

ある。アレシの式により不等流計算を行つた結果を表-2に示す。

## (2) アーチ橋存在時の水位と流速分布

アーチ橋存在時の水路中心線上の水位と流速分布図を図-2、図-3に示す。

## (3) アーチ橋のない場合とアーチ橋存在時の水位比較

アーチ橋のない場合の平均水位の実測値及び計算値とアーチ橋存在時の実測値の比較を表-2に示す。アーチ橋の存在のための水位の上昇率は1.21倍であり、下流側は0.95と低くなり平均流速は早くなつてゐる。

(4) 水路横断面の流速分布、流水によるアーチ橋の動水圧：橋梁より上流側50 cm、上流側0 cm、下流側0 cm、下流側10 cmの水路横断面の流速分布図を図-4～図-7に示す。

図中の○印は実測点である。又流水による動水圧の実測値を表-3に示す。アーチ橋のない場合の実測点(図-1の①～⑨点)付近の平均流速から抗力を計算すると $5.1 \sim 6.7 \text{ g/cm}^2$  となりほぼ実測値に等しい。

## 4. 結論

本実験的研究の結果、石造アーチ橋によるダウンアップ傾向が見られる。模型の寸法により換算した実橋に対する流量は約 $174 \text{ m}^3/\text{sec}$  となり、洪水時の実流量は

表-1 アーチ橋のない場合の水量の値

| 位置       | 下流よりの距離  | U    | H     | Q      | $\alpha$ |
|----------|----------|------|-------|--------|----------|
| 上流側10 cm | 950.2 cm | 71.5 | 18.73 | 0.1072 | 1.17     |
| 橋中央      | 938.6 cm | 66.5 | 19.40 | 0.1032 | 1.12     |
| 下流側10 cm | 917.0 cm | 64.8 | 19.55 | 0.1013 | 1.08     |
| 平均値      |          |      |       | 0.1039 | 1.12     |

表-2 アーチ橋のない場合とアーチ橋存在時の水位比較表

| 位置         | 上流側10 cm | 橋梁中央  | 下流側10 cm |
|------------|----------|-------|----------|
| アーチなし(実測値) | 18.73    | 19.40 | 19.55    |
| アーチなし(計算値) | 18.30    | 18.59 | 18.88    |
| アーチあり(実測値) | 22.60    | 23.45 | 18.66    |
| 水位上昇率(実測値) | 1.21     | 1.21  | 0.95     |

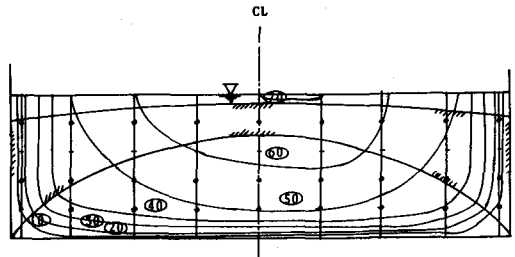


図-4 上流側50 cmの箇所の流速分布図

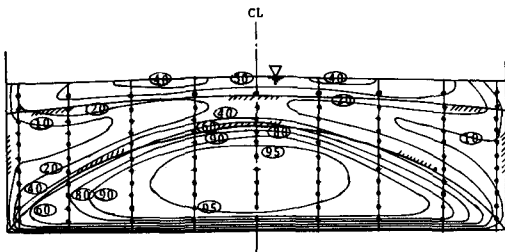


図-5 上流側0 cmの箇所の流速分布図

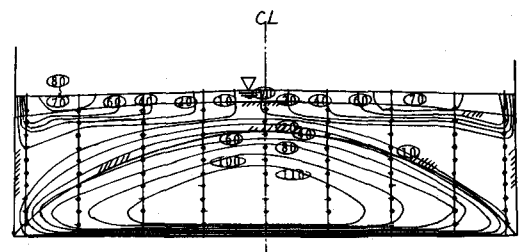


図-6 下流側0 cmの箇所の流速分布図

表-3 動水圧実測値(単位 $\text{g/cm}^2$ )

| 位置 | 上流側 | 下流側  | アーチ下面 |
|----|-----|------|-------|
| 1  | 5.1 | 0.8  | 15.5  |
| 2  | 5.0 |      |       |
| 3  | 4.9 | -3.3 | -1.6  |
| 4  | 5.0 |      |       |
| 5  | 6.5 | -2.4 | -6.2  |
| 6  | 4.2 |      |       |
| 7  | 5.6 | -3.0 | -3.4  |
| 8  | 6.3 |      |       |
| 9  | 5.7 | -3.7 | 14.1  |

$320 \text{ m}^3/\text{sec}$  と推定されているので洪水時の54%の流量に相等する。又実験結果より石造アーチ橋には、アーチクラウンにダウンアルヒドラグにより流体力学的にねじりがかかる。本実験的研究

は予備実験であつて、実際には本実験より流速も早く、洪水時を再現した実験的研究を実施中である。尚本研究には大阪大学工学部室田明教授の御指導と御助言をいただいたことに謝辞申し上げる。

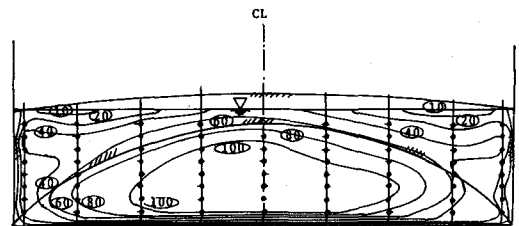


図-7 下流側10 cmの箇所の流速分布図