

豪雨下における石橋の被害に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生員 ○ 宮崎 義 昭
 鹿児島大学工学部 学生員 玉江 章一郎
 鹿児島大学工学部 正 員 河野 健 二

1. まえがき

1993年8月6日の集中豪雨によって鹿児島市内の甲突川にかかる五大石橋も大きな被害を受けた。その中で武之橋と新上橋の2つの橋が崩壊、流出した。本研究は石橋の強度解析を行い、洪水下において予想される流体力を受ける場合の石橋の安定性について検討を加えたものである。

2. 石橋の強度解析および結果

鹿児島市内の石橋は全体に1スパン5～10m程度のアーチ形状を有し、3連続から5連続の連続橋となっている。石橋は上部構造物を含む荷重をアーチ部の軸圧縮のみによって支持される構造であり、構造的には各スパン単独に取り出して解析できる。図-1に解析モデルを示す。解析法としてはマトリックス構造解析法を適用する。この場合アーチ上部に作用する荷重を直接に作用する荷重として扱い、アーチ部を20分割して解析を行う。流体力はアーチ構造物に垂直方向から作用する。流体力は道路橋示方書に従って計算することにした。一般にアーチ部を含む上部構造物が冠水するとき、アーチ部の軸圧縮力によるすべり抵抗力が流体力よりも大きい場合、アーチ構造は安定と考えられる。一方、アーチ部の軸圧縮力によるすべり抵抗力が流体力よりも小さくなると、アーチ部は安定性を失い崩壊する。このような観点からアーチ石橋の強度解析を行った。

図-2は新上橋の断面寸法を有する場合の強度解析結果を示したものである。実線はアーチ上の上載荷重を加えた場合のアーチ部断面の圧縮力による強度を示したものであり、すべり摩擦係数を0.30とした場合に相当する。アーチ部の圧縮力による強度に対して、流体力は流速の2乗に比例したものとなる。正確な流速は分からないため本解析では流速の変化に対して流体力を求め、その結果を点線等で示している。水深がアーチ部基礎から4.0mのとき全体に強度の方が大きく全体にアーチ石橋は安定していることが分かる。一方、図-4は水深が5.5mとなった場合である。水位の上昇によって全体的に流体力が増加している。また、浮力の作用によりアーチ部の軸圧縮力によるすべり抵抗力が減少している。この場合、流速が10.0m/s以上になるとアーチ下方部において流体力が強度よりも大きくなり、安定性を失うことになる。アーチ構造の場合、その一部で強度を失うと全体の崩壊が生じることになる。図-3、-4、-5はそれぞれ石橋の抗力係数を1.0、1.5、2.0としたものである。抗力係数の定め方によって流体力が変化しており、石橋の安定解析を行う上で抗力係数の算定が流速の算定とともに重要な要因であるということがいえる。また、図-6は2連続のアーチを解析したものである。各アーチが図-4と同様の結果を示しており、石橋は各スパン単独に取り出して解析できることがいえる。図-7は西田橋の断面寸法を有する場合の強度解析結果を示したものである。断面寸法が似通っていることもあり、新上橋とほぼ同様の結果となっている。以上の結果はアーチ上部の形状が完全に保たれた場合の結果である。一方アーチ上部の一部が流出あるいは崩壊すると全体に強度が低下する。図-8は左側のアーチの左上部部分が流出した場合の結果を示したものである。この場合、バランスが崩れ強度が減少するため、流速5.0m/s程度と小さな場合においても強度よりも流体力が大きくなり崩壊することが予想される。同様に、図-9は左側のアーチの右上部部分が流出した場合の結果を示したものである。この場合も、バランスが崩れて強度が低下しているということがわかる。

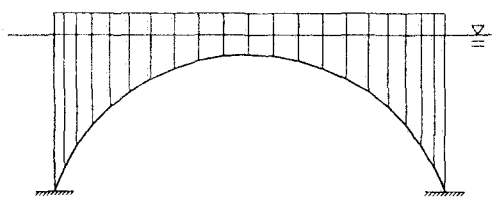


図-1 石橋の解析モデル

3. あとがき

本研究では石橋の強度解析を行い、洪水下における石橋の安定性について検討した。その結果、アーチ上部の形状が完全に保たれる場合には、10m/s程度の流速で流体力がアーチ部の抵抗力を上回るということがわかった。10m/sという流速はかなり大きな値であり、洪水下においてもあまり考えられないものである。そこで、石橋の崩壊に際しては、まず初めにアーチ上部の一部が流出あるいは崩壊し、バランスを崩して一部の強度が失われ、そこから全体の崩壊が生じたものと考えられる。

このようにアーチ石橋の強度は流速の変化や、断面形状の変化等に影響されており、これらの諸量の影響をさらに検討することにより崩壊の過程が明らかになるものと思われる。



図-2

石橋の強度と流体力
(水深4m, 抗力係数1.5)

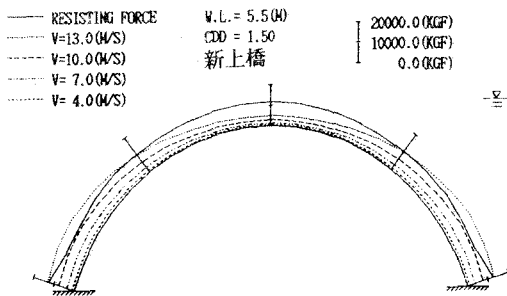


図-4

石橋の強度と流体力
(水深5.5m, 抗力係数1.5)

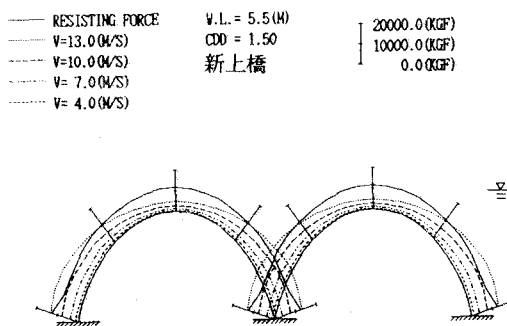


図-6

2連続石橋の強度と流体力
(水深5.5m, 抗力係数1.5)

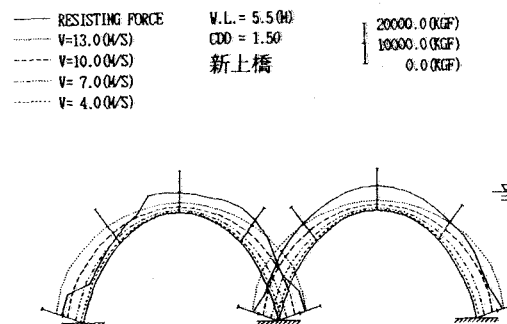


図-8

2連続石橋の一部が流出した場合の
強度と流体力



図-3

石橋の強度と流体力
(水深5.5m, 抗力係数1.0)

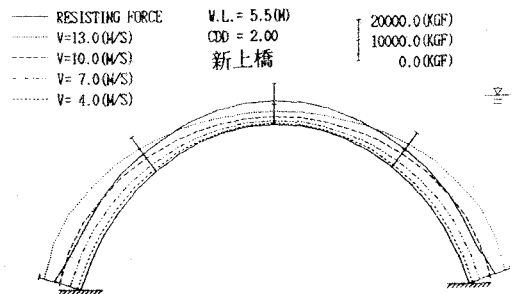


図-5

石橋の強度と流体力
(水深5.5m, 抗力係数2.0)

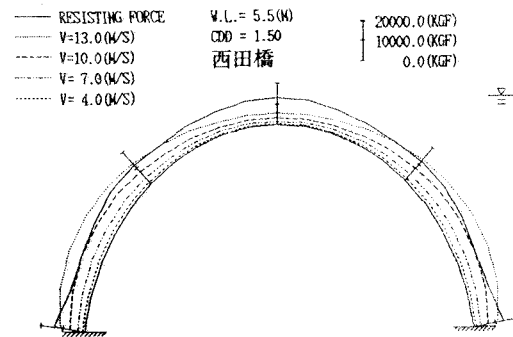


図-7

石橋の強度と流体力
(水深5.5m, 抗力係数1.5)

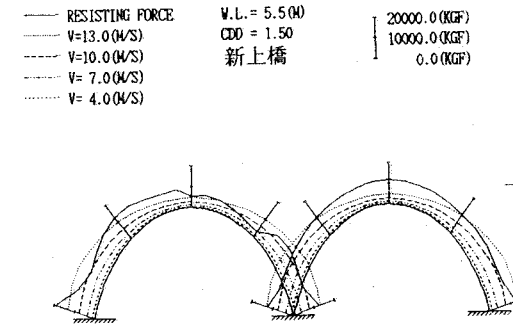


図-9

2連続石橋の一部が流出した場合の
強度と流体力