

橋脚の形状の違いによる水の流れ方について

松山市立余土中学校 第2学年 加地 彩希子
指導教諭 渡部 千春

1 研究の動機

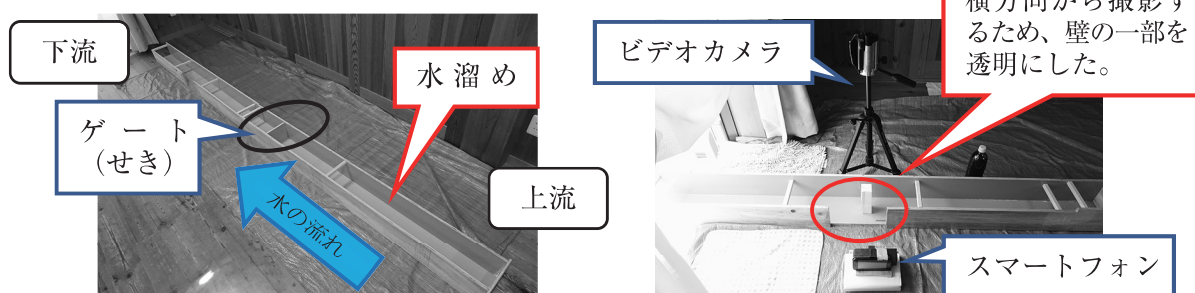
日頃から、外環状線道路工事を間近で見ていることから、去年は橋桁について調べた。その時、橋桁を支える橋脚部分も大事なのではないかと感じた。そこで今年は、川の流れるに耐えることのできる橋脚とはどのような形状なのか、水路と橋脚の模型を作成し、調べることにした。

2 研究の目的

橋脚の形状による水の流れ方の違いについて、勾配や水深等の条件を変えて実験・考察する。

3 実験装置の作成及び実験方法

耐水性の合板を組み合わせて実験装置（水路）を作成する。



実験装置の中央部分に、水を止めるゲート（せき）を設置し、上流側半分に水を溜め、ゲートを上げて水を流す。（一定の水位を保つため）

水の流れを分析するため、上方向と横方向から撮影を行う。

勾配決定の根拠（重信川下流域の勾配を再現）

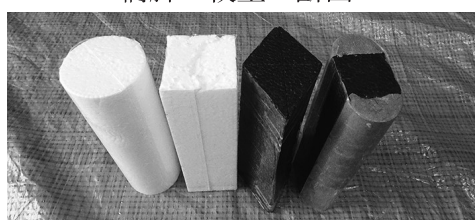
「重信川水系河川整備基本方針 国土交通省」によると、重信川の河床勾配は、下流域で1/240～1/940の急流河川のため、なるべく近い勾配（5/1000と1/1000）で実験を行うことにした。

4 実験の結果及び考察

実験1

【目的】 4種類の形の橋脚を設置して、橋脚周辺の水の流れ方を観察する。
（橋脚の断面の形・・・円形、正方形、ひし形、だ円形）

〈橋脚の模型の断面〉



【条件】 勾配：1/1000 水深：2cm

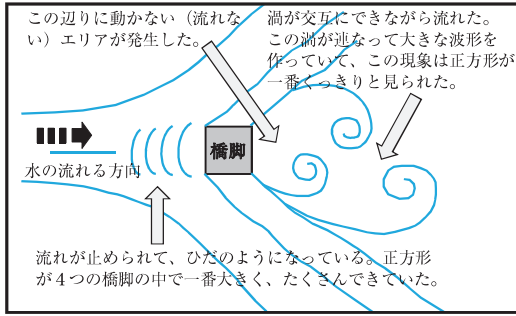
〈橋脚の断面積の計算表〉

橋脚の断面の形	縦 (cm)	横 (cm)	面積 (cm ²)
円形	直径：5cm		19.6
正方形	4.4	4.4	19.6
ひし形	4.9	8	19.6
だ円形	3.3	6.6	19.4

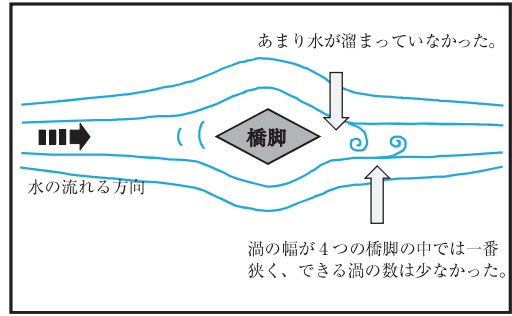
※橋脚の条件をそろえるため、断面積を19.4cm²～19.6cm²とした。

【結果及び考察】

〈正方形：真上からの渦とひだの様子〉

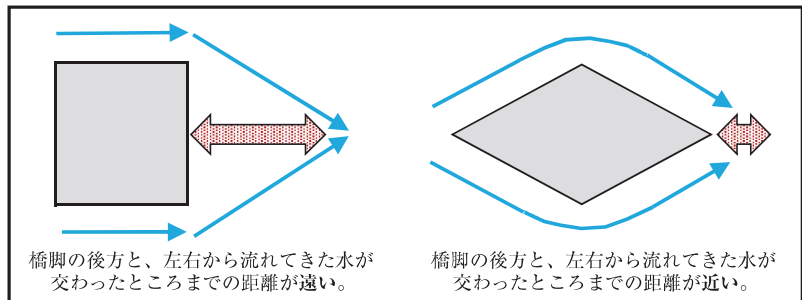


〈ひし形：真上からの渦とひだの様子〉

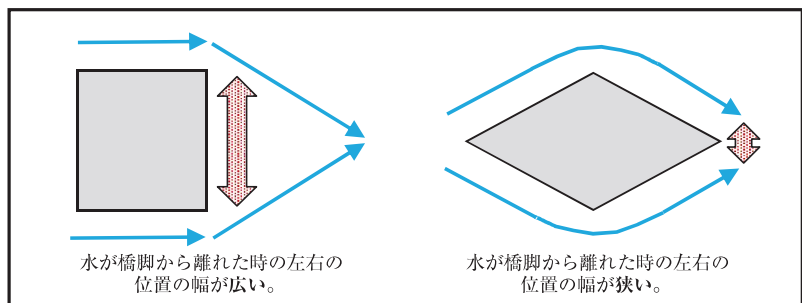


① 橋脚の手前にひだができていた。その大きさは、正方形>円形>だ円形>ひし形の順だった。→橋脚の前面の幅が広い正方形が一番ひだが大きくできており、それだけ水の流れを妨げていることが分かる。一方、ひし形は先端が尖っていることで、水を受け流しやすく、ひだがあまりできなかつたと思われる。

② 橋脚のすぐ裏に、流れが滞っているゾーンがあった。滞りが大きいのは、正方形>円形>だ円形>ひし形の順だった。→正方形が一番滞っていた理由としては、側面から流れてきた水が、橋脚の最後方から一番遠い所で交わるため、橋脚の後ろは対流が起こらず、滞っていたと考えられる。一方ひし形は、橋脚のすぐ後ろで水がぶつかるため、スムーズに流れたと考えられる。



③ 側面を流れてきた水が橋脚の後ろで左右交互に渦を作り、それが連なって波形ができていた。波形の幅が広いのは、正方形>円形>だ円形>ひし形の順だった。→正方形で一番大きな渦ができていた理由としては、橋脚の側面を流れてきた水が橋脚から離れた時の左右の位置の幅が広いからであると考えられる。一方ひし形は、橋脚に沿って流れてきた水が、橋脚から離れた時の左右の位置の幅がせまいため、発生する渦や波形は小さかったと考えられる。



実験 2

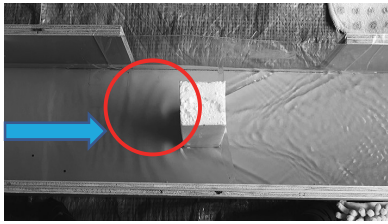
【目的】 勾配を大きくした場合の橋脚周辺の水の流れ方を観測する。

【条件】 勾配：5/1000 水深：2 cm

橋脚の形状：実験1より、一番流れに影響を与えた正方形と、実際の橋脚に使用されているだ円形を採用する。

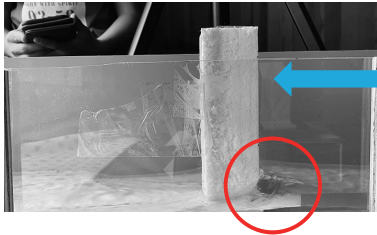
【結果及び考察】

(正方形 (真上)) : 勾配 5 / 1000 の橋脚前面のひだの様子)



- ・ ひだの大きさは、正方形・だ円形ともに勾配 5 / 1000 > 1 / 1000 であった。→勾配が大きいほど、橋脚に当たる水の量は多くなり勢いが増すため、より大きなひだが発生すると考えられる。
- ・ 勾配 5 / 1000 の時、ひだの大きさはだ円形 > 正方形だった。→正方形は、橋脚に当たってはね返った水と直進してきた水がぶつかり合い、ひだが相殺されることにより少なくなったのではないかと考えられる。

(正方形 (真横)) : 勾配 5 / 1000 の橋脚前面の水の盛り上がりの様子)



- ・ 橋脚前面の盛り上がりの高さは、正方形・だ円形ともに勾配 5 / 1000 > 1 / 1000 だった。→勾配が大きいほど水の勢いが増すため、両サイドに流れ出るスピードが間に合わず、橋脚の手前に溜まるからだと考えられる。
- ・ 勾配 5 / 1000 の時、水の盛り上がりの高さは正方形 > だ円形だった。→正方形の方が、水の流れに垂直に当たる幅が広く、水の行き場が少なくなることにより、その場に溜まっていくためと考えられる。

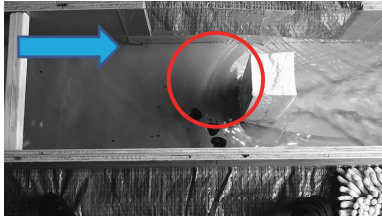
実験 3

【目的】水深を深くした場合の橋脚周辺の水の流れ方を観測する。

【条件】勾配 : 1 / 1000 水深 : 4 cm 橋脚の形状 : 実験 2 と同じ正方形とだ円形

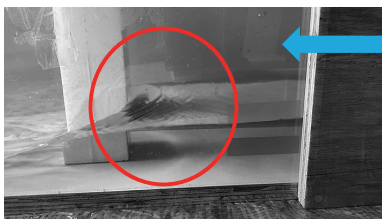
【結果及び考察】

(正方形 (真上)) : 水深 4 cm の橋脚前面のひだの様子)



- ・ ひだの大きさは、正方形・だ円形ともに水深 4 cm > 水深 2 cm だった。→水深が深いほど、橋脚全体に当たる水の量が多いため、より大きなひだが発生すると考えられる。
- ・ 水深 4 cm の時、ひだの大きさは正方形 > だ円形であった。→橋脚前面に水が当たった時、前面幅の広い正方形の方が、よりたくさんひだを打ち返すため、大きいひだが連続して発生したと考えられる。

(正方形 (真横)) : 水深 4 cm の橋脚前面の水の盛り上がりの様子)



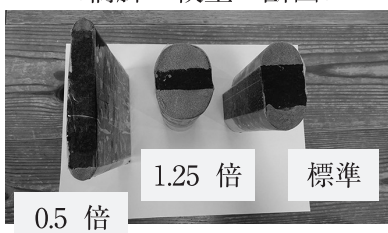
- ・ 橋脚前面の水の盛り上がりの高さは、正方形・だ円形ともに水深 4 cm > 水深 2 cm だった。→深さが深いほど橋脚に当たる水の量が多く、両サイドに流れ出るスピードが間に合わず、橋脚の手前に溜まるからだと考えられる。
- ・ 深さが 4 cm の時、水の盛り上がりの高さは正方形 > だ円形だった。→だ円形は丸みがあるため、水を受けても左右に分かれて流れ出たと考えられる。

実験 4

【目的】だ円形の幅を変えた場合の、橋脚周辺の水の流れ方を観測する。

【条件】勾配 : 1 / 1000 水深 : 2 cm

〈橋脚の模型の断面〉



〈橋脚の断面積の計算表〉

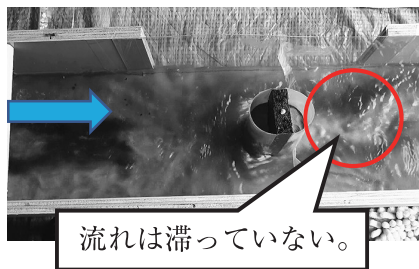
橋脚の断面の形	標準のだ円形の幅に対する倍率	幅 (cm)	奥行き (cm)	面積 (cm ²)
標準のだ円形	1倍	3.3	6.6	19.4
幅の狭いだ円形	0.5倍	1.65	12.13	19.4
幅の広いだ円形	1.25倍	4.13	5.59	19.4

※橋脚の条件をそろえるため、断面積を 19.4cm²とした。

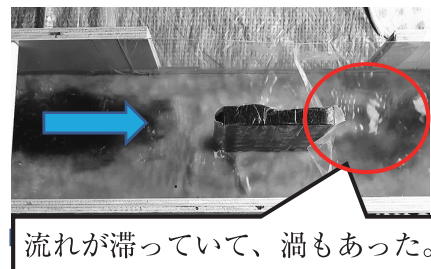
【結果及び考察】

- ひだの大きさは、幅1.25倍>標準幅>幅0.5倍だった。
→幅が広いほど、橋脚手前に当たる水の量が多いからだと考えられる。
- 橋脚前面の水の盛り上がりの高さは、幅1.25倍>標準幅>幅0.5倍だった。

(だ円形幅0.5倍)



(だ円形幅1.25倍)



5 現地調査

実際の橋脚ではどのような流れになっているのか、現地にて観察を行った。

重信川(दैあひ自転車道橋、橋脚：だ円形)・石手川(予讃線、石手川橋梁、橋脚：だ円形)

- 橋脚の側面で、水の浮き沈みが多く、後ろ側では沈み込んでいた。実験では見られなかった現象で、川底の石など、橋脚以外の障害物により、橋脚周辺の流れに影響を及ぼしているのではないかと考えられる。
- 実験ではよく見られた橋脚前面のひだは、実際の川では見られなかった。これは、川の水の勢いが強く、ひだを打ち消したためと考えられる。

6 まとめ

- 橋脚の周辺では、渦が発生したり、流れ同士がぶつかったりして、複雑な流れ方をしていた。大雨が降った時、この水の流れが橋脚に与える影響を軽減するためには、橋脚の形状はとても重要である。
- 勾配が大きい川は、流速が速くなり橋脚への水の当たりが強くなるため、橋脚への影響が大きくなる。また、水深が深い場合、川底からの跳ね返りで流れが複雑になる。
- 橋脚の手前に波ができたり、水の盛り上がりが高くなったりするのは、橋脚が障害物となり、流れを妨げていることが原因であることが分かった。また、橋脚の後ろの流れが滞るゾーンは、実際の川でもゴミが溜まりやすくなる恐れがある。これらの影響が一番小さかったのは、実験1からひし形の橋脚である。しかし、橋脚の上に橋桁をのせたとき、ひし形は重い橋桁をバランスよく支えるのは難しいと思われる。また先端が尖っているひし形は、上流から固い物体が流れたとき、橋脚が崩れたり欠けたりする恐れもある。以上のことから、ひし形の次に影響の少ないだ円形の橋脚は、一般的にもよく使われており、理にかなった形状である。

7 実験を通しての感想

橋はとても奥が深く、川の状態によって、橋脚に及ぼす影響が異なることが分かった。より強固な橋を造るためには、それぞれの川の特長を見極め、耐震・洪水等の災害に強い橋を造ることが重要だと実感した。

8 参考文献

- 重信川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料(案)
平成18年3月14日国土交通省河川局 国交省ホームページ
- 絵とき水理学 監修：栗津清蔵、共著：國澤正和、西田秀行、福山和夫