

1. はじめに

わが国における中小都市河川の多くはたび重なる洪水、氾濫に対処するために三面張り化され今日に至っている。河川のこのような改変は治水面では有効に機能し、洪水災害の軽減に寄与してきているが、一方、環境面や景観面では必ずしも好ましい状況を呈しているとはいえないのが現状と思われる。即ち、河床底面の凹凸を平坦にした結果、河道の縦横断方向の多様な変化がなくなり、生態環境的に見て生物の生息環境を奪うことになった。景観的にはコンクリート張りの単調な風景が出現した結果、市民の川への関心を喪失させることになった。河川の三面張り化が招いたこのような好ましくない側面のうち、本研究では特に流況の改善という観点に焦点を絞って検討を行った。

2. 流況景観の創出のための河川構造物

神戸市内の表六甲河川の下流部はほぼ全てが三面張り化されていると言っても良い。図-1 に新湊川の下流部の写真を示すが、感潮区間を除けば、水深が浅く、流れもゆるやかで水面も鏡面的な状況となっている。最近の河川整備計画の中では遊歩道を設置したり、河床に変化を加えるなどの工夫も加えられるようになってきたが、流況的には平坦な流れ場となっている河道区間が大部分である。そこで本研究ではわずかな工夫で単調な流れ場に変化を与えることのできる河川構造物とその配置に関する検討を進めた。通常の河川構造物は水制や堰に代表されるように治水や利水の目的で構築されるが、ここで考えるものはこれらと異なり、流況景観を創出するためのものである。このような新たな構造物の設置は河川本来の治水・利水機能を損なわない範囲で行う必要がある。即ち、流況景観創出構造物はその設置前後において、例えば水位変化を与えないなどの拘束条件が課されるべきである。そのため本研究では、構造物設置前の等流状態の水位と比べて大きな変化が生じないように工夫した。

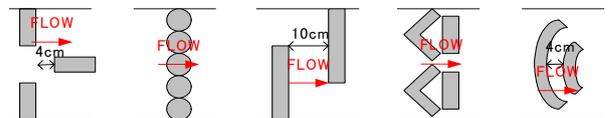


図-1 新湊川下流部

3. 流況景観創出の要素流れ

一樣な流れ場に変化を与えて生じる流れの種類は非常に多様であるが、ここでは以下の4つの要素で整理することにした。即ち、

(1) 衝撃波：流れ幅を局部的に狭くすることで射流を発生させ、その流れを直下流に配置した構造物に衝突させる。



(2) 渦：流れ場に単一あるいは複数の物体を配置し、その背後にカルマン渦などを発生させる。

(3) 循環流：流れ場に垂直方向に水制的な構造物を配置し、流向を大きく変化させるとともに、その背後に大規模な循環流を発生させる。

(4) 越流落水：流れ場に低い堰を置き、越流後の流れをその直下流に配置した構造物に衝突させる。

これらの要素流れを具体化した模型水路上での配置を図-2 に示す。模型水路は幅 30cm、勾配 1/500 としたスタイロフォーム製の自作水路で、各構造物も発砲スチロールを切り出して作った。各構造物はピンで河床面に簡単に止めることができるため、様々な要素流れを調べることができる。厚さは初期水深とほぼ等しい 2cm とした。

今回創出した要素流れのうち、興味深い流れ場が発生した衝撃波と越流落水のケースを図-3 に示す。図-3(a)の衝撃波のケースでは両側から水制を張り出させ、流れを中央に集中させたものを、流れ方向に中央に配置した突堤に衝突させている。流れは局所流で射流となるために突堤部では弱い跳水が発生するとともに、突堤に乗り上げた流れが両サイドに落ちる際に波状の水面形が現れる。図-3(b)の越流落水のケースでは L 字型にした構造物に接近流集中させる効果があり、その流れを直下流の突堤に衝突させることで、局所的に上昇流が発生する。

以上の 2 例では、流れに横断的に構造物を配置するために若干の水位のせきあげが生じるがその高さは初期の浅い水深と同程度であり、洪水時に大きな抵抗要因になることはないと考えられる。

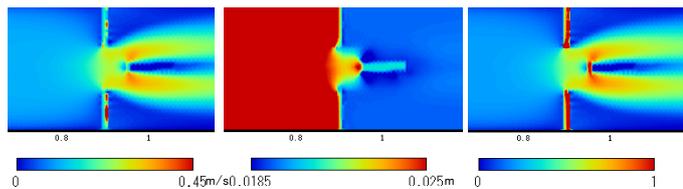


図-3 (a)衝撃波 (b)越流落水

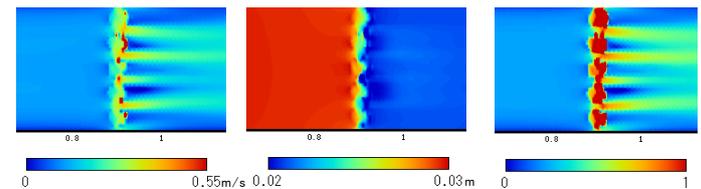
4. 二次元シミュレーション

以上のような要素流れを数値シミュレーションでも確認するために非構造格子に基づく 2 次元浅水流モデルによる解析を行った。計算領域は 30cm×180cm であり、三角メッシュサイズを 1cm として、12564 個の要素を用いた解析を行った。構造物の高さは該当する部分のメッシュの高さを局所的に増すことで表現した。図-4 に流量 $960 \text{ cm}^3 / \text{s}$ としたケース（等流水深約 2.0cm）における結果を示す。それぞれ絶対流速、水位、およびフルード数の分布を示している。

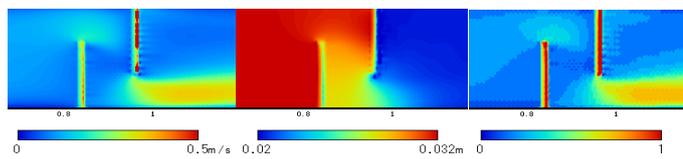
衝撃波（左から流速・水位・Fr 数コンター）



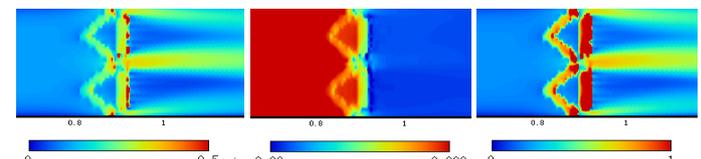
渦（左から流速・水位・Fr 数コンター）



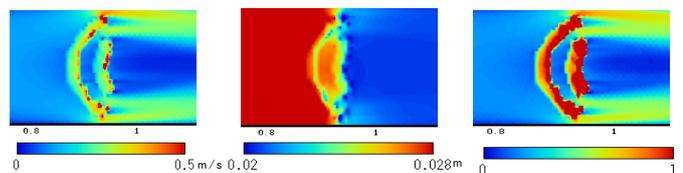
循環流（左から流速・水位・Fr 数コンター）



越流落水-1（左から流速・水位・Fr 数コンター）



越流落水-2（左から流速・水位・Fr 数コンター）



これらより配置した各々の構造物により流れ場が複雑に変化していることがわかる。これらの中からどの要素の流れが流況景観創出の点で効果的なのかを判断することは容易ではないが、例えば衝撃波のケースでは、河川中央に流速や水位変化の大きな流れが発生し、下流川への影響範囲も比較的広いため、流況景観として興味深い流れではないかと考える。

図-4 各要素流れの絶対流速・水位・Fr 数分布図

5. おわりに

本研究では三面張り河川の流れに多様性を与え、それを流況景観の創出ととらえる試みを行った。今回、提案したのは 4 つの要素流れであるが、著者らの主観を交えた観察では、流れ場全体を大きく変化させるよりも局所的に集中させた流れを何らかの構造物に衝突させる組み合わせの方がより興味深い流れを発生することができたように思えた。ただ、今回の組み合わせはケースも少なく、限られた水理条件のもとでのみ行っているため、一般的な議論はまだできていない。今後は更にユニークな組み合わせや様々な水理条件下での検討を進めていく予定である。