

鋼矢板護岸を用いた小規模都市河川の壁面粗度係数に関する模型実験

神戸大学 学生会員 ○中平 隆
 神戸大学 正会員 齋藤 雅彦
 神戸大学 正会員 市成 準一

1. 目的

近年においても、都市部の中小河川の氾濫が毎年のように各地で頻発しており、浸水被害防止のため、早急な改修が必要とされる河川も少なくない。都市河川・水路の特徴として、一般に川幅が狭く、改修用地の確保も困難であることから水路の拡幅は容易ではなく、多くの護岸は直立型である。直立型護岸としては、コンクリート壁あるいは鋼矢板護岸が考えられるが、鋼矢板護岸は凹凸が大きく、これを狭小な水路に用いた場合の水理特性については不明な点が多い。

本実験では、小規模な都市河川・水路の護岸として鋼矢板を用いた場合に設定すべき水理定数（ここでは粗度係数）を模型実験により同定するとともに、設計条件（水路幅および水深）との関係について整理することを目的とする。

2. 模型水路の仕様と実験ケース

模型水路の諸元を表-1に、また図-1に平面図を示す。実験ケースは、矢板の形式、水路幅、および水深（流量）を変化させて、表-2に示すCase0からCase5-bまでの12ケースとした。

測定は、図-1に示す×印の断面において、水深および流速をそれぞれポイントゲージと電磁流速計によって測定した。流量は、最下流部（平滑部）の測定断面における水深と流速から求めた。

表-1 水路の仕様

全 長	7.2m
水 深	200mm (Max)
水路勾配	1/500
材 質	アクリライト製
矢板模型	10H 型, 25H 型, IIw 型
縮 尺	1/15

3. 粗度係数の推定方法

実験によって得られた流量を用いて定常不等流計算を行う。このとき、非線形最小2乗法を用いて測定された水面形を再現する粗度係数を同定する。長方形断面の場合、水路の粗度係数 n と底面の粗度係数 n_1 および壁面の粗度係数 n_2 の関係は、Horton および Einstein の式¹⁾を用いて以下のように求められる。

$$n = \left(\frac{\sum_{i=1}^N S_i n_i^{1.5}}{S} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{B n_1^{1.5} + 2 h n_2^{1.5}}{B + 2 h} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

ここに、 S_i は n_i の粗度を持つ潤辺、 S は全潤辺、 n は水路の粗度係数、 B は水路幅、 h は水深である。

縮尺比を λ_L として、フルードの相似則を適用すると、実物における粗度係数は、以下ようになる。

$$n_p = n_m \lambda_L^{-1/6} \quad (2)$$

ここに、添字 m および p はそれぞれ模型および実物をあらわす。

キーワード 都市河川、鋼矢板、護岸、粗度係数、模型実験

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学都市安全研究センター TEL 0783-803-6435

表-2 実験ケース(内は実寸換算値)

Case	凹凸高さ d (mm)	水路幅 B (mm)	計画水深 h (mm)
0	—	200 (3.00m)	100 (1.5m)
1-a	15.3 (0.23m)	200 (3.00m)	133 (2.0m)
1-b	15.3 (0.23m)	200 (3.00m)	67 (1.0m)
2-a	15.3 (0.23m)	330 (4.95m)	133 (2.0m)
2-b	15.3 (0.23m)	330 (4.95m)	67 (1.0m)
3-a	15.3 (0.23m)	70 (1.05m)	133 (2.0m)
3-b	15.3 (0.23m)	70 (1.05m)	67 (1.0m)
4-a	20 (0.30m)	200 (3.00m)	133 (2.0m)
4-b	20 (0.30m)	200 (3.00m)	160 (2.4m)
4-c	20 (0.30m)	200 (3.00m)	67 (1.0m)
5-a	17.3 (0.26m)	200 (3.00m)	133 (2.0m)
5-b	17.3 (0.26m)	200 (3.00m)	67 (1.0m)

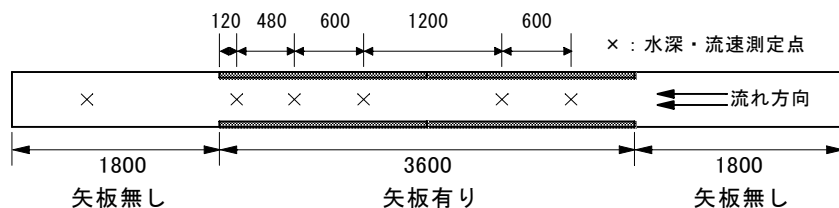


図-1 水路の平面図

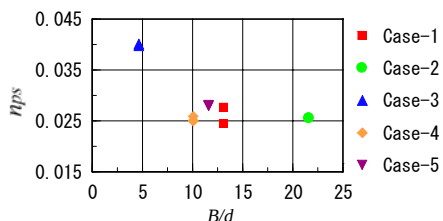
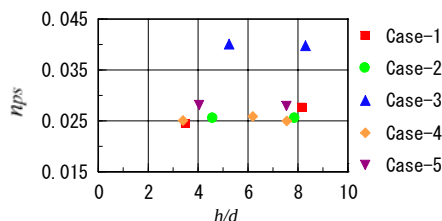
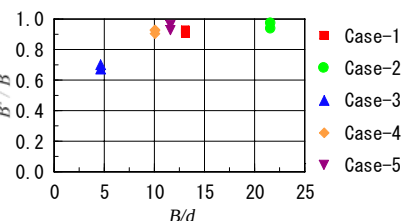
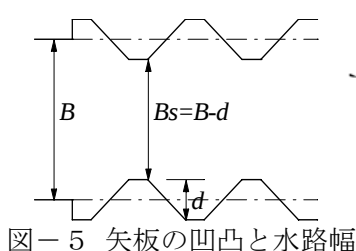
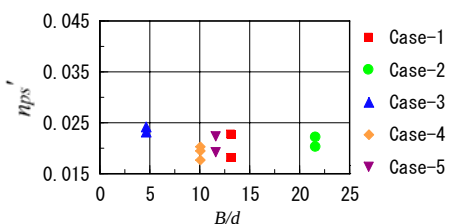
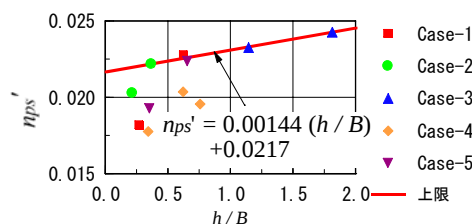
図-2 B/d と n_{ps} の関係図-3 h/d と n_{ps} の関係図-4 h/d と B'/B の関係

図-5 矢板の凹凸と水路幅

図-6 B/d と n_{ps}' の関係図-7 h/B と n_{ps}' の関係

4. 実験結果と考察

(1) 水路幅・水深と粗度係数の関係

図-2は、矢板の凹凸高さ d に対する水路幅 B の比 ($=B/d$) と矢板護岸の粗度係数 (n_{ps}) の関係、また、図-3は、凹凸高さに対する水深 h の比 ($=h/d$) と n_{ps} の関係である。ここで、水深 h は、矢板壁下流端から1.2mの水深測定値としている。図-2より、 B/d が10以上の場合は、水路幅に関わらず n_{ps} は0.025~0.028の狭い範囲に分布しているのに対して、超狭水路のCase-3では約0.04と極端に大きくなっている。また、図-3より、すべてのケースで水深とは無関係にほぼ一定の値が得られている。

このように、 B/d が小さくなると粗度係数が大きく評価される要因として、矢板の凸部が見かけの流水断面の減少をもたらしていることが考えられる。図-4は、平滑護岸部分の水深と平均流速の測定値から求めた流量 Q と、矢板壁部分の水深 h と平均流速 v から矢板壁部分の見かけの水路幅 B' を求め、 B/d と平均水路幅 B に対する B' の比率 ($=B'/B$) の関係を示している。これより、すべてのケースにおいて B'/B は1.0を下回っているが、特にCase3では0.7程度となっており、見かけの水路幅が大幅に減少していることがわかる。

(2) 矢板の凹凸を考慮した場合の粗度係数

図-6は、水路幅として、図-5に示す最も水路幅が小さくなる部分 B_s を用いて矢板護岸の粗度係数 (n_{ps}') を同定し、図-2と同様に、矢板の凹凸高さ d に対する水路幅 B の比 ($=B/d$) と n_{ps}' の関係を示したものである。各ケースとも n_{ps}' は図-2より小さく評価されているが、特にCase3の低下が大きい。図-7は、 h/B と n_{ps}' の関係である。これより、 h/B が大きくなるほど n_{ps}' も大きく評価される傾向があることがわかる。ここで、過小評価を避けるために上限値として $n_{ps}' > 0.022$ の部分を用いて回帰直線を求めると、図-7の直線のような関係が得られた。

謝辞： 本実験を遂行するにあたり、鋼管杭協会（鋼矢板技術委員会）から多くの御支援を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1) Ven Te Chow (石原藤次郎訳)：Open-Channel Hydraulics（開水路の水理学），丸善，p. 124