第 部門 捨石堰を越流する開水路流と堰内との水交換特性

神戸大学工学部	正会員	道奥	康治
近畿大学理工学部	正会員	竹原	幸生
近畿大学理工学部	正会員	江藤	剛治
(株)日水コン	正会員	南條	雅志
東京消防庁	非会員	高橋	亮介

1. はじめに

河川構造物には従来の不透過型に代わり透過型のものが採用されることが多くなってきている.著者<sup>1)</sup>ら は自然石を用いた捨石堰の環境水理機能を実験的に検証してきた.捨石堰には,捨石内の通水・曝気にとも なう水質浄化,水生生物の生息空間の提供など様々な環境機能を期待できる.本研究では捨石堰を越流する 場合の水理機能を検証するために水制内部の流れや乱れを計測し,それらの特性を検討した.多孔体内部の 固液混相流を計測するために,低屈折率シリコンゴムとヨウ化ナトリウム水溶液の屈折率を整合した技術<sup>2)</sup> を用いて,水制モデル内を可視化し PIV によって流れや乱れの構造を解析した.

2. 実験方法

図-1 に示す透明アクリル製の開水路(長さ 40cm×幅 5cm×高さ 6cm,水路勾配 0)に,図-2 のような径 1cm と 0.73cm のシリコン ゴム透明球体を組み合わせた捨石堰モデル(長さ 5cm×幅 5cm× 高さ 3cm,間隙率 0.39)を設置し,流速を可視計測した.堰モデル 内を可視化するために,作業流体としてはシリコンゴムと屈折率 を合わせたヨウ化ナトリウム水溶液を用いた.流れのトレーサー

粒子にはポリ塩化ビニル粒子を用いた.水平に設置した YAG レーザーと 45° 傾斜した反射鏡を用いてレーザー・ライト・シートを作成し,流れの鉛直断面 を可視化する.鉛直二次元の流れの画像情報は CCD カメラに記録される.流 れが安定した時点で撮影を開始し,水平位置の異なる三つの鉛直断面(y=0.010m, 0.020m,0.025m,図-2 参照)を計測した(流量 *Q*=3.1 × 10<sup>-4</sup> cm<sup>3</sup>/s,上流端水深 *h*o=0.045m).







図-2 堰モデル平面図

3.実験結果及び考察

本文では,紙面の都合上 y=0.020mの断面における解析結果のみ示す.図-3 に平均流速ベクトルを示す. 堰上流端付近における堰内部と開水路の境界に着目すると,堰内部から開水路に向かう連行流が卓越してい

る(図-3 中の A).一方,堰下流端付近における堰内部と開水路の境界に 直目すると,上流側とは反対に開水路から堰内部へ向かう連行流が卓越 する(図-3 中の B).「開水路 - 多孔体」間における質量交換の状況を確認 するために,堰境界に沿った平均流速の分布を図-4 に示す.流速の鉛直 成分 w の分布は,図-3 における連行流速ベクトルと対応しており,上流 側において鉛直上向き,下流側において鉛直下向きになっていることが 確認できる(図-4 中の C,D).流速の流下方向成分 u の分布を見ると,多孔 体への流入部においては,間隙の違いによる振幅の違いは見られるものの, ともに横断方向に球体の間隔に相当する 1cm の波長の周期的分布が認めら

with a state of the state of

キーワード:透過構造物 多孔体 可視計測 固液混相流 PIV 連絡先:〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 Phone:(078)803-6056,FAX:(078)803-6069



図-4 多孔体境界における流速分布



 $-\overline{u'w'}(m^2/s^2)$ 

れる、多孔体からの流出部に着目すると、間隙の大きい断面(y=0.010m, 0.020m)では,河床に近づくほど流速のx方向成分が大きくなってい る.また間隙の違いによらず,河床付近において流速のx方向成分 が負となる傾向が見られる(図-4 中の E).

このような多孔体と開水路境界における質量・運動量交換が乱れ に及ぼす影響をみるために,乱れ強度の流下方向成分 $\sqrt{n'^2}$ ,乱れ強 度の鉛直方向成分 $\sqrt{w'^2}$ , レイノルズ応力 –  $\overline{u'w'}$ の分布を図-5, 図-6, 図 -7 に示す.間隙の大きい断面 (y=0.010m, 0.020m)においては, 堰境 界上流側で流下方向成分 $\sqrt{u'^2}$ が増加し(図-5中のF),下流側法肩部で 鉛直方向成分  $\sqrt{w'^2}$  が卓越している(図-6中のG). これは,「開水路-多 孔体」境界における質量・運動量交換の際に上流側では流下方向に乱 れを多く発生させ,下流側では流下方向よりも鉛直方向に乱れを多く発 生させていることを反映している、このような鉛直方向への質量交換が乱 れの特性に及ぼす影響は、レイノルズ応力 –  $\overline{u'w'}$ の構造においてもさら に顕著に示されている、「開水路 - 多孔体」境界における質量・運動量 ·交換が乱れに及ぼす影響を検討するために,レイノルズ応力-u'w'の縦 断分布を図-8 に示す, 堰境界部(z=0.030m)の上流側で – u'w' が負となり 開水路流を加速するのに対し,下流側では-u'w'が正となり開水路流に 対し抵抗として働いていることがわかる.また,間隙の違いによらず下流 側法肩部においてレイノルズ応力 - u'w' が大きく増加する(図-8 中の H). これは、羽根田<sup>3)</sup>らの理論解析に基づく内部せん断力の解:Fiの傾向とも 一致している(図-9中のI).

## 参考文献

1) 道奥康治・前野詩朗・古澤孝明・羽根田正則: 捨石堰の「水位 流量」 特性を規定する水理量,水工学論文集,第46巻,2002

2)江藤剛治・竹原幸生・横山雄一・井田康夫:水流の可視化に必要な関 連技術の開発 - 比重整合・屈折率整合・多波長計測 - , 土木学会論文 集, 533/II-34号, pp.87-106, 1996.

3) 道奥康治・前野詩朗・羽根田正則・古澤孝明:捨石堰を越流・透過する流れの構造と流量解析,土木学会 論文集, 740/II-64 号, pp.131-142, 2003.

30 2010 n -10 -20 -30 10.2

図-7 レイノルズ応力 – u'w'



図-8 レイノルズ応力の縦断分布

