

日本大学工学部 学生員 針ヶ谷 彰浩
日本大学工学部 正 員 木村 喜代治
日本大学工学部 正 員 長林 久夫

1. はじめに せきが完全に堆砂し流量と流砂量が一定の動的安定状態にある場合、せき直上流部には深掘れが生じそれより上流ではほぼ砂の安息角程度の急勾配で法肩まで達し、更に等流状態に応じた勾配で上流に達することが知られている。^② この深掘れはせき直前の時間的に強度の変化する不規則な砂の巻き上げにより生じたものであり、斜面形状はほぼ一定の形状を示している。本実験は砂の巻き上げと深掘れ深さの関係について検討を行なうものであり、今回は貯水池内の主流の流速、乱流強度、レイノルズ応力の計測を行なう。実験装置は、水路幅20cmの長方形開水路の下流端に幅10cmの切欠きを有する模型を設置し(図-1参照)、堆砂面形状が安定した後にセメントミル及び樹脂コーティング剤によって固定床としたものを用いた。流速はプロウ流速計を、また乱流強度はホットフィルム流速計によって測定した。座標はせき模型を原点として上流に向かってX軸、せきの切欠きの先端を原点として上に向かうY軸、水路側壁より中央に向かってZ軸とし、それぞれの方向の平均流速を U, V, W 、変動成分($r.m.s.$)をそれぞれ u', v', w' とした。

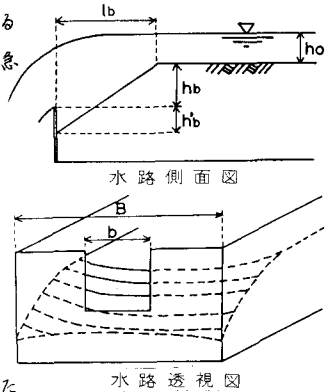


図-1 実験水路概略図

2. 実験結果及び考察 図-2は貯水池内の主流の平均流速の分布を示したものである。水路中央のせき付近($Z=5.0\text{cm}, X=3.4\text{cm}$)ではせきから放出される直前の加速域で流速の速い所が深い位置まで達しており、せき袖部のせき付近($Z=5.5\text{cm}, X=3.4\text{cm}$)ではせきに衝突したために最大流速が遅くなっていることがわかる。その他の測線は水路中央、せき袖部共に水面付近で45cm/s程度の最大流速を示し、水深が深くなると共に流速が遅くなっている。この流速分布と2次元自由噴流の流速の比較検討を行なうのが図-3である。横軸は最大流速位置からY軸方向の距離 y を流速が半分になるまでの距離で除して無次元化したものであり、縦軸は流速 U を各測線の最大流速 U_m で除して無次元化したものである。図中の実線は2次元自由噴流の理論曲線(Tollmienの解)^③を示したものであり、点線は噴流出口での分布を示したものであり、破線はForthmannの実験結果(flow development region, 図-6の領域Z)を示したものである。ここで $y/b=0$ から1まで、つまり流速が最大流速の半分の範囲を領域A、 y/b が1以上の領域を領域Bとする。 $Z=5.0\text{cm}$

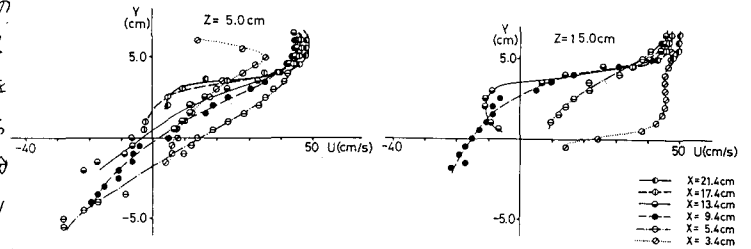


図-2 流速分布図

(水路中央)
の上流側($X=21.4\text{cm} \sim 9.4\text{cm}$)の領域での流速は、破壊付近又はそれより高速の流れを持つ分布を示し

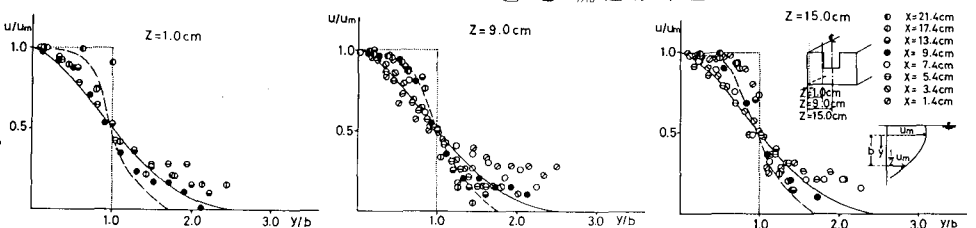


図-3 流速分布の2次元自由噴流との比較検討

ている。斜面中腹($X=7.4\text{cm}\sim 3.4\text{cm}$)の領域Aでは噴流の理論曲線にのっており(図-6の領域3)、一方領域Bでこの地点の分布は理論曲線から U/U_m が大きな値にずれてきており、底面付近に図-4(a)に示す様な乱流強度の大きな領域が存在している。(図-6の領域5) またせきのごく近い所($X=1.4\text{cm}$)では再び領域Aで速い流速分布を示しており、せき放出部直前の加速域であることを示している。 $Z=9.0\text{cm}$ (せき穴切り付近)及び $Z=1.0\text{cm}$ (側壁近傍の領域)においても同様に、領域Aで流速が速い分布を示すもの、理論曲線に沿って分布するもの、領域Bにおいて理論曲線から外れてゆくもの3種が見られ、せきの直前部での加速域は見られない。図-4は貯水池内の乱流強度の分布を示したものである。鉛直方向の分布(図-4a)においては、斜面上流側($X=7.0\text{cm}\sim 15.0\text{cm}$)については水面付近に強い乱流強度及びレイノルズ応力(図-5)を示しており、噴流の効果を示していると考えられる。また、 $X=7.0\text{cm}$ よりせき側では底面付近に強い乱流強度及びレイノルズ応力(図-5)を示しており、底面近くの乱れた領域であると考えられる。水路横断方向及び流下方向の分布(図-4b及び図-4c)をみると、斜面中央 $Z=7.0\text{cm}$ の水面付近では水路中央付近及び側壁近くで乱流強度の大きい部分がみられ、底面に向かい乱流強度のピークは側壁付近より中央へ移動し大ききも増大している。図-7の平面図に示す様に、せき袖部より中央に向かい砂を輸送する流れが存在し、中央に向かい次第に深い位置となり強度が増加している。また、水路中央では両側からの流れがぶつかって生じた時間的に場所大きく強度の変化する三次元性の強い渦が存在することが考えられる。せき直下の $X=3.4\text{cm}$ については、 $Y=-2.0\text{cm}$ で $Z=10\sim 15\text{cm}$ 及び $Y=4\text{cm}$ で $Z=2\text{cm}$ 付近に乱流強度の大きな部分がみられる。水路中央ではせき直前に砂の巻き上げる流れがあり、水路隅角部には水面付近

に乱水域による渦が生じている。図-6は貯水池内の区分を流速分布を考慮して行ったものである。領域1は等流部領域2及び3は噴流の特長を示す区域であり、領域4はせき放出部直前の加速域を示している。領域5は底面付近の乱れた領域が存在し、砂の輸送やせきからの放出を行なっているところである。

参考文献
①木村、ダム調節作用に関する実験
土木学会年報(昭和41年、42年)
②木村、津津ダムの堆砂に関する実験
土木学会年報(昭和43年、44年、45年)
③N.Rojaratnam、原野村、噴流、第2次自由噴流(臺北出版、1987年)

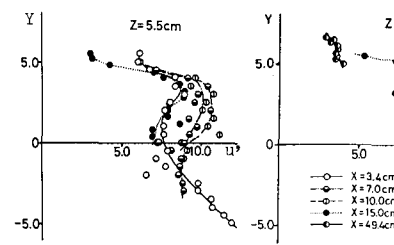


図-4(a) 乱流強度の分布 (鉛直方向)

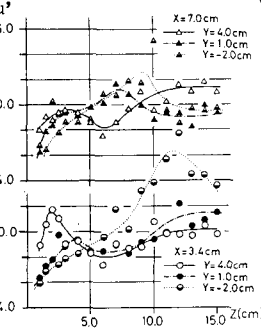


図-4(b) 乱流強度の分布 (水路横断方向)

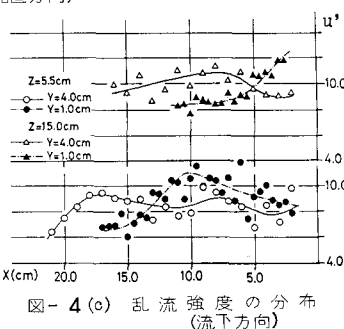


図-4(c) 乱流強度の分布 (流下方向)

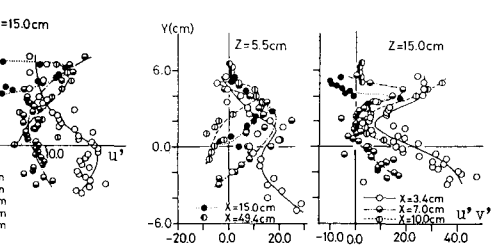


図-5 レイノルズ応力の分布

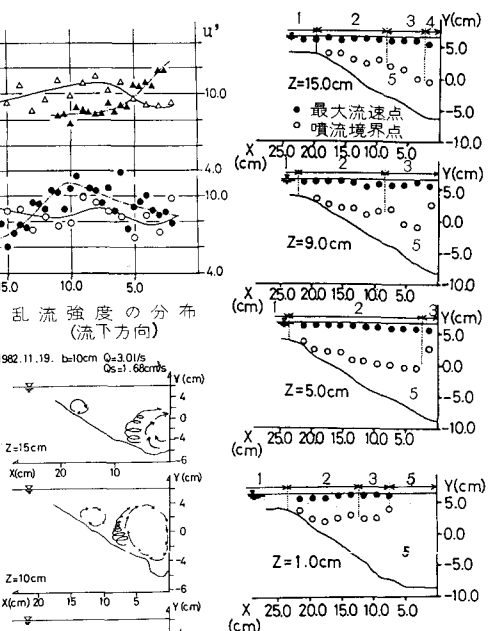


図-6 貯水池内の領域区分図

1. 等流部
2. flow development region
3. fully developed flow region
4. セキ近傍領域
5. 乱れの生成領域

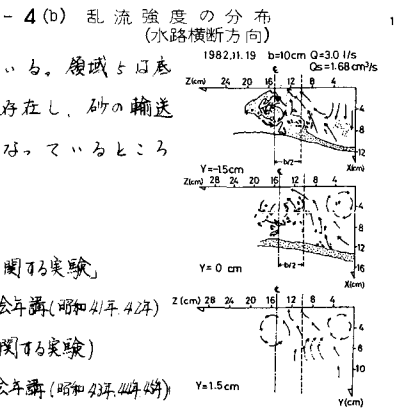


図-7 渦の分布状況