

II-54

側壁粗度急変部の流れ特性

明石工業高等専門学校 正員 神田 佳一

1. はじめに

堤防護岸の開始点や新旧護岸の接続点の周辺部の流れは、側壁粗度が急変する粗度急変流として定義される。その内部機構とそれが土砂流送に与える影響を説明するために、本研究では護岸の安全な設計と施工を図る基礎研究として、勾配1割の法面が滑面からイボ型護岸模型の粗面に变化する台形断面水路において流速の3次元分布を詳細に計測し、側壁法面粗度急変場における流速及び乱れの変化特性を明らかにして、粗度変化の影響範囲について考察する。

表-1 実験条件

	i	Q(l/s)	Hc(cm)	H ₀ (cm)	H ₀ /B ₀	U _* (cm/s)
Run.1	1/400	5.0	3.78	5.30	0.23	2.84
Run.2	1/400	13.1	7.83	9.30	0.42	3.50

i: 河床勾配, B₀: 水路底面幅, H_c: 限界水深, Q: 流量
H₀: 下流粗面上の等流水深, U_{*}: 同区間の摩擦速度

2. 実験の概要

実験水路は、幅40cm、高さ30cm、長さ11mの片面ガラス張り鋼製長方形断面水路の水路中心線を法先として左岸側に勾配1割の斜面を設置した台形断面水路である。左岸側斜面の水路中央区間4mは、図-1に示すイボ型護岸模型を敷設した粗面であり、その上・下流部はペイント仕上げの鋼板を用いた滑面であって、その表面高さはイボ要素の基面(図-1のA-A)に一致させた。法面粗度設置区間及び全面滑面区間のManningの粗度係数は、それぞれ $n_R=0.012$ 及び $n_S=0.01$ である。実験条件は、表-1に示す2ケースであって、いずれも流れは常流であり、法面粗度変化点周辺部の水深の変化は小さく、粗法面区間ではほぼ全区間で等流状態が得られた。このうち、滑面から粗面に变化する側壁法面粗度急変部における流速の流下方向変化を図-2に示した座標系に沿ってプロペラ流速計を用いて詳細に測定した。

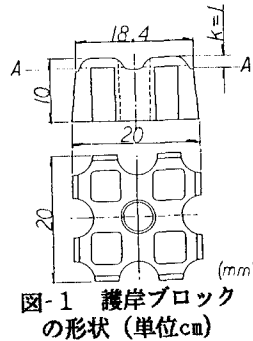


図-1 護岸ブロックの形状 (単位cm)

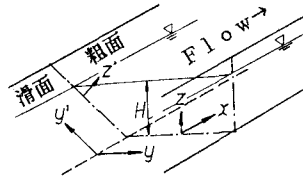
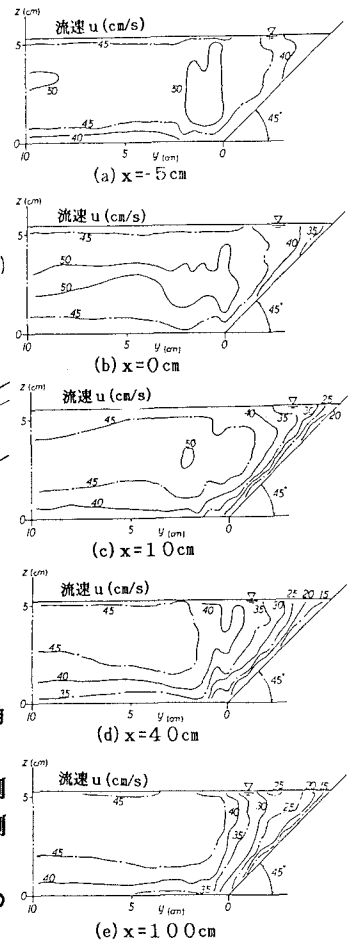


図-2 水路の座標系

3. 流速分布の遷移特性

図-3は、Run.1における流速の横断面分布の流下方向変化を示した等流速線図である。上流滑面上($x=-5$ cm)の等流速線は、水路中央部では底面にほぼ平行であるが、側壁に近づくに従って法先の隅角の方向に突き出した形状となり、最大流速点の位置も $y=1$ cm付近の水面下方に現れている。これは、富永らの実験¹⁾に見られるように、側壁の傾斜によって水面近傍から側壁に沿って下降する二次流(台形側壁渦)が発達し、底面中央部では、底面渦による上昇流のために流速が減速されるためであって、アスペクト比の比較的小きな台形水路の特性が顕著に現れているものと考えられる。

法面が粗面に变化すると、法面近傍より徐々に流速が減少し、流下



するに従って法面粗度の影響領域は右岸方向へ広がっているが、粗面近傍の等流速線は法面にほぼ平行であって、法面から離れるに従って下に凸の形状を示すようになる。法先部では、上述した側壁渦と水路底面滑面の影響によって、流速の低下は顕著でなく、等流速線は法先に向かって突き出している。一方、水路中央部では、水深の微増に伴って流速は僅かに減少するものの流下方向にはほとんど変化していない。

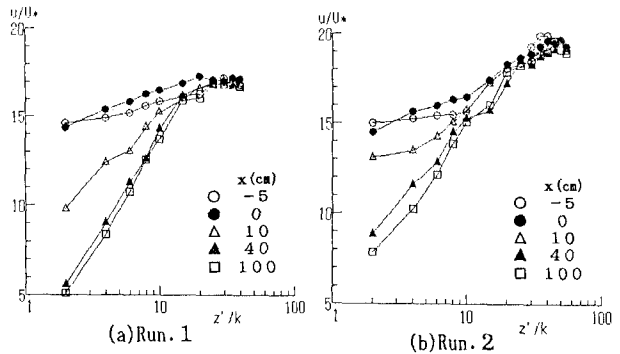


図-4 法面垂直流速分布の流下方向変化

図-4は、法面中央部($y'=(\sqrt{2}/2)H$)の垂直流速分布の流下方向変化について、粗面等流部の摩擦速度 U_* 及び粗度高さ k を用いて無次元表示したものである。水路底面部の粗度の影響の小さい法面中央部近傍では、滑面上での緩やかな流速勾配を持った流れが粗面に移行すると、法面近傍から流速は減少していき、流速勾配の大きな粗面对数則に従う領域が現れていく。この新たな粗度の影響領域は、底面粗度急変部でみられる内部境界層に対応するものであって、下流粗面上を流下するに従い、法面粗面からの渦の伝播に伴って発達するが、その発達速度は、底面粗度急変部の場合²⁾と同様にほぼ x の4/5乗に比例する。内部境界層の外側では、滑面上の流れ特性が保存されており、遷移区間の流速分布は2つの対数則の接続した凸の曲線で表される。

4. 乱れ分布の遷移特性

図-5及び図-6は、それぞれRun. 1における乱れ強度 u' の横断面内の等値線図及び法面中央部の無次元垂直分布の流下方向変化を示したものである。ここで、 $H'=(\sqrt{2}/2)H$ である。滑面上では、富永らの実験結果¹⁾と同様であって、乱れ強度の最大値は法先付近にあり、側壁近くの水面では等流速線が水面にほぼ垂直に交わるのに対して、乱れ強度の等値線は法面に平行になる傾向がある。法面粗度変化点下流では、法面近傍から徐々に乱れ強度が増大し等値線の間隔も小さくなる。また、図-6に示されるように、乱れ強度に関しても、粗度変化直後に法面近傍で乱れが急激に増大し、それが内部境界層の発達とともに流下するに従い法面の垂直方向に伝播していく様子が伺える。

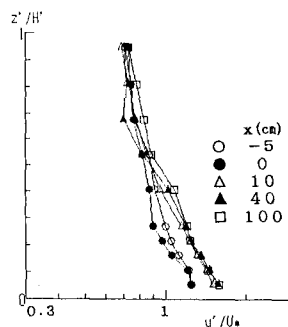


図-6 法面垂直乱れ強度分布の流下方向変化

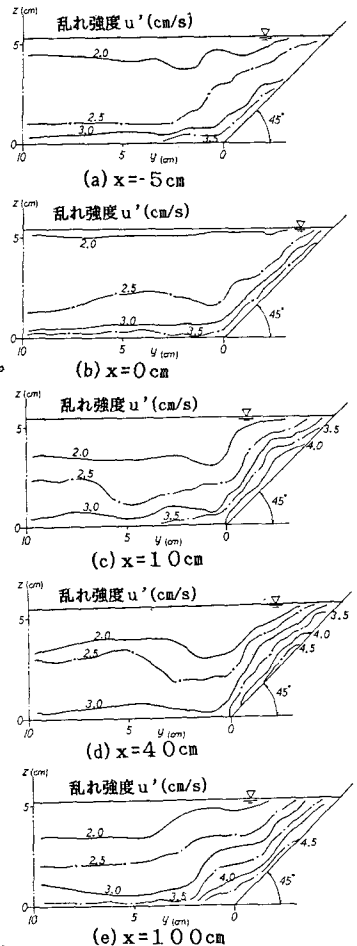


図-5 乱れ強度の等値線図

5. おわりに

側壁粗度急変部における流速と乱れ強度の変化過程に関する実験結果について述べ、その特徴を明らかにしたが、今後さらに側壁近傍の二次流の挙動と流砂機構への影響について検討していきたい。最後に、実験とその整理に助力して頂いた明石高専学生(現、神戸市)竹川智之君に謝意を表します。

【参考文献】 1) 富永・江崎・祿津：台形断面水路の三次元乱流構造に関する実験的研究、土木学会論文集、第381号、1987。 2) 神田・村本・藤田：開水路底面粗度急変部の乱流構造、第33回水理講演会論文集、1989。