

非定常開水路流れの乱れ特性に関する実験的検討 —水位変化時の乱れ特性について—

京都大学防災研究所 正員 今 本 博 健
 建設 省 正員 ○植 田 剛 史

1. は じ め に

非定常開水路流れを大別すると、洪水流に代表されるように非定常性が流量の変化に起因するものと、河川感潮部で見られるように水位の変化に起因するものに分けることができる。本研究は主に河口部における流れの特性を解明するための基礎として、下流より水面波が付加された場合の開水路流れの特性について実験的検討を加えたものである。なお、平坦河床上での流れの特性に関しては既に報告しているために、ここでは人工砂漣上の流れに水面波が付加されたときの乱れ特性について示す。

2. 実 験 方 法

水理条件は、流れの条件として水深 $h = 10(\text{cm})$ 、レイノルズ数 $Re = 20000$ (断面平均流速 $U_m = 20 \text{ cm/sec}$) に設定し、路床勾配は $I = 1/400$ とした。水面波の条件としては周期 $T = 0.8(\text{sec})$ 、波長 $L = 72(\text{cm})$ 、波高 $H = 2.8(\text{cm})$ のものを用いたが、流れと共存することにより計測断面での波長は $L = 60(\text{cm})$ 、波高は $H = 3.0(\text{cm})$ になっていた。なお、波の諸性質(波速・波形)を理論値と比較するとストークス波に良く一致していた。一方、人工砂漣は上記の条件の流れと波が共存する場で実際に形成された十分に発達した砂漣を模擬して作成(トタン製)したもので、図-1に示すような形状の砂漣をつなげて全長 1m としたものを用いた。計測は中央の砂漣を対象とし、水位変動は容量式波高計により、また流速は二成分用の He-Ne レーザー・ドップラー流速計により測定した。

3. 実験結果および検討

図-2は砂漣 crest 上の平均流速と乱れ強度の位相による変化を示したものである。なお、平均流速・乱れの定義としては波の一周期内の各位相ごとのアンサンブル平均値(50波平均)を平均流速とし、平均値からの各瞬間値のずれを乱れとした。また、波の位相は峰の部分有位相 0 として一周期を $-\pi$ から π の間で定義している。図より平均流速の変動振幅は砂漣近傍 ($y = 2.0 \text{ cm}$) で最も大きく半水深 ($y = 5.0 \text{ cm}$) で最も小さいこと、また流速の極小値を示す位相は波の峰をしめす位相よりやや早められ、この傾向は底面に近づくほど強く現われることがわかる。一方、乱れに関しては砂漣近傍で位相 $-\pi/2 \sim \pi/2$ の間に大きなピークが見られるが、これは砂漣背後に形成される渦によるものと考えられる。また、水面近傍では双峰形の分布を示しており平坦河床上で岩垣が示した乱れ分布と一致している。図-3は水面波一波長内に存在する砂漣 crest 上の流速分布を示したものである。同図より、波の谷が通過する

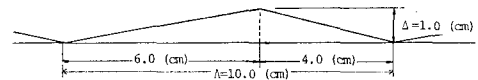
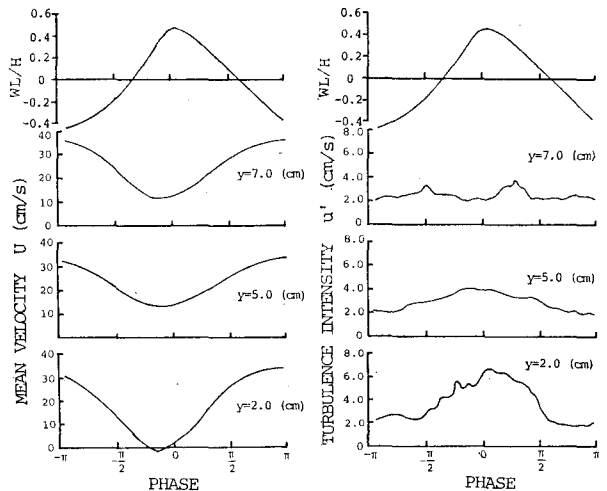
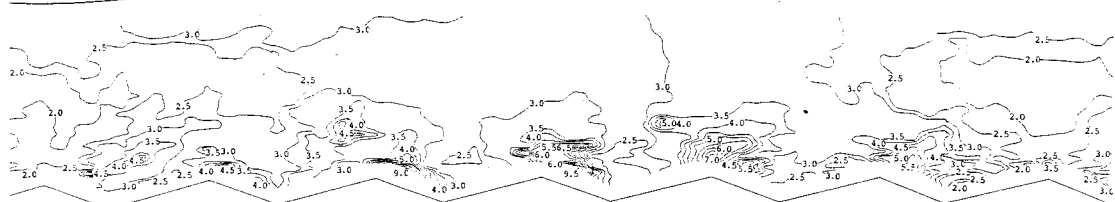
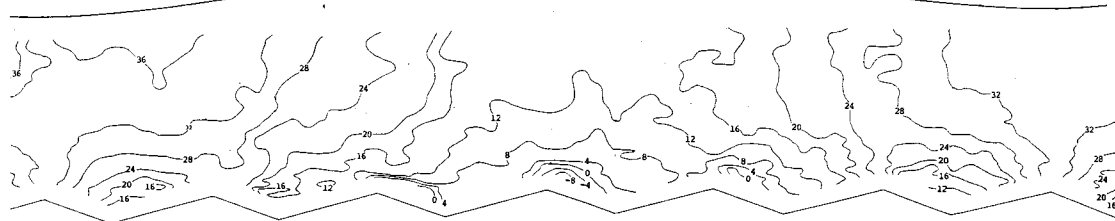
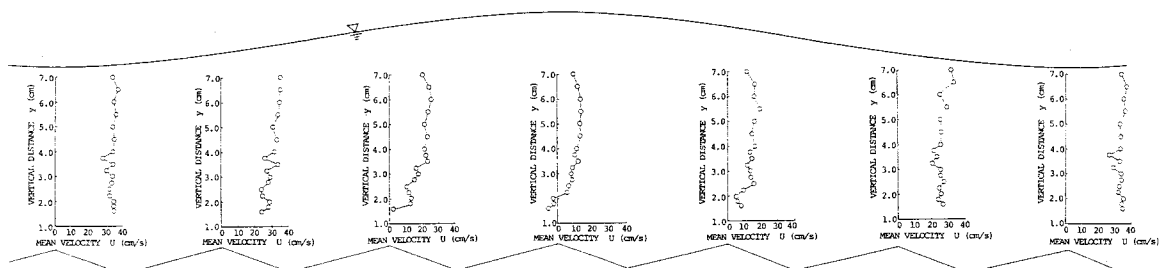


図-1 人工砂漣説明図

図-2 平均流速・乱れ強度の位相による変化
(砂漣 crest)



ときの流速分布は鉛直方向にほぼ一様であるのに対して波の峰が近づくとつれて河床近傍から減速されて速度勾配を持ち始め、波の峰の通過時には河床近傍で負の流速を持つようになる。その後、再び流速は回復され速度勾配も減少していくのが認められる。また、波の峰付近では水面近傍での流速が半水深付近の流速より小さくなり中ぶくれの流速分布を示している。路床近傍での速度勾配が大きく変化する部分は渦による影響を強く受けていると思われるが、このことを明らかにするために示したのが図-4および図-5である。図-4は波一波長内の等流速線図を示し、図-5は等乱れ強度線を示しており、両図より渦の様子をとらえることができる。すなわち、波の峰が近づくとつれて流速が減少し砂澁下流側斜面上で逆流域が形成されると渦が発生し始め、峰通過時には逆流域が拡大するにしたがって渦は成長して鉛直上方に広がりを持つようになる。その後、流速は回復し始めて砂澁下流側斜面近傍に存在した逆流域は次第に消滅し、これに伴って渦は徐々に崩壊していき波の谷の通過時には渦は存在しないことがわかる。

以上のように、砂澱上の流れに水面波が付加された場合の流れの構造は水面波の位相に対応した渦の発生～成長～崩壊の過程によって特徴づけられ、その位相というのは主流が減速されて砂澱近傍に逆流域の出現しはじめる位相から逆に加速されて逆流域の消滅するまでの位相（水面波の峰の通過する前後）であることが確認されたが、本研究では渦の挙動を定性的に把握するにとどまっており、今後は渦の定量化を図るとともに浮遊砂との関連を検討していく必要があると思われる。

参考文献 1) 今本博健・上田伸三・石橋良啓・植田剛史；開水路流れの水理特性に及ぼす水面波の影響について，昭和58年度関西支部年講，II-69．

2) 岩垣雄一・浅野敏之; 波と流れの共存場における水粒子速度に関する研究, 第26回海岸工学講演会論文集, 1979.