

第Ⅱ部門

陸上遡上する段波の水粒子速度分布と底面せん断応力の評価

大阪産業大学工学部 学生員 ○中村 彩乃
 大阪産業大学工学部 学生員 荒木 広周
 大阪産業大学工学部 正会員 水谷 夏樹

1. はじめに

津波や高潮などの水害に備えるため、沿岸各自治体では津波や高潮などに対するハザードマップを策定しているが、一般的にハザードマップには最大浸水深のみが記載されている場合が多く、汀線からの水塊の進入経路や流速などの情報が無いことから、安全な避難経路の確保には課題が残る。また、街区に進入する津波の数値解析精度には、改善の余地があり、その要因として流れの底面のせん断応力の評価方法に課題があるとされている。一般的に津波による底面せん断応力の評価については、等流を仮定する Manning 式が適用されているが、粗度係数 n の値を変化させて建物密集度を等価粗度に変換する方法が用いられている。本研究では、こうした課題を解決するための第一歩として、ドライな平面を進む段波を発生させ水流速度の鉛直分布から底面せん断応力を推定し、Manning 式の適用性について検討するものである。

2. 研究内容

本研究では、全長 3m 水槽を用い、ゲート急開によるダムブレイク流れを 1/40 勾配の斜面に入射させて、それに続く水平床上（斜面後端部より 19.5 cm の点）の段波進行波に対し、水位と PIV による内部流速場の同時計測を行った。実験条件としては貯水槽の水深 H を 6~11 cm で 1 cm ずつ変化させ、それぞれ 3 回ずつ計測を行った。

図-1 と図-2 は $H=6$ cm と $H=8$ cm の場合の水平方向流速の鉛直分布の時間変化である。図中の最右端の鉛直分布が段波の先端における流速分布であり、以降、0.2 m/s ずつずらして表示している。赤線はその時刻の瞬時流速を示しており、青線は計測点から後方に約 1 cm の範囲で得られた流速分布（同じ高さで 20 点分）の空間平均値である。青線の分布のうち、白抜き丸で示されているのは対数則を当てはめたデータであり、それに最小二乗法を用いて水色の対数則線を当てはめた。 $H=6$ cm のケースは、先端部通過後すぐに対数則領域が安定しており、高さ 2 mm 以下の粘性底層領域に緩やかに接続している。また、先端の流速分布には対数則を当てはめる領域が見られない。一方、 $H=8$ cm のケースは、対数則領域が先端から 0.5 s くらいまでは安定せず、粘性底層の領域においてもバラツキが大きい。二つのケースに共通する点として、水面近傍の乱れが強く平均流速が中層よりも遅れている。こうした特徴は開水路流れには見られない。底面から発生する乱れと水面から発生する乱れの相互干渉によって中層の速度勾配が支配される流れであると言える。

図-3 は対数式から摩擦速度 u_* を求めて算出した底面せん断応力 τ と断面平均流速 U と水深 h から Manning 式を用いて求めた底面せん断応力の時間変化である。段波先端部の通過時刻を $t=0$ s としている。いずれのケースも Manning 式によるせん断応力が、全ての時間帯で過小評価であることがわかる。摩擦速度によるせん断応力は、 u_* の評価にバラツキが大きくせん断応力のバラツキも同様に大きい。段波先端部は、流速が最大で水深が最小となることから、底面せん断応力がこの時最大になることは容易に予想される。しかしながら、3 ケースともに最大水位発生時付近（各色に対応した縦線の破線時刻）でもせん断応力が大きくなっている。せん断応力は水深との相関が小さく、陸上遡上する段波に対しては、Manning 式を用いたせん断応力に水深が含まれていることは問題である可能性がある。結果として Fr 数との相関も小さかった。図-4 は摩擦損失係数 f の時間変化である。 $H=8, 10$ cm の摩擦損失係数は（図の左軸）、局所的な値を除けば $f=0.01\sim 0.04$ となった。しかしながら、 $H=6$ cm のケースは（図の右軸）平均流速に対して、摩擦速度によるせん断応力が相対的に大きく、摩擦損失係数が非常に大きな値となった。今後は、流れ場に応じたせん断応力の評価方法を検討する必要がある。

Ayano NAKAMURA, Hirochika ARAKI, Natsuki MIZUTANI

mizutani@ce.osaka-sandai.ac.jp

3. 結論

本研究では段波先端部の水粒子速度を PIV により計測し、流速分布特性について明らかにするとともに、流速分布から底面せん断応力を推定した。その結果、せん断応力の評価に Manning 式を適用することは問題があることがわかった。

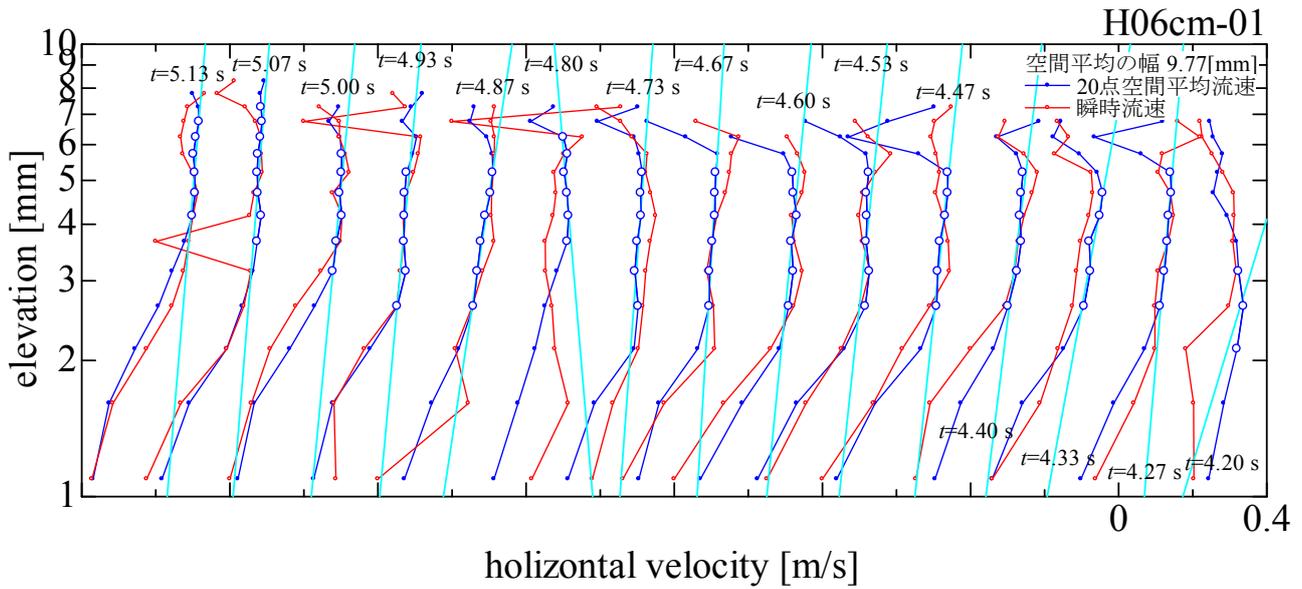


図-1 段波先端部の水平流速の鉛直分布 (H=6cm)

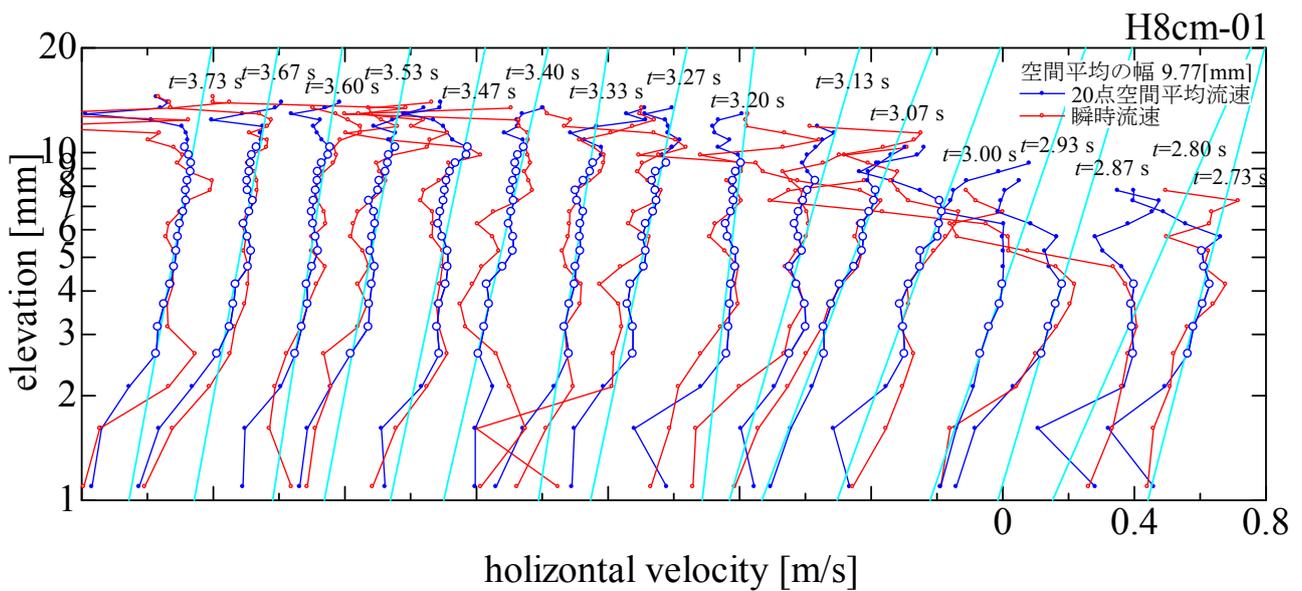


図-2 段波先端部の水平流速の鉛直分布 (H=8cm)

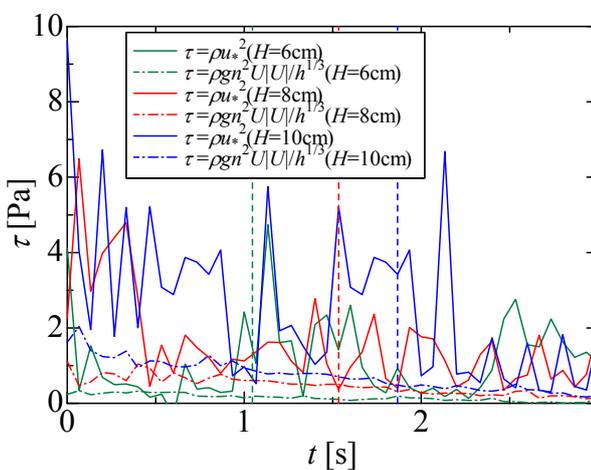


図-3 せん断応力τの時間変化

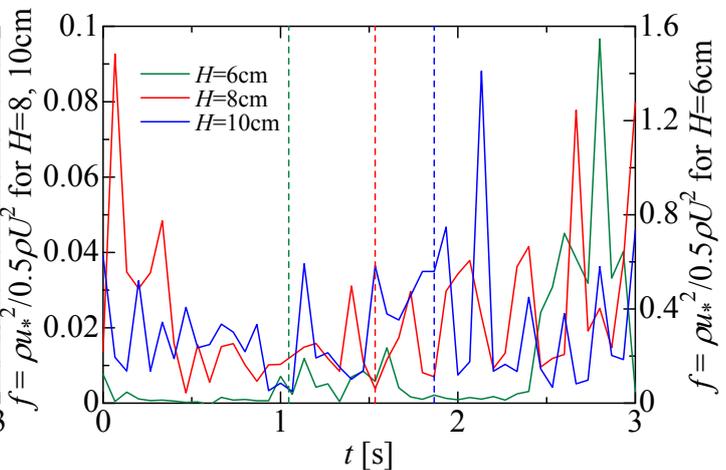


図-4 摩擦係数fの時間変化