

II-375

津波遡上先端部の水理特性に関する実験

東北大学大学院 学生員 ○高瀬智壮
 東北大学工学部 正 員 高橋智幸
 東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1 はじめに

津波来襲にともなって大量の土砂移動が生ずることは、良く知られた事実である。数m以上の侵食・堆積が生ずることも珍しくない。こうした土砂移動は、遷移的な非定常運動の下に生ずることもあって、その推定には困難がつきまとう。ここでは、段波として陸へ遡上しつつある津波を想定し、土砂洗掘の原因となる津波先端部の流速についての考察を行なう。段波を一次元水路に発生させ、波形、流速などの測定や推定を行い、また得られた水理量から、シールズ数を算定する。

2 実験装置及び方法

実験装置を図-1に示す。水路床には移動砂粒径に等しい砂を貼り付けてある。水路の上流側に水を貯め、水路内は水深1.4cmとしておく。ついでゲートを急開して段波を発生させる。この段波は、時間とともに波高や流速を変えながら進んでいく。波高及び流速の時間的・空間的变化を得るために、容量式波高計及び電磁流速計をゲートから110cm下流部を先頭に、10cm間隔で移動させ、18地点において測定した。

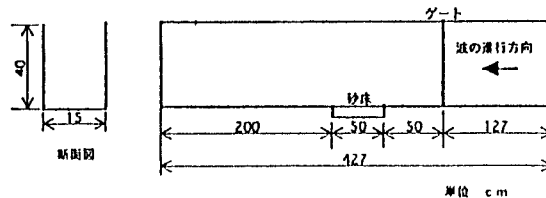


図-1 実験水路図

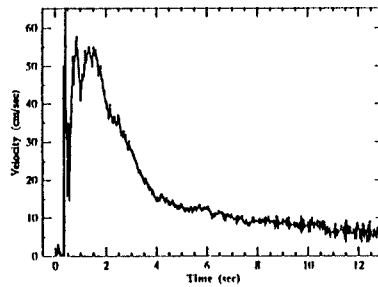


図-2 ゲートから150cmにおける流速測定値

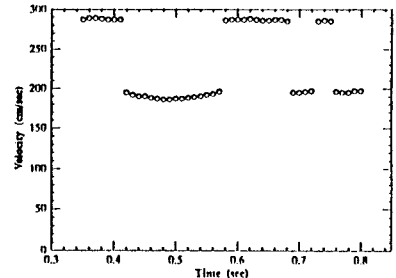


図-3 水塊を利用した先端部の推定流速

3 測定流速と局所フルード数

3.1 段波先端の流速推定

段波の先端部分では、水の運動は単純ではない。ここでは、フルード数は1を越え、背後の水が波の前面へ投げ出され、投げ出された水の落下により、水路底が激しく叩かれ、このため砂が激しく動かされるなど、平衡状態での砂の移動とは全く異なった現象の影響も考えられる。かなりの量の移動砂が、こうした水の動きと関連して発生する。したがって、先端での水理特性を明らかにすることが極めて重要である。

しかし、ここでの水理量は時間的・場所的に急変するため、測定が困難な部分でもある。図-2に流速測定値の時間変化を示すが、電磁流速計の応答が遅いこともあって、測定値は段波先端部で大きく振動し、正確な値を得ることは出来ていない。

したがって、先端部での水塊の移動速度を求めて、これを流速値として用いる。すなわち、ある時刻の空間波形において、その先端部に小水塊を設定する。つぎに、微小時間後の空間波形においてもこの小水塊が先端部に位置すると仮定し、その移動距離から流速値を推定する。こうして求められる流速値は、設定する小水塊

の大きさの関数となりうる。ゲートから 150cm のところを基準点を置く。ある時刻の空間波形において、この基準点を通る鉛直線を引き、これより前面にある水の体積を求める。ついで、0.1 秒後の波形の先端からの体積がこれと等しくなるような鉛直線を定める。この二つの鉛直線間の水平距離を 0.1 秒で除し、これらの線上にあった水粒子の流速とする。この方法で求めた流速の例を図-3 に示す。流速が 0.1 秒程度で変動していることが判る。これは、ある時刻に先端部にあった水粒子は常に先端部にあると仮定したが、常に成立するとは限らないためである。実際の波形は、図-4 に示す例のように、先端部下方の水粒子の動きが底面摩擦の影響で遅くなり、背後の高い位置にある水塊が先端部の前方に投げ出されるように進むのである。しかし、この様な場合でも、対象水塊の取り方を調節することにより、先端部での流速近似値を求めることは可能である。

3.2 準等流部での推定流速と測定値

図-2 を見ると、5 秒以降は流速の変化が小さい。水深と電磁流速計の測定値との関係を図-5 のようにプロットしてみると、水深 4.5cm を境として、異なった勾配の二つの部分に分かれる。水深の小さい方が 5 秒以降に対応している。動水勾配を $1/1400$ としたマニングの公式より求めた流速を一点鎖線で示す。先端部から 5 秒以上経過した、水深が小さく、水深変化も大きくない領域では、マニング式に比例した関係が成立している。ここを準等流部とする。流速はマニング式の $0.6 \sim 0.7$ 倍となる。

3.3 フルード数の変化

図-6 にフルード数の時間変化を示す。波先端部では、水塊移動を利用した推定流速とその水塊の平均水深に対応する線形長波波速とからフルード数を算定した。また、それ以外では電磁流速計による流速と水深の測定値とを用いた。波先端部の水深急変部ではフルード数が 5 程度から急変する流れとなっており、その後 1 以下の流れとなる。

4 流速の時間変化と砂移動について

砂移動に関係する掃流力の表現であるシルズ数の時間的変化を推定した。その結果の一例が図-7 である。フルード数と同様、先端部付近で急激に変化する。その値は、先端部通過から 1 秒位の間に大きく変化し、その後はあまり変化しない。先端部での砂移動は、こうしたシルズ数の変化を反映したものとして求める必要がある。その後については、河川流での砂移動に近いものとしても良い近似になるとと思われる。

5 おわりに

津波の先端部のように、時間的・空間的に変化する流れの水理特性をとらえることは非常に難しい。しかし、ここでの砂移動が極めて大きい可能性があるため、その解明なくしては、津波による砂移動を論ずることはできない。今後とも、様々な手段を通じて、こうした流れでの水理量を測定し、その結果を用いて砂移動の量的推定に結びつける事としたい。

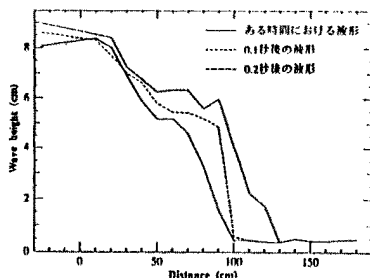


図-4 ある時間における波の移動

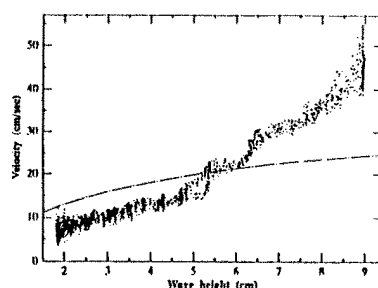


図-5 ゲートから150cm地点における波高と流速の関係

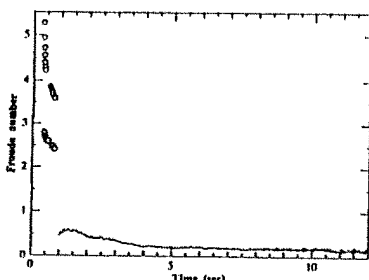


図-6 フルード数の時間的変化

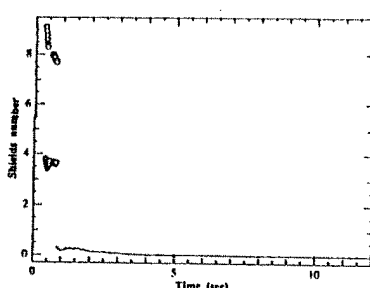


図-7 ゲートから150cm地点におけるシルズ数の時間的変化