

II - 73

津波を想定した大掃流力に適用する流砂量公式

東北大学工学部 学生員 ○浅井大輔

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

津波が浅海域に達すると、海底摩擦力が増し、大量の土砂移動が生じ、港湾構造物の倒壊や港湾機能障害等様々な被害が発生する。こうした被害を想定するためには、まず流砂量を求めなくてはならない。しかし、津波のような大きな掃流力の発生する流れは、既存の流砂量公式の適用範囲外である。そのため津波のような高シールズ数の流れに対して適用できる流砂量公式を求めることが必要となる。そこで、本研究では流速と掃流力、掃流力と流砂量との関係を水理実験で求め、最終的に流速と流砂量の関係の式にまとめた。

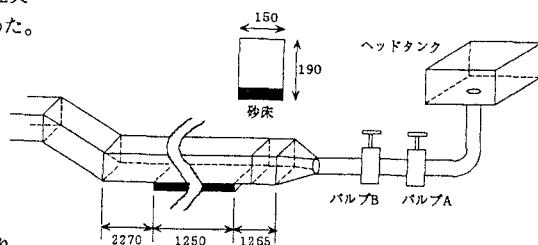


図-1 実験装置概略図

2 固定床の実験

2.1 実験方法

図-1に実験装置を示す。非定常流の実験であり、流速計の都合から、一回の実験で一点でしか流速測定ができない。そのため、同じ水理条件での実験を繰り返し、その度毎に異なる高さでの流速を測定して流速鉛直分布を求め、これから掃流力を決めることとする。測定点の高さは路床上 $y = 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60\text{mm}$ の計13点とした。

12通りの水理条件で実験を行った。流速は線形の上昇部、一定値部、線形の下降部からなる時間的な変化をする。今回は、一定値部である定常状態に対し、路床から高さ3mmの流速 $u(3)$ とシールズ数 τ の関係を求める。

2.2 実験結果

路床付近の流速分布は、乱流域にあるとすると対数分布則が成立するので、以下の式が成り立つ。

$$\frac{u(y)}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln(y) + A \quad \dots\dots\dots ①$$

u_* : 摩擦速度, y : 高さ (mm), A : 係数
 κ : カルマン定数, $u(y)$: 高さ y における流速

実験データをグラフ図-2のようにプロットし、路床近辺の直線の傾きから摩擦速度を定め、 $u(3)$ と比べると、図-3及び次式のような関係となる。

$$u_* = 0.0424 \cdot u(3) \quad \dots\dots\dots ②$$

この式を利用して、シールズ数を $u(3)$ の関数として次式のように表すことが出来る。

$$\tau_* = 1.80 \times 10^{-3} \cdot \frac{u(3)^2}{sgd} \quad \dots\dots\dots ③$$

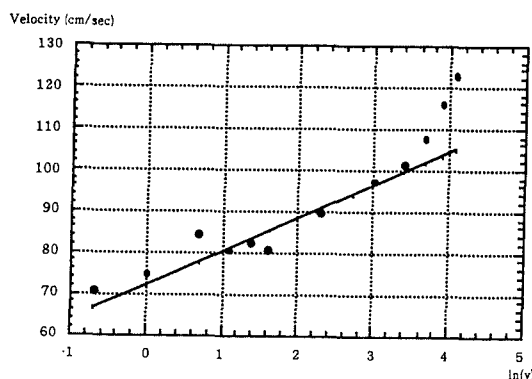
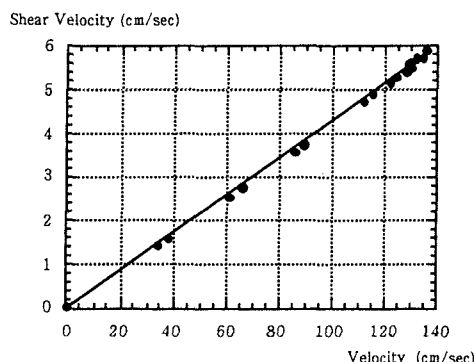
図-2 流速と $\ln(y)$ の関係の一例

図-3 路床から3mmでの摩擦速度と流速の関係

3 移動床の実験

3.1 実験方法

前記の実験装置で砂床区間に砂を敷いて行った。測定項目は $u(3)$ 、及び流砂量である。砂床下流側の水路に堆積した砂、及び水路からの流出砂を採取し、両者合計の乾燥重量を測定した。実験装置の操作方法は、固定床での実験と同様である。流速の時間変化は図-4に模式的に示してある。

3.2 実験結果

定常時最大流速同一の実験を、その継続時間を変えて2回行い、全開時間 t_1 、 t_2 それぞれの流砂量を Q_1 、 Q_2 とする(図-4)。全開時間前後の非定常状態では、両者の波形は同一であるので、この遷移部での流砂量には差はないと仮定する。こうして、定常状態の流砂量(単位時間当たり)は次式で求められる。

$$q_s = \frac{Q_1 - Q_2}{t_1 - t_2} \quad \dots\dots\dots ④$$

ここで、 Q_1 、 Q_2 ： t_1 、 t_2 に対する流砂量(g)

q_s ：定常状態における単位時間流砂量(g/sec)

t_1 、 t_2 ：定常状態継続時間(s)

測定された流砂量とシールズ数との関係をグラフにしたものが図-5で、回帰式は次式となる。

$$\frac{q_s}{u d} = 92 \cdot \tau^{12} \quad \dots\dots\dots ⑤$$

この式を $u(3)$ を使って表示すると次式のようになり、もっと使いやすい表現となる。

$$q_s = 4.36 \times 10^{-6} \cdot u(3)^{34} \quad \dots\dots\dots ⑥$$

4 流砂量公式の提案

求められた流砂量公式を既存の公式と比較してみると図-6のようになる。

既存の公式として、高瀬他(1996)の流砂量式

$$\frac{q_s}{u d} = 31 \cdot \tau^{15} \quad \dots\dots\dots ⑦$$

Einstein-Brown の式

$$\Phi_B = 40 F(d) \tau^3 \quad \dots\dots\dots ⑧$$

$$F(d) = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{sgd^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{sgd^3}} \quad \dots\dots\dots ⑨$$

を取り上げた。

今回求めた式は両者に比べ、5、6倍大きな流砂量を与える。また掃流力への依存は緩やかである。

5 おわりに

既存の流砂量公式に比べて大きな掃流力を対象とした式を提案した。実際の津波では、非定常状態での砂の移動量が多いと予想される。流量公式中に非定常性を取り込むことが今後の課題である。

～参考文献～

高瀬他(1996)：津波による土砂移動の実験、土木学会東北支部技術研究発表会講演概要 pp.176～177

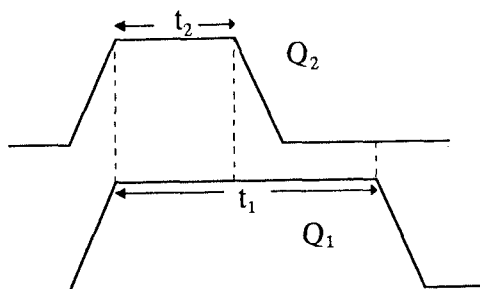


図-4 実験データの解析方法

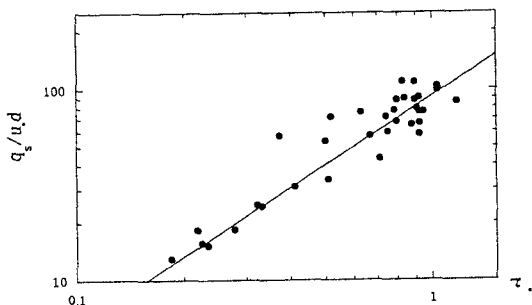


図-5 無次元流砂量とシールズ数との関係

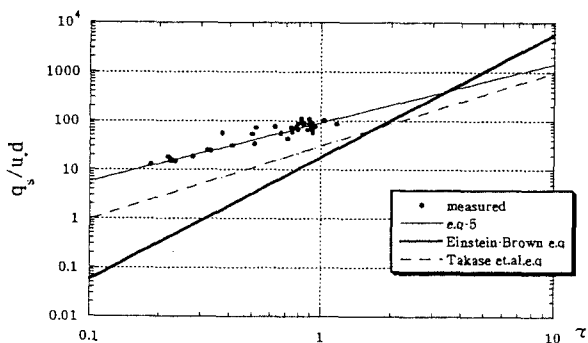


図-6 既存の流砂量式との比較