

II-36

非線形波動を模した振動流発生装置の試作

東北大学工学部 正会員 ○山路弘人
 東北大学工学部 正会員 田中 仁
 東北大学工学部 正会員 7-マツ・サ

1. はじめに

一般に、実験室規模の造波水路に形成される波動境界層厚さは数mm程度と非常に薄いため、これに代わって管内振動流装置が用いられることが多い。ただし、現在までに行われたこの種の実験においては、正弦的な振動流を扱ったものがほとんどである。Debajnia・渡辺¹⁾、瀧岡ら²⁾は非対称な振動流を対象とした実験を行っているが、いずれもピストン駆動部に電気信号を入力して制御を行うため、構造が複雑となりまた装置自体が高価となる欠点があった。本研究では、より簡単な仕組みによる非対称振動流発生装置を試作し、その基本性能を実験により確認した。

2. 原理

ここで提案する振動流発生装置の概略を従来の手法と共に図-1に示した。従来の手法はディスクの円運動を直線上に投影することにより、正弦的な往復運動を得る。これに対して本研究の手法ではピストンの往と復で移動速度が異なるため、流速波形が非対称となる。簡単な演算により、図-1(b)の直線運動部の変位速度 u は次式で表されることが判る。

$$u = \omega l \frac{b_s \cos \omega t - e_s \sin \omega t - 1}{(b_s - \cos \omega t)^2} \quad (1)$$

ここで、 ω ：角振動数、 $b_s = b/a$ 、 $e_s = e/a$ であり、他の記号の意味は図-1(b)に示す通りである。まず、無次元偏心距離 $e_s = 0$ とした時の速度を図-2に示した。ここで、 A_s は流速波形の非対称性を表すパラメータ¹⁾ ($A_s = U_c / (U_c + U_t)$ 、 U_c 、 U_t ：峰位相、谷位相での流速最大値の絶対値)であり、また速度は U_c により無次元化されている。波形は波の峰をはさんで対称となる。図中にはクノイド波理論（1次近似）による波形も示した。両者はほとんど一致しており、本手法により非線形波動の流速波形に極めて類似した結果が得られることが判る。 e_s がゼロの時、 A_s は b_s の関数となる。一方、クノイド波理論によれば A_s はJacobiの楕円関数の母数 k の関数になる。これらの関係を図-3に示した。これにより、与えられた k あるいは A_s に対して設定すべき b_s が容易に求められる。

支点が偏心した場合、流速波形は前傾したものとなる。計算例を図-4に示した。ここでは、磯部・堀川⁴⁾による碎波帯内の実測流速波形に近く

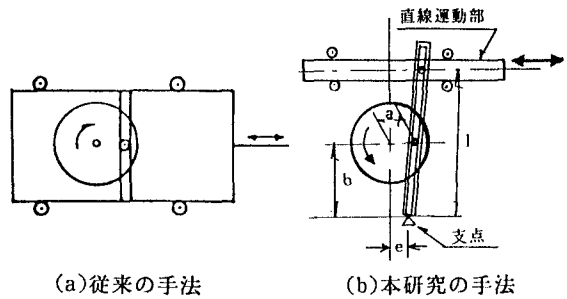


図-1 振動流発生装置の概略

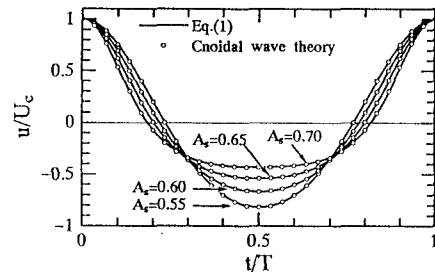


図-2 $e_s = 0$ での流速波形

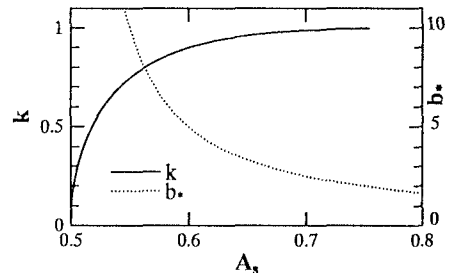


図-3 b_s 、 k と非対称性パラメータ A_s との関係

なる様にパラメータを選び、 $b^*=1.5$ 、 $e^*=1.2$ とした。ゼロダウクロス点近傍で波形に幾分差違が見られるが、全体的な波形はきわめて類似している。よって、本手法により生じられる振動流は、浅水域の前傾化した波動の下での底面境界層の実験に用いることができる。なお、次節に示す振動流装置では一方向流を加えることが容易であり、これにより戻り流れの効果の検討も可能である。

3. 実験結果

図-1(b)に示した原理に基づいて、振動流装置を作成した。ただし、支点の偏心は与えていない。U字管部分は先の著者らの実験²⁾と同一であり、測定部は幅36cm、高さ6cm、長さ250cmの矩形断面直線部からなる。上下の壁面上には高さ5.4mmの三角形粗度を12mm間隔で貼り付けた。

レーザー流速計により測定された平均流速及び乱れ強度の鉛直分布を図-5、6に示す。図-5では境界層厚さの発達について峰位相と谷位相で明確な相違があり、正弦振動流とは異なる振る舞いが見られる。全体的な分布形状はハイパボリック波を対象とした灘岡ら²⁾の実験結果にきわめて類似している。図-6においても、壁面近傍で発生した乱れの拡散速度やその伝搬高さについて兩位相で明瞭な差違が見られる。

4. おわりに

非線形波動による流体運動を再現するための簡便な振動流装置を開発した。これを用いた実験の結果、速度分布や乱れ強度について峰位相・谷位相で顕著な差違が見られた。底質の浮遊はこの様な乱れの発生・拡散・消散と密接に結びついており、正味の砂の移動量を議論する際に正弦振動流の知見を流用すると誤差を生む可能性があることを示唆している。今回試作した装置は比較的小規模のものであり、今後より大規模な装置を製作して本手法の適用性をさらに検討すると共に、乱流構造や底質移動現象に関する実験も行う予定である。

参考文献

- 1) Debajnia・渡辺: 非対称振動流によるシートフローの発生と漂砂量, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 236-240, 1991.
- 2) 灘岡・八木・二瓶・野本: 非対称振動流の乱流構造特性について, 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 141-145, 1994.
- 3) 杉木・サ・山路・田中: 乱流遷移域近傍での波動境界層内の流速分布, 土木学会東北支部技術研究発表会講演集, pp. 224-225, 1995.
- 4) 磯部・堀川: 砕波帯付近における流速場の浅水変化に関する研究, 第28回海講論文集, pp. 5-9, 1981.

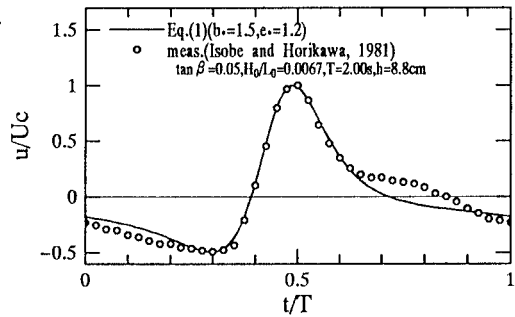


図-4 $b^*=1.5$ 、 $e^*=1.2$ での流速波形と磯部・堀川⁴⁾の実験結果

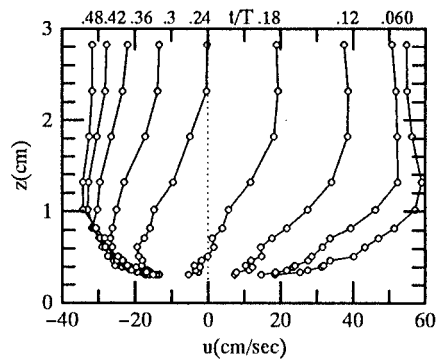


図-5 平均流速分布

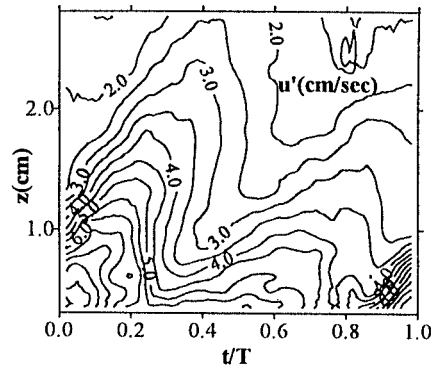


図-6 乱れ強度のコンター図