

開水路における正弦波形上の流れ特性

九州大学 工学部 学生員 ○小路 智 深田 忠
正員 椿 東一郎 松永 信博
第一復建 正員 植田 薫

1. はじめに

開水路における正弦波形上の流れについては、河床波の発生条件に関連した若干の解析的研究があるが、現在のところ、実験的な検討は、ほとんどされていない。Kennedy¹⁾は、境界が正弦波形をした管路流について、詳細な実験を行、ているが、開水路においては、水理条件である底面波形に対して、自由水面が変化するため、流速分布や乱れ特性は、さらに複雑に変化すると考えられる。

本論文は、開水路における正弦波形上の流れ特性の研究の第一歩としての実験的な研究の概略を述べたものである。

2. 実験装置 及び 方法

実験は、長さ7m、幅10cmの開水路に、波高1cm、波長22cmのエメント製の正弦波固定床を設けて、常流から射流にわたる流れ特性として、時間平均流速及び、乱れ強度分布、水面形、波形に沿うせん断応力、底面圧力などの一波長間における変化を測定した。

実験条件を(table 1)に示す。

尚、水面勾配、水面形、底面圧力の測定には静圧管を、乱れや流速の測定には、一方向Hot film Probeを用いた。

また、本研究では、波状境界上の0.1cmの点において測定した流速 u_b が、摩擦速度 u_* に比例すると仮定して、比例定数 $\alpha (= u_b / u_*)$ として、平坦部における u_b と $u_* = \sqrt{g_h s}$ の平均値 $\alpha = 6.95$ を用いて、波状境界に作用するせん断応力を求めた。

3. 実験の結果と考察。

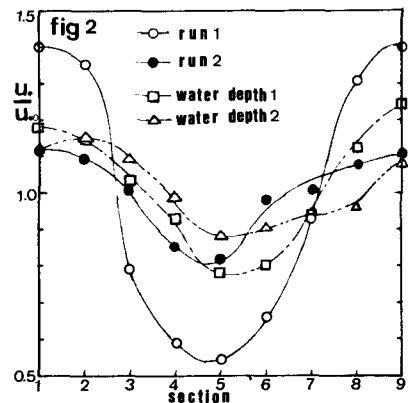
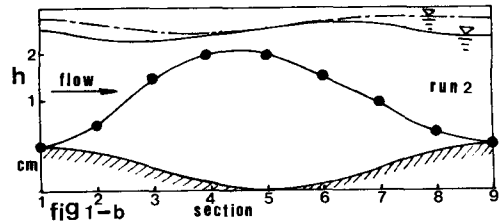
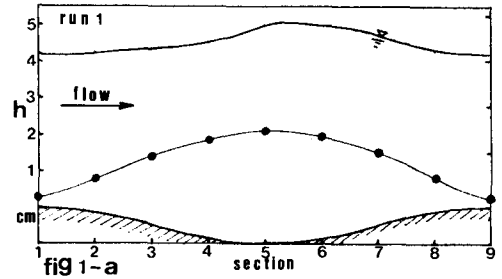
(fig 1-a)、(fig 1-b)に、一波長間における水面形と、底面におけるピエゾ水頭 $H_b = (p/\rho) + H_0$ の変化を示す。

流れが常流の場合(fig 1-a)は、水面形は河床より下流に位相約0.07L(25)程度ずれているが、ほぼ逆位相であり、 H_b も同様な変化を示して、流れ方向に圧力抵抗が作用する。

流れが射流の場合(fig 1-b)は、側壁から発生するMACH波のため水面形は、水路壁面において同位相の水面形が、中央部では、逆位相になる。 H_b の変化には水面形と大きく異なり、動圧が大きくなり、圧力抵抗は流れと逆方向に作用している。

実験条件		
	Run 1	Run 2
水面勾配 (cm/s)	0.0105	0.0225
断面平均流速 (cm/s)	49.2	124
平均水深 (cm)	4.89	2.87
Fr 数	0.71	2.34
平均摩擦速度 (cm/s)	3.18	10.9

table 1



(fig 2) は、局所摩擦速度 u_* の変化を示す。河床波形に沿って周期性を示し、理論より予測されるように²⁾、上流側は、位相がずれ、その振幅が、水深の変化のみを考慮した $u_*/u_{*0} = h_0/h$ よりも大きいことがわかる。

(fig 3-a), (fig 3-b) は、一波長間における鉛直流速分布 u/u_* の変化を片対数で示す。

クレストにおいて一様分布に近く、谷部において平坦開水路流れの対数分布式

$$u/u_* = \frac{1}{K} \ln(y/h) \quad (K = 0.4)$$

に近い分布をもち、その間で h/h_0 の値に応じた変化を示す。また、Kennedy と同様に指数形 $u/u_* = (y/h)^{1/n}$ の形で示した例を (fig 4-a), (fig 4-b) に示し、 n の値の一波長間の変化を (fig 5) に示す。 n の値はクレストにおいて最大となり、谷部における最小値の間を大きく変化する。特に、常流流れにおいて水面変化の影響のため、管路実験よりも n の範囲は大きい。

流れ方向の乱れ強度 $\sqrt{u'^2}/u_*$ と y/h の関係を (fig 6) に示す。

速度勾配の小さいクレストで、乱れ強度は小さく、等流の対数則にはほぼ近く、谷部では乱れも開水路等流のそれに近い分布を示し、その間、かなり大幅に変化する。

(fig 6) は、乱れ強度を局所摩擦速度で無次元化したものを一波長間平均の u_{*0} を用いた $\sqrt{u'^2}/u_{*0}$ と y/h の関係を (fig 7) に示す。この図では、一波長間における変化は、著しくなく

$\sqrt{u'^2}/u_{*0}$ は、底面におけるほぼ 1.0 の値から、水表面近くの 0.4 程度まで変化する。この値は、等流の乱れ強度の 1/2 程度である。

4. おわりに

正弦波形上の開水路流れの基本的な特性を明らかにすることができたが、さらに明確に、かつ詳細な特性を明らかにするために、今後、実験及び理論解析などを進めていくべきであると考えらる。

参考文献

- 1). 1971. Sheng-Tien Hsu & Kennedy, J.F.M.; Turbulent flow in wavy pipe.
- 2). 橋本一郎, 橋本典明; 安定理論による河床波の発生. (九州大学 大学院 修士論文.)

