

浅水路表面波の性状

金沢工業大学 正員 中川 武夫
 金沢工業大学 学生員 ○長井 隆
 金沢工業大学 宅井 英一

1. 緒言

水の表面にはさまざまな種類の波を観察することができる。これらの波は河床の石、河辺に生えている植物等と水の流れとの干渉によってつくられるのみならず、河面を吹き抜ける風によってもつくられる。

本研究の主な目的は水深が数mm程度の浅水路中を流れる水と細い針金との干渉によって発生する表面張力波の性状を明らかにすることである。

2. 実験

屋内実験は幅180mm、深さ5mm、長さ1960mmの開水路において実施した。表面波は流れの中に針金(1mm ϕ)を水路上流端から460mmの水路中心軸上の点に水路床に対してほぼ垂直に保持することによって発生させた。水路床には表面波のスケール、波面と主流方向とのなす角度 α を知るのに便利のように1辺10mmの格子を描いた。角度 α は表面波の写真から求めた。本実験の主なパラメーターはフルード数 $Fr = U/\sqrt{gh}$ (ここで、 U は流速、 g は重力加速度、そして h は水深)であり、この値を水路床勾配を変えることによって所要の値に設定した。なお、水深の変動範囲は18mm~4.7mmであった。

屋外実験は幅約2m、深さ約1mの用水内において実施した。表面波は用水の流れのほぼ中央に角柱(縦13.3mm、横23.5mm)を水路床に対してほぼ垂直に保持することによって発生させた。また、水面直上に表面波のスケール、波面と主流方向とのなす角度 α を知るのに便利のように1辺0.1mの網状板を設置した。

3. 実験結果及び考察

屋内実験で観測された波は基本的に波長が17mm以下の表面張力波である。一般に波面と主流方向とのなす角度 α 、主流流速 U 、群速度 C_g の間には $\alpha = \sin(C_g/U)$ の関係がある。

ところが、表面張力波の群速度は波長の平方根に逆比例するので、流速 U が一定の条件下で角度 α は波長に依存することとなる。この理由により、ここでは手はじめとして針金が発生した種々の波長の波のうち最下流部の波長が最大の波の波面と主流方向とのなす角度 α が流速の無次元量と見ることのできるフルード数にどのように依存するかについて実験値を整理してみることとした。この結果はFig. 1に示したとおりである。この図から明らかなように角度 α はフルード数が1付近まではフルード数の増加に伴って減少するが、これ以後はほぼ一定となることがわかった。Fig. 2に屋内実験で観測された表面張力波を例示した。この写真からも針金によって発生した波が種々の波長から成り立っていること、そして波長の短い波ほど群速度が大きくなるために上流側に位置しており、かつ角度 α が大きくなっている状況を理解することができよう。

Fig. 3に屋外実験で角柱によって発生した波を例示した。この波は波長が水深の3.5倍以下という条件を満たしているのでいわゆる深海波と考えることができる。この波は船の波と同じ性質の群速度が波長の平方根に比例し、波面と主流方向とのなす角度 α は流速 U と角柱の長さ l を用いて定義したフルード数に依存する。Fig. 1にこの実験値も参考のためにプロットしておいた。

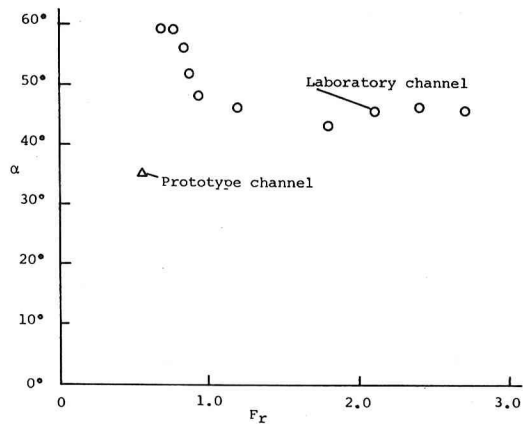


Fig.1 Angle α between wave crest line and main flow direction against Froude number F_r .



Fig.2 Surface waves in a laboratory shallow water channel.
 $\alpha \approx 45.5^\circ$, $F_r = 2.7$, $U = 0.38 \text{ m/s}$, $h = 0.002 \text{ m}$.

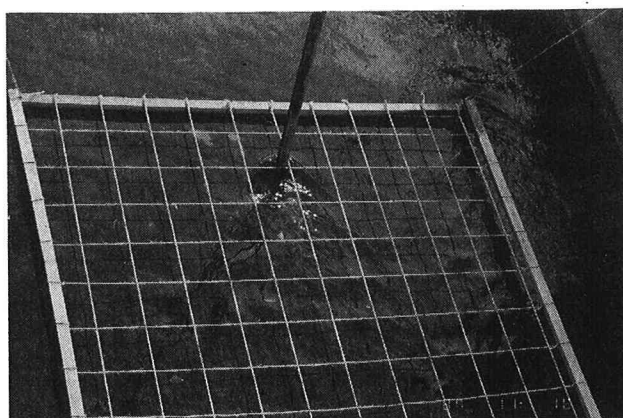


Fig.3 Surface waves in a prototype water channel.
 $\alpha \approx 35^\circ$, $F_r = 0.52$, $U = 0.54 \text{ m/s}$, $h = 0.11 \text{ m}$.