

(Ⅱ-34) 粘性の異なる流体の摩擦抵抗

ならび壁面せん断力について

武蔵工業大学大学院の学生員 小笠原 篤

防衛施設庁 正員 石倉 三良

武蔵工業大学工学部 正員 綾 日出教

1. はじめに

固液混相流の研究において、懸濁物質を大量に含む流体では、流速分布の測定や流れの可視化がきわめて困難である。本研究では固液混相流をシミュレートする目的で、流体の粘性を変化させて、摩擦抵抗や壁面せん断力の測定を行なった。

2. 実験方法

実験に用いた水路は全長9m・幅0.1m・高さ0.2mの亚克力製可変勾配循環開水路である。(図-1)

流体の粘性は、CMC(カルボキシメチルセルロース)を用いて、清水から60cpまで七種類に変化させた。実験は、バルブ開閉による流量調整によって測定点での水深を50mmで一定とし、水路底の勾配を三種類に変化させ、各粘性の流体で実施した。

測定項目は流速分布ならび壁面せん断力の二つとした。流速の分布は1成分He-Ne・5mWのレーザードップラー流速計を用いて、水路断面の流速を断面方向に10mm間隔で格子状に求めた。壁面せん断力は、歪ゲージを利用した壁面せん断力直接測定装置(図-2)を二個作成し使用して求めた①。

水路長 8 m

底勾配 -40/5500~150/5500

(連続可変)

⊙ ポンプ

⊗ バルブ

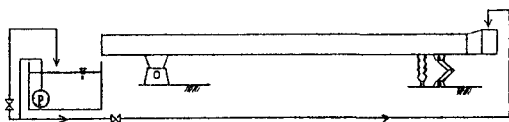


図-1 水路の概略

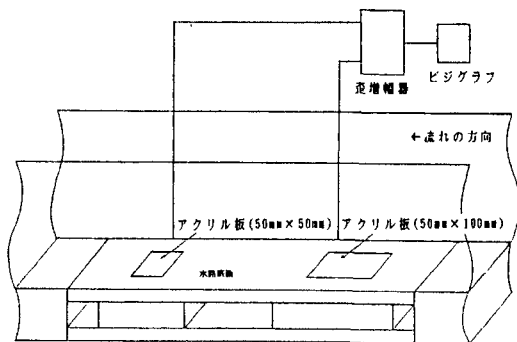
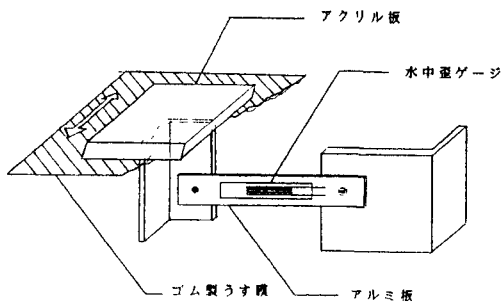


図-2 せん断力測定装置の概略

3. 実験結果ならびに考察

本実験におけるレイノルズ数と粘性の範囲を図-3に示す。

図-4に示す粗度係数は、流れを不等流とみなし水路中の3点の水深と間隔から水面形を求め、基本方程式から算出したものである。粗度係数は本来粗面上の乱流に適用するものである。そこで、層流域でも使用できるダルシー・ワイズバッハの摩擦損失係数をこれらの間に成立つとされている次式、

$$f' = 2 * g * n^2 / R^{1/3}$$

(ここに g ;重力加速度(m/sec^2), R ;径深(m))

の関係を用いて求めた。図-5にレイノルズ数と摩擦損失係数の関係を示した。層流域においては管水路で適用される

$$f' = f / 4 = (64/Re) / 4$$

の線を比較のため入れてみた。図-4及び図-5から管水路の限界レイノルズ数と同様のレイノルズ数付近で粗度係数と摩擦損失係数の傾向の変化があらわれているようである。

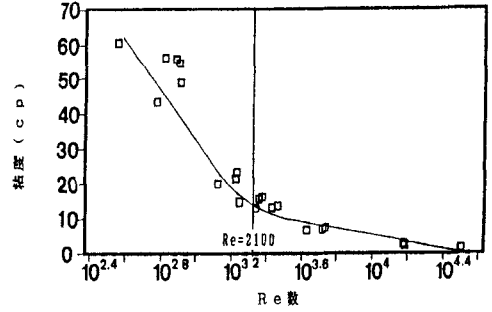


図-3 レイノルズ数と粘性の範囲

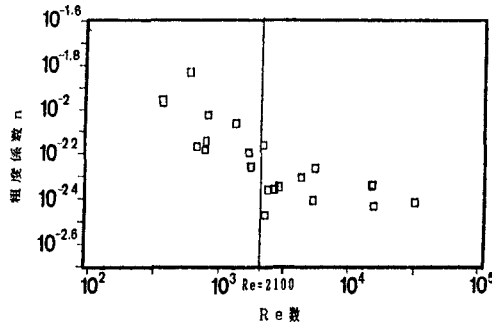


図-4 レイノルズ数と粗度係数の関係

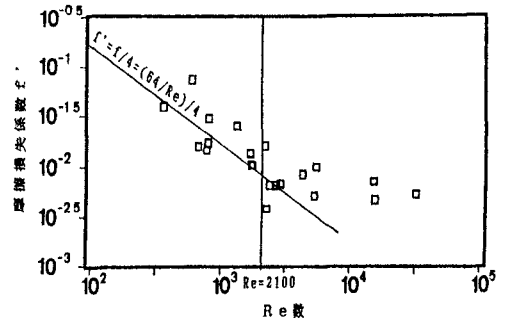


図-5 レイノルズ数と摩擦損失係数の関係

層流では、壁面せん断力 τ はニュートンの粘性の法則から算出され、乱流では、 $\tau = \rho g h i$ (ここに ρ ;流体の密度, g ;重力加速度, h ;水深, i ;勾配)で求められる。壁面せん断力測定装置から得られた単位面積あたりのせん断力と理論値との比 τ^* とレイノルズ数との関係を図-6に示す。

層流の領域(粘性が高い領域)ではほぼ似たような傾向を示した。一方、乱流の領域では理論値と大幅に異なり測定が困難であった。

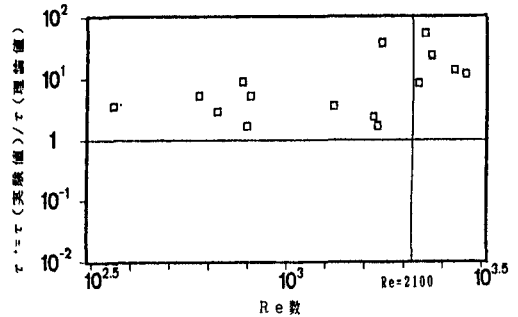


図-6 レイノルズ数と τ^* の関係

4. おわりに

今回の実験では、装置上の問題などがあり、壁面せん断力に関して詳細な検討をくわえなかったが、装置の改造などを行ないさらに実験を繰返して行く予定である。また、今後は実際の土砂流等をもちいて壁面せん断力の評価を行なって行きたい。

謝辞: 実験に多大な御助力をいただいた、川畑、久井、岸本、大鳥の四氏に感謝の意を表します。

参考文献: ①首藤 伸夫ら: 波打帯における底面摩擦力の直接測定について, 土木学会第36回年次学術講演会論文集, 1981.