

風と水面下の流れの間の相互作用—風洞水槽実験の場合—

広島工業大学工学部 ○正会員 水野信二郎

中国工業技術研究所 正会員 埜口 英昭

復建調査設計株式会社 正会員 木村 康隆

1. 研究目的

回流水槽を取付けた風洞水槽を用いて、風と開水路の流れの間の相互作用について調べた。実験条件は、（１）風のみを吹かせた場合、（２）水面下の流れが風と同じ向きの場合、（３）水面下の流れが逆向きの場合、の３通りについて、風速一定の条件で、風から開水路の流れに輸送される運動量は同じであるか、あるいは著しく異なるかを水槽の１断面内の半断面における流速分布を組織的に計測して、風から流入する運動量を計算し、水面上の風速分布の変化と比較した。

2. 実験装置と実験方法

実験は、長さ50m、幅60cm、高さ1.2m、水深80cmの風洞水槽を用い、水面上に一定風速の風を吹かせた。実験条件は、上に述べたように３通りで、設定風速=8.4 m/s、断面平均流速=10 cm/sの場合に詳しい比較実験を行った。流速の計測は、4ビーム後方散乱型2成分光ファイバーレーザー流速計をFetch=16.7 mに設置し、水槽の片側半断面内を組織的に計測した。

3. 実験結果と考察 実験は、まず風のない順流と逆流のケースで、流れに垂直な鉛直断面内の鉛直循環流のパターンを調べた。断面平均流速が10 cm/sの場合、よく知られているように、側壁付近で上昇し水路中央で下降する微弱な（1 mm/s程度の）鉛直循環流の存在が確認された。次にこの状態で流れの向きと同方向と逆方向に8.4 m/sの風をそれぞれ吹かせた。（風＋順流）の場合、風の運動量が開水路中央部の上層の流れを強く加速する効果が見られ、その結果開水路の後端部に達した流れは帰還流も強めるため、水路下層の流れは著しく弱まり、水路中央部の流速分布は強い鉛直シアを伴った。特に、水路中央でかなり強い下降流が観察されており、この下降流が水面付近の早い流速を下向きに輸送するため開水路の流れが加速を受けたと解釈出来る。次に（風＋逆流）の場合、水面では風波の波高が逆流によって著しく高まり、風と逆流の間の相互作用が大きい。開水路の中心部には風の影響が殆ど及ばないことが分かった。その原因は、開水路の中央部で強い上昇流が発生し、水面付近の乱流の下向きの拡散を妨げる作用があるためである。この様に、風が開水路の中央部の流れに与える影響は順流と逆流では全く逆となり、注目すべきは（風＋順流）のケースの方が風が開水路内部流に与える効果は大きくなる事である。風の開水路内部流に与える効果を定量化するため、次式を計算した。

$$M = \frac{\rho}{A} \int_A (U - \bar{U})^2 dA$$

ここに、 U は鉛直断面内の1点の水平流速、 $\bar{U}$ は断面平均流速、 ρ は水の密度、積分範囲 A は流速に垂直な鉛直断面の面積である。 M は断面平均流速からの偏差の大きさを示すパラメータで、水面、側壁、および底面に作用する摩擦と風の影響により発生する水路内部のシアの強さを表す。4つの実験ケース、即ち、無風時の開水路の流れの2ケースと風を与えたときの順流と逆流のケースにたいして、 M を計算したところ、風のないケースでは $M=1.1$ と 1.4 dynes/cm^2 であったが、風を加えた順流と逆流のケースでは、それぞれ $M=8.6$ と 2.1 dynes/cm^2 となり、（風＋順流）の場合風からの運動量輸送が開水路内部の1次循環流を強く加速し、風から開水路の流れへ向かい運動量輸送が効果的に起こることが定量的に示された。