

II-307 二次元衝突噴流による渦構造と底面圧力変動

西日本工業大学 正員 石川 誠
 西日本工業大学 正員 赤司 信義
 山口大学工学部 正員 斎藤 隆

1. はじめに

著者らは、これまでに、乱れの形成領域における渦構造の可視化を行って、ノズル近傍で発生したスパン方向に軸を持つ渦(横渦と呼ぶ)が次第に流れ方向に軸を持つ渦(縦渦と呼ぶ)を誘起し、両者が重なり合いながら、発達、崩壊していく事を明らかにした。本研究は、二次元噴流において重なり合った横渦と縦渦が河床に衝突すると、どの様に渦構造が変化するかをまず調べ、次に、可視化観察と圧力測定を同時に行って渦構造の通過による底面圧力変動との関係を明らかにした。

2. 実験装置と実験方法

実験装置は、両面ガラス張りの鋼枠製水槽(長さ 3 m、高さ 0.71 m、奥行 0.20 m)で、水槽中央にアクリルガラスで作製された幅 1 cm のノズルが設置されている。アクリルガラスで作製された衝突板は、ノズルから 5 cm 離れた位置に水平に設置されている。実験は、噴出流速 u_0 を 7 ~ 35 cm/s の範囲内で設定して行われた。蛍光染料には比重 1.002 のフルオレセインナトリウム水溶液を用いた。撮影は、その方法を図 1 に概略的に描いているように、衝突後の流れ方向に垂直な断面(横断面)とそれに直交する水路中央の断面(縦断面)、及び、水路斜め前方からの全体像について行われた。それぞれの方向からの可視化を横断面視、縦断面視、立体視と呼ぶことにする。又、底面圧力と渦の可視化の測定は、同時に行われた。

3. 実験結果とその検討

写真 1、2、3 は、 $Re (= u_0 \cdot b_0 / \nu) = 1710$ の立体視、縦断面視及び横断面視を示している。立体視を見ると、ノズル近傍で発生したスパン方向に軸を持つ横渦に流れ方向に軸を持つ縦渦からなるリブ構造がスパン方向にいくつも重なり合いながら、底版に衝突して流れの向きを水平に変え、崩壊していく様子が撮影されている。写真 2 の縦断面視を見ると、衝突前では明瞭な渦が発生し、衝突後、既に存在していた渦を水面方向に押し上げるかのように底版に沿ってめぐり込むようにして合体していく様子が見えてくる。写真 3 の横断面視を見ると、二次元性の保たれている部分は非常に狭く、明瞭な縦渦構造が認められる。

図 2 は、渦の中心と上端の軌跡を描点したものである。渦の上端、中心、下端は、図中に示す位置とし、ビデオモニター画像のハードコピーをとって読み取った。実線は、渦の中心の軌跡の平均線を示し、破線は渦の上端の軌跡の平均線を示している。渦が発生しても、同じ経路を通過して、流下するのではなく、渦毎にかなり異なった経路を持つことが分かる。

図 3 は、 $Re=1407$ の条件で $X=3\text{cm}$ の位置の底面圧力の時間的変化の測定

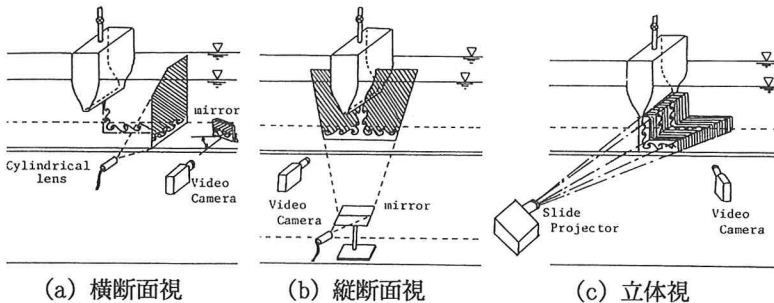


図 1 撮影方法の概略

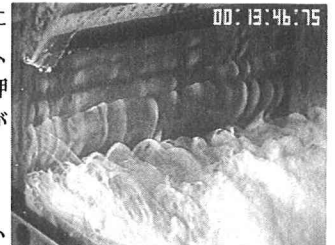


写真 1 立体視

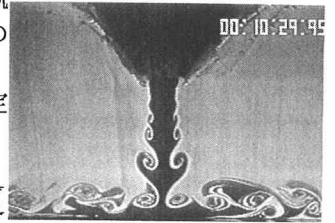


写真 2 縦断面視

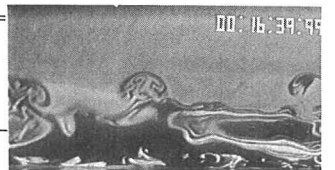


写真 3 横断面視

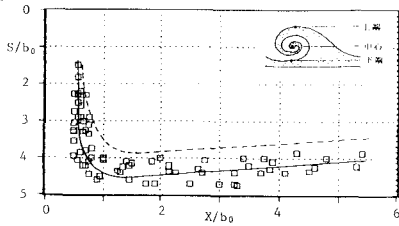


図2 渦の軌跡

結果の内 5 秒間の変化を取り出して示している。圧力変化のサンプリング間隔は 1/100sec で、60 秒間測定された。圧力変化は、非常に周期的な変動を示していて、変動周波数は、ほぼ、3 ～ 5 Hz となっていることが分かる。この図をさらに時間間隔を縮めて示したものが図 4 で、1 秒間の圧力変化と可視化結果から読み取られた渦の下端の位置が示されている。図中の太い実線は、底面圧力を示し、記号付き実線は渦の下端の位置を示している。この図から変動周波数は、ほぼ 4 Hz となっている。可視化結果から、圧力変動の最大値付近と最小値付近に対応する画像を抜きだしたものを図 4 に示している。圧力変動は、渦構造の通過と密接に関係していて、渦の接近によって水塊が上方に押し上げられて底面圧力が低下し、渦の通過によって押し上げられた水塊が底面に下降して底面圧力が上昇するものと考えられる。図 5 は、図 4 の圧力変動と渦の下端の位置の変動の時系列データを、FFT法によってスペクトル解析した結果を示したものである。圧力変動と渦の下端の位置の変動は、かなり相関が強いものと考えられる。

4. おわりに

衝突噴流の渦構造を可視化した結果、衝突後の渦構造は、衝突前の渦構造をそのまま輸送して、衝突前と同様な横渦、縦渦を持つことが明らかとなった。また、底面圧力変化は、密接に渦構造の通過と関係していることや圧力変動と渦の下端の位置の変動は、ほとんど同期していることが明らかになった。縦渦による影響を同時に考察することが出来れば、より明確になるものと思われる。今後さらに可視化観察と圧力及び流速変動との同時測定を行って、渦の通過による流れ特性を調べていく必要がある。なお、本研究は、平成 6 年度西日本工業大学特別研究費の補助を受けた事に記して謝意を表する次第である。又、圧力測定を行うにあたって、貴重な御助言と多大な御援助を戴いた流体力研究会メンバーの防衛大学校 土木工学教室 林 建二郎助教授に記して謝意を表します。

参考文献 1) 赤司信義・石川誠・斎藤隆：二次元噴流の放出口近傍の組織的な渦構造、第 21 回可視化情報シンポジウム講演論文集、pp.11-14、1993。

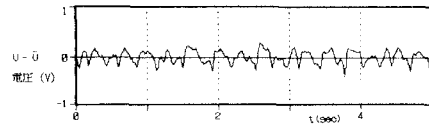


図3 底面圧力の時間的変化

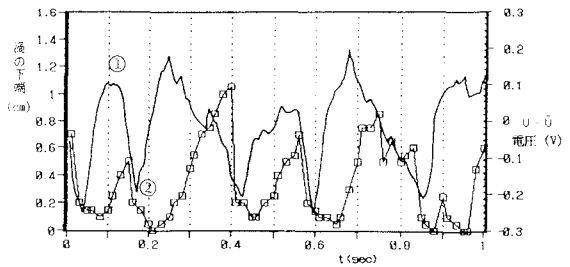
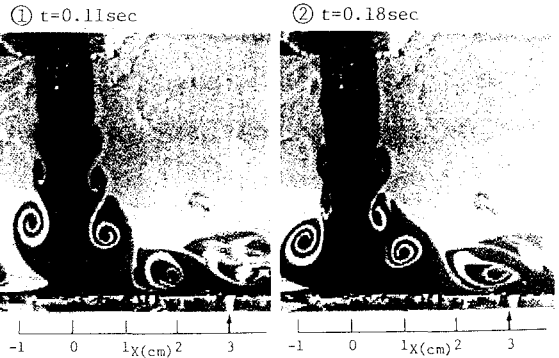


図4 底面圧力と渦の下端の時間的変化

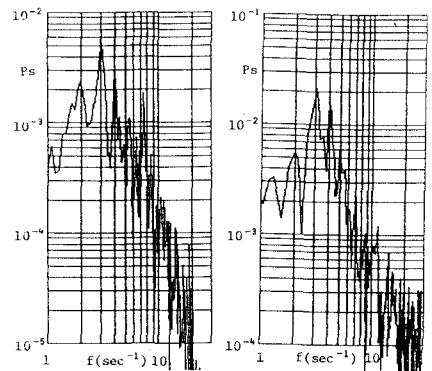


図5 底面圧力と渦の下端のスペクトル