

横断面可視化を用いた三次元角柱周辺の流速変動特性

徳山工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○ 穂本 裕太
 徳山工業高等専門学校 正会員 佐賀 孝徳
 徳山工業高等専門学校 正会員 渡辺 勝利

1. はじめに

物体周囲の流れは、土木分野だけでなく、機械、航空、化学、建築などさまざまな分野でも存在する流れ場として共通の課題が存在し、基礎的研究としても重要な意義を持つ。3次元物体周囲の流れの組織構造の特徴については、その複雑性から十分な解明がなされていないのが現状である。

本研究では、系統的に研究¹⁾²⁾を進めてきたアスペクト比3の角柱を用いて横断面可視化を行い、角柱周辺の流れ場の組織構造と平均流速ベクトル分布の特徴を明らかにする。

2. 実験装置及び実験方法

実験装置には、長さ10m、幅60cm、高さ15cm、水路勾配1/1000の総アクリル製開水路を用いる。模型は、2cm×2cm×6cmの立方体を用いた。実験装置の概略を図-1に示す。角柱幅および高さをそれぞれB、hとする。本実験では、横断面視により可視化し、その形象が3CCDデジタルHDビデオカメラ（SONY HDR-FXI）により撮影された。可視化形象のデジタル動画を流体解析ソフト「Flow PTV」に取り込み、速度情報の抽出と可視化画像の解析を行なった。

3. 実験結果および考察

図-3、図-4は、それぞれ $X/B=0.5$ 、 2.0 の断面における角柱背面領域の15秒間の平均流速ベクトル(V、W)分布を示す。

図-3では、 $Y/h=0.4$ 以上の角柱後面では、上昇流と側面への横流れが持続性を保持しながら形成されている。特に角柱後面より外側では、流速ベクトルが急激に小さくなり、流れの非連続性とX方向への流れを示唆している。図-4では $Y/h=0.5$ 、 $Z/B=0$ へ流れが集中する平均流速ベクトル分布の特徴を示しており興味深い点である。特に $Y/h=0.7$ 、 $Z/B=0$ への流れの集中が $Y/h=0.8$

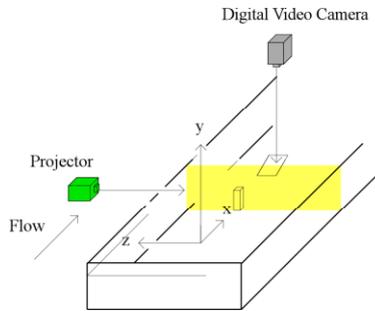


図-1 実験水路概要および座標系

以上で顕著に認められ、横流れを伴った強い下降流が形成されている。 $X/B=0.5$ の流速ベクトル分布と逆方向を示しており、特に $Y/h=0.4$ 以上では顕著である。すなわち角柱前面領域に角柱上面、側面より、剥離形成されるアーチ型の渦³⁾の形成により誘起された二次流れであり、大変興味深い。図-9にアーチ型渦のモデル図を示す。また $X/B=2.0$ は、流れの集中する領域であることから物体の後流の形成領域の終点と考えられる。また、下降流が増加するのに反比例し上昇流は減少する傾向にある。これは縦断面の平均流速分布の結果¹⁾と一致する。

図-5では $X/B=0.5$ での短時間(1sec)の平均流速ベクトル分布を示す。 $X/B=0.5$ の平均流速ベクトル分布では左右対称な特徴を有するが、短時間流速ベクトル分布では $Z/B=0\sim 0.5$ 、 $Y/h=0.2\sim 0.9$ (図中A)の強い右流れが形成されている。また、 $Z/B=0\sim -2.0$ 、 $Y/h=0.2$ (図中B)では、下降流を伴った左流れが形成されている。また角柱より離れた領域で広く左上方向への流れが形成されている。強い右流れ(図中A)、物体後流からの剥離せん断渦に巻き込まれることで一方向に強い流れ場が形成されると考えられる。図-6、図-7、図-8に $X/B=2.0$ の連続した0.5秒間のベクトル分布の一部を示す。図-6より、 $Y/h=0.5\sim 1.1$ 、 $Z/B=-1.0\sim -0.3$ の領域(図中A)に強い右流れが形成される。 $Y/h=0.4\sim 1.0$ 、 $Z/B=0.2\sim 0.5$ の領域(図中B)では下降流が形成されている。一方 $Y/h=0\sim$

キーワード 後流 三次元角柱 横断面可視化 流速変動 PTV

連絡先 〒745-8585 山口県周南市学園台徳山工業高等専門学校内 水工学研究室 TEL 0834-29-6336

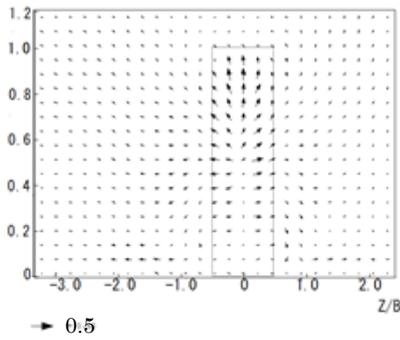


図-3 平均流速ベクトル分布 (X/B=0.5)

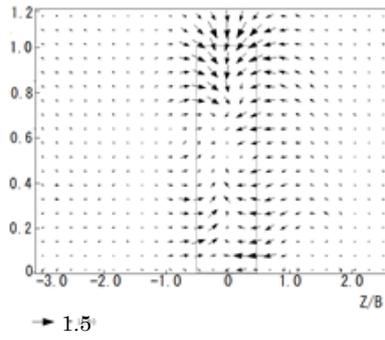


図-4 平均流速ベクトル分布 (X/B=2.0)

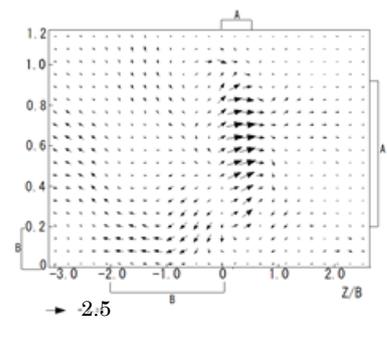


図-5 1秒間の平均流速ベクトル分 (X/B=0.5)

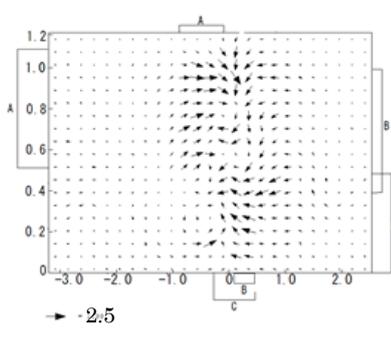


図-6 0.5秒間のベクトル分布 (X/B=2.0)

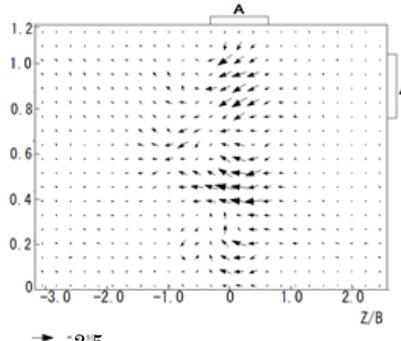


図-7 0.5秒間のベクトル分布 (X/B=2.0)

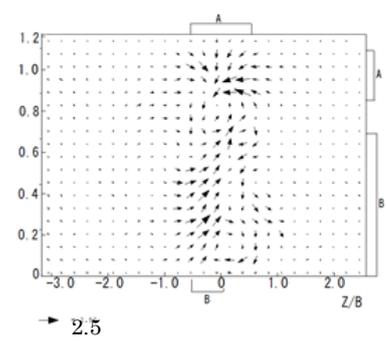


図-8 0.5秒間のベクトル分布 (X/B=2.0)

0.5, $Z/B=-0.2\sim 0.5$ (図中C)では逆方向の左流れが形成され、徐々に上昇流を伴ってくる。角柱左側では、その流れに巻き込まれるように小さな上昇流と渦が形成されている。図-7より、 $Y/h=0.8\sim 1.0$, $Z/B=0\sim 0.5$ の領域(図中A)ではW成分の強い左方向の下降流が形成されている。 $Y/h=0.4\sim 1.0$, $Z/B=-0.5\sim 0.5$ で左方向への横流れが確認され、その影響は強いところで $Z/B=-1.5$ でも確認できる。 $Y/h=0\sim 0.4$, $Z/B=0\sim 0.5$ では左方向への横流れと共に上昇流が確認できる。図-8では、 $Y/h=0.9\sim 1.1$, $Z/B=-0.5\sim 0.5$ の領域(図中A)は下降流と左右から 45° の下降流が一点に集まることを確認された。 $Y/h=0\sim 0.7$, $Z/B=-0.5\sim 0$ の領域(図中B)では広範囲で右流れを形成し、角柱中心に近づくに連れ上昇流を伴っている。これら一連の二次流れの特徴は、平均流速ベクトル分布のように対象性を持った流れではなく、角柱上面近傍の下降流は、右流れから 45° 右下降流さらには 45° 左への下降流、左流れと最大流速の方向を変化させている。角柱の $Y/h=0\sim 0.5$ では、左流れから右流れと交互に変化している一連の特徴を示しており、後流域の組織構造を考える上で大変興味深い結果である。このことから、対称性を持つアーチ型の渦の流れ場は、各領域に発生時刻の異なる右流れ、下降流、左流れとい

う一連の流れ場が時間積分されてつくられたものであることを示している。

4. おわりに

- 1)後流形成領域では、角柱上部にアーチ型の渦により形成されると考えられる特徴的な対称性を持つ流速ベクトル分布の特徴が示された
- 2)短時間平均では、非対称な流れ場が形成され、その時系列の特徴が示された

5. 参考文献

- 1)佐賀孝徳, 北川尊将, : 角柱周辺の流れ場の組織構造と流速分布特性, 水工学論文集, 第59巻, 2015.
- 2)佐賀孝徳, 渡辺勝利, 他: 構造建築物周囲に形成される流れ場の特性, 日本建築学会環境系論文集, 第74巻, 第644号, pp. 1115-1122, 2009.
- 3)河井宏充, 他: 3次元性四角柱の後流の流れ場の構造について, 京都大学防災研究所年報, 第53号B, pp. 391-402, 2010.

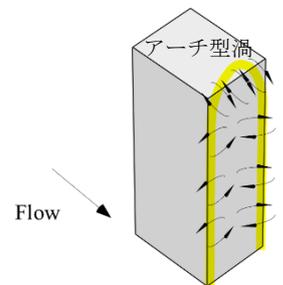


図-9 アーチ渦のモデル