

定常自由表面流中に置かれた角柱に働く流体力に関する研究

九州工業大学工学部 学生員 ○大田 和正
 九州工業大学大学院 学生員 重枝 未玲
 九州工業大学工学部 正員 秋山 壽一郎

1. はじめに

高精度な市街地洪水氾濫シミュレーションモデルを構築するためには、洪水時に家屋等が受ける流体力を適正に評価し、それを流水抵抗として数値モデルに組み込む必要がある。本研究は、そのような背景を踏まえ、定常せん断流中に置かれた角柱の迎角と配置を系統的に変化させ、その抵抗係数について実験的に調べたものである。

2. 実験条件および方法

実験は、水路（長さ 20m、幅 0.6m）中に角柱を図-1に示すように配置し、迎角 α を 4 パターン変化させ、非越流状態で行った。水深 h は、0.1m に設定し、表-1 に示すように水理条件を 4 パターンに変化させた。

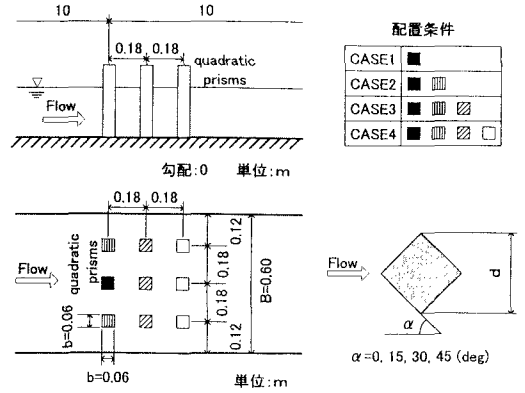


図-1 角柱の配置と迎角

表-1 水理条件

	Pattern 1	Pattern 2	Pattern 3	Pattern 4
Reynolds 数 R_e	35300	39650	44930	48290
Froude 数 F_r	0.36	0.40	0.46	0.49

すべてのパターンにおいて水路中心軸上の角柱について、その前面と後面の水深 h_f と h_r 、平均流速 u および抗力 D の測定を行った。 h_f と h_r は測定位置の角柱の前面および後面から 0.005m 離れた位置で容量式波

高計を用いて測定した。 u は測定位置の角柱を取り外し、その中心位置で底面より 0.02m から鉛直方向に 0.01m 間隔で、電磁流速計を用いて行った。 u 分布を 2 次曲線で近似し、それを積分することによって断面平均流速 V_a を算定した。 D は測定位置の角柱に 2 分力計を取り付け測定した。なお、サンプリング時間は、 h_f 、 h_r および u は 50 秒、 D は 20 秒、サンプリング間隔は、 h_f 、 h_r および u は 0.05 秒、 D は 0.01 秒である。

3. 実験結果

角柱の前面と後面で静水圧分布が成立すると仮定すると、その圧力差は $\rho g (h_f^2 - h_r^2) d / 2$ となる。ここに、 ρ =水の密度、 g =重力加速度、 d =角柱の投影面積である。角柱を 1 本および 1 列に配置した場合の 2 分力計により求めた D と圧力差との関係を図-2 に示す。図-2 より、 α と無関係に D は圧力差とよく一致していることから、 D は式 (1) で表わせると考えられる。

$$D = \frac{1}{2} \rho g (h_f^2 - h_r^2) d \quad (1)$$

また、2 分力計と圧力差から算定した抗力値が一致することから、本研究で得られた抗力値は信頼性が高いことも確認できる。

式 (2) より得られた $\alpha = 0^\circ$ の場合の抵抗係数 C_D と Reynolds 数 R_e の関係を図-3 に示す。図-3 より C_D は R_e に依存せず、一定値を取ることが分かる。

$$C_D = \frac{2D}{\rho d h_f V_a^2} \quad (2)$$

角柱を 1 本配置した場合の C_D と α との関係を図-4 に示す。 C_D は $\alpha = 0 \sim 15^\circ$ で減少し、 $\alpha > 15^\circ$ では増加している。図中で

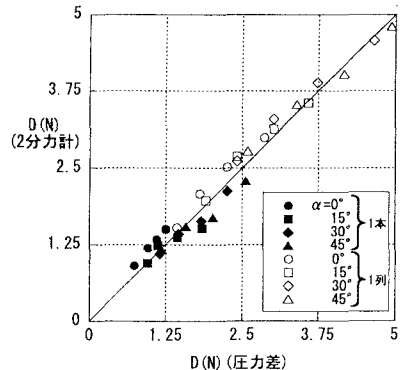


図-2 抗力値の比較

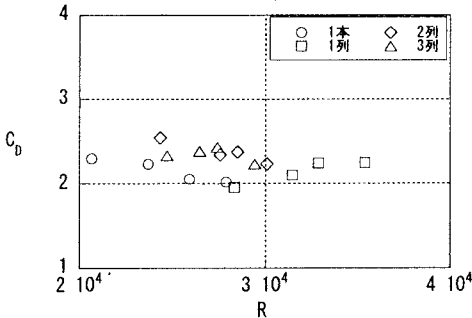


図-3 C_D と R_e^a との関係 ($\alpha=0^\circ$)

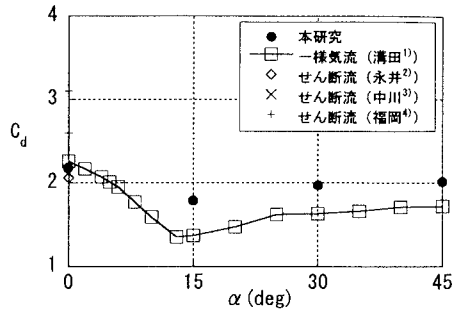


図-4 C_D と α との関係 (角柱 1 本配置)

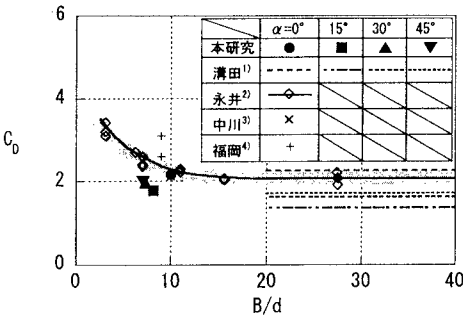


図-5 C_D と B/d との関係

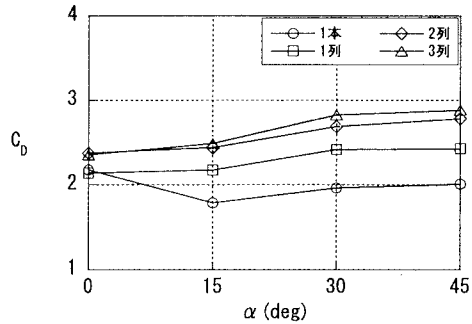


図-6 C_D と α との関係

はこの増減傾向について検討するために、溝田¹⁾による一様空気流中に角柱 1 本を配置した場合の C_D 値と比較している。これより、本研究結果は溝田と類似した傾向を示すが、 $\alpha=0^\circ$ 以外では C_D 値が大きいことが分かる。この差が生じる要因としては、 α の増加に伴う水路幅投影幅比 B/d (B =水路幅) の減少による側壁の影響が考えられる。

そこで、 C_D と B/d との関係を調べたものが図-5 である。図中の永井²⁾の結果によれば、 C_D 値は B/d に対して変化し、 B/d が 15 以上になるとほぼ一定値を取る。しかし、 C_D 値はデータのばらつきに伴う幅を持っており、本研究の $\alpha=0^\circ$ の C_D 値はこの範囲内であることが分かる。一方、 $\alpha=15^\circ$ 、 30° および 45° では、 $\alpha=0^\circ$ の場合のように B/d を変化させた結果が存在しないので、次のような推定をした。溝田の B/d の影響がない場合の C_D は図中で示す鎖線のような一定値を取り、 $\alpha=0^\circ$ の場合と同様に $B/d=10\sim 20$ の範囲のある値で急減すると考えられる。これと永井の結果がある幅のばらつきを有していることを勘案すれば、本研究の $\alpha=15^\circ$ 、 30° および 45° の C_D 値も十分この範囲内に含まれると推察される。従って、迎角 α を変化させた時のせん断流中の C_D は表-2 に示されるような値を取ると考えられる。

表-2 C_D と α との関係 (角柱 1 本)

	α (deg)			
	0	15	30	45
C_D	2.20	1.80	1.95	2.00

図-6 は角柱を配列した場合の第 1 列中央の角柱の C_D と α との関係を示したものである。列が増加すると全体的に C_D 値が増加するが、2 列と 3 列では大差がないことから 3 列以上では同様な値を取ると考えられる。

4. 結論

迎角 α を変化させた時の角柱 1 本の C_D の傾向としては、 $\alpha=0^\circ$ で最大値を取り、 $\alpha=15^\circ$ で急減し、 $\alpha=30^\circ$ から再び増加するが、 $\alpha=45^\circ$ では $\alpha=0^\circ$ よりも小さな値を取り、表-2 に示すような値になる。また、配列した場合の角柱の C_D は図-6 に示すように 1 本の場合よりも常に大きな値を取る。今後の課題として、より広範囲な条件下で C_D と B/d の関係を明らかにする必要がある。

参考文献 1) 溝田武人ら:日本風工学会誌, 第 36 号, 1988., 2) 永井荘七郎:改訂水理学, コロナ社, 1972.

3) 中川 一ら:京大防災研究所年報, 第 28 号, 1985., 4) 福岡捷二ら:土木学会論文集, No.600/II-44, 1998.