

# 建築物に作用する洪水等による外力性状に関する検討

構造研究グループ 研究員 高館 祐貴

## I はじめに

国土交通省では全国各地で水災害が激甚化・頻発化していることや気候変動の影響による降雨量の増加等に対応するために、令和3年5月に特定都市河川浸水被害対策法の一部を改正し、「流域治水関連法」<sup>1)</sup>を整備した。この法令では水災害の危険性の高い地域に居住する場合にも命を守る基準として、浸水被害防止区域内の建築物は居室(居間、食事室、寝室その他の居住のための居室等)の床面を基準水位以上の高さとする等が定められている。さらに、浸水被害防止区域内の建築物は令和3年国土交通省告示第1392号(告示1392号)で洪水又は雨水出水(洪水等)に対して安全な構造方法とすることを求めている。この告示は、流域治水対策計画において定められた都市浸水の発生を防ぐべき目標となる降雨が生じた場合に想定される洪水又は雨水出水(想定洪水等)による浸水が発生した場合において安全な構造方法を定めるものであり、特定都市河川浸水被害対策法施行規則第45条第3号に規定する水深及び流速(特定水深等)の他に、水の単位体積重量、想定洪水等が作用する部分の幅及び抗力係数を用いて建築物に作用する水平方向の流体力を計算しなければならない。告示で計算方法は位置づけられているものの、建築物に作用する洪水等による外力についてはこれまで検討事例が少なく、より安全かつ合理的な設計を行うための水理実験や数値流体解析によるデータの蓄積も乏しい。そこで、本報ではまず基本形状である単体角柱を対象とした水理実験によって抗力を測定し、単体角柱に対する流入角による抗力の変化を把握することを目的とする。

## II 水理実験の概要

水理実験は秋田工業高等専門学校が所有する実験水路を利用した。図1に実験水路と実験時の流れ場を示す。水路の長さは約15m、幅は0.6m、高さは0.8mである。流下方向の流速はプロペラ式流速計(測定範囲:  $\pm 0.03 \sim 3$  m/s)、水深は容量式波高計(測定範囲: 0.1~1m)を用いて模型の前方及び後方の流れの影響を受けにくい位置でそれぞれ計測した。評価時間は洪水の継続時間、模型の幾何学的縮尺率及び速度の縮尺率から定められるべきであるが、洪水等荷重の評価時間についての知見が多く

はないことから測定時間は1セット60秒とし、各統計量は5回の計測のアンサンブル平均で評価することとした。建築物に作用する抗力は図1(b)のように模型を鋼板上から吊り下げ、水平方向の外力によって生じる鋼板のひずみから算出した。

図2に実験模型と模型の設置位置を示す。実験では1辺が0.08mの正方形角柱を用いた。水路の幅を $B$ 、模型の幅を $d$ とすると $B/d$ は7.5となる。模型は水流に正対する角度を $0^\circ$ とし、 $15^\circ$ ピッチで $45^\circ$ まで変化させた。実験では定常流での検討とするために、貯水槽に一定量の水を汲み上げて流量が一定になるように制御した。上流側には高さ50mmの位置に遮水板を設置し、貯水高さを60mmから120mmまで20mmピッチで変化させることで4種類の水流を生成した。図3に模型がない状態で貯水高さを変化させた時の模型前方の位置で測定した流速 $U$ 、水深 $h_w$ 及びフルード数 $Fr (=U/\sqrt{gh_w})$ の時刻歴を示す。貯水高さを変化させると水深は大きくなるものの、流速はやや低くなる。この時のフルード数の大きさは貯水高さによらず、いずれのケースでも時間平均で約0.7である。

## III 単体角柱に作用する抗力

角柱に作用する抗力 $F$ は代表面積に水深 $h_w$ と模型の幅 $d$ を用いて、次式で無次元化して抗力係数 $C_D$ として表す。

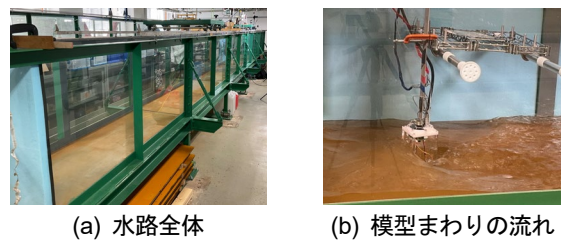


図1 実験水路と実験時の流れ場

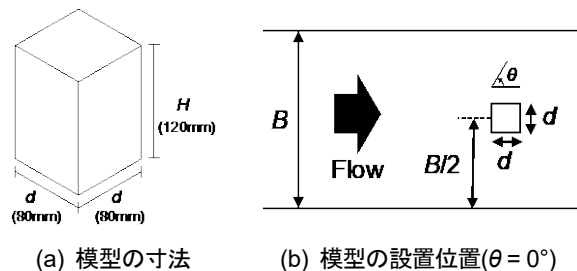


図2 実験模型と水路内の模型の位置

$$C_D = \frac{F}{\frac{1}{2}\rho U^2 h_w d} \quad (1)$$

ここで、 $\rho$  は水の密度である。抗力係数  $C_D$  は特定水深等で与えられる流速及び水深を想定し、模型のない状態で測定した水深  $h_w$  及び流速  $U$  の 2 乗の積の最大値を用いて定義した。表 1 に建築物に対する流入角  $\theta$  が  $0^\circ$  の時の平均抗力係数  $C_{Dmean}$  を示す。告示 1392 号では高橋ら<sup>2)</sup>の実験結果と同様に  $C_D = 2.1$  とされている。しかし、今回の実験結果での  $C_{Dmean}$  の大きさは告示の値よりも大きい。 $C_D$  の定義はやや異なるが、既往の研究<sup>3)-5)</sup>によると  $C_D$  は  $B/d$  によって変化するとされており、 $B/d$  が小さくなると単体角柱でも  $C_D \geq 3$  になることが報告されている。また、津波の実験結果に対しては  $B/d < 4$  で影響が大きく、 $B/d > 8$  で影響が小さくなるとされている<sup>6)</sup>。これらは、閉塞率が高くなることによって流れが堰き止められて、対象とする模型の前面と後面の水位差が大きくなるためと考えられる。建築物が密集する街区では単体角柱の場合よりも閉塞率が高くなり、 $C_D$  が増大することが想定される。安全かつ合理的な設計を行うためには、閉塞率による  $C_D$  の変化を把握することに加えて、連棟配置などの条件での水理実験及び数値流体解析を通して、さらに外力についてのデータを蓄積する必要がある。

図 4 に  $\theta = 0^\circ$  の時の抗力を基準として、 $\theta$  を  $15^\circ$  ずつ変化させたときの抗力の比を示す。全体的な傾向を見ると、 $\theta = 30^\circ$  や  $\theta = 45^\circ$  の時は、流入条件に対する一定の傾向は見られず、条件によっては  $\theta = 0^\circ$  のときよりも抗力が大きくなる。一方、 $\theta = 15^\circ$  の時は流入条件に関わらず  $\theta = 0^\circ$  の時よりも抗力が小さくなり、その大きさは貯水高さが低くなるほど小さくなる。建築物に対する流入角が変化することで閉塞率が変化し、角柱前後の自由表面の挙動が変化すると考えられるが、 $\theta = 15^\circ$  で抗力が小さくなる傾向は自由表面のない一様流中の風による正方形断面の空力特性<sup>7)</sup>と類似している。

#### IV まとめ

建築物に作用する洪水等による外力性状を明らかにするために、水理実験で単体角柱に作用する抗力を測定した。水理実験では閉塞率が抗力に及ぼす影響が大きいため、安全かつ合理的に荷重評価を行うためには基本断面に対する検討に加えて、閉塞率を変化させた水理実験及び数値流体解析を通してさらにデータの蓄積及び分析をする必要がある。

#### 参考文献

- 国土交通省: [https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki\\_hoan/index.html](https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki_hoan/index.html) (閲覧: 2023 年 1 月)
- 高橋保, 中川一, 加納茂紀: 洪水氾濫による家屋流出の危険度評価,

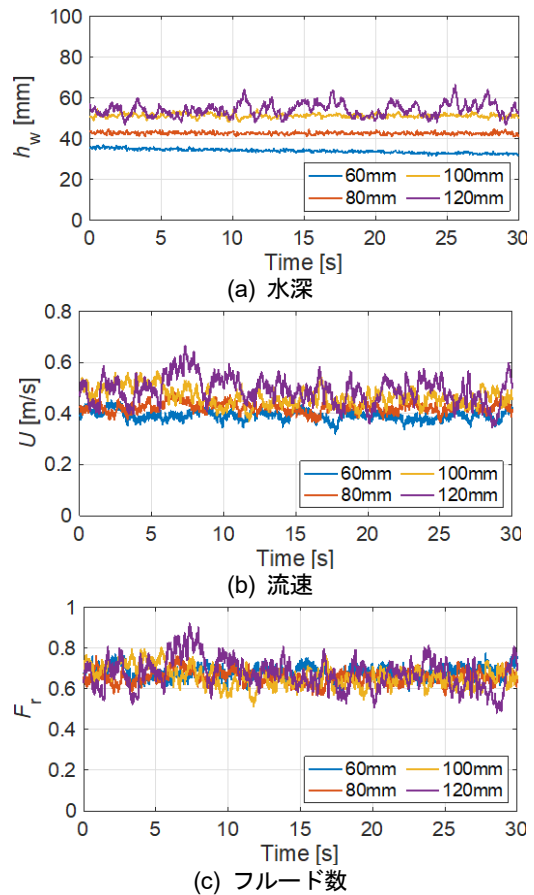


図 3 流入条件 (凡例は貯水槽での貯水の高さ)

表 1 平均抗力係数 ( $\theta = 0^\circ$ )

貯水高さ	60 mm	80 mm	100 mm	120 mm
$C_{Dmean}$	2.91	3.76	3.72	3.40

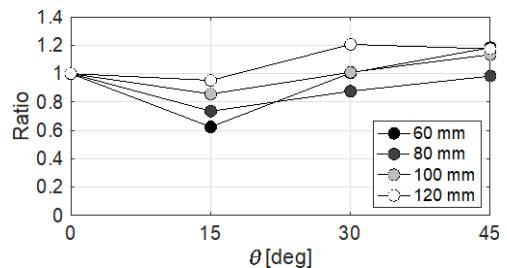


図 4 流入角による抗力の変化

京大防災研究所年報, 第 28 号, B-2, 1985

- 福岡捷二, 川島幹雄, 横山洋, 水口雅教: 密集市街地の氾濫シミュレーションモデルの開発と洪水被害軽減対策の研究, 土木学会論文集, No. 600/II-44, pp. 23 - 36, 1998
- 秋山壽一郎, 重枝未玲, 小林俊彦, 大田和正: 定常自由表面流中の直角柱に働く流体力, 水工学論文集, 第 46 卷, pp. 827 - 832, 2002
- 小山毅: 開水路定常流を受ける角柱に作用する抗力に及ぼすフルード数及び閉塞率の影響に関する水理学的考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), 構造 I, pp. 43 - 44, 2018
- 池谷毅, 岩田善裕, 奥田泰雄, 喜々津仁密, 石原晃彦, 長谷川巖, 橋本純, 小島大典: 水理模型実験における陸上構造物に作用する津波力に及ぼす実験水路幅の影響, 土木学会論文集 B2(海洋工学), pp. 901 - 906, 2017
- 西村宏昭: 種々の辺長比をもつ長方形角柱の空力特性に関する研究, 応用力学論文集, Vol. 5, pp. 689 - 698, 2002