

第Ⅱ部門

水理実験に用いる流体力計測機器の開発

京都大学工学研究科 学生員 ○松井春樹
 京都大学防災研究所 正会員 小柴孝太
 京都大学防災研究所 非会員 三浦勉

京都大学防災研究所 正会員 川池健司
 京都大学防災研究所 非会員 中本幹大

1. はじめに

近年頻発する豪雨災害のソフト面での対策として、氾濫解析は有効であり解析モデルの検証のための水理実験も重要な役割を担う。

氾濫解析の研究は国内外で盛んにされているものの、氾濫流中の建物抵抗の評価に関しては改善の余地がある。都市域の建物群を伴う流れは複雑であるため、解析モデル検証のためには水深のみならず、流速や流体力等の複数の水理量を計測した詳細な実験が肝要といえる。

一方で建物に作用する氾濫流の流体力を測定し、抗力係数を算出している研究^{例えば 1), 2)}の多くは高価な分力計（データロガー含めて 15 万円程度）を用いて単体家屋に働く力のみを測定している。しかし、実都市における建物に働く流体力の知見を得るためには複雑な建物配置で複数点での計測が望ましいため、場所を選ばず計測可能な安価な計測機器が必要である。

そこで本研究では、取り外しがしやすく容易に導入可能な計測機器を作成し、実際に直接流体力を測定する実験を実施する。既往研究との比較により本機器の有効性を検証するとともに実験データの蓄積を目的とする。

2. 計測機器概要

中川³⁾を参考に、模型に加わる力をひずみから逆算することにし、内部にひずみゲージを搭載した市販のロードセル（Sensorcon 製）を用いた。

作成した計測機器は、図-1 のように市販のロードセル・AD コンバータ・マイコンから構成される。ロードセルの出力を AD コンバータによりコンピュータが読み取れる形に変換し、マイコン（Microcontroller Unit）に情報を収集するような流れである。なお、これら 3 点を合計しても 2 千円程度に抑えられるため大変安価である。

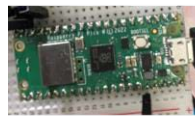
計測機器の設置の様子は図-2 の通りである。先述したロードセルを家屋模型に固定し、水路床と



ロードセル
 : 荷重（力）を電圧として出力



ADコンバータモジュール
 : 微小な電圧をアンプにより増幅させ、アナログ情報をデジタルでコンピュータが読み取れる情報に変換し記録



マイコン (Microcontroller Unit)
 : 小さなコンピュータで計測機器に指示を送り動かす。
 今回はRaspberry Pi Pico Wを使用

図-1 計測機器の構成要素

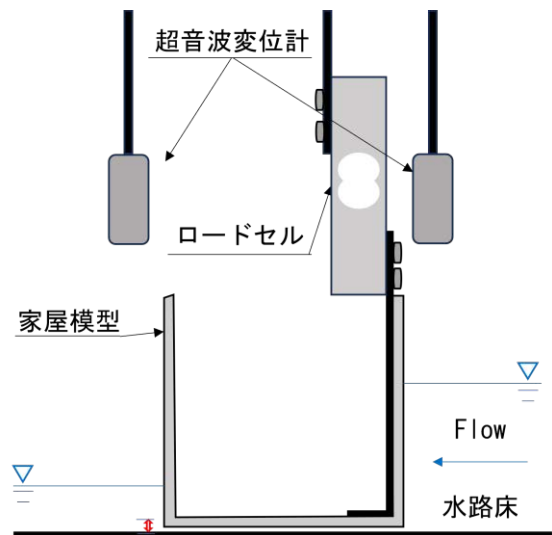


図-2 流体力計測機器ユニット

の間に 1mm 未満の隙間が空くように上からつるした。これは模型底部と水路床との隙間に生じる圧力差を無視するために、その隙間をゼロに近づけた結果である。また流体力を測定するロードセルとは別に、後述する静水圧モデルとの比較のために家屋模型の前後に超音波変位計を設置し、水深を測定した。

3. 実験

本研究では計測機器を静水圧状態でキャリブレ

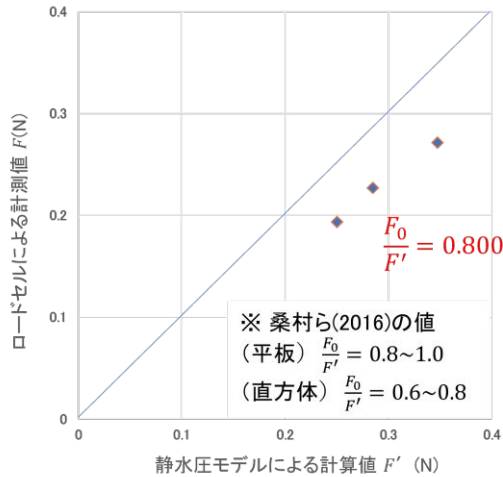


図-3 静水圧モデルとの比較

ーションし、以降の(1)，(2)の実験を実施した。

(1) 静水圧モデルとの比較

開発した計測機器の有効性を検証するために、既往研究で多く参照される静水圧モデルとの比較を実施した。静水圧モデルは福岡ら¹⁾により実証されており式(1)により家屋に作用する流体力 D を家屋前後水深より計算できる。

$$D = \frac{1}{2} \rho g (h_1^2 - h_2^2) b \dots (1)$$

ここに、 h_1 ：家屋前面水深、 h_2 ：家屋背後の水深、 b ：家屋幅である。

図-3 に本研究で開発した計測機器の出力値と、前後水深から算出した静水圧モデルの比較を示す。

図-3 から静水圧モデルと比較して実測値は小さい値をとることがわかる。この傾向は実河川で同様の実験を実施した桑村⁴⁾の結果と近いものであった。

(2) 後方家屋に作用する流体力

高橋ら⁵⁾の研究では2体の家屋模型を縦列に並べると下流側の家屋では上流側の家屋の後背流を受け流体力が流れに対し逆向きに発生することを明らかにしている。つまり計測機器の出力は負の値を示すことになる。本研究では、高橋らと同様の実験を実施し比較することで計測機器の有効性を検証する。

図-4 は本実験と高橋らの結果を重ねたものである。なお、 F ：後方の家屋に作用する流体力、 F_0 ：単体で置かれた場合に作用する流体力、 l' ：家屋間距離(=15,20,25,30[cm])、 l ：家屋幅(=10[cm])である。

図-4 から本研究のプロットが高橋らのものと同

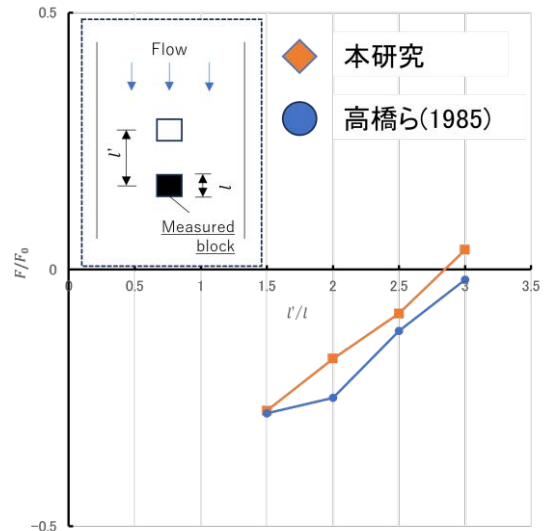


図-4 高橋らの実験との比較

様であることが確認された。

4. おわりに

本稿では新たな計測機器の概要と有効性検証のための基礎実験を示した。実験データは不足しているものの、開発した計測機器の一定の妥当性は確認された。今後は本技術を生かした他の計測機器やそれらを使用した解析モデル検証のための水理実験を実施する予定である。また、Bluetoothを活用した無線計測の実装にも取り組む予定である。

参考文献

- 1) 福岡捷二，川島幹雄，横山洋，水口雅教：家屋群に作用する氾濫流の流体力に関する実験的検討，水工学論文集，第41巻，pp.693-698，1997.
- 2) 河原能久，伊藤康，内田龍彦，家藤憲司：非定常流中の建物に作用する流体力の直接測定，水工学論文集，第53巻，pp.979-984，2009.
- 3) 中川一：洪水および土砂氾濫災害の危険度評価に関する研究，京都大学博士論文，1989.
- 4) 桑村仁：氾濫流に建つ直方体構造物の抗力と揚圧力-河川自然流を用いた水理研究 その2-，日本建築学会構造系論文集，第81巻，第720号，pp.219-227，2016.2.
- 5) 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，京都大学防災研究所年報 B，No.28 B2，pp.455-470，1985.4.