

人体が受ける流体力に関する実物大模型実験

京都大学大学院工学研究科	学生会員	○藤木 峻
京都大学大学院工学研究科	学生会員	三輪 真揮
京都大学防災研究所	正会員	米山 望
京都大学防災研究所	正会員	戸田 圭一

1. はじめに

2008年に兵庫県の都賀川で発生した水難事故をはじめとして、急速に増水した河川や洪水などの流水に人が流される事故が近年多く発生している。このような事故を防ぐには、流水から人体が受ける力の危険性を明らかにし、防災意識の向上に役立てることが肝要である。本研究では、実物大模型実験を行うことで模型表面の圧力を測定し、模型全体が受ける流体力を算出した。

2. 実験概要

本実験では、人体の脚部を四角柱で再現した模型を図1のように長方形断面水路に設置し、流水中の模型表面の圧力を測定する。模型表面には図2のように圧力センサが鉛直方向に6点設置されており、鉛直方向の圧力分布を作成することができる。また、圧力センサのある面の向きを変えることで、流れに対して前後左右4面の圧力分布を作成することができる。

本実験では、単位幅流量 $q[m^3/s/m]$ を、 $q=0.1, 0.2, 0.3, 0.4[m^3/s/m]$ と変化させ4通りの流量で実験を行った。さらに、水路の流出口に止水板を追加して下流側の水深を上昇させることで流出口の境界条件を変更し、同一流量で異なる4通りの境界条件で実験を行った。

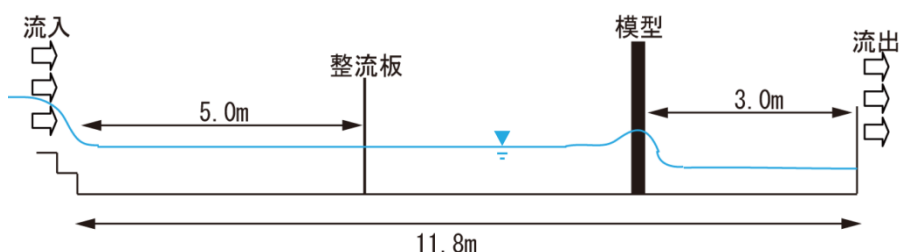
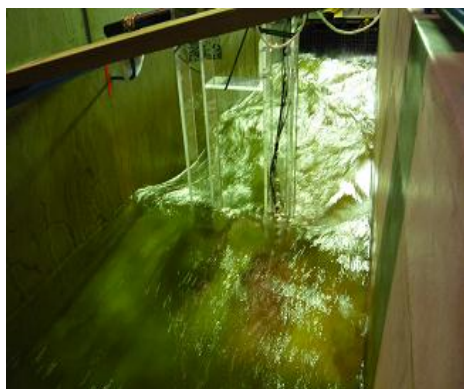


図 1. 実験水路断面図



実験風景

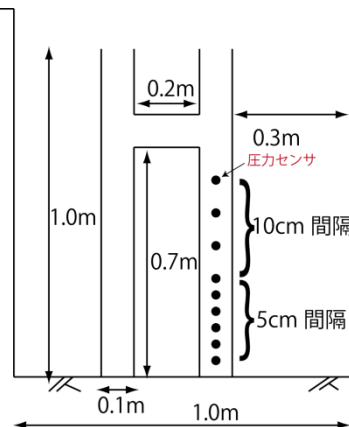


図 2. 実験模型正面図

3. 水理条件の算出

本実験の水理条件を把握するために、測定した定常部の水深 $h[m]$ より断面平均流速 $v[m/s]$ 、単位幅比力 $M[m^3/m]$ を求めた。単位幅比力 $M[m^3/m]$ は以下の式で求められる。

$$M = \frac{h^2}{2} + \frac{v^2 h}{g}$$

大西[1]らの研究により単位幅比力 M が0.125の時に成人男性の避難が困難であるとされている。今回実施したケースでは、単位幅比力 M が0.125を超えるケースは6つあった。

キーワード 流体力, 比力, 水理実験

連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所流域災害研究センター都市耐水研究領域

藤木 峻 TEL 0774-38-4137

4. 実験結果

今回の実験の結果、脚前後面にかかる圧力はいずれの測定条件においてもほぼ静水圧分布になることがわかった。この傾向は、いずれの測定条件での圧力分布でも同様であり、動圧はほとんど見られなかった。

これより、模型表面が静水圧分布であることを仮定して、模型表面が受ける力を積分して算出した。さらに流れに対し前後の面が受ける力の差を取ることで模型全体が流水から受ける力を算出した。測定した全てのケースで模型が受ける流体力を算出したところ、最大となるのは単位幅流量 $q=0.4[\text{m}^3/\text{s}]$ 、水深 $0.38[\text{m}]$ の $15.4 [\text{kgf}]$ 、最小となるのは $q=0.1[\text{m}^3/\text{s}]$ 、水深 $0.43[\text{m}]$ の $0.741[\text{kgf}]$ であった。

図3に、脚前面のみにかかる力と単位幅比力との関係を示す。これより、脚前面にかかる流体力と単位幅比力は、様々な測定条件の違いに関わらずほぼ比例することが分かる。

一方脚全体にかかる流体力と単位幅比力の関係を流量別にまとめてグラフに表すと図4のようになる。この場合、ある単位幅比力に対して流体力は様々な値をとり、単位幅比力と流体力が一対一に対応しない。

流れの性質を表す単位幅比力は模型前面の流況で決定される。本実験では脚前面にかかる流体力は単位幅比力に比例している。一方、脚全体にかかる流体力は、模型表面に働く静水圧によるものであるため、模型前後の水位差に支配されると考えられる。よって今回の実験においては、模型全体が流水から受ける流体力は模型後方の流況に大きく影響を受けていることが確認された。

5. おわりに

実物大模型実験により、実スケールで人体を模した模型が流水から受ける力を求めることができた。また、模型前面が流水から受ける流体力と単位幅比力の間には比例関係がある一方、模型全体が受ける流体力は単位幅比力とは一対一に対応せず、模型後面の流況に左右されることがわかった。

今回の実験では四角柱を人体の脚部と見立てて測定を行ったため、実際に人体が受ける流体力より大きな値が測定されたと考えられる。よって今回の実験から求められた流体力は、危険性の評価という点からは有効であるが、実際に人体が受ける流体力を知るためには流線型断面のような人体に近い形状の模型での実験が必要である。また、今回測定を行った条件では動圧がほとんど見られなかったが、さらに流速が速いケースでも同様の結果となるかさらなる検証が必要である。

さらに今回の実験結果を用いて、既往の解析コードの検証も可能である。これによって、人体などの物体が受ける流体力が数値解析により予測可能になることが期待される。

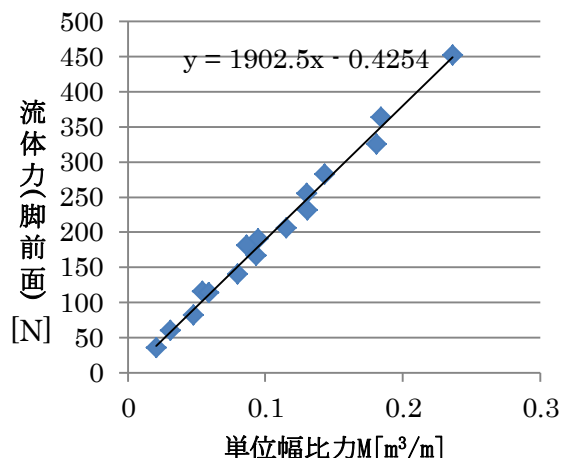


図 3. 脚前面にかかる流体力

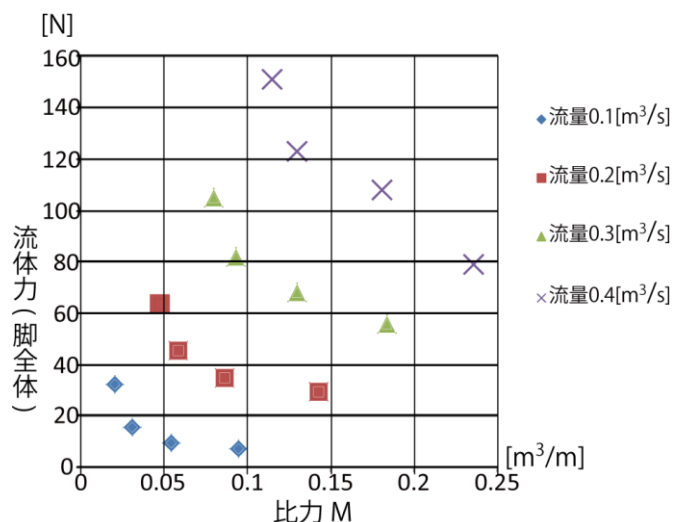


図 4. 脚全体にかかる流体力

参考文献 [1]大西良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一・島田広昭・川中龍児：地下空間浸水時の避難困難度評価法に関する検討，年次学術講演会講演概要集，第 62 回，pp435-436，2007。