

子供の側溝転落時の水難事故危険性に関する実験的研究

京都大学 学生員 ○岡 宗佑  
 京都大学 正会員 岡本隆明  
 京都大学 フェロー会員 戸田圭一  
 京都大学 学生員 當麻泰史

1. はじめに

近年、川遊びをしていた子供が誤って流されてしまうという事故が多く発生しているが、こういった水難事故は河川だけでなく側溝や用水路でも同様に起きている。幅の狭い水路内では子供がどれくらいの流速や水深で流されるのかについては研究例がなく、詳しくわかっていない。そこで、本研究では、流水中で子供の身体にかかる流体力について、人体模型を用いて流速や水深、水路幅、姿勢、衣服の有無を変えて水路実験を行った。また、座位時の流れへの抵抗力を算出し、静止摩擦力と比較することで、子供が幅の狭い水路で流される危険性について評価した。

2. 流水中での人体にかかる流体力計測

図-1に、流水中で人体にかかる流体力計測実験の実験装置図を示す。水路長さ10m、高さ0.40m、奥行0.40mの水路で実験を行った。人体模型の背部を水路内のフォースゲージ(日本電産シンポ製FGP-5)に固定した。水路幅の狭いケース(実験時のスケールで $B=0.10m, 0.20m$ )を実験する際は、水路内に塩ビボックスを設置して幅を狭めた。人体模型(1/4スケール)は立位時で全長0.30m、座位時で全長0.21mのものを用い、本研究では身長1.2mの7歳児を想定して実験を行った。模型の手足は可動で、流水中の転倒状態を想定して立位、座位姿勢に変化させることができる。表-1に水路実験の水利条件を示す。各ケースについて、立位非着衣、立位着衣、座位非着衣、座位着衣の4パターンで、水路幅、流速、水深を変化させて流体力を計測した。

3. 人間の流れへの抵抗力計測

座位時の静止摩擦力は、浮力を考慮して次の式で算出した。

$$S = \mu(Mg - \rho Vg)$$

$S$ は静止摩擦力、 $\mu$ は摩擦係数(=0.70)、 $M$ は体重(7歳児の平均体重である24.1kgとした)、 $\rho$ は水の密度、 $V$ は身体の浸水体積、 $g$ は重力加速度である。しかし、流水中で転倒して座位状態になっても、咄嗟に後方の地面に手をつくことで流体力に対してある程度抵抗できるという可能性が考えられる。そこで、図-2のよ

表-1 水利条件

実スケール			実験時のスケール		
水路幅B(m)	流速U(m/s)	水深H(m)	水路幅B(m)	流速U(m/s)	水深H(m)
1.6	1	0.2	0.4	0.5	0.05
		0.3			0.075
		0.4			0.1
	1.5	0.1			0.025
		0.2			0.05
		0.2			0.05
0.8	1	0.2	0.2	0.5	0.05
		0.3			0.075
		0.4			0.1
	1.5	0.3			0.075
		0.4			0.1
		0.1			0.025
0.4	1	0.1	0.1	0.5	0.025
		0.2			0.05
		0.3			0.075
		0.4			0.1
	1.5	0.1			0.025
		0.2			0.05
		0.3			0.075
		0.1			0.025
	2	0.1			0.025
		0.2			0.05
		0.2			0.05
		0.2			0.05

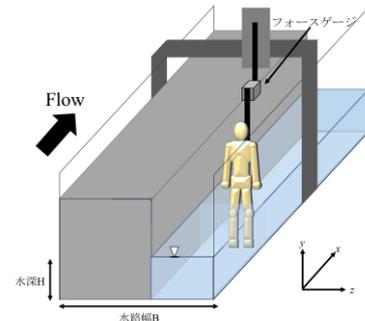


図-1 側溝での人体抵抗力計測装置図

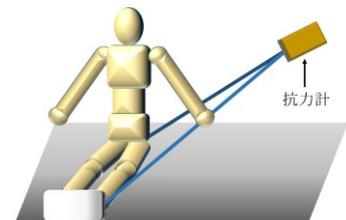


図-2 流れへの抵抗力計測概要図

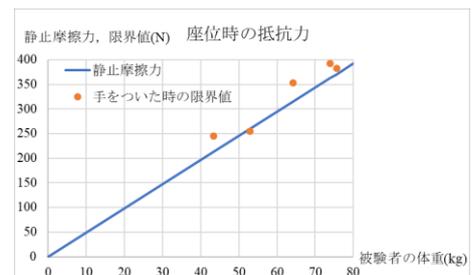


図-3 転倒した人間の流水への抵抗力

キーワード 流体力, 側溝, 水深せき上げ, 水難事故, 子供, 流れへの抵抗力  
 連絡先 oka.sosuke.38w@st.kyoto-u.ac.jp

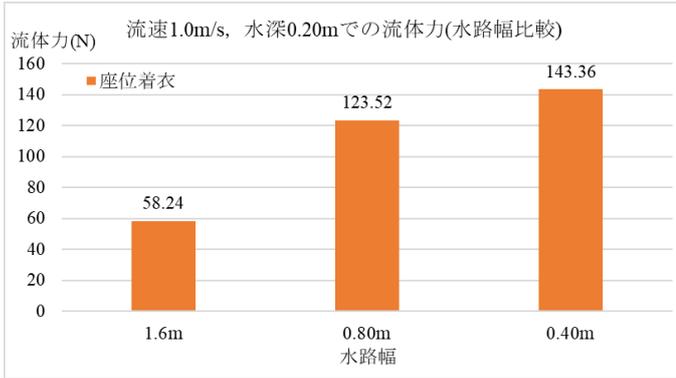


図-4 人体抗力の水路幅による変化



写真-1 狭い側溝(B=0.40m)での水深せき上げ

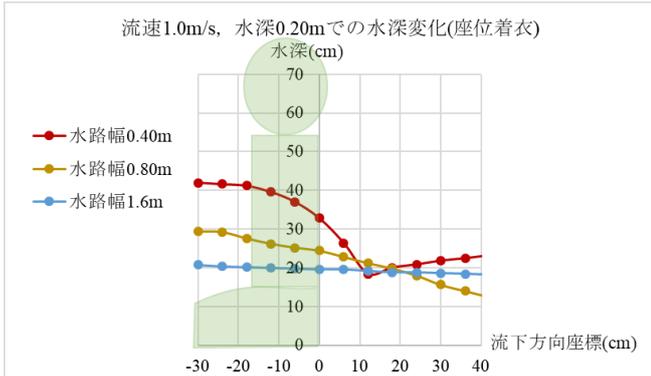


図-5 狭い側溝での水深変化図

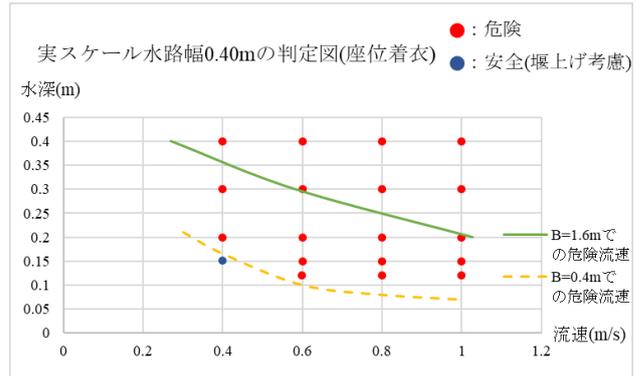


図-6 狭い側溝における水難事故危険流速, 水深判読図

うに、座位状態で後方に手をついている被験者の足裏に布を引っ掛けて後ろから引っ張り、被験者が滑り始めた時の抗力計の値を計測した。この計測を5人に対して行い、被験者の体重から求まる静止摩擦力の値と計測値を比較し、どのくらい抵抗力が増加するかを算出した。その結果を図-3に示す。地面に手をつくことによる限界値の増加率の平均は7.34%となった。漂流危険性を判定する際は、静止摩擦力にこの増加率を考慮した値を漂流限界値  $S_r$  としている。

4. 実験結果

実スケール流速 1.0m/s, 水深 0.20m における水路幅  $B=1.6m$ ,  $0.80m$ ,  $0.40m$  での座位着衣時の流体力を図-4に示す。幅の狭い水路幅  $B=0.80m$  や  $0.40m$  のケースでは、 $B=1.6m$  のケースと比べて流体力が増加している。写真-1は、水路幅  $0.40m$ , 流速  $1.0m/s$ , 水深  $0.20m$  での座位着衣時の実験時の様子である。写真のように、幅の狭いケース(実スケールで  $B=0.40m$ )では水深せき上げが発生し、模型の上下流で水深差が生じた。図-5は、横軸を流下方向座標、縦軸を水深として、水路幅  $B=1.6m$ ,  $0.80m$ ,  $0.40m$  での水面変化を示したものである。せき上げによる水深差は、水路幅が狭くなるほど大きくなっている。幅の狭い水路内で転倒して立位姿勢から座位姿勢になった場合、水深差の増大による静水圧差の増加により、流体力が大きく増加すると考えられる。

また、手をついた状態の抵抗力とせき上げによる浮力の増加を考慮した座位時の漂流限界値  $S_r$  と、より低い流速や水深で行った実験で得られた座位着衣時の流体力値  $F$  を比較すると、図-6のようになった。 $F < S_r$  となる時を「安全」、 $F > S_r$  となる時を「危険」と判定している。この図から、幅の狭い水路内で座位姿勢にある子供は、流速が  $0.40m/s$  で水深が  $0.20m$ , 流速が  $0.60m/s$  で水深が  $0.12m$  といった規模の流水でも流されてしまう危険性があることが分かった。

今後は、さらに流速や浸水深を系統変化させて流体力計測や水難事故危険性の評価を行う。

参考文献

1) 岡本隆明・戸田圭一・當麻泰史：流水中の人体が受ける流体力に関する実験的研究，京都大学防災年報，第61号B，pp.668-674，2018。