

側溝や用水路で発生する水難事故の危険性に関する実験的研究
 Experimental study on Drowning Accident Risk at Irrigation Channel and Side Ditch

○岡宗佑・岡本隆明・當麻泰史・戸田圭一・渡辺力

○Sosuke OKA, Takaaki OKAMOTO, Yasufumi TOUMA, Keiichi TODA, Chikara WATANABE

Climate change increases the frequency of torrential rains and drowning accident frequently occurs. Therefore, it is very important to study the hydraulic force on the human body there. In this study, the flume experiment was conducted using a model of the human body (1/4 scale). The drag force exerted on the small child body was measured in a narrow channel. The experiment data showed that the drag force exerted on the body in the narrow channel is 2-6 times larger than that in the wide channel. Consequently, the drowning accident risk increases even in a low velocity and low flow depth condition.

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、河川だけでなく側溝や用水路でも同様に水難事故が起きている(図-1)。特に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、溺れるのかについては研究例がなく、未解明点が多い。そこで、本研究では人体模型を用いて流速や水深、水路幅、姿勢を変えて流水中で子供の身体にかかる流体力を計測し水路実験を行った。

2. 実験方法

図-2 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, 幅 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 の着衣状態の 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, 臥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。各ケースについて水路幅, 流速, 水深を変化させて流体力を計測した。

3. 結果と考察

実スケール流速 1.0m/s, 水深 0.06, 0.1m における水路幅 $B=0.4, 0.8m$ での立位, 座位, 臥位状態の人体にかかる流体力を図-3 に示す。幅の狭い水路

表-1 水利条件

実スケール			実験時のスケール			フルード数Fr
水路幅B(m)	流速U ₀ (m/s)	水深H(m)	水路幅B(m)	流速U ₀ (m/s)	水深H(m)	
0.4,0.8	0.6	0.06	0.1,0.2	0.30	0.015	0.78
		0.07			0.0175	0.72
		0.08			0.02	0.68
		0.09			0.0225	0.64
		0.10			0.025	0.61
	0.7	0.06		0.015	0.91	
		0.07		0.0175	0.85	
		0.08		0.02	0.79	
		0.09		0.0225	0.75	
		0.10		0.025	0.71	
	0.8	0.06		0.015	1.04	
		0.07		0.0175	0.97	
		0.08		0.02	0.90	
		0.09		0.0225	0.85	
		0.10		0.025	0.81	
	0.9	0.06		0.015	1.17	
		0.07		0.0175	1.09	
		0.08		0.02	1.02	
		0.09		0.0225	0.96	
		0.10		0.025	0.91	
1.0	0.06	0.015	1.30			
	0.07	0.0175	1.21			
	0.08	0.02	1.13			
	0.09	0.0225	1.06			
	0.10	0.025	1.01			

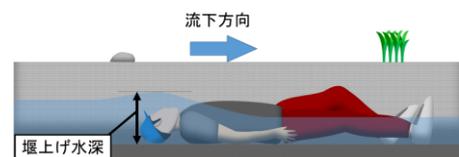


図-1 側溝での水深せき上げと水難事故

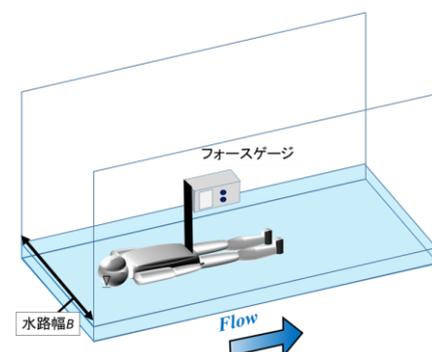


図-2 人体模型を用いた水路実験

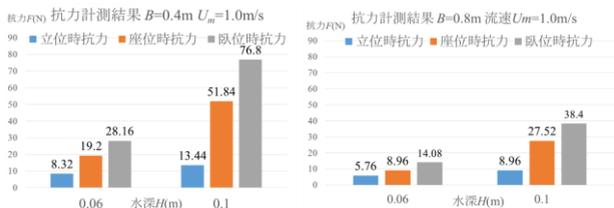


図-3 幅の狭い用水路での人体抗力の増加(立位, 座位, 臥位状態)



写真-1 幅の狭い用水路(B=実スケール 0.4m)での人体による水深の堰上げ

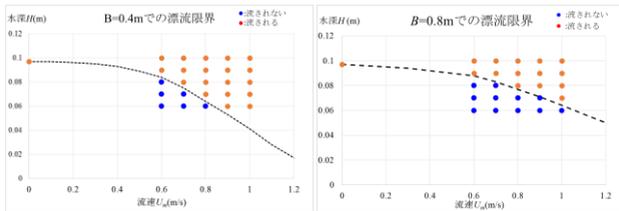


図-4 抗力計測から算出した流される危険流速

幅 $B=0.4m$ のケースでは, $B=0.8m$ 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, 人体模型の上下流で水深差が生じた.

$1.2m$ の子供の体重を $23kg$ として浮力を考慮して算出した静止摩擦力 F' と実験で得られた臥位時の流体力値 F を比較すると, 図-4 のようになった. $F' > F$ となる時を「安全」, $F' < F$ 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 $0.6m/s$ で水深が $0.08m$, 流速が $0.8m/s$ で水深が $0.06m$ 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.

図-5 は水路幅 $B=0.4, 0.8m$ での水面変化を示したものである. 水路幅が狭くなるほどせき上げに

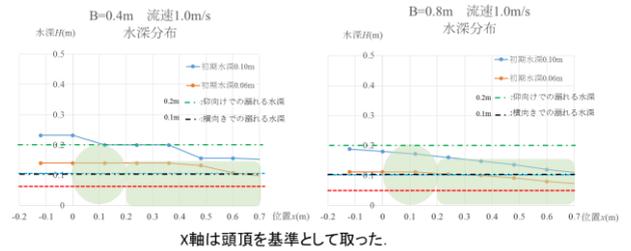


図-5 幅の狭い用水路での人体周辺の水深流下方向分布

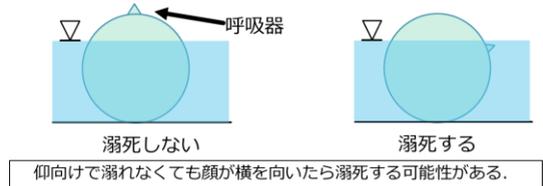


図-6 溺死判定基準と顔の向き

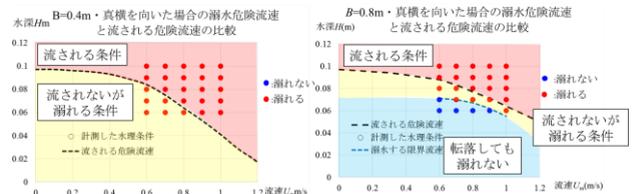


図-7 幅の狭い用水路での流される危険流速と溺死する危険流速

よって水深が大きくなっている. また頭部が上流側にあるケースでは頭部が水没して溺死する危険性が考えられる. 頭部の向きによっては 図-6 のように頭部が完全に水没していなくても溺死することも考えられる. 顔が横を向いているときは頭部の半分が水没すると溺死するとして 図-7 に水路幅 $B=0.4, 0.8m$ での流される危険流速と溺死する危険流速を示す. 黒破線より下で赤い点の水力条件が流されないが溺死する水力条件である. 臥位状態を想定すると水路幅 $B=0.4m$ では水深 $0.1m$ 以下でも水難事故は起こりうる.

参考文献

- 1) 北村光司・西田佳史: 河川の流水による子どもの流され状況の再現実験とライフジャケット着用の必要性に関する研究, 日本子ども安全学会第四回大会資料, 2017
- 2) 岡本隆明・戸田圭一・岡宗佑・當麻泰史: 側溝・用水路での水難事故の発生危険性の増大に関する実験的研究, 河川技術論文集, Vol.25, pp.73-78, 2019