

関西大学環境都市工学部	学生員	○高垣 裕彦
関西大学環境都市工学部	正会員	石垣 泰輔
京都大学防災研究所	正会員	戸田 圭一
関西大学環境都市工学部	正会員	尾崎 平
京都大学防災研究所	正会員	馬場 康之
京都大学工学部	学生員	西田 知洋

1. はじめに

近年、気候変動の影響により、50mm/h以上の降雨の頻度が増加傾向にあり、各地で水害を引き起こし、車両が流されるなどの被害が発生している。また、地表面が浸透能力の小さいコンクリートやアスファルトで被覆化され、都市部において計画規模を超える降雨が降った場合、内水氾濫が生じる。内水氾濫が生じ、アンダーパス等や地下駐車場が浸水することで自動車が水没し、流される危険性も高まっている。また、2011年3月11に発生した東日本大震災に伴う津波では多くの車両が流された。このように、水災害発生時には車両が水没し、車に人が取り残されたまま流されるという被害が想定される。このことから車両がどの程度の流れで流され始め、流された際、どのように漂流するのかを明らかにする必要がある。既報¹⁾では模型実験により水没車の限界掃流条件について検討を試みた。本報ではより詳細な実験結果を得るために、模型の重量補正を行い、原型との見かけの密度の比率を1として実験を行った結果を示す。

2. 実験装置および方法

実験に用いた水路は、京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリー内に設置された幅1m、長さ10mの水路(写真-1)である。この水路に写真-2に示す実物の10分の1のセダンの車模型、写真-3に示す実物の18分の1のミニバンの車模型を設置し、流水実験を行った。このセダンの模型は重さ1215.5g、長さ0.47m、幅0.20m、高さ0.15mであり、ミニバンの模型は重さ384.2g、長さ0.26m、幅0.10m、高さ0.11mである。このように2種類の車模型を用いることで車種による違いの検討も行った。

本実験ではこの模型実験で得られる結果をフルードの相似則を用いて実物大値に変換した。これ以降の実験結果のすべての数値は実物大値で示す。

実験方法は水路の流量を変化させ、漂流速度および漂流形態を検討するため、ビデオカメラを設置して撮影を行い、2m区間漂流するのに必要な時間を計測した。

実験条件として①サイドブレーキの有無、②車の向き、③下流端の堰の有無の3点を変化させた。条件①として、サイドブレーキの有無を検討した。サイドブレーキは模型のタイ



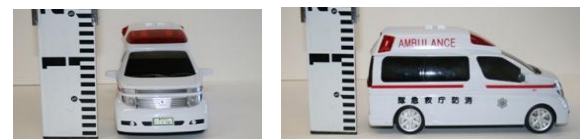
写真-1 実験概要



(a) 正面

(b) 側面

写真-2 セダン模型



(a) 正面

(b) 側面

写真-3 ミニバン模型

ヤをガムテープで固定することで再現した。②の車の向きは水の流れ方向に対して 0°, 45°, 90°の 3 パターンで実験を行い、向きを考慮することで水を受ける向きがどのような影響を与えるかを検討した。条件③は下流端に堰を設け、水深を上げることで流速と水深の関係を変化させた場合においても検討した。これらの実験条件と限界掃流条件を表-1に示す。

表-1 実験結果

CASE	ブレーキの有無	向き(度)	堰の有無	限界掃流条件			
				セダン		ミニバン	
				流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)
A	あり	0	なし	2.00	0.41	2.35	0.63
B-1	なし	0	なし	1.57	0.30	1.97	0.50
B-2	なし	90	なし	2.00	0.41	2.16	0.57
B-3	なし	45	なし	1.80	0.36	2.19	0.57
A'	あり	0	あり	1.20	0.69	1.45	0.98
B-1'	なし	0	あり	1.05	0.51	1.24	0.70

3. 限界掃流条件

本実験で得られた限界掃流条件をプロットしたグラフを図-1に示す。なお、限界掃流条件とは車が水の流れにより動きはじめる状態を表す。また、図中に示した実物大実験値とは、NHK²⁾の番組内で行われた実物車を使った実験の結果である。図-1より、セダン・ミニバン共にブレーキの有無で比較するとブレーキ有りの方が流速、水深共に大きな値が掃流条件となり、流れにくくなった。一方、角度別で比較すると0°, 45°, 90°の順に流れにくくなる。このように接近流速と水深で掃流条件が決定されることから、その一つの指標として単位幅比力を考えることができる。単位幅比力は $M_0 = u^2 h / g h^2 / 2$ で表わされる値であり、 $M_0 = 0.05 \sim 0.60$ の曲線を併示した。本実験の結果ではセダントイプは M_0 が 0.10~0.15 以上、ミニバンタイプは M_0 が 0.30~0.35 以上になると漂流を始めることができる。

4. 漂流速度

角度による比較を行った漂流速度の結果を図-2に示す。セダン、ミニバン共に流速が小さいときは 0°, 45°, 90°の順に漂流速度が大きくなった。しかしながら流速を増大させていくと漂流速度は 90°, 45°, 0°の順に漂流速度が大きくなった。また、ミニバンの 45°, 90°はセダンの漂流速度はミニバンよりも大きくなった。これは角度が大きくなることで流体力を受ける面積が増加したためであると考えられる。

5. おわりに

今回の実験でセダン、ミニバンの限界掃流条件、漂流速度を求めることができた。今後は車種を変えながら実験を繰り返し行うと共に、得られた結果を氾濫・避難解析に適用していくことが課題として挙げられる。

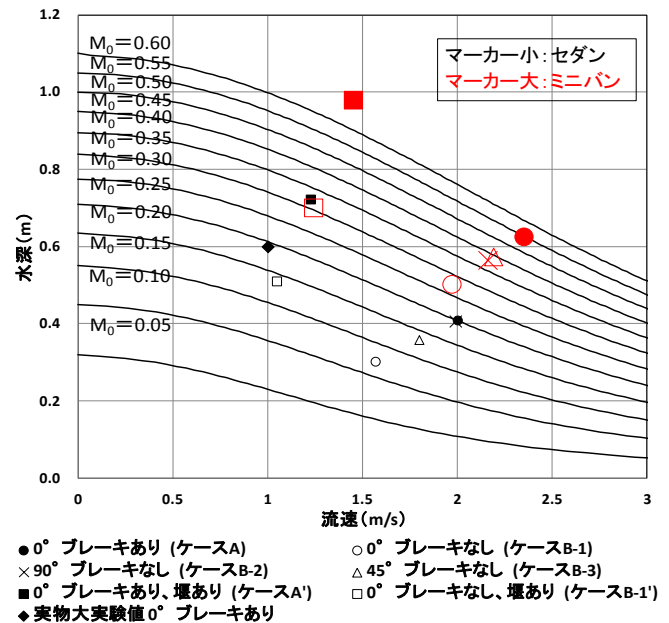


図-1 限界掃流条件

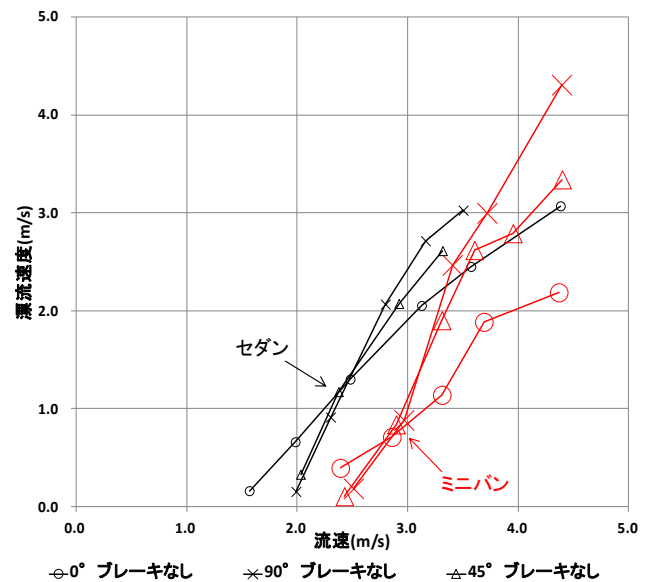


図-2 漂流速度

<参考文献>1) 高垣裕彦・石垣泰輔・戸田圭一・尾崎平・馬場康之：洪水氾濫時の車の限界掃流条件に関する模型実験，第30回 日本自然災害学会学術講演会 講演概要集，2011年11月

2) NHKホームページ <http://www9.nhk.or.jp/gatten/archives/P20090826.html>