

大規模地下駐車場における浸水時避難に関する検討

関西大学大学院

関西大学環境都市工学部

京都大学防災研究所

京都大学防災研究所

学生員○伊藤 佳介

正会員 石垣 泰輔

正会員 馬場 康之

正会員 戸田 圭一

1. はじめに

近年、都市部において下水処理能力を超える時間 50mm 以上の激しい降雨の発生回数が増加傾向にある。都市部では激しい集中豪雨によって地下室や地下街に雨水が流れ込む場合がある。実際 2008 年 7 月 28 日には京都府向日市で、同年 8 月 27 日には栃木県鹿沼市でアンダーパスが浸水し、自動車が水没する事故が発生した。自動車に関係する地下空間はアンダーパスだけでなく地下駐車場もあることから、本研究では実物大の自動車模型を用いて水没車からの脱出実験を行い、浸水深が何 m になるまでに脱出する必要があるのかを調べた。また、実験から得られた結果を用いて避難解析を行うことで、避難開始の遅れが地上までの避難にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

2. 水没車からの脱出限界水深に関する検討

京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーに設置されている実物大の自動車模型を用いて実験を行った。そこで得られたドアを開けるのに必要な力を図 - 1 に示す。次に被験者 27 名（男性 23 名）のドアを押す力を計測し、体重との関係について調べた。その結果が図 - 2 である。さらに被験者 64 名（男性 59 名）に対し、水没車からの脱出実験を行い、浸水深を変えての脱出成功率、脱出所要時間を調べた。結果を図 - 3 に示す。なお、本研究で用いた車のドア下端までの高さは地面より 0.32m である。水压は浸水深より 0.32m 差し引いた水压に相当する。

これらの実験結果から脱出限界水深を求めるための曲線を求めた。図 - 4 に、ドアを開けるのに必要な力の曲線と各被験者のドアを押す力、水没車からの脱出実験でのドアを開ける事の出来た最高水深（図中○印）と開ける事の出来なかった水深（図中×印）との関係を示した。×印はドアを開けるのに必要な力を示す曲線の下方にのみ分布していることがわかる。これはドアを開けるのに必要な力未満の力しか発揮できない場合にはドアを開けられない可能性があるということを示しており、ドアを開けるのに必要な力以上の力を発揮した場合にはドアを開けられることがわかる。これより、この曲線を用いて脱出限界を求めることができる。脱出限界を求める過程を図 - 5 に示す。ここで成人男性の体重は、平成 20 年度体

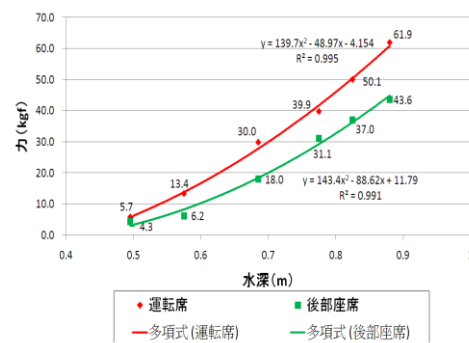


図-1 ドアを開けるのに必要な力

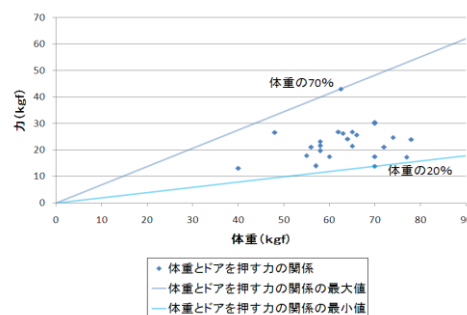


図-2 体重とドアを押す力の関係

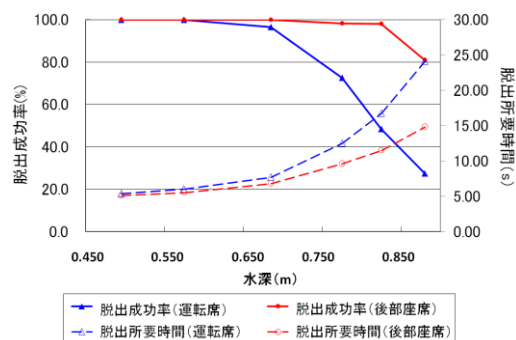


図-3 水没車からの脱出実験結果

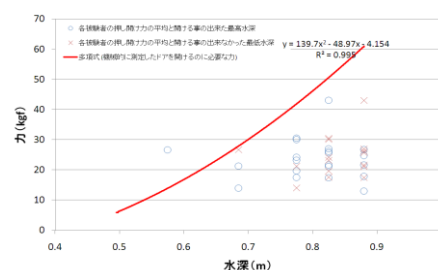


図-4 脱出限界を求める曲線

キーワード 地下駐車場、水没車、避難、実験、脱出限界

連絡先：〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35, TEL/FAX (06)6368-0857 (6383)

力・運動能力調査を参考に 65kg とした．すると 0.56m～0.80m という水深の範囲を得ることができる．この範囲の両端の数値のうち安全側である 0.56m を脱出限界水深とした．

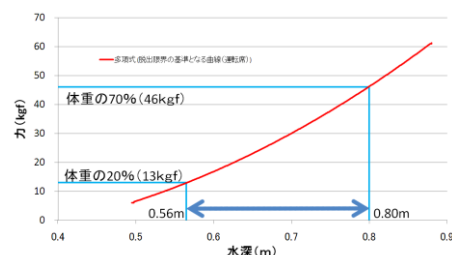


図-5 脱出限界水深

3. 地下駐車場における水没車からの避難に関する検討

浸水計算の対象地として、縦 88m、横 122m の地下駐車場を想定し、避難解析を行った．詳細を図-6に示す．本研究では、正方格子を用いた構造格子モデルを用いて浸水計算を行った．地下空間への浸水は、内水氾濫を想定し、内水氾濫時の地上の水深上昇速度は 0.02 m/分とした．避難の危険度を表すため、従来の研究¹⁾で得られている単位幅比力による避難困難度の指標を用いた．

本研究では 6 つのケースを想定し、図-7に移動経路を示す．各ケースで避難開始の遅れが避難に与える影響について調べた．ここで避難とは、水没車からの脱出行為と、地上までの移動行為を合わせたものとする．また、避難開始の遅れとは、マフラーが水に浸かり（水深 0.30m）自動車が停止してから脱出行為を開始するまでの時間とし、0s、60s、120s、180s、240s、300s、360s の 7 つについて検討する．

計算結果として避難開始の遅れと避難の成否についてまとめたものを表-1に、避難開始の遅れと避難所要時間をまとめたものを表-2に示す．表-1から、避難開始の遅れが 180s になると、ほとんどのケースで避難ができないことがわかる．120s では 1 つのケースで単位幅比力が $0.250\text{m}^3/\text{m}$ を超え、避難不可能という状態になった．また、60s では全てのケースで避難可能だが、単位幅比力が $0.125\text{m}^3/\text{m}$ を超え、避難困難状態になるため安全な避難ができないということがわかった．さらに避難開始の遅れが 0s であっても安全な避難ができないという結果となった．この際の移動経路長がケースごとに違い、脱出所要時間が異なるが、全てのケースで避難開始の遅れが大きくなるにつれ、避難所要時間が長くなった．

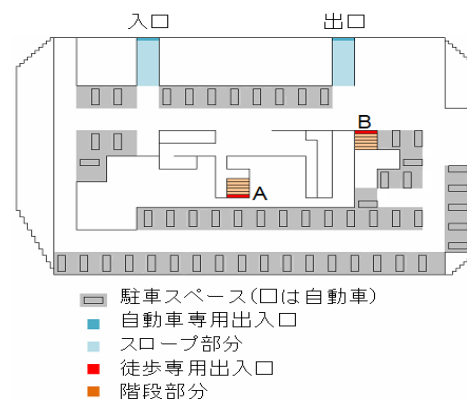


図-6 解析対象について

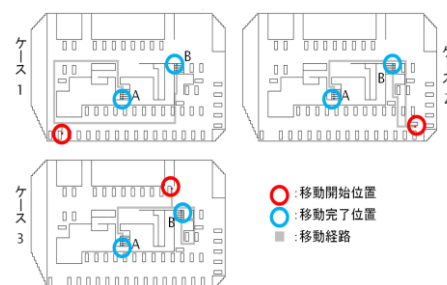


図-7 移動経路について

表-1 避難開始の遅れと避難の成否

	ケース1		ケース2		ケース3	
	経路a	経路b	経路a	経路b	経路a	経路b
0s	△(0.04)	○	△(0.03)	○	△(0.69)	△(0.33)
60s	△(0.43)	△(0.17)	△(0.43)	○	△(0.85)	△(0.85)
120s	△(0.65)	△(0.53)	△(0.60)	○	×	△(0.85)
180s	×	×	×	△(0.60)	×	×
240s	×	×	×	△(0.87)	×	×
300s	×	×	×	×	×	×
360s	×	×	×	×	×	×

○：避難困難状態にならず避難することができた
 △：避難困難状態になったが避難することができた
 ()内の数値＝(避難困難状態になっていた時間(s))/避難所要時間(s)
 ×：避難不可能状態になり避難することができなかった

5. まとめ

本研究により、成人男性のドアを押す力は体重の 20%～70%の間に分布することがわかり、セダンタイプの車での脱出限界水深は約 0.6m であると判断することが知れた．避難に関しては、水没車に閉じ込められた場合、避難開始の遅れが避難時の安全性に大きく影響することが定量的に確認できた．ただし、避難開始の遅れが 0s であっても安全な避難ができないことから、水没車からは直ちに避難する必要があることは言うまでもない．

<参考文献>：1)大西良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一：地下空間浸水時における避難困難度指標とその適用、水工学論文集、第 52 巻、pp841-846、2008 年