

浸水時のドアからの安全な避難に関する一考察

京都大学防災研究所

正会員 ○馬場 康之

関西大学環境都市工学部

正会員 石垣 泰輔

京都大学大学院工学研究科

フェロー会員 戸田 圭一

1. はじめに

近年、局地的に時間雨量 50mm を超えるような非常に激しい雨が降る事例が報告されている。このような激しい集中豪雨の発生に伴い、都市域では排水能力を超える結果となり、はん濫害が発生することがある。その際、相対的に低い場所に位置する地下空間にもはん濫水が流入するなどの事例の発生が確認されており、避難確保計画などの準備を始めとして、被害軽減のための早期の避難行動が求められている。

浸水した状況下では、水圧がドアに作用するためドアを開けることが困難になり、安全な避難のための水深条件についておおよその上限値は過去の実験結果から報告されている。しかしながら、安全な避難のための水深条件の年代別の値については十分な検討を行うには至っておらず、本研究では浸水時のドアを通じて安全に避難できる条件と被験者の年齢に関する考察を行った。

2. 実物大模型を用いた体験実験の概要

図-1 にドア模型の概要を示す。ドア模型は二つの水槽の間にドアを設置する形となっている。水槽内に溜まる水の深さは、水槽の一部に設置した角落しの高さを定めることにより調節することが可能である。

図-2 に示す実験結果は、男性被験者 372 名(6~79 歳)の避難体験実験結果で、表-1 に示す体力テスト結果(平成 24 年度版)と同じ年代毎の平均値および実験結果の標準偏差である。図中の実線は実験結果に関する近似曲線で、被験者体験実験の結果から①安全な避難のための水深条件は 20 代から 30 代でピーク(約 40cm)となること、②20 歳前後までは年齢に応じて水深条件が増加すること、③加齢に伴い 40 代以降は水深条件が減少することが確認される。成人男性に対する安全な避難のための水深条件は、過去の実験結果(被験者の体重とドアを押す力の関係およびジャッキテストによるドアを開けるために必要な力の関係)¹⁾から約 40cm 程度であることが示されており、上記被験者体験実験結果とも符合する。ただし、約 40cm 程度という値はいわば安全な避難のための水深条件の最大値であり、図-1 に示すように年齢などの影響により安全な避難のための水深条件が変化することが容易に予想される。

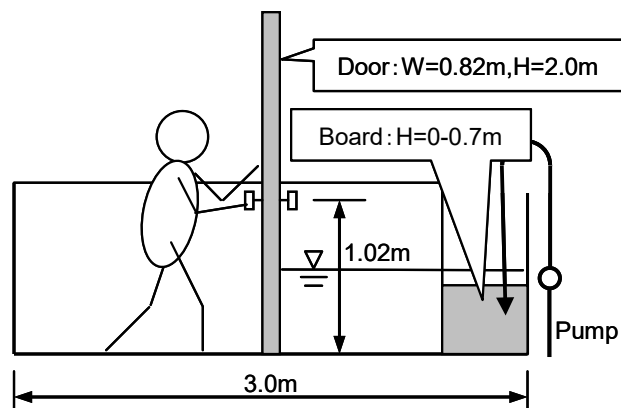


図-1 実物大ドア模型

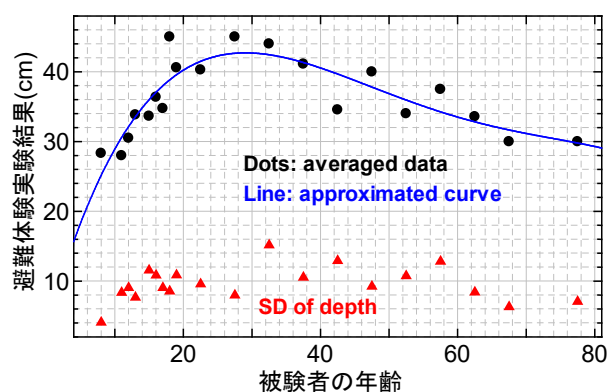


図-2 避難体験実験結果

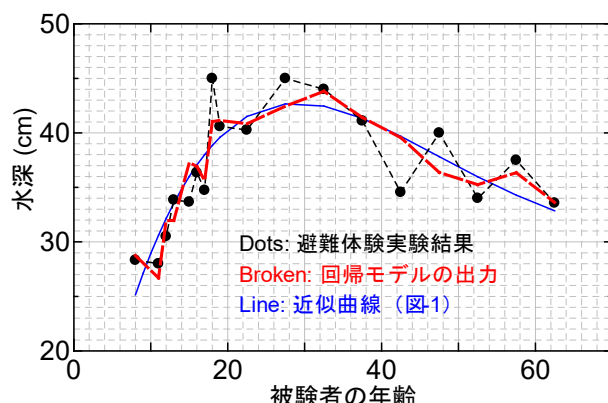


図-3 回帰分析の結果

キーワード 都市水害, 地下浸水, 実物大模型実験

連絡先 〒649-2201 和歌山県西牟婁郡白浜町堅田 2500-106 京大防災研 白浜海象観測所 TEL 0739-42-5532

3. 実験結果と被験者の年齢との関係

本研究では、図-2 の体験実験結果と被験者の年齢との関係を、体力テストの結果を用いて表現することを試みる。体力テストは文部科学省が1964年以降実施しているもので、6歳から79歳までの男女を26の年代に分け9種類の体力テストの結果が取りまとめられている。ここでは”水圧が作用しているドアを押して開ける”という動作に筋力が関係するという仮定をおいて、筋力の指標となる握力、上体起こし、立ち幅とびの結果を用いることとする。体力テストの結果から実験結果(避難が可能な水深条件)を推定するモデルとして重回帰モデルを採用し、各変数ともに計測された結果を正規化せずそのまま用いている。回帰分析の結果は次の通りである(図-3)。

$$\begin{aligned} \text{水深条件 (cm)} = & -51.1942 \\ & + -1.07863 \times \text{握力 (kg)} \quad (0.00963) \\ & + -4.07049 \times \text{上体起こし (回)} \quad (0.00207) \\ & + 1.150766 \times \text{立ち幅とび (cm)} \quad (0.00129) \end{aligned}$$

(括弧内の数値は、各係数に対する p 値)

ここでの解析では、重回帰モデルに使用する変数を正規化していないにもかかわらず、回帰モデルの係数に対する p 値も小さく、自由度調整済み寄与率も 0.7816 となった。また、回帰モデルの結果は、図-1 に示された実験結果の近似曲線に近い分布を示しており、10代以下において水深条件と年齢の関係が単調増加になっていない部分も残るが、実験結果をおおむね良好に表現していると考えられる。

図-3 に示された重回帰モデルの結果は、各年代の避難体験実験の結果(平均値)を、体力テストの結果を用いて表現したものである。体力テスト結果には各年代の平均値と標準偏差が含まれているので、正規分布に従う乱数を用いて体力テスト結果にばらつきを考慮した際に、回帰モデルから得られる水深条件の分布を示したものが図-4 である。ここでは、平均値 0、標準偏差 1 の正規乱数を 1000 個発生させ、「平均値 + 標準偏差 × 正規乱数」から求められる体力テストの結果を上記回帰モデルに入力した。図-4 に示した結果は年代別の被験者数が最も多い 20～25 歳の年代に対応する体力テストの結果を使用したものであり、40cm 前後の水深を境に避難できる可能性が大きく減少することが示されている。

4. まとめ

ここでは、浸水時のドアを通じて安全に避難できる条件と被験者の年齢に関する検討を年代別の体力テストの結果を用いて行った。体力テストの結果の中で、筋力の指標となるテスト結果を用いることで、過去の避難体験実験結果をおおむね良好に表現することができた。また、体力テスト結果の平均値と標準偏差を用いて、同じ年代における安全な避難のための水深条件のばらつきについても示すことができた。

(避難体験実験にご協力いただきました皆さまに感謝申し上げます)

参考文献

- 1) 石垣泰輔・戸田圭一・馬場康之・井上和也・中川 一：実物大模型を用いた地下空間からの避難に関する実験的検討，水工学論文集，第 50 巻，pp. 583-588，2006. 3.

表-1 体力テスト結果(平成 24 年度)と対応する実験結果

年齢 (years)	握力 (kg)	上体おこし (times)	立ち幅とび (cm)	実験結果 (cm)
6	9.39	11.50	113.97	
7	11.14	14.15	125.55	
8	12.80	15.96	137.92	28.33
9	14.63	17.83	145.62	
10	16.92	20.28	156.50	
11	19.84	22.29	165.13	28.00
12	24.71	24.48	181.99	30.50
13	30.62	27.79	199.27	33.85
14	35.66	29.89	213.85	
15	38.57	29.38	216.96	33.66
16	41.31	30.94	224.73	36.36
17	42.82	32.14	229.27	34.74
18	42.80	30.16	226.95	45.00
19	43.72	30.92	230.59	40.59
20-24	46.82	28.78	225.66	40.27
25-29	47.47	27.42	222.86	45.00
30-34	47.64	25.21	216.38	44.00
35-39	47.70	24.14	210.57	41.11
40-44	47.92	23.44	206.70	34.55
45-49	47.53	22.64	200.73	40.00
50-54	46.25	21.24	193.60	34.00
55-59	44.82	19.36	186.56	37.50
60-64	42.52	17.71	176.20	33.57

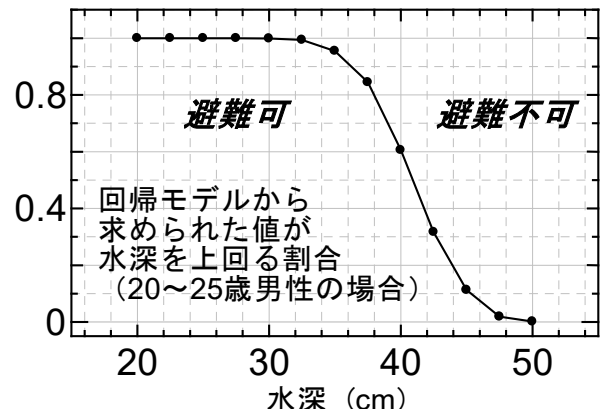


図-4 標準偏差を考慮した回帰モデルの出力