

RC 造建築物に作用する津波荷重の奥行への依存性

秋田大学 学生員○佐々木 瞭 正員 松富英夫

1.はじめに 津波による RC 造建築物の移動や転倒の議論では、津波の水平力ばかりでなく、鉛直力の情報も重要である¹⁾。しかしながら、開口部を有する RC 造建築物に対する水平力と鉛直力については、特に鉛直力に至っては、模型実験でさえも限られた条件下における検討が行われているに過ぎず²⁾、両力については不明な点が多い。

本研究は建築物の奥行 D 、開口率 O_p 、底面高 h_B （以下、「床高」と）と入射津波条件をパラメータとした系統的な模型実験を行い、開口部を有する孤立した RC 造建築物に対する津波の水平力と鉛直力の特性を中心に検討する。

2.実験 津波氾濫流はゲート急開流で模擬した。実験水路の概略、測定機器の配置と諸記号の定義を図-1 に示す。実験水路は高さが 0.50 m、幅が 0.30 m、貯水長 L_U が 5.0 m、一様水深部（静水深 $h_0=0.067$ m）、一様勾配斜面部（勾配 $S=1/23$ ）、平坦な陸上部（地盤高 $h_G=0.02$ m）が各々 2.0 m、全長が 11.0 m の両面ガラス張り鋼製矩形水路である。

建築物模型を図-2 に示す。模型（高さ 14 cm、幅 7 cm、奥行 5.4 cm）の外形は 2011 年東北地方太平洋沖地震津波のときに被災した宮城県女川町の 4 階建て旅館を模擬している。建築物の開口率 O_p は仮想的な「窓なし」（開口率 0%）、実際の「窓（開口部）あり」（開口率は海側と陸側が同一の 20% と 40%、両側が共に 0%）の 3 種類とした。また、開口率が 0%、20%、40% の模型については、奥行を 5.4 cm、8.1 cm、10.8 cm の 3 種類とした。縮尺は 1/100 で、模型重量（模型の材種と材厚）は Froude の相似則³⁾ と実際の RC 造建築物が 1.3 tf/m²/階程度であることから決めた。

実験条件を表-1 に示す。 h_U は初期ゲート上流域の貯水深、 h_B は平坦な陸上部の底面から模型底面までの床高で、 $h_B=3.5$ cm は 1 階部分がピロティの RC 造建築物を想定している。実験は各ケース 3 回行った。

測定項目は模型の前面から沖方向に 25 cm と 5 cm、背面から岸方向に 7.5 cm の 3 位置における超音波式変位計（(株)KEYEN CE 社製、UD-500）による氾濫水深 h_{25} 、 h_5 、 $h_{7.5}$ 、四分力計（(株)SSK 社製、定格容量は水平力 1000 gf (9.8 N)、鉛直力 2000 gf (19.6 N)）による水平力 F_x と鉛直力 F_z 、模型の前面左端から水路横断方向へ 5 cm 離れた位置におけるプロペラ流速計（中村製作所製、直径 3 mm）による氾濫流速 u （一点法）である。模型が設置されていない場合の模型設置位置における入射氾濫水深と入射氾濫流速も測定した。模型周辺の流況観察のため、水路の上方と側方からビデオ

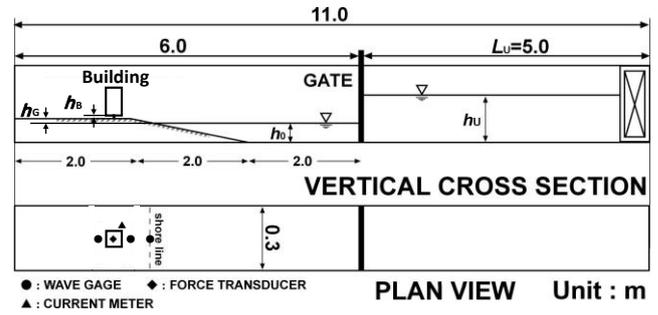


図-1 実験水路の概略、測定機器の配置と諸記号の定義

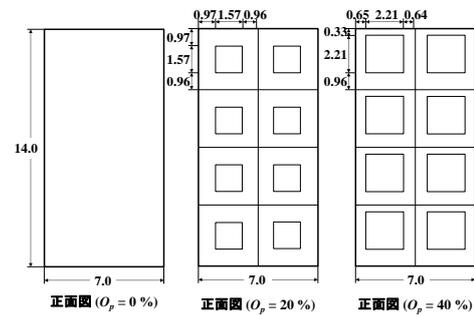


図-2 建築物模型諸元の詳細（縮尺 1/100、単位 cm、奥行 5.4 cm）

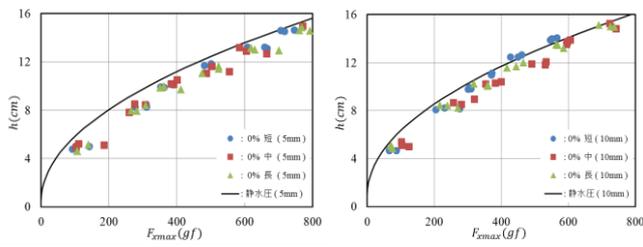
表-1 実験条件

		15, 20, 22.5, 25, 27.5, 30
貯水深 h_U (cm)		15, 20, 22.5, 25, 27.5, 30
静水深 h_0 (cm)		6.7
斜面勾配 S		1/23
地盤高 h_G (cm)		2
床高 h_B (cm)		0.3, 0.5, 1, 2, 3.5
開口率 O_p (%)		0, 20, 40
模型の種類と重量	奥行 5.4 cm	0% (219 gf), 20% (200 gf), 40% (184 gf)
	奥行 8.1 cm	0% (277 gf), 20% (264 gf), 40% (251 gf)
	奥行 10.8 cm	0% (346 gf), 20% (345 gf), 40% (324 gf)

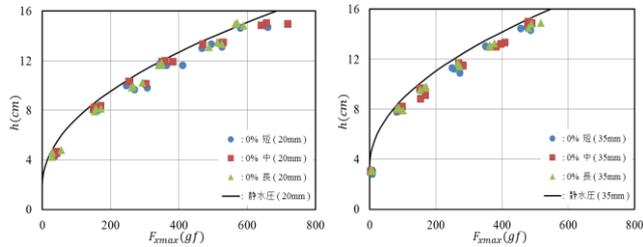
カメラ撮影も行った。また、本実験ではこれまでと異なり四分力計を建築物模型の上部に設置した。

3.実験結果と考察 図-3 と 4 にそれぞれ最大水平力 F_{xmax} （衝突初期の衝撃部で発生）、その後の準定上部の水平力 F_x （以下「水平力」と呼ぶ）と建築物模型前面における浸水深 h （以下「前面浸水深」と呼ぶ）の関係に対する奥行長 D の影響を示す。各図中には前面浸水深と床高 h_B に基づく計算上の前面全静水圧が示してある。

奥行が長くなると、模型底面や側面における摩擦の増大のためか、水平力は少し増加する傾向にある。四分力計を上部に設置したため、下部に設置した場合と比較すると芯棒に加わる力が無くなり水平力が少々小さい値が測定される予想だったが、下部に設置した場

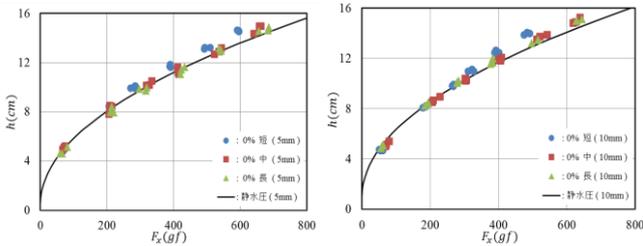


(a) 床高 5 mm (b) 床高 10 mm

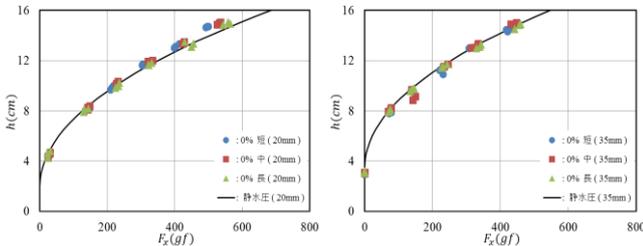


(c) 床高 20 mm (d) 床高 35 mm

図-3 最大水平力 F_{xmax} と前面浸水深 h の関係に対する奥行長 D の影響 ($O_p=0\%$)



(a) 床高 5 mm (b) 床高 10 mm



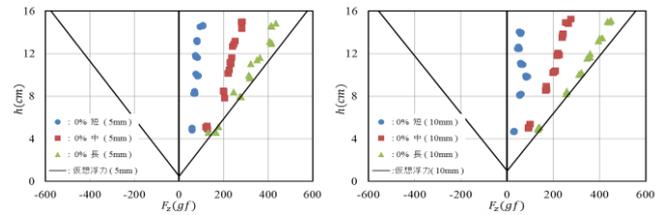
(c) 床高 20 mm (d) 床高 35 mm

図-4 水平力 F_x と前面浸水深 h の関係に対する奥行長 D の影響 ($O_p=0\%$)

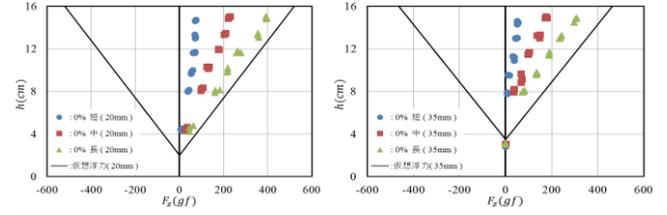
合とほぼ同じ値が測定された。また、奥行による変化も同様に奥行が長くなるほど水平力は増加した。

図-5 と 6 に準定常部の鉛直力 F_z (以下、「鉛直力」と前面浸水深 h の関係に対する奥行長 D の影響を示す。各図中には実線で奥行 5.4 cm の建築物の周囲浸水深を前面浸水深とした場合の浮力(「仮想浮力」)²⁾も示してある。奥行の違いによる影響として、開口部がある場合に関してはほぼ同じ鉛直力の値を示すが、開口部がない 0% の場合に関しては鉛直力が大きく非線形的に増大することが判っている⁴⁾。

図-7 に奥行長 D に対する貯水深を除いた同一条件下での平均鉛直力 F_{zm} (18 個平均) の非線形性を示す。奥行が 2 倍になると鉛直力が 4~7 倍まで増加することから、奥行が 1.5 倍の模型を作製し鉛直力を比較したところ、鉛直力は 2~3 倍程度増大することが判った。



(a) 床高 5 mm (b) 床高 10 mm



(c) 床高 20 mm (d) 床高 35 mm

図-5 鉛直力 F_z と前面浸水深 h の関係に対する奥行長 D の影響 ($O_p=0\%$)

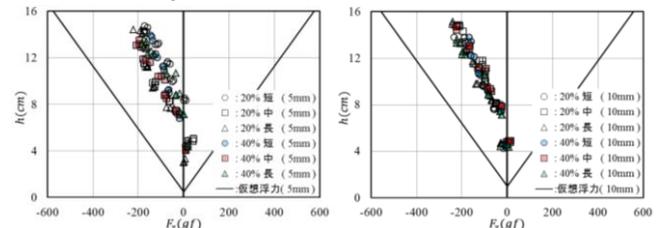


図-6 鉛直力 F_z と前面浸水深 h の関係に対する奥行長 D の影響 ($O_p=20\%$ と 40%)

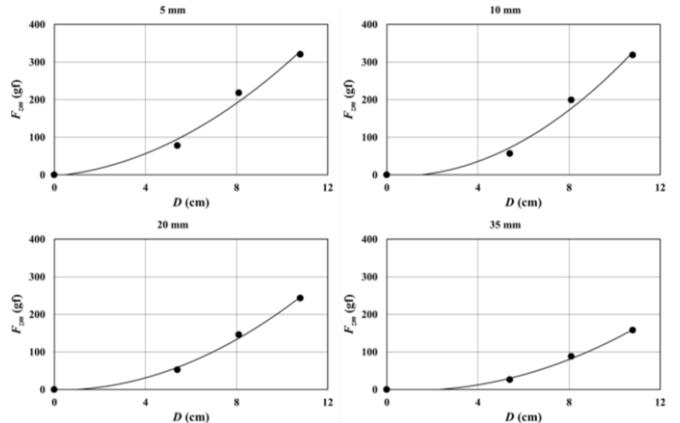


図-7 奥行長 D に対する平均鉛直力 F_{zm} の非線形性 ($O_p=0\%$)

4. おわりに 主な結果は次の通りである。①建築物の奥行が長くなると、建築物の側面と底面の摩擦や背面浸水深の影響によるためか、水平力は少し増加する。②建築物が開口部を有し、その下端高さが互いに同じ場合、鉛直力の大きさは開口部の大きさに左右されない。③建築物に開口部が無い場合、奥行長が鉛直力に大きく影響を及ぼし、奥行長に対して非線形的に増加することを再確認した。④四分力計は下部、上部のどちらに設置しても水平力、鉛直力の測定される値の傾向は変わらない。

参考文献

- 1) 松富・大向・今井: 水工学論文集, 第 48 巻, pp.559-564, 2004.
- 2) 例えば, 松富・決得・齋藤: 土木学会論文集 B2, Vol.69, No.2, pp.326-330, 2013.
- 3) 松富・大沼・今井: 海工論文集, 第 51 巻, pp.301-305, 2004.
- 4) 決得ら: 土木学会論文集 B2, Vol.71, No.2, pp.367-372, 2015