開口部を有する RC 造建物の前面浸水深について

1. **はじめに**本研究は、入射津波条件に基づいた建物 前面浸水深の簡易推定法を実験的に検討する.

2. 実験 津波氾濫流はゲート急開流れで模擬した.
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.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 h₀=0.067 m),一様勾配斜面部(勾配 S=1/26),平坦な陸上部(地盤高 h_G=0.01 m)が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.

実験対象の建物模型を**写真-1** に示す. 縮尺は 1/100 で,建物の床は各階に設けているが,屋内の間仕切り は設けていない. RC 造建物を模擬しており,2 階建て は高さ7 cm,4 階建ては高さ14 cm で,実際的な「窓

(開口部)あり」(開口率 O_p は海側,陸側ともに 20%, 40%),仮想的な「窓なし(窓があっても,壊れない)」 と「骨組のみ」の計 8 種類を作製した.何れも幅は 7.0 cm,奥行は 5.4 cm である.重量はフルード則²⁾と実際 の RC 造建物の平均像が 1.3 tf/m²/階程度であることを 考慮して,高さ 7 cm のときの「 $O_p=20\%$ 」が 100 gf (0.98 N),「 $O_p=40\%$ 」が 91 gf (0.89 N),「窓なし ($O_p=0\%$)」 が 109 gf (1.07 N),「骨組のみ ($O_p=65\%$)」が 66 gf (0.65 N),高さ 14 cm のときの「 $O_p=20\%$ 」が 184 gf (1.80 N),

「 O_p =40%)」が 168 gf (1.65 N),「窓なし」が 203 gf (1.99 N),「骨組のみ (O_p =65%)」が 116 gf (1.14 N) である.「骨組のみ」は柱の幅が 0.6 cm,厚さが 0.6 cm で,鉄骨造建物の壁面がはがれた場合を想定した.実際の鉄骨造建物の平均像が 0.8 tf/m²階程度であることを考えると,重量は重ためである.

測定項目は模型の前面から 25 cm と 5 cm, 背面から 7.5 cm の 3 位置における超音波式変位計((株) KEYENCE 社製, UD-500)による氾濫水深 h, 四分力計((株) SSK 社製, 定格容量 1000 gf (9.8 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 3 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 である. 模型がないとき の模型設置位置における氾濫水深と氾濫流速(一点法) も測定した. 模型周辺の流況観察のため, 水路の上方 秋田大学 学生員〇嶋津 朋 决得元基 秋田大学 正会員 松冨英夫



図-1 実験水路の概略,測定機器の配置と諸記号の定義



(a)高さ7 cm の2 階建て模型(左から開口率 0%, 20%, 40%, 65%)



(b)高さ14cmの4階建て模型(左から開口率0%,20%,40%,65%)
 写真-1 塩化ビニール樹脂製模型の詳細(縮尺1/100)

表-1 実験条件

貯水深 h _U (cm)		15, 20, 22.5, 25, 27.5
静水深 h ₀ (cm)		6.7
斜面勾配 S		1/26
地盤高 h _G (cm)		1
床 高 h _B (cm)		0.1, 0.5, 1, 2, 3.5
開口率 Op(%)		0, 20, 40, 65
模型の種類	7 cm	0% (109 gf),20% (100 gf), 40% (91 gf),骨組 65% (66 gf)
	14 cm	0%(203 gf), 20%(184 gf), 40%(168 gf), 骨組 65%(116 gf)



連絡先(〒010-8502 秋田市手形学園町1-1 TEL 018-889-2363)

と側方からビデオ撮影も行った.

実験条件をまとめて表-1に示す. h_Uは初期ゲート上 流域の貯水深, h_Bは陸上部の水路底面から模型底面ま での高さ(床高)で,各ケース3回実験を行った.

3. 簡易推定法 水平床上の定常的な氾濫流を考える. 圧力は静水圧とする. 建物の影響を受けていない入射津波の氾濫水深と氾濫流速を h_i, u_iとする. 建物前面における津波衝突後の浸水深と断面平均流速を h, u_fとする. 建物の前面と背面,側面に窓などの開口部があれば, u_fは零ではない.本モデルを図-2 に示す. 津波は建物と開口部の存在によりエネルギーを失うとともに流出させるが,このときのエネルギー保存則は式(1.1)のように表現することが可能である.

$$h + \frac{u_f^2}{2g} = h + \left(\frac{u_f}{u_i}\right)^2 \frac{u_i^2}{2g} = h_r + \left(1 + \varsigma'\right) \frac{u^2}{2g} = h_i + \left(1 + \varsigma\right) \frac{u_i^2}{2g} \quad (1.1)$$

$$u = \sqrt{\frac{1}{1+\varsigma}} \left\{ 2g(h-h_r) + u_f^2 \right\}$$
(1.2)

ここで、gは重力加速度、ζはエネルギー損失係数³⁾、 ζは広義(新定義)のエネルギー損失係数で、段波面 におけるエネルギー損失も含んでいる.式(1)の全水頭 は入射津波のものより大きい、建物前面で堰き止めら

8 : uf/ui=0.4 • : uf/ui=0 ·: uf/ui=0.2 . - -: uf/ui=0 : uf/ui=0.6 : 0% (1 mm) : 0% (20 mm) : uf/ui=0.8 : uf/ui=1 : 0% (5 mm) : 0% (35 mm) : 0% (10 mm) : 20% (1 mm) 0 X ♦ ≙ : 20% (20 mm) : 20% (5 mm) : 20% (35 mm) : 40 % (10 mm) : 65% (1 mm) : 65% (20 mm) : 20% (20 mm) 6 ۸ $:20\%(10\,\mathrm{mm})$: 40% (1 mm) : 40% (20 mm) : 65% (5 mm) : 65% (35 mm) : 40% (20 mm) : 40% (5 mm) : 40% (35 mm) : 65% (10 mm) • 4 4 2 $\zeta = 0$ 建物=7 cm 0 2 3 0 1 F_{ri} (a) 建物の高さ7cm, ζが0の場合 8 ui/uf=0.2 — : ui/uf=0 -- : ui/uf=0.6 ni/nf=0.4 . . . : ui/uf=0.2 **: ui/uf=**] : 0% (1 mm) : 0% (20 mm) : 20% (5 mm) : 20% (35 mm) : 40% (10 mm) □ :0% (5 mm) ◊ :0% (35 mm) 0 Δ :0% (10 mm) : 20% (1 mm) : 20% (20 mm) : 40% (5 mm) : 40% (35 mm) • : 0% (35 mm) : 20% (10 mm) : 40% (1 mm) : 40% (20 mm) : 65% (5 mm) : 65% (35 mm) Ì 6 . :65% (1 mm):65% (20 mm) • ۸ : 65% (10 mm 4 4 $u_i/u_f=0$ 2 $\zeta = 0$ 建物=14 cm 0 1 2 3 0 F_{ri} (c) 建物の高さ14 cm, ζが0の場合

れることによる反射段波の全水頭(比エネルギー)が 入射津波のものより大きくなるためである. *u_f=0 のと* き,式(1.1)は松冨・飯塚の式³⁾に他ならない.式(1.1) から次式を得る.

$$\frac{h}{h_i} = 1 + \frac{1}{2} \left\{ 1 + \zeta - \left(\frac{u_f}{u_i}\right)^2 \right\} \frac{u_i^2}{gh_i} = 1 + \frac{1}{2} \left\{ 1 + \zeta - \left(\frac{u_f}{u_i}\right)^2 \right\} F_{ri}^2 \quad (2)$$

ここで、Friは入射津波のフルード数である.

 $(u_{f}/u_{i})^{2} \geq \zeta$ の値次第で, h/h_{i} はベルヌーイの定理か ら導かれるものより大きくなったり,小さくなったり する. u_{f}/u_{i} や ζ は建物の開口率,形状や建物への津波 入射角に依存する.式(2)の計算例や本研究実験値との 比較例を図-3に示す.図から理解されるように, ζ の 調整で実験結果の説明が可能であり,本推定法は有用 と判断される.

4. おわりに 入射津波条件に基づいた建物前面浸水深 の簡易推定法を示した.

謝辞:科学研究費(基盤研究(C),24510244)(松冨英夫)の補助 を受けた.記して謝意を表する.

参考文献

1)松冨ら:土木論文集 B2, Vol.68, No.2, 351-355, 2012.
 2)松冨ら:海岸工学論文集,第51巻, pp.301-305, 2004.
 3)松冨・飯塚:海岸工学論文集,第45巻, pp.361-365, 1998.



図-3 無次元前面浸水深(h/h_i)と入射フルード数 F_{ri}の関係