

胸壁を越流する津波によるRC造建築物への荷重

秋田大学 学生員○小泉拓也 正員 松富英夫

1.はじめに 東北地方太平洋沖地震津波後、臨港地区などの胸壁に作用する津波荷重の見直しが行われた¹⁾。現在、防災・減災施設の強靱化要請から、越流津波に対して胸壁を粘り強くするため、水叩き工の設置が検討されており、越流津波の落下位置に関する実験データが必要とされている。また、津波越流後の氾濫流による建築物への津波荷重の実際と評価方法が求められている。

本研究は胸壁の型式、建築物の胸壁からの距離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、胸壁を越流する津波の落下位置（最大水面曲率位置）とその後の氾濫流による孤立した有限幅のRC造建築物に作用する津波荷重（水平力と鉛直力）の特性を検討する。
 2.実験 津波は定常流で模擬した。図-1に実験水路の概略と胸壁・建築物模型の設置位置を示す。実験水路は高さが0.50 m、幅Bが0.30 m、全長が12.0 mの両面ガラス張り鋼製矩形水路である。

図-2と表-1に胸壁模型の諸元を示す。図-3に建築物模型の諸元を示す。建築物模型の外形は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²⁾。本実験は基礎実験であることから、建築物模型は単純な直方体の開口部無しとし、水路横断の中心に設置した。模型縮尺は全て1/100である。

実験条件を表-2、諸記号の定義を図-4に示す。図表中、 h_{up} は h_c の10倍上流における越流水深、 h_c は胸壁天端下流端における越流水深、 H は胸壁高、 B は胸壁の天端幅、 L と X は矩形断面胸壁の背面下端から各々越流水の落下位置と建築物模型中心（設置）位置までの距離、 h は建築物前面における浸水深、 h_B は水路底面から建築物模型底面までの床高である。実験は各ケース3回行った。

測定項目はポイントゲージによる h_{up} 、 h_c の各水深と矩形断面胸壁の背面下端から $X_f=22.3$ cm下流における建築物が無いときの堤内水深 $h_{22.3}$ 、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)による建築物模型に作用する水平力 F_x と鉛直力 F_z である。流量計により流量 Q が評価できるので、建築物模型が無いときの22.3 cm下流における入射氾濫水深 $h_f=h_{22.3}$ から入射氾濫の流速とフルード数 F_{ri} が評価できる。建築物前面における浸水深 h は建築物前面に透明な1 cmのメッシュシートを貼り付け、建築物の中心と両端の3点で写真から判読した。越流水の落下位置も水路側壁に透明な1 cmのメッシュシートを貼り付け、写真から判読した。胸壁と建築物模型周辺の流況観察のため、水路の斜め上方からビデオ撮影も行った。流況例は発表時に示す。

3.実験結果と考察 表-3に諸水深と入射フルード数 F_{ri} に関する実験結果をまとめて示す。入射フルード数は2

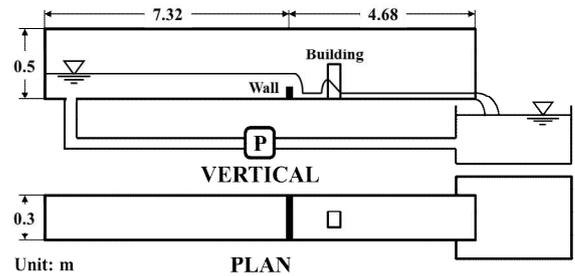


図-1 実験水路の概略と胸壁・建築物模型の設置位置

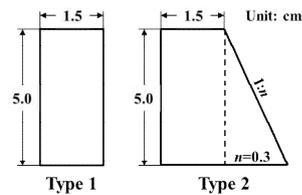


図-2 胸壁模型の諸元（縮尺1/100）

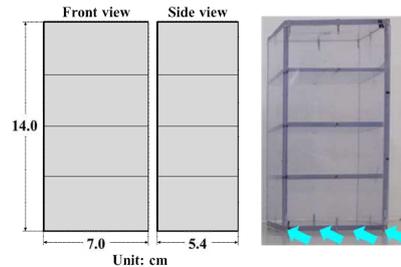


図-3 建築物模型の諸元（縮尺1/100）

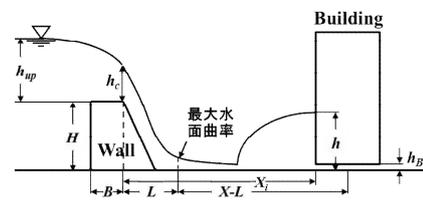


図-4 諸記号の定義

表-1 胸壁の諸元

	Type 1	Type 2
高さ H (cm)	5.0	5.0
幅 B' (cm)	30	30
上底 B (cm)	1.5	1.5
下底 $B+nH$ (cm)	1.5	3.0

表-2 実験条件

	Type 1	Type 2
流量 Q (ℓ/s)	1.37, 3.04, 7.47	1.38, 3.05, 7.74
胸壁・模型間距離 X (cm)	25, 50, 75	
模型(高さ×幅×奥行) (cm)	14×7.0×5.4	
開口率 O_p (%)	0	
床高 h_B (cm)	0.5	
水路床勾配 I	1/313	

強であり、実際的な入射氾濫流である。

図-5に水平力 F_x と建築物模型前面における浸水深 h （以下、「前面浸水深」）の関係を示す。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実線で示され

表-3 諸水深とフルード数に関する実験結果

流量 Q (l/s)	Type 1			Type 2		
	1.37	3.04	7.47	1.38	3.05	7.74
越流水深 h_{up} (cm)	1.94	2.90	4.97	1.90	2.90	4.95
越流水深 h_c (cm)	0.98	1.88	3.82	1.11	1.97	3.80
堤内水深 $h_{22.3}$ (cm)	0.77	1.26	2.36	0.76	1.32	2.51
入射フルード数 F_{ri}	2.16	2.29	2.19	2.22	2.14	2.07

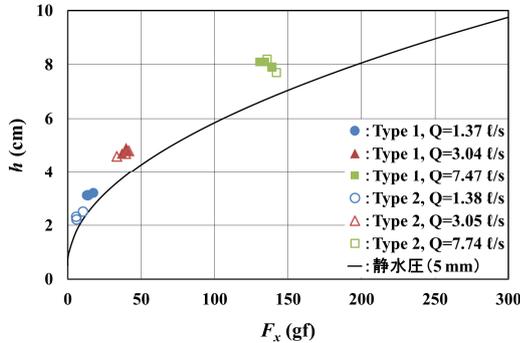


図-5 水平力 F_x と前面浸水深 h の関係 ($O_p=0\%$, $h_B=5$ mm)

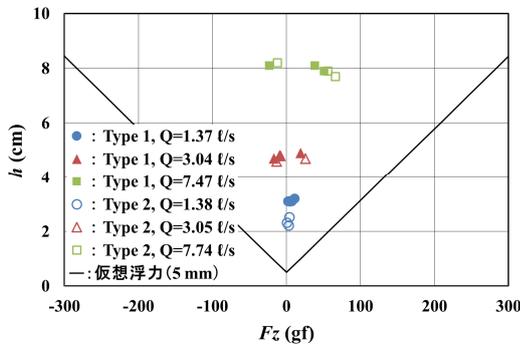


図-6 鉛直力 F_z と前面浸水深 h の関係 ($O_p=0\%$, $h_B=5$ mm)

ている。本実験の水平力はゲート急開流れに基づく砕波段波によるものに比べてやや小さい²⁾。定常流実験や前面浸水深計測法²⁾のためかもしれない。本実験範囲内の水平力は胸壁の形式にほとんど依存しないことも判る。

図-6に鉛直力 F_z と前面浸水深 h の関係を示す。図中には実線で建築物の周囲浸水深を前面浸水深としたときの浮力（「仮想浮力」）²⁾が示されている。前面浸水深が8 cm程度のときの鉛直力は60 gf程度で既報²⁾と同程度であるが、下向き（負）の鉛直力が作用している場合がある。これは底面での下向きの揚力によると思われるが、既報²⁾のゲート急開流れに基づく砕波段波の場合と異なる。

図-7に無次元の胸壁天端下流端における越流水深 (h_c/H) と越流水の落下位置 (L/H) の関係を示す。図中の破線で囲まれた実験値は流勢が弱くかつ胸壁背面から離れることなく越流したものである。越流水深が大きい場合は常に胸壁背面に空気を含むことなく越流する。本実験の範囲内では両者間にほぼ次式（図中の実線）の関係がある。ただし、 C_L は補正係数で、1.15程度を考えている。

$$L/H = C_L \sqrt{2(h_c/H)\{1+(h_c/H)\}} \cong 2.57(h_c/H) \quad (1)$$

式(1)は既往の提案式（Randの式など）と類似である。

図-8に無次元の胸壁上流域の越流水深 (h_{up}/H) と越流水の落下位置 (L/H) の関係を示す。本実験の範囲内では両者間にほぼ次式（図中の実線）の関係がある。

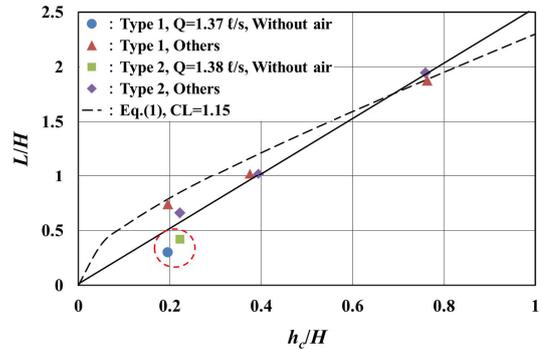


図-7 無次元越流水深 (h_c/H) と越流水の落下位置 (L/H) の関係

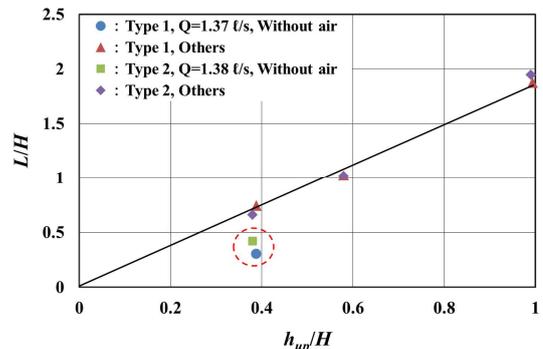


図-8 無次元越流水深 (h_{up}/H) と越流水の落下位置 (L/H) の関係

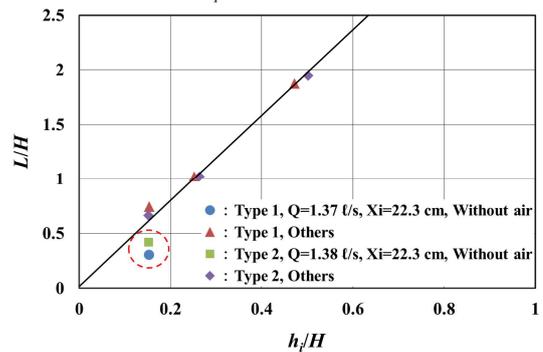


図-9 無次元入射水深 (h_i/H) と越流水の落下位置 (L/H) の関係

$$L/H \cong 1.85(h_{up}/H) \quad (2)$$

式(1)と(2)から $h_{up}=1.39h_c$ の関係を得る。本実験はエネルギーの面 ($1.39 < 1.5$) からほぼ妥当な実験と言える。

図-9に無次元の胸壁下流域の入射氾濫水深 (h_i/H) と越流水の落下位置 (L/H) の関係を示す。本実験の範囲内では両者間にほぼ次式（図中の実線）がある。

$$L/H = 3.95(h_i/H) \quad (3)$$

4. おわりに 本研究で得た主な結果は以下である。①胸壁越流水の落下位置に関する実験値とその近似評価式を示した。②定常流実験での建築物に作用する水平力はゲート急開流れに基づく砕波段波によるものより小さいようである。実験を継続し、より確かな結論を得たい。

謝辞：本研究は一般財団法人漁港漁場漁村総合研究所との共同研究経費による。ここに記して謝意を表する。

参考文献

1) 大村, 八木, 中山, 米山, 成田, 加藤, 門, 滑川: 胸壁に作用する津波波力に関する実験的研究, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.71, No.2, pp.991-996, 2015.
2) 松富・決得・齋藤: 開口部を有する鉄筋コンクリート造建物に働く津波流体力に関する基礎実験, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.69, No.2, pp.326-330, 2013.