

II-97 小山を過ぎる氾濫流の流速推定法

秋田大学 学生員○佐藤 和典 正員 松富 英夫

1. はじめに 津波の痕跡調査や水理実験に基づいた、家屋等に適用される氾濫流速推定法は津波災害の実態を把握する上で非常に有用である。しかし、より汎用性を持たせるためには、建物の大きさや形状、流向を考慮する必要がある、より一般的な氾濫流速推定式は次式で表現されるものと考えられる。

$$u = C_v \sqrt{2g(h_f - h_r)} f(x, y, z)$$

ここで、 u は推定流速、 C_v は流速係数、 g は重力加速度、 h_f と h_r は建物の前面と背面の浸水深、 x と y は各々建物の大きさと形状に関する変数、 z は流向に関する変数である。2004 年のスマトラ沖地震津波では、Banda Aceh 西岸の Lhoknga で写真-1 に示すような小山の津波痕跡を複数見つけることができた。このような痕跡は大津波時の流速推定に有用と考えられる。この小山はほぼ円錐であり、浸水深に斜面勾配の効果などが含まれるため、従来の推定法で評価可能か不明である。

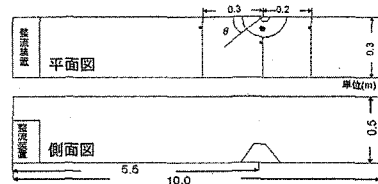
そこで、水理実験により各物体周囲の流況を把握し、流速推定式を拡張させることを本研究の目的とする。

2. 実験装置及び実験方法 図-1 に実験装置の概略を示す。実験に用いた模型は円錐（半径 10cm、高さ 10cm、傾斜 45°）、円柱（半径 10cm、高さ 10cm）、角柱（20cm 四方、高さ 10cm）の 3 種類の模型を使用した。整流装置から下流側へ 5.5m に設置し、定常流（フルード数が 0.56 と 0.61 の 2 種類）を発生させ、模型中心から 0.3m 上流側、模型中心から 0.2m 下流側と模型中心から水路横断方向に水路横断水深と流速（一点法による）を測定した。各々の測定横断間隔は 1cm とした。円錐、円柱は放射方向に 30° 間隔、角柱は水路縦断方向に 2.5cm、横断方向に 5cm 間隔で水際線の水深を計測した。また、模型を設置しない場合の、模型中心から水路横断方向の水深及び流速も計測した。

3. 実験結果と考察 図-2(a), (b), (c) に上流側、模型中心、下流側における水深と流速の水路横断分布を示す。図中、 h は各点における水深、 H_m は等流水深（模型を設置しない場合の水路横断方向の平均水深）、 u は各点における流速、 U_m は等流流速（ H_m を用いた断面平均流速）、 x は水路中心から横断方向の距離、 X は水路



写真-1 小山の津波痕跡¹⁾



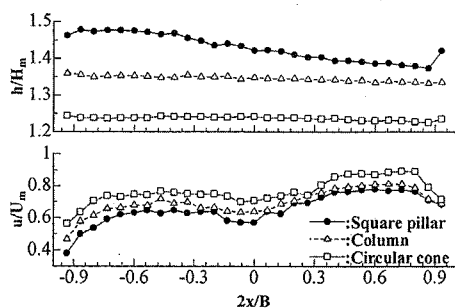
●：力計，■：流速計

図-1 実験装置全体及び模型、計測機器配置の概略

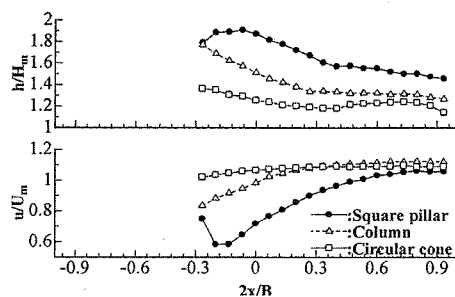
縦断方向の距離、 B は水路幅である。上流側水深については円錐、円柱、角柱の順で大きくなる。これには模型の形状による影響が大きいと考えられる。模型中心横断については円錐、円柱に関しては水深、流速ともに同程度である。しかし、模型端部からの剥離が激しい角柱については、水深は低くなり、流速は速くなる。模型下流側については、全ての模型で死水域ができており、流速は低くなっているが、死水域を除いた部分を見てみると、どの模型の場合でもほぼ一定である。下流側の流速に関しては、模型背後の死水域を除き、模型の形状による差異は少ないものとなった。

図-3(a), (b) に各模型の水際線分布を示す。図-3(a) について、上段は側面の水際線分布であり、図中の○は背面での平均水深を示している。下段は模型背面の水際線分布である。図-3(b) は円柱、円錐模型中心から放射方向に 30° 毎の水際線分布である。

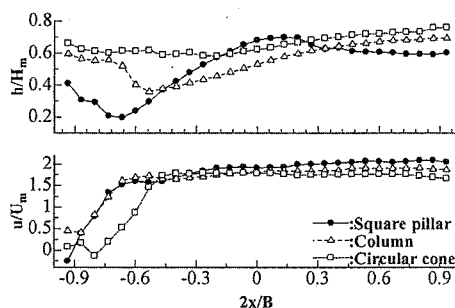
角柱の場合、模型上流端で顕著に剥離し、 $X=2.5$ cm 付近で一旦落ち込むが、その後ならだかに水位の回復がみられる。また、模型下流端では、水際線分布は剥離により不連続となる。一方、円柱と円錐に関しては、斜面勾配や形状の影響がみられ、角柱、円柱、円錐の順に堰上げ水深が小さい。 $\theta=115^\circ$ 付近では剥離が生じ、 120° 付近から後方はほぼ一定の水深となった。



(a) 上流側



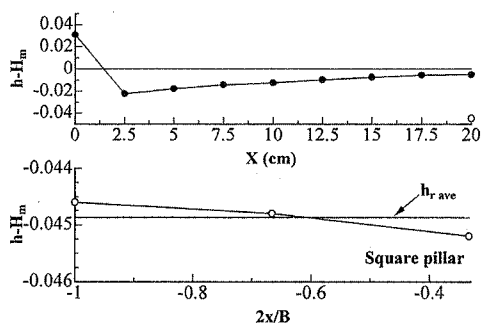
(b) 模型中心



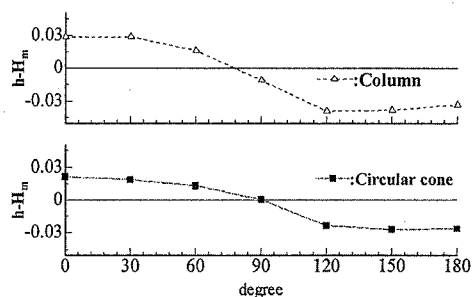
(c) 下流側

図-2 各横断面における水深と流速水路横断分布

表-1に各模型の C_v ²⁾を示す。表中、 U_r は死水域を除いた背面側の平均流速であり、 h_r は下流端の水際線水深である。従来の実験²⁾では角柱のみで流速係数を評価してきており、その値は $C_v=0.7\sim0.9$ とされてきた²⁾。表-1をみるとCase-2の場合が従来の流速係数の算出方法であるといえる。Case-2の場合に限らず、角柱よりも円柱、円柱よりも円錐の方が流速係数は大きくなることが確認された。これは物体前面近傍での剥離の程度や形状抵抗に起因して、円柱や円錐に比して角柱の方が抵抗は大きくなるので、氾濫流の過ぎり易さの程度が異なり流速係数は変化すると考えられる。



(a) 角柱



(b) 円柱と円錐

図-3 各模型の水際線分布

表-1 各模型における流速係数 C_v

	Velocity	Inundation depth	C_v		
			Square pillar	Column	Circular cone
Case-1	U_m	h_r	0.40	0.44	0.50
Case-2	U_r	h_r	0.75	0.79	0.88
Case-3	U_m	H_m	0.62	0.64	0.74
Case-4	U_r	H_m	1.17	1.16	1.31

角柱における C_v は従来の実験ケースの値と若干ではあるが異なる。これは、模型の大きさの影響や、開度²⁾、フルード数の影響³⁾と考えられる。

4. まとめ 本実験により円柱、円錐などの方が角柱よりも流速係数が大きくなることを示した。また、従来津波流速の算出で用いられる C_v は、死水域を除いた背面側の平均流速を用いて算出されているものであるといえる。本実験でのフルード数は0.7以下であり、実際の津波氾濫流のものより小さい。流れの条件により C_v がどのような変化傾向となるか、今後検討していく必要がある。

<参考文献>

- 1) 松富ら：海岸工学論文集, 2005.
- 2) 松富・飯塚：海岸工学論文集, 1998.
- 3) 松富・大向：海岸工学論文集, 1999.