

# 氾濫流が浸水建築物に与える非定常流体力に関する実験的研究 Experimental Study on Unsteady Fluid Force of Inundation Flow on Flooded Building

○藤村直樹・岡田啓頌・山上路生・川池健司

○Naoki FUJIMURA, Keiju OKADA, Michio SANJOU, Kenji KAWAIKE

Large-scale flood caused by torrential rain has frequently occurred. In particular, there are many reports of houses being washed away and damaged by floods. However, countermeasures against flood damage to buildings are not sufficient. At present, the fluid force acting on buildings is not well understood due to lack of accurate experiments and detailed verifications. In this study, we experimentally evaluated the distribution of the force by the unsteady flow on the building. Two types of architectural models including a piloti, were placed in the hydraulic flume. The time series of pressure distributions on models were measured. As a result, a time-dependent drag coefficient could be obtained.

## 1. はじめに

河川堤防の決壊や津波の襲来によって、住宅家屋の流出や損壊が発生することが多い。最近では、我が国だけでなく、世界中で大規模な水害が頻発している。2021年にはドイツ西部やベルギーなどで豪雨による深刻な洪水が発生し、家屋の倒壊や流失など広範囲にわたって多くの被害をもたらした。このように家屋の水害に関する事例が多くあるにもかかわらず、現在、建築物の災害対策や構造基準は地震や台風がメインで、水害に関する法整備は遅れている<sup>1)</sup>。水害対策を行う上で建築物に作用する流体力が重要であるが、実験や検証が不十分であり、詳しく解明されていない。

そこで本研究では、建築模型に洪水流を作用させて流体力を評価する。建築物の形状によっても耐水性の評価は異なると予想されるが、基礎ステージとして、単純な立方体モデルを使用する。また開口部の有無による浸水の影響も検討した。

## 2. 実験方法

実験模型は図1のように、非浸水型と浸水型の2タイプを作成した。まず、厚さ2mmの亚克力板を用いて、一辺23.2cmの立方体模型を使い一方を洪水流が内部に流入しない非浸水型とした。もう一方について、洪水流が衝突する上流側の面（以下、前面とよぶ）の下部約4cmをカットし、開口を有するピロティ構造（浸水型）とした。

実験水路として、幅40cmの可変勾配型水路を用いた。水路上流端から7m下流のセンターライ

ン上に、水路と平行になるように模型を設置した。座標系は流下方向に $x$ 軸、鉛直方向に $y$ 軸、横断方向に $z$ 軸を設定した。それぞれの原点は模型側面中央、水路床、水路前面中央とした。また、 $y$ 軸は路床上向きを正、 $z$ 軸は上流側から下流方向を見たときの右方向を正とした。

ポンプの瞬間作動によって、流量が8.8 l/sまで急激に増加する氾濫流を発生させた。模型上の計測点には水圧センサ（SSK製）を取り付け、水圧の時系列変化を調べた。また模型の1.4m上流で超音波水位計によって水深の時系列も計測した。

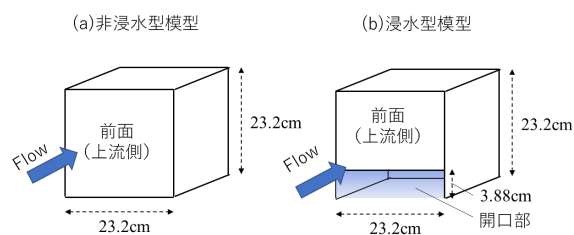


図-1 実験に用いた建築模型

## 3. 結果と考察

### (1) 側方からの水面形状の様子

図2に定常状態における非浸水模型近傍での水面形状を示す。模型の前面に衝突した洪水流は横断方向両側に広がった後に前面の両端で剥離し、乱れを伴って側方を流れていく様子がみられた。模型側方の流れの水面形は剥離とともに大きな変化をもつが、徐々に定常状態へと遷移していく。模型側方を流れた洪水流は模型の10cm程度下流側で合流する。浸水模型の場合は、洪水流は模型の内部背面（後面）に到達するまでは通常通り

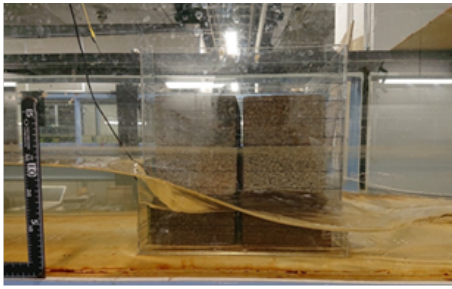
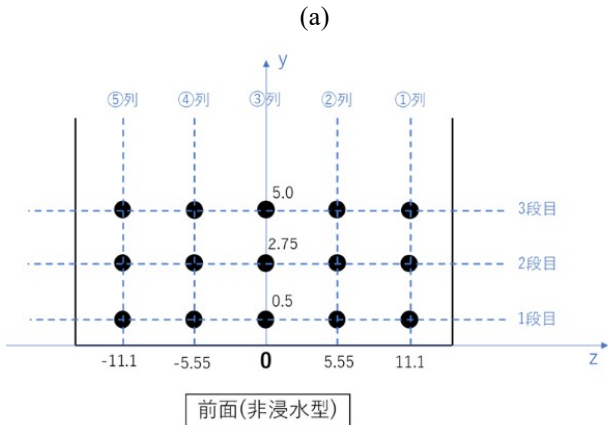
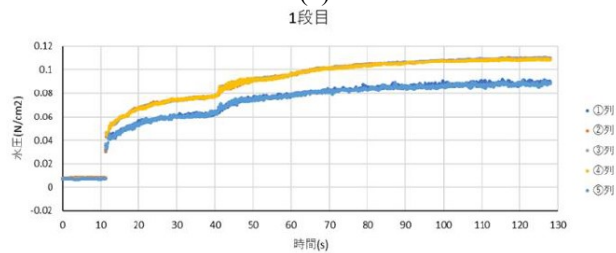


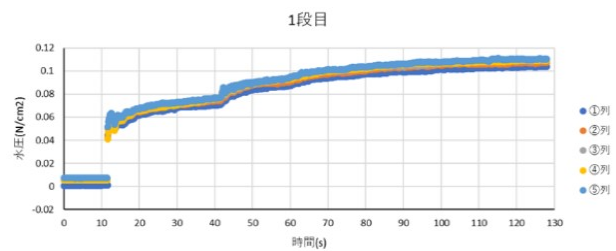
図-2 定常時の水面形（非浸水型，流れは左から右）



(a)



(b)



(c)

図-3 水圧の時系列，(a)計測点の一例，(b)非浸水型前面，(c)浸水型の背面内側

流れる。なお洪水流はピロティ開口高さよりも浅いため，前面には接触しない。内部に侵入した洪水流は背面内側で衝突して折り返し，模型外部へと剥離を伴って流下する。その後は非浸水型と同様の挙動を示す。

## (2) 水圧の時系列変化

図3に計測点と水圧の時系列変化の一例を示す。洪水流の到達により急激に圧力が上昇した後，一旦緩やかな変化となる。その後再び急激な上昇を

表-1 抗力係数

h(cm)	$C_D$ (非浸水)	$C_D$ (浸水)
1.7	0.3	0.1
3.9	2.4	2.2
5.5	4.0	3.5

経てから定常状態へ漸近する傾向が全体的にみられた。  $t=40$  s 付近の 2 度目の急激な圧力上昇については，洪水流の模型への衝突より生じる反射波と関係がありそうである。これが水路の上流端に伝搬到達してから 1,2 秒後にこの圧力上昇が確認された。しかし詳しいメカニズムはよくわからず今後の課題である。

浸水モデルでは全体的に非浸水型と概ね同じ挙動がみられる。ただし，背面内側では洪水流の衝突による短期間での急激な圧力上昇が確認されたのに対して，前面では見られなかった。背面内側に洪水流が衝突してから 1.0 秒後には側面内側においても短期間での急激な圧力上昇がみられた。これは，背面内側で折り返した洪水流によるものと考えられる。

## (3) 抗力係数の算定

前後面における圧力分布から各面の平均圧力を計算し，それに浸水面積を乗じたものを主流方向の流体力とした。前面と後面の流体力を合算して模型に作用する抗力  $F_D$  とした。さらに式(1)を仮定し，時間ステージ毎に抗力係数  $C_D$  を算出した。

$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_D A U^2 \quad (1)$$

$A$  は代表面積で便宜的に前後面の浸水面積の合計値とした。 $U$  は流量と水深から算定した断面平均流速である。 $A$  および  $U$  は時間依存することに注意を要する。表1に水深  $h = 1.7, 3.9, 5.5$  cm の時点における  $C_D$  を示す。浸水条件および非浸水条件の両者において水深が増加するにつれて抗力係数は増加した。また，浸水条件の方が比較的抗力係数  $C_D$  値は小さい。また代表面積  $A$  および抗力  $F_D$  の値は非浸水よりも大きかった。浸水の有無によって構造物周囲の流況が変化することが唆される。なお本実験では路床からの高さ 5.0 cm までしか計測点を設けておらず，定常状態に達するまでの抗力変化については更なる検討を要する。

## 参考文献

1) 桑村仁，建築水理学—水害対策の知識—，技報堂出版，2017。