

水害時の建築被害から見る床下浮力の影響について

徳島大学 学生会員 ○重本晃平 徳島大学 正会員 武藤裕則 徳島大学 正会員 田村隆雄

1. 研究の背景と目的 : 近年では災害の大規模化が頻繁に見られ、日本だけでなく地球全体の問題となっている。特に去年起こった災害では、令和2年7月豪雨（九州豪雨、熊本豪雨とも呼ばれる）が代表的な例に挙げられる。被害の大きかった熊本県の住宅被害は7617棟にも及び、全壊が1694棟、半壊が1182棟記録されており¹⁾、河川氾濫による建築被害の深刻さが伺える。また現代の建築物では地震に対する耐震、免震や耐風、耐雪の技術は年々進歩している一方で、水が引き起こす災害に対しては非常に手薄になっている。氾濫流によって様々な力が働くが、それらに対処するような設計はあまりされておらず、建物が破壊、流失してしまう危険性がある。また先に記述した通り、災害の大規模化により、今後耐水性能がしっかり考慮された建築物が必要になってくると考える。これらを踏まえて本研究では、被害の大きかった熊本県における令和2年7月豪雨の建築被害状況を調査し、傾向をまとめて考察する。また、広範囲に被害を及ぼす床下浸水が引き起こす力学的影響を6種類の床下模型を使用して実験調査し、浸水によって床下構造が建築物全体に与える力学的な（転倒や流失）危険性を示していく。

2. 令和2年7月豪雨における球磨川流域の建築被害 : 被害の大きかった熊本県球磨村渡地区（推定浸水深7～9m）と人吉市青井町（推定浸水深1～4m）の2地点において、インターネット上にある被害写真とGoogleマップのストリートビューを照らし合わせて簡単な調査を行った。建築構造をピロティ建築、2階建木造、1階建木造、2階建鉄骨造、1階建鉄骨造に分類し、その被害度を大中小に分類した。その結果、浸水深の高かった地域では大規模な流出被害が多数見られた。また被害の大きかった建物の多くが木造であり、鉄骨造、ピロティ建築の被害度は比較的小さかった。特にピロティ建築の耐水性は非常に高く、推定浸水深7～9mの渡地区においても大きな被害は受けていなかった。しかし構造的に強度なものでも漂流物や周囲の環境により中程度の被害は見られた。これらの結果を踏まえて、水害による建築被害は「流れ（浸水深・流速）」、「建築（構造・強度）」、「周辺環境（地盤・漂流物など）」の3要素が相乗し合い発生するものであると考える。

3. 浸水時の床下構造が与える影響に関する実験 : 実験水路は長さ約10m、幅は40cm、水路勾配は1/200とした。流量は1.83（堰あり）、3.66（堰あり）、8.90l/s（堰なし）の3パターンで行った。床下模型については、現在の住宅によくみられる床下構造を参考とした6パターンである。図1に上からそれぞれ模型①～④の図面を示す。これらはすべての軸方向に1/10縮尺としている。これに加え、模型⑤として床下高さ49mmのピロティ模型、模型⑥として開口部のない密閉された仮想床下模型とする。これらの床下模型をそれぞれの流量で浸水させ、三分力計を用いて水平力と鉛直力（浮力）を測定した。

4. 実験結果及び考察 : 図2にそれぞれ流量1.83、3.66、8.90l/sでの模型①～④の実験結果を示す。最も変化の見られた模型①と模型③、模型②と模型④の通気口のの違いによる結果に着目する。表2,3より、この組み合わせでは最大浮力値に約6～10Nの差が生じた。これは模型③④の方が、模型①②より11mm開口部が高くなっているため、浸水深と浮力の関係よりこのような差が生じたものである。

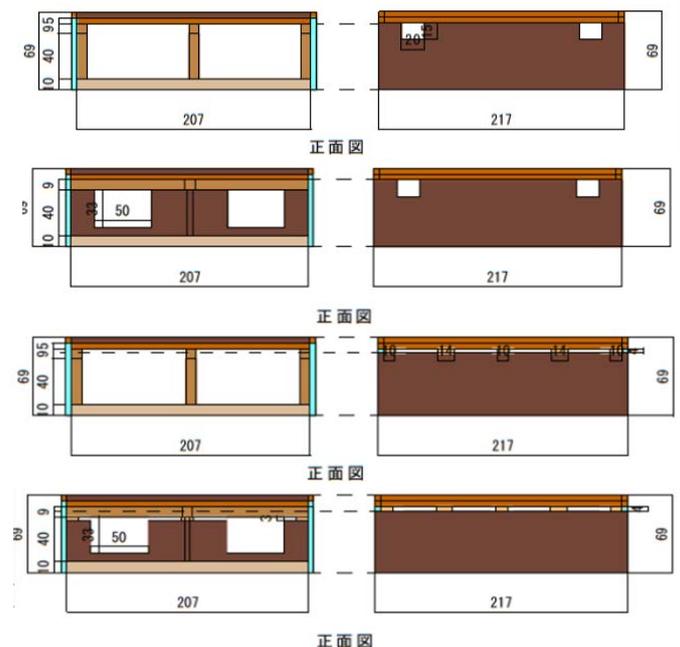


図1 模型（上から①～④）の設計図面（mm）

また低下浮力値（最大浮力値－最低浮力値）についてもネコ土台を使用した模型③④の方が、約4～6Nほど大きな低下が見られた。これは通気口の高低差（この場合は模型③④が模型①②より11mm高い）によって、水の位置エネルギーより、鉛直下向きの力に差が生じたためであると考えられる。

最大流量8.90ℓ/sのケースでは他の流量の最大浮力値と比べると15～20Nほど

低減されていることが判る（表4）。これは模型の浸水深が流量（流速）の増加につれて非定常な状態となり、通気口高さまで十分に水没しないまま、模型内に水が流入してしまうためである。しかしこの場合は水平方向の流体力は他のケースより大きくなるので、安全とは言えない。

5. 浮力による実際の建築物への影響：これまで行った実験結果に相似則を適用し、実際の建物への影響について考察する。すべての方向に10倍スケールにした床面積4.71㎡、高さ0.69mの床下構造を持つ小規模な木造2階建建築物（以後、小規模建築物）について考える。最大浮力値は $P=\rho g V$ の計算式を用い、そこから木造2階建の面積当たりの自重²⁾、木造住宅の部材間の静摩擦係数³⁾より小規模建築物が最大浮力観測時の水平耐力を算出する。また水平方向の流体力、流速、時間はフルードの相似則⁴⁾を用いる。

図3に実験のスケール変換により、最終的に得られた通気口と流速との力学的関係について示す。これらの結果から、ネコ土台を用いた場合では、通常の場合よりも水平力に対する流出のリスクが高くなっている。また2つの開口部高さには11cmの差であるのに対して、水平耐力の差は1kN以上となっていることから、浸水時に通気口の高さが建築物に与える影響はかなり大きいことが判る。

時間軸に注目すると、ネコ土台を使用した場合の方が通常の場合よりも（開口部が11cm高くなると）約1.42～1.49倍最大浮力観測までの時間が長くなった。この時間は、長くなれば大規模な水害での建築物流出リスクは高くなる。一方で小規模な水害においては、流体力が小さく流出などの力学的な危険性は低いが、床下浸水は衛生面や建築劣化などに繋がるため、その点では流入までの時間が長くなる方が望ましいという面もある。

6. 参考文献：1)熊本県危機管理防災課 https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/life/74612_93284_misc.pdf, 2)ADS 計画研究所 <http://www.ads-network.co.jp/taishinsei/kozo-kagaku-01.htm>, 3) 孟ら, (木材学会誌, 54.5, 281-288, 2008), 4) 下迫 (コンクリート工学論文集, 39, 134-137, 2001)

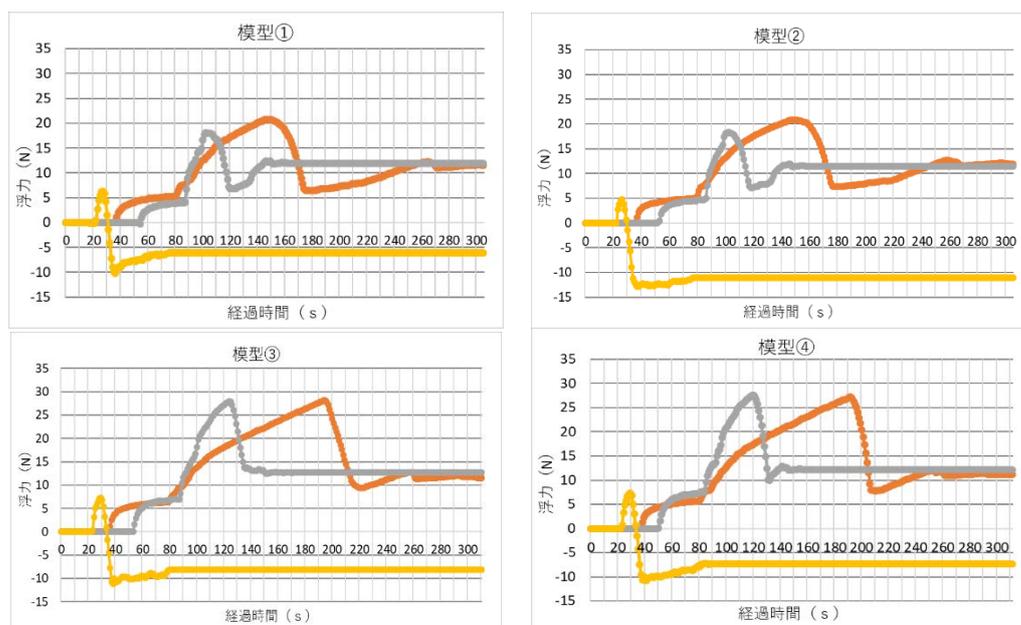


図2 流量別による実験結果（模型①～④）

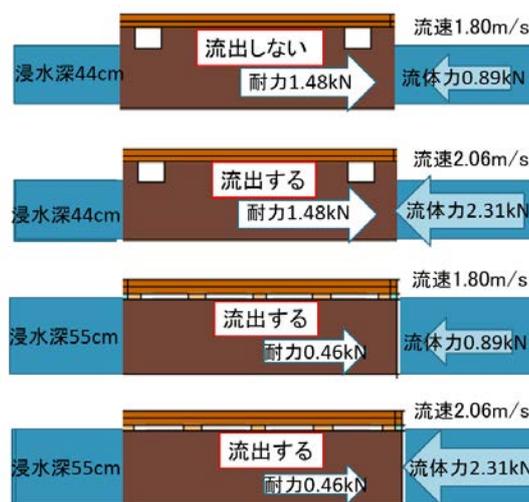


図3 小規模建築物と流体力との力学的関係