

猛暑・洪水・強風適応型都市の創出に資するピロティ空間の功罪の総合評価手法の開発

東北大学 ○石田 泰之 1\*  
東北大学 高橋 典之 1\*  
東北大学 持田 灯 1\*

河川氾濫                      強風                      流域治水  
ピロティ                      SHP 法                      CFD 解析

研究の目的

激甚化・頻発化する水災害への対策に関して、近年、河川の氾濫を前提として流域全体で治水を目指す「流域治水」へ考え方がシフトしている。建築分野に対しても建築的工夫による被害軽減が要求されており、浸水被害に対する有効な手段の一つに、ピロティを設けることによる高床化が挙げられる。さらにピロティは、平常時、日陰形成や風通し向上による暑さ緩和効果を有する。その一方で、ピロティが設けられることで、その建物が負担するはずであった流体力が下流側に受け流され、氾濫時の水圧力や強風時の風圧力による建物被害を助長させる可能性がある。このような功罪の「罪」の効果はこれまで定量的に示されてこなかった。

本研究は、ピロティ建物が河川氾濫時、また、強風発生時に、ピロティ建物の主に下流側に位置する建物が受ける水圧力や風圧力を、数値解析により定量化する。

研究の内容

1) 河川氾濫時における水流及び水圧力の定量化

水粒子の運動を解析することで粒子法の一つである SPH 法により、河川氾濫時の水流体の影響を評価する。解析対象は図 1 に示すグロス建蔽率 44% で建物が整列するモデル市街地であり、ピロティの位置を変更させた全 10 ケースを解析した。Water Tank に貯めた水粒子を瞬時に開放し、モデル市街地に押し寄せる際の流速と建物に作用する水圧係数  $C_{p_{water}}$  (建物壁面に作用する水圧  $P_{water}$  を、市街地進入時(時刻  $t_r$  の速度  $v_0$  から求まる動圧  $q_{in}(t_r) = 0.5\rho v_0^2$  ( $\rho$ :水の密度 で基準化した値) を評価した。

図 2 は、主流方向にピロティ建物が 5 棟設けたケースについて、ピロティの下流側に位置する建物の前面壁面に氾濫流が到達した時刻での地表面の流速分布を示す。ここから、街区内の進入距離が長いケースでも、氾濫流の前線部は高い流速を保った状態であることがわかる。図 3 は、ピロティの下流側に位置する建物の前面壁面に作用する水圧係数の時間最大値( $peak C_{p_{water}}$  の面分布、図 4 はピロティの連続数と  $peak C_{p_{water}}$  の壁面内最大値との関係である。ここから、氾濫流の進行距離が長いケースにおいても、ピロティがないケース(19.6[-]) と同等以上の、局所的に強い水圧力が作用することが示された。

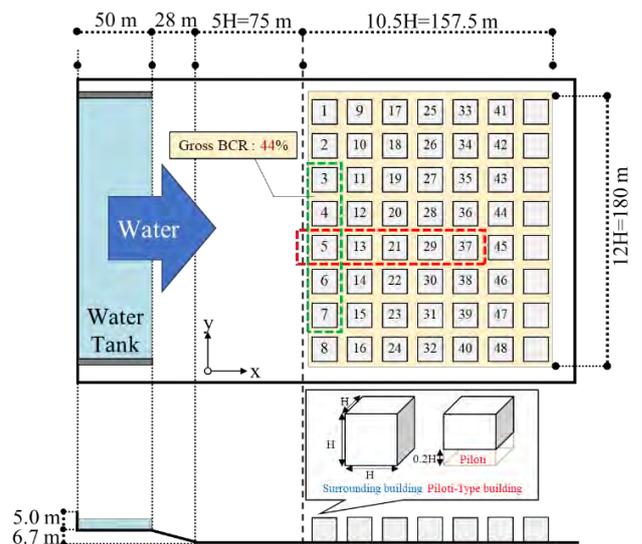


図 1 解析領域

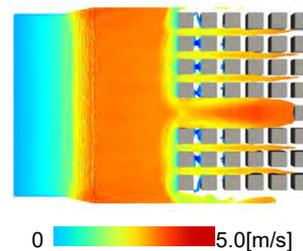


図 2 ピロティの下流に位置する建物に氾濫流が到達した時刻の流速分布

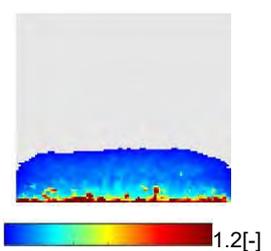


図 3 ピロティの下流に位置する建物の壁面各点に作用する水圧の最大値

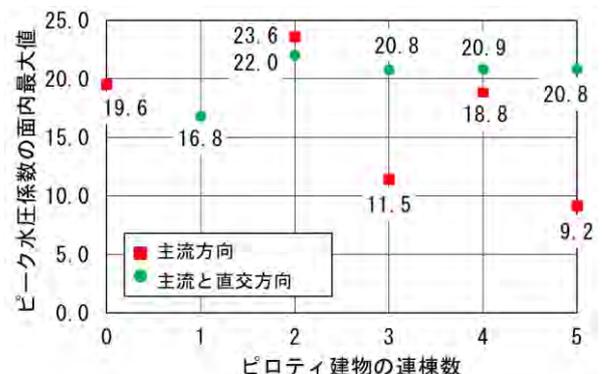


図 4 ピロティの連続数と水圧係数の面内最大値の関係

2) 暑さ対策としての市街地内の平均的な風通し

及び強風時に建物に作用する風圧力の定量化

水流解析と同モデル(図 1 を対象に、非定常的な流体運動を精度良く解析することが可能な Large-Eddy Simulation による風流体解析を実施した。平均的な風通しは、瞬時の速度変動の影響を加味した平均風速である  $V_{es}[m/s]$  により、風圧力は風圧係数  $C_{p_{wind}}$  (建物壁面に作用する風圧  $P_{wind}$  を市街地に流入する風(建物屋根面高さ(1H 位置の平均風速  $\langle u_H \rangle$  から求まる動圧  $(q_H) = 0.5\rho\langle u_H \rangle^2$  ( $\rho$ : 空気の密度 で基準化した値) により評価した。

図 5, 6 に主流方向にピロティが 3 棟連続するケースの平均風速ベクトル分布を示す。ピロティ空間内では縮流が発生し、進入した流れは周囲よりも速い。進入した風は、ピロティの風下側の建物(以降、風下建物)に衝突し上昇している。図 7 は市街地内の平均的な風通しとピロティ建物の連続数の関係であり、ピロティを設けることで平均的な風速が 1.1 倍程度増加し、暑さ対策効果が確認された。なお、この傾向は既往研究と等しいものである。

次に、強風時において、ピロティの風下建物と、風下建物に隣接する建物(以降、隣接建物)の風上壁面に作用する風圧力を確認する。図 8 はピロティの連続数がそれぞれ 1 棟、3 棟のケースの、ピロティの風下建物と隣接建物に作用する風圧係数の時間最大値( $peak C_{p_{wind}}$  の面分布である。ピロティの風下建物は、ピロティ高さにあたる  $0.2H$  以下で約 1.5[-]程度の値が確認できる一方、隣接建物では  $1.8 \sim 2.2[-]$  という、さらに高い値が確認された。図 9 はピロティの連続数と壁面内の  $peak C_{p_{wind}}$  の最大値との関係であるが、ピロティの連続数が増えても高い風圧力が作用し続けること、さらに隣接建物においてより高い風圧が作用することが明らかとなった。

3) 強風の発生頻度及び強度の将来変化

領域気象モデル WRF を用いて、2000 年代の代表年である 2008 年と、擬似温暖化手法を用いた 2050 年代の将来気候を予測し、8 月の 1 か月間の風況の将来変化を分析した。

図 10 は沿岸都市である浜松の風速の出現頻度分布であり、2050 年代には、高風速側の出現頻度が増加し、強風を示す風速の 95 パーセンタイル値は約 8%，最大値は 7~26%，将来にかけて上昇する結果が得られた。

研究の成果、新発見

- 1) ピロティを設けることで、風通し改善による猛暑対策に効果がある一方、ピロティの周辺に位置する建物は河川氾濫時や強風発生時に高い水圧力・風圧力を受ける。本研究により、初めて、ピロティを設けることによる功罪の「罪」の効果が定量化された。
- 2) 将来気候予測により、2050 年代には強風の発生頻度及び強風の強度が増加することが定量的に示された。

謝辞 本研究は、大成学術財団の助成によるものである。また成果の一部は東北大学スーパーコンピュータ AOBA を用いて得られたものである。ここに深く謝意を表す。

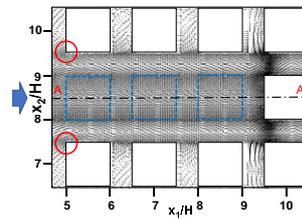


図 5 歩行者高さの風速

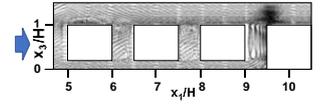


図 6 A-A'断面の鉛直分布

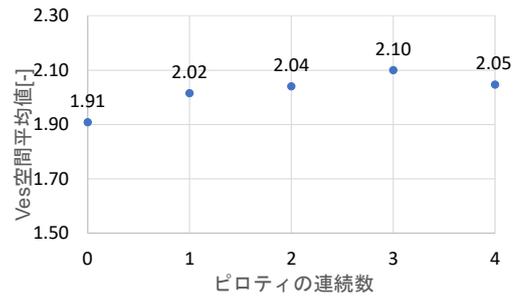
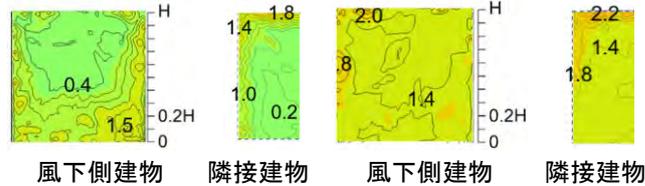


図 7 ピロティ建物連続数と平均的な風速の関係



風下側建物 隣接建物 風下側建物 隣接建物  
(1) ピロティの連続数 1 (2) ピロティの連続数 3

図 8 風下側建物と隣接建物の正のピーク風圧係数

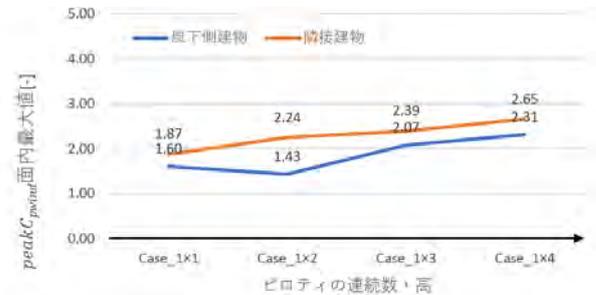


図 9 ピロティの連続数と風圧係数の面内最大値の関係

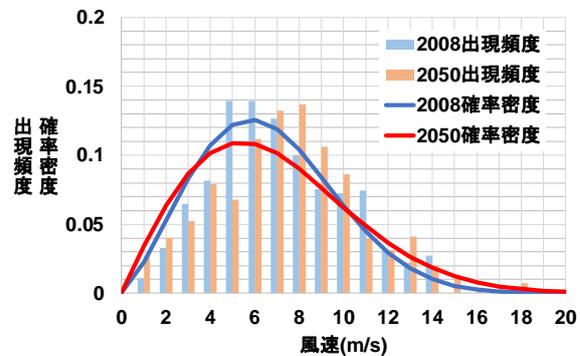


図 10 沿岸部における風速の出現頻度分布の将来変化