

遡上津波による建築物前面での打上高と建築物間の底面流速変動に関する3次元数値解析

名古屋大学高等研究院 正会員 ○ 中村 友昭
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 水谷 法美
 前田建設工業株式会社 正会員 平川 信也, 芦澤 哲

1. 緒言：東日本大震災では、大津波の来襲により東北地方太平洋沿岸に甚大な被害が発生した。このような大津波に対しては、比較的頻度の高い津波を想定した防波堤等の海岸保全施設に加えて、津波をできる限り低減させる多重防御に基づく減災の考え方が重要である。そこで、中村ら（2012）は海岸の近くに立地する堅固な建築物に着目し、津波による浸水量が建築物により低減できることを確認するとともに建築物を含めて津波対策を総合的に検討できることを示しているものの、津波に対する建築物の安定性については検討されていない。本稿では、中村ら（2012）と同様に実スケールの3次元数値解析を行い、建築物前面での打上高と建築物間の隙間での底面流速変動の観点から、建築物に作用する津波力と建築物の周囲に生じる地形変化を考究する。

2. 数値計算手法の概要：3次元流体・構造・地形変化連成数値計算モデル（中村・水谷，2010b）を用いた。本モデルは、非圧縮粘性流体に対する連続式と Navier-Stokes 方程式を支配方程式とする LES に、気液界面を追跡する MARS に基づくモジュール、可動構造物を取り扱う体積力型 IB 法に基づくモジュール、浮遊砂濃度の解析と掃流砂・浮遊砂輸送に伴う地形変化の計算を行うモジュールが組み込まれている。詳細は中村・水谷（2010b）を参照されたい。なお、津波の遡上に伴う浸水深や陸上構造物に作用する津波力の観点から水理実験結果との比較を行い、津波の遡上現象に対する本モデルの妥当性は検証されている（中村ら，2006, 2010a）。

3. 計算条件：本論では、中村ら（2012）と同様に、図-1 に示す計算領域を用いた。すなわち、水深 h_l の LWL 時に余裕高 $h_f = 3.0$ m の不透過直立岸壁の背後に岸沖長さ 150.0 m の不透過水平地盤を設定し、その地盤上に図-2 に示す不透過な矩形の建築物（岸壁からの距離 x_b ，岸沖長さ l_b ，遮蔽率 R_s ，建築物間の隙間の数 n ）を設定した。入射波は、津波を想定した造波津波高 H ，継続時間 T の押し波1波（正弦波半周期分）とした。本稿では、中村ら（2012）で基準ケースとしている $H = 5.0$ m， $T = 300.0$ s， $h_l = 7.5$ m， $h_f = 1.5$ m（静水深 $h = 9.0$ m に相当）， $x_b = 100.0$ m， $l_b = 20.0$ m を対象に、図-2 に示すように R_s を5種類， n を3種類変化させて、 R_s と n

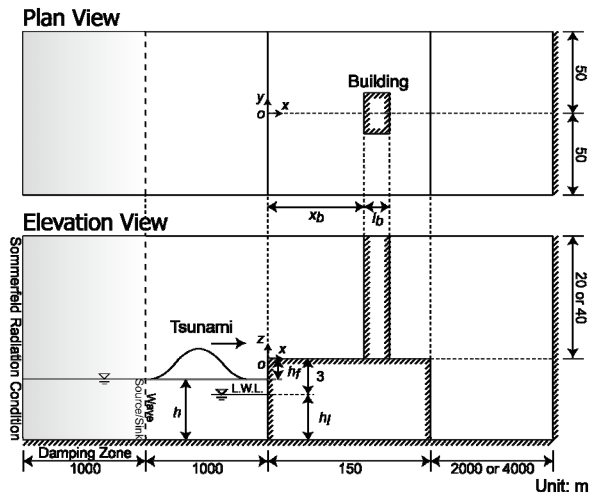


図-1 計算領域の概略図

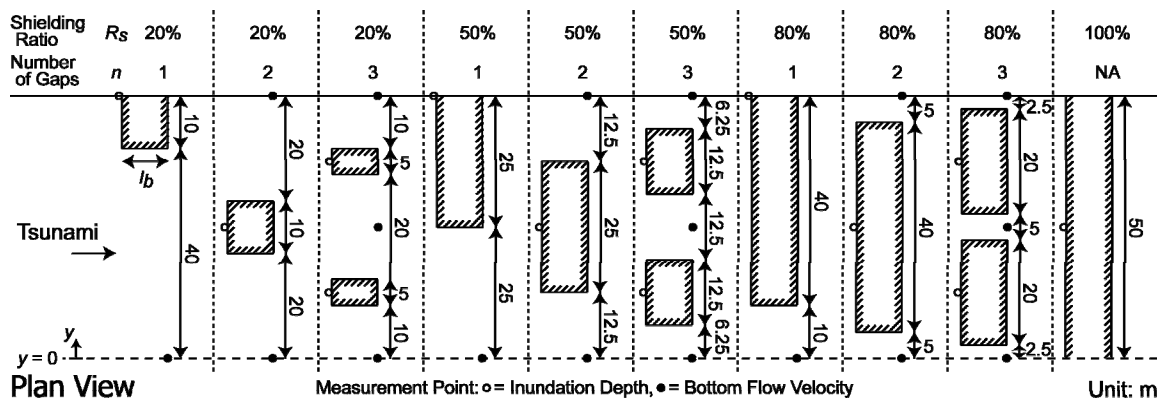


図-2 建築物の配置 (遮蔽率 $R_s = 20 \sim 100\%$)

キーワード 津波, 建築物, 打上高, 津波力, 底面流速変動, 洗掘, 数値解析

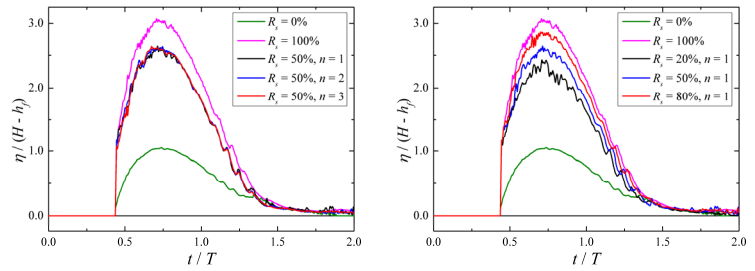
連絡先 〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学高等研究院 Tel: 052-747-6519

が建築物前面での打上高と建築物間の隙間での底面流速変動に与える影響を解析した。また、建築物の周囲に生じる地形変化を検討するために、 $n = 3$ では地盤を中央粒径 10 mm の移動床とした場合の計算も行った。ただし、試行計算で非常に大きな地形変化が確認されたことから、ここでは摩擦速度を 1/10 として地形変化の傾向の把握を行った。

4. 計算結果及び考察: 建築物の沖側面の中央 (図-2 の○印) における水位変動 η を図-3に示す。同図より、建築物が全幅に渡ってある場合 ($R_s = 100\%$) の $\eta(H-h_f)$ の最大値は、建築物がない場合の3倍程度となっており、既往の研究 (例えば朝倉ら, 2000) との傾向の一致が認められる。また、 n は $\eta(H-h_f)$ にほとんど影響を与えないものの、 R_s の増加とともに $\eta(H-h_f)$ も大きくなる事が確認できる。ここで、 R_s とともに建築物の沿岸方向の幅が広がることも考慮すると、 R_s が大きくなるほど建築物に大きな津波力が作用することが示唆される。続いて、図-4に建築物間の隙間 (図-2 の●印) での岸沖方向の底面流速変動 u を示す (g : 重力加速度)。同図(a)より、 R_s が等しいとき、 n の増加とともに建築物間の個々の隙間が狭くなることから、 $u/(g(H-h_f))^{0.5}$ も大きくなる傾向が認められる。

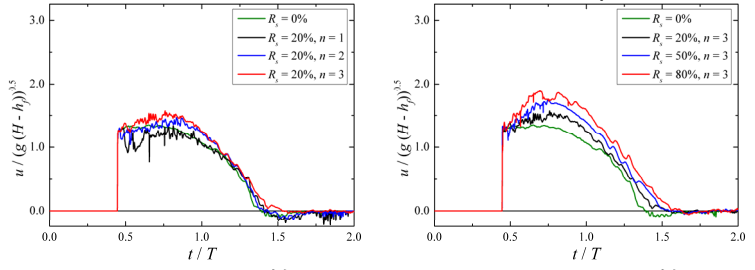
また、図-4(b)についても同様の理由から、 n が等しいとき、 R_s とともに $u/(g(H-h_f))^{0.5}$ も増加することが確認できる。そこで、図-4(b)と同じ条件下で地盤を移動床とした場合の津波作用後の地形変化 (堆積を正) を図-5に示す。同図より、建築物があることで建築物の沖側での侵食が抑えられる一方で、建築物の側面側から岸側にかけて洗掘が生じていることが確認できる。具体的には、上述した u の検討対象位置である $x = 120.0$ m, $y = 0.0$ m での洗掘深は、 $R_s = 0\%$ のとき 0.158 m であったものが、 $R_s = 20\%$ のときは 0.190 m, $R_s = 50\%$ のときは 0.219 m, $R_s = 80\%$ のときは 0.244 m のように R_s の増加とともに深くなっており、図-4(b)との傾向の一致が認められる。また、図-4(a)に示したように n とともに $u/(g(H-h_f))^{0.5}$ も増加する傾向があることから、 n が大きい場合にも建築物の周囲に深い洗掘が生じる可能性が示唆される。なお、図示しないが、図-3 や図-4 の傾向は他の条件でも確認している。以上より、建築物による遮蔽率 R_s を大きくするほど陸域の浸水量が低減され好ましいが (中村ら, 2012), R_s が大きい場合には建築物に作用する津波力が大きくなり、さらに R_s や n の増加とともに建築物の周囲に生じる洗掘がより深くなると考えられることから、建築物が不安定になり、損壊する可能性が高くなると推測される。したがって、このような建築物では、浸水量を低減させる効果の評価だけではなく、特に遮蔽率 R_s が高い場合には、津波力と洗掘の両者の観点からの安定性の評価も重要であると考えられる。

謝辞: 本研究は独立行政法人科学技術振興機構 J-RAPID による補助を受けたことを付記し、謝意を表す。
参考文献: [1] 朝倉・岩瀬・池谷・高尾・金戸・藤井・大森 (2000), 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 911-915. [2] 中村・白石・宇佐美・水谷・宮島・富田 (2006), 海洋開発論文集, 第22巻, pp. 517-522. [3] 中村・水谷・藤間 (2010a), ながれ, 第29巻, 第2号, pp. 107-117. [3] 中村・水谷 (2010b), 数値流体力学シンポジウム, E10-4, 9p. [4] 中村・水谷・芦澤・平川 (2012), 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 68, No. 4, 印刷中。



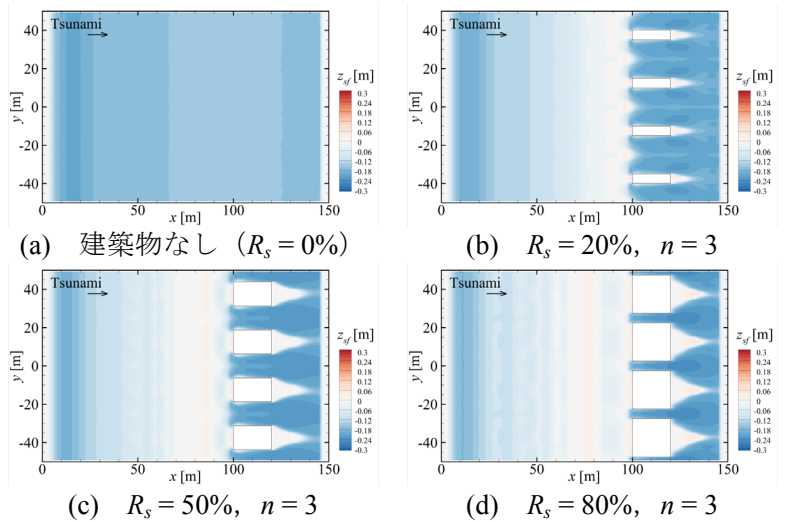
(a) n による比較 (b) R_s による比較

図-3 建築物の沖側面での水位変動 η



(a) n による比較 (b) R_s による比較

図-4 建築物間の隙間での岸沖方向の底面流速変動 u



(a) 建築物なし ($R_s = 0\%$) (b) $R_s = 20\%$, $n = 3$
 (c) $R_s = 50\%$, $n = 3$ (d) $R_s = 80\%$, $n = 3$

図-5 津波作用後の地形変化 (堆積が正)