

浮遊砂が遡上津波の流動場や作用波力に及ぼす影響に関する一考察

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○鈴木 愛美
名古屋大学大学院工学研究科 正会員 中村 友昭
名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 水谷 法美

1. はじめに：東北地方太平洋沖地震時に陸上に遡上した津波は底質を多く巻き込んだ濁水状態となっていたことが確認されており，松富・川島（2015）によって津波氾濫水の密度は 1.2 g/cm^3 程度，つまり浮遊砂濃度は 10% 程度に達しうることが確認されている．このように浮遊砂を含んだ流れの構造に関しては，Kármán 定数の減少等の観点から Vanoni (1946)，椿 (1955) を始め多くの研究により清水流とは異なることが指摘されているものの，海岸保全施設に対する既往の検討では FEMA が浮遊砂濃度 10% に相当する密度 1.2 g/cm^3 を採用することを推奨している程度であり，浮遊砂を含んだ濁水状態の津波を対象とした研究は限られている．一方，中村ら（2015）によって浮遊砂を含んだ水の粘度の測定とその評価式の定式化が行われていることから，本研究では，その評価式と浮遊砂による密度の変化を 3 次元連成数値計算モデル FS3M（中村・水谷，2014）に組み込むとともに，その改良した FS3M を用いて遡上津波の変形と陸上構造物への作用波圧・波力を対象とした実スケールの数値解析を行い，浮遊砂による密度や粘度の変化を考慮した影響を検討する．

2. 計算条件：Bridges (2011) の水理実験を参考に決定した計算領域の概略図を図-1 に示す．同図に示すように，沖側から順に勾配約 1/30 の不透過斜面と高さ 25 m の水平床を設定し，その水平床上に高さ 10 m の陸上構造物を配置した．静水深 h_0 は 23 m とし，津波高 4.0 m，継続時間 50 s の押し波のみの長周期波 1 波を造波した．このとき，表-1 に示すように，浮遊砂を入れない清水状態の Case 1，1% の浮遊砂を入れ濁水状態としたものの密度や粘度の変化は考慮しない Case 2，1% の浮遊砂を入れ濁水状態とした上で，密度と粘度の片方または両方の変化を考慮した Case 3～5 の 5 パターン変化させた計算を行った．

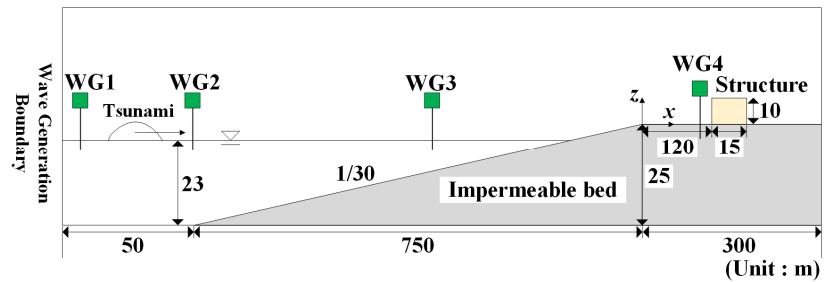


図-1 計算領域

表-1 計算条件

Case 1	清水状態
Case 2	浮遊砂あり（密度と粘度の変化は考慮せず）
Case 3	密度と粘度の変化を考慮
Case 4	密度のみの変化を考慮
Case 5	粘度のみの変化を考慮

3. 計算結果及び考察：構造物を設置しなかった場合の通過波

の水位変動 η と，構造物の沖側面の位置での水平流速 u に関して，計算条件の違いによる比較を図-2 から図-5 に示す．同図より，すべてのケースの波形がほぼ重なっており，遡上域である図-4 や図-5 において若干の

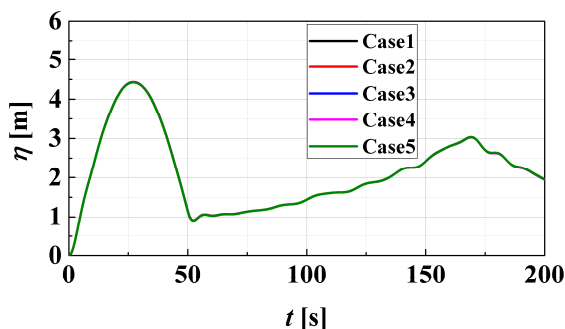


図-2 WG1 での水位変動 η

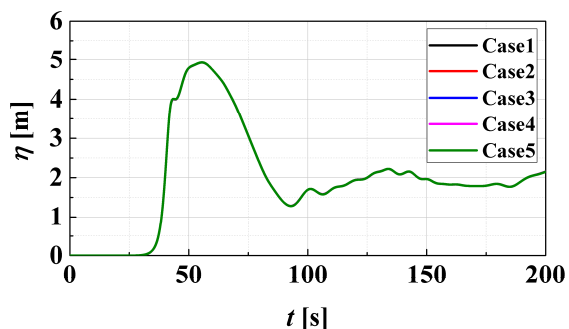


図-3 WG3 での水位変動 η

差が見られる程度であることが分かる。

構造物の沖側面に作用する最大波圧 $p_{\max}$ の鉛直分布と津波力 F の時系列変化を図-6 と図-7 に示す。また、図-8 に構造物の沖側面での打上高 η の時系列変化を、表-2 に図-5、図-7、図-8 の最大値 $u_{\max}$ 、 $F_{\max}$ 、 $\eta_{\max}$ を示す。図-6、図-7、表-2 より、浮遊砂による密度の変化を考慮した Case 3 と 4 では他のケースと比べて $p_{\max}$ や $F_{\max}$ が小さいことが分かる。これは、表-2 に示すように、Case 3 と 4 では $\eta_{\max}$ が若干増加したが、 $u_{\max}$ が若干減少したためと考えられる。その一方で、浮遊砂の粘度の変化のみを考慮した Case 5 では Case 1 や 2 との差は認められず、本稿の条件の範囲では、粘度の変化の影響は確認できなかった。以上より、遡上津波による作用波圧や作用波力を検討する際に、浮遊砂による密度の変化を考慮することの重要性が示唆された。

4. おわりに：本研究では、浮遊砂による密度と粘度の変化の影響を組み込んだ数値計算モデル FS3M を用いて、遡上津波の変形と陸上構造物への作用波圧・波力を対象とした実スケールの数値解析を行い、浮遊砂による密度の変化を考慮することの重要性を確認した。紙面の都合上、一部の結果しか示せなかったが、浮遊砂が与える影響についての結果の詳細は講演時に発表する。

謝辞：本研究の一部は、科学研究費補助金若手研究(B)（研究代表者：中村友昭；課題番号：26820200）と科学研究費補助金基盤研究(A)（研究代表者：水谷法美；課題番号：25249067）の補助を受けたことを付記し、感謝の意を表する。

【参考文献】 [1] 椿東一郎 (1955) : 浮流流砂が流れに及ぼす影響について, 土木学会誌, 第 40 巻, 第 9 号, pp. 1-6. [2] 中村友昭, 水谷法美 (2014) : 海岸堤防を越流する津波と裏法尻の洗掘に関する数値解析, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 70, No. 2, pp. I_516-I_521. [3] 中村友昭, 鈴木愛美, 水谷法美 (2015) : 高濃度の浮遊砂を含有した流体の粘度の測定とその評価, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 71, No. 2, pp. I_1185-I_1190. [4] 松富英夫, 川島 峻 (2015) : 津波氾濫流の密度に関する基礎実験, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 71, No. 2, pp. I_355-I_360. [5] Bridges, K.-J. (2011): Influence of macro-roughness on tsunami runup and forces, Master Thesis, Oregon State University, 34 p. [6] Vanoni, V.A. (1946): Transportation of suspended sediment by water, Trans. ASCE, Vol. 111, pp. 67-133.

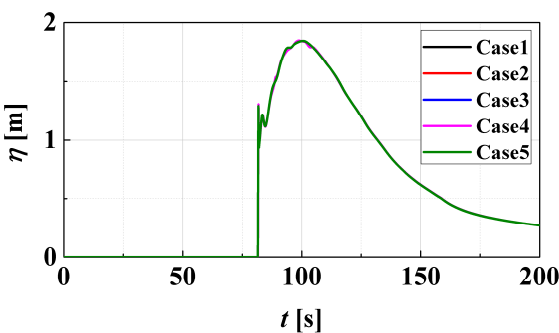


図-4 WG4 での遡上水位 η

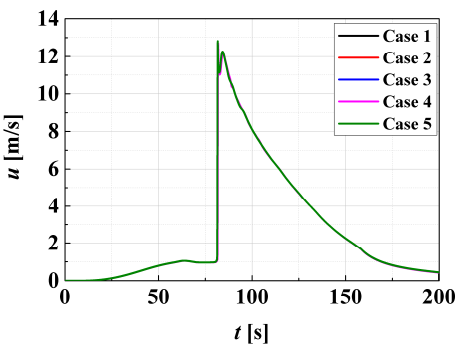


図-5 WG4 の位置での水平流速 u

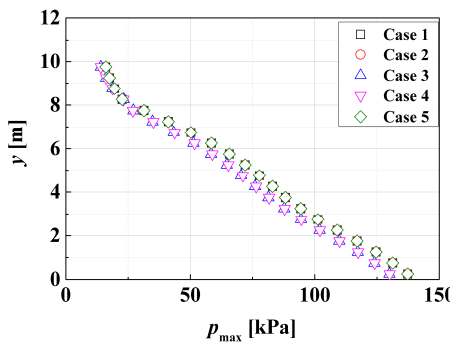


図-6 最大波圧 $p_{\max}$ の鉛直分布

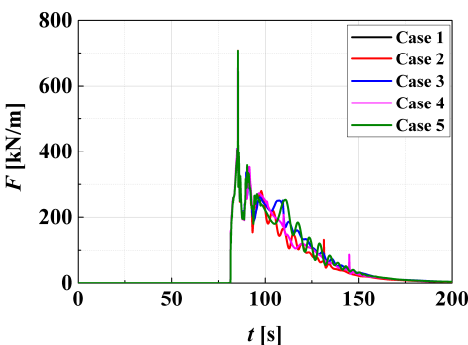


図-7 津波力 F

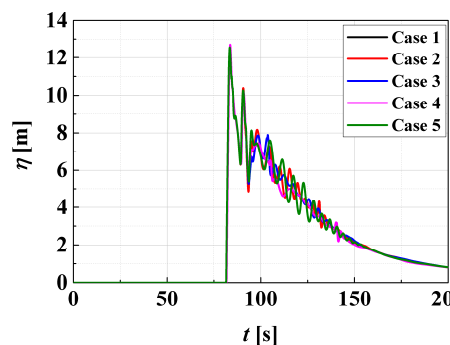


図-8 打上高 η

表-2 $F_{\max}$ 、 $\eta_{\max}$ 、 $u_{\max}$ の比較

	最大津波力 $F_{\max}$ (kN/m)	最大打上高 $\eta_{\max}$ (m)	最大水平流速 $u_{\max}$ (m/s)
Case 1	708	12.6	12.8
Case 2	708	12.6	12.8
Case 3	651	12.7	12.7
Case 4	653	12.7	12.7
Case 5	708	12.6	12.8