津波作用荷重への密度変化の影響に関する基礎研究

大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 〇小俣 哲平,織田 幸伸,橋本 貴之

1. 目的

土砂を巻き上げて来襲するいわゆる黒い津波に対する波力評価の必要性が一部で指摘されているが,既往 の研究事例は限定的¹⁾で,作用荷重の評価方法などに関する十分な知見は得られていない.そこで本研究では, 流体の密度を変化させた水理模型実験を実施し,津波衝突時の構造物に働く波力特性や津波浸入時の波形変 化について検討した.

2. 実験方法

実験は幅 0.2m, 長さ約 4m, 片面ガラス張りの二次元長水槽を用いて実施した(図 1). 鉛直壁防潮堤を対象 とし,水槽の端部に設置されたチャンバー式津波造波装置により,図 2 に示す波 W1 を造波して実験を実施し た.計測項目は,通過波特性確認として,図1 に示す箇所において波高(H1~H4),流速(V1~V2)を容量 式水位計,電磁流速計により計測し,防潮堤壁面に働く作用力は分力計で計測した.実験は密度ρ = 1.0g/cm³ の清水と密度を変えた 2 種類の塩水(ρ = 1.1g/cm³, 1.2g/cm³)を使用し,仕切板を用いて図1に示すように防 潮堤模型前に湛水させた.造波開始と同時に仕切板を引き抜くことで,清水と塩水を一体化させた.

3. 実験結果

図3は、仕切版位置を津波が通過する際の様子を示している.仕切版撤去直後から、密度の高い塩水が水路 底面をくさび状に上流側に向かって進行し二層になっている様子が確認できる.しかし、同図中左端部が塩水 で満たされていることからも確認できるように、清水の津波が塩水層の上を遡上することはなく、清水が防潮 堤模型まで到達することはなかった.図4に計測点H2~H4(図1参照)における波高の時系列変化を示す. 計測点H2は清水の部分のため波形に大きな変化は見られなかったが、計測点H3、H4では流体の密度が高く なるほど、水位の上昇がなだらかになっており、清水に比べて最大波高が小さくなっている.またH4では、 津波の到達時間が遅くなっている.これらは、清水も塩水も同じエネルギーの津波が浸入してくるものの、塩 水では密度が高い分だけ位置エネルギーにおける水位変化量が小さくなるため、水位上昇がなだらかになっ たと考えられ、またその結果、津波の高さが低くなることで波速が減少し、津波の到達時間に遅延が生じたと 考えらえる.

次に、図5に計測された壁面 作用力の時系列変化を示す.同 図より、津波到達時の作用力 は、密度の大きい流体の方が大 きくなっている.図4に示した ように、水位上昇は清水の方が 大きいが、密度が大きくなるこ とで、壁面には静水よりも大き な波力が作用することが確認 できた.ただし、最大波高が減 少するため、密度増加に単純に は比例せず、密度ρ = 1.1g/cm³、

- 1.2g/cm³の塩水同士では量



キーワード 津波作用力,黒津波,防潮壁,水理模型実験,数値解析

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設 技術センター社会基盤技術研究部 TEL045-814-7234



大作用力にあまり差が生じていないことが分かる.図6は,密度 1.2 g/cm³の塩水ケースにおける壁面作用力の計測結果と, 壁面前面(H4)の最大浸水深から算出した静水圧による作用 力を比較した結果である.同図より,静水圧の波形形状とは異 なり,壁面には衝撃的な動圧が生じていることが確認できる. しかし,最大値は同じ水深に生じる静水圧の方が大きい.これ は同図内の模式図に示すように,壁面前面での打ちあがり水 深は見かけ上のものであり,実際に壁面に圧力として作用す る有効水深はその一部であることを示唆している.

4. 数値実験

オープンソースの流体解析コードである OpenFOAM を用い た数値解析により水理実験の再現解析を実施した.水理実験 と同じ条件で計算モデルを作成し,入射条件には W1 の計測 結果を用い,解析は三種流体気液二相流のソルバーを使用し た.なお,最小メッシュサイズは 5mm 程度である.図7,図 8 はそれぞれ,壁面前面の波高と壁面への作用力の計算結果を 示したものである.図7より,数値計算においても実験と同様 に,密度が高くなると最大波高が減少する傾向が確認できる. 一方,図8より,密度の上昇に伴って作用力は大きくなるもの の,単純に密度に比例して増加していない.これらの傾向は, 実験結果と整合している.ただし,密度変化による波形の形状 変化や到達時間については,実験結果と完全に一致していな いため,仕切板を外すタイミングや拡散係数等のパラメタの 検討が必要である.

5. 結論

密度の異なる流体を対象に津波荷重に関する水理模型実験 および数値解析を実施した.その結果,流体の密度が高くなる と,津波の浸水深が小さくなり,到達時間が遅延することが確 認された.作用荷重については密度が高い流体の方が大きい ものの,密度増加に単純には比例しないことが確認された.

参考文献

 松冨英夫,有川太郎: 津波遡上への氾濫水密度の影響,土 木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 76, No.2, I_391-I_396,2020.

