# 津波による作用波圧に与える浮遊砂の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 〇高重建太 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 中村友昭,趙 容桓 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

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震によって、日本は多大な被害を受けた.特に太平洋側沿 岸では津波によって多くの構造物が倒壊や流失などの被害に遭った.この津波の残存物から、土砂、特にシル ト分を多量に含む海水が採取されたことから、津波は沿岸の底質を大量に巻き込みながら臨海部に来襲して いたことが分かっている.このように土砂を含むことで海水の見かけの密度が増加し、波圧も増大する可能性 があることが松富ら(2015)によって報告されている.FEMAP-646(FEMA, 2019)では、海水の密度は1128 kg/m<sup>3</sup>と定められているものの、根拠は明示されていない.その一方で、津波避難ビル等の構造上の要件の解 説(国総研, 2012)では、津波荷重の算定において水の単位体積重量を使用しており、土砂による水の見かけ の密度の増加は考慮されていない.このように基準によって海水の密度の想定が異なり、波圧や波力を過小評 価する危険性があると考えられる.木瀬・有川(2020)らは滑り台状の水路を用いて、清水とシルトを含む混 濁水の比較実験を行っている.その結果、同じフルード数であっても、水の見かけの密度が変化することによ って波圧が増大する可能性が示されている.しかし、水平床遡上時に底質を巻き込み、混濁水とする方法をと っているため、地形の変化によって流動場に影響が出る可能性が考えられる.本研究では、予め混濁水とした 津波を壁面に作用させる水理実験を実施し、津波による波圧に与える浮遊砂の影響を検討する.

#### 水理実験の概要

図-1 に水理模型実験で使用した全長 5,574 mm, 幅 300 mm (いずれも内寸)のアクリル製の開水路 を示す.開水路は,貯水部,ゲート部,流下部の3 つに分けられる.本実験では,流下部の沖側端を原 点とする岸向き座標を x 軸,水路中央を原点とする 奥向き座標を y 軸,水路底面を原点とする上向き座 標を z 軸とそれぞれ定義する.貯水部は,内寸 2,312





 $mm \times 300 mm \times 500 mm$  で、側面には上流端から岸側方向にそれぞれ 105 mm、940 mm、1,820 mm の底面近く に直径 25 mm のミキサーを取り付けた. ゲートは寸法 10 mm × 320 mm × 700 mm であり、電動アクチュエー タ(オリエンタルモーター製)で上下方向の開閉を自動でコントロールできるようにした. 流下部は内寸 3,252 mm × 300 mm × 290 mm であり、その下流端は開放しており、流下後の混濁水はそのまま別のタンクに溜まる ようにした. また、ゲート岸側から 2,490 mm の位置に高さ 60 mm の鉛直壁を設置した.

実験条件を表-1 に示す.実験では、貯水部に水を貯水し、ゲートを 100 mm 上方まで速度 500 mm/s で急開 させることで造波した.海底の底質を模擬する溶質として、金剛カオリン(中央粒径:8 µm)を使用した.混

濁水は造波前に溶質を溶媒である水 にミキサーを使って十分混合させ た.津波作用時には、ゲート沖側面か ら55mmの位置(WG1)と鉛直壁沖 側面から50mmの位置(WG2)にそ れぞれ超音波センサ(Omron 製)を 設置し、水路中央での水位を測定し

表-1 美騻枀忤				
体積濃度	溶質	溶質質	水のみの貯水	最終的な貯水
[%]		量[g]	位[mm]	位[mm]
0.0	なし	-	100	100
1.0	・カオリン	1830	99	100
2.0		3660	98	100

た. 鉛直壁の水路中央には,底面から高さ3.5 mm,12 mm,30 mm,50 mmの位置に圧力計(共和電業製)を取り付けた.ここでは,圧力計を下から順にPG1,PG2,PG3,PG4 とした.また,鉛直壁の沖側面の位置であるゲート岸側面から2,490 mmの位置の前後それぞれ50 mm程度をハイスピードカメラによって撮影した.再現性の確認のため,各ケース複数回の実験を行った.

#### 3. 結果と考察

図-2と図-3に、鉛直壁の最も下に設置した圧力計 PG1 と高さ 中央に設置した PG3 での波圧の時系列データを例示する. 同図 では、各ケース2回分の結果を示した.いずれの圧力計におい ても,時刻 t=2s 付近で急激に増加し,一旦減少したあと,t= 6sにかけて再度増加している.前者は衝撃段波波圧に,後者は 準定常的な持続波圧に起因していると考えられる.また,図-2に 示した PG1 では、浮遊砂濃度 1%のケースで衝撃段波波圧に大 きなピークがみられるものの、その後は浮遊砂濃度の影響は不 明瞭である.一方,図-3に示した PG3 では,PG1 と違い大きな 差が見られた.具体的には、0%のとき、つまり清水状態のとき、 t=2s付近の衝撃段波波圧は,一旦400Pa付近まで増加し,そ の後 500 Pa 前後にもう一度増加している.一方,1%,2%のとき は、多くのケースで約700 Paを超える大きさまで一気に増加し ている.ただし、その後は0%の結果と同じような傾向を示して いる.以上より,0%の清水と1%,2%の混濁水では,鉛直壁上 部での波圧に大きな差が見られることが分かった.

衝撃段波波圧は 1.9 s から 2.9 s の間に発生していた. そこで, その時間内に発生していた波圧の最大値を図-4 に示す. 同図よ り,浮遊砂濃度 1%や 2%のときの波圧は 0%のときと比較してば らつきが大きいことが分かる. また,特に赤い丸で示す PG1 で は,0%のときは最大でも約 800 Pa であるのに対し,1%のとき は 1,600 Pa を超えているケースもあることが分かる.

準定常的な持続波圧は 2.9 s から 10 s の間に発生していた.そ こで,その時間内に発生していた波圧の最大値を図-5 に示す. 同図より,PG1 と PG2 は浮遊砂濃度による差は明確には確認で きない.一方,PG3 と PG4 は浮遊砂濃度による差が認められ, 特に PG3 は PG1 よりも大きくなるケースが確認できる.

引き続き,ハイスピードカメラで撮影した画像や計測した水 位のデータなどを使って,さらなる検討を進める所存である.

## 参考文献

[1]松富ら(2015), 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 71, No.
2, I\_355-I\_360. [2]FEMA (2019), Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis, 134 p. [3]国総研(2012), 津波避難ビル等の構造上の要件の解説 14 p. [4]木瀬・有川(2020), 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 76, No. 2, I\_385-I\_390.



図-2 PG1の波圧測定結果



図-3 PG3の波圧測定結果



図-4 衝撃段波波圧の最大値



図-5 持続波圧の最大値