陸上構造物への作用津波力に与える浮遊砂の影響に関する一考察

 名古屋大学工学部
 学生会員 〇 中井 祐斗

 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
 正 会 員
 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:陸上に遡上した津波は、沖合や陸上の底質を巻き上げ、それを大量に含んだ濁水状態になっているものの、このような現象を対象とした事例は限られている.例えば、FEMA P-646 (FEMA, 2012)では、断面平均浮遊砂濃度 5%の海水を仮定し、流体の密度として 1,100 kg/m³を使うこととされており、ASCE 7-16

(ASCE, 2017)では、浮遊物の影響を考慮して、流体の最小密度を海水の密度の1.1 倍とすることとされている.また、松富・川島(2015)は、FEMA P-646やASCE 7-16の基準を超えて、津波氾濫水の最大密度が1,200 kg/m³程度に達しうることを水理実験により示している.一方、中村ら(2017)は、陸上構造物に作用する津波力に与える浮遊砂の影響を数値解析により検討し、衝撃段波波圧による津波力が支配的となる条件

でかつ浮遊砂が低濃度である場合を除いて,浮遊砂が 存在することで津波力が増加することから,浮遊砂の 影響を考慮することの重要性を示している.ただし, その要因を検討するまでには到っていないことから, 本研究では,中村ら(2017)と同様に,浮遊砂による 流体の密度と粘性係数の変化を考慮可能な 3 次元流 体・構造・地形変化・地盤連成数値計算モデル FS3M

(中村ら,2016)を用いた実スケールの数値解析を実施し,陸上構造物に作用する津波力が浮遊砂の考慮によって増加する条件での流動場の状況を検討する.

<u>2. 計算条件</u>: 図-1 に計算領域の概略図を示す. 同図に 示すように,沖側に 1/30 勾配と 1/15 勾配の斜面を有

する水平床を設定し、水平床の沖側端から 120.0 m の位置に一辺が 15.0 m の構造物を設定した. そして、沖での静水深 h が 23.0 m の下、押し波のみ の長周期波 1 波を作用させた. このとき、造波津波高 H を 2, 4, 6 m の 3 種類、継続時間 T を 60, 90, 120, 150, 240 s の 5 種類、初期の浮遊砂濃 度 $C_0 \ge 0$, 1, 3, 5, 10%の 5 種類変化させた. ここで、浮遊砂はカオリン を想定し、カオリン粒子の密度は 2.65×10³ kg/m³、中央粒径は 1 μ m とした. また、カオリンを含むことによる密度と粘性係数の変化を考慮した. なお、計算負荷の軽減のために、 $y \ge 0$ の領域のみを解析対象とした. 以上の条件 は中村ら (2017) と同様としたものの、側壁の影響をより小さく抑えるた め、 $y \ge 0$ の領域の幅を 105 m から 140 m に若干広げた.

<u>3. 計算結果および考察</u>:中村ら(2016, 2017)では構造物全体に作用する x 軸方向の津波力を対象としていたものの,本稿では構造物の沖側面のみ に作用する x 軸方向の津波力 *F*_xに着目して検討を行う.

図-2 に津波力 *F*_xの時間変化を例示する.ここで,*t* は時刻である.同図 に示すように,構造物全体に作用する津波力を対象とした中村ら(2017)



図-1 計算領域の概略図



図-2 津波力 Fxの時間変化

11-050

と同様に、津波の継続時間 Tによらず、津波作用直後に衝撃段波 波圧により F_x が極大となり、その後の準定常的な持続波圧により F_x が再び極大となることが確認できる.以下では、持続波圧によ る津波力の極大値 F_{xs}^{max} に着目して検討を進める.

初期浮遊砂濃度 $C_0 = 0$ %のときの $F_{xs}^{max} & E F_{xs0}^{max} & E L E E E$,初 期浮遊砂濃度 $C_0 = 1 \sim 10$ %のときの $F_{xs}^{max} & E F_{xs0}^{max}$ の比 $F_{xs}^{max} / F_{xs0}^{max} & E O$ -3 に示す.なお,継続時間 T が短い場合には $F_{xs}^{max} & E$ 決定できないケースがあったため, $F_{xs}^{max} & E$ 決定できたケ ースのみ示した.図-3 より, $C_0 = 1$ %のときは多くのケースで $F_{xs}^{max} / F_{xs0}^{max} & 1 & E$ 下回っているものの, $C_0 & 3$ %以上のときは 一部のケースを除いて $F_{xs}^{max} / F_{xs0}^{max} & 1 & E$ 上回っていることが分 かる.このうち, $C_0 & O$ 増加とともに $F_{xs}^{max} / F_{xs0}^{max} & S$ 増加するケー スについて,持続波圧による津波力が極大となる時刻における構 造物沖側のy = 0 での打上高を表-1 に,浮遊砂濃度 C の鉛直分布 を図-3 に例示する.表-1 より,打上高は C_0 が増加したとしても 必ずしも増加しておらず, $F_{xs}^{max} / F_{xs0}^{max} & O$ 傾向とは対応していな



F _{xs} ^{max} 時の構造物沖側での打上高				
	C	H = 4 m	H = 6 m	
	C_0	T = 60 s	T = 240 s	
	0%	7.13 m	12.2 m	
	3%	7.15 m	12.0 m	
	5%	6.79 m	12.2 m	
	10%	6.95 m	11.7 m	

表-1

いことが分かる.また、図-4より、継続時間 Tの短い図-4(a)のケースで C_0 からの若干の増加が認められる ものの、Cの分布は概ね C_0 と一致しており、鉛直方向にも概ね一様な分布となっていることが分かる.そこ で、持続波圧による津波力が極大となる時刻における構造物沖側のy = 0での圧力 Pの鉛直分布を図-4に例 示する.同図には、構造物沖側のy = 0での浮遊砂濃度が C_0 と一致しているとみなして、 C_0 による増加分を 考慮した流体の密度を求め、さらにそれを使って表-1に示した打上高を基準に求めた静水圧分布も同時に示 した.図-4より、上述したように打上高からは C_0 の影響は顕著には認められないものの、 C_0 の増加ととも に見かけの流体の密度も増加することから、その影響を受けて C_0 の増加とともに F_{xs} ^{max} / F_{xs0} ^{max} も増加した と考えられる.以上より、浮遊砂による流体の密度の増加を考慮することの重要性が示唆される.

4. おわりに:本研究では,陸上構造物の沖 側面に作用する持続波圧による津波力に与 える浮遊砂の影響を数値解析により検討し た.その結果,持続波圧による津波力の極 大値を評価する際に,浮遊砂による流体の 密度の増加の影響を考慮することの重要性 を示した.今後は,持続波圧による津波力 に対する検討をさらに詳細に行うとともに, 衝撃段波波圧による津波力の特性に対する 検討も行っていく所存である.

<u>参考文献</u>: [1] 中村ら (2016), 土論 B3 (海 洋開発), 72, 2, pp. I_163-I_168. [2] 中村 ら (2017), 土木学会中部支部, II-069, pp. 217-218. [3] 松富・川島 (2015), 土論 B2 (海岸工学), 71, 2, pp. I_355-I_360. [4] ASCE (2017), Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, 800 p. [5] FEMA (2012), FEMA P-646 Second Edition, 174 p.

