## 遡上津波による矩形構造物周辺の流速場と局所洗掘に関する一考察

名古屋大学大学院 学生会員 倉光 泰樹 名古屋大学大学院 学生会員 中村 友昭 名古屋大学大学院 正 会 員 水谷 法美

1. はじめに: 2004年スマトラ島沖地震津波により構造物周辺に大規模な洗掘が発生した事例が報告されている (例えば写真-1). これに関して,西村・堀川(1979),宇多ら(1987),野口ら(1997),後藤ら(2002)は津波 による海岸護岸の法先あるいは背後の洗掘について水理模型実験と数値計算により検討しており,中村ら (2006)は陸上遡上津波による矩形構造物周辺の局所洗掘に関して孤立波を用いて検討を行っている.そこで 本研究では遡上津波として孤立波と比較して作用時間が長い押し波のみの長周期波1 波を作用させ,遡上津波 による構造物周辺の流速場と局所洗掘について,水理模型実験と数値計算により考究する.

ここで, $v_i$ は実流速,pは圧力,Fは VOF 関数, $x_i$ は位置,tは時間, $g_i$ は重力加速度, $\hat{\rho} = F\rho_w + (1-F)\rho_a$ は流体の密度, $\rho_w \ge \rho_a$ はそれぞれ水と空気の密度, $\hat{v} = Fv_w + (1-F)v_a$ は流体の動粘性係数, $v_w \ge v_a$ はそれぞれ水と空気の動粘性係数,mは空隙率, $q^* = q(y,z;t)/\Delta x_s$ ,q(y,z;t)はわき出し強さ, $\Delta x_s$ は造波位置でのx軸方向の格子幅, $C_A$ は付加質量係数, $f_i^s$ は表面張力, $\tau_{ij}$ は DTM に基づく応力, $D_{ij}$ はひずみ速度テンソル, $R_i$ は抵抗力項, $Q_i$ は造波ソース項, $\beta_{ij}$ は付加減衰係数である.

4. 結果および考察:水理模型実験により写真-1 に類似する遡上波通過後の構造物周辺の局所洗掘が再現できた (写真-2). 写真-3 に構造物内部から撮影した遡上波通過後の最終洗掘深(波線)を示す.ここで,実線は最大 洗掘深を表す.同写真に例示するように,まず最大洗掘深を経由し,その後の埋め戻しにより最終洗掘深に至



図-1 実験装置の概略図





写真-1 スマトラ島沖地震津波による 写真 -2 構造物周辺の洗掘状況 構造物周辺の洗掘(出典:Yehら,2006) (*H*<sub>0</sub>/*h*<sub>0</sub>=0.119,*T*=8.0s,*d*<sub>50</sub>/*B*=0.0020)

るケースがあることを確認した.同様の現象は Tonkin ら (2003)の研究においても確認されている.また図示はしないが,最終洗掘深の約1.4倍の最大洗掘深を経由するケースがあることも確認した.図-2に長周期波通過後の洗掘深の分布を示す.同図より構造物の沖側隅角部において大きな洗掘が生じたことが確認できる.そこで,作用波と構造物の沖側隅角部で生じた最大洗掘深 $z_s^{max}$ との関係を図-3に示す.ここで $(2H_0 - d_w)/B$ は沖波波高 $H_0$ の2倍から護岸の余裕高 $d_w$ を引いたものを構造物の幅Bで無次元化した量であり,作用波が護岸前面で完全重複したと仮定した場合に護岸の余裕高を超える波高に相当する量を表す.また, $h_s$ は砂地盤の高さ, $L = T\sqrt{gh_0}$ は沖波波長である.同図より, $(2H_0 - d_w)/B$ が大きくなるほど $z_s^{max}/B$ も大きくなるが, $(2H_0 - d_w)/B$ に対する $z_s^{max}/B$ の増加割合は $(2H_0 - d_w)/B$ が大きくなるに伴い小さくなる傾向が確認できる.なお,本実験の範囲では珪砂の中央粒径 $d_{50}$ と水深波長比 $h_0/L$ による影響は見られなかった.

図-4 に水位変動  $\eta$  と水圧変動  $p_e$  に関する実験値と計算値の比較を例示する.ここで, 印は実験値を,実線 は計算値を表す.同図より計算値は実験値をよく再現できていることから,本計算手法の妥当性が示された. 以後,本計算手法を用いて検討する.図-5 に砂地盤直上における流速の2 乗の勾配を時間積分した $\tau_{ij,j}^{sum}$ の分布 図を示す.ここで, $\tau_{ij,j}^{sum}$  は底面せん断力の勾配の時間積分に相当する量であり, $\tau_{ij,j}^{sum} > 0$ は侵食, $\tau_{ij,j}^{sum} < 0$ は 堆積を意味する.図-5 より,侵食が生じた構造物沖側隅角部周辺(図-2 参照)では $\tau_{ij,j}^{sum}$ が大きな値を有してお り,一方,堆積が認められる構造物岸側では $\tau_{ij,j}^{sum}$ が負になっていることが分かる.以上より,構造物の沖側隅 角部では底面せん断力が卓越し,そのために局所的に大きな洗掘が発生したと考えられる.

5. おわりに:本論では, 遡上津波による構造物周辺の局所洗掘を水理模型実験と数値計算により検討し, 作用 波による構造物周辺に生じた最大洗掘深の傾向を明らかにした.加えて,構造物周辺の洗掘について流速場と 関連づけて定性的に評価できることを明らかにした.さらなる解析結果については講演時に発表する.

<u>参考文献</u>:1) 宇多ら(1987),土研資料,第2486号,122p.2) 後藤ら(2002),海工論文集,第49巻,pp.46-50.3) 中村ら(2006),海工論文集,第53巻,pp.521-525.4) 西村・堀川(1979),海工論文集,第25巻,pp.210-214.5) 野口ら(1997),海工論文集,第44巻,pp.296-300.6) Salvetti and Banerjee (1995), Phys. Fluids, Vol. 7, No. 11, pp. 2831-2847.7) Tonkin et al. (2003), J. Fluid Mech., Vol. 496, pp. 165-192.8) Yeh et al. (2006): EERI preliminary reconnaissance report on the south-east Indian coast.

