

II-285 波による円柱状構造物周辺の局所洗掘

東京大学大学院 増岡宏昭
 三菱地所(株) 城 一真
 東京大学工学部 佐藤慎司

1. 序論

洗掘は海洋構造物の底部の安定という点で大変重要な問題であるが、波動場における円柱状構造物周辺の洗掘現象についてはそのメカニズムはあまり解明されていないのが現状である。本報告では波動場に置かれた直立円柱体を対象として移動床実験を行ない、円柱周辺の波動場、底面近傍に於ける質量輸送、底質砂の移動方向の観察等をもとに洗掘による地形変化の特性を考察する。

2. 実験装置及び条件

実験水槽を図1に示す。観測域は180cm四方の木枠で仕切られ、沖岸両側約2mずつが一樣水深になるように砂(中央粒径0.2mm)を厚さ9.2cmに敷き詰めた。さらにその岸側は1/15の一樣勾配斜面とした。実験条件を表-1に示す。

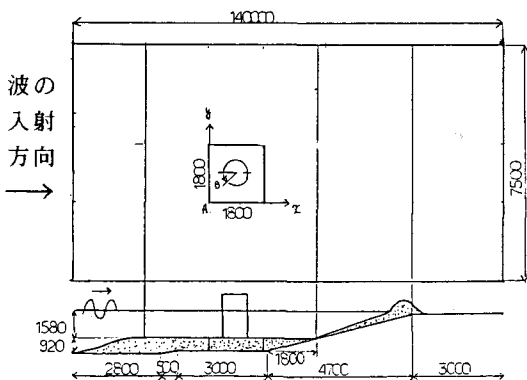


図-1 実験水槽 単位はmm

表-1 実験条件

	I	II	III	IV
T sec	0,9 1	0,9 1	0,9 1	0,9 1
H cm	5,7	6,5	8,2	6,5
h cm	1 5,8	1 5,8	1 5,8	1 5,8
D cm	5 2,2	5 2,2	5 2,2	1 5,2

T: 周期、H: 波高、h: 水深
 D: 円柱直径

3. 質量輸送速度及びシルズ数

底面地形変化の特性を考察するために、円柱周辺の波動場を回折波理論で解析することにより境界層外縁の質量輸送速度と無次元化された底面の摩擦応力を示すシルズ数を求めた。質量輸送速度の計算はCarter, Liu, Mei(1973)による式を円柱座標系で書き直した次式を用いた。

$$U_L = 1/4 \omega \operatorname{Re} \{ F5 U_r (\partial U_r / \partial r) + F6 U_\theta / r (\partial U_r / \partial \theta - U_\theta) + F7 U_r / r (\partial U_\theta / \partial \theta + U_r) \}$$

$$V_L = 1/4 \omega \operatorname{Re} \{ F5 U_\theta / r (\partial U_\theta / \partial \theta + U_r) + F6 U_r (\partial U_\theta / \partial r) + F7 U (\partial U_r / \partial r) \}$$

$$F5 = -3 + 5i, F6 = -1 + 2i, F7 = -2 + 3i$$

但し U_L V_L は境界層外縁における質量輸送速度の r 、 θ 方向成分、 U_r 、 U_θ は底面流速の r 、 θ 方向の複素振幅、* は共役、 Re は実数部を取ることを表わし、 ω は角周波数である。シルズ数は次式で求めた。

$$\psi_m = f w \hat{u} b^2 / (2 s g d)$$

但し $f w$ は Jonsson の摩擦係数、 s は底質の水中比重、 d は底質の粒径、 g は重力加速度を表わす。 $\hat{u} b^2$ は底面における水粒子速度の振幅であるが、円柱周辺では水粒子は底面で楕円軌道上を動くため、東江・勝井(1985)の指摘するように三次元的な境界層が発達している。往復振動流の $\hat{u} b^2$ に相当する値を求めるため流速の二乗平均 \bar{u}^2 を計算すると、往復振動流では $\bar{u}^2 = 1/2 \hat{u} b^2$ 、楕円軌道では $\bar{u}^2 = 1/2 \{ |u_r|^2 + |u_\theta|^2 \}$ (u_r 、 u_θ は r 、 θ 方向の底面流速振幅) となる。そこで流速の二乗平均を基準として $\hat{u} b^2$ に $|u_r|^2 + |u_\theta|^2$ を対応させた。

4. 考察

洗掘過程における砂の移動を観測するためトレーサーとして蓄光砂を用いて実験を行なった。投入地点としては、洗掘が著しいと見られる円柱斜め前方を選んだ。写真-1は投入時、写真-2

は造波30秒後、写真-3は造波60秒後で、いずれもCASE4 のものである。投入地点周辺が洗掘されて砂が円柱側面に沿って広がっていくのがわかる。またウォーターブルーを用いて流れの観察も行なったところ、いずれのケースにおいても図-4の質量輸送と同様の流れが観察された。

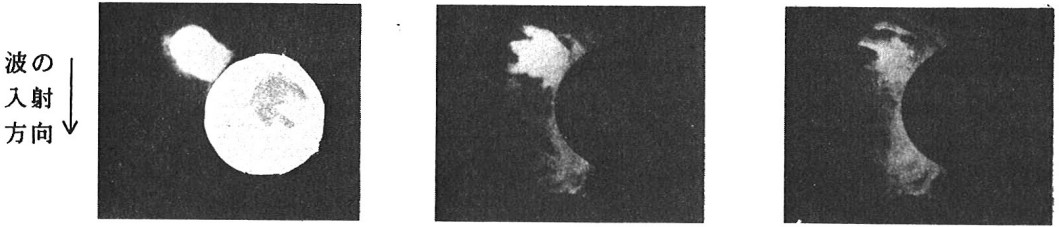


写真-1 投入直後

写真-2 造波30秒後

写真-3 造波60秒後

連続式砂面計を用いて測定したCASE2 の造波四時間後の地形を図-2に示す。波は図の上方から入射する。底面地形はいずれのケースにおいても円柱斜め前方が洗掘され、側面で堆積した。計算によって求めたシールズ数と質量輸送速度の分布を図-3、図-4に示す。

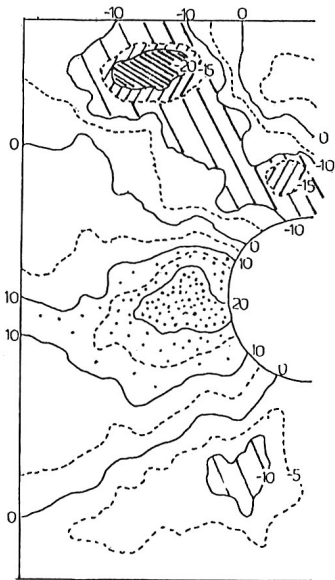


図-2 底面地形 (mm)

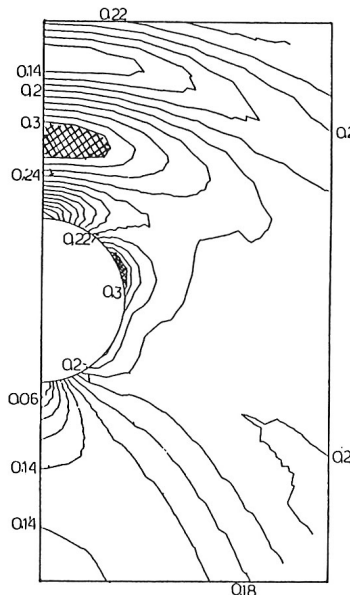


図-3 シールズ数分布

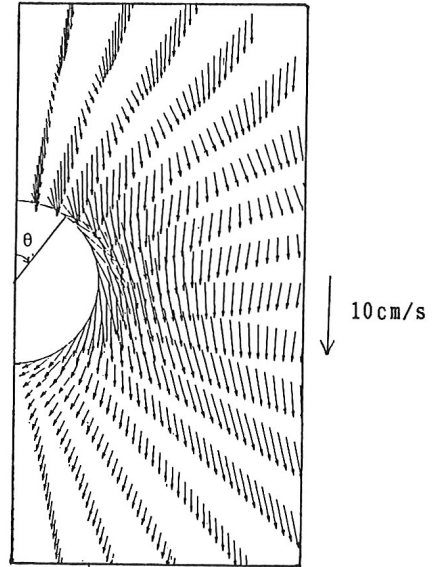


図-4 質量輸送速度

シールズ数は砂粒子を動かそうとする力と留めようとする力の比であるから、シールズ数が大きければ砂は移動しやすい状態にあるといえる。また、net の砂移動を生起させる因子として質量輸送速度をとりあげると、質量輸送速度が徐々に大きくなっている地点では流出する砂の量が流入する量を上回るので洗掘が起こり、逆の場合には堆積が起こると考えられる。図-3 図-4を見ると円柱斜め前方及び側面においてシールズ数はいずれも大きく、質量輸送速度は $\theta = 40^\circ$ から $\theta = 80^\circ$ にかけて大きくなり、 $\theta = 80^\circ$ 以上では小さくなっている。この結果より円柱斜め前方の洗掘と側面の堆積が説明できる。しかし図-2の最大洗掘域など、これだけでは説明のつかない地点も存在する。

5. 結論

本報告では波動場に置かれた円柱周辺の洗掘のメカニズムについて、移動床実験に基づいて地形変化の特性を解釈した。洗掘深の時間変化特性の解明、底面地形の理論的計算法の検討などが今後の課題として残されている。

参考文献) 東江隆夫・勝井秀博(1985) 大口径円柱周辺の洗掘現象、第32回海岸工学講演会論文集、pp.425-429。