

II-420 大口径の3円筒構造物周辺の局所洗掘に関する一考察

名古屋大学大学院 学生員 金 昌 濟
 名古屋大学工学部 正員 岩田好一朗
 名古屋大学大学院 学生員 安部 智彦

1. はじめに

従来、大口径単円筒構造物周辺の局所洗掘に関する研究は数多く行われてきたが、複数の円筒構造物を対象にした研究はほとんどない。本研究は、3円筒構造物を取りあげ、水理実験を行い、その周辺の局所洗掘現象を単円筒構造物の場合と比較しながら考究しようとするものである。

2. 水理実験

3次元平面水槽(長さ30m×幅8m×深さ0.6m)を使って実験を行った。水槽一端にはピストン型造波装置が、他端には1/10勾配を持つ消波斜面が設置されている。また、水槽内には先端に勾配1/15の斜面を持つ高さ7cmの水平床を設置し、その水平床の中央部に410×310cmの範囲で移動床を作成し、珪砂6号(底質の中央粒径 $d_{50}=0.038\text{cm}$)を厚さ7cmで均して敷設した。直径 $D=47.2\text{cm}$ 、高さ48cmのアクリル製円筒構造物を設置間隔 $e_1=1.1D$ 、 $e_2=2D$ で設置して地形変化の実験を行った。静水深 $h=20\text{cm}$ 、入射波の周期 $T=1.4\text{s}$ 、波高 $H_I=4.6\text{cm}$ および入射角度 $\alpha=0^\circ$ とし、造波開始後2時間以上、地形変化がほぼ平衡状態に達するまで造波し、その地形変化を詳細に計測した。なお、造波中、構造物周辺の波高と流速をそれぞれ電気容量式水位計と電磁流速計で計測した。さらに、比較のため単円筒の場合の移動床実験も行った。

3. 実験結果および考察

図-1は地形変化を示した平面図であり、 L は波長、 x と y は直交座標で、波向きを x の正とし、それと反時計回りの 90° の軸を y の正とする。また、図中の負の値(-)は洗掘、正の値(+)は堆積を表す。なお、本実験では、進行波の底面の最大水粒子速度(13.8cm/s)は底質の初期移動限界流速(11.8cm/s)を超え、構造物のない予備実験で底質の移動が確認された。 $e_1=1.1D$ 離れている円筒IとIIとの前面領域は、円筒間の間隔が狭いので波の反射が大きく、このため防波堤の前面領域のような地形変化を表す。一方、円筒IIから $e_2=2D$ 離れている円筒IIIの前面領域はほとんど地形変化が小さい。これは、流速の空間変化率が小さい(図-3)ため地形変化が小さいものと推測されるが、はっきりしない。ここに、 V_{max} と V_{Imax} はそれぞれ構造物が存在する場合の底面の最大水粒子速度および構造物が存在しない場合の底面の最大水粒子速度(進行波)である。また、入射波の方向からみて無次元流速が増加する斜め前方領域および流速が減少する斜め後方領域では洗掘が生じる。これは流速の変化(流速の空間勾配)のある領域は、流速の変化率の大小にもよるが洗掘されやすくなるためだと考えられる。なお、円筒の斜め前方領域から円筒表面まで、斜め後方領域の円筒表面から離れた領域でわずかに洗掘領域となった単円筒の場合(図-2)と同様の現象を示している。

円筒周縁部では底面流速の空間勾配が局所洗掘に大きく関わっているのが指摘されてきたがその実態はまだ解明されていない。そこで、本研究では、わき出し分布法に基づく回折理論より得られた底面流速を用い、円筒周縁部の局所洗掘の機構を考察してみる。質量輸送速度 U_L はconvective inertia term udu/dS に関連すると考え($U_L \propto udu/dS$)、convective inertia termの空間勾配 ΔV を次式で定義する。

$$\Delta V = \frac{d}{dS} \left\{ \frac{udu}{dS} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $u = (V_r^2 + V_\theta^2)^{1/2}/V_I$ 、 $dS = r d\theta$ 、 V_r と V_θ はそれぞれ円筒の半径方向と接線方向の底面流速の振幅である。

図-4(a),(b)および(c)は円筒表面から $1.5\text{cm}(r/a=1.06)$ 離れている円筒周縁部の地形変化 $\Delta h/H_I$ と空間勾配 ΔV の変化を示したものである。 θ は入射波が構造物に最初当たる点からの角度である。地形変化 $\Delta h/H_I$ の負の値(-)は洗掘、正の値(+)は堆積を表す。同図によれば、 $\Delta V \geq 0$ の領域ではほぼ洗掘、 $\Delta V \leq 0$ の領域

ではほぼ堆積に対応していることが認められる。この理由としては次のことが考えられる。底質の輸送量 q は質量輸送速度 U_L に比例する ($q \propto U_L$) ので、底質の輸送量の空間勾配 dq/dS は質量輸送速度の勾配 dU_L/dS に比例する。すなわち、

$$\frac{dq}{dS} \propto \frac{dU_L}{dS} \propto \Delta V \dots\dots\dots (2)$$

である。式 (2) によれば、 ΔV が正であれば $dq/dS \geq 0$ となり、底質の輸送量 q は距離 S とともに増加するので ΔV の正の領域では底面は洗掘されることとなる。逆に、 $\Delta V \leq 0$ の場合には、 $dq/dS \leq 0$ となるので底質の輸送量 q は距離 S とともに減少するので、 $\Delta V \leq 0$ の領域では底面は堆積状態となると考えられる。

4. おわりに

本報では、大口径の3円筒構造物周辺の地形変形を実験的に論議してきたが、さらに数多くの実験を行い、複数の大口径円筒構造物周辺の地形変化の機構について検討をしていく所存である。

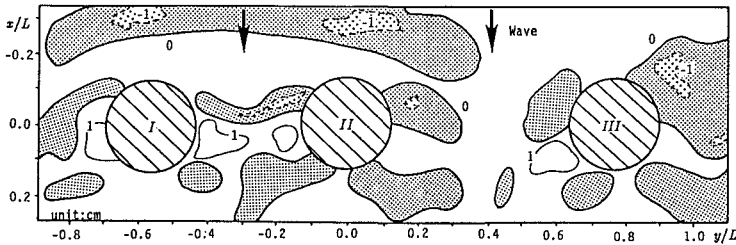


図-1 三円筒周辺の地形変化
($H_I/h=0.229$, $\alpha=0^\circ$, $e_1/D=1.12$ and $e_2/D=2$)

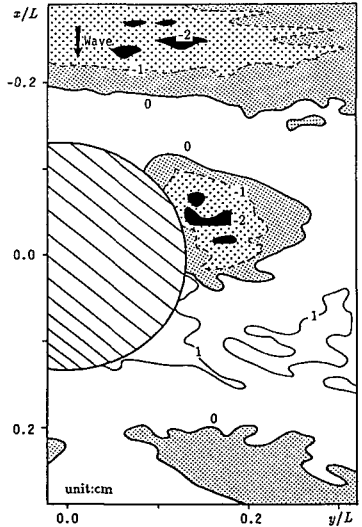


図-2 単円筒周辺の地形変化
($h/H_I=0.22$, $d_{50}/D=0.0008$, $D/L=0.259$)

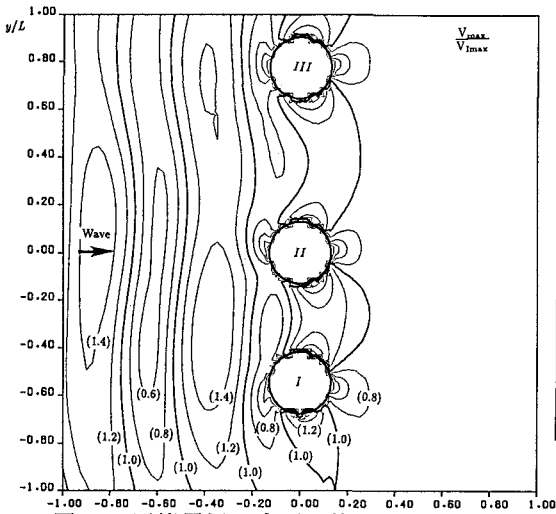
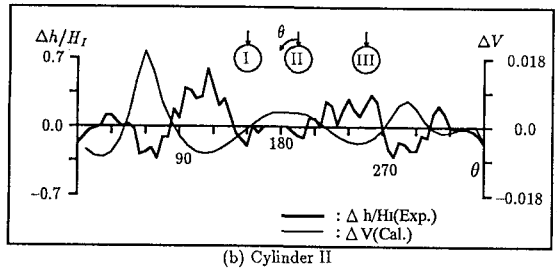
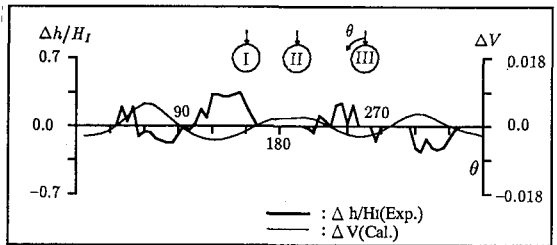


図-3 三円筒周辺の底面の等最大流速線図
($H_I/h=0.229$, $\alpha=0^\circ$, $e_1/D=1.12$ and $e_2/D=2$)

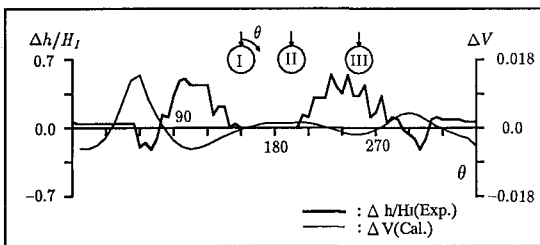


(b) Cylinder II



(c) Cylinder III

図-4 三円筒周縁の地形変化と ΔV
($H_I/h=0.229$, $\alpha=0^\circ$, $e_1/D=1.12$ and $e_2/D=2$)



(a) Cylinder I