

大口径円筒構造物周りの洗掘現象に関する研究

名古屋大学大学院 学○金 昌 濟 学 安部 智彦
名古屋大学工学部 学 真田 武 正 岩田 好一朗

1. はじめに：大口径円筒構造物周辺の局所洗掘に関する研究は数多いが¹⁾²⁾、いずれも単円筒構造物を対象に行われて来た。しかし、円筒構造物の数が増えると構造物相互間の干渉の影響により、単円筒構造物周辺の場合の局所洗掘現象と異なると考えられる。本研究では、単円筒、2円筒および3円筒構造物に波が直角入射する場合を対象にした移動床実験を行い、複数構造物周りの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：実験は、名古屋大学工学部土木工学科の平面水槽(30m×10m×0.7m)で行われた。水槽には先端に勾配1/15の斜面を持つ高さ7cmの水平床が設置してある。水平床に410×310cmの範囲で移動床を作成し、珪砂6号($d_{50}=0.38\text{mm}$)を厚さ7cmで均して敷設した。入射周期(T)を1.4sec、静水深(h)を水平床上で20cmで一定とした。直径(D)47.2cmの円筒構造物を使い、2円筒の場合に円筒間隔 e_1 は、 $e_1/D=1.0$ と2.0を満たすように2種類変化させ、3円筒の場合には e_1/D は1.12、 e_2/D は2.0とした。碎波しない場合(入射波高 $H_1=4\text{cm}$)は造波2時間後、碎波する場合(入射波高 $H_1=12\text{cm}$)は造波1時間後、円筒構造物周辺の洗掘深を測定した。

3. 次元解析：円筒構造物周囲の無次元地形変化量 $\Delta h/H_1$ は一般に、Buckinghamの π 定理を用いて整理すると次の無次元量で支配されると考えられる。

$$\Delta h/H_1 = \phi_1(h/(gT^2), \alpha, s, \nu/H_1(gH_1)^{1/2}, d_{50}/L, H_1/h, d_{50}/D, e_1/D, e_2/D, i, t/T, \theta)$$

ここに、 α ：入射角度、 d_{50} ：砂の中央粒径、 e_1 ：円筒ⅠとⅡの構造物間の間隔、 e_2 ：円筒ⅡとⅢの間隔、 i ：海底勾配、 t ：波の作用時間、 g ：重力加速度、 θ ：入射波に対する構造物周辺の角度、 s ：砂の水中比重、 ν ：水の動粘性係数である。しかし、本実験では、 $\alpha=0$ (直角入射)、 $h=20\text{cm}$ 、 $T=1.4\text{sec}$ 、 $i=0$ 、 $D=47.2\text{cm}$ 、 $d_{50}=0.38\text{mm}$ で一定としているので、平衡状態での構造物周囲の無次元地形変化量 $\Delta h/H_1$ は3円筒構造物の場合は、次の4つの無次元量に大きく支配されるものと考えられる。

$$\Delta h/H_1 = \phi_2(H_1/h, e_1/D, e_2/D, \theta)$$

なお、単円筒構造物の場合には比較のため、 D/L 、 d_{50}/D もここで採用するものとする。

4. 結果とその考察：図-1は単円筒構造物周囲の無次元地形変化量 $\Delta h/H_1$ であり、矢印は入射波の方向、 θ は入射波の方向から地形変化量を測った角度である。勝井ら¹⁾の実験では円筒の斜め前方($\theta \approx 33^\circ$)で若干の洗掘と斜め後方($\theta \approx 115^\circ$)で大きな洗掘が認められ、最大無次元洗掘深 $\Delta h_{\max}/H_1 = -0.11$ ($\theta \approx 115^\circ$)である。一方著者らの非碎波の実験では斜め前方から側方($\theta \approx 45 \sim 105^\circ$)までが洗掘領域になり $\Delta h_{\max}/H_1 = -0.67$ ($\theta \approx 65^\circ$)である。また碎波を伴う $H_1/h=0.6$ の場合には円筒前面から側方($\theta \approx 0 \sim 75^\circ$)までの砂が碎波によって浮遊され後面($\theta \approx 80 \sim 180^\circ$)に堆積し、 $\Delta h_{\max}/H_1 = -0.15$ ($\theta \approx 45^\circ$)である。非碎波の場合、勝井らと著者らの結果の差異は D/L と d_{50}/D 、つまり回折波の特性の差異に帰因するものと考えられる。なお、著者らと類似の実験条件下($H_1/h=0.33 \sim 0.52$ 、 $h/(gT^2)=0.0195$ 、 $D/L=0.527$ 、 $d_{50}/D=0.004$)の増岡ら²⁾の結果は著者らの結果と類似している。図-2は $e_1/D=1.2$ の場合の円筒Ⅰ周囲の無次元地形変化量を示したものである。 $e_1/D=1$ の場合 $\theta \approx 0 \sim 10^\circ$ 、 $55 \sim 105^\circ$ 、 $180 \sim 190^\circ$ 、 $220 \sim 225^\circ$ 、 $295 \sim 310^\circ$ が洗掘領域になり $\Delta h_{\max}/H_1 = -0.63$ ($\theta \approx 70^\circ$)である。 $e_1/D=2$ の場合には $\theta \approx 60 \sim 105^\circ$ 、 $190 \sim 225^\circ$ 、 $275 \sim 320^\circ$ 、 $220 \sim 225^\circ$ 、 $295 \sim 310^\circ$ が洗掘領域になり $\Delta h_{\max}/H_1 = -0.7$ ($\theta \approx 75^\circ$)である。わずかながら $e_1/D=2$ の場合の最大無次元洗掘深は $e_1/D=1$ の場合より大きいことが判明する。また、単円筒の場合とは違って、洗掘がもっと広い範囲で生じ円筒周囲の対称性はなくなる。これは円筒数及び間隔によって複雑になった回折波の影響と考えられる。図-3も $e_1/D=1.2$ の場合の円筒Ⅰ周囲の碎波のときの無次元地形変化量を示したものである。 $e_1/D=1$ の場合 $\theta \approx 0 \sim 90^\circ$ 、 $145 \sim 250^\circ$ 、 $325 \sim 360^\circ$ が洗掘領域になり $\Delta h_{\max}/H_1 = -0.33$ ($\theta \approx 15^\circ$)である。 $e_1/D=2$ の場合には $\theta \approx 0 \sim 120^\circ$ 、 $130 \sim 135^\circ$ 、 $165 \sim 230^\circ$ 、 $325 \sim 360^\circ$ が洗掘領域になり $\Delta h_{\max}/H_1 = -0.31$ ($\theta \approx 53^\circ$)である。2円筒の非碎波の場合とは違って最大無次元洗掘深は $e_1/D=1$ の場合が大きい。一方単円筒の碎波の場合と比べると2円筒の場合の円筒周囲の堆積はほとんどなくなり、洗掘深も大きくなる。図-3は $e_1/D=1.12$ 、 $e_2/D=2$ の場合の円筒構造物Ⅰ、ⅡおよびⅢの周囲の無次元地形変化量である。円筒Ⅰの場合 $\theta \approx 60^\circ$ 、 $175 \sim 195^\circ$ 、 $300 \sim 310^\circ$ が洗掘領域になり $\Delta h_{\max}/H_1 = -0.22$ ($\theta \approx 175^\circ$)、円筒Ⅱの場合は $\theta \approx 0 \sim 15^\circ$ 、 $50 \sim 75^\circ$ 、

140~155°, 195~205°, 280~300°, 335~360° が洗掘領域になり $\Delta h_{max}/H_1 = -0.38$ ($\theta \approx 280^\circ$) , 円筒Ⅲの場合には $\theta \approx 50 \sim 85^\circ, 100^\circ, 270^\circ, 300 \sim 335^\circ$ が洗掘領域になり $\Delta h_{max}/H_1 = -0.30$ ($\theta \approx 310^\circ$) となる. 単円筒, 2円筒の非碎波の場合より最大無次元洗掘深は小さくなるが, 隣合う構造物の影響でまん中の円筒Ⅱ周囲の洗掘が激しいことがわかる.

5. おわりに: 円筒構造物周囲の局所洗掘量は入射波, 砂, 構造物の数及び間隔によってかなり異なることが実験的に認められた. 今後, 円筒構造物周囲の地形変化の機構とその予測法について詳細に論議していく所存である.

《参考文献》1) 勝井秀博ら, 第39回海岸工学講演会論文集, pp. 491-495, 1992 2) 増岡宏昭ら, 第41回年次学術講演会, pp. 569-570, 1992

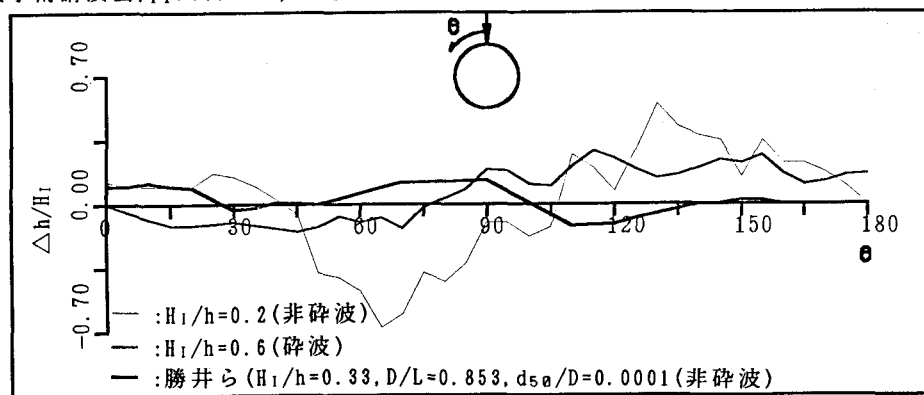


図-1 単円筒構造物周囲の無次元地形変化量
($D/L=0.259, d_{50}/D=0.0008$)

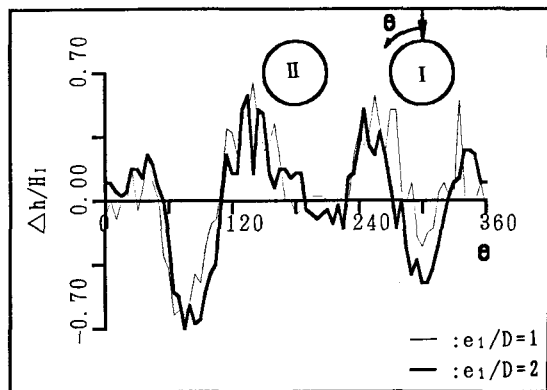


図-2 2円筒構造物周囲の無次元地形変化量(非碎波)
($H_1/h=0.2, e_1/D=1, e_1/D=2, D/L=0.259, d_{50}/D=0.0008$)

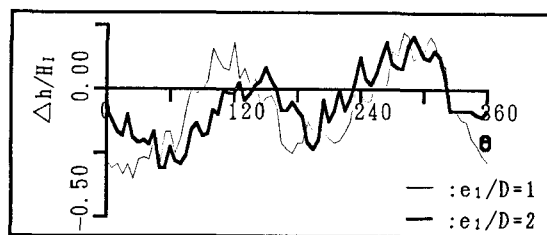


図-3 2円筒構造物周囲の地形変化量(碎波)

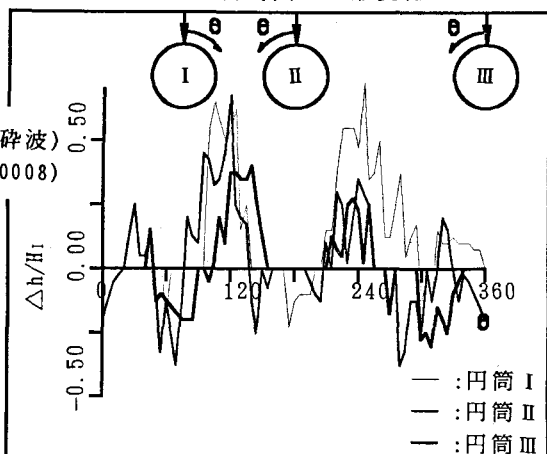


図-4 3円筒構造物周囲の無次元地形変化量(非碎波)
($H_1/h=0.2, e_1/D=1.12, e_2/D=2, D/L=0.259, d_{50}/D=0.0008$)