

大口径の三円筒構造物周縁の局所洗掘に関する幾つかの実験

名古屋大学大学院 学生員 金 昌 済

名古屋大学大学院 学生員 今井 聡

名古屋大学工学部 正員 岩田好一朗

1. はじめに: 本研究は, 大口径の3円筒構造物周縁の局所洗掘を単円筒構造物の場合と比較しながら実験的に考究すると同時に, 構造物近傍の地形変化量を解析的に考察しようとするものである。

2. 水理実験: 水理実験を, 平面水槽(長さ28m×幅11m×深さ0.8m)を使って行った。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。その中央部に長さ400×幅500cmの範囲で移動床を作成し, 底質の中央粒径 $d_{50}=0.015\text{cm}$ または 0.038cm の2種類を厚さ7cmで均して敷設した。直径 $D=47.2\text{cm}$, 高さ48cmの亚克力製円筒構造物を設置間隔 $e_1=1D, e_2=1D$ 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 $H_I=5.8\text{cm}$ と一定にし, 入射角度 $\alpha=0^\circ$ と 45° の2種類変化させ, 5200波以上, 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2cm間隔で詳細に計測した。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。

3. 実験結果および考察: まず, 円筒前面沖側の地形変化であるが, 図-1に例示されているように, 一般に, 底質が大きい場合($d_{50}/L=0.00021$), 円筒前面領域では入射角度によらず, N-型洗掘(入江ら, 1984)になるが, 底質が小さい場合($d_{50}/L=0.00008$)は, 底面流速が大きい $L/4-3L/8$ 近傍の広い領域で洗掘される。なお, 図-1で L は波長, x' は円筒表面から沖側への距離, Δh は地形変化量, 負の値(-)は洗掘, 正の値(+)は堆積を表す。また, 両側の円筒(円筒IとIII)から散乱される回折波の影響を強く受ける中央円筒(円筒II)前面領域の最大洗掘深が一番大きく, 沖側円筒(円筒I), 岸側円筒(円筒III)の順で洗掘深は大きい。なお, $\alpha=45^\circ, d_{50}/L=0.00008$ の場合の円筒I前面領域の最大洗掘深は非常に大きい, これは, 図-2のわきだし分布法より求められた底面流速の等高線図に示すように, 円筒前面領域の流速が大きいため($V_{max}/V_I > 1.4$), 洗掘深が大きくなったと考えられる。ここに, V_{max} と V_I 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。図-2の 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。

つぎに, 円筒周囲の地形変化であるが, 図-3に例示してあるように(θ は入射波が構造物に最初当たる点からの角度), 全体的に, 底質が小さい場合, 洗掘深が小さくて洗掘領域が広くなり, 底質が大きい場合は, 洗掘深が大きくて洗掘領域は狭くなる。この一因として, 底質が大きいほど安息角が大きいため洗掘深が大きくなった安定するためであると考えられる。また, 沖側円筒周囲の洗掘深(円筒I)より岸側円筒(円筒III)周囲の洗掘深が大きくなる。なお, 図示していないが, 3円筒周縁の最大洗掘深は円筒前面領域, 円筒周囲とも単円筒のそれより大きい。また, 入射角度 0° の場合の円筒周囲の最大洗掘深は 45° の場合のそれより大きい。

4. 円筒周囲の局所洗掘量: 岩田ら(1993)は質量輸送速度の空間勾配を用い, 局所洗掘の発生箇所を予測しているが, 洗掘量の予測までには至っていない。そこで, 本研究では, 回折理論に基づくわき出し分布法により得られた底面流速を用い, x, y 方向の境界層内の質量輸送速度 u_L, v_L (Carter ら, 1973)を求め, 漂砂量 q を次式のように与えた。

$$q = \frac{A d_{50}}{1 - \lambda} (\Psi_m - \Psi_c) \sqrt{u_L^2 + v_L^2} \dots\dots\dots (1)$$

ここに, A は無次元係数, λ は底質の空隙率, Ψ_m はシルズ数, Ψ_c は移動限界シルズ数である。また, 底質連続式は次式のように与えられるので,

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + \left\{ \frac{\partial q}{\partial x} \cos \theta + \frac{\partial q}{\partial y} \sin \theta \right\} = 0 \dots\dots\dots (2)$$

定常に達する時間(本研究では $t/T=5200$)まで積分すれば局所底面高 z_b が得られる。ここに, z_b は任意の高さを基準にした局所底面高, t は時間, $\theta = \tan^{-1}(q_y/q_x)$ である。図-4と5は, 円筒周囲の $r/D=0.53$

の地点 ($r = \sqrt{x^2 + y^2}$) の地形変化の計算結果と実験結果を示したものである。なお、計算では、 $A=1000$, $\lambda = 0.4$, $\Psi_c = 0.08$ とした。計算値は実験値とほぼ同様な傾向を表すが、洗掘になりがちである。これは、実験においては表層移動限界を越えたが、計算においては完全移動限界式を使用したためと考えられる。

5. おわりに: 本報では、大口径の3円筒構造物周縁の局所洗掘を実験的および解析的に論議してきたが、数多くの実験を行うと同時に、洗掘量式の精度を高めて複数の大口径円筒構造物周縁の局所洗掘の機構について検討をしていく所存である。

参考文献: 1) 入江 功, 灘岡和夫, 近藤隆道, 寺崎賢次(1984): 港研報告, 第23巻, 第1号, 3. 2) 岩田好一朗, 金昌済, 安部智彦(1993): 海岸工学論文集, 第40巻(1). 3) Carter, T. G., P. L. F. Liu and C. C. Mei(1973): J. W. H. C. Div. ASCE, 99.

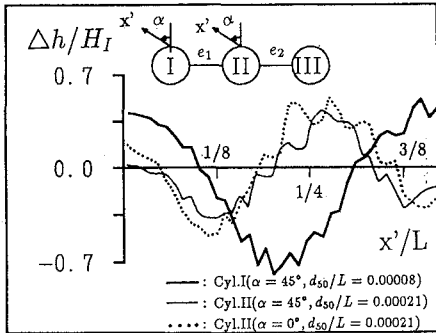


図-1 円筒前面沖側の局所洗掘
($H_I/h = 0.291$, $h/L = 0.1096$,
 $D/L = 0.259$, $e_1/D = 1$, $e_2/D = 1$)

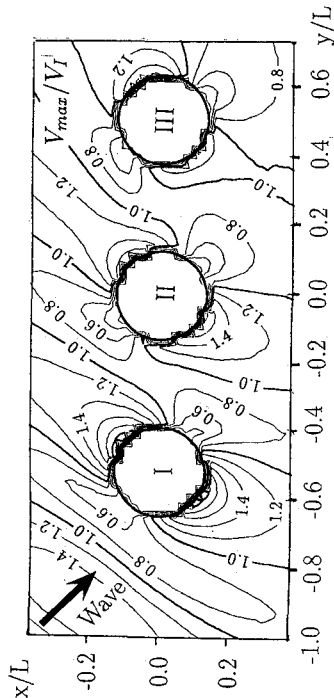


図-2 円筒周辺の底面流速
($H_I/h = 0.291$, $h/L = 0.1096$, $D/L = 0.259$,
 $e_1/D = 1$, $e_2/D = 1$, $\alpha = 45^\circ$)

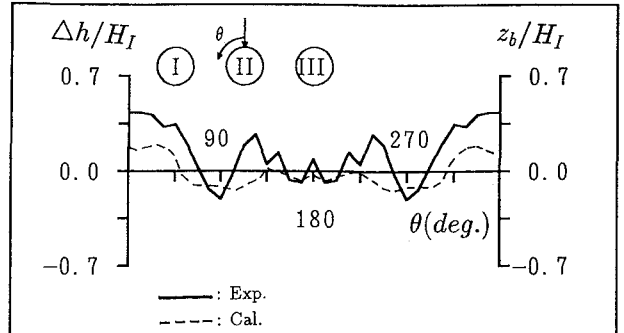


図-4 円筒 II 周囲の局所洗掘の計算値と実験値の比較
($H_I/h = 0.291$, $h/L = 0.1096$, $D/L = 0.259$, $e_1/D = 1$,
 $e_2/D = 1$, $\alpha = 0^\circ$, $d_{50}/L = 0.00021$, $r/D = 0.53$)

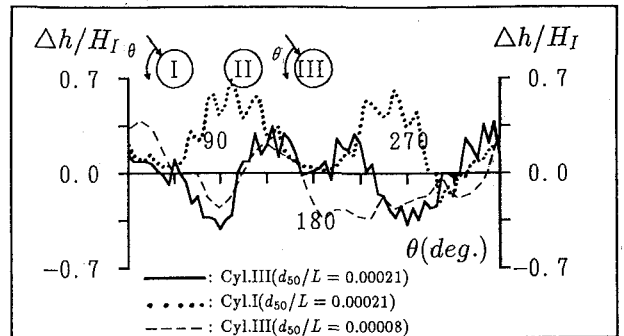


図-3 円筒 III 周囲の局所洗掘
($H_I/h = 0.291$, $h/L = 0.1096$, $D/L = 0.259$,
 $e_1/D = 1$, $e_2/D = 1$, $\alpha = 45^\circ$, $r/D = 0.53$)

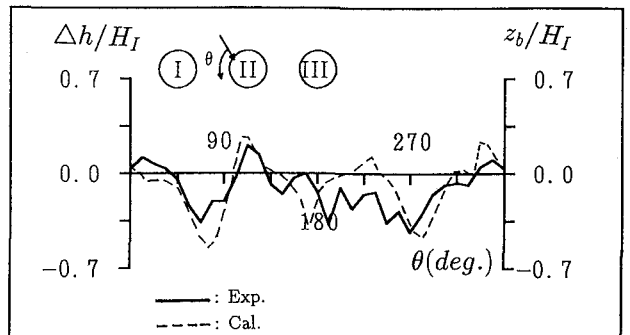


図-5 円筒 II 周囲の局所洗掘の計算値と実験値の比較
($H_I/h = 0.291$, $h/L = 0.1096$, $D/L = 0.259$, $e_1/D = 1$,
 $e_2/D = 1$, $\alpha = 45^\circ$, $d_{50}/L = 0.00021$, $r/D = 0.53$)