

II-301 流れ場に置かれた柱状構造物周辺の局所洗掘に関する研究

五洋建設（株） 技術研究所 正会員 ○ 久原文規
同 上 正会員 国栖広志
横浜支店 吉村 賢

1. まえがき

本報告は流れ場に設置された柱状構造物周辺の局所洗掘の水利模型実験と有限要素法を用いた数値シミュレーションをおこなったものである。数値シミュレーションでは既往の研究を改良して、底面地形と流れが互いに影響を及ぼすようなモデルを提案した。さらに、数値シミュレーションの計算結果と実験結果との比較をおこない、その適用性を検討した。

2. 実験内容および計測方法

2.1 実験内容 実験は図-1に示すような長さ20(m)、幅2.5(m)、高さ1.2(m)の水槽内に移動床を設け、ポンプで水を循環させて流れを発生させた。実験に用いた砂は中央粒径 $d_{50}=0.14(\text{mm})$ の標準砂で、一様に砂を敷き詰めて移動床を作製した。対象とした構造物は角柱および円柱とし、実験は表-1に示すような条件でおこなった。

2.2 計測方法 実験で計測した項目は流速および底面地形高である。模型近傍の流速と平均流速は（模型の上流側1.5(m)の位置）底面から9(cm)の位置に電磁流速計を設置し計測をおこなった。底面地形については通水開始後5, 15, 35, 75(min.)に通水を一旦停止させ、超音波式砂面で計測した。また、通水開始後155(min.)の底面地形高は同一の条件で通水を途中、中断せずに最後に計測をおこなった。流速および底面地形、共に模型近傍を3(cm)のピッチで格子状に計測した。

3. 数値モデル

3.1 計算手順 洗掘の計算は、流れとの相互作用を慮するために図-2に示すような手順でおこなった。計算時間の制約上、流れと砂の相互計算は155(min.)内に4回と設定した。

3.2 流れの場の計算 流れの計算は2次元のナビエ・ストークスの方程式を水深方向に積分した浅海長波の方程式と連続の式を用いて有限要素法による計算をおこなった。

3.3 底面地形の計算 底面地形の計算は柴山ら¹⁾のモデルを参考にした。以下の基礎方程式を有限要素法の手順を用いて計算した。

（砂の連続式）

$$\frac{\partial Z_b}{\partial t} + \text{div } Q = 0 \quad \text{-----}(1)$$

（流砂量式）

$$Q = q - \varepsilon |q| \frac{\partial Z_b}{\partial S} \quad \text{-----}(2)$$

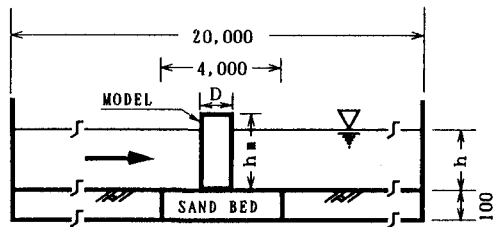
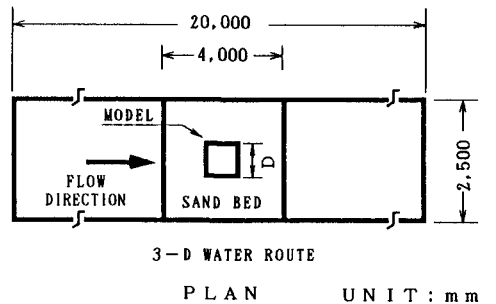


図-1 使用水槽

表-1 実験条件

CASE	SHAPE	D(mm)	h(mm)	$h_m(\text{mm})$	h/h_m	$V_{\text{MEAN}}(\text{cm/s})$
RUN1	CUBE	420	400	100	0.25	23.0
RUN2				200	0.50	23.0
RUN3				300	0.75	22.8
RUN4				500	1.25	16.5
RUN5	CYLINDER	420	400	200	0.50	23.1
RUN6				300	0.75	22.7
RUN7				500	1.25	22.0
RUN8				500	1.25	17.0

V_{MEAN} : 水路の平均流速

$$q = A (\Psi_m - \Psi_c) u d \frac{1}{1 - \lambda} \quad \text{-----(3)}$$

また、

$$\Psi_m = \frac{f u^2}{8 s' g d} \quad \text{-----(4)}$$

ここに、 Z_0 ：底面地形高、 t ：時間、 q ：流砂量、 ε ：無次元パラメータ、 S ：底面地形勾配の方向ベクトル、 u ：定常流、 d ：底質の粒径、 λ ：底質の空隙率、 f ：摩擦損失係数、 s' ：底質の水中比重、 g ：重力加速度、 Ψ_m ：シールズ数、 Ψ_c ：限界シールズ数

f は開水路の流速分布式から求め $f=0.016$ 、数値計算に用いた限界シールズ数 Ψ_c については、実験での底面地形とシールズ数の分布状況および既往の研究²⁾から0.05、 ε 、 A についてはそれぞれ0.03、1.0と設定した。また、底質の条件として $d=0.14(\text{mm})$ 、 $\lambda=0.5$ 、 $s'=1.65$ を用いて計算をおこなった。(3)式の括弧内、 $\Psi_m < \Psi_c$ の領域では $q=0$ した。以上の基礎方程式を有限要素法の手順を用いて離散化した。

4. 実験結果と計算結果の比較

図-3および図-4はそれぞれRUN4の実験結果と数値シミュレーション結果の底面地形の等高線図($t=15\text{min.}$)である。数値シミュレーションの洗掘パターンと堆積パターンは実験の結果と比較的よく一致しているといえる。最大洗掘深については実験値 $=-5.5(\text{cm})$ 、計算値 $=-3.4(\text{cm})$ で計算値は若干過小に評価されている。また、実験では構造物の前面隅角部を起点として洗掘が発達するのに対して、数値シミュレーションでは構造物前面では顕著な洗掘は認められない。これは構造物前面に発生する3次元の流れが数値シミュレーションでは考慮されておらず、構造物前面では実験結果と一致しなかったと考えられる。

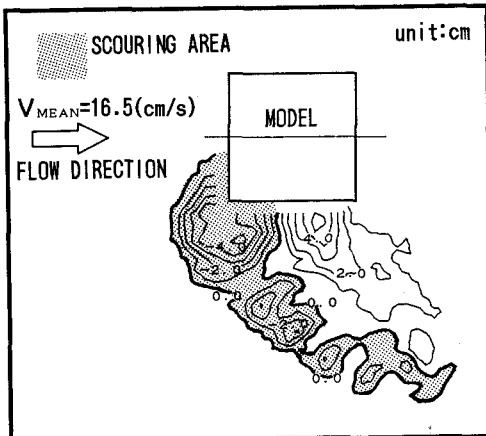


図-3 実験結果($t=15\text{min.}$)

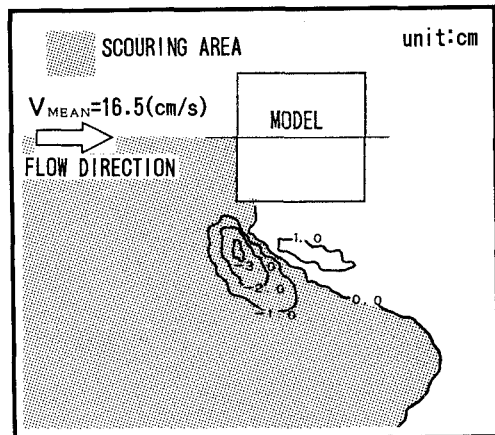


図-4 計算結果($t=15\text{min.}$)

<参考文献>1) 斉藤栄一・佐藤慎司・柴山知也：波動場における大口径円柱周辺の局所洗掘に関する研究：第35回海岸工学講演会論文集, PP. 392-396, 1988.

2) 勝井秀博・東江隆夫：大口径円柱周辺の底質の移動限界と洗掘：海岸工学論文集第37巻 (1990), PP. 379-383.

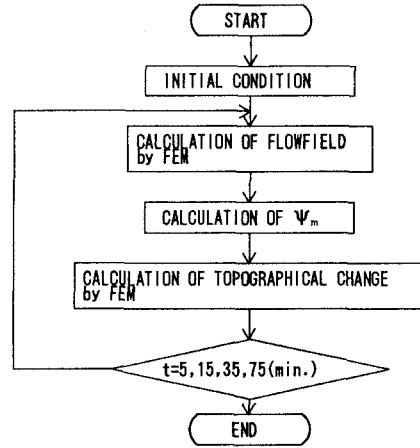


図-2 計算手順