

護床工下部の砂粒の抜け出し機構について

京都大学工学部 正 員 中川 博次

京都大学工学部 正 員 村上 正吾

京都大学工学部 正 員 清水 義彦

三菱重工(株) 正 員○福島 卓也

1. はじめに 堰の被災機構の1要因として護床工下流部が局所洗掘され、さらにその下部の砂の抜け出し、いわゆる空洞化が挙げられる。この空洞化現象は災害頻度が高く他の災害の誘因となっているにもかかわらず、その機構は明らかにされていない、そこで本研究は、護床工下部の砂の抜け出しについて実験的に検討したものである。

2. 実験方法 実験水路内に図-1に示すような水叩き-護床工の模型を設置した。護床工モデルとして直径 $D=2.8\text{cm}$ のビーズ玉を一層9列に接着したものをを用い、砂面になじんで変形しないよう側壁に固定して、自由に空洞化を進行させて実験を行なった。表面流は護床工上部を射流状態で流れるよう調整した。表面流況と砂面形状変化は側壁よりビデオ撮影により測定し、空洞内の流速分布はビーズ層の間隙よりプロベラ流速計を挿入して測定した。

3. 実験結果 図-2に空洞内の砂面形状の時間的変化を示す。これによると、空洞部下流付近にほぼ水中安息角程度の斜面を形成し空洞が時間とともに鉛直スケールを拡大させながら遡上していく様子が伺えがえる。また、図-3に示すように最大洗掘深 z_{sm} と空洞部水平スケール l_0 の関係は、ほぼ線形を示すことよりその砂面形状は時間的にほぼ相似形を保っていることがわかる。空洞内の流速分布をその位置での最大流速で無次元化した無次元流速分布を図-4で示す。これによると空洞内での流速分布は、ほぼ場所的にも時間的にも相似性であることが認められる。

4. 空洞化進行過程のモデリング 前述の実験結果より、ここでは、図-5で示すように簡単な二次元空洞部洗掘モデルを考える¹⁾。空洞化は相似形を保ちながら進行することより、その形状を矩型とすると、その容積 V_s は式(1)で与えられる。ここで z_s は空洞部鉛直スケール、 k は形状係数で図-3で得られるようにその値はほぼ10~11である。一方、空洞内での流速分布は相似であることから式(2)、(3)が得られる。次に、掃流力を評価するために、ここではプレストン法を用いて底面せん断力を測定すると、流速係数 $\phi = u_{max}/u_* = 5.0 \sim 5.5$ が得られ、掃流力は式(4)によって評価できる。空洞内での流砂の連続式より式(5)が得られ、 $q_B(l)$ は空洞内より流出される流砂量であるが、空洞内では、流砂の非平衡性に強く支配された場なので通常の平衡流砂量式を用いることはできない。そこで式(6)で与えられる非平衡流砂量式を採用する²⁾。図-6に最大洗掘深 z_{sm} の時間的変化の実験結果と式(5)、(6)より得られる計算値との比較を示す。これによると、両者は良く一致し、空洞部のスケールは時間の平方根に比例して発達することがわかり、空洞化進行過程のモデリングの妥当性がいえる。

5. あとがき 本研究では、空洞化進行過程を実験結果に基づきモデリングを行ない実験値との間に良好な一致を見た。今後、空洞内のpick-up rateの評価等モデルの改善に努めたい。

参考文献

- 1) 中川、辻本、清水、村上：第31回水理講演会論文集、1987
- 2) 中川、辻本：土木学会論文集、第244号、1975

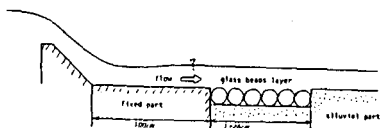


図-1 実験装置図

表-1 実験条件表

CASE	1e	Qt(l/s)	U(cm/s)	h(cm)	Fr
A	1/400	1.66	92.50	2.20	1.99
B	1/400	12.70	130.70	3.08	2.38
C	1/200	6.56	93.56	2.61	1.83
D	1/200	31.14	109.14	3.32	1.91

Qt: total discharge, U: mean velocity and depth of free surface flow

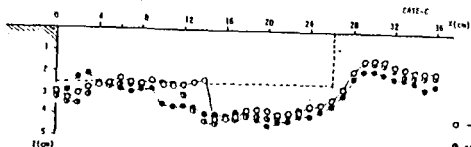


図-2 砂面形状の時間的变化

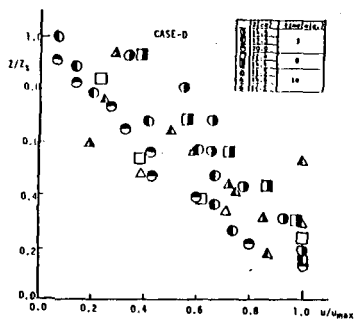


図-4 無次元流速分布

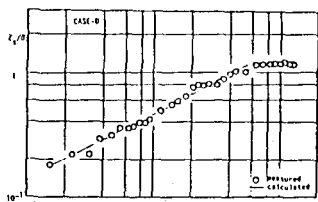


図-6 実験値と計算値の比較

$$V_s = kz_s \quad \dots(1)$$

$$u/u_{max} = f(z/z_s) \quad \dots(2)$$

$$\bar{u}/u_{max} = C \quad \dots(3)$$

$$\tau = \rho u_*^2 = \rho u_{max}^2 / \phi^2 \quad \dots(4)$$

$$\frac{\partial z_s}{\partial t} = \frac{q_b}{2(1-\rho\phi)kz_s} \quad \dots(5)$$

$$q_b(L) = A_3 d / A_2 \int_{x=0}^L p_s(x) \int_{1-x}^1 f_x(\xi) d\xi dx \quad \dots(6)$$

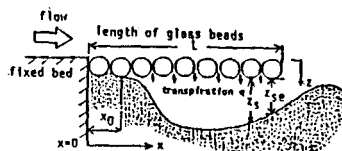


図-7 定義図

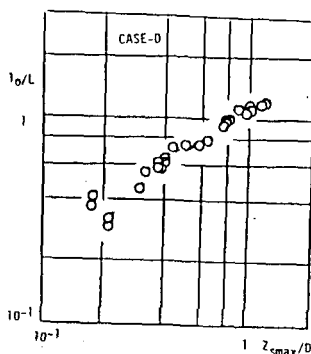


図-3 $10/L \sim z_{smax}/D$ の関係

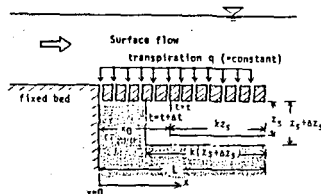


図-5 空洞部洗掘モデル