

II-121

円柱橋脚周辺の局所洗掘に及ぼす混合砂の効果

金沢大学工学部 正 員 辻本 哲郎
金沢大学大学院 学生員 ○本橋 健

1. まえがき

橋脚周辺の局所洗掘に関する研究は、ここ数年あらゆる角度から行われてきた。その例として、橋脚形状の影響や河床波の影響に関する検討などがあげられる。しかし、洗掘孔における砂粒子の運動を詳細に記述することが困難であることなどから、便宜的に均一粒径砂を対象とした研究がほとんどであった。また、実河川のような混合砂れき床においては、洗掘孔最深部に顕著な armor coat が形成される(図-1)ことから、局所洗掘過程に及ぼす混合砂の効果はかなり大きいと予想される。こうした観点から、本研究では、まず混合砂れき床での局所洗掘過程のモデル化を行い、洗掘特性について記述した。さらに、得られた特性、すなわち混合砂の効果を防護工へ応用するための基礎的検討を試みた。

2. 局所洗掘過程のモデル化

混合砂れき床での洗掘過程を記述するために、辻本¹⁾の円柱橋脚前面に着目した洗掘過程のモデルと中川ら²⁾の混合砂れき床での粗粒化過程に関するモデルとを用いた。概念図を図-2に示す。ここでは、上流から洗掘孔への給砂のない静的洗掘のみを取り扱うので、CDFEで囲まれる渦域から pick-upされて運び出される砂粒と、ABCDで囲まれる斜面の部分から洗掘孔へ流入する砂粒との収支を考えることにより、洗掘深の時間的変化を追うことができる。時刻 t から $t + \Delta t$ の間に、渦域から流出する砂の体積 ΔV_1 と流入する砂の体積 ΔV_2 は次式で表される。

$$\Delta V_1 = \sum_{i=1}^N \Delta M_i(t) \cdot A_3 \cdot d_i^3 = \frac{A_3}{A_2} \sum_{i=1}^N \psi_i(t) \cdot p_i(t) \cdot d_i \cdot S_1 \cdot \Delta t \quad \dots(1)$$

$$\Delta V_2 = \sum_{i=1}^N \Delta Q_i(t) \cdot A_3 \cdot d_i^3 = (1 - \rho_0) (S_2 - S_1) \Delta Z_s \quad \dots(2)$$

ただし、 i : 混合砂の粒度クラス、 A_2 、 A_3 : 砂の2次元、3次元形状係数、 ψ_i : pick-up rate、 p_i : 混合砂の中に占める i クラスの割合、 ΔM_i 、 ΔQ_i : 砂の流出個数、流入個数、 ρ_0 : 空隙率、 ΔZ_s : Δt 間の洗掘深である。また、流砂の連続式より、

$$\Delta V_1 - \Delta V_2 = (1 - \rho_0) \cdot S_1 \cdot \Delta Z_s \quad \dots(3)$$

であることを考えると、洗掘過程を表す基礎式として次式が得られる。

$$\frac{dZ_s}{dt} = \frac{(A_3/A_2) S_1 \sum_{i=1}^N \psi_i(t) \cdot p_i(t) \cdot d_i}{S_1 (1 - \rho_0) + (S_2 - S_1) (1 - \rho_0)} = \frac{S_1 \cdot A_3 / A_2}{S_2 (1 - \rho_0)} \sum_{i=1}^N \psi_i(t) \cdot p_i(t) \cdot d_i \quad \dots(4)$$

一方、洗掘孔表層における粒度分布の変化は次式で表される。

$$n_i(t + \Delta t) = n_i(t) - \Delta M_i(t) + \Delta Q_i(t) + \Delta R_i(t) \quad \dots(5)$$

ただし、 n_i : 床面に露出している砂の個数、 ΔR_i : Δt 間に床面に新規に露出する砂の個数である。式

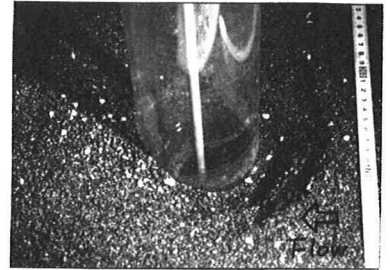


図-1 洗掘孔周辺の粒度構成

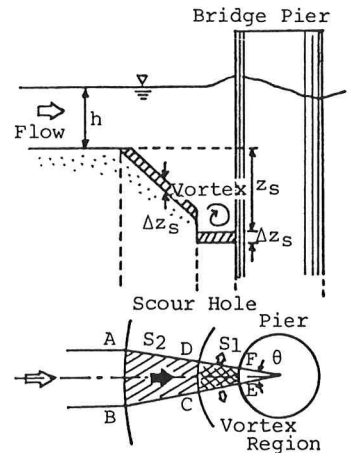


図-2 概念図

(4), (5)を用いることにより, 洗掘深および洗掘孔最深部の粒度分布の時間的変化を数値計算によって記述することが可能となる。

3. 洗掘過程に及ぼす粒度分布形の効果

河床材料の粒度分布形の違いが洗掘過程に及ぼす効果をみるために, 図-3のように中央粒径(d_{50})が等しく, 標準偏差($\sigma_d = \sqrt{d_{84}/d_{16}}$)の異なる4種類の混合砂を想定し, 先に述べたモデルにより洗掘過程の数値計算を行った。この結果を示したものが図-4であり, σ_d が大きくなるにしたがって, 洗掘の進行速度は鈍くなり, 最終洗掘深も小さくなることが読みとれる。図中の η は, 掃流力の大きさを表すパラメータで, $\eta \equiv \tau_* / \tau_{*c}$ である。また, この場合の η は d_{50} に対する値を用いた。

4. 粗砂の混入による洗掘深の低減効果

3. で得られた結果から, 橋脚周辺の河床材料にあらかじめ粗砂を混入しておくことにより, 洗掘深が低減することが期待される。そこで, 図-5のような粒径の異なる2種類の砂を用いて, 洗掘過程の数値計算および水路実験を行った。この結果を示したものが図-6であり, 計算値と実験値はよく一致している。図中の P は, 元の河床材料に対する粗砂の混入率を表す。図-7は, 粗砂の混入率の違いによる最終洗掘深の変化を元の河床材料のみの場合を基準にして表したもので, 粗砂の混入による低減効果はかなり大きいことが読みとれる。

5. あとがき

本モデルの妥当性は, 洗掘深の低減効果という面からは示すことができたものの, 粒度分布の変化に関する実験値とモデルの比較がなされておらず, 今後は粒度分布の実験データの収集に努めたい。

- <参考文献> 1) 辻本・水上：第29回水理講演会論文集, 1985.
2) 中川・辻本・原：京都大学防災研究所年報, 第20号 B-2, 1977.

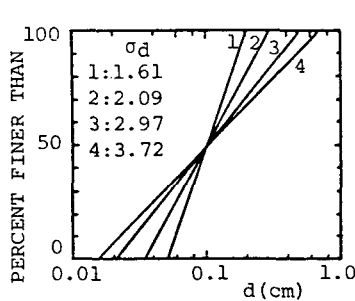


図-3 粒径加積曲線

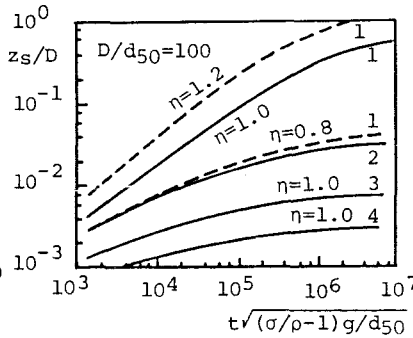


図-4 粒度分布形の効果

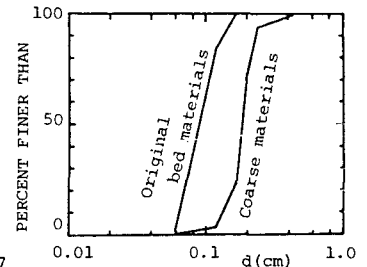


図-5 粒径加積曲線

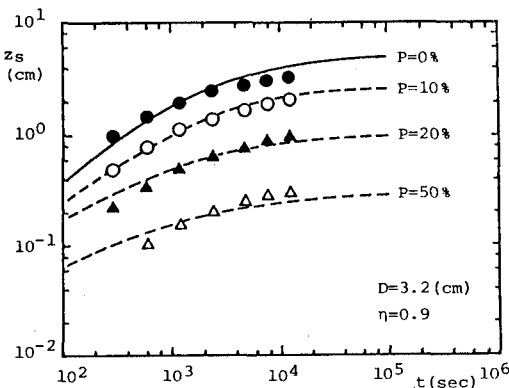


図-6 粗砂の混入による効果

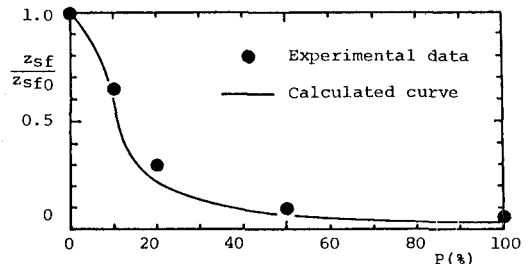


図-7 混入率の違いによる最終洗掘深の変化