

混合砂礫床にある円柱橋脚周辺の局所洗掘特性

京都大学工学部 正 員 中川 博次
 金沢大学工学部 正 員 辻本 哲郎
 京都大学工学部 正 員 村上 正吾
 京都大学工学部 正 員 〇仙波 秀治

1. まえがき

橋脚周辺の洗掘現象は洪水時の橋脚災害の原因であるが、近年の河川環境の変化に伴ない、他のさまざまな様相との複合による災害形態の増加が認められる。こうした災害形態の変化・多様化を考慮して、出来るだけ洗掘現象に関わるさまざまな影響因子を取り込むことが可能な力学的合理性を確保したモデルの可能性がここ数年特に検討されている。しかし、こうした局所洗掘に関する解析的なモデルも現在のところ均一粒径を対象としたものが多い。ところで実際の河川の河床は一般に広い粒度分布を有しており、混合砂礫の流送過程が本質的に非平衡な現象であることを考えると、局所洗掘過程においても、混合砂礫の分級現象は無視し得ず、実際、洗掘孔内表層部にarmoring（粗粒化）現象が起こり、洗掘速度や最終洗掘深も均一砂のものとは異なる。洗掘予測や洗掘防止の観点からも、洗掘機構に及ぼす混合砂礫の効果の解明は重要である。本研究は、著者らが既に提案している均一砂に対する局所洗掘モデルと、armoring（粗粒化）の形成・伝播のモデルを組み合わせることによって混合砂礫床での局所洗掘現象の検討を行う。

2. モデル化の方向

橋脚周辺の局所洗掘の主な要因は橋脚前面に形成される馬蹄型渦であり、この馬蹄型渦による掃流力によって洗掘が進行する。これに着目した辻本¹⁾のモデルを洗掘機構に対する解析モデルとして用いる。一方、混合砂礫の粗粒化現象に対しては中川・辻本・原²⁾らのモデルを用いた。両モデルとも非平衡流砂過程の記述にあたっては、pick-up rateとstep lengthを用いたEuler型の流砂の確率モデルであり、モデル間の力学的整合性は保たれている。図-1にモデルの概要図を示す。なお、ここでは、上流からの洗掘孔への給砂を考えない静的洗掘を考える。一般に、混合砂礫床では、粗粒化のために流砂量が減少してしまうので、静的洗掘を対象とするのが安全側の議論となる。

本節で述べた方向でのモデリングはすでに、中川・大坪³⁾、辻本⁴⁾によって検討が進められている。

3. 実験の概要

2. で述べたモデルの検証のため、著者の一人が検討したの実験結果⁵⁾を用いることとした。実験は全長約20mで、幅1.5m、深さ0.45mの長方形断面を持つ鋼製水路で行なわれた。実験条件は、表-1に示すとおりである。直径Dが20cmの円柱を用い、水深 h_0 を12.0cm, 10.0cm, 8.0cmの3通り変化させ、図-2に示すような粒径加積曲線を有する4種類の砂を用いた実験が行なわれている。これらの砂の中央粒径はほぼ等しく、粒度分布が異なるように、調整されている。図-3は洗掘深の時間的実験値とモデルによる計算値を比較したもので、計算曲線はほぼ実験値を説明している。図中、 η は掃流力の大きさを示すパラメータであり、 $\eta = \tau_* / \tau_{*c}$ である。ここで、 τ_* 及び τ_{*c} は50%粒

径に対しての値である。図-4は洗掘孔最深部における粒度分布の時間的変化の比較例である。実験値と計算結果との対応は十分とはいえず、今後特に実験値の収集を図り計算との比較を試みたい。図-5は、混合砂の中央粒径に対応する均一砂の洗掘深と混合砂のそれとの時間的変化の違いを見たものである。実験においては、A砂を均一砂と見なしている。これらの図より、混合砂床の洗掘過程の平均的な特性は本モデルでよく表わしていることがわかる。なお、対象とした実験の D/h_0 は0.4~0.8程度であり、洗掘初期の渦径を $\omega = r/D = \omega_0 \tanh(k_0 h_0/D)$ とした。ここで、 r は渦の半径、 ω_0 は h_0/D が十分大きいときの初期渦径であり、 k_0 は1程度の定数である。

4. あとがき

本研究では、均一砂を対象とした解析モデルの混合砂への拡張を目指したものであり、今後、実験的な研究と平行して、洗掘現象に含まれる様々の要因を組み入れるべくモデルの検討を行いたい。

- 参考文献 1)辻本ら：第29回水講，1985。 2)中川ら：京大防災研年報第20号B-2，1977。
3)中川ら：土論集第314号，1981。 4)辻本ら：中部支部年講Ⅱ-13，1987。
5)中川ら：京大防災研年報第18号B-2，1975。

表-1

Run No.	D(cm)	l	h ₀ (cm)	u ₀ (cm/s)	Sand	d ₅₀ (cm)	Z ₈₄ /d ₅₀
1	20	1/1000	12.0	40.1	A	0.10	1.43
2					B	0.12	1.54
3					C	0.12	2.77
4			10.0	33.3	A	0.10	1.43
5					B	0.12	1.54
6					C	0.12	2.77
7			8.0	26.7	A	0.10	1.43
8					B	0.12	1.54
9					C	0.12	2.77
10			10.0	33.3	D	0.10	1.61
11			8.0	26.7	D	0.10	1.61

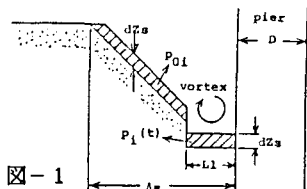


図-1

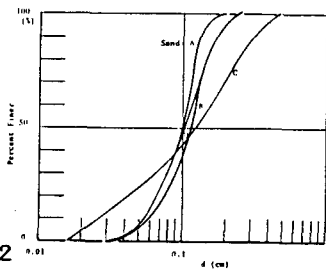


図-2

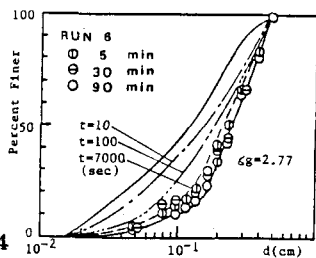


図-4

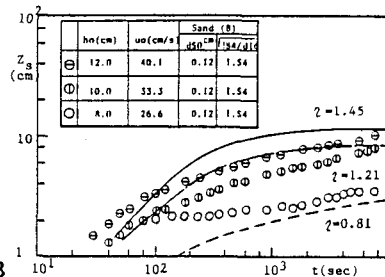


図-3

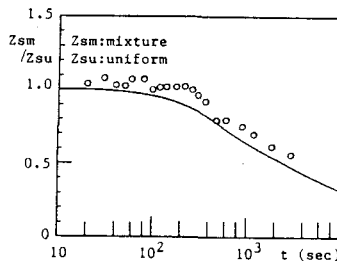


図-5