

橋脚周辺の局所洗掘の進行に伴う渦の変化について

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 〇仙波 秀治

三菱重工(株) 正 員 福島 卓也

1. はじめに 橋脚周辺の洗掘現象は洪水時の橋梁被災の最大の原因の一つであるが、最近の河相の変化に伴い、他の要因と複合した形で起こる例が数多く見られる。こうした状況から、他の複合要因の取り入れやすい解析的なモデリングがこれまでに行われてきたが、こうした解析モデルの基本的な構成要素である橋脚前面の覆み面に形成される馬蹄型渦のスケールや強度については、固定床実験によって中川・鈴木¹⁾、宇民²⁾らによって実験的・理論的に検討されているが、洗掘の進行に伴う渦の変化については十分とはいえず、本報はそれについての若干の実験的検討を行ったものである。

2. 実験的検討 実験は、長さ8.7m、幅0.94m、深さ0.3mの可変勾配水路の中央部、円柱周辺での代表的な洗掘形状を模擬して図-1に示すようなアクリル製の洗掘孔模型(円柱径 $D=5\text{cm}$)を設置し行った。模型の洗掘孔 z_s はそれぞれ2.5, 4.5, 6.5cmである。実験条件は表-1に示す通りである。橋脚前面に形成される渦は、図-2に破線で囲まれたコントロールボリュームの循環の障害物の有無による差の再配分としてとらえられ、これまでは洗掘が進行しても、初期に再配分された循環が変化しないものとして考えられており、ここでは、まず各洗掘段階での覆み面における水面付近の流速変化の場所的变化を調べた。その結果の例が、図-3に示されており、橋脚径 D の円柱まわりの2次元ポテンシャル流理論(図中の実線)と良く対応している。従って、洗掘の進行過程においても渦に配分されている循環 $\Delta\Gamma$ は接近流の非擾乱表面流速 U_{s0} を用いて、 $\Delta\Gamma = \frac{1}{2}U_{s0}D$ と表すことが出来るものと期待される。一方、そのスケールの検討のため、プロペラ径3mmの小型正逆流速計によりそれぞれの洗掘孔内の流速分布を詳細に調べた。その例が図-4に示されている。洗掘孔底面付近の逆流域に着目して、その領域に内接する円をもって、渦のスケールと見なした。 $z_s=0$ すなわち固定床実験における渦のスケールは、染料を注入し、それが巻き込まれる領域よりその大きさを決定した。その洗掘深と渦の半径 r の関係を示したものが図-5である。図中、実線は、洗掘の進行にともなって渦の大きさは線形に増加するものとしたBaker³⁾、辻本⁴⁾らの式 $\omega = r/D = \omega_0(1 + k_w z_s/d)$ を表わしている。ここで、 ω_0 : $z_s=0$ での渦径、 k_w : 実験定数であり、式中、 $\omega_0=0.183$, $k_w=1/7$ とした。実験ケースが少なく十分なことは言えないが、渦の大きさの変化が単純に線形で増加するかどうかはさらに実験データの収集が必要であることが示されているものと判断される。この図では、洗掘初期では、洗掘孔での渦自体の大きさの変化は鈍く、ある程度洗掘が進行し初期の渦スケール程度に達した時点より渦の変形が明確になることが示されている。

H. Nakagawa, S. Murakami, H. Senba, T. Fukushima

3. 洗掘過程モデル 渦のスケール・強度の変化を十分に考慮したモデルとして、辻本のモデルを用い、2. の検討のもとに渦の変化を図-5の破線のように与えた場合の静的洗掘の時間的進行の計算例が図-6である。辻本の計算結果に比べて初期における進行は早く、その後の変化は鈍い傾向にある。図-7は $\eta = \tau_* / \tau_{*c} = 1$ 付近での実験値との比較であり初期の傾向はかなり示しているものの、後期過程は十分に表現されておらず、さらに渦の変化特性に関する知見の収集に努めなければならないと考えられる。

参考文献：1) 中川・鈴木：京大防災研年報第17号B, 1974. 2) 宇民：土木学会論文集，247号, 1976. 3) Baker: Jour. of Hydraulic Research, IAHR, Vol. 15, No. 3, 1977. 4) 辻本：土木学会論文集 第375号 II-6, 1986.

	Q(l)	I	h(cm)	u(cm/s)	Fr
Run-1	24.3	1/1000	9.74	26.5	0.27
Run-2	30.3	1/1000	11.04	29.2	0.28

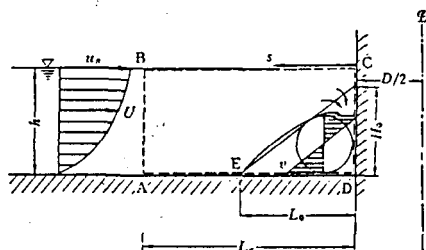


図-2 コントロールボリューム

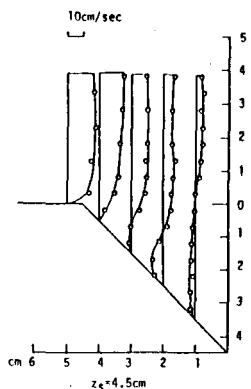


図-4 洗掘孔内の流速測定例

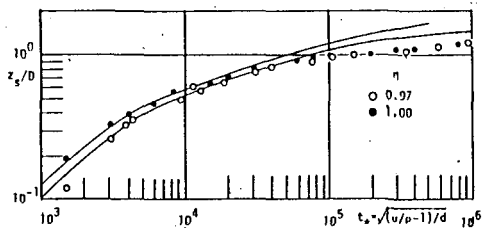


図-7 実験値との比較

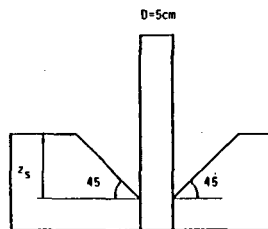


図-1 洗掘孔模型図

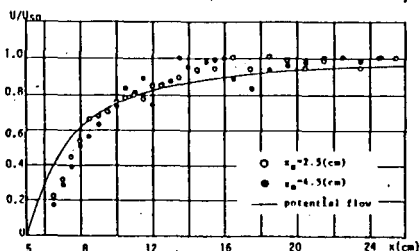


図-3 表面流速の場所的变化

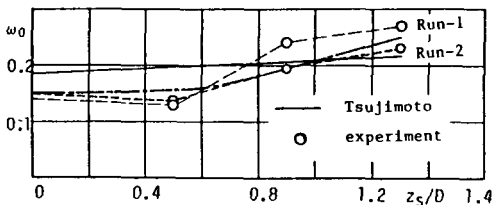


図-5 $\omega_0 \sim z_s/D$

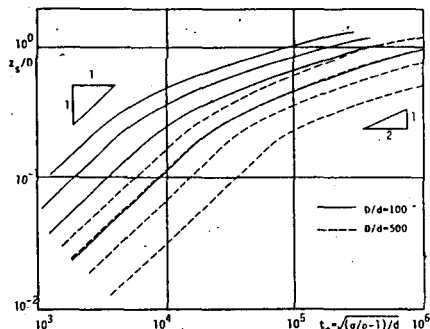


図-6 洗掘の時間的進行過程