

橋脚の洗掘

建設省土木研究所 正会員 石崎勝義

1. 概説 円柱まわりの洗掘現象を支配する流れの要素としては従来副流がとりあげられており、実験にあられる洗掘形状や洗掘位置についてよく説明できることが石原氏⁽¹⁾・杉本氏⁽²⁾によって確かめられている。しかし副流の大きさは、測定方法によっていろいろな結果が出ているが、今回フロラ式小型流速計($\phi 8\text{mm}$, 5cm/sec まで測定可能)による実測では意外に小さく、副流のみでは急速な洗掘現象で説明しきれないように思われる。特にいったん河床から離れた砂が下流に移動する現象には円周方向の流れが関与しているはずである。この点については先に橋・有藤氏の研究⁽³⁾があるが、今回はこれを発展させて新しいモデルを考え、これによって円柱の洗掘現象をいかに説明できるか検討しようとするものである。

2. 洗掘現象のモデル ① 流れの中に円柱がおかれると妨げられた流れは円柱周辺に集中するので単位巾流量 g が増大することになる。そこで最大洗掘の位置における値 g_{max} を次のようにおく。

$$g_{\text{max}} = \beta g_m \quad (1) \quad (\text{添字 } m \text{ は一様部, } \text{max は最大洗掘位置の値を表す})$$

ここに β の値は橋脚形状・水理量によって定めるものとする。長さ 20cm の水割の実験⁽⁴⁾の場合($0.2 < Fr < 0.6$)には $\beta = 4.8 Fr^2$ で表わされた。

② 橋脚の洗掘定に上流から砂が入りこまないと(即ち $m < c$)、洗掘の限界状態においては、流れが河床に及ぼす剪断力 ρU_*^2 は砂粒の限界掃流力 ρU_{*c}^2 に等しい。即ち $U_* = U_{*c}$ (2)

③ この河床剪断力はこの点附近の流速によって定られるが、その代表としてこの点を通る鉛直線上の円周方向流速の平均値 U_{max} をとって、一般次のようにおくこととする。

$$\frac{U_{\text{max}}}{U_{*c}} = \frac{h_m^{\frac{1}{6}}}{\sqrt{g} n} \quad (3)$$

この関係は本来等流部において成立つものであるが、水割前面のような局所的な部分でも大体成立っていることが実験で確かめられている。

以上の考え方によると最大洗掘深は次のようになる。

$$h_{\text{max}} = \left(\frac{6.75 \cdot n \cdot \beta \cdot g_m}{U_{*c}} \right)^{\frac{6}{7}} \quad (4) \quad \text{単位: cm-sec}$$

3. 実験と考察

実験は継続中であるが、詳しい測定を行った Case 4 を図-1 に示す。河床が洗掘される前には橋脚

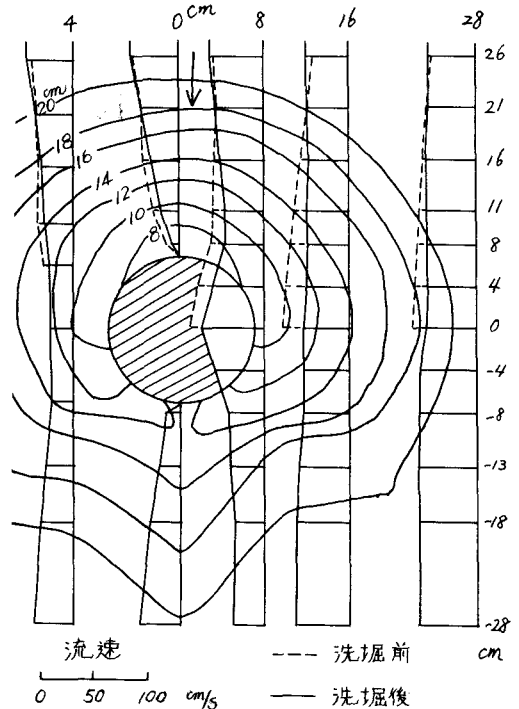


図-1 流速及河床の測定例 (Case 4)

附近で流速が大きいのに対し、洗掘後は洗掘前のところで流速が
おちていることが判る。円柱の側面における流速は図において
60 cm/sec となっているが、一方 (3) 式の計算では $u_{*c} = 4.12 \text{ cm/sec}$
($d = 2.33 \text{ mm}$)、 $\eta = 0.02$ とおくと $u_{*max} = 5.5 \text{ cm/sec}$ となり、大体モ
デルが成立っている事がわかる。図-2 は 円柱前面において測定
した流速の鉛直方向成分であるが、かなり小さいようである。

図-3 は最大洗掘深についての実験値を (4) による計算値と
比較したものである。ここで β 、 η の値はよくわからないので
一応水削実験で得られた値 ($\beta = 4.8 Fr^{1/2}$ 、 $\eta = 0.02$) をとること
にした。また実験数が少ないので結論的な事は言えないが、同一
直径の円柱に対しては水理量の変化に対して統一的な説明になっ
ているように思われる。ただ (4) 式は 円柱直径の変化に対して
充分でないため、この点に気をとりながら β 、 η の性質を更に
研究する必要がある。

実験諸元

Case	円柱 直径 cm	水路巾 m	河床 粒径 mm	流量 l/sec	水深 cm	洗掘深(水面)	
						円柱側面 cm	円柱前面 cm
1	7	1.0	2.33	90	17	28.4	29.0
2	7	1.0	2.33	69	14	23.1	24.1
3	7	1.0	2.33	90	16.5	26.6	28.1
4	14	1.0	2.33	70	15.5	26.8	29.1
5	14	1.0	2.33	86	21.0	30.3	30.1
6	14	1.0	2.33	49	14.0	22.0	23.4
7	14	1.0	2.33	69	17.5	26.0	27.4
8	14	1.0	2.33	70	16.0	23.8	23.6
9	30	1.7	4.50	154	17.8	32.7	31.0
10	30	1.7	4.50	190	20.0	38.5	41.0

4. おわりに

この報文で用いた資料は本間勝一君他河川研究室

職員の手で遂行された実験で得たものである。

参考にした文献は次の通りである。

- (1) 石原藤次郎「橋脚 による河床洗掘に関する実験的研究」土木学会誌 24-1(1938), 28-9, 28-11(1942)
- (2) 杉本修一「円筒周囲の洗掘に関する一考察」土木学会第14回年次講演会(1959)
- (3) 橋東一郎・有藤隆「橋脚の洗掘について」土木学会第16回年次講演会(1961)
- (4) 土屋昭彦・石崎勝義「水削の洗掘」土木学会第10回水理講演会(1965)

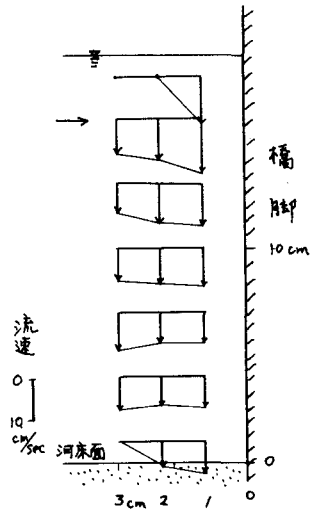


図-2 鉛直流の測定例 (Case 4)

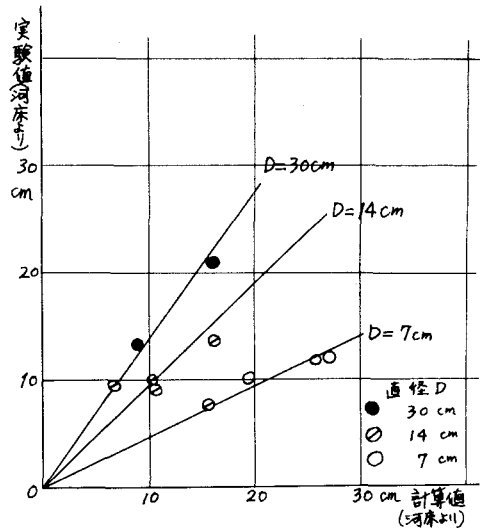


図-3 実験値と計算値の比較