

1. ま え が き

水工構造物周辺の局所洗掘についての従来の研究は河床変動, 平衡洗掘深 (Equilibrium scour depth; ESD) など注目して行われてゐる, 著者はこれら外に洗掘発生限界 (Beginning of scouring action; BSA) の現象と併せて取りあげて来た。

この報告はBSAについて, 実験的研究に基づいて, その重要度, 価値, 位置づけなどについて検討と試みその工学的意義を確認するものである。

2. 洗掘発生限界の定義

正常な流水 (Normal flow) に構造物を設置すると流水は攪乱される, この攪乱された流水を局所流 (Local flow) と呼ばれてゐる。

局所流によって河床物質が移動し始める臨界の現象を洗掘発生限界と呼び, Normal flowにおける河床物質の限界掃流力時の現象に相当し, Non-scour と Clear water scour の境界の現象である。

一般に考えられた河床物質, 構造物のもとで流量の増加する段階を想定し, 河床物質を移動させる流水より考えられる力 $\bar{F}$ とそれに対する抵抗力 $\bar{F}_r$ との間に次の段階が考えられる。

- 1) $\bar{F} < \bar{F}_r$ Non-scour
- 2) $\bar{F} = \bar{F}_r$ BSA
- 3) $\bar{F} > \bar{F}_r$ Clear water scour

Scour hole の形成, local flow の裏形の相互作用のもとに洗掘現象が発達するが Scour hole の河床面において

$\bar{F} = \bar{F}_r$ のときその発達を終了し, かわる平衡状態となる。

一般に $\bar{F}$ は局所流によって考えられ, 局所流はバウゼンダリーによって支配されるところに, 局所洗掘現象の複雑性がある。

3. 洗掘発生限界の工学的意義

局所洗掘に関する研究の最終目標を ESD に設定すると, そのアプローチとして, 著者は2つの考え方を提唱した,* すなわち

- 1) Step-by-step Method
- 2) Equilibrium-conditional Method

BSA そのものを解析するには1)の方法が適切であるが, BSA の工学的価値, その位置づけは2)の方法より確認される。

例えば単一橋脚周辺の洗掘について次の実験式が得られた。***

i) BSA について

$$h_0 \sqrt[3]{f} = 0.689 \left\{ \sqrt[3]{\frac{d_m}{d_m}} \bar{F}_r \right\}^{-a} \left\{ \frac{k\bar{F}}{1-K} \right\}^{2/3}$$

$$\bar{F}_r = \frac{\bar{F}}{h_0 \sqrt[3]{g}} \quad (1)$$

ii) ESD について

$$(h_0 + d_s) \sqrt[3]{f} = 0.689 \left\{ \sqrt[3]{\frac{d_m}{d_m}} \bar{F}_r' \right\}^{-a} \left\{ \frac{k\bar{F}}{1-K} \right\}^{2/3}$$

$$\bar{F}_r' = \frac{\bar{F}}{(h_0 + d_s) \sqrt[3]{g}}, \quad a = 0.696 \quad (2)$$

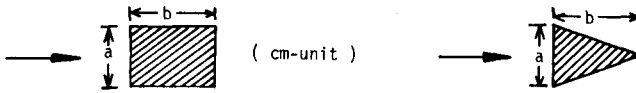
この2つの実験式の比較によりBSAとESDとは共に same category に属するものとして, 取扱が可能であることが工学的立場から推論される。

この推論を確認するために, 著者は架設構造物, 水路狭窄部周辺の洗掘について研究を行なつてゐる, この推論と具体的に巨視的立場から理解するために, 架設構造物を想定して行つた実験値に基づいて述べる。

架設構造物の断面形状が流水になじりやすくなり, 長方形, 三角形の形状と意識的に違い, BSA, ESDに周する実験を行なつた, すなわち構造物はそれと水との種類の寸法のもつ, 河床物質は平均粒径 d_m (cm), 0.25, 0.35 の2種類のものを用い, 構造物, 河床物質の組合せによって, 幅20cmの長方形断面水路内において行なつた。

BSAにおけるNormal flowの水深を h_0 とし, そのときの流量と同一流量でNormal flowの水深を

$$D = h_{o*} / (h_{o*} - 0.02 + d_s) \quad (\text{m-unit})$$



d_m (cm)	a / b	D_1	D_2
0.25	4 / 8	1.06	1.07
"	"	1.05	1.03
"	"	1.03	1.03
"	"	1.04	1.03
"	3 / 6	1.00	0.97
"	"	1.08	1.09
"	"	1.06	1.07
"	"	1.07	1.09
"	2 / 4	1.10	1.09
"	"	1.09	1.09
"	"	1.07	1.08
0.35	4 / 8	1.01	1.04
"	"	1.02	1.03
"	"	1.01	1.02
"	3 / 6	1.06	1.06
"	"	1.07	1.05
"	"	1.01	1.02
"	2 / 4	1.06	1.08
"	"	1.09	1.08
"	"	1.06	1.07
$\bar{D}$		1.05	1.05
S		0.03	0.03

d_m	a / b	D_1	D_2
0.25	4 / 8	1.02	0.88
"	"	1.00	1.04
"	"	1.00	1.01
"	3 / 6	0.98	1.00
"	"	1.01	1.00
"	"	1.00	1.00
"	2 / 4	1.12	1.20
"	"	1.11	1.02
"	"	1.03	1.02
0.35	4 / 8	0.99	0.98
"	"	0.98	0.99
"	"	1.00	0.99
"	3 / 6	0.99	0.96
"	"	1.01	1.03
"	"	1.03	1.02
"	2 / 4	0.93	0.94
"	"	0.99	0.95
"	"	0.96	0.96
$\bar{D}$		1.01	1.00
S		0.05	0.06

2cm低下させ (clear water scour) の状態で初期河床面からの平衡洗掘深と d_s とすると, (1), (2) 式に従って BSA, ESD が工学的立場からもしも same category に属するならば

$$D = h_{o*} / (h_{o*} - 0.02 + d_s) \quad (\text{m-unit}) \quad (3)$$

この無次元量は 1 に等しいはずである。

一般に scour hole は実験によると, 非対称であった従って最大平衡洗掘深は 2 つ得られるので, それらの d_s を用いた D を D_1, D_2 とした, たとえば左岸側を D_1 , 右岸側を D_2 とした, それらの結果は上の表のようになった。

表に於ける $\bar{D}$, S はそれぞれ D の平均値, 標準偏差を示す。

4. おまげ

水工構造物周辺の BSA の価値, 位置づけについて次のような結果から推論される。

1) BSA と定性的にアプローチするには step-by-step Method によってその物理的意味が明確になる。

2) ESD の定量的アプローチとして Equilibrium-conditional Method によって, BSA の資料から容易に推定される, 従って特殊水工構造物周辺の ESD は短時間で模型実験によって推定が可能である。

3) 従来 BSA の現象が余り取り上げられなかったが, 以上の説明からその工学的意義が理解されるであろう。

* 栗津: 局所洗掘の分類と提案, S.52. 日大工学部

** 栗津: 橋脚周辺の洗掘についての検討, S.53. 土木学会