

II-297 波・流れによる円柱周辺の局所洗掘形状

横浜国立大学工学部 正会員 岡安章夫
 神 奈 川 県 前田清知
 横浜国立大学工学部 正会員 柴山知也

1. はじめに

構造物周辺の局所洗掘問題に関して、波・流れ共存場での洗掘機構について研究が行われている（例えば柴山ら（1987）、土屋ら（1987））が、構造物に対する洗掘の影響を考える上では、波と流れ共存場での一般的な洗掘形状の分類がまず必要である。本研究では、波の進行方向と流れの方向が平行な波・流れ共存場における小口径円柱周辺の局所洗掘について、KC数および波動流速と定常流速の比によって洗掘形状を分類し、どの洗掘形態が構造物にとって最も影響があるかについて検討を行った。

2. 実験方法および実験条件

実験には、還流装置付き二次元造波水路（長さ18m、幅60cm、深さ50cm）を用い、種々の波の条件とそれに重なる種々の一方向流（波の進行方向を正）の下で洗掘現象を観測した。水路中央部に長さ2m、深さ9cmに渡り底質（中央粒径0.70mm、比重2.65の砂）を敷き詰め、その中央部に、直立円柱を設置した。波高測定には容量式波高計を、流速測定には小型電磁流速計を用い、造波機および還流装置を始動させて60分後の地形変化をポイントゲージにより1cm格子で測定した。円柱の直径は8.9、7.6、4.8cmの3種類とし、水深は全ての場合で30cmとした。表-1に実験条件を後述する洗掘形態と共に示す。表中、Dは円柱径、Tは周期、 u_0 は定常流速成分、 u_m は波動流速成分の振幅、 z_{max} は最大洗掘深である。KC数は最大流速 $|u_0|+u_m$ を用いて、

$KC = (|u_0|+u_m)T/D$ と定義し（ $u_m=0$ の場合は便宜上 $KC=0$ とした）、また、波と流れの関係を最大流速に対する波動流速の比 $u_m/(|u_0|+u_m)$ で表すこととした。

3. 実験結果および考察

実験の結果、洗掘地形は大きく次の5つのタイプに分類できることがわかった。

- I 側面洗掘形状：縮流により、円柱側面が洗掘される。定常流速が波動流速に比べて大きいため、剥離渦は遡上することなしに移動し、円柱よりやや離れた部分にもう一つの洗掘域が形成される。
- II 側面堆積形状：剥離渦により円柱背面の少し離れた地点が洗掘され、流向の反転に伴い円柱側面に堆積域が形成される。
- III 円柱近傍を除く側面堆積形状：IIIの形状に、縮流もしくは馬蹄形渦による円柱近傍の前面から側面にかけての小さな洗掘域が加わったもの。
- IV 半逆円錐形状：馬蹄形渦によって、円柱前面から側面にかけて逆円錐状の深い洗掘域が形成され、剥離渦によってその後方に堆積域が形成される。
- V 無洗掘：有意な洗掘は起こらない。

表-1 実験条件と洗掘形状

CASE	D (cm)	T (s)	u_0 (cm/s)	u_m (cm/s)	KC	$\frac{u_m}{ u_0 +u_m}$	TYPE	z_{max} (cm)
A-1	8.9	1.37	15.1	17.4	5.0	0.54	IV	2.8
A-2		1.37	0	17.1	2.6	1.0	II	0.9
A-3		1.00	5.5	15.5	2.3	0.73	—	0.
A-4		1.00	15.0	5.9	2.4	0.28	I	1.2
A-5		1.00	0	14.5	1.6	1.0	—	0.
A-6		1.00	-17.3	15.8	3.7	0.48	IV	3.0
A-7		1.00	15.0	15.0	3.4	0.50	IV	2.4
B-1	7.6	1.50	5.3	18.4	4.7	0.78	II	1.0
B-2		1.50	-6.6	19.1	5.1	0.74	II	1.4
B-3		1.50	0	20.0	4.0	1.0	II	0.2
B-4		—	6.3	0	—	0.0	—	0.
B-5		—	16.3	0	—	0.0	I	0.5
B-6		1.50	16.3	18.1	6.8	0.53	IV	3.6
B-7		—	11.3	0	—	0.0	—	0.
B-8	4.8	1.50	11.3	19.4	6.1	0.63	IV	1.4
B-9		1.50	-11.3	18.8	5.9	0.63	III	1.6
C-1		1.50	2.5	27.5	9.4	0.92	II	1.0
C-2		1.50	2.5	20.0	7.0	0.89	II	0.5
C-3		1.50	5.9	20.4	8.2	0.78	III	1.1
C-4	4.8	1.50	6.0	28.1	10.7	0.82	III	1.4
C-5		1.22	11.3	21.3	8.3	0.65	III	1.2

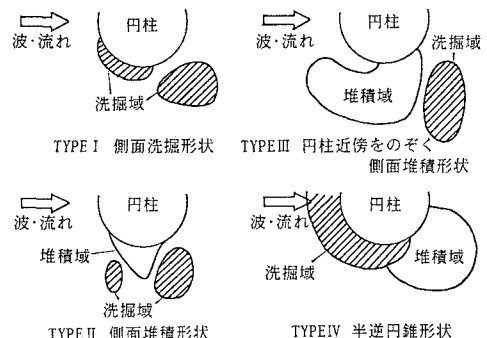


図-1 各分類における洗掘状況

図-1にそれぞれの洗掘形状のスケッチを示す。各々の実験結果に対して上記の分類形状をあてはめ、KC数と $u_m/(|u_0|+u_m)$ に関して整理したものが図-2である。厳密ではないものの、おおよそ実線で区切ったように分類することが可能であると考えられる。この図から、KC数が小さいときは無洗掘かTYPE I となり、KC数が大きくなるに従ってTYPE IIからTYPE IIIへ変化し、ある程度定常流速が大きくなるとTYPE IVの半逆円錐形状が形成されることがわかる。

局所洗掘を扱う上で、最大洗掘深は洗掘形状とともに重要である。図-3は円柱半径で無次元化した無次元最大洗掘深とKC数との関係を示している。図中の実線は水口ら(1985)によるものである。この図から、同一KC数の下であっても、波のみの場合より波・流れ共存場での洗掘の方がより深くなり、特にTYPE IVの定常流速と波動流速が同程度の条件で形成される半逆円錐形洗掘では著しく洗掘深が増すことがわかる。

次に、最大洗掘深の現われる位置について検討する。円柱中心から最大洗掘発生位置までの距離Rを円柱半径で割った無次元最大洗掘距離とKC数についての関係を表したものが図-4である。全体的に、KC数が大きくなるにつれて、発生位置は円柱から遠ざかるようであるが(図中の一点鎖線)、TYPE IVの半逆円錐形洗掘が生じるケースではKC数の変化に関わらず円柱の極近傍に分布している(実線は円柱面に接している場合)。これは、定常流速が大きいつきに、馬蹄形渦による非常に深い洗掘が円柱に近接して発生する可能性が高いことを示していると言える。従って、実際の海岸構造物において最も問題となるのは、沿岸流や戻り流れの大きい場合などに、半逆円錐形洗掘が形成されるような場合であると考えられる。

4. 結論

本研究では、波・流れ共存場における局所洗掘についての室内実験を行い、以下の結論を得た。

1) 波・流れ共存場における局所洗掘形状はKC数と最大流速に対する波動流速の比により以下のように分類できる。I: 縮流および後流域での洗掘形状、II: 剥離渦による洗掘とそれに伴う側面堆積形状、III: 剥離渦による洗掘とそれに伴う側面堆積域が形成されるが、縮流により円柱近傍には堆積しない形状、IV: 馬蹄形渦による半逆円錐洗掘形状。

2) 馬蹄形渦によるTYPE IVの洗掘ではその洗掘深が著しく大きくなり、また、洗掘も円柱の極近傍で発生する。従って、海岸構造物に対し最も影響を及ぼすのはこのタイプの洗掘である。

[参考文献]

- 柴山ら(1987):第34回海講論文集, pp. 407-410.
土屋ら(1987):第34回海講論文集, pp. 402-406.
水口ら(1985):第32回海講論文集, pp. 430-434.

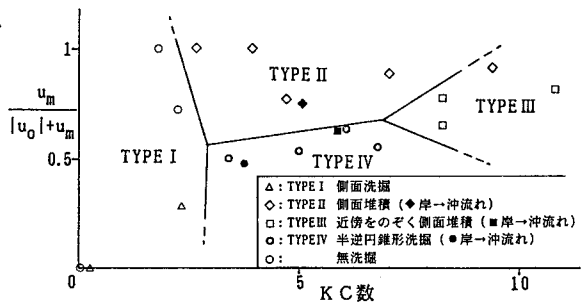


図-2 KC数と $u_m/(|u_0|+u_m)$ による洗掘形状の分類

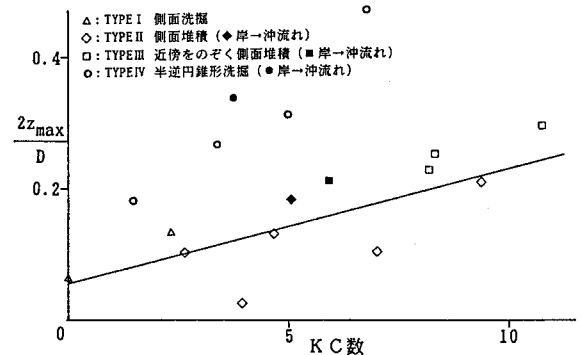


図-3 無次元最大洗掘深とKC数との関係

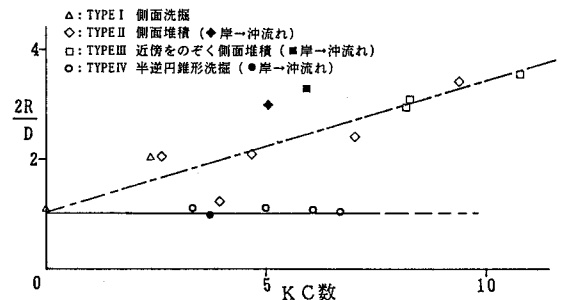


図-4 無次元最大洗掘発生距離とKC数との関係