

波による円柱まわりの局所洗掘

東北大学工学部 学生員○唐 木 毅
東北大学工学部 正 員 西 沢 勝
東北大学工学部 正 員 沢 本 正 樹

1. はじめに

洗掘現象は以前から防波堤、護岸などについて多くの報告があるが、近年海洋構造物の増加に伴って橋脚など円柱まわりの波によって生ずる洗掘現象についてもいくつかの報告がなされている。しかしながら水粒子の動きに関連した具体的な洗掘の発生機構や、洗掘量、洗掘深の時間的、場所的な変化に関する定量的な予測などはいまだ十分ではない。

今回の実験ではその基本的な問題としてまず洗掘形状の種類、次に洗掘形状の中で特徴的なものの1つを例にとって底面流速の分布を測定し洗掘形状との関係について考察を試みた。

2. 実験概要

使用した造波水槽は全長13.0m、幅35.6cm、水槽高さ45.0cmの木製水槽で端部にフラップ形造波器が取り付けられている。(図1)

図のように沖での水深は25cmに保ち、砂は $d_{50} = 0.42\text{mm}$ 、比重0.26のものを使った。水平床では砂層厚10.0cm、斜面では1/20で、その時の実験ケースでつねに円柱近くの砂がシートフロー状態になるように設置水深を定めた。実験ケースの詳細は表1のようにになっている。波高の測定には容量式波高計、洗掘深はポイントゲージ、洗掘形状の測定には写真撮影を用いた。

また底面付近での流速分布の測定では、同じ砂を張り付けた板を底面に設置し、板から6mmの所に径5mmのフロペラ流速計を設置して行なった。

3. 実験結果と考察

実験ケースの中で洗掘がまったく生じない場合と全面に砂連が発生する場合をのぞけば、洗掘形状はつぎの2種類に分けられる

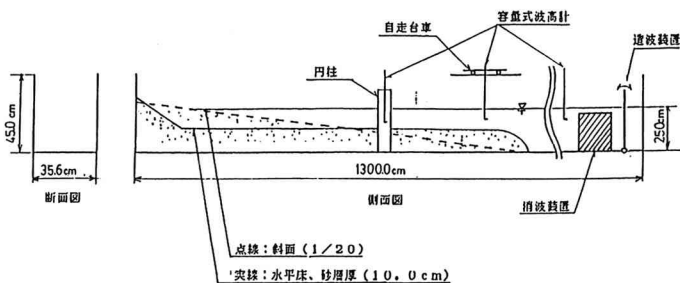


図1 造波水槽

表-1 実験ケース

円柱径	波高 周期	水平床					斜面 (1/20)			
		穴① 円柱での 波高 (cm)	穴② 円柱での 波高 (cm)	穴③ 円柱での 波高 (cm)	穴④ 円柱での 波高 (cm)	穴⑤ 円柱での 波高 (cm)	穴⑥ 円柱での 波高 (cm)	穴⑦ 円柱での 波高 (cm)	穴⑧ 円柱での 波高 (cm)	穴⑨ 円柱での 波高 (cm)
		1.02a	3.4	5.9	6.9	7.8	4.7	7.0	8.4	7.7
2 cm		1.43a	3.1	4.7	6.3	8.2	5.9 (注)	3.8 (注)	7.2	10.0
		1.02a	3.3	6.1	6.9	7.8	5.8	8.0	9.4	9.8
8 cm		1.43a	2.5	3.9	6.7	7.8	4.7 (注)	3.4 (注)	7.2	10.6

(注) 穴⑤と穴⑥で波高が逆転している部分は設置水深が異なるためである。

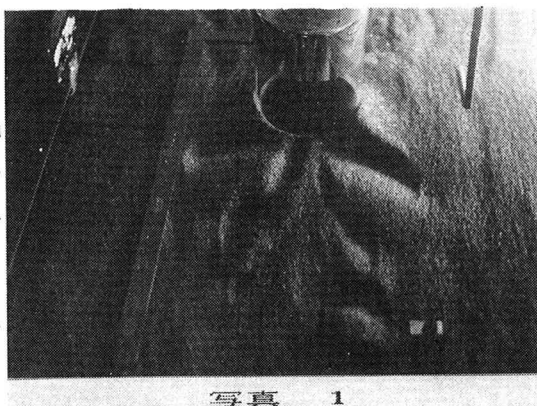


写真 1

- 1). 円柱の周囲に逆円錐型の洗掘が生ずる場合
- 2). 側壁部分の洗掘と堆積、円柱の岸側にツノ状の洗掘が生ずる場合(写真1)

その他のケースはすべて1)と2)の遷移領域と考えられる。1)の場合が最も顕著に表れるのは、円柱径2cm、周期1.43s、斜面、の場合で、砂の動きを見ると、まず波による岸向き流れにより円柱の後流域に渦が発生し側面及び後部の砂が浮遊する。次に沖向きの流れによりこの砂が円柱のかなり前方に移動する。同時に円柱前方にも渦が発生し前方の砂も浮遊する。このような渦の作用で円柱周辺の砂が逆円錐型に掘れていくのがよく解る。同じ円柱径2cm、周期1.43sの場合でも平面の場合では舞い上った砂が斜面の時ほど円柱前方に飛ばないので逆円錐型の洗掘は明確には表れていない。

2)の場合の砂の動きは、1)の場合ほど明らかではないが、円柱側面付近の砂が激しく往復運動している状況と、ツノ状洗掘の部分では砂粒子が一般的な二次砂連上の砂粒子と同じように動くことが解った。またこの2)の場合は、1)との遷移状態のものも含めるとかなりのケースで見う事ができる。しかしながら円柱沖側面、側面での洗掘、堆積状況やツノ状洗掘の形状、発生する場所、長さなどにより様々なケースを見ることができ、その区別はむずかしい。写真1はその中の1つのケースで円柱径8cm、周期1.43s、水平床(設置水深15cm)、円柱での波高6.7cmの場合である。円柱の両斜め沖側が少し掘れていて、円柱の両斜め岸側に堆積を生じ、その岸側にツノ状洗掘を生じているタイスである。この条件で底面に砂を張り付けた固定床上の底面流速を1cmメッシュで測定し、岸向きの最大流速と沖向きの最大流速の等流速線を描いたのがそれぞれ図2、図3である。図2、図3から円柱側面で縮流効果が生じて流速が速くなっている。砂の移動が大きい事が解る。しかしこの図からではツノ状洗掘が発達する構造を十分に読みとることはできない。おそらく円柱の後流域には馬蹄形渦を含む複雑な渦の存在があり、それがツノ状洗掘の発達に関連していると思われる。したがってツノ状洗掘の発生機構を解くには、波によって円柱付近に生ずる流れの流向、乱れ、渦などをより正確に知る方法を考える必要があると思われる。最後に、本研究を行うにあたって実験装置作成で多大な援助をいただいた東北大学河川水理研の山路弘人技官ならびに海岸水理研の皆様へ感謝の意を表します。

参考文献 1). 永口・小島・小宮・佐藤, 第32回海講論文集, pp. 430~434, 1985

- 2). 東江ほか: 大口径円柱周辺の洗掘現象, 第32回海講論文集, pp. 425~429, 1985

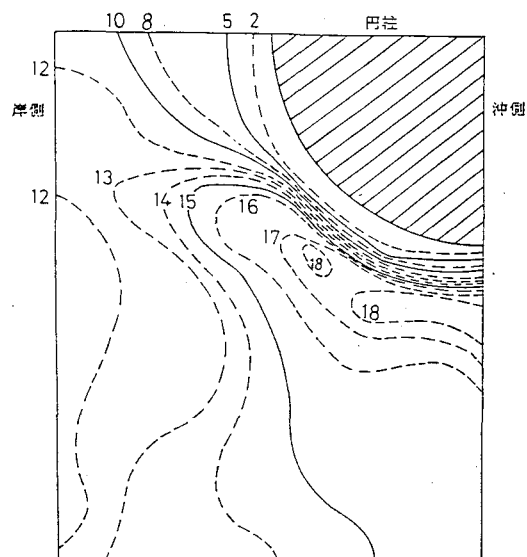


図2 岸向き最大流速

単位 (cm/s)

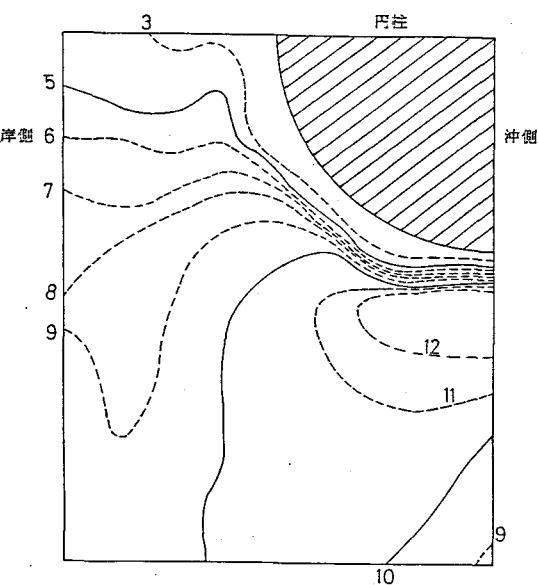


図3 沖向き最大流速

単位 (cm/s)