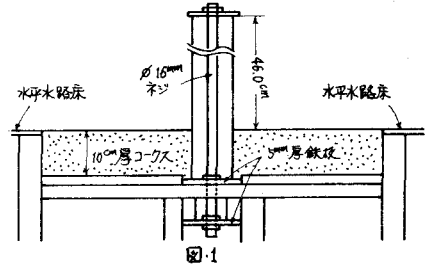


波動による円柱周辺の局所洗掘に関する実験

大阪大学工学部 正員 榎木 亨
 大阪大学工学部 正員 出口 一郎

1 まえがき：近年海洋石油ステージ及び海上作業台などが施工されているが、このような構造物設計においては波力に対する設計が注意されている。しかしながら施工後の構造物の維持という面から海洋構造物周辺の局所洗掘が重要な要素となることはいままでもない。本研究は円柱脚における局所洗掘機構をまず実験的に明らかにしようとするものである。
 2 実験装置及び方法：実験は長さ30cm、幅6cm、高さ90cmの片面ガラス張り鋼製波水槽を用い、水平床の上の水深が12cm~18cmの範囲に保って図-1に示す移動床の実験装置によって行なった。移動床として用いた底質は水中比重0.56、 $d_{50}=0.8mm$ のきわめて均一なコークスである。



また円柱は塩ビ製で径2.5cm~10.5cmの4種類を用い、波浪特性としては $T=0.74\text{sec} \sim 2.0\text{sec}$ 、 $H=3.0\text{cm} \sim 6.0\text{cm}$ の6種類の波を100波、250波、1000波、2000波、4000波、6000波作用させた後の円柱周辺の地形変化を計測した。

3 実験結果及び考察：円柱周辺の局所洗掘孔が最大洗掘深に達した時刻における洗掘孔の位置は波の進行方向に対して $\pm 60^\circ$ 、円柱中心から円柱径の2.5倍以内の範囲に集中している。またその時の円柱周辺の地形の縦断面を特徴的な場合について図-2(a)、図-2(b)に示す。すなわち図-2(a)は砂連の発生を生じない場合で、図-2(b)は砂連が発生する場合である。図-2(a)に示す砂連をともしない波動による円柱周辺の局所洗掘は、円柱中心から側方へ円柱径の約3倍、前後方向には2.5倍という広範囲に及び円柱後面に明らかな洗掘孔を生じているのに対し、図-2(b)に示す砂連の発生をともしう場合は図-2(a)に示すような明瞭な局所洗掘孔は生ぜず、円柱周辺における砂連の過大な成長といった形で円柱の影響が現われている。野田ら⁽¹⁾は砂粒レイノルズ数($U_{bx} \cdot d_{50} / \nu$)が大きい領域においては底質の移動限界と砂連の発生限界はほぼ一致するが $U_{bx} \cdot d_{50} / \nu$ の小さい領域では底質の移動限界と砂連の発生限界にはかなりの差があることを指摘しているが、今回行なった実験の $U_{bx} \cdot d_{50} / \nu$ の範囲(

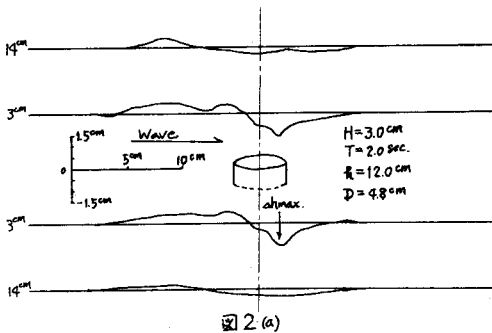


図2(a)

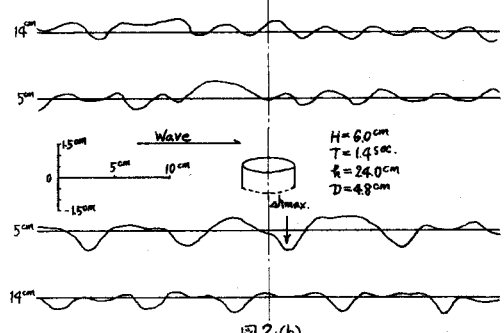


図2(b)

7.72~9.38)では、底質の移動限界と砂連の発生限界はほとんど一致し、 $U_{b*dc}/v > 8.40$ で砂連が発生している。したがって図-2(a)に示すような砂連の発生をともなわない場合における波動による円柱周辺の局所洗掘は円柱周辺において、単に水粒子が加速されることのみによって生じているものと考えられる。しかし Wells ら⁽²⁾の実験では $U_{b*dc}/v = 4.57$ といった小さな値でも砂連が発生しており、砂連の発生には底質粒子の形状や砂粒フルード数あるいは H/d_{50} といった量が複雑に影響しているものと考えられる。今回の実験では砂連の発生限界は明らかにできなかったが図-2(b)からわかるように円柱が存在することによって円柱周辺の砂連の状態が大きな規模に変化していることから以後の考察は砂連の有無にかかわらず円柱周辺で最も深く掘れている箇所を局所洗掘孔とみなして行なっている。一様流中に置かれた円柱周辺の局所洗掘に対しては過去数多くの実験的・理論的研究が行なわれており、円柱前面の下降流あるいは馬蹄型渦がこの場合の洗掘機構に大きな役割をはたすことが指摘されている。すなわち下降流あるいは馬蹄型渦の強さは円柱径を代表長とした円柱レイノルズ数 $U_b D/v$ によって決定され⁽³⁾、したがって最大洗掘深 Δh_{max} は底質特性(砂粒レイノルズ数、砂粒フルード数等)によって若干の差はあるがほとんど一意的に $U_b D/v$ によって決定される。振動流である本実験の場合この $U_b D/v$ と無次元最大洗掘深 $\Delta h_{max}/D$ の関係を求めてみると図-3 のようになり、両者の間には明確な関係は見い出せない。なお図-3には円柱周辺の flow pattern を決定する K-C 数をパラメータとして Wells らの実験結果も示してある。このことから波動による円柱周辺の局所洗掘機構は一様流によるそれとは様相を異にしていることが予想される。振動流における渦形成は K-C 数によっていくつかの flow pattern を示すことは別に著者の一人が指摘し、洗掘がこの渦によって支配されていると考えて上述の K-C 数と無次元最大洗掘深との関係を求めたのが図-4 である。この図から明らかのように最大洗掘深は砂連の有無及び後流渦の如何にかかわらず K-C 数の増加にともない増加する傾向を示している。しかし実験結果はかなりバラついており、今後砂連の発生限界及び底質特性の影響を明らかにし洗掘機構の解明を行なっていく予定である。

参考文献

- 1) 野田, 井保: 第11回海岸工学講演集 pp153~158 昭和39年
- 2) Donald R. Wells and Robert M. Sorenson: Sea Grant Publication No.208 Coastal and Ocean Eng. Div. Report No.113-C.O.E Jan. 1970
- 3) たとえば Roper, A., Schneider, V.R. and Shen, H.W.: Proc. 12th Congress of IAHR, 3, pp151~161 (1967)

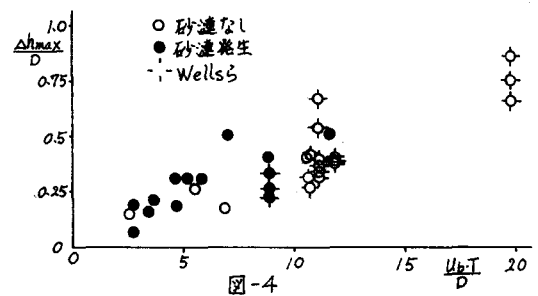


図-4

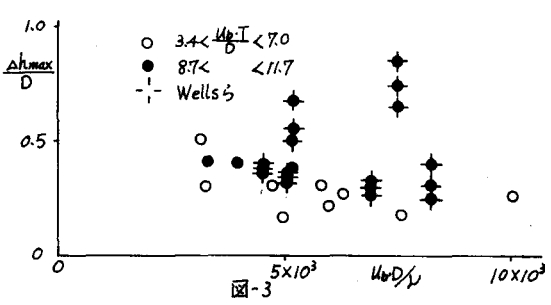


図-3