

大型円筒構造物近傍の底面せん断力に関する実験的研究

名古屋大学工学部 正会員 ○ 水谷 法美

名古屋大学工学部 正会員 岩田好一朗

1. はじめに： 構造物周辺に生じる局所洗掘は、構造物の安定性にきわめて重要な支障をもたらすため、その機構の解明及び洗掘量の定量的評価が必要である。局所洗掘は底面せん断力に大きく支配されるため、底面せん断力の特性を把握しておくことは極めて重要である。本研究は、これまであまり詳細に論議されていない波動場に複数個設置された大型円筒構造物周りの底面せん断力の特性について、水理実験を行い検討を加えたのでその結果の一部について報告するものである。

2. 水理実験： 実験は、名古屋大学工学部土木工学科の平面水槽（30mx10mx0.7m）で行われた。水槽には先端に勾配約1/15の斜面を持つ高さ7cmの水平床が設置してあり、正八角形のアクリル製底板に固定された円筒模型を水平床上に底面が滑らかに連続するように設置した（図-1参照）。円筒周りの底板には円筒外壁から2cm、8cmの位置にせん断力計が設置してある。静水深は水平床上で20cmで一定とし、半径 $a=23.6$ cmの円筒を一基（円柱間隔が無限大に相当）および二基設置した場合の底面せん断力を正八角形を回転させながら $\pi/4$ 間隔で8箇所変化させ、合計16箇所で計測した。同時に底面流速を電磁流速計で、水位変動を電気容量式水位計で計測した。なお、入射波の周期 T は1.0秒と1.4秒の2種類、波高 H_1 は各々の周期に対して非砕波と砕波の2種類（2.5cm、7.5cm）とした。また、円筒間隔 e は、 e/D を ∞ 、1.0、2.0の3種類変化させ、さらに波の入射方向 α を $\pi/2$ 、 $\pi/4$ 、 $\pi/8$ の3種類変化させた。計測した水位、流速、せん断力の時間波形を全て磁気テープに記録すると同時にペン書きレコーダーに出力させ、解析に使用した。

3. 数値解析： 実験結果をより詳細に論議するため、数値解析も併せて行った。本研究では、大口径の円柱を対象とするため、回折波の影響を無視できない。そこで、中村・奥¹⁾の解析手法と同様に、鉛直線湧出し関数を使った数値解析を行った。鉛直線湧出し関数を使うと回折波の速度ポテンシャル ϕ_D は次式で与えられる。

$$\phi_D = \frac{gk \cosh k(h+z)}{\sigma \cosh kh} \int_s f(X, Y) \frac{H_0^{(1)}(kR)}{4} ds(X, Y) \quad (1)$$

ここに、 g ：重力加速度、 k ：波数、 σ ：角周波数、 $H_0^{(1)}$ ：第1種 H_0 関数、 f ：湧出し分布関数、 R ：着目する点 (x, y) と湧出し点 (X, Y) の距離 $(=\sqrt{(x-X)^2+(y-Y)^2})$ である。上式を円柱表面での不透過条件を満たすように湧出し分布関数を決めれば速度ポテンシャルが決定でき、また、底面せん断力は速度ポテンシャルより求める底面流速を使って、線形層流境界層理論により計算できる。

4. 結果とその考察： 本報では、紙面の制約があるため、主に波が円柱列に対して直角に入射する場合を取り上げる。図-2に半径方向と接線方向の底面流速 (v_r, v_θ) の計測結果を例示する。同図に示すように、半径方向の流速に対しては、円柱間隔の効果はあまり顕著に現れていない。これは、円柱近傍では半径方向流速は全体的に小さく、円柱の間隔の効果が有意な差として現れなかったためである。一方、接線方向流速は、全体的には円柱が二基設置された場合の方が、特に円柱と向かい合う

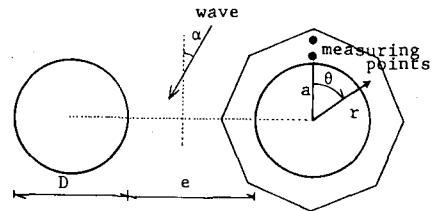


図-1 定義図

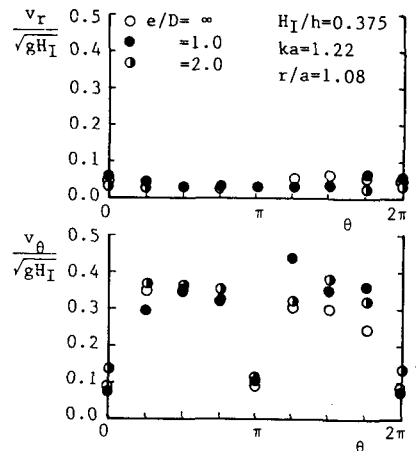


図-2 底面流速の変動特性

側($\theta > \pi$)で大きくなっているようである。しかし、各計測点に着目すると、必ずしも二基の円柱が設置された方が大きくなるとは限らない。図-3は、数値解析で求めた円柱近傍の流速分布の一例である。ただし、計算結果は波進行方向とその直角方向成分の振幅の絶対値で示してある。円柱近傍の流速場は円柱の存在によって発生する回折波と入射波とが形成する部分重複波の影響により大きく変化し、円柱間の中央やや前方で小さくなる。この部分は波高が最大になる付近であり、部分重複波の腹に当たるため水平方向流速は小さくなる。円柱間の後方部分では波高は小さくなり、水平方向流速、特に入射波の進行方向成分の流速が大きくなるのが認められる。図-1で円柱が向かい合う側の接線方向流速が増大するのはこの効果による。しかし、この回折波は、円柱間隔、水深波長比等により変化するため、結果として円柱周りに形成される波動場も大きく変化する。

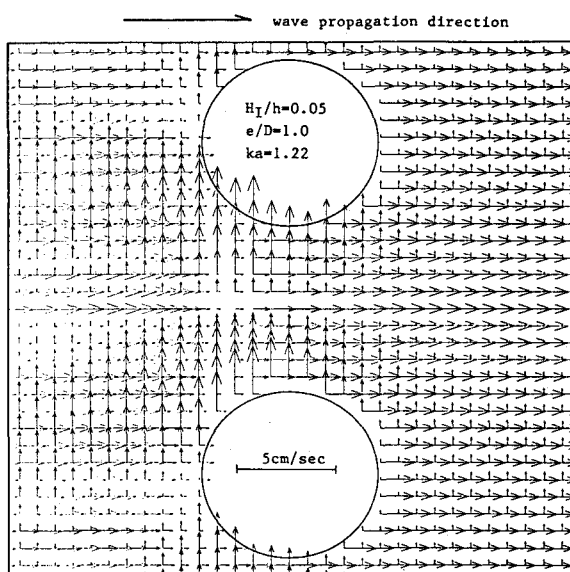


図-3 底面流速の分布(数値解析結果)

そのため、円柱間隔が小さくなくても小口径円柱間の場合のような著しい流速の変化は認められず、円柱間隔の効果があまり顕著でなかったと考えられる。

図-4に底面せん断力を無次元化した底面摩擦係数(f_r , f_θ)を例示する。底面摩擦係数は、場所による変動がかなり大きく、明瞭な傾向は認められないが、半径方向の摩擦係数は円柱から離れる方が大きくなる傾向が認められた。一方、接線方向の摩擦係数は、円柱が二基設置された場合、円柱と向かい合う側で大きくなる傾向があり、同一の流速に対しては大きなせん断力が作用することになる。特にこの範囲では、図-2に示したように、接線方向の流速は大きくなる傾向があるため、大きなせん断力が作用することになり、注意が必要である。

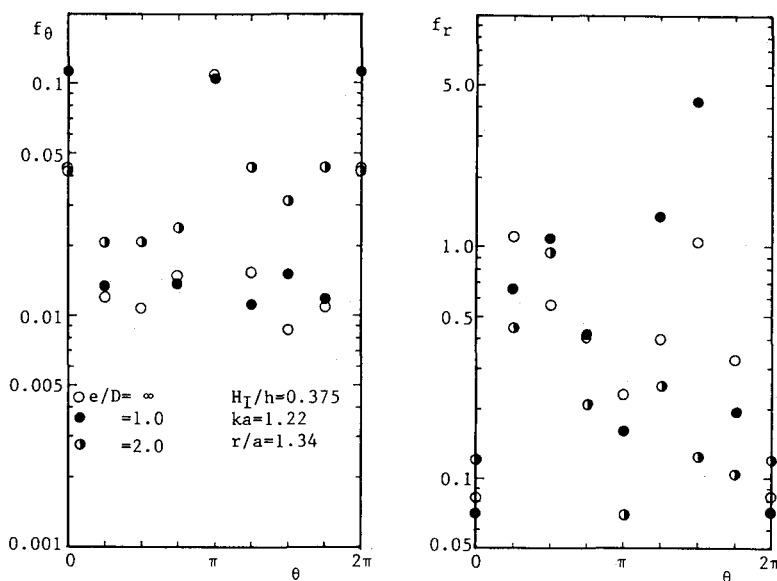


図-4 摩擦係数の変動特性

が作用することになる。特にこの範囲では、図-2に示したように、接線方向の流速は大きくなる傾向があるため、大きなせん断力が作用することになり、注意が必要である。

5. おわりに: 以上、限られた範囲の議論ではあるが、大型円筒構造物周辺の底面せん断力について論議してきた。その結果、円柱が二基設置される場合は、円柱間で大きなせん断力が作用することが判明した。しかし、円柱の間隔の効果は、小口径円柱の場合に比べて小さいようである。この点については、今後更に解析を進めながらより詳細に論議していく所存である。

《参考文献》 1) 中村・奥, 第32回海岸工学講演会論文集, pp. 594-598, 1985.