

## 円柱構造物による反射・回折波による海底地盤における有効応力応答と底質移動の解析

豊橋技術科学大学 学生会員 ○後藤志侑子, 吉野貴仁, 正会員 三浦均也, 松田達也

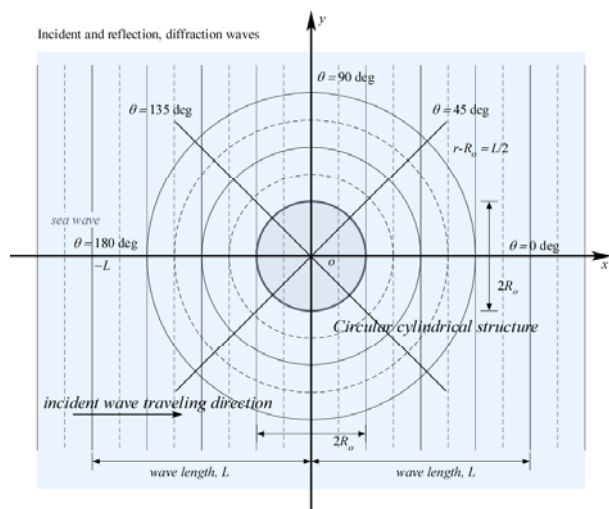


図-1 入射波を受ける円柱構造物

## 1. はじめに

海洋沿岸構造物の安定性において重要な課題である海底地盤の底質移動洗掘現象を円柱構造物の周辺において明らかにすることが本研究の目的である。円柱構造物による波浪の反射・回折波を数式解で解析し、地盤の有効応力の応答と流速の複合的な効果による底質移動挙動を検討する。本研究における波浪条件や地盤条件、海底地盤のモデル化と有効応力解析手法、底質移動の定量的評価法などは進行波と定常波を検討した参考文献<sup>1)</sup>と全般にわたって同様である。

## 2. 設定条件と波浪解析

円柱構造物は直立で地盤内に埋め込まれていること、また、十分な高さを有して海面上に突出して越波しないことを前提としている。構造物の半径は  $R_0 = L/4$  波長の4分の1と設定している。このような構造物に平面波が入射した場合の波浪の反射と回折挙動は微小振幅波理論で解析でき、すでに数式解が得られている<sup>2)</sup>。本研究ではこれを用いて海底地盤に作用する水圧変動と流速を算定し、地盤の有効応力応答、底質の移動を解析した。図-1に示すように構造物の中心に円筒座標系を設定し、入射波の進行は方向角  $\theta = 0 \text{ deg}$  の方向としている。図示のように放射状および同心円状の測線を設置して、その測線に沿って波浪や底質の移動挙動を検討する。構造物の側面は  $r = R_0/4$  であり、入射波を受ける前面は  $\theta = 180 \text{ deg}$  の方向、入射波に対して陰の位置に当たる背面は  $\theta = 0 \text{ deg}$  の方向となっている。

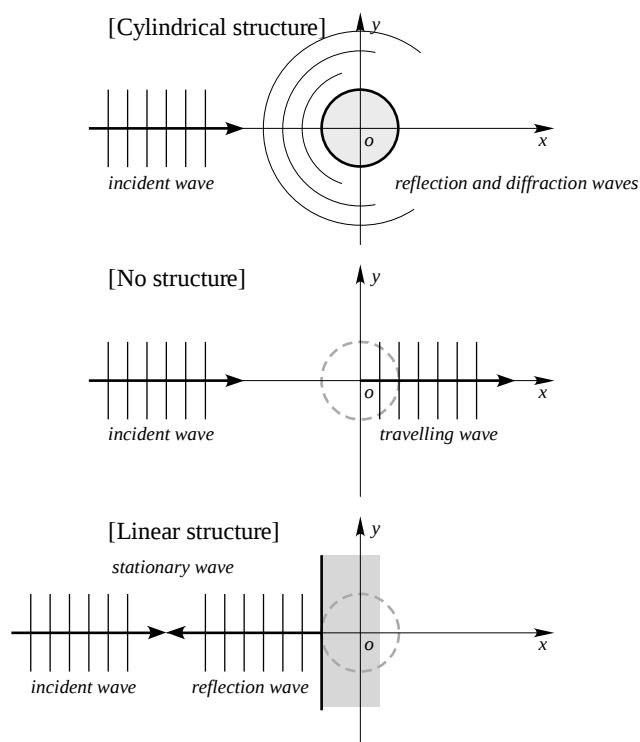
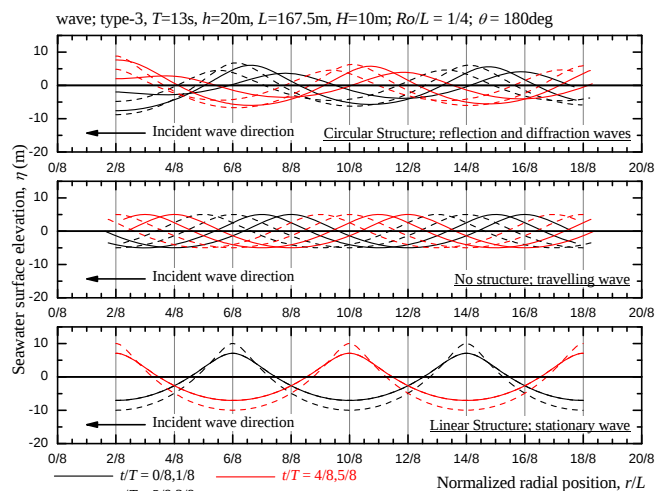
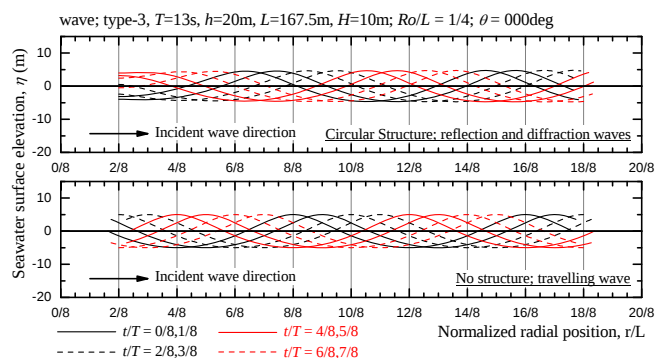


図-2 3タイプの波浪条件

図-3 海面の変動挙動；構造物前面  $\theta = 180 \text{ deg}$ 図-4 海面の変動挙動；構造物背面  $\theta = 0 \text{ deg}$

反射・回折波の挙動を明らかにするために、図-2 に示すように中段の進行波と下段の定常波についても適宜示し、比較検討した。

### 3. 波浪挙動の検討

図-3, -4 はそれぞれ、構造物の前面と背面における波浪の状況を海水面の形状変化で示している。図-3, 4 では2段目に進行波を、図-3 ではさらに下段に定常波を示している。図では横軸に波長で正規化した半径方向の距離  $r/L$  をとり、1周期を8分割して示し、時間とともに黒実線、黒破線、赤実線、赤破線と変化する海水面を示している。構造物前面では入射波の向きは負の半径方向、背面では入射波の向きは正の半径方向である。

円柱構造物前面（図-3）では、中段の進行波では一様な振幅で波が等速で通過するのに対して、下段の直線構造物に垂直に入射し全反射する定常波の場合には明瞭な腹と節が構造物表面では腹として4分の1波長ごとに繰り返してあらわれている。円柱構造物による反射・解析波を含む場合には、構造物の近くでは定常波のような腹と節が明瞭に認められるのに対し、構造物から離れるにしたがって定常波の特徴を弱め、進行波に近い挙動を示している。

円柱構造物背面（図-4）では、構造物の表面近くでは定常波の挙動がわずかに認められるが、全体的に進行波の挙動に近く、全体的に波の進行波4分の1波長ほど遅れていることが分かる。

### 4. 底質移動挙動の検討

図-5, -6 はそれぞれ、構造物の前面と背面における底質の移動状況を示している。横軸には正規化した半径方向の距離  $r/L$  をとり、1周期で蓄積される流量  $q_{cr}$  と貯留量  $Q_c$  をプロットしている。ちなみに条件の対称性により、底質の周方向（ $\theta$ 方向）の移動は生じていない。

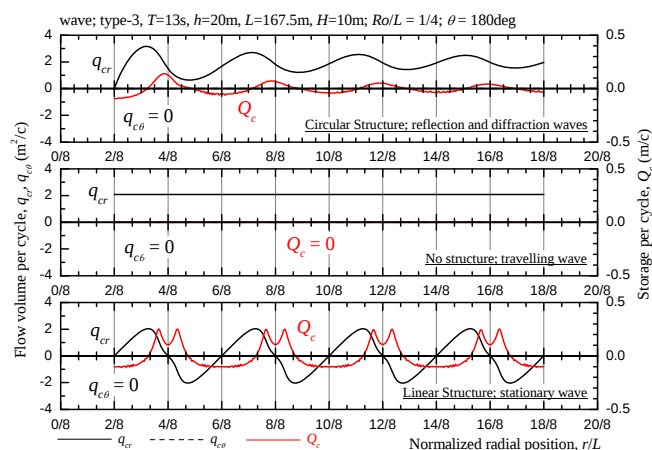


図-5 底質移動挙動；構造物前面  $\theta=180\text{deg}$

参考文献<sup>1)</sup>に示したように、底質は腹の近くでは浸食され、節を中心に堆積することが分かっているが、円柱構造物の前面（図-5）でも同様な底質の浸食と堆積が見られるが、その特徴は構造物から離れるにしたがって弱くなり、浸食と堆積の程度も減衰することが分かった。また、底質の蓄積的な流量  $q_{cr}$  は進行波と同様に常に構造物から離れる方向（正方向）である。

円柱構造物の背面（図-6）では前面とは異なり、底質の浸食や堆積はほとんど見られない。半径方向には一貫して構造物に向かう方向（負の方向）に底質の蓄積的な流量  $q_{cr}$  が認められるものの、この底質の移動量は構造物側面を背面から前面に向かって移動する流れによって相殺されていることが分かっている。構造物の表面に沿った周方向の流れについてはスペースの関係でここでは割愛する。

### 4. おわりに

円柱構造物周辺の波浪解析で得られる海底面での流速と水圧変動から海底地盤の有効応力挙動を算定し底質移動を定量的に評価した。円柱構造物の前面では定常波に特有の腹と節、これに伴う底質の浸食と堆積が生じることが分かった。一方、円柱構造物背面では、海底地盤の浸食も堆積も無視できるほど小さいことが分かった。海底地盤の有効応力応答を考慮することによって線形解析であっても構造物周辺の底質移動を定量的に評価できる可能性を示した。

#### 参考文献

- 1) 吉野貴仁・後藤志侑子・三浦均也・松田達也 (2017): “進行波および定常波を受ける海底地盤における有効応力応答と底質移動の解析”, 土木学会中部支部研究発表会.
- 2) 土木学会 (社団法人土木学会)「海岸波動一波・構造物・地盤の相互作用の解析法」第IV編 第3章 3.1 固有関数展開法 pp.301-309、1994.

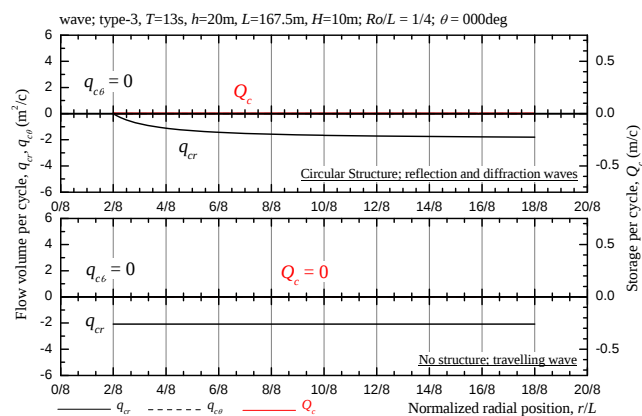


図-6 底質の移動挙動；構造物背面  $\theta=0\text{deg}$