

円形断面浮体の動揺と係留力に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂
 鳥取大学工学部 正会員 池内 智行
 鳥取大学工学部 学生員 ○池田 宗弘

1、はじめに

埋め立てにより大規模な人工島を建設する際、土砂投入により浮遊物が流出し、海水の濁り、汚濁の拡散等が考えられる。これを最小限に抑制するために汚濁防止膜が必要となる。本研究では、浮体部分に鋼管杭を使用する新しいタイプの汚濁防止膜の可能性を調べるためにその動揺特性を計算によって検討する。

2、浮体の形状および条件

浮体は図-1に示すように鋼管を用いた円形断面とし、特異点分布法により流体力を求め、動揺計算により係留力を求める。また、それらの結果に基づいて係留方法を検討する。計算ケースは浮体の直径は0.70m、長さは50m、100m、200mの3ケースとする。浮体は、直径20mmのワイヤーロープ（弾性係数 0.75×10^6 、破断強度 42tf）で係留するものとし50m間隔に設置する。水深は20m、波浪条件は4~20s、有義波高1.0mの不規則波とし、波向は30°、60°、90°とする。

3、波力および流体係数

波力および流体係数を求めるために特異点分布法を用いる。特異点分布法は、流体中の物体表面を要素分割し、Green関数を用いて要素内の湧き出し（要素内一定）を計算することにより流場の速度ポテンシャルを求め、物体表面の圧力を計算し、流体力および波力を求めるものであり浮体の付加質量と減衰係数は、浮体の動揺に伴う造波抵抗力から求める。水面下を図-2のように分割して計算を行った。不規則波による波力は、ブレッダシュナイダー・光易のスペクトルに基づいて不規則波を発生させる。各成分波に対する波力を求めて、これに位相差を考慮して合成することにより求める。また、特異点分布法によって求めた波強制力を評価するため円形断面積と等しい断面に換算した正方形断面浮体に作用する波強制力を断面分割法によって求め比較する。図-3にモデルを示す。両方の計算結果を比較した結果を図-4に示す。その結果、短周期波についてやや差が生じるものの長周期波については、ほぼ同一であることが確認された。以上によりその後の計算においては特異点分布法によって求めた波力を用いる。

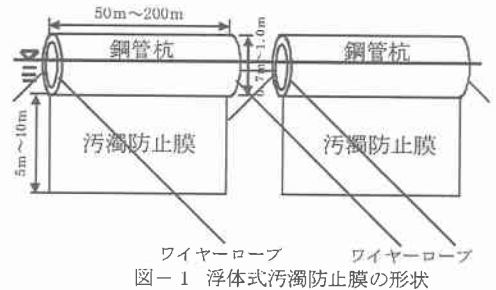
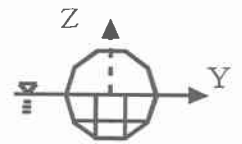


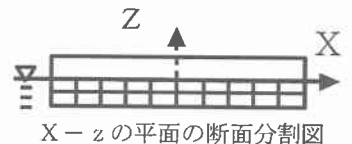
図-1 浮体式汚濁防止膜の形状



Y-Z平面の断面分割図



X-Z平面の断面分割図



X-zの平面の断面分割図

図-2 円形断面浮体の分割図

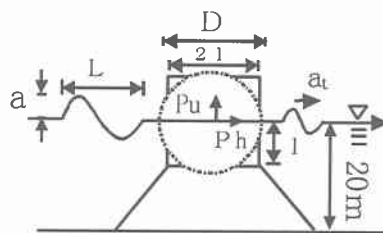


図-3 正方形断面浮体モデル

D : 円形浮体の外径

D = 0.70m

2l : 正方形浮体の外径

2l = 0.62m

Ph : Sway方向の波強制力

Pu : Heave方向の波強制力

4、動揺シミュレーションによる動揺量と係留力の計算結果

動揺量は、Surge、Sway、Heaveの平行運動とRoll、Pitch、Yawの回転運動の6成分について考える。また、係留系は、バネ定数、特異点分布法により求めた流体力及び波力について運動方程式を考え、係留力を求める。

50m浮体、100m浮体、200m浮体とも当初設定した係留方法ならびに、係留本数では全て破断した。

そこで、いくつかの計算を行った結果、50m浮体で波向きが 30° の場合には係留が可能であった。また、係留系の破断原因を roll 方向の回転運動であると考え、これを抑制するよう係留本数、係留方法を変更して解析を試みた。バネ定数は、実際に使用されるワイヤーロープの諸元を用いた。係留形状及びこれらの条件での動揺量と係留力の計算結果を図-5 に示す。

Yaw および Pitch 方向の動揺量は微小であるが、浮体端部の水平移動量は約 1.0m になるので、浮体端部の係留索には大きな係留力が生じる。

ワイヤーロープの破断強度 42tf に対して、No.2 の係留系で 41.7tf の大きな係留力が作用しており、破断寸前の状態であると考えられる。また、他のワイヤーロープの係留力も 30tf を越える。

5、係留系の考察

以上の計算結果より、浮体長が 50m 以上であると係留索に作用する係留力も過大になるので係留は不可能であるといえる。

また、今回流体力の計算を行った際、円形断面浮体の重心と浮心の位置が近かったため、roll 方向の復元力が小さかった。また、波向きが 30° 、 60° 、 90° と増加していくにしたがって roll 方向の波強制力も増加するため、波向きによっては浮体に大きな roll 方向の回転運動が生じる。そのため、係留索に大きな係留力が発生し、破断したものと考えられる。

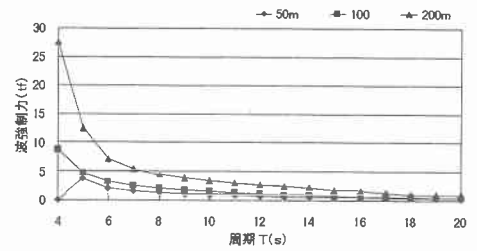
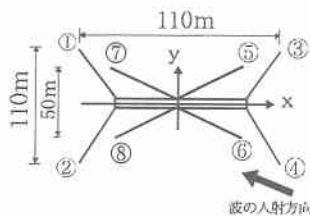
したがって、浮体に汚濁防止膜を連結させることで、これに作用する流体力により roll 方向の復元力が大きくなると考えられるため、これを含めた浮体形状での検討が必要である。

また、roll 方向の回転運動を抑制する係留形状の検討も必要である。

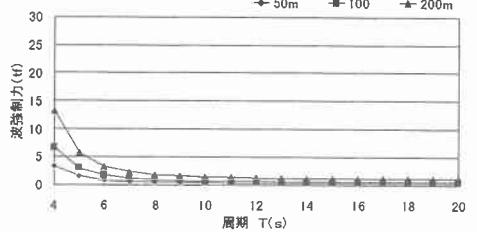
6、結論

本研究において、汚濁防止膜に用いる円形断面浮体の可能性を検討するため種々の条件で検討を行った。その結果、50m 以下のものでは実現可能であることがわかった。また、これらの検討結果より浮体長をさらに短くすることの可能性も考えられる。

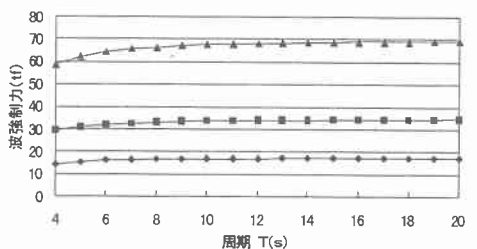
今後は、汚濁防止膜のモデル化を図り、また係留系の形状を再考し検討を進める。



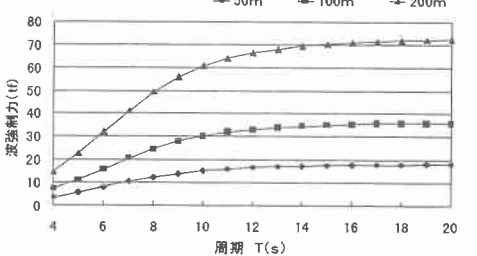
特異点分布法によるSway方向の波力



特異点分布法によるHeave方向の波力



正方形断面浮体によるSway方向の波力



正方形断面浮体によるHeave方向の波力

図-4 円形断面浮体と正方形断面浮体との波強制力の比較

重心位置20.0m		
動揺量 (m)	surge	0.22
	sway	0.026
	heave	1.07
動揺量 (rad)	roll	3.5
	pitch	0.038
	yaw	0.047

係留系番号	バネ定数	引張り力 (tf)
No.1	35.0tf/m	32.86
No.2		41.74
No.3		38.93
No.4		34.57
No.5	58.0tf/m	35.5
No.6		33.88
No.7		34.23
No.8		33.7

図-5 条件下での動揺量、係留力の結果