

報告番号 ^{*} 甲 第 2250 号

主論文の要旨

題名 没水球体に作用する液カの特
性に関する基礎的研究

氏名 水谷法美

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	水谷法美
<p>海岸・海洋開発の進展にともない、海岸・海洋構造物の建設機会が増大するとともに、今後その形状の多種多様化と設置位置の大水深化が進むことが考えられる。本研究は、海岸・海洋構造物として没水球状構造物を取りあげ、没水球体に作用する波力の特性を考究するものである。海岸・海洋構造物を設計する際、外力である作用波力の正確な算定が最も重要な基本事項の一つである。海岸・海洋構造物として使用頻度の高い円柱に作用する波力に対する研究成果はこれまでに多く蓄積されているが、三次元物体の代表的形状である球体に作用する波力の特性に関しては、これまでほとんど論議されていない。</p> <p>一般に、波力はその発生機構から回折波力、慣性力、抗力と揚力に分けられ、物体の代表径が入射波長に比べて小さく、物体による波の変形が小さい場合、物体に作用する波力は慣性力と抗力の線形和で表される Morison式によって算定されることが多い。一方、物体が大きくなり、波の変形が無視できなくなると、回折波力が作用波力として卓越するようになり、Morison式は使えなくなる。しかし、没水球体による波の変形と回折波力をこれまで厳密に扱った研究はなく、回折波力に及ぼす球径の大きさ、設置位置の効果などは論議されておらず、回折波力の卓越する領域と無視できる領域は明らかにされていない。このため、Morison式の適用可能な範囲は未解明であるのが現状である。また、Morison式が適用できる範囲の波力に対しても、同式中の波力係数の特性は十分に解明されていない。さらに、球体が自由表面と底面の境界近傍に設置された場合、境界の近接効果によって生じる揚力の影響などにより Morison式は適用できなくなるが、この場合の波力算定式は提案されておらず、新しい波力算定式を確立しなければならない。</p> <p>このように、没水球体に作用する波力には解明すべき実に多くの問題が残</p>				

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	水谷法美
<p>されている。本研究では、まず、規則波による波力を論議し、その基本的な特性を解明する。ついで、二成分波と不規則波の波力の特性を究明し、波力に及ぼす波の不規則性の影響とその機構、および不規則波による波力の予測について考究する。本研究の構成を以下に述べる。</p> <p>第1章では、波力の特性を解明するにあたり、波力を発生機構の面から分類し、それぞれの波力の特性を明らかにする考え方を述べ、本研究の立場と意義、および目的を明らかにした。</p> <p>第2章から第6章までは、波力の基本的な特性を解明するため、規則波による波力の特性を考究した。</p> <p>第2章では、没水球体に作用する回折波力の特性をハイブリッド法を使った数値解析結果に基づいて究明した。そして自由表面上に天端を持つような直立円柱の場合とは異なり、球径と入射波長との比である回折パラメーター以外に、球径水深比と球体の相対設置水深が回折波力を支配する重要なパラメーターであることを明らかにした。ついで、回折波力が卓越する範囲と回折波力を無視できる範囲を回折波力の大きさ、球体による波の変形の大きさに関連づけながら論じ、それぞれの範囲を明示した。</p> <p>第3章から第6章までは、球径が入射波長に比して小さく、波の変形がなく、回折波力が無視できる場合の規則波による波力を究明した。</p> <p>まず第3章では、球径が小さい場合に支配的な慣性力、抗力と揚力の発生機構を大きく支配する球体周りの流れの構造を可視化実験を行って議論した。まず、球体周りの流況を、水粒子の運動成分と球体からの流線の剥離に着目し、(a)振動非剥離型、(b)振動剥離型、(c)回転非剥離型と(d)回転剥離型の4つのタイプに分類できることを解明した。そして、これらの流れの構造を支配するパラメーターとして水粒子の楕円軌道の大きさ、Keulegan-Carpenter</p>				

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	水谷法美
------	-----	---	----	------

数と Reynolds 数が卓越していることを示し、4つの流況のタイプの出現限界を明らかにした。ついで、最大波力と剥離渦の関係を解明し、剥離渦の存在が最大波力を支配していることを明らかにした。

第4章では、波進行方向、および鉛直方向の波力を取りあげ、波力の最大値、Morison式の適用性、および波力係数などの特性を究明した。まず、波一周内に作用する極大波力の数に着目して、作用波力には、(a)単峰型、(b)双峰型と(c)不規則波型波力の3つのタイプがあることを明らかにした。波進行方向の波力はすべて単峰型であり、その波力の算定に Morison式を適用できるが、双峰型と不規則波型波力は、球体周りの流況が振動パターンになる場合、また、球体が自由表面と底面の近傍に設置された場合の鉛直方向波力に出現し、これらの波力の算定には Morison式を適用できないことを明らかにすると同時に、Morison式の適用範囲を明示した。ついで、Morison式が適用可能な範囲の慣性力係数と抗力係数を球体近傍の流れの構造と関連づけて考究し、その特性を明らかにするとともに、その定式化を行った。さらに、最大波力の特性を議論し、その特性を明らかにした。

第5章では、Morison式が適用できない自由表面と底面近傍に球体が設置された場合に作用する鉛直方向波力を取りあげ、作用波力に及ぼす自由表面と底面の近接効果を考究した。底面近傍に球体が設置された場合、抗力と慣性力以外の発生機構を持つ波力にはポテンシャル的な成分と非ポテンシャル的な成分の2つがあることを明らかにした。ポテンシャル的な波力の成分の算定式はないため、Lambの理論を拡張し、波力算定式を新たに提案した。そして、この波力算定式が底面境界の近接効果のある波力を精度よく算定することを明らかにすると同時に、同式中の波力係数の定式化を行った。ついで、自由表面近傍に設置された球体に作用する波力の発生機構、波力の時間波形、

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	水谷法美
------	-----	---	----	------

最大波力などの特性を究明し、自由表面の近接効果のある波力の算定式を新しく提案した。新しい波力算定式は、実際に球体に作用する波力の時間変化をきわめて精度よく算定できることを明らかにし、同式中の波力係数の定式化を行った。

第6章では、波峰方向に作用する波力、すなわち波峰方向に作用する揚力の発生機構や揚力の時間変化、最大値、周波数特性などを考究した。揚力は、剥離渦の非対称性、剥離域の振動、あるいは非剥離流れの流況でも存在する球体表面の流線の乱れなどによって作用することを解明した。揚力は非常に複雑に変化する波力であるが、その最大値は、波進行方向、鉛直方向に作用する波力と異なり、剥離渦の有無にかかわらずほぼ流速の1乗に比例することを指摘した。また、球体が底面と自由表面近傍に設置された場合、最大で波進行方向波力と同程度、鉛直方向波力の2倍以上の大きさになることもあり、没水球体に作用する波力を考慮する上で重要な波力成分であることを明らかにした。

第7章と第8章では、回折波力が無視でき、さらに自由表面と底面の影響も無視できる場合の二成分波と不規則波による波力を取りあげた。

第7章では、不規則波の最も簡単な形である二成分波を取りあげ、二成分波による波力の発生機構と波力の特性を単一成分波である規則波の波力と比較しながら考究した。まず、波別解析波の波力と波力係数は、同一の波高と周期を持つ波であっても、波高が増大する過程（波高増大過程）と波高が減少する過程（波高減少過程）の波では大きさに差のあることを明らかにすると同時に、その形成機構として、流速と位相差のある波力を生じる粘性抵抗力、先行波で形成された剥離渦の挙動が重要であることを指摘した。そして、波高増大過程と波高減少過程の波の波力と波力係数の差は、引き続く波の波

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	水谷法美
<p>高の変化の大きい方が大きくなることを明らかにし、波の時系列特性が波力と波力係数を大きく支配することを解明した。ついで、二成分波の波力の予測について論議し、第4章で定式化した規則波と同じ波力係数を使えば、二成分波の波力の平均量を精度よく推算できることを明らかにした。</p> <p>第8章では、実際の波浪を想定した不規則波による波力の特性を究明した。まず、波高の変化と周期の変化が不規則波の波力を大きく支配すること、そして、その機構を支配する物理量として流速と加速度の相対的な大小関係が重要な要因となっていることを解明した。ついで、不規則波の平均的な波力係数は、規則波の波力係数とほぼ等しいことを明らかにし、不規則波力の予測手法を論議した。慣性力が支配的な場合の作用波力の極大値の確率分布は波高の確率分布と相似になるため、極大波力の1/10最大値、1/3最大値と平均値のような平均統計値は、それぞれ1/10最大波、1/3最大波と平均波と第4章で定式化した波力係数を使って直接推算できることを明らかにした。</p> <p>第9章は結論である。</p> <p>以上のように、本研究は没水球体に作用する波力を対象にして、その基本的な特性を解明した基礎的研究であり、任意形状の三次元物体に作用する波力の発生機構や基本的特性などの解明のために重要な寄与をすると同時に、捨石斜面の捨石の移動限界や安定重量の正確な算定、あるいは複合球体構造物など新しいタイプの海岸・海洋構造物の開発のために大きく貢献するものである。</p>				