

氏 名	山 口 正 隆 やま ぐち まさ たか
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 709 号
学位授与の日付	昭 和 49 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	柱体に作用する波力と重複波の波圧に関する基礎的研究

(主 査)

論文調査委員 教授 土屋義人 教授 岩垣雄一 教授 長尾義三

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、有限振幅波理論に基づく波圧・波力に及ぼす波の非線型性の影響を解明するという立場から、非碎波の波によって剛な小口径柱体、大口径円柱および壁体に作用する波圧・波力の適確な推定法の確立のために、系統的な基礎研究を行なったもので、5章から成立っている。

第1章緒論では、柱体や壁体に作用する波圧・波力の適確な推定法の確立が海洋構造物の設計において必須であり、また海岸工学や海岸水理学上の基礎的課題であるにもかかわらず、これらの問題の究明は必ずしも十分でないことを示し、この論文の目的および研究方法と内容の概要を述べている。

第2章では、波長に比べて柱体の特性長が十分小さく、柱体による波の変形が無視できる場合について、非碎波の波による全波力の推定法を確立するために、鉛直円柱、鉛直角柱および水平円柱を対象とした基礎研究を行なっている。すなわち、まず現在の有限振幅波理論では、波速の決定のために Stokes の第1および第2定義といわれる付加的条件が必要であり、これらの定義による理論結果の差異が明確でないことを指摘して、第2定義を用いて Stokes 波の第4次近似解およびクノイド波の第3近似解を追計算している。そして、波の特性に関する理論および実験結果との比較から、水位変動については波速の定義による相違はなく、両者はよく一致するのに対して、波速および水平水粒子速度はむしろ第2定義による Stokes 波の第4次近似解と一致することを見出している。このことから、波力の算定に用いる有限振幅波理論としては、第2定義によるものの方がより適切であることを指摘している。また、Laitone によるクノイド波理論は著者が追計算した Chappellear のそれより低次の近似解であることを明らかにし、それらの相互の関係を見出している。

つぎに、Morison の波力算定式に有限振幅波理論を導入し、柱体に作用する全波力の計算式を誘導するとともに、鉛直円柱、鉛直角柱および水平円柱の実験結果から抗力係数および質量係数を算定し、波や柱体の特性との関係を詳細に検討している。その結果、いずれの抗力係数も Reynolds 数および Keulegan-Carpenter 数の関数となり、同一の Reynolds 数に対して Keulegan-Carpenter 数が大きいほど抗力係数

が小さくなることや水平円柱の場合には近接効果と鉛直水粒子速度による水平方向の揚力などを受けて、水平水粒子速度を用いて評価される抗力係数は鉛直円柱の場合に比べて若干大きくなることを見出している。一方、質量係数は波高・柱体特性長比とともに若干減少するが、水平円柱の場合にはこのほか設置水深の影響や近接効果を受けることを明らかにしている。これら両係数を一定として計算される全波力の時間的な変化と実験結果とを比較して、両係数の位相変化は全波力の時間波形に大きな影響を及ぼさないことを明らかにしている。ついで、これらの関係で表示される両係数を用いた全波力の計算結果は、鉛直角柱の場合には実験値より若干小さくなるが、鉛直円柱および近接効果が無視できる水平円柱に対しては、実験値とよく一致することを確認している。さらに、鉛直柱体の最大無次元全波力は実験結果の範囲内で波高・柱体特性長比と密接に関係づけられることを示すとともに、水平円柱の場合には、このほか水深・波高比に依存し、比水深や設置水深によってあまり変化しないことおよび水底のごく近傍では近接効果が現われて波力がかえって増大することを実験的に見出している。最後に、傾斜海浜上の鉛直円柱に作用する全波力の推定に対しても有限振幅波理論を用いた波力算定式の適用が可能であることを示している。

第3章においては、大口徑円柱に作用する波圧・波力に及ぼす波の非線型効果を究明する観点から、せつ動法を用いて非線型回折波理論の第2次近似解を求め、波圧、水位変動および全波力の表示式を導いている。そして、波の非線型性を考慮した場合には、これらの時間波形が非対称になることや全波力に及ぼす波の非線型効果は比水深の小さい場合を除いてかなり小さいことを明らかにしている。さらに、質量係数は直径・波長比のみでなく、比水深および水深・波高比によって変化し、比水深が大きく、水深・波高比が小さいほど減少することを明らかにするとともに、波圧、水位変動および全波力に関する実験結果との比較から、著者の理論の妥当性を確かめている。その結果、とくに波圧に対しては、円柱前面において波の非線型効果が強く現われることや円柱側面においては時間波形の非対称性をもっとも顕著になることを見出している。

ついで第4章においては、壁体に作用する波圧の適確な計算法を見出すために、せつ動解による有限振幅重複波理論の境界条件に対する適合性と実験結果への適用限界を検討している。まず、せつ動解の全位相についての平均的な適合性を検討するための基準を用いて、自由表面における2つの非線型境界条件に対する誤差を評価し、それらを比較することによって、境界条件に対する適合性を検討し、つぎの結果を得ている。すなわち、比水深が大きい場合には、せつ動解の境界条件に対する適合性がよいが、小さくなるにつれて悪くなることを示し、また逐次近似を進めるに従ってその適合性が改善される領域を見出している。ついで、波圧の実験結果との比較から、せつ動解の適用限界を波の特性との関係で図示している。また、とくに波の峯の位相における同様な適合性と波圧に対する適用限界との関連を検討した結果、比水深が比較的大きい場合には、解の高次化によってその適合性が急速によくなり、また高次解ほど適用限界が広くなるという適合性と適用限界との相互関係を明らかにしている。さらに、越波のある場合の壁体に作用する波圧特性に対して同様に検討し、越波による波高の減少量を考慮すれば、この場合の波圧も有限振幅重複波理論によって算定できることを見出している。

第5章は結論であって、この研究によって得られた成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、構造物に作用する波圧および波力に及ぼす波の非線型効果の解明という観点から、非碎波の波によって剛な柱体や壁体に作用する波圧・波力に関する系統的な基礎研究を実施したものであって、得られた主な成果はつぎのように要約される。

(1) 柱体による波の変形が無視できる場合、鉛直円柱、鉛直角柱および水平円柱に作用する全波力を推定するために、有限振幅波理論を導入した波力算定式を提案した。まず、従来波速に対する Stokes の第 1 定義を用いて展開されていた Stokes 波理論およびクノイド波理論を第 2 定義によって追計算し、波の諸特性に関する実験結果との比較から、第 2 定義による有限振幅波理論がより適合性がよいことを見出した。一方、波力算定式に含まれる抗力係数が Reynolds 数および波動運動の非定常性を表わす Keulegan-Carpenter 数の関数として表示されること、また質量係数は波高・柱体特性長比の増大とともに若平減少する傾向があること、さらに水平円柱の場合には近接効果などの影響をも受けることを明らかにした。ついで、全波力の実験結果との比較から、これら両係数を用いた全波力の算定式の妥当性を確かめるとともに、この算定式が傾斜海浜上の非碎波の波による鉛直円柱の全波力の算定に対しても適用できることを示した。

(2) 大口径円柱に作用する波圧・波力に及ぼす波の非線型効果を究明するために、せつ動法を用いて非線型回折波理論の第 2 次近似解を求め、波圧、水位変動および全波力の表示式を導いた。波の非線型性を考慮した場合には、これらの時間波形は非対称になるが、最大全波力に及ぼす波の非線型効果は比水深の小さい場合を除いてかなり小さく、また質量係数は直径・波長比のみならず、比水深および水深・波高比などによって変化し、比水深が大きく水深・波高比が小さいほど減少することを理論的に明らかにした。さらに、波圧、水位変動および全波力に関する実験結果との比較から著者の理論の妥当性を確かめるとともに、とくに波圧に関しては円柱前面において波の非線型効果が強くあらわれ、側面において波圧の時間波形の非対称性が顕著になることを見出した。

(3) 壁体に作用する波圧の適確な計算法を見出すために、せつ動解による有限振幅重複波理論の自由表面における非線型境界条件に対する適合性と実験結果への適用限界を検討した。すなわち、せつ動解の全位相に対する適合性の基準を用いて、比水深が大きい場合には、せつ動解の適合性がよいが、小さくなるにつれて悪くなることを示し、また逐次近似を進めるに従ってその適合性が改善される領域を図示した。一方、波の峯の位相における同様な適合性と波圧に対する適用限界との関連を検討し、比水深が比較的大きい場合には、解の高次化によってその適合性が急速によくになり、高次解ほどその適用限界が広がるという適合性と適用限界との関係を明らかにした。さらに、越波のある場合の壁体に作用する波圧は、越波による波高の減少量を考慮すれば、有限振幅重複波理論によって算定できることを見出した。

以上要するに、本論文は非碎波の有限振幅波による剛な柱体や壁体の波圧・波力に関する系統的な基礎研究を実施し、新しい多くの知見を得たものであって、本論文の成果は沿岸海洋構造物の設計や沿岸海洋災害の防止などに対して学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。