



海岸構造物による波の変形の解析に関する研究

梅田, 眞三郎

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

1982-03-31

(Date of Publication)

2008-06-04

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲0368

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1000368>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	梅 田 眞三郎 (山口県)
学位の種類	学 術 博 士
学位記番号	学博い第3号
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
学位授与の日付	昭和57年3月31日
学位論文題目	海岸構造物による波の変形の解析に関する研究

審 査 委 員	主査 教授 筧 源 亮	
	教授 木 村 雄 吉	教授 坂 口 忠 司
	教授 西 村 昭	

論 文 内 容 の 要 旨

国土利用の多様化から洋上石油備蓄基地、料上発電プラント、貯炭バージなどの海面を利用する設備の建設や沿岸部における種々の構造物の構築あるいは臨海埋立地の計画などが進んでいる。これらの施設に伴う波の変形問題に関して種々の研究が行われている。構造物の外力としての波力に関する研究などがその例である。

波が構造物に出会うと、構造物によって反射、透過あるいは回折等の現象を起こす。波力の算定や波高減衰問題等にはその現象の解明が重要である。従来、この種の問題は実験的及び理論的な解析で研究が進められており、その成果が着実に得られつつある。しかしながら最近の海岸構造物の多様化や大型化などにしたがってこれら構造物による波の変形は複雑となり、それに伴う理論的な取扱いは厳密性が充分追求されるまでに至っていない。それにもかかわらず、計算方法のみが実用的な面から複雑化している。この研究手法が科学的にみて基本的な面から離れていくため、今一度研究の原点に立ち帰り、現在に至るまでの研究の過程を洗い直してみた。幸いなことに、本研究にてその問題点を明らかにすることができ、波の回折に関する解析方法を発展させることができた。

そもそも光の回折理論においては、回折現象の複雑さから厳密に解を求めるには数学的に非常に難しい。そのため光の波長と回折の対象となる構造物の大きさの比較から近似を導入している。従って、物理的な直観から短波長の極限でよい近似が期待されるが、数学的には厳密ではない。さらに構造物が波長程度になると、光の回折理論をそのまま適用することは物理的にもかなりの問題が生じる。海の波の場合には、かつてのほとんどの構造物は波長に比べて小さかったが、最近では波長と同程度の構造物がみられるようになってきた。これらの場合には、理論解を数学的により厳密に求め、物理的解

釈を補足する必要があると考えられる。

本研究では、波長と同程度の大きさの円柱構造物による波の回折問題をその例にとり上げ、理論特性を数学的及び物理的に検討するとともに理論解を厳密に導き、従来の解との比較及び光より波長の長い超音波による実験結果との比較から波の回折問題を充分解明することができた。以下に各章ごとの結論を要約し、その成果をまとめる。

まず第1章にて、上述の問題提起から研究目的及び方針を明らかにし、本論文の構成について述べた。

次に第2章では、光の回折理論から始まった微小振幅波理論による波の回折に関して著者の知り得る限りの研究論文の整理、検討からその解法の種類と特徴をまとめた。その結果、海岸構造物の大型化に伴って従来の光の回折理論にみられる波長と構造物との大きさの比較における近似が問題であるということが改めて明らかになった。波力の解析、船舶の接岸問題や汚濁拡散問題などでは、さらに構造物近傍における回折精度の向上が期待されていることが強調されている。このような問題点とその他の特徴をまとめることによって、次章以後の研究の位置付けを行うことができた。

その問題点の解明を目的として第3章で、円柱群による波の回折に関して、波長と円柱径の大きさが同程度の場合の二本の大型円柱構造物による波の回折問題に、線型波の回折理論を適用し、理論解を求めた。円柱間隔が波長に比べて大きい場合の理論近似級数解も求めた。まずこの級数解の収束性を検討した結果、すべての場合に収束し、また円柱への入射、反射のポテンシャルをどの程度まで考慮すべきかを調べたところ、円柱径や円柱からの距離及び角度によってそのポテンシャルのとるべき項数が異なることが明らかになった。これらの検討に基づいて、円柱間隔を2波長にとった場合の種々の円柱径に対して、円柱による波の相互干渉を調べた。その結果、二本の円柱の場合に円柱周辺1波長程度まではその円柱の影響が強く、それより遠方に行くにしたがって他の円柱の影響を受けだすけれども、特に円柱半径が $\frac{1}{3}$ 波長以上になるとそれが顕著になることがわかった。さらに複数本の場合の解も二本の級数解の誘導と同様にして導き、計算例を示した。このような構造物による波の回折特性を把握することができた級数解と従来のBessel coordinate transformationによって導いた解との差異も調べてみた。後者のBessel coordinate transformationによる解は、二重の級数形で表わされているため、円柱径が大きくなった場合や座標点によっては解の収束性が悪い場合が存在するが、厳密に収束する座標点にて前者との解の比較を行った結果、ほとんど差がないことがわかった。

これらの計算による解析結果の妥当性を実証するために、第4章にて光と比べて波長の長い超音波による回折実験を行った。超音波の音場に光をあて、音波面や回折の映像を光学的映像法の一つであるシュリーレン法によって求めた。その結果、音波面と回折の映像を同時に得ることができた。得られた回折像では、位相波面の峰線が急激に変化する付近を濃淡の曲線が横切っており、計算結果の位相変化から求められる峰線の最急勾配点はその曲線上に存在することがわかり、実験によって計算による解析結果の妥当性を実証することができた。

これまでの波の回折計算法とは趣きを異にする数値実験的な解析方法である数値波動解析法によ

ても波の回折計算を行うことができる。この解析方法をとり上げた第5章では、任意境界の例として透過性防波堤を有する港内の波高分布を求める数値波動解析法において不備な点があった境界流量の算定方法を改良して、透過率0~1の間の任意透過率にて解を求められるようにし、その基礎的な検討を行った。その結果、海岸構造物による回折散乱等に関する数値実験的な波浪変形計算手法を確立させるに至った。

以上のように本研究では、円柱構造物や透過性防波堤などの任意境界を有する海岸構造物による波の変形問題に関して、従来の解析方法における問題点を究明することによって新たな解析方法を提案するに至った。

論文審査の結果の要旨

本論文は、海岸構造物による波の変形について研究がなされたものである。本論文の内容を大別すると、① 多数の円柱群構造物による波の回折に関する理論的研究、② 超音波可視化法を改良した模型回折実験による研究、③ 波の非定常運動に注目した構造物透過波の数値による研究の3部の研究に分類される。これらの研究では、従来の理論、あるいは実験法を発展させ、改善し、新しい知見を得ている。またこれら3部の研究成果を総合し、海岸構造物設計のための基礎理論を明確化した。

その成果を要約すると、次のとおりである。

① 多数の円柱群構造物による波の回折に関する理論的研究について

(a) これまでほとんど試みられなかった波の波長と同程度の大きさの直径をもつ円柱が複数本存在する場合の波の回折を厳密に取り扱い、その理論解を求め、解の収束性・特異点等を明らかにするとともに円柱径、並びに円柱の配列の違いによる回折波の性質を明らかにした。

(b) 上記の(a)の研究により求めた理論級数解は、項別にすべて異なった複雑な形を有するもの故、実用上、これが簡単な形にまとめられる場合を検討し、簡単な級数形式で表現させることに成功した。この近似解は、実用上支障がないのみならず、特異点がなく、収束性もこれまでのいずれの方法よりもよいことを特徴としている。

(c) 更に、円柱の回折研究においてよく用いられるBessel Coordinate Transformationによる解との差異を明確にした。

② 超音波可視化法を改良した模型回折実験による研究について

波の回折実験として、従来の超音波可視化法に改良を加え、波の振幅、位相、角速度の3要素のみならず、回折影像のすべてを定量計測可能なものとし、①の理論解の検証を行った。

③ 波の非定常運動に注目した構造物透過波の数値による研究について

任意構造物の透過波の非定常運動は、実用上、透過係数等を用いた数値波動解析法により求められることが多いものの、よく計算過程において、発散、振動を生じる。本研究では、この手法に時間遅れ、係数評価等の改良を加え、発散、振動のない数値実験法とし、その実用性を高めた。

上述のように本論文は、複数構造物による波の変形を取扱った研究であり、これまで取扱いが困難

であった波の変形を理論的に簡明化した。本研究の方法を適用すれば、複雑な海岸構造物の設計に必要な波力等も容易に得られ、適確な設計が可能となる。また、本研究は海の波を直接の対象としているものの、その成果は、そのまま音、光等にも適用可能であり、ホログラフイ法等新しい手法の発展にも役立つものと考えられる。

以上、本研究は流体以外にも音、光に関連する総合的な価値ある研究であり、論文提出者 梅田眞三郎は、学術博士の学位を得る資格があると認める。