



# ホログラフィ理論を基礎にした円柱群配列による海岸波浪制御に関する研究

檀, 和秀

---

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1993-09-24

(Date of Publication)

2009-03-04

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙1755

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3078459>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2001755>

※ 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)	壇 和 秀 (兵庫県)
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	博ろ第77号
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位授与の日付	平成5年9月24日
学位論文題目	ホログラフィ理論を基礎にした円柱群配列による海岸波浪制御に関する研究

審査委員	主査 教授 篁 源 亮
	教授 木 村 雄 吉 教授 桜 井 春 輔

### 論文内容の要旨

透過型の消波構造物は海水交換が可能であり、その消波効果が十分であればすぐれた消波構造物である。従来の鋼管杭を用いた透過型消波構造物は鋼管の配列が等間隔であって、その列数を多くしたものや、千鳥配列にしたといったものであった。本研究はホログラフィ理論を応用して透過型の消波構造物の構造を逆解析的に決定した。その消波構造物の構造として円柱杭群を選び配列を決定しようとした。光ホログラフィで言うホログラムに相当する構造物が円柱杭群になるので、円柱杭の間隔を変化させることでホログラムの干渉縞の役割をしている。また決定された透過型の円柱群構造物に來襲波浪を想定した入射波をあてて波浪制御状況を理論と実験からも確認しようとした。以下、各章で得られた結果をまとめる。

第1章では消波構造物をエネルギー減勢によるものと、位相干渉効果を利用するものに分けて、前者の例として鋼管杭利用の透過型消波構造物をあげ、後者の例として海底地形との位相干渉、複数列潜堤などをあげた。海底地形としての多数の ripple、潜堤を複数列にすることは位相ホログラムとしての単列の円柱杭群を複数列にする場合に相当する。さらにどのようにしてホログラフィ理論を海岸波浪制御に応用するに至ったかについての背景を述べ、ホログラフィ理論を基礎とした円柱群配列による海岸波浪制御手法がどのような場合に適するかについて従来の消波構造物と比較して述べている。

第2章では反射率と透過率、エネルギー損失率をあわせて消波性能を判定することができることから、これらの指標の決定方法について述べた。さらに消波発電装置の1種について反射率をフーリエ解析による分離推定法で求め、実験装置の特性や実測波形の離散化数について考察した。特に本論に関係する鋼管防波堤について、Costello から林等の理論展開、角野等の境界値問題解析までを紹介した。これらの透過型鋼管防波堤はいつでも鉛直2次元的な実験条件として考察されており、鋼管も一様な配列であることから平面的には構造物の背後は一様な消波効果を想定している。本研究は鋼管の配列を変化させていることや、ある領域内を想定し、その領域を波浪制御できるような逆解析可能な手法であること。逆解析手法としてホログラフィ理論を応用していることが従来の研究とは違って

いることを示した。

第3章ではホログラフィ理論を示し、光の回折積分式を誘導するうえでの各種仮定を挙げた。光の回折理論を海の波に適用して、数値計算ホログラフィを1次元物体に対して応用し、像再生が良好である条件として物体幅 $w$ と波長 $\lambda$ の比 $w/\lambda$ が $10^2$ 以上、かつ物体面と観測面との距離 $d$ と波長 $\lambda$ の比 $w/\lambda$ が1以下であること、しかも両者で囲まれる三角形の範囲内であることが必要であることを示した。

しかし水面波は波長が大きいなど光波と違うので、水面波の回折理論では各種近似条件を設けない厳密な理論展開が必要である。3.4では実際の海の波に対して直線状に配列された円柱群に対する波の回折現象を円柱本数が多数である場合でも解析できるプログラムを示し、回折解析を実施した。

ホログラフィを海の波に応用する場合には、ホログラフィというホログラム作成、再生という各過程を3段階に分類した。1段階はホログラム作成に相当するホログラム波高を決定すること。第2段階はホログラム波高に等価な透過型円柱列群に変換すること。第3段階は再生に相当し、第2段階で得られた円柱列群に対し来襲波浪に相当する入射波をあて再生状況を多数本の場合の回折解析を応用して求めた。再生状況とは円柱列群背後の波高分布を計算することである。第2段階のホログラム波高に等価な円柱群に変換する際、ホログラム波高の高い部分に円柱を粗に配列し、ホログラム波高が低い部分には円柱を密に配列させる方法が適当であることを示した。ホログラム波高の使用する幅は短すぎてもいけず、ホログラム波高の中央の低い部分の約3倍程度の幅が望ましいこと、円柱径を変化させることが回折波領域を変化させられることなども示した。以上の手法を確立した。

上記手法で決定された円柱列群の波浪制御状況は想定した円形島の外周に沿った円環状領域に対して波高を約10~30%低減させることがわかった。

再生領域が2円形島の場合に対しても計算し、それぞれの円形島周辺に波高の小さい範囲が確認された。

しかし円柱群構造物の入射波側には波高の高くなる領域が確認されたことについては注意が必要になる。

第4章では模型実験を実施して第3章で決定した透過型の円柱列群に対して波浪制御状況を確認した。

ここでも第3章で判明したと同じ現象が現れた。つまり波浪制御領域として想定した円形島の外周に沿った円環状領域内で波高が約10~30%程度低減されることがわかった。

第5章では可視化手法を応用した新しい波浪制御領域の確認手法を示した。円柱2本の場合の回折領域を仮視化計測し理論解と比較した結果よく合致することが示された。この手法で第3章で決定された円柱列群に対する模型実験を実施した。はっきりとはないが第4章と同じように仮想波浪制御領域としての円形島に対する円環状の範囲内は波高が小さいということを確認した。

以上総合的に述べると、ホログラフィ理論を基礎とした円柱群配列による海岸波浪制御は、円形島の外周に沿った領域の波高を約10~30%低減させ得ると言える。このままではこのホログラム型円柱群では波浪制御領域の波高低減率が低く、今後位相ホログラムではこのホログラム型円柱群では波浪制御領域の波高低減率が低く、今後位相ホログラムに相当する多数列構造にするなどの工夫が望まれる。

また一方で構造物全面で波高の高くなる領域が認められるので注意が必要となる。したがって円柱杭群を利用した消波構造物に対しては思わぬところで波高が高くなったりする危険性があるのでホログラフィ的な波浪制御状況の検討が必要であると言える。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は海水交換が可能な透過型の消波構造物の設計に関する新しい研究である。本論文は以下のように6章から構成されている。

第1章 序論

第2章 消波構造物による波浪制御

第3章 ホログラフィ理論を基礎にした海岸波浪制御

第4章 実験

第5章 画像処理による波高分布計測

第6章 結論

第1章、第2章では消波構造物の定義、並びにこれまでに試みられたこれら構造物の種別、その消波理論並びに利害特性等について考察を行っている。

第3章、第4章が本論文の主文であり、海岸付近の海域に海洋波の静穏領域を得ることを目的として研究を行っている。

海洋波を波、円柱群構造物をホログラムとして、ホログラフィ理論を応用し、任意海域に静穏領域が得られることを理論、実験上から明らかにしている。第5章は本研究の遂行上必要である波高の計測のために考案した可視化情報処理について述べており、第6章は結論として本研究を取りまとめている。

ホログラフィのインライン法、サイドバンド法のいずれを用いても物体を撮像、すなわちホログラムとして記録した後、このホログラムに再生波を入射すると、物体の虚像と実像が得られることは良く知られている。

ホログラフィには一般に光が用いられている。ここでは、海洋波を波とし、物体に島を選び、その記録であるホログラムを求め、これを海洋構造物として建設すると、ホログラフィ再生時に相当する上記海洋構造物に海洋波が入射した場合にホログラフィの実像の相当位置に島の大きさの海洋波の静穏領域が得られるはずである。このことを本研究では立証した。

波である海洋波の進行領域に島礁が存在している状態をホログラフィ撮像理論上から考えると、島礁後方の海域にホログラフィ記録（ホログラム）としてその干渉縞に相当する波高領域が得られる。

この解析において、光波ホログラムと異なる点として、波の回折等の解析上、光波の場合によく用いられる近似法が一切使用出来ないことを明らかにしている。このことはあとに述べるホログラフィ再生においても同様であり、したがって本研究の手法には使用上の制限事項がない。

ホログラムに直接関係する上記の波高領域は円柱群構造物の適切な配列により海洋波のホログラムとして建設が可能であることを明示し、その手法を確立した。またホログラフィ再生理論にもとずいて元の海洋波が島礁の存在しない状態において、この円柱群海洋構造物に入射すれば円柱群構造物の背後にホログラフィ撮像に用いた島礁に相当する場所に海洋波の静穏領域が出現することも明示した。

上記の具体的な実証作業には海洋波の回折理論、並びに海洋波を波としたホログラフィ撮像、再生理論にもとづく数値解析、並びに水槽実験の手法を用いている。

本研究は環境上より海水交換の可能な静穏海域の建設を目的としているけれども、本研究の手法は海洋波に限らず、音、震動等、波として取り扱えるものの消波に応用可能な手法を明示したものと言

えよう。

以上のように、本論文は光波の手法が適用出来ない島礁後方の海波の回折波よりホログラムとして使用可能な円柱群構造物の配列を決定する方法を確立した。さらにこの円柱群構造物を用いた海域ではこの円柱群による海波の回折波領域にホログラフィ再生理論に適合した島礁に相当する静穏海域が出現することを実証した。また水槽実験には、実験波高の計測に光学的な水面波高分布計測法を新たに考案している。

本研究の成果は海波のみならず波の制御に多大の貢献があり、特に透過型構造物による波の減勢機能について重要な知見を得た上、これを明確にしたものとして価値ある集積であると認める。よって学位申請者 壇 和秀は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。