

波の屈折と全反射の応用による港内静穏度の向上に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/26913

氏名	國田 治
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第1058号
学位授与の日付	平成20年9月26日
学位授与の要件	課程博士(学位規則第4条第1項)
学位授与の題目	波の屈折と全反射の応用による港内静穏度の向上に関する研究
論文審査委員(主査)	石田 啓(理工研究域・教授)
論文審査委員(副査)	由比 政年(理工研究域・教授), 松本 樹典(理工研究域・教授), 齋藤 武久(理工研究域・准教授), 楳田 真也(理工研究域・講師)

Abstract

The port entrance is an open mouth of the shelter, which is exposed to ocean waves. For the purpose of attaining a high level tranquility in the port without hindering ships' navigation, some new wave control methods are proposed and examined in the present study. One of the key methods is creating a deep and long trench in the sea bottom, which has V-shaped cross-section for the purpose of utilizing refraction. The other is making a deep trench, which has a steep sidewall to create total reflection. Combinations of the 'traditional breakwater', 'V-shaped channel' and the 'total reflection trench' are also examined.

The examinations are mainly conducted by means of numerical simulations, utilizing the 'Revised Boussinesque Equation'. One of the numerical simulation results is compared to that of the hydraulic experiments carried out by Makiko Tanaka et al. As the result of the comparison, it is confirmed that the numerical simulation has sufficient reliability.

The numerical simulations are conducted at the -15m depth area, with a 14 second wave period, and a limited range of wave directions.

As a result of the numerical simulations, it was found that the V-shaped channel, the total reflection trench, and the combined method named 'Underwater Breakwater' was highly applicable to a real port entrance for the purpose of attenuating incident waves.

論文要旨

近年地球環境の観点から、自然環境保全の重要性が強調されており、その趨勢は肯定されるものであるが、資源の少ない日本の国では、外国貿易による外貨の獲得や国内産業の振興のために、環境保全をはかりつつ港湾の充実を図ることが不可欠となっている。このような背景のもと、日本の国では、今日に至るまで営々と港の構築・整備が行われてきたが、そのなかでも特に、泊地や岸壁の静穏化を目指す防波堤の建設には莫大な費用を費やしてきた。それにより、多くの港において港内の静穏化が一応の水準にまで達成されている。しかし、まだ防波堤が建設途上の港も残されており、波の方向によっては、港の静穏性が確保できていない港もある。それに加えて、最近になって長周期波による港内振動や特異な屈折による港内への波の侵入などの問題もクローズアップされるなど、港内静穏度

の向上策は、今なお、海岸・港湾工学として重要である。

目を世界に転じ、東南アジアの国々をみると、これまで多くは河川を利用した河港や河口港で貿易を行ってきたが、経済の発展とともに、また船舶の大型化とともに、外洋に面した場所での港湾建設も必要となってきたおり、港内静穏を確保する技術は、より一層重要となっている。

このような社会背景のもと、本研究では港湾の静穏化をより一層進める新しい工法について考究するもので、対象の工法は、港湾の入口付近の海底を掘削し、人工的な海底地形を形成し、波を屈折または全反射させ、それによって港内を静穏化することを目指すものである。当該工法は、港口や港内の船舶航路を深くする、すなわち海底を掘るだけであるから、船舶の航行の障害にならないのみならず、施工費用も比較的低廉であるという特徴を持っている。また、これは過去において実施されたことのない全く新しい工法でもある。

本研究では屈折または全反射の応用を図る工法を自ら発案し、それがどのような条件において、どの程度の効果を発揮するかについて、数値シミュレーションおよび水理模型実験を用いて効果評価したものである。

第1章において、静穏度の性質、および目指すべき静穏度について詳しく考察した。

第2章では、静穏度を向上させる新しい工法の概要とその原理、周期と水深の関係における適用限界についてスネルの法則を適用し、大局的考察を加えた。

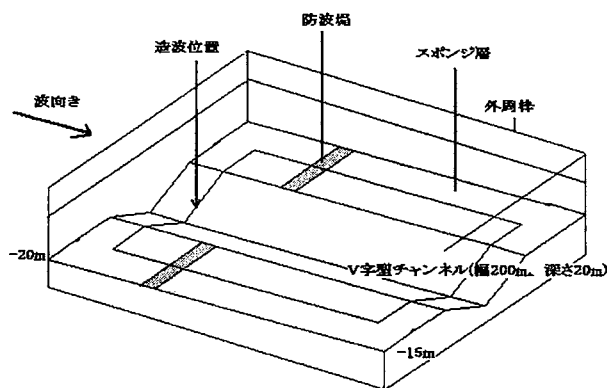


図1. 新しい工法 Vチャンネル

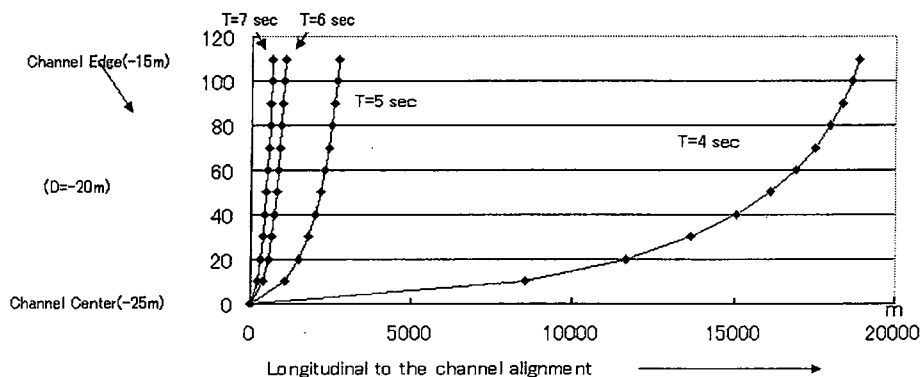


図2. Vチャンネルと周期の影響

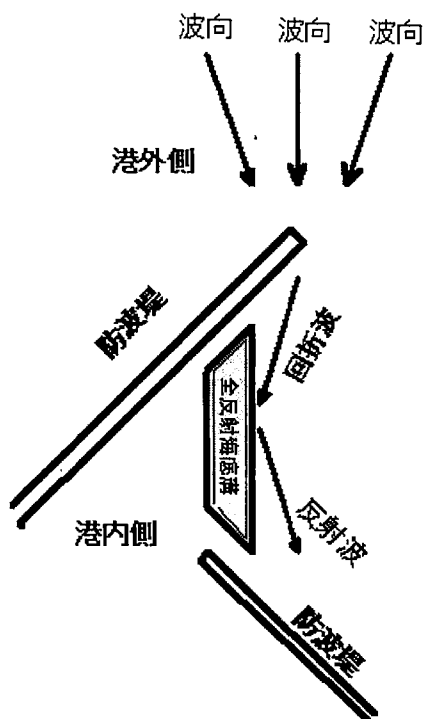


図 3. 新しい工法 全反射海底溝

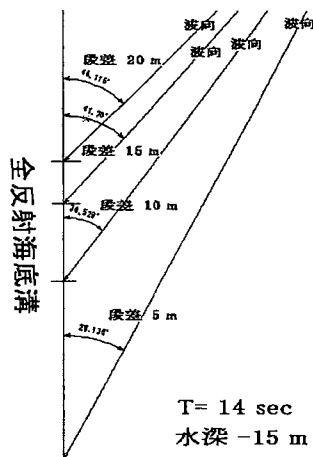


図 4. 全反射海底溝の臨界角度

第 3 章では既往の研究についてその内容を概観し、第 4 章では基礎理論に立ち返り、海の波の基本的性質、特に長周期波の水粒子の運動を考察した。

第 5 章では港において係留されている船の動揺と長周期波の波高の関係を解明するために、ある周期と水深の条件のもとでの水粒子の運動が船舶に及ぼす力、およびその力による船舶の動揺について検討した。

Wave Length=	1338 m	Wave Period=	14.0 sec
V _W =	-0.251 (m/sec)	Bottom=	100 m
W _C =	-0.018 (m/sec)	Wave Height=	0.5 m
		Force =	-503428 ton
		p =	-0.16761 ton/m ²

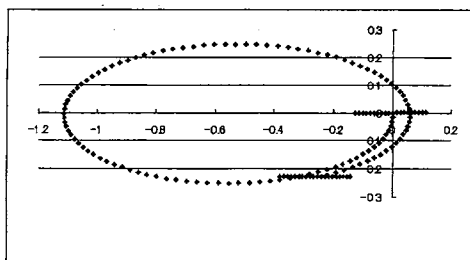


図 5. 水粒子の運動

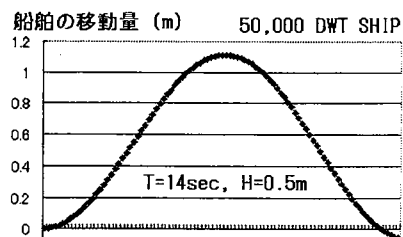


図 6. 船舶の移動量

第6章では数値シミュレーションを用いて、Vチャンネルの効果を確認した。

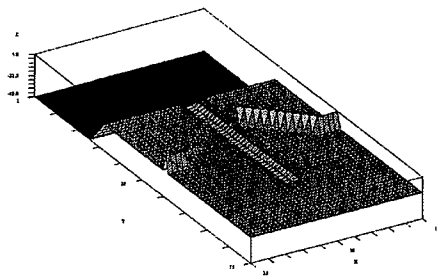


図7. 一重防波堤とVチャンネルの配置

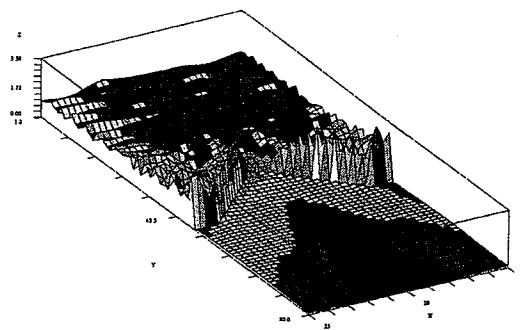


図8. 波高分布

第7章では第6章で検討したものと同一地形条件での水理模型実験による効果を観察した。

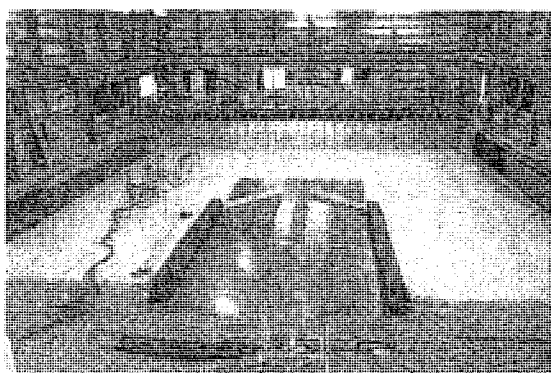


図9. 水理模型

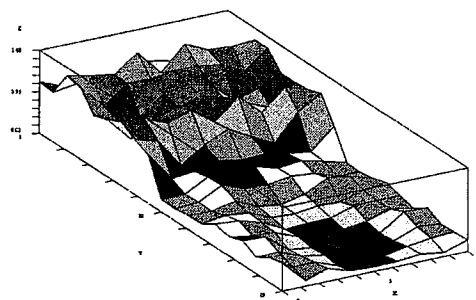


図10. 水理模型実験結果

第8章では、第6章の数値シミュレーション結果と第7章の水理模型実験結果の対比を行い、両者とも妥当な結果が示されていることを確認した。

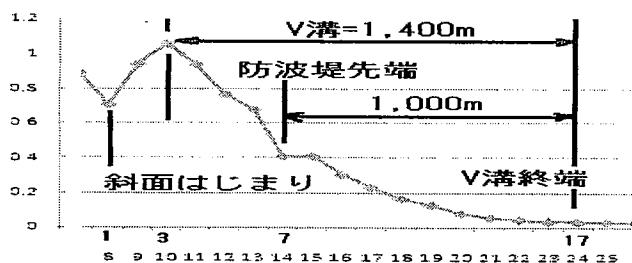


図11. 数値シミュレーション(V溝あり)

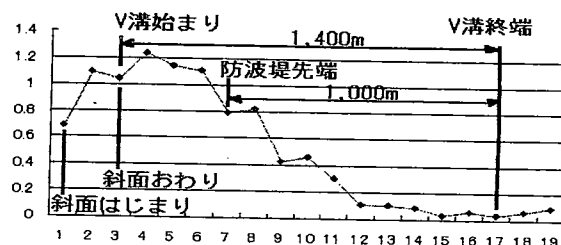


図12. 水理模型実験(V溝あり)

第9章において、Vチャンネルの応用研究をさらに進め、実海域に応用できる汎用性のある工法として、「2重防波堤+Vチャンネル」の適用性を数値シミュレーションによって検討し、有効であることを確認した。

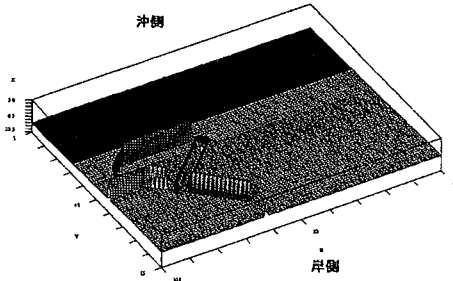


図13. 二重防波堤とVチャンネルの配置

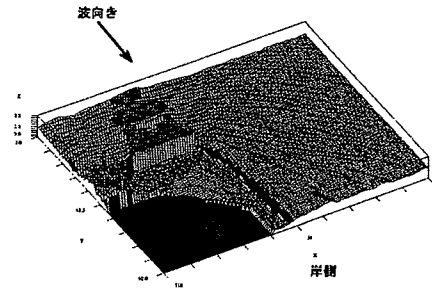


図14. 波高分布

第10章においては、さらに工費を減らし、かつ防波堤からの反射を低減する目的で、フレネル型海底レンズの適用性を、数値シミュレーションで検討し、有効であることを確認した。

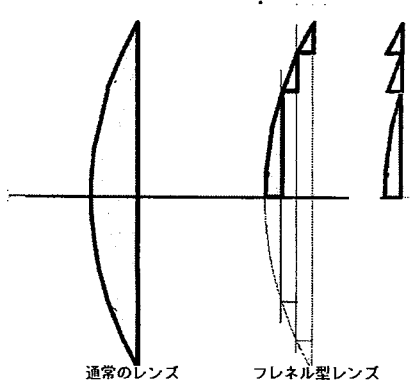


図15.フレネル型光学レンズ

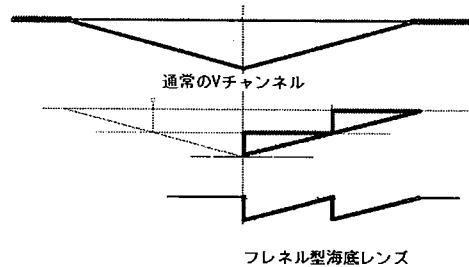


図16.フレネル型海底レンズ

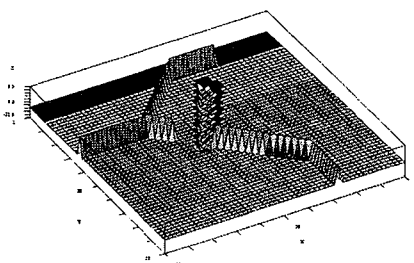


図17.フレネル型海底レンズの配置

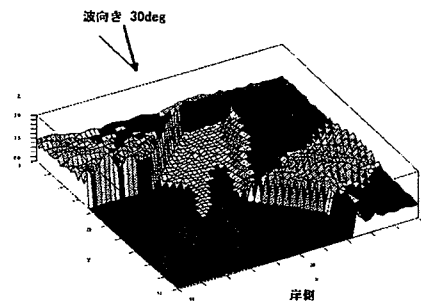


図18.フレネル型海底レンズありの波高分布

第11章では、「全反射」の適用を試み、全反射海底溝工法を提案し、数値シミュレーションによって有効であることを確認した。

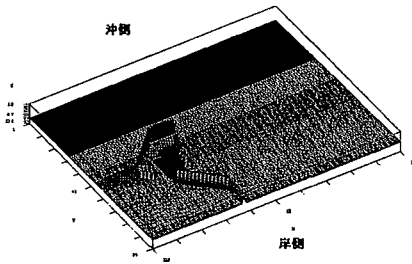


図 19.全反射海底溝の配置

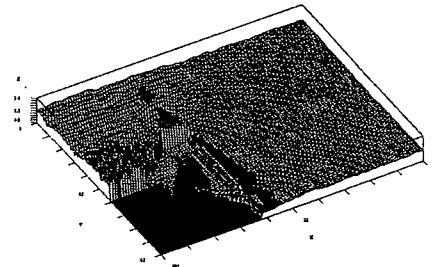


図 20.全反射海底溝ありの場合の波高分布

第 12 章では、防波堤の代わりに主波向き以外の成分波を全反射させる工法、すなわち V チャンネルを鞘（さや）のようにカバーする海底防波堤の工法にまで発展させた。

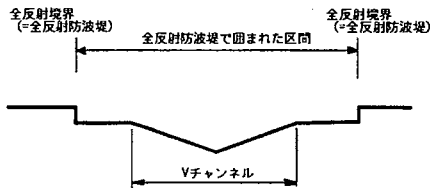


図 21.全反射海底溝と Vチャンネルの複合断面（海底防波堤）

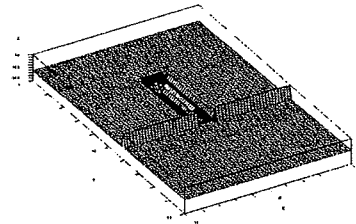


図 22.全反射海底溝と Vチャンネルの複合断面（海底防波堤）の配置

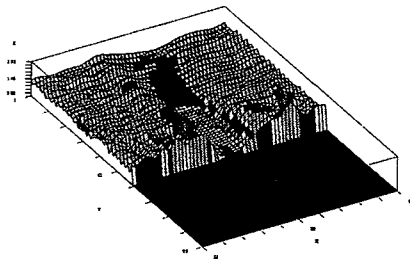


図 23.波向き 0 度の場合の波高分布

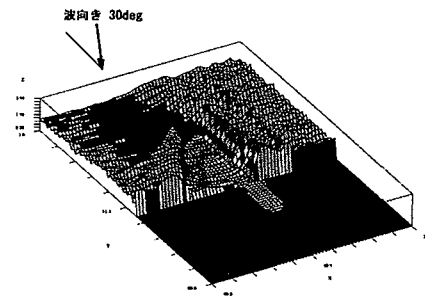


図 24.波向き 30 度の場合の波高分布

この工法は主波向き以外の成分の波を効果的に反射し、かつ入って来た波を反射することなく外に逃がす特徴を持っており、場合により従来のソリッドな防波堤以上の効果を発揮する可能性を有することを数値シミュレーションで確認した。

一連の検討結果を総括すると、屈折・全反射を利用した港内静穏度の向上は可能であり、効果が十分期待できるものと思われる。

学位論文審査結果の要旨

提出学位論文に対して各審査委員が個別に審査を行った後、第1回論文審査委員会を開催し、審査方針を決定するとともに、論文内容の検討および基礎学力の確認を行った。さらに、平成20年7月29日に実施された口頭発表の後に、第2回論文審査委員会を開催し、慎重に審議した結果以下のように判定した。

本論文は、港外から港内に向けて入射する波により、港内に入港する船舶および港内に停泊している船舶に誘起されるピッチングやローリングなどの動揺を、効果的に低減するための新しい工法の一つとして、航路部分をV字型に掘削・浚渫することにより、波浪屈折効果を利用して波向きを制御し、航路・泊地の波高を低減させることを提案したものである。本研究では、非線型波動理論に基づく数値計算を行うと共に、平面水槽に港湾模型を設置して水理実験を行い、両者の比較検討および種々の条件下における適用性の検討を実施している。その結果、V字型掘削あるいはその発展形としてのフレネル型掘削や全反射溝掘削を実施することで、きわめて効果的に港内静穏度を向上できることが検証されており、波の屈折と全反射を応用した提案工法の実用化が期待できる。

以上の研究成果は、海底地形改変による波浪制御法の適用性に関する貴重な学術的知見を与えるとともに、今後の港湾設計法の発展にも貢献し得るものであり、工学的価値も高い。以上のことから、本審査委員会は本論文が博士（工学）に値すると判断した。