

学 位 論 文 題 名

寒冷地港湾施設の機能高度化に関する研究

学位論文内容の要旨

我が国は、現在21世紀に向けて経済社会の国際化、情報化、都市化が進み成熟化社会の道を歩んでおり、これに伴い国民のニーズも変化し、生活の向上及び価値観の多様化に対処できる高質化した社会基盤の整備が求められている。北海道の港湾においても、積雪・寒冷といった条件のもと、港湾空間に関する多種多様な要請を的確に捉え、将来を見据えたバランスのある総合的港湾空間を形成する必要がある。

以上により、本論文は寒冷地港湾施設の機能高度化のため、次に示す3視点から検討を進めたもので、これらの内容は順次論文の各章で構成する。

- ① 港内水域施設の利用機能：第3章
- ② 外郭施設の耐波安全性機能：第4章
- ③ 外郭施設の耐氷安定性及び冬期利用機能：第5章

本論文は、全6章から構成されている。第1章は、序論で研究の背景や研究内容の概要及び論文の構成を述べた。

第2章は、研究課題毎に従来の研究のレビューと本研究の特質を述べた。本研究の特質を述べると、①の研究については、港湾内の静穏海域を高質で高度な利用を可能にするための技術として、海水交換効率のよ消波ブロック被覆型有孔堤の開発、港内結氷予測法の提案及びエアバブルによる結氷対策工法の確立を、②の研究については、外郭施設の経済性及び耐波安定性向上のための技術として、余剰浚渫土を用いて経済性を追求した砂マウンド堤、大水深向け骨組構造物、消波性に優れた直積消波ブロック堤及び防波堤基礎を防護する根固方塊に関する設計法の提案並びに重力式構造物の摩擦係数増大用アスファルトマットの開発を、③の研究については、寒冷・流水海域の高度利用や外郭施設の冬期利用を推進するための技術として、防波堤からの越氷、人工リーフの耐氷性に関する設計法の提案及び海上での鋼管構造物への着氷成長に関する指標の提案を行った。

第3章は、①に関する研究で3研究課題を扱った。1課題目は、防波堤に通水用の孔をあけた

有孔堤の波による海水交換機能を数値モデル、模型実験及び現地調査から解析した研究で、有孔堤の海水交換特性を明らかにすると共に、消波ブロック被覆型有孔堤では、通常の波浪の場合消波ブロック内での水位上昇が生じて通水孔から港内側へ流れる一方向流が卓越するため、海水交換効率がよく消波機能もあるため実用的な構造であることを明らかにした。2 課題目は、北海道の 8 港湾・漁港で実施している港内水温及び結氷状況調査結果より港内結氷特性を解析した研究で、港内結氷時の水深方向の水温分布パターンを明らかにすると共に、港内結氷開始時期は、概ね海水の日平均保有熱量が  $0 \text{ cal/cm}^2$  付近の場合が多く、保有熱量の減少期の減少勾配から結氷初日を10日以内の誤差で予測できるマクロ的な結氷予測法を提案した。3 課題目は、港内結氷対策工法としてエアバブルに用いた港内結氷対策効果を模型実験及び現地調査から解析した研究で、海底からエアバブルを噴出させ、海表面で発生する表面流で海水を移送させる効果および鉛直混合による結氷遅延効果を明らかにすると共に、岸壁前面直下に空気管を設置する方式が、岸壁前面水域の結氷対策として効率的で経費的にも実用可能な工法であると提案した。

第 4 章は、②に関する研究で 5 研究課題を扱った。1 課題目は、砂マウンド堤について模型実験により砂マウンド形状と堤体に作用する衝撃砕波圧との関係を解析した研究で、砂マウンドが適当な厚さと勾配を有している場合には衝撃砕波圧が発生しやすくなることを明らかにし、発生可能性を推定する判定図表を作成し、砂マウンド堤の断面緒元の決定を可能にした。2 課題目は、高波浪海域における鋼管製円柱部材に作用する波力について、留萌市黄金岬沖実海域実験構造物を用いた現地調査結果を解析した研究で、世界的にみても実測データが不足している高レイノルズ数領域での部材に作用する波力を独自開発した全方向波力計等で測定し、抗力係数及び慣性力係数とレイノルズ数、KC 数との関係を明らかにした。さらに骨組み構造物全体に作用する波力の算定では、波の位相差により衝撃波力を無視して水中部材の波力算定式であるモリソン公式で波力の検討が可能であることを示した。3 課題目は、防波堤の消波構造として用いられている直積消波ブロック堤について、統一的な設計波圧式が確立していないため、北海道管内で用いられている 3 種類のブロックを対象に模型実験により共通の波圧式を解析した研究で、3 段積みまでの直積消波ブロック堤を対象として合田式を準用した波圧式を提案し、設計法の確立を図った。4 課題目は、混成堤のマウンド被覆材の一つである根固方塊の安定性について、模型実験により所要重量算定法を解析した研究で、従来、経験により波高ランク別に根固方塊緒元を定めていたが、防波堤での使用される位置、マウンド水深比及び波高から根固方塊の所要厚さを算定する図表を作成し設計の合理化を図った。5 課題目は、防波堤の滑動抵抗力を増加させるため捨石とケーソンの間に敷くアスファルトマットについて、寒冷海域用として新配合のマットを開発した研究

で、低温下での摩擦抵抗性と夏期の施工性を確保できるように粘土鉱物の繊維状の添加剤をアスファルトに付加した配合のマットを開発した。

第5章は、③に関する研究で3研究課題を扱った。1課題目は、防波堤・護岸からの越水災害を防止するため越水特性を模型実験で解析した研究で、既存の研究がないため基礎的実験を行い、越水特性及び天端高に関する越水限界を明らかにし、越水災害防止のための貴重な設計資料を提供した。2課題目は、景観を損なわず、かつ水産協調型構造物である人工リーフの耐水性を模型実験で解析した研究で、人工リーフが構造的、水理的に海水の影響をどのように受けるかを明らかにすると共に、被覆ブロックの流水に対する安定性を十分考慮しつつ、設置目的に応じて構造緒元を定めることの重要性を示した。3課題は、留萌市黄金岬沖に設置されている前出の海洋構造物への着水について現地調査結果を解析した研究で、部材と着水特性との関係を明らかにし、着水のマクロ的な成長は波高・風速／空気の動粘性係数で評価できることを示し、冬期の親水防波堤の開放などの貴重な資料を得た。

第6章は、結論で各章の主たる結果をまとめている。

本研究により、海水交換型有孔堤構造、港内結氷対策工法及びアスファルトマットの開発、耐波設計法の提案並びに外郭施設の越水・耐水・着水特性の把握ができ、寒冷地港湾施設の機能の一層の高度化が図られるのと考ええる。

## 学位論文審査の要旨

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 主査 | 教授 | 佐伯 | 浩  |
| 副査 | 教授 | 土岐 | 祥介 |
| 副査 | 教授 | 板倉 | 忠興 |
| 副査 | 教授 | 藤田 | 睦博 |

我が国は、現在21世紀に向けて経済社会の国際化、情報化、都市化が進み成熟化社会の道歩んでおり、これに伴い国民のニーズも変化し、生活の向上及び価値観の多様化に対処できる高質化した社会基盤の整備が求められている。北海道の港湾においても、積雪・寒冷といった条件のもと、港湾空間に関する多種多様な要請を的確に捉え、将来を見据えたバランスのある総合的港湾空間を形成する必要がある。

以上により、本論文は寒冷地港湾施設の機能高度化のため、①港内水域施設の利用機能の向上、②外郭施設の耐波安全性機能の向上、③外郭施設の耐氷安定性及び冬期利用機能の向上、の3視点から検討を進めたものである。

本論文は、全6章から構成されている。第1章は、序論で研究の背景や研究内容の概要及び論文の構成を述べている。

第2章は、研究課題毎に従来の研究のレビューと本研究の特質について論述している。

第3章は、水域施設の利用機能向上に関する研究で3研究課題を扱った。1課題目は、防波堤に通水用の孔をあけた有孔堤の波による海水交換機能を、数値モデル、模型実験及び現地調査から解析した研究で、著者が開発した消波ブロック被覆型有孔堤では、海水交換効率がよく消波機能もあるため実用的な構造であることを明らかにした。2課題目は、北海道の8港湾・漁港で実施した港内水温及び結氷状況調査結果より港内結氷特性を明らかにするとともに、マクロ的な結氷予測法を提案した。3課題目は、港内結氷対策工法としてエアバブルを用いた港内結氷対策効果を模型実験及び現地調査から解析した研究で、海水面で発生する表面流で海水を移送させる効果及び鉛直混合による結氷遅延効果を明らかにすると共に、岸壁前面直下に空気を設置する方式が、結氷対策として効率的で経費的にも実用可能な工法であることを提案した。

第4章は、外郭施設の耐波安定性機能向上に関する研究で5研究課題を扱った。1課題目は、砂マウンド堤について模型実験により衝撃砕波圧の発生可能性を推定する判定図表を作成し、砂マウンド堤の断面緒元の決定を可能にした。2課題目は、高波浪海域における鋼管製円柱部材に作用する波力について、実海域実験構造物を用いた現地調査結果を解析した研究で、世界的に実測データが不足している高レイノルズ数領域での部材に作用する波力を独自開発した全方向波力計等で測定し、抗力係数及び慣性力係数とレイノルズ数、KC数との関係を明らかにした。さらに骨組み構造物全体に作用する波力の算定では、モリソン公式での波力の算定が可能であることを示した。3課題目は、防波堤の消波構造として用いられている直積ブロックを対象とした模型実験により、合田式を準用した統一的波圧式を提案し、設計法の確立を図った。4課題目は、混成堤のマウンド被覆に用いる根固方塊の安定性について、模型実験により、防波堤での使用される位置、マウンド水深比及び波高から根固方塊の所要厚さを算定する図表を作成し設計の合理化を図った。5課題目は、防波堤の滑動抵抗力を増加させるため捨石とケーソンの間に敷くアスファルトマットについて、寒冷海域用として新配合のマットを開発した。

第5章は、外郭施設の耐氷安定性及び冬期利用機能の向上に関する研究で3研究課題を扱った。1課題目は、防波堤・護岸からの越氷災害を防止するため越氷特性を模型実験で解析した研究で、

世界で初めて越氷特性及び天端高に関する越氷限界を明らかにし、越氷災害防止のための貴重な設計資料を提供した。2 課題目は、景観を損なわず、かつ水産協調型構造物である人工リーフの耐氷安定性を模型実験で解析し、人工リーフと海水の相互作用の解明と、被覆ブロックの流水に対する安定性を十分考慮しつつ、設置目的に応じて構造緒元を定めることの重要性を示した。3 課題目は、現地の海洋構造物への着氷について現地調査結果を解析した研究で、部材と着氷特性との関係を明らかにし、着氷のマクロ的な成長は波高・風速／空気の動粘性係数で評価できることを示し、冬期の親水防波堤の開放などに対する貴重な資料を得た。

第6章は、結論で各章の主たる結果をまとめている。

これを要するに、著者は寒冷地港湾施設の機能高度化に関して有用な知見を得るとともに、新技術の開発を行ったもので、港湾工学及び海岸工学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。