

氏名	つだむねお 津田宗男
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3905号
学位授与の日付	平成18年5月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	衝撃波力を受けるケーソン壁の設計法に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 高山知司 教授 酒井哲郎 教授 河田恵昭

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、防波堤ケーソン壁面の破壊防止のために新たな部材設計法を提案することを目的として、ケーソン壁面の破壊事例を抽出し、模型実験と3次元動的FEMによる数値シミュレーションによって破壊のメカニズムを調べ、その破壊が碎波に起因する巨大な衝撃波力によることを明らかにし、このような衝撃波力を考慮した新たな部材設計法を提案したものであり、6章からなっている。

第1章は緒論であり、本研究の目的と概要を述べている。まず、内湾の水質保全と船舶の大型化に伴い港湾は外洋に面した海域に建設され、港口部の防波堤には大波浪が作用するようになり、碎波による衝撃波力の作用で防波堤ケーソン壁が破壊される被害がしばしば生じるようになってきている現状について述べている。そして、ケーソン壁の部材設計に対して新たな設計法の必要性を明らかにするとともに、本論文の構成についても述べている。

第2章では、過去40年間の防波堤の被災事例を調査し、この中から衝撃波力によるケーソン壁の破壊事例を抽出して、詳細に被災状況の調査を行っている。そして、被災レベルや被災原因、被災を引き起こした衝撃波力の強さ、発生原因などを究明している。既往の衝撃波力式から算定された曲げモーメントとケーソン壁の被災レベルとの関係や消波ブロックの衝突による被災の特性についても調べている。

第3章では、衝撃波力によるケーソン壁面の動的応答に関して水理模型実験を行っている。まず、衝撃波力理論や実験、数値シミュレーションから得られた既往の知見を調査し、衝撃波力の特性を整理している。衝撃波力による部材の動的応答実験は模型のスケール効果を受けるため、現地スケールに近い大規模な模型実験を行い、鉄筋やコンクリートのひずみ応答特性などを検討している。また、静的な機械載荷試験も行って、動的載荷との比較をしている。水理模型実験では衝撃波力のばらつきが大きいので、高速アクチュエータによって衝撃波力と同等の載荷を行い、外力のばらつきを除去した状態における部材の動的応答や疲労破壊を検討している。

第4章では、3次元動的FEMによる数値シミュレーションを行い、衝撃波力に対するケーソン壁の動的応答に加えて、捨石マウンドや中詰め材によるケーソンのひずみや応力の低減効果も検討している。まず、ケーソンの衝撃波力に対する動的応答特性や捨石マウンドと中詰め砂の効果に関して模型実験で得られた結果を数値シミュレーションで再現することによって、その妥当性を検証している。次に、衝撃波力を受けて破壊されたむつ小川原港東防波堤の7号ケーソンと被災しなかった8号ケーソンの動的応答の再現を数値シミュレーションによって試みている。さらに、現地スケールで計算を繰り返し、ケーソン壁の動的応答や捨石マウンドと中詰め砂の効果に対する各種パラメータの感度分析を行って、ケーソン壁の設計に適用する基礎資料を得ている。

第5章では、限界状態設計法に基づいて衝撃波力を考慮したケーソン壁の設計法を提案している。まず、既往の設計法ではケーソン壁の断面力を3辺固定上辺自由版で計算しているが、3次元動的FEMによる数値シミュレーション結果によると、蓋コンクリートの拘束効果を考慮した3辺固定上辺ピン支持版としての計算の方が妥当であることを示している。さらに、ひび割れ限界や終局限界に対して部材耐力を算定することによって、被災と無被災のケーソンが判別できることを示し、

このような限界状態に対して設計する手法の妥当性を明らかにしている。

第6章は、結論として本論文で得られた成果を取りまとめるとともに、今後の課題も整理している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、防波堤の被災に関して既往の事例を調査して、ケーソン壁に生じるクラックや貫通穴、壁面の全壊といった被災形態は、砕波によって生じる衝撃波力によるものであることを明らかにしている。そして、衝撃波力の作用時におけるケーソン壁の変形と応力、壁面の破壊過程について実験を行うとともに、数値シミュレーションによって壁面の動的応答特性を明らかにし、衝撃波力を考慮したケーソン部材の設計法について研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 過去40年間における防波堤の被災事例の中からケーソン壁の破壊事例を抽出し、破壊状況や被災のメカニズムについて検討を行った結果、このような被災は高いマウンドや消波ブロックの不完全被覆、海底地形の急変によって生じた砕波がケーソン壁に衝突して、巨大な衝撃波力を発生させることによって引き起こされていることを明らかにした。
2. 衝撃波力に対するケーソン壁面の変形と応力に関して実物大規模の模型実験を実施し、衝撃砕波力を発生させる空気の巻き込み特性や部材の動的応答、部材の破壊過程を明らかにした。そして、静的なひび割れを起こすような衝撃波力による動的応答では部材は破壊しないが、一度ひび割れが入ると破壊は急激に進行し、高波浪で全壊する可能性が高まることを示した。
3. 3次元動的FEMによる数値シミュレーションによって衝撃波力によるケーソン壁の動的応答実験も十分な精度で再現できることがわかった。また、捨石マウンドや中詰材がケーソン壁の動的応答やひずみ、応力を低減させる効果を有するが、既存の波力公式を用いる限りでは設計にこの効果を考慮する必要はないことを数値シミュレーションで示した。
4. ケーソン壁に対する部材設計では、蓋コンクリートの効果を考慮して3辺固定上辺ピン支持版として断面力を算定することが3辺固定上辺自由版とするより安全側になることを模型実験や数値シミュレーションによって明らかにした。また、ひび割れ限界や終局限界における部材耐力で設計することによって被災と無被災のケーソン事例の判定が明確になることを示した。

以上要するに本論文は、衝撃砕波力による被災事例を模型実験と数値シミュレーションによって再現し、被災が起きるメカニズムを究明することによって、ケーソン壁部材の新たな設計法を提案したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年4月27日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。