

(続紙 1)

京都大学	博士 (工学)	氏名	木村 雄 一 郎
論文題目	津波・高潮対策用フラップゲート式可動防波堤の実用化研究 —水理模型実験および数値流体解析—		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、津波・高潮対策用フラップゲート式可動防波堤（以下、フラップゲートと呼称）を実用化する上での課題を明確化し、水理模型実験ならびに数値流体解析を通して、その設計手法を確立するための技術的評価を行ったもので、6章から構成されている。</p> <p>第1章は緒論であり、わが国における津波・高潮災害の歴史、既存の津波・高潮防災技術ならびに本研究の目的について説明している。さらに、第2章において、ベネチアで整備が進められているMOSE計画について紹介した上で、津波・高潮対応可動式防波堤に求められる要求性能を整理し、フラップゲートの構造、運用方法ならびにその課題について明らかにしている。フラップゲートは、扉体、函体およびテンションロッドを主要な部材として構成される、新形式の津波・高潮防災施設である。扉体は通常海底に倒伏した状態で保持され、津波・高潮の発生が予測される際には浮力を用いて浮上し、短時間で港口を閉鎖できる。フラップゲートは通常海底に倒伏しているため、海水の交換を妨げず、景観を損なわない。さらに、フラップゲートの扉体部は、海底に設置される水平軸を回転中心として起伏するため、港口部の径間に対する制限がないという特長を有している。本研究における主要な内容は、第3章から第5章に書かれており、その要旨は以下の通りである。</p> <p>第3章では、倒伏状態あるいは浮上状態のフラップゲートの扉体波浪特性について、第4章では、浮上状態のフラップゲートの津波応答特性について、水理模型実験による検証が行われている。双方の水理模型実験ともに、長さ50m、幅1mの2次元造波水路を用いて、模型縮尺1/30で実施された。実験模型は、水深13mの実海域を対象とした実機を模型化したもので、実機の扉体一門の高さは22m、扉体幅は10mであり、対応する模型の扉体高さは71.7cm、扉体幅は32.5cmに相当するものである。実験模型に作用させる波の条件として、第3章における波浪特性評価試験では、実海域のスケールで周期が4s～16sの規則波を用い、また、第4章における津波応答試験では、押波が初動する周期性の津波、引波が初動する周期性の津波、および段波性の津波が対象とされる。段波性の津波は、引波によって水位が低下した際に生じるものとして、7mの水深を想定した条件の下で実験が行われた。これらの水理模型実験により、フラップゲートの波浪応答特性ならびに津波応答特性が整理され、その実用化に向けての有用なデータが取得された。</p> <p>第5章では、数値流体解析によりフラップゲートの水理特性について評価がなされている。これは、水理模型実験では再現が難しいケースに対する検討を行うものであり、縮尺影響の排除も可能となる。数値流体解析モデルの構築には、扉体を表す構造体の大運動を流体領域内で扱うことが可能な重合格子法が用いられている。気液境界面の構築には、界面の形状を鋭敏に表現できるレベルセット法が採用された。重合格子法とは、主格子中に補助格子を重ねて配置することで数値解析を行う手法である。</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	木 村 雄 一 郎
<p>主格子では、構造物と重なる格子点およびその近傍の格子点は非計算格子として扱われ、その他の格子上において物理量の計算が行われる。補助格子における最外周部の境界には主格子から物理量が内挿され、補助格子領域における計算が行われた後、主格子上の境界点に物理量が戻される。補助格子によって形成された扉体の変位量は、扉体に作用する流体力と扉体の慣性モーメントを用いて、所定の収束条件が満たされるまで内部反復計算を繰り返すことで算出されるものである。一方、レベルセット法は、相の界面より液相側が正、気相側が負となるような垂直距離関数を用いて界面の位置を捕捉する界面捕捉法の一つであり、界面の曲率や法線方向等の微分量についても精度良く求めることが可能とされる手法である。重合格子法およびレベルセット法を用いた本流体-構造物連成解析モデルにより、フラップゲートの波浪応答特性および津波応答特性について整理されており、これらは水理模型実験結果とも比較的高い精度で一致するものである。当該数値解析モデルは、水理模型実験結果を補足し、フラップゲートの詳細な水理特性を評価する上で有効なものである。</p> <p>第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、地震発生後に短時間で港口を閉鎖し港内への津波の進入を抑制する、フラップゲート式可動防波堤（以下、フラップゲート）の実用化を目指した研究を行ったものである。フラップゲートは、扉体、函体およびテンションロッドを主要な部材として構成される、新形式の津波・高潮防災施設である。扉体は通常海底に倒伏した状態で保持され、津波・高潮の発生が予測される際には浮力を用いて浮上し、短時間で港口を閉鎖できる。フラップゲートは通常海底に倒伏しているため、海水の交換を妨げず、景観を損なうことがない。矩形型の平たい函体を海底上に設置しておくことは、他の可動式防波堤に比較して、地震に強い性質を有し、工事に伴う掘削土砂量が比較的少なくて済み、実用的かつ独創的な新形式の可動式防波堤の提案となっている。本論文で得られた主な成果は次の通りである。

1. 水理模型実験を通じたフラップゲートの波浪応答および津波応答特性の解明

水理模型実験で用いた波の条件は、実海域のスケールで周期が4s～16sの規則波、押波が初動する周期性の津波、引波が初動する周期性の津波および段波性の津波である。一連の水理模型実験により、フラップゲートに採用する津波力、波圧分布、ゲート運動の特性が明らかになった。

2. フラップゲートを対象とした流体-構造体連成解析モデルの構築

流体-構造体連成解析モデルとして、扉体を表す構造体の大運動を流体領域内で扱うことが可能な重合格子法と、気液境界面の形状を正確に表現できるレベルセット法を組み合わせた数値解析モデルを開発した。

3. 流体-構造体連成解析モデルの精度検証と当該モデルの応用

本研究で開発した流体-構造体連成解析モデルにより、数値水理模型実験結果を精度よく再現できることを確認した。これにより、実際のフラップゲートに設計時には津波外力条件を種々に変化させて、安全設計に用いることができる。

以上、本論文は、地震発生後に短時間で港口を閉鎖し港内への津波の進入を抑制するフラップゲート式可動防波堤の実用化を目指したものであり、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23年8月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。