フラップゲートに作用する波力の数値解析

早稲田大学理工学部社会環境工学科 学生 小堤佐紀

同上

フェロー 清宮理

新日本製鐵株式会社相模原技術センター正会員 大久保寛

まえがき

高潮や津波対策用のフラップ式水門を対象に実験用長方形水路に斜め板の構造物を設置し波を与えて波 圧、振動性状を計測した。CADMAS(数値波動水路)プログラムソフトでこの水路実験の結果を模擬した。 解析値と実験値とを比較について報告する。

1. フラップゲートについて

フラップ式水門は図1に示すように海底に設置され、高潮が予測 されたときゲートの内部に圧縮空気を送り込み、中の海水を排水し 浮き上がらせる構造になっている。海底側は、ピン構造である。水 位差に抵抗しフラップの姿勢を保持するためチェーンや鋼棒などの テンション材により固定する。高潮が過ぎた後は下に回転させて、 扉体を水路床に格納する形式である。特徴としては、通常の船舶の 航行に支障がないこと、数基設けることで長径間に対応できること がある。イタリーのモーゼ計画で提案されているが日本での実績は ない構造形式である。



図1 フラップゲート予想図

2. 数値解析法について

数値波動水路(VOF 法)は、数値流体力学の応用として波と構造物の相互作用の問題に対応できるように 開発された数値計算手法である。従来の境界積分方程式法(BIEM)ではモデルの単純化のために非圧縮性 非粘性流体の線形(微少振幅波理論の範囲)現象を対象としているのに対し、VOF 法は2次元非圧縮粘性流 体を対象とした連続式および Navier-Stokes 方程式を基礎方程式としている。

自由表面の取り扱いには、複雑な自由表面が解析可能である VOF (Volume of fluid)法を採用している。 VOF 法では下に示す VOF 関数 F の移流方程式と、表面の向きを逐次的に計算することで解析する。この VOF 法と呼ばれる自由表面解析モデルを用いることで、非線形現象、砕波現象だけでなく、越波などのよう に水表面が分離するような複雑な現象まで再現できる。





キーワード:斜め板(フラップ式)、浮体式水門、有限要素法、模型実験、波圧分布 連絡先:東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 16-01A 清宮研究室

3. 解析対象としての水理模型実験

フラップ式水門の基本的な波力特性を把握するために水理模型試 験を実施した。水路の実験条件は波周期 2.83 秒、波高 4cm、水 深 40cm でフラップの傾斜角度 30 度とした。フラップには同一 断面で裏表に6箇所に波圧計を取り付けてある。フラップの下の 部分は透過構造になっている。図2に解析モデルのフラップ付近 のみを示す。解析条件は水路の長さ15m、幅 49cm で深さ方向に 0.01m毎に 80 メッシュ、流れ方向に 0.02m毎に 750 メッシュに 分割した。フラップは剛体として取り扱った。初期流速を 0 とし て実験と同じ波を流し、決められたポイントにおける波圧を計 測し実験結果と比較した。図4 に流速分布図を示す。この計算 例では越波と下方の流れによる渦の状況が再現できている。

4. 解析結果

波圧分布の解析値を図5、実験値を図6に示す。 最初の40秒で波圧の振幅値はいずれも押し波のときの方が大 きくなっており、値も大体同じになった。各波圧計位置で同じ 波型の形状をとっており、同じ時間にピークになっていること がわかる。水深が深くなるにつれ波圧が大きくなっている。40 秒少し手前で、解析値のグラフの波は乱れが見られるが、重 複波の影響や、モデルの簡略化などが原因としてあげられる。 次に図7に波圧ピーク時での斜め板の水平方向にかかる波圧 を実験値と解析値で比べる。実験値のほうがやや小さい値に なっている。次に図8に波の周期をT=1.13、1.7、2.26秒と 変えたとき、T=1.13秒の時は実験値のほうが大きく、T= 1.7sのときはほぼ近い値で解析値のほうが大きく、T=2.26、 2.83秒のときは解析値の方が大きな値になっていることが わかる。





まとめ 今回計算対象とした範囲で水路実験と数値計算とでほぼ同様な波圧性状を得ることができた。今後フラ ップゲートの角度、波高、水深などを変えてさらに検討を加えたい。本研究は早稲田大学と民間 6 社によるフラ ップゲートに関する共同研究の一環として行った。参考文献)清宮理、井上與治:都市部における高潮防災シス テムの構築、土木学会第 51 回年次学術講演会、平成 14 年 9 月、SS1-019



図4 流速分布図

4.00E-02

