

陸上設置型フラップゲートの段波津波に対する越流量特性

日立造船株式会社	正会員	○乾 真規
日立造船株式会社	正会員	木村 雄一郎
日立造船株式会社	正会員	仲保 京一
京都大学	正会員	平石 哲也

1. はじめに

著者らは、津波襲来時に無動力かつ人為操作無しで、短時間で防潮堤の開口部を閉鎖し背後域への津波の進入を抑制する陸上設置型フラップゲート（以下、陸上フラップ）の開発を進めている（図-1 参照）。陸上フラップは、扉体に作用する浮力と

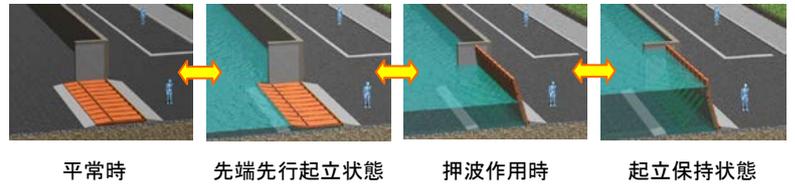


図-1 先端先行起立型陸上フラップ

水圧により扉体が起伏し、所定の角度において起立姿勢保持装置により起立状態で固定される。このため、従来の陸閘と比較して、駆動装置や通信・制御装置、電源設備を必要とせず、経済性に優れている。さらに、人為操作および動力を必要としないため、津波発生時における開閉動作に関して高い信頼性が期待できる。著者らは、これまでに、南海地震津波を想定した津波応答実験¹⁾、台風時の高潮と高波との同時作用を想定した波浪応答実験²⁾を経て、性能検証を進めてきた。一方で、段波津波に対する特性は十分に検討がなされていない。特に、段波津波は水位上昇に加え、流れによる影響もあるため、初期浮上動作の遅れにより越流量が増大することが懸念されている。

本研究では、扉体形式や設置条件を変更した数種類の陸上フラップについて2次元造波水槽を用いた模型実験を行い、段波津波が作用した際の陸上フラップの越流量を評価した。なお、本実験は、京都大学防災研究所との共同研究として実施した。

2. 水理模型実験

実験装置を図-2 に示す。造波水槽（L:50m×W:1m×H:1.5m）内に海底地形を模した勾配を設け、地上部に 1/10 縮尺の陸上フラップ模型（扉体高さ 45cm、扉体厚さ 3cm）を設置した。水槽内には段波高を増加させるため、水路幅を 30%まで縮小する縮流壁を設置した。模型は、扉体の先端部を分割し水位追従性を向上させた先端先行起立型（S型）と一体型（I型）の2種類とし、扉体本体は水平面に対して75度、先端浮体は扉体本体から15度（合計で水平面からは90度）起立可能である。さらに、模型には扉体の起立動作の補助と起立状態の保持を目的とした起立姿勢保持装置を模型化したものを設置した。本装置は、錘と接続したワイヤロープを定滑車とワンウェイクラッチを介して扉体に接続したものである。本装置の錘の重量を変更することで起立動作の補助力を変更できる。

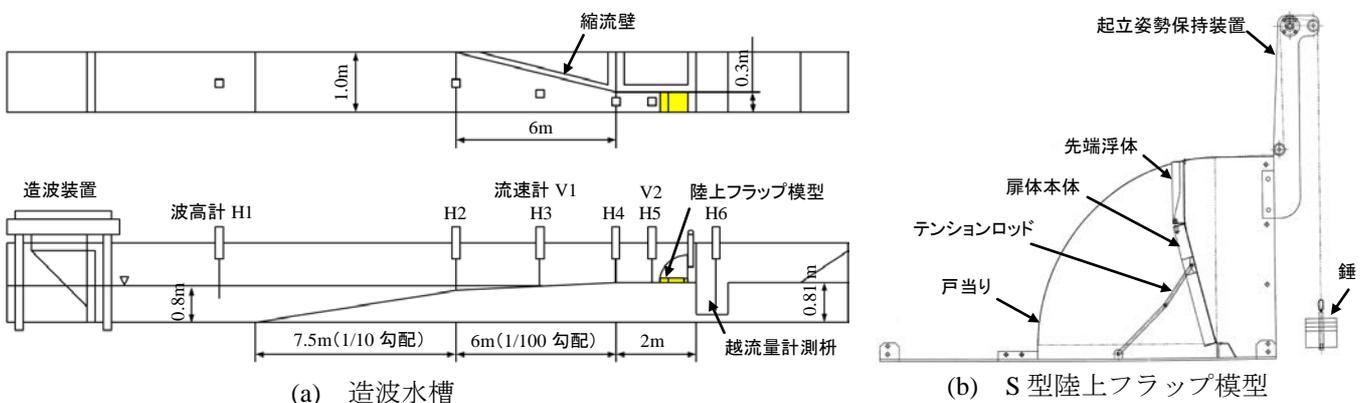


図-2 実験装置

キーワード 陸上設置型フラップゲート、陸閘、津波、段波、防災施設、無動力、操作レス

連絡先 〒551-0022 大阪市大正区船町2丁目2番11号 日立造船(株)技術研究所 TEL 06-6551-9173

表-1 実験条件

設定段波高 H [cm]	5, 10, 15, 20
模型形式	先端先行起立型, 一体型
設置条件	路面上形式, 埋設形式, 導水形式
みかけ比重 d_{all}	0.533, 0.579, 0.651, 0.724, 0.796

模型の設置条件は, 路面上に設置した形式(路面上形式), 路面下に埋設した形式(埋設形式), 段波流れをピット内へ導水する導水路を設けた埋設形式(導水形式)の3種類とした. 実験条件を表-1に示す. 起立姿勢保持装置の補助力は扉体全体でのみかけ比重 d_{all} に換算している. d_{all} は, 底部ヒンジを起点とした自重によるモーメントと補助力によるモーメントの差から算出した. 実験では, 波高, 段波流速, 越流量, 先端浮体および扉体本体の起立角度についてサンプリング周波数 100Hz で計測した.

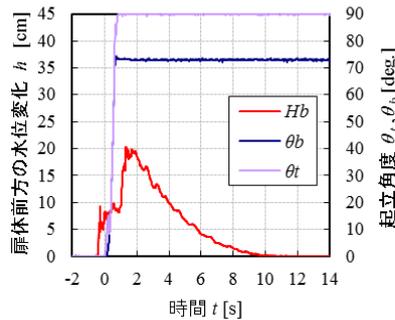


図-3 H_b と θ_t, θ_b の時間変化 ($H = 10\text{cm}, d_{all} = 0.533$)



図-4 実験写真 ($t = 0.2\text{s}$)

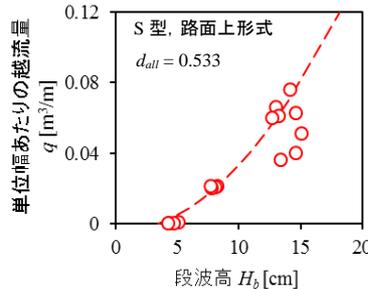


図-5 H_b と q の関係

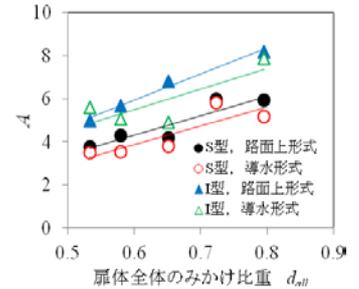


図-6 d_{all} と A の関係

3. 実験結果

実験結果の一例として, 図-3に $H = 10\text{cm}$ における $d_{all} = 0.533$ の導水形式の S 型陸上フラップでの扉体前方の水位変化 h と先端浮体の起立角度 θ_t および扉体本体の起立角度 θ_b の時間変化を, 図-4にその条件での先端浮体の起立開始から 0.2 秒後の実験写真を示す. 図-3では, 先端浮体が起立開始した時間を 0 秒としている. S 型陸上フラップは段波が襲来した後, 扉体下面が浸水した時点で先端浮体から起立し, その後に扉体本体が所定の角度まで起立した. また, 起立姿勢保持装置により, 段波が去った後も扉体は倒伏せず起立状態を維持することを確認した. 越流は, 段波襲来から扉体先端が段波高と同じ高さまで起立するまでの 0.2~0.4 秒間に発生した. 扉体の起立により段波が反射し, 扉体前方の最大水位が襲来時の段波高の 2 倍程度となった. 図-5に $d_{all} = 0.533$ の導水形式の S 型陸上フラップでの段波高 H_b と単位幅あたりの越流量 q の関係を示す. H_b は, 模型直前の波高計 H5 で実測した段波高である. H_b の増加に伴い q も増加した. これらの実験結果をもとに, 全ての模型形式と設置条件において実験値から大きく逸脱した値を除いて最小二乗法により $q = AH_b^2 + C$ の 2 次の近似曲線を作成した. ここで, A, C は係数で, A が大きいほど越流量が大きくなる. 図-5より, 作成した曲線が実験値に沿っていることがわかる.

図-6に, S 型および I 型陸上フラップの路面上形式と導水形式の d_{all} と A の関係を示す. 図中の直線は, 各条件において最小二乗法により作成した近似直線である. ばらつきはあるが, d_{all} の増加に伴い A も増加した. また, I 型よりも S 型, 路面上形式よりも導水形式のほうが越流量を低減できることがわかった. 近似直線より任意の扉体全体みかけ比重から A を求めることで, 前述の式より越流量を概算することが可能となった.

4. まとめ

各種の陸上フラップの段波津波に対する越流量の評価を行うため水理模型実験を行った. その結果, 扉体形式では I 型よりも S 型, 設置形式は路面上形式よりも導水形式の陸上フラップのほうが越流量を小さくできることがわかった. また, 起立姿勢保持装置に関しても越流量を低減する効果があることを確認した. 実験値より, 段波高と扉体全体のみかけ比重から越流量を概算する式を作成した.

参考文献

- 1) Yuichiro Kimura et al., Development of New Structures for Real-Time Tsunami Protection - FLAPGATE and NEORISE -, Proceedings of the Indian Ocean Tsunami Modeling Symposium, pp.54-57, 2010.
- 2) 木村雄一郎ほか, 陸上設置型フラップゲートの波浪応答特性, H23 年度土木学会全国大会第 66 回年次学術講演会, II-223.