

陸上設置型フラップゲートの波浪応答特性

日立造船株式会社

○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

1. はじめに

著者らは、津波襲来時に無動力かつ人為操作を必要とせず、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図-1 に示す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（Kimura et al.¹⁾, 2010 など）。陸上

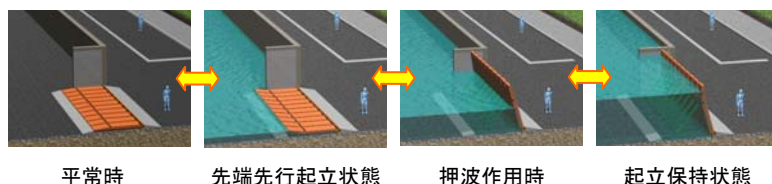


図-1 先端先行起立式陸上フラップ

フラップは、扉体に作用する浮力と水圧により扉体が起伏し、所定の角度において起立保持装置により起立状態で固定される。このため、従来の陸閘ゲートと比較して、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、人為的な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。一方で、陸上フラップを高潮対策として使用することも検討されている。高潮対策として使用する場合には、水位上昇と高波の同時作用も想定されるため、陸上フラップの動特性、すなわち波浪応答に対する検証が不可欠である。本研究では、先端部浮体を先行起立させる形式（以下、先端先行起立式）の陸上フラップを対象に、波浪応答特性を検証することを目的として、2次元造波水槽を用いた水理模型実験を行った。

2. 水理模型実験

実験装置の概略図を図-2 に示す。実験は、45m (L)×1m (W)×1.2m (H) の2次元造波水槽を用いて行った。水槽内には護岸を模擬した 0.5m (L)×1m (W)×0.5m (H) の基台を構築し、その天端上に扉体有効高 30cm の先端先行起立式陸上フラップの水理実験模型（縮尺比 1/10）を設置した。倒伏時の模型先端部と護岸天端面の上流側端部との距離は 20cm とした。実験模型の先端浮体および扉体には動揺量を測定するための傾斜角センサを設置した。波高計は、沖合から護岸周辺までの水位変動測定用として沖側に 4 本、越波量測定用として集水桝内に 1 本設置した。実験条件を表-1 に示す。扉体前方の水位 h は、護岸天端面を基準として設定した。作用波の条件は、港内の護岸に台風時に作用する高波を想定して決定した。不規則波のスペクトルタイプは Bretschneider・光易型とした。実験では、扉体を構成する先端の浮体と本体の角度、越波量および水位変動について、サンプリング周波数 1000Hz で 50s（不規則波実験では 120s）間の計測を行った。

表-1 実験条件

	規則波	不規則波
前方水位 h [cm]	0, 5, 10, 15, 20, 25	5, 10
波周期 T [s]	1.27, 1.90, 2.53, 3.16, 3.80	1.90, 3.16
波高 H [cm]	2.5, 5.0, 7.5, 10.0	

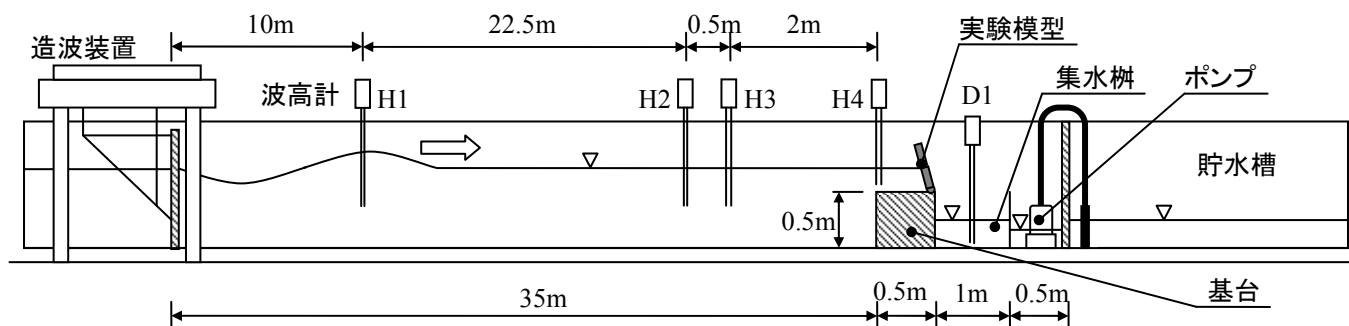


図-2 実験装置概要

キーワード 陸上設置型フラップゲート, 陸閘, 津波, 高潮, 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

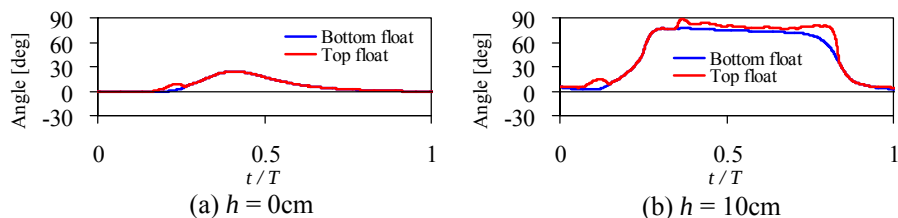
図-3 先端部浮体および扉体角度の時間変化 ($T = 3.16\text{s}$, $H = 10.0\text{cm}$)

表-2 扉体固定可能条件

T [s]	h [cm]	H [cm]
1.27	10	5.0
1.90	10	5.0
2.53	10	2.5
3.16	5	10.0
3.80	5	7.5

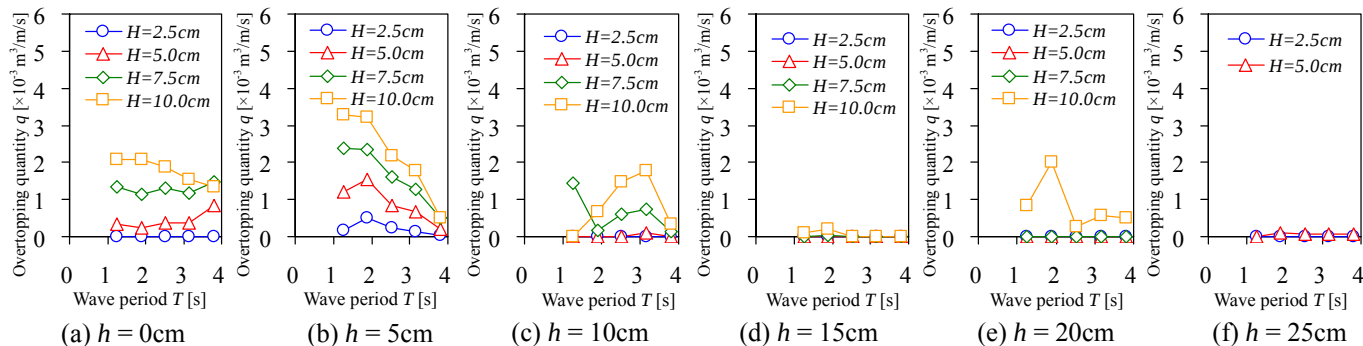


図-4 規則波を作用させた際の越波量

3. 実験結果

規則波実験の一例として、波周期 $T = 3.16\text{s}$ 、波高 $H = 10.0\text{cm}$ における先端浮体および扉体の角度の時間変化1周期分を図-3に示す。 $h = 0\text{cm}$ では、陸上フラップが作用波により倒伏状態から先端浮体が発生して浮上した後に、本体が扉体前面の水位にあわせて浮上することを確認した。 $h = 5\text{cm}$ および 10cm では、作用波による水位変動が扉体を起立状態に維持するために必要な水位を跨ぐため、扉体の動揺量が大きくなる傾向が確認された。ここでは示していないが、 $h > 15\text{cm}$ では、扉体を起立状態に維持するために必要な水位を超えるため、扉体は起立状態を維持した。表-2に各波周期で最初に所定の角度（75度）まで扉体が起立した条件を示す。長周期の波ほど前方の水位が低く、波高が小さい条件で扉体を固定可能な位置まで起立できることを確認した。

陸上フラップに規則波を作用させた際の越波量を図-4に示す。ここで q は単位幅、単位時間あたりの越波量を表す。 $h < 15\text{cm}$ の条件では越波が発生し、特に、 $h = 5\text{cm}$ 、 $T = 1.90\text{s}$ および 2.53s の条件で越波量が增大した。越波の原因として、扉体の動揺により扉体前方の水位変化の追従に遅れが生じることが考えられる。 $h = 10\text{cm}$ では、波周期と扉体の動揺周期の組み合わせにより、越波が大きく発生する条件と、扉体が所定の角度まで起立する条件が混在した。 $h \geq 15\text{cm}$ では、扉体が起立状態であるため、越波量は激減した。 $h = 20\text{cm}$ 、 $T = 2.53\text{s}$ の条件で越波量が增大している原因は、作用波が起立状態の扉体天端から越流したためである。陸上フラップに不規則波を作用させた際の越波量を図-5に示す。越波量は、規則波を作用させた際のものと比較して半分程度に減少した。また、有義波周期が長いケースほど越波量が減少することを確認した。

4. まとめ

先端先行起立型陸上フラップを対象とした水理模型実験を行い、その結果、規則波実験では長周期の波ほど扉体が所定の角度まで起立しやすく、越波量が少ないことを確認した。また、不規則波実験では越波量は規則波実験のものと比較して小さいことを確認した。今後、低水位、短周期波での越波量や動揺量を低減する改良を加え、実用化を行う。

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.

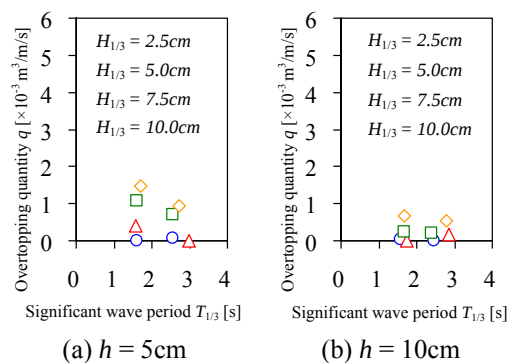


図-5 不規則波を作用させた際の越波量