

フラップゲートに作用する段波津波の波力特性

早稲田大学 学生会員 佐野 裕二郎
フェロー 清宮 理

1.はじめに フラップゲートは海底に設置されており、津波の危険が予測されたとき起立して津波を防ぐ水門である。常時は水中にあり、景観の妨げや、航路での障害物にならない。海底側は、ピン構造でヒンジ周りに扉体が回転する構造である。圧縮空気をゲートに送り込むことで、内部の海水を排水し浮かび上がらせることでゲートが開く仕組みになっている。水位差に抵抗しゲートの姿勢を保持するために、チェーンや鋼棒などのテンション材によって固定してある。津波が過ぎた後は、下に回転させ扉体を水路床に格納する形である。フラップゲートは、扉体内部に設けた空気室や扉体に取り付けた浮袋に空気を出し入れすることでこれを起立・倒伏させる構造であり、短時間で起立や倒伏が可能であることから、緊急性が求められる津波対策にも有効と考えている。フラップゲートは津波対策として、湾口・港口などの浅海域から河口などの水深の急変する場所を適用範囲として想定しており、長周期の水位変動としての津波と段波形式の津波による検討が必要である。そこで、段波津波に対する2次元水理模型実験を実施して、フラップゲートに作用する津波外力(波圧特性, 最大波力), 津波作用時のゲート挙動, フラップゲートによる津波の変形に関する3つの基礎的な特性を把握した結果について述べる。

2.水理模型実験 実験水路は水路長25m, 水路幅(貯水部)2m, 水路幅(流水部)1m, 水路高さ1.5mの装置である。模型縮尺は1/50になっている。水槽に貯水して扉を一気に開放させることで段波を発生させる。

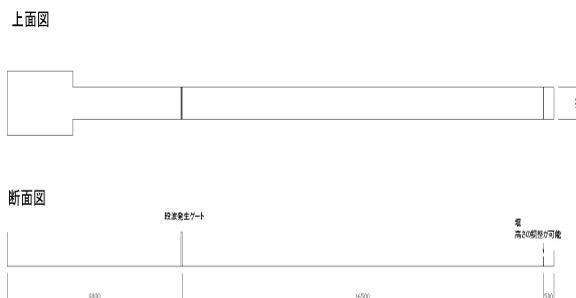


図1 実験水槽

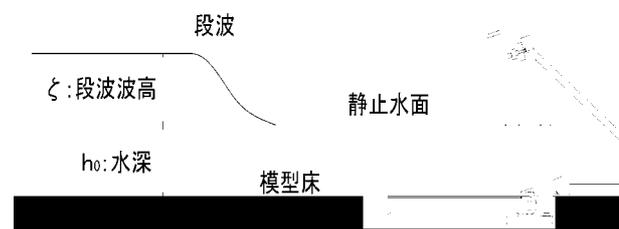


図2 水深および段波波高

入射波実験では、各下流水深(0cm, 10cm, 20cm)における水頭差を5cmピッチで変更し、それぞれの実験ケースに対応した段波波高(5cm, 10cm, 15cm, 20cmを目安)が発生する水頭差(上流水深 - 下流水深)を決める。段波入射波実験によって決められた段波を用いて、固定式実験と動揺式実験を行う。

固定式実験では、各下流水深において、角度(75°, 90°)を固定したフラップゲート模型に4つの高さの段波を作用させ、扉体に作用する波圧と波速, 反射波高, 伝達波高の測定を行う。ゲートの前面のゲート底部から、5cmピッチで波圧計を取り付け、ゲートの後面がロードセルに衝突する力を計測する。

動揺式実験では、各下流水深において、扉体を固定しない状態(初期扉体角度4°, 15°, 26°)で扉体に4つの高さの段波を作用させ、扉体に作用する波圧と段波の波速, 反射波, 伝達波の測定を行う。ゲートの前面のゲート底部から10cmピッチ, 後面にも10cmピッチで波圧計を取り付け、ゲート前面には2本のテンションロッドを取り付け、ゲートに作用する力を計測する。計測間隔は1/1000秒で波速の計測は、扉体前面に設置した2台の波高計より求める。また扉体の挙動はビデオにより撮影して立ち上がり状況を観察する。

キーワード 津波段波、フラップゲート、水理実験

連絡先 〒160-0017 新宿区大久保3-4-1 早稲田51号館16F 01 TEL03-5286-3852 E-mail 21cent-yujiro117@toki.waseda.jp

3. 実験結果 入射波実験による段波波高を表1に示す。固定式実験での下流水深10cm, 扉体角度90°におけるロードセルにかかる最大荷重を表-2に示す。図-3にピーク波圧の扉体前面での分布状況, 図-4に動揺のケースでの波圧の分布を示す。

表1 本実験で用いる水頭差

水深	水頭差 (cm)
各水深 0cm, 10cm, 20cm (各水深で4ケース)	10
	30
	50
	70

表2 固定式実験でのロードセル荷重 (扉体 90°)

水深 (cm)	水頭差 (cm)	荷重 (N)
10	10	92.33
	30	261.90
	50	655.89
	70	886.98

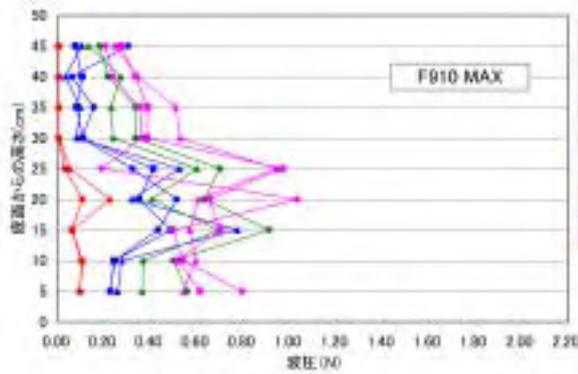


図3 固定式実験でのピーク波圧(扉体 90°)

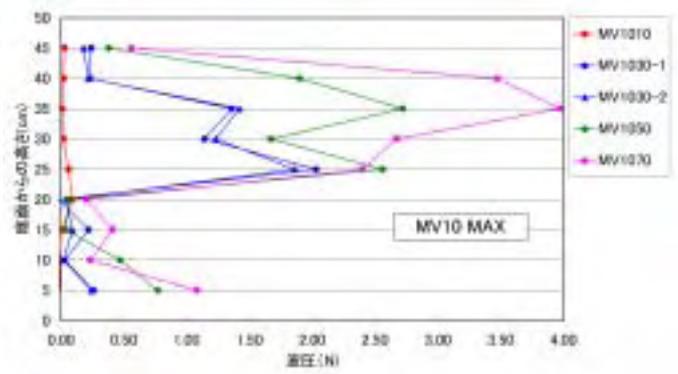


図4 動揺式実験でのピーク波圧

表3 動揺式実験のロッドにかかる荷重

水深 (cm)	水頭差 (cm)	荷重 (N) : 手前側	荷重 (N) : 奥側	荷重 (N) : 合成
0	10	175.46	89.05	264.51
	30	3177.72	2999.63	6177.35
	50	4629.09	4513.85	9142.94
	70	6690.23	5688.47	12378.70

4. まとめ 固定式実験と動揺式実験にて以下の結論を得た。

- (1)流速は、水頭差が大きくなるにつれ速くなるが、下流水深の違いによる流速の大きな違いはない。
- (2)ピーク波圧は、固定式の扉体 90° においては下流水深が高くなるにつれて大きくなるが、固定式の 75° においては下流水深が 10cm, 20cm, 30cm の順で大きくなった。90° に比べ、傾斜している 75° の方がピーク波圧は大きくなった。また 90° も 75° においても底面からの高さが 25cm 付近で一番大きくなった。動揺式におけるピーク波圧は 10cm, 20cm, 0cm の順で大きくなった。固定式に比べて動揺式のほうがピーク波圧は 3-4 倍程度大きかった。また底面からの高さが 35cm 付近でこの値が一番大きくなった。
- (3)ロードセルで計測された扉体を受ける荷重は、固定式では水深が高く、水頭差が大きくなるにつれ値が増えた。90° に比べ 75° の方がやや荷重は大きかった。動揺式においては固定式に比べ 10 倍以上もの力がかかっている、下流水深 10 cm において一番荷重は大きかった。

今後はピーク波圧や扉体にかかる荷重と下流水深との関係、扉体を固定した角度によるかかる荷重の違いや固定式と動揺式との違いについて検討していきたい。

あとがき 本研究は大型水門の開発に関する研究 ((独) 港湾空港技術研究所, 石川島播磨重工業株式会社, 川崎重工業株式会社, 新日鐵製鐵株式会社, JFE エンジニアリング株式会社, 日立造船株式会社, 三井造船株式会社、及び三井造船株式会社) による共同研究の一環として実施した。