

自立式ボタムピンサポートフラップゲートの波浪中応答に関する研究

鳥取大学工学部 フェロー会員 上田 茂
鳥取大学工学部 正会員 池内 智行

鳥取大学工学部 正会員 谷口 朋代
鳥取大学大学院 学生員 ○柏尾 正樹

1. はじめに

地盤沈下と地球温暖化による海面上昇により、沿岸域の低地が被害を受ける恐れがある。この高潮対策として防潮堤の建設が施され、イギリスではテムズバリアが完成し、イタリアではモーゼ計画が進められている。本研究ではモーゼ計画で提案されているボタムピンサポートフラップゲートを例にとりてその波浪応答を検討し、将来我が国における防潮堤建設に資する。ボタムピンサポートフラップゲートは開閉装置に動力設備を設けず、ゲート内に圧縮空気を挿入しゲートに働く浮力のみで開閉させるものである。本研究では、このゲートの開閉機能、静的安定性および耐波性能について数値計算により検討する。

2. 解析モデルとつりあい条件

本研究で用いるゲートモデルの諸元を図-1に示す。重量は350t 鋼材の単位重量は 7.85 tf/m^3 、ゲートの板厚は、ゲート側壁と補剛材の重量を7対3として計算した。その結果ゲート側壁の板厚は0.02m、補剛材の板厚は0.01mとした。

1) 水中におけるゲートの安定

静水中でゲートがつりあう条件はゲートに働く以下のモーメントの総和が0となる時である。

M_{WG} : ゲート自体の重量による、ヒンジ点周りのモーメント

M_{PS1} : 内湾側の静水圧による、ヒンジ点周りの全モーメント

M_{PS2} : 外湾側の静水圧による、ヒンジ点周りの全モーメント

M_{UGW} : ゲートに働く浮力による、ヒンジ点周りのモーメント

M_{WGW} : ゲート内の水の重量による、ヒンジ点周りのモーメント

この条件を満たすゲートの角度 α と外湾側の水深 h_2 、ゲート内の水深 h_4 （ゲート内の水重量 W_{GW} 、ゲート内の空隙 V_g ）の関係を求める。（図-2参照）

2) 波浪中におけるゲートの静的安定

波浪中においてゲートがつりあう条件は、静水中の安定しているゲートに波を作用させた時のゲートに働く以下のモーメントの総和が0となる時である。ただし、ここではゲートの振動に伴う慣性力は考えていない。

M_{WG} : ゲート自体の重量による、ヒンジ点周りのモーメント

M_{P2} : 外湾側の波（入射波）の水中圧力によるヒンジ点周りの全モーメント

M_{P1} : 内湾側の波（伝達波）の水中圧力によるヒンジ点周りの全モーメント

M_{UGW} : ゲートに働く浮力による、ヒンジ点周りのモーメント

M_{WGW} : ゲート内の水の重量による、ヒンジ点周りのモーメント

この条件を満たすヒンジ点からゲートの天端位置までの鉛直距離 $(h_2 + h_3)$ を求める。

3. 解析結果

1) 静水中におけるゲートの安定

ゲートの余裕高 $h_3=0, 1.75, 3.5(\text{m})$ で、外湾側の水深 h_2 、ゲートの角度 α 、ゲート内の水重量 W_{GW}

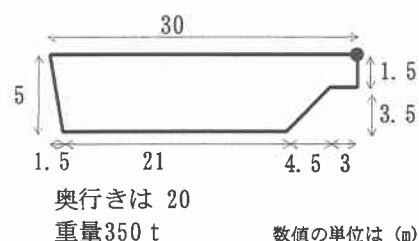
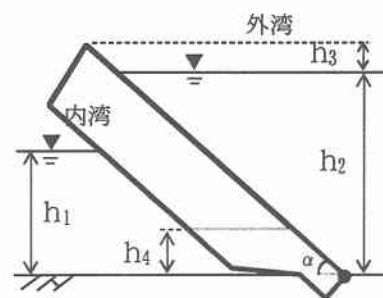


図-1 モデル諸元



h_1 は内湾側の水深、 h_2 は外湾側の水深
 h_3 はゲートの余裕高、 h_4 はゲート内の水深

図-2 水深の表示

とゲート内の空気体積 V_a との関係は表 1 - 1～1 - 3 のようになる。

表 1 - 1

h_2 (m)	α (°)	W_{GW} (tf)	V_a (m ³)
13.0	25.7	2433	184
14.0	27.8	2041	472
15.0	30.0	1565	1026
16.0	32.2	934	1638
16.8	34.0	0	2545

表 1 - 2

h_2 (m)	α (°)	W_{GW} (tf)	V_a (m ³)
13.0	29.5	2364	250
14.0	31.9	1955	647
15.0	33.8	1456	1132
16.0	36.4	772	1796
16.8	37.8	0	2545

表 1 - 3

h_2 (m)	α (°)	W_{GW} (tf)	V_a (m ³)
13.0	33.4	2201	409
14.0	35.4	1762	835
15.0	38.2	1220	1361
16.0	40.5	462	2096
16.8	41.6	0	2545

《 $h_3=0\text{m}$ でのゲートの安定 》

《 $h_3=1.75\text{m}$ でのゲートの安定 》

《 $h_3=3.5\text{m}$ でのゲートの安定 》

2) 波浪中におけるゲートの静的安定

波浪中の安定計算で用いる数値としては、海水の単位重量を 1.03tf/m^3 、内湾側の水深を 13m 、波（定常波）の波高を 3.5m 、周期を 12s とした。図 3 - 1～3 - 3 は、入射波が波高 3.5m で外湾側の水深が $14, 15, 16\text{m}$ 時の、ゲートの天端 $h_3 = 1.75, 3.5(\text{m})$ と水面の変位の時系列を示している。

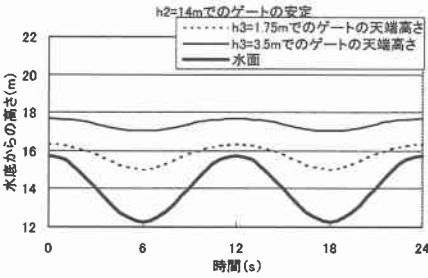


図 3 - 1

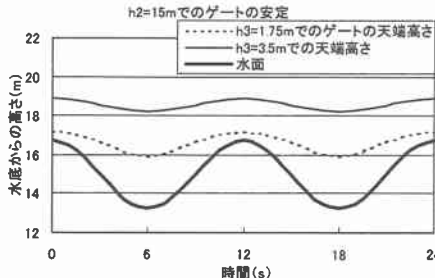


図 3 - 2

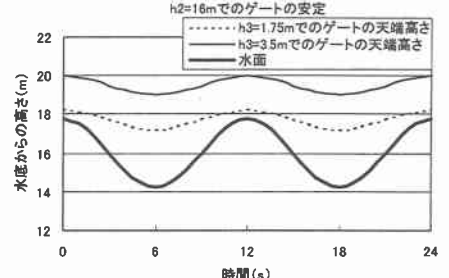


図 3 - 3

図 4 - 1～4 - 3 は、入射波が波高 7.0m で外湾側の水深が $14, 15, 16\text{m}$ 時の、ゲートの天端 $h_3 = 1.75, 3.5(\text{m})$ と水面の変位の時系列を示している。

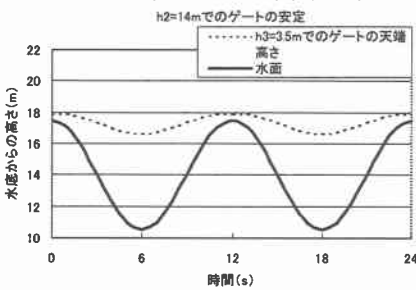


図 4 - 1

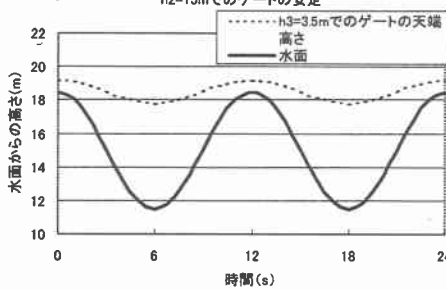


図 4 - 2

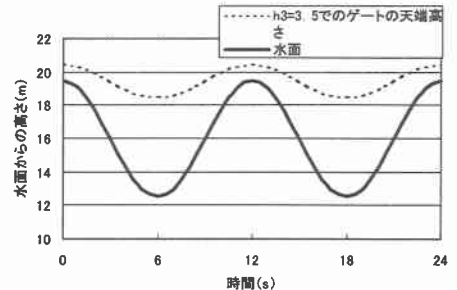


図 4 - 3

4. まとめ

本研究では可動式防潮ゲート（ボトムピンサポートフラップゲート）の静水中における浮力による開閉静的安定性および耐波性能を検討した。その結果、以下の結論を得た。

- 1) 水中で内湾と外湾の潮位差が表 1 - 1～1 - 3 より、最大 3.8m （外湾の水深 16.8m ）までならゲートに働く浮力のみでゲートを開閉させることができ、また安定もする。
- 2) 波浪中にゲートに入射する波（定常波）が 7m では図 4 - 1～4 - 3 より $h_2=14\sim16$ (m) すなわち、潮位差が 3.0m （外湾の水深 16m ）までなら浮力のみでゲートは安定することが出来る。

本研究では静的な解析を示したのみで、動的解析は行っていない。今後はゲート内の水の揺れ、水の粘性抵抗、不規則波等々を考慮に入れた解析が必要とされる。そのような解析を行うことで実際の動揺に近い結果が得られると考えられる。

《参考文献》1)「海岸工学」 服部 昌太郎 コロナ社、2)「浮防波堤の水理に関する近似理論と応用」伊藤 喜行・千葉 繁 港湾技術研究所報、3)「水面波による任意断面浮体の2次元運動」井島 武士・吉田 明德・湯村 やす、4)「土木工学ハンドブック I」土木学会第 4 版、5)「第 6 回水門鉄管海外技術調査報告書 水門鉄管 No.181」