

電動式スルースゲートを用いた津波再現実験

東亜建設工業（株） 正会員 ○松田 信彦

1. はじめに

東日本大震災津波による防波堤被害の要因として、津波の波力による直立部の滑動に加え、港内側の基礎マウンドや海底地盤の越流洗掘による安定性の低下が考えられている¹⁾。このような防波堤を越流する津波実験は、一般的にポンプで水を循環させ一定流量の定常流れを発生させて行われている。しかし、防波堤外側の津波高さが最大の時に、最も厳しい洗掘条件になるとは限らないため、定常流れの実験では水位の時間変化特性を考慮して、防波堤外側と内側の水位条件を幅広く変化させた実験を数多く行う必要がある。そのため、本研究は実際に近い津波の非定常な水位変動を再現できる津波造波装置を開発し、八戸港の津波再現実験を行った。

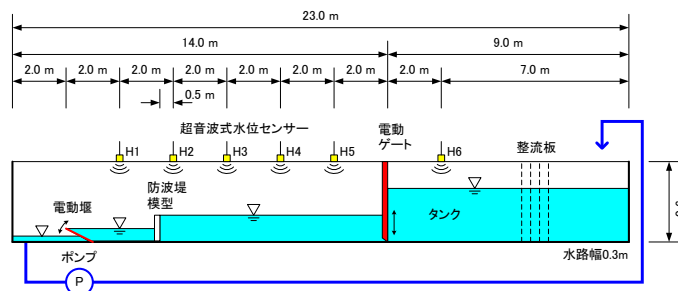


図-1 津波造波装置

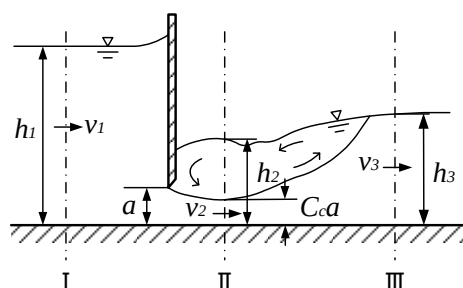


図-2 もぐり流出

2. 津波造波装置

(1) 装置の概要：津波造波装置の概要を図-1に示す。実験に用いた水路は長さ23.0m、幅0.3m、高さ0.6mの2次元小型造波水路である。電動ゲート右側のタンクに溜められた水は、ゲートを出て左側へ流れ、防波堤を越流して電動堰を通り左側端部まで行くと、ポンプでタンクへ戻される構造になっている。電動ゲートは電動式スルースゲートで、電動シリンダでゲートの開度を変えて流出量を調節し堤外側の津波を造波する。また、電動堰はモータにより堰の高さを変えて堤内側の水位を調節することができる。防波堤模型の縮尺は1/70、上部工を含めたケーソン高さは13.0m、幅16.0m。基礎マウンドは水位調節のため不透過にすることから、模型の高さは基礎マウンド厚さ2.5mを加えた高さ15.5mにしている。

(2) ゲート制御方法：ゲートの制御に用いた流量式²⁾は、図-2のようなもぐり流出を考えたHenry型の(1)式を用いた。流量係数Cと縮流係数Ccとの関係は(2)式の通りである。 h_1 , h_2 , h_3 はそれぞれI, II, III断面における水深、 a はゲート開度、 B は水路幅である。

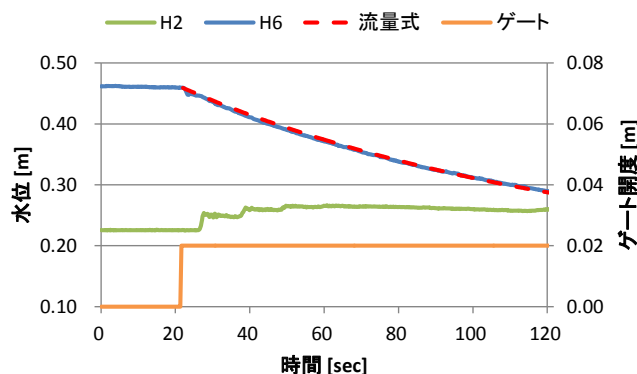


図-3 ゲート開度と水位変化（開度一定）

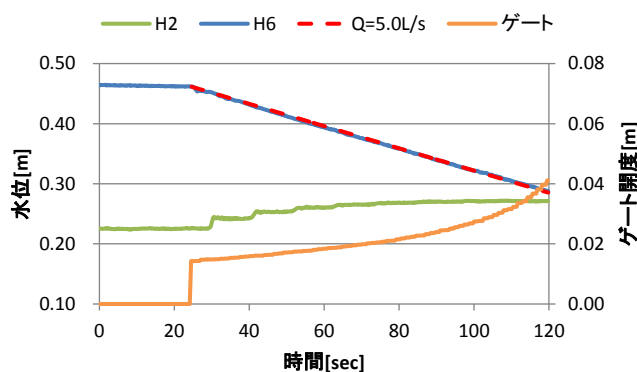


図-4 ゲート開度と水位変化（流量一定）

キーワード 津波, 津波造波装置, 電動式スルースゲート, 電動堰, 越流洗掘

連絡先 〒230-0035 神奈川県横浜市鶴見区安善町1-3 技術研究開発センター TEL 045-503-3741

$$Q = C B a \sqrt{2 g h_1} \quad (1)$$

$$C = \frac{C_c}{\sqrt{1 - (C_c a / h_1)^2}} \sqrt{1 - \frac{h_2}{h_1}} \quad (2)$$

図-3 はゲートを一定高さ 0.02m で開いた時のゲート開度と水位変化を示した図である。ポンプを止めてタンク満水状態からゲートを開くと、時間の経過とともにタンク水位 H6 が低下してゲート流出量も減少するため、H6 の傾きが徐々に緩くなる。図中の H2 は防波堤前面の水位で、赤破線は実験の水位から流量式で計算した H6 の水位である(水位計位置は図-1 参照)。流量式が実験の流出量と一致するように最小二乗法で縮流係数 C_c を求めている。この様にして開度 a と縮流係数 C_c の関係が分かると、H6 と H5 の水位から流出量に見合ったゲート開度 a を計算し、フィードバック制御で電動ゲートを動かすことで、任意の津波を造波することができる。図-4 はゲート流出量が 5.0l/s で一定になるように制御した時のゲート開度と水位変化を示した図である。図中の赤破線はタンクの水を 5.0l/s で流出させたタンク水位 H6 の計算値で、実験の水位低下と一致している。また、H6 の水位が低下するとゲート開度が大きくなり流量を調節していることが分かる。

3. 八戸港の津波再現実験

図-5 は八戸港北防波堤中央部の堤外と堤内の水位を津波数値解析で計算した結果である。八戸港では第1波の後にさらに大きい第2波が来襲し、上部工からの越流洗掘により防波堤が倒壊¹⁾しているため、本実験では第2波の越流開始から終了までを再現した。津波再現実験の結果を図-6 に示す。数値解析結果に合うように電動ゲートと電動堰の制御データを調節して造波データを作成した。防波堤外と堤内の水位変化が全体的に良く一致しており本手法の妥当性が確認できる。図-7 は図-6 の黒破線で示した時刻の写真である。

4. おわりに

ゲートを電動シリンダで動かして流量調節をすることで、津波の非定常な水位変動を再現することができた。しかし、造波データの作成には合せ込み調節が必要であるため、今後作成方法を検討する予定である。

謝辞：八戸港の津波数値解析結果を提供頂いた港湾空港技術研究所の富田孝史氏に謝意を表す。

参考文献 1) 国土交通省 港湾局：防波堤の耐津波設計ガイドライン（一部改訂），2015。

2) 名合宏之：開水路底流型水門の流出機構に関する水理学的研究，京都大学学位論文，1973。

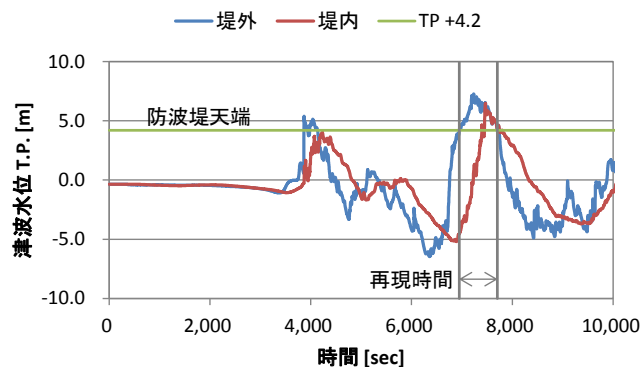


図-5 八戸港の津波数値解析結果

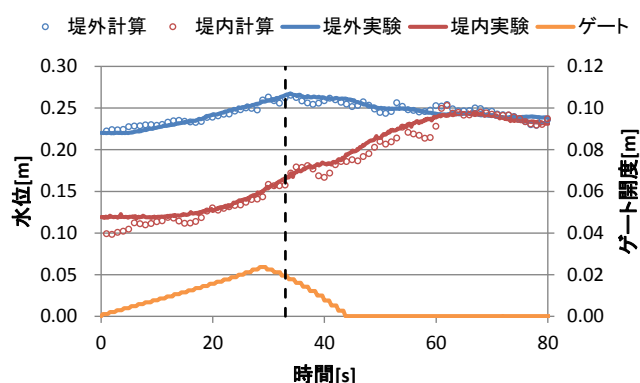


図-6 八戸港の津波再現結果

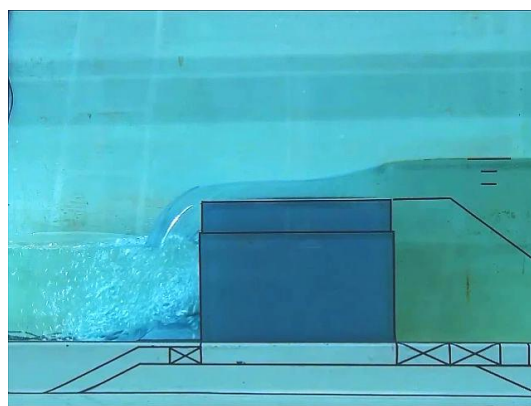


図-7 津波再現実験写真