

# 津波作用時のケーソン式混成堤周辺の水位変動と水圧変動に関する一考察

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 安藤 康平  
 名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 山田 裕貴  
 名古屋大学高等研究院 正会員 中村 友昭  
 東洋建設(株) 鳴尾研究所 正会員 小竹 康夫  
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 水谷 法美

**1. はじめに:** 東日本大震災では、東北地方太平洋沖地震により発生した大津波が東日本沿岸域に甚大な被害をもたらした。その中で多くの防波堤や防潮堤が被災し、防災機能が消失または低下したことから、これらの機能の回復が急がれている。そのためには、被災状況の把握とそのメカニズムの解明が必要である。さらに、今後発生が予想される東海・東南海・南海地震による津波被害も危惧されており、今回の津波被害を教訓とした対策が急務である。本研究では、ケーソン式混成堤に津波が作用した状況を対象にした水理模型実験(小竹ら, 2011)に中村・水谷(2010)の数値計算モデルを適用し、水理実験結果との比較によりモデルの妥当性を検証するとともに、ケーソン式混成堤周辺の水位変動と水圧変動に津波が与える影響を考究する。

**2. 数値計算モデルの概要:** 本研究では、中村・水谷(2010)による3次元流体・構造・地形変化連成数値計算モデルを用いて解析を行った。本研究で使用したモデルは、透過性材料の間隙内部の流体を含む全気液相に適用できるように一般化した連続式と Navier-Stokes 方程式を支配方程式としたメインソルバー、気液界面を追跡する MARS に基づくモジュール、可動構造物を取り扱う体積力型埋め込み境界法に基づくモジュール、地形変化を解析するモジュールから構成されている。詳細は中村・水谷(2010)を参照されたい。

**3. 計算条件:** 小竹ら(2011)による一連の水理模型実験を基に計算条件を設定した。図-1 に数値波動水槽の概略図を示す。同図に示すように、造波ソースから 11.5 m 離れた地点から長さ 7.0 m の 1/20 勾配斜面、長さ 20.0 m の 1/50 勾配斜面、水平床を順に設け、その水平床上に混成堤模型を設置した。混成堤模型は、図-2 に示すように、マウンド(中央粒径 40 mm)とケーソン(高さ 30 cm, 幅 16 cm)から構成されており、マウンドの空隙率は試行計算に基づいて 0.3 と設定した。水位変動は、造波位置から岸向きに 5.5 m の位置 (ch1; 図-1 参照) とケーソン前面および背後から 1.35 m の位置 (ch3, ch4; 図-1 参照) において測定した。また、図-2 に示すケーソン表面の ch1~ch16 の位置において水圧の計測を行った。静水深はマウンド前面において  $h = 0.60$  m とし、津波をモデル化した周期  $T = 20.0$  s の引き波初動の周期波を作用させた。入射波波高  $H$  は、津波がケーソンを越流しない Case 1 ( $H = 2.9$  cm) と実験で比較的大規模な越流が生じた Case 2 ( $H = 6.0$  cm) の 2 パターンを対象とした。

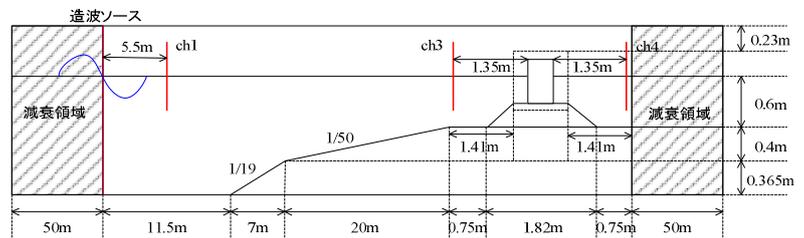


図-1 数値波動水槽の概略図および水位計測位置

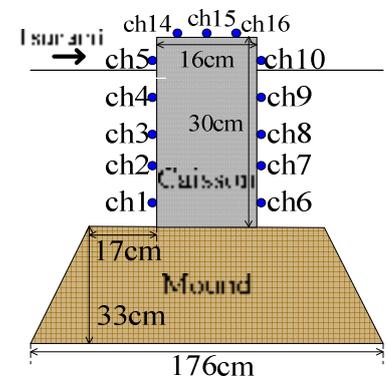


図-2 混成堤模型の概略図および水圧計測位置

**4. 計算結果および考察:** 図-3 に無次元水位変動  $\eta / H_i$  の時間変化の比較を示す。ここで、小竹ら(2011)は第1波目によるケーソンの応答を対象に実験を行っていることから、本研究でも造波されてから第1波目の結果を考察の対象とする。図-3 より、ケーソン背後の ch4 において若干の位相の違いは見られるものの、Case 1, Case 2 とともにケーソン前後の水位を再現できていることが分かる。図-4 と図-5 に、Case 1 のケーソン前面と Case 2 のケーソン背後における無次元水圧変動  $P / \rho g H_i$

の時間変化を示す。図-4 と図-5 に、Case 1 のケーソン前面と Case 2 のケーソン背後における無次元水圧変動  $P / \rho g H_i$  の時間変化を示す。図-4 と図-5 に、Case 1 のケーソン前面と Case 2 のケーソン背後における無次元水圧変動  $P / \rho g H_i$  の時間変化を示す。

を示す。ここで、 $\rho$ は水の密度、 $g$  は重力加速度である。図-4 より、ケーソン前面の静水面よりも上にある ch5 において若干過小評価しているものの、計算は実験の水圧変動を適切に再現できていることが分かる。

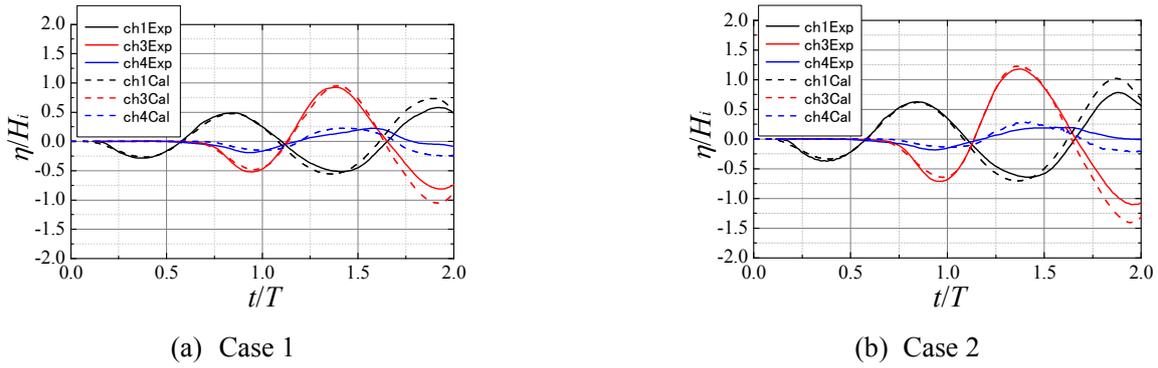
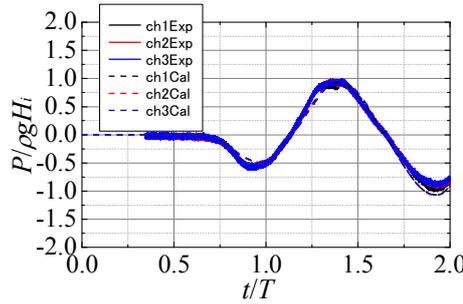
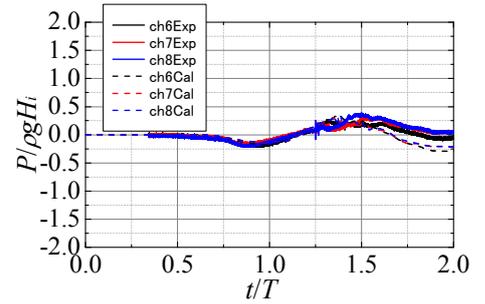


図-3 無次元水位変動  $\eta / H_i$

図示しないが、Case 2 でもケーソン前面の水圧変動を適切に再現していることを確認している。一方、図-5(a)を見ると、静水面よりも下での水圧変動は比較的良好に再現できていることが分かる。また、

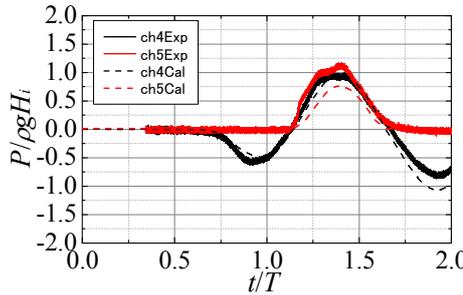


(a) ケーソン前面下部

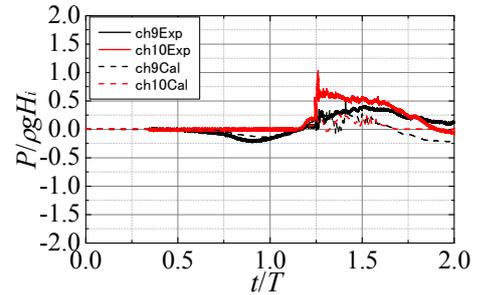


(a) ケーソン背後下部

図-5(b)より、特に静水面よりも上にある ch10 においては計算が過小評価しているものの、水圧変動の傾向を捉えられていることが確認できる。



(b) ケーソン前面上部



(b) ケーソン背後上部

具体的には、図-5(b)に示した ch9 の水圧変動に着目すると、実験において水圧が上昇した後、一時的に低下する現象が認められることがわかる。また、この傾向は計算値からも確認でき、水圧変動の傾向を再現できていることが分かる。

図-4 水圧変動  $P / \rho g H_i$  (Case1)

図-5 水圧変動  $P / \rho g H_i$  (Case2)

図-6 に水圧低下時の流速と渦度  $\omega$  の分布を示す。ここで、正の  $\omega$  は反時計回りの渦を表している。同図を見ると、ch9 の周辺において強い負の渦が形成されている様子が見てとれ、この渦が ch9 における水圧低下の原因になったものと考えられる。

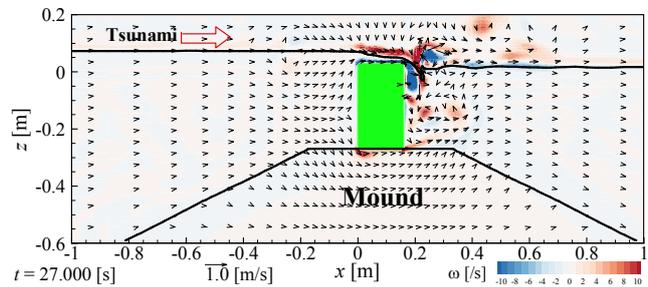


図-6 背後の水圧低下時における流速と渦度  $\omega$  の分布 (Case 2)

**5. おわりに:** 本研究では、津波作用時におけるケーソン式混成堤周辺の水圧変動と水圧変動を数値計算モデルにより考究した。その結果、同モデルにより水圧変動と水圧変動が再現可能なこと、特に越流時に生じるケーソン背後での水圧の低下が適切に捉えられることが明らかとなった。今後は、ケーソン周辺の水圧変動を中心にさらなる考察を行い、ケーソン式混成堤が被災するメカニズムの検討をさらに進める予定である。  
参考文献：[1] 小竹・松村・山野・金澤・荒木 (2011), 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 67, No. 2, pp. 766-770. [2] 中村・水谷 (2010), 第 24 回数値流体力学シンポジウム, E10-4, 9 p.