仮設式波除堤による波高低減効果に関する実験的研究

名古屋大学大学院工学研究科　学生会員　○吉村一樹
名古屋大学大学院工学研究科　正会員　中村友昭，趙　容桓
名古屋大学大学院工学研究科　フェロー　水谷法美
東洋建設株式会社　正会員　小竹康夫

1. はじめに：ケーソン据付工事などの作業船を用いた海上土木工事では，波浪状況によって工事の中止基準に達していないと判断された状況であっても，予測以上の波浪により船やケーソンが動揺し中止を余儀なくされる場合がある．このような場合への対策として，小竹ら（2018）は，常時は陸地に近い場所に係留しておき，作業時に施工区域の沖側などに配置・係留し，堤体内部に所定の海水を注水することで，予測以上の波浪が来襲した場合でも作業区域内の静穏度を一定の範囲内に保つことを目指した浮体構造の仮設式波除堤を提案し，その効果を実スケールの数値解析により検証している．本稿では，仮設式波除堤の波高低減効果に対するさらなる検証を行うために水理模型実験を実施し，波浪の周期と波除堤内部の注水量の観点から検討を行う．

2. 仮設式波除堤と実験条件：名古屋大学の断面水路（長さ 30.0 m，幅 0.70 m，高さ 0.90 m）を用いて縮尺 1/50 の実験を行った．図-1 に実験装置の概略図を示す．同図に示すように，静水深を 600 mm とし，図-2 に示す非係留の仮設式波除堤の模型を浮かべた．ここで，波除堤の高さは 400 mm，波除堤内部の貯水部の高さは 140 mm であり，波除堤を構成するアルミニウム（図-2 の灰色の部材）の厚さは 4 または 6 mm，アクリル（同図の黄色の部材）の厚さは 4 または 2 mm とした．そして，入射波高 H_i = 16 mm，周期 T = 1.13，1.27，1.41，1.56，1.70 s の規則波を作用させた．このとき，波除堤内部の注水深 h_{in} を 0，60 mm の 2 通り変化させ，計 10 ケースの実験を行った．造波時には，波除堤の重心位置の並進運動と回転運動を求めるために，波除堤をハイスピードカメラ（DITECT 社製 HAS-L1）を使用して撮影し，同社製 DIPP-motion V を用いて画像解析を行った．また，図-1 に示す位置に電気容量式水位計（KENEK 社製 CHT6-30）を 5 本設置し，水位変動の計測も行った．

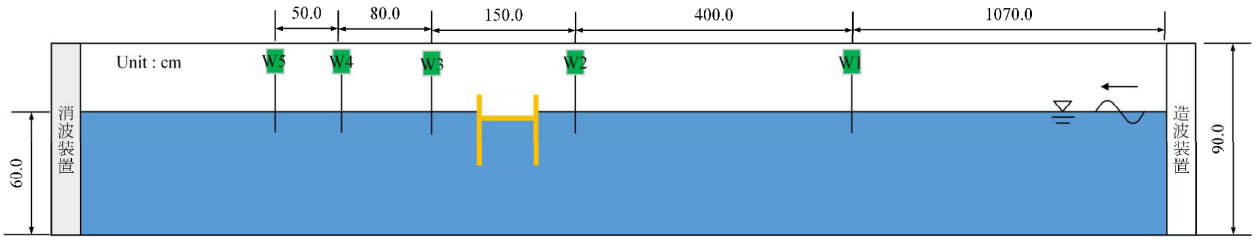


図-1　実験装置の概略図（W1～W5：水位計）

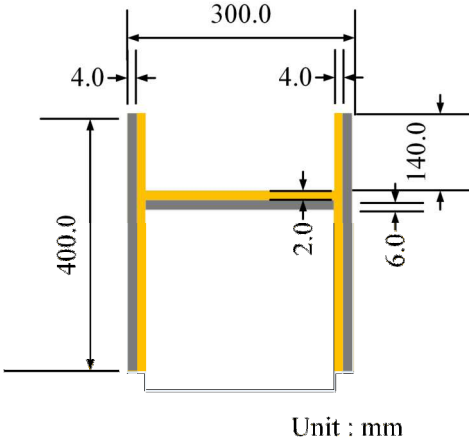


図-2　仮設式波除堤の模型

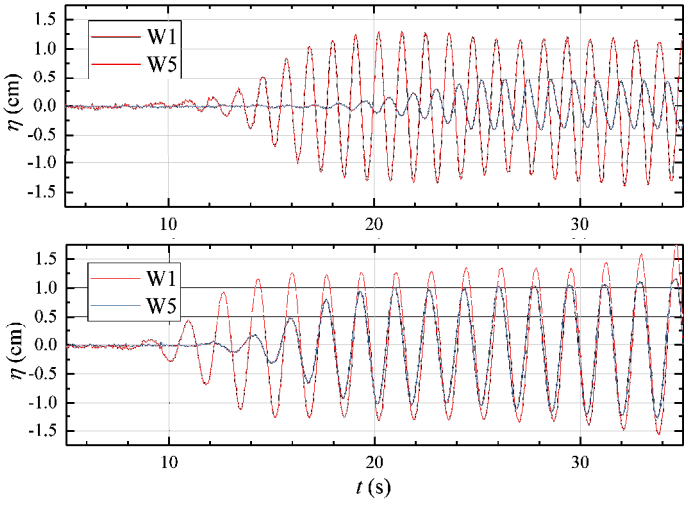


図-3　水位変動ηの比較（h_{in} = 0 cm）：(a) T = 1.13 s，(b) T = 1.70 s

3. 実験結果および考察：図-3 に，注水深 h_{in} = 0 mm の場合における，W1 と W5 での水位変動ηの時間変化を例示する．同図から，波除堤の沖側の W1 では，周期 T によらず，波除堤からの反射波の影響で入射波高 H_i（= 16 mm）よりもηの変動が大きくなっていることが分かる．また，波除堤の岸側の W5 では，図-3(b)に示した T = 1.70 s の場合には，ηの振幅が W1 と同程度であり，波高の低減が見られないのに対し，図-3(a)に示した T = 1.13 s の場合には，ηの変動が H_i よりも小さく，波高を低減させる効果があることが分かる．

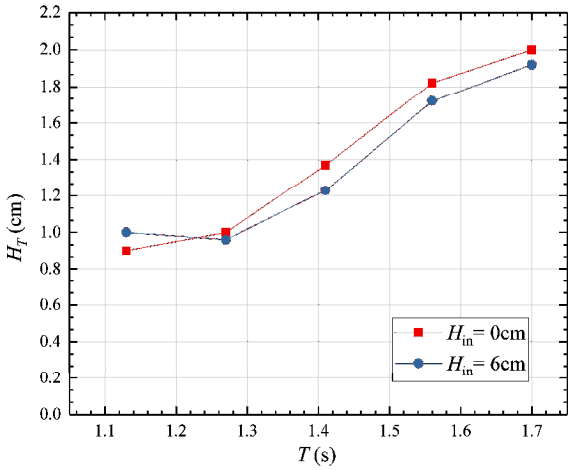


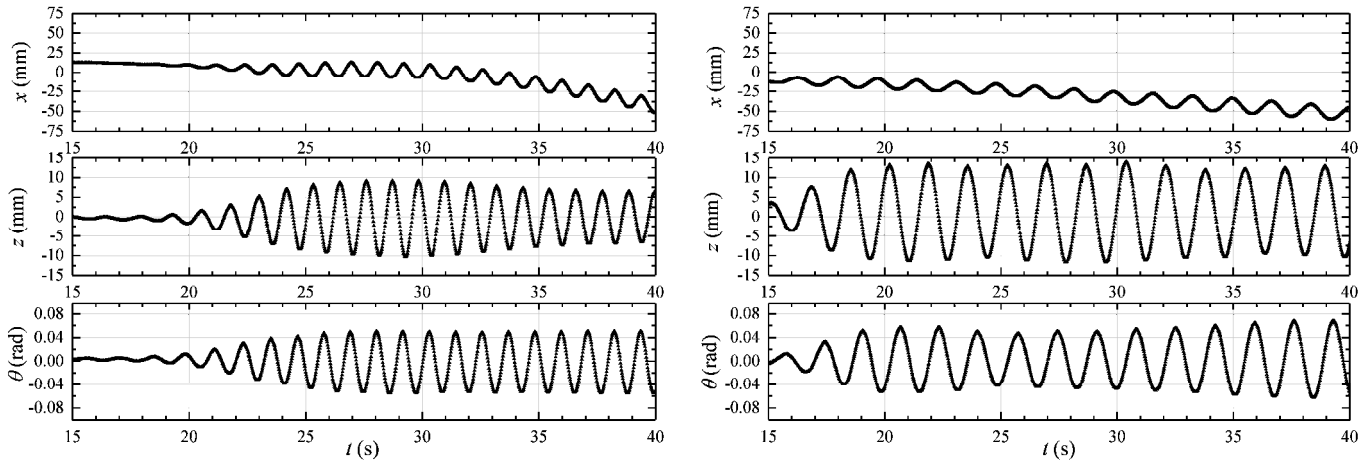
図-4　波除堤岸側の W5 における波高 H_T

そこで，波除堤背後の W5 における波高 H_T について，波除堤内部の注水深 h_{in} による比較を図-4 に示す．同図より，T = 1.13，1.27，1.41 s の場合には，H_T は H_i（= 16 mm）より小さくなっており，波除堤の設置により背後の波高を低減できていることが分かる．一方，T = 1.56，1.70 s の場合には，H_T は H_i を上回っていることが分かる．周期 T が小さい場合には，波長に対する波除堤の幅が大きく，そのために上述したような結果になったと考えられる．また，図-4 より，T = 1.13 s のときには波高低減効果は h_{in} = 0 mm の方が大きく，T = 1.27，1.41 s のときには波高低減効果は h_{in} = 60 mm のときの方が大きいことが確認できる．ここで，周期 T が 1.41 s（実スケール 10 s）以下のときに波高低減効果が確認できた点と，T = 1.13 s（実スケール 8 s）のときには h_{in} が小さい方が，T = 1.41 s のときには h_{in} が大きい方が波高を低減させる効果が大きい点については，小竹ら（2018）との傾向の一致が確認できた．

最後に，h_{in} = 0 mm における波除堤の重心位置での Sway x，Heave z，Roll θの時間変化を図-5 に示す．同図では，図-4 において波高低減効果に大きな差が確認された T = 1.13 s と T = 1.70 s を示した．図-5 より，Sway と Roll の振幅は Tによらず同程度となっている一方で，Heave の振幅には両者で差が認められることが分かる．

4. おわりに：本稿では，浮体構造の仮設式波除堤の波高低減効果を検討するために，縮尺 1/50 の水理模型実験を行った．その結果，波除堤は入射波周期 T が 1.13，1.27，1.41 s のときに波高を低減させる効果を有することが確認できた．また，その波高低減効果は，T = 1.13 s のときには h_{in} = 0 mm の方が大きく，T = 1.27，1.41 s のときには h_{in} = 60 mm のときの方が大きいことが判明した．波高低減効果と波除堤の幅，波除堤内部の注水深 h_{in}，波除堤の動揺の関係については，引き続き検討を行っていく所存である．

参考文献：小竹康夫，松村章子，中村友昭，水谷法美（2018）：仮設式波除堤による波高低減効果に関する一考察，土木学会第 73 回年次学術講演会，II-180，pp. 359-360.



(a) T = 1.13 s　　(b) T = 1.70 s

図-5　波除堤の重心位置の Sway x，Heave z，Roll θの時間変化（h_{in} = 0 cm）