

波浪による曳航浮遊ケーソンの動揺特性に関する一考察

名古屋大学工学部

学生会員 ○森 和大

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

東洋建設株式会社鳴尾研究所

正会員 山野貴司

1. はじめに：曳航中の浮遊ケーソンに波が作用すると、波浪条件によっては大きな動揺が生じる可能性があることから、動揺特性の把握が不可欠である。ただし、これまでに行われてきた検討は長澤ら（1997）、石崎ら（1999）、安野ら（2010）、道前ら（2018）などに限られていることから、本研究では、曳航している浮遊ケーソンに波を作用させる状況を対象とした数値解析を実施し、曳航中のケーソンの動揺特性を検討する。

2. 計算条件：本稿では、波と浮遊ケーソンの相互作用を解析できる3次元流体・構造・地形変化・地盤連成数値計算モデル

(FS3M) を用いて縮尺 1/30 の解析を行った。図-1 に計算領域の概略図を示す。同図に示すように、波向線方向(岸沖方向)を x 軸、波峰線方向を y 軸、鉛直方向を z 軸とした。計算領域の沖側面は造波境界、その前面の減衰領域を除く x 軸方向の計算領域の長さは 8.0 m

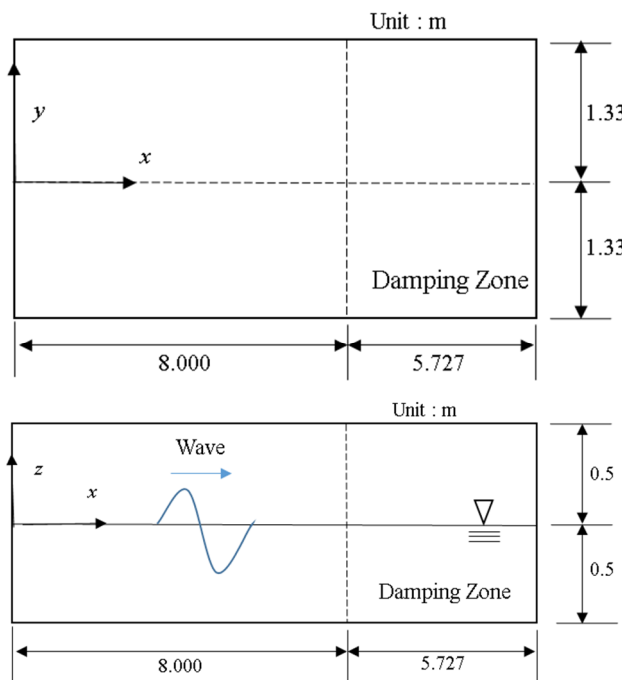


図-1 計算領域（上：立面図，下：側面図）

とし、その岸側には後述する入射波の2波長以上の長さの減衰領域を設定した。計算領域の y 軸方向の幅は後述するケーソン短幅の約5倍となる2.66 m 確保し、手前側と奥側の面は勾配ゼロの透過条件とした。計算格子として、 x, y 軸方向には減衰領域を除いて 20 mm の等間隔格子、 z 軸方向には静水面付近は 5 mm、その上下は 10 mm の等間隔格子を用い、減衰領域や空気相の上部には不等間隔格子を用いた。静水深は 0.50 m とし、図-2 に示す 4000 t 型のフーチング付き矩形ケーソン（長さ 0.833 m、フーチングを除く幅 0.533 m、高さ 0.533 m、喫水 0.206 m）を浮かべた。このとき、ケーソンの長軸が x 軸と平行となるように、また $x = 7.0$ m の位置にケーソンの沖側面が、 y 軸方向中央の $y = 0.0$ m の位置にケーソンの重心位置がくるように浮かべた。また、ケ

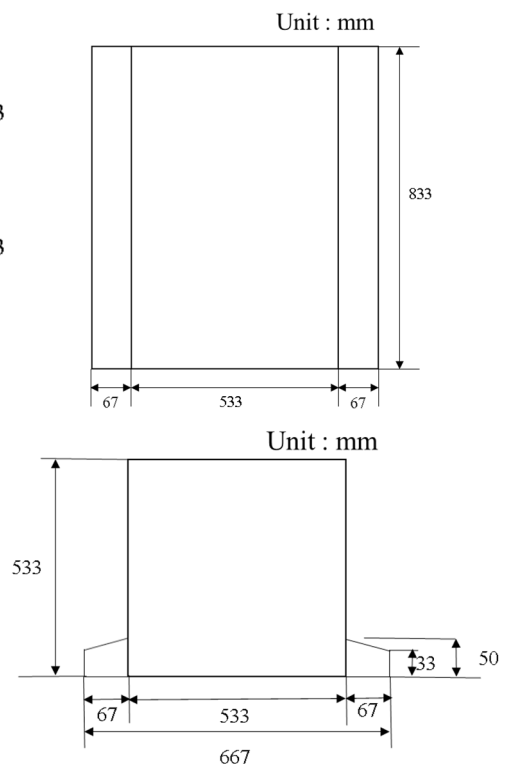


図-2 ケーソン
（上：平面図，下：立面図）

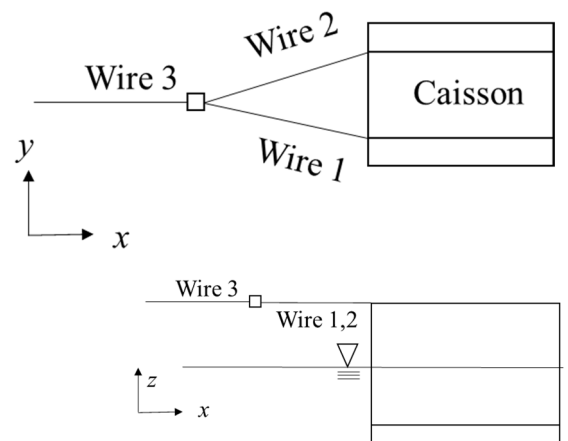
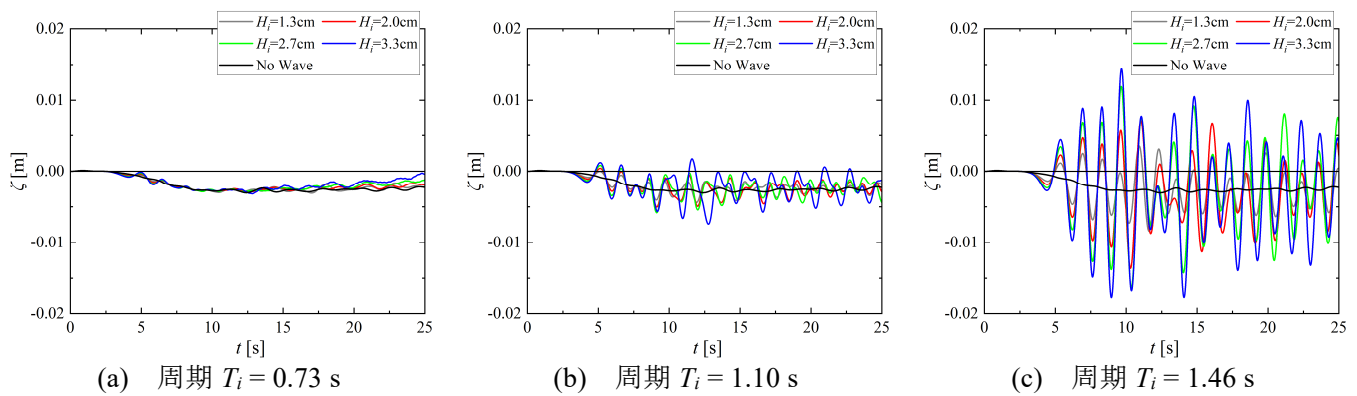
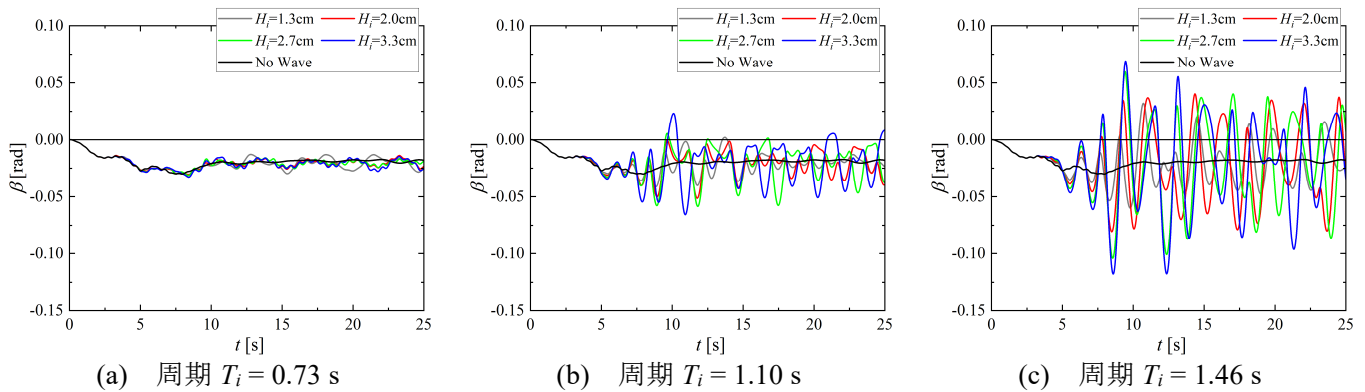


図-3 ワイヤ（上：平面図，下：立面図）

図-4 Heave ζ の時間変化の比較図-5 Pitch β の時間変化の比較

ケーソンの沖側面上部には図-3に示すように3本のワイヤ1~3（長さ1.0 m，直径0.5 mm，弾性係数40 GPa）をY字型に取り付け，ワイヤ3の沖側端を計算開始10 s後以降に -0.28 m/s（沖向きに 0.28 m/s）の一定速度となるように引っ張った．ワイヤは引張りにのみ抵抗する仮想的な質量0の線形弾性体として取り扱った．そして，入射波周期 $T_i = 0.73, 1.10, 1.46$ s，入射波高 $H_i = 0.013, 0.020, 0.027, 0.033$ mの12種類の規則波を作用させた，計算は25.0 sまで行い，ケーソン重心位置の鉛直変位 Heave ζ （上向きを正）とケーソン短軸回りの回転運動 Pitch β （ケーソン上部が岸側に倒れる向きを正）を調べた．以上に加えて，造波せずに静水状態でケーソンを曳航したケースと，Heaveの固有周期 T_h とPitchの固有周期 T_p を求めるために，ワイヤを取り付けていないケーソンに初期のHeaveあるいはPitchを与えて静水状態で浮かべたケースの計算も行った．

3. 計算結果および考察：ケーソンのHeave ζ の時間変化を図-4に，Pitch β の時間変化を図-5に示す．ここで， t は計算開始からの時刻である．また，静水状態でケーソンを曳航したケースの結果も示した．

Heave ζ に着目すると，図-4(a)に示した周期 $T_i = 0.73$ sのとき，波なしのケースを中心に ζ が若干変動している程度である一方で，図-4(b), (c)に示した $T_i = 1.10, 1.43$ sのときは，波なしのケースを中心に ζ には $T_i = 0.73$ sのときよりも大きな変動が生じていることが分かる．Pitch β についても類似した傾向となっており，図-5(a)に示した周期 $T_i = 0.73$ sのときは β の変動は小さいものの，図-5(b), (c)に示した $T_i = 1.10, 1.43$ sのときは β に大きな変動が生じていることが分かる．図示しないが， ζ や β の変動は波高 H_i や周期 T_i とともに増加する傾向となっていることから， H_i や T_i が大きな条件のとき曳航中に生じる動揺が大きくなると言える．

4. おわりに：本研究では，曳航ケーソンの波浪動揺を数値解析により検討した．その結果，本研究の範囲では，入射波高や入射波周期の増加とともに動揺も大きくなる傾向を確認した．このような動揺特性が現れたメカニズムやワイヤに作用する張力の特性などについて，引き続き検討を行っていく所存である．

参考文献：[1] 石崎ら（1999），海岸工学論文集，第46巻，pp. 841-845．[2] 長澤ら（1997），海岸工学論文集，第44巻，pp. 821-825．[3] 道前ら（2018），土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 74, No. 2, pp. I_1051-1056．[4] 安野ら（2010），海洋開発論文集，第26巻，pp. 825-830．