

## ケーソンの動揺に対する減揺タンクの有効性に関する一考察

名古屋大学工学研究科 学生会員 ○大沼史都 名古屋大学工学研究科 正会員 中村友昭  
 名古屋大学工学研究科 正会員 趙 容桓 名古屋大学工学研究科 フェロー 水谷法美  
 東亜建設工業株式会社 正会員 江口三希子 東亜建設工業株式会社 正会員 武田将英  
 東亜建設工業株式会社 正会員 倉原義之介

**1. 序論**：ケーソンの据付作業は波浪の影響を受けやすい工種の一つであり，作業の安全性や効率性の観点から，ケーソンを施工する際の効果的な動揺低減手法が望まれている．その一つとして減揺タンクが挙げられる．減揺タンクとは，タンクの形状を工夫したり，タンクとタンク内の水との摩擦抵抗を調整したりすることにより，タンク内の水にケーソンの回転運動と同じ周期で，ケーソンと位相差を有する運動をさせることで，減揺タンク内の水が減揺モーメントを生み，その結果として系全体の減揺を行うことができる装置である．江口ら (2017) は，減揺タンクを搭載したケーソンを対象に，2次元断面水槽を用いた自由振動実験とそれに基づく一方向不規則波下での動揺解析を実施し，減揺タンクはケーソンの動揺の抑制に有効であることを示した．また，江口ら (2018) は，規則波作用下でのケーソンの動揺実験を行い，作用波の周期がケーソンの固有周期に近いとき，減揺タンクにより Pitch を約 7~9 割低減できることを示した．本研究では，3次元高潮津波シミュレーションシステムを用いた水理模型実験を実施し，ケーソンに搭載した減揺タンクの規則波作用下での効果を，減揺タンクの配置や水量の観点から考察する．

**2. 水理模型実験の概要**：名古屋大学が所有する3次元高潮津波シミュレーションシステム（長さ 28 m，幅 10 m，高さ 0.8 m）を使って縮尺 1/50 の実験を行った．図-1 に実験装置の概略図を，表-1 と図-2 にケーソンと減揺タンクの諸元を示す．水深は 0.30 m とし，造波装置から 10.0 m の位置に，減揺タンクの有無，配置，水量  $W_f$  が異なる 4 パターンのケーソンを浮かべた．このとき，ケーソンを後述する動画撮影範囲から外に出ないようにする目的で，ケーソン上部の 4 箇所を斜め方向に係留した．ただし，係留がケーソン動揺に大きな影響を及ぼさないようにするため，係留系に加わる張力は最小限となるよう調節した．そして，入力波高 0.030 m，周期  $T = 0.57 \sim 4.24$  s の 14 パターンの規則波を 90 秒間作用させた．ケーソンの動揺は，2 台のハイスピードカメラ（DITECT 製：HAS-L1）を用いて撮影し，2・3次元運動解析ソフトウェア DIPP-Motion V/3D（DITECT 製）を用いて解析した．また，求められた動揺量の時系列データから，ケーソンの動揺量が安定し，かつ反射波の影響を受けていない造波開始初期の時間帯のデータを抽出し，3波平均をとることで図-3 に示す Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw の全振幅  $x_{amp}$ ,  $y_{amp}$ ,  $z_{amp}$ ,  $\alpha_{amp}$ ,  $\beta_{amp}$ ,  $\gamma_{amp}$  を求めた．

表-1 ケーソンと減揺タンクの諸元

ケーソン		
幅 $B$ [m]	0.34	
高さ $H$ [m]	0.26	
奥行き $L$ [m]	0.30	
質量 $W$ [kg]	16.8	
喫水 $D$ [m]	0.16	
横メタセンタ高さ $GM$ [m]	0.057	
減揺タンク		
タンク No.	1-4	5-8
長幅 [m]	0.30	0.34
短幅 [m]	0.06	0.06
高さ [m]	0.02	0.02
タンク質量 [kg]	0.11	0.13
設置方向	長辺が波向に垂直	長辺が波向に平行

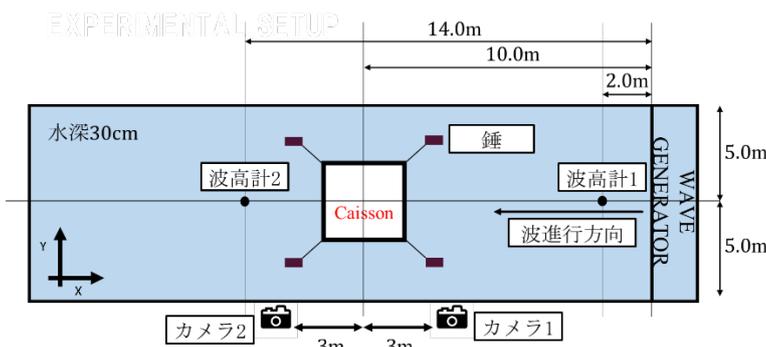


図-1 実験装置の概略図

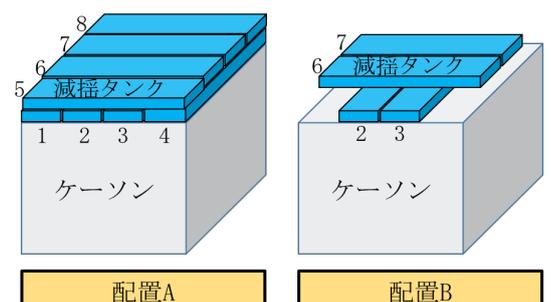


図-2 減揺タンクの配置

**3. 実験結果および考察：**ケーソンの Surge, Heave, Pitch の全振幅を図-4 から図-6 に示す。ここで、 $H_i$  は図-1 に示す波高計 1 の地点での波高を表す。

減揺タンクを搭載していないとき、図-4 に示した Surge の全振幅に着目すると、周期  $T$  の増加とともに  $x_{amp} / H_i$  も増加する傾向が確認できる。また、Heave の全振幅は、ケーソンの Heave に関する固有周期が 1.03 s のため、その付近の  $T = 1.13$  s で  $z_{amp} / H_i$  が大きくなっている。Pitch の全振幅は、ケーソンの Pitch に関する固有周期が 1.68 s のため、その付近の  $T = 1.70$  s とその倍周期付近の  $T = 3.11$  s において、 $\beta_{amp} B / 2H_i$  が大きくなっている。

続いて、減揺タンクを搭載したときに着目する。図-4 と図-5 より、Surge と Heave の全振幅に与える減揺タンクの効果は顕著には認められないことが分かる。一方、図-6 に示した Pitch は、周期がケーソンの Pitch の固有周期より大きい場合に、減揺タンクを搭載することで全振幅を低減できている。これは、ケーソンの動揺によって、減揺タンク内の水が同調運動し、減揺タンクがケーソンの動揺を抑制しているためと考えられる。減揺タンクの水量が Pitch の全振幅に与える効果の差を考察するため、配置 B のときの  $W_f = 0.4$  kg (青色) と  $W_f = 0.8$  kg (赤色) の結果を比較すると、周期がケーソンの Pitch の固有周期より大きい場合、 $W_f = 0.8$  kg の場合の方が  $\beta_{amp} B / 2H_i$  が若干小さくなっていることが分かる。最後に、減揺タンクの配置が与える効果の差を検討するため、 $W_f = 0.8$  kg のときの配置 A (赤色) と配置 B (緑色) の結果を比較すると、周期がケーソンの Pitch の固有周期より大きい場合、配置 A のときの方が  $\beta_{amp} B / 2H_i$  が小さくなっている。ただし、配置 A の  $T = 2.83$  s のときは、減揺タンクを搭載する前よりも  $\beta_{amp} B / 2H_i$  が大きくなっている。これは、減揺タンクを搭載したことによりケーソンの Pitch の固有周期が若干短くなったためと推測される。

**4. おわりに：**本研究では、ケーソンの動揺に対する減揺タンクの規則波作用下での有効性を水理模型実験により検討した。その結果、作用波の周期がケーソンの Pitch に関する固有周期より大きいとき、減揺タンクを搭載したケーソンは減揺タンクを搭載しない場合と比較して、Pitch の全振幅を小さく抑えられることが判明した。また、減揺タンクに搭載する水の量が多い場合の方が、Pitch の全振幅を若干小さく抑えられることが分かった。さらに、減揺タンクの配置によって系全体の固有周期が変わるため、減揺効果に影響を与えることを確認した。引き続き、減揺タンクの有効性について検討を行っていく所存である。

**参考文献：** [1] 江口ら (2017), 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 73, No. 2, pp. I\_979-I\_984. [2] 江口ら (2018), 土木学会第 73 回年次学術講演会, II-175, pp. 349-350.

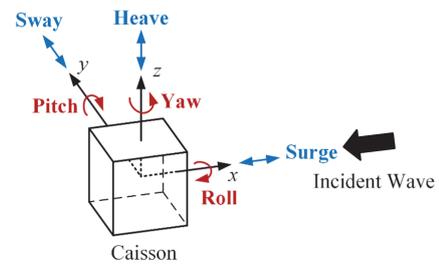


図-3 ケーソンの動揺 6 成分の定義

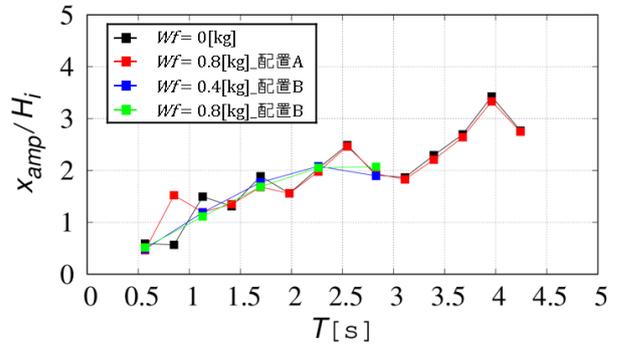


図-4 周期と Surge の全振幅 ( $x_{amp} / H_i$ ) の関係

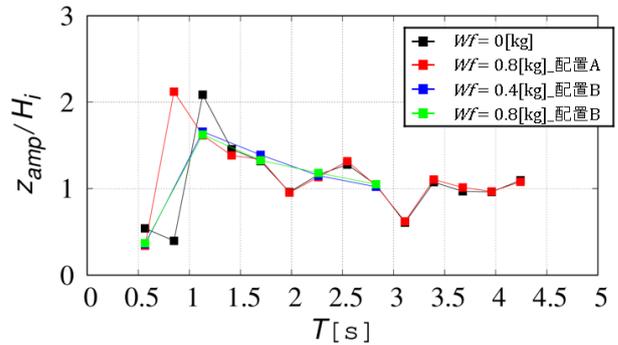


図-5 周期と Heave の全振幅 ( $z_{amp} / H_i$ ) の関係

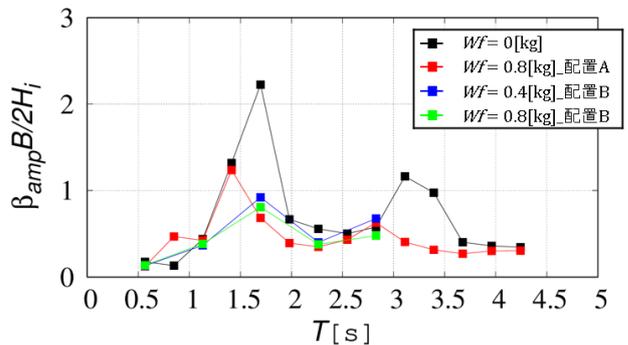


図-6 周期と Pitch の全振幅 ( $\beta_{amp} B / 2H_i$ ) の関係