

## ケーソン浮遊時の作用波圧と動揺に関する基礎的研究

東洋建設(株) 正会員 ○鷲見遼太, 渡瀬陽信, 小田切祐樹  
 東洋建設(株) 正会員 加藤直幸, 和田真郷, 山野貴司, 酒井大樹

## 1. 目的

2017年より推進されている i-Construction を受け、当社開発のケーソン自動据付システム「函ナビ-Auto」<sup>1), 2)</sup>では、ケーソン上に設置したトルク制御ウインチの自動制御によって位置制御をしている。実施工では、ウインチ制御下にあるケーソンが波浪により大きく水平移動することが確認されており、また、鉛直方向の動揺によりケーソンフーチングがマウンド上面を变形させる危険性がある。その対策のためにケーソン作用外力と運動の関係性に応じたウインチ制御が必要であるため、ケーソンに働く波力並びにウインチの張力を力学的に解析する必要があると考えた。そこで本稿では、その第一段階として実際の施工現場を模した水理模型実験を実施して着底するまでのケーソン浮体に働く波力並びに鉛直方向動揺量を計測し、その特性について考察した結果を報告する。

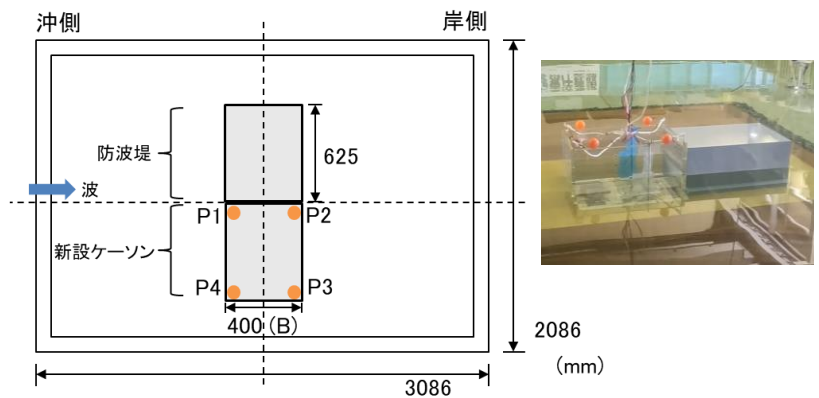


図-1 水理実験模型平面図 (左), 写真 (右: 岸側より撮影)

表-1 波浪条件

Case	波高 H (mm)	周期 T (s)	B/L
1	20	1.89	0.15
2	20	1.58	0.17
3	20	1.26	0.23
4	20	0.95	0.33

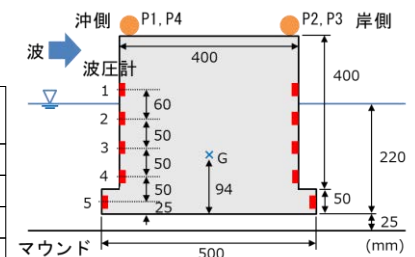


図-2 ケーソン模型

## 2. 実験方法

実験は L30.0m×W19.0m×H1.5m の平面水槽を用い、模型縮尺は 1/40 とした。図-1 に示すように既設防波堤を設置し、防波堤側面には計測対象の新設ケーソンを浮かべた。新設ケーソンには、波力の算出のため沖側・岸側面に波圧計をそれぞれ 5 つずつ設置した。設置位置を図-2 に示す。既設防波堤は十分に重く実験中には動かない。一方、新設ケーソンは 3745t の実ケーソンに基づいて質量を 58.5kg とし、ここでは自由浮体とした。質量調整のためケーソン内におもりを設置した結果、ケーソンの重心はケーソン底面より 94mm の位置であった。入射波条件は表-1 に示す波高及び周期の規則波とし、作用波の波形が安定した後、計測を開始した。なお、造波開始から計測開始までの間は新設ケーソンが漂流しないように固定した。また計測中は二方向から動画 (3840×2160, 30fps) を撮影し、画像解析により新設ケーソン上面 4 隅の動揺・移動量を解析した。上面各点を図-1 に示すように P1~P4 とした。画像解析には株式会社ライブラリー製の Move-Tr/3D を使用した。

## 3. 実験結果

## (1) 波力

波力算出に用いた波圧はサンプリングタイム 1ms で計測した。すべてのケースにおいて計測開始 20 秒程度後から新設ケーソンの回転 (Yaw) が生じたため、計測開始後から 10 波分 (9.5 秒~18.9 秒) を計測した。沖側波力、

キーワード ケーソン据付, 自動化, 波力, 動揺

連絡先 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町 1 丁目 105 番地 神保町三井ビルディング 11F TEL:03-6361-5464

岸側波力はそれぞれ沖側，岸側の各波圧計から得られた10波分の平均波圧から積分して算出した。図-3に示すのは，Case1の沖側波力，岸側波力及びその合力と，時刻を周期で除した  $t/T$  の関係である。また各 Case の比較のため，算出した波力の最大値についてケーソン幅  $B$  を波長  $L$  で除した相対ケーソン幅  $B/L$  に基づいて示したものが図-4である。図に示すように， $B/L=0.17$  (Case2) を除いて，沖側波力及び岸側波力は下降傾向であり，その波力合力は大方横ばいであった。対して  $B/L=0.17$  (Case2) では沖側波力と波力合力で最大値をとり，岸側波力については全体の傾向に対してわずかに小さな値をとった。

## (2) 鉛直方向動揺量

新設ケーソン上面4隅のP1~P4における鉛直方向動揺量の時系列変動を図-5に示す。図中，縦軸に示すのはケーソン静止時を0とした鉛直方向動揺量である。図-5に示すとおり，作用波形安定直後，Case1, 2について沖側(P1・P4)は静止時に対して主に鉛直上向きに動揺しており，岸側(P2・P3)では鉛直下向きに動揺している。このことから新設ケーソンは岸向きに倒れこむように動揺しており，その動揺を継続しながら漂流していることが分かった。一方Case3, 4については同様の傾向はみられなかった。また動揺量は波力と同様にCase2で最大値をとり，ケーソン自体の固有振動数と作用波の周期の関係が影響していると考えられる。尚，ケーソン模型の固有周期は0.27秒でCase2の周期はその6倍であった。

## 4. 考察・今後の展望

本稿ではケーソンの漂流についてケーソンへの波圧及び鉛直方向動揺量の計測を行った。その結果から，

- ・ケーソンへ働く岸側波力，沖側波力は波の  $B/L$  の増加に伴って，共に減少する傾向がある
- ・沖側波力が大きい場合，ケーソン漂流時は岸向きに倒れこむ方向への動揺を繰り返しながら岸側へと移動する
- ・ケーソンの動揺は筐体の固有周期が関係している可能性があることが分かった。

今後，ウインチ張力をかけた状態との比較を行い，実施工時に海象に対応したケーソンの安定位置制御を実現すべく検討を重ねていきたい。

## 参考文献

- 1) 渡瀬陽信，和田眞郷，加藤直幸(2018)：ケーソン据付自動・無人化技術の開発と運用，土木学会第73回年次学術講演会概要集，VI-685。
- 2) 山口陽介，和田眞郷，渡瀬陽信，山野貴司，加藤直幸，大玉昌芳(2019)：ケーソン自動制御システム「函ナビ-Auto」起重機船併用機能拡張へ向けた取組み，土木学会第74回年次学術講演会概要集，VI-360。

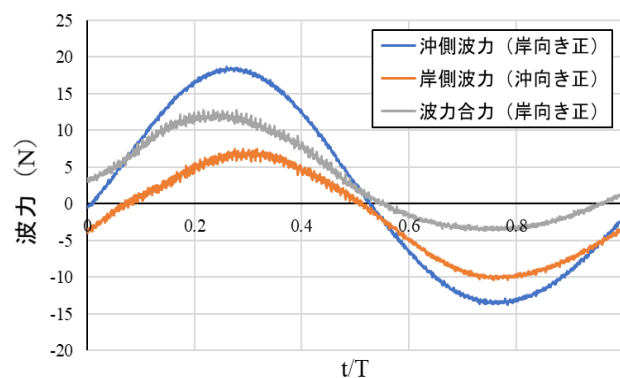


図-3 波力の時系列変動 (Case1)

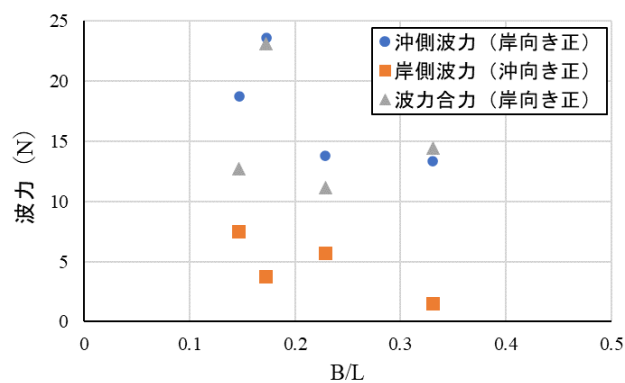


図-4 相対ケーソン幅と波力

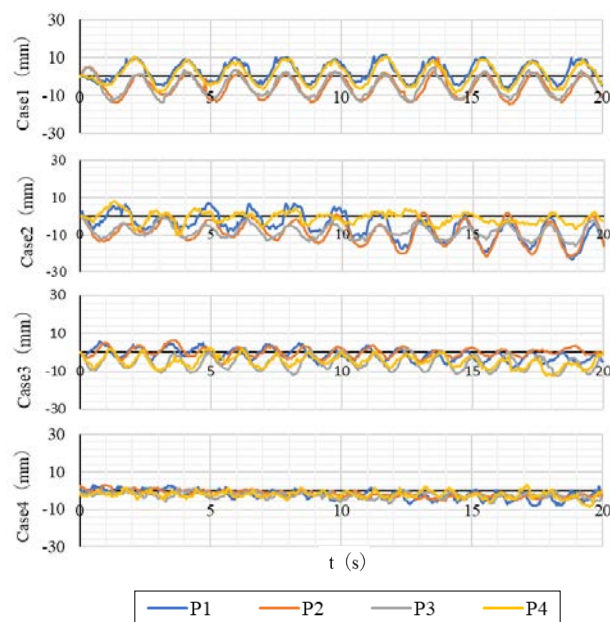


図-5 鉛直方向動揺量の時系列変動