

係留ワイヤーによって誘導されるケーソンの
水平移動及び動揺に関する実験的研究

東洋建設(株) 正会員 ○驚見遼太, 渡瀬陽信, 甲田啓太, 小田切祐樹
東洋建設(株) 正会員 加藤直幸, 和田眞郷, 山野貴司

1. 目的

ケーソン自動据付システム「函ナビ-Auto」^{1), 2)}では、ケーソン上に設置した 4 台のトルク制御ウインチの自動制御によってワイヤーの張力調整を行って位置制御をしている。現場での制御中、ケーソン着底直前にケーソン下クリアランスが僅かになると、水平及び鉛直位置の保持が困難になる傾向がある。したがって、従来のワイヤーを緩める制御とは異なり、注水中は常にすべてのワイヤーを緊張させつつ、ケーソン位置の保持と調整が可能な操作が求められる。よって本稿では、制御の妥当性の確認および力学的条件の解明のため、室内水槽に函ナビ-Auto を用いた 4 台のウインチとケーソンを再現し、注水を行いながら、ケーソンが着底するまで位置の保持と調整を行った。その際の係留索の張力、ケーソンの 6 自由度の解析を行った結果について報告する。

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 に示すように十分に重く実験中には動かない既設防波堤を設置し、その側面に計測対象の新設ケーソンを浮かべた。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、新設ケーソン下クリアランスは 2.5cm とした。新設ケーソンには 4 本のワイヤーを模した伸縮量の極めて少ない係留索を取り付け、設置した 4 台のモーターW_A～W_Dによって牽引した。モーターのトルクは電圧により制御することが可能であり、4 台のモーターのトルクをそれぞれ制御することによって任意の方向への水平移動を行うことが可能である。入射波条件は表-1 に示す波高及び周期の不規則波である。造波後、計測の開始と同時に、新設ケーソン上部より 2 台のチューブポンプを用いて毎分 1.5L で新設ケーソンが着底するまで注水を行った。同時に新設ケーソン中心位置の保持のため、

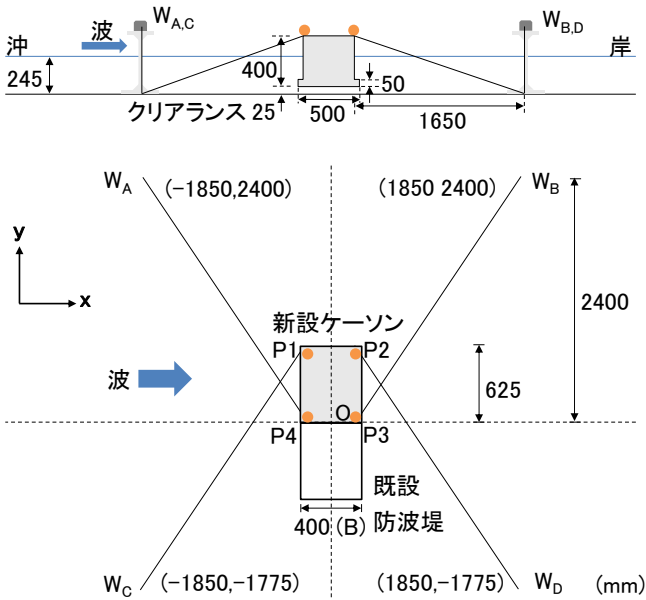


図-1 水理実験模型断面図，平面図

表-1 波浪条件

Case	周期 $T_{1/3}$ [s]	波長 L_0 [cm]	波高 $H_{1/3}$ [cm]
1-1	0.95	120.5	1.0
1-2			1.5
1-3			2.0
1-4			2.5
2-1	1.26	174.9	1.0
2-2			1.5
2-3			2.0
2-4			2.5

水平移動操作を手動で行った。係留索と新設ケーソンの接合部にはひずみ計を設置し、操作中の係留索の張力をサンプリングタイム 1ms で計測した。加えて二方向から動画 (3840×2160, 30fps) を撮影し、新設ケーソンの 6 自由度を画像解析で求めた。画像解析には株式会社ライブラリー製の Move-Tr/3D を用いた。

キーワード ケーソン据付, 自動化, 係留, 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

3. 実験結果・考察

(1) 水平移動操作と係留索張力

新設ケーソンの着底までの間に加えた操作に対し、新設ケーソンの着底目標位置に対する岸沖方向の水平移動量 x (岸向き正)、沖側および岸側係留索の平均張力 $P_{T,沖}$ 、 $P_{T,岸}$ を計測した。張力は波浪による振動が大きかったため、操作による変化傾向の視覚化のため、10 波分のデータ数を 1 区間として移動平均したものを同時に比較した。Case1-2 の実験結果である x 、 $P_{T,沖}$ 、 $P_{T,岸}$ 及び新設ケーソン沖側 2m 地点での水面変動量 H の時系列変動、並びに実行した操作方向を図-2 に示す。各張力は引張方向が正である。図-2 に示す通り沖へ操作した際は x が減少し、岸へ操作した際は x の値の減少が抑制され、増加した。このように操作方向に依らず操作に対応して新設ケーソンは水平移動をした一方で、 $P_{T,沖}$ 、 $P_{T,岸}$ の変動の傾向を示す移動平均の値は操作と対応せず微細な変動もしくは不変であった。

(2) 鉛直方向動揺量

新設ケーソンの 6 自由度解析の結果のうち、図-1 に示す新設ケーソン上面沖側の点 P1、P4 及び岸側の点 P2、P3 の鉛直方向移動量 z (上向き正) の平均値の時系列変動を図-3 に示す。ここで $z=0$ は水槽床面であり、値の振幅は鉛直動揺量を示している。図-3 に示す通り新設ケーソンの鉛直動揺の振幅は概ね岸側の方が大きく、初期位置の $z=2.5\text{cm}$ に対して鉛直上向きに変位した。この鉛直動揺の傾向はほとんどの Case において同様だった。これは漂流する新設ケーソンの沖側が下向きに引っ張られつつ鉛直動揺が抑制され、波により沖側係留部を回転中心にピッチが生じたため、相対的に岸側が上向きに変位したことによると考えられる。

4. 結語・今後の展望

本稿では新設ケーソンの係留索を用いた水平移動操作について係留索の張力及び鉛直動揺の計測を行った。その結果から、

- ・注水を行いながら、緊張係留状態でのモーターのトルク制御によってケーソンを任意の方向に操作させ、着底させることが可能である。
- ・水平方向操作を行う際、操作方向に伴った係留索の張力の変動は顕著にはみられなかった。
- ・係留索により新設ケーソンの鉛直方向動揺は沖側が小さく、岸側が大きくなる傾向があることが分かった。

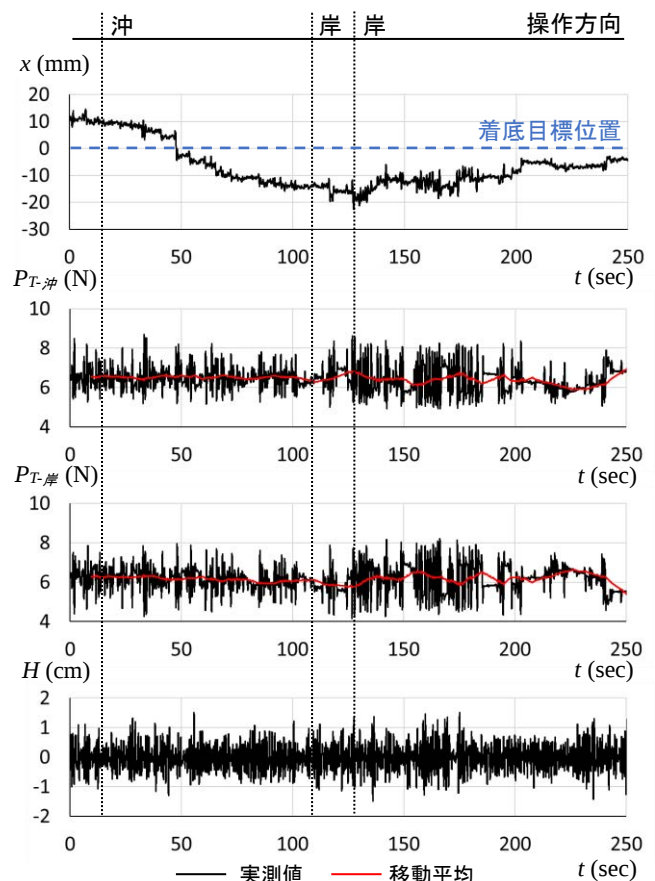


図-2 操作に対する移動量と張力 (Case1-2)

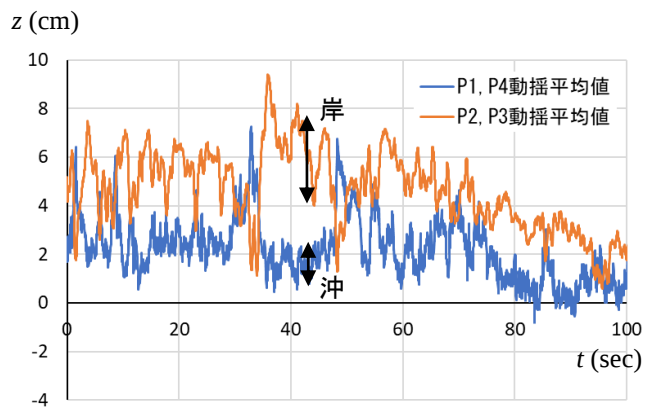


図-3 新設ケーソン鉛直動揺 (Case1-2)

今後、係留索及びモーター制御方法に改良を加えることによって動揺を抑える方法について検討を行う。

参考文献

- 1) 渡瀬陽信, 和田眞郷, 加藤直幸: 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, 2018.
- 2) 鷲見遼太, 渡瀬陽信, 小田切祐樹, 加藤直幸, 和田眞郷, 山野貴司, 酒井大樹: ケーソン浮遊時の作用波圧と動揺に関する基礎的研究, 土木学会第 77 回年次学術講演概要集, VI-491, 2022.