

クレーン船の動揺に関する水理実験と再現解析

大成建設株式会社 正会員 ○橋本 貴之 小俣 哲平 織田 幸伸 伊藤 一教

1. はじめに

海上工事の施工計画を策定する上で、クレーン船など作業船の動揺を把握し、稼働率算定の精度向上や係留方法を適切に設定することが建設作業の最適化や工費縮減のため重要となる。しかし、施工の可否判断には船体の動揺だけでなく吊荷の動揺が問題となる場合がある。現状では岸壁や栈橋などに係留した船舶の動揺解析^(例えば1)の事例は多いが、吊荷の動揺を考慮した係留船舶の動揺解析の事例は少ない。そこで、本研究ではクレーン船の係留・動揺に関する水理実験を実施し、波の波高や周期、入射方向などを変化させて船体の動揺および吊荷の挙動を計測し、その特性について検討した。さらに、上記実験の再現解析として、流体と構造物の連成解析が可能な数値流体解析ソフト OpenFOAM(Open source Field Operation and Manipulation)を用いた船体動揺に関する解析、船体重心の動揺量からブーム先端(支点)が動く振り子として吊荷挙動に関する解析を行い、それらの精度を検証した。本稿ではその一例を示す。

2. 実験概要

本実験では縮尺を 1/45 とし、平面水槽(長さ 35.5m, 幅 17.0m, 高さ 1.6m)内にクレーン船模型(長さ 1.5m, 幅 0.5m, 高さ 0.09m)を浮かべ、4本のチェーン(水平長 2.0m)によるカタナリー係留で係留した。実験装置の概要図を図-1に示す。水深は 0.5m とし、ピストン式の造波装置により規則波を入射させて船体を動揺させ、船体上のターゲットに照射した2組3方向のレーザー変位計により船体の動揺量を計測した。また、船体動揺に伴うクレーンの吊荷挙動を2方向からカメラで撮影した。実験状況を写真-1に示す。なお、本実験では船体の動揺量を右手座標系の6自由度(X, Y, Z, φ , θ , ψ)にて整理した(写真-1右)。

本稿では表-1に示す条件にて行った実験結果および解析結果を示す。なお、ブームの角度は水平からの仰角であり、波の入射角は船体の長軸方向が0度とした場合の角度である。

3. 解析概要

(1) OpenFOAM による船体の動揺解析

船体の動揺解析では OpenFOAM を使い、解析格子は非構造格子、格子間隔は 0.01~0.04m を基本に船体まわりを更に細かく設定した(図-2)。時間ステップは 0.0001 秒に設定した。

(2) 支点が動く振り子モデルによる吊荷の挙動解析

吊荷の挙動解析では上記解析で得られた船体重心の動揺量からクレーンのブーム先端(支点)の移動量を求め、ルンゲ・クッタ法(4次精度)による時間発展の逐次計算にて支点が動く振り子を解析した。本解析条件として、支点から吊荷までの距離を実験と同様に 1.36m とした。

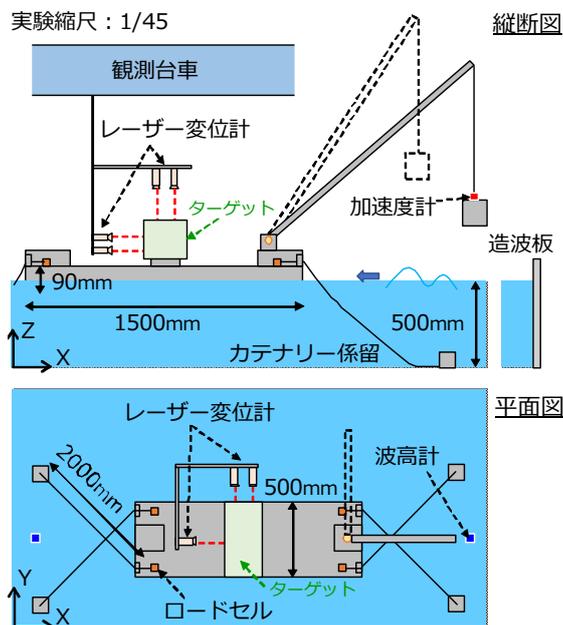


図-1 実験装置の概略図

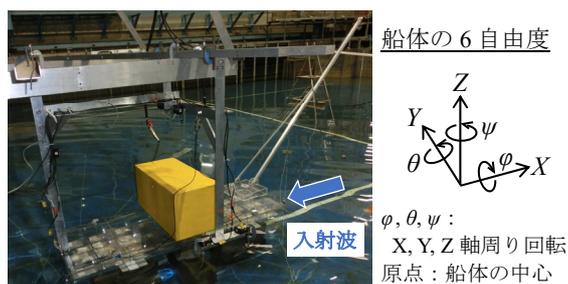


写真-1 実験状況および船体の自由度

表-1 実験条件

項目	単位	設定値
吊り荷の重量	g	30
ブームの角度(仰角)	度	60
波の入射角(船体角度)	度	0
入射波高	m	0.02
入射波周期	s	1.0

キーワード クレーン船, 係留動揺, 吊荷動揺, 水理実験, 数値解析, OpenFOAM

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター TEL 045-814-7234

4. 実験結果および解析結果

係留船体の動揺解析の状況を図-2 に、実験と解析の比較結果を図-3 に示す。ここでは、本実験条件で船体の動揺量が卓越する X 方向および Z 方向の移動量、Y 軸まわりの回転 θ について比較した。図-3 より実験結果と解析結果が概ね一致しており、本解析により係留船体の動揺が精度良く再現できることが確認された。ただし、波の斜め入射や不規則波についても今後確認が必要である。

次に、本実験で撮影された動画からモーションキャプチャを用いて船体動揺による吊荷の挙動を解析した(図-4 上図)。本解析では、吊荷の重心位置をマーカーに設定して自動的に追尾し、2次元の移動量を捉えて時系列として出力することが可能である。なお、図-4 上図は、波の入射方向から船体に向かって撮影された動画を解析し、船体短手(Y)方向と鉛直(Z)方向の吊荷の変位量を抽出した例である。また、上述の OpenFOAM による船体の動揺解析から得られた船体重心の動揺量より、クレーンのブーム先端における動揺量を求め、支点が動く振り子として吊荷の挙動を解析した(図-4 下図)。結果のうち、吊荷の挙動が卓越する船体長軸(X)方向の変位量と鉛直(Z)方向の変位量を図-5 に示す。これより、実験結果と解析結果が概ね一致しており、本解析にて実験の吊荷挙動を再現できることを確認した。

5. まとめ

本研究では、クレーンの吊荷挙動を考慮した係留船体の動揺に関して水理実験を実施し、係留船体の動揺解析及び吊荷の挙動解析を行い、実験結果と比較することによりその精度を検証した。その結果、一連の本解析手法により、船体の動揺と吊荷の挙動の実験結果を再現でき、定量的な評価が可能であることが示された。

今後、ブームの向きや波条件等を変化させた実験について検証するとともに、各作業段階における船体や吊荷の条件を考慮した動揺量の評価について検討する予定である。

参考文献

- 1) 上田茂：係岸船舶の動揺解析手法とその応用に関する研究、港湾空港技術研究所資料 0504, 1984.

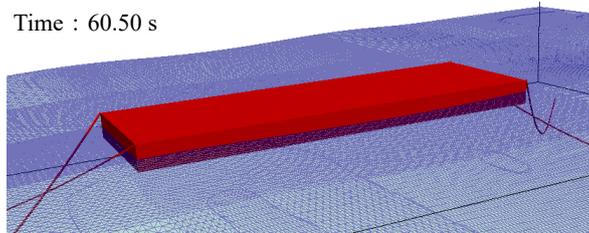


図-2 OpenFOAM による船体の動揺解析例

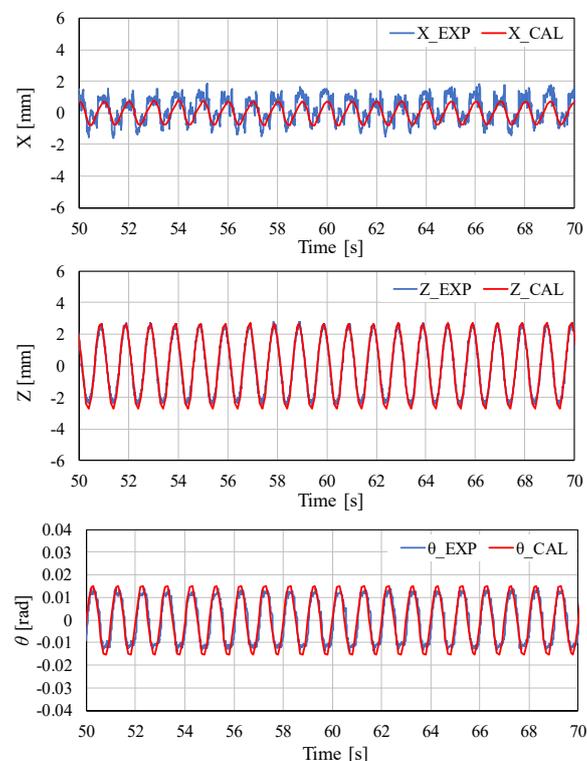
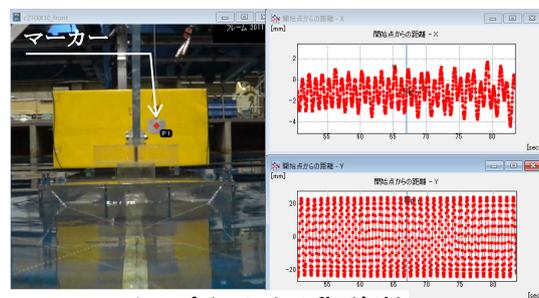


図-3 船体動揺量の比較



モーションキャプチャによる動画解析

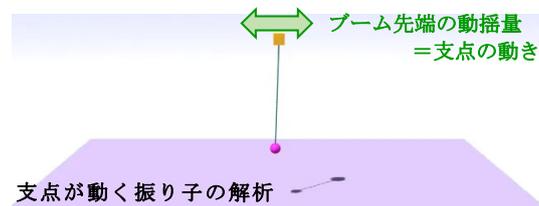


図-4 船体動揺による吊荷の挙動解析例

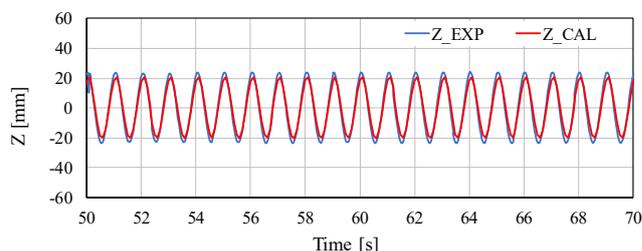
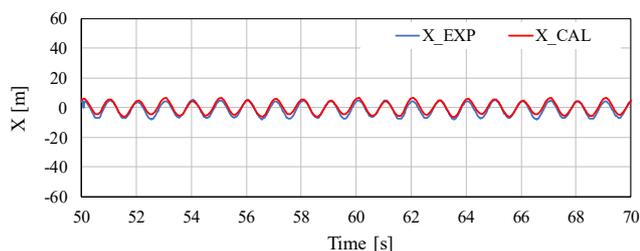


図-5 吊荷動揺量の比較