

ケーソン自動制御システム「函ナビ-Auto」による 起重機船併用方式での最適な据付条件

Optimal installation conditions using automatic control system for caisson installation by a floating crane

東洋建設(株) 正会員 ○小田切祐樹, 和田眞郷, 加藤直幸
東洋建設(株) 正会員 山野貴司, 渡瀬陽信, 山口陽介

1. 目的

ケーソン自動据付システム「函ナビ-Auto」は、ウィンチ操作自動化システムおよび注水自動化システムによるケーソン据付の自動化を実現した ICT 技術である。従来は、単独のケーソン上に設置したトルク制御ウィンチの自動制御による据付であったが、函ナビ-Auto の機能拡張を図るため、起重機船併用方式による据付方法が提案された(図-1)。これは、トルク制御ウィンチを起重機船に搭載しケーソンを片舷に係留した状態で据付を行う方式である。従来の方法とは異なり、ケーソンの据付位置によって起重機船の船位やワイヤーロープの展張方法を変えるなどの据付条件が現場ごとに変わることが想定されるため、施工性の影響を把握する必要がある。既往検討の水理模型実験²⁾では、据付条件や波浪を変化させ起重機船併用方式による据付位置誘導が可能であることが示された。本稿では、既往の水理模型実験を踏まえ、ケーソン据付中の起重機船およびケーソンの動揺量を計測することにより、最適な据付条件を検討した結果を報告する。

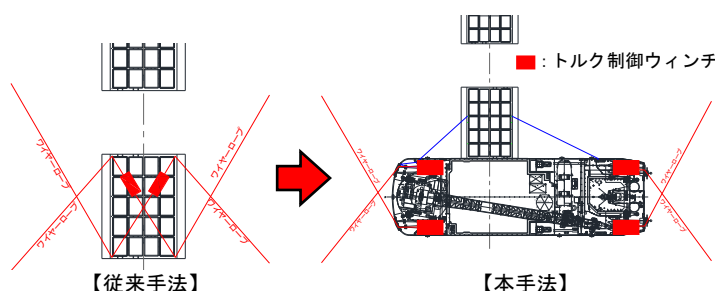


図-1 「函ナビ-Auto」機能拡張概略

2. 実験方法

実験は、L30.0m×W19.0m×H1.5m の平面水槽を用い、模型の縮尺を 1/50 とした。水槽内に既設防波堤の模型を設置し、起重機船模型と横抱きした新設ケーソン模型を浮かべ、シンカーとウィンチロープを接続した。検討条件は、「起重機船の船位」(図-2)、「ロープの展張方法」(図-3)および「波向き」(図-4)とした。これらを組み合わせた全 18 ケースを検討対象とし、各ケースで 3 回ずつ計測を行った。波浪条件は、波高 0.13m, 周期 1.13 秒の規則波とした。

据付位置から沿岸方向に 30cm 離れた位置からケーソンの移動を開始し、既設防波堤引付までの動揺量の時刻歴を計測した。本検討では、沿岸方向の移動量が一定になった時刻(図-5)を引付完了とした。

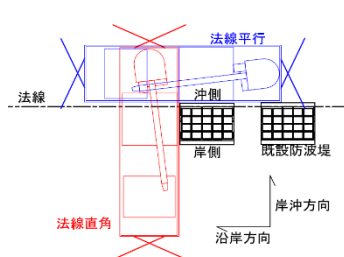


図-2 起重機船の船位

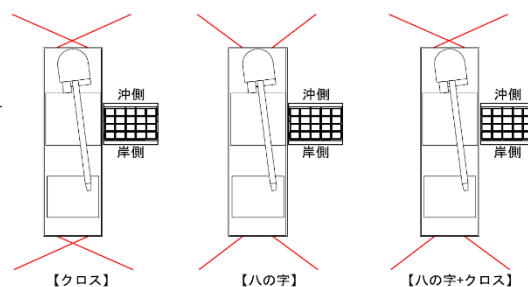


図-3 ロープの展張方法

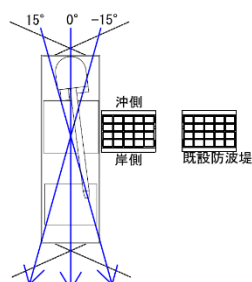


図-4 波向き

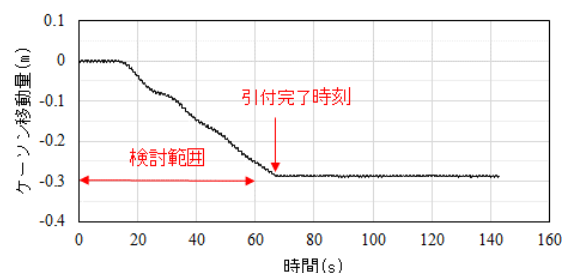


図-5 動揺量検討範囲

3. 実験結果

図-6 に、鉛直軸周り、沿岸方向軸周り、岸沖方向軸周りのケーソン動揺量の時間変化の例を示す。これらの最大角度を抽出して図-7 に各実験ケースにおける最大動揺量を示す。

キーワード ケーソン据付, 船位, 自動化施工, ICT, caisson installation, automatic construction

連絡先 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町一丁目 105 番地 東洋建設(株) TEL.03-6361-5464

上から順に鉛直軸周り, 沿岸方向軸周り, 岸沖方向軸周りの最大動揺量, また, 黒丸が起重機船, 赤三角がケーソンの最大動揺量を示している. いずれのケースにおいてもケーソンの動揺量が起重機船の動揺量に比べて大きいことがわかる. 起重機船の船位に着目して比較すると, 法線平行方向の鉛直軸周り, 岸沖方向軸周りの動揺量が法線直角方向に比べて大きいことがわかる. 法線平行方向からの据付は, 起重機船の短手方向に波を受けてしまうため, 波を長手方向に受ける法線直角方向より大きな岸沖方向軸周りの動揺が生じると考えられる. 波向きに着目して船位別の岸沖方向軸周りの平均最大動揺量をみると, 法線直角方向は, 波向きの違いによる差異はあまり見られないが, 法線平行方向では短手方向に直角に受ける波向き 0° で最大の値をとることがわかった (図-8). 沿岸方向軸周りの動揺量に着目すると, 法線平行方向, 波向き 15° のときケーソンの最大動揺量が大きくなることがわかる. この実験では, 法線平行方向の波向き 0° , -15° のとき, 波の影響で船首側が既設防波堤に接触し拘束されるのに対し, 波向き 15° では, 船尾側から波がくるため船首側が自由となり, 動揺量が大きくなったと考えられる.

図-9 に据付条件が波向き 0° , クロス係留時の起重機船の鉛直軸周りのスペクトル図を示す. 横軸が周期 (s), 縦軸が発生強度である. 図をみると法線直角方向のスペクトルは波の周期 (1.13 秒) と同じ周期が卓越していることがわかる. 一方, 法線平行方向では波周期よりも長い 4.22 秒で卓越している. これは波浪の影響を受けて動揺する起重機船が, 既設防波堤に繰り返し接触することによるものと考えられ, 法線平行方向のほぼ全てのケースで造波周期よりも長周期のスペクトルがみられた. この繰り返し運動が原因で法線平行方向の鉛直軸周りの動揺が大きくなったと思われる.

4. 考察・今後の展望

本実験結果から, ケーソンの据付を行う際に最も重要な据付条件は船位であることがわかった. 波向き, ロープの展張方法によらず船位を法線直角方向に向けることが最適である. 現場条件で船位を法線平行方向へ向けるときには, 波浪特性を考慮した現場施工が必要となる. 本検討では, ケーソン引付完了までの動揺量の検討を行ったが, 今後は, 据付完了までの検討を行い, 起重機船併用方式での据付の自動化を目指す.

参考文献

- 1) 渡瀬, 和田, 加藤: 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 回年次学術講演会講演概要集, VI-685, 2018.
- 2) 山口, 和田, 渡瀬, 山野ら: 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り組み, 土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集, VI-360, 2019.

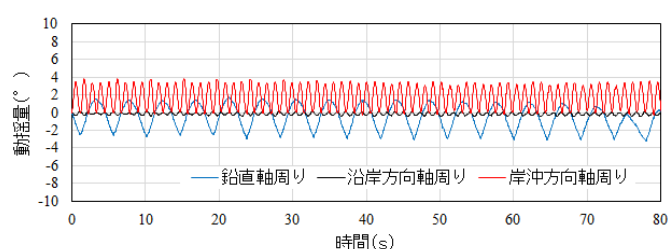


図-6 鉛直軸周り, 沿岸方向軸周り, 岸沖方向軸周りの動揺量の時間変化

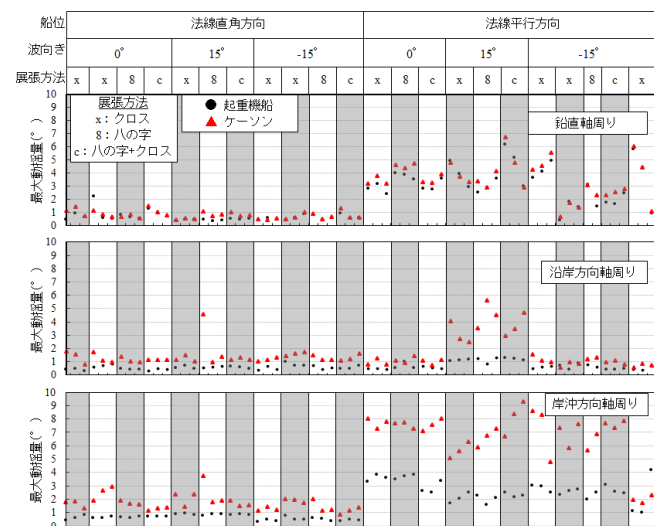


図-7 各ケースの最大動揺量

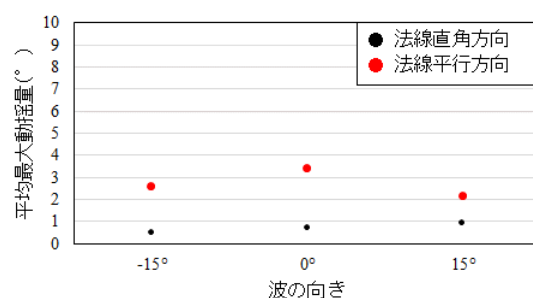


図-8 波向きによる岸沖方向軸周りの平均最大動揺量

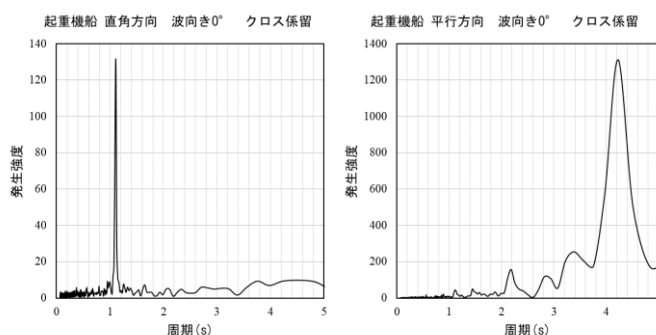


図-9 波向き 0° , クロス係留時の起重機船の鉛直軸周りのスペクトル (左: 法線直角方向, 右: 法線平行方向)