

定点保持機能を使用した作業船の揚重時動揺特性について

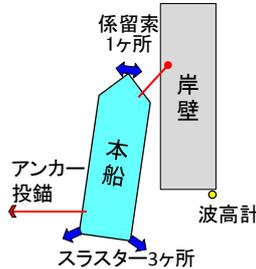
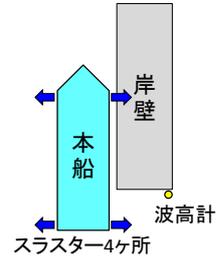
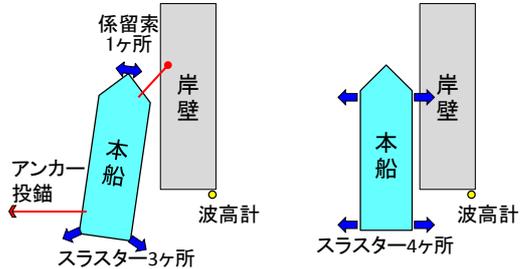
東洋建設(株) 正会員 ○金澤 剛
東洋建設(株) 正会員 近本 武

1. はじめに

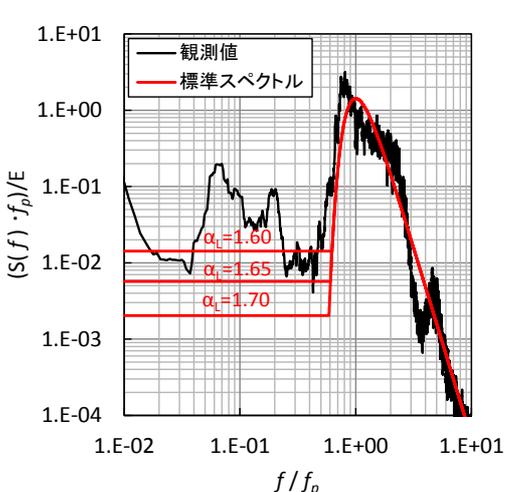
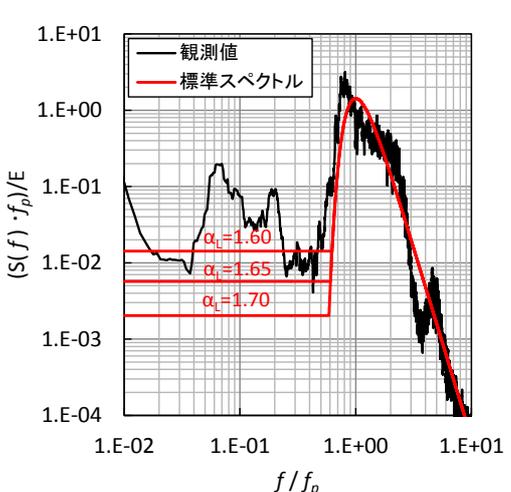
離島における港湾工事では、作業船による資機材等の搬入搬出を行う場合があるが、厳しい波浪条件にともなう作業船の動揺が影響して、作業船の岸壁への接岸や揚重作業に支障をきたすことがある。今回、防波堤が整備されていない離島において実施された定点保持機能を有した作業船による揚重作業時に、船体の動揺量と来襲波浪を同時計測した。そして、定点保持機能を使用した作業船の揚重時動揺特性について検討した。

2. 現地計測

計測は離島の海岸線からほぼ垂直に突堤状に延びた岸壁で、自航式起重機船が荷揚げおよび荷の積込みの揚重作業を行った 2017 年 11 月～12 月に実施した。本船は、全長 89.9m、幅 27m、満載吃水 3.95m、最大積載荷重 3500t であり、全旋回スラスタ 4 基と補助スラスタ 1 基を装備し、搭載する定点保持機能(DPS ; Dynamic Positioning System)により強風時や強流域で定点保持が可能である。動揺計測はロール、ピッチおよびヨーについては本船に装備されている GPS、ジャイロおよび傾斜角計によりサンプリングタイム 1s で記録した。サージ、スウェイおよびヒープは船体のほぼ重心位置に 3 軸の加速度計 (東京測器製 ARJ-50A-T) を設置し、サンプリングタイム 0.5s で計測した加速度を 2 階積分して得た。波浪計測は、水圧式波高計 (JFE アドバンテック社製 INFINITY-WH) を岸壁先端から海底に吊下げ、サンプリングタイム 0.5s で連続計測した。

荷揚げ時の本船の接岸状況は、岸壁 (水深 8m) に対して、-1 (a) に示すように、船首側から岸壁に係留索を 1 本、船尾側から泊地側にアンカー 1 個を投錨し、計 3 基のスラスタで定点保持を行った。また、荷の積込み時の本船は、係留索やアンカーを用いず、-1 (b) に示すようにスラスタ 4 基のみで定点保持を行った。-1 には波高計の設置位置も示した。

3. 波浪計測結果

水圧式波高計により連続計測した水位の時系列データから 20 分間ごとの波別解析法により有義波諸元を算出した。荷揚げ時および荷の積込み時の有義波高はともに 1.0m 以下、有義波周期 10.0s 以下であった。また、2 時間分の計測データから周波数スペクトルを求めた。一例を-2 に長周期波成分を含んだ標準スペクトル¹⁾とともに示す。-2 では $ff_p = 0.8$ 付近に風波成分のピークがあるのと同時に、 $ff_p = 0.07$ および 0.2 付近にも長周期波成分の標準スペクトル¹⁾よりかなり大きなエネルギーが認められる。したがって、荷揚げ時は、風波成分に加え、数十秒から百数十秒程度の長周期波も混在した波浪場で揚重作業が行われた。荷の積込み時の周波数スペクトルも同様に $ff_p = 0.07$ から 0.2 付近に比較的大きなエネルギーを有するスペクトル形状を示していた。

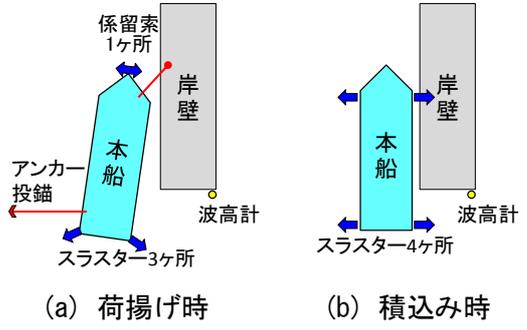


図-1 接岸状況

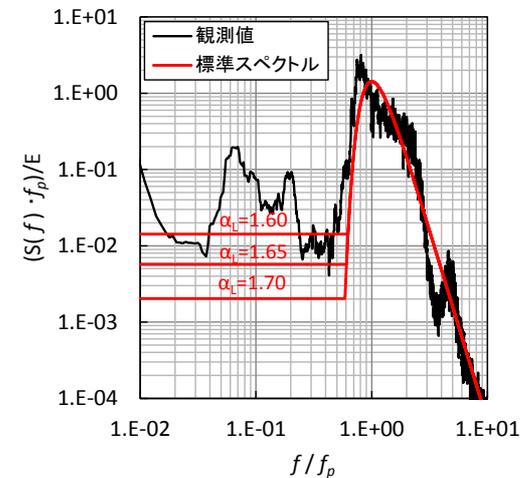


図-2 周波数スペクトル

キーワード 作業船、揚重作業、船体動揺、定点保持機能、DPS、離島

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設株式会社 鳴尾研究所 TEL 0798-43-5902

4. 作業船の動揺特性

荷揚げ作業当日に傾斜角計で記録されたロール角の時間変化を操船制御モード (0 ; 個別操船, 5 ; 自動操船 (定点保持)) とともに図-3 に示す。図-3 によれば, 5:30 頃に本船が個別操船で現場海域に到着し, 5:30 ごろから 8:20 頃まで自動操船 (定点保持) で沖合待機, その後個別操船で入港して 9:00 頃に接岸した本船の動きがわかる。ロール角についてみると, 自動操船 (定点保持) 時は個別操船時と比較して, かなり低減することが特徴的である。ピッチ角についても同様の傾向にあった。

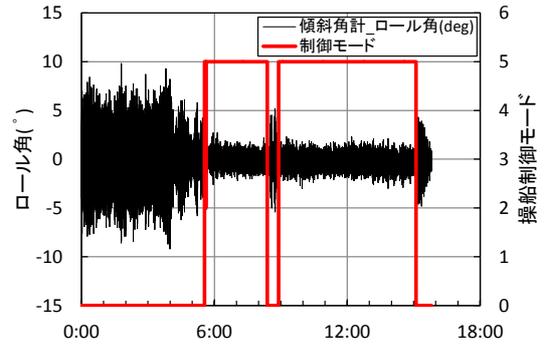


図-3 ロール角の時間変化

波浪と同様に揚重作業中のそれぞれの動揺成分の時系列データについて, 20 分間ごとに波別解析を実施し, プラス側およびマイナス側の振幅の最大値と平均値を算定した。図-4 に最大動揺量を, 図-5 に平均動揺量を示す。図中, 灰色の要素が荷揚げ時の値, 黄色の要素が荷の積み込み時の値を示す。荷揚げ時と荷の積み込み時の動揺量は, サージの最大動揺量にやや違いがあるものの, 全体的に見て最大動揺量および平均動揺量ともに同程度の値を示した。よって, 図-1 に示した接岸状況の違いによる動揺量への影響は小さいものと考えられた。各動揺成分についてみると, サージおよびスウェイの最大動揺量は 0.22m ~ 0.39m, 平均動揺量は 0.1m 程度で, 荷役作業から見た係留船舶の許容最大動揺量²⁾が提案する ±1.0m 程度と比較すると十分小さい。ヒープの平均動揺量は 0.2m 程度であったが, 最大動揺量は 0.8m ~ 1m 超が記録され, これは許容値の ±0.5m²⁾に比較するとかなり大きい。しかしながら, 実際の揚重作業は支障なく行われた。一方, ロール, ピッチ, ヨーの最大変位量は 3° 程度, 平均動揺量は 1° 程度以下であり, これらは許容値²⁾と同程度であった。このような動揺状況の下, 最大 41t の揚重作業が安全に行われた。こうしたことから, 係留索やアンカーを用いずにスラスタのみで定点保持を行った接岸状態でも揚重作業が可能な動揺量を維持し, 円滑な揚重作業が可能なが実証された。

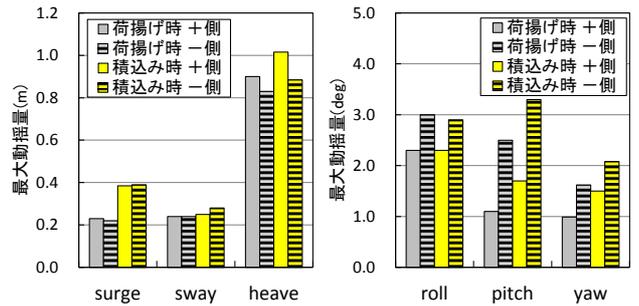


図-4 最大動揺量 (左: 変位, 右: 角度)

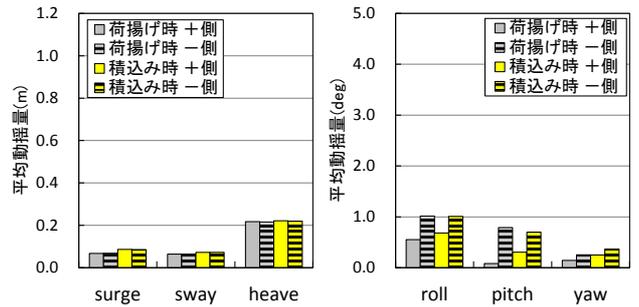


図-5 平均動揺量 (左: 変位, 右: 角度)

5. まとめ

比較的大きなエネルギーを持つ長周期波成分も存在する波浪条件の中, 定点保持機能を作用させた作業船は, サージおよびスウェイ方向の動揺を抑え, 平面位置をかなり精度よく保持して円滑な揚重作業を行った。また, 接岸時には係留索の係船柱への取付け等の作業をなくし, 省力化や潜在的な危険の除去にも有効であった。本研究は, 遠隔離島における産学官連携型の海洋関連技術開発 (内閣官房総合海洋政策本部事務局, 国土交通省総合政策局技術政策課) の選定課題「遠隔離島における接岸・揚陸・揚重支援システムの開発(C2 ; 代表提案者: 東洋建設(株))」の一環として国土交通省関東地方整備局のご協力を得て実施されたことを付記する。

参考文献

- 1) 日本港湾協会, 国土交通省港湾局監修: 港湾の技術上の基準・同解説, 2007 年, pp.178-179.
- 2) 合田良實: 耐波工学 港湾・海岸構造物の耐波設計, 鹿島出版会, 2008 年, pp.188-189.