

油圧式パラレルメカニズムとその応用研究

田中 豊*, 丹羽 渉**, 関 智弥*, 五嶋 裕之***

Application Study of Hydraulically Parallel Kinematic Mechanism

Yutaka TANAKA *, Sho NIWA **, Toshiya SEKI *, Hiroyuki GOTO ***

Spatial parallel mechanism has been widely used to realize rigidity, high accuracy, multi-degrees-of-freedom and complicated motion in application of industrial fields such as machine tools, coordinate measuring systems, robot manipulators and motion simulators. In our project team, an active vibration compensation system on traffic ships with Stewart platform type of hydraulically driven parallel kinematic mechanism is proposed and developed to provide safe ship-based access to a floating structure such as offshore wind power systems. The system consists of a motion stabilized platform with Stewart platform type of parallel kinematic mechanism and a catwalk on the platform. The motion platform is supported on the main hull and kept in a horizontal position by means of the six-degrees of freedom hydraulic parallel mechanism which control to absorb the motion of the main hull in accordance with the control signal from an on-board computer and motion sensors. In order to confirm the performance of the active vibration compensation by the parallel mechanism, a prototype 3/10 scale model of the actual system used for the offshore experiments. The experimental results show that the heave, roll and pitch motion of the top plate is greatly reduced with respect to the fluctuation of the main hull. The performance of the hydraulically parallel mechanism absorber has been experimentally confirmed. The dynamic behavior of the parallel kinematic mechanism has also been numerically confirmed by the motion simulation using the simulation software, MATLAB+Simulink.

Key Words: Active vibration compensator, Marine construction, Parallel kinematic mechanism, Inverse kinematic

1. はじめに

パラレルメカニズム(PKM)は、複数の駆動アクチュエータを並列に配置することで必要な自由度を得るリンク機構である。この運動機構は、エンドエフェクタを複数のアクチュエータで支持していることから、リンクの連結部の角度や変位誤差がそれぞれの平均の値となるため、シリアル機構に比べて可動領域は狭くなるものの、リンク機構全体がコンパクトで高精度な姿勢制御を実現できる利点を持っている。こうした特長を活かし、ロボットや各種機械装置に幅広く利用されている。

法政大学高機能メカトロデザイン研究室では、東亜建設工業(株)殿や(株)工苑殿、法政大学大学院先端モーションシミュレータ技術研究所などと共同で、PKM を応用した産業機械装置の研究開発を行っている。本稿では油圧式 PKM を用いた動揺吸収装置について紹介する。

2. 動揺吸収装置

資源開発や海洋エネルギー利用等の観点から、日本の持つ広い海域における海洋工事の重要性が指摘

されている。こうした海域における海洋工事では、作業船による大規模施工が不可欠である。また施工や施工後のメンテナンスのための洋上施設との移動には一般的に交通船が用いられる。しかしこうした海洋工事や施工後のメンテナンスは、波浪条件の厳しい環境で行われることが多く、作業効率の低下や作業員の転落・挟まれ事故による危険性も高まる。

これまで船舶の動揺を軽減したり、乗り心地を向上させたりする試みは、種々提案され、一部実用化されている¹⁾⁻⁴⁾。しかし今後は、作業船の定点保持中の安全で高精度な制振が必要となる。

本研究で提案した動揺吸収装置は、作業船上の制振が必要な構造体のみ限定し、その動きを水平に保つことで波浪による動揺の影響を低減する。

Fig.1に動揺吸収システムの構成図を示す。主船体上に6本の油圧シリンダによるスチュアート式PKM⁵⁾を設置し、波浪による主船体の動揺に対して、PKMのプラットフォームの姿勢を常に水平かつ上

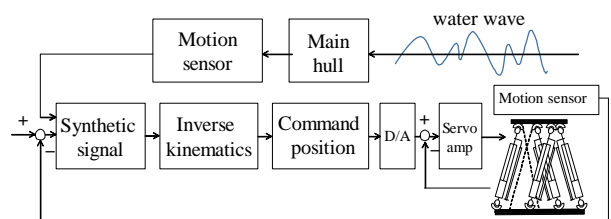


Fig.1 Configuration of active vibration compensation system

* 法政大学デザイン工学部

** 法政大学大学院デザイン工学研究科

(〒102 - 8160 東京都千代田区富士見 2-17-1)

(E-mail: y_tanaka@hosei.ac.jp)

*** (株)工苑 (〒213 - 0032 川崎市高津区久地 4-26-41)

*** Hosei University

*** Koenn Co., Ltd.

下方向に運動しないような定位置に保つように動作させる。主船体に取り付けたセンサにより、船体の上下と縦横揺れを検出し、制御演算装置により各駆動シリンダの伸縮量を逆運動学により決定することで、プラットフォームの揺動運動は理論上、打ち消される。

3. スケールモデルによる評価実験

油圧式パラレルメカニズムにより動揺吸収装置を構成し、スケールモデルによる性能評価を実施した。実験は北九州門司港沖付近の海上で行われた。

Fig.2 に 496 トンの交通船の後部甲板上に設置したスケールモデル実機の様子を示す。高精度モーションセンサ (RTK-GPS) を甲板上と油圧式 PKM のプラットフォーム上に設置し、それぞれの上下運動変位と横揺れ角度、縦揺れ角度を計測した。

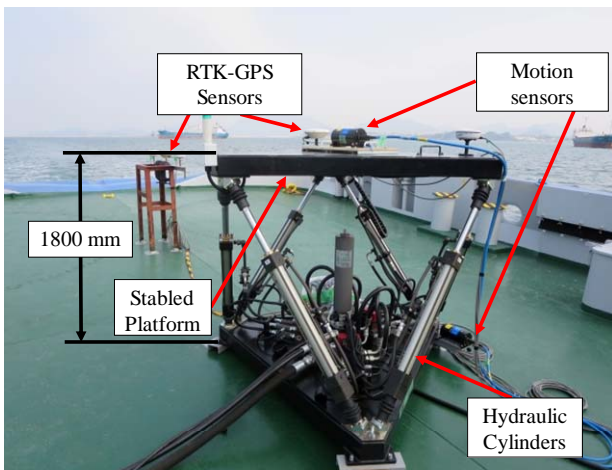
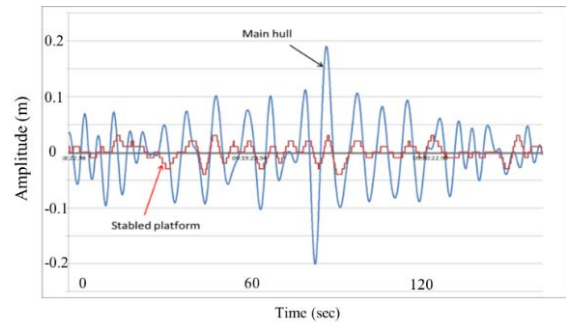


Fig.2 Scale model of the active vibration compensation system on the ship

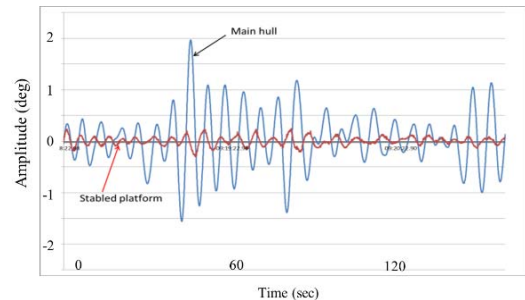
Fig.3 に主船体と油圧式 PKM のプラットフォームの上下揺れ(Heave)と横揺れ(Roll)の測定結果の一例を示す。また動揺吸収装置を動作させた時と動作させない時の測定結果より、それぞれの振幅の最大値と最小値から各振幅ピークを求め、その最大値と標準偏差を比較した。

主船体の動揺に対して、プラットフォームの上下動変位は振幅ピークで 82%程度、標準偏差で 74%程度低減されていることがわかる。また横揺れ角度は、振幅ピークで 84%程度、標準偏差で 78%程度、吸収低減されていることがわかる。また縦揺れについても同様の低減効果が得られた。

よって本試作装置を用いることで、プラットフォーム上では、上下揺れ、横揺れ、縦揺れともに大幅に減少しており、油圧式 PKM 動揺吸収装置の制御効果が確認された。



(a) Heave



(b) Roll

Fig.3 Measured heave and roll motions of the main hull and platform

4. おわりに

油圧式パラレルメカニズムによる動揺吸収装置は原理的には船体運動により発生する、六自由度の揺動成分全て低減する事が可能である。本報では、その制振効果について、試作システムを用いた洋上試験の結果を示し、その有効性を実証した。

最後に本試作システムの実海域試験にあたり、多大のご助言ご協力をいただいた、東亜建設工業殿と洞海マリンシステムズ殿の関係者に感謝いたします。

参考文献

- 1) 秀徳善治, ハイ・スティブル・キャビン艇 コンピュータが支える揺れない客室, 日本機械学会誌, 第 91 巻, 第 839 号 (1988)
- 2) 谷田宏次, 船体動揺低減に対するアクティブコントロールの研究開発動向, 日本造船学会誌, 第 800 号, pp.119-124, (1996)
- 3) 谷田宏次, 各種分野における動揺制御装置の適用例, 日本造船学会誌, No.815, pp.331-337, (1997)
- 4) 小林日出男, 小池裕二, 今関正典, 山下高広, ハイブリッド式船用減揺装置の運転と制御, 石川島播磨技報, Vol.40-6, pp.310-314 (2000)
- 5) Stewart, D., A platform with six degrees of freedom, Proceedings of the IMechE, Vol.180, Pt.1, No.15, pp.371-385 (1965-66)