

船用液体水素タンク内部の熱流体解析

Thermal fluid analysis inside of liquid hydrogen tank for marine transportation

○塚本 博志、武田 実 (神戸大学大学院海事科学研究科)

○Hiroshi Tsukamoto, Minoru Takeda (Kobe Univ.)

E-mail: 131w515w@stu.kobe-u.ac.jp

1. はじめに

今日、地球温暖化や化石燃料の枯渇が問題となり、化石燃料に代わる新たなエネルギーの開発が進められている。究極のクリーンエネルギーである水素は、燃焼時に水のみを生成するため特に注目されている。水素を大量に貯蔵・輸送する場合、気体状態の約 800 倍の密度を持つ液体水素 (沸点 20.3 K) の状態で貯蔵し、海上輸送することで高い効率が得られる。

本研究では 2 m³ タンクの陸上輸送実験¹⁾とその解析モデルを基に、1250 m³ 船用液体水素タンクを対象として、大型タンク内の熱流動についてシミュレーション解析を行い、タンクの設計に関する知見を得ることを目的とする。

2. 解析条件

タンクモデルを Fig.1 に示す。重心上の Line と Point 1 (重心より 4.3 m 上部) は各データの解析位置である。揺動運動は以下の方程式を用いて定義した。

$$\text{Roll}(x) : \alpha = \alpha_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \quad (1)$$

$$\text{Yaw}(y) : \beta = \beta_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \quad (2)$$

$$\text{Pitch}(z) : \gamma = \gamma_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \quad (3)$$

ここで、 α 、 β 、 γ は各軸回りの回転角度、 $\alpha_{\max}$ 、 $\beta_{\max}$ 、 $\gamma_{\max}$ は各軸回りの最大回転角度、 T は揺動周期、 t は時間である。 $\alpha_{\max} = 0.523$ [rad]、 $\beta_{\max} = 0$ [rad]、 $\gamma_{\max} = 0.158$ [rad]、Roll の周期を $T = 12.23$ [sec]、Pitch の周期を $T = 5.22$ [sec] として 2 時間揺動させた。ただし、初期条件としてタンク内の液体水素の充填率は 85% とし、水素 (気相および液相) は 20.3 K、タンク壁は断熱として ANSYS CFX により解析を行った。

3. 解析結果

タンクモデルを 2 時間揺動させた時の Line 上の液面の変化を Fig.2 に、また Point 1 の圧力と温度の変化を Fig.3 に示す。液面は 2 時間後上昇している。また、温度と圧力はゆっくりと変動していることがわかる。

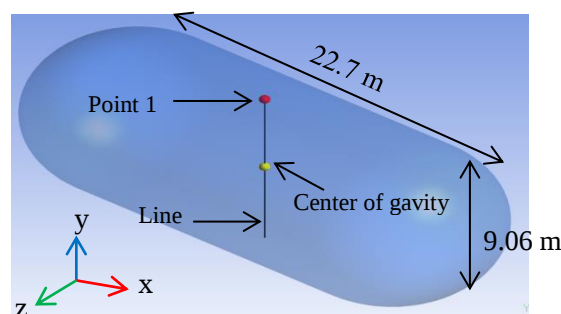


Fig.1 Tank model of 1250 m³.

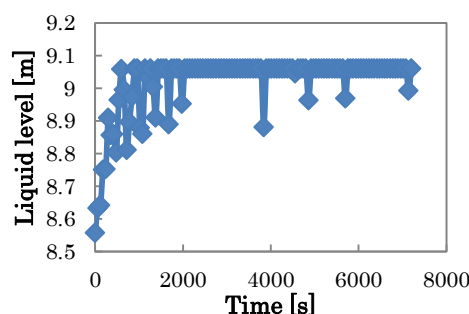


Fig.2 Time chart of liquid level on the Line.

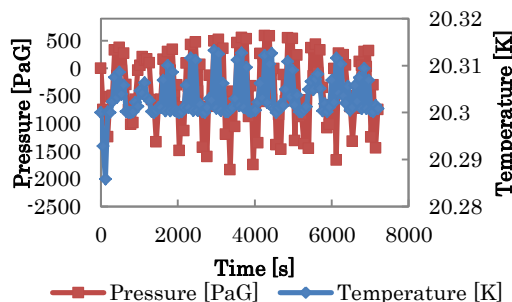


Fig.3 Time chart of temperature and pressure at Point 1.

謝辞

川崎重工(株)技術開発本部より有益な議論をいただきました。また本研究の一部に対して、科研費基盤研究 A(24246143)の援助を受けました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) M. Takeda *et al.*: Proc. ICEC24-ICMC 2012, pp. 311-314 (2013).