

## 5. 推進装置

### 5.1 一般

日本海事協会調べによる平成 25 年度の新造船入級実績は 544 隻(バージ, プレジャー, ヨットを除く), 675 軸, 約 4,200MW となり, 平成 24 年度のそれぞれの実績に対し 120 隻減, 約 1335MW 減であった. その内訳は次の通りである. 1)

- 1機1軸船 = 408 隻, 2機1軸船 = 5 隻,  
1機2軸船 = 1 隻, 2機2軸船 = 130 隻
- 油潤滑: 海水潤滑 = 360 隻 : 184 隻
- 第 1C 種プロペラ軸 = 164 軸 (全て 1機1軸船)
- 第 1A 種プロペラ軸 (部分ゴム巻きのみ) = 6 軸  
(1機1軸船が 4 隻, 2機2軸船が 1 隻)
- 第 1A 種プロペラ軸 (部分樹脂巻きのみ) = 4 軸  
(2機2軸船が 2 隻)
- FPP: CPP = 522 隻 : 22 隻
- アルミ青銅プロペラ = 78%
- キーレスプロペラ = 69%
- ハイリースキュードプロペラ = 15.9%
- 旋回式推進装置 = 5 隻
- 二重反転プロペラ = 1 隻

近年の燃料価格高騰や温室効果ガスの排出削減の社会的ニーズに伴い, 燃費性能向上に寄与する省エネルギー技術の導入例が増えている.

ここでは, 環境および省エネルギー化に関連し, 主機出力の計測技術について紹介する.

### 5.2 ポータブル軸馬力計<sup>2)</sup>

#### 5.2.1 緒言

近年 EEDI (Energy Efficiency Design Index) の認証を取得する船舶について, 一般的に海上試運転時の出力計測を軸馬力計で行うことが望ましいとされている. その際, 本船用として軸馬力計を装備していない場合の対策として今回 KYMA 社のポータブル軸馬力計を紹介する.

#### 5.2.2 KYMA 軸馬力計の概要

KYMA 軸馬力計は図 5.1 に示すように中間軸に取り付けたひずみゲージ(以下ストレインゲージ)の出力を信号受信ユニットで検出し, それを表示装置に表示させるシステムである. 表示装置を機関制御室に設置すれば中間軸側まで行くことなく常時主機の出力を容易に監視することが出来る.

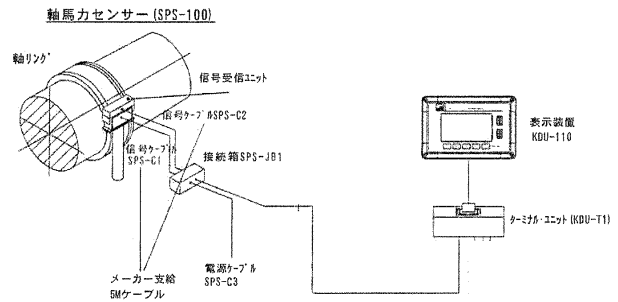


図 5.1 ポータブル軸馬力計の概要

#### 5.2.3 KYMA 軸馬力計の測定原理

中間軸が回転すると, 軸にはねじり応力がかかる. ねじり応力がかかったとき, 軸の表面には 45° の方向に引っ張る力がかかる. その力をストレインゲージで測定する. ストレインゲージに機械的な力が加わったとき, その力による伸張と比例してゲージの抵抗が変化することで発生する出力電圧から軸のトルクを算出する.

4 個のストレインゲージを軸の上にブリッジ状に取り付ける. 2 個は外側にかかる力 (POSITIVE STRAIN) と平行に, もう 2 個は内側にかかる力 (NEGATIVE STRAIN) と平行に取り付ける. 軸の回転がゼロの時はストレインゲージの抵抗は同じでバランスが取れているため出力電圧はゼロになる.

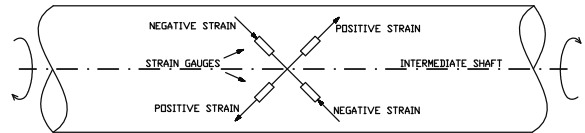


図 5.2 ストレインゲージ

軸にかかるトルクの算出式は下記のとおりになる.

$$M = eGW/2 \text{ (kNm)}$$

$$W = \pi D^3/16$$

$$D: \text{中間軸径 (m)}$$

$$G: \text{横弾性係数 (kN/m}^2\text{)}$$

$$e: \text{相対伸び率 (m/m)}$$

e の値をストレインゲージからの出力電圧により算出する.

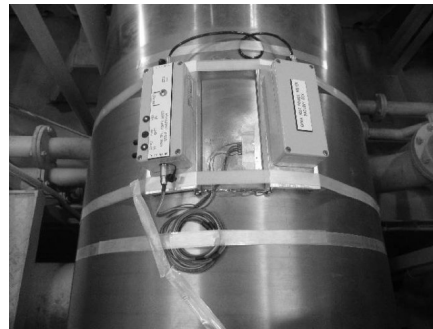


図 5.3 ストレインゲージおよび受信器取付状況

### 5.2.4 KYMA 軸馬力計表示装置

表示装置の特徴として以下のものが挙げられる。

- a. 表示装置はタッチパネルモニタを採用しており、小型なため機関制御室等設置が容易である。
- b. 1秒、3秒、1分、5分、15分、1時間、24時間の馬力の平均を表示することができる。  
また、馬力のみでなく軸トルク、軸回転数、軸スラストも同時に表示される。

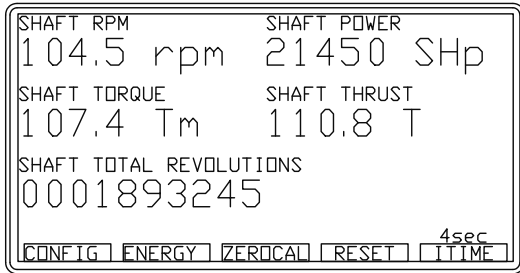


図 5.4 KYMA 軸馬力計表示装置

### 5.3 軸馬力計-計測精度について

軸馬力計で測定される馬力は横弾性係数、軸径の公差、ストレインゲージの取付誤差等の要因で計測される出力に影響を与える。その中で馬力に影響を与える要因の一つである横弾性係数についてその計測データと計測方法を以下に紹介する。

#### 5.3.1 横弾性係数

横弾性係数は現在、KYMA 社は 82.1GPa を代表値として入力している。この数値が取り付ける実際の軸の値と異なった場合は、その違いに比例して軸馬力に誤差を生じる。横弾性係数については日本造船研究協会の第 117 研究部会の報告書<sup>3)</sup>に横弾性係数を計測した結果を載せている。それによると SF45 主体の中間軸の横弾性係数が統計的に考察されており、その結果を下記に示す。

昭和 45 年度 平均値  $8.356 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$   
(81.9GPa)

昭和 46 年度 平均値  $8.381 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$   
(82.2GPa)

以下に横弾性係数測定方法の一例を紹介する。

#### 5.3.2 超音波法による弾性係数測定

横弾性係数の測定方法として現在一般的なものは超音波による測定である。中間軸の両端の取代部(図 5.5)より、テストピースを採取し、機械加工により、 $\Phi 16 \times 10 \text{cm}$  の試料を製作する。

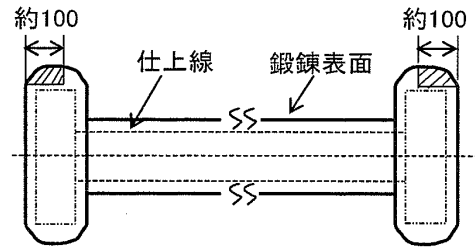


図 5.5 試料採取位置

採取した供試材の密度と厚みを計測した後、試料の端面から超音波パルスを入射し、試料の両端面から多重反射したエコー間の時間差をオシロスコープにて計測する。この値と試料の厚さより音速(縦波および横波)を算出した後、縦弾性係数、横弾性係数、ポアソン比を導く。

機関出力の測定は海上試運転時に船の性能に直結するため、高い精度が要求される。今回紹介した KYMA を始め、軸馬力計を使用する際、高い精度の馬力を計測するためには軸を手配する段階で鉄鋼メーカーに試験片を採取して横弾性係数を測定することが好ましい。

### 参考文献

- 1) 日本海事協会, 2013 年度新造船入級実績資料
- 2) KYMA ポータブル軸馬力計資料
- 3) 日本造船研究協会 第 117 研究部会  
大径中間軸の横弾性係数に関する研究

[鈴木 克典]