

船舶の垂直脱磁について模型試験の組立

Steps for Scale Model Experiment of Ship Vertical Magnetic Deperming

艦磁研¹, ○廣田 恵¹

Naval Ship M&UEP R.C.¹, °Megumi Hirota¹,

E-mail: megumi.hirota@nmurc.com

1. はじめに

船舶の磁気を低減する脱磁は、船舶に強大な破壊力を及ぼす磁気機雷の被害にあわないための技術です。本論でいう船舶脱磁の方法は Fig. 1 に示すように海底に平輪状に設置したコイルから船舶の鉛直方向に交番磁場をかける方法(垂直脱磁)により残留磁化(着磁)を低減します[1]。このとき船舶を構成する鋼材の磁化を飽和するだけの磁場を船舶全体にかけるためコイルに大電流を流さなくてはならず、電気抵抗ゼロの超伝導コイルにより実現可能です。しかし大規模な設備を必要とし、実機が製作されたことはありません。現状では簡易な方法として船舶の主軸方向に磁場を印加しています。そこで、船舶の構成材料の個別の物性、配置について公開された情報から組み立てて、垂直脱磁の効果を求める模型試験を考えています。

2. 模型試験 (1) 磁場測定

船舶の物理的規模から模型試験として実現可能な 1/100 縮尺を考えます。海底に設置するコイルの形状もまた脱磁のために必要なコイル電流値も 1/100 として銅等の常電導体によるコイルを想定します。船舶は代表的な円筒型にモデル化します。模型試験により脱磁の効果を知るためには船舶模型に対し、海底(想定)のコイルから脱磁磁場を印加し、脱磁の前後で船舶模型の着磁を測定します。

船舶の構成材料は全て高張力鋼 HY80 (透磁率 90) [2]とします。磁性鋼材の着磁は材料の製造時履歴により、実際の値は推定できません。船舶は地球磁場下で誘導される磁場を削減する消磁コイル[3]を装備しているため、船舶の着磁は脱磁操作によって消磁コイルの効果以内に収まらなくてはならないと推測できます。

測定を要する船舶模型による磁場を推定するに当たり、実際の船舶の一例(重量 2,950 ton、長さ 84 m、幅

9.7 m) [4] について解析計算が可能な回転楕円体殻のモデルとし、外部磁場により誘導される磁場を計算します[5]。鋼材の比重から殻の厚さは 0.23m となります。この回転楕円体殻が一樣磁場(H_{0x} , H_{0z}) 中にあるとき誘導されて発生する磁場により Fig. 2 (a) のように船舶の進行方向 (z) に掃引して測定すると Fig. 2 (b) の磁場波形が観測されます。その最大強度を最接近位置 (x_0 , z_0) に対して Fig. 3 に示します。模型の磁場測定値は実際の船舶に対する測定値と同一となります。求めたいのは着磁分なので外部磁場を反転させた測定値との差分を求めます。外部磁場が地球磁場の場合、40 μ T、伏角 45° ですから直下 10 m で 1.3 μ T となります。模型試験で測定する磁気センサはこの値を最大値として 1/1,000 の感度を測定するものを用意します。

(2) コイル電流印加

実機の超伝導コイルでは 100 kA の電流を流すところ、模型試験では 1/100 縮尺の常電導コイルに 1 kA 流します。商用電源 (100 V, 30 A) から電流を引く場合、導体の電気抵抗、コイルのインダクタンスを考慮して導体断面、コイル巻数から電源規模を最適設計します。

(3) 模型構造

船舶を回転楕円体殻としたモデルから計算した模型の鋼材の厚みは 2.3mm となります。船舶建造用と類似の特性の、入手可能な高張力鋼材により製作容易な円筒模型を作ります。縮尺からの逸脱は計算により補完します。

3. 次回方針 実現しうる模型試験を報告し、実機との相違と考慮すべき点を論じます。

参考文献

[1] M. Hirota, J. Ship. Ocean. Eng., 7 (2017) 93. [2] J. J. Holmes, 2008, Morgan & Claypool Pub. [3] 義井胤景, 1969, 「磁気工学」海文堂。[4] 海上自衛新聞社「海上自衛隊艦艇と航空機集」平成 29 年度版。[5] L. Frumkis & B. Z. Kaplan, IEEE Trans. Mag., 35 (1999) 4151.

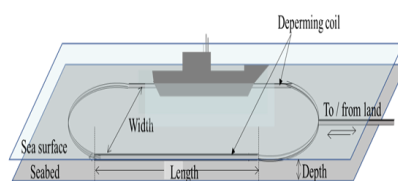


Figure 1. Coil configuration for ship vertical deperming.

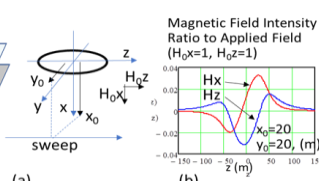


Figure 2. Set-up configuration and calculated signature.

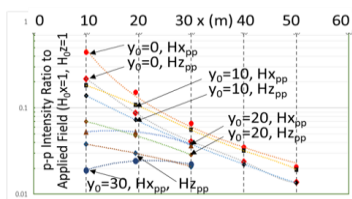


Figure 3. P-p intensity of calculated signature vs. x.