

波高センサに使用するエナメル銅線の比較

前田, 楓佳
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/7183591>

出版情報：九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 6, pp.4-6, 2024-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン：

権利関係：



波高センサに使用するエナメル銅線の比較

前田 楓佳

要 旨

応用力学研究所が所有する深海機器力学実験棟（以下、深海水槽と呼ぶ）では、船舶模型曳航試験や風車プラットフォームの性能評価試験など様々な試験が行われている。今回、試験解析やシミュレーション時に必要な波高データを取得するための波高計の波高センサを作製し、それに用いるエナメル銅線を比較した。本稿では、波高センサの原理や各エナメル銅線の性能評価と考察を記載する。

キーワード

深海機器力学試験水槽 波高センサ エナメル銅線

1. はじめに

深海水槽は、長さ 65m、幅 5m、深さ 7m の大型水槽である。当該水槽は設備として、海面波を模擬する造波装置や実験模型を曳航できる曳航装置を有しており、様々な試験に利用されている。本稿では、従来波高の計測に使用していたエナメル銅線が入手困難になったことから代替品となるものを選定し、使用したエナメル銅線の特徴を比較したので紹介する。

2. 波高センサについて

今回作製した波高センサは、容量式波高センサである。原理としては、検出電極とアース電極を液体につけた場合に生じる静電容量の変化を電圧として検出している。普段使用している弓型センサを図 1 に示す。

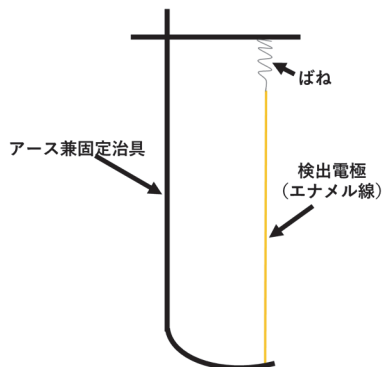


図 1 弓型センサ

検出電極に用いているエナメル銅線は、検出部分がまっすぐ張っていないと液体につけた際に生じる電圧差が均一でなくなるため、間にばねを挟み固定している。

なお今回は、板にエナメル銅線とアース線を貼り付けて固定した簡易的な波高センサ（図 2）で比較を行った。



図 2 作製した波高センサ

今回作製したもの以外にも、水面に超音波を当てて波の変動を測る超音波式波高計や、カメラで撮影して波高を測定する非接触型の波高センサなどがある。

3. 比較方法

3-1. 試験内容

今回は 2 つの方法で比較を実施した。

①波高センサを水槽に設置して造波し、波への追従性を比較した。作製した波高センサ（図 2）をプリアンプ（図 3）、検出器（図 4）の順に接続させてレコーダーで出力を確認した（図 5）。波高は片振幅 2cm、周期は 0.9s・1.2s・2.0s の 3 条件を行った。



図 3 プリアンプ

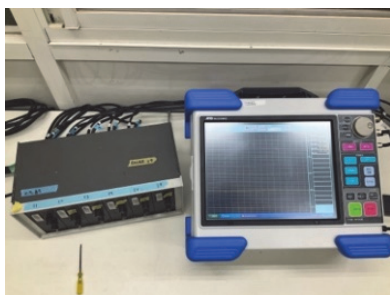


図 4 検出器とレコーダー

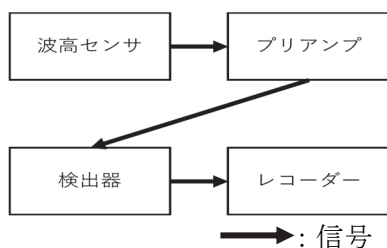


図 5 機器配線

②作製した波高センサを 1 カ月間バケツの水につけ、絶縁被膜が剥がれていないか比較した。被膜が剥がれてしまうと水とエナメル銅線が導通してしまい正確な波高データが検出できなくなってしまう。実際の計測でも 1~2 カ月ほど水につけたまま試験することが多々あるため、今回は 1 カ月間水につけて比較を実施した。

3-2. 比較するエナメル銅線

比較するエナメル銅線は、従来使用していた $\phi 0.2\text{mm}$ を基準として、入手性が良く耐水性があるものを採用した。また、違いをみるために直径が大きいものも比較対象として準備した。ただし、直径が大きいと波を乱してしまうため、注意が必要である。

今回比較したエナメル銅線 5 つの特徴を下記に記載する。

- UEW（ポリウレタン銅線） $\phi 0.2\text{mm}$

酸化により被膜にひび割れが発生するクレージング現象がなく、耐熱性・耐薬品性に優れる。しかし、耐摩耗性が悪い。

- EIW（ポリエステルイミド銅線） $\phi 0.2\text{mm}$

電氣的・科学的・機械的の特徴の全てに優れており、耐熱性・耐溶剤性にも優れている。一方でクレージング現象があるため、使用に注意が必要である。

- AIW（ポリアミドイド銅線） $\phi 0.4\text{mm}$

耐アルカリ性・対湿性に優れている反面、値段が高い。

- TEX-E（3 層絶縁銅線） $\phi 0.2\text{mm}$

変性ポリエステルの耐熱性樹脂とポリアミド樹脂からなる 3 層の絶縁層を有する。

- PVF（ホルマル銅線） $\phi 0.2\text{mm}$

波高センサに従来使用していた銅線。水に強く、耐衝撃性が良い。一方で、クレージング現象があり耐熱性が低いため、注意が必要である。

4. 試験結果

①の結果を図 6 に示す。3 層絶縁銅線以外は、従来使用していたホルマル銅線とほぼ同じ値になることが読み取れる。さらに、計測値のばらつき及びノイズが波高センサによるものか、アンプ等の機械によるものかを確認するため、アンプとゲインを変更した。結果を図 7 に示す。図 6 で出力されたノイズは図 7 では検出されず、計測値も 3 層絶縁銅線以外はほぼ一定になっていることが確認できるため、計測値のばらつきとノイズは、センサ由来ではなくアンプ由来であることが分かった。

②の結果は、どのセンサからも抵抗値は検出されず、絶縁被膜がはがれていなかったことから、耐久性はどれも一様であった。

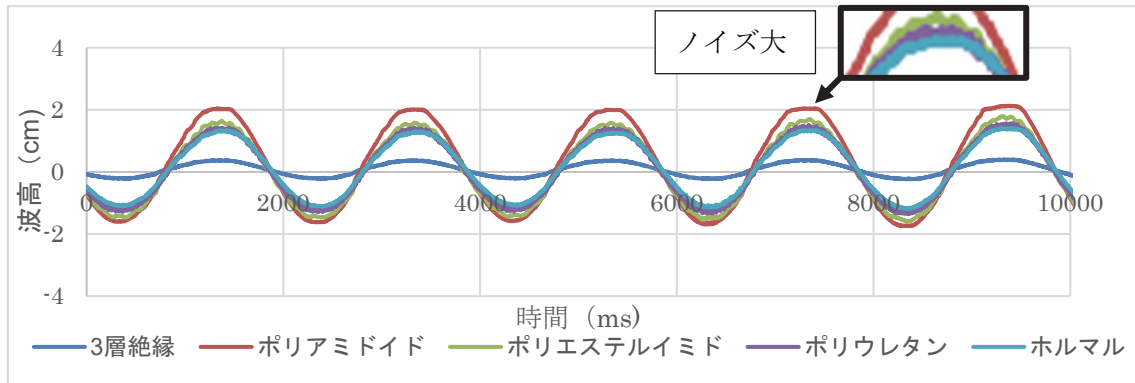


図 6 波高計の電圧値（周期 2s）

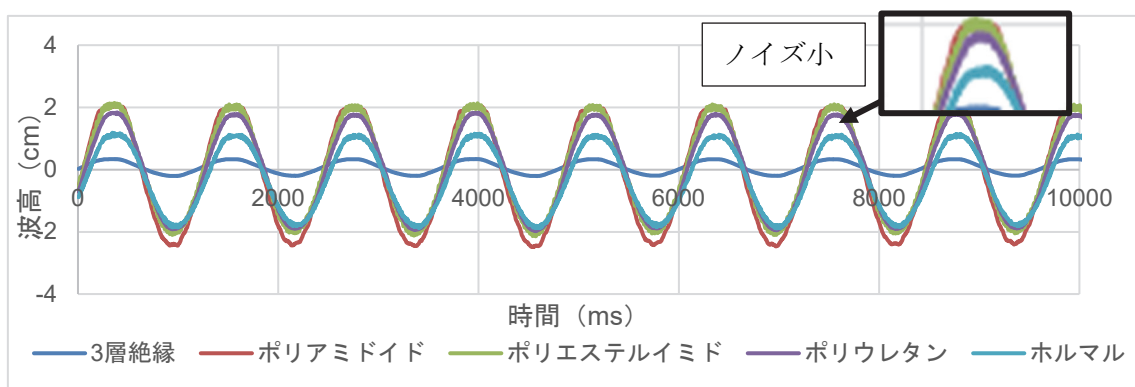


図 7 アンプとゲインを変更した時の電圧値（周期 0.9s）

5. 考察

3層絶縁銅線は、他のエナメル銅線に比べて出力が非常に小さい結果となった。これは、3層絶縁銅線の絶縁被膜が他の物に比べて非常に厚い事が原因と思われるが、細かい波を計測しないのであれば計測は可能である。加えてポリアミドイド銅線は、直径が他の銅線より大きく感度が高いため、電圧値が他の銅線と比べ少し大きくなっていると考えられる。また図7から、細かな電圧値の違いはアンプ等の機材に依存しており、多少のノイズはゲインを調整することで低減されることが考えられる。また、耐久性に関しては、波高計ごとに遜色なく良好であった。

6. おわりに

本稿では、容量式波高計の原理や使用するエナメル銅線によってどのような違いがあるかを紹介した。

今回の結果や考察から、比較したエナメル銅線はどれも代替品として使用できることが明らかとなった。今後は、これを基に実際の試験で使用するエナメル銅線を選定する予定である。ただし、先にも述べた通り、容量式波高計の特徴として検出部分がよれてしまうと正確な値でなくなってしまうため、扱いには十分注意していきたい。

謝辞

本機を作製する機会およびご指導を賜りました皆様に、この場をお借りして御礼申し上げます。