

ロードセルの製作

前田, 楓佳
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/6794446>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 5, pp.21-24, 2023-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :



ロードセルの製作

前田 楓佳

要 旨

応用力学研究所が所有する共同利用施設である水槽実験施設（深海機器力学実験棟、通称：深海水槽）では、水深 7m という特徴を活かした様々な実験が行われている。今回、船舶模型や波浪中における水中ロボットの抵抗計測実験を行うためのロードセルを新たに製作することとなった。本稿では、ロードセルの原理や構造、製作工程とその性能評価を交えながら、製作したロードセルについて紹介する。

キーワード

水槽実験 ロードセル 計測

1. はじめに

深海機器力学実験棟（以下、深海水槽と呼ぶ）では、海洋に関する様々な実験が行われており、多くの機器や治具を使用している。その中で今回は、曳航中に船舶模型や水中ロボットにかかる抵抗の評価に使用されるロードセル（図 1）の製作依頼を受けた。ロードセルとは、荷重を検出するセンサーのことで、荷重がかかるとそれを電気信号に変換して出力する装置である。荷重を電気信号に変換するため、日本語では荷重変換器と呼ばれている。

本稿では、応力に比例して歪む起歪体（きわたい）と、ひずみゲージという金属（抵抗体）の伸縮によって抵抗値が変化する素子を使用した、ロバーバル型ロードセルの製作について紹介する。

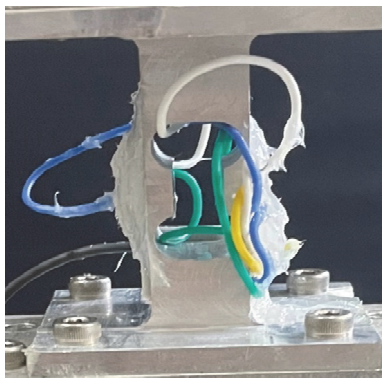


図 1 製作したロードセル

2. ロードセルの概要

図 2 のようにひずみゲージ（抵抗 $R1 \sim R4$ ）を起歪体に貼り付け、ブリッジ回路（図 3）として配線する。起歪体に荷重が掛ると、図 2 の赤丸で囲んだ穴部分に歪みが生じ、張り付けたひずみゲージ（抵抗 $R1 \sim R4$ ）の抵抗値が変化する。その変化に比例して電圧 (E_0) も変化する。すなわち、起歪体に掛る荷重に比例した電圧 (E_0) を得ることができる。

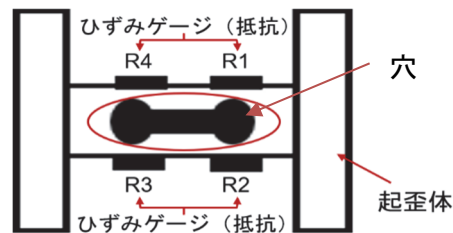


図 2 製作したロバーバル型ロードセルの模式図

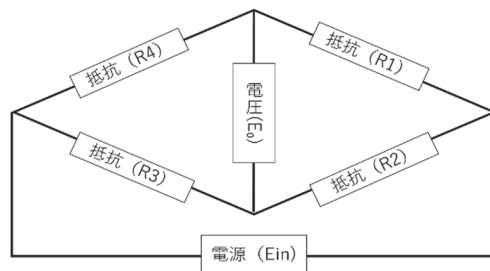


図 3 ブリッジ回路

このように、起歪体とひずみゲージ、ブリッジ回路を組み合わせる事で、ロードセルは荷重を電圧(E_0)として出力することを可能としている。

3. 製作過程

3-1. ロードセルの製作条件

以下3点の条件を満たすようにロードセルの製作を行った。

①起歪体の素材は、入手と加工が容易なアルミ素材であること。

②計測精度を向上させるために、ひずみゲージを張る面は滑らか、且つ起歪体の中心から各ひずみゲージまでの距離は均等であること。

③500g 程度の小さな力を検知させて使用するため、計測感度を左右するひずみゲージを貼り付ける部分の厚みは1mm以下であること。

3-2. 起歪体製作

起歪体の材料として、縦50×横50×高さ60(単位:mm)のアルミ角柱を使用した(図4-a)。

フライスでI字型になるよう切削し(図4-b)、中央にロバーバル型の特徴である穴をあけた(図4-c)。また、計測時に固定できるよう、ボール盤で起歪体の上面・下面の各4箇所にあけ(図4-d)。起歪体の設計図を図5に示す。

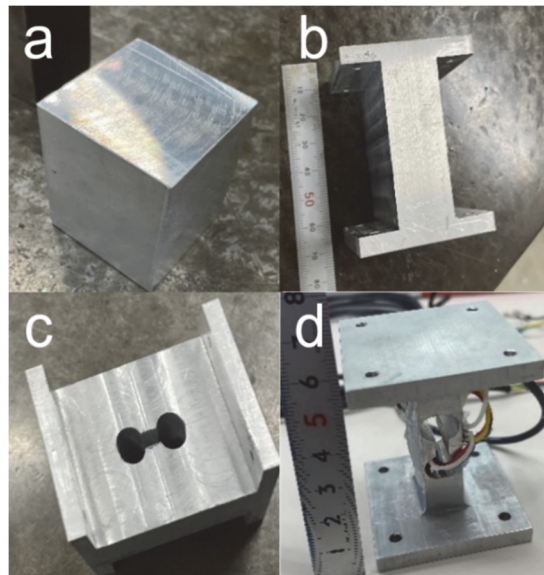


図4 起歪体の製作過程

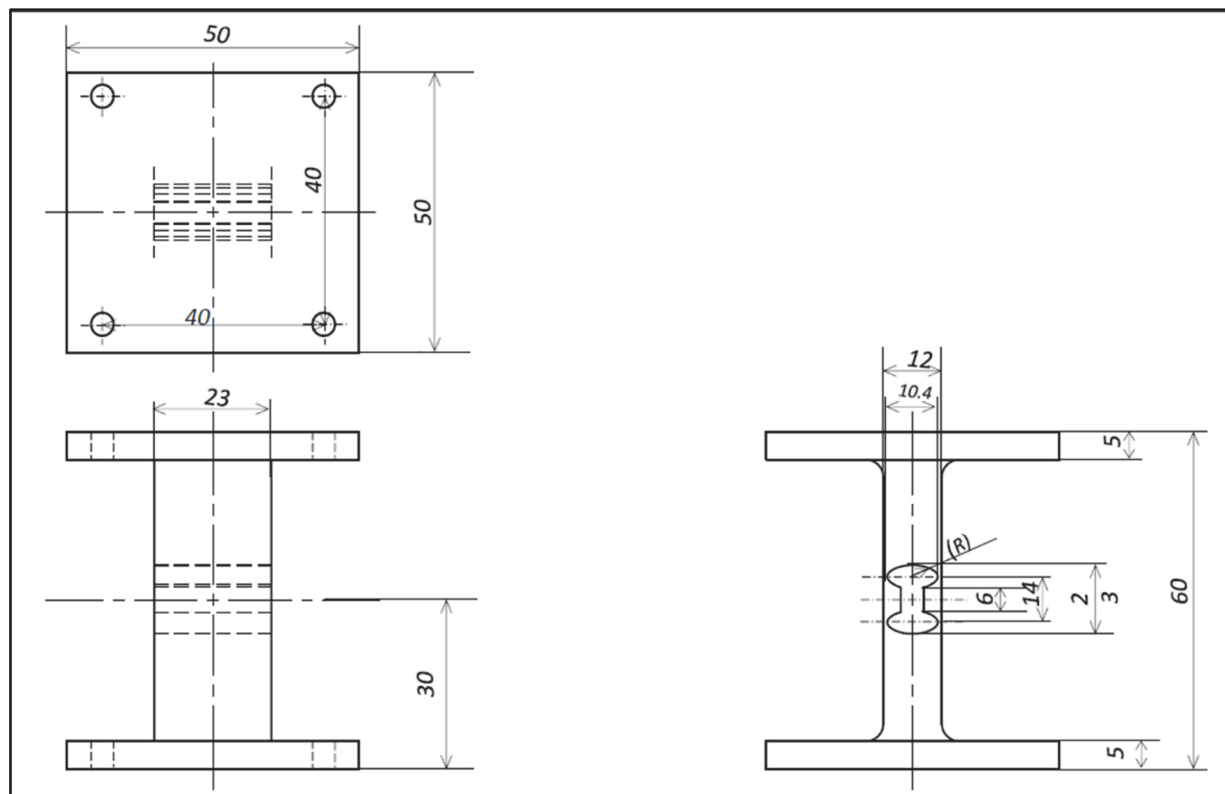


図5 起歪体の設計図

3-3. ロードセルの製作

起歪体とひずみゲージを用いて、ロードセルを製作した。今回使用したひずみゲージは、薄い電気絶縁物の上に格子状の抵抗線を貼り付け、引き出し線を付けた構造である。図 6 に今回使用したひずみゲージ、表 1 に性能表¹⁾を示す。

接着後、短時間で測定が可能になり、接着の作業性が良いひずみゲージ専用の接着剤（図 7）を使用し、起歪体にひずみゲージを貼り付けた。接着作業終了後、最後に配線作業を行った（図 8）。

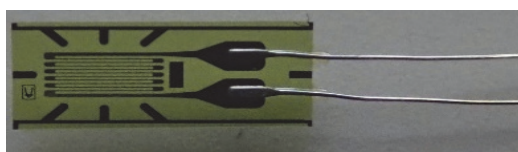


図 6 ひずみゲージ



図 7 接着剤

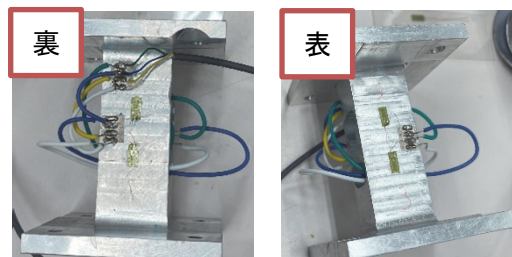


図 8 ロードセルの裏面・表面

表 1 ひずみゲージの性能

材質（抵抗素子）	抵抗素子 Cu-Ni 系合金箔
材質（ベース）	ベース ポリイミド
接着剤と組み合わせた時の使用温度範囲(°C)	CC-33A : -196 ~ 120°C
自己温度補償範囲(°C)	10~100
適合線膨張係数×10 ⁻⁶ /°C	11,16,23,27
室温における歪み限界(約%)	5
室温における疲労寿命(回数)	1.2×10 ⁷ (歪みレベル ±1500×10 ⁻⁶ 歪み)

4. 性能評価

今回製作したロードセルの性能を評価するため、ロードセルを用いた負荷特性試験を実施した（図 9・図 10）。

負荷特性試験の方法を以下に示す。まずロードセルの上面を固定し、下面にワイヤーを接続する。次にワイヤーのもう一方の先端に錘を取り付け、錘の重量を増やしていくことで、ロードセルの負荷特性を確認した。この負荷特性試験を、ロードセル下面左側に荷重をかけた場合と下面右側に荷重をかけた場合の性能評価を行った。なお、信号の出力には、ブリッジボックスとストレインメーターを利用した（図 11）。これらとロードセルを配線して、ブリッジ回路を構成することで、錘の重さに応じた電圧を出力させ、歪みを算出した。測定結果を表 3、4 に示す。

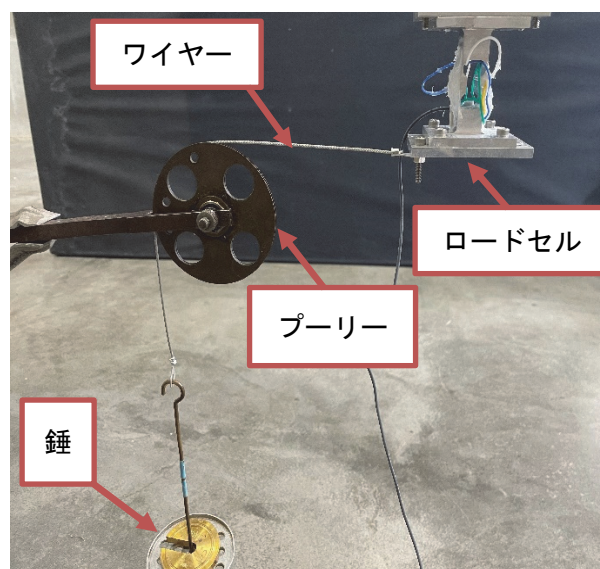


図 9 負荷特性試験の様子（ロードセル下面左側に荷重をかけた場合）

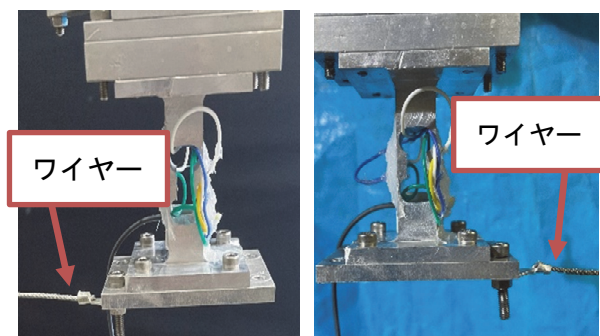


図 10 ロードセル下面左側（左図）、および右側（右図）に荷重をかけた場合におけるロードセルの拡大図

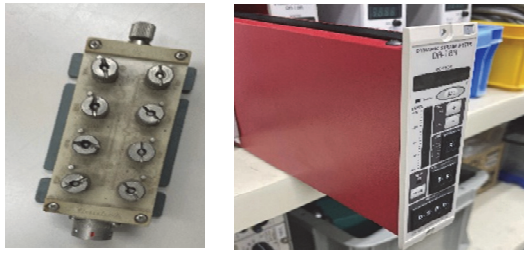


図 11 ブリッジボックス（左図）、およびストレインゲージ（右図）

表 3 負荷特性試験結果（ロードセル下面左側に荷重をかけた場合）

錘の重量[g]	電圧[V]	歪み[μ ST]
100	0.225	0.45
200	0.451	0.90
300	0.682	1.36
200	0.452	0.90
100	0.23	0.46
0	0.02	0.04

表 4 負荷特性試験結果（ロードセル下面右側に荷重をかけた場合）

錘の重量[g]	電圧[V]	歪み [μ ST]
100	0.218	0.44
200	0.434	0.87
300	0.648	1.30
200	0.437	0.87
100	0.215	0.43
0	0.04	0.08

今回行った負荷特性試験の結果、出力に線形性が見られることが確認できた。また、左右の計測誤差を算出した結果、計測に支障がない範囲の誤差であることを確認した。

5. おわりに

本稿では、ロードセルの原理や構造を交え、ロードセルの製作とその性能評価について紹介した。製作したロードセルは、深海水槽で行う実験で今後使用する予定である。

今回製作したロードセルは、微小な力の計測を目的としているため、構造上非常に歪みやすく破損しやすい。破損してしまった一例を図 12 に示す。これは、誤って床に落とした際、計測部が歪んでしまったロードセルである。ロードセルは少しの衝撃でも歪んでしまうため、1 度歪むと再び使用することができなくなる。そのため、取り扱いには十分に注意し、過負荷や急な衝撃を与えないよう使用していきたい。



図 12 歪んだロードセル

参考文献

- [1] Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd.
KFGS 汎用箔ひずみゲージ 主な特性

謝辞

本機を製作する機会を与えていただいた胡長洪教授とご指導いただきました皆様に、この場をお借りして深く感謝いたします。