鑄鉄の腐蝕疲労強度に対する亜鉛防蝕法の効果について*

山口 啓一** 邑本 広志**

On the Effect of the Corrosion Protection by Zinc Anode on the Strength of Corrosion Fatigue

by

Keiichi YAMAGUCHI, and Hiroshi MURAMOTO
(Mitsubishi Shipbuilding & Engineering Co., Ltd).

The method of galvanic anode is used for preventing damages owing to the corrosion fatigue in the hull or machine parts.

We carried out an experiment in order to ascertain the effect of the corrosion protection by this method on the strength of corrosion fatigue of cast iron.

The experiment was made as to two kinds of cast iron in 3% saline solution.

As the result of this experiment, it was found out that the perfect corrosion protection could be brought about by keeping the anticorrosive potential of cast iron in 3% saline solution at about 0.95 V (S.C.P.) and that the strength of corrosion fatigue could be reduced by this protection method to be about equal to that of corrosion fatigue in the air. (Received March 26, 1957)

1. 緒 言

船体や機関部分において腐蝕疲労による破壊防止策として電気防蝕法が用いわれているが、この方法には外部電源方式および流電陽極方式の2方法があり、また、陽極用材料としては、前者には炭素鋼、Si 鑄鉄あるいは磁性酸化鉄など、後者には Zn, Mg, Al などが一般に用いられ、腐蝕に対しての効果は周知のように防蝕電位を保持することにより完全防蝕が達成されるが、腐蝕と疲労が共存する場合に対しての効果は実験資料も乏しく明らかなでない。よって筆者らは腐蝕疲労強度に及ぼすその効果を確認する手段として、3%食塩水中における鑄鉄材に対する Zn 流電陽極法の効果についての実験を行った。以下に実験結果を述べる。

2. 試験材および疲労試験片寸法

(1) 試験材 試験材は Fig. 1 のような寸法に

Fig. 1.

鋳造したものを用いた。分析成分および機械的性質を Table 1 および Table 2 に、顕微鏡組織を Photo. 1 に示す。

Table 1. Chemical composition (%).

Material	C	Si	Mn	P	S
FC 19	3.28	1.79	0.66	0.082	0.070
FC 23	3.38	1.46	0.66	0.067	0.083

Table 2.

Material		Tensile strength σ_B (kg/mm ²)	Brinell hardness
FC 19	1	22.0	183~187
	2	22.6	"
	3	—	"
	4	—	"
FC 23	1	27.8	229
	2	27.8	"
	3	—	"
	4	—	"

(2) 疲労試験片寸法 Fig. 2 に試験片採取要領および試験片寸法を示す。

3. 試験装置および試験条件

試験装置は Photo. 2 および Fig. 3 に示す。まず、

* 原稿受付 昭和32年3月26日 昭和31年11月9日材料試験協会九州地方大会において講演

** 三菱造船株式会社技術部

(FC 19) × 100

(FC 23) × 100

Photo. 1.

Fig. 2.

Photo. 2.

本試験に用いた 1/2 ton 油圧式片振曲げ疲労試験機 (1800 r.p.m.) の概略の構造を述べれば次のとおりである。すなわち、1 台のモーター (1 HP) に連結された軸は 90° 遅れに回転するクランク 4 個を持ち、これら

クランクの回転に伴いプランジャーは往復運動し、これによってシリンダー内の油圧を周期的に変動せしめ、荷重用プランジャーを介して試験片に片振曲げ繰返荷重を与える仕組で、一時に 4 個の試験ができる。また、

Fig. 3.

Fig. 4.

試験片の繰返破壊回数を読みとるため、クランク個々に相当する回転計と自動切断装置を装備し、試験片が破壊すれば回転計に相対して固定したマグネット装置に試験片を含む回路に電流が流れ、該マグネット装置は磁気を帯びて対応している回転計の回転を絶ち、繰返破壊回数をとめさせるようにしている。次に、腐蝕液槽は Fig. 3 に示すように試験片各 2 本を囲み、1 個の液槽では防蝕なしの場合、1 個の液槽では亜鉛防蝕せる場合の試験を行った。防蝕亜鉛は図のように 2 本の試験片の間に位置せしめ、その表面積は試験片と亜鉛との比がほぼ 2 対 1 程度である。試験片の取付部は図のように試験片と試験機本体を絶縁するため 0.2mm 厚さのセルロイド板を介して取り付けた。また、腐蝕液は常に一定の高さを保持するとともに多少の新陳代謝を与える目的で補助タンクより約 100 cc/h の量を液槽に滴下せしめ、排水パイプを通じて常にオーバーフローせしめた。試験条件としては腐蝕液を 3% 食塩水、試験温度を 70°C とした、ただし、温度計測は熱電対を液槽に直接挿入して計測し、この温度調節は Fig. 3 のような自動温度調節計を含む電気回路装置を用いてはほぼ $\pm 2^\circ\text{C}$ の範囲に調節した。試験片と亜鉛の電位差は飽和カロメル電極装置を用いて計測し、全試験を通じておおよそ Fig. 4 のように電位差は $-0.94 \sim -0.97\text{ V}$ であった。また、かかる条件下における腐蝕試験結果は Table 3 に示すように、亜鉛防蝕せる場合は腐蝕はほとんど認められない。

4. 試験結果

腐蝕疲労試験においては、空気中におけるように疲労限度が

Table 3. Test result of corrosion.

Area ratio	Mark	Specimen size (cm)	Amount of corrosion at 280 h. (mg/cm ²)
Protection by zinc, FC 19:ZAP=1:1	1	4×1.98×0.26	0.001
	2	4×1.98×0.26	0.001
Non-protection FC 19	3	5×1.99×0.29	3.378

Table 4.

Material	Fatigue limit (kg/mm ²)		
	At air $N=10^7$	Protection by zinc $N=10^8$	Non-protection $N=10^8$
FC 19	13.6	13.0	7.0
FC 23	14.6	13.6	9.0

Fig. 5. S-N diagram for FC 19.

Fig. 6. S-N diagram for FC 23.

求まらないので、ここでは応力の繰返数が 10^3 にて試験を中止した。

Fig. 5, Fig. 6 は S-N 線図を示すもので、図中矢印を付したものは空気中の場合は 10^7 、腐蝕疲労の場合は 10^8 にて切断しなかったものである。

Table 4 はこれらの結果を表示したもので、FC 19 および FC 23 材とも防蝕なしの場合は空気中の疲労限度より相当低下するが、亜鉛防蝕した場合は空気中の疲労限度とほとんど差異は認められない。Photo 3, 4 は試験片切断後の液槽内の状況を撮影したもので、これらの写真に見られるように防蝕なしの場合は腐蝕によって生じた赤さび粉が沈澱しているのに対し、亜鉛防蝕の場合は腐蝕の形跡は全然見受けられず、液は非常にきれいで澄み渡っている。Photo. 5 は切断後の試験片の代表的なものの写真を示すもので、これも液槽と同様、防蝕なしの場合の試験片の浸漬部分は腐蝕によって発錆しているが、亜鉛防蝕の場合は亜鉛が附着して白色を呈し、腐蝕の形跡は全然認められない。Photo. 6 は腐蝕

Photo. 3.

Photo. 4.

疲労破壊した試験片の中, Fig. 7 のようにクラックが途中まで進行したものが2本あったので, クラックの進行がいかなる経路をたどっているかを調べたものである. なお, クラックの起点付近はすでに口を開いて

いるので, 起点付近の詳細はわからなかった. しかし, クラックの進行は写真に見られるように, グラファイトからグラファイトをぬっているようである.

Photo. 5.

(a)

(a)

(b)

Photo. 7. FC 23 (non-protection)
 $\sigma = 12 \text{ kg/mm}^2$.

(b)

Photo. 6. FC 19 (non-protection)
 $\sigma = 10 \text{ kg/mm}^2$.

Fig. 7.