

タイトルフォント:  
MSP ゴシック  
Bold(太文字), 14pt

# 渦電流を用いた鋳鉄の材料評価

## Material Evaluation of Cast Iron based on Eddy Current

10pt

山上大学工学部  
太平洋大学保全研究所  
太白山研究所

12pt

青葉 繁  
仙台 太郎  
材料 評価

Shigeru AOBA  
Taro SENDAI  
Hyoka ZAIRYO

10pt

Student Member  
Member  
Member

TimesNewRoman, 12pt

英文概要:  
約 150 語、  
15 行以内

フォント:  
TimesNew  
Roman,  
10pt

This study proposes an innovative method for the evaluation of matrix structures of cast irons by means of eddy current evaluation. Experimental results and data on ductile cast irons show that EC evaluation are sensitive to changes of structural characteristics. It was observed that relationship between percentage of pearlite in ductile cast iron and EC signals can be fitted with a functional dependence. Results of mechanical tests - hardness, elongation and tensile strength of no cast iron can also be predicted by means of EC tests.

Keywords: Eddy Current Evaluation, Cast Irons, Matrix Structure, Mechanical Properties

大見出し:  
MS ゴシック  
Bold, 12pt

前行は  
空白行

全角の点

本文: 10pt、(日本語:MS 明朝、  
英語: TimesNewRoman を推奨)  
段落: 片側 24 文字、43 行程度

大見出し前 1行空ける

大見出し行間  
段落前・段落後 0.5pt  
(「1ページの行数を  
指定時に文字を行グ  
リット線に合わせる」  
のチェックを外す。)

までに超音波音速測定に基づくものが確立しており  
[1][2]、黒鉛形状に起因する機械的性質を把握することが  
可能である。

中見出し:  
MS ゴシック  
Bold, 11pt

### 1. 緒言

鋳鉄の機械的性質に関する非破壊評価は、これまでに超音波音速測定に基づくものが確立しており[1][2]、黒鉛形状に起因する機械的性質を把握することが可能である。しかし、音速と黒鉛形状の間には明瞭な相関が認められるものの、フェライト組織、パーライト組織といった基地組織との相関は低いことが報告されている[3]。鋳鉄の機械的性質は、黒鉛形状と基地組織の2つの要因により決まる。従って、鋳造品の完全な品質保証を実現するためには、基地組織の非破壊評価手法の確立が必須である。この基地組織に起因する機械的性質の非破壊評価については、現在のところ実用化するに足る技術は確立していない。

$$(1 + \sqrt{\lambda}) \exp(-\sqrt{\lambda} z) = 1 - \frac{\lambda_0}{C_T I_B (i) - \lambda_0} \quad (1)$$

フェライト組織とパーライト組織の電磁的性質は異なることが知られており[4]、電磁的な非破壊手法を適用すれば基地組織を非接触で評価できる可能性がある。そこで本研究では、電磁非破壊評価手法の1つである渦電流評価手法を用いて鋳鉄の基地組織を評価することを試みる。具体的には、片状黒鉛鋳鉄、球状黒鉛鋳鉄といった様々な鋳鉄について渦電流探傷用プローブを用いて渦電流信号を評価する。さらに鋳鉄の組織観察を併せて実施し、得られた渦電流信号と組織に関するパラメータとの相関関係を示し、渦電流評価による鋳鉄機械特性同定の可能性について議論する。鋳鉄の機械的性質に関する非破壊評価は、これ

### 2. 鋳鉄基地組織の渦電流評価

#### 2.1 試験片

本研究で使用したねずみ鋳鉄と球状黒鉛鋳鉄試験片の化学組成を Table 1に示す。ねずみ鋳鉄については、FC100、FC200、FC250、FC300 (JIS G 5501)の4種を用いて評価を行った。引張強さはそれぞれ、57.8、141.1、203.8、238.1 MPaあり、製造時の冷却速度が小さいために、それぞれ JIS公称値より約 50MPa 程小さい。

$$\frac{1}{C_T I_B (i) - \lambda_0} \exp(-\sqrt{\lambda} z) = 1 - \frac{\lambda_0}{C_T I_B (i) - \lambda_0} \quad (2)$$

球状黒鉛鋳鉄試験片 AS40、AS50、AS70 は、それぞれ FCD400、FCD500、FCD700 (JIS G 5501)相当の鋳放し材である。球状黒鉛鋳鉄試験片 AN40、NR40、NR70 は、基地組織を変えるために、上記の鋳放し材をもとに熱処理したものである。それぞれ、AN40 は AS40 の焼鈍材、NR40 は AS40 の焼準材、NR70 は AS70 の焼準材である。球状黒鉛鋳鉄試験片 Q50、Q70、Q90 は、黒鉛球状化率をそれぞれ 50% 相当、70% 相当、90% 相当に調節したものであり、基地組織は焼鈍によりほぼフェライト地となっている。また球状黒鉛鋳鉄試験片 T60、T100、T300 は、肉厚を変化させて鋳造したものであり、T60 は平行部 60 mm の Y ブロックから、T100 は平行部 100 mm の Y ブロックから、T300 は 300 mm の直方体ブロックから切出したものである。基地組織はどれもパーライト地である。また別に、Fig. 1に示した6段階のステップ状ブロックの球状黒鉛鋳鉄試験片を用いた。

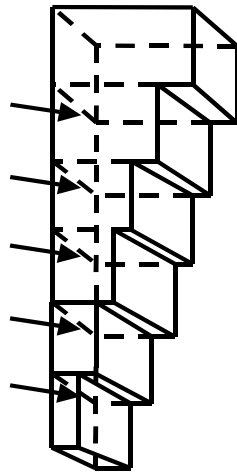
連絡先: 保全一郎  
保全大学工学部補修学科  
〒110-0008 東京都台東区池之端 2-7-17  
E-mail: hozen@mainte.ac.jp

数式: TimesNewRoman, 10~11pt  
注: 数式エディタのデフォルトの場合  
TimesNewRoman, 12pt

図表タイトルは英文を推奨：  
Table (表) は上、Fig (図) は  
下に配置(学会誌記事に関しては  
日本語可)

Table 1 Compositions of cast irons

	Iron grade	C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%	Mg,%
Gray cast iron	FC100	3.75	2.00	0.71	0.055	0.026	
	FC200	3.46	1.74	0.80	0.051	0.028	
	FC250	3.24	1.70	0.82	0.047	0.026	
	FC350	3.24	1.70	0.82	0.047	0.026	
Nodular cast iron	AS40	3.62	2.20	0.30		0.007	0.037
	AS50	3.63	2.46	0.34	0.020	0.013	0.040
	AS70	3.61	2.03	0.44	0.039	0.010	0.035
	AN40	3.60	2.18	0.30		0.007	0.036
	NR40	3.65	2.40	0.25		0.007	0.040
	NR70	3.65	2.26	0.17	0.037	0.010	0.034
	Q90	3.80	2.81	0.70	0.040	0.014	0.029
	T60	3.72	2.18	0.31		0.006	0.045
	T100	3.74	2.23	0.31		0.007	0.046
	T300	3.59	2.01	0.44	0.031	0.010	0.044
	Step block	3.66	2.27	0.36	0.033	0.009	0.038



謝辞・  
参考文献：  
MS ゴシック Bold、  
11pt

Fig. 1 Geometry of step block specimen.

本研究で使用したねずみ鋳鉄と球状黒鉛鋳鉄試験片の化学組成を Table 1 に示す。ねずみ鋳鉄については、FC100、FC200、FC250、FC300 (JIS G 5501) の 4 種を用いて評価を行った。引張強さはそれぞれ、57.8、141.1、203.8、238.1 MPa であり、製造時の冷却速度が小さいために、それぞれ JIS 公称値より約 50MPa 程小さい。

### 3 . 実験結果

電磁特性評価の結果を受けて、黒鉛組織の非破壊評価を試みた。本研究では、黒鉛組織と相関性の高い導電率に着目して直流電位差法を採用することとし、簡便な 4 端子法プローブを作製して電圧値を測定した。作製した 4 端子法プローブの概要を Fig. 2 に示す。電流源および電圧計は導電率測定に使用したものと同様の装置を使用した。4 本の端子は、バネにより試験片に対して押さえつけられる格好となり、この機構により 4 端子が均等な圧力で試験片に接触することが可能である。プローブ端子間隔は、電流を印加する端子間隔を 25mm、電圧を検出する端子間隔を 15mm と

し、実験に使用した電流値は 3A 一定とした。

導電率および比透磁率の結果により、電磁特性は基地組織に比べて黒鉛組織(形状と長さ)に大きく依存することがわかった。この電磁特性を 4 端子法プローブによって測定した電圧値と音速値との関係を Fig. 10 に示す。Fig.2 に示すように超音波伝播速度測定による音速値が大きくなるにともなって、プローブ電圧が小さくなっている。音速値と 4 端子法プローブによる電圧値の間には相関係数  $R^2=0.88$  という高い相関関係があることがわかる。このことから 4 端子法プローブを用いて電圧値を測定することで黒鉛形態の推定が可能であると考えられる。

### 4 . 結言

- 1) ねずみ鋳鉄について、渦電流信号と引張強さとの間に相関関係が存在することを確かめた。
- 2) 球状黒鉛鋳鉄について、渦電流信号により基地組織の判定が可能であり、機械的性質を推定することが可能であることも示した。また、化学組成が同一であれば、パーライト面積率或いは硬さと渦電流信号の間に検量線が得られることを示した。
- 3) ねずみ鋳鉄について、渦電流信号と引張強さとの間に相関関係が存在することを確かめた。

### 謝辞

本研究は文部科学省科学研究費「中核的拠点形成プログラム」(COE)(21CE0001)の成果の一部である。

### 参考文献

- [1] W. Cheng and H. Huang, "Ultrasonic and eddy current testing of defects in INCONEL welding metals", 第 12 回 M A G D A コンフェランス予稿集、大分、2003、pp.187-190 .
- [2] 糟谷高志、内一哲哉、"ECT に基づくシュラウドの検査シミュレーション"、保全学、Vol.3、1、2004、pp.51-56 .
- [3] D.N. Collins and W. Alcheikh,"Ultrasonic non-destructive evaluation of the matrix structure and the graphite shape in cast iron", Journal of Materials Processing Technology, Vol.55, 1995, pp.85-90.
- [4] 坪井始、内藤督、"数値電磁解析法の基礎"、養賢堂、1994、pp.52-56 .

(平成 21 年 1 月 28 日)

カッコ[\*]は引用文献用  
他の部分では使用不可。