

ダクタイル鋳鉄の接合技術 ～鋳鉄溶接のバタリング効果～

素材開発室 秋元 誠司

Welding Procedure of Carbon Steels and Ductile Cast Iron

Seiji AKIMOTO

FCD450材と鋼管材の異種材溶接施工の一方法として、FCD450側ベベル面に既存の溶接ワイヤを送給し、プラズマアーク熱によるサーフェッシングを試みた結果、57%Ni-Fe系ソリッドワイヤで形成するバタリング溶着金属は、耐割れ性に優れていることが分かった。また、バタリング溶着金属と鋼管・鋼板溶接に適する溶接ワイヤを推察し、作製した溶接継手試験片の引張・硬さ・衝撃試験の結果、SUS系溶接ワイヤ(309L)の溶接部は、FCD450材に近似する継手強度を有し、高価なNi-Fe系溶接ワイヤの使用が少ない溶接施工を構築した。

1. はじめに

ダクタイル鋳鉄品の継手は、土木基礎鋼管継手工法分野に提案され、鋳鉄品(以下FCDという)と鋼管の異種材溶接施工が重点課題となった。

本研究は、プラズマアーク熱を利用して、FCD側にNi-Fe系ソリッドワイヤをサーフェッシングした後、バタリング溶着金属と鋼管・鋼板の連続溶接を試み、溶接ワイヤの適合性と各種試験・観察結果からFCDのバタリング効果を検討した。

2. 供試材及び接合実験

2.1 供試材

溶接ワイヤ適合確認の供試材は、鋼管厚さ12mm×直径355mm×長さ150mm、FCD450厚さ35mm×直径355mm×長さ110mmを用いた。

引張試験用材は、鋼板(SPHC)板厚2.2mm×幅60mm×長さ400mmとFCD450板厚16mm×幅60mm×長さ150mmを用いた。また、硬さ・衝撃試験、組織試験用材は、SM400鋼板を板厚12mm×幅100mm×長さ120mmとFCD450を切削加工(板厚25mm×幅80mm×長さ120mm)して溶接材料とした。

引張試験用試験体のFCD及びV形突合せ溶接継手試験体は、接合面をベベル角30°に加工した。

2.2 サーフェッシング実験

サーフェッシングは、プラズマ溶接装置を用い、コンピュータによるプラズマトーチ操作及び制御装置によるアーク熱・ソリッドワイヤの送給制御を行った。なお、使用したパイロットガス及び

表1 サーフェッシング[®]施工条件

項目	施工条件
予熱温度	50～80 °C
溶接ワイヤ	57%Ni-Fe(径1.2mm)
溶接電流	180～210 A
溶接速度	18～21 cm/min
パイロットガス	0.6～0.7 l/min
シールドガス	18～20 l/min
送給速度	82～85 cm/min
パス数	1パス(引張試験用) 3パス(突合せ継手用)



鋼板継手用

実径継手用

写真1 プラズマ熱源によるサーフェッシングの例

シールドガスは、共にArガスである。

表1にサーフェッシング施工条件及び写真1にプラズマ熱源によるサーフェッシングの例を示す。

2.3 接合実験

溶接法は、使用する溶接ワイヤの種別により、CO₂溶接とMIG溶接の2通りである。

接合実験は、実径形状試験体を回転治具に固定

後、予熱温度120～150℃に加熱し、下向き溶接姿勢で行った。なお、引張試験用試験体のスミ肉溶接部の脚長は約6～7mmである。

2.4 継手試験片

継手試験片は、高張力綱用とSUS系及びNi-Fe系溶接ワイヤの3種類を用いた溶接継手試験体から採取し、引張・硬さ試験片、組織試験及びノッチなしシャルピー衝撃試験片用に加工した。

3. 結果及び考察

3.1 サーフェシング実験結果

サーフェシングを試みた結果、Niを多く含む57%Ni-Fe系ソリッドワイヤは、溶着金属やFCD母材に割れが発生せず、良好な溶着金属を形成することが分かった。

写真2にバタリング溶着金属の外観を示す。

3.2 接合結果

実径形状試験体に対する接合実験の結果、割れが生じず、外観的所見から490N/mm²級軟鋼・高張力綱用(YM-25)、SUS系(309L)及び57%Ni-Fe系溶接ワイヤの3種類が、FCDと鋼管・鋼板の異種材溶接に適すと推察した。

57%Ni-Fe系溶接ワイヤによるMIG溶接は、バタリング無しでも溶接性が良好である。しかし、全周仕上げに要する溶接ワイヤの消費費(1.6kg×単価)が高く、製品の量産化に不向きと考える。

写真3に溶接接合実験過程を示す。

3.3 引張試験結果

引張試験の結果、バタリング無しの場合、FCDボンド部破断となる。また、バタリングとSUS系溶接ワイヤの組合せは、SPHC母材側破断(約364～370N/mm²)を示し、FCDへのバタリング効果と溶接ワイヤの適合性は良好と考える。

表2に引張試験結果を示す。

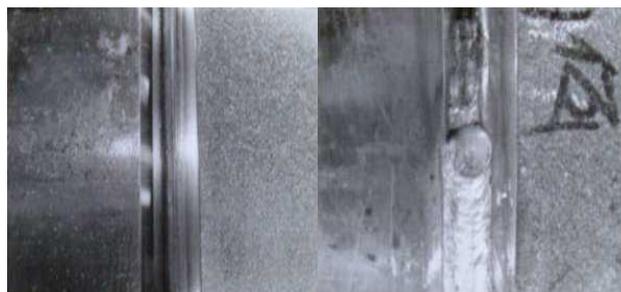
3.4 衝撃試験結果

シャルピー衝撃試験は、溶接断面及び表面側から衝撃力を与え、試験温度0℃の吸収エネルギーを比較した。その結果、バタリングのある試験片は、吸収エネルギーが高く、き裂が入りにくい傾向を示す。特に、バタリングとSUS系溶接ワイヤの組合せは、FCD材の吸収エネルギーに近似し、表面からの衝撃力に対する吸収エネルギーは、57%Ni-Fe系溶接部の強度近傍にあり、バタリング溶着金属と溶接ワイヤの適合性は高いと考える。

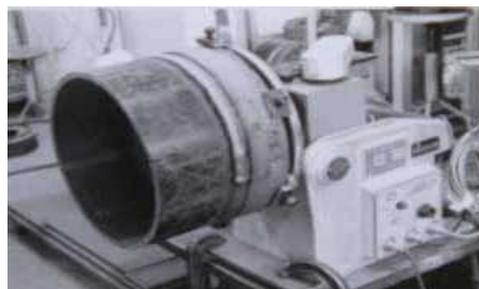
表3に衝撃試験結果を示す。



実径形状継手 突合せ継手
写真2 バタリング溶着金属の外観



仮付け状態 三層目溶接時



実径形状体の溶接外観と回転治具
写真3 溶接接合実験過程

表2 引張試験結果

試験体	最大荷重(kN)	破断位置
バタなし	22.4～27.2	FCDボンド部
バタ+YM	27.6～29.6	溶接金属部
バタ+SU	32.0～32.6	SPHC母材部

表3 衝撃試験結果

衝撃力方向	溶接表面側	溶接断面側
FCD母材	49～70J	—
高張力用	14～16J	22J
SUS用	16～34J	29～32J
Ni-Fe系用	63～65J	75J
バタ・高張力	16～28J	12～17J
バタ・SUS系	66J	38～53J

3.5 硬さ試験結果

ビッカース硬さ試験は、試験力98.07N、溶接表面及び溶接底部から内側へ0.5mmと溶接底部の3ヶ所を測定間隔0.5mmで測定した。その結果、高張力鋼系の溶接金属は、表・裏面側とも熱影響部の硬さに近似し、割れ感受性が高いことを示す。

SUS系溶接部は、底面側熱影響部及び他の溶接部に比較して、表裏面側熱影響部の硬さが低い。

57%Ni-Fe系溶接金属の硬さは、表・裏面側とも低く、近似した傾向を示すが、MIG溶接時の入熱量が少ないためと考える。また、底面側熱影響部の硬さは、いずれも積層溶接熱による軟化傾向を示さないことから、実用にあたってはルート部に溶接欠陥の発生しないよう注意が必要である。

図1に溶接部の硬さ分布を示す。

3.6 組織試験結果

溶接断面形状観察の結果、3種類の溶接ワイヤを使用した溶接部断面に割れは生じていない。

組織観察の結果、バタリングしたFCDボンド部に、C主体の線状欠陥¹⁾に類似する組織が見られ、この不完全混合域の大きさが吸収エネルギーのばらつきの一因と考える。

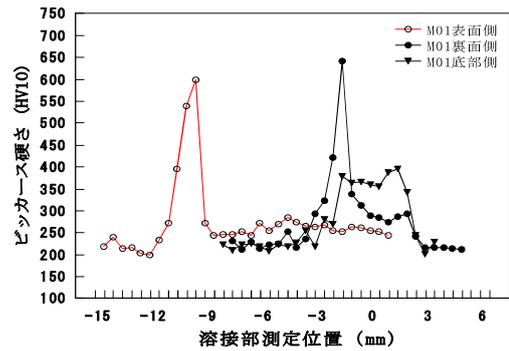
写真4にFCDバタリングボンド近傍の組織例を示す。

4. まとめ

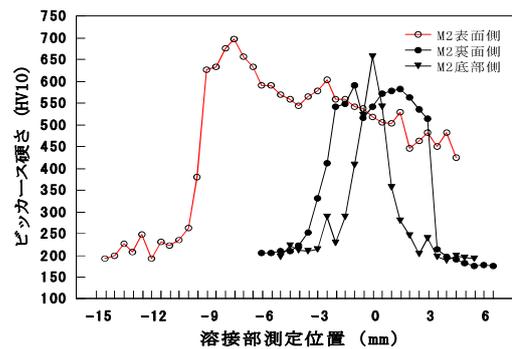
FCD450材と鋼管・鋼板材の接合実験、プラズマアーク熱源によるサーフェシングの溶着金属とその溶接施工及び各種試験結果をまとめると次のとおりである。

- 1) 57%Ni-Fe系ソリッドワイヤは、バタリング施工無しで、直接異種材MIG溶接が可能である。
 - 2) 57%Ni-Fe系ソリッドワイヤは、サーフェシング材料に適す。
 - 3) バタリング溶着金属に対する軟鋼・高張力鋼系(YM-25)及びSUS系(309L)の溶接ワイヤの使用は、溶接性が良好である。
 - 4) FCD材へのバタリング施工により、異種材溶接継手の引張・衝撃試験値は向上する。
- 等、得られた知見からバタリング溶着金属と適合する溶接ワイヤの組合せで、低コストの溶接施工が可能となる。

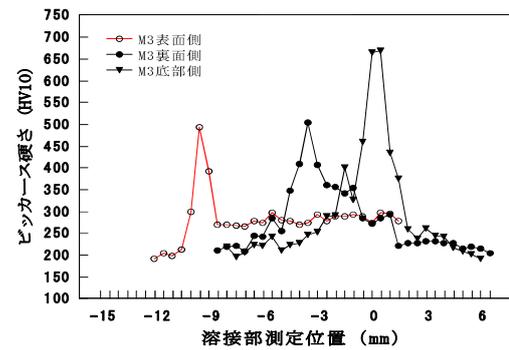
また、FCD側ボンド部に発生する不完全混合域の問題は残るが、FCD材のバタリング施工は、継手強度改善に効果的方法と考える。



57%Ni-Fe系溶接部

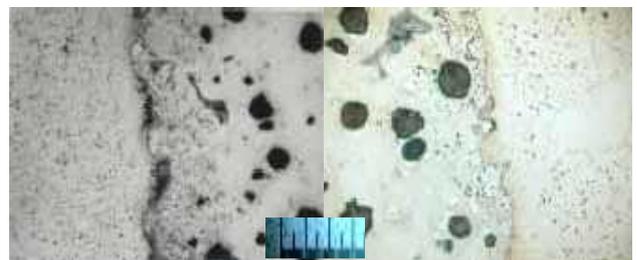


バタリング + 高張力鋼系溶接部



バタリング + SUS系溶接部

図1 溶接部の硬さ分布



不完全混合域

完全混合域

(図中長目盛0.1mm)

写真4 FCDバタリングボンド近傍の組織例

参考文献

- 1) 黒木俊昭ほか：大型トラック強度部材の溶接，溶接技術，Vol. 52，第11号，p67(2004)