

2 電極CO₂片面溶接“NS-ワンサイドマグ®”溶接について

CO₂ Gas Shielded One-side Welding Process Two Electrodes, “NS-Oneside MAG”

木本 勇^{*(1)}
Isamu KIMOTO

元松 隆一^{*(2)}
Ryuichi MOTOMATSU

抄 録

造船における板継ぎ溶接は長らく片面SAWが広く利用されてきたが、簡易方法として裏当て材とフラックス入りワイヤを用いる片面溶接を開発した。これは、開先内に仮付けビードがあっても1パス溶接を可能とするもので、入熱量がSAW法より少ない分、回転変形も抑えることができる。そのため、回転変形が起因となる割れについても、発生を抑える効果が期待できる方法である。

Abstract

For many years, onside SAW process has been applied to the butt-welding in the field of shipbuilding. Here, we explain a convenient process of the butt-welding using backing materials and flux-cored wires. This process enables the onside welding though there exist tack weld beads in the groove, and its lower heat input tends to decrease the rotational distortion. Hence, it is also expected that the cracking caused by the rotational distortion is decreased.

1. はじめに

今日、長尺板継ぎ溶接における省力化高効率溶接技術としては、サブマージアーク溶接による片面自動溶接法が、造船業界をはじめとして広く使用されている。一方、簡易的な方法として、被溶接物に裏当て材を貼り付け、フラックス入りワイヤを用いてCO₂半自動で行う片面溶接法も、現場溶接を中心に広く実用化されている。しかし、表1に示すように、CO₂溶接の従来法では、開先にギャップを設ける必要から、被溶接物の裏面に複数の拘束板を取り付けること、多層盛溶接になることなど、作業全体としては高効率な溶接は

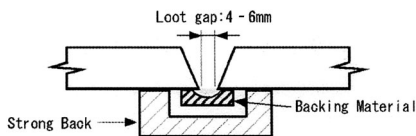
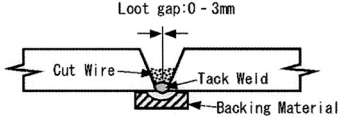


できない。

日鐵溶接工業では、このCO₂半自動片面溶接法を大幅に高効率化することを目的に自動化を検討した。その結果、開先部のギャップを無くし、開先内に仮付け溶接を行い2電極1ランで良好な裏波溶接が行える高効率なCO₂自動溶接法(以下NS-ワンサイドマグ溶接とする)を開発した。

2. NS-ワンサイドマグ溶接の概要

NS-ワンサイドマグ溶接の概要を図1、溶接機本体を写真1、構成図を図2に示す。NS-ワンサイドマグ溶接は、図1に示すよう

表1 従来法とNS-ワンサイドマグ溶接との施工比較
Comparison between conventional MAG process and welding NS-oneside MAG process

	Conventional	NS-oneside MAG
Preparation for welding		
Welding process	CO ₂ gas shielded welding process	CO ₂ gas shielded one-side welding process two electrodes
Example of pass sequence	 multiple pass	 single pass

*⁽¹⁾ 日鐵溶接工業(株) 研究所 次長研究員
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511 TEL:(0439)80-2635

*⁽²⁾ 鉄鋼研究所 接合研究センター 主幹研究員,
日鐵溶接工業(株) 研究所長

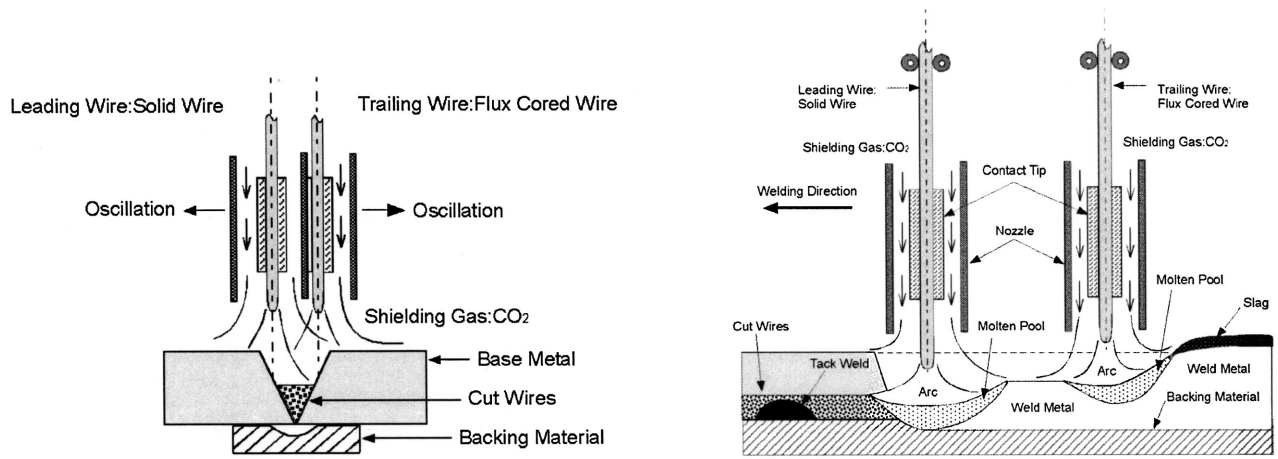


図1 NS-ワンサイドマグ溶接の概要
Schematic diagram of “NS-oneside MAG” welding process

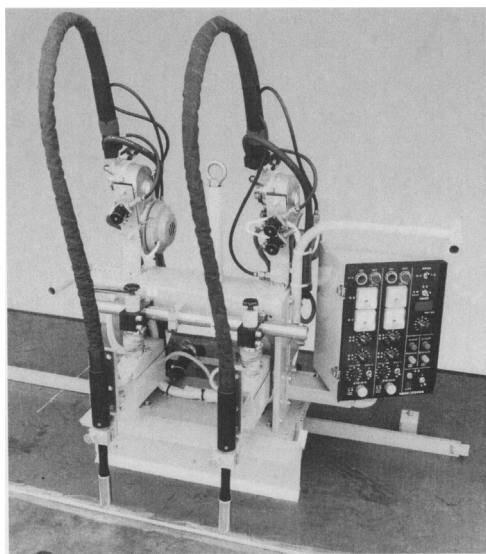


写真1 NS-ワンサイドマグ溶接機本体
Welding equipment of “NS-oneside MAG” welding process

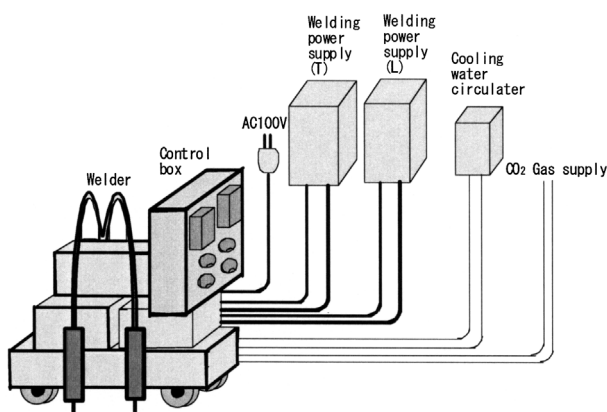


図2 NS-ワンサイドマグ溶接機の構成図
Schematic diagram of components of welding equipments of “NS-oneside MAG”

に、まず、開先を突合わせ、開先内に仮付け溶接を行う。次に、被溶接物の裏面に一般のCO₂溶接で使用されている裏当材を貼り付け、更に開先内にカットワイヤを散布し、2電極の1ランで溶接する高効率CO₂溶接の自動片面溶接法である。

溶接は大電流CO₂溶接トーチ2本を極間約300mmに配置し、先行電極(以下L極とする)、後行電極(以下T極とする)を、揺動しながら2プールで溶接を行う。2本の電極(ワイヤ)の組み合わせは、L極にはソリッドワイヤ、T極にはフラックス入りワイヤ(ソリッドワイヤも可)を使用する。

L極は、深溶込みが得られるソリッドワイヤを用いることで、仮付け部を完全に溶融し十分な裏波ビードが形成される。また、このL極は裏波ビード幅の調整、溶融池の攪拌、ギャップ対応の調整を行い、T極では表ビード幅の調整が行われ、フラックス入りワイヤを使用することでスラグ剥離が容易となり、外観の美しいビードが得られる。シールドガスは、溶接用炭酸ガス(JIS K 1106-1990)を使用する。

3. NS-ワンサイドマグ溶接の特徴

NS-ワンサイドマグ溶接の特徴は次の通りである。

- 1) ギャップなしで、開先内仮付け溶接をして板厚12~22mmまでの1ラン片面溶接ができる。
- 2) カットワイヤの使用により高溶着で、しかも、ギャップ変動と開先内の仮付けビードの影響が少なく、表ビード、裏波ビードとも均一な溶接ビードが得られる。
- 3) 角変形量が少ない溶接ができる。
- 4) 装置が簡便なので可搬性があり移動が容易である。
- 5) 約10°までの上り勾配溶接が可能である。
- 6) 裏当材は粘着テープで貼り付けるので、作業が非常に簡単である。
- 7) 2プール溶接法であることと、高靱性が得られるワイヤの採用により溶接金属の機械的性質が良好である。
- 8) T極にフラックス入りワイヤを採用することで、美しいビード外観が得られるとともにスラグ剥離がきわめて容易である。

4. おもな適用箇所

NS-ワンサイドマグ溶接のおもな適用箇所は、船底外板、2重底のタンクトップ、上甲板等のブロック継ぎの他に、サブマージアーク溶接に替わる平板継ぎとしても使用できる。また、橋梁の鋼床版の片面溶接や鉄骨のビルトアップHの下向溶接および厚板の多層盛溶接等にも適用可能である。

5. 溶接施工法

5.1 溶接材料

表2に本溶接法に用いる溶接材料を示す。溶接ワイヤは、L極に高靱性と深溶込みが得られるソリッドワイヤ：YM-55Hを、T極には作業性に優れ、ビード外観の良好なチタニア系フラックス入りワイヤ：SF-1を使用し、この組み合わせによって優れた継手が得られる。充填材のカットワイヤは、サブマージーク片面溶接法で従来から使用されている、YK-CMを適用でき、開先内仮付け溶接部と仮付け溶接がない部分の高さ調整ができるため、仮付け溶接部があっても均一な溶接ビードが得られる。また、高さを一定にできることで電流、電圧等を調整することなく同一溶接条件により溶接が

表2 溶接材料
Welding materials

Item	Brand name (size)
Welding consumables	Lead wire NITTETSU YM-55H (1.6mm φ)
	Trail wire NITTETSU SF-1 (1.6mm φ)
Cut wire	NITTETSU YK-CM (1.0×1.0mm φ)
Backing material	NITTETSU SB-41 (GL)
Shield gas	CO ₂ (for both L and T wires: 25-30 l/min)

できる。

5.2 開先形状

図3に開先形状を示す。開先角度は50°を基本として、ルートギャップは0～3mmまで対応できる。

5.3 溶接条件

表3に代表的な板厚(12, 16, 22mm)の溶接条件例を示す。

表4に機械的性質の一例を示す。

5.4 ビード外観および断面マクロ写真の一例

写真2に板厚22mmの表裏ビード外観写真を、写真3に板厚12, 16, 22mmのマクロ組織写真例を示す。このように、表ビード、裏ビードともに均一な良好なビード外観が得られる。

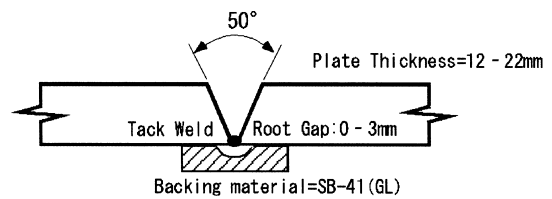


図3 開先形状
Groove geometry

表3 溶接条件例
Typical welding conditions

Plate thickness (mm)	Electrodes	Current (A)	Voltage (V)	Speed (cm/min)	Oscillation width (mm)	Oscillation frequency (number/min)	Cut wire height (mm)	Heat input (J/mm)
12	Lead wire	500	41	45	4	120	8	2730
	Trail wire	400	38		5	100	—	2027
16	Lead wire	500	41	35	4	100	8	3514
	Trail wire	450	40		5	100	—	3086
22	Lead wire	520	44	25	4	100	10	5491
	Trail wire	450	40		5	100	—	4320

表4 機械試験結果の一例
Typical mechanical properties of welded joint

Plate thickness (mm)	Tensile test		Impact test (J at 0°C)	Bending tests		Radiographic inspection
	TS (N/mm ²)	Location of fracture		Face Bend	Root Bend	
12	560	Base metal	123	Good	Good	Grade1
	545	Base metal	123 (121) 117			
16	563	Base metal	82	Good	Good	Grade1
	558	Base metal	76 (80) 82			
22	563	Base metal	90	Good	Good	Grade1
	558	Base metal	76 (83) 84			

Note: Base metal SM490A

Tensile test; JIS Z 3121

Impact test; JIS Z 3128

Bending test; JIS Z 3122

Radiographic inspection; JIS Z 3104

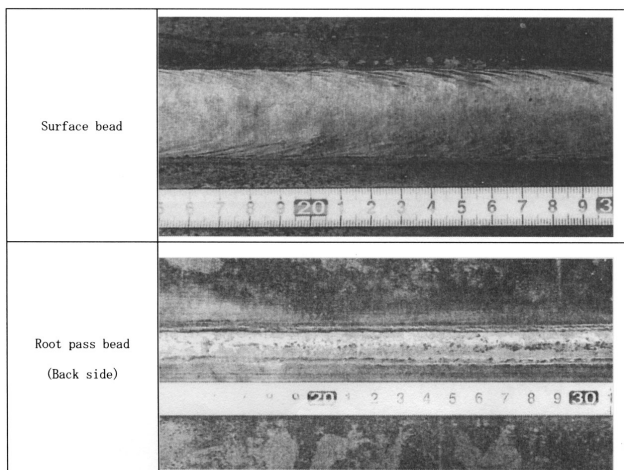


写真2 ビード外観の一例(板厚22mm)
Example of bead appearance (plate thickness: 22mm)

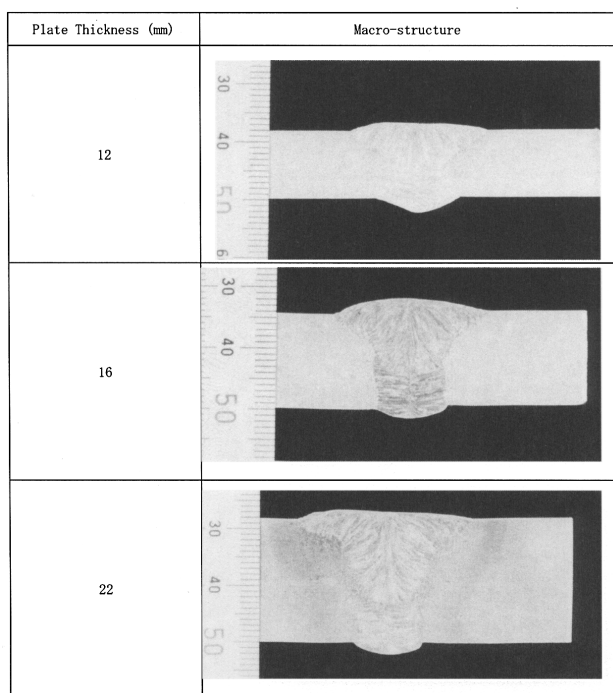


写真3 マクロ組織写真
Cross section of welded joint

6. 片面溶接における耐割れ性試験

従来からの課題である片面溶接における高温割れについて、主な原因の一つとして回転変形に着目し、回転変形量を短尺試験体(長さ1000mm×幅400mm×板厚16mm)を用いて従来法との比較実験を行った。測定方法は、図4に示す拘束治具に試験板の一方を拘束

し、他方は回転を妨げないようにローラを設置し、溶接前後の終端部の変形量を電位差計で測定した。試験体は図5に示すように始端、中央、終端の3点で仮付け溶接を行い、さらに、試験体の終端部にはランオフタブ(拘束していない)を取り付けている。

供試溶接材料を表5、溶接条件を表6に示す。図6はCO₂単電極による片面溶接法(CO₂シングル)と単電極SAWおよびNS-ワンサイドマグ溶接法(CO₂タンデム)の回転変形量を比較したものであり、本図によれば母材の回転変形量は入熱の低減により著しく減少し、CO₂単電極(入熱3200J/mm)では、単電極片面SAW法(入熱7800J/mm)と比較して約1/10となる。L極ビードに割れが発生しないのはこの理由によるものである。一方、本溶接法において理論入熱量は6500J/mmであるが、回転変形量は片面SAW法に比べて1/5ときわめて少なく、同様に割れが防止できることを確認している。

極間距離と回転変形量との関係について計測した結果を図7に示す。本溶接法で発生する回転変形量は極間距離が長くなる程減少する傾向を示し、およそ300mmで一定となることから標準の施工条件では極間距離を300mmに設定した。

さらに、長尺の溶接継手においても、溶接シーム内に割れが生じないことを確認するため、図8に示す長尺試験体(長さ3000mm×幅

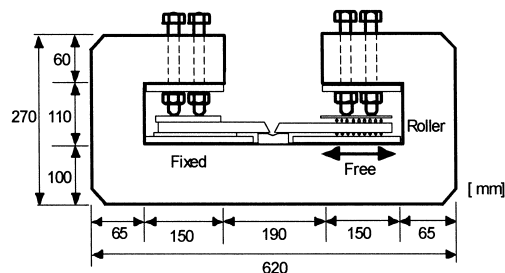


図4 試験体拘束治具
Setting apparatus of test plate

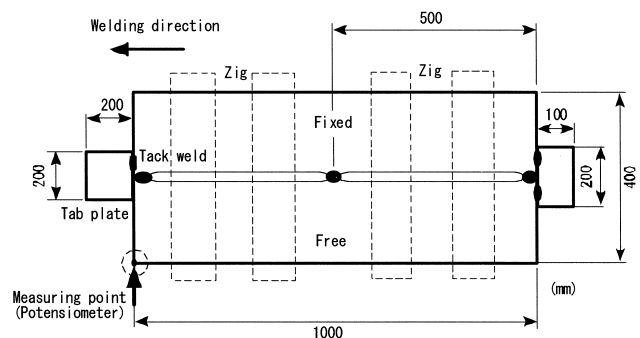


図5 試験体形状と回転変形量測定方法
Test plate and measuring point

表5 供試材料
Welding materials

Test plate	SM490A, 1000L×400W×16 t (mm)	
Welding process	CO ₂ welding	Submerged arc welding (SAW)
Test wire	NITTETSU YM-55H (1.6mm φ)	NITTETSU Y-D (4.8mm φ)
Test flux	—	NITTETSU YF-15A (12×150mesh)
Cut wire	NITTETSU YK-CM (1.0×1.0mm φ)	NITTETSU YK-CM (1.0×1.0mm φ)
Backing material	NITTETSU SB-41 (GL)	NITTETSU SB-51

表6 溶接条件
Welding conditions

No.	Welding process	Heat input (J/mm)	Current (A)	Voltage (V)	Speed (cm/min)	Oscillation frequency (number/min)
1	CO ₂ (GMAW)	3240	540	38	38	90
2	CO ₂ (GMAW)	4100	540	38	30	90
3	CO ₂ (GMAW)	4560	600	38	30	90
4	SAW	4950	850	34	35	—
5	SAW	7780	900	36	25	—
6	NS oneside MAG	6500	Lead:540	38	38	90
			Trail:480	43		74

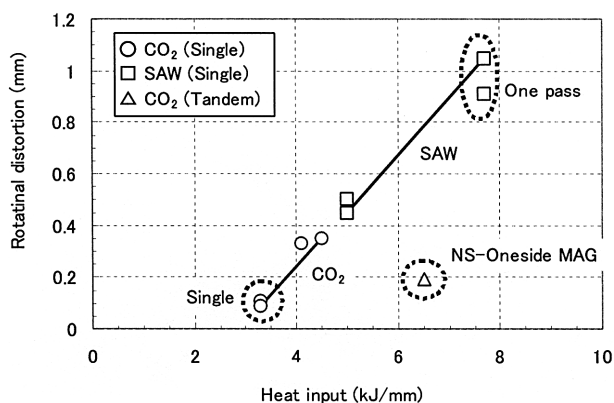


図6 入熱量と回転変形量の関係
Relationship between heat input and rotational distortion

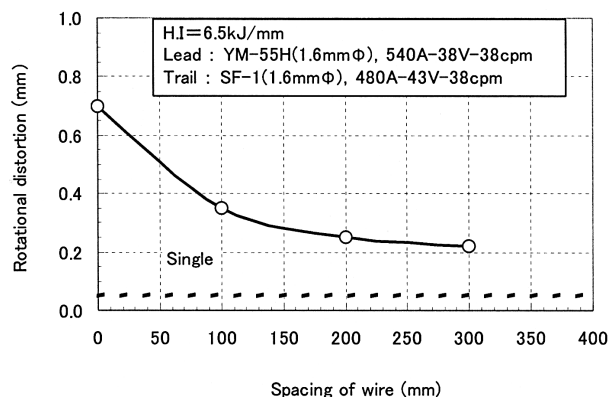
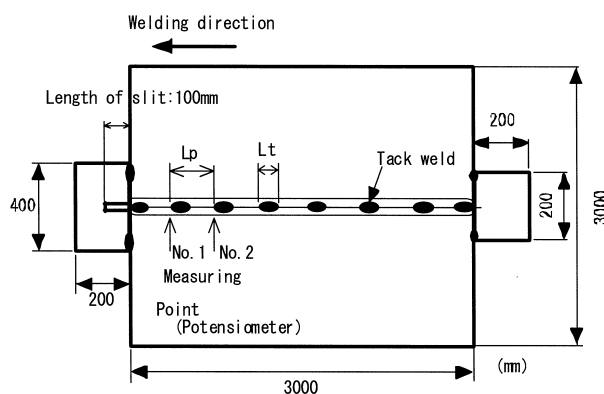


図7 電極間距離と回転変形量の関係
Relationship between spacing of wires and rotational distortion

(a) Size of test plate and measuring point



(b) Measuring of rotational distortion

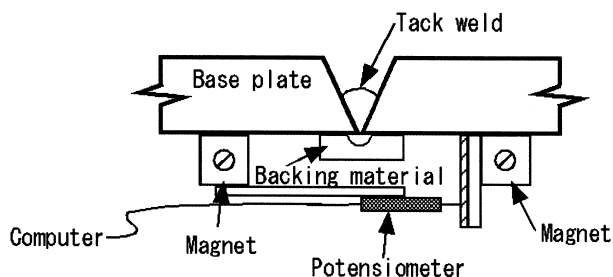


図8 試験体形状と回転変形測定方法
Size of test plates and measurement method

表7 試験結果
Test results

Heat input (J/mm)	Tack weld size (mm)	Tack weld pitch (mm)	Radiographic inspection
6500	100	300	Grade I
	200	300	Grade I
	50	300	Grade I
	100	600	Grade I
	200	600	Grade I

3 000mm×板厚 16mm)を用い、耐割れ性と変形量に及ぼす仮付け寸法の影響の調査した結果を表7および図9に示す。

仮付け溶接にはフラックス入りワイヤを使用し、試験体の終端部にはスリットタブ(長さ200mm×幅400mm×板厚16mm、スリット長さ100mm)を取り付けている。本試験は溶接シーム内に発生する割れの有無を確認することが目的であるため、変形量測定位置を試験体の終端から600mm(No. 1)および300mm(No. 2)とし、それぞれ仮付け溶接部の溶接終端側を測定している。

割れ試験はJIS Z 3104X線透過試験法で評価している。その試験結果を表7に示す。本溶接法は開先内に表7に示す仮付け溶接を施し、スリットタブを終端に施していれば、板厚16mmの試験体にお

いて高温割れを防止できることを確認している。また、図9の回転変形量の測定結果から、仮付け溶接は長くしてピッチは短くするこ

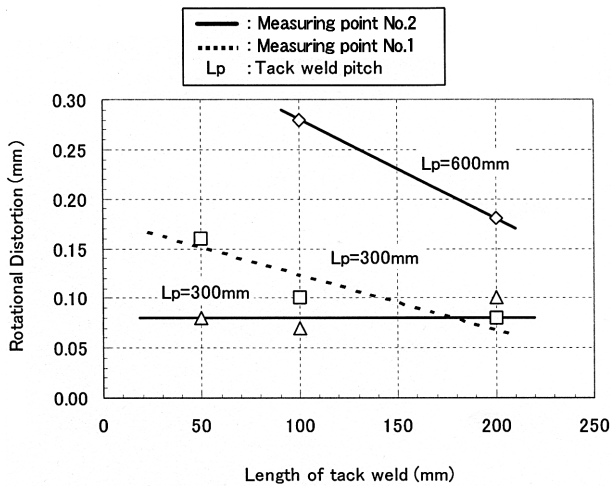


図9 仮付溶接長さおよびピッチと回転変形量の関係
Relationship between size of tack weld and rotational distortion

とが望ましくなる。現場溶接では本溶接法を用い、仮付け溶接長さ、仮付け溶接ピッチおよびタブの取り付け方法を管理することにより、溶接シーム内の高温割れを防止することが可能である。

7. おわりに

造船をはじめとする各業界の板継ぎ溶接として、長年求められていたサブマージーク溶接に替わる新溶接法としての高能率溶接を実現したNS-ワンサイドマグは、ここで述べた通常範囲にとどまらず、さらに厚板への適用開発、改良などにより、省力化、高能率自動溶接機としてさらに貢献できるよう努力していく所存である。

参考文献

馬詰ら：船体の曲がり外板片面溶接ロボットの開発. (社)溶接学会第160回溶接法研究委員会, 1997