

## 溶接管理技術者の体験紹介

# 造船現場での溶接に関するトラブルへの解決指針

ABS(American Bureau of Shipping) 横浜事務所  
阪井博夫

私は1985年に造船所の工作部門に配属され、以降約20年間一貫して新造商船の製造部門を歩んで参りました。その後、数年間の艦艇の修繕部門を経て船級協会の検査員となり、現在に至っております。

造船所で最初に配属されたのは艀装部門であり、溶接よりも機器の取扱に主眼が置かれる職場でした。数年後に計画部門に異動した際の上司から、溶接管理技術者の資格を勧められ、チャレンジしたのが私と溶接との本格的な出会いです。後日知った事ですが、当時は、技術職には1級を、技能職である溶接職の内、優秀な者には2級を取得させていたようです。しかしながら、後でも述べますが、その伝統も私の代で途切れてしまいました。

造船所では、船体に関する全工程、即ち、素材の受取、加工、組立、建造、進水、試運転、完工と言った、塗装以外のほぼ全ての職場を体験する事が出来ました。その後は、先ほど申し上げた通り、修繕部門を経て外部の検査員となり、第三者の立場から溶接を見る事が出来たので、以下に拙文をしたため、皆様の御参考に供したいと思えます。

### 1. 溶接を軸に見た、ここ約30年の造船業界の歩み

1) 広く知られているように、我が国の造船業は戦後飛躍的な進歩を遂げ、日本の復興に大きく寄与して来ました。進水量世界一となり、世界中の半分以上の船を我が国が建造していた時代にはハード面、ソフト面での大きな功績を残しました。

ハード面では、手溶接の機械化、簡易自動機やロボット等の導入による自動化、高張力鋼など新しい素材への対応等が上げられます。

ソフト面では、溶接性を考慮したブロック分割、最適な組立方法の模索、それに必要な精度管理等に、各社、努力を傾注しました。

さらに、本来競合である各造船会社の技術者が、企業の壁を乗り越え参集し纏め上げた、JSQS (Japan Shipbuilding Quality Standard)が挙げられます。このJSQSは、統計的手法を用い、起工から竣工に至るまでの、各主要工程に於いて遵守すべきクライテリアを定めた物であり、現在でも世界標準として定着しています。

2) その後、造船業界は不況を迎えます。その約10年後には、進水量世界一の座を韓国に明け渡すなど、苦難の道を歩む事を余儀なくされました。私が入社した当時はこの時期でした。

右肩上がりの時期は過ぎたとは言え、私の入社当時は、1970年代に開設された大型造船所の設備の更新時期に当たった事もあり、情報処理技術の飛躍的な進歩も合わせて、新規設備の導入は各社で積極的に行われました。一方、既に技術的にも成熟した感が有り、右肩上がりの時期の様

な華やかな技術的改善は見られませでしたが、地道な努力は継続されました。

しかしながら、他方では原価低減（コストダウン）が声高に騒がれ、折角新設した設備も最小限に抑えられた結果、本来であれば十分に予測出来た筈の欠陥を露呈したり、船型の変化に追従出来ないため、数年で使われなくなった例も有ります。また、人に対する投資は、この時期から停滞したと思われ、先に述べた通り、溶接管理技術者の様な外部資格の取得の熱意も薄れて行きました。

そのような中で、近来注目されている、NACE (National Association of Corrosion Engineers ; (米国) 防食技術協会)等の防錆に関する資格は取得されているようですが、溶接管理技術者の様な造船にとって極めて重要と思われる資格の保持者は減少傾向にあり、必要最小限の者に限り取得させているように感じられます。その結果、溶接に関する諸問題に対して鈍感になってきており、後に、さまざまな問題を招く事になります。

以下、その問題の例を挙げてみたいと思います。

## 2. 1990年代：造船所での新規設備および工法導入における失敗例

- 1) 平鋼を T 型に組立てるラインを構築したが、投資を抑えるあまり、すみ肉溶接の角変形を除去しきれず、後工程での精度保持に大きな問題を起こして組立に支障を来たした事が有りました。角変形除去への事前検討、実験が十分になされていなかった結果です。
- 2) シールドガスの価格を下げるべく、ソリッドワイヤーと Ar-CO<sub>2</sub> の混合ガスの組合せから、フラックス入りコアードワイヤーと CO<sub>2</sub> 単独ガスの組合せに変更したのですが、結果的にスラグを大量に発生させ、実工事での清掃に多大な時間を要するようになった事例が有りました。この変更自体は決して悪いアイデアではないのですが、問題とすべきは、ガス価格の低減が材料費として目に見えやすいものであったのに対し、清掃と言う付帯作業が全体の工数に埋没して見え辛いもので有った事で、費用対効果を造船所が高く見積もり過ぎた事です。こう言った加工費と材料費のトレードオフの失敗は、他にも例がありますが、必ずしも溶接に直接関係した事ではありませんので割愛させて戴きます。

## 3. 2000年以降：検査員の立場で見聞した事例

### 3.1 塗装の観点から見た溶接の取り組み

船舶の寿命を左右するとして塗装が大きく注目され始めてからは、造船所に駐在する監督の指摘も溶接ビードの細かな形状に関するものが増えて来ました。それに対し、韓国、中国では、単価の低い作業者を雇い入れ、言わば、人海戦術で事に対処しました。しかし、日本国内では、従来から続いている自分達が世界一と言った意識から抜け出せず、単なる過大要求として軽視あるいは拒絶する傾向にありました。

例えば、以下の様な具合です。

「適当に溶接をやっておいて後で片っ端からグラインダーを掛け、ビードを平滑にするなど邪道だ。本来ならば、最初から良い溶接をすべきであり、そんな事も分からない外部の検査員や監督者は素人だ。」

などと言った会話が、事務所や現場でなされていました。しかしながら、世の趨勢には抗しきれず、結果的に出遅れを取った事は否めません。人海戦術はあまり褒められた対策ではありませんが、引渡

し後や将来の受注も含めトータルで考えた場合に一時的には有効な手段で有り、何もしないよりはまし、と言えるでしょう。

### 3.2 取付工程

取付は言うまでもなく、良質な溶接品質を確保する上で、極めて重要な工程です。

#### 1) ギャップや目違いの管理

現場では作業者の後ろに張り付いて確認しなくても、ビードの形状を見れば溶接前の開先の形状のおおよその見当はつきます。かと言って、全ての溶接を限られた時間内に検査する事は、非現実的です。検査員に指摘された所だけやり直せばよいと言う雰囲気になってしまえば、良い船は出来ません。各作業者が品質に関する意識を十分に持ち施工し、不具合を未然に防ぐ事が必要です。

これに関しては、JSQS の許容限界には収まっているが基準値を超えた箇所に対して、部材にギャップを記入させては、と造船所に提案しました。言うまでも無く、これは管理というよりも、作業者の意識向上をねらったものです。さらに、正直に記入して戴く事で検査も重点が絞れ、全体の効率も上がります。ひいては、お互いの信頼関係の向上にも繋がります。

目違いに関しても、同じ様に記入して戴く事で効果が上げられると思います。

因みに、やや話が脱線しますが、某造船所で、経営陣に近い立場の現業部門の幹部が、「精度などと言う物は JSQS の許容限界に収まっていれば十分で、基準値などに構う事は無い」と作業者の面前で話していたのを聞いた事が有ります。皆様は、どうお感じになりますか？

#### 2) 検査を始める前に

既に述べましたとおり、最近 NACE 等の影響もあり、勿論是も重要なことであるのですが、アンダカット、スパッタのような、言わば細かい所ばかり注目している検査員や、監督者が多いと感じています。彼らの特徴としては、工場内でのブロック段階での検査を例にとると、やや離れた所から全体を見て全体の出来映えを評価するのではなく、いきなりブロックの中に入り細かな欠陥を探そうとする傾向が見られます。これでは、構造上最も大きな欠陥である部材同士の目違いや、取り合いの確認が疎かになってしまう恐れが有ります。

又、こういった検査員の姿勢を見ている造船所の作業員や自主検査員も似たような行動を取りがちで、その結果許容限界を超えた目違い、歪等の欠陥が見落とされ、後工程に流れていく事になります。さらには、部材取付け忘れ、取付け間違いと言った極めて重要な問題も、見過ごされる可能性が高くなります。

やはり、検査前にはやや離れた所から全体を見渡すことが重要です。その中で、例えば足場の架設状況など、我が身を守る観点も必要です。又、そうする事で、図面では今一つ把握し辛かった、強度上重要な箇所も見えて来ます。

端的な一例を御紹介しましょう。船の中央辺りの平らな部分(平行部と呼ばれています)は、板継ぎを片面自動溶接で行うことが多いのですが、船首、船尾などの曲がりがある部分は両面溶接や裏波施工を行っています。こう言ったブロックでは、私はまずブロックの下の地面、即ち定盤の清掃状況を確認します。清掃が不十分で、切り屑、ノロ、各種の破片(部材、溶接ワイヤ、裏当て材、足場ワイヤ、グラインダの刃など)や、お面のガラスの破片等が散乱していたら、皆さんならどうしますか？

そんな状況では、安心して検査に集中出来ないのは勿論ですね。と言う事は、自主検査をやっていない何よりの証拠、と言う事になります。たとえ、自主検査済み、とブロックに記入されていたとしても、です。

こういう場合では、「まだ工事が終わっていないようですね」と言って、その場を立ち去るのがベストでしょう。長く続く船舶の工事を考えた場合、その場しのぎの安易な妥協は禁物で、お互いの為になりません。

### 3) モールドラインの周知

余程板厚の大きな部材を除けば、船体の部材は図面上では一本の線で表現されるのが常です。しかし実際には、部材には厚みがあるので、どちらの面で合わせるかは強度上極めて重要な課題です。造船では、合わせる側を決めています。さらに、その面を合わせる線をモールドラインと呼び、この線に正しい面を合わせて部材を取り付けるように取り決めています。

ところで、このモールドラインに関して作業者に質問した事が有ります。結果は、各人各様で、中には部材の厚みの真ん中あたりに見当をつけてそこに合わせます、と言った回答もあり、哑然とした事が有ります。外部から派遣されている検査員、監督者には、俄かには信じられないでしょうが、実際に大手の造船所で有った話です。

特に作業の大半を社員ではなく協力員に頼らざるを得ない職種では、この傾向が顕著です。これに関しては、造船所での取決め事項の教育は必ず実施して作業に就かせる事、以外には考えられません。一部の責任者だけが知っていればよい、と言うものではないのです。ところが、現実には、協力員には健康診断や安全教育、簡単な技量確認だけを行い、そのまま現場に出しているのが実態では無いでしょうか？

一方、分かっている間違いは起こりうるものであり、この間違いの防止として、現在殆どの造船所では取付線は NC 切断機にてマーキングされるケースが多いのですが、この時点でこれらの情報（いわゆる板逃げ）を表示するのが有効でしょう。数値情報としては、取付寸法に関する情報も現物にマーキングすることが可能ですから、色々なアイデアが見えて来る筈です。又、マーキングされる面だけを取付線に合わせる、と言った決め事も徹底すれば、部材の表裏で作業者が間違える事も有りません。

繰り返しになりますが、こういった決め事は、取付職だけが知っていれば良いと言う物ではありません。後に続く工程の溶接職等も、社員、協力員の区別無く常識として心得ておくべきです。そうする事により、万が一間違っても、早期発見により十分にリカバリー出来る工程での対処が可能となります。

### 4) 溶接線の中途半端な干渉、接近

最近多く見受けられるのが、溶接線の中途半端な干渉や接近です。

**(例 1) 鋼板の突合せ溶接継手の上に艀装品が中途半端に載っている例：**

パイプ受け台や手すりの支柱など。(図 1 参照)

こう言った場合は、艀装品に影響が無い範囲で若干取り付け位置をずらすか、或いは、パッドを入れる必要が有ります。

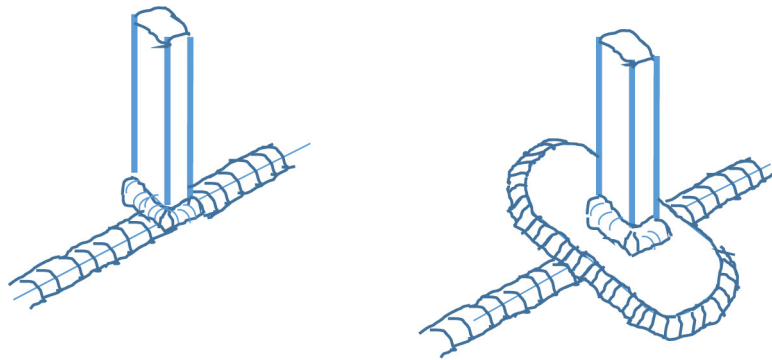


図1 板継ぎの上に中途半端に載った構装品とその対策例

いずれにせよ、構装は板継ぎの後に行われるものですから、取付、溶接作業や自主検査員がこういった知識を正しく持っていれば事前に防げるものです。

(例2) 突合せ溶接継手の上にスカラップが異常に接近もしくは一部接触している例 (図2 参照) :

精度の誤差が累積されて起きた現象です。その場合の対応としては、強度上許容される範囲までスカラップを大きく開け直しましたが、設計段階で本当に必要なスカラップであるかどうかを見極める事も重要です。溶接作業の為に有る筈の物が、別の問題を引き起こしては、何もなりませんから。

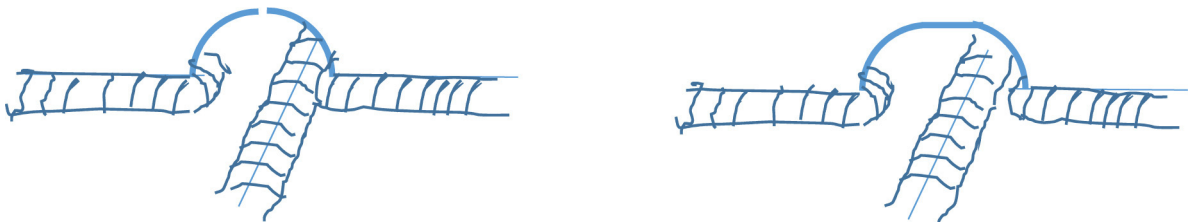


図2 板継ぎ溶接の上に中途半端にあるスカラップとその対策例

(例3) 水密隔壁の板継ぎ溶接交差部に縦通隔壁が載って溶接線が集中していた例 (図3 参照) :

部位は機関室の隔壁でしたが、一箇所に2本の突合せ溶接継手と、1本のすみ肉溶接継手が交差していました。私が気付いた時点で、配材、取付け、溶接、仕上げ、自主検査等少なくとも5段階のステップを経ていた筈ですが、誰も気にする事無く私のような外部検査員の目に留まりました。図面を調べた結果、設計段階ではこの様な事態を回避すべく、突合せ継ぎ手の交差部をかわした所にすみ肉溶接が施工されるような部材配置になっていました。おそらくこれも、精度の誤差が積み重なって発生した事例だろうとは思いますが、起こりうる現象ではあります。

以前であれば、この様な状況は、まず作業員が気づき、リーダー、上司に報告し指示を仰いでいたのですが、このケースは自主検査までパスして外部から来た検査員に指摘され、それでもなお品質保証部門の担当者から、これで何が悪いのですか？と逆に聞かれる始末でした。溶接線の過度の集中が危険である、と言う教育を受けていなかったのでしょう。

私は、この時は対応策を決定する立場に有りませんでした。おそらく、応力集中を回避すべ

く、該当箇所に補強を行ったものと思います。

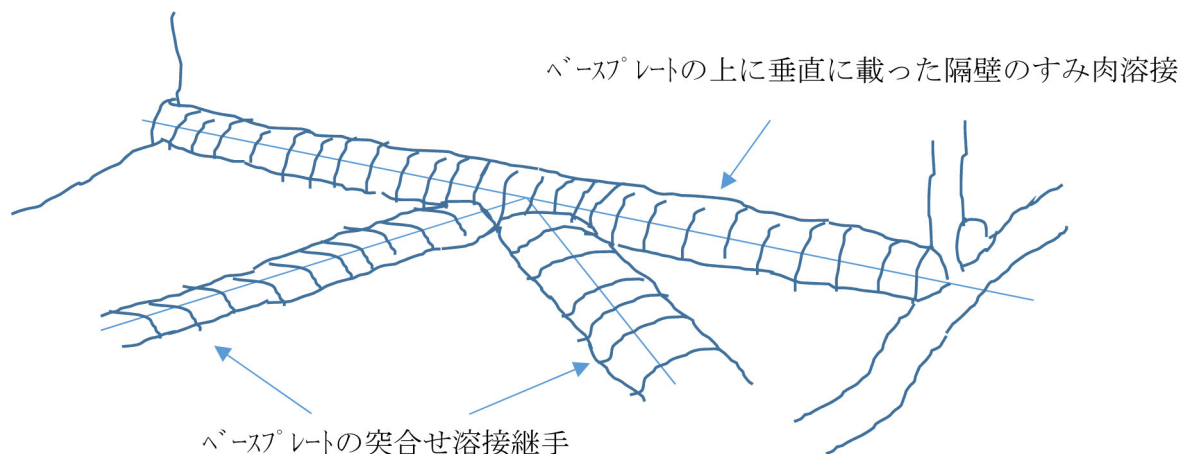


図3 水密隔壁の板継ぎ溶接交差部に縦通隔壁が載って溶接線が集中していた例

(例4) 計画段階での考慮不足：

現在では、殆どの造船所が積み木細工の様なブロック工法を採っています。つまり、工場で船体の一部を構成するブロックを製作した後に船台やドックに搭載し、それらを接合し船体を形造って行く訳です。ところが、工場内は作業環境が整っているのに対し、船台やドックは多くが露天です。又、見上げるような側外板の突合せ溶接継手は、当然立向きの姿勢になります。

こう言った箇所にエレクトロガス溶接を導入すると言うのも良いアイデアですが、立向溶接を減らす事も可能です。かと言って、工場で作製出来るブロックには、物理的な建屋の制限や搬出に使用するクレーンの能力などで、おのずと大きさの制限が掛かります。

そこで、あまり大きなブロックも製作出来ないとなると、船台やドックに搭載する前に、最適な溶接姿勢で事前に接合しておく事が出来ないだろうか、と言った話になります。

例えば、巨大な側外板のブロックであれば、横に寝かせた状態で隣同士を接合すれば下向きの溶接姿勢となります。下向きである事の利益は、溶接管理技術者であれば多くを語る必要は無いでしょう。溶接そのものに対する好条件もさることながら、下向きにすることで容易に雨風を防ぐ対策も講じることが出来、まさに一石三鳥と言った所でしょう。

ところが、良いとこづくめのようなこの工法も、一步間違えれば大変な事になります。

ここに示すのは側外板ブロックの例です。一番船では一つ一つブロックをドックに搭載していたのですが、種々の事情で同型の二番船から、搭載前に接合（造船現場では、結成と呼んでいます）する事に変更したケースが有りました。私は、その説明を造船所の担当者から受けた時に、俄かに不安を覚えました。なぜなら、すでに、二番船のブロックは完成していたのです。しかしながら、私の仕事は、検査です。余計な事をコメントする立場では有りません。果たして、二ヵ月後に私の不安は的中し、ドック内での二番船は、横腹に見苦しくも痛々しい焼損跡を数十メートルにわたりずらりと晒す事態になってしまいました。

これは、何故でしょう？溶接管理技術者として、日々、現物と向き合っている方なら、理由は簡単でしょう。つまり、一部の継手だけを先行して接合された為、その継手部分が、他より先に収縮してしまいますね。ブロック工法というのは、先述の通り積み木細工ですから、所々、他よりも収縮してしまったブロックを載せても、合う筈が無いのです。

と言う事は、事前に接合するか否かの判断は、ブロック製作途中ではなく、板の切断指示を行う生産設計の段階で、しかも姿勢の変化に伴う開先の変更と同時に、該当継手の収縮を考慮して行わなければならない事になります。

もう少し細かく説明しますと、造船では、船底、側外板、上甲板等、つまり船体表面の板は溶接による熱収縮を考慮して、本来の寸法よりも大きめに切断する指示を行います。これは、万一隣のブロックと合わなかった場合の「端部の切り代」としてではありません。板継ぎやラインウエルダー等による部材の取り付けと言った各ステップで、長さ幅共に、20メートル四方にはなるうかと思われるブロックに対し、収縮代をミリ単位で積み上げて行き、その分だけ、大きな板として切断します。そして、ブロックの溶接が終わった段階で、隣のブロックとは溶接開先のギャップの基準値にピッタリと収まるようにするものです。そこには、万一の場合に備えての「切り代」等と言う逃げは有りません。したがって、ドックに搭載される前に、溶接のステップが増えるとなると、その分の溶接による収縮も、他のステップと同じく考慮し、加算されなければならないのです。

船体を輪切りにしてリング状の構造物のように考えた場合、そのリング単位で搭載前に接合する、しないが統一されていれば、精度上の問題はあまり発生しないでしょう。しかしながら、種々の事情で、急遽搭載前に接合したり、しなかったりした部分が所々出てくると、無理が生じます。結果としては、表面の板や、主要な構造物だけを何とか合わせて、多数有る内部の細かな部材は、隣のブロックの部材と、無理に合わせる必要が出て来ます。その結果として、折角溶接した部材をばらして再度取り付ける事になり、先ほど申し上げたようにその焼損跡が多数表れることになるのです。

もともと、止むを得ず、一部のブロックだけを急遽先に接合しなければならない場面も出てくるかもしれません。そう言った場合にも、先に収縮している可能性が大きいと考え、例えばブロックの搭載位置を重点管理しておくなどしておけば、被害を最小限に抑える事も可能です。つまり、「溶接すれば縮む」、このいわば常識さえ見逃さなければ、やり方は色々出て来ます。

これをせず、通常通り漫然と搭載して行くと、その内に「おかしいな、だんだん部材が合わなくなってきたぞ」、と言う事になってしまいます。

#### 4. 結びにかえて

主に自分が体験してきた失敗事例を紹介して来ました。その多くが、常識とも言える基本的な事を見逃して来た事実が原因にあります。それらには、熟練した技術者、技能者の不足が背景にあるでしょうが、溶接に着目しない、換言すれば、興味や関心の無い人が増えてきているのではないのでしょうか？

又、一方には、強烈な原価低減の要求による圧力も有るのでしょう。

ところで、溶接は、努力を裏切らない、真に正直な物だと思います。緻密に計画し、実行された物はそれなりの成果を生みます。知識不足、経験不足などから来る施工ミス、理不尽な原価低減要求等には思わぬ反発をします。一時は、営業戦略にいたるまで他業界の生産管理手法を取り入れ、原価低減だけで生き抜こうとした造船所が有りましたが、やはりそれだけでは激変するマーケットに追従する事は、容易では無いようです。

原価低減には、根拠のある生産性の改善が不可欠です。それには、技術的な裏付けが必要で有る事は申すまでも有りません。各経営者にはそう言った事を肝に銘じ、先々を見据えた技術者、技能者の

育成に力を注いで戴きたいと思います。

ところで、溶接管理技術者の資格さえ取得すれば、全てを解決できるというものではありません。しかしながら、この資格の取得の結果、今まで以上に溶接に興味、関心を持つようになり、トラブルを未然に防いだり、被害を最小限に抑えられる可能性が有ると言う事を十分に御理解戴けた事と思います。

私自身、溶接管理技術者の資格に無縁で、溶接に深く着目していなければ、今まで挙げて来た不具合の原因も、単なる施工ミス、としか感じなかったかも知れません。もし、そうであれば、同じ過ちを、何回も繰り返した事になったでしょう。

溶接管理技術者の皆さんには溶接構造物製作におけるキーパーソンとなり、自覚を持って職務に尽くされんことを希望して結びの言葉に代えたいと思います。

**阪井博夫（さかい ひろお）**      **溶接管理技術者特別級**

＜略歴＞

1985年 大阪大学 工学部 造船学科 卒業

1985年 住友重機械工業 入社 追浜造船所工作部 配属

2013年 ABS(American Bureau of Shipping) 検査員として入社

現在に至る