

水中溶接の検討と出来形品質管理について

(一社)静岡県土木施工管理技士会

株式会社 橋本組

監理技術者 塩澤 敏夫

Toshio Shiozawa

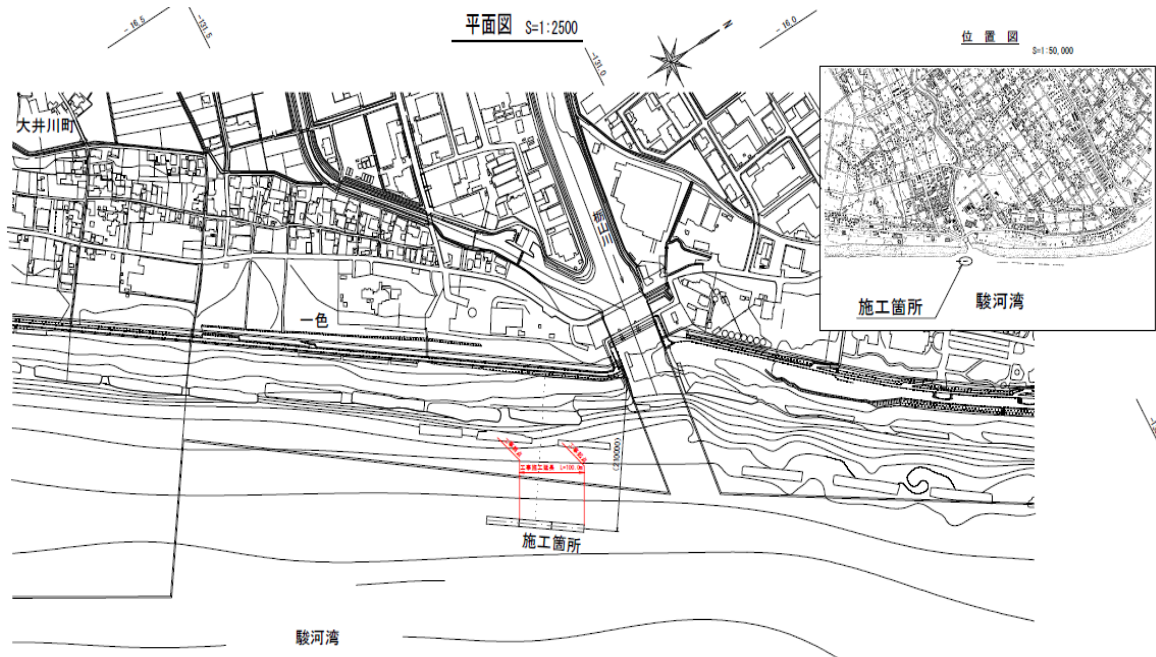
技術者証登録番号 00074921

1. はじめに

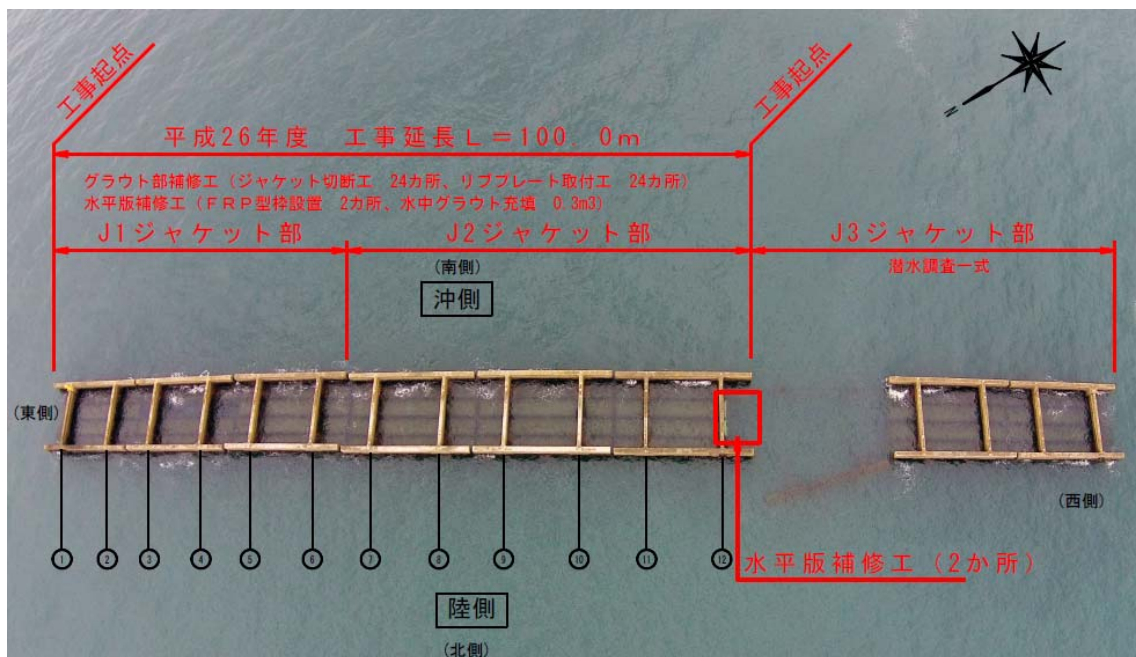
工事概要

- (1) 工 事 名：平成 26 年度 駿河海岸保全施設整備工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 静岡河川事務所 海岸課
- (3) 工事場所：焼津市一色 地内（栃山川河口）
- (4) 工 期：平成 26 年 5 月 28 日 ～ 平成 26 年 10 月 31 日
- (5) 請負金額：¥ 154, 116, 000

本工事は、平成 24 年に発生した台風により破損・沈没した有脚式離岸堤（カルモス）の事象を受け、さらなる被害拡大を防止することを主目的とした、「損傷を免れた個所の補強・補修」を行う工事である。

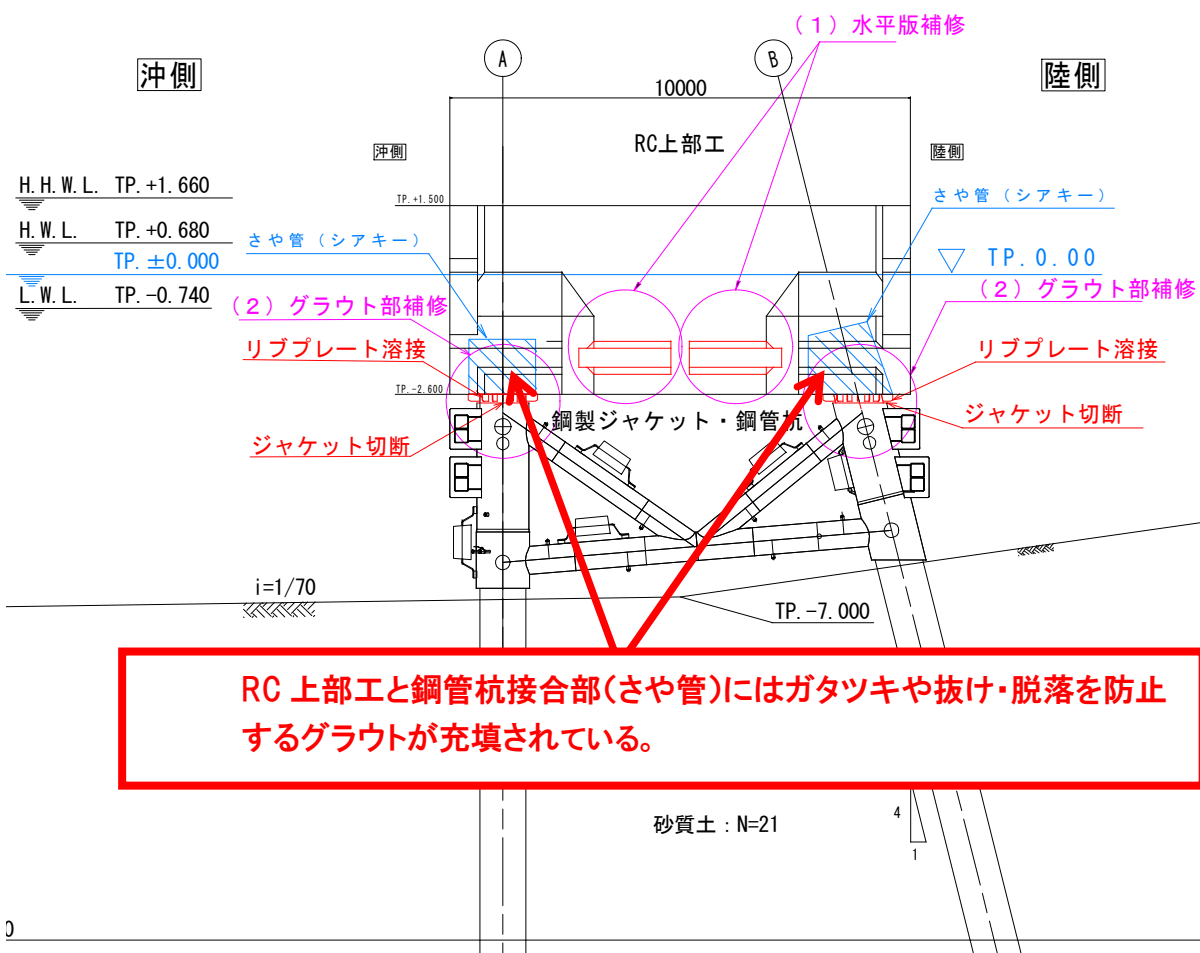


工事概要図



現況図および施工断面図

標準断面図



2. 被災原因および要因

(被災原因)

台風の波浪が原因であるが、

上部消波板を破壊・沈没させた要因は以下と断定。

(被災要因)

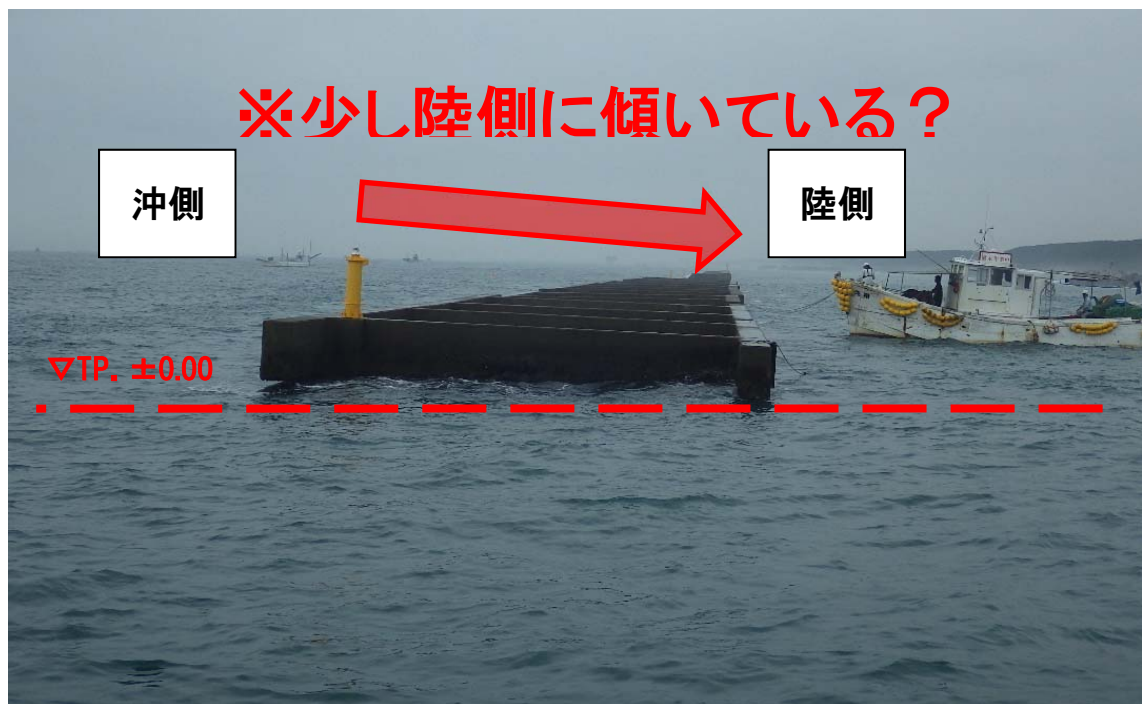
- ① 栃山川河口付近の海底地盤は軟弱であったため地盤改良を行ったが、台風波浪で不同沈下が発生し RC 上部の水平版に傾き等の変位が発生。



- ② 変位し脆弱化した状態で、外力成分である（強力な台風の）「浮力」を連続で受けたため、鋼管杭と上部の水平版を接合・固定していた「シアキー」および間詰め「グラウト」が破断して抜けた。



- ③ 鋼管杭から上部消波板が脱落し水平版を破壊しながら沈没した。



3. 水中溶接の検討

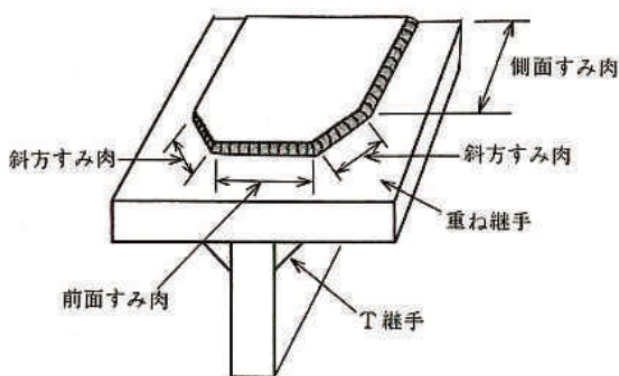
今回の工事はすべて水中での「すみ肉溶接」工事であり、いかに **850KN の荷重に耐える水中溶接品質を確保するかが課題**であった。ここで溶接および水中溶接の特徴と留意点を挙げる。

すみ肉溶接とは（すみ肉溶接の特徴）母材と母材をまたぐ部分に、二辺の「のど厚」で構成される三角形の断面を持つ溶着金属をつけたものである。

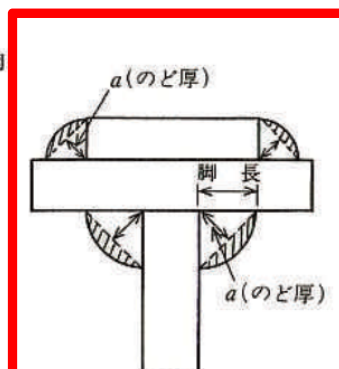
(留意点) 結合強度 が低い。一般的には、引張力のかかる部分には用いない。梁のウエブなどせん断力のかかる部分に用いられる。

すみ肉溶接

すみ肉溶接には、重ね継手とT継手とがある。



(a) すみ肉溶接

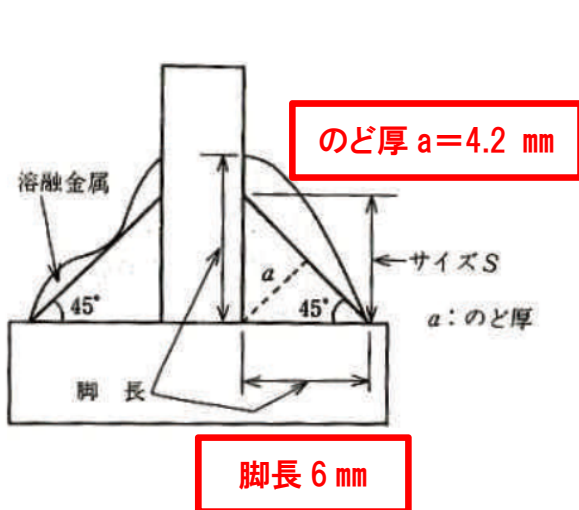


(b) すみ肉溶接の断面

のど厚

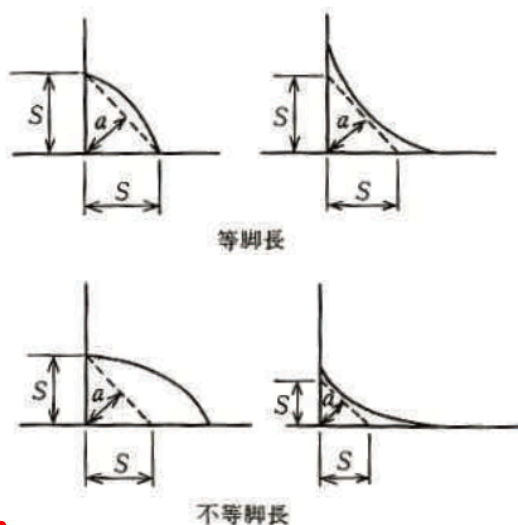
すみ肉溶接において、溶接金属でできた長さを脚長という。2つの脚長の長さが異なる場合、サイズの算定には、**短い脚長を基準に45°の線を引きこれをサイズとする**。この場合45°の線はすべて溶融金属中にあること。

サイズに $\cos 45^\circ$ を乗じてのど厚 a を求める



脚長 6 mm

脚長 6 mmであれば「のど厚 a 」は $6 \times \cos 45^\circ$



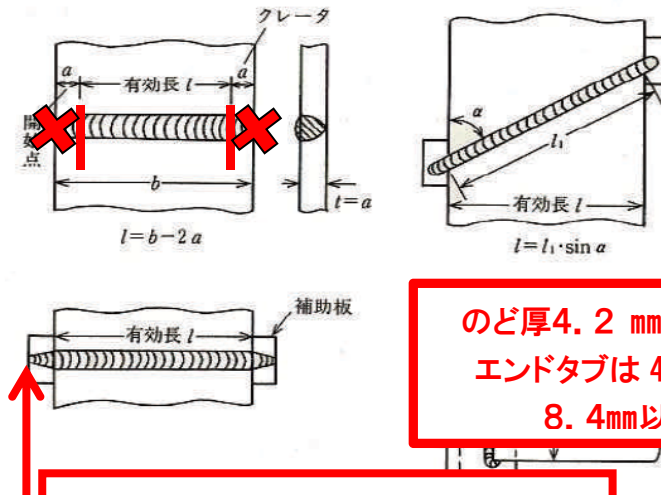
溶接の強さ

溶接の強さは、溶着金属部ののど厚と有効長によって求める。

有効長

溶接の両端部は溶接不良であるため溶接長から除くこと

強度計算のときは、溶接全長からのど厚の2倍を除いたものを通常用いる。



のど厚4.2 mmであれば
エンドタブは $4.2 \times 2 =$
8.4mm以上

強度が不足する場合はエンドタブを
設置して溶接有効長を確保する。

たとえば当設計では、

溶接強度は、溶接長 $L = 150 \text{ mm}$ 、のど厚 $a = 4.2 \text{ mm}$ とすると

溶接の有効長は $150 - 4.2 \times 2 \div 140 \text{ mm}$ 、

溶接の（構造上の強度）有効断面は

$aL = 140 \times 4.2 = 588 \text{ mm}^2 / 1 \text{ 面}$ （プレートは両面溶接）

$\Sigma aL = 588 \times 2 \times \text{リブプレート枚数} (16 \text{ 枚}) = 18,816 \text{ mm}^2 / \text{脚である。}$

a : 溶接ののど厚 [mm] L : 溶接の有効長 [mm]

ΣaL : 溶接の有効断面積 [mm²]

水中溶接の特徴

（特徴）

- ・ 水中溶接の検査方法が確立していない。
- ・ 水中溶接技能工により品質にバラつきがある。
- ・ 水中溶接部の経年変化モデルが確立されていない。
- ・ 溶接中に波浪を受けるなど作業環境が悪い。
- ・ 母材と部材の合わせ作業が波浪などで困難。

これらによる理由から、
陸上溶接と水中溶接の強度比はいまだ不明確であるため一般的に以下の基準が与えられている。

※ちなみに、陸上の現場溶接は工場溶接の90%程度

(水中溶接の強度基準)

工場溶接の降伏応力度の 70% 程度とする

※港湾鋼構造物 防食・補修マニュアルより抜粋

4. リブプレート水中溶接前の事前水中作業

写真 4-1 現状状況（事前調査等）

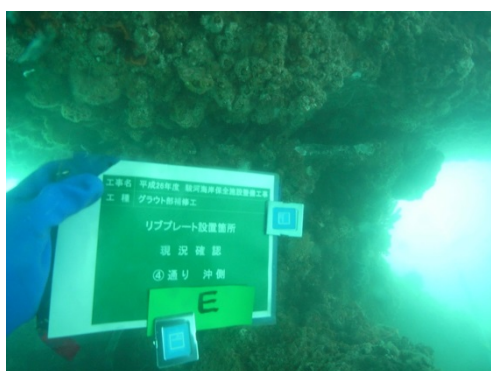


写真 4-2 付着物のケレン及び清掃



写真 4-3 鋼管部 水中鋸断

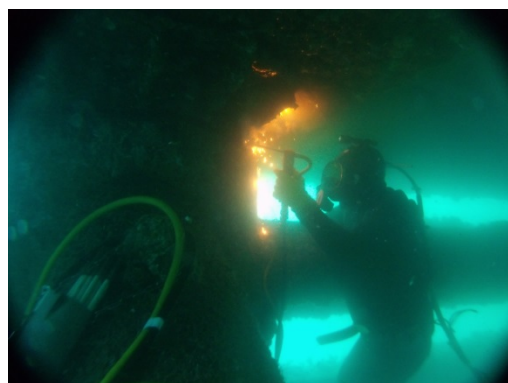


写真 4-4 中詰めグラウト研り、ケレン



写真 4-5 溶接部の研磨



写真 4-6 水中切断完了



5. 今回の溶接強度計算と施工時の許容

設計軸力 850kN

プレート 16 枚

脚長 6mm (両隅)、のど厚 $6/\sqrt{2}=4.2\text{mm}$

長さ 150mm→126mm (溶接端部の欠損考慮)

溶接断面積 $A=4.2\times 126\times 2\times 16=16,934.4\text{mm}^2$

水中溶接の許容応力度低減率 $K=70\%$

溶接の許容せん断応力度 $\tau_a=80 \text{ N/mm}^2$

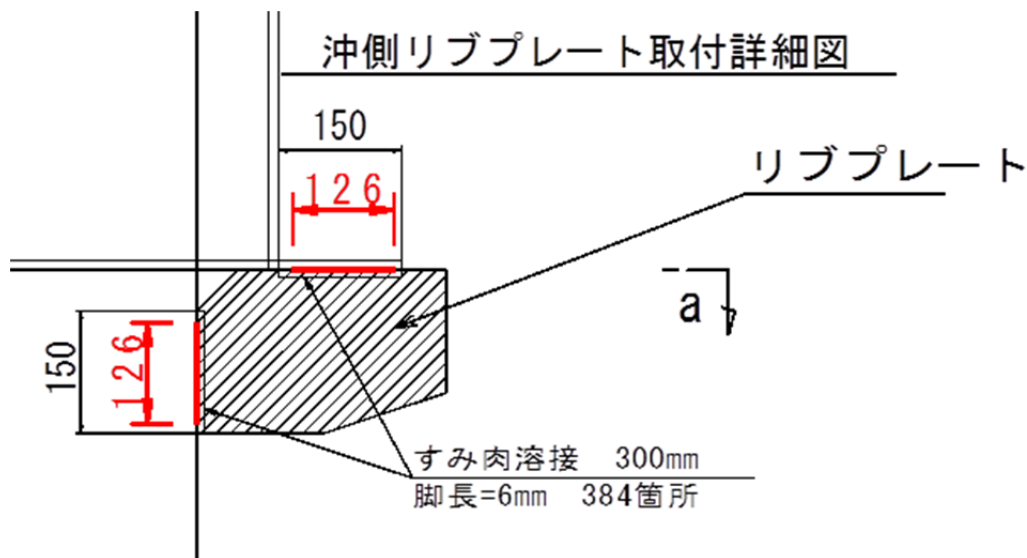
$\tau=850\times 10^3 / 16,934.4=50.2 \text{ N/mm}^2 < \tau_a=56 \text{ N/mm}^2 (80\times 0.7) \cdots \text{OK}$

安全率 $F_s = 1.4$ 以上

※参考

より一層の安全を考慮するため欠損長を「のど厚」ではなく
プレート厚 ($12\text{mm}\times 2=24\text{mm}$) としている

150 mm中、126 mmの完璧な溶接長があればよい



尚、溶接するプレート枚数は、

この許容せん断応力度を確保できるまで貼り付けることで決定されている。

6. 水中溶接の作業

写真 6-1 リブプレート溶接取付け

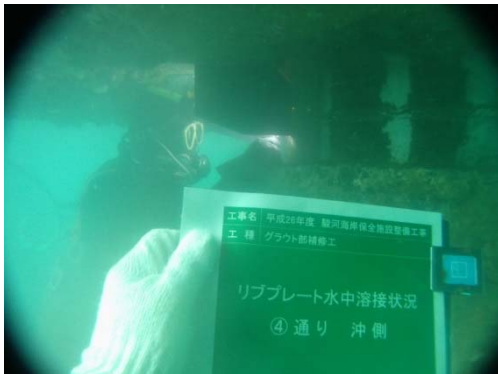


写真 6-2 リブプレート溶接取付け



写真 6-3 溶接取付け完了

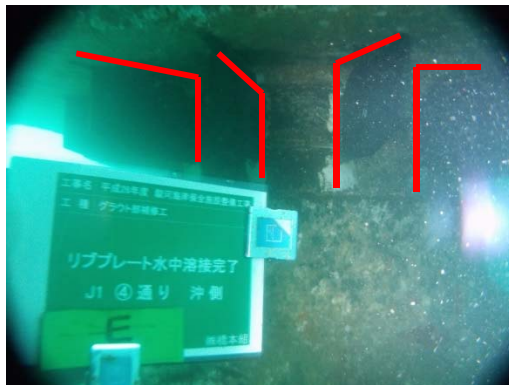
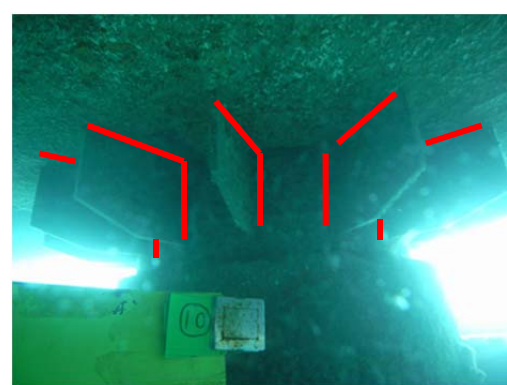


写真 6-4 溶接取付け完了



7. 水中溶接の品質確保

水中溶接の品質確保策

- ① 熟練した水中溶接技術者（潜水士）の採用
 - ② 水中溶接作業手順・方法の確認と統一
 - ・テストピースによる引張試験の実施と品質確認
 - ・陸上での溶接訓練と（個人）溶接手法確認の実施
 - ・均等な作業内容・位置・作業量の遵守（溶接作業のパターン化）
- ロットの確立と品質の均一化**
- ③ 検査体制の強化と不可視部の見える化
 - ・品質証明員および発注者による抜取検査の実施
（現場での生写真撮影・確認による抜取検査）
 - ・作業責任者による全数目視・打音検査の実施
 - ・作業毎の溶接品質確認簿記載および提出（義務化）

水中撮影による不可視部出来形確認

写真 7-1 ジャケット側（1面）

溶接長 $L=150\text{ mm}$ 脚 長 $L=6\text{ mm}$



写真 7-3

潜水士からその場でカメラを回収



写真 7-2 ジャケット側（1面）

のど厚 $a=6 \times \cos 45^\circ = 4.2\text{ mm}$



写真 7-4

撮影した出来形写真をその場で確認



8. 結果及び今後の課題

海上作業では、海象を把握して工期短縮、遵守に努める事が最重要課題である。

今回の工事での水中溶接は、冷水（温度）、海水（アルカリ・塩害・不純物）、波浪・濁りによる溶接者の溶接体勢および視界不良など、溶接品質を確保する上では非常に厳しい施工条件であった中、地元住民（漁民）からの苦情も無く、無事故で工事を終えることができました。

一般的に、新設工事であれば「水中溶接とならない」ように工夫し構造物を計画・築造することが原則であるが、当工事のような補修工事などやむをえない場合は、以下のことに留意すべきである。

- ・ 経験豊富な熟練溶接技能者（潜水士）の採用
- ・ 水中作業の専門化、簡略化、パターン化（ロットの確立）
- ・ 部材のプレキャスト化とスタッド溶接の併用（設計変更提案事項）