

平成13年度 政策評価書（事後の事業評価）

担当部局：管理局開発計画課
実施時期：13年10月～14年3月

- 事業名**： 先進鋼技術の研究
- 政策分野**： 防衛装備品の適切な維持及び管理（研究開発）
- 事業内容**： 新しい考え方に基づく溶接法である軟質溶接継手（溶接部の金属の強度が母材よりも低い継手）を潜水艦の耐圧殻に使用される超高張力鋼材の溶接に適用するための基礎的研究を実施した。
- 所用経費**： 約2.1億円

評価の内容

1 事業の目的

非常に高い水圧が加わる深海を航行し、かつ戦闘時には水中爆発等の衝撃的な荷重が加わる潜水艦の耐压殻には、耐力(引張り、圧縮などに対する強さ)及びじん性(ねばり強さ)が高く、かつ構造物として建造するために厚板として溶接が可能な高張力鋼が使用される。

この高張力鋼の1つとして、潜水艦の潜航深度や魚雷等のペイロードの増大を図るために、民間メーカーにおける鋼材と成分の関係や製造方法等に関する研究の成果を踏まえて防衛庁が昭和57年度に行った超高張力鋼材の研究試作(成分の選択、母材・溶材の基本性能を確認するための試験片の製作等)及び所内試験(58年度)の成果として、溶接可能な鋼材の耐力としては世界最高水準である耐力110kgf/mm級の「NS110鋼材」が完成した。

一方、鋼材を潜水艦の建造に使用するに際しては、単に鋼材の耐力が高ければよいものではなく、その鋼材を使用した潜水艦建造のための溶接が可能であることも必要である(橋梁やガスタンク等の民生分野の溶接構造物においても現用の潜水艦用高張力鋼並の耐力を有する鋼材が使用されているが、それらのじん性は潜水艦用高張力鋼と比較すると極めて低い)。一般に、耐力とじん性の向上は相反する性質があり、潜水艦用高張力鋼の実用化に当たっては、鋼板自体のみならず、その溶接についても高い技術力が要求されるが、前述のNS110鋼材の完成後、昭和59年度から防衛庁の実施した同鋼材の溶接特性等を確認するための一連の研究試作及び所内試験の結果、鋼材の溶接手法(3種類)のうち「GTA(Gas Tungsten Arc)溶接法」のみが、従来潜水艦の構造上必要と考えられていた所要のじん性を確保した上で溶接部の金属の耐力が母材と同等以上(等質溶接継手及び硬質溶接継手)とする条件をみたすこと、GTA溶接より低コストである「GMA(Gas Metal Arc)溶接法」又は潜水艦の狭隘部の溶接に不可欠な「SMA(Shielded Metal Arc)溶接法」のいずれかを適用しつつ、じん性を確保するためには、溶接部の金属の耐力が母材より低くなる軟質溶接継手による溶接のみが可能であることが判明した。

そのため、従来の考え方に囚われることなく、NS110鋼材を用いた軟質溶接継手による潜水艦建造が可能であることを検証するための研究が必要とされたものである。

今回の研究は、軟質溶接継手を用いて、潜水艦の狭隘部の溶接に必要な不可欠なSMA溶接法により製造された潜水艦耐压殻構造物の静的及び動的な強度に関する技術資料を得ること等を目的として平成2年から開始し、平成7年10月からは艦船に関する優れた試験評価能力を有する米海軍と共同で、実証的な研究を実施した。

なお、軟質溶接継手は、溶接部の金属の耐力が母材より低くなるものの、溶接工程における温度管理条件が緩和されるため、溶接作業性が向上し、建造コストが低減され、さらに、溶接部の金属の耐力が下がるため、耐溶接割れ性及び応力腐食割れ性能の向上が期待できるものであり、潜水艦建造に適用可能ということが判明すれば非常に有益なものである。

2 達成状況

(1) 達成効果

ア 本事業では、主に軟質溶接継手を適用した構造物に関する次の技術資料を得るための試験評価を実施した。

- ・静水圧強度特性
- ・疲労特性
- ・海水中で高い応力が負荷される環境下での耐応力腐食割れ特性
- ・耐水中爆発特性

イ 本事業により、主に以下の成果が得られた

- ・軟質溶接継手を適用しても、静水圧強度の低下はみられなかった。

- ・軟質溶接継手を適用しても、疲労特性の低下はみられなかった。
- ・軟質溶接継手の適用により、応力腐食割れ特性が改善される知見が得られた。
- ・軟質溶接継手を適用した耐圧殻の水中爆発に対する健全性を確認するとともに、その変形、損傷及びき裂進展の予測手法に関する知見が得られたことにより、当該技術の潜水艦の設計への反映が期待される。

ウ 日米共同研究によるメリット

研究資金を相互に分担し、かつそれぞれの国が得意とする技術分野（日本側：高強度鋼材技術等、米国側：水中爆発試験技術等）を分担したことによる効率的な研究にとどまらず、米国が保有する試験評価設備を利用することによる研究期間の節減もなされた。特に、我が国では試験設備がないために実施が困難な大規模な構造物に対する水中爆発性能評価を精度よく実施できたこと（日本：下北試験場（小規模実験用）、爆薬量20kgまで、アメリカ：アバディーン試験場、爆薬量1800キログラムまで）は、大きな利点であった。また、本研究の実施により、米国側も我が国の高強度鋼材等の優れた技術に接することができ、その高い評価を得た。

（2）達成時期

先進鋼技術の研究は、耐圧構造模型の研究試作が平成2年度から開始され、以後、構造模型の研究試作が平成4年度から、耐爆模型と応力腐食割れ試験体の研究試作が平成5年度から、耐爆模型（大型）の研究試作が平成9年度からそれぞれ実施され、平成12年度末まで所内試験が実施された。

平成7年10月に日米共同研究を実施するための了解覚書（MOU）が締結され、米海軍の研究機関と共同研究を行ってきた。平成14年1月に開催された日米装備・技術定期協議（S&TF）においては、日米両国が所期の目的を達成し、共同研究を終了したことが確認された。

なお、平成2年の研究試作着手段階では早期のMOU締結を見込んでいたが、日米間の調整に時間を要したため、MOU締結以前に実施した研究試作において取得された各種の試験データについても、成果情報として相互に交換された。

（3）教訓等事項

日米共同研究による今回の成果を踏まえ、今後の艦艇の耐水中爆発性能向上に資する研究においても、米国の試験評価施設の利用を選択肢とする。

今後の対応

潜水艦建造に軟質溶接継手を使用できる可能性が明らかになった先進鋼技術の研究の成果を反映させた、超高張力鋼材のGMA溶接継手に関する技術資料を取得するための研究試作を平成12年度から実施している。

その他の参考情報

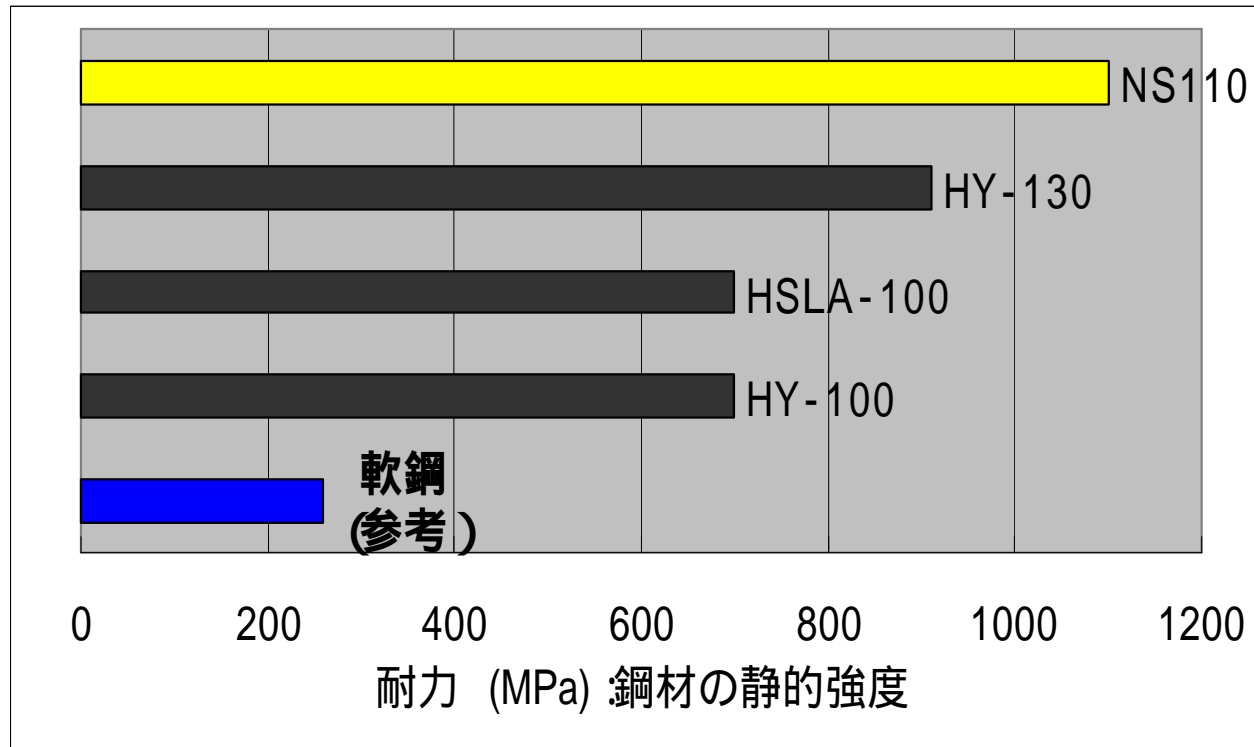
- 別紙1：用語解説
- 別紙2：日米の艦艇用高張力鋼材の比較
- 別紙3：各溶接法の比較
- 別紙4：軟質溶接継手解説図
- 別紙5：潜水艦構造
- 別紙6：日米共同研究開発の意義

別紙 7 : 米国における試験実施状況

参照可能な論文等 : 「先進鋼技術」に関する日米共同研究について (九田一久)
(防衛技術ジャーナル Vol.20、No.8 (2000.8)、通巻233号))

用語解説

- 「耐圧殻」・・・・・・・・・・潜水艦が潜水したときに、水圧に抗して内部の人員、機器等を保護する船体構造部分
- 「張力」・・・・・・・・・・断面に垂直に働き、互いに引き合うような応力
- 「ペイロード」・・・・・・・・潜水艦等の場合、魚雷等の武器
- 「溶接継手」・・・・・・・・溶接による鋼板の接合部分
- 「溶接割れ」・・・・・・・・溶接したときに、溶接部分に発生することのある「ひび」のような割れ
- 「耐溶接割れ性」・・・・・・・・溶接割れの発生しにくさの観点から評価した性能
- 「応力」・・・・・・・・物体が荷重を受けたとき荷重に応じて物体の内部に生じる抵抗力
- 「応力腐食割れ」・・・・・・・・腐食しやすい環境下で金属に繰り返し荷重が加わることにより発生する割れ
- 「応力腐食割れ性能」・・・・・・・・応力腐食割れの発生しにくさの観点から評価した性能
- 「静水圧強度」・・・・・・・・静的に水圧によって負荷される外圧に対する構造物の強度
- 「水中爆発性能」・・・・・・・・水中爆発による動的水中圧力に対する構造物の破壊強度、鋼板及び溶接部の耐損傷性、構造物各部に発生する衝撃加速度の観点から総合的に評価した性能
- 「MOU」・・・・・・・・了解覚書 (Memorandum of Understanding)
- 「S & T F」・・・・・・・・防衛庁管理局長と米国防省取得担当次官との間で開催される装備技術定期協議 (Systems and Techonogy Forum) の略



注 : NS110 : 日本製鋼材
HY-130, HY-100, HSLA-100 : 米国製鋼材
1 Mpa = 1 / 9.8 kgf/mm² (応力)

日米の艦艇用高張力鋼材の比較

SMA溶接：(Shielded Metal Arc web):

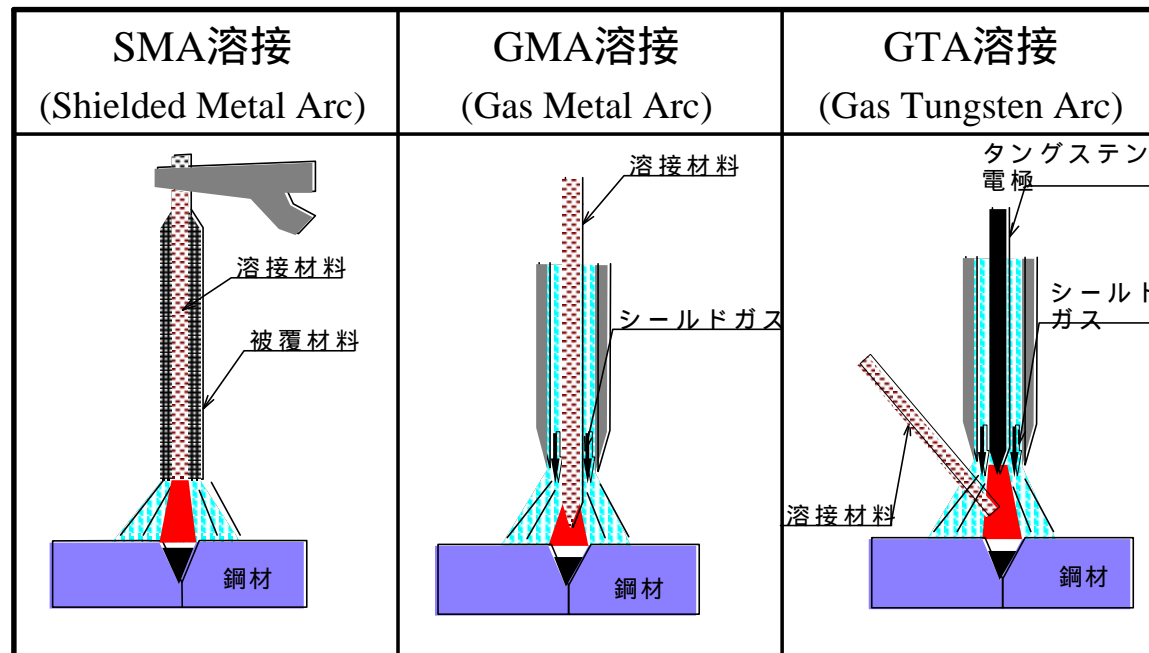
電気溶接の一種で、空気中の水分等の影響を受けないように被覆材料が溶接の熱によりガス化しシールドを行いながら鋼材と溶接材料の間にアークを起こし、その熱により溶接を行う方法。手溶接によるため狭隘部の溶接が行える。

GMA溶接：(Gas Metal Arc web):

電気溶接の一種で、空気中の水分等の影響を受けないように不活性ガスによりシールドを行いながら鋼材と溶接材料の間にアークを起こし、その熱により溶接を行う方法。効率的な溶接手法であり、GTA溶接に対して低コストである。

GTA溶接：(Gas Tungsten Arc web):

電気溶接の一種で、空気中の水分等の影響を受けないように不活性ガスによりシールドを行いながら鋼材とタングステン電極の間にアークを起こし、溶接材料をそのアークにより溶かし溶接を行う方法。高品質な溶接手法であり、GMA溶接に対して高コストである。

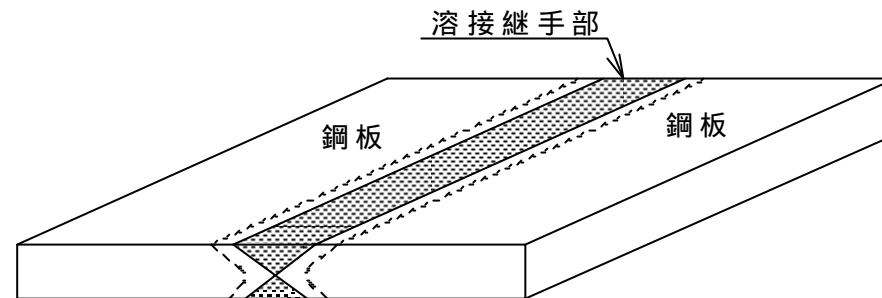


注)アーク

気体中での放電の一種。高温を発生する。

アークを起こし、その熱で金属を溶接する溶接方法をアーク溶接という。

各溶接法の比較

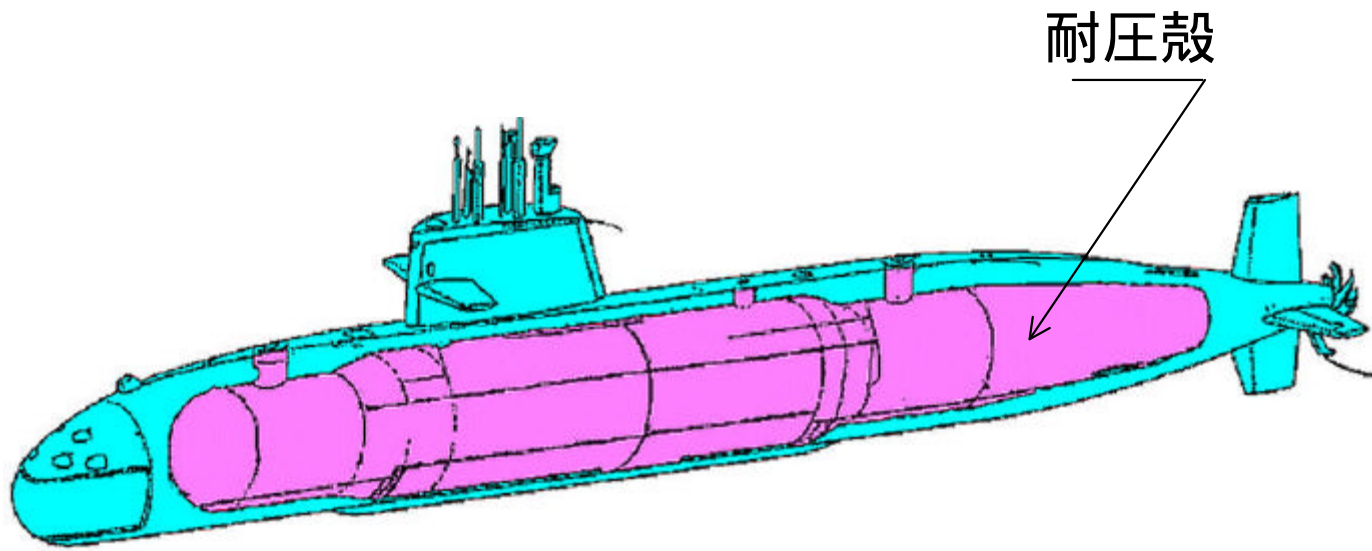


軟質溶接継手とは

溶接継手において、鋼材の耐力よりも溶接を行った部分の強度が低いもの。

<p>溶接金属の強度 < 鋼材の強度：軟質溶接継手 溶接金属の強度 = 鋼材の強度：等質溶接継手 溶接金属の強度 > 鋼材の強度：硬質溶接継手</p>	<p>軟質溶接継手の特徴：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 溶接作業性の改善 ・ 溶接金属のじん性の向上 ・ 製造コストの低減 ・ 潜水艦生産性の向上
---	--

軟質溶接継手解説図



潜水艦構造

日米共同研究開発の意義

効率的な研究開発の推進

技術革新の進展、装備品のハイテク化等を背景に研究開発コストの上昇が予想される中で、双方が資金を拠出する共同研究開発は、それぞれの研究開発コストの低減や重複投資の回避に資する。

研究開発リスクの低減

双方の優れた技術を結集することで、近年の解決すべき技術的課題の高度化に伴う研究開発リスクの低減に資する。

米側の優れた技術へのアクセス

米国からの技術導入の手段としては、ライセンスの供与による方法もあるが、ライセンス供与の場合に比べて共同研究開発の場合はより最新の技術へのアクセスが可能となる。

相互運用性 / 日米安保体制の信頼性向上

共同研究開発の推進は、相互運用性の向上に資するとともに、ひいては日米安保体制の効果的運用を図り、その信頼性を一層向上させる効果が期待できる。



米陸軍アバディーン試験場 試験池



耐爆試験用模型



水中爆発試験

米国における試験実施状況