

TODAY

技術革新を生むもの：融合・連携の意義と幻想



大阪大学大学院 工学研究科

教授 豊田 政 男

技術は、従前から人につくとよく言われる。過去の新しい技術が特定の人とともに消えていったものは多く、例えば「大仏」などの建築様式は、僧重源の死後急速に衰退している。しかし、技術を生むのは人であり、「技術の創造」は技術者がもつ生命力で、権利であり義務である。「天人合一」という言葉がある。天と人は分離されていないということ。天とは全てを創造する根源力であり、われわれ研究者・技術者を活かしている生命力であるが、技術の創造はその天から技術者に与えられたものである。

その技術を支えるのが「科学」であろう。科学（ラテン語：Scientia）とは、本来は「知る」、「知識」の意味で、自然に関する知識を得る学問である。しかし、知識のすべてが科学でない。統合性、方法性、概念性などのある「知」として人類が作り出したもののみ科学という。技術とは、その科学的知識を駆使した人間と自然の関わりを解決する手段であって、人類の出現と技術の発生は不可分であり、人間と自然の関わりを変化させてきたものといえる。技術を生み出した人びとが、技術を正しく使い、自然との関わりを破壊することのない持続的な社会の構築にこそ、その役割を果たさなければならない。

わが国は、古代から豊かな森と海の資源の二つ

を有する「森と湖の列島」で、そこに縄文文化が生まれた。その縄文文化は、技術的視点からは、南の温帯落葉広葉樹林帯文化と北方の亜寒帯針葉樹林帯文化の「融合」の結果としてかなりの先進性をもって生まれた。その技術の先進性は、最古の縄文土器を生み出し、三内丸山遺跡のように、世界にも類を見ない「巨大木造建築」を生み出している。この例に見るように、技術融合は「技術革新」をもたらし、それが経済発展の主役となるのである。

4月からの国立大学の法人化によって産官学連携など「連携」への動きの声が大きいが、現に筆者自身もいくつかの産学連携のまとめ役を行ってきている。ただ、産学連携が、企業の中央研究所終焉の時代（西村著『産学連携 「中央研究所の時代」を超えて』日経BP社）にあって、産業界の利益追求型の企業の基盤分野における基礎研究のみを大学に求めるなら、大きな間違いを生むことにもなる。確かに、大学には多くのシーズが隠れている。ただ、それを企業化することが産学連携というようにとらわれている嫌いもあるのは事実である。これは真の連携でなく、産学連携への幻想かもしれない。連携のとりまとめを行ってきた経験からは、産学連携が活きるのは、大学のもつ他分野を含む総合力を活かそうとした異縁連携的なもの、また、目的を持った人材育成と人材交流がうまくいったとき、さらに若手の知的好奇心を沸き立てるようなテーマと体制であったとき、などが挙げられ、真の融合が活きる例ともいえる。

研究に携わる機関にはそれぞれの役割があるが、その中にあって、少しの重なりと違った「知」の導入による融合が真の連携につながってくるのかもしれない。

「省エネルギー型鋼構造接合技術の開発」研究概要

鉄鋼材料研究部 板垣省三

1 はじめに

本開発は、鋼構造物の接合における溶接技術を対象とし、溶接施工時におけるエネルギー使用量の低減と溶接精度の向上を目的に、独立行政法人新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO技術開発機構）の地球温暖化防止新技術プログラムの一環として、平成15～17年度の3か年計画で推進されている。

鋼構造物の溶接施工においては、溶接金属（溶接材料と鋼板が溶融してきた鋼）の熱収縮応力により鋼構造物の変形が生じ、その変形量が、例えば道路橋では道路橋示方書、船舶では日本鋼船工作精度標準に規定されている許容範囲を超える場合には、それを矯正するためにガス加熱をはじめとした多くのエネルギーと労力が消費されている。橋梁、造船及び建設機械分野等における溶接変形を矯正するためのエネルギー消費量（原油換算）は5.6万k ℓ /年と試算されている。

このため、鋼構造物の接合における溶接技術において、従来よりも溶接変形が少ない溶接材料を開発するとともに、その溶接材料特性を考慮した溶接施工方法を開発することにより、溶接後の加熱矯正が不要な溶接技術を確立する。

2 研究開発の概要

従来の溶接材料よりも溶接変形が少なく、かつ実施工に耐え得る溶接性・溶接作業性と強度特性を有する溶接材料と設計・施工の組み合わせによる構造体の設計指針を提案することで、溶接後の変形が少ない溶接技術を開発する。溶接変形緩和の解決方法の展開を図-1に示す。溶接変形を低減する溶接材料の技術開発ポイントは、溶接金属の低温における変態に伴う膨張を利用することにある。溶接施工における溶接金属の変態特性と溶接変形を概念を図-2に示す。種々の溶接材料から得られた溶接金属の変態温度と基本継手の変形量との関係を実験的に調べて適正なマルテンサイト変態開始温度（Ms点）の範囲を明確にする。さらに化学組成とフラックス組成を調整して実施工に供し得る溶接性と強度特性を兼備する溶接材料を開発する。研究開発で対象とする溶接材料と溶接継手及び構造体を図-3に示す。次に開発した溶接材料を種々の構造物に対して適正に使うための溶接施工方法を定める手順を提案し、変形低減の効果を実験により確認する。具体的には、実験室規模の基本継手を対象として溶接金属

及び鋼板の変態膨張挙動を取り入れた溶接変形シミュレーション技術を確立する。また、溶接変形シミュレーション技術を用いてより複雑な構造体の溶接施工方法を提案し、実際に平面パネルや立体構造体モデル試験体を作製してその溶接変形低減効果を確認する。一方、実施工・実用の観点から溶接材料の課題を抽出して溶接材料の開発にフィードバックするとともに、継手・構造体としての健全性を実証する。

本開発プロジェクトでは、上記の課題に対応して溶接材料分科会、溶接施工方法分科会、構造健全性分科会の3分科会を組織し、研究開発の効率的な運営に努めている。研究開発のスケジュール概要を表-1に示す。平成15年度の基礎的な研究から平成17年度の実構造体での検証に至る技術開発過程を、溶接材料の試作から完成までのPhase（平成15年度～16年度上期）と溶接材料による変形緩和効果の確認及び構造健全性検証のPhase（平成16年度下期～17年度）の2段階に分けて推進する。

本技術開発には、JRCM、JFEスチール(株)、(株)神戸製鋼所、石川島播磨重工業(株)、川崎重工業(株)の5社が参画し、共同研究者として大阪大学大学院と同大学接合科学研究所が加わっている。

変形を抑制できる溶接材料と設計・施工の組み合わせによる構造体設計指針を提案

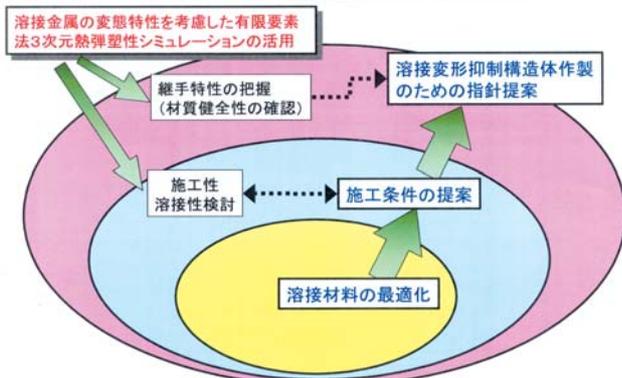


図-1 溶接変形緩和の解決法の展開

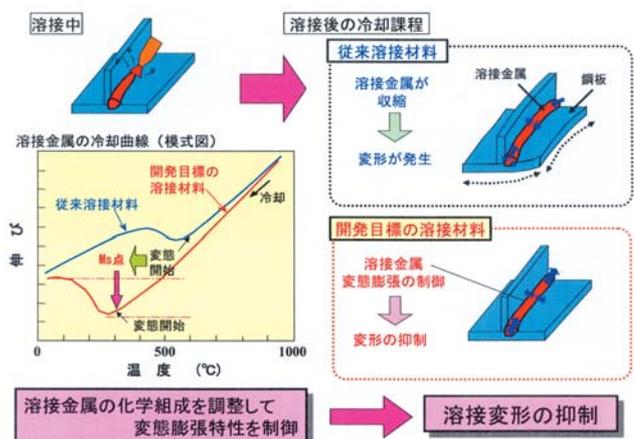


図-2 溶接材料の変態特性と溶接変形概念図

＜溶接材料・溶接継手＞

| 溶接継手 | 溶接姿勢 | 溶接材料 |
|---------|------|-----------------|
| すみ肉溶接継手 | 水平 | フラックス入りワイヤ(FCW) |
| | 全姿勢 | |
| 突合せ溶接継手 | 下向き | ソリッドワイヤ(SW) |

＜継手・構造体＞



図-3 対象とする溶接材料と溶接継手・構造体

3 研究開発の課題と平成15年度の成果

(1) 溶接変形の少ない溶接材料の開発

溶接金属の変態膨張特性を調整することにより、溶接変形の原因である局所的な加熱・冷却による収縮歪を低減、あるいは膨張歪を発生させることにより、従来よりも溶接変形が少ない溶接材料を開発する。平成15年度は、水平すみ肉溶接用フラックス入りワイヤを対象として基本化学組成に基づき変態開始温度(Ms点)の異なる溶接材料を試作し、溶着金属の材料物性を評価した。また、試作した溶接材料を用いて水平すみ肉溶接基本継手を作成し、溶接性・溶接作業性(耐割れ性、スラグ剥離性、ビード形状)や溶接変形挙動を確認して溶接材料の開発のめどをたてた。

(2) 溶接変形の少ない構造体の溶接施工方法決定手順の提案

溶接金属の変態特性を考慮した有限要素法3次元熱弾塑性シミュレーションを用いて、構造体(例えば鋼橋を構成する箱桁や船殻を構成するブロッ

ク)の変形量が構造物の設計基準等で規定される矯正を必要としないレベル以下となる溶接材料及び溶接条件(入熱量、溶接順序等)を決定する。

平成15年度は、水平すみ肉基本継手を用いた実験により溶接材料のMs点と角変形量の関係を明らかにした。また、溶接施工中における変形挙動を非接触方式で連続的に計測可能な溶接変形測定装置を開発し、溶接金属の変態膨張により角変形が戻され、溶接変形が抑制されることを実証した。溶接施工中の溶接変形挙動の従来材と試作された低変態温度溶接材の比較を図-4に示す。さらに、溶接変形シミュレーションモデル解析結果と実験結果との比較を行い、パラメータを適正化することにより、溶接変形挙動を定量的にシミュレートできる手法を確立した。

(3) 構造健全性・溶接性・溶接作業性の評価

開発された溶接材料と提示された溶接条件を用いて構造体を作製し、溶接性や変形抑制効果を確認するとともに、特性評価(強度試験、疲労試験)を行い、鋼構造物が構造健全性を有していることを確認する。平成15年度は、試作した溶接材料の溶接性や作業性を評価するとともに、それらの溶接材料を用いた水平すみ肉溶接継手の基本特性(引張、曲げシャルピー等)を評価した。それらの評価結果に基づき溶接性

及び継手特性の観点から溶接材料の課題を抽出し、改善方法を提案するための知見を得た。

4 おわりに

平成16年度は水平すみ肉溶接用の溶接材料に加え、全姿勢すみ肉溶接用フラックス入りワイヤ及び突合せ溶接用ソリッドワイヤを予備試作し、溶接性や材料基本特性の評価を行う。また、水平すみ肉基本継手を対象として完成させた相変態を考慮した溶接変形シミュレーションモデルを平面パネルレベルでの変形が予測できるように拡張するとともに、全姿勢すみ肉溶接用フラックス入りワイヤ及び突合せ溶接用ソリッドワイヤで溶接した基本継手の変形予測へ適用できるようにする。さらに、最適な水平すみ肉用溶接材料及び溶接変形シミュレーション手法から予測される適正溶接施工条件を用いて平面パネルを作製して溶接変形量、構造健全性の評価を行い、本溶接材料の実用性を見極める予定である。

最終的には平成17年度の、開発した各種の溶接材料を用いた立体構造モデル試験体で溶接性や溶接変形低減効果を評価することにより、溶接後の加熱矯正が不要な溶接技術を確立し、溶接精度の向上と溶接施工時の省エネルギーに貢献する。

引用文献

- 1) JRCM:「省エネルギー型鋼構造接合技術の開発」平成15年度経済産業省提案(2003)

表-1 研究開発の全体スケジュール

| | Phase I | | Phase II | |
|-----------|----------------------------|---------------------------|--|-------------------|
| | H15年度 | H16年度上期 | H16年度下期 | H17年度 |
| 溶接材料 | 水平すみ肉溶接: FCW 基本継手 | | 全姿勢すみ肉溶接: FCW 突合せ溶接: ソリッドワイヤ 平面パネル → 立体構造体 | |
| 溶接材料分科会 | 溶材試作 シミュレーション完成 | 溶材完成 変形低減確認 | 構造部材・実構造レベルでの 溶材完成・変形低減確認 | |
| 溶接施工方法分科会 | 適正Ms点導出 (水平すみ肉) | 溶材完成 (水平すみ肉) | 溶材試作 (全姿勢、突合せ) | 溶材完成 (全姿勢、突合せ) |
| 溶接施工方法分科会 | シミュレーション 手法確立 | 施工方法提案 (基本継手) | 施工方法提案 (平面パネル) | 施工方法提案 (立体構造体) |
| | 変態特性と変形 の関係の調査 | 溶接施工による変形低減効果確認 (基本継手) | (平面パネル) | (立体構造体) |
| 構造健全性分科会 | 溶接性・溶接作業性・継手特性評価 (基本継手) | | 溶接性・溶接作業性・継手特性評価 (平面パネル) (立体構造体) | |
| 標準化関連 | 基礎データの採取 | | | |

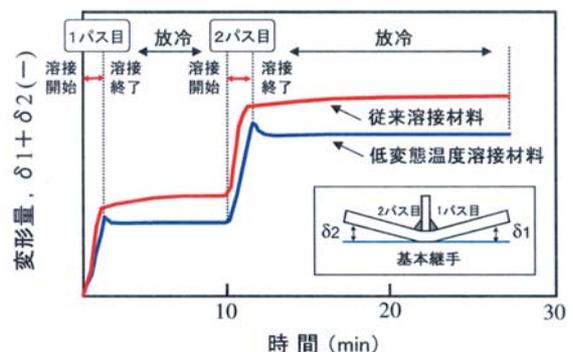


図-4 溶接施工中の溶接変形挙動の測定例

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第215号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務企画部までお寄せください。
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。
本書の内容を無断で複写複製転載することを禁じます。

発行 2004年9月1日
発行人 小島 彰
発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階
TEL (03)3592-1282(代)/FAX (03)3592-1285
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>
E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp