

溶接力学を基本として



若 者

三 上 欣 希*

On the Basis of Welding Mechanics

Key Words : welding mechanics, phase transformation, microstructure, numerical simulation

1. はじめに

私は、2006年3月に大阪大学大学院工学研究科で学位を取得後、特任研究員、特任助教を経て、2008年4月より助教として研究を行っています。現在、主たる研究対象としているのは、一言で表現すれば溶接力学となりますが、そこから展開して、材料が熱を受けたときの力学的挙動を取り扱うことが大きな研究テーマです。溶接そのものはきわめて実用的な技術ですが、ひとたびこれを研究の対象とすると数多くの学術領域が複雑に絡み合っており、学問としてもとても興味深い分野だと考えています。このたび本稿を執筆する機会をいただいたので、学位取得までに取り組んできた研究の概要と、それを基盤として今後の研究をどのように発展させていきたいと考えているかについて述べたいと思います。

2. 溶接力学との出会い～学位取得まで

NHKのロボットコンテストの影響を受けて、「ロボットの研究をしたい」と考えていた私は、大阪大学工学部応用理工学科を志望しました。当時は、自分の入学した学科で進級して行った先に、溶接・接合に関する研究室があることは全く知らず、当然、現在に至るまでその分野に身を置くことになるとは想像もしていませんでした。

そのような私が、溶接力学に興味を抱くようにな

ったきっかけは、やはり、恩師である豊田政男先生の講義だったと思います。鋼溶接継手の強度・破壊特性や、その信頼性評価に関して、非常に熱心な講義であったことが印象に残っています。また、1995年に発生した兵庫県南部地震における破壊事例も研究対象として取り上げられており、兵庫県在住で高校1年生のときにこの地震を経験していた私にとって、大学でも研究されているということに驚きました。

結局、学部4年次には、豊田研究室を志望し、無事、配属が決定しました。研究テーマは、兵庫県南部地震での多くの破壊事例を受けて研究室で取り組んでいた、建築鉄骨柱梁溶接部の強度・靱性に関するものです。当時、建築鉄骨柱梁溶接部の強度・靱性を確保するために行われていた、溶接入熱量やパス間温度による溶接施工条件管理が、溶接部の強度・靱性に及ぼす影響を明らかにすることを目的としていました。同様の研究は数多く行われていたが、私の研究においては、溶接部で生じる相変態を考慮した数値シミュレーション手法を構築し、溶接による温度履歴と溶接部に形成されるミクロ組織との関係を検討することで、溶接入熱量やパス間温度による溶接施工条件管理がどのような意義を持つのかを明確にすることを目指しました。このような観点からの研究に取り組むのは研究室でも私が最初であり、困難な点も数多くありましたが、最終的には、溶接入熱量やパス間温度が変化することによって、溶接部のミクロ組織や分布が変化し、結果として、溶接部の強度・靱性が影響を受けることを明らかにすることができ、卒業論文としてまとめることができました。

また、卒業論文の内容を溶接・接合分野の国際会議で発表する機会も得ることができました。論文や発表資料の準備や渡航の手配等、初めてのことばか



*Yoshiaki MIKAMI

1978年12月生
大阪大学大学院工学研究科生産科学専攻
博士後期課程修了(2006年)
現在、大阪大学大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻 助教 博士(工学)
溶接力学、相変態力学、微視的材料力学
TEL: 06-6879-7561
FAX: 06-6879-7561
E-mail: mikami@mapse.eng.osaka-u.ac.jp

りで大変だったことを憶えています。早い段階でこのような経験をできたことはとても有意義だったと思います。修士課程においても、引き続き同じテーマに取り組み、数値シミュレーションの精度向上や、異なる溶接法、溶接条件への適用を可能にすることができたと考えています。卒業論文の内容で初めて参加した国際会議では、その後も継続して発表と議論を重ね、2007年には、若手研究者に与えられる賞である Henry Granjon Prize を受賞することができたことは、自信の一部となっています。

その一方で、修士2年次の春には、博士課程への進学を決意していたので、修士論文の研究テーマとは別に、博士論文のテーマを設定する必要がありました。そこで、それまでに取り組んでいた、溶接部で生じる相変態を考慮した数値シミュレーション手法を、溶接変形の解析へと展開することを目指しました。近年になって、構造用鋼材の分野では溶接によって生じる相変態を積極的に利用することが提案されています。しかし、どのような相変態を生じさせればいいのか、相変態の効果を最大限に活用するためにはどのような溶接条件を設定すればいいのかといったことを、力学的な観点から検討した例はほとんどありませんでした。相変態を利用した新たな鋼材や溶接材料を用いて船舶や橋梁といった構造物を製作するためには、これらの点を明らかにしておく必要があります。ここに数値シミュレーションを持ち込むことによって、必要な材料特性や溶接条件を提案することができると考えました。以上のような考えのもと、相変態と溶接変形の関係に注目して博士論文をまとめ学位を取得することができましたが、当初目指していた材料特性や溶接条件の提案については、必ずしも十分ではないと考えており、現在も継続して取り組んでいます。

3. 熱サイクルを受ける鉄鋼材料の力学的挙動のシミュレーションへの展開

溶接によって鋼材は、室温(約20℃)から融点(約1500℃)以上までの極めて広い範囲の温度履歴を受け、その結果、材料特性や微視組織が変化したり溶接変形や残留応力が発生したりといった、材料学的、力学的な現象が起こります。溶接中に起こった材料学的、力学的変化は、溶接部の特性に影響し、最終的には溶接構造物の性能を支配することになり

ます。これは、溶接関係の講義を受けるとかなり早い段階で教わることですが、今後私が進めていこうとしている研究においては、常に立ち返るべきところであると考えています。学位論文までの研究は、材料学的なキーワードとして「相変態」を、力学的なキーワードとして「強度・変形」を取り上げて進めてきたものということができます。ただし、これまでの研究では、力学に重点を置いて取り扱ってきたため、材料学的には必ずしも厳密ではなく、また、評価の対象としたものも、溶接継手の強度や変形といった比較的マクロな特性です。そこで今後は、材料組織や結晶粒といったマイクロレベルで生じる材料学的な現象を力学的に取り扱いたいと考えています。

実際の材料ではさまざまなマイクロ組織が存在し、これによって鋼材の性能が変化するのは先に述べた通りで、さらに、これが溶接等の熱サイクルを受けることで、マイクロ組織も変化します。従来の研究では、さまざまな熱サイクルを受けた材料が最終的にどのようなマイクロ組織を形成し、そのマイクロ組織によってどのような特性を示すかということは数多く研究されています。しかし、溶接等の熱サイクルを受ける過程をマイクロレベルでとらえたときに、どのような力学的挙動を示すのか、それがマイクロ組織によってどのように変化するか、ということは明らかではありません。これを明らかにすることで、ある材料が溶接等の熱サイクルを受け構造物として使用されるときに、どのような特性を示すようになるのかを予測することに役立ちます。現時点では、材料組織の差異によって生じるマイクロレベルの応力分布を明らかにし、ある鋼材の特性を説明することができるまでに至りました。次のステップは、必要な鋼材の特性を発現させるためには、どのような材料組織にすればよいかということを示すことだと考えています。ここまで到達して初めて、学位論文で課題として設定した材料特性や溶接条件の提案という目標ようやく一歩近づけるのではないかと思います。

4. おわりに

以上のように、研究室配属から修士課程、博士課程を経て、大学に研究者として在籍する現在も、溶接等の熱と相変態等の材料挙動とを考慮した鉄鋼材料の力学的現象を対象とした数値シミュレーションに取り組んでいます。シミュレーション手法を構

築することそのものを最終目標とは考えていません。私の研究においては、ある材料や溶接条件等の下での鋼材や溶接部の性能を予測すること、さらには、鋼材や溶接部がある性能を発現するための鉄鋼材料の組織や溶接条件を提案することを目標とし、そのためのツールとして数値シミュレーション手法を構

築し、活用していきたいと考えています。これは、研究室配属に始まる豊田先生の御指導の下で得た研究方針ですが、その達成にはほど遠い状態であり、今後、より一層の努力を続けていきたいと思っています。

