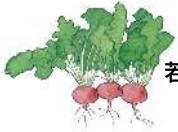


材料の不均質と構造部材の破壊性能



若 者

庄 司 博 人*

Materials Heterogeneity and Fracture Performance of
Structural Component

Key Words : Heterogeneous Microstructure, Strength Mis-match,
Damage Model, Hierarchical Approach

1. はじめに

私は、2017年2月にマテリアル生産科学専攻構造化デザイン講座構造化評価学領域の助教に着任し、大畑充教授の下で教育・研究活動に従事しております。研究テーマは、構造用鋼およびその溶接・接合部の破壊限界の予測のための破壊・損傷モデルの構築です。構造用鋼は巨視的には均質材と見なせますが、微視的には様々な組織形態を有する不均質材です。また、溶接部は母材、溶接熱影響部 (Heat Affected Zone, HAZ)、溶接金属からなり、巨視的にみても不均質になります。このような不均質が構造部材としての破壊性能に及ぼす影響を理解し、構造部材性能を向上させるための「不均質」の制御指導原理を導くことを目的としております。

この度、本誌「若者」に執筆する機会をいただきましたので、これまでの私の研究活動について紹介させていただきたいと思っております。

2. 研究活動の始まり (卒業論文研究)

私は小学生から中学1年生の頃まで兵庫県明石市に住んでおりました。1995年に兵庫県南部地震が発生した時は小学2年生でした。私が住んでいたところでは建物が倒壊するような大きな被害はありませんでしたが、ニュースで壊滅的な被害を受けている様子を見て、恐怖を感じたことは今でも覚えてお

ります。

構造物の破壊は、溶接・接合部から発生する場合があります。ということを大学の講義等で教わり、溶接部の破壊性能を適切に評価することの重要性を感じました。そこで、学部4年次ではこのような破壊性能評価に関する研究を行っている南研究室への配属を希望しました。当時の南研究室では、南二三吉教授 (現 接合科学研究所 接合構造化評価学分野 教授)、大畑充准教授 (現 構造化デザイン講座 構造化評価学領域 教授)、田川哲哉准教授 (現 JFE スチール (株))、高嶋康人 特任助教 (現 接合科学研究所 接合構造化評価学分野 助教) の4名の教員から御指導いただきました。卒業論文では、高嶋先生の下でレーザー溶接継手シャルピー靱性の簡易評価手法に関する研究に取り組みました。レーザー溶接は高エネルギー密度のレーザーを用いることで、溶接による熱影響や変形がアーク溶接に比べて小さいという利点があり、薄板だけでなく、厚板分野への適用が進められてきております。レーザー溶接継手は、溶接による硬化部が狭く、著しい強度的不均質を有するという特徴があります。そのため、溶接金属中央部に切欠きを設けてシャルピー試験を行うと、亀裂が母材側に逸れるFPD (Fracture Path Deviation) が生じることがあり、溶接金属の靱性を適切に評価することができないという課題があります。これに対し、試験片の側面にもサイドグループと呼ばれる切欠きを設けることで、亀裂を溶接金属内に進展させる手法が提案されております。しかし、標準試験片とサイドグループ付試験片の吸収エネルギーを単純に比較することはできません。そこで、両試験片の変形挙動に着目して、両試験片の吸収エネルギーの補正手法を提案することを目的として研究を行いました。

この卒業論文研究を通して、今まで不明だったことを明らかにするという事は、難しい部分も多い



* Hiroto SHOJI

1987年9月生まれ
大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻博士後期課程 (2016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 大畑研究室
助教 博士 (工学)
材料強度学, 破壊力学
TEL : 06-6879-7546
FAX : 06-6879-7546
E-mail : shoji@mapse.eng.osaka-u.ac.jp

ですが、それを達成することの面白さを感じ、将来は研究職に就きたいと考えるようになりました。

3. 大学院生時代の研究

研究職を目指すのであれば、博士の学位を取得するべきだろうと考え、大学院博士前期課程に進学するタイミングで、先生方に博士後期課程へ進学したいということをお伝えし、快く受け入れてくださいました。

大学院からは、大畑先生の下で二相鋼の延性破壊限界に及ぼす組織形態の影響予測モデルの構築に関する研究に取り組みました。二相鋼とは、軟質で高延性のフェライト相に、低延性ながら高強度の第二相（パーライト相、ベイナイト相、マルテンサイト相など）を組み合わせた鋼材であり、これらの組み合わせ方により様々な特性をもたせることができるという特徴があります。しかし、微視的な組織特性が、鋼材としてのマクロ特性（特に破壊限界）とどう関連しているかは定量的に明らかではなく、鋼材特性向上のための組織制御指導原理は構築されていないのが現状となっております。このような課題に対し、修士論文研究では、二相組織形態と各相の特性から、二相鋼の延性破壊挙動を予測するための破壊モデルの構築を行いました。そのために、二相組織形態を再現する「三次元二相組織形態モデル」に、延性損傷の発展とそれに伴う材料剛性の低下を再現する「延性損傷数理モデル」(ダメージメカニクス)を組み合わせたシミュレーション手法を構築いたしました。本研究では二相鋼を対象としていたため、用いた引張試験片の平行部が0.2 mm × 0.2 mm × 1 mmと非常に小さいものでした。研究室紹介などの印象では、大型の構造部材を対象としていると思っていたため、このような小さな試験片を用いるというのは意外でした。また、実験とシミュレーションを並行して行ったため、時間を有効に活用する必要があり、苦勞した部分の一つです。シミュレーション結果が実験・観察結果をうまく再現できたときは、大きな達成感を感じたことをよく覚えています。また、博士前期課程では、卒業論文の内容も含めると、国内の学会発表を3回も経験させていただきました。

博士後期課程では、微視的組織特性と鋼材のマクロ特性との関連だけでなく、構造部材性能としての延性亀裂進展抵抗とも関連づける手法の構築を目指

して研究を行いました。微視的組織特性と鋼材マクロ特性を関連づける「メゾスケールアプローチ」と、鋼材マクロ特性と構造部材性能を関連づける「マクロスケールアプローチ」からなる階層的アプローチの構築を行いました。博士後期課程では、国内の学会発表だけでなく、国際学会での発表も2回経験させていただきました。まだ英語が拙く、うまく質問に答えることができずに悔しい思いをしましたが、貴重な経験でした。博士論文では、階層的アプローチの構築を行い、妥当性もある程度検証できましたが、まだまだ課題が残されています。また、最終的には、構造部材性能向上に対して有効な組織制御指導原理や、要求される構造部材性能を満足するために組織をどう制御すべきか、というところを提示できるようにしたいと考えており、継続して研究を進めているところです。

4. 今後の研究

2015年9月から、戦略的イノベーション創造プログラムの特任研究員として、溶接部性能保証のためのシミュレーション技術の開発に関する研究を行いました。本拠点では、①溶接熱源のモデル化とそれによる溶融池形成予測技術の開発、②凝固・組織変化を伴う溶接部の特性予測技術の開発、③溶接継手の性能予測技術の開発、という3つの個別テーマからなり、溶接プロセス、溶接部組織、溶接部性能を総合的に予測することを目指しています。私は個別テーマ③に関する研究に従事しており、溶接部の各領域（母材、熱影響部、溶接金属）の特性評価法の開発と、それに基づく溶接継手の破壊性能の予測に関する研究を行っております。2017年2月にマテリアル生産科学専攻の助教に着任してからも継続して進めております。

今後は、微視的・巨視的な不均質（組織レベルから溶接・接合部まで）の制御による構造部材の破壊性能向上を目的とした研究を行っていきたいと考えております。また、これまでは延性破壊を主な研究対象としておりましたが、より幅広く様々な破壊現象を対象にしていければと思います。そのためには、まず何よりも破壊現象を理解することが重要と考えます。実験・観察により破壊プロセスを明らかにした上で、損傷・破壊のモデリングを行い、破壊挙動や破壊限界を予測する手法を構築したいと思います。

また、材料特性と破壊限界の関係を明らかにするためには、破壊モデルに含まれるパラメータを、破壊を支配する材料特性のみから陽に決定できるようにすることが大きなポイントになると考えています。これは、大畑先生の御指導いただいたことでもあります。まだまだ研究者としてのキャリアは始まったばかりなので（とはいえ数十年しかないので時間を有効に活用しつつ）、様々な可能性を視野に入れて、挑戦していきたいと思えます。

5. おわりに

本原稿の執筆の機会をいただきました、大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻 才田一幸教授、ならびに生産技術振興協会の皆様に深く御礼申し上げます。また、これまでの研究生活で御指導いただきました、南二三吉先生、大畑充先生、高嶋康人先生に厚く御礼申し上げます。

