



Title	相変態を考慮した高分子系パイプの融着シミュレーションに関する研究
Author(s)	藤原, 誠
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42343">https://hdl.handle.net/11094/42343</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href=" <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> ">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	藤原	ふじはら まこと
博士の専攻分野の名称	博士(工学)	
学位記番号	第15615号	
学位授与年月日	平成12年5月24日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科生産科学専攻	
学位論文名	相変態を考慮した高分子系パイプの融着シミュレーションに関する研究	
論文審査委員	(主査) 教授 座古 勝	
	(副査) 教授 豊田 政男 教授 荒井 栄司 助教授 南 二三吉	

### 論文内容の要旨

本論文は、プラスチックパイプの融着接合時の温度および接合面圧力変化の把握ならびに接合後の強度評価のための解析手法の提案を目的としたものであり、全5章で構成されている。

第1章は緒言であり、本研究の背景及び研究目的について記述している。

第2章では、プラスチック材料、特に熱可塑性樹脂の相変態について記述している。結晶性樹脂と非晶性樹脂の特徴を挙げ、各々の巨視的な物性値の変化を記述している。そして、この様な相変態を伴う工程のシミュレーションを行うため、温度-組織-応力場間の連成効果を考慮したプラスチック材料の融着接合工程の解析手法を提案している。

第3章では、第2章で提案した解析手法に基づき、解析システムを開発し、そのシステムについて記述している。まず、システム全体の処理の流れを示し、その後、非定常熱伝導解析および熱・変態応力解析における有限要素法の定式化を記述している。また、接合時に生じる弾性体間の接触現象に起因する拘束条件をラグランジュ未定乗数法により導入している。この際、接触物体のモデルの節点同士がずれる可能性を考慮し、その場合も解析可能とする手法を導入している。

第4章では、解析例として、ポリエチレン製パイプの電気融着接合解析を行っている。接合工程は、カプラー加熱とその材料の熱および変態膨張により、パイプとの接触・接合を行う加熱過程と室温までの冷却過程に分けている。加熱過程の解析結果として、温度と相分布の時間変化と接合面での温度および圧力変化を示している。冷却過程の解析結果として、接合面での温度および応力の時刻変化を示し、残留応力生成メカニズムを明らかにしている。接合後の強度評価として、接合後の継手に対する圧縮はくり解析を行っている。解析の結果、接合時に生じる残留応力により、カプラーとパイプの接合面端部の応力集中だけではなく、カプラー内部の接合界面や材料界面に高い応力が発生することを確認している。また、カプラーの内側と外側の温度差により端部径が拡大する鼓型変形のため、カプラーの端部がパイプと接合しない状態となることを確認している。これを防ぐため、カプラーに縮径する形状回復効果を与える必要があり、シミュレーションの結果、4.5%の縮径が妥当であることを確認している。

第5章では、以上で得られた知見を総括し、本論文の結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

プラスチックパイプ継手部の強度は接合部の温度および加圧力に大きく依存する。したがって、各種カプラーによる接合界面の温度および圧力を把握することができれば、その強度予測が可能となる。しかし、実験的に接合部の温度および圧力を把握することは非常に困難であることから、本研究では解析的にそれらを得ることを目的している。さらに、接合完了までの一連の解析時間の短縮化を図り、設計者の意図する最適なカプラー強度設計に適用でき、工業的に有用であると考える。

本研究では、特に材料の相変態や変形する物体間の接触を考慮した解析手法を構築したものであり、その成果の要約は次の通りである。

- (1) プラスチックパイプ継手の融着接合では、時間の経過とともに材料の相変態と変態膨張によるカプラーとパイプの接触現象を伴う。したがって、この過程の解析には、相変態および物体間の接触挙動を考慮する必要がある。そこで、温度-組織-応力場間の連成に基づき、有限要素法に適用すべく定式化を行っている。また、有限要素モデルの節点同士がずれた接触状態をも考慮した拘束条件をラグランジュ未定乗数法により実現している。
- (2) カプラーの接合状況の改善方法として、カプラーの構成材料の1つであるペンタムに形状回復効果を与え、接合時の温度になったときにカプラーが縮径変形を生じさせることを提案している。その形状回復変形の数値解析の導入を初期ひずみを構成側に与えることにより実現している。形状回復効果を考慮した解析を行い、熱変形により、カプラー端部が開口せずに完全な接合をするには形状回復ひずみが-4.5%程度必要であることなど、設計に有用な情報を得ている。
- (3) 電気融着接合過程の温度および圧力の時間変化の解析結果から、温度変化は相に依存し、圧力変化は相変態に大きく依存していることを確認している。また、変態膨張による接合面圧力増加は、熱膨張によるそれよりも大きいことなど工学的に有意義な点を見いだしている。また、そのことから融着接合過程の圧力の把握には変態膨張を考慮する必要性があることを示している。
- (4) 接合後の強度評価を行うため、圧縮ピール解析を実施し、融着接合時に発生する残留応力の強度に及ぼす影響を明らかにし、本システムが接合後の強度評価に有効であることを示している。

以上のように、本論文では、高分子系パイプの継手接合過程における相変態と物体間の接触問題を考慮した解析手法を提案している。そして、実験的に測定困難である接合時の温度および圧力変化を解析により求め、それを基に接合強度予測手法を展開している。また、冷却過程の解析から接合後の残留応力発生メカニズムを明らかにし、接合後の継手部に対する残留応力を考慮した継手強度評価解析を行い、提案手法の工業的有効性を示している。従来、実験的な設計を行っていた高分子系パイプ継手に対し、解析的設計手法を提案したものであり、生産科学分野に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。