

Title	角鋼管のエクストロールフォーミングに関する研究
Author(s)	長町, 拓夫
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3129195">https://doi.org/10.11501/3129195</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏 名	なが 長	まち 町	たく 拓	お 夫
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)			
学 位 記 番 号	第 1 2 8 0 2 号			
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 1 月 27 日			
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当			
学 位 論 文 名	角鋼管のエクストロールフォーミングに関する研究			
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 小坂田宏造 (副査) 教 授 小倉 敬二 教 授 平尾 雅彦 教 授 齋藤 好弘 助教授 森 謙一郎			

## 論 文 内 容 の 要 旨

角管および異形管は、土木、建築および機械などの構造用部材として広く使用されている。特に近年、中・大型角鋼管は、従来のH型鋼に比較して強度・経済性および施工性の面に優れていることから、低・中層建築から高層建築の柱材として多く利用されている。また各種構造物に用いられる角管および異形管は、強度メンバーとしての役割だけでなく、装飾用の部材として美観上・意匠上の機能も要求されている。

円管素管（溶接丸鋼管）から正方形および長方形角鋼管に再成形する方法の一つであるエクストロールフォーミング方式は、油圧シリンダのラムにより円管素管をタンデムに配置された数組の無駆動穴型成形ロール群に押し込み、辺部の曲げ戻し加工およびコーナー部の曲げ加工を施す方式である。この方式は円管素管の送り力が強いことから、大形・厚肉角管の製造に適し、また多品種少量生産の観点からも汎用性の高い再成形方式である。しかし成形中の素管の変形過程はかなり複雑なため、コーナー部における偏肉挙動、内表面の曲率半径の形成機構および割れなどの問題は必ずしも十分に解明されてはいない。特に絞り成形と同時に辺部の曲げ戻しおよびコーナー部の曲げ成形が行われる素管の変形挙動には、不明な点が多い。

そこで本研究ではこれらの問題点を踏まえ、まずエクストロールフォーミングにより正方形および長方形角鋼管を再成形する系統的な一連の成形実験を行った。その結果により、これまで不明な点が多かった成形条件（円管素管の機械的性質、肉厚、成形ロールの成形率および角管の縦横比（幅／高さ））と製品の断面形状（コーナー部の増肉率、内・外面の曲率半径および辺部の平面度）との関係を、駆動成形ロールを用いる通常のロールフォーミング方式の場合と比較しつつ明確にした。

また円管素管の押し込み荷重および成形ロールに作用する成形荷重と成形条件との関係を実験的に明らかにするとともに、両荷重を評価する実用的な実験式を提示した。

さらにこれまで不明だった再成形中の素管のコーナー部の増肉挙動について、正方形角鋼管のエクストロールフォーミングプロセスの剛塑性有限要素シミュレーションを行い、円管素管の機械的性質とコーナー部の増肉率との関係を明確にするとともに成形中の素管のコーナー部のひずみおよび応力状態を明確にした。

以上の基礎研究を踏まえ、コーナー部における肉厚の増加を極力抑制し、施工性および裝飾性に優れた辺部の領域が大きくシャープなコーナー部を有する角管を得るための方策として、製品のコーナー部に相当する円管素管の円周部分（4箇所）をポンチにより同時に拡張するエキスパンド方式の予成形工程の導入を提案した。そしてこれが製品のコーナー部のシャープ化および辺部の平面度の改善に有効であることを実験的ならびに解析的に確認するとともに、予成形条件（ポンチ先端半径，拡張量）と製品の断面形状との関係を明確にした。

## 論文審査の結果の要旨

角管は土木，建築，機械などの構造用部材として広く使用されている。特に近年大型角鋼管は，従来のH型鋼に比較して強度・経済性にすぐれているため，建築用部材として多く使用されるようになってきた。エクストロールフォーミング法は，円管を油圧ラムによって孔型ロールに押し込んで角管に成形する方法である。この方法では，コーナー部での変形がきびしく，板厚の増加，割れなどが問題になる。本論文は，角鋼管のエクストロールフォーミング法におけるこれらの問題点についての基礎研究と新加工法についての研究成果をまとめたものである。

まず，2章では製品精度に影響を及ぼすコーナー部の挙動を解明するために，角鋼管のエクストロールフォーミングの成形実験を行い，機械的特性，肉厚，圧下率などの成形条件と製品の断面形状の関係を明らかにしている。コーナー部の相対平均高さおよび相対外・内曲率半径は圧下率と製品断面の縦横比の増加とともに，また管材の $n$ 値の減少とともにそれぞれ小さくなり，増肉率は反対の傾向を示すことを明らかにしている。

次に，3章では剛塑性有限要素法によってエクストロールフォーミングにおける変形状態のシミュレーションを行い，コーナー部の変形挙動に関して検討を行っている。素管コーナー部の増肉率分布およびその推移と肩部の形成過程の関係を明らかにしている。

さらに，4章ではエクストロールフォーミングの素管の押し込み荷重およびロールの成形荷重の特性を実験的に明らかにし，実験式を求めている。押し込み荷重では円管の断面寸法，降伏応力，圧下率の影響を考慮した実験式を，成形荷重では各成形ロールに作用する押し込み荷重の影響を考慮した実験式をそれぞれ得ている。

5章では鋼管の断面形状を改善するために，エクストロールフォーミングを行う前に円管を予成形する方法を提案している。製品のコーナー部に相当する部分をテーパ付きマンドレルの押し込みによって拡張し，それにエクストロールフォーミングを行うことによってコーナー部の増肉を抑制している。また，剛塑性有限要素法によって予成形プロセスのひずみ履歴を計算し，増肉低減効果に検討を加えている。

以上の成果は，エクストロールフォーミングの実用化に関して有益な新しい知見を与えるものであり，その手法はより広い工学的応用が可能であると考えられ，生産加工技術の進歩に貢献するところ大であり，博士（工学）論文として価値あるものと認める。