

Title	製作工程を考慮した円形鋼管部材の強度評価に関する研究
Author(s)	竹内, 修治
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43058">https://hdl.handle.net/11094/43058</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="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏 名	竹 内 修 治
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 9 0 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 11 年 7 月 26 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	製作工程を考慮した円形鋼管部材の強度評価に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 西村 宣男 (副査) 教 授 堀川 浩甫 教 授 松井 繁之

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、厚板より製作される製作円形鋼管および代表的な製造鋼管である電縫鋼管を対象として、その製作・製造工程において避けることのできない降伏応力の変化や残留応力等の材料学的初期不整と、継手部の目違い、角折れや部材の初期曲がり等の幾何学的初期不整が、鋼管部材の極限強度に及ぼす影響を明らかにしている。また、製作鋼管に関して、これら初期不整が破壊靱性に及ぼす感受性について検討している。さらに、維持管理の観点から、電縫鋼管の腐食や孔食を取りあげ、残存耐荷力を明らかにしている。この結果、円形鋼管部材の設計・施工及び維持管理のより一層の合理化を図ることができ、かつ品質保証に関する基礎データを提供することができることを明らかにしている。本論文は以下の7章より構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、意義、目的ならびに論文構成を述べている。

第2章では、製作鋼管に関して、塑性曲げ加工により生ずる降伏応力の変化や残留応力などの材料学的初期不整を径厚比および鋼材の機械的性質から評価する式を作成し、実験値と比較し、評価式の妥当性を確認している。また、この材料学的初期不整を考慮して鋼管部材の軸圧縮座屈解析を行い、その極限強度特性を明らかにしている。

第3章では、電縫鋼管に関して、製造工程において生ずる降伏応力の変化と残留応力分布を鋼管の寸法、製造ラインの構造寸法、加工前の鋼素材の材料定数を用いて解析的に評価して、加工法の違いによって生ずる電縫鋼管の機械的性質の差異を明らかにしている。製作鋼管と同様に、降伏応力の変化および残留応力を考慮した軸圧縮座屈解析を行い、その極限強度特性を明らかにしている。さらに、解析法の妥当性を実験との比較により明らかにするとともに、合理的な柱強度曲線を提示している。

第4章では、製作鋼管における幾何学的初期不整として、円周継手部の目違い・へこみ、縦継手部の目違いと角折れ、軸方向の初期曲がりを取り上げ、極限強度に及ぼす影響を明らかにしている。橋脚においては、圧縮曲げ比、径厚比、アスペクト比をパラメータとして、水圧鉄管においては、径厚比をパラメータとして強度に及ぼす影響度を明らかにしている。

第5章では、製作鋼管、特に高張力鋼において品質レベルの観点から、溶接部のき裂寸法の破壊靱性に対する感受

性を明らかにしている。また、構造物に生ずる応力や溶接残留応力そして継手形状の不連続等の破壊靱性に対する感受性についても明らかにしている。

第6章では、電縫鋼管において腐食による減厚や孔食が生じた部材を対象として、実際の断面欠損状態を模した単一孔、複数孔および減厚と開孔との組み合わせ等、人工的に断面欠損を与えた模擬材を設定し、これらの模擬材の座屈実験および弾塑性有限変位プログラムを用いたパラメータ解析によって、維持管理に必要な残存強度評価の基礎資料となる圧縮強度特性を明らかにしている。

第7章は結論であり、本研究で得られた成果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

円形鋼管部材は、一様な内外圧や軸圧縮を受ける場合に、断面が効率的な形状であることから、多くの工学分野で使用されている。建設分野で用いられる構造用鋼管の多くは、冷間塑性加工により製作・製造されるので、その工程で受ける塑性履歴により降伏応力で代表される機械的性質や残留応力が、一般の鋼板を溶接で組立てられる部材や熱間圧延部材とは異なること、また製作・製造法の相違により機械的性質のばらつきが大きいことが推測されている。このような材料学的初期不整の実態を把握すると共に、これらが鋼管部材の極限強度や破壊靱性に与える影響を明らかにすることが、製品の品質保証の観点から望まれている。

本研究は、ベンディングロール法による曲げ加工とアーク溶接により製作される円形製作鋼管と代表的な製造管である電縫鋼管を対象として、鋼材の繰り返し塑性履歴を考慮した弾塑性有限変位解析プログラムを用いた数値シミュレーションと各種の実験を行い、円形鋼管の品質保証のための基礎データを提供している。

本研究で得られた知見を要約すると、以下の通りである。

(1)ベンディングロール法により板曲げ加工された鋼管の降伏応力の断面平均上昇量および残留応力に関するパラメータは径厚比と鋼種であり、これらの材料学的初期不整を考慮すると鋼管部材の軸圧縮強度は、径厚比に応じてECCSの複数柱曲線のa、b、cに割りつけられることを明らかにしている。

(2)電縫鋼管の製造工程における塑性履歴による降伏応力度の変化は、工程の最終段階におけるサイジングの絞りの影響が重要であることを明らかにするとともに、素材の機械的性質、径厚比、製造機械の寸法をパラメータとして、降伏応力の上昇量と残留応力を求める方法を提示している。さらに、これらの材料学的初期不整を考慮した軸圧縮強度式を与えている。

(3)製作工程において生ずる各種の幾何学的初期不整の中で、軸圧縮力と曲げを受ける鋼管橋脚の極限強度に対しては円周継手のへこみの影響が、内圧を受ける水圧鉄管の降伏開始強度に対しては縦継手の角折れと目違いの影響が大きいことを明らかにし、品質管理上の製作公差との関連を明らかにしている。

(4)構造材としての橋脚や水圧鉄管を対象として、溶接部に生ずる可能性のある溶接欠陥や目違い・角折れ等が破壊靱性に及ぼす感受性について検討を行い、破壊靱性の低下に重大な影響を及ぼさないこれらの欠陥や初期不整の最大寸法を明らかにしている。

(5)腐食による減厚や開孔を生じた電縫鋼管部材の残存耐荷力について腐食模擬材に関する実験と数多くの数値シミュレーションを実施し、複数孔を有する場合や減厚と開孔が複合した場合についても、等価な単一孔に換算して残存強度を推定するための簡便な評価方法を提案している。

以上のように、本論文は構造用鋼管の製作・製造工程における降伏応力の変化、残留応力などの材料学的初期不整と各種の幾何学的初期不整が極限強度並びに破壊靱性に与える影響度を明らかにするとともに、鋼管の品質保証に関する有用なデータを提示しており、構造工学、特に鋼構造学の発展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。