

審査の結果の要旨

氏名 福田 直樹

本研究はコールドベンドの大変形曲げ特性の評価手法を確立することを目的として、コールドベンド加工プロセスから大変形曲げプロセスまでを系統立てて検討したものである。ガスパイプラインの構成部材であるコールドベンドは冷間塑性加工により製造されるため、コールドベンドの加工部はバウシinger効果、加工硬化の影響により母材部と異なる材料特性を有する。このことから、コールドベンド加工に伴う加工部の材料特性の変化は変形性能に影響を及ぼす可能性がある。しかし既往の研究では、コールドベンド加工部の材料特性に着目した検討は行われてこなかった。コールドベンドの変形性能については実験結果の報告例がいくつかあるものの、変形挙動の考察まで踏み込んだ検討はこれまでに行われていない。そこで本論文では、最初にコールドベンド加工時の挙動を明らかにすることにより、冷間加工による加工部の材料特性の変化を定量的に評価し、これをもとにコールドベンドの大変形解析モデルを提案し、実験結果を通じて大変形曲げ特性評価への適用可能性を検証した。

第1章「序論」では、既往の研究を総括し、本研究の背景と目的を記した。

第2章「コールドベンド加工プロセスにおける変形挙動の解明」において、2種類のパイプライン用鋼管を用いてコールドベンド加工実験を実施し、残留ひずみ分布を測定した。さらに、バンダーマシンと供試管の接触変形を考慮した数値解析モデルを実験結果により検証し、コールドベンド加工後の残留ひずみ分布を評価できることを示した。

第3章「コールドベンド加工部の材料特性評価法」において、2種類のコールドベンドを対象として、コールドベンド加工部の材料特性を定量的に評価した。さらに、予ひずみを付与した小型試験片（予ひずみ試験片）を用いた評価試験方法の適用可能性を検討し、コールドベンド加工部の材料特性は予ひずみ試験片により評価することが可能であることを確認した。

第4章「コールドベンドの大変形解析モデルの構築」において、コールドベンド加工部の材料特性およびコールドベンド加工後の幾何形状について検討し、コールドベンドの大変形曲げ特性を評価する数値解析モデルを提案した。コールドベンド加工部の材料特性として、ひずみ履歴と材料特性の関係に基づき内曲げモードでは加工硬化、外曲げモードではバウシinger効果を考慮した。幾何形状については曲率半径が一定の曲管としてモデル化した。

第5章「コールドベンドの大変形曲げプロセスにおける変形挙動の解明」において、同

一ロットの 2 本のコールドベンドを供試管として、内曲げおよび外曲げの大変形実験を実施した。さらに、第 4 章で提案したコールドベンドの大変形解析モデルの妥当性を実験結果により検証し、局所的な座屈挙動を含めて、コールドベンドの大変形挙動を定量的に評価できることを示した。また、解析モデルを用いてコールドベンド加工部の材料特性が変形性能に与える影響について考察した。

第 6 章「コールドベンド加工部の材料特性が変形性能に及ぼす影響の評価」において、第 5 章で確立したコールドベンドの大変形曲げ特性の評価モデルを用いて、母材部と加工部の材料特性の組み合わせについてパラメータスタディを行い、加工部の材料特性がコールドベンドの変形性能に及ぼす影響を考察した。また、コールドベンドの加工間隔が変形性能に及ぼす影響について検討し、加工間隔や曲げ角度などの加工条件を変えることにより、内曲げモードについては変形性能の向上が図れる可能性を示した。

第 7 章「結 論」において、本論文の各章で得られた結論を総括するとともに、本論文の成果による今後の展望について述べた。

以上のように、本論文においてコールドベンドの大変形曲げ特性の評価手法を確立し、コールドベンドの大変形曲げ挙動を解明し、コールドベンドの構造物としての安全・信頼性を定量的に評価することを可能にした意義は大きい。さらに、本評価手法はコールドベンドの安全・信頼性を確保しつつ建設コストを削減するための検討に活用することができることから、ガスパイプラインの輸送効率のさらなる向上への波及効果は極めて大きいものがある。これらの点において工学的意義が認められ、よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。