

創形創質工学部会「鋼管の成形性評価試験に関する研究会」活動概要

Activity Report on The Research Project of Steel Tube Formability Tests

三原 豊

Yutaka Mihara

香川大学 工学部
教授

吉田佳典

Yoshinori Yoshida

名古屋大学 大学院工学研究科
助教

1 はじめに

本解説は、平成15年度から平成18年度までの4年間に設置された研究会「鋼管の成形性評価試験に関する研究会」(以下、本研究会と呼ぶ)について、その概要と得られた成果について解説する。

1.1 研究会の目的

ハイドロフォームを中心とした鋼管の二次加工は、近年、自動車の軽量化に対応できる加工技術として急速にその地位を確保しつつある。しかし、鋼管はこれまで加工用素材として使用されることが少なかったことから、鋼管の加工特性を適切に評価する試験方法がないのが現状である。鋼管を加工用素材として飛躍的に普及させるためには、鋼管の評価試験法の共有化とともに、二次加工性と材料特性値との関連を明らかにすることが不可欠である。しかし、鋼管メーカーが出荷試験として実施しているJISのへん平・押し広げ試験は、多大の時間と費用を費やしているが、必ずしも二次加工性を評価してはならず、溶接部の欠陥検出等、鋼管の健全性評価として利用されているに過ぎない。また、その試験・評価法自体、試験条件、鋼管の表面性状等の規定が不明確であり、試験結果の普遍性の保証が困難である。そこで、材料評価試験の支配因子(材料物性値(n 値、 r 値等)、試験条件(潤滑・拘束条件・速度等))をFEMとシミュレーションの活用により理論体系化するとともに、鋼管の成形性評価に活用できる試験方法を提案することを目的として設立された。

1.2 活動概要

本研究会は学会部門創形創質工学部会管工学フォーラムおよび生産技術部門鋼管部会との産学共同企画であり、研究期間は平成15年度から平成18年度までの4年間、研究費総額は1,300万円であった。管工学フォーラム座長である三原豊

(香川大学)が主査となり、最終的には本フォーラムから6名、鋼管部会から4名、大学側委員5名の合計15名が参加した。鋼管部会からは外径38.1 mmを基本条件とし、製造条件(ロール成形材、ロール成形・焼準材、冷牽・焼準材)、鋼種(STKM11A, STKM12B, STKM13A, SUS430, SUS304, 高R値管)および肉厚($t=1.2\sim 1.8$ mm)の異なる11種類の電縫鋼管サンプルの提供があり、これを用いて研究が行われた。

研究期間においては8回の研究集会および見学会を行い、研究会活動の中間報告の意味合いも含め平成16年度第148回秋季講演大会において予告セッション「鋼管の成形性評価技術の現状と課題」、平成17年度第149回春季講演大会において討論会「鋼管の不均一性とその加工技術」、平成17年度第150回秋季講演大会において討論会「鋼管の成形性評価技術の最新動向」を行い、平成18年第152回秋季講演大会においては本研究会の最終報告会の位置づけであるシンポジウム「鋼管二次加工評価シンポジウム—鋼管の成形性評価試験に関する研究会最終報告—」が行われた¹⁾。

2 研究内容

2.1 口広げ試験における鋼管の変形挙動と成形性評価

(首都大学東京 真鍋健一、名古屋大学 吉田佳典)

2.1.1 研究目的

JISに規定されている口広げ試験(JISでは「押し広げ」と規定)に注目し、その口広げ試験における鋼管の変形挙動ならびに変形限界に影響を及ぼす因子を明らかにし、口広げ試験を管材の二次成形性評価試験法として提案することを最終目標に、その指針を得ることを目的としている。まず、10種類の鋼管に関して口縁部に生じる割れの発生する口広がり限界を実験的に調査し、製造条件による相違点について考察した。次に、成形性評価試験法として、重要な潤滑条件と試験工具半角の影響を実験とFEM解析の両面から検討した。

FEM解析では、大矢根の延性破壊条件式²⁾を用いて口広がり変形限界を予測し、摩擦係数の影響を予測した。あわせて、引張試験で得られる材料特性ならびに各種バルジ試験結果との関係について考察した。

2.1.2 研究内容

図1に示す口広げ試験用の拘束ガイドを用いた負荷試験機によってJISに準拠して押し広げ試験を行った。被加工材である鋼管の製造条件は、①ロール成形材、②ロール成形・焼準材および③冷牽・焼準材である。押し込み工具角 θ は 30° 、 60° および 90° の3条件、潤滑条件は①スプレータイプのフッ素潤滑剤、②切削油および③無潤滑の3条件とし、管端部において破断が生じるまで試験を行い、限界拡管率ならびに限界円周ひずみを測定した。

限界拡管率に及ぼす押し込み工具角 θ の影響について、鋼管の製造条件に関わらず押し込み工具角 θ が大きいほど限界拡管率は増加する。これはひずみ勾配によるもので本供試鋼管においてもその影響があることが確認された³⁾。管端部の破断形態は①溶接線に沿った割れ、②HAZ部での割れ、および③管端部の複数の場所から斜めに2本のくびれの線が発生・進展の後にくびれ発生部から割れに至る三つの形態である。これらは製造条件に強く依存しており、それぞれロール成形・焼準材、ロール成形材および冷牽・焼準材で見受けられた(図2)。また限界拡管率は、一部のロール成形・焼準材を除いて、肉厚直径比の増加に伴って大きくなることがわかった。

口広げのFEM解析を行い、大矢根の延性破壊条件式における破壊パラメータの決定に成功した。さらに引張試験から得られた軸方向全伸びが大きくなるほど変形限界が下がり、円周方向 r 値が大きくなるほど円周方向限界ひずみは増加する傾向が確認された。円周方向の延性の評価には、工具-素材間の潤滑は良好にし、また押し込み工具角度は $30\sim 60^\circ$ の範囲の中で小さい角度を選定するほうが好ましいことが示された。

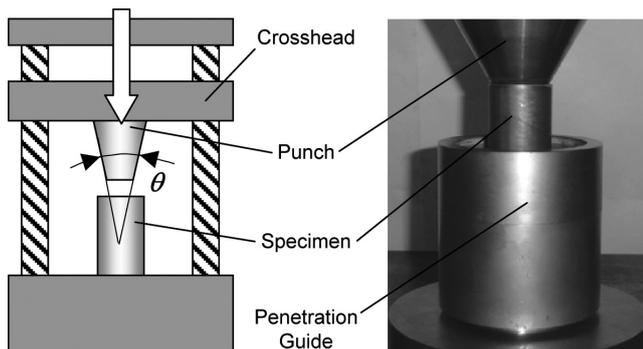


図1 口広げ試験の概念図ならびに工具概観

2.2 画像解析を用いた管引張試験による破壊特性の評価 (名古屋大学 吉田佳典、首都大学東京 真鍋健一)

2.2.1 研究目的

これまでに延性破壊の原因となる空孔生成および空孔成長は、応力状態、特に応力三軸度に強く影響を受けることが知られており、管引張試験に画像解析を導入することによる簡便な実験によって応力状態と破断ひずみの関係を調査した。また鋼管表面に円周方向の格子を描き、引張試験中にその変形を画像解析によって追跡することにより、円周方向のひずみ分布特性等について報告した。さらに鋼管円周方向の破断ひずみ分布、ひずみ履歴変化に及ぼす心金間距離の影響について調査した。

2.2.2 研究内容

管の破壊特性および機械的特性評価のために、画像解析を用いた管材引張試験装置を開発した。試験にはSUS304電縫管を供しJIS11号引張試験片を基礎とし、両端のチャッキングには心金を用いることとした。試験片全長は初期心金間隔 h_0 が初期直径 D_0 の0.5~10.0倍となるように変化させた。引張試験においてCCDカメラによって試験片形状を撮影し、画像解析を施すことによって、直径 D 、くびれ曲率半径 R および引張荷重 P を時々刻々と計測した。また破断時のひずみを測定するために管側面に格子を描き、最終破断時の相当ひずみを算定した(図3)。引張試験中の管壁内応力状態変化は管引張試験の有限要素解析結果を用い、積分型延性破壊条件式の一つであるAyada⁴⁾の式およびCockcroft & Latham⁵⁾の式における限界ダメージ値が得られた。またこれらの値は初期心金間距離つまり応力負荷履歴に依存して変化することが示された。破断相当ひずみの値は円周方向に分布し、またその値は初期心金間距離が小さくなるほど低下した。また、一軸引張に近い状態ではシーム部から破壊し、多軸状態に近づくほどその影響は小さくなる傾向が確認された(図4)。

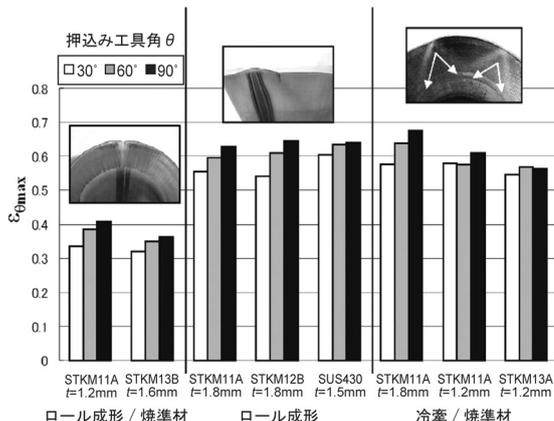


図2 限界円周ひずみに及ぼす工具角 θ の影響と破壊形態

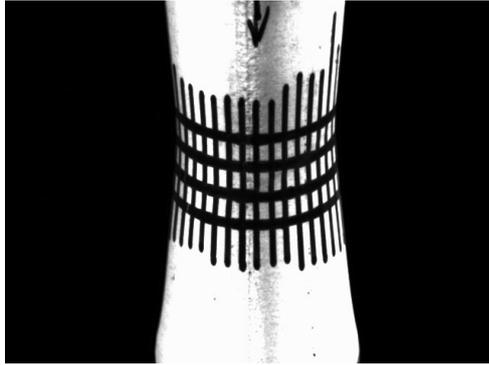


図3 画像解析を用いた丸管引張試験の様子

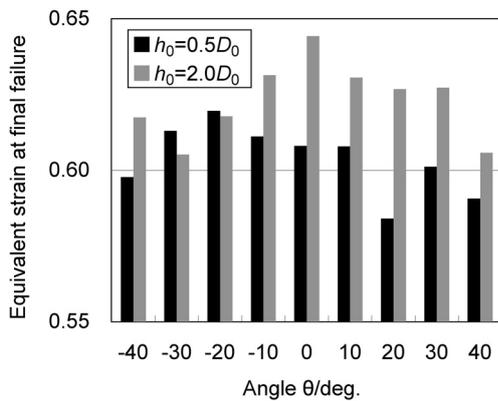


図4 SUS電線管における破断ひずみの周方向分布

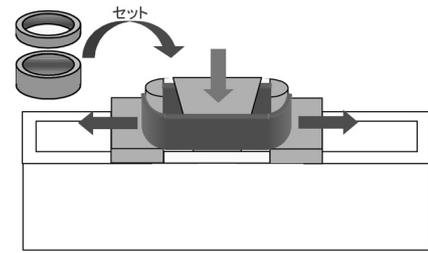


図5 扁平予加工が不要なリング引張試験片の概念図

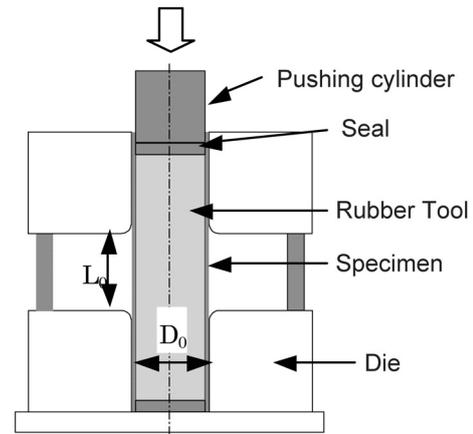


図6 ゴムバルジ試験の概略図

2.3 リング引張試験・ゴムバルジ試験による鋼管加工性の評価 (香川大学 三原豊、吉村英徳)

2.3.1 研究目的

チューブフォーミングには、部品の一体化を可能とし軽量かつ高機能な中空部材を低コストで製造できることにメリットがあるが、長軸方向に任意な複雑断面形状を付与するため成形管に曲げ・拡管などの複雑な変形を伴う。管材の加工では割れやしわなどさまざまな欠陥が発生するが、加工の工程や条件の最適化を行うには、降伏応力や加工硬化指数、材料異方性、割れ限界などの管の二次加工性を十分検討する必要がある。しかし、現在行われている方法としては管の二次加工性を評価するためには試験片を切出して展開した後、引張試験を行うなど手間がかかる。そこで本研究では、鋼管を横断面で切断するだけで容易に加工性を評価するための試験方法として、リング引張試験の可能性を検討する。また、油圧ポンプなどを必要とせず、万能試験機で容易に測定できる方法としてゴムバルジ試験についても検討する。

2.3.2 リング引張試験

まず研究に先立ち、管から周方向に短冊状試験片を切り出すことによる展開引張試験を実施し、鋼管周方向の n 値、 r 値、引張強さおよび破断伸びを計測した。次に、鋼管を横断面でリング状に切断しそれに2本のピンによって半径方向に引張るリング引張試験を行うことによって同様に材料パラメータを測定したところ、展開引張試験と同等の結果を得た。

リング幅 $w = 12.5$ および 25 mmで実験を行ったところ、破断位置は前者ではピンの極めて近傍で、後者ではリング引張方向における中央付近であり、これはリングとピンの接触面における摩擦の影響である。また破断伸びはリング幅が大きい場合に大きくなる傾向を確認した。また、リング引張のFEM解析を行い実験結果と比較することによって、大矢根の延性破壊条件式における材料パラメータを測定することができた。さらにリング材の予変形が不要なリング引張試験治具(図5)を開発し、その妥当性を確認した。

2.3.3 ゴムバルジ試験

図6にゴムバルジ試験装置の概略を示す。圧力媒体としてシリコンゴムを用いパンチでゴムのみを圧縮することによって内圧をかけ、鋼管を内側から張り出させる。鋼管の変形部長さは直径と同寸法と直径の3倍 ($L/D=1, 3$) の2通り行った。

展開引張試験から得られた n 値と破断時の最大バルジ量の関係について、 n 値は小さいほどバルジ量が大きくなる傾向が見られ、ゴムバルジ試験から n 値などの材料特性値を評価できる可能性が示された。また、本試験のFEM解析が行われ、鋼管-ゴム間の摩擦係数が増加するとバルジ後の肉厚減少が抑えられることが明らかとなり、摩擦により肉厚減少が抑制されると考えられる。

2.4 鋼管の液圧バルジ変形と成形性の評価

(宇都宮大学 淵澤定克)

2.4.1 研究目的

鋼管の二次加工による使用の更なる拡大が予測される現在、鋼管の加工法と成形性の関係を明確にすることが必要である。ここでは、最近自動車産業で適用が進んでいるハイドロフォーミングの基礎となる液圧バルジ加工について、鋼管の変形挙動と成形性について調べた。液圧バルジ試験用の試験片寸法・形状を図7に示す。変形部長さの影響を調べるために、試験片の変形部長さ L は初期外径 D の3倍、1.5倍および初期外径と同程度の3種類 ($L/D=3, 1.5$ および 1) とした。

2.4.2 研究内容

図8に実験装置を示す。試験片の両端はそれぞれ独立したつかみ装置にセットされるが、つかみ装置の一方は実験台の上に固定され、もう一方のつかみは管軸方向にだけ動くことができるようにガイドレールに載せてあり、試験片は内圧のみの作用のもと、外部から軸方向の力を受けることなく張出し変形を行う。

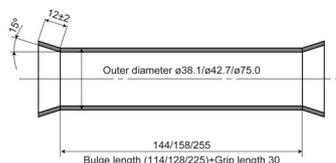


図7 液圧バルジ試験片

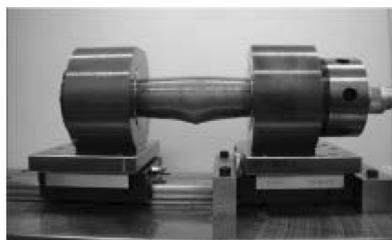
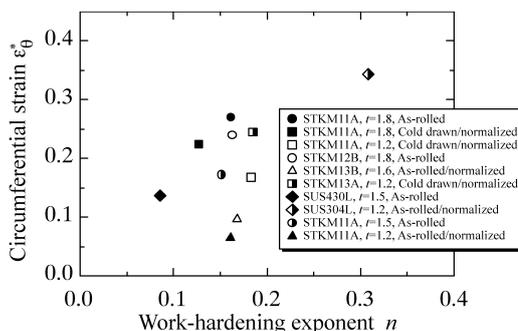


図8 液圧バルジ試験機概観図

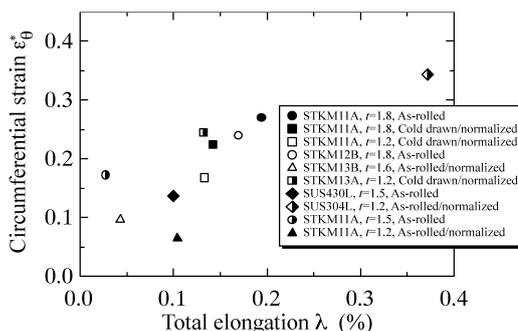
し変形を行う。

成形限界 (破裂) における管の形状について、 $L/D=3$ の管は全て管中央部近傍で縦方向亀裂を生じた。これに対して $L/D=1$ の短い管では管中央部で縦方向亀裂を生じたものが多かったが、管端部で横方向亀裂を生じたものもあった。溶接部の肉厚が薄く十分張り出さないうちに溶接部で破裂したロール成形・焼準材を除くと、成形限界は n 値および全伸びとの間に弱い相関があり、これらの値が大きいほど成形限界が大きくなる傾向が見られる (図9)。また、同じく十分張り出さないうちに溶接部で破裂したロール成形・焼準材を除くと、 r 値が大きいほど成形限界が低くなる場合があった。引張強さとの間には明確な関連は見られなかった。

管の成形限界と材料特性値との間には、管の軸方向の引張試験から得られた材料特性値と比較した際には相関はあまり見られなかったが、円周方向引張試験による材料特性値を用いた場合には弱いながら相関が認められた。液圧バルジ試験においては管全体が変形するので、溶接部の変形が大きな影響を及ぼす。溶接部が周辺部より硬い場合には溶接部は変形しにくく、溶接部近傍の張出し変形および肉厚減少が抑制される。場合によっては溶接部近傍の熱影響部で破裂する。また、焼準によって溶接部が軟化し管全体の硬さが平均化されると、溶接部のビードカットによって肉厚が薄くなっている場合にはそこから破裂する。液圧バルジ試験によって管材の成形性を評価する際には、造管工程の影響に留意することが必要である。



(a) n -value



(b) Total elongation

図9 周方向成形限界ひずみに及ぼす材料特性の影響

2.5 簡易液圧バルジ試験法による鋼管の成形性評価 (東京農工大学 桑原利彦)

2.5.1 研究目的

チューブハイドロフォーミングで用いられる管材の成形限界指標の一つとして、自由バルジ変形における円周方向の成形限界ひずみに着目し、これを評価するための簡易バルジ試験法を提案する。そして、肉厚および機械的性質の不均一が管材の成形限界に及ぼす影響を実験的に明らかにする。さらに、冷牽後焼準した鋼管のバルジ成形試験において、バルジ成形後の形状が非軸対称になり、管の中央から外れた位置において最も膨らみ破断に至る、という特異な変形挙動が観察された。そこで、上述のような不均一を有する管材をモデル化して、バルジ成形のFEM解析を行い、実験で観察されたような特異なバルジ変形が再現可能かどうかを検証した結果もあわせて報告する。

2.5.2 研究内容

本研究で考案した簡易液圧バルジ試験機の構造を図10に示す。本試験機は、円管試験片の両端にかぶさる上下の金型と、両金型を連結する中子の3部品から構成されている。円管試験片の両端は、その外側壁がOリングでシールされるのみで、金型との機械的締結はなされない⁶⁾。従って、本試験機において円管試験片に内圧を負荷した場合、両端閉じの管材に内圧を負荷したときに発生するような管軸方向の引張力は作用せず、円周方向の単軸引張に近い応力状態で円管試験片の成形限界ひずみが測定できることが本試験機の特長である。試験片長さおよび試験部長さ（Oリング間距離）はそれぞれ200および120 mmとした。

成形限界ひずみ（円周方向真ひずみ）が最も大きくなった供試材はロール成形材であり、これに冷牽焼準材が続く、成形限界ひずみが最も小さいのはロール成形焼準材であった。ロール成形材の場合、電縫部において初期肉厚が最も薄いものの、焼入れ硬化の影響でバルジ成形前後の肉厚変化はほとんどなく、電縫部以外の肉厚が一様に薄くなり、電縫部に隣接する位置で破断した。冷牽焼準材においては電縫部における減肉は解消され、バルジ成形においては初期肉厚が最も薄い部分で破断した。ロール成形焼準材においては電縫部の初期肉厚が最も薄く、バルジ成形においても電縫部で破断した。供試材の初期肉厚の最小値と平均肉厚の比と、成形限界ひずみの関係で整理した結果、肉厚が均一な素管ほど成形限界が向上することがわかった。

冷牽焼準鋼管において、特異な自由バルジ変形挙動が観察された。すなわち図11に示すように、バルジ成形初期において非軸対称的に膨らみ始め、かつ管中央部から外れた位置において管が最も膨らみ、破断に至った。鋼管における肉厚

分布を詳細に測定したところ、増肉部が管側面にらせん状に分布しており、また機械的性質（加工硬化の度合い）にもばらつきが確認された。これらを考慮し三次元FEM解析を行った結果、観察された冷牽焼準鋼管の特異なバルジ変形が定性的に再現可能であることが立証された（図12）。

なお本研究の成果は文献7)に詳細が報告されているので参照されたい。

2.6 自由バルジ変形挙動に基づく鋼管の材料特性評価とその精度検討（富山県立大学 森 孝男）

2.6.1 研究目的

鋼管の新たな材料特性評価方法として、鋼管の自由バルジ変形挙動からその材料特性を評価する方法についてFEM解析を用いて検討することを目的とする。

これまで、自由バルジ変形挙動解析を行い、統計的手法に

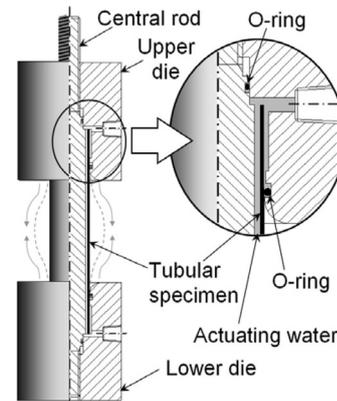


図10 簡易液圧バルジ試験装置の模式図

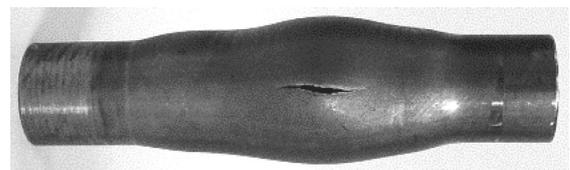


図11 冷牽焼準材の非軸対称破断の様子

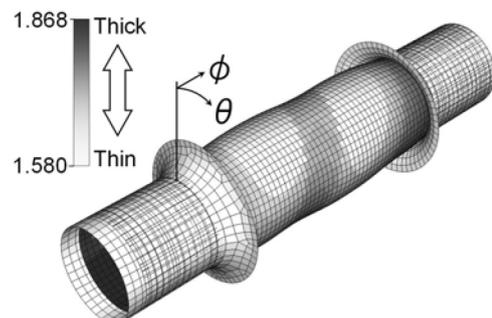


図12 簡易液圧バルジにおける肉厚分布のFEM解析結果

より材料特性を変数とする変形挙動特性の推定式を求め、その推定式から逆解法として材料特性を求める方法について検討を行った⁸⁾。そして、降伏応力 σ_Y と n 値について、応力比0の自由バルジ変形挙動から推定を試み、鋼管の円周方向の降伏応力を求めること、 n 値の大まかな目安を求めることが可能であることを得た。しかし、 r 値(軸方向および周方向の r 値)に関しては推定することが困難であった。そのため、降伏応力 σ_Y と n 値を鋼管の軸方向の単軸引張試験で求め、応力比の異なる2条件の自由バルジ試験から r 値を求める方法について検討した⁹⁾。

2.6.2 研究内容

自由バルジ変形挙動特性値と材料特性値との関係を表す推定式を求めるため、図13 (a) に示すような、外径75 mm、肉厚2 mm、管長210 mm、掴み部長さ30 mmの鋼管を対象として自由バルジ試験の解析を行った。解析モデルは軸方向断面を対称とし、その1/4部分を軸対称問題として図13 (b) に示すようにモデル化した。降伏応力、 n 値、 r 値(管長手方向および周方向)を、それぞれ3水準とし、L27直交表に基づく27条件について解析を行った。

自由バルジ変形挙動解析を行い、統計的手法により材料特性を変数とする変形挙動特性の推定式を求め、その推定式から逆解法として材料特性を求める方法と降伏応力と n 値を鋼管の軸方向の単軸引張試験で求め、応力比の異なる2条件の自由バルジ試験から r 値を求める方法について検討した。その結果、推定式から逆解法として材料特性を求める方法では、鋼管の円周方向の降伏応力を求めること(図14)、 n 値の大まかな目安を求めることが可能であることを得た。また、鋼管の単軸引張試験と自由バルジ試験を組み合わせ、材料特性を評価する方法では、 r 値を求めることが可能であるが、精度的には検討の余地があることを得た。

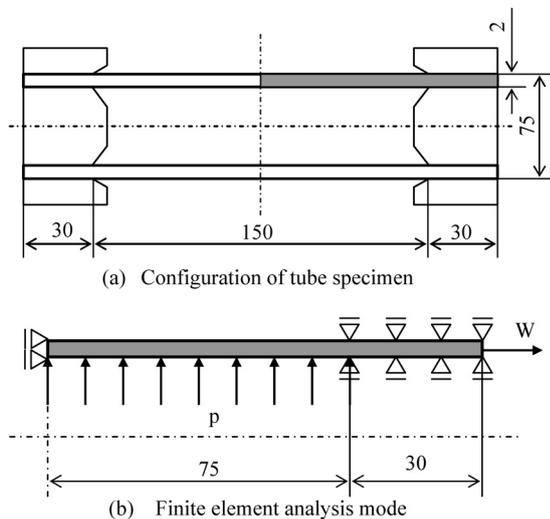


図13 自由バルジ試験片

2.7 鋼管の軸引張り負荷回転引曲げ加工における成形限度 (東京都立科学技術大学 坂木修二)

2.7.1 研究目的

各種管材を構造物に用いるためには、曲げ加工のような二次成形加工が不可欠になる。断面に中空部分をもつ材の曲げ加工では、へん平変形¹⁰⁾やしわ・屈服変形などの不整形変形が発生しやすい¹¹⁾。ここでは、従来の回転引曲げ加工法を基本とし、不整形変形を抑制するためのジグおよび補助荷方法を導入している。へん平変形を抑制するためにはプラスチック板による積層心材を用い、しわを抑制するためには、軸方向の引張力を負荷している。曲げ素材については、肉厚などの断面寸法が曲げ成形限度に及ぼす影響について検討し、また、鋼管のJIS強度レベル及び加工履歴が曲げ加工限度に及ぼす影響についても検討した。

2.7.2 研究内容

曲げ機構は回転引曲げ加工法を採用した。曲げ加工機の概念図を図15に示す。断面に中空部分をもつ材の曲げ加工において発生するへん平変形を抑えるために、主に硬質塩化ビニル板による積層方式の心材を用いた。心材の作動状況および工具配列を図16に示す。積層心材を用い、軸方向引張力を負荷することによって、圧縮側のしわ変形を効果的に抑制可能であることが明らかにされた。曲げ半径については、 $R=101, 76, 56, 46, 36$ および 26 mmから選択した。種々の条件において曲げ加工を行った結果、へん平変形、しわ、屈服および割れなどの不整形変形が単独または同時に発生する形

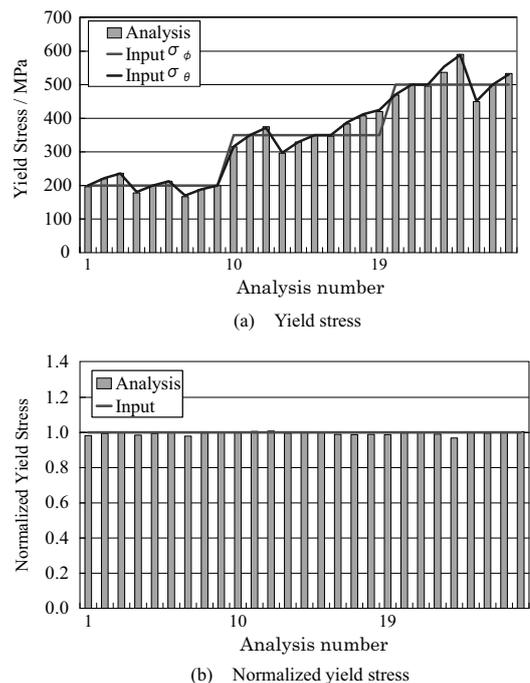


図14 降伏応力における入力値と評価値との比較

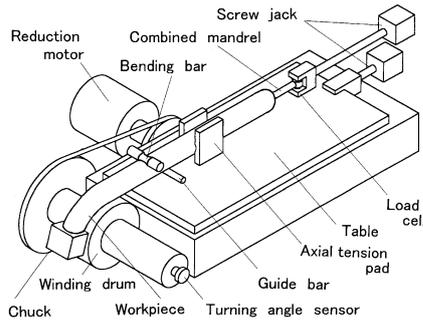
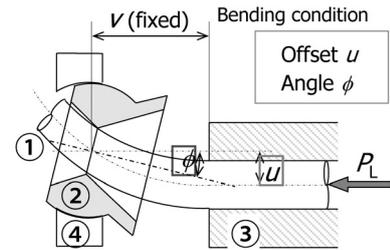


図15 軸引張りをを用いた回転引曲げ装置



Bending moment $M = P_u + P_L$

- ① Tube ② Bending die ③ Guide cylinder
- ④ Spherical bearing

図17 MOS曲げ加工部

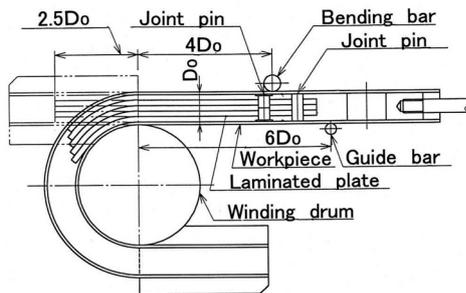
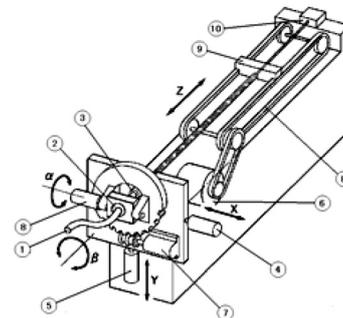


図16 弾性積層心材のはたらきと工具配列



- ①Tubular workpiece ②Bending die
- ③Guide cylinder ④AC servomotor for control of X axis
- ⑤AC servomotor for control of Y axis
- ⑥Motor for Z axis ⑦AC servomotor for control of α angle
- ⑧AC servomotor for control of β angle
- ⑨Chain for forward of tube ⑩Plate for warding of tube
- ⑪Base of Mandrel

図18 CNC MOS曲げ装置の構成

態をとった。

積層心材が無い場合は比較的曲げ半径の大きな条件でもしわが生じたが、心材を用いると成形が可能となり、限界曲げ半径においては曲げ外側の引張領域において割れが生じ、場合によっては曲げ内側のしわも同時に発生した。軸方向引張力を付与することによって限界曲げ半径を小さくすることが可能となるが、引張力が大きくなると割れが生じる結果となった。またロール成形・焼準材においては曲げ半径 $R = 36 \text{ mm}$ までの曲げが可能であった。

2.8 鉄鋼円管の曲げ加工特性 (電気通信大学 村田 眞)

2.8.1 研究目的

円管の曲げ加工の特性を適切に評価する指標となるデータは存在していないのが現状である。そこで、鋼管の種類が曲げ加工特性に与える成形評価を行うこととした。最終的には、実験と解析によって、曲げ加工成形特性の検討評価を行い、データを共有化する。しかしながら、鋼管の加工特性を適切に評価する試験方法が存在しない。そこで、鋼管の評価試験方法の共有化とともに、二次加工性と材料特性との関連性を明らかにすることは重要なことである。本研究では数種の鋼管の材料特性が曲げ加工性に与える影響について、実験から検討を加える。

2.8.2 研究内容

曲げ加工法には押通し曲げの一種であるCNCによるMOS

曲げ¹²⁾を採用した。曲げ加工原理を図17および18に示す。管がガイドシリンダ④を押し通る時に、オフセット u の位置を移動させると、オフセットの大きさに対応して円管は曲げ半径 R で曲げられる。円管の材質をSTKM11AとSTKM12Bとし、外径は $D_0 = 38.1 \text{ mm}$ 、肉厚は $t_0 = 1.8 \text{ mm}$ および 1.2 mm とした。

材質をSTKM11AとSTKM12Bとした時のオフセット u と曲げ半径 (曲げの内側) R の関係を示した図が図19である。

オフセットの増加とともに曲げは厳しくなり、曲げ半径は小さくなる。オフセットが小さく曲げ半径が大きい間は材質によって差が生じているが、オフセットが大きくなり曲げ半径が小さくなるとその差は小さくなる。これは、曲げ半径が大きい間は、材質によって加工部の弾性変形と塑性変形の割合に差が生じているため、弾性回復によるスプリングバックに差が生じたためと考えられる。一方、曲げ半径が小さくなると加工部における塑性変形の割合が大きくなり、スプリングバックの割合が材質によってあまり生じなくなるためである。

円管の肉厚を変えた時のオフセット u と曲げ半径 R の関係

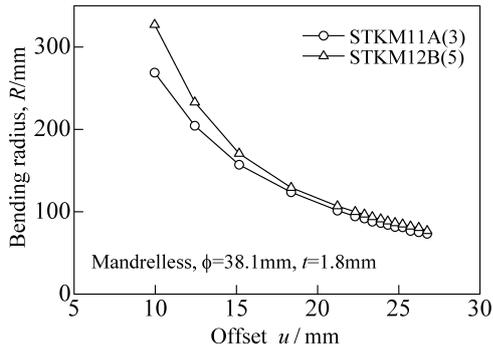


図19 オフセット量と曲げ半径の関係

について、肉厚の変化が曲げ半径に及ぼす影響はあまり見られなかった。また、溶接部を曲げ内側、曲げ外側と曲げの中心部として曲げ加工を行ったが、曲げ半径に溶接部は影響を与えないことがわかった。

3 まとめ

鋼管の二次加工性を簡便に評価する設備および方法、複雑な加工履歴における破壊条件同定法に関する新たな学術的知見を得た。これを発展させて、本協会発のJISならびにISO規格化を視野に入れた試験法標準化を世界に先駆けて行うことは、鉄鋼材料戦略の観点からも非常に重要であり、創形創質工学部会管工学フォーラムと生産技術部門会議鋼管部会との産学連携共同研究によって学術的かつ実生産を見据えた実践的な研究結果が期待できる。

4 今後の展開

本解説を執筆中に本研究会の後続研究の位置づけで、平成20年度知識集約型(A型)研究会「鋼管二次加工性評価試験方法の標準化研究会」(以下、新研究会とよぶ)の採択が決定した。新研究会は本研究会と同様、学会部門創形創質工学部会管工学フォーラムおよび本会生産技術部門鋼管部会との産学コラボレーションであり、研究期間は平成20年度から平成23年度までの4年間である。

新研究会は、本研究会で得られた知見を自動車に使われる鋼管の二次加工性評価方法として生かすべく評価設備・試験方法の標準化を行うとともに、測定される材料特性値データの積み上げおよび評価試験の信頼性の確認を行うことによって、二次加工性評価方法および試験設備の標準化をねらいとする。

また、二次加工プロセスと加工性指標およびこれを測定す

るために必要な試験方法との関連を視覚化した二次加工性評価試験法データベース構築ならびに試験法マニュアルの作成を目指す。また、これらの試験法によって得られた材料特性値を用いた加工シミュレーションと実験結果の比較検討を行い、試験法の検証を行うとともにその適用範囲について検討する。

謝辞

生産技術部門鋼管部会におかれましては鋼管サンプルご提供ならびにディスカッションをはじめとする多大なるご協力を賜り、学会部門創形創質工学部会におかれましては研究会立ち上げならびに運営に対しまして貴重なご意見を頂戴し、心から感謝申し上げます。最後に、運営において多大なるご尽力を賜りました、創形創質工学部会管工学フォーラムの新日本製鐵(株)寺田好男幹事、JFEスチール(株)剣持一仁幹事ならびに住友金属工業(株)黒田浩一幹事にはこの場を借りて深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 鋼管二次加工評価シンポジウム—鋼管の成形性評価試験に関する研究会最終報告—, 日本鉄鋼協会, 創形創質工学部会管工学フォーラム編, (2006).
- 2) 大矢根守哉: 機誌, 75 (1972), 596.
- 3) 真鍋健一, 西村尚: 昭和57年度 塑性加工春季講演会講演論文集, (1982), 219.
- 4) T. Ayada, T. Higashino and K. Mori: Proc. of 1st ICTP, Advanced Technology of Plasticity, 1 (1984), 553.
- 5) M.G. Cockcroft and D.J. Latham: J. Inst. Met., 96 (1968), 33.
- 6) Davis, E.A.: J. Appl. Mech., Trans. Am. Soc. Mech. Engrs, 67 (1945), A13.
- 7) 桑原利彦, 森口恭介: 簡易液圧バルジ試験法による鋼管の成形評価, 鉄と鋼, 91 (2005), 868.
- 8) 近江弘章, 森孝男: 材料とプロセス, 17 (2004), 225.
- 9) 近江弘章, 森孝男: 材料とプロセス, 18 (2004), 1189.
- 10) 遠藤順一, 室田忠雄: 塑性と加工, 23 (1982), 708.
- 11) 坂木修次, 内海能亜: 塑性と加工, 46 (2005), 166.
- 12) M. Murata and S. Yamamoto: J. Jpn. Soc. Technol. Plast., 398 (1994), 262.

(2008年3月11日受付)