

自動車部品の画期的成形技術 ハイドロフォーム

技術開発本部 鉄鋼研究所加工技術研究開発センター 主任研究員 水村 正昭(左)
主任研究員 吉田 亨(右)

自動車用材料で、最重要テーマとなっている高強度化・軽量化。鋼材自体の高性能化に加えて、部材の“成形技術”の高度化が欠かせない。いま、新たな成形技術として注目を集める「ハイドロフォーム」もその一つだ。新日鉄では、ハイドロフォーム用の鋼材開発および成形技術を確立し、高いシェアを誇っている。今回は、高強度化・軽量化・コストパフォーマンスから、自動車部材成形の新たな流れとなっている「ハイドロフォーム」を紹介する。



部品統合で軽量化を実現する ハイドロフォーム

ハイドロフォームとは、鋼管内に水圧をかけて膨らませると同時に、鋼管を長さ方向で圧縮する(軸押し)技術で、鋼管を複雑な形状に成形する技術(P10囲み参照)。従来、複数の部品を溶接して組み合わせていた部分を「一体成形」できる画期的な成形技術だ。溶接部(フランジ)がなく、部品点数の削減や工程・溶接省略につながるため、車体高強度化及び軽量化に欠かせない技術として注目されてきた(図1)。

国際鉄鋼協会(IISI)の呼びかけで、1994年から4年間かけて新日鉄をはじめとする世界の鉄鋼会社35社によって開発が進められてきた「ULSABプロジェクト」(注釈)でもハイドロフォームが採用され、その高強度・軽量化効果が実証された。日本では1999年に量産が開始され、その中でも新日鉄のハイドロフォーム用鋼管は高い評価を得ている。

基礎研究に基づく加工技術開発と 高精度のシミュレーションがキー

ハイドロフォーム用鋼管が高い評価を獲得した背景には、新日鉄の優れた成形技術研究がある。ハイドロフォームには、成形の際の高度・複雑なコントロールが求められる。言い換えると、いかに良い材料でも成形条件を誤ると部品が成形できない。材料を売るためには成形技術の確立が必要だった。

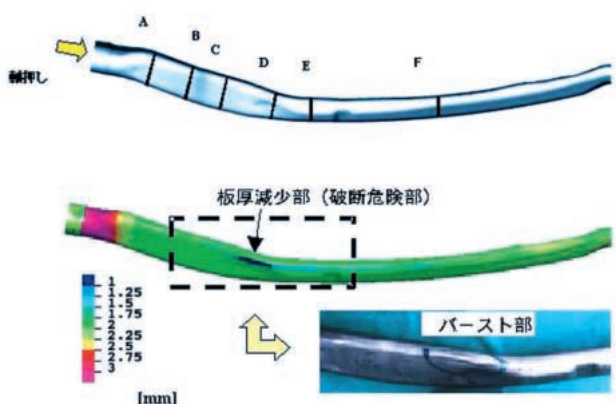
「ハイドロフォームでは、適切な加工条件を見出すことが難しく、例えば、水圧や軸押しのタイミングを誤ると鋼管が破裂したり、座屈したりします。しかもやっかいなことに、材料や潤滑が変わっただけで、適切な条件が変わってしまいます」と技術開発本部鉄鋼研究所加工技術研究開発センター主任研究員の水村正昭はその難しさを語る。制御するパラメータが非常に多いことから、これまで基本原理の確立が困難だった。

「まさしく試行錯誤の繰り返しで開発してきました。また、開発と並行して基礎的な研究を行うことにより、ハイドロフォームの原理・原則も作り上げてきたのです。この部品開発と基礎研究の両輪によって、新日鉄の技術の信頼性を需要家に示すことができました」(水村)

図1 実部品例写真(センターピラー)



図2 FEM解析例(センターピラー)



部品開発と基礎研究の両輪を根底から支えているのが数値解析技術「FEM（有限要素法）」だ（図2）。ハイドロフォームの加工は金型内で行われるため、実際の変形は見るのが不可能だ。そこでFEMが威力を発揮する。

「FEMを使うと、変形をシミュレーションできます。成形中に鋼管がどこで割れるか、どこでしわが出るかなどが一目で分かるため、対策を即座に立てることが可能です。しかも我々は、解析に必要な材料データを豊富に蓄積しているため、他社よりも精度の良いシミュレーションが可能です」と鉄鋼研究所加工技術研究開発センター主任研究員の吉田亨は新日鉄の技術に対する自信をのぞかせる。

また、仮想的に材料特性を変えてFEM解析することにより、どのような材料がハイドロフォームに適するかもわかる。FEMは加工技術だけでなく、材料開発も支えている。

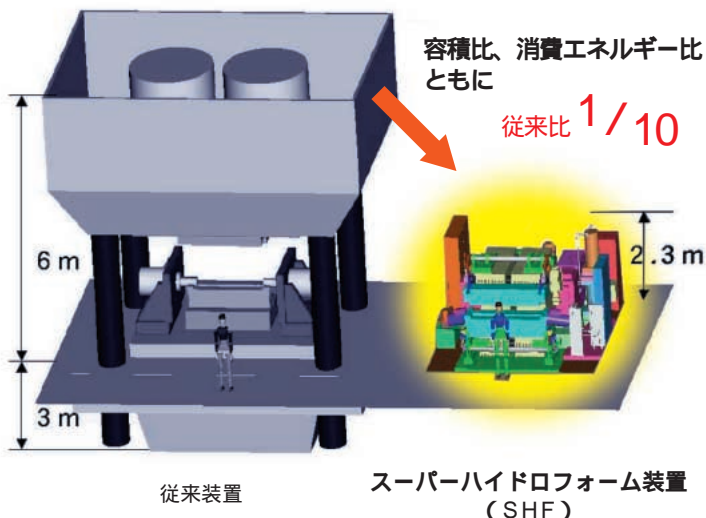
コンパクト・高性能 新日鉄/トヨタ共同開発の画期的な ハイドロフォーム装置

ハイドロフォームの国内市場は年々拡大しているものの、欧米と比較するとまだまだ少ない。大きな障害は、ハイドロフォーム装置が巨大で高価だからだ。日本のプレス技術は優秀で生産効率が高く、しかも設備も新しいため、ハイドロフォーム装置の購入を躊躇する会社が多い。

そこで新日鉄は、2001年12月にトヨタ自動車㈱と共同でコンパクトなハイドロフォーム装置を開発した。従来比10分の1の容積、2分の1以下の設備費、10分の1の消費エネルギーですむ画期的なハイドロフォーム装置を実現した（SHF:スーパーハイドロフォーム装置）（図3）。そして2002年からは、トヨタ自動車㈱で実際に部品の生産が開始された。

この装置により、ハイドロフォーム市場の拡大は加速され、当社のアドバンテージもさらに高まった。常に進化し続ける新日鉄のハイドロフォーム技術。新日鉄の独走はまだまだ続く。

図3 従来装置とSHF装置比較



ハイドロフォーム成形の原理

鋼材などの材料は変形しても体積は変わらない。例えば、鋼板を両側から引っ張ると長さは伸びるが板厚が薄くなる。ハイドロフォームは、金型にセットした鋼管内に液体を充填し、内圧をかけて材料を膨らませる（引っ張る）ことで金型通りに変形させるが、板厚が薄くならないように両サイドから工具で鋼管を圧縮する（軸押し）。そうすることで成形後の鋼管は短くなるが、板厚がほとんど薄くならないため、プレスよりも大きな変形が可能となる。

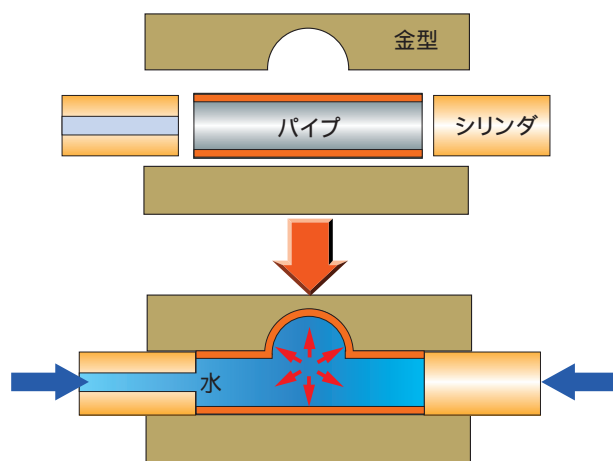
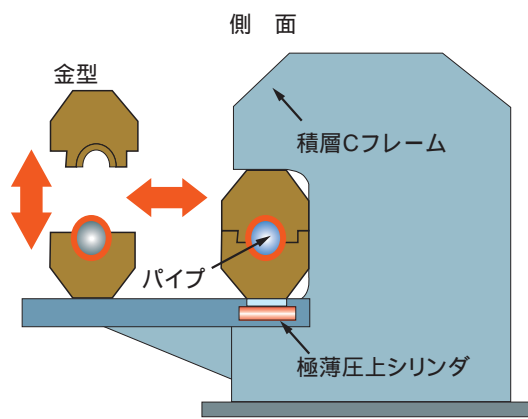


図4 スーパーハイドロフォーム装置（SHF）



* ULSABプロジェクト（Ultra Light Steel Auto Body）
鋼製の超軽量ボディを追求したプロジェクト。世界18ヶ国35の鉄鋼会社が参画し、1994年から4年間遂行され、「鉄」の軽量化へのポテンシャルの高さを実証した。その後、1999年から、車両全体の軽量設計プロジェクトであるULSAB-AVC（Advanced Vehicle Concept）に引き継がれた。

* スーパーハイドロフォーム装置（SHF）
ハイドロフォームでは鋼管内に高圧の水圧をかけるため、金型が開こうとする。従来の装置では大きな油圧プレスにより、それを防止していたため、必然的に装置が巨大であった。それに対しSHFでは、高強度鋼板（WEL-TEN780）のCフレームに成形圧を利用した圧上シリンダーを組み込み、フレームの変形を補償して金型の開きを防止した（図4）。この発想の転換により、大幅な小型化・安価化を実現した。