

新構造 トーションビームアクスルと その高効率生産技術の開発

マツダ株式会社

代表取締役社長兼CEO 丸本 明

株式会社 ワイテック

代表取締役社長 山本 周二

マツダ(株) 技術本部	川口 秀明
マツダ(株) シャシー開発部	高橋 浩之
マツダ(株) 技術本部	桑子 俊
マツダ(株) 技術本部	中土 信之
(株)ワイテック 営業本部	江村 弘章
(株)ワイテック プレス生技部	國安 崇雅
(株)ワイテック 技術開発部	宇都 宮 翔

はじめに

マツダは「走る喜び」に溢れたクルマを提供し、人の心を元気にすることにより、お客様との間に特別な絆を持ったブランドになることを目指している。マツダの最量販車種であり、2019年5月に市場導入した新型MAZDA 3は、マツダの新世代商品群の第1弾として、刷新したシャシー構造を含む、新たな車両構造技術、SKYACTIV-VEHICLE ARCHITECTURE（スカイアクティブ ビークルアーキテクチャー）を適用し「走る喜び」をさらに追求した。加えて静粛性や自然な着座姿勢、実用性に優れる荷室といった快適な車内空間も確保しつつ、大幅な軽量化による環境性能の改善を目指した。また、グローバルに生産拠点を有するマツダとして、刷新したシャシー構造を全ての生産拠点で、低コストで生産するために、調達性、輸送性に優れた材料の選定や、一般的な汎用プレス機で生産を可能とする生産技術開発にも同時に取り組むことで、クルマの商品価値を高めながら、環境性能向上、生産性向上など、総合的な課題解決に取り組んだ。

開発のねらい

MAZDA 3の開発に際し、ドライバーが思い通りにクルマを操作できる感覚を“感動”のレベルに高めるため、徹底的に人間の感覚とクルマの挙動の研究を重ねた。その結果「走る喜び」を体感するには、ハンドル操作などに応じた路面からの入力を、まるで人間が歩行する時に自然に身体を伝わる力の如く、サスペンションが遅れなく、リニアで滑らかに伝えることが重要であると分かった。このねらいとするクルマの挙動を実現するため、リヤサスペンション形式として、構造がシンプルなため力の伝達を制御しやすく、軽量で空間効率にも優れるトーションビームアクスル（以下、TBA）形式をベースに、力の伝達経路にある部品群の剛性や形状の最適化をマツダとワイテックが一体となり取り組んだ。

装置の概要

TBA は車両前後方向に配置され車体とタイヤ

をつなぐ左右一对のトレーリングアーム部と、車両左右方向に配置され左右のトレーリングアームをつなぐセンタービーム部からなる非常にシンプルな構造のリヤサスペンションであり、センタービームの特性が車両運動性能に大きく寄与する。しかし、従来のセンタービームは国内高炉メーカーから調達した規格品の電縫鋼管であり、その生産方法から均一周長の素管に限られていた。そのため、センタービームのねらいの特性を得ることに限界があった。そこで開発した新構造のTBA式サスペンション(図1)では、我々の目指した人間感覚と一致したクルマの挙動を実現するために、センタービームの周長を部位ごとに連続的に可変させることで、乗り心地と、操縦安定性を最適化することができた。また、新開発した周長可変のセンタービームを汎用プレス機で生産可能とする生産技術も同時に開発して世界の各生産拠点で効率的な生産を可能とした。

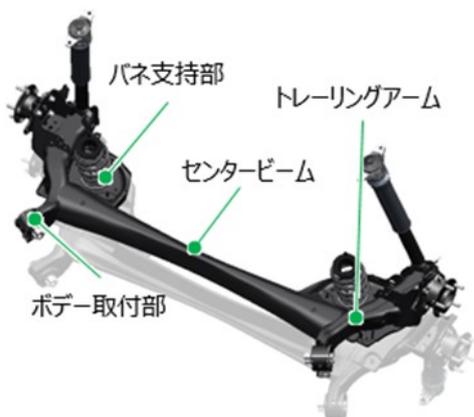


図1 新構造TBA式サスペンション

技術上の特徴

1) 新開発センタービームの構造と性能

センタービームの主な機能は、①旋回時など前後左右の大きな力を受け止める機能、②クルマのロール姿勢を制御するねじりばねの機能の2つである。①の機能からは「高い曲げ剛性」の実現が、②の機能からは「適切なねじり剛性」にすることが必要となり、2つの相反する特性をセンタービーム1部品で両立させることが必要

となる。加えてMAZDA 3から目指したクルマの挙動を実現するには、伝達経路にある構造体の剛性の連続性を高めることが必要であった。これらの機能からセンタービームの曲げ剛性を中央から両端のアームとの結合部に向けて連続的に剛性を高めていくことが有効である。そこで、部品の追加に頼らず、質量増加を最小限とするために、センタービームの周長を新たな設計パラメータとして理想とするセンタービーム形状を導出した。この形状を軽量化に優れる中空断面構造で得るために必要な素管形状として、中央部分に50mmの直線部を有しながら両端部へ向けて直径を連続的に拡大しつつ、左右のトレーリングアーム接合部に再び直線となる周長の変化を持たせることとした(図2)。

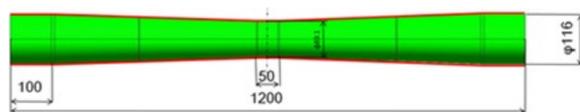


図2 新開発の周長可変パイプ

この素管を用いて得られたセンタービームの車両中央部から両端部までの断面形状を図3に、比較として従来の断面形状を図4にそれぞれ示す。図3では車両中央部から両端部に向けて周長を拡大することができており、各部位での必要な曲げ剛性が得られる断面を確保できている。一方で、図4では各断面は均一な周長であり、中間～端部断面は図3に比して小さい様子が確認できる。

新開発のセンタービームは従来のセンター

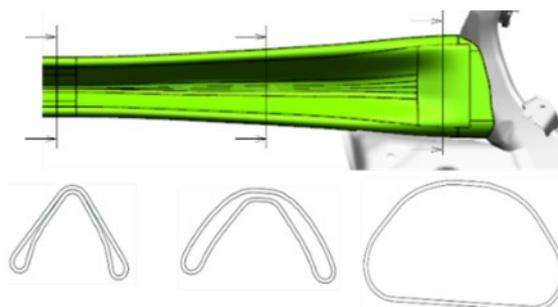


図3 新開発のセンタービーム断面

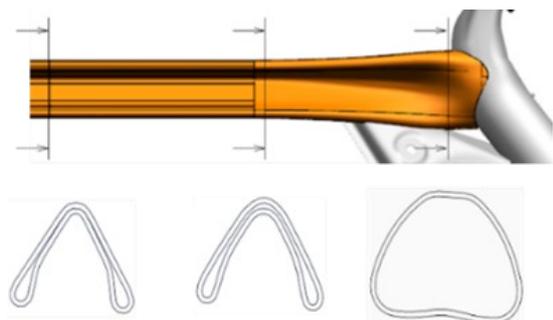


図4 従来のセンタービーム断面

ビームに比して、ねらい通りに中央部から両端部に向けて連続的に最大150%まで断面二次モーメントを増加できており（図5）、路面からの入力に対して滑らかなクルマの挙動が得られるようになった。この結果から、センタービーム曲げ剛性の連続性と絶対値を効率よく改善できた。

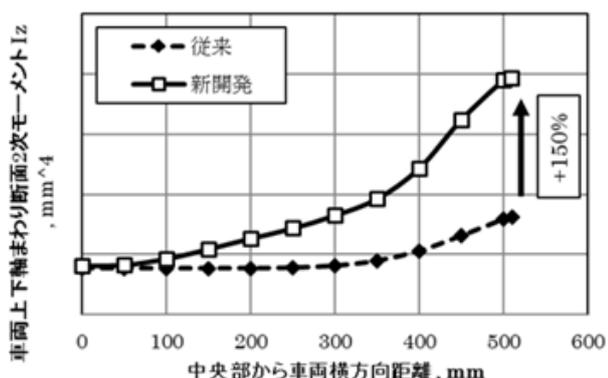


図5 新旧センタービームの特性比較

2) 周長可変パイプを実現する生産技術

従来のセンタービームは、ロール成形で作られた均一周長の電縫鋼管を国内で調達し、世界の各生産拠点に輸送してTBAを生産していた。これに対し、新しいセンタービームは輸送ロスを廃止するため、鋼板を用いて世界の各生産拠点で生産することを目指した。また生産性向上のため、全拠点にある汎用プレスによるU-O成形と、鋼板の性能を最大限活かせる接合技術を採用したセンタービームの生産技術開発に取り組んだ。一般的なU-O成形の工程（図6）では、初工程でコイル材から短冊状に切断、2工程目でU形状に成形、3工程目でO形状に成形したのち、4工程目で接合面に溶接を施し素管となる。

新開発のセンタービームでは、周長可変のユ

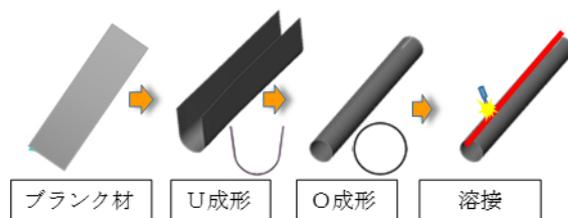


図6 一般的なU-O成形

ニークなU-O成形部品であることから、次の2つの課題があった。①製品の展開形状とブランク形状の余肉（A部）によって生じる「シワ」（図7）を抑制すること。

②結合面をI字形の合わせ面で隙を

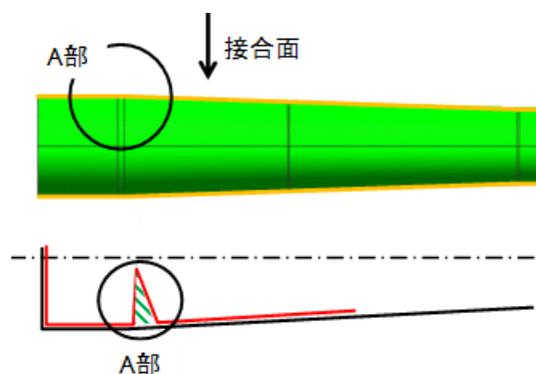


図7 周長可変パイプの展開形状と余肉

0.1mm以下の精度で加工すること。これは高強度部材が持っている強度をTBAとして最大限活用できるように溶接時の熱による強度の低下の抑制をねらい、母材溶解・凝固が可能なレーザー溶接を採用するためである。①は局部的な加工硬化を利用することで「シワ」をコントロールする技術を開発。成形シミュレーションにて「シワ」を抑制できる形状を導き出し予備曲げ工程を追加した（図8）。

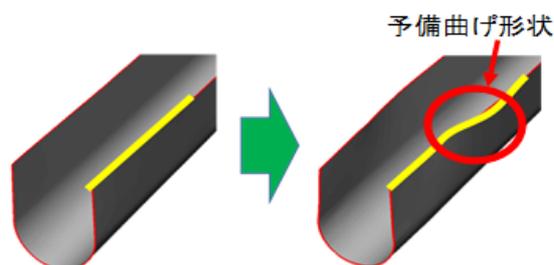


図8 予備曲げ形状

②は冷間鍛造技術を応用し、周方向の製品周長とブランク周長に差を設けることで(図9)、部品全体に周方向の圧縮応力を付与することで高精度なI字形状(図10)とした。適切な圧縮率によってパイプ成形後のレーザー接合品質確保のための接合部の0.1mm以下の隙を実現した。

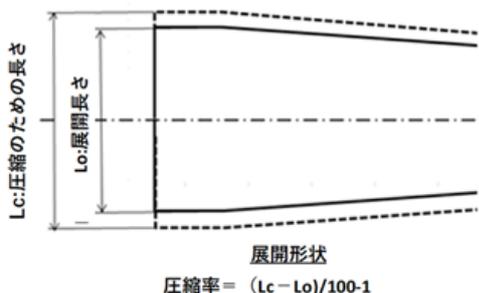


図9 圧縮率の定義

	断面形状
圧縮無し	
圧縮有り	

図10 接合部の断面

これにより一般的な汎用プレスで全拠点にてTBAが生産できる生産技術を確立した(図11)。

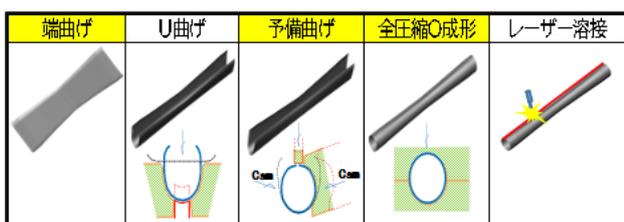


図11 周長可変パイプ生産工程

実用上の効果

新開発のリヤサスペンションは人間の感覚とクルマの挙動に関する研究に基づき、シンプルな構造のTBAで実現するための具体的なサスペンション新設計と生産技術開発をセットで実現した。これにより大幅なコスト/重量低減を実現し、実用的な荷室と快適な車内空間を確保した。

さらに「走る歓び」であるドライバーが思い通りに操作できる感覚を“感動”のレベルに高めたことから、マツダでは小型車だけに採用してきたTBAの採用範囲拡大に成功した(図12)。



図12 採用車種
 (上段MAZDA 3、下段左CX-30、下段右MX-30)

知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

- ① 日本国特許第 6327319 号
 名称：金属管の製造方法及びその装置
 概要：周長可変の鋼管を製造するための方法
- ② 米国特許第 10688843 号
 名称：車両のトーションビーム構造
 概要：周長可変のトーションビーム構造
 その他 5 件を出願中（国内外）。

むすび

従来、機械に多用される『鋼管』は規格品の中から選択するのが一般的であった。しかし今回開発した周長可変の造管技術を適用することで、周長を含めた鋼管の最適化設計を可能とし、商品の目的に応じた形状(強度・剛性・重量)の鋼管を、各拠点で高効率(物流・在庫含む)に生産ができるようになった。今回開発したTBA以外の自動車部品に適用範囲を広げることで、少ない部品点数で、必要な強度を確保しながら、軽量・安価で地球環境にも優しいクルマの生産に継続的に取り組んでいく。