

技術論文

シャシー部品の高機能化を実現するソリューション

Developing Solutions to Improve the Functionality of Chassis Parts

大塚 研一郎*
Kenichiro OHTSUKA

磯貝 栄志
Eiji ISOGAI

和田 学
Manabu WADA

湯沢 光
Hikaru YUZAWA

漆畑 諒
Ryo URUSHIBATA

田畑 亮
Ryo TABATA

北原 優樹
Yuki KITAHARA

山岡 遼也
Ryoya YAMAOKA

抄 録

シャシー部品の電動化対応を推進するなかで、部品重量、コスト、LCAでのCO₂排出量の優位性をもたせるため先進材料とソリューションのセット開発を行っている。日本製鉄(株)で開発した980MPa級ハイテンと成形工法、開発構造を適用することで、電動車の部品要件を満足したうえでアルミニウムと同重量のロアアームとサブフレームの開発事例を紹介した。また、電池搭載量の増加を目的としたリアサスペンションへの鋼管部品の適用に対応するため従来の鋼管成形方法よりも低コストのトレーリングアームの開発事例を紹介した。

Abstract

As we promote the electrification of chassis parts, we are developing a set of advanced materials and solutions to provide advantage in part weight, cost, and life cycle GHG emissions. We introduce a development example of a lower arm and subframe that weigh the same as aluminum while meeting the part requirements of electric vehicles by applying our own 980 MPa-class high tensile steel, forming method, and developed structure. We also introduce a development example of a steel tube trailing arm, at a lower cost than those made using conventional steel tube forming methods in order to accommodate the application of steel tube parts to rear suspensions with the aim of increasing the amount of battery capacity installed.

1. 緒 言

近年、自動車は地球温暖化や大気汚染問題に対処するため急速に電動化が進んでいる一方で、電動化に伴う車重の増加、コストの増加、電池保護のための衝突要件の厳格化が自動車メーカーにおいて課題になっている。これらの課題に対処すべくシャシー部品への高強度鋼板の適用ニーズが自動車メーカーにおいて高くなっている。高強度鋼板の適用はアルミニウム材を適用する場合に比べてコスト、LCAでのCO₂排出量の観点で優位であるため鉄の使いこなしを極めることで軽量化、コスト、LCAでのCO₂排出量のいずれも満足させることが可能となる。日本製鉄(株)はこれらの要求を満足させ自動車の電動化の課題解決に貢献すべくNSafe®-AutoConcept ECO³を提案してきた。この中でシャシー部品においては先進の鉄鋼材料とソリューションをセットで開発することでアルミニウムと同等重量の部品開発を行っている。

シャシー部品のアームリンク系部品に対しては、ハイテン化による成形性低下に伴う設計自由度の低下、それによって生じる部品性能の低下に対応可能とすべく、熱延980MPa級高成形性鋼板(980HF)と、その成形工法および構造設計手法の開発を推進している。サブフレームにおいては、衝突特性向上とコスト低減を目的にエネルギー吸収性能(EA: Energy Absorption)に優れるGA980級EA鋼板と部品点数と溶接点数を削減可能な工法開発を行っている。また、リアサスペンションへは車両への電池搭載容量を増やすための省スペース化を目的として鋼管を適用する場合があるため、これに対応すべく、980MPa級高強度鋼管を使っただけで低コストの鋼管成形工法の開発を行っている。

本報ではアルミニウムと同等重量で電動車の部品要件を満足するフロントロアアームとフロントサブフレーム、および、従来よりも低コストの鋼管トレーリングアームの開発事例を紹介する。

* 鉄鋼研究所 鋼材ソリューション研究第一部 課長 千葉県富津市新富 20-1 〒293-8511

2. 軽量フロントロアアームの開発

2.1 開発背景

代表的なシャシー部品の一つであるフロントロアアームは、部品機能として強度が要求されるため、電動化に伴う要件の厳格化に対応するため高強度鋼板の適用が進むことが想定される。一方、鋼板の高強度化に伴って延性や穴広げ性が低下するため、伸びフランジ変形となる湾曲部の壁高さは低下する傾向にある(図1)。これにより、特に疲労耐久性の低下が顕在化し、部品軽量化の障壁となる。換言すると、湾曲部高さの増加によって、部品のさらなる軽量化が可能となる。例えば、図2に示すフロントロアアームの場合、薄肉化(軽量化)すると疲労負荷時に湾曲部のエッジにおいて疲労破壊の原因となる発生応力が増大する。これに対して、湾曲部高さを増加させた場合は、薄肉化しても薄肉化前よりも発生応力を低減させることが可能となる。

湾曲部の成形高さを増加させる方法として、一般的には成形時の板厚減少や材料流動の制御によって、材料の破断限界を超えないようにする手法が用いられる²⁴⁾。一方、日本製鉄が開発した成形要素技術である“板厚圧縮工法”は、材料の破断限界を向上させることによって湾曲部の成形高さの増加が可能である。この板厚圧縮工法と、表1に示す熱延 980MPa 級高成形性鋼板(980HF)を組み合わせることで、かつてない湾曲部の成形高さと同強度化の両立を可

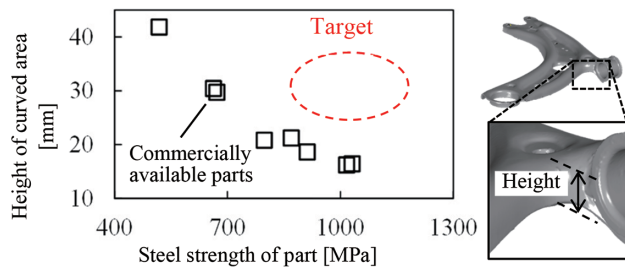


図1 材料強度と湾曲部高さの関係

Relationship between material strength and height of stretch-flange

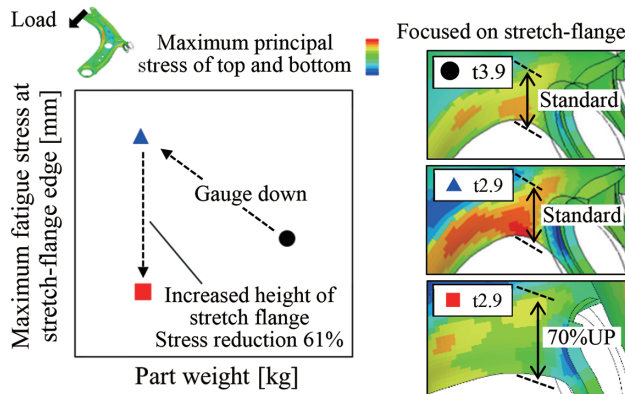


図2 部品重量と疲労負荷時の発生応力の関係

Relationship between part weight and fatigue stress

能とした。また合わせてトポロジー最適化⁵⁾を活用して補強部材の最適配置を行い、アルミニウム部品と同等重量でCセグメント車格の電動車の部品要件を満足するロアアームを開発した。

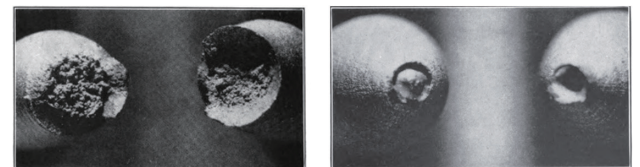
2.2 板厚圧縮工法

従来知見として、静水圧を付与した状態で丸棒(鋼材)の引張試験を実施した場合、極限変形能が向上することが報告されている(図3)⁶⁾。これと同様に、板厚圧縮工法の場合は、ホルダとダイで伸びフランジ成形部のエッジ近傍を押圧しながら成形することで、エッジ近傍における静水圧を増大させることを可能とした(図4)。これに加えて、板厚方向にエッジ近傍を押圧しながら成形することで変形が分散され、局所くびれも抑制される。この板厚圧縮工法を組み込んだフロントロアアームのプレス工程(全6工程)を図5に示す。1工程目では、湾曲部に金型によるせん断加工を実施した(打抜きクリアランス $CL/t=11\%$)。2工程目では、板厚圧縮工法を適用して湾曲部を成形した(フランジを残す)。3工程目では、湾曲部のフランジに金型によるせん断加工を実施した(打抜きクリアランス $CL/t=11\%$)。4工程目では、再び板厚圧縮工法を適用して湾曲部を成形した。5工程目では、バーリング部の穴あけ加工を実施した。6工程目では、バーリング加工を実施した。

図6に、フロントロアアームの成形試験結果を示す。従来部品の湾曲部の限界高さが17mmであることに対して、

表1 熱延 980MPa 級高成形性鋼板の機械特性
Mechanical properties of 980HF

	YP (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)
980HF	843	1006	13	55



(a) Fracture of specimen broken at atmospheric pressure (b) Fracture of specimen broken under high hydrostatic pressure

図3 静水圧による延性向上効果⁶⁾
Effect of hydrostatic pressure on ductility⁶⁾

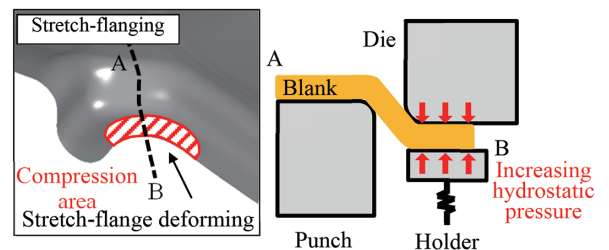


図4 板厚圧縮工法
Sheet thickness compression forming method

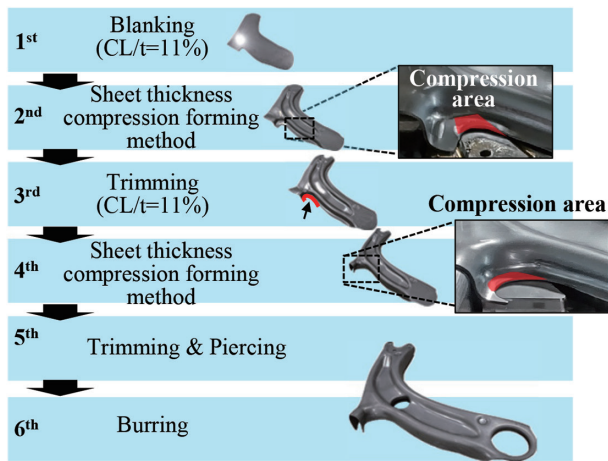


図5 プレス成形工程への板厚圧縮工法の適用
Sheet thickness compression forming method applied to press molding process of front lower arm

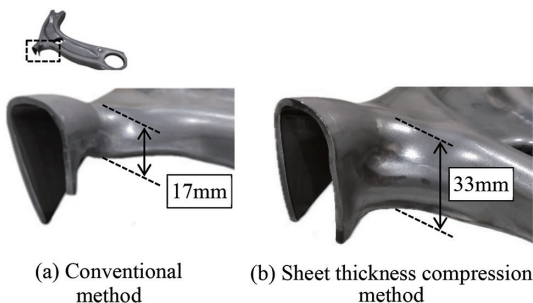


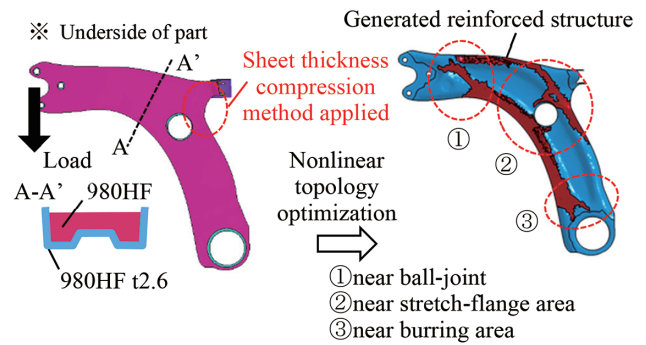
図6 フロントロアアームの成形試験結果
Results of press forming test

板厚圧縮工法を適用した場合は限界高さが33mmまで向上した。

2.3 構造最適化

電動車においてはエンジン車よりも車重がアップするため、フロントロアアームには高い部品性能（衝突性能、剛性、疲労耐久性）が要求される。中実断面構造や上下2部品を溶接した閉断面構造は強度を確保しやすいが、衝突性能、剛性といった性能が過剰となり、重量効率が低下する。これに対して、性能要件に応じて部分的に開断面と閉断面を最適配置することで、重量効率に優れた部品が得られる。そこで、断面構造の最適配置に向けて、非線形の構造最適化手法を活用して断面設計の要点を抽出した。

図7に、部品強度特性（後退力）に着目した補強部材の最適配置について示す。980HFからなる開断面構造ロアアーム（湾曲部には板厚圧縮工法を適用）をベースとして、断面内側を設計空間とした非線形トポロジー最適化を実施した。生成された構造から、①ボールジョイント近傍、②伸びフランジ成形部近傍、③パーリング部近傍、の補強が必要であることが示唆された。補強無しの構造の場合、荷重を受けることで①②に変形が集中する。閉断面構造の場合、全体的に変形が小さく、剛性が高いことが分かる。こ



No measures	Closed section	Optimized structure
980HF t2.6	980HF t2.6 980HF t2.3	980HF t2.3 980HF t2.6
Load Concentrated deformation Equivalent plastic strain at maximum reaction force	Overall deformation of the reinforced part is small	Deformation is distributed throughout the part

図7 補強部材の最適配置 (CAE 解析)
Optimization of reinforcement structure (CAE analysis)

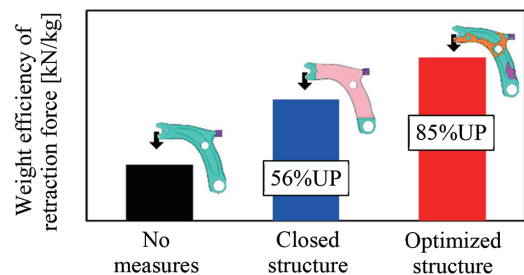


図8 開発構造の部品強度特性 (CAE 解析)
Crash performance of the developed structure (CAE analysis)

れに対し、①②③に補強部材を配置した構造とすることによって、部品全体に変形が分散される。図8に、開発構造の部品強度特性を示す。開発した部品構造は、後退力の重量効率において閉断面構造よりも優れた性能を示すことを明らかにした。本報では割愛するが、衝突性能を含むCセグメントの電動車の部品性能要件も満足した。

2.4 開発構造の優位性

図9に開発したフロントロアアームの試作品の写真、図10にCセグメントのアルミニウム製フロントロアアームに対する開発品のLCAでのCO₂排出量、部品コストの優位性を示す。開発したロアアームの重量はアルミニウムと同じ2.2kg、CO₂排出量は61%低減、部品コストは65%の低減を可能とする試算を得た。このように先進の鉄鋼材料、開発工法および構造設計手法をセットで部品開発することでアルミニウム部品を凌駕する鋼製ロアアーム部品を開発した。本開発手法はロアアームのみならず伸びフランジ部

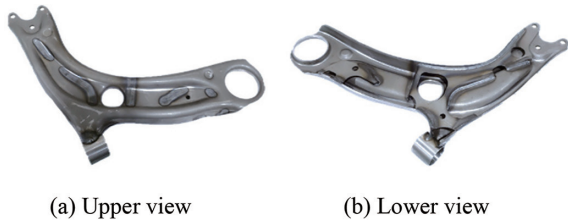


図9 開発したロアアーム
Developed lower arm

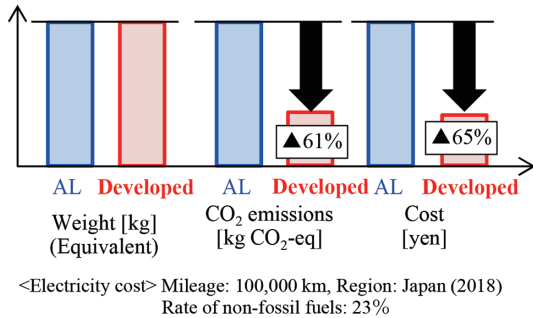


図10 アルミニウム部品に対する鋼製開発部品のCO₂排出量、部品コストの優位性
Comparison of weight, CO₂ emission, cost to aluminum part

を有する部品に適用可能であるため、他部品への展開を推進する。

3. 低コストで大量生産を可能とする鋼管トレーリングアームの開発

3.1 開発背景

自動車のサスペンションには様々な形式があり、中でも生産台数が多い軽自動車やコンパクトカー、ミニバン等によく用いられる方式がトーションビーム式サスペンションである。トーションビーム式はリアサスペンションとして用いられ、車輪軸と車体を結ぶトレーリングアームとコイルスプリング、左右のアームを接続するトーションビームにより構成される。トーションビーム式は他のサスペンション方式と比べて構造がシンプルで軽量・低コストというメリットがある。しかし、電動車の場合、モーターやバッテリー等が配置されるため、車体床下の設計自由度を向上させるべく、3次元的に湾曲したトレーリングアームが要求される。

トレーリングアームは全長にわたり強度と剛性を確保する必要があり、かつ軽量化を考慮すると、部品全体を閉断面構造とすることが多い。閉断面を構成する一つの方法として、鋼板をプレス成形することで得られた2部品をアーク溶接して構成されるモナカ構造がある。しかし、前述した電動化に伴う部品構造の複雑化によって、伸びフランジ変形・縮みフランジ変形が顕著となり、高い成形性が要求される。さらに、湾曲形状を有する2部品をアーク溶接する必要があるので、スプリングバックを見込んで寸法精度を確保する必要がある。これに対し、予め閉断面構造であ

る鋼管を素材として用いることで、閉断面化のための成形工程やアーク溶接が不要となり、部品製造コストが低減される可能性がある。

トレーリングアームは他部品との接合を考慮して、矩形断面とすることが多い。鋼管を矩形断面の湾曲部品に加工するためには、曲げ加工と断面加工がそれぞれ必要となる。多用されている代表的な曲げ加工方法は回転引曲げである⁷⁾。小さな曲げ半径でも曲げ加工できる回転引曲げは、生産現場で最も使用されている加工法である。これは多くの金型で拘束しながら曲げ加工するため、曲げ内側の座屈に有利である。

断面加工には様々な手法があるが、1990年代から自動車分野で盛んに研究開発が進められた加工技術がチューブハイドロフォーミング (Tube Hydro Forming, THF) である⁸⁾。THFは内圧と軸押しを併用することで座屈無く部品断面を成形することが可能であり、部品の設計自由度の観点で極めて優れた加工方法である。3次元的に湾曲した形状を実現するためには、回転引曲げで予め曲げ加工をした素管を用いて、THFで断面加工する方法が取られる。これは、一般的に断面加工後に曲げ加工する場合、断面の崩れや座屈が生じやすいためである。一方、THFはタクトタイムが長いいため、少量生産向きである。

3.2 鋼管の断面変形プレス曲げ工法

3次元的に湾曲した閉断面部品の大量生産に対応すべく、日本製鉄では、鋼管の曲げ加工と断面加工を同時に行う成形要素技術である“断面変形プレス曲げ工法”を開発した(表2)⁹⁾。本工法は、従来のプレス機に適用可能であり、上下金型で素管を曲げ加工すると同時に、異形断面化を行うことで変形を分散し、座屈無く成形するものである(図11)。このため、本工法は省工程かつ大量生産に適した手法であると言える。さらに、回転引曲げと組み合わせることによって実現可能な曲げ半径を向上させることも可能で

表2 従来工法と開発工法
Comparison of conventional and developed methods

Method	Conventional		Developed
	Pre-forming and press bending	Rotary draw bending and THF	Cross-sectional deformation press bending
Overview	Pre forming ↓ Press bending ↓ Buckling	Rotary draw bending ↓ THF	Cross-sectional deformation press bending ↓
Productivity	○	×	○
Shape flexibility	×	○	△ Uniform cross section
Shape fixability	△	○	○
Equipment cost	○	×	○
Process-saving	×	×	○

ある。また、ダイフェースの形状によって管軸方向に断面形状を変化させることもできる。部品の断面周長はほぼ一定である必要があるが、管端をフレア加工するなど別の加工法と組み合わせることで、断面周長の変化にも対応する。

従来のプレス曲げ工法と断面変形プレス曲げ工法の変形挙動をCAE解析で比較する(図12)。ここで、素管は強度980MPa級、外径φ40mm、肉厚1.6mmとし、最終的な部品形状を断面は40mm×30mm、矩形断面構造の成形を曲げ内側の曲げ半径が800mm、曲げ角度が20°、とした。断面変形プレス曲げの場合は素管を1工程で成形し、従来工法の場合は予め矩形(40mm×30mm)に断面加工された矩形管(直管)を曲げ成形する前提である。

図12に、加工後の管軸方向のひずみ分布を示す。矩形管を曲げ成形する従来工法では、図12(a)に示すように、曲げ内側において座屈が生じる。これは、曲げ変形によって曲げ内側が管軸方向に圧縮され、局所的に面外変形が生じたためである。一方、素管を曲げ成形する断面変形プレス曲げ工法では、図12(b)に示すように、従来工法で生じた座屈が見られない。これは、曲げ加工と断面加工が同時に行われることによって、曲げ内側の圧縮変形が管軸方向

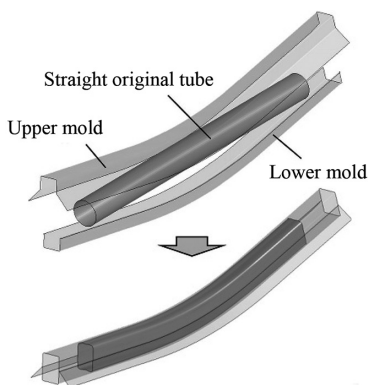


図11 断面変形プレス曲げの金型構成と加工イメージ
Die configuration for sectional deformation press bending

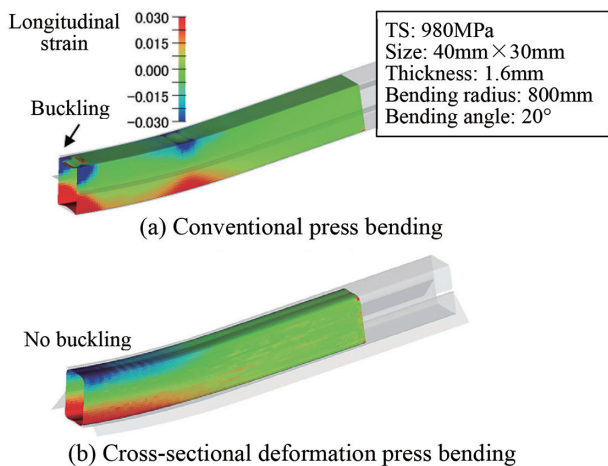


図12 従来工法と断面変形プレス曲げの加工後形状比較
Comparison of shapes after processing by conventional method and sectional deformation press bending

に分散し、座屈が抑制されたためである。

断面変形プレス曲げ工法の成形中における断面形状の変化について考察するため、管軸中央部の断面形状を図示した(図13)。素管はまず上型に接触し、上型に設けた型割りのガイド機構によって、素管がスムーズに上型内に流入する(①~③)。その後、下型内にも材料が流入し、軸方向の曲げがほぼ完了する(④)。そして、上型を下死点まで下降させる過程で矩形断面が形成され(⑤)、加工が終了する(⑥)。以上より、曲げ加工時において、管軸方向に圧縮変形される曲げ内側は円断面であり、従来工法のように予め矩形断面である場合と比較すると、面剛性が高いため座屈が生じにくいことが分かる。

本報では割愛するが、素管を単純曲げ成形した場合のスプリングバック後の曲げ角度の変化量(理論解)と比較すると、断面変形プレス曲げを適用した場合はスプリングバック後の曲げ角度の変化量が小さくなることを明らかにした。これは、管軸方向の変形が分散されることによるものと考えられる。断面変形プレス曲げは、980MPa級の高強度鋼管を用いても座屈等の成形不良無く成形可能であり、従来工法よりも高い断面設計自由度および寸法精度を実現可能である。

断面変形プレス曲げをトレーリングアームの成形工程に適用した例を紹介する。図14に、トレーリングアーム試

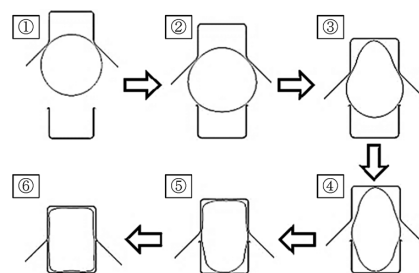


図13 断面変形プレス曲げによる管軸中央部の断面形状
Cross-sectional shape of the center of the pipe axis due to cross-sectional deformation press bending

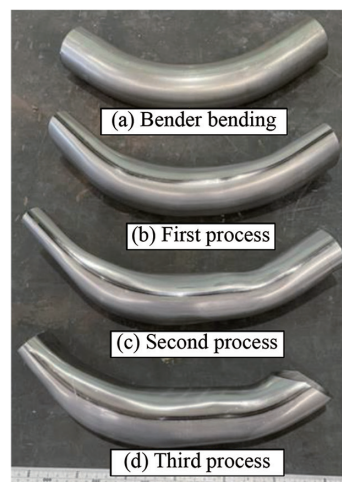


図14 トレーリングアーム試作品
Trailing arm

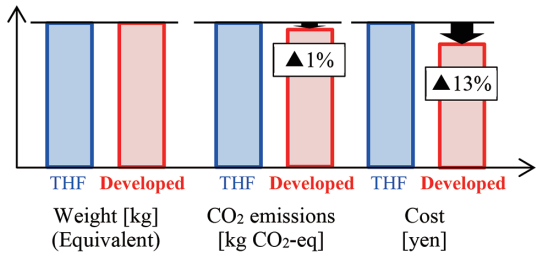


図 15 THF に対する開発工法の重量・CO₂ 排出量・コストの比較
Comparison of weight, CO₂ emission, cost to THF

作品を示す。素管は STKM13B, 外径 φ60.5mm, 肉厚 2.3 mm とし, 回転引曲げ後に断面変形プレス曲げ 3 工程で部品加工した。その結果, 成形品には座屈や凹みが発生せず, 良好な形状に成形できることを確認した。

3.3 開発工法の優位性

図 15 に THF に対する断面変形プレス曲げで成形した開発品の LCA での CO₂ 排出量, 部品コストの優位性を示す。開発部品の重量は THF と同等, CO₂ 排出量は 1% 低減, 部品コストは生産性が向上することにより 13% 低減を可能とする試算を得た。

4. 鋼製サブフレームの開発

4.1 開発背景

電動車のサブフレームには, 車両へのバッテリーの搭載による車両重量増加と低重心化によって衝突時の荷重を伝達する経路としてのロードパス機能やエネルギー吸収部材としての役割が求められる。また, 電動車のサブフレームではパワーユニットの搭載方法がエンジン車¹⁰⁾と異なるためモーターの重心マウントに対応可能な前後左右に梁を備える“コの字型”が主流になると想定される¹¹⁾。

現在, サブフレームの主要な材質は鋼製・板金・溶接組立構造である。しかし, 前述の変化に対応してアルミダイキャストやアルミ押出材を多用し, 大幅に一体化したサブフレーム構造が量産車に見られる。

これらは, 軽量化をしながら性能を確保し, ダイキャストや押出材を用いて各機能部品を一体化することで, 重量・部品点数・溶接長を大幅に削減している。

鋼製サブフレームにおいても, 低コスト化を目的とした重量, 部品点数や溶接長を抑制した構造は依然求められている。本取組では, 鋼製のサブフレームにおいて, 日本製鉄独自の成形工法を用いることで大幅に部品一体化を図り, 性能を確保しながら重量, 部品点数や溶接長の抑制を図り得るフロントサブフレーム構造を開発した。

4.2 開発フロントサブフレームの構造・工法の特徴

本開発フロントサブフレーム(図 16)は下記の日本製鉄独自の成形工法を用いた部材を採用している。

- ①NSafe[®]-FORM-SS (せん断成形工法)¹²⁻¹⁴⁾によるフロントクロスメンバ
 - ②NSafe[®]-FORM-LT (自由曲げ工法)¹⁴⁺¹⁶⁾ + スポット TWB によるサイドメンバ+リヤクロスメンバ
 - ③鋼管活用または断面変形プレス曲げによるクラッシュボックス
- 上記①~③について詳細を述べる。

①NSafe[®]-FORM-SS (せん断成形工法) によるフロントクロスメンバ

フロントクロスメンバは, サブフレーム前方に位置し, 車幅方向に延伸する部材である。剛性, 衝突性能を担保する部材であり, ボディへの締結点を保持し, アームを支持する機能を持つ。ボディ締結点を一段高くした形状を一体成形するために日本製鉄の独自工法である“NSafe[®]-FORM-SS (せん断成形工法)”を採用している。また, アーム支持部をフロントクロスメンバに一体化している。従来構造では別部品であることが一般的なボディ締結部やアーム支持部をフロントクロスメンバに取り込むことで, 部品点数削減および溶接長の削減を図っている(図 17)。また, 当部材に対し, GA980 級 EA 鋼板 (t=1.8) を採用し, 耐力とエネルギー吸収性能を確保しながら薄肉・軽量化を図っている。

②NSafe[®]-FORM-LT (自由曲げ工法) + スポット TWB によるサイドメンバとリヤクロスメンバ

サブフレームを構成する主要な部材であるサイドメンバとリヤクロスメンバを NSafe[®]-FORM-LT (自由曲げ工法) とスポット TWB により, コの字型に一体成形している。一体成形にあたって, スポット TWB 工法を採用している。

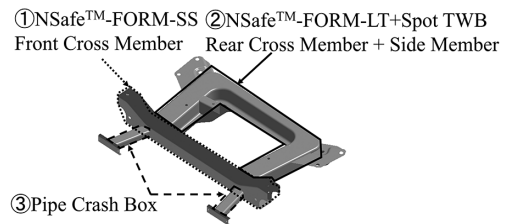


図 16 開発フロントサブフレームの主要な構造
Developed front subframe

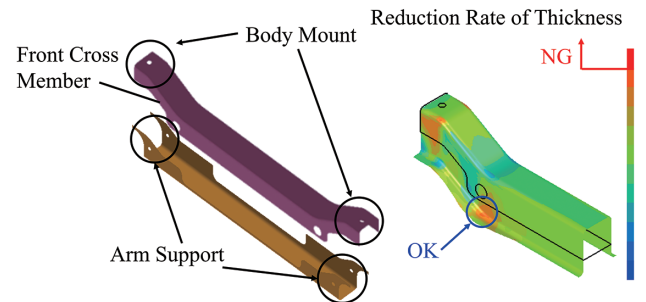


図 17 せん断成形工法 (NSafe[®]-FORM-SS) フロントクロスメンバ
Development method of front cross member

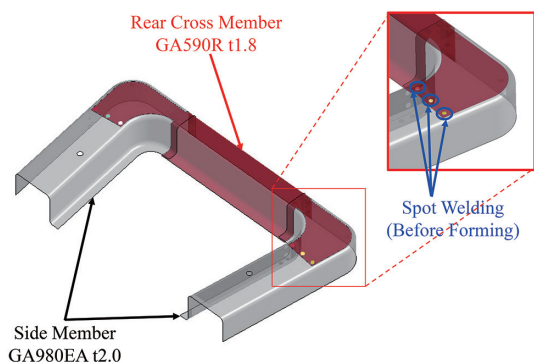


図 18 自由曲げ工法 + スポット TWB によるサイドメンバとリヤクロスメンバ

Side members and cross members applying development methods

これは、あらかじめブランクをスポット溶接で結合しておき、その後冷間成形するものである。この工法の採用により、コの字型部材において、歩留を悪化させずに一体化することが可能である。また、サイドメンバとリヤサイドメンバを一体化することで部品点数削減を図っている。

サイドメンバ部においては、NSafe®-FORM-LT (自由曲げ工法) を採用し、袋形状を一体で成形している (図 18)。加えて、サイドメンバには GA980 級 EA 鋼板 (t=2.0) を採用し、十分な耐力を確保しながら薄肉・軽量化を図っている。

③鋼管活用または断面変形プレス曲げによるクラッシュボックス

クラッシュボックスは、サブフレーム前端部で前後方向に延伸する部材であり、衝突初期～中期の段階において、軸圧潰変形をすることでエネルギー吸収を行う部材である。当部品は、部品点数の削減と溶接長削減を目的とし、鋼管を成形したものを採用している。当部材に使用する鋼管は 780MPa 級 (t=1.8) を採用し、これをフロントクロスメンバの高剛性部に取り付けている。衝突時、この部材を軸圧潰変形をさせることで、十分なエネルギー吸収性能を確保している。また、レイアウトや性能に応じ、断面変形プレス曲げを利用し、扁平・屈曲形状の成形品も検討可能な部材である (図 19)。

4.3 性能検証

本開発サブフレームは、検討ベースとして設定したアルミニウム製フロントサブフレームをベンチマークし、同等以上の性能を得ることを目標とした。

開発フロントサブフレームは、図 20 に示すコンポ衝突解析により、ストローク全域においてアルミニウム製フロントサブフレーム同等以上のエネルギー吸収量を確保している。

剛性¹⁾は、サブフレーム前後のアーム支持部の横方向剛性を図 21 に示す静剛性解析により算出し、アルミニウム製フロントサブフレーム同等以上の静剛性を得ている。

上述のように、本開発フロントサブフレームにおいて、

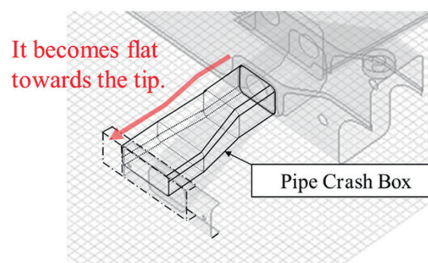
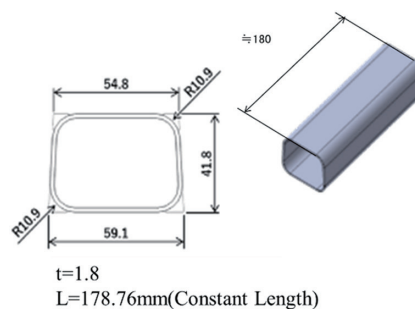


図 19 鋼管活用クラッシュボックス (780MPa 級 t=1.8)
Steel pipe utilization crash box

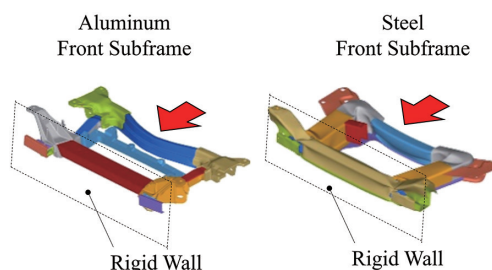


図 20 サブフレーム衝突性能評価条件
Subframe crashworthiness evaluation

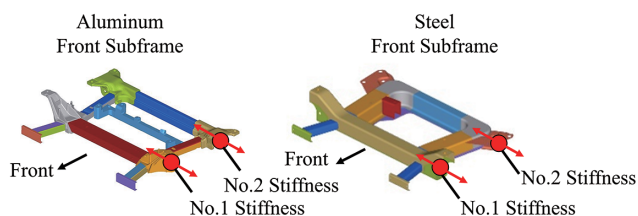


図 21 アーム取付部の静的剛性の評価条件 (CAE)
Comparison of static stiffness of arm attachment (CAE)

衝突性能 (エネルギー吸収量) と静剛性について、CAE により性能検証を行った。結果、検討ベースとしているアルミニウム製フロントサブフレームと同等以上の性能を得ることを確認した。

4.4 開発構造の優位性

開発フロントサブフレームの重量は、GA980 級 EA 鋼板の採用による各部材の薄肉・軽量化を図ることで、アルミニウム製フロントサブフレーム同等の重量となっており、軽量化を図っている。

部品点数は、アルミニウム製フロントサブフレームのベンチマーク結果 (5 車種) から得た部品点数の平均値である 25 点を下回る 17 点であり、アルミニウム製サブフレーム

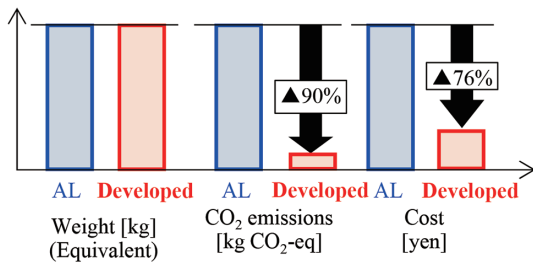


図 22 アルミニウム部品に対する鋼製開発部品の重量・CO₂ 排出量・コストの比較
Comparison of weight, CO₂ emission, cost to aluminum part

を下回る点数となっている。

また、溶接長は、①～②の工法による部品一体化、ブラケット取り込みおよび、③の鋼管活用によるモナカ構造の廃止により削減を図っている。

図 22 にアルミニウム製サブフレームに対する開発した鋼製サブフレームの LCA での CO₂ 排出量、部品コストの優位性を示す。開発した部品の重量はアルミニウム部品と同等、CO₂ 排出量は 90% 低減、部品コストは 76% 低減を可能とする試算を得た。

本取組では、日本製鉄独自の成形工法を各部材に採用することにより、大幅に部品一体化を図った。これにより、軽量、少部品点数、少溶接長で成立する開発フロントサブフレームを開発した。

5. 結 言

鉄鋼材料は一般的にリサイクル性、成形性、溶接性に優れるため、自動車車体に多く用いられてきた。その中でも高強度鋼板は軽量化、コストの低減の観点から、電動車のシャシー部品において、さらなる高強度化が期待されている。本報では、部品重量、コスト、LCA での CO₂ 排出量の観点で優位となるシャシー部品を実現するためのソリューション技術について整理し、アルミニウムと同重量で電動車の部品要件を満足するフロントロアアームおよびサブフレームの開発事例について述べた。また、電池搭載量の増

加に対応するために、従来の鋼管成形より低コストの鋼管トレーリングアーム部品の開発事例を紹介した。今後も鉄鋼材料のポテンシャルを最大限に引き出すソリューション技術開発を検討するとともに、NSafe®-AutoConcept ECO³ の実現に向けたシャシー部品開発および要素技術開発を継続する。

参考文献

- 久保雅寛 ほか：鋼製軽量車体および部品のライフサイクルでの温室効果ガス排出量評価。自動車技術会 2022 年春季大会学術講演会講演予稿集。文献番号 20225281 (2022)
- 吉田博司 ほか：新日鉄技報。 (393), 18-24 (2012)
- 安部洋平 ほか：塑性と加工。 52 (604), 569-573 (2011)
- 伊藤泰弘 ほか：第 67 回塑性加工連合講演会講演論文集。 321 (2016)
- 丹羽俊之 ほか：自動車技術会論文集。 44 (5), 1249-1254 (2013)
- Bridgman, P.W.: Studies in Large Plastic Flow and Fracture. McGraw-Hill Book Co. New York, 1952
- 和田学：ぶらすとす。 8 (87), 111-115 (2025)
- 水村正昭：ぶらすとす。 2 (16), 186-191 (2019)
- 田村翔平 ほか：第 67 回塑性加工連合講演会講演論文集。 69 (2016)
- 河内毅 ほか：日本製鉄技報。 (412), 97-102 (2019)
- 大西将浩 ほか：日産技報。 (91), 22 (2024)
- 田中康治 ほか：第 69 回塑性加工連合講演会講演論文集。 247 (2018)
- Tanaka, Y., Natori, J.: 自動車技術会 2021 年秋季大会学術講演会講演予稿集。文献番号 20216079 (2021)
- 田中康治 ほか：ぶらすとす。 6 (72), 725-729 (2023)
- 田中康治 ほか：塑性と加工。 60 (705), 283-288 (2019)
- 田中康治 ほか：平成 30 年度塑性加工春季講演会論文集。 235 (2018)
- 大塚研一郎 ほか：自動車技術会論文集。 43 (5), 1087-1092 (2012)



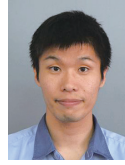
大塚研一郎 Kenichiro OHTSUKA
鉄鋼研究所 鋼材ソリューション研究第一部
課長
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511



漆畑 諒 Ryo URUSHIBATA
鉄鋼研究所 鋼材ソリューション研究第一部
主任研究員



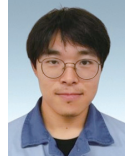
磯貝栄志 Eiji ISOGAI
東日本製鉄所 品質管理部
主幹



田畑 亮 Ryo TABATA
名古屋製鉄所 品質管理部
主査



和田 学 Manabu WADA
名古屋技術研究部
課長



北原優樹 Yuki KITAHARA
鉄鋼研究所 鋼材ソリューション研究第一部



湯沢 光 Hikaru YUZAWA
名古屋製鉄所 品質管理部



山岡遼也 Ryoya YAMAOKA
鉄鋼研究所 鋼材ソリューション研究第一部