

## 自動車「設計編」\*

種植 隆浩\*\*, 藤田 浩史\*\*, 佐藤 英資\*\*, 大浜 彰介\*\*, 後藤 昌毅\*\*



種植 隆浩



藤田 浩史



佐藤 英資



大浜 彰介



後藤 昌毅

Automobile(Design)\*

by TANAE Takahiro\*\*, FUJITA Hiroshi\*\*, SATOH Eisuke\*\*,  
OHAMA Shosuke\*\* and GOTO Masaki\*\*

キーワード

ボディ設計, シャシ設計, SPOT 溶接, アーク溶接, レーザ溶接, FSW

### 1. はじめに

現在の主流であるガソリンエンジンを搭載した自動車は、19世紀末に誕生した。その後、1913年にアメリカのフォード社が流れ作業による自動車の大量生産を開始してからちょうど100年が経過している。

近年の自動車、特に四輪自動車は、「走る」「曲がる」「止まる」という基本性能のみでなく、環境性能と安全性能の向上が強く求められている。環境性能では、CO<sub>2</sub>排出量が代表される燃費性能が特に注目されており、例えば欧州では、2020年において1km 走行時のCO<sub>2</sub>排出量を、2013年比で25%以上削減することが求められている<sup>1)</sup>。これを達成するためには、パワートレインの技術革新だけでなく車体の軽量化など総合的な技術の向上が不可欠となっている。

また、安全性能については、交通事故を未然に防ぐ予防安全と衝突時に乗員の保護や生存空間の確保を目的とする衝突安全が大きな要素となっている。このうち衝突安全については、各国の衝突法規や第三者評価機関によりさまざまな衝突形態を想定した評価方法や基準が設定されている<sup>2)</sup>。自動車会社各社はその基準を満足できる安全な商品を提供するために、構造や製法および材料などあらゆる観点での技術開発を行っている。

一方、環境や安全だけでなく、外観、内装デザインの向上、室内の広さや視界に代表されるパッケージング技術なども重要である。

本稿では、上記要求性能をふまえて、自動車(乗用車)設計の考え方とその中での溶接接合技術の使い方について、近年の動向も交えて紹介する。

### 2. 製品概要

自動車を構成するシステムは、大きくエンジン、トランスミッション、ボディ、シャシ、内装・外装、電装に分かれている。そのうち、溶接接合を多用しているシステムの代表は、ボディとシャシといえるので、以降この2つのシステムに絞って述べる。

なお、本稿ではシャシとは、アクスル、サスペンション、マウント、ステアリング、ブレーキ、コントロール、エキパイ、フューエルおよびその周辺装置を指すものとする。

#### 2.1 ボディ

自動車のボディ構造は、大きくモノコック形式とフレーム形式に分けられる。モノコック形式とは、図1に示すように、車体を構成する外殻部材全体で強度を分担する構造で20世紀の半ばごろから自動車の車体構造として普及し始めた。外力をボディ全体に分散させて受け持たせる構造となっているため、車体の軽量化や衝突時のエネルギー吸収効率に優れており、現在の乗用車の車体構造の主流となっている。フレームをもたないためシャシ部品は、ボディに

\*原稿受付 平成25年7月19日

\*\* 株式会社技術研究所 Honda R&D Co.,Ltd

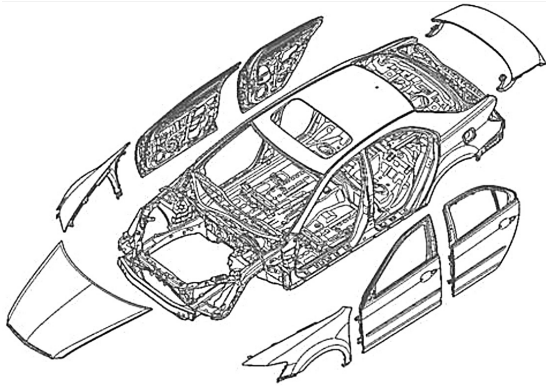


図1 モノコックボディの例



図2 フレーム形式の例（ラダーフレーム）

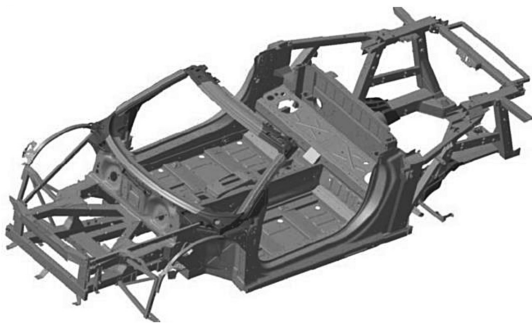


図3 アルミスペースフレームの例（Audi R8 Spyder）

直接またはサブフレームを介してボルト締めされる。一般的な利点としては、以下の点があげられる。

- ① 車両重量が軽く、強度や剛性の高い設計が可能
- ② 車室床面を低くでき、車両全高を低くできる
- ③ 構成部品が薄板となるため SPOT 溶接など作業性・量産性の高い製造が可能

その一方で、サスペンション、パワートレイン系からの振動・騒音が入りやすいので、静粛性を確保するためには十分な防振、防音対策が必要となる。

一方、フレーム形式とは、図2に示すようにボディとは別個にシャシおよびパワートレインを構成するユニットを取り付けるための骨格をもつ構造で、そこにボディを構成する外殻構造が載せられる。

フレームに強度や剛性をもたせるため、ボディの形状変更が容易であり、シャシとボディを別工程で組み立てることで生産効率が高くなるなどの利点がある反面、重量が重くなりやすく、床面が高くなり車高が上がるなどの制約があるため、トラックへの適用が主流で、乗用車にはあまり適用されない。

ただし、一部の車種には、フレーム形式のひとつであるスペースフレーム構造が適用されることがある。特にアルミ合金でボディを構成する場合、スチールボディとは異なり、板材のみで構成するよりも押出材や鋳造材と組み合わせる方が、コストや性能上有利になるため、図3に示すように板材、押出材、鋳造材で構成される骨格部分で強度や剛性を確保し、そこに外板を取り付けるスペースフレーム構造をとる場合が多い<sup>3)</sup>。

## 2.2 シャシ

自動車のシャシ構造において、まず明確にすべきは、駆動方式とサスペンション形式と考えられるので、最初にその分類について触れる。

自動車の駆動方式は、2輪で駆動する2WDと4輪で駆動する4WD（またはAWD）がある。2WDは駆動輪の位置により、前輪駆動、後輪駆動があり、さらにこれにエンジンの搭載位置を組み合わせると、FF（Front engine Front drive）、FR（Front engine Rear drive）、MR（Midship engine Rear drive）、RR（Rear engine Rear drive）の4種類の分類がある。

4WDは4輪で駆動することによる高い走破性と走行安定性が利点であり、オフロード車に多く適用される一方で、乗用車などでも走行性能を高める目的で、一部のグレードで設定されている場合がある。また、2輪駆動の乗用車では、FFが主流となっている。これは、室内空間を広くとることができる、重量を軽くできるといった理由による。後輪駆動では、比較的排気量の大きな乗用車などにFRが、一部のスポーツカーなどにMRやRRが採用されている。

一方サスペンション形式は、大きく分けて左右の車輪を別々のサスペンションで動作する独立懸架方式と、左右の車輪を車軸で連結した固定車軸方式がある。それぞれはさらに細かく分類され、独立懸架方式では、ストラット式、ダブルウィッシュボーン式、マルチリンク式などが、固定車軸方式では、トーションビーム式などがよく用いられている（図4）。

同じ分類のサスペンションであっても、その形態や形状は自動車会社によって多種多様であり、各社の特徴が表れるシステムのひとつである。

## 3. 溶接構造物としての設計思想

自動車における溶接接合技術は、いくつかの方法を目的に応じて使い分けられている。そこで、まずは自動車設計にあたって、溶接構造物を念頭に置いた時に考慮すべき因子とその因子が影響を与える自動車の主な特性・性能を整理する。

- ① パッケージング：室内空間・安全性能・視界
- ② 剛性：操縦安定性（以下操安性）・乗り心地・静粛性
- ③ 衝突性能：衝突安全・軽衝突・歩行者保護
- ④ 強度耐久性：走行時・運送時の入力に対する耐性
- ⑤ 防錆性：各種性能の経年変化
- ⑥ 重量：走行性能・燃費
- ⑦ 生産性・コスト：品質安定性・価格
- ⑧ 材料特性と溶接方法に関する因子（遅れ破壊や応力腐食割れ、熱影響部の強度低下等）：信頼性

以下にこれらの因子を考慮したボディ、シャシの設計思想についてそれぞれ述べる。

3.1 ボディの設計思想

自動車は実用性の高い道具であると同時に、魅力的な商品でなければならない。

ここでいう魅力とは、たとえば外観、内装のデザイン、荷室を含む室内空間、安全性、快適性、操安性、低燃費性能など、用途や使用者によって多様性が求められる。そして、それらを満たすためには、ボディの効率的な骨格の通し方（フレームワーク）が不可欠となるが、そのボディ骨格がどのような過程で設計されるかについて以下に簡単に述べる。（開発の全体の流れについては図5を参照）

初期段階の設計検討は、コンセプトに沿ったその機種に求められるパッケージデザインから始められる。つまり搭載するパワープラント、乗員や荷室、安全性能に関わるスペースなどの確保、配置がなされる。また、エアバッグなどの安全装備やさまざまな快適装備、機能部品（たとえばエアコンのユニットやドアガラスの昇降機構部品など）についても、この段階で配慮されている必要がある。

一方で外観のスタイリングデザインが進むと“外”と

“内”のレイアウトがおおよそ見えてくるが、ボディ骨格はその“外”と“内”の限られた狭間空間の中で効率的に設計されなければならない。

上記の過程から基本のフレームワークが決まれば、各主要部位の一般断面を作成し、必要な断面性能を確保する。それを元に各部位に使用する材料や板厚、溶接位置、点数などを決定付ける。初期段階での断面設定は主に衝突時の入力予測値や、剛性目標を元に検討を進める場合が多い。（断面の例は図6を参照）

断面を決める作業は、その後の材料選定や、性能を決定する上で最も重要な過程のひとつである。特にボディ骨格での軽量化という観点では、肝となる為、十分な検討が必要となる。しかし、通常自動車という商品の性質から、ボディ骨格を構造物としての断面性能だけで決めることはできない。キャビンのドア開口廻りを例に挙げると、デザインを始め、開閉物のヒンジやロック、シール設定、内装、安全装置、ワイヤーハーネスなどの各部品の取り付けの設定など、さまざまな周辺の部品レイアウトを含めた形で、構造体としての諸性能を満足できる断面形状を決めなければならない。つまり、上記の例であるドア開口部にかか

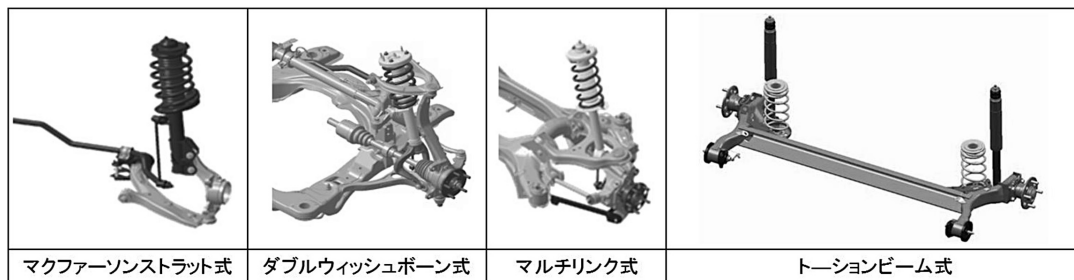


図4 サスペンション形式

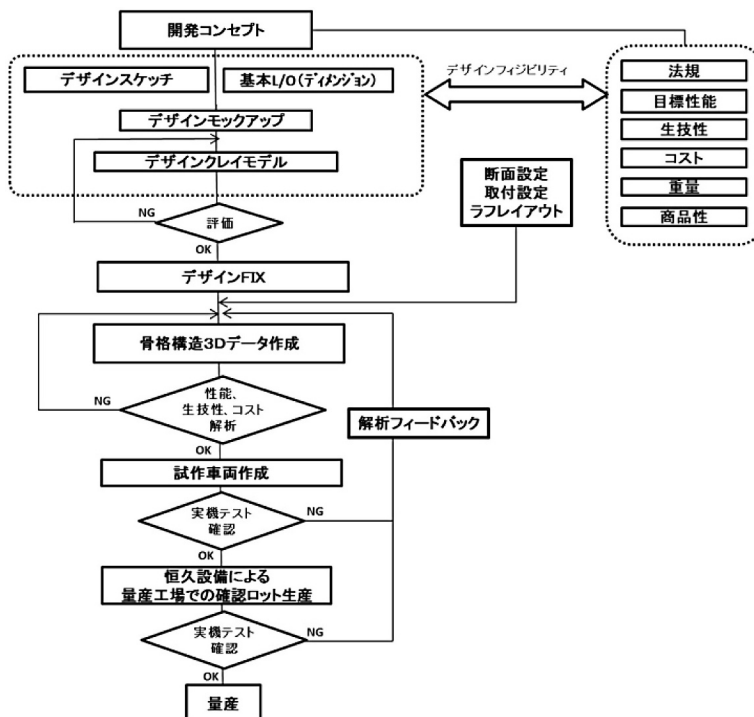


図5 車体開発の流れ

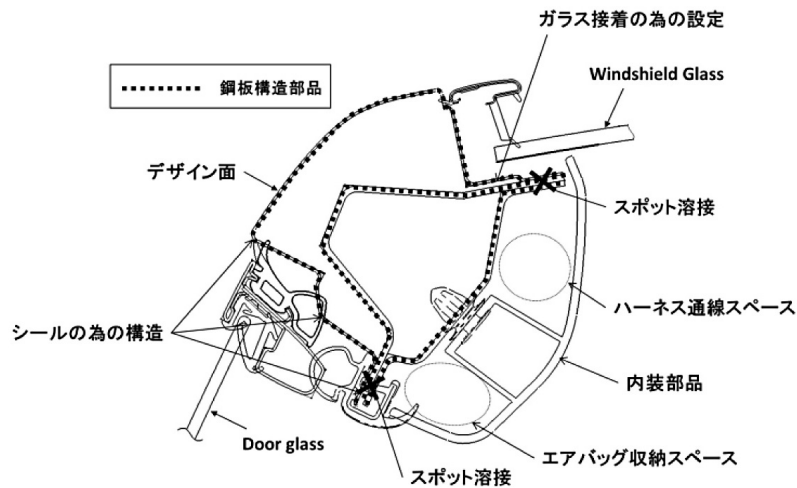


図6 骨格部品の断面設定の例（フロントピラー）



図7 大規模モデルに使用される CATIA 3D データ

ならず、自動車のボディは、構造体（骨格）でありながらも、内外の全ての部品が取り付けのための土台であり、商品のキャラクターを位置づける外観デザイン部品の役割も担い、さらには、衝突時における乗員保護の緩衝材の役割や、生存空間を確保する機能までもが要求されるといった、構造体としては、極めて複雑な製品と考えられる。

断面設定時の材料の選定としては、主に衝突時等の変形を最小限とすることが求められる部位においては、板厚が薄くとも強度が得られる高張力鋼板を選定することが多く、剛性が求められる部位については、強度よりも断面係数が重要となり、板厚にて性能をコントロールするのが通例である。

但し、ボディは複雑な3次元曲線から成る大小500以上の部品から構成されており、ボディ骨格の全体性能は、各部品の相互作用により成り立っている為、手計算での解析には限界がある。そのため、車一台分の部品や継ぎ手構造を全て取り込んだ、大規模なシミュレーションモデル（図7）での解析結果が主な判断材料となる。

シミュレーションモデルを用いた主な解析の対象としては、自動車の操安性やNVH（ノイズ／バイブレーション／ハーシュネス）性能に関わるボディ剛性、商品性としての耐久・強度性、安全性能としての各方位からの耐衝突性能などが上げられ、さらにはローカル部位（例としてベルトアンカレッジ強度や、ジャッキアップ強度など）の強度要件なども含まれる。

その後、見え方や、使い勝手等の商品性評価を受けた後、プレスや塗装要件などの量産工場での生技性を考慮した

上で恒久仕様の設計が進められる。上記設計をもとに製作された試作車両にて商品性テスト、走行テスト、耐久テスト、衝突テスト等の要件テストにおいて対策、検討を繰り返し、最終的にすべての目標性能が達成されたことを確認した上で量産に至る。

### 3.2 シャシの設計思想

シャシ部品は操安性、乗心地、NVH性能などといったその自動車の「乗り味」を決定する。また、近年は部品のフリクション低減、空力を考慮した部品形状や配置にする事で「燃費性能」、エネルギー吸収構造を取る事で「衝突性能」にも大きな影響を及ぼす。シャシの設計はそれら多くの機能・性能をバランス良く、高次元で具現化させる事を要求される。

その一方で、シャシ部品は前述の様に「走る」「曲がる」「止まる」という重要機能を持つ。したがって、シビアな安全性への配慮も要求される。

また、自動車の走行条件はワインディング、高速、悪路、雪上路など様々である。その中で、シャシ部品は車外の路面に近い部位に配置される為、極低温・極高温、乾燥・多湿、チッピング、被水（塩水含）、埃などの影響を受ける過酷な使用環境に晒される事も想定されなくてはならない。更には、その様な路面状況やパワートレインなどの振動体により、各々の部品が様々な方向、大きさ、頻度の入力を受ける事も加味されなければならない。

## 4. 溶接継ぎ手の特徴と要求性能

### 4.1 ボディ溶接における継手

自動車のボディに用いられる溶接方法は、部品の形状や材質、求められる性能・品質および生産性などに応じて使い分けられる。モノコックボディでは、図8に示すように通常ほぼすべての部品をシート状の材料（鋼板やアルミ板材など）からプレスによって製造する。各部品は端部にフランジと呼ばれる接合部が設定されるのが一般的で、そのフランジ同士を合わせて溶接接合してボディを形成する。このとき用いられる手法とその適用例を表1に示す。これは、いくつかの車種で用いられている溶接接

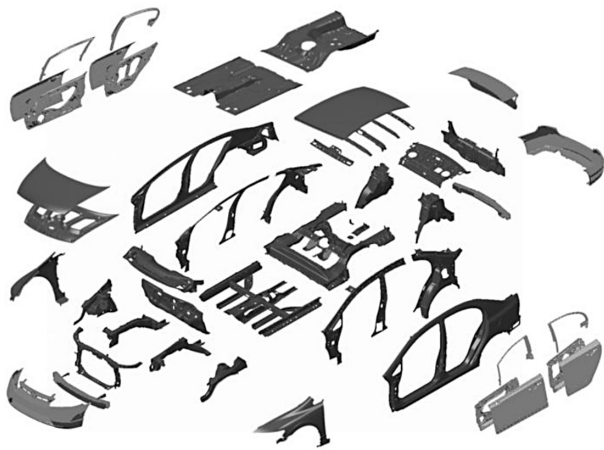


図8 モノコックボディの構成部品例

合手法とその適用数（点接合であれば点数，線接合であれば長さ）の平均，およびそれを SPOT 溶接の打点数に換算した値である<sup>3)</sup>。

ここからわかるように，ボディの溶接接合手法は，現在 SPOT 溶接が主流となっている。これは，溶接時間が短いこと，およびロボットを用いた自動化がしやすく生産性が高いことによるもので，1台あたり4000～6000打点の SPOT 溶接が施されている。

#### 4.2 ボディ溶接に求められる性能と対応手法

ボディ溶接が密接に関係する自動車の性能としては，主に強度・耐久性，衝突性能，剛性があげられる。SPOT 溶接を前提とすると，強度・耐久性と衝突性能は1打点当たりの溶接強度と打点数および配置で，剛性は打点数と配置で担保するのが通例である。

SPOT 溶接は，電極によって被溶接材となる板材を挟んで加圧，密着させた後，通電によるジュール発熱によって板間に溶融部を形成させ，その後の冷却によってナゲットと呼ばれる凝固部を形成させる溶接手法であり，このナゲットの大きさで強度が決まる。また，このナゲットは溶接する材料の板厚に応じて適正な大きさが決まるため，SPOT 溶接ではナゲットの大きさと板厚が強度に大きく寄与することになる。

SPOT 溶接の強度は，通常引張せん断モードと十字引張モードの2種類の荷重形態で整理される。図9～12はそれぞれのモードでの静的強度と疲労強度の例を示したものである。静的な引張せん断強度 (TSS) は，ナゲット径，板厚とともに材料の強度にも依存するが，十字引張強度 (CTS) は強度にはあまり依存せず，ナゲット径と板厚によって強度が支配されることがわかる。その傾向は疲労強度ではさらに顕著で，板厚とナゲット径が同じであれば引張せん断，十字引張いずれのモードでも材料強度に関係なく疲労強度はほぼ一定の値をとる。したがって，SPOT 溶接を用いた強度保証では，板厚に応じた健全なナゲットをいかにして得るかが重要となる。1打点当たりの強度が適正に得られた上で，打点数と配置によって必要な強度・耐久性，衝突性能，および剛性が担保される。

ただし，SPOT 溶接は抵抗溶接であるため，健全なナゲットを得るための溶接条件や施工可否は，溶接する材料の特性とその組合せや打点の配置などの制約を受ける。

表1 ボディ1台当たりの溶接接合手法の適用数  
(※WSE : Weldspot equivalents)

溶接接合手法	適用数	SPOT換算	WSE※
SPOT溶接	4929点	4929点	1
アーク溶接	1.42m	71点	20
レーザ溶接	2.31m	154点	15
レーザブレイジング	1.36m	45点	30
ブレイジング	0.78m	39点	20
接着	55.17m	1103点	50
機械締結	143点	143点	1

自動車ボディに使用される鋼板は，年々高強度化が進んでいるが，高強度になると，材料の固有抵抗が高くなる傾向にあり，溶接時の適正電流範囲が低電流側に移行する。また高強度化により電極で挟んで密着させるための加圧力を高くする必要がある。さらに材料の炭素当量の変化により，生成するナゲットの特性が変化することもある。また，めっき鋼板を用いる場合は，表面のめっき成分が溶接条件や施工の安定性に影響を与えるため<sup>4)</sup>，材料そのものの適用可否を考慮しなければならない。

また，ボディ溶接では，通常異なる材質，板厚の材料を多種多様に組み合わせる設計となるため，そこに特性バランスから生じる組合せの制約が加わる。まず，3枚以下の組み合わせでなければ良好なナゲットが得られにくい。また，総板厚が厚すぎる場合や，板厚比（最も薄い板厚と総板厚の比）が大きい場合も，良好なナゲットが得られにくくなるため，たとえ骨格構造上理想的な材料，板厚の組み合わせであっても自由に材料を選べないこともある。これは，材質により固有抵抗が異なるため通電時のジュール発熱量が異なること，板厚により熱容量が異なること，および電極と接しているか否かで加熱・冷却のされ方が異なることに起因する。

さらに，打点を連続的に配置する場合，隣り合う打点の距離が近すぎると通電時に分流が起り，十分な発熱が得られず，狙いのナゲットが得られないことがある。

これらに対応するためには，通電波形などの条件制御や SPOT ガンの高加圧化などが主な方法となるが，生産タクトや投資の制限がある上に，それらの手段でも対応できない場合もあるため，通常は適用できる材料の種類や組合せおよび最小の打点間隔を予め明確にするか，それらを検証しながら設計していくことになる。

#### 4.3 ボディにおける SPOT 以外の溶接手法

これまで述べてきたように，ボディ溶接では，SPOT 溶接が主流であるが，その他の溶接も用いられる。

SPOT 溶接は文字通り点溶接であるため，その打点間隔を短くしたり<sup>5)</sup>，連続的に溶接してボディの剛性を高める目的<sup>6)</sup>，でレーザ溶接を適用している例や，生産性をより高める目的でリモートレーザ溶接を適用している例などがある<sup>7)</sup>。

さらに，ルーフとサイドパネルの接合部には SPOT 溶接ではなく，外観の見栄えをよくする目的でレーザブレイジングが適用される例が増えてきている<sup>8)</sup>。

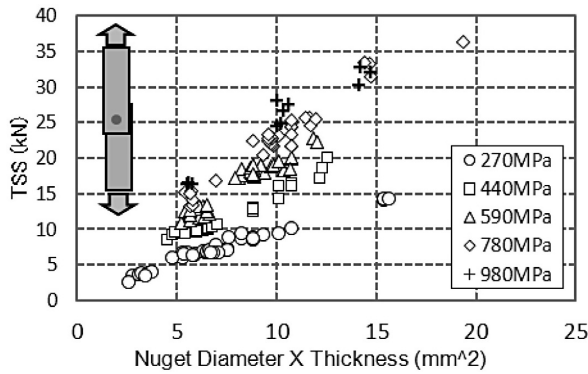


図9 鋼板の静的引張せん断強度 (TSS)

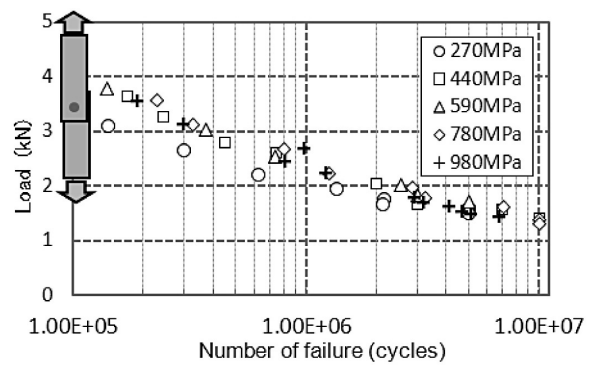


図11 鋼板の引張せん断疲労強度

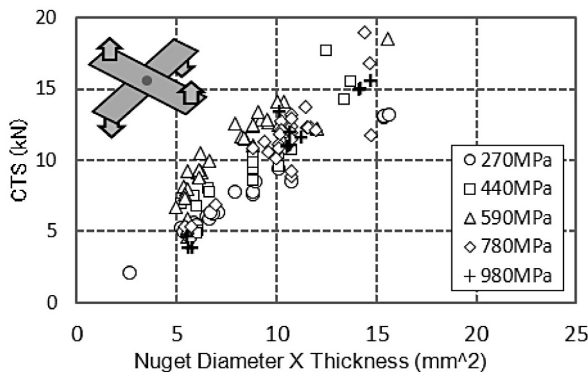


図10 鋼板の静的十字引張強度 (CTS)

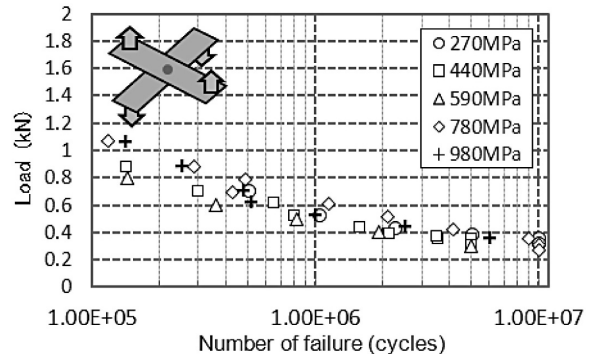


図12 鋼板の十字引張疲労強度

また、アルミ合金でボディを製造する場合、前述したように板材だけでなく押出材や鋳造材を使用する。それらの部材は、厚肉であったり SPOT ガンで挟み込むことができない構造であるため、アーク溶接 (MIG 溶接) が多用される。ただし、MIG 溶接では熱歪が問題になる場合もあり、それを避けるために入熱量をおさえられる摩擦攪拌接合 (FSW) が用いられる場合もある。

一方、鉄製のボディでもアーク溶接 (主に MAG 溶接) を SPOT 溶接の補完的に適用する場合がある。SPOT 溶接では被溶接材を電極で挟んで溶接する必要があるため、溶接部をガンで挟めること、および挟むためのガンがアクセスできるスペースがあることが必要であるが、構造上どうしても満足できない場合がある。その場合は片側からの溶接が可能なアーク溶接が用いられることがある。

4.4 シャシ溶接における継手

シャシ部品は鉄、アルミ、ステンレスと言った材料を用いて、プレス、鋳造、鍛造、切削といった製法で製造される。そして、それらを溶接接合する際に適用される手法は図13および表2に示すように多岐に渡る。

この中で、シャシ部品で多用されているのはアーク溶接で、サスペンションのアーム類 (図14)、サブフレーム等のプレス部品を中心に適用される (通常鉄製部品では、MAG, CO<sub>2</sub> 溶接。アルミ合金製部品では MIG 溶接が用いられる)。プレスのみでは実現できない構造、断面形状を連続的に溶接する事で必要な強度・耐久性、剛性などを、軽量、かつ安価に成立させることができる。

4.5 シャシ溶接に求められる性能と対応手法

シャシ溶接、特にアーク溶接を前提とした溶接が密接に

関連する自動車の性能としては、強度・耐久性、靱性・延性、耐食性があげられる。

まず強度保証について述べる。アーク溶接は、溶接電極と被溶接材料 (以下母材) の間に発生させたアーク放電による熱で母材を溶融させ、その上に溶融させた溶加材を盛り付けていく溶接手法である。母材と溶加材が混ざり合った溶接金属は、冷却によりビードと呼ばれる凝固部を形成する。このビードの断面寸法、強度、長さ、および周辺部との強度バランスが、アーク溶接の強度保証では重要となる。

アーク溶接の静的強度は、溶接強度と母材の保証強度の比である、継手効率で表すのが一般的である。

$$(\text{継手効率}) = (\text{溶接強度}) / (\text{母材強度})$$

このとき、継手効率に影響を及ぼす因子は、以下の3つに整理される。第一が、図15に示すビードの断面寸法である脚長、のど厚、溶け込み。第二がビードそのものの強度、第三が溶接熱を受けた母材の熱影響部 (HAZ) 強度である。ただし、継手効率は、通常単位長さで整理されるので、実際の強度はさらにビードの長さやビードの始点、終点の品質も影響する。

第一のビード断面寸法は、大きくなるにつれて溶接強度は高くなるが、生産性や熱歪の点で限界がある。

第二のビードそのものの強度は、溶加材と母材を合わせた組成で決まり、それゆえ本来は母材の強度に合わせた材料を用いるのが望ましい。しかし、自動車のアーク溶接では、使用されるさまざまな種類の材料に合わせて溶加材を変えるとコストが上がること、および母材が高強度であっても、強度低下した HAZ 部が最弱部となって溶接強度が上がらないことがあるため、鉄鋼材料では 490 MPa 級の溶

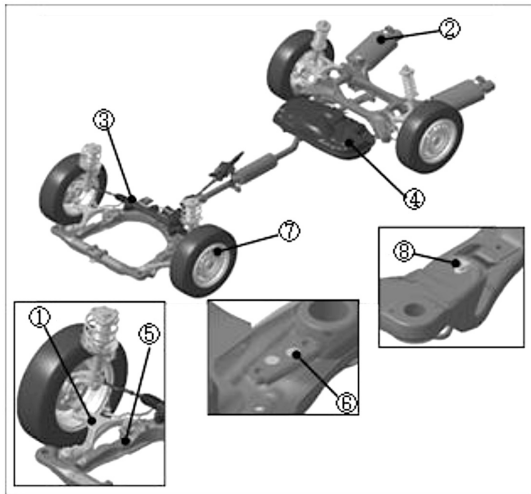


図13 シャシ部品に適用される溶接接合手法

表2 シャシの溶接接合手法と適用部品

	溶接手法	被溶接材	代表部品例
①	アーク溶接	鉄/鉄	サスペンションアーム・サブフレームなど
②	レーザー溶接	SUS/SUS	消音器
③	摩擦圧接	鉄/鉄	ステアリングラック・プロペラシャフト
④	シーム溶接	鉄/鉄	燃料タンク
⑤	FSW	鉄/アルミ アルミ/アルミ	サブフレーム
⑥	SPOT溶接	鉄/鉄	サブフレーム
⑦	バット溶接	鉄/鉄	スチールホイール
⑧	プロジェクション溶接	鉄/鉄	ナットなど

加材が、アルミ合金では5000系の溶加材が現在は標準的に用いられている。

第三の母材の HAZ 強度については、材料によっては、図16に示すように母材よりも強度が下がるため、その領域が大きくなると強度低下を招く。

溶接部の強度はこれらの因子のバランスで決まるため、図17に示すように継手効率は必ずしも1とはならない。そのため、この継手効率を考慮してビード長さを調整するなどの設計上の対応を行う必要がある。

耐久性すなわち疲労強度については、それに加えて図18に示すビードのフラック角および始終端の品質が重要となる。また、溶接熱による残留応力も疲労強度に影響を及ぼすため、入熱量や、溶接の順番の工夫などによる残留応力低減が重要となる。

耐食性は、シャシ部品では特に重要となる。ただし、溶接により耐食性を向上させることは困難なので、通常はやかに耐食性を低下させない設計仕様にすることに力が注がれる。

靱性・延性は、溶接熱により硬化しても特性が低下しないように、材料の炭素当量を適正化するとともに、極力急熱急冷を避ける溶接条件の設定が必要となる。

また、アーク溶接では溶接時に、空気中の水分や溶加材中の成分から発生する水素が、数 ppm オーダーでビード中に溶け込むため、高強度鋼板の溶接では残留応力の低減など遅れ破壊への配慮が必要になる場合がある。



図14 アーク溶接適用部品例 (FR ロアアーム)



図15 ビードの断面寸法

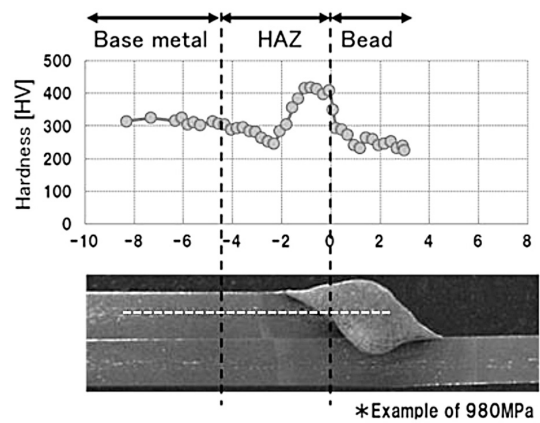


図16 溶接部の硬度分布 (980 MPa 級鋼板の例)

以上のような要求性能、およびアーク溶接の特性をふまへ、具体的には以下のような設計的配慮がされている。

- ・入力に対し高応力になる部位には溶接を持ってこない。特に溶接が安定しない始点、終点を配置しない。
- ・溶接熱による材料強度変化を加味して強度・耐久ライフネスを確保する。また、入熱が一定になる様、極端な板厚差のある物同士の溶接は避ける。
- ・溶接部の防錆塗装レベルの悪化、チッピングによる板減を考慮した母材の板厚設定を行う。
- ・水や泥だまりをしない構造・形状とする。
- ・安定した溶接とする為、一定以上の溶接長を確保する。また、トーチ角度がしっかりと取れるよう、板組構造や溶接工程順序を考慮し、設計する。

一方、溶接部の疲労強度を向上させる手法として、超音波衝撃処理 (UIT: Ultra Sonic Impact Treatment)<sup>®</sup>や低変態温度溶接材料<sup>®</sup>による残留応力低減や形状制御などの技術があるが、後処理追加や溶加材変更によるコスト増加という制約から自動車での適用は進んでいない。

#### 4.6 シャシにおけるその他の溶接手法

部品によってはその形状や要求性能を考慮して、より最適化した溶接手法を用いている場合がある。

例えば、薄板の精密な溶接に適していることから、消音

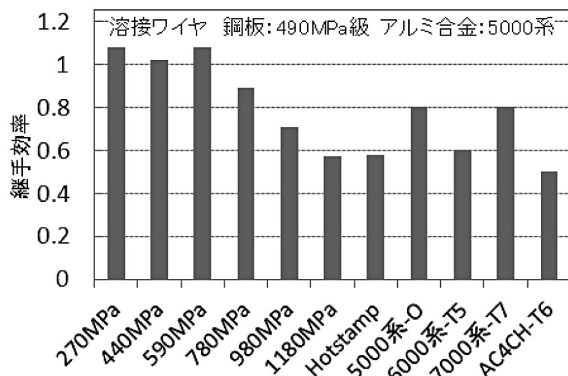


図17 各材料の継手効率

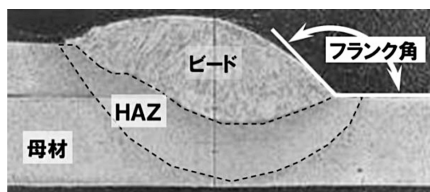


図18 ビードのフランク角

器の溶接にレーザー溶接を適用している(図19)。また、円筒形状であるステアリングラックやプロペラシャフトに摩擦圧接を用いる場合や、抵抗溶接によるシーム溶接を行う鉄製の燃料タンクなども最適化の例である。

#### 4.7 その他の溶接手法

近年ますます厳しくなる軽量化要求にこたえるために、ボディ、シャシともにアルミ合金に代表される軽量素材を使用することも増えてきている。その際に必要になるのが、異材接合の技術である。

鉄とアルミを溶接しようとする時、通常界面に鉄アルミの金属間化合物が生成し、この層が厚くなると十分な強度や信頼性をもつ接合が得られにくいという制約がある<sup>10)</sup>。これを避けるためには、機械締結や接着剤など溶接以外の方法による接合を用いるか、溶接時の入熱を極力抑える必要がある。近年FSWによってこの制約を克服し、鉄とアルミを溶接する技術が一部実用化されている<sup>11), 12)</sup>。

図20にFSWによるサブフレームの異材接合部を示す。アルミニウム側から圧力を掛け回転しながら挿入されたプローブにてアルミニウム側が攪拌される。それと共に先端が鉄表面の不純物を破壊・除去することで新生面が現れ、極めて薄い金属間化合物を形成しつつ接合される。アルミニウム側からツール挿入し、圧力を受ける事ができる重ね継手とし、界面への腐食因子の侵入を防ぐように、シーラー等を用い接合する構造となっている。

## おわりに

今後の自動車には、燃費向上を目的とした軽量化が今まで以上に強く求められる。また、ますます多様化する顧客や社会のニーズに応えるためには、新しい商品や価値の提供が求められる。それに伴い、自動車のボディやシャシに

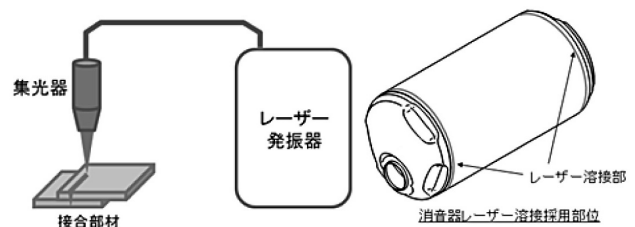


図19 消音器のレーザー溶接適用部位

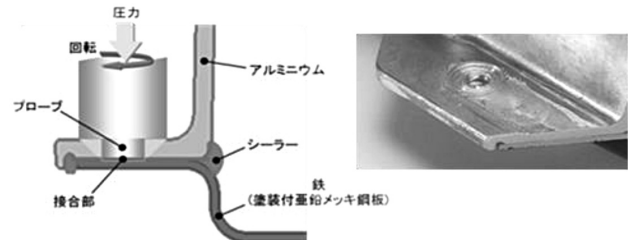


図20 鉄/アルミ FSW接合部断面図と適用部品

も、構造の進化や、軽量素材活用などによる機能進化のニーズが、より一層高まると予測される。

構造進化や軽量素材活用には、製造技術の進化が不可欠であるが、溶接接合はその中核をなす技術の一つといえる。現在自動車でも主流となっている溶接接合技術は、長い歴史の中で研究と改良が重ねられた上に、今なお進化し続けている。一方で異材接合を初めとする新しい技術も確実に実用化されてきていることから、各々の技術進化とあわせて、それを効果的に使いこなす設計技術の進化も今後さらに重要になると考えられる。

## 参考文献

- 1) 2020年への環境・安全技術, 日経 Automotive Technology, 2013年7月号, 42-43.
- 2) 諸外国のアセスメント, 国土交通省ホームページ <http://www.mlit.go.jp/jidosha/anken/02assessment/>
- 3) Euro Car Body 2009, 2011, 2012.
- 4) 及川, 村山, 崎山, 高橋, 石川: 自動車用高強度鋼板のスポット溶接性, 新日鉄技報 第385号 (2006) 36-41.
- 5) レクサス「LS」の溶接・接合技術, 日経 Automotive Technology, 2013年1月号, 18-19.
- 6) The New Golf VII - Lightweight Design in Large Scale Production, Aachen Body Engineering days 2012.
- 7) 森, 樽井, 長谷川, 吉川: 自動車ボディへのリモート溶接技術の適用, 溶接学会誌, 第77巻 (2008) 第3号 11-15.
- 8) 野瀬哲郎: UITによる疲労強度向上メカニズムと適用現状, 接合学会全国大会講演概要, 90 (2012-3), 9-14.
- 9) 森影, 久保, 安田, 天野, 平岡, 太田: 低変態温度溶接材料適用による高強度鋼板の疲労強度向上, 溶接学会全国大会講演概要, 72 (2003-4), 25-28.
- 10) 例えば 渡辺, 土井, 柳沢, 小沼: 軟鋼とAl-Mg合金の抵抗スポット溶接, 溶接学会論文集, 23-3 (2005), 491-495.
- 11) 庄司, 高瀬, 玄道, 埜, 森川, 野口: 鉄とアルミ材の点接合技術の開発, マツダ技報 (2006), No.24 90-94.
- 12) 宮原, 佐山, 矢羽々, 大浜, 畑久, 小林: サブフレームへ適用可能なFSWを用いたスチールとアルミニウムの連続接合技術の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.25 (2013), No.1 71-77.