

「sustina」第1号車側構体の製造方法

Manufacturing Method of the Side Structure of “sustina”

側垣 正 Tadashi SOBAGAKI
佐野 裕 Yutaka SANO
越川 純 Jun KOSHIKAWA

七里 マリア Maria SHICHIRI
河田 直樹 Naoki KAWADA

「sustina」第1号車の側構体は美観向上のため、せぎりと出入り口や窓フレームによる凹凸をなくした。これらの結合にはレーザー溶接を採用し、水密性とメンテナンス性の向上も図った。外板と骨組みの結合には新抵抗スポット溶接（「Smart RSW」）を採用し、強度を保ちつつも圧痕を改善した。さらに、外板の突合せ溶接部には自動仕上げ装置を導入し、品質の安定化を図った。本稿では「sustina」第1号車の側構体製造工程について解説する。

1 はじめに

「sustina」第1号車はアルミ車両と同等の車体軽量化と少エネルギー化を実現するために、車体構造の変更や骨組の軽量化を実施した。特に側構体については美観向上のためレーザー溶接を積極的に採用し、外板同士を繋ぐせぎりと出入り口、窓周囲の凹凸をなくした。また、樹脂シールをなくし、水密性とメンテナンス性の向上も図った。さらに、骨組みと外板の接合についても新しい抵抗スポット溶接手法を採用した。

側構体の組立手順は以下の通りである。

(1) レーザ溶接を用いた側外板の結合。

並行して車端、出入り口部、出入り口間の骨組みブロックを製作。

(2) 新抵抗スポット溶接（以下、「Smart RSW」⁽¹⁾⁽²⁾）を用いた骨組みブロックと外板の結合。

(3) 外板結合部の仕上げ。

(4) レーザ溶接を用いて出入り口や窓周囲のすみ肉溶接。

製造にあたり、既存設備の改造、または試作設備を設置し、検証のために図1のような試作パネルの製作を数回行った。

本稿では側構体における各製造工程について、そこで用いた手法について触れながら解説する。

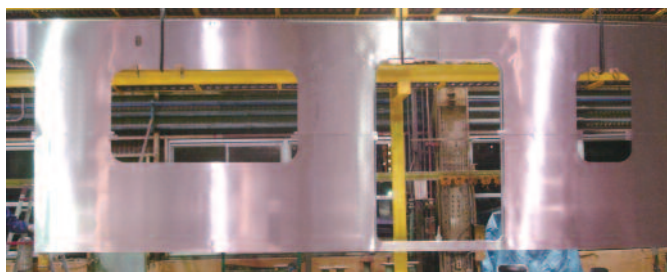


図1 試作側構体（幕板の縦線は吊具）

2 側構体製造工程について

2.1 外板の結合工程

側構体製造にあたり、定盤上に外板を置き、レーザーで出入り口上部の幕板（図2参照）と、戸袋部吹き寄せ板の突合せ接合を行った。

当社ではこれまで、一部の側外板や屋根板の接合にレーザーによる突合せ溶接を採用してきた。この接合は、従来のTIG溶接や、MIG溶接と比較して、溶接速度が速いため、入熱量が格段に少なく、歪みがほとんど出ない。したがって、外観品質が向上するだけでなく、施工後の修正作業も不要になり、生産性向上と工数低減を図ることができる。さらに、手作業による薄板の突合せ溶接には高い技能が必要だったが、自動化により、技能レスが実現した。

さらに、側外板のせぎりの廃止と突合せ溶接の採用は、水密性を確保し、樹脂シールも不要になった。

一方、溶接時に材料同士の目違い、隙間が発生すると、補修ができて歪み等でその部分が目立ってしまうため、溶接部近傍を抑制するだけでなく、目視等で材料の状態を確認した。

加えて、「sustina」第1号車では側構体を組み立てる上

で、いわゆる「調整代」として機能していたせきりがないため、材料の突合せ状態だけでなく、外板の切断精度にも気を配らなければならなかった。外板の直角度が出ていないと、構体の通りが出ない上、車内設備を取り付ける際の障害になる。

レーザ溶接に関わる部材については、シャー切断やターレットパンチプレスではなく、レーザ切断を採用することになっている。

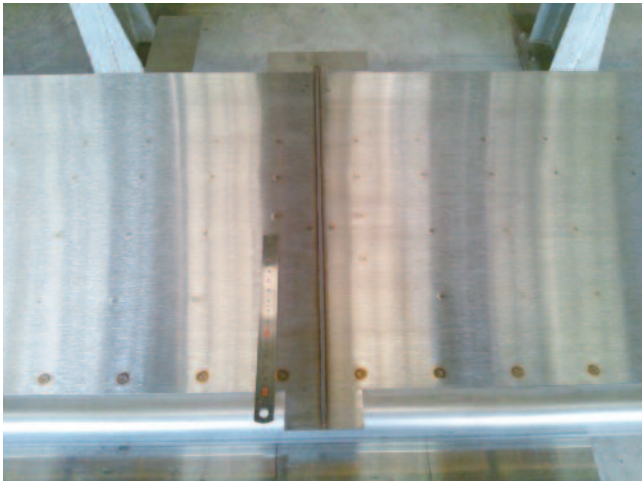


図2 出入り口上部の突合せ溶接後

2. 2 外板と骨組みの結合工程

外板の結合後、自動抵抗スポット溶接設備を用いて、銅板上で外板と柱や外板補強等の骨材を結合した。骨材はあらかじめ別ステージで車端、出入り口部、出入り口間部の3ブロック毎に組み立てておいた。(図3参照)

抵抗スポット溶接の圧痕が目立たなくなるように本工程では既存の自動抵抗スポット溶接設備に「Smart RSW」⁽¹⁾⁽²⁾機能を組み込んだ。

「Smart RSW」は電気サーボ式の加圧機構を用いて、任意に加圧力を変化させることができる抵抗スポット溶接設備である。「スクイズ」,「通電」,「ホールド」時において、それぞれ適正な加圧力を与えることにより、圧痕の改善を図ることができた。

図4はSUS301L-1/4H厚さ1.5mmの外板とSUS301L-H厚さ0.8mmの外板補強の組合せについて、従来の抵抗スポット溶接部の圧痕と、「Smart RSW」による溶接部の圧痕の外観写真である。「sustina」の圧痕の方が従来車のものよりも、圧痕の直径が小さいが、ナゲットの溶け込み深さと直径はJRISの規定値を満たしている。図5は従来車と「sustina」構体の車端部を写したものである。図4の組合せと異なる部分もあり、全てではないが、右側の「sustina」構体の方が全体的にスポット溶接の圧痕が目立たなくなっており、凹凸の廃止も手伝って、すっ

きりとした外観に仕上がった。

しかし、圧痕は小さくなったが、焦げ付きはなくならないため、電解作業はなくなっていない。



図3 銅板上の側構体の一部

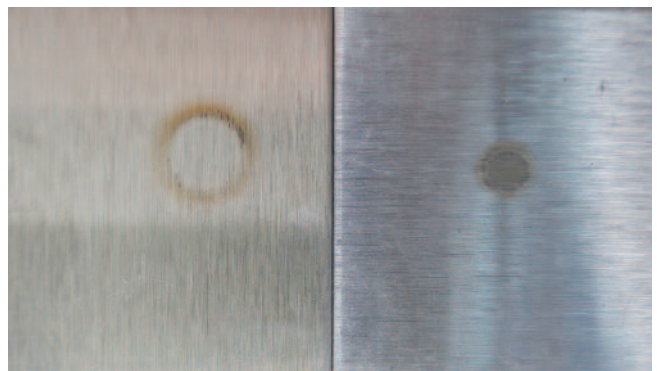


図4 抵抗スポット圧痕外観写真
(左：従来車, 右：「sustina」)



図5 構体圧痕外観写真(左：従来車, 右：「sustina」)

2. 3 外板突合せ溶接部の仕上げ工程

外板と骨組みを「Smart RSW」で結合した後、外板を正転し、レーザ溶接による接合部の仕上げ作業を行った。

これまで突合せ溶接部の仕上げ作業は手作業で行っていたが、高度な技能が必要である上に、作業者によるばらつきが発生していた。そこで技能レスと品質の安定化を目的に自動研磨設備を試作導入し、「sustina」第1号車に用いることにした。

試作した自動研磨装置は外板に対する加圧力、研磨ベルトの回転速度やその送り速度等を任意に変更できる簡単なものである。

仕上げ条件の決定にあたっては、実験計画法^③を用いてパラメータの絞込みを行い、現場作業者のノウハウを付加することにより、図6のように、突合せ溶接部を周辺の仕上げ状態に近づけることができた。

さらに自動研磨設備と作業手順の統一により、作業者が変わっても、ほとんど同じ外観品質を得られるようになった。

しかし、突合せ溶接時に目違いを発生させてしまうと、研磨ベルトが外板に均一に接しないため、図7のように筋として残る。この筋を消すために、外板を削り込んでしまうと、外板の強度低下を招く。従って、外板の突合せ工程では細心の注意を払う必要がある。

また、加圧力や回転速度を統一しても、研磨材の磨耗状態によって、外観が変わってしまうため、常に同じ外観を得るためには、使用時間や距離で研磨材の管理をする必要がある。



図6 外板接合部仕上げ後（橙色楕円内）

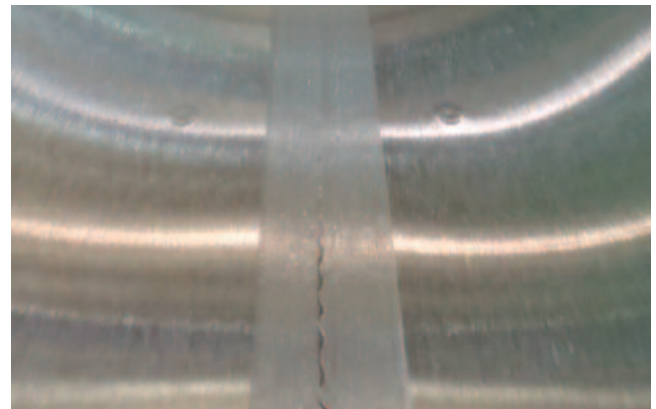


図7 目違いによる仕上げムラ

2. 4 出入り口部、窓部のすみ肉溶接工程

「sustina」第1号車では、平滑な外観を得るために、従来、車外側から取り付けられている出入り口フレームや窓フレームを車内側に取り付けた。雨水等が外板とフレームのすき間から浸入したり、剥き出しになった外板の端部にお客様が手で触れて怪我をしたりといった可能性があるため、出入り口周囲、窓周囲に対し、レーザ溶接ですみ肉溶接施工した（図8参照）。

すみ肉溶接部は見た目が美しい反面、狙いが非常にシビアであり、わずかな狙いのずれが、出来ばえに大きく影響するため、レーザ加工ヘッドにセンサーを取り付けた。

すみ肉溶接部はフレームをとめるための抵抗スポット溶接の歪みにより、フレームと外板との間に隙間があくことが多い。隙間の状態によっては全く溶接できないことがあるため、施工前には隙間の有無を確認し、口が開いている部分については、レーザで仮どめをしてから、すみ肉溶接を行った。

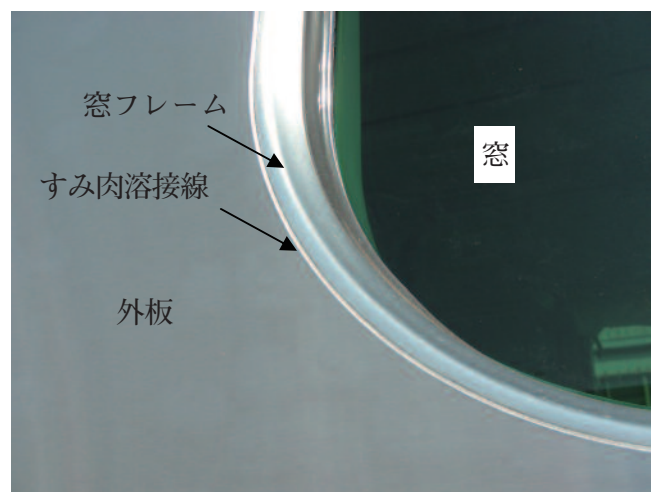


図8 窓フレームコーナー

3 おわりに

「sustina」第1号車の側構体製造について、製造工程順にそこで使用した接合技術について触れてきた。外板の突合せ溶接工程や、出入り口、窓周囲のすみ肉溶接工程については治具に精度、適切な抑制機能を持たせるのはもちろんであるが、材料の切断精度と、その組立精度を向上させることが大切である。

「Smart RSW」を用いた抵抗スポット溶接工程についても、材料を密着させるための加圧力は材料の組立精度に因るところが大きい。

美観については、官能的な評価をしてしまうと、人により評価が変わる上に、見る度に異なる評価をするため、ある評価軸を定める必要があると考える。

今後、「sustina」第1号車で得た技術やノウハウを製造ラインとして構築することが次のステップである。

参考文献

- (1) 河田直樹，他：「抵抗スポット溶接の加圧力制御による電力量低減の評価」，東急車輛技報61号，2-7，(2011)，東急車輛製造（株）
- (2) 渥美健太郎，他：「抵抗スポット溶接システム Smart RSWを用いた鉄道車両の圧痕外観向上に関する研究」，総合車両製作所技報 1号，2-9，(2013)，（株）総合車両製作所
- (3) 七里マリア，他：「ステンレス鋼板における研磨加工の評価技術の開発」，東急車輛技報61号，26-33，(2011)，東急車輛製造（株）

著者紹介



側垣 正
生産本部
生産管理部（生産技術） 主査



佐野 裕
生産本部
生産管理部（生産技術）



越川 純
生産本部
生産管理部（生産技術）



七里マリア
生産本部
生産管理部（生産技術）



河田直樹
博士（工学）
生産本部
技術部（接合技術センター） 主査