

アルミニウム材料の大型溶接構造物*

熊谷 正樹**

Large Welded Constructions of Aluminum Alloys*

Masaki Kumagai**

Keywords: aluminum alloy, arc welding, friction stir welding, construction

1. はじめに

アルミニウムは軽量で強度と耐食性に優れた材料としてここ半世紀に需要が大きく伸びた材料である。最近では、環境保護のための二酸化炭素排出量削減や省エネルギーのための輸送機器の更なる軽量化ニーズから、自動車をはじめとする輸送機器にますます利用されるようになった。一方、天然ガスやシェールガスへのエネルギー代替によるLNG船やタンク類の増加、インフラ整備と震災復興のための水門や橋梁の増強、2020年開催のオリンピックに向けた土木建築需要やリニアモーターカー開業の計画もあり、アルミニウムの旺盛な需要が期待される。ここでは、アルミニウム合金の有用性を存分に活かした建造物や輸送機器の創生に役立てて頂くため、アルミニウム大型溶接構造物の開発事例を紹介する。

2. 都市景観分野

アルミニウム合金は建築構造物の強度が要求される部位に使用できるようになり、オールアルミ構造の住宅も登場した。

大型建築物の例として、Fig. 1の金沢駅前トラス構造大屋根があげられる。主構造は6061合金押出管の不活性ガスアーク溶接による組立であるが、トラス部は6061合金押出管とエンドプラグを回転摩擦圧接により接合し、ジョイントを介して繋いでいく工法である。風雨を凌ぐため表面はガラスパネルで覆われているが、



Fig. 1 The Motenashi Dome of JR Kanazawa Station, which is the largest space truss structure roof made by aluminum alloys in Japan.

それでも全体が軽量であり、支持部の少ない大空間が得られた。

建築構造物ではサッシや手摺り、照明ポールなどにアルミニウム合金が多用されているが、エントランスの庇や歩道の屋根にも軽量高剛性のハニカムパネルが使われている。

Fig. 2は横浜バイクオーターウォーク連絡デッキで、ろう付ハニカムパネルを屋根に用いている。ろう付ハニカムパネルは、板をコルゲート曲げ加工してコアとして並べ、片面ブレイジングシートを面板としてコアを挟んでろう付したものである。軽量高剛性で、柱の間隔を広げることができるので、広々とした景観が得られる。接着タイプと異なり、オールアルミなので枠

* 本稿は、溶接技術, 62(4)(2014), 55-58に掲載されたものを改訂。

Revision of Welding Technology, 62(4)(2014), 55-58.

** (株)UACJ 技術開発研究所 第五研究部

No. 5 Research Department, Research & Development Division, UACJ Corporation

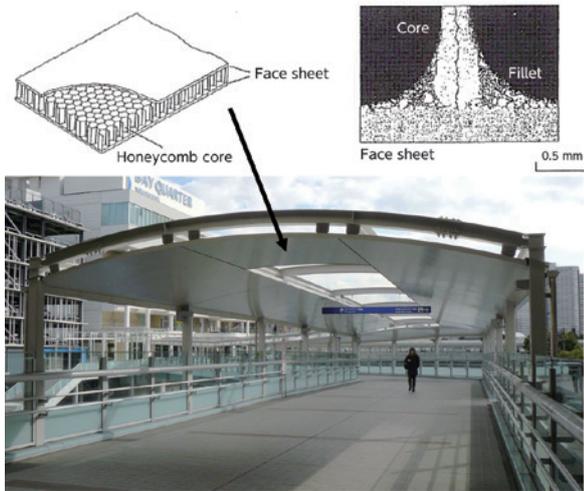


Fig. 2 Honeycomb panel roof on pedestrian deck of the Yokohama Bay Quarter Walk.

を溶接して大型パネルの製作も可能である。

Fig. 3は中部国際空港の地上部の通路で、屋根に接着ハニカムパネルを用いている。接着ハニカムパネルも軽量高剛性で、平坦度に優れ、アルミニウム以外の鋼や樹脂の面板とも接合できるため、意匠性のある建材や内装に適している。最近では、高剛性形状に成形したパネルを面板で挟んだ超高剛性のコアパネル¹⁾が注目されている。

3. インフラ・エネルギー分野

インフラ分野では、防波堤とともに津波の被害を防ぐための水門や、橋梁にもアルミニウム合金が多用されている。

水門は災害が予想された時に迅速に開閉せねばならず、場合によっては人力で動かす必要もあり、軽量で強度と耐久性を確保できるものが要求される。Fig. 4は生実川水門である。5083合金の板の内側にリブを格子状に隅肉溶接した構造となっている。板の片面からの溶接入熱が大きく、“やせ馬”（船体などで生じる面外座屈変形）などの歪みが生じやすいため、溶接施工には熟練を要する。

アルミニウム橋梁床版は、鋼製のように塗装の必要がないため、LCC、LCAの点で有利である。Fig. 5はアルミニウム橋梁床版の代表的な適用例である第二音戸大橋の歩道用橋梁床版である。6N01-T5の押出型材を幅方向にFSW（摩擦攪拌接合）したパネルを並列に敷き詰めていく。FSWは固相接合で母材の融点の8割程度しか温度が上がらないため、歪みが小さいのが特長であり、舗装の手間が掛らず平坦な歩道が得られる²⁾。



Fig. 3 Honeycomb panel eaves of the Chubu Centrair International Airport.



Fig. 4 The Oyumigawa floodgate.

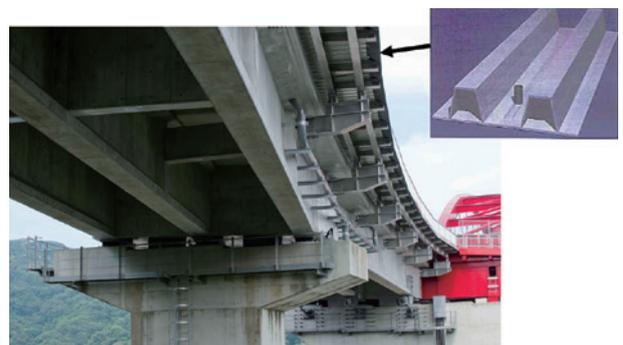


Fig. 5 Slabs for sidewalk of the Daini-Ondo-Ohashi.

アルミニウム合金は、太陽光発電パネル、風力発電システム、資源掘削のデッキや土砂誘導管など、エネルギー分野でも多用されている。また、熱伝導性および電気伝導性にも優れるため、発電システムの熱交換

器やLED道路照明のヒートシンクなどにも、軽さも相まって有効利用されている。

4. 容器類

アルミニウム合金はステンレスとともに容器類にも使用されている。電池ケースや薬包紙などの小さなものから、食品や飼料のサイロやLNGタンクなどの大きなものまで千差万別である。内容物もさまざまであり、アルミニウム合金の中でも合金選定や溶加材の選定に注意が必要である。LNGタンクは厚さ50～200 mmの5083合金を大電流MIGにより溶接して組み立てている。

Fig. 6はアルミニウム合金製過酸化水素タンクである³⁾。耐食性と強度に優れる5254合金が用いられ、不活性ガスアーク溶接によりタンク状に組み立てられる様子が分かる。このような貯蔵タンクは下部に行くほど強度が必要で、板厚を厚くする必要があり、溶接施工法も部位によって異なってくる。石油や液化天然ガスだけでなく、シェールガスなどの新しい燃料への対応も進むであろう。



Fig. 6 The Aluminum Storage Tank for high-pressure hydrogen peroxides.

5. 船舶

輸送機器の中でも規模の違いがあるものの、大型構造物の代表的なものが船舶である。LNG船などの大きな海洋構造物、消防艇や漁船のように高速が要求される船舶にアルミニウム合金が多用されている。北欧では、フィヨルドを渡るフェリーボートなどに6082合金を溶接あるいはFSWした構造が多く使われている。

Fig. 7は隅肉溶接の歪みを抑制して製造される溶接リブ付パネル(プレリブ)である⁴⁾。隅肉MIG溶接部の裏側をTIGトーチを先行させて予熱することにより、両面の入熱を均等に近づけてひずみを抑制する。溶接のままで平坦な5083合金のリブ付パネルが得られ、高速船へ適用されている。板へのバルブプレート押出形材の隅肉溶接であり、リブがどこにでも立てられるのが特長である。

Fig. 8はFSWの広幅形材が多く使われたテクノスーパーライナーである。一隻で10000 m以上の接合をFSWで行っている。主に6N01-T5リブ付押出形材を幅方向に複数枚FSWしたパネルを船舶の上部構造に用いることで、FSWの裏面を意匠面にするにより、平滑で歪みが小さく流麗な船体が得られている。FSWにより広幅化したパネルは、素材工場では接合して広幅材として供給することにより、造船現場での工期が大き

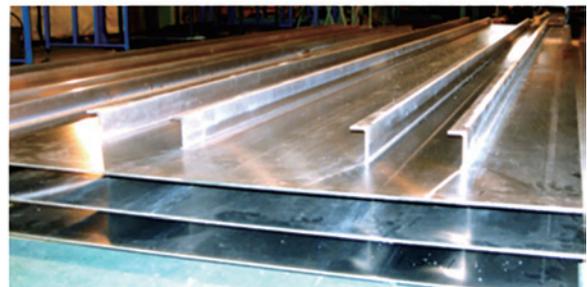
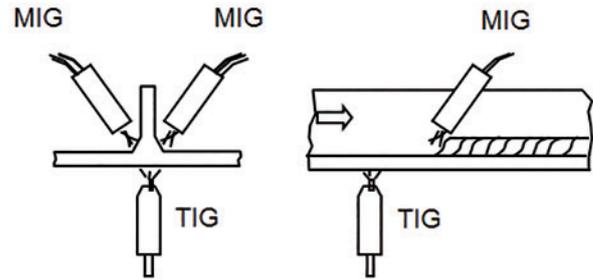


Fig. 7 5083-aluminum alloy panels used in the superstructure of the ship which was stiffened by PRERIB®.

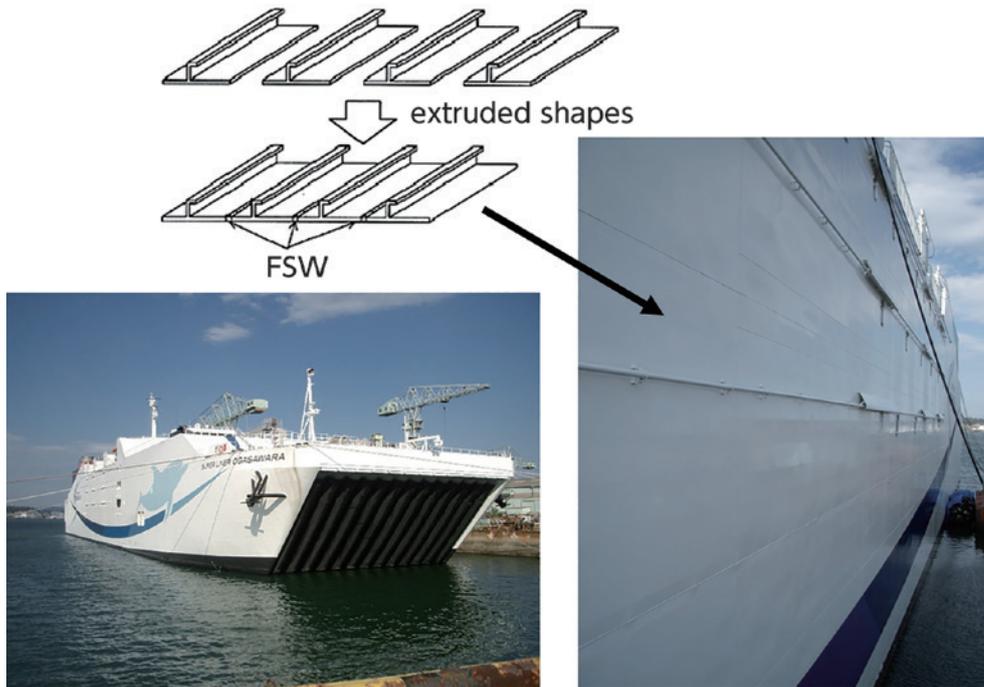


Fig. 8 Techno Super Liner superstructure used aluminum alloy panels prepared by the FSW method.

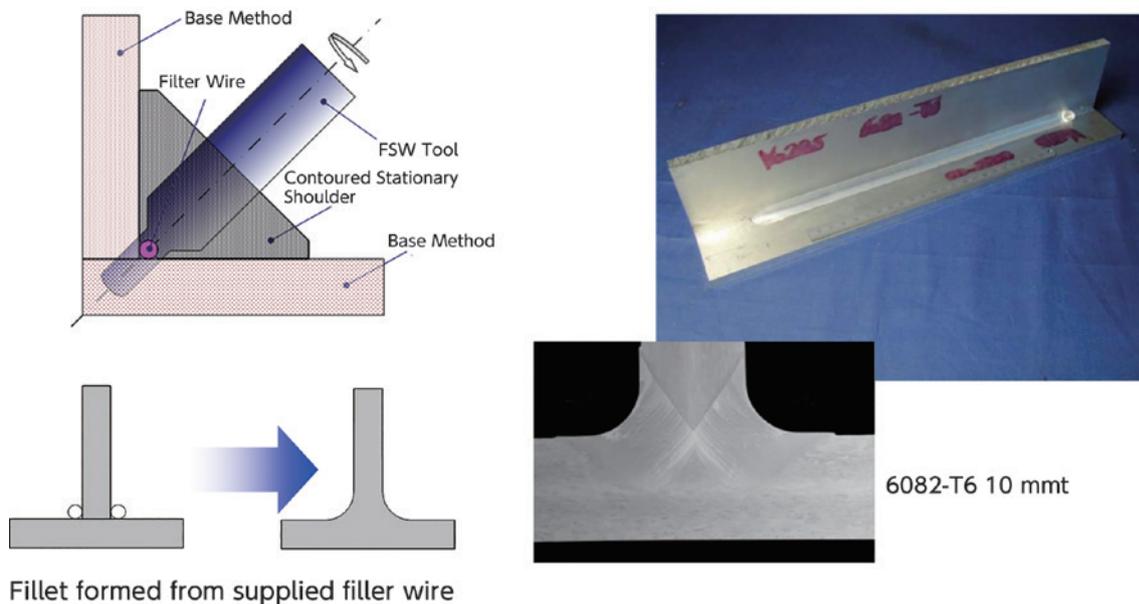


Fig. 9 Corner fillet stationary shoulder FSW method.

く短縮できるメリットもある。

船舶に限らず溶接構造物は、リブ付パネルを中間素材として用いるが、リブを隅肉接合するための応用技術を紹介する。Fig. 9は厚肉の隅肉溶接で更に歪みを少なくした画期的な溶加材添加固定ショルダ隅肉FSW

技術⁵⁾である。プローブのみ回転し、隅肉継手形状に合わせた固定ショルダを、溶加材を置いた継手に押し当てながら接合方向に動かすことでフィレットを有する隅肉接合が可能である。この工法によれば、必要な部位にのみリブを付けたパネルが、少ない歪みで得ら

れるものと考えられ、今後、大型構造物の組立に適用されると思われる。

6. 鉄道車両

高速鉄道車両の構体は、その殆どがトラス断面のダブルスキン押出型材の溶接構造であり、最近では不活性ガスアーク溶接に変えてFSWを適用したものもある。Fig. 10はリニアモーターカー実験車両であり、構体の主要部がリブ付押出型材をFSWおよびMIG溶接で接合した航空機構造のタイプであり、550 km/hの高速走行試験で良い結果が得られている。更なる高速安定走行性を得るため、500系新幹線に用いられたアルミニウム製ろう付ハニカムパネルを進化させたコアパネル構造やFSW応用技術の開発が望まれる。



Fig. 10 The linear motor train made from aluminum alloy panel structure which has been welded by FSW method.

7. おわりに

今回レビューしたものの他にも、アルミニウム合金はロケットや航空機などの大型構造物に有効活用されている。異業種でのアルミニウム材の利用のされ方を理解することにより、課題解決の大きなヒントとなることを期待する。昨今の多様化するニーズに応えるために、本稿が一助となれば幸いである。

謝 辞

金沢駅前大屋根、横浜ベイクォーターウォーク連絡デッキ、中部国際空港庇、第二音戸大橋歩道の写真をご提供頂きました株式会社住軽日軽エンジニアリング殿、過酸化水素タンクの写真をご提供頂きました株式

会社ナルコ岩井殿、溶接リブ付パネル（プレリブ）の写真をご提供頂きました株式会社ニッケイ加工殿、リニアモーターカーの写真をご提供頂きました東海旅客鉄道株式会社殿に、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日経ものづくり, 2012年5月号, 21.
- 2) 大隅心平, 山口進吾, 熊谷正樹, 田中直, 林典史, 喜田靖: 住友軽金属技報, 44(2003), 147-156.
- 3) 子安秀東, 石田孝将: 軽金属溶接, 48(2010), 373-376.
- 4) 戸田善規, 豊田政男, 竹野親二: 溶接構造シンポジウム'97 講演論文集, (1997), 304-307.
- 5) 福田哲夫, 角張隆男: 溶接技術, 59(2011), 57-60.



熊谷 正樹 (Masaki Kumagai)

(株)UACJ 技術開発研究所 第五研究部