

CFRTP テープを用いた燃料電池自動車用分割タンクの真空成形

日大生産工 (院) ○川瀬 翔希 日大生産工 坂田 憲泰, 平山 紀夫
 金沢工大 鶴澤 潔, 中島 正憲, 石田 応輔
 東京農工大・工 小笠原 俊夫

1. 緒言

燃料電池自動車 (FCV) は走行時に二酸化炭素を排出しないゼロエミッション車として注目されており, 経済産業省では 2030 年までに 80 万台程度を普及させる目標を掲げている¹⁾. FCV の本格普及における課題の一つに低コスト化があり, 現在 300 万円とされているハイブリッド車 (HEV) との価格差を 2030 年までに 70 万円程度にすることが目標とされている. そして, FCV の燃料である水素を貯蔵する水素貯蔵システムにおいては, 現状の 70 万円 (水素貯蔵量 5kg) から 10~20 万円にすることが求められている. FCV に使用されている高圧水素タンクにはアルミニウム合金あるいは樹脂製のライナーを炭素繊維強化熱硬化性プラスチック (CFRP) でフルラップした Typ3 と Type4 の圧力容器が用いられている. CFRP は比強度, 比剛性に優れる材料だが, 強化材である炭素繊維は高コストのため FCV のコスト低減に向けては, 可能な限り少ない炭素繊維で耐圧性能を満足する高圧水素タンクが望まれている. また, 現在の高圧水素タンクの成形方法はフィラメントワインディング (FW) 法に限定されており, 母材には熱硬化性樹脂が使用されているため, タクトタイムは 1 時間/本程度となっている. そこで本研究では, FCV 用高圧水素タンクの低コスト化を目的に, 炭素繊維強化熱可塑性プラスチック (CFRTP) 製のテープ材料を用いて, ドーム部とシリンダー部を別々に成形する分割タンクの成形方法の検討を行った. そして, 成形した分割タンクを破裂試験で評価した結果について報告する.

2. 使用材料

ドーム部とシリンダー部のプリフォームには炭素繊維ロービング (TR 50S15L, 三菱ケミカル) と熱可塑エポキシ樹脂からなる CFRTP テープ (繊維体積含有率: 40%) を用いた. ライナーには全長 349mm, 直径 99mm, 質量

0.67kg, 最小内容積 2.1L, 破裂圧力 11.7MPa のアルミニウム合金 (A6061-T6) 製ライナーを用いた.

3. 成形方法

分割タンクでは, ドーム部とシリンダー部の接合方法が課題となるため, 本研究では三仕様の検討を行った. Type A は FW 法で成形した内径 100mm のシリンダー部プリフォームの両端部を Fig.1 のようにカットし, 加熱しながら曲げ加工することでドーム部とする構造となっている. 全ての分割タンクの成形において, ライナーにプリフォームを賦形後は, Fig.2 のようにピールプライとブリーザークロスで包み, バギングフィルムで真空バッグすることでコンソリデーションを行った. 温度条件は, 室温から 180°Cまでを 90min で昇温し, その後 180°Cで 60min 保持した. 成型後の Type A を Fig.3 に示す. 胴部の直径が 105.5mm, 質量は 1.20kg となっており, 胴部にはライナーの外径とシリンダー部プリフォームの内径の差によって生じたと推察されるシワが観察された.

Type B と Type C の成形には, シリンダー部プリフォームと, CFRTP テープを短く切断してランダム積層した Fig.4 のドーム部プリフォームを用いた. Type B と Type C では, ドーム部プリフォームの平行部の長さが異なっており, ライナーの鏡部と胴部の境界から胴部側に向けて Type B は 10mm, Type C が 20mm 長くなっている. Type B と Type C のコンソリデーションでは, ドーム部プリフォームをライナーの上に置き, その上から Fig.5 のようにカットしたシリンダー部プリフォームが鏡部の半分程度を覆うようにした. 成型後の Type B を Fig.6 に示す. Type B は胴部直径 106.1mm, 質量 1.22kg, Type C は胴部直径 106.9mm, 質量 1.23kg となっている. また, Type B, Type C ともに胴部には Type A より小さいシワが観察された.

Vacuum molding method of split pressure vessel for FCV using CFRTP tape
 Shoki KAWASE, Kazuhiro SAKATA, Norio HIRAYAMA, Kiyoshi UZAWA
 Masanori NAKAJIMA, Ousuke ISHIDA and Toshio OGASAWARA



Fig.1 Preform for Type A



Fig.2 Type A before consolidation



(a) Whole view (b) Dome part
Fig.3 Type A



Fig.4 Dome part preform



Fig.5 Integration process



(a) Whole view (b) Dome part
Fig.6 Type B

4. 破裂実験

4.1 実験方法

破裂圧力は水圧による破裂実験で確認した。水を入れた供試体に継手を取り付け、高圧配管を介して破裂試験装置に接続し、昇圧速度 1.0MPa/sec で供試体が破裂するまで昇圧した。

4.2 実験結果及び考察

各供試体の破裂圧力をTable 1に、破裂後の供試体の一例として、Type Bの破裂部をFig.7に示す。いずれの供試体も胴部のシワに沿って軸方向にき裂が発生した。破裂圧力はシワが大きいType Aが最も低く、シワが同程度のType BとType Cが概ね同じ値となった。シワの状況を確認するために、供試体と同様の条件でCFRTP円筒を成形し、円筒の内面を観察した結果をFig.8に示す。シワ部は深さ1mm、幅5mm程度の空隙となっており、供試体の破裂はこの空隙部から発生したと考えられる。

Table 2 Burst pressure

	Burst pressure[MPa]
Type A	15.2
Type B	19.3
Type C	18.5



Fig.7 Burst part of type B



Fig.8 Inside surface of CFRTP cylinder

5. 結言

真空成形による分割タンクの成形では、ライナー外径とシリンダー部プリフォームの内径の差でシワが発生する。このシワの内部は空隙となっており、これが分割タンクの破裂の起点となったと考えられる。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課 水素・燃料電池戦略室、水素・燃料電池戦略ロードマップの達成に向けた対応状況、(2019)