

ハイブリッドドアにおける低弾性シーラを用いた水密構造による異種金属接触腐食の防止

Bimetallic Corrosion Prevention in Hybrid Doors by Means of Watertight Structure using Low-elasticity Sealer

木村 昇 士*
Shoji KIMURA

和 泉 浩一郎*
Koichiro IZUMI

村 松 佑 紀*
Yuki MURAMATSU

要 旨

車体軽量化を目的とし、Honda では軽量化とコスト効率の高いアルミニウム、鋼板ハイブリッドドアを開発した。このハイブリッドドアの課題は、結合部における異種金属接触腐食である。双方の電位差による腐食が発生し、商品性を低下させる可能性がある。この課題を解決するため、シーラを塗布し水浸入を遮断することとした。このシーラには使用環境で水密性を確保することに加え、シーラ硬化過程におけるスキンパネルのひずみを防止するために低弾性係数が求められる。そこで、低弾性シーラを用いた塗布仕様を開発することでシーラ水密構造を確立した。

ABSTRACT

Seeking to realize weight savings in vehicle bodies, Honda has developed a lightweight and high cost-efficiency aluminum/steel-sheet hybrid door. Bimetallic corrosion in the area of connection between the two metals represented an issue for this door. The difference in electric potential between the two metals would promote corrosion, raising the possibility of a decline in commercial appeal. In order to address this issue, a sealer was employed to help prevent infiltration of water. In addition to providing watertightness in the use environment, it was necessary for this sealer to possess a low elastic modulus in order to help prevent distortion from being generated in the skin panel during the sealer curing process. A watertight structure was realized through the development of application specifications using a low-elasticity sealer.

1. ま え が き

近年、温室効果ガスが原因とされる地球温暖化が危惧されており、地球規模での二酸化炭素排出量の削減が求められている。自動車業界においては燃費の改善が課題であり、エンジンの高効率化や電動化、転がり抵抗の低減などあらゆる省燃費化の研究と実用化が進められている。その中で車体の軽量化は重要な要素であり、自動車メーカ各社とも車体の一部を低比重素材に置換える技術を採用している。Honda は早くからオールアルミボデーを量産適用するなど、他社に先駆け車体の軽量化を推し進めてきた。さらに、より良い商品をより安価にお客様に提供するため、低コストで軽量化できる技術開発に取り組んでいる。ドアにおいては、既に軽量のオールアルミドアの量産化を果たしているが、さらにコスト対軽量化効果の高い軽量ドアを目指し、ドアスキンのみをアルミニウムに置換したハイブリッドドアの開発を進めてきた (Fig. 1)。

一般に、アルミニウムと鋼板など異種金属材料を接触させた場合、異種金属接触腐食が課題となる。水溶液中にお

いて電位が卑な方の金属がアノードとなり単独で置かれている場合より腐食速度が増大するものである⁽¹⁾。ハイブリッドドアの開発においても、雨水等の溜まりやすいドア下端部で、これによる商品性低下の防止が課題であった。異種金属接触腐食を防止するためには、まず水との接触を断つことが重要であり、アルミニウムと鋼板結合部の水密構造を検討した。

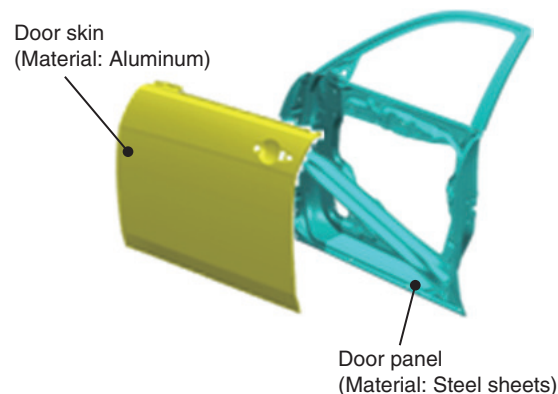


Fig. 1 Structure of hybrid door

*四輪 R&D センター

2. 課題と達成手法

Fig. 2 にドア下端部のヘミング締結構造と水浸入経路を示す。この内部に水が浸入した場合、異種金属接触腐食が発生し、Fig. 3 に示すような腐食生成物による締結の開放や外板面の膨れ、穴あき錆に至る可能性がある。このため、対策として、ドアスキンとドアパネルの合わせ面にシーラを塗布し水浸入を防止することとした。しかし、従来シーラを合わせ面に塗布すると、製造時にドアスキンにひずみが発生してしまう。そこで、ひずみの発生しないシーラ塗布仕様の検討をおこなった。

2.1. ひずみの解消

シーラは、塗装焼き付け工程で硬化する。ハイブリッドドアでは、加熱時にアルミニウムと鋼板の線膨張係数差により合わせ面に最大 1.2 mm の変位が生じる。この状態でシーラが硬化するため、冷却時にドアスキンが収縮すると、シーラにせん断力が発生する。このドアスキンの戻り力とシーラのせん断力が釣り合う位置でドアスキンが保持されるためにひずみが発生する。従来シーラは弾性係数が高くせん断力が強いので、Fig. 4 に示すようにドアスキンの変位が大きく残った状態で釣り合い、基準値を超えるひずみが発生する (Fig. 5)。ドアスキンのひずみを解消するためには、合わせ面の残留変位を 0.4 mm 以下にする必要がある。したがって、シーラは 0.8 mm 以上の変位に追従

Table 1 Mechanical properties of low-elasticity sealer

Young's modulus	Maximum elongation	Guaranteed elongation after degradation
0.22 MPa	200%	50%

しなければならない。しかし、合わせ面のシーラの厚みは 0.1 mm 程度であるため、シーラには伸び率 800% 以上の材料が必要となり、現実的ではない。そこでシーラを破断させ、ひずみを解消させることにした。シーラの破断変位を式 (1) に、破断に必要な条件を式 (2) に示す。

$$x_B = \sqrt{\{(\varepsilon_B + 1)^2 - 1\} t^2} \quad (1)$$

$$F_B = E \frac{\sqrt{t^2 + x_B^2} - t}{t} S < 76.05 \times (1.2 - x_B)^{0.56} \quad (2)$$

x_B : シーラ破断変位 ε_B : シーラ破断ひずみ

t : シーラ厚み

F_B : シーラが破断する単位長当たり最少せん断力

E : シーラ弾性係数 S : 塗布面積

式 (1)、式 (2) を満たす弾性係数の低いシーラ材料 (以下、低弾性シーラ) を選定した。その物性値を Table 1 に示す。

2.2. 水密性の確保

低弾性シーラの合わせ面塗布部分はひずみを解消するために破断させる。そこで、水密性を保証するために、はみ

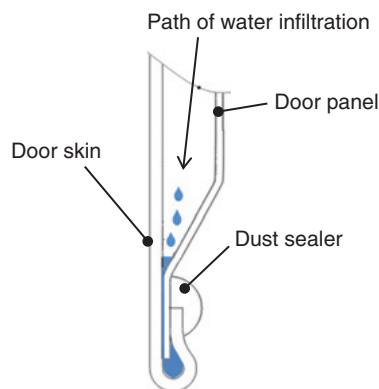


Fig. 2 Path of water infiltration into hemming structure

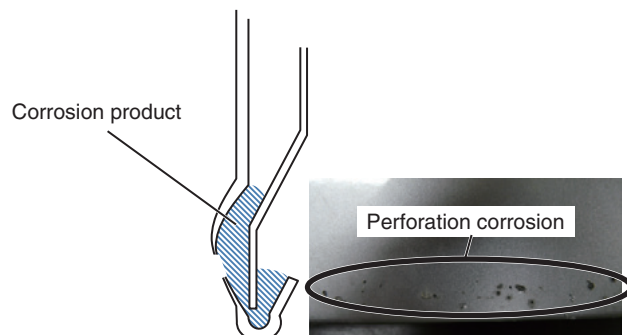


Fig. 3 Example of galvanic corrosion

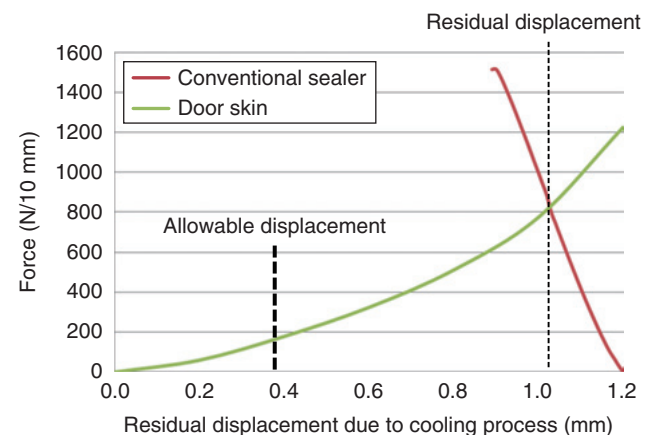


Fig. 4 Returning force of door skin and shear force of sealer

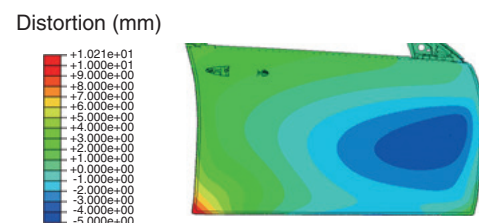


Fig. 5 Distortion in door skin with conventional sealer

出し塗布構造を考案した (Fig. 6). このはみ出し部を破断なく変位に追従させる. 合わせ面に生じる変位として, 塗装焼付け工程の変位だけでなく, 使用時に発生する変位も考慮する必要がある.

使用時に発生する変位は, 線膨張係数差による静的変位とドア開閉動作による動の変位があり, 合わせ面にはこれらの複合変位が生じる. 高温環境下では鋼板ドアパネルよりもアルミニウムドアスキンの膨張が大きいため, 合わせ面には抜け方向の変位が発生する. 酷暑地域の最高温度において, その最大変位は 0.3 mm となる. 一方, 低温環境下では, ドアパネルよりドアスキンの収縮が大きいため, 差し込み方向の変位となる. 極寒冷地の最低温度における最大変位量は 0.3 mm となる. 動の変位については, Fig. 7 に示したドアを急激に閉める強閉条件で, 最も大きな変位が発生し, その変位は抜け方向に 0.6 mm であった. 従って, 使用時に発生する最大変位は酷暑環境における強閉動作時の抜け方向に 0.9 mm となる.

以上より, 締結部に発生する変位の最大値は製造時に発生する差し込み方向の 1.2 mm であることがわかった.

最大変位 1.2 mm に対する追従性は Fig. 8 および式 (3) に示すように低弾性シーラの伸び特性と塗布厚みに依存する.

$$x = (\varepsilon^2 - 1)^{0.5} t_0 \quad (3)$$

t_0 : シーラ厚み

x : シーラせん断変位

ε : シーラ伸び率

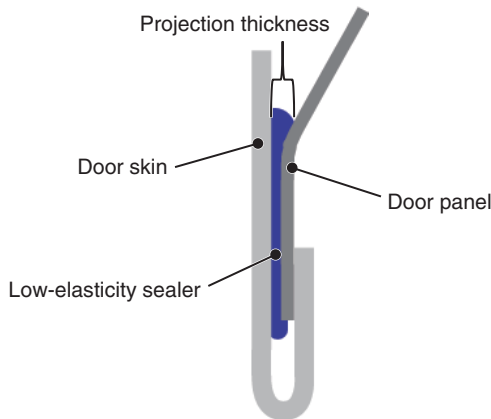


Fig. 6 Watertight structure

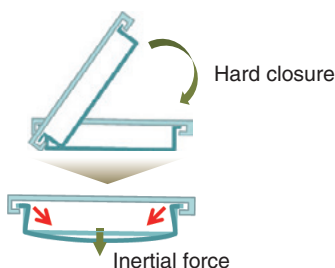


Fig. 7 Displacement by hard closure

低弾性シーラの伸び率保証値が 50% であることから, せん断最大変位 1.2 mm に追従させるための, はみ出し部の厚みを 1.0 mm と設定した.

このはみ出し部によっても前項で述べたシーラのせん断力が発生する. はみ出し部と合わせ面のシーラに発生するせん断力 F を式 (4) に示す.

$$F = E \frac{x - 0.1}{0.1} S + \int_0^y E \frac{x + \sqrt{r^2 - y^2} + r}{-\sqrt{r^2 - y^2} + r} y w dy \quad (4)$$

r : ドアパネルの立ち上がり半径 y : はみ出し高さ
 w : 塗布幅

はみ出し塗布時のせん断特性とドアスキンの戻り力の関係を Fig. 9 に示す. 低弾性シーラのはみ出し部は破断することなく変位 0 mm 付近でドアスキンの戻り力と釣り合っている. 本仕様によってドアスキンのひずみ解消と水密性確保を両立することができた.

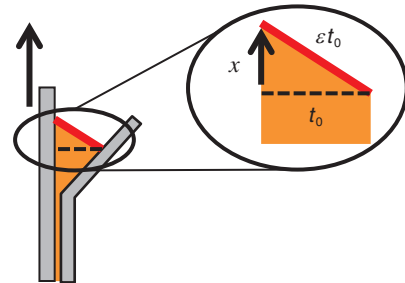


Fig. 8 Shear displacement and sealer elongation

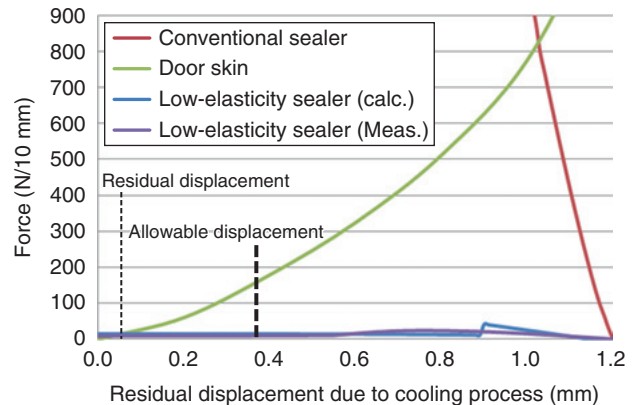


Fig. 9 Returning force of door skin and shear force of watertight structure

3. 検証結果

3.1. 低弾性シーラによるドアスキンひずみの検証

実機ドアの締結部を Fig. 6 に示す構造にし, ドアスキンに発生するひずみを測定した結果を Fig. 10 に示す. 従来シーラの結果 (Fig. 5) と比較し, ドアスキンのひずみを解消することができた.

3.2. ハイブリッドドアの実車耐食性検証

低弾性シーラを塗布したハイブリッドドアの錆耐久性を複合的な耐久性を評価する実車走行試験にて検証した。Fig. 11 に試験後のドア外観, Fig. 12 に試験後のドア下端部断面を示す。異種金属接触腐食は抑制され商品性の低下は見られなかった。

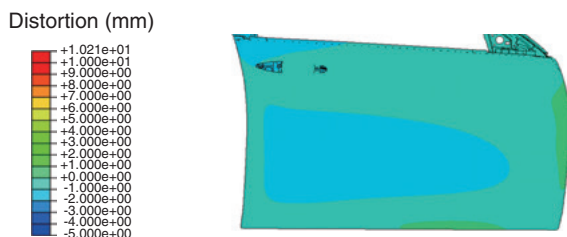


Fig. 10 Distortion in door skin with watertight structure

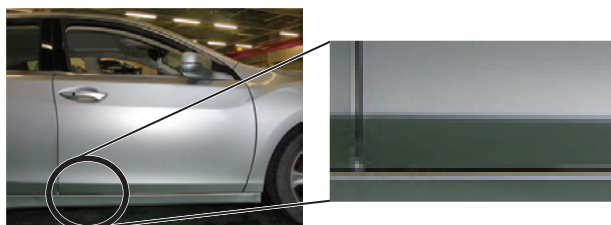


Fig. 11 Appearance after vehicle durability test

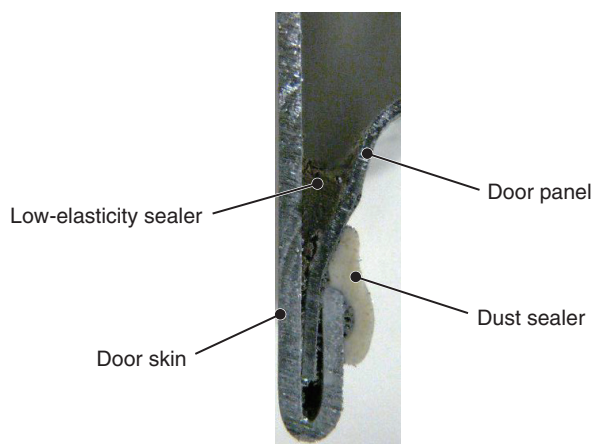


Fig. 12 Door lower edge section after vehicle durability test

4. まとめ

Honda は、生産性の高い軽量ドアとして、ドアスキンを鋼板からアルミニウムに置換したアルミニウム、鋼板ハイブリッドドアを開発した。課題であった異種金属接触腐食の防止に対し、スキンパネルのひずみを抑制する低弾性シーラの開発と変位に追従できる塗布仕様を設定することで、シーラ水密構造を確立した。また総合耐久走行試験により、十分な防錆性能が検証された。

なお、このアルミニウム、鋼板ハイブリッドドアは、2014 年モデルの新型 ACURA RLX に採用されている。

参考文献

- (1) 中山武典: 金属材料の異種金属接触腐食挙動, 軽金属溶接, Vol.44, No.7, p.287-294(2006)

■ 著 者 ■



木村 昇 士



和泉浩一郎



村松 佑 紀