

特集：新型マツダデミオ

5

新型マツダデミオの軽量ボデーシェル開発 Development of Light Weight Body Structure for All-New Mazda Demio

佐藤 謙三^{*1} 角屋 敏光^{*2} 山本 裕士^{*3}

Kenzo Sato Toshimitsu Kadoya Hiroshi Yamamoto

田中 祐充^{*4}

Masamitsu Tanaka

要 約

新型デミオはマツダが新たに掲げた「サステイナブル“Zoom-Zoom”」を具現化した商品群の第一弾であり、マツダDNAの「反応の優れたハンドリング」を体現するための高いボデー剛性と優れた衝突安全性を備えた上で、地球環境維持につながる低燃費に貢献するため大幅な軽量化を達成するという、相反する課題を解決する必要があった。その達成手段として、新採用のフレームワークと高張力鋼板の使用拡大、部分剛性に注目した効率的な補強、を掲げ開発に取り組んだ。

成果として、新型デミオは前モデルから衝突性能や車体剛性といったパフォーマンスを向上させつつも、前モデル比22kgもの軽量化を実現するベストインクラスレベルのホワイトボデー重量を達成した。

本稿ではコンパクトカーの新たな軽量化技術を確立した新型デミオの軽量ボデーシェルについて紹介する。

Summary

New Demio is the first among next generation products which embody Mazda's new theme "Sustainable Zoom-Zoom". In the development, we needed to solve conflicting challenges. On the one hand, we tried to secure high body stiffness to achieve Mazda's DNA "Responsive Handling" and excellent crash safety performance. On the other hand, we had to reduce the weight significantly in order to contribute to low-fuel consumption that leads to the preservation of global environment. To this end, focusing on a new lightweight framework, expansion of high strength steels, and effective reinforcement for stiffness, we proceed with the development.

Consequently, as compared to a preceding model, the weight of Body in White was reduced by 22kg and best-in-class weight was achieved while improving the performance including crash safety and body stiffness.

In this paper, the body structure of new Demio which established a new lightweight technology for compact car is explained.

1. はじめに

最近市場に導入されるモデルのボデーシェル重量は、衝突安全性や操縦安定性能などに対する要求の高まりに対応して増加する傾向にある。デミオの属するコンパクトカークラスも同様で、ホワイトボデー単位の重量で200数十kgに上るのが当たり前になっている。

新型デミオの開発にあたり、自社の新しいブランドメッセージである「サステイナブル“Zoom-Zoom”」を具現化するには、より安全性を高め、更に「反応の優れたハンドリング」を体現する高剛性ボデーシェルに進化させる一方で、地球環境維持のため、低燃費につながる大幅な軽量化を行うという相反する課題を解決する必要があった。

そこで、構造体として最適なフレームワークの採用と高

*1~4 ボデー開発部
Body Development Dept.

張力鋼板の使用拡大を行う一方で、優れた操縦安定性を重量を掛けずに効率よく実現するために、ボデーの部分剛性に着目し、これまでにないレベルで高性能と軽量化の両立を図った。

本稿では、この実現のために採用した新型デミオのボデーのキーストラクチャと新技術を紹介する。

2. 新採用の高効率フレームワーク

プラットフォームについては、新型デミオ開発に先行して、軽量化専門チームにより技術開発され、試作車による検証まで行った軽量コンセプトカーのフレームワークを基本的に踏襲し、更なる進化を図った。

アッパーボデーも含めた車体構造の基本的な考え方として、各部材は周辺レイアウトとの整合を取りながら可能な限り太く、かつ最適な断面積を確保するとともに、ストレートに配置することに注力した。

新型デミオでは高張力鋼板を大幅採用することで部品の板厚を下げ、軽量化を図っているが、単純に部品の板厚を下げると剛性が低下し、自社のDNAである「反応の優れたハンドリング」を支える高剛性ボデーは得られなくなる。そこで我々は構造的な工夫を随所に取り入れ剛性向上を図った。

以下にフレームワークの具体構造について述べる。

2.1 フロントボデー構造

フロントフレームをストレート化、および大断面化するとともに、590MPa級の高張力鋼板を採用して正面衝突時の耐力向上を図った。また少ないクラッシュスペースを最大限利用するために、内部補強の配置や折れビード、テーラードウェルドブランクによりフロントフレームの変形モードをコントロールした。フロントフレーム先端部は六角断面形状とし、エネルギー吸収量を向上させている。

フロントバンパレインフォースメントには980MPaの超高張力鋼板を採用し、衝突時に車体に入るエネルギーを最小化した。

また、フロントフレームからキャビンに伝わる荷重を分散させてキャビンの変形を抑えるためにFig.1に示すようにフロントフレームとダッシュの結合部に三叉構造を採用した。フロントフレーム後端からダッシュ下方に向かいトルクBOXへとつながるメインのロードパスに加えて、ダッシュクロスメンバを介したトンネル部へのロードパス、更にはダッシュパネルのサイド部分に設けた三角形のダッシュサイドガセットを介したキャブサイドへのロードパスを採用することで、オフセット衝突時の乗員足元部分の変形を最小限に抑えた。

この三叉構造は衝突性能のみならず車体剛性確保の上でも大きく貢献している。

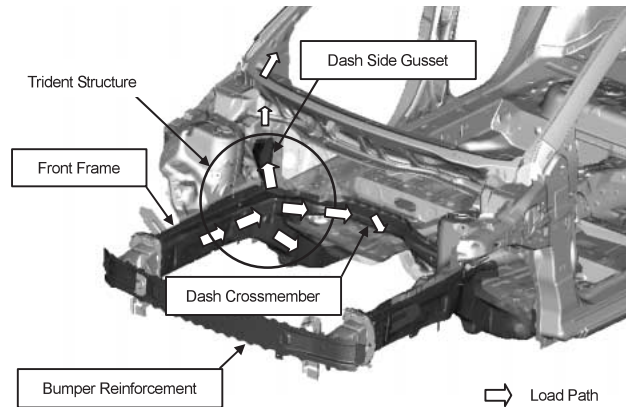


Fig.1 Front Body Structure

2.2 リヤボデー構造

Fig.2に示すようにリヤフレームをストレート化、および大断面化するとともに590MPa級の高張力鋼板を採用して後面衝突時の耐力向上を図った。特にサイドシルとの結合部からトレーリングリンク取付部にかけての断面を大きく確保することで荷重の流れをスムーズにするとともに、リヤフレームの変形を抑えて燃料タンクの保護を行った。これにより法規制の50km/hでの後面衝突はもちろん、より厳しい独自基準の80km/hオフセット後面衝突にも対応する優れた安全性を確保している。

剛性面では、サスペンションの取付部に近接するNO.4クロスメンバを大断面化するとともにリヤフレームとの結合部剛性を向上させた。更に、トレーリングリンク取付ブラケットは車体の一部としてリヤフレームに直付けとし、操縦安定性に直結する取付部剛性を向上させつつ、ブラケット本体の軽量化を図った。

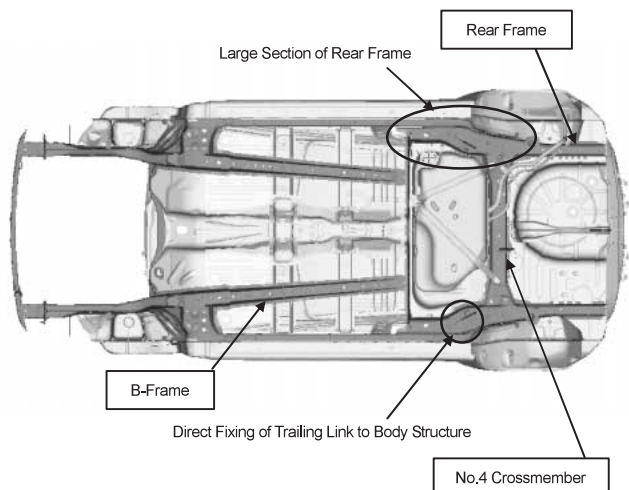


Fig.2 Under Body Structure

2.3 キャビン構造

自社のポデーシェルとしては初採用となる980MPa級の超高張力鋼板をBピラーレインフォースメントとルーフレインフォースメントに採用した。Fig.3に示すようにルーフレインフォースメントは前後方向の位置をBピラーに合わせ、更にルーフサイドガセットによりBピラーと強固に結合した。またフロア部分にはNo.2.5クロスメンバを新たに採用し、Bピラー部にリング状の強度部材を形成することで自社伝統のトリプルH構造をより一層進化させ、側面衝突性能の向上を図っている。

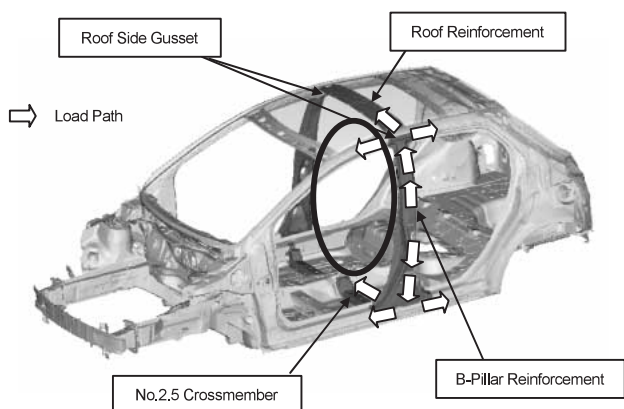


Fig.3 B-Pillar Ring Structure

また、各ピラーやサイドシルなどの部材を大断面化するとともに、部材同士の結合部においても形状や板の重ね合わせ方を工夫して重量効率の良い構造を実現した。

フロア下には780MPa級の超高張力鋼板を採用した大断面のBフレームを走らせ (Fig.2)、衝突時のキャビン変形を抑えるとともに、トンネル上部にも閉断面を設定して衝突時のロードパスとしている。

NVH性能面では、Fig.4に示すようにフロアパネルに周囲の制振材貼付効果をも高める凹形状を設けることにより、制振材の量を抑えても同等の減衰効果を発揮させ、軽量化を図った。

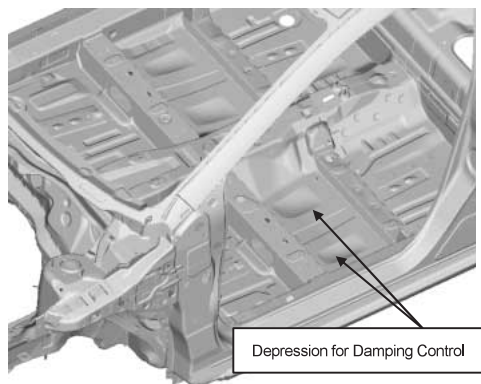


Fig.4 Damping Control Panel

3. 高張力鋼板の大幅使用拡大

自社は2005年に発売した新型ロードスターから高張力鋼板の使用を拡大してきたが、今回の新型デミオではそれを更に拡大採用した。前述のように自社として初めてポデーシェルに980MPa級の超高張力鋼板を採用したほか、780MPa級についてもホワイトポデー全重量の7.1%の比率で採用した。強度と生産性とのバランスが比較的良い590MPa級は32.3%と大幅に採用拡大し、合計した高張力鋼板の使用比率は53.1%に上る (Table 1, Fig.5)

Table 1 Proportion of High Strength Steel

Class	Proportion	
	Preceding Demio	New Demio
980 MPa	0.0%	3.0%
780 MPa	0.0%	7.1%
590 MPa	5.7%	32.3%
440 Mpa	30.5%	10.7%

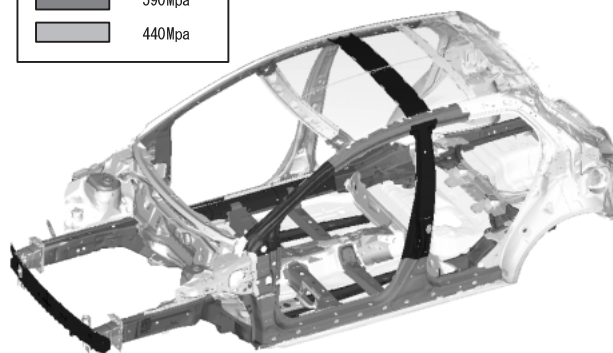
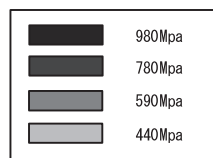


Fig.5 Usage of High Strength Steel

部材強度選定にあたっては、衝突時の部品のエネルギー吸収量、部品の絞り形状の深さからくる加工性、更に部品を重ね合わせてスポット溶接する際の必要電流値といった溶接条件を考慮し、開発部門、生産部門が協力しCAEとテストピースによる評価を繰り返し行って、適材適所となる仕様を決定した。

車体全体の軽量化重量のうち、構造最適化による8kg、ダウンサイジングによる4kgを除いた約10kgが、高張力鋼板の使用拡大による部品薄肉化の効果となっている。

4. 部分剛性への着目

新型デミオではポデーシェルの軽量化を行いつつ、自社のDNAである操縦安定性を確保し更に進化させるため、改善に多くの重量を必要とする全体剛性よりも、より少な

い補強でサスペンションの性能を最大発揮させるための部分剛性に着目して開発を行ってきた。サスペンションタワー対角変位、リフトゲート開口部変位、サスペンション取付部の局所的な剛性、車体ねじり変形時の位相遅れなどを特性指標として活用し、効率的に性能改善することに注力した。

特に変形位相遅れに関しては、優れたハンドリング性能を持つ欧州車では徹底的に押さえ込まれており、新型デミオでも特に注力した特性である。

その特性改善のために、サスペンション取付部やドア開口部、リフトゲート開口部を中心に、部材同士の接合を強化させた。Fig.6に示すようにドア開口部の各コーナ、リフトゲート開口部、およびリヤフロア周りのスポット溶接のピッチを縮小して、車体全体で百数十点ものスポット溶接を増加させた。更にはリヤタイヤハウスとヒンジピラー部に車体剛性向上目的としては自社初となるウェルドボンドを採用し接合強化を図った。

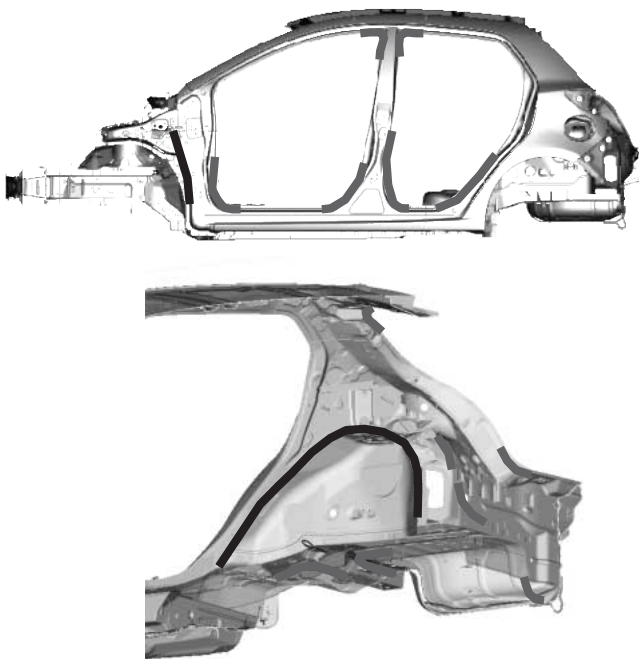
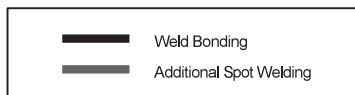


Fig.6 Reinforcement for Jointing

これにより、位相遅れを前モデルより15%改善することができた。リヤサスペンションタワー対角変位は約25%改善するとともに、リフトゲート開口部変位も18%改善した。

また全体剛性についても、高効率なフレームワークと強固な結合部構造を採用した結果、高張力鋼板の広範な使用で部品板厚を大幅に下げたにもかかわらず、前モデルと同等の曲げ・ねじり剛性を確保することができた。

5. スタイリングと軽量化の両立

新型デミオでは前後オーバーハングを大幅に切り詰めた躍動感のあるスタイリングを実現している。

これにより衝突時のエネルギー吸収を行う前後のフレーム長さが制約されるため衝突開発には厳しい条件となり、通常は多くの補強重量を必要とする。そこで、開発初期からエンジンルーム内レイアウトの工夫を重ねるとともに、衝突時のロードパスの最適化と車体変形モードのコントロールを行うことで重量増加を抑制した。

また、リヤオーバーハング縮小により従来のフューエルファイラーボックスの構造が成り立たなくなるなど、多くの難課題があったが、その度に関係者一体となった活動で課題解決した。

6. おわりに

以上、新型デミオの軽量ボデーシェルについて、キーストラクチャと新技術を紹介した。

成果として、新型デミオは前モデルから衝突性能や車体剛性といったパフォーマンスを向上させつつも、前モデル比22kgも軽いベストインクラスレベルのホワイトボデー重量を達成した。衝突性能と車体剛性を向上させるために必要だったはずの重量を含めると、30kg近い軽量化を行ったと見なすことができる。

今後、地球環境維持に貢献していくためには、低燃費につながるボデーシェルの軽量化がますます重要となる。

世界の自動車業界をリードして、業界全体で軽量化への流れを作り出せるような車体開発を継続する所存である。

著者



佐藤謙三



角屋敏光



山本裕士



田中祐充