

特集：新型ロードスター

12

新型ロードスターにおける高強度・薄型クロスメンバの開発

Development of Thin & High-strength Cross Member for All-New Roadster

三木 建次郎*¹ 木村 隆之*² 田中 祐充*³

Kenjiro Miki

Takayuki Kimura

Masamitsu Tanaka

胡木 隆*⁴ 柴原 多衛*⁵

Takashi Ebisugi

Taei Shibahara

要約

オープンカーのフロントシート後方に設定される、シートバックバーに内蔵されたクロスメンバは、各社構造に特徴がある。新型ロードスターでは、そのライトウエイトスポーツカーのコンセプトを実現するために、ストレッチドベンチマークしたスペース目標と質量目標を設定し、達成に知恵を絞った。

最大の課題は、側面衝突荷重を支えるクロスメンバ本体と前後上下荷重を支える脚部を最小スペースで接合することと、Bピラーとオフセットするクロスメンバ本体の結合強化をより軽く強く行うかであった。

これらの課題に対して、クロスメンバ本体に対して脚部をパイプ貫通構造とし知恵の輪式に組み立てる工法により課題を解決し、その結果クラス最小の前後幅52mmを達成した。オフセット構造部においては、クロスメンバ本体に対して、リンクブラケット、ジャンクションといった補強部材を最適に構造に取り組みすることでクラス最軽量の7.76kgを達成した。この成果により、車両としても2代目モデルに対し後方シートスライド量拡大が図れ、長身ユーザの居住性改善に貢献した。

Summary

The structure of a cross member, located inside a seat back bar behind front seats at an open-top sports car, has various types, depending upon the concept of each car manufacturer. For all-new Roadster, we aimed at the minimum space and weight to meet light sports car concept and achieved them utilizing wisdom and innovative ideas.

The biggest issues were how to minimize a structure for uniting a cross member to support a Y-direction load with a pipe to support a Z-direction load and how to strengthen, with the minimum weight, joining of the cross member being offset from a B-pillar.

For the first issue, we have achieved the minimum thickness (52mm) of the cross member structure in the same segment according to a unique procedure of assembling the cross member and the pipe crossed each other in a puzzle ring manner. For the second issue, we adopted a link bracket and a junction to support the cross member, thus having achieved the lightest cross member (7.76kg) in the segment. These achievements have enabled to enlarge a seat slide and give more legroom to tall customers.

1. はじめに

オープンカーにおいて、シート後方からルーフ格納部間のスペースにクロスメンバを各社設定している。この部品の役割は、前面衝突時シートベルトの取り付け部強度を向上させ、衝突荷重による変位量を抑制する。また、側面衝突時はBピラー部へのバリア侵入を抑制させ、乗員の生存空間とエアバッグの展開空間の拡大を図る。そして車体の

構造部材としてオープンカーに必要な不可欠の車体剛性値の向上を図ることである。

このように重要な機能を有しているが、レイアウト的には、ユーザが快適に過ごす客室空間とトランクのユーティリティスペースをより広くとるためにはより少ないスペースで構造を成立させる必要がある部品である。

新型ロードスターにおいて、様々な工夫を考案・実現化したことにより、クラス最小のスペースで高強度・多機能

*1, 2 ボデー開発部
Body Development Dept.

*3, 4 CAE部
CAE Dept.

*5 衝突性能開発部
Crash Safety Development Dept.

のクロスメンバ構造を実現した。これらの技術を紹介する。

2. ベンチマーク状況と目標設定

オープンカーの全長は簡単に説明すると、エンジンルームスペース+乗員スペース+クロスメンバのスペース+ルーフの格納スペース+トランクスペースで決定される。マツダプロダクトDNAである“抜群の機能性”を具現化するためには、クラストップの十分な室内空間とトランク容量を確保する必要がある。車両のベースレイアウトを行った所、クロスメンバに与えられたスペースは約50mmだった。

ベンチマーク状況を確認するとFig.1に示すように75mm以下の車はなかった。開発チームでは、クロスメンバの最小化に知恵を絞ることを前提に、ストレッチドBIC（ベストインクラス）であるクロスメンバの前後幅50mmの目標を設定し、ライトウエイトスポーツカーの実現を目指した。

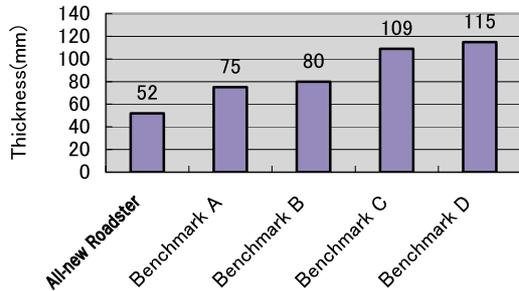


Fig.1 Comparison on Cross Member Thickness

質量については、同様にライトウエイトスポーツカー実現のために、車体全体で2代目モデルと同等にする大目標が設定されていた。クロスメンバに割り振られた目標は8kgであった。これも、他車ベンチマークの結果ではBICをストレッチするものであり (Fig.2), 構造の最適化と超ハイテン材の有効活用を前提に、目標達成を目指した。

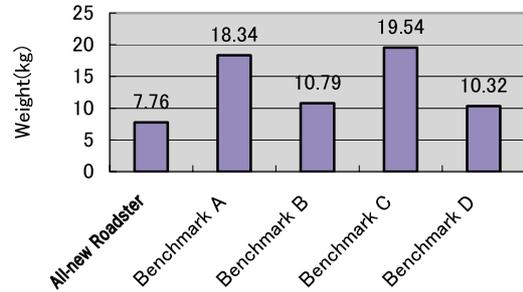


Fig.2 Comparison on Cross Member Weight

3. 目標達成構造

性能目標達成とレイアウトスペースの制約により、3種の主要部品で構成する目標達成構造を考案し、実現に向けて詳細形状を詰めた。この基本構造は、スペースを有効活用するために、左右を結ぶクロスメンバに前後上下荷重を支える脚部パイプを溶接結合した本体と、車両工程における組付作業性やサービス性を確保するため分割したリンクブラケット、そして同じく車体側部と脚部パイプを連結するジャンクションである (Fig.3)。

クロスメンバは車体剛性、衝突時の車体変形の抑制に寄与し、他方で多数の内装部品の取り付け・支持の役割を担う。リンクブラケットは、クロスメンバの強度・剛性面の機能を補完する一方、シートベルトと開閉式ルーフの固定も担う。ジャンクションもリンクブラケット同様クロスメンバの機能を補完するが、他部品の取り付け等の機能は有していない。

4. 詳細構造と技術の紹介

4.1 クロスメンバの知恵の輪式組立構造

Fig.4のように本クロスメンバ構造は、車両前方のシー

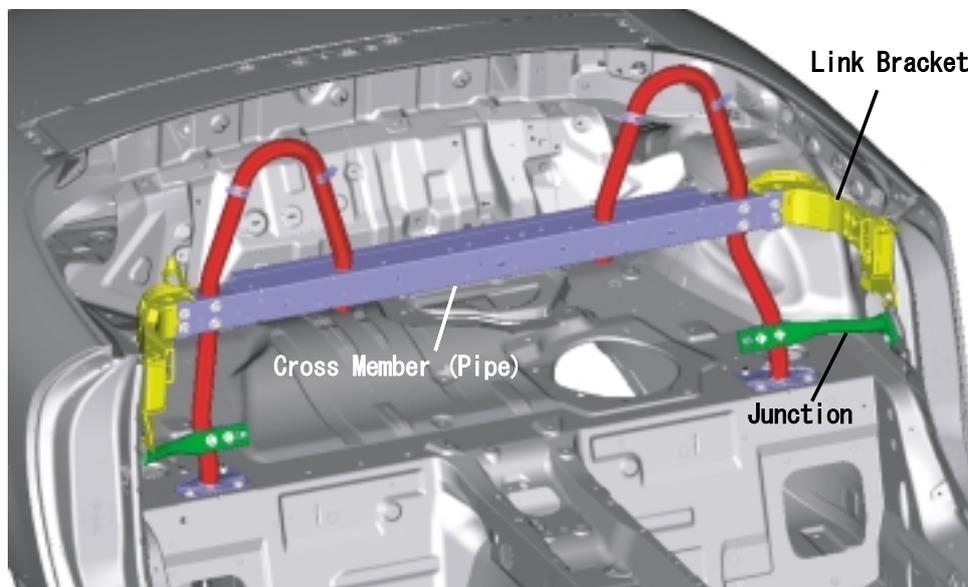


Fig.3 Overview of Cross Member Structure

ト、後方の開閉式ルーフに挟まれ、パイプを含むクロスメンバに与えられた前後幅は約50mmであったため、クロスメンバ構造の開発当初から、パイプをクロスメンバ内に貫通させて薄型化する前提で、基本構造を検討した。

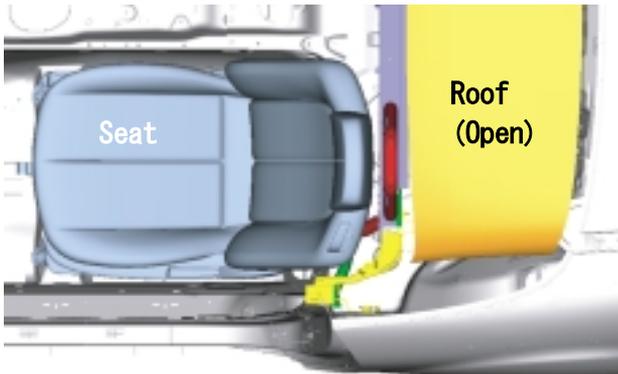


Fig.4 Parts Around Cross Member Structure

一方でパイプは、シートを避けた経路にするため、Fig.5のように複数の曲げ加工を施す必要があった。お互いを結合させるために、パイプに対しハット型断面のクロスメンバを前後から挟み込んで、貫通構造とすることは可能である。この構造の場合、パイプに前後方向の荷重が入力された場合、接合部に剥離方向の荷重が入り、溶接部強度上不利ある。そのため新型ロードスターにおいては、前後クロスメンバの接合部とパイプ貫通部を分離する構造を開発した。具体的にはFig.6に示すように、車体中央側のパイプ端部の直線部分を利用して、知恵の輪のようにパイ



Fig.5 Bends on Pipe

プを、前後2分割したクロスメンバの片方に先に貫通させた後、パイプを回転させて外側もクロスメンバにセットし、その後もう片方のクロスメンバをセットし溶接する構造を採用した。

車体中央側のパイプ結合部は、前後クロスメンバの接合面から分離され、仮にパイプに前後方向の荷重が入力されても剥離荷重とはならないため、強度上有利である。また外側のパイプ結合部では前後クロスメンバの接合部と近いが、前後方向の荷重に対してはせん断方向となるため、破断し難い結合構造とした。

4.2 ジャンクションの採用

Fig.7のように、シートスライド量を拡大したことで、側面衝突の荷重入力点とクロスメンバと間に約150mmのオフセット量が生じ、その間をリンクブラケットはシート

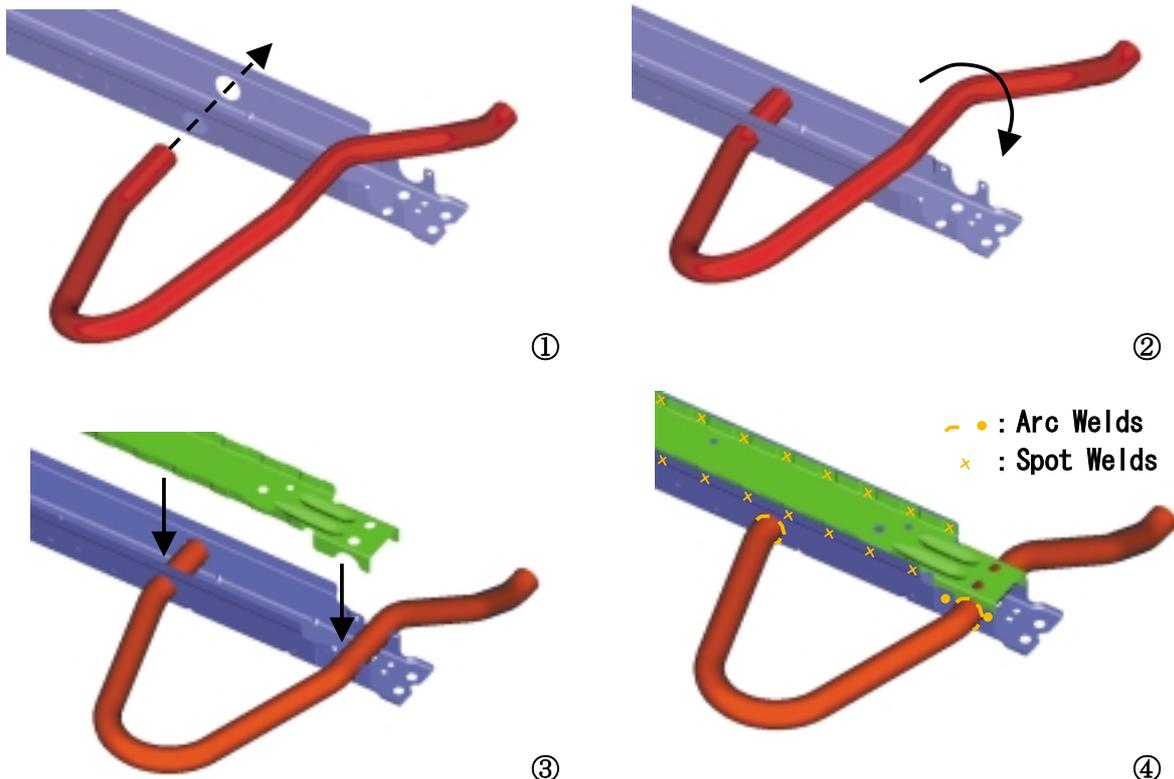


Fig.6 Cross Member Assembly Process

形状を避けて迂回しながら結ぶため、効果的に車室外からの側面衝突荷重を伝達し難いばかりか、リンクブラケットの湾曲部の強度確保が必要となり質量増加につながるレイアウトであった。

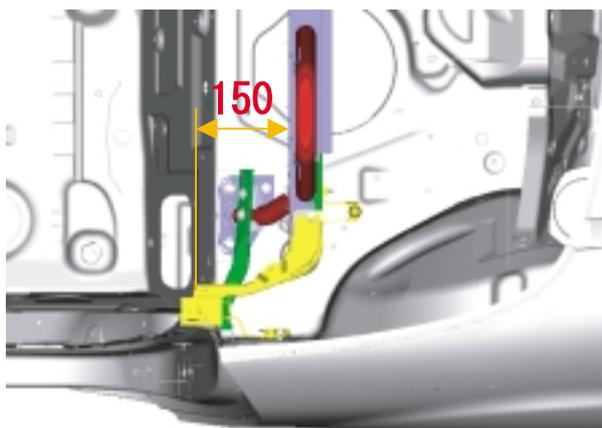


Fig.7 Offset Location of Cross Member Structure

新型ロードスターでは、この非効率による質量増加を回避するため、リンクブラケットの下側にジャンクションを追加した。これは、荷重入力点からパイプを短く直線的に連結し、効果的に荷重をパイプに伝達することを狙っている。更にこの構造は、荷重入力点からクロスメンバ間をリンクブラケットとジャンクションで並列に支持することにより、衝突エネルギーを分散して吸収できる構造とした (Fig.8)。

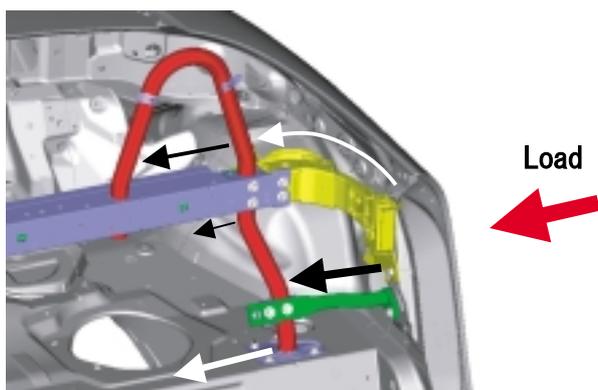


Fig.8 Load Paths at Side Impact Crash

4.3 係合構造の積極的活用

本クロスメンバ構造では、衝突時もしくは組付時に部品間で引っ掛かりが生ずる構造 (係合構造) を積極的に採用した。その理由は、衝突時等の大荷重入力においては、構造体に変形し始めた場合に、部品間の引っ掛かりにより結合部の強度を二重で補う (フェイル・セーフ) ものである。更に、組付時においては部品間の引っ掛かりにより、組付ガイドまたは一時預けの役割を持たせることで、生産性の向上も図っている。ここでは、代表的な係合構造を1例ずつ紹介する。

衝突時の安全構造例としては、Fig.9に示す、ジャンクションの取り付けブラケット裏側の溶接ナットを、あらかじめ穴をあけたパイプに埋め込む構造が挙げられる。側面衝突荷重により取り付けブラケットが変形しても、溶接ナットがパイプ穴の端面に引っ掛かることで、荷重を保持し続ける二重安全構造となっている。

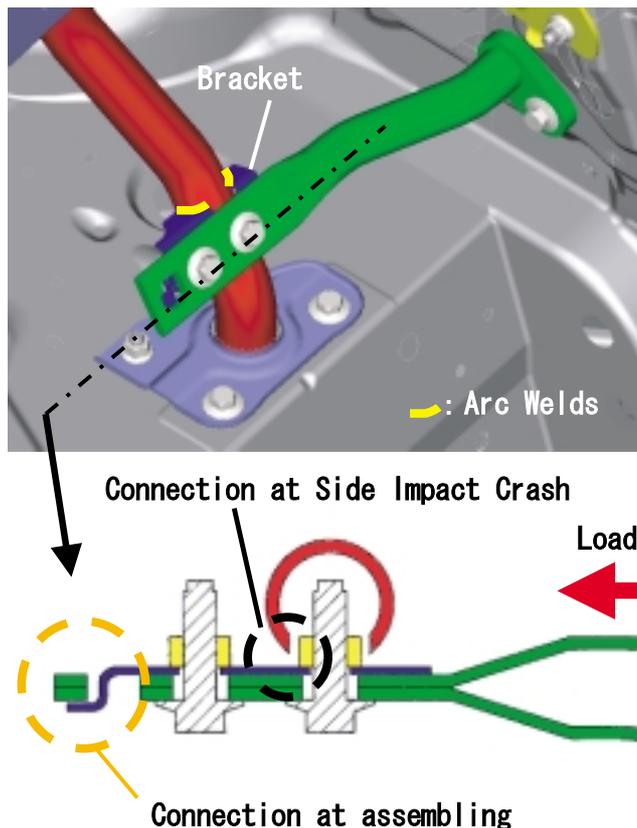


Fig.9 Section of Junction and Cross Member Union

組付性改善構造例は、ジャンクション組付時の締付トルクにより、ジャンクション自体が浮き上がり、接地しない状態で締付けられることを防止するため、取り付けブラケットにフック形状を設け、一方でジャンクションに引っ掛け穴を設けた。ジャンクションを組み付ける際に、それらを係合させた後、車体側部側の取り付け部を締結するとジャンクションが取り付けブラケットの取り付け面とフックの押え面に挟まれることによって、ジャンクションの位置は拘束され、ほぼ接地した状態での締結を可能にした (Fig.9)。

4.4 超ハイテン材の採用

難加工性であるハイテン材を多用できるように、単純な直線形状に部品をレイアウトし実現した結果、クロスメンバ本体に780MPa級超ハイテン材を採用し、板厚を下げることでクロスメンバを軽量化した。

4.5 リンクブラケットの最適化

リンクブラケットで、シートベルトの取り付けと側面衝突バリア侵入防止補強を機能統合し軽量化とレイアウトの最小化を行った。Fig.10にCAE解析による最適化計算の事

例とリンクブラケット周りの構造を示す。590MPa級ハイテン材を基本にシートベルト取り付け部や側面衝突で最大荷重が入る部位に補強板を効果的に設定した。またサイドエアバッグ展開スペースを要しレイアウト的に最も厳しい部位には、590MPa級ハイテン材の薄型角パイプ(18×64)を採用し、展開スペースと側面衝突用耐力の両立を可能にした。

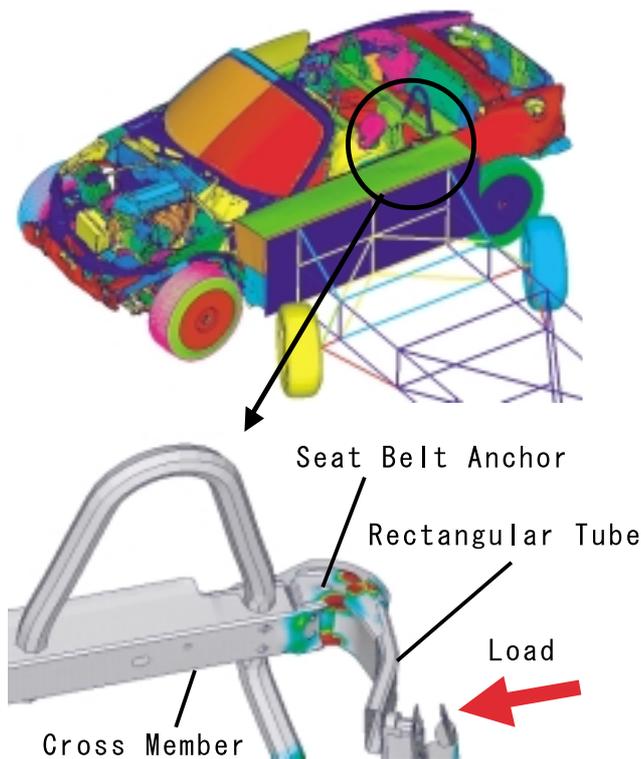


Fig.10 Example of Optimized Calculation

5. 目標達成状況

5.1 レイアウト・質量

Fig.1およびFig.2に示したように、ストレッチドBICを達成した。

5.2 部品点数

主な目標値として設定していなかったが、前章で述べた工夫によって部品点数を最少化した結果、Fig.11のようにBICを達成した。

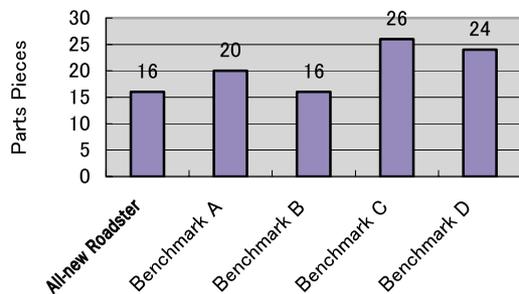


Fig.11 Comparison on Cross Member Parts Pieces

5.3 側面衝突侵入防止

車体側部とクロスメンバ間をリンクブラケットおよびジャンクションの2経路でつないだ結果、側面衝突時には最適な荷重分担が可能になり、側面衝突性能が向上した。

5.4 前面衝突・ベルトアンカー強度

前面衝突時にはリンクブラケット上に設けられたシートベルトアンカー部の変位量を抑制し、またベルトアンカー単体での強度テストでもレギュレーション強度を満足した。

5.5 車体静剛性・動剛性

乗員空間内にクロスメンバ構造で車体の左右を連結したことで、スポーツカーとして要求された車体静剛性および動剛性を確保した。

6. おわりに

近年オープンカー市場も成熟期に達し、商品性を確保するため、更なる居住性および荷室収容性改善が要求される一方で、安全性の向上も求められており、スペース上の制約が大きい場合、商品性と安全性の両立が困難である。しかし本クロスメンバ構造を開発したことで、オープンカーの新たな側面衝突安全構造を提案し、その安全性を実証したことにより、今後のオープンカーの衝突開発の可能性を拡大した。一方で省スペース化を実現したことにより、居住性と荷室収容性を拡大することも可能にした。この省スペース化は、現在増加傾向にある開閉式ハードルーフを備えた車両に対しても、ハードルーフ格納スペースの確保に寄与するため有効であり、今後のオープンカー開発に大きな影響をもたらしたといえる。

著者



木村隆之



田中祐充



胡木 隆



柴原多衛