

技術論文

コンパクトSUV向け アルミバンパリインホースメントの開発

宮崎 太平
Taihei Miyazaki

高橋 克
Masaru Takahashi

概要

近年、地球温暖化問題から自動車の軽量化ニーズが高まる一方、コンパクトクラスでのアルミバンパの採用事例は少ない。そこでコンパクトクラスへ対応し、競合に対し優位性のある提案を行うため、製品開発・材料開発・生技開発・解析技術が協業で開発を行い、SQC手法とCAE技術を連動させることで、効率的・効果的な開発設計を進め、コンパクトクラスでのアルミバンパ受注を実現した事例である。

1. はじめに

当社は、アルミ材のダイカスト・押出工法により自動車部品や住宅、福祉製品の開発、製造を行っている。また技術開発研究所では「継続的成長に向け利益確保を踏まえ、つくりを考慮した魅力・競争力ある新製品の開発」を方針に活動を展開しており、著者は自動車安全部品であるバンパリインホース（以下、バンパR/F）の開発を担当している。

本報告は、当社コア商品であるバンパR/Fの拡販・売り上げ充当を目的とし、コンパクトクラスに必要な端末潰し技術を実験計画法により確立したので報告する。

2. テーマの選定

近年、地球温暖化問題の高まりから先進国を中心にCO₂排出規制が進んでいる。自動車のCO₂排出量を削減する代表的な方法としては、パワートレインの高効率化や空力改善の他、車体の軽量化が挙げられる。当社の主力製品のアルミバンパR/Fも軽量化を目的として、従来の鉄製からの置換が進んでいる。

バンパR/Fは車両前端的バンパカバーの内側に位置している。バンパR/Fは車両が衝突した際に乗員やラジエータ等の高額部品を保護する衝突安全が主な役割である。アルミバンパR/Fが採用されるためには、高強度で軽量のバンパR/Fを開発しなければならない。

現在アルミバンパR/Fの採用が進んでいるのは大型～中型車を中心であるが、さらに小さいコンパクトSUVへの受注活動を行っていく。しかしコンパクトクラスは、他クラスに比べ搭載スペースの要件が厳しい。特に車両前部のコーナーが丸く、衝突要件から周辺部品のアブソーバやクラッシュボックスのスペースを差し引くと、一定幅の断面を車両中心から端末まで通すことができ

ない（図1）。そのためこのスペース要件を満たすバンパR/Fの開発が必要である。

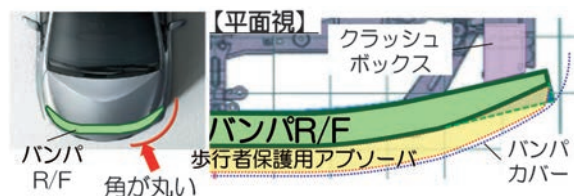


図1 コンパクトクラスのスペース要件

3. 現状の把握

3.1 バンパR/Fの要求品質

要求品質を表1に示す。設計として重点となる単品の要求項目は曲げ強度である。軽量かつ高強度なバンパR/Fとスペースは背反項目であるため、それらを両立させる必要がある。

表1 要求品質

項目	目標
衝突性能	55km/h 正面衝突 バンパの破断なきこと
64km/h オフセット衝突	バンパの破断なきこと
曲げ強度	6.5kNm以上
固縛強度	25.2kNで亀裂無し
質量	3.0kg以下
コスト指数	100以下

3.2 要求を満たす形状の方策検討

形状を机上で検討した（表2）。従来技術の一定断面やパッチ等では質量・コストが不利であった。それに対しバンパR/Fの端末を潰した徐変形状とする案は、端末潰し技術の新規確立は必要であるが質量・コストで優位性があるため、この案を採用した。

表2 バンパR/F形状の方策検討

	狭断面 一定	端末カット +パッチ	センター 別体	端末潰し
斜面視				
曲げ強度	○	○	○	○
質量指数	100 ×	40 ○	60 △	40 ○
コスト指数	100 ×	70 △	60 △	30 ○
実現性	○	○	×	△ (潰し技術 確立要)

3.3 端末潰しバンパR/Fの詳細形状検討

端末潰し形状を成立させるために、以下3点の形状を織込み形状を決定した。

- ① 潰し形状のきっかけとなる凹形状
- ② 稜線割れ防止のための角部の肉盛り
- ③ 断面剛性向上のためにFR側に稜線追加

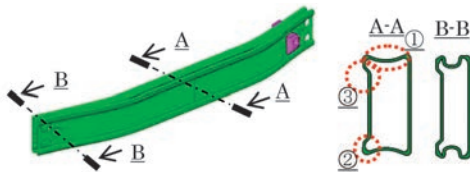
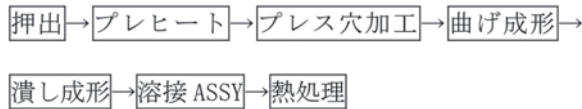


図2 バンパR/F形状

3.4 工程概要

今回の端末潰しバンパR/Fの工程を示す。



これら工程の内、プレヒート工程と潰し成形工程が今回追加する新しい工程である。

3.5 プレヒート工程

プレヒート工程は潰し工程での割れの抑止を目的としている。7000系アルミは人工時効前は室温で徐々に硬度が増す自然時効という現象を有しており、強度が高くなった材料は伸びにくく割れが生じやすい。そこで7000系アルミを短時間熱処理した時の復元効果を利用したプレヒート処理により材料を軟化させる。復元効果の概略を図3に示す。このプレヒートは他のバンパR/Fで既に採用している工程で、今回はその量産条件を横展することにした。

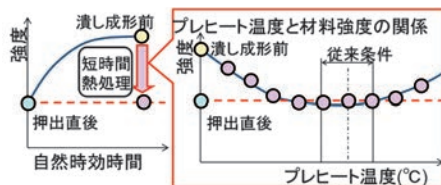


図3 プレヒート工程の概要

3.6 潰し成形工程

端末潰し成形はプレスで行う。潰し成形に伴い車両上下面が断面内側に折りたたまれる。その際、バンパR/Fを車両に取り付ける際のソケットツールのスペースの確保が必要のため、これを拘束する中子を設定した。その概略を図4に示す。本構造で試作品を製作し、性能評価を実施した。

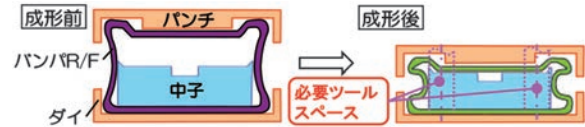


図4 型構造

3.7 性能評価結果

試作品で性能評価を行った。3点曲げ評価では曲げ強度目標6.5kN・mに対して7.0kN・mで目標を満足していることが確認できた。その他項目についても同様に確認試験を行い、性能の目処付けができたため、量産トライによる成形性の確認を実施した。

3.8 量産トライによる成形性の検証

量産型を製作し、量産トライを行った。結果、試作では起こらなかった割れ不良が12%発生した。割れは潰し量が多い端末のFR側に起こっていた(図5)。



図5 割れ不良部位

3.9 割れ不良の要因調査

割れた要因を材料物性と形状のそれぞれの観点から調査を行った。

まず材料物性については、割れ不良品のビッカース硬度を測定したところ、ねらいの硬度がHv70に対しHv89.6と高かったため、これが一因と推定した。

次に試作品の潰し形状をねらい形状と比較すると、潰しによる変形がFR側に集中しており局所曲げが発生し割れたと予想した。

これを成形CAEでモードを確認したところ粗材と中子が干渉した後、干渉部が滑らずそのまま潰しが進行し局所変形していることがわかった。割れをひずみ率で評価すると、1.48となっていた(図6)。なお、ひずみ率は材料固有の許容ひずみに対し発生ひずみの比率を表しており、1.00以上で割れの恐れがあると判断している。

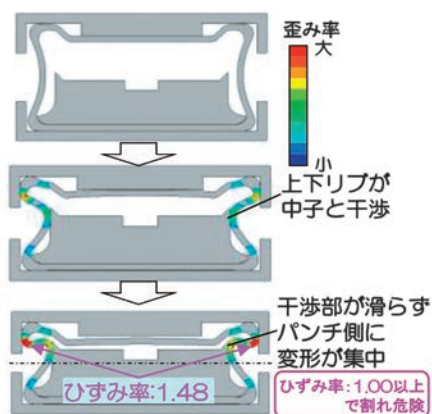


図6 潰し成形CAE

以上の調査により、割れ不良を0にするため、CAEのひずみ率を1.00以下となるように、材料と変形をねらいに近づける対策を行うことにした。

4. 目標の設定

目標を表3に示す。

表3 パンパR/F形状の方策検討

何を	現状	目標	いつまでに
潰し成形時のひずみ率	1.48	1.00以下	'17/3

5. 要因解析

系統図を用いて要因解析を行った結果、①プレス中に中子を移動させる、②材料を柔らかくするをひずみ率を低減する要因として抽出した(図7)。

		効果	実現性	コスト	判定
形状 (断面変更)	変形部の板厚UP	2	1	1	2
	上下リブの凹ポイントをRR側へ移動	2	1	2	4
型 (中子形状変更)	中子に傾斜を追加	1	2	3	6
	プレス中に中子を移動させる	3	2	3	18
	パンチ隙を縮小	2	1	3	6
材料	材料を柔らかくする	2	2	3	12
	材料を変更する	3	1	1	3
	材料の管理を厳しくする	3	1	1	4

図7 系統図

①の中子移動案は潰し成形で中子と干渉後材料がすべらないことを利用したもので、中子ごと変形ポイントを適正位置に移動させることをねらいとしている。②の材料を柔らかくする案は、プレヒート条件が今回材料に合致しておらず過熱状態となり硬化していると推測されることから、プレヒート条件を緩和し材料硬度を下げることを目的としている。

6. 対策の立案

中子移動案の妥当性を検証するために、成形CAEで現状の中子を強制的に移動させ変形やひずみ率を確認した。結果、ねらい通り中子によって強制的に変形ポイントが移動した。ひずみ率も現状1.48から1.11に改善した。しかしその一方、クラッシュボックスに取り付けるRR側の面が変形し平面確保ができなくなった。

そこで今回、中子を曲げポイント移動用の可動中子とRR側押さえ用の固定中子の2分割とすることにした。その型構造を図8に示す。

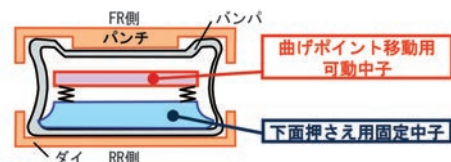


図8 分割中子構造概要

分割中子構造において、CAEでのひずみ率を低減する因子の検討を実施した。また取り上げた因子の水準幅の検討も合わせて行った(図9)。

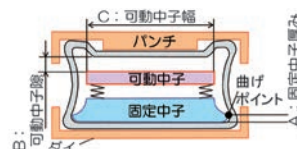


図9 各因子の寸法位置

因子A 固定中子厚み:

潰しのきっかけとなる曲げのポイント位置を制御。水準は現状の8.4mmと中子の最小板厚の5.0mm。

因子B 可動中子隙:

中子による変形ポイントの移動量を制御。水準は移動量最小となる9.7mmと最大の2.0mm。

因子C 可動中子幅:

潰し後の縦壁の曲げ角度を制御。現状水準の88mmとツールスペース確保限界の83.5mm。

因子D プレヒート温度(図10):

材料硬さを制御。水準は現状の180℃と極小推定値の140℃に設定。

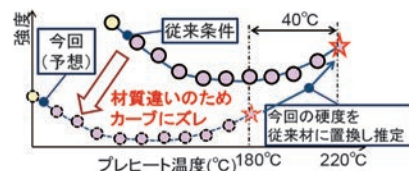


図10 各因子の寸法位置

以上抽出した4因子について最大水準幅で効率的に実験すべく、L₈直行表に割り付けて実験することにした。またその実験は成形CAEで実施した。

線点図への割り付けは図11のように行った。交互作用が予想されないA×B、A×Cは誤差に割り付けた。

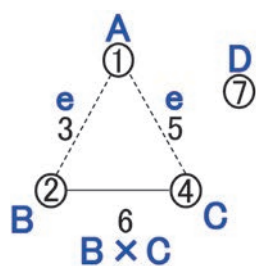


図11 線点図への割り付け

7. 対策の実施

L₈直交実験の結果から分散比の低いB×Cをプーリングし表4を得た。また要因効果図を図12に示す。

表4 L₈直交実験の分散分析表(プーリング後)

因子	平方和	自由度	分散	分散比	検定
A	0.003	1	0.003	1.061	
B	0.018	1	0.018	5.983	
C	0.054	1	0.054	18.05	*
D	0.08	1	0.08	26.519	*
誤差	0.01	3	0.003		
計	0.165	7			

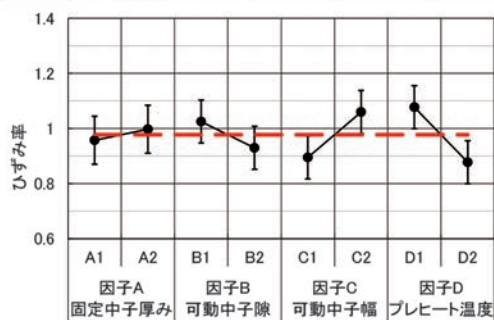


図12 要因効果図

有意でなかった因子A・Bは型強度を考慮しA1:8.4mm,B2:2mmを採用とした。

さらに因子C・Dは最適条件の追求のため二元配置実験を行った。水準は直交実験の範囲内で表5に示す通りとした。

表5 二元配置実験の水準

	水準1	水準2	水準3
C 可動中子幅	83.5mm	84mm	84.5mm
D プレヒート温度	120℃	140℃	160℃

得られた分散分析表を表6に示す。因子C・D共に有意であった。実験結果より得られた推定値プロットは図13に示す通りとなり、C1D2が推定値 0.70 ± 0.032 で最少となったため最適条件とし実機で効果の確認を行うこととした。

表6 二元配置実験の分散分析表

因子	平方和	自由度	分散	分散比	検定
因子C	0.0056	2	0.0028	12.2	*
因子D	0.01447	2	0.00723	31.4	**
誤差e	0.00093	4	0.00023	-	
合計	0.021	8	-	-	

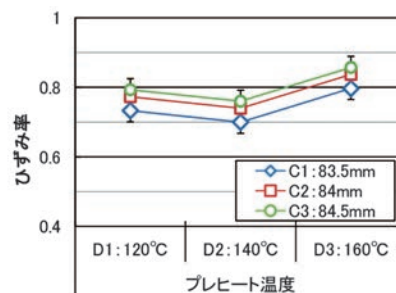


図13 二元配置実験結果の推定値プロット

8. 効果の確認

対策で得られた最適条件で量産トライをn=25で行い、割れが発生しないことを確認した。またその後の量産でも割れ不良率0.1%以下を維持しており目標を達成することができた。

これにより要求品質を全て満足することができ、コンパクトSUVの受注につなげることができた。

9. 歯止め(標準化・管理の定着)

以下2件の標準化を行った。

項目	件数
技術指導書(プレヒート条件)	1件
設計標準(端末潰し形状)	1件

10. 反省と今後の計画

SQC手法を活用しながら開発を進めたことにより、効率的に課題を解決することができ、端末徐変技術の確立を通して新規受注を獲得し、売上充当することができた。

今回の知見を活用して、今後の開発業務への展開を図っていきたい。

筆者



宮崎 太平

アイシン軽金属(株) 技術開発研究所
バンパ製品の開発に従事



高橋 克

車体生技部
外装製品の生技開発に従事