

安価ステアリングコラムの開発

Development of Low Cost Steering Column

時岡良一 R. TOKIOKA 平櫛周三 S. HIRAKUSHI 村上哲也 T. MURAKAMI 木下里志 S. KINOSHITA
柴山和也 K. SHIBAYAMA 野田佳考 Y. NODA 森永茂樹 S. MORINAGA

A complete lineup of low cost steering columns has been developed. This cost competitive product line covers all six major steering column types including the impact absorption systems and the wheel position adjusting mechanisms (tilting and telescopic). The development focused on cost-effective structure as well as on cutting down on production processes.

Key Words: low cost, steering column, energy absorption, tilt, telescopic

1. はじめに

ステアリングコラムはステアリングホイールとステアリングギヤとの間に配置されている(図1)。ステアリングコラムは重要保安部品であり、衝突安全性、盗難防止性が要求される。また軽快な操舵特性や支持剛性が必須であるうえに、快適な運転姿勢を提供するためにステアリングホイールの上下位置調節が可能なチルト機構や前後位置調節が可能なテレスコピック機構を持つものについては、調節操作性の軽快さも要求される。さらに、厳しいコスト要求に対応する必要もあるため、高性能と低コストの背反する要求を両立させなければならない。

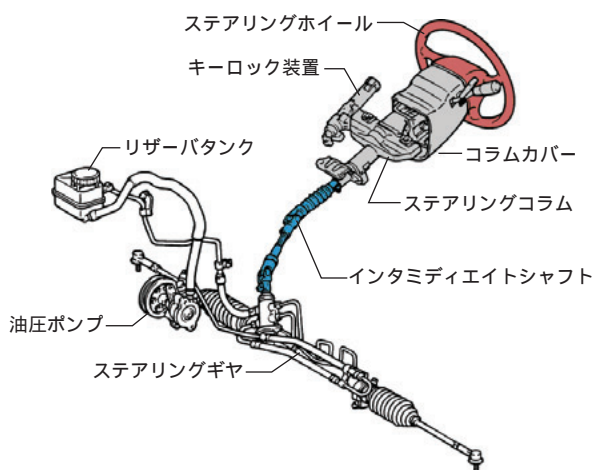


図1 ステアリングシステム
Steering system

現行のステアリングコラムは顧客からの設計仕様がさまざまであり、車種ごとの専用設計にならざるを得ず、そのためコスト高となっている。

以上の背景から、標準化された部品形状や構造を持つ安価・高性能なステアリングコラムを目標として開発を進めた。車両開発の初期段階からシリーズ化されたコラムを織り込むことにより、評価工数の低減と画期的な原価低減が期待できる。開発目標は、現行の最安価品に対して15%の原価低減を設定した。以下にその概要と開発経緯について述べる。

2. 開発品の仕様

本ステアリングコラムの主な開発コンセプトは以下の通りとした。

1) 基本構造

衝突時にステアリングコラム本体の前方移動空間が確保しやすい小型自動車や普通自動車に適用する1重管タイプ¹と移動空間が確保しにくい軽自動車に適用する2重管タイプ²を設定する。

- 1 1重管タイプはステアリングコラム全体が移動しながら衝突エネルギーを吸収するもの。
- 2 2重管タイプはステアリングコラム自体が収縮しながら衝突エネルギーを吸収するもの。

2) 機能

ステアリングホイール位置調節のバリエーションとして、位置調節機構なしのコンベンショナルタイプ、上下位置調節可能なチルトタイプ、上下・前後位置調節可能なチルト&テレスコピックタイプの3タイプを設定する。

- 3) 衝撃吸収(以下E A ; Energy Absorptionと称す)部材を使用しないで、基本構成部品にE A性能を内蔵させる。

4 安価部品の使用と、シンプルな構造で加工工数の削減を図る。

開発したステアリングコラムのシリーズを一覧にして図2に示す。

また、開発アイテムを表1に示す。

	1重管タイプ	2重管タイプ
コンベンショナル	 E A構造: スリーブ変形	 E A構造: 8点かしめ
チルト	 E A構造: スリーブ変形	 E A構造: 8点かしめ
チルト&テレスコ	 E A構造: スリーブ変形	 E A構造: リッピングプレート+8点かしめ

図2 開発品ラインアップ
Developed product lineup

3. 開発アイテムの検証

3.1 スリーブ変形 E A 機構

図3に1重管タイプ用の E A 機構として開発したスリーブ変形 E A を示す。

1重管タイプ用の E A 機構として、スリーブ変形 E A を新たに開発した。

通常、スリーブおよびカプセルは車体メンバにボルトなどで固定される。カプセルはワンウェイブラケットに固定されており、ステアリングコラムを保持している。衝突の際、衝突力によりワンウェイブラケットがカプセルから離脱することでステアリングコラムの前方移動を可能にしている。

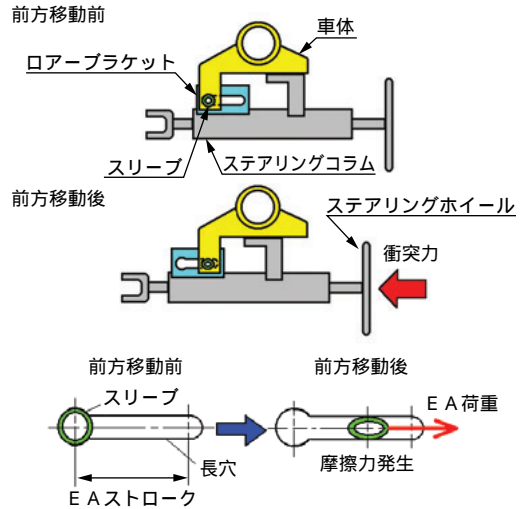


図3 スリーブ変形 E A
Deformable sleeve EA

この構造により、2次衝突³の際に乗員がステアリングホイールに衝突すると、ステアリングコラムの前方移動によりスリーブがロアブラケット上の長穴によって変形するとともに、すべり摩擦力を発生し衝突エネルギーを吸収する。

また、本構造はステアリングコラムの基本構成部品を利用して E A 機構を組込んだものであり、コスト低減に貢献している。

3 車両が衝突の瞬間に障害物により車両前方から受ける衝突形態を1次衝突と呼ぶのに対し、1次衝突で車両が止められた直後、今度は乗員の慣性により、乗員がステアリングホイールなど前方の物体に衝突する形態を2次衝突と呼ぶ。

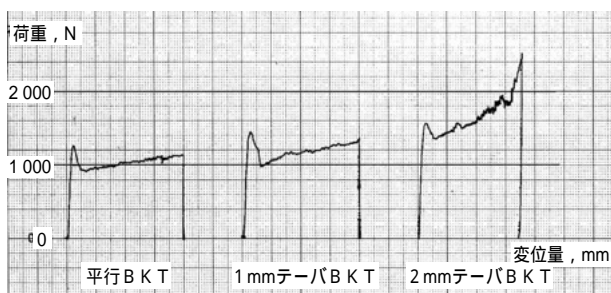
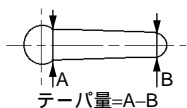
本開発では、長穴のテーパ量、スリーブ板厚、ブラケット形状を変化させた時の E A 量への影響

表1 開発アイテム採用状況
Development implementation status

可：適用可

開発アイテム	原価低減内容	1重管タイプ			2重管タイプ		
		コンベンショナル	チルト	チルト&テレスコピック	コンベンショナル	チルト	チルト&テレスコピック
スリーブ変形 E A	専用部品廃止	済	済	済	-	-	-
8点かしめ E A	専用部品廃止	-	-	-	済	済	-
ペンディングチルト支点	部品点数・加工工数削減	可	可	可	済	済	済
一体化ブラケット	部品点数・加工工数削減	-	済	済	-	済	済
スリット付かしめ機構	部品点数削減	-	-	-	-	-	済

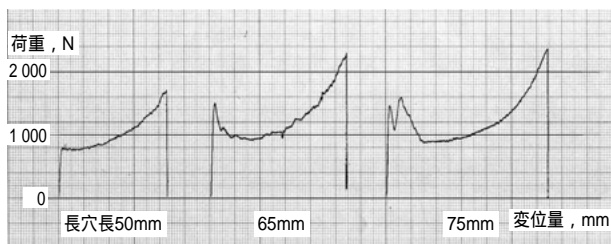
を検証した。実験結果を図4に示す。スリーブが長穴に侵入する際に初期ピーク荷重が発生するとともに、長穴の入口でスリーブが押し潰される際にテーパ形状になり、ストロークするにしたがって荷重が漸増することがわかった。このようなE A荷重特性は一般的に有用な特性といわれている。



a)テーパ量を変化させた場合の荷重特性



b)スリーブ板厚を変化させた場合の荷重特性



c)長穴の長さを変化させた場合の荷重特性

図4 スリーブ変形E A実験結果

Test results on deformable sleeve EA

3.2 8点かしめE A

2重管タイプには従来のE A装置に代えて、安価E A機構として8点かしめE Aを採用している。図5に示すように2重管タイプでは、アウトジャケットに形成された8ヶ所のかしめ突起とインナジャケットとの圧入の際の摩擦力により固定されている。衝突時には摩擦力を発生しながら収縮することでエネルギーを吸収する。

8点かしめE Aも基本構成部品のみでE A性能を持っており安価な衝撃吸収構造になっている。

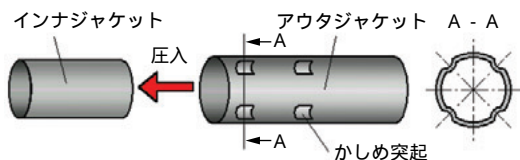


図5 8点かしめE A
8-point calking EA

3.3 ベンディングチルト支点

チルト機構を持つステアリングコラムは揺動動作をするための支点が必要であるため、従来のステアリングコラムでは支点到リベットなどの軸を設ける構造が一般的であった。本ステアリングコラムでは部品点数低減のためチルト支点到ロアーブラケットのたわみを利用したベンディングチルト支点を採用した。

形状の決定においては、台上試験のほか、FEM解析を利用して形状の最適化を行った。1次評価時のチルト動作耐久試験後に溶接部からき裂が発生するという問題が生じた。そこで、対策としてはジャケットに沿う部分の長さを短くし、溶接部に発生するモーメントを軽減することが有効と考えた。対策形状を図6に示す。

FEM解析により、対策形状では応力が28%軽減されていることが確認できた。また、2次評価ではチルト動作耐久評価では、10 000サイクル完了後でもき裂の発生がないことが確認できた。

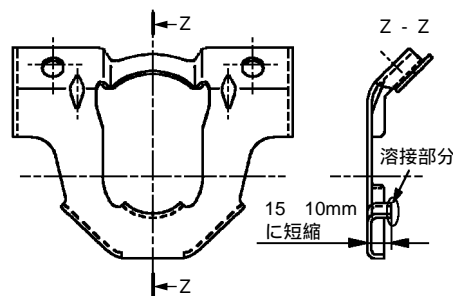


図6 ロアーブラケット変更内容
Changes on lower bracket

3.4 一体化ブラケット

従来のチルトおよびチルト&テレスコピックコラムでは、一つのブラケットはジャケットに溶接され、もう一つのブラケットは車両メンバに固定され、位置調節時の相対位置固定を行っている。本開発では加工費の削減を目的に、位置調節時に相対移動しない部品について一体化を行った。ここでは1重管チルト&テレスコピックタイプを例に挙げて説明する。

従来のワンウェイブラケットは、チルトレバー軸が貫通する垂直面を持つチルトブラケットと、車両メンバに面して固定されるワンウェイブラケ

ットの2部品を溶接していた。これら2部品を1枚の板金から折紙のように折り曲げ、一体成型できる形状を開発した。開発形状を図7に示す。部品中央部に湾曲部分があるのは、チルト用長穴のある面の幅を確保するためである。

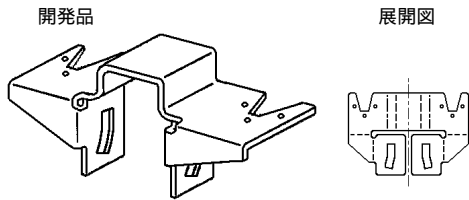


図7 ワンウェイブラケットの一体化形状
Integral design of one way bracket

また、従来はジャケットを支持するサポートブラケット、チルトヨークの2部品が前後方向に離間して溶接されていた。今回はこれら2部品を一体にするとともに、材料費が比較的高価であるジャケットを短縮する構造を開発した。開発形状を図8に示す。

この構造では、従来の2部品をつなぐ部分の材料費がコスト増となるが、加工工数削減とジャケット短縮によりコストを低減した。また、一体化によりEAストロークを多く確保できる構造となっている。

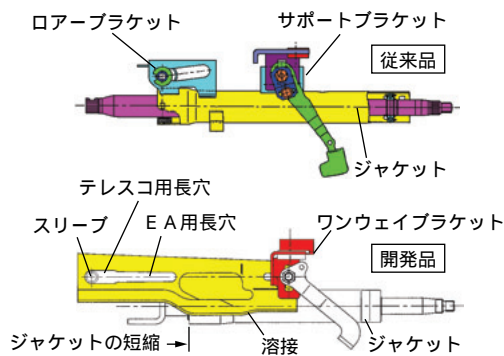


図8 サポートブラケットの一体化形状
Integral design of support bracket

3.5 スリット付きかしめ機構

2重管チルト&テレスコピック機構としてスリット付きかしめ機構を開発した。チルト&テレスコピック位置調節における固定/解除は、1本のレバー操作で行えることが好ましい。また、伸縮時におけるジャケットかん合部およびステアリングシャフトかん合部のしゅう動抵抗は可能な限り小さいことが望ましい。

そこで、本開発ではジャケット自体を締付/解除することで、従来のような固定用カム部材が不要で、さらに調節時のしゅう動抵抗が軽減できる構造を考案した。開発形状を図9に示す。

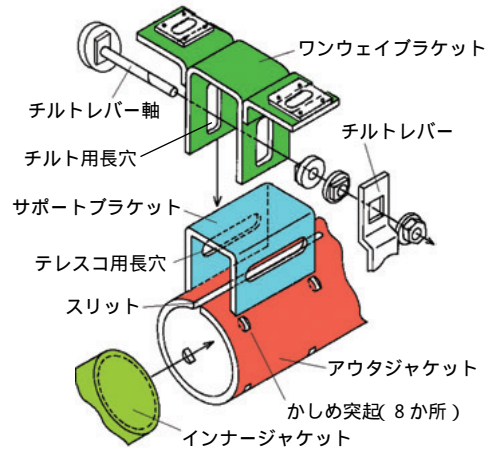


図9 スリット付きかしめ構造
Calking & slit construction

本構造は、チルトレバー軸がワンウェイブラケットのチルト用長穴と、サポートブラケットのテレスコ用長穴に貫通しており、1本のレバーでチルトおよびテレスコピック調節の固定/解除を行うことができる。固定時には、チルトレバー軸の軸力によりワンウェイブラケットとサポートブラケットとの間で摩擦力を発生させ、チルト位置を固定するとともに、サポートブラケットを挟み込むことで、アウトジャケットがインナジャケットに押し付けられ、かしめ部に摩擦力を発生させてテレスコピック位置を固定することができる。また、ステアリングスライドシャフトには固体潤滑材含有樹脂コーティングが施されており、テレスコ操作力の軽減を図っている。EA機構はジャケットかん合部の締付による摩擦力だけでは不十分であるため、リップングプレート式EA機構を併用している。

本構造を試作・評価したところ、曲げ剛性測定時にかしめ部にすべりが発生するという問題が発生した。この原因はスリット締付時には剛性の低い開放端側がたわみ易く、逆に閉口端側がたわみにくい特徴があることから、閉口端側の締付が弱いためと推定した。

また、かしめ部を押し付ける際、ジャケットがたわむ事で締付力が減少していることも懸念された。

前後の締付力の差異についての対策は、かしめ形状を両側とも閉口端に変更するとともにスリット長を拡大する対策が有効と考えた。そこで、この対策について解析による検証を行い、締付力前後差の解消に有効であることが確認できた。

また、ジャケットのたわみについての対策としては、全周かしめの対策形状(図10)を立案し、解析を行った。その結果、全周かしめは、かしめ突起間におけるジャケットのたわみの抑制効果が

あり、締付力が向上することが確認できた。

スリット閉口端化の変更を織り込んだ評価では、効果の確認がされたが、さらなる改善として、今後は全周かしめ化の効果を上評価する予定である。

また、上記と並行して、チルトレバー軸力の有効利用をねらい、ジャケットの外周を半周以上巻き回してその両端をチルトレバー軸が貫通するような締付構造をもう一つの対策として検討している。

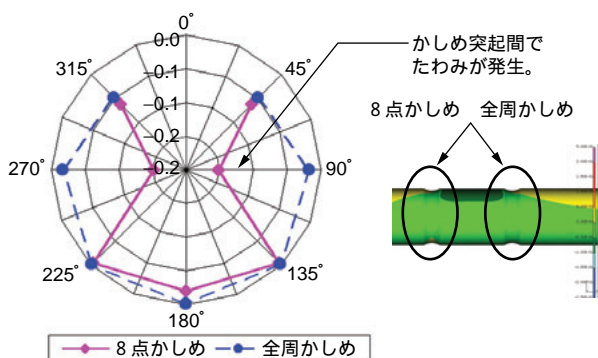


図10 ジャケットのたわみと全周かしめ形状
Jacket deflection & circular calking design

4. 評価結果

以上の開発アイテムを織り込んだ結果、コスト見積り結果は以下のようになり、目標の15%低減を達成した。現行量産品と開発品⁴のコスト比較結果を図11に示す。

4 月生産量10,000台時の想定。

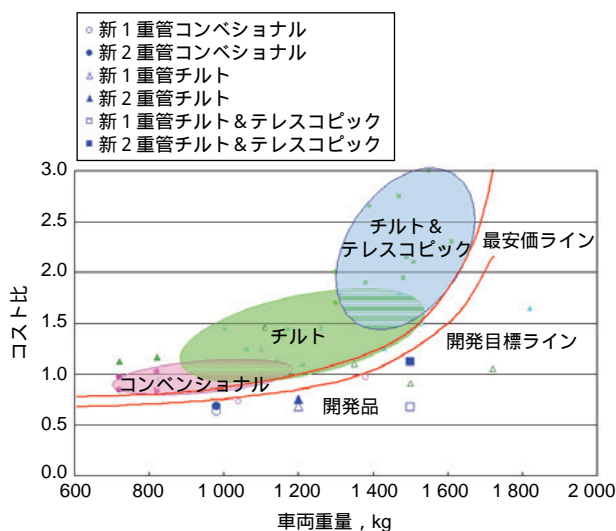


図11 従来品と開発品のコスト比較結果
Cost comparison: conventional vs. developed

また、性能面では2重管チルト&テレスコピックタイプの曲げ剛性のさらなる改善が残っているものの、強度や耐久性については現行品と同等の性能を持つことが確認できた。主要な項目について評価結果を表2に示す。

表2 試作品評価結果
Prototype evaluation results

項目	1重管チルト	1重管チルト & テレスコピック	2重管チルト & テレスコピック
テレスコピック・ストローク	-	25mm	40mm
チルト作動角	±1.8°	±1.8°	±1.8°
E Aストローク	70mm	70mm	70mm
E A荷重(最大)	4 550N	4 400N	3 250N
チルト保持力	550N	593N	910N
テレスコピック保持力	-	1 750N	870N
シャフト回転トルク	0.03N・m以下	0.13N・m以下	0.04N・m以下

5. おわりに

以上、安価コラムの開発経緯について述べた。コスト目標に対しては現行最安価品に対して15%の原価低減を達成した。

また、性能面においては2重管チルト&テレスコピックタイプの剛性のさらなる改善に向けて、今後も取り組んでいく。

筆者



時岡良一*
R. TOKIOKA



平櫛周三**
S. HIRAKUSHI



村上哲也***
T. MURAKAMI

木下里志**
S. KINOSHITA

柴山和也**
K. SHIBAYAMA

野田佳考****
Y. NODA

森永茂樹****
S. MORINAGA

* ステアリング事業本部 ステアリング開発部
** 富士機工株式会社
*** 株式会社ファーベス システム開発部
**** ヒルタ工業株式会社