

タイヤ気柱共鳴音低減デバイスの技術進化

株式会社 本田技術研究所

代表取締役社長 松本 宜之

(株)本田技術研究所 第11技術開発室 神山 洋一

(株)本田技術研究所 第11技術開発室 石井 克史

はじめに

タイヤ気柱共鳴音とは、路面凸凹によってタイヤ接地面が加振されることで励起されるタイヤ内部の円環空洞の1次共鳴を起振源とし、固体伝播音として車体に伝達する200Hz前後の乗用車騒音である。タイヤ空洞内は音響的な減衰がほとんど無い音場であるため、発生する共鳴は非常に急峻な特性のままホイールのリム面を音響加振し、リム振動がサスペンションを経由して車体に伝達する。聴覚的にも減衰のない残響感を伴う騒音であることから、乗員にとって耳障りな音として古くからロードノイズ主要課題の一つである。タイヤ気柱共鳴音の抜本的な解決手段としては源流対策であるタイヤ空洞内への消音デバイス設置が最も有効的である。Hondaは世界初の消音ホイールデバイスを独自開発し、2010年に上級量産車へ搭載し、商品化を実現した。近年異なるタイプのタイヤ気柱共鳴音デバイスがいくつか製品化されるようになってきたが、これらデバイスの適用はコスト制約から一部のタイヤや上級車種に限定されており、車体軽量化につながる源流対策技術でありながら一般化には至らず普及があまり進んでいないという課題があった。

開発のねらい

本開発ではタイヤを限定することのない汎用性の高いタイヤ気柱共鳴音低減デバイスの一般化に向けて、ホイールに装着可能なヘルムホルツ型レゾネータの技術進化を図り、重量およびコストを当社比50%以上削減する新構造を開発することで、より広い車格への適用を図ることをねらいとする。

装置の概要

デバイス基本形態として、軽量と低コスト化を実現させるため、ホイールウェル部に別体樹脂製ヘルムホルツレゾネータを組み付けする構造とした。デバイスのシステム構成を図1に、デ

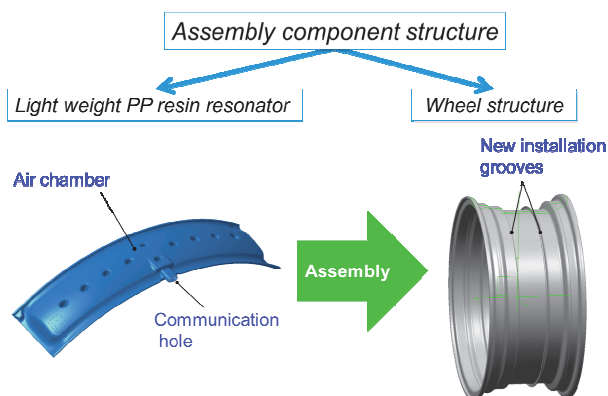


図1 システム構成

バース新旧世代の外観図を図2、3に示す。



図2 第一世代デバイス(レゾネータ4個体)



図3 第二世代デバイス(レゾネータ1個体)

技術上の特徴

【ベース技術概要】

2010年に商品化したベース技術（第一世代）の概要を以下に示す。

本デバイスの基本構造は以下の新規技術で構成されている。

- ① ブロー成形により気密性確保と低コストを可能にした軽量樹脂製レゾネータ構造
- ② 十分な消音性能を得るためにブロー成形最小肉厚でも必要な面剛性を確保可能にする上下面を部分的に結合するブリッジ構造
- ③ レゾネータ組付に追加部品を必要とせず、最大遠心力保持と低荷重组み付けを両立させ

たレゾネータ基本断面と嵌合構造（図4）

- ④ 従来のアルミホイール製造工程を変えず、各種アルミホイール製法（重力 casting、スピニング）に対応した生産性の良いレゾネータ保持溝付きロードホイール（図4）

上記技術により、タイヤ空洞における円環音場の1次共鳴である気柱共鳴音を抜本的に解決し、聴感上認知できないレベルまで低減が可能なロードホイール装着レゾネータを開発した。本デバイスはタイヤ気柱共鳴音が問題となるさまざまな路面、車速において、源流に近いモニター点のナックル振動にて約 10dB の低減効果を発揮し、聴感上認知することができないレベルまでの低減を実現している。また商品化を考慮し強度耐久、操安性能、乗り心地性能等の他機能との両立を前提に基本設計しており、レゾネータに軽量樹脂を採用することで、バネ下重量増の抑制と最大遠心力 1500G にも耐える強度を可能にしている。

商品化に向け、上記性能に加え、生技性、コストを満足させる仕様を開発し、世界初の消音ロードホイールの商品化を図り量産機種への適用を実現した。なお、本デバイスはタイヤを限定しないデバイスのため、リプレスタイヤ交換後の効果持続を可能にしている。

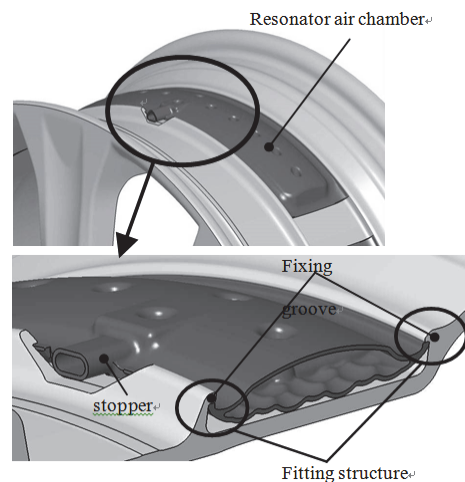


図4 ベースデバイス構造(第一世代)

【第二世代新規技術項目①】

転動するタイヤを常時消音させることは消音効率の面から非常に重要である。ロードホイールに装着したレゾネータはタイヤホイールと共に転動するため、レゾネータの適用個数を1本のロードホイールあたり1個のみとした場合、消音域がタイヤ一周の間で移動し音響モードの腹を常時消音することが困難となることから、レゾネータ適用個数は必ず複数個必要となる。そのため従来の第一世代ではレゾネータ適用個数を1本のロードホイールあたり4個としてきた。しかしレゾネータの適用個数増加は重量コストの上昇につながるため、レゾネータ適用個数削減と最適配置が重要となる。そこでタイヤ定在波とレゾネータ打ち消し定在波の連成を定式化する

ことで、レゾネータの最少適用個数かつ最適配置の考え方を理論的に導き(図5、6)、レゾネータ2室の連通孔間隔を中心角で90degに配置することを理想とする基本原理を構築した。

【第二世代新規技術項目②】

連通孔間隔を中心角90degで配置する原理を具現化し、さらに重量コストを低減させるため、ブロー成形の利点を活用したレゾネータの副気室2室を一体成形する手法を考案した(図7)。

本技術は一体成形したレゾネータを中心角90deg配置のスペースにレイアウトさせボディ両端に連通孔を配置するもので、これにより上記90deg配置の具現化を1部材で成立させることを可能とした。

実用上の効果

第二世代デバイス装着車によるロードノイズ路面走行テストにおいて、タイヤ気柱共鳴音の効果として室内音で7.5dBの低減を達成し、聴感上も認知しにくいレベルを実現した(図8)

また第二世代化により車格に合わせたデバイス適用個体数の選択の幅が広がり、適用車種を高級車から中級車へ広げること成功した。

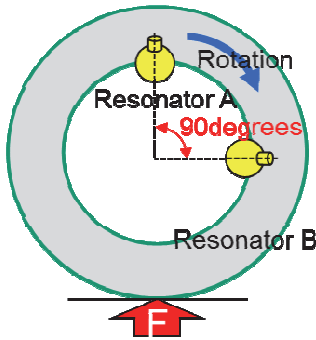


図5 連通孔間中心角90deg配置概念図

<p><u>Standing wave of tire cavity</u> タイヤ気柱定在波</p> $p_{tire} = P \sin \omega t \cos k\theta = P \cos k\theta \quad (1)$	
<p><u>Antiphase standing wave of reso1 & 2</u> レゾネータ1 & 2の逆位相定在波</p> $p_{reso1} = -P \cos \phi_{reso1} \cos(k\theta - \phi_{reso1}) \quad (2)$	
$p_{reso2} = -P \cos \phi_{reso2} \cos(k\theta - \phi_{reso2}) \quad (3)$	
<p><u>Total standing wave of tire and resonators</u> タイヤとレゾネータを合わせたトータル定在波</p> $p_{tire} + p_{reso1} + p_{reso2} = P \cos k\theta - P [\cos \phi_{reso1} \cos(k\theta - \phi_{reso1}) + \cos \phi_{reso2} \cos(k\theta - \phi_{reso2})] \quad (4)$	
<p>if $\phi_{reso2} - \phi_{reso1} = \pi/2$ (90degrees) もしレゾネータ1と2の相対位相が90度なら</p> $p_{tire} + p_{reso1} + p_{reso2} = P \cos k\theta - P [\cos \phi_{reso1} \cos(k\theta - \phi_{reso1}) + \sin \phi_{reso1} \sin(k\theta - \phi_{reso1})]$ $= P \cos k\theta - P [\cos(\phi_{reso1} - (k\theta - \phi_{reso1}))]$ $= P \cos k\theta - P \cos k\theta = 0$	
<p>レゾネータ1と2の相対角が90度であれば、理論式上からも完全に消音できる 回転中のレゾネータの絶対位置は消音には関係ない</p>	

図6 連通孔間隔中心角90deg配置理

知的財産権の状況

本開発品に関する特許は権利化済みと審査継続中を合わせて計 16 件を出願済み。現時点で権利化済み特許 9 件の内から第二世代デバイスに関する特許 3 件を下記に示す。

- ① 日本国特許第 5819340 号
名称：車両用ホイール
概要：副気室 2 室を一体成形により一全体とする軽量小型レゾネータ形状
- ② 日本国特許第 5810129 号
名称：車両用ホイール
概要：レゾネータ容積とタイヤおよびレゾネータの組み付け性を両立させるレゾネータ上面形状
- ③ 日本国特許第 5844000 号
名称：車両用ホイール
概要：消音性能に必要なレゾネータの面剛性と遠心力強度を両立させるレゾネータ内部構造

むすび

本デバイスはさまざまな路面・車速走行において、従来達成困難であった乗員が聴感上認知しにくい音圧レベルである約 10dB の低減を可能とし、さらに静粛性と車体軽量化の両立にも寄与している。今後搭載車を増加させることで地球環境保護にも貢献していきたい。