

製品紹介

# Φ37倒立フロントフォークの性能、品質改善構造の開発

須崎 溪

## 1 はじめに

近年、インドの二輪市場では所得の向上により、プレミアムセグメントと呼ばれる150cc以上の車両の需要が高まっている（図1）。そこで、各社ではプレミアムセグメントを狙った開発が活発化している。性能だけでなく意匠性にも関わっているフロントフォーク（以下FF）においても、高級感のある倒立型<sup>注1)</sup>の要求が高まっている。

2021年には、インド市場の小排気量車に合致した小径サイズ（インナチューブサイズ：φ37）の倒立FFをKMSI(KYB Motorcycle Suspension India Pvt. Ltd.)にて量産開始した。今回更なる性能、及び品質改善を目的に新構造の開発を行ったため、その概要について紹介する。

注1) 従来の、インナチューブを車両に固定する正立型と異なり、径の太いアウトチューブを車両に固定することで剛性アップを図ったFF

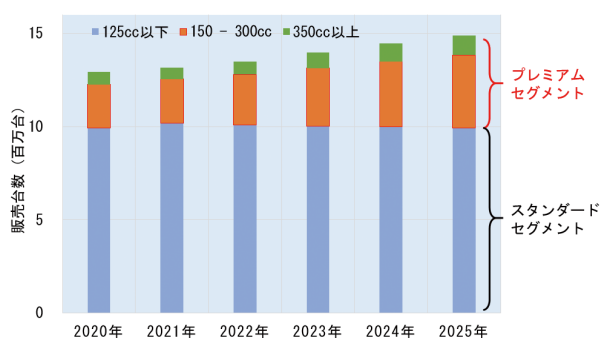


図1 排気量別販売台数推移と予測

## 2 開発背景

現在KMSIにて量産中のφ37倒立FFにおいて、ボトムショック（サスペンションがフルストロークした時の衝撃力）吸収機構には、スペースの都合上吸収エネルギーの大きな油圧ストッパ（Hydraulic Compression Stop, 以下HCS）ではなく、クッショ

ンラバーが採用されている（図2）。

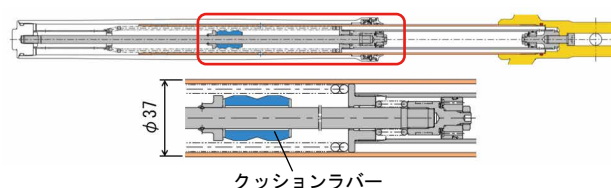


図2 φ37倒立FFボトムショック吸収機構

しかし、舗装が劣化した路面、もしくは舗装されていない路面を走行したり、3人以上の乗車が常態化しているインド市場（写真1）においては、クッションラバーだけではボトムショックを吸収しきれないため、スプリング荷重や内部エアの圧縮比、圧側減衰力で補填している。市場からの様々な要求に対応するため、セッティングの自由度を考慮すると高荷重を発生できるHCSは必需品と考え、φ37倒立FFにも搭載できるHCSを開発した。



写真1 インド市場の路面状況

また、インナチューブ（以下インナ）×アクスルブラケット（以下アクスル）結合部（図3）については、アクスル内径奥にあるOリング溝に切粉が残っていると、Oリングを傷付けて油漏れとなるリスクがあることや、鋳造製であるアクスルが圧力を受けるため、連通した鋳巣が存在すると油漏れとなる懸念されるため、Oリング溝の切粉確認、及び気密検査による油漏れ確認を実施して品質を確保している（写真2）。

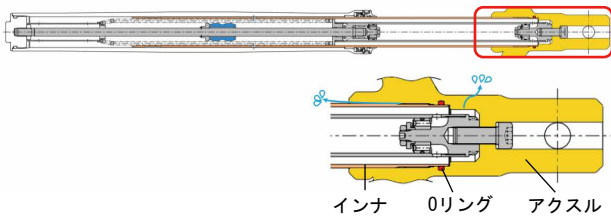


図3 インナ×アクスル結合部



写真2 確認風景

### 3 性能改善構造

φ37倒立FF向けHCS機構について説明する。

#### 3.1 目標設定

各インナサイズが採用される車両重量に着目し、重量比よりφ37倒立FFに必要なHCS荷重を算出した。φ41倒立FFが採用される400ccクラスの車両重量はおよそ200kgに対し、φ37倒立FFが採用される150ccクラスの車両重量はおよそ160kgであることから(表1)、φ37用HCSに必要な荷重はφ41用HCSの80%(ダンパ速度:1.0m/sec時)と設定した。

また、φ41倒立FFは左右のダンパASSY.2本共にHCSを備えているのに対し、φ37倒立FFはコスト等の兼ね合いもあり、片側に機能を集約する必要があるため、1本のダンパASSY.で2本分のHCS荷重が必要になる。したがって、φ37用HCSはφ41用HCSの1.6倍の荷重が必要である。

表1 車両諸元比較表

FFサイズ	φ41倒立	φ37倒立
排気量	400ccクラス	150ccクラス
車両重量	200kg	160kg

#### 3.2 構造検討

##### 3.2.1 既存φ41用HCS機構

図4に示す通り、既存φ41用HCS機構はピストンロッドにピースを固定し、ピストンロッドと共に摺動することで、ストローク後半でピースがケースに侵入し、高圧室を形成、ピース外径とケース内径の環状隙間により減衰力を発生させる構造となっている。

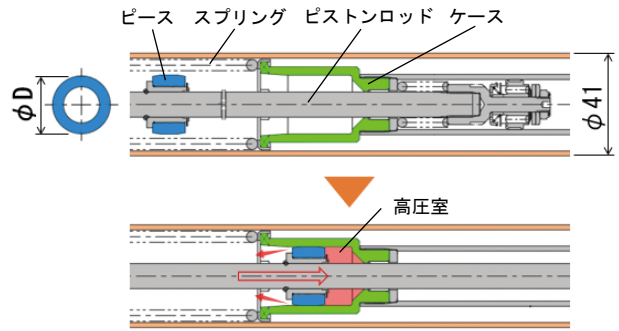


図4 既存φ41用HCS機構

##### 3.2.2 既存φ41用HCS機構縮小化

既存φ41用HCS機構をφ37用に縮小した場合、ピースサイズはスプリング内径に依存するため、受圧面積が小さくなり、φ41用HCSに対し荷重が60%減少してしまい、目標未達となった(図5)。

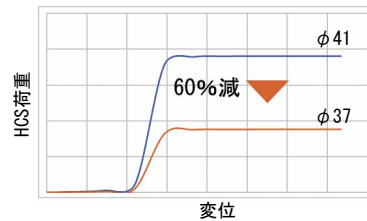
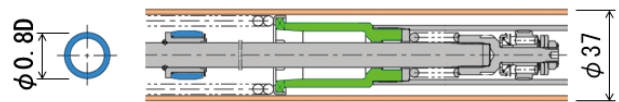


図5 既存φ41用HCS機構縮小化

次に、ピース×ケース間のクリアランスを狭めることで荷重アップを図った。しかしクリアランスに対する各部品公差の感度が高くなるため、HCS荷重のバラつきが大きくなってしま(φ41用HCSの約1.5倍)。また、ピース突入時にケースと干渉する恐れがある。

##### 3.2.3 新φ37用HCS機構

そこで、ピースをケース内にあらかじめ配置することで、ピースサイズがスプリング内径に依存しない構造とした。ピースの受圧面積を確保しつつφ37サイズへ搭載可能となり、十分なHCS荷重を発生させることができた(図6)。

HCS荷重発生メカニズムは、ピストンロッドに固定したストッパがストローク後半でケース内にあらかじめ設置されたピースを押し込み、高圧室を形成し減衰力を発生させる。戻り工程においては、ピース内径を花びら形状にし、油路を確保することで負圧の発生を抑制した。また、リタンスプリングを組み合わせることでピースが速やかに初期位置へ戻ることを可能とした。

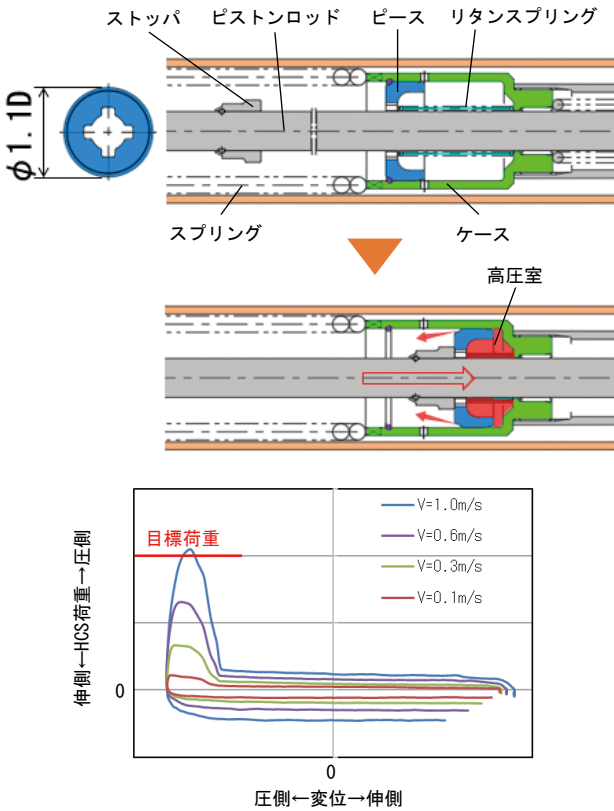


図6 新φ37用HCS機構

### 3.3 コスト

既存φ41用HCS機構に比べ部品点数削減により、コストを23%ほど削減することができた(表2)。

表2 部品構成比較表

既存φ41用HCS	新φ37用HCS
③①④ ⑤② ⑥	③ ⑤①②④
①ピース	①ピース
②ケース	②ケース
③ピースホルダ	③ストップパ
④ワッシャ	④リタンスプリング
⑤スプリングシート	⑤ストップリング
⑥ワッシャ	
合計 6部品	合計 5部品

## 4 品質改善構造

インナ×アクスル結合部の品質を向上することを可能とした構造について説明する。

### 4.1 方策

アクスルのOリング溝廃止、及び圧力を受けない構造とすることで、油漏れに対しロバストな構造とする。

## 4.2 構造検討

### 4.2.1 従来構造

アクスル内径奥にあるOリング溝に切粉が残っていると、Oリングを傷付けて油漏れとなるリスクがあることや、鋳造製であるアクスルが圧力を受けるため、連通した鑄巣が存在すると油漏れとなることが懸念される。よって、Oリング溝の切粉確認、及び気密確認を実施して品質を確保している。なお、シリンダCOMP.を締結するボルトは、アクスルとの接触面で銅パッキンを挟み込みシールしている(図7)。

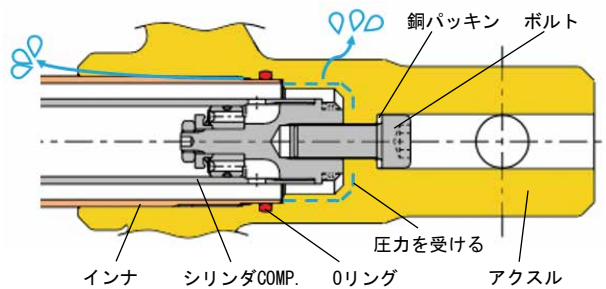


図7 従来のインナ×アクスル結合部構造

### 4.2.2 リング型カラー追加構造案

新規部品のカラーを追加し、シール面をインナの内径側にすることで、アクスルのOリング溝を廃止する構造であるが、アクスルは圧力を受けるため、連通した鑄巣が存在すると油漏れとなることが懸念される。気密確認を実施して品質を確保する必要がある(図8)。

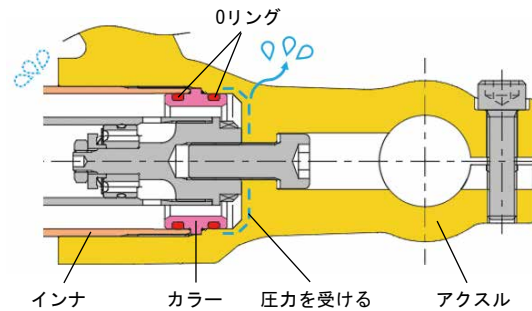


図8 リング型カラー追加構造案

### 4.2.3 新インナ×アクスル結合部構造

カラーの形状をリング型からプレート型に改良し、シリンダCOMP.をアクスルではなくカラーに締結、カラーをインナ×アクスル締結部に挟み込むことで、アクスルのOリング溝の廃止と共にアクスルが圧力を受けない構造とした(図9)。

この構造により、アクスルのOリング溝の切粉残り、及び連通した鑄巣による油漏れに関して、その発生要因を根絶することが可能となった。



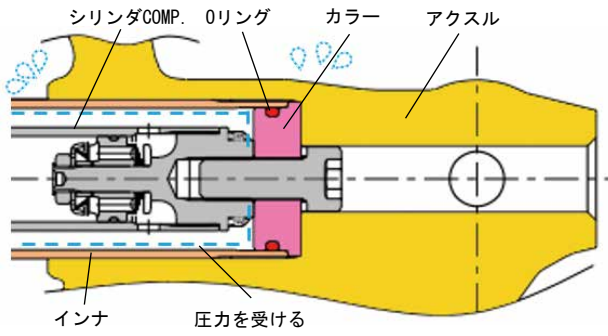


図9 新インナ×アクスル結合部構造

#### 4.2.4 コスト・工数

従来構造に対しカラーを追加することでコストアップするが、Oリング溝の切粉確認、及び気密検査が廃止可能となるため、生産性を大幅に向上させることが可能となる（表3）。

表3 コスト・工数比較表

項目	従来構造	改善構造
コスト	Oリング溝加工刃具費	カラー追加
検査工数	Oリング溝切粉確認 気密検査	Oリング溝切粉確認廃止 機密検査廃止検討中

## 5 まとめ

φ37倒立FFに搭載可能なHCSを開発することができ、通常走行での乗り心地と、ボトムショック吸収性能の両立ができた。また、倒立FF全般の課題であった、気密漏れ不合格による生産性低下を構造変更によって解消した（図10）。

本製品の開発中にBMW Motorrad社様より新規電動車両（写真3）の引合をいただき、本構造を搭載したφ37倒立FFを評価した。

ボトムショック吸収性においては操安評価を合格し、受注することができた。またインナ×アクスル結合部については、2023/9より量産開始し現在（2023/12）まで気密漏れゼロを達成している。



写真3 本構造搭載FF採用車両 BMW CE02  
※CE02はBMW Motorrad社の商標です。

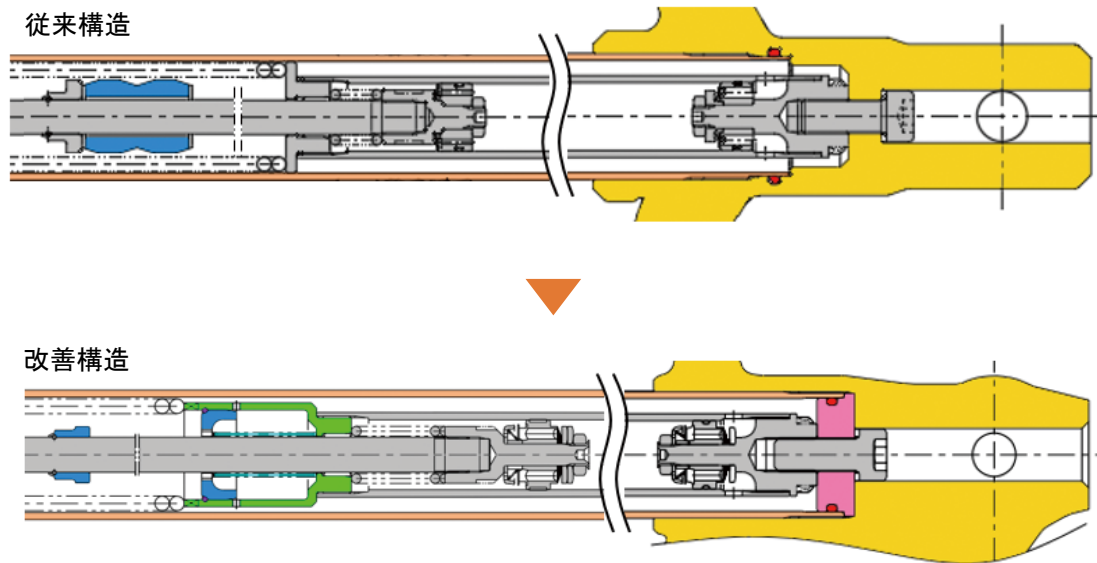


図10 φ37倒立FF 性能、品質改善構造

## 6 今後について

各インナサイズ、及び他拠点への展開を進めていく。HCS機構についてはインナサイズアップ（φ37→φ41/φ43等）に伴うスプリングの内径拡大よりスプリング座面確保のため、スプリングシートを追加検討中（図11）。スプリングシート追加により、ピース抜け止め機能を兼任とし、スナップリングを廃止できる。

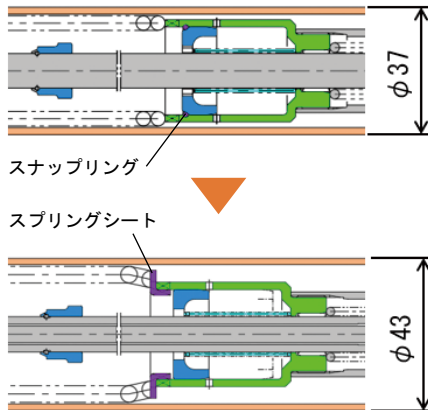


図11 サイズ展開検討構造

インナ×アクスル結合部構造改善の結果、アクスルがない状態でカートリッジ化できるため、組立工程の簡略化が可能となり、更なる生産性向上が期待できる（図12）。



図12 組立工程見直し案

## 7 おわりに

最後に、本製品の開発にあたり、ご支援とご協力を頂いた関係部署、並びにKMSIの方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

## 著者



須崎 溪

2019年入社。カヤバモーターサイクルサスペンション(株)技術部。二輪車用サスペンションの設計・開発に従事。