

4WD用多板クラッチ契合時異音の低減研究

Research on Reduction of Unusual Noise in Wet Multiple Disk Clutch for 4WD

井上 真 幸*

Masaki INOUE

畔上 敏 明*

Toshiaki AZEGAMI

荒井 康 典*

Yasunori ARAI

平尾 泰 生*

Yasuo HIRAO

要 旨

湿式多板クラッチの押付け力によって後輪への駆動力を制御するトルクオンデマンドタイプの4WDシステムにATの変速クラッチを転用する場合、連続的に差回転が入力される旋回や発進時などに異音が発生することがある。

要因解析として潤滑の単体解析を行ったところ、クラッチへ実際に供給されている潤滑油流量が少なく、かつ各部へ均一に供給されていないことがわかった。また、結果を踏まえて設定した実車の再現モードで異音の発生が再現できた。さらに異音が摩擦材の気孔率とたわみ量に相関があることを確認した。これらの解析結果から潤滑仕様の改善を行い、さらにクラッチについて油保持性を考慮して、気孔率とたわみ量を増やした摩擦材を開発した。この対策仕様で実車再現モードを用い検証を行った結果、異音が発生しないことを確認した。

ABSTRACT

When AT clutches are utilized in torque-on-demand 4WD systems, in which rear wheel traction is controlled by pushing force from a wet multiple disc clutch, unusual noise is generated in some cases during turning or takeoff by continuous input of difference in speed. The status of lubrication in a clutch unit in isolation was analyzed to find the cause, and results showed that the lubrication flow rate to the clutch was low, and that the lubricant was not being uniformly supplied to every section. A test vehicle was set up to reproduce the conditions of the unit analysis, and the unusual noise occurring in the unit was effectively reproduced. It was determined that the noise is related to the ratio of porosity and the amount of deflection in friction materials. These results enabled the specifications of the lubricant to be improved. In addition, friction materials with increased porosity and deflection were developed to improve the oil retention characteristic in the clutch. Vehicle tests were repeated employing these measures, and no unusual noise was generated.

1. まえがき

最近時、湿式多板クラッチを使用した前輪駆動車ベースのトルクオンデマンドタイプの4WDシステムが増加傾向にある。湿式多板クラッチは、ATの変速段用クラッチを転用する場合があるが、ATと4WDでは使用条件が大きく異なっており、要求性能も異なる。ATでは、変速を行う際の短時間に差回転が発生するのに対して、トルクオンデマンドタイプの4WDシステムでは前輪が空転する状況において常に差回転が発生するため、クラッチの契合時間が長く、契合頻度も高い。従って、連続的に差回転が入力される旋回や発進時などに異音が発生することがある。

本研究は、旋回及び発進時に発生するクラッチ異音の要因解析、実車再現モードの構築、対策仕様の提案の3項目を狙いとした。

2. AT 変速段用クラッチ転用の課題

2.1. 4WDシステムの構成

トルクオンデマンドタイプの4WDシステムの一例としてホンダが採用しているデュアルポンプシステム(以下DPS)がある。

このシステムはFig. 1のように前後輪の回転速度差に応じて発生した油圧をピストンに加え多板クラッチを押す構造である。

油圧を発生するポンプボディ部、ピストン推力をトルクに変換するクラッチ部、トルクを左右に配分するリヤディファレンシャル部より構成されている。

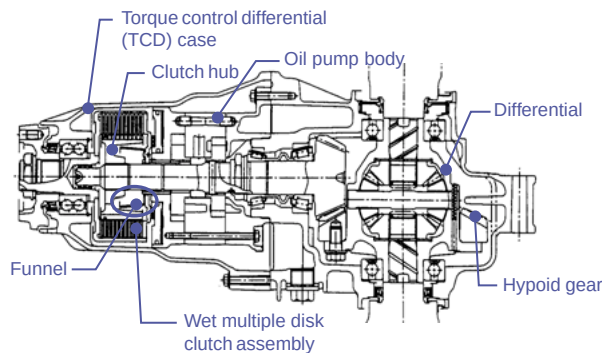


Fig. 1 Structure of DPS

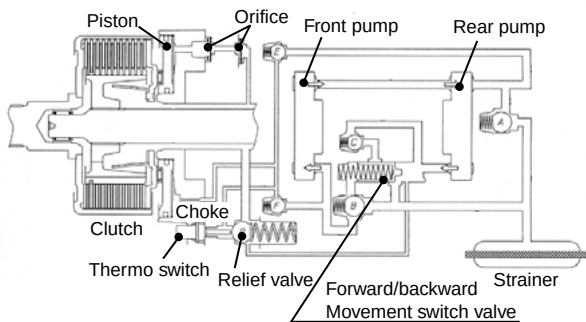


Fig. 2 Hydraulic circuit of DPS

2.2. 4WDの使用条件による課題

AT 変速段用クラッチを組み込んだ DPS を搭載した車両で舗装路の連続旋回走行を行った。リヤドライブシャフトトルクとDPSクラッチ部入力差回転速度、リヤデフケース振動の計測データを Fig. 3 に示す。クラッチ契合時に発生する異音は、金属的な音であり、Fig. 4に示すようにその周波数は約 500Hz である。

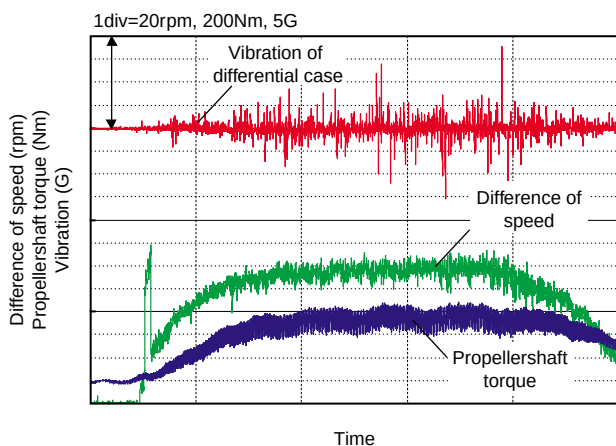


Fig. 3 Example of unusual noise

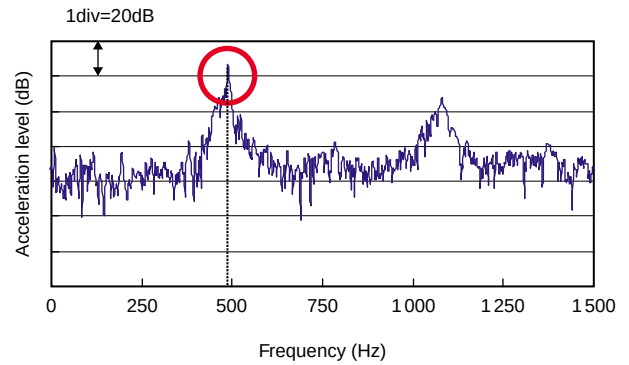


Fig. 4 Frequency characteristic of unusual noise

また、異音が発生したクラッチを目視確認すると、Fig. 5 に示すようにプレート表面が、正常品と比較して鏡面化状態となっており、局所的な当りを示す斑点が特徴的であった。正常品と異音発生品の面粗度の比較結果を Table 1 に示す。正常品は中心線平均粗さ(Ra)で 0.126 μm から 0.252 μm であるのに対して異音発生品は0.088 μm から0.167 μm となっている。

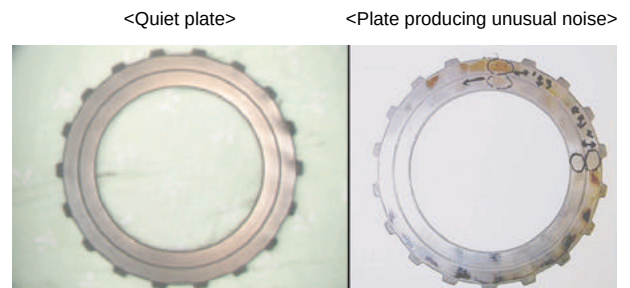


Fig. 5 Condition of clutch plate surface

Table 1 Comparison of surface roughness of clutch plates

Ra (μm)	Quiet plate	Plate producing unusual noise
Minimum value	0.126	0.088
Maximum value	0.252	0.167

3. 要因解析

3.1. 潤滑油流量測定

クラッチプレートの表面が鏡面化する要因の解析として潤滑油流量を確認した。Fig. 6 のように DPS はポンプボディから吐出されるオイルによりクラッチの潤滑を行う。そのため潤滑油流量はポンプボディからの吐出量とほぼ同一と考え、従来はポンプボディ単体で測定を行ってきた。しかしながら本研究では、実際にクラッチを通過してきた油量を測定し、潤滑油流量とした。Fig. 7 に新手法を、Fig. 8 に潤滑油流量測定結果の比較を示す。

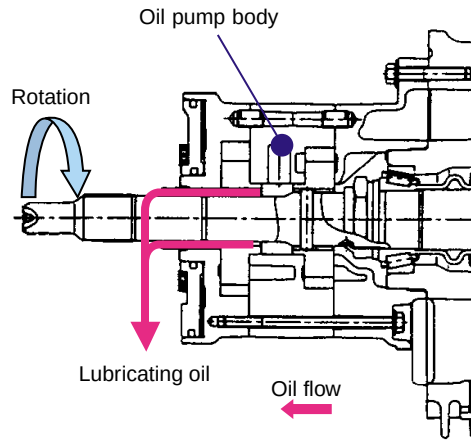


Fig. 6 Conventional lubrication measurement method

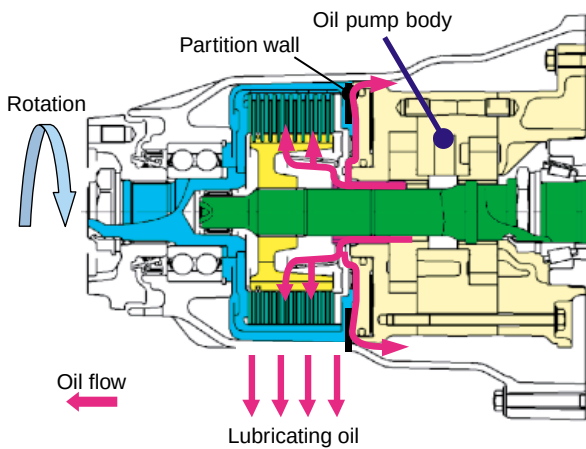


Fig. 7 Modified lubrication measurement method

従来の潤滑油流量測定手法では、約 30km/h 以上の車速においては潤滑油流量が頭打ちになってしまっているものの車庫入れや交差点発進等の 10km/h 以下の低車速領域では、ほぼ理論値近い潤滑油流量であった。しかしながら新測定法により低車速領域でも理論吐出量の約 70% 程度の潤滑油しかクラッチの潤滑に使われていないことが判明した。

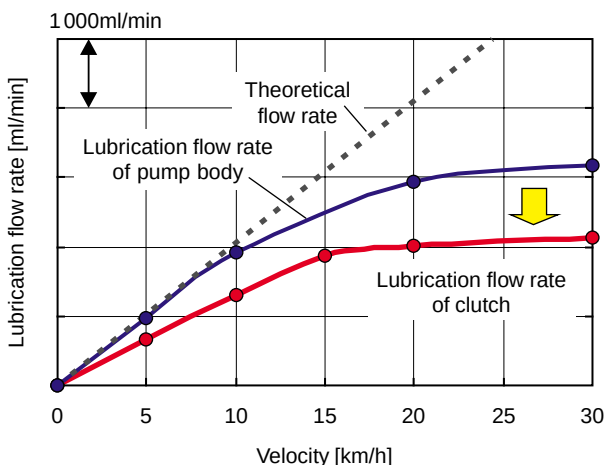


Fig. 8 Comparison of lubrication flow rate

3.2. 実車再現モードの設定

潤滑油流量の測定結果より、車庫入れ状態や雪道の発進は車速が低いため、オイルポンプの回転数も低く、クラッチへの潤滑油流量が少ない状態であることが予測される。

一方、このような走行モードでは入力トルクが大きく、さらにクラッチが連続的に作動する頻度も高い。そこで異音及びクラッチプレートの鏡面化を再現するモードとして、Fig. 9に示す車庫入れ状態と低μ路発進を組合わせたモードを設定した。

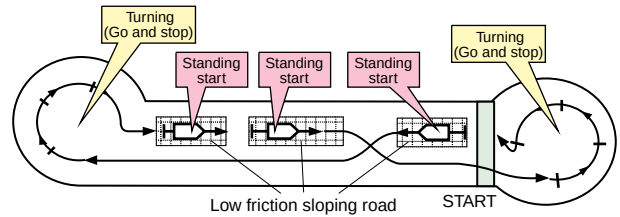


Fig. 9 Modified vehicle confirmation mode

3.3. 実車再現モード検証

再現モード終了品にて実車での確認を行ったところ、旋回や低μ路の発進にて異音の発生が再現した。また、Fig. 10に示すように再現モード終了品は異音発生品と同様にクラッチプレート表面が、鏡面化している。

クラッチプレート表面の面粗度を測定した結果も、Table 2に示すように0.1 μm以下の値を示しており、本再現モードでは、異音発生品と同等の状況が再現できたと考える。

<Plate after durability test>

<Plate producing unusual noise>

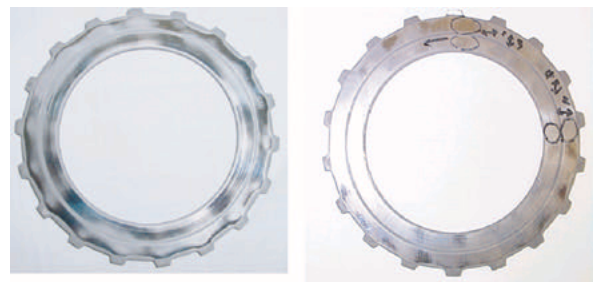


Fig. 10 Comparison of clutch plate condition

Table 2 Comparison of surface roughness of clutch plates

Ra (μm)	Plate after durability test	Plate producing unusual noise
Minimum value	0.017	0.088
Maximum value	0.106	0.167

4. 異音対策仕様

4.1. 潤滑仕様の改善

4.1.1. 潤滑油流量

クラッチの潤滑油が有効に活用できていない原因を目視にて確認した。

通常、ポンプボディだけの状態では、クラッチ方向のみに潤滑油を吐出しているのに対して、クラッチを取付けると Fig. 11 に示すようにポンプボディより逆方向に潤滑油が漏れ出ているのが確認された。

これはクラッチを取付けた状態では潤滑油の流れが妨げられ、リヤポンプを駆動するためのキー溝から潤滑油が漏れ出ているためである。このため Fig. 12 のようにカラーをキー溝に追加して潤滑油の漏れを防いだ結果、低速領域の潤滑油流量が、Fig. 13 のように約 20%増加した。

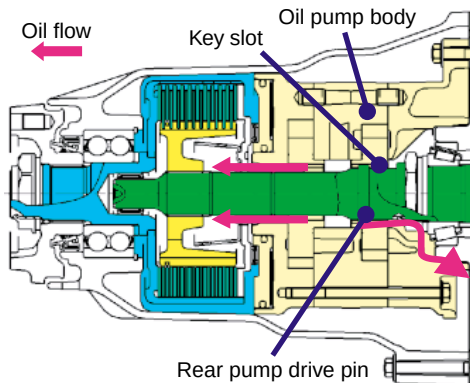


Fig. 11 Lubricating oil flow in DPS assembly

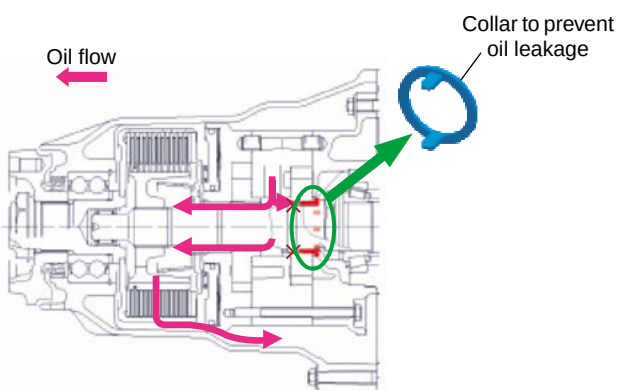


Fig. 12 Modified lubricating oil flow

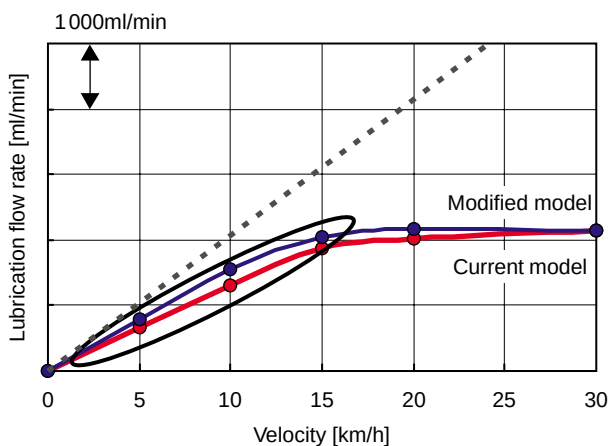


Fig. 13 Comparison of lubrication flow rate

4.1.2. クラッチ潤滑配分

次にクラッチ内の潤滑油の配分について目視確認を行ったところ、クラッチガイドから排出する潤滑油はオイルポンプに近い側から中央付近まで多量にあるが、オイルポンプから遠い側には少量しかないと確認された。

これは Fig. 14 のように潤滑配分のために設けられたオイルファンネルを通過する潤滑油が遠心力で飛散してしまうためと考えられる。

この飛散するオイルを受け止め、オイルポンプから遠い側に潤滑油を配分するため、Fig. 15 に示すようにクラッチ内のハブのスリット部分を一部、塞ぐ構造とした。

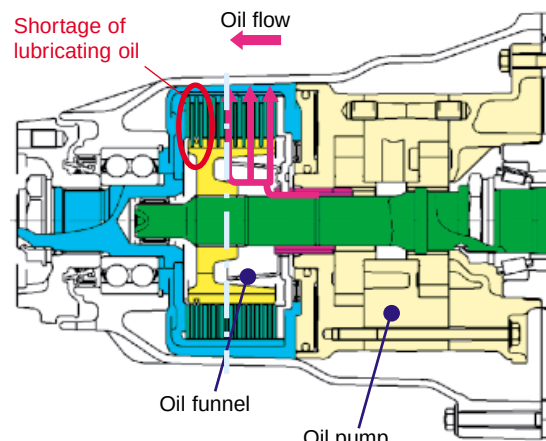


Fig. 14 Lubricating oil flow in DPS clutch

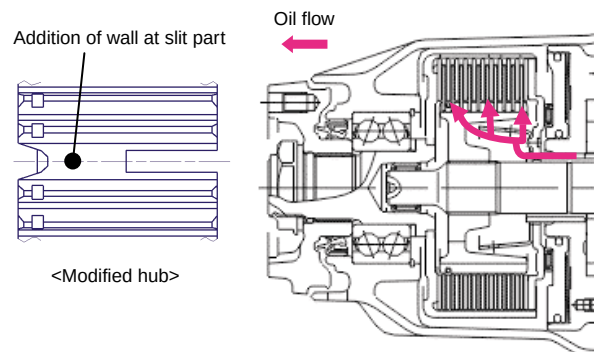


Fig. 15 Configuration of modified clutch hub and lubricating oil flow in DPS clutch

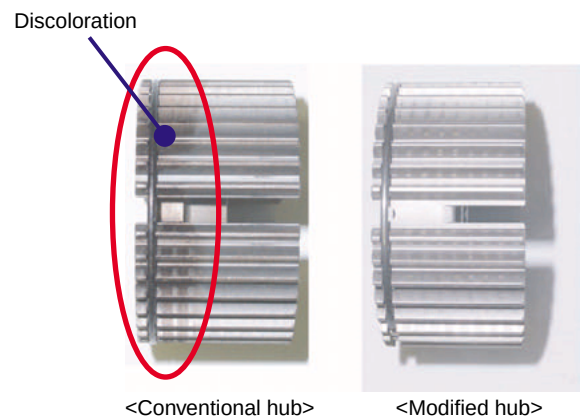


Fig. 16 Result of clutch continuously sliding test

改善仕様の潤滑配分状況を目視確認したところ潤滑油の配分が均一になったので、急激な差回転を連続的に入力し、クラッチを故意に発熱させる実車テストを行った。結果は Fig. 16 に示すように、従来仕様は潤滑量の少ないクラッチの奥側が変色しているが、改善仕様においては顕著な変色部分は認められず効果が確認できた。

4.2. 新クラッチ摩擦材の開発

4.2.1. 異音と摩擦材特性の関係

次に異音の発生要因としてクラッチ摩擦材の気孔率とたわみ量の解析を行った。

気孔率は、水銀ポロシメータを使用して求めた。また、たわみ量の測定方法を Fig. 17 に示す。たわみ量は、クラッチアセンブリに実車と同一の入力荷重を付加した時の変位量と定義した。

解析結果から Fig. 18 に示すように気孔率が高いほど、あるいはたわみ量が多いほど異音は発生しにくいことがわかった。

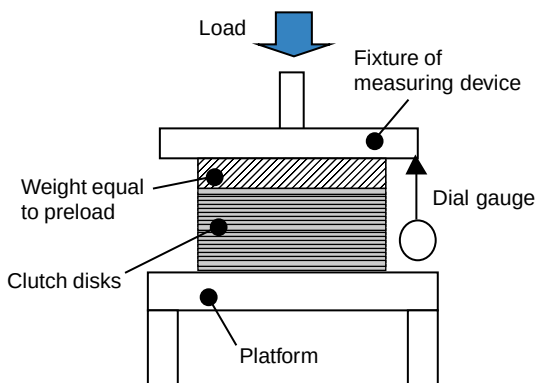


Fig. 17 Measurement method

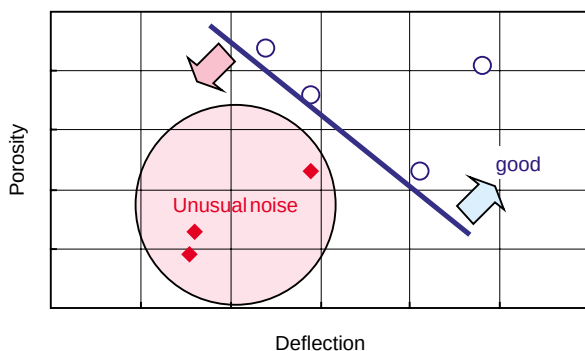


Fig. 18 Relation of porosity and deflection to unusual noise

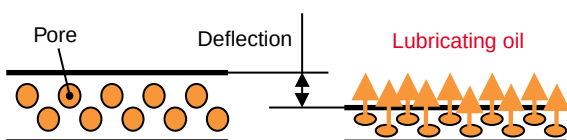


Fig. 19 Model of clutch lubrication

これは Fig. 19 に示すように油で満たされている気孔が、契合時に圧縮されて油がにじみ出ることにより、潤滑油流量が少ない場合においても自己を潤滑するため、異音が発生しないものと推定される。

4.2.2. 摩擦材特性

たわみ量を確保するために、従来材に比べ気孔率を約4倍に高めた摩擦材を開発した。その結果、たわみ量については Fig. 20 に示すように開発材は従来材に対して約2.5倍となっている。

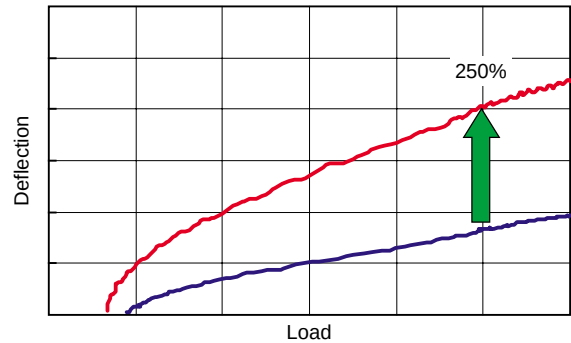


Fig. 20 Comparison of deflection characteristic

4.3. 対策効果の検証

実車再現モードにより潤滑改善仕様と開発した摩擦材の効果を検証したところ異音の発生はなかった。

また、再現モード走行後のクラッチプレートは Fig. 21 に示すように、鏡面化していなかった。面粗度の測定結果についても Table 3 に示すように正常品と同等であった。

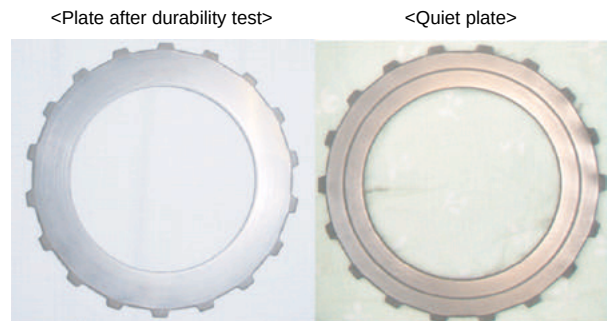


Fig. 21 Comparison of clutch plate condition

Table 3 Comparison of surface roughness of clutch plates

Ra (μm)	Plate after durability test	Quiet plate
Minimum value	0.114	0.126
Maximum value	0.187	0.252

5. まとめ

トルクオンデマンドタイプの4WDシステムにAT変速段クラッチを転用した際に発生する旋回及び発進時異音の低減研究を行い、以下の成果を得た。

- (1)異音発生品のクラッチプレートは鏡面化しており、その要因は実際にクラッチの潤滑に使われる潤滑油流量が不足しているためであることがわかった。
- (2)クラッチへの潤滑油流量が少なく、負荷が大きい車庫入れと低 μ 路発進を組合わせた実車再現モードを構築し、異音発生事象及びクラッチプレート鏡面化の検証が可能になった。
- (3)異音発生事象及びプレート鏡面化対策としてクラッチ部以外へ潤滑油が漏れるのを防いで、潤滑油流量を増やした上で、クラッチ内部の潤滑配分の均一化を図った。
さらに潤滑油の保持性を向上させるため、気孔率とたわみ量を増やした摩擦材を開発した。
この仕様で実車再現モードを用い検証を行った結果異音の発生がなく、クラッチプレートも鏡面化しないことを確認した。

6. 謝辞

本開発では、(株)FCCをはじめ多くの社内外の関係者の方々にご理解とご協力を頂きましたことに、本紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

7. 参考文献

- (1)自動車技術会:自動変速機, 自動車のトライボロジー, 東京, 養賢堂, 1994, p.151-155
- (2)小林ほか:デュアルポンプ式 4WD システムの開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.8, p.77-82 (1996)
- (3)浜田ほか:前後駆動力配分の最適化による 4WD 車両の軽量化について, 自動車技術, Vol.46, p.99-103 (1992)
- (4)浜田ほか:リアルタイム 4WDデュアルポンプシステム, 自動車工学, Vol.43, No.7, p.16-25 (1994)

■ 著 者 ■



井上 真幸



荒井 康典



畔上 敏明



平尾 泰生