

# クロムモリブデン鋼と鋳鉄を組み合わせたハイブリッド歯車の振動・騒音特性

清水 功史 池条 清隆\* 永村 和照\*

## Vibration and noise characteristics of hybrid gear which combined the SCM415 steel with the cast iron

Hybrid gear which consists of SCM415 steel and cast iron has been developed. The purposes of this study are to reduce a vibration acceleration (rms) and a noise of the gear system. A high strength material, SCM415 steel, was used in a rim part, and cast iron which has an excellent damping characteristic was used in a hub part. In this study, the vibration acceleration and the sound pressure level of the hybrid gear were measured by the running test. In the gear box equipped with the hybrid gear, the vibration acceleration amplitude was reduced up to 40 % in comparison with the steel solely, and the sound pressure level was reduced up to 5 dB.

Key Words: Gear, Hybrid Structure, Damping, Noise, Vibration Acceleration

クロムモリブデン鋼と鋳鉄を組み合わせたハイブリッド歯車の開発を行った。この歯車の開発目的は、歯車装置の振動、騒音の低減である。歯車材料は、リム部には高強度材料であるクロムモリブデン鋼、ハブ部には減衰特性に優れた鋳鉄を用いた。本報では、ハイブリッド歯車を歯車試験機に装着して運転試験を行い、振動加速度、騒音レベルを測定した。ハイブリッド歯車を装着した歯車箱の振動加速度の実効値は、鋼製歯車と比較して最高で 40 % 低減し、騒音レベルも最高で 5 dB 低減した。

### 1. 緒言

機械装置の発展が進むにつれ、歯車装置も様々な使用条件に耐えうる性能が求められている。自動車や船舶、工作機械に用いられる歯車装置は、高負荷、高速回転といった過酷な条件下での運転が必要とされており、歯車装置から発生する歯のかみあいによる振動、騒音が問題となる場合が多い。歯車装置の振動、騒音を低減させる研究例は多いが<sup>1)~4)</sup>、歯車本体の材料をハイブリッド化して振動、騒音の低減を試みた研究例は少ない。

本研究では、歯車装置の振動、騒音を低減させることを目的とし、クロムモリブデン鋼と鋳鉄を組み合わせたハイブリッド歯車の設計、製作を行った。具体的には、歯とリム部には従来と同等の強度を維持させるために、一般的な歯車材料である鉄鋼 (SCM415)、ハブ部には内部減衰特性の優れた鋳鉄 (FC200) を用い、従来と同等の強度を有し、かつ振動、騒音の低減が期待できるハイブリッド歯車を開

発した。試験は動力循環式歯車試験機に装着して歯車装置の振動、騒音の測定を行った。

### 2. 実験方法および実験装置

#### 2.1 試験歯車

本実験で用いたハイブリッド歯車の構造図を Fig.1 に、そして諸元を表 1 に示す。歯車材料は、歯とリム部には高強度材料である SCM415、歯車本体 (ハブ部) には内部減衰の優れた材料である FC200 を用いた。製作手順は、ハブ部を先に製作し、後からリム部を鋳包み、最後に歯切りを行った。

Table.1 Gear dimension of test gears

Tooth profile		Standard
Module	m [mm]	4
Pressure angle	[deg]	20
Number of teeth	Z1/Z2	29/29
Face width	b [mm]	10

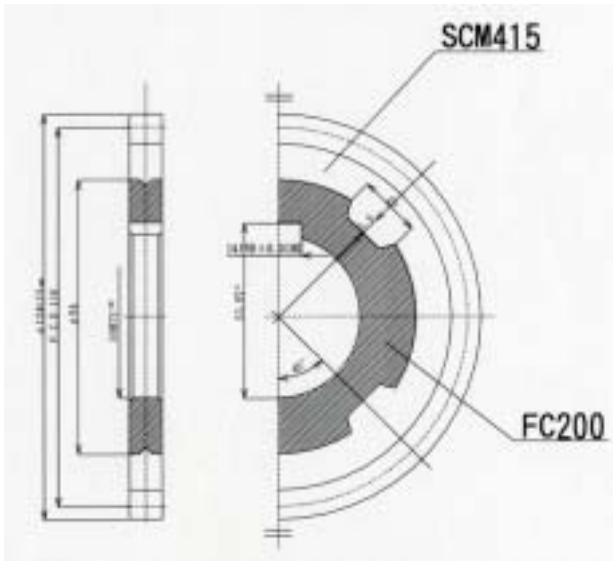


Fig.1 Hybrid gear

## 2.2 歯車運転試験

Fig.2 に、実験に使用した動力循環式歯車運転試験機を示す。この試験機は動力として 22kW の可変速モータ を使用しており、駆動歯車軸回転数を 20 ~ 3300rpm の範囲で連続的に変化させることができる。本実験では各々の歯車について、負荷トルクを  $37.4\text{N}\cdot\text{m}$ 、かみあい周波数  $f_z=145\sim 1450\text{Hz}$  ( $300\sim 3000\text{rpm}$ ) の範囲を 145Hz の間隔で運転したときの歯車装置の振動加速度、騒音を測定した。

振動加速度の測定は、試験駆動歯車の側面に円周方向に 2 個、軸中心に対して半径 40mm の円周上の  $180^\circ$  対称な位置に加速度ピックアップを取り付け、その出力信号をスリップリング を介して取り出し、それらの和をとることにより、円周方向の振動加速度を得た。また、歯車箱の上面中心部に加速度ピックアップを取り付け、歯車箱の振動加速度を測定した。

騒音測定は、試験歯車対の中間の延長線上、歯車箱の側面から 300mm の位置に騒音計を三脚で固定し、その音圧波形をデータレコーダに記録した。また同時に音圧レベル[dB(A)]も測定した。

なお、本研究では同諸元の S45C 製歯車を製作し、これについても試験を行い、ハイブリッド歯車との各特性の比較を行った。

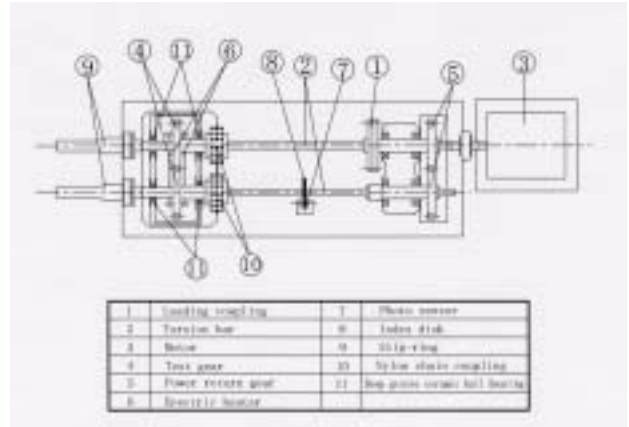


Fig.2 Power circulating-type gear testing machine

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 振動加速度

Fig.3 に、各試験歯車のかみあい周波数と円周方向振動加速度の実効値の関係を示す。両歯車ともかみあい周波数の増加とともに振動加速度の実効値は増加した。また、かみあい周波数が  $f_z=580\text{Hz}$  以上ではハイブリッド歯車の振動加速度の実効値は鋼製歯車よりも約 30%増加した。原因としては、加速度ピックアップの取り付け位置が接合部に近く、接合部の僅かながたの影響を受けたものと考えられる。

Fig.4 に、各試験歯車のかみあい周波数と歯車箱の振動加速度の実効値の関係を示す。かみあい周波数が低い領域では両歯車ともほとんど差はなかったが、かみあい周波数が  $f_z=870\text{Hz}$  以上ではハイブリッド歯車の振動加速度の実効値は鋼製歯車より最高で 40%低減した。これは、ハイブリッド歯車の歯面で発生したかみあいによる振動が歯車軸を通して歯車箱に伝わる過程で、ハブ部および接合部で減衰し、結果として歯車箱の振動加速度が低減したものと考えられる。

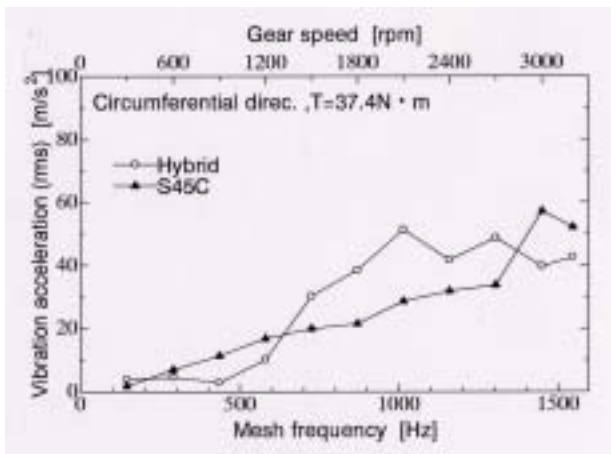


Fig.3 Circumferential direction

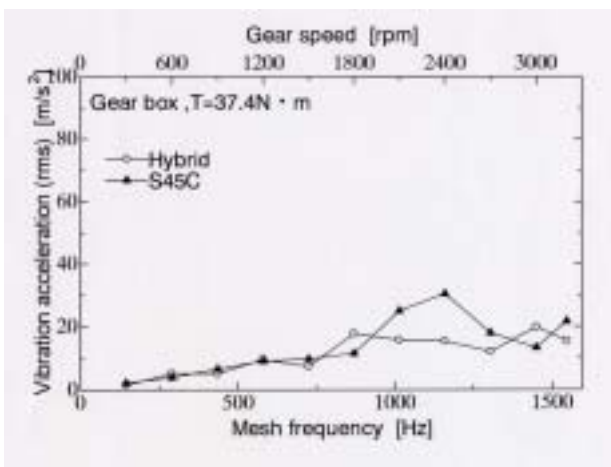


Fig.4 Gear box

### 3.2 騒音

Fig.5 に、ハイブリッド歯車と鋼製歯車のかみあい周波数と音圧レベルの関係を示す。両歯車ともかみあい周波数の増加とともに音圧レベルが増加した。

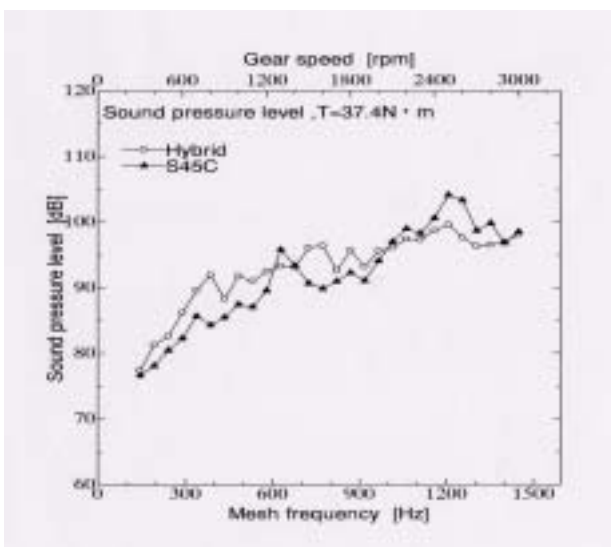


Fig.5 Sound pressure level

また、かみあい周波数が  $f_z=967\text{Hz}$  以上ではハイブリッド歯車の音圧レベルは鋼製歯車より最高で 5dB 低減した。これは、3.1 節で述べた歯車箱の振動加速度が高いかみあい周波数領域で低減したことが騒音を低減したと考えられる。

### 4. 結言

ハイブリッド歯車を設計、製作し、動力循環式歯車運転試験機を用いて歯車装置の振動、騒音を測定した。得られた結果を以下に示す。

- (1) 歯車本体の円周方向振動加速度は、両歯車ともかみあい周波数の増加とともに増加した。また、かみあい周波数が  $f_z=580\text{Hz}$  以上ではハイブリッド歯車の振動加速度の実効値は鋼製歯車よりも約 30%増加した。
- (2) 歯車箱の振動加速度は、かみあい周波数が低い領域では両歯車ともほとんど差はなかったが、かみあい周波数が  $f_z=870\text{Hz}$  以上ではハイブリッド歯車の振動加速度は鋼製歯車より最大 40%低減した
- (3) 騒音は、両歯車ともかみあい周波数の増加とともに増加した。また、かみあい周波数が  $f_z=967\text{Hz}$  以上ではハイブリッド歯車の音圧レベルは鋼製歯車より最大 5dB 低減した。

### 参考文献

- 1) 久保・梅澤、誤差をもつ円筒歯車の荷重伝達特性に関する研究(第1報,基礎的考察)、日本機械学会論文集、46-401、(1980-1)、86。
- 2) 鈴木・梅澤、動力伝達用はずば歯車の振動特性、(振動レベルの解析法について)日本機械学会論文集、53-490、C(1987-6)、1249。
- 3) 久保ほか4名、歯車装置の振動騒音問題に対する代表歯面形状精度、日本機械学会論文集、56-532、C(1990-12)、3398。
- 4) 久保ほか5名、歯車装置の振動騒音問題と歯車の伝達誤差および総合起振力、日本機械学会論文集、56-532、C(1990-12)、3404。