樹脂製トルクヒンジ機構の開発

DEVELOPMENT OF THE RESIN-BASED TORQUE HINGE

根岸　幸雄・茂　　達也

Yukio NEGISHI and Tatsuya SHIGE

事務機器（プリンタ）液晶パネルの開閉機構として樹脂製トルクヒンジの開発に取り組んだ。開発品は，当社現有のトルクリミッタや ヒンジと比較し部品点数が少ない簡素機構を採用し，更にグリースレス化や再生樹脂材料の積極利用を図った環境配慮型製品となっている。開発品の性能評価では，ゼロバックラッシ特性や高温高湿度環境・ヒートサイクル条件への耐性，また，繰り返し動作に対する耐久性を確認し，市場ニーズを満足する結果が得られている。当面は事務機器（プリンタ）用の開閉ヒンジとして適用されるが，当社としてはモビリティ内装機器を含む幅広い用途への展開に向けて，対応温度範囲の拡大や多機能化に向けた研究を継続している。

We developed a resin-based torque hinge to serve as the opening and closing mechanism for LCD panels in office equipment (printers). The developed product features a simplified mechanism with fewer parts compared to our company's existing torque limiters and hinges; furthermore, it is an environmentally friendly product designed to be grease-free and to make active use of recycled plastic materials. Performance evaluations of the developed product confirmed its zero-backlash characteristics, resistance to high-temperature and high-humidity environments and thermal cycling conditions, as well as durability under repeated operation, yielding results that meet market needs. While it will initially be applied as an opening/closing hinge for office equipment (printers), we are continuing research to expand the operating temperature range and incorporate additional functions, with the aim of expanding its application to a wide range of uses, including automotive interior components.

1．まえがき

事務機器（プリンタ）市場では，液晶パネル開閉機構として一般に，樹脂製リングとシャフトの嵌合によるヒンジ機構が用いられているが，各社にてヒンジ負荷のバラツキや繰り返し使用における変動への対処に苦慮している。

当社では，事務機器市場におけるこれらの課題を解決するため，樹脂製の簡素機構かつグリースレスでありながら，負荷トルクのバラツキや変動の小さい樹脂ヒンジ機構の開発・商品化に取り組んだ。開発したヒンジ機構は，当社独自の樹脂バネ構造により組付け後のトルク調整が不要で，繰り返し動作や高温・高湿度放置における負荷変動の低減（安定化）を実現している。さらに，再生樹脂材料を積極的に利用した環境配慮型製品となっている。

前報[(1)]では，シミュレーション手法を用いて樹脂製トルクリミッタの最適設計を行った。本稿では，このトルクリミッタの技術を展開して開発したトルクヒンジの構造及び各種試験に基づく性能評価結果について報告する。

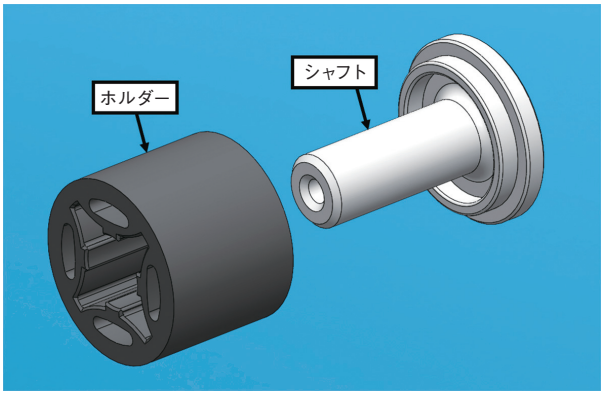


図１　開発品の構成
Prototype Components

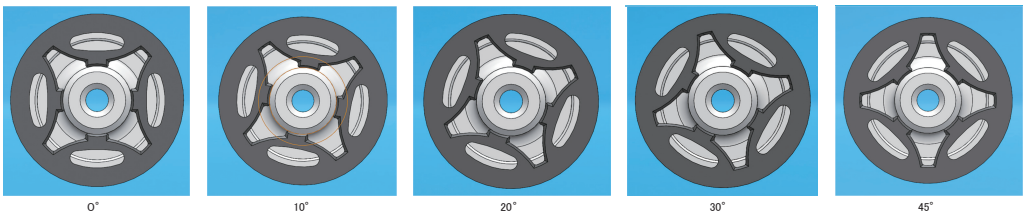


図２　開発品の角度保持および回転動作イメージ
Operation Image: Angle Retention and Rotation of the Prototype

２．開発品の概要

2.1　構成・機能

開発品の構成を**図１**に示す。開発品は，内径部にバネ構造が成形された樹脂製のホルダ部材に樹脂製のシャフト部材を圧入嵌合した構成となっている。

なお，互いに摩擦摺動する上述２部品は，繰り返し動作における負荷トルクの安定化に優れた樹脂材料を選定しているため，摩耗を抑制するグリース等の潤滑剤を必要としない。

組付けられた機構は，**図２**に示したとおり，時計方向・反時計方向共に一定負荷トルクにて任意角度での保持が可能なヒンジ機構となる。

2.2　原　理

開発品の負荷トルク発生原理を**図３**に示す。開発品は，圧入嵌合されたシャフト部材の外径部がホルダ部材内径部に形成されたバネ構造部からの反力を受け，この圧入反力が垂直抗力となり両部品間の回転摩擦トルクを得る機構となっている。

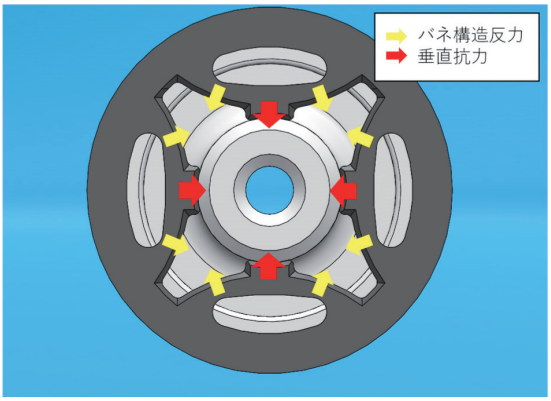


図３　負荷トルク発生原理
Torque Generation Principle

図 4 に，シャフト部材のシャフト径（圧入嵌合シメシロ）と負荷トルク値の関係に関する実験結果を示す。本実験では，ホルダ部材の内径を一定とし，シャフト径を変更することでシメシロを制御した。シャフト径がある一定の領域まではシャフト径と負荷トルク値がほぼ比例関係にあり，シャフト径が過大になりシメシロが過剰となるとホルダ部材の塑性降伏により負荷トルク値は飽和（横ばい）傾向を示す。

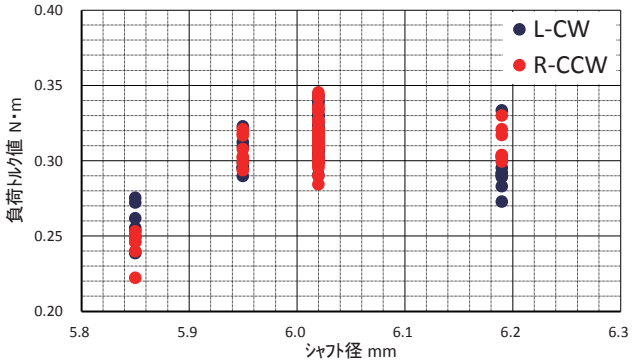
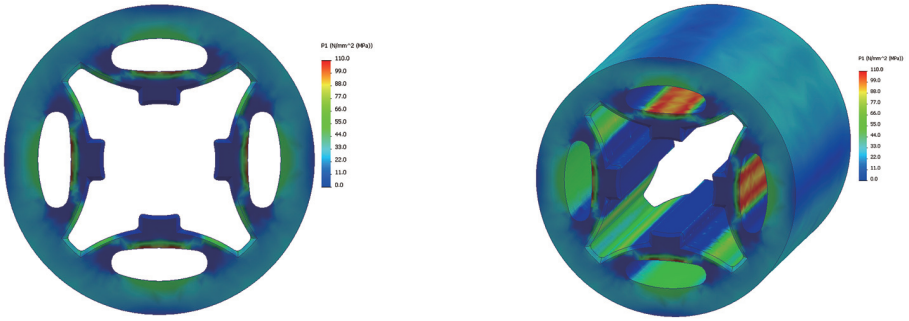


図４　シャフト径と負荷トルクの関係
Load Torque vs. Shaft Diameter

開発品は，シメシロと負荷トルク値の関係が比例関係の領域を設計値とし，更に，クリープ破壊等のリスク回避のため，シミュレーション（**図 5**）により圧入嵌合時のホルダ部材における応力最大箇所をあらかじめ把握し，その位置と成形時のウェルド位置が重ならないよう金型構造（ゲート設定）を最適化している。



（a）正面図　　（b）斜視図

図５　圧入嵌合時の応力分布
Stress Distribution During Press-Fit Assembly

2.3　製品仕様

開発品の負荷トルク設定値は 0.24N･m であり，この場合，機能部のサイズは，外径 φ15.2mm･幅 12mm となる。また，作動耐久性として 90deg. 往復動作で 3,000 回の使用が可能で，高温放置として 70℃ × 360 時間，高温高湿度として 50℃ /95% RH × 360 時間を設定している。

３．開発品の性能

本章では，開発品の初期性能および各種環境・作動耐久試験における性能評価結果について述べる。なお，いずれの環境耐久試験および作動耐久試験においても，市場要求に基づく性能判定基準として，試験前後における負荷トルク変動率が ±40% 以内であり，かつクラック等の外観異常が発生しないことを合格条件とした。

3.1　負荷トルク値のバラツキ

図 6 に開発品組付け直後の負荷トルク値バラツキ検証データを示す。金型成形した部品から無作為に抽出した 30 セットを組付け，無調整の状態でトルク測定器にて計測した結果である。**表 1** にその統計データを示す。市場要求の負荷トルク範囲 0.24N･m ± 30% に対する工程能力指数は，CW（時計回り）方向で Cpk=1.70，CCW（反時計回り）方向で Cpk = 1.90 であり，ともに要求基準（Cpk ≧ 1.33）を上回る数値を得た。これにより，優れた品質安定性をもって量産対応が可能であることを確認した。

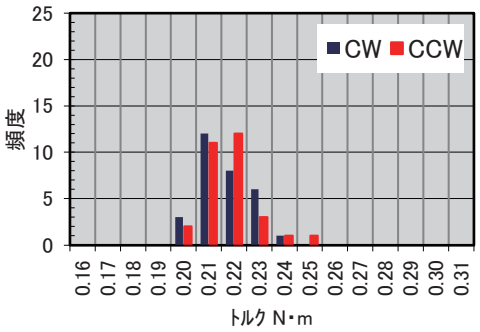


図 6　負荷トルク値のバラツキ
Variation in Load Torque

表 1　トルク値の統計データ
Statistical Summary of Load Torque Values

		CW	CCW
母集団数		30 個	30 個
最大値		0.245 N・m	0.252 N・m
最小値		0.205 N・m	0.209 N・m
平均値		0.222 N・m	0.222 N・m
標準偏差		0.011	0.010
ノミナル値		0.24　N・m	0.24　N・m
Cpk	± 20%	0.942	1.062
	± 25%	1.321	1.482
	± 30%	1.700	1.902
不良率	± 20%	0.47%	0.14%
	± 25%	0.01%	0.00%
	± 30%	0.00%	0.00%

3.2　高温放置に対する耐性

図 7 に高温放置（70℃ × 360 時間）前後での負荷トルク総変動を示す。負荷トルクが低下したものの，変動率が 12.8～15.9% と基準の ± 40% 以内に十分収まっており，クラック等の外観異常も生じていないため，開発品は市場（事務機器）要求の高温放置条件に対し耐性があるものと結論付けた。

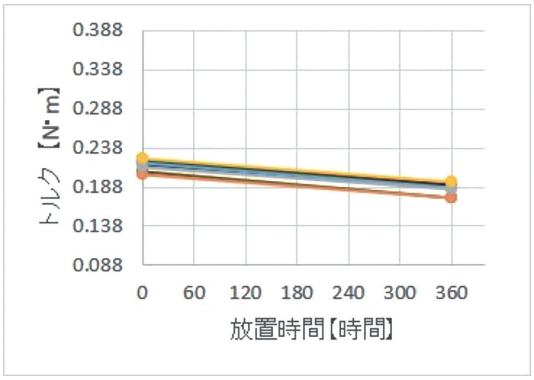


図 7　高温放置前後における負荷トルク変動
Load Torque Fluctuation Before and After High-Temperature Exposure

3.3　高温・高湿度放置に対する耐性

図 8 に高温・高湿度放置（50℃ /95% RH × 360 時間）前後での負荷トルク変動を示す。負荷トルク変動率が 9.2% 程度と基準の ± 40% 以内に十分収まっており，クラック等の外観異常も生じていないため，開発品は市場（事務機器）要求の高温・高湿度放置条件に対し耐性があるものと結論付けた。

3.4　ヒートサイクルに対する耐性

図 9 にヒートサイクル放置（－25℃⇔ 70℃の繰り返し 10 回）前後での負荷トルク変動を示す。負荷トルク変動率が－0.5～4.1% と基準の ± 40% 以内に十分収まっており，クラック等の外観異常も生じていないため，開発品は市場（事務機器）要求のヒートサイクル放置条件に対し耐性があるものと結論付けた。

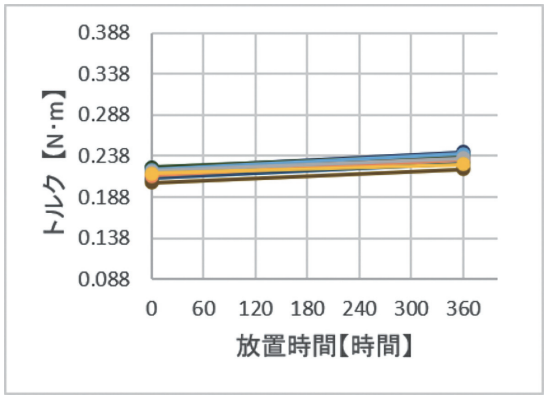


図8　高温・高湿度放置前後における負荷トルク変動
Load Torque Fluctuation Before and After High-Temperature/High-Humidity Exposure

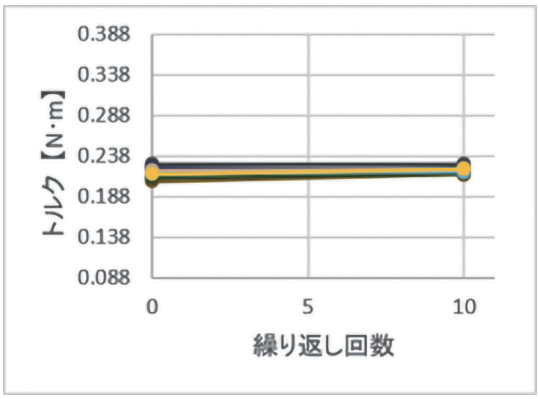


図9　ヒートサイクル放置前後における負荷トルク変動
Load Torque Fluctuation Before and After Thermal Cycling

3.5　作動耐久性

図 10 に作動耐久評価中の初期値に対する負荷トルク変動を示す。サイクル数の増加に伴い負荷トルクが上昇傾向を示すものの，変動率が 19.7% と基準の ± 40% 以内に十分収まっており，評価中に異常音や回転調子不良・クラック等の外観異常も発生していないため，開発品は市場（事務機器）要求の作動耐久性を満足できるものと結論付けた。

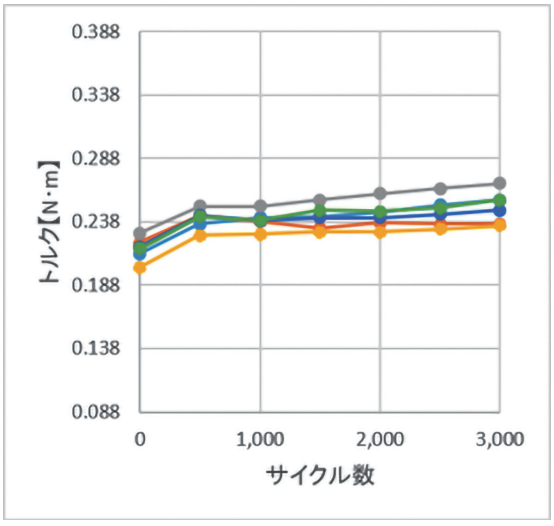


図10　サイクル数に対する負荷トルク変動
Load Torque Fluctuation vs. Number of Cycles

3.6　回転トルク特性

図 11 に回転トルク特性を示す。開発品は 2 部品構成のためバックラッシに起因するトルク発生までのタイムラグが無く，シームレスに応答する。したがって，市場（事務機器）要求である「任意の位置で操作パネルを保持すること」を満足できるものと結論付けた。

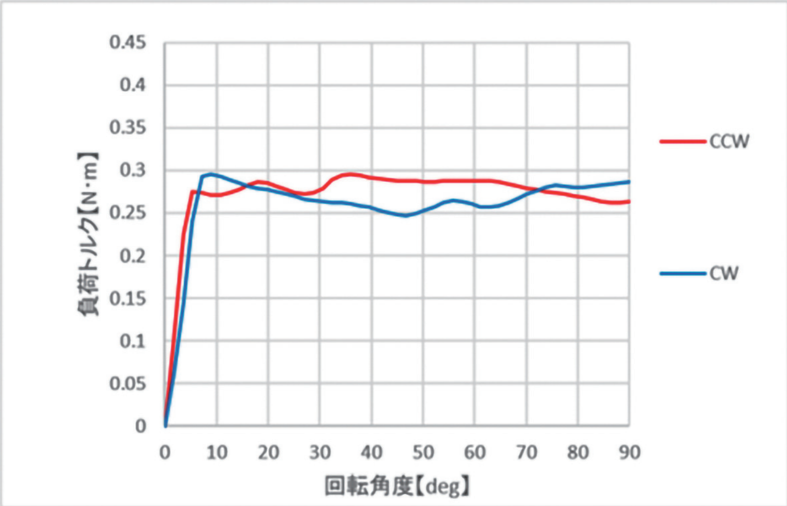


図11　回転トルク特性
Rotational Torque Characteristics

4．む　す　び

負荷トルク値のバラツキや変動の低減が可能な樹脂製トルクヒンジの開発・商品化に取り組んだ。開発品は，当面，事務機器プリンタの液晶パネル開閉機構に適用されるが，今後，開発品の使用温度範囲拡大や角度により負荷が変化するなどの多機能化に関する研究・開発を継続し，新たな市場や用途への提案を可能にしていきたい。

当社ではトライボロジをコア技術としてトルクリミッタやヒンジ機構の商品化を展開しているが，開発品は，樹脂－樹脂摩擦やグリースレス化等の新たな技術要素を取り入れた製品となっている。摩擦素材として樹脂－樹脂を選定し，更にグリースレスとする場合，今回の開発品より高負荷領域では摩耗や摩擦溶着等の障害があり，現在では対応が困難である。高負荷領域に対応可能な樹脂摩擦素材の発掘やグリースレス手段などの研究を推進し，環境負荷低減への貢献や当社コア技術の深化に努めたい。

参考文献

(1)　西村拓也ほか：シミュレーションを活用した低コストトルクリミッタの開発，オリジンテクニカルジャーナル，No.86（2023），p.Ⅱ7-11

◇◇◇

根岸　幸雄

コンポーネント事業部　技術開発部
1993 年入社，主にトルクリミッタやワンウェイクラッチの開発に従事。

茂　　達也

コンポーネント事業部　技術開発部
2014 年入社，主に精密機構部品の試作評価から量産化までを手掛ける。