

バックラッシュ補正機構付きボールねじ式ステアリングギヤの開発

高田暢茂

Ball-Screw Type Steering Gear with Automatic Back-lash Compensation

N. TAKADA

The rigidity of the steering gear will deteriorate by an increase of the back-lash as the car will be used for a long time. In order to improve the deterioration of the rigidity, the automatic back-lash compensation mechanism is assembled in the steering gear. We will show the characteristics of the ball-screw type steering gear with automatic back-lash compensation which has been newly developed.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. はじめに 2. 構造 <ul style="list-style-type: none"> 2.1 改良のポイント 2.2 特徴 2.3 従来構造との比較 | <ul style="list-style-type: none"> 3. 性能 <ul style="list-style-type: none"> 3.1 バックラッシュ補正の効果 3.2 操舵トルクに対する影響 3.3 中立剛性に対する効果 4. おわりに |
|---|---|

1. はじめに

ボールねじ式ステアリングギヤは、ハンドル回転力をボールねじ機構で軸方向のストロークに変換し、ボールナットに加工されたラックを介して、セクターシャフトの回転力として車両リンクへ伝達する機構を持つ舵取り装置である。自動車におけるステアリングギヤは操舵時の減速機構だけでなく、ハンドルとタイヤを繋ぐものとして運転者に路面状況を伝える役割ももつ。したがって、ステアリングギヤの剛性は走行安定性に大きく影響し、また、剛性の安定保持確保は、市場からも要求されるところである。

一般的に、ボールねじ式ステアリングギヤでは各部位のすきま(ボールねじ部、ギヤ部、各軸の支持部)が剛性に影響する。このため、剛性の安定保持確保にはこのすきま(バックラッシュ)をどのように小さくしていくかが課題となり、また出荷時の性能である初期剛性と市場での使用による剛性の劣化の2点から対応することが必要である。

2. 構造

2.1 改良のポイント

ウォームシャフトの支持軸受は通常、予圧を与え組み立てている。このため軸受関係の予圧は長

時間使用してもある程度維持され、剛性劣化に影響するすきまの発生はない。また、セクターシャフト軸部のすきまも摩耗は少なく、初期設定値からの変化は小さい。しかし、ギヤは出力を実車リンクに直接伝達することから、使用による歯面の摩耗が大きい。経時的に剛性に影響するものとしてこの歯面の摩耗は、大きな要因である。

バックラッシュ補正機構は、このギヤ部の摩耗により発生するバックラッシュを低減することでハンドルのあそびの発生を防止し、初期剛性の悪化を少なくするための機構である。

2.2 特徴

セクターギヤはギヤのかみあい調整のため6°の切削角にて加工された歯車であり、出荷初期は調整ボルトにてバックラッシュはゼロに組み立てられる(出荷検査は操舵トルクの増加量で管理)。また、構造面からいえばギヤのかみあい調整は、ラック側(ラックピストン)を回転方向で位置規制させることでも可能である。本機構ではこの点に着目して、ばね負荷されたプッシュロッドをラックピストン側面に押し付けることでラックピストンにモーメントを負荷し、摩耗で発生したすきまをラックピストンを回転させることで詰め、それによってギヤのバックラッシュを低減するように自動調整する構造を採用した。

2.3 従来構造との比較

バックラッシュ補正機構付きステアリングギヤの構造を図 1 に示す。本構造では、ラックピストン側面に凸形状を設け、ばね負荷されたプッシュロッドがギヤ中立位置でのみ作用するようにし、直進時の剛性を維持するとともに、据え切り時のフリクション感を低減している。また、ばね負荷によるラックピストンの回転方向は、セクターシャフトギヤの転位大側にかみあう構造とした。これは、ギヤ部の摩耗がギヤの転位小側で大きく(歯面の曲率が小さいため面圧大)、摩耗分を回転にて補う場合プッシュロッドのストロークをより大きくする必要があるので、逆方向の負荷では摩耗量が少ないので軸方向寸法を小さくでき、歯先の干渉面から有利なためである。

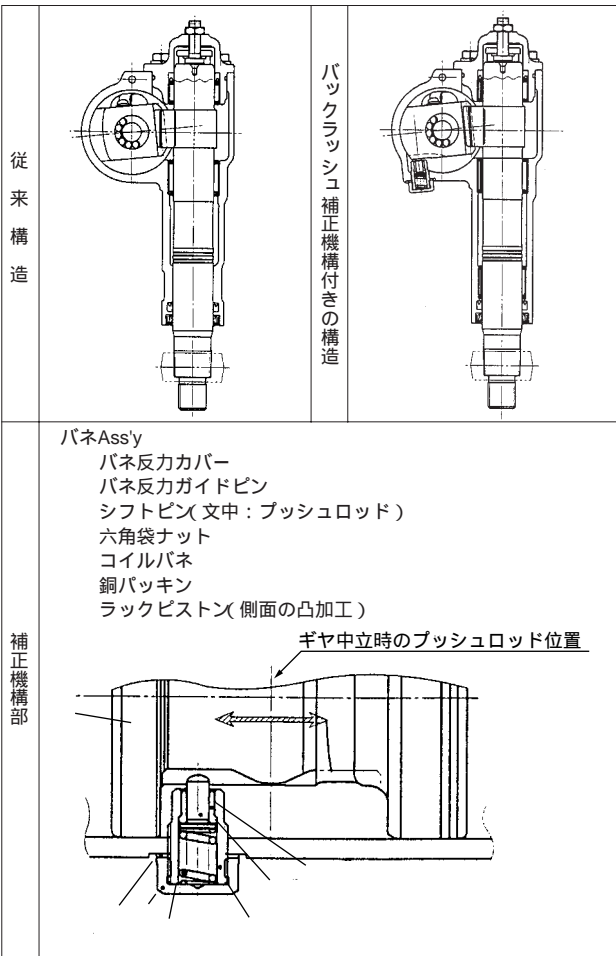


図 1 バックラッシュ補正機構の構造
The structure of the automatic back-lash compensation mechanism

3. 性能

呼び番号：2310 - 3JROの評価結果を以下に示す。

3.1 バックラッシュ補正の効果

バックラッシュ補正の効果として、ステアリングギヤのバックラッシュ補正機構を装着しない状態でギヤ中立位置にあえてバックラッシュ量を設定し(調整ボルトの追い込み量を調整)、その状態でバックラッシュ補正機構を組み込みバックラッシュ量がどう変化するかを確認した。結果を表 1 に示す。補正機構を付けることにより、バックラッシュ量は補正機構なしの場合に比べて1/6~1/10に低減した。このことより、補正機構によって負荷されたモーメント力がバックラッシュを小さくする効果があることが分かる。なお、バックラッシュ量とはピットマンアーム先端荷重±0.1N負荷時のピットマンアーム100R位置での動き量である。

表 1 ギヤ中立位置でのバックラッシュ量の差

The difference between the back-lash at gear neutral position of the gear with automatic back-lash compensation and the former gear

補正機構なしの初期設定値	バックラッシュ量, mm						
	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.65
補正機構有り	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.08	0.08

また、バックラッシュ補正機構の有無によるステアリングギヤ作動角全域でのバックラッシュ量(出荷初期状態)の差を図 2 に示す。本ギヤでは初期状態でもギヤ中立域でバックラッシュの低減があり、またこの作動範囲は、ラックピストン側面に加工された凸形状により調整も可能である。この点から剛性感を確保したい領域を変化させることで初期剛性の改良にも効果があるといえる。

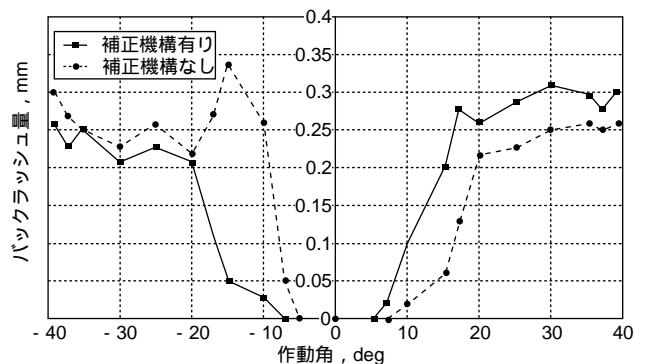


図 2 全作動域でのバックラッシュ量の差

A back-lash in the whole of operating angle

3.2 操舵トルクに対する影響

バックラッシュ補正機構を組み込むことによる操舵トルクの増加量を図3に示す。プッシュロッドに負荷されるばね荷重に比例して、操舵トルクが変化するのが分かる。現構造のばねセット荷重は74.5～210Nの範囲で設定されており、トルクバラツキを0.1N・mとしても、この設定範囲でのトルク増加量は0.3N・m以下と推定できる。このような関係から、ばねのセット荷重を変えることで操舵トルクの増加量を調整することも可能であり、操舵感のチューニングにも利用することができる。

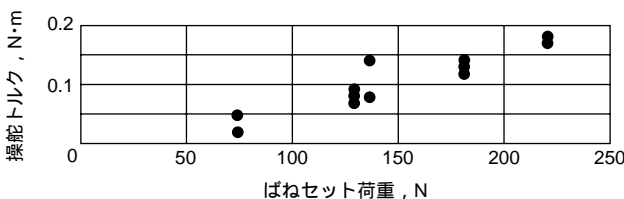


図3 バックラッシュ補正機構による操舵トルクの増加
The increase of input shaft rotational torque by the automatic back-lash compensation mechanism

3.3 中立剛性に対する効果

バックラッシュ補正機構付ステアリングギヤのベンチ耐久試験を実施し、耐久試験各回数での中立剛性値をバックラッシュ補正機構の有無で比較測定した結果を図4に示す。また、図5に耐久回数 5×10^4 回後での入力軸ねじれ角と入力トルクとの特性関係を示す。ここで、中立剛性値とはピットマンアームをギヤ中立位置にて固定し、入力トルク $\pm 0.98 \text{ N}\cdot\text{m}$ で操舵した時の入力軸ねじれ角 ($\pm \text{deg}$) で示す。

図5の補正機構なしの特性線(破線)は、入力軸ねじれ角 $\pm 1 \text{ deg}$ の範囲では一定の入力トルクで変化している。この一定入力トルクで入力軸ねじれ角が変化するのがギヤ部の摩耗により発生したバックラッシュによる剛性への影響であり、操舵感としてはハンドルのあそびとして感じられる。これに対し、補正機構有りの特性線(実線)には一定入力トルクの領域が見られず、操舵感としてもあそびを感じない。さらに、その一般的なベンチ耐久強度試験の判定基準が耐久回数で 10^5 回であり、図4に示したようにその回数でもバックラッシュ量の低減効果が認められることから、市場での使用時間においても十分な効果があると推定される。

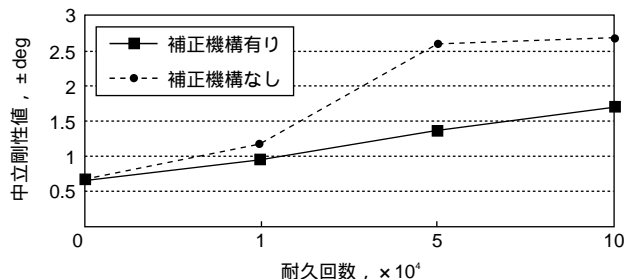


図4 ベンチ耐久試験での中立剛性値の変化
The degradation of rigidity on gear center by endurance bench test

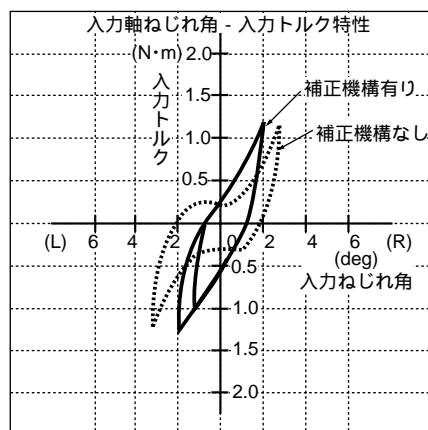


図5 ベンチ耐久試験後の入力軸ねじれ角
入力トルク特性 (5×10^4 回)
The diagram of rigidity on gear center after endurance bench test

4. おわりに

当社では従来、中立剛性の向上のためウォームシャフト支持用軸受やボールねじ部の予圧使用、セクターシャフトのギヤ部かみあい量を見直すことで初期の性能を改善してきた。しかし、使用による剛性劣化を少なくするために、ギヤ部の摩耗分を補う目的で比較的劣化の少ないボールねじ部の予圧量の増加を行うと、ハンドル操舵時のフリクション感を増大させフィーリング面に悪影響を与える。

今回紹介したボールねじ式ステアリングギヤへのバックラッシュ補正機構は、フリクション感を増大することなく初期剛性と使用による剛性劣化を改善させることが可能である。また、操舵トルクを含めたハンドル操舵感のチューニングに利用できる性能を持つため、今後の種々の応用に期待できるものである。

筆 者



高田暢茂*
N. TAKADA

* ステアリング事業本部 ステアリング技術センター
ステアリング技術部