

チェックバルブによる油圧パワーステアリングのキックバックの低減

橋本 亨

Reduction of Kickback by Attaching a Check Valve to Hydraulic Power Steering

T. HASHIMOTO

Automotive engineering has been rapidly improving in recent years. And requirements from customers toward vibration and noise reduction of steering system are getting severer.

Kickback is one of the causes of steering system vibration. We have succeeded in reducing this kickback by attaching a check valve to hydraulic power steering gear, and herein show the results.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. はじめに 2. キックバックの発生メカニズム 3. キックバックの発生要因 4. チェックバルブ装着による対策と効果 <ul style="list-style-type: none"> 4.1 チェックバルブの構造と作動原理 4.2 チェックバルブの装着方法 4.3 実車でのキックバック低減効果 4.4 台上でのキックバック低減効果 | <ul style="list-style-type: none"> 5. チェックバルブ装着による背反問題と対策 6. おわりに |
|---|---|

1. はじめに

近年、自動車技術の進歩に伴い「走る」「曲がる」「止まる」といった基本性能はじめ、各種の性能面において目ざましい向上が見られる。そうした状況において、振動、騒音に対する顧客の要求も高度化してきており、ステアリング系の振動、騒音においても例外ではない。

ステアリング系の振動の一つにキックバックと呼ばれる現象がある。キックバックは車両が凹凸路面を走行した時にタイヤからの入力ハンドルのホイールに伝達され振動が発生する現象であり、ステアリングシステム以外に車両側のサスペンションシステムの要因も大きい。今回、ラック&ピニオン式パワーステアリングギヤにチェックバルブを装着することで車両側の設計を変更することなくキックバックを低減することができたのでその内容を報告する。

2. キックバックの発生メカニズム

車両が凹凸路面を走行した時にタイヤからの入力がサスペンションシステムとステアリングシステムを通してハンドルホイールに伝達され振動が発生する¹⁾。その現象がキックバックである。今回は、ステアリングシステムの伝達特性に着目した。

ステアリングシステムにおけるキックバックの発生の一例として、車両が左旋回中にタイヤが路面段差に落ち込んだ時の計測データを図1に示す。

最初に、タイヤが路面段差に落ち込む。

一瞬タイヤの接地荷重が抜けタイロッド軸力が減少する。(Aポイント)

次に、タイヤが路面段差を乗り越える時、タイヤの接地荷重が回復しタイロッド軸力が増加する。

タイロッド軸力の増加により、シリンダ内の作動油が押し出され、プレッシャポートより逆流し、その結果アシスト側のシリンダに十

分な作動油が供給されず、タイロッドからの入力ハンドルホイールに伝達されキックバックとして感じられる。(Bポイント)

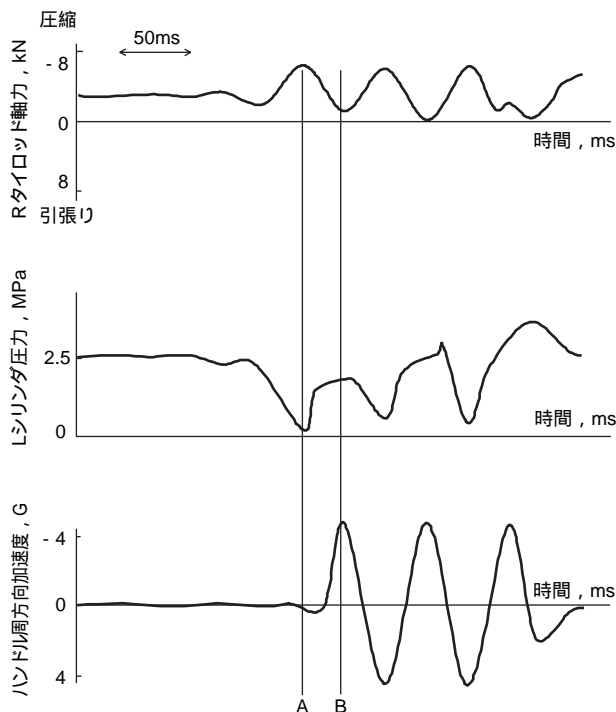


図1 キックバック発生時の実車計測データ(左旋回時)
Data on actual vehicle at kickback occurrence
(Steering wheel is turned to the left)

ラック & ピニオン式ステアリングギヤはボールスクリー式ステアリングギヤと比較し、ステアリング系の剛性が高く、路面からの入力に対して敏感であるため、キックバックに対しては不利である。

3. キックバックの発生要因

キックバックは凹凸路面走行時のタイヤ接地荷重の変化が起因となり、タイヤ ステアリングギヤ ハンドルホイールと伝達される。

サスペンションシステムおよびステアリングシステム各々にそれぞれの要因があり、サスペンションシステムにおいては、凹凸路面走行時のタイヤからタイロッドへの入力をいかに低減できるか、ステアリングシステムにおいては、タイロッドからの入力をステアリングギヤでいかに吸収できるかがキックバック対策のポイントとなる。

キックバックの対策については一般に下記の方法が考えられる。

- サスペンションシステムでの対策
 - ・キングピン傾角の最適化
 - ・キングピンオフセット量の削減

- ・キャスト角の最適化
- ・サスペンション横剛性の軽減
- ステアリングシステムでの対策
 - ・ポンプ流量の増加
 - ・バルブ特性の最適化
 - ・ホース膨張量の低減
 - ・ステアリング系の剛性低減

しかし、上記対策方法のほとんどは車両あるいはステアリングシステムの設計を大きく変更しなければならない内容であり、車両の操安性に大きく影響を及ぼす内容でもある。

そこで、現状の車両およびステアリングシステムの設計変更を最小限に抑える対策方法として、油圧パワーステアリングギヤにチェックバルブを装着することに着目した。

4. チェックバルブ装着による対策と効果

4.1 チェックバルブの構造と作動原理

今回、キックバック対策としてステアリングギヤに装着したチェックバルブは図2に示すようにシート、ポペット、コイルバネ、ケースの4部品から構成されている。

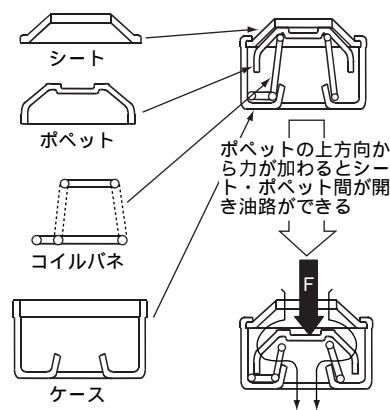


図2 チェックバルブ構成部品
Check valve components

プレッシャポートに装着されたチェックバルブは、通常、作動油の流れにより、ポペットがコイルバネを押し付けており、作動油はポンプからシリンダの方向に抵抗なく流れる。キックバック発生時にはステアリングギヤのシリンダから押し出された作動油がプレッシャポートより逆流しようとするが、チェックバルブが閉じて作動油の逆流を防止する。シリンダ内の閉じこめられた作動油がダンパとなりキックバックを低減する。

チェックバルブ装着時の作動油の流れを図3に示す。

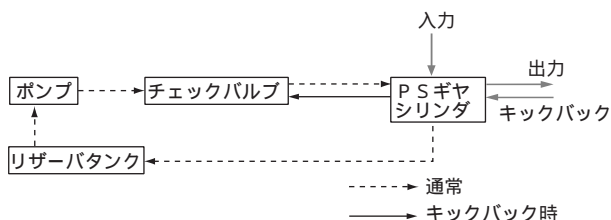


図3 作動油の流れ
Flow of hydraulic oil

4.2 チェックバルブの装着方法

チェックバルブは、図4に示すようにバルブハウジングのプレッシャポート部に圧入装着する。

この方法では、バルブハウジングにチェックバルブ装着部の追加工を施すだけで大きな設計変更をすることなく装着することができる。

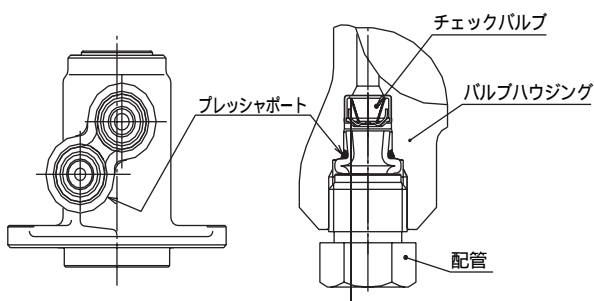


図4 チェックバルブ装着方法
Mounting method of a check valve

4.3 実車でのキックバック低減効果

チェックバルブ装着時の実車計測データ例を図5に示す。走行状態は2項に例として挙げた左旋回中にタイヤが路面段差に落ち込んだ時と同じ状態のものである。

チェックバルブ装着なしの状態と同じように、タイヤが路面段差に落ち込む。

一瞬、タイヤの接地荷重が抜けタイロッド軸力が減少する。(Aポイント)

次に、タイヤが路面段差を乗り越える時、タイヤの接地荷重が回復しタイロッド軸力が増加するが、プレッシャポートにチェックバルブを装着することによりタイロッドからの入力に対して、チェックバルブが閉じるため、シリンダ圧力が増加する。(Bポイント)

この結果から、作動油がチェックバルブによってシリンダ内に閉じ込められていることが確認できる。タイヤからステアリングギヤに

伝達された荷重を、シリンダの油圧で受けることができ、キックバックを低減できる。

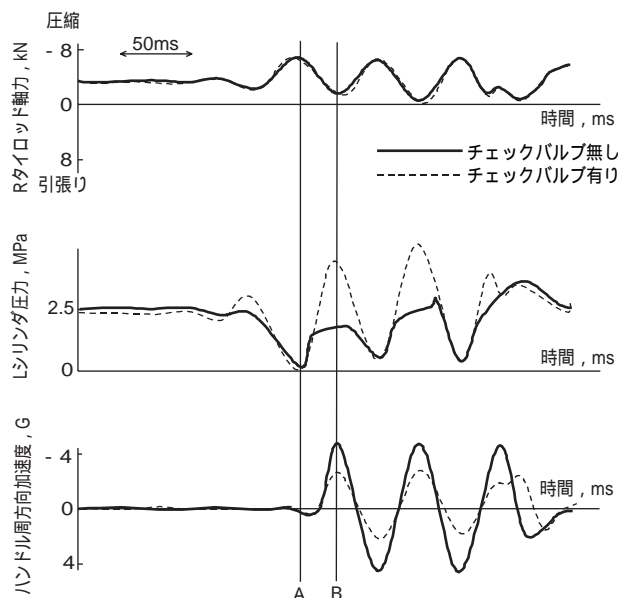


図5 実車でのキックバック低減効果
Kickback reduction effect of actual vehicle

4.4 台上でのキックバック低減効果

台上でのキックバック低減効果確認方法として、図6に示すように、ステアリングギヤの入力軸を固定しタイロッドより繰り返し負荷を与えたときのハンドル保舵トルク、シリンダ部の圧力、プレッシャ圧力、負荷荷重を測定する。

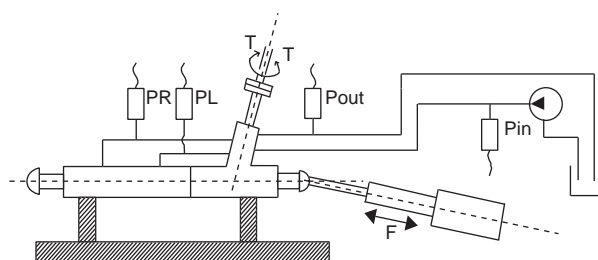


図6 台上試験方法
Bench test method

試験条件を表1に示す。

ステアリングギヤの設定流量，設定圧力は実車と同条件とし，タイロッドの加振周波数を変化させた。タイロッドからの入力は，実車における旋回時の凹凸路走行を想定し，2 kN(圧縮)を中心にと± 2 kNの繰り返し負荷を与えた。

台上での試験結果を図7～9に示す。

表1 台上試験条件
Condition of bench test

項目	設定値
設定流量, ℓ / min	5
設定圧力, MPa	8.3
タイロッド軸力, kN	2 ± 2(圧縮)
負荷波形	正弦波
周波数, Hz	1, 5, 10, 15, 20
タイロッド角度	実車相当

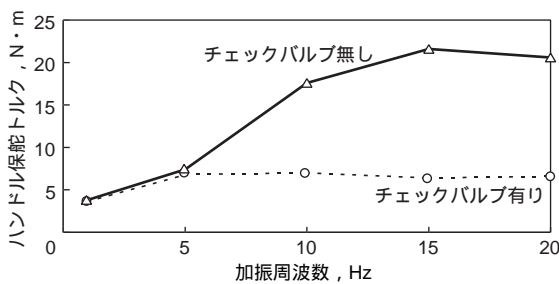


図7 加振周波数とハンドル保舵トルク
Oscillation frequency and input torque

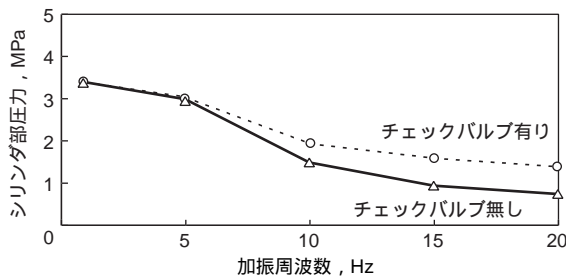


図8 加振周波数とシリンダ部圧力
Oscillation frequency and cylinder pressure

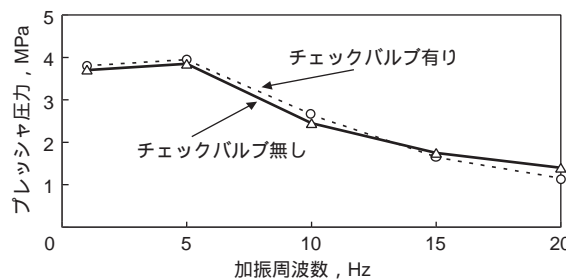


図9 加振周波数とプレッシャ圧力
Oscillation frequency and import pressure

周波数とハンドル保舵トルクの関係については、チェックバルブありではタイロッド加振周波数が5 Hzを超えるとハンドル保舵トルクが一定となるが、チェックバルブなしではハンドル保舵トルクが周波数とともに上昇する。

シリンダ部の圧力は、タイロッドの加振周波数が5 Hzを超えるとチェックバルブありでのシリ

ンダ圧力がチェックバルブなしでのシリンダ部の圧力より高くなる。

プレッシャ側圧力については、チェックバルブあり、なしともほぼ同等である。

以上のことより、チェックバルブ装着の効果として、タイロッドの加振周波数が5 Hzを超えるとタイロッドからの負荷に対しシリンダ内の作動油が排出されプレッシャポートより逆流しようとするが、チェックバルブが閉じることにより作動油の逆流を防ぐ。その結果、タイロッドからの負荷はシリンダ油圧で吸収でき、実車で計測データと同様にハンドル保舵トルクが軽減される。

5. チェックバルブの装着による背反問題と対策

キックバック対策として、チェックバルブの装着効果が台上および実車で確認できたが、チェックバルブ装着による背反問題も考えなければならない。

チェックバルブを装着したステアリングギヤについて実車で縁石衝突試験を実施したところシリンダ内の作動油が排出されないため、タイヤからの入力荷重をシリンダで受けることになりタイロッドの発生軸力が増大し、タイロッドが曲がる問題が発生した。

その対策として、チェックバルブのポペット部にオリフィス穴を設けた。

オリフィス穴を設けたチェックバルブについて台上評価した結果、キックバック低減率とタイロッド軸力低減率は図10に示すように相反する結果が得られた。

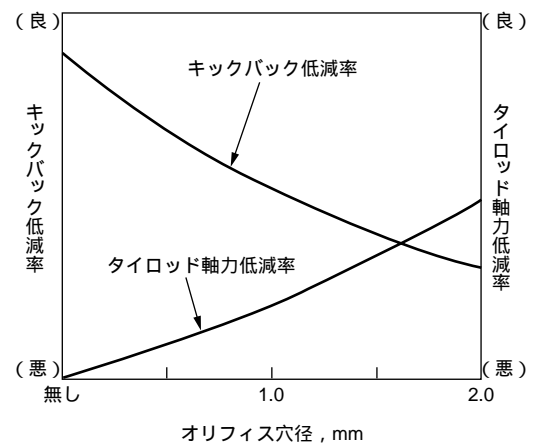


図10 キックバック低減率とオリフィス穴径
Reduction ratio of kickback and diameter of orifice

この結果を基に、実車で評価もを行い、性能、強度面でバランスのとれたオリフィス径(1.0)を決定した。

6. おわりに

ステアリングギヤのプレッシャポート部にチェックバルブを装着することで、車両側及びステアリング系の大きな設計変更をすることなく、コスト面においても安価なキックバックの対策を行うことができた。

また、チェックバルブ装着による背反問題である縁石衝突時のタイロッド軸力の上昇についてもオリフィス穴を設けることで解消でき、装着する車両に応じた最適な仕様を設定することができる。

参考文献

- 1) 小高賢二・皆川正明：HONDA R&D Technical Review, vol. 11, no. 1(1999)。

筆者



橋本 亨*

T. HASHIMOTO

* ステアリング事業本部 ステアリング技術センター
ステアリング実験部