

歩行用機械主クラッチのダンパによる緩衝接続に関する研究

池 見 隆 男

(農学部農業機械学研究室)

Damping Operation of Main Clutch for Walking Type Two-Wheeled Vehicle

Takao IKEMI

Laboratory of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture

Abstract: This report shows the effect of the damper for main clutch operation of the walking type two wheeled vehicle, which secures the safety of operators. The damper was fitted with the clutch operating linkage for preventing dash at starting.

(1) The damping effect on main clutch connecting was expressed in arrival time to maximum torque and steady torque to maximum torque ratio.

(2) The adequate damping force was about 30~40 kgf (at 0.3 m/s), comparing with operating by a skilled operator.

(3) The enormous load occurs instantly on the handle bar at rapid starting, without damper. However, the instant load of the handle bar was restrained under 15 kgf at starting when the adequate damper was fitted.

緒 言

近年、農業機械の発達普及に伴ない、作業中の事故が増加している。乗用機械の転倒によるもの、各種回転刃への接触によるもの、歩行用機械後退時におけるものなど多岐にわたっている。これらの事故は、不注意によるものが大半といわれるが、人間は疲労によって通常考えられない行動をすることがあるものである。

最近の農業機械は、安全基準等にしがたって安全対策が施され、事故の軽減に意が注がれているが、完全とはいえない。

歩行用機械の普及は目ざましいものがあるが、婦人や老人が取扱う場合が多いにもかかわらず、その操作の安全性については考慮が不足しているように思われる。中でも、発進時の操作は相当の慎重さを要する。すなわち、作業者は立姿勢のままハンドル操作およびレバー操作を同時に行なう複合操作を行なわなければならない。発進時の加速度は相当大きく、主クラッチレバー操作が粗雑であると、これが助長され強い機体前部または後部の跳上りや振れが生起されて、ハンドルによる圧迫・打撲、ロータリ刃による切傷やベルトへの巻込みなど重大事故を招く。これらは、特に後退発進時に起りやすい。

本研究は、歩行用機械の急激な発進による作業員への損傷や恐怖感を除くため、レバー操作の急徐にかかわらず、主クラッチ接続を機械的に円滑かつ緩やかにする一方法について検討を行なった。すなわち、主クラッチ操作部にダンパを装着することによって、主クラッチ操作レバーの操作の緩急如何にかかわらず、主クラッチ接続を緩衝させ円滑にするものである。これによって作業員は、ハンドル操作を確実にすればよく、他の面へ注意を向ける余裕が生じることになる。

実験は、駆動形歩行用トラクタのミッション部を使用し室内で行なった。

ダンパ装着の有効性については、クラッチ接続時主軸トルクの時間変化から評価した。

実験装置および方法

1. 実験装置 駆動形歩行用トラクタのエンジン、車輪および耕うん部を取りはずし、ミッション部のみ台架に固定した。ダンパは、適当な仕様のものが無かったので、空圧シリンダを加工し、主クラッチ緩衝装置に利用した。すなわち、シリンダをピン固定し、ピストンロッドを主クラッチ操作リンクに連結した。また、これには油溜を付加した。

主軸トルクは、主クラッチ内部の主クラッチ軸表面にひずみゲージを貼付け、スリップリングを介して、動ひずみ計および電磁オシログラフにより検出記録した。

負荷は、車軸の一方に取付けたプローニブレーキによって加えた。主軸の駆動には電気動力計を使用した。

Fig. 1 に実験装置の概略を、Fig. 2 に供試ダンパを示す。また、供試機器の仕様概略は次の通りである。

(1) トラクタ 駆動形歩行用 8 P S

主クラッチ：乾式多板摩擦クラッチ

主軸プーリ径：110 mm

変速装置：前進 9 段、後進 3 段

耕うん部変速装置：3 段

(2) プローニ動力計 ドラム径 260 mm, 腕長 630 mm

(3) ダンパ 空圧シリンダ (絞りつき), 内径 40 mm, ストローク 50 mm, 定格圧力 7 kgf/cm²

(4) ダンパ油 油圧油, 粘度 100 cst (20°C)

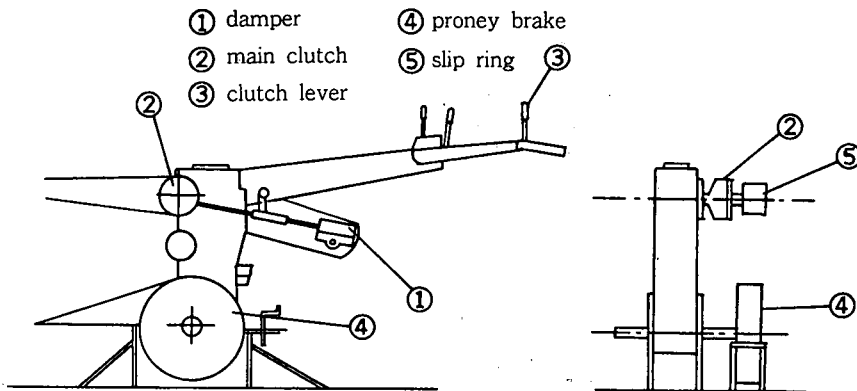


Fig. 1. Experimental apparatus.

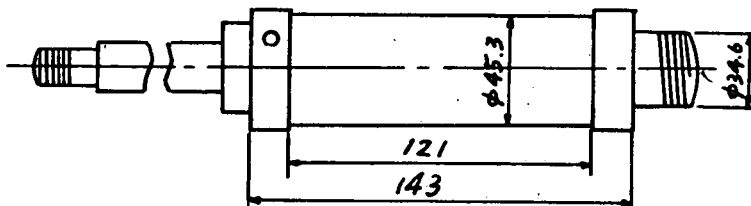


Fig. 2. Damper.

2. 実験方法 主クラッチ軸回転速度を 300, 400, 500, 600 rpm とし、副変速を低速一定で主変速を 1, 2, 3 速に変化させた。これらの条件下において、ダンパの絞り開度を変え、クラッチ

接続時の主軸トルクの過度変動を電磁オシログラフに記録した。

主クラッチレバーの操作は、「切」の位置から一挙にレバーを開放する方法を採った。

なお、クラッチ切断力は、ダンパ装着部のリンクにおいて、約 55 kgf である。ダンパは単動として使用するので、逆方向の抵抗はほとんど無い。また、クラッチばねのばね定数は 890 kgf/cm である。

ダンパ特性

ダンパ特性は、作動媒体に空気および油圧油を使用した場合について、絞りの開度を変え求めた。減衰力および作動速度は、シリンダ底を台枠にピン支持し、ピストンロッドに重錘をつり下げ、ロッドの平均繰出し速度を測定することによって求めた。測定時の室温は15°Cである。

Fig. 3 は作動媒体が空気の場合の特性であり、Fig. 4 は油圧油の場合の特性である。

作動媒体を空気とした場合、絞りによる減衰力の調節が困難であり、適当な減衰特性が得られなかった。

減衰力と作動速度の関係は、 $F_d = CV^n$ で表されるが、 n は一定ではない。ただし、 F_d : 減衰力 (kgf)、 C : 減衰係数、 V : 作動速度 (m/s) である。作動速度と減衰力の関係は線形にならないので、自動車用ショックアブソーバにならない、ダンパの特性値として、作動速度 0.3 m/s における減衰力を採用した¹⁾。この場合、減衰力は測定範囲外になるので、外そうによって求めた。

種々の絞り状態における減衰力は次の通りである。

空気の場合

① $F_d = 14.2$ (kgf) ② $F_d = 823.1$ (kgf)

油圧油の場合

① $F_d = 32.4$ (kgf) ② $F_d = 48.1$ (kgf) ③ $F_d = 62.9$ (kgf) ④ $F_d = 313.5$ (kgf)

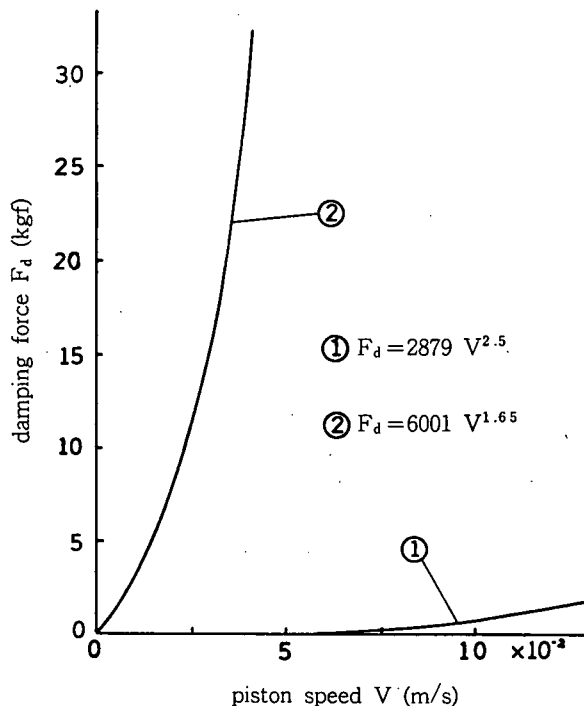


Fig. 3. Damping characteristics of trial damper (air).

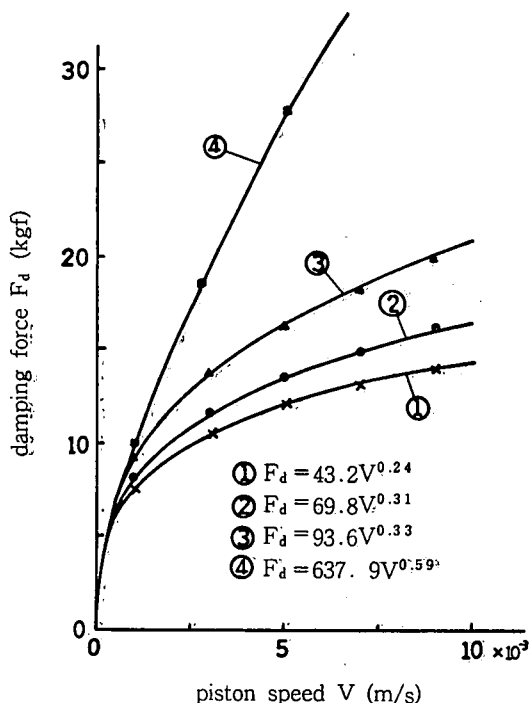


Fig. 4. Damping characteristics of trial damper. (hydraulic oil).

結果および考察

1. ダンパの効果 主クラッチレバーを一挙に開放した場合、機関调速機の整定時間および機関から車輪までの動力伝達系の応答遅れを経て、機体は急激に発進する。これを主軸のトルク変動でみると、Fig. 5 に示す記録例のように、レバー開放から最大トルクに達する時間は0.1秒以内である。速度 0.3 m/s に達するまでの平均加速度は、車輪の滑りを無視すれば 3 m/s^2 以上となる。質量 100 kg の機体の平均慣性力は 300 kgf に達することを意味する。

一方、適当な減衰力に調節したダンパを使用すると、レバー開放が急激であっても、Fig. 6(a) に示すように、トルクの立上りが緩やかである。しかも、衝撃的なトルクは発生せず極めて円滑な作動となる。最大トルク到達時間は約0.8秒であり、熟練者が慎重に操作した場合とほぼ一致する。

Fig. 6(b) は減衰力を大にした場合の例であるが、定常トルク（定常走行）に至るまでの時間がやや長すぎるので、作業者は揺よう感を抱くと思われる。なお、いずれの図にも見られるトルクの振動的変動は、車軸負荷のプロネブレーキドラムのビビリによるものである。

(1) 最大トルク到達時間 これはクラッチ板相互の接触開始から接触を完了するまでの時間すなわち動力伝達開始から全伝達に至るまでの時間を意味するもので、ダンパの効果を表わすものである。

走行装置変速段の影響はほとんど無かったので、以下変速位置が低3速（機関定格回転速度における走行速度約0.3 m/s）の場合について述べる。

Fig. 7 は、主軸回転速度がダンパの効果に及ぼす影響を調べたものである。減衰力によって差異があるが、強いていえば最大トルク到達時間は増加の傾向がみられる。このことは加速度の面から有利である。図中の斜線部分は、熟練者によるクラッチ操作時の到達時間を表わし、およそ0.5～1.0秒である。この時間帯にあれば、揺よう感を抱かず円滑なクラッチ接続が行なえるものと思

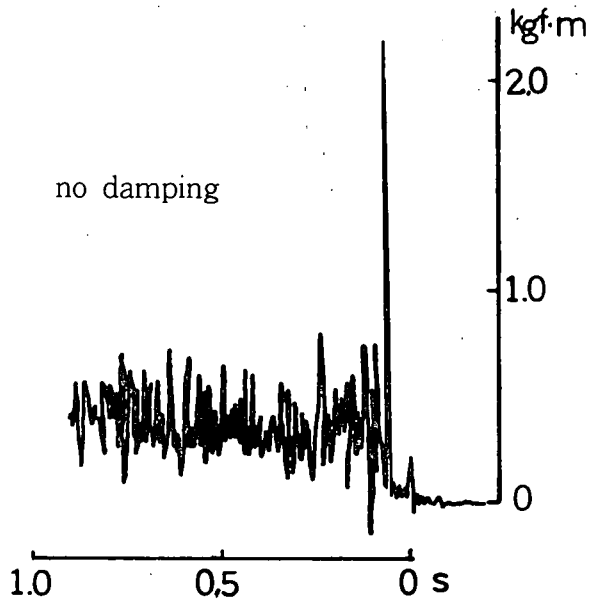


Fig. 5. Transient torque of main shaft in the case of main clutch lever releasing rapidly.

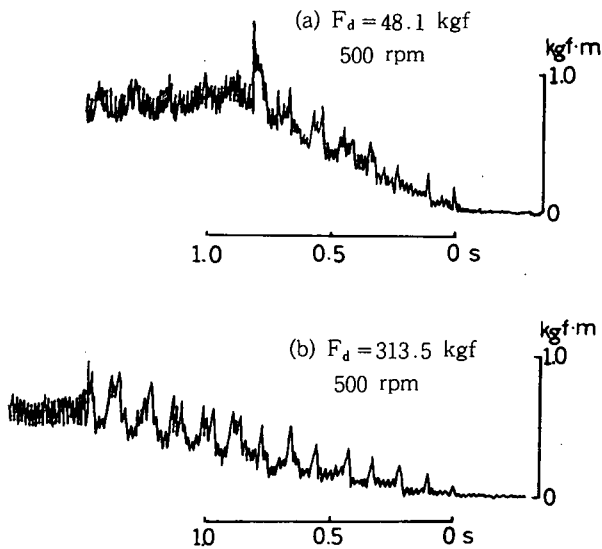


Fig. 6. Transient torque of main shaft in the case of main clutch damped at main clutch releasing.

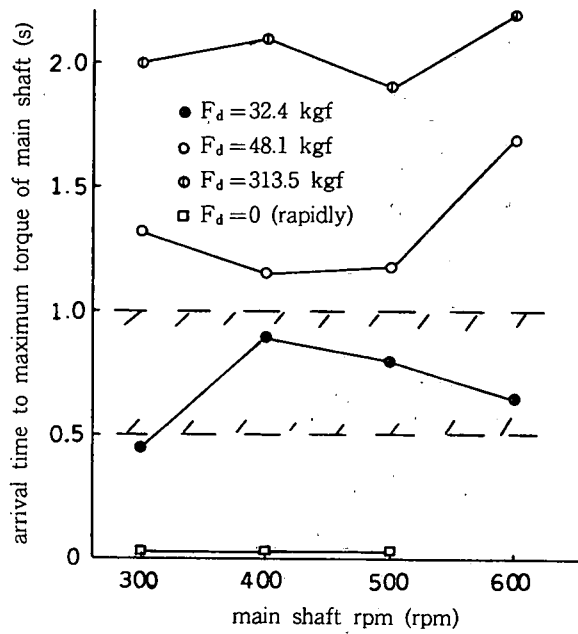


Fig. 7. Influence of main shaft rpm to damping effect.

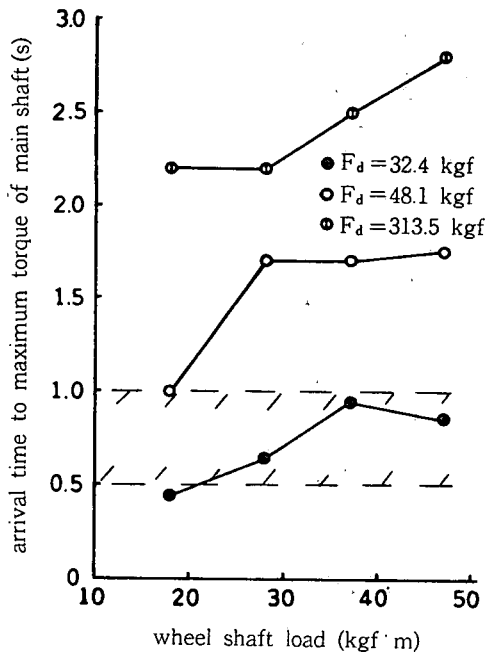


Fig. 8. Influence of load to damping effect.

われる。一方、ダンパを使用しないで一挙にレバーを投入した場合、到達時間は0.02秒前後となり極めて小さい。

次に、負荷の影響については、Fig. 8 に示すように増加の傾向が明らかである。この時間が2秒以上になると、作業者は間だるく感じるであろう。

結局、供試機(8 P S)に使用するダンパは減衰力($V=0.31$ m/s)を30~40 kgf.ていどにすればよいことが判る。

(2) 定常トルク・最大トルク比 これは、クラッチ接続時の衝撃の程度を表わすもので、値が1に近いほど衝撃が少ないことを意味する。

Fig. 9 は、車軸負荷に対するトルク比の変化を示す。トルク比は車軸負荷の増加に対してほぼ直線的に減少する。負荷が大になると、クラッチ接続時の衝撃がやや現出する傾向になる。しかし、値の変化はわずかであるので、感覚的には認められないであろう。

減衰力による差はほとんど見られない。

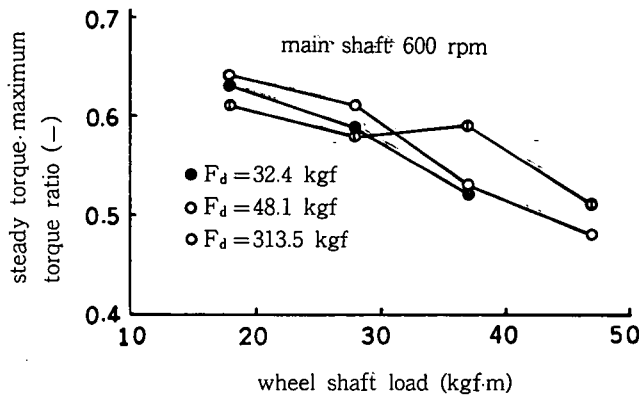


Fig. 9. Relation between wheel shaft load and steady torque to maximum torque ratio.

(3) ダンパ効果の温度依存性 本実験は、主として温暖時に行なったものである。高温時および寒冷時における効果が問題になる。

ダンパに使用した作動油は油圧油であり、動粘度は、5°Cで125 cst, 20°Cで100 cstである。通常の使用温度では、粘度の温度による変化は少ないといえる。実際に、室温5°Cにおいて作動状況を調査したが、前述の効果と大差なかった。

2. ハンドル荷重 主クラッチが急激に接続された場合、相当大きなハンドル荷重が予想される。これに対し、ダンパを使用した場合どのていど緩和されるか、以下に試算する。

ハンドルに作用する荷重は次式で与えられる。

$$H = \frac{(a - f)W - cP - hF}{b + f}$$

ただし、

H: ハンドル荷重 (kgf)

a: 車軸中心から重心までの距離 (前方を正) (m)

f: 車軸中心から車輪接地反力作用点までの距離 (m)

W: 機体重量 (kgf)

P: けん引力 (kgf)

c : P の作用線と車輪接地反力作用点までの距離 (m)

F : 慣性力 (kgf)

h : 車輪接地反力作用点から重心までの高さ (m)

b : 車軸からハンドル握りまでの距離 (m) 回転部分の回転慣性力は省略する。

供試機の仕様を参考に、 $W=150$ (kgf)、 $a=0.1$ (m)、 $f=0$ (m)、 $P=0$ (kgf)、 $b=1.25$ (m)、 $h=0.5$ (m) とする。また、機体の定常速度を 0.3 (m/s) とし、慣性力 F は最大トルク到達時間から得られる平均加速度に対するものとする。

以上の条件により、後退発進時についての計算結果を Fig. 10 に示す。図において、最大トルク到達時間をクラッチ接続時間とした。

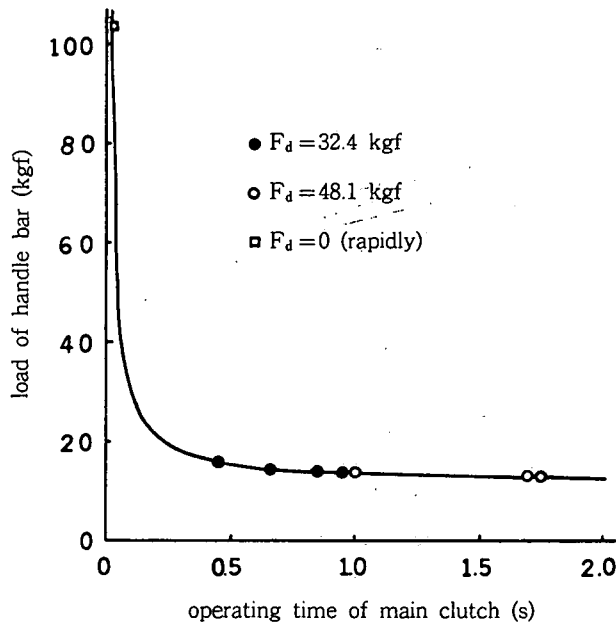


Fig. 10. Instant load of handle bar of a hand tractor at starting.

ダンパを使用せずクラッチを一挙に投入した場合、前述のように0.02秒でクラッチが接続するので、ハンドルの瞬時荷重は100 kgf以上に達する。しかし、発進時の車輪の滑りを考慮すれば、この値はやや低下するが、ハンドルの保持が確実でないと危険を伴う。

一方、ダンパ使用の場合、ハンドル荷重は14~16 kgfとなり、かなり低減される。この例は重心が車軸より前方にある場合を想定したが、重心が後方であれば、仮に変速操作を間違えた場合でも停止動作を行なう余裕を持つことができると思われる。

結 言

歩行用機械の発進時における事故防止の一対策として、主クラッチ操作の簡易化を提案した。すなわち、ダンパの緩衝効果を利用するものである。

ダンパの主クラッチに対する緩衝効果を、最大トルク到達時間、定常トルク・最大トルク比で表した。熟練作業者が操作した場合と比較して、適切なダンパの減衰力は、30~40 kgf ($V=0.3$ m/s)であった。

発進時、主クラッチの操作如何によっては、ハンドルの瞬時荷重は相当大きくなるが、ダンパの使用によって 15 kgf 以下に抑えられる。

この研究は、室内実験によるものであるが、さらに実際の走行状態における効果を調査する必要がある。

最後に、実験を担当された専攻学生、現香川県飯山町建設課主事大林諭氏に謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 自動車技術会, 新編・自動車ハンドブック, P. 7-69, 図書出版社, 東京 (1979)

(昭和57年9月20日受理)

(昭和58年1月28日発行)

