

振動式弾丸暗キヨ施工機の牽引抵抗について

馬場崎 一俊・坂本 五十夫

(佐賀県農業試験場)

弾丸暗キヨを施工する際は大きな牽引力を必要とするため、クローラトラクタや補助車輪を装着した大型のホイールトラクタを用いていたが、振動式の弾丸暗キヨ施工機は振動させることによって牽引抵抗が軽減され、小型ホイールトラクタでの暗キヨ施工も可能となり実用化されつつある。その1機種について振動数、振幅と牽引抵抗の関係、および、その時のトラクタならびに施工機の機体振動について検討した。

1. 試験方法

- 1) 供試機械 トラクタ (TS2210型)
弾丸暗キヨ施工機 (PD110型)
施工深さ 30cm
弾丸の径 80mm

2) は場条件 稲収穫後のほ場で、深さ0~30cmの土壌硬度 6.0kg/cm²、土壌水分40.3%の状態での暗キヨ施工には良好なほ場であった。

2. 試験結果と考察

1) シャンクの前後振動機構

シャンクの後振動は半径50mmの円板の中心を15mmずらした偏心カムをトラクタのPTOによって回転させ、その回転運動を偏心カムによって垂直運動に変え、次にクランクによって水平運動に変える。

また、その変位 (h)、速度 (v)、加速度 (α) は時間 (t) の関数として次の式で表され第1図のような曲線を描く。

$$h = \sqrt{r^2 - a^2} \sin^2 2\pi n t - a \cos 2\pi n t$$

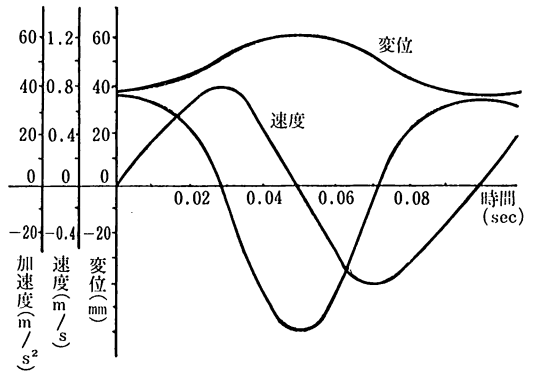
$$v = (a \sin 2\pi n t - \frac{a^2 \sin 2\pi n t \cos 2\pi n t}{\sqrt{r^2 - a^2} \sin^2 2\pi n t}) 2\pi n$$

$$\alpha = 4\pi^2 n^2 a (\cos 2\pi n t - \frac{a \cos 4\pi n t (r^2 - a^2 \sin^2 2\pi n t) a^2 \sin 2\pi n t \cos^2 2\pi n t}{(r^2 - a^2 \sin^2 2\pi n t)^{3/2}})$$

r...カムの半径 (mm)
a...カムの偏心距離 (mm)
n...振動数 (Hz)

2) 牽引抵抗

牽引抵抗の測定は弾丸暗キヨ施工機を装着してPTOだけを駆動し弾丸を振動させるトラクタとそれを牽引するトラクタとの間にロードセルを介して測定をおこない第1表の結果を得た。



第1図 弾丸の変位、速度、加速度曲線

第1表 牽引抵抗値

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
PTO回転数 r. p. m	653 *(604)	780 (702)	1001 (963)	1575 (1406)	653 (610)	653 (534)		
振 幅 (mm)	24	24	24	24	18	30	無振動	走行抵抗
周 期 (sec)	0.099	0.085	0.064	0.043	0.098	0.112		
振動数 (Hz)	10.07	11.70	15.60	23.43	10.17	8.90		
トラクタ速度 (%)	0.321	0.333	0.348	0.337	0.318	0.314	0.317	0.379
けん引 抵 抗 (kg)	最大	757	611	426	595	876	962	**579
	最小	291	289	262	347	390	239	
	平均	524	450	344	471	633	601	796
							796	102

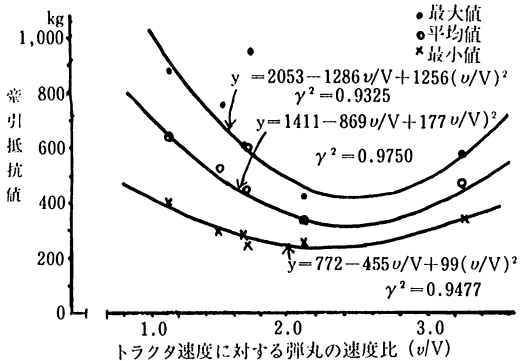
* PTO回転数は無負荷時でエンジン回転数2600rpmの場合で ()内は負荷時の回転数である。
** 静止時から歩行を始める時の歩行抵抗値を表わす。

弾丸暗キヨ施工の牽引抵抗値を表-1に示したが、無振動の牽引抵抗値796kgに対して振動させた場合の抵抗値524kg (10.1 Hz)、450kg (11.7 Hz)、344kg (15.6 Hz)、471kg (23.4 Hz) と少なく、特に振動数15.6 Hzにおいては344kgと約1/2以下と少なく、振動させることによって牽引抵抗は軽減された。

偏心カムによって弾丸が突き出される際の弾丸の速度はトラクタの速度よりも速く、そのためより大きな力を必要とし、その反作用として牽引抵抗も当然大きくなると思われるが、振幅24mm、振動数15.6 Hzの牽引抵抗の最大値さえも無振動の場合の796kgに比べて426kgと小さな値を示している。この点について、弾丸が偏心カムによって突き出される際大きな力がかかり、土塊がシャン

ク刃の両端に強く押広げられるためにシャングの通りがよくなり結果的に牽引抵抗が小さくなったものと考えられる。

振動数を10.1 Hz, 11.7 Hz, 15.6 Hz と増加させると牽引抵抗値は減少し、さらに23.4 Hz と増すと逆に増加する傾向が認められる。また、振動数15.6 Hz の場合1 振幅間にトラクタの進む距離(22.3mm)と振幅(24mm)とが他の振動数に比べて最も接近し、牽引抵抗も小なくなっている。このように振動数、振幅、トラクタ速度と牽引抵抗の関係は深いと考えられる。よって、四者の関係を表すため、振動数と振幅から求めた弾丸が突出される際の平均速度(v)のトラクタ速度(V)に対する比 v/V と牽引抵抗の関係について求め第2図に示した。



第2図 速度比(v/V)と牽引抵抗との関係

その結果、トラクタ速度に対する弾丸の速度比と牽引抵抗との関係は2次曲線の形を示し、決定係数0.9以上の高い値が得られ、その2次曲線によると、速度比2.3~2.5で牽引抵抗は最小値を示す。

3) トラクタと弾丸暗キヨ施工機の機体振動について

トラクタの前部フレームと弾丸暗キヨ施工機の後部フレームにおいて、振幅および加速度を測定した結果、第2表に示すようにトラクタ前部における振幅は0.8~1.2 mm, 加速度は4 g~4.6 g と振動数によって大きな変化は認められないが、施工機後部の振動による加速度は13 g(振動数10.1 Hz), 18 g(11.7 Hz), 28 g(15.6 Hz) 30 g以上(23.4 Hz, 測定不可能)と振動数が増加するにつれて増加し、また、15.6 Hz 以上からオペレーターへの振動が強く感じられるため、振動数12 Hz~13 Hz が限度と思われる。

第2表 トラクタと施工機の振動

No.		1	2	3	4	5	6	7
振 幅 周 期 振 動 数	幅(mm)	24	24	24	24	18	30	0
	期(sec)	0.099	0.085	0.064	0.043	0.098	0.112	—
	数(Hz)	10.07	11.70	15.60	23.43	10.17	8.90	—
振 幅 (mm)	トラクタ前部	0.8	0.9	1.0	1.0	1.2	1.2	0.7
	施工機後部	0.8	0.9	0.9	15.0	0.7	0.8	0.6
加 速 度 (m/s^2)	トラクタ前部	4.0g	4.0g	4.4g	4.4g	4.0g	4.6g	3.6g
	施工機後部	13g	18g	28g	30g以上	—	—	0.8g

3. まとめ

振動式弾丸暗キヨ施工機の牽引抵抗は振動させることによって軽減され、振動数15.6 Hz の場合は無振動の時に比べて1/2以下の値を示した。また、牽引抵抗は振動数、振幅、トラクタ速度に関係し、トラクタ速度に対する弾丸の速度比が約2.3~2.5で最小の牽引抵抗値が得られる。振動式弾丸暗キヨ施工機の機体振動は振動数が増加するにつれて大きくなるがオペレーターの感触から振動数12~13 Hz が限度と思われる。