

# 콤바인 選別損失 適正化를 爲한 搖動체의 特性和 選別性能에 관한 研究<sup>†</sup>

## Study on the Characteristics and Separating Performance of Oscillating Sieve for Optimization of Separating Losses of Combine

金 相 憲\* 南 相 一\*\* 劉 壽 男\*\*\*

Kim, Sang Hun, Nam, Sang Il, Ryu, Su Nam

### SUMMARY

To analyze the grain transport velocity, which is valuable for optimizing the separation losses, an oscillating apparatus for sieve was designed. The grain transport velocity was measured in each combination of three amplitude levels, three rpm levels and four projection angle levels. To analyze the grain transport velocity theoretically, two computer programs were developed. And the results from experiment and theoretical analysis were compared.

1. The grain transport velocity was increased with the projection angle of oscillating sieve. Especially when the projection angle is higher than  $45^\circ$  the grain transport velocity on the flat-plate was not increased but on the raked surface was increased persistently.
2. The grain transport velocity was increased linearly with the frequency of oscillating motion. The speed of driving link must be higher than 350 rpm at 24mm amplitude, 250 rpm at 36 mm amplitude to transport the grain efficiently.
3. The grain transport velocity was increased with the amplitude of oscillating motion. But if the amplitude was smaller than interval of racks, the grain on the raked surface was not transported, even though the projection angle or the speed of revolutionary link was increased.
4. The transport characteristics of a grain varied with the amplitude and projection angle. Especially in the range of  $1.5 < K < 2.3$  at  $45^\circ$  projection angle the transportation of grain was successful and the grain motion consisted of sliding movement (forward, backward) and jumping movement, which is considered recommendable for separating process of a combine sieve.
5. The results from theoretical analysis were approximately in accord with that from experiment.

### 1. 序 論

作物이 脫穀機나 콤바인의 扱室에서 脫穀過程을 거치면 穀物과 파쇄된 作物의 줄기와 잎이 混合된 物質이 생성되며, 다시 이 混合物質에서 穀物만을 選別하여내는 작업은 脫穀機나 콤바인과 같은 收穫機械에서 반드시 거쳐야만 하는 중요한 過程이다.

이러한 選別過程에는 穀物과 雜물의 物理的 特性

의 차이를 利用한 風力選別 또는 搖動체 選別方法이 채택되고 있으며 本研究에서는 自脫形콤바인에 일반적으로 사용되고 있는 搖動체 選別方法을 研究의 대상으로 하였다.

搖動체 위에서 穀物과 雜물의 混合物質은 搖動체의 運動에 의하여 앞으로 移送되게 되고 이 過程中 穀物과 雜물은 서로 分離되어 層을 形成하게 되며

<sup>†</sup> 本 研究는 1983年度 産學協同財團 學術研究費에 의하여 이루어졌음.

\* 江原大學校 農科大學 農工學科

\*\* 서울大學校 農科大學 農工學科

\*\*\* 全南大學校 農科大學 農工學科

최종적으로 穀物은 搖動체 선단에 있는 網을 통하여 밑으로 빠져 나오게 되어 選別作用이 이루어지게 된다.

그러나 이러한 混合物質의 移送와 選別은 I) 混合物質을 구성하는 物質들의 物現의 特性 II) 搖動체 運動의 振幅 III) 搖動체 運動의 週期 IV) 搖動체 運動軌跡의 投射角 V) 搖動체 面의 形狀 등 대단히 다양한 요인들에 의하여 影響을 받게되어 어떠한 條件에서 어떠한 狀態로 進行될지를 판단 하기가 어렵다.

搖動체 위에서 發生하는 穀粒의 運動에 대하여는 Kluge, Balkin, 杉本, 岩尾 등이 理論的으로 研究하였던 바 Kluge는 粒子의 飛行運動에 의하여 粒子의 移送를 解析하였고, Balkin은 시간축에 搖動체의 運動速度를 그림으로 나타내 그림상의 면적을 계산하여 粒子의 相對速度를 解析하였으며, 杉本과 岩尾

는 粒子의 運動을 粒子와 搖動체 表面사이의 미끄럼과 粒子의 飛行運動의 調合으로 解析하였다.

따라서 本 研究에서는 搖動체의 選別損失을 適正化하는데 우선적으로 究明되어야 할 搖動체의 特性和 穀物의 移送性能에 關한 分析을 目的으로 하였으며 구체적으로는 搖動체의 特성을 究明하기 위하여 搖動체를 驅動시키는 機構에 대한 機構學的인 特성을 컴퓨터를 利用하여 解析하였으며, 또한 粒子의 運動에 關한 理論式을 開發하여 컴퓨터로 계산하였다. 동시에 自脫形콤바인의 搖動체를 本 研究를 위하여 製作된 驅動機構에 裝착하여 驅動링크의 길이, 驅動링크의 回轉速度, 搖動체 運動軌跡의 投射角,

搖動체 表面의 形態를 變化시키면서 穀物의 移送性能을 分析하였으며 여기에서 나온 結果를 理論式的 結果와 比較 檢討하였다.

## 2. 搖動체의 特性

### 가. 搖動체 驅動裝置가 지닌 機構學的 性質

#### 1) 構造

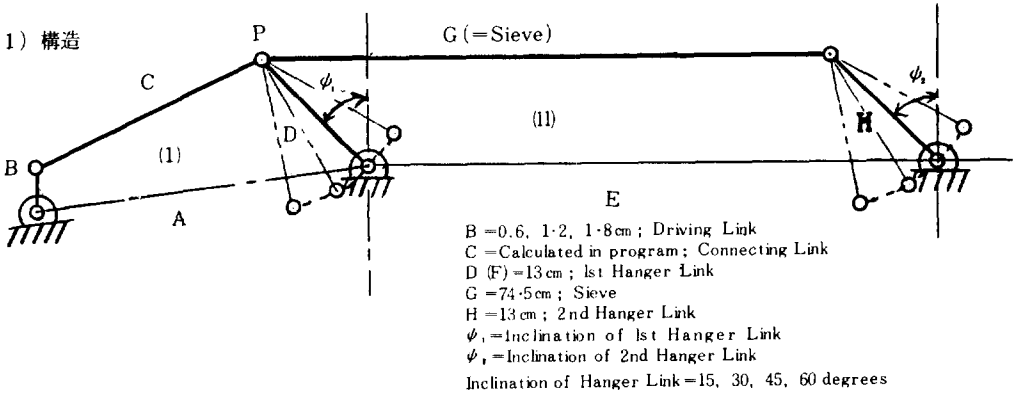


Fig. 1. The dimensions of oscillating apparatus

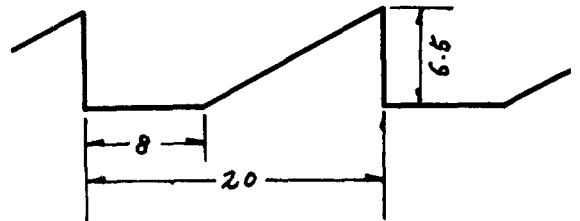
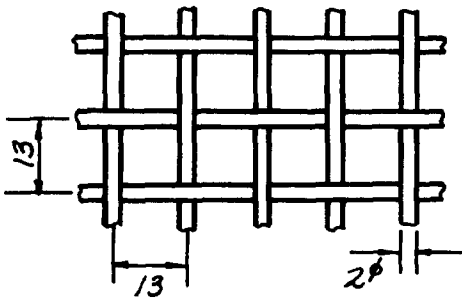


Fig. 2 Shape of sieve used for the experiment.

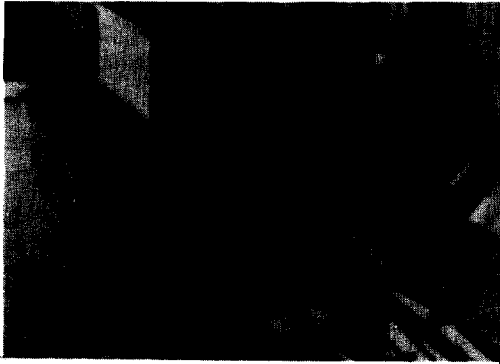


Fig. 3. Apparatus used for experiment

本實驗에 사용된 搖動체 驅動裝置는 4-Bar Linkage (I)과 (II)가 D 링크를 共有하는 構造로 되어있다. 구동링크B는 길이가 0.6cm로 고정되었을 때 450rpm, 500rpm, 550rpm으로 回轉하고, 길이가 1.2cm로 고정되었을 때 300rpm, 350rpm, 400rpm으로 回轉하며 길이가 1.8cm로 고정되었을 때 200rpm, 250rpm, 300rpm으로 回轉한다. 이때 각 境遇에서 Hanger 링크의 傾斜角은 링크의 회전중심의 位置를 變경시킴으로써 15°, 30°, 45°, 60°로 調整될 수 있도록 되어있으며, 1st Hanger 링크와 2nd Hanger 링크의 傾斜角은 서로 같도록 하였다.

2) 搖動체의 軌跡, 速度, 加速度의 計算

搖動체 G의 軌跡과 速度, 加速度를 計算하기 위하여 우선 4-Bar Linkage (I)에서 共有링크D의 끝에 位置한 P點의 座標, 速度, 加速度를 計算하고 이 값을 다시 4-Bar Linkage (II)에 代入하여 G 링크위의 한 點의 軌跡, 速度, 加速度를 구하였다. 이때 4-Bar Linkage에서의 座標, 速度, 加速度의 計算은 각각 FORTRAN 프로그램內에서 SUBROUTINE으로 作成되어 실행되며 驅動링크의 1회轉을 15°角도로 變化시킴에 따라 24點에 對하여 計算하였다.

이 프로그램의 構造는 그림 4와 같다.

3) 搖動체의 運動

搖動체의 軌跡은 搖動체面 上的의 모든 點의 軌跡이 同一한 圓弧를 이루고 있으며 最大速度는 軌跡의 中央點에서 나타나고 最大加速度는 軌跡의 兩끝에서 나타난다. 驅動링크B의 回轉速度, 길이 Hanger 링크의 傾斜角을 變化시켰을 때 各 組合에서 나타나는 最大速度의 垂直成分과 最大加速度의 垂直, 垂直成分의 경향은 그림 5와 그림 6과 같이 나타난다.

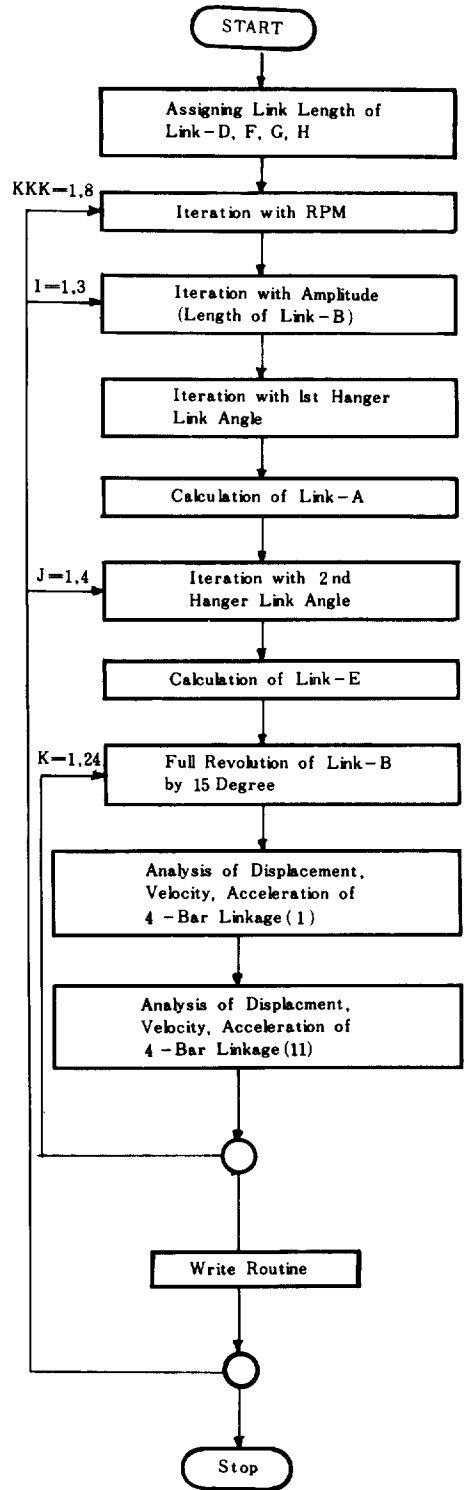
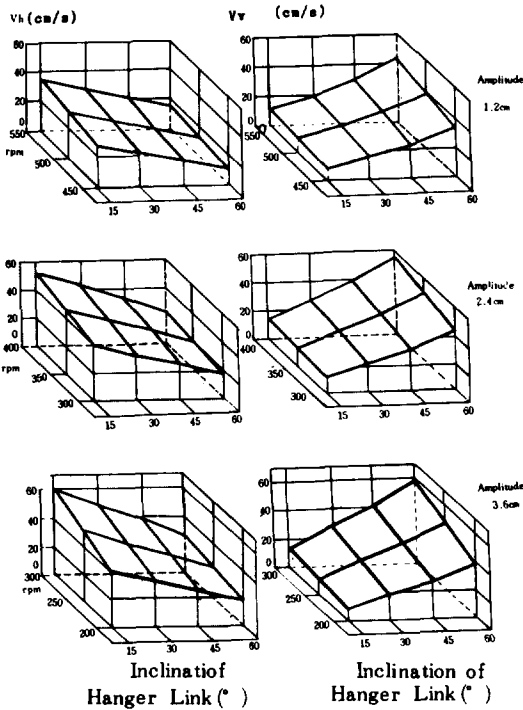


Fig. 4. Flow chart of kinematical analysis



$V_h$  : Horizontal component of maximum velocity  
 $V_v$  : Vertical component of maximum velocity

Fig. 5. Change of horizontal and vertical component of maximum velocity through one revolution of Link-B in every case

나. 搖動체 面上的 粒子的 運動解析

1個의 粒子가 搖動面上에서 運動하는 現象을 究明하기 爲해서 粒子的 形狀, 搖動체 面과 粒子사이의 反發 및 粒子的 空氣抵抗을 무시하고 미끄럼 摩擦抵抗을 考慮하여 二次元運動으로 해석하였다.

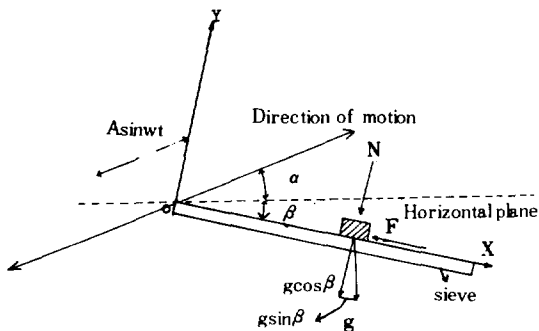
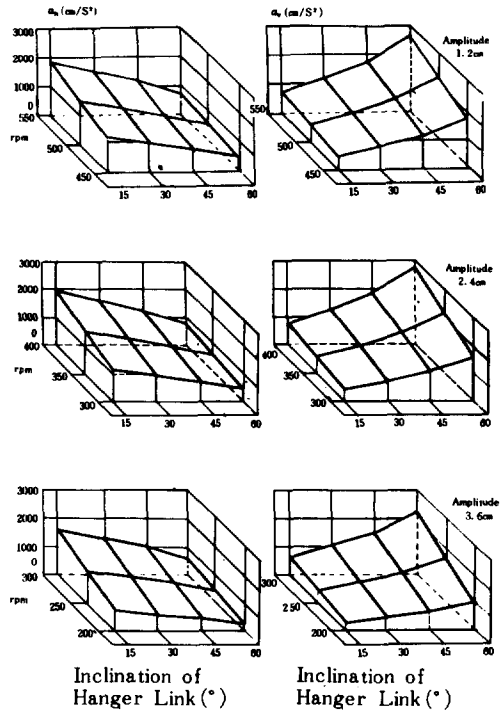


Fig. 7. Schematic diagram of a grain on the oscillating sieve surface



$a_h$  : Horizontal component of maximum acceleration  
 $a_v$  : Vertical component of maximum acceleration

Fig. 6. Change of horizontal and vertical component of maximum acceleration through one revolution of Link-B in every case

그림 7의 x, y방향으로 搖動체의 變位는  $x_m, y_m$ 이며, 搖動체의 投射角은  $\alpha$ , 搖動체 面과 水平面과의 角은  $\beta$ 이다.  $\alpha$ 方向으로 搖動체가  $a \sin \omega t$ 의 振動을 行할 時 搖動체 面上的 粒子的 質量m, 重力加速度g, 動摩擦係數F, 粒子가 搖動체 面에 加한 수직 方向의 力N을 고려하여 구한 搖動체의 運動은

$$\begin{aligned} x_t &= a \sin \omega t \cos(\alpha + \beta) \\ y_t &= a \sin \omega t \sin(\alpha + \beta) \\ \ddot{x}_t &= -a \omega^2 \sin \omega t \cos(\alpha + \beta) \\ \ddot{y}_t &= -a \omega^2 \sin \omega t \sin(\alpha + \beta) \end{aligned} \quad (1)$$

로 표시되며,

粒子的 運動方程式은

$$m \ddot{x}_m = mg \sin \beta - F, \quad m \ddot{y}_m = N - mg \cos \beta \quad (2)$$

$$\begin{aligned} N &= m \{ g \cos \beta - a \omega^2 \sin \omega t \sin(\alpha + \beta) \} \\ &= mg \cos \beta (1 - K_v \sin \omega t) \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 :  $K = a \omega^2 / g, K_v = K \cdot \sin(\alpha + \beta) / \cos \beta$ 로 쓸 수 있다. 粒子的 移送速度는 x方向으로 粒子

의 搖動체에 대한 相對運動을 式(1)과 (2)에 의해 구하여 分析되었다.

粒子가 搖動체 面上을 進行하는 運動過程은 相對 静止, 미끄럼運動(進行方向, 反進行方向) 및 飛行運動으로 大別할 수 있다.

1) 粒子의 미끄럼運動

粒子와 搖動체가 相對静止상태이면 相對速度는 0 이 된다.

進行方向으로 미끄럼이 發生하는 경우에는 摩擦力  $F = \mu N$  이 되고

相對加速度는

$$\ddot{x}_r = \ddot{x}_m - \ddot{x}_i = g \sin \beta - \mu \{g \cos \beta - a \omega^2 \sin(\alpha + \beta) S \sin \omega t\} + a \omega^2 \sin \alpha \cos(\alpha + \beta) \dots \dots \dots (4)$$

이다.

反進行方向으로의 미끄럼의 경우에는 摩擦力  $F = -\mu N$ 이 되고 相對加速度는

$$\ddot{x}_r = \ddot{x}_m - \ddot{x}_i = g \sin \beta + \mu \{g \cos \beta - a \omega^2 \sin(\alpha + \beta) S \sin \omega t\} + a \omega^2 \sin \alpha \cos(\alpha + \beta) \dots \dots \dots (5)$$

이 된다. 각 미끄럼運動에서 粒子의 搖動체에 대한 相對加速度를 간단히 하면

$$\ddot{x}_{ri} = \ddot{x}_{mi} - \ddot{x}_{ii} = g(P + KQ \sin \omega t) \dots \dots \dots (6)$$

여기서

$i$  : 任意的 運動区分 ( $i = 1, 2$ )

$$P = \sin \beta \mp \mu \cos \beta$$

$$Q = \cos(\alpha + \beta) \pm \mu \sin(\alpha + \beta)$$

上部号 : 進行方向 미끄럼 ( $i = 1, P', Q'$ )

下部号 : 反進行方向 미끄럼 ( $i = 2, P'', Q''$ )

로 表示된다. <sup>3), 5)</sup>

任意的 運動區間( $i$ )에서 粒子의 搖動체에 대한 相對變位  $\Delta x_{ri}$ 는 (6)식을 두번 積分하여 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta x_{ri} &= aQ/2 \{P/KQ(\theta_{2i} - \theta_{1i})^2 - 2 \\ &(\sin \theta_{2i} - \sin \theta_{1i}) + 2(\cos \theta_{1i} + \epsilon_{1i}/Q) \\ &(\theta_{2i} - \theta_{1i})\} \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

여기서  $\Delta x_{ri}$  : 상대변위 ( $\omega t = Q_{1i}$  에서  $\omega t = Q_{2i}$  까지)

$\epsilon_{1i}$  : 초기조건  $\omega t = \theta_{1i}$  일때  $V_{ri} = a \omega \epsilon_{1i}$

搖動체가 한 사이클 振動하는 사이에  $n$ 개의 運動 区分이 일어나면 粒子의 미끄럼에 의한 平均 移送速度  $V$ 는  $n$ 개의 운동구분에서 進행한 相對變位の 總合을 주기  $2\pi/\omega$ 로 나누어 求할 수 있다.

즉,

$$\begin{aligned} V &= \omega/2\pi \sum_{i=1}^n \Delta x_{ri} = a \omega/4\pi \sum_{i=1}^n Q \{P/KQ(\theta_{2i} - \theta_{1i}) \\ &- 2(\sin \theta_{1i} - \sin \theta_{2i}) + 2(\cos \theta_{1i} + \epsilon_{1i}/Q)(\theta_{2i} \\ &- \theta_{1i})\} \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

이다.

式(8)을 利用하여 미끄럼運動을 行하는 粒子의 移送速度를 求하기에 앞서 粒子의 搖動체 面위에서 各 運動狀態에 對한 搖動체의 振動上의 條件을 求하여야 한다. 먼저 相對静止狀態는 粒子에 作用하는 힘과 搖動체 振動에 의한 힘을 合한 값과 摩擦力과의 關係가

$$mg \sin \beta + m a \omega^2 \cos(\alpha + \beta) S \sin \omega t < \mu \{mg \cos \beta - m a \omega^2 \sin(\alpha + \beta) S \sin \omega t\}$$

와 같이 될 때이며 이런 狀態가 破壞되는 순간에서 미끄럼運動이 일어난다. 따라서 미끄럼 運動이 시작되는 搖動체 驅動軸回轉角( $\omega t = \psi_s$ )은 式(6)의 相對加速度  $\ddot{x}_{ri}$ 가 0인 경우로

$$P + KQ S \sin \omega t = 0 \text{인 關係를 보인다. 따라서,} \\ -\sin \psi_s = P/KQ \dots \dots \dots (9)$$

의 關係條件을 얻을 수 있다. 進行方向의 미끄럼이 發生하는 경우는

$$P'/KQ' = -\sin \psi'_s, \quad \psi'_s \leq \omega t \leq (\pi - \psi'_s)$$

進行方向과 反對方向의 미끄럼이 發生할 때는

$$P''/KQ'' = -\sin \psi''_s, \quad \psi''_s \leq \omega t \leq (3\pi - \psi''_s) \text{이다.}$$

2) 粒子의 飛行運動

粒子가 飛行運動을 하는 경우에는 粒子가 搖動체面을 離脫하여 拋物線運動을 하게되며 飛行中 粒子의 水平速度는 一定하고 搖動체를 떠날때의 搖動체 速度의 水平成分과 같다.  $\psi_u$ 를 粒子가 飛行을 시작하는 搖動체 驅動軸의 回轉角으로,  $\psi_o$ 를 粒子가 搖動체 面위에 다시 着陸하는 搖動체 驅動軸의 回轉角이라 할때 粒子의 平均移送速度는

$$V = \sqrt{g/4\pi m} \cdot \cos \alpha / \cos \beta \sqrt{ak} \sin \psi \quad (\psi_o - \psi_u)^2 \dots \dots \dots (10)$$

여기서  $2\pi(m-1/2) - 2\psi_u < \psi_o - \psi_u < 2\pi m$  으로 表示할 수 있다.<sup>10)</sup>

粒子의 飛行運動條件을 살펴보면 式(3)에서  $K_v < 1$ 의 경우는  $\omega t$ 가 變하여도 항상  $N > 0$ 가 되어 粒子가 搖動체 面위에 있게 될 것이다. 그러나  $K_v > 1$ 의 경우는  $\omega t$ 의 變化에 따라  $N < 0$ 인 때가있어 粒子는 搖動체 面에서 離脫하여 飛行運動을 한다. 즉  $K_v > 1$ 에서  $1 - K_v \sin \omega t = 0$ 인 순간에 飛行運動이 始作된다. 따라서  $K_v$ 와  $\psi_u$ 과의 關係는 다음과 같다.

$$\sin \psi = 1/K_v \dots\dots\dots(11)$$

또한  $\psi_0$ 와  $\psi_1$ 과는

$$[\sin \psi_0 - \sin \psi_1 - \cos \psi_1 (\psi_0 - \psi_1) (1 - \tan \beta / \tan \alpha) + (\psi_0 - \psi_1)^2 / 2K \sin \alpha = 0 \dots\dots\dots(12)$$

의 關係가 있으며  $\psi_1$ 값의 變化에 따른  $\psi_0$ 의 값을 求한 結果는 그림 8과 같았다.<sup>10)</sup>

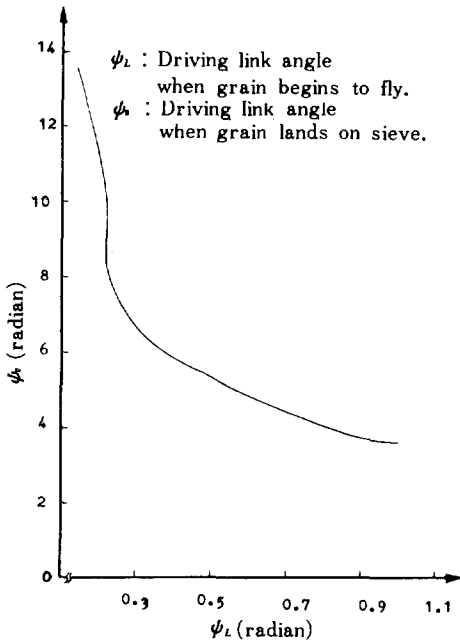


Fig. 8. Relation between  $\psi_0$  and  $\psi_1$ .

3. 實驗裝置 및 方法

實驗에 使用된 搖動體는 4-Bar Linkage를 利用하여 圓弧上의 運動을 行하는 機構로서 振幅을 1.2cm, 2.4cm, 3.6cm의 세수준, 投射角을 15°, 30°, 45°, 60°의 네수준으로 變化시키며 實驗을 할 수 있도록 그림 1과 같은 裝置를 制作 附着하였으며, 구동링크의 회전속도 변화는 220V 單相 V·S. 모터를 (1/2PS) 使用하였다.<sup>2)</sup>

穀物을 搖動체에 供給하는 벨트콘베이어 (2m × 0.45m) 는 一定한 速度로 搖動체 入口에서 穀粒을 낙하하도록 製外되었다. 搖動체面은 랙 (rack) 형상인 Grain-Pan과 鐵線網으로 이루어 졌으며 (그림 3) 平板實驗에서는 랙面위에 平板을 附着하여 實驗하였다.

實驗에서 規定한 要因과 수준은 표 1과 같다. 實驗에 使用된 벼는 밀양 23호 品種이었다. Bulk density는 0.575gr/cm<sup>3</sup>이었고 수분함량은 14% (w. b.) 이었으며 랙형상의 搖動체 表面과 穀粒의 마찰계수는 0.62로 하였다.<sup>7)</sup>

單粒의 移送速度는 搖動체面위의 一定거리를 進行하는데 必要된 時間을 測定하여 求하였고, 層流의 平均移送速度는 穀粒만을 一定率 (Gkg/S) 로 搖動체面에 供給하여 穀粒의 흐름이 충분히 定常狀態에 도달했을 때에 다음과 같은 關係式을 利用하여 求하였다. 먼저 供給率이 一定하게 유지됨으로

$$r \cdot b \cdot h \cdot v = r \cdot b \cdot h' \cdot v'$$

여기서  $r$  : 곡립의 비중량 (kg/m<sup>3</sup>)

$b$  : 搖動체의 幅 (벨트콘베이어의 幅) (m)

$h$  : 搖動체面위의 平均穀粒堆積높이 (m)

$h'$  : 벨트콘베이어위의 平均穀粒堆積높이 (m)

$v$  : 搖動체面위에서의 平均穀粒移送速度 (m/S)

$v'$  : 벨트콘베이어위에서의 平均穀粒移送速度

와 같은 關係를 만족하며, 따라서 搖動체面위에서의 層流의 平均穀粒移送速度  $v$ 는

$$v = v' \frac{h'}{h} \quad \frac{h'}{h} = \frac{G' / (r \times A)}{G / (r \times A)}$$

여기서  $A$  : 搖動체의 面積 (m<sup>2</sup>)

$G$  : 搖動체面위의 穀粒무게 (kg)

$G'$  : 벨트콘베이어위의 穀粒中  $A$ 면적에 해

Table 1. Details of experiments

Factors Treatment	Sieve surface Shape	Amplitude (cm)	rpm of driving link	Projection Angle (degree)	Feed rate (kg/min)
Transport velocity of single grain	Rack	1.2, 2.4, 3.6	450, 500, 550	15, 30, 45, 60	•
	Plate	1.2, 2.4, 3.6	300, 350, 400	15, 30, 45, 60	•
Mass flow velocity	Rack	1.2, 2.4, 3.6	200, 250, 300	15, 30, 45, 60	5

당하는 穀粒무게 (kg) 에서 구하여졌다. 또한 本實驗에서의 供給率은 보통 콤바인에서 使用 가능한 300kg/hr (5 kg/min)로 고정하였다.

#### 4. 結果 및 考察

##### 가. 移送速度 實驗

##### 1) 投射角의 影響

전체적으로 振幅과 驅動軸回轉速度의 各 조합에서 投射角이 증가하면 그림 9와 같이 穀物의 移送速度도 증가하는 傾向이 있다. 그러나 各 振幅 24mm, 36mm 인 경우에 驅動軸 回轉速度가 충분하지 못하여 穀物의 移送상태가 정상수준까지 오르지 못하면 이러한 傾向은 나타나지 않았다. 이때 振幅이 24mm일 경우의 최저 정상 驅動軸 回轉速度는 약 350rpm, 36mm 일 경우의 최저 정상 驅動軸 回轉速度는 약 250rpm 인 것으로 實驗結果 판단할 수 있었다. 특히 穀物을 5kg/min의 流量으로 락(rack)이 있는 콤바인 搖動체에 투입했을 경우(Mass flow) 各 驅動軸 回轉速度에서 投射角이 45° 이상으로 증가함에 따라 移送速度가 급격히 증가하는 傾向을 나타내고 있다.

이러한 現象은 投射角이 45° 이상인 경우 穀物의 飛散角度가 커져서 移送速度가 다소 낮아지는 傾向

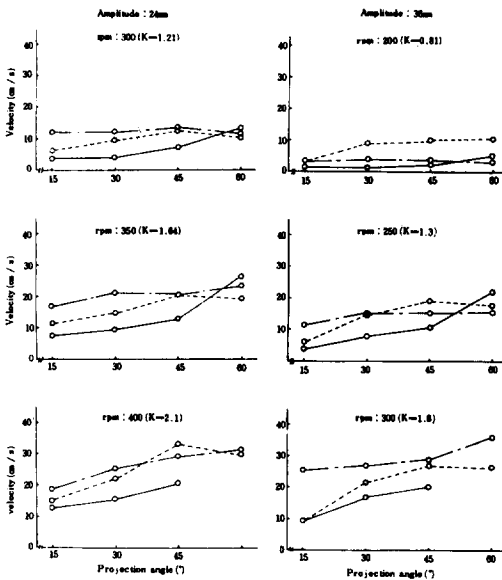
을 보이는 平板의 경우와는 달리 稜形상을 갖는 搖動체의 경우에는 穀物이 飛散되어 다시 搖動체에 着陸하기 이전에 락(rack)이 穀物을 재차 飛散시킨 結果로 판단되며 이 경우 糞플과 혼합된 穀物을 選別하는데 유리할 것으로 생각된다.

##### 2) 搖動체 驅動軸 回轉速度에 의한 影響

전체적으로 振幅과 投射角의 조합에 있어서 驅動軸 回轉速度가 증가하면 그림 10과 같이 穀物의 移送速度는 直線의 形式으로 증가하였다.

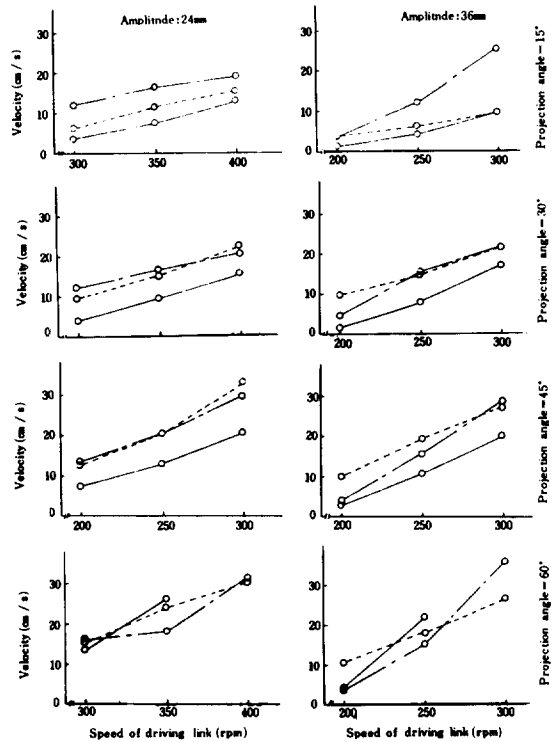
그런데 投射角이 45°보다 작으며, 穀物을 5kg/min의 流量으로 투입했을 경우의 移送速度는 穀物을 單粒의 상태로 투입했을 경우보다 작게 나타나고 있다. 이것은 層流狀態에서는 各 單粒의 運動이 상당히 不規則的이고 서로 衝突하기 때문에 各 單粒이 移送될때 低抗을 받아 全體的으로 層流의 移送速度가 低下되기 때문인 것으로 판단된다.

그러나 投射角이 60°인 경우 層流의 移送速度는



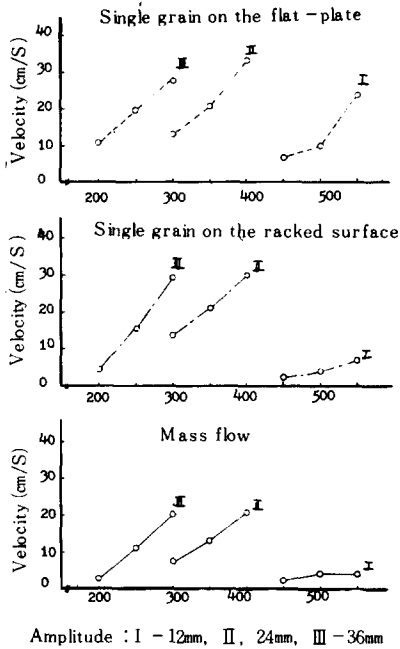
Transport Velocity of single grain on the plate  
 Mass flow Velocity on the racked surface  
 Transport Velocity of single grain on the racked surface

Fig. 9. The change of grain transport velocity in accordance with the change of projection angle



..... Transport Velocity of single grain on the plate  
 - - - Mass flow Velocity on the racked surface  
 — Transport Velocity of single grain on the racked surface

Fig. 10. The change of grain transport velocity in accordance with the change of speed of driving link



Amplitude : I - 12mm, II, 24mm, III - 36mm

Fig. 11. The change of grain transport velocity in accordance with speed of driving link at projection angle 45°

單粒의 移送速度와 거의 같은 값을 나타내고 있다. 이러한 現象은 投射角의 증가에 따라 穀粒의 飛散角度가 커지는 特徵에 의해서 層流의 移送狀態가 전체적으로 單粒化하기 때문인 것으로 판단된다.

3) 振幅에 의한 影響

搖動체의 表面이 平板 혹은 畚形상을 갖는 搖動체에 한개의 穀粒을 투입했을 경우, 그리고 畚形상의 搖動체에 穀粒을 5 kg/min의 流量으로 供給했을 경우에, 振幅을 크게 하면 穀粒의 移送速度는 그림 11과 같이 전반적으로 증가하였다.

그러나 畚形상을 갖는 경우에는 振幅이 12mm일 때 搖動체 驅動軸 回轉數를 증가시켜도 穀物移送速度의 증가 現象이 뚜렷이 나타나지 않고 있다. 이것은 공시된 搖動체의 畚사이의 간격이 20mm이고 振幅이 12mm이었으며 搖動체 面上 한 점의 水平方向 振幅도 12mm 이하로 나타나고 있어서 穀粒이 불규칙적인 反動에 의한 效果 이외에는 畚를 뛰어 넘을 수 없었기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 搖動체의 設計時에 다른 設計요인의 결정에 앞서 畚의 形狀과 驅動링크의 길이와의 相互關係를 우선적으로 考慮하여야 한다.

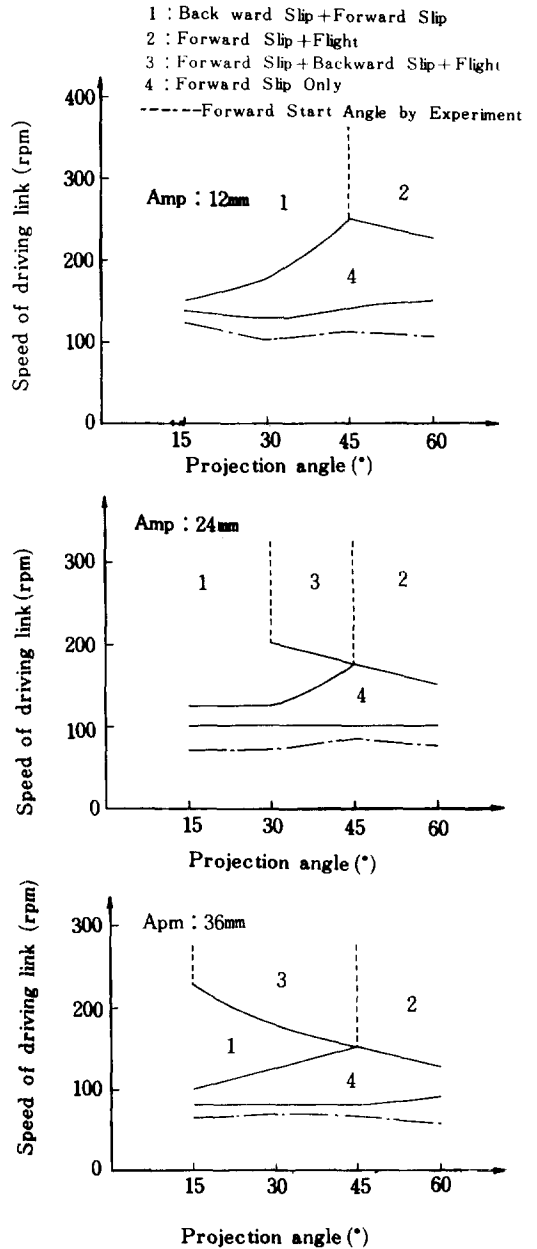


Fig. 12. Feasible regions of each motion

나. 理論値와 實驗値의 비교

1) 運動過程의 組合 및 境界條件

粒子的 運動過程은 相對靜止, 進行方向의 미끄럼, 反進行方向의 미끄럼, 飛行運動으로 이루어지며, 振幅과 投射角에 따라 그 조합이 달라졌다. (그림 12) 특히 投射角이 60°에서는 反進行方向의 미끄럼現象은 일어나지 않고 進行方向의 미끄럼과 飛行運動



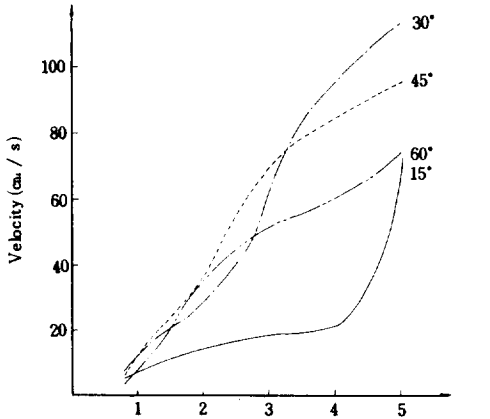


Fig. 13. Effect of K (centrifugal effect) and projection angle on transport velocity at amplitude 36mm

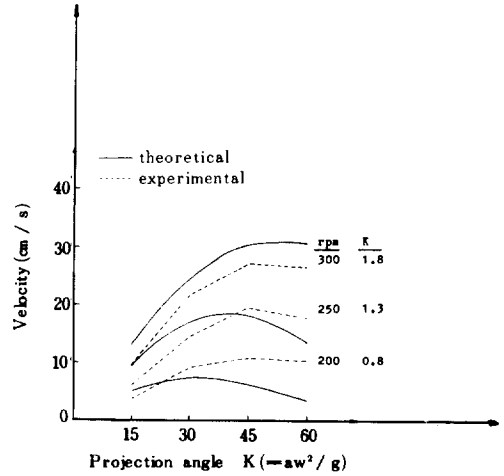


Fig. 15. Comparison of transport velocity between theoretical value and experimental value at amplitude 36mm

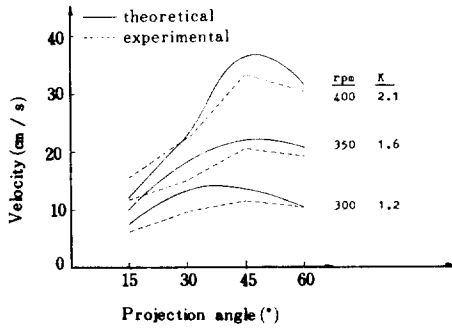


Fig. 14. Comparison of transport velocity between theoretical value and experimental value at amplitude 24mm

過程의 조합으로移送이 이루어졌으나 投射角이 45° 이하에서는 進行方向 및 反進行方向의 미끄럼이 共存하고 振幅이 커질수록 飛行運動過程도 發生되었다.

여기서 모든 運動過程을 포함하며 동시에 移送이 좋아질때 搖動체 面위의 混合物 選別效果가 向上될 것으로 판단 되는 바 振幅 12mm 이상이고 直線運動을 하는 搖動체에서는 그러한 特性을 가진 投射角45°에서 選別性能의 向上을 기대 할 수 있을 것으로 판단 되었다.

한편 振幅이 증가 할수록 각 運動過程을 發生시키는 限界振動數가 점차 낮아져서 낮은 振動數에서도 移送이 可能하게 되며 그림 11에서 나타난 實驗結果도 그 경향이 비슷하게 나타났다.

## 2) 平均移送速度

粒子的 運動은 振動強度(K)가 작은 경우에는 粒子에 作用하는 摩擦력이 慣性力보다 커서 粒子運動은 相對靜止狀態가 되나 慣性력이 커짐에따라 미끄럼 및 飛行이 發生된다.

그림13에서 投射角15°를 제외한 投射角에서 K값의 增加에 따라 粒子的 平均移送速度는 증가하였으며, 이러한 傾向은 本 實驗結果(그림14) 및 層流移送에 관한 實驗結果<sup>4)</sup>와 비슷한 傾向을 보였다.

K 값이 3.3 이상인 範圍에서는 粒子가 주로 飛行에 의해 移送되며, 投射角이 작을수록 飛行速度의 水平成分이 커서 平均移送速度가 빨라졌다.

한편 1.5 < K < 2.3 範圍에서는 平均移送速度가 10 cm/sec ~ 40cm/sec 이어서 穀物을 移送選別할 수 있는 範圍로 생각되나 이 경우 移送速度에 대한 投射角의 效果는 K > 3.3일때와 달리 投射角 30° 일때의 移送速度가 相對的으로 낮아졌다. 이러한 現象은 이 範圍의 移送이 주로 미끄럼에 의해 이루어짐으로 相對的으로 投射角이 작은 30°일 경우 反進行方向의 미끄럼 效果가 컸던 결과로 판단된다.

따라서 飛行運動의 경우는 投射角이 작을수록, 미끄럼 및 飛行運動이 並行되는 경우에는 投射角45°에서 移送速度가 높은것으로 판단되었다.

그림 14, 15는 振幅이 2.4mm와 36mm일때의 平均移送速度를 구한 理論値와 實驗値를 比較한 結果로 全体的인 傾向이 一致하였으며, K 값이 1.5 ~ 2.3

의 범위일때 投射角 45°에서 平均移送速度가 最高인 狀態를 보여주고 있다.

實驗水準의 振動強度(K)에서 그 값이 커서 주로 미끄럼과 飛行에 의한 移送를 나타내는 경우에는 理論値가 약간 높으면서 그 傾向이 뚜렷이 一致하였으나 K 값이 작아 주로 미끄럼運動만을 行하는 경우에는 다소 차이를 보였다.

따라서 本 研究에서 開發된 平均移送速度 推定式은 振動強度(K)가 높은 경우에 잘 適用되었다.

## 5. 要的 및 結論

搖動체의 選別損失을 適正化하는데 우선적으로 究明되어야 할 穀物의 移送速度를 分析하기 위해서 自脫形콤바인의 搖動체를 本實驗에서 製作된 驅動機構에 裝着하였다. 搖動체 運動의 振幅, 週期, 投射角, 表面의 形象을 變化시키며 穀物의 平均 移送速度를 測定하였으며 理論的 分析을 위하여 컴퓨터 프로그램을 開發하여 두 結果를 比較 檢討하였다.

가. 搖動체의 投射角을 增加시키면 全般的으로 穀物의 平均移送速度는 增加하였다. 특히 投射角이 45°以上일 때 平板에서는 穀物의 移送速度가 增加하지 않았으나 락 형상의 搖動체에서는 계속 增加하였다.

나. 搖動체 驅動軸의 回轉速度가 增加하면 穀物의 平均 移送速度는 直線的으로 增加하였다. 穀物의 移送가 充分히 活性化되기 위하여는 振幅이 24mm일 境遇 350mm, 36mm일 境遇 250mm 以上이어야 했다.

다. 搖動체의 振幅이 增加하면 穀物의 移送速度는 全般的으로 增加하였다. 그러나 락의 간격에 比하여 振幅이 작으면 投射角이나 驅動軸의 回轉速度를 높여도 穀物의 移送이 圓滑하지 못하였다.

라. 振幅과 投射角에 따라 運動過程의 조합이 달라졌다. 특히 振動強度가 1.5 < K < 2.3 범위에서 投射角 45°일때 移送가 잘 되었으며 이때 選別에 유리한 運動過程인 進行, 反進行方向의 미끄럼運動과 飛行運動을 포함하고 있으므로 콤바인 搖動체의 適正 作動條件으로 판단된다.

마. 理論値와 實驗値의 平均移送速度는 全体的인 傾向이 一致하였다.

## 參考文獻

1. 金相憲, 鄭昌柱, 劉壽男. 1981. 脫穀性能向上을 위한 搖動체 選別方法開發에 關한 研究. 農業機械學會誌. 6 (2) : 33~47
2. 金相憲. 1982. 搖動체의 벼生脫穀物選別 性能에 關한 研究. 農業機械學會誌. 7 (1) : 33~41
3. 杉木信夫他 3名. 1961. 振動面における 粒体の 進行速度(第一報). 日本機械學會論文集. 27-182 : 1494~1502
4. 岩尾俊男他 2名. 1967. 振動京るこ分けに 關する研究(第1報). 島根大學農学部研究報告第1号 : 175~181
5. 岩尾俊男他 1名. 1971. 振動京るこよの 粒子の 運動(第一報). JSAM. 33(1) : 45~52
6. 江山奇春雄他 4名. 1972. 自脫ユツパイッの高性能化に 關する研究, 農業機械化研究所研究報告 第9号 : 65~71
7. 中川健治他 4名. 1975. 搖動選別機に關する研究 (II) 三重大學學術報告. 45号 : 227~244
8. 小中俊雄他 3名. 1977. 搖動選別機に關する研究 (IV) 三重大學學術報告. 55号 : 157~177
9. W. Kluge. 1951. Neuzzeitliche Siebmaschinen für die Aufbereitung. Erdöl und Kohle. 11:705-711.
10. W. Klockhaus. 1952. Fordergeschwindigkeit Von Schwingrinnen und Schwingsieben. Erdöl und Kohle. 8:493-495.
11. Balkin, W. 1963/1964. Die Siebleistung horizontal Schwingender Plansiebe in Abhängigkeit von Siebneigung, Schwingungzahl und Schwingungsweite. Archiv für Landtechnik. 4-2:109-119.
12. Baader, W. et al. 1969. Die Entmischung eines Korgut-Fasergut-Haufwerkes out einer vertikal Schwingenden, horizontalen Underlage. Grundl. Landtchn. Bcl. 19 Nr. 5:149-157.