

# 콤바인의 自動制御에 관한 研究(Ⅱ)

—自脱型 콤바인의 刈取높이制御—

## Automatic Control of the Combine(Ⅱ)

—Automatic Header Height Control of the Head-feed Combine—

鄭昌柱\*, 南堯錄\*, 南相一\*\*

C. J. Chung, Y. S. Nam, S. I. Nam

### Summary

This study was intended to develop the system which controls header height of combine automatically by means of sensing the difference between the header and the ground surface. A micro-computer was used for the controller. The sensing unit designed for the study was composed of potentiometer, oscillating link, and gage wheel. An electric-hydraulic circuit was driven by microcomputer to control header height of combine. Performance of the control system was tested by computer simulation, stationary operation of header, and traveling on the simulated ground.

### 1. 緒 論

콤바인의 작업성능을 좌우하는 요인중의 하나로 刈取높이를 들 수 있다. 작업중 刈取높이의 변화는 지면의 기복이 있으면 흔히 나타나며 습한 논에서 작업할 때에는 전후 좌우의 불균형 沈下로 刈取날을 포함하는 헤더부가 지면에 대하여 항상 일정한 상대위치를 유지하기 어렵기 때문에 나타난다. 이 때문에 刈取높이의 변화를 가지고 올 수도 있고 또 경우에 따라서는 헤더부가 땅에 부딪히는 사고의 원인이 될 수도 있다.

刈取높이가 너무 낮으면 刈取날이 흙을 절삭하여 마모가 심하게 되고, 반대로 너무 높으면 반송부에서의 탈립이나 탈곡부에서 공급깊이가 얇아 未脱穀 손실이 발생할 수 있는 가능성이 높아지기 때문에 성능의 향상측면에서 바람직하다고 할 수 없다.

지면의 기복이나 기체의 불균형 침하에 관계없이 헤더부가 지면과 항상 일정한 間隔을 유지할 수 있도록 人爲적으로 조작하는 것이 바람직하나, 실제로 그와 같은 조작을 필요할 때마다 적절히 수행할 수는 없다. 콤바인은 성능의 適正化를 위하여 작업중에 헤더부 이외에도 항상 감시와 조작을 필요로 하는 부위가 많기 때문이다. 여기에 콤바인의 刈取높이를 自動制御해야 할 절실한 필요성을 찾아볼 수 있다.

Kojima와 Ito<sup>1)</sup>는 게이지 휠과 링크, 마이크로 스위치를 조합하여, 지면의 기복을 檢出하고, 이에 따라 전기 유압방식의 구동부를 遲延回路를 통하여 작동시켜 헤더높이를 제어하였다.

한편 Kito와 Ito<sup>2)</sup>는 마이크로 컴퓨터를 이용한 무인콤바인의 개발 연구에서, 예취높이제어를 두개의 마이크로스위치, 캠기구와 쉘메형 센서를 사용하여

+ 이 연구는 한국학술진흥재단 87~89년도 학술연구조성비의 지원에 의하여 수행되었음.

\* 서울대학교 농과대학 농공학과

\*\* 동양물산 주식회사 부설연구소

센서부를 구성하고, 여기서 얻어진 신호가 마이크로 컴퓨터에 입력되어 유압장치를 구동하여 헤더높이를 제어하였다.

이 연구에서는 콤바인의 작업시 지면과 헤더부의 상대위치를 감지하여 이것을 일정하게 유지토록制御하는 裝置와 方法을 개발하는데 목적이 있었다.

이 연구의 목적을 요약하면 다음과 같다.

1) 自脱型 콤바인의 刈取높이制御裝置와 制御方法을 개발하고

2) 制御에 대한 理論分析과 실험을 통하여 개발된 制御裝置의 性能을 평가하고 그 實用可能性을 제시하는데 있었다.

## 2. 刈取높이制御裝置의 設計

### 가. 裝置의 構成 및 作動原理

刈取높이制御裝置는 크게 지면의 상태를 측정하는 센서부분, 計測된 결과로 論理判斷을 하는 논리판단부분, 그리고 논리판단의 결과에 따라 작동을 하는 구동부분 등으로 나눌 수 있다. 이 전체 裝置의 개요는 그림 1에 나타내었다. 그림 2에는 실험용 콤바인에 설치되어 있는 유압회로를 나타내었다.

센서로부터 발생된 전압이 A/D 변환기에 의하여 數值化되어 마이크로 컴퓨터에 입력된다. 마이크로 컴퓨터에서는 이를 판단하여 디지털출력 보드를 통하여 솔리드스테이트릴레이(Solid State Relay, S.S.R.)에 신호를 출력한다. 이 신호에 의해

솔리드 스테이트 릴레이가 작동하게 되고 솔레노이드에 전기를 통하게 하여, 솔레노이드를 작동하게 한다. 솔레노이드가 작동을 하면 콤바인에 裝

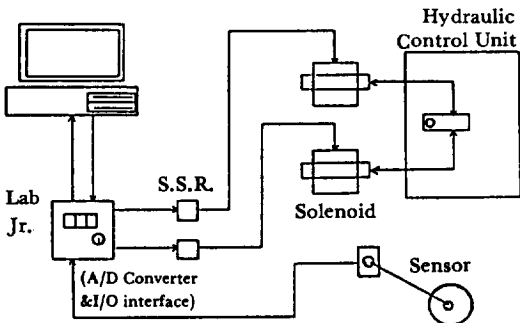


Fig. 1. Schematic diagram of control system.

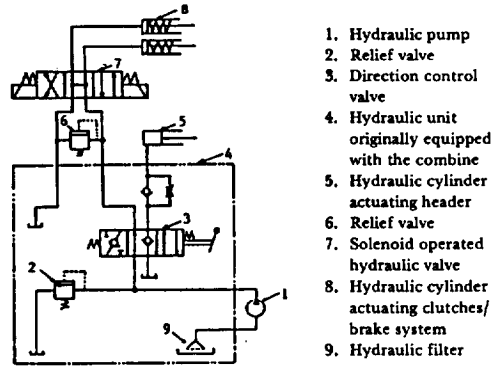


Fig. 2. Hydraulic circuit for the combine used.

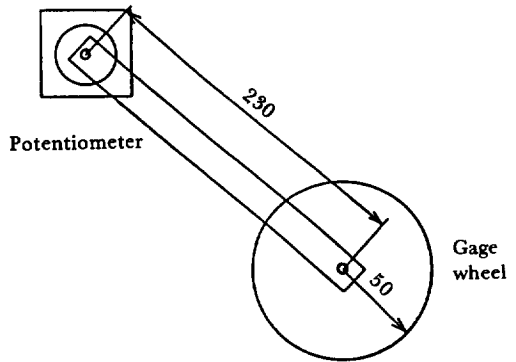


Fig. 3. Dimensions of sensing unit (unit: mm).

置된 유압회로중 油壓方向制御밸브의 수동조작레버를 움직이게 된다. 그렇게 되면 油壓方向制御밸브의 스펴이 동작을 하게되어 콤바인 헤더구동실린더에 유로가 형성되어 헤더가 올라가거나 내려가게 된다.

### 나. 헤더높이檢出用 센서

헤더높이檢出을 위해서 정밀가변저항(Potentiometer)을 이용한 센서를 제작하였다. 센서의 구조는 그림 3에 나타내었다.

센서는 정밀가변저항과 지면위를 굴러가는 바퀴, 이 두 부분을 연결하는 요동링크 부분으로 나누어진다. 센서가 헤더높이를 감지하는 方法은 다음과 같다. 지면을 따라 굴러가는 바퀴는 지면의 굴곡에 의해 아래 위로 움직이게 된다. 이 운동은 요동링크에 전달되어 정밀가변저항축에 대한 요동링크의 회전운동으로 나타나게 된다. 이 요동링크의 회전운

동은 정밀가변저항축의 角變位를 일으키며, 이 角變位에 의해 정밀가변저항의 저항값이 변화된다.

헤더높이감지센서의 설치위치는 콤바인 칼날의 중앙부분의 앞쪽이고, 또 그 설치거리는 칼날부에서 설치위치까지의 거리로 표시한다. 이 연구에서의 실제설치거리는 39cm로 하였다.

다. 計測 및 制御 프로그램

이 연구의 制御프로그램은 A/D 변환기를 구동시켜 데이터를 받아들이는 부분, 이 데이터를 論理判斷하여 制御하는 부분, 그리고 이 결과를 저장하는 부분 등의 세 부분으로 나눈다. 이 制御 프로그램에서 논리 판단하는 부분을 제외한 것이 計測 프로그램이 된다.

입력된 計測間隔은 8253타이머를 이용하여 1 μs 間隔의 短形波를 세어서, 정해진 계속시간마다 인터럽터(interrupter)를 발생시켜 일정한 計測間隔을 유지할 수 있도록 하였다. 인터럽터가 발생하면 컴퓨터는 A/D 변환기 구동 프로그램은 수행하여 이때마다 한번의 데이터를 받아 들인다.

한편, 이렇게 받아들여진 데이터는 制御 프로그램부에 인도되어 制御를 행하도록 하였다. 制御 프로그램에서는 이전의 상태를 기억하는 변수와 현재의 데이터를 이용하여 판단을 행하고, 이 판단에 따라 制御 신호가 나가며 아울러 이전상태변수의 값이 변하게 된다.

이러한 制御가 모두 끝나면 이제 본프로그램으로 넘어와서 이제까지의 모든 데이터를 디스크에 저장하면서 프로그램을 종료한다.

3. 材料 및 方法

가. 콤바인

이 연구에 사용된 콤바인은 2조 畝取型의 D社 제품이다. 이 콤바인의 變速裝置는 전진 6단, 후진 1단이며, 최대작업속도는 전진 5단(0.7m/s)이다. 이 콤바인은 헤더를 올릴 때는 유압에 의해, 내릴 때는 헤더 무게에 의하여 움직인다.

나. 模擬 地面의 製作

보통 추수시, 논 토양의 지면 굴곡은 ± 4 cm, 파장은 4m의 正弦波였으며, 94%의 굴곡이 ± 2 cm의 범위에 있는 것으로 밝혀졌다.<sup>3)</sup>

模擬地面은 폭이 0.3m인 나무판을 이용하여 만들었으며, 센서의 바퀴부분이 이 나무판을 따라 굴러가도록 하였다. 이 모의 지면은 正弦波를 제작하는 것이 실제로는 어려워서 三角波形을 채택하였고, 파장은 1.2m, 진폭은 0.1m로 제작하였다. 이 모의 지면의 구조를 그림 4에 나타내었다.

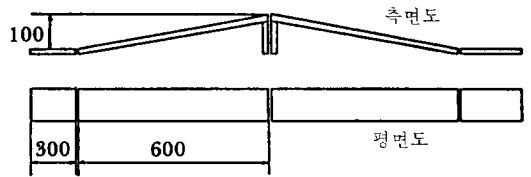


Fig. 4. Dimensions of the simulated ground on which the test combine was driven (unit: mm).

다. 實驗 方法

제작된 制御 시스템의 특성을 알기 위하여 콤바인 헤더의 振動과 피칭 현상을 計測하였으며, 이 制御 시스템의 성능을 평가하기 위하여 定置實驗과 走行實驗을 행하였다. 표 1에 각각의 실험조건을 나타내었다.

1) 콤바인 헤더의 振動測定

콤바인을 定置시킨 상태에서 엔진회전수를 작업 상태의 속도에 맞추고 단순한 計測프로그램을 사용하여 헤더振動의 진폭과 주기를 測定하였다. 振動測定은 헤더의 높이를 바꾸어 가면서 실시하였으며 각각의 높이에서 2반복 시행하였다.

2) 콤바인 헤더의 피칭測定

콤바인 헤더의 피칭은 헤더가 상승 또는 하강 운동을 하다가 정지할 때의 헤더 자체 振動으로 정하였다. 이 헤더의 피칭은 制御系의 誤動作을 유발시키는 주요인이다. 따라서 헤더의 피칭을 정확하게 파악하여 피칭의 영향을 배제시킬 수 있는 計測間隔을 정할 수 있도록 하여야 할 필요가 있다.

콤바인 헤더의 운동으로 인한 피칭을 測定하기 위해 計測프로그램을 사용하여 振動測定때와 같은 조건에서 헤더를 수동레버에 의해 한번은 내리고 한

번은 올리면서 수회 반복하여 헤더의 움직임을計測하였다.

3) 定置 實驗

콤바인을 定置시킨 상태에서 시동한 후 헤더의 높이를計測하였다. 이 상태에서 制御프로그램의 設定入力を 현재높이와 다른 높이를 줌으로써, 階段波 입력이 가해진 것과 같은 효과를 내도록하여 실시하였다. 이것은 헤더를 올리는 경우와 헤더를 내리도록 하는 두가지 경우로 나누어 수회 반복하여 실험을 행했다.

Table 1. Experimental conditions to test the performance of header height control system.

Test	Measurement interval, ms	Others
Measurement of Combine Vibration	50	Engine revolution speed, 2,600 rpm
Measurement of Combine Header Pitching Motion	50	Header Lift
	50	Header Drop
Test of Step Response	50	Header Lift
	50	Header Drop
Test of Triangular Response	50	Travel Speed, m/s 0.25
	50	0.38
	50	0.49
	50	0.59
	50	0.70
	10	Travel Speed, m/s 0.25
	10	0.38
	5	0.49
	5	0.59
	5	0.70

4) 走行實驗

制御프로그램의 설정입력을 출발점에서의 헤더높이로 하여 模擬地面을 走行하는 實驗을 하였다. 주행속도는 0.25m/s에서 최대작업속도인 0.7m/s 까지

변화시켰다. 制御間隔은 50ms의 적정 경우와 10ms(속도 0.25~0.38m/s), 5ms(속도 0.49~0.70m/s)의 짧은 경우를 실험하였다.

라. 走行實驗 結果의 解析 方法

走行實驗 결과를 解析하는데는 追從指數, 制御頻度率, 誤動作率등을 구하여 이들 값을 평가의 기준으로 삼았다.

1) 追從指數

追從性을 평가하는 方法으로 追從指數를 사용하였다. 이것은 설정입력과計測된 데이터사이의 오차를 제공하여 평균한 것의 제곱근을 취한 값이다. 追從指數는 식 1로 나타내었다.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} \dots\dots\dots(1)$$

여기서, s : 追從指數  
e<sub>i</sub> : 각計測순간의 설정입력과 오차  
n : 데이터의 수

이 追從指數가 적을수록 추종성이 좋다는 것을 의미한다.

2) 制御頻度率

制御頻度率は 전체 데이터 수에 대한 制御가 된 횟수의 비율을 말한다. 제어시스템의 制御頻度도 중요한 요소이다. 制御頻度는 추종성을 감소시키지 않는 한도에서 적은편이 좋다.

3) 誤動作率

誤動作이란 헤더높이와는 상관없이 지면의 상태에 의해 판단된다. 지면이 올라가고 있는 상태에서 내리라는 신호가 나오거나 반대로 지면이 내려가는 상태에서 올리라는 신호가 나오면 오동작으로 판정된다. 誤動作率이란 전체판단횟수에 대한 오동작의 비율이다.

誤動作率은 0이 가장좋은 경우이며, 실제로 0에 근접하여야 한다.

이러한 方法중에 追從指數와 制御頻度率は 실제 실험에 있어서도 계산 가능하다. 그러나 오동작율은 실제실험에 있어서는 정확한 계산이 어려웠다. 따라서 실제실험의 결과분석에는 追從指數와 制御

頻度率만을 사용하고, 시뮬레이션의 결과분석에는 追從指數, 制御頻度率과 더불어 誤動作率을 같이 분석하였다.

#### 4. 結果 및 考察

##### 가. 헤더의 振動

엔진의 회전수를 보통의 작업조건인 2,600rpm에 맞추고, 콤바인은 定置시킨 상태에서 헤더의 振動을 計測하였다. 헤더의 振動현상을 측정된 한 예를 그림 5에 나타내었다. 이 計測結果 콤바인 헤더 振動의 진폭은 약 0.3cm의 범위내에 있었고, 평균 약 0.1cm로 나타났다. 이 결과를 볼때, 콤바인 헤더 振動은 그 진폭이 적어 이 制御시스템의 성능에 그다지 영향을 주지 못하는 것으로 판단되었다.

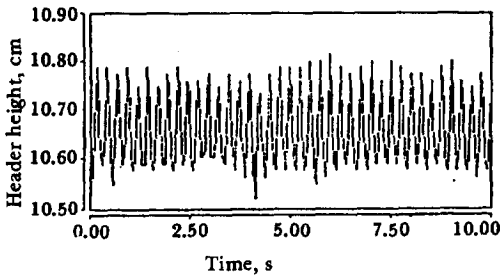


Fig. 5. Vibration of the combine header used for its automatic control experiments.

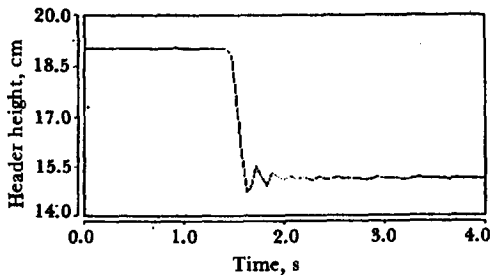


Fig. 6. Pitching of the combine header accompanied by its descending motion.

##### 나. 헤더의 피칭

피칭현상은 이 振動系가 언더댐핑(Underdamped) 자유진동계에 속하는 것으로 생각하여 Logarithmic decrement의 方法을 채택하여 분석하였다. 여기에

서 감쇄율( $\delta$ )은 식 2를 이용하여 구하였다.

$$\delta = \log(x_1/x_2) \dots\dots\dots (2)$$

여기서,  $x_1$ : 최대치

$x_2$ : 두번째의 최대치

이 方法에 의하여 피칭현상을 분석하여 내리는 경우와 올리는 경우에 있어서 각각 주기와 초기치, 감쇄율을 구하였다. 그림 6에는 내리는 경우의 예를 나타내었다. 내리는 경우에는 주기가 0.172s였고, 초기치는 0.588cm였으며, 감쇄율은 0.322로 나타났다.

올리는 경우에는 주기가 0.188s이고, 초기치는 2.44cm였으며, 감쇄율은 0.885로 나타났다.

콤바인 헤더의 피칭은 制御性能에 심각한 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 특히 헤더를 올릴 때의 피칭이 심한 것으로 나타났다. 헤더를 내릴 때는 피칭의 진폭이 적었고 이에 따라 나타나는 문제는 적은 것으로 판단되었다.

##### 다. 制御間隔의 決定

制御間隔의 결정을 위해서 주행 시뮬레이션을 행하였다. 이 시뮬레이션의 목적은 制御間隔이 制御시스템의 성능에 미치는 영향을 파악하기 위한 것이었다.

##### 1) 시뮬레이션의 가정

콤바인의 헤더 振動은 制御에 영향을 끼치지 않는 것으로 판단되었기 때문에, 시뮬레이션에서는 헤더 振動이 없는 것으로 가정하였다. 콤바인의 주행으로 인한 피칭 현상은 무시하였고, 다만 헤더의 상하운동에 의한 피칭현상만 고려하였다.

또 센서 바퀴는 剛體로서 운동중 변형이 없다고 가정하였으며, 그와 접하는 토양 역시 剛體로 보아 침하가 없는 것으로 가정하였으며, 슬립에 의한 영향은 무시하였다.

##### 2) 시뮬레이션 프로그램

이 시뮬레이션에는 주행지면, 콤바인 주행상태, 制御시스템의 몇가지 특성이 입력으로 요구된다. 制御시스템의 특성에는 피칭의 計測과 이의 분석에서 얻어진 피칭의 특성, 階段波 應答에서 얻어진

시스템의 특성을 모두 입력으로 받아들였다.

지면조건은 正弦波, 三角波, 階段波 중에서 선택하도록 하였고, 아울러 진폭과 파장도 입력하도록 하였다.

주행조건에서는 콤팩트 주행속도, 헤더의 설정높이, 센서의 불감대폭 등을 입력하였으며, 制御條件에서는 헤더진입높이, 올리고 내림의 각각 무동작 시간 등과 올리고 내림의 시간변화율을 입력으로 받아들였다.

콤팩트의 헤더피칭을 언더댐핑(Underdamped) 자유진동계에 속하는 것으로 생각하면 일반적인 피칭 현상을 식 3으로 나타낼 수 있다. 이 식에 초기치  $x(0)$ 와 초기속도  $\dot{X}(0)$ 를 대입하여 정리하면 식 4가 된다. 감쇄율( $\delta$ )은 식 5와 같이 나타나므로, 이 식에서 댐핑계수를 구하면 식 6으로 나타낼 수 있다.

$$x = X e^{-\zeta \omega_n t} \sin(\sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t + \phi) \dots\dots\dots (3)$$

$$x = e^{-\zeta \omega_n t} ((\dot{X}(0) + \zeta \omega_n x(0)) / (\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}) \sin(\sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t) + x(0) \cos(\sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t) \dots\dots\dots (4)$$

$$\delta = 2 \pi \zeta / (\sqrt{1-\zeta^2}) \dots\dots\dots (5)$$

$$\zeta = \sqrt{\delta^2 / (4 \pi^2 + \delta^2)} \dots\dots\dots (6)$$

- 여기서,  $\zeta$  : 댐핑 계수(damping factor)
- $\omega_n$  : 고유 진동수(natural frequency)
- $X$  : 진폭(Amplitude)
- $x$  : 헤더의 피칭
- $\phi$  : 위상각(Phase angle)
- $\delta$  : 감쇄율

따라서 주기, 주기치, 초기변화율과 감쇄율에 의하여 식 4 과 식 6을 이용하여 피칭현상을 계산하였다.

制御間隔과 주행속도에 의해 식 7과 같이 制御間隔 동안의 增加值를 계산하였다. 이 增加值는 制御間隔 동안의 콤팩트 진행 거리이다.

$$i = vt/LS \dots\dots\dots (7)$$

- 여기서,  $i$  : 制御間隔 동안의 증가치
- $t$  : 制御間隔(ms)
- LS : 프로그램에서의 상수
- $v$  : 콤팩트의 주행속도(m/s)

주행이 시작되면 헤더높이와 지면높이를 비교하여 制御프로그램에서와 같은 판단논리에 의해 판단을 행하여 헤더를 올리거나 내리도록 했다. 헤더를 올리거나 내릴 경우에는 무동작시간을 고려하여 동작을 일으키도록 하였으며 멈출 때는 동작정지지연 시간을 고려하였다.

위와 같은 주행이 이루어지면 세개의 배열에 저장된 지면의 높이, 헤더높이, 制御의 결과를 하나의 데이터 파일로 디스켓에 저장한다. 그리고 이 결과를 화면에 그림으로 출력하도록 하였다.

### 3) 制御間隔의 決定

입력은 正弦波로 하였고 파장은 1.2m, 진폭은 0.1m로 했을 때, 制御間隔의 영향을 살펴보았다. 制御間隔은 5ms~100ms 까지 5ms 間隔으로 변화시켰다. 또 주행속도는 0.25~0.70m/s 까지 각각 변화시켰다.

이상의 시뮬레이션 결과에서 追從指數, 制御頻度率과 誤動作率을 각각 계산하였다.

그림 7은 制御間隔에 대한 追從指數의 변화를 나타낸 것으로, 각선은 주행속도에 따라 구분되었다. 追從指數는 속도가 증가할수록, 制御間隔이 길어질수록 대체로 높아지는 경향이였다. 이것은 制御間隔이 길어질수록 추종성이 떨어진다는 것을 의미한다.

그림 8은 制御間隔에 대한 制御頻度率의 변화를 나타낸 것으로, 각선은 주행속도에 따라 구분되었다. 이 경우에는 속도가 낮을수록 制御間隔의 영향이 큰 것을 알 수 있었으며, 制御間隔이 길어지면 대체로 制御頻度率은 낮아지는 경향을 보였다.

그림 9는 制御間隔에 대한 誤動作率의 변화를 나타낸 것으로, 각선은 주행속도에 따라 구분되었다. 이 경우에는 0.59m/s까지는 속도에 따라 뚜렷한 차이는 보이지 않았으나, 0.7m/s의 경우에는 상당히 다른 경향을 보였다. 0.7m/s의 경우 誤動作率이 대체로 높았으며 制御間隔이 짧을때 보다 길때 誤動作率이 높았다. 그러나, 다른 속도에서는 制御間隔이 길어지면 誤動作率이 대체로 감소하다가 약간 높아지는 경향을 보였다.

追從指數, 制御頻度率, 誤動作率을 고려하면 制御間隔이 30ms~70ms 사이가 追從指數의 증가가

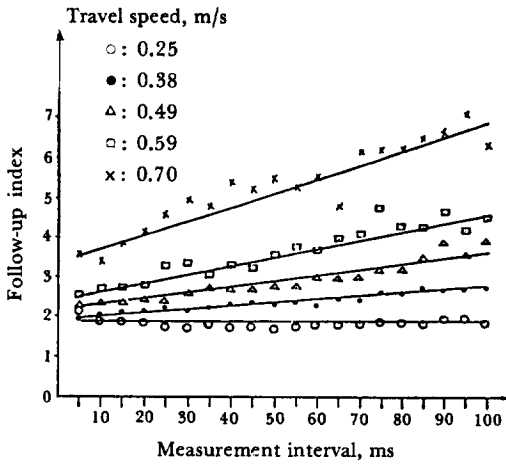


Fig. 7. Follow-up index versus measurement interval for varied travel speeds.

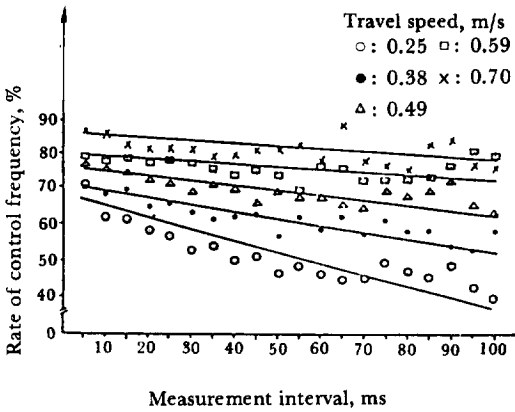


Fig. 8. Rate of control frequency versus measurement interval for varied travel speeds.

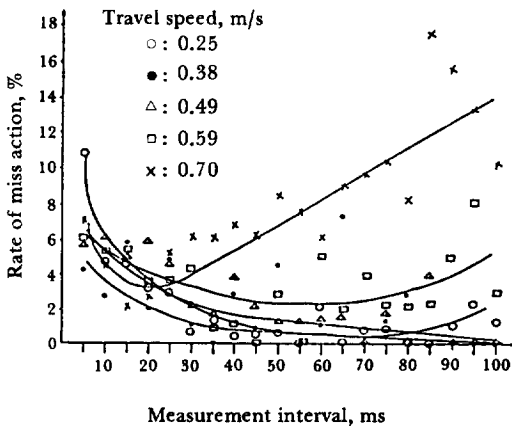


Fig. 9. Rate of miss action versus measurement interval for varied travel speeds.

적으면서 制御頻度率과 誤動作率이 낮다고 판단되었다. 따라서 30 ms~70 ms 사이의 制御間隔이 적정하다고 판단되었으며, 이 실험에서는 적정한 制御間隔을 50 ms로 결정하였다.

라. 制御性能評價

1) 階段波 應答

콤바인 定置實驗의 階段波 應答의 분석은 시간영역해석에 의한 遲延時間, 整定時間, 立上時間, 최대 오버슈트 등을 통하여 성능을 평가할 수 있다. 여기서는 특히 遲延時間과 整定時間에 중점을 두어 분석하였고 아울러 동작을 하지 않는 시간을 無動作時間이라하여 관심을 가졌다.

헤더를 올리는 경우는 상당히 큰 오버슈트가 나타나고 이에 따라 정정시간이 매우 길게 나타나서 制御性能에 문제가 있을 수 있다고 판단되었다. 무동작시간과 지연시간은 각각 0.13 s, 0.19 s 정도로 나타났다. 한편 정정시간은 1.1 s로 나타났다.

헤더를 내리는 경우는 올리는 경우에 비하여 應答時間이 크게 단축되는 결과를 나타냈다. 무동작시간은 0.06 s, 지연시간은 0.1 s, 정정시간은 0.25 s로 制御系가 쉽게 안정되는 것으로 나타났다. 이 예를 그림 10에 보였다.

이와 같이 헤더의 상하운동에 대한 응답시간이 달랐던것은 헤더구동실린더에 항상 헤더의 무게로 인한 내부압력이 헤더를 내리는 방향으로 작용하고 있기 때문으로 판단되었다.

그러나 두 경우 모두 움직이기 시작하면 단위시간당의 높이변화는 같은 것으로 나타났다. 이는 油

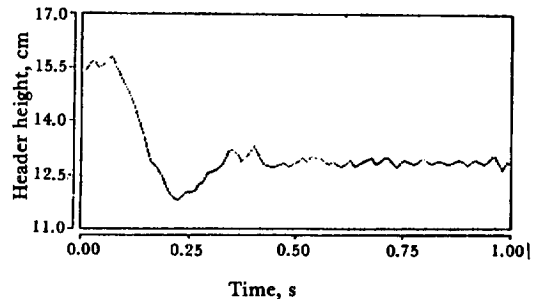


Fig. 10. Step response of the combine header tested for descending motion.

壓方向制御밸브에서의 流量이 일정하기 때문에 나타나는 현상으로 판단되었다.

2) 三角波 應答

가장 1.2m, 진폭 0.1m의 三角波 路面에서 주행 속도 0.25~0.7m/s까지 변화시키면서 관찰한 결과는 대체로 추종성이 좋은 것으로 나타났으나, 실험 결과의 計測데이터 분석에 의하면 대체로 振動이 심했고, 이에 따라 약간의 오동작이 일어난 것으로 판명되었다. 그 이유는 실험 지면이 완전한 평면이 아니어서 콤파인의 주행으로 인한 피칭이 생기기 때문으로 판단되었다.

그림 11에는 주행속도의 변화에 따른 追從指數의 변화를 나타내었다. 그림의 세로축은 追從指數를, 가로축은 주행속도를 나타내었다. 두선중 위선은 制御間隔이 50ms로 적정한 경우이고, 아래선은 5, 10ms로 制御間隔이 적정치보다 짧은 경우이다. 속도가 빨라지면 追從指數는 높아지는 경향이 있었으나, 주행속도 0.49m/s에서는 이상하게 追從指數가 높게 나타나고 있다. 이것은 0.49m/s의 속도가 실험 장소의 지면과 어떤 관계를 갖고 있기 때문에 나타나는 것으로 추정되었다. 또 制御間隔이 50ms 인 것보다는 5, 10ms인 것이 추종지수가 낮았다. 추종성은 속도가 빨라질수록 나빠지고 制御間隔이 길어질수록 나빠지는 경향이 있었다.

그림 12에는 주행속도의 변화에 따른 制御頻度率의 변화를 나타내었다. 이 그림에서 가로축은 주행 속도를 세로축은 制御頻度率을 나타내었다. 두선중 아래선은 制御間隔이 50ms로 적정한 경우이고 위선은 5, 10ms로 制御間隔이 적정치보다 적은 경우이다. 制御間隔에 관계없이 속도가 빨라지면 制御頻度率은 높아졌고 制御間隔이 짧아지면 制御頻度率은 높아지는 경향이 있었다.

5. 要約 및 結論

이 연구는 지면의 기복을 감지하여 콤파인의 헤더높이를 自動制御하는 裝置를 개발하고, 또한 이 制御裝置의 성능을 평가하는데 그 목적이 있었다. 이 연구에서는 마이크로 컴퓨터를 논리 판단하는 制御部로 사용하였다.

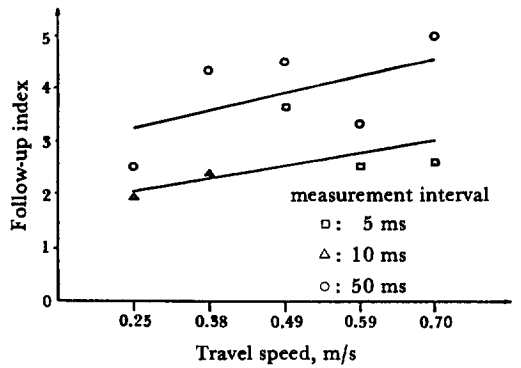


Fig. 11. Follow-up index as varied by travel speeds for different measurement intervals.

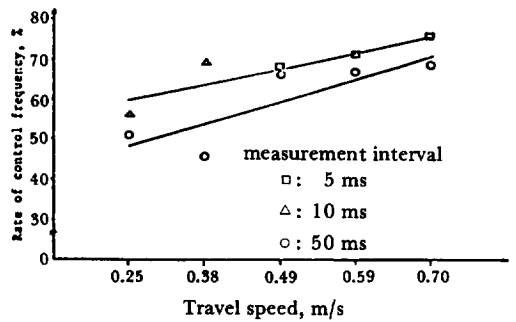


Fig. 12. Rate of control frequency as varied by travel speeds for different measurement intervals.

센서는 정밀가변저항과 요동링크, 바퀴를 이용하여 제작하였고, 센서에서의 입력신호는 A/D 변환기를 거쳐 마이크로 컴퓨터에 입력되었고, 이를 이용하여 마이크로 컴퓨터에서 電氣油壓裝置를 制御하도록 하였다.

設計 製作된 制御裝置는 컴퓨터 시뮬레이션, 定置 實驗과 模擬地面 走行實驗으로 그 性能과 實用性을 평가하였다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 콤파인의 세제높이制御 性能에 關係될 것으로 판단되었던 헤더의 振動과 피칭현상을 실험을 통해 究明한 결과 단순한 진동은 制御시스템의 制御性能에 별다른 영향을 미치지 못하는 반면, 피칭현상은 制御性能에 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 콤파인의 無動作時間, 遲延時間, 整定時間과 헤더의 시간당 높이변위량을 실험을 통해 구하여 이들을 주행시뮬레이션에 적용하



였던 바 制御間隔이 制御性能에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 적정한 制御間隔의 범위는 30 ms ~ 70 ms 인 것으로 판단되었다.

- 이 연구에서 설계제작한 센서와 전기유압장치를 포함한 헤더제어장치는 模擬地面에 대한 走行實驗에서 최대 작업 주행속도까지 대체로 추종성이 좋았으나 주행시 헤더의 심한 진동과 피칭이 있을 경우에는 약간의 誤動作이 일어나서 제어성능에 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 이에 대한 기계의 보완이 가해진다면 개발된 刈取높이制御裝置는 實用性이 있는 것으로 판단되었다.

### 參 考 文 獻

- 鄭昌柱, 金成玉, 金永成. 1988. 콤바인의 自動 制御에 관한 研究(Ⅰ) - 自脫型 콤바인의 走行 方向 制御 - 韓國農業機械學會誌 13(2): 38-45.
- Kito Koji, and Ito Nobutaka. 1981. The Development of the Micro-computerized Driverless Combine. The Bulletin of the Faculty of Agriculture. Mie University. No. 63: 235-255.
- Kojima Jun'ichirou, and Ito Nobutaka. 1978. A Study on Automatic Control of Head Feeding Type Combine. The Bulletin of the Faculty of Agriculture. Mie University. No. 57: 85-114.
- Kaminski, T.L., and G.C. Zoerb. 1965. Automatic Header-Height Control for Grain Crops. Trans. of the ASAE. 8(2): 284-287.
1. 鄭昌柱, 金成玉, 金永成. 1988. 콤바인의 自動

## ▶ 新製品 紹介案内 ◀

本 學會에서는 農業機械製造業體에서 開發·改良한 農業機械關聯 新製品을 아래와 같이 本 學會誌에 無料로 掲載하여 紹介하오니 많이 利用 바랍니다.

아 래

- 製品의 種類: 農業機械 關聯 新製品 및 改良製品
- 原稿內容: 製品의 寫眞, 主要特徵 및 사양(200자 원고지 4매 以內)
- 原稿接授: 隨時接受(단 9月號의 원고접수마감은 8월 30일임)
- 送付處: 京畿道 水原市 勸善區 西屯洞 103番地(☎440-744)  
서울大學校 農科大學 農工學科內 韓國農業機械學會