

콤바인의 自動制御에 관한 研究(Ⅲ) + —自脱型 콤바인의 脱穀깊이 自動制御—

Automatic Control of the Combine(Ⅲ) —Automatic Feeding Depth Control of the Head-feed Combine—

鄭 昌 柱*, 金 相 天*, 南 光 熙**
C. J. Chung, S. C. Kim, K. H. Nam

Summary

This study was intended to develop the automatic feeding depth control system of the head-feed combine which could feed the rice head into threshing unit at the optimal depth regardless of plant height and uneven ground surface.

In the control system, one-board microcomputer was used for the controller instead of conventional electric circuits.

Field test of the combine equipped with the control system was conducted to evaluate its overall performance. It was also investigated how the location and time delay of rice head sensor affect the system performance.

1. 緒 論

탈곡작업에서의 작물의 공급깊이는 콤바인의 성능을 크게 좌우하는 요인이다. 작물의 공급깊이는 탈곡부의 공급제어 인접 先端에서 작물의 이삭끝까지를 말한다. 양게 공급하면 털리지 않고 나가는부분이 발생하여 穀粒損失이 증대되며, 길게 공급하면 탈곡실 내에서의 질 및 부스러기의 발생량이 증대되어 탈부림 및 3번구 飛散損失이 늘어날 뿐만 아니라, 소요동력 및 탈곡실 막힘 등의 현상도 늘어나 결국은 콤바인의 성능을 저하시키게 된다. 따라서 收取, 搬送되는 작물의 공급깊이를 자동적으로 조절하여 脱穀性能을 항상 양호한 상태로 유지시켜 주기위해 供給깊이 自動制御裝置가 사용된다.

공급깊이 제어장치에 대한 연구로, Koji* 등은 마이크로 컴퓨터로 제어되는 無人콤바인의 자동장치 중의 하나로 공급깊이 자동제어장치를 마이크로 컴퓨터, 릴레이, DC모터, 센서 등으로 구성하여 포장

실험을 하였으나 장치에 대한 이론적인 분석과 성능평가에 관한 내용은 언급하지 않았다.

현재 국내에서는 '87년 말 현재, 콤바인의 보급대수가 2만대를 넘어섬에 따라 콤바인 작업의 자동화에 대한 사용자들의 요구가 커지고 있고, 이와 병행해 자동화에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.

이 연구의 구체적인 目的은 다음과 같다.

첫째로, 원보드 마이크로 컴퓨터를 원드볼러로 한 供給깊이 自動制御裝置를 구성하여 實用 可能性을 제시하고,

둘째로, 供給깊이 自動制御裝置의 성능에 관계된 주요한 인자들이 制御性能에 미치는 영향을 究明하며,

셋째로, 中央集中制御 시스템의 기본모형을 제시하는데 있었다.

2. 實驗裝置

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

* 서울대학교 농과대학 농공학과

** 포항공과대학

가. 콤바인

이 연구에 사용된 콤바인은 D사 제품으로 예취 조수는 2~3조이고, 주행장치는 고무레도바퀴이며, 조향장치는 클러치와 브레이크 連動方式을 사용하고 있다. 주행변속은 직접변속방식으로 전진 6단, 후진 1단이다.

나. 供給깊이 自動制御裝置

1) 裝置의 構成과 作動原理

공급깊이 제어장치는 센서부, 제어부, 구동기구부로 구성하였으며, 그림 1에는 공급깊이 제어장치의 구성을 나타내었다.

制御部는 원보드 마이크로 컴퓨터, 모터구동부, 5V 전원공급부 등으로 구성하였다. 원보드 마이크로 컴퓨터는 마이크로 프로세서(Z-80), RAM, ROM 등으로 구성되며, 마이크로 프로세서는 시스템의 中央處理를 행하며 EPROM에 저장되어 있는 제어프

로그램을 순차적으로 수행한다. 원보드 마이크로컴퓨터는 전자회로로 구성된 콘트롤러에 비해 高精度制御, 中央集中制御가 가능하며 구조의 변경이 용이한 장점을 가지고 있다.

모터驅動部는 H 브릿지회로를 사용하여 모터의 正, 逆回轉과 PWM 제어가 가능하며, 5V 전원공급부는 배터리 전원(+12V)을 IC 동작에 필요한 5V 전원으로 낮추기 위해 사용하였다.

驅動機構部는 크게 전기-유압식과 전기-모터식으로 구분되나 이연구에서는 조작력이 비교적 적고 저속으로 움직이는 제어의 경우에 제어의 容易性和 經濟性에서 이점이 많은 전기-모터식을 채택하였다.

시스템에 전원이 투입되면 프로그램이 실행되면서 공급깊이의 제어가 시작된다. 프로그램이 실행되면 제일 먼저 上下限 마이크로 스위치의 ON, OFF 상태를 체크하여 반송부가 驅動範圍의 上限 또는 下限 부분까지 이동해 있으면 모터를 제어하여 반송

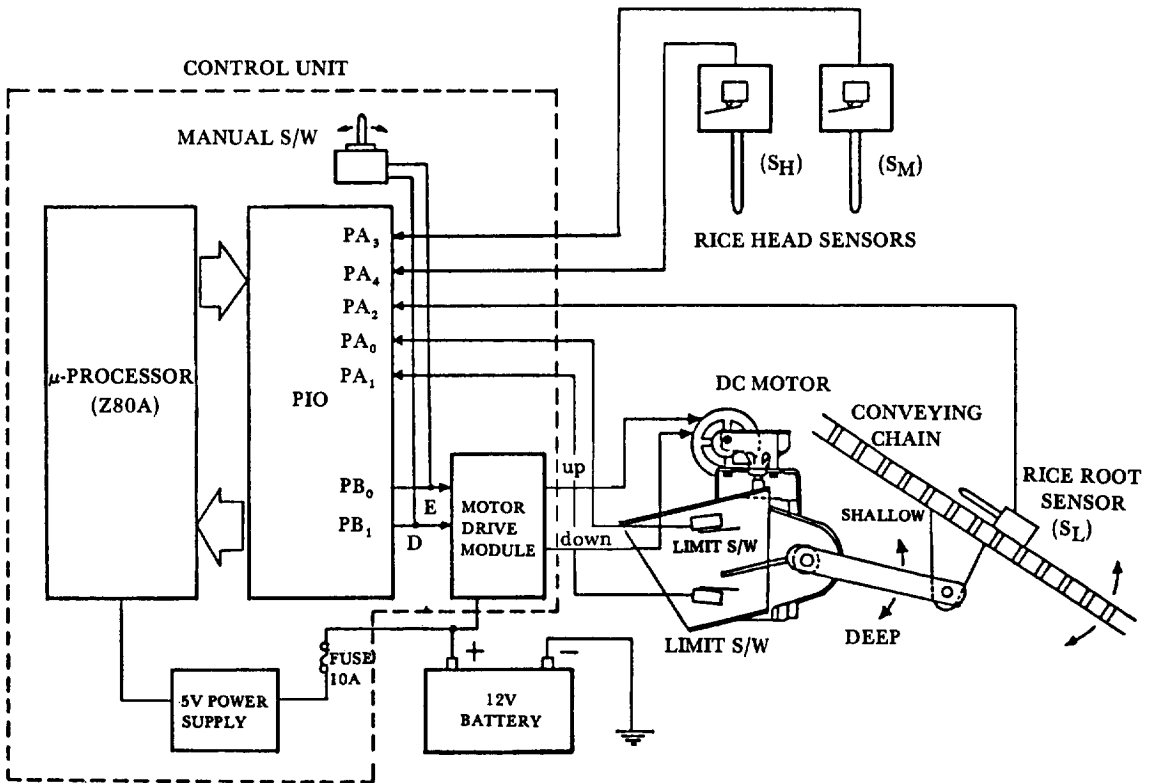


Fig. 1. Automatic feeding depth control system designed for the study.

부가 구동범위의 중간에 오도록 한다.

센서부는 마이크로 스위치를 사용하여 작물의 줄기부를 감지하는 줄기센서 1개와 이삭끝을 감지하는 이삭센서 2개로 구성하였으며, 마이크로 스위치와 레버가一體가 되도록 제작하였다.

그림 2와 표 1은 작물의 탈곡깊이에 따른 이삭센서의 위치와 각 위치에 따른 모터제어의 논리상태를 나타낸 것이다. 반송부의 위치를 변경시킨 후에는 반드시 상하한 마이크로 스위치를 체크하여 무리한 제어동작에서 발생할지도 모르는 모터의 過負荷, 제어기구의 破損등을 미리 방지할 수 있도록 하였다.

2) 制御 프로그램

제어논리에 따른 공급깊이의 제어 신호가 발생했을 경우에, 먼저 이 제어신호가 센서의 채터링, 걸주, 잡초 그리고 진동 등에 의한 것인지의 여부를 조사하기 위하여 반응을 일으키기전에 제어신호의 진위를 검색하는 이삭센서의 지연시간(t_1)을 두었다. 제어신호가 t_1 의 시간동안 유지되면 제어모터를 구동시켜 공급되는 작물의 키가 適正脫穀깊이가 될 때까지 반송부의 위치를 이동시킨다. 이 실험에서는 t_1 을 0.5, 1, 1.5, 2초로 4수준을 두었다. 반송부의 위치를 변경시키기 위해 모터에 전류를

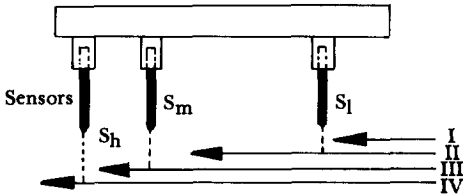


Fig. 2. Threshing depth sensors and stubble position.

Table 1. Truth table of threshing depth sensors in fig. 2.

State	Sl	Sm	Sh	Motor control
I	OFF	OFF	OFF	No sensing
II	ON	OFF	OFF	Deep
III	ON	ON	OFF	Stop
IV	ON	ON	ON	Shallow

공급하는 작동시간(t_2)은 0.5초로 하였으며, t_2 후에는 제어시, 반송부 위치의 오버슈트를 감소시킬 목적으로 일정시간(t_3)동안 제어동작을 금지하도록 하였다. t_3 은 t_1 과 관계가 있으며 1초 이내의 길이를 갖도록 하였다.

3) 駆動部

이 장치에 사용된 제어모터는 M사에서 제작한 12V 직류모터(자동차용 와이퍼 모터)를 사용하였다. 반송부의 질량은 29kg 정도로 구동토크는 98N·m 정도이나 반송부 動力傳達軸에 대칭되게 아암을 달아 아암 끝에 인장스프링($K=5.68N/cm$)을 3개 부착하여 모터의 負荷를 경감시켜 모터가 무리없이 반송부를 움직일 수 있게 하였다. 모터축의 끝은 워엄으로 제작되어 있고 구동기구 쪽으로 전달되는 회전속도는 워엄과 일체로 되어있는 워엄기어에 의해 1:100으로 減速된다. 그 구조는 그림 3(a)와 같다.

벼줄기와 벼이삭부의 끝을 감지하기 위해서 마이크로 스위치와 레버를 이용한 센서조립체를 사용하였으며 그림 3(b)에 그 구조를 나타내었다. 作動力은 0.9N 내외이고 동작까지 필요한 각도는 10~25°이다.

다. 計測裝置 및 方法

제어장치의 圃場性能을 평가하고 주요요인이 制御에 미치는 영향을 구명하기 위하여 데이터 수집장치를 구성하였다. 콤바인이 주행함과 동시에 디바이더 전방에 부착된 作物키 計測센서組합과 탈곡부 입구에 부착된 供給깊이 計測센서組합을 이용해 계측을 하였다. 이 계측장치는 제어장치와 동시에 작동하며 독립적이다.

1) 作物의 키의 計測

센서조립은 모두 6개의 마이크로 스위치로 제작하였으며 제일하단에 부착되어 있는 센서는 디바이더가 바닥에 닿아있는 상태에서 地上 80cm에 위치하며, 센서 사이의 간격은 4cm이다. 수확 작업시에 취부 전방 50cm내의 未刈取된 작물은 디바이더와 끌어올림러그에 의해서 작물의 자세가 흐트러져 안정된 감지가 불가능하였기 때문에 센서조립은 이 영

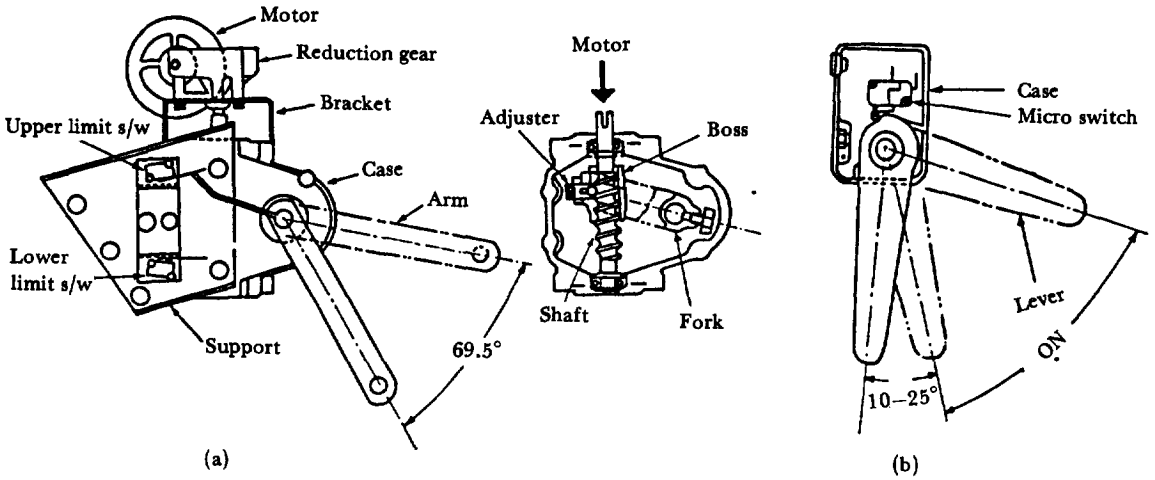


Fig. 3. Rice stem positioning mechanism and sensor assembly.

향을 받지 않도록 끌어올림케이스 전방 50cm 위치에 부착하였다.

2) 供給깊이의 計測

예취하여 반송되는 작물의 키가 변동할 때에 제어 신호가 발생하여 공급깊이 자동제어장치가 동작하고 반송부의 위치가 적절하게 조절되어 탈곡부에 적정깊이로 공급되기까지는 시간지연이 나타나게 된다. 여기서 이 시간지연동안의 콤바인 주행거리를 불감대라고 하고 이 불감대의 크기로 제어정도를 평가하였다. 따라서 실험조건을 달리했을 경우, 조건에 따른 制御精度의 차이를 이 시간지연의 크기로 판단할 뿐 아니라, 모든 조건에서 제어결과를 판단하기 위하여, 탈곡부로 공급되어지는 작물의 깊이를 계속해야 할 필요가 있다. 이를 위하여 모두 7개의 센서를 탈곡부의 입구인 급동앞에 부착하여 공급깊이 계속센서조합을 만들었다.

3) I/O 인터페이스 보드

I/O 보드는 IBM 용 게임 콘트롤 어댑터 회로를 응용하여 74LS138, 74LS244, 74LS32 등으로 제작하였다. 계측이 시작되면, 버열의 키 계속센서조합과 공급깊이 계속센서조합의 상태는 데이터 버스를 통해 IBM PC의 메모리에 입력되도록 하였다.

4) 計測 프로그램

포장실험시 예취, 반송될 작물의 키와 탈곡부로 공급되는 작물의 공급깊이를 계속하기 위해 C언어

로 계측 프로그램을 작성하였다.

작물의 키를 계속하는 센서가 작물에 닿아 있는 상태에서 實驗補助자가 콤바인의 클러치를 메는 순간, 리턴키를 누르면 계측이 시작되도록 작성하였으며 65초간 1,020개의 데이터를 蒐集하였다. 실험구간의 주행이 끝나는 즉시 IBM PC의 메모리에 있던 계측데이터를 디스켓에 옮겨 저장하였다.

3. 實驗設計 및 方法

가. 實驗設計

공급깊이 자동제어장치에 영향을 미치는 요인은 1) 異常感知를 방지하기 위한 이삭센서의 時間遲延, 2) 센서의 附着位置, 3) 이삭센서의 간격, 4) 시스템 전체의 時間遲延, 5) 반송부의 중량 및 형상, 6) 예취 공급되는 작물의 키와 상태 등이다. 이 변수들 중에서 制御性能에 영향을 미치는 정도가 비교적 크다고 판단되는 변수들로는 센서의 체터링을 프로그램 내에서 처리하기 위한 이삭센서의 시간지연, 반송부 선단으로부터 이삭센서까지의 거리, 이삭센서 사이의 간격, 센서의 부착위치 등이다. 이 실험에서는 이삭센서의 시간지연과 부착위치를 제외한 다른 요인들은 모두 고정된 것으로 가정하였으며 위의 두 요인이 制御精度에 미치는 영향을 究明하기 위하여 표 2와 같은 실험을 실시하였다.

1) 센서의 附着位置의 設定

Table 2. Experimental conditions to test the performance of combine equipped with newly developed automatic feeding depth control system.

Test No.	Location of the rice head sensor	Time delay of the rice head sensor	Variety of rice
1	"A"	0.5 sec	Bongkwang
2		1.0 sec	Bongkwang
3		1.5 sec	Bongkwang
4		2.0 sec	Bongkwang
5	"B"	0.5 sec	Bongkwang
6		1.0 sec	Bongkwang
7		1.5 sec	Bongkwang
8		2.0 sec	Bongkwang
9	"C"	0.5 sec	Bongkwang
10		1.0 sec	Bongkwang
11		1.5 sec	Bongkwang
12		2.0 sec	Bongkwang

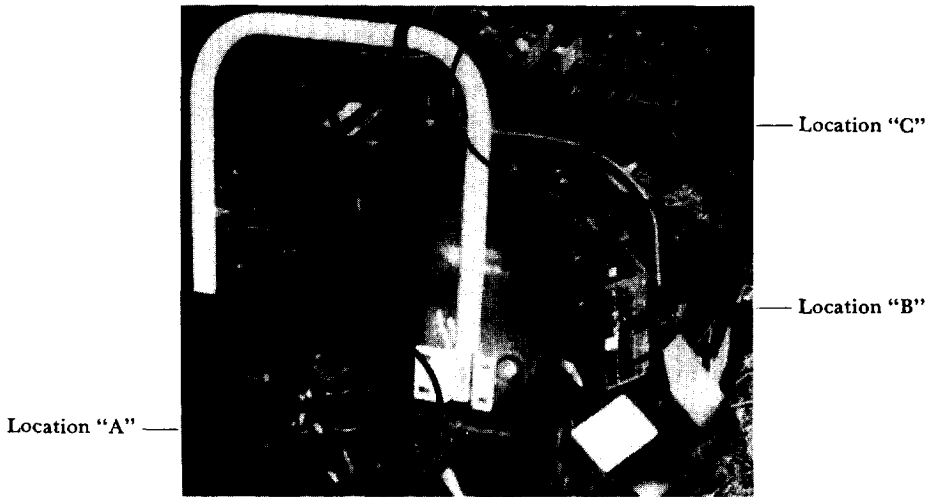


Fig. 4. View of rice head sensor locations in the conveying chain.

이삭센서는 반송부선단부터 탈곡부입구까지 어느 위치에나 부착이 가능하나 不感帶를 줄여 制御精度를 향상시키기 위해서는 가급적 반송부 선단 쪽에 위치하는 것이 바람직하다.

이 연구에서는 센서의 부착위치에 따른 制御精度의 차이를 究明하기 위해 A위치(반송부 입구), B위치(반송부 중간), C위치(탈곡부 입구)로 3 위치를 설정하였다. B위치는 반송부 선단으로부터의 길

이가 75cm이고 C위치는 110cm이다. 그림 4는 반송부에 부착되어 있는 센서의 세 부착 위치를 나타낸 것이다.

2) 센서의 時間遲延의 水準設定

센서의 시간지연도 制御精度에 큰 영향을 미치는 요인이다. 시간지연이 짧으면 입력되는 작물의 키의 변동에 대해 제어시스템의 時間反應이 빨라져

制御性能이 향상되는 반면, 異常信號 및 誤動作信號에도 제어시스템이 반응하므로 전체적으로 동력 손실이 증대되고 제어시스템이 不安定해지는 경향이 있다.

이 연구에서는 센서의 時間遲延이 공급깊이 자동 제어장치의 성능에 미치는 영향을 구명하기 위하여, 既存의 供給깊이 自動制御裝置에 채택되고 있는 시간지연(t_d)이 1초 내외인 것을 고려하여, 0.5초, 1초, 1.5초, 2초로 4 수준의 시간지연을 설정하였다.

3) 適正脫穀깊이 및 센서 사이의 間隔設定

適正脫穀깊이는 탈곡통의 크기, 탈곡치의 종류와 배열 등과 같은 탈곡부 因子들과 선별부의 성능 등과 매우 밀접한 관련이 있다. 이 때문에 이 연구에서는 실험에 사용된 콤바인의 탈곡부에 표시된 공급깊이를 適正脫穀範圍의 上限으로 사용하였으며, 그 깊이는 50cm였다. 이삭센서 S_h 와 S_m 의 간격은 제어부가 동작하지 않는 폭으로, 좁을수록 제어 성능은 우수해지나, 이로 인하여 모터 및 구동기구의 작동이 너무 빈번해지는 것은 시스템의 동력손실을 증대시키게 될 것이므로 바람직하다고 할수 없다. 그러나 適正間隔 이상으로 넓어지면 제어장치의 성능이 크게 떨어져 제어의 효과가 상실되므로 항상 적절한 간격을 유지할 필요가 있다.

이 연구에서는 適正脫穀範圍를 8cm로 하여, S_h 는 공급체인 선단으로부터 50cm의 위치에, S_m 은 42cm의 위치에 부착하였다.

나. 實驗方法

이 실험에서 구성된 공급깊이 자동제어장치의 성능을 評價하고 센서의 時間遲延과 附着位置가 制御精度에 미치는 영향을 究明하기 위해 圃場實驗을 실시하였다.

실험이 실시된 포장에 재배된 작물은 기계이앙을 한 봉광벼로서 실험시 含水率은 18% (w. b.)로 枯熟期에 접어 든 상태였으며 벼열의 키는 비교적 균일하였다.

벼열의 키가 비교적 均一하였기 때문에 헤더부 승강레버를 움직여 벼열의 키를 인위적으로 조작하여 벼열의 키의 既知의 변동에 대한 공급깊이 제어장

치의 반응을 관찰하였다.

실험구간은 30m로 하였으며, 디바이더가 포장바닥에 닿아있는 상태로 출발하여 벼열의 키를 제촉하는 센서의 5m, 10m지점을 통과할 때 헤더부 승강레버를 조작하여 디바이더를 10cm씩 上昇시켰고, 20m, 25m 지점을 통과할 때 동일한 방법으로 10cm씩 下降시켜, 입력되는 벼열의 키가 가능한 한 계단과 형태가 되도록 하였다. 이 실험에 사용된 콤바인의 刈取條數는 2조였으나, 반송되는 벼열이 이삭센서에 충분한 作動力을 줄 수 있도록 3조씩 畝취하였다.

走行速度는 0.49m/s로 일정하게 유지시켰으나 실험구간을 예비주행해 본 결과, 평균 65초가 걸려 실제 주행속도는 0.46m/s였다.

실험구간의 주행이 끝나면 다시 실험구간의 시작 위치로 後進하여 다음 실험을 실시하여 벼 이삭부의 속입형상에서 나타날 수 있는 오차를 排除하였다.

4. 結果 및 考察

가. 制御裝置의 圃場性能

圃場實驗에서 얻은 결과를 그림 5, 6, 7에 나타내었다. 그림 5는 이삭센서를 반송부 입구(위치 A)에, 그림 6은 반송부 중간(위치 B), 그리고 그림 7은 탈곡부 입구(위치 C)에 설치한 경우이다. 각 그림에서 세로축은 벼열의 키(윗 곡선), 또는 공급깊이(아래 곡선)를 나타내고 가로축은 콤바인의 주행거리를 나타내었다. 또한 각 그림에서 (1)은 이삭센서의 時間遲延이 0.5초, (2)는 1초, (3)은 1.5초, (4)는 2초에 대한 것이다.

각 그림의 시간지연별 그래프에서 a 점은 實驗走行距離 5m에 상응하는 시점으로서 벼열의 키를 계단파형으로 만들기 위해 헤더부를 10cm 상승시킨 순간이다. 또한, 점 b는 不感帶가 시작하는 순간으로서 적정깊이 보다 짧거나 긴 벼열이 공급깊이 제어장치에 의해 적정깊이로 補正될 때까지 異常깊이의 벼열로 탈곡부에 공급되는 시기이다. 점 c는 不感帶가 끝나는 순간으로서 반송부가 적정위치에 놓인 후부터 반송되기 시작한 벼열이 탈곡부에 공급

되는 시기이다. 구간 ab는 헤더부가 움직여 벼얼의 키가 변동이 되더라도 이미 반송부 체인과 가이드에 물려 탈곡깊이가 결정된 벼얼이 공급되는 시기로 길이는 실험조건의 변화에 관계없이 항상 일정하다. 이 실험의 경우는 반송부 선단으로부터 계속 센서조립까지의 거리로 114cm의 값을 갖는다. 구간 bc는 벼얼이 適正脫穀範圍 밖으로 공급되는 不感帶로, 이 폭이 좁을수록 制御性能이 우수하다고 말할 수 있다. 이 폭은 여러 요인이 복합적으로 작용하여 결정되나 주로 센서의 부착위치와 시간지연이 가장 큰 영향을 줄 것이라고 생각된다. 구간 bc 위의 수치는 실험조건에 따른 不感帶의 크기를 나타낸다.

그림 5-(1)에서 a점은 헤더부를 상승시킨 순간이기 때문에 a점 이전까지의 벼얼의 키는 90~100cm의 범위였으나 a점을 지나면서 10cm 작아져 80

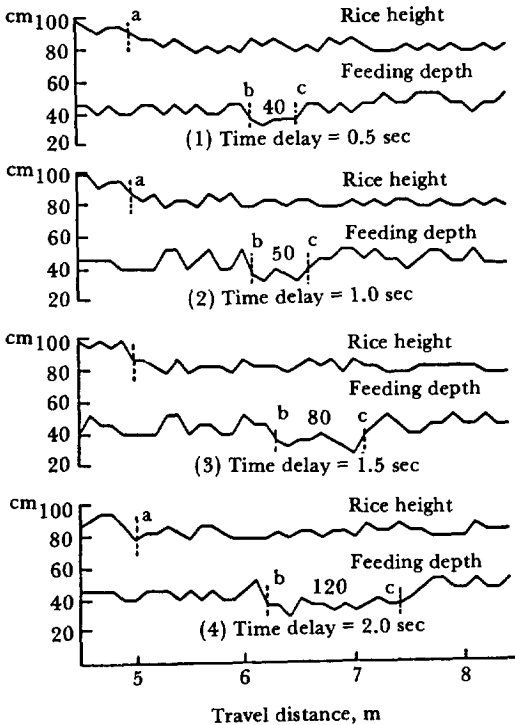


Fig. 5. Experimental results showing plant height and feeding depth into threshing cylinder as varied by combine travel distance when rice head sensor was set at the location "A". Each separate figures are those measured at different time delay setting.

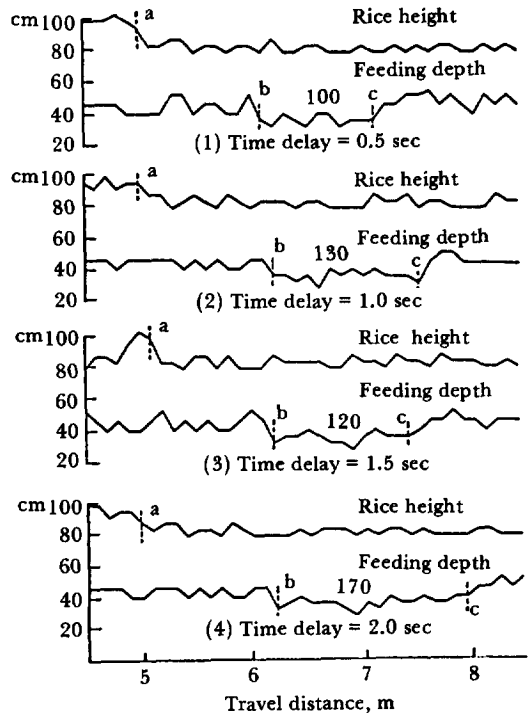


Fig. 6. Experimental results showing plant height and feeding depth into threshing cylinder as varied by combine travel distance when rice head sensor was set at the location "B". Each separate figures are those measured at different time delay setting.

~90cm의 값을 보이고 있다. 이 값이 8m 이상의 지점까지 잘 유지되고 있음을 알 수 있으며 이러한 파형은 모든 벼얼의 키 파형에서 공통으로 나타났다. 헤더부의 변동에 의한 공급깊이의 변동은 구간 ab만큼 지연되어 나타나기 시작했으며 그림 5-(1)에서는 구간 ab의 크기가 110cm이고 다른 조건에서는 120cm인 경우도 있어 114cm와는 약간의 오차를 보이고는 있으나 비교적 근사한 값으로 판단되었다. 구간 bc는 벼얼이 42cm이하로 공급되어지는 不感帶의 구간으로 시간지연이 0.5초일 경우에는 50cm였으나 시간지연이 길어지면서 점차 커지는 경향을 보이고 있다.

그림 6에서도 센서의 시간지연이 길어질수록 不感帶의 크기는 증가하는 경향을 나타냈으며 그 범위는 110~180cm였다. 그러나 不感帶의 크기는 그림 5에서의 센서의 시간지연이 같은 경우와 비교

해서 상대적으로 커졌다. 이것은 벼얼의 탈곡깊이가 반송부 선단과 예취작후의 벼줄기와의 相對位置에 따라 결정되므로 이미 반송체인과 가이드 사이에 물려 반송 중인 벼얼 중, 반송부 선단에서 이삭센서의 위치까지의 길이 만큼이 시간지연에 의한 不感帶의 길이에 더해졌기 때문으로 판단되었다.

그림 7에서도 그림 5, 6의 경우와 마찬가지로 센서의 시간지연이 증대함에 따라 不感帶가 커지는 경향이 잘 나타났다. 또한, 不感帶의 크기의 범위는 140~210cm로 센서의 시간지연이 같은 그림 5, 6의 경우에 비해 제일 컸으며 그 원인은 앞에서 설명한 바와 같다.

또한, 그림 6-(4), 7-(4)에 잘 나타난 것처럼 適正供給깊이에서 그 이하의 깊이로 떨어지는 b점의 파형의 기울기가 그 이하의 깊이에서 다시 適正供給깊이로 회복되는 c점의 파형의 기울기 보다 급격하다. 이것은 b점의 경우, 헤더부의 상승에 의해서 벼얼의 키가 거의 제단파에 가깝게 변화하였고, c점의 경우는 시간지연에 의한 不感帶가 지나면서부터 공급깊이 자동제어장치가 동작하여 벼얼의 키를 補正하기 시작한 영향이 나타난 것으로 판단되었다. 실험전체에 걸쳐 공급깊이 제어장치에 의한 탈곡깊이의 오버슈트(Overshoot) 현상은 거의 나타나지 않았다.

이상에서 알 수 있는 바와 같이 벼얼의 키가 변동을 하더라도 탈곡부에 공급되는 벼얼의 탈곡깊이는 실험조건에 따른 일정한 불감대가 나타난 후 다시 適正供給깊이의 범위로 들어 갔으며 오버슈트 현상도 거의 나타나지 않았다. 따라서 이 실험에서 供給깊이 自動制御裝置의 컨트롤러로 사용한 원보드 마이크로 컴퓨터가 圃場實驗에서 비교적 양호하게 공급깊이를 제어한 것으로 판단되었다.

그림 8은 5m, 10m, 20m, 25m의 지점에서 헤더부 승강레버를 조작하여 헤더부를 10cm씩 상승 또는 하강시켰을 때 발생한 不感帶의 크기와 그 平均値를 센서의 부착위치별로 나타내었다.

이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 위치 "A"의 경우는 같은 조건에서도 반복간에 많은 차이를 보이고 있으나 위치 "B"나 위치 "C"의 경우는 비교적 반복간의 차이가 크지 않았다. 불감대의 평균치

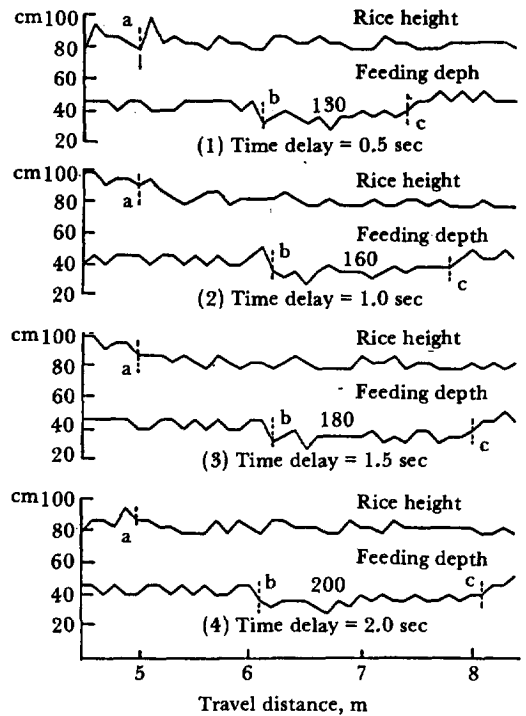


Fig. 7. Experimental results showing plant height and feeding depth into threshing cylinder as varied by combine travel distance when rice head sensor was set at the location "C". Each separate figures are those measured at different time delay setting.

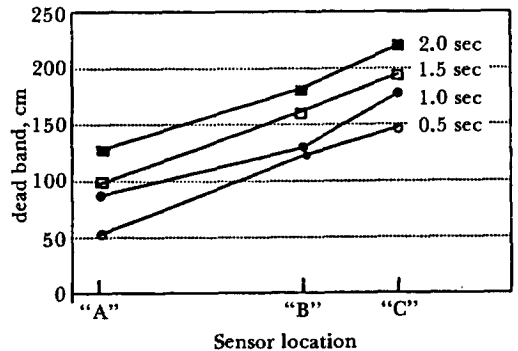


Fig. 8. Effect of sensor location in the conveying chain on dead band for different time delay of rice head sensor.

는 센서의 부착위치가 탈곡부 입구쪽으로 갈수록, 같은 부착위치에서도 센서의 시간지연이 길어 질수록 증가하는 경향이 잘 나타났다.

나. 센서의 附着位置에 따른 制御特性

不感帶의 크기는 다음과 같이 이론적으로 推定해 볼 수 있다.

$$DBW = TD \times CS + SL \dots\dots\dots(1)$$

- 여기서 DBW : 不感帶의 크기, cm
- TD : 센서의 시간지연, s
- CS : 반송부 체인의 속도, cm/s
- SL : 반송부 선단에서 이삭센서의 부착위치까지의 길이, cm

그림 9는 포장실험에 의한 不感帶의 크기와 식(1)에 의해 이론적으로 추정해 본 不感帶의 크기 간의 차이를 이삭센서의 부착위치별로 나타내 본 것이다. 그림에서 삼각점은 實驗值이고 사각점과 원점은 각기 설정된 센서의 시간지연에 대한 理論值을 나타낸다. 이삭센서의 부착위치가 반송부 선단인 경우는 실험치와 이론치가 35cm 정도의 차이를 보이고 있으나 반송부 중간인 경우와 탈곡부 입구인 경우에는 약 20cm 정도의 차이를 보이고 있어 반송부 선단의 경우 보다 상당히 그 차이가 줄어들었음을 보이고 있다. 이것은 이삭센서를 반송부 선단에 부착한 경우가 반송부 중간 또는 탈곡부 입구인 경우에 비해 공급되는 벼연을 안정되게 감지하지 못했음을 의미한다. 이것은 이삭센서의 위치를 반송부 선단으로 한 경우, 벼 이삭부의 감지위치가 2조 또는 3조로 에워진 벼가 橫搬送체인 또는 스타휠에 의해 반송부 선단으로 집속되는 곳이기 때문에 벼이삭부의 호트러짐이 비교적 커서 기존의 接觸

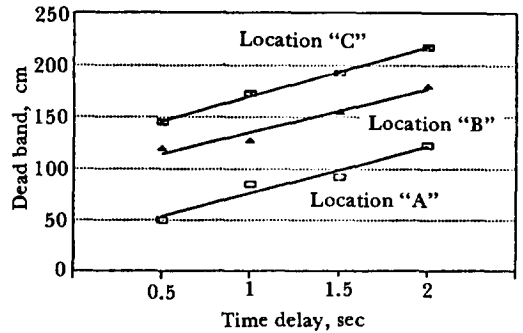


Fig. 10. Effect of time delay of rice head sensor on dead band for different sensor location.

型센서로는 감지상태가 불량하였기 때문인 것으로 판단되었다. 그러나 센서가 탈곡부 입구에 위치하고 있는 경우, 벼줄기부는 공급체인에 물린 상태이고 벼이삭부는 호트러짐이 거의없이 수평자세를 유지한 채로 감지되므로 비교적 안정된 감지가 이뤄져 그 차이가 크지 않았던 것으로 판단되었다.

탈곡부 입구에서 발생하는 차이를 포함하여 전체적으로 나타나는 오차는 예취, 반송되는 벼연의 不均一, 벼연의 키의 변동과 콤바인 조작기술의 미숙, 이삭센서의 감지방법의 불량, 이삭센서의 復原스프링력의 차이 등에 起因하는 것으로 생각되었다.

不感帶가 크면 할수록 제어효과는 떨어지므로 不感帶를 줄여 制御性能을 높이기 위해서는 센서를 가급적 반송부 선단에 근접시켜 부착하는 것이 유리하며 현재와 같이 레버를 이용한 접촉형 센서로는 공급, 반송되는 벼연이 포기供給案内板에 닿기 시작하는 위치에 부착하는 것이 가장 바람직할 것으로 생각되었다. 그러나 不感帶를 좀 더 줄이기 위해서는 기존의 접촉형 센서 대신에 비접촉형 센서(超音波, 光電子, 赤外線)를 사용하여 반송부 선단에서 감지해 내거나 기존의 접촉형 센서를 그대로 사용되 안정된 감지를 도울 수 있는 가이드를 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

다. 센서의 時間遲延에 따른 制御特性

그림 10은 포장실험을 결과를 이삭센서의 시간지연별로 나타낸 것이다. 센서의 시간지연의 증가에 따라 不感帶가 거의 직선적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 센서의 부착위치는 콤바인의 구조상의

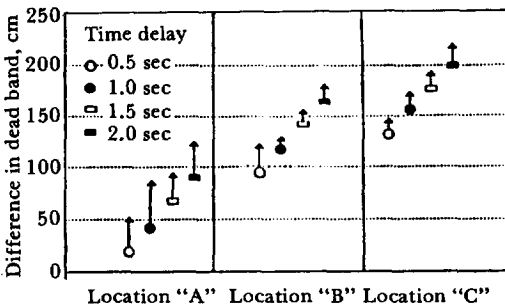


Fig. 9. Comparison of the experimental and predicted dead band for different sensor locations and different sets of time delay in rice head sensor.

이유로 또는 안정된 감지를 할 목적으로 그 위치를 脫穀部 入口로 고정하는 경우가 많기 때문에 不感帶를 줄여 制御精度를 향상시키기 위해서는 센서의 시간지연을 가급적 줄여야 한다.

그러나 시간지연을 適正值 이하로 設定해 놓았을 경우에는 불필요한 제어동작이 많아져 제어시스템이 불안정해 질 뿐만 아니라 동력소모도 많아져 바람직하다고 할 수 없다. 따라서 센서의 시간지연의 適正範圍를 찾는 것은 상당히 중요한 문제라 할 수 있다. 그러나 적정범위를 찾기 위해서는 不感帶뿐만 아니라, 예취, 반송되는 작물의 키의 변동과 주파수의 분석, 안정도와 관련한 誤動作率, 動力消耗率 등의 제측도 함께 이뤄져야 하며 이와 관련한 연구가 계속 진행되어야 할 필요가 있다고 생각된다.

5. 要約 및 結論

이 연구는 刈取, 搬込되는 작물의 길이에 관계없이 脫穀部에 供給되는 작물의 이삭끝을 항상 적정한 길이로 供給되게 하는 供給길이 自動制御裝置를 구성, 제작하고 시스템의 性能에 관계된 주요한 因子들이 制御性能에 미치는 영향을 究明하기 위해 수행되었다.

또한, 기존의 供給길이 自動制御裝置는 컨트롤러로 電子專用回路를 사용하였으나 이 실험에서는 원보드 마이크로 컴퓨터를 사용하여 中央集中制御 시스템의 기본 모델을 제시하고자 하였다.

이삭센서의 附着位置와 時間遲延이 시스템의 성능에 미치는 영향을 구명하고, 制御裝置의 性能과 實用 可能性을 평가하기 위하여 圃場實驗을 실시하였다.

研究結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 원보드 마이크로 컴퓨터를 이용한 供給길이 自動制御裝置를 구성하여 圃場實驗을 해 본 결과, 비교적 양호한 制御性能을 보여 實用化가 가능할 것으로 판단되었으며, 이 장치를 이용하여

中央集中制御 시스템의 開發도 가능할 것으로 판단되었다.

2. 이삭센서의 부착위치가 搬送部 先端에서 脫穀部 入口쪽으로 갈수록, 센서의 時間遲延이 길어질수록 不感帶는 커졌다. 그러나 벼열의 變動狀態를 안정하게 感知하는 측면에서는 이삭센서의 附着位置가 脫穀部 入口에 근접할수록 유리하게 나타났다. 따라서, 制御性能을 향상시키기 위해서는 벼열의 供給길이에 대한 不感帶를 더욱 줄임과 동시에 벼열의 感知 安定性을 높일 수 있는 研究開發이 필요하다고 인정되었다.

參 考 文 獻

1. 鄭昌柱, 金成玉, 金水成. 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.
2. Haruo Esaki. 1977(8). Farming Mechanization - Automatization of head-Feed Combine -. Sinnolin CO (Tyokyo). pp.5-10.
3. Hiroshi Kishida. 1986(1). Sensor Technology - Sensors for Combine -. Sensor Technology CO (Tokyo). pp.27-31.
4. Junichirou Kojima, Nobutaka Ito. A Study on Automatic Control of Head feeding Type Combine. The Bulletin of the Faculty of Agriculture, Mie University 57: 85-114.
5. Koji Kito, Nobutaka Ito. 1981. The Development of the Micro-computerized Driverless Combine. The Bulletin of the Faculty of Agriculture Mie University 63: 235-255.
6. Nobutaka Ito. 1987. Agricultural Machinery and Its Automation. Journal of the Society of Instrument and Control Engineers 26(3): 195-199.