

자탈형 콤바인 부착용 곡물유량센서 개발을 위한 기초적 연구 (1)

The Basic Study for Grain Flow Sensor Development of Head-Feeding Combine (part 1)

이충근* 정인규* 성제훈* 김상철* 박우풍* 황성준*
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원
C. K. Lee I. G. Jung, J. H. Sung S. C. Kim W. P. Park S. J. Hwang

1. 서론

포장내·포장별 곡물의 수확량을 정확하게 조사하고 공간변이를 파악하는 것은 정밀농업의 중요한 요소의 하나이다. 발작물(밀, 옥수수, 콩, 면화) 중심의 농업경영을 하고 있는 구미에서는 곡물유량센서, 수분센서, 속도센서 그리고 GPS(지구측위시스템) 등과 연계된 수확량 계측시스템을 탑재한 수확량 계측시스템 부착형 콤바인을 이용해 실시간으로 수확량을 계측하는 기술이 개발 보급되고 있다¹⁾. 수확량계측시스템에 의해서 얻어진 수확량정보는 포장관리 결과의 확인과 정밀포장관리를 위한 기초자료로서 활용되고 있다.

그러나, 벼 농사 중심의 아시아에서는 자탈형 콤바인에 적용 가능한 수확량계측시스템은 아직 개발되어 있지 않고, 연구단계에 있다. 구미에서 개발된 수확량계측시스템을 그대로 자탈형 콤바인에 적용함에 있어서는 구조적·치수적인 문제점과 정밀도에 대한 문제점 등이 지적되고 있다^{2)~5)}.

본 연구에서는 주로 미작 중심의 소규모 지역에서 사용되고 있는 자탈형 콤바인 부착용 수확량 계측시스템을 개발하기 위해서 이 시스템의 핵심구성요소인 곡물유량센서 개발을 목표로 연구를 수행하였다.

2. 실내시험

가. 곡물유량센서

곡물유량을 계측하는 방법에는 여러 가지가 있지만, 본 연구에서는 양곡컨베이어로부터 배출되는 곡물이 센서에 충돌할 때, 발생하는 충격력이 배출되는 곡물의 질량에 비례한다는 가정하에 단위시간 당 콤바인이 예취한 곡물의 질량을 추정하는 방법을 이용하였다. 그림 1은 실내시험에서 사용한 센서의 개략도를 나타낸 것이고 그림 2는 자탈형 콤바인내부에서 곡물의 흐름과 곡물유량센서의 위치를 표시한다. 이 센서는 자탈형 콤바인의 곡물탱크 내에 설치한다는 것을 전제로 길이, 폭, 높이 등을 고려하였으며, 벤딩 로드셀을 이용하였다. 충돌판의 재질은 곡물의 마찰로 인한 마모증대와 녹이 생기는 것을 방지하기 위해서 스텐레스

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 정밀농업기계연구팀

강판을 이용하였다. 자탈형 콤바인 부착용 곡물유량센서는 충돌판과 신호검출부를 일체화함으로써 출력신호의 영점이 흔들리는 현상이 있었다. 따라서, 본 센서에서는 충돌판과 신호검출부를 별도로 하여 이를 방지하였다. 또한, 자탈형 콤바인 전 기종에 적용 가능하도록 하기 위해 구조를 단순화하였으며 고정부를 좌·우, 앞·뒤로 조절이 가능하게 설계를 하였다. 개발한 곡물유량 센서는 4조 예취 자탈형 콤바인(KC 575G-CP, 곡물탱크식)에 탑재했다. 콤바인은 엔진정격출력 40.3kW/2,800rpm, 작업시 주행속도는 0~1.35m/s이다. 센서의 설치장소는 그림 2에서 보는 바와 같이 곡물탱크내의 양곡컨베이어로부터 곡물이 배출되는 회전익의 정면위치이다.

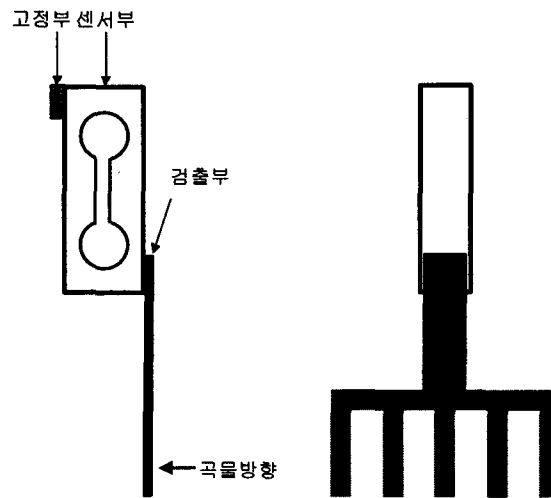


Fig. 1 The grain flow sensor for head-feeding combine.

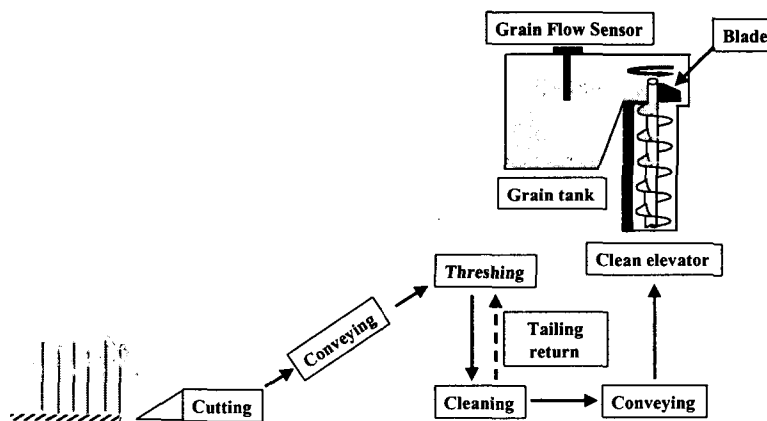


Fig. 2 Schematic diagram of grain flow in combine and the grain flow sensor position.

나. 시험방법

양곡컨베이어로부터 곡물탱크에 배출되는 곡물과 유량센서로부터의 출력신호의 관계를 구하기 위해서 실내시험을 수행했다. 시험방법으로는 양곡컨베이어의 배출구 앞쪽에 유량센서를 설치하였다. 곡물의 투입량을 안정적·연속적으로 공급하기 위해서 선별부를 제거하였다. 곡물공급장치를 이용하여 콤바인의 1번 오거 위쪽에 곡물을 0.05 ~ 1.2kg/s까지 각 단계별로 2회씩 반복적으로 균일공급을 하였다. 또한 곡물을 스텝입력 하기 위해서 곡물유량을 0.4kg/s로 기준을 설정한 후에 변량적으로 스텝입력도 수행했다.

그림 3은 곡물공급방식의 개략도를 나타낸다.

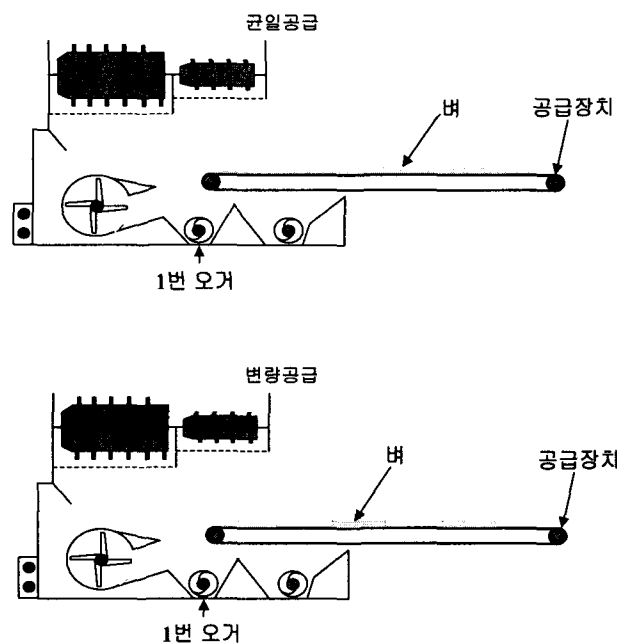


Fig. 3 Schematic diagram of grain feeding method in the combine.

구체적인 시험방법으로서는 콤바인을 주행시키지 않고 엔진 회전수를 2,800rpm로 하였으며 반송부를 운전했다. 이 때 배출되는 곡물이 센서에 충돌해 발생하는 충격력을 유량센서로 계측했다. 유량센서로부터의 신호는 신호전송기를 통하여 100Hz로 A/D변환되어 컴퓨터에 기록했다.

다. 결과 및 고찰

유량센서의 출력신호를 적산한 값과 실질적으로 곡물탱크로 배출된 곡물질량과의 관계를 정리한 것이 그림 4이다.

이 결과, 단위시간당 흘러간 곡물유량과 단위시간당 발생된 충격량과의 관계는 결정계수로 0.937 정도를 보였다.

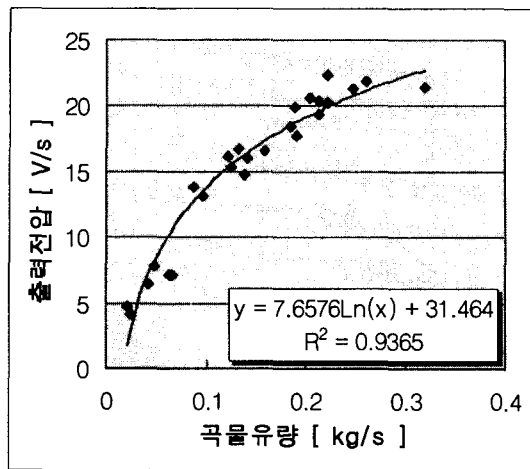


Fig. 4 Relationship of grain flow rate and output voltage.

3. 포장시험

가. 시험방법

실내시험에서 얻어진 곡물유량센서의 시험결과를 토대로 포장시험을 실시하였다. 포장시험은 2001년 10월 11일 농업기계화연구소 입북동 시험포장에서 실시하였다. 조사한 포장의 크기는 100×30m로서 0.3ha의 포장이다. 시험의 편의성과 비교시험을 위해서 그림 5와 같이 포장을 재정리하였다. 즉, 길이방향으로 하나의 포장을 1구획과 2구획으로 둘로 나누고 각각 20회의 시험이 가능하도록 폭을 설정하였다. 곡물유량센서의 설치와 신호처리는 실내시험과 동일하게 하였으며, 콤팩트의 작업속도는 0.1~0.9m/s였다. 대상 벼 품종은 일품벼이며, 측정 항목은 유량센서에 의한 출력값, 곡물탱크에 축적된 곡물질량, 수분 등을 측정하였다. 시험 순서로서는 각 구획에서 1회 작업을 하고 곡물탱크에 쌓인 곡물을 배출오거를 통해서 외부로 배출시켜 질량과 수분을 측정하였으며, 그때 발생된 출력값을 컴퓨터로 취득하였다. 이와 같은 시험을 각 구획에서 20회씩 실시하였다. 그림 6은 포장시험의 광경을 나타내고 있다.

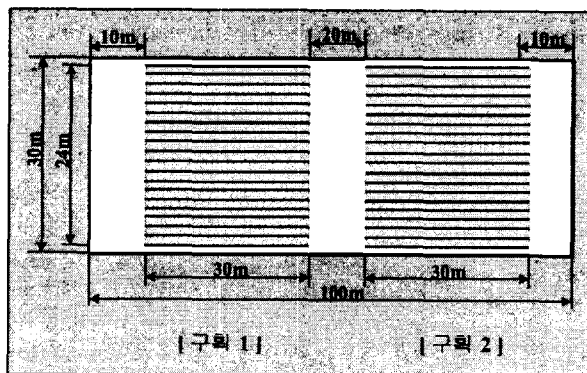


Fig. 5 Paddy field for testing of the grain flow sensor.



(a) Measurement of grain flow rate

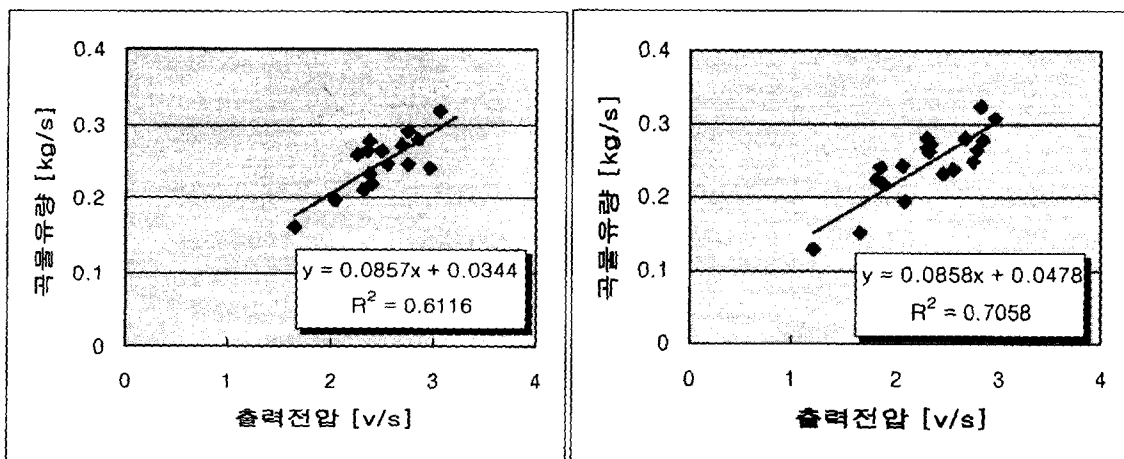


(b) Mass and moisture content measurement of grain

Fig. 6 A field test.

나. 결과 및 고찰

유량센서의 출력신호를 적산한 값과 실질적으로 곡물탱크로 배출된 곡물질량과의 관계를 정리한 것이 그림 7이다. 이 결과, 단위시간당 흘러간 곡물유량과 단위시간당 발생된 충격량과의 관계는 구획 1에서는 0.612, 구획 2에서는 0.706을 보였다. 구획 1에서 얻어진 회귀식을 이용하여 구획 2의 값을 구한 것이 그림 8이다. 즉, 예측유량과 실측유량과의 관계가 결정계수로 0.706을 보였으며, SEP는 0.026kg/s, Bias는 -0.014kg/s를 보였다. 이 결과, 포장시험에 있어서도 개발한 곡물유량센서의 가능성을 확인하였으며, 센서를 좀 더 개량 보완한다면 정밀도가 더 높은 센서의 개발이 가능할 것으로 생각되었다.



(a) Field 1

(b) Field 2

Fig. 7 Relationship of grain flow rate and output voltage.

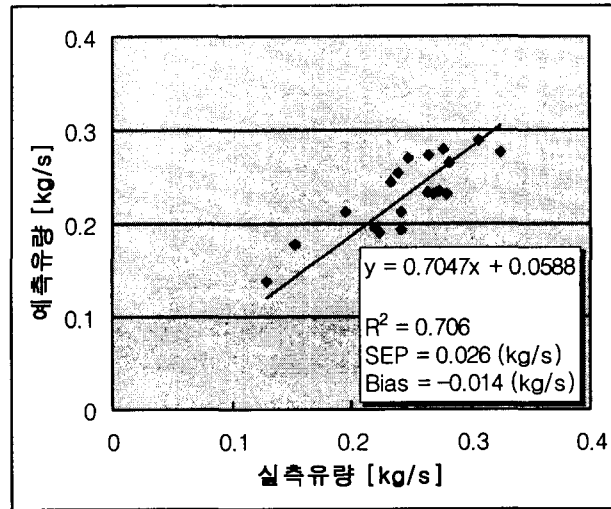


Fig. 8 Relationship of predicted grain flow rate and real grain flow rate.

4. 요약 및 결론

자탈형 콤바인 부착용 곡물유량센서를 개발하여 실내시험과 포장시험을 실시한 결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

- 가. 실내시험에서는 곡물유량과 단위시간당 발생된 충격량과의 관계는 결정계수로 0.937의 높은 정밀도를 보였다.
- 나. 포장시험에서는 실내시험보다는 정밀도가 낮았지만, 구획 1에서는 결정계수가 0.612, 구획 2에서는 0.706을 보였다. 구획 1에서 얻어진 회귀식을 이용하여 구획 2의 값을 구한 결과, 예측유량과 실측유량과의 관계가 결정계수로 0.706을 보였으며, SEP는 0.026kg/s, Bias는 -0.014kg/s를 보였다.

5. 참고문헌

1. 海外調査報告. 2000. 北米における精密農業技術の調査. 生研機構農業機械化研究所.
2. 李 忠根, 飯田訓久, 下保敏和, 梅田幹雄. 2000. 自脱コンバインのためのインパクト式センサの開発. 日本農業機械學會誌 62(4) : 81-88.
3. C-K. Lee, M. Umeda, J. Yanai, M. Iida, and T. Kosaki. 1999. Grain yield and soil properties in paddy field. ASAE/CSAE-SCGR Annual International Meeting. Toronto Canada. Paper No. 991057
4. C-K Lee, 2001. Mapping of Field Information and Development of Yield Sensor for Precision Agriculture in Paddy Field. Ph. D. Thesis
5. Iida, M., T. Kaho, C-K. Lee, M. Umeda, and M. Suguri. 1998. Measurement of grain yield in Japanese paddy field. Proceeding of the 4th International Conference on Precision Agriculture. July 19-22. St. Paul, Minnesota. USA. pp : 1165 1176