

콤바인 곡물 포대 자동화에 관한 연구

Research and Automatic Sacking Device for Combine Harvester

김진현*	김기동*	조기현**	이정택**
정회원	정회원	정회원	정회원
J. H. Kim	K. D. Kim	K. H. Cho	J. T. Lee

1. 서론

자탈형 콤바인의 주행부는 물론에 있어서 주행을 쉽게 하기 위한 궤도형이고 그 접지압은 될 수 있는 한 작게 되어 있다. 그 때문에 기체의 소형화를 위한 한 방법으로서 소형의 자탈형 콤바인의 다수는 곡립 처리방식으로 포대방식을 취하고 있다.

곡립대는 작업자의 운반 능력을 고려해서 자루의 충전량을 30kg이하의 소용적인 것으로 하고 있다. 이 때문에 수확 작업시에는 포대 교환을 위한 보조자가 필요하게 된다.

포대의 교환간격은 곡립 유량이 0.5ton/hr~1ton/hr정도의 경우에는 2~3분이지만, 곡립 유량이 1~2.5ton/hr정도로 많은 경우에는 1분 이내로 포대의 교환을 할 필요가 있다. 이 같은 경우, 포대 교환작업을 장시간 계속하는 것은 작업자로서 큰 부담이 된다. 또한, 포대를 작업하는 장소는 기체의 측방 또는 후방에 위치하고 있어서 진동이나 소음이 많은 것뿐만 아니라 탈곡에 따른 먼지가 가장 많이 발생하는 위치로서 위험성 및 극히 나쁜 작업환경에서 포대 작업을 수행하여야 하는 많은 부담을 안고 있는 실정이다.

이 같은 곡립포대처리에 관한 제반 문제를 해결해야할 곡립처리 방법의 검토를 하고 해결책의 하나인 자동포대처리 기구의 개발 가능성에 대해 검토를 실시 했다.

곡물의 처리방식을 간단히 분류하면, 탱크방식과 포대방식으로 분류할 수 있으며, 탱크방식은 자탈형 콤바인에 탱크 방식을 채용할 경우, 소용적 탱크에서는 배출회수가 많아져 작업 능률이 저하되 버리기 때문에 적어도 10a분은 수납가능할 탱크가 필요하다. 10a 당의 곡물 중량은 600~1000kg이기 때문에 탱크용적은 약 1~2 m³ 필요하게 되고 기체가 작은 콤바인에 부착한다는 것은 곤란하며, 접지압이 증가하고, 프레임의 강도를 증가할 필요가 있으며, 탱크에 곡립이 저장함에 따라 중심 위치가 이동해서 주행상의 문제가 발생하게 된다.

※ 본 연구는 2001년 농촌진흥청 현장애로과제로 수행되었음.

* 상주대학교 기계공학부

** 경도대학 차량기계학과

또, 바로 수송이 가능한 운반차가 필요하다는 문제점을 내포한 반면, 수확작업을 혼자 운전 자만이 행하는 것이 가능하여 보조자를 필요치 않으며, 소모 재료로서의 포대를 필요로 하지 않는 잇점을 가지고 있다. 하지만 탱크방식의 콤바인은 기대가격이 고가이고, 운반 트레 일러와 일관작업이 필요하므로, 부대비용이 많이 들어, 일반농가에서는 사용하기가 어렵다.

포대방식의 자탈형 콤바인이 일반적으로 가장 많이 사용되어지고 있으며, 포대 방식에도 소모품으로서의 포대를 다수 필요로 하며, 곡물유량의 증가 즉, 콤바인의 고성능화 함에 따 라서 보조자의 부담량이 많아지게 되었으며, 보조자는 작업환경이 나쁜 장소에 위치하고 있 는 문제점을 내포하고 있다. 따라서, 이러한 문제점들을 포대의 자동화처리로 인하여, 작업 자의 안전사고 예방과 중노동 및 작업환경개선을 하고자 한다.

본 콤바인 곡물포대의 자동화처리 연구의 목표는 작업자의 중노동 및 안전사고등을 안고 있는 기존의 수동 곡물포대처리 방식을 개선하여, 자동으로 곡물포대를 처리하는 시스템의 개발 및 활용으로 노동력 절감과 안전사고 예방 및 작업자가 중노동으로부터의 해방등에 기여하고자 한다.

2. 포대자동화장치의 설계 및 제작

1) 제어시스템

그림 1은 개략적인 자탈형 콤바인의 작업공정도를 나타낸 것이다.

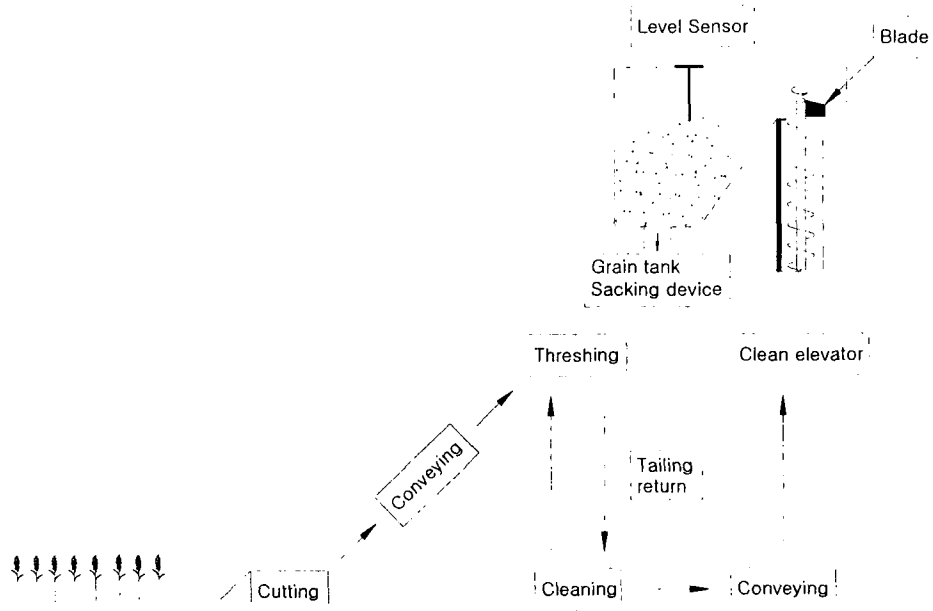


그림 1. 자탈형 콤바인의 작업순서도

본 자동제어장치의 설계에 있어서 기본적인 아이디어는 작업환경을 고려한 안정된 동작에 중점을 맞추었다. 개발·제작된 자동제어장치 시스템은 포대의 정위치 여부, 벼의 적정량 여부 등을 감지한 후 리프트를 상하이동, 게이트를 ON-OFF 되도록 제작하였으며, 수동으로 포대 이송을 위한 이송 모터를 이용하여 전진 또는 후진을 할 수 있게 설계·제작하였다. 또한 벼가 담긴 포대를 이송하기 위한 이송장치인 컨베이어를 전진 또는 후진할 수 있도록 설계·제작하였으며, 포대가 정위치 되지 않았을 경우 경고음을 울리도록 설계·제작하였다. 그림 2는 설계·제작한 자동처리 시스템의 블록도를 나타낸 것이다.

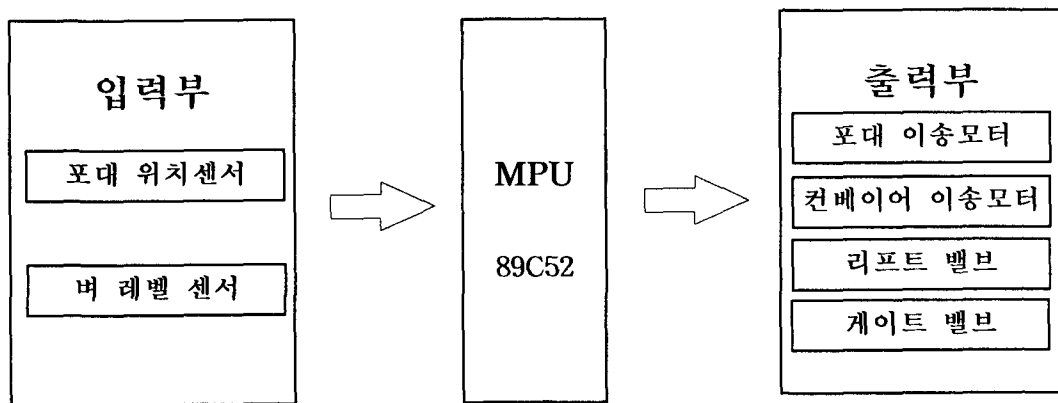


그림 2. 포대자동화 처리장치의 흐름도

그림 2에서와 같이 시스템의 주제어장치로 RAM과 ROM 그리고 I/O 등이 내장된 89C52 마이크로컨트롤러를 사용하였으며, 입력장치인 포대 위치센서는 비교적 먼지가 많은 곳에서도 양호한 동작을 보장하는 용량형 근접센서를 이용하였으며, 벼의 레벨을 감지하기 위한 감지센서로는 기성품인 리밋 스위치를 사용하였다. 또한 출력장치로 가마니 이송모터는 DC12V 400W 모터와 기어박스를 사용하여 제작하였으며, 전기적인 스위치는 2접점 릴레이를 사용하였다. 또 컨베이어 이송장치는 DC12V 480W 기어가 내장된 모터를 사용하여 제작하였으며, 전기적 스위치는 2접점 릴레이를 사용하였다.

리프트 밸브와 게이트 밸브는 공압장치를 이용하여 상하이동 및 개폐 할 수 있도록 하였으며, 사용한 전기적 개폐장치는 DC 12V용 솔레노이드밸브를 사용하였다.

그림 3은 설계·제작한 시스템의 동작 순서를 나타내었다.

처리순서를 살펴보면 사람이 작업 전에 수동으로 이송장치를 통하여 2~3개의 포대를 적당히 위치시키면, 스크루 이송장치를 통하여 자동화시스템이 포대를 하나씩 정위치 시키게 된다. 포대가 정위치되면 자동처리장치는 곡물 탱크의 벼가 적정한 양인지를 판단 한 후 적정한 양이 되면 리프트를 내리고, 게이트를 열어 벼가 포대에 담길 수 있도록 기계적 제어를 시작한다. 이때 벼가 적정한 양이었다가 포대에 담기기 시작하면서 적정량 보다 적어지게 되면 리프트는 내린 상태에서 벼 게이트만 닫아 벼가 적정량이 될 때까지 기다린다. 다시 벼의 양이 적정하게 되면 벼 게이트를 열어 계속 벼가 포대에 담길 수 있도록 제어한다. 포대에 벼가 담기는 양을 제어하는 방법에는 로드셀을 이용하여 중량을 측정하여 제어하는 방법, 시간을 제어함으로써 제어하는 방법, 스프링과 스위치를 이용하여 제어하는 방법 등

여러 가지가 있을 수 있다. 그러나 로드셀을 이용하는 방법과 스프링과 스위치를 이용하는 방법은 진동이 심한 농작업 환경에 매우 부적절하여 본 연구에서는 마이크로컨트롤러에서 직접 시간을 측정 제어하는 방식을 택하였다. 또한 시간을 통한 보다 정확한 제어를 위해 탱크에 있는 비의 양과 게이트가 열린 시간을 적정 조절하여 제어 프로그램을 작성하였다.

포대에 적정시간동안 비가 담기면 게이트를 닫고, 리프트를 올린 후 포대를 스크류의 이송을 통해 1차 이송한 후 컨베이어벨트 이송 장치를 통해 2차 이송하게 된다. 이송이 끝나면 제2의 포대를 정위치 시킨 후 2번째 작업을 시작하게 된다. 그림 4는 제어장치부를 나타내었으며, 그림 5는 전체적인 콤팩트 곡물 포대 자동화장치의 모습이다.

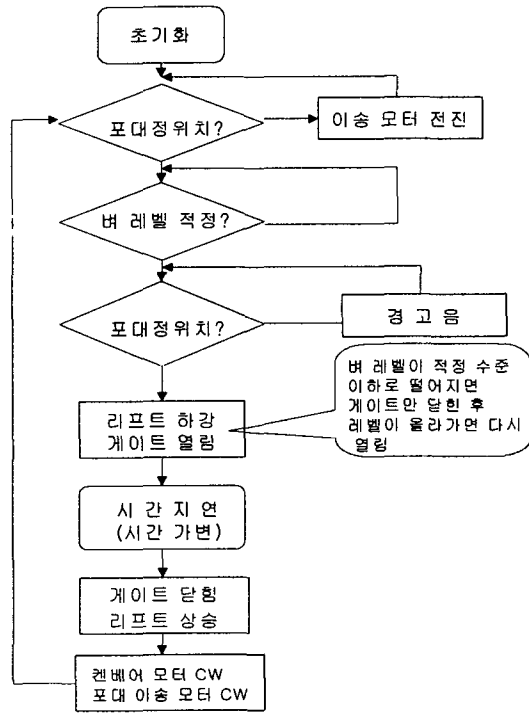


그림 3. 포대자동화장치 처리 순서도

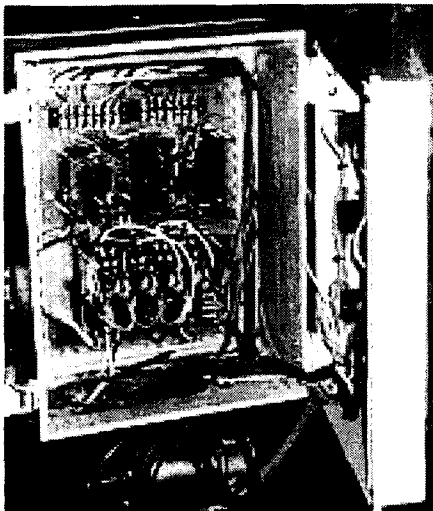


그림 4. 제어장치부

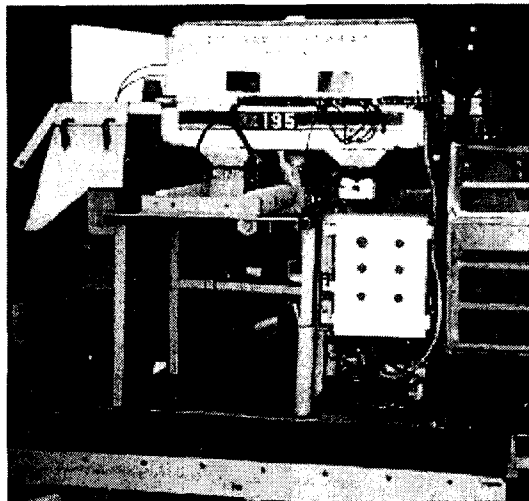


그림 5. 포대 자동화장치의 전체적인 모습

2) 포대 이송 장치

자탈형 콤바인에서 곡물을 충전하는데 사용되는 포대의 이송을 필요한 장치로서 스크류 컨베이어, 모터, 포대위치센서로 구성되어 있다. 빈포대를 포대 자동화장치에 설치하기 위해, 스크류를 역회전시켜서 포대를 장착을 하게 되며, 이때, 포대 위치센서의 작동으로 포대

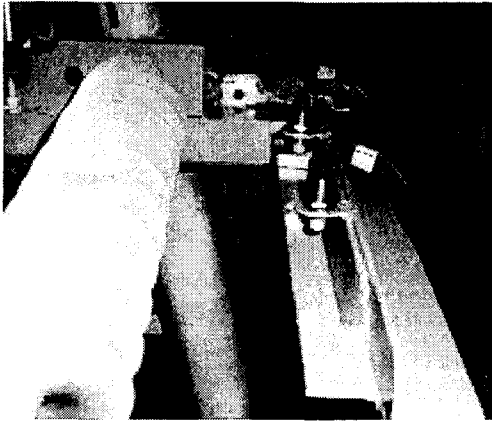


그림 6. 포대 위치센서

대 장착시 모터의 과부하 방지를 위해 선단위치와 슈트부 위치 2곳에 위치센서를 설치하여, 선단위치이상 포대가 이동하는 것을 방지하며, 콤바인 작업시 선단위치에 적재되어 있던 포대를 이송시켜서, 슈트부 위치에 포대가 도달하면 슈트부 위치센서가 작동하여 포대이송을 정지시켜서, 곡물의 투입을 위한 정 위치 작업을 하게 된다. 그림 6은 포대의 위치를 제어하는 위치센서의 모습을 나타낸 것이며, 그림 7은 포대 이송용 스크류 컨베이어의 모습을 나타낸 것이다.

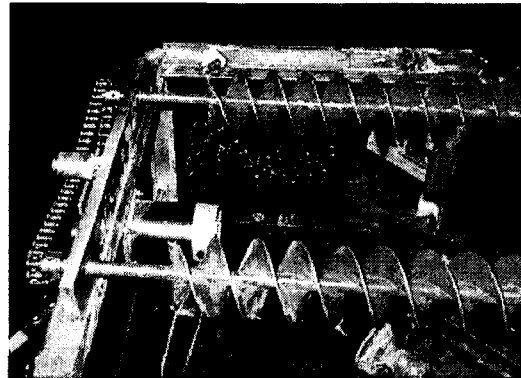
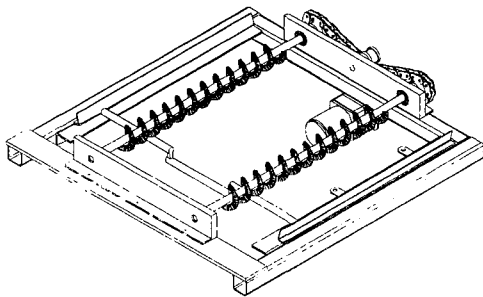


그림 7. 포대 이송 장치

3) 곡물 투입 장치

포대 이송장치에 의해 포대가 슈트부 위치에 정 위치하게 되면 호퍼로부터 곡물을 포대에 투입하기 위해서 슈트부의 리프트 부분이 공압실린더에 의해서 아래로 내려와서 열려져 있는 포대부분으로 슈트부가 내려지게 되고, 게이크 부분의 공압실린더의 작동으로 게이트부가 열려 곡물이 슈트부를 통해서 포대이 투입되어지게 된다. 슈트부의 제어는 전체적으로 공기압축기에 의해서 압축된 공기를 공압실린더를 통해서 작동시키는 공압시스템을 사용하였으며, 전체적인 공압시스템은 그림 8과 같다.

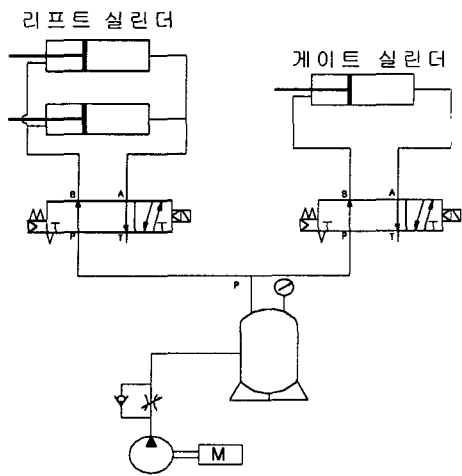


그림 8. 공압 시스템

곡물 투입장치의 슈트부 조합은 그림 9와 같다. 곡물의 투입량 제어는 앞에서 언급한 제어시스템에 의해서 일정시간을 측정하여, 포대가 정위치한 상태에서 게이트부의 열림시간을 제어하는 방식을 채택하였다. 이는 포장에서의 작업을 행하는 농업기계적인 측면을 고려하여 설계하였으며, 실제적인 포장실험에서 적합함을 나타내었다.

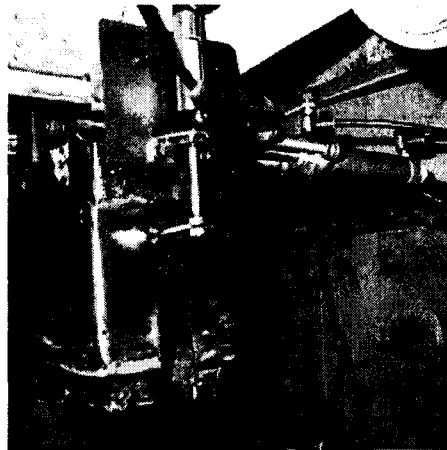
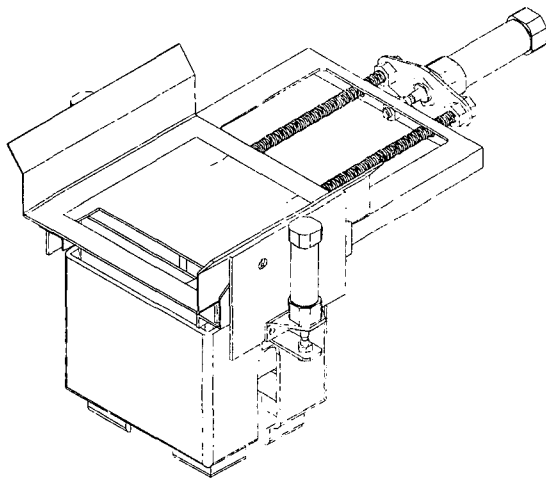


그림 9. 슈트부 조합도

4) 포대 배출 장치

포대 이송장치와 곡물 투입장치에 의해서 충전되어진 포대는 포대 이송장치에 의해서 스크류 컨베이어의 끝단까지 이송되어지며, 끝단에서 포대는 이탈되어져 포대 배출장치에 의해서 제 2의 포대가 곡물을 충전하는데 불편함이 없도록 곡물 투입장치의 영역에서 완전히 벗어나게 하기위해 벨트 컨베이어를 작동시켜 포대를 배출시키게 된다. 충전된 포대의 배출시 전체 프레임의 저지를 피하기 위해서 로울러를 설치하여 포대가 자유롭게 벨트 컨베이어로 이송될 수 있도록 하였다. 그림 10은 포대 배출장치를 나타낸 것이다.

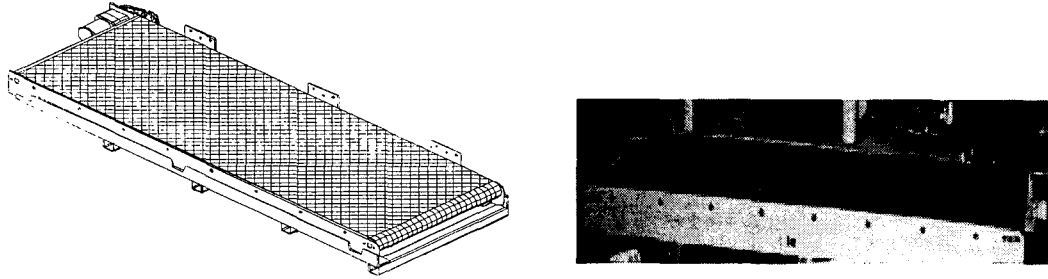


그림 10. 포대 배출 벨트 컨베이어

5) 포대

곡물을 이동시키는데 필요한 자루로서 작업자의 능력을 고려하여, 약 30kg 정도의 곡물을 담을 수 있는 크기이며, 본 연구에 가장 중요한 자동시스템에 의해서 포대가 이송되어지고, 곡물이 투입되어져 투입이 완료된 포대는 다시 이송되어져 배출용 컨베이어에 의해서 일시적으로 적재할 수 있는 공간까지 이송되어지게 된다. 이 과정에서 포대에 투입되어진 곡물은 어떤 충격 또는 이송시 넘어지는 경우에도 곡물이 배출되지 않아야 한다.

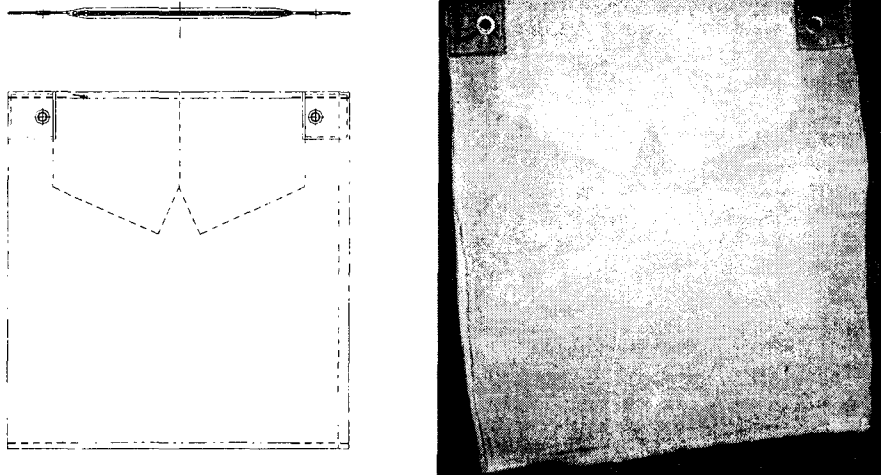


그림 11. 곡물 투입용 포대

따라서, 본 연구에서는 여러종류의 포대를 제작하였으며, 투입된 곡물의 배출을 방지하기 위해서 포대내에 속지를 삽입하여, 체크밸브의 형식을 취하였다. 이러한 포대들 중에서 투입 곡물의 배출이 가장 적고, 30kg 내에서 가장 많은 곡물을 투입할 수 있는 형태의 포대를 선정하였다. 또한, 포대에 투입되어진 곡물을 출하시 곡물의 배출을 위해서 포대에 위쪽에 위치한 곡물 투입구와는 별도로 포대의 아래쪽에 배출구를 제작하여 곡물의 배출이 용이하도록 하였으며, 작업의 용이성을 위해서 투입구와 배출구 모두 자퍼형식의 개폐장치를 하였다. 전체적인 포대의 형상은 그림 11과 같다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 제작된 자탈형 콤바인 곡물 포대 자동화장치의 성능시험을 위해서 실제 포장 시험 결과 각 제어시스템 및 포대 이송장치 및 곡물 투입장치, 포대 배출장치의 작동은 양호하게 작동하였다.

1) 포대 성능시험

본 연구에서 개발한 6종류의 포대는 크게 2가지의 형태를 가지며, 세부적으로 포대내부의 속지의 형상에 따라 각 3가지의 형상으로 분류하여, 전체적으로 6종류의 포대에 대해 성능시험을 하였다. 각 포대의 형상 및 규격을 그림 12와 표 1과 같다.

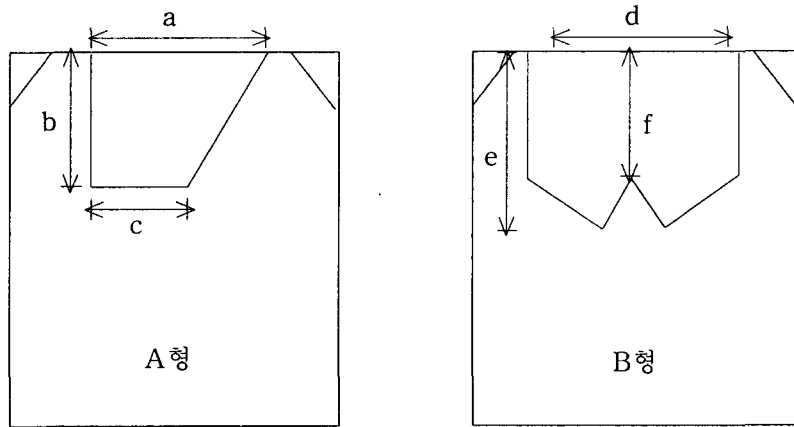


그림 12. 시험용 포대의 형상

표 1. 포대 제원

포대 구분	A1	A2	A3	포대 구분	B1	B2	B3
a (mm)	300	480	480	d (mm)	480	480	480
b (mm)	180	350	200	e (mm)	350	250	270
c (mm)	200	200	200	f (mm)	200	100	180

위의 6종류의 포대를 이용하여 가진을 하지않은 시험 3회와 가진을 가한 시험 2회를 실시하여 각 포대의 성능을 시험하였다. 각 포대의 시험 결과는 표 2와 같다.

B1 포대와 B3 포대의 성능시험을 간단히 비교하면, B1 포대의 경우는 포대 내부의 속지의 길이가 너무 길어서 곡물이 투입되는 것을 방해하는 현상을 나타내었으며, 속지 이상으로 곡물을 투입시에는 포대가 넘어지게 되면 곡물이 밖으로 배출되어지는 현상을 나타내었다. B3 포대의 경우는 비교적 양호한 곡물 투입량을 가지며, 또한, 넘어졌을 때, 투입된 곡물이 배출되는 현상을 나타내지 않아 6종류의 포대중 가장 우수한 성능을 나타내었다. 또한,

가진을 하지 않은 시험과 가진을 한 시험에서는 가진을 한 경우가 비교적 많은 투입량을 나타내었다.

표 2. 포대 성능시험 결과 (단위 : kg)

구 분	1	2	3	가진1	가진2	비 고
A1	18.5	19.1	18.2	19.1	19.7	투입구가 좁다
A2	20.2	20.6	19.7	22.3	22.6	속지가 길다
A3	24.3	23.7	24.1	26.1	26.8	비교적 양호
B1	19.8	20.3	20.1	22.1	20.8	속지가 길다
B2	20.2	19.5	20.6	21.5	20.9	속지의 입구가 작다
B3	26.5	27.2	26.7	27.8	28.5	양호

2) 포장시험

콤바인 곡물 포대 자동화장치의 실제 포장에서의 작업모습을 그림 13에서 나타내었다.



그림 13. 포장 작업 모습

4. 결론

콤바인 곡물 포대 자동화장치개발은 콤바인 운전자 및 작업자의 피로경감과 안전보호 및 작업성능의 향상을 기하기 위하여 행하여 졌으며, 본 연구의 개발은 기존의 콤바인 작업이 2명이 소요되는 것을 운전자 1명이 수확작업을 할 수 있도록 하며, 노동력의 절감과 작업의 편리성을 도모하고자 하였다.

이러한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

1) 곡물 포대의 정 위치화를 위해서 용량형 근접위치센서를 설치하였으며, 포대의 과다이송에 따른 모터의 부하를 최소화 하기위해 선단부와 슈트부에 각각 위치센서를 설치하여 포대의 위치를 제어하였다.

2) 곡물 투입장치부의 작동은 공기압축기와 공압실린더를 이용한 공압시스템을 사용하였으며, 곡물의 투입량제어는 슈트부 게이트의 열림시간을 제어하여, 곡물의 투입량을 제어하였다.

3) 포대 배출장치는 이송장치로부터 이송되어진 충전된 포대를 제 2의 포대가 충전하는 영역 밖으로 벨트 컨베이어를 이용 이송하도록 하였다.

4) 포대는 B3 포대의 경우가 가장 투입량이 많은 것으로 나타났으며, 가진을 한 경우가 하지 않은 경우보다 비교적 투입량이 많은 것으로 나타났다.

본 연구에서 개발된 포대 자동화장치에서는 포대의 가진장치를 장착하지 않았으며, 실험은 인위적으로 가진을 하여 실행하였으며, 향후 전체적인 장치의 성능 향상을 위해서 포대의 가진 장치가 필요한 것으로 나타났다.

5. 참고 문헌

1. 김정상. 1992. 마이크로 컴퓨터를 이용한 가속도 측정 회로 및 측도 설정. 경상대학교 석사논문
2. 농업기계연감. 2000-2001. 한국 농업기계공업협동조합
3. 대동공업(주). 1999. 콤바인 정비지침서
4. 류관희. 1997. 마이크로 컴퓨터를 이용한 엔진성능시험 시스템의 자동화에 관한 연구 한국과학재단 연구보고서
5. 한국과학기술원. 1987. 미곡의 종합처리 가공기술 개발에 관한 연구