

이동식 단동 비닐하우스 설치 및 철거 시스템 개발

Development of set-up and removal system of pipe frame for a single-span plastic film greenhouse

이기명* 박규식** 최성우*
정회원 정회원
K. M. Lee K. S. Park S. W. Choi

1. 서론

현재 이동식 단동비닐하우스는 전체 시설원예 면적의 70% 이상을 차지하고 있으며, 엽채류나 과채류를 주년 재배하고 있어서 연작장해 문제가 대두되고 있다. 주년재배하는 단동비닐하우스 재배농가에서 연작장해의 극복을 위하여 3년에 1회의 비재배에 대한 인식은 제고되어 있으나 골조파이프를 철거하거나 다시 설치하는 데 필요한 인력을 확보하기 어려운 실정으로 비재배를 기피하고 있는 현실이다.

이에 본 연구는 시설재배지의 연작장해를 극복하고 장기재배를 가능하게 하는 비재배를 위하여 일손이 부족한 농번기에 생력적인 단동비닐하우스 골조파이프의 설치 및 철거 기술과 장치를 개발하여 생산 보급하도록 하는데 목적이 있다.

2. 시스템 구성

가. 골조파이프 적재 및 1본 피딩부

골조파이프 설치 및 철거 시스템 개발은 하우스폭 3.5~6.0m에 적응하도록 하였으며, 시험을 위하여 선정한 단동하우스의 모델은 국내에 가장 많이 보급되고 있는 폭이 5m, 높이는 3m로 골조파이프는 길이 9m, 양측면에 1.6m직선부로 밴딩한 $\phi 25.4$ 파이프를 사용하였다.

시스템은 1회 1동 작업량의 골조파이프를 적재하고 1본씩 피딩하면서 타설하는 장치로서, 본 연구에서는 50본의 골조파이프를 적재하도록 적재부를 설계하였으며, 2스크류식 및 4스크류식의 피딩장치를 개발하여 그리핑부에 골조파이프를 1본씩 정밀하게 이송 공급되도록 구성하였다.

나. 그리핑 및 관입부

골조파이프의 타설깊이는 30~40cm로 조절할 수 있도록 하였으며 시험에서는 30cm로 설정하였다. 피딩부로부터 1본씩 공급된 골조파이프는 그리퍼가 그리핑하여 설정한 깊이 만큼 관입 타설되어야 한다. 본 연구에서는 집게방식, 척(chuck) 방식 및 롤러(roller) 방식의 3가지 그리퍼를 개발하여 시험하였다.

* 경북대학교 농과대학 농업기계공학과

** 구미1대학

골조 파이프는 지면의 평탄 상태와 기체의 진행에 따른 좌우 균형에 관계없이 일정 깊이로 관입되어야 하고, 또한 그리핑 시 골조파이프의 손상이나 관입 시 슬립, 설정깊이의 관입을 할 수 있는 장치 개발에 성능기준을 두고 시험하였다.

다. 골조파이프 1본 공급 및 타설 공정 제어

골조 파이프 타설은 그림 1과 같이 1본씩 그리핑하여 관입하는 공정으로 이루어지므로 1본씩 공급되는 피딩부와 작업 공정이 조화를 이루어야 하고, 이송에서 타설까지 공정을 1사이클로 하여 이 1사이클을 시퀀스 제어로 제어장치를 구성하였다. 특히 본 공정제어는 적재나 타설 및 기체의 이동 등에 많은 동력을 필요로 하여 기체의 진동이 심하고, 포장에서의 작업이 진행되어야 하는 조건 등을 감안하여 작업공정 1사이클이 1축 캠 1회전으로 제어되는 1축 캠식 콘트롤러를 사용하였다.

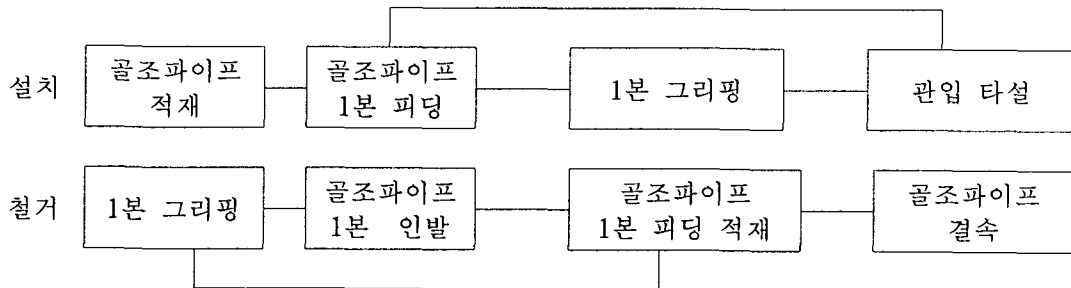


그림 1 단동비닐하우스 골조파이프 설치 및 철거 공정도

3. 결과 및 고찰

가. 적재 및 1본 피딩장치

1) 파이프 압출식

가이드 프레임에 1본씩 나란히 적재되어 있는 골조파이프는 그림 2와 같이 감속모터와 이송나사에 부착된 푸시플레이트에 의하여 그리핑부로 이송 공급되도록 구성하였다. 파이프 압출식은 50본 이상의 골조파이프를 뒤에서 밀어서 이송할 때 골조파이프의 곡률이 불균일하여 정렬상태가 일직선이 되지 않아 정확한 1본 피딩이 어려웠다.



그림 2 골조파이프 피딩

2) 2스크류식 피딩장치

골조파이프의 적재 및 1본 피딩장치는 구조의 경량화를 위하여 그림 3, 4와 같이 상부에 2조의 스크류를 설치하여 적재 및 1본피딩이 가능하도록 하였다. 피딩 스크류의 구동은 1대의 감속모터를 사용하고 타이밍 벨트로 전동하여 동기되도록 하였다. 스크류는 좌우나사를 다르게 하고 구동 회전 방향은 2조의 스크류가 대향으로 하여 골조 파이프가 이송 중에 좌 또는 우로 쏠리지 않도록 하였다. 하우스 폭이 5m인 단동하우스 골조파

이프의 상부 2스크류식 피딩만으로는 골조파이프의 양측단 정렬부의 마찰저항으로 그리핑 핸드에 정확한 피딩이 되지 않아 그리핑 실패가 발생하였다.

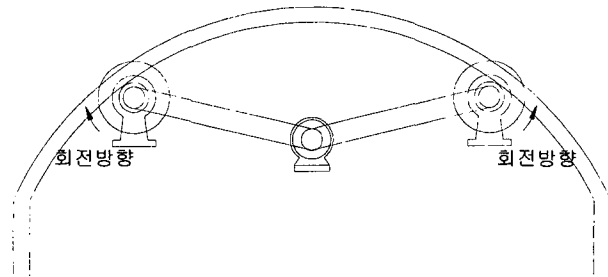


그림 3 2스크류식 피딩장치 구성도

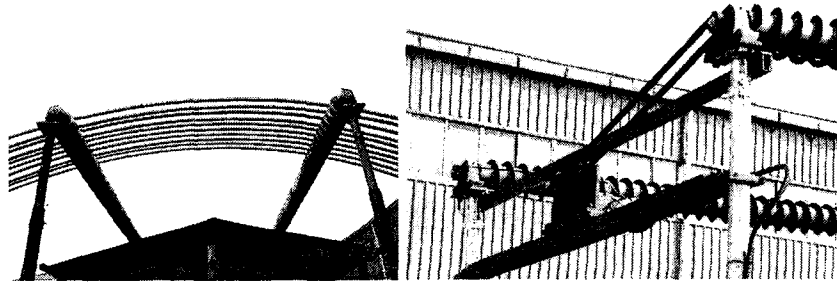


그림 4 2스크류식 1본 피딩 구동부

3) 4스크류식 피딩장치

골조파이프의 그리핑 부위인 측부의 정밀 피딩을 위해서 골조파이프의 지지는 상부의 2조의 스크류로 하고, 피딩은 상부 2조와 측면 2조의 스크류를 그림 5, 6과 같이 추가하여 4스크류가 동시에 작동하도록 하였다. 피딩 스크류의 작동은 상부 2개소 스크류는 1개의 감속모터를 사용하여 타이밍 벨트로 동기구동하고, 양측 2개소는 각각 동일한 감속모터를 장착하여 동일 전원 스위치로 동기 제어되도록 하였으며 전기 클러치를 부착하여 1회전 후 동력이 끊어지고 다음 신호에 의해서 동력이 연결되어 1회전하면 다시 끊어지는 구조로하여 1본 피딩이 되도록하였다. 또한 스크류의 회전방향은 기체의 좌우가 각각 대향 방향으로 되도록하여 골조 파이프의 쓸림을 방지하였다.

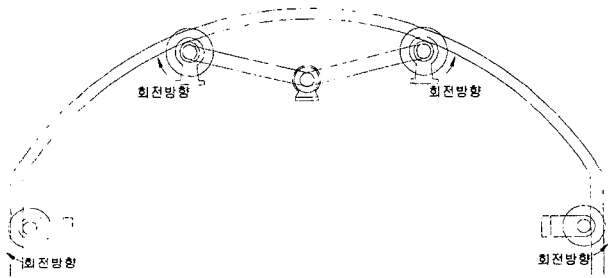


그림 5 4스크류식 피딩장치 구성도

피딩스크류는 1회 작업 소요골조파이프의 적재가 가능하도록 직경 100mm 파이프를 축소하여 높이 25mm 두께 3.2mm의 철판을 피치 67mm의 1줄 나사의 스크류 형태로 제작하였다.

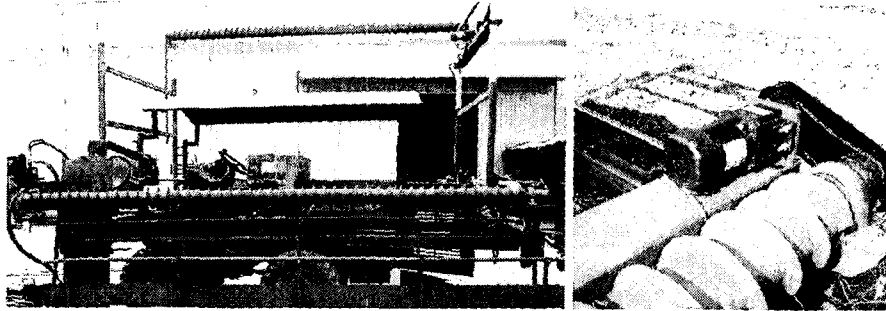


그림 6 측부 피딩 스크류 및 구동부

4) 성능

골조파이프의 1본 공급을 위하여 3가지 방식을 개발 시험하였으며 그 결과는 표 1과 같다. 표에서와 같이 파이프 압출식과 2스크류 식은 실패율이 높아 실용성이 떨어지는 것으로 판단되었다.

표 1 골조 파이프 1본 피딩 성능

피딩방식	정확 피딩 본 수	비고
파이프 압출식	8/20	골조파이프 곡률 불균일
2스크류식	15/20	골조파이프 양측단 마찰
4스크류식	19/20	

나. 그리핑 및 관입부

1본 피딩부에 의하여 1본씩 공급된 골조파이프는 오차범위 내에서 정확하게 그리퍼가 그리핑하여야 하고, 타설시에 그리퍼와 파이프가 비끄러지지 않고 골조파이프를 원하는 깊이만큼 타설이 가능해야 한다. 본 연구에서는 3종류의 그리퍼를 개발하여 성능을 비교하였다.

1) 유압 핑거 방식



그림 7 유압 핑거 그리퍼

1본씩 공급된 골조파이프의 그리퍼로 그림 7과 같은 유압 핑거 그리퍼를 사용하였다. 유압

핑거 그리퍼는 슬립없이 타설은 가능하였지만 골조파이프의 곡률반경이 조금만 변형되어도 그림이 실패하여 그림 7(b)와 같이 골조파이프가 찌그러지는 등 손상을 입게 되었다. 또한 골조파이프가 일정 높이로 공급되어 그리핑 되기 때문에 지면의 평탄 상태나 기체의 좌우 균형에 따라서 일정깊이로 타설하는 것이 대단히 어려운 단점이 있었다.

2) 척 그리퍼(chuck gripper) 핸드 및 관입장치

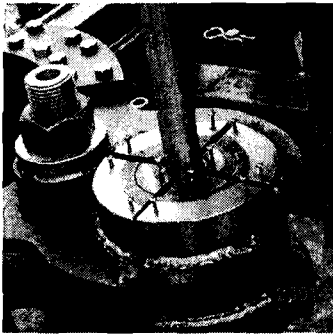


그림 8 테이퍼형 척 그리퍼

그림 8은 1본 피딩부에 의하여 골조 파이프가 1본씩 정위치에 공급되면 척이 열린 상태로 대기중이던 그리퍼가 그리핑한다. 그리퍼는 내부에 그림 8(a)와 같이 척이 열린 상태에서 골조파이프가 그리퍼의 중심으로 위치하여 그리핑 되도록 하기 위해 척이 약간 유동되도록 구성하였다. 또한 그리퍼는 파이프를 완전히 그리핑 한 후 지중에 타설할 때 과도한 관입저항으로 인하여 골조파이프가 그리퍼에서 미끄러지지 않도록 4블럭으로 된 테이퍼형의 그리핑 척을 삽입한 구조로 구성하여 골조파이프 타설시 관입깊이의 차이가 발생하지 않도록 하였다.

척 그리퍼 핸드의 작동은 그림 9와 같이 1본 피딩부에 의하여 1본의 골조파이프가 공급되어 그리핑되면 핸드 하방으로 작동하여 관입 설치하고, 그리퍼가 열린 상태에서 핸드 후방으로 이동하여 관입된 골조파이프를 벗어나 기체의 안쪽으로 작동하여 기체가 다음 설치 위치까지 이동하는 동안 다음 골조파이프 공급위치까지 전진하여 대기하도록 구성하였다.



그림 9 척 그리퍼 핸드 및 골조파이프 타설

유압 실린더와 센서를 사용하는 척 그리퍼 방식 관입장치는 관입시 미끄럼이 없는 등 관입력면에서는 우수하지만 척 그리퍼의 원리상 구조가 대형으로 되기 때문에 1본의 파이프를 타설한 후 다음 동작에서 작동범위의 제한을 받는 등의 단점이 있었다. 또한 척 그리퍼 방식은 끝선가이드 상에서 골조파이프가 그리핑되기 때문에 기체의 균형이 정확하지 않거나 지면의 평탄 상태에 따라 좌우 타설깊이의 차이가 발생하는 문제도 있다.

3) 롤러 방식 골조파이프 타설 관입장치

롤러 방식의 관입장치는 그림 10과 같이 1본씩 공급된 골조파이프가 이송부에서 낙하하여 지면에 닿게 되고 회전하는 롤러에 의하여 일정깊이로 관입되므로 관입 깊이의 차이가 생기

지 않는다. 또한 3조의 유압실린더와 센서로 작동 제어되는 척 그리퍼 방식에 비해 대단히 간단한 구조로 관입장치를 구성할 수 있는 장점도 있다. 여기서 롤러면은 그림과 같이 톱니 가공을 하여 타설 시 파이프가 미끄러지지 않도록 하였다. 롤러의 구동은 롤러 구동축의 스프로킷을 유압실린더에 부착된 체인으로하고 실린더의 스트로크만큼 파이프가 관입되도록 하였다.

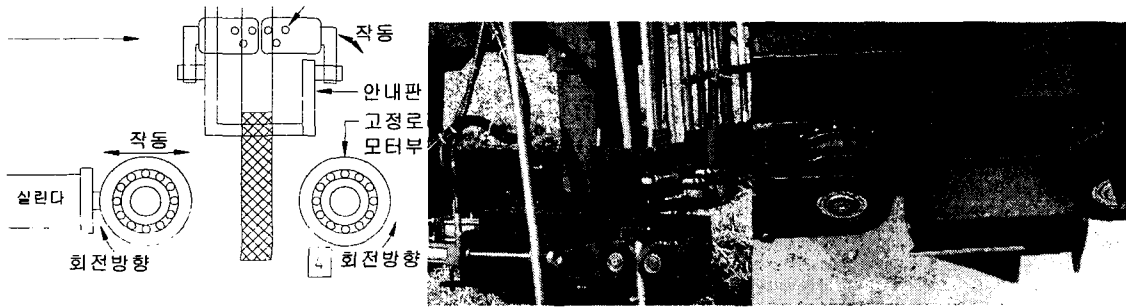


그림 10 롤러 방식 관입장치의 구성도

4) 타설 관입장치의 성능

1본 공급된 골조 파이프는 그리퍼에 의하여 그리핑되어 타설위치에서 좌우 일정한 깊이로 타설되어야 한다. 3가지 방식의 그리퍼에서의 그리핑 성공은 파이프의 변형에 대해서 대응성이 낮은 유압 핑거와 척 그리퍼는 각각 55, 65%로 낮았으며, 롤러 방식에서의 파이프의 변형에 관계없이 그리핑에 실패하지 않았다. 골조파이프 1본의 그리핑 및 타설을 15초 설계 하였으며, 20본의 타설깊이의 평균은 각각 25, 27, 30cm로 설계 깊이인 30cm에 비교적 접근 하였으나 유압 핑거와 척그리퍼의 좌우 타설 깊이차가 각각 21, 19cm로 나타나 온실의 시공에 적절하지 않을 정도로 심각한 문제점을 나타냈으며, 롤러 방식에서는 깊이차는 무시할 수 있는 정도로 정확하였다.

표 2 그리퍼의 성능 비교

그리퍼	그리핑율 (성공/시험)	타설능력 (sec/분)	타설깊이 (cm)	좌우 깊이차 (cm)	비고
유압 핑거	11/20	15	25.2	18.5	곡률 변형
척 그리퍼	13/20	15	27.1	17.4	"
톱니 가공 롤러	20/20	15	29.8	0.4	

다. 공정제어부

롤러 방식 골조파이프 관입장치는 그림 11과 같은 공정으로 이루어진다. 골조 파이프가 1본 피딩 스크류에 의해 이송되어 대기상태가 되고 관입공정의 시작명령에 의하여 피딩 스크류가 1회전하여 골조 파이프가 타설 지점에 이송되면 낙하되어 지표에 닿게 된다. 이때 골조 파이프의 타설 위치 세로 가이드에 의하여 골조파이프는 직립을 유지하게 되고 관입용 롤러가 접근하며, 영구자석이 부착된 가로 가이드에 의하여 골조 파이프는 관입 롤러의 중앙으로 유도된다. 롤러가 회전 작동하여 골조파이프가 타설 관입되면 가로 가이드가 열리고 기체가 후진하여 골조 파이프 관입 공정이 종료된다. 이와 같은 골조파이프 1본 관입 공정

은 시퀀스 제어로 이루어지며 그림 12와 같이 제작하였다. 그림에서 보는 바와 1축에 6개의 캠이 장착되어 있고 이 캠의 각도 설정에 의한 전기 신호로 유압벨브를 구동하여 유압실린더를 구동하여 각 공정을 제어하는 것이다.

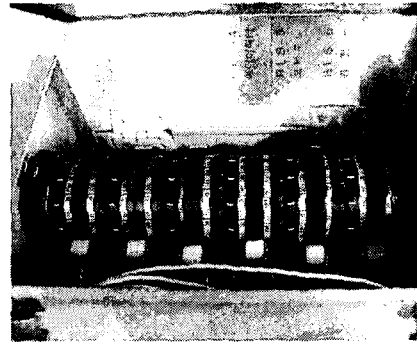
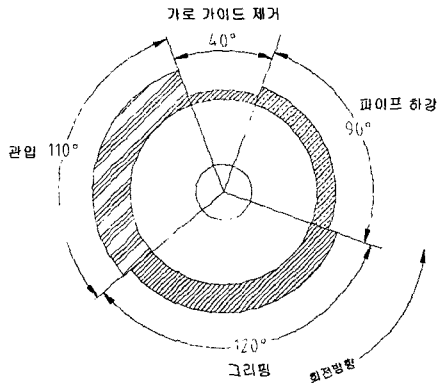


그림 11 골조파이프 관입 시퀀스 공정도

그림 12 1축 캠식 골조파이프 관입 공정 제어 장치

4. 요약 및 결론

본 연구는 시설재배지의 장기재배를 위하여 연작장해를 극복하는 데 필요한 비재배를 위하여 일손이 부족한 농번기에 생력적인 단동비닐하우스 골조파이프의 설치 및 철거장치를 위한 연구를 수행하였다. 농업용 로더용의 차체와 차륜을 사용하는 전용기로서 단동비닐하우스 골조파이프를 적재하고 1본씩 이송 가능한 4스크류방식의 피딩장치와 타설위치에서 매설깊이를 일정하게 관입할 수 있는 롤러 방식의 그리퍼 및 타설장치로 구성하였다. 이상의 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 단동비닐하우스 골조파이프를 기계적으로 설치 철거하는 장치를 개발하였으며, 1동 분량의 골조파이프를 적재하여 1본 이송, 피딩, 관입 등이 자동으로 가능하며, 주행하면서 철거가 가능한 장치로 구성하였다.
2. 수작업의 골조파이프 타설작업 시간대비 10배 정도의 노동력 절감효과가 있으며, 농번기와 중노동의 회피, 연작장해 스트레스 경감 등 시설재배농가의 현장애로 해결에 많은 도움이 예상된다.
3. 단동비닐하우스 골조파이프의 설치 및 철거장치를 활용함으로써 연작장해 회피를 위한 수도작의 재배 등 시설재배농가의 안정적인 장기 재배가 가능하며 생산성 향상과 고품질 농산물의 안정적인 공급에도 기여할 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 농림수산부. 1995. 농가보급형 자동화 온실 표준설계서.
2. 이기명 외 5인, 1999, 원예 시설 환경제어 및 관리자동화
3. 한국농기계공업협동조합 : 2000-2001, 농업기계연감, pp.114-117