

최 중
연구보고서

한우 · 젖소용 TMR 사료 일관 조제를 위한
농가용 소형 플랜트 개발

Modeling of integrated farm size TMR plant
for both dairy and beef cattle

경북대학교

농림부

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “한우·젓소용 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006년 7월 14일

주관연구기관명: 경북대학교
총괄연구책임자: 박 경 규
세부연구책임자: 구 영 모
연 구 원: 하 유 신
연 구 원: 홍 동 혁
연 구 원: 나 규 동
연 구 원: 김 혁 주

여 백

요 약 문

I. 제 목

한우·젓소용 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구의 필요성

○ 현재 우리나라의 축산업은 조사료 생산기반이 취약하여 양질 조사료의 급여가 낮은 수준이며, 또한 부족한 조사료는 수입에 의존하고 있어, 앞으로도 자급 조사료 기반 확충이 어려울 경우 국내 축산업의 발전을 저해할 것으로 예상된다.

○ 최근에 전국적으로 원형 베일을 이용하여 수확된 보리사일리지나 벃짚의 이용이 증가하고 있는데 원형베일은 매우 단단하게 결집이 되어 있어 가축에 공급하기 위하여 다시 풀어 해치는데 많은 시간과 노동력이 필요하다. 본 연구실에서 시험한 자료에 의하면 한 베일을 푸는데 2사람이 2시간이 소요되었다.

○ 가공된 벃짚 또는 맥류 사일리지는 매우 질기기 때문에 세절에 어려움이 많으며 또한 배합에 많은 시간이 소요된다.

○ 논에서 벃짚을 베일로 가공시에 논바닥에 깔려있는 벃짚을 베일러로 수거하기 때문에 상당량의 논바닥의 흙이 같이 혼합되어진 경우가 대부분이다. 이는 조사료의 품질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 사료로 급여시 소의 위점막 용털 사이에 흙먼지가 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성 질병 발생 및 생산성 저하 등의 문제점을 일으킬 수 있다.

○ 우리나라에 보급되어있는 조사료의 가공에 필요한 대부분의 작업기들은 큰 동력

이 필요하고 또한 가격이 비싸다. 또한 여러 가지의 단위 작업(조사료 반입→세절→원료 계량 → 배합기에 투입→ 원료 배합→사료 급이)을 각각 별도로 수행하고 있으며 또한 이에 소요되는 작업기는 자체가 크고 무겁기 때문에 조작하기 위해서는 큰 노동력이 필요하다.

○ 또한 이러한 다양한 작업을 위해서 구입해야하는 작업기들의 기종도 많고, 구입비가 높아 한우 사육농가 및 낙농가의 경제성에서 문제가 된다.

○ 반면에 우리나라의 농가의 노동력은 양적으로도 줄어들고 있고, 또한 질적으로는 노령화·여성화로 가면서 매우 열악해지고 있다.

○ 이러한 단위 가격이 비싼 기계를 구입하는 대신 노동력이 필요 없는 편리하고 양질의 사료가 제조되는 TMR 사료를 많이 이용을 하는데 초기에는 젓소용으로 주로 이용되었으나, 최근에는 한우사료용으로도 많이 이용되고 있으며, 한우용 TMR 플랜트도 늘어나는 추세에 있다.

○ 그러나 우리나라 대부분의 TMR 배합소에는 볏짚과 같이 질긴 조사료를 반입→세절→배합하는 시설이 되어 있지 않다. 따라서 대부분은 수입조사료를 사용하는데 대부분은 건초형태이며, 일정량(25kg)의 무게를 가진 사각베일형태로 수입이 된다.

2. 연구개발의 목적

○ 본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 낙농·한우 단지에 조사료를 쉽게 조제·급여할 수 있으며 경제성이 있는 “TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발”함에 있으며 세부적으로는 다음과 같은 다양한 기능을 가지고 있다.

- ①축사로 반입된 원형 베일을 손쉽게 적재 가능하고, 또한
- ②잘게 세절 할 수 있는 기능을 가지며,
- ③세절된 조사료는 TMR 배합기로 투입이 되고
- ④TMR 배합기는 여러 가지 조사료를 비롯하여 농후사료를 정량 계량을 함과 동시에 알맞게 배합이 가능하고,
- ⑤배합된 조사료는 축사로 투입 또는 이웃 공동이용 농가로 쉽게 운반이 가능하도록

록 일정 용량의 무게로 계량이 된 후에 타이콘백에 담길 수 있는 기능을 가지고 있다.

⑥종합 TMR시스템의 동력은 전기로 가동이 되고,

⑦기계시설비용은 8천만원 정도이고,

⑧단독으로 또는 필요에 따라서는 20여 농가까지 공동으로 사용할 수 있는 생산 용량을 가지고 있다.

III 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 낙농·한우 단지에 조사료를 쉽게 조제·급여할 수 있으며 경제성이 있는 “TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발”함에 있으며 모두 3년에 걸쳐 이루어지게 된다.

(1) 한우·젖소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발 시스템의 Lay Out 및 소요기계 선정에서는 국내의 낙농가, 한우 농가의 사료급여 현실에 부합하며 경제적으로도 이익을 남길 수 있는, 농가 단지에 알맞은 TMR 사료 조제를 위한 종합적인 시스템에 소요되는 ①적정기계의 선정, ②적정위치에 배치, ③가공기계와 기계를 연결하여 주는 적정 반송기의 선정을 하며 ④아울러 우리나라 농가의 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정한다.

(2) 한우·젖소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 플랜트의 설계 및 제작에서 1차년도에는 ①조사료 반입 및 세절부와 의 설계 및 제작과 ②TMR 배합부의 설계에 이어 2차년도에는 ③포장부 및 반송시설을 설계와 제작을 하고, 앞에서 제작된 시스템들을 연결하여 하나의 ④전체 시스템으로 완성한다.

3차년도인 최종년도에 수행이 될 연구 개발 목표와 내용은 지난 2년 간 완성된 결과를 가지고 실제로 농가에 설치된 (3)농가용 TMR 모델 플랜트의 현장적응 시험과 (4)경제성을 분석한다. 이론적으로 연구 개발 된 시스템은 실제로 현장에 적응을 할 경우에는 여러 문제가 발생을 한다. 특히 ①한 공정과 다른 공정으로 연결을 하여 주는 시스템의 적합성, ②조사료를 많이 사용함에 따르는 반송부의 흐름의 유연성, ③

볏짚을 장기간 사용함에 따르는 기계 부품의 내구성, ④계량의 정확성 등은 농가에 보급하기 전에 반드시 문제점을 밝혀내고, 이를 수정 및 보완한다.

또한 모델 플랜트가 아무리 좋은 시스템이라도 기존의 관행시스템에 비하여 경제성이 떨어지면 아무 소용이 없다. 특히 많은 시설비가 소요되는 본 농가용 TMR 모델 플랜트는 많은 농가가 이용을 하여 고정비를 줄일 수 있어야한다. 따라서 경제성 분석에서는 기존의 관행 시스템과 비교를 하여 경제성을 가질 수 있는 최소규모의 생산량(손익분기점)을 찾아내서 향후에 본 시설이 농가에 설치 될 경우에 대비하여 정책적으로 경제성이 있는 위치를 결정할 수 있는 참고 자료가 될 수가 있도록 한다.

VI. 연구개발 결과

1. 연구개발 결과

낙농·한우 사육 농가에서 원형 베일로 들어온 볏짚 또는 원형 랩-사일리지를 포함한 조사료를 쉽게 반입·세절·배합·급여가 가능하도록 하기 위하여, ①한우·젖소용 TMR 사료 일관조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 모델을 개발하였고, 이를 토대로 ②한우·젖소용 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설계 및 제작을 하였으며, 전북 정읍시에 ③농가용 소형 TMR 플랜트를 설치하여 현장적응시험 및 성능시험을 수행하여 최종적으로 수정 및 보완을 하였고, 여기에서 수집된 자료를 분석하여 ④농가용 소형 TMR 모델 플랜트의 경제성을 분석하여 우리나라의 축산농가에 적용성 여부를 검토하였다.

본 연구의 최종결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 세절부에서 배합부로 이송하는 시스템은 볏짚과 같은 건조 뿐 아니라 곤포 사일리지와 같은 고함수율의 조사료도 세절 및 이송이 가능한 사이클론식 이송장치를 설계 및 개발 완료하였다. 특히 세절된 조사료 중 원형볏짚베일의 경우는 흙먼지 등을 많이 함유하고 있는데 이런 흙먼지를 날려 보낼 수 있도록 개발하였다.
- 나. 개발된 모델 플랜트의 배합기의 실 배합 용량은 2톤으로 크게 ①배합탱크, ②교

반기, ③계량장치, ④동력전달장치, ⑤배출장치로 구성되며, 시판되는 트랙터 견인형 TMR 배합기를 참조하여 소요동력 37kW의 모터로 구동되고, 2중 오거형이며, 톱니형상의 원형칼날을 오거의 1 Pitch당 6개를 부착하여 안정되고 균일하게 TMR 배합이 되도록 개발 완료하였다.

다. 포장기는 ①계량부, ②포장부, ③적재부, ④컨트롤러부로 구성되어 있는 반자동시스템이며, 500kg의 타이콘백으로 포장되도록 제작 완료하였다.

라. 반송장치는 배합기의 용량을 기준으로 이송길이는 1,085mm, 이송각 30°, 이송폭 800mm, 이송속도 900rpm, 소요동력 3hp인 벨트컨베이어를 제작 완료하였다.

마. 모델 플랜트의 주요작업공정은 반입, 세절, 배합, 저장, 계량포장 및 반출이며, 개발된 모델의 조사료 반입, 세절, 및 원료의 배합기 내로 투입작업에 소요되는 시간은 약 10분, 배합작업이 20분, 제품빈으로 투입하는 배출작업은 약 5~8분, 포장작업이 20분간 이루어지는데 총 배합주기는 약 30분 내외로 산출되었다.

바. 전체 시스템 및 배합 후 배출공정 등에서 나타나는 원료의 재분리 현상 등을 측정하여 TMR 사료의 품질의 균일도를 측정한 결과, 면실의 무게에 대한 C.V.값이 배합기 출구에서는 13.02%, 포장기 출구에서는 14.21%로 배합정도가 우수한 것으로 나타났다.

사. 조사료 입자길이의 적절함을 판단하기 위하여 세절기와 배합기를 거쳐 최종적으로 생산되어진 TMR 사료를 채취하여 조사료의 입자도를 측정한 결과, 3~5cm의 길이가 40중량%, 5~10cm의 길이가 60중량%로 나타나 조사료 입자의 길이가 적절한 것으로 판단되었다.

아. 모델 시스템의 연간 고정비는 약 36,987,728원/년으로 나타났으며, 고정비와 변동비를 합한 연간 이용비용은 1 batch 생산의 경우 58,515원/톤(42,718,321원/년), 4 batch 생산의 경우 18,405원/톤(53,742,630원/년), 8 batch 생산의 경우 11,523원/톤(67,295,108원/년)으로 생산량이 증가할수록 이용비용은 절감되고 있다.

자. 1일 4batch 생산시 젖소 및 한우의 사육 가능두수는 320두 및 615두로 나타났으

며 이용비용 및 생산비용은 각각 젖소는 460원/두-일 및 7,360원/두-일, 한우는 239원/두-일 및 1,929원/두-일로 나타났다.

차. 젖소의 경우는 손익분기점이 사육규모가 약 73두일 때 시판되는 TMR 사료를 구입하는 것보다 유리한 것으로 나타났으며, 한우의 경우는 약 128두로 나타났다. 이때 생산비용은 젖소의 경우 8,497원/두-일, 비육우는 2,595원/두-일로 나타났다.

카. 시판되는 TMR 사료를 구입하여 사용하는 관행시스템보다 연간 생산비용의 절감효과는 젖소 200두 규모에서는 1일 두당 937원, 800두 규모에서는 1,347원이며, 한우의 경우는 200두 규모에서는 1일 두당 309원, 800두 규모에서는 713원의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

전체적인 결론으로 본 연구에서 개발된 모델 플랜트는 우리나라의 한우 및 낙농가에 적용 가능한 것으로 판단되며, 본 모델 플랜트의 이용시 생산비용의 점감효과는 매우 클 것으로 기대된다.

2. 활용에 대한 건의

가. 농가용 소형 TMR 플랜트의 모델 공급

현재 수도작물의 대체 작물, 벼의 수확 후에 생산되는 생볏짚 곤포사일리지, 담리작으로 재배되는 맥류 곤포사일리지 등 정부의 주도로 조사료 생산면적을 2015년까지 확대할 예정에 있다. 이러한 양질의 조사료가 많이 생산됨에도 불구하고 이를 잘 활용할 수 있는 시설, 즉 소요기계 및 시스템의 결핍으로 소비를 못하는 일종의 병목현상이 발생할 것으로 예측된다. 그러나 본 연구의 성과를 바탕으로 규모화 되거나 여러 농가가 공동으로 운영중인 한우·낙농단지에 본 연구의 모델을 활용한다면 문제점은 해소될 것으로 판단되며 축산농가에 수익성 있는 모델이 될 수 있을 것이다.

나. 개발 모델의 특허 및 기술이전

본 연구에서 개발된 소요기계 및 시설은 현재 전라북도 정읍시 정우면 보리마을에

서 계속 가동 중에 있다. 아울러 발명특허(10-2006-0001145)를 신청 중에 있으며, 축산기계 및 플랜트 전문업체인 (주)은성플랜트와의 기술이전을 추진 중에 있다.

다. 후속 연구

본 연구에서 현장적용시험 결과 중 애로사항으로 지적되고 있는 것이 원형베일의 사용상 문제이다. 일정 크기와 무게로 규격화되어 판매되는 잘게 세절된 수입 조사료와 달리, 국내에서 생산되는 마른 볏짚, 생볏짚, 맥류 곤포사일리지 등의 원형베일형태의 조사료는 줄기가 질기고 길며, 매우 거칠 뿐 아니라 베일링 작업 시 단단하게 압축 결속 되어있다. 세절된 볏짚의 부피가 크기 때문에 다루기가 힘이 들고, 배합기로의 정량 투입이 어려울 뿐 아니라 투입 과정에 많은 시간이 소요되는 문제가 제기되고 있다. 또한 수확을 위한 베일링 작업 시 논바닥의 흙과 같은 이물질의 혼입이 많아 가축의 반추위 기능을 떨어뜨리고 질병을 유발하는 등의 나쁜 결과를 초래하기도 한다. 그러나 낙농가에서 소비하는 사료의 55% 이상을 보급하는 국내의 TMR 플랜트에는 이와 같은 문제점을 가진 원형베일 형태로 가공된 국내산 조사료를 처리할 수 있는 시설이 전무하며, 대부분의 TMR 플랜트는 이미 세절·규격화되어 있는 수입 조사료를 선호하고 있다. 따라서, 본 연구의 후속 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 원형베일로 수확된 조사료를 연속적으로 반입 → 부드럽게 세절 → 흙먼지 등의 이물질 제거 공정을 거친 후 배합기로의 정량투입이 가능하도록 일정 무게 및 사이즈로 규격화 공정이 가능한 “TMR 플랜트용 원형베일형태의 국내산 조사료 전처리 가공시스템에 관한 모델”을 개발해야 할 것으로 판단된다.

라. 학술대회 발표

본 연구의 결과에 대해 3차례 학술 발표에 참여하였으며 향후에도 학술대회 발표를 할 예정이다. 본 연구내용을 국내 전문 학술지에 논문 기고할 예정으로 있다.

SUMMARY

I. Title

Modeling of integrated farm size TMR plant for both dairy and beef cattle.

II. Objectives and Necessity

Major sources of roughage in dairy and beef cattle in Korea are rice straw and winter barley. Rice straw is harvested and processed as round bale type and winter barley and rye are processed as round baled wrap-silages. In the final process of feeding roughages to cattle or mixing process of roughage with other ingredients, they have to be cut to small size. Otherwise, they can not to be mixed well enough with other ingredient or can not be fed to cattle with desired level.

So far, several types of roughage cutters were introduced in Korea. However, these machineries could not be satisfied to the farmer to cut rice strew or barley wrap-silage properly. There are two major obstructing factors to cut roughages. Those are; ①these roughage are too stiff to be cut and ②round bale is too firmly baled to be untied.

Also, an unsuitable mixing system for a roughage has been another factor to disturb the growth of dairy and beef cattle farm. Traditionally, an auger type mixer has been a major type of the feeder in Korea. However, this type of feeder was suitable only for mixing dry ground grain ingredients, but not for forage and wet paste ingredients. Dairy feeds should be well mixed not only for dried ground grain but also for wet paste and fibrous forage.

Currently TMR feed manufactured in commercial plant are the one of the major source to feed cattle for both beef and dairy farm. However, because of lack of cutting and mixing system for utilizing firmly baled round roughage in commercial

TMR plant, these commercially processed TMR feed is not satisfied to farmers both in quality and price point of view.

In order to solve these problems, a farm size TMR plant which having the following functions and equipment was developed and installed at a beef cattle farm;

- ① having a receiving and cutting system enable to receive round bale without any difficulties and to cut by proper size for mixing operation in a TMR mixer.
- ② having a pneumatic conveying system to transport roughages from cutter to TMR mixer.
- ③ weighing system for accurate measuring of ingredients for mixing operation.
- ④ TMR mixer enable to soften the stiff rice strew and to mix with other ingredients.
- ⑤ finished feed can be transfer to either packing system or individual farm.
- ⑥ investment cost for installing machineries and equipment for the TMR plant is less than 80 million won.

III. Methods of studies

The research have been performed for 3 years and executed as following steps;

- 1) Farm size small model plant for TMR feed processing was developed.
- 2) Pilot plant was installed at the beef cattle farm based on the model plant developed.
- 3) The pilot plant was tested and modified in order to applicate Korean dairy • beef cattle farm without any problem in the future.
- 4) Also, a series of test were performed and a lots of data were collected and analyzed to develope the mechanized operation model, mechanical technology, coverage area, optimum size of the farm(break-even point) for application to the farm.
- 5) Also, the economic feasibility analysis has been done for the developed farm

size TMR plant by comparing with commercial TMR plant.

IV. Results and conclusion of the research

The results of the research were summarized as follow;

1) Farm size small model plant for TMR feed processing was developed. The model plant was consist of following subsystems;

- ① Round bale receiving and cutting system.
- ② Pneumatic conveying system for transfer the roughage which was cut at the cutter to TMR mixer through pneumatic conveyer.
- ③ TMR mixer enable to soften the stiff rice strew and to mix with other ingredients.
- ④ Finished feed bin which can be transfer to either packing system or individual farm.
- ⑤ Packing system by tycon bag which contains 500 kg unit.
- ⑥ Bulk load out system to individual farmer.

2) The pilot plant was installed at the beef cattle farm in Bori-maeul, Jungeup-si.

3) Pneumatic conveyer is very efficient system to transfer not only dried rice strew but also high moistened silage to the mixer.

4) 2 ton TMR mixer was designed and installed. It is very efficient for roughage not only enable to soften the stiff rice strew but also to mix with other ingredient.

5) After series of mixing test, the average CV value of the feed is 13.02% at the gate of the mixer. This digit is far low compare with standards base of 30.0% which is provided by Institute of Agriculture Engineers, ORD.

6) Processing cycle for produce one batch is less than 30 minutes. Thus, it will

take less than two hours for producing 8 ton per day.

7) The costs of farm size TMR plant was analyzed by comparing with traditional system. According to the results, operating cost of the TMR model plant developed decreased rapidly with an increase of production rate. Production cost when it produce 4 batch a day is estimated as 18,135won/ton and 11,388won/ton when it produce 8 batch a day respectively.

8) Model plant become more profitable than purchasing of commercial TMR feed at the larger than 72 head of dairy cattle and 125 head of beef cattle.

9) Thus, the effect of cost reduction produced by model plant is 948 won/head-day for 200 head dairy cattle farm and 319 won/head-day for 200 head beef cattle farm compare with commercial TMR feed respectively.

As an overall conclusion, model plant designed for farm size TMR feed mill will be very useful model. Also it is expected that the effect of cost reduction will be very large for the dairy and beef cattle farm.

CONTENTS

Chapter I. Introduction	21
Section 1. Necessity and Objectives	21
1. Necessity	21
2. Objectives	25
Section 2. Objectives and Contents	27
1. Objectives	27
2. Contents	28
3. Appraisal	33
4. Methods	33
Chapter II. Present conditions and points	37
Section 1. World level	37
Section 2. Domestic level	37
Section 3. Present conditions and points	38
Chapter III. Results of the research	41
Section 1. Modeling of small size TMR plant for farmhouse	41
1. Machinery selection	42
2. Working process	57
3. Layout of TMR plant for farmhouse	61
4. Decision of machinery size and capacity	65
Section 2. Design and manufacture of small size TMR plant for farmhouse	69
1. Design and manufacture of cutter	69
2. Design and manufacture of cyclone system	82

3. Design and manufacture of mixer	88
4. Design and manufacture of package system	95
5. Design and manufacture of conveyor	103
Section 3. Long term application test at the field	124
1. Summary of TMR producing test	124
2. Trouble investigation and re-engineering	130
Section 4. Performance test	141
1. Test of TMR uniformity	141
2. Measuring of roughage particle size	144
3. Work efficiency	147
4. Measuring of a power consumption	147
5. Measuring of turbidity	147
Section 5. Feasibility analysis of small size TMR plant for farmhouse	150
1. Introduction	150
2. Methods	150
3. Result and Discussion	156
4. Summary and Conclusion	163
Chapter IV. Achievement and Contribution	164
Section 1. Achievement	164
Section 2. Contribution	166
Chapter V. Plan of application use	171
Section 1. Outcome of research	171
Section 2. Plan of application use	173

Chapter VI. Overall Conclusion 174

Chapter VII. References 179

목 차

제 출 문	1
요 약 문	3
SUMMARY	10
CONTENTS	14
목 차	17
제 1 장 연구개발과제의 개요	21
제1절 연구개발 목적 및 필요성	21
1. 연구의 배경	21
2. 연구의 목적	25
제2절 연구개발 목표와 내용	27
1. 연구개발의 목표와 내용	27
2. 연차별 목표와 내용	28
3. 연구평가의 착안점	33
4. 연구 방법	33
제 2 장 국내외 기술개발 현황	37
제1절 세계적 수준	37
제2절 국내 수준	37
제3절 국내·외의 연구현황	38
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	41
제1절 한우·젓소용 TMR 사료 일관조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 모델 개발 41	
1. 한우·젓소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 시스템의 Lay	

Out 및 소요기계 선정	42
가. 적정기계의 선정	42
나. 배합부의 선정	48
다. 포장부의 선정	54
라. 반송기의 선정	57
2. 작업 공정	57
가. 원료의 저장 작업	58
나. 조사료 세절 및 원료의 배합기 투입	59
다. 배합 작업	59
라. 배출 작업	59
마. 포장 작업	60
바. 모델 플랜트의 작업 사이클	60
사. 가공 공정도(Process Flow Diagram)	61
3. 모델 플랜트의 Layout	61
4. 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기의 결정	65
가. 배합기의 용량 및 배합 사이클	65
나. 배합기의 용량에 따르는 기타 소요기기의 용량	66
제2절 한우·젓소용 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설계 및 제작	69
1. 조사료 반입 및 세절부 설계 및 제작	69
가. 세절 장치부	70
나. 배출급여부	75
다. 베일 이송장치부	76
라. 자동 적재 장치	76
마. 동력 전달부	77
2. 세절된 조사료의 배합부로 이송장치 설계 및 제작	82
가. 세절기의 풍속측정	83
나. 사이클론 시스템의 설계 및 제작	86
3. TMR 배합부의 설계 및 제작	88
가. 배합탱크 및 교반기	89

나. 계량 장치	92
다. 배출장치	93
4. 포장시스템 설계 및 제작	95
가. 계량, 포장, 적재부	95
나. 컨트롤러 시스템	100
5. TMR 사료 반송용 컨베이어 제작	103
6. 통합 공정시스템의 완성 및 시운전	107
가. 전체 컨트롤시스템의 설계 및 제작	107
나. 통합 공정시스템의 완성	112
다. 통합 공정시스템의 시운전	119
라. 통합 공정시스템의 시운전결과 문제점	121
제3절 농가용 소형 TMR 플랜트의 현장적응시험	124
1. TMR 사료 생산작업 요약	124
가. 원료 반입 작업	124
나. 원료투입작업	125
다. 배합작업	127
라. 배출 및 임시저장 작업	128
마. 포장작업	128
2. 문제점 분석 및 최종보완	130
가. 사이클론 시스템의 수정 및 보완	130
나. 배합 시스템의 수정 및 보완	134
다. 포장 시스템의 수정 및 보완	136
라. 기타 시스템의 수정 및 보완	141
제4절 농가용 소형 TMR 플랜트의 성능시험	141
1. TMR 사료 균일도 측정	141
가. 재료 및 방법	141
나. 시험 결과	143
2. 조사료 입자도 측정	144

3. 작업능률(kg/h) 및 작업효율(%)	147
4. 소비전력	147
5. 세절벧짚의 흙먼지 제거율 측정	147
제5절 농가용 소형 TMR 모델 플랜트의 경제성 분석	150
1. 서론	150
2. 연구의 방법	150
가. 투자비용	150
나. 이용비용	152
3. 결과 및 고찰	156
4. 요약 및 결론	163
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	164
제1절 목표달성도	164
제2절 관련분야에의 기여도	166
1. 기술적 측면	166
2. 경제 · 산업적 측면	168
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	171
제1절 연구성과	171
제2절 활용계획	173
제 6 장 종합 결론	174
제 7 장 참고문헌	179

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발 목적 및 필요성

1. 연구의 배경

가. 조사료 생산 및 급여현황

최근 우리나라의 젓소 및 한우의 사육두수는 2004년 현재 약 200만여 두가 사육되고 있다. 표 1에서 보는 것과 같이 한우 및 젓소는 2000년 이후 사육형태가 보다 점진적으로 규모화 되어 가고 있지만 축산선진국에 비하면 규모가 매우 영세하며 생산비가 쇠고기의 경우 미국의 3.8배, 호주의 4.7배 정도이며 우유의 생산비는 미국의 1.8배로 매우 높은 수준을 보이고 있다. 이러한 상황에서 1997년도에 유제품 시장이 개방되었고, 2001년도 수입자유화 이후 생우의 경우 9차례에 걸쳐 6,860마리가 수입되어 왔으며, 원유의 쿼터제 또한 국내 축산농가에 부담을 지우고 있다. 따라서 우리나라의 축산업을 지켜내기 위해서는 생산비를 절감하여 생산 단가를 낮추고 축산물의 품질을 향상시켜 대외 경쟁력을 높이는 것이 유일한 방법이 될 것이다.

표 1 우리나라의 한우 및 젓소 사육두수

	1990	1995	2000	2004
비육우 (천두)	2,010	2,594	1,590	1,666
두수/농가	2.5	5.0	5.3	8.8
젓 소 (천두)	497	553	554	497
두수/농가	15.1	23.8	38.8	49.7

* 자료 : 농림부(2004)

그러나 우리나라의 축산업은 축산 선진국에 비하여 많은 문제점을 안고 있으며, 그 중에서도 조사료의 부족과 그에 따른 농후사료(배합사료)의 과다 사용으로, 반추위 가축인 소의 위내 pH가 감소하고 프로피온산의 생산량이 많아지게 되어, 소화율이 감소하고 비정상적인 발효로 인한 정상적인 생리기능에 이상을 초래하고, 소의 경제수명이 단축되며, 젖소의 경우 유지율이 감소하여, 축산물 생산비의 상승과 품질의 저하를 초래하는 것이다. 이러한 근본적인 원인을 인식하여 최근 조사료와 농후사료의 급여비율이 점차적으로 개선되고는 있으나, 조사료 생산기반이 취약하여 양질 조사료의 급여가 낮은 수준이며, 또한 부족한 조사료는 수입에 의존하고 있어, 앞으로도 자급 조사료 기반 확충이 어려울 경우 국내 축산업의 발전을 저해할 것으로 예상된다. 표 2는 국내 조사료와 배합사료의 급여비율을 나타낸 것으로 조사료의 급여비율이 TDN(Total Digestive Nutrition: 총 가소화 영양분) 기준으로 47%로서 예전에 비하여 상당히 개선이 되었으나 아직까지 적정수준인 60%에 못 미치고 있다.

표 2 우리나라 및 외국에서 젖소의 조사료와 농후사료 급여비율

	조사료	농후사료
한 국	47%	53%
일 본	48%	52%
미 국	66%	34%
최소한계	40% 이상	60% 미만
최적비율	60%	40%

* 자료 : 농림부(2004)

최근에 국민들의 쌀의 소비량이 심각할 정도로 감소 추세에 있는데, 연간 1인당 132kg을 정점으로 매년 3kg 씩 감소를 하여 2004년 현재 82kg으로 추정이 되고 있으며 10년 이내에 70kg 미만으로 될 전망이다. 이러한 사실은 현재의 수도작 재배면적이 현재의 30% 이상 감소가 될 것으로 예상이 되고 있으며 남아도는 논은 다른 대체 작물로 재배하던가 또는 휴경을 해야만 할 것으로 예측이 되고 있다. 이에 대한 하나

의 수도작 대체작물로서 우리나라에서 절대적으로 부족한 조사료 문제를 해결하기 위하여 우리나라에서는 ① 벧짚을 이용하는 방법 이외에, ② 논에서 겨울철에 재배 가능한 맥류(호맥 또는 대맥)를 4월 말부터 5월 중순 사이에 생초로 예취 후에 원형 베일러로 압축을 한 후, 베일-랩퍼로 밀봉을 하여 사일리지로 가공된 답리작 랩-사일리지 있으며, 또한 ③ 최근에는 생벧짚 곤포사일리지도 많이 이용되고 있는데 현재 정부의 곤포용 비닐대 지원금의 확대로 생벧짚 곤포사일리지의 생산 증가 추세가 지속될 전망이다.

최근 3년간 조사료의 수요량은 400 만톤 수준으로 이중 15%인 60만톤이 수입에 의존하고 있는데 양축농가 및 TMR 배합소는 국내에서 생산·가공된 곤포 사일리지보다 가격이 높더라도 품질이 좋고 이용이 편리한 수입조사료를 선호하고 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 보고된 자료에 의하면 축산농가의 경영비 중에 사료비의 비중이 번식우의 경우 74%, 착유우의 경우 64%로 이중 조사료의 비중이 각각 23%와 28%를 차지하고 있어 값싼 양질의 국내산 조사료 공급이 경영비를 감소시킬 수 있는 하나의 주요인으로 사료된다.

나. 조사료 급여방식

젖소나 비육우에게 조사료를 급여하는 방법으로는

①조사료와 농후사료를 별도로 분리하여 급여를 하는 관행의 사료급여 방식과,
②조사료와 농후사료를 적정 배합비율로 배합하여 급여를 하는 TMR(Total Mixing Rations) 급여방식으로 나눌 수 있는데, 낙농가의 경우 서울우유 납유 낙농가의 81.8%가 TMR사양을 실시하고 있는 것으로 나타났으며, 향후에 TMR 사료를 급여하겠다는 목장이 계속 증가할 것으로 나타났다.

TMR(Total Mixing Rations)이란 하루에 급여할 조사료와 농후사료, 첨가제 등 모든 사료원을 적정 비율로 혼합 한 후에 급여하는 방식으로, 젖소 또는 비육우의 신체유지, 증체, 비유단계, 번식 등을 고려하여 영양소 요구량을 충족시키므로 소의 경제수명이 늘어나고, 생산성이 향상된다. 또한 농가에는 노동력의 절감과 균형있고 경제적인 값싼 사료를 이용할 수 있다.

TMR 사료 급여 형태는 개별 목장에서 자가배합을 하는 형태와 조합원 공동으로 배합하는 공동 TMR플랜트, 그리고 상업적으로 운영을 하는 상업용 TMR플랜트 등이 있는데, 서울우유 납유 2,251 TMR 실시 목장중에서 TMR 사료의 이용형태는, 자가

배합 TMR형태가 28.9%, 조합원 공동 TMR 또는 일반 TMR 공장에서 구입하는 형태가 71.1%로 보고되고 있다.

공동 또는 상업용 TMR플랜트는 1992년 정부의 장려정책 이래 매년 증가하여 2002년 현재 126개소가 운영되고 있으며, 서울우유 조합원 중에 TMR사료를 이용하는 목장은 2004년 현재 81.9%로 전년도 75.5% 보다 6.2% 포인트가 증가하고 있는데, 이러한 추세는 점차 증가할 것으로 보여 진다.

다. TMR 사료의 효과

TMR플랜트는 초기에는 젖소용으로 주로 이용되었으나, 최근에는 한우 사료용으로도 많이 이용되고 있으며, 한우용 TMR플랜트도 늘어나는 추세에 있는데, 6개월령 암소 육성우에 대한 TMR 사료 급여효과가 관행 사육에 비하여 일당 증체량이 165% 증가하였고, 사료비는 50%나 감소가 된 것으로 보고되고 있다.

착유우에 TMR 사료 급여효과를 시험한 결과 관행인 조농분리 급여에 비해 1일 평균 산유량은 8~11% 많았고, 4% FCM 유량에서는 TMR급여구가 25.40Kg/일로 관행 22.65kg/일 보다 높게 나타났으며, 산유지속성도 관행보다 15.1~15.4%로 높게 나타났다. 평균유지율 또한 TMR급여구가 3.91%로 관행 3.8% 보다 높게 나타났다.

라. TMR 사료 급여의 문제점

우리나라에서 TMR 사료 급여의 문제점으로는, 앞의 ①일반 TMR회사에서 제조·판매, ②TMR 배합소에서 공동으로 배합하는 경우, 조사료가 거의 첨가되어 있지 않고 있다. 즉, 상업적인 TMR시설 또는 TMR 배합소에는 조사료를 세절 → 배합 → 이송하는 시설이 되어 있지를 않기 때문에 농장으로 가져온 TMR 사료에 농장에서 조사료를 추가 공급해야 한다. 다시 말해서 기존의 TMR 배합소에서 제조·판매되는 TMR 사료의 경우는 실제로 TMR 사료로 간주하기 어려운 정도이다.

또한 ③자가 TMR 배합기를 보유하여 개별 농가에서 TMR 사료를 조제하는 경우, 농가에 보급되어있는 TMR 배합기의 교반기가 모두 기존의 오거식을 변형한 형태이다. 배합시에는 교반기의 오거에 칼날을 부착하여 볏짚 등의 조사료를 배합기 내에서 다른 양질의 건초, 사일리지, 곡류, 박류 등의 사료와 함께 세절, 혼합하고 있다. 문제는 볏짚이 세절 될 정도로 운전하게 되므로 여타의 사료들은 모두 분쇄된 가루의 형

태가 되고 경우에 따라 양질의 건조 등을 매우 짧은 시간만 배합토록 하므로 배합성능이 떨어지는 결과를 가져오게 된다.

2. 연구의 목적

개별 낙농가 또는 한우농가에서 양질의 TMR 사료를 조제하기 위해서는,

①벼의 수확 후에 수집된 볏짚의 원형 베일, ②겨울철 답리작으로 재배된 호맥 랩 사일리지, ③또는 쌀의 과잉 공급에 의한 수도작의 대체 작물로 조사료가 대규모로 재배될 경우, 모두 수확된 조사료는 한우·낙농가로 반입 → 세절 → TMR 배합기에 투입 → 계량 → 사료 배합→급이의 일관작업공정을 거쳐야한다. 그러나 개별 낙농가 또는 비육농가에서 이러한 일관작업을 위해서는 몇 가지 문제가 해결되어야 한다.

① 맥류 랩-사일리지의 무게는 500kg이나 되고, 또한 마른 볏짚으로 만든 원형베일도 300kg을 상회하는 데, 이러한 베일은 매우 단단하게 다져진 상태로 있기 때문에 개별 축산농가 또는 TMR 배합소에서 조차 다시 풀어서 가축에게 공급하기는 매우 어렵다. 특히 TMR 배합기에 적정량을 세절하여 투입하기는 매우 어려운 문제이다.

② 세절이 된 조사료와 기타 수입조사료, 그리고 농후사료들은 트랙터에 연결된 TMR 배합기에서 배합이 되고 비육우 또는 젖소에 급여를 하게 된다. 이러한 작업 형태는 넓은 축사의 공간이 필요를 하고, 또한 세절기에 트랙터를 연결하고 다시 다른 작업기에 트랙터를 연결을 하는 과정에 많은 노동력이 소요하게 된다. 현재 농촌에는 인력의 부족은 물론이고, 노령화·여성화 현상으로 어렵고 힘든 일은 기피하는 실정이다.

③ 일반적으로 비육우·젖소용 사료 세절기는 약 2,400만원, 배합기는 2,500만원 정도로 가격이 매우 비싸기 때문에 50두 이상 사육이 되는 규모화된 농가가 아니면 구입하기가 부담스럽다. 따라서 단독 농가에 의한 사용보다는 공동 사용이 바람직하지만 개별적인 작업방법은 소요작업시간 및 공간의 제한에 따르는 문제점 때문에 대부분의 농가는 독자적으로 사용을 하고 있다. 그리고 영세규모의 농가는 관행의 작업으로 조사료를 별도로 조제·급여를 하고 있는 실정이다.

현재 전국에는 약 200여 개소에 달하는 TMR 배합소가 있다. 이 TMR 배합소는 상업적으로 젖소용 사료를 조제하거나 또는 50~100 여 낙농가가 모여서 공동으로 사료를 조제하는 시스템이다. 이 TMR 배합소는 제작 비용이 약 토목공사까지 합하여 약 6~8억 원 정도 소요되는데, 문제는 볏짚, 원형베일 등 조사료를 세절하여 가공하는

시스템이 없으며 기존의 TMR 배합소를 조사료 세절 및 가공을 위한 Re-engineering 을 하기에 매우 어렵게 시설이 되어있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 ① 조사료의 반입·세절이 가능하고 ② 시설비가 저렴하고, ③ 노동력을 최소화 할 수 있으며, ④ 필요에 따라서는 인근 농가에도 이용할 수 있는 조사료의 반입부터 세절·배합·급이·포장까지 일관 작업이 가능한 농가용 TMR 조제시설, 즉 1명으로도 전체작업이 가능한 “한우·젖소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발”이 필수적으로 수행되어야 한다.

따라서 본 연구는 낙농·한우 사육 농가에서 원형 베일로 들어온 볏짚 또는 원형 랩-사일리지를 포함한 조사료를 쉽게 반입·세절·배합·급이가 가능한, 즉 다음과 같은 복합적인 기능을 가진 농가용 TMR 조제 플랜트의 모델을 개발하고자 하였다.

- ① 축사로 반입된 원형 베일을 손쉽게 적재 가능하고, 또한
- ② 잘게 세절 할 수 있는 기능을 가지며,
- ③ 세절된 조사료는 TMR 배합기로 투입이 되고
- ④ TMR 배합기는 여러 가지 조사료를 비롯하여 농후사료를 정량 계량을 함과 동시에 알맞게 배합이 가능하고,
- ⑤ 배합된 조사료는 축사로 투입 또는 이웃 공동이용 농가로 쉽게 운반이 가능하도록 일정 용량의 무게로 계량이 된 후에 타이콘 백에 담길 수 있는 기능을 가지고 있다.
- ⑥ 종합 TMR시스템의 동력은 전기로 기동이 되고,
- ⑦ 기계시설비용은 8천만원 정도이고,
- ⑧ 단독으로 또는 필요에 따라서는 20여 농가까지 공동으로 사용할 수 있는 생산 용량을 가지고 있다.

제2절 연구개발 목표와 내용

1. 연구개발의 목표와 내용

우리나라에 보급되어있는 조사료의 가공에 필요한 대부분의 작업기들은 큰 동력이 필요하고 또한 가격이 비싸다. 또한 여러 가지의 작업(조사료 반입 → 세절 → 원료 계량 → 배합기에 투입 → 원료 배합 → 사료 급이)을 각각 별도로 수행하고 있으며 또한 이에 소요되는 작업기는 자체가 크고 무겁기 때문에 조작하기 위해서는 큰 노동력이 필요하다. 또한 이러한 다양한 작업을 위해서 구입해야하는 작업기들의 구입비가 높아 경제성에서 문제가 된다.

반면에 우리나라의 농가의 노동력은 양적으로도 줄어들고 있고, 또한 질적으로는 노령화·여성화로 가면서 매우 열악해지고 있다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 낙농·한우 단지에 조사료를 쉽게 조제·급여할 수 있으며 경제성이 있는 “TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발”함에 있다.

본 연구에서 개발될 농가용 TMR사료 조제용 플랜트의 모델 시스템은 세부적으로는 다음과 같은 다양한 기능을 가지고 있다.

- ① 축사로 반입된 원형 배일을 손쉽게 적재 가능하고, 또한
- ② 잘게 세절 할 수 있는 기능을 가지며,
- ③ 세절된 조사료는 TMR 배합기로 투입이 되고
- ④ TMR 배합기는 여러 가지 조사료를 비롯하여 농후사료를 정량 계량을 함과 동시에 알맞게 배합이 가능하고,
- ⑤ 배합된 조사료는 축사로 투입 또는 이웃 공동이용 농가로 쉽게 운반이 가능하도록 일정 용량의 무게로 계량이 된 후에 타이콘백에 담길 수 있는 기능을 가지고 있다.
- ⑥ 종합 TMR시스템의 동력은 전기로 가동이 되고,
- ⑦ 기계시설비용은 8천만원 정도이고,
- ⑧ 단독으로 또는 필요에 따라서는 20여 농가까지 공동으로 사용할 수 있는 생산 용량을 가지고 있다.

2. 연차별 목표와 내용

본 연구는 모두 3년에 이루어지게 될 연구로 연차 별로 연구 목표 및 내용을 서술하면 다음과 같다.

가. 1차년도 연구개발 목표와 내용

1) 한우·젖소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발 시스템의 Lay Out 및 소요기계 선정

이 과제는 1차년도에 모두 완성이 되는 연구과제다. 본 연구에서는 국내의 낙농가, 한우 농가의 사료급여 현실에 부합하며 경제적으로도 이익을 남길 수 있는, 농가 단지에 알맞은 TMR 사료 조제를 위한 종합적인 시스템에 소요되는

①적정기계의 선정,

②적정위치에 배치,

③가공기계와 기계를 연결하여 주는 적정 반송기의 선정을 한다.

④아울러 우리나라 농가의 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정한다.

2) 한우·젖소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 플랜트의 설계 및 제작(I)

본 연구에서 개발될 농가용 TMR 플랜트 모델은 크게, 조사료 반입 및 세절부, 배합부, 포장부, 각각의 공정을 연결하여주는 반송시설, 동력을 전달하여주는 동력전달부가 있다.

가) 조사료 반입 및 세절부의 설계 및 제작

현재 본 연구실에서 수행하고 있는 “트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절·급여기”의 개발에서는 원형베일 및 기타 조사료의 반입 및 세절부의 1회 처리용량을 1.0 ton ~ 2.0 ton 수준으로 하여 약 500kg 정도 되는 원형 베일 2~3개를 일괄 처리할 수 있도록 개발하고 있으며 연구 1년차에 완성이 되는 과제다.

나) TMR 배합부의 설계 및 제작

젖소 및 한우에게 공급할 수 있는 조사료와 농후 사료를 배합하는 TMR 배합기는

크게 ①배합 탱크, ②교반기, ③계량장치, ④동력전달 장치, ⑤배출장치로 구성이 된다. 지난 1998년에 본 연구실에서 개발한 바 있는 1회 배합용량이 2톤 규모(젓소 60두 급여 가능)인, “트랙터 견인형 페달형 TMR 배합기”는 기존의 오거를 부착한 배합기에 비하여 조사료의 배합에 탁월한 성능을 가지고 있으며 작동도 유압식으로 되어 있어 사용이 매우 편리하게 되어 있다. 그러나 마른 볏짚을 많이 사용하는 한우용 사료배합에는 볏짚이 짧게 세절이 되지 않은 경우에 페달에 볏짚이 감기는 현상이 일어나는 문제점이 발견되었다.

본 연구인 “농가용 TMR 플랜트 모델”에 설치될 배합기는 젓소와 한우용 사료를 모두 배합을 할 수가 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 교반기에 원형 칼날을 부착하여 길게 투입된 조사료(주로 볏짚)를 배합기 내에서 배합과정 중에 잘게 세절이 되도록 수정 보완 후에, 세절기와 배합기가 서로 잘 조화를 이룰 수 있도록 제작을 할 것이며 1차 년도에 완성을 할 과제다.

나. 2차년도의 연구 개발 목표와 내용

1차년도의 “한우·젓소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설계 및 제작(I)”에서 수행된 ①조사료 반입 및 세절부와 의 설계 및 제작과 ② TMR 배합부의 설계 및 제작에 이어 2차년도에는 ③ 포장부 및 반송시설을 설계와 제작을 하고, 앞에서 제작된 시스템들을 연결하여 하나의 ④전체 시스템으로 완성한다.

1) 한우·젓소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설계 및 제작(II)

가) 포장부 및 반송시설

배합공정이 완료된 사료는 배출구를 통하여 체인컨베이어로 이송이 되고, 체인컨베이어는 사료를 지상으로부터 3~5m 정도 높이(세부적인 설계 후에 높이가 결정됨)에 있는 계량용 호퍼빈으로 투입시킨다. 계량용 호퍼빈에 투입된 사료는 바로 아래에 위치한 500kg 용량 단위의 타이콘 백에 포장이 되어 필요한 공급처로 운송이 되게 된다. 그러나 본 연구인 “농가용 TMR 플랜트 모델”에서 배합이 될 TMR 사료에는 조사료의 비율이 50%가 넘기 때문에 비중이 매우 낮고 부피가 커지게 된다. 따라서 지상에서 3~5m 정도 높이에 위치한 계량용 호퍼빈으로 이송하기에는 많은 어려움이 있다. 따라서 이를 위한 적정 컨베이어의 설계는 매우 중요하다. 또한 한우의 경우 건

초를 위주로 한 조사료가 많이 포함된 사료는 유동성이 좋지 않다.

따라서 본 연구의 목표와 내용은 TMR 배합기로부터 반출된 사료를 계량용 호퍼빈 까지 반송을 할 수 있는 ①적정 컨베이어를 결정하고, 결정된 컨베이어의 ②용량과 길이를 산출하고, ③이에 알맞은 세부적인 설계 및 제작을 할 예정이다. 또한 계량용 호퍼빈, 계량용 호퍼빈 아래에 설치될 500kg 용량 단위의 ④타이콘 백 포장시스템 등이 설계와 제작한다.

나) 통합 공정시스템의 완성 및 시운전

1년차와 2년차 초반에 완성된 개발될 “농가용 TMR 플랜트 모델”의 주 공정인 ① 조사료 반입 및 세절부, ②배합부, ③포장부, 각각의 공정을 연결하여주는 ④반송시설의 제작 및 설계가 완성이 되면, 이들 각각의 공정을 연결하여 시스템의 하중 및 위치를 지지하여 주고, 동력을 전달하여주는 전체시스템을 완성한다.

일종의 농가용 소형 플랜트라고 할 수 있는데, 본 대학 인근에 위치한 낙농가 단지 또는 비육우농 단지의 한 농가에 직접 설치를 할 예정이다. 본 연구는 2년 차에 종결을 한다.

다. 3차년도의 연구 개발 목표와 내용

3차년도인 최종년도에 수행이 될 연구 개발 목표와 내용은 지난 2년 간 완성된 결과를 가지고 실제로 농가에 설치된 ①농가용 TMR 모델 플랜트의 현장적용 시험과 ②경제성분석이다.

1) 농가용 TMR 모델 플랜트의 현장적용 시험

이론적으로 연구 개발 된 시스템은 실제로 현장에 적용을 할 경우에는 여러 문제가 발생을 한다. 특히 ①한 공정과 다른 공정으로 연결을 하여 주는 시스템의 적합성, ②조사료를 많이 사용함에 따르는 반송부의 흐름의 유연성, ③벧짚을 장기간 사용함에 따르는 기계 부품의 내구성, ④계량의 정확성 등은 농가에 보급하기 전에 반드시 문제점을 밝혀내고, 이를 수정 및 보완을 한다. 연구 3년차에 수행이 되는 과제다.

2) 농가용 TMR 모델 플랜트의 경제성 분석

아무리 좋은 시설이라도 기존의 관행시스템에 비하여 경제성이 떨어지면 아무 소용이 없다. 특히 많은 시설비가 소요되는 본 농가용 TMR 모델 플랜트는 많은 농가가 이용을 하여 고정비를 줄일 수 있어야한다. 따라서 본 연구는 기존의 관행 시스템과 비교를 하여 경제성을 가질 수 있는 최소규모의 생산량(손익분기점)을 찾아내기 위함이다. 이러한 자료는 향후에 본 시설이 농가에 설치 될 경우에 대비하여 정책적으로 경제성이 있는 위치를 결정할 수 있는 참고 자료가 될 수가 있다. 연구 3년 차에 수행이 된다.

구분	연구 개발 목표	연구 개발내용 및 범위
1차년도 (2003-2004)	<p>1. 한우·젓소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 시스템의 Lay Out 및 소요기계 선정</p> <p>2. 한우·젓소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설계 및 제작(I)</p>	<p>1)적정기계의 선정 2)적정위치에 배치 3)적정 반송기의 선정 4)생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정</p> <p>1)조사료 반입 및 세절부 설계 및 제작 2)세절된 조사료의 배합부로 이송장치의 설계 및 제작 3)TMR 배합부의 설계 및 제작</p>
2차년도 (2004-2005)	1. 한우·젓소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설계 및 제작(II)	<p>1)TMR 사료 반송용 컨베이어 제작 ①적정 종류의 컨베이어를 선정 ②컨베이어 용량과 길이를 산출 ③세부적인 설계 및 제작</p> <p>2)포장시스템 설계 및 제작 ①포장 시스템 Lay Out 설계 ②계량용 호퍼빈 설계 및 제작 ③타이콘 백 포장시스템의 설계 및 제작</p> <p>3)통합 공정시스템의 완성 및 시운전 ①전체 콘트롤시스템 설계 및 제작 ②전기 시설 ③통합시스템 완성 ④시운전 및 수정 보완</p>
3차년도 (2005-2006)	<p>1. 농가용 TMR모델 플랜트의 현장적용시험</p> <p>2. 농가용 TMR 모델 플랜트의 경제성분석</p>	<p>1)현장 적용 시험 ①농가에 설치 농민들의 반응조사 ②시설 및 기계의 내구성 ③문제점 분석 및 수정 보완</p> <p>2)경제성 분석 ①경영규모에 따르는 이용비용 변화분석 ②관행 비용 분석 ③손익 분기점</p>

3. 연구평가의 착안점

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착안사항	척도 (점수)
1차년도 (2003 -2004)	1. 개발모델은 우리나라 농촌 현실에 적합한가? 2. 원형베일의 세절작업은 원활한가? 3. 컨베이어에 의한 원형베일 이송능력이 충분한가? 4. TMR 배합기의 배합성능은 우수한가?	25점 25점 25점 25점
2차년도 (2004 -2005)	1. TMR사료 포장을 위한 포장기의 작업성능이 우수한가? 2. 원료의 반입에서 포장까지 시스템의 흐름공정이 막힘이 없는가? 3. 세절된 재료의 배출작업은 정확히 이루어지는가? 4. 배합된 TMR사료와 포장시스템에 연결은 원활한가?	25점 25점 25점 25점
최종평가	1. 모델의 적합성? 2. 경제성? 3. 작업 성능? 4. 견고한가? 5. 축산농가에 기여도?	20점 20점 20점 20점 20점

4. 연구 방법

본 연구는 ① 모델시스템의 Lay Out 설계, ② 부분 공정 별 설계 및 제작, ③ 주요 공정을 연결하는 반송 시스템의 설계 및 제작 ④ 전체 통합시스템의 설계 및 제작 ⑤ 성능시험, 분석 및 수정 보완, ⑥ 현장 테스트, ⑦ 경제성 분석의 7단계로 추진되었다.

가. 모델시스템의 Lay Out 설계

우리나라의 한우 및 낙농가에 모두 적용할 수 있는 ① “원형배일을 비롯한 조사료의 반입 → 반입된 조사료의 세절 → 배합기에 투입 → 계량 → 사료 배합 → 급이 또는 타이콘 백에 포장 후 이웃 농가로 이송”이 될 수 있으며 ② 우리나라 낙농가 또는 한우농가의 공간적 특성에 적합한 기계의 배치, 그리고 작업공간의 선정, ③ 농촌 노동력의 노령화·여성화 추세에 도움이 될 수 있는 노동량과 노동시간을 절약 가능하도록 시스템을 Lay Out하였다.

나. 주요 부분 공정 별 설계 및 제작

본 모델 시스템의 3대 주요공정인 ① 조사료 반입·세절 공정, ② TMR 배합공정, ③ 포장 공정을 부분별로 설계 및 제작하였다.

1) 특히 조사료 세절 공정은 현재 본 연구팀이 수행 중에 있는 “트랙터 견인형 조사료 원형배일 세절·급여기”를 직접 모델 플랜트에 연결하여 다음 공정인 TMR 배합시스템과 관련하여 세절된 원료(조사료)가 원만하게, 필요한 정량만큼 배합기에 투입이 될 수 있도록 배출부를 별도로 설계하였다. 완성된 세부설계를 바탕으로 앞 연구의 참여 업체인 우리나라에 우수한 축산기계 전문 메이커인 (주)라이브맥의 협조를 받아 공동으로 제작하였다.

2) 또한 TMR 배합공정 역시 본 연구실에서 수행한 바 있는 “트랙터 견인형 패달형 TMR 배합기”를 벗짚이 세절이 잘 되도록 원형 칼날을 부착하고, 정치식으로 수정 보완하여 설계하였다. 완성된 세부설계를 바탕으로 앞 연구의 참여 업체인 우리나라에 우수한 배합기 전문 메이커인 (주)은성플랜트와 (주)라이브맥의 협조를 받아 공동으로 제작하였다.

3) 500kg 단위로 포장을 하게 되는 이 공정은 배합된 TMR사료 중량 중에 50%가 넘게 차지하는 조사료(주로 벗짚) 때문에 매우 까다롭고 어려운 부분이다. 그간 본 연구실에서 축척된 Know-how로 Surge bin 및 타이콘백 계량 및 포장시스템을 설계하였으며, 제작은 (주)은성플랜트와 공동으로 제작하였다.

다. 주요 공정을 연결하는 반송 시스템의 설계 및 제작

본 연구에서 개발될 시스템에서는 ① 원형배일의 세절기로 반송하는 공정, ② 세

절된 조사료를 TMR배합기로 운송하는 반송공정, ③ 배합된 TMR사료를 포장공정으로 보내는 3개의 반송 공정이 있다.

1) 원형배일의 세절기로 반송하는 반송기는 이미 현재 본 연구팀이 수행 한 바 있는 “트랙터 견인형 조사료 원형배일 세절·급여기”를 이용하여 원형배일을 반입하여 유압식 체인컨베이어로 이송하게 되는데 이에 대한 수정 설계 및 제작은 앞 연구의 참여 업체인 우리나라에 우수한 축산기계 전문 메이커인 (주)라이브맥의 협조를 받아 공동으로 제작하였다.

2) 본 연구팀이 수행한 바 있는 “트랙터 견인형 조사료 원형배일 세절·급여기”에서는 세절된 조사료는 블로워(blower)에 의해 급여 시설로 이송이 되도록 연구가 되고 있다. 그러나 연구할 모델 시스템에서는 세절된 조사료는 TMR 배합기에 일정량으로 투입이 되어야한다. 투입량의 조절(계량)을 위해서는 배합기 위에 사이클론식 조사료용 surge tank를 설치하여 일단 조사료를 surge tank로 반입을 한 후에 배합기로 투입하는 시스템을 계획하였으며 이러한 공정을 위해서는 세절된 조사료를 위로 이송관을 통하여 막힘이 없이 퍼올리는 뉴메틱 컨베이어(thrower)시스템이 설계 및 제작이 되었고 또한 surge tank에서도 배합기로 일정량을 투입하기 위해서는 스크류피더 장치를 하도록 하였다.

3) 배합된 TMR사료를 포장공정으로 보내는 3개의 반송 공정은 분말사료와 같은 농후사료와, 사일리지 같은 습사료, 세절된 건초 등이 배합되어 있기 때문에 뉴메틱컨베이어의 사용은 문제가 있으며 별도로 특수하게 설계된 체인 컨베이어가 필요하다. 이 또한 계량호퍼 위로 투입을 해야 하는 어려움이 있다. 이에 대한 설계는 본 연구실에서, 제작은 (주)라이브맥과 (주)은성플랜트와 공동으로 수행하였다.

라. 전체 통합시스템의 설계 및 제작

앞의 단계에서 개발된 부분 공정 및 이를 연결 시켜주는 컨베이어가 완성이 되면 이들 각각의 공정을 연결하여 시스템의 하중 및 위치를 지지하여 주고, 동력을 전달하여주는 전체시스템을 완성하였다..

일종의 농가용 소형 플랜트라고 할 수 있다. 설계는 본 대학에서 수행하였고, 제작은 (주)라이브맥과 (주)은성플랜트에서 수행하였다.

마. 현장적응시험 및 수정 및 보완

본 연구에서 개발된 “한우·젖소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트”의 현장적응 시험은 전북 정읍시 정우면 보리마을에 위치한 비육우 농가인 최경렬 씨 농장에 설치하여 장기간 운전을 하며 실제로 현장에 적응을 할 경우에는 발생하는 여러 문제를 분석하였다. 특히 반송부의 흐름의 유연성, 벧짚을 장기간 사용함에 따르는 기계 부품의 내구성 등은 농가에 보급하기 전에 반드시 문제점을 밝혀내야하는데 본 연구에서는 이러한 문제를 수정 및 보완을 하였다.

바. 경제성 분석

개발될 모델 플랜트의 경제성 분석은 실제로 기존의 농가의 비용을 조사하여 관행 시스템의 비용을 분석을 하고, 본 모델 시스템을 생산비의 변화에 따르는 비용 곡선을 찾아내어 관행시스템과 비교를 하여 경제성을 가질 수 있는 최소규모의 생산량(손익분기점)을 찾아내었다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 세계적 수준

외국의 축산산업 특히 육우 및 젖소용 조사료 재배-수확-가공은 우리와 매우 다르다. 특히 조사료의 생육조건이 좋은 유럽에서는 목초 재배용 초지에서 알팔파, 오차드그래스, 이탈리아라이그래스, 알팔파 등 부드럽고 영양이 풍부한 조사료를 생산하고, 생산된 조사료는 주로 곤포사일리지로 가공되는데 길이도 짧고, 목초 자체가 연하여 쉽게 TMR배합기에서 타 사료원료와 배합되므로 국내산 원형배일 가공처리와는 차이점을 가지고 있다.

제2절 국내 수준

우리의 경우 농토가 좁기 때문에 주로 논에서 생산된 벃짚, 생벃짚 곤포사일리지, 호맥 또는 대맥 곤포사일리지 등이 주 조사료원이 된다. 그러나 이들은 매우 길고 질기며 거칠기 때문에 우리의 특수한 환경을 고려하여 우리의 실정에 알맞은 가공 시스템이 필요하게 된다.

우리나라의 농업의 기계화는 수도작 위주로 정책이 수행되어 왔다. 따라서 축산이나 밭작물에 대한 기계화·자동화는 매우 낙후되어 있다. 그러나 최근에 국민들의 쌀의 소비량이 심각할 정도로 감소 추세에 있어, 10년 이내에 70kg 미만으로 될 것으로 전망된다. 이러한 사실은 현재의 수도작 면적이 30% 이상 감소가 될 것으로 예상되고 있으며 남아도는 논은 조사료와 같은 대체작물로 재배될 것으로 예측이 된다.

수도작물의 대체 작물, 벼의 수확 후에 생산되는 생벃짚 곤포 사일리지, 답리작으로 재배되는 맥류 곤포사일리지 등은 우리축산 농가에는 좋은 자원이다. 그러나 이러한 많은 자원이 있음에도 불구하고 이를 잘 활용할 수 있는 시설, 소요기계 및 시스템의 결핍으로 소비를 못하는 일종의 병목현상이 발생하고 있는 것은 안타까운 일이다. 따라서 본 연구는 낙농·한우 사육 농가에서 원형 배일로 들여온 벃짚 또는 원형 램-사일리지를 포함한 조사료를 쉽게 반입·세절·배합·급이가 가능하도록 복합적인

기능을 가진 농가용 TMR 조제 플랜트의 모델을 개발에 관한 연구는 우리나라 축산업에 매우 중요한 연구 과제라고 생각된다.

제3절 국내·외의 연구현황

우리나라의 농업의 기계화는 수도작 위주로 정책이 수행되어 왔다. 따라서 축산이나 밭작물에 대한 기계화·자동화는 매우 낙후되어 있다. 더욱이 이들의 작업이 매우 다양하기 때문에 많은 기계의 종류가 필요로 하지만 소요대수는 매우 적어 상업화하기가 어려운 실정이었다.

그러나 최근에 국민들의 쌀의 소비량이 심각할 정도로 감소 추세에 있어, 10년 이내에 70kg 미만으로 될 것 전망이다. 이러한 사실은 현재의 수도작 면적이 30% 이상 감소가 될 것으로 예상이 되고 있으며 남아도는 논은 조사료와 같은 대체작물로 재배될 것으로 예측이 되며 이러한 예상은 조사료와 관련된 많은 기계의 수요가 있을 것으로 예상이 된다.

앞에서 잠시 언급한 바와 같이 벧짚, 생벧짚 곤포 사일리지, 맥류곤포사일리지 등은 축산 선진국인 외국에서는 거의 사용이 되지 않고 있다. 외국에는 부드럽고 영양분이 풍부한 많은 조사료들이 있기 때문이다. 따라서 이러한 연구는 국내의 고유한 특수 경우이기 때문에 외국의 연구 현황을 소개할 필요는 없을 것 같다.

국내의 연구 동향을 살펴보면 대부분 본 연구실에서 수행을 한 것이 주를 이룬다.

1995년부터 농림부로부터 연구비를 지원 받아 “조사료 배합을 위한 트랙터 부착형 TMR 배합기의 개발”을 성공적으로 수행하였고, 또한 1998년부터는 “답리작 조사료 랩-사일리지생산을 위한 모델 및 기계개발”을 성공적으로 수행하였다. 그리고 2001년부터 “트랙터 견인형 원형베일의 세절 및 급이기의 개발”을 수행하였다. 이들 연구에 주요 결과 및 예상되는 결과로는;

1) 우리나라의 젓소 및 비육우에게 공급할 수 있는 조사료와 농후 사료를 잘 배합할 수 있는 1회 배합용량이 2톤 규모(젓소 60두 급여 가능)인, “트랙터로부터 PTO동력을 이용하여 이용할 수 있는 페달형 TMR 배합기”를 개발하였고, 1998년 농업기계화 연구소에서 수행한 농기계 형식 검사(98-M-362)에서 합격을 받은 바 있다. 또한

개발된 배합기는 현재 상품화가 되어 성환중축장 및 일반 낙농가에서 사용되고 있다. 기존의 오거를 부착한 배합기에 비하여 조사료의 배합에 탁월한 성능을 가지고 있으며 작동도 유압식으로 되어 있어 사용이 매우 편리하게 되어 있다.

2) 우리나라에서 조사료를 자급하기 위하여 쌀재배 지역에서 벼 수확 후, 맥류의 파종 → 재배 → 예취 → 압축·결속 → 기밀포장·사일리지 가공 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는,

① 기계화 일관작업을 위한 시스템의 모델을 개발하였고,

② 이에 대한 적정작업조건 및 기계화 생산 기술을 구명하고 있으며,

③ 일련의 소요 작업기계 중에 국내에서 개발이 되지 못한 예취기(모아), 원형 베일러, 베일-랩핑기 및 랩-사일리지 핸들러(Handler)중에서 핵심기계인 원형 베일러와 베일 랩핑기의 개발을 완료하였다. 그리고 공동연구기관인 한국농촌경제연구소에서는

④ 답리작 조사료의 경제성 및 유통구조를 분석하여 우리 나라의 조사료의 생산·가공·유통을 위한 장·단기 정책 프로그램을 개발한 바 있다.

이에 대한 연구의 결과로, 지난 99년 5월 충남 당진군 농어촌진흥공사의 대호 방조제에서 농림부, 푸른들 가꾸기 운동본부, 경북대학교와 공동으로 2일간에 걸쳐 열린 “친환경 답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델”에 대한 세미나와 기계연시를 하였고, 2000년 5월에도 농촌경제연구원, 경상북도 그리고 본 연구소와 공동으로 경북대학교 부속농장에서 “생태 순환적 답리작 맥류 랩사일리지 조사료 생산 기술과 경제성 평가”라는 제목으로 전국 낙농가와 축산기술지도자를 대상으로 세미나 및 연시를 실시하였으며, 또한 2001년에는 작물시험장, 축산기술연구소와 공동으로 “논을 이용한 생태 순환적 조사료 생산체계 구축방안”에 대하여 세미나 및 답리작 조사료 생산 시스템 일관 작업에 대한 연시를 실시하였다. 이에 따라 농림부의 정책도 조사료의 확보는 답리작 재배로, 특히 겨울철 맥류의 재배로 조사료 확대를 함이 가장 바람직한 것으로 추진하고 있다.

3) 기존의 국내에 보급된 트랙터로 ① 원형 베일을 손쉽게 운반 및 적재 가능하고, 또한 ② 잘게 세절할 수 있는 기능을 가지며, ③ 원하는 위치로 투입이 가능하고, 아울러 ④ 트랙터로 운반이 가능한 트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절·급여기가 현

재 개발 완료되었다. 이 연구는 발명특허(특허등록 제0470326호)로 등록이 되어있고, 기존의 조사료를 이용한 급여 방식에서 발생하는 즉, ①압축·결속된 베일을 그대로 급여에 따르는 20%에 이르는 바깥에 흘리는 등 허실을 방지하고 또한 ②베일을 범용의 커터기로 세절할 때 보다 훨씬 노동력을 절감하고 있다.

이상과 같이 본 연구실은 담리작에 의한 조사료 기계화 생산기술, 조사료 세절·급여용 작업기, 조사료 배합용 TMR 배합기의 개발 등의 많은 연구를 수행한 바 있으며 이에 대한 많은 Know-How를 가지고 있다. 그러나 현재 농촌의 현실은 노동력의 노령화·여성화로 작업을 편하게 하려는 경향이 있으며, 또한 높은 작업기의 구입비용은 소규모 농가에서 뿐 아니라 대규모 농가에서도 수지맞는 경영을 할 수가 없다. 따라서 조사료를 쉽게 처리를 할 수 있는 낙농·한우 단지별로 공동으로 이용 가능한 “TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발”은 우리나라 축산업에 매우 중요한 연구의 과제라고 생각이 된다.

제 3 장 연구수행 내용 및 결과

제1절 한우·젖소용 TMR 사료 일관조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 모델 개발

우리나라의 TMR 배합사료 급여는 일반 TMR 회사에서 제조·판매하거나 TMR 배합소에서 공동으로 배합하는 경우 소량의 수입 조사료를 첨가하여 배합하거나, 조사료가 거의 첨가되지 않고 배합하는 문제점을 가지고 있다. 최근 우리나라에서는 원형베일형태의 맥류 랩-사일리지와 생벚짚 사일리지, 마른벚짚의 생산이 지속적으로 증가하는 추세에 있으며, 이를 TMR 배합사료로 이용하고자 하는 필요성이 대두되고 있다. 그러나, 맥류 랩-사일리지의 무게는 500kg이나 되고 마른벚짚도 300kg을 내외로 매우 단단하게 다져진 상태로 있기 때문에 개별 축산농가 또는 TMR 배합소에서 다시 풀어서 TMR 배합기에 적정량을 세절하여 투입하기는 매우 어려운 문제이다. 또한, 개별 농가에서 TMR 배합사료를 조제하는 경우 TMR 배합기 내의 오거에 칼날을 부착하여 벚짚 등의 조사료를 배합기 내에서 세절이 이루어질 동안 운전한 다음 다른 양질의 건초, 사일리지, 곡류, 박류 등의 사료와 함께 세절, 혼합되고 있어 배합의 시간이 길고 여타의 다른 사료들의 투입 시 매우 짧은 시간만 배합토록 하므로 배합성능이 떨어지는 결과를 초래하게 된다.

이러한 원형베일조사료를 손쉽게 세절 및 TMR 배합하기 위해서 개발되어져 있는 원형베일조사료 세절기와 TMR 배합기의 이용은 가격이 매우 비싸기 때문에 규모화된 농가가 아니면 구입이 부담스럽고, 세절기와 TMR 배합기, 다른 작업기에 트랙터의 탈부착 과정에서 많은 노동력이 소요되는 어려움이 있다. 또한, 전국에 약 120여 개소에 달하는 TMR 배합소에서도 원형베일조사료 세절 및 TMR 배합을 위한 시설의 리엔지니어링(Re-engineering)이 매우 어렵게 되어 있다.

따라서 본 연구의 목적은 조사료가 거의 첨가되어 있지 않는 국내산 TMR 배합사료의 문제점을 개선하고자 최근 국내에서 대량으로 생산되는 원형베일조사료를 쉽게 반입 및 세절이 가능하고, 시설비가 저렴하고, 노동력을 최소화할 수 있으며, 10여 농가가 공동으로 이용할 수 있도록 한우·젖소용 TMR 배합사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 모델을 개발하고 모델의 이용가능성을 검토함에 있다.

1. 한우·젓소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 시스템의 Lay Out 및 소요기계 선정

본 연구의 과제에서는 국내의 낙농가, 한우 농가의 사료 급여 현실에 부합하며 경제적으로도 이익을 남길 수 있는 농가 단지에 알맞은 TMR사료 조제를 위한 종합적인 시스템에 소요되는 ① 적정기계의 선정, ② 적정위치에 배치, ③ 가공기계와 기계를 연결하여 주는 적정 반송기를 선정하고, ④ 아울러 우리나라 농가의 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정하였다.

가. 적정기계의 선정

우리나라에서 TMR 사료 급여의 문제점으로는 일반 TMR 회사에서 제조·판매하거나 TMR 배합소에서 공동으로 배합하는 경우에 조사료가 거의 첨가되어 있지 않고 있는 실정이다. 즉, 상업적인 TMR시설 또는 TMR 배합소에는 조사료를 세절 → 배합 → 이송 → 포장하는 시설이 되어 있지 않기 때문에 농장으로 가져온 TMR 사료에 농장에서 조사료를 추가로 공급해야 한다. 다시 말해서 기존의 TMR 배합소에서 제조·판매되는 TMR 사료의 경우는 실제로 TMR 사료로 간주하기 어려운 정도이다.

또한, 자가 TMR 배합기를 보유하여 개별 농가에서 TMR 사료를 조제하는 경우, 농가에 보급되어있는 TMR 배합기의 교반기가 모두 기존의 오거식을 변형한 형태이다. 배합시에는 교반기의 오거에 칼날을 부착하여 볏짚 등의 조사료를 배합기 내에서 다른 양질의 건초, 사일리지, 곡류, 박류 등의 사료와 함께 세절, 혼합하고 있다. 문제는 볏짚이 세절 될 정도로 운전하게 되므로 여타의 사료들은 모두 분쇄된 가루의 형태가 되고 경우에 따라 양질의 건초 등을 매우 짧은 시간만 배합토록 하므로 배합성능이 떨어지는 결과를 가져오게 된다.

따라서 조사료를 쉽게 처리할 수 있고 낙농·한우 단지별로 공동으로 이용 가능한 “TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발”에 핵심공정인 조사료를 세절 → 배합 → 이송 → 포장할 수 있는 기계를 국내에 보급된 여러 기종들의 시장조사 및 기계의 장단점을 분석하고, 조사료를 쉽게 처리할 수 있는 적합한 기계를 선정하여 실정에 맞도록 수정·개발하였다.

1) 조사료 반입 및 세절부의 선정

본 연구의 “농가용 소형 TMR 플랜트 모델”에서 사용될 “조사료 반입 및 세절부”의 전반적인 기능은 ① 원형배일 및 기타 조사료의 반입 및 세절부의 1회 용량을 약 500kg 정도 되는 원형배일을 수월하게 처리할 수 있도록 하여야 하며, ② 반입된 원형배일을 손쉽게 적재가 가능하고, ③ 세절된 조사료의 배출 위치의 조절이 자유로워 다양한 환경에서의 작업이 가능하고, ④ 2개 이상의 원형 배일을 동시에 적재하여 작업할 수 있어 작업효율이 높아야 하며, ⑤ 세절된 조사료를 멀리까지 날려 보낼 수 있어야 하며, 동시에 ⑥ 배일 작업 중에 벧짚과 같이 섞인 흙과 같은 이물질은 세절 작업을 통하여 떨어 낼 수가 있어야 한다. 아울러 ⑦ 원형배일 이외에도 사각 배일, 벧단 등도 적재함에 대량으로 적재하여 일시에 작업할 수 있는 등의 기능을 가지고 있어야 한다.

따라서, 앞의 조건을 만족할 수 있는 농가용 소형 TMR 플랜트에 이용될 수 있는 적합한 모델을 제시하고자 현재 국내에 보급된 원형배일 세절기의 기종을 조사하고 각각의 장단점을 파악하여 적합한 기종을 선정 후 설계에 반영하였다

최근 원형배일 형태의 조사료의 사용이 급격히 증가함에 따라 세절 급여할 수 있는 세절기의 필요성이 대두되었으며, 이에 따라 몇 개의 업체에서 개발 보급하고 있다. 하지만 벧짚과 같이 질긴 조사료 및 함수율이 높은 배일의 경우에는 정상적인 작동이 되지 않는 등의 문제점이 발생하고 있다.

가) 회전식 원형배일 세절기

그림 1은 트랙터 견인형 벧짚 원형배일 세절기로서 관행의 벧짚 세절기의 세절형태를 사용하고 있으며, 적재장치와 배일을 풀어주면서 회전날부로 공급하는 이송부 그리고 세절된 조사료를 배출하는 배출장치부로 구성되어 있다. 그러나 세절작업시 일자형의 칼날로 인하여 충격이 발생으로 인한 내구성의 문제가 발생되었으며, 길이 방향으로 세절부로 투입되는 재료들은 세절되지 않고 그대로 배출되는 현상이 발생하였다. 또한 함수율이 높은 형태의 조사료는 배일이 잘 풀리지 않아 세절부로 일정량이 균일하게 공급되지 않고 세절작업도 원활하지 못하는 문제점이 발생하는 것으로 나타났다.

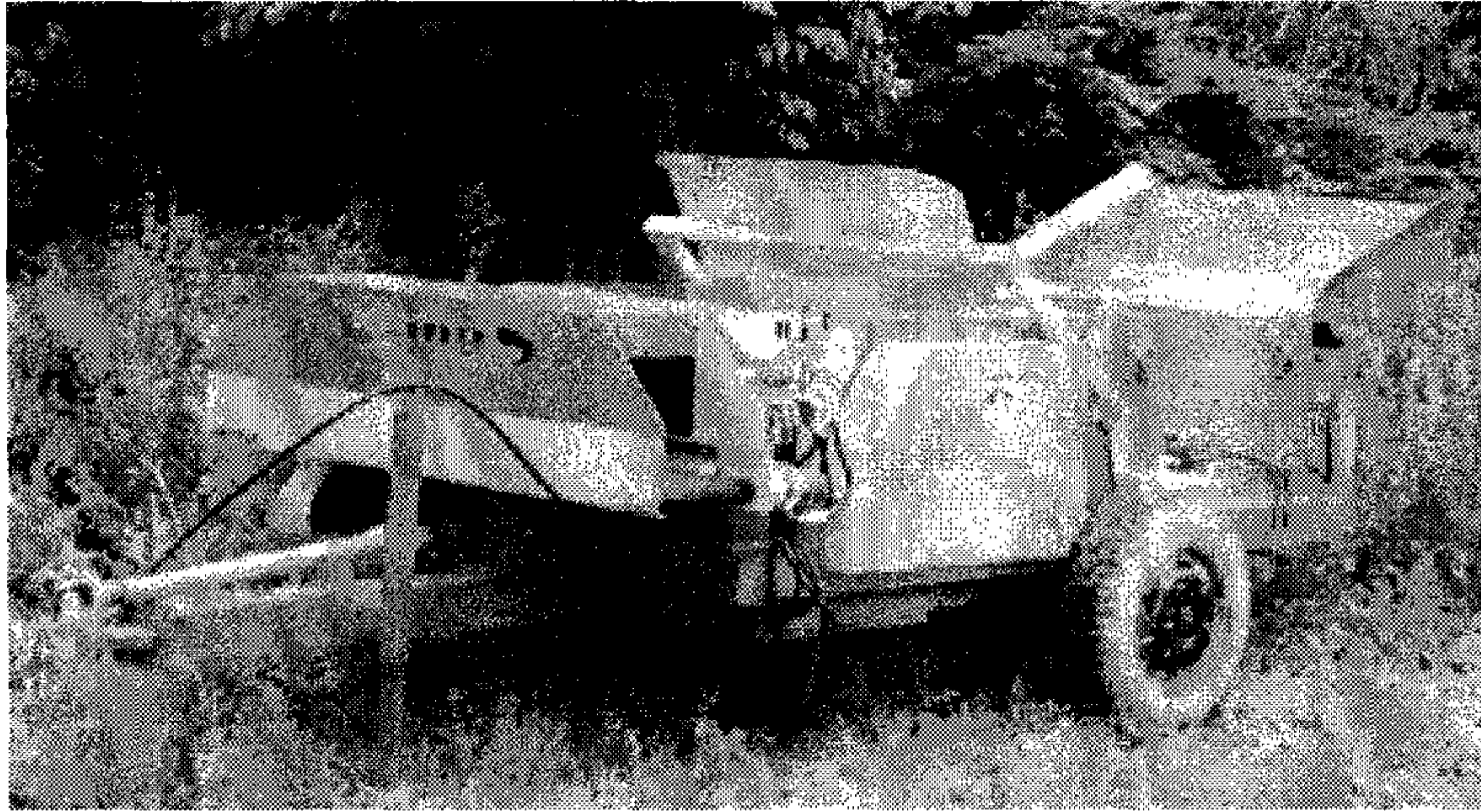


그림 1 회전식 원형베일 세절기

나) 예취식 원형베일 세절기

그림 2는 콤바인 예취날을 형태의 칼날이 베일을 세절하는 형태로 베일을 자르고 난 뒤 트랙터를 앞쪽으로 이동시킨 다음 다시 베일을 자르는 형태의 세절기이다. 베일 세절 작업시 프레임이 들려졌다가 아래쪽으로 내리면서 세절이 이루어지기 때문에 칼날의 운동형태가 호를 그리므로 세절길이가 일정하지 않고, 트랙터를 움직이며 세절하여야 하는 불편함이 있으며, 세절작업이 진행함에 따라 베일의 형태가 유지되지 못하므로 원활한 세절 작업이 이루어지지 않는 문제점이 있는 것으로 판명이 되었다.

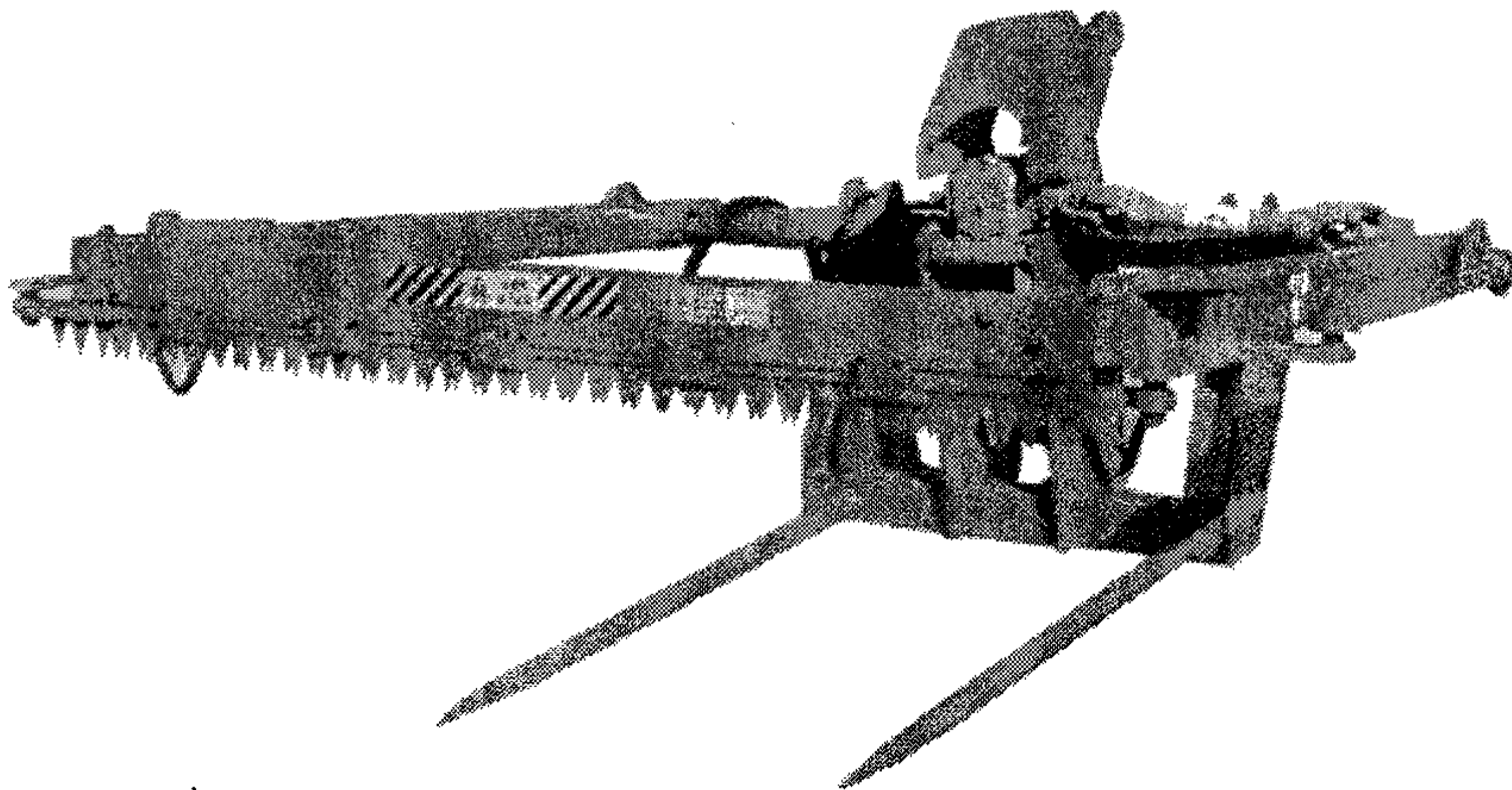


그림 2 예취식 원형베일 세절기

다) 드럼식 원형배일 세절기

원형 배일의 세절을 위한 기계는 축산 선진국에서는 이미 여러 가지 형태가 개발되어 있다. 우선, 원형의 배일은 집초된 사료작물이 베일러에 의해 일정한 두께로 압축되어 실린더형으로 말려있다. 따라서 모든 기종이 원형의 배일을 회전시키면서 풀어내고 이를 세절한 후에 원하는 위치에 배출하는 구조로 되어있다. 그림 3과 같은 형태의 세절기는 원통형의 드럼에 원형배일을 넣고 드럼을 회전시키면서 내부의 회전 칼날로 배일을 세절하고 이를 곧바로 배출하도록 되어 있으며, 그림 4와 같은 구조에서는 적재된 원형배일을 조금씩 풀면서 유압실린더로 작동되는 회전날과 고정된 고정날에 의해서 세절되면서 곧바로 배출되는 형태를 가지고 있다. 반면에 그림 5와 같은 트레이일러형 세절기는 적재함에 원형배일을 적재하고 적재함의 바닥 면을 전방으로 전진시키면서 원형의 배일을 풀어내고 이를 회전 칼날을 이용하여 세절한 후 세절된 조사료를 송출하는 구조로 되어 있다.

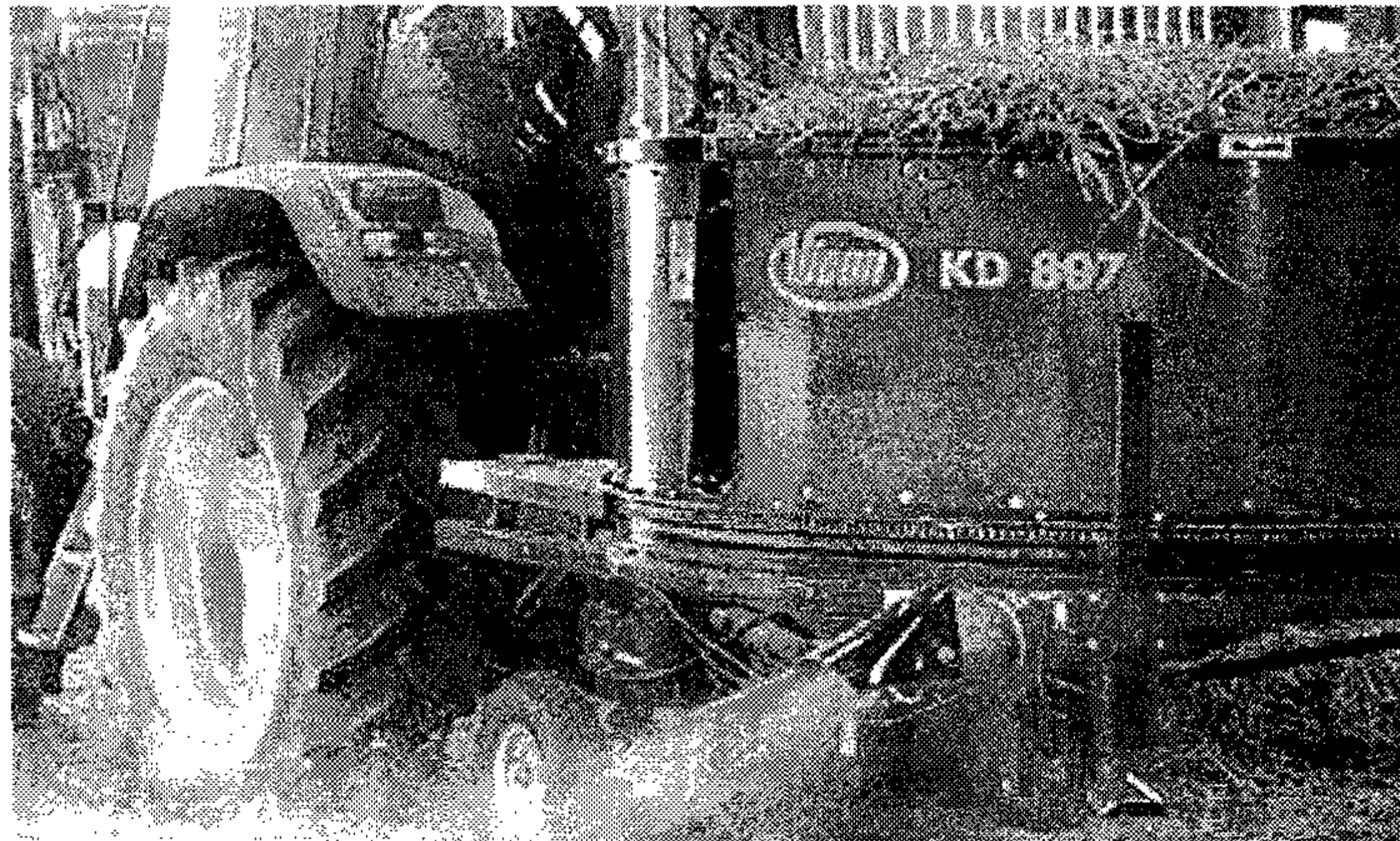


그림 3 드럼식 원형배일 세절기

이러한 3가지 형태의 원형배일 세절기는 각각의 장단점 및 특징을 가지는데 그림 3과 같은 드럼식은 상대적으로 구조가 간단하여 가격이 저렴하지만 약 300~500kg 이상의 무거운 원형 배일을 드럼 내에 적재하기 위하여 별도의 기계를 이용한 적재작업이 필요하고, 세절된 조사료의 배출 위치의 조절이 어려우며, 원형 배일의 세절작업만이 가능하다.

라) 유압커터식 원형베일 세절기

그림 4와 같은 세절기는 최근 국내에 가장 많이 수입된 기종으로서 자력으로 원형 베일의 적재가 가능하고 유압실린더로 작동되는 회전날에 의해서 양호한 세절 성능을 보였으나 생볏짚 사일리지와 같은 함수율이 높은 조사료에서 많은 부하를 받아 세절 작업에 문제가 발생을 하였다. 그러나 전체적으로 간단한 구조와 양호한 세절성능을 보였다. 큰 문제는 볏짚이 단순하게 잘려나가기 때문에 베일작업 중에 들어간 흙과 같은 이물질은 덩어리채 배합기에 같이 투입이 되는 것으로 나타났다. 일부 농민들의 의견에 의하면 또한 볏짚의 잘려진 부분은 날카롭게 되어 있어 소의 소화기의 장기 내부를 마모시키는 등 문제가 발생하고 있다고 하였다.

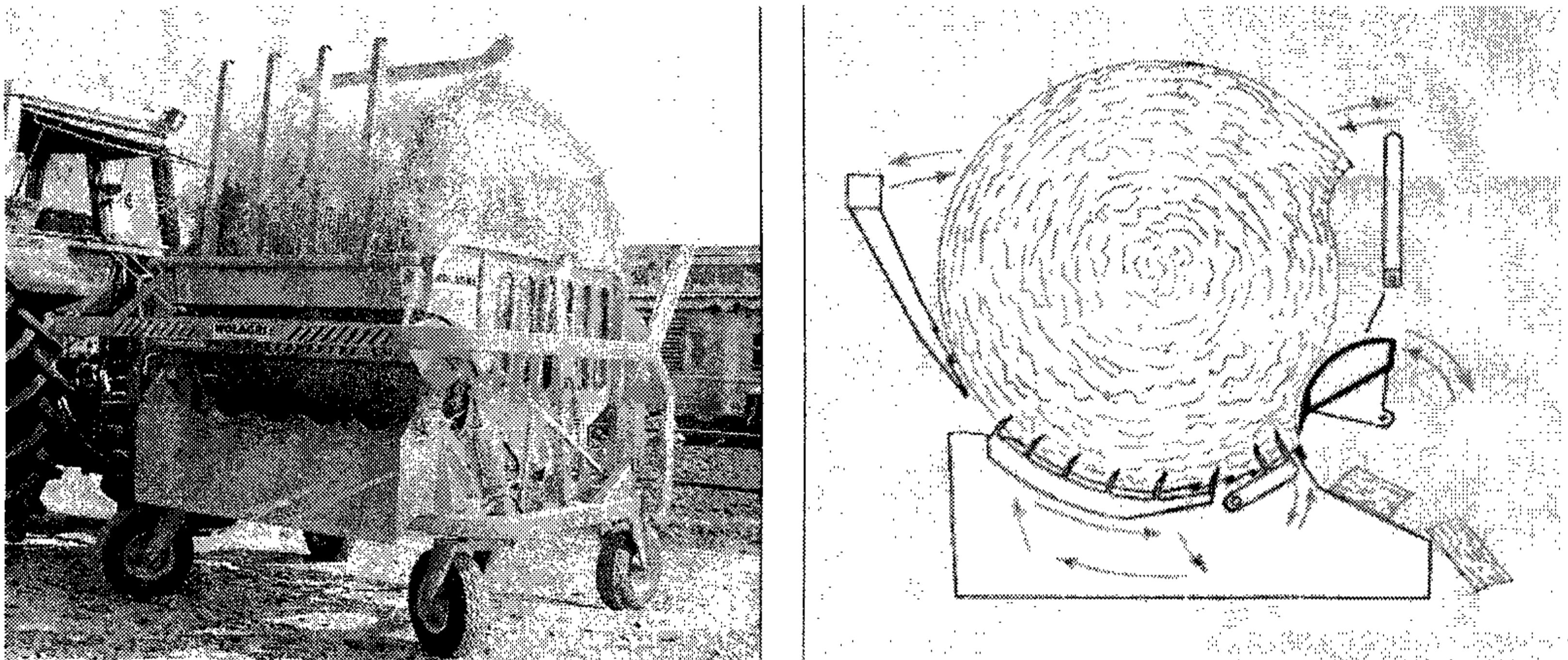


그림 4 유압커터식 원형베일 세절기

마) 트레일러형 원형베일 세절기

그림 5와 같은 트레일러형 세절기는 조사료의 배출 위치의 조절이 자유로워 다양한 환경에서의 작업이 가능하고 2개 이상의 원형 베일을 동시에 적재하여 작업할 수 있어 작업효율이 높다. 그리고, 원형베일 이외에도 사각 베일, 볏단 등도 적재함에 대량으로 적재하여 일시에 작업할 수 있는 등의 장점이 있다. 그러나 세절길이에 대한 일정한 기준 없이 세절 배출하므로 국내 볏짚의 경우 30cm가 넘는 것으로 나타나는 문제가 발생하였다.



그림 5 트레일러형 원형베일 세절기

그러나 본 연구실에서는 앞서 제시된 “농가용 소형 TMR 플랜트 모델”에서 사용될 “조사료 반입 및 세절부”의 기능에 적합한 트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절·급여기를 2003년도에 개발 완료하였으며, 전반적인 기능은 앞서 제시된 ① 원형베일 및 기타 조사료의 반입 및 세절부의 1회 용량을 약 500kg 정도 되는 원형베일을 2~3개 일괄 처리할 수 있도록 하여야 하며, ② 반입된 원형베일을 손쉽게 적재가 가능하고, ③ 세절된 조사료의 배출 위치의 조절이 자유로워 다양한 환경에서의 작업이 가능하고, ④ 2개 이상의 원형 베일을 동시에 적재하여 작업할 수 있어 작업효율이 높아야 하며, ⑤ 세절된 조사료를 멀리까지 날려 보낼 수 있어야 하며, ⑥ 원형베일 이외에도 사각 베일, 벧단 등도 적재함에 대량으로 적재하여 일시에 작업할 수 있는 등의 기능을 가지고 있다. 따라서, 본 연구에 적용될 “조사료 반입 및 세절부” 시스템의 작업 공정은 그림 6과 같다.

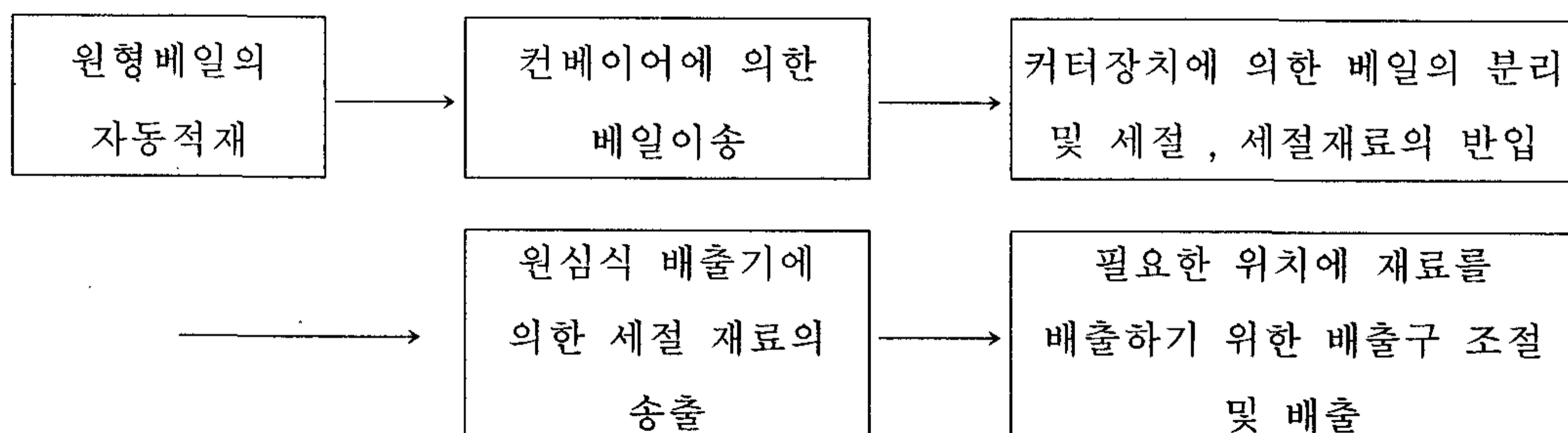


그림 6 농가용 TMR 플랜트의 반입 및 세절부의 작업공정

또한 본 연구에서는 처음에는 고정식 세절기를 배합기와 연결을 하여 반입되는 원형 베일러를 직접 배합기로 투입을 하는 시스템을 구상하였었다. 그러나 연구가 시작이 되고 현장에서 세절되는 조사료를 분석하여 본 결과 이동식 세절기(트랙터 견인형)를 설치하는 것이 다음과 같은 이유로 바람직 한 것으로 나타났다.

① 세절되는 조사료가 벧짚 원형 베일, 램 사일리지 등과 같이 한 가지 이상이고, 한 개의 원형 베일(500kg)이 1회 투입에 모두 사용되는 않는다. 따라서 1회 작업에 경우에 따라서는 1/3 또는 1/2 정도만이 세절되고, 남은 베일은 다음 배합에 세절이 되어야 한다.

② 벧짚과 같은 건초 베일은 미리 세절을 하여 두면 너무 부피가 커서, 고정식 세절기 부근에 저장을 할 공간이 적당하지 않을 뿐 아니라, 배합기에 투입 할 경우 너무 시간과 노력이 소요된다.

③ 따라서 배합 작업 후에는 다음날 작업을 할 램 사일리지와 같은 조사료는 미리 트랙터로 세절기를 옮겨서 사일리지 저장 칸에 미리 세절을 하고, 건초 베일은 배합 작업중에 직접 세절을 하여 배합기에 투입을 하는 것으로 결정을 하였다.

나. 배합부의 선정

TMR을 올바르게 제조 급여하기 위해서는 균형된 영양의 사료배합은 물론이고 단미사료의 성분 및 특성의 정확한 파악, 원료 및 제품의 품질관리, 사료배합 프로그램, 착유단계별 사양관리, 건유우 관리, 우군분리, 급여시설 등 종합적으로 연구 검토해야 할 사항이 한두 가지가 아니지만, TMR에 있어서 얼마만큼 균일한 배합도를 가진 TMR이 제조되는가에 믹서가 직접 관련되므로 그 중요성은 매우 크다.

따라서, 농가용 소형 TMR 플랜트에 이용될 수 있는 적합한 모델을 제시하고자 현재 국내에 보급된 배합기의 기종을 조사하고 각각의 장단점을 파악하여 적합한 기종을 선정한 후 설계에 반영하였다. 본 연구의 “농가용 소형 TMR 플랜트 모델”에서 사용될 “배합부”의 전반적인 기능을 살펴보면, ① 사료배합시 조사료(특히 벧짚)를 반드시 배합기에 함께 투입하여 배합할 수 있어야 하며, ② 사료배합이 골고루 잘 되어야 하며, ③ 농가의 사육규모에 맞게 배합탱크의 용량이 적당해야 하며, ④ 투입된 조사료와 농후사료 등의 무게를 잴 수 있는 계량장치가 있어야 하며, ⑤ 배합된 사료를 배출할 수 있는 배출장치가 있어야 한다.

일반적으로 TMR용으로 사용되는 배합기에는 오거(Auger)형, 원통(Drum)형, 릴(Reel)형 등 크게 세가지 형태가 주류를 이루고 있으며, 기타 체인형(Chain-in-Slat), 리본형 등이 있으나 TMR 배합에 가장 많이 사용되는 배합기는 오거형이다.

1) 오거(Auger)형 배합기

일반적으로 TMR 믹서로 가장 많이 사용되는 믹서로서 낙농 목장에서는 물론, 대규모 비육우 농장에서도 널리 사용되고 있다. 윗부분이 열려있어 위로부터 사료원료를 투입하도록 되어 있으며, 믹서내부에 2~4개의 오거가 내장되어 있어 이 오거가 회전하면서 사료를 섞고 밀어내어 배합하도록 되어 있다. 다른 형태의 어떤 믹서보다도 조사료와 농후사료를 동시에 골고루 강력하게 혼합할 수 있어서 낙농용으로 적합하다고 판단된다.

오거형 배합기 중 2중 오거형(그림 7)은 양방향에서 가운데 쪽으로 밀어내는 방식의 구조로 제작되어 있으며 기계 구조가 간단하며 배합 효율이 좋으나, 기계설계가 잘못되면 터널현상이 생긴다. 중앙으로 밀어 올려 자연 낙하함으로 기계의 높이가 다른 기계보다 약간 높다.

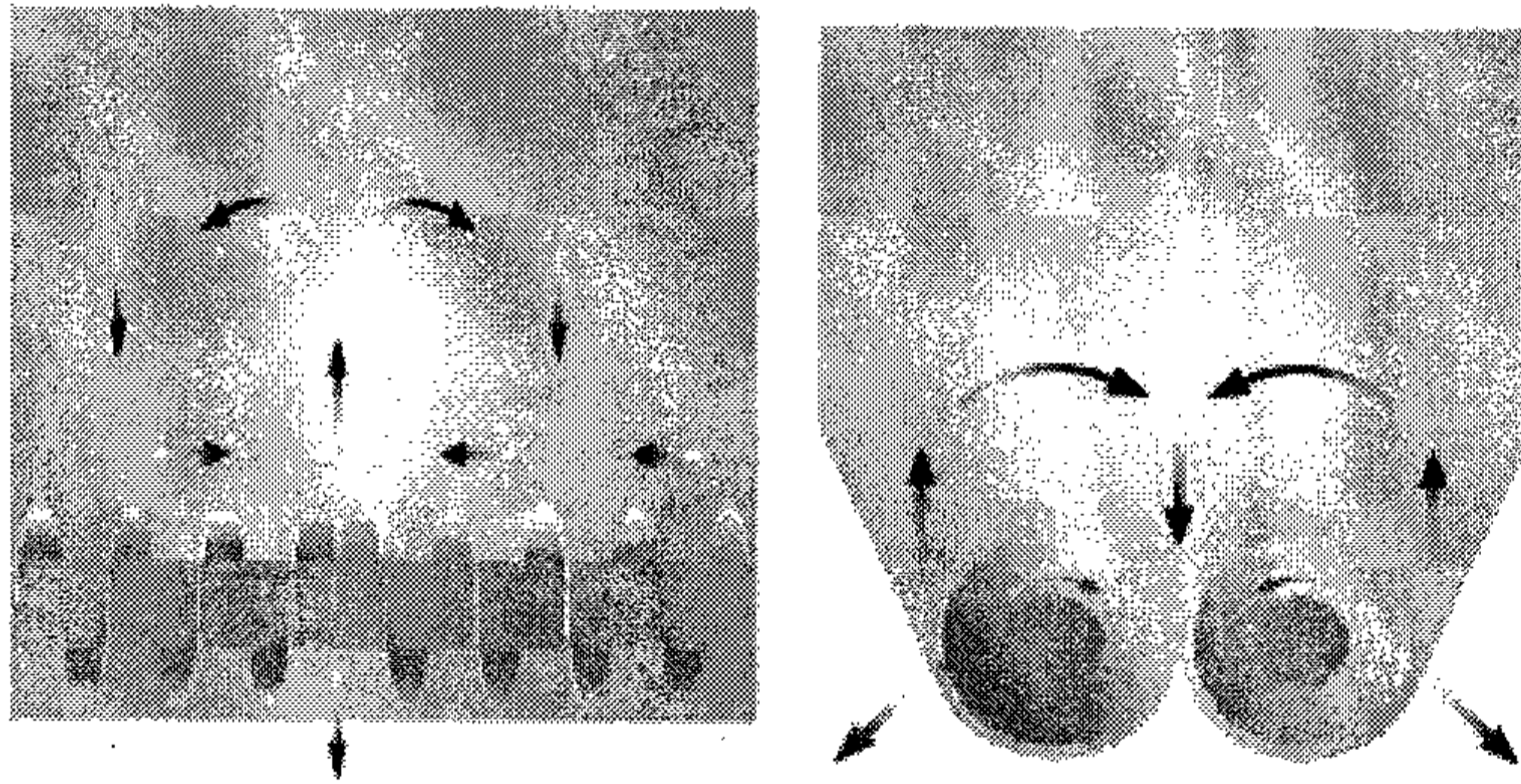


그림 7 2오거형 측면도와 정면도

또한, 3중 오거형(그림 8)은 밑의 오거는 앞 방향으로 사료를 밀어서 위로 올리며 위 2개의 오거는 사료를 뒤로 보내는 방식으로 기계 높이를 낮게 제작이 가능하나, 밑에 오거가 위 오거보다 상대적으로 커서 밑에 오거를 잘 제작하지 않으면 축 휘임이 오거나 날개가 꺾이거나 떨어지는 경우가 발생한다. 베일을 통째로 넣을 경우 과부하로 인한 체인 감속장치의 체인이 종종 끊어진다.

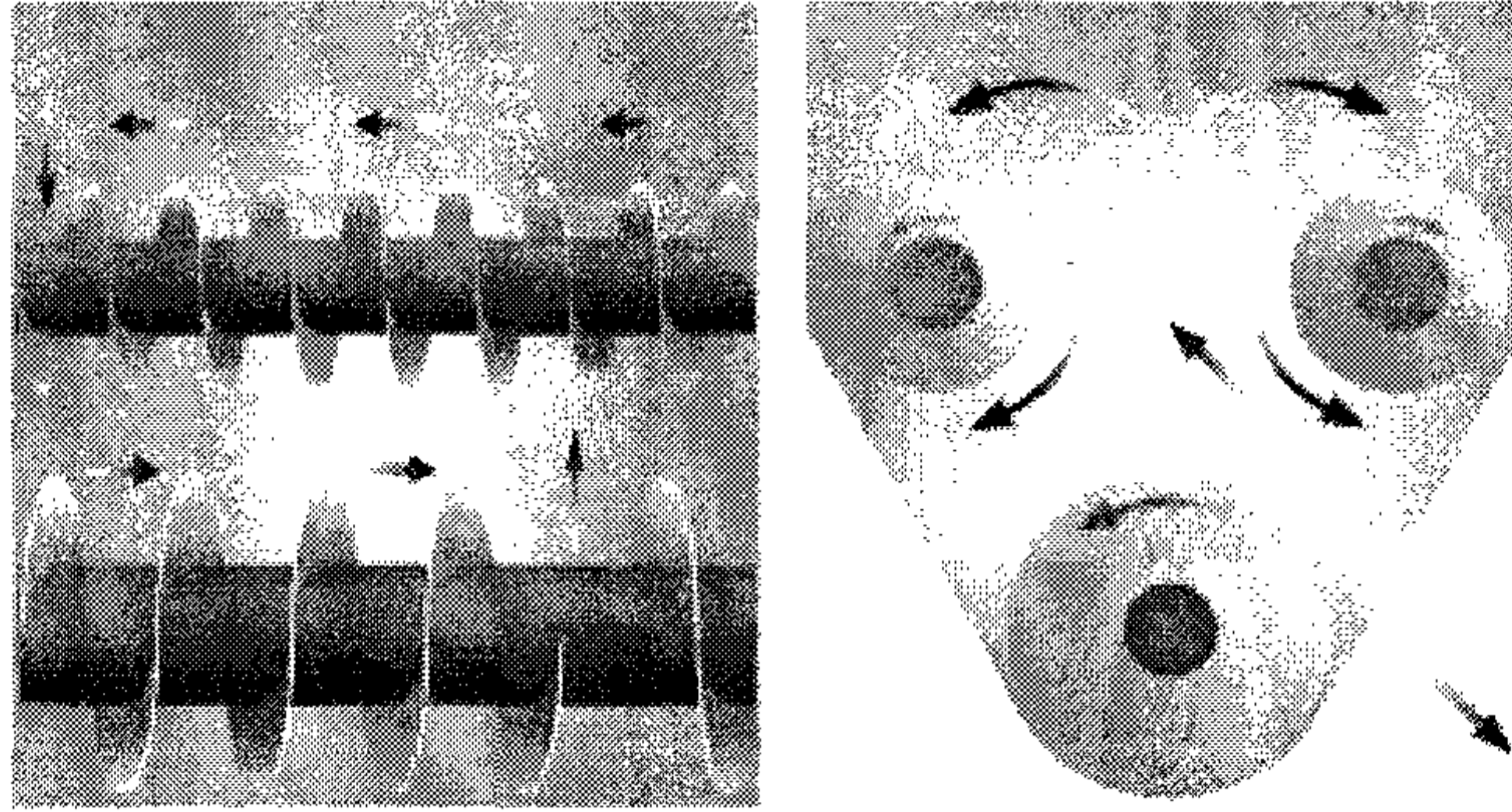


그림 8 3오거형 측면도와 정면도

4중 오거형(그림 9)은 밑에 오거를 2개 설치하고 위에 오거를 2개 설치한 것으로 밑에 2개 오거는 앞쪽으로 사료는 밀어서 올리고 위 오거 2개는 뒤로 보내 밑으로 떨어뜨리는 방식으로 기계 높이를 낮게 제작할 수 있으나 오거축수가 4개이므로 구동장치가 복잡하며, 베일을 통째로 넣을 경우 과부하로 인한 체인감속장치가 파손 될 경우가 있고, 기계구조가 2중 오거나 3중 오거 보다 다소 복잡하다. 또 가격이 2중 오거 보다 약간 높을 수가 있다.

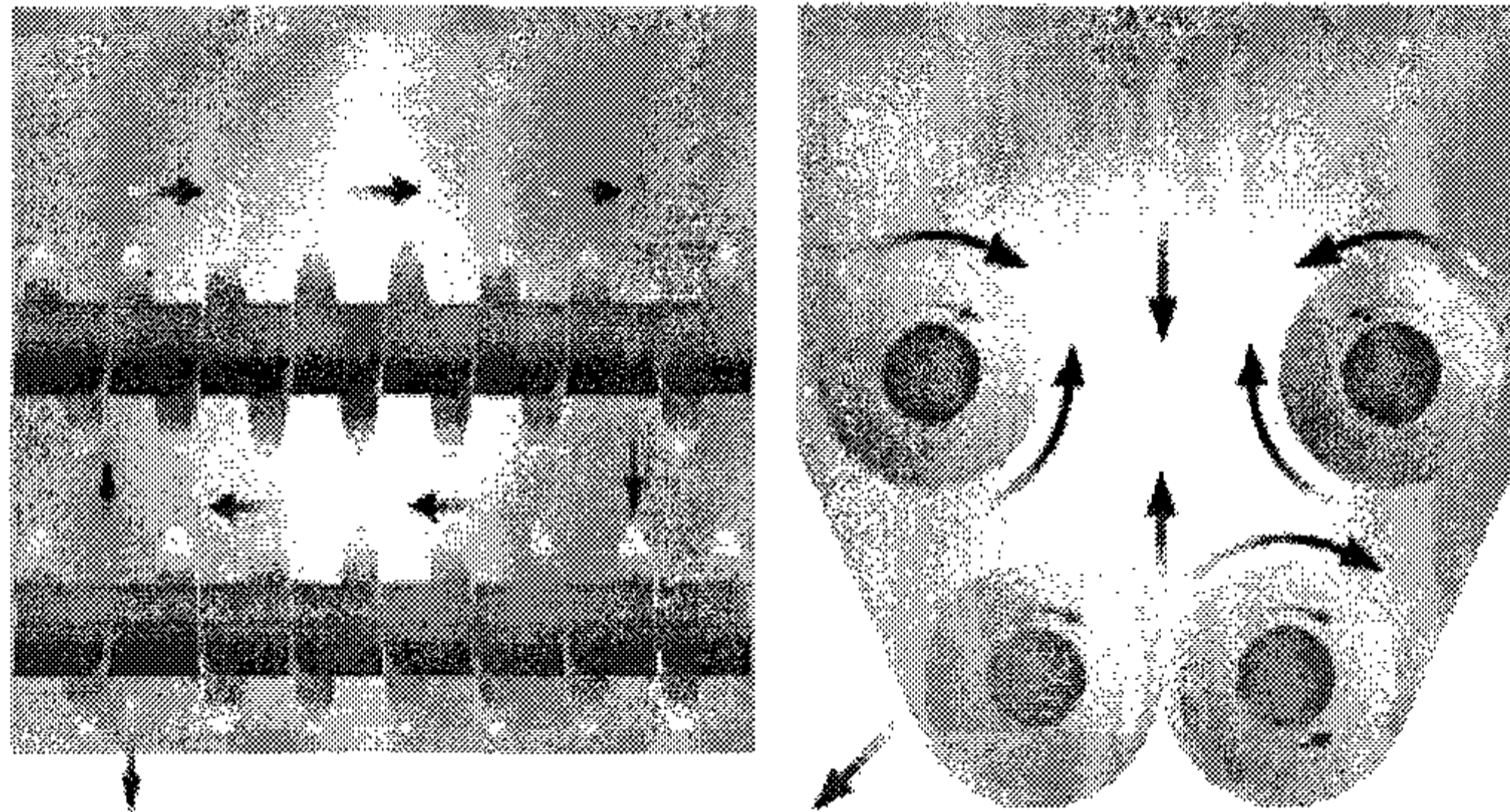


그림 9 4오거형 측면도와 정면도

2) 릴(Reel)형 배합기

그림 10과 같이 윗부분이 열려 있으며, 믹서내부에 대형의 알레(Reel)가 1개 있고,

작은 오거가 2개 있어서 톨이 주로 사료배합을 하는데, 오거는 사료배합을 보조하고 조사료의 부분절단과 사료의 토출을 돕는 역할을 한다. 톨의 가로막대(Cross-Bar) 연결부위에 스프링이 장치되어 있어서 톨의 회전시 믹서 바닥과 톨 사이에 부피가 큰 사료가 끼이거나 과부하가 될 경우 압력을 줄여서 톨이 원만히 회전되도록 되어 있다. 톨이 단순 회전운동만 하므로 사료가 한쪽으로 혼합되어 불완전한 배합이 될 우려가 있으며, 긴 조사료가 잘 배합되지 못하고 톨의 축 한가운데 남아 있는 등의 결점이 있다. 톨믹서는 배합효율은 양호하지 못해도 오거믹서보다 배합시간이 빠르므로 조방적으로 사육해도 크게 문제가 되지 않는 대규모 비육우 농장용으로 잘 어울리는 믹서이지만, 낙농목장에서 사용되고 있다.

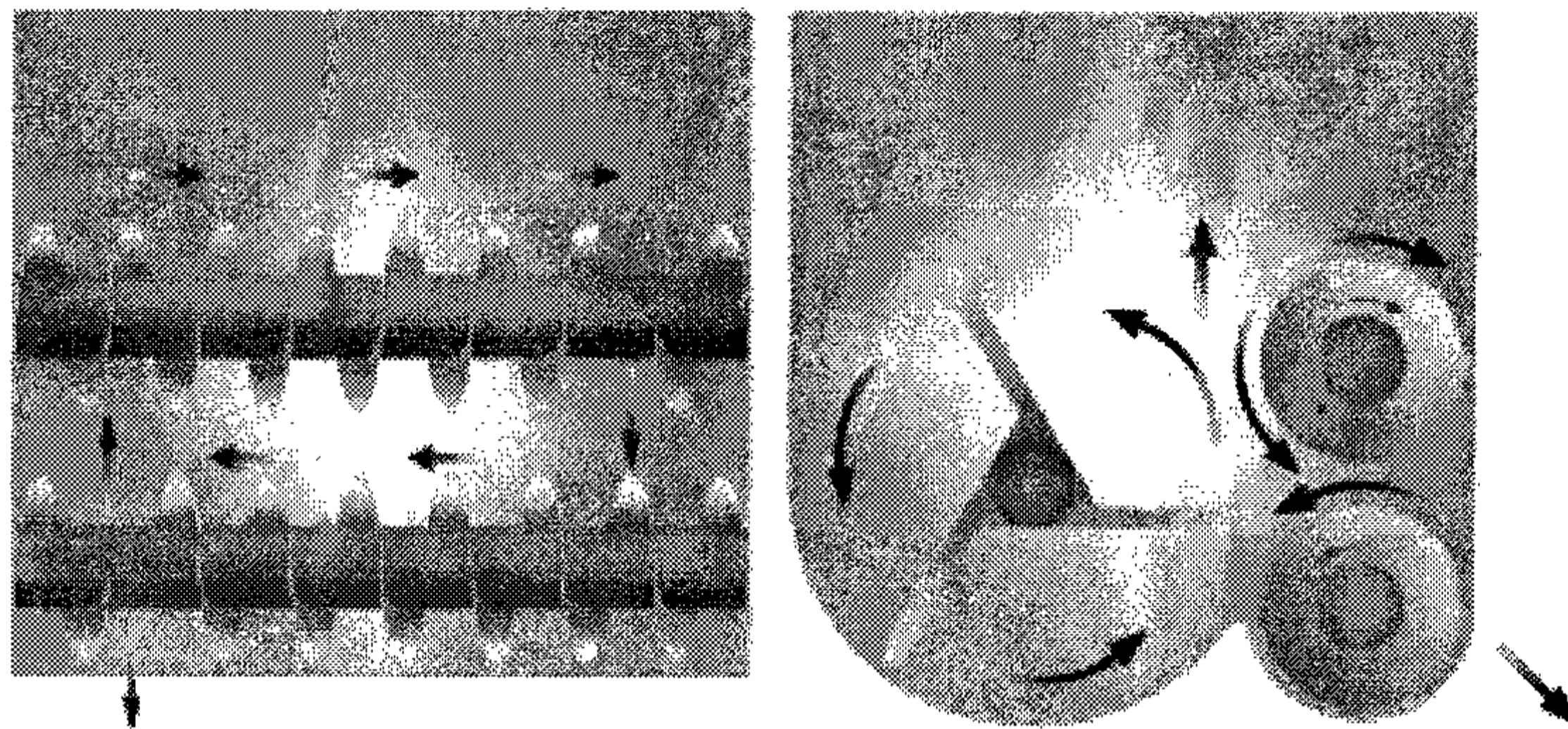


그림 10 톨형 측면도와 정면도

③ 드럼(Drum or Tumble)형 배합기

그림 11과 같이 원통형으로 생긴 믹서로서 둥근 원형의 드럼통이 회전하면서 사료가 혼합된다. 제품에 따라 내부에 나선형의 연속된 철판날(순환나선형의 사료배합 이동날개)이 수직으로 솟아있거나 단락된 나선철판이 설치되어 있기도 하다. 한편 원료 투입구와 토출구가 모두 앞쪽에 설치된 제품이 있는가 하면, 투입구는 앞쪽에 토출구는 뒷쪽에 설치된 제품도 있다. 또한 믹서 한가운데에 오거튜브가 설치되어 있는 제품이 있는 반면 없는 제품도 있으며, 드럼통이 수평으로 설치되어 있는 것이 일반적이나 간혹 앞쪽이 뒷쪽보다 높아 경사지게 설치된 믹서도 있다. 이 드럼형 믹서는 길이가 긴 건초나 조사료를 동시에 혼합하기가 다소 어려운데, 드럼이 회전하면서 사료를 오거튜브(Auger Tube)에 퍼넣는 부분, 즉 국자 날개와 오거가 접촉되는 부분에 조사료가 끼여서 과부하되어 배합이 원활하지 못한 결점이 있을 수 있다.

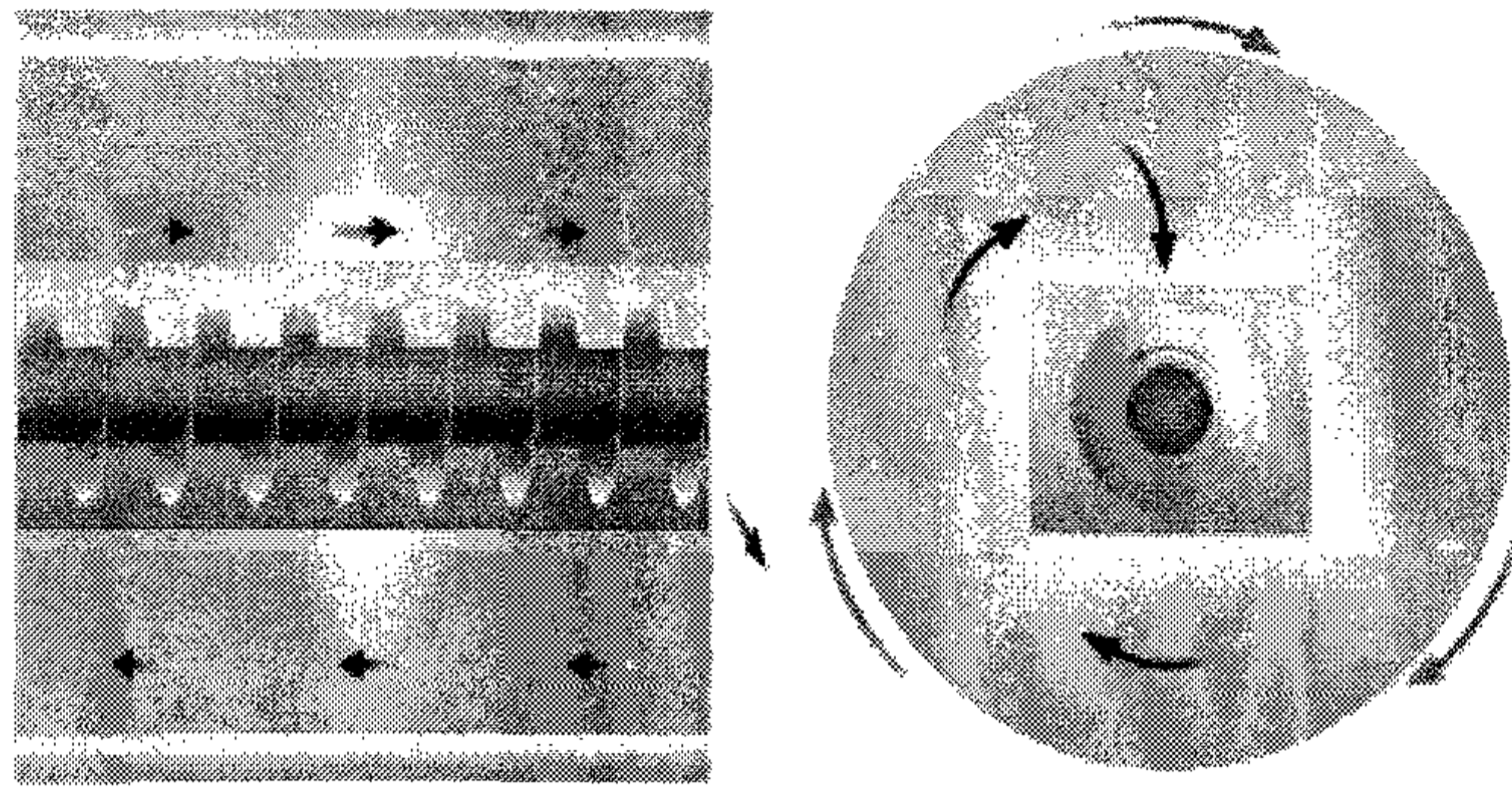


그림 11 드럼형 측면도와 정면도

4) 수직 오거형 배합기:

그림 12와 같이 원통을 세워놓은 곳 중앙에 스크루를 세워 스크루의 중앙부위로 사료가 올라가며 가장자리 쪽으로 사료가 다시 내려가며 혼합되는 구조이다. 세워진 원통 중앙에 오거를 수직으로 2개를 세워 구동하는 관계로 부하가 적게 걸리며 기계 구조가 간단하지만 기계를 크게 제작하기가 용이하지 않으며 견인식이나 자주식으로 이용하기가 불편하다.

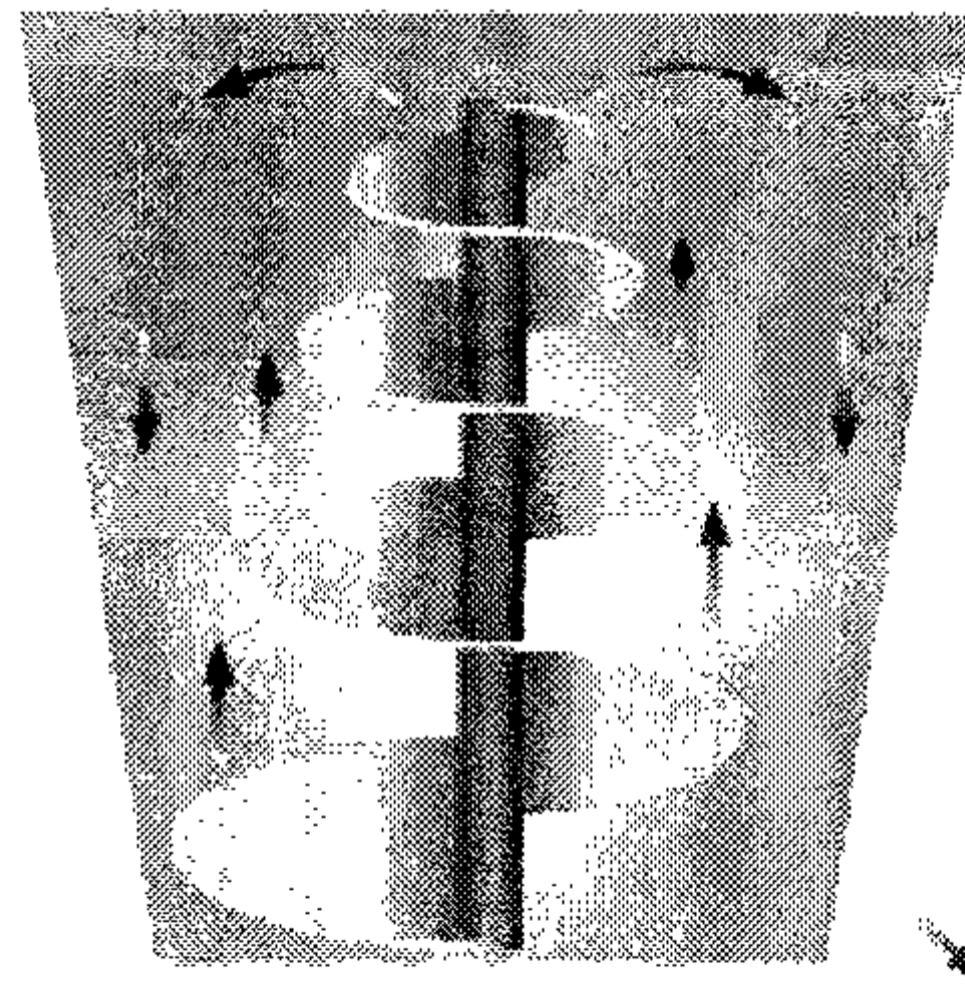


그림 12 수직오거형배합기

또한, 국내에서 TMR 배합기를 생산하거나 수입되고 있는 제품을 조사하여 본 결과 아래 표 3과 같으며, 자가 TMR 농가에 주로 많이 보급되어 이용하고 있는 배합기 날 형태를 조사한 결과는 표 4와 같이 2오거, 4오거 형태로 55.7% 및 27.3%였으며 최근에 개발된 수직형 오거도 16.7%를 사용하고 있었다.

표 3 국내 생산중인 배합기 제조회사

업체명	수입 및 국산여부	배합형식	형식명
대성기공(주)	국산	오거형	DST80/540
대한통상(주)	지코	오거형	DSH150
동조물산(주)	세코	오거형	450/70C
린도(주)	국산	릴 및 오거형	CRT-50
신일	국산	오거형	SI-170N
(주)라이브맥	불독	오거형	WMT6
일성농기계	국산	오거형	IS-500
명성	국산	오거형	MST-9000

* 자료 : 한국농기계공업협동조합(2005)

표 4 자가 TMR 농가에 보급된 배합기의 형식

항목	2오거형	3오거형	4오거형	수직형
배합기 형식(%)	55.5	-	27.8	16.7

* 자료 : TMR연구회(2003)

따라서, 본 연구인 “농가용 소형 TMR 플랜트 모델”에 설치될 “배합부”는 ① 사료 배합시 조사료(특히 볏짚)를 반드시 배합기에 함께 투입하여 배합할 수 있어야 하며, ② 사료배합이 골고루 잘 되어야 하며, ③ 농가의 사육규모에 맞게 배합탱크의 용량이 적당해야 하며, ④ 투입된 조사료와 농후사료 등의 무게를 잴 수 있는 계량장치가 있어야 하며, ⑤ 배합된 사료를 배출할 수 있는 배출장치가 있어야 하므로, 본 연구에

서의 “배합부”는 교반기에 원형칼날을 부착하여 길게 투입된 조사료(주로 볏짚)를 배합기 내에서 배합과정 중에 잘게 세절이 되는 칼날부착 2중 오거형과, 트레일러형(Trailer 또는 Wagon)으로 되어있는 이동식 배합기를 고정으로 설치가 될 수 있도록 정지형(Stationary)으로 선정하였다. 본 연구에 적용될 “배합부” 시스템의 작업 공정은 그림 13과 같다.

또한 배합기의 1회 용량은 다음에 의해서 2톤으로 결정을 하였다. 주 이유는 300kg 원형 볏짚베일 하나가 모두 배합기에 투입되었을 경우 전체 배합비의 15%에 해당이 되는 배합기의 크기가 2톤이다. 볏짚 비율이 15%의 볏짚 비율은 대부분의 조사료 배합비에 해당이 된다. 또한 2톤은 비육우 농가(20kg/두) 100두의 사양 규모에 해당되며 80두의 젖소농가(25kg/두)의 사양규모에 해당된다.

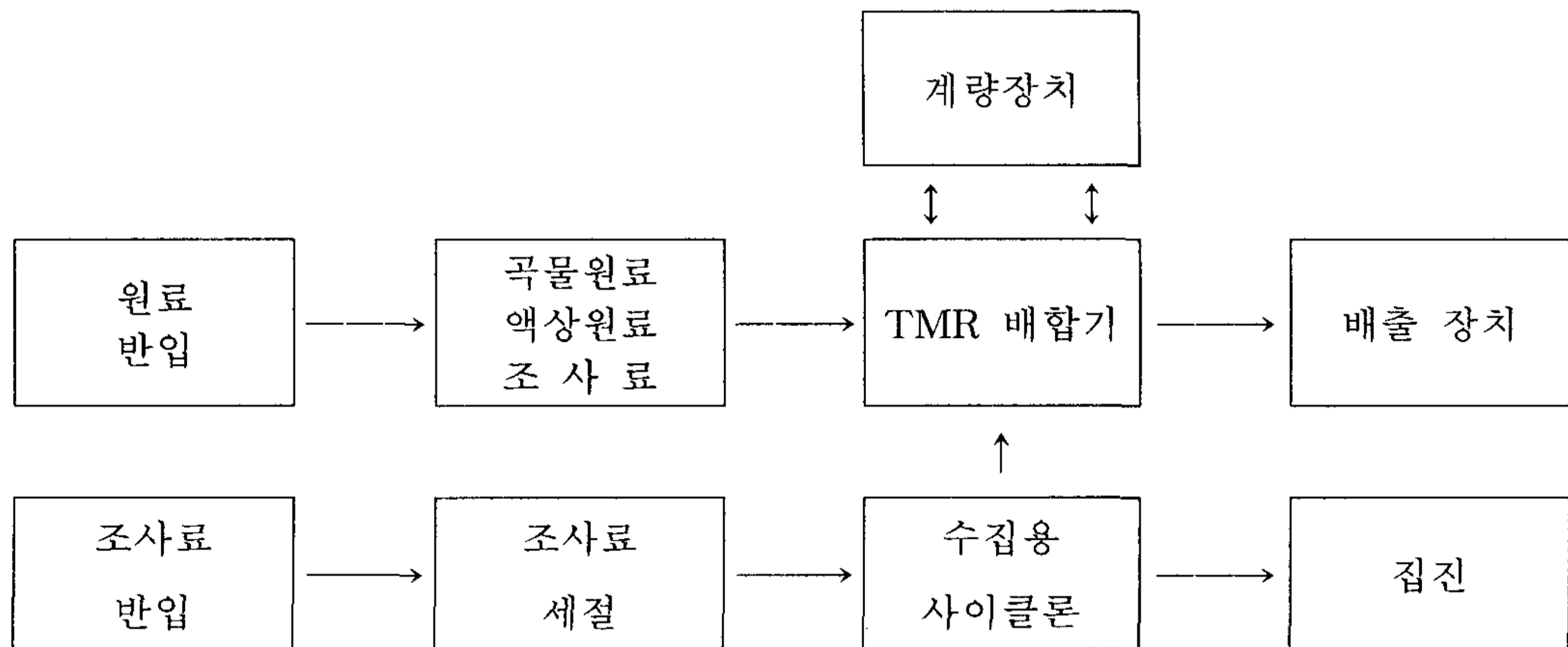


그림 13 농가용 TMR 플랜트의 배합부의 작업공정

다. 포장부의 선정

배합기에서 배합이 완료된 제품들은 제품 빈에 저장되었다가 포장작업시 계량용 호퍼빈으로 보내어져 포장기에서 500kg 단위로 타이콘 백에 채워져 반출되도록 하는 시스템이다. “농가용 소형 TMR 플랜트 모델”은 작업자 1명이 시스템을 운영하여야 하기 때문에, 계량-포장-적재 작업까지 1명의 인원이 1 배합주기 동안 작업이 가능하도록 포장시스템이 구성되어져야 한다. 따라서 만약 2ton 용량의 배합기가 구성된다면 4개의 500kg 타이콘백이 생산되기 때문에, 1일 생산량이 많다면 1 배합주기에

소요되는 시간을 줄이기 위하여 자동으로 포장시스템을 구성하는 것이 유리하다. 1일 생산량이 많지 않을 경우에는 간단한 톤백저울을 이용하여 저렴하게 구성하는 방법도 있다.

자동으로 포장시스템의 구성요소를 살펴보면, ① 계량을 위한 계량용 호퍼빈과 로드셀을 이용한 계량기로 구성된 계량부, ② 투입슈터에 백 클램프(bag clamp)을 구성하여 백 입구를 간단히 체결하고 백을 매달아 수평을 유지해주는 스프링 행거로 이루어진 포장부, ③ 계량과 포장이 완료된 타이콘 백을 운반 적재하기 위하여 타이콘 백을 밀 수 있는 푸셔(pusher)와 적재 대기시켜 놓을 수 있는 원형롤러컨베이어로 구성된 적재부, ④ 계량부-포장부-적재부를 자동으로 제어하는 콘트롤러부와 에어시스템으로 구성될 수 있다.

아래의 그림 14는 현재 판매중인 자동사료계량기(좌)와 간단한 계량시스템으로 된 톤백저울(우)을 나타내고 있다. 톤백저울의 경우는 저렴하지만 작업자가 인디게이터에 500kg의 숫자가 표시되면 수동으로 배출게이트를 닫고, TMR사료 투입시스템을 정지시킨 다음, 포장과 적재 후에 다시 계량을 하는 시스템으로서 배합주기가 커진다는 단점이 있다.

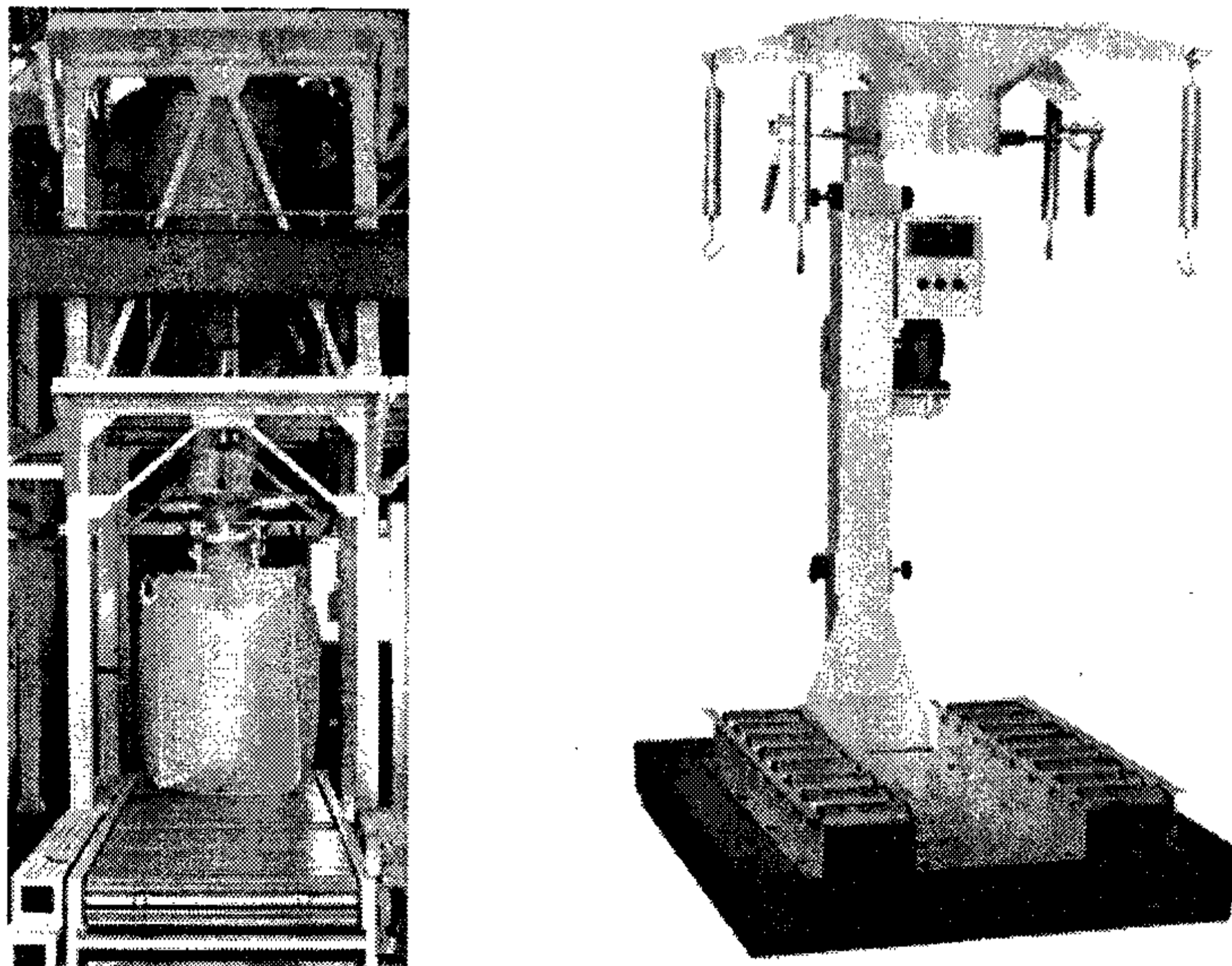


그림 14 자동 사료계량기(좌), 톤백저울(우)

라. 반송기의 선정

본 연구의 “농가용 소형 TMR 플랜트 모델”에서는 여러 개의 공정이 조합되어 하나의 체계를 이루게 되므로 이와 같은 경우에는 각 공정을 연결하는 반송기계가 필요하게 된다. 따라서 본 시스템에서 선정되어야 할 반송시스템은 크게 ① 세절기를 통하여 세절된 볏짚을 배합기에 투입시키는 시스템, ② 맥류 사일리지 등의 기타 조사료를 배합기에 투입시키는 시스템과 ③ 부산물사료, 강피류, 곡류 등의 사료를 배합기에 투입하는 시스템과, ④ 배합이 완료된 TMR을 포장시스템에 연결하여 주는 시스템으로 나눌 수 있다. TMR 사료는 조사료가 가장 많은 부분을 차지하기 때문에, 사료급여체계를 계획하는데 반드시 조사료의 부피를 고려하여야 한다. 짧은 시간 내에 대량 운반할 수 있는 체계를 이용하여 볏짚이나 사일리지 등의 조사료 운반하며 설계시에 플랜트 특성에 맞도록 각기 다른 특성을 갖고 있는 다양한 종류의 반송기를 선택하는 것이 중요하다.

세절기를 통하여 세절된 볏짚을 배합기에 투입시키는 시스템의 경우를 살펴보면, 볏짚의 경우 흙먼지 발생이 많기 때문에 발생하는 흙먼지를 제거시켜야 한다. 볏짚 원형베일 생산은 예취 → 압축·결속 → 기밀포장 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는 기계화 일관작업시스템을 통하여 생산되고 있지만 레이크 작업 및 베일링 작업시에 토양의 흙이 같이 혼합되어져 조사료의 품질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 사료로 급이시 소의 위점막 용탈 사이에 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성질병 발생 및 생산성 저하 등의 문제점을 일으킨다. 따라서 볏짚 속의 흙먼지를 제거해야 되는데 다행히도 개발된 세절시스템에서는 흙먼지의 제거가 용이하고 세절된 볏짚의 이송은 세절기의 원심식 배출기에서 발생하는 강한 바람을 이용하여 사이클론을 배합기 상부에 설치한 사이클론 시스템이 유리하다. 세절된 조사료의 배합부로 이송장치인 사이클론 시스템은 원통부와 원뿔부로 구성되며, 토양흙과 같이 혼합되어진 볏짚 등의 조사료가 세절기의 배출부로부터 사이클론의 원통부 측벽으로부터 접선 방향으로 공급되어 원통 내벽을 따라 선회하면서 하강하여, 원뿔부로 들어가 계속 선회하강해서 밑부분에 도달한 뒤, 배합기의 배합통으로 배출되도록 하였으며, 조사료 속에 함유된 흙먼지는 중심부에서 반전하여 선회상승해서 상부의 출구로 배출되어 플랜트 외부에 포집되는 시스템이다.

사이클론 시스템은 흙먼지가 많은 볏짚의 경우에 세절기의 배출구와 연결하여 배합기에 세절된 조사료를 투입하는 경우에 적용이 되며, 흙먼지의 발생이 없는 맥류

사일리지 등의 기타 조사료는 세절기로 미리 세절하여 놓은 다음 배합기에 투입할 시에 컨베이어 이송 또는 스키드로더를 이용하여 배합기에 투입될 수 있다.

부산물사료, 강피류, 곡류 등의 농후사료를 배합기에 투입하는 시스템의 경우에는 원료를 받는 빈이 설치되어 있다면 벨트컨베이어를 이용하여 배합기에 투입되도록 할 수 있으며, 저장고에서 반출할 경우에는 스키드로더를 이용하여 직접 배합기에 투입하거나, 컨베이어를 이용하여 투입되도록 하며, 광물질, 소금 등과 같이 적은 양이 필요한 사료는 작업자가 간이 저울을 이용하여 작업자가 정량 투입하도록 한다.

최종적으로 배합기에서 배합이 완료된 배합사료의 반송은 벨트컨베이어에 비하여 마력당 운반능력이 높고 벨트는 40°까지 경사지게 할 수 있으며, 최대 속도는 300rpm 정도로 할 수 있는 벨트 컨베이어를 이용한다. 이 시스템의 이용은 배합기 내에 배합사료를 빠른 시간 내에 배출하여 전체 배합주기를 줄임으로써 1일 생산량을 최대로 늘릴 수 있다.

2. 작업 공정

농가형 TMR 플랜트도 일종의 플랜트이다. 일반적으로 플랜트의 수명은 콘크리트 구조물의 경우 40~50년, 철판 구조물의 경우 25~30년 정도가 되고, 투자비용이 매우 높다. 따라서 일단 공장이 만들어지면 구조변경이 어렵기 때문에 공장의 설계시에 장기적인 안목으로 최소의 투자비용으로 최대의 이익을 얻을 수 있으며 또한 미래의 여건 변화에도 신속적인 대응을 할 수 있는 구조가 되도록 설계가 이루어지도록 하였다.

특히 본 모델 공장은 기본적으로

- ① 작업자는 1명이 하고,
- ② 가능하면 작업을 단순화 시키고
- ③ 최소의 투자비용이 소요되도록 하였으며,

또한,

- ④ 작업효율을 높일 수가 있고,
- ⑤ 장래에 시설확장이 용이하며,
- ⑥ 유지 및 관리비를 절감하고,
- ⑦ 새로운 종류의 사료 생산에 쉽게 적응할 수 있고,

⑧ 궁극적으로는 제품의 품질을 향상시킬 수 있고, 생산비를 절감할 수가 있는 플랜트가 되도록 하였다. 이러한 “농가용 소형 TMR 플랜트 모델”의 계획은 ① 자료의 수집 및 분석, ② 예비공정도 작성, ③ 예비 Layout을 설계하였다.

가. 원료의 저장 작업

TMR 공장에서 사용이 되는 주원료는 표 5와 같이 ①사일리지와 같은 습조사료, ②볏짚과 같은 건초, ③맥주박과 같은 부산물 사료, ④소맥피와 같은 강피류, ⑤대두박, 면실박과 같은 박류, ⑥옥수수과 같은 곡류사료, ⑦소금, 비타민과 같은 첨가제 사료 등으로 구분이 된다. 여기서 옥수수와 같은 곡류사료는 TMR 플랜트로 반입되기 전에 이미 분말 형태로 분쇄가 된 원료를 말한다.

이러한 원료는 모두 TMR 배합기 주위에 마련된 공간에 ① 첨가제 사료는 포대상태로, ② 사일리지와 같은 습사료는 트렌치 사일로에 또는 베일래퍼 상태로 플랜트 주변에, ③ 조사료는 배합기 주위의 공간에 칸막이로 설치된 공간에, 또한 ④ 소맥피, 박류 등도 배합기 주위의 공간에 칸막이로 설치된 공간에 일단 저장을 하는 것으로 하였다.

표 5 TMR 배합에 사용될 수 있는 사료의 종류

구분	사료 종류
풀사료	화본과 건초(수단그라스, 버뮤다그라스, 오차드그라스, 톨 웨스큐), 알팔파 건초, 알팔파큐브, 볏짚, 옥수수사일리지, 사탕수수잎(슈카케인탑)
부산물사료	비트펄프 펠렛, 면실피 펠렛, 맥주박, 엿밥, 비지, 맥근, 사과박, 감귤박, 땅콩피, 주정박, 옥배아
강피류	소맥피, 단백질, 대두피, 루핀피, 옥피, 쌀겨, 탈지강
박 류	대두박, 면실박, 아마박, 야자박, 임자박, 장유박, 옥배아박, 채종박, 해바라기박
곡 류	옥수수, 연맥, 루핀
첨가제	비타민제(대개의 경우 광물질 포함), 염화칼리, 석회석, 린칼제제, 중조, 산화마그네슘, 소금, 징크제, 이스트류, AO제제, 바이패스 지방, 바이패스 단백질

나. 조사료 세절 및 원료의 배합기 투입

일단 저장이 된 원료는 배합기에 적정비율에 따라 투입이 되는데 투입되는 작업의 형태는 다음과 같다.

원형배일 상태로 반입된 조사료는 배일 세절기에서 세절이 된 후에 세절기의 배출구로 통하여 배합기의 상부에 설치된 사이클론으로 반송이 되고 세절된 조사료는 지하에 설치된 배합기로 낙하가 되고 홉가루와 같은 먼지 등은 외부에 설치된 제 2의 집진 사이클론으로 반송이 된다. 이에 소요되는 작업은 예비 실험 결과 대략 10분 정도로 나타났다.

이 기간 중에 작업자는 버킷이 부착된 스키드로더로 사일리지와 같은 습사료, 기타 사각 배일 형태로 반입된 알팔파 밀과 같은 조사료, 옥수수과 같은 곡류사료, 맥주박과 같은 부산물 사료를 투입할 수가 있다. 이러한 사료는 전날 또는 작업 전에 미리 1회 투입량을 정해 놓으면 작업이 편리해진다. 조사료가 세절이 되고 투입이 완료가 되면 동시에 맥주막, 사일리지, 수입 건초사료 등도 투입이 완료된다.

배합기는 이때부터 배합 작업을 시작을 하는데 아직까지 투입이 되지 못한 첨가물 사료, 액상 사료 등이 배합 과정 중에 투입이 가능하다.

다. 배합 작업

일반적으로 TMR배합기의 배합 작업은 10분이면 충분한 것으로 알려지고 있다. 본 연구에서는 조사료 투입 후에 바로 배합기를 가동하기 때문에 원료 투입 기간 중인 10분과 투입이 완료된 10분 등 모두 20분간 배합 작업이 이루어진다. 이에 대한 연구는 이미 본 연구실에서 수행이 완료된 “우리나라 낙농가에 적합한 트랙터 견인형 TMR배합기의 개발(1999)”에서 이미 보고 된 바가 있다.

라. 배출 작업

배합이 완료된 TMR사료는 함수율이 약 30~40%가 되는 습사료가 된다. 이는 배합기 측면에 설치된 유압식 슬라이더 게이트를 통하여 외부로 배출이 되고, 다시 경사진 벨트 컨베이어에 의해 운송이 되어 2.5톤 용량을 가진 제품 탱크로 투입이 된다.

배출 소요시간은 대략 7~8분으로 나타났다.

마. 포장 작업

포장 작업은 배합 작업 후반 10분 기간 중과 배출 작업 기간 10분, 도합 20분 기간 중에 이루어지는데 500kg 타이콘 백에 수동형인 톤백 저울로 작업을 하면 1개 포장 작업에 약 3분 정도 소요가 된다. 따라서 12분 정도면 포장작업은 충분한 것으로 나타났다.

바. 모델 플랜트의 작업 사이클

이와 같은 일련의 작업 공정을 그림으로 나타내면 그림 15와 같은 데 1회 2톤 작업의 경우 소요되는 작업이 30분으로 1 시간당 2 사이클인 약 4톤 배합이 가능한 것으로 나타났다.

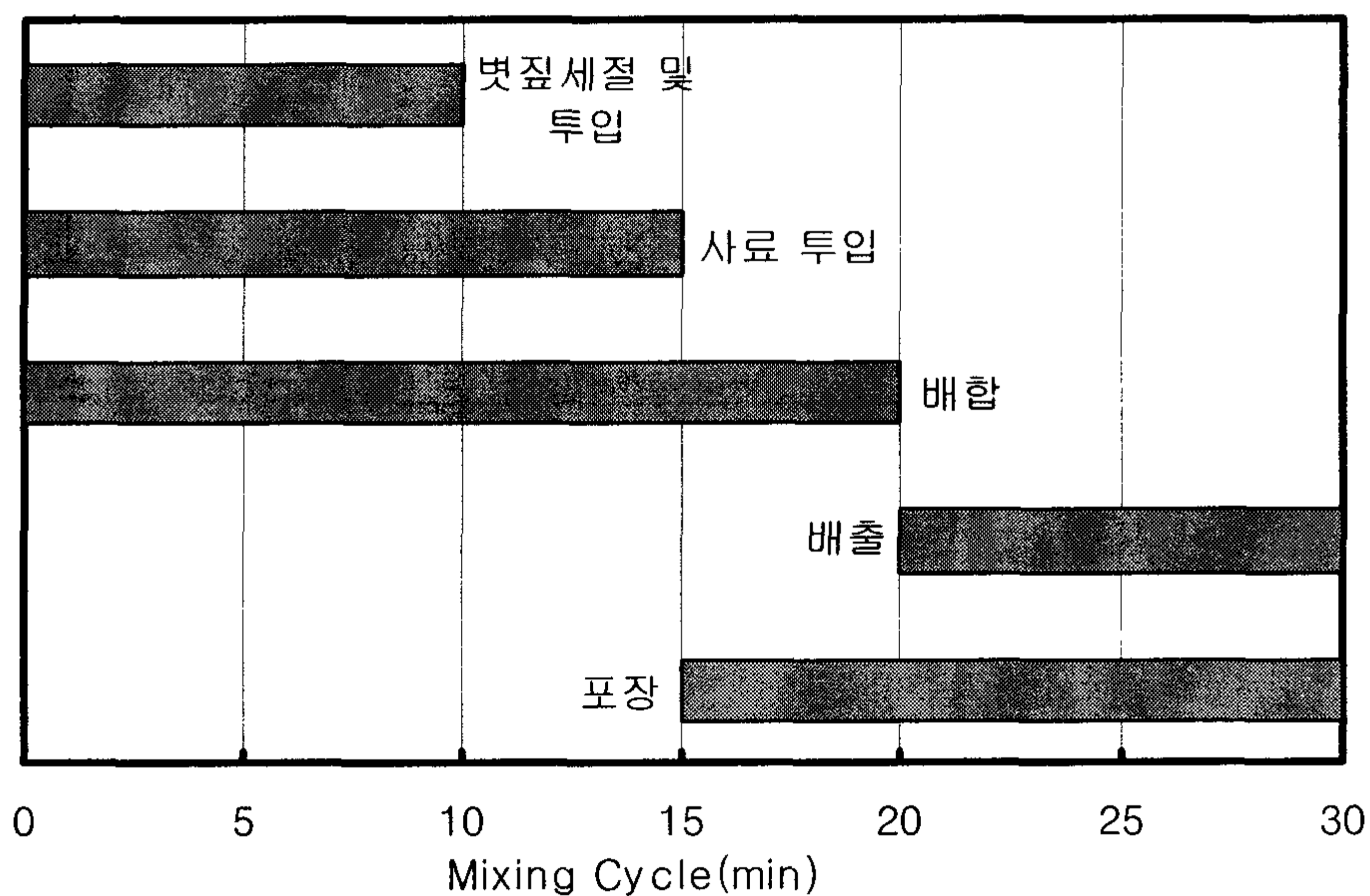


그림 15 농가용 TMR 플랜트 모델의 예상배합주기

사. 가공 공정도(Process Flow Diagram)

앞서 자료의 수집 및 분석에서 제시된 농가용 소형 TMR 플랜트의 모델 시스템에 대한 공정도를 그림 16에 나타내었다. ①운반된 원형배일을 세절기로 세절하여 TMR 배합기에 투입하는 공정과 ②곡류 등의 기타원료를 배합기에 투입하는 공정과 ③배합기에서 조사료와 농후사료를 배합하는 공정과 ④배합된 사료를 제품 저장빈에 저장시키는 공정과 ⑤제품 저장빈에 저장된 배합사료를 타이콘 백에 계량 및 포장하는 공정과 ⑥각각의 공정을 연결하여 주는 반송공정을 포함하고 있다.

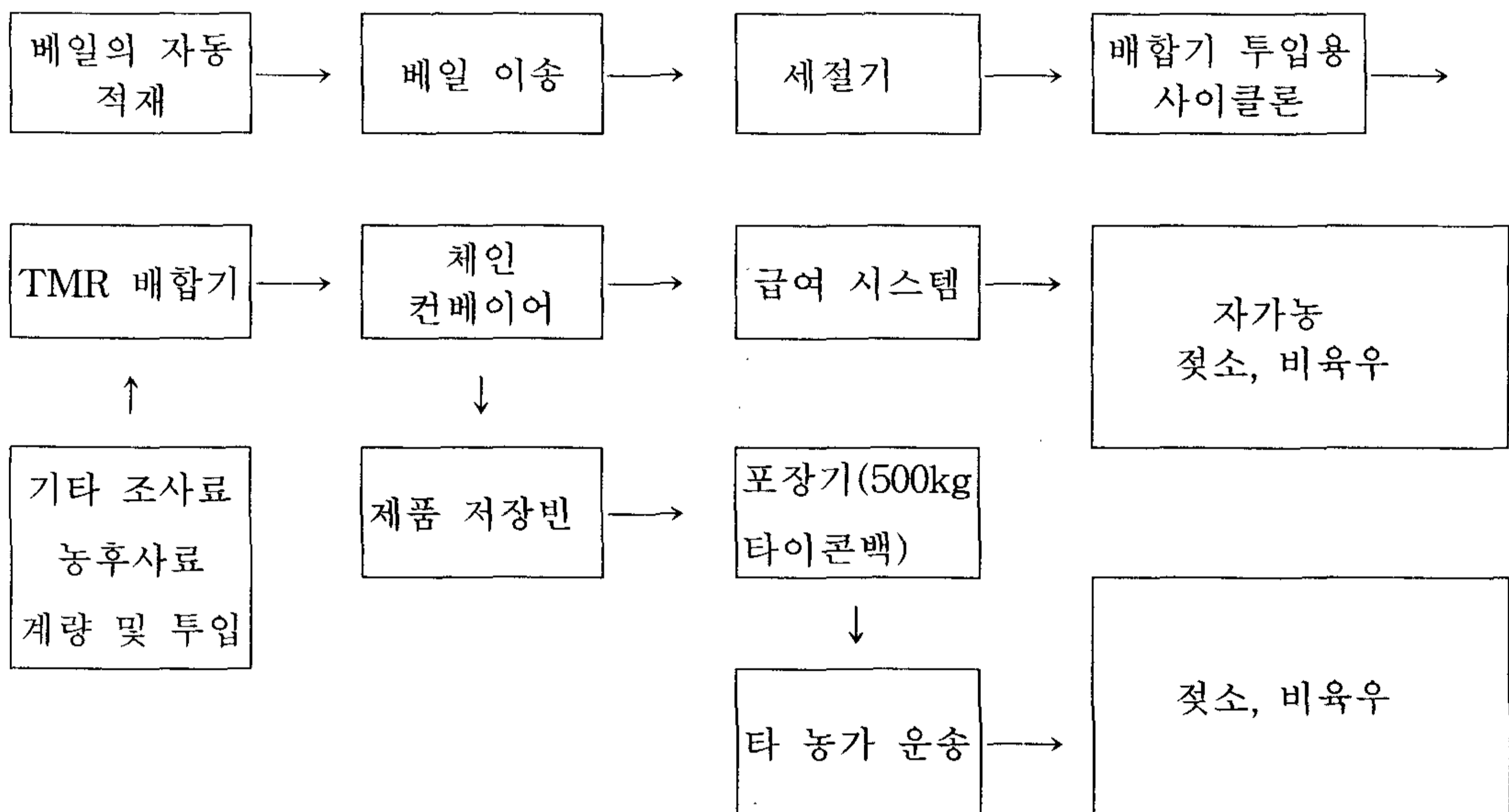


그림 16 “농가용 소형 TMR 플랜트 모델”의 예비공정 블록 diagram

3. 모델 플랜트의 Layout

기본적으로 모델 플랜트는 매우 단순하게 배치되었다. 가장 중심이 되는 배합기는 플랜트의 중심에 있으며 배합기의 한쪽은 원료의 반입 → 저장 → 세절 → 배합기에 투입되는 장소이고, 다른 한쪽은 배합이 완료된 TMR 사료가 배출 → 저장 → 포장 → 반출이 되는 장소가 된다.

원료 빈 또는 사료저장고는 반입되는 원료의 종류와 양, 제품 빈은 생산 제품의

양을 고려하여 원료의 반입, 배합, 출하 등의 흐름에 방해 되지 않게 배열하고 장래의 시설확장에 대비하여 설계하였다. 또한 표 5와 같이 TMR 배합에 사용될 수 있는 사료의 종류에 따라 사료저장시설은 운반 트럭의 접근이 쉽고 저장된 사료를 배합기에 쉽게 넣을 수 있는 곳에 있어야 하며, 볏짚 및 사일리지는 취급이 효율적인 곳에 위치하여야 하며, 광물질, 소금 등과 같이 적은 양이 필요한 사료는 자루에 담거나 벌크 상태로 보관할 수 있는 공간과 사료창고가 확보되어야 한다.

배합기는 원료의 투입이 쉽게 되도록 지하에 설치를 하여 지상의 바닥이 배합기의 상부가 되도록 하였다. 그림 17은 모델 플랜트의 평면도가 된다.

또한 그림 18은 모델 플랜트의 가공 공정도로 좌측은 지하에 설치된 배합기에 투입되는 원료의 공정을 보여 주고 있으며 우측은 가공이 완료된 TMR 사료가 배출이 되는 공정을 보여 주고 있다.

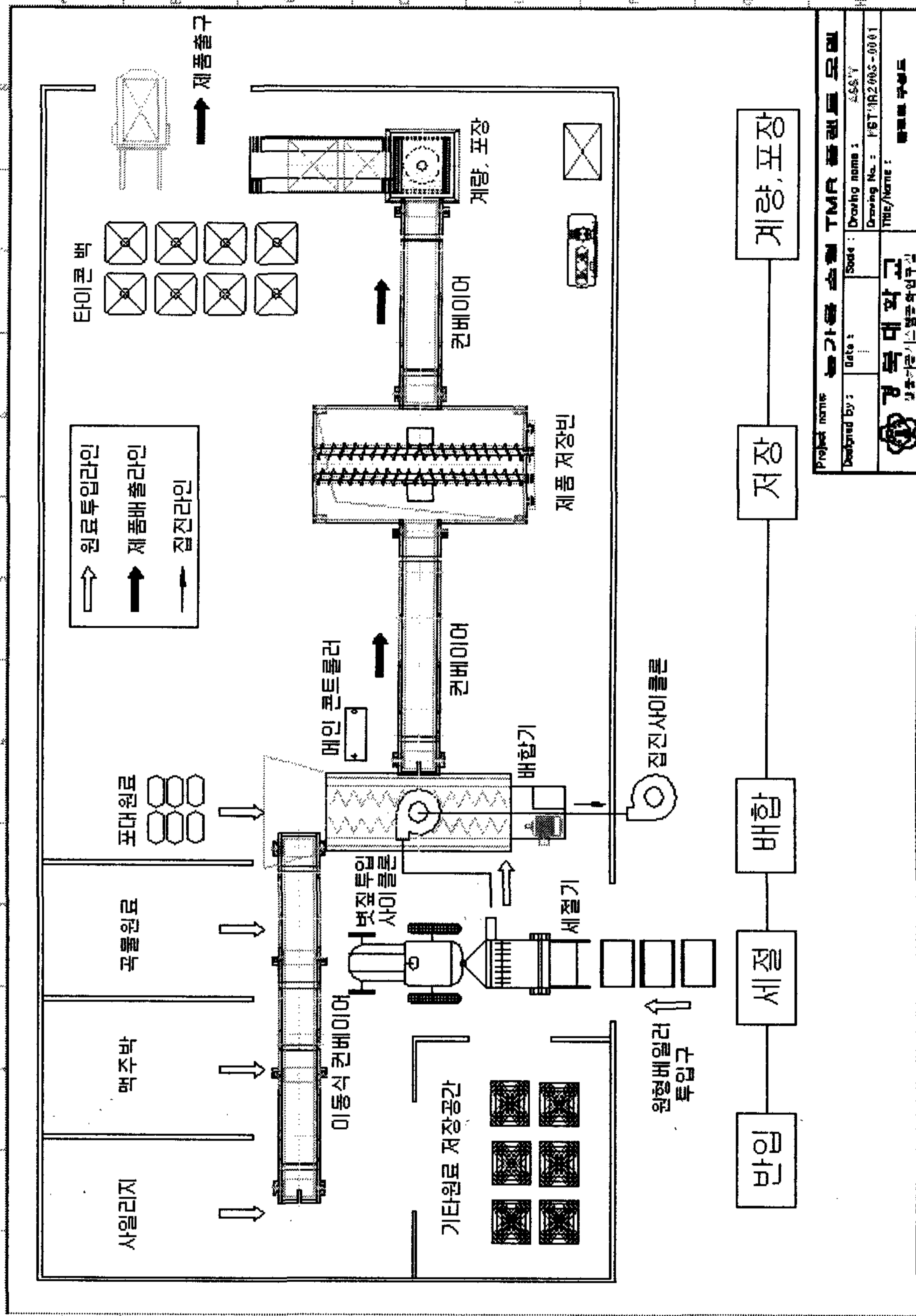


그림 17 모델 플랜트의 평면 배치도

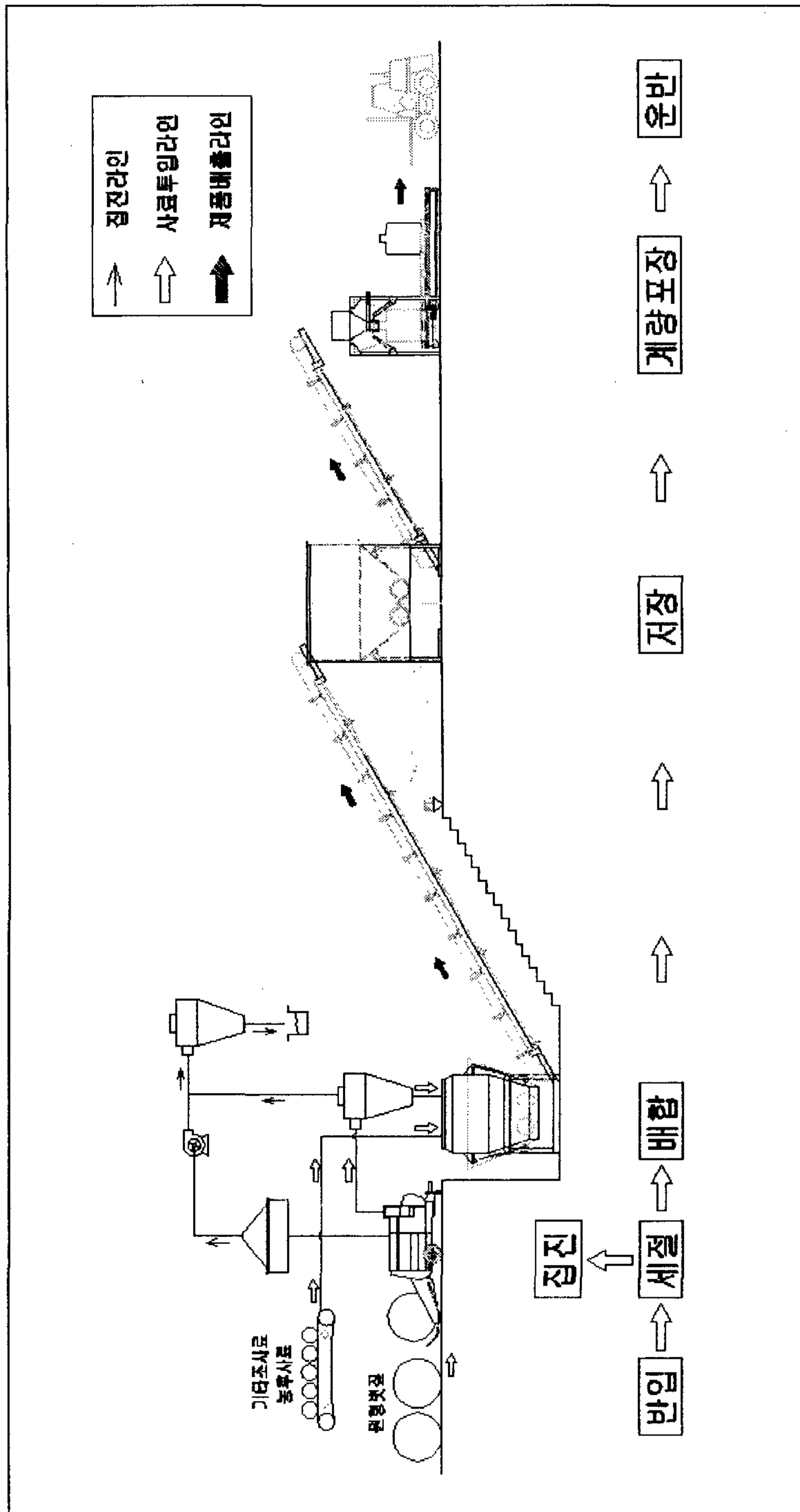


그림 18 농가용 TMR 플랜트의 개략도

4. 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기의 결정

일반적으로 비육우·젖소용 조사료세절기, 배합기 등의 가격이 매우 비싸기 때문에 50두 이상의 규모화된 농가가 아니면 구입하기가 부담스럽다. 따라서 본 연구에서의 “농가용 소형 TMR 플랜트”의 경우 규모화 된 단독 농가 또는 여러 농가가 공동으로 사용을 하는 것으로 모델을 개발하고 있다.

가. 배합기의 용량 및 배합 사이클

TMR 사료의 비중은 0.2~0.3 정도로 매우 낮다. 표 6은 일반적으로 국내에 판매되고 있는 조사료용 TMR 배합기의 용량을 나타내고 있다.

표 6 생산규모에 따른 배합기의 용량

	KTMR-250	KTMR-500	KTMR-750	KTMR-1000
배합기의 용량(m ³)	6(1.5 톤)	11(2.5톤)	13(3.2톤)	16(4톤)
급여두수 (젖소, 두)	50	80	102	128
길이(mm)	4,440	5,160	5,790	6,500
폭(mm)	2,000	2,140	2,220	2,280
높이(mm)	2,270	2,560	2,720	2,810
적용마력(Hp)	43	50	60	70

* 생산되는 배합사료의 중량은 원료의 비중에 따라 다소 차이가 있음.

본 표는 사료의 비중이 0.25로 가정하여 산출 한 것임

일반적으로 모델 플랜트에서 TMR 배합사료의 생산능력은 배합기의 용량으로 결정되므로 KTMR-250, KTMR-500, KTMR-750, KTMR-1000의 모델에 기준이 되는 배합기 용량을 결정하였다. KTMR-500의 경우 1회 배합 용량이 11m³로서 TMR 배합

사료의 비중을 약 0.25로 가정할 경우 1회 배합이 2.5톤이지만 충진율을 80%로 가정하면 2.0톤으로 젓소의 경우 약 80두를 급여할 수 있는 것으로 나타났다.

또한, 배합기의 성능을 표시함에 있어 농가용 TMR 플랜트에 적용되는 배합공정은 벧짚세절, 기타 조사료 및 농후사료의 배합기 투입 및 계량 → 배합 → 배출 → 계량 포장 등의 순으로 이루어지는 Batch 식 배합공정이다. 이러한 배합공정 중간 중간에 Dead time이 있을 수 있는데 Dead time을 최소한으로 줄이는 것이 배합성능을 좋게 할 수 있다. 따라서 앞서 결정된 세절기, 배합기, 포장기, 반송기의 용량으로 앞에서 나타낸 그림 15와 같이 농가용 TMR 플랜트 모델의 예상배합주기를 나타내었다. 그림과 같이 세절된 벧짚투입과 동시에 기타조사료를 투입하고 배합을 진행시킨 다음, 벧짚투입이 종료되는 시점에 농후사료를 투입하여 배합을 완료하고, 배합이 완료된 사료는 배출을 시켜 제품저장빈에 대기시켜 놓았다가 배합기에서 배출완료 후 배합기는 재가동되어 앞서의 과정을 반복하고, 배합되는 동안 배합된 사료를 타이콘 백에 포장하는 작업을 하게 된다. 이로써 “농가용 TMR 플랜트 모델”의 예상배합주기는 30분으로 결정되었다.

이상과 같이 배합주기는 30분으로서 1일 2시간을 작업을 한다면 4 batch의 배합을 실시할 수 있으며 급여두수로 나타내면 KTMR-500의 경우 젓소 320두를 급여할 수 있는 것으로 나타났다.

나. 배합기의 용량에 따르는 기타 소요기기의 용량

앞서 제시된 KTMR-250, KTMR-500, KTMR-750, KTMR-1000의 배합기를 기준으로 반송기, 제품저장빈 및 계량·포장기의 용량을 결정하였다. 제품저장빈의 용량선정은 앞서 개발된 배합기의 모델별로 15~20%의 부피가 더 크도록 치수를 결정하였으며, 계량·포장기는 중량 500kg의 타이콘백을 계량할 수 있는 모델로 결정하였다. 배합기 → 제품저장빈 → 계량·포장기를 연결하여 주는 반송기의 용량은 1일 생산량을 최대로 늘리고 전체 배합주기를 줄이기 위하여 배합기에서 배합이 완료된 배합사료를 10분 내에 배출하도록 하였으며 벨트는 40°까지 경사지게 할 수 있도록 하였으며, 최대 속도는 300rpm, 벨트 컨베이어의 전체 길이는 약 10m 내외가 될 수 있도록 벨트의 폭과 소요마력수를 계산하여 결정하였다.

따라서, 농가형 TMR 플랜트의 모델별 예상기계사양 및 예상기계시설비용을 아래의 표 7에 나타내었다. 전체 시스템을 구성하는데 소요되는 비용이 KTMR-250의 경

우에는 65,000천원, KTMR-500은 77,000천원, KTMR-750은 82,000천원, KTMR-1000은 85,000천원이 소요되는 것으로 나타나 저렴한 시설비용으로 우수한 TMR 사료를 생산할 수 있어 전체적인 젖소 및 한우의 생산비를 절감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

표 7 농가형 TMR 플랜트 모델별 예상기계사양 및 예상기계시설비용

개발모델		KTMR-250	KTMR-500	KTMR-750	KTMR-1000
세절기	외형치수 (H×W×L)(m)	1.3×1.3×2.0	1.3×1.3×2.0	1.3×1.3×2.0	1.3×1.3×2.0
	소요마력 (hp)	50	50	50	50
	구입비용 (천원)	18,000	18,000	18,000	18,000
사이클론 시스템	외형치수 (φ×L)(mm)	635×935	635×935	635×935	635×935
	구입비용 (천원)	2,000	2,000	2,000	2,000
배합기	외형치수 (H×W×L)(m)	2.2×2.0×4.4	2.5×2.1×5.1	2.7×2.2×5.7	2.8×2.2×6.5
	소요마력 (hp)	43	50	60	70
	구입비용 (천원)	18,000	25,000	28,000	30,000
반송기(1) (배합기→ 제품빈)	벨트폭 (mm)	35	40	45	45
	소요마력 (hp)	3	3	5	5
	구입비용 (천원)	4,000	4,000	4,000	4,000
제품 저장빈	외형치수 (H×W×L)(m)	2.4×2.2×4.2	2.8×2.4×4.5	2.9×2.5×5.4	3.0×2.5×6.3
	소요마력 (hp)	15×2	20×2	25×2	25×2
	구입비용 (천원)	14,000	19,000	21,000	22,000
반송기(2) (제품빈→ 계량포장)	벨트폭 (mm)	35	40	45	45
	소요마력 (hp)	3	3	5	5
	구입비용 (천원)	4,000	4,000	4,000	4,000
계량 및 포장기	계량범위 (ton)	1	1	1	1
	구입비용 (천원)	5,000	5,000	5,000	5,000
예상 기계구입비용 (천원)		65,000	77,000	82,000	85,000

제2절 한우·젓소용 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설계 및 제작

우리나라에 보급되어있는 조사료의 가공에 필요한 대부분의 작업기들은 큰 동력이 필요하고 또한 가격이 비싸다. 또한 여러 가지의 작업(조사료 반입 → 세절 → 원료 계량 → 배합기에 투입 → 원료 배합 → 사료 급여)을 각각 별도로 수행하고 있으며 또한 이에 소요되는 작업기는 자체가 크고 무겁기 때문에 조작하기 위해서는 큰 노동력이 필요하다. 또한 이러한 다양한 작업을 위해서 구입을 해야 하는 작업기들의 구입비가 높아 경제성에서 문제가 된다. 반면에 우리나라의 농가의 노동력은 양적으로도 줄어들고 있고, 또한 질적으로는 노령화·여성화로 가면서 매우 열악해지고 있다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 낙농·한우 단지에 조사료를 쉽게 조제·급여할 수 있도록 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 각 단위 기계별로 다음의 기능을 가지도록 설계 및 제작하였다.

TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트는 ① 축사로 반입된 원형 베일을 손쉽게 적재 가능하고, ② 잘게 세절 할 수 있는 기능을 가지며, ③ 세절된 조사료는 TMR 배합기로 투입이 되고, ④ TMR 배합기는 여러 가지 조사료를 비롯하여 농후사료를 정량 계량을 함과 동시에 알맞게 배합이 가능하고, ⑤ 배합된 조사료는 축사로 투입 또는 이웃 공동이용 농가로 쉽게 운반이 가능하도록 일정 용량의 무게로 계량이 된 후에 타이콘백에 담길 수 있는 기능을 가지고 있다. ⑥종합 TMR시스템의 동력은 전기로 가동이 되도록 설계에 반영하였다.

본 연구의 농가용 소형 TMR 플랜트 모델은 크게 ① 조사료 반입 및 세절부, ② 세절된 조사료의 배합부로 이송장치, ③ TMR 배합부, ④ 포장부, ⑤ 각각의 공정을 연결하여주는 반송부로 나눌 수 있으며, 각 부별로 설계 및 제작을 하였다.

1. 조사료 반입 및 세절부 설계 및 제작

개발된 원형베일 세절기는 ① P.T.O 동력전달 장치부, ② 커터 구동장치부, ③ 배출 드로워 구동장치부, ④ 유압장치부 등의 세부장치들로 이루어져 있으며, 원형베일 세절기의 전체적인 구조는 그림 19에 나타내었다. 세절의 메카니즘은 원형 베일 형태의 조사료가 적재함으로(1)로 자동 적재기(2)를 이용하여 투입되면 하부의 베일 이송

용 컨베이어(3)가 베일을 전방으로 지속적으로 밀어주어 세절장치부(4)에서 일정두께로 풀어지며 세절되어 배출장치부(5)에 의해 배출을 위한 원심력을 받은 후 배출조정장치(6)에 의해 원하는 방향 및 위치로 송출되어 진다.

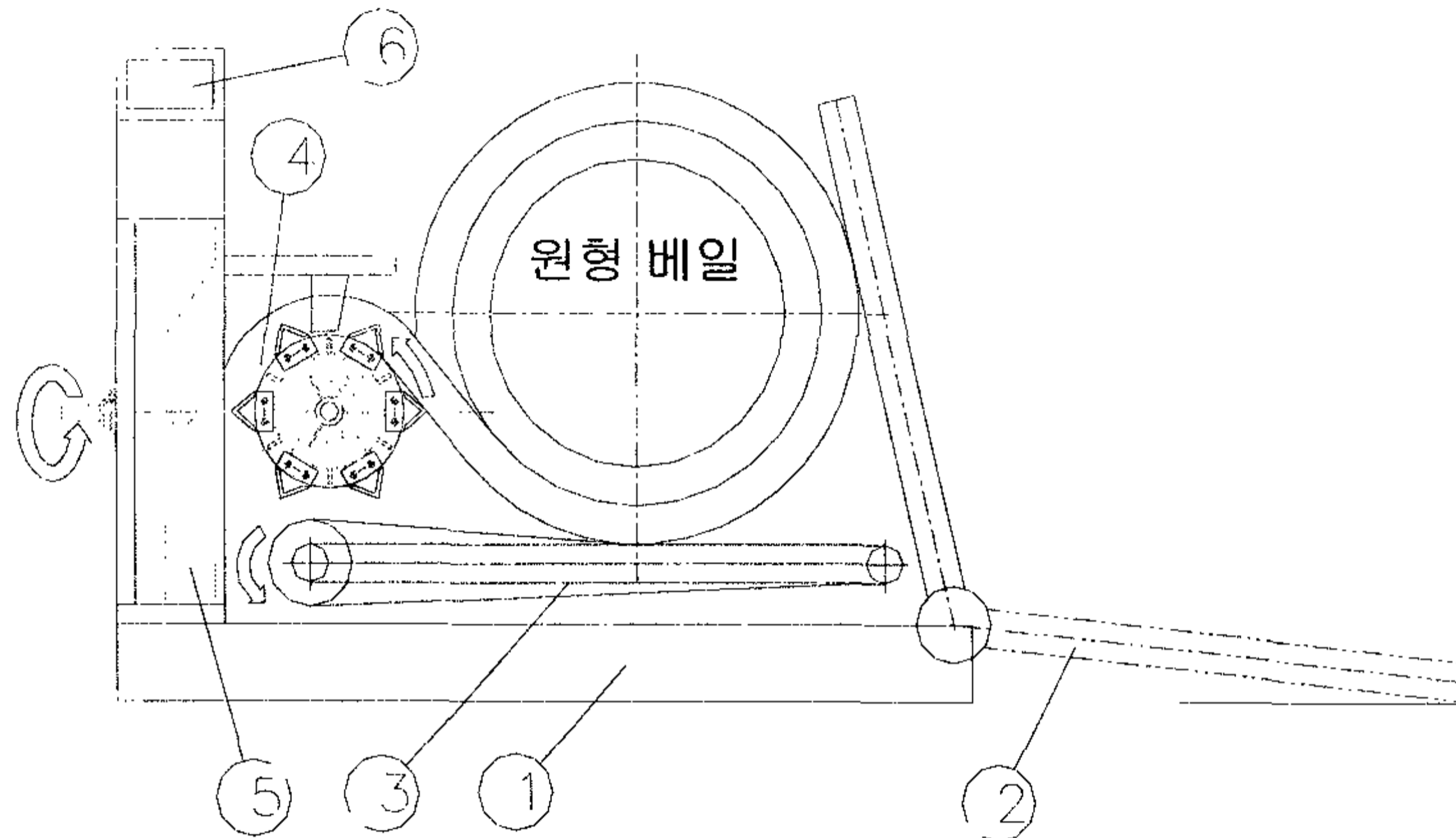


그림 19 회전식 원형베일 세절기의 구조도

가. 세절 장치부

세절 장치부는 원형베일 세절기의 가장 핵심되는 기술로서 세절 장치부의 개발은 세절길이를 줄이고 재료를 정확히 절단하기 위해서 ①고정날-회전날-재료 고정 장치로 구성되는 새로운 세절 메카니즘의 개발, ②새로운 세절 메카니즘에 알맞은 고정날과 회전날의 개발, ③세절작용시 칼날축부에 작용하는 토크에 의한 충격을 완화하기 위한 나선식의 회전날 배열, ④원형베일을 원활하게 풀어내고 잘려진 조사료를 배출장치로 배출하는 기능을 가진 칼퀴형의 브라켓과 회전날 축의 양 끝단이 재료에 감기지 않도록 하는 감김방지용 브라켓을 장착한 회전날 축의 개발, ⑤축방향의 칼날 간격을 좁게 하기 위해 회전 칼날이 부착된 플랜지 및 고정날의 간격을 7 cm 간격으로 유지하고 보다 확실한 세절 작용을 위하여 회전 칼날과 고정 칼날의 틈새를 1~2 mm로 유지할 수 있도록 각 부품을 설계 제작하는 것으로 구체화하여 각 부 장치를 개발하였다.

세절 메카니즘은 아래의 그림 20과 같이 개발하였다. 그림에서 보는 바와 같이 원형의 베일(1)은 칼날축(7)에 용접으로 부착된 원형의 플랜지(6)상에 볼트로 조립된 회전날(2)에 의해 일정한 두께로 세절부로 진입하는데, 일정 두께 이상은 고정날(3)에 의하여 밖으로 도로 배출된다. 세절부로 진입한 재료는 고정날 및 회전날에 의해 이루어지는 원호형의 공간(4)내에 갇히고 이어서 회전날과 고정날의 세절작용에 의해 세절되어진다. 이 때, 재료의 세절은 원호를 따라 계속적으로 일어나고 마지막 남은 재료는 고정날과 회전날이 마주치는 지점에서 최종적으로 세절되므로 세절시 충격을 대폭 줄일 수 있다. 또한 회전날과 고정날에 의한 세절시에는 그림에 나타낸 것과 같이 칼날부의 좌우측에 세절시 재료가 움직이지 않도록 고정하는 고정 잡이판(5)이 설치되어 확실한 세절이 가능하도록 하였다. 이와 같은 새로운 세절 메카니즘은 확실한 세절작용과 세절시의 충격완화작용이 큰 장점이라 할 수 있다.

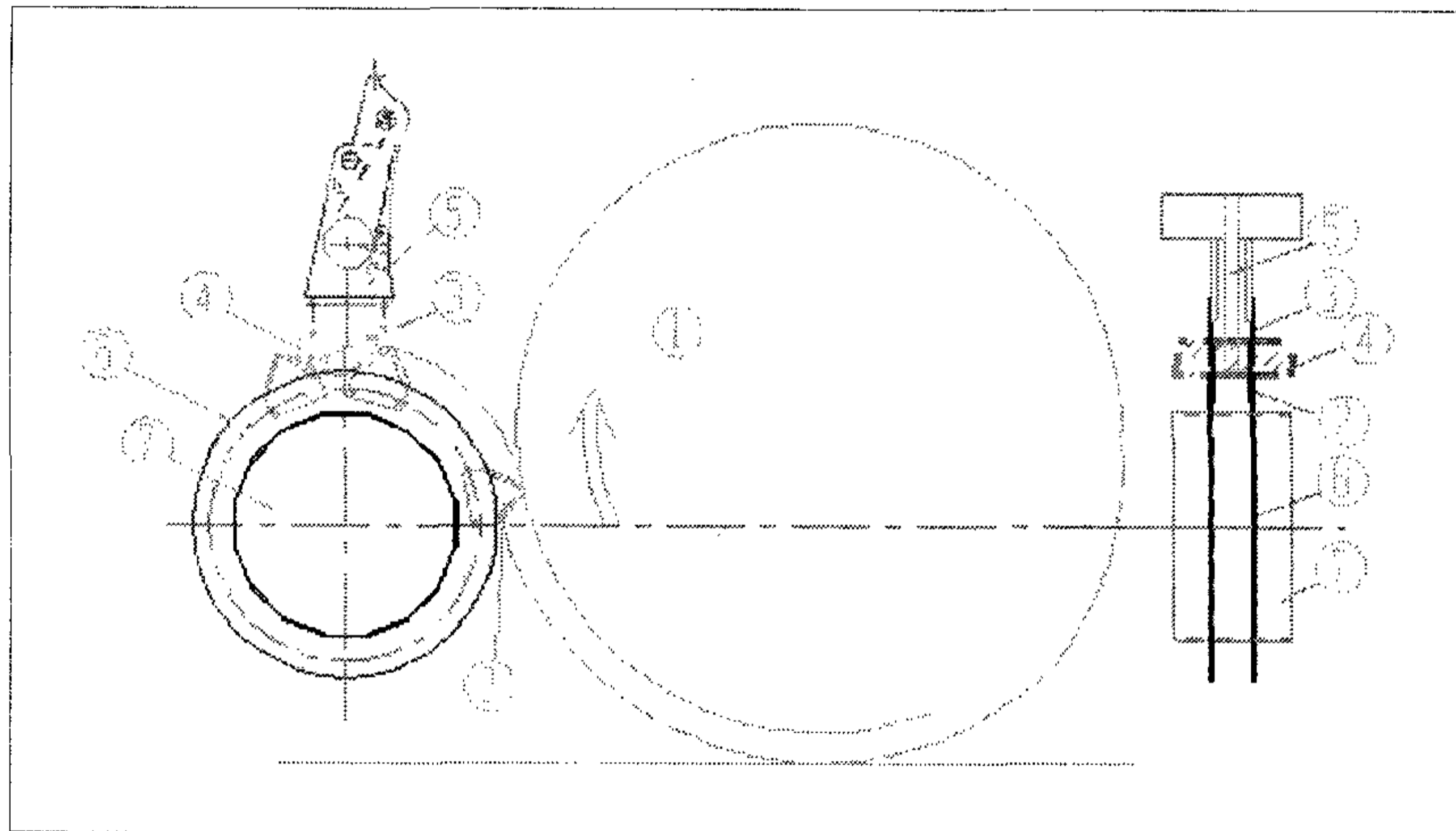


그림 20 새로운 세절 메카니즘

회전날과 고정날 사이에서의 재료의 세절작용이 원활히 이루어지기 위해서는 그림 21에서와 같이 회전날과 고정날 사이의 협각(挾角)이 매우 중요한 역할을 한다. 이러한 협각은 자료에 의하면 $20^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 사이에서 세절이 가장 깨끗하게 이루어지는 것으로 보고되고 있는데 개발한 세절 시스템에서는 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 사이의 세절 협각을 유지할 수 있도록 하였다. 따라서 본 메카니즘에서의 회전날(1)부의 절단각(4)은 자유절단시

세절작용이 가장 좋은 $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 사이인 37.5° 로 고정하고 고정날(⑤)의 톱니 부분의 각도는 회전날과의 각도가 위의 협각을 벗어나지 않도록 설계하였다. 회전날 및 고정날의 경우 재료를 정적인 상태에서 절단하여 보면 재료에 따라 차이가 있지만 대체로 그 계각(⑥)을 약 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 로 하는 것이 가장 적당하였으며 따라서 본 연구에서는 회전날과 고정날의 계각을 25° 로 하였다.

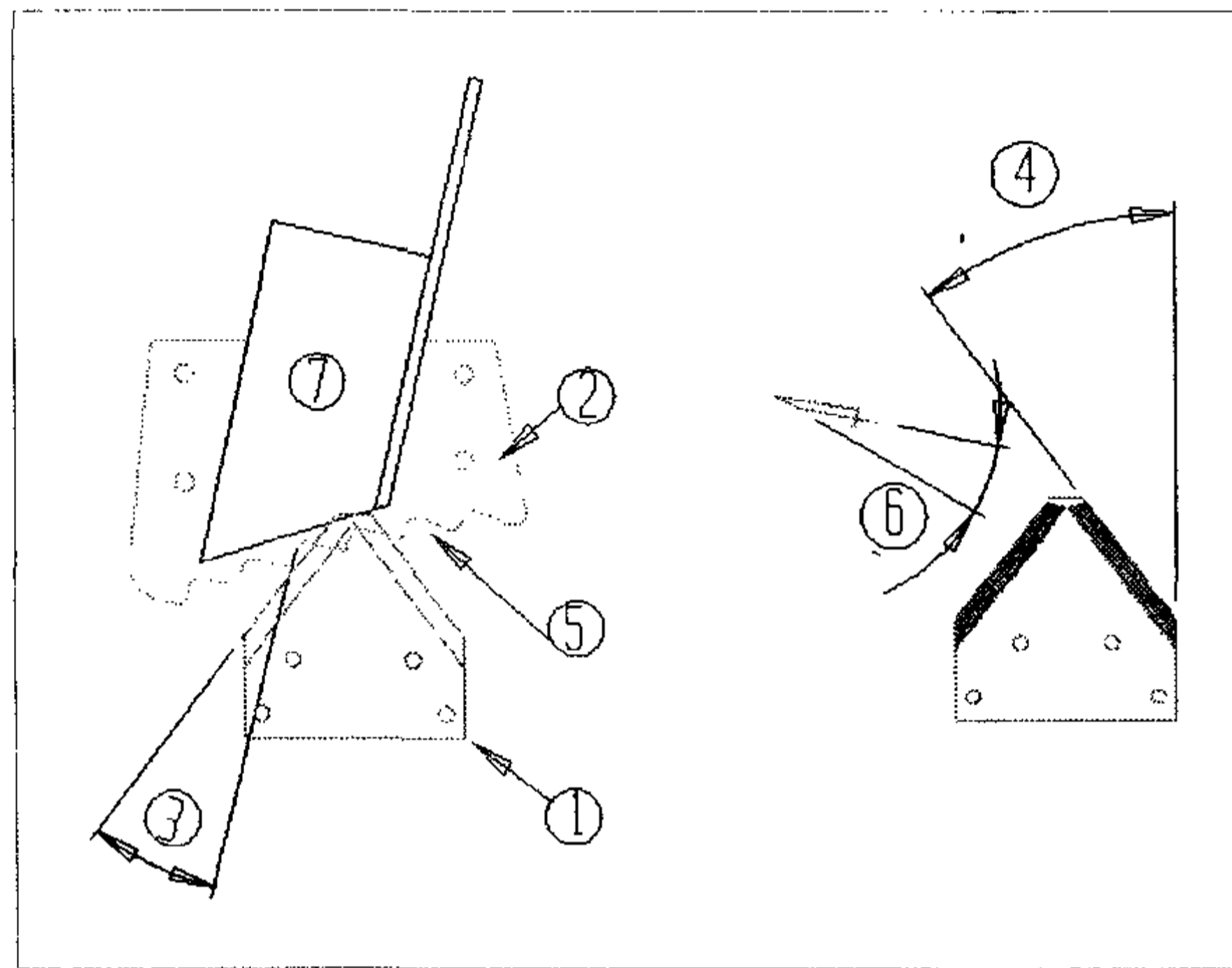


그림 21 새로운 세절 메카니즘상의
고정날, 회전날, 잡이판

이렇게 설계되고 개발된 세절장치부도 회전날을 전체 칼날축 상에서 일(一)자 형태로 배열하게 되면 세절부로 진입하는 재료가 일시에 세절되고 따라서 전체 칼날축부에 큰 충격을 가하게 된다. 따라서 이를 방지하기 위해서 그림 22와 같이 회전날을 칼날축 상에서 나선형을 배열하도록 하여 재료의 세절작용이 칼날축의 회전에 따라 1번 플랜지 부착 칼날(1-1)에서 우측으로 순차적으로 일어나도록 하였다. 그림에서는 플랜지당의 칼날이 4개씩 부착되므로 1번(1-1)~18번의 플랜지까지의 칼날(1-18)의 나선형의 배열은 플랜지 측면에서 보면 90° 의 각도가 된다. 또한, 칼날축 회전시 1-1번 및 2-10번 회전 칼날에서 세절이 동시에 일어나고 이러한 작용이 순차적으로 우측으로 전달되면서 일어나도록 한다. 이렇게 하면 세절시의 충격이 칼날축상에서 균형적으로 가해지게 되어 보다 안정적인 세절작용이 가능하다.

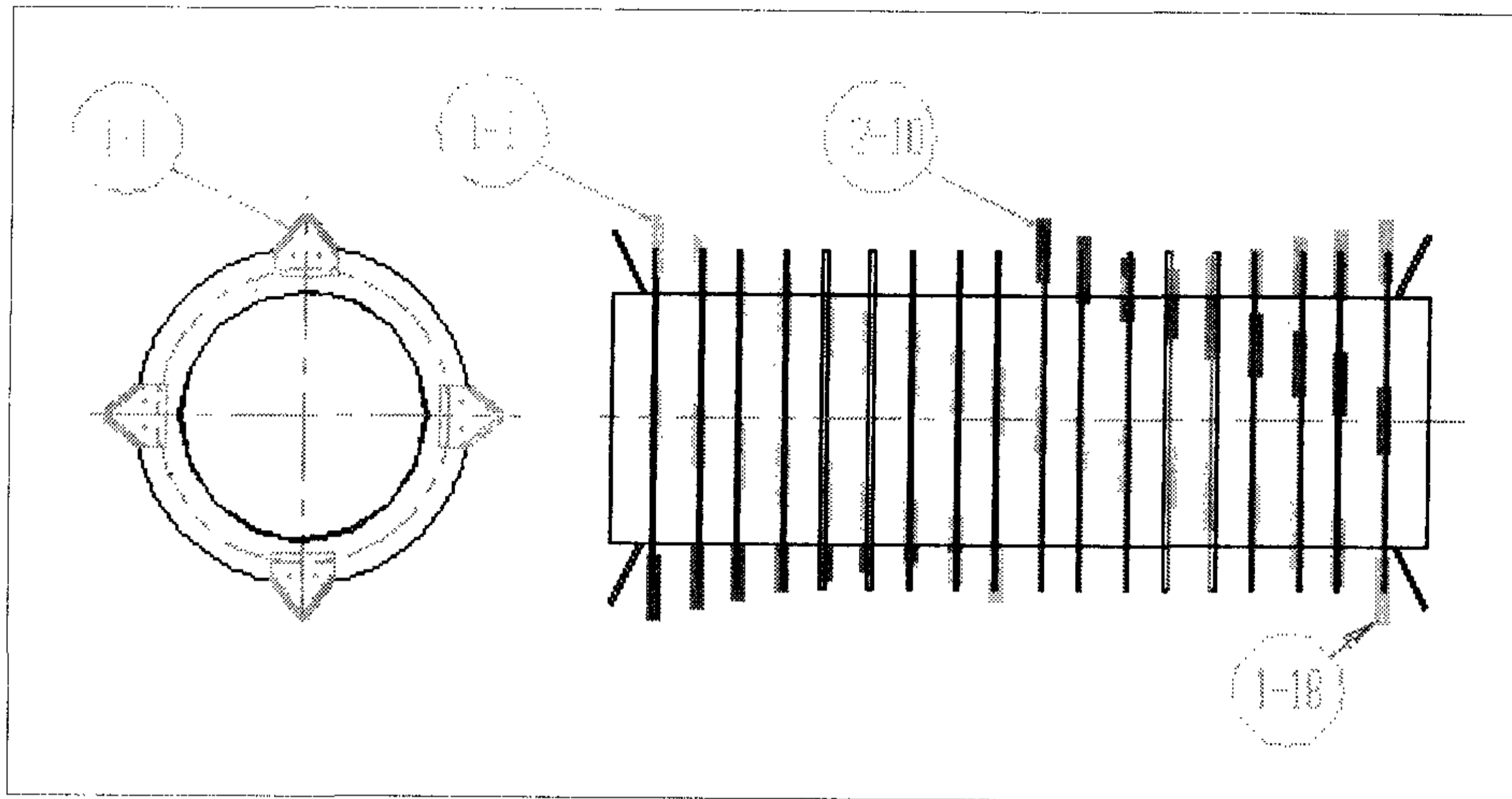


그림 22 칼날축 회전시 2개소 동시 세절을 위한 나선형 칼날 배열

위에서는 세절장치부 중에서 회전날 축에는 여러 가지의 세절성능 향상을 위한 장치를 마련하였는데, 그림 26에 나타낸 플랜지와 플랜지 사이에 칼퀴 형의 브라켓(1)은 원형베일을 세절부로 안정되게 잡아당기는 기능과 세절된 재료에 원심력을 가하여 전방으로 보내주는 기능을 하는 장치이다. 이 장치가 없을 경우 원형베일이 풀릴 때 좌우측이 안정적이지 못하며, 세절된 재료가 외부로 송출되지 못하고 적재함 내부에 떨어지게 되어 연이어 투입되는 재료의 세절작업을 방해한다. 따라서 브라켓은 칼날축을 전방에서 보아 중앙을 중심으로 좌우 대칭이 되도록 “ \wedge ”형태로 배열하였다. 또한 조사료는 길이가 길어 회전축에 감기는 현상이 발생할 수 있는데, 특히 칼날축 좌우측의 회전부와 고정부 사이 틈새에 끼이면서 감기면 칼날축 회전에 나쁜 영향을 미치게 된다. 따라서 이러한 현상을 방지하기 위해 그림과 같이 좌우 끝단에 감김 방지 브라켓(2)을 설치하였다. 한편, 회전날 축의 단면은 (3)과 같이 16각형으로 제작하였으며, 이는 세절작업시의 비틀림에 대한 저항력을 증대시키기 위해서인데, 계산에 의하면 회전축 중심에 대한 단면계수가 16각형인 경우 같은 반경을 가지는 원형 회전날축에 비하여 2.2배 높으므로 같은 회전 부하에 대하여 16각형의 회전날축이 원형의 회전날 축에 비해 2.2배 높은 안전도를 유지할 수 있다.

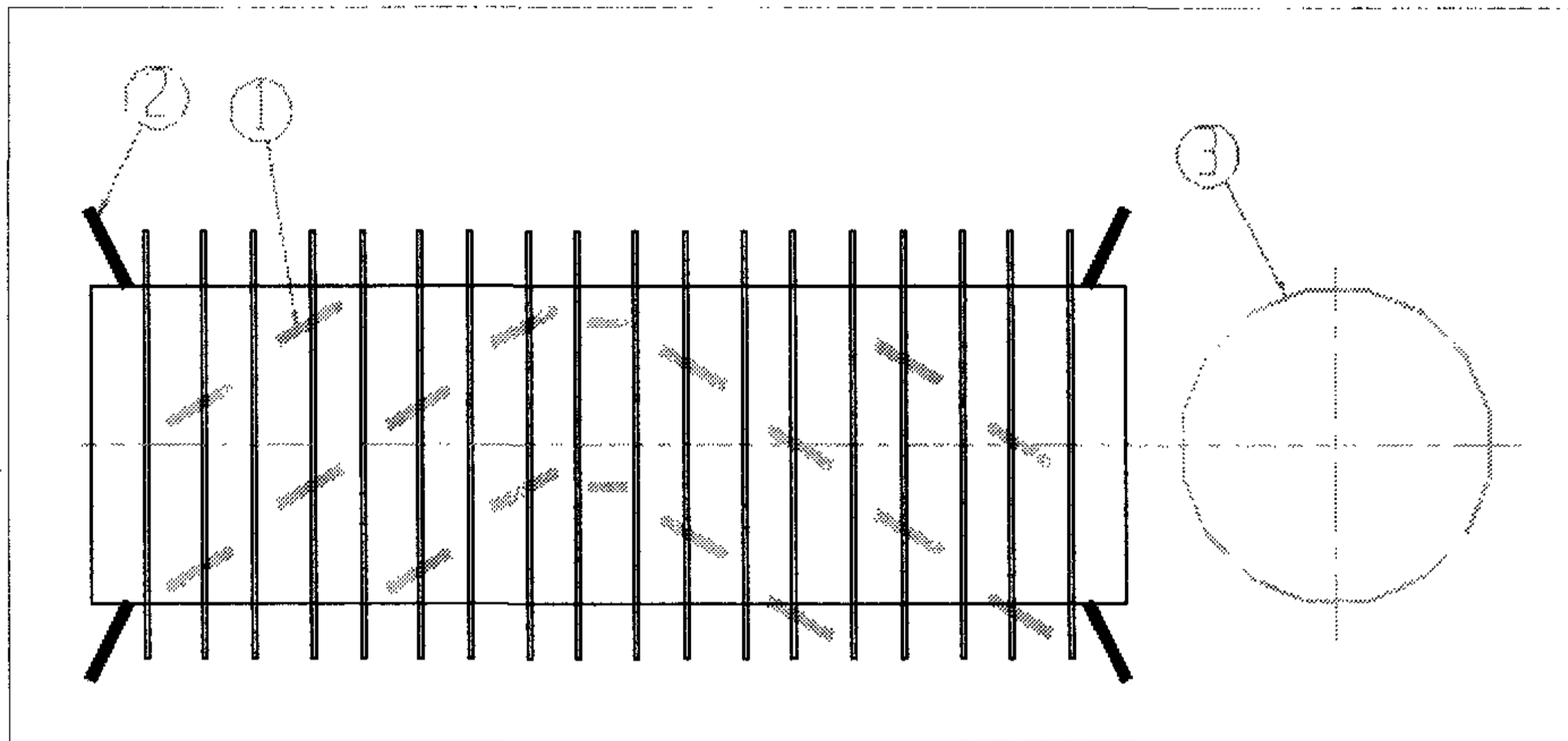


그림 23 회전날부의 브라켓 설치 및 감김 방지장치

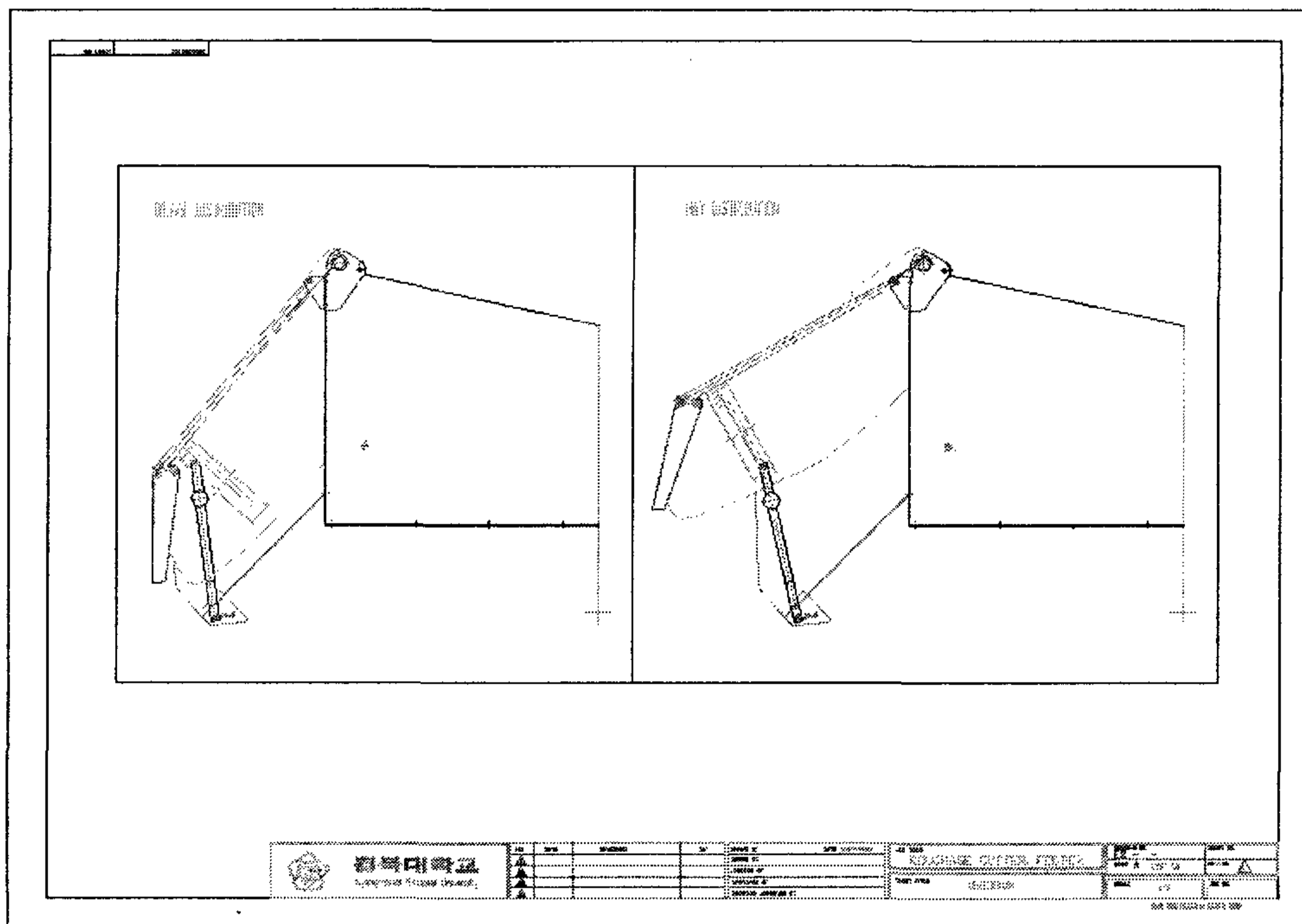


그림 24 세절된 조사료 토출구

나. 배출급여부

개발된 원형베일 세절기에서의 세절된 조사료는 고속으로 회전하는 직경 1.5m의 원심식 fan(그림 25)에 의해 배출되어지며 배출구에 유압실린더를 장착하여 세절된 조사료의 토출 방향을 조절할 수 있도록 하였다. 조사료의 배출방향의 조절은 출구의 수직하방에서 상방향으로 90°까지 가능하도록 하였으며, 사조에 사료를 급여하는 경우는 출구의 방향을 수직 하방 부근으로 조절하여 사용하고 TMR 배합기 등에 세절된 조사료를 투입하는 경우는 출구를 수평 부근으로 조절한다. 또한 짚 등을 축사의 깔짚으로 이용하는 경우에도 출구를 수평 부근으로 하여 재료를 멀리까지 날려 보낼 수 있다. TMR 배합소 등에서의 배출구의 방향은 설치된 시스템의 구조에 따라 여러 방향으로 출구조절 기능이 필요하며 이에 대한 설계 및 개발은 개별 배합소에 맞게 이루어져야 한다.

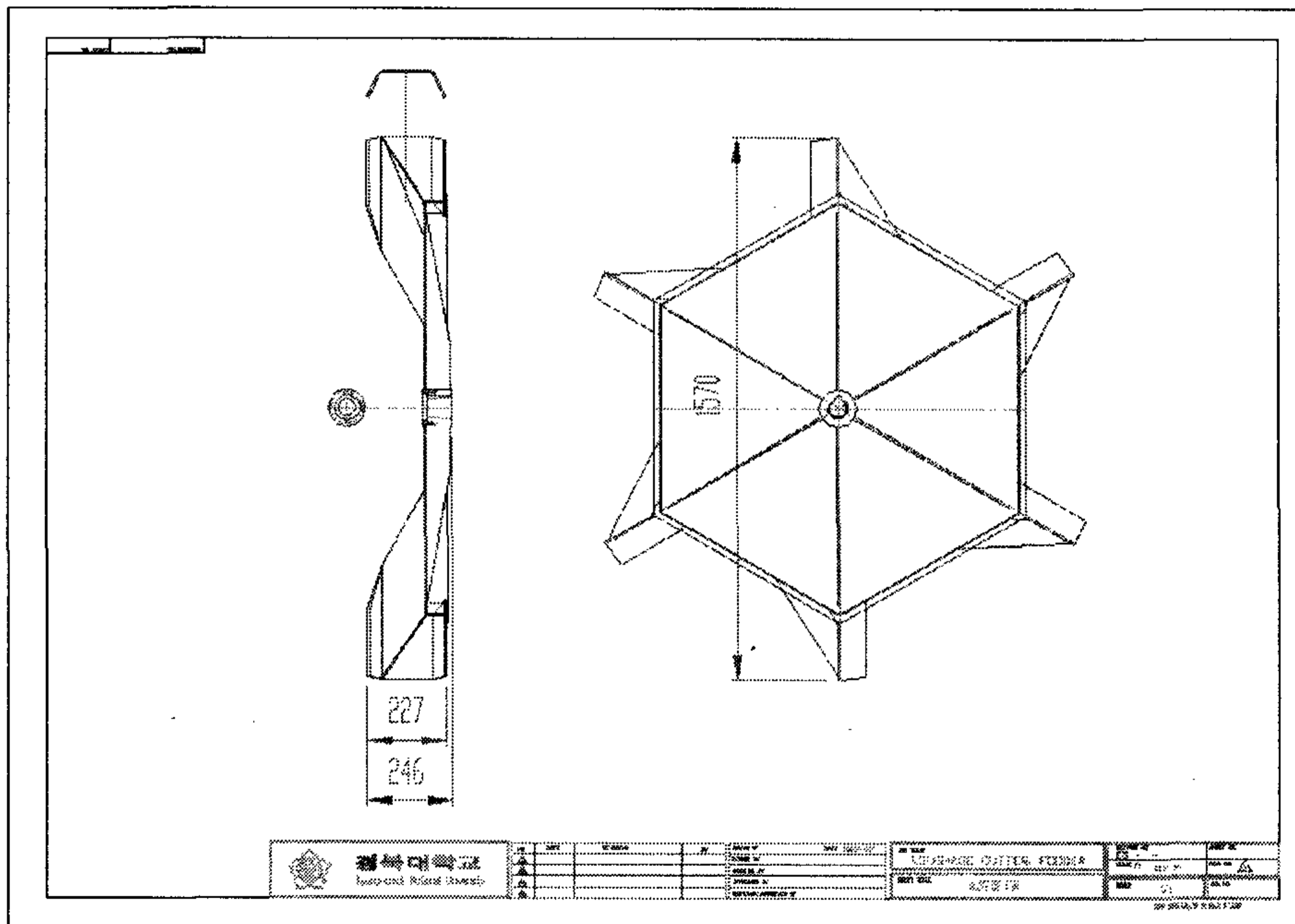


그림 25 원심식 팬

다. 베일 이송장치부

적재된 원형베일 또는 여러 형태의 조사료가 세절장치에 의해 세절되기 위해서는 계속적으로 조사료를 세절장치부로 이송시켜야 하는데, 이를 수행할 장치가 베일 이송장치부이다. 기계의 구성은 트레일러 위에 가로형의 띠 판과 체인으로 연결된 이송장치를 구성하고 체인을 스프로킷으로 구동하여 무한궤도 형태로 회전하게 한다. 이송부의 구동은 유압모터를 이용하는데, 공급유량을 조절하여 이송속도를 조정할 수 있도록 하였다. 이는 이송속도가 빠른 경우 세절장치부로의 공급량이 많아져 세절성능의 저하 또는 과부하 상태가 될 수 있으며, 이송속도가 느린 경우 작업 성능이 떨어지게 되므로 작업자가 작업시에 이송속도를 조절할 수 있도록 하기 위함이다.

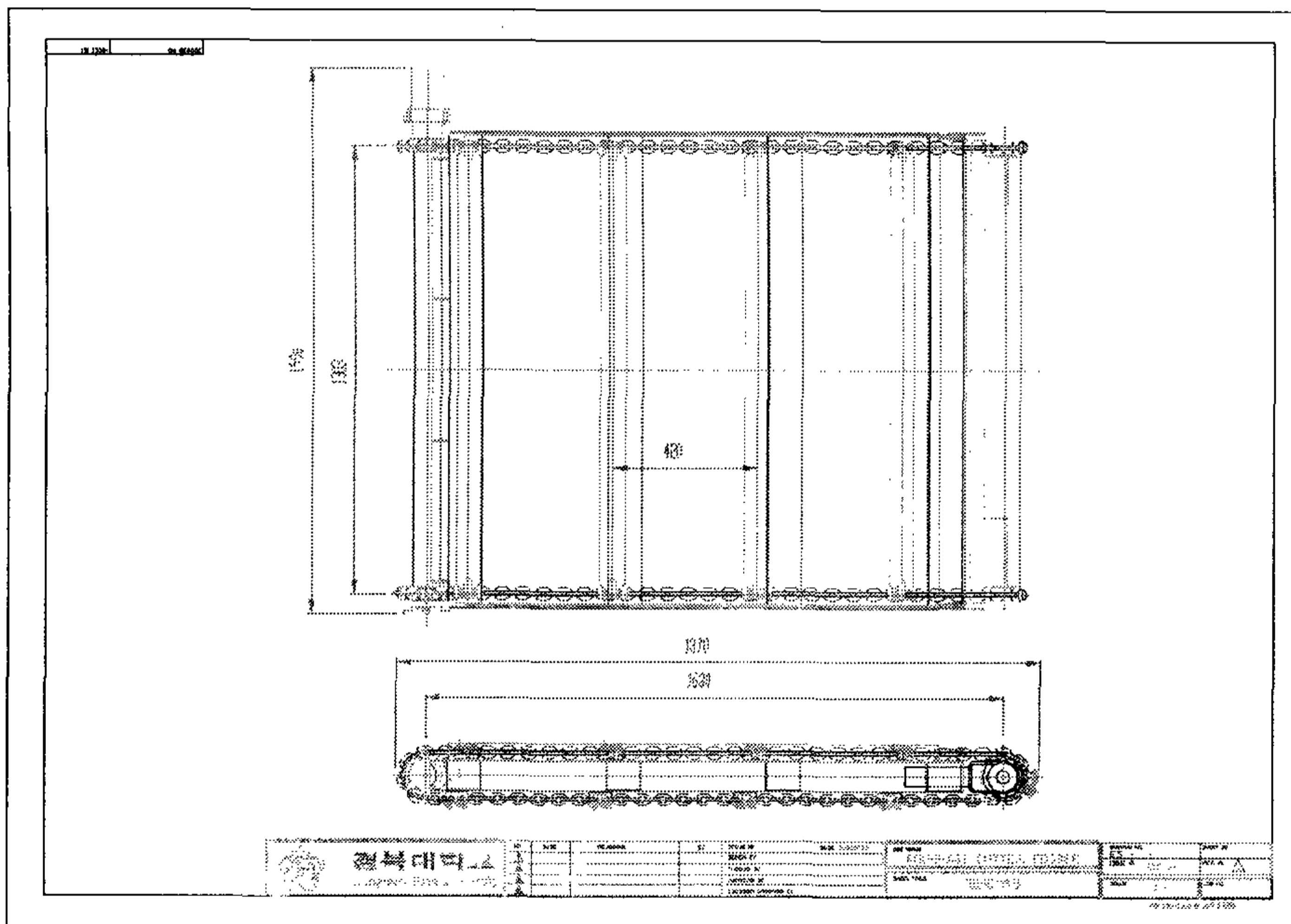


그림 26 베일 이송장치부

라. 자동 적재 장치

기대의 후면에는 무거운 원형 베일을 적재할 수 있는 적재장치가 설계되어 있다. 적재장치는 (원형베일)조사료를 이송장치로 투입한 후 이를 들어올려서 베일이송장치

로 적재하는 시스템으로 되어있다. 따라서 적재장치는 세절기의 뒷문의 역할을 하며 원형베일이 이송장치로 적재가 되면, 문이 닫히면서 베일을 앞쪽으로 이동하도록 압력을 주는 역할도 하게 된다. 이 경우 별도의 조사료 적재기가 필요 없어 작업시간 단축의 효과를 볼 수 있다.

원형베일을 베일이송장치가 장착된 적재함에 올려놓기 위한 장치의 동력원은 본체의 프레임에 장착된 유압실린더에 의해 구동된다. 본체는 500kg 이상의 무게를 가지는 베일에서도 무리가 없도록 두꺼운 철판과 파이프로 이루어져 있으며, 입구 측에는 베일 진입이 용이하도록 외측으로 벌어지도록 하였다.

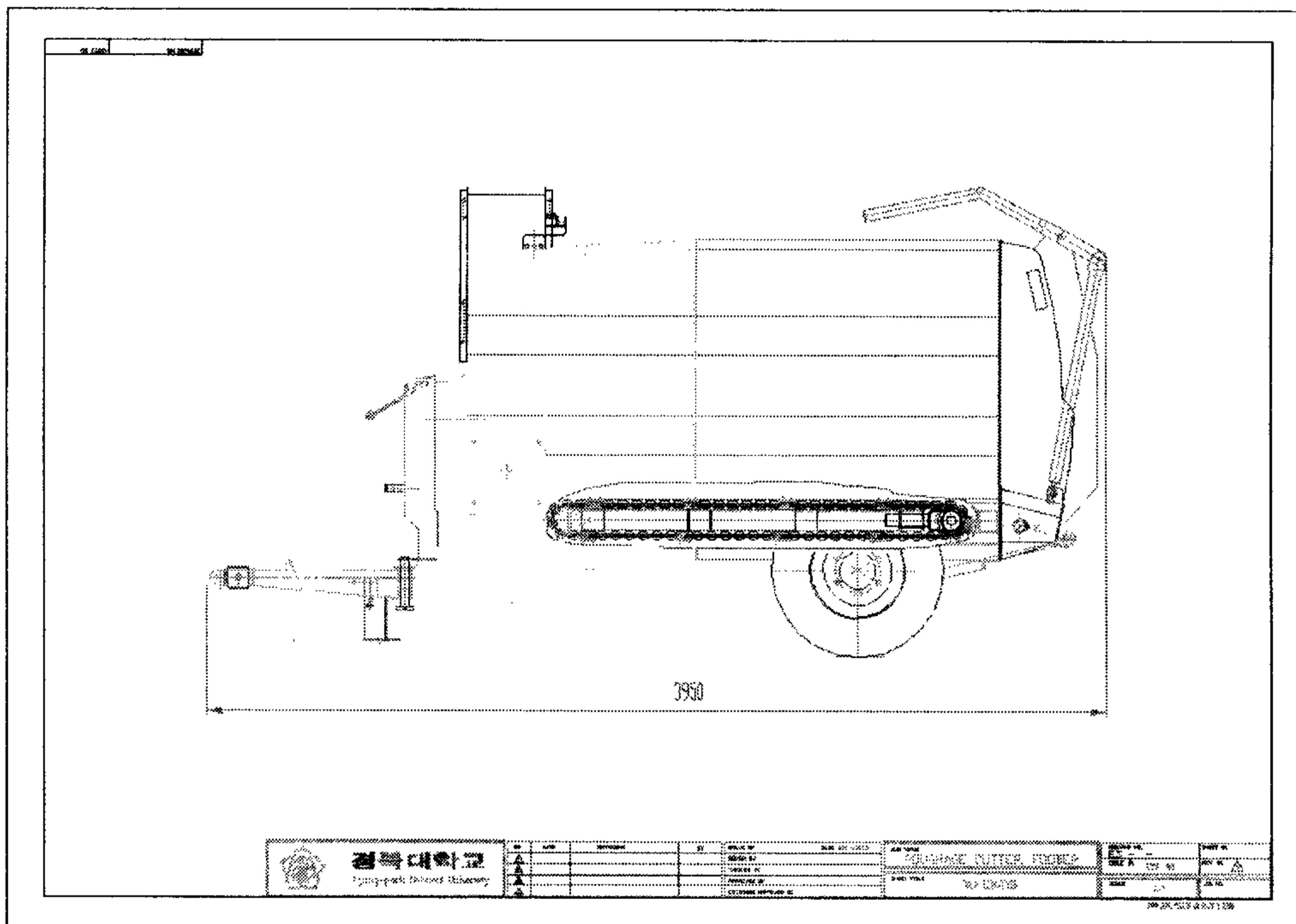


그림 27 자동적재장치도

마. 동력 전달부

기대의 동력전달 세부장치는 ①P.T.O 동력전달 장치부, ②커터 구동장치부, ③배출드로워 구동장치부, ④유압장치부, ⑤전기장치부 등으로 세부 분류되며, 이들은 크게 트랙터 P.T.O 동력을 기어와 체인 및 스프로킷에 의해 전달하는 것과 트랙터의 외부

유압 장치로부터 유압동력을 취출하여 전달하는 2가지의 방식으로 나눌 수 있다.

그림 28은 PTO 동력전달부의 동력전달체계로서 동력전달부의 기어박스 출력축 2개 중 하나는 커터 구동장치부와 연결되어 있으며, 다른 하나는 배출 드로워 구동장치부의 원심식 팬에 직결되어 있으며, 그 구성은 P.T.O 동력전달부의 기어박스, 체인장력 조절장치, 동력전달용 스프로켓, 동력전달용 체인 등으로 이루어져 있다.

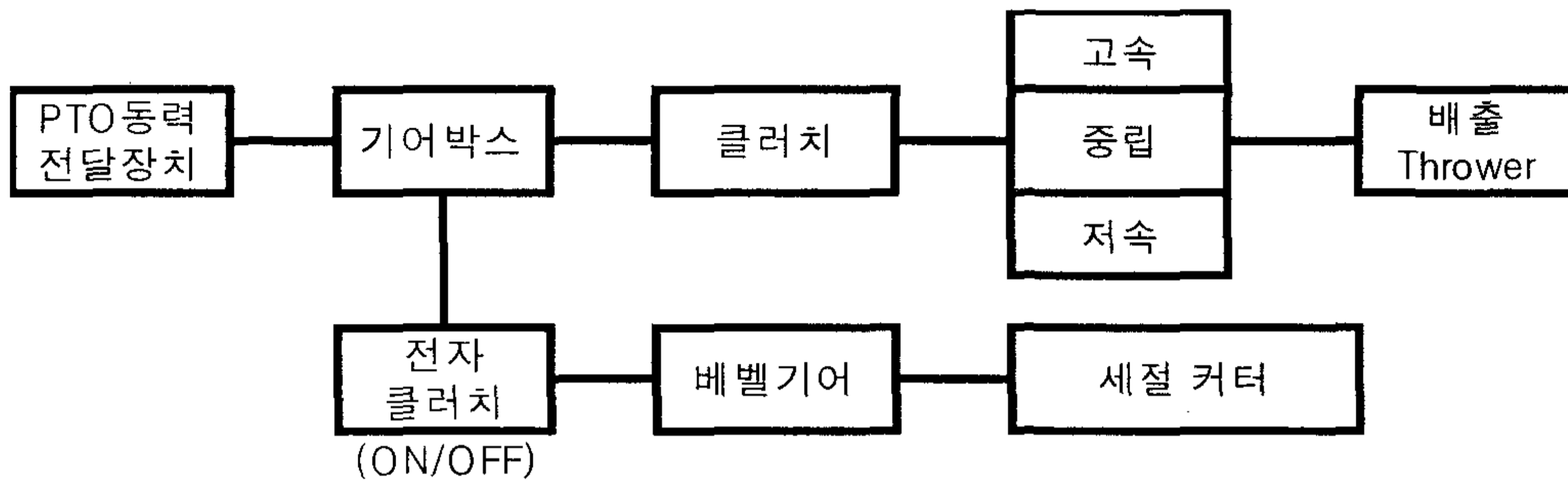


그림 28 PTO 동력전달체계

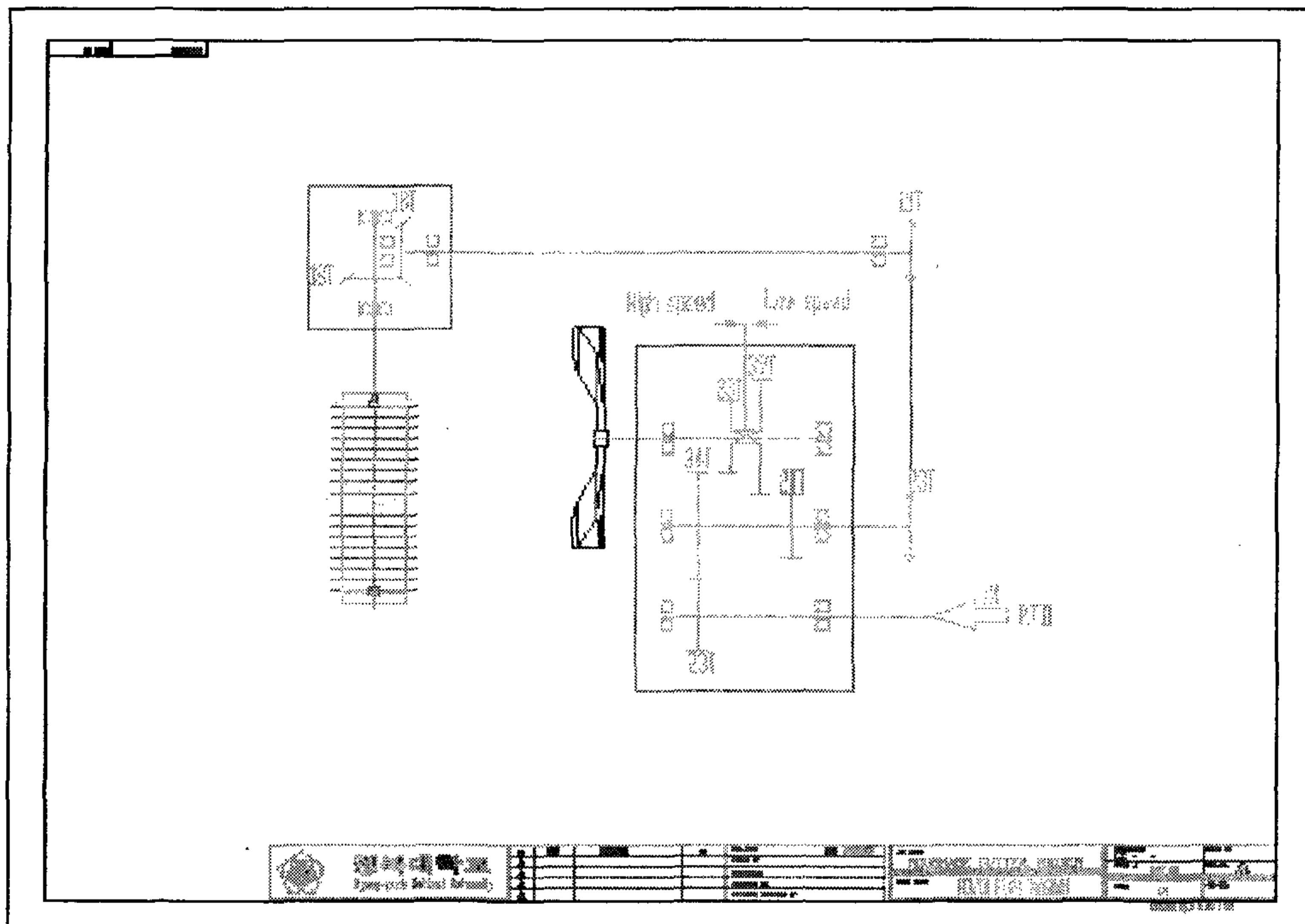


그림 29 동력전달흐름도

또한 원형베일의 세절기는 필요 동력이 거의 대부분 베일 세절 과정에서 발생하므로 이를 지지하는 구조물 및 동력 전달에 사용되는 구성품의 강도를 높이기 위해 고강도의 재료를 사용하고 구조는 가볍고도 높은 강도를 낼 수 있는 구조로 제작되었다. 개발된 동력전달의 구성 부품인 체인, 스프로킷, 기어박스 하우징, 축류 등의 부품 재질은 강도가 높은 고탄소강(SM45C)을 적용하였으며, 베벨기어의 경우 탄소강 중에서도 기계적 성질이 뛰어난 SCM 계열을 적용하여 기계 작동시의 각종 응력에 잘 견디고 내마모성을 증대시켰다.

그림 30은 트랙터 외부유압장치를 이용한 동력전달체계를 나타내었으며, 유압장치의 구성은 자동적재장치, 토출관의 상승과 하강, 세절부의 커버 위치를 조절하기 위한 유압실린더와 원형베일을 세절장치부로 공급하여주는 베일 이송장치를 구동하기 위한 유압모터 및 이들을 컨트롤 할 수 있는 유압 컨트롤 장치부로 이루어져 있다. 특히 유압 모터는 작업자가 이송장치의 속도를 조절할 수 있도록 유량제어장치를 부착하여 사용할 수 있도록 하였다.

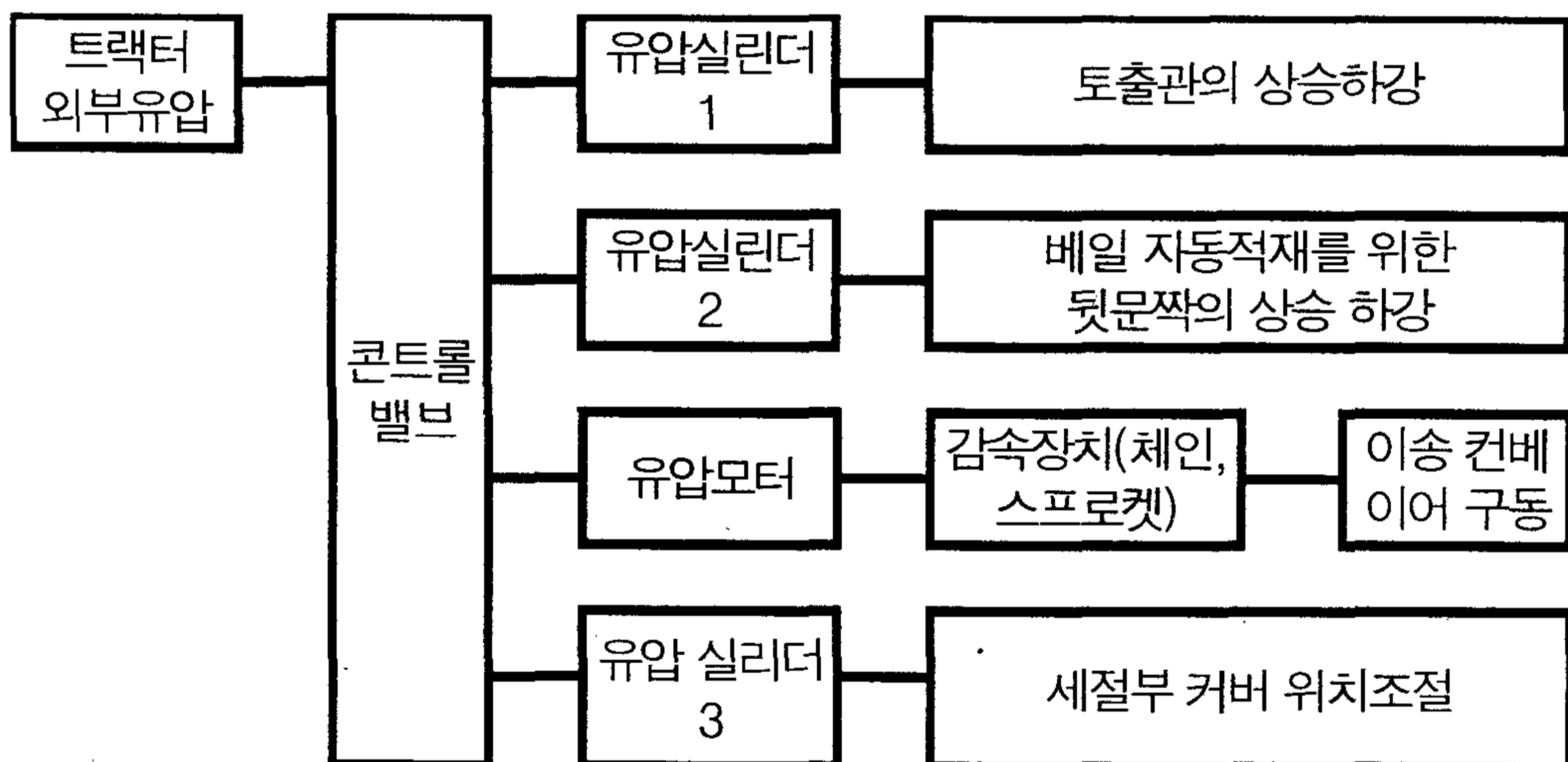


그림 30 트랙터 외부유압장치에 의한 동력전달체계

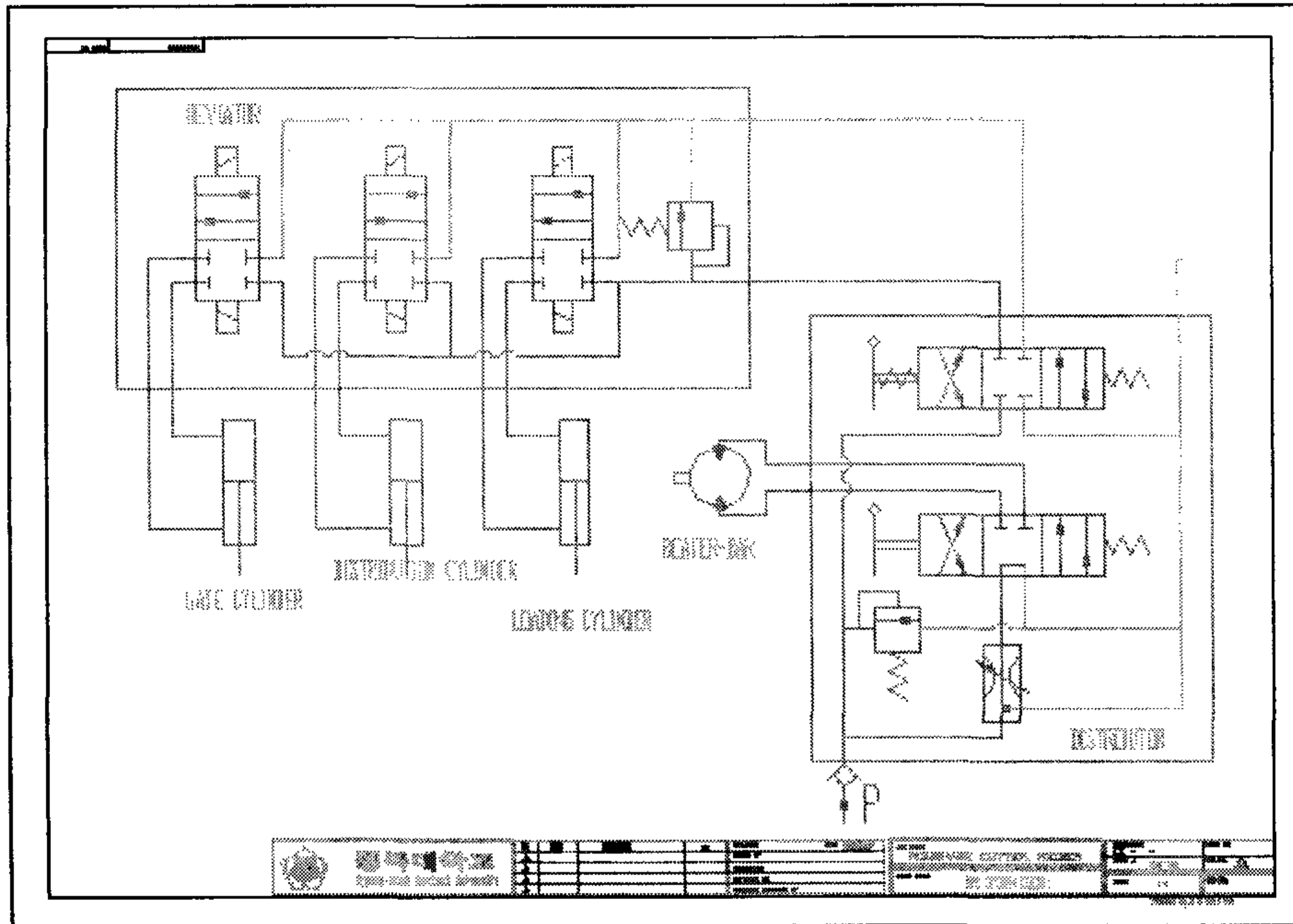


그림 31 유압회로도

표 8 원형베일 세절기 제원

항 목		사 양
적용 트랙터		50 ~ 70 ps 급
적재하중		1.5 ton
칼날수	회전 날	2개/1조 × 4 조 × 18 조 = 144개
	고정 날	18개
적재함 내부규격		높이 1.3m × 폭 1.3m × 길이 2.0m
세절 조사료 토출 거리		수직 : 최대 2 m, 수평 : 최대 15 m
작업 소요시간		10분/(베일 1 EA)
적용 베일		사일리지, 볏짚 등의 원형, 사각 베일

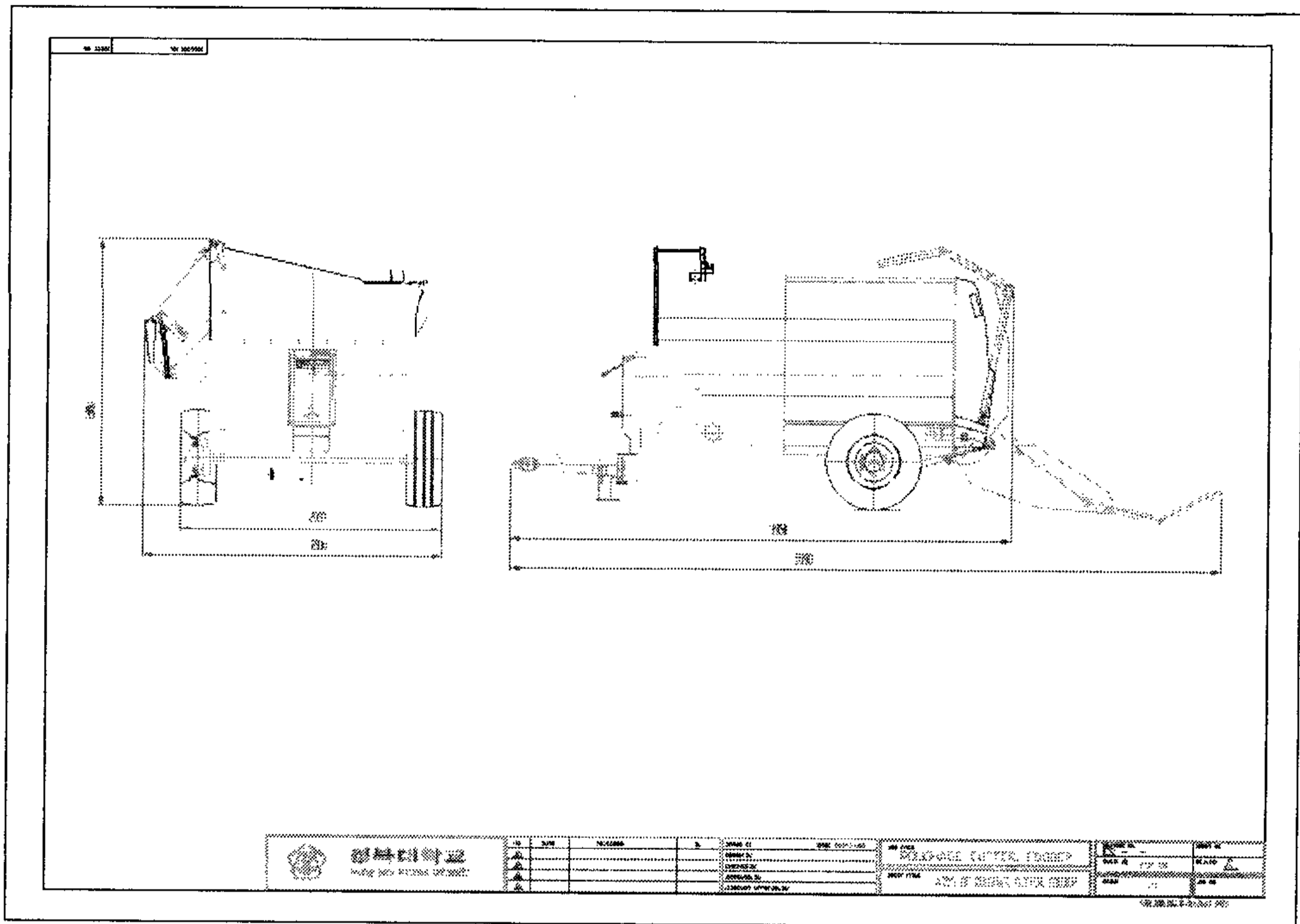


그림 32 원형배일세절기의 전체 조립도

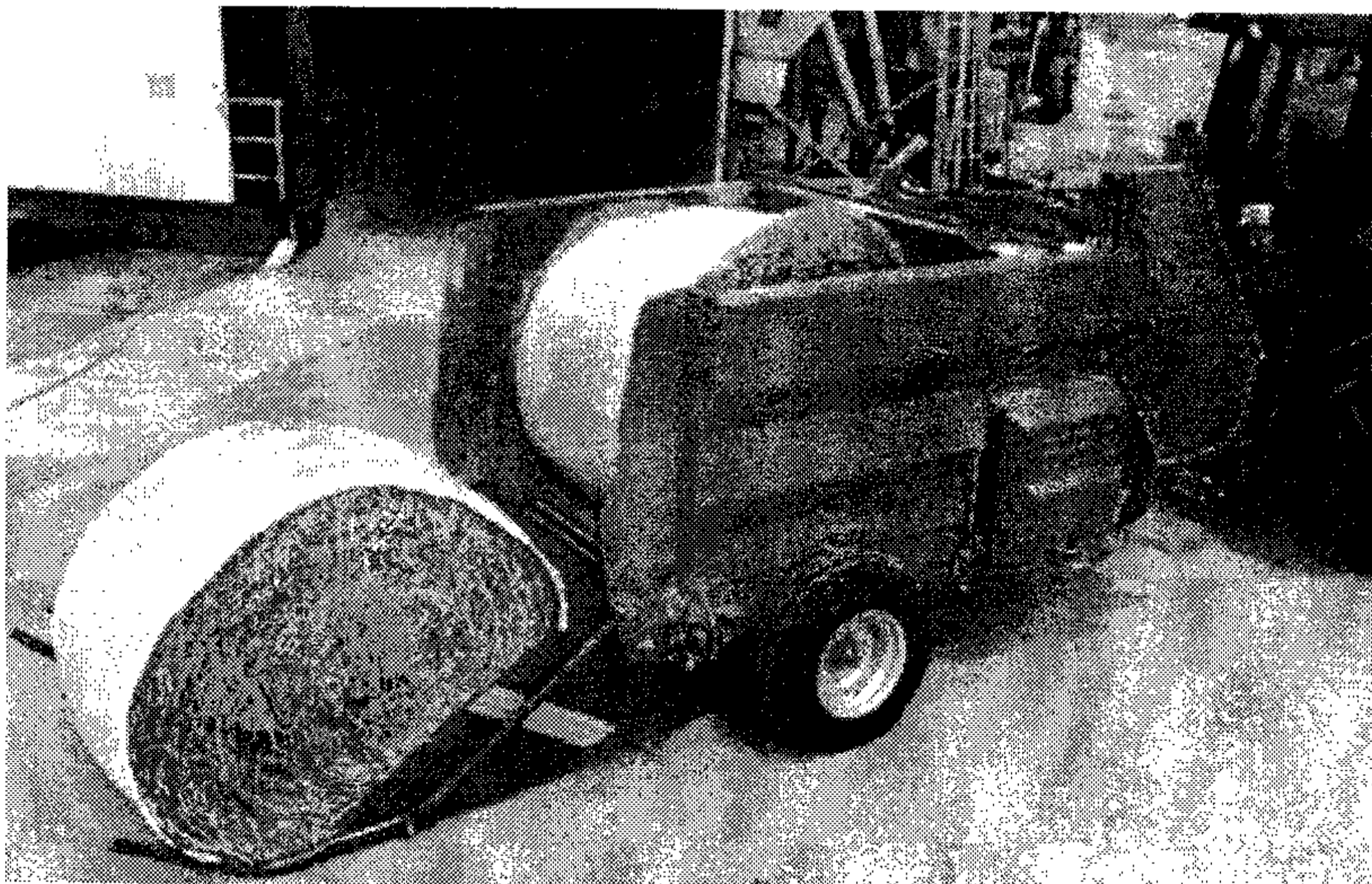


그림 33 개발완료된 원형배일 세절기

2. 세절된 조사료의 배합부로 이송장치 설계 및 제작

배합부로 투입될 세절된 조사료 중에서 원형의 벧짚베일의 경우는 흙먼지 등을 많이 함유하고 있어서, 그림 34 및 그림 35와 같이 개발된 회전식 원형베일 세절기를 이용할 경우 흙먼지가 많이 발생하였다. 원형베일 생산은 예취 → 압축·결속 → 기밀 포장 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는 기계화 일관작업시스템을 통하여 생산되고 있다. 하지만 특히 벧짚의 경우에 레이크 작업 및 베일링 작업시에 토양의 흙이 같이 혼합되어져 조사료의 품질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 사료로 급여시 소의 위점막 용탈 사이에 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성질병 발생 및 생산성 저하 등의 문제점을 일으킨다. 개발된 회전식 원형베일 세절기는 세절 작업시 세절과 동시에 타격이 일어나고 원심식 배출기에서 발생하는 강한 바람을 통하여 흙먼지를 날려 보내는 효과를 가지고 있다.

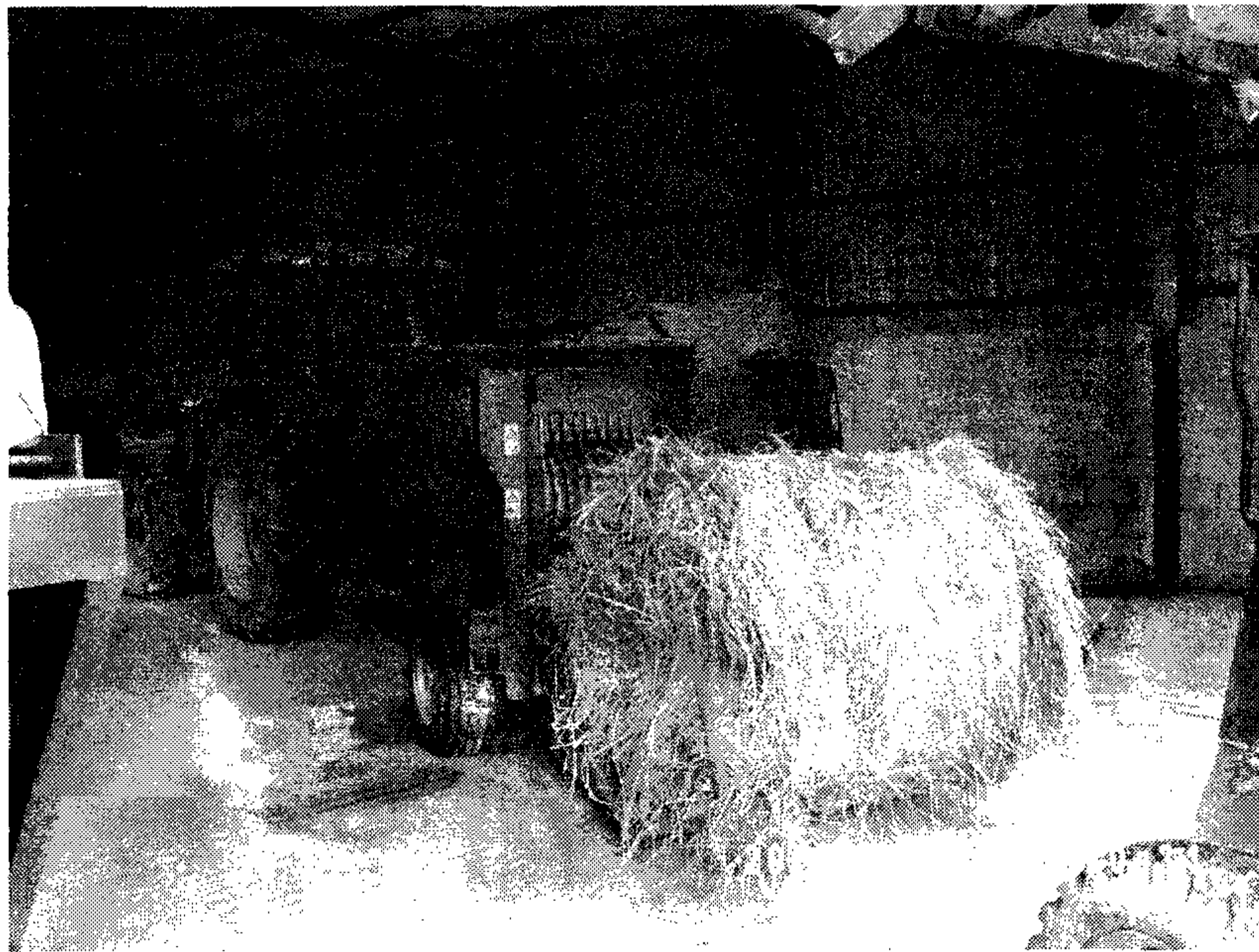


그림 34 원형벧짚베일의 세절 전 전경

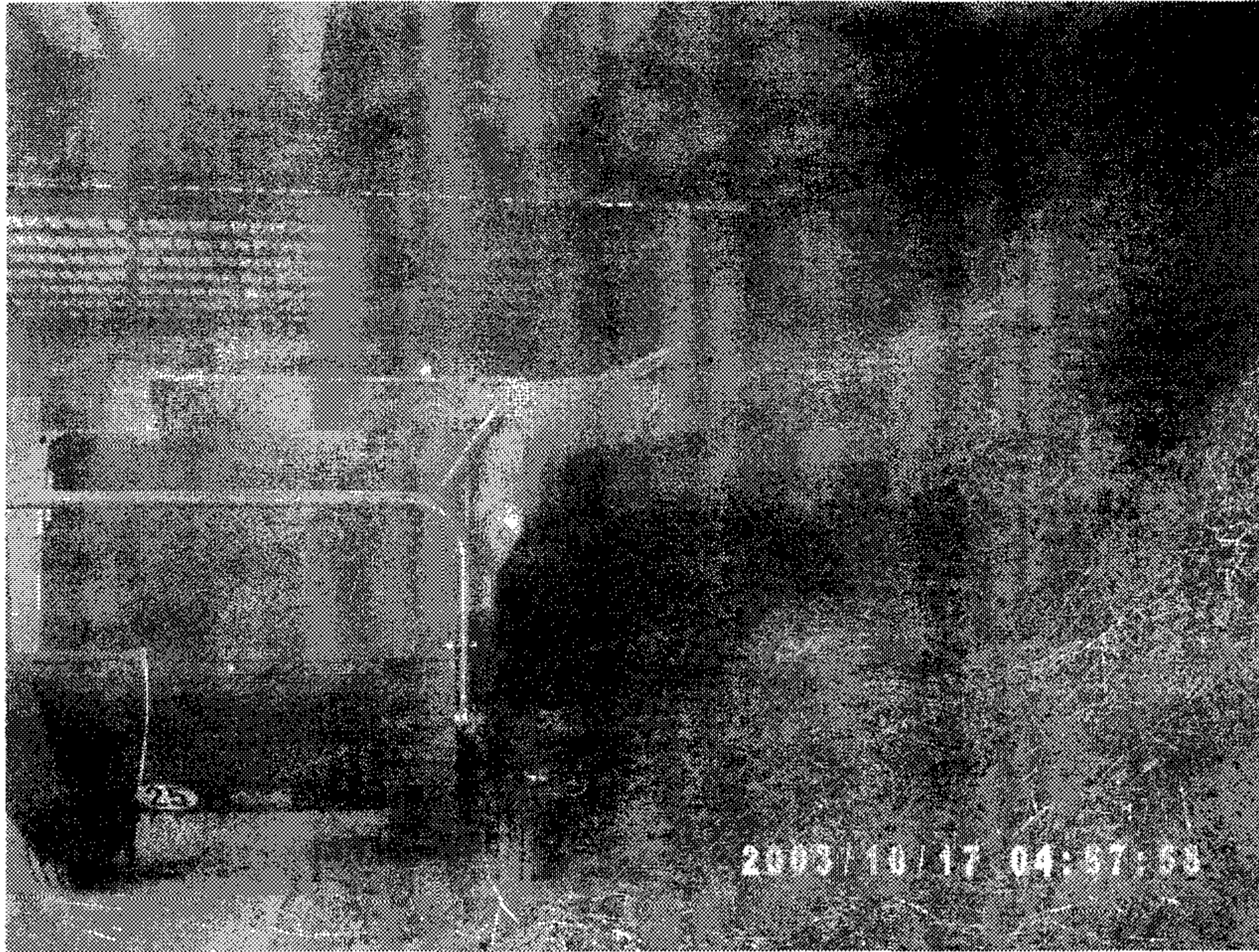


그림 35 원형벧짚베일의 세절 후 전경

또한, 조사료 세절기로부터 흙먼지 제거 사이클론을 거쳐 나온 조사료는 매우 부피가 크다. 따라서 배합기에 투입에도 많은 시간과 노력이 소요될 뿐 아니라 배합기를 넘쳐나도록 공간을 차지하여 타 원료의 투입을 불가능하게 하고 있다.

따라서, 플랜트 내에서 작업을 하는 작업자에게 먼지에 노출되는 것을 막고, 세절기에서 배출된 벧짚 등의 조사료를 배합기에 적절하게 이송하도록 하기 위하여 사이클론 시스템을 적용하였다.

가. 세절기의 풍속측정

보통형 사이클론의 설계는 메이커에서 처리풍량별로 표준도면이 완성되어 있는 것이 보통인데 본 연구에서는 다음과 같이 설계하였다.

풍속이 결정되면 처리풍량에서 입구면적이 구해지므로 표준형식의 사이클론의 치수를 결정하기 위하여 세절기의 송풍팬에 의해 발생하는 풍속을 먼저 실험을 통하여 구한 후 결정하였다.

그림 36의 개략도와 같이 정류관(200mm)을 덕트(350mm×350mm×1000mm)에 삽입시킨 후(그림 37) 세절기 토출구와 연결시켰다. 풍속계(testo 400 ; 그림 38)를 이용하

여 반복 시험하여 9점 평균값으로 풍속 측정 및 풍량 계산 후 사이클론 용량 선정하였다.(그림 39) 이때, 트랙터 540rpm에서 세절기의 송풍팬의 속도를 저속(250rpm)과 고속(540rpm)으로 조절하였다.

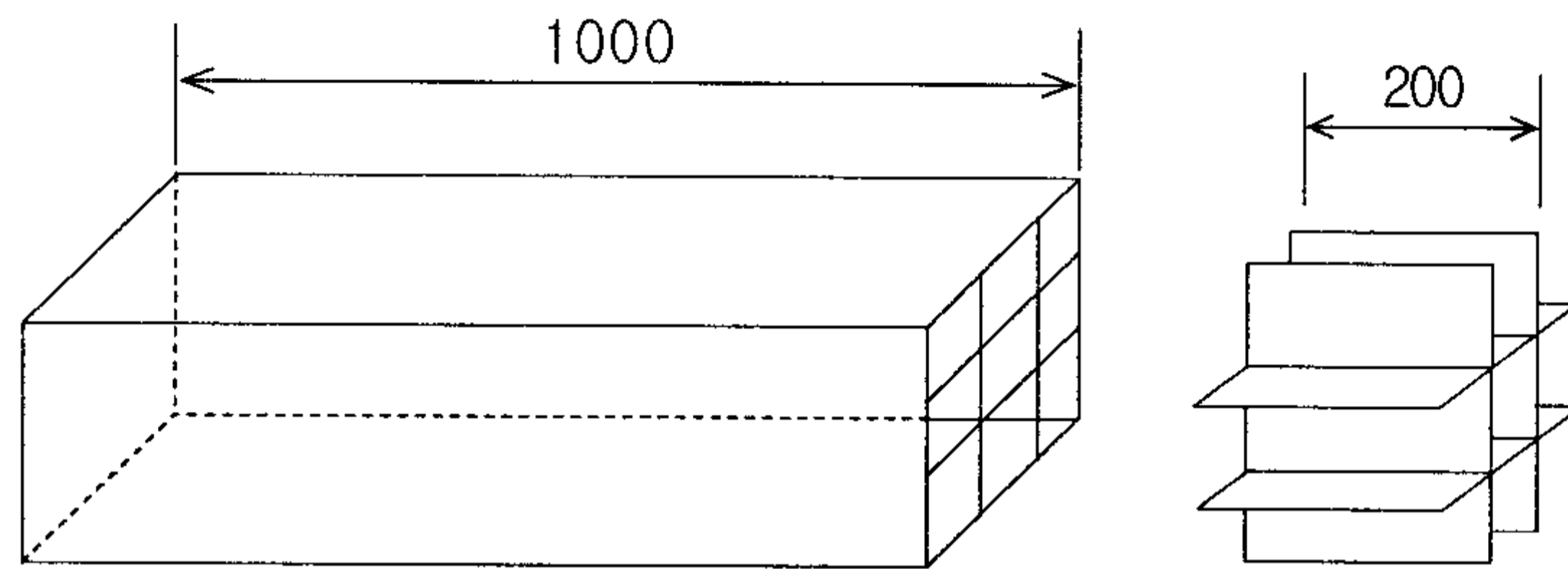


그림 36 시험 연결덕트 및 정류판

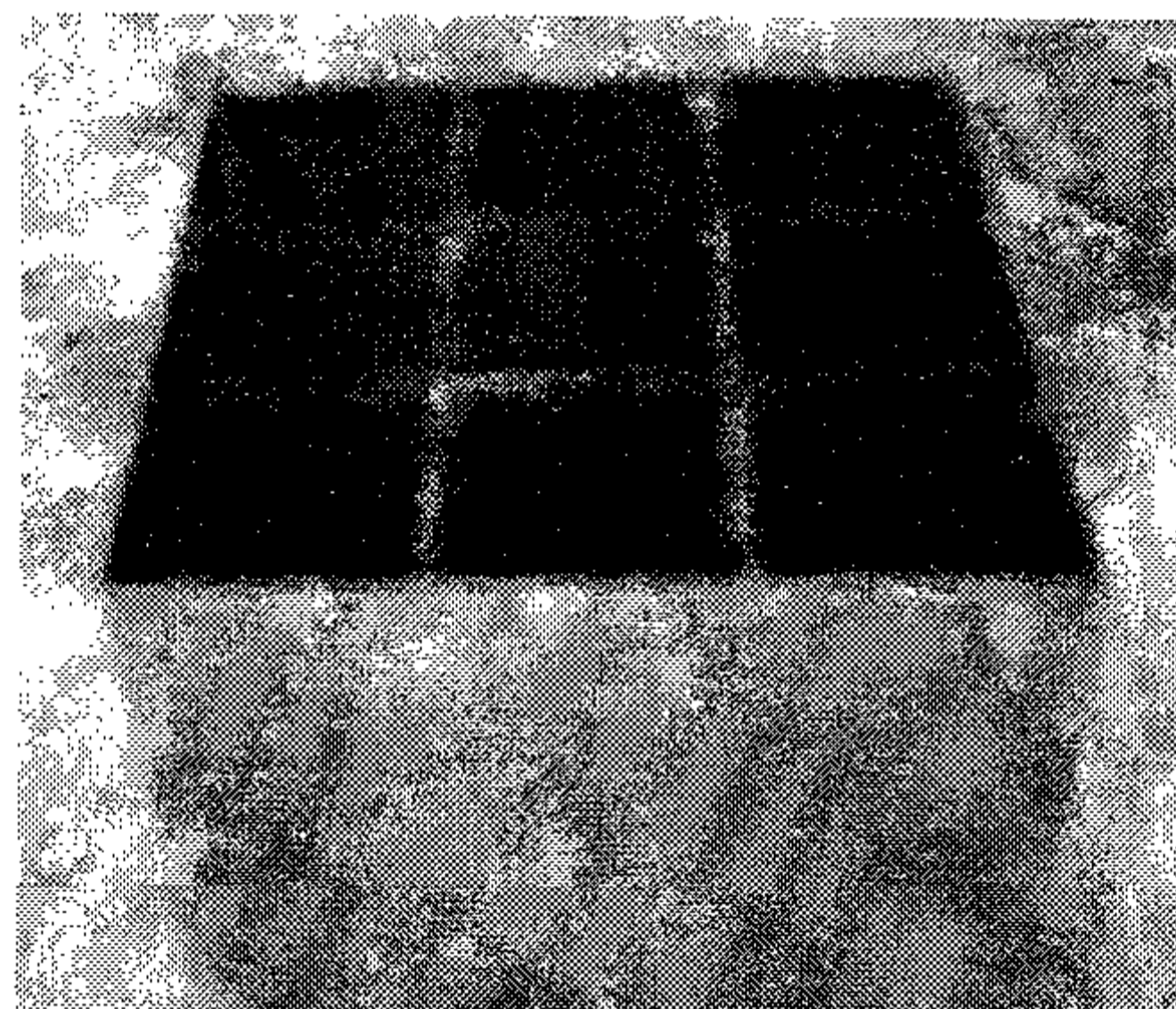


그림 37 제작된 시험용 덕트



그림 38 풍속계



그림 39 세절기 풍속시험

측정된 값을 그림 40 및 41에 나타내었는데, 저속일 경우 평균풍속은 11.56m/s로서 평균풍량이 1.42m³/s (84.97m³/min)로 측정되었으며, 고속일 경우는 평균풍속이 34.45m/s로서 평균풍량이 4.22m³/s (253.21m³/min)로 측정되었다. 덕트 내에서 중앙부가 가장 풍속이 크고, 상부보다 하단부의 가장자리가 풍속이 작게 나타났다.

11.84	12.52	11.98
11.14	12.97 (m/s)	11.11
10.57	11.48	10.41

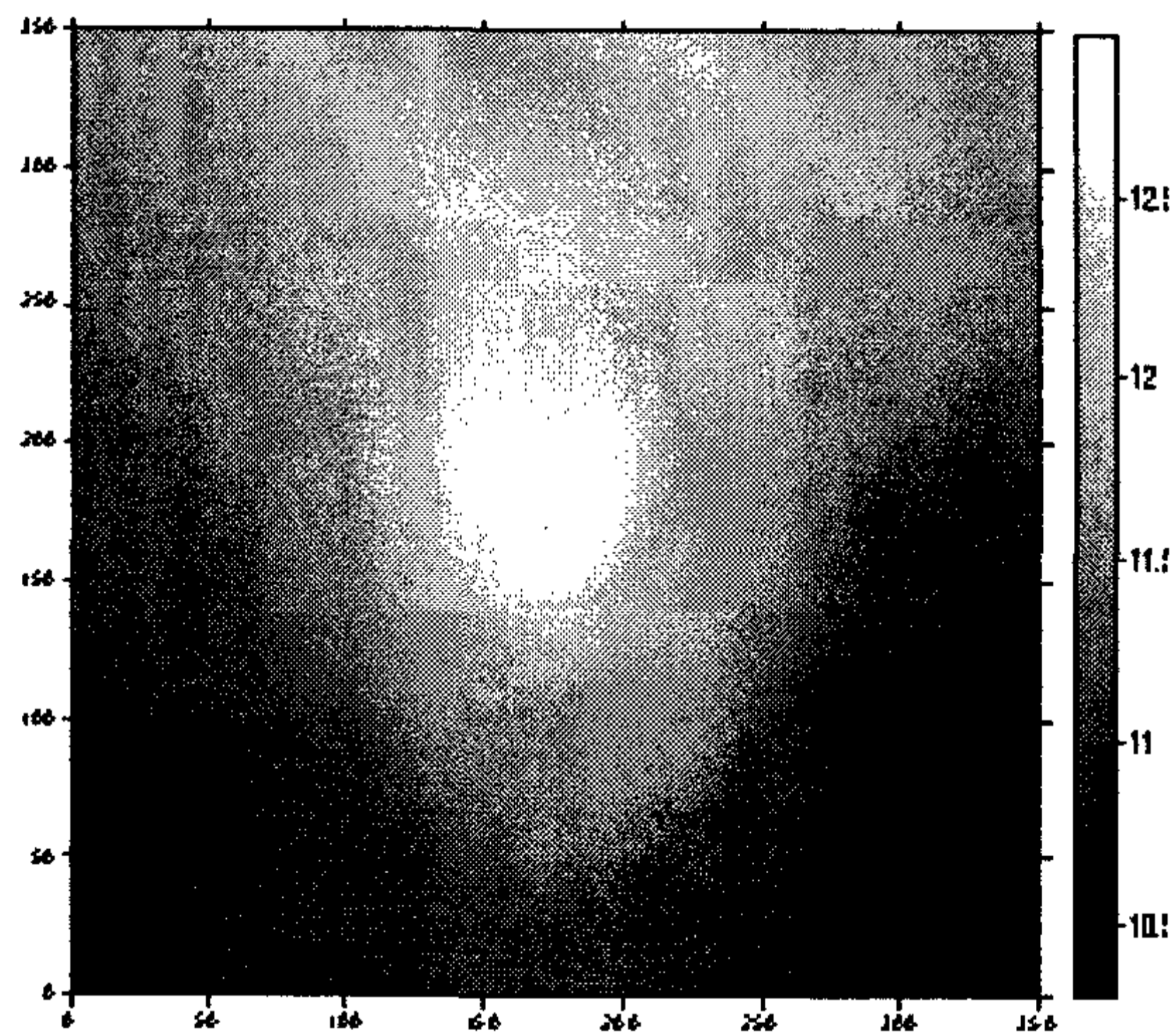


그림 40 덕트 내 풍속측정(저속)

35.94	36.82	34.34
32.68	38.32 (m/s)	34.52
31.23	34.98	31.25

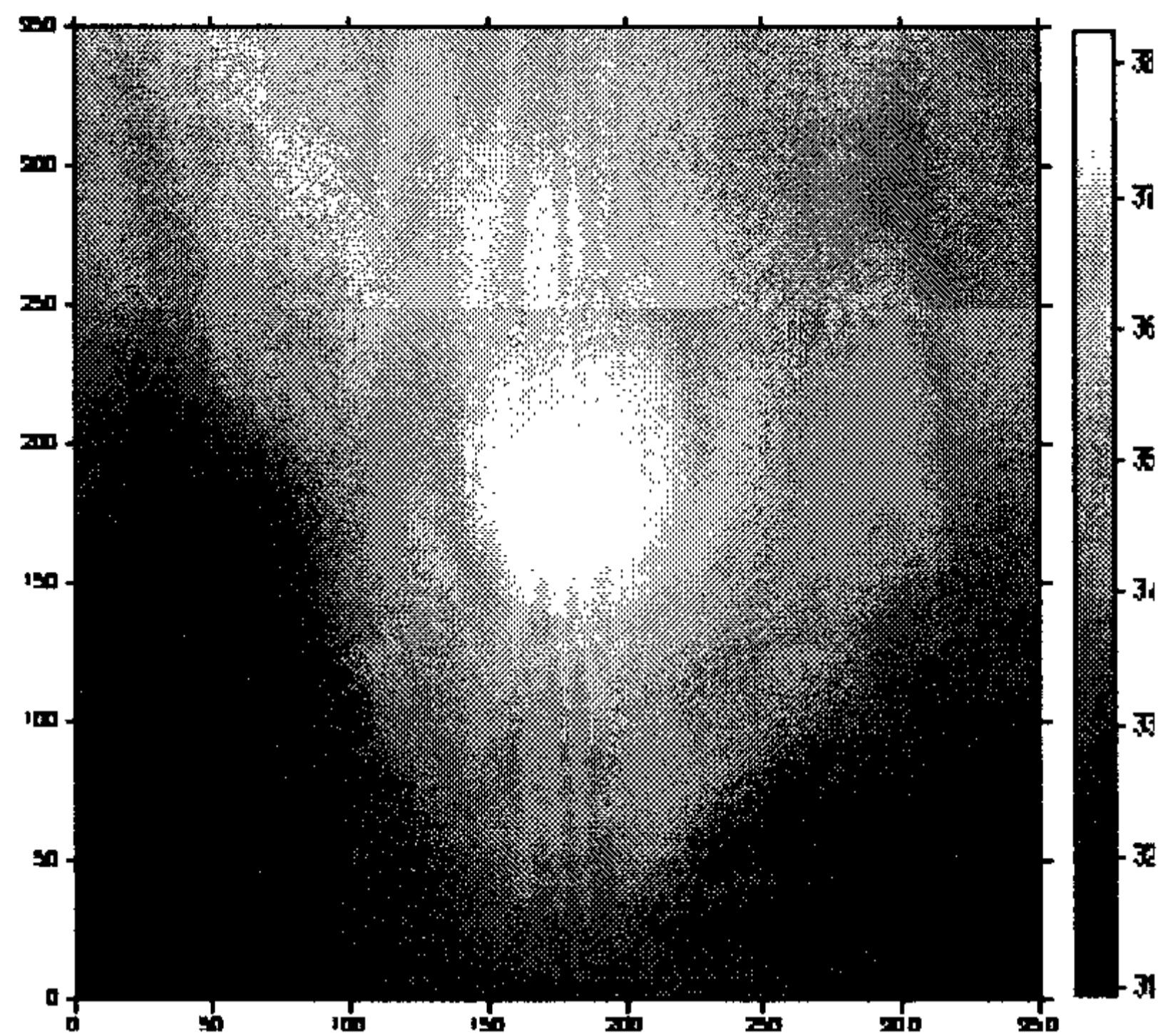


그림 41 덕트 내 풍속측정(고속)

나. 사이클론 시스템의 설계 및 제작

세절된 조사료의 배합부로 이송장치인 사이클론 시스템은 원통부와 원뿔부로 구성되며, 토양흡과 같이 혼합되어진 볏짚 등의 조사료가 세절기의 배출부로부터 사이클론의 원통부 측벽으로부터 접선 방향으로 공급되어 원통 내벽을 따라 선회하면서 하강하여, 원뿔부로 들어가 계속 선회하강해서 밑부분에 도달한 뒤, 배합기의 배합탱크로 배출되도록 설계하였으며, 조사료 속에 함유된 흙먼지는 중심부에서 반전하여 선회상승해서 상부의 출구로 배출되어 플랜트 외부에 포집되도록 설계하였다.

따라서, 위의 시험 결과를 토대로 아래의 그림 42와 같이 사이클론의 설계도를 완성하였으며, 그림 43에 제작 설치된 사이클론 시스템을 나타내었다.

아래 그림 43은 농가용 소형 TMR 플랜트 모델의 세절된 조사료의 배합부로 이송장치에 적용될 사이클론 시스템을 나타내었다.

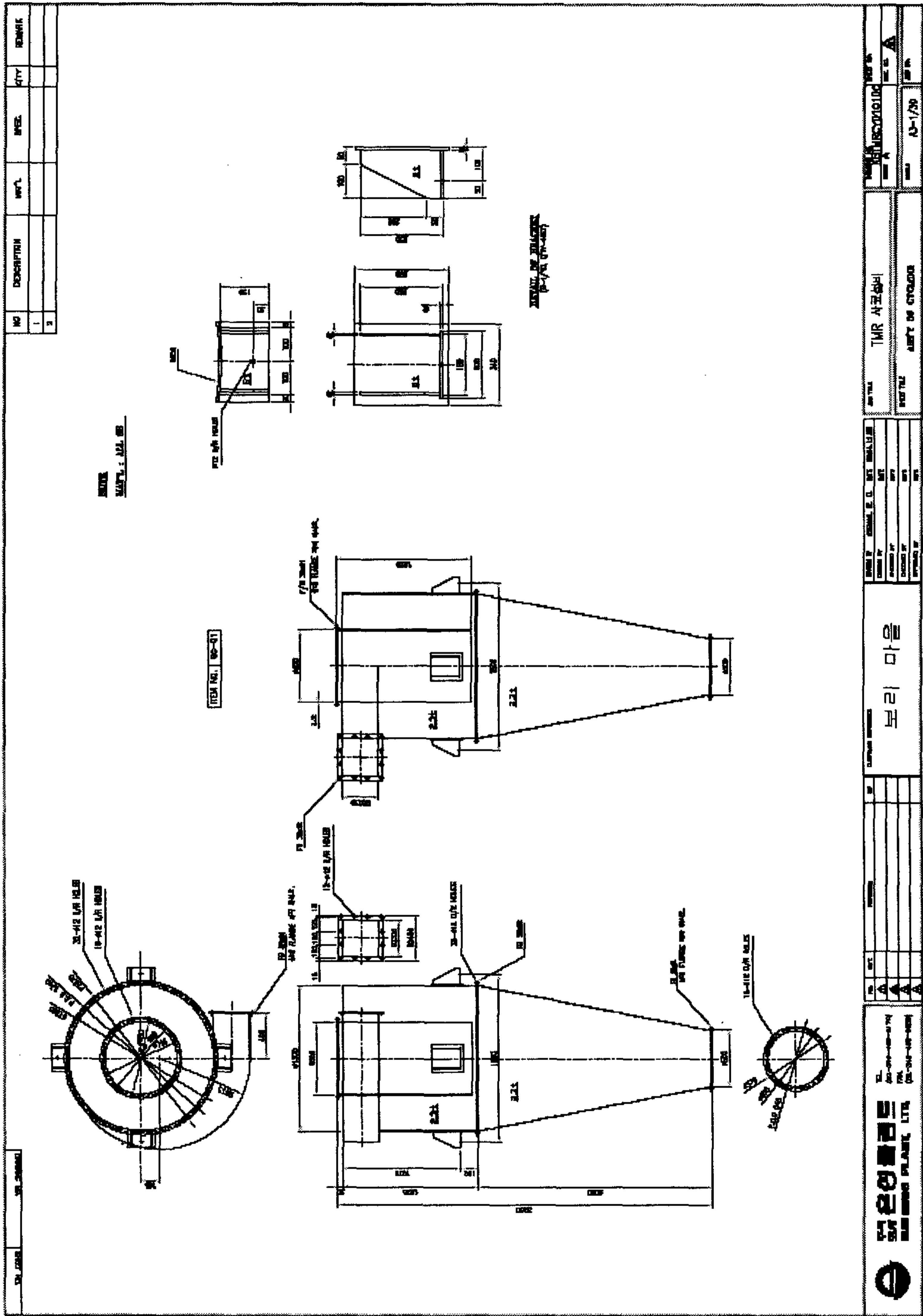


그림 42 사이클론 설계도

NO	DESCRIPTION	QTY	REMARK
1			
2			

		한진엔지니어링 HANJIN ENGINEERING CO., LTD.	
DRAWN BY: [Blank] CHECKED BY: [Blank] APPROVED BY: [Blank]	ITEM NO.: 92-01 PART NAME: 사이클론	DRAWING NO.: AD-1/20	DATE: [Blank]

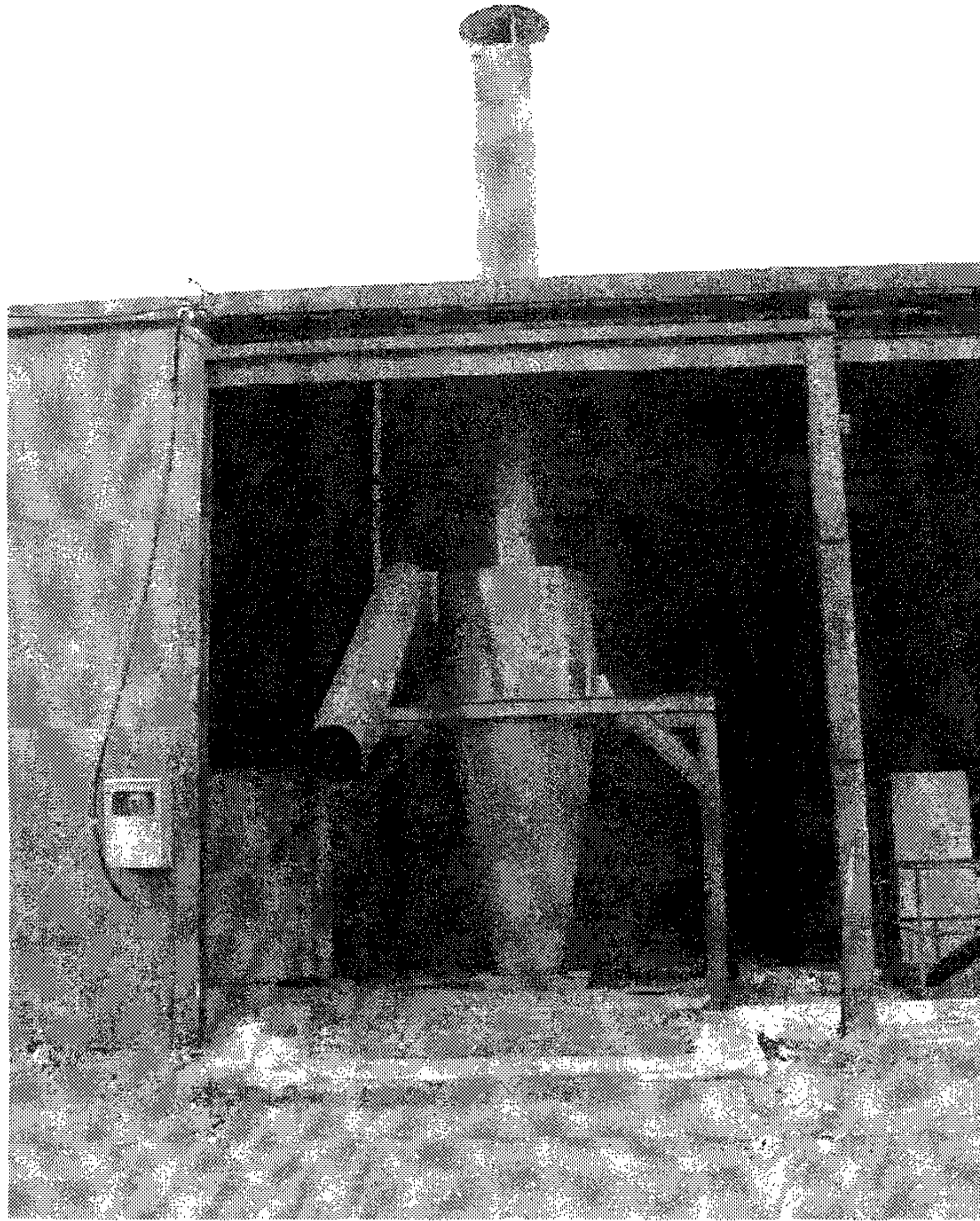


그림 43 제작된 사이클론 시스템

3. TMR 배합부의 설계 및 제작

젖소 및 한우에게 공급할 수 있는 조사료와 농후사료를 배합하는 TMR 배합기는 크게 ①배합탱크, ②교반기, ③계량장치, ④동력전달장치, ⑤배출장치로 구성된다. 본 연구인 “농가용 TMR 플랜트 모델”에 설치될 배합기는 교반기에 원형 칼날을 부착하여 길게 투입된 조사료(특히 볏짚)을 배합기 내에서 배합과정 중에 잘게 세절이 되도록 수정 보완하여 설계 및 제작하였으며, 정확한 계량 및 프로그램에 의한 양질의 사료를 배합할 수가 있으며 아울러 사료의 급여 및 조제에 소요되는 시간을 단축할 수

가 있는 기능을 가진 정치식의 배합기로 설계를 하였다. 특히 볏짚과 같은 조사료와 사일리지, 맥주박 등과 같은 습사료, 그리고 분말 농후사료 등을 동시에 효율적으로 배합할 수 있도록 설계를 하였다.

따라서 본 TMR 배합기는

- ① 조사료는 투입과 동시에 잘게 절단 또는 분쇄되며,
- ② 원료의 계량도 할 수가 있어 정확한 배합비를 만들 수가 있고,
- ③ 배합후 사료는 사료조로 급여 할 수는 배출 시스템이 있으며
- ④ 아울러 40%의 수분을 가진 습사료도 배합이 가능하고,
- ⑤ 동력은 모터로 구동되는 정치식의 기능을 가질 수 있도록 설계 및 제작을 하였다.

전체시스템은 앞서 제시된 모델개발에서 선정된 기계를 중점 분석하여 “농가용 소형 TMR 플랜트 모델” 맞도록 개발하였는데 전체적인 구조 및 기능은 다음과 같다.

가. 배합탱크 및 교반기

오거(Auger)형 배합기는 일반적으로 TMR믹서로 가장 많이 사용되는 믹서로서 낙농 목장에서는 물론, 대규모 비육우 농장에서도 널리 사용되고 있다. 윗부분이 열려있어 위로부터 사료원료를 투입하도록 되어 있으며, 믹서내부에 2개의 오거가 내장되어 있어 이 오거가 회전하면서 사료를 섞고 밀어내어 배합하도록 되어 있다. 다른 형태의 어떤 믹서보다도 조사료와 농후사료를 동시에 골고루 강력하게 혼합할 수 있다. 표 7은 배합기의 제원을 나타낸 것으로서 용량은 11m³로서 중량으로는 2.5ton이며 1batch 당 젖소의 경우 100두 급여할 수 있는 용량으로 설계하였다. 실제로 80% 충전율(2톤)을 고려하면 80두 정도가 가능한 것으로 나타났다.

여기에서 2.5톤을 결정한 주요 이유는 다음과 같다.

- ① 가장 가능한 적은 규모의 배합기를 선정한다.
- ② 일반적으로 볏짚과 같은 조사료의 배합 %가 약 15% 정도가 된다.
- ③ 따라서 300kg 정도의 원형 베일을 한번에 세절하여 투입이 가능한 규모가 2톤 배합기가 되고 따라서 원형 베일의 투입과 배합에 가장 적정비율이 된다.

그림 44와 같이 제작된 2중 오거형은 양방향에서 가운데 쪽으로 미는 방식의 구조로 제작되어 있으며 기계 구조가 간단하며 배합 효율이 좋으며, 중앙으로 밀어 올려 자연 낙하함으로 기계의 높이가 다른 기계보다 약간 높다. 또한 벧짚 등의 조사료를 잘게 절단하도록 톱니형상의 원형칼날을 오거의 1 Pitch 당 6개를 부착하였으며, 원형칼날의 재질은 내마모성이 좋도록 강에 열처리를 하여 제작하였다.

배합기의 외형은 6,650(L)×2,150(W)×2,550(H)으로서, 그림 45에 배합탱크의 설계도를 나타내었다.

표 9 TMR 배합기의 제원

용량(m ³)	11
실제 가능 급여두수(두/batch)	80
외형(L×W×H)	6,650×2,150×2,550
소요마력(HP)	50
교반형식	2-Auger

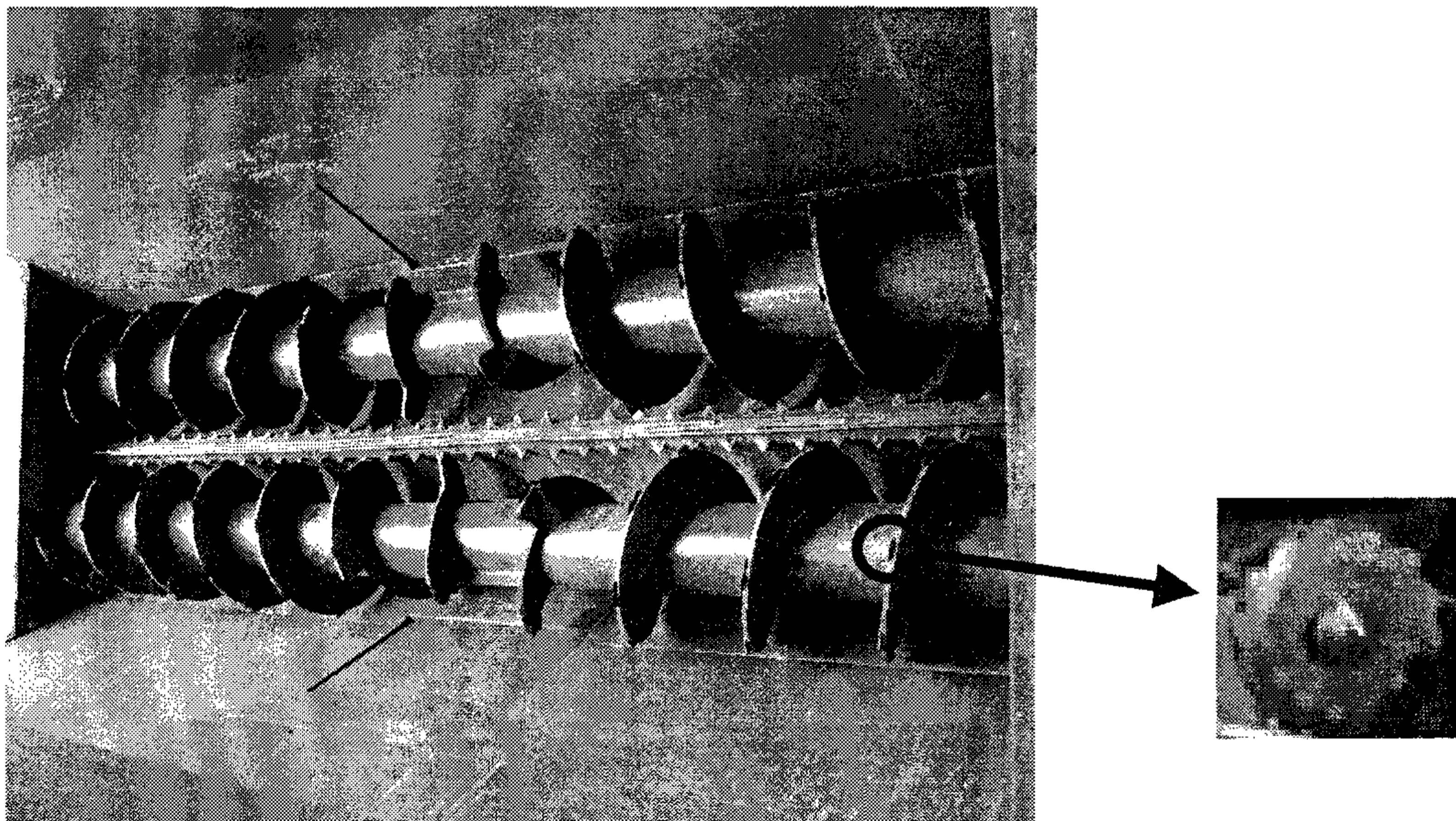


그림 44 오거 및 원형커터 제작사진

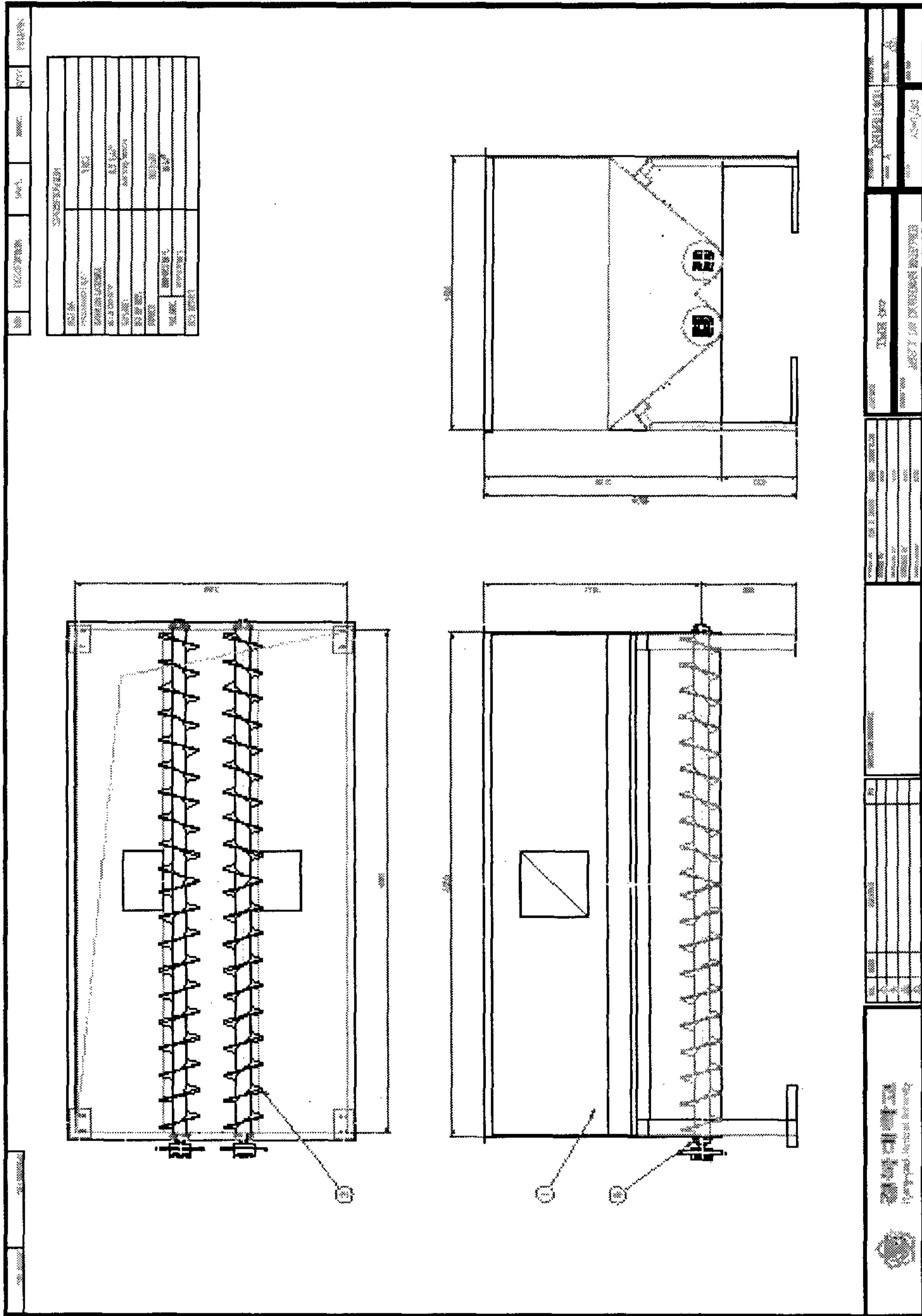


그림 45 배합탱크 설계도

나. 계량 장치

배합비율의 정확한 정보 제공 및 배합원료의 정확한 계량은 양질의 사료 제조와 함께 경제적인 젖소의 사료제조에 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 개발된 사료 배합기에 계측장치를 부착하여 배합될 원료를 계량할 수 있는 계량시설과 동시에 배합시간 및 배합비율에 대한 정보를 제공하여 준다. 본 연구에서는 배합기의 무게를 I/O 인터페이스에 의하여 디지털로 계량이 표시 되도록 계량 장치를 설계하였으며 또한 이미 입력된 자료에 의하여 투입량이 초과를 하면 버저를 작동 시켜 투입이 중단 되도록 하였다.

또한 이미 입력된 자료를 통하여 누적된 무게도 감지를 하여 버저를 울리며 무게가 초과를 할 경우 작동이 정지되도록 하였다. 보다 복잡한 컨트롤패널 시스템도 시설을 할 수는 있지만 본 연구의 목적은 보다 저렴한 비용으로 사료를 생산하는 것이므로 가능한 비용이 저렴한 간이 시스템을 설치하였다.

그림 46은 TMR 배합기의 콘트롤 패널 내부 모습을 보여주고 있다.

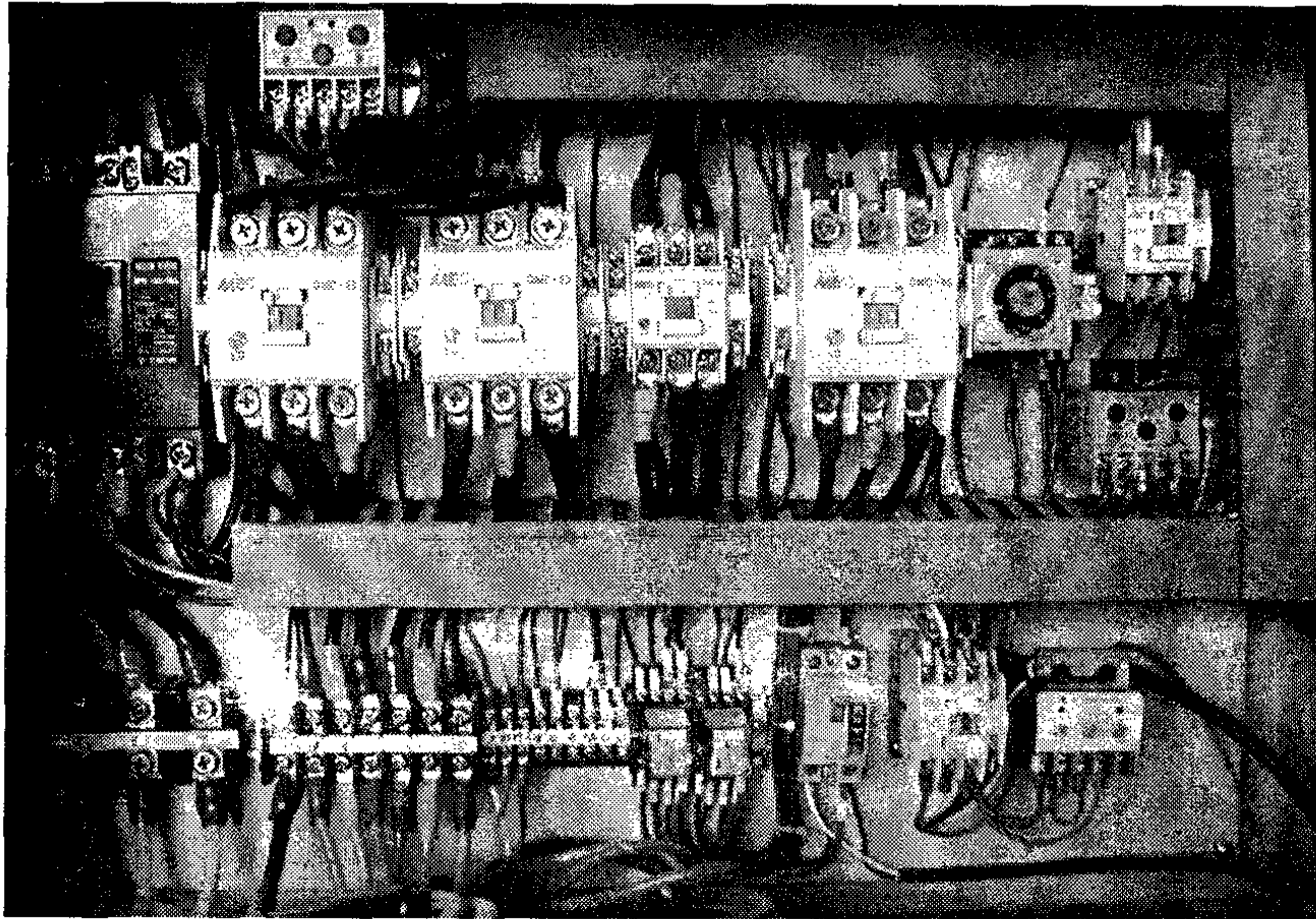


그림 46 TMR 배합기 콘트롤 패널

계량시스템의 계량 오차는 0.5% 미만으로 되도록 하였다. 이 시스템 역시 성능 검

증을 수행한 결과 계량오차는 0.5% 미만으로 배합사료용으로는 매우 양호한 것으로 나타났다. 또한 그림 47은 배합기에 장착된 로드셀 및 인디게이터를 보여주고 있다.

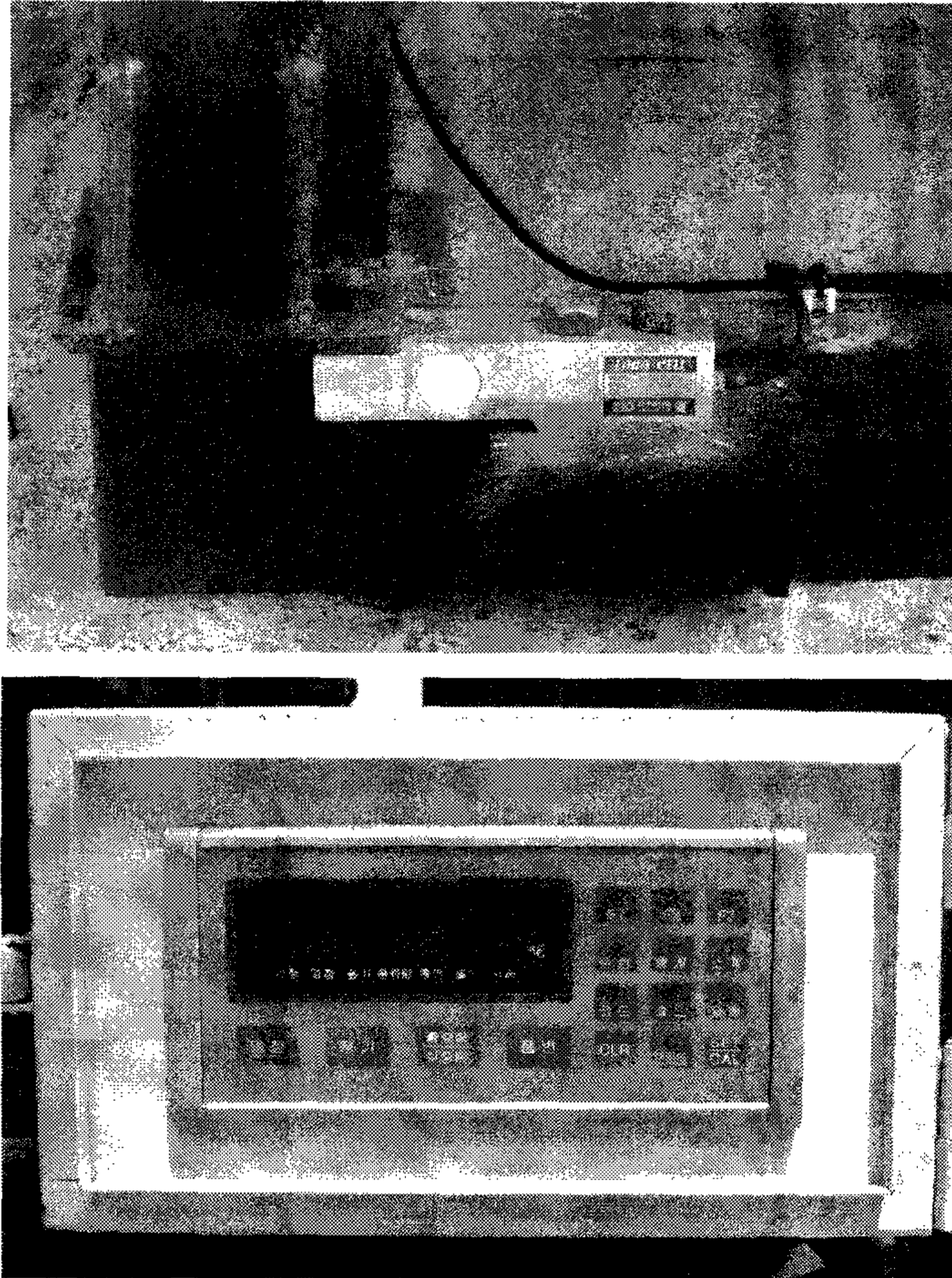


그림 47 로드셀(상), 인디게이트(하)

다. 배출장치

사료 배출 장치는 배합된 사료를 우리가 원하는 임의의 위치에 균일한 성분으로 사료급여구로 투입이 가능한 시스템으로 배합기에 부착되어 있는 장치이며, 배합된 사료를 배출시에 유압모터에 의해 발생된 유압으로 유압실린더를 작동시켜 배출게이트를 열고 배출되도록 설계하였으며 배합기에 모든 사료가 배출 되는데 소요 시간은 8분에서 10분으로 설계를 하였다. 이상과 같이 개발된 배합기의 전체 시스템의 조합

도와 제작 완료된 정치식 TMR 배합기의 사진을 그림 48과 49에 나타내었다.

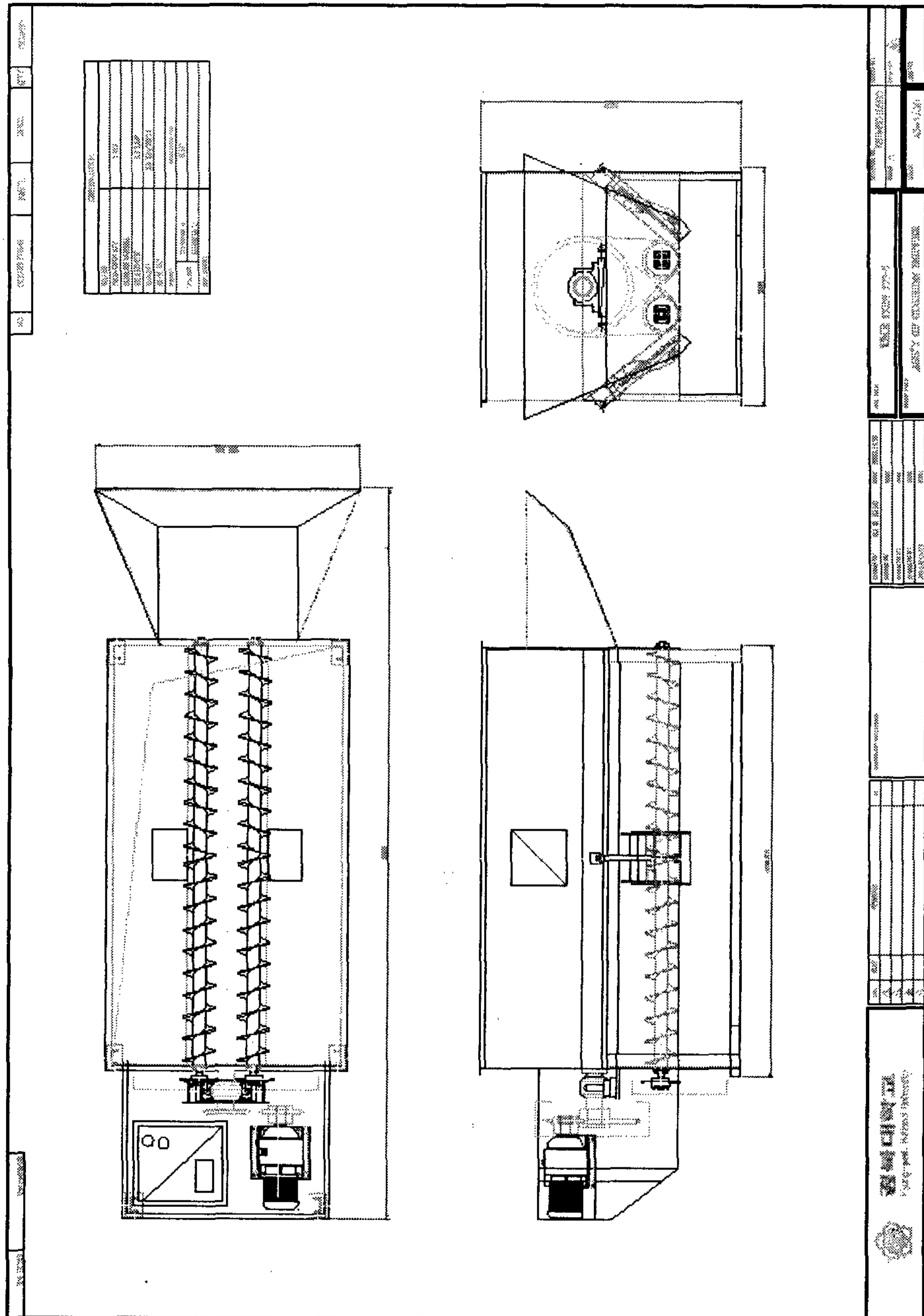


그림 48 TMR 배합기 전체시스템의 조합도

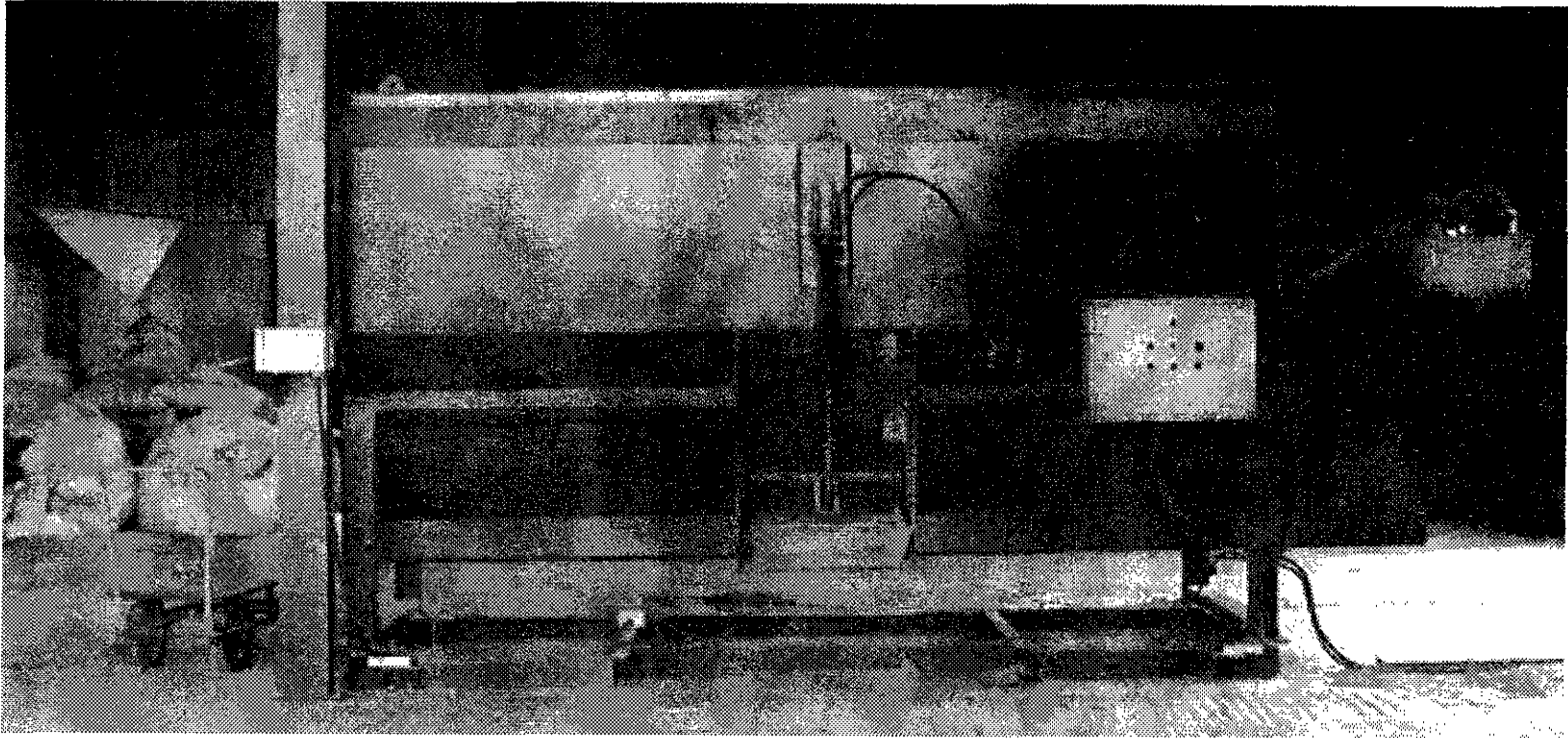


그림 49 제작된 TMR 배합기

4. 포장시스템 설계 및 제작

배합기에서 배합이 완료된 제품들은 제품 빈에 저장되었다가 포장작업시 계량용 호퍼빈으로 보내어져 포장기에서 500kg 단위로 타이콘 백에 채워져 반출되도록 하는 시스템이다. “농가용 소형 TMR 플랜트 모델”은 작업자 1명이 시스템을 운영하여야 하기 때문에, 계량-포장-적재 작업까지 1명의 인원이 1 배합주기 동안 작업이 가능하도록 포장시스템이 구성되어야 한다. 따라서 만약 2ton 용량의 배합기가 구성된다면 4개의 500kg 타이콘백이 생산되기 때문에, 1일 생산량이 많다면 1 배합주기에 소요되는 시간을 줄이기 위하여 자동으로 포장시스템을 구성하는 것이 유리하다. 1일 생산량이 많지 않을 경우에는 간단한 톤백저울을 이용하여 저렴하게 구성하는 방법도 있다.

가. 계량, 포장, 적재부

본 연구에서는 반자동으로 포장되는 시스템으로 구성하였는데, 자동으로 포장시스템의 구성요소를 살펴보면, ① 계량을 위한 계량용 호퍼빈과 로드셀을 이용한 계량기

로 구성된 계량부, ② 투입슈터에 백 클램프(bag clamp)을 구성하여 백 입구를 간단히 체결하고 백을 매달아 수평을 유지해주는 스프링 행거로 이루어진 포장부, ③ 계량과 포장이 완료된 타이콘 백을 운반 적재하기 위하여 타이콘 백을 밀 수 있는 푸셔(pushers)와 적재 대기시켜 놓을 수 있는 원형롤러컨베이어로 구성된 적재부, ④ 계량부-포장부-적재부를 자동으로 제어하는 콘트롤러부와 에어시스템으로 구성하였다.

처리되는 방식은 반입되는 TMR의 중량을 계량하기 위하여 계량스위치가 작동되면 계량용 호퍼빈의 게이트가 완전히 열리고 TMR은 투입슈터에 백 클램프(bag clamp)을 구성하여 백 입구를 간단히 체결하고 백을 매달아 수평을 유지해주는 스프링 행거로 이루어진 포장부의 타이콘 백으로 흘러내린다. TMR의 중량이 계량 설정치(500kg)에 가까워지면 에어시스템에 의해서 계량용 호퍼빈의 게이트는 반 정도 닫히고, 설정치에 도달하면 완전히 닫힌다. 동시에 계량과 포장이 완료된 타이콘 백을 운반 적재하기 위하여 원형롤러컨베이어를 구성하여 타이콘 백을 밀 수 있는 푸셔(pushers) 또는 인력으로 타이콘 백을 밀어서 적재 대기시켜 놓은 후, 계속해서 수개의 타이콘 백의 포장을 할 수 있으며, 필요시 타이콘 백으로 포장하지 않고 벌크차로 적재하여 반송할 수 있도록 설계하였다.

아래의 그림 50은 포장시스템의 설계도를 나타낸 것이며, 그림 51은 원형롤러컨베이어의 설계도를 나타내었다.

또한, 그림 52는 계량을 위한 계량용 호퍼빈과 로드셀을 이용한 계량기로 구성된 계량부의 제작된 사진을 나타낸 것이며, 그림 53은 투입슈터에 백 클램프(bag clamp)을 구성하여 백 입구를 간단히 체결하고 백을 매달아 수평을 유지해주는 스프링 행거로 이루어진 포장부를 제작도를 나타낸 것이며, 그림 54는 계량과 포장이 완료된 타이콘 백을 운반 적재하기 위하여 타이콘 백을 밀 수 있으며 적재 대기시켜 놓을 수 있는 원형롤러컨베이어로 구성된 적재부를 나타낸 것이다.

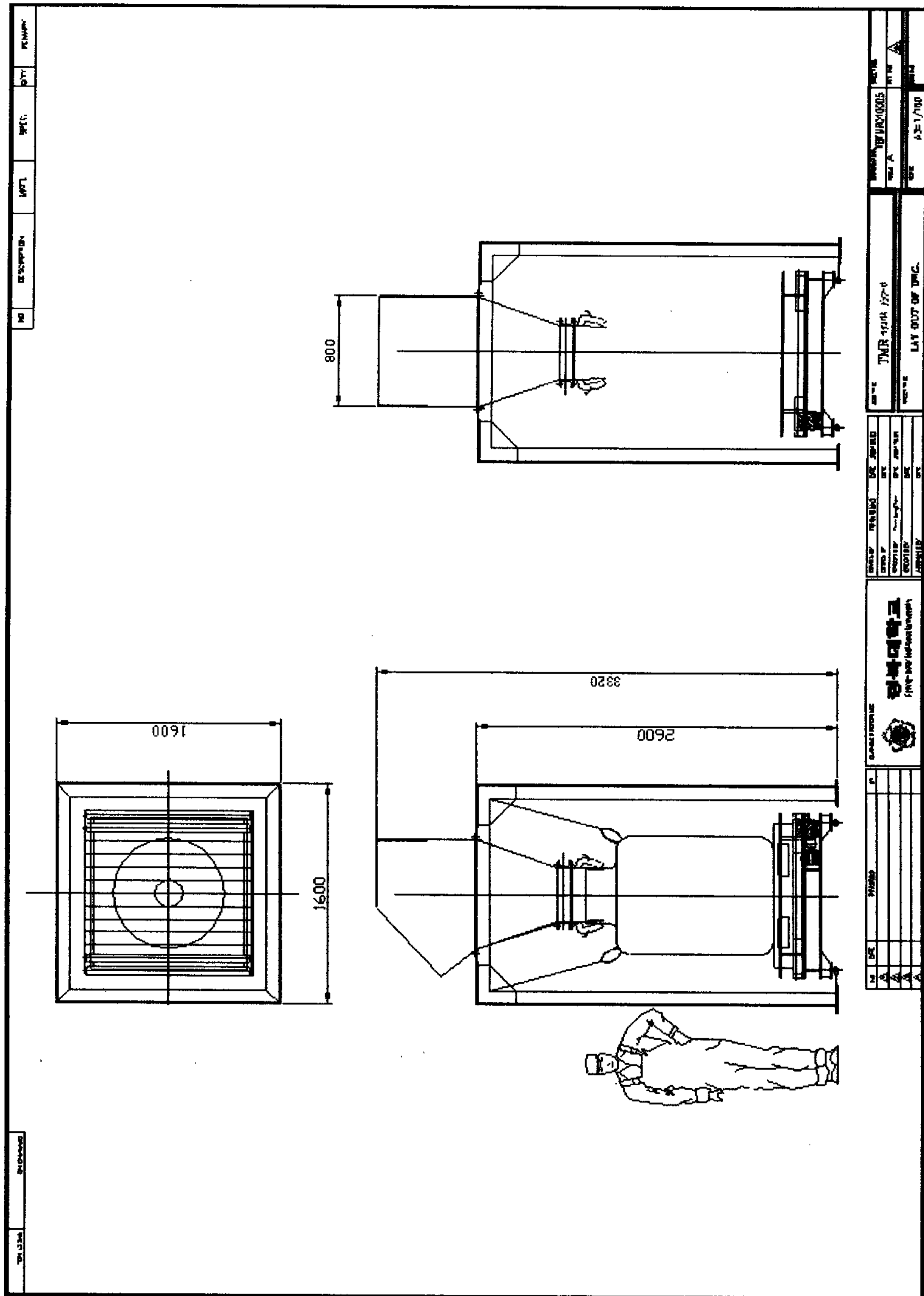


그림 50 포장시스템의 설계도

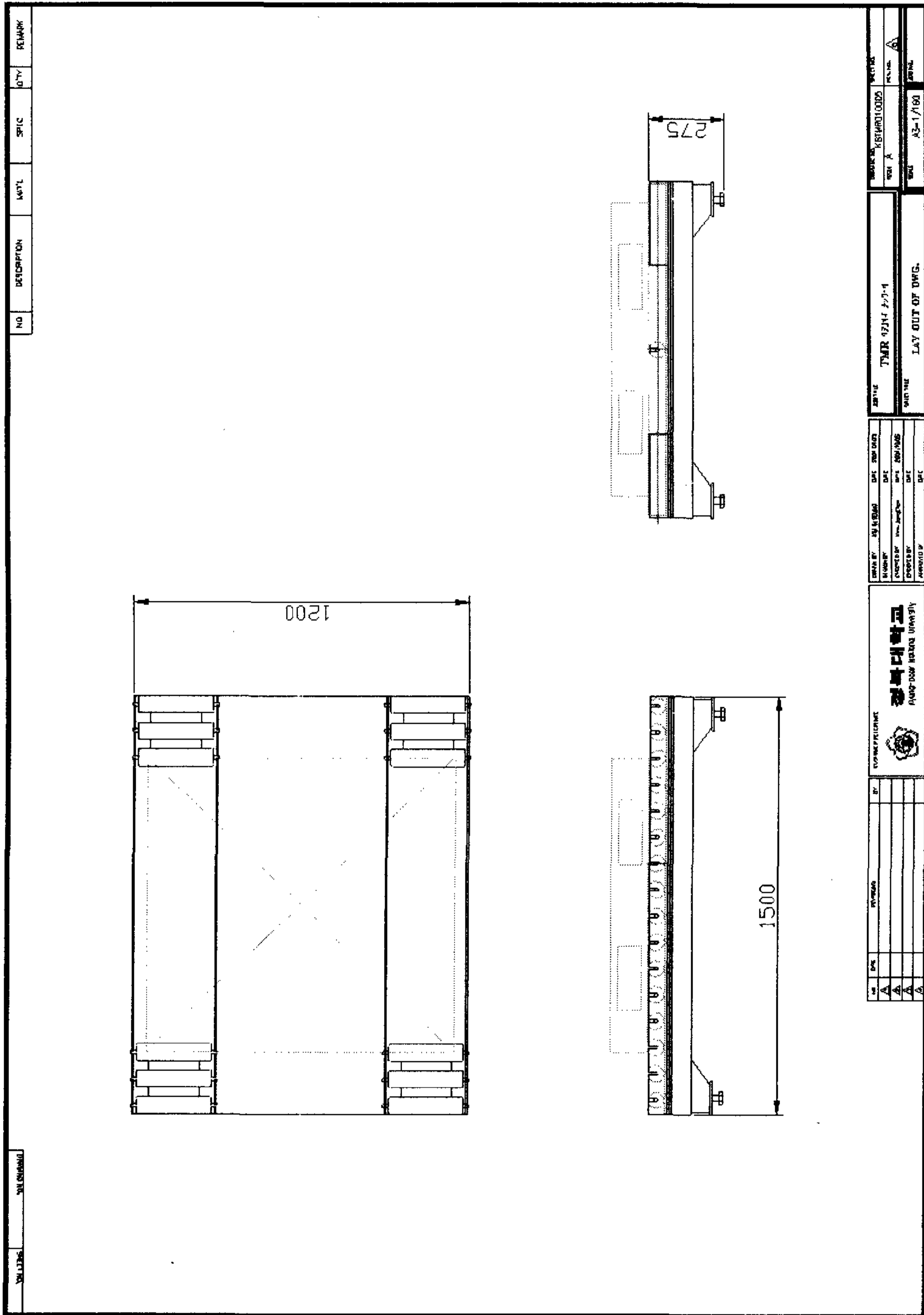


그림 51 원형롤러컨베이어의 설계도

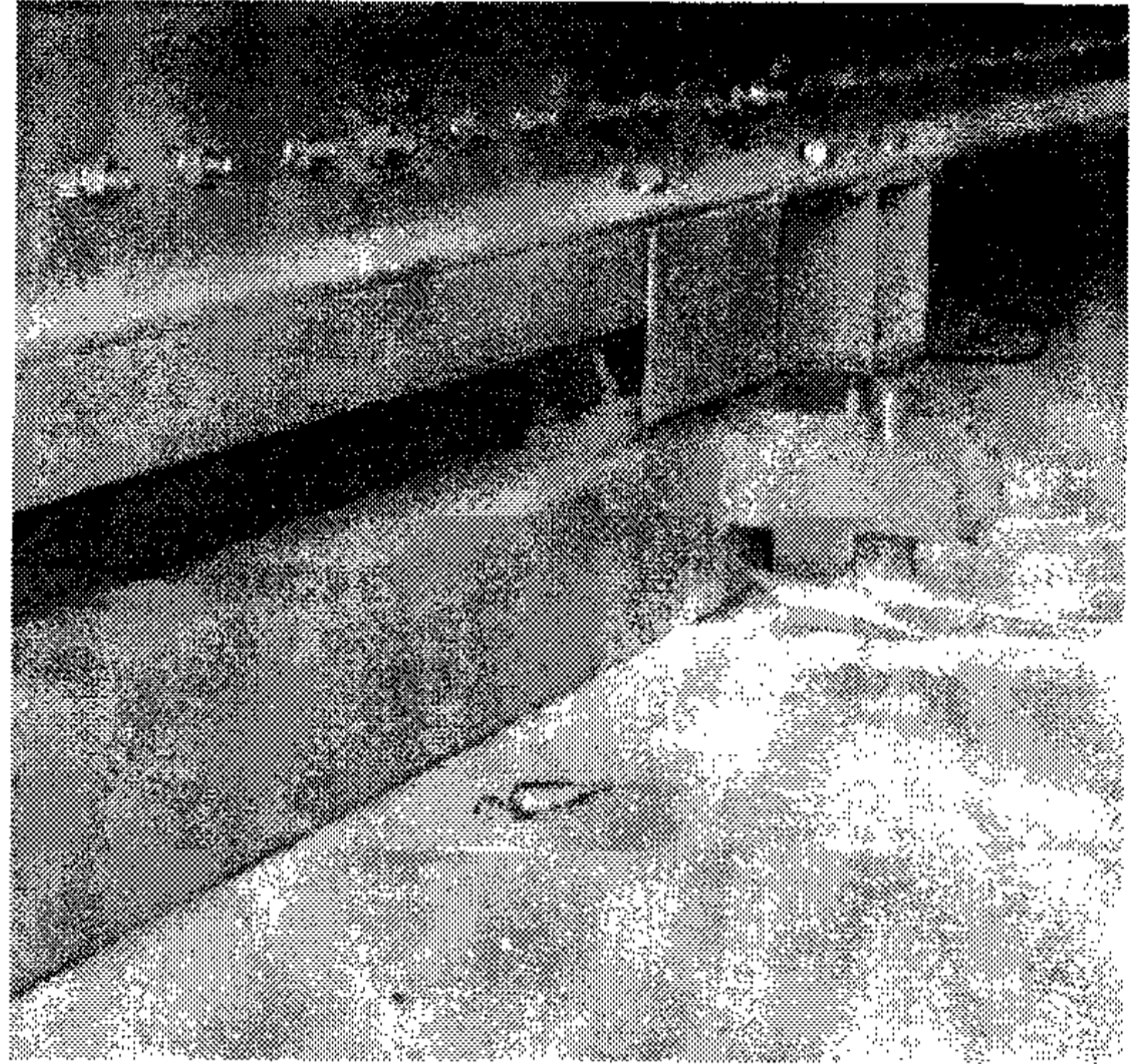


그림 52 계량용 호퍼빈(좌) 및 로드셀(우)로 구성된 계량부

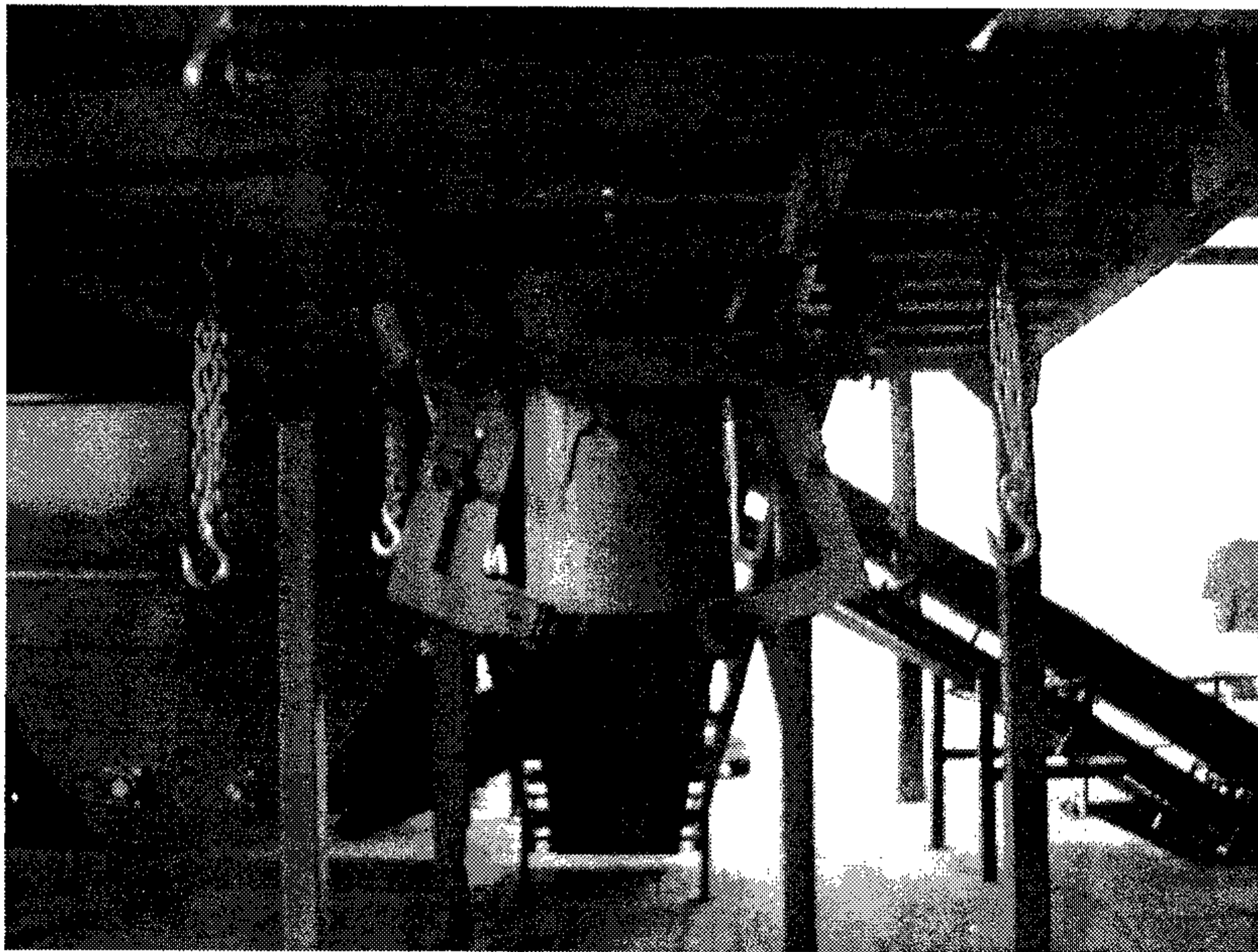


그림 53 백 클램프로 구성된 포장부

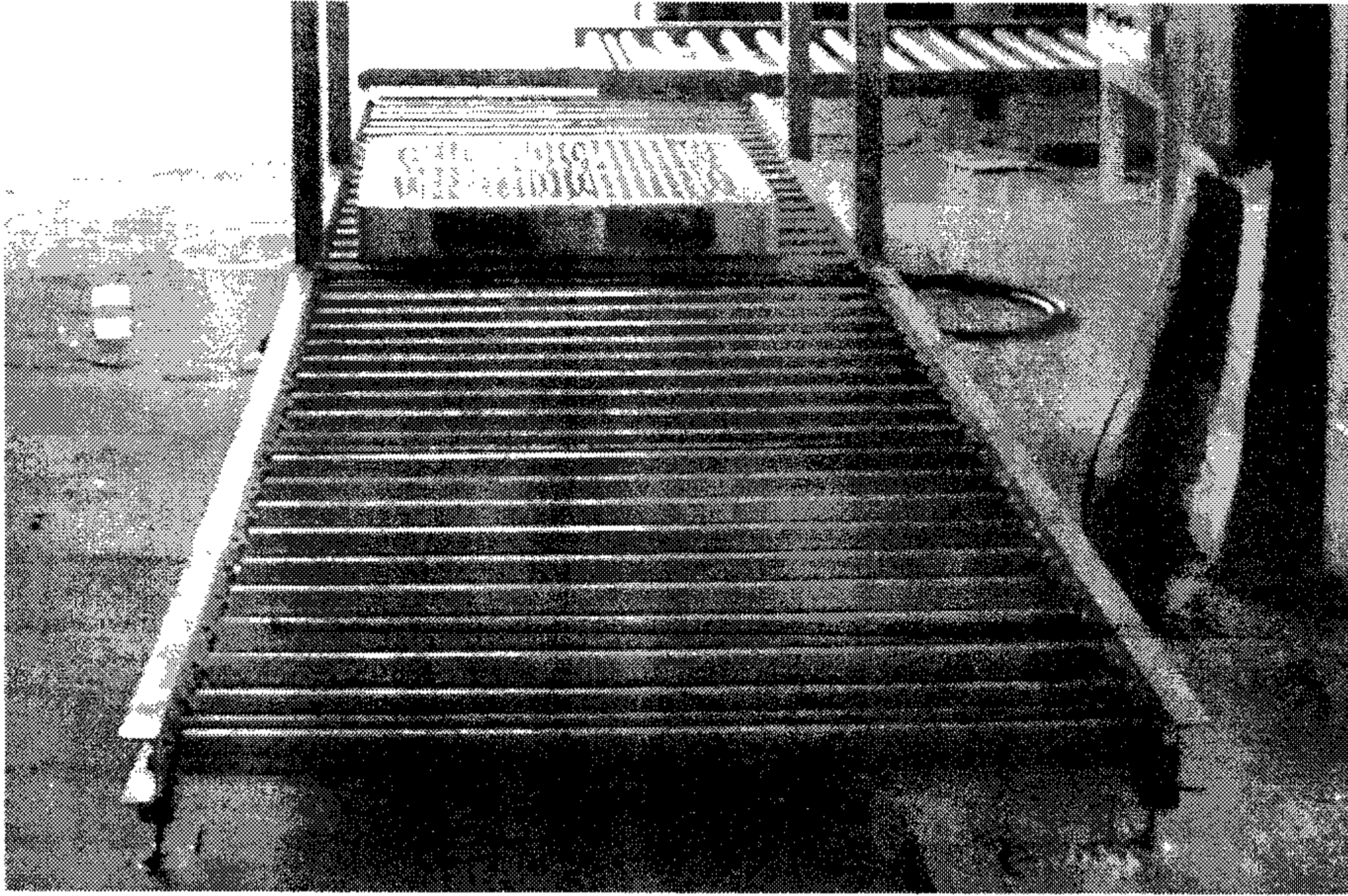


그림 54 원형롤러컨베이어로 구성된 적재부

나. 콘트롤러 시스템

본 연구에서는 배합기의 계량은 I/O 인터페이스에 의하여 디지털로 계량이 표시 되도록 계량 장치를 설계하였으며 또한 이미 입력된 자료에 의하여 투입량이 초과를 하면 게이트를 작동시켜 투입이 중단 되도록 하였다. 또한 이미 입력된 자료를 통하여 누적된 무게도 감지를 하여 버저를 울리며 무게가 초과를 할 경우 작동이 정지되도록 하였다. 보다 복잡한 컨트롤패널 시스템도 시설을 할 수는 있지만 본 연구의 목적은 보다 저렴한 비용으로 사료를 생산하는 것이므로 가능한 비용이 저렴한 간이 시스템으로 설계하였다.

계량시스템의 계량 오차는 0.5% 미만으로 되도록 하였다. 그림 55는 로드셀의 연결도이며 또한 그림 56은 로드셀과 콘트롤 패널과의 연결도이다. 이 시스템 역시 성능 검증을 수행한 결과 계량오차는 0.5% 미만으로 배합사료용으로는 매우 양호한 것으로 나타났다. 또한 그림 57은 제작된 계량기 컨트롤패널을 보여주고 있다.

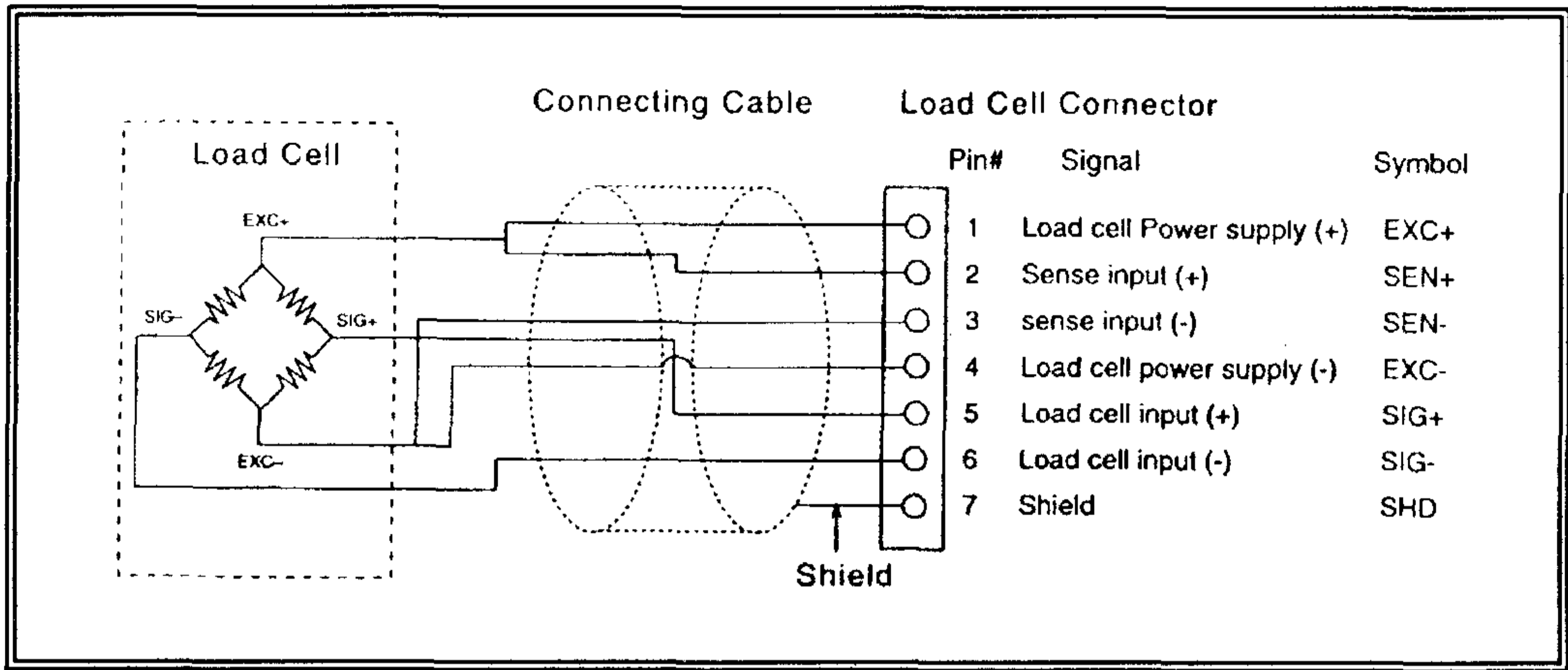


그림 55 로드셀의 연결도

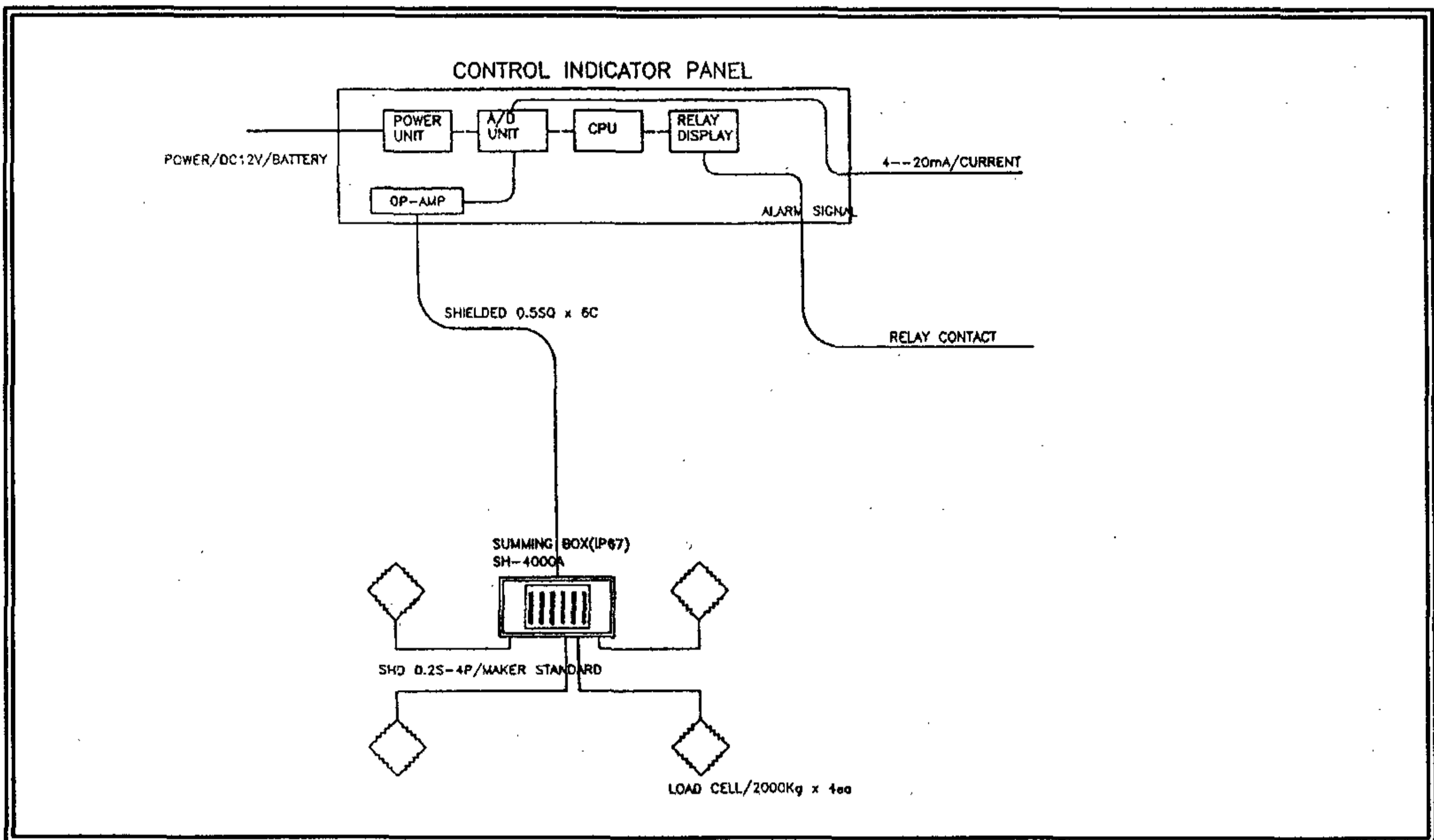


그림 56 로드셀과 콘트롤 패널과의 연결도

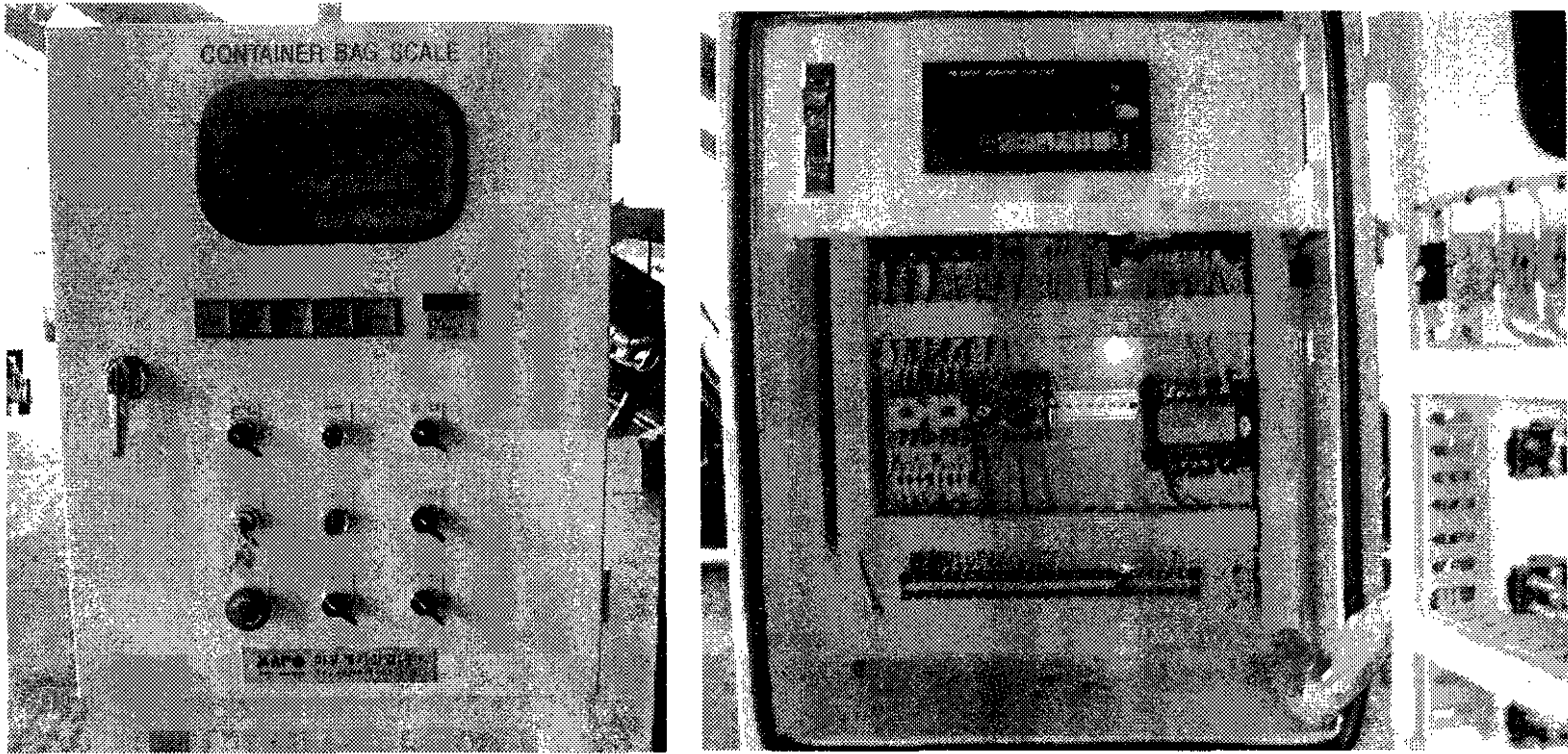


그림 57 제작된 계량기 컨트롤패널

다음 표 10은 최종 완성된 포장시스템의 사양을 나타낸 것이며, 그림 58은 포장시스템을 나타내고 있다.

표 10 포장시스템의 사양

ITEM	SPECIFICATION
CAPACITY	o 30BAG/HR
ACCURACY	o $\pm 1/1000$
AIR CONSUMPTION	o 300L/min. 5kg /cm ²
POWER SUPPLY	o 2.5kVA
CONTAINER BAG SPEC'	o INLET SIZE : $\text{Ø}350 \sim 380\text{MM}$ o BAG SIZE : $\text{Ø}1050 \times 110\text{MM(H)}$ o BAG MAT'L : RUBBER, PP, PE

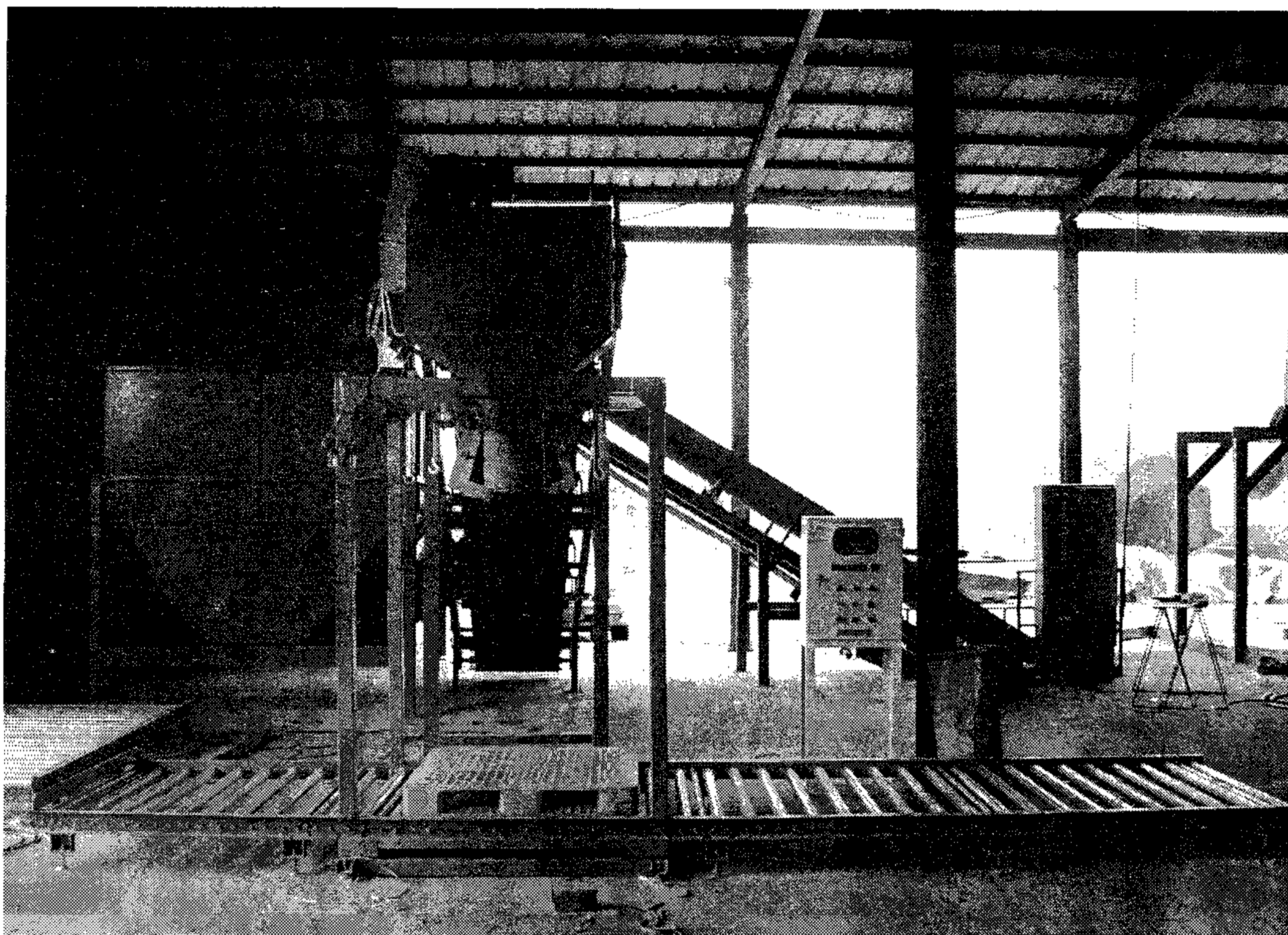


그림 58 포장시스템의 완성도

5. TMR 사료 반송용 컨베이어 제작

배합된 TMR 사료를 포장공정으로 보내는 반송 공정은 분말사료와 같은 농후사료와, 사일리지 같은 습사료, 세절된 건초 등이 배합되어 있기 때문에 뉴메틱컨베이어의 사용은 문제가 있으며 별도로 특수하게 설계된 컨베이어가 필요하다.

벨트컨베이어는 기계의 효율이 높고 운반작업 중 재료의 손상이 적어 농산물가공 공장에서 가장 많이 사용되는 반송기구 중 하나이다. 그러나, 재료의 평면이동 또는 경사가 비교적 완만한 경우에만 적용된다. 재료로는 주로 포제벨트나 고무로 만들어진 것이 많고 철강으로 만들어진 것도 있다. 이들 벨트는 구동차와 종동차 사이에 무한궤도식으로 팽팽히 당겨져서 움직이게 된다. 구동차는 벨트와의 접촉면적이 크므로 확실히 구동될 수 있도록 해야 하고, 벨트가 휘지 않도록 충분히 큰 것으로 설계하였다.

벨트의 신장이나 온습도의 변화에 따른 수축 및 팽창의 보정은 조정나사를 사용하여 조정하거나 또는 무게에 의하여 자동적으로 조정될 수 있도록 하였으며, 운반능력을 증가시키거나 또는 운반물이 흘러내릴 우려가 있는 재료를 확실히 반송하기 위하여 트로프형의 아이들러를 사용하였다.

벨트컨베이어의 최대반송량은 설계된 배합기의 용량을 기준으로 설계하였으며, 설계 내용을 토대로 벨트의 속도, 벨트의 폭, 소요동력 등을 결정하였다.

최종 결정된 벨트컨베이어의 사양은 아래의 표 11과 같으며 배합기→저장빈(BC01)의 벨트컨베이어의 경우 이송길이는 1,085mm, 이송각 32°, 이송폭 800mm, 이송속도 900rpm, 소요동력 3hp으로 결정하였다.

표 11 설계된 벨트컨베이어 사양

종류	이송위치	이송길이 (mm)	이송폭 (mm)	이송각 (°)	소요동력 (hp)	이송속도 (rpm)
BC01	배합기→저장빈	1,085	800	32	3	900
BC02	저장빈→포장기	710	800	30	3	900

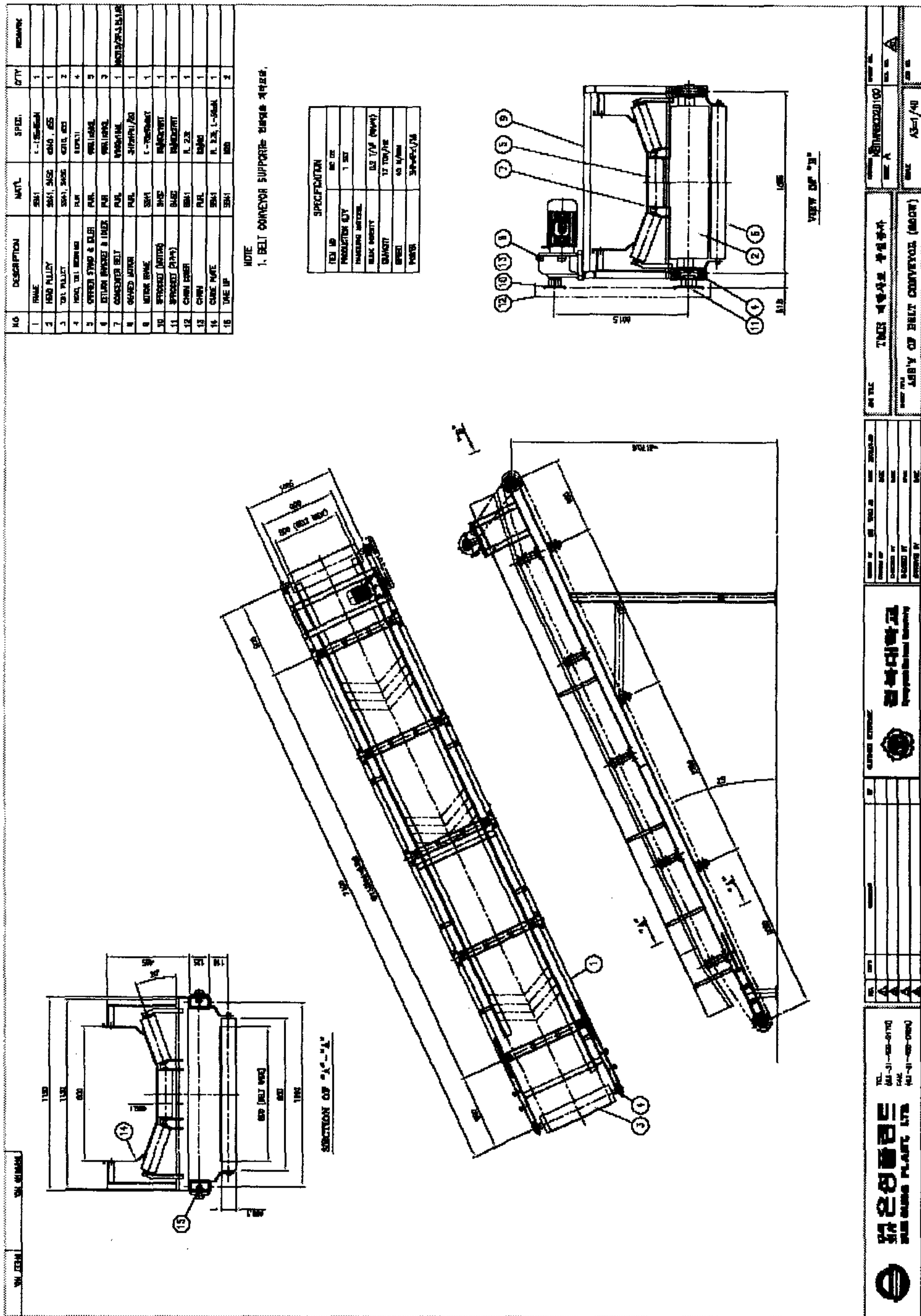


그림 59 벨트컨베이어 설계도

다음의 그림 59는 벨트컨베이어의 설계를 나타낸 것으로 배합 빈으로부터 이송되는 벨트 컨베이어와 제품 탱크로부터 포장기로 이송되는 벨트 컨베이어를 보여주고 있다. 그림 60, 61 및 62는 실제 제작된 벨트컨베이어의 설치장면을 나타내었다.

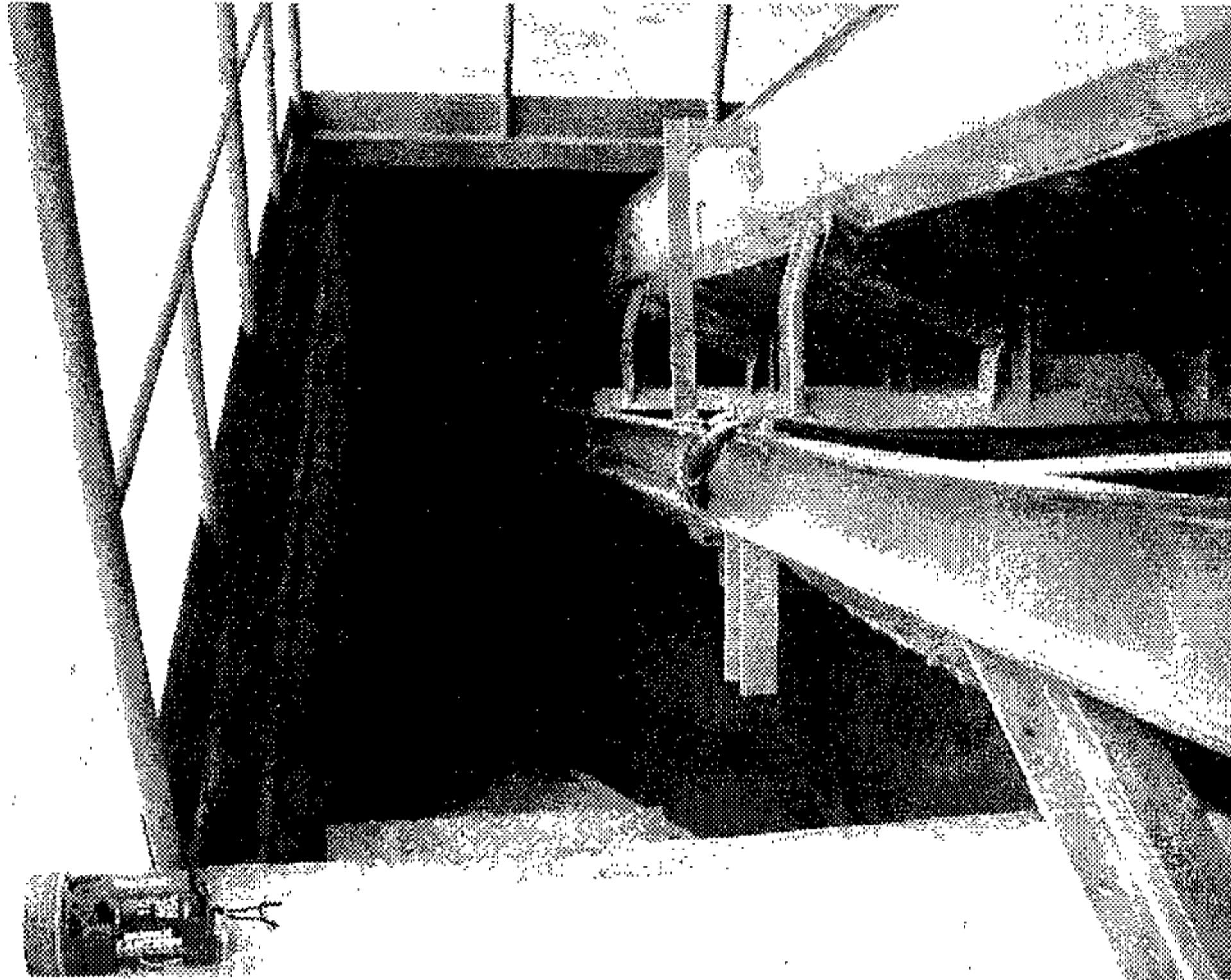


그림 60 제작 설치된 벨트컨베이어(BC01)

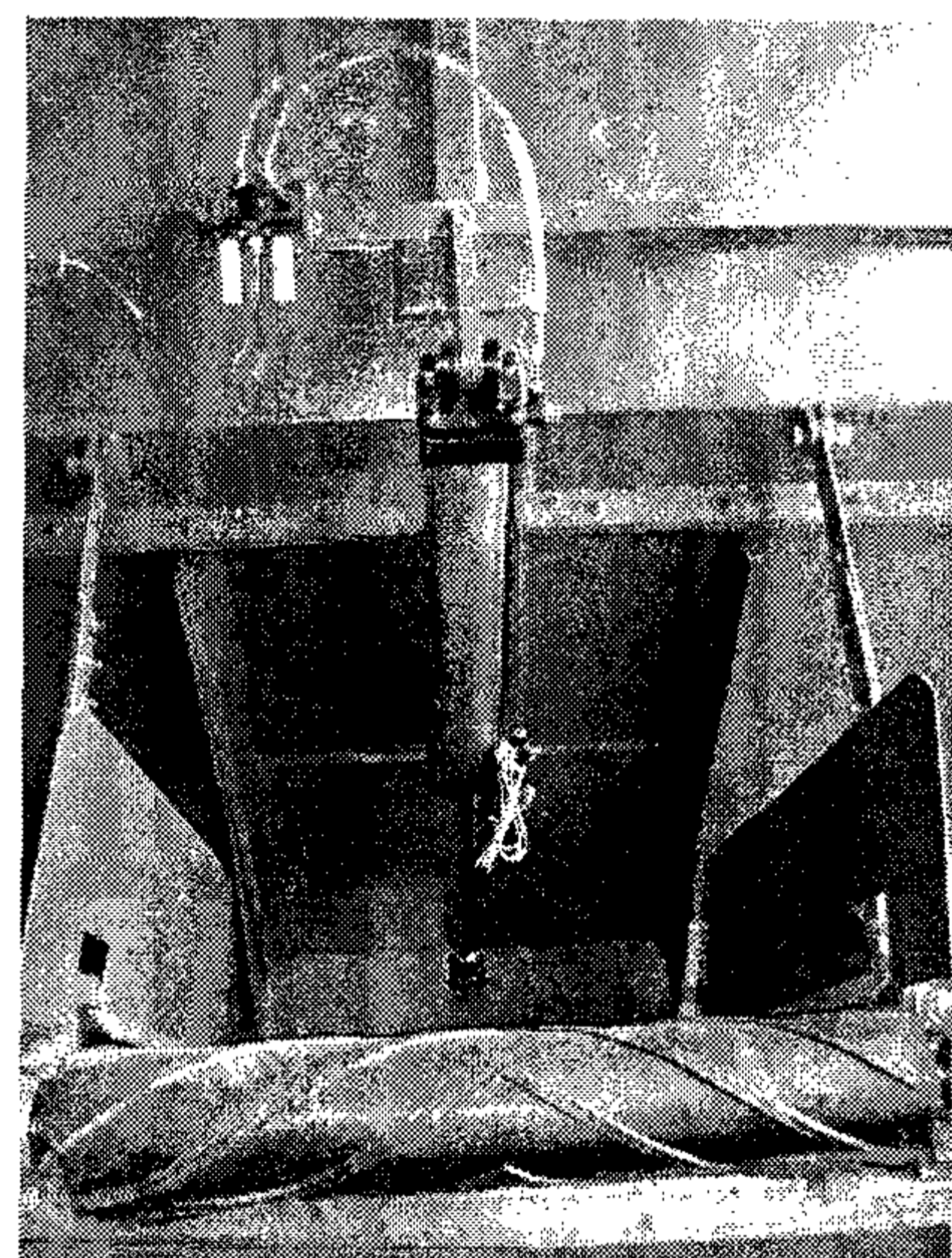
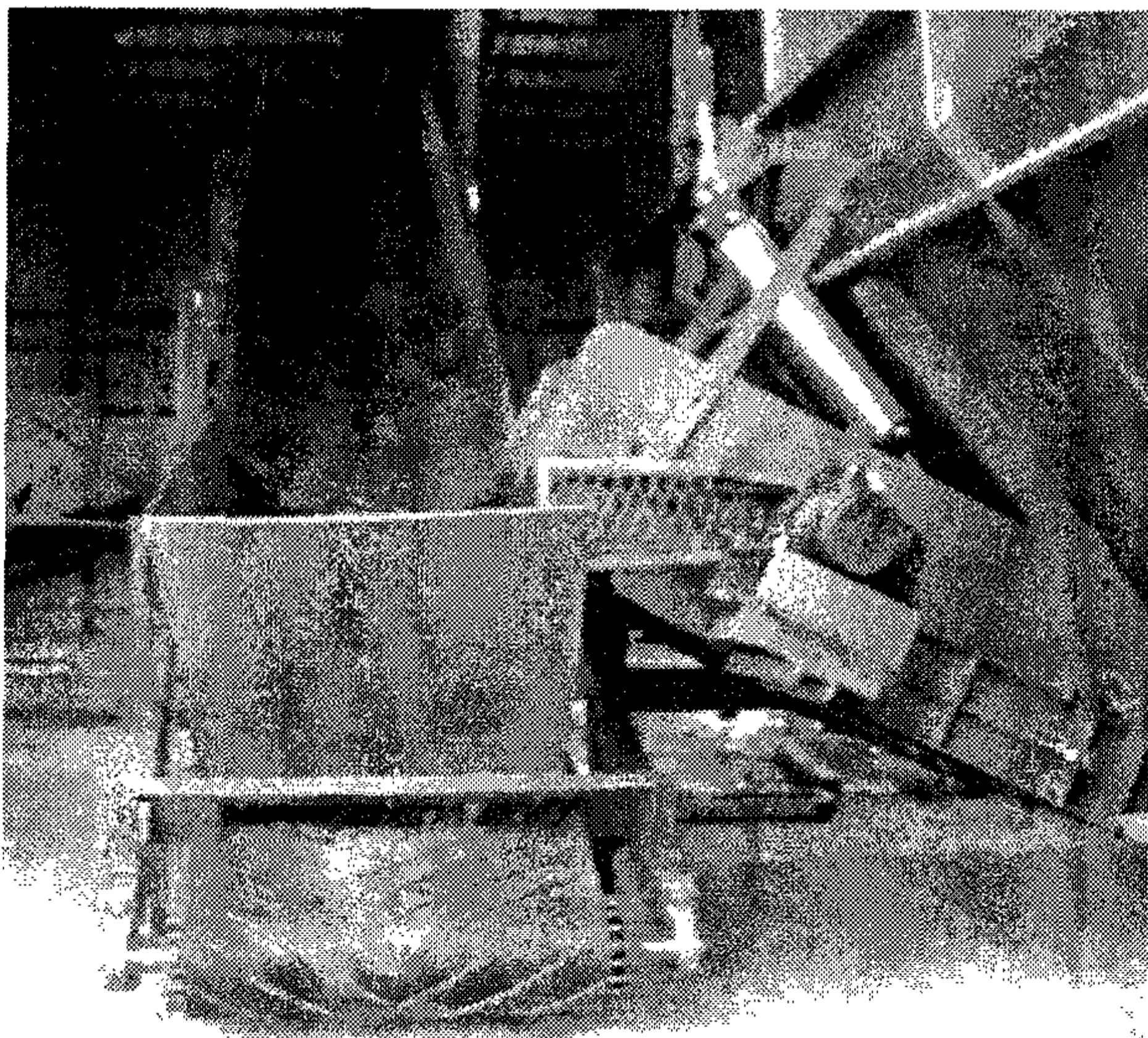


그림 61 제작 설치된 벨트컨베이어(BC02)

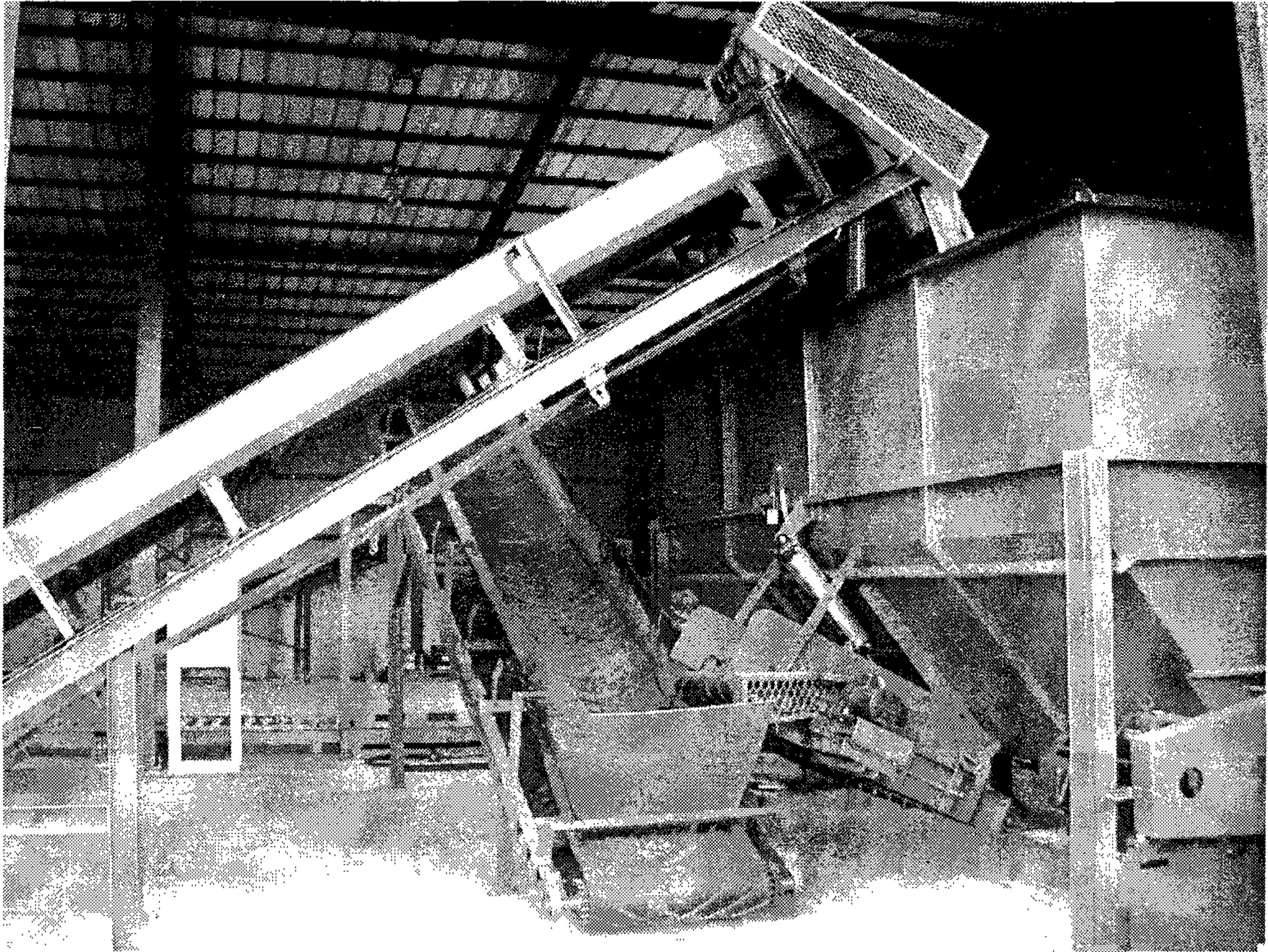


그림 62 제작 설치된 벨트컨베이어

6. 통합 공정시스템의 완성 및 시운전

“농가용 TMR 플랜트 모델”의 주 공정인 ① 조사료 반입 및 세절부, ② 배합부, ③ 포장부, 각각의 공정을 연결하여주는 ④ 반송부의 제작이 완성이 되었으며, 이들 각각의 공정을 연결하여 시스템의 하중 및 위치를 지지하여 주고, 동력을 전달하여주는 전체시스템을 제작하였다.

가. 전체 컨트롤시스템의 설계 및 제작

앞서 제시된 농가용 소형 TMR 플랜트의 모델 시스템은 ① 운반된 원형배일을 세절기로 세절하여 TMR 배합기에 투입하는 공정과 ② 곡류 등의 기타원료를 배합기에 투입하는 공정과 ③ 배합기에서 조사료와 농후사료를 배합하는 공정과 ④ 배합된 사

료를 제품 저장빈에 저장시키는 공정과 ⑤ 제품 저장빈에 저장된 배합사료를 타이콘백에 계량 및 포장하는 공정과 ⑥ 각각의 공정을 연결하여 주는 반송공정을 포함하고 있다.

특히 본 모델 공장은 기본적으로 ① 작업자는 1명이 하고, ② 가능하면 작업을 단순화 시키고, ③유지 및 관리비를 절감시킬 수 있도록 전체 컨트롤시스템을 설계 및 제작하였다.

본 연구의 전체 컨트롤시스템은 크게 배합시스템과 포장시스템으로 나눌 수 있다.

배합시스템의 알고리즘을 살펴보면 그림 63과 같이 원료가 공급되면 배합모터가 작동이 되고 설정된 배합시간(20분)에 도달되면 저장빈 모터가 가동되고 그 다음으로 벨트컨베이어의 모터가 가동된 후 배합기 배출구의 에어실린더가 작동이 된다. 다음으로 배합기 내에 TMR 사료의 잔량유무를 판단하여 배출이 완료되면 배합기의 배합모터가 정지되고 배합기 배출구의 에어실린더가 닫힘 작동을 하게 되며 벨트컨베이어의 모터가 정지하게 된다.

포장시스템의 알고리즘을 살펴보면 그림 64와 같이 계량을 시작하면 저장빈 모터가 가동하게 되고 이어서 컨베이어 모터가 작동을 하게 되고 그 다음으로 저장빈 배출구의 에어실린더가 열림 작동을 하게 된다. 다음으로 계량설정치(500kg)에 도달되면 반대의 순서로 작동이 멈추게 된다.

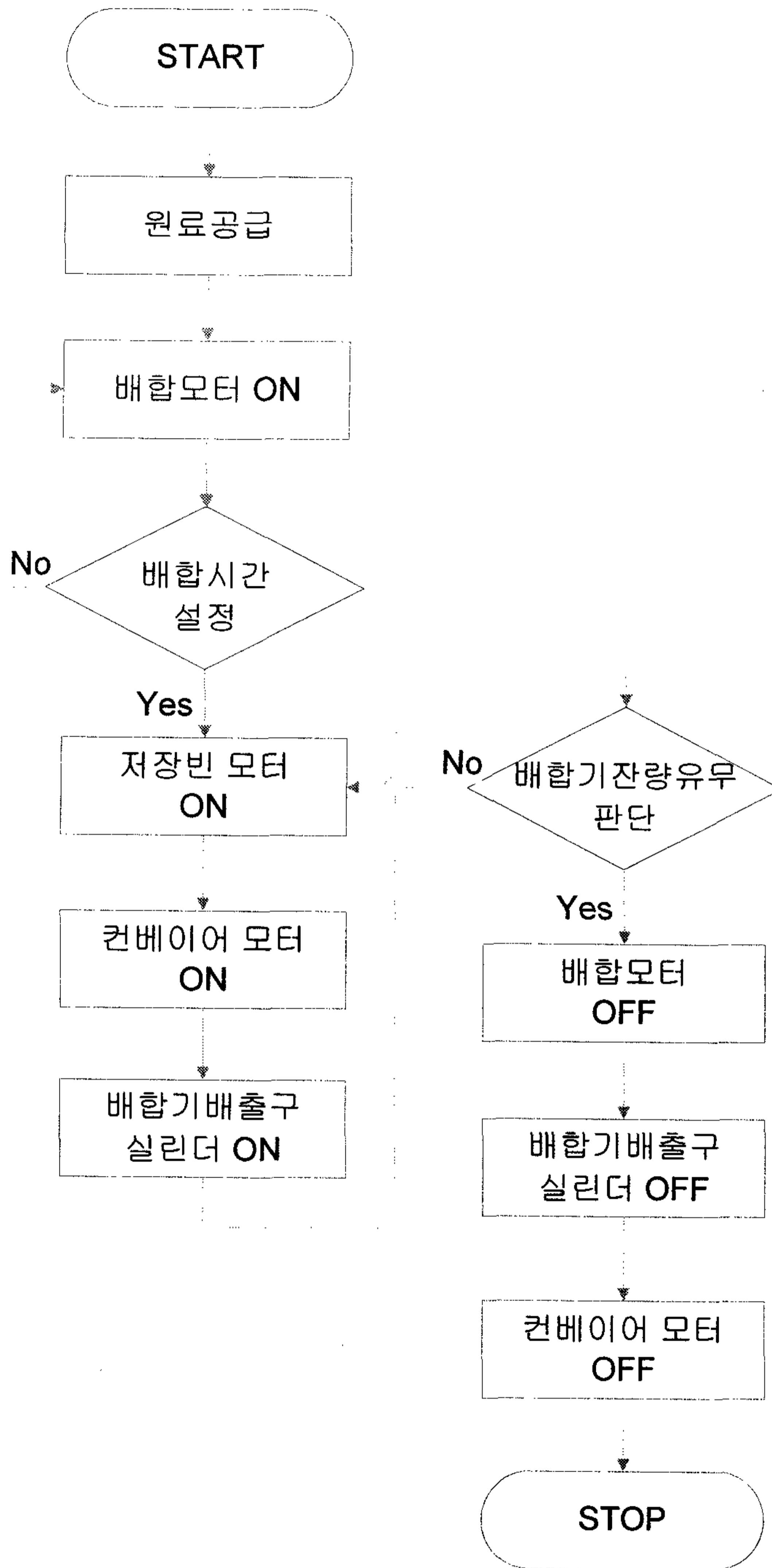


그림 63 배합 제어알고리즘

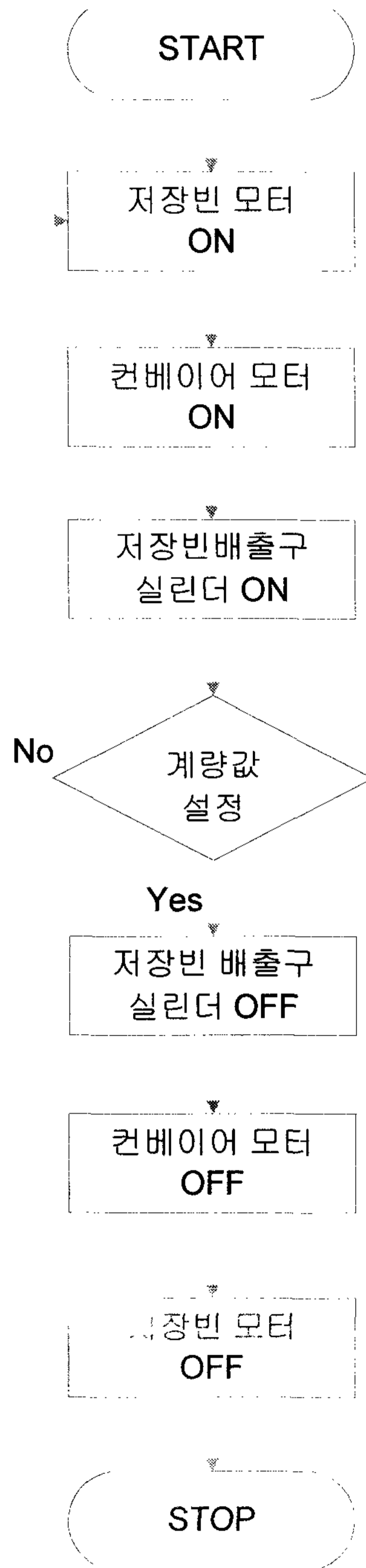


그림 64 포장제어알고리즘

앞서 제시된 일련의 TMR 플랜트의 공정을 통하여 TMR 플랜트 자동화시스템의 구성을 다음의 표 12에 정리하였으며, 그림 65는 제작된 전체 콘트롤 시스템의 제어 판넬을 나타내고 있다.

표 12 TMR 플랜트의 자동화시스템 구성

구성	작동순서	동 작	비고
배합	①	배합기 모터 작동/정지	
배출	①→②,④→③	배합완료 후 → 배출컨베이어1 모터 작동 → 배합기 배출구 에어실린더 열림	
	①→③→②,④	배출완료 후 → 배합기 배출구 에어실린더 닫힘 → 배출컨베이어1 모터 정지	
저장	④	저장빈 작동/정지	
포장	⑥→⑤→④	배출컨베이어2 모터 작동 → 저장빈 배출구 에어실린더 열림 → 저장빈 모터 작동	포 장 기 에 별도로 제어장치 제작
	④→⑤→⑥	저장빈 모터 정지 → 배출컨베이어2 모터 정지 → 저장빈 배출구 에어실린더 열림	
비상정지	전체정지	전체 시스템 정지	
수동	수동작동	배합기, 배합기 배출구(에어실린더) 배출 컨베이어1, 저장빈 저장빈 배출구(에어실린더), 배출 컨베이어2 컴프레사, 집진팬	

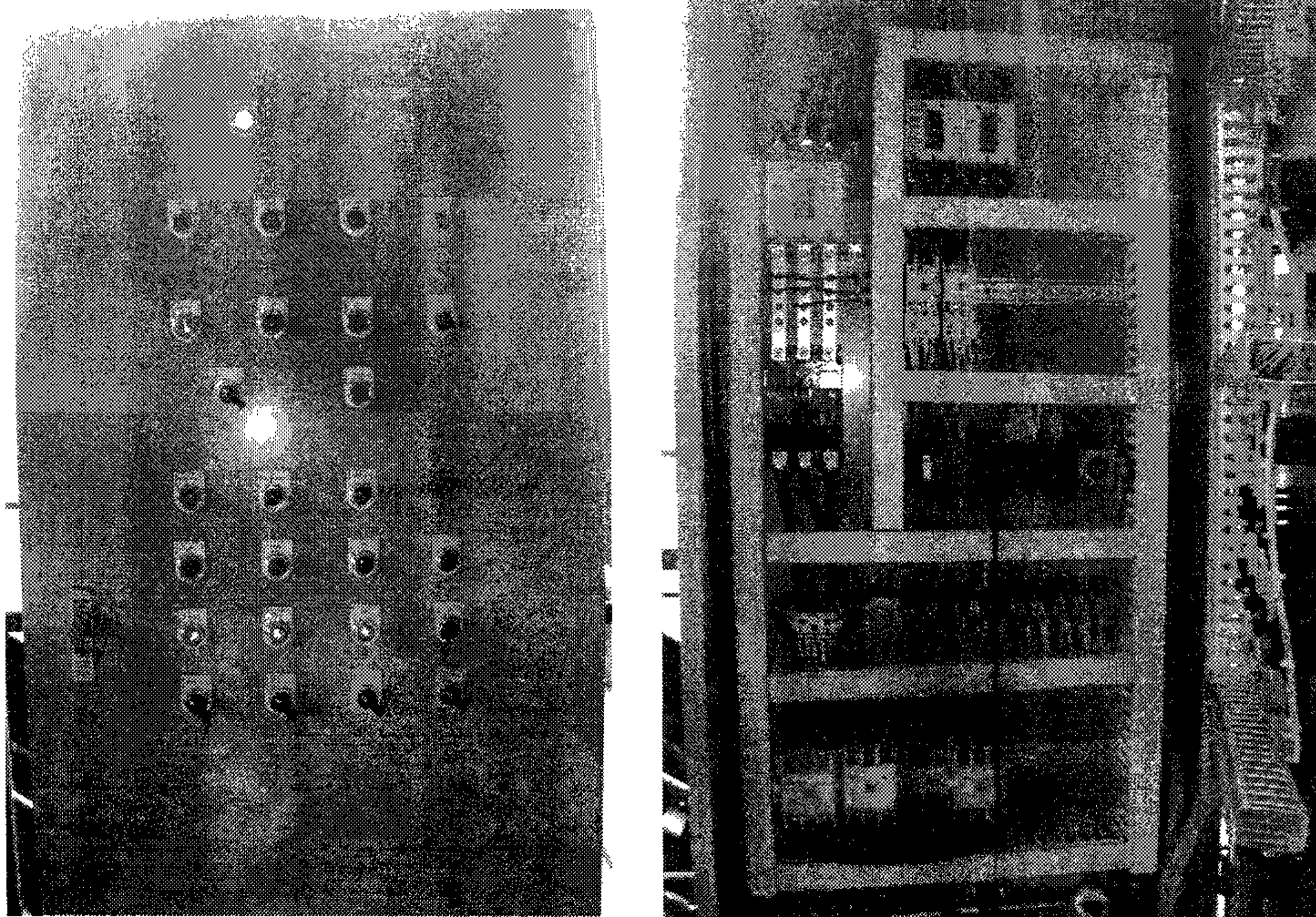


그림 65 제작된 전체 콘트롤시스템의 제어판넬

나. 통합시스템의 완성

기본적으로 TMR 플랜트는 매우 단순하게 배치하였다. 가장 중심이 되는 배합기는 플랜트의 중심에 있으며 배합기의 한쪽은 원료의 반입 → 저장 → 세절 → 배합기에 투입되는 장소이고, 다른 한쪽은 배합이 완료된 TMR 사료가 배출 → 저장 → 포장 → 반출이 되는 장소가 된다.

원료 빈 또는 사료저장고는 반입되는 원료의 종류와 양, 제품 빈은 생산 제품의 양을 고려하여 원료의 반입, 배합, 출하 등의 흐름에 방해 되지 않게 배열하고 장래의 시설확장에 대비하여 설계 및 제작하였다.

본 연구팀은 앞서 설계 및 제작된 세절기와 배합기를 기준으로 하여 전라북도 정읍시 정우면 보리마을의 한우 사육농가인 최경열씨 농가에 10~20농가가 공동으로 이용할 수 있도록 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트를 설치하였다.

그림 66 및 그림 67, 그림 68은 완성된 TMR 플랜트의 통합시스템의 전경을 나타내고 있으며, 그림 69 및 70, 71, 72는 완성된 TMR 플랜트의 흐름도 및 설계도를 나타내고 있다.

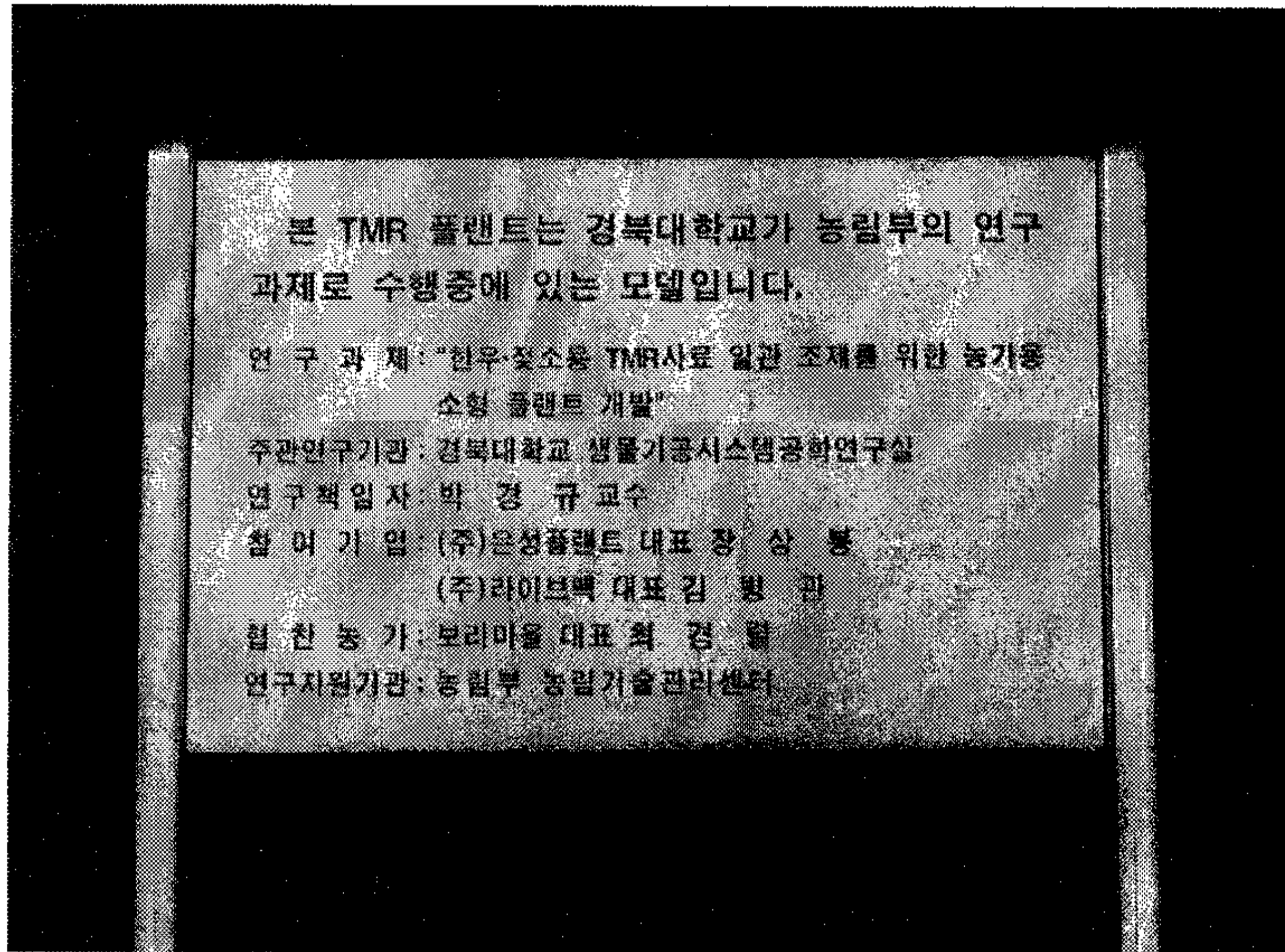


그림 66 완성된 TMR 플랜트의 통합시스템



그림 67 완성된 TMR 플랜트의 통합시스템의 내부전경 1

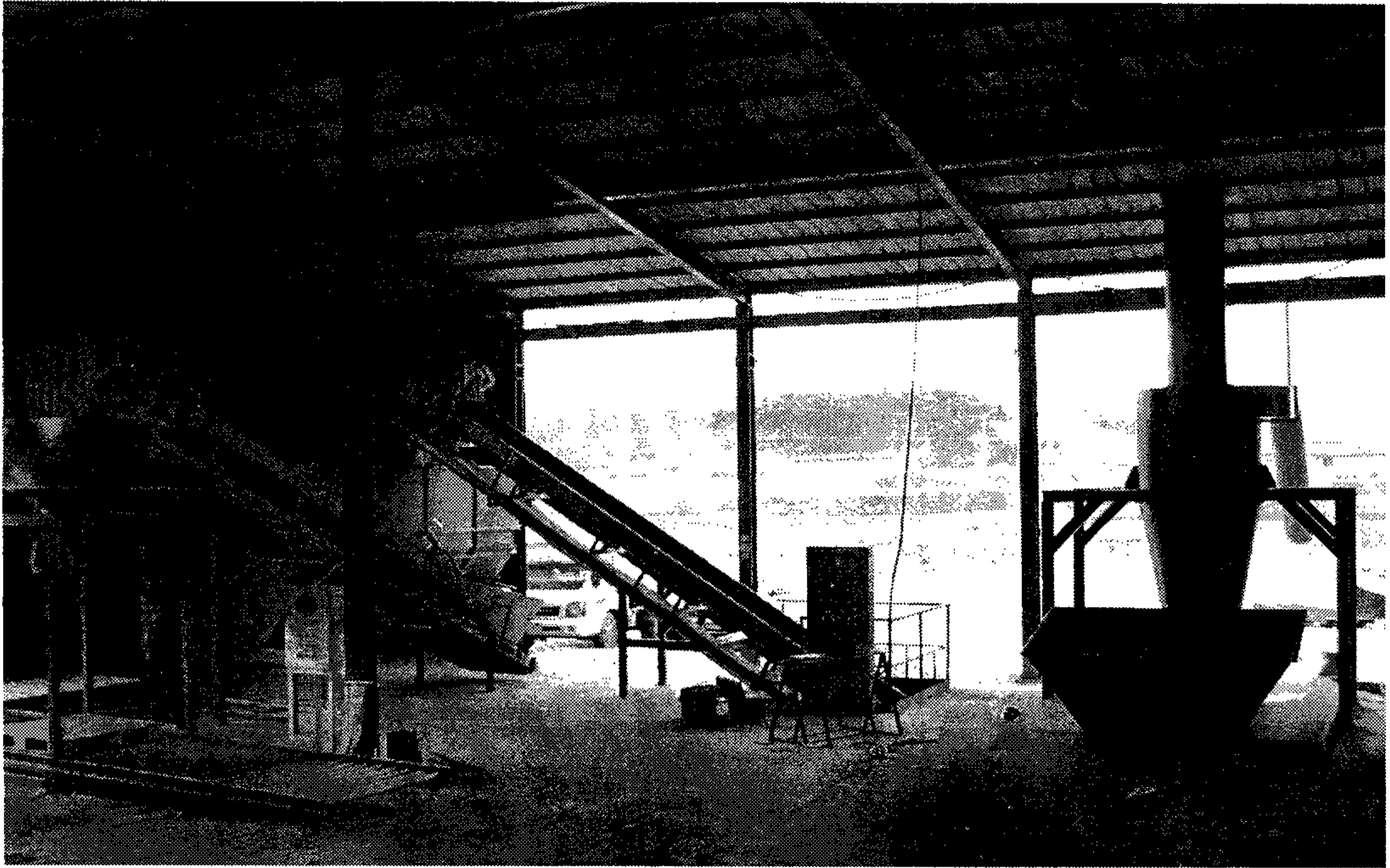


그림 68 완성된 TMR 플랜트의 통합시스템의 내부전경 2

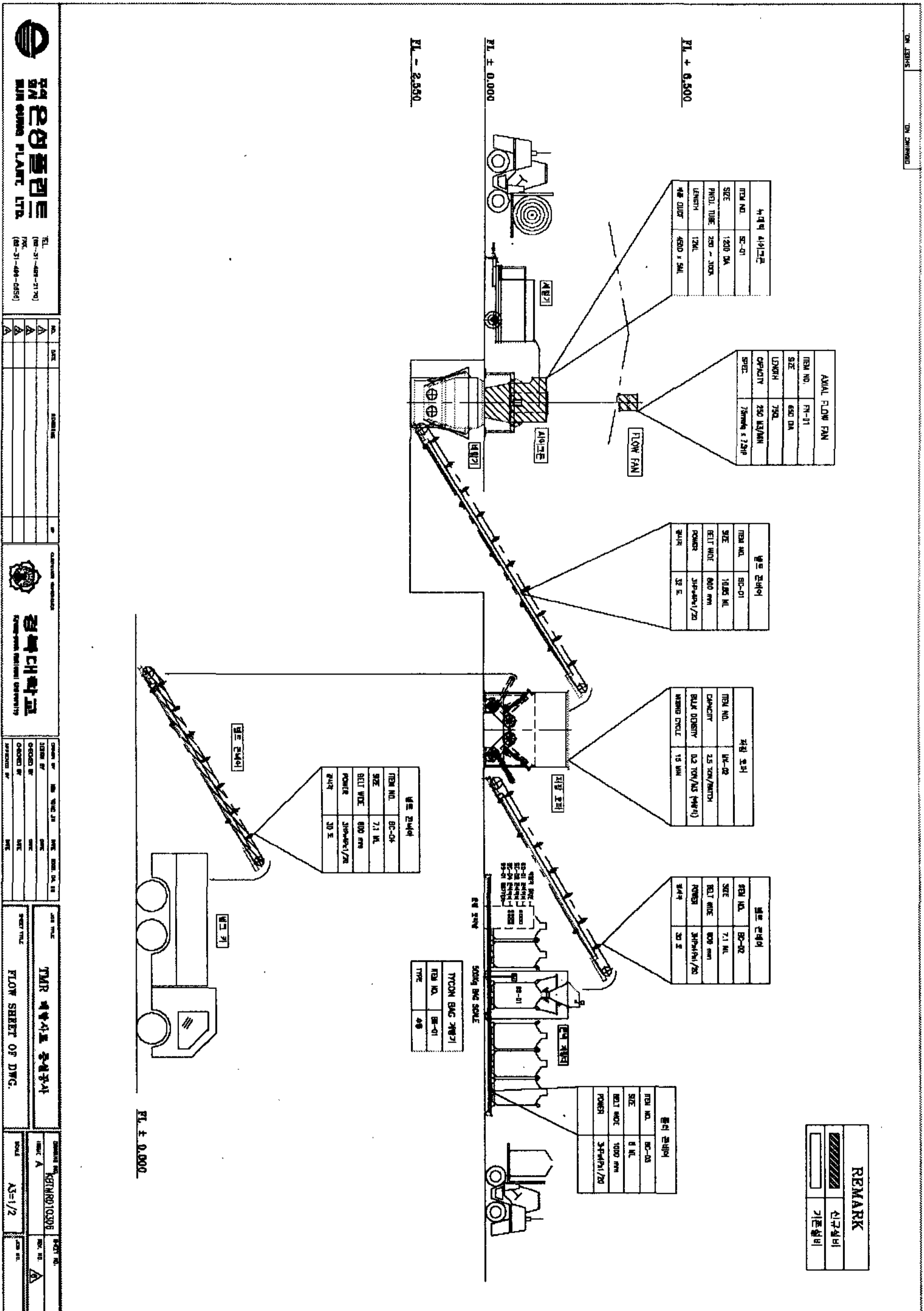
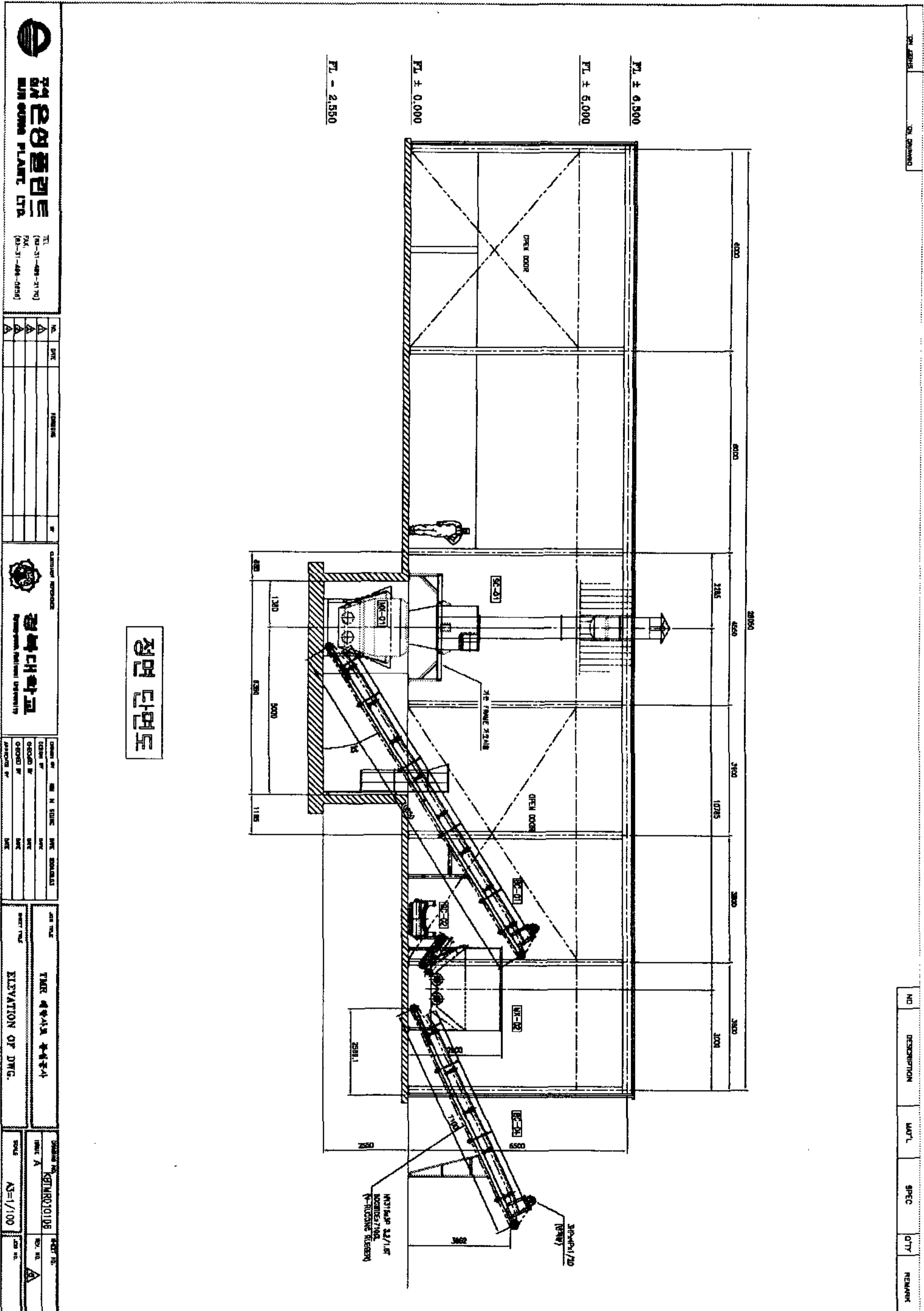


그림 69 TMR 플랜트 흐름도



정면 단면도

그림 71 TMR 플랜트 정면단면도



선구머플랜트

 SUN GUMA PLANT LTD.

NO.	DATE	REVISION



경북대학교

 KYUNGPOOK NATIONAL UNIVERSITY

DESIGNED BY	DATE	SCALE
CHECKED BY	DATE	SCALE
APPROVED BY	DATE	SCALE

TMR 플랜트

 ELEVATION OF DWG.

PROJECT NO.	DATE
SCALE	
AS=1/100	

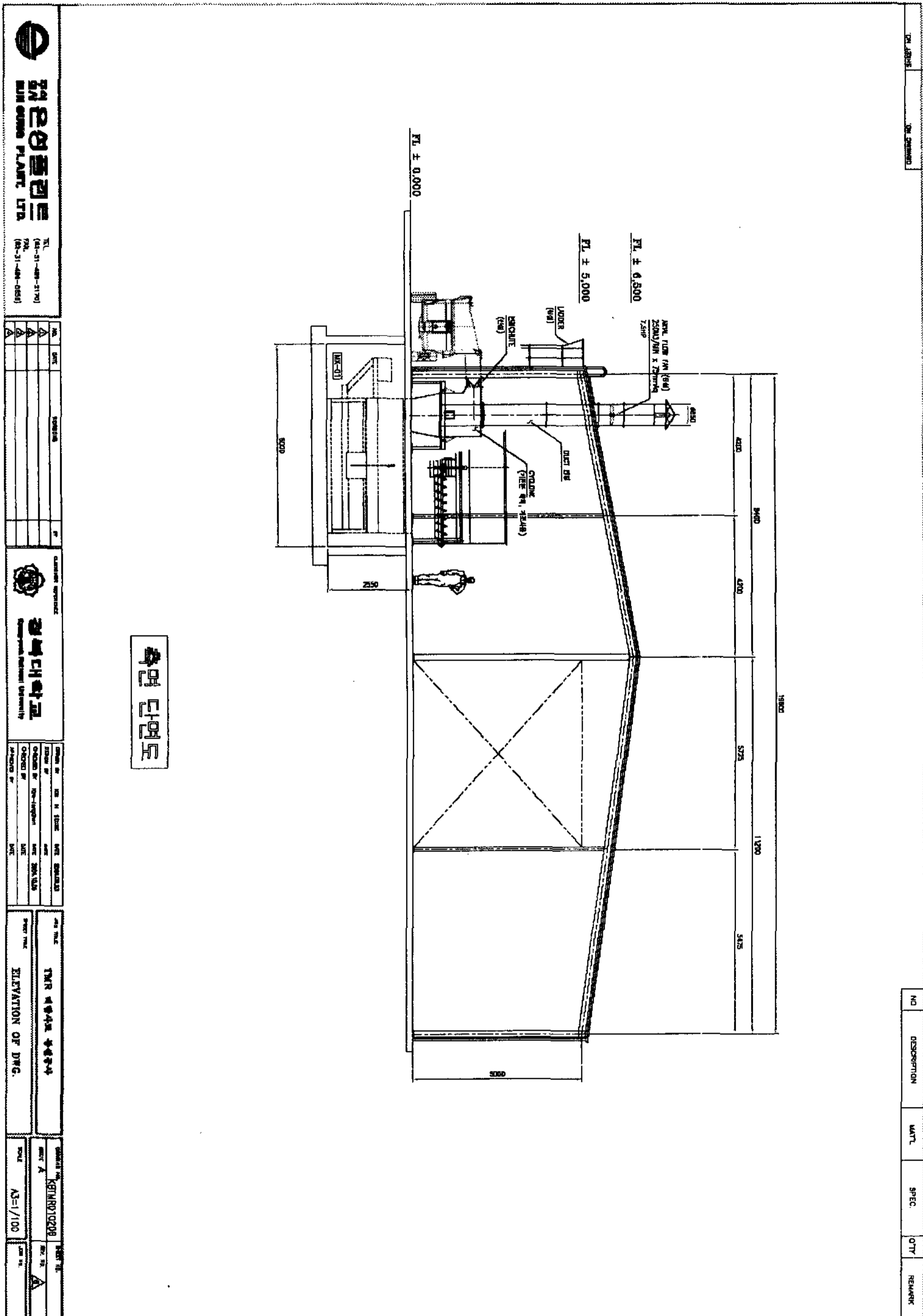


그림 72 TMR 플랜트의 측면단면도

다. 통합 공정시스템의 시운전

농가용 TMR 플랜트의 자동화 대상으로 가장 중요하게 고려되고 있는 공정이 원료의 계량, 배합 및 계량포장 공정이다. 수많은 제품들의 원료 배합비를 결정하고, 결정된 배합비에 따라 많은 원료들을 신속하고도 정확하게 계량하고 배합하여야 하며, 배합이 완료된 TMR을 타이콘 백에 포장하여야 하기 때문이다. 이러한 자동화 시스템의 특징을 수동에 의한 시스템과 비교하여 보면 생산될 제품의 배합비, 낙차보정, 자동 영점조정, 안전운전을 위한 인터록, 경보 메시지, 동시투입 등을 자동적으로 제어할 수 있어야 한다. 따라서 통합 공정시스템을 시운전하여 각각의 설정값들을 입력하고 제품을 생산할 수 있도록 제어하였다.

1) 계량 설정값 시험 및 입력

포장시스템에서 계량을 하기 위해 낙차, 잔량, 적재물의 기본 설정치를 입력하여야 하는데, 이는 반복 실험을 통하여 그 값들을 산출하였다. 표 13과 같이 낙차되는 무게는 원료의 성분에 따라 다르게 나타나지만 대략 8~10kg, 벨트컨베이어에 있는 잔량은 약 75~80kg, 적재 팔레트와 타이콘 백의 무게는 25~30kg으로 나타났다. 따라서 포장기 제어부에 아래의 보정값을 설정하여 시운전을 실시하였다.

표 13 계량 설정값의 입력

구분	낙차	잔량	적재
설정값	8~10kg	75~80kg	25~30kg

2) 통합 공정시스템의 시운전 결과

일단 저장이 된 원료는 2톤 용량의 배합기에 적정비율에 따라 투입이 되는데 투입되는 작업의 형태와 각 공정별로 소요되는 작업시간은 다음과 같다. 본 작업의 작업시간의 측정은 작업자가 각 공정 작업에 숙달되었다고 판단되었을 때 측정하였다.

조사료 세절 전에 적재되어 있는 원형베일 조사료를 세절기까지 운반하여 적재하는데 약 1분, 랩핑되어 있는 비닐 및 끈을 제거하는데 소요되는 시간은 약 1분으로 나타났다.

원형배일 상태로 반입된 조사료는 배일 세절기에서 세절이 된 후에 세절기의 배출구로 통하여 배합기의 상부에 설치된 사이클론으로 반송이 되고 세절된 조사료는 지하에 설치된 배합기로 낙하가 되고 흙가루와 같은 먼지 등은 외부로 반송이 된다. 이에 소요되는 작업은 시운전 결과 대략 9~10분 정도로 나타났으며, 사일리지의 경우 약 11~13분 정도로 나타났다.

원형배일의 사일리지는 배합주기를 줄이기 위하여 전날 또는 작업 전에 미리 세절하여 스키드로더로 반입될 수 있도록 하였다. 조사료가 세절이 되고 투입과 동시에 배합사료, 사일리지, 맥주막 등의 부산물사료 등도 투입이 된다. 이 때 스키드로더로 벌크형태 및 톤백형태로 투입이 되는데 투입되는 시간은 각 사료 당 작업시간은 약 30~40초로서 6가지 원료를 투입하는데 약 3~4분이 소요되었다. 아직까지 투입이 되지 못한 첨가물 사료, 액상 사료 등의 미량원소들의 투입시간도 약 1분으로 나타났다.

본 연구에서는 조사료 투입 후에 바로 배합기를 가동하기 때문에 원료 투입작업과 동시에 배합기의 가동시간은 약 20분이 되도록 설정하였다.

배합이 완료된 TMR 사료는 함수율이 약 40%가 되는 습사료가 된다. 이는 배합기 측면에 설치된 슬라이더 게이트를 통하여 외부로 배출이 되고, 다시 경사진 벨트 컨베이어에 의해 운송이 되어 2.5톤 용량을 가진 제품 탱크로 투입이 된다. 배출되는데 소요되는 시간은 대략 5분으로 나타났다.

포장 작업시 1개의 500kg 타이콘 백을 준비하고 타이콘 백에 비닐을 삽입하여 백클램프에 거치하는데 까지 소요되는 작업시간은 약 1분으로 나타났다. 그리고 500kg 타이콘 백에 TMR 사료를 충전 하는데 소요되는 시간은 약 2.5분 정도가 소요되지만 기타 작업 시간을 포함하여 500kg 타이콘 백 투입작업시간은 약 4분 정도가 소요되고 따라서 2톤 용량의 TMR 사료를 포장하는데 걸리는 시간은 약 16분으로 나타났다. 또한, 트레일러나 차량에 벌크 상태로 상차할 경우는 약 7~8분 정도로 나타났다.

표 14에 통합시스템의 시운전 결과 각 공정별 소요되는 시간 등을 요약하였다. 분석 결과에 의하면 통합 공정시스템을 시운전한 결과 1batch 당 2톤 작업에 소요되는 작업은 약 34분으로 나타났다. 그러나 이 작업시간은 단 1회의 작업을 할 경우에 소요되는 시간이고 연속으로 배합작업을 수행 할 경우 포장 작업은 배합작업과 동시에 수행이 되므로 이론적으로 1 batch 당 소요 작업은 25분이지만 작업 효율 등 기타 여러 가지 소요 작업시간을 포함하면 1batch 당 배합주기는 30분이면 충분할 것으로 판단되었다.

표 14 1batch 당 각 공정별 소요되는 작업시간

공정	세부 공정	작업시간 (min/batch)	비고
반입	원형베일 운반 및 적재	1 *	* 반입 및 배합공정 은 동시작업
	원형베일 비닐 및 끈 제거	1 *	
	조사료 세절 및 투입	10	
	벌크 및 톤백원료투입	4	
	포대원료 및 미량원료 투입	1	
배합	배합	20	
배출	TMR사료 배출	5	
포장	포장준비	4 *	* 배출 및 포장공정 은 동시작업 가능
	TMR 사료 충전	10 *	
총 작업시간		34 *(25)	

노트 : ① 연속 작업 시에는 25분이 소요됨 / 포장작업은 배합작업과 함께 동시에 수행됨

② 단 한번의 작업에는 약 34분이 소요됨

라. 통합 공정시스템의 시운전결과에 대한 문제점

통합 공정시스템의 시운전을 실시한 결과 다음과 같은 문제점이 발생되었다. 발생된 문제점에 대한 해결방안을 제시하고 수정 및 보완을 한 다음 현장적응시험을 통하여 문제점을 해결할 수 있도록 하였다.

1) 사이클론 시스템의 문제점

사이클론 시스템은 공기컨베이어시스템의 반송형태로 설계하였으나, 세절기의 송풍팬의 경우는 탈곡기, 건조기, 콤바인 등과 같은 기계에서 주로 사용되는 반송형식인 드로우어(Thrower)로서 아래쪽에서 위쪽으로 벧짚 등의 조사료를 이송하도록 하는 방법으로 사용하고 있다. 실제로 육안 측정 결과 세절된 벧짚이 세절기 배출구로부터 반송된 후 관로 내 압력손실이 많아 관로에 벧짚이 쌓여 반송이 불가능하여 시스템의 수정이 불가피하였다. 따라서 현 사이클론 시스템의 관로 손실을 최소화하기 위하여 세절기 배출구와 사이클론의 입구를 수평으로 유지하도록 하여 집진메커니즘을 중력식으로 설계해야 할 것으로 판단되었다.

또한 사이클론의 송풍량이 곤포 사일리지와 같은 고함수율의 조사료의 이송 시와 벧짚과 같은 가벼운 조사료의 이송 시에는 소요 풍량이 달라 벧짚의 경우에는 배출덕트로 많은 벧짚이 날아가는 현상이 발생하였다. 이를 방지하기 위하여 팬의 속도조절용 장치를 설치하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

2) 배합 시스템의 문제점

배합이 완료된 TMR 사료를 배합기로부터 배출시에 공압실린더에 의해 배출게이트가 열린다. 이 때 배출되는 TMR 사료를 벨트 컨베이어가 다 이송하지 못하고 일부는 배합기 쪽으로 흘러내려 벨트컨베이어 아랫부분은 많은 TMR 사료로 인해 벨트 처짐이 발생하여 외부로 쏟아지는 현상이 나타났다. 따라서, 이송이 원활하도록 ①벨트컨베이어의 각도 조정 또는 ②배출게이트의 개폐위치 조정 등으로 해결해야 할 것으로 판단되었다.

또한, 배합기내 원형벧짚베일을 세절하여 투입시 세절된 벧짚의 부피가 크기 때문에 사이클론 하단부의 배출구를 막아 이송이 불가능하거나, 배합기를 넘쳐나도록 공간을 차지하여 타 원료의 투입이 불가능한 문제점이 발생되었는데, 이는 배합순서의 조정으로 가능할 것으로 판단되었다.

3) 포장 시스템의 문제점

타이콘 백에 포장 작업시 계량용 호퍼빈에서 브리지(Bridge)현상이 종종 발생하였다. 이는 함수율이 높은 TMR 사료의 특성상 안식각이 좋지 않아 발생하는 것으로 호퍼빈의 각도를 조정하면 될 것으로 판단되었다.

포장시스템은 타이콘백으로 포장되는 시스템으로 설계되어 있었으나, 주위의 몇 농가의 경우 벌크형태로 트레일러 등에 반출을 원하는 경우가 있었다. 따라서 새로운 반출시스템을 설계하였다.

4) 기타 시스템의 문제점

장시간 가동시 이송 컨베이어의 벨트가 신장이 되거나 한쪽으로 쏠리는 편심현상이 나타났으며 이는 조정나사를 이용하여 조정할 수 있었다.

원형베일의 경우 레이크 작업시 레이크 봉 또는 돌 등이 삽입될 수 있고, 이는 기계에 투입시 부하 및 큰 손상을 줄 우려가 많다. 향후에도 세절시 설치시는 이러한 쇳조각 또는 돌 등의 큰 이물질이 분리할 수 있도록 원형베일을 풀면서 선별할 수 있는 시스템이 필요할 것으로 판단되었다. 또한 배합시에도 배합기의 스크류에 장착되어 있는 세절날의 마모 및 손상으로 TMR 사료 급여시에 가축에게 치명적이 될 수 있으므로 주의가 필요할 것이다.

이상과 같이 시운전을 통하여 여러 시스템의 문제점들을 밝혀내어 수정 및 보완하였으며, 향후에도 장기간 사용함에 따른 내구성 등 발생하는 문제점을 밝혀내고 해결하여 최적의 농가형 소형 TMR 모델 시스템이 될 수 있도록 할 것이다.

제3절 농가용 소형 TMR 플랜트의 현장적응시험

본 연구에서는 완성된 통합시스템을 전라북도 정읍시 정우면의 보리마을에 직접 설치하여 실제 젓소 및 비육우에 급여할 수 있도록 계속하여 가동시험을 실시하였다. 이러한 여러 차례의 현장 테스트를 통하여 농민들이 실제로 사용을 하는데 필요한 문제점 및 개선할 점을 조사하였으며 우리나라 실정에 알맞은 플랜트로 최종적으로 보완을 하였다.

1. TMR 사료 생산작업 요약

본 연구에서는 TMR 사료 일관조제를 위한 생산작업을 실시하였으며 각 작업을 실제 설치된 플랜트에서 실시한 결과 및 특징은 아래와 같다.

가. 원료 반입 작업

일반적으로 원형베일 조사료의 운반은 트랙터에 부착된 사일리지 핸들러를 이용하여 작업하게 된다. 본 플랜트에서는 세절기에 트랙터를 부착하고 사용하고 있기 때문에, 그림 73과 같이 스키드로더용 핸들러를 직접 제작하여 사용함에 불편이 없도록 하였다.



그림 73 원형베일 조사료의 반입

그림 74는 부산물원료의 벌크형태로 반입되는 모습을 나타내고 있으며, 그림 75는 타이콘백으로 반입되는 원료는 스키드로더를 이용하여 반입정리를 하도록 하였다. 각 사료들은 칸막이로 설치된 공간에 각각 저장하도록 하였다.



그림 74 톤백원료의 반입



그림 75 벌크원료의 반입

나. 원료투입작업

일단 저장이 된 원료는 2톤 용량의 배합기에 적정비율에 따라 투입이 되는데 투입

되는 작업의 형태는 다음과 같다.

원형배일 상태로 반입된 조사료는 세절기에서 세절이 된 후에 세절기의 배출구로 통하여 배합기의 상부에 설치된 사이클론으로 반송이 된다.(그림 76) 이 기간 중에 작업자는 그림 77과 78과 같이 버킷 또는 포크리프트가 부착된 스키더로더로 옥수수와 같은 곡류사료, 맥주박과 같은 부산물 사료를 투입할 수가 있다.

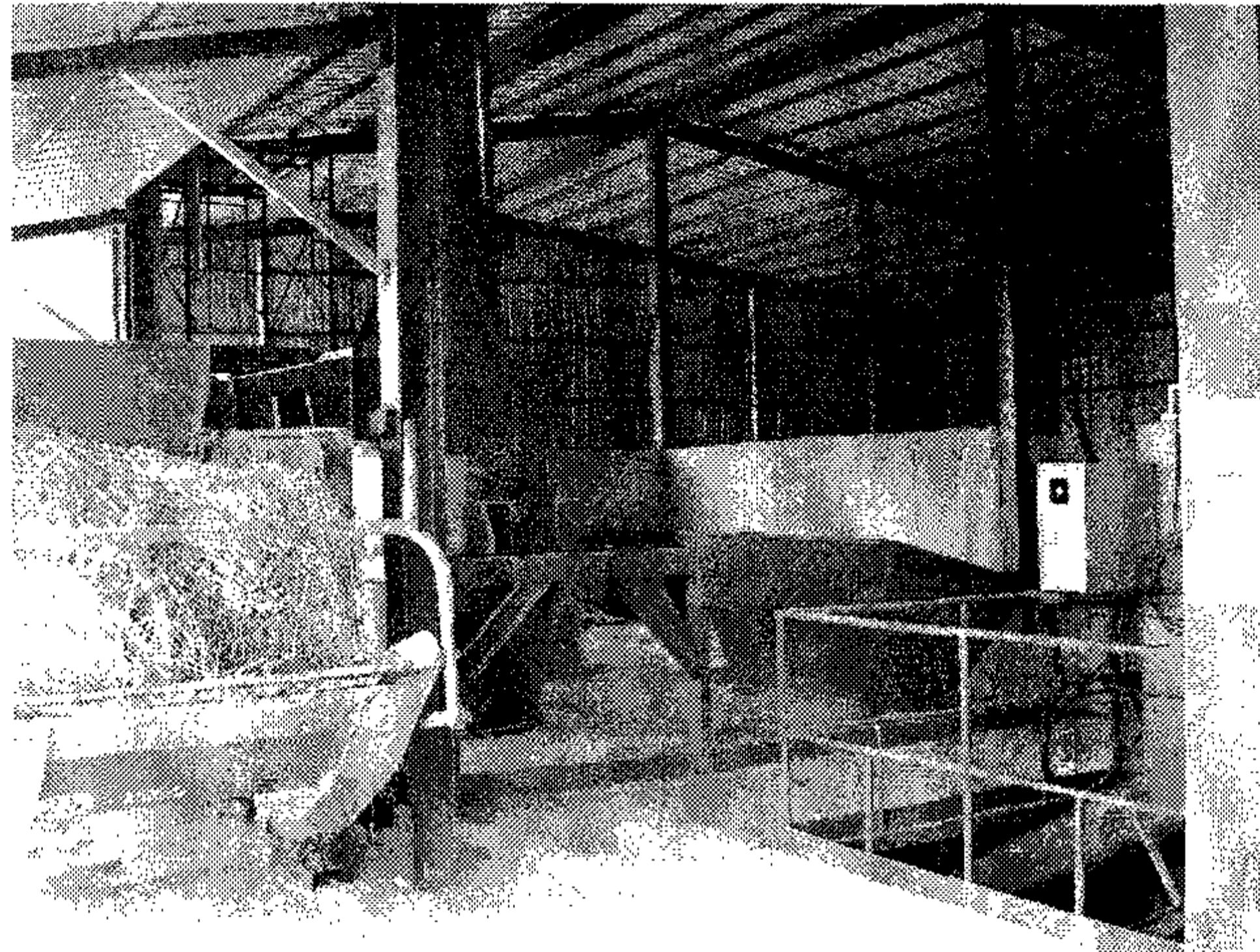


그림 76 원형배일 조사료의 배합기 투입

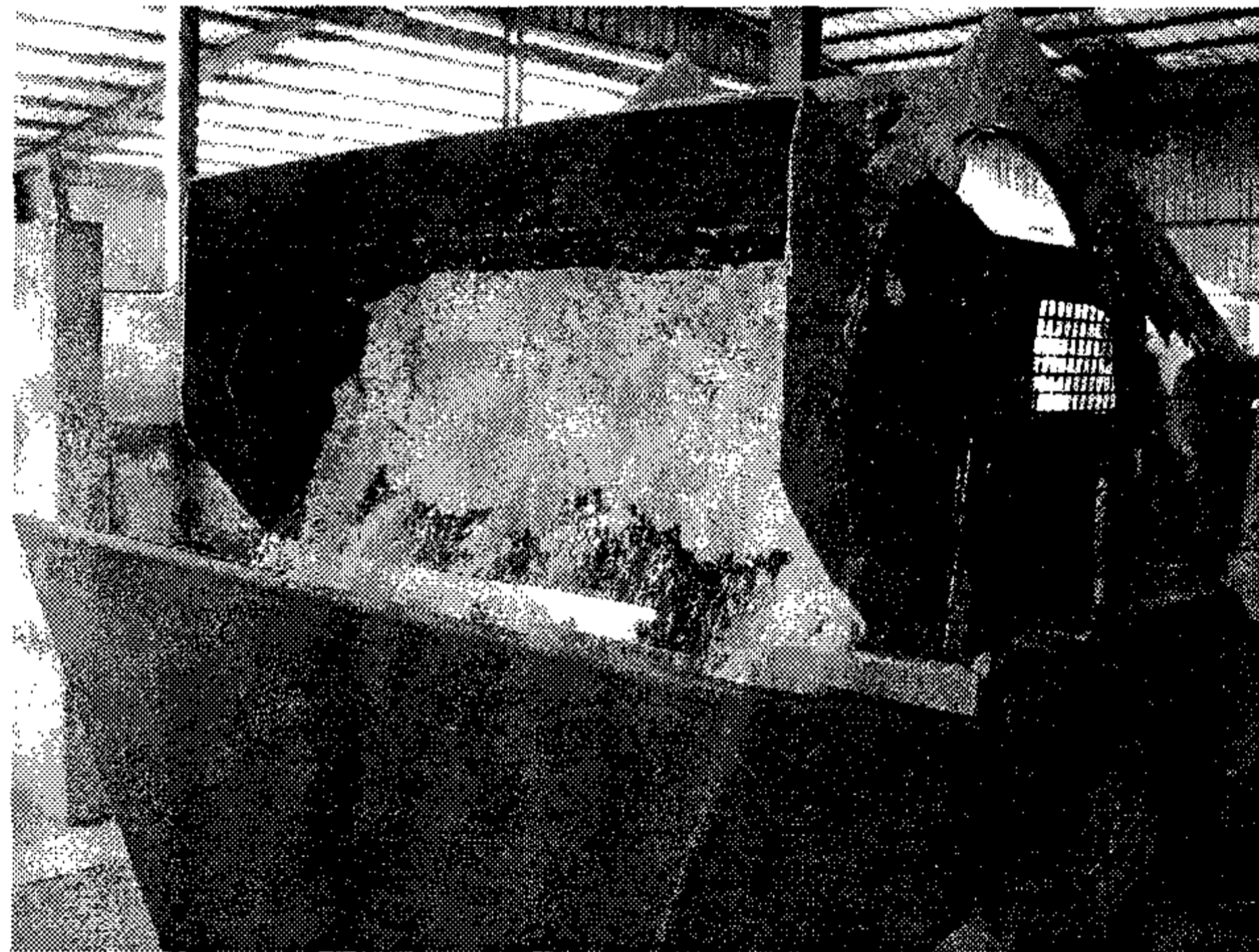


그림 77 벌크원료의 투입

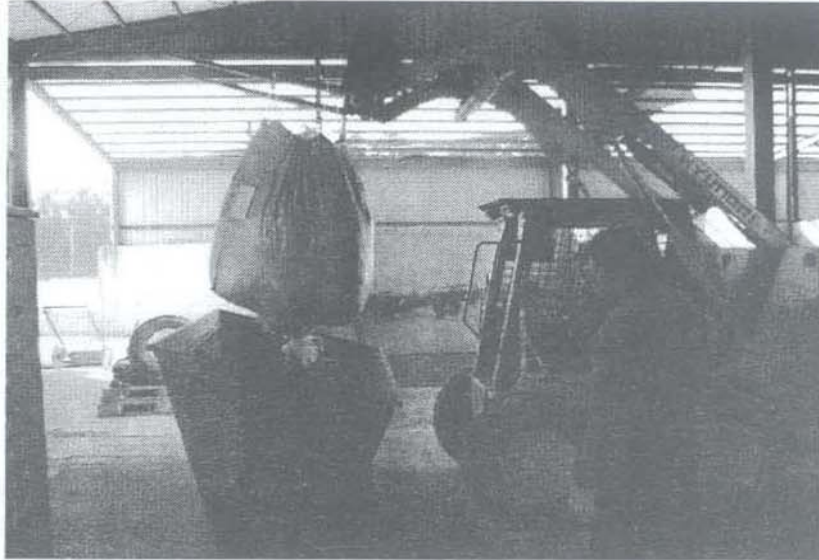


그림 78 톤백원료의 투입

다. 배합작업

본 연구에서는 조사료 투입과 동시에 바로 배합기를 가동하기 때문에 원료 투입 기간 중인 15분과 투입이 완료된 5분 등 모두 20분간 배합 작업이 이루어진다. TMR 제조시 원료사료의 투입순서에 따라 혼합의 균일도에 많은 영향을 미치기 때문에 일반적인 TMR 배합시 원료투입 순서로 배합을 실시하였다. (그림 79)

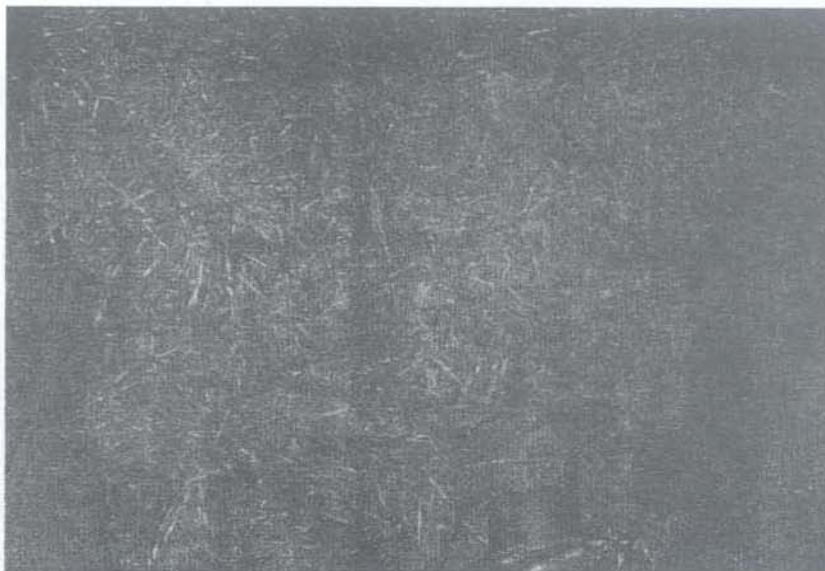


그림 79 배합작업

라. 배출 및 임시저장 작업

배합이 완료된 TMR 사료는 함수율이 약 40%가 되는 습사료가 된다. 이는 배합기 측면에 설치된 슬라이더 게이트를 통하여 외부로 배출이 되고, 다시 경사진 벨트 컨베이어에 의해 운송이 되어 제품 탱크로 임시 저장이 된다. (그림 80 및 81)



그림 80 컨베이어에 의한 배출작업



그림 81 제품탱크내의 임시저장

마. 포장작업

TMR의 중량을 계량하기 위하여 계량스위치가 작동되면 계량용 호퍼빈의 게이트

가 완전히 열리고 TMR은 투입슈터에 백 클램프를 구성하여 백 입구를 간단히 체결하고 백을 매달아 수평을 유지해주는 스프링 행거로 이루어진 포장부의 타이콘 백으로 흘러내린다. TMR의 중량이 계량설정치(500kg)에 가까워지면 에어시스템에 의해서 계량용 호퍼빈의 게이트는 반 정도 닫히고, 설정치에 도달하면 완전히 닫힌다. 동시에 계량과 포장이 완료된 타이콘 백을 운반 적재하기 위하여 원형롤러컨베이어를 구성하여 타이콘 백을 밀 수 있는 푸셔(pusher) 또는 인력으로 타이콘 백을 밀어서 적재 대기시켜 놓은 후, 계속해서 수개의 타이콘 백으로 포장을 할 수 있다.(그림 82 및 83)

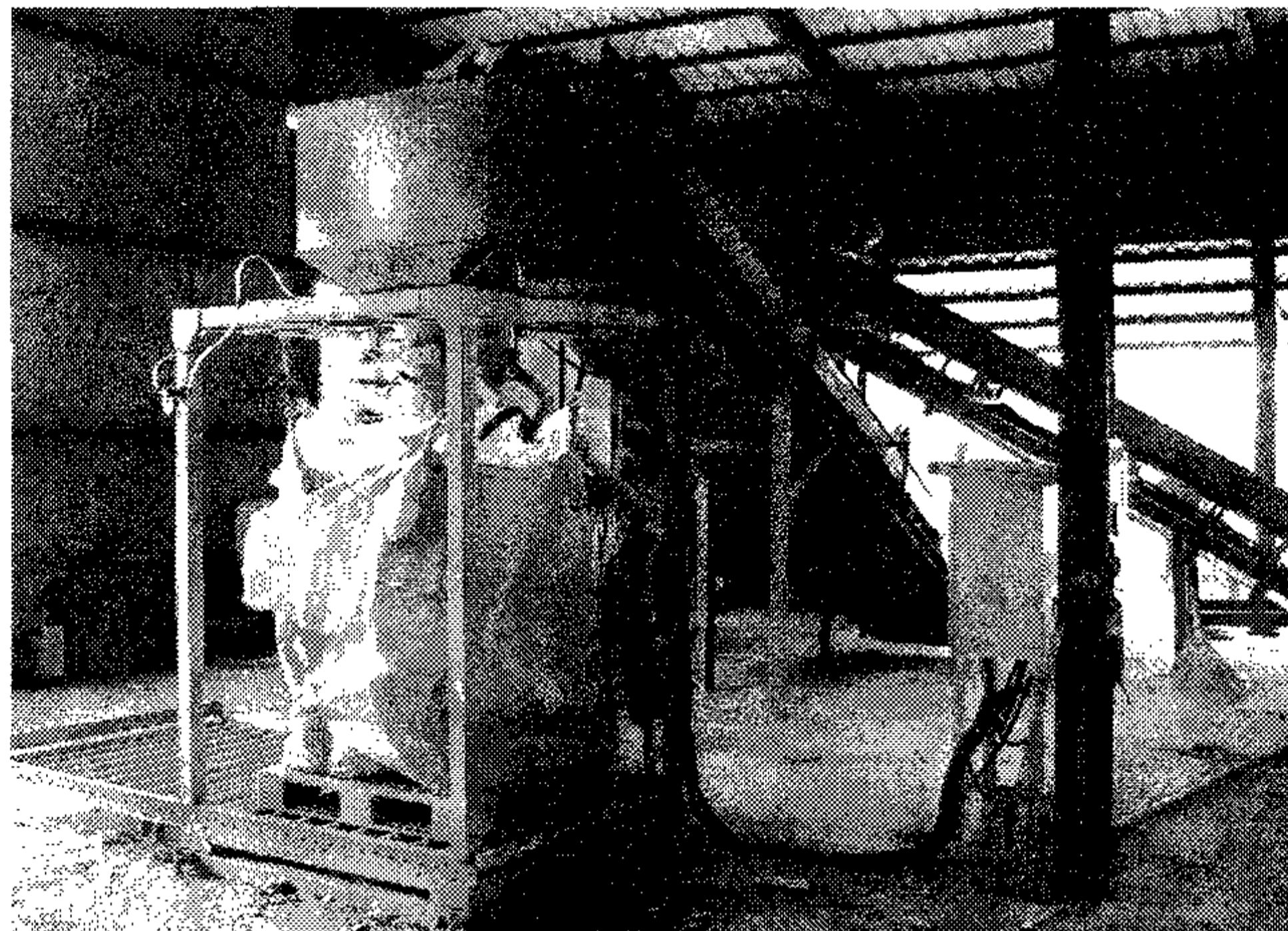


그림 82 포장작업



그림 83 포장 완료된 TMR 사료

2. 문제점 분석 및 최종보완

가. 사이클론 시스템의 수정 및 보완

그림 84과 같이 세절기의 풍량 시험을 통하여 선정된 사이클론($\phi 1340 \times 3350$)의 적합성 시험을 실시하였다. 먼저 사이클론 시험은 세절기 배출구로부터 반송된 세절된 벧짚이 사이클론을 통하여 배합기로의 이송여부를 육안으로 측정하였다.



그림 84 수정전 사이클론 시스템의 시험

초기에 사이클론 시스템은 공기컨베이어시스템의 반송형태로 설계하였으나, 세절기의 송풍팬의 경우는 탈곡기, 건조기, 콤바인 등과 같은 기계에서 주로 사용되는 반송형식인 드로우어(Thrower)로서 아래쪽에서 위쪽으로 벧짚 등의 조사료를 이송하도록 하는 방법으로 사용하고 있다. 실제로 육안 측정 결과 세절된 벧짚이 세절기 배출구로부터 반송된 후 관로 내 압력손실이 많아 관로에 벧짚이 쌓여 반송이 불가능하여 시스템의 수정이 불가피하였다. 따라서 현 사이클론 시스템의 관로 손실을 최소화하기 위하여 ① 세절기 배출구와 사이클론의 입구를 수평으로 유지하도록 하여 집진매커니즘을 중력식으로 재설계 하였다. ② 사이클론의 공기배출관로에 송풍팬을 장착하여 벧짚의 먼지를 배출할 수 있도록 하고 사이클론의 치수도 재설계하여 수정된 조사료 반입시스템을 제작하였다. 그림 85와 그림 86은 수정된 사이클론 시스템을 나타내고 있다.



그림 85 수정된 사이클론 시스템

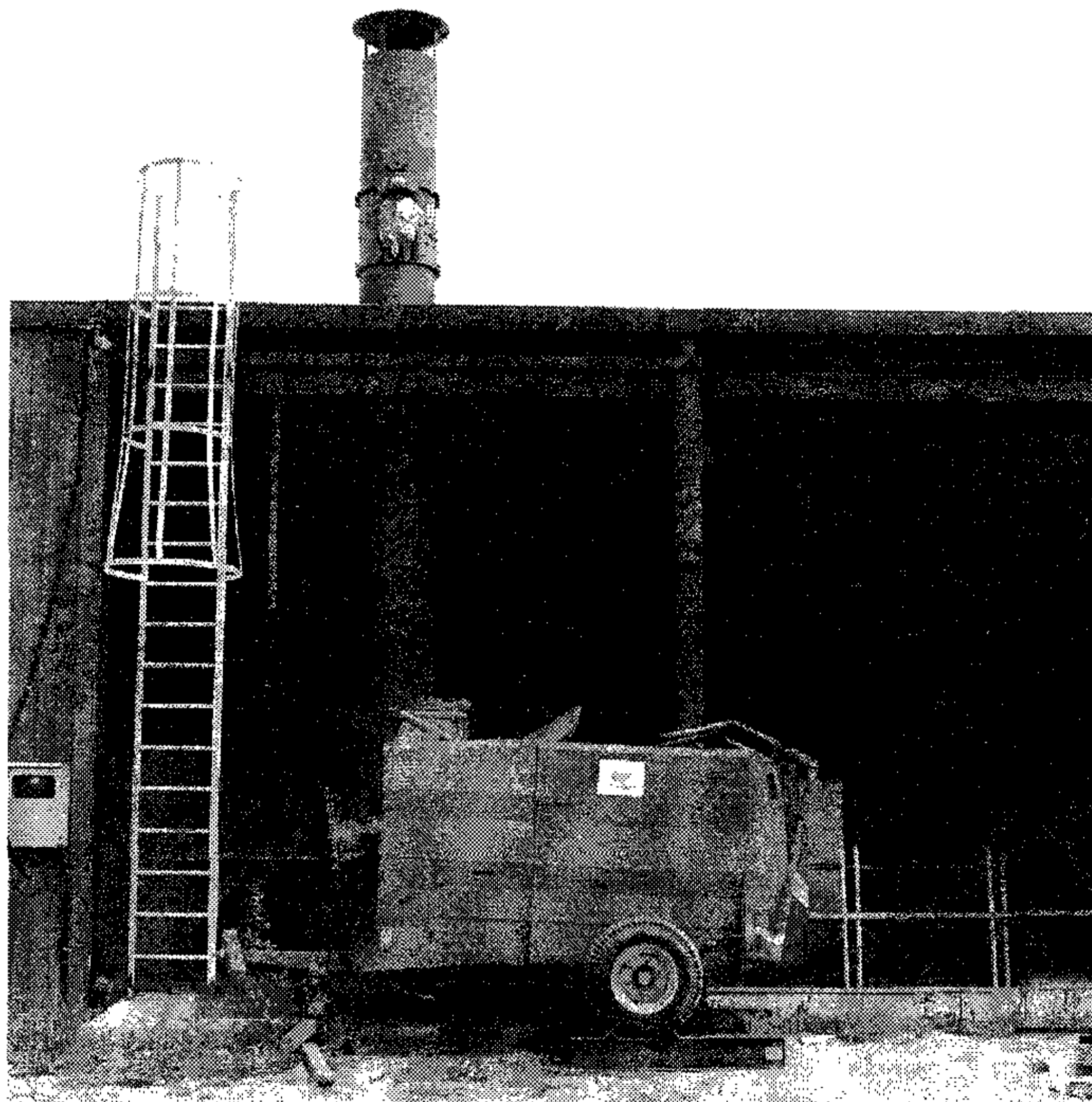


그림 86 수정된 사이클론시스템의 전체외관

또한, 집진팬은 세절기 송풍기의 고속(250m³/min)을 기준으로 축류식 팬 #630

(7.5kw, 2220rpm)을 선정하였다. 원형벚짚베일의 경우 저속(85m³/min)으로 세절작업이 가능한데, 집진팬의 송풍량을 조정하기 위하여 그림 87의 인버터를 이용하여 집진팬의 회전속도를 조절하였다.



그림 87 회전수 조정을 위한 인버터

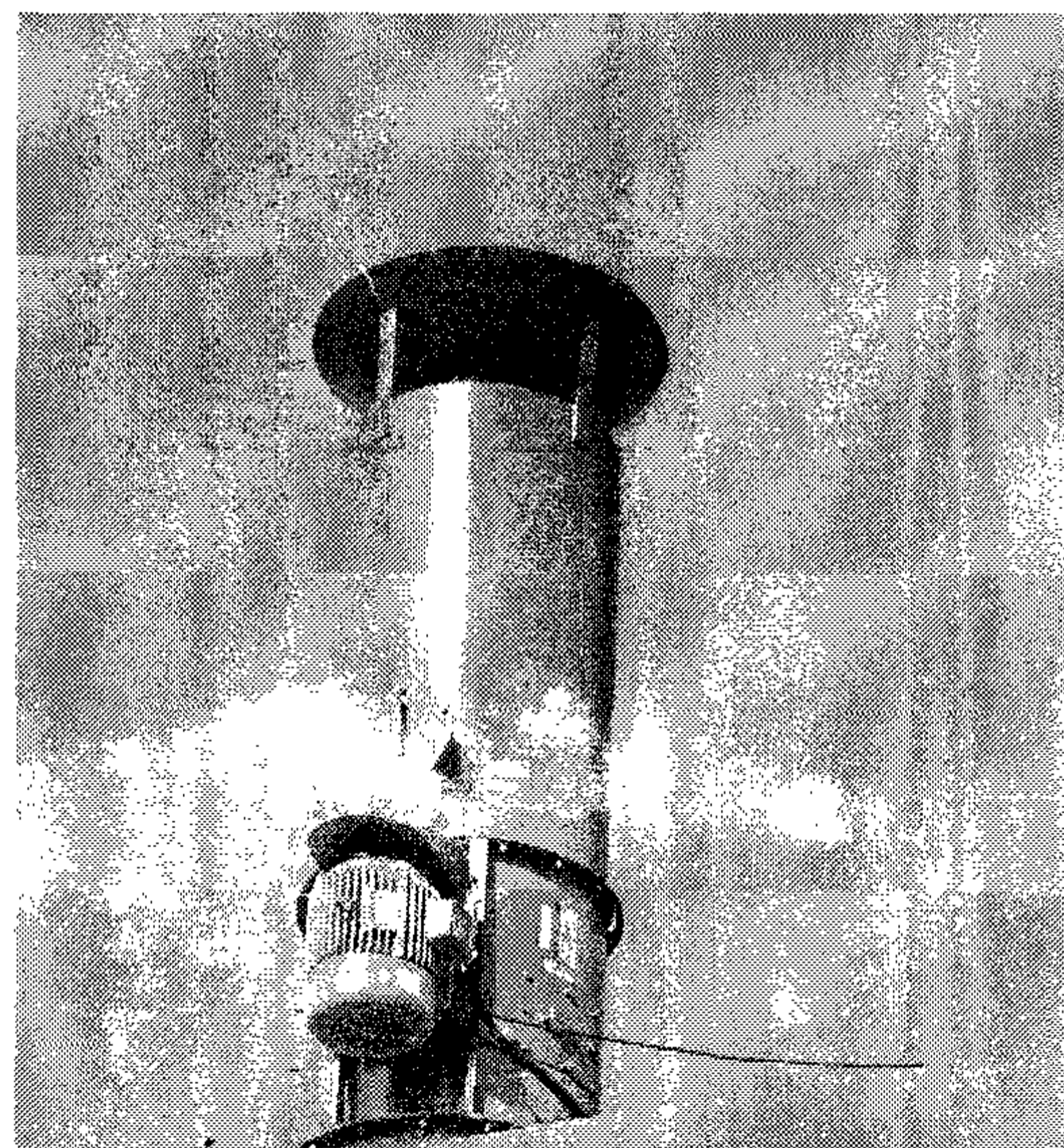


그림 88 벚짚의 날림현상

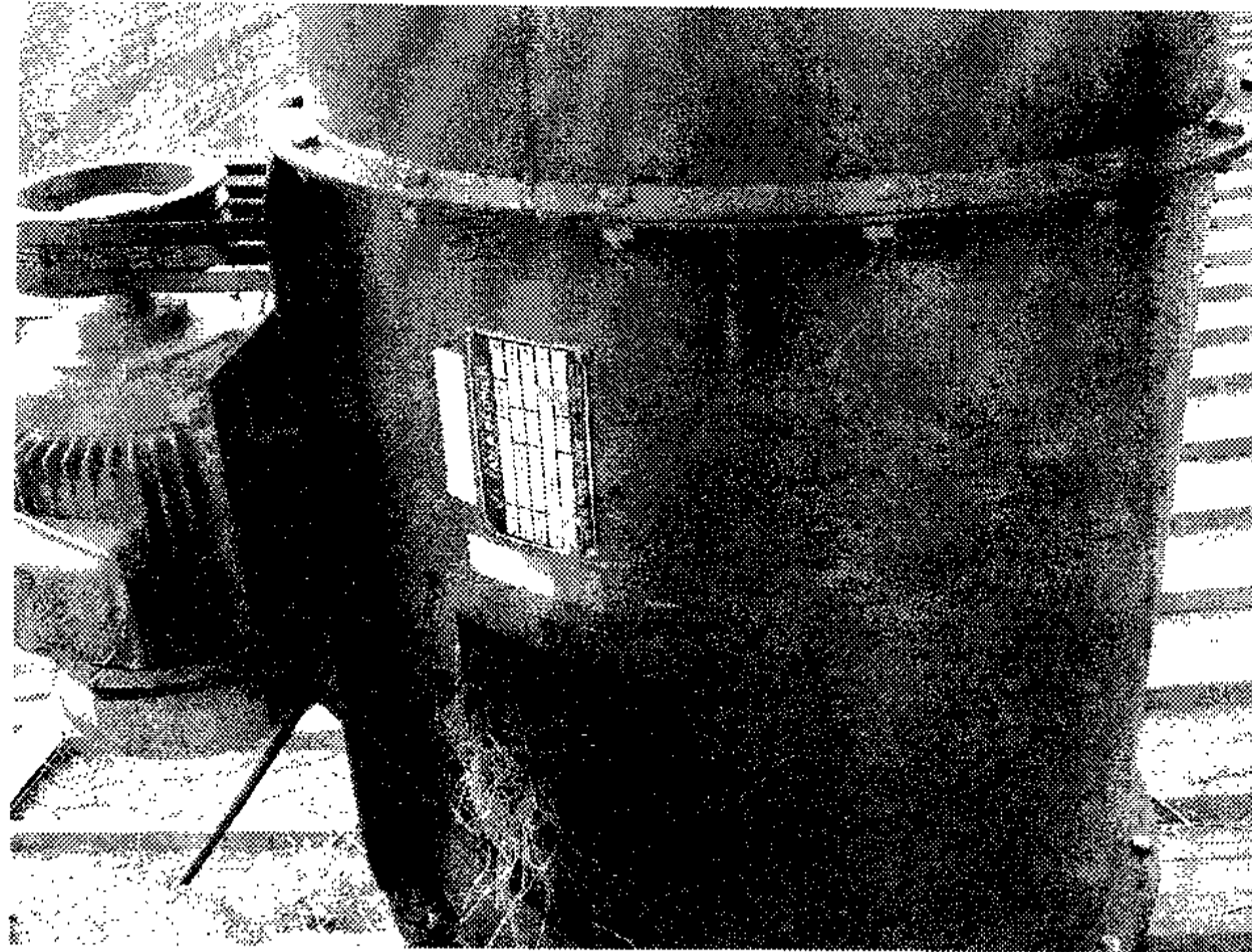


그림 89 송풍팬 사이에 벚짚 끼임 현상

인버터를 이용하여 주파수 조정시 20~60Hz 에서는 그림 88과 같이 벚짚이 밖으로 많이 배출되고, 그림 89와 같이 팬 사이에 벚짚이 끼어 모터의 회전이 정지되는 현상이 발생하였다. 그러나, 15~20Hz 사이에서는 먼지가 배합기 투입구 쪽으로 조금 배출되나, 벚짚 날림현상이 없었으며 외부로 먼지가 잘 배출되었다. 따라서 벚짚만 이용시 송풍팬의 선정은 그림 90과 같이 팬성능곡선을 이용하여 결정하였는데, 축류식 팬 #630 (0.4kw, 550~740rpm)으로 나타났다.

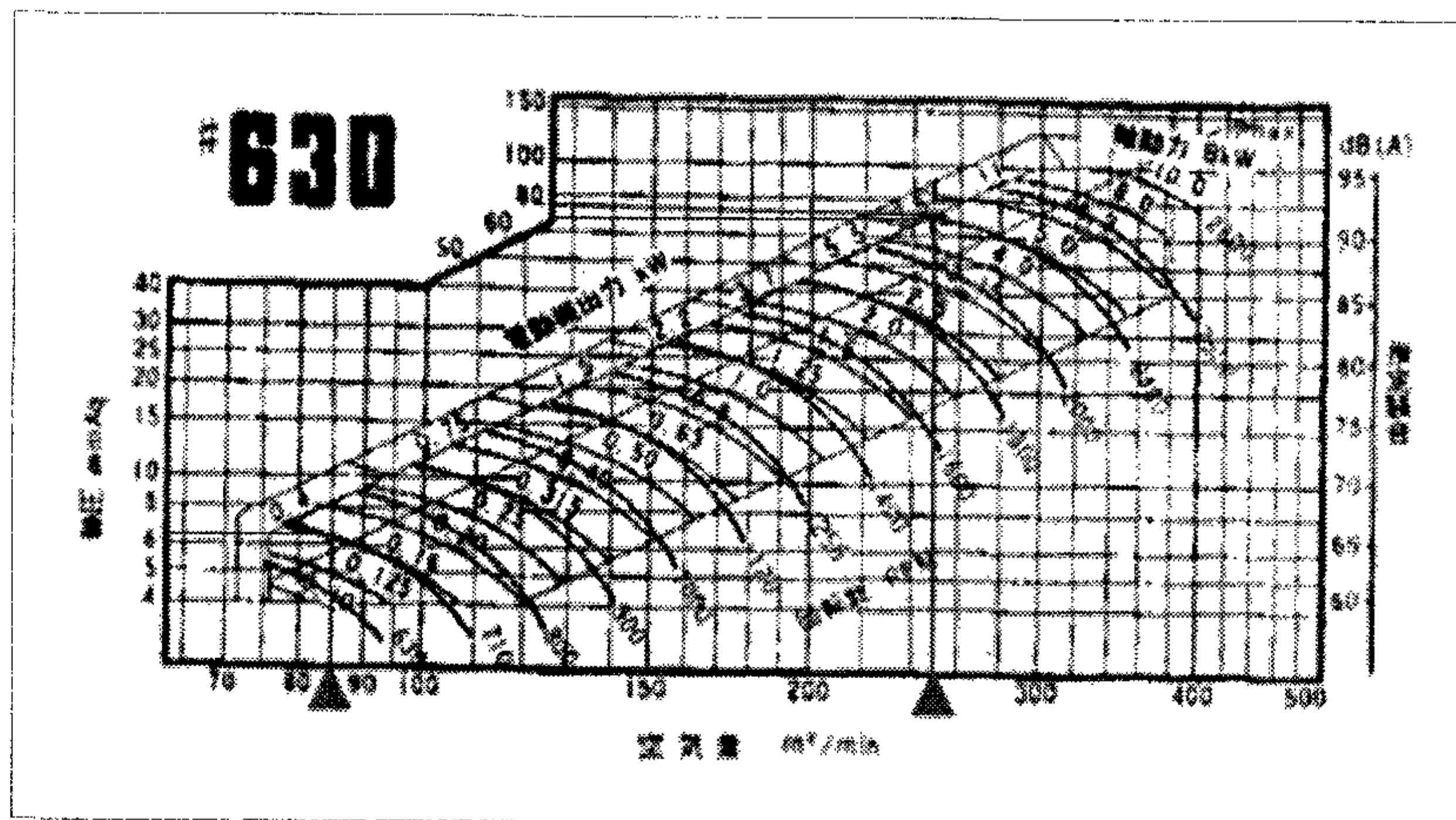


그림 90 팬성능곡선

또한, 그림 91과 그림 92와 같이 사이클론 내부의 스택(stack)를 지지하는 지지봉 때문에 세절기로부터 이송되어진 벚짚의 경우 지지봉에 벚짚이 쌓여 결국 세절기와 사이클론을 연결하는 관로에 까지 쌓여 이송이 되지 않았다. 따라서 그림 93과 같이 내부의 지지봉을 제거하고 스택을 지지하는 봉을 외부에 설치하여 이송을 원활히 하였다.

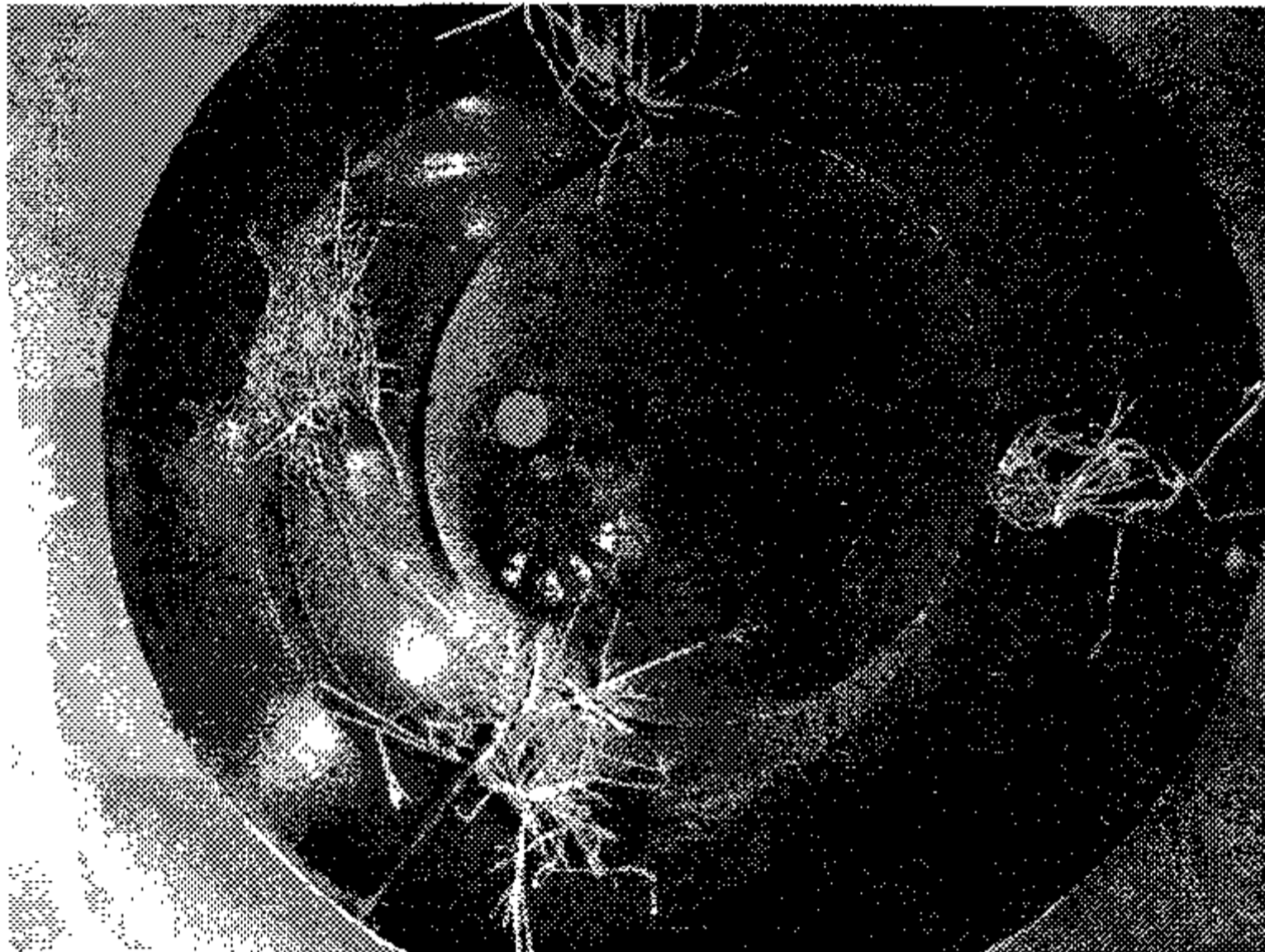


그림 91 수정전 사이클론 내부모습

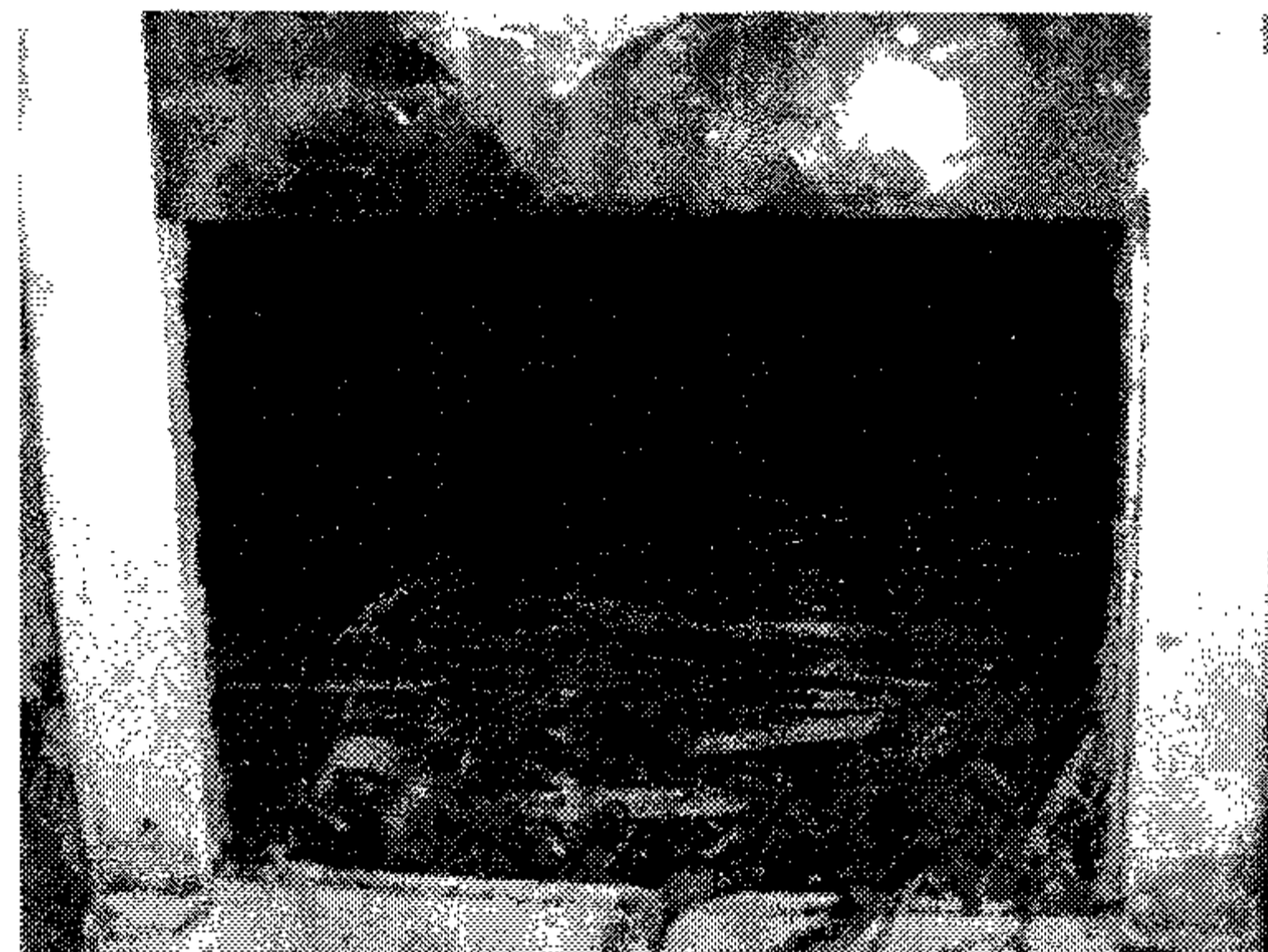


그림 92 세절기와 사이클론 연결관로



그림 93 수정된 사이클론 스택의 지지봉 연결

나. 배합 시스템의 수정 및 보완

그림 94와 같이 배합이 완료된 TMR 사료를 배합기로부터 배출시에 공압실린더에 의해 배출게이트가 열린다. 이 때 배출되는 TMR 사료를 벨트 컨베이어가 다 이송하지 못하고 일부는 배합기 쪽으로 흘러내려 벨트컨베이어 아랫부분은 많은 TMR 사료로 인해 벨트 처짐이 발생하여 외부로 쏟아지는 현상을 나타내고 있다. 따라서, 이송이 원활하도록 ① 벨트컨베이어의 각도 조정과 ② 배출게이트의 개폐위치 조정을 하였다. 실제로 장착된 벨트컨베이어 각도는 지하에 장착되어 있는 배합기는 저장빈과의 거리 때문에 경사각이 32°로 되어 있다. 그림 95와 그림 96과 같이 벨트컨베이어의 경사각을 30°로 낮추고, 배합기의 배출게이트는 스톱퍼를 설치하여 배합기로부터 배합 완료된 TMR 사료를 원활히 이송시킬 수 있었다.

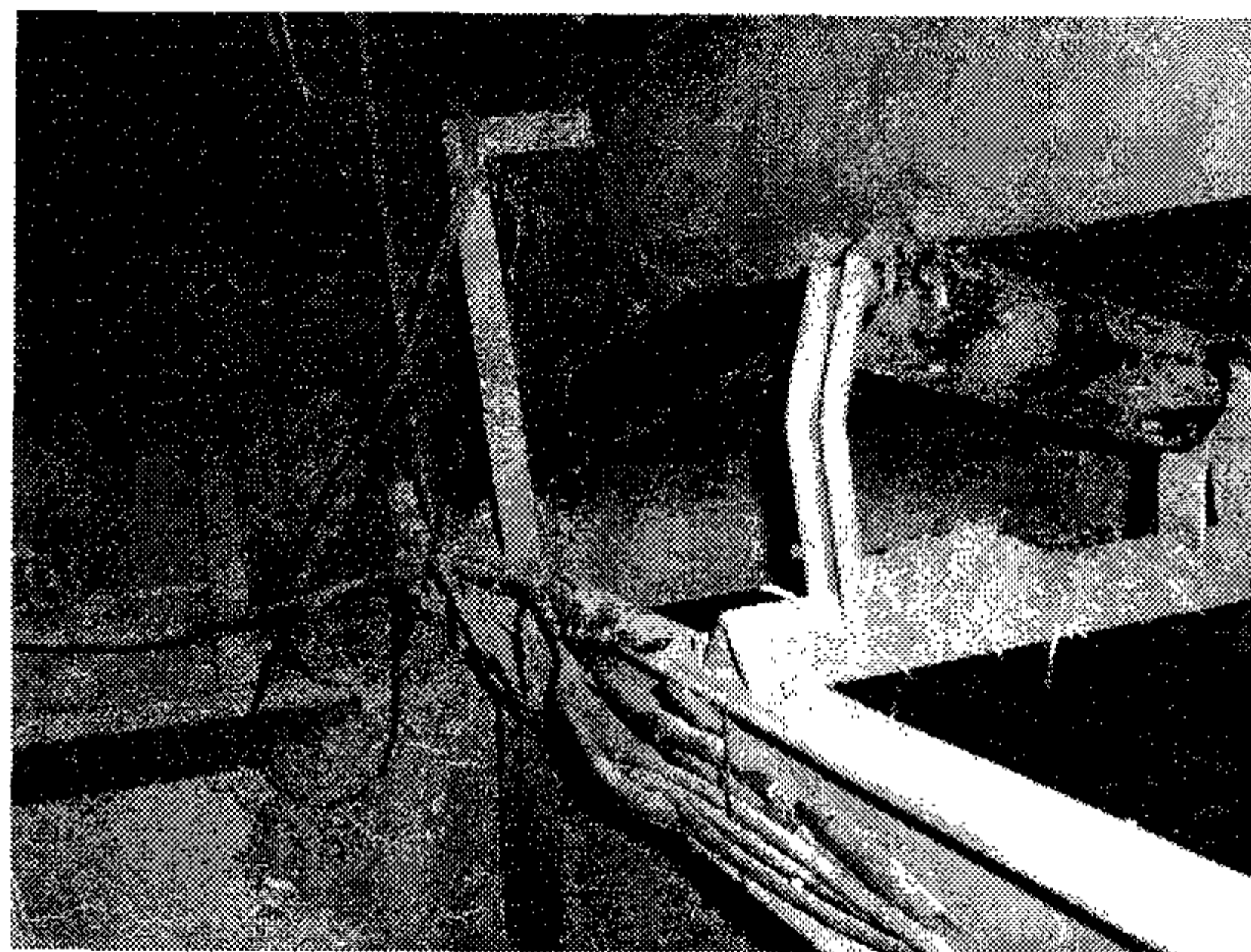


그림 94 수정전 배합기 배출시스템

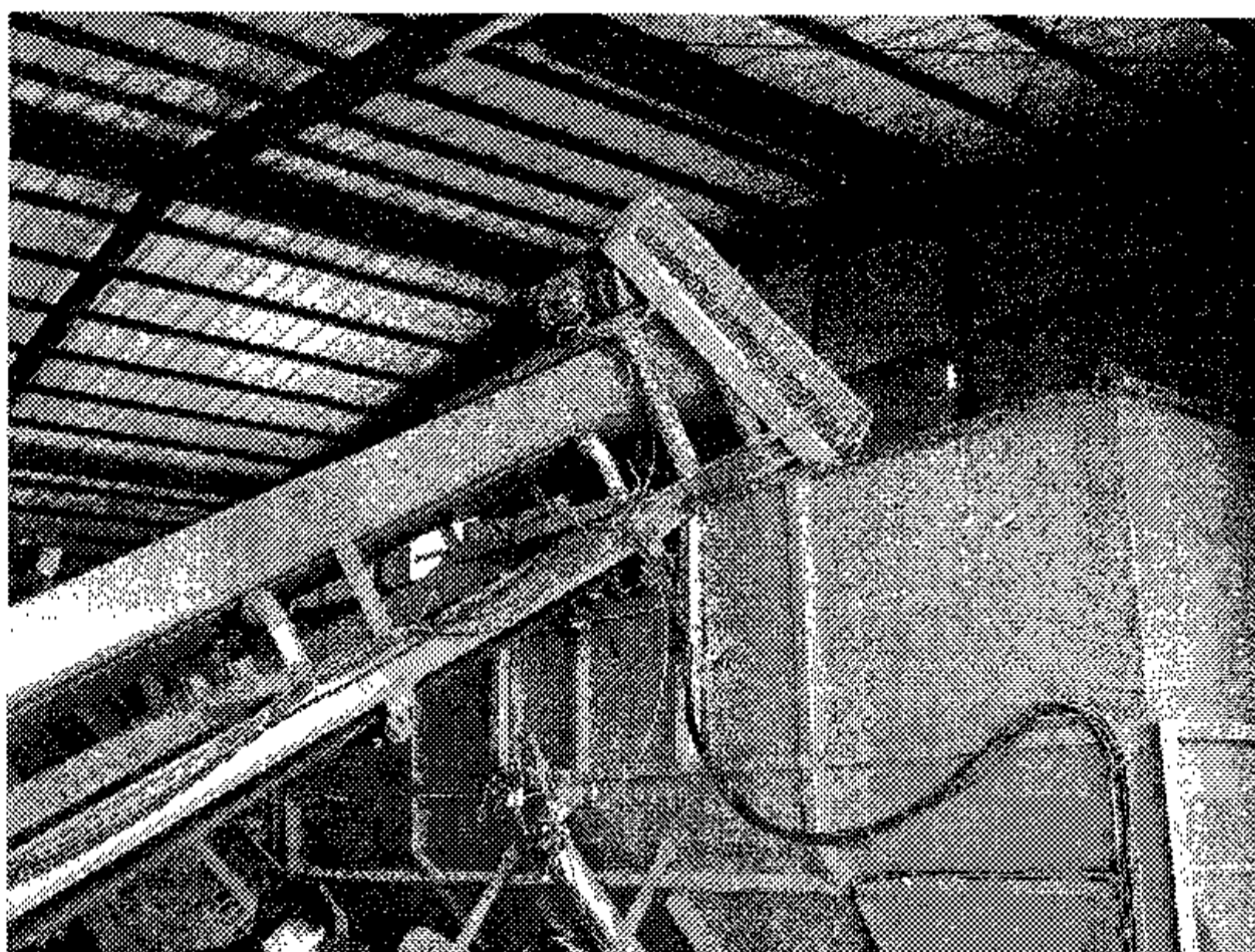


그림 95 수정된 벨트컨베이어 경사각



그림 96 수정된 배합기 배출게이트

또한, 그림 97과 같이 배합기내 원형벗짚베일을 세절하여 투입시 세절된 벗짚의 부피가 크기 때문에 사이클론 하단부의 배출구를 막아 이송이 불가능하거나, 배합기를 넘쳐나도록 공간을 차지하여 타원료의 투입이 불가능하므로 벗짚을 세절하여 배합기에 투입시는 습사료를 동시에 투입하여 배합기를 가동하는 것으로 해결되었다.



그림 97 배합기내의 세절벗짚

다. 포장시스템의 수정 및 보완

타이콘 백에 포장 작업시 TMR 사료는 계량용 호퍼빈에 잠시 저장되었다가 타이콘백에 담기게 되는데, TMR 사료가 함수율이 약 40% 내외인 습사료이므로 안식각이 좋지 않다. 따라서 그림 98과 같이 계량용 호퍼빈에서 브리지(Bridge)현상이 종종 발생하였다. 따라서, 안식각이 좋도록 호퍼의 각도를 더 경사지게 하고, 배출구의 직경을 크게 하여 브리지현상이 발생되지 않도록 수정하였다. 그림 99는 수정된 계량빈 호퍼빈을 나타내고 있다.



그림 98 계량용 호퍼빈의 브리지현상

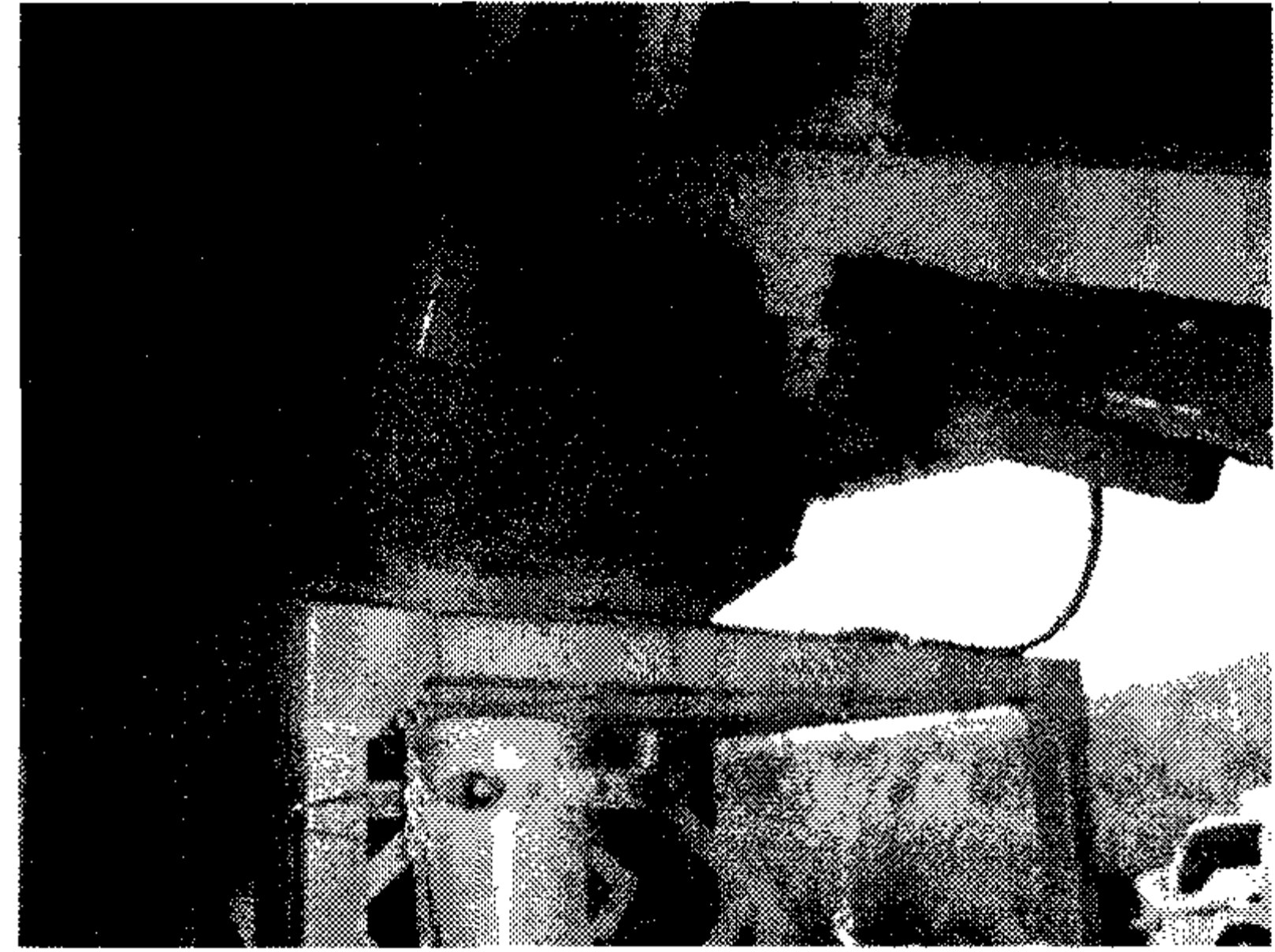


그림 99 수정된 계량용 호퍼빈

라. 기타 시스템의 수정 및 보완

TMR 사료는 함수율이 40% 내외인 습사료이기 때문에 중량이 많이 나간다. 따라서 그림 100과 같이 컨베이어의 벨트가 신장이 되거나 한쪽으로 쓸림이 나타날 수 있으므로 조정나사를 이용하여 벨트의 장력 및 편심현상을 해결하였다.

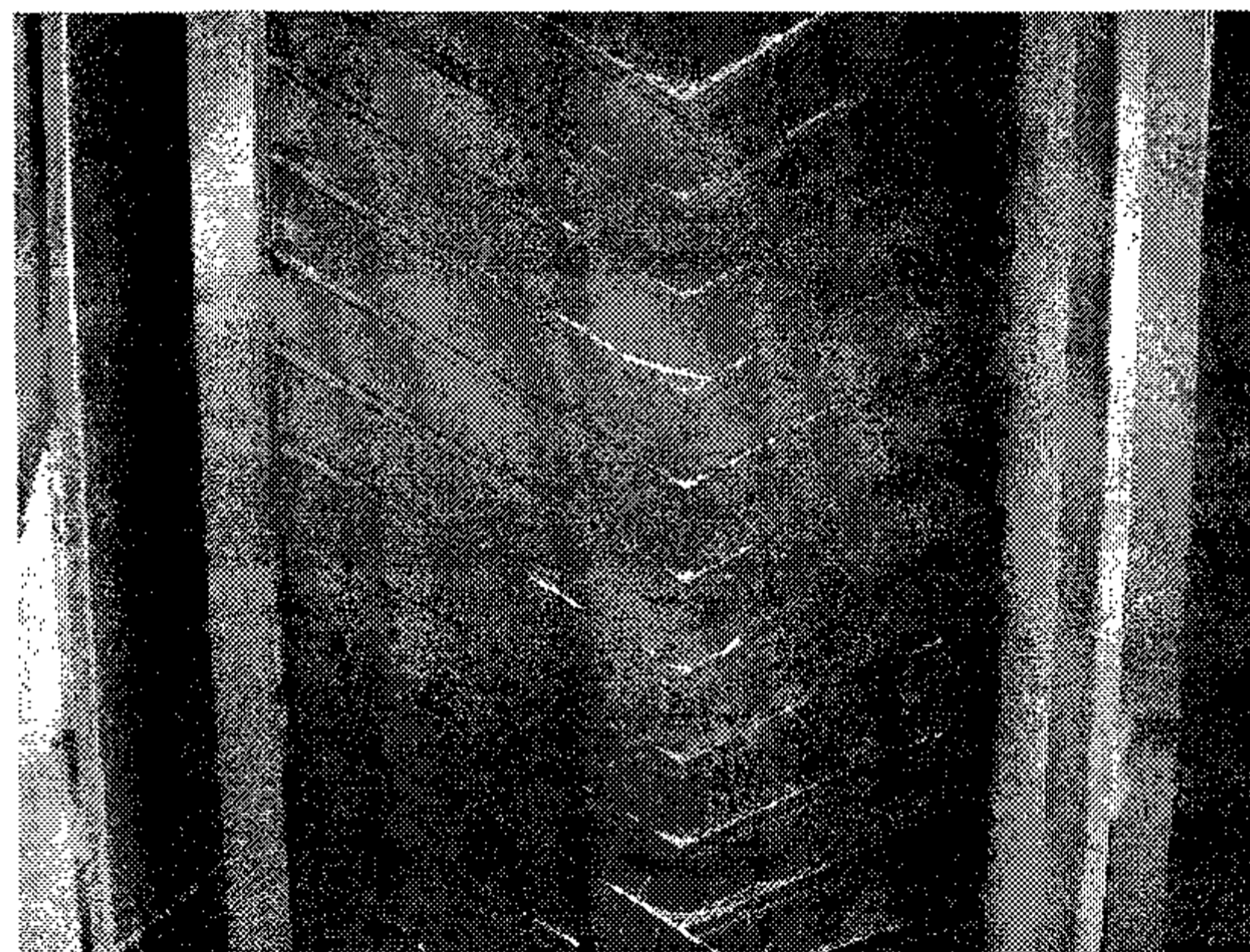


그림 100 벨트컨베이어의 편심현상

포장시스템은 타이콘백으로 포장되는 시스템으로 설계되어 있었으나, 주위의 몇 농가의 경우 벌크형태로 트레일러 등에 반출을 원하는 경우가 있었다. 따라서 저장빈 반대측에 배출게이트와 벨트 컨베이어를 설치하여 벌크형태로 원할 시에 수동으로 반출될 수 있도록 새로이 설치하였다. 그림 101은 새로 설치된 차량상차용 벨트 컨베이

어를 나타내고 있다.



그림 101 차량상차용 벨트컨베이어

원형베일의 경우 레이크 작업시 레이크 봉 또는 돌 등이 삽입될 수 있고, 이는 기계에 투입시 부하 및 큰 손상을 줄 우려가 많다. 그림 102는 이러한 원형베일 내부의 이물질에 의해 세절기의 세절날이 손상된 것을 볼 수 있다. 향후에도 세절시 설치시는 이러한 쇳조각 또는 돌 등의 큰 이물질을 분리할 수 있도록 원형베일을 풀면서 선별할 수 있는 시스템이 필요할 것으로 판단되었다.



그림 102 세절기 세절날의 손상

또한 배합시에도 배합기의 스크류에 장착되어 있는 세절날의 마모 및 손상으로

TMR 사료 급여시에 가축에게 치명적이 될 수 있으므로 주의가 필요할 것이다. 대부분의 농가들이 원형베일 조사료 이용시에 별도의 세절기를 사용하지 않고 그림 103과 같이 배합기 내의 스크류에 장착되어 있는 세절날로 세절하기 때문에 세절날의 마모 및 손상이 매우 심하여 몇 개의 베일을 자르지 않고도 계속해서 세절날을 교체해주어야 하는 문제점이 있다. 그림 104는 배합기 배출구에 설치된 마그네틱분리기에 분리된 여러 가지 췌조각들을 보여주고 있으며, 그림 105는 미 분리된 TMR 사료 안의 췌조각을 분리하기 위하여 벨트컨베이어 상에 원형의 마그네틱분리기를 여러 개 설치하여 최대한 췌조각을 분리할 수 있도록 하였다.



그림 103 배합기 세절날의 손상

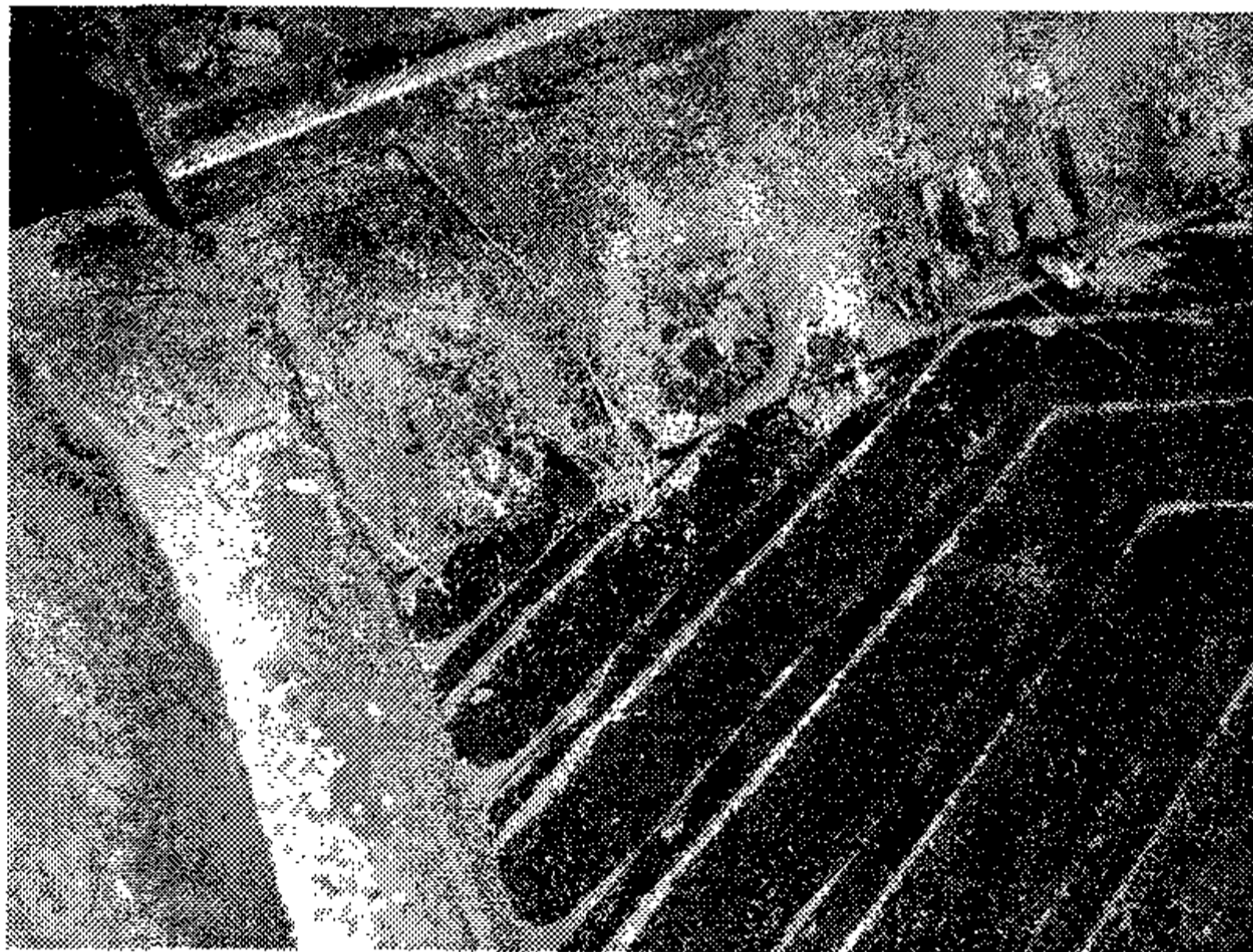


그림 104 마그네틱분리기1

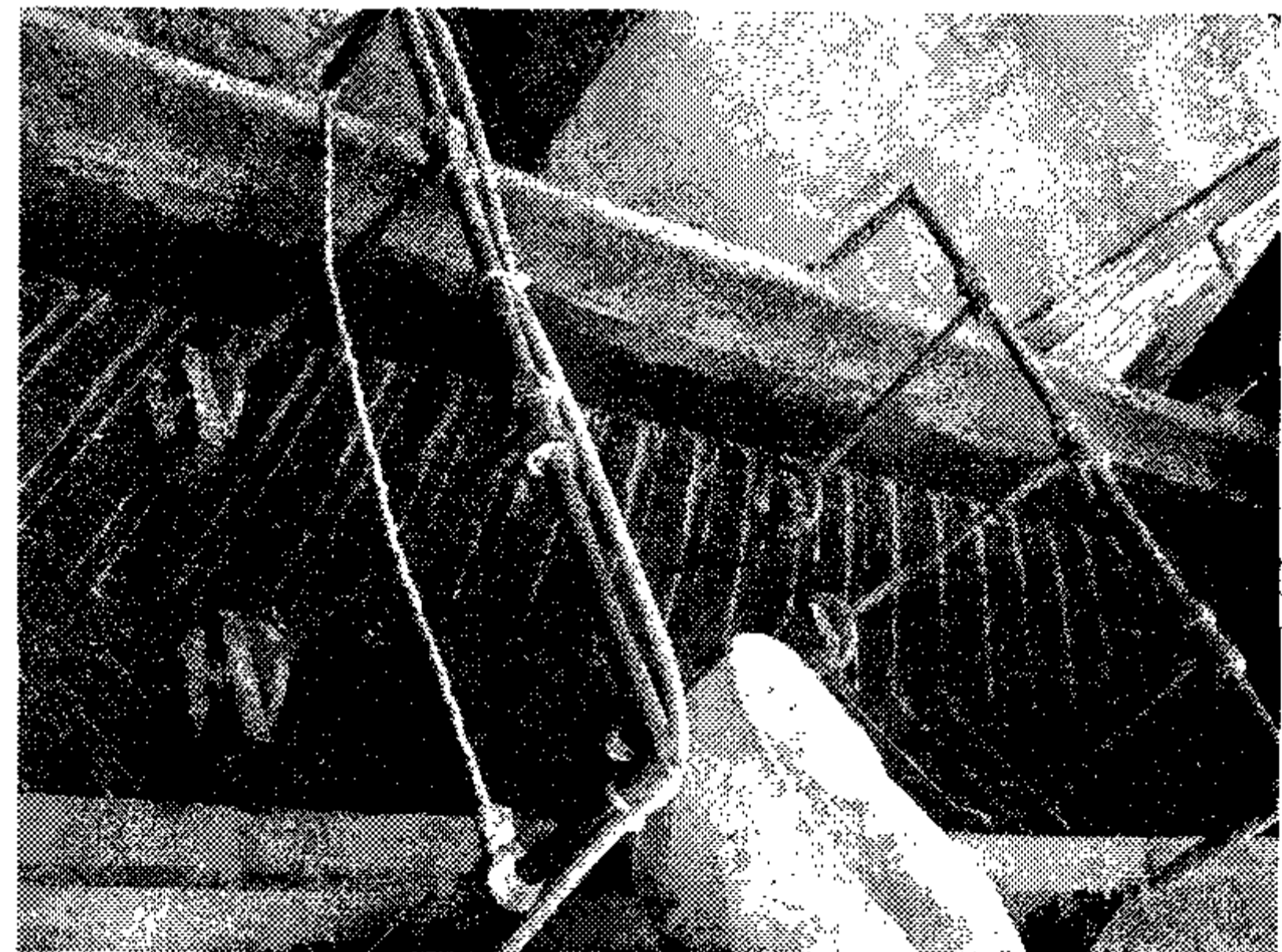


그림 105 마그네틱 분리기2

현재 본 연구의 TMR 시스템에서는 세절기는 트랙터 견인형이기 때문에 트랙터의

장착시 작업자가 약간의 불편함이 있다. 따라서 이러한 불편한 점을 해소하기 위한 해결방안을 그림 106과 같이 중고 콤바인을 구입하여 엔진구동형으로 개조하여 사용하고 있는 형태를 소개한다. 향후에도 이러한 전기모터를 이용하거나 엔진으로 구동을 할 수 있는 세절기 전용의 동력원이 필요할 것으로 판단되었다.

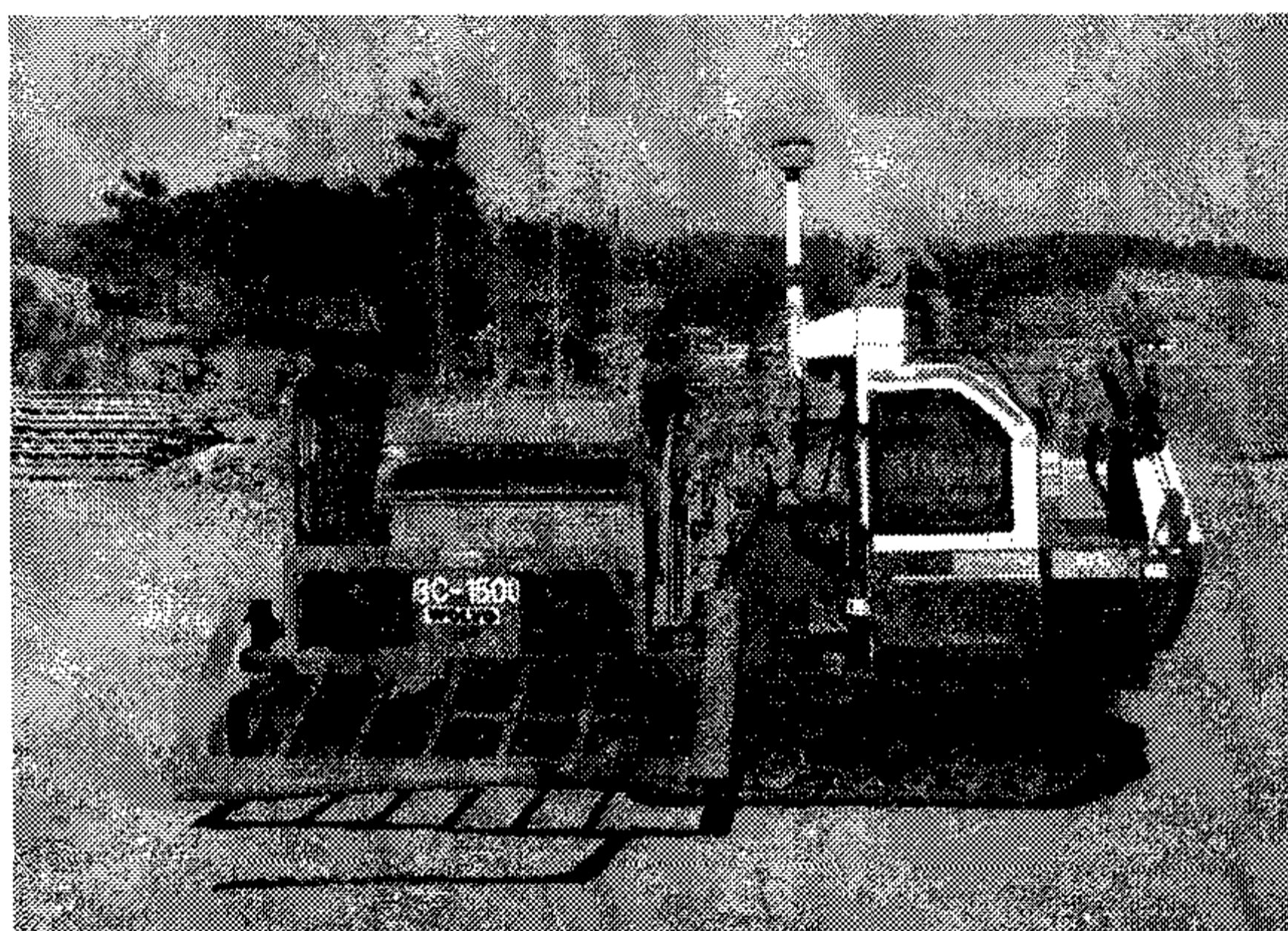


그림 106 엔진구동형 세절기

이상과 같이 여러 문제점들을 수정 및 보완하였으며, 현재 계속하여 가동 중에 있다. 그림 107은 조제된 TMR 사료를 급여하고 있는 모습을 나타내고 있다. 향후에도 장기간 사용함에 따른 내구성 등 TMR 플랜트로 보급하기 전에 문제점을 밝혀내고 수정 및 보완을 하여 최적의 시스템이 될 수 있도록 할 것이다.

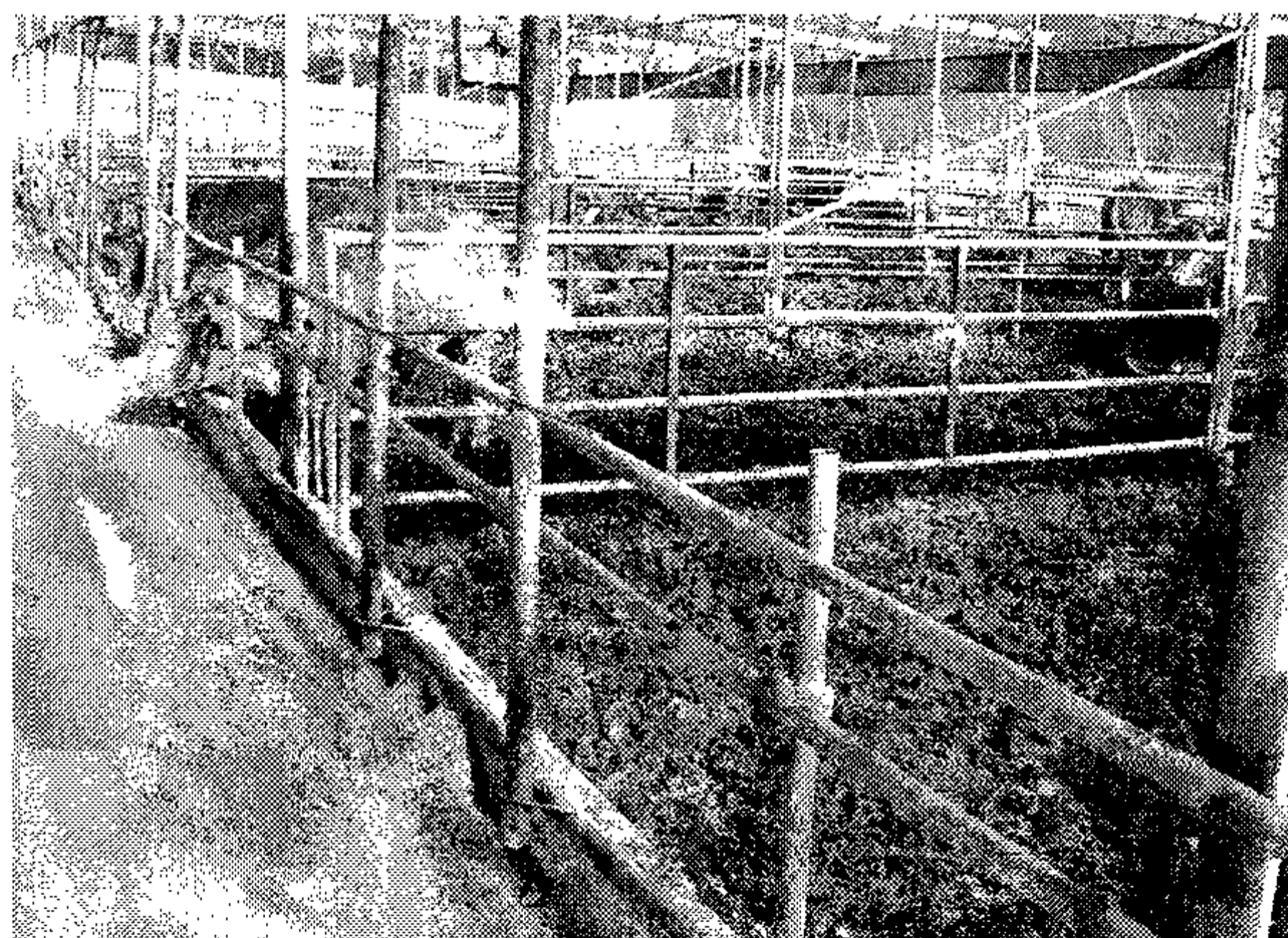


그림 107 조제된 TMR 사료의 급여

제4절 농가용 소형 TMR 플랜트의 성능시험

앞서 완성된 통합시스템을 전라북도 정읍의 보리마을에 직접 설치하여 실제 젓소 및 한우에 급여할 수 있도록 계속하여 가동시험을 실시하였고, 이러한 여러 차례의 현장 테스트를 통하여 농민들이 실제로 사용을 하는데 필요한 문제점 및 개선할 점을 조사하여 최종적으로 보완을 하였다. 본 연구에서는 최종적으로 설계 제작되어 완성된 TMR 플랜트의 성능을 검증하기 위하여 TMR 사료의 생산과 관련된 성능을 시험하였다.

1. TMR 사료 균일도 측정

좋은 품질의 원료라 함은 원하는 영양소의 함량이 높은 원료라고 정의하기 쉬우나 보다 중요한 것은 생산되는 원료 내 성분의 변이가 적어서 그 성분의 함량을 정확도가 높게 예측할 수 있는 원료라 할 것이다. 원료의 함량에 변이가 발생하는 요인은 여러 가지가 있으나 가공에 따른 변이 그리고 배합과정에서 발생하는 변이로 구분할 수 있다. 특히 배합공정은 TMR 사료 제조 공정의 중심이라고 할 수 있다. 즉 배합이 이루어지기 전까지는 주원료별로 존재하지만, 최소한 둘 이상의 원료가 혼합되어야 TMR 사료가 될 수 있기 때문이다. 따라서 좋은 TMR 사료는 변이 때문에 발생하는 문제점을 최소화하기 할 수 있어야 한다.

본 시험의 목적은 전체 시스템 및 배합 후 배출과정 등에서 나타나는 원료의 재분리 현상 등을 측정하여 TMR 사료의 품질의 균일도를 측정하고자 하였다.

가. 재료 및 방법

공시재료는 아래의 표 15와 같이 주로 부산물 원료를 이용하였으며, 조사료는 총체보리 원형배일과 마른벼짚 원형배일을 이용하였다. 함수율이 약 40% 내외가 되도록 총 배합량을 2톤으로 하였으며 배합프로그램을 통하여 성분비를 조정하여 원료를 투입하였다.

TMR 제조시 원료사료의 투입순서에 따라 혼합의 균일도에 많은 영향을 미친다. 따라서 문헌상에 나타난 TMR 배합시 원료투입 순서로 배합을 실시하였다. 먼저 소량의 광물질, 생균제 등 첨가제는 무게를 측정하여 사전에 예비 혼합한 후, 세절기로 마

른벧짚을 세절하여 투입하고 면실을 투입한 다음 총체보리를 세절기를 통하여 세절하여 투입하였다. 다음으로 버섯배지 등 수분이 많은 부산물 원료를 투입하고 마지막으로 첨가제를 투입한 후 총 20분간 배합을 실시하였다. 그림 108은 배합된 TMR 사료의 샘플이다.



그림 108 배합된 TMR 사료의 샘플

표 15 공시재료의 종류 및 함수율

사료 종류	총체 보리	마른 벧짚	버섯 배지	장유박	떡 부산물	엿박	면실	생균제	총계
무게 (kg)	550	100	340	330	400	220	40	20	2,000
함수율 (%,w.b.)	60.2	14.4	59.6	23.7	28.1	55.1	-	-	43.4

배합효율의 분석은 배합기 및 플랜트의 각 공정의 성능을 판별하는데 중요하다. 본 연구에서는 그림 1과 같이 배합원료 중에서 가장 비중이 낮은 면실(cottonseed, 호주산)의 배합변동계수를 측정하여 배합효율을 판별하였다. 면실은 서로 엉기어 있고 비중이 가볍기 때문에 잘 배합이 되지를 않는 성질이 있다. 따라서 이러한 면실이 골고루 배합이 되어 있다면 배합기는 좋은 기능을 가졌다고 판단을 해도 좋을 것이다.

시험은 배합전 공시재료에 면실을 각각 전체 공시재료의 약 2%를 투입하였다. 샘플의 채취는 배합 후 배합기 토출구 및 포장기 배출구(2개의 지점)와 각 공정단계별 10%, 50%, 90%(3개의 공정)에서 각각 1,000g씩 총 10개의 시료를 채취하였다. 그림과 같이 샘플 무게당 면실의 무게를 측정하여 면실의 분포도를 나타내는 C.V.(Coefficient of variance of composited sample)값을 산출하여 분석하였다.

$$CV = \frac{1}{m} \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n-1}} \times 100$$

여기서, CV : 배합변동계수 (%)

n : 측정횟수

m : 측정값의 평균중량 (g)

$\sum x$: 각 측정값의 합계 (g)

$\sum x^2$: x값의 제곱값의 합계 (g)

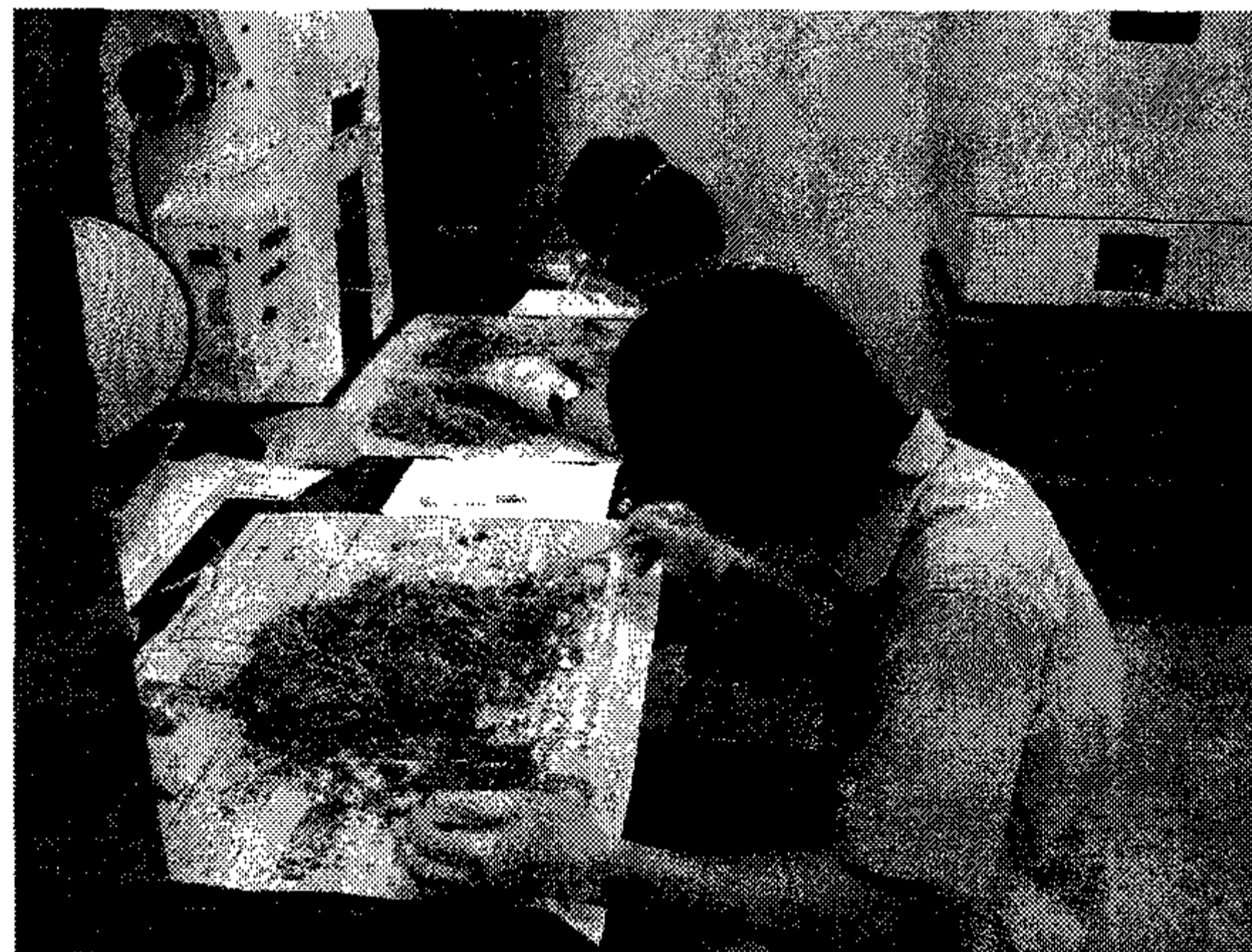


그림 109 C.V.값 분석작업

나. 시험 결과

표 16에 각 공정별, 지점별 C.V.값의 측정결과를 나타내었다. 조사된 면실의 배합 결과는 면실의 무게에 대한 C.V.값이 배합기 출구에서는 13.02%, 포장기 출구에서는 14.21%로 배합정도가 우수한 것으로 나타났다. 참고로 농업공학연구소의 배합성능 적합 판정 기준은 30% 미만으로 되어있다.

또한 공정별로 C.V.값은 조금의 차이를 나타내고 있는데, 공정별 10%와 90%는 배합기 및 저장빈 내에서 배합시간의 차이가 약 4~5분 정도로 나타나는데, 배합시간이 조금 길어질수록 C.V.값이 더 낮게 나타나는 경향이 있어 제품의 균일도가 더 좋을 것으로 판단되었다.

그러나, 지점별로 배합기 출구에서보다 포장기 출구에서의 C.V.값이 높게 나타나 경향이 있어 벨트 컨베이어에서 제품의 재분리 현상이 일어난 것으로 판단되었다.

표 16 각 공정별, 지점별 C.V.값 측정결과

지점별 \ 공정별	공정10% (%)	공정50% (%)	공정90% (%)	평균 (%)
배합기 출구	14.43	12.98	11.66	13.02
포장기 출구	15.74	13.96	12.93	14.21

2. 조사료 입자도 측정

최근 TMR 이용이 보편화되면서 다양한 형태의 세절기 및 배합기가 개발되어 시판되고 있으며, 성능도 향상되고 있다. 세절기나 배합기의 종류와 배합되는 원료 사료의 종류 등에 따라 배합에 소요되는 시간이 다르지만, 일반적으로 TMR의 입자도는 배합기의 성능과 배합시간에 따라 큰 영향을 받고 있으며, 양질의 조사료일수록 더 쉽게 부서지며, 전체적으로 배합기 가동시간이 길수록 입자도가 작게 되는 경향이 있다. 조사된 바에 의하면 조사료 입자는 너무 길어도 너무 분쇄되어도 문제가 되는 것으로 나타났다. 조사료 입자길이는 적절한 반추위 기능을 위해 필수적이며, 조사료 입자의 크기가 작으면 저작시간 감소, 반추위 산도 저하 등의 현상을 보인다고 하였다. 분쇄(0.6cm)와 절단(7.6cm)의 적절한 조합이 산유량과 4%FCM에서 각각 일일당 7~8%, 4~19% 향상되는 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구에서는 조사료 입자길이의 적절함을 판단하기 위하여 세절기와 배합기를 거쳐 최종적으로 생산되어진 TMR 사료를 채취하여 조사료의 입자도를 측정

하였다.

공시재료는 앞서 배합성능시험시의 총체보리 원형베일과 마른벚짚 원형베일을 이용하였다. 시료의 채취는 세절 후와 배합 후에 조사료 100g을 각각 채취하여 길이비에 대해 중량 %로 분포를 나타내었다. 그림 110은 배합 후에 채취된 조사료의 길이를 측정한 것이다.

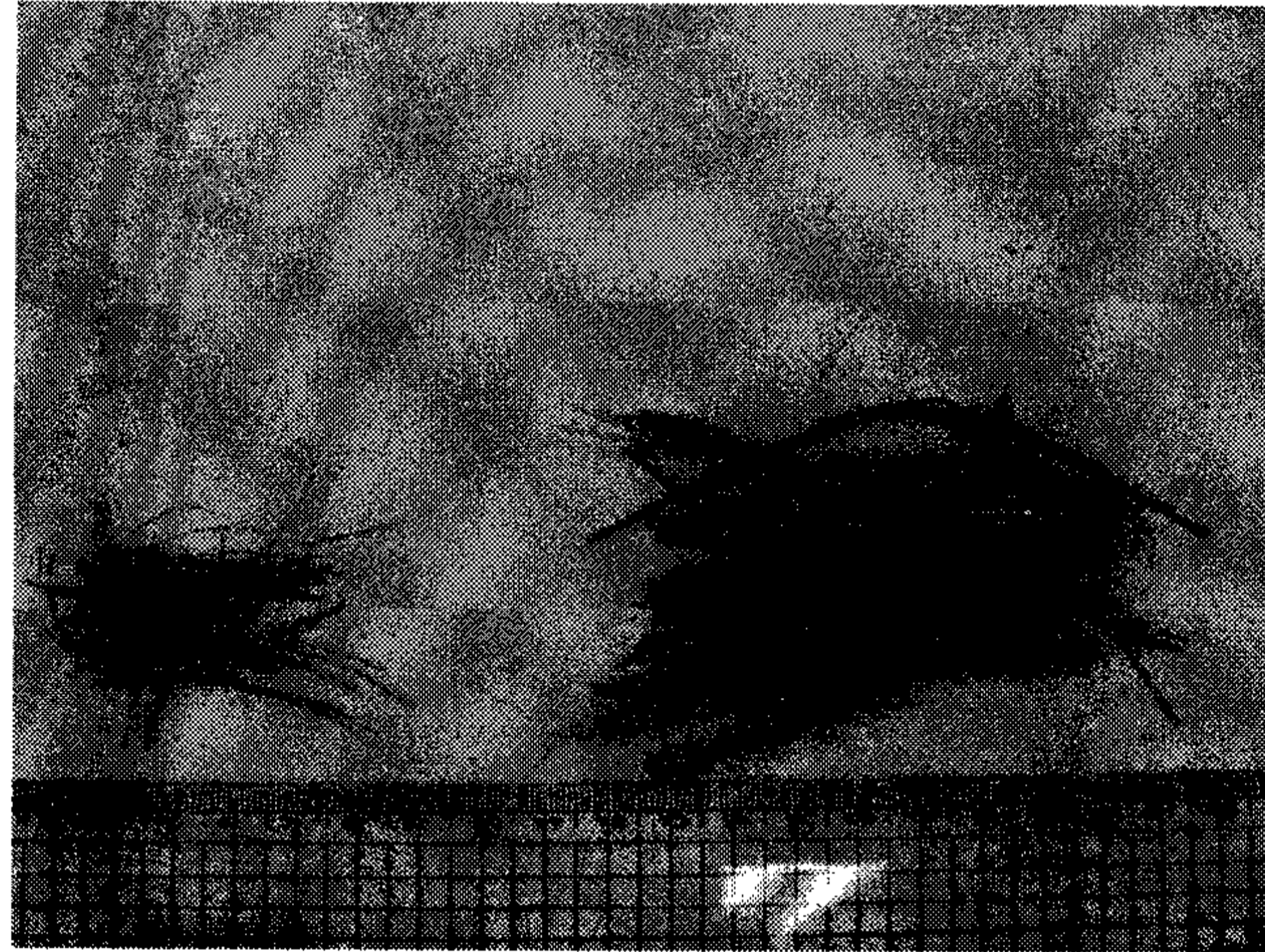


그림 110 배합후의 조사료의 길이측정

표 17 조사료 입자도 측정

구분		세절 후	배합 후
조사료 입자도 분포 (중량 %)	3~ 5cm	-	40
	5~10cm	-	60
	10~15cm	80	-
	15~20cm	20	-

표 17과 같이 세절 후에 조사료 입자도의 분포는 10~15cm의 길이가 80중량%, 15~20cm 20중량%이었던 것이 배합 후에는 3~5cm의 길이가 40중량%, 5~10cm의 길

이가 60중량%로 나타났다. 따라서 본 연구의 TMR 시스템에서는 조사료 입자의 길이가 적절한 것으로 판단되었다.

3. 작업능률(kg/h) 및 작업효율(%)

작업능률은 플랜트 시스템에 있어서 중요한 요소 중에 하나이다. 시스템의 주요 작업공정은 다음과 같다. 원형베일 상태로 반입된 조사료는 세절기에서 세절이 된 후에 세절기의 배출구를 통하여 배합기로 반송이 되고 세절된 조사료는 지하에 설치된 배합기로 낙하가 된다. 이 기간 중에 작업자는 버킷이 부착된 스키더로더로 사일리지와 같은 습사료와 부산물사료를 투입한다. 배합이 완료되면 경사진 벨트컨베이어를 의해 제품빈으로 투입되면 포장작업을 위해 대기하게 된다. 따라서, 시료를 투입하여 배합, 포장까지 배출시키는데 소요되는 작업시간을 각각 측정하여 다음의 식에 의거하여 작업능률을 산출하였다.

$$T = \frac{m}{t} \times 60$$

여기서, T : 작업능률 (kg/h)
t : 각 공정별 소요시간 (min)
m : 작업량 (kg)

본 연구에서 TMR 플랜트의 이론적인 작업능률은 1batch 당 2톤 작업에 30분이 소요되도록 설계되어져 있다.

그러나 실제로 앞서 통합시스템의 시운전 결과 각 공정별 소요되는 시간은 1batch 당 2톤 작업에 약 34분으로 나타났다.

실제로 배출 후에 배합기에 남아 있는 잔량은 약 55kg으로 나타났으며, 이는 배합기의 탱크와 스크류 사이의 틈새간격 때문인 것임을 알 수 있다. 또한, 포장 후에 실제 투입량 대비 약 37kg이 부족한 것으로 측정되었는데 이는 저장빈의 저장탱크와 스크류 사이의 틈새간격과 반송시 손실에 기인한 것으로 판단된다.

따라서, 실제작업능률은 3,367kg/h로 나타났으며, 이론작업능률 대비 실제작업능률에 대한 작업효율은 약 84.2%로 나타났다.

4. 소비전력

본 연구의 TMR 플랜트 운전시에 소요되는 정격전력은 표 18과 같이 약 66.6kW로 나타났다. 실제 가동시간과 비교하였을 경우 계산되어지는 정격전력은 1batch 당 21kWh로 나타났다.

그러나, 실제로 적산전력계를 이용하여 TMR 플랜트의 소비전력을 측정한 결과 1batch 당 약 16kWh 나타났다. 이는 여유를 두고 모터를 선정했기 때문에 다 소비되지 않고 약 76% 정도 소비되는 것으로 나타났다.

표 18 주요 기계의 정격전력 및 가동시간

주요기계	정격전력 (kW)	가동시간 (min/batch)
배합기	37	20
집진팬	0.4	10
컨베이어1, 2	5	15
저장빈	22	20
컴프레셔	2.2	5
계	66.6	

5. 세절벚짚의 흙먼지 제거율 측정

최근 TMR 사료 제조시 조사료로서 원형벚짚베일의 이용이 증가하였으나 원형벚짚베일은 베일링 작업시 논바닥의 흙과 같은 이물질의 혼입이 많아 가축의 반추위 기능을 떨어뜨리고 질병을 유발하는 등의 나쁜 결과를 초래할 수 있다. 그런데 본 연구에서는 원형벚짚베일을 세절시에 세절벚짚과 흙먼지가 동시에 배출되고 배출시 흙먼지를 용이하게 분리하고 배합기내에 세절벚짚만을 투입할 수 있는 이송시스템을 개발하였다.

앞서 현장적응시험시에 이송덕트의 점검창을 통하여 세절벚짚 이송 및 집진팬의 회전수 조정으로 세절벚짚의 비산없는 먼지제거를 육안으로 확인하였으나, 객관적인 흙먼지 제거율을 측정하기 위하여 다음과 같이 탁도 시험을 실시하였다.

탁도 측정 방법은 세절 전·후의 벚짚 2g의 시료 각각 3점을 증류수 200ml를 정확히 비이커에 넣고 약 20분 동안 교반한 다음 용출액을 채취하여 그림 111의 탁도계 (HACH 2100N, Japan)를 이용하여 네펠로법-혼탁도-단위(Nephelometry Turbidity Unit ; NTU)로 측정하였다.

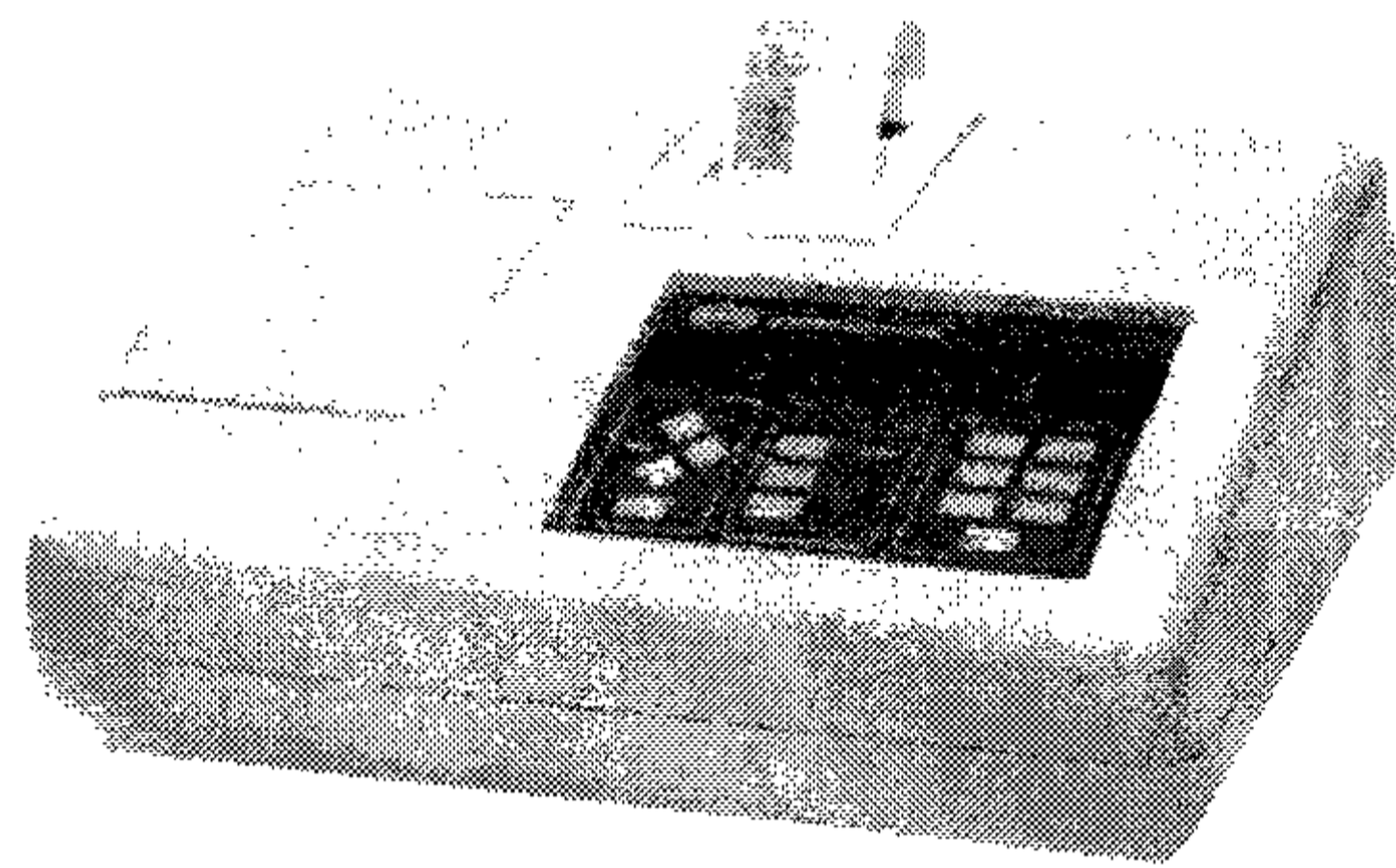


그림 111 탁도계

그림 112는 탁도 측정에 사용된 세절 전후의 벚짚의 취출용액 사진이다.

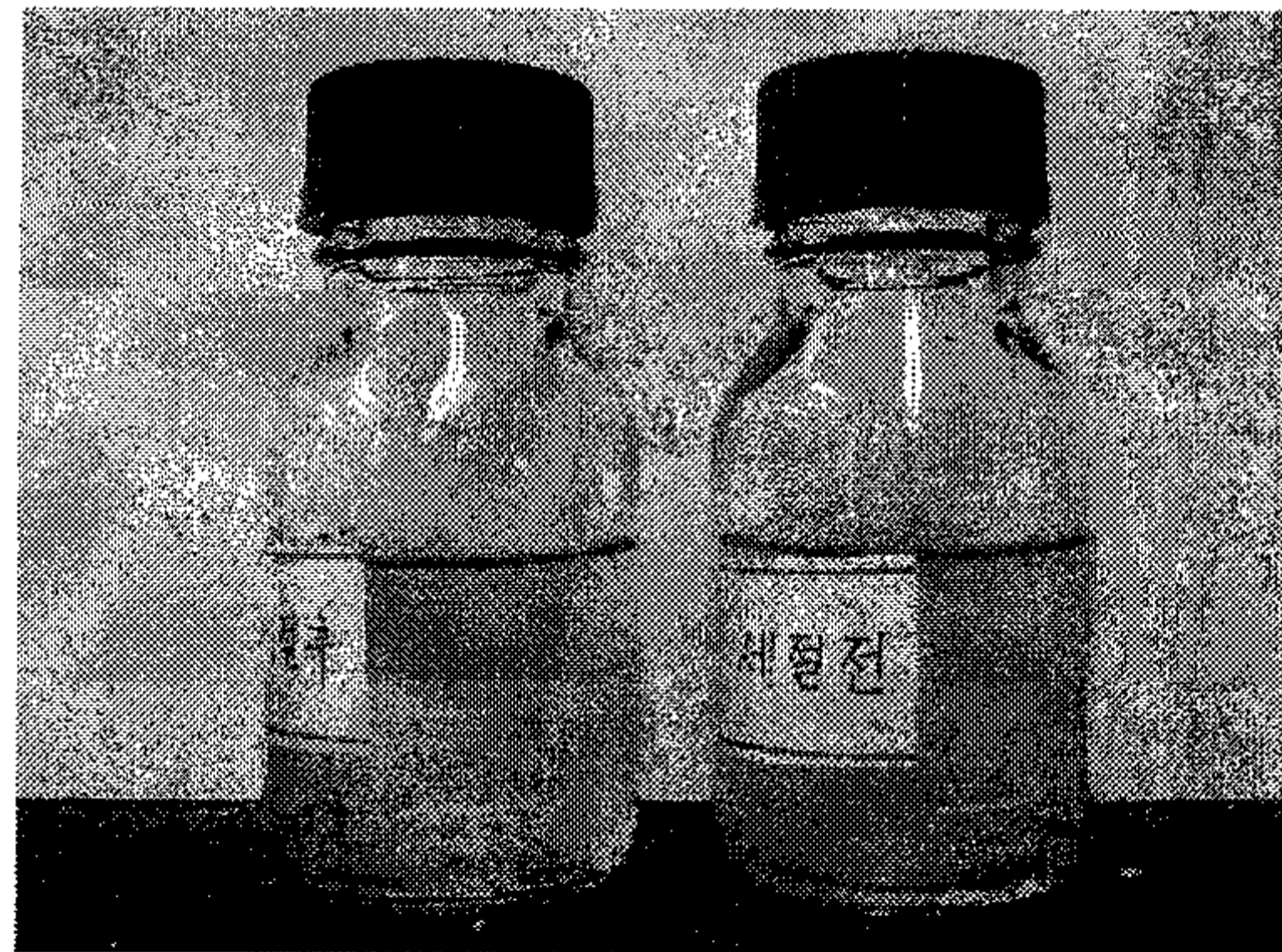


그림 112 세절 전후의 벚짚의 취출용액

표 19는 벚짚의 세절전·후의 탁도를 비교하여 나타내었는데, 탁도 측정 결과 세

절전에는 평균 54.3 NTU로 나타났으며, 세절후에는 평균 37.0 NTU로 나타났다. 따라서 탁도제거율이 약 31.9%로 나타나 세절 후 빗짚의 이물질 및 흙먼지가 제거되는 효과가 있는 것으로 판단되었다.

표 19 빗짚 세절전후의 탁도 비교

	세절전(NTU)	세절후(NTU)	탁도제거율(%)
1st-sample	58.4	36.3	37.8
2nd-sample	51.1	37.9	25.8
3rd-sample	53.5	36.9	31.0
평균	54.3	37.0	31.9

제5절 농가용 소형 TMR 모델 플랜트의 경제성 분석

1. 서론

조사료가 거의 첨가되어 있지 않는 국내산 TMR 사료의 문제점을 개선하고자 최근 국내에서 대량으로 생산되는 원형베일 조사료를 쉽게 반입 및 세절이 가능하고, 시설비가 저렴하며, 노동력을 최소화할 수 있으며, 10여 농가가 공동으로 이용할 수 있도록 한우·젖소용 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 모델을 개발하였으며, 많은 현장 테스트와 이에 대한 수정 및 보완 등을 거치면서 실증 시험한 결과 매우 만족스런 결과를 보였다.

그러나 개발된 TMR 플랜트가 실제로 설치되어 운영한 후 이용비용에 경제성이 있는가 하는 문제는 매우 중요한 요소가 된다. 특히 본 연구가 현장에서 한우 및 낙농가에게 직접적으로 혜택을 줄 수 있어야 하기 때문에 경제성 분석은 매우 중요한 의미를 가진다 할 수 있다.

이에 따라 본 연구의 목적은 현재 설치되어 운영중인 모델 플랜트의 현장적용시험 및 성능시험 등을 통하여 획득된 자료를 바탕으로 한우 및 낙농가에서 ①모델 플랜트에 의한 TMR 사료 생산시와 ②관행에 의한 시판 TMR 사료를 구입했을 경우의 비용 및 절감효과를 비교 분석하여 우리나라의 축산농가에 적용할 수 있는지에 대한 가능성 여부를 제시함에 있다.

2. 연구의 방법

본 연구의 농가용 소형 TMR 플랜트의 모델은 1 batch 당 2톤 규모의 TMR 사료를 생산할 수 있는 시스템이다. 경제성 분석의 방법은 시스템의 투자비용과 이용비용으로 나누어 아래와 같이 산출하였다.

가. 투자비용

투자비용은 기계비용과 그 설치비용, 토지구입비, 토목·건축비, 전기시설 및 기타 비용으로 구분하여 분석하였다.

1) 토지구입비

소요 토지면적은 기계설비의 배치, 원료 및 TMR 사료의 저장공간, 운반 등을 고려하여 산출하였다. 현재 개발되어 운영중인 모델 플랜트의 토지면적은 약 150평이 필요한 것으로 나타났다. 토지비용은 전국의 광역시를 제외한 기타비목지의 2005년도 표준공시지가 169,858원/평을 기준으로 계상하였다.

2) 토목·건축비

토목 및 건축비용은 일반적으로 농산물 보관창고와 같은 건축물 및 토목공사 설계비 산정 기준에 의하여 계상하였다. 설계 및 건축, 토목공사, 각종 인허가사항 등을 포함하여 600,000원/평을 기준으로 산정하였으며, 이때 모델 플랜트의 건평은 약 100평으로 나타났다.

3) 기계설비비

기계설비의 가격은 2005년도 농업기계가격집 및 기계제작회사에 의뢰하여 산출하였다. 소요된 기계사양 및 시설비용은 다음의 표 20과 같다.

표 20 모델 플랜트의 기계사양 및 시설비용

	세절기	사이클론	배합기	반송기 1, 2	저장빈	포장기	합계
소요동력 (kW)	-	0.4	37	2.25×2	11×2	-	63.9
구입비용 (천원)	18,000	2,000	25,000	4,000×2	19,000	5,000	77,000

4) 전기시설비

전기시설비는 앞서 기계시설 및 유틸리티에 필요한 소요동력을 계산하여 수변전공사비용과 전기공사비용으로 나누어 계상하였다. 수변전공사비용은 및 전기공사비용은 한국전력공사에서 고시한 단가 70,400원/kW와 60,000원/kW으로 계상하였다.

5) 기타

유틸리티는 에어실린더 등을 제어하기 위한 공기압축기 2.2kW 구입비와 각각의 에어배관공사비 등을 계상하였으며, 운반장비는 45마력급 스키드로더 구입비와 스키드로더에 장착할 수 있는 각종 사료운반에 필요한 장비 개조비를 포함하였다.

6) 총 투자비용

본 연구에서 제시된 시설비의 투자비용을 8천만원으로 제시한 바 있으며 실제로 시설비의 투자비는 약 7천 7백만 원이지만 기타 건축비 등 토목비용, 부지 구입비 그리고 운반장비 등을 포함해서 모델 플랜트의 투자비용은 198,216천원으로 표 21은 투자비용 내역을 요약 정리하였다.

표 21 모델 플랜트의 투자비용 내역 (단위: 천원)

항목	투자비용
부지구입	25,479
토목,건축	60,000
기계설비	77,000
전기시설	8,737
유틸리티	2,000
운반장비	25,000
합 계	198,216

나. 이용비용

본 연구에서는 TMR 사료 생산에 소요되는 이용비용을 고정비와 변동비로 구분하

였으며 구체적인 항목을 표 22에 나타내었다. 전체 모델 시스템은 기본적으로 전기로 가동되나 원형베일 세절기의 경우 트랙터를 이용하는 것으로 하였다. 이때 55ps급 트랙터는 이미 보유하고 있는 것을 이용하는 것으로 가정하였다.

표 22 모델 플랜트의 고정비 및 변동비의 구성요소

고정비	변동비
감가상각비	연료비
수리비	윤활유비
이자	노임
보험	전력비(사용요금)
전력비(기본요금)	트랙터 이용비용
기타	기타

1) 고정비

기계 이용시의 고정비용은 감가상각비, 수리비, 이자, 전력비(기본요금) 등의 합으로 계산되며 작업에 이용된 기계의 구입가격은 조사된 가격을 기준으로 하였다.

가) 감가상각비

모델의 건물 및 시설비용에 대한 감가상각비는 직선법을 적용하여 산출하였다. 내구연한은 문헌 등을 참조하여 건물의 경우 40년, 기계류는 8년, 운반장비는 10년으로 하였으며, 폐기가격은 구입가격의 5%로 가정하였다. 전기시설은 수변전설비의 경우 20년으로 폐기가격은 0%로, 전기공사의 경우 10년으로 폐기가격은 5%를 각각 적용하였다.

나) 이자 및 보험

이자에 총 투자비용에 대하여 적용하였는데, 농림부의 2006년도 사료제조시설지원 조건에서 용자 70%에 대하여는 연리 4%를 적용하고 자부담 30%에 대해서는 농업인 대출금리 3%를 적용한 다음 변동금리를 감안하여 일률적으로 4%의 이자를 적용하였다. 보험은 건물 및 시설 투자비용의 연간 0.1%를 적용하였다.

다) 수리비

건물 및 시설의 수리비는 고정비에 포함시켜 결정하였는데, 문헌을 참조하여 일반적으로 적용되는 연간 3%를 건물 및 시설의 수리비로 적용하였다. 기계류의 경우 소요되는 부속품 및 작동시 부하변동이 큰 배합기, 세절기 등의 경우는 기계구입가의 연간 6.5%를 적용하였으며, 나머지는 연간 3%를 적용하였다.

라) 기타

모델 플랜트는 축산농가 개인이 운영하는 시설이며 원료의 공급이 원활하지 못하여 원료 변경 등의 문제점이 발생할 수 있기 때문에 특정 단체로부터 배합비율 등과 같은 전문지식을 전달받을 수 있는 정보 공급체계가 필요하다. 따라서 외부 컨설턴트를 통한 배합프로그램 작성비용은 500,000원/월을 적용하였다.

2) 변동비

모델 플랜트의 이용시 변동비용은 다음의 식으로 산출하였다.

$$VC = H \times (F + O + L + E + T) \text{ ----- (1)}$$

여기서, VC : 변동비용(원/년)

H : 연간 기계 이용시간(시간/년)

F : 1시간 작업시의 소모 연료비용(원/시간)

O : 1시간 작업시의 소모 윤활유 비용(원/시간)

L : 시간당 노동임금(원/시간)

E : 시간당 소모 전력비(원/시간)

T : 트랙터의 시간당 이용비용(원/시간)

=트랙터 구입가×고정비계수/트랙터 총 사용시간

가) 년간이용시간

년간 이용시간은 앞서 현장적용시험 및 성능시험을 통하여 산정된 모델 플랜트의 소요기계별 이용시간을 이용하였으며 그 결과를 표 23에 정리하였다. 이를 이용하여 년간 이용시간으로 환산하였다.

표 23 모델 플랜트의 소요기계별 이용시간

공정	소요기계	이용시간 (min/batch)
반입	스키드로더	5
세절	세절기, 트랙터	20
배합	배합기	20
배출1	벨트컨베이어	5
저장	저장빈	15
배출2	벨트컨베이어	7
포장	포장기	12
반출	스키드로더	2

나) 연료비

연료비는 세절기 및 스키드로더에 대하여 동일하게 적용하였다. 연료비는 세절기에 의한 원형배일 세절시 트랙터의 부하를 추정하여 시간당 소요연료량을 구한 다음 연료비의 곱으로 나타내었으며, 산출근거는 다음과 같다.

- ① 트랙터 P.T.O 출력은 55ps 트랙터의 P.T.O 효율 85%로 기준으로 하여 이 때 최대 P.T.O 출력은 32.4kw가 된다.
- ② 트랙터 최대 출력에 대한 부하율 0.7로 가정하여 트랙터의 출력 22.7kw로 산출하였다.
- ③ 트랙터의 연료소모량은 2.445kwh/ℓ로 하였으며, 면세유 가격 650원/ℓ을 적용하였다.

다) 윤활유비

작업시 소요되는 윤활유 비용은 연료비의 15%를 적용하였다.

라) 전력비

전력비는 농업용 병을 기준으로 기본료 1,070원/kW-월과 사용료 36.4원/kWh의 합으로 계산되는데, 기본료는 고정비로 사용료는 변동비로 분류하여 산출하였다.

마) 노임

시간당 노임은 2005년 농촌 노동임금 전국평균치인 성인 남자 1인의 경우 7,183원/h로 하였다.

바) 트랙터이용비용

트랙터 사용시의 시간당 이용비용은 기계의 구입가×고정비 계수에 연간 트랙터 총 사용시간을 나눈 값으로 정의하였으며, 트랙터 총 사용시간은 세절·급여기의 세절시간과 세절 이외의 작업시간을 합한 것으로서 원형베일 세절 이외의 작업시간은 수도작 평균사용시간 500시간으로 하였다. 따라서 트랙터의 고정비 계수는 앞에서 기술한 바와 같이 계산하여 트랙터의 구입가와 함께 표 24에 나타내었다.

표 24 구입가격 및 고정비 계수

항목	구입가 (천원)	고정비 계수				
		감가상각비	수리비	이자	차고비	합계
트랙터 (55ps)	25,000	0.09	0.07	0.04	0.01	0.21

사) 기타

TMR 사료 계량 및 포장시에 소요되는 농산물포대(500kg)는 5,320원/개를 적용하였다. 포장시에 타이콘 백으로 반출이 80%, 트레일러 등으로 벌크 반출이 20%로 가정하였으며, 타이콘 백의 재사용 횟수 등을 감안하여 연간 10%의 교체가 필요하다고 가정하였다.

3. 결과 및 고찰

이상에서 언급한 내용을 토대로 모델 시스템을 이용하였을 경우에 TMR 사료 생산량별 연간 이용비용을 계산하여 그 결과를 표 25에 나타내었다. 연간 고정비는 약 36,987,728원/년으로 나타났으며, 고정비와 변동비를 합한 연간 이용비용은 1 batch 생

산의 경우 58,515원/톤(42,718,321원/년), 4 batch 생산의 경우 18,405원/톤(53,742,630원/년), 8 batch 생산의 경우 11,523원/톤(67,295,108원/년)으로 생산량이 증가할수록 이용비용은 절감되고 있다.

표 25 TMR 사료 생산량별 모델 플랜트의 연간 이용비용

		1batch	2batch	4batch	8batch	12batch
고정비 (원/년)	감가상각비	13,798,990	13,798,990	13,798,990	13,798,990	13,798,990
	이자	7,928,618	7,928,618	7,928,618	7,928,618	7,928,618
	수리비	8,227,104	8,227,104	8,227,104	8,227,104	8,227,104
	전력비(기본)	860,280	860,280	860,280	860,280	860,280
	보험	172,737	172,737	172,737	172,737	172,737
	기타	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000
	소계	36,987,728	36,987,728	36,987,728	36,987,728	36,987,728
변동비 (원/년)	노임	3,416,318	4,719,477	7,856,796	14,158,432	20,451,069
	연료비	748,866	1,497,732	2,995,463	5,990,926	8,986,390
	윤활유비	112,330	224,660	449,319	898,639	1,347,958
	트랙터이용비	978,552	1,636,771	2,466,216	3,303,167	3,724,490
	전력비(사용)	123,151	246,302	492,603	985,207	1,477,810
	포장비	621,376	1,242,752	3,106,880	4,971,008	7,456,512
	소계	5,730,593	9,567,694	16,745,902	30,307,380	43,444,229
연간 이용비용 (원/년)		42,718,321	46,555,422	53,742,630	67,295,108	80,431,957
톤당 이용비용 (원/톤)		58,515	31,887	18,405	11,523	9,182

개발된 모델 플랜트의 배합용량은 2ton/batch로 TMR 사료의 평균 함수율은 40%로 가정하였다. 본 모델의 분석은 한우의 경우 설치되어 운영중인 전라북도 정읍시 보리마을의 여러 농가를 대상으로 하였으며, 젓소의 경우 경상북도 경주시의 자가 TMR을 실시하여 운영중인 여러 낙농가를 대상으로 하였다. 이때 젓소 1일 두당 평균 사료급여량은 25kg으로 나타났으며 1회 배합시에 약 80두의 사료급여가 가능하며, 한우 1일 두당 평균 사료급여량은 13kg으로 조사되었으며 1회 배합시에 약 154두의 사료급여가 가능하다. 또한, 사료원료비는 한우의 경우는 원료의 평균비용 1,690원으로 조사되었으며, 젓소의 경우 구입되는 원료의 평균비용은 6,900원으로 조사되었다. 조사대상의 인근 TMR 공장 또는 TMR 생산자단체로부터 시판되는 TMR 사료의 가격은 젓소의 경우 340원/kg, 한우는 200원/kg으로 조사되었다.

이를 1일 두당 이용비용과 사료원료비를 계산하여 모델 플랜트의 TMR 사료 생산비용으로 나타내었으며, 시판되는 TMR 사료 구입비용과 비교 분석하였다. 표 26 및 표 27에 그 결과를 나타내었다.

표 26 젓소 사육두수에 따른 TMR 사료 생산비용 비교 (단위 : 원/두-일)

구분		1batch	2batch	4batch	8batch	12batch
젓소 사육두수(두)		80	160	320	640	960
모델플랜트 TMR사료 생산비용 ③	이용비용 ①	1,463	797	460	288	230
	사료원료비 ②	6,900	6,900	6,900	6,900	6,900
	총생산비 ①+②	8,363	7,697	7,360	7,188	7,130
시판TMR사료 구입비용 ④		8,500	8,500	8,500	8,500	8,500
비율(%) ③/④		98.4	90.5	86.6	84.6	83.8

표 27 한우 사육두수에 따른 TMR 사료 생산비용 비교 (단위 : 원/두-일)

구분		1batch	2batch	4batch	8batch	12batch
한우 사육두수(두)		154	308	615	1,231	1,846
모델플랜트 TMR사료 생산비용 ③	이용비용 ①	761	415	239	150	119
	사료원료비 ②	1,690	1,690	1,690	1,690	1,690
	총생산비 ①+②	2,451	2,105	1,929	1,840	1,809
시판TMR사료 구입비용 ④		2,600	2,600	2,600	2,600	2,600
비율(%) 1-③/④		94.3	80.9	74.2	70.8	69.6

따라서, 1일 1batch 생산시 젖소의 사육가능두수는 약 80두, 한우는 약 154두로 나타났으며 이용비용은 젖소의 경우 1일 1,463원/두-일, 한우는 761원/두-일로 나타났다. 이때 생산비용은 8,363원/두-일, 한우는 2,451원/두-일로 나타났다.

1일 4batch 생산시 젖소 및 한우의 사육가능두수는 320두 및 615두로 나타났으며 이용비용 및 생산비용은 각각 460원/두-일 및 7,360원/두-일, 239원/두-일 및 1,929원/두-일으로 나타났다.

1일 8batch 생산시 젖소 및 한우의 사육가능두수는 640두 및 1,231두로 나타났으며 이용비용 및 생산비용은 각각 288원/두-일 및 7,188원/두-일, 150원/두-일, 1,840원/두-일으로 나타났다.

또한 사육두수에 따른 1일 두당 생산비용을 회귀분석을 통해 추정하여 아래의 식과 같이 나타내었다. 위의 결과에 의하면 젖소의 경우 사육두수가 증가함에 따라 생산비용은 급격히 감소를 하고 있으며, 젖소의 경우 약 120두 경영규모에 이르면 감소세는 완만하게 되는 경향이 있는 것으로 나타났다. 한우의 경우는 약 300두 경영규모에 이르면 감소세는 완만하게 되는 경향이 있는 것으로 나타났다. 또한 상관계수(R²)가 0.99를 초과하고 있어 사육두수에 따른 모델 플랜트의 생산비용 추정식으로 상당한 신뢰성을 주고 있다.

$$y_1 = 7,019 + 107,892/x_1, R^2 = 0.99$$

$$y_2 = 1,752 + 107,892/x_2, R^2 = 0.99$$

여기서, y_1 : 젓소의 모델 플랜트의 TMR 사료 생산비용

y_2 : 한우의 모델 플랜트의 TMR 사료 생산비용

x_1 : 젓소의 사육두수

x_2 : 한우의 사육두수

현재 시판되는 TMR 사료의 가격은 종류 및 등급에 따라 다소 차이는 있지만, 앞서 제시한 시판 TMR 사료의 평균가격을 적용하여 젓소의 경우는 1일 두당 8,500원, 한우는 1일 두당 2,600원을 적용하였다. 그림 113 및 그림 114에 젓소 및 한우의 사육두수에 따른 생산비용 그래프를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 젓소의 경우는 손익분기점이 사육규모가 약 73두 이상일 때 시판되는 TMR 사료를 구입하는 것보다 유리한 것으로 나타났으며, 한우의 경우는 약 128두로 나타났다. 이때 생산비용은 젓소의 경우 8,497원/두-일, 비육우는 2,595원/두-일로 나타났다.

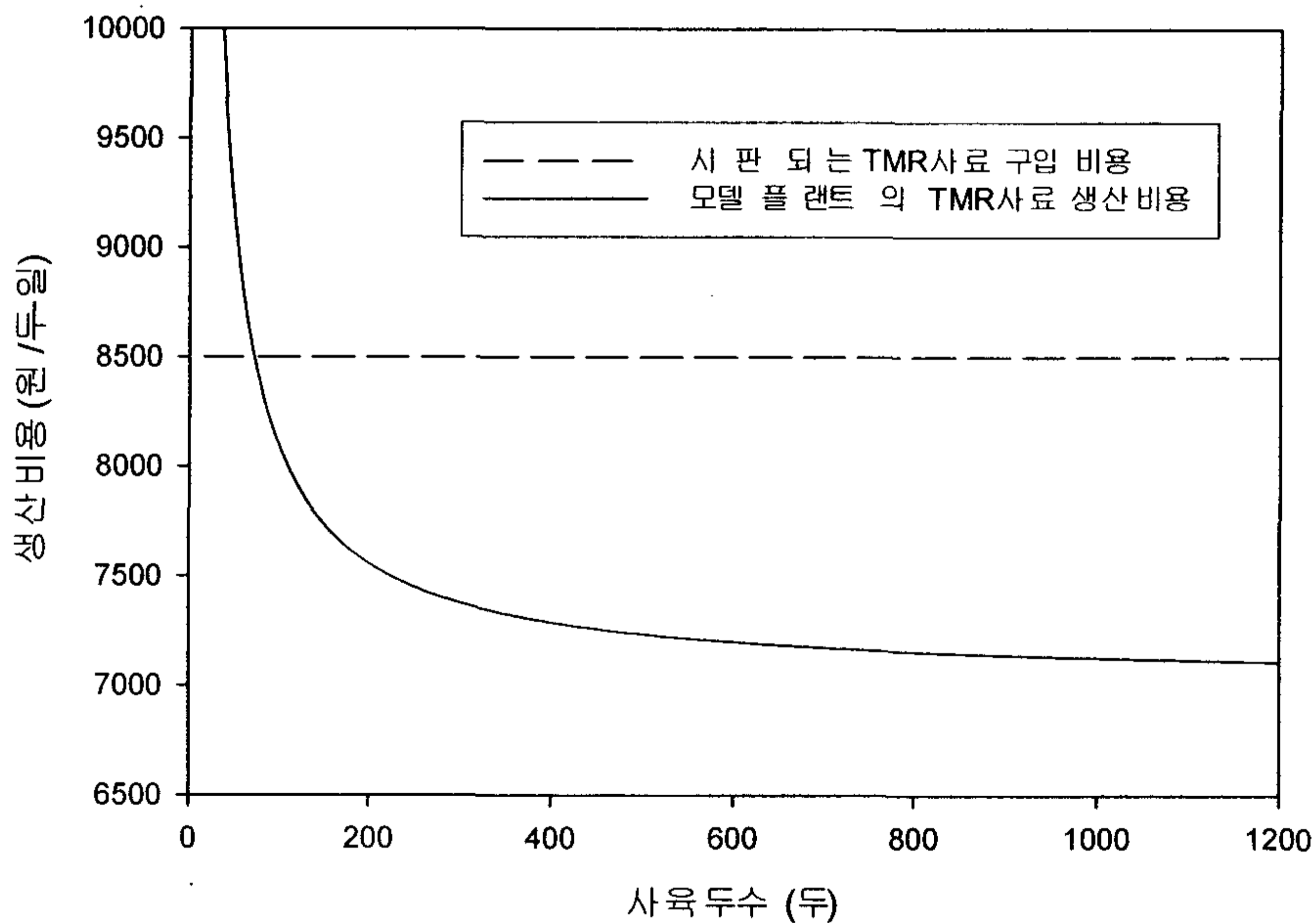


그림 113 젓소의 사육두수에 따른 생산비용 비교

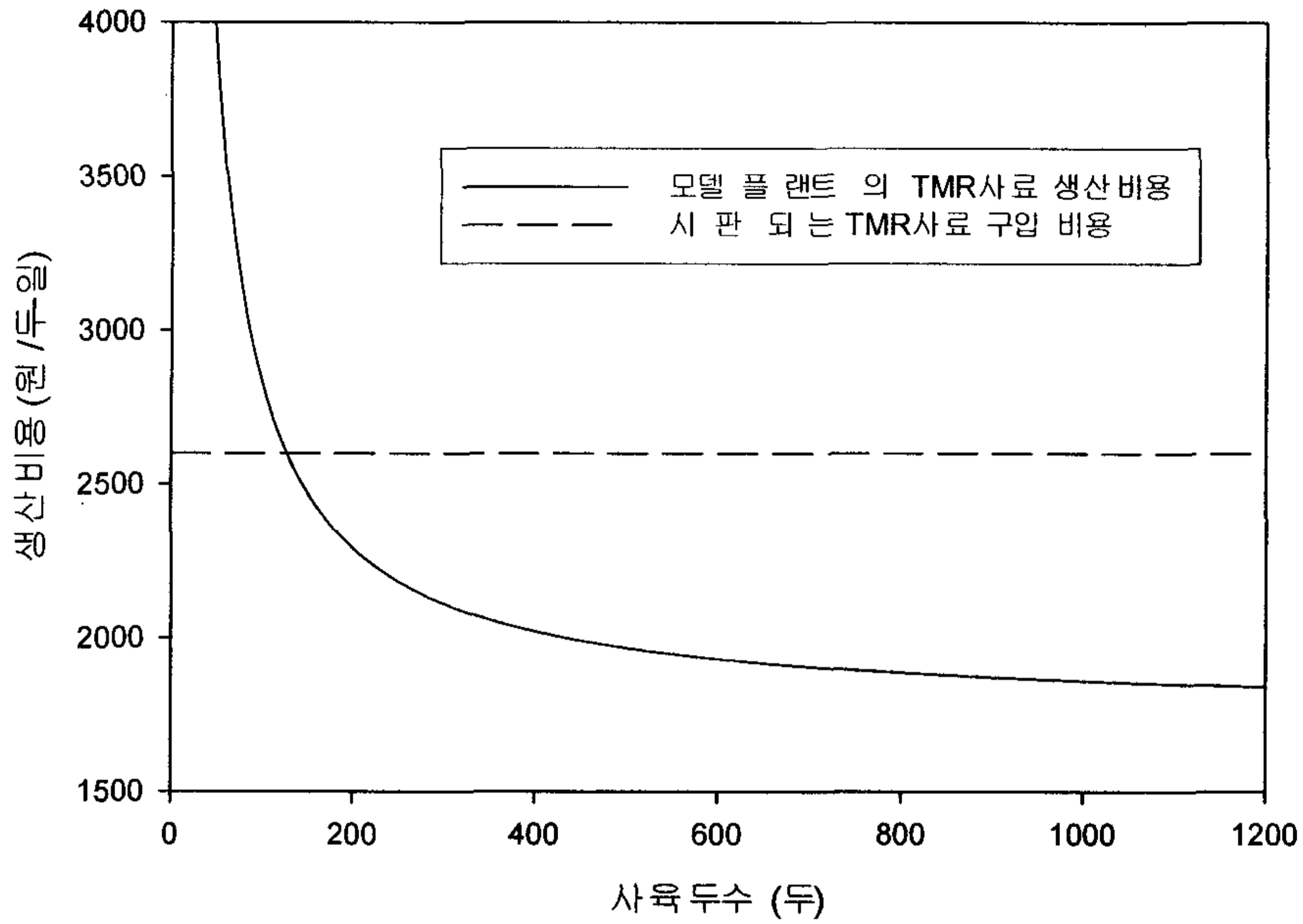


그림 114 한우의 사육두수에 따른 생산비용 비교

이러한 분석자료를 근거로 시판되는 TMR 사료를 구입하여 사용하는 관행시스템 보다 연간 생산비용의 절감효과를 살펴보면 다음의 표 28 및 그림 115와 같다.

다음의 식은 본 연구의 모델 플랜트에 의한 젃소 및 한우의 사육규모별 1일 두당 절감비용 예측 곡선식을 나타내었다.

$$y_3 = 1,484 - 109,403/x_3, R^2 = 0.99$$

$$y_4 = 848 - 107,892/x_4, R^2 = 0.99$$

- 여기서, y_3 : 젃소의 사육규모별 절감비용
- y_4 : 한우의 사육규모별 절감비용
- x_3 : 젃소의 사육두수
- x_4 : 한우의 사육두수

젃소 200두 규모에서는 1일 두당 937원의 절감효과가 있으며, 400두 사육규모에서는 1,210원, 800두 규모에서는 1,347원, 1,200두 규모에서는 1,393원의 절감효과가 있다.

한우의 경우는 200두 규모에서는 1일 두당 309원/두-일의 절감효과가 있으며, 400두 사육규모에서는 578천원/두-일, 800두 규모에서는 713원/두-일, 1,200두 규모에서는 758원/두-일의 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 절감효과는 젖소사육의 경우가 한우보다 더 많은 TMR 사료량을 요구하기 때문에 사육규모가 증가할수록 모델시스템에 의한 절감효과는 더 높은 것으로 나타났다. 또한, 여러 농가가 공동으로 사용하는 경우에 생산비용의 절감효과는 매우 클 것으로 판단된다.

표 28 사육규모에 따른 절감비용

	사육규모에 따른 절감비용(원/두-일)					
	200두	400두	600두	800두	1,000두	1,200두
젖소 (원/두-일)	937	1,210	1,302	1,347	1,375	1,393
한우 (원/두-일)	309	578	668	713	740	758

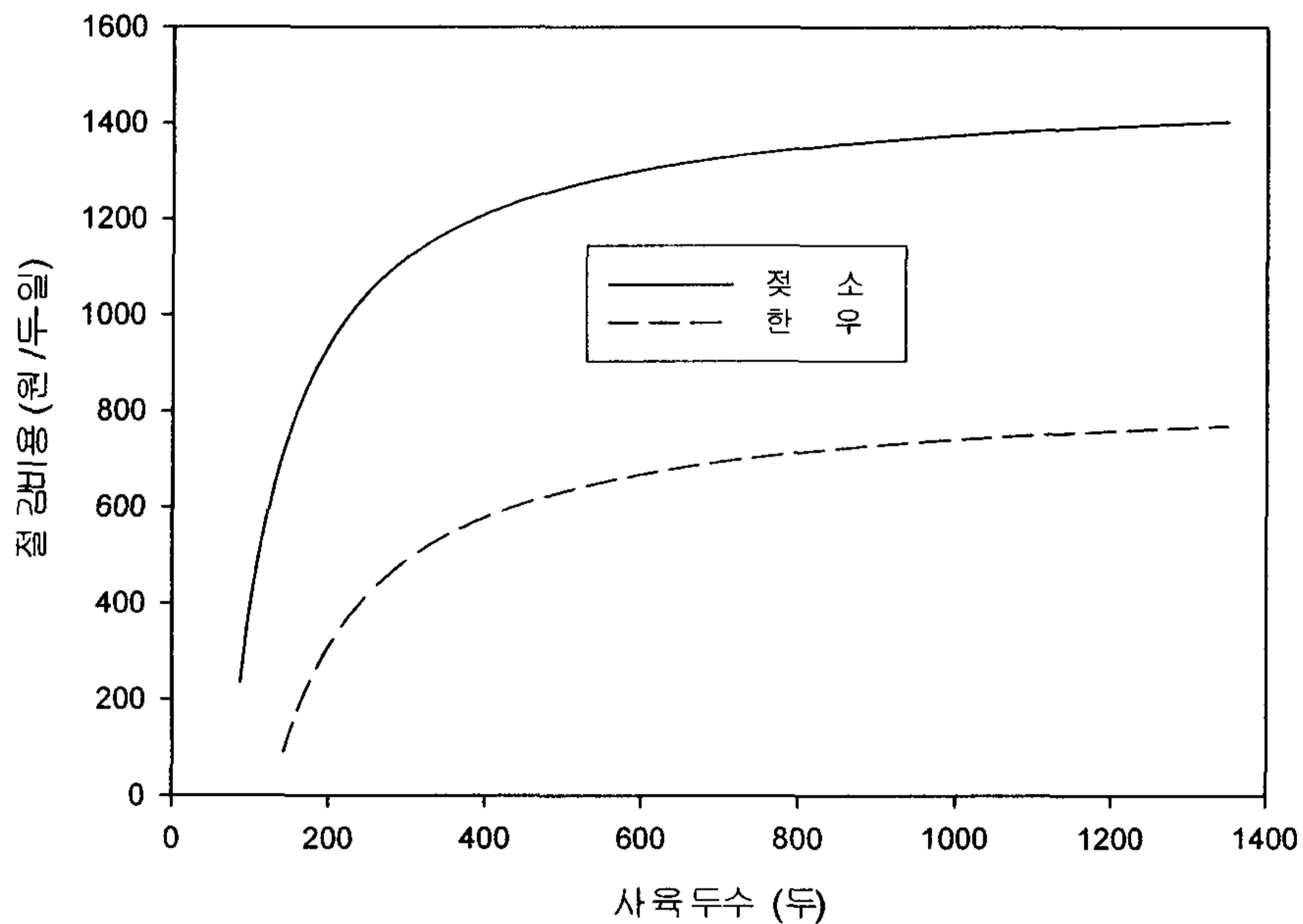


그림 115 사육두수별 절감비용 비교

4. 요약 및 결론

본 연구에서 개발된 모델 플랜트의 경제성을 검증하기 위하여 관행의 시판되는 TMR 사료를 구입한 시스템과 생산비용을 분석하여 그 결과를 비교 검토하였다. 분석된 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 모델 시스템의 연간 고정비는 약 36,987,728원/년으로 나타났으며, 고정비와 변동비를 합한 연간 이용비용은 1 batch 생산의 경우 58,515원/톤(42,718,321원/년), 4 batch 생산의 경우 18,405원/톤(53,742,630원/년), 8 batch 생산의 경우 11,523원/톤(67,295,108원/년)으로 생산량이 증가할수록 이용비용은 절감되고 있다.
- 나. 1일 4batch 생산시 젖소 및 한우의 사육 가능두수는 320두 및 615두로 나타났으며 이용비용 및 생산비용은 각각 젖소는 460원/두-일 및 7,360원/두-일, 한우는 239원/두-일 및 1,929원/두-일로 나타났다.
- 다. 젖소의 경우는 손익분기점이 사육규모가 약 73두일 때 시판되는 TMR 사료를 구입하는 것보다 유리한 것으로 나타났으며, 한우의 경우는 약 128두로 나타났다. 이때 생산비용은 젖소의 경우 8,497원/두-일, 비육우는 2,595원/두-일로 나타났다.
- 라. 시판되는 TMR 사료를 구입하여 사용하는 관행시스템보다 연간 생산비용의 절감 효과는 젖소 200두 규모에서는 1일 두당 937원, 800두 규모에서는 1,347원이며, 한우의 경우는 200두 규모에서는 1일 두당 309원, 800두 규모에서는 713원의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구에서 개발된 모델 플랜트는 우리나라의 한우 및 낙농가에 적용 가능한 것으로 판단되었다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 목표달성도

본 연구는 낙농·한우 단지에 조사료를 쉽게 조제·급여할 수 있으며 경제성이 있는 “TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발”함에 있으며 모두 3년에 걸쳐 이루어졌다. 아래의 표 29에 년차별로 목표달성도를 요약하였으며, 전체적으로 연구개발 대비 목표달성도는 100%가 되었다.

표 29 년차별 연구개발 대비 목표달성도

구분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위	연구개발 달성도
1차년도 (2003- 2004)	1.한우·젓소용 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 시스템의 Lay Out 및 소요기계 선정	1)적정기계의 선정	*세절기, 배합기, 포장기의 사양, 특성 조사 및 적정기계 선정완료
		2)적정위치에 배치	*농가용 TMR 플랜트 모델 개발완료
		3)적정 반송기의 선정	*반송시스템의 사양, 특성 조사 및 선정완료
		4)생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정	*소요기계 및 반송기의 용량 및 크기 결정 완료
	2.한우·젓소용 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설계 및 제작(I)	1)조사료 반입 및 세절부 설계 및 제작	*세부 설계 완료 *부품 100% 제작완료
		2)세절된 조사료의 배합부로 이송장치의 설계 및 제작	*세부 설계 완료 *부품 100% 제작완료
		3)TMR 배합부의 설계 및 제작	*세부 설계 완료 *부품 100% 제작완료

2차년도 (2004- 2005)	1.한우·젓소용 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설계 및 제작(II)	1)TMR 사료 반송용 컨베이어 제작 ①적정 종류의 컨베이어를 선정 ②컨베이어 용량과 길이를 산출 ③세부적인 설계 및 제작	*적정컨베이어 선정완료 *세부 설계 완료 *부품 100% 제작완료
		2)포장시스템 설계 및 제작 ①포장 시스템 Lay Out 설계 ②계량용 호퍼빈 설계 및 제작 ③타이콘 백 포장시스템의 설계 및 제작	*세부 설계 완료 *부품 100% 제작완료
		3)통합 공정시스템의 완성 및 시운전 ①전체 콘트롤시스템 설계 및 제작 ②전기 시설 ③통합시스템 완성 ④시운전 및 수정 보완	*세부 설계 완료 *부품 100% 제작완료 *시운전 완료
3차년도 (2005- 2006)	1. 농가용 TMR 모델 플랜트의 현장 적용시험 2. 농가용 TMR 모델 플랜트의 경제성분석	1)현장 적용 시험 ①농가에 설치 농민들의 반응조사 ②시설 및 기계의 내구성 ③문제점 분석 및 수정 보완 2)경제성 분석 ①경영규모에 따르는 이용비용 변화분석 ②관행 비용 분석 ③손익 분기점	*현장적용시험 완료 *경제성분석 완료 *모델플랜트 가동 중

제2절 관련분야에의 기여도

1. 기술적 측면

가. 조사료의 사료가치 향상

맥류 랩-사일리지는 옥수수 사일리지와는 다르게 수확시 세절되지 않고 베일링, 랩핑되므로 사일리지의 급여시의 길이는 호맥의 경우 1.5m 이상이며 보리의 경우도 1m에 가깝게 된다. 또한 현재 우리나라에서의 주조사료 원으로 이용되고 있는 벧짚의 경우도 원형베일의 경우 조사료의 길이가 1m 이상이 되고 사각베일인 경우 베일링시의 절단을 고려해도 50cm 이상이 되는 것으로 나타났다. 이렇게 길이가 긴 조사료를 세절하지 않고 그대로 급여하는 경우 그 사료가치를 충분히 이용할 수 없다.

즉, 반추 가축인 소에게 길이가 긴 조사료를 그대로 급여하는 경우 영양소의 소화율을 저하시킬 수 있어 조사료로서의 기능을 하기가 어려운데 대상물을 적당한 길이로 세절하여 급여하면 소의 씹는 노력에 필요한 에너지를 줄이고 반추위 내 미생물이 작용할 수 있는 면적이 넓어지기 때문에 소화율을 증대할 수 있으며 이용효율이 향상되어 정미에너지가가 증대하게 된다. 따라서 조사료의 세절은 여타의 방법보다 경제적인 사료 가치 증대 방안이 될 수 있으며 세절의 방법에서는 조사료의 입자도가 적을수록 소화율이 증가하는 것으로 보고되고 있다. 그 예를 표 30에 나타내었다

표 30 조사료의 세절정도가 cellulose 소화율에 미치는 영향(벧짚)

입자도(cm)	소화율(%)
0.5	70.9
1.0	63.4
2.5	49.9
5.0	40.7

나. TMR 사료 급여에 의한 사료 가치 향상

현재 우리나라의 낙농가에서 이루어지고 있는 젖소의 사료 급여 형태를 보면 조사

료와 농후사료를 별도로 분리하여 급여를 하는 ①관행의 사료급여 방식과 ②조사료와 농후사료를 적정 배합비율로 배합하여 급여를 하는 TMR 급여방식으로 나눌 수 있는데 최근에는 전체 낙농가의 30%이상, 40두 이상의 젖소 사육농가의 절반 정도가 TMR사양을 실시하고 있는 것으로 나타났다.

최근 낙농업에 있어 TMR 사양은 증가추세이나 공급되는 TMR의 대부분을 차지하는 TMR 배합소, 또는 사료업체의 TMR에는 조사료의 비율이 매우 낮다. 또한, 현재 우리나라에 공급된 자가 TMR 배합기는 모두 기존의 오거식을 변형한 형태인데, 즉 오거에 칼날을 부착하여 벧짚 등의 조사료를 배합기 내에서 다른 양질의 건초, 사일리지, 곡류, 박류 등의 사료와 함께 세절, 혼합하고 있다. 이에 따라 벧짚이 세절될 정도로 운전하게 되므로 여타의 사료들은 모두 분쇄된 가루의 형태가 되고 경우에 따라 양질의 건초 등을 매우 짧은 시간만 배합토록 하므로 배합성능이 떨어지는 결과를 가져오게 된다.

이러한 현상들은 모두 대량의 조사료를 짧은 시간 내에 생력적으로 세절할 수 있는 세절 작용에 대한 연구 및 기계가 개발되어 있지 않고, 이와 관련하여 TMR 배합 시설 그리고 배합된 사료를 타이콘 백으로 포장을 하여 이웃 농가로 운송이 가능할 수 있는 유통시스템 등 종합적인 시스템이 연구개발이 되어 있지 않기 때문이다. 따라서 본 연구에서와 같은 원형베일을 포함한 조사료의 반입·세절·배합·포장급여기가 개발되면 일반 농가에서도 조사료가 첨가된 TMR 제조가 저렴하고, 또한 손쉽게 이루어질 수 있을 것으로 판단되어 TMR 사료의 사료학적인 급여효율의 향상이 기대된다.

다. 새로운 TMR 사료조제·급여 시스템의 개발

대부분 조사료의 가공에 필요한 작업기들은 매우 고가이면서 큰 동력이 필요하고 또한 크기 때문에 조작하기가 큰 노동력이 필요하다. 반면에 우리나라의 농가의 노동력은 양적으로도 줄어들고 있으면서 질적으로 노령화·여성화로 가면서 매우 열악해지고 있다.

현재 원형 베일을 반입하고, 일괄작업으로 세절 처리하여 →계량 →배합→급여(자가농의 경우) 또는 포장(타가농의 경우 500kg단위 타이콘 백)을 위한 종합적인 농가 단지용 TMR배합시스템은 아직은 외국에도 개발이 되어 있지 않다. 특히 본 모델은 일종의 ①원터치로 가동이 가능하므로 노동력을 절약할 수가 있으며, ②여러 농가가

공동으로 운영하거나, 한 농가가 구입 후에 자신의 농가에 필요한 매우 필요한 것 이외에 타 농가로 작업을 해줌으로 인한 수입을 올릴 수 있어 경제성은 매우 좋아 질 것으로 예측이 된다.

특히 본 시설은 기존의 TMR 배합소에 비하여

- ①투자비가 저렴하고,
- ②조사료를 배합할 수 있어 영양학적으로도 우수하고,
- ③농가 고유의 사료 특성에 맞게 배합이 가능하다.

또한 기존의 개별 농가에서 수행되는 TMR사료에 비하여

- ①조사료를 손쉽게 세절 및 배합을 할 수가 있으며
- ②원-터치로 가동을 할 수가 있어 중노동으로부터 해방이 되고,
- ③대규모 농장에서만 개별적으로 구입을 하던 고가의 배합기, 세절기 등을 공동으로 시스템을 설치함으로 투자비용을 절감할 수가 있다.

2. 경제 · 산업적 측면

가. 중노동으로부터의 해방

현재 약 300kg~500kg의 맥류 사일리지 또는 볏짚의 원형 베일 1개를 세절 급여 하기 위해서는 적어도 2명의 인원이 투입되어 2시간 이상의 작업시간이 소요되고, 다시 배합기에 동력을 부착하여 배합작업을 하게 되면 1명이 약 1시간 정도 작업을 해야한다. 그러나 본 연구에서 개발될 종합적인 일관 조제용 TMR 사료조제 플랜트는 1명의 작업인원으로 약 반입부터 포장까지 전 공정이 약 30분 정도가 소요되지만 연속적인 작업이 가능하기 때문에 시간당 약 5톤 이상은 혼자서 처리가 가능 할 것으로 판단되어 목장에서의 노동력 절감효과 뿐 아니라 상당히 경제성이 있을 것으로 생각이 된다.

나. 공동 이용시 투자 절감 효과

본 연구에서 개발될 종합적인 일관 조제용 TMR 사료조제 플랜트는 500kg 용량의

타이콘 백으로 이웃 농가로 공급을 할 수가 있다. 따라서 여러 농가가 공동으로 운영을 할 수가 있어 경제적인 경영을 할 수가 있는데, 10여 농가가 1대의 플랜트를 설치하면 설치비는 실가격의 1/10, 즉 약 1천8백만 원이면 된다.

다. 젓소·비육우의 생산비 절감

아울러 국내에서 값싸게 제작·보급된 개발될 농가단지형 일괄 처리용 TMR 사료 조제 플랜트는 전체적인 젓소·비육우의 생산비를 절감시킬 수가 있겠다.

라. 외화 절감 효과

국가적으로는 세절기와 TMR 배합기의 수입에 소요되는 외화를 절약할 수가 있는데 1대당 수입가격이 세절기는 약 2만 달러, TMR 배합기는 1만 5천달러이다. 정확한 예상 구입대수가 자료에 나와 있지는 않지만 100여개소의 TMR 배합소와 1만5여 낙농가 및 400만 한우 농가의 조사료 이용규모로 판단할 때 연간 구입대수가 약 1,000대 이상은 가능한 것으로 보이며 현재 정부에서 추진하고 있는 담리작 맥류 랩-사일리지 생산 면적의 급격한 확대와 수도작 휴경제 및 이에 대한 대체작물 생산을 고려한다면 그 보다 훨씬 많은 수요가 발생할 것으로 판단된다. 따라서 농가용 TMR 사료 일괄 조제 플랜트가 개발되었을 경우에 적어도 연간 약 3천 5백만달러(1,000대 기준)를 절약 가능할 것으로 생각되며 앞서 살펴본 바와 같이 향후의 수입대체효과는 훨씬 클 것으로 판단된다.

마. 수출기대 품목

연구개발이 완성이 되었을 경우에 제작비용은 업체의 관계자에 의하면 한 기계시설 당 약 8천만원 정도로 추산되는데 이 가격이면 미국 또는 유럽, 일본 등지로 수출이 가능할 것이다.

이상의 결과를 요약하면 다음의 표 31과 같다.

표 31 경제적인 측면에서 본 개발효과

경제적인 효과의 내용	예상되는 효과
<ul style="list-style-type: none"> ● TMR의 조사료 이용 및 사료효율 증가 	<ul style="list-style-type: none"> ● 사료비용 절약
<ul style="list-style-type: none"> ● 대형 원형베일을 짧은 시간 내에 처리가능 하고 아울러 TMR 사료 배합에 노동력 및 작업시간 절감효과 큼. ● 일관 생산시스템으로 1명이 원터치로 작업이 완료됨 	<ul style="list-style-type: none"> ● 1회 작업이 기존의 2명에서 1명으로 노동력의 절감 ● TMR 사료 1회 배합에 소용되는 시간 (2시간 → 30분/1 배치)
<ul style="list-style-type: none"> ● 저렴한 제작비용으로 농가에 판매되는 가격의 절감효과 	<ul style="list-style-type: none"> ● 외국에서 단위 기계별(세절기 + 배합기)로 수입되어 농가에 공급되는 가격: 5천만원 ● 국내에서 제작보급가격: 8천만원(세절+배합 + 포장에 대한 일관 처리 시스템)
<ul style="list-style-type: none"> ● 이동이 가능한 기기로 공동작업이 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> ● 10여 농가가 공동으로 운영함으로 실 구입비는 1/10로 약 1천800만원
<ul style="list-style-type: none"> ● 수입대체 효과 	<ul style="list-style-type: none"> ● 3천오백만 달러/년, 1대당 3만 5천달러
<ul style="list-style-type: none"> ● 수출 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> ● 국내 플랜트 수출가격: 약 8만 달러

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제1절 연구성과

1. 특허 출원

- 출원번호 : 10-2006-0001145 (우선권주장 10-2005-0001296)
- 발명명칭 : 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트 및 티엠알 사료 제조방법
- 출원일 : 2006년 1월 5일 (우선권주장일 2005년 1월 6일)
- 출원인 : 경북대학교 산학협력단
- 발명자 : 박경규

2. 전시회 참가

- 행사명 : 『2004 농림과학기술대전』 우수기술전시회
- 기간 : 2004년 9월16일(목) ~ 17일(금)
- 장소 : aT Center 제2전시장
- 주최 : 농 립 부
- 주관 : 농림기술관리센터

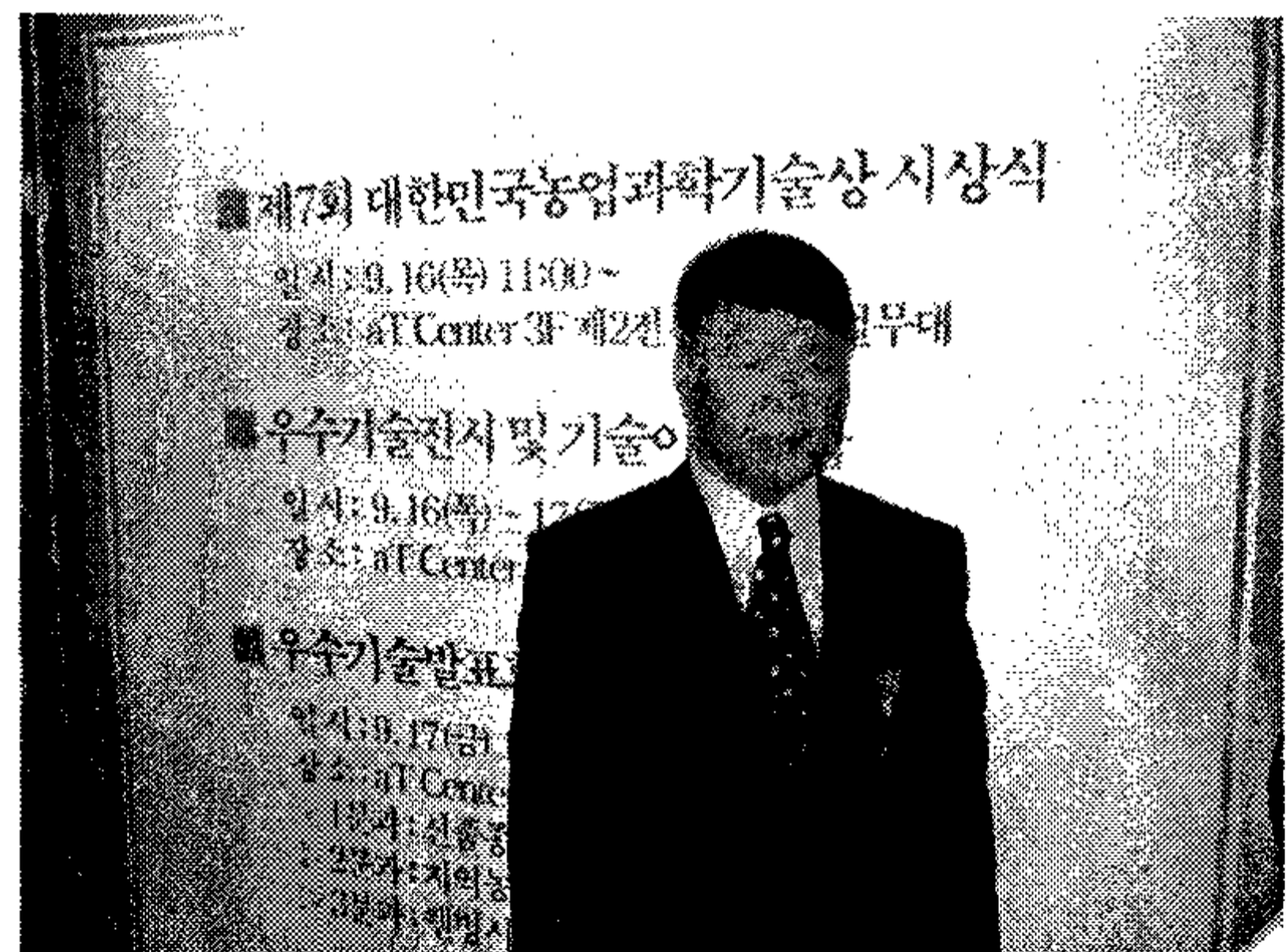


그림 116 전시회 부스 전경

3. 학술회의 발표

- 회 의 명 : 『2004 농림과학기술대전』 우수기술발표회
- 기 간 : 2004년 9월17일(금)
- 장 소 : aT Center 3F 중회의실
- 내 용 : 지역농업 클러스트와 연계기술

- 회 의 명 : 한국농업기계학회 2006년 동계학술대회
- 발표제목 : 한우·젓소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트
개발(I) -모델개발-
- 기 간 : 2006년 2월 17일
- 장 소 : 농촌진흥청 농업공학연구소

- 회 의 명 : 한국농업기계학회 2006년 하계학술대회
- 발표제목 : 한우·젓소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트
개발(II) -경제성분석-
- 기 간 : 2006년 7월 6일~7일
- 장 소 : 제주 크라운프라자호텔

4. 타 연구개발사업의 활용

- 과 제 명 : TMR 플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 모델
개발
- 주관 연구 기관 : 경북대학교
- 총괄연구책임자 : 박경규
- 지 원 기 관 : 농림부 농림기술관리센터

제2절 활용계획

1. 본 연구팀은 앞서 설계 및 제작된 세절기와 배합기를 기준으로 하여 전라북도 정읍의 보리마을에 10~20농가가 공동으로 한우 1,000~2,000두 규모의 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설치가 완료되었으며 설치가 완료되면 축산농가 및 축산관련단체 등에게 연사회를 개최하고 한국농업기계학회 및 TMR연구회에 연구내용을 발표할 예정이다.
2. 개발된 시작기는 협력업체인 (주)라이브맥과 (주)은성플랜트에 기술을 이양하여 “신기술”, “특허”, “EM” 마크를 획득하게 할 예정이다.
3. 낙농·비육우 농가에서는 낙농 또는 비육우 단지별로 10여 농가별로 조직하여 한 시스템씩 공동으로 설치하여 이용할 수 있도록 한다. 이러한 농가는 별도로 TMR 배합기, 조사료 세절기가 필요 없게 되며 이러한 작업(중노동)으로부터 해방이 된다.
4. 현재 정부에서 낙농가에 장려 보급하고 있는 TMR 배합소에는 현재 조사료를 첨가할 수 있는 시설이 없으므로 조사료를 첨가한 사료를 조제하기 위해서는 새로이 Re-engineering을 하여야 한다. 이 경우 본 연구에서의 개발된 시스템이 TMR 배합소에 응용이 되어야하고 따라서 저렴한 가격으로 TMR 사료의 질을 높이고 나아가 배합소의 수익성을 제고시킬 수 있다.
5. 본 연구에서 개발될 농가용 TMR 사료 일관 조제 플랜트는 외국에 소형 플랜트로 수출을 할 수 있다.

제 6 장 종합 결론

본 연구는 낙농·한우 사육 농가에서 원형 베일로 들여온 볏짚 또는 원형 랩-사일 리지를 포함한 조사료를 쉽게 반입·세절·배합·급여가 가능한 다음과 같은 기능을 가진 “한우·젓소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발”을 하기 위하여 수행되었다.

①축사로 반입된 원형 베일을 손쉽게 적재 가능하고, ②잘게 세절 할 수 있는 기능을 가지며, ③세절된 조사료는 TMR 배합기로 투입이 되고, ④TMR 배합기는 여러 가지 조사료를 비롯하여 농후사료를 정량 계량을 함과 동시에 알맞게 배합이 가능하고, ⑤배합된 조사료는 축사로 투입 또는 이웃 공동이용 농가로 쉽게 운반이 가능하도록 일정 용량의 무게로 계량이 된 후에 타이콘 백에 담길 수 있는 기능을 가지고 있고, ⑥종합 TMR시스템의 동력은 전기로 가동이 되고, ⑦시설비용은 8천만원 정도이고, ⑧단독으로 또는 필요에 따라서는 10여 농가가 공동으로 이용할 수 있다.

이러한 목표로 추진된 본 연구는 ①한우·젓소용 TMR 사료 일관조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 모델 개발하였고, ②한우·젓소용 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설계 및 제작을 하였고, ③농가용 소형 TMR 플랜트의 현장적용시험 및 성능시험을 수행하여 최종적으로 수정 및 보완을 하였고, ④농가용 소형 TMR 모델 플랜트의 경제성 분석을 하여 우리나라의 축산농가에 적용성 여부를 검토하였다. 따라서 본 연구의 최종 종합 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 한우·젓소용 TMR 사료 일관조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 모델 개발

가. 농가용 소형 TMR 플랜트의 모델은 TMR 사료의 1batch 당 배합능력을 기준으로 급여가능두수가 50두인 KTMR-250, 80두는 KTMR-500, 102두는 KTMR-750, 128두는 KTMR-1000의 4가지로 구분하여 개발하였다.

나. 모델 플랜트의 주요작업공정은 반입, 세절, 배합, 저장, 계량포장 및 반출이며, 개발된 모델의 조사료 반입, 세절, 및 원료의 배합기 내로 투입작업에 소요되는 시간은 약 10분, 20분간 배합 작업, 제품번으로 투입시 배출작업은 약 5~8분, 20

분간 포장 작업이 이루어져 총 배합주기는 약 30분 내외로 산출되었다.

다. 1일 2시간 배합작업시 4batch의 배합을 실시할 수 있으며 급여두수로 나타내면 KTMR-500의 경우 320두를 급여할 수 있는 것으로 나타났다. 모델별 기계사양에 따른 예상기계비용은 KTMR-500의 경우 77,000천원이 소요되는 것으로 나타나 저렴한 기계시설비용으로 양질의 TMR 사료를 생산할 수 있어 전체적인 젖소 및 한우의 생산비를 절감시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

2. 한우·젖소용 TMR 사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트의 설계 및 제작

본 연구의 모델 플랜트는 ①일반적으로 벃짚과 같은 조사료의 배합%가 약 15% 정도가 되며, ②300kg 정도의 원형 베일을 한번에 세절하여 투입이 가능한 규모가 2톤 배합기가 되므로 KTMR-500을 선정하여 모델에 부합한 소요기계를 설계 및 제작하였다.

가. 개발된 원형베일 세절기는 ①P.T.O 동력전달 장치부, ②커터 구동장치부, ③배출드로워 구동장치부, ④유압장치부 등의 구성되어 있으며, 50~70ps급 트랙터 견인형이며, 1베일 당 10분 동안 세절이 가능하며, 2~3개의 베일을 동시에 세절할 수 있도록 개발 완료하였다.

나. 세절부에서 배합부로 이송하는 시스템은 벃짚과 같은 건초 뿐 아니라 곤포 사일리지와 같은 고탐수율의 조사료도 세절 및 이송이 가능한 사이클론식 이송장치를 설계 및 개발 완료하였다. 특히 세절된 조사료 중 원형벃짚베일의 경우는 흙먼지 등을 많이 함유하고 있는데 이런 흙먼지를 날려 보낼 수 있도록 개발하였다.

다. 개발된 모델 플랜트의 배합기의 실 배합 용량은 2톤으로 크게 ①배합탱크, ②교반기, ③계량장치, ④동력전달장치, ⑤배출장치로 구성되며, 시판되는 트랙터 견인형 TMR 배합기를 참조하여 소요동력 37kW의 모터로 구동되고, 2중 오거형이며, 톱니형상의 원형칼날을 오거의 1 Pitch당 6개를 부착하여 안정되고 균일하게 TMR 배합이 되도록 개발 완료하였다.

- 라. 포장기는 ①계량부, ②포장부, ③적재부, ④콘트롤러부로 구성되어 있는 반자동시스템이며, 500kg의 타이콘백으로 포장되도록 제작 완료하였다.
- 마. 반송장치는 배합기의 용량을 기준으로 이송길이는 1,085mm, 이송각 30°, 이송폭 800mm, 이송속도 900rpm, 소요동력 3hp인 벨트컨베이어를 제작 완료하였다.
- 바. 통합 공정시스템을 시운전한 결과 1batch 당 2톤 작업에 소요되는 시간은 약 34분으로 나타났다. 그러나 이 작업시간은 단 1회의 작업을 할 경우에 소요되는 시간이고 연속으로 배합작업을 수행 할 경우 포장 작업은 배합작업과 동시에 수행이 되므로 이론적으로 1 batch 당 소요 작업은 25분이지만 작업 효율 등 기타 여러 가지 소요 작업시간을 포함하면 1batch 당 배합주기는 30분이면 충분할 것으로 판단되었다.

3. 농가용 소형 TMR 플랜트의 현장적용시험

통합 공정시스템의 시운전을 실시한 결과 여러 시스템의 문제점들을 밝혀내어 수정 및 보완하였으며, 향후에도 장기간 사용함에 따른 내구성 등 발생하는 문제점을 밝혀내고 해결하여 최적의 농가형 소형 TMR 모델 시스템이 될 수 있도록 하였다.

- 가. 사이클론 시스템은 관로 내 압력손실이 많아 관로에 벗겨짐이 생겨 반송이 불가능하여 세절기 배출구와 사이클론의 입구를 수평으로 유지하도록 하고 집진메커니즘을 중력식으로 수정 및 보완하여 완료하였다.
- 나. 배합기에서 배합 후 TMR 사료를 배출시에 이송이 원활하지 못하여 ①벨트컨베이어의 각도 조정 및 ②배출게이트의 개폐위치 조정 등으로 수정 및 보완하여 완료하였다.
- 다. 함수율이 높은 TMR 사료의 특성상 안식각이 좋지 않아 계량용 호퍼빈에서 브리지(Bridge)현상이 발생하였는데, 호퍼빈의 각도를 수정하여 완료하였다.
- 라. 벌크형태로 반출을 원하는 농가를 위하여 벌크반출용 벨트컨베이어를 새로이 제작 완료하였다.

4. 농가용 소형 TMR 플랜트의 성능시험

- 가. 전체 시스템 및 배합 후 배출공정 등에서 나타나는 원료의 재분리 현상 등을 측정하여 TMR 사료의 품질의 균일도를 측정한 결과, 면실의 무게에 대한 C.V.값이 배합기 출구에서는 13.02%, 포장기 출구에서는 14.21%로 배합정도가 우수한 것으로 나타났는데, 이는 농업공학연구소의 배합성능 적합판정 기준 30%미만에 훨씬 못 미치는 수치이다.
- 나. 조사료 입자길이의 적절함을 판단하기 위하여 세절기와 배합기를 거쳐 최종적으로 생산되어진 TMR 사료를 채취하여 조사료의 입자도를 측정한 결과, 3~5cm의 길이가 40중량%, 5~10cm의 길이가 60중량%로 나타나 조사료 입자의 길이가 적절한 것으로 판단되었다.
- 다. 모델 시스템의 실제작업능률은 3,367kg/h로 나타났으며, 이론작업능률 대비 실제작업능률에 대한 작업효율은 약 84.2%로 나타났다.
- 라. TMR 플랜트 운전시에 소요되는 정격전력은 1batch 당 21kWh로 나타났는데, 소비전력을 측정한 결과 1batch 당 약 16kWh으로서 약 76% 정도 소비되는 것으로 나타났다.
- 마. 원형벧짚베일의 세절시에 흙먼지를 용이하게 분리할 수 있는 이송시스템의 성능을 측정하기 위하여 세절전·후의 벧짚의 탁도를 측정한 결과, 세절전에는 평균 54.3NTU, 세절후에는 평균 37.0NTU로 나타나 탁도제거율이 약 31.9%로서 세절 후 벧짚의 이물질 및 흙먼지가 제거되는 효과가 있는 것으로 판단되었다.

5. 농가용 소형 TMR 모델 플랜트의 경제성 분석

개발된 모델 플랜트의 경제성을 검증하기 위하여 관행의 시판되는 TMR 사료를 구입한 시스템과 생산비용을 분석하여 그 결과를 비교 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 모델 시스템의 연간 고정비는 약 36,987,728원/년으로 나타났으며, 고정비와 변동비를 합한 연간 이용비용은 1 batch 생산의 경우 58,515원/톤(42,718,321원/년), 4 batch 생산의 경우 18,405원/톤(53,742,630원/년), 8 batch 생산의 경우 11,523원/톤(67,295,108원/년)으로 생산량이 증가할수록 이용비용은 절감되고 있다.
- 나. 1일 4batch 생산시 젖소 및 한우의 사육 가능두수는 320두 및 615두로 나타났으며 이용비용 및 생산비용은 각각 젖소는 460원/두-일 및 7,360원/두-일, 한우는 239원/두-일 및 1,929원/두-일로 나타났다.
- 다. 젖소의 경우는 손익분기점이 사육규모가 약 73두일 때 시판되는 TMR 사료를 구입하는 것보다 유리한 것으로 나타났으며, 한우의 경우는 약 128두로 나타났다. 이때 생산비용은 젖소의 경우 8,497원/두-일, 비육우는 2,595원/두-일로 나타났다.
- 라. 시판되는 TMR 사료를 구입하여 사용하는 관행시스템보다 연간 생산비용의 절감효과는 젖소 200두 규모에서는 1일 두당 937원, 800두 규모에서는 1,347원이며, 한우의 경우는 200두 규모에서는 1일 두당 309원, 800두 규모에서는 713원의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

전체적인 결론으로 본 연구에서 개발된 모델 플랜트는 우리나라의 한우 및 낙농가에 적용 가능한 것으로 판단되며, 본 모델 플랜트의 이용시 생산비용의 점감효과는 매우 클 것으로 기대된다.

제 7 장 참고문헌

1. Ball, C. E and Barger, R. L. 1948 Reconditioning overdried hat. Agr. Engg. 29(7) 229-300
2. Curley, R. G. Dobie, J.B. and Parson, P.S. 1973, Comparison of stationary and field cubing of forage. Trans. ASAE 18(5)864-866.
3. Davis, R. B.and Barlow, G.E. 1947 Supplemental heat in mow drying of hay. Agri. Engg. 28(7)289-290,293.
4. Feed Manufacturing Technology IV. Robert R. McElhiney. American Feed Industry Association. 1994.
5. 가축분뇨자원화를 위한 기술 지침서 , 축산기술연구소, 1995
6. 기광석 외. 젓소 TMR이용기술 및 부존자원 활용 연구. 축산시험연구보고서. 2001.
7. 김정갑. 조사료 이용 및 효율성 증대방안. 1998.
8. 김창호 외. 파종기와 예취시기가 답리작 호밀의 생육 및 건물수량에 미치는 영향. 1995.
9. 김혁주, 박경규, 서종혁, 신승열. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(1). 한국농업기계학회지. 28(2):pp107-116. 2003.
10. 김혁주, 박경규, 김태한, 구영모. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(2). 한국농업기계학회지. 28(3):pp199-208. 2003.
11. 김혁주 외. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(3). 바이오시스템

공학. 29(1):pp1-8. 2004

12. 김혁주, 박경규, 하유신. 홍동혁. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(4). 바이오시스템공학. 29(4):293-300. 2004
13. 농림사업시행지침[축산]. 농림부. 2005.
14. 농림통계연보. 농림부. 2005.
15. 농업기계가격. 한국농기계공업협동조합. 2005.
16. 농업기계연감. 한국농기계공업협동조합. 1996-2004.
17. 농업법인의 운영실태와 정책과제, 정책연구보고 P24, 한국농촌경제연구원, 1997.
18. 농업전망 1999, 한국농촌경제연구원, 1999.
19. 목장종합실태조사서. 서울우유협동조합. 2005.
20. 박경규외. 사료가공학. 선진문화사. 1993.
21. 박경규외. 축산기계 및 시설. 문운당. 1996.
22. 박경규 외. 개정사료학. 선진문화사. 1995.
23. 박경규외, “답리작 조사료의 랩사일리지 기계화 생산모델”, 한국농업기계학회지, 1998.
24. 박경규 외. 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발(I). 한국농업기계학회지. 25(4):pp265-272. 2000.

25. 박경규 외. 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발(II). 한국농업기계학회지 25(4):pp257-264. 2000.
26. 박경규 외. 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발(III). 한국농업기계학회지 25(3):pp203-212. 2000.
27. 사료가공 핸드북. 한인규. 1979.
28. 쌀 농업의 비용 절감을 위한 경영모델과 지역시스템 개발」, C98-10, 한국농촌경제연구원, 1998.
29. 생산성 향상을 위한 올바른 TMR의 적용. TMR연구회. 2004.
30. 섬유질 배합사료의 현황과 효율적 이용방안. TMR연구회. 2005.
31. 수도작 기계화의 적정규모에 관한 연구, 연구보고 R329, 한국농촌경제연구원, 1999.
32. 시험연구결과 경제성분석기준자료. 농촌진흥청. 2000.
33. 시험연구보고서. 축산시험장. 1995.
34. 정창주 외. 농업기계학. 향문사. 1995.
35. 정광용 외. 발농사의 환경보전기능 계량화. 농촌진흥청 농업과학기술원. 1997.
36. 조사료 이용 및 효율성 증대방안. 축산기술연구소. 1997.
37. 조사료생산 이용 교육 교재, 농림부·축협중앙회, 1998.
38. 조사료생산·이용 확대 추진. 농림부. 1999.

39. 조사료표준영농교본-91, 농촌진흥청, 1998. 10.
40. 주경노. 쌀농사의 규모화에 따른 적정 농기계의 투입. 농업기계화연구소. 1997.
41. 최신축산경영학. 향문사. 1990.
42. 축산물생산비2005. 국립농산물품질관리원. 2006.
43. 축산물생산과 연구의 국내동향. 축산시험장. 1990.
44. 축산경쟁력 제고를 위한 총체사료 생산이용 기술개발. 농촌진흥청. 1992.
45. 축산물 수입 자유화 과제. 한국축산학회 춘계심포지움. 1997.
46. 축산경영 안정을 위한 '99 조사료생산 시책, 농림부, 1999.
47. 한정대의. 양질의 조사료의 저장·가공 및 이용기술. 양질의 조사료 생산이용심포지움 1993.
48. 환경보전형 농업발전을 위한 정책과제, 한국농촌경제연구원, 1997.
49. 친환경답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델, 조사료 생산관련 심포지움(농림부, 경북대학교). 1999.
50. 하유신, 박경규, 홍동혁. 한우·젖소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발(I). 한국농업기계학회 동계학술대회논문집 11(1):139-142. 2006.
51. 한우용 TMR 급여지침서. 농림부. 2004.

52. 홍동혁 외. 원형베일 조사료용 트랙터 견인형 세절-급여기 개발(I). 한국농업기계학회 2005년 하계학술대회논문집. 10(2):pp74-79. 2005.
53. 홍동혁 외. 원형베일 조사료용 트랙터 견인형 세절-급여기 개발(II). 한국농업기계학회 2005년 하계학술대회논문집. 10(2):pp80-88. 2005.
54. 홍동혁 외. 원형베일 조사료용 트랙터 견인형 세절-급여기 개발(III). 한국농업기계학회 2005년 하계학술대회논문집. 10(2):pp89-94. 2005.
55. IMF시대의 조사료 대책, 한국초지학회 심포지엄 Proceedings, 1998.
56. TMR산업의 당면현황과 대책. TMR연구회. 2004.
57. TMR을 위한 조사료 이용의 효율화. TMR연구회. 2003.
58. TMR 핸드북. 서울우유협동조합. 1996

부 록

【요약서】

【요약】

본 발명은 우리나라 농가에 적합한 티엠알(TMR) 사료 조제 농가용 소형 플랜트에 관한 것이다. 본 발명의 구성으로는 원형베일로 반입된 조사료를 세절하는 세절기, 상기 세절기에서 세절된 조사료를 배합기로 이송하는 기능을 가진 사이클론이 장치된 뉴메틱컨베이어, 필요에 따라 사일리지, 맥주박, 곡물원료 등을 직접 배합기로 이송하는 벨트컨베이어, 상기 세절된 조사료와 적정한 비율로 공급된 기타 티엠알 사료원료들과 균일하게 배합을 하며 동시에 길게 잘려진 볏짚과 같은 조사료를 다시 잘게·부드럽게 세절하는 기능을 가지고 또한 쉽게 사료원료가 투입이 가능하도록 지하에 설치된 TMR배합기, 상기 배합기에서 배합이 완료된 티엠알사료를 제품 탱크로 이송하는 제1컨베이어, 상기 제1컨베이어로부터 이송된 티엠알 사료가 배출이 될 때까지 임시로 저장하는 제품 탱크, 제품 탱크로부터 저장된 티엠알 사료를 배출하는 제2컨베이어, 상기 제2컨베이어로부터 이송된 티엠알 사료를 계량 및 포장을 하는 포장기로 구성된다. 이와 같은 구성 의하여 본 발명은 조사료 원형베일을 세절기를 이용하여 세절하고, 세절된 볏짚과 같은 조사료는 뉴메틱컨베이어를 통하여 배합기로 이송을 하는 하나의 시스템을 구성하고 있어 원료 투입에 소용되는 노동력과 작업능률을 높일 수 있으며, 세절·이송된 조사료는 기타 사료원료와 같이 배합하는데, 그 배합기는 지하에 설치되어 사료원료를 투입하기가 수월하고 또한 배합 과정에서는 길게 잘려진 볏짚과 같은 조사료는 다시 잘게 부드럽게 처리를 하면서 기타의 사료원료와 배합이 되게 하여 양질의 티엠알 사료를 제조할 수 있다. 또한 배합이 완료된 티

엠알 사료는 배합기를 빨리 비워서 다음의 사료배합을 용이하게 하기위하여 제1컨베이어를 통하여 임시 제품 탱크에 저장을 하는데 일단 티엠알 사료가 제품 탱크에 완전히 이송이 되면 다시 새로운 티엠알 사료생산 작업이 시작된다. 동시에 임시제품 탱크로부터 제2컨베이어로 배출이 되는 티엠알 사료는 포장기로 이송, 포장되어 티엠알 사료를 생산시 노동력의 절감 및 생산능률을 높이는 효과가 있다.

본 발명의 특징은 상기 세절기, 뉴메틱컨베이어, 벨트컨베이어 없이도 사용이 가능하다. 즉, 여러 형태의 조사료를 외부의 다른 방법으로 세절하거나 또는 세절이 되지 않는 상태로 세절기와 뉴메틱컨베이어를 거치지 않고 기타 TMR 사료 원료와 함께 투입하여 TMR 배합기로 배합을 하여 사용할 수도 있다.

상기의 농가용 티엠알 플랜트는 1회 배합에 소요되는 시간은 30분 정도이고 배합용량은 배합기의 용량에 따라 차이가 나지만 1톤에서 3톤까지 가능하고 필요에 따라 작업횟수를 증가시키면 더욱 많은 생산량을 늘릴 수 있다. 또한 이 시설은 여러 농가가 공동으로 이용 가능하기 때문에 투자 및 생산비용을 절감할 수 있다.

【대표도】

도 1

【명세서】

【발명의 명칭】

티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트 및 티엠알 사료 제조방법{small size total mixing rations plant for farmhouse and processing method for total mixing rations feed}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명에 따르는 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트의 평면구성도.

도 2는 본 발명에 따르는 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트의 측면구성도.

도 3은 도 1에 있어서, 세절기의 구성도.

도 4는 도 3에 있어서, 세절부의 상세 구성도.

도 5는 상기 세절부의 회전날과 고정날의 상세 구성도.

도 6은 도 3에 있어서, 배출부의 구성도.

도 7은 도 1에 있어서, 티엠알 배합기의 구성도.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

100:세절기

110:적재함

120:자동 적재부

130:컨베이어

140:세절부

141:회전축

142:플렌지

143:회전날

144:감김 방지 브라켓	145:갈퀴형 브라켓
146:고정부	147:고정날
150:배출부	160:배출 제어부
200:벨트컨베이어	300:배합기
400:제1컨베이어	500:제품 탱크
600:제2컨베이어	700:포장기
800:조사료 원형 배일	

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

본 발명은 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트 및 티엠알 사료 제조방법에 관한 것으로, 특히 개별 농가에서 원통형으로 압축 가공된 조사료 원형베일과 기타 조사료를 용이하게 반입·세절·배합·제품 저장·제품 포장 또는 반출을 할 수 있는 TMR(Total Mixing Rations) 사료 조제 농가용 소형 플랜트 및 티엠알 사료 제조방법에 관한 것이다.

일반적으로 축산농가에서 고깃소, 젓소 등에 조사료를 급여하는 방법으로 조사료와 농후사료를 별도로 급여하는 방법과 조사료와 농후사료를 적정한 비율을 혼합하여 급여하는 TMR급여 방법이 사용되고 있다.

이중 TMR 사료 급여방식은 사료회사에서 제조 판매하는 TMR 사료를 구입하여 급여하거나, 공동 배합소에서 배합한 TMR 사료를 급여하는 방식을 주로 사용하고 있다.

그러나 TMR 사료를 조제하는 사료회사나 공동 배합소에는 베일로 가공된 벧짚 또는 랩사일리지로 가공된 원형베일과 같은 조사료를 세절, 배합 및 이송하는 시설이 되어 있지 않다.

이와 같은 이유에 따라 농가는 사료회사 또는 공동 배합소에서 구매한 TMR 사료에 다시 벧짚과 같은 조사료를 별도로 세절한 후에 배합해야 하며, 이에 따라 비용이 많이 들고, 인력의 소모도 많은 문제점이 있었다.

일부 농가에서는 상기의 방식과는 달리 칼날이 부착된 교반기가 장착된 배합기를 사용하여 TMR 사료를 직접 조제하는 경우가 있다. 상기 칼날이 부착된 교반기에 볏짚 등의 조사료와 함께 양질의 건초, 사일리지, 곡류, 박류 등의 사료원료를 넣어 조사료의 세절과 혼합공정을 동시에 하게 된다.

문제점으로는 배합이 종결이 되면 칼날이 부착된 교반기에 의해 조사료가 완전히 분쇄될 정도로 운전이 되기도 하여 반추위 동물에게 급여하기에 적당하지 않은 형태가 되기도 한다.

또한, 개별 낙농가에서 위의 사료 배합기를 구비하기 위해서는 비용이 부담되고, 또한 많은 노동력이 소요되는 큰 문제점이 있었다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

상기와 같은 문제점을 감안한 본 발명은 저렴한 가격으로 개별 농가 또는 여러 농가가 공동으로 설치하여 TMR 사료를 제조할 수 있는 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트 및 티엠알 사료 제조방법을 제공함에 그 목적이 있다.

또한 본 발명은 원형베일과 같이 단단하게 뭉쳐진 조사료의 반입과 세절이 가능하며, 자동화를 통해 인력의 소모를 최소화 할 수 있는 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트 및 티엠알 사료 제조방법을 제공함에 다른 목적이 있다.

또한, 본 발명의 다른 목적은 TMR 배합기를 지하에 설치함으로써 노동력을 최소화시킬 수 있고·작업의 효율성을 높일 수가 있다.

그리고 본 발명은 적정한 비율로 투입된 세절된 조사료와 여러 종류의 사료

원료를 골고루 배합할 수 있으며 동시에 길게 잘려진 조사료 등은 배합과정 중에 다시 2차로 잘게 부드럽게 세절이 되는 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트 및 티엠알 사료 제조방법을 제공함에 또 다른 목적이 있다.

또한 본 발명의 또 다른 목적은 작업자 1인이 용이하게 TMR사료를 제조할 수 있으며, 필요에 따라 생산량 증가가 용이한 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트 및 티엠알 사료 제조방법을 제공함에 있다.

【발명의 구성】

상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 원형베일로 가공된 조사료를 세절하는 세절기, 상기 세절기에서 세절된 조사료를 배합기로 이송하는 기능을 가진 사이클론이 장치된 뉴메틱컨베이어, 필요에 따라 사일리지, 맥주박, 곡물원료 등을 이송하는 벨트컨베이어, 상기 세절된 조사료와 적정한 비율로 공급된 기타 티엠알 사료원료들과 균일하게 배합을 하며 동시에 길게 잘려진 볏짚과 같은 조사료를 다시 잘게·부드럽게 세절하는 기능을 가지고 또한 쉽게 사료원료가 투입이 가능하도록 지하에 설치된 배합기, 상기 배합기에서 배합이 완료된 티엠알사료를 제품 탱크로 이송하는 제1컨베이어, 상기 제1컨베이어로부터 이송된 티엠알 사료가 배출이 될 때까지 임시로 저장하는 제품 탱크, 제품 탱크로부터 저장된 티엠알 사료를 배출하는 제2컨베이어, 상기 제2컨베이어로부터 이송된 티엠알 사료를 계량 및 포장을 하는 포장기로 구성함을 특징으로 하고 있다.

상기와 같이 구성되는 본 발명의 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 1은 본 발명에 따르는 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트의 평면구성도이고, 도 2는 그 측면구성도로서, 이에 도시한 바와 같이 원형베일(800)로 가공된 조사료를 세절하는 세절기(100)와, 상기 세절기(100)에서 세절된 조사료를 배합기로 이동시킴과 아울러 집진사이클론(910)을 통해 이물을 제거하는 뉴메틱컨베이어(900)와, 필요에 따라 사일리지, 맥주박, 곡물원료 등을 이송하는 벨트컨베이어(200)와, 상기 세절된 조사료와 벨트컨베이어(200) 또는 직접 투입된 사료원료들과 균일한 혼합비율로 배합을 하며 동시에 길게 잘려진 볏짚과 같은 조사료를 다시 잘게·부드럽게 세절하는 기능을 가지고 또한 쉽게 사료원료가 투입이 가능하도록 지하에 설치된 배합기(300)와, 상기 배합기(300)에서 배합이 완료된 티엠알사료를 제품 탱크로 이송하는 제1컨베이어(400), 상기 제1컨베이어(400)로부터 이송된 티엠알 사료가 배출이 될 때 까지 임시로 저장하는 제품 탱크(500), 제품 탱크(500)로부터 저장된 티엠알 사료를 배출하는 제2컨베이어(600), 상기 제2컨베이어(600)로부터 이송된 티엠알 사료를 계량 및 포장을 하는 포장기(700)로 구성 된다.

상기 세절기(100)는 트랙터에 의해 이동이 가능하며, 그 트랙터의 유압에 의해 세절동작이 이루어지도록 구성되거나, 정치식으로 되어 외부의 모터에 의해 동작될 수도 있다.

상기 원형 베일(800)은 베일링시에 혼입된 자갈, 쇠붙이 등의 이물질을 선별

한 후, 상기 세절기(100)에 투입한다.

도 3은 상기 세절기(100)의 상세 구성도로서, 적재함(110)의 일단에 회전가능이 하도록 결합되어 조사료 원형 베일(800)을 적재함(110)의 상부측으로 적재하는 자동 적재부(120)와, 상기 적재함(110)의 상부측에서 적재된 원형 베일(800)의 위치를 변경하여 세절되도록 하는 컨베이어(130)와, 고정날과 회전날을 포함하여 컨베이어(130)를 통해 이송되는 조사료 원형 베일(800)을 세절하는 세절부(140)와, 회전에 의해 상기 세절부(140)에 의해 세절된 조사료 원형 베일(800)을 배출하는 배출부(150)와, 상기 배출부(150)의 동작을 제어하는 배출 제어부(160)로 구성된다.

이하, 상기와 같이 구성된 본 발명에 따르는 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트의 구조와 그 작용을 보다 상세히 설명한다.

먼저, 세절기(100)는 조사료 원형 베일을 자동으로 공급하여 적당한 크기로 세절하며, 그 세절된 조사료의 수거가 용이한 구조로 되어 있다.

상기 세절기(100)의 동작은 적재함(110)의 일단에 회전이 가능하도록 결합되며, 상기 트랙터의 유압에 의해 구동되는 자동 적재부(120)가 그 적재함(110)의 바닥면과 평행한 상태에서 조사료 원형 베일(800)이 상부에 유입되면, 상기 적재함(110)의 바닥면과 수직 방향으로 회전 이동한다.

이에 따라 조사료 원형 베일(800)은 상기 적재함(100)의 바닥면 상에 위치하는 컨베이어(130)의 상부에 위치하게 된다.

이때, 고정날과 회전날을 구비하는 세절부(140)는 회전하며, 컨베이어(130)가 천천히 구동되어 그 상부에 위치하는 조사료 원형 베일(800)을 세절부(140)로 밀착시켜 세절이 이루어지도록 한다.

상기의 과정에서 상기 자동 적재부(120)는 상기 컨베이어(130)측으로 더 기울어져 조사료 원형 베일(800)이 뒤로 밀려 세절이 되지 않는 것을 방지한다.

이와 같이 세절된 조사료는 배출부(150)를 통해 배출된다.

상기 배출부(150)는 배출 제어부(160)에 의해 제어되어, 상기 세절부(140)의 회전축과는 직교하는 회전축을 중심으로하는 고속회전에 의하여 세절된 볏짚을 배출한다.

이때, 상기 배출부(150)는 강한 바람을 발생시켜 세절된 조사료와 그 조사료에 혼합된 흙먼지를 분리하여 배출한다.

조사료에 토양의 흙이 같이 혼합되어진 경우 조사료의 품질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 사료로 급이시 소의 위점막 용털 사이에 흙먼지가 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성질병 발생 및 생산성 저하 등의 문제점을 일으킬 수 있으며, 본 발명에서는 상기 배출부(150)를 이용하여 조사료와 흙먼지를 1차로 분리하며, 배합기(300)의 집진 사이클론(310)을 통해 다시 흙먼지를 제거함으로써, 위의 문제점을 해결할 수 있다.

상기 세절기(100)를 구성하는 각 부의 상세한 구성을 첨부한 도면을 참조하여 보다 상세히 설명한다.

도 4는 상기 세절부(140)의 구동부분의 평면도 및 그 일부의 단면도로서, 이

에 도시한 바와 같이 회전축(141)의 외주면에 상호 소정거리 이격되는 다수의 원형 플렌지(142)가 구비되며, 그 플렌지(142)에는 다수의 회전날(143)이 구비된다.

이때, 상기 각 플렌지(142)에 구비되는 다수의 회전날(143)은 나선형을 이루도록 각 플렌지마다 회전날(143)의 설치위치에 차이를 둔다.

또한, 상기 회전축(141)의 양단부에는 감김 방지 브라켓(144)이 설치되며, 상기 각 플렌지(142)에는 조사료 원형 베일(800)을 풀어 이송하는 갈퀴형 브라켓(145)를 포함하여 구성된다.

이와 같은 구성에 의하여 상기 회전축(141)이 회전하면서 갈퀴형 브라켓(145)는 원형 베일(800)의 겉면을 걸어 회전시켜 풀게 되며, 그 풀린 원형 베일(800)은 그 갈퀴형 브라켓(145)의 다음에 위치하는 회전날(143)에 의해 세절된다.

도 5는 상기 원형 베일(800)을 세절하는 고정날과 회전날의 상세 구성도로써, 이에 도시한 바와 같이 상기 도 4에 도시한 구조와 인접한 위치에는 고정날(147)과 그 고정날(147)을 고정하는 고정부(146)가 마련된다.

상기 고정날(147)은 하단부가 다수의 단차를 가지도록 구성되며, 상기 고정날(147)과 회전날(143)은 서로의 날이 마주치지 않고, 그 측면부가 소정의 간격으로 이격되어 회전날(143)이 회전하면서 벧짚을 세절하는 구조를 가지고 있다.

이와 같은 구조에서 회전날(143)과 고정날(147) 사이의 협각(θ_1)은 25~30°의 각도를 유지하여 세절면이 모나지 않게 세절을 한다.

또한, 회전날(143)의 절단각(θ_2)은 37.5°가 되도록 한다.

이와 같이 절단각(θ_1)을 한정하는 이유는 자유절단시 세절작용이 가장 우수하

기 때문이다.

도 6은 상기 배출부(150)의 구성도로서, 상기 세절부(140)에서 세절된 볏짚을 고속 회전에 의해 외부로 토출시키는 역할을 한다.

그 구성은 육각의 회전판의 꼭지점 부분에 날을 달아 회전하면서 세절된 조사료를 외부로 토출하는 구조를 가진다.

상기 배출 제어부(160)는 상기 배출부(150)의 회전속도를 제어하여 토출된 조사료의 배출위치를 결정함과 아울러 조사료에 혼합된 흙을 분리할 수 있다.

상기와 같이 구성되는 세절기(100)에 의해 조사료 원형 베일(800)은 원하는 크기로 세절되며, 그 세절된 볏짚은 투입 사이클론(910)이 장착된 뉴메틱컨베이어(900)를 통해 배합기(300)의 내부로 투입된다.

상기와 같이 본 발명은 세절기(100)와 뉴메틱컨베이어(900)를 사용하여 세절과 그 세절된 조사료의 배합기(300)로의 이송과정을 단일한 시스템으로 구성하여, 원료의 투입과 이송에 사용되는 노동력을 줄임과 아울러 작업의 효율을 높일 수 있게 된다.

상기와 같은 세절기(100)와 뉴메틱컨베이어(900)는 하나의 예이며, 상기와 같은 구조의 세절기(100)와 뉴메틱컨베이어(900)를 사용하지 않고도 볏짚의 세절 및 이물을 분리하여 상기 배합기(300)로 이송할 수 있는 구조인 것을 다양하게 사용할 수 있다.

예를 들어 상기 원형 베일을 세절하는 세절기가 트랙터 또는 콤바인 등의 외

부 이동수단의 동력에 의해 구동되어 세절을 할 수 있으며, 운반이 가능한 것을 사용하여, 세절 후 뉴메틱컨베이어(900)를 거치지 않고 상기 배합기(300)로 이동할 수 있다.

또한, 세절 후 별도의 저장고에 저장한 후, 이를 컨베이어나 기타 이동수단에 의해 이동시켜 상기 배합기(300)로 이송할 수 있다.

아래의 표 1에는 TMR사료의 제조에 필요한 사료 원료와 배합비를 나타내었다.

【표 1】

구분	사료 종류	배합비율 (%,중량)
조사료	화본과 건초(수단그라스,버뮤다그라스,오차드그라스,톨웨스큐), 알팔파건초, 알팔파큐브, 볏짚, 옥수수사일리지, 사탕수수잎(슈카케인탑)	40~60%
부산물사료	비트펄프 펠렛, 면실피 펠렛, 맥주박, 엿밥, 비지, 맥근, 사과박, 감귤박, 땅콩피, 주정박, 옥배아	60~40%
강피류	소맥피, 단백질, 대두피, 루핀피, 옥피, 쌀겨, 탈지강	
박 류	대두박, 면실피, 아마박, 야자박, 임자박, 장유박, 옥배아박, 채종박, 해바라기박	
곡 류	옥수수, 연맥, 루핀	
첨가제	비타민제(대개의 경우 광물질 포함), 염화칼리, 석회석, 린칼제제, 중조, 산화마그네슘, 소금, 징크제, 이스트류, AO제제, 바이패스 지방, 바이패스 단백질	0.5~1.0%

상기 표 1에 나타낸 바와 같이 상기 조사료 원형 베일(800)은 상기 언급한 볏짚 이외에 화본과 건초, 보리, 호맥, 알팔파건초, 알팔파큐브, 옥수수사일리지, 사

탕수수있이 될 수 있다.

또한, 상기 벨트컨베이어(200)를 통해 공급되는 곡물원료는 강피류와, 박피류, 곡류를 포함하며, 포대원료는 상기 표 1의 첨가제이다.

상기 세절된 조사료가 배합기(300)에 투입됨과 아울러 사일리지, 맥주박, 곡물원료, 포대원료 등은 벨트컨베이어(200)를 통해 상기 배합기(300)에 투입된다.

상기 배합기(300)는 지하에 설치된다. 작업자는 자동으로 투입되는 사료 이외의 사료를 직접 배합기(300)의 내부로 투입할 수 있으며, 그 배합기(300)가 지하에 설치됨에 따라 그 투입작업이 용이하게 된다.

이에 따라 본 발명은 작업자 1인이 전체 작업 공정을 모두 수행할 수 있다.

상기 배합기(300)에는 집진 사이클론(310)이 마련되어 있어 상기 조사료에 혼합된 흙먼지를 외부로 배출시킬 수 있다.

도 7은 상기 배합기(300)의 구성도로서, 이에 도시한 바와 같이 배합기(300)의 내측 저면은 다수의 반원형 홈이 마련되며, 그 반원형 홈에는 다수의 오거 및 커터(320)가 구비된다.

상기 배합기(300)는 상기 세절된 볏짚과 상기 벨트컨베이어(200)를 통해 이송된 사일리지, 맥주박, 곡물원료, 포대원료를 배합함과 아울러 그 오거 및 커터(320)를 통해 절단하게 된다.

상기 볏짚은 그 세절의 정도에 따라 소화율이 달라지며, 그 입자도와 소화율의 관계를 아래의 표 2에 정리하였다.

【표 2】

입자도(cm)	소화율(%)
0.5	70.9
1.0	63.4
2.5	49.9
5.0	40.7

상기 표 2에 정리한 바와 같이 조사료의 세절정도는 입자도가 0.5cm이하가 되는 것이 적당하며, 상기 세절기(100)와 배합기(300)를 통한 세절 과정에서 원하는 입자도를 가지는 조사료를 얻을 수 있게 된다.

이와 같이 본 발명은 1차적으로 조사료를 세절한 후, 다른 원료와의 배합과정에서 2차의 세절을 함으로써, 상기 조사료를 제외한 다른 원료가 분말화 되는 것을 방지할 수 있게 된다.

또한, 기존에는 다른 원료가 분말화 되는 것을 방지하기 위하여 상대적으로 짧은 시간 동안 배합 하여 배합의 정도가 양호하지 않았으나, 본 발명에서는 세절된 조사료와 다른 원료를 배합 및 2차 세절함으로써 배합의 정도를 양호하게 할 수 있다.

이는 보다 양질의 티엠알 사료를 획득할 수 있도록 하는 것이며, 특히 흙먼지를 완전히 제거할 수 있어 티엠알 사료의 품질을 향상시킬 수 있게 된다.

이때의 배합시간은 약 10분 정도이며, 원료의 투입과정을 포함하면 약 20분의 시간이 소요된다.

또한, 본 발명은 상기 설명한 세절기(100)를 사용하지 않고도 배합기(300)만을 이용하여 원하는 크기로 원형 베일을 세절할 수 있다. 즉, 상기 배합기(300)의 오

거 및 커터(320)를 이용하여 원형 베일을 세절한 후, 그 배합기에 조사료를 넣어 배합 및 2차의 세절을 할 수 있게 된다.

이와 같이 제조된 티엠알 사료는 지하에서 지상으로 경사지게 위치하는 제1 컨베이어(400)를 통해 이송되어 제품 탱크(500)에 저장된다. 이때의 이송시간은 약 7~8분 정도 소요된다.

또한 배합이 완료된 티엠알 사료는 배합기(300)를 빨리 비워서 다음의 사료 배합을 용이하게 하기 위하여 제1컨베이어(400)를 통하여 임시 제품 탱크(500)에 저장을 하는데 일단 티엠알 사료가 제품 탱크(500)에 완전히 이송이 되면 다시 새로운 티엠알 사료생산 작업이 시작된다. 동시에 임시 제품 탱크(500)로부터 제2컨베이어(600)로 배출이 되는 티엠알 사료는 포장기(700)로 이송되어 포장되는데 경우에 따라 직접 산물상태로 반출도 가능하다.

상기 포장기(700)는 톤백 저울을 통해 작업을 하는 경우 한 단위체의 포장에 약 3분 정도 소요된다.

이와 같이 본 발명에 따라 제조되는 티엠알 사료는 원료의 투입부터 포장까지 약 30분 정도가 소요되어, 티엠알 사료의 제조 시간을 단축할 수 있다.

상기의 농가용 티엠알 플랜트는 1회 배합에 소요되는 시간은 30분 정도이고 배합용량은 배합기의 용량에 따라 차이가 나지만 1톤에서 3톤까지 가능하고 필요에 따라 작업횟수를 증가시키면 더욱 많은 생산량을 늘릴 수 있다. 또한 이 시설은 여러 농가가 공동으로 이용 가능하기 때문에 투자 및 생산비용을 줄일 수 있게 된다.

이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시 예들을 들어 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시 예들에 한정되지 않으며 본 발명의 개념을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변경과 수정이 가능하다.

【발명의 효과】

상기한 바와 같이 본 발명은 조사료 원형 베일을 세절기를 이용하여 세절하고, 세절된 조사료를 기타의 사료원료와 배합하며, 그 배합과정에서 다시 기타의 사료원료와 조사료가 세절되도록 함으로써, 기타 사료원료가 분말형태가 되는 것을 방지하며, 볏짚과 기타 사료원료의 배합시간을 연장하여 보다 양질의 티엠알 사료를 제조할 수 있는 효과가 있다.

또한, 본 발명은 트랙터 견인형 세절기를 사용하여 이동이 용이하며, 또한 동력으로 트랙터의 유압을 사용하여 별도의 동력원이 요구되지 않으며, 그 세절기가 원형 베일을 용이하게 풀며, 세절기 내에 감김을 방지한 상태로 원하는 크기로 세절함이 가능하도록 하여 세절의 신뢰성과 작업의 효율성을 높이는 효과가 있다.

그리고 상기 세절기의 배출부를 강한 바람에 의해 세절된 조사료로부터 흙먼지를 분리함과 아울러 흙먼지를 제거하는 집진 사이클론을 구비하여, 제조되는 티엠알 사료에서 흙먼지를 완전히 제거함으로써, 부작용이 없는 양질의 티엠알 사료를 제공할 수 있는 효과가 있다.

그리고 티엠알 사료를 제조하는 과정 전체를 자동화함으로써 소모되는 인력을 최소화할 수 있으며, 저렴한 비용으로 설비가 가능하여 개별 낙농가에서 설치하거나 또는 여러 소농가에서 공동으로 사용할 수 있는 효과가 있다. 또한, 배합기를 지하에 설치하여 보다 적은 노동력을 투입하여 그 배합기에 사료 원료를 투입할 수 있어 시스템의 효율을 높일 수 있는 효과가 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

조사료 원형 베일을 세절하여, 그 조사료에 포함된 흙먼지를 분리 배출하는 세절기와,

상기 세절기에서 세절된 조사료를 이동시키며, 조사료에 포함된 흙먼지를 제거하는 기능이 있는 조사료 투입용 사이클론을 구비하는 뉴메틱컨베이어와,

상기 뉴메틱컨베이어를 통해 투입되는 세절된 조사료와 기타 투입된 조사료 및 농후사료를 적정한 비율로 배합함과 아울러 다시 부드럽게 세절이 가능한 기능을 가진 배합기와,

상기 배합기에서 세절 및 배합된 티엠알 사료를 이송하는 제1컨베이어와,

상기 제1컨베이어를 통해 이송된 티엠알 사료를 저장하는 제품 탱크와,

상기 제품 탱크에 저장된 티엠알 사료를 배출하는 제2컨베이어와,

상기 제2컨베이어를 통해 이송된 티엠알 사료를 계량 및 포장하는 포장기로 구성되어 된 것을 특징으로 하는 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트.

【청구항 2】

제 1항에 있어서, 세절기는 적재함의 일단에 회전 가능하도록 결합되어 조사료 원형 베일을 적재함의 상부측으로 적재하는 자동 적재부와,

상기 적재함의 상부측에 위치하여 적재된 원형 베일을 세절위치로 이송하는 컨베이어와,

고정날과 회전날을 포함하여 컨베이어를 통해 이송되는 조사료 원형 베일을

세절하는 세절부와,

회전에 의해 바람을 발생시켜 상기 세절부에 의해 세절된 조사료를 배출함과 아울러 그 조사료와 흙먼지를 분리하여 배출하는 배출부와,

상기 배출부의 동작을 제어하는 배출 제어부로 구성되어 된 것을 특징으로 하는 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트.

【청구항 3】

제 2항에 있어서, 상기 세절부는 원통형의 회전축과,

상기 회전축의 외주면에서 상호 소정거리 이격되어 위치하는 다수의 원형 플렌지와,

상기 플렌지 각각에 다수로 결합되며, 각 플렌지에 구비되는 다수의 회전날은 나선형을 이루도록 각 플렌지 마다 설치위치가 다른 회전날과,

상기 회전축의 양단부에 위치하는 감김 방지 브라켓과,

상기 각 플렌지의 회전날 사이에 고정 설치되어 조사료 원형 베일을 풀어 상기 회전날에 의해 세절되도록 하는 갈퀴형 브라켓과,

일측이 적재함에 고정되며, 타측은 상기 각 회전날의 상부측과 인접하게 위치하는 고정부와,

상기 고정부에 고정되어 각 회전날의 측면에 소정거리 이격되어 위치하며, 저면은 다수의 단차를 가지는 고정날로 구성되어 된 것을 특징으로 하는 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트.

【청구항 4】

제 1항에 있어서, 상기 배합기는 상면이 지면과 동일 수준 또는 그 보다 낮도록 지하에 설치되어, 수동으로 사료 원료의 투입이 용이하도록 한 것을 특징으로 하는 티엠알 사료 조제 농가용 소형 플랜트.

【청구항 5】

제 1항에 있어서, 상기 세절기와 뉴메틱컨베이어는 트랙터 등 외부 이동수단에 의해 이동이 가능한 세절기로 대체되며, 세절후 직접 이송되어 상기 배합기에 투입되는 것을 특징으로 하는 티엠알 사료 조제용 소형 플랜트.

【청구항 6】

제 1항에 있어서, 상기 세절기와 뉴메틱컨베이어는 세절기, 저장소, 컨베이어로 대체되며, 세절 후 저장소에 저장된 다음, 컨베이어에 의해 이송되어 상기 배합기에 투입되는 것을 특징으로 하는 티엠알 사료 조제용 소형 플랜트.

【청구항 7】

조사료 원형 베일을 세절함과 아울러 그 세절된 조사료와 흙먼지를 분리 배출하는 세절단계와,

상기 세절된 조사료를 배합기에 투입할 수 있으며 아울러 발생된 먼지를 집진할 수 있는 집진 사이클론이 구비된 뉴메틱컨베이어를 이용하는 조사료이송단계와,

상기 뉴메틱컨베이어를 통해 투입되는 세절된 조사료와 기타 투입된 조사료 및 농후사료를 적정한 비율로 배합함과 아울러 다시 부드럽게 세절이 가능한 배합단계와,

상기 배합된 티엠알 사료를 제품 탱크에 임시로 보관하는 단계와,

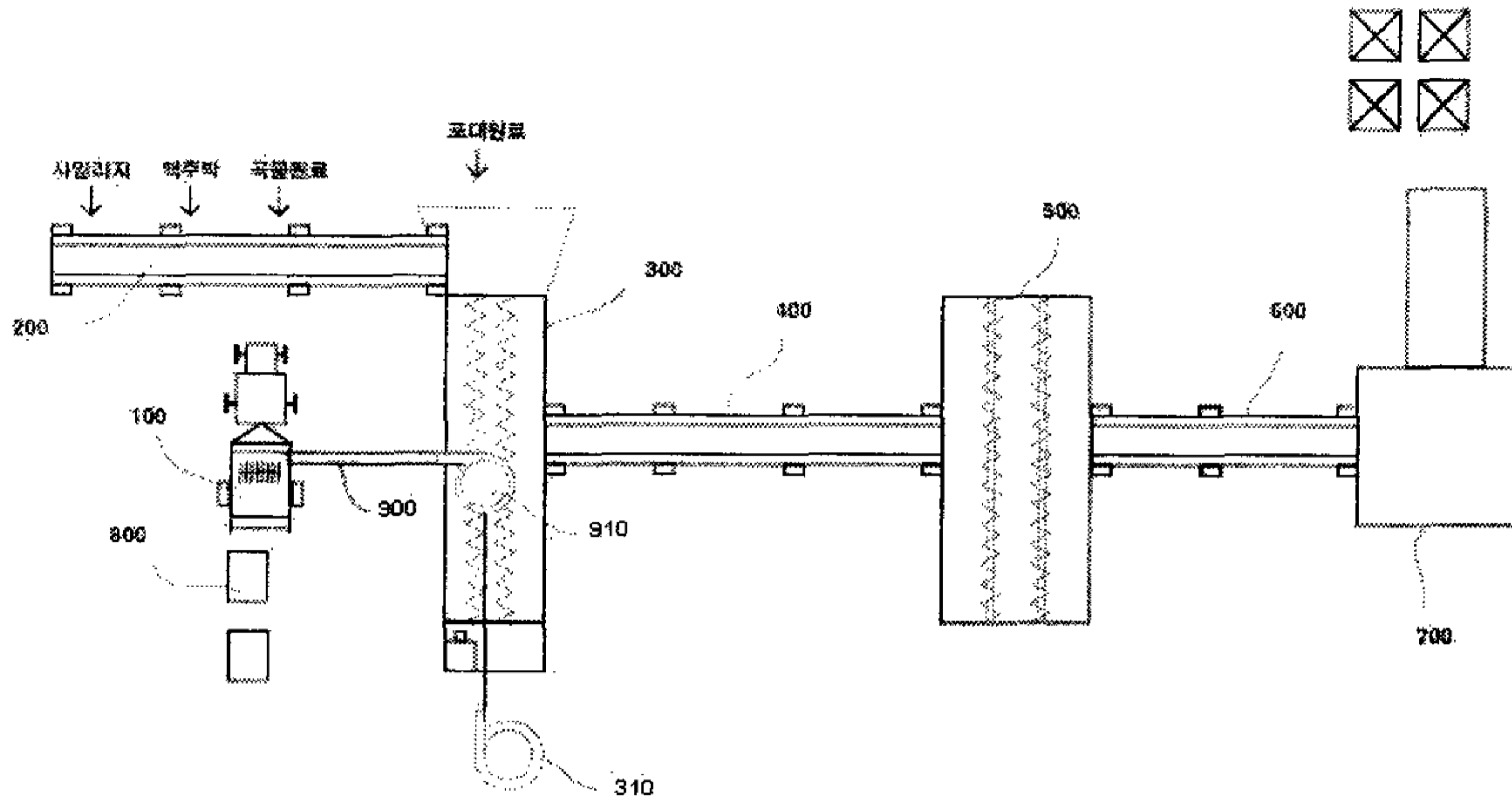
상기 보관된 티엠알 사료를 계량 및 포장하는 단계로 이루어진 것을 특징으로 하는 티엠알 사료 제조방법.

【청구항 8】

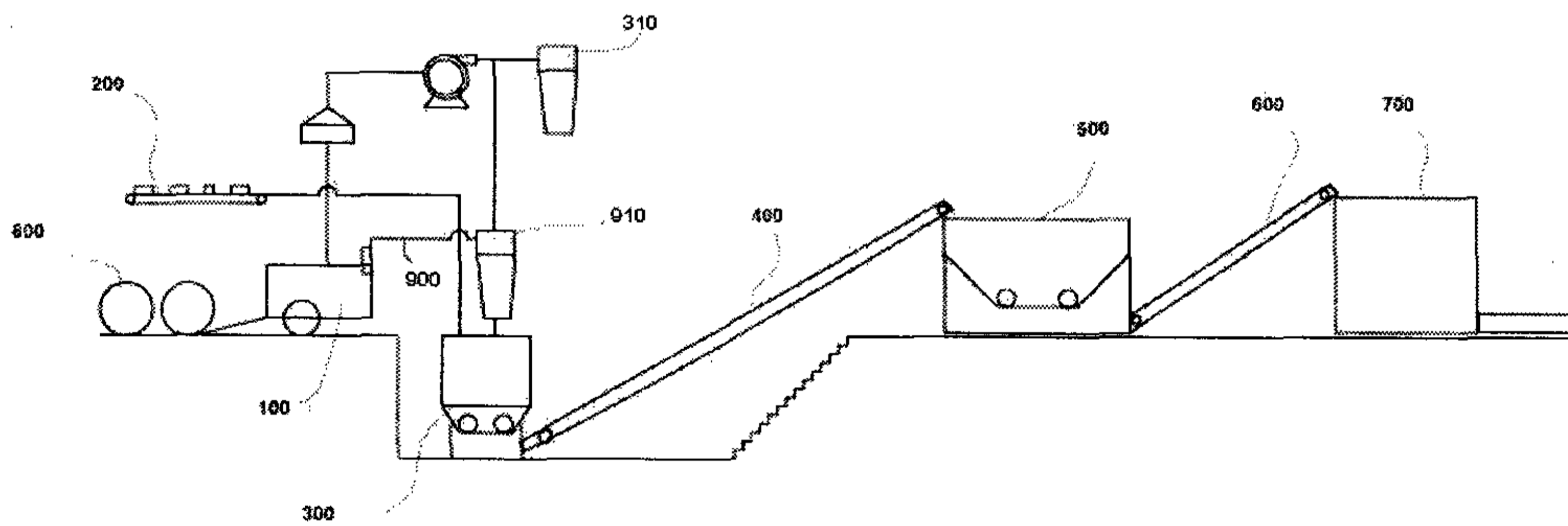
제 7항에 있어서, 상기 배합단계에서는 세절된 조사료 40~60wt%, 기타사료 39~59.5wt%, 첨가물 0.5~1.0wt%를 배합하는 것을 특징으로 하는 티엠알 사료 제조방법.

【도면】

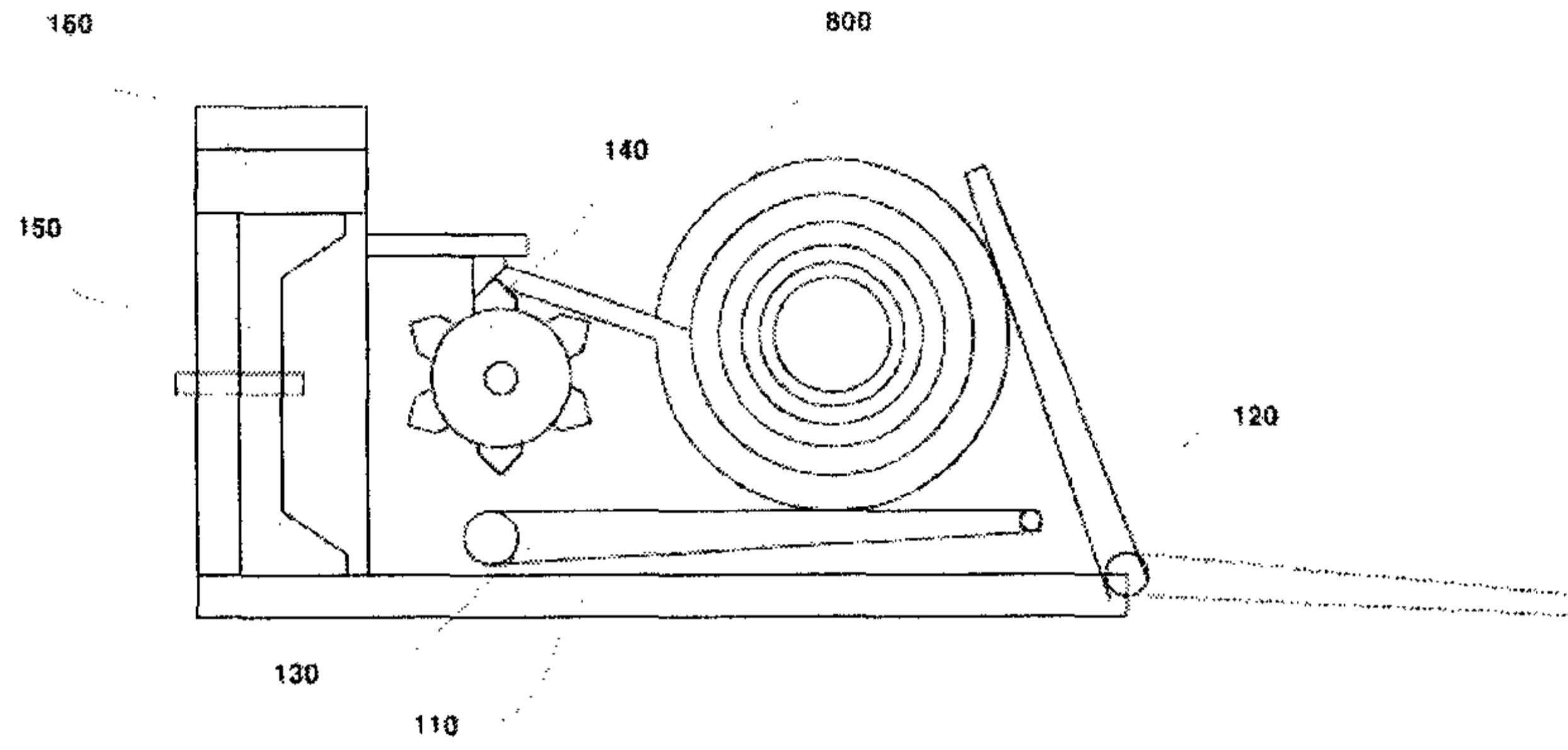
【도 1】



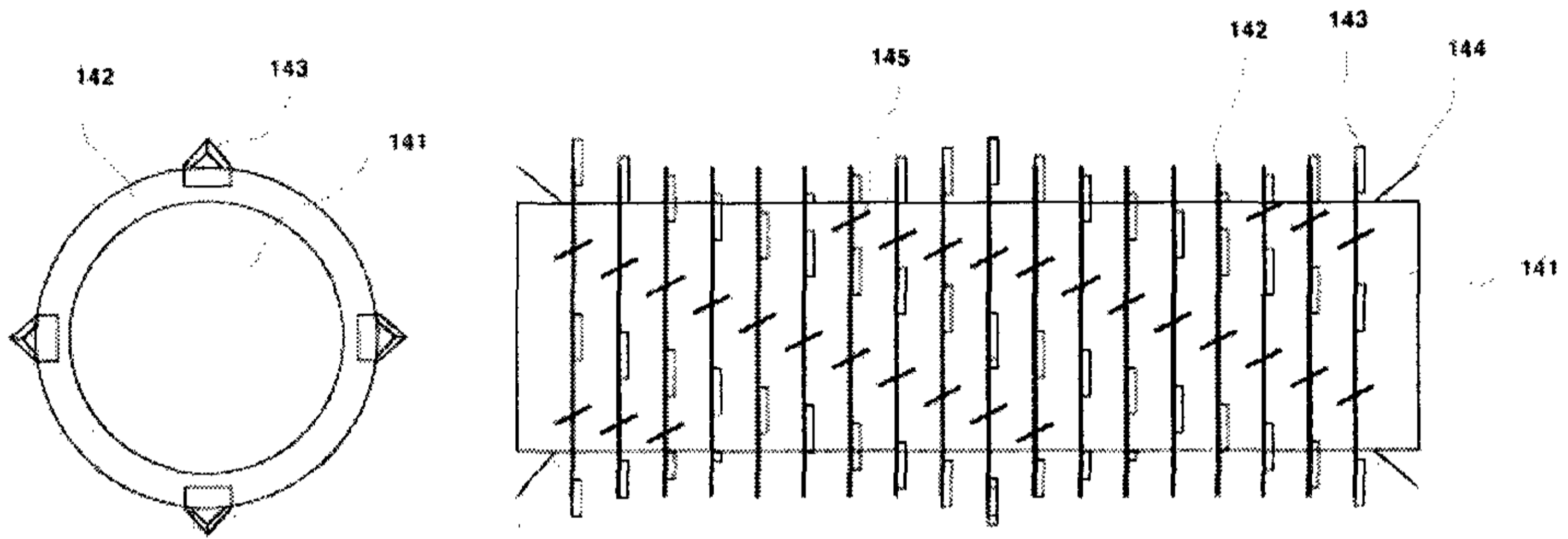
【도 2】



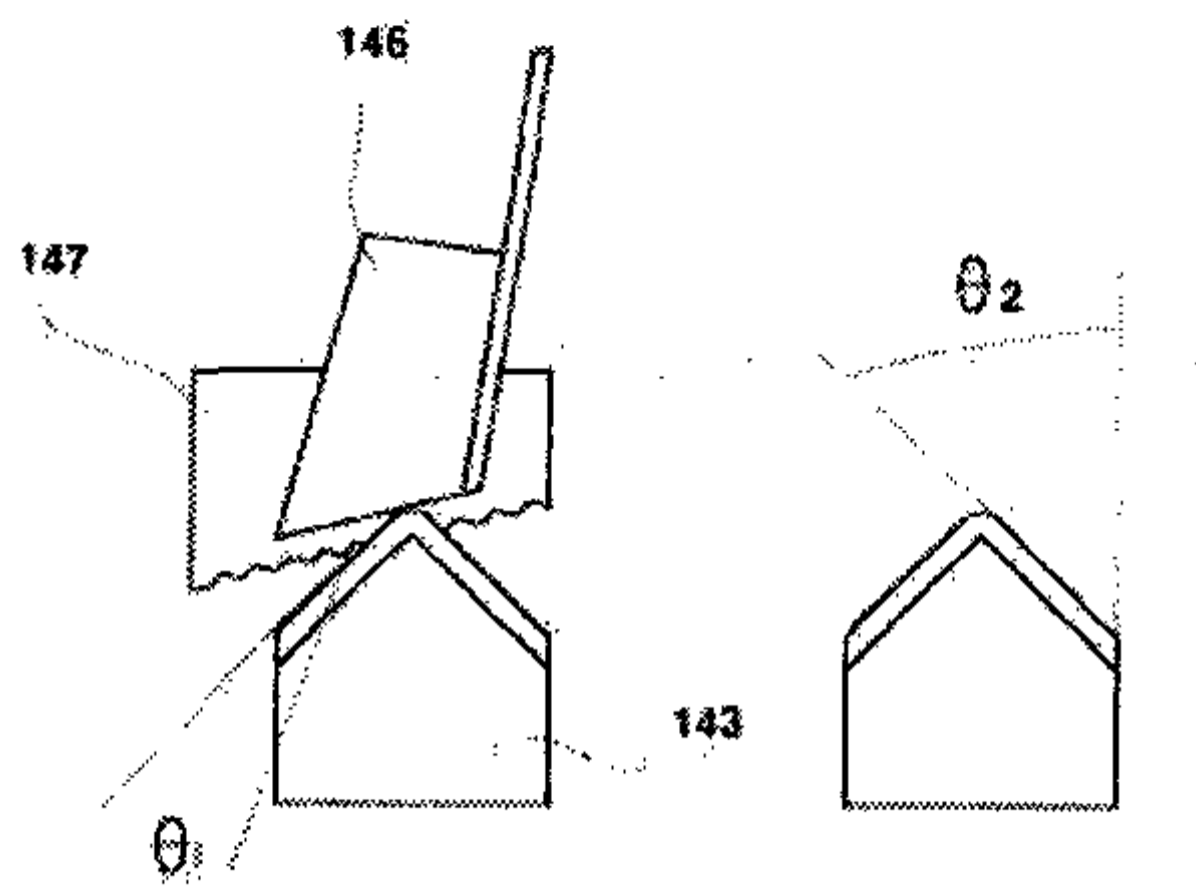
【도 3】



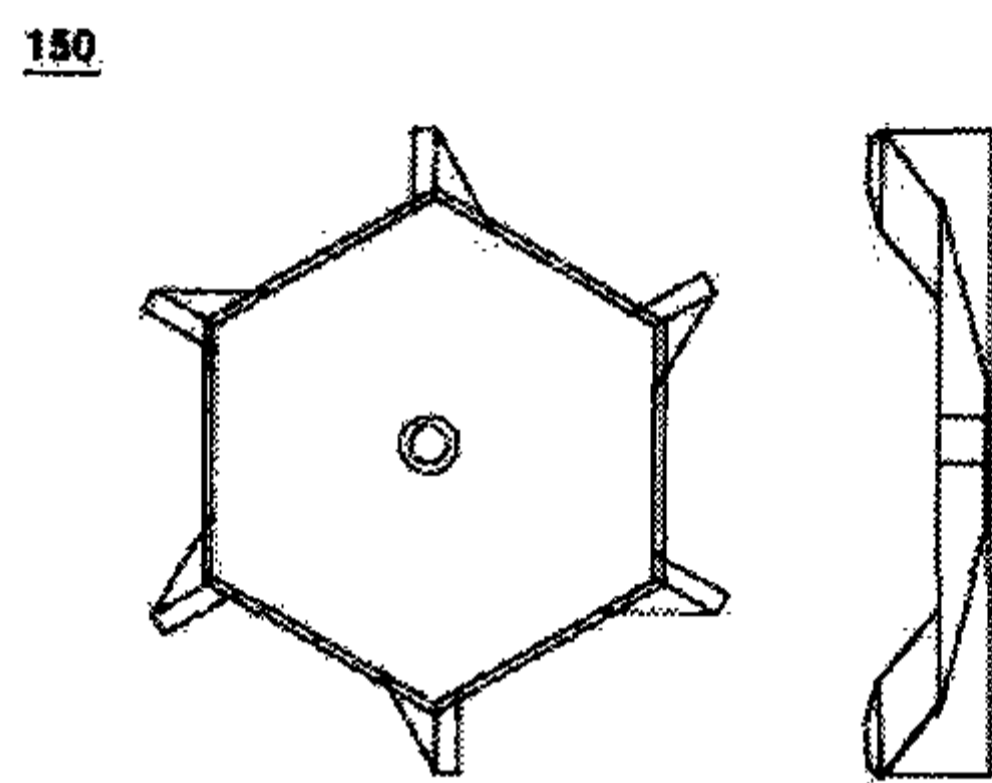
【도 4】



【도 5】



【도 6】



【도 7】

