

# 롤 구동 래핑암 회전식 원형베일래퍼의 구동 토크 분석

유병기 · 김혁주 · 오권영 · 최광재 · 이성현 · 박환중 · 김병관\*

농촌진흥청 농업공학연구소

## Driving Torque Analysis of Role Driving & Wrapping Arm Rotation Type Round Bale Wrapper

Yu, B. K., Kim, H. J., Oh, K. Y., Choe, K. J., Lee, S. H., Park, H. J. and Kim, B. K.\*

National Institute of Agricultural Engineering, R.D.A., Suwon 440-300, Korea

### Summary

The round bale wrappers are generally used for rice straw after the harvesting of low land rice by combine harvester. In this situation, the bale wrappers should be well adapted under the travelling over raised borders and temporary ditches in soft soil of narrow rice fields.

The study was conducted to improve the performance of bale wrapper through the new design for compact size, lowered gravity center and lowered power consumption. The prototype of round bale wrapper had been designed and assembled to tractor with three point hitch mounted. The machine type is one roll driving system with one roll for rotating and one roll for wrapping. The driving torque and work performance of the machines were measured and analysed.

The torque requirement of the prototype and conventional type was 6kgf-m and 12kgf-m, respectively. The prototype shaved less friction resistance between bale driving roll and round bale. and the power requirement can also be reduced from 12kgf-m in the conventional to 6kgf-m in the prototype. The work efficiency of the new bale wrapper was 45% higher than the conventional wrapper, and the working cost of the prototype can be reduced 17% than that of the conventional.

**(Key words :** Agricultural machinery, Livestock machinery, Round bale wrapper, Wrap silage, Round bale wrap silage)

### 서 론

지난 수년 동안 벃짚수집방식이 사각베일에서 고능률원형베일로 급속히 전환되고 있어 신<sup>3)</sup>은 원형베일러가 '97년에 67대에서 '00년에는 133

대, 베일래퍼는 '97년에 2대에서 '00년에 54대 보급되었다고 하였다. 그런데 국내에서 김 등<sup>1)</sup>에 의해 국산화되기도 하였던 트랙터 견인형 회전테이블식 베일래퍼는 원형베일러 보급초기에는 적은 마력의 트랙터로도 작업이 가능하여

\* 주식회사 라이브맥(LiveMac Co. Ltd.)

Corresponding Author : Yu, B. K., National Institute of Agricultural Engineering, RDA, Suwon, Korea 441-857.

Tel:(031)290-1835 E-mail: ybknamri@rda.go.kr

많이 보급되었으나 트랙터 견인식인 관계로 후진시 방향조절이 어렵고 선회반경이 커서 래핑 동시에 원형베일을 눈뚫 부근으로 이동이 어려운 문제가 있어서 사용이 기피되어, 최근에는 래핑암 회전식 원형베일래퍼가 주로 보급되고 있다. 래핑암 회전식 원형베일래퍼의 경우 베일의 적재방식이 유럽에서 산업재산권으로 보호되고 있어 특정 몇 개 회사의 제품이 시장을 석권하고 있다. 본 연구에서는 한국형의 독자적인 원형베일 적재방식을 개발하기 위하여 베일 적재시의 토크를 분석하여 기존의 힌지점을 중심으로 적재암이 회전하여 적재하는 방식과는 다른 수평직선운동으로 베일을 적재방식을 개발하려고 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시작기 설계

시작기는 우리나라의 논과 같이 논두렁이 있고 경지구획이 적은 포장에서 작업이 용이하도록 트랙터 3점치기 부착형 작업기 형태로 개발하였다. Fig. 1의 오른쪽 그림에서 보는 바와 같이 기존의 모델의 경우 베일을 적재하기 위

하여 2개의 구동 롤이 부채꼴 모양의 회전운동을 하면서 간격을 좁혀 베일을 적재하는 방식이었다. 본 시작기에서는 2개의 구동롤이 수평운동으로 간격을 좁혀 베일을 적재하는 방식을 취하였다. 이에 따라 래핑작업시 베일 및 기계의 무게중심이 낮추어져 작업 안정성이 높아지도록 하였다. 또한 기존 모델로 베일적재시에는 구동롤이 힌지점을 중심으로 부채꼴 모양의 회전운동을 하면서 베일을 들어올리므로 이때 구동롤이 베일을 눌러서 생기는 변형량이 많아 이를 줄이기 위하여 구동롤을 수평 직선운동과 동시에 자유회전운동을 함으로써 마찰저항을 구름저항으로 바꾸어 원형베일의 변형이 작아지도록 Fig. 1과 같이 구조를 개선하였다.

또한 베일래핑시에 베일의 구동을 한 개의 구동롤만을 이용하여 래핑할 수 있도록 함으로써 기존의 2축을 구동하는 방식에 비하여 구조를 단순화 하였다.

### 2. 기존 모델의 토크분석시험

#### 가. 구동 롤 작업조건별 토크 분석

우리나라에 적합한 래핑암회전식 원형베일래

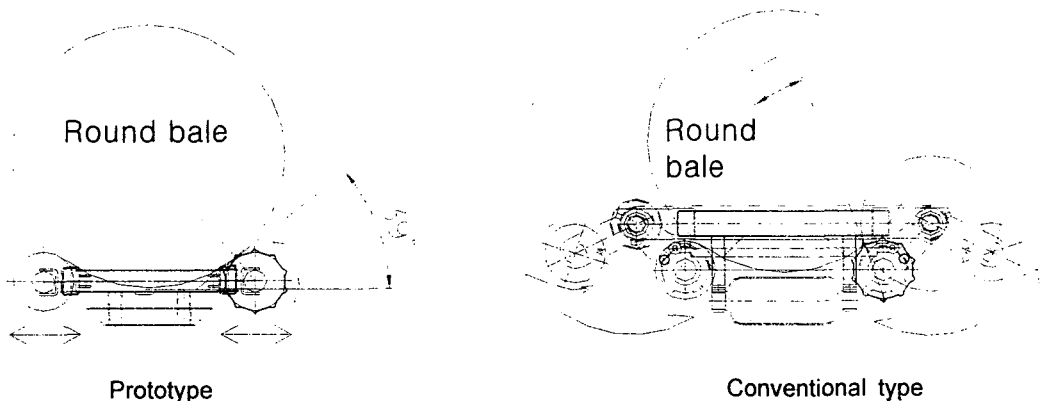
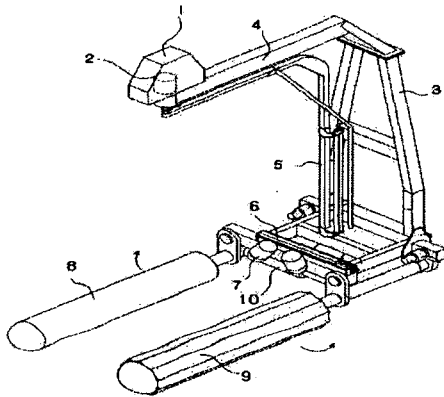


Fig. 1. Round bale loading procedure for bale wrapper.

퍼를 개발하기 위하여 우선 기존 2축롤 구동 래핑암 회전식 원형베일래퍼의 주요부위별 소요 동력을 측정하였다. Fig. 2는 소요동력 측정에 사용한 기존모델의 원형베일래퍼 구조이다.

공시재료는 2축롤 구동 래핑암회전식 원형베일래퍼로 베일무게별 소요토크를 측정하기 위하여 Fig. 3 및 Table 1과 같이 구동롤의 토크 측정시스템을 구성하였다.



- |  |                     |
|--|---------------------|
| 1: motor cover                             | 2: hydraulic motor  |
| 3: up-right frame                          | 4: horizontal frame |
| 5: wrapping arm                            | 6: wrap cutter      |
| 7: bale supporting roll                    | 8,9: Driving roll   |
| 10: roll base adjusting hydraulic cylinder |                     |

Fig. 2. Ordinary bale wrapper with two rolls driven for measuring the torque.

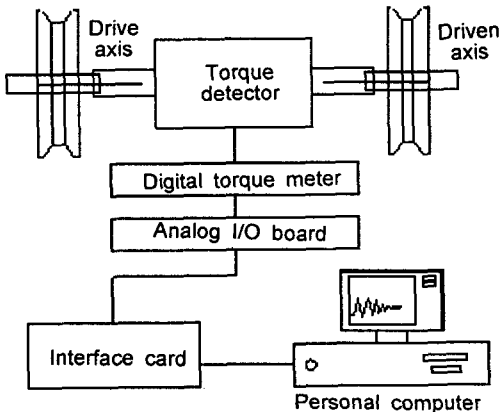


Fig. 3. Torque measuring system.

Table 1. Detail of torque measuring system

Torque meter	TS-050K, 50 kgf-m
Size(H×W×L)	730×410×520 mm
Improved details of prototype	Installation of torque meter to driving roll between power input shaft and power output shaft. The speed reduction system adopted roller chain & sproket
Interface card	Daqbook 112, DBK15

사용한 베일은 신축필름으로 피복한 벗짚원형 베일에 물을 공급하여 벗짚이 물을 흡수하게 하여 베일의 무게를 조절하여 사용하였다. 시험에 사용된 베일의 무게는 생벚짚베일중량에 해당하는 400 kg과 알곡이 포함된 총체사료 보리나 총체사료호밀 등의 중량에 해당하는 600 kg과 800 kg의 3종류로 시험하였다. 또한 베일의 무게를 지지하며 베일을 회전하게 하는 구동롤은 2개를 구동할 때와 1개만 구동시킬 때로 각각 나누어 측정하였다.

#### 나. 시작기 성능 및 토크 측정시험

시작기의 성능 시험은 베일무게 800 kg인 벗짚 베일의 적재, 래핑, 비닐절단, 베일 내려놓기 작업을 연속작업으로 하여 측정하였다. 소요토크 측정시험은 구동 롤 작업조건별 토크 분석방법과 동일한 방법으로 시험 하였다.

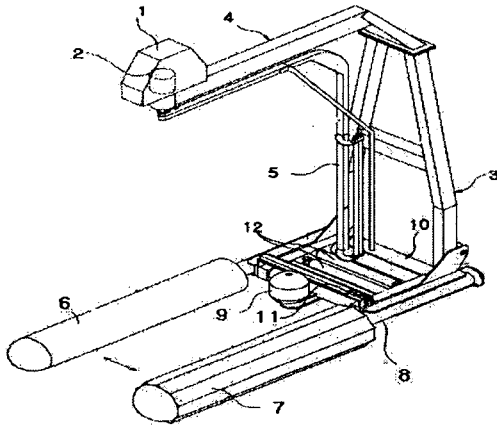
#### 결과 및 고찰

##### 1. 시작기 구조

시작기의 구조 및 제원은 Fig. 4 및 Table 2와 같다.

##### 2. 기존 모델의 구동 롤 작업조건별 소요 토크 분석

기존 2축 구동롤식 래퍼의 구동롤 구동소요 토크변화는 중량 800 kg인 베일의 경우 초기토크는 12 kgf-m 이었으나 점차 감소하여 래퍼작업 중간에는 5 kgf-m 정도로 감소하였다. 중량 600 kg 베일의 경우는 초기토크는 8 kgf-m이었으며 3~4 kgf-m 수준으로 감소하였다. 그러나 중량 400 kg인 베일의 경우는 2~3 kgf-m 수준 토크로 유지되었다.



- |                         |  |
|-------------------------|--|
| 1: motor cover,         | 2: hydraulic motor                         |
| 3: up-right frame       | 4: horizontal frame                        |
| 5: wrapping arm         | 6: free rotational roll                    |
| 7: driving roll         | 8: driving roll support frame              |
| 9: bale supporting roll | 10: lower supporting frame                 |
| 11: wrap cutter         | 12: roll base adjusting hydraulic cylinder |

Fig. 4. Detail of prototype.

이 원인은 800 kg과 600 kg의 베일은 적재시에 구동롤이 부채꼴모양 운동을 하며 상승하면서 베일을 들어 올릴 때 베일의 구동롤과 접촉 부분이 움푹 들어가 변형되는 현상이 나타났으며 이에 따라 초기에 토크가 많이 들다가 비닐 피복되면서 비닐 인장력에 의해 원형으로 복원되어 토크가 감소한 것으로 판단된다. 2축을 구동하지 않고 1축만을 구동하였을 때에는 중량 400 kg인 베일은 작업이 가능하였으나 중량 600 kg과 800 kg인 베일은 슬립 발생이 커서 래핑작업을 할 수가 없었다. 그러므로 2축롤 구

동형 래퍼를 1축만 구동할 경우에는 초기 토크가 8 kgf-m 이상이 되어 기존의 형태로는 작업이 불가능한 것으로 판단되었다.

Table 2. Detail of prototype

Size (L×W×H)	2,500×1,600×2,500 mm
Weight	800 kg
Type	tractor three point hitch mounted
Rotation arm	L: 1,500 mm, W: 1,600 mm
Bale driving roll	One driving roll, one free driving roll roll size(L×D): 1600×270 mm roll base distance 900 mm
Wrap film supply roll	film strength adjustment : spring tension film supply roll size : 780 mm

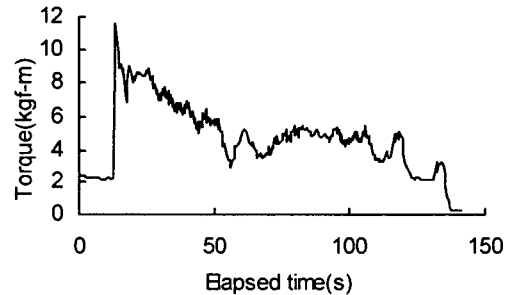


Fig. 5. Variation of driving roll torque for two-roll driving bale wrapper in the bale weight of 800 kg.

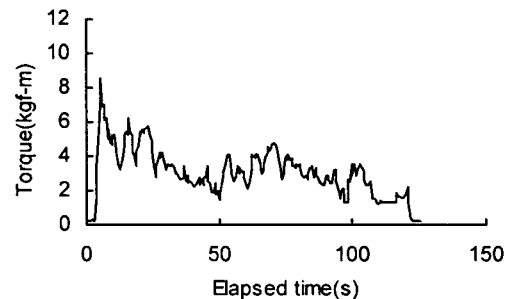


Fig. 6. Variation of driving roll torque for two-roll driving bale wrapper in the bale weight of 600 kg.

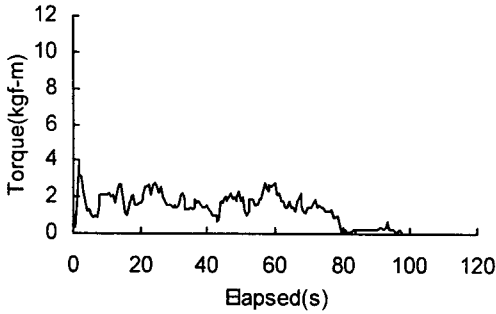


Fig. 7. Variation of driving roll torque for two-roll driving bale wrapper in the bale weight of 400 kg.

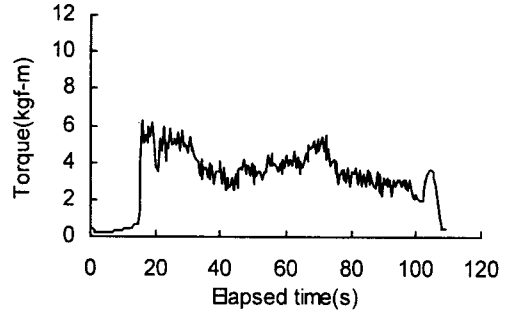


Fig. 9. Variation of driving roll torque for one-roll driving bale wrapper in the bale weight of 800 kg.

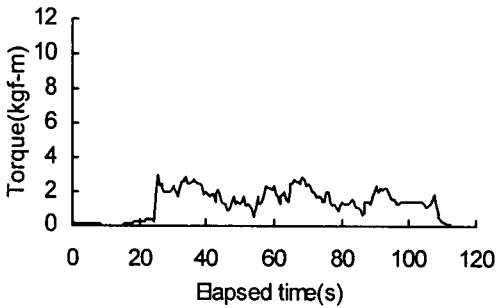


Fig. 8. Variation of driving roll torque for one-roll driving bale wrapper in the bale weight of 400 kg.

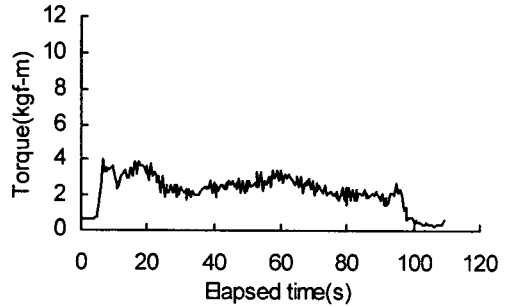


Fig. 10. Variation of driving roll torque for one-roll driving bale wrapper in the bale weight of 600 kg.

위 시험결과 베일적재시 베일의 변형을 줄여 구동필요토크를 5~6 kgf-m 수준 이하로 감소시킬 수만 있으면 1축만을 구동축으로 사용하여도 작업이 가능할 것으로 판단되어 기계를 단순화 할 수 있을 것으로 사료되었다. 따라서 그림 1과 같이 적재 방식을 바꾸어 시작기를 제작하였다.

### 3. 시작기 성능 및 소요토크 측정시험

#### 가. 소요토크 측정시험

토크측정 결과 무게 800 kg 베일에서 토크변화는 초기에 6 kgf-m 전후에서 후기 4 kgf-m 전후로 기존모델에서 보였던 초기토크보다 절반

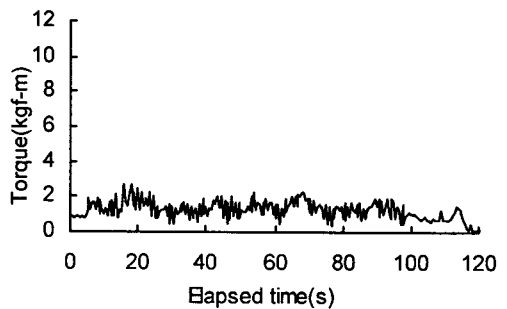


Fig. 11. Variation of driving roll torque for one-roll driving bale wrapper in the bale weight of 400kg.

수준으로 감소하였다. 그러므로 구동롤을 1개만 구동하여도 베일을 회전하며 래핑작업하는데 문제가 없었다. 그리고 래핑 작업 초기의

토크 크기와 래핑작업 후반의 토크 차이가 이전 모델보다 적게 나타났는데 이것은 베일적재시에 구동롤에 의한 베일의 변형이 작았기 때문인 것으로 판단된다. 600 kg 베일과 400 kg 베일에서도 구동토크가 작아 졌으나 토크감소 폭은 적었다.

Table 3. Work performance

Items	Turn table type wrapper (4 model average)	Prototype
Work efficiency	20.8 ea./hr <sup>23)</sup>	30.0 ea./hr
Work convenience	Inconvenience	Convenience
Work accuracy	Good	Good

국내에 많이 보급되었던 회전테이블식과의 작업성을 비교하여 본 결과 4개사에서 공급한 4개모델의 평균작업능률은 시간당 원형베일 20.8개를 비닐피복 할 수 있던 반면 시작기는 시간당 30.0개를 비닐피복 할 수 있어 작업능률이 45% 향상 되었다. 또한 회전테이블식 래퍼는 트랙터 견인식으로 논두렁 진입 및 후진시에 작업이 불편하였으나 시작기는 3점히치 장착식으로 논두렁 진입 및 후진시에 편리하였다. 랩 피복상태는 래퍼의 모델에 관계없이 모두 양호하였다. 시작기와 회전테이블식 래퍼와의 경제성을 비교분석한 결과 작업비용을 17% 절감 할 수 있는 것으로 나타났다.<sup>6)</sup>

적 요

1. 구획이 작고 논두렁이 많은 논외의 벼짚 수집에 적합한 1축롤 구동 래핑암회전식 트랙터 3점히치 장착형 원형베일 래퍼를 개발하였다.
2. 2개의 구동롤을 구동하는 래핑암 회전식 원형베일래퍼는 베일 적재시 베일에 변형이 발생하였으며 작업시 무게중심이 높아 기체 흔들림이 있었으나 시작기는 베일적재시 롤이 수

평직선운동을 하여 베일의 변형이 적었으며 무게중심이 낮아 작업 안정성이 다소 높은 것으로 평가되었다.

3. 베일적재시에 두 개의 적재롤이 자유회전을 하여 적재시의 베일과 롤의 마찰저항을 구름저항으로 바꿈으로써 베일의 변형이 생기지 않았으며 베일을 회전시키기 위한 구동롤의 토크를 기존의 2축롤 구동식은 12 kgf-m 이었으나 새로 개발한 1축롤 구동식은 6 kgf-m로 낮았다.

4. 구동롤 토크가 낮아 1축롤 구동으로 베일 래핑작업이 가능하였으며 기계구조를 단순화시킬 수 있었다.

5. 기존 회전테이블식에 비해 작업능률을 45% 향상, 작업비용은 17% 절감할 수 있었다.

인 용 문 헌

1. 김혁주, 박경규, 명병수, 최중섭, 김태욱, 장철, 홍동혁. 2002. 트랙터 견인형 원형 베일 래퍼의 개발(II) - 시작기의 제작 및 성능 평가 -. 한국농업기계학회지 27(3):195-202.
2. 농업기계화연구소. 1999. 1999년 농업기계시험평가연보, pp. 439-443
3. 농업기계화연구소. 2000. 2000년 농업기계시험평가연보, pp. 266-267.
4. 박경규, 김혁주, 김창수, 김재열, 김진현, 장철. 2002. 트랙터 견인형 원형 베일 래퍼의 개발(I) - 래핑 작업공정 분석 및 작업 시스템의 개발 - 한국농업기계학회지 27(1): 11-18.
5. 신승열. 2001. 논을 이용한 생태순환적 조사료 생산체계 구축방안. p115, 2001년 농업과 학기술 심포지엄, 논을 이용한 생태순환적 조사료 생산체계 구축 방안.
6. 유병기, 김혁주, 오권영, 회광재, 이성현, 박환중, 김병관. 2004. 래핑암 회전식 원형베일 래퍼 개발, 2004년 농업공학 시험연구보고서, pp. 253-261.