

# 콤바인용 V벨트의 내구성향상 연구

## A Study on the Improvement of V-belt Durability of combine

김 병 갑<sup>\*</sup> 강 창 호<sup>\*</sup> 김 학 주<sup>\*</sup> 신 승 업<sup>\*</sup> 신 대 옥<sup>\*\*</sup> 남 우 섭<sup>\*\*\*</sup>

정희원                      정희원                      정희원                      정희원

B. G. Kim, C. H. Kang, H. J. Kim, S. Y. Shin<sup>\*</sup>, D. O. Shin<sup>\*\*</sup>, W. S. Nam<sup>\*\*\*</sup>

### 1. 서    론

벼의 수확작업은 대부분 콤바인으로 이루어지고 있으며 콤바인의 연간작업일수는 13일에 불과하기 때문에 콤바인 작업 중 고장이 발생하면 직기수확작업에 많은 차질을 빚게 된다.

신 등(1994)의 조사에 의하면 콤바인의 고장 가운데 벨트에 의한 고장비율은 3조 콤바인 27.5%, 4조 콤바인 14.9%로 벨트에 의한 고장이 많은 것으로 나타났으며 김 등(1995)은 국산벨트가 일산벨트에 비해 내구성이 떨어지 농민들은 가격이 비싼 일산벨트를 선호하고 있는 실정으로 국산벨트의 내구성 향상이 시급하다고 보고하였다.

벨트의 내구성향상에 관한 연구는 지금까지 별로 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이 등(1988)은 2변구벨트에 대한 내구성실험을 통해 카마지로 광각포를 사용하고, 심고무의 재질을 천연고무에서 합성고무로 대체한 개량벨트를 제작하여 인장강도를 7,300~7,500N으로, 신장률을 3.5~4.0%로 향상시킨 바 있다. 그러나 2조식, 10마력대 콤바인이 주종을 이루었던 당시와는 달리 현재는 3조식 이상, 30마력 이상의 콤바인이 주종을 이루고 있으며 벨트의 품질수준도 많이 향상되었으나 일산벨트와의 품질 수준 격차는 더 벌어지게 되어 국산벨트의 내구성향상을 위한 연구 필요성이 제기되고 있다. 따라서 본 연구는 주행벨트에 대한 물성실험과 내구성실험을 실시하고 그 결과를 기초로 개량요인을 도출하여 국산벨트의 내구성을 향상시키고자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

본 연구에서는 4조식 콤바인에서 주행벨트로 사용되고 있는 기존의 국산벨트와 일산벨트의 물성과 내구성을 비교실험하고 그 결과를 기초로 개량벨트를 제작한 후 개량벨트의 물성 및 내구성을 평가하였다. 기존벨트와 일산벨트의 재원은 표 1과 같다.

Table 1. Specifications of present and Japan-made v-belts

Item	width(mm)	Height(mm)	Angle	Length(mm)
Present v-belt	16.1	10.4	39° 53'	1,219
Japan-made v-belt	16.8	9.8	41° 28'	1,226

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

\*\* 동일고무벨트주식회사

\*\*\* 대농공업주식회사

가. 물성실험

물성실험에서는 벨트의 인장강도, 신장률, 굴곡횟수 등을 측정하였다.

인장강도는 벨트가 파손되는 때에 가해진 인장력이며 신장률은 정상시의 벨트길이에 대해 인장력이 2.4kN일 때 늘어난 길이의 비율로 만능재료시험기로 측정하였다. 굴곡횟수는 그림 1과 같은 실험장치에서 벨트가 절단된 때 까지의 구동시간을 측정하여 다음 식에 의해 계산하였다.

$$R = 2 \times \frac{nd\pi 60t}{L}$$

여기서  $R$ : 굴곡횟수(회)

$n$ : 구동풀리의 회전수(rpm)

$d$ : 구동풀리의 지름(mm)

$t$ : V벨트가 절단된 때까지의 시간(h)

$L$ : V벨트의 길이(mm)

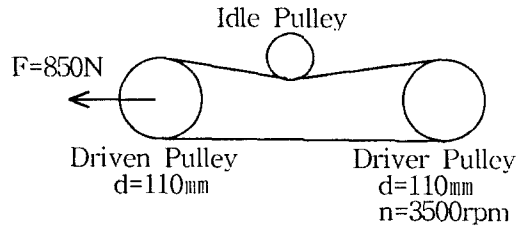


Fig. 1 Schematic diagram of measuring apparatus for antibending property

나. 내구성실험

실험장치는 그림 2에서 보는 바와 같이 모터로 장치를 구동시키고 동력계에서 브레이크를 잡아 벨트에 부하가 걸리도록 구성하였으며 공시벨트가 실제 콤팩트에서 장착된 상태와 비슷하도록 구동풀리, 피동풀리, 텐션풀리의 위치 및 직경을 정하고, 구동축의 회전속도도 엔진이 정격출력일 때의 회전속도인 2800rpm으로 구동되도록 제작하였다. 동력계의 토크는 540N·m, 초기장력은 실제 콤팩트와 같은 240N으로 정하여 실험하였고 계측장치는 축에 걸

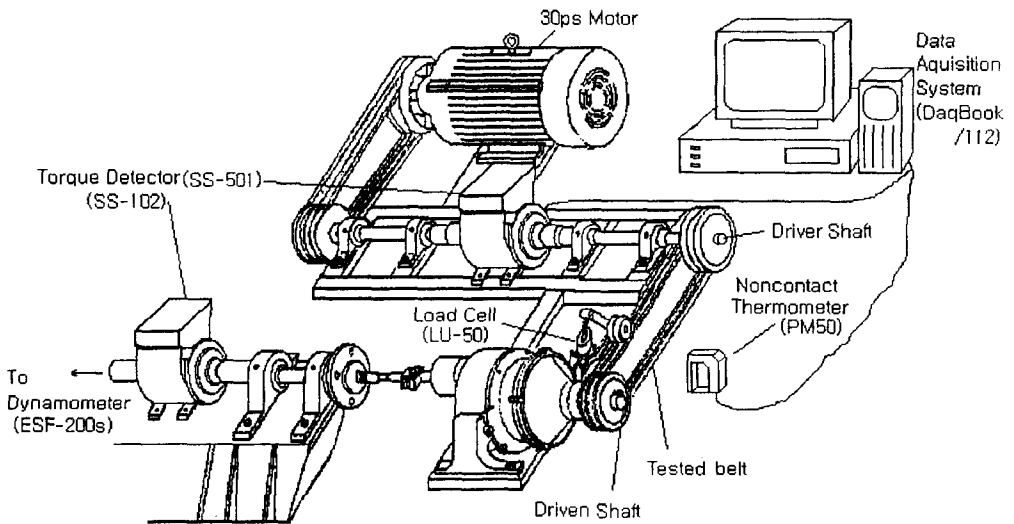


Fig. 2 Schematic diagram of measuring apparatus for durability test

리는 토크와 회전속도를 측정하기 위하여 구동축과 피동축에 설치한 토크디텍터(SS-501, SS-102), 텐션풀리의 장력을 측정하는 로드셀(LU-50), 벨트의 온도를 측정하는 직외선 온도계측기(PM-50)로 구성하였으며 각 계측기에서 측정된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 컴퓨터에 저장하기 위해 데이터 수집장치(Daqbook/120)를 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 기존벨트와 일산벨트에 대한 비교실험

##### (1) 물성실험결과

물성실험결과 인장강도는 기존벨트 15,200N, 일산벨트 19,830N으로, 신장률은 기존벨트 0.8%, 일산벨트 0.6%로, 굽곡횟수는 기존벨트  $9.5 \sim 14.2 \times 10^6$ 회, 일산벨트  $26.0 \sim 45.0 \times 10^6$ 회로 나타나 기존벨트의 물성이 일산벨트보다 열등한 것으로 나타났다(표 2).

Table 2 Test results of the physical property of present and Japan-made v-belts

Item	Tensile strength(N)	Elongation ratio(%)	No. of bending ( $10^6$ times)
Present v-belt	15,200	0.8	9.5~14.2
Japan-made v-belt	19,830	0.6	26.0~45.0

##### (2) 내구성실험결과

기존벨트와 일산벨트의 내구시간은 표 3과 같이 기존벨트 17.5분, 일산벨트 120분 이상으로 나타나 기존벨트의 내구성이 일산벨트에 비해 낮은 것을 알 수 있다.

Table 3 Durable time of present and Japan-made v-belts (unit : minute)

Item	Present v-belt	Japan-made v-belt
Durable time	17.5	120 or more

텐션풀리의 스프링 장력은 그림 3과 같이 실험초기에 많이 감소하여 실험 시작 후 10분간의 텐션변화는 기존벨트 135N, 일산벨트 114N으로 기존벨트의 텐션변화가 더 큰 것으로 나타나 기존벨트가 일산벨트보다 많이 늘어나는 것을 알 수 있다.

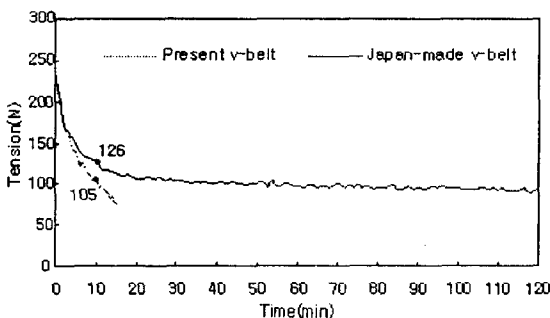


Fig. 3 Tentions of present and Japan-made v-belt with respect to time

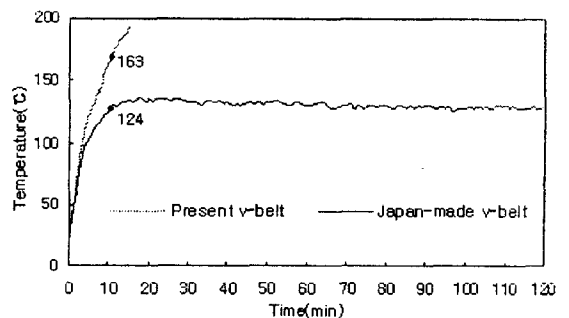


Fig. 4 Temperature of present and Japan-made v-belt with respect to time

벨트의 온도도 그림 4와 같이 실험초기에 많이 상승하는 것으로 나타났으며 실험 시작 후 10분간의 온도변화는 기존벨트 143℃, 일산벨트 104℃로 기존벨트의 온도가 더 많이 상승하는 것으로 나타났다.

벨트별 슬립률은 그림 5와 같이 기존벨트는 6%이상까지 계속 상승하여 벨트가 파손 되었으나, 일산벨트는 3~4%로 유지되었다.

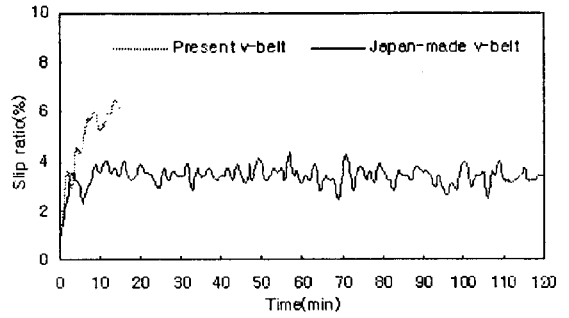


Fig. 5 Slip ratio of present and Japan-made v-belt with respect to time

#### 나. 개량요인 도출 및 개량벨트 제작

기존벨트와 일산벨트의 물성 및 내구성실험에서 기존벨트는 일산벨트에 비하여 인장강도가 낮고, 벨트가 많이 늘어나며, 슬립률이 높은 등의 문제점이 나타나 이를 다음과 같이 보완하여 개량벨트를 제작하였다.

##### (1) 인장강도

벨트에 인장력이 가해졌을 때 인장력을 가장 많이 받는 부분은 심선이므로 벨트의 인장강도는 심선의 인장강도라고 할 수 있다. 따라서 인장강도를 높이기 위해서 기존벨트에서 사용한 직경 1.5mm의 심선 대신 C형벨트에서 사용하는 직경 2.0mm의 심선을 사용하여 개량벨트를 제작하였다.

##### (2) 벨트의 늘어남

벨트가 늘어나면 장력의 감소로 슬립률이 커진다. 이에 따라 벨트의 마모가 많아지고 바찰열 발생으로 벨트가 경화되어 벨트의 수명이 단축된다.

벨트가 늘어나는 원인은 크게 두가지로 생각해 볼 수 있다. 첫번째는 벨트가 폴리과 맞물려 돌아갈 때 단면형태가 변하는 경우이고, 두 번째는 심선이 늘어나는 경우이다.

벨트는 폴리홈에 진입할 때 축압을 받게 되는데 이 축압을 견뎌내지 못하고 단면 폭이 좁아지면서 벨트의 가운데 부분이 폴리의 중심쪽으로 밀려 내려가면 폴리과 벨트가 접한 원호의 길이가 짧아지게 되어 벨트가 늘어나는 것과 동일한 효과를 가져오게 된다. 이러한 단면 형태변화를 막기 위하여 개량벨트의 심고무두께를 1.4mm에서 2.0mm로 두껍게 하고, 단섬유의 양을 늘려 축압성을 향상시켰다.

심선이 늘어나는 경우는 심선자체가 늘어나는 경우와 제조공정에서 심선이 늘어날 여지를 주는 경우로 나누어 생각해 볼 수 있다. 심선자체가 늘어나는 것을 방지하기 위해 벨트제조 시 심선에 미리 인장력을 가하였고, 제조공정에서 심선이 늘어날 여지를 주는 것을 줄이기 위해 성형여유길이를 18mm에서 12mm로 줄였다. 성형여유길이는 가황공정에서 벨트를 급형에 쉽게 끼우기 위하여 벨트의 호칭길이보다 약간 길게 잡는 심선의 여유길이를 말한다.

### (3) 슬립률

벨트가 늘어나는 것 외에 슬립률에 영향을 주는 요인으로 단면형상을 들 수 있다. 벨트의 단면에서 양측면이 이루는 각도는 보통 40°이나 풀리호의 V홈의 각도는 35~39°로 벨트와 풀리홈간에 각도차가 있다. 이 각도차와 벨트가 풀리홈에 진입할 때 벨트가 굽히지면서 양측면이 볼록하게 되는 현상으로 인하여 벨트와 풀리홈의 마찰력이 커져 슬립률은 작아지게 된다. 따라서 벨트단면의 각도가 클수록 슬립률은 작아지게 된다. 따라서 벨트단면의 상폭을 크게 하고 높이를 낮게 제작하여 39° 53' 인 기존벨트의 각도를 40° 27' 가 되도록 개량 제작하였다.

이상에서 도출된 개량벨트의 개량내용을 기존벨트와 비교하여 정리하면 표 4와 같다.

Table 4 Difference between present v-belt and improved v-belt

Item	Present belt	Improved belt
Width(mm)	16.1	16.3
Height(mm)	10.4	9.8
Angle	39° 53'	40° 27'
Extra-length in the forming process(mm)	18	12
Diameter of cable(mm)	1.5	2.0
Core rubber		
- weight of chips in a kilogram of rubber(g)	160	200
- thickness(mm)	1.4	2.0

다. 개량벨트의 평가

#### (1) 물성실험

개량벨트에 대한 물성실험 결과를 표 5에 정리하였다. 개량벨트의 인장강도는 22,900N으로 기존벨트의 15,200N이나 일산벨트의 19,830N보다 우수하나 신장률은 1.1%로 기존벨트의 0.8%, 일산벨트의 0.6%보다 높아 신장률을 보다 낮출 필요가 있는 것으로 나타났다. 개량벨트의 굴곡횟수는  $37.0 \times 10^6$ 회로 기존벨트의  $9.5 \sim 14.2 \times 10^6$ 회보다 많고 일산벨트의  $26.0 \sim 45.0 \times 10^6$ 회와 비슷한 수준으로 나타났다.

Table 5 Test results of the physical property of improved v-belt

Item	Tensile strength(N)	Elongation ratio(%)	No. of bending ( $10^6$ times)
Improved v-belt	22,900	1.1	37.0
Present v-belt	15,200	0.8	9.5~14.2
Japan-made v-belt	19,830	0.6	26.0~45.0

#### (2) 내구성실험

개량벨트에 대한 내구성실험 결과 개량벨트의 내구시간은 120분 이상으로 기존벨트의 17.5분보다 길고 일산벨트와 비슷한 수준으로 나타났다. 개량벨트의 실험 시작 후 10분간의 텐션변화는 그림 6에서 보는 바와 같이 105N으로 기존벨트와 일산벨트보다 적게 늘어났으

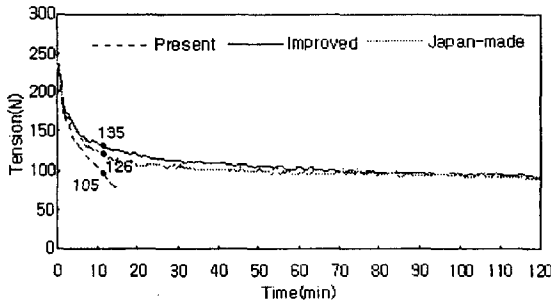


Fig. 6 Tension of improved v-belt with respect to time

며 실험 시작 후 10분간의 온도변화는 그림 7에서 보는 바와 같이 124°C로 일산벨트의 104°C보다 높아 내발열성 향상이 필요한 것으로 나타났다. 슬립률은 그림 8에서와 같이 2~3%로 일산벨트보다 낮게 나타났다.

이상에서 살펴본 바와 같이 개량벨트는 심선직경의 증대, 심고무 재질변경, 성형여유길이의 변경 등으로 내구성이 많이 향상되었음을 알 수 있다.

#### 4. 요약 및 결론

콤바인용 V벨트의 내구성 향상을 위하여 기존벨트와 일산벨트에 대하여 물성실험과 내구성실험을 실시하고, 그 결과를 기초로 개량벨트를 제작하고 그 성능을 실험하였다.

기존벨트와 일산벨트에 대한 비교실험 결과 인장강도, 내구시간, 실험 시작 후 10분간의 텐션감소량은 각각 기존벨트 15,200N, 17.5분, 135N으로, 일산벨트 19,830N, 120분 이상, 114N으로 나타났다.

이와 같은 실험결과에서 도출된 국산벨트의 개량요인은 인장강도, 벨트의 늘어남, 슬립률 등으로 나타났으며 이의 개량을 위하여 심선의 직경, 단면형상, 성형여유길이, 심고무 재질 등을 개량한 벨트를 제작하였다.

개량벨트에 대한 물성 및 내구성을 실험한 결과 개량벨트의 인장강도는 22,900N, 신장률은 1.1%, 내구시간은 120분 이상, 실험 시작후 10분간의 텐션감소량은 105N으로 나타나 일산벨트와 비슷한 내구성을 보였다.

#### 5. 참고문헌

1. 김학규 외 4인. 1995. 콤바인 V벨트의 품질실태 조사. 농업기계화연구소 시험연구보고서.

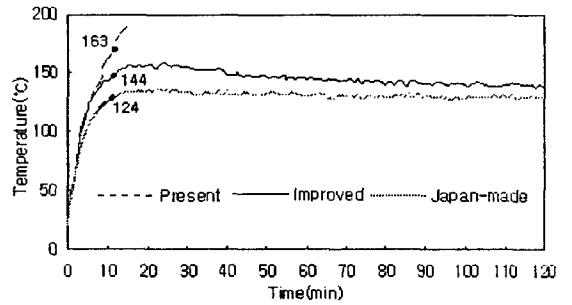


Fig. 7 Temperature of improved v-belt with respect to time

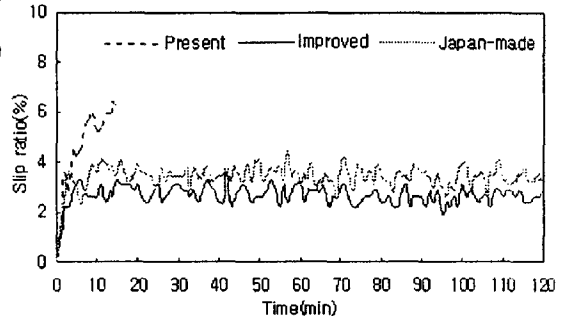


Fig. 8 Slip ratio of improved v-belt with respect to time

p.14

2. 농림부. 1997. 농림업 주요통계. p.209
3. 신승엽 외 4인. 1994. 대형 농기계사후관리 실태분석. 농업기계화연구소 시험연구보고서. p.121
4. 이운용 외 3인. 1988. 콤바인용 V벨트의 내구성실험. 농업기계화연구소 시험연구보고서. pp.91~101
5. The Gates Rubber Company. 1976. Agricultural v-belt drive design manual