

# 관리기와 Speed Sprayer 부품의 신뢰도 분석

## Reliability Analysis on Parts of Cultivator and Speed Sprayer

신승엽\* 김병갑\* 윤진하\* 최규홍\* 이용복\* 강태경\* 이익봉\*  
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원 정희원 정희원  
S.Y.Shin B.G.Kim J.H.Yun K.H.Choi Y.B.Lee T.G.Kang I.B.Lee

### 1. 서론

농업기계의 이용도 제고를 위해서는 원활한 부품공급에 의한 신속한 수리가 이루어 져야 한다. 특히 작업시기가 한정되어 있는 농업기계의 경우 고장발생시 신속한 수리가 이루어지지 않는다면 적기작업에 차질은 빚음은 물론 수리비부담과 시간까지 허비하게 되어 농업기계 이용비용을 가중시키게 된다.

'99년 농업기계화연구소 조사결과에 의하면 농업기계의 수리지연을 경험한 농가의 75%가 부품공급이 원활하지 못한 이유로 나타났다. 이는 대리점 등 대부분의 사후봉사업체에서 수리용 부품에 대한 소요량 예측능력 부족에 기인한데, 특히 재정능력이 취약한 읍·면단위의 영세한 농업기계 수리점에서 부품재고 발생에 의한 손실을 우려하여 다양한 부품을 확보하지 못하고 고장빈도가 높은 소모성부품 위주로 확보해 놓고 있기 때문으로 나타났다.

따라서 농기계 사후봉사의 효율성을 기하기 위해서는 사후봉사업체에서 수리용 부품의 사전 수요예측을 통하여 적정량의 부품을 확보하므로써 부품재고발생을 최소화하고 또한 농민에게 수리용부품을 신속하게 공급할 수 있는 체계적인 부품관리가 요구되고 있다.

이 연구는 관리기와 SS기의 수리용부품에 대한 고장특성을 분석하고 지역별·기종별 부품별 수리용부품의 적정 수요를 예측하기 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 부품선발 및 고장데이터 수집

##### 1) 부품선발

관리기와 스피드스프레이어의 부품에 대한 고장특성 및 신뢰도 평가를 위한 대상부품을 선발하였다. 먼저 부품선발을 위한 기초자료를 얻기 위하여 1999년부터 2001년까지 3년동안 생산업체의 부품공급량, 대리점 및 농협수리센터의 품목별 부품소요량을 조사하였다.

이러한 조사자료를 기초로 하여 부품의 선발은 사후봉사업체에서 수리경험이 풍부한 전문가의 협조를 받아 선발하였으며, 부품선발 기준은 ①부착작업기를 제외한 본체 관련부품 ② 부품소요량이 많거나 생산업체에서만 공급되는 부품 ③소모성 또는 준내구성 부품위주로 선발하였다. 그러나 본체의 부품이라도 농기계를 구입하여 폐기시까지 고장이 거의 없거나 교환할 필요가 없는 부품, 볼트 및 너트, 오일셀, 핀, 와셔, 베어링류 등 농업기계 이외의 산업용 부품과 호환이 되어 일반 산업용 부품판매점에서 손쉽게 구입하여 사용할수 있는 부품 등은 가능한 선발대상에서 제외하였다. 대상기종은 생산회사의 최근 10년간 공급대수를 분석

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

하여 관리기의 경우 전체 공급대수의 70%를 점유하고 있는 A사 제품, SS기는 전체공급대수의 92%를 점유하고 있는 A사와 H사 제품을 기준으로 하였다.

## 2) 선발부품의 고장데이터 수집

부품의 고장특성 및 신뢰도 평가를 위해서는 부품별 고장수리 시점까지의 사용시간, 즉 품목별 교환주기에 대한 자료가 필요한데 실제 농가에서는 대부분 교환부품에 대한 명칭, 수량을 알지 못하거나 취급설명서에 기록되어 있는 명칭과 달라 자료수집에 한계가 있었다.

따라서 신뢰성있는 자료수집을 위하여 수리내용에 대한 기록유지가 잘된 대리점 및 농협수리센타를 대상으로 컴퓨터 기록, 농기계수리운영일지, 매출전표 등을 조사하여 선발부품을 교환한 농가, 교환 부품명 및 수량, 부품교환 년도 등을 조사분석하였다. 다음으로 조사지역의 대리점 및 농협수리센타, 면세유류 담당자를 통하여 해당 농가의 관리기 및 SS기의 구입년도에 관한 자료를 수집하여 부품별 수명에 관한 자료를 얻었다.

### 나. 부품고장특성 및 신뢰도 평가

일반적으로 시스템 또는 부품의 다양한 수명분포를 나타내는데는 Weibull분포가 널리 사용되는데 이는 사용부품이 이용시간에 따라 얼마의 비율로 고장이 발생하고 있는가를 나타내는 누적분포함수  $F(t)$ 와 확률밀도함수  $f(t)$ 를 갖는 분포이다. 사용시간  $t$ 까지의 누적고장확률  $F(t)$ 는 식 (1)과 같이 표현되며, 전체에서 잔존확률  $R(t)$ 를 뺀 값과 같다.

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{t-r}{\eta}\right)^m\right\} \quad (1)$$

단위시간당 고장발생비율을 나타내는 고장확률밀도함수  $f(t)$ 는 식 (2)과 같이 표현되며,  $m$ 은 형상계수(shape parameter)로서 와이블 함수의 기울기를 나타내며,  $\eta$ 는 척도계수(scale parameter)로서 부품의 63%가 고장나는 시간을 의미하는 특성 수명을 나타내고,  $r$ 는 위치계수(location parameter)로서 최소수명을 나타낸다.

$$f(t) = \frac{m}{\eta} \left(\frac{t-r}{\eta}\right)^{m-1} \exp\left\{-\left(\frac{t-r}{\eta}\right)^m\right\} \quad (2)$$

결국 본질적인 매개변수는  $m$ 이라는 것을 알 수 있으며,  $m$ 의 값에 따라서 현상적으로 고장의 발생 상태를 구별 할 수 있다. 특히, 형상계수  $m$ 은 부품의 예방보전과 밀접한 관계가 있는데, 고장률이 사용시간이 증가함에 따라 일정하거나 감소( $m \leq 1$ )할 경우 예방보전의 효과가 없지만, 증가형고장률( $m > 1$ )을 가질 경우에는 부품을 교환하거나 정비를 함으로서 고장률을 감소시킬수 있고 작업에 지장을 받지 않아 예방보전의 효과를 높일수 있다.

Weibull 분포의 매개변수는 Weibull 함수를 선형으로 변환하여 구하는데, 매개변수  $m$ ,  $\eta$ 는 식 (1)을 대수를 취한 다음 선형함수로 변형하여 구할수 있다. 이 연구에서는 SAS 8.1을 이용하여 Weibull 함수의 매개변수  $m$ ,  $\eta$ 를 구한 다음 이를 이용하여 부품 사용시간  $t$ 에서의 누적고장확률  $F(t)$ 과 고장확률밀도함수  $f(t)$ 를 구하였다.

또한 부품의 평균수명(MTTF)은 처음 사용에서 고장까지 평균시간으로 고장발생시 수리가 불가능하여 교환을 필요로 하는 수명을 기준으로 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 부품선발 및 고장데이터 수집

##### 1) 부품선발

부품선발을 위한 대상지역은 과수 주산단지인 경기 안성, 충남 예산, 전남 나주, 경북 안동 등 4개 시군 8개 대리점 및 농협수리센터의 수리전문가의 협조를 받아 선발하였다.

관리기는 6개 그룹에서 총 63개 부품을 선발하였는데, 각 그룹별로는 엔진 및 프레임 25개 부품, 로타리케이스 및 프레임 17개 부품, 핸들 및 샤프 12개 부품, 차륜 6개 부품, 로타리케이스 8개 부품, 로타리프레임 및 커버 9개 부품, 전기장치 3개 부품을 선발하였다.

SS기는 12개 그룹에서 총 165개 부품을 선발하였는데, 각 그룹별로는 분무기 그룹이 43개 부품으로 전체 선발부품의 26%를 차지하고 있으며 다음으로 엔진(송풍, 주행) 30개 부품, 송풍 18개 부품, 구동부(바퀴형, 케도형) 16개 부품, 프레임 15개 부품, 스티어링 14개 부품, 밧션 12개 부품, 전기장치 7개 부품, 약탱크 6개 부품, 적재함 4개 부품을 선발하였다.

##### 2) 고장데이터 수집

부품의 고장특성 및 신뢰도 평가를 위하여 선발부품을 교환한 농가에 대한 자료수집은 품목당 4개 이상을 수집하였다. 대상지역은 부품선발 지역과 동일한 지역으로 하였으며, 관리기의 경우 63개 부품 가운데 62개 부품을 전체 395농가를 대상으로 품목당 평균 6.4개를 수집하였다. SS기는 165개 대상부품 가운데 111개 부품에 대한 자료를 전체 1,427농가를 대상으로 품목당 12.9개를 수집하여 부품의 신뢰도를 분석하였다. 자료수집이 안되거나 미진한 부품은 조합에 의해 부품이 공급되거나 모델간 또는 기록자간 부품명을 달리하여 조사가 어려운 부품으로 자료수집에 한계가 있어 금후 이러한 부품은 수리전문가에게 평균수명을 조사한 결과를 이용하여 분석할 계획이다.

#### 나. 부품고장특성 및 신뢰도 평가

##### 1) 선발부품의 Weibull 해석결과

관리기와 SS기 부품에 대한 Weibull 해석 결과, 표 2와 3에서 보는 바와 같이 형상계수( $m$ )의 값이 모두 1보다 큰 것으로 볼때 관리기와 SS기의 주요 부품은 정상적인 사용으로 수명이 다하여 일어나는 마모에 의한 고장발생으로 나타났다. 또한 부품의 63%가 고장나는 특성수명을 나타내는 척도계수( $\eta$ )를 보면 관리기의 경우 벨트의 경우 3.9년으로 가장 짧고 그 외 부품은 5년 이상으로 나타났다.

SS기의 부품에 대한 특성수명을 보면 고무고리 3.7년, 주행악셀와이어 4.1년, 주행초크와이어 3.9년, 보조로라 3.9년 등으로 다른 부품에 비해 수명이 상대적으로 짧은 것으로 분석되었으나, 그외 대부분의 부품은 수명이 5년 이상으로 비교적 오래 사용하고 있는 것으로 나타났다.

표 2. 관리기 부품의 Weibull 해석결과

부품명	분석대수	$m$	$\eta$ , year	$MTTF$ , year	sd
차축오일셀	9	2.36	6.84	6.06	2.73
V벨트(44.5)	15	2.37	3.90	3.46	1.55
텐션폴리조합	10	3.39	9.49	8.53	2.78
연료탱크	14	3.43	7.70	6.92	2.23
연료코크조합	6	2.69	7.03	6.25	2.51
주클러치와이어	8	3.75	7.20	6.50	1.93
텐션스프링	8	3.12	7.47	6.68	2.34
좌우상하이동래버조합	7	4.33	7.72	7.03	1.84
조향클러치와이어	8	5.53	7.16	6.61	1.38
조속와이어	9	3.37	7.75	6.96	2.28
튜브조합	10	3.35	7.26	6.52	2.14
차축핀	8	5.12	6.81	6.26	1.40
연결체인케이스(좌,우)	9	6.99	6.76	6.32	1.06
기화기조합	4	3.14	6.73	6.03	2.10
피스톤링	4	5.04	5.70	5.23	1.19
점화코일	4	8.30	5.80	5.47	0.78
시동로프	4	2.69	5.98	5.32	2.13

표 3. SS기 부품의 Weibull 해석결과

부품명	분석대수	$m$	$\eta$ , year	$MTTF$ , year	sd
걸름망	11	5.26	6.34	5.84	1.28
고무고리	8	2.85	3.69	3.29	1.25
라디에이터호스(상,하)	31	3.96	5.56	5.04	1.43
볼밸브	16	4.44	7.36	6.71	1.71
스타트모타	16	2.36	8.64	7.66	3.45
주행악셀와이어	13	3.39	4.13	3.71	1.21
주행초크와이어	7	5.92	3.85	3.57	0.70
분판	25	3.02	6.02	5.38	1.95
브레이크마스타실린더	8	4.16	6.20	5.63	1.52
임페라(확산,직진)	16	3.98	5.39	4.89	1.38
클러치디스크	13	4.13	5.23	4.75	1.30
송풍소음기	18	3.08	6.65	5.95	2.11
송풍팬조합	12	3.51	9.42	8.48	2.67
크로올러	15	4.21	5.61	5.10	1.37
보조로라조합	6	1.84	3.94	3.50	1.98
아이들롤러	12	3.06	6.86	6.13	2.19

## 2) 고장확률밀도 및 누적고장확률밀도

관리기의 경우 그림 1, 2에서 보는 바와 같이 사용년수에 따른 고장확률밀도함수  $f(t)$ 는 V벨트 3년, 조향클러치와이어 5년, 피스톤링은 7년 정도에서 매우 높게 나타났다. 이들 부품은 그림 2의 차축오일셀, 시동로프, 연료탱크 등에 비해 상대적으로 짧은 기간 내에 고장발생이 집중되리라는 것을 알 수 있다. 누적고장확률밀도함수  $F(t)$ 를 보면 V벨트 및 피스톤링은 7년, 조향클러치와이어는 9년 정도 사용하면 모두 부품교환이 이루어 지는 것을 짐작할 수 있다.

그러나 그림 2에 나타난 부품을 보면 그림1의 부품에 비해 부품의 수명이 길어 장기간에 걸쳐 완만하게 부품교환이 이루어지리라 생각된다.

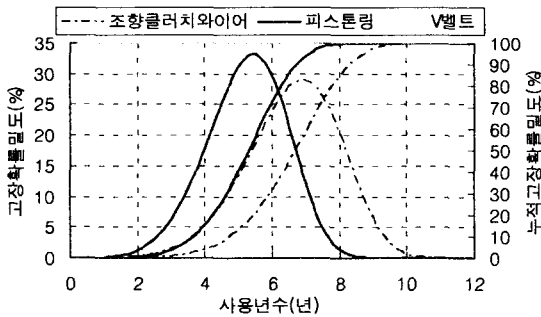


그림 1 관리기의 조향클러치와이어, 피스톤링, V벨트 고장분석

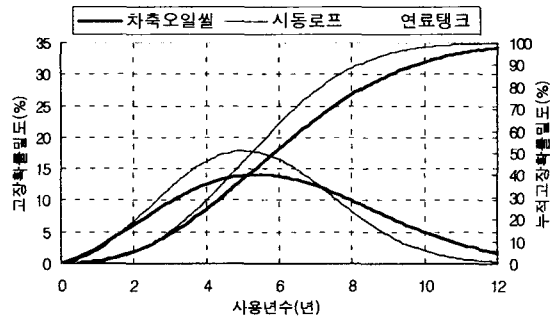


그림 2 관리기의 차축오일셀, 시동로프, 연료탱크 고장분석

SS기의 부품을 보면 그림 3에 나타난 바와 같이 고장확률밀도함수  $f(t)$ 는 주행엑셀와이어는 4년, 클러치디스크 및 분판은 사용년수 5년 정도에서 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 주행엑셀와이어 및 분판은 사용년수 8년 정도되면 모두 부품교환이 되리라는 것을 알 수 있다. 그러나 그림 4의 냉각팬, 송풍팬, 스타트모터는 고장이 발생할 확률이 적고, 10년정도 사용했을 경우 누적고장확률밀도함수가 70%정도 임을 알 수 있다.

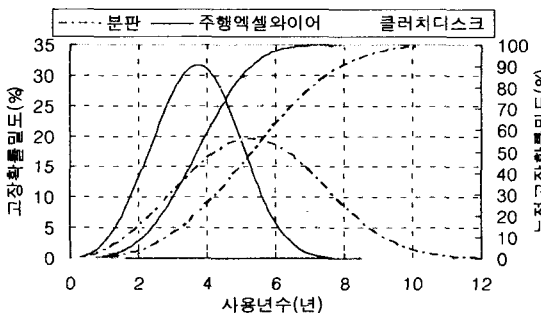


그림 3 SS기의 분판, 엑셀와이어, 클러치디스크 고장분석

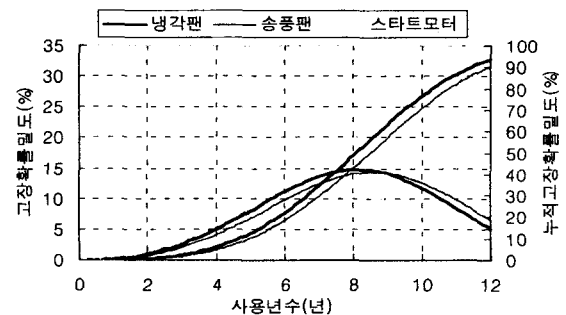


그림 4 SS기의 냉각팬, 송풍팬, 스타트모터 고장분석

## 4. 결론

이 연구는 관리기와 SS기의 수리용부품에 대한 고장특성을 분석하고 지역별·기종별 부품별 수리용부품의 적정 수요를 예측하기 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수리용부품 산정을 위하여 부품소요량이 많고, 소모성 및 준내구성부품을 중심으로 관리기 63개부품, SS기 165개 부품을 선발하였다.
2. 부품의 고장특성 및 신뢰도 평가를 위하여 선발부품에 대한 고장데이터를 관리기 62개 부품, 평균 395농가, SS기 111부품 평균 1,427농가를 대상으로 교환 부품명 및 수량, 부품교환 및 관리기 구입년도 등의 자료를 수집하였다.
3. 관리기 62개 부품, SS기 111개 부품에 대하여 Weibull 해석을 하였으며 이러한 결과를 이용하여 부품의 사용시간에 따른 고장확률밀도함수를 구하였다.
4. 금후 이러한 분석자료를 이용하여 부품의 소요량 및 재고량을 산정하고 대리점 등 사후봉사업소에서 부품소요량을 예측할수 있는 부품관리프로그램을 개발할 계획이다.

## 5. 참고문헌

- 김경욱, 김대철. 2000. 농기계 부품의 효율적인 공급과 관리방안. 한국농업기계학회
- 이상용. 1999. 신뢰성공학. 형설출판사
- 김충련. 1994. SAS라는 통계상자. 데이터리서치
- 樋口英夫, 小松 實, 岩尾俊男. 1994. 트랙터及び-タリの故障・豫防保全の實態調査. 農業機械學會志 56(3)