

# 좌우요동 선별판식 대형 곡물조전기 개발

## Development of Large Scale Grain Cleaner with Lateral Motion Screen

정 종 훈\*      최 영 수\*

정회원      정회원

J. H. Chung      Y. S. Choi

### 1. 서론

최근 미국중합처리장의 증설과 도정 시설의 대형화에 따라 처리용량 20ton/hr 이상의 대용량 곡물조전기가 요구되고 있다. 더욱이 벼 반입량의 증가와 더불어 콤바인에 의한 벼 수확작업의 확대에 의한 산물 형태의 물벼 반입, 그리고 포대에 의한 반입시 끈이나 전표 등 이물질들의 조전기 유입이 크게 증가하고 있다. 따라서 조전기의 대형화와 고풍수율의 물벼, 이물질들의 유입 증가 추세에 따라 선별 성능이 우수한 대형 조전기 개발이 필요한 실정이다.

현재 국내에서 보급되고 있는 대형 조전기는 대부분 일본에서 수입되고 있으며 국내 기술로는 최근에 농업기계화연구소(조남홍, 1997)에서 원통형 스크린을 보조 선별 장치로 이용한 대형 벼 정전기의 개발을 추진하였다. 국내에서 사용되고 있는 대부분의 조전기는 평판형 스크린을 주 선별 장치로 이용하고 있으며 구동 장치로는 편심이 있는 원판을 이용하고 있으나 보조 선별장치들은 각기 독자적으로 설계·제작되고 있다.

본 연구에서는 좌우요동 선별판의 운동해석을 통해 좌우요동 선별판식 대형 곡물조전기를 개발하였으며 시험을 통해 개발된 대형 조전기의 성능을 평가하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 좌우요동 선별판의 운동해석

본 연구에서 개발된 조전기내의 선별판은 상하방향이 아닌 좌우로 요동되도록 설계되었다. 구동축에는 연결봉이 부착된 회전원판이 베어링으로써 고정되어있으며 이 연결봉의 다른 한쪽은 스크린에 부착되어있다. 따라서 편심을 갖는 회전원판은 크랭크암과 같은 기능을 수행하게 된다. 회전원판의 편심은 7.5mm로 제작되었으며, 선별판의 경사각은 작물의 특성에 따라  $15^{\circ} \pm 3^{\circ}$  까지 조정이 가능하도록 하였다.

스크린의 진동방향은 연결봉이 운동하는 방향과 일치한다. 선별판의 운동을 수학적으로 묘사하기 위해 선별판을 그림1에 나타내었다. 그림2에는 선별판 운동의 해석을 위한 좌표계를 나타내었으며, 그림 평면상의 수직방향을  $x$ 축, 스크린의 경사면의 아랫방향을  $z$ 축, 그 직각 상방향을  $y$ 축으로 나타내었다.

스크린이 수평면과 이루는 각을  $\beta$ 로, 진동방향이 스크린과 이루는 각을  $\alpha$ 로 하여 스크린 위 입자의 운동을 나타내기 위해서 선별판위 한 점의 좌표는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 여기서  $\theta$ 는 회전원판의 변위각이고,  $r$ 은 회전원판의 편심이다.

\* 전남대학교 농과대학 농공학과

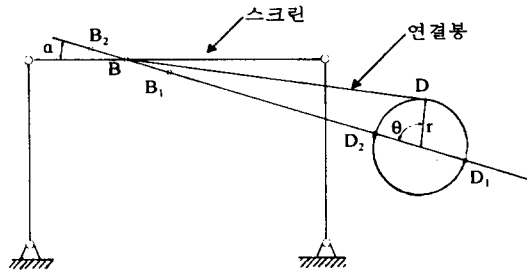


그림 1. 좌우요동 선별판의 구동장치

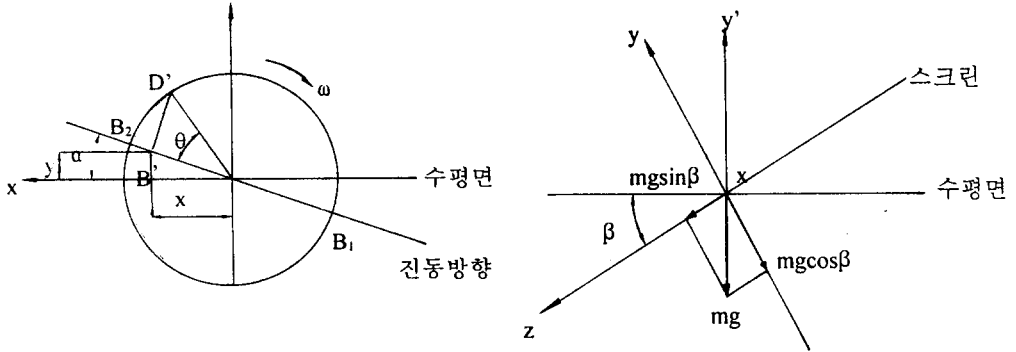


그림 2. 선별판상의 좌표 결정

$$x = r \cos \alpha \cos \theta \quad (1)$$

$$y = r \sin \alpha \cos \theta \cos \beta \quad (2)$$

$$(\because y' = r \sin \alpha \cos \theta)$$

스크린 상에 놓여 있는 질량  $m$ 을 가지는 입자에 작용되는 관성력( $I$ )은 위 변위식을 미분하여 다음과 같이 구해진다.

$$I_x = -m a_x = m r \omega^2 \cos \alpha \cos \theta \quad (3)$$

$$I_y = -m a_y = m r \omega^2 \sin \alpha \cos \theta \cos \beta \quad (4)$$

입자에는 관성력, 자중 및 마찰력이 작용되며, 관성력이 (+)값이 될 때 ( $\cos \theta > 0$ ) 입자가 스크린의 아래쪽으로 움직이기 위해서는 다음과 같은 조건이 만족되어야 한다.

$$m g \sin \beta > \mu (m g \cos \beta - I_y) \quad (5)$$

여기서,  $\mu$ 는 입자와 스크린 사이의 동마찰계수(동마찰각  $\psi$ )이다. (5)식을 다시 정리하면

$$\frac{r\omega^2}{g} > \frac{1}{\cos \theta} \{ \sin(\psi - \beta) / \sin \alpha \cos \beta \sin \psi \} \quad (6)$$

이 되고, (6)식에서  $\alpha$ ,  $\beta$  및  $\psi$ 가 고정되면 우변의 값은  $\cos \theta = 1$ (이때 관성력은 최대가 됨)일 때 최소가 되므로 입자가 아래쪽으로 움직이기 위한 회전원판의 임계회전수,  $N$ 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$N = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \frac{\sin(\psi - \beta)}{\sin \alpha \sin \psi \cos \beta}} \quad (\text{rpm}) \quad (7)$$

본 연구에서 개발된 곡물 조선키에 있어 회전원판의 임계회전수를 결정하고자 하였다. 개발된 스크린 구동 장치는  $\alpha=10^\circ$ ,  $\beta=15^\circ$ ,  $\psi=22^\circ$ ,  $r=7.5\text{mm}$  이었다. 이 값을 이용하여 철판 위에서 물벼의 동마찰계수를  $\mu=0.35$ 로 가정하였을 때  $N=400\text{rpm}$ 인 것으로 나타났다. 따라서 본 조선키에서 입자가 아래쪽으로 움직이기 위해서는 회전원판의 회전수가 400rpm 이상이면 가능한 것으로 판단하였다.

#### 나. 개발 조선키의 구조와 특성

좌우요동형 선별판을 장착한 공시 곡물 조선키의 사양은 표 1에 나타내었으며 조선키의 구조는 그림 3에 나타내었다. 주요부는 동력부, 흡입부, 투입구, fork-sieve(평철)형의 1차 선별부, 2단식 선별판으로 된 2차 선별부, 선별판용 스크레이퍼, 배출부 등으로 구성되어 있다 특히 곡물 투입구와 선별판 사이는 fork-sieve 형의 스크린을 설치하여 끈, 긴 벧짚 등의 큰 이물질이 1차적으로 선별되도록 하였다. 2단 선별판은 약 7.5 mm의 편심을 갖는 회전원판에 의해 좌우 방향으로 진동되며 스크린은 판 스프링에 의해 지지되어 있다. 선별판의 기울기는 비 함수율에 따라  $15^\circ \pm 3^\circ$  사이에서 조정될 수 있도록 하였다.

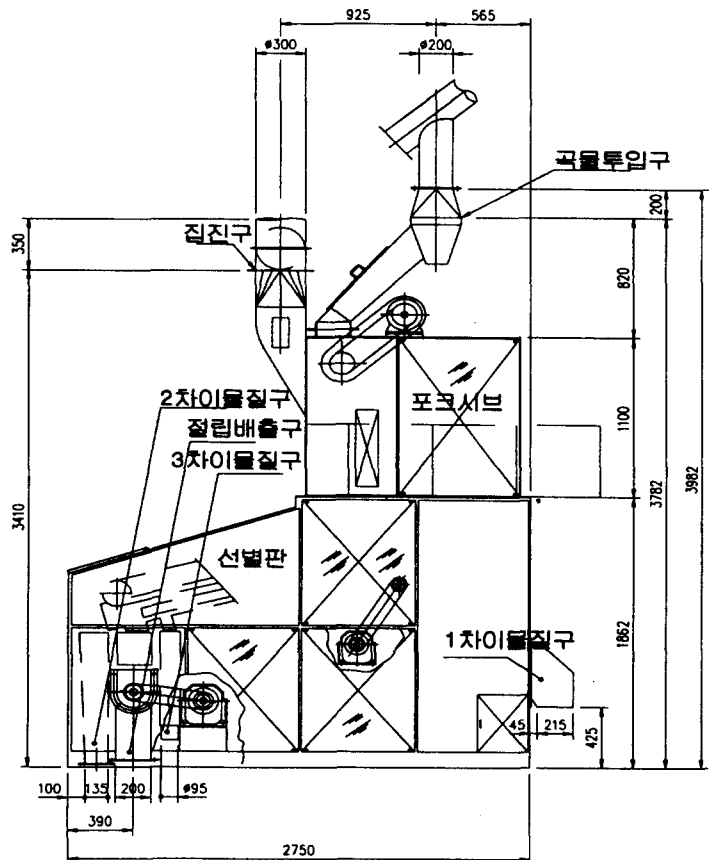


그림 4. 공시 조선키의 구조

### 표 1 공시기의 제원

구 분		형식 및 크기
특 징		좌우요동형, Fork-sieve에 검불제거장치설치
처리 용량		20 ton/hr 이상 (w.b. 24% 기준)
소요 동력		16PS
흡입팬 (Suction fan)	흡입관직경	∅300mm
	풍압	150mmAq
	풍량	300m <sup>3</sup> /min
평철스크린 (Fork-sieve)	치수 기능	환봉 ∅8mm, 간격 20 mm, 길이 800mm 검불, 노끈, 줄 등의 이물질 1차 선별기능
선별판 (Screen)	규격	폭915mm×길이1800(600×3EA)×2열
	선별판 구멍 크기	1단:∅12mm, 2단:1.6mm×2.5mm
	선별판 구멍 간격	1단:∅14mm(흡간격), 2단:5mm
	선별판 구동	400rpm, 편심 7.5mm
선별판 경사각(Screen Angle)		15° ±3°
스크레이퍼 (Scraper)	규격	900L×50h, 6EA×2열
	재질	앵글30×30×5t, 우레판 50×3t
	감속비	1/20, 14T×12T, #50 스프로킷
	회전수	60rpm
배출스크류 (Output Screw)	규격	∅250×2500L
	감속비	1/15, 17T×17T, #50
	회전수	120rpm

#### 다. 성능시험

개발된 곡물조선키의 성능을 평가하고자 선별판의 각도 및 풍량에 따라 정선된 곡립의 회수율, 곡립손실을 그리고 제거된 이물질 비율 등을 조사하였다.

시험에 사용된 시료는 97년에 수확한 동진벼이었으며, 벼는 길이가 7.3 mm, 폭 3.3 mm, 두께 2.25 mm, 함수율이 14.6% 그리고 천립중이 26.64gr이었다. 조선키에 공급되는 송풍량을 측정하기 위해 열선형 풍속계(KANOMAX: Model 6081)를 사용하였으며, 이때 풍속은 덕트 벽면으로부터 5.5 cm 지점에서 측정하였다. 또한 풍압은 U형 마노미터를 사용하여 덕트내의 3지점에서(벽, 벽으로 부터 1/4지점, 중앙지점)의 정압을 측정하였으나 별 차이가 없어 벽지점에서 정압을 측정하였다.

실험방법으로서, 1) 각 처리별 시료의 무게는 1톤으로 하였다. 2) 호퍼스케일 및 전자저울을 사용하여 정곡, 이물질 그리고 이물질속에 포함된 손실곡의 무게를 측정하였다. 3) 조선키의 요동수는 시뮬레이션 결과를 근거로 400 cycle/min에서 고정하였다. 4) 조선키 선별판의 경사각은 최대 15도와 최소 12.5도의 2수준으로 하였다. 5) 풍량은 조선키에 설치된 댐퍼로 조절하여 91, 107, 240, 280 cmm의 4 수준으로 하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

곡물조선키를 선별판 경사각과 풍량에 따라 조선키의 성능을 평가한 결과는 정선키립 비율(정선키율) 및 이물질제거율 그리고 곡립손실량 비율을 기준으로 표2에 나타내었다. 정선키율은 모든 처리조건에서 약 99.6%이상으로 정곡 회수율이 매우 높았고, 곡립손실량 비율도 약 0.001%-0.019%로 매우 낮게 나타났으며, 정선키된 곡립속의 이물질 비율도 약 0.00001%이하로 그 성능이 매우 우수하게 나타났다. 특히 선별판 경사각이 15도이고, 풍량이 약 240 cmm, 풍압이 약 150 mmAq일때 성능이 우수하게 나타났다.

표 2 공시 조선키의 성능 평가

선별판 처리 경사 (°)	풍량 (cmm)	풍압 (mmAq)	시료 무게 (ton)	정립 비율 (%)	선별 위치별 이물질 배출 비율(%) (정립 손실 비율, %)				정선키된 곡립안의 이물질 비율(%)	
					격자	1단 선별판	3단 집진판	백필터		
1	15	91	106	1.055	99.7	0.003 (46.7)	0.010 (7.2)	0.085	0.23	0.000008%
2		107	100	1.068	99.7	0.004 (42.5)	0.022 (4.4)	0.046	0.26	0.000009%
3		240	150	1.052	99.6	0.005 (12.6)	0.010 (4.0)	0.042	0.34	0.000001%
4		280	134	1.078	99.7	0.003 (20.0)	0.007 (9.3)	0.040	0.26	0.000003%
평균 구성비			100	99.7	0.0038 (30.4)	0.0123 (6.2)	0.053	0.273		
5	12.5	91	106	1.048	99.6	0.020 (81.7)	0.012 (24.4)	0.038	0.34	0.000003%
6		107	100	1.053	99.7	0.003 (66.7)	0.006 (18.2)	0.037	0.22	0.000005%
7		280	134	1.048	99.5	0.010 (40.0)	0.017 (24.3)	0.077	0.42	0.000001%
평균 구성비			100	99.6	0.011 (62.8)	0.0117 (22.3)	0.051	0.327		

\* 비율은 무게 비율임.

\*\* 정립 손실 비율은 선별 위치별 배출된 이물질 무게에 대한 배출 정립의 무게 비율임.

#### 4. 결론

1. 개발된 좌우요동형 곡물 조선키의 처리능력은 건벼 기준으로 약 25ton/hr 이상으로 나타났다.
2. 조선키의 선별판 경사도가 15°일 때가 12.5°일 때에 비해 처리능력이 약간 높게 나타났으나, 두 경우 모두 선별판 상반부에서 모든 곡물을 효율적으로 처리함에 따라 물 벼의 경우에도 2ton/hr톤 이상의 곡물을 충분히 처리할 수 있으리라 판단되었다.
3. 풍량과 선별판 경사에 관계없이 조선키의 평균 정곡 회수율은 99.7%로 매우 높게 나타났으며, 정선키된 곡립에 포함된 이물질량은 0.00001%이하로 정선키율은 평균 99.7%이상으로 나타났다.
4. 조선키에서 제거된 이물질량 비율은 총 투입량의 약 0.3%이상이었으며, 조선키에서의 손실

된 곡립량은 적정 조건에서 약 0.001 %로 매우 낮게 나타났다.

5. 풍량에 따른 이물질 제거율은 240 cmm일 때 좋은 것으로 나타났으며, 이물질 속에 포함된 손실곡립의 비율 역시 240 cmm일 때 낮은 것으로 나타났다.

## 5. 참고문헌

1. 고태균 외 6인. 1990. 농산가공기계학. 향문사.
2. 고태균 외 12인. 1995. 미곡종합처리시설. 문운당.
3. 조남홍 외 4인. 1997. 대형 벼 정선기 개발. 1997년 한국농업기계학회 하계 학술대회 논문집. 135-140.
4. Grochowicz J. 1980. Machines for cleaning and sorting of seeds.