

균일한 곡물이송을 위한 색채 선별기용 리니어 피더의 개발

Development of the Linear Feeder for Uniform Transportation of Grains

이규호*·김성현**·정진태†
Kyuho Lee, Sunghyun Kim and Jintai Chung

Key Words : Dynamic Characteristic(동 특성), Linear Feeder(직진 피더), System Analysis(시스템 분석)

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a linear feeder for uniform transportation of grains and to present its design guide line. so, It is measured the displacement of the front and rear aspect of the feeder in time domain. And the measured time signal is represented to the plane coordinate. From this process, it is presented the motion of the feeder in a harmonic excited condition. Also, It is determined whether translation motion or rotation motion. From these course, it is defined the optimized dynamic motion for uniform transportation of grains. It is included a ratio of the displacement and the angle which the dynamic motion between the front and rear aspect of the feeder.

1. 서 론

본 연구는 미국 종합처리시설(RPC)의 주요시설인 색채선별기의 성능 향상을 위하여 곡물을 이송하는 진동 부품 장치인 피더의 개발에 관한 연구이다. 색채 선별기는 미국 종합처리장에서 사용하는 최첨단 RPC 장비로 고속 CCD카메라를 이용하여 명암에 따라 변색된 곡물을 선별하고 양품의 쌀만을 골라내는 기기이다. 즉, 상부의 호퍼(hopper)로 투입된 곡물이 피더의 강제운동에 의해 슈트를 통하여 하강하고, 압축된 공기를 이용한 공기층에 의해 변색된 곡물이 분리되어 양품의 곡물만을 선별하는 원리로 작동한다. 따라서 고속의 CCD 카메라가 선별 대상을 골고루 파악하여 불량곡물을 안정적으로 분리하기 위해서는 곡물을 일정하고 균일하게 이송시키는 역할을 담당하는 기계 진동 부품인 피더의 성능 확보가 필수적이다.

개발하고자 하는 기계진동 부품인 피더는 곡물이나 산업용 부품의 이송에 가장 많이 쓰이고 있는 직진 피더(Linear

Feeder)이다. 국내에서 생산하는 피더의 수준은 해외의 선진 기술을 모방하는 정도라 할 수 있다. 따라서 이러한 피더를 이용한 곡물의 이송은 안정하거나 균일할 수 없다. 이는 피더가 부품·곡물의 이송과 정렬에 가장 많이 쓰이는 진동 장치임에도 불구하고 운동 특성 계측 및 분석 기술이 전무하기 때문이다. 반면 국외에서는 컴퓨터 프로그래밍을 이용한 피더의 부품 이송속도와 가진 진폭의 크기에 따른 피더의 운동을 해석⁽¹⁾하고 주기적·비 주기적인 가진에 의한 부품의 이송률에 대한 연구⁽²⁾가 진행되어 피더의 개발에 응용되고 있다. 피더의 개발에 관하여 색채선별기를 세계 최초로 개발한 영국의 Sortex사와 일본의 Anjai, Satake가 피더의 기술 개발 노하우를 가지고 있는 것으로 파악되나 외부로의 공개는 되지 않고 있다.

본 연구에서는 액츄에이터의 가진에 의한 피더의 각 면의 변위를 시간영역에서 측정⁽³⁾하고 피더의 주 운동방향을 정의할 것이다. 그리고 측정된 시간영역의 데이터를 공간좌표상에 표현하여 피더의 운동 궤적을 구할 것이다⁽⁴⁾. 이를 통하여 피더의 앞면부와 뒷면부의 궤적의 진폭비와 궤적간의 각도 차이를 고찰하고 국내에서 생산중인 피더와 해외의 벤치마킹 모델과의 차이점을 분석하여 균일한 곡물 이송을 위한 피더의 운동 특성을 제시할 것이다.

† 책임저자, 회원, 한양대학교 기계공학과
E-mail : jchung@hanyang.ac.kr
Tel : (031) 400-5287, Fax : (031) 501-4590

* 한양대학교 대학원 기계공학과

** 한양대학교 대학원 기계공학과

2. 피더의 운동 특성

2.1 피더의 주 운동방향 정의

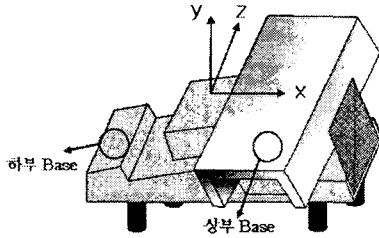


Fig. 2.1.1 리니어 피더의 모델

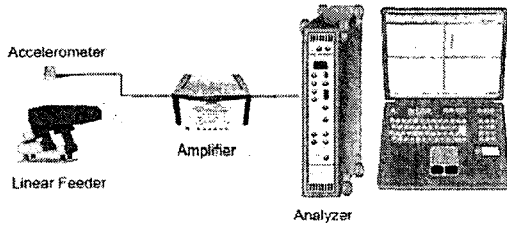
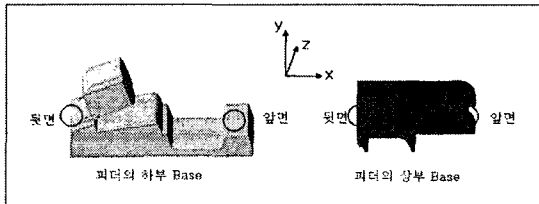


Fig. 2.1.2 신호분석을 위한 실험 구성도



		x	y	z
하부 Base	앞면	5.09	6.54	0.21
	뒷면	4.91	12.50	0.21
상부 Base	앞면	29.60	16.00	1.87
	뒷면	28.00	11.30	0.58

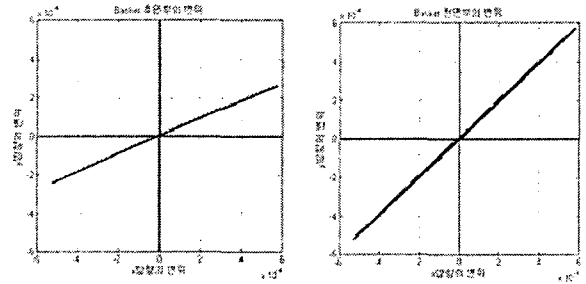
(단위 : m/s^2)

Fig. 2.1.3 피더의 각 부분에서의 측정 결과

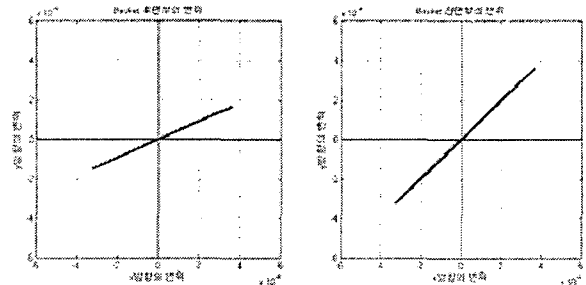
피더의 주 운동방향을 정의하기 위하여 Fig. 2.1.1와 같은 피더모델을 통하여 피더의 하부 Base와 상부 Base의 진동량 측정실험을 수행하였다(Fig. 2.1.2). 액츄에이터의 가진 주파수는 60Hz이며 시간영역에서 얻어진 진동신호의 결과는 Fig. 2.1.3에 나타난 바와 같다. 미리 정의된 x, y, z 좌표축 중에서 z 방향의 신호 크기는 나머지 좌표축의 신호의 크기에 비하여 고려하지 않아도 될 만큼 작은 결과를 보이고 있다. 즉, 액츄에이터의 가진에 의한 피더의 운동은 x, y 방향을 주 운동방향으로 한다. 이는 액츄에이터의 가진에 의한 피더의 운동이 x-y 평면 상에서 이루어짐을 나타내며 z방향의 운동은 언급하지 않을 것이다.

2.2 피더의 동적거동

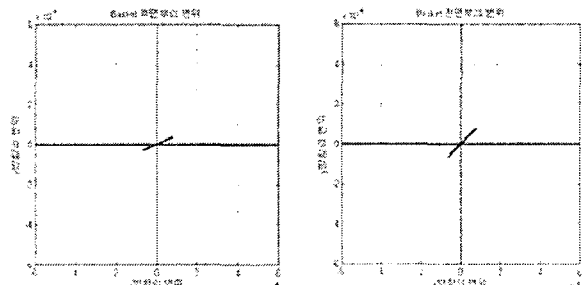
2.1절에 나타난 바와 같이 조화가진에 의한 피더의 운동은 x, y방향에 국한된다. 이를 토대로 곡물을 이송시키는 상부 Base의 앞면과 뒷면에서의 x, y방향의 진동 신호를 동시에 측정하고 이를 공간좌표에 표현하면 피더의 동적거동을 구할 수 있다. 국내에서 생산되는 Linear 피더의 액츄에이터의 부하 크기별 동적거동은 Fig 2.2.1과 같다. Fig 2.2.1에서 보듯이 피더 상부 Base의 앞면과 뒷면의 궤적은 상이한 결과를 보이고 있다. 즉, 상부 Base의 뒷면과 앞면의 궤적의 x방향 진폭은 같은 크기를 가지고 있다. 하지만 y방향의 진폭은 뒷면의 진폭보다 앞면의 진폭이 더욱 크다는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 부품이나 곡물이 이송되면서 튀어 오르는 현상을 가져오게 되며 균일하고 안정된 이송상태의 방해요소로 작용한다.



(a)액츄에이터 부하 100



(b)액츄에이터 부하 80



(c)액츄에이터 부하 40

Fig. 2.2.1 액츄에이터 부하 크기별 동적 거동

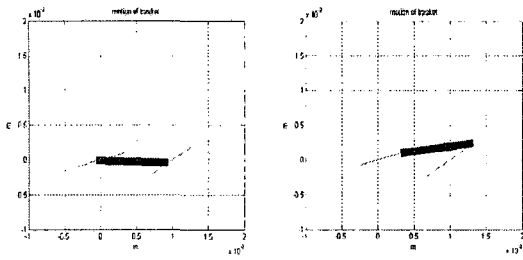


Fig. 2.2.2 가진에 의한 피더 구동 모습

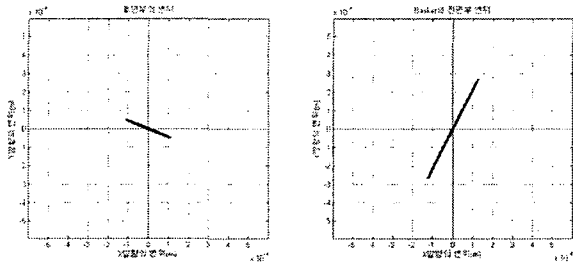


Fig. 2.2.3 회전 성분을 가지는 피더의 후면부와 전면부의 궤적

액츄에이터 부하의 크기를 단계별로 올리면서 동적거동을 확인한 결과 부하 크기에 따른 궤적의 변화는 보이지 않는다. 다만 진폭의 크기 차이만 있을 뿐 궤적이 그리는 기울기의 차이는 없다. 따라서 부하의 크기에 상관없는 x, y 방향 진폭비와 앞면과 뒷면에서의 궤적이 나타내는 기울기 차이를 비교대상으로 정할 것이다. 이러한 과정은 업체마다 사용하는 액츄에이터의 형태가 틀리고 서로 다른 컨트롤 시스템을 사용하기 때문에 부하별 특성 비교가 의미 없기 때문이다. Fig 2.2.2는 피더의 구동 모습을 상용 프로그램을 이용하여 나타낸 것이다. 이미 언급한 바와 같이 피더앞면의 과도한 진동으로 인하여 곡물이 피더의 앞면에 위치할수록 y방향으로 튀어 오르게 된다. Fig 2.2.3은 또 다른 피더의 동적 거동을 나타내고 있다. 피더의 앞면과 뒷면의 궤적의 기울기가 방향이 서로 반대인 것으로 나타나고 있다. 피더의 궤적이 Fig 2.2.3와 같으면 피더는 x, y 방향으로의 병진운동보다는 회전운동을 하게 된다. 이는 이송의 역할을 수행하는 피더의 성능을 크게 떨어뜨리며 피더의 뒷면에 위치한 곡물의 경우 앞으로 이송 될 수 없는 상태가 된다. 따라서 이러한 동적 거동은 피더의 설계 시 반드시 피해야 하는 것임을 확인할 수 있다.

3. 균일한 곡물이송을 위한 동적거동 정의

3.1 벤치마킹 모델 실험

일본의 A사와 영국의 S사의 피더를 벤치마킹 모델로 정의하고 하부와 상부 Base의 변위를 측정하였다. 또한 측정된 데이터를 MatLab을 이용하여 공간좌표상에 표현하였다.

특히 곡물을 이송시키는 역할을 하는 상부 Base에 대하여 국내와 국외의 피더에 대하여 x, y방향의 진폭비를 비교하고 앞면과 뒷면의 궤적의 기울기 차이를 비교하였다.

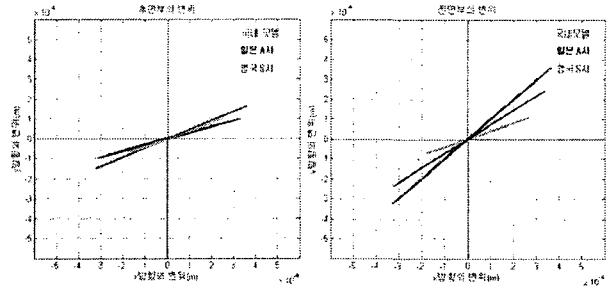
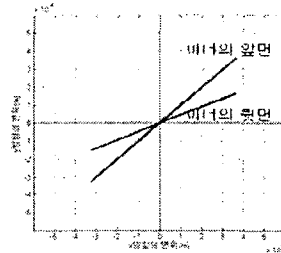


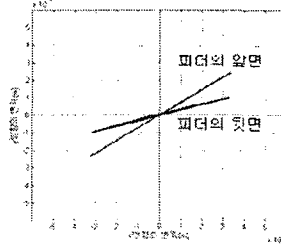
Fig. 3.1.1 각 모델별 앞면과 뒷면의 궤적 차이

	피더 후면부 x,y방향의 진폭비	피더 전면부 x,y방향의 진폭비
국내 모델	1 : 0.50	1 : 1.00
일본 A사 모델	1 : 0.33	1 : 0.70
영국 S사 모델	1 : 0.40	1 : 0.40

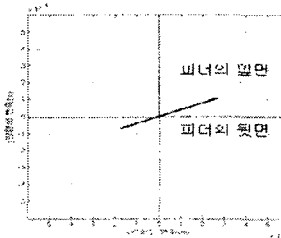
Table. 3.2.1 후면부와 전면부의 진폭비 차이



(a) 국내 모델의 앞면과 뒷면의 궤적



(b) 일본의 A사 모델의 앞면과 뒷면의 궤적



(c) 영국의 S사 모델의 앞면과 뒷면의 궤적

Fig. 3.2.1 각 모델별 전면부와 후면부의 각도차이

	후면부 기울기(m_1)	전면부 기울기(m_2)
국내 모델	0.5	1.0
일본 A사 모델	0.33	0.7
영국 S사 모델	0.4	0.4

$$\text{두 직선사이의 각}(\theta) = \tan^{-1}\left(\frac{m_1 - m_2}{1 + m_1 m_2}\right)$$

	국내모델	일본A사	영국S사
Degree	18.45	16.56	0

Table. 3.2.2 피더 앞면과 뒷면의 궤적이 이루는 각도

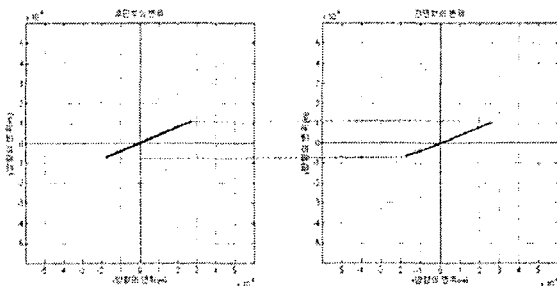


Fig. 3.2.2 영국 S사 피더의 후면부와 전면부의 궤적

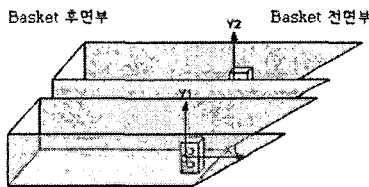


Fig. 3.2.3 피더의 좌우 틸팅운동 확인

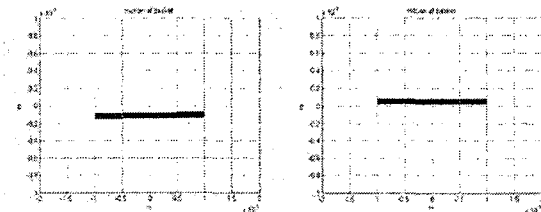


Fig. 3.2.4 피더의 좌우 틸팅운동 확인

3.2 균일한 곡물이송을 위한 동적거동의 정의

Table. 3.2.1은 국내와 벤치마킹 모델에 대한 피더의 앞면과 뒷면의 진폭비를 나타낸 것이다. 즉, x방향으로 1만큼 운동할 때 y방향으로 얼마만큼의 운동이 일어나는가를 나타내는 지표라 할 수 있다. 측정 결과 국내 모델의 피더가 앞

면의 y방향 진폭이 가장 크다는 것을 확인 할 수 있다. 이것을 기울기로 나타내면 국내 피더의 앞면의 궤적의 기울기는 1인 반면 일본의 모델은 0.73로 보다 낮은 수치를 나타낸다. 즉 y방향으로의 진폭이 상대적으로 적음을 시사한다. Table. 3.2.1 과 Fig. 3.2.2에서 알 수 있듯이 영국의 모델은 피더의 후면부와 전면부의 진폭비가 변함없이 일정함을 보이고 있다. 즉 회전성분을 가지고 있지 않고 x, y방향으로 병진운동만을 반복한다는 것을 알 수 있다. 진폭비의 크기에 있어서 영국의 피더 모델은 피더의 전면부와 후면부 모두 0.4의 수치를 나타낸다. 즉 x방향의 운동이 y방향의 운동보다 지배적임을 알 수 있다. 이러한 일련의 분석과정을 통하여 균일한 곡물의 이송을 위한 피더의 동적거동은 x방향의 진폭이 y방향의 진폭보다 상대적으로 커야함을 알 수 있으며 후면부와 전면부의 진폭비 차이 또한 적어야 함을 알 수 있다. 또한 Fig. 3.2.3과 Fig. 3.2.4은 피더의 좌·우 틸팅여부를 확인하기 위한 센서의 부착과 그 결과를 보여주고 있다. 실험 결과 좌·우 틸팅운동은 일어나지 않음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 색채선별기용 리니어 피더의 동특성을 파악하고 균일한 곡물을 이송하기 위한 피더의 제품 개발을 위한 피더의 동적 거동을 제시하였다.

- (1) 피더 후면부와 전면부의 x, y방향의 진폭은 x방향이 지배적 이어야 함을 확인하였다.
- (2) 피더 후면부와 전면부가 그리는 운동궤적의 기울기는 같은 방향성을 가져야 함을 확인하였다.
- (3) 피더 후면부와 전면부의 x, y방향의 진폭비의 차이는 작아야 하며 이는 피더의 운동이 병진운동만을 가져야 함을 확인하였다.
- (3) 피더의 좌·우 틸팅 현상이 없어야 함을 확인하였다.

참 고 문 헌

- (1) G.H. Lim., 1993, Vibratory feeder motion study using Turbo C++ language, Advanced in Engineering Software Vol. 18, pp. 53-59
- (2) M.-O. Hongler and J. Figour., 1989, Periodic versus chaotic dynamics in vibratory feeders, Helvetica Physics Acta, Vol. 62, pp. 68-91
- (3) D. J. EWINS, 2000, MODAL TESTING theory practice and application, Research Studies Press Ltd, Philadelphia
- (4) Hanselman, Duane C., 2001, Mastering Matlab 6 A comprehensive Tutorial and Reference. Pearson Education