

수평가진식 진동 컨베이어의 진동특성에 관한 실험적 연구

윤영식*(건양대학교 기계공학과), 박철우(한국산업기술대학교 기계공학과)

An Experimental Study on the Vibrating Characteristics in Conveyor using the Linear Motor

Y. S. Yoon(Mech. Eng. Dept., Konyang Univ.), C. W. Park(Mech. Eng. Dept., Korea Polytechnic Univ.)

ABSTRACT

Recently, the linear motors have been widely used in the industry, owing to various advantages in comparison with conventional feed mechanism; high speed, high acceleration and high stiffness. In addition, the linear motors have the merits of a good velocity control, reversible movement and long lifetime. For the application of the linear motors to vibrating conveyor, the study of vibrating characteristics is required. In this paper, we developed the linear vibrating conveyor using the linear motor that has the 410N thrust and the 7.2m/min maximum moving velocity. To accomplish this system, we had some experiments that included the influence of deceleration time, vibrating amplitude and additional weight.

Key Words : Vibrating conveyor (진동 컨베이어), Linear motor (리니어 모터), Material movement (매질이송)

1. 서론

진동기는 로터리 진동모터나 마그네틱 전자석을 이용하여 광산에서의 광물이나 토사를 어떤 위치에서 다른 위치로 이송하거나, 세라믹 분말, 연마입자 등의 파우더를 시간당 일정량을 공급해주기 위한 이송장치의 일종이다. 이와 같은 기능을 하는 장치로는 마그네틱 진동피더와 로터리 진동컨베이어 등이 있는데, 로터리 모터를 사용한 진동 컨베이어는 철골 또는 질량이 있는 매체인 하부구조, 하부구조 위에 대칭으로 설치된 스프링판과 이 스프링판 상부에 놓인 상부슈트로 구성되며, 상부슈트의 양쪽 측면 일정위치에 불평형 회전모터가 상부슈트의 길이방향에 대하여 일정각도로 고정되고, 불평형 회전모터가 일정 회전수로 회전함에 따라 스프링이 구동회전수에 따라 동조진동을 일으켜 상부슈트에 에너지가 공급되는 매질이송장치이다.

현재, 사용되고 있는 진동컨베이어는 트랩(슈트) 평면, 즉, 매질이 이송해 가는 이송방향에 대하여 일정각도로 진동원이 설치되고, 진동원의 진동에 따라 매질이 상부 공간방향으로 튕겨 나가듯이 진행된다. 따라서, 매질의 이송에 공급되는 에너지는 직선이송

뿐만 아니라 일정각도로 포물선운동을 하는 에너지까지 포함하게 된다. 또한, 진동원의 진동주파수와 스프링의 진동주파수의 일치여부에 따라 트랩의 최대진폭이 결정되고 이때, 매질의 진행속도가 일치하게 된다. 즉, 매질의 수평방향 이송속도를 높이기 위해서는 매질이 상부방향으로 높이 튕겨 나가게 되어 원하지 않는 수직방향의 매질운동(충격운동)이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 보완할 방법으로 수직운동의 발생없이 수평방향으로의 이송만을 줄 수 있는 시스템에 대한 요구가 많은 실정이다.

개발된 수평이송장치는 스테이터와 모터헤드로 구성된 리니어모터가 정역으로 비동기 가감속을 행할 때 발생하는 진동력을 이용하여 매질을 이송하는 장치로서 매질에 수평이송력만을 가하게 되므로 진동피더를 이용한 매질이송방법에 비하여 에너지소모율이 극히 낮을 뿐만 아니라 매질의 수평이송속도를 일정하게 유지할 수 있고, 정역방향의 매질이송이 가능하다는 장점이 있어 상업화 가능성이 높다.

그러나, 리니어모터는 모터부와 스테이터부로 구성되며 스테이터부에 대한 모터의 가감속운동시 스테이터부에도 반발력이 작용하게 되고 스테이터를 지지하는 하부구조물을 가진시키게 된다. 즉, 리니

어모터와 하부구조물 사이에 진동을 억제할 수 있는 시스템의 개발과 매질이송을 효과적으로 극대화할 수 있는 시스템 모델이 요구된다. 따라서 본 논문은 이러한 시스템에 대한 효과적인 진동억제와 최적의 매질이송을 위한 시스템 모델링 기법을 제안하는데 있다.

2. 진동컨베이어의 구성

본 연구에 사용된 리니어모터를 이용한 선형 진동컨베이어의 개략도는 Fig. 2-1 과 같다. 가감속운동에 의해 가진을 발생하는 스텝퍼 타입의 리니어모터 시스템과 리니어모터의 모터부 상부에 설치된 상부트랩, 그리고, 리니어모터의 베이스부 하부에 설치된 가반하중, 리니어모터 시스템을 받치고 있는 하부프레임 등으로 구성되며, 리니어모터 시스템의 가감속운동에 의한 진동이 하부프레임에 전달되지 못하도록 하는 오목지그 및 바퀴로 구성된 제진시스템 등이 있다.

시험에 사용된 스텝퍼 타입의 리니어 모터는 정지상태에서 일정한 힘을 작용하였을 때, 치형이 어긋나는 시점 전까지 가장 큰 힘을 최대 정추력으로 정의하며, 시험한 결과 Fig. 2-2와 같이 최대 정추력은 410N 으로 평가되었다. 적용된 모터부의 무게가 12.6kg이므로 Force/Mass Ratio는 32.5이다. 모터 베이스부 무게는 40kg이고 모터의 구동부분에 설치된 트랩 무게는 15~50kg까지 가변될 수 있도록 제작하였다. 하부 베이스는 가능한 움직이지 않고 상부 모터 구동부만이 가감속운동을 하여야만 슈트위의 매질이 운동할 수 있는데, 하부 베이스를 아무리 강건하게 만든다고 해도 모터의 구동부 가감속에 의하여 발생하는 진동은 하부 구조물로 전달될 수밖에 없다. 따라서, 모터의 가감속에 의하여 발생하는 진동을 하부구조로 전달되지 않도록 하기 위하여 Fig. 2-3와 같이 오목지그와 원형바퀴에 의한 방법을 고안하였다.

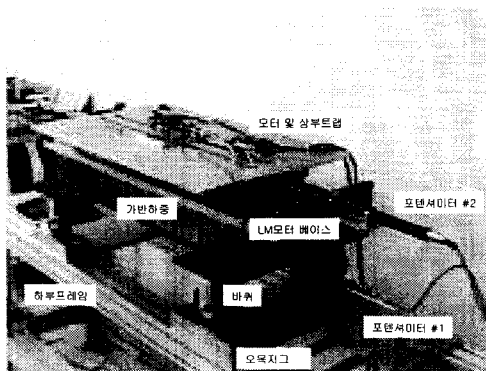


Fig. 2-1 진동컨베이어의 개략도

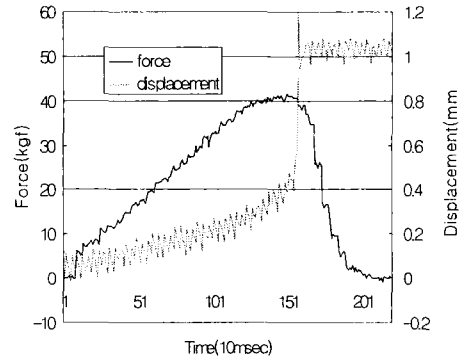
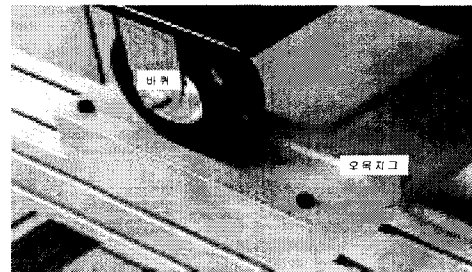
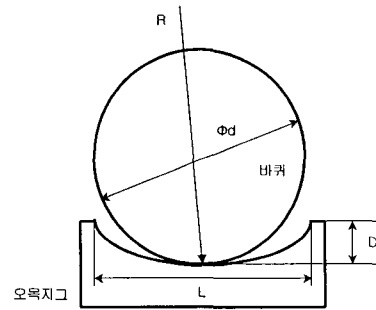


Fig. 2-2. 정추력 시험결과



(a) 제진시스템 상세도



(b) 오목지그 설계변수

Fig. 2-3. 오목지그형 제진시스템

제진시스템은 메인프레임과 리니어모터 사이에 설치된 4개의 오목지그와 오목지그 가운데 위치하는 바퀴 및 바퀴를 지지하는 대차 등으로 구성된다. 오목지그의 효과를 최대로 하는 곡률값은 실험적으로 구하였으며, 오목지그 곡률은 556mm, 바퀴직경은 97mm 이다.

3. 진동 컨베이어의 특성 시험평가

진동 컨베이어의 특성과 제진 시스템의 특성을 실험한 결과는 다음과 같다.

① 최대가속도

리니어모터가 진동원으로서 사용될 경우의 최대 가속도를 알아보는 시험으로서 가감속시간을 고정하고 다음 속도를 변화시킴으로써 리니어모터가 정상적으로 동작하는 최대속도를 찾아내는 방법으로 시험하였다. 가감속시간을 30ms로 하고, 속도를 변화시킨 경우 500mm/sec 가 최대속도이며, 최대가속도는 1.7G($G=9.8m/s^2$) 이다.

② 최대속도

가감속시간에 영향을 받지 않고, 이송거리를 최대한 크게 하였을 경우에 도달할 수 있는 최대속도를 얻고자 하는 시험으로 가감속시간과 이송변위를 고정하고 속도를 점차 올려감으로써 모터부가 스테이터부에 대하여 미끄러지지 않는 상태(탈조)의 최대값을 얻어내는 시험이다. 가감속시간을 90ms로 하고, 변위를 60mm로 하였을 경우에 최대속도는 670 mm/sec에 해당하는 것으로 평가되었다.

③ 감속시간 변화에 의한 매질이송속도의 영향

가속시간을 30ms, 속도는 500mm/sec로 고정하고 다음, 감속시간을 80(0.64G), 110(0.46G), 130(0.39G), 150(0.34G), 210ms(0.24G) 등으로 변화시킴으로써 매질의 이송속도를 측정하였다. Fig. 3-1에 감속시간의 변화에 따른 매질이송속도의 변화를 보였다.

시험에 적용한 감속시간들의 경우에는 매질이송속도 변화에 큰 영향은 없는 것으로 평가되었다.

④ 이송거리 변화에 의한 매질이송속도의 영향

매질이송속도는 본질적으로 본 과제가 목표로 하는 최종적인 성능에 해당하는 것으로 중요한 평가요소 중 하나이다. 이 중에서도 가감속시간을 일정하게 두고, 변위(진폭)만을 증가시킬 경우에 트랩(슈트)위의 매질이 이송해가는 속도를 평가하고자 한다.

이송속도의 측정방법은 일정시간동안 움직인 거리를 측정하여 속도로 환산하였으며, 그 결과는 Fig. 3-2 와 같다. 진동진폭(이송거리)이 증가할수록 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있으며, 최대 7.2m/min의 매질이송속도를 보여주고 있다.

④ 제진특성

Fig. 3-3의 경우에는 12.6kg의 모터가 진동 컨베이어로 조립된 상태에서 3.6kg의 가반중량을 포함한 채, 모터부 1개에 해당하는 정추력 410N 모터의 왕

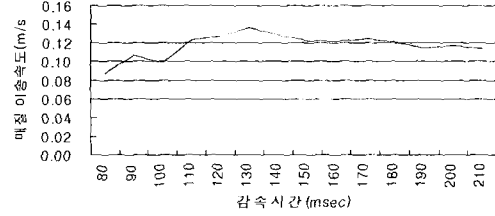


Fig. 3-1 감속시간 변화에 대한 매질 이송속도

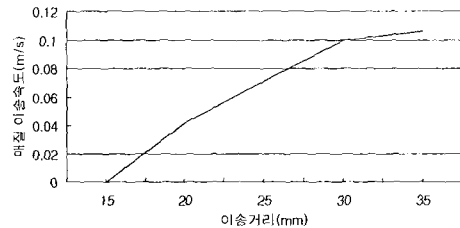


Fig. 3-2 이송거리 변화에 대한 매질 이송속도

복거동을 보여주고 있다. 시간에 대한 변위신호를 보게 되면, 모터부 트랩(슈트)의 움직임이 일정 스트로크로 움직일 때, 스테이터는 모터부에 비하여 작게 움직이는 것을 알 수 있다. 이것은 하부질량의 효과로 인하여 모터의 가감속에 의하여 발생하는 진동요소가 상부의 거동에 집중하고 있다는 것이다.

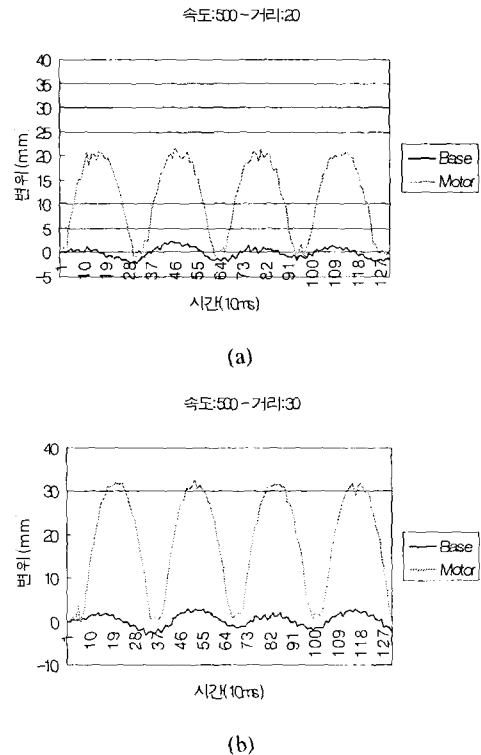
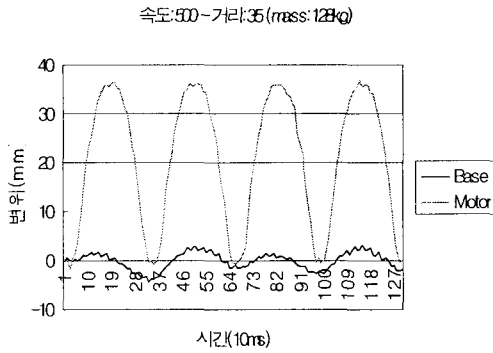
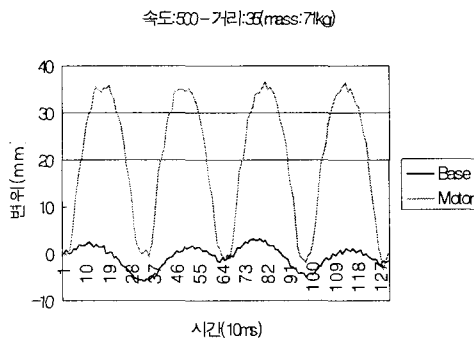


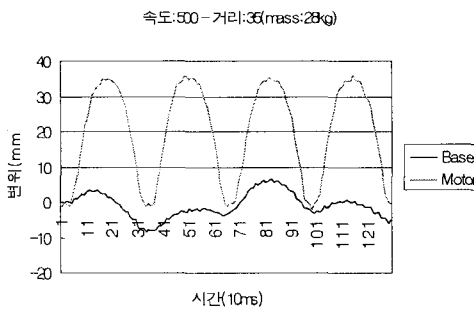
Fig. 3-3 왕복거동시 모터와 모터베이스의 진동변위



(a)



(b)



(c)

Fig. 3-4 질량변화시 모터와 모터베이스의 진동변위

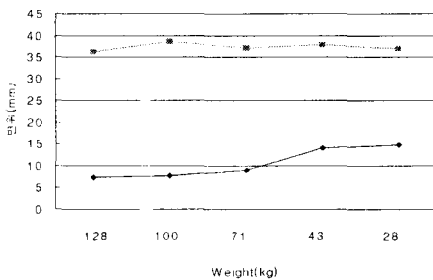


Fig. 3-5 하부질량변화에 최대진폭의 변화

Fig. 3-4 와 3-5 는 최대속도 0.5m/s, 가속시간 0.03sec, 감속시간 0.11sec, 진동변위 35mm로 고정하고, 하부베이스의 질량에 변화를 주었을 경우에 모터와 스테이터의 변위에 대한 결과이다. 질량의 변화에 따라 모터변위는 관계없이 일정하지만 하부베이스의 경우에는 질량이 적어짐에 따라 변위 진폭이 커지고 불안정해지는 것을 확인하였다. 따라서 안정적인 제진특성을 위해서는 하부질량은 상부질량보다 10배 이상 크게 유지하는 것이 좋다고 판단된다.

5. 결론

본 연구를 통하여 개발된 리니어모터식 진동컨베이어의 특성을 평가하는 방법 및 장치를 고안하였으며, 개발된 평가방법으로 시험한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 개발된 진동컨베이어의 매질 이송속도는 진동진폭이 증가할수록 선형적으로 증가하며, 최대 7.2m/min 의 매질반송속도를 구현하였다.
- 2) 안정적인 제진을 위해 컨베이어의 하부질량은 상부질량보다 10배 이상을 유지하여야 한다.

후기

본 연구는 산업자원부의 산업기술개발 공통핵심과제의 연구사업비의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Karolowski, B., "An Investigation of Various Conveyor Belt Drive System Using a Mathematical Model," Bulk Solids and Handling, Vol. 6, No. 3, pp. 349-354, 1986.
2. Schulz, G., "Further Results in the Analysis of Dynamic Characteristics of Belt Conveyors," Bulk Solids and Handling, Vol. 13, No. 4, pp. 705-710, 1993.
3. 최헌중, 강은구, 정일용, 이석우, "공작기계용 리니어모터의 운동성능 평가에 관한 연구," 한국공작기계학회 춘계학술대회논문집, pp. 215-220, 2002.
4. 정재한, 박재완, 박재한, "공작기계용 절심형 리니어모터 기술개발(2)," 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp. 82-85, 2002.