

# 볼발란서를 채용한 드럼세탁기 동적 거동해석

## Dynamic Analysis of a Front Loading Washing Machine with Ball Type Balancer

\*최원석<sup>1</sup>, #심재경<sup>2</sup>

\*W. S. CHOI<sup>1</sup>, #J. K. SHIM(jkshim@korea.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 기계공학부 대학원, <sup>2</sup>고려대학교 기계공학부

Key words : Ball Type Balancer, Front Loading, Washing Machine

### 1. 서론

세탁기는 세탁물을 넣는 방법과 세탁 방식에 따라 크게 상부에서 세탁물을 넣는 탑로딩(Top loading)형 펄세이터(pulsator) 세탁기와 세탁물을 앞에서 넣는 프론트 로딩(Front loading)형 드럼(drum) 세탁기로 나눌 수 있다. 이 중 드럼세탁기는 물을 적게 사용하며, 세탁물의 손상이 적고, 가열 및 건조기능이 있는 장점이 있지만, 펄세이터 세탁기에 비해 가격이 비싸고, 소음과 진동이 심한 단점이 있다.

드럼 세탁기에서 진동의 주된 이유는 세탁물이 드럼 내에서 골고루 분포하지 않고 한쪽으로 치우쳐 분포할 경우 회전체의 불평형 질량으로 작용하여 고속 회전시 발생하게 되는 원심력 때문이다. 이러한 진동을 개선하기 위해 균형추(balance weight)의 중량을 높이거나 스프링과 댐퍼의 최적 설계, 세탁물의 불평형을 감지하는 제어 기능 개선 등의 방법이 적용되었다. 그러나 최근 탈수 성능을 높이기 위해 드럼 세탁기의 회전 속도가 높아지면서 보다 적극적인 진동 개선 대책으로 볼발란서(ball type balancer)를 채용한 제품이 출시 되고 있다.

최근 신제품의 주기가 짧아지면서 제품 개발기간의 단축에 대한 관심이 많아지고 있다. 따라서, 개발 단계에서 제품 설계 후 실험용 모형(Mock-up)을 통해 진동 특성을 검증할 경우 발생하는 시간과 비용을 줄일 수 있는 가상 모형(Virtual prototype)을 도입하고 있다.

본 연구에서는 ADAMS 를 이용하여 볼발란서를 채용한 드럼 세탁기의 동적 특성을

파악하고 여러 설계 변수에 의한 진동 변화를 확인하였다.

### 2. 볼발란서의 원리 및 구조

볼발란서의 원리는 Fig 1 과 같이 탄성을 가진 축에 불평형질량에 의해 축이 회전하면서 원 Whirling 을 하게 되는데, 축의 회전속도가 낮을 때는 무게 중심(G)이 축의 중심(S)보다 바깥에 위치하지만, 회전속도가 임계속도보다 커지게 될 경우 축 중심 안쪽으로 이동하게 되는 Jeffcott 의 이론에 근거하고 있다<sup>1)</sup>. 이때 볼은 항상 바깥쪽을 향해 움직이려 하므로, 발란서의 역할을 하게 된다.

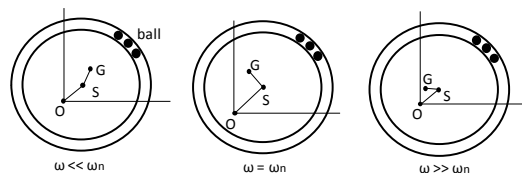


Fig. 1 The Principle of Balancing

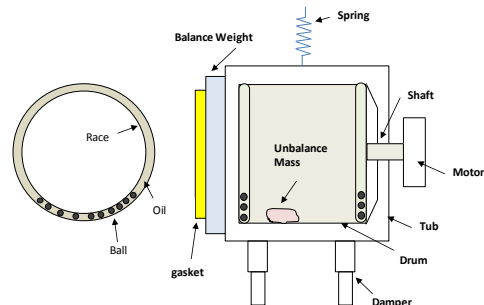


Fig. 2 The Structure of Washing machine

드럼 세탁기는 Fig 2 와 같이 세탁물이 회전하는 공간인 드럼(drum)과, 물을 저장하고 드럼, 모터 등이 부착되는 터브(Tub), 스프링, 댐퍼 등으로 구성된다. 불발란서는 금속 볼과 윤활유, 그 둘을 감싸는 레이스(Race)로 구성된다. 불발란서는 드럼의 전후에 2 개씩 부착되며, 내부의 볼은 드럼 회전시 허용하는 불평형질량의 크기를 감안하여 질량과 개수가 결정된다.

### 3. 해석 결과

각 부품의 질량과 관성모멘트는 I-DEAS 를 이용하여 모델링을 하였다. 불평형 질량은 1.2kg 을 가정하였고, 모터의 구동은 10 초간 초당 60rpm 씩을 600rpm 까지 증가시키고, 이후 10 초간은 600rpm 을 유지하였다.

해석 결과는 Fig 3 의 두개의 그래프와 같이, 불발란서를 적용할 경우, 정상상태 진폭은 10mm 에서 2mm 이하로 줄어드는 것을 볼 수 있었으나, 과도 상태에서 진폭은 약간 증가하였다. 이를 개선하기 위한 방법으로 전후 각 발란서를 서로 다른 점성계수를 적용한 2 개의 레이스로 구성한 경우, 각 레이스의 볼의 움직임이 시간에 따른 위상차가

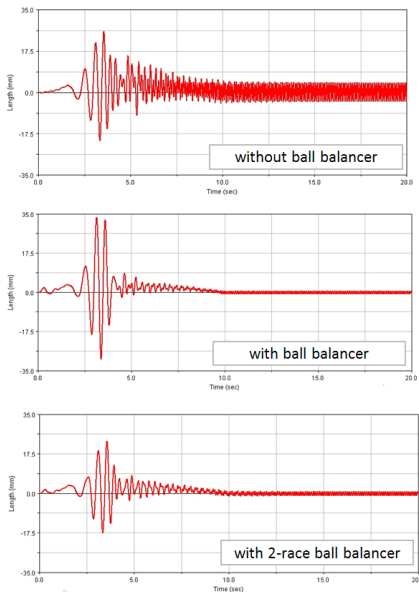


Fig. 3 The Simulation results (amplitude).

발생하여 과도 상태에서의 진폭이 줄어 드는 것을 확인할 수 있었다.

모터의 각가속도가 120 rpm 일 경우에는 과도상태의 진폭이 다소 증가하였다.(Fig.4)

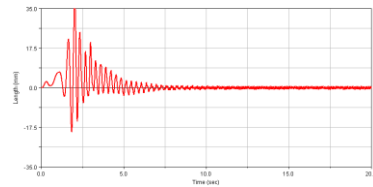


Fig. 4 In case of 120 rpm/s Angular Acceleration

세탁물의 불평형 질량을 0.6kg 으로 변경하였을 경우, Fig 5 와 같이 진동은 5mm 정도로 늘어나는데, 이는 불평형 질량에 의한 원심력보다 불발란서에 의한 원심력이 더 크기 때문이다.

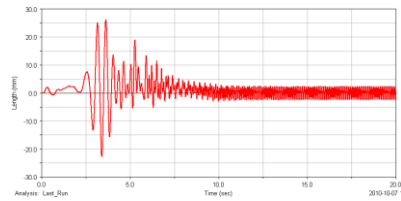


Fig. 5 In case of 0.6kg unbalance mass

### 4. 결론

불발란서를 채용한 드럼세탁기의 진동이 줄어드는 효과를 ADAMS 를 이용한 가상 모형을 통해 확인하였고, 점성이 서로 다른 2 개의 race 를 부착할 경우의 효과 및 각가속도와 불평형 질량의 변화에 따른 진동의 영향을 알 수 있었다.

### 참고문헌

1. Jeffcott, H.H, 1919, "The Lateral Vibration of Loaded shafts in the Neiborgooh of Whirling Speed." Philosophical Magazine, Vol. 6, pp. 304~314
2. Jo, S.O., Lee, J.U. and Kim, T.S., 1998, " Modeling and Dynamic Analysis of a Front Loaded Washing Machine with Ball Type Automatic Balancer", Journal of KSNVE, Vol. 8, No. 4, pp.670~682