

대형 화물창용 고소 작업대 모델의 진동 저감을 위한 입력성형 기법 연구

Research on Reducing Vibration of Aerial Work Platform for Containment System using Input Shaping Method

**옥진성¹, 권순도¹, 김상준¹, 김성엽¹, 고명석¹

**J. S. Ok(jsok@dsme.co.kr)¹, S. D. Kwon¹, S. J. Kim¹, S. Y. Kim¹, M.S. Ko¹

¹대우조선해양(주)

Key words : Aerial Work Platform, Input Shaping Method, Reducing Vibration

1. 서론

최근 일본 후쿠시마 원전 사고 이후 일본 내 이종 연료 발전 설비를 갖춘 발전소들이 전기 생산 연료를 LNG, 연료유, 원유 등으로 전환했다. 이러한 이유로 전세계적으로 LNG 선 수요가 증가하고 있다. 이전에는 단순히 LNG 을 수송하는 역할이 주었던 LNGC (Liquefied Natural Gas Carrier)에서 벗어나 LNG-FPSO (Floating Production Storage Offloading) 또는 LNG FSRU (Floating Storage & Regasification Unit)등의 FLNG 로 확대되고 있다. 이러한 선박의 중요한 설비 중 하나가 LNG 를 보관하는 화물창이다. 이러한 대형 화물창에 문제가 발생시 메인テナンス 기간을 최소화하고 파도나 바람 등의 흔들림에도 안전성을 확보할 수 있는 대책이 필요하다.

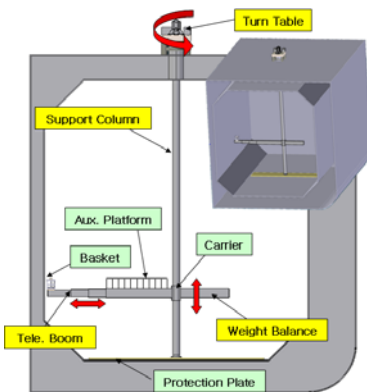


Fig. 1 Concept Design of Aerial Work Platform

이에 대우조선해양(주)에서는 대형 LNG 화물창의 메인テナンス를 위한 새로운 작업 방식을 제시하고 그 목적을 맞는 전용 고소 작업대 모델을 개발하고 있다.¹

제작중인 고소 작업대를 이용하여 작업시 정확한 제어와 안전성을 확보하기 위해서는 구동시 붐 끝단의 저진동이 요구된다. 이에 입력 성형기법을 적용하여 문제를 해결하고자 한다.

2. 고소 작업대 모델

개발중인 고속작업대는 원통형 Work Space 를 가지는 3 자유도로 구성된다. Support Column 회전을 위한 Turn Table 1 축과 수평(Tele. Boom)및 수직(Carrier)의 직교 2 축으로 구성된다. 붐대 말단 부분에 설치된 바스켓의 수평방향으로 이동에는 6 단 Telescopic 붐 방식을 적용하였고 최대 사용거리는 24m 이다.

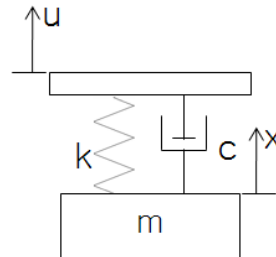


Fig. 2 Modeling of Telescopic Boom

시스템 수평방향으로 이동하는 부분을 제외하면 회전과 수직 운동으로 독립적으로

구성된 Spring-Mass-Damper 시스템으로 식(1)와 같이 모델링 할 수 있다.³

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = c\dot{u} + ku \quad (1)$$

u 는 입력을 말하면, 회전 운동일 경우는 회전각이고, 수직운동을 할 경우는 수직 거리를 말한다. x 는 입력에 대한 봄 끝단의 출력 수직 거리 또는 회전 각도이다.

Telescopic 봄을 최대로 펴져 있는 경우로 고려하여서 중량에 따른 처짐량을 계산하여 스프링상수를 구하면 중력방향인 중방향은 5.7kN/m, 횡 방향은 2.1kN/m 이다. 봄대 무게를 고려하여 고유진동수(Natural Frequency)를 구하면 최소 중량 50kg 인 경우에는 중 방향은 0.52Hz, 횡 방은 1.03Hz 가 되고, 최대 중량인 350kg 경우에는 각각 0.42Hz, 0.39Hz 이다.

3. 입력성형기법

입력 성형기법은 센서 등의 되먹임 신호를 이용하지 않는 개루프 제어방법이다. 대상 시스템의 고유진동수(Natural Frequency), 감쇠비(Damping Ratio)의 2 개 정보를 이용하여서 계산한다.²

시스템에 2 개의 임펄스 시차를 두고 가한 경우의 잔류진동은 식(2)와 같다.

$$V(\omega, \xi) = e^{-\xi\omega_d t_n} \sqrt{C(\omega, \xi)^2 + S(\omega, \xi)^2} \quad (2)$$

여기서 $C(\omega, \xi), S(\omega, \xi)$ 는 다음과 같다.

$$C(\omega, \xi) = \sum_{i=1}^n A_i e^{\xi\omega_d t_i} \cos(\omega_d t_i)$$

$$S(\omega, \xi) = \sum_{i=1}^n A_i e^{\xi\omega_d t_i} \sin(\omega_d t_i)$$

A_i 와 t_i 는 임펄스의 크기와 시간이다. ω_d 는 감쇠 고유진동수이다. 진동크기 $V(\omega, \xi)$ 를 최소화 하기 위해서 A_i 와 t_i 를 구한다.

2 절에서 구한 정보를 이용하여서 시뮬레이션을 수행하면 결과는 Fig. 3 과 같다. 최대중량일 때 0.5m 를 중 방향으로 상승하였을 경우로 가정하여서 시뮬레이션을 하였다. 입력 방법은 ON/OFF 스위치인 경우인 계단 입력과 입력성형기법인 ZV(Zero Vibration), ZVD(Zero Vibration and Derivative) 그리고 S-Curve 방법 4 가지를 하였다. 계단 입력인 경우에는 빠른 응답이지만 다른 입력보다 잔류 진동이 크고 수

렴 시간이 늦다. S-Curve 입력 방법은 다른 입력보다 잔류 진동이 작지만 진동이 없는 경우를 찾으려면 다른 입력보다 수렴 시간이 많이 걸린다. ZVD 방법은 원하는 위치의 잔류 진동이 적지만 도중에 진동이 발생한다. 그리고 ZV 방법은 다른 방법에 비해서 수렴 속도가 빠르고 잔류 진동량이 적다.

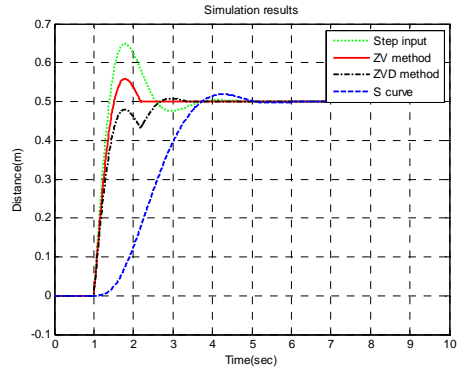


Fig. 3 Result of Simulation: Step Input, ZV(Zero Vibration) method, ZVD(Zero Vibration and Derivative) method and S-Curve

4. 결론

본 논문은 대우조선해양에서 개발중인 대형 화물창용 고속 작업대 작업 시 진동 저감을 위한 입력성형 기법에 관한 것으로 고속 작업대 특성을 파악하여서 모델링하고 이 모델링을 바탕으로 입력성형 기법 및 다른 입력 방법으로 시뮬레이션을 하여서 각각 입력에 대한 결과를 분석하였다.

참고문헌

1. 권순도, “대형 화물창용 고소 작업대 모델 개발”, 한국정밀공학회 춘계학술대회, 2012
2. Singh, T., Singhose, W. “Input shaping/time delay control of maneuvering flexible structures”, American control Conference, 2002
3. S. S. Rao, “MECHANICAL VIBRATION, 4th Edition”, Prentice-Hall
4. 홍성욱, 박상원, W.E. Singhose, “정밀 위치결정 시스템의 진동 저감을 위한 입력성형 기법”, 한국 정밀공학회지, **25**, 26-31, 2008.