

Built-in Guide rail 형 Building Maintenance Robot 의 지진-풍하중 실험 시스템 개발

Development of a seismic-wind load effect experiment system for Built-in Guide rail Building Maintenance Robot

*김성원¹, #홍대희¹, 문성민¹, 허재명¹

*S. W. Kim¹, #D. H. Hong(dhhong@korea.ac.kr)¹, S. M. Moon¹, J. M. Huh¹

¹고려대학교 기계공학부

Key words : Built-in Guide Rail, Seismic experiment, Safety factor, Load cell

1. 서론

현대 도시의 건축구조물은 과거와 비교해 고층화 및 대형화되고 있다. 특히 Curtain wall 외장 방식을 사용하는 건축물이 많아지고 있는데 이러한 외장 방식의 건축물은 시공 후에도 외벽 유지보수 작업이 주기적으로 요구된다. 기존의 외벽 유지보수 작업은 주로 끈돌라타입이었고, 이러한 끈돌라 시스템의 단점을 극복한 Built-in Guide rail 을 이용하는 수평형 유지관리 로봇을 개발하였다. 끈돌라를 이용하지 않는 수평형 시스템의 개발을 위해서는 로봇의 수평 이동에 대한 안전성을 검토해야 한다.

본 논문에서는 Fig.1 과 같이 Built-in Guide Rail 을 따라서 이동하는 Building Wall Maintenance Robot(BWMR)의 이동장치의 축에 가해지는 로봇 하중에 대한 안전성을 검토하는 1 차, 2 차 구조를 가지는 실험 시스템을 다루고, 진동 시험기를 적용하여 실제 로봇 메커니즘에 가해지는 지진 및 풍하중에 대한 영향을 구체적 형태로 제시하고 실제 로봇의 안전성을 확인하였다.

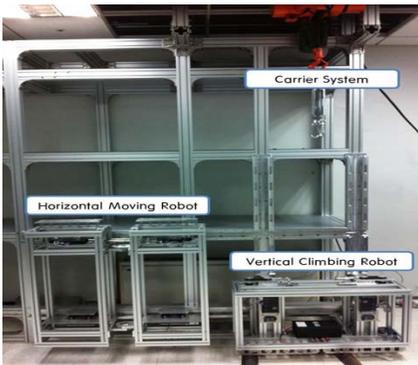


Fig. 1. Component of BWMR[1]

2. 지진-풍하중 실험 시스템

Fig.2 와 같이 건물을 1 차 구조물 (primary structure) 이라 가정하고, 2 차 구조 (secondary structure) 에 대해 영향을 미친다고 고려하였을 때, 지진과 풍하중에 대한 영향의 총합을 진동기(shaker)의 입력으로 대체 할 수 있다

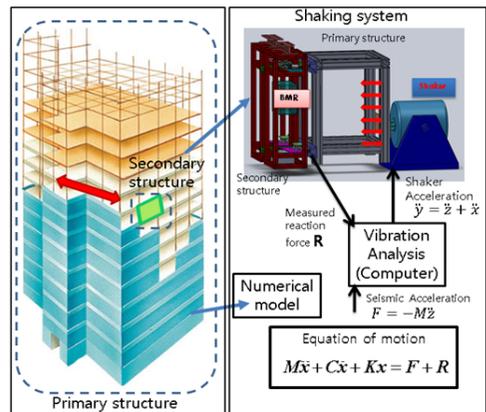


Fig. 2. Schematic view of the shaking system

이 방법은 1 차, 2 차 구조물이 완전히 서로 결합되어 상호작용하지 않을 때는 적용할 수 없지만 레일에 강력하게 체결된 시스템에서는 적용이 가능하다. 위 시스템의 운동 방정식 (Equation of motion)은 다음과 같이 표현된다.

$$M \ddot{x} + C \dot{x} + K x = F + R \quad -(1)$$

M : Mass of secondary system

C : Damping coefficient

K : System stiffness

x : Relative displacement vector

F : External force vector

R : Reaction force vector generated at the boundary of the actual and the numerical models.

1 차구조에서 가해지는 외부힘(external force) F 는 지진-풍하중 응답에서 산출되었고, 2 차 시스템의 반력(reaction force) R 과 합하여 전체 시스템에 가해진 힘으로 표현할 수 있다.

3. 실험의 구성

시스템 반력을 측정하기 위해서 수평로봇의 축에 Fig.3 처럼 로드셀(Load Cell)을 적용하였다. 실험에 사용된 로봇은 기존 로봇과 같은 위치, 같은 치수로 제작되었다.

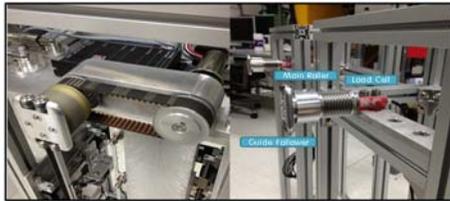


Fig. 3. Comparison of the robots

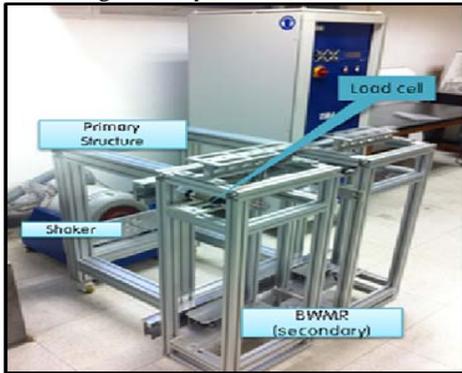


Fig. 4. Experiment system

4. 지진-풍하중 실험

위의 실험구성으로 지진계 Mercalli Scale 기준 7 지진 강도의 최대치를 고려하여 산출된 0.15g, 고층 건물의 기준 풍하중(30m/s)에 의한 영향 0.05g 를 합산하여 총 0.2g 의 가속도(9Hz) 의 input 을 Fig.4 와 같이 시스템에 가하였더니 시스템에 적용된 로드셀 에서 Fig.5. 형태의 output 을 획득하였다.

5. 결론

본 연구는 수평형 유지관리 로봇의 지진 및 풍하중에 대한 안정성 검사를 위해 수행되었다. 설계강도 산정시 중진 또는 강진지역에 위치하는 경우 설계강도에 0.75 를 곱하게

되어있는데, 이는 설계강도를 25% 낮추며 추가하중에 대비한 여유치이다. 따라서 로봇의 중량에 1.25 배를 하여 나온 부재력이 설계강도를 만족 한다면 지진하중에 대한 안전성에 문제가 없을 것이고, 그래프상 실험 초기에 상단 Bending Load cell 에 가해진 로봇의 하중(55.4kgf)에 대하여, 가진시 최대치가 하중의 1.25 배인 69.25kgf 를 초과하지 않으므로 안전성에 문제가 없다고 판단된다.

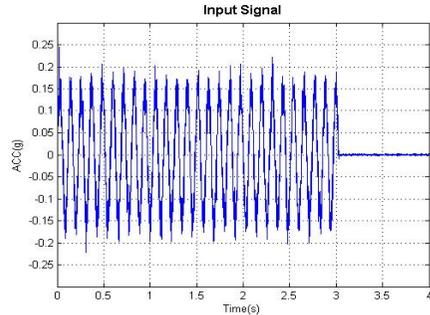


Fig. 4. Input acceleration of shaking device

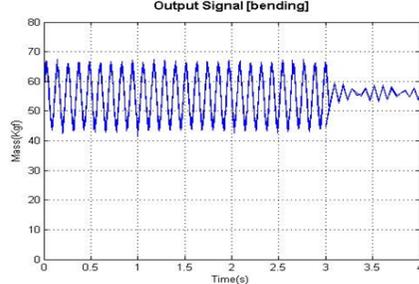


Fig. 5. Bending Beam Force measurement

후기

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국 건설교통 기술 평가원에서 위탁 시행한 2011 년도 건설기술혁신사업(과제번호: 10 기술혁신 E03)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. S.M.Moon, D.Hong, S.W.Kim, S.Park, "Building Wall Maintenance Robot Based on Built-in Guide Rail", Proc. of 2012 IEEE International Conference on Industrial Technology, pp. 509-514, 2012
2. Horiuchi, T., Inoue, M., and Konno, T., "Development of a real-time hybrid experimental system using a shaking table," JSME Int'l J., Ser. C, 42, 2, pp. 255-264, 1999