

지진격리된 복층구조 파이핑 시스템의 내진성능평가

Seismic Performance Evaluation of Base-Isolated Multi-Story Piping System

전 준 태* · 류 용 희** · 주 부 식***

Jeon, Jun-Tai · Ryu, Yong-Hee · Ju,, Bu-Seog

요 약

본 연구는 지진격리장치가 적용된 파이핑 시스템에서 빌딩과 같은 구조요소의 상호작용에 의한 동적 거동을 분석하고자 기존 복층구조 파이핑 시스템과 빌딩시스템에 triple friction pendulum이 적용된 격리장치를 적용 하였다. 파이핑 시스템의 시간이력해석에 의한 동적거동 평가를 위해 OpenSees를 이용하여 지진격리된 빌딩 및 파이핑시스템의 수치해석모델을 구축하였으며, 또한 파이핑시스템의 경우 ceiling system and supporting system 등과 같은 요소로 구분하여 유한요소모델을 구축하였다. 결과적으로 지진격리장치가 적용된 빌딩-파이핑 시스템의 경우 각층의 drift 및 변위가 일정한 반면 비 적용된 시스템의 경우 층 가속도에 의한 구조물의 변위가 빌딩층에 따라 상당히 증가함을 볼 수 있다.

keywords : Piping system, 유한요소, 시간이력해석, 지진격리장치

1. 서 론

최근 한반도내 지진발생빈도와 지진규모의 증가로 인하여 국가 주요시설물의 내진 안전성에 대한 평가가 이슈화 되고 있다. 경주 지진의 경우 규모 5.1의 지진과 규모 5.8의 여진이 동반하여 경주지역의 시설물 및 구조물에 대한 피해를 가중 시켰으며, 또한 경주지진의 경우 비구조요소에 대한 지진 안전성 문제를 초래 하였다. 과거 1994 Northridge 지진 (미국) 및 1995 Kobe 지진 (일본)의 경우 파이프라인과 같은 비구조요소의 파괴로 인하여 폭발 및 화재와 같은 2차 피해가 발생 하였으며, 이는 비구조요소의 지진에 대한 상당한 취약성이 구조요소보다 상당히 큰 것으로 나타나고 있음을 의미 한다. 현재 내진 설계기준의 경우 비구조요소 보다 구조요소에 초점을 맞추어 비구조요소의 지진에 대한 취약성을 보이고 있으며, 또한 주요시설물의 비구조요소에 대한 초기건설투자비용의 경우 전체 비용의 약 70%의 비용을 포함하고 있어 지진발생시 상대한 피해가 비구조요소에서 발생함을 의미한다 (Reitherman, 2010). 따라서 본 연구에서는 기존 단층 파이핑 시스템에서 복층구조의 파이핑 시스템을 적용하여 내진 성능을 평가하고 또한 파이핑 시스템의 지진피해 저감을 위하여 지진격리장치를 적용하여 복층구조 파이핑시스템의 내진성능을 향상시키고자 한다.

* 정희원 · 인하공업전문대학 토목환경과 교수 jtjeon@inhac.ac.kr

** Department of Civil Engineering, North Carolina State University, Ph.D yryu@ncsu.edu

*** 경희대학교 사회기반시스템공학과 조교수 bju2@khu.ac.kr

2. 파이핑 시스템 및 지진격리장치

파이핑 시스템의 경우 주요시설물내 소방방호 수계 파이핑 시스템을 선택하여 파이핑 시스템의 연결부와 파이프라인, 앵커시스템, 그리고 ceiling 시스템으로 구분하여 OpenSees를이용하여 수치 해석 모델링을 하였다. 또한 주요구조물에 지진격리시스템을 적용하여 지진파의 에너지를 분산시키고 지진피해 저감을 위해 지진격리시스템을 적용하였다. 특히 본 연구과제에서는 OpenSees프로그램의 Triple Friction Pendulum Isolator를 적용하여 그 성능을 검증 하였다. 그림 1의 경우 복층구조 파이핑 시스템과 지진격리장치를 보여주고 있다 (~~~~~reference).

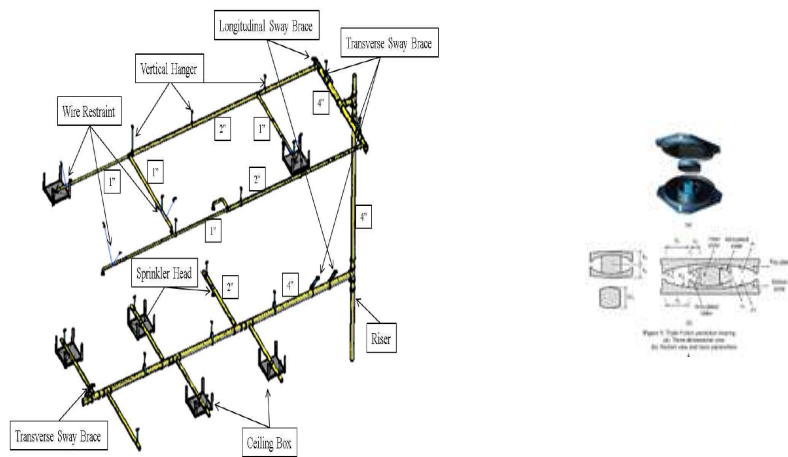


그림 1. Multi-Story Piping System and Triple Friction Pendulum Isolator Model

3. 시간이력해석

Triple Friction Pendulum Isolator의 내진성능을 검증하기 위해 본 연구에서는 선형시간이력 해석을 적용하여 그 성능을 검증 하였으며 또한 Multi-Story Piping 시스템의 거동분석을 실시하여 다음 그림 2와 같은 결과를 도출하였다. 고유치 해석을 통한 지진격리장치가 적용된 파이핑시스템과 그렇지 않은 파이핑 시스템의 fundamental frequency의 경우 각각 2.37 Hz와 2.77 Hz를 보이고 있어 지진격리장치에 따른 고유진동수가 변함을 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 주요시설물내 비구조요소 즉 파이프라인의 내진성능 향상과 지진피해 저감 기술 확보를 위한 지진격리 장치를 구조물에 적용하여 복층구조 파이프라인의 내진성능을 시간이력해석을 통하여 검증 하였다. 또한 지진격리장치가 적용된 파이프라인의 고유진동수 변화로 인하여 지진에 따른 파이핑시스템의 거동 또한 평가 되어져야 할 것으로 판단한다. 그림 2.에서 지진격리 장치가 적용된 시스템의 변위값의 경우 각 층별로 일정한 값을 보이는 반면 지진격리장치가 없는

경우 변위값이 고층으로 올라 갈 수 록 선형적으로 증가함을 볼 수 있다. 이는 지진격리 장치가 지진파의 에너지를 흡수/분산시키는 결과라고 볼 수 있다.

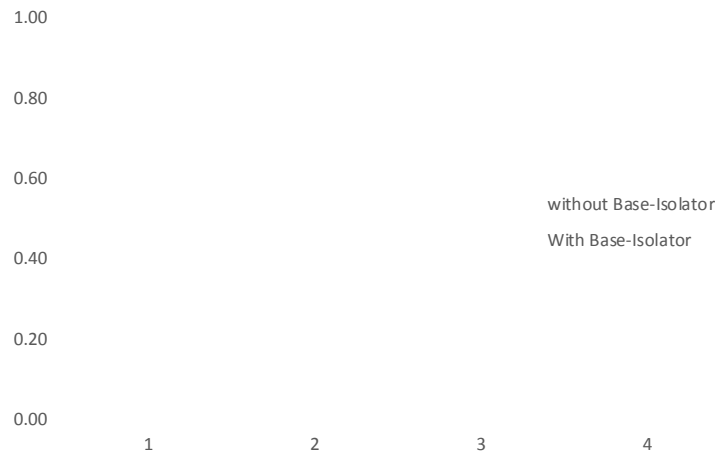


그림 2. 시간이력해석에 의한 지진격리장치의 성능 비교

감사의 글

"이 연구는 2016학년도 경희대학교 연구비 지원에 의한 결과입니다."(KHU-20161374)

참고문헌

- Reitherman, R.** (2010) Nonstructural earthquake damage, Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering, Richmond, CA, USA
- Ryu, Y.H.** (2013) Fragility of piping systems and reliability of piping components, Ph.D. dissertation North Carolina State University.
- Dao, N.D.** (2012) Seismic response of a full-scale 5-story steel frame building isolated by triple pendulum bearings under 3D excitations, Ph.D. dissertation, University of Nevada, Reno