

2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

Twisted 비정형 건축물의 TMD 적용에 따른 변위 응답 제어 성능 평가

Evaluation of Displacement Response Control Performance According to TMD Application of Twisted Irregular Buildings

○ 유 상 호* 구 승 연* 이 연 주* 이 주 희* 강 주 원**
Yoo, Sang-Ho Ku, Seung-Yeon Lee, Yeon-Ju Lee, Ju-Hee Kang, Joo-Won

Abstract

In this study, the dynamic characteristics of three irregular analysis models were analyzed to evaluate the displacement response control performance by installing a TMD on a twisted irregular structure. Three irregular analysis models have a rotation angle of 1 degree per story, and three historical seismic loads and resonance harmonic seismic loads are carried out in the X and Y directions. A total of 5 variables were set by reducing the total mass ratio from 1.0% to 0.1% when installing the TMD, and a TMD was installed on the top story of the analysis model to conduct research. when a TMD of 1.0% of the total mass ratio was installed, the displacement response control performance of the top floor was the best.

키워드 : 비틀어진 형상 구조물, 동조질량감쇠기, 변위 응답 제어 성능

Keywords : Twisted Structure, Tuned Mass Damper, Displacement response control performance

1. 서론

인구의 과집중화로 등장하게 된 초고층 건축물은 높은 지가의 대지를 효율적으로 사용할 수 있는 해결책으로 나타났다.¹⁾ 초기 초고층 건축물들은 정형적인 형상으로 나타났으나, 시공 기술 및 설계기술의 발전과 IT기술, 구조시스템 성능향상으로 인해 자유 형상(Free form) 및 비정형 형상(Irregular shape)으로 건설되었다. 이러한 비정형적 형상으로 인해 정형적 형상을 가지는 초고층 건축물에 비해 구조적 취약성을 가지게 되며, 이를 보완하기 위해 진동제어장치나 면진장치를 사용할 수 있다. 제진시스템의 종류 중 하나인 동조질량감쇠기(Tuned Mass Damper, 이하 TMD)는 구조물의 고유진동수를 기반으로 설계되며 구조물에 하중이 작용하였을 때 구조물에 발생하는 진동을 제어하는 진동제어장치이다. TMD는 스프링, 질량체, 감쇠장치로 구성되어있으며, 스프링의 강성값과 감쇠장치의 감쇠값에 따라 진동제어 능력이 확보된다. 강성값과 감쇠값은 설치되는 TMD의 질량비에 따라 결정되며, TMD 설치에 있어 질량비는 주요 변수로 작용한다. 따라서, 본 연구에서는 설치되는 TMD의 총 질량비를 주요 변수로 설정하여, TMD 설치에 따른 변위 응답 제어 성능을 평가하고자 한다.

2. 해석모델

본 연구에서는 선행연구²⁾를 참고하여 해석모델을 생성하였으며, 해석모델의 제원은 표1에 나타내었다. 해석모델은 그림 1과 같이 평면 36m×36m, 층고 3.9m를 가지며 비틀림 각도를 1도로 고정하였으며, 해석모델별 층수를 변수로 설정하여 규모가 각각 60층, 80층, 100층인 해석모델을 생성하였다. 해석 모델 명명은 층수와 층당 비틀림 각도에 따라 명명하였으며, 모드중첩법을 통한 시간이력해석을 실시하였다. 역사지진하중인 Northridge(1994), Loma prieta(1989), Mexico city(1985) 지진하중과 고유치해석을 통한 고유 진동수를 이용하여 생성된 공진조화 지진하중을 X,Y방향으로 양방향 가력하였다.

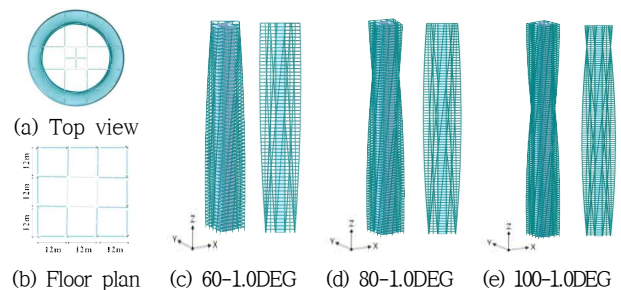


그림1. 해석모델 상세

* 영남대 일반대학원 건축학과 석사과정

** 영남대 공과대학 건축학부 교수, 공학박사

(Corresponding author : School of Architecture, Yeungnam University, kangj@ynu.ac.kr)

이 연구는 2024년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호 : NRF-2023R1A2C1002542

1) 정경태, 초고층 건축물의 비정형 입면디자인 요소 및 구조시스템, 대한건축학회지회연합회 논문집, 25권 4호, 2023.08, pp.37~44
2) 이다혜, 비틀림 형상을 갖는 고층 구조물의 정적 및 동적응답 특성 분석 석사학위논문, 영남대학교 대학원 건축학과 건축공학전공, 2021

표1. 해석모델 제원

재료	기둥	SS275
	보	
단면	전단벽	C24
	기둥	H-700×700×45/70
	보	H-700×300×13/24
높이	전단벽	C24
	60-1.0DEG	60F×3.9m=234m
	80-1.0DEG	80F×3.9m=312m
	100-1.0DEG	100F×3.9m=390m

3. 해석결과

3.1 고유치 해석

세 가지 해석모델의 고유치분석을 위해 15차까지 고유치 해석을 실시하였으며, 60-1.0DEG, 80-1.0DEG, 100-1.0DEG 해석모델 순서로 10차, 11차, 11차모드에서 질량참여율 90%를 초과하였고 모델별 고유주기는 각각 7.217초, 11.706초, 17.238초로 나타났다.

3.2 최상층 변위

해석모델별 지진하중에 따른 TMD의 변위응답 제어 성능을 평가하기 위해 설치되는 TMD의 총 질량비를 변수로 설정하였으며, 총 질량비를 1.0%부터 0.1%까지 감소하여 총 5개의 변수에 대한 최상층 변위응답 저감성능 분석을 진행하였다. 설치되는 TMD의 강성값과 감쇠값은 선행연구³⁾를 참고하여 산출하였으며, 해석모델의 최상층 중앙에

TMD를 X,Y방향으로 총 2개의 TMD를 설치하였다. TMD 설치 전후 해석모델별 최상층 변위 및 최대 최상층 변위 감소율은 아래에 서술하였으며, 그림2에 TMD 설치에 따른 최상층 변위비를 나타내었다. TMD를 설치하기 전 Northridge, Loma prieta, Mexico city 지진하중에 대한 60-1.0 DEG 해석모델에서는 최상층 변위가 0.2446m, 0.1869m, 0.7466m, 19.3638m로 나타났으며 각각 0.1985m, 0.1295m, 0.7258m, 10.1023m로 감소하였으며, 감소율은 18.85%, 30.71%, 10.58%, 47.83%로 나타났다. 동일한 순서로 80-1.0DEG 해석모델에서는 각각 0.2675m, 0.1457m, 0.9966m, 52.1875m에서 0.1175m, 0.108m, 0.636m, 26.8819m로 각각 56.07%, 25.88%, 36.18%, 48.49%로 감소율이 나타났으며, 100-1.0DEG 해석모델에서는 0.1446m, 0.185m, 0.3794m, 115.265m에서 0.1071m, 0.1116m, 0.3032m, 58.5366m로 25.93%, 39.68%, 20.08%, 49.22%의 감소율로 감소하였다. Mexico city 지진하중에 대한 60-1.0DEG 해석모델의 경우를 제외한 모든 경우에서 설치되는 TMD의 총 질량비가 증가할수록 변위 응답 제어 성능이 향상되었다. 이는 설치되는 TMD의 총 질량비가 증가할수록 변위 응답 제어 성능이 우수하다고 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 설치되는 TMD의 총 질량비를 변수로 설정하여 Twisted 비정형 해석모델 최상층에 설치 후 층 변위 응답 제어 성능을 평가하였으며, 결과는 다음과 같다.

Mexico city 지진하중에 대한 60-1.0DEG 해석모델의 경우를 제외한 모든 경우에서 설치되는 TMD의 총 질량비가 상승할수록 최상층 변위 응답 제어 성능이 우수하였으며, 해석모델의 규모에 대한 분석결과 또한 설치되는 TMD의 총 질량비가 상승함에 따라 제어 성능확보가 가능하였다. 이는 정형적 구조물에 질량비를 변수로 설정한 TMD를 설치하여 변위 응답 제어 성능 평가를 진행한 선행연구와 비교하였을 때와 동일한 결과로 나타났으며, 질량비가 상승함에 따라 변위 응답 제어 성능을 확보할 수 있는 것으로 판단된다.

추후 연구에서는 TMD 적용에 따른 Twisted 비정형 구조물의 풍하중에 대한 변위 응답 평가에 대한 연구를 진행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 정경태, 초고층 건축물의 비정형 입면디자인 요소 및 구조시스템, 대한건축학회지회연합회 논문집, 제25권 4호 pp.37-44, 2023
2. 이다혜, 비틀림 형상을 갖는 고층 구조물의 정적 및 동적응답 특성 분석 석사학위논문, 일반대학원 건축학과 건축공학전공, 2021
3. Warbuton, G.B, Optimum absorber parameters for various combination of response and excitation parameters, Earthquake Engineering Structural Dynamics, 10(3), pp.381-401, 1982.5.

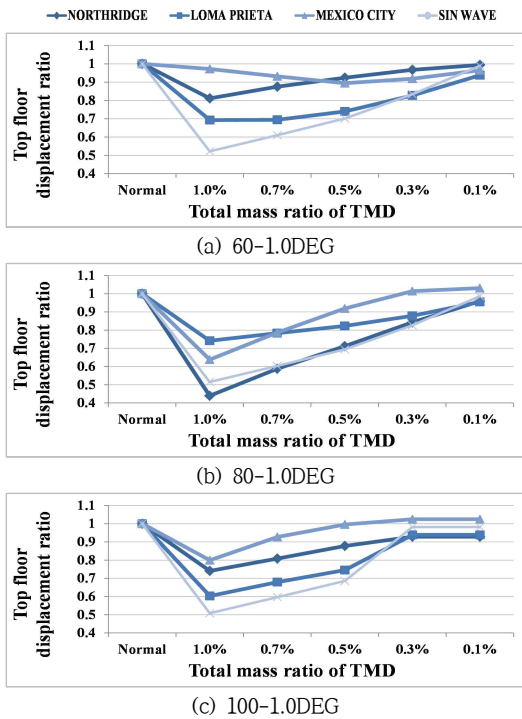


그림2. 최상층 변위비

3) Warbuton, G.B, Optimum absorber parameters for various combination of response and excitation parameters, Earthquake Engineering Structural Dynamics, 10(3), pp.381-401, 1982.5.