

2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

비틀어진 형상 초고층 건물의 아웃리거 시스템 설치 위치에 따른 변위응답분석

Displacement Response Analysis According to the Outrigger System Arrangement of Twisted High-Rise Building

○황 일근* 최형근* 김민석* 이시형* 이다혜** 강주원***
Hwang, Il-Geun Choi, Hyeong-Geun Kim, Min-Seok Lee, Si-Hyung Lee, Da-Hye Kang, Joo-Won

Abstract

Since a twisted-shaped structure are vulnerable to gravity loads and seismic loads, lateral force resistance structural system must be applied to ensure the stability of the structure. In this study, 60-story buildings with a Twisted-shaped were modeled and static analysis was performed to analyze the structural behavior of the outrigger system in irregular structures. The analysis revealed that the optimal placement for the outrigger was 0.455H from the top floor, consistent with previous research findings. In addition, It was found that smaller planar rotation angles were more effective in controlling displacement responses during outrigger installation.

키워드 : 비틀어진 형상, 초고층 건물, 아웃리거 시스템, 평면 회전각도, 정적해석

Keywords : Twisted-shaped, High-rise building, Outrigger system, planar rotation angle, static analysis

1. 서론

최근에는 다이어그리드 시스템과 같은 새로운 구조시스템의 개발로 기존의 정형적 구조에서 벗어나 비정형적인 초고층 건축물이 건설되고 있다. 국내외적으로 건설되는 비정형 건축물 중 비틀어진 형상을 가지는 Twisted 건축물은 평면 중심축을 기준으로 바닥이 수평으로 일정각도로 회전하는 건물로 중력하중과 지진하중에 대한 구조적 거동을 예측하기 어려운 특징을 가지고 있다. Twisted 형상 구조물은 평면 회전각도가 증가할수록 횡강성이 저하되므로, 이를 보강하기 위한 횡력 저항 구조시스템의 도입이 필수적이다.

본 논문에서는 비정형 초고층 구조물의 횡력저항 구조시스템에 대한 횡변위 저감 효과를 분석하기 위해 아웃리거 시스템과 메가컬럼 시스템을 60층 규모의 Twisted 비정형 구조물에 도입하여 그 효율성을 검토하였다. 또한, Twisted 비정형 건물의 층당 평면 회전각도 및 아웃리거의 설치 위치를 변수로 두어 지진하중에 대한 정역학적 해석을 수행하였다.

2. 해석모델

정형 고층 건축물에서 아웃리거 시스템을 최상층으로부터 0.455H의 높이에 설치하는 것이 적절하다는 기존 연구의 결과¹⁾와 같이 아웃리거 시스템 설치 위치가 주요한 설계변수로 작용한다. 본 연구에서는 Twisted 형태의 비정형 건축물에 아웃리거 시스템의 적절위치를 탐색하기 위해 기준층 평면과 동일한 평면을 가지는 층과 연결된 축방향 부재에서 휨 강성이 상대적으로 저하된다는 연구결과²⁾와 기준층 평면과 동일한 평면을 가지는 층에 아웃리거를 설치한 선행연구³⁾를 참고하여 아웃리거 시스템의 설치 위치를 설계변수로 설정하였다.

본 연구에서는 아웃리거 시스템의 설치 위치에 따른 Twisted 형상 비정형 초고층 구조물의 변위응답 분석을 위해 Midas Gen ver. 940을 사용하여 해석모델을 모델링하였다. 층당 평면 회전각도를 1° 및 2°를 가지는 예제구조물로 선정하였으며, 해석모델의 회전각도, 구조시스템의 적용 여부 및 설치위치 순으로 'T1/2-NOR/O33/O45'와 같이 명명하였다.

* 영남대 일반대학원 건축학과 석사과정

** 영남대 일반대학원 건축학과 박사과정

*** 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) Taranath, B. S., "Steel, Concrete and Composite Design of Tall Building"

2) 이다혜, 김현수, 강주원, "비틀어진 형상(Twisted)을 가지는 고층 구조물의 역학적 특성 분석"

3) Moon, K. S., "Outrigger Systems for Structural Design of Complex-Shaped Tall Buildings"

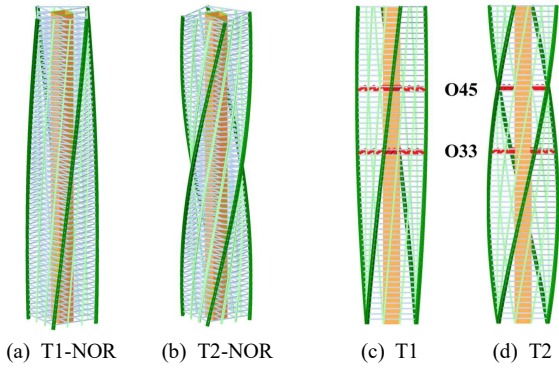


그림1. 해석모델

3. 해석결과

본 연구에서는 Twisted 형상 해석모델의 평면 회전각도 및 아웃리거 설치위치에 따른 총 6가지 해석모델의 변위 응답 분석을 위해, 고유치해석과 정적해석을 실시하였다. 해석모델의 1차 진동모드의 고유주기와 X축, Y축 방향 질량 참여율을 분석하였으며, 등가정적 지진하중을 가력하여 X축방향 층간변형을 및 최상층 변위를 분석하였다.

3.1 고유치해석

해석모델의 X, Y방향 질량참여율은 10차 및 11차 진동 모드에서 모두 90%를 초과하였으며, 해석모델의 1차모드 고유주기는 다음 표1과 같다.

표1. 1차 모드 고유주기

	NOR	O33	O45
T1	8.1101sec	5.4364sec	6.0502sec
T2	8.4397sec	6.0598sec	6.6147sec

3.2 층간변형률

층간변형률 분석결과, T1모델 및 T2모델 모두 아웃리거를 33층에 설치 시 층간변형률 응답이 전반적으로 낮게 나타났으며, 최대 층간변형률 또한 고유주기와 마찬가지로 평면 회전각도가 작은 T1모델이 T2모델보다 평균 약 0.82 배 낮게 나타났다.

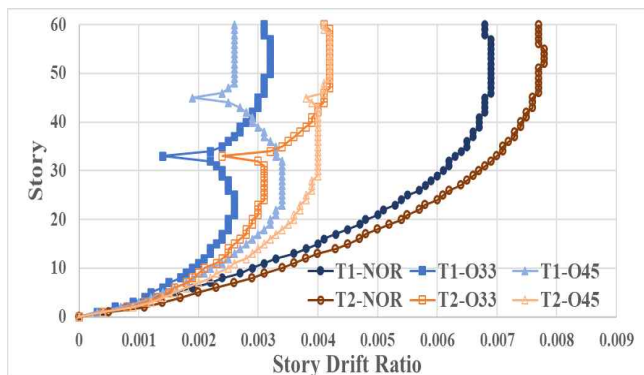


그림2. 층간변형률

3.3 최상층 변위

아웃리거 설치 유무에 따른 최상층 수평변위 및 아웃리거 설치 전 해석모델에 대한 변위감소율을 표2에 나타내었다. 분석결과, 평면 회전각도가 작은 T1모델 및 아웃리거 설치 층수가 33층인 경우가 변위응답감소에 더 효과적인 것으로 나타났다.

표2. 최상층변위 및 변위감소율

	NOR	O33	O45
T1	1.3178m (-)	0.7054m (-46.47%)	0.7626m (-42.13%)
T2	1.5838m (-)	0.9258m (-41.55%)	0.9978m (-37.0%)

4. 결론

본 연구에서는 Twisted 형상의 초고층 구조물에 적용한 아웃리거 및 메가컬럼 구조시스템의 아웃리거 설치위치에 따른 변위응답 비교분석을 위해 설계변수에 따른 총 6가지 해석모델을 선정한 후 고유치 및 정적해석을 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1) Twisted 형상 해석모델의 평면 회전각도와 관계없이 아웃리거 설치 시 모든 해석모델에서 변위응답이 감소되는 것으로 나타났다.

2) 층당 평면 회전각도가 1도인 'T1'해석모델의 변위응답이 'T2'해석모델에 비해 효과적으로 감소되는 것으로 나타났다. 평면 회전각도가 커질수록 횡강성이 저하되고, 회전각도가 작을수록 아웃리거 설치 시 변위응답제어에 효과적인 것으로 판단하였다.

3) 아웃리거 설치위치에 따른 변위응답분석 결과, 아웃리거를 기준층과 유사한 평면을 가진 45층보다 기존연구에서 제시한 아웃리거 최적설치위치인 33층(0.455H)에 설치한 경우가 변위응답제어에 더 효과적인 것으로 나타났다.

본 연구에서는 기존 연구의 결과인 기준층 평면과 유사한 평면을 가지는 층(45층) 및 최상층으로부터 0.455H의 높이(33층)에 아웃리거 시스템을 설치하여 변위응답비교를 하였다. 추후 연구에서는 비정형 초고층 구조물에 아웃리거 시스템을 층별로 설치하여 횡변위제어에 가장 효과적인 설치 위치를 탐색하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Taranath, B. S., "Steel, Concrete and Composite Design of Tall Building", 2nd ed., McGraw-Hill, pp.445~459, 1997
2. 이다혜, 김현수, 강주원, 비틀어진 형상(Twisted)을 가지는 고층 구조물의 역학적 특성 분석, 한국공간구조학회지, 20(4), 2020
3. Moon, K. S., "Outrigger Systems for Structural Design of Complex-Shaped Tall Buildings", International Journal of High-Rise Buildings, Vol 5, No 1, pp.13~20, 2016