

2025년 추계학술발표대회 : 일반부문

유한요소해석 기반 변위증폭형 슬릿댐퍼 보강법으로 보강된 R/C 골조의 내진성능평가

Seismic Capacity Evaluation of R/C frames strengthened by Displacement Amplification Slit Damper Using Finite Element Analysis

○김 현 식*
Kim, Hyun-Sik

정 주 성**
Jung, Ju-Seong

이 복 기**
Lee, Bok-Gi

이 강 석***
Lee, Kang-Seok

키워드 : 변위증폭형, 유한요소해석

Keywords : Displacement amplification, Finite element analysis

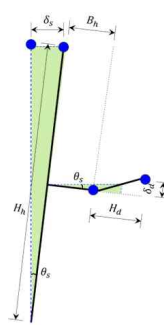
2016 경주지진 및 2017 포항지진을 통해 비내진상세를 가지는 R/C 건축물의 지진취약성이 확인되었다. 한편, 비내진상세 건축물은 기둥의 전단파괴, 극한 수평저항능력 및 변형능력이 부족하여 이를 해결하기 위해 비내진상세 R/C 건축물을 대상으로 한 다양한 내진보강공법 관련 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 높은 에너지소산능력을 발휘할 수 있으나 기존 부재의 취약한 변형능력으로 공법 적용에 한계성이 존재하는 기존 강재 슬릿댐퍼의 단점을 개선할 수 있는 변위증폭형 슬릿댐퍼 보강공법을 개발하고 내진성능을 이론 및 유한요소해석을 통해 검증하였다.

변위증폭형 슬릿댐퍼의 변위증폭비 산정을 위하여 댐퍼의 구성 요소인 힌지의 순높이 (H_h), 힌지의 돌출폭 (B_h) 및 댐퍼의 순높이 (H_d)와 힌지의 회전각에 따른 전체 시스템의 변위 (δ_s) 및 댐퍼의 변위 (δ_d)의 기하학적 관계식을 그림1과 같이 제시하였으며, 힌지를 강체로 고려할 경우 발생할 수 있는 댐퍼의 변위를 제안식과 비교한 결과 0.1% 미만의 미세한 오차만이 확인되어 제안식의 신뢰성을 검증하였다.

제안식을 통한 변위증폭비에 대한 Parameter 해석을 수행하여 각 변수별 민감도를 평가한 결과, 힌지의 순높이와 힌지의 돌출폭에 의한 형상비 (B_h/H_h)에 의한 변위증폭비는 2.5 이상의 비례관계를 나타내었으며, 힌지 돌출폭과 댐퍼의 순높이비 (H_d/B_h) 및 시스템 변위 (δ_s)에 대해서는 비례관계를 나타내었지만 그 영향성은 미미한 것으로 확인되었다.

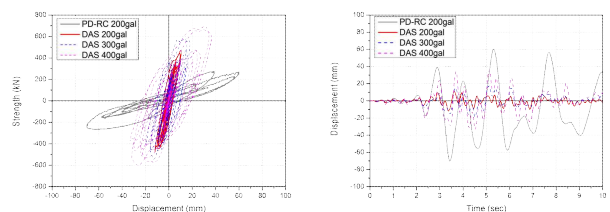
이를 기반으로 변위증폭형 슬릿댐퍼의 성능검증을 위해 2층 골조에 대한 유사동적실험 결과 무보강 골조의 경우 극한 수평저항능력의 부족으로 인하여 Hachinohe.EW 200 gal의 입력지진동에 의해 붕괴수준의 피해를 나타내었다. 한편, 변위증폭형 슬릿댐퍼 보강공법으로 보강된 해석모델의 경우 동일입력지진동에서 변위는 약 0.17배 수준으로 억제되었으며, 400 gal의 입력지진동에서도 LS 수준을 만족하였다.

상기의 결과에 따라서 본 연구에서 제안된 변위증폭형 슬릿댐퍼 보강공법은 비내진상세를 가지는 R/C 건축물의 부족한 변형능력에도 불구하고 댐퍼의 높은 변위증폭을 통하여 내진성능을 향상시킬 수 있는 우수한 공법이라고 판단된다.



$$\begin{aligned} & B_s = \sqrt{\left(B_h + \frac{H_d}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_d}{2}\right)^2} \\ & \sin \theta_s = \frac{\delta_s}{H_s} = \frac{\frac{\delta_d}{2}}{\sqrt{\left(B_h + \frac{H_d}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_d}{2}\right)^2}} \\ & \delta_s^2 \left(B_h + \frac{H_d}{2}\right)^2 = \left(H_s^2 - \delta_d^2\right) \left(\frac{\delta_d^2}{4}\right) \\ & \frac{\delta_s^2}{4} = \frac{\delta_d^2 \left(B_h + \frac{H_d}{2}\right)^2}{\left(H_s^2 - \delta_d^2\right)} \\ & \delta_d = \sqrt{\frac{4\delta_s^2 \left(B_h + \frac{H_d}{2}\right)^2}{\left(H_s^2 - \delta_d^2\right)}} = 2\delta_s \left(B_h + \frac{H_d}{2}\right) \sqrt{\frac{1}{\left(H_s^2 - \delta_d^2\right)}} \\ & \diamond \delta_d = 2\delta_s \left(B_h + \frac{H_d}{2}\right) \sqrt{\frac{1}{\left(H_s^2 - \delta_d^2\right)}} \end{aligned}$$

그림1. 변위증폭형 슬릿댐퍼 층간변위-댐퍼변위 관계식



(a) 하중-변위관계

(b) 하중-변위관계

그림2. 변위증폭형 슬릿댐퍼 보강에 따른 유한요소해석결과

* 한양대 대학원 박사과정

** 한양대 건설구조물 내구성혁신 연구센터 연구교수, 공학박사

*** 한양대 건축공학과 및 스마트시티공학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Hanyang University, ksleenist@hanyang.ac.kr)

이 연구는 2025년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. (과제번호:RS-2023-00220751, RS-2023-00213104)