

기둥 복합댐퍼의 해석모델 구축 및 기존 건축물에 대한 내진보강 효과분석

Analytical Modelling of Column-Type Hybrid Damper and Seismic Rehabilitation of Existing Buildings

최기선* 유영찬** 김금환** 조해진***
Choi, Ki Sun You, Young Chan Kim, Keung Hwan Cho, Hae Jin

ABSTRACT

Analytical studies are performed to evaluate the feasibility of column-type hybrid damper for seismic rehabilitation of existing buildings. For this purpose, at first, analytical model which can simulate the hysteretic behavior of column-type hybrid damper is proposed for use of commercially-available structural analysis program (MIDAS). Also seismic rehabilitation effects by column-type hybrid damper were evaluated by time history analysis for the existing building with vertical extension. From the analysis, it was found that base shear of typical building is reduced about 20% and story drift was reduced around 20% at critical story.

요약

본 연구에서는 도심지 건축물의 개조·재활용을 위한 핵심 보강기술의 개발을 위하여 기존 건축물의 내진보강을 위한 새로운 개념의 기둥복합댐퍼를 제안하고, 그 적용 가능성을 타진하기 위한 해석적 연구를 수행하였다. 이를 위하여 먼저 기둥복합댐퍼의 이력특성을 고려할 수 있는 해석모델을 구축하고, 상용화 구조해석 프로그램(MIDAS-Gen)에 적용할 수 있는 모델링 기법을 개발하였다. 이와 같이 개발된 기둥복합댐퍼를 이용하여 수직증축을 상정한 기존 건축물의 내진보강을 실시하고 개발된 해석모델링 기법을 적용하여 시간이력해석에 의해 보강 전/후의 효과를 검토하였다. 본 구조해석 결과에 의하면, 기둥복합댐퍼의 보강에 의해 보강되지 않은 구조물에 비하여 밀면전단력이 약 20% 정도 감소하였으며, 입계층에서의 층간변위가 20% 정도 감소하는 결과를 얻을 수 있었다.

* 정회원, 한국건설기술연구원, 건축구조·재료연구실 연구원

** 정회원, 한국건설기술연구원, 건축구조·재료연구실 책임연구원, 공학박사

*** 정회원, 테크스타코리아 대표

1. 서 론

최근 건축규제의 강화 및 사회적 인식의 변화로 인해 신축, 재건축에 비하여 기존 건축물의 재활용에 많은 관심과 시도가 이루어지고 있다. 이에 따라 단순히 기존 건축물을 보수·보강하여 사용하는 부분적 리모델링뿐만 아니라 수직/수평 확장을 목적으로 하는 증개축까지 확대되고 있다. 이러한 기존 건축물의 증개축시에는 강화된 신 내진기준을 만족하도록 보강이 이루어져야 하므로 기존 구조물에 대한 별도의 내진보강이 필요하다. 기존 내진보강 공법은 전통적으로 사용되어 온 단면증설, 가새보강, 전단벽 신설 등의 내력보강형과 최근에 국내에서도 활발하게 연구되어지는 제진/면진공법으로 분류할 수 있다. 제진 및 면진장치는 추가적으로 발생하는 수평하중에 대해 기존 구조체를 크게 보강하지 않고도 제어할 수 있는 장점이 있다.

한편 기존 제진장치를 이용한 건축물의 보강은 주로 가새형태로 보강되는게 일반적이다. 따라서 제진장치를 포함하는 가새형태의 보강이나 전단벽 신설등의 기존공법은 설치된 면이 수직적으로 공간을 분할하게 되며, 소요되는 보강장치의 수에 따라서 평면 계획상 상당한 제약을 받을 수 있다. 본 연구에서는 도심지 사무용 건축물과 같이 다변화된 평면계획이 필요한 경우에 적용할 수 있도록 기존 기둥에 근접 시공됨으로써 공간활용성을 극대화할 수 있는 기둥복합댐퍼를 개발하였다. 본 연구에서는 이와 같이 개발된 기둥복합댐퍼에 의한 내진보강의 기초자료로서 복합댐퍼의 이력특성을 해석적으로 구축하고, 수직증축을 상정한 기존 건축물을 대상으로 내진보강 효과를 분석하기 위해 시간이력해석을 실시하고 그 결과를 분석하였다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구에서는 그림 1과 같이 기존 구조물의 상부 슬래브와 기둥을 각각 연결하면서 기둥부재에 인접하여 설치되어 요구되는 제진성능을 제공하는 기둥복합댐퍼를 제안하였다. 제안된 기둥복합댐퍼는 점탄성댐퍼 및 마찰댐퍼를 선택적으로 조합하여 소요 제진성능을 확보하도록 하였다. 이와 같이 제안된 기둥복합댐퍼의 기본설계를 위해 단위요소 댐퍼로 조합된 복합댐퍼의 이력거동 및 감쇄성능을 이론적으로 분석하였다. 즉, 단위구성 요소별 점탄성댐퍼 및 마찰댐퍼의 기본 이력특성을 단순 조합하여 가정된 기둥 복합댐퍼의 이력특성과 기둥주위에 설치된 복합댐퍼의 FEM 모델에 대한 해석으로부터 얻어진 단일 이력거동을 상호 비교·검토함으로써 구조해석 모델에 적용할 수 있는 복합댐퍼의 단일 특성치를 도출하였다.

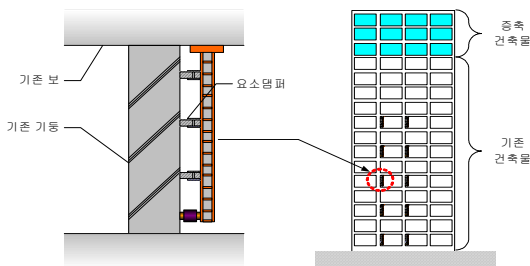


그림 1 기둥복합댐퍼

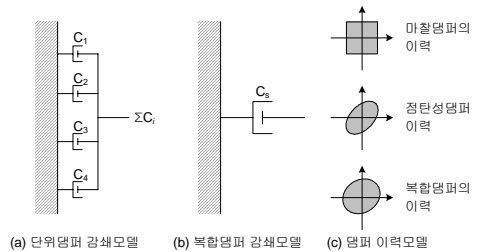


그림 2 기둥복합댐퍼의 역학적 모델

3. 기둥복합댐퍼의 해석모델

기동복합댐퍼는 그림 2(a)와 같이 단위요소 댐퍼가 병렬로 연결된 역학적 모델로 구성되어 있다. 따라서 그림 2(b)와 같이 해석에 필요한 단순화된 모델을 유도하기 위해서 단위요소 댐퍼의 개별특성치를 조합하여 계산된 이력특성과 FEM해석 결과를 비교하였다. 한편 그림 2(c)에 나타난 바와 같이 단위요소 댐퍼인 점탄성댐퍼와 마찰댐퍼의 각기 상이한 이력특성을 조합하여 구조물에 요구되는 복합댐퍼의 이력특성을 구하도록 하였다.

4. 푸시오버 해석

기동 복합형 댐퍼는 슬래브와 기둥이 만나는 접합부의 각변형을 점탄성 및 마찰형 댐퍼를 이용하여 에너지 소산을 시키고, 기둥 상,하 연단부에 스틸 캡을 설치하여 소성구간에서의 기둥의 연성을 증대시킬 수 있다. 그리고, 부족한 댐핑의 경우, 점성 댐퍼를 사용하여 충족시킬 수 있으며, 이는 속도에 지배되는 장치이므로, 각 구조물 별로 목표 변위, 목표 가속도를 만족시키는데 중요한 역할을 수행하게 된다. 이를 위한 단위요소 검증에 위해 먼저 30층 건물의 푸시오버 해석을 통해 가장 먼저 소성화되는 층수를 선택하였다. 30층 중 9층에서 층간변위가 최대로 발생하였으며 아래와 같이 기동 복합댐퍼를 모델링 하여 시간이력 해석을 수행하였다. 이에 따른 응답을 댐퍼의 설치 전, 후를 비교하여 단위요소 댐퍼의 성능을 검증하고자 한다.

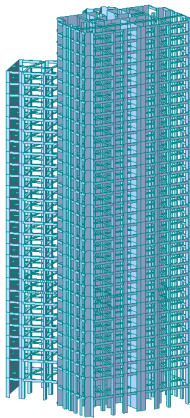


그림 3. 해석건물 모델링 (수직증축 가정)

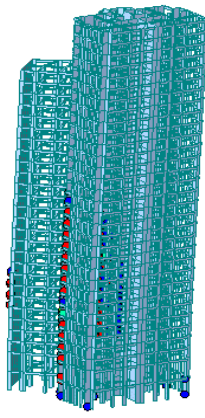


그림 4. 푸시오버 해석을 통한 소성단계 확인

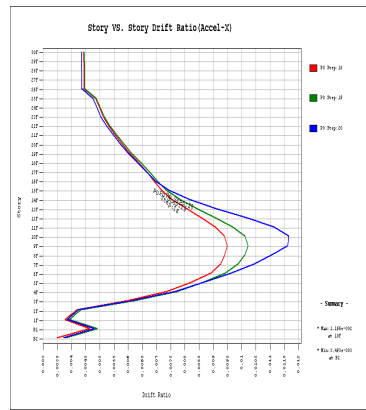


그림 5. 푸시오버 해석에 의한 최대 층간변위 해석결과

5. 시간이력 해석

수직증축을 상정하여 가정된 건축물을 대상으로 기동 복합댐퍼에 의한 내진보강효과를 해석적으로 검토하기 위해 시간이력해석을 실시하였다. 시간이력해석에 사용된 지진파는 지반특성을 고려하여 Sc지반 설계스펙트럼을 만족하도록 El Centro, Hachinohe, Taft 3개지진파를 사용하였다. 해석에 사용된 대표적인 지진파를 나타내면 그림 6과 같다

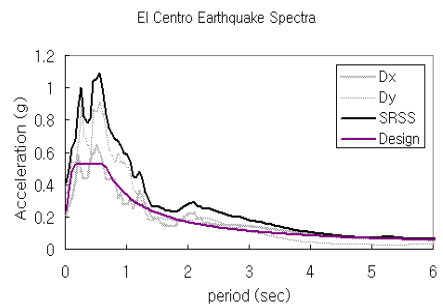


그림 6. El centro 지진파 가속도스펙트럼

6. 해석결과 분석

기동복합댐퍼의 내진보강효과를 검토하기 위한 시간이력해석은 푸시오버해석에서 이루어진 30층 구조물을 대상으로 상용프로그램인 MIDAS-Gen을 이용하여 시간이력해석을 수행하였다. 해석시 기동복합댐퍼의 단일 이력특성을 가정하여 입력하였으며, 푸시오버해석에서 도출된 임계층을 중심으로 총 7개층에 제진시스템을 도입하였다. 제진시스템을 도입하지 않은 구조물과 제진시스템을 도입한 구조물의 시간이력해석 결과를 비교한 결과, 그림 7에서 나타난 바와 같이 밀면전단력은 제진시스템의 도입으로 대략 20% 저감되었으며, 임계층의 층간변위도 20% 감소되었다. 또한 대상 구조물의 최상층 수평변위 및 가속도 역시 최대 25~30%가 저감되는 것으로 나타나, 개발된 기동복합댐퍼의 에너지 소산에 의한 내진보강효과를 확인할 수 있었다.

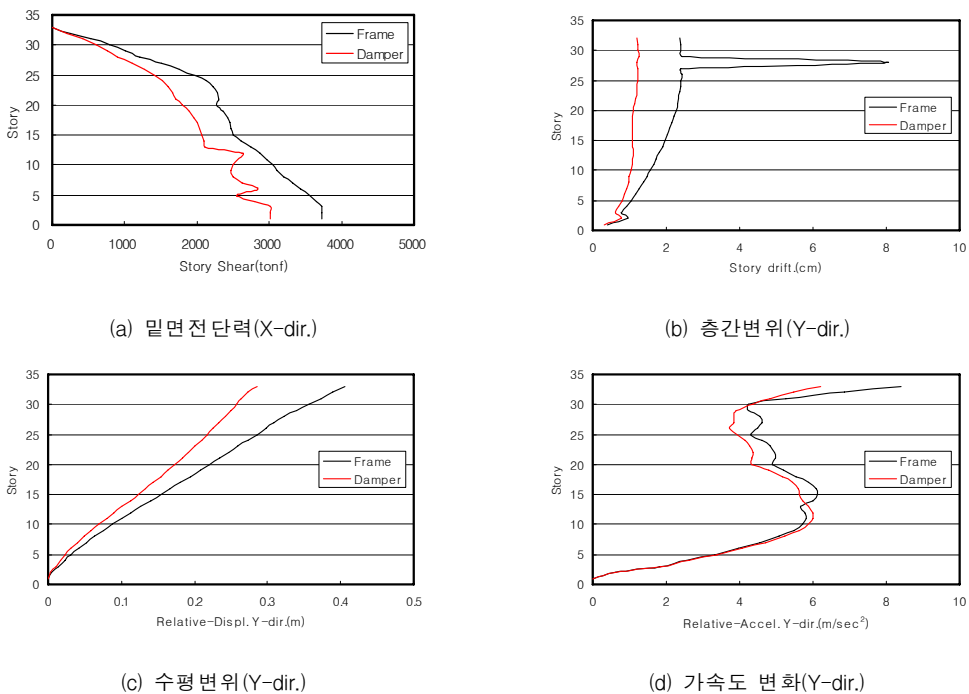


그림 7. 기동복합댐퍼 적용 전·후의 시간이력해석결과

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2007년도 첨단도시개발사업(과제번호:07도시재생B04) 지원 사업으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다

참고문헌

1. 일본건축방재협회, "기존 철근콘크리트 건축물의 내진개수 설계지침 동 해설," 2001
2. Midas IT, MIDAS GEN User Manual, 2007
3. 박지훈 "면진 및 제진 구조물의 경계비선형 시간이력 해석", 전산구조공학 제15권 4호,2002.12., pp22-31