

강재댐퍼의 변위 계측을 통한 구조물 건전성 모니터링 시스템 개발

Development of Structural Health Monitoring System through Displacement Measurement of Steel Dampers

○최 현 종* 문 기 원* 김 도 영** 김 동 건***
Choi, Hyeon-Jong Moon, Ki-Won Kim, Do Young Kim, Dong-Keon

Abstract

This study proposes a structural health monitoring system(SHM) for steel dampers. Cyclic loading tests were conducted using a universal testing machine, and force-displacement data were measured with LVDTs and strain gauges. The force and displacement data were processed and implemented using MATLAB to compute three damage indicators: maximum strength, effective stiffness, and energy dissipation capacity, and visualizations of load displacement was implemented with warning alerts for each cycle. The SHM system shows warning sign when any indicator decreases by 15% or more relative to the overall cycle average.

키워드 : 구조물 건전성 모니터링, 강재댐퍼, 유효강성, 경고 알림

Keywords : Structural Health Monitoring, Steel Damper, Effective Stiffness, Warning sign

1. 서론

1.1 연구의 목적

2017년 포항 지진 이후 공공기관의 내진보강 의무화에 따라 학교, 관공서에 제진장치가 설치되었다. 특히 학교 건물은 지진 발생 시 많은 인명을 보호해야 하며 재난 시 대피 시설로 사용되어 높은 내진능능이 요구된다. 강재댐퍼는 스트럿 단부의 항복 후 소성변형을 통해 구조물에 가해지는 지진 에너지를 소산시킨다. 주요 구조 부재가 항복하기 전에 댐퍼가 먼저 소성 변형을 통해 지진 에너지를 흡수하여 구조부재의 손상을 최소화하는 목표로 사용되고 있다. 하지만 강재댐퍼 시공 후 운용 기간 동안 변형이 발생하여 제기능을 하지 못할 경우 지진에 의한 구조물의 손상이 증가할 가능성이 매우 높다. 따라서 강재댐퍼의 손상여부를 확인 할 수 있는 구조물 건전성 모니터링 시스템이 필요하다.

본 연구는 강재댐퍼의 변위를 LVDT 변위계로 계측하고 최대강도, 유효강성, 에너지소산량을 손상지표로 정하여 설정값 초과 시 경고알림을 출력하는 구조물 건전성 모니터링 시스템을 제안하고자 한다.

* 동아대학교 건축공학과 학부과정

** 동아대학교 ICT융합해양스마트시티공학과 석사과정

*** 동아대학교 ICT융합해양스마트시티공학과 정교수, 공학박사
(Corresponding author : Department of ICT Intergrated Ocean Smart City Engineering, Dong-A University, dkkzone@dau.ac.kr)
이 연구는 2016년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일 부임. 과제번호:2016R1A6A1A03012812

2. 구조 건전성 모니터링 시스템

2.1 강재댐퍼 실험

강재댐퍼의 이력특성을 평가하기 위해 그림 1과 같이 1000kN 용량의 만능시험기(UTM)을 사용하여 정적가력실험을 수행 하였다. 정적가력 프로토콜은 KDS 41 17 00: 2022 건축물 내진설계 기준¹⁾을 반영하였다. 그림 2는 LVDT 변위계와 스트레인 게이지를 통해 계측된 하중-변위 데이터를 데이터 로거를 통해 컴퓨터로 전송한다.



그림1. 정적가력장치



그림2. 시험체 세팅

2.2 계측 절차 및 방법

UTM과 실험체인 댐퍼의 변위와 변형률에 대한 오차를 계측하기 위해 응력이 집중되는 가력부 스트럿 단부에 LVD T 변위계 및 스트레인 게이지를 부착하였다. 계측된 하중-변위 데이터는 데이터 로거를 통해 컴퓨터로 전송한다.

2.3. 경고 알림

그림 3과 같이 경고알림 구조물 건전성 모니터링 시스템을 코딩하여 실험을 통해 계측된 하중-변위 데이터를 MATLAB에 입력하였다. 최대강도, 유효강성²⁾, 에너지 소산량을 손상지표로 하는 경고알림 화면을 출력하였다. 정상상태인 경우 파란색, 이상상태인 경우 빨간색으로 나타낸다.

그림 4와 그림 5는 최대강도 경고알림이다. 전체 싸이클의 최대강도 평균값의 대비 15% 이상 저감 시 경고알림을 출력한다. 그림 6과 그림 7은 유효강성 경고알림이다. 전체 싸이클의 유효강성 평균값의 대비 15% 이상 저감 시 경고알림을 출력한다³⁾.

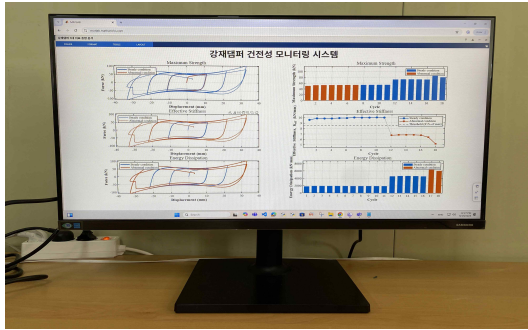


그림3. 강재댐퍼 건전성 모니터링 시스템

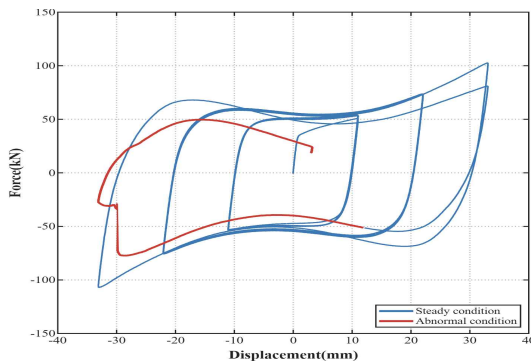


그림4. 최대강도 하중-변위 곡선 경고알림

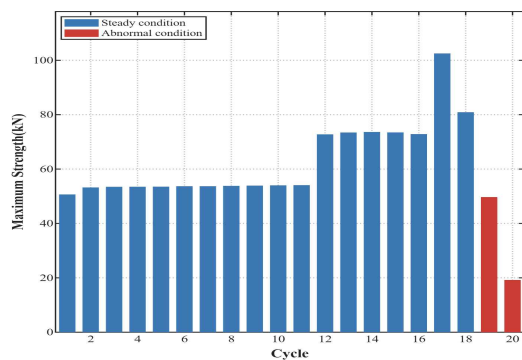


그림5. 최대강도 싸이클별 경고알림

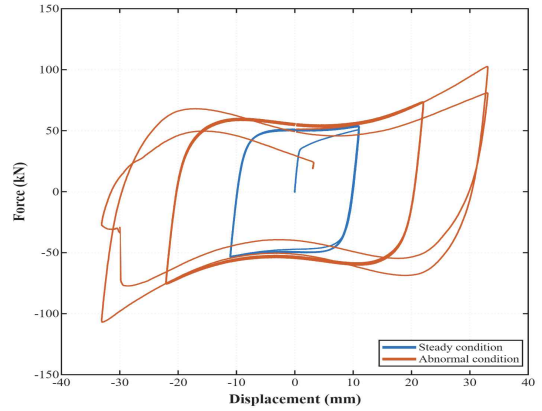


그림 6. 유효강성 하중-변위 곡선 경고알림

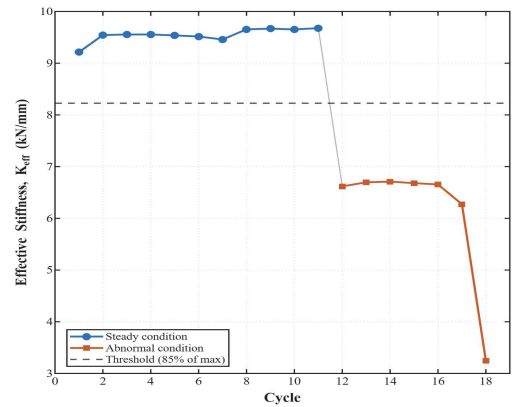


그림 7. 유효강성 싸이클 별 경고알림

3. 결론

본 연구에서는 강재댐퍼의 전체 싸이클의 최대강도, 유효강성, 에너지 소산량의 평균 대비 15% 이상 저감 시 경고알림을 출력하는 시스템을 제안하였다.

정적가력실험에서 계측된 데이터를 기반으로 경고알림을 출력하였다. 실제 현장에 적용하기 위해서는 무선 네트워크를 활용한 실시간 구조 건전성 모니터링 시스템이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. Kwon, Won-Ki, 2024, Seismic Performance of Existing RC Structures Retrofitted with SPHC Composite steel Damper
2. Kim, Geon-Ho, 2021, Seismic Performance of Hybrid Steel Damper using the Low-yield-point Steel
3. 국토교통부, KDS 41 17 00 : 2022건축물 내진설계기준, 2022