방수층에 전달되는 진동 요구응답스펙트럼을 재해석 한 성능평가 시험장치 개발에 관한 연구

A study on the development of a performance evaluation test apparatus for reinterpreting the vibration demand response spectrum for waterproof layers

김 수 연* 이 승 진** 오 상 근***
Kim, Soo-Yeon Lee, Seung-Jin Oh, Sang-Keun

Abstract

In 2017, 100 aftershocks with a magnitude of 2.0~3.0 and 615 minor earthquakes in Pohang in Korea caused the collapse and destruction of aggregate, tile, glass, and other structural components of multi-family houses constructed as finishing materials for buildings, causing damage to vehicles and casualties. Based on this factor, seismic design standards were established for non-structural elements of buildings that were applied only to past structures. Therefore, this study reinterpreted various vibration response spectra transmitted to waterproof layers as well as the definition and concept of the waterproof layer demand response spectrum derived by developing various vibration response test evaluation devices through a new testing apparatus.

키 워 드 : 방수층, 요구응답스펙트럼, 시험장치, 회전, 각도, 속도
Keywords : waterproof layer, request response spectrum, test apparatus, rotation, angle, speed

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내에서 발생한 지진의 피해 사례 중 건축 구조물이 직접 붕괴되어 기록된 사고보다 건축에 사용된 내·외장재의 낙하로 인한 재산과 인명 상해로 인한 사고 사례가 가장 많은 부분을 차지하고 있다. 그 예로 2017년 포항 일대에서 발생한 진도 2.0~3.0 규모의 100회 여진과 미소지진까지 포함한 615회가 넘는 지진의 피해가 최근에 발생한 국내 지진의 대표적인 사고 유형 사례로 꼽히고 있다. 이를 계기로 국내에서는 그동안 구조 부재에만 국한된 내진설계를 비구조요소를 포함시켜 2018년 11월부터 내진설계 기준이 적용되고 있다. 이에 본 연구에서는 건축 구조물의 마감재로 분류되어 구조 부재에 직·간접적으로 부착 시공되는 방수층에 전달되는 진동, 거동, 지진파로부터 내진 대응력을 판단 할 수 있는 시험 장치를 연구·검토하였다.

2. 국내외 유사 연구 동향 분석

국내 유사 연구 동향으로 2019년 4월 대한건축학회의 기술표준(AIK-S- 001-2019)으로 제정된 것으로 복합열화 및 구조체 거동이 동시에 작용하는 환경에서의 방수층에 대한 성능 시험방법이 선행 연구로 진행되었다. 본 기술표준의 제정 취지는 바탕재의 거동이 방수재료에 미치는 영향이 크기 때문에 바탕처리에 실패할 경우 방수층에 커다란 결함이 발생하게 된다. 즉, 상하부로 구분된 시험체에 방수층을 시공하여 상하 반복 인장 및 압축 응력을 장치적으로 발생시켜 이에 대한 방수층의 누수 유무에 따라 대응성능을 판단하는 시험방법으로 방수층에 전달되는 진동의 유형을 인장과 압축에 국한하여 반복적인 피로하중에 의한 대응력을 평가에 관하여 규정하고 있다.

국외의 경우 일본, 캐나다, 독일 등의 선진국을 중심으로 건설자재의 내진성능 설계를 반영하고 있다. 그 예로 일본의 경우 1990년대부터 이미 아스팔트 유제와 시멘트를 주성분으로 하는 아쿠아팔트(Aquaphalt)가 신소재로 개발되어 판매되고 있다. 이 방수재료의 특성은 혼합 전에는 액체 상태를 유지하고 혼합과 동시에 젤(Gel) 상태로 변화되어 지진 발생시 건축 구조물과 더불어 방

* 서울과학기술대학교 건설기술연구소 공학박사, 연구교수
** 서울과학기술대학교 일반대학원 건축과 박사과정
*** 서울과학기술대학교 건축학부 교수, 교신저자(ohsang@seoultech.ac.kr)

수재료의 내진 성능 발휘 가능하다고 소개하고 있다. 캐나다는 브리티시 컬럼비아 대학교(University of British Columbia)의 연구원은 건축물에 지진이 발생하였을 때 구조적 안전성을 유지할 수 있는 보조 역할로 초탄성 연성 스프레이 코팅재를 개발하여 벤쿠버 지역 초등학교에 적용하여 실용화한 사례도 있다. 독일은 탄성 폴리프로필렌 섬유를 혼합한 벽지를 개발하여 지진 발생 시 인장 응력 감소 효과를 가질 수 있는 EQ-Top이 실용화 되고 있다. 이 벽지는 벽이 파열될 경우 벽면을 고정 시켜 벽이 붕괴되는 것을 방지하여 탈출 경로가 차단되지 않도록 시간을 벌어줄 수 있도록 기능을 부가하여 건축물에 전달되는 지진력을 감소시키는 형태로 반영하고 있다.

3. 건축 구조물의 진동 영향 분석

건축 구조체에 전달되는 파장의 형태가 비주기적이고 매우 복합적으로 전달되고 있다. 또한, 전달되는 구조 부재마다 각각 그 형태와 크기, 방향 등이 모두 다르다. 이러한 복합 적인 파장을 정량적으로 산출하는 것은 내진 공학 분야에서도 매우 어려운 작업에 속한다. 특히, 본 연구에서 검토되고 있는 구조체에 직·간접적으로 부착시공 되어 있는 방수층에 전달되는 진동 및 거동, 지진의 파장을 수치화, 정량화 하는 것은 매우 어려울 것으로 판단된다. 따라서 본 장에서 검토한 내용을 토대로 방수층에 전달되는 진동 및 거동, 지진파에 대응 성능 설계를 위한 새로운 개념의 이론 정립이 필요할 것으로 판단된다.

4. 방수층 요구응답스펙트럼의 재해석

방수층에 요구되는 진동, 거동, 지진에 대한 응답스펙트럼을 울림과 비트 형태의 회전, 각도, 속도로 재해석 하였다. 재해석된 회전, 각도, 속도에 대한 고유 진동수, 속도 및 가속도 응답, 변위 응답을 정의하면, 고유 진동수는 각도와 회전, 속도로 정의하여 구현 할 수 있다. 진동수는 위에서도 언급한 바와 같이 구조 부재에 전해 진 직접적인 충격파가 방수층에 전달되면서 다소 감소한 흔들림과 움직임으로 해석된다. 이때 발생하는 흔들림과 움직임을 검증 할 수 있는 방법으로 표준적인 각도와 회전, 속도로 구동 가능한 시험 장치가 설계되어야 한다. 즉, 다양한 각도와 회전, 속도 하에서 방수층이 대응해야 할 고유 진동수에 대한 검증 장치 설계가 요구된다. 가속도의 응답은 고유 진동수를 일정 범위 내에서 시간에 따른 속도 조절을 통한 검증으로 그 응답에 대한 해석이 가능하다. 즉, 방수층에 대한 표준 속도를 제어 할 수 있도록 하여 그 응답을 프로그램화 할 수 있는 장치적 해결 방안이 요구된다. 진동, 거동, 지진파의 파장으로부터 방수층의 변위는 회전으로 표현 할 수 있다. 방수층이 일정한 축을 중심으로 회전을 통한 변위를 컨트롤 할 수 있도록 설계되어야 한다. 즉, 일정 축을 중심으로 방수층의 회전을 제어하여 그 응답을 프로그램에서 재현함으로서 방수층의 변위 해석을 통한 진동, 거동, 지진의 변위를 검증 가능 할 것으로 예측된다.

5. 결 론

위에서 검토된 방수층에 전달되는 거동, 진동, 지진에 대한 대응력을 고유 진동수, 가속도 응답, 변위 응답에 따른 재해석 고찰을 통하여 도출된 회전, 속도, 각도로 재해석한 내용을 토대로 검증 가능한 시험 장치를 설계하여 그 효용성을 후혹 연구로 평가하고자 한다.

Acknowledgement

이 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(21CTAP-C152047-03)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 김수연, 나미옥, 이승진, 김명지, 오상근, 지하 구조물 합벽구간에 적용되는 방수재료의 내진성능설계를 위한 기초 자료조사 연구, 한국건축시공학회 가을학술발표대회 논문집 pp. 221