

역량스펙트럼해석을 통한 조적조 건축물의 내진성능평가

Seismic Performance Evaluation of URM Buildings Using Capacity Spectrum Analysis

김진선*·이정환**·김혜원***·박병철****·이원호*****

Kim, Jin-Seon · Lee, Jung-Han · Kim, Hye-Won · Park, Byung-Cheol · Yi, Waon-Ho

요약

본 논문에서는 국내 지진발생 시 비보강 조적조 건축물의 손상상태 예측 및 내진성능 평가를 위해 기존 건축물을 대상으로 역량스펙트럼 해석을 수행하였다. 이는 지진피해를 보다 상세하게 예측하고 건축물의 거동을 파악하기 위한 방법으로 국내 설계 지진하중과 부재의 비선형 특성을 적용하여 해석을 수행하였으며 해석 결과는 구조물의 손상상태에 따라 Slight, Moderate, Extensive, Complete 등으로 구분하여 평가하였다. 그 결과 대부분의 건축물에서 약간의 구조적 피해(Slight)와 보통의 구조적 피해(Moderate) 정도로 나타났으며, 일부 건축물에서 심각한 구조적 피해(Extensive)가 발생하는 것으로 예측되었다. 이전 연구에서 비보강 조적조 건축물의 내진성능평가를 위해 구조내진판정지표를 사용하여 내진성능을 판정하였으며 대부분의 비보강 조적조 건축물이 내진성능을 만족하지 못하였다. 본 연구에서는 기존 건축물에 구조내진판정지표를 적용하고 그 결과를 바탕으로 역량스펙트럼 해석을 함에 따라 보다 상세한 구조물의 피해정도를 예측할 수 있었다.

keywords : 비보강 조적조 건축물, 구조내진성능판정지표, 역량스펙트럼해석

1. 서론

미국지질조사국(USGS)에 따르면 전 세계적으로 2000년 이후 2008년도까지 최근 9년간 규모 4.0 이상의 지진이 총 104,444회, 년 평균 11,605회 가량 발생한 것으로 나타났다. 최근 2010년 1월 규모 7.0의 아이티 지진, 2010년 2월 규모 8.8의 칠레 지진, 2010년 3월 규모 6.5의 대만 지진 등 전 세계적으로 지진으로 인한 피해가 잇따라 발생하고 있으며 횡력에 취약한 비보강 조적조 건축물의 붕괴로 인한 인명·재산피해가 지속적으로 발생하고 있다. 한편, 우리나라의 경우 상기 지진사례와 같은 큰 규모의 지진발생이 없었지만 주변국에서의 지진피해가 늘어나고 있는 상황에 맞추어 지진 등의 위협으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하고자 2008년 3월 28일 법률 제 9001호로 '지진재해대책법'이 공포된 상황이다. 하지만 국내 비보강 조적조 건축물에 대한 내진성능평가에 대한 연구는 극히 미비한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 기존 국내 비보강 조적조 건축물의 지진취약성을 평가하기 위해 기존 국내 비보강 조적조 건축물의 내진성능을 평가하고자 한다.

* 정회원 · 국립방재연구소 연구원, 공학석사 ppasha1007@korea.kr

** 정회원 · 국립방재연구소 시설연구사, 공학박사 ljhunk@korea.kr

*** 정회원 · 국립방재연구소 선임연구원, 공학박사 kimhw0114@korea.kr

**** 정회원 · 국립방재연구소 시설연구원, 공학박사 bcpark@korea.kr

***** 정회원 · 국립방재연구소 소장/광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사 whyi@kw.ac.kr

2. 구조내진판정지표를 이용한 내진성능평가

2.1. 평가방법

구조내진판정지표를 이용한 비보강 조적조 건축물의 내진성능 평가방법은 구조물이 보유한 내진성능을 나타내는 구조내진지표(I_s)와 국내 내진기준 KBC 2005가 제시하는 밀면 전단력을 바탕으로 구조물의 내진판정지표(I_{s0})를 산정하여 나타낸다. 식 (1)을 만족하는 경우는 「안전(상정한 지진에 대한 내진성을 확보하고 있다)」 이라고 판정하고, 그렇지 않은 경우는 내진성에 「의문시 됨」 으로 간주한다. 구조물의 각 층에서 x, y 방향에 대한 값을 각각 산정하여 내진판정지표와 비교함으로써 건축물의 층별 수평하중 적용방향에 따른 내진성능을 판정할 수 있다.

$$I_s \geq I_{s0} \quad (I_s = E_0 \times S_D \times T, I_{s0} = \frac{\gamma}{\phi} \cdot A \cdot I_E \cdot C) \quad (1)$$

여기서, E_0 : 보유성능 지표, S_D : 형상지표, T: 경년지표

γ : 하중계수, ϕ : 강도저감계수, A: 지역계수, I_E : 중요도계수, C: 동적계수

2.2. 평가결과

내진성능을 평가하기 위한 구조내진성능 판정지표 I_{s0} 의 경우 지진구역 및 지반계수 별 0.17, 0.38, 0.45 값을 적용하여 기존 비보강 조적조 건축물 98개 동에 대한 내진성능을 평가하였다. 또한 내진보강을 위해 사전에 수행될 보수를 가정하여 경년지표 1.0을 기준으로 벽량비(m^2/m^2)에 따른 구조내진성능을 평가하고 이에 따른 최소벽량을 제시하고자 한다. 98개동에 대한 내진성능 평가 결과는 다음 그림 1과 같다. 실제 경년지표를 사용한 결과 전체 98개 동 중에서 9개 동을 제외한 나머지 89개 동이 내진성능이 부족한 것으로 평가되었으며 향후 보수 및 내진보강 등의 조치가 필요한 것으로 나타났다. 한편 벽량비와 경년지표에 따른 구조내진성능을 평가하기 위하여 대상건축물의 벽량에 따른 I_s 값을 산정하였다.

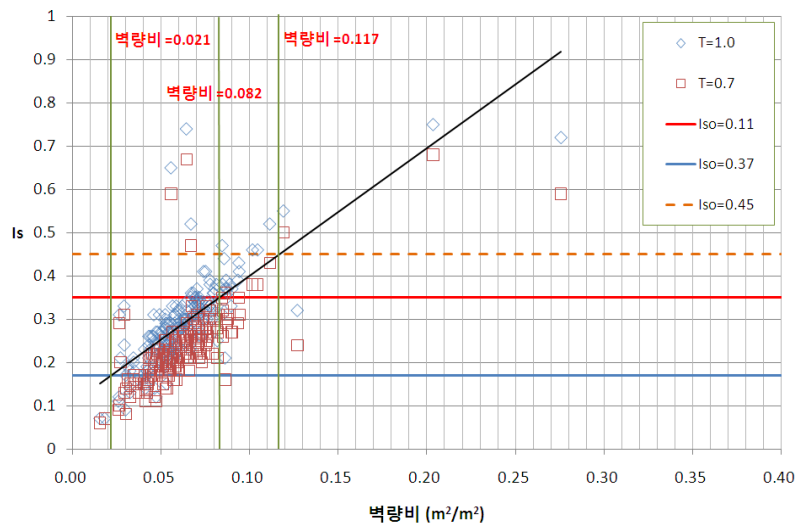


그림 1. 벽량비에 따른 조적조 건축물의 내진성능

그림 1에서 보는 바와 같이 벽량비의 증가에 따라 구조내진성능 역시 일정한 선형 비율로 증가하는 것을 볼 수 있다. 이에 따라 현재 하중기준에서 제시하고 있는 목표 성능에 대하여 기존 비보강 조적조 건축물을 보수 하였을 경우를 가정하여 경년지표를 1.0으로 산정한 경우 그림 1과 같이 내진성능이 향상되었으며 경년지표를 1.0으로 가정 시 구조내진판정지표 0.11, 0.37, 0.45에 대한 최소 벽량비는 0.021, 0.082, 0.117 (m^2/m^2)로 각각 산정되었다.

3. 역량스펙트럼을 이용한 내진성능평가

3.1. 해석개요

Midas Gen Ver.741(해외판)에서는 조적조 구조물의 pushover 해석을 제공하고 있으며, 비선형 보요소(nonlinear beam element)로 조적벽체 및 보를 모델링한다. 이때 조적요소는 면내방향만 비선형거동하며, 면외방향은 탄성거동 하는 것으로 가정하고 있으며, 비탄성 한지의 모멘트 성분은 요소중앙에 면내 방향 1개로 설정된다. 또한 비틀림 성분의 비선형성은 무시한다. 조적조 요소의 항복내력은 Gido M. & Gian M.C.(1997)가 제안한 방법으로 계산한다. 조적조 요소의 비선형 한지는 FEMA Type으로 정의하며, 항복 후에는 완전 탄소성(Perfect Plastic) 거동한다고 가정한다.

3.2. 대상건축물 모델링

해석대상 건축물 선정에 있어서 이원호(2006) 등의 연구로부터 서울특별시 성동구 소재 단독주택, 다세대주택, 근린생활시설 등 총 23개 동을 해석대상 건축물로 선정하였고 각 건축물의 X방향과 Y방향으로 구분하여 해석을 수행하였다. 역량스펙트럼 해석을 위해 먼저 그림 2와 같은 다세대주택의 평면을 해석대상으로 모델링하였으며 각 조적벽체는 비선형 보요소로 모델링하였다. 역량스펙트럼 해석결과로부터 역량스펙트럼과 요구스펙트럼의 교차점을 찾아 각 건축물의 성능점을 나타내었다. 구조물의 성능점에 대한 상태평가등급은 표 1과 같으며 층간변위율에 따라 Slight, Moderate, Extensive, Complete로 나눌 수 있다.

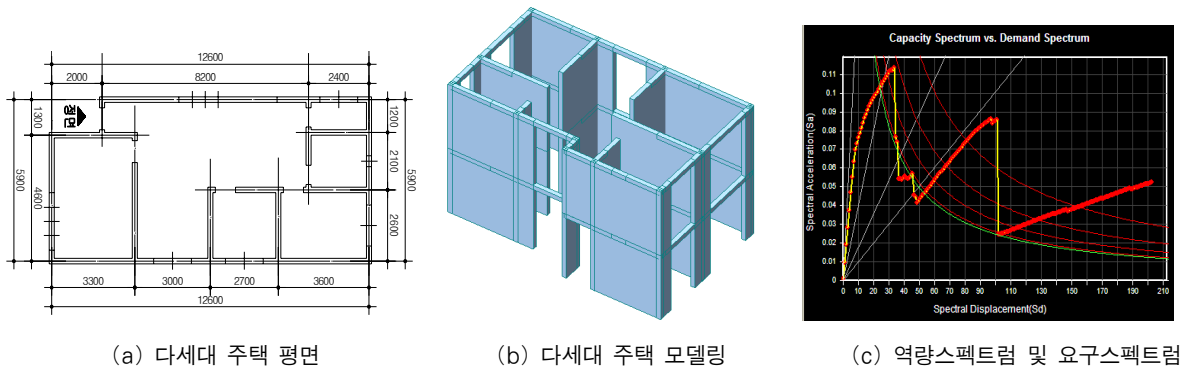


그림 2. 대상건축물의 모델링

표 1. 국내 상태평가등급 기준에 따른 손상상태별 층간변위율

| | Slight | Moderate | Extensive | Complete |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 국내 상태평가등급 기준 | 0.0020 (1/500) | 0.0040 (1/250) | 0.0067 (1/150) | 0.0100 (1/100) |

