

비보강 조적벽체의 손상정도와 고유진동수저하율에 관한 실험적연구

Relation Between Damage of Unreinforced Masonry Walls and Their Natural Frequency

이 원 호* 강 대 언** 우 현 수*** 이 경 훈*** 이 정 한** 오 상 훈****
Yi, Waon Ho Kang, Dae Eon Woo, Hyun Soo Lee, Kyung Hwun Lee, Jung Han O, Sang Hoon

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate residual seismic capacity of Unreinforced Masonry(URM) walls which were damaged by earthquake through the measurement of frequency. Three URM walls which made the shape ratio(l/h , 1.0, 1.5, 2.0) to be a variable were tested for the objective. It was seen that the natural frequency decreased with growing at rotation angle. Also, this study found out that residual seismic capacity and natural frequency of URM walls is correlative.

1. 서론

최근의 내진설계에서는 구조물의 중요도에 따라 내진성능을 결정하려고 확보하는 것이 중요해지고 있다. 그러나 지진 후 구조물의 손상에 대해서는 외관으로부터 관찰하여 추정하는 것은 가능하지만 손상정도를 나타내는 지표는 국내에서는 아직 전무한 실정이다. 한편 비보강조적조 건물에 대해서는 구조물의 손상에 따른 고유진동수가 저하하는 것으로 알려져 있다.

따라서 고유진동수의 저하정도를 계측함으로써 손상정도를 추정하는 것을 목적으로 형상비를 변수로 한 조적벽체 3개의 시험체에 대해서 반복재하실험과정에 있어 고유진동수를 측정하여 손상과 고유진동수저하의 관련성을 조사하여 앞으로 내진진단의 기초적인 자료로 활용하는데 도움을 주려고 하는데 목적이 있다.

2. 실험방법

2.1 실험개요

형상비(l/h =벽체의 길이/벽체의 높이)를 1.0, 1.5 및 2.0으로 한 1:1 스케일의 시험체를 계획하였으며, 본 실험은 포항산업과학연구원 강구조연구소에서 수행하였다. 횡력에 대한 하중이력은 시험체 바닥 면에서 가력 점까지의 높이 2,700mm의 0.125%를 기준으로 점중반복가력하면서 고유진동수를 측정한다.

각 시험체의 일정 부재각에 대한 변형을 경험한 후 충격진동시험을 하여 조적벽체 시험체의 고유

* 정회원, 광운대 건축공학부 교수, 공학박사

** 정회원, 광운대학교 에센스 구조연구센터 연구교수, 공학박사

*** 정회원, 광운대 대학원 박사과정

**** 정회원, 포항과학산업연구원, 공학박사

진동수를 측정한다. 여기서 충격진동시험은 햄머에 의한 타격으로 구조물 또는 구조물의 일부를 진동시켜 그 진동을 측정함으로써 구조물의 고유진동수를 파악하는 실험이다. 표 1은 본 연구에서 사용된 측정기기, 가속도 센서, 임팩트 해머(Impact Hamme) 그리고 증폭기의 사양을 나타낸다. 본 측정에서 사용된 가속도센서는 민감도가 매우 높아 저차 진동수 영역도 측정 가능한 장점을 가지고 있다. 임팩트 해머는 부재에 충격을 가한 후, 임팩트 해머의 선단에 부착되어 있는 하중센서를 이용하여 진폭과 위상특성 등 가진력을 표현할 수 있는 장비이다.

표 1. 진동 측정기기

측정기기	품명	민감도 (mV/g)
Signal Analyzer	DP104, FFT Analyzer	-
Accelerometer	3191A	5,000
Impact Hammer	5803A, 12LB	1
Battery Power Unit	4102C	-
Cable for 3191A	6082A10	-

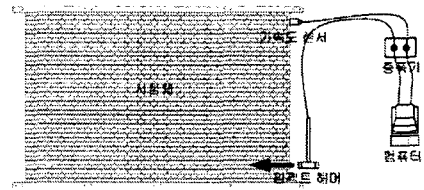


그림 2 고유진동수 측정위치 및 측정장비

고유진동수 측정은 그림 1과 같이 시험체의 하단 부분에 임팩트 해머(하중센서)로 타격하여 시험체의 상단부분에 부착한 가속도 센서로 측정하였으며 그 값은 증폭기로 모여져서 컴퓨터에 저장된다. 또한 데이터 기록과 분석을 위해서는 FFT (Fast Fourier Transform) 분석기를 사용한다.^{8), 9)}

3. 실험결과

3.1 하중변위관계

그림 2에 각 시험체별 하중변위 곡선을 나타내었다. 1.0W-CO-NO 시험체의 경우 초기가력시 가력방향 하단부에 줄눈을 따라 균열이 발생하였으며 부재각 0.375%에서 줄눈을 따라 벽체의 회전(Rocking)과 더불어 양 단부 하단에서 압괴가 발생하였다. 그 후에도 1.0W-CO-NO 시험체는 부재각이 증가함에 따라 강성이 저감되나 하중은 지속적으로 유지되었다. 그러나 갑작스런 붕괴에 의해 액츄에이터에 손상을 피하려고 가력을 중지하였다.

1.5W-CO-NO 시험체의 경우 부재각 0.25%에서 바닥으로부터 1/3 지점에서 벽체의 회전과 사인장 및 슬라이딩 균열이 동시에 발생하기 시작하였으며, 이후 슬라이딩 균열이 지속적으로 발생하였다. 부재각 0.5% 이후 그림 2(b)에서 보는 바와 같이 내력이 감소되고 있으나 1.0W-CO-NO 시험체의 경우와 마찬가지로 부재각이 증가함에 따라 강성이 저감되나 하중은 지속적으로 유지되었으나 갑작스런 붕괴에 의해 액츄에이터에 손상을 방지하려고 가력을 중지하였다.

2.0W-CO-NO 시험체의 경우 부재각 0.25%에서 1.5W-CO-NO 시험체와 유사하게 하부에서 대략 1m 높이에서 사인장 및 슬라이딩 균열이 발생하기 시작하였다. 이후 발생한 균열을 따라 슬라이딩 균열이 지속적으로 늘어나는 양상을 나타내었다. 이후 부재각 0.5%에서 내력이 감소되고 있으나, 1.0W-CO-NO 및 2.0W-CO-NO 시험체의 경우와 마찬가지로 부재각이 증가함에 따라 강성이 저감되나 하중은 지속적으로 유지되었으나 갑작스런 붕괴에 의해 액츄에이터에 손상을 방지하려고 가력을 중지하였다.

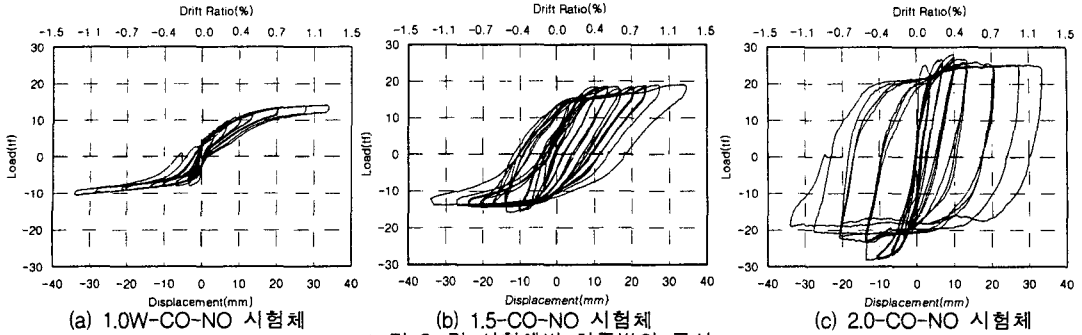


그림 2. 각 시험체별 하중변위 곡선

3.2 부재각과 고유진동수와의 관계

그림 3에 각 시험체의 경험부재각과 측정된 고유진동수와의 관계를 나타내었다.

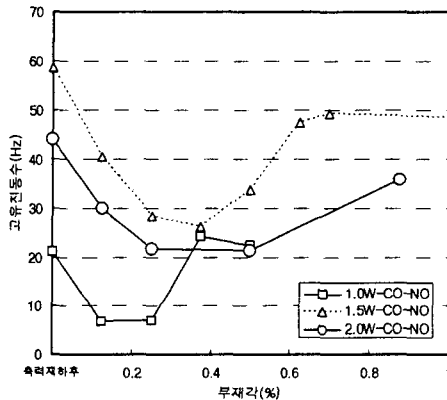


그림 3. 부재각과 고유진동수와의 관계

그림 3에서 보는 바와 같이 부재각을 경험할수록 진동수가 작아지고 있으나 파괴한 후에는 다시 시험체의 고유진동수가 상승하고 있음을 알 수 있다. 즉 1.0W-CO-NO 시험체의 경우는 3.1에서 서술한 바와 같이 부재각 0.375% 이후에는 고유진동수가 상승하는 경향을 나타내었으며, 1.5W-CO-NO 및 2.0W-CO-NO 시험체의 경우는 부재각 0.5% 이후에 고유진동수가 상승하는 경향을 나타내었다. 이는 손상이 진행됨에 따라 강성이 저하하기 때문이며 파괴 후에는 원래 시험체의 구조특성과는 다른 시험체로 바뀌었기 때문이라 사료된다. 또한 이를 이용하여 구조물이 지진을 경험한 후 손상정도를 나타내는 지표로 사용될 수 있다고 사료된다.

3.3 고유진동수를 이용한 손상추정

그림 4에는 고유진동수 저감율과 경험부재각과의 관계를 나타내었다. 고유진동수 저감율이란 식1에서 나타난 것과 같이 측정된 고유진동수를 축력을 재하한 상태의 초기의 고유진동수로 나눈 값을 의미한다. 목적변수를 경험부재각으로, 설명변수를 고유진동수 저감율로 하여 검토하였다. 목적변수의 경험부재각을 손상도 지표로 하여 표시할 수 있다. 또한 그림에는 1.0W-CO-NO 시험체가 1.5W-CO-NO 및 2.0W-CO-NO 시험체 보다 먼저 파괴한 점을 감안하여 부재각 0.375% 이전의 데이터를 이용하여 회귀분석하여 나타내었다.

$$R_f = f/f_0 \dots\dots\dots (식1)$$

여기서, R_f : 고유진동수 저감율, f : 고유진동수(Hz), f_0 : 초기치(Hz)

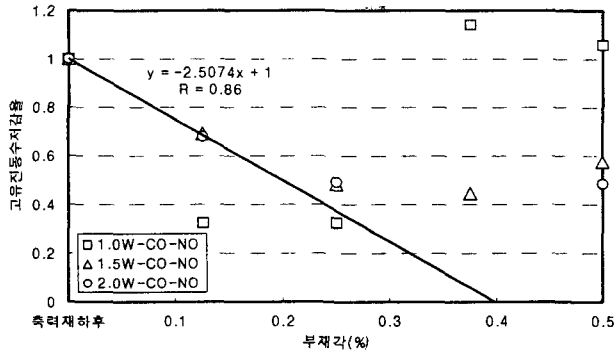


그림 4. 고유진동수 저감율과 경험부재각과의 관계

그림 4에서 고유진동수와 손상지표와의 관계를 나타내면 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta = \frac{1 - R_f}{2.5} \dots\dots\dots (식2)$$

여기서, θ : 부재각, 손상지표

4. 결론

형상비를 변수로 한 조적벽체 3개의 시험체에 대해서 고유진동수를 측정하여 내진진단의 기초적인 자료로 활용하는데 도움을 주려고 하는데 목적으로 반복재하실험을 수행하였다. 그 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 부재각이 커짐에 따라 고유진동수는 감소하였다.
- (2) 고유진동수와 구조물의 잔존내진성능은 상관관계가 있는 것으로 판단된다.
- (3) 고유진동수 저감율과 경험부재각과의 관계를 분석한 결과 고유진동수를 이용한 손상도 평가가 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 권기혁 외, “조적조 건축물에 대한 내진 보강 방안”, 서울특별시, 2001. 6
2. (財) 日本建築防災協會: 震災建築物の被災度判定基準および復旧技術指針, 2000年
3. 4. 이원호, 이정환, 오상훈, 양원직, 강대연, “비보강 조적벽체 전단내력 평가에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 21권 10호, 2005. 10
5. FEMA 273, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington, D.C., October 1997
6. FEMA 306, “Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings”, Washington, D.C., May 1999
7. G. M. Calvi, G. R. Kingsley, and G. Magenes, “Testing of Masonry Structures for Seismic Assessment”, Earthquake Spectra, Vol. 12, No.1, pp145-162, February 1996
8. 윤성원, 강동균, “자유진동실험에 의한 저층 RC건물의 진동특성 평가”, 대한건축학회 학술발표논문집 제22권 제 1호, 2002년 4월 27일, pp. 15-18
9. 윤성원, 주영규, “고층건물의 상시진동계측을 통한 고유진동수”, 한국강구조학회 논문집 제15권 2호 (통권 63호) 2003년 4월, pp. 117 - 124