비보강 조적조 건축물의 반응수정계수 설정에 관한 연구

An Evaluation Study On Response Modification Factor of Unreinforced Mansonry Structure

권기혁* · 이용환** · 이원호*** · 이정한**** · 강대언*****

Kwon, Ki Hyuk · Lee, Yong Hwan · Yi, Waon Ho · Lee, Jung Han · Kang, Dae Eon

Abstract

This study shows the basic data for setting up a response modification factor of unreinforcement masonry structure by considering and analyzing the experiment results of the domestic walls. If the result of this study compare with the value R of KBC-2005, 1.5, the average value, 1.2, is the low value. However, the maximum value, 2.57, is more than 70% bigger than the standard value. The standard value of overstrength factor, 2.5 is judged to have relatively bigger value than this study.

Key words : Response modification factor, Unreinforced mansonry

1. 서 론

건축물의 내진설계에 있어서 건축물의 구조적 특성을 반영하는 방식으로 채택되는 계수 중 반응수정계수(Response Modification Factor, R)는 구조물의 연성능력, 초과 강도계수, 잉여도를 반영하는 중요계수이다. 모든 국가의 설계 기준에서는 그 국가의 건축물의 특성에 맞는 반응수정계수를 경정하여 규정하고 있다. 우리나라의 건축구조설계기준(KBC-2005)에서도 밑면전단력(V)를 계산하는 식을 다음과 같이 규정하고 있다.

$$V=\frac{S_{D1}}{(R/I_E)T}W \le \frac{S_{DS}}{R/I_E}W$$

여기서, I, I_E : 중요도계수, R : 반응수정계수, T : 고유주기, W : 유효 건물무게, S_{D1}, S_{DS} : 응답스펙트럼 가속도, 지반분류(S_A, S_B, S_C, S_D, S_E)가 된다. 이 식에서 R값은 건축물의 소성거동 능력에 따라 지진하중을 저감시키는 역할을 하는 것으로 탄성영역에서 모든 건축물이 저항하도록 설계할 시에 오는 과도한 경제적 부담을 합리적으로 완화시키는 계수이다. 따라서 R값이 적절히 설정되지 않으면 비경제적이거나 불안전한 건축물을 설계하는 결과를 초래한다. 비보강 조적조 건축물은 지역적 특성에 영향을 크게 받는 구조형식으로 자국의 실정에 맞는 R값의 설정이 내진설계의 근본 요건이라 할 수 있으나 국내 내진기준의 R값은 외국의 사례를 준용하고 있어 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 본 연구는 국내 비보강 조적조 벽체의 실험을 행하고 비보강 조적조 벽체의 적절한 반응수정계수 값을 고찰·분석하여 비보강 조적조 건축물의 반응계수 설정을 위한 기초 자료를 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 실 험

2.1 시험체 계획

비보강 조적벽체의 전단내력에 주요한 영향을 미치는 요소인 형상비와 개구부율을 기존 조적조 건물의 현황조사를 통하여 국내 비보강 조적조 벽체 현황과 유사하도록 결정한다. 형상비는 1.00, 1.50, 2.00으로 정하여 형상비에 따른 전단강도의 관계를 알아보고자 한다. 축응력은 25.4tf/㎠으로, 대상 건물을 2층으로 가정하여 1층 벽체의 내력을 기준으로 결정한다. 모르타르의 배합비는 시공조건과 동일하게 현장배합비로 결정한

* 서울시립대학교 건축공학과 부교수 E-mail : khkwan@uos.ac.kr

** 서울시립대학교 건축공학과 석사과정

*** 광운대학교 건축학부 교수

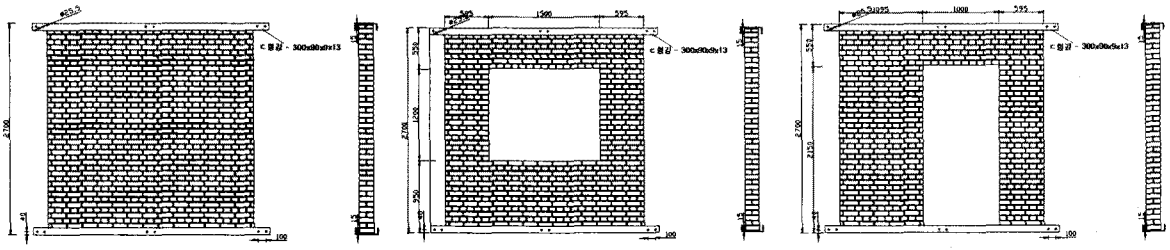
**** 한양대학교 건축환경공학과 연구원

***** 광운대학교 에센스 구조연구센터 연구교수

다. 쌓기방법은 국내의 조적조 건물 시공시 내력벽으로 사용되는 1.0B로 결정하고, 기본형 1개, 형상비 3개, 벽돌 종류 2개, 개구부 4개의 실체 크기 시험체를 제작한다. 본 실험에서 사용된 변수별 시험체의 일람을 표 2.1, 주요 시험체 상세는 그림 2.1에 나타내고, 시험체명은 주요 실험변수를 잘 반영하도록 형상비, 벽돌 종류, 개구부율로 구분하여 나타낸다.

표 2.1 시험체 일람표

시험체명	변수	벽체크기(m)	개구부 형태	단면적(m^2)	개구부율
1.0CN	기본형	2.7×2.7	없음	0.513	0
1.0RN	벽돌 종류	2.7×2.7	없음	0.513	0
1.5CN	형상비	4.1×2.7	없음	0.770	0
1.5RN	벽돌종류	4.1×2.7	없음	0.770	0
2.0CN	형상비	5.4×2.7	없음	1.026	0
2.0RN	벽돌종류	5.4×2.7	없음	1.026	0
1.0CW	개구부	2.7×2.7	창	0.513	0.25
1.0CD	개구부	2.7×2.7	문	0.513	0.29
2.0CWW	개구부	5.4×2.7	창×2	1.026	0.49
2.0CWD	개구부	5.4×2.7	창,문	1.026	0.54



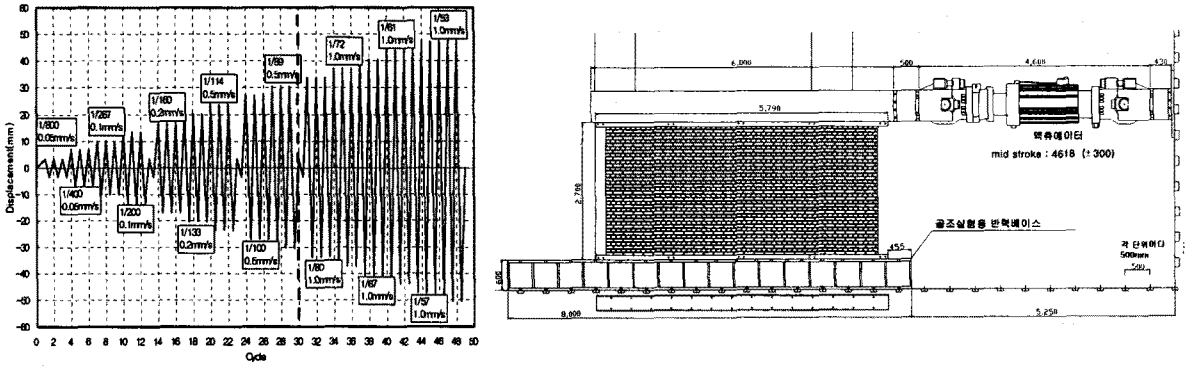
두께 19.cm,
벽돌개수 : 1110개
(a) 1.0CN 시험체

개구부크기 1.2m×1.5m
두께 19.cm, 벽돌개수 : 836개
(b) 1.0CW 시험체

개구부크기 2.15m×1.0m
두께 19.cm, 벽돌개수 : 783개
(c)1.0CD 시험체

그림 2.1 시험체 상세

가력방법은 수평으로 300ton Actuator를 사용하여 변위제어방식으로 반복가력하고 수직하중은 부가하중을 적재하여 가력한다. 그림 2.2에 변위이력그래프와 시험체 설치 상황을 나타낸다.



(a) 변위이력 그래프 **(b) 시험체 설치 상황**

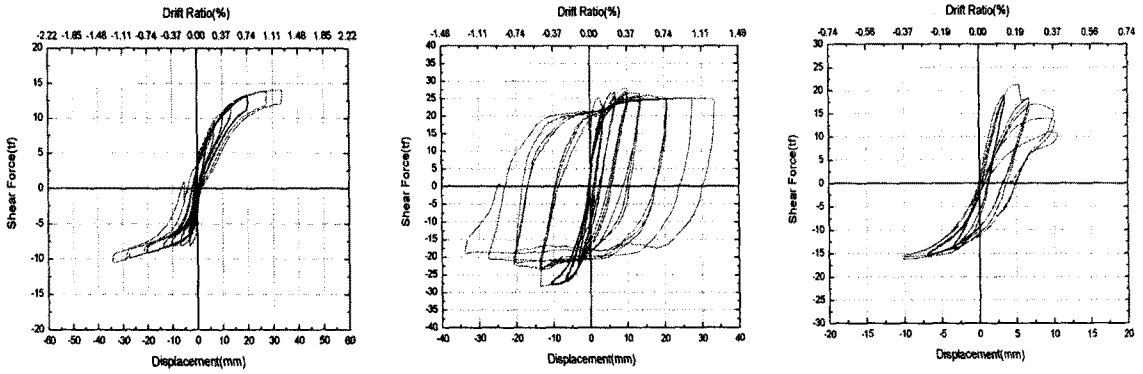
그림 2.2 실험방법

3. 실험결과

실험을 통해 얻어진 결과를 시험체별로 표 3.1에 정리하며, 하중변위곡선 중 Rocking 파괴모드와 Sliding 파괴모드별 주요결과를 그림 3.1에 나타낸다.

표 3.1 시험체별 실험결과

시험체명	최대하중(tf)		최대하중 (tf)	최대변위(mm)		최대변위 (mm)
	정	부		정	부	
1.0CN	10.62	7.84	9.23	10.24	10.46	10.35
1.0RN	10.67	6.74	8.705	6.79	6.77	6.78
1.5CN	18.05	12.9	15.485	13.55	13.01	13.28
1.5RN	19.18	11.4	15.295	10.07	10.27	10.17
2.0CN	27.38	27.3	27.345	10.13	10.53	10.33
2.0RN	24.87	26.2	25.55	6.74	6.75	6.745
1.0CW	4.47	3.26	3.865	6.87	6.86	6.865
1.0CD	4.79	6.02	5.405	6.79	6.76	6.775
2.0CWW	15.6	16.8	16.2	6.7	6.87	6.785
2.0CWD	18.1	15.6	16.85	6.69	6.79	6.74



(a) 1.0CN (b) 2.0CN (c) 2.0 CWD

그림 3.2 시험체 하중-변위 곡선

4. R값의 설정

4.1 R값의 정의

ATC에서는 반응수정계수 설정식의 가장 기본적 형태를 $R = R_0 R_u$로 정의하고 있어 본 연구에서도 이 개념에 따라 실험결과를 분석한다. 여기서 R_0는 초과강도계수, R_u는 연성계수를 의미한다. 각 계수의 개념을 그림 4.1에 나타낸다.

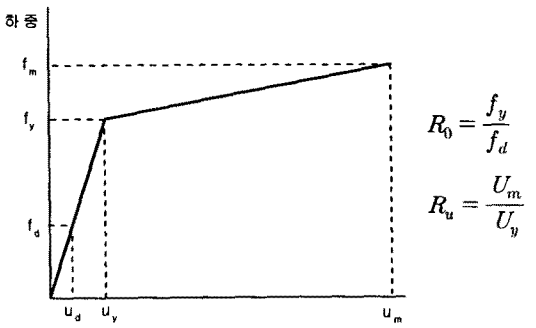


그림 4.1 연성계수와 초과강도계수의 개념

4.2 R값의 설정

실험결과를 바탕으로 R값을 산정하면 표 4.1과 같다. 시험체의 밑면전단력을 산정하고, 그에 따른 초과강도계수와 연성계수의 곱으로 반응수정계수를 산정한다.

개구부가 있는 시험체는 다른 시험체에 비하여 낮은 값을 보인다. 그리고 1.0CN과 1.0RN, 1.5CN과 1.5RN, 2.0CN과 2.0RN은 같은 형상비에 콘크리트 벽돌과 소성 벽돌로 종류를 달리한다. 소성 벽돌을 사용한 시험체가 콘크리트 벽돌을 사용한 시험체에 비해 조금 높은 초과강도계수를 나타내며, 연성계수는 조금 낮게 나타난다.

표 4.1 반응수정계수 산정

시험체명	평균전단응력(kgf/cm^2)	초과강도계수	연성계수	반응수정계수
1.0CN	1.8	1.67	1.54	2.57
1.0RN	1.7	2.04	1.01	2.07
1.5CN	2.04	1.22	1.17	1.44
1.5RN	2.01	1.60	0.66	1.06
2.0CN	2.67	1.34	0.42	0.56
2.0RN	2.49	1.37	0.21	0.28
1.0CW	0.75	1.79	0.26	0.46
1.0CD	1.05	1.35	0.82	1.10
2.0CWW	1.58	1.05	0.66	0.69
2.0CWD	1.64	1.45	0.68	0.99

반응수정계수의 10개 실험체를 그림 4.2에 나타내고, 실험 중 회귀식에서 과대과소를 제외하여 수정한 반응수정계수를 그림 4.3에 나타낸다.

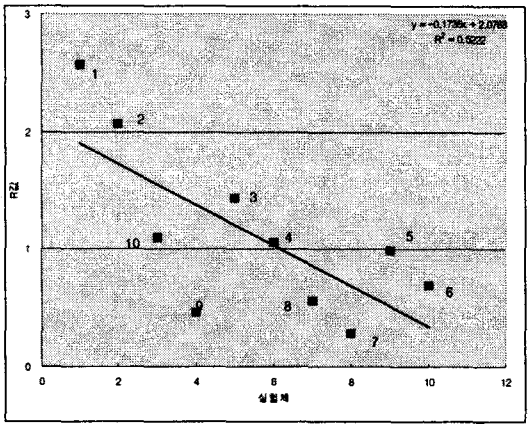


그림 4.2 시험체의 회귀분석

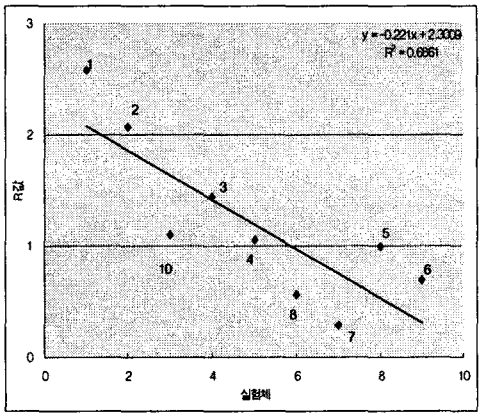


그림 4.3 시험체의 회귀분석(9번 제외)

5. 결 론

본 연구는 실험결과의 분석을 통해 국내 비보강 조적 벽체의 초과강도 계수와 연성계수를 검토한다. 초과강도계수는 1.05~2.04 범위에, 연성계수는 0.21~1.54 범위에 분포하여 변화가 크며 따라서 반응수정계수도 0.28~2.57 까지의 큰 편차를 보인다. 이를 KBC-2005의 R값 1.5와 비교하면 평균 값(1.2)은 낮은 값을 갖으나 최대 값(2.57)은 기준 값보다 70%이상 큰 값을 갖는다. 초과강도계수의 기준 값 2.5는 본 연구보다는 상대적으로 큰 값을 갖는 것으로 판단된다. 본 연구는 10개의 실험결과를 분석한 것으로 현재의 반응수정계수의 수정을 제안하기에는 부족한 것을 사료됨으로 국내외 다른 연구자들의 연구결과와 수집·정리하여 비교분석할 필요가 있다.

참고문헌

1. ATC(Applied Technology Council), "Tentative provisions for the development of seismic regulations for buildings." ATC3-06, 1978
2. 대한건축학회, 건축구조설계기준(Korean Building Code - structural), 2005
3. 이원호 외, "비보강 조적벽체 전단내력 평가에 관한 연구", 대한건축학회논문집 21권 10호 2005. 10, pp3~10
4. 권기혁 외, "비보강 조적벽체의 면내거동 해석" 한국지진공학회논문집, 6권 3호 2002. 6, pp1~10
5. "UBC-97", International Conference of Building Officials, Vol. 2, 1997, pp.214-235
6. 김희철 외, "비보강 조적조 건물의 등가 정적 해석에 관한 연구",한국지진공학회논문집 4권 3호 2000.9, pp1~10