

조적조의 물리적 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Physical Property of the Masonry

유혜란 권기혁**
Yu, Hye-Ran Kwon, Ki-Hyuk

ABSTRACT

Masonry buildings constructed using concrete brick and cement mortar after normal Poteulranteu cement appearance, but problem of colloquial Chinese and individual crack etc. happened. Also, domestic standard abroad standard being applied mostly just as it is various kinds problem have. Therefore, purpose of this research is that wish to analyze physical special quality for Masonry individual and mortar and present pabulum that can evaluate deviation structural special quality.

1. 서론

조적 건축물은 보통 포틀란트 시멘트의 출현으로 콘크리트 벽돌과 시멘트 모르타르를 사용하여 시공되어 졌지만, 백화 및 개체 균열 등의 문제점이 발생하였다. 또한, 2005년에 개정된 구조설계기준¹ 중 조적조 관련 은 콘크리트 벽돌 뿐 그 외의 재료에 대한 상세 규준은 없으며, 사용 재료가 상이한 외국 기준을 대부분 따르고 있어 여러 가지 문제점을 가지고 있다.²

현재 국내 연구는 콘크리트 벽돌과 시멘트 모르타르를 사용한 조적조에 대한 연구는 활발히 이루어지고 있는 반면, 소성 벽돌이나 석회 모르타르에 대한 연구는 극히 소수 이루어지고 있는 실정이다. 특히 이에 대한 객관화된 자료의 부족으로 많은 어려움이 발생하며, 조적조의 고급화 및 친환경화³를 위한 재료에 대한 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구의 목적은 조적개체와 모르타르에 대한 조적조의 물리적 특성을 분석하고 이로 구조적 특성을 평가할 수 있는 기초자료를 제시하고자 함이다.

2. 실험

2.1 일반사항

조적조는 개체와 모르타르로 이루어졌으며, 본 실험에서는 개체와 모르타르에 변수를 두어 조적강도에 미치는 영향을 분석하고자 함이다. 조적 개체는 13N/mm²의 콘크리트 벽돌과 60N/mm²의 소성 벽돌을 사용하며, 모르타르는 시멘트 모르타르와 친환경 재료로 대두되고 있는 석회 모르타르, NHL(Natural Hydraulic Lime)을

* 정회원, 서울시립대학교 건축공학과 대학원
** 정회원, 서울시립대학교 건축공학과 부교수

사용한다. 배합비는 KS 기준에서 시멘트와 모래를 1:3으로 규정하고 있으며, 석회의 경우 기준에서는 시멘트를 포함하여 1:1:3(시멘트:석회:모래)의 배합을 규정하고 있으나, 기존 건축물의 모르타르를 분석 결과 1:1 및 1:2⁴로 추정하고 있어 표1과 같은 배합비로 모르타르 압축강도와 프리즘 압축강도를 측정한다. W/C는 시공 연도를 확보하기 위하여 현장여건을 고려한 슬럼프 값 200mm(±10mm)⁵을 적용하며, 현장에서 적용되는 28일간의 기건 양생을 실시한다. 본 실험에 사용된 실험인자 및 측정항목은 표1에 나타낸다.

표 1. 실험 인자

모르타르		조적개체	콘크리트 벽돌	소성 벽돌	측정항목
모르타르 성분	시멘트 모르타르		배합비 1:1 ~ 1:5		1. 모르타르 압축강도 2. 프리즘 압축강도
	석회 모르타르		배합비 1:1 ~ 1:3		
	NHL		H사 기성제품		

2.2 모르타르 압축강도

모르타르 실험체는 KS L 5105에 의해 제작·측정하며, KS L 5220에서 기준강도에 대해 조적용 모르타르의 28일 기건 양생 시 11N/mm²(110kg/cm²) 이상일 것을 규정하고 있다. 측정 결과를 보면 그림1에서 보는 바와 같이 시멘트 모르타르의 경우 1:1~1:3의 배합에서는 기준 강도를 만족하며 배합비가 증가할수록 압축강도가 감소하는 반면, 소석회 모르타르의 경우 배합비에 반드시 반비례하지는 않으며 기준을 만족하지 못한다. 또한 파괴 형상에서도 시멘트 모르타르의 경우 파괴 면이 뾰족한 형태를, 석회 모르타르의 경우에는 면에서 균열이 발생하면서 면이 부서지면서 탈락되는 차이를 보인다.

국내 연구자들에 의해 제안된 모르타르의 압축강도 추정식(표2)과 비교하면 배합비 1:1~1:3은 이원호 연구자 추정식⁶을 만족하지만, 1:3 이상의 배합비에서는 김희철 연구자⁷의 추정식을 만족한다.(그림1 참조) 또한, 소석회 모르타르 및 NHL의 경우는 시멘트 모르타르에 비해 압축강도가 극히 약하기 때문에 이를 고려한 새로운 제안식이 필요하다고 판단된다.

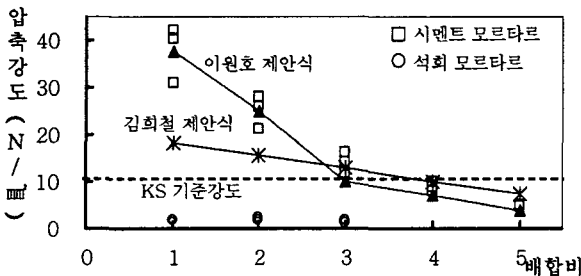


그림 1. 배합비에 따른 모르타르 압축강도

표 2. 모르타르 압축강도 추정식

연구자	압축강도 추정식	
김희철	$f_{mortor} = 214.1 - 27.8M_c$	
이원호	1:1 ~ 1:2	$f_{mortor} = 511.5 - 128.7M_c$
	1:2.5 ~ 1:5	$f_{mortor} = 196.1 - 31.3M_c$

f_{mortor} : 모르타르 압축강도(kg/cm²)

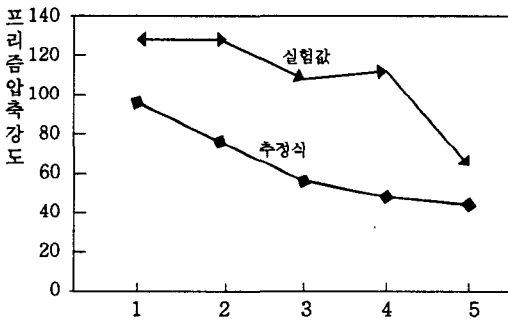
M_c : 모르타르의 배합비

2.3 프리즘 압축강도

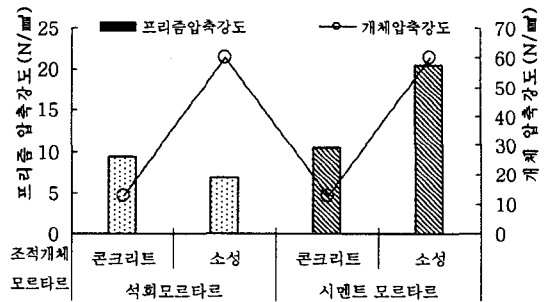
프리즘 실험체에 대한 국내 기준은 h/t비에 따른 압축강도의 수정계수만 기재되어 있을 뿐 개체에

다른 부분은 명기되어 있지 않아 Reinforced Masonry Engineering Handbook⁶에 제시된 규정에 준하여 콘크리트 벽돌은 3단으로, 소성 벽돌은 5단으로 수준별 제작하여 ASTM C 1314와 E 447 및 UBC 97의 Standard 21-17에 따라 28일 양생 후 압축강도를 측정한다. KBC 2005에서 비보강 순수 조적조에 대한 허용응력도 설계법 및 강도 설계법에 따르면 각 프리즘 균의 압축강도는 기준압축강도 f_m 이 상일 것을 규정하고 있다. 국내 연구자는 이에 대한 주요 영향 요소는 모르타르의 압축강도와 조적 개체의 압축강도로, 두 변수의 상관성(약 91%, 개체 72.3%, 모르타르 63.1%)⁶을 고려하여 추정식을 제안하였으며, 실험결과 값을 비교하여 그림 2에 나타낸다. 기존 연구와 같은 콘크리트 벽돌과 시멘트 모르타르를 사용한 결과 값은 제안한 값보다 약 75%정도 높은 값을 나타내며, 배합비가 클수록 감소하는 경향은 같게 나타난다. 반면에, 소성 적벽돌과 석회 모르타르를 사용한 결과 값은 1/2이하의 결과 값을 나타내므로 이는 식 1에 만족한다고 볼 수 없으며, 이에 대한 새로운 제안식이 필요하다고 판단된다. 또한, 시멘트 모르타르를 사용한 경우는 배합비가 클수록 감소하는 경향을 나타나지만, 석회의 경우는 배합비가 클수록 반드시 증가하거나 감소한다고 볼 수는 없다(그림 2).

$$f_m = 0.46f_{brick} + 0.16f_{mortar} - 25.9 \quad (\text{식 1})$$



(a) 콘크리트 벽돌과 시멘트 모르타르 실험체



(b) 개체 압축강도의 영향

그림 2 조적개체 및 모르타르에 따른 프리즘 압축강도

동일한 조적 개체를 사용하여 프리즘 압축강도를 측정한 결과 시멘트 모르타르의 경우는 개체의 강도가 크면 프리즘 압축강도 역시 크게 나타나지만, 석회 모르타르의 경우는 반대로 개체의 강도가 클수록 프리즘 압축강도가 작게 나타난다. 또한, 콘크리트 벽돌과 시멘트 모르타르를 사용한 프리즘은 모르타르에서 균열이 발생하여 개체로 진전되지만 균열 폭이 작은 반면, 소석회 모르타르의 경우는 모르타르의 면이 탈락하면서 개체에 균열이 먼저 발생하며 균열 폭 또한 크게 나타난다.

프리즘의 압축강도와 변형을 그래프에서 $0.05f_m$ 와 $0.33f_m$ 의 기울기 값으로 탄성계수를 구하는데, KBC 2005에서는 UBC 97, IBC 2000의 제안식(식 2)을 그대로 적용하고 있으며, 콘크리트 벽돌과 시멘트 모르타르를 사용하여 국내 현실을 고려하여 연구자들은 식 3⁷과 식 4⁶와 같이 제안하였다. 그림 3에 나타난 것처럼 국내 기준에서 제시하고 있는 기준 값과는 큰 차이를 보이며, 국내 연구자들의 제안한 식을 만족한다. 하지만, 소성 벽돌 및 석회 모르타르를 사용하였을 경우 국내 연구자들이 제안한 식을 그대로 적용하는 데는 어려움이 있다고 사료된다.

$$E_m = 750f'_m, \text{ 최대 } 20.5\text{GPa} \quad (\text{식 } 2)$$

$$E_m = 100f'_m \quad (\text{식 } 3)$$

$$E_m = 88f'_m \quad (f'_m \leq 260\text{kg/cm}^2) \quad (\text{식 } 4-1)$$

$$E_m = 172f'_m \quad (f'_m > 260\text{kg/cm}^2) \quad (\text{식 } 4-2)$$

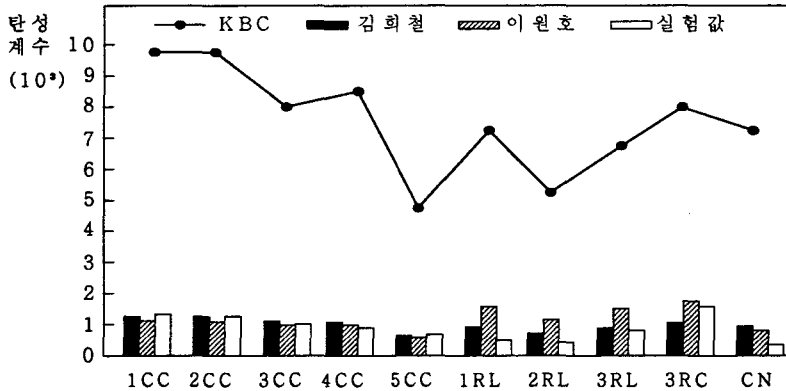


그림 3. 탄성계수 산정 비교

3. 결론

- (1) 본 실험 결과 국내 연구자들의 모르타르 압축강도 추정식은 배합비와 배합재료에 따른 차이를 보이나, 시멘트 모르타르의 경우는 적절하다고 사료되며, 석회 모르타르의 경우는 재료의 특성을 고려한 새로운 규정과 압축강도 추정식의 제안이 필요하다고 사료된다.
- (2) 프리즘 압축강도는 모르타르 압축강도보다는 조적개체의 영향이 큰 것으로 사료되며, 소성 벽돌과 석회 모르타르를 사용하였을 경우에 배합비에 대하여 일정한 경향이 없어 이에 대한 많은 실험이 행하여 새로운 압축강도 추정식이 제안될 필요가 있다고 사료된다.
- (3) 프리즘 압축강도에 따른 탄성계수는 국내 연구자에 의해 제안된 식을 만족하며, KBC 2005에 규정된 값과의 차이가 크게 나타낸다. 소성 벽돌과 석회 모르타르를 사용하였을 경우는 그대로 적용하기에는 어려움이 있는 것으로 사료되며, 이에 따른 새로운 규정이 필요하다고 사료된다.

본 연구는 2005년 건설기술 연구개발 사업 “조적조 건축물의 내진성능향상 및 고층화 현실방안을 위한 연구” 로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. 대한건축학회(2005), “건축구조설계기준2005(KBC2005)”
2. 이원호(2005), “회귀분석을 통한 조적프리즘 압축강도 및 사인장 전단강도”, 대한건축학회 논문집
3. 박문석(2005), “점토벽돌 건축물에서의 전통적 석회 모르타르의 적용”, 삼한CI(주)
4. 김택남 (2004). “원효로 성당과 명동 성당의 몰탈과 벽돌 분석”
5. 권기혁(2001). “조적조 건축물에 대한 내진 보강 방안”, 서울특별시
6. 이원호(2004), “조적개체 재료특성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 논문집
7. 김희철(2001), “지진하중을 고려한 비보강 조적조의 재료특성 평가에 관한 실험연구”, 한국지진공학회
8. JAMES E. AMRHEIN, “Reinforced Masonry Engineering Handbook(Clay and Concrete Masonry)”