

# 푸쉬오버 해석을 통한 비보강 조적벽체의 전단강도평가

## Shear Strength Evaluation of Unreinforced Masonry Walls Using Pushover Analysis

이 정 한\* · 김 혜 원\*\* · 김 진 선\*\*\* · 박 병 철\*\*\*\* · 이 원 호\*\*\*\*\*

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

### 요 약

본 연구에서는 비보강 조적조에 대한 부재 비선형거동 및 비탄성한지 속성을 고려할 수 있는 midas GEN Ver.741(해외판) 프로그램에 의한 비보강 조적벽체의 푸쉬오버 해석결과와 실험결과와의 비교를 통하여 비보강 조적조 건축물의 전단강도평가를 비롯하여 내진성능평가를 위한 역랑스펙트럼 해석 프로그램을 검증하고자 한다. midas GEN Ver.741(해외판) 프로그램의 사용성 검증을 위하여 조적벽체의 축하중, 형상비, 쌓기방법(두께) 그리고 개구부 유무를 변수로 한 10개의 비보강 조적벽체의 전단강도를 비교·평가한다. 비보강 조적벽체에 대한 실험결과와 해석결과를 비교한 결과 각 시험체별 전단강도 값이 비교적 유사한 것으로 나타나며 국내 기존 비보강 조적조 건축물에 대한 해석방법으로 본 프로그램의 사용이 가능한 것으로 평가되었다.

**keywords** : 비보강 조적벽체, 푸쉬오버 해석, 역랑스펙트럼 해석, 축하중, 형상비, 쌓기방법, 전단강도

### 1. 서 론

매년 전 세계적으로 대규모 지진발생으로 막대한 인명 및 재산피해가 발생하고 있으며 특히 지진에 매우 취약한 비보강 조적조 건축물의 붕괴는 이러한 피해를 더욱 가중시키는 것으로 나타났다. 현재까지 우리나라의 경우 지진 안전지역으로 고려되어왔지만 최근 제주해역 연속 지진을 비롯하여 시흥지진 발생 등 규모는 상대적으로 낮지만 발생빈도가 증가하고 있는 추세에 있다. 또한 국내 전체 건축물의 40% 가량 차지하며 매우 높은 빈도를 보이고 있는 비보강 조적조 건축물의 경우 내진설계가 적용되지 않았으며 또한 노후화가 심각한 상황으로 일정규모 이상의 지진발생 시 막대한 피해가 예상되고 있는 상황으로 국내 기존 비보강 조적조 건축물의 내진성능평가 및 보수보강기법 개발이 절실히 필요하다. 유럽의 경우 비보강 조적조 건축물들이 다양하게 분포, 사용되고 있는 상황으로 midas GEN 해외판의 경우 유럽에서 비보강 조적조 건축물의 구조 해석 툴로 검증 및 사용되고 있는 상황이다. 유럽의 경우 조적재료 및 시공현황 등이 국내와 유사한 상황으로 본 연구에서는 midas GEN Ver.741(해외판) 해석프로그램의 모델링 요소 등을 분석하고, 비보강 조적벽체 실험결과와 해석결과에 따른 전단강도 비교분석을 통한 사용성을 평가하고자 한다.

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

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

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

\*\*\*\* 정회원 · 국립방재연구소 시설연구관, 공학박사 bcpark@korea.kr

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

## 2. 조적조 푸쉬오버 해석 개요

midas Gen Ver.741(해외판)에서는 조적조 구조물의 푸쉬오버(Pushover) 해석을 제공하고 있으며, 비선형 보요소(nonlinear beam element)로 조적벽체 및 보를 모델링한다. 이때 조적요소는 면내방향만 비선형거동하며, 면외방향은 탄성거동 하는 것으로 가정하고 있으며, 비탄형 힌지의 모멘트 성분은 요소중양에 면내방향 1개로 설정된다. 조적조 요소의 항복내력은 Guido M. & Gian M.C.(1997)가 제안한 방법으로 계산한다. 비보강 조적벽체의 전단력성분은 신축 및 기존 건축물 등으로 구분하여 다음 식 (1) 및 (2)와 같이 산정한다.

$$- \text{신축 시 조적벽체 전단력성분의 항복내력} : V_t = L' \cdot T \cdot \tau_0 \quad (1)$$

$$\text{여기서, } L' \begin{cases} = 3 \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{e}{L} \right) \cdot L & ; e \geq L/6 \\ = L & ; e < L/6 \end{cases}$$

$L$  : Pier Length,  $L'$  : Depth of Neutral Axis Calculated at Each Load Step

$H$  : Pier Height,  $T$  : Pier Thickness,  $\tau_0$  : Shear Strength,  $P$  : Axial Force

$$- \text{기존 조적벽체 전단력성분의 항복내력} : V_t = L \cdot T \cdot \frac{1.5 \cdot \tau_0}{\beta} \sqrt{1 + \frac{p}{1.5\tau_0}} \quad (2)$$

$$\beta \begin{cases} = 1.5 & ; 1.5 \leq H/L \\ = H/L & ; 1.0 < H/L < 1.5 \\ = 1.0 & ; H/L \leq 1.0 \end{cases}$$

여기서,  $L$  : Pier Length,  $H$  : Pier Height,  $T$  : Pier Thickness,

$\tau_0$  : Shear Strength (User Defined Value),  $p$  : Vertical Stress

## 3. 비보강 조적벽체 전단강도

### 3.1. 기존 비보강 조적벽체 실험결과

비교대상 시험체는 총 10개의 비보강 조적벽체이며 시험체 일람은 다음 표 1과 같다. 이때 사용된 재료실험 결과는 표 2와 같고, 비보강 조적벽체 전단강도 실험결과는 다음 표 3과 같다.

표 1. 시험체 일람표

시험체명	크기 ( $h \times l$ )	형상비 ( $h/l$ )	쌓기방법 ( $t$ )	축응력(MPa)	개구부 ( $h \times l$ )
270W-1F	2.7 m×2.7 m	1.00	1.0B (190 mm)	0.086	-
270W-2F	2.7 m×2.7 m	1.00	1.0B (190 mm)	0.250	-
270W-2F-0.5B	2.7 m×2.7 m	1.00	0.5B (90 mm)	0.250	-
270W-2F-W	2.7 m×2.7 m	1.00	1.0B (190 mm)	0.250	창문 (1.2×1.5 m)
270W-2F-D	2.7 m×2.7 m	1.00	1.0B (190 mm)	0.250	출입문 (2.15×1.0 m)
120W-2F	2.7 m×1.2 m	2.25	1.0B (190 mm)	0.250	-
180W-2F	2.7 m×1.8 m	1.50	1.0B (190 mm)	0.250	-
360W-2F	2.7 m×3.6 m	0.75	1.0B (190 mm)	0.250	-
400W-2F	2.7 m×4.0 m	0.68	1.0B (190 mm)	0.250	-
540W-2F	2.7 m×5.4 m	0.50	1.0B (190 mm)	0.250	-

표 2. 재료실험 결과

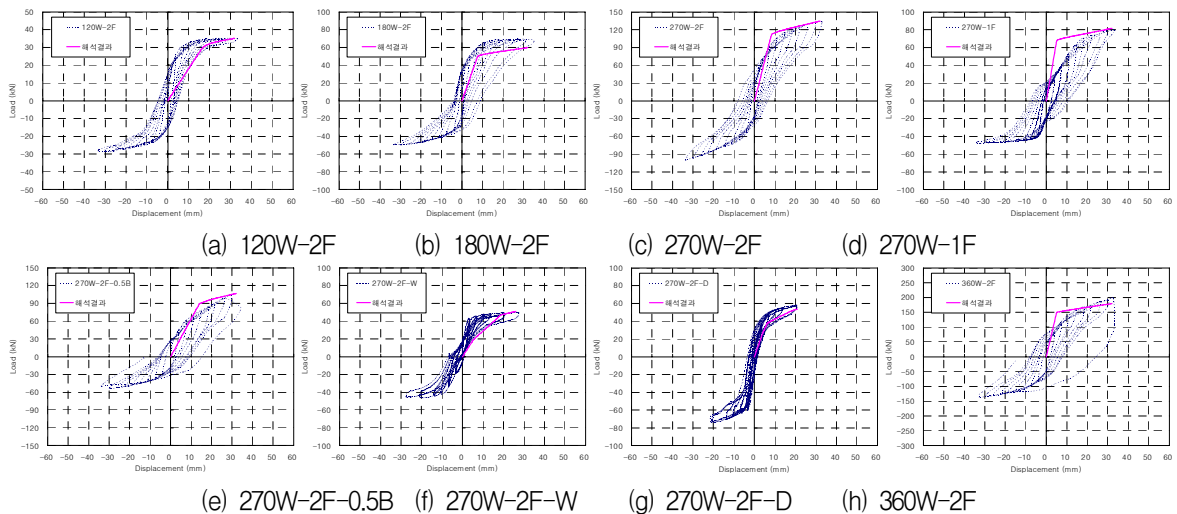
	크기 (mm)	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)
모르타르	50×50×50	8.24	-
콘크리트 벽돌	190×90×57	15.40	-
프리즘	190×90×190	6.18	496

표 3. 시험체 실험결과 및 평균전단응력

시험체명	변수	최대변위 (mm)		최대하중 (kN)		평균전단응력(MPa)
		+	-	+	-	
270W-1F	수직하중	50.72	52.06	84.14	47.56	0.128
270W-2F	기본형	43.92	42.31	136.12	101.40	0.231
270W-2F-0.5B	쌓기방법	29.70	29.88	103.75	53.45	0.324
270W-2F-W	개구부	27.45	27.55	49.72	46.39	0.093(전단면), 0.169(순단면)
270W-2F-D		유무	21.58	20.70	73.65	
120W-2F	형상비	77.55	80.32	35.89	28.54	0.141
180W-2F		53.35	53.99	63.43	49.72	0.175
360W-2F		40.70	40.16	195.84	136.61	0.243
400W-2F		34.05	34.55	192.90	149.85	0.226
540W-2F		33.59	33.91	277.53	274.29	0.269

3.2. 비보강 조적벽체 푸쉬오버 해석결과

비보강 조적벽체의 전단강도를 평가하기 위하여 2장에서 언급한 바와 같이 조적벽체를 비선형 보요소로 모델링하며, 조적벽체에 작용하는 축응력 및 재료물성은 실제 시험체와 동일한 값으로 표 1 및 표 2와 같이 적용하였다. 힌지 조건은 축력성분, 전단성분을 고려하였으며 실험결과 값으로부터 시행착오 방법(trial and error)을 통해 항복비 및 연성비를 결정하였다. 또한 건물 종류는 기존 건물(existing buildings)로 하였으며 프리즘 압축강도는 재료실험 결과 값인 6.18 MPa를 적용하였다. 조적조 전단강도 값의 경우 기존 재료실험 결과 값 및 조적벽체 실험결과 값으로부터 시행착오 방법을 통해 0.14MPa로 산정하였다. 실험결과와 해석 결과에 대한 하중-변위곡선은 다음 그림 1과 같다.



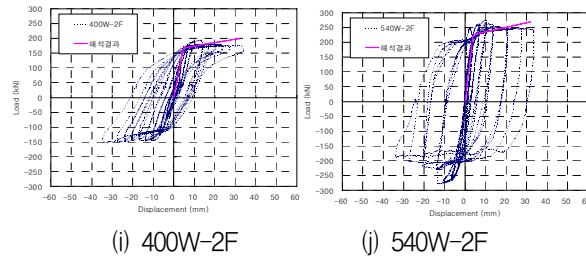


그림 1. 실험결과와 해석결과와의 하중-변위곡선 비교

실험결과와 해석결과에 따른 전단강도의 비교는 표 4와 같고, 그림 1 및 표 4에서 보는 바와 같이 각 시험체별 하중-변위곡선 및 최대하중 결과 값이 비교적 유사한 것으로 나타났다. 따라서 국내 비보강 조적조 건축물에 대한 해석방법으로 본 프로그램의 사용이 타당할 것으로 사료된다.

표 4. 각 시험체별 전단강도의 실험결과 및 해석결과

시험체명	변수	전단강도(kN)		
		실험결과	해석결과	실험/해석
270W-1F	수직하중	84.14	81.43	1.03
270W-2F	기본형	136.12	134.36	1.01
270W-2F-0.5B	쌓기방법	103.75	106.44	0.97
270W-2F-W	개구부유무	49.72	50.88	0.98
270W-2F-D		73.65	57.78	1.27
120W-2F	형상비	35.89	35.08	1.02
180W-2F		63.43	59.73	1.06
360W-2F		195.84	179.16	1.09
400W-2F		192.90	199.07	0.97
540W-2F		277.53	268.75	1.03

#### 4. 결론

비보강 조적벽체 실험결과와 해석결과를 통해 조적조의 기본 전단강도 0.14MPa와 전단요소의 힌지 속성과 관련된 항복비 1.2와 연성비 0.012~0.015를 제시하고자 하며, 각 시험체별 실험결과와 해석결과 값을 비교해본 결과 0.97~1.27의 범위로 비교적 유사한 것으로 나타났으며, 따라서 국내 비보강 조적조 건축물에 대한 해석방법으로 본 프로그램의 사용이 타당할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- 국립방재연구소 (2008) 비보강 조적조 건축물의 지진취약도함수 개발.
- 국립방재연구소 (2007) 저층 구조물의 지진취약도함수 도출기법 비교검토.
- 마이더스아이티 (2008) MIDAS GEN Ver.741(해외판), MIDAS SDS Ver.340.
- 이원호 외 (2006) 조적조 건물의 내진성능향상 및 고층화 실현방안을 위한 연구, 건설교통부.