

# 외연적 수치해석기법을 사용한 SC전단벽체의 진동실험 시뮬레이션

## Numerical simulation of SC shear wall vibration test using explicit dynamic analysis method

정철헌\* · 김남식\*\* · 이정휘† · 문일환\*\*\* · 김태일\*\*\*\*

Chul-Hun Chung, Nam-Sik Kim, Jungwhee LEE, Il-Hwan Moon and Tae-Il Kim

### 1. 서 론

원자력발전소구조물에 주로 적용되는 RC구조는 Figure 1(a)와 같은 단면형태를 갖고 있으나, 이를 대체하는 SC구조 벽체는 그림 1(b)와 같이 무근 콘크리트 양측에 일정한 두께의 강판을 배치한 단면형태를 갖는다.

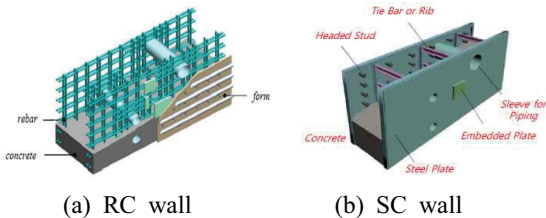


Figure 1. Section shapes of nuclear power plant wall structures

RC구조와 강구조의 경우는 원전구조물의 내진설계 등에 적용하기 위한 감쇠비가 관련 설계기준에 명시되어 있으나, SC구조의 경우는 설계 감쇠비에 관한 실험적 검증연구가 진행 중이다. 본 논문에서는 SC구조의 감쇠비 감증을 위한 실험적 연구의 일환으로, 실험결과와의 비교를 통한 상호검증을 위해 수행한 RC와 SC벽체에 대한 진동실험의 수치 시뮬레이션의 과정 및 결과를 정리하였다.

### 2. 수치 시뮬레이션

#### 2.1 일반 사항

이 연구의 수치해석에 사용한 소프트웨어는 LSTC사의 LS-DYNA으로, 충돌 시뮬레이션을 포함한 다양한 분야의 동적해석에 널리 활용되고 있는 외연적 수치해석 프로그램이다.

LS-DYNA 해석프로그램(ver 971)에는 약 200여종의 다양한 재료모델이 내장되어 있으며, 콘크리트 재료의 모델링에 사용할 수 있는 모델도 다수 포함되어 있다. 본 연구에서는 이 중 기존 연구에서 콘크리트 모델링에 적용된 빈도가 가장 높은 것으로 나타나는 Winfrith 콘크리트 모델 (#84-85)를 사용하였으며, SC강재 및 철근의 모델링에는 \*mat\_piecewise\_linear\_plasticity(#24) 재료모델을 사용하였다.

SC구조의 경우 강판은 4절점 shell요소로, 콘크리트 벽체는 8절점 solid 요소로, 철근은 2절점 beam 요소로 모델링 하였으며, SC구조의 경우 전단연결재와 콘크리트, RC구조의 경우 철근과 콘크리트 사이에 \*constrained\_lagrange\_in\_solid 조건을 적용하여 일체화 시켰다.

Table 1 Numerical simulation cases

case ID	Wall dimension (W×H×T) (mm)	Comment
SCC-S	1220×1860×130	SC structure, shear governing specimen
SCC-M	1220×2860×130	SC structure, moment governing specimen
RCC-S	1220×1860×130	RC structure, shear governing specimen
RCC-M	1220×2860×130	RC structure, moment governing specimen

† 교신저자; 정희원, 단국대학교 토목환경공학과  
E-mail : jwhee2@dankook.ac.kr  
Tel : 031-8005-3511, Fax : 031-

\* 단국대학교 토목환경공학과  
\*\* 부산대학교 사회환경시스템공학과  
\*\*\* 한국전력기술주식회사  
\*\*\*\* 한국수력원자력주식회사

## 2.2 수치시물레이션 케이스

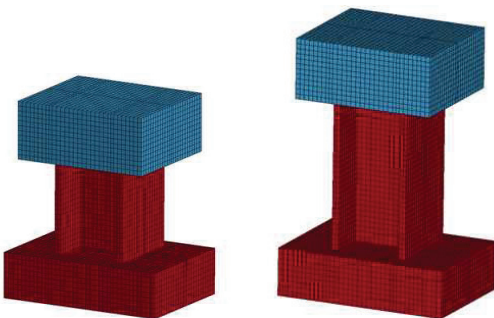
진동실험의 케이스와 동일하게 전단지배 및 휨지배 시험체에 대하여 RC 및 SC구조의 수치시물레이션을 수행하였으며, 시험체의 간략한 제원을 다음 Table 1에 나타내었다.

## 2.3 수치 모델

시험대상 벽체의 하단에는 시험체를 고정시키기 위한 RC 콘크리트 기초(가로 3300, 세로 2300, 높이 900mm)가 위치하며, 벽체의 양 단에는 벽체의 횡방향 및 비틀방향 진동을 억제하기 위한 flange가 설치되었다. 또한 시험체의 고유진동수가 실 구조물의 진동수와 유사한 범위에 있도록 하기 위한 부가 질량(휨지배 시험체 30ton, 전단지배 시험체 60ton)이 벽체 상부에 설치되었다. 다음 Figure 2에 수치 모델의 전체적인 형상을 나타내었다. RC구조와 SC 구조 사이에는 외형에 차이점이 없다.

## 2.4 하중조건

시험체를 가진하기 위한 하중은 부가질량의 가장 아래쪽에 벽체의 전단방향으로 가해지며, 목표하중 또는 목표변위까지 일정한 속도로 증가한 뒤 순간적으로 하중이 제거되어 구조물에 진동을 일으키게 된다. 목표하중은 RC 및 SC시험체에 대하여 다르게 설정되었으며, 시험체별로 6~7단계로 나뉘어 단계적인 변화를 관찰할 수 있도록 하였다. RC 및 SC시험체에 적용된 목표하중 범위는 각각 100~1100kN 및 400~1800kN 이다.



(a) SCC-S, RCC-S      (b) SCC-M, RCC-M  
Figure 2. Overall shapes of numerical models

## 3. 결과 분석

다음 Figure 3에는 수치시물레이션으로부터 얻어진 하중단계 진행에 따른 고유진동수 변화를 실험결과와 비교하여 나타내었다.

네 경우에서 공통적으로 초기 고유진동수는 수치시물레이션 결과가 실험결과에 비해 높게 나타났으나, 이는 콘크리트의 탄성계수 입력값의 산출 방법에 따라 변동이 발생할 수 있는 부분이며, 콘크리트 탄성계수를 조정하여 calibration이 가능한 것을 확인하였다. 하중단계가 진행됨에 따라 수치해석의 고유진동수와 실험에서 측정된 고유진동수 사이의 차이가 점차 줄어들고 있으며, 이는 수치해석에서도 시험체의 손상 및 이에 따른 강성의 감소가 실제와 유사하게 모사되고 있음을 나타낸다.

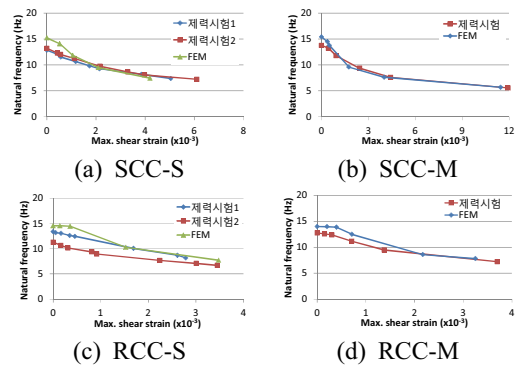


Figure 3. Variation of natural frequencies

## 4. 결 론

SC벽체의 감쇠비 평가를 위한 제력시험의 시물레이션을 통하여 얻어진 진동응답의 주파수 분석을 통하여 하중단계 진행에 따른 고유진동수의 변화를 관찰하였으며, 실험결과와 비교하여 동일한 경향을 나타냄을 확인하였다. 따라서 수치 시물레이션 및 제력시험이 모두 타당하게 수행되었음을 상호 확인할 수 있었다.

또한 손상 전 초기상태에서 나타난 고유진동수의 차이는 콘크리트의 탄성계수를 조정하여 보정이 가능한 것을 확인하였다.