

# 건물 바닥구조 해석모델의 Correlation & Updating

## Correlation & Updating for FE model of building floor structure

정민기† □ 임지훈\* □ 조경환\*\* □ 이상엽\*\*\*

Min-Ki Jeong, Ji-Hoon Lim, KyungHwan Cho and Sang-Yeop Lee

### 1. 서 론

건물 바닥 구조물의 일부분에 대한 실험 모드 해석과 건물 바닥 구조물 전체에 대한 모드 해석을 수행하여, 이들 결과의 연성 해석 후 모델 업데이트를 수행하였다. 그리고 업데이트된 해석 모델과 실험 모델의 모드 해석 결과 및 진동응답을 비교하여, 업데이트된 모델의 신뢰성을 검증하였다.

### 2. 이론 고찰 및 결과

#### 2.1 개요

해석 모델의 교정을 위한 프로세스는 Fig. 1과 같으며 각각의 절차에 대한 주의 사항을 아래에 기술하였다.

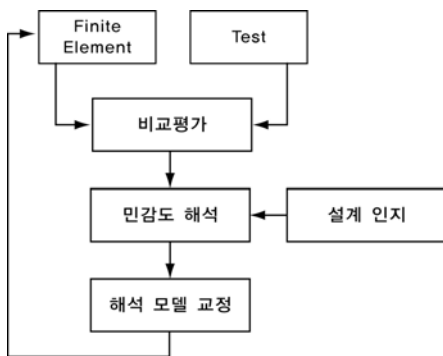


Fig. 1 해석 모델의 교정을 위한 프로세스

#### 2.2 해석 모델과 시험 모델의 연성 해석

해석 모델과 시험 모델의 연성 해석은 Fig. 2와 같이 수행되며, Geometry Correlation과 FRF & Modal Correlation에 대하여 아래에서 설명하였다.

#### (1) Geometry Correlation

Geometry correlation 작업은 FE 모델과 Test 모델의 geometry를 일치 시켜주기 위해 수행된다. 이는 시험/해석 모델 작성 시 global 좌표계의 차이 및 FE node와 시험 모델 측정 위치의 차이점을 일치시키는 geometry를 작성하기 위함이다. 상세한 변환과정은 Fig.2에서 제시하였다.

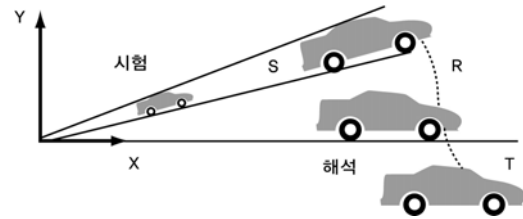


Fig. 2 FE & Test 모델 Geometry Correlation

#### (2) Modal correlation

Modal correlation 작업을 수행하기 위해서는, 새로이 작성된 공통 geometry 상으로 Mode 해석 결과를 이전시키는 작업이 필요하다. 시험 모델의 경우, 측정된 데이터의 좌표 변환이 Transformation 과라 미터인 회전과 Scaling 값에 의해 수행되며, 해석 데이터인 경우에는 새로이 작성된 geometry 에서의 데이터 추출 작업, 즉 데이터 reduction 작업이 수행된다.

새로이 작성된 geometry 상에서 수행되는 작업으로는 MAC(Modal Assurance Criteria)이 계산되며 수식은 다음과 같다.

$$MAC_{ij} = \frac{|\{\psi_i^{test}\}\{\psi_j^{FE}\}|^2}{(\{\psi_i^{test}\}\{\psi_i^{test}\}^* \{\psi_j^{FE}\}\{\psi_j^{FE}\}^*)} \quad (1)$$

MAC 값의 일반적인 기준은 다음과 같다.

- MAC > 0.7 : good correlation
- MAC < 0.5 : bad correlation

#### 2.3 해석 모델의 업데이트

해석 모델의 업데이트 작업은 다음의 항목을 Fig. 3에서 제시된 절차에 따라 진행하게 된다.

† 교신저자; (주)브이테크 기술연구소  
E-mail : jmk4000@chol.com  
Tel : (031)783-5651, Fax : (031)783-5653

\* (주)브이테크 기술연구소

\*\* (주)GS건설 기술연구소

\*\*\* LMS Korea

- (1) 설계 변수 지정
- (2) 목적 함수 지정
- (3) 설계 변수에 대한 목적 함수의 민감도 해석
- (4) 민감도 해석 결과를 이용한 Optimization Design 작업

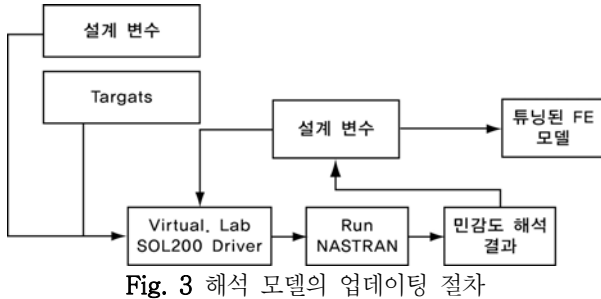


Fig. 3 해석 모델의 업데이트 절차

### 3. 적용사례 - GS건설 재료시험동 건물바닥구조

#### 3.1 개요

본 연구에서는 LMS(Testlab, Virtuallab)에서 제공하는 시험 및 해석 솔루션을 이용하여 GS건설 재료시험동 건물 바닥구조에 대한 실험모델과 해석모델을 대상으로 연성해석 및 해석모델 업데이트를 수행하였다. 대상 건물은 지상 3층 철골구조이며, 바닥구조는 5.7m X 8.1m 스패이다. 실험은 3층 3개 스패에 대하여 수행하였다.

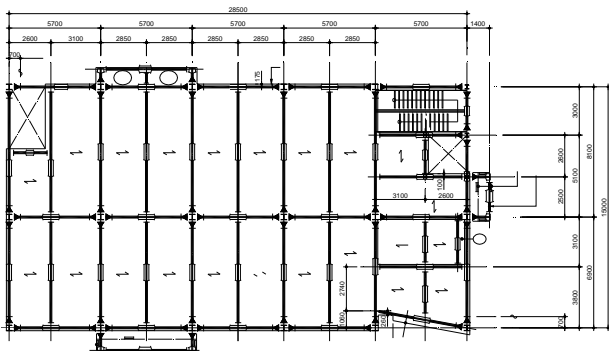


Fig. 5 대상 건물 바닥 구조

#### 3.2 시험모델 생성

본 논문에 사용한 모달 파라미터 추출법은 LMS사에서 개발한 PolyMax기법을 사용 / 해석된 결과는 해석된 모달 파라미터에 의해 측정 지점에서 FRFs의 Synthesize되며 이를 측정된 FRF와 비교를 수행함으로써 검증하였다. 그리고 TPA 기법을 통하여 산정된 충격하중에 대한 계측응답과 산정된 응답을 비교하여 해석모델의 Reference 모델이 되는 시험모델의 신뢰성을 추가적으로 검증하였다. 검증결과 계측 응답과 산정응답이 1dB 이내로 차이를 보임으로 시험모델의 신뢰성은 충분히 확보한 것으로 판단된다.

#### 3.2 연성해석

실험 모델의 고유 진동수를 기준으로 하여 해석 모델과의 MAC 값을 계산 하였으며, MAC값이 최대인 해석모드를 실험모드와 일치하는 것으로 간주하였다.

Table 1 해석 및 실험모델 연성해석결과

Id1	Freq1	Id2	Freq2	MAC	$\Delta F(\text{Hz})$	$\Delta \zeta$
1	9.4	15	11	0.962	1.64	1.3
2	10	16	11.2	0.947	1.22	1.28
3	12.9	24	14.2	0.87	1.31	2.14
4	13.8	22	14	0.965	0.17	2.65
5	19	47	19.2	0.916	0.27	2.89
6	21.1	42	18.2	0.802	2.91	2.37
7	24.1	53	20.8	0.892	3.35	2.24
8	27.6	69	25.2	0.742	2.4	2.77
9	28.4	80	27.9	0.737	0.51	2.64

#### 3.3 해석 모델 튜닝

해석 모델을 튜닝 하기 위한 절차는 다음과 같다.

##### (1) 설계 변수 설정

설계 변수로서는 바닥슬래브 콘크리트 물성치(Young's Modulus, Poisson's Ratio, Density)와 두께, 그리고 바닥 판 배치된 시험집기의 집중질량의 크기를 변수로 분포부위로 분할하여 각각의 두께를 변수로 사용하였다.

##### (2) 목적 함수 설정

목적 함수로는 해석 모드의 MAC 값이 가장 큰 해석 모드의 주파수와 해당 실험 모드의 주파수 차이를 설정하였다.

##### (3) 설계 변수에 대한 목적함수의 민감도 계산

설계 변수에 대한 목적함수의 민감도를 계산하기 위하여, MSC/Nastran 을 사용하여 각 해당 해석 고유진동수 및 모드 형상에 대한 민감도 해석과 LMS Virtual.lab에서 지원하는 MAC 값에 대한 민감도 해석을 수행하였다.

##### (4) 최적 설계 Process Design

최적설계에 사용된 알고리즘으로는 local optimization 기법에 사용되는 sequential quadratic Programming 기법을 사용하였다.

## 4. 결 론

최종적으로 본 연구에서 수행된 해석 모델에 대한 모달 튜닝 기법을 활용하여 건물 바닥구조의 진동문제의 개선시 효율적으로 접근할 수 있을 것으로 판단된다.

## 후 기

본 논문은 GS건설연구소와 공동으로 수행중인 “진동제어를 위한 구조보강 최적화 설계기법 개발”과제의 일환으로 도출된 성과물이며, 이에 감사드립니다.