

GUI 환경을 구현한 MATLAB 기반 SDM 소프트웨어

MATLAB Based SDM Software Embodied in a GUI Environment

박윤식*·김경호**·이준호***

Youn-Sik Park, Gyeong-Ho Kim and Joon-Ho Lee

Key Words : Structural Dynamics Modification(구조물 동특성 변경), Finite Element Model Updating (유한요소 모델 개선), MATLAB(매트랩)

ABSTRACT

This paper describes a MATLAB based SDM software embodied in a GUI environment (SDMTool), which is a technical high-end tool for structural dynamics modification (SDM) problems. The software is composed of four modules: 1) FE model linker module; 2) FE model updating module; 3) SDM forward problem module; 4) SDM structural optimization module. The software can be useful to engineers performing researches on structural dynamics modification and FE model updating.

1. 서론

오늘날, 자동차, 비행기 및 생산 기계와 같은 구조물의 경량화 및 고속 운전화에 의해서 구조물의 동특성과 관련된 진동 소음 문제가 구조물 설계에 있어서 고려해야 할 중요한 인자로 대두되고 있다. 구조물 동특성 변경법(Structural Dynamics Modification)^[1-6]은 그림 1 과 같이 고유 진동수 및 모드 형상, 주파수 응답함수와 같은 기저 구조물(baseline structure)의 동특성을 향상시키기 위해, 부가 구조물(auxiliary structure)의 첨삭을 통해 기저 구조물을 최적으로 변경하고자 할 때 많이 사용되어온 방법이다. 본 연구실은 “진동 저감을 위한 동특성 변경기술”의 과제명으로 2000 년도에 국가지정연구실에 선정되어 구조물 동특성 변경법에 대한 특화된 연구를 수행하여 왔다^[1-11].

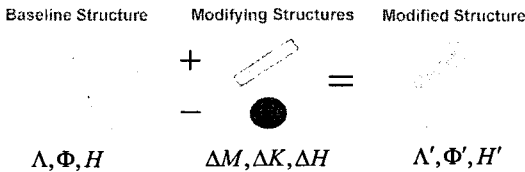


Figure 1. Concept of structural dynamics modification

본 연구에서는 이러한 구조물 동특성 변경법을 실제 구조물에 쉽게 적용할 수 있도록, 공학용 프로그램인 MATLAB 의 GUI 환경 하에서 개발된

* 한국과학기술원 기계공학과 구조 동역학 및 응용제어 연구실 (<http://sdac.kaist.ac.kr>)

E-mail : yspark0117@kaist.ac.kr

Tel : (042) 869-3020, Fax : (042) 869-8220

** University of Colorado at Boulder

*** 한국과학기술원 기계공학과

SDM 소프트웨어(SDMTool)에 대한 소개를 하도록 한다.

2. SDMTool

2.1 개요

SDMTool은 MATLAB Toolbox인 SDT^[12]와 연동하여 그림 2와 같이 상용화된 유한요소모델 해석 프로그램에서 만들어진 유한요소모델을 불러들여서(Linker), 구조물 동특성 변경 및 유한요소 모델 개선을 수행하기 위한 목적으로 개발되었으며, 다음과 같은 네 개의 모듈들로 구성되어 있다.

- ✓ FE model linker module
- ✓ FE model updating module
- ✓ SDM forward problem module
- ✓ SDM structural optimization module

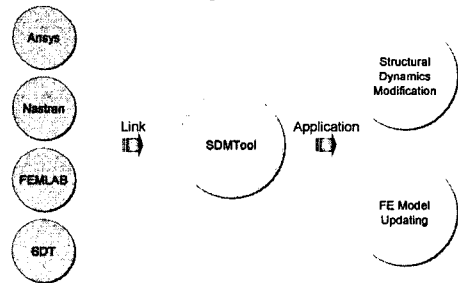


Figure 2 Scheme of SDMTool

(1) FE model linker module

FE model linker module은 상용화된 유한요소 모델 해석 프로그램에서 만들어진 질량, 강성행렬 절점의 위치 및 자유도 정보를 MATLAB 환경으로 불러들이는 역할을 하고, 지원되는 상용화된 유한요소모델 해석 프로그램은 다음과 같다.

- ① ANSYS

- ② MSC.PATRAN/NASTRAN
- ③ FEMLAB

그림 3 은 FE model linker module 의 수행창 을 보여주고 있다.

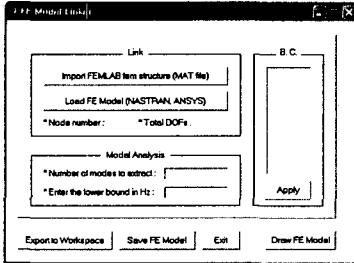


Figure 3 FE model linker module

Linker module 내에는 Block Lanczos 알고리즘을 바탕으로 하여 본 연구실에서 자체적으로 개발한 Eigenproblem solver (bLanczosEig)를 내장하고 있으며 자유도가 매우 많은 구조물에 대한 고유치 해석 시 (그림 4), 그 성능을 SDT의 fe_eig solver 와 비교해 보았을 때 (표 1) 매우 빠르면서도 정확하게 고유치 문제를 풀 수 있음을 알 수 있다.

FEMLAB (Total DOFs : 43,359)

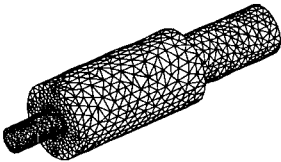


Figure 4 Cylinder FE model

Table 1 Comparison between bLanczosEig and fe_eig

	bLanczosEig (ours)		fe_eig (SDT)	
num. of modes	10	100	10	100
CPU time (sec)	46	532	78	out of memory

(2) FE model updating module

SDMTool 은 유한요소모델을 기반으로 해서 구조물 동특성 변경을 수행하는 것을 목적으로 하고 있으므로 구조 변경이 될 기저 구조물의 유한요소 모델은 실제 구조물의 동적 거동을 잘 모사해야만 한다. 따라서 FE model updating module 은 다음과 같은 기저 구조물의 유한요소모델 개선 과정에 필요한 기능들을 포함하고 있다.

- ① Experimental mode expansion
- ② Correlation
- ③ Error location
- ④ Updating parameter selection^[7,8]

그림 5 는 FE model updating module 의 수행창 들을 보여주고 있다.

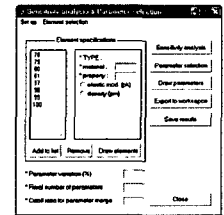
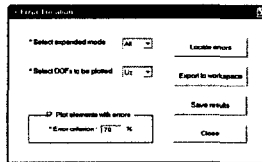
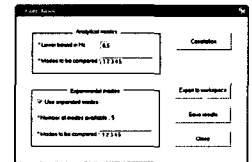
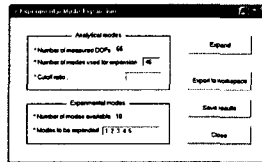
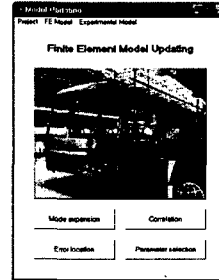


Figure 5 FE model updating module

(3) SDM forward problem module

SDM forward problem module 은 부가 구조물에 의한 기저 구조물의 고유 진동수 및 모드 형상의 변화를 계산하는데 목적을 두고 있다. 특히 그림 6 과 같이 부가 구조물과 기저 구조물 간의 절점 불일치 문제가 생겼을 경우에도 적용 가능한 특징이 있다^[9,10].

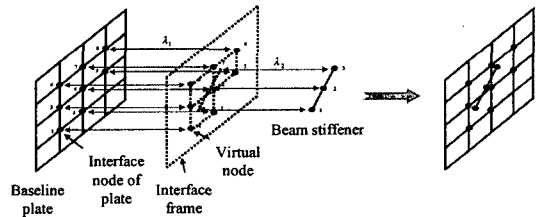


Figure 6 Handling non-matching interface nodes problem by localized Lagrange multipliers

그림 7 은 SDM forward problem module 의 수행창들을 보여주고 있고, 그림 8 은 그림 7 에

서 주어진 정보를 이용해서 한쪽 끝 단이 고정된 L자 평판에 대해 두 개의 부가 평판이 부착된 경우의 고유치 해석 결과를 보여주고 있다.

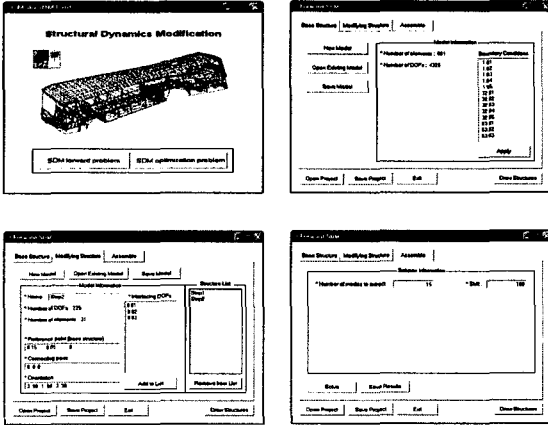


Figure 7 SDM forward problem module

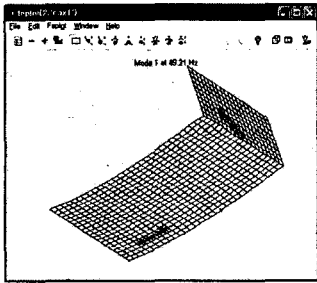


Figure 8 First modeshape of stiffened L-shaped plate

(4) SDM structural optimization module

SDM structural optimization module은 SDM forward problem module을 기반으로 해서 구조 최적화를 수행하는 것을 목적으로 하고 있으며, 특히 보강재 배치 최적화 문제에 특성화되어 개발 중에 있다. 구현될 사항은 다음과 같다.

- ① Defining a feasible region by geometry algorithms^[11]
- ② Optimization algorithms

3. 적용 예

본 장에서는 SDMTTool을 사용하여 하드 디스크 드라이브(HDD) 커버의 유한요소모델 개선 및 HDD 커버의 첫 번째 고유 진동수 극대화를 위한 보강재 배치 최적화 예를 소개한다.

3.1 HDD 커버 유한요소모델 개선

그림 9는 HDD 커버 및 ANSYS로 모델링된

HDD 커버의 유한요소모델을 보여주고 있다. 실제 HDD 커버에 대한 실험 모드해석 결과와의 비교(Correlation)를 통해 628개의 유한 요소들이 부정확하게 모델링 되었다는 것을 확인한 후, SDMTTool의 FE model updating module 내의 updating parameter selection 기능을 통하여 그림 10과 같이 최종적으로 11개의 유한 요소들을 선정하였고, 이들 요소들의 두께를 설계변수로 하여 유한요소모델 개선을 수행하였다. 유한요소모델 개선 전후의 결과는 표 2와 같다.

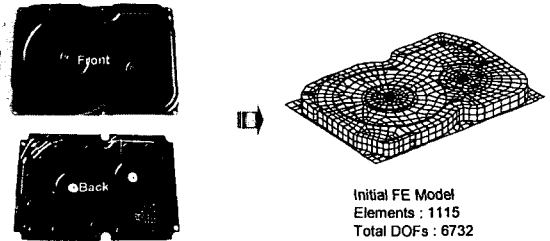


Figure 9 HDD cover and its FE model

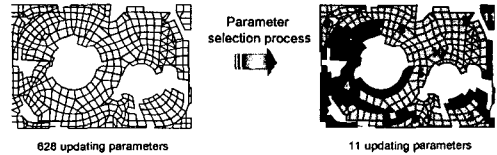


Figure 10 Result of updating parameter selection

Table 2 Comparison between initial FE model and updated FE model

Mode	Initial FE model		Updated FE model	
	Natural frequency error (%)	MAC value	Natural frequency error (%)	MAC value
1	1.3507	0.9847	1.1235	0.9851
2	2.6206	0.9831	3.0000	0.9831
3	2.2633	0.8326	1.7202	0.9447
4	2.2717	0.7754	1.4392	0.9237
5	1.9681	0.8382	1.9588	0.9237
6	3.0663	0.9196	2.3780	0.9509
7	4.2213	0.9469	3.0000	0.9530
8	3.2853	0.8360	2.9472	0.9568
9	3.1298	0.9582	2.2621	0.9676
10	2.6374	0.8905	2.1782	0.9237

3.2 HDD 커버의 첫 번째 고유 진동수 극대화를 위한 보강재 배치 최적화

HDD 커버의 첫 번째 고유 진동수 극대화를 목적으로 하여 보강재 배치 최적화를 수행하였다. 설계 변수로는 보강재의 위치 및 길이를 선정하였고, 보강재의 단면형상은 폭 1 mm, 높이 1 mm인 정사각형으로 주어졌다. 그림 11은 보강재가 놓일 수 있는 가용 영역(feasible region)을 나타내고 있다. SDM forward problem module 및 최적화 알고리즘을 이용

한 최적화 과정 동안의 보강재 배치 양상 및 그 때의 첫 번째 고유 진동수의 변화는 그림 12와 같다.

후 기

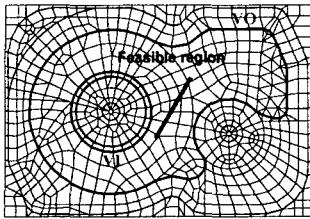


Fig. 11 Definition of feasible stiffener positioning region by polygons VO and VI

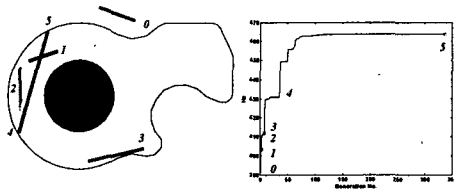


Fig. 12 Variation of stiffener layout and improvement of the first natural frequency during the optimization process

4. 결론

본 연구에서는 구조물 동특성 변경법을 실제 구조물에 쉽게 적용하기 위해 MATLAB GUI 환경 하에서 개발된 SDMTool 에 대한 개요 및 SDMTool 을 이용한 HDD 커버에 대한 실제 적용 예를 소개하였다. 향후 부가적인 기능 추가를 통해 SDMTool 의 적용 범위를 확장시킬 예정이다.

본 연구는 국가지정연구실사업 “진동 저감을 위한 동특성 변경기술”과 두뇌한국사업(BK21)의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- (1) 박윤식, 박용화, 1999, “구조물 동특성 변경 관련 연구 분야 및 동향 (I)”, 한국소음진동공학회지: 소음, 진동, Vol. 9, No. 3, pp. 457~460.
- (2) 박윤식, 박용화, 1999, “구조물 동특성 변경 관련 연구 분야 및 동향 (II)”, 한국소음진동공학회지: 소음, 진동, Vol. 9, No. 4, pp. 669~680.
- (3) 박윤식, 박용화, 1999, “구조물 동특성 변경 관련 연구 분야 및 동향 (III)”, 한국소음진동공학회지: 소음, 진동, Vol. 9, No. 5, pp. 884~890.
- (4) 박윤식, 박용화, 1999, “구조물 동특성 변경 관련 연구 분야 및 동향 (IV)”, 한국소음진동공학회지: 소음, 진동, Vol. 9, No. 6, pp. 1091~1105.
- (5) 박윤식, 박용화, 2000, “구조물 동특성 변경 관련 연구 분야 및 동향 (V)”, 한국소음진동공학회지: 소음, 진동, Vol. 10, No. 1, pp. 25~32.
- (6) 박윤식, 박용화, 2000, “구조물 동특성 변경 관련 연구 분야 및 동향 (VI)”, 한국소음진동공학회지: 소음, 진동, Vol. 10, No. 2, pp. 215~220.
- (7) 김경호, 박영진, 박윤식, 2004, “유한요소모델 개선을 위한 매개 변수 선정법”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 876~881.
- (8) 김경호, 박영진, 박윤식, 2004, “유한요소모델 개선을 위한 매개 변수 선정법: 예제”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 882~886.
- (9) 정의일, 박윤식, 2002, “비부합 결함을 이용한 구조물 변경법”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 666~671.
- (10) 이준호, 박영진, 박윤식, 2003, “위상 변경 고유치 재해석 기법을 이용한 최적 구조물 동특성 변경”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 77~81.
- (11) 이준호, 박영진, 박윤식, 2004, “보 보강재 배치 최적화 문제에서의 기하구조조건 처리기법”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 870~875.
- (12) E. Balmes, 2003, Structural Dynamics Toolbox Ver. 5.1 (for use with MATLAB).