

Sub-structuring 기법을 활용한 항공기 Prototype 모형의 모드 예측 방법 연구

Modal Based Sub-structuring for Prototype Airplane Model

이상엽† · 변관화* · 정민기** · 임지훈**

Sang-Yup Lee, Kwan-Hwa Byun, Min-Ki Jeong, and Jihoon Lim

1. 서 론

항공기나 인공위성과 같은 기존의 구조물에 부가적인 구조물 혹은 장치를 부착하게 될 경우, 기존 구조물의 동특성은 변하게 된다. 실험을 통해 이를 파악하기 위해서는 추가적인 시간과 노력이 요구되므로 해석을 통한 효율적인 예측 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 합리적인 해석방법을 통해 구조물의 변화되는 동적거동을 예측하는 방법을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경 및 검증

2.1 Modal Truncation Error

Sub-structuring 방법은 크게 FE based, Test FRF based, 그리고 Test modal based의 세가지로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 Figure 1.1과 같은 절차를 통해 Test modal based sub-structuring 방법을 이용하였다.

Modal Test를 이용하여 Sub-structuring을 하는 방법은 관심주파수 영역 외의 모드에 대한 고려가 되지 않기 때문에 Mode Truncation Error가 발생한다. 따라서 이를 보정해주기 위해 식 (1)과 같이 Residual Vector Method (Static Compensation Method)를 이용하였다.

$$[H^C(\omega)] \approx [H^R(\omega)] + [H^0] + \omega^2 [H^1] \quad \text{식(1)}$$

† 교신저자; 정회원, (주)엘엠에스코리아
E-mail : sangyup.lee@lmsintl.com
Tel : 02)571-7246, Fax : 02)571-7321

* 국방과학연구소

** (주)브이테크

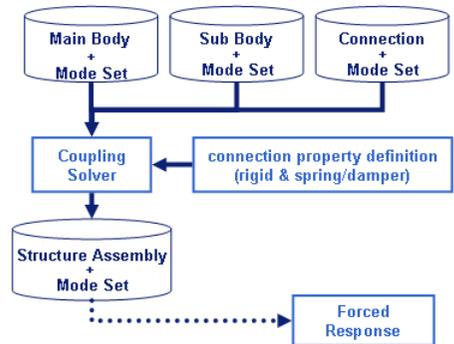


Figure 1 Modal Based System Synthesis Procedure

여기서,

$[H^C(\omega)]$: Exact FRF Supposition

$[H^R(\omega)]$: Modal FRF

$[H^0]$: Static Compensation Term

$[H^1]$: Dynamic Compensation Term

이며, $[H^0]$ 를 이용하여 고차모드에 의한 Modal Truncation Error를 보정하였다.

2.2 Residual Vector Method 검증

Residual Vector Method를 검증하기 위해 Figure 2와 같은 Airplane prototype model을 이용하였다. 크기는 W1000 x L750 x H230mm이고, 알루미늄으로 제작하였다. 편리한 해석모델 비교를 위해 Store 1개에 대해서만 해석과 실험을 진행하였다. FE해석은 MSC Nasttran의 RESVEC을 이용하였고, 실험은 LMS Static Compensation을 활용하여 Residual Vector Method를 보정하였다.

이러한 방법을 이용하여 Sub-structuring을 하여 Table 1의 결과를 얻었다. Figure 3은 RESVEC을 고려했을 때와 안했을 때의 FRF, 그리고 실험에서

구한 FRF를 비교하였다. RESVEC Mode를 고려하였을 때, 고차모드에서 실제 FRF를 비교적 잘 반영하는 것으로 나타났다. 또한 이를 이용하여 모드해석을 수행하였고 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 이를 통해 봤을 때, RESVEC Mode를 고려한 Sub-structuring의 신뢰성을 보장할 수 있다.

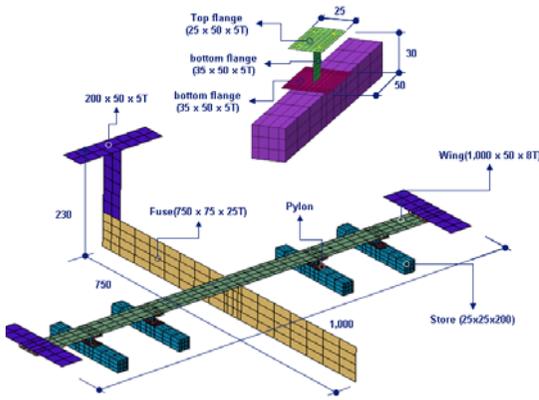


Figure 2 Test Model - Airplane Prototype

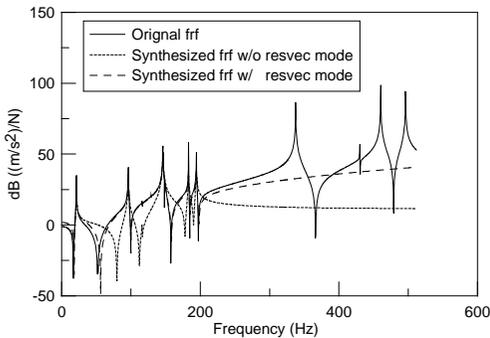


Figure 3 FRF Comparison w/ and w/o resvec mode

3. Modal Based Sub-structuring

위의 방법을 이용하여 Airplane Prototype Model에 대한 Modal Base Sub-structuring을 수행하였다. FE와 Test를 각각 Main-structure와 Sub-structure로 나누어 총 4가지 case에 대해 수행하였다. FE는 NASTRAN을 이용하여 resvec mode를 고려하였고, Test는 LMS Test.lab의 Impact testing을 통한 실험 후 Polymax Modal Analysis를 이용하여 Static Compensation Mode를 고려하였다. 또한 Test 결과를 Sub-structure로 이용할 때에는 Rigid Body Motion을 고려하여 Modal Coupling을 수행하였다.

Table 2는 Sub-structuring 결과를 나타낸다. 모드 분석 결과 각 모드가 나타내는 고유진동수가 FE와 Test, 그리고 Sub-structuring에서 유사하게 나타났다. 따라서 본 Sub-structuring Method를 실제 구조물에 적용하여도 될 것으로 판단된다.

Table 2 Sub-Structuring Results

구분	FE	Test	Sub-Structuring Results			
			FE -FE	FE -Test	Test -FE	Test -Test
Wing Sym. 1st Bending	19.1	19.2	19.0	19.0	18.7	18.8
Store Z-axis Torsion	29.8	28.2	30.5	28.2	30.5	28.2
Store X-axis rotation	39.8	36.4	40.8	37.6	40.2	37.1
Wing Inplane Ansym.	114.4	109.7	110.8	110.9	106.9	107.0
Wing Inplane Sym.	122.7	122.1	120.5	120.5	120.8	120.9
Store+Wing Torsion	65.8	66.1	69.3	66.5	63.6	61.2

Table 1 Verification Results

구분	FE	Sub-structuring Results	
		NASTRAN (Resvec Mode)	LMS (Static Compensation)
Wing Sym. 1st Bending	19.9	19.9	20.0
Store Z-axis Torsion	35.9	35.9	34.2
Store Y-axis rotation	37.3	37.2	36.1
Store X-axis rotation	42.5	43.0	44.3

3. 결 론

본 연구에서는 Airplane Prototype Model을 이용하여 Modal Based Sub-structuring 기법 적용 타당성을 검증하였다.

참 고 문 헌

- 1) "Modal Testing - theory, practice, and application" 2nd Ed., D. J. Ewins, RSP, 2000.