

선박 동적 내구해석의 전역-국부 해석 기법 적용 연구

Study on the Application of “Global-Local Analysis Technique” in Vibration Fatigue Analysis of a Ship

정민철† · 석호일* · 이도경* · 신소영** · 안지훈**

Min-Cheol Jeong, Ho-Il Seok, Do-Kyung Lee, So-Young Shin and Ji-Hoon Ahn

1. 서 론

선박의 피로해석과 같이 상세 격자 요소를 포함하는 대형 구조물을 FEM으로 해석하는 데 있어 관심있는 국부 영역과 동일한 상세 격자 크기로 전체 시스템을 모델링하기에는 계산의 비효율성이 따른다. 또한 두 가지의 격자 크기를 하나의 전체 시스템에서 계산할 경우 원하는 해석 결과를 분석하기가 힘들게 된다. 따라서, 전체 시스템의 거동을 이용하여 전체 시스템으로부터 국부 영역을 분리하여 해석하는 전역-국부 해석이 선박 및 차량 등 사업 전 분야의 정적 해석에 적용되어 유용하게 쓰여지고 있다. 그리고 방법론의 단점을 극복하기 위해 라그랑지 승수 및 벌칙함수를 이용한 이중 모델 해석법^[4], 이동최소제곱 다절점 유한요소^[2]를 이용한 해석법 등 많은 연구가 이루어 지고 있다.

본 논문에서는 정적 해석에 널리 적용되고 있는 전역-국부 해석 기법을 동적 내구 해석에 적용하기 위해 Case Study 한 결과를 소개하고자 한다.

2. 전역-국부 해석의 개념

일반적으로 전역-국부 해석은 전역 모델(Global Model)을 해석하고 난 뒤 국부 모델(Local Model)의 격자를 조밀하게 하여 좀 더 정확한 해석을 할 때 사용한다.

Fig.1은 평판 가운데 구멍이 있는 모델을 전역 모델로 해석하고 난 뒤 구멍 주위 부분을 국부 모델로 하여 해석을 한 결과이다. 전역 모델보다

국부 모델에서의 최대 응력이 증가한 것을 볼 수 있고, 이론해에 가까워진 것을 알 수 있다.

이러한 해석 방법을 이용한 동적 내구 해석은 전역 모델과 국부 모델의 경계 절점에서의 강제 진동 응답 해석 결과를 국부 모델에 경계 하중 조건으로 다시 부여하여 진행한다. 이때, 국부 모델의 영역은 정적 해석과는 달리 해석하고자 하는 구조물의 고유진동수에 영향을 주지 않는 영역으로 한다. 동적 내구 해석은 동적 하중에 의한 구조물의 공진이 고려되어야 하기 때문이다.

3. 전역-국부 해석 적용

본 연구에 선정된 모델은 83K급 Bulk Carrier (Fig.2)이고, 검토 구역은 선미 구역에 있는 청수 탱크이다.

전역 상세 모델(이후 A모델)과 전역-국부 모델을 만들고, 국부 모델의 경계 하중 조건은 변위(이후 B 모델)와 힘(이후 C모델)을 적용하여 경계지점 및 국부 모델 임의의 지점에서 A, B, C 모델 간 강제 진동 응답 결과 및 응력 결과를 비교하였다. 또한, 국부 모델의 경계 영역은 탱크의 고유 진동수에 영향

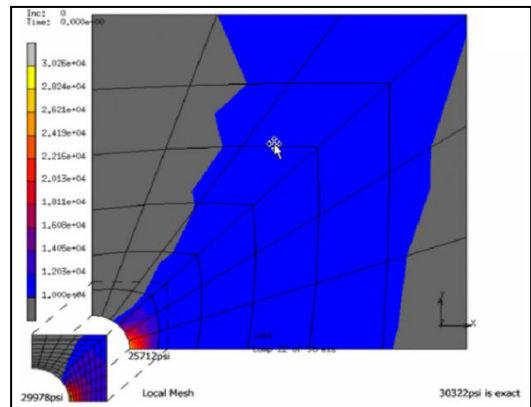


Fig.1 Example of the Global-Local analysis

† 교신저자; 비회원, STX 조선해양

E-mail : jminc_ss@onestx.com

Tel : 055-548-7959, Fax : 055-548-3198

* STX 조선해양

** 라온엑스 솔루션즈

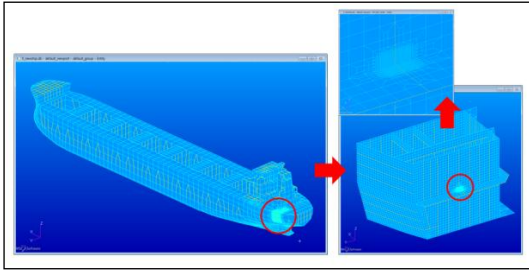


Fig.2 83K Bulk Carrier Model

을 주지 않게 하기 위해 정규 Web Frame 만큼 확장시켰다. 그리고 진동 응답 해석과 피로해석 수행이 가능한 상용 프로그램인 MSC Patran/Nastran을 사용하였다.

3.1 강제 진동 응답 비교

경계 절점에서 A, B, C 모델의 해석 결과 Fig.3과 같이 힘을 경계 하중 조건으로 적용한 경우보다 변위를 적용한 경우가 A 모델의 해석 결과와 유사하였다. 이는 힘을 적용할 경우, 고유진동해석 시 국부 모델의 경계조건이 자유단으로 고려되기 때문에 탱크의 고유진동 모드가 달라져 발생한 결과로 판단된다. 또한 탱크 내부 임의 지점 역시 변위를 적용하였을 때 동일한 결과를 보였다.

3.2 응력 비교

본 연구에서 사용한 상용 프로그램의 응력 계산은 $\sigma = E\varepsilon$ 관계로 구해진다. 3.1에서의 결과와 같이, ε 에 영향을 주는 강제 진동 응답이 A, B 모델 해석 결과 간 오차가 거의 없이 유사하기 때문에 Fig.4와 같이 응력 선도 역시 3.1과 동일한 결과를 보여주고 있으며, 해석 구역의 응력 분포도 A 모델과 B 모델이 유사하다.

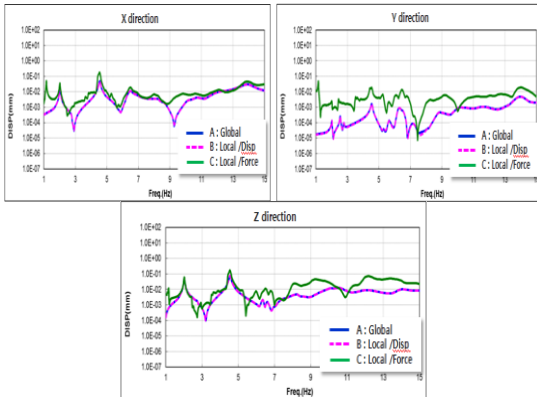


Fig.3 Result of the forced vibration analysis

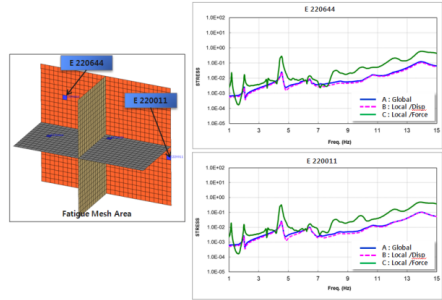


Fig.4 Result of the stress analysis

Freq. (Hz)	A Model (Global / Free Model)	B Model (Application of the displacement)	C Model (Application of the force)
2.02	Max. Stress: 1.31E-3 MPa	Max. Stress: 1.29E-3 MPa	Max. Stress: 9.49E-3 MPa
4.93	Max. Stress: 1.73E-2 MPa	Max. Stress: 1.70E-2 MPa	Max. Stress: 3.73E-1 MPa
13.9	Max. Stress: 7.47E-2 MPa	Max. Stress: 6.72E-2 MPa	Max. Stress: 6.71E-1 MPa

Fig.5 Result of the stress distribution

4. 결론

본 논문에서는 동적 내구 해석 시에도 전역-국부 해석 기법이 적용 가능한지 Case Study하였으며, 결론은 다음과 같이 얻을 수 있었다.

- (1) 정적 해석에 해석 정확도 향상을 위해 사용되었던 전역-국부 해석 기법은 동적 해석에도 적용 가능하다.
- (2) 전역-국부 해석 시 경계 하중 조건은 국부 영역의 고유 진동 모드에 영향을 주지 않는 경계 조건인 변위를 적용하는 것이 효과적이다.

5. 참고 문헌

- [1] 장경복, “Local & Global 모델을 이용한 용접 구조물 변형 해석에 관한 연구”, 한국전산구조공학회 논문집 제 20권 제3호, 2007.
- [2] 임세영, “이동최소제곱 다절점 유한요소를 이용한 새로운 전역-국부해석”, 한국전산구조공학회 논문집 제 20권 제 3호, 2007.
- [3] Aminpour, M.A., “A coupled analysis method for structures with independently modeled finite element sub-domains.”, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 38, pp.3695~3718, 1995.
- [4] MSC.Marc Newsletter, 2004.