

시간영역 가중평균 유한요소법을 이용한 탄성과 모델링

민동주* · 유해수
(한국해양연구원)

탄성과 모델링은 그 자체로 탄성과 자료해석의 중요한 방법일 뿐 아니라 다른 자료해석방법인 탄성과 역산이나 구조보정에서 많이 이용된다. 따라서 탄성과 모델링의 정확성과 효율성을 증대시키는 것은 매우 중요한 문제 중의 하나이다. 탄성과 모델링은 시간-공간영역, 시간-공간파수영역(pseudospectral method), 주파수-공간영역에서 수행된다. 최근의 탄성과 모델링에 관한 연구는 주로 파장 당 격자수를 줄임으로써 탄성과 모델링법의 정확성 및 효율성을 증대시키는 것에 관한 연구였다.

이 연구에서는 시간영역 탄성과 모델링법의 효율성과 정확성을 높이기 위한 방법으로 가중평균 유한요소법을 제시한다. 이는 주파수 영역에서 고안된 가중평균 유한요소법에 기초를 둔 것으로 크기가 다른 네 종류의 유한요소군에 대하여 강성행렬(stiffness matrix)과 질량행렬(mass matrix)을 구성한 후 이들을 가중계수를 이용하여 평균하는 방법이다. 시간영역에서는 주파수영역에서처럼 일치질량행렬(consistent mass matrix)과 집중질량행렬(lumped mass matrix)을 함께 이용할 경우 계산상의 효율성이 떨어지므로 집중질량행렬만을 이용한다. 반복적인 역산방법의 하나의 Marquardt-Levenberg법을 이용하여 최적의 가중계수를 결정함으로써 1%의 오차를 고려할 때 파장 당 격자수를 8개까지 줄일 수 있었다. 이는 파장 당 5개의 격자수를 필요로 하는 주파수영역 가중평균 유한요소법에 비하면 그 효율성이 떨어지는 것처럼 보이나 실제 시간영역에서는 임피던스 행렬의 역행렬을 계산할 필요가 없으므로 훨씬 효율적이다. 또한 그동안의 시간영역 탄성과 모델링의 효율성을 증대시킨 연구들이 대부분 파장 당 격자수를 대폭 줄일 수 있었으나 안정성이 떨어졌다. 따라서 이러한 경우 매우 작은 시간적분간격을 이용하여야만 정확한 해를 구할 수 있다. 그러나 이 연구에서 제시하는 시간영역 가중평균 유한요소법의 경우 가중계수를 시간 적분간격이 거의 0과 같은 주파수 영역에서 구하였으므로 표준유한요소법과 거의 비슷한 크기의 시간적분간격을 이용하면서도 매우 안정적인 해를 얻을 수 있다.

무한 균질매질, 반무한 균질매질, 수평2층구조에 대하여 시간영역 가중평균 유한요소법을 이용하여 구한 수치해를 해석해 또는 기존방법으로 구한 수치해와 비교함으로써 시간영역 가중평균 유한요소법의 정확성을 확인하였다. 또한 계단모양구조에 대하여 정확한 합성탄성파 단면도를 작성함으로써 시간영역 가중평균 유한요소법이 다양한 모델에 대하여 적용할 수 있음을 알 수 있었다.