

선박소음해석에 있어서 SEA 모델링 정밀도의 영향

Influence of modeling fineness of SEA in shipboard noise predictions

강 현 주·김 재 승*, 김 현 실*, 김 봉 기*·김 상 렬*

Hyun-Ju Kang, Jae-Seung Kim, Hyun-Sil Kim, Bong-Ki Kim and Sang-Ryul Kim

Key Words : shipboard noise(선박소음), SEA(통계적 에너지 해석법).

ABSTRACT

This study deals with a substantial problems with SEA modeling methods in shipboard noise predictions. As a first problems with respect to modeling, fineness of model that represents a real structure is numerically investigated by comparison among 3 models, Fine, Coarse and Simplified models. Comparison reveals that Fine model shows the lowest noise level among them since this model involve more energy transfer paths than the other models. Influence of in-plane wave is also examined by numerical comparison. It is clear that inculsion of in-plane wave affects the high frequency and the cabin far from a source.

1. 서 론

선박소음을 해석하는데 있어서 SEA(Statistical Energy Analysis)법이 폭넓게 사용되고 있다. 본 연구에서는 선박소음을 해석하는데 있어서 실제적인 문제로써 모델링의 정밀도에 따른 영향을 조사 해보았다. 대상 구조물은 Fig. 1에 보인 비교적 단순한 특수선 구조물이며 이구조물에 대해서 여러 가지의 모델을 수립하고 각 모델에 대한 해석결과를 소개함으로써 SEA의 모델링 방법이 해석결과에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다.

2. 모델링 정밀도

Fig. 1의 특수선 구조물은 기관실과 일반격실로 구성된 주갑판 상부 구조물과 주갑판 이하의 선저 구조물로 분리할 수 있는 비교적 단순한 구조로 이루어져 있다. 그러나 선저구조는 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 일반 상선의 이중저와 유사한 구조로 이루어져 있어 SEA 모델링시 해석자의 특성이 가장 많이 작용할 수 있는 구조적 특징을 지니고 있다.

*, ** 한국기계연구원 음향연구팀
E-mail : kanghj@kimm.re.kr
Tel : (042)868-7469, Fax : (042) 868-7440

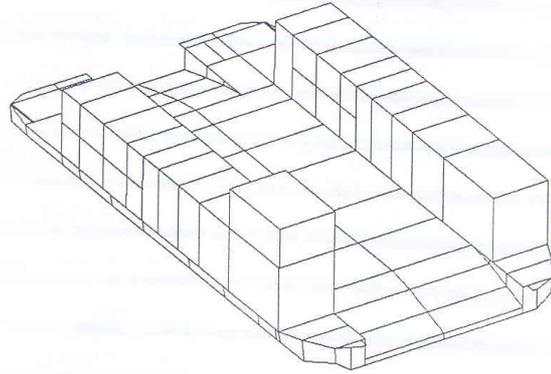


Fig. 1. Target structure.

모델링 정밀도 즉, 이중저 구조를 어느 정도 선까지 세세하게 SEA요소로 포함시켜야 하느냐 하는 문제는 실제 선박구조를 SEA모델링 할 때 자주 접하는 문제이다. 이와 같은 모델링 정밀도에 따른 영향을 알아보기 위해 Fig. 1에 보인 구조물을 대상으로 모두 3가지의 SEA 모델을 수립하여 계산을 수행하여 그 결과를 비교하여 보았다.

이를 위하여 SEA 모델을 주갑판 이하 구조의 모델링 정밀도에 따라 상, 중, 하로 나누어 구분하였으며 각 모델의 개요는 다음과 같다.

Fine model: Fig. 2와 같이 주 갑판 이하의 구조

와 공간을 가능한 한 자세히 나누어 모두 세부시스템으로 모델링하여 전체적으로 607개의 평판요소와 128개의 공간요소로 이루어졌다.

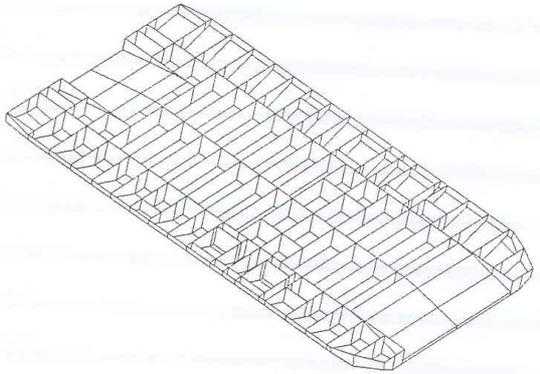


Fig. 2. Fine model.

Coarse model: Fig. 3과 같이 주 갑판 이하의 구조와 공간을 주 늑골을 중심으로 나누어 개의 평판요소와 397개의 공간요소 78개 등 모두 475개의 세부시스템으로 모델링하였다.

Simplified model: Fig. 3에 보인 주갑판 이하 구조에서 구조물 사이의 공간을 SEA의 세부시스템으로 모델링하지 않은 경우이다. 이 경우에는 모두 397개의 평판요소와 26개의 공간요소로 이루어진 SEA 모델에 해당한다.

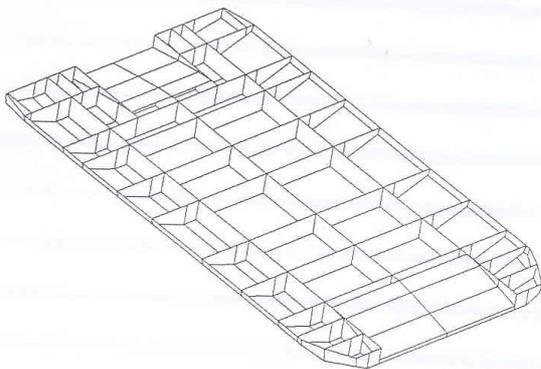


Fig. 3. Coarse and simplified models. The simplified model means coarse model but excluding acoustic elements among plates.

소음원은 Fig. 4에 보인 갑판구조물에서 음장요소(요소번호 : 1034)에 공기음원을 둔 경우와 해당 격실의 갑판(요소번호 : 78)에 고체음원을 가한 경우 등 모두 2가지 경우에 한정시켰다. 공기음원과 고체음원은 모두 파

워형식을 사용하였으며, 크기 또한 모든 주파수 밴드 구간에 대하여 100dB re 10-12 Warr로 고정시켰다. Fig. 5는 주갑판 상부 격실의 SEA 모델 요소번호이다.

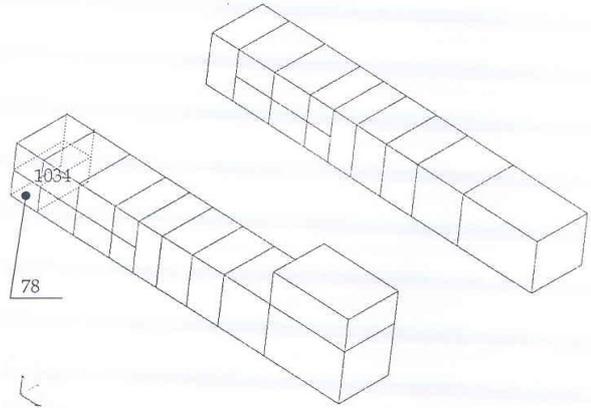


Fig. 4. Super structure. 1034 indicates the room element at which an acoustic source is located; 78 the plate element at which a mechanical source is located.

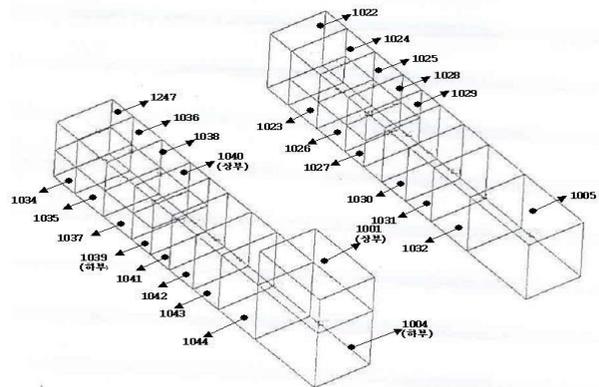


Fig. 5. Element numbers of cabins.

3. 계산결과

Fig. 6은 Fig. 5에 보인 주갑판 상부 격실의 전체 소음레벨 dB(A) 값을 각각 공기음원과 고체음원에 대하여 정리한 것이다. 이로부터 소음원으로 부터 멀어질수록 모델정밀도에 따른 영향이 커지고 있음을 알 수 있다. 이 차이를 Fig. 1부터 Fig. 3에 보인 선박구조와 SEA모델링을 비교해 가며 자세히 관찰해 보면 구조의 단순화가 많이 이루어진 부분에서 그 차이가 많이 나타나고 있는 것으로 추정할 수 있다.

공기음원이나 고체음원 모두 가장 자세히 모델링 한

경우가 어느 한 격실에서 가장 낮은 소음레벨을 보이고 그 다음에는 가장 단순하게 모델링한 경우이고 제일 높은 소음레벨을 준 경우는 중간 정도의 모델링을 한 경우로 계산되었다. 이 결과는 얼핏 보면 모델링 정도에 따라 해석결과가 최대값과 최소값을 갖는 일정구간에서 변하는 것으로 생각할 수 있다. 그러나, 여기에서 나타난 현상은 다음과 같은 이유에서 기인한 것으로 추정된다.

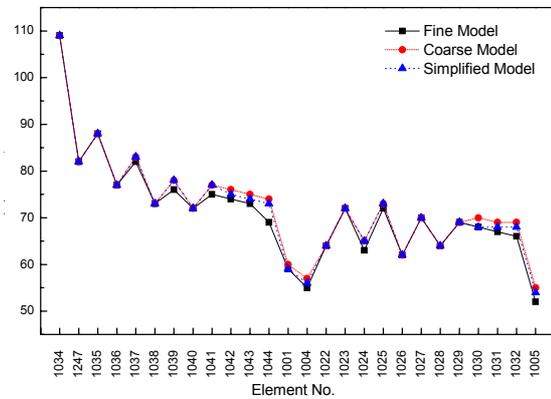
판구조물이 가장 복잡하게 모델링된 경우에서는 고체음 에너지가 구조를 따라 전파될 때 전파경로에 연결부 즉, 에너지 전달에 불리한 구조가 많아 에너지 손실이 많을 것이다. 따라서, 판구조물을 자세히 모델링 할수록 어느 특정 격실의 고체음 레벨이 감소할 것으로 예상할 수 있으며 Fig. 6에서 Fine model과 Coarse model의 결과가 이를 뒷받침하고 있다. 또한 하부구조의 공간요소를 SEA모델에 포함시키지 않는 Simplified model의 결과는 공기음의 전달경로를 고려하지 못한 이유에서 기인한 것으로 추정된다. 즉, Coarse model 과의 차이는 판구조의 모델은 동일하고 공간요소만을 생략한 것이므로 이 공간요소를 통해 전달되는 에너지 경로를 차단시켜 결과적으로 소음레벨이 낮게 나타난 현상으로 설명할 수 있다.

이 결과는 SEA 모델링에는 에너지 전달경로가 중요하게 고려되어야 한다는 사실을 말 해 준다. 즉, 모델이 단순하더라도 주요 에너지 전달경로를 모두 포함하고 있으면 유용한 결과를 기대할 수 있다.

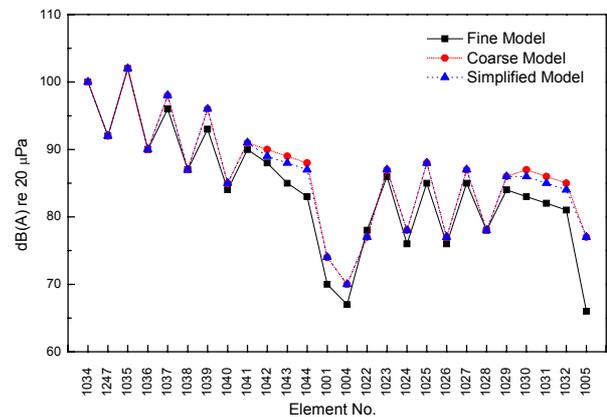
Fig. 7은 소음원과 인접한 격실과 멀리 떨어진 격실에 대하여 주파수 밴드별 소음레벨을 모델의 정도에 따라 비교해 본 것이다. 이 두 그림 또한 앞에서 언급한 현상을 뒷받침해 주고 있음을 알 수 있으며 특히, 공간요소가 저주파수대에서는 소음원과 인접한 격실과 멀리 떨어진 격실에서 모두 중요한 에너지 전달경로로 작용하고 있음을 시사해 주고 있다.

이상의 모델링 정도에 따른 해석결과 검토로부터 SEA해석에서 신빙성있는 결과를 얻기 위해서는 모델링의 정밀도 보다는 주요 에너지 전달경로를 포함시켜야 한다는 사실을 알 수 있다. 너무 자세한 모델링은 도리어 과도한 에너지 전달손실을 초래하여 낮은 소음레벨을 줄 염려가 있으므로 보수적 견지의 해석결과를 얻기 위해서는 단순하면서도 중요한 에너지 전달통로는 모두 포함하는 모델링 정도가 바람직하다. 동시에, 이 결과는 SEA의 해석결과를 정밀하게 분석할 경우 에너지의 주요 전달경로와 함께

그 기여도를 파악할 수 있어 순수한 구조변경을 통한 구조물의 저소음 설계에도 활용이 가능하다는 사실을 말 해 주고 있다.



a) the case of acoustic source



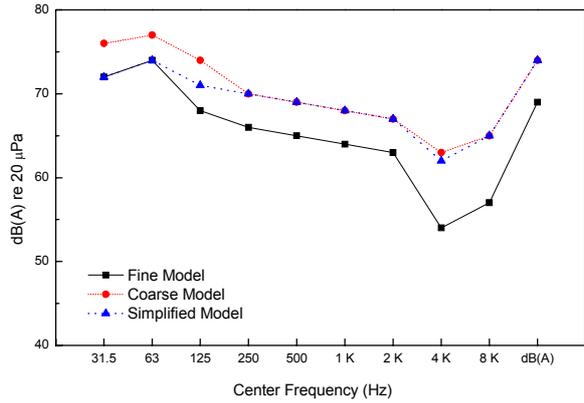
b) the case of mechanical source.

Fig. 6. Comparison of noise levels among cabins.

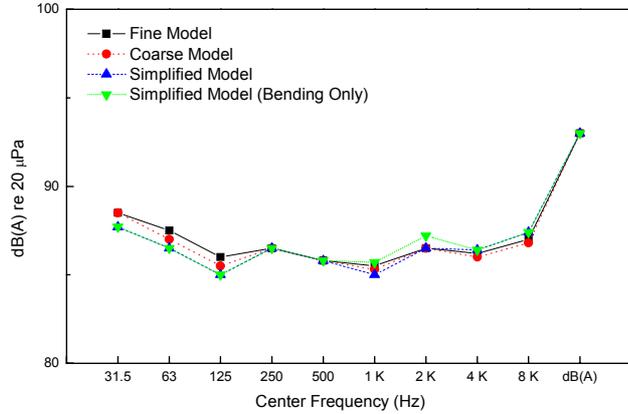
면내파의 영향: 초기의 SEA 해석에서는 해석상의 복잡성 등으로 말미암아 일반적으로 에너지 전달에 구조물의 횡파와 종파 등 소위 면내파 파동에 의한 전달을 제외하고 소리의 발생과 직접적인 영향을 끼치는 굽힘파에 의한 에너지 전달만을 포함시켰다. 여기에서는 Fig. 1에 보인 구조물을 대상으로 이 두 가지의 파동전달 모델이 해석결과에 미치는 영향을 살펴보았다.

Fig. 8에 전절의 Coarse model에 대하여 해석시 면내파의 포함여부에 따른 결과를 비교하였다. 그림에서 보면 소음원과 가까운 지점에서는 면내파의 포함여부가 해석결과에 거의 영향을 미치지 못하고 있으나, 멀리 떨어진 곳에서는 비교적 큰 차이를 보이고

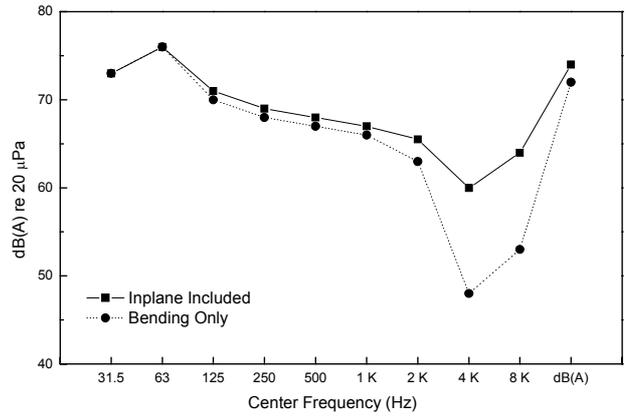
있다. 이 차이는 대부분 고주파수 밴드에서 기인하고 있다. 이로부터 면내파는 소음원과의 거리가 멀어질수록, 주파수가 높아질수록 그 영향이 커지고 있으며 4 000 Hz 이상의 주파수 구간에서는 거의 대부분의 에너지가 면내파에 의해 전달되는 것으로 유추된다. 그러나, 전체적인 소음을 나타내는 dB(A)레벨의 차이는 소음의 주파수 분포와 주파수 보정특성 때문에 상대적으로 작게 나타나고 있다.



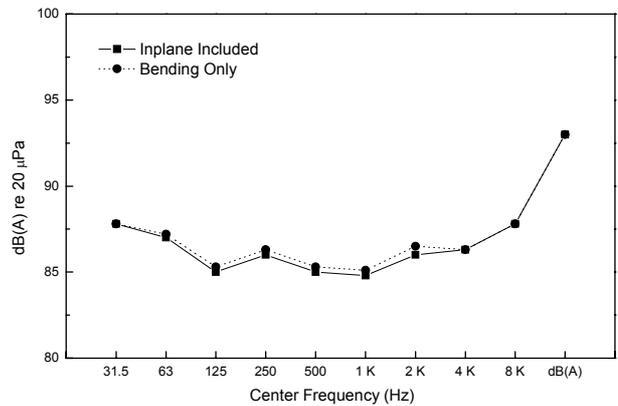
a) the cabin(1004) far from a mechanical source.



b) the cabin(1247) near a mechanical source.
Fig. 7. Variation of noise levels with models.



a) the cabin(1004) far from a mechanical source.



b) the cabin(1247) near a mechanical source.

Fig. 8. Variation of noise levels with inclusion of in-plane wave or not.

후기

여기에 본 논문은 기본연구 사업과제 “선박 생존성 향상을 위한 설계기술 개발(NK146J)”의 일환으로 수행되었습니다.