

선박 주기관 횡진동 구조보강 검토

임홍일^{1,†} · 신상훈²
현대중공업(주) 조선구조설계부¹
현대중공업(주) 선박연구소²

Study on the Structural Reinforcements for the Transverse Vibration of Ship's Main Engine

Hong-Il Im^{1,†} · Sang-Hoon Shin²
Basic Hull Design Dep't, Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.¹
Hyundai Maritime Research Institute, Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.²

Abstract

Transverse vibrations of ship's aft end and deckhouse among the various modes of hull structures are induced mainly by transverse exciting forces and moments of main engine such as x and h-moment. Avoidance of resonance should be made in a initial design stage in case there is a prediction for resonance between main engine and transverse modes of deckhouse. This study shows a case of change in type of main engine from 12 cylinders to 10 without modification of hull structures in engine room requested by a shipowner of 8,600 TEU class container carrier and proposes a guide to the effective ways of structural arrangement for avoiding resonance between transverse exciting force and surrounding structures of main engine in engine room through case studies.

Keywords : Transverse vibration of main engine(주기관 횡진동), Guide force moment(안내력 모멘트), Structural reinforcement(구조 보강), Sway bracing(스웨이 브레이싱), 공진회피 설계

1. 서론

고유가 시대의 도래로 고효율 선박에 대한 선주사들의 관심이 고조됨에 따라, 조선소는 선형변경, 고효율 주기관(Main Engine) 채택 및 선체구조 경량화 등 선박 운항연비 개선을 위하여 노력하고 있다. 하지만 고효율의 주기관과 경량화된 선체에서는 실적선에 비하여 상대적으로 높은 수준의 진동 발생 가능성을 의미하므로, 기진원 자체, 기진원 주변구조 및 선박 거주구의 진동제어가 어느 때 보다 중요해 지고 있다.

다양한 형태의 선체 진동 중, 선체 선미 및 거주구의 횡방향 진동은 대부분 주기관의 횡기진력으로부터 유발되는데, 주기관과 연결된 주변 구조물과의 공진이 예견되면 공진회피 설계가 반드시 필요하다.

본 검토에서는 선주의 요구로 선체 구조배치 변경 없이 주기관을 12기통에서 10기통으로 변경한 8,600 TEU급 컨테이너선에 대한 설계 초기 주기관 횡진동 검토에 관한 것으로, 사례 연구(Case study)를 통하여 주기관 횡기진력과 기관실 주변 구조와의 공진 회피를 위한 효율적인 구조배치 관련 설계지침을 제시하였다.

2. 사례 연구

2.1 대상 선박

유한요소법(FEM) 진동해석 사례 연구를 위한 8,600 TEU급 컨테이너선의 주요 치수는 다음과 같다.

LBP	319.00 m
B(moulded)	42.80 m
D(moulded)	24.50 m

2.2 주기관 및 주요 기진원

주기관은 HYUNDAI-B&W 10K98ME7(Uneven type)로 Fig. 1과 같다. 사례 연구에서의 주기관 기진력은 해석 및 비교의 편의를 위해 단일 차수 성분을 사용하였는데, Table 1에서와 같이 주기관 안내력 모멘트(Guide force moment)인 H-moment와 X-moment가 동시에 존재하는 7차 성분을 사용하였다.

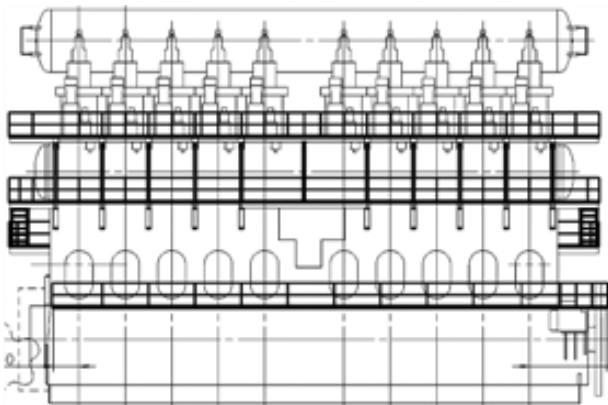


Fig. 1 주기관(HYUNDAI-B&W 10K98ME7) 외관

Table 1 주기관 제원 및 주요 기진력

Type	HYUNDAI-B&W 10K98ME7	
Power	MCR : 57,200 kW × 94.0 rpm	
	NCR : 51,480 kW × 90.8 rpm	
Free moment at MCR	M _{2V}	889 kN-m
	M _{4V}	752 kN-m
H-moment at MCR	M _{7H}	1,086 kN-m
X-moment at NCR	M _{3X}	3,058 kN-m
	M _{4X}	3,149 kN-m
	M _{6X}	1,858 kN-m
	M _{7X}	2,681 kN-m

2.3 주기관 스웨이 브레이싱

주기관 스웨이 브레이싱(Sway bracing of main engine) 은 기계식(Mechanical type)과 유압식(Hydraulic type)의 두 가지가 있으며, 대형엔진에서는 주로 유압식(Fig. 2)이 사용된다. 본 해석에서는 Fig. 3에서와 같이 우현부(Starboard side)에 유압식 스웨이 브레이싱 4개(선미 화물창과 접하는 기관실 선미부와 기관실

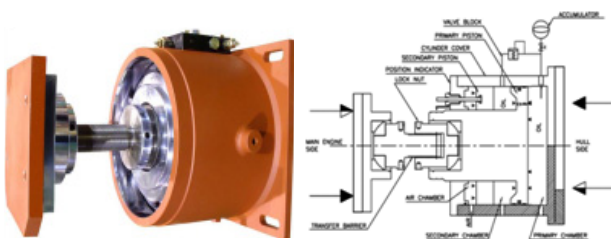


Fig. 2 주기관 스웨이 브레이싱(유압식)

선수 구역에 각각 2개씩 위치)가 사용되었으며, 브레이싱 강성은 개당 300 kN/mm²이 사용되었다.

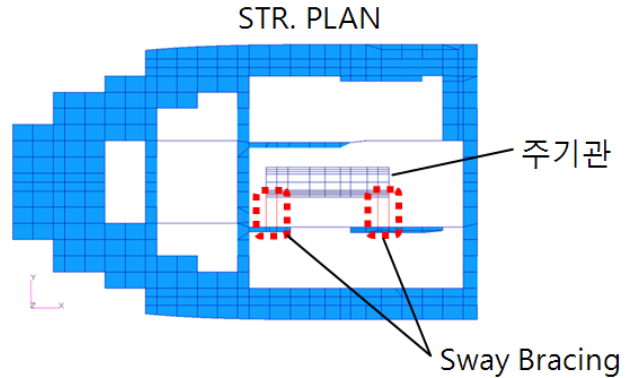


Fig. 3 유한요소 해석모델에서의 주기관 스웨이 브레이싱

2.4 구조 변경 조건

사례 연구는 주기관이 설치되는 이중저부(Double bottom), 주기관 스웨이 브레이싱이 지지되는 종격벽(Longitudinal bulkhead) 주변구조 및 주기관 스웨이 브레이싱 개수를 변경하여 수행하였으며, 총 5가지 경우에 대하여 주기관의 전후방 최상부에서의 응답을 비교하였다. 또한, 주기관 진동이 거주구에 미치는 영향을 비교, 검토하였다.

2.4.1 해석모델 범위 및 응답위치

유한요소 해석모델은 Fig. 4에서와 같이 선미에서부터 거주구 선수부 화물창 일부를 포함하는 부분모델을 사용하였다. 이는 선체 거더(Hull girder) 진동이 관심 주요 진동 응답 지점에 큰 영향을 미치지 않는다는 가정을 전제로 한 것이다.

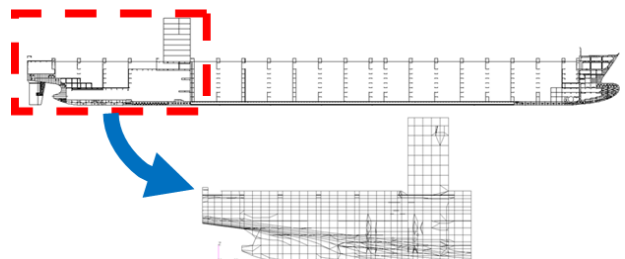


Fig. 4 유한요소 해석모델 범위

유한요소 해석모델 및 주요 응답 지점을 Fig. 5에 표시하였다. 주기관에서의 응답은 주기관 전, 후방 최상부에서 횡방향 값을 읽었으며, 거주구 항해갑판에서는 항해갑판 앞쪽 C.L.에서의 종방향 및 횡방향 값을 읽었다.

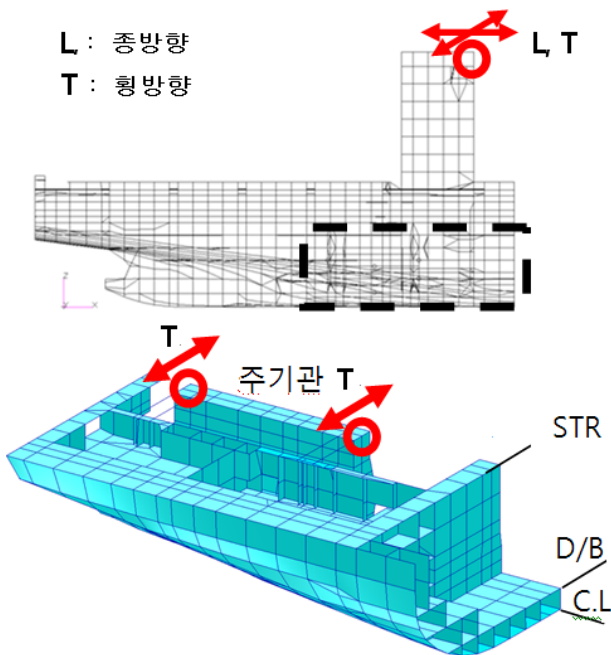
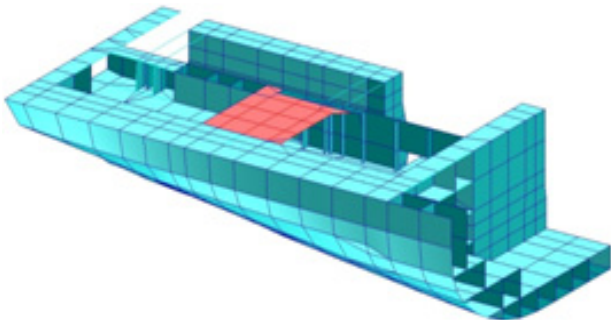


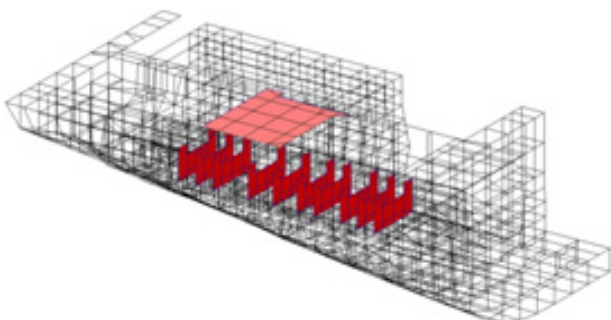
Fig. 5 Original 모델 및 진동응답 위치(○ Mark)

2.4.2 경우의 수

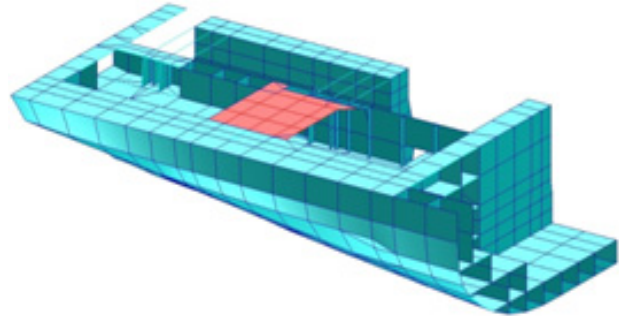
Case 1 : 부분 데크(Partial deck) 설치
주기관 선수부 스웨이 브레이싱 부근에 선측까지 연장되는 부분 갑판을 설치하였다.



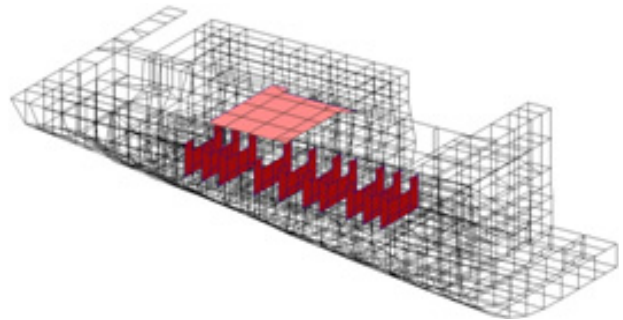
Case 2 : 부분 데크 설치 및 이중저 플로어 판 두께 증가(16 → 40 mm).



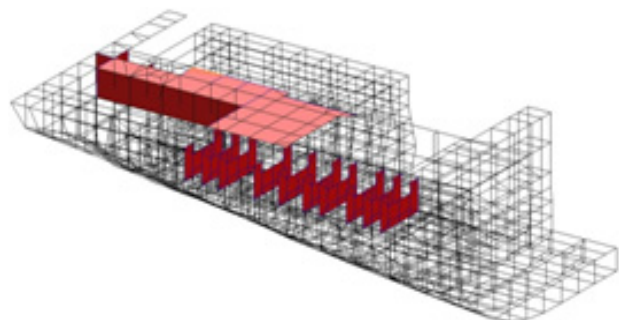
Case 3 : 부분 데크 설치 및 스웨이 브레이싱 개수 증가(4 → 6개).



Case 4 : 부분 데크 설치, 이중저 플로어 판 두께 증가 및 스웨이 브레이싱 개수 증가.



Case 5 : 'Case 4' 및 주기관 선미부 스웨이 브레이싱 부근의 40' 컨테이너 벤치(Bench) 설치(20' 컨테이너 2개 감소).



2.4.3 해석 및 경계 조건

진동해석 조건은 Normal ballast condition과 유사한 시운전 계측 조건을 사용하였다.

경계 조건은 Fig. 6의 'A-A' 단면에 대하여 선체 길이 방향으로 대칭조건을 부여하였다.

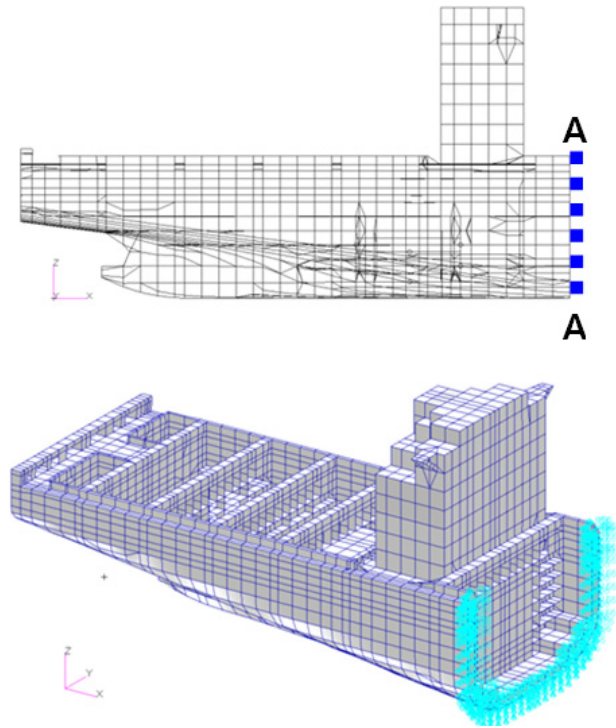


Fig. 6 경계조건

3. 결과

3.1 주기관 X-moment 만 적용한 경우

기진력으로 주기관 X-moment 7차 성분만을 적용한 경우에 대한 사례 연구 결과를 Fig. 7~10에 나타내었다.

주기관의 경우, 모든 Case에 대하여 주기관 전후부에서 모두 고유진동수가 효과적으로 상승한다는 것을 알 수 있다. Case 1, 2의 선미부에서 초기값 대비 최대 응답치가 약 10% 이상의 상승을 보이거나 나머지 조건에 대해서는 비슷하거나 하강함을 알 수 있다. 최대치(Maximum value)를 기준으로 거주구 진동응답을 검토한 결과, 거주구 항해갑판에서의 종방향 및 횡방향 진동은 전체적으로 그 값이 감소하여 주기관 진동이 직접적으로 거주구에

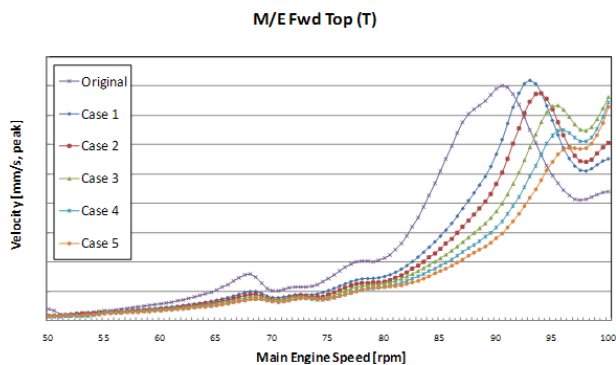


Fig. 7 주기관 전방 최상부에서의 진동응답 비교

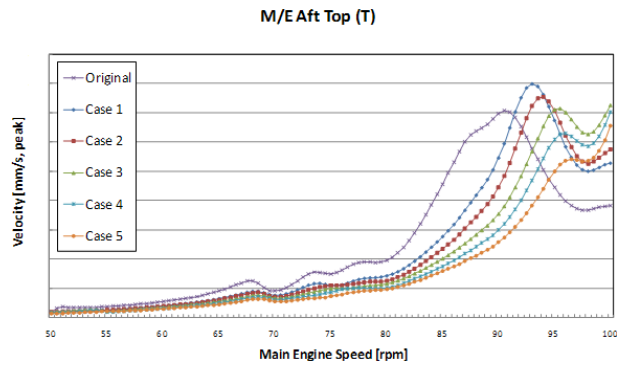


Fig. 8 주기관 후방 최상부에서의 진동응답 비교

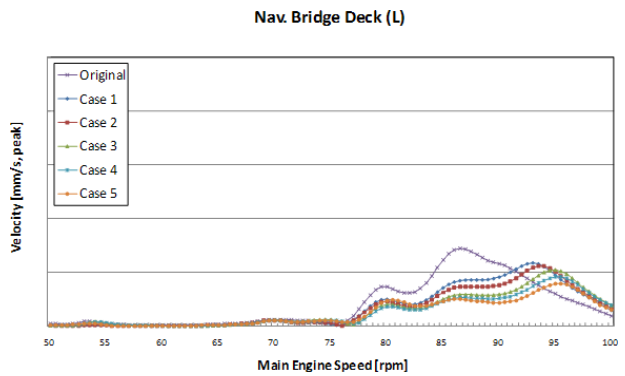


Fig. 9 거주구 항해갑판에서의 종방향 진동응답 비교

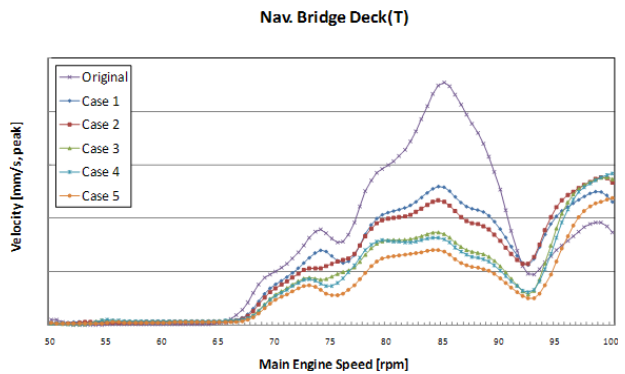


Fig. 10 거주구 항해갑판에서의 횡방향 진동응답 비교

영향을 미친다는 것을 알 수 있으며, 주기관 진동을 줄이는 경우 거주구 진동응답 또한 전반적으로 하강한다는 것을 알 수 있다.

결과를 종합하면, Case 1~5 모두 진동제어에 상당한 효과가 있는 것으로 나타났으며, 제어해야 할 진동 수준 및 보강위치 등을 고려하여 적절한 Case를 조합 적용할 수 있다.

3.2 주기관 X 및 H-moment를 동시에 적용한 경우

기진력으로 주기관 X 및 H-moment 7차 성분을 동시에 적용하는 경우에 대한 사례 연구 결과를 Fig. 11~14에 나타내었다.

주기관 진동응답의 경우, X-moment만 적용하는 경우에 비해 주기관 전방부 응답감소 폭이 줄어든 것을 알 수 있으며, 반대로

주기관 후방부 응답은 감소폭이 상대적으로 커진 것을 알 수 있다. 전반적으로 모든 Case에 대하여 주기관 전후방부에서 모두 고유진동수가 효과적으로 상승하며, 진동응답 또한 내려감을 알 수 있다. 최대치를 기준으로 거주구 진동응답을 검토한 결과, Case 5에서의 거주구 종방향 응답을 제외하고는, 거주구 종방향 및 횡방향 진동은 전체적으로 그 값이 감소함을 알 수 있다.

종합하면, X-moment 만을 기진력으로 사용한 결과와 매우 유사하여 Case 1~5 모두 진동제어에 상당한 효과가 있는 것으로 나타났으며, 적절한 조합으로 방진설계에 활용 가능하다.

M/E Fwd Top (T)

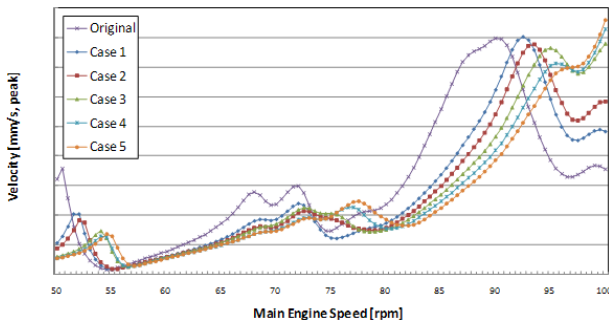


Fig. 11 주기관 전방 최상부에서의 진동응답 비교

M/E Aft Top (T)

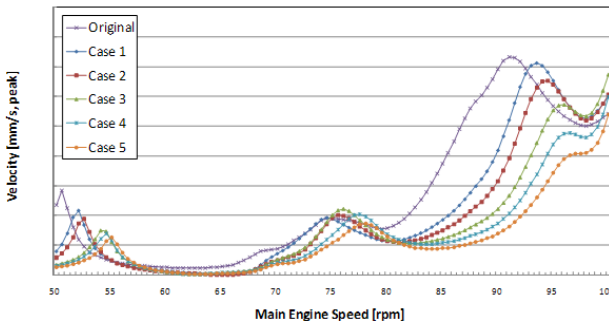


Fig. 12 주기관 후방 최상부에서의 진동응답 비교

Nav. Bridge Deck (L)

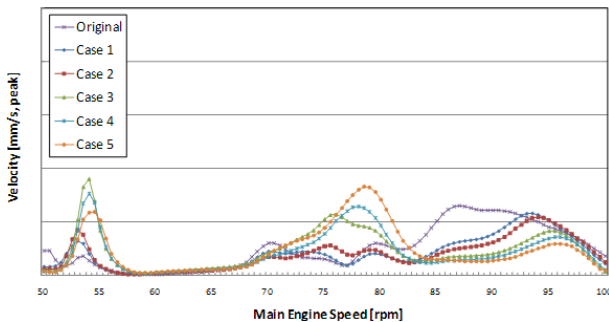


Fig. 13 거주구 항해갑판에서의 종방향 진동응답 비교

Nav. Bridge Deck (T)

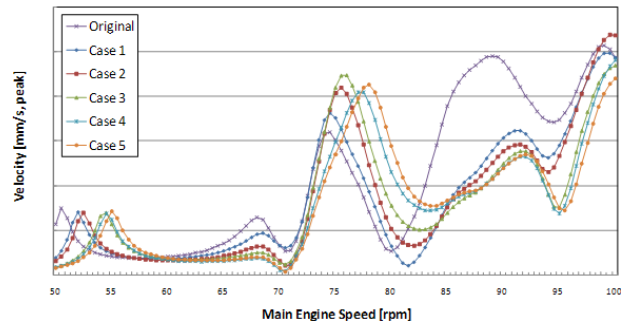


Fig. 14 거주구 항해갑판에서의 횡방향 진동응답 비교

4. 결 론(설계 지침)

기관실 주변구조와 연성되는 주기관 횡진동에 대하여 다음과 같은 구조 보강안을 제시하였다. 효과가 큰 순으로 나열하였으며, 조합 적용으로 그 효과를 키울 수 있다.

(1) 스웨이 브레이싱 설치부와 데크 높이 일치

불가피하게 2개의 종통재 간격 이상 높이가 어긋나는 경우, Case 1에서와 같이 부분 데크 설치 가능성을 검토하고, 적절한 위치에 선측까지 연장되는 부분 데크를 설치한다. Case 5에서 적용된 벤치 추가 설치 또한 부분 데크 설치의 일종으로 볼 수 있다.

(2) 스웨이 브레이싱 추가

브레이싱 지지구조가 충분한 강성을 가지는 경우, 브레이싱 개수 증가는 효과적인 고유진동수 제어 수단이 될 수 있다.

(3) 주기관 직 하부 이중저 플로어 두께 증가

플로어 두께 증가 방안 검토 결과, 주기관 직하부 영역에 한하여 플로어 두께를 키우는 것이 전체영역의 플로어 두께를 키우는 경우의 약 80% 정도의 효과를 내는 것으로 나타났다. 기관실 이중저 전체영역에 대하여 플로어 두께를 키우는 것은 비용 측면에서 비효율적이므로, 길이 및 폭 방향 모두 주기관 직하부로 보강 영역을 제한하는 것이 바람직하다.

참 고 문 헌

MSC, "NASTRAN 2007 r1 Quick Reference Guide".

