

중소형 선박의 안전항해를 위한 주기관 최소출력에 관한 연구

강석용* · 안영중** · 김승연*** · † 이윤석

*,**한국해양수산연수원, ***한국해양대학교 마린시뮬레이션센터, † 한국해양대학교 선박운항과 교수

A Study on the Minimum Engine Propulsion Power Required for Safe Navigation of Small and Medium Ships

Suk-Young Kang* · Young-Joong Ahn** · Seung-Yeon Kim*** · † Yun-Sok Lee

*,**Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49111, Korea

***Marine Simulator Center, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

† Department of Ship Operation, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 국제해사기구의 해양환경안전위원회에 의해 도입된 에너지효율설계지수는 이산화탄소 배출량 규제를 위해 필요하나, 선박의 감속 운항과 주기관 출력 저하로 황천항해 시 사고로 이어질 수 있다. 이에 해양환경안전위원회는 황천항해 시 선박의 침로유지를 위한 주기관 최소출력에 대한 지침을 제시하였으나, 이는 재화중량톤수 20,000톤 이상 선박에 대한 것으로 중소형 선박에 대한 기준은 부재하다. 본 연구는 최소출력에 대한 지침을 근거로 지침 적용대상인 선박을 평가하고, 수정된 지침을 제안하였다. 또한 지침 미적용 대상인 재화중량톤수 20,000톤 미만의 중소형 선박들에 대한 주기관 최소출력 제시를 목적으로 관련 해양사고 사례들을 조사하고, 선박의 크기에 따른 주기관 출력을 분석하여 중소형 선박에 적용될 수 있는 주기관 최소출력 기준을 제시하였다. 연구의 결과는 악천후 시 중소형 선박들의 해양사고 감소를 위해 선박 건조에 고려될 수 있는 최소출력 기준으로 이용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 주기관, 최소출력, 에너지효율설계지수, 황천항해, 침로유지

Abstract : The Energy Efficiency Design Index (EEDI) introduced by the Marine Environment Protection Committee(MEPC) in International Maritime Organization(IMO) has significantly assisted in regulating CO2 emissions. However, in adverse weather conditions, it can lead to accidents due to slow steaming of vessels and low engine propulsion power. In response to this issue, the MEPC presented guidelines for the minimum propulsion power of the main engine for maintaining the course of vessels in adverse weather conditions. However, the guidelines are only applicable for vessels with a deadweight of 20,000 tons, leaving out small and medium ships. This study evaluated vessels subject to the guidelines of minimum propulsion power and proposed revised guidelines. In addition, relevant cases of marine accidents were investigated with the aim of investigating the minimum propulsion power of main engine for medium and small ships not covered by the guidelines. In order to achieve this, engine propulsion power was analyzed according to the size of the affected vessels. The results obtained from this study could be used as a minimum power criterion that can be considered for ship building to reduce marine accidents in adverse weather for small and medium ships.

Key words : Main Engine, Minimum Propulsion Power, EEDI , Navigation in Adverse Weather, Course Keeping

1. 서 론

선박에서 사용되는 주기관은 시대적 요구사항과 운항되는 선종의 특징에 따라 발전을 거듭해 왔다. 특히 2000년 이후에는 국제적으로 강화되어 가는 대기배출물의 규제와 친환경, 고효율에 대한 요구사항이 높아졌고, 이에 따라 연료사용의 절감을 통해 효율적이고 경제적인 선박 운항에 많은 관심을 가지게 되었다. 이와 관련한 선행연구 중, Kim et al.(2013)은 실습선 새누리호를 중심으로 선박 기관의 경제적 운항에 관한

연구를 진행하였고, Kim et al.(2015)은 선박의 운항 및 에너지 효율성 향상을 위한 최적의 안전운항 지원 시스템을 개발 하였으며, Jang and Kwon(2011)은 진화전략기반 엔진출력 최적화를 통한 선박경제운항시스템에 관한 연구를 수행하였다.

선박의 경제운항과 관련된 연구들은 1990년대부터 시작된 국제해사기구(International Maritime Origination, 이하 IMO 라 함)의 선박온실가스 규제에 대한 논의와 그 맥락을 같이 하며, IMO는 대기오염 감소를 위해 선박에서 배출되는 이산화탄소규제를 목적으로 신조선의 에너지효율을 보여주는 지

† Corresponding author : 종신회원, lys@kmou.ac.kr 051)410-4471

* 종신회원, sykang53@seaman.or.kr 051)620-5802

(주) 이 논문은 “주기관 최소출력에 관한 추가실태 조사”란 제목으로 “2016 한국항해항만학회 추계학술대회 한국항해항만학회논문집(여수 엑스포 국제관, 2016.11.9.-10, pp.1-3)”에 발표되었음.

수인 에너지효율설계지수(Energy Efficiency Design Index, 이하 EEDI라 함)를 도입하였다(Korea Eximbank, 2012). 하지만 IMO의 이러한 규제는 실제 운항선박의 저속운항 및 저출력을 초래하게 되어 선박의 안전운항을 저해하는 요소가 될 수 있다는 우려가 제기되었다. 이에 따라 주기관 최소출력의 확보에 대한 논의가 진행되었고, 해양환경보호위원회(Marine Environment Protection Committee, 이하 MEPC라 함) 제64차 회의에서 제안된 “황천 시 선박의 조종성능을 유지하기 위한 최소출력”(Minimum Propulsion power to maintain the manoeuvrability in adverse conditions) 의제는 MEPC 제65차 회의에서 채택되었다. 그러나 MEPC의 주기관 최소출력에 대한 지침은 재화중량톤수(Deadweight tonnage, 이하 DWT라 함) 20,000톤 이상의 선박에만 적용되는 것으로 실제 저출력으로 인한 사고의 위험가능성이 높은 중소형 선박에 대한 지침은 부재하다.

본 연구에서는 MEPC의 주기관 최소출력에 대한 지침 중 첫 번째 평가방법인 최소출력선 평가(Minimum power lines assessment)를 바탕으로 현재 운항중인 DWT 20,000톤 이상의 벌크선 및 탱커선의 주기관 출력이 기준에 만족되는지의 여부를 평가하고, 해당 선박의 DWT 및 주기관 출력을 조사하여 이를 바탕으로 수정된 지침을 제안하였다. 또한 주기관 최소출력에 대한 지침의 적용을 받지 않는 DWT 20,000톤 미만 선박들의 주기관 출력과 관련된 해양사고 분석을 통해 중소형 선박에 대한 주기관 최소출력 지침의 필요성을 확인하고, 선박의 DWT와 주기관 출력을 조사하여 중소형 선박의 최소출력 지침 제시에 연구의 목적을 두었다.

2. 중소형 선박 주기관 출력 해양사고

선박의 충분한 주기관 출력은 안전향해를 위해 필수적인 요소이다. 특히 주기관의 저출력은 황천향해 시 외력을 견디며 보침하거나 항해 할 수 있는 능력이 현저히 떨어뜨리기 때문에 항해 중 선체압류나 묘박 중 주묘의 가능성이 매우 높다. 이 중 2013년에 발생한 첩루 15호 침몰사건은 충분한 주기관 출력확보의 중요성을 보여주는 대표적인 사례이다.

2.1 첩루 15호 사고

파나마 선적의 첩루 15호는 총톤수 8,451톤, 주기관 출력 2,970Kw의 일반화물선으로 2013년 10월 14일 포항 앞바다에서 공선상태로 묘박 중, 26호 태풍 ‘위파’의 영향으로 주묘 되었다. 포항 영일만항 북방파제에 좌현 선미부가 접촉되면서 침몰하였고, 11명의 사망자와 함께 영일만항 북방파제의 7개 케이스 상하부를 파손시켰다. 사고의 원인으로 부적절한 관제, 선장의 전문성 및 비상대응능력 부족, 부적절한 피항 및 묘박지 선정 등 다양한 원인이 지적되었으나, 이 중 사고선박의 주기관 저출력에 대한 지적은 의미하는 바가 크다. 2016년 중앙해양안전심판원(이하 중해심이라 함)이 공표한

특별조사 보고서에 따르면 첩루 15호는 방파제에 접근하기 전 전속전진을 사용했음에도 계속 주묘 되었고, 사고선박의 기관장과 유사선의 선장은 첩루 15호의 주기관 출력이 동급 선박에 비해 낮다고 진술하였다(KMST, 2016).

동일한 선종, 유사한 크기의 타 선박들과 비교한 Table 1에서 확인할 수 있듯이, 첩루 15호의 주기관 출력은 2,970kw로 현저하게 낮은 것을 확인할 수 있다.

Table 1 Comparison of engine propulsion power of Cheng Lu 15 with that of similar sized vessels

Ship's name	Built year	GT	DWT	EPP (Kw)	EPP/DWT
Cheng Lu 15	2008	8,461	13,552	2,970	0.22
Ship A	2006	8,521	11,394	5,294	0.46
Ship B	2008	8,812	11,981	6,480	0.54
Ship C	2008	8,841	11,883	6,480	0.55
Ship D	2006	8,603	11,432	4,200	0.38

Remark) GT: Gross tonnage, DWT: Deadweight

EPP: Engine propulsion power

2.2 범일호 사고

부산 선적의 범일호는 총톤수 6,589톤, 주기관 출력 4,028Kw인 유조선으로 목포항을 출항하여 인천항으로 항해 하던 중, 태풍 ‘올가’의 접근으로 두 차례의 투묘 및 증묘 등을 통해 피항 동작을 취했으나, 1999년 8월 3일 오전 10시 30분 목포항 근처에서 좌초했다.

중해심의 재결서는 좌초의 주된 원인을 선장의 잘못된 상황판단으로 인한 무리한 항해 및 조기 피항의 실패로 분석하고 있으나, 주묘 증 묘 엔진을 사용하여 피항동작을 취했음에도 선체가 강하게 압류되어 좌초가 된 부분도 주요한 사고 원인으로 언급하고 있다(KMST, 1999).

2.3 기타해양 사고

첩루 15호 및 범일호 사고 외에도 Panama선적의 일반화물선 에버씨호(총톤수: 4,480톤, 주기관 출력: 3,357Kw)는 묘박 중 악천후를 만났으나 부적절한 대응으로 선박이 좌초된 사건으로, 재결서는 사고의 원인 중 하나로 주기관의 부적절한 사용을 지적하고 있다. 또한 부산선적의 일반화물선 신해인호(총톤수: 2,548톤, 주기관 출력: 1,716Kw)는 항해 중, 강조류로 인하여 엔진을 사용했음에도 선박이 압류되어 좌초된 사고이다. 나루토해협에서 선체가 압류되어 좌초된 케미컬탱커 도남파이니어호(총톤수: 1,106톤, 주기관 출력: 987Kw) 사고, 부산 감천항 방파제와 접촉한 토미카호(총톤수: 1,545톤, 주기관 출력: 1,471Kw)사고, 남해동부앞바다에서 주묘 중 좌초된 재해호(총톤수: 3,026톤, 주기관 출력: 1,912Kw)사고 등은 현행 MEPC의 주기관 최소출력 지침을 적용받지 않

는 중소형 선박들로 강한 외력에 의해 주기관을 사용했음에도 선박이 좌초 또는 육상시설과 접촉했다는 공통점이 있다. 이상과 같이 주기관 출력과 관련된 사고 재결서 조사를 통해 황천항해 시, 중소형 선박의 안전항해를 위한 최소출력에 대한 지침 필요성을 확인하였다.

3. 주기관 최소출력 국제기준

선박의 주기관 최소출력에 대한 지침은 제64차 MEPC회의에서 공식적인 논의가 시작되었고(IMO, 2012), 제65차 MEPC회의를 통해 최소출력 잠정치침서가 제안되었으며(IMO, 2013), 제68차 MEPC회의를 거쳐 수정이 되었다(IMO, 2015). 지침서는 최소출력 확보를 위한 두 가지 방법을 제안하여 이 중 하나를 만족하면 최소출력 지침을 만족하는 것으로 규정하고 있다. 최소출력에 대한 첫 번째 평가방법은 최소출력선 평가로 각 선종에 대한 매개변수값인 a, b를 활용한 일차함수의 결과 값을 최소출력으로 보는 방법이며, 최소출력선값(MPLV, Minimum power lines value)을 수식으로 나타내면 식(1)과 같다.

$$MPLV = (a \times D.W.T.) + b \quad (1)$$

최소출력의 결정에는 매개변수값이 주요하며, Table 2에서 제64차, 제65차, 제68차 MEPC 각 회의에서 제시된 최소출력선 평가 적용선박과 a, b값을 확인할 수 있다.

Table 2 Parameters a and b for determination of the minimum power line values for the different ship types at each session of MEPC

Parameters a and b at 64 th session of MEPC			
No.	Ship's Type	a	b
1	Bulk Carrier DWT < 275825 t	0.0606	4195.2
	Bulk Carrier DWT ≥ 275825 t	0.0273	13366.0
2	Tankers	0.0603	5495.5
Parameters a and b at 65 th session of MEPC			
No.	Ship's Type	a	b
1	Bulk Carriers	0.0687	2924.4
2	Tankers	0.0689	3253.0
Parameters a and b at 68 th session of MEPC			
No.	Ship's Type	a	b
1	Bulk Carrier DWT < 145,000 t	0.0763	3374.3
	Bulk Carrier DWT ≥ 145,000 t	0.0490	7329.3
2	Tankers	0.0652	5960.2

두 번째 평가방법은 Simplified Assessment(이하 간이평가라 함)로 모든 방향에서 불어오는 바람과 파도에 맞서 계속 전진할 수 있는 항해속력요건을 정의하고, 선박의 주기관 출력이 전방의 바람과 파도에 맞서 전진할 수 있는 항해속력요건을 달성하기에 충분한 지를 평가하는 것으로 타의 면적, 방향계수, 경향상태에서의 선체 수면하 면적, 선체저항 등을 사용하여 평가한다. 본 연구에서는 제원확보의 어려움으로 선박의 DWT와 주기관 출력만을 가지고 쉽게 평가할 수 있는 최

소출력선 평가방법만을 사용하였다.

4. 주기관 최소출력 평가

4.1 선박제원 및 평가방법

평가선박의 선종은 MEPC 지침에 적용되는 선박 중 벌크선(Bulk carriers)과 탱커선(Tankers)을 대상으로 하였다. Table 3은 분석에 사용된 선박제원 목록의 일부이며, 한국선급과 한국선박관리산업협회에 등록되어 있는 벌크선 692척과 탱커선 201척, 총 893척을 평가하였다(Kang, 2016).

Table 3 Sample of vessel used for analysis

No.	Name	Type	DWT	EPP(Kw)	GT
1	SUNRISE MISEN	Bulk	22079	5,180	11,680
2	BL COSMOS	Bulk	22122	4,403	11,703
·	·	·	·	·	·
692	QUEEN ASIA	Bulk	32187	5,850	17,027
1	SETO EAGLE	Tanker	50284	8,580	26,902
2	OCEAN LEO	Tanker	50310	8,580	26,916
·	·	·	·	·	·
201	ORIENTAL RUBY	Tanker	57889	12,900	30,971

Remark) DWT: Deadweight, EPP: Engine propulsion power, GT: Gross tonnage

최소출력선 평가방법의 적용을 위하여 출력의 단위는 Kw로, 선박의 사이즈는 DWT로 통일하였다. 선박의 DWT가 있는 선박은 등록되어 있는 톤수를 활용하였고, 등록되어 있지 않은 선박은 항만 및 어항 설계기준해설에서 제시하는 변환식을 적용하였다(MOF, 2014). 평가방법은 제68차 MEPC 회의에서 제시된 주기관 최소출력에 대한 지침 중, 최소출력선 평가식을 이용하였다.

4.2 DWT 20,000톤 이상 선박의 최소출력 평가

평가선박 중, 현 지침의 적용을 받는 DWT 20,000톤 이상의 선박은 벌크선이 642척, 탱커선이 132척이었으며, 지침의 적용을 받지 않는 선박은 벌크선 50척, 탱커선 69척이었다. Fig. 1은 지침의 적용을 받는 DWT 20,000톤 이상의 벌크선의 최소출력 평가결과를 나타낸 그래프이다. 지침의 기준에 따른 최소출력선 곡선을 기준으로 위쪽에 분포하는 선박들은 출력을 만족하고, 아래쪽에 위치하는 선박들은 출력을 만족하지 못하는 선박들이다. 평가대상 벌크선 전체 642척 중 476척이 기준출력 이상으로, 약 74.1%의 선박들이 지침을 만족하고 있음을 확인하였다.

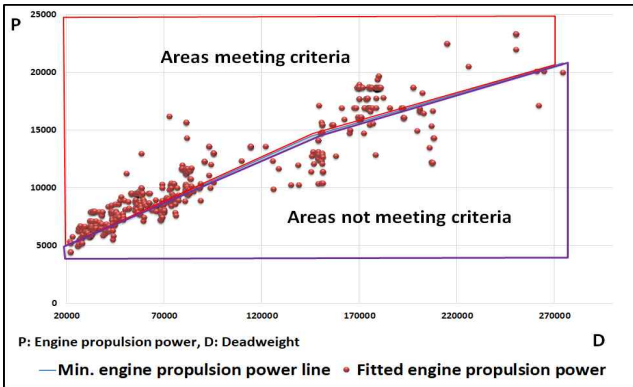


Fig. 1 The Result of Minimum power lines assessment for bulk carriers over DWT 20,000

지침의 적용을 받는 DWT 20,000톤 이상 탱커선의 경우, 전체 132척 중 73척이 기준출력 이상으로, 약 55.3%의 선박들이 지침을 만족하고 있음을 확인하였으며, Fig. 2는 최소출력 평가결과를 나타낸 그래프이다.

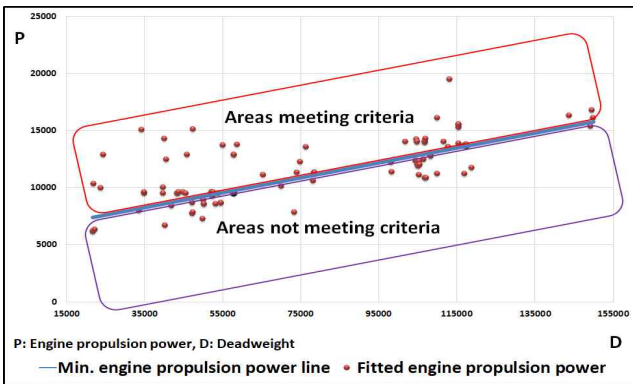


Fig. 2 The Result of Minimum power lines assessment for tankers over DWT 20,000

다음으로 최소출력선 평가 기준의 변화를 비교하기 위하여 제64차, 제65차, 제68차 MEPC 각 회의별로 제시되었던 매개변수값을 적용하여 평가 선박들의 지침만족 여부를 분석하였다. 최소출력선 평가방법에 따라 대상선박들을 적용한 결과는 Fig. 3과 같다. 벌크선의 경우, 평가기준을 만족하는 선박이 제64차 기준으로 502척에서 573척으로 늘어났다가 강화된 제68차 기준을 근거로 보았을 때는 476척이 만족하는 것으로 평가되었다. 탱커선의 경우 그 기준이 좀 더 강화된 것으로, 평가기준을 만족한 탱커선은 115척에서 130척으로 늘어났다가 73척으로 감소한 것을 확인하였다. 현존선을 대상으로 한 분석을 통해 확인한 사항은, 주기관 최소출력에 대한 MEPC의 지침이 안전 측면에서 다년간의 회의 및 연구를 거쳐 초기보다 강화된 기준으로 현재에 이르고 있으나, 벌크선 74.1%, 탱커선 55.3%로 과반수가 넘는 선박들이 지침보다 상회하는 최소출력을 갖춘 것으로 평가되었다.

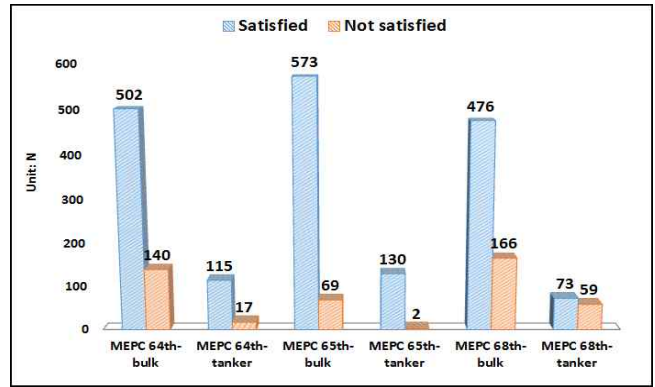


Fig. 3 Tendency for Minimum power lines assessment

Fig. 3의 결과를 통해 안전측면에서 황천향해 중 선박의 침로유지가 가능하고, 강한 외력으로 인한 주묘를 방지하기 위해 기존보다 더 상향된 최소출력의 제시가 필요할 것으로 분석하였으며, 이에 현재 운항중인 DWT 20,000톤 이상의 벌크선과 탱커선의 DWT별 기관의 출력을 회귀분석 처리하여 각각의 선형함수를 도출하였다. 제시된 각 식에서 x 는 선박의 재화중량톤수를 의미하며, $f(x)$ 는 선박의 주기관 출력을 의미한다.

먼저 DWT 20,000톤 이상인 벌크선들을 대상으로 결정계수, R^2 이 0.8759인 선형함수를 Fig. 4와 같이 그래프로 나타내었다. 도출된 선형함수는 DWT 20,000톤 이상 벌크선(BLS, Bulk Large Size)의 최소출력선을 제시하기 위한 수정된 평가식이며, 식(2)와 같다.

$$f(x)_{BLS} = (0.0687 \times x) + 4476.2 \quad (2)$$

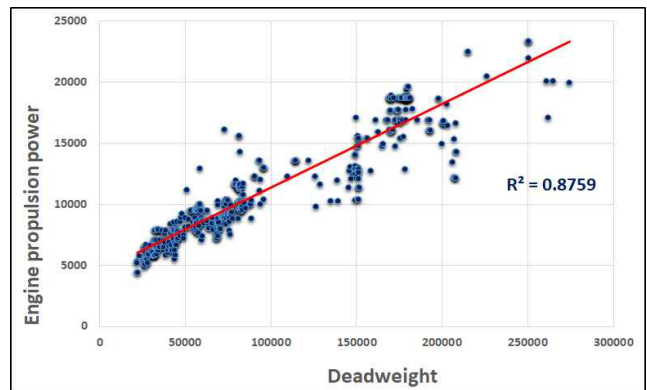


Fig. 4 Amended min. power line for bulk carriers above DWT 20,000

DWT 20,000톤 이상 탱커선(TLS, Tanker Large Size)들도 동일한 회귀분석 방법으로 결정계수, R^2 이 0.7162인 선형함수를 Fig. 5와 같이 도출하였다. 수정된 평가식은 식(3)과 같다.

$$f(x)_{TLS} = (0.0628 \times x) + 6400.8 \quad (3)$$

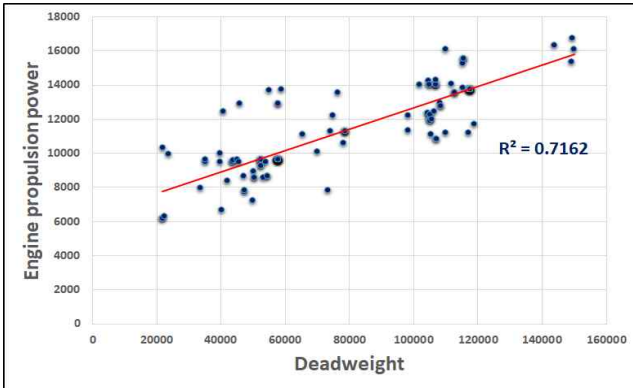


Fig. 5 Amended min. power line for tankers above DWT 20,000

평가 선박들에 대한 분석을 통해 수정된 기준과 기존 지침에 따른 기준의 충족선박 수치비교는 Fig. 6, Fig. 7과 같다. 기존지침에 비하여 수정된 지침은 보다 강화된 것으로 Fig. 6 벌크선의 경우 전체 642척 중 312척만이 기준을 만족하고 있고, Fig. 7 탱커선의 경우 전체 132척 중 48척만이 기준을 만족하는 것으로, 선박의 안전운항에 있어 현재 MEPC의 지침보다 높은 주기판 출력기준을 요구한다.

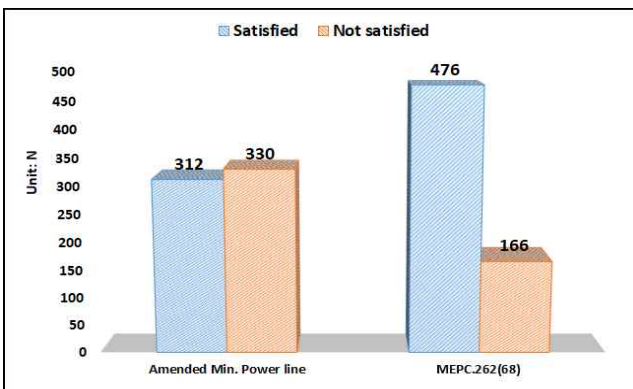


Fig. 6 Comparison of amended min. power line and that of MEPC.262(68) for bulk carriers

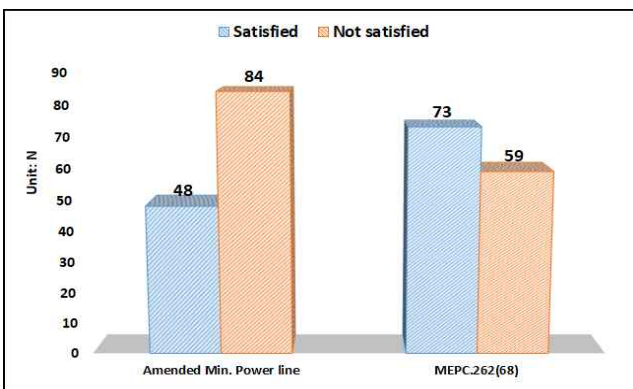


Fig. 7 Comparison of amended min. power line and that of MEPC.262(68) for tankers

4.3 DWT 20,000톤 미만 선박의 최소출력 평가

MEPC의 최소출력 지침은 DWT 20,000톤 이상의 선박에만 적용되므로, 황천항해 시 중소형 선박의 안전을 위한 최소출력 평가 기준이 요구된다. 전체 평가 선박 중, DWT 20,000톤 미만으로 현 지침의 적용제의 선박인 벌크선 50척과 탱커선 69척에 대하여 4.2절과 같이 DWT별 주기판의 출력을 회귀분석 처리하여 각각의 선형함수를 벌크선과 탱커선에 대하여 도출하였다. Fig. 8은 DWT 20,000톤 미만인 벌크선(BMSS, Bulk Medium & Small Size) 계원을 이용하여 결정계수, R^2 이 0.7824인 선형함수를 도출한 것이다. 최소출력 평가식은 식(4)와 같다.

$$f(x)_{BMSS} = (0.1899 \times x) + 1142.1 \quad (4)$$

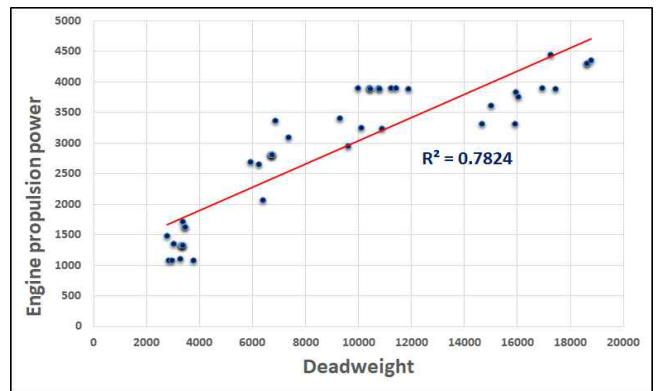


Fig. 8 Proposal of Min. propulsion power for bulk carriers less than DWT 20,000T

Fig. 9는 DWT 20,000톤 미만인 탱커선(TMSS, Tanker Medium & Small Size)에 대한 결정계수, R^2 이 0.69인 선형함수를 도출한 그래프이며, 최소출력 평가식은 식(5)와 같다.

$$f(x)_{TMSS} = (0.2281 \times x) + 1172.1 \quad (5)$$

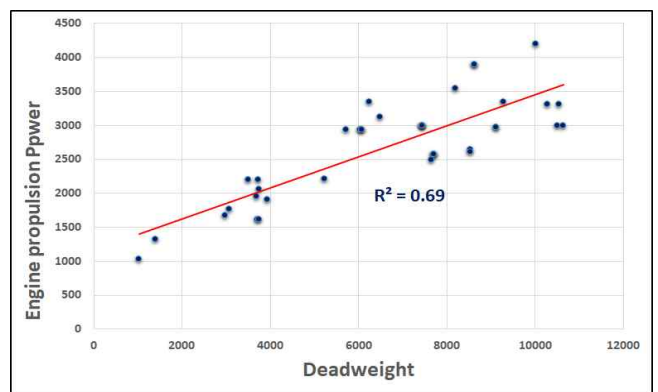


Fig. 9 Proposal of Min. propulsion power for tankers less than DWT 20,000T

DWT 20,000톤 미만의 탱커선의 경우 선박의 크기에 따른 주기판 출력이 일정하지 않아 R^2 이 다소 낮은 선형함수가 도

출이 되었고, 신뢰성을 높이기 위하여, 추세선을 기준으로 과도하게 범위를 벗어난 일부 데이터는 제외하였다.

4.4 결과의 검토

실태분석을 통해 제안된 최소출력기준을 선종별, DWT별로 정리하면 Table 4와 같다. 이를 통해 요구되는 탱커선의 최소출력기준이 벌크선보다 높으며, 이는 항해 중 탱커선의 고유한 선형으로 인한 큰 저항 때문에, 안전 항해를 위해 요구되는 주기관 출력이 높은 것으로 분석하였다. 또한 DWT 20,000톤 이상의 대형선의 최소출력기준이 중소형선의 최소출력기준보다 높으며, 이는 해양사고의 사례에서 살펴보면 중소형 선박은 대형선에 비하여 조류나 바람 등 외력의 영향을 많이 받기 때문에, 특히 황천항해에서 선박이 안전하게 항해할 수 있는 높은 주기관 출력이 요구되는 것으로 분석하였다.

Table 4 Proposed minimum engine propulsion power

Bulk	DWT ≥ 20,000	$f(x)_{BLS} = (0.0687 \times x) + 4476.2$
	DWT < 20,000	$f(x)_{BMSS} = (0.1899 \times x) + 1142.1$
Tanker	DWT ≥ 20,000	$f(x)_{TLS} = (0.0628 \times x) + 6400.8$
	DWT < 20,000	$f(x)_{TMSS} = (0.2281 \times x) + 1172.1$

5. 결 론

선박의 효율적 운항과 환경규제를 위한 EEDI의 도입은 필요하지만 선박의 저속운항과 기관 출력의 저하로 인한 사고를 유발할 수 있다. 이 때문에 IMO MEPC에 의해 제안된 주기관 최소출력에 대한 지침은 안전항해에 있어 중요한 기준이다.

본 연구에서는 MEPC의 최소출력 기준을 수집된 벌크선 642척과 탱커선 132척의 선박 데이터를 기반으로 충족여부를 조사하였다. 조사결과, 현재의 기준으로는 평가대상선박 중 과반수가 넘는 선박이 요구하는 최소출력보다 높은 값을 가지고 있어 해당 지침보다 상향된 기준제시가 필요할 것으로 분석하였다.

개선된 기준은 평가대상선박의 DWT와 주기관 출력을 회귀분석을 통해 도출한 매개변수값으로 제시하였다. 또한 지침의 적용을 받지 않는 DWT 20,000톤 미만 선박들의 주기관 출력 관련 해양사고를 분석하여, 중소형 선박도 주기관 최소출력 지침이 필요함을 확인하였고, 최소출력에 대한 기준을 선종과 DWT별로 제시하였다.

연구의 결과는 국내의 중소형 선박에 대한 최소출력에 관한 지침이나 기준이 부재하기 때문에 추후 관련사항의 법제화를 위한 기초연구로서 의미가 있다. 또한 MEPC 기준을 현존 선박 데이터에 적용함으로써 지침의 개선필요성을 식별하였고, 중소형 선박의 건조 시, 주기관의 적정한 최소출력 결정에 대한 기준으로 고려될 수 있을 것이다. 다만, 평가대상 선박의

개체수의 부족과 대표성의 문제 및 주기관 최소출력에 대한 지침을 실태분석을 통한 함수의 도출로 제안한 부분에 대해 추가적인 연구와 보완이 필요할 것이다. 이를 바탕으로 지속적인 연구가 진행된다면 선박의 안전운항 확보를 위한 최소출력 지침 제안에 도움이 될 것으로 판단된다.

References

- [1] IMO(2012), Air Pollution and Energy Efficiency, MEPC 64/4/13, pp. 1-5.
- [2] IMO(2013), 2013 Interim Guidelines for determining Minimum Propulsion Power to maintain the manoeuvrability of ships in adverse conditions, MEPC 65/22/ANNEX 16, pp. 1-7.
- [3] IMO(2015), Proposal for thorough review towards revision fo the 2013 Interim Guidelines for determining Minimum Propulsion Power to maintain the manoeuvrability of ships in adverse conditions, MEPC 68/3/11, pp. 1-5.
- [4] Jang, H. S. and Kwon, Y. K.(2011), "An Economic Ship Routing System by Optimizing Outputs of Engine-Power based on an Evolutionary Strategy", The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences 36(4), pp. 412-421.
- [5] Kang, S. Y. and Lee, Y. S.(2016), "A Survey of Minimum Propulsion Power of Ship's Engine", Conference of Korean Navigation and Port Research, pp. 1-3.
- [6] Kim, H. Y., Kim B. G., Rim G. S. and Kim, D. B.(2013), "A Study on Economical Operation of a Ship's Main Engine - The case of Training Ship SAENURI", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety , Vol 19, No. 1, pp. 52-58.
- [7] Kim, Y. D., Kang N. S., Byeon S. S. and Kim, S. Y. (2015), "An Ship Routing System for the Improvement of Nautical Safety and Energy Efficiency", Journal of the Institute of Electronics Engineering of Korea, IEIE Summer Conference, pp. 1830-1831.
- [8] KMST(1999), Second decision report for BUM IL, <https://www.kmst.go.kr/>
- [9] KMST(2016), Safety Inversion report for Cheung Lu 15, <https://www.kmst.go.kr/>
- [10] Korea Eximbank(2012), Green-Ship, pp. 4-16.
- [11] MOF(2014), Commentary on Harbor and Fishing Port Design Standards, pp. 29-30.

Received 21 August 2018

Revised 11 September 2018

Accepted 18 September 2018