

여객선 컨버전(Conversion) 동향에 대한 연구

김용섭[†]
홍익대학교 조선해양공학과

A Study on the Tendency on Conversion of Passenger ship

Young Seop Kim[†]

Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Hongik University

요 약

최근 들어 선박안전 관련 규정이 개정되거나 운항환경이 변화하면 선주사들은 이에 효과적으로 대응하기 위하여 크루즈선을 포함한 여객선을 새로 건조하는 대신 경제적 부담이 적은 기존 선박에 대한 선체개조 즉 컨버전을 많이 실시하고 있다. 컨버전은 선체의 주요 제원을 포함하여 선박의 구조강도, 유체역학적 성능, 여객수 및 화물 용량 등 많은 부분에 변화를 가져오므로 이의 수행에 앞서 세심한 사전 검토가 필요하다. 그러나 아직까지 여객선의 컨버전과 관련된 연구가 수행되지 않았기에, 본 연구에서는 이러한 컨버전을 직접 수행한 컨설팅사들의 보고서를 중심으로 그 동향을 조사하고 분석하여 그 결과 령스닝 컨버전이 선박의 주요 제원이나 성능에 가장 큰 변화를 발생시킨다는 사실을 확인하였다. 이와 더불어 령스닝 컨버전을 염두에 두고 건조할 경우 선체개조로 인해 발생하는 문제점들을 최소화하기 위하여 헐 스캔들링, 선형, 절단 위치 등과 같은 기본설계 단계에서 미리 고려해야 할 요소들에 대해 제시하였다.

Abstract – When the laws about the security of ships are revised, or voyage conditions are changed, ship owners have converted rather than built new passenger ships including cruise ships recently. As conversion causes a lot of changes in principal dimension, structural strength, hydrodynamic performance, the number of passengers, and cargo capacity, detailed pre-review is needed. But any studies on conversion have not been carried out yet, this study investigated and analyzed the trend of consulting companies' reports (Delta Marine Report, 2005, 2008). As a result, it was found that lengthening conversion brought about the main changes in principal dimension, and performance. Also it was suggested that there be factors for consideration like hull scantling, hull form, and cutting point to minimize side effects when ship owners build ships having lengthening conversion in mind.

Keywords: Passenger ship(여객선), tendency of conversion(컨버전 동향), lengthening(령스닝), basic design of passenger ship(여객선설계)

1. 서 론

선박은 선주의 요구사항을 중심으로 설계조건에 맞게 작성된 설계 내용에 따라 건조된다. 건조 후 운항되던 선박은 항로상 여건 변화, 관련규정의 개정, 노후 혹은 화물이나 여객의 증가에 따른 용량증대 그리고 성능개선 등 건조 당시와 크게 달라진 환경에 적극적으로 대처하기 위하여 선주들은 막대한 건조비용과 긴 건조 기간을 필요로하는 신조보다 선체 일부를 개조하는 컨버전을 하

는 경우가 최근 많아지고 있다.

특히 크루즈선을 포함한 여객선들은 최근 SOLAS의 복원력 관련 규정 개정과 승객 및 물동량 증가로 인하여 RO-PAX선의 용량 증대 필요성에 따라 컨버전 공사가 많이 이루어졌다. 용량을 증대시키기 위한 컨버전은 개조 작업에 의하여 선박의 주요 제원 및 구조강도 저항성능 등 성능 전반에 많은 변화가 발생한다. 따라서 컨버전을 실시하기 위해서는 선체중강도와 선체 절단위치 그리고 일부 구획배치 등을 초기 설계에 미리 반영되어야 하므로 이에 대한 사전 연구가 절실히 필요하다.

그러나 여객선 컨버전과 관련된 연구는 현재까지 활발하게 수

[†]Corresponding author: yoskim@hongik.ac.kr

행되지 않고 있다. 본 연구에서는 실제 컨버전을 시행한 컨설팅사들의 기술보고서(Delta Marine Report 2005, 2008)를 참고로 최근 10년간 수행된 여객선 컨버전에 대하여 동향과 특성을 조사 분석하였다.

그 결과로부터 본 연구는 선박의 용량 즉 재하중량을 증대시키기 위한 랭스닝 컨버전 실시를 고려하고 선박을 건조하는 경우, 인테리어 개조나 성능증대 혹은 복원력 향상을 위해 실시하는 컨버전과는 달리 초기 건조시에 미리 설계에 반영되어야하는 설계요소들을 제시하였다. 그 요소들은 헬 스캔트링, 선형, 일반배치, 복원력, 의장수, 조타장치 등으로서 이 자료는 랭스닝 컨버전을 고려하는 여객선의 기본 설계 시 활용될 것으로 기대된다.

2. 컨버전 동향 분석

여객선 전문 컨설팅 업체의 컨버전에 대한 보고서(Delta Marine Report, 2008)를 참고로, 2000년 이후 수행되었던 컨버전작업의 원인들을 분석하여 그 결과를 다음 Fig. 1에 나타내었다. 이것을 살펴보면 전체 조사 대상 선박은 93척이며, 이 중에서 인테리어 중심 컨버전을 실시한 여객선이 18척으로 19.3%, 승객용 객실수를 추가시키거나 혹은 객실면적을 확장하기 위하여 갑판을 추가하거나 선박의 길이를 길게 확장하는 랭스닝(Lengthening)에 의한 용량증대 컨버전을 실시한 선박이 13척으로 13.9%를 차지하였고, 승객과 화물컨테이너를 함께 싣고 운항하는 RO-PAX 여객선의 안정성을 향상시키기 위해 개정된 새로운 복원력 관련 규정(SOLAS, 1995)을 만족시키기 위한 컨버전공사를 실시한 여객선이 51척으로 54.8%를 차지하여 가장 많은 컨버전 작업이 이 경우에 해당됨을 알 수 있었다. 이렇게 복원력을 향상시키기 위한 개조 작업이 많았던 이유는 SOLAS 규정 변경으로 인해 일시적으로 컨버전 작업이 실시되어야만했던 특별한 경우라고 할 수 있다. 마지막으로 운항하는 선박의 성능 개선을 통해 에너지 효율을 높이기 위해서 컨버전 작업이 수행된 선박이 8척으로 8.6%를 차지하였다.

이러한 컨버전 작업이 선박의 성능과 구조적 특성에 미치는 영향 분석하고 Table 1과 같이 정리하였는데 이것을 살펴 보면 다음과 같다.

인테리어를 개조한 경우 약간의 경하중량만 증가되었을 뿐 그 외 선박 성능에는 변화가 없었고, 선박의 주요제원은 개조 전후에

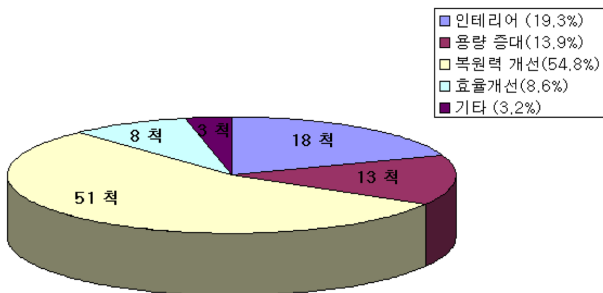


Fig. 1. 각종 컨버전 시행 실적 비율.

Table 1. 컨버전에 의한 성능 변화

개조 원인	주요제원	경하중량(LWT)	유체성능	구조성능
인테리어	-	△	-	-
효율 개선	-	△	○	△
용량증대	○	○	○	○
복원력	△	○	○	△

자료출처: Delta Marine Report, 2008

○: 영향을 크게 미치는 경우
 △: 영향을 비교적 적게 미치는 경우
 -: 영향을 전혀 미치지 않는 경우

변화가 없지만, 부분적으로 경하중량 및 구조 성능의 변화가 일어나며, 선박효율을 높이기 위한 컨버전의 경우 개조작업의 목적상 선박의 주요제원은 개조 전후에 변화가 없지만, 부분적으로 경하중량 및 구조 성능의 변화가 일어나고, 개조의 목적 상 유체역학적 성능이 개선되는 효과가 나타날 것이다. 다음으로 용량 증대를 위한 랭스닝 컨버전을 실시할 경우, 기존 선박이 갖고 있었던 주요제원을 포함한 선박 전반에 대한 성능의 변화가 발생한다. 먼저 경하중량의 증가가 일어나며 이로 인해 선체저항이나 추진력 복원성 선형계수 등 유체역학적 성능이 변화하며, 구조 강도상 문제도 발생할 수 있다. 개정된 SOLAS규정을 만족시키기 위해 선박을 개조할 때, 경우에 따라 주요제원의 변화가 발생할 수도 있으며, 경하중량의 증가로 인한 유체역학적 성능을 포함한 관련 성능의 저하도 예상할 수 있다.

3. 선박 컨버전 수행시 고려사항

3.1 인테리어 컨버전

노후화된 선박에 대한 인테리어 개조 공사는 작업 양에 따라 다르지만 그 선박이 운항 중에 실시하는 경우가 많다. 그러므로 짧은 시간 내에 개조 작업을 완료해야 하는 어려움이 있다. 인테리어 관련업체 통계에 따르면 거의 모든 인테리어 개조 작업은 4주 이내에 완료해야 한다. 또한 그 선박이 운항 중에 실시하는 것이므로 개조 작업 시 발생하는 분진 및 소음 등으로 선박에 승선한 다른 승객들에게 개조 작업으로 인한 피해를 최소화할 수 있어야 한다. 또한 개조 작업으로 인해 다른 승객들이 움직이는 동선(Flow)에 영향이 없어야 한다. 이러한 것들이 고려되어 개조 작업의 공정 계획들이 수립되어야 한다.

인테리어 개조를 실시할 때마다 경하 중량의 증가는 필수적으로 뒤따른다. 선박의 일생동안 5-7회의 인테리어 개조를 실시한다고 하였을 경우, 이로 인한 경하중량의 증가는 무시할 수 없을 것이다. 이러한 이유로 인해 인테리어 개조 작업 시에는 경량화 자재를 사용함으로써 인테리어 개조작업으로 인한 경하중량의 증가를 최소화할 수 있도록 해야 한다.

3.2 복원성능 개선을 위한 컨버전

1987년 3월, 193명의 승객과 승무원의 인명손실이 있었던 RO-

Table 2. Retroactive application of SOLAS 90

Value of A/Amax	Date of Compliance	Remarks
Less than 85%	1 October 1998	
85% < A/Amax < 90%	1 October 2000	
90% < A/Amax < 95%	1 October 2002	
95% < A/Amax < 97.5%	1 October 2004	
97.5% or more	1 October 2010	

자료출처: Kim and Ban, 2000, IMO circular, 1995, SOLAS conference, 1995

PAX 여객선인 “Herald of Enterprise”선의 침몰 사고로 인해 IMO에서는 긴급하게 그동안 여객선 복원력평가 규정의 기초가 되었던 확률론적(Probabilistic) 손상 복원력인 IMO Res. A(265) 규정을, SOLAS 90이라고 불리는 결정론적(Deterministic) 손상 복원력 규정으로 개정하였고, 1990년 4월 이후 건조되는 모든 여객선에 적용하도록 강제화하였다. 이후 IMO에서는 기존 운항하는 RO-PAX 여객선에 대해서도 SOLAS 90, 손상 복원력 규정 적용에 대한 논의를 계속 하였으며, 1995년 기존 RO-PAX 여객선에 대해서도 확대 적용하도록 강제화 하였다(Kim and Ban, 2000, IMO circular, 1995, SOLAS conference, 1995).

그러나 개조에 따른 비용 증가와 몇몇 국가의 주관청(Authority)의 반대로 인해, IMO에서는 기존 RO-PAX 여객선의 SOLAS 90, 손상 복원력 규정의 소급 적용에 대해 재논의 하였으며 Table 2에 표시된 바와 같이 기존 선박에 대하여 어테인(Attain) 값을 계산하고, 이것을 표의 첫째 칸에 나타내었고, 그 값에 따라서 둘째 칸에 명시한 것처럼 1998년 이후, 2010년까지 점진적으로 확대 적용할 것을 강제 규정화하였다. 기존선에 대하여 개정된 복원성 관련 규정을 적용하게 됨에 따라서 선체를 개조한 선박을 살펴보면 대부분의 경우 예비부력을 확보하기 위하여 Fig. 2에 나타낸 것처럼 수선면 부근 선체 외판에 스폰선(Sponson)을 추가하는 방법이 일반적으로 채택되고 있음을 알 수 있는데 Fig. 2의 아래 그림 선체 하부에 붉은 색으로 표시된 부분이 스폰선을 나타내고 있다.

Fig. 3는 개조 전후의 최소 GMt 값을 계산한 결과를 정리한 것이다. 그래프 위쪽 선은 스폰선을 취하기 전의 최소 요구 GMt 값

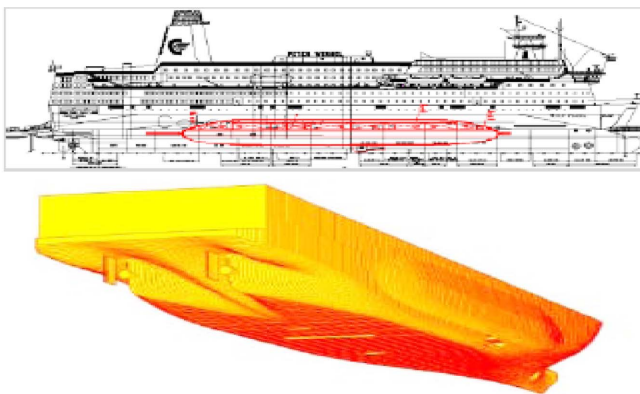


Fig. 2. Reserve buoyancy by sponson. 자료출처: Delta Marine Report, 2005.

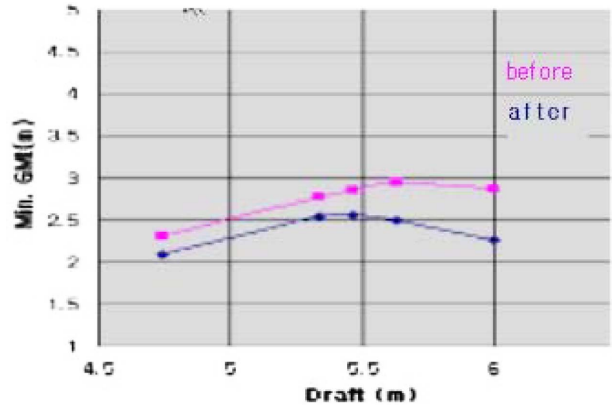


Fig. 3. 개조 전후의 최소 요구 GMt 변화.

이고, 아래에 있는 선은 설치 이후의 최소 요구 GMt값이다. 표에 나타나 있듯이 스폰선 설치 이후 흘수에 따라 차이가 있기는 하지만 최소 요구 GMt값이 작음과, 스폰선 설치에 의한 최소 GMt 개선 효과는 약 0.5 m 정도인 것을 알 수 있다. 선체 하부에 스폰선을 추가하는 개조는 선체의 하부에 중량을 추가함으로써 무게중심(VCG)이 낮아지는 효과가 발생하기 때문에 예비 부력의 추가 + 무게 중심의 개선효과를 기대한다. 무게 중심의 개선효과를 간과하여 지나치게 많은 예비부력을 추가함으로써 발생하는 최적화된 수선면을 갖는데 실패한다면, 수선면을 흐르는 저항 성능의 증가로 기존선박 대비 속력성능의 손실을 가져오기 때문에 주의를 요한다.

3.3 선박효율 개선을 위한 컨버전

일반적으로 선박이 건조되어 취항한 후 시간이 경과함에 따라 기관이 노후하게 되고 그 결과 기관성능이 급격하게 감소함으로써 선박의 속력 성능은 저하되고 연료소비율은 증가하게 된다. 이에 따라 운항비용이 증가하게 된다.

운항 중인 선박의 선체 선형을 개조하는 일은 쉬운 일이 아니지만 몇몇의 선박은 선수형상 및 선미 형상과 부가부 형상을 개조하여 선박의 효율을 개선한 예가 있다. 운항 중인 선박을 대상으로 구상 선수를 포함한 선수를 실제로 개조할 경우, 선체의 정도를 위해 실선의 선도를 계속하는 것이 필수적이다. 그렇지 않으면, 개조된 새로운 선수 블럭과 기존 선박의 선체와의 차이로 인해 각종 문제가 발생할 수 있다. Fig. 4은 저항 성능을 개선하기 위하여 선수형상을 개조중인 선박의 사진이다.

선수부 개조를 통한 선박성능 개선은 경제성 평가를 통해 실시 여부가 결정되어야 한다. 선형개발에 있어 선미 부가물을 포함한 선미 형상의 중요성은 지속적으로 강조되고 왔고, 고속 중형 RO-PAX 여객선에서 선미 부가물 형상의 설계 변경만으로도 전체 저항의 10% 까지를 개선할 수 있다고 한다(Lee et al., 2004, Choi et al., 2003, Delta Marine Report, 2005). 선미 부가물 형상은 일반적으로 트랜섬 웨지(Transom Wedge), 플랩(Flap) 그리고 덕 테일(Duck tail) 등 3가지 형태로 분류된다. 선미 부가물의 형상은



Fig. 4. The scene of bulbous bow conversion. 자료출처: Delta Marine Report, 2005.

Fn(Froude Number)과 관련하여 저항 개선 효과가 다르게 나타난다. $Fn=0.2$ 이상의 속력을 갖는 여객선을 대상으로 선미 부가물을 부착하기 위한 개조 작업은 어려움 없이 쉽게 수행될 수 있으며 성능 개선 효과도 큰 것으로 알려져 있다(Delta Marine Report, 2005).

3.4 용량 증대를 위한 컨버전

운항항로상의 승객 및 물동량의 증가로 인해 보다 큰 용량의 선박이 필요하게 되었을 경우, 선주사들은 일반적으로 새로운 선박을 건조하여 증가된 운송용량에 대처한다. 그러나 과도한 건조비용(cost)과 장기간의 건조기간 때문에 최근에는 기존에 운항하던 선박에 갑판을 추가하거나 선박의 용량을 늘이는 랭스닝(Lengthening) 개조를 실시하여 적화용량을 증가시키는 경우를 종종 볼 수 있다. Fig. 5에서는 실제 수행되고 있는 여객선의 랭스닝 개조과정을 나타낸 사진으로서 위 첫 장면은 개조 작업 이전의 준비 상태 모습이고, 가운데 장면은 선박의 중앙부를 절단하고 새로 제작한 블록을 절단부에 설치하고 있는 모습이며, 아래 장면은 블록 설치가 완료된 모습을 찍은 것이다. 이러한 용량 증대를 위한 개조는 개조 전후에 선박이 초기 건조 당시에 가지고 있었던 유체역학적 성능, 구조강도상 성능 등을 포함한 여러 가지 특성들에 대한 변화가 발생하므로 철저한 사전 계획이 필요하다. Stena Hollandica라는 여객선은 총 51.8 m의 길이를 증가시키는 개조를 실시하였으며, 이로 인해 500명의 승객과 1,082 m의 트레일러 레일을 추가로 운송할 수 있는 능력을 확보할 수 있었다(Delta Marine Report, 2005). 그러나 용량 증대를 위한 개조를 실시하려고 해도, 개조 후의 선박이 개조에 의해 발생하는 용량 증대로 인해 헐 스킨틀링을 포함한 구조강도, 복원성능 및 속력성능의 변화가 발생하고 이로 인해 기존 선박이 가지고 있던 각종 성능들이 개조 후 선박에 요구되는 기준을 만족시킬 수 없기 때문에 용량 증대를 위한 개조가



Fig. 5. Lengthening conversion procedure.

모든 선박에 대하여 가능한 것은 아니며, 이러한 개조를 하기 위해서는 신조시 개조를 염두에 두고 설계에 이를 반영하여야 한다.

4. 용량증대를 위한 컨버전에 대한 고찰

지금까지 여객선을 포함한 선박의 컨버전 특성을 살펴본 결과 4가지의 유형 중에서 컨버전 실시 전후의 선박에 대한 성능이나 유체역학적 특성 그리고 구조 강도 등 모든 분야에 대하여 가장 많은 변화가 일어나는 경우는 용량증대를 위한 개조 공사인 것임을 알 수 있다. 한편 용량증대는 선주측이 선호하는 사항이기도 하다. 따라서 이러한 용량증대를 위한 개조 공사에 대하여 갑판 추가 설치와 랭스닝으로 나누어 구체적으로 고찰하고자 한다.

4.1 갑판 추가 설치

기존 여객선에서 내부 공동 공간 혹은 객실을 추가하는 개조를 할 경우 일반적으로 사용하는 방법이 갑판을 추가하는 개조이다. 갑판을 추가하는 개조를 할 경우, 경하 중량(light weight)의 증가는 필연적으로 발생한다. 기존 선박의 재화중량(dead weight)의 여유가 있었던 선박이었으면 문제는 없지만, 그렇지 않은 경우 경하 중량의 증가로 인해 배수량이 스킨틀링 드래프트(scantling draft)를 초과하는 결과를 초래한다면, 재화중량을 줄여서 초기 스킨틀링 드래프트를 초과하는 것을 방지해야 하며, 재화중량을 유지하기를

원한다면, 갑판 추가를 통한 경하 중량의 양을 줄여야 한다.

이 외에도 갑판을 추가하는 개조를 실시하는 경우, 개조 후 선박에 일어나는 성능변화를 항목별로 정리하면 다음과 같다.

4.1.1 경하 중량(Light weight) 변화

이미 앞에서 정리한 것처럼 경하 중량의 증가는 재화중량의 감소 혹은 스켈링 드래프트내에서 설계 흘수 증가의 원인이 된다. 설계흘수의 증가는 속력성능 감소를 유발한다. 기존 선박의 운항 항로에서 속력 성능이 중요한 운항 조건이라면 갑판을 추가하는 개조는 재검토 되어야 하며, 갑판을 추가하는 개조와 동시에 앞에서 검토한 효율 개선을 위한 개조를 동시에 고려해야 한다. 증가하는 개조 후의 추가 경하중량 추정(estimation)에 대한 주의가 필요하다. 개조 후 변화된 개조선박의 경하중량을 확인하기 위하여 선급을 포함한 관련기관에서는 경사시험의 실시를 요구한다. 추가 후의 경하 중량의 추정에 오류가 발생할 경우 재화중량의 추가 감소 등의 후속조치가 불가피한 경우가 발생할 수도 있다.

4.1.2 경하 중량 횡방향 무게 중심(LWT VCG) 상승

갑판을 추가하는 개조는 대부분 기존 선박의 LWT VCG 상부에서 이루어지는 것이 일반적이다. 추가된 갑판과 객실 중량으로 인해 LWT VCG의 상승이 예상된다. 이러한 상승된 LWT VCG는 복원성능이 떨어지게 하고, 이를 개선하기 위해서는 선저에 중심보상 중량(counter weight)의 추가가 필요한 경우가 있다. 이러한 경우 기존 선박의 재화중량은 경하중량 증가 중량 과 중심보상중량을제외한 중량으로 초기 계획된 재화중량 대비 상당히 감소될 수 있다.

추가된 갑판에 따른 경하중량의 증가 및 LWT VCG의 상승은 복원성능의 저하 뿐 아니라 운항 중의 속력 성능에도 악영향을 미친다. 이러한 관점에서 갑판을 추가하는 개조에 대해서는 종합적인 판단이 필요하다.

4.1.3 경하 중량 종방향 무게 중심(LWT LCG) 변화

갑판을 추가하는 개조는 경하중량 횡방향 무게중심의 상승 뿐 아니라 경하중량 종방향 무게중심의 변화도 가져와 선박의 운항 자세에 영향을 미친다. 물론 기존에 배치된 청수 및 연료유 탱크의 적재량 변경으로 선박의 운항 자세(trim condition)를 제어할 수 있어 문제는 없지만 그렇지 못한 경우에 지나친 트림 발생으로 트림 제어용 카운트 바ラスト(counter ballast)의 설치가 요구되는 경우도 있다. 이 경우 재화중량은(기존선박의 재화중량 - 경하중량증가량 - 경하중량증가에 따른 횡방향 무게중심 보정을 위한 중량) 경하중량 증가에 따른 종방향 무게중심 보정 중량과 같다.

4.1.4 승객수

여객선에서 갑판을 추가하는 가장 큰 원인 중의 한 가지가 승객용 객실수를 추가하기 위한 것이고 이에 따라 동시에 승선하는 승객수가 증가하게 된다. 일반적으로 객실 450실을 증설하면 약

1,000 명의 승객들이 추가로 승선할 수 있는 것으로 알려져 있다. IMO new SOLAS CHA II-1/Reg. 6에 따르면 손상 복원력을 위한 여객선의 복원력 요구를 대신하는 요구값(Requirement Index, R)을 다음의 식 (1)과 같이 표시된다(SOLAS Conference, 1995).

$$R = 1 - \frac{5,000}{Ls + 2.5N + 15,225} \quad (1)$$

여기서

Ls = 배 길이

N = 승객수

식 (1)에서 볼 수 있듯이 승객수 N이 증가하면 R 값이 증가되며 복원성능 관점에서 불리하게 되어 이에 따라 손상 복원력 개선을 위한 방법들이 동시에 검토되어야 한다. 승객수의 증가는 동시에 개조선박에 설치하는 구명 보트 용량 결정을 위해 탑승하는 승객 수(life saving appliance)의 증가도 있기 때문에 이에 따라 구명 보트의 추가 배치가 필요하다. 만약 1,000명의 승객이 증가한다면 선박이 국제항로(international voyage)를 운항하는 여객선이라면 최소 150 명이 탑승할 수 있는 구명정(life boat) 6대가 추가로 설치되어야 한다. 이와 같이 deck를 추가하는 개조는 많은 연관된 성능의 변화가 뒤따르며, 위에 언급된 사항들이 모두 고려되어야 한다.

4.2 랭스닝 컨버전

용량 증대를 위한 컨버전을 실시하기 위해 갑판을 추가하는 개조 방법은 경하중량의 증가에 따른 성능 변화가 심하다. 따라서 앞에서 이미 검토되었던 여러 가지 제한된 조건으로 인해 쉬운 방법은 아니다. 특히 갑판을 추가하여 용량을 증대하는 개조 작업의 경우 수반되는 경하 중량 증가에 따른 횡방향 무게중심(VCG)의 상승은 선박의 가장 중요하고 기본적인 성능인 복원성능 저하에 영향을 미쳐 개조 후에 기존 선박이 갖고 있었던 재화중량을 포함한 다른 성능의 효율을 감소시켜 개조의 목적이 훼손되는 경우도 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 앞에서 나타난 Fig. 3.4와 같은 랭스닝 컨버전을 실시한다.

4.2.1 랭스닝 컨버전에 의한 성능 변화

여객선에서 랭스닝 개조를 수행하면 선박은 주요제원 및 성능에 많은 변화가 일어나는데 그 내용을 다음과 같이 정리하였다.

4.2.1.1 주요제원 : Length

배의 길이의 변화는 선저외판 두께를 결정하는 중요한 인자로서 기존선의 선저외판두께를 포함한 두께가 배의 길이증가로 인하여 요구되는 종강도 증가를 충족하지 못한다면 랭스닝 개조를 실시하는 것은 불가능하다. 식 (2-4)는 Lloyds 선급의 종식늑골구조를 갖는 여객선의 외판두께를 구하는 식들이다. 식 (2)는 외판 재료로 고강력강판이 사용될 때 적용되는 식이고, 식 (3)은 스티프너의 간격을 고려하여 적용되는 식이며, 식 (4)는 외판으로서의

최소두께를 나타내는 식으로 외판두께는 항상 이 이상이어야 함을 나타낸다. 이 식들에 나타나 있듯이 선박의 길이는 외판두께를 정하는 가장 중요한 인자 중의 한가지임으로 랭스닝개조를 실시하려고 할 경우, 선저외판두께의 증가가 예상된다면 이에 대한 검토가 가장 우선적으로 실시되어야 한다.

$$t = 0.001s_1(0.043L_1 + 10) \sqrt{\frac{F_B}{k_L}} \quad (2)$$

$$t = 0.0052s_1 \sqrt{\frac{h_{T2}k}{1.8 - F_b}} \quad (3)$$

$$t_{min} = (6.5 + 0.033L) \times \sqrt{\frac{(k \times s1)}{sb}} \quad (4)$$

여기서

- $s_1 = s$, but is not to be taken less than the smaller of 470 + L/0.6L(mm) or 760(mm)
- $L_1 = L$, but need not be taken greater than 190 m
- $F_B = \frac{\sigma_B}{\sigma}$
- $k_L =$ higher tensile steel factor
- $h_{T2} = T + 0.5 Cwfl =$
- $s =$ spacing of secondary stiffeners, in mm
- $S =$ spacing or mean spacing of primary members, in metres

4.2.1.2 용량: Deadweight

선박의 길이가 증가함에 따라서 배수량이 증가하게 되고 여기에서 랭스닝 개조로 인해 발생한 경화중량의 증가를 제외한 중량은 재화중량으로 사용할 수 있다. 또한 선박의 길이 증가는 복원력성능을 개선함으로 이에 따라 설계흘수를 증가시킬 수 있고 이는 또 다른 재화중량의 증가로 나타날 수 있다. RO-PAX 여객선에 있어서 길이의 증가는 가장 중요한 성능 중의 한 가지인 트fp 일러 탑재용량을 증대시킬 수 있다. RO-PAX 여객선에서는 이러한 목적만으로도 랭스닝 개조를 실시하는 경우가 있다. 랭스닝 개조 후에 얻을 수 있는 재화 중량의 양은 RO-PAX 여객선에서는 트레일러 탑재 능력과 관련하여 가장 중요하게 검토되어야 할 성능 중의 한 가지이지만, 크루즈선의 경우 중요하게 검토될 성능은 아니다.

4.2.1.3 속력 및 동력

고속 여객선에서 선박의 길이의 증가는 L/B를 개선하여 저항의 감소와 이에 따른 추진마력의 절감효과를 가져다 준다. Fig. 6에서는 네덜란드의 MARIN 수조의 연구결과로 배수량, 폭 그리고 흘수를 고정시키고 Lbp만을 변화했을 때 축마력의 변화에 대한 결과를 볼 수 있는데 특별히 고속영역에서의 차이가 많이 발생함을 알 수 있다. 그러나 랭스닝 개조는 길이의 증가뿐만 아니라 경화중량의 증가에 따른 배수량의 증가로 인해 길이 증대 효과만 나타나는 것이 아니고 마찰저항의 증가요소인 침수 표면적의 증가도 발생한다(이건호, 2009).

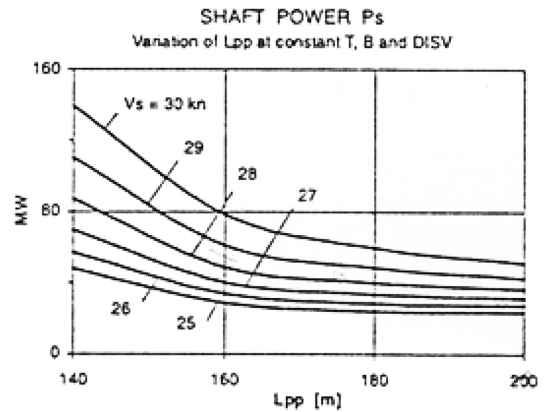


Fig. 6. 길이 변화에 따른 요구 축마력 비교. 자료출처: Delta Marine Report, 2008.

4.2.1.4 선형(Hull Form)

기존선박이 가지고 있는 선형은 순정작업을 통해 완성된 선형이다. 여기에 랭스닝을 할 경우 초기 계획했던 완전한 선형을 갖지는 못할 것이다. 중앙 평행부가 있는 선박에서는 중앙부에 랭스닝 블록을 삽입하면 문제가 없지만 중앙 평행부를 갖지 않는 고속여객선에서는 절단면 선정이 선형에 미치는 영향이 크므로 위치 선정이 매우 중요하다. Fig. 7는 랭스닝 블록 삽입 위치가 선저 탄젠트 라인에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 이것을 살펴보면 A는 최대 횡단면부에 블록을 삽입한 경우인데, 선형에 특이한 굴곡이 유체 유동에 지장을 일으킬 부분이 없는 것을 알 수 있고, B는 최대 횡단면이 아닌 곳에 블록을 삽입한 경우로서 선형에 굴

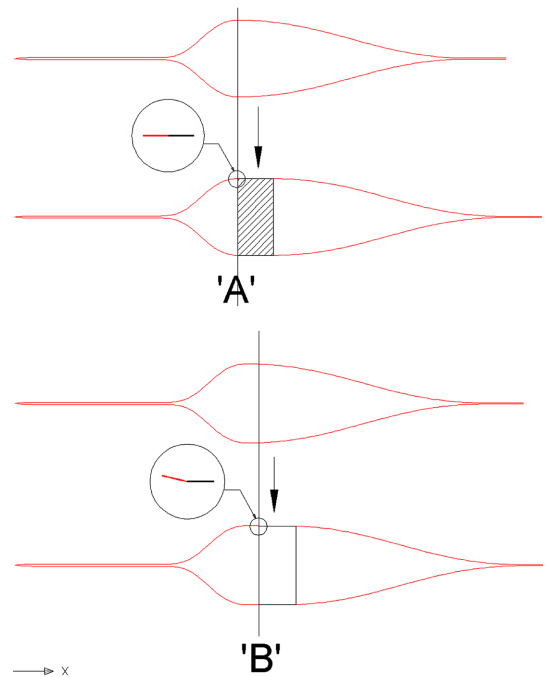


Fig. 7. 랭스닝 블록 삽입 위치가 선저 탄젠트 라인에 미치는 영향. 자료출처: Delta Marine Report, 2008.

Table 3. 충돌 격벽의 위치

Length L, in metres	Distance of collision bulkhead aft of fore end of L, in metres,	
	Minimum	Maximum
≤ 150	0,05 L	0,05 L + 4,5
> 150	The lesser of: 0,05 L or 10	0,08 L

곡이 발생하여 박리현상 등 유체 유동에 문제가 되어 저항에 악영향을 미칠 수 있는 선형임을 알 수 있다.

4.2.1.5 복원력 및 구획 결정

선박의 충돌 격벽(Collision bulkhead)의 위치는 Table 3과 같이 규정한 SOLAS 요구사항에 따라 결정된다. 만일 200 m 길이의 여객선에서 40 m 정도를 랭스닝을 계획할 경우, 기존 선박의 충돌 격벽의 위치가 증가된 길이의 선박의 요구에 적합지 않을 경우, 충돌 격벽의 위치를 조정해야 한다.

또한 SOLAS 90 및 Stockholm agreement 복원력 계산을 위해 가정되는 손상 범위 규정에 따라 길이 방향의 손상 범위를 가정하는 규정(3 m + 3% of Length 혹은 11 m 중에서 작은 값)에서 개조로 인해 선박의 길이가 변경될 경우, 기존 구획의 길이가 가정된 규정을 초과할 경우, 기존의 구획들은 1개의 수밀 구획으로 인정받을 수 없다.

4.2.1.6. 기타

선박의 길이가 증가하면 의장수가 변화하고 따라서 계선 계류 설비 관련 내용도 변화하며, 타면적을 구하는 식 또한 길이의 함수로 되어 있어 랭스닝 컨버전과 함께 변화하므로 이에 대한 사전 대응이 필요하다.

4.2.2 랭스닝 컨버전을 고려한 기본설계

랑스닝 컨버전을 계획하는 선박은 기본설계 단계에서 미리 이에 대비하여 설계에 반영해 두는 것이 경제적으로 절약이 되고 선박 성능 측면에서도 개선 효과가 크다. 랭스닝을 중심으로 한 용량 증대를 위한 컨버전 실시를 염두에 둔 선박의 기본설계시 고려해야 할 사항은 다음과 같다(Delta Marine Report, 2005, 2008).

첫째, 헬 스캔트링

헬 스캔트링은 컨버전이 실시된 이후의 조건에 맞추어 이루어지며, 따라서 경하중량이 증가하게 된다. 그러나 주요치수 등은 변화하지 않으므로 저항과 유효마력 추정시 주의가 필요하다.

둘째, 선형 개발

컨버전 수행시 절단면의 예상 위치는 선체 중앙부 근처로서 선 폭이 최대가 되는 곳으로 하여야 개조 공사 후 선박 저항 증가를 최소화 하는 등 유체역학적 특성이 개조에 의하여 저하하지 않게 된다.

셋째, 일반배치 관련문제

컨버전시 절단면 예상되는 위치 앞에 격벽을 설치한다. 이로써 개조 공사 이후 갑판상에 설치되어 있는 구조물이나 기기들을 변경하거나 이동하여 설치하지 않아도 된다.

넷째, 복원력

수밀구획의 격벽간 간격은 컨버전 이후의 선박을 기준으로 결

정하고, 컨버전을 위하여 새로 설치되는 블록의 위치도 고려하여야 한다.

다섯째, 의장수 계산

의장수는 컨버전을 실시한 이후의 선박에 대한 주요제원을 사용하여 계산하고, 이에 맞는 계선 계류설비를 채택한다. 그렇게 하여야 개조에 따른 격납 공간과 관련 의장품의 개조나 교체가 발생하지 않는다.

여섯째, 조타장치

컨버전에 의하여 주요제원이 변경되므로 변경될 주요제원을 기준으로 조타 장치를 선정하여야 한다.

일곱째, 횡요 감쇄장치

필요한 경우 횡요 감쇄장치는 개조공사 실시 선박의 성능을 기준으로 신조선에 설치한다.

5. 결 론

크루즈선을 포함한 여객선에 대한 컨버전 특성을 분석하고 선박의 용량을 증대시키기 위한 랭스닝 컨버전을 중심으로 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 최근 10년간 실시된 컨버전은 인테리어, 선박효율 개선, 용량증대 그리고 복원력 증대를 목적으로 한 4가지로 분류할 수 있었고, 그 중에서 복원성을 증대시키기 위한 개조작업이 51%로 가장 많은 것으로 조사되었으나, 이것은 이 기간 동안에 복원력증대와 관련된 SOLAS 규정의 개정으로 일시적인 현상으로 볼 수 있다.
2. 개조공사를 전후하여 선박의 주요제원과 각종 성능에 가장 큰 변화가 발생한 경우는 용량증대를 위한 랭스닝 개조였으며, 용량을 증대시키기 위하여 갑판 추가로 설치하는 개조는 선박 복원력에 손상을 가져 오며, 이를 보정하기 위한 추가 조치 또한 문제가 있어서 피하는 것이 좋다.
3. 랭스닝 컨버전 실시에 따른 경제적 부담과 선박의 성능 저하를 최소화 하기 위해서는, 헬 스캔트링, 선형, 격벽의 위치, 의장설비 그리고 랭스닝 블록 삽입 위치 등이 신조선 기본설계에 미리 반영되어야 한다.

후 기

이 논문은 2009학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 수행된 결과물임으로 학교당국에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Kim, H.K., Ban, Y.H., 2000, "The tendency of International Convention on the Passenger ship", *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*. Vol 37. No.4, pp 32-46.
- [2] Lee, G.H., Kim, J.H., Jang, H.S., Chun, H.H., 2004, "Development of Medium Size High Speed Ro-Pax Vessel", *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*. Vol 41. No.1, pp 64-69.

- [3] Choi, S.H., Kim, J.J., Lee, G.H., Kim, S.E., Ahn, S.M., 2003, "Hydrodynamic Development of 154m class ro ro passenger ferry", FAST 2003, pp 93-100.
- [4] Delta Marine Report, 2005, "Proposal for hull appendage modification in order to reduce fuel consumption", pp 1-31.
- [5] Delta Marine Report, 2008, "Performance record of conversion", pp 1-26.
- [6] Delta Marine Report, 2005, Carnival Conquest Cruise ship - Proposal for Hill appendage Modification in order to reduce fuel consumption.
- [7] IMO Circular letter 1891, 1995, Regional agreement concerning specific stability requirements for ro ro passenger ship.
- [8] SOLAS Conference, 1995, For the application of specific stability requirement to ro ro passenger ship.
- [9] 이건호, 2010, "여객선 개조에 따른 성능변화에 대한 연구", 홍익대학교 석사학위논문.

2010년 1월 10일 원고접수

2011년 1월 20일 심사수정일자

2011년 1월 24일 게재확정일자