

ISO15016:2015를 이용한 선속시운전 결과해석 및 적용 현황 (Container)

이태일, 안경수, 옥유빈, 김민우 (현대중공업)

1. 서론

IMO에서는 해상오염방지를 위한 협약(MARPOL) 부속서 VI를 개정하여 선박의 에너지 효율 규정을 추가함으로써 많은 선주와 조선소 그리고 선급 등이 선박의 속도 성능에 관심을 기울이게 되었다. (IMO Res. MEPC. 203(62)) 이에 따른 기술적 조치로서 EEDI(에너지 효율 설계 지수, Energy Efficiency Design Index) 그리고 운항적 조치로서 EEOI(에너지 효율 운항 지수, Energy Efficiency Operational Indicator)와 SEEMP(선박 에너지 효율 관리 계획서, Ship Energy Efficiency Management Plan)가 운용되게 되었다. 이에 대한 결과로서 선주는 발주 단계에서 선박의 속도 성능을 매우 중요한 요소로 인식하기 시작하였으며 마찬가지로 선박의 속도 성능을 최종적으로 평가하게 되는 선속 시운전도 보다 중요한 이슈가 되었다.

하지만 선속시운전은 실제 해상에서의 선속을 평가하는 것이므로 해상에서의 다양한 외력의 영향을 받게 되고, 정수 중에서의 선속 성능 평가를 위해서는 이러한 외력의 영향을 보정해주는 과정이 필요하다. 외력이 속도 성능에 미치는 영향을 보정해주는 방법에는 ISO 15016이 있고 ITTC Guideline이 있다. 지금까지 많은 야드에서 널리 사용되어 온 방법은 ISO 15016:2002 이었다. 하지만 ISO 15016:2002 방법은 선주 입장에서 매우 어렵고 다양한 보정 옵션이 있어 해석하는 사람에 따라 다른 속도 성능 평가 결과를 제공하고 있어 ITTC를 중심으로 시운전 해석법이 개정되었고 이렇게 개정된 ITTC Guideline을 바탕으로 ISO 표준도 개정되어 ISO 15016:2015 방법이 확립되었다. 이에 따라 우리나라에서는 한국조선해양 플랜트협회를 중심으로 KRISO와 주요 조선소가 참여하여 ISO 15016:2015 기반의 선속시운전 해석 프로그램인 i-STAP을 개발하였다.

본고에서는 KRISO에서 개발된 i-STAP 프로그램의 검증용 컨테이너선의 시운전 결과를 이용하여 STAIMO와 NK/PSTA와 비교하며 수행하였다. 또한 ISO 15016:2015와 2002의 차이도 소개하였다. 이를 위하여 선속시운전 해석법의 검증 방법을 제시하였으며 이에 따른 검증 결과와 선속시운전 해석법의 정도 문제에 대한 원인을 분석하여 소개하였다.

2. i-STAP 검증

이번에 개발된 i-STAP의 해석 정도를 검증하기 위해서 일본에서 개발된 NK/PSTA와 STA-JIP에서 개발된 STAIMO의 계산 결과와 비교하였다. 상기 세 가지 프로그램 모두가 ISO 15016:2015를 기반으로 개발되었으므로 각 프로그램의 해석 정도를 검증하기 위해서는 상호 비교가 가장 효과적이다. 이를 위해서 컨테이너선의 두 가지 시리즈선에 대한 시운전 결과를 이용하여 해석하고 그 결과를 아래의 그림과 같이 비교하였다.

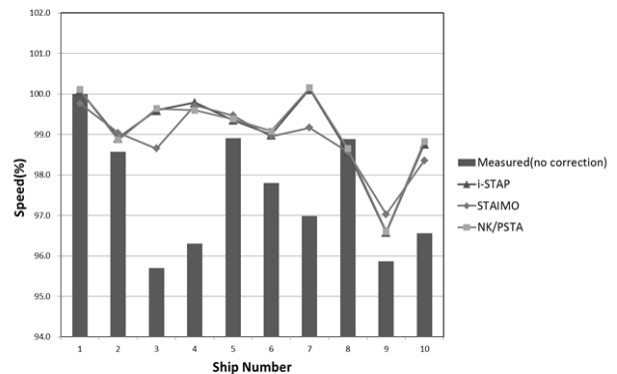


그림 1 Comparison results of sister ship A

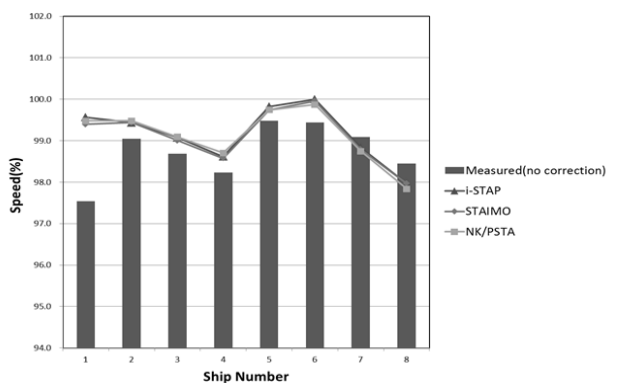


그림 2 Comparison results of sister ship B

상기 그림에서 막대로 표시된 것은 계측 선속이며 이를 세 가지 프로그램으로 해석 한 결과를 같이 표시하였다. Sister

ship A에서 대부분의 해석 결과가 서로 잘 일치하지만 STAIMO의 결과만 3,7,9,10번 선박에서 다른 두 프로그램과 차이가 있다. 그리고 sister ship B에서는 8척의 결과가 모두 거의 일치하고 있다. 따라서 i-STAP프로그램은 그 해석 정도에 있어서 문제가 없는 것으로 판단된다.

STAIMO 프로그램의 경우 sister ship A에서 다른 프로그램과 가끔 차이가 발생하는데 이는 조류 보정에 있어서 Iterative Method를 사용하는 경우에 수렴이 되지 않아 Mean of Means Method를 사용하였기 때문이다. 한편 조류 보정을 위한 Iterative Method는 speed - power fitting 함수와 외력 보정 방법 그리고 조류 fitting 결과에 따라 최종 선속 보정 결과에 차이가 있을 수가 있으며 가끔 과도한 보정이 발생할 수 있으니 매우 유의하여 적용되어야 한다. Iterative Method의 과보정 우려를 줄이기 위해서는 Mean of Means Method가 추천될만 하나 이 방법은 왕복시운전(double run) 횟수가 많아 선속시운전 시간이 많이 소요된다는 단점이 있다.

따라서 i-STAP과 NK/PSTA 프로그램은 운용 상에 문제가 없으나 STAIMO는 조류 보정에 있어서 유의하여 적용되어야 할 것으로 판단된다.

3. ISO 15016:2015의 해석 정도 검증

ISO 15016:2015는 주로 선주들의 요구에 의하여 기존의 방법 보다 더 쉽고 이해하기 쉽게 개정이 되었다. 하지만 쉽고 이해하기 쉬운 부분보다 더 중요한 것은 선속시운전 해석법의 정확도이다. 왜냐하면 조선소와 선주 사이에는 계약 사항들이 있고 이 중에는 선속도 포함이 되어 있다. 따라서 시운전 후 해석된 선박의 속도 성능은 계약 이행 여부와 직접적으로 연결되므로 그 정확성은 매우 중요하다. 지금까지 여러 선속시운전 해석법이 있었지만 실제 선박을 이용하여 그 정도가 체계적으로 검증된 적이 거의 없었다. 이는 해상에서 계측되는 외력이 선속에 미치는 영향을 정확히 파악하기 힘들고 또 정도 검증의 기준이 되는 선속 성능을 확보하기 어렵기 때문이다. 지금까지는 선주/선급/조선소 3자 회동인 Tripartite 회의와 STA-JIP 그리고 ITTC PSS Committee에서 정확도 문제의 지적과 앞으로 정도 개선의 필요성이 보고된 정도이다. 본고에서는 시운전 해석법의 정도 검증 방법을 제시하고 이를 이용하여 ISO 15016:2015와 2002의 정확도를 비교하였다.

3.1 선속 시운전 해석법 정도 검증 방법

가) 시리즈선을 이용하는 방법

많은 시리즈선을 건조하는 경우, 가끔 보정이 필요 없을 만큼의 잔잔한 해상에서 선속시운전을 수행하거나 보정을 하더라도 매우 적은 양의 보정이 이루어지는 경우가 있다. 이때 그 선박의 선속성능을 기준으로 삼는다면 선속시운전 해석법의 정도를 아래의 그림과 같은 개념으로 검증할 수 있다.

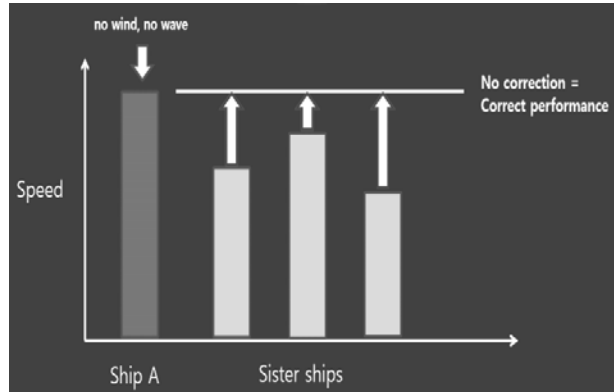


그림 3 Accuracy validation method using sister ships

즉 여러 시리즈선 중에서 한 척이 매우 잔잔한 해상에서 수행된 선속시운전 결과가 있고, 나머지 선박들은 해상에서 외력들이 상당히 존재하는 가운데서 시운전이 수행되었고, 이러한 외력 보정을 하는 선속시운전 해석법이 매우 정확하다면 외력이 존재하는 해상에서 시운전이 수행된 선박의 외력 보정 결과는 잔잔한 해상에서 보정이 없이 계측된 선박의 속도 성능에 수렴해야 할 것이다. 물론 이는 모든 시리즈 선박들이 매우 똑같이 건조되어 품질과 성능의 차이가 없다는 가정이 필요하지만 그 차이가 크지 않다면 선속시운전 해석법의 정확도를 검증하는데 매우 유용한 방법이 될 수 있다.

나) 운항 중인 선박을 이용하는 방법

또 한 가지의 방법은 운항 중인 선박에서의 선속 성능 계측 결과를 이용하는 방법이다. 운항 중인 선박은 다양한 해상 환경을 만나게 되고 이때 해상 환경에 대한 보정을 수행하게 된다면 동일 마력에서는 특정한 선속에 수렴할 것이다. 물론 double run을 수행한 결과가 있다면 그 값이 기준값이 될 수 있다. 이러한 운항 중 선박의 선속 성능 평가는 왕복 시운전을 수행하지 않는다는 단점이 있지만 보정된 대수속도계를 사용하면 왕복시운전 못지 않은 정도 높은 선속 성능 평가가 가능하다. 또한 이 방법은 시리즈선을 이용할 때의 문제점인 시리즈선의 품질과 성능 차이에 의한 오차를 줄일 수 있다.

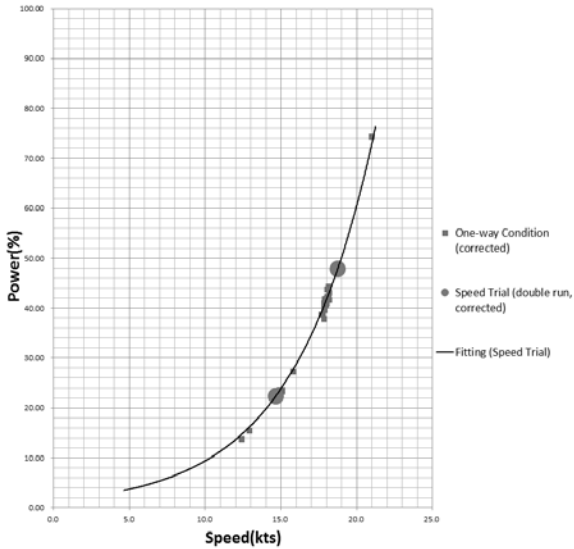


그림 4 Speed performances in one-way conditions

그림 4는 두 번의 왕복 시운전을 통한 선속시운전 결과와 운항 중에 계측된 선속에 대하여 보정을 수행한 결과와의 비교이다. 그림에서 보는 바와 같이 운항 중 one way 상태에서 계측된 선속을 보정한 결과들이 왕복 시운전 결과와 거의 일치함을 알 수 있다. 이 때 사용된 선속시운전 해석법은 ISO 15016:2002 방법이다.

3.2 정도 검증 결과

본고에서는 i-STAP 프로그램의 계산 정도를 검증하기 위해 사용된 두 가지 컨테이너선 운반선의 sister Ship에 대하여 각각의 reference speed를 정하고 이를 ISO 15016:2002 및 ISO 15016:2015 방법에 대하여 아래와 같이 비교하였다.

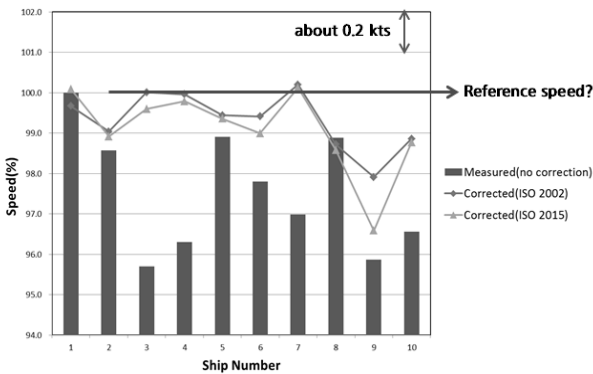


그림 5 Accuracy comparison for sister ship A

Sister Ship A에서의 해상환경 조건은 다음의 표와 같다.

표 1 Environmental conditions for sister ship A

Ship/ Envir.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Trial Direc.(deg.)	30/210	30/210	20/200	10/190	20/200	20/200	20/200	20/200	10/190	10/190
Wind S (m/s), True	3.20	3.36	9.98	8.98	2.82	6.49	10.41	1.68	7.33	10.92
Wind D (deg.), Rel	-10.5	2.5	-14.0	13.3	-7.9	6.0	0.0	-0.1	20.7	-0.3
Wave H (m)	0.4	0.7	0.5	2.0	0.5	1.5	1.5	0.5	1.5	2.7
Wave D (deg.), Rel	60	35	45	20	70	0	0	0	45	20
Air T (°C)	31.0	18.0	13.0	3.0	16.0	18.0	21.0	25.0	26.0	25.0
Water T (°C)	21.0	20.0	14.0	7.0	12.0	14.0	16.0	22.0	23.0	26.0
Drift (deg.)	1.4	0.5	0.0	1.6	1.2	1.5	2.0	2.4	1.4	2.9
Rudder (deg.)	-0.7	0.5	0.0	-0.1	0.4	0.4	0.1	0.0	1.1	0.1

Sister ship B에 대한 정도 비교 결과는 다음의 그림과 같다.

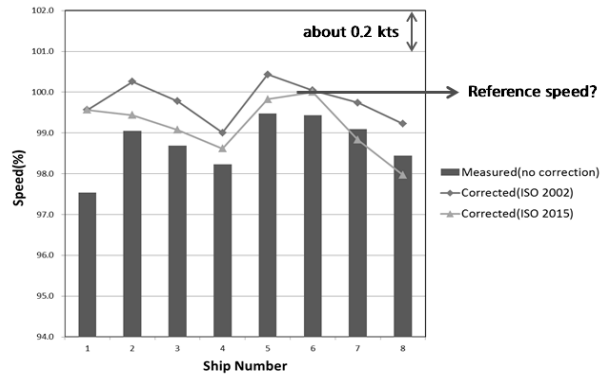


그림 6 Accuracy comparison for sister ship B

이때의 해상환경 조건은 다음의 표와 같다.

표 2 Environmental conditions for sister ship B

Ship/ Envir.	1	2	3	4	5	6	7	8
Trial Direc.(deg.)	10/190	30/210	60/240	0/180, 45/225	10/190	15/195	10/190	20/200
Wind S (m/s), True	6.18	4.57	4.42	5.79, 5.0	5.33	4.24	4.22	3.02
Wind D (deg.), Rel	3.6	5.2	-3.1	21.6, 9.8	11.0	3.2	14.1	-7.2
Wave H (m)	2.9	0.8	0.8	1.0	1.1	0.3	0.9	1.0
Wave D (deg.), Rel	4	0	0	15	0	0	0	0
Air T (°C)	3.0	6.0	14.5	21.5	28.0	19.5	27.5	23.5
Water T (°C)	11.0	14.6	14.5	18.5	15.0	15.0	20.0	24.6
Drift (deg.)	0.6	2.5	1.2	1.0	1.2	2.1	2.1	1.6
Rudder (deg.)	1.5	0.3	0.48	1.5	0.5	0.2	0.8	1.1

그림 5, 6에서 reference speed는 선속시운전 해상상태와

보정 정도를 검토하여 가장 보정량이 적은 선속을 100%로 정하여 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 대부분의 해석 결과에서 있어서 ISO 15016:2015의 결과는 ISO 15016:2002에 비하여 선속이 낮게 평가되고 있으며 reference speed와 더 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 통계적인 특징을 비교하면 다음의 표와 같다.

표 3 Statistical characteristics for sister ship A

		ISO 2002	ISO 2015
Mean (ISO 2002 - ISO 2015)	[kts]	0.05	
Standard Deviation	[kts]	0.16	0.23
Max-Min	[kts]	0.5	0.8

표 4 Statistical characteristics for sister ship B

		ISO 2002	ISO 2015
Mean (ISO 2002 - ISO 2015)	[kts]	0.13	
Standard Deviation	[kts]	0.11	0.15
Max-Min	[kts]	0.3	0.5

즉 ISO 15016:2015 방법은 ISO 15016:2002 방법에 비하여 평균적으로 0.05 ~ 0.13 kts 적게 선속 성능이 평가되고 있으며 선속의 편차도 크게 나타나고 있다. 경우에 따라서는 ISO 15016:2015 방법은 reference speed와 약 0.7 kts 이상의 차이가 나는 경우도 있다. 이는 ISO 15016:2015 방법의 해석 정도와 통계적 특성이 ISO 15016:2002 방법에 비하여 개선되지 않았음을 보여주고 있다.

4. 선속시운전 해석 정도에 영향을 미치는 항목

선속시운전 해석법의 정도 검증에서 볼 수 있듯이 ISO

15016:2002와 2015 모두 만족할 만한 정도를 보여주고 있지 못하다. 특히 과보정 되는 경우는 거의 없고 대부분 reference speed 보다 선속이 적게 해석되는 경우가 많다. 심각한 과보정은 객관적인 선속성능 평가에 있어서 문제가 되겠지만 약간의 과보정은 큰 문제가 없는 반면, 현재와 같은 과소 보정은 계약 상의 문제로 인하여 조선소와 선주 사이에 분쟁이 발생할 수 있다. 따라서 선속시운전 해석법의 정도는 매우 중요하다. 따라서 본고에서는 선속시운전 보정 항목들에 대해서 ISO 15016:2015를 중심으로 그 현황 및 문제점을 아래의 표와 같이 간략하게 고찰하였다.

표 5 The effect of correction factors

Correction Factor	ISO 15016:2015
Wind	- Measurement accuracy of wind speed and direction - Averaging for wind speed and direction for double run - Accuracy of wind tunnel test
Wave	- Measurement accuracy of waves - No correction for beam and following waves
Current	- Fitting accuracy or convergence problem of Iterative method - Changes of environmental conditions for long trial times in Mean of Means Method
Drift	- Drift is un-avoidable in most trials. But no correction.
Rudder	- Rudder deflection is un-avoidable in most trials. But no correction.
G-modulus	- 82,400 N/mm ² instead of 82,000 N/mm ²
Trial Direction	- Following dominant wave direction - Keeping trial direction during speed trials regardless of changing wind or wave directions

4.1 바람

바람은 선속시운전의 보정에 있어서 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 물론 이는 해역에 따라 다르지만 한반도 주변 해역은 바람이 강한 편이고 건조 선박이 대체로 대형선으로서 파도의 의한 영향을 덜 받고 있다. 따라서 선속 보정에 있어서 바람의 비중은 경우에 따라 70% 전후까지 차지하고 있다.

그런데 선상의 풍속계에서 계측되는 풍향 및 풍속은 선박의 형상 특히 deck house와 풍속계의 설치 위치 등에 따라서 편차가 상당히 큰 편이다. 이러한 현상은 선상에서 직접 계측했을 때 뿐 아니라 풍동시험 및 CFD 해석 등에서도 확인되고 있다.

그리고 ISO 15016:2015에서는 풍향 및 풍속의 평균법을 적용하고 있다. 이는 double run에서 있어서 첫 번째와 두 번째 풍향 및 풍속의 큰 차이가 나는 현상이 문제가 있다는 것으로 보고 이를 보완하기 위하여 적용된 방법이다. 하지만 뒷바람 일 경우 funnel 등의 주변 구조물의 영향 때문에 풍속 계측 결과가 매우 불안정하다. 이러한 문제가 평균법을 적용한다고 해서 해결된다는 보고는 없었다. 오히려 평균법이 선박의 정확한 선속성능 평가를 저해하고 있는 것으로 판단되고 있다.

따라서 바람과 관련해서는 풍속 계측의 정확도, 평균법 적용 여부, 풍동시험의 정확성, wind profile 문제 등 개선해야 할 부분이 많이 있으며 이러한 부분들은 선속 성능 평가의 공정성에 큰 영향을 미치고 있다.

4.2 파도

파도에 의한 부가저항은 현재까지도 정확한 해석과 평가가 어려운 분야이다. ISO 15016:2002에는 선체 운동에 의한 부가저항은 Maruo 방법을 적용하고 wave diffraction force는 Fujii-Takahashi, Faltinsen 그리고 Kwon 방법이 적용되었고 ISO 15016:2015에는 Maruo 및 STAWAVE 1,2 그리고 NMRI method가 사용되고 있다. 하지만 ISO 15016:2015 방법은 파도 방향이 45도 이내일 때에 한하여 제한적으로 적용되고 있어 그 이상의 조우각과 following sea에서는 보정을 하지 못하게 되어 있다. 하지만 실제 운항 시 following sea에서도 상당한 선속 손실이 확인되고 있다. 선박 시운전의 double run에서 한번이 head sea이면 다음은 필히 following sea가 되므로 following sea에 대한 부가저항도 고려되는 것이 정확한 선속 성능 평가에 도움이 될 것이다.

4.3 수온

선속시운전 결과를 계절별로 분석해 보면 대체로 여름은 평균보다 낮게 그리고 겨울에는 평균보다 높게 선속이 평가된다. 이는 수온과 보정 선속의 상관관계에서 확실히 나타나고 있는 경향이다. 따라서 통계적으로 볼 때, 수온에 따른 보정은 과도하게 이루어지고 있다고 할 수 있다.

4.4 조류

조류에 대한 보정은 ISO 15016:2002에서는 드물게 적용되는 항목이었다. 하지만 ISO 15106:2015에서는 필수적으로 보정되어야 할 항목이다. ISO 15106:2015에서 조류 보정 방법에는 두 가지가 있는데 하나는 Iterative Method이고 다른 하나는 Mean of Means Method이다. 후자를 적용하기 위해서는 double run이 2회 더 필요하기 때문에 시간이 많이 소요되는 단점이 있지만 비교적 단순하여 적용이 쉽다.

하지만 Iterative method는 결과의 예측이 어렵다는 점에서 적용하기에는 상당히 조심스러운 부분이 있다. 2장에서 설명한 바와 같이 Iterative Method는 speed - power fitting 함수와 외력 보정 방법 그리고 조류 fitting 결과들이 해석 결과에

상당한 영향을 미친다. Iterative Method를 검증할 때 ITTC의 PSS Committee에서 많은 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과 상당히 정확한 방법으로 인정되었고 최종 채택되었다. 하지만 시뮬레이션은 매우 이상적인 환경에 대해서 수행되었다. 기본적으로 외력 보정 방법은 본고에서 살펴본 바와 같이 정확하지가 않으므로 최종적으로 피팅할 조류 속도들은 이상적인 조류 curve를 따라가지 못하며 이에 따라 몇몇 포인트 특히 마지막 포인트는 계측된 조류와 피팅된 조류 사이에 큰 차이가 생길 수 있고 이러한 차이가 전체적인 조류 보정 정도에 영향을 미칠 수가 있다. 따라서 외력 보정 방법들의 정도가 충분히 개선되지 않는다면 Iterative Method의 적용은 매우 신중해야 한다.

4.5 Drift와 Rudder

선박의 운항 중에 선측에서 바람, 파도 그리고 해류와 같은 외력이 작용하게 되면 선박에는 drift가 발생할 가능성이 높고 또한 침로유지를 위하여 타를 사용하게 된다. 이로 인해 발생하는 부가저항은 ISO 15016:2002에서는 보정이 되었으나 ISO 15016:2015에서는 보정되지 않는다. 기존의 보정법이 선속 손실을 충분히 보정하였는 지에 대한 부분은 연구되어야 할 부분이지만 현재는 보정받지 못하는 항목이므로 시운전 중에 drift와 rudder 사용을 최소화하여야 한다.

4.6 Trial Direction

Drift와 rudder 사용을 최소화 하기 위해서는 선속시운전 해역과 코스 선정이 매우 중요하다. 파도와 바람 그리고 해류의 방향이 모두 일치한다면, ISO 15016:2015의 방법대로 파도의 방향으로 코스를 선정하면 되므로 문제가 없지만, 실제 해상에서 방향성을 갖는 외력의 방향들이 일치하기는 드문 일이다. 거기에서 한반도 주변 해역에서는 바람에 의한 보정량이 파도에 의한 보정량보다 절대적으로 크다. 따라서 바람의 방향에 따른 영향도 충분히 고려하여 코스가 선정되어야 drift와 rudder 사용을 최소화할 수 있을 것이다.

또한 서해의 강한 조류와 동해의 강한 해류도 선박의 최적 코스 선정에 많은 영향을 미칠 것으로 예상된다. 그러므로 선속 시운전에서 보정받지 못하는 인자에 의한 선속 손실을 최소화하기 위해서는 외력을 고려한 코스 선정이 매우 중요하고, 현재의 ISO 15016:2015에 나타나있는 파도 방향에 따른 코스 선정은 그 적용에 있어서 매우 유의해야 한다.

4.7 G-modulus

선속시운전에 있어서 가장 중요한 부분 중의 하나가 shaft 마력 계측이다. 마력 계측에 사용되는 G-modulus에 대하여 ISO 15016:2015에서는 실제 shaft로 G-modulus를 계측하지 않는 경우에는 기존의 82,000 N/mm² 대신에 82,400 N/mm² 을 사용하게 하고 있다. 이 값은 실제 shaft로 G-modulus를 계측하게 하기 위한 패널티의 성격이 있다. 이로 인하여 실제 shaft로 G-modulus를 계측하지 않는 경우에는 약 0.5%의 계측 마력 손실이 발생하게 된다. 하지만 실제 shaft로 G-modulus를 계측하는 것이 거의 불가능하기 때문에 최근에는 시편을 이용하여 G-modulus 계측하는 방안을 검토 중에 있다.

5. 결론

최근 개정된 ISO 15016:2015를 기반으로 개발된 i-STAP을 이용하여 컨테이너선들에 대한 선속 시운전 해석을 수행하고 비교한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) i-STAP을 STAIMO 및 NK/PSTA와 비교하였고 또한 그 정도를 확인하였다. i-STAP의 정도는 문제가 없었지만 STAIMO는 조류 보정에 있어서 수렴의 문제로 가끔 해석 오차가 발생할 가능성이 있다.
- 2) ISO 15016:2015와 ISO 15016:2002의 해석 정도를 비교하였다. 이를 위하여 본고에서는 선속시운전 해석법에 대한 정도 검증 방법을 제안하였으며, 정도 비교 결과에 따르면 ISO 15016:2015의 정도가 향상되었음을 확인할 수 없었다.
- 3) 오히려 ISO 15016:2002의 정도가 나았으며 통계적으로도 안정적임을 확인할 수 있었다.
- 4) 현재까지 ISO 15016:2015와 ISO 15016:2002 방법의 보정결과가 reference speed에 대부분이 미치지 못하므로, 선속 보정이 부족함을 알 수 있었다.
- 5) 선속시운전 해석에 영향을 미치는 항목들에 대하여 고찰하고 향후 많은 개선이 필요함을 확인하였다.

참고 문헌

IMO Resolution MEPC.203(62) [Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to Amend the International

Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as Modified by the Protocol of 1978 Relating thereto, IMO] (2011)

ISO 15016:2002(E) [Ships and Marine Technology – Guidelines for the Assessment of Speed and Power Performance by Analysis of Speed Trial Data, ISO] (2002)

ISO 15016:2015(E) [Ships and Marine Technology – Guidelines for the Assessment of Speed and Power Performance by Analysis of Speed Trial Data, ISO] (2015)

Specialist Committee on Performance of Ships in Service of the 27th ITTC [Speed and Power Trials, Part I Preparation and Conduct, ITTC] (2013)

이태일, 안봉석, 박도영, 배한경, 하선종 [선속 시운전 해석법을 이용한 실선 운항성능 평가 기법에 대한 연구, 대한조선학회 춘계학술대회] (2014)



이 태 일

- 1963년생
- 2003년 부산대학교 조선해양공학과 박사
- 현 재 : 현대중공업 선박연구소 상무
- 관심분야 : 선속시운전, 선박 조종
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : tillee@hhi.co.kr



안 경 수

- 1975생
- 2012년 서울대학교 조선해양공학과 박사
- 현 재 : 현대중공업 선박연구소 수석연구원
- 관심분야 : 운항시스템, 실선성능
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : ksahn@hhi.co.kr



옥 유 빈

- 1987년생
- 2014년 부산대학교 조선해양공학과 석사
- 현 재 : 현대중공업 선박연구소 주임연구원
- 관심분야 : 선속시운전, CFD 해석
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : oyb4844@hhi.co.kr



김 민 우

- 1988년생
- 2013년 울산대학교 해양공학과 석사
- 현 재 : 현대중공업 선박연구소 주임연구원
- 관심분야 : 실선성능, 운항지원시스템
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : minwookim@hhi.co.kr