

컨테이너 운반선의 선미부가물에 의한 속도성능 향상에 대한 연구

임채성^{†*}, 박동우^{**}

현대미포조선 기본설계부*
현대중공업 선박해양연구소**

A Study on the Speed Effects of Afterbody Appendage for the Container Carrier

Chae Seong Lim^{†*} and Dong Woo Park^{**}

Hyundai Mipo Dockyard*
Hyundai Maritime Research Institute(HMRI)**

Abstract

Container vessels are required to have a large KMT to load many containers which requires a wide transom stern form. The wide transom stern generates large stern waves particularly at the scantling draft. This means that reducing the stern wave leads to resistance reduction. Numerical analyses and Model tests for duck-tail of the stern part have been performed to reduce the resistance of the container vessel having the wide transom on the scantling draft and optimize the form of duck-tail with the change of the design parameter i.e. length and edge height. The optimized duck-tail increases the speed by 0.8 % at scantling draft.

※Keywords: KMT(transverse metacentric height), Transom, Stern waves, Duck-tail, scantling draft, Container vessel

1. 서론

컨테이너선은 상갑판상에 가능한 많은 컨테이너 화물을 적재하여야 하므로 충분한 복원성을 필요로 하고 이는 결과적으로 광폭의 트랜섬 선미형상을 요구하게 된다.

그러나 광폭의 트랜섬 선미 형상으로 인하여 높은 혹은 불안정한 선미파에 의한 부가저항을 발생시켜 선박의 전저항을 증가시킬 요인이 된다.

간혹 4000TEU 이상의 고속 컨테이너선에서 속도를 증가시키기 위해 트랜섬의 폭을 줄이고 또한 수선면 상부로 트랜섬 끝단부를 최대한 많이 들어올려 선미파로 인한 부가저항을 줄이기

†교신저자: cslim@hmd.co.kr, 052-250-3742

위한 형상으로 건조된 것을 볼 수 있는데 이는 동급의 광폭 트랜섬 형상의 선박에 비해 컨테이너 화물 적재량에서 불리하다.

본 연구에서는 당사에서 건조한 1800 TEU 컨테이너선의 설계 과정에서 트랜섬에 선미 부가물 부착(Duck Tail)에 의한 속도성능 향상에 관한 사례를 소개하고자 한다.

2. 본론

2.1 부가물 적용에 대한 고찰

본선은 거주구 위치가 선미 끝단에 위치하며, 높은 계약속도로 인하여 동급선에 비해 대형 엔진을 탑재하였고 컨테이너 최대 적재 및 복원력 확보를 위하여 광폭 트랜섬을 갖도록 계획하였다.

계획흘수에서 계약 속도가 높고(Fn 0.26) 또한 최대 컨테이너 적재를 위한 하기만재흘수선이 계획만재흘수선보다 1.5M 깊어 모형시험 결과에서 두 흘수간의 속도 차이가 약 1 KNOT로 나타났다.

속도차이의 이유는 트랜섬의 끝단이 계획만재흘수선 상부로 들려있으나 하기만재흘수선에서는 수선하부로 잠기므로 이로 인한 선미 파로 인한 부가저항이 높게 나타나는 것으로 판단되었다.

당사에서 검토한 부가물은 DUCT TAIL 이며 이는 고속선(특히 소형선, 소형항정)에 부착하는 STERN FLAP 이나 WEDGE 와는 다른 개념이다.

STERN FLAP 이나 WEDGE 저항 감소효과는 양력에 의한 트림 변화에 기인하는 것으로 알려져 있으며, 군 항정이나 특히 소형경비정에 부착되어져 왔으나, 최근에는 대형항정에도 적용

되고 있다.(허재경 외 2004)

STERN FLAP 은 흘수의 변화가 거의 없으며, 깊은 트랜섬을 가지고 Fn 0.20 이상(WEDGE 경우 Fn 0.30 이상) 고속선에서 효과가 크다고 알려져 있다.

STERN FLAP 의 길이와 각도가 길고 커질수록 자세, 트림의 변화 및 FLAP 의 양력 증가로 저항이 감소한다.

당사 컨테이너선의 경우 하기만재흘수선에서 목표 Fn 가 0.25 이지만 계획만재흘수선과 하기만재흘수선의 차이가 커서 이로 인한 속도 차이를 줄이기 위한 목적이므로 STERN FLAP 의 본선적용은 적합 하지 않다고 판단하였다.

부가물을 설치하지 않고 하기만재흘수선에서의 속도를 증가시키기 위해서는 여러선박들에게 적용 되어진 트랜섬의 면적을 줄이고 또한 흘수 상부로 트랜섬을 가능한 한 많이 들어 올리는 방법이 최선으로 판단된다.

하지만 기 언급하였듯이 컨테이너 적재 개수가 감소하므로 당사의 목적에 부합되지 않는다.

따라서, 당사에서는 상기 두 가지 목적을 모두 만족할 수 있도록 수선길이를 연장하여 트랜섬을 수선 상부로 들어올릴 수 있는 DUCK TAIL 을 검토하게 되었다.

이것은 선미파로 인한 부가저항을 최대한 감소시키는 것으로 일본조선소의 모형시험에서는 약 2- 5%의 저항감소 효과를 보였다.(Tadao Yamano et al.)

부가물 적용 시 낮은 흘수인 계획만재흘수선에서 선미 파의 부가저항 감소량보다 부가물의 표면적 증가로 인한 마찰저항의 증가량이 커서 이로 인한 속도 감소를 우려하였으나 일본조선

소의 발표 자료에 따르면 계획만재흘수선에서도 부가물에 의한 저항증가는 없었다고 한다.

또한 DUCK TAIL 은 선박의 건조 후에 추가 선체의 구조 변경 및 선체 수정작업 없이도 설치가 용이하다.

이러한 이점들을 고려하여 당사에서는 5 가지 경우의 DUCT TAIL 에 대하여 현대중공업 선박 해양연구소와 함께 수치계산 및 모형시험을 실시하였다.

2.2 부가물 형상

다음은 5 가지 DUCK TAIL 에 대한 형상이다.

Fig. 1 과 같이 5 가지 형상 중 두 가지 형상은 길이를 선박의 수선길이의 1% 및 1.5% 그리고 DUCK TAIL 끝 높이를 하기만재흘수 선에 맞추었고 두 가지 형상은 길이를 선박의 수선길이의 1% 및 1.5% 그리고 끝 높이를 하기만재흘수선 상부에 두었으며 마지막 한가지 형상은 단순히 트랜섬 길이를 1.5% 연장하여 트랜섬 연장에 의한 영향과 비교하고자 하였다.

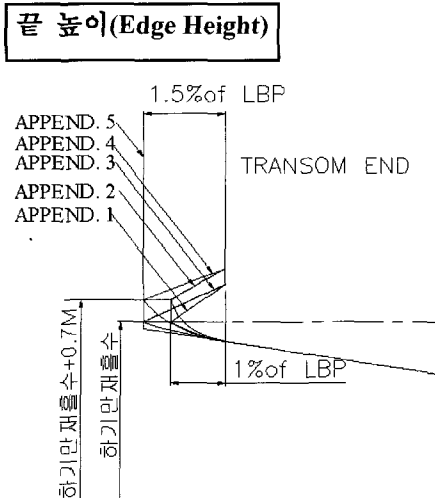


Fig. 1 DUCK-TAIL 형상 비교

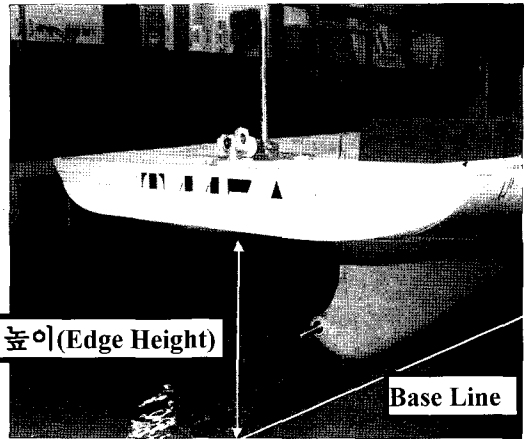


Fig. 2 부가물 부착상태 1

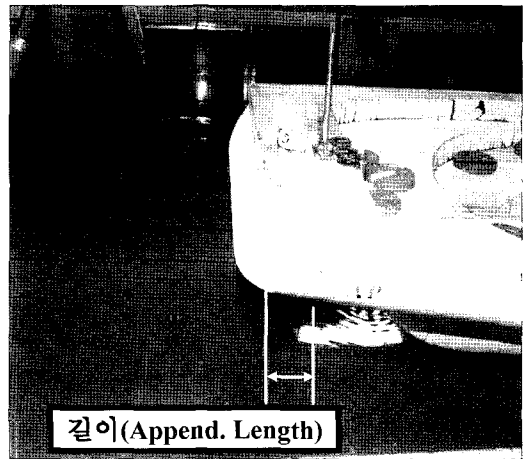


Fig. 3 부가물 부착상태 2

즉 DUCT TAIL 길이에 대한 효과 및 끝 높이를 상이하게 하여 트랜섬 끝단부 높이에 의한 선미 파의 영향을 계획만재흘수선과 하기만재흘수에서 비교하고자 함이다.

3. 수치 계산

선미부가물이 없는 기존선형과 5 가지 선미부가물을 트랜섬에 부착한 경우에 대하여 포텐셜 유동해석을 수행하여 트랜섬 주위 유동현상을 파악해 보았다.

수치 해석에 있어서의 가정은 트랜스 끝단에서는 대기압과 같고, 파고는 선형적으로 변화한다는 조건을 부여하여 선미모델링을 하였다. Fig.4 에서는 6 가지 경우에 대하여 트랜스 끝단에서의 계산결과를 보여주고 있다. 선미 부가물이 없는 기존선형의 경우(w/o Appendage) 부가물이 부착된 5 가지 경우와 비교하여 볼 때 트랜스 끝단에서 흘러나간 유동이 높은 파고를

형성하고 있다. Append.1 기준을 하여 Append.2 와 Append.4 의 경우에는 트랜스 끝 단에서 파고가 여전히 높게 형성되고 있다. 반면에 Append.3 과 Append.5 의 경우에는 부가물이 없는 기존선형과 비교하여 볼 때 트랜스 끝 단에서 파고가 상당히 향상된 결과를 보여주고 있다. 포텐셜 이론에 의한 해석 결과이지만 Append.3 과 Append.5 의 경우 트랜스 주위의

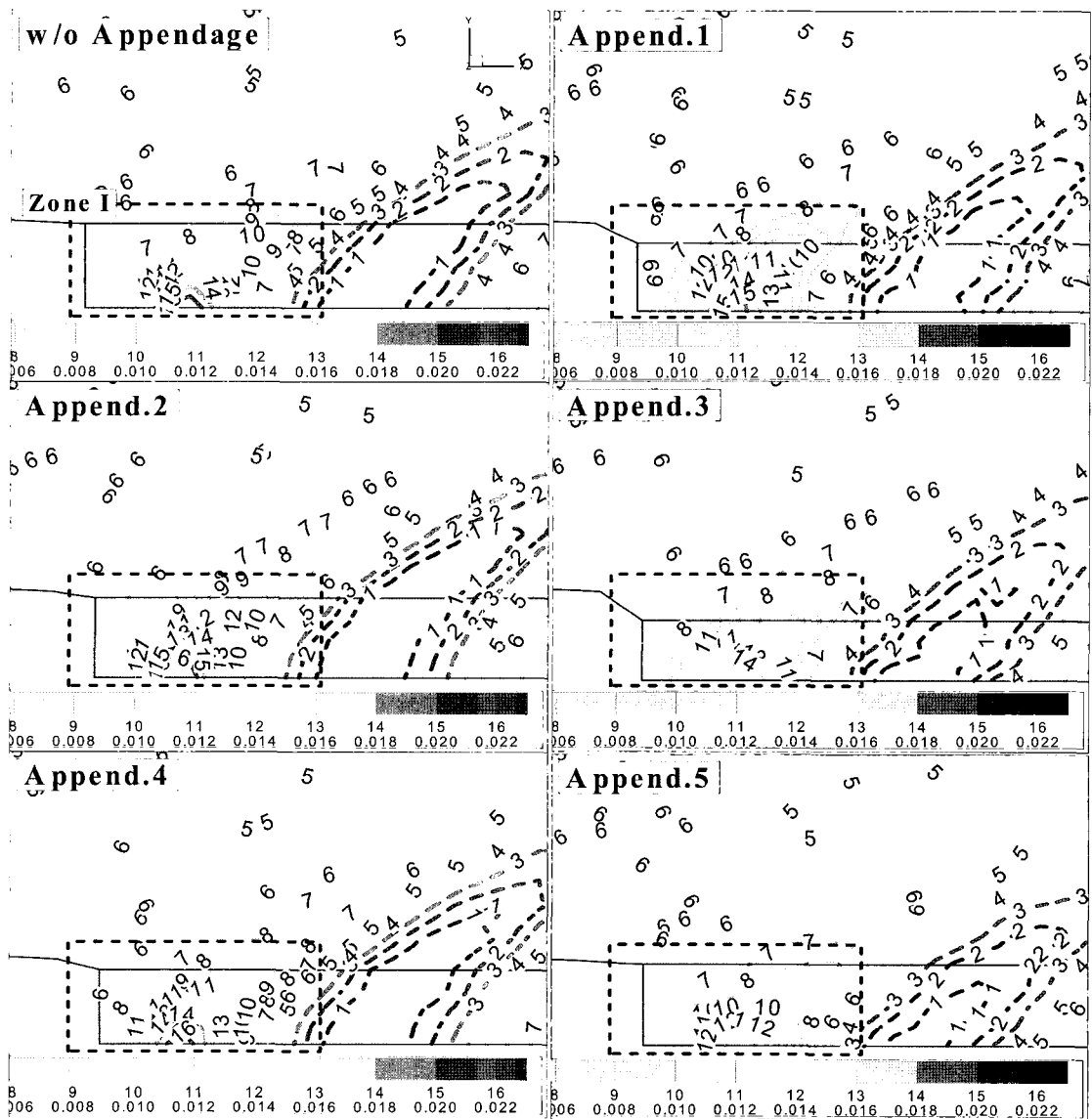


Fig. 4 포텐셜 해석 결과(Fn 0.25)

Table 1 모형시험 결과 ($F_n = 0.25$)

	w/o Append.	Append. 1	Append. 2	Append. 3	Append. 4	Append. 5
부가물 길이	-	1.0 %	1.0 %	1.5 %	1.5 %	1.5 %
끝 높이	-	11.30	12.00	11.30	12.00	-
수선길이	100.0%	101.0%	100.7%	101.5%	101.0%	101.5%
침수표면적	100.0%	100.4%	100.3%	100.6%	100.4%	100.8%
배수량	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.1%
형상계수	동일					
RTM	100.0%	98.4%	98.8%	98.0%	98.7%	98.4%
CR	100.0%	92.9%	94.7%	90.6%	93.9%	91.2%
CF	100.0%	99.8%	99.9%	99.7%	99.8%	99.7%
선수침하량	100.0%	100.0%	98.5%	102.0%	98.5%	95.9%
선미침하량	100.0%	92.9%	87.3%	87.3%	87.3%	82.5%
추력감소계수	100.0%	-	-	104.5%	-	-
반류계수	100.0%	-	-	101.4%	-	-
eta R	100.0%	-	-	100.4%	-	-
eta O	100.0%	-	-	100.1%	-	-
eta D	100.0%	-	-	99.7%	-	-

파고를 살펴보면 기존선형보다 저항성능 관점에 상당히 향상된 결과를 기대할 수 있을 것으로 판단되어졌다.

4. 모형시험

모형시험은 부가물을 부착하여 저항시험을 계획만재흘수선 및 하기만재흘수선에서 각각 실시하였으며 저항시험 결과, 최종 선정된 부가물 형상에 대해서만 저항시험을 실시하였다.

모형시험 결과는 $F_n 0.25$ 기준으로 아래표와 같다.

Fig. 5 - Fig. 11 은 하기만재흘수선에서의 모형시험결과들을 부가물을 부착하지 않았을 때와 비교한 도표들이다. 5 가지 형상 모두 저항감소를 나타내었다.

저항시험에서 형상계수값이 변화가 없어 동일하게 적용하였고, 부가물의 수선길이에 의한

F_n 차이 또한 극히 미미하여 모형선의 속도 또한 동일하게 시험하였다.

계획만재흘수선에서의 모형시험 결과, 일본조선소의 모형시험결과 같이 계획만재흘수선에서는 부가물에 의한 저항 증가 및 감소는 없는 것으로 나타났다.

즉, 계획만재흘수선의 수선상부보다 높은 트랜섬 일 경우 부가물에 의한 저항의 증가 및 감소 등의 영향이 없다고 판단 되어진다.

저속구간 ($F_n 0.22$ 이전)에서는 저항감소량이 거의 없거나 크게 나타났으며 $F_n 0.23 \sim 0.25$ 사이에서 저항감소량이 가장 크게 나타나며, $F_n 0.25$ 이상에서는 저속구간처럼 저항 감소량이 다시 감소하였다. 그러나, Append. 3 은 $F_n 0.25$ 이상에서도 감소량이 크게 나타났다.

자세변화의 영향을 살펴보면, $F_n 0.23 \sim 25$ 구간에서 선미 트랜섬 침하량이 적으며, 반대로 선수침하량이 크다.

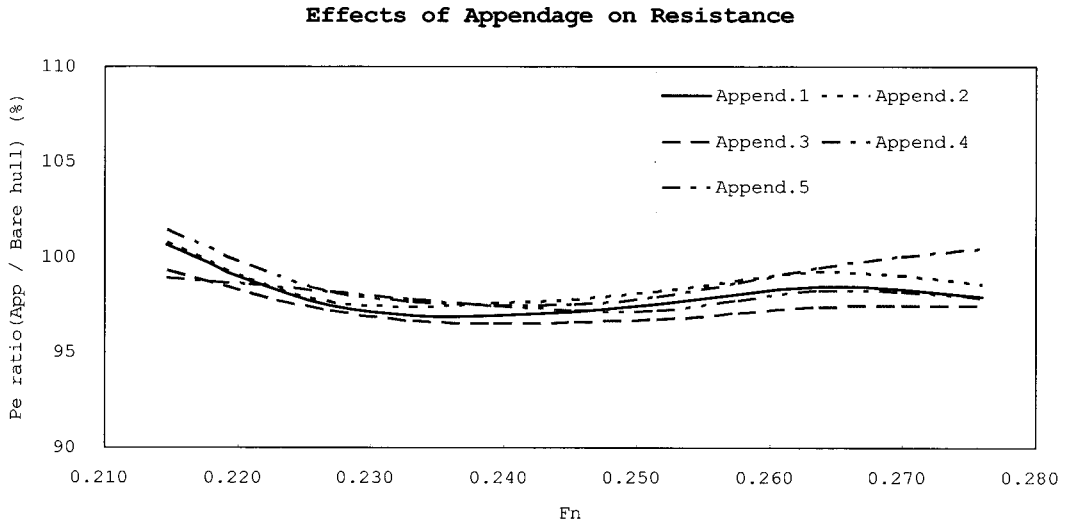


Fig. 5 저항시험결과 비교

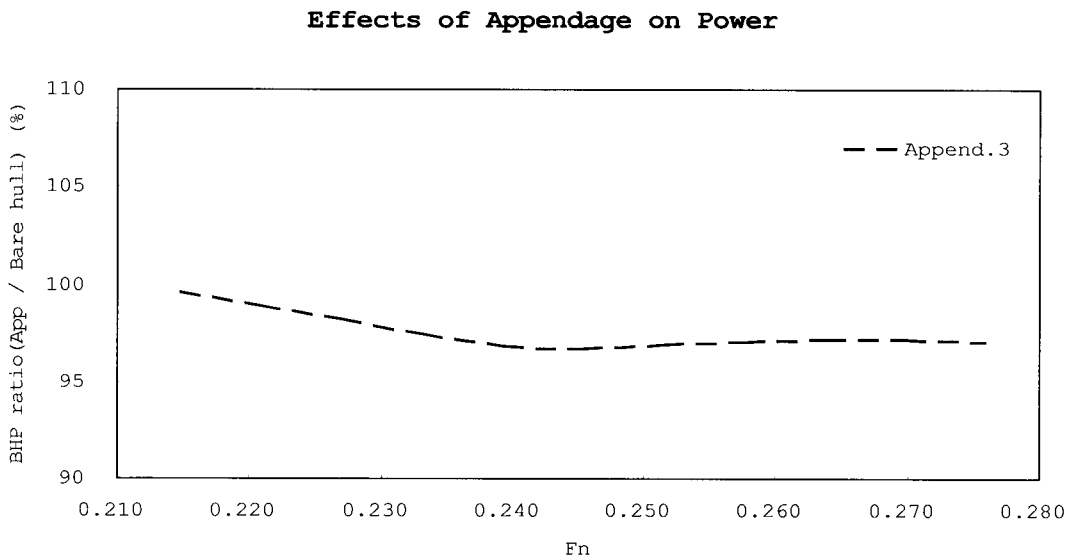


Fig. 6 저항시험결과 (Append.3)

Effects of Appendage on Immersion(fore)

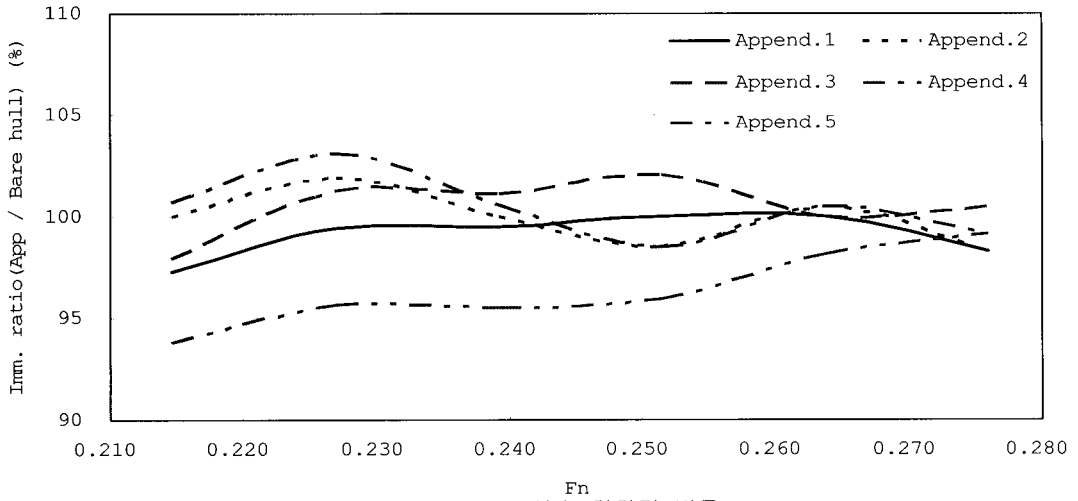


Fig. 7 선수 침하량 비교

Effects of Appendage on Immersion(aft)

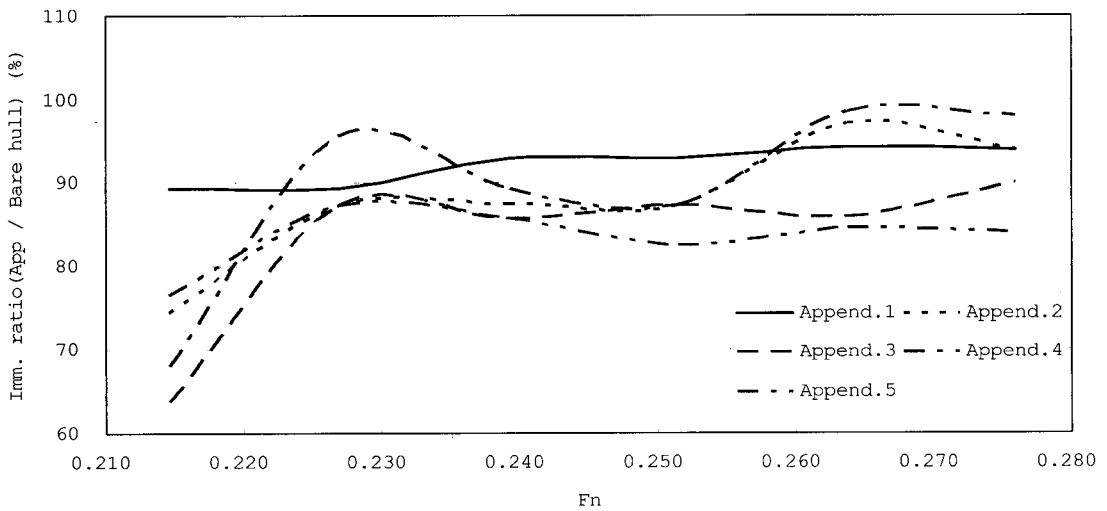


Fig. 8 선미 침하량 비교

Effects of Appendage on Trim

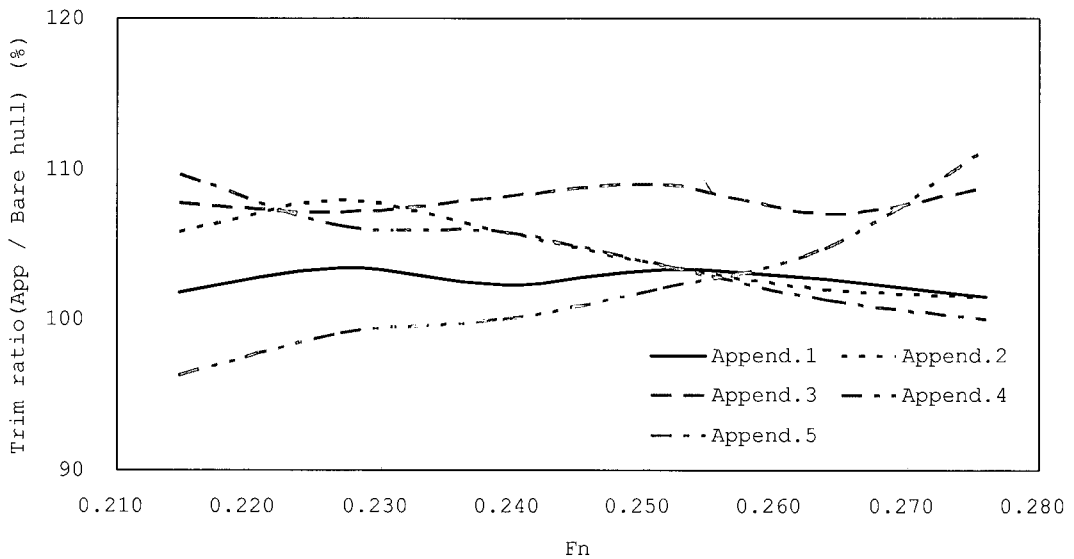


Fig. 9 트림 비교

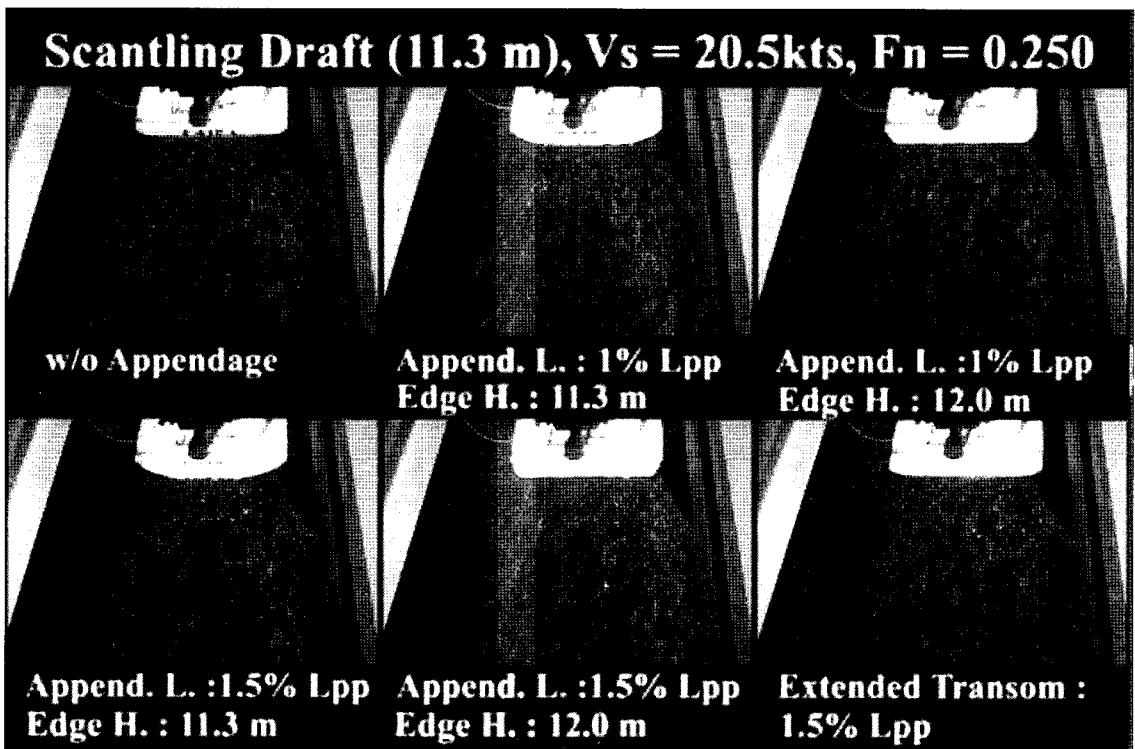


Fig. 10 선미 파형 (Fn = 0.250)

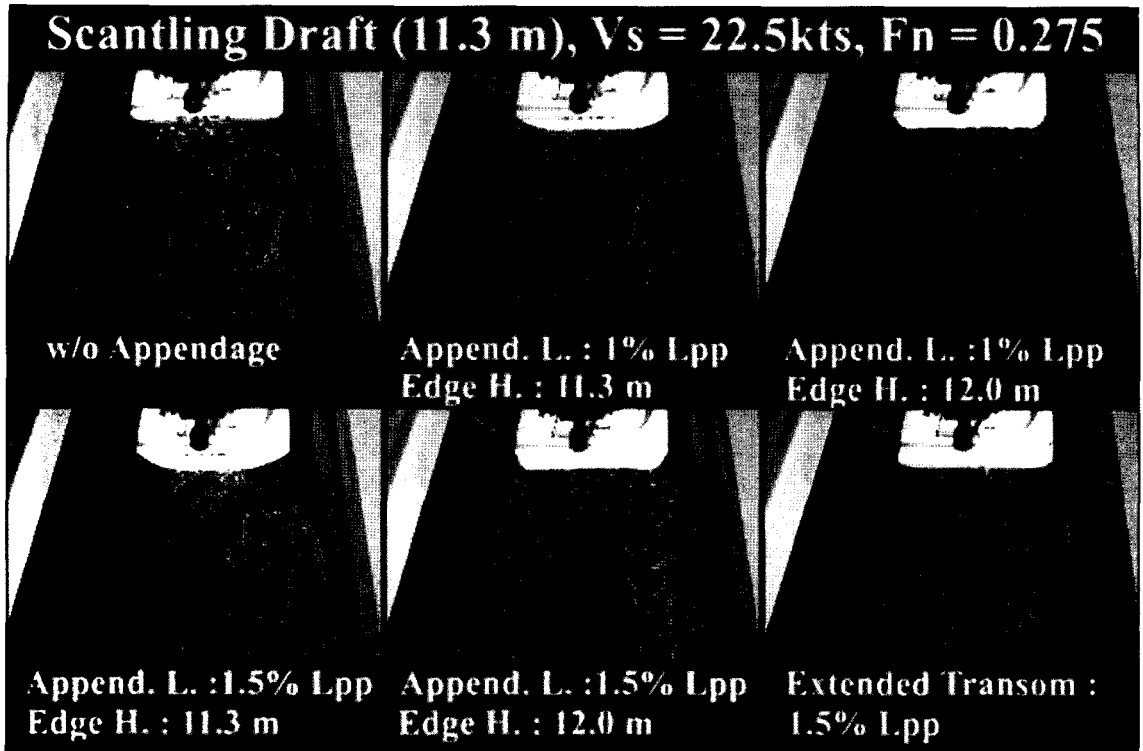


Fig. 11 선미 파형 ($F_n = 0.275$)

즉, 트랜섬이 수선하에 잠기는 것이 적을수록 저항감소량이 크고, 선미침하량이 적어지므로 인해 선수가 오히려 많이 침하하지만 저항증가에 영향을 주지 못하는 것으로 판단된다.

부가물이 길이가 상대적으로 짧거나, 끝높이가 하기만재흘수선보다 높은 경우인 Append. 1, 2, 4는 저속구간(F_n 0.23 이전) 및 고속구간(F_n 0.26 이상)에서 오히려 트랜섬의 침하가 커져 저항감소량이 감소하였다.

트랜섬을 연장 한 경우인 Append. 5는 Append. 3과 그 형상의 차이는 Fig. 1과 같이, 부가물의 측면 및 하기만재흘수선의 수선 면의 형상에서 그 차이가 크지 않지만, F_n 0.22 이전에서는 부가물이 없는 경우보다 저항이 커져 저속구간에서는 트랜섬 길이로 인하여 속도 성능이 좋지 않음을 확인 할 수 있었다.

하지만 F_n 0.23 - 0.25에서는 저항감소량이 부가물 부착시의 감소량과 거의 유사한 값을 나타내며, F_n 0.26 이상에서 저항감소량이 줄어드는 경향이 나타났다.

트랜섬을 계획흘수선보다 충분히 들어올리고 트랜섬 길이를 충분히 연장하면 F_n 0.23 이상, 하기만재흘수선에서의 속도 성능을 계획흘수선에서의 속도 손실 없이 향상 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Append. 5와 4가지 부가물과 자세 변화 측면에서 비교하면, 선수미침하량 모두 적게 나타나 저항감소량이 가장 클 것으로 예상했지만 저항감소량이 가장 큰 Append. 3과 비교하면 저항시험 결과 전 속도구간에서 약 2 - 0.5%의 저항이 크게 나타났다.

이는 Append.5 의 넓은 트랜섬으로 인한 선미파의 부가저항의 증가량이 자세변화에 의한 저항 감소량보다 커서 나타난 결과로 판단된다.

선미파형사진(Fig. 10 및 11)을 보면, 하기만 재출수선보다 높은 끝 높이를 가진 부가물(Append.2 , 4, 5(트랜섬 연장))들의 경우, 부가물들이 하기만재출수선을 따라 흐르는 트랜섬 이후의 선미 파를 충분히 감쇄 시키지 못하고 선미파 발생 면적이 끝높이가 하기만재출수선과 같은 Append.1 및 3 과 비교하여 상대적으로 넓고 파고가 높아 부가저항이 커진 것으로 판단된다.

모형시험 결과, 저항 감소량은 부가물의 길이가 길수록, 선미 침하량을 고려한 부가물 끝 높이가 만재출수선 높이와 동일하게 설계한 경우가 가장 크다.

또한 하기만재출수선의 수선면 끝단에서의 트랜섬 넓이 및 부가물의 수선면 상하 넓이가 선미 파에 영향을 미쳐 선미파로 인한 부가저항 감소량이 결정되어짐을 알 수 있었다.

포텐셜 수치해석 결과와 모형시험 결과를 비교하여 보면, 트랜섬 이후의 선미파로 인한 부가물 형상의 성능 우월 판단여부에 크게 비중을 두지 않았지만, 부가물의 길이 및 끝 높이에 의한 성능 비교는 할 수 있어 부가물의 형상결정을 위한 여러가지 경우에 대하여 충분히 사용 가능하다고 판단된다.

4. 결론

계획만재출수선과 하기만재출수선의 차이가 많이 나고 상부 DECK 의 화물적재가 중요한 고속컨테이너선의 경우 화물의 적재에 영향을 미치는 트랜섬 형상을 변경하지 않고 건조 후에도 선체의 큰 수정 없이 하기만재출수선에서 속도를 증가시킬 수 있는 부가물에 대해 살펴 보았

다.

부가물은 넓은 트랜섬의 선미침하에 의한 선미 파의 부가저항을 감소시키는 역할을 하며 당사의 경우 저항이 약 3% 감소하였고, 속도는 약 0.8% 정도 향상되었다.

부가물의 길이가 길수록, 선미 침하량을 고려한 부가물 끝 높이가 만재출수선 높이와 동일하게 설계한 경우가 저항감소량이 가장 크다.

부가물을 선미 침하량을 고려하여 수선면에서의 트랜섬 끝 단의 폭을 각 수선의 상하 관계를 고려하여 가능한 좁게 그리고 길게 부가물의 형상을 결정하면 최대의 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 하기만재출수선에서의 Fn0.23 이상에서의 속도 향상 및 복원력 증가 및 컨테이너 적재량을 증가 시킬 경우 트랜섬을 최대한 연장하면 좋은 결과를 얻을 수 있다.

단, 트랜섬은 계획출수선 상부로 충분히 들어올려야 계획출수선에서의 속도 손실을 막을 수 있다. 또한 트랜섬의 길이 연장시 선체 강도 계산을 위한 수선 길이가 길어지므로 그에 대한 선체 중량 증가에 대한 고려 또한 필요하다.

부가물의 여러형상에 대한 성능 비교에 포텐셜 수치해석을 충분히 이용 가능하다.

참 고 문 헌

- 허재경, 이정관, 2004, “ 대형항정에 부착된 FLAP 의 저항감소 효과에 대한 실험적 고찰,” 대한조선학회 논문집, 제 41 권, 제 1 호.
- Tadao Yamano, Yasunori Iwasaki, Kazunori Taguchi, Naoki Maeda, “ SOME METHODS TO REDUCE STERN WAVES” Kawasaki

Heavy Industries Ltd Japan

- Tadao Yamano, Yasunori Iwasaki, Kazunori Taguchi, Naoki Maeda, " Development of a New Stern Form for Ocean Going Fine Ships," 관서조선학회지, 제 221 호 1994 년 3 월
- Raven, H.C(1996), A Solution Method for the Non-Linear Ship Wave Resistance Problem, Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, Netherlands.



< 임 채 성 >



< 박 동 우 >