

컨테이너선의 반류분포 특성 연구

박성우*, 박노준*, 유용완*

한진중공업*

A Characteristic Study of Wake Distribution for Container Carrier

Sung-Woo Park**, No-Joon Park* and Yong-Wan Yu*

Hanjin Heavy Industries & Construction Co., Ltd*

Abstract

In this paper, a correlation analysis of wake distribution between model test and CFD was described. CFD calculation was performed by "WAVIS" which is utilized in hullform development. By using the correlation between model test and CFD, we have estimated M/T wake distribution. To control M/T and CFD wake distribution effectively, we have developed the program that it is possible to export to TECPLOT and visualize wake distribution.

※Keywords : Wake (반류), CFD(계산유체역학), Model test (모형시험)

1. 서론

선미선형을 설계함에 있어서 중요한 요소 중의 하나가 반류분포이다. 이러한 반류분포는 추진기의 변동압력이나 캐비테이션 성능에 아주 큰 영향을 미치므로 적절한 반류분포를 얻기 위해 CFD를 이용하여 선미를 최적화하는 과정을 많이 사용하고 있다.

CFD를 이용함에 있어 주의해야 할 점은 CFD와 모형시험간의 반류분포 차이를 고려해야 한다

는 점이다. 그리고 CFD 계산에 필요한 입력값인 MESH의 형상, FIELD GRID의 개수 및 계산 반복 횟수 등의 파라미터를 모형시험 반류분포와 상호 비교하여 표준화하는 과정도 필요하다고 할 수 있다.[2004. 정영준] 이와 연계하여 CFD 계산 시 표준화된 파라미터를 적용하여, 실적선의 CFD 결과와 모형 CFD 결과를 이용하여 모형시험의 반류분포를 추정할 수 있다고 판단되었다.

당사가 보유한 실적선들의 반류분포를 효율적으로 분석하기 위해, 많은 양의 CFD 결과와 모형시험 반류를 효과적으로 제어 및 관리할 필요성이 제기되며, 이와 더불어 POST PROCESS 작업으로 상용 프로그램인 TECPLOT 연계하여 가시화할 수

†주저자, E-mail: swpark@hanjinsc.com

Tel: 051-410-3463

있는 프로그램을 개발하였다.

2. CFD 계산 조건

반류분포를 계산을 위한 CFD 툴은 WAVIS 를 사용하였다. VISCOUS CODE 는 MESH 의 형상이나 개수에 따라 결과가 비교적 크게 변화하므로 여러 척의 선박에 대해 상호비교 및 경향성을 찾기 위해서는 계산조건을 일치시키는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 WAVIS 에서의 계산은 아래와 같은 조건을 이용하여 계산을 수행하였다.

SURFACE MESH 를 생성할 때 사용하는 흡수인 TA, TF 는 WAVE 및 SINKAGE 를 고려하여 DESIGN DRAFT 보다 20%를 상향시켜 계산을 하였다. 이는 일반적인 컨테이너선형에서 보면 TRANSOM HEIGHT 보다 약간 높은 곳에 위치하게 된다. 그리고 선미형상은 TRANSOM 을 고려한 선미 GRID 인 TB3 GRID TYPE 을 이용하였다.

FIELD GRID 는 O-H GRID 를 사용하였으며 GRID 개수는 전 배에 관하여 동일하게 (I,J,K) = 153, 41,31 로 계산을 수행하였다.

3. 모형시험과 CFD 반류분포 비교

경도선박으로는 당사에서 보유한 컨테이너선을 대상으로 하였다. 반류분포는 AXIAL 성분만을 고려하여 가시화하였다.

Fig. 1 WAKE-A 의 모형시험과 WAVIS 반류분포를 비교하여 보면, VELOCITY CONTOUR 상에서 모형시험과 WAVIS 계산결과와의 차이를 형상적으로 쉽게 확인할 수 있다. 반류분포의 하부에서는 모형시험 결과가 WAVIS 결과에 비해 유속 즉, V_x/V 가 빠름을 알 수 있고 이에 반해 반류분포의 상부에서는 WAVIS 계산결과가 미소하게 유속이 빠른 것을 알 수 있다. WAKE CONTOUR 를 각 r/R 에 대해 가로축을 각도, 세로축을 유속으로 표현한 CIR-CUMFERENTIAL DISTRIBUTION 을 보면, 0.5 r/R 의 -45 도 ~ 45 도 구간에서 다른 r/R 에 비해 많은 차이가 난다는 것을 알 수 있다. Fig. 2 는 WAKE-A 에 비해 조금 다른 형상을 갖는 반류분포이다. 반류분포의 상부에서는

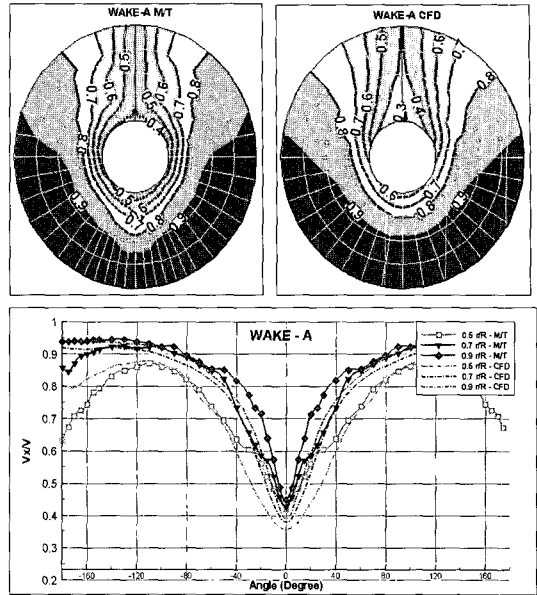


Fig. 1 Comparison of WAKE-A and WAVIS for WAKE-A

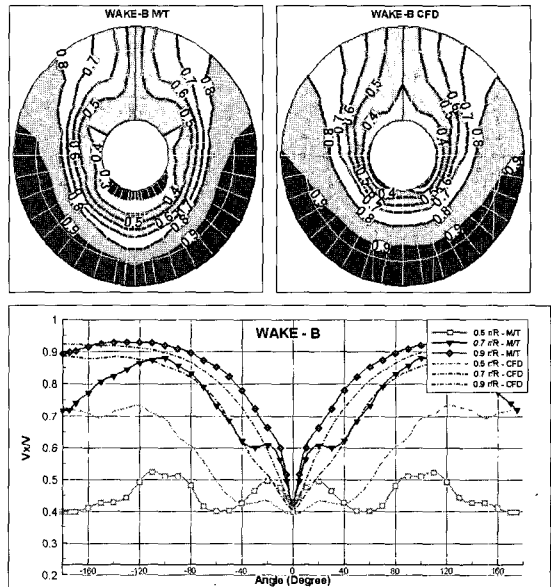


Fig. 2 Comparison of WAKE-A and WAVIS for WAKE-B

WAKE-A 의 경향과 동일하게 WAVIS 결과가 유속이 느린 것으로 나타났으며, 반류분포의 하부에서는 WAKE-A 와 같이 WAVIS 계산결과가 유속이 느

리지만 CIRCUMFERENTIAL DISTRIBUTION 에서 결과를 확인하면 유속차가 WAKE-A 에 비해 더욱 더 큰 것을 알 수 있다.

위의 두 가지 반류분포를 종합해 보면 WAVIS 계산결과가 모형시험에 비해 반류분포 상부에서는 유속이 느리고, 하부에서는 유속이 빠른 것으로 나타났다. 이러한 WAVIS 계산결과와 모형시험 결과간의 정량적인 차이는 모형시험의 오차도 어느 정도 원인이 될 수 있으나, WAVIS 에서 계산 수행 시 사용한 격자수와 난류모형의 차이에 의해 나타나는 원인이 지배적이다. 따라서 주어진 수치 격자수에 대해 WAVIS 에서 사용한 Realizable k-ε 난류모델이 실제모형시험에서 나타나는 난류운동 에너지와 약간 다르게 추정한다고 설명할 수 있다. 이러한 선미에서의 난류유동을 보다 정확히 계산하기 위해서는 보다 조밀한 격자수와 고차의 난류모형을 사용해야 하지만 WAVIS 는 적은 격자수와 짧은 계산시간에 비해 비교적 만족할만한 반류분포를 계산할 수 있다는 장점이 있다.

따라서 위와 동일한 방법으로 당사에서 보유한 실적 컨테이너선을 대상으로 WAVIS 결과와 모형시험 반류분포를 조사해 보았으며, 검토 후 결과의 정확성을 위해 비교적 최근 모형시험을 수행한 실적선 만을 선택하기로 결정했다.

검토는 Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 와 같이 실적선의 각 r/R 별로 WAVIS 계산결과와 모형시험 간의 유속차이 Vx/V Dev.을 조사하였다. 가로축은 각도, 세로축은 Vx/V Dev.이고 실적선의 WAVIS 계산결과와 모형시험의 Vx/V Dev.을 점선으로 표현하였으며 이들의 평균값을 실선으로 표현하였다. 세로축 Vx/V=0 을 기준으로 상부에 있으면 모형시험이 WAVIS 결과보다 유속이 빠르다는 것을 의미하고 하부에 있으면 WAVIS 계산결과와 유속이 더 빠르다는 것을 의미한다.

Fig. 3 의 0.5 r/R 에서의 결과를 보면 실적선 전부가 -45 도부터 45 도 구간에서는 모형시험의 유속이 WAVIS 계산결과보다 빠르고, 그 이외의 영역에서는 WAVIS 계산결과가 유속이 더 빠르다는 것을 알 수 있다. 또한 -45 도부터 45 도 영역에서는 실적선 WAVIS 계산결과와 모형시험간의 속도차가 어느 정도 일정한 범위 내에 존재하지만

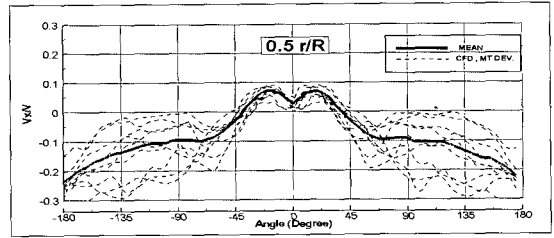


Fig. 3 Vx/V deviation between WAVIS and M/T at 0.5 r/R

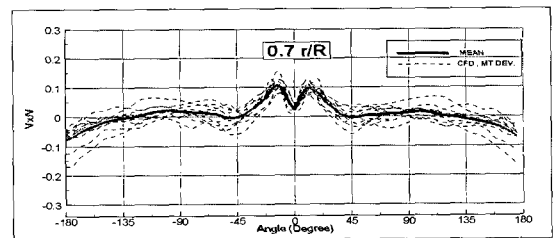


Fig. 4 Vx/V deviation between WAVIS and M/T at 0.7 r/R

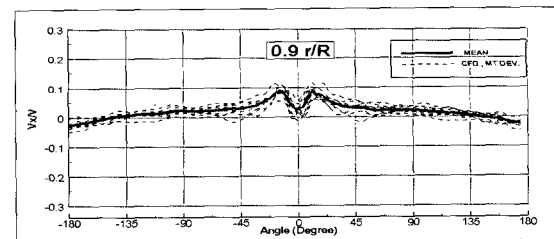


Fig. 5 Vx/V deviation between WAVIS and M/T at 0.9 r/R

나머지 각도영역에서는 다소 큰 편차를 갖는 것을 확인할 수 있다. 이는 VELOCITY CONTOUR 상에서, 프로펠러 HUB 하부 즉, 90 도부터 -90 도 0.5 r/R 부근에는 다양한 속도를 갖는 유동이 밀집되어 있으므로 WAVIS 계산상의 작은 수치오차가 민감하게 반영되었던 것으로 예상된다.

Fig. 4 의 0.7 r/R 에서의 결과는 0.5 r/R 에 비해 WAVIS 계산결과와 모형시험 간의 속도차가 전 각도영역에서 일정한 범위 및 경향을 지니고 있다는 것을 알 수 있고, Fig. 5 의 0.9 r/R 에서는 실적선 들의 속도차가 거의 유사하다는 것을 알 수 있

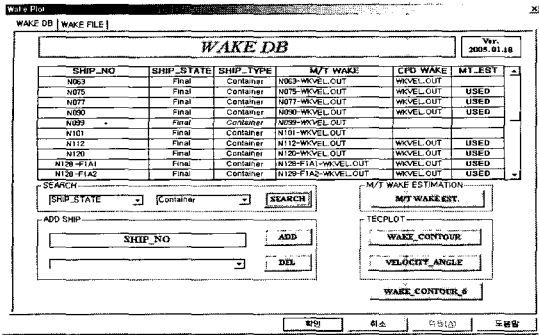


Fig. 6 Program for wake distribution control

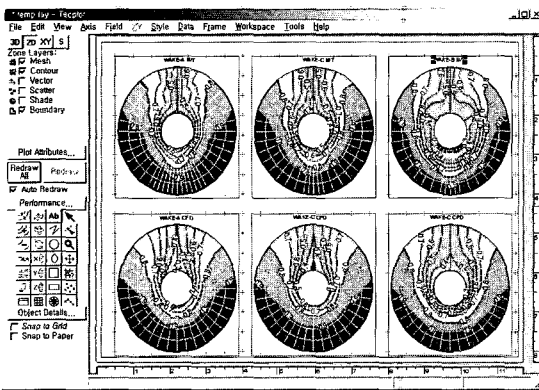


Fig. 7 Visualization of wake distribution

다. 따라서 이들의 평균값인 MEAN CURVE 를 이용하면 모형시험의 반류분포를 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 반류분포의 관리

모형시험 반류분포 추정을 위해 우선 처리해야 할 부분이 실적선들의 모형시험과 CFD 의 반류분포를 효율적으로 관리하는 것이었다. 따라서 이러한 관리를 위해 VISUAL C++ 6.0, ODBC 를 이용하여 Fig. 6 과 같은 반류분포를 관리하는 프로그램을 작성하였다.

주요기능을 보면 선번 및 DESCRIPTION 을 추가하여 모형시험 및 CFD 의 반류를 당사에서 개발 진행중인 선형/추진기 일관화 시스템 데이터베이스에 저장할 수 있으며, 필요 시 파일로 저장 및 프린트가 가능하다. 또한 반류분포의 가시화를

위해 상용 프로그램인 TECPLOT 과 연계하여 VELOCITY CONTOUR 및 CIRCUMFERENTIAL DISTRIBUTION 등을 다양한 형태로 확인 및 출력 가능하다. Fig. 7 이외에 실적선의 CFD 와 모형시험 반류분포 관계를 이용하여 모형시험 반류분포를 추정할 수 있다.

5. 모형시험 반류분포 추정

모형시험 반류분포 추정을 위해 Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 에서 표현되는 WAVIS 계산결과와 모형시험 간의 V_x/V Dev.의 평균값인 MEAN CURVE 를 이용하였다. 즉, 각 r/R 에서 실적선의 WAVIS 계산결과와 모형시험의 V_x/V Dev.을 평균한 값을 WAVIS 에서 계산된 V_x/V 에 차감하여 적용하였다.

다만, Fig. 4 에서 0.5 r/R 의 45도부터 -45까지의 영역이 평균값과 실적선들간의 편차가 커서 추정 오차가 다소 커질 것으로 예상되지만 추진기 성능면에서 다른 영역에 비하면 영향이 적다는 것을 고려하여 어느 정도의 오차는 감안하였다.

실적선의 WAVIS 계산결과와 모형시험 반류분포 간의 차감되는 값을 VELOCITY CONTOUR 형태로 보면 Fig. 8 과 같다.

Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11 은 모형시험과 추정된 반류분포를 나타내고 있으며 전체적으로 모형시험결과와 유사한 것을 확인할 수 있다. 다만 실적선 경향분석 시 0.5 r/R 에서의 모형시험과 WAVIS 계산결과와 V_x/V Dev.의 편차가 다소 커짐에 따라 프로펠러 HUB 하부 0.5 r/R 에서 WAKE-A 와 WAKE-C 의 추정결과는 모형시험과 약간 다른 결과를 보이고 있다.

6. 결론 및 향후계획

이상과 같이 컨테이너선에 대해 CFD 계산결과 및 모형시험의 반류분포 간의 상관관계를 검토해 보았다. CFD 계산은 WAVIS 를 사용하였으며, MESH 및 FIELD GRID 의 개수 등의 파라미터는 상호비교 및 경향 분석을 위해 동일하게 계산을 수행하였다.

실적선을 대상으로 검토한 결과를 요약하면

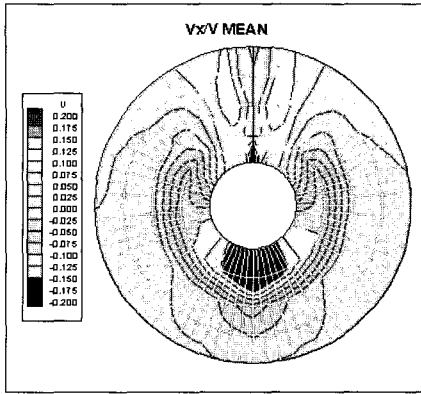


Fig. 8 Mean value of V_x/V deviation between MT and WAVIS

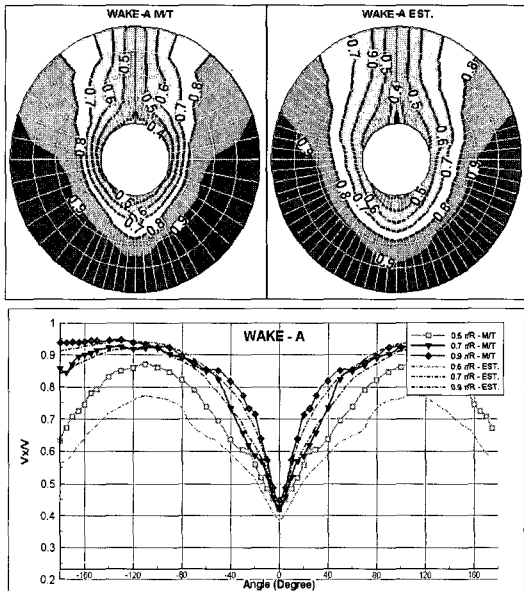


Fig. 9 Comparison of M/T and estimation for WAKE-B

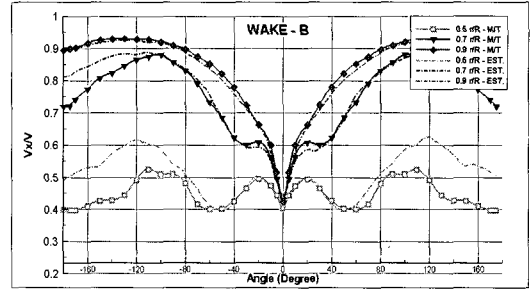
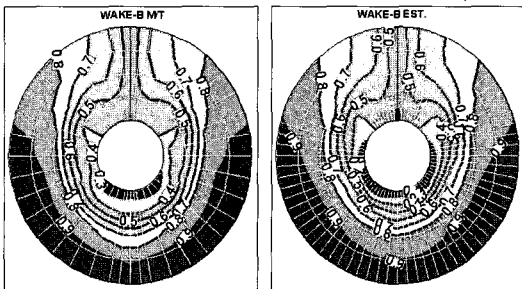


Fig. 10 Comparison of M/T and estimation for WAKE-B

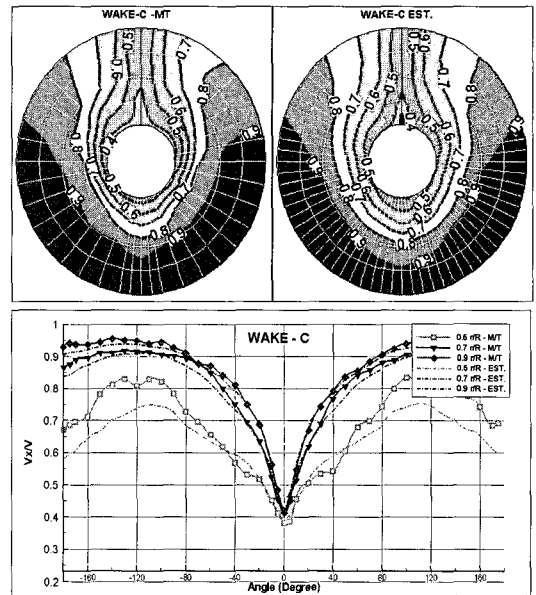


Fig. 11 Comparison of M/T and estimation for WAKE-C

다음과 같다.

1. WAVIS 의 계산결과와 모형시험 반류분포 간의 차이를 보면 프로펠러 HUB 상부인 0 도 부근에서는 모형시험 유속이 WAVIS 에서 계산된 유속보다 빠르게 나타났으며, 하부에서는 WAVIS 에서 계산된 유속이 더 빠르게 나타났다.

2. WAVIS 계산결과와 모형시험 반류분포간의 경향을 찾기 위해 V_x/V Dev.을 검토해본 결과 0.7 r/R, 0.9 r/R 에서의 비교적 일정한 경향을 지니고 있으나 0.5 r/R 의 프로펠러 HUB 하부, 즉 45도부터 -45도까지는 다소 큰 차이를 보인다.

모형시험 반류분포 추정은 검토 결과를 참조하여 실적선들의 WAVIS 계산결과와 모형시험 간의 Vx/V Dev.의 평균값을 WAVIS 에서 계산된 반류분포에 적용하여 추정하였다. 따라서 실적선들의 WAVIS 계산결과와 모형시험의 Vx/V Dev.과 MEAN 의 편차에서 보듯이 어느 정도의 오차가 있긴 하지만 모형시험전이나 선형개발 중 참고용으로 사용하기에는 아주 효과적인 것으로 판단된다.

위의 반류분포의 효율적으로 관리 및 추정을 위해 반류분포 관리 프로그램을 작성하였으며, POST PROCESS 작업으로 TECPLOT 과 연계하여 다양한 형태로 확인 및 출력 가능하도록 하였다.

이상의 결과는 당사의 컨테이너 실적선에 한하여 연구한 것으로, 이와는 선형특성에 따른 WAKE PATTERN 의 경향이 다소 다르게 나타나는 타 선종으로의 STUDY 가 지속적으로 수행될 예정이다.

참 고 문 헌

- 정영준, 박노준 2004, “ CFD Code 의 점성계산 조건에 대한 조사.”, 선박설계연구회, 제 20 회 pp. 40-1



< 박 성 우 >



< 박 노 준 >



< 유 용 완 >