

J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 45(3), 191-193(2017)

DOI:https://doi.org/10.5139/JKSAS.2017.45.3.191

ISSN 1225-1348(print), 2287-6871(online)

## EFD-CFD 비교워크샵 목적과 발전 방향

초청 편집인 김철완\*

### The Objectives of EFD-CFD Comparison Workshop and Future Plan

Guest Editor Cheolwan Kim\*

Korea Aerospace Research Institute\*

#### ABSTRACT

EFD-CFD Comparison Workshop was proposed based on the drag prediction workshop and high lift prediction workshop of AIAA. This workshop is organized to escalate the levels of wind tunnel test and computational fluid dynamics and to escalate the level of domestic aerodynamic technology through the collaboration of both areas. For three benchmark cases of which wind tunnel test results are available, comparison workshops have been held since 2015.

#### 초 록

EFD-CFD 비교워크샵은 AIAA의 Drag Prediction Workshop과 High Lift Prediction Workshop을 참고하여 국내의 풍동실험과 전산해석기술 수준을 향상시키고 두 분야의 협력을 통해 공기역학의 기술수준을 고양하고자 조직되었다. 국내외에서 수행된 3개의 풍동 실험 Case에 대한 전산해석 수행 및 비교분석을 수행하며 2015년부터 비교 워크샵이 개최되고 있다. 향후 국내 연구자들의 참여와 협력을 적극 유도하며 새로운 형상에 대한 실험과 해석 및 분석을 진행하여 국내 공기역학의 기술발전에 기여하고자 한다.

**Key Words** : EFD(실험유체역학), CFD(전산유체역학), Drag Prediction Workshop(항력 예측 워크샵), High Lift Prediction Workshop(고양력 예측 워크샵), EFD-CFD Comparison Workshop(풍동실험 및 전산해석 비교 워크샵)

#### 1. 서 론

EFD-CFD 비교워크샵은 공기역학의 주 분야인 풍동실험으로 대표되는 실험적 유체역학(Experimental Fluid Dynamics, EFD)과 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, CFD)의 비교를 통해 풍동실험과 CFD의 기술적인 수준을 고양하고 두 분야의 협력을 통해 공기역학의 기술 발

전에 기여하기 위함이다. 항공우주학회 공기역학 부문위원회의 주도로 3개의 Case[1,2,3]에 대해 CFD해석을 위한 형상, 해석 조건 및 풍동실험 결과를 제공하여 2015년 항공우주학회 추계학술 대회부터 3회의 워크샵을 개최하였다. 지난 3회의 워크샵은 회원들의 많은 관심과 참여속에 진행되어 왔고 워크샵에서 발표된 결과를 정리하여 항공우주학회지 특별호로 발간하고자 한다. 비교

† Received : February 14, 2017 Accepted : February 20, 2017

\* Corresponding author, E-mail : cwkim@kari.re.kr

워크샵의 목적 및 추진방향 등은 미국의 AIAA (the American Institute of Aeronautics and Astronautics)가 2001년부터 개최하고 있는 Drag Prediction Workshop(DPW)과 High Lift Prediction Workshop(HiLiftPW)[4,5]을 참고하였다. 따라서 EFD-CFD 비교워크샵의 지향점들을 이해하기 위해서 DPW와 HiLiftPW의 목표 및 진행현황에 대해 소개하며 국내에서 진행중인 비교워크샵의 목표 및 진행현황 그리고 발전방향에 대해 설명하고자 한다.

## II. Drag and High Lift Prediction Workshop

DPW와 HiLiftPW는 AIAA, NASA 및 산업계 관계자들이 주도하고 미국 외의 국가에서도 참여가 가능하다. 이 워크샵들은 AIAA Applied Aerodynamics Conference와 같은 시기에 동일한 장소에서 진행되어 왔다. DPW는 2001년부터 총 6회의 워크샵이 개최되었고 HiLiftPW는 2010년부터 2회의 워크샵이 개최되었으며 2017년에 3회 워크샵이 예정되어 있다.

### 2.1 Drag Prediction Workshop

DPW는 2001년부터 Table 1과 같이 6회의 워크샵이 개최되었다. DPW의 목적은 공력성능 분석을 위한 실제적인 도구로서 CFD를 평가하기 위함이다. 이를 위해 워크샵은 국제적인 포럼을 제공하며 산학연의 적극적인 참여를 유도하고 결과비교를 위해 일반적인 형상을 채택하였다. 또한 많은 참여를 유도하고 결과의 차이를 줄이기 위해 기본격자를 제공하였고 형상, 격자 및 결과를 공유할 수 있는 사이트를 유지하였다. 워크샵은 더불어 전산유체해석결과를 통계적으로 분석하였고 분석결과를 공개하였다.

DPW의 형상은 초기에는 DLR-F4와 F6의 날개와 동체(WB), 날개, 동체 및 나셀(WBN) 그리고 페어링 등의 조합으로 구성하였다. 후기에는 NASA에서 제공한 Common Research Model (CRM)의 날개 및 동체 그리고 날개, 동체 및 꼬리날개의 조합으로 구성되었다. 해석 내용은 격자 개선연구, 양향곡선 그리고 동일 양력에서의 항력 증가 등이 초기에 이뤄졌고 경계층 Trip 연구 등이 수행되었다. 또한 NASA CRM 형상에 대한 공탄성 해석 및 공력-구조 연계해석도 수행되었다. 더 자세한 이해를 위해 2016년에 수행되었던 6차 DPW의 내용을 자세히 소개하면 아래

Table 1. Brief Summary of DPW

연도	형상	해석 내용
2001	DLR-F4 WB	격자 개선연구 Drag Polar 항력증가(동일양력)
2003	DLR-F6 WB & WBN	격자 개선연구 Drag Polar 항력증가(동일양력) 경계층 Trip 연구
2006	DLR-F6 WB with & without FX2B fairing; W1/W2 wing alone	격자 개선연구 Drag Polar 항력증가(동일양력) 격자 수렴 연구
2009	NASA CRM WB & WBT	격자수렴연구 Downwash 연구 Mach sweep 연구 Reynolds수 연구
2012	NASA CRM WB	Common grid study Buffet 연구 난류모델 분석
2016	NASA CRM NP & WB	항력 증가(동일 양력) WB 정적 공탄성 WB 공력-구조 해석

와 같다.

조직위원회에는 Boeing Co., DLR, Ecole Polytechnique de Montreal, JAXA, NASA Langley Research Center, ONERA, Textron Aviation, Univ of Wyoming, Virginia Tech의 연구자들이 참여했으며, 해석 코드의 검증을 위해 NACA0012 익형의 2차원 해석을 위한 해석 조건이 제시되었다. 본격적인 전산해석은 천음속에서 NASA CRM의 날개-동체-나셀-과일론과 날개-동체 사이의 항력 증가의 원인 분석과 정적 공탄성 효과에 대한 분석이 포함되었다. 또한 CRM 날개 및 동체를 대상으로 격자 연구 및 공력-구조 연계해석을 통한 날개의 변형에 대한 해석도 수행되었다.

### 2.2 High Lift Prediction Workshop

고양력 예측 워크샵은 2010년 6월에 DPW와 유사한 형식으로 시작되었다. 워크샵의 목적은 3차원 고양력 장치 형상에 대한 해석을 위한 격자, 수치기법, 난류모델 및 대용량 고속 계산을 포함한 수치해석 예측능력을 평가하고 CFD 예측의 Guideline를 마련하기 위함이다. 또한 더 정확한 예측 기법 및 해석도구 개발을 위한 고양력장치 주변의 유동현상에 대한 정확한 이해를 도모하는 것이다. 최종적으로는 고양력 형상 설계 및 최적화를 위한 실제적인 전산해석 예측 능력의 향상을 도모하는 것이다. 전산해석 형상은

NASA의 사다리꼴 고양력 모델이며 풍동실험결과가 제공되었다. 2번째 워크샵은 2013년에 개최되었는데 형상은 European Lift Programme의 DLR F11 고양력 형상이며 레이놀즈수 효과를 평가할 수 있는 자료와 표면에서 측정된 다양한 자료가 제공되었다. 3차 워크샵은 2017년 6월에 예정되어 있다.

### III. EFD-CFD 비교워크샵

국내에서 진행되고 있는 EFD-CFD 비교 워크샵은 실험적 기법에 의한 공기역학(EFD)와 전산유체역학(CFD)의 특징에 대한 이해를 도모하고 주어진 형상에 대한 전산유체해석결과와 풍동 실험결과를 비교 분석하여 국내의 전산해석의 수준을 향상하고자 한다. 또한 풍동실험 기법의 개발 및 보안을 위해 전산해석 기법을 적극 활용하고자 한다.

3개의 형상에 대한 비교분석워크샵이 2015년부터 진행되고 있다. 비교워크샵을 위해 제공된 형상은 한국항공우주연구원에서 설계되고 풍동실험이 진행된 KARI-11-180의형, 동미계수(Dynamic Derivative Coefficient) 예측을 위해 설계되고 국내에서 아음속 풍동실험이 수행된 Standard Dynamic Model(SDM) 그리고 Royal Aircraft Establishment(RAE)에서 천음속 실험이 수행된 날개와 축대칭 동체로 이뤄진 형상이다.

기본격자는 제공되지 않았고 참가자들이 사용하고 있는 해석 코드에 적합한 격자를 직접 구성하여 전산해석을 수행하도록 하였다. 산업계와

학계 그리고 연구기관의 연구자들이 해석에 참여하여 동일한 형상에 대해 다양한 해석 결과를 비교분석하며 유동의 물리적인 특성을 분석하고 향후 전산해석의 방향을 결정하고 있다. 향후 비교 워크샵에서 활용할 새로운 형상의 설계 및 풍동실험을 수행하고 그 형상에 대한 전산해석을 수행하여 결과를 비교분석 등을 계속 진행할 예정이다. 또한 해외 연구자들과의 협력을 통해 풍동실험 기술 및 전산해석의 기술 수준을 향상하고자 한다.

### III. 결 론

AIAA가 주최하는 DPW와 HiLiftPW는 EFD-CFD 비교워크샵을 준비하고 진행하는데 많은 참고가 되었다. 비교워크샵은 EFD와 CFD의 비교를 통해 양 분야의 기술적인 수준을 고양하고 두 분야의 협력을 통해 공기역학의 기술 발전에 기여하기 위함이다. 3개의 Case를 대상으로 3회의 워크샵이 진행되었고 새로운 형상에 대한 실험 및 전산해석을 계속 진행하여 국내의 공기역학의 수준을 고양하고자 한다.

### References

- 1) Hung, X.Z., Beyers, M.E., "Subsonic Aerodynamics Coefficients of the SDM at Angle of Attack up to 90", LTR-UA-93, NRC, 1990. 1
- 2) Kim, C. W. and Cho, T. H., "Wind Tunnel Test of the 2D Airfoil for the MW Size Wind Turbine", Journal of Wind Energy, Vol.2, No. 2, 2011
- 3) Treadgold, D.A., Jones, A.F., Wilson, K.H., Pressure Distribution Measured in the RAE 8ft x 6ft Transonic Wind Tunnel on RAE Wing "A" in Combination with an Axi-Symmetric Body at Mach Numbers of 0.4, 0.8 and 0.9", AGARD Advisory Report, 1979
- 4) <https://aiaa-dpw.larc.nasa.gov>
- 5) <https://hiliftpw.larc.nasa.gov>

Table 2. Summary of EFD-CFD Comparison Workshop

Case	형상	해석 조건
1	KARI-11-180 의형	Re=1x10 <sup>6</sup> , 3x10 <sup>6</sup> drag polar
2	SDM 아음속 모델	drag polar 풍속:38,50,70&100 m/sec
3	RAE Wing+Body	마하수 0.4, 0.8, 0.9 받음각 0, 1 & 2°