

# 크리깅 방법을 이용한 그리드핀 공력데이터 모델링 Aerodynamic Data Modeling of Grid-fin Using Kriging Method

김성태, 최대산, 유강국  
(주)넥스트폼 기술연구소



## 연구배경

### ❖ 그리드핀

- 프레임 내부에 웹이 서로 교차하는 형태의 조종면
- 초음속, 고받음각 영역에서 공력 성능이 우수
- 짧은 시위길이로 인해 힌지 모멘트가 작고 보관이 용이
- 다수의 형상 변수로 인한 수많은 조합의 그리드핀 형상 존재



Vympel R-77



SpaceX Falcon 9

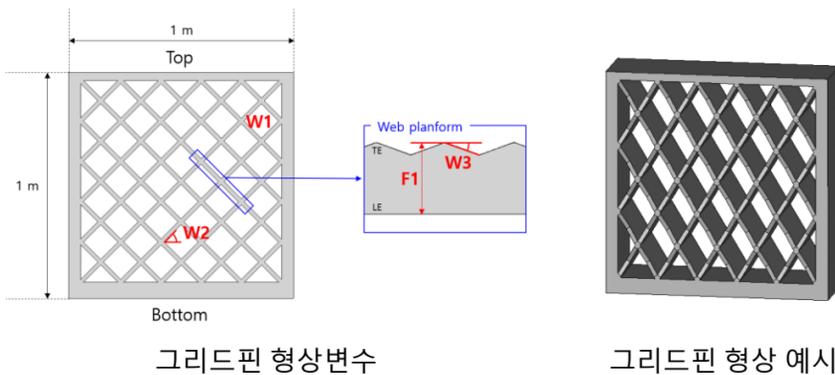
### ❖ 연구목적

- 크리깅 방법으로 그리드핀 공력데이터의 대체모델 생성
- 교차검증을 통한 대체모델의 타당성 검증

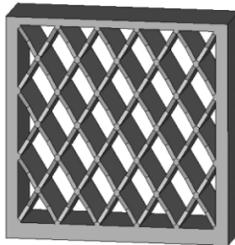
## 대체모델 생성

### ❖ 그리드핀 형상 변수 정의

- 프레임 관련 변수 1개, 웹 관련 변수 3개, 총 4개로 정의
  - 프레임 및 웹 시위길이를 결정하는 변수 F1
  - 높이방향 셀 개수를 결정하는 변수 W1
  - 웹 교차 각도를 결정하는 변수 W2
  - 웹 뒷전 후퇴각을 결정하는 변수 W3
- 프레임 외각 형상은 사각형 형태만을 고려, 프레임 내부 높이와 너비는 모두 1 m로 고정
- 단일 그리드핀이 동체 측면에 부착된 경우를 고려
- 오픈소스 S/W인 SALOME로 자동 형상 생성 스크립트 작성



그리드핀 형상 변수



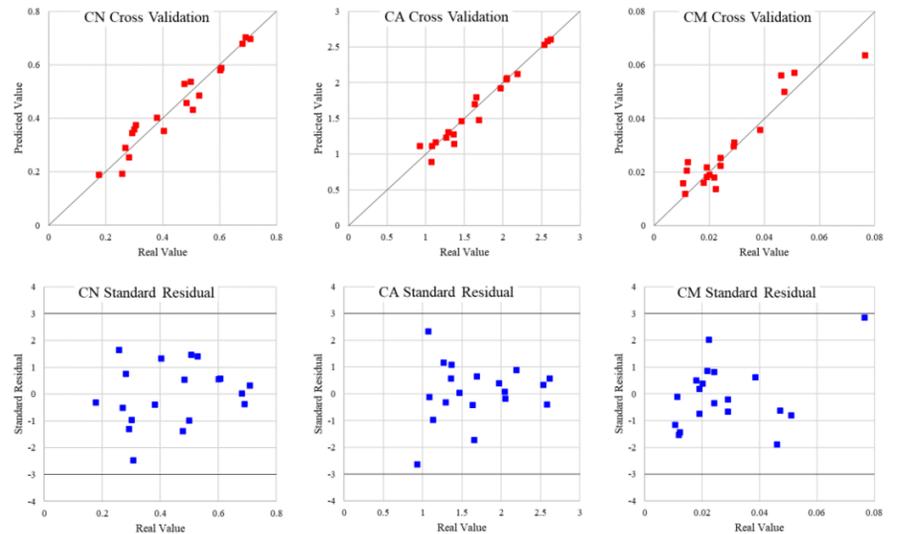
그리드핀 형상 예시

### ❖ 유동해석 및 대체모델 생성

- 복잡한 형상의 그리드핀 유동해석을 위해 무격자 기법 사용
- 다수의 그리드핀 케이스를 효율적으로 다루기 위해 유동 해석 과정의 대부분을 자동화
- 유동조건은 마하수 0.6, 받음각 10도로 고정
- 크리깅 방법을 이용하여 대체모델 생성
- 상관계수 최적화를 위해 다목적 유전 알고리즘 사용
- pyDOE 패키지의 LHS 방법을 이용해 실험점 20개 생성

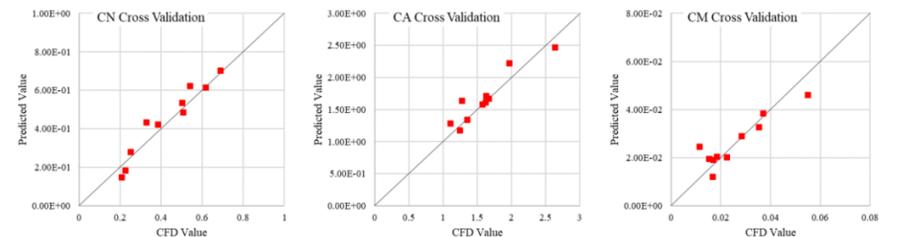
## 결과

### ❖ 대체모델 교차검증



Leave-one-out 교차검증

- 대체모델의 예측값과 실험값이 잘 일치함
- Standard residual이 모두  $\pm 3$  이내임을 확인



CFD 교차검증

- 추가적으로 실험점 10개를 생성하여 CFD 해석 수행
- 대체모델의 예측값과 CFD 실험값이 잘 일치함
- 그리드핀 공력데이터 대체모델이 타당함을 확인

## 결론

- ❖ 무격자 기법과 크리깅 방법을 이용하여 단일 그리드핀 공력데이터 대체모델을 생성함
- ❖ 무격자 기법과 자동 형상 생성 스크립트를 활용하여 효율적으로 유동해석을 수행함
- ❖ 크리깅 방법으로 생성한 대체모델의 교차검증을 수행하여 대체모델이 타당함을 확인함
- ❖ 추후 마하수와 받음각을 확장하여 다양한 유동 조건에 대한 그리드핀 공력데이터 대체모델 생성 예정

1) Theerthamalai, P., "Aerodynamic characterization of grid fins at subsonic speeds.", Journal of aircraft, Vol. 44, No. 2, 2007, pp.694-698.  
 2) Huh, J.Y., Rhee, J.S., Kim, K.H. and Jung, S.Y., "New least squares method with geometric conservation law (GC-LSM) for compressible flow computation in meshless method.", Computers & Fluids, Vol. 172, 2018, pp.122-146.  
 3) Jeong, S., Minemura, Y. and Obayashi, S., "Optimization for combustion chamber for diesel engine using kriging model.", Journal of Fluid Science and Technology, Vol. 1, 2006, pp.138-146.  
 4) Congdon, Christopher and Jay Martin, "On using standard residuals as a metric of kriging model quality.", 48<sup>th</sup> AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, 2007.