고입사각에서의 압축기 익렬 성능 연구

이기수*, 김석훈*, 최정열*, 김귀순*

*부산대학교 항공우주공학과

(E-mail : aerochoi@hyowon.pusan.ac.kr)

가스 터빈 엔진의 주요 구성품의 하나인 압축기는 입구 유동 조건의 변화에 따른 성능 변화가 민감하므로 엔진 성능 예측시 압축기 성능은 매우 중요한 요소라 할 수 있다. 압축기 내의 유동은 본질적으로 비정상 유동이며 역압력 구배에서 작동하는 점에서 해석이 어려운 것으로 알려져 있지만 최근 컴퓨터의 비약적인 발전에 힘입어 전산유체역학(CFD)을 이용한 압축기 익렬 유동해석에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 이러한 연구는 설계점 주위의 조건, 즉 압축기 익렬에 대한 입사각이 그다지 크지 않은 경우에 대한 것이 거의 대부분이다.

입사각이 증가 또는 감소하게 되면 블레이드에서 실속(stall)이 발생하게 된다. 선행 실험 연구로부터 실속은 통상 최소 손실의 두 배가 되는 점을 실속 시작점으로 정의하고 있으므로 본 연구에서 고입사각은 실속이 발생하는 시작점 이상의 입사각으로 정의한다. 최근 실속 영역에서의 성능 연구는 Yocum과 OBrien(1993)의 스태거각(stagger angle)에 대한 손실의 변화와 Hobson과 Williams(1998)가 LDV를 이용하여 앞전 박리 버블(separation bubble)의 관찰 등이 있으나 완전히 실속된 2차원 압축기 익렬의 성능 자료들은 많이 부족하다. 따라서 유동해석을 통해 고입사각 압축기의 성능 자료를 확보하는 것은 의미 있는 일이다.

고입사각의 유동 조건은 엔진의 idle 속도(50% 설계 속도) 이전 상태에서 주로 나타나므로 유동은 압축성 효과가 적거나 비압축성 영역이 된다. 그러나 엔진이 설계점에 이르면 유동은 압축성 효과를 나타내므로 비압축성 영역에서 압축성 영역까지 효과적으로 해석할 수 있는 수치해석 기법이 필요하다. 따라서 SIMPLE 알고리즘의 비압축성 코드와 예조건화(Preconditioning) 기법을 이용한 압축성 코드가 유동해석에 사용되었다. 익렬의 유동은 유동의 박리가 앞전(leading edge)에서부터 발생하여 유로 내 전 영역에 걸쳐 발생하므로 난류 유동장이 지배적이다. 이러한 난류 유동장 해석을 위해 비압축성 코드는 2-방정식 표준형 k-ε Lam. Bremhorst 모델, 압축성 코드는 k-ω SST 모델을 적용하였다. 비압축성 및 압축성 코드의 수치적 타당성 검증을 위해 DCA(double circular arc) 압축기 익렬에 유동해석을 수행하여 선행 실험결과와 비교 검증하고 고입사각에서의 압축기 익렬 유동 특성을 살펴보았다.