

◎ 특 집 : 연구실소개

한국항공우주연구원 회전익관련 전산유동해석 분야 소개

이 장 연*

1. 서 론

회전익 항공기의 회전익은 고정익 항공기의 날개, 엔진 및 조종면의 기능을 복합적으로 수행하여 양력, 추력 및 조종력을 발생하는 가장 핵심적인 부분이다. 따라서 설계과정에서 회전익의 형상은 위의 작용들을 효과적으로 구현할 수 있도록 신중하게 결정되어야 한다. 그러나, 회전익 주위의 유동장은 비정상 성향이 매우 강하고 끝단에서 발생하는 와류나 와류와 블레이드간 간섭으로 인한 공력소음이 발생하는 등 유동의 복잡성으로 인하여 해석이 매우 난해한 것으로 알려져 있다. 한국항공우주연구원에서는 회전익의 이러한 특성을 다양한 도구를 이용하여 해석하여 최근의 회전익기 개발 경향에 부합하는 고성능/저진동/저소음 로터 개발에 주력하고 있으며 아울러 차세대 헬리콥터에 이용될 수 있는 신개념 로터형상 개발에 주력하고 있다.

한국항공우주연구원에서는 로터 전산해석에 관하여 먼저 무인기 로터의 후류효과 및 이로 인한 간섭, 동체 안정성 영향 등 로터의 회전으로 인한 항공기의 공력특성을 해석하는 연구를 수행하고 있으며 일부 로터의 형상 설계 및 성능예측 관련 연구를 병행하고 있다. 현재는 스마트 무인기와 같은 틸트로터 형상에 대한 파워효과 해석 연구 및 무인기 성능향상을 위한 동실속 그리고 무인기용 로터 최적설계 등의 연구를 수행하고 있다. 두 번째 분야는 실제 헬리콥터 로터해석 관련 분야로써 형상설계 및 성능예측 그리고 소음저감 기법 등 헬리콥터 로터의 기본적인 형상과 특성을 결정하는 연구를 들 수 있으며 이 결과를 반영한 신개념 로터관련 연구를 현재 수행하고 있다.

두 분야 모두 관련 분야에서 습득한 다양한 해석 방법과 기술을 보유하고 있으며 국내 회전익 해석

분야에서 주도적인 역할을 수행하고 있다. 습득한 회전익 전산해석 관련 기술은 향후 한국형 다목적헬기(KMH) 개발사업과 중형 민수헬기 개발사업 등에 직접 이용될 전망이며 한국의 헬리콥터 핵심기술 확보에 크게 기여할 것으로 기대된다.

2. 무인기용 회전익 연구 소개

한국항공우주연구원에서 수행하는 회전익 무인기 관련 연구는 일반적인 헬리콥터 형상보다 스마트 무인기의 회전익 연구에 집중되어 있다. 스마트 무인기는 수직이착륙성과 고속 순항성을 동시에 만족해야 하는 무인기로 정교한 로터효과 해석이 필수적이다. 이외에 무인기 성능향상을 위한 에어포일 및 로터설계에 관한 연구를 수행하고 있다. 본 장에서는 로터관련 전산해석 분야만 설명하기로 한다.

2.1 스마트 무인기용 회전익 유동해석

현재 한국항공우주연구원 스마트무인기 개발사업단에서 개발 중인 무인기는 틸트로터형 항공기로서 공력성능그룹에서는 풍동시험 및 전산해석을 동시에 활용하여 연구를 수행하고 있다. 현재 단계는 로터의 회전을 고려하지 않은 상태에서 시험 및 전산해석을 수행하고 있으며 향후 로터의 회전효과를 고려한 시험 및 해석을 수행할 예정이다.

틸트로터형 항공기의 대표적인 특징으로 날개의 전스팬에 영향을 주는 프롭로터의 회전으로 인한 파워효과를 들 수 있다. 파워효과를 해석하기 위하여 현재 풍동시험 모델에 로터의 구동시스템 장착을 준비하고 있으며 향후 전산해석기법을 이용하여 파워효과를 해석함으로써 결과를 상호 검증하고 보정할 예정이다.

로터의 공력해석 방법으로는 actuator disk 방법, sliding mesh 방법 그리고 중첩격자를 이용한 방법 등을 이용하여 접근하고 있다. 단순한 후류효과를 관찰하기위한 단계에서는 actuator disk 방법을 이용하

* 정희원, 한국항공우주연구원, jylee@kari.re.kr

며, 보다 정교한 로터 유동장 해석을 위해서는 점성 난류 유동장 가정 하에 로터를 직접 회전, 비정상 해석함으로써 시간에 따른 유동 특성을 관찰할 수 있도록 하고 있다.

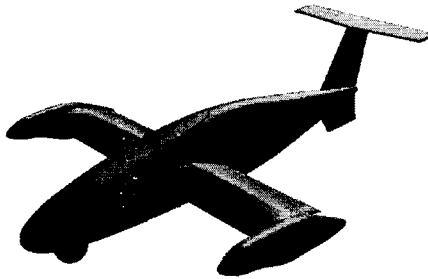


Fig. 1 틸트로터형 스마트 무인기 해석 (power effect 제외)

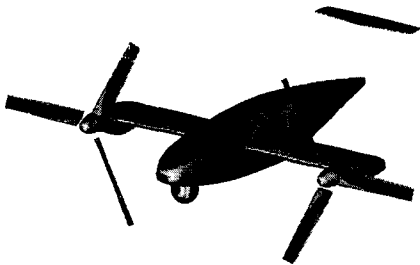


Fig. 2 스마트 무인기 로터 유동해석 (sliding mesh, power effect 해석)

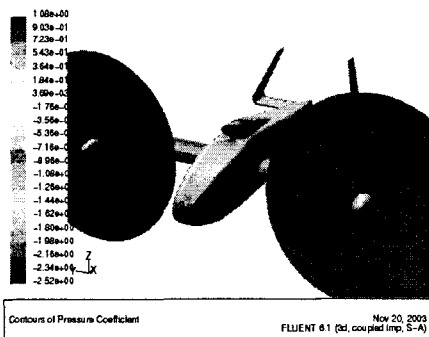


Fig. 3 스마트 무인기 해석 (actuator disk 방법, power effect 해석)

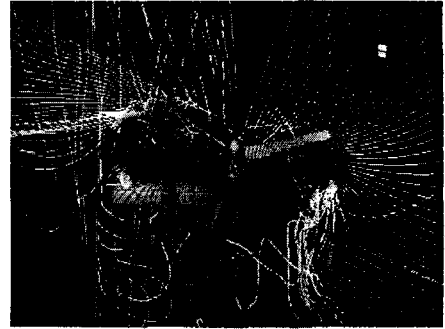


Fig. 4 틸트로터용 로터 및 낫셀 형상 주위의 유동 해석(sliding mesh, down-load 해석)

2.2 회전익 무인기 성능향상 연구

한국항공우주연구원에서는 회전익 무인기의 성능향상을 위한 연구들을 수행하고 있다. 해당 연구 분야는 로터의 후퇴면에서 발생하는 동실속을 연구하기 위한 동실속 시험 및 전산해석 연구, 무인기 스케일에 적합한 로터를 설계하기 위한 저Reynolds 에어포일 형상 설계 및 시험 연구, 로터 성능해석 프로그램 개발, 고성능 로터 설계기법 연구 등이 있으며 축적된 성능향상 기법은 실제 무인기에 적용될 예정이다.

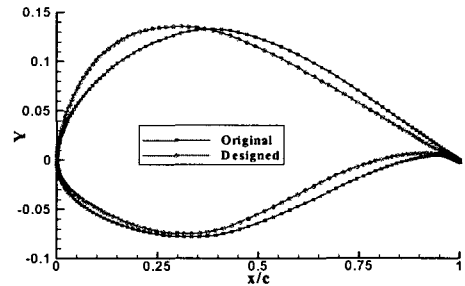


Fig. 5 무인기 로터용 저 Reynolds 에어포일 형상설계 예

2.3 기타 회전익 관련 연구

위의 절까지 설명한 무인기 공력해석 관련 연구 외에 수행중인 연구로는 소음해석 및 저감기법 연구, 로터를 포함한 헬리콥터의 전기체 유동장 해석, 대기 모델링을 통한 헬리콥터 시뮬레이터 DB 구축 등의 연구 등이 현재 진행 중이며 축적된 기술은 무인기나 헬리콥터 개발연구에 적극 활용될 예정이다.

3. 헬리콥터용 회전익 연구 소개

한국항공우주연구원에서는 무인기 관련 연구 외에 헬리콥터에 관한 연구를 수행하고 있다. 이 중 대표적인 연구로써 전산해석을 이용한 로터 해석 및 차세대 헬리콥터 로터에 관한 공력해석 연구내용을 소개하고자 한다.

3.1 차세대 로터의 점성/비점성 유동해석

최근 연구경향을 보면 차세대 헬리콥터에 요구되는 로터 블레이드는 고성능 특성과 더불어 저소음, 저진동 특성을 동시에 만족하도록 설계되어야 한다. 이를 위해서 한국항공우주연구원에서는 전산해석 방법을 최대한 활용하여 차세대 로터 설계에 관한 연구를 수행하고 있다. 차세대 로터는 최대 공중 정지비행 효율 0.75 이상의 높은 효율과 일정고도에서 정지비행소음 90dB 이하의 저소음 특성을 설계목표로 하고 있다. 설계한 로터 블레이드는 시험비용의 소요 부담없이 전산해석 함으로써 성능을 입증하였고 현재 시제품 제작 성능시험을 준비하고 있다.

차세대 로터의 성능해석을 위해서는 주로 정렬격자 기법을 이용하며 유동해석 도구는 CFD- FASTRAN 과 자체 보유한 해석코드들을 주로 이용하고 있다. 차세대 로터의 끝단와류 해석에는 적응격자 기법을 이용할 수 있는 비정렬 격자를 이용한 유동해석 방법을 주로 이용하고 있다. 비정렬 격자기법을 이용하면 격자생성 및 해석과정이 신속하게 진행되므로 빠른 결과를 확인할 수 있다.

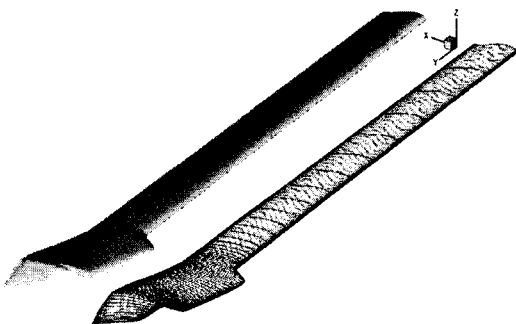


Fig. 6 차세대 로터 형상 및 성능해석을 위한 표면격자

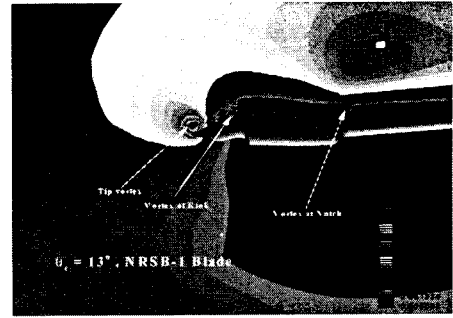


Fig. 7 로터블레이드 끝단 와류해석

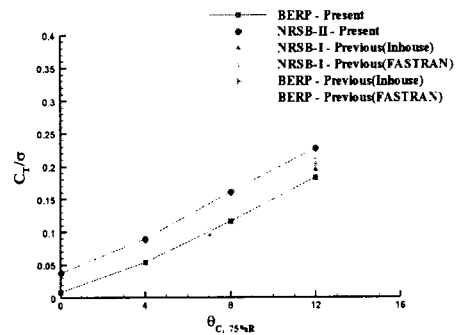


Fig. 8 기존 로터블레이드 대비 성능특성 비교 (추력특성 개선효과)

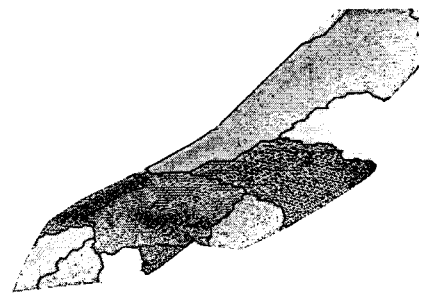


Fig. 9 차세대 로터 블레이드 해석용 표면격자 (비정렬 격자 및 병렬 해석코드 이용)

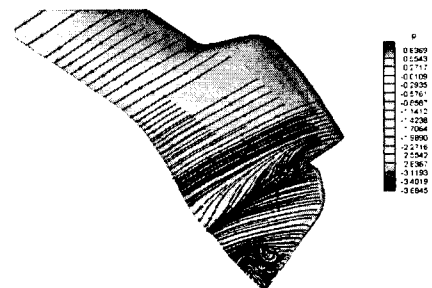


Fig. 10 점성해석을 통한 표면 유동가시화

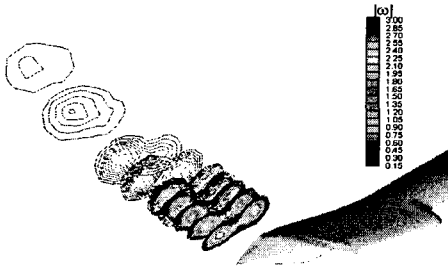


Fig. 11 차세대 로터 블레이드의 끝단와류해석 (비정렬 적용격자기법 이용)

3.2 자유후류 패널법을 이용한 로터 성능해석

자유후류 패널법은 비압축성 비점성 유동해석 기법으로 곡선와류를 기초로 하는 후류 모델을 사용하여 Biot-Savart 적분을 통해 속도 및 압력분포를 구하는 방법이다. 자유후류 패널법은 Euler/ Navier-Stokes 해법과 비교하여 로터블레이드의 끝단에서 발생하는 후류를 비교적 정확히 모사할 수 있어 로터 블레이드 해석에 주로 이용된다. 자유후류 패널법은 또한 로터 블레이드 및 꼬리로터 등의 소음해석에 이용되어 저소음 로터연구에 많은 기여를 하고 있다.

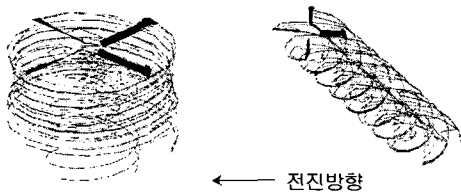


Fig. 12 로터의 정지비행 및 전진비행 해석 (자유후류 패널법 이용)

3.3 차세대 로터용 에어포일 형상설계

최근 헬리콥터의 소음감소 요구가 증가함에 따라 깃끝 속도가 증가하게 되고 이로 인해 후퇴하는 블레이드의 넓은 영역이 실속영역에 잠기는 현상이 발생한다. 이를 방지하기 위해서는 고받음각 및 저마하수 영역에서의 공력특성을 개선하여 실속특성이 우수한 에어포일을 설계해야 한다.

항공우주연구원에서는 차세대 로터에 사용될 에어포

일을 설계하기 위한 기법을 확립하고 있으며 이를 실제 로터에 적용하여 성능을 개선하였다.

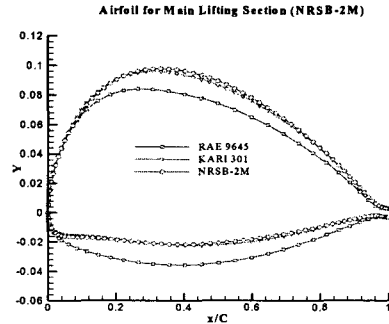


Fig. 13 차세대 로터용 에어포일 설계 (고받음각 및 저마하수 영역특성 개선)

4. 맺음말

본 논문에서는 한국항공우주연구원에서 최근 진행 중인 로터의 전산유동해석 관한 내용을 대략적으로 기술하였다. 보다 심도있고 상세한 연구내용은 향후 전산유체학회 논문 및 학회를 통해 발표함으로써 관련 전문가들과 함께 토론할 수 있는 기회를 만들 예정이다.

헬리콥터 로터 관련 기술은 선진국에서도 자국의 이익을 위해 기술이전을 꺼리는 핵심기술로 국내의 독자적 기술 확립이 절실하게 요구된다, 특히, 앞으로 진행될 한국형 다목적헬기(KMH) 개발사업 및 중형민수헬기 개발사업 등 국가의 중장기적 사업의 원활한 수행을 위해서는 로터 시스템 관련 핵심기술 연구가 지금보다 활발하게 이루어져야 하겠다. 한국항공우주연구원에서는 이를 위해 우수한 인력 및 시설을 바탕으로 로터관련 핵심기술 확립을 위해 노력하고 있으며 향후 산업계 및 학계와 협력연구를 통해 헬기 기술 선진국 진입을 목표로 최선의 노력을 다할 것이다.