

내추락성을 위한 날개와 동체 연결부 분리 설계

김성준*

*한국항공우주연구원

e-mail:yaelin@kari.re.kr

Wing to Fuselage Joint Separation Design for Crashworthiness

Sung Joon Kim*

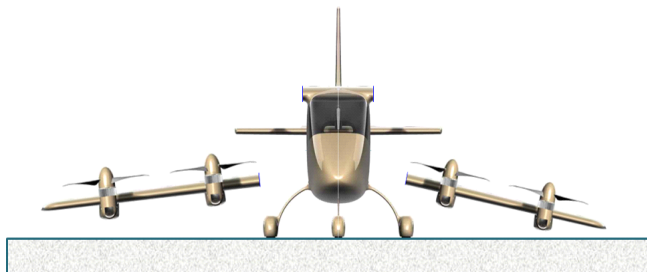
*Korea Aerospace Research Institute

요약

본 논문에서는 비상착륙 등의 상황 시 동체 내부의 승객 안전을 확보하기 위해 날개와 동체의 연결부를 분리시키는 설계 방안을 검토하였다. 비상착륙 시 과도한 하중이 동체에 작용하는 것을 방지하기 위하여 날개와 동체의 연결 핀이 파손되는 개념을 적용하였다. 이를 위하여 연결부 핀에 작용하는 하중을 해석하는 절차와 핀의 파손을 평가하는 방법을 소개하였다. 핀의 상세해석은 유한요소모델을 이용하였다.

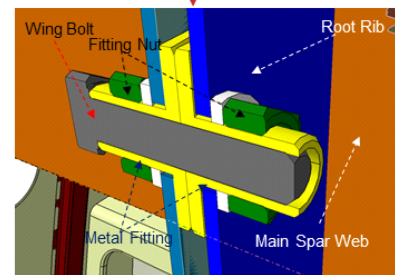
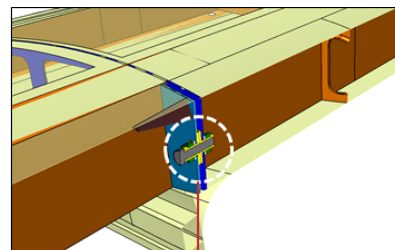
1. 서론

항공산업의 패러다임이 장거리 대량수송에서 중거리 및 단거리 생활교통으로 진화하고 있다. 최근 미국, 유럽 및 중국 등은 미래형 자율비행 개인항공기의 개발에 박차를 가하고 있다. 자율비행 개인항공기는 대형 항공기에 비해 기술접근이 용이하고 투자규모가 상대적으로 적은 틈새시장이므로 이미 확보된 국내 항공기 및 자동차 개발 기술 수준을 고려 시 국제경쟁력이 있다고 판단된다. 현재 한국항공우주연구원에서 개발하고 있는 OPPAV(Optionally Piloted Personal Air Vehicle)는 개인용 항공기 개발 및 핵심기술과 인증기술 개발 등이 목표이다. 본 논문에서는 OPPAV의 내추락성 향상을 위한 설계개념을 검토하였다. 내추락성 향상을 위해 비상착륙 시 날개와 동체를 연결하는 핀(Pin)에 작용하는 하중을 제한하여 동체의 파손을 방지하는 설계방안을 검토하였다. 그림 1은 날개와 동체의 분리개념을 이용한 내추락성 향상을 위한 설계 개념도 이다.



[그림 1] 날개-동체 분리개념을 이용한 내추락 설계

그림 2는 현재 설계/제작된 날개-동체 연결부이다. 볼트를 이용하여 날개와 동체를 조립한다.



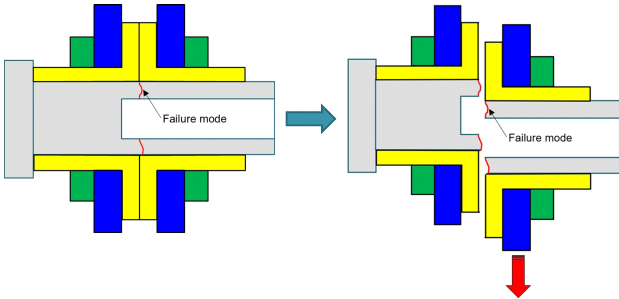
[그림 2] 날개-동체 연결부 설계개념

2. 설계 및 해석

2.1 날개-동체 연결 핀 설계

그림 3은 설정된 하중에서 파손되어 날개와 동체가 분리되는 연결 핀 설계개념이다. 이러한 퓨즈 핀(Fuse pin) 개념은 날개와 파일론 연결부 등에 적용되어 내추락성을 향상시키는

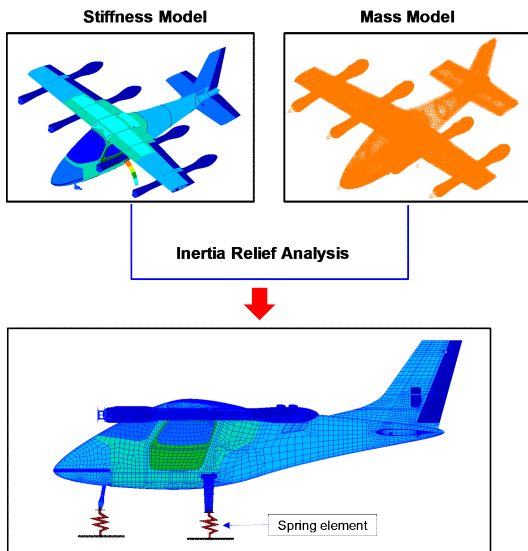
설계개념으로 많이 적용되고 있다[2]. 이 방법은 연결 핀에 설정된 하중이 부가되면 파손되도록 사이징(Sizing)한다.



[그림 3] 날개-동체 연결 핀을 이용한 내추락성 설계 방안

2.2 날개-동체 연결 핀 작용하중 해석

비상착륙 시 연결 핀에 작용하는 하중을 예측하여 사이징하기 위해서 OPPAV 전기체 유한요소 모델을 이용하였다. 전기체 유한요소 모델은 강성모델과 질량모델이 필요하다. 또한 타이어의 동적특성을 모사하기 위하여 스프링요소를 사용하였다. 체결부에 작용하는 하중은 크게 두 단계의 과정을 거친다. 1단계는 초기 낙하속도를 이용하여 과도 응답해석(Transient response analysis)을 수행하여 착륙하중을 구한다. 그림 4는 과도응답해석에 사용한 전기체 유한요소 모델이다. 본 연구에서는 MSC/NASTRAN을 이용하여 해석을 수행하였다.



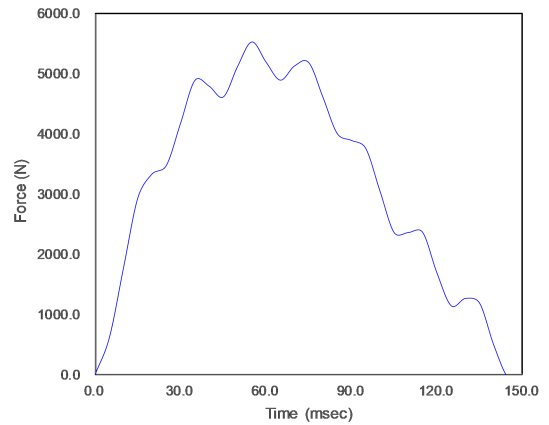
[그림 4] 전기체 유한요소 모델

그림 5는 낙하속도가 2.0 m/sec일 때 주 착륙장치(Main landing gear)의 착륙하중이다. 이때 하중배수(Load factor)는 2.37이다. 표 1은 OPPAV 비상착륙 시의 하중배수 기준이다. 날개는 동체 상부에 위치하므로 3.0g의 하중배수가 작용한다. 착륙해석을 통하여 3.0g가 되는 낙하속도를 구한다. 그림 6은

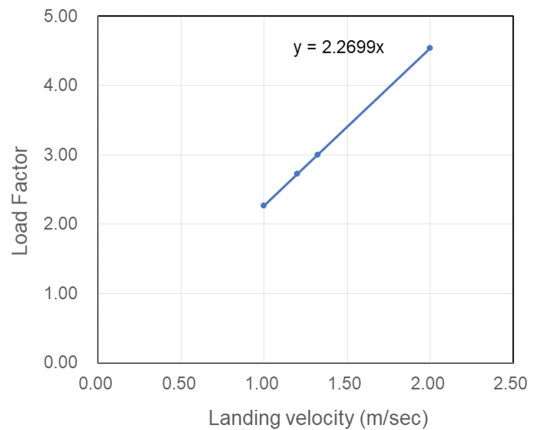
낙하속도와 하중배수의 관계식이다. 2단계는 구해진 착륙하중을 입력하중으로 적용하고 Inertia relief 해석을 통하여 연결 핀의 내부하중을 해석한다.

[표 1] OPPAV 비상착륙 조건

방향	탑승자	객실 내부 및 객실상부 중량물
상방	3.0g	3.0g
전방	9.0g	18.0g
측방	1.5g	4.5g
하방	6.0g	-



[그림 5] 주 착륙장치 착륙하중



[그림 6] 낙하속도와 하중배수 관계식

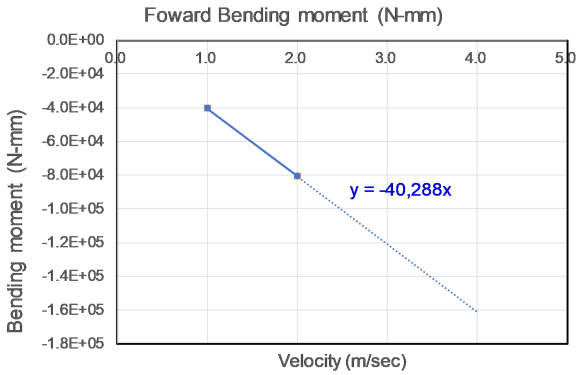
그림 7은 Inertia relief해석을 통해 구해진 연결 핀에 작용하는 굽힘 모멘트이다.

전기체 모델에서 구한 연결 핀의 내부하중을 이용하여 강도 해석을 수행하였다. 그림 8은 체결부의 상세 유한요소 모델이다. 해석 모델은 Bush와 핀 부위의 접촉 부위를 선형접촉으로 가정하였다. 이 모델을 이용해서 부재의 접촉 모델 및 Bush의 강성이 핀에 작용하는 하중에 주는 영향을 검토하였다. 해석결과 Bush의 강성이 클수록 핀에 작용하는 하중이

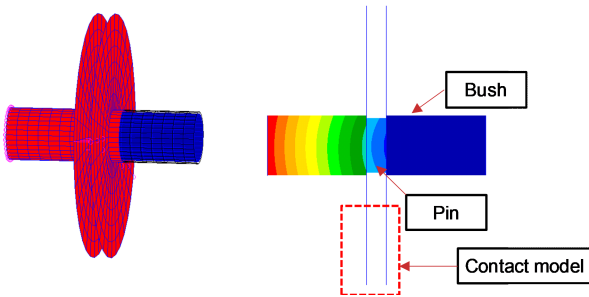
감소함을 알 수 있었다. 그림 9는 Bush를 고려한 모델(Full model)과 핀만 고려한 모델(Pin model)의 결과를 비교한 것이다. Bush를 고려한 경우 핀의 최대 응력이 감소함을 알 수 있었다.

참고문헌

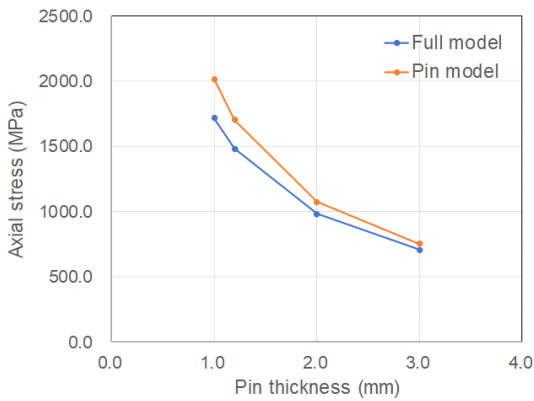
- [1] 최주원, 황창전 “e-VTOL 항공기의 인증기준 적용성 연구 및 기술적 도전”, 한국항공우주학회 2021 추계학술대회 논문집, pp. 243-244, 2021년.
- [1] P. Zhang, H. Nie, J. Wu, and M. Yu “Emergency Separation Simulation and Damage Prediction of an Airliner under Wheel-Up Landing Condition” Shock and Vibration, pp. 1-19, 2021.



[그림 7] 낙하속도와 굽힘모멘트 관계식



[그림 8] 상세 유한요소 모델



[그림 9] 핀 응력해석 결과

3. 결론

본 논문에서는 OPPAV 비행체의 내추락성 향상을 위해 날개와 동체 연결 핀이 설정된 하중에서 분리되는 설계개념을 검토하였다. 전기체 유한요소모델을 이용하여 비상착륙 상태에서 연결부의 내부하중을 추출하였다 또한 상세 유한요소 모델을 이용하여 체결부의 각 부재가 핀의 응력에 주는 영향을 검토하였다. 본 논문의 연구 결과는 추후 OPPAV 비행체의 내추락 향상에 적용될 예정이다.