

헬리콥터 로터 구성품의 피로시험

Fatigue Test of Rotor Components of Helicopter

송근웅†·기영중*·김태주*·김덕관*·김승범*

Keun-Woong Song, Young-Jung Kee, Tae-Joo Kim, Deog-Kwan Kim and Seung-Bum Kim

의 피로수명 평가를 수행하고 있다.

1. 서 론

헬리콥터 로터 시스템은 헬리콥터의 성능 및 안정성을 좌우하는 핵심구성품으로, 헬리콥터 개발 시 최우선적으로 개발되는 구성품 중 하나이다. 신규 개발된 로터시스템은 반드시 피로수명 평가를 통해 설계 수명에 대한 입증을 수행해야 한다.

이에 한국항공우주연구원(이하 KARI)에서는 헬리콥터 로터 구성품 피로시험을 수행할 수 있는 피로시험설비를 구축하고 현재 로터 구성품 피로시험 수행 중이다.

본 논문에서는 여러 가지 피로시험 기법 중 KARI에서 적용하는 시험 기법과 시험 기법을 적용할 수 있도록 제작된 피로시험 설비 및 시험 수행에 대해 기술하였다.

2. 로터 구성품 피로 수명 평가

2.1 로터 구성품 피로수명

FAR-29.571 피로검증(Fatigue Evaluation)항목에 따르면 비행중 파손 시 치명적인 결과를 초래하는 구성품을 중요 구조 구성품(Principal Structural Elements, 이하 PSE)라 구분하여 교환 또는 검사 주기를 설정하고, 이를 통해 요구되는 운영 기간 동안 운영하중 내의 하중조건에 지속적으로 노출되어도 파괴되지 않도록 규정하고 있다.

헬리콥터 로터 구성품은 대부분 PSE로 구분된다. 로터 구성품은 크게 블레이드와 허브/조종으로 구분되며, 블레이드는 주블레이드, 꼬리블레이드로 구분된다. 또한 허브/조종 구성품은 슬리브, 스와시플레이트, 피치링크, 리드래그댐퍼 및 시저 어세이 등으로 구분된다.

일반적으로 PSE는 안전수명 검증방법이나 확장 안전수명 검증방법을 통해 피로수명을 검증한다. KARI에서는 구성품에 따라 두 가지 방법을 적절히 사용하여 로터 구성품

2.2 안전수명 검증 방법

안전수명 검증방법은 검증할 구성품에 대해 발생할 수 있는 파손이나 결함이 없다고 가정된 상태에서 피로수명을 검증하는 방법이다. 이는 형상의 제한이나 설계조건, 점검성 및 기타 다른 이유로 손상여유 개념을 적용할 수 없을 때 사용된다. 이러한 안전수명 개념을 시험에 적용하기 위해서는 S-N 형식의 피로시험을 이용한다. 이를 적용한 피로시험 기법은 시험시체에 파손이 발생할 때까지 반복하중을 추가하는 개념이다.

2.3 확장 안전수명 검증 방법

확장 안전수명 검증방법은 검증할 구성품에 대해 발생할 수 있는 손상(damage)이나 결함(flaw)을 적용하고 반복하중을 추가하는 개념이다. 확장 안전수명 검증방법은 구성품에 결함이 있음을 전제로 하기 때문에 하중을 추가할 경우 결함부분에 응력집중이 발생하여 결함에 대한 파손 가능성이 커지게 된다. 이 개념을 적용하기 위해서는 안전수명 개념과 마찬가지로 S-N 형식의 피로시험을 이용한다.

이러한 확장 안전수명 검증 방법을 적용하기 위해서는 결함에 대한 정의가 결정되어야 한다. 결함에 대한 정의는 결함의 크기, 위치, 종류(impacts, scratches, corrosion, fretting, wearing 등)를 말한다. 이러한 결함은 각 구성품에 대한 제작과정 및 운용/정비 환경을 통해 발생 가능하므로, 이에 대한 사전 연구를 통해 정의되어야 한다.

2.4 피로시험 적용 방법

일반적으로 피로시험을 수행하는 방법은 크게 두가지로 구분된다. 먼저, 시험시체에 운용 하중(항공기의 경우, 비행 하중 spectrum)을 직접 추가하여 피로수명을 예측하는 방법과, 일정 크기의 하중을 시편에 반복적으로 추가한 횟수(N)와 구성품에 적용된 응력(Stress)과의 관계를 나타내는 S-N 선도를 기반으로 피로수명을 예측하는 방법이 있다.

KARI에서는 위에서 언급한 바와 같이 S-N 선도를 기반으로 하는 피로시험을 적용하였다.

† 송근웅; 한국항공우주연구원
E-mail : skw@kari.re.kr
Tel : (042) 860-2196, Fax : (042) 860-2006

* 한국항공우주연구원

3. 로터 구성품 피로 시험 수행

3.1 피로시험 설비

일반적으로 피로시험을 수행하기 위해서는 하중부가용 작동기, 유압공급장치, 하중제어장비, 데이터 획득시스템 등의 장비류와 작동기 고정, 시편 고정, 하중 전달 등의 역할을 하는 시험 리그(test rig)가 필요하다.

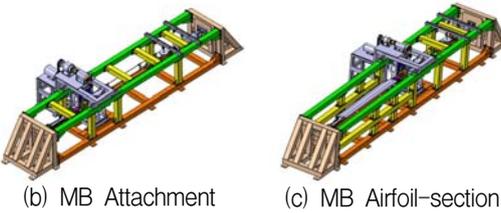
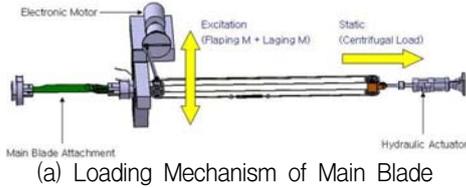


Fig. 1. Main Blade Fatigue Test Rig

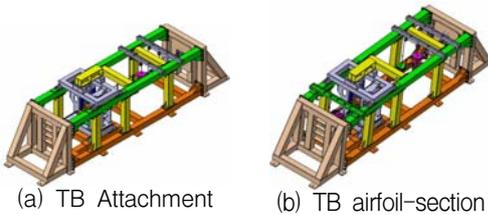


Fig. 2. Tail Blade Fatigue Test Rig

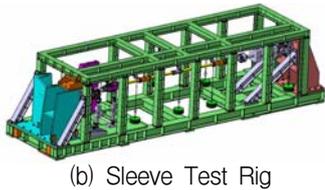
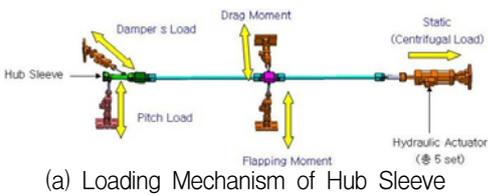


Fig. 3. Hub Sleeve Fatigue Test Rig

KARI에서는 로터구성품 중 주블레이드, 꼬리블레이드, 허브 슬리브의 피로시험을 수행하기 위해 Fig. 1,2,3과 같은 피로시험 리그를 제작하였다. 블레이드의 경우 attachment part와 airfoil section part로 나누어 시험하게 된다. attachment part는 블레이드의 익근 부분으로 블레

이드 회전에 의한 높은 원심력과 굽힘하중을 감당해야 한다. airfoil-section은 블레이드 중간 부위로 상대적으로 원심력보다 굽힘하중이 중요하다. 이렇게 블레이드 부위별 부가 하중이 달라지기 때문에 시험 리그를 그 하중부가 특성에 맞도록 각각 제작하였다. 허브/조종 구성품에서는 슬리브(Sleeve)의 피로시험을 수행할 예정이며 그에 맞는 시험 리그를 제작하였다. 슬리브는 블레이드 중량과 회전에 의한 원심력, 플랩 하중, 리드래그하중 뿐만 아니라 댐퍼하중 및 피치링크 하중이 적용된다.

3.2 피로시험 수행 및 피로수명 평가

피로시험을 수행하기 위해서는 먼저 시편에 스트레인게이지를 부착하며, 각 위치 및 측정 요구도에 따라 quarter 또는 Full bridge로 구성한다.

피로시험을 수행하기 전, 각 구성품의 정적 구조 강도 확인을 위해 정적 구조시험을 수행하게 된다. 정적 구조시험은 설계제한 하중(Design Limit Load, 이하 DLL)을 100%로 하여 극한 하중(150%DLL)까지 하중을 가하게 된다.

정적구조시험을 마친 후, S-N 형식의 피로시험이 수행되며, 피로시험용 부가 하중은 구성품에 따라 50~80%DLL부터 시작한다. S-N 형식의 피로시험 특성상 4~6개의 시제를 시험하기 때문에 단계적으로 하중을 높여 시험하며, 현재 각 구성품별 첫 번째 시제의 피로시험 수행 중에 있다.

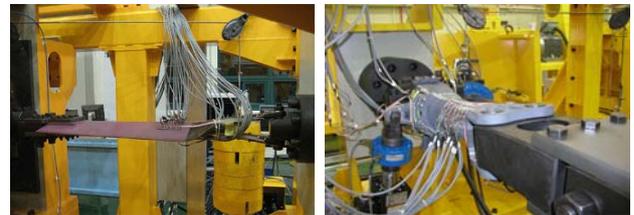


Fig. 4. Static and Fatigue Test

4. 결 론

본 연구를 통해 헬리콥터 로터 구성품의 피로 수명을 검증하는 방법을 살펴보았다. KARI에서는 PSE로 분류되는 로터 구성품 5종 시험 수행을 위해 S-N 선도를 기반으로 하는 시험 기법을 적용하였으며, 이를 위해 적절한 치구류를 제작하였다.

현재 각 구성품별 정적구조시험을 완료한 후, 피로시험 수행 중이며, 차후 시험 결과 분석을 통해 로터 구성품의 피로 수명을 평가할 예정이다.

후 기

본 연구는 지식경제부 한국형헬기 민군겸용구성품개발사업 (KARI 주관) 연구결과 중 일부임.