

키 조립부를 갖는 축의 구조 건전성 연구 A study on the structural stability analysis of a shaft with key joints

*#최재엽, 장재웅

*#J. Y. Choi(jy.choi@lignex1.com), J.W.Jang
LIG넥스원 기계연구센터

Key words : structural stability, key joint

1. 서론

축의 설계 시 입력단 또는 출력단이 키와 키홈에 의해 조립되는 경우 설계인자(키의 종류, 재질 및 크기)에 따른 키홈 또는 키의 구조 안정성을 확인할 필요가 있다.

축의 구조 강도는 일반적으로 알려져 있는 간단한 수식으로 계산 및 예측이 가능하나 키 조립부의 경우 키와 키홈의 접촉부 및 모서리 부근에서의 응력 집중 등을 감안할 때 여러 설계인자에 따른 구조적 안정성은 유한요소해석의 방법으로 접근하는 것이 타당하다.

키와 키홈의 선택은 구조적 안정성 뿐 아니라 조립성 등의 제작성을 고려하여야 한다.

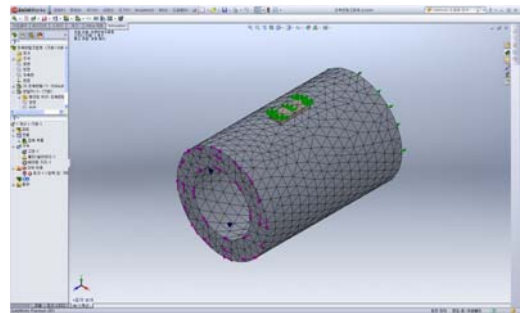
반달키의 경우 축과 축에 끼워지는 고정부 혹은 부하축의 조립성은 좋으나 키 형상을 확보하기 위한 키홈 공간으로 인해 축의 구조적 안정성이 저하된다.

반면 평행키는 키홈의 깊이가 상대적으로 작으므로 구조안정성 확보에는 유리하나 조립 시 정렬을 맞추기 위한 추가 작업 또는 정렬을 유지하기 위하여 별도의 치구를 필요로 한다.

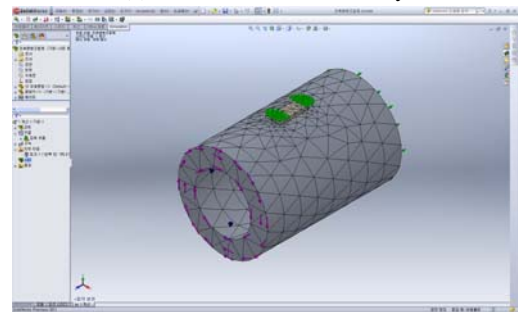
본 논문에서는 반달키 적용 시의 키 조립부 구조 안정성 해석, 평행키 적용 시의 키 조립부 구조 안정성 해석 및 접촉 조건의 유한요소해석 모델 생성과 유한요소해석에 의한 구조 안정성의 확인을 위한 연구를 진행하였다.

2. 해석 모델 및 하중 조건

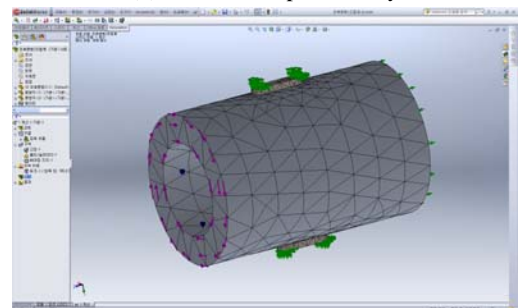
본 해석의 모델은 총 6가지로 키홈 및 키조립부가 (a)반달키일 경우, (b)평행키일 경우, (c) 평행키가 2개소에 적용될 경우의 3가지에 대하여 2종의 축(외축, 내축)에 대하여 각각 모델을 생성하였다. 형상 및 유한요소모델은 Fig. 1 과 같다.



(a) Shaft with a woodruff key



(b) Shaft with a parallel key



(c) Shaft with two parallel keys

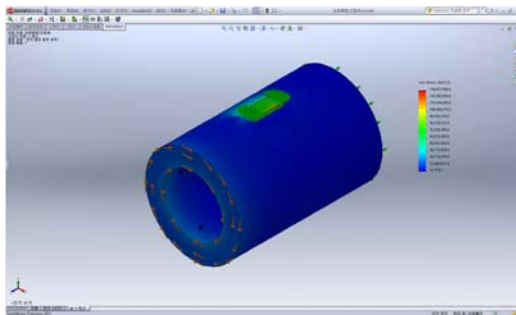
Fig. 1 FE(finite element) Models for the analysis

하중 조건은 시스템의 요구사항에 따라 2종의 축 모두 동일한 토크를 적용하였으며 마진은 없이 진행되었다. 해석 모델은 모두 A7075-BE 재질을 대상으로 진행되었으며 이에 따른 강성 및 Poison 비를 적용하였다. 조립부의 길이는 키홈의 모서리 부근에서의 응력을 확인하기 위해 실제 모델보다 1.5배 수준으로 늘려서 사용하였다.

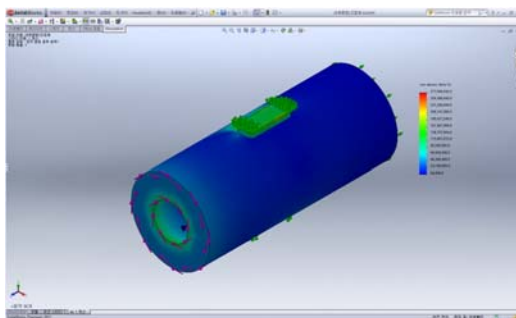
3. 해석 결과

해석의 목표함수는 구조적 안전율이며 안전율은 항복강도에 대한 최대 등가 응력을 기준으로 평가하였다. 목표함수의 최소값은 5.5 이며 이 안전율은 통상적인 기계장치의 동적 안전율에 해당한다.

외축과 내축 각각에 대하여 반달키, 평행키 1개, 평행키 2개의 3가지 조립부에 대한 해석 결과 평행키 2개의 경우에 안전율을 만족하는 것으로 판단되었다. 이 결과는 Fig 2 에 도시되어 있다.



(a) Outer Shaft with two parallel keys



(a) inner Shaft with two parallel keys

Fig. 2 Results of analysis (allowable cases)

본 해석의 결과들은 Table 1에 정리되어 있다.

외축의 경우 모든 평행키 1개의 경우를 제외하고 모든 경우에 안전율 5.5 이상을 만족한다. 하지만 내축의 경우에는 평행키를 2개소에 적용하였을 경우에만 안전율 5.5 이상을 만족한다. 설계의 문제에 있어서 조립부의 통일성 및 조립 관련 절차의 통일성을 위해 한가지 방법을 선택하는 것이 효과적이다. 따라서 본 해석 대상 시스템은 두 개의 평행키를 적용하는 것이 합당하다.

Table 1 Safety factor for the cases

	shaft side	key side
outer shaft with a woodruff key	7.3	6.0
outer shaft with a parallel key	5.1	5.9
outer shaft with two parallel keys	10.4	11.4
inner shaft with a woodruff key	3.9	3.4
inner shaft with a parallel key	2.7	3.5
inner shaft with two parallel keys	5.5	8.3

4. 결론

본 논문에서는 키 조립부를 갖는 2개의 축과 축 연결부에 대한 구조적 안정성을 확인하였다. 키 조립부 모서리의 응력 집중 등을 감안하여 미끄럼 접촉을 적용한 유한요소해석을 진행하였으며 그 결과 적용 가능한 키 조립 형태를 결정할 수 있었다. 향후 유사한 구조의 키 조립부 설계에 참고 될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Vince Adams, "Building Better Products with Finite Element Analysis", 121-1234, 1999
2. 고은영, 최재엽, 김인학, "수중운동체의 센서부 평면배열 구조설계에 관한 연구" 한국정밀공학회 2011년도 추계학술대회 논문집, 745-746.
2. 최재엽, 김성훈, 정배균, "복합 하중을 받는 관형 구조물의 구조안전성에 대한 해석적 연구" 한국정밀공학회 2012년도 추계학술대회 논문집, 699-700.