플렉시블 디스크 커플링 피로수명평가 연구

A Study on the Fatigue Life of Flexible Disk Coupling

*유병철[1], 김차돌[1], 최지원[1], 문종훈[1], #김종봉[1], 서원상[2], 김병로[3]

*B. C. Yoo[1], C. D. Kim[1], J. W. Choi[1] , J. H. Moon[1], #J. B. Kim[1](jbkim@seoultech.ac.kr), W. S. Seo[2] , B. R. Kim[3]

[1]서울과학기술대학교 기계자동차공학과, [2]서울과학기술대학교 NID융합대학원, [3]한국산업기술시험원 기계융합기술센터

Key words : Flexible Coupling, Disk, Mis-alignment, FEM

1. 서론

공장자동화(Factory Automation) 산업은 산업현장에서 필요로 하는 다양한 요구사항을 만족하기 위해 끊임없는 발전을 이루고 있다. 특히 반도체 산업과 PDP/LCD, 휴대폰 산업의 발전을 이룬 우리나라는 정밀기기의 신뢰성과 안전성의 요구사항이 증가하고 있다. 또한, 정밀기기에서 동력전달에 사용되는 커플링(Coupling)의 성능은 산업제품의 품질에 영향을 미치기 때문에 이에 필요한 고성능 커플링 설계의 필요성이 증가하고 있다. 이와 같은 흐름에 발맞추어 정밀기기에서 동력을 전달해주는 커플링의 성능 개발이 이루어지고 있으며 디스크 커플링의 핵심부품인 디스크의 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 산업분야에 사용되고 있는 커플링 디스크의 고유 진동 및 피로해석을 수행하여 형상에 따른 설계의 우수성을 평가하고, 안정적인 사용 조건을 파악하였다.

2. 해석 모델

Fig. 1 은 본 연구에서 분석한 원형 디스크 커플링과 사각형 디스크 커플링의 디스크 형상을 보여준다. 원형 디스크는 기존에 사용하던 제품이고, 사각형 디스크는 성능 개선을 위해 제안된 형상이다. 두 디스크의 최외곽 크기는 같고, 원형 디스크의 내경은 17 mm, 사각형 디스크의 내경은 14.5 mm 이다. 사각형 디스크의 형상은 간단한 구조 해석을 통해서 비슷한 수준의 강성을 가지면서 무게를 약 30% 줄일 수 있도록 설계되었다. 무게도 30% 줄었고, 소재의 사용량도 40% 줄일 수 있었다.

모델은 해석에 적합한 2만여 개의 요소로 분할하였다. 디스크의 양 끝 단에 각 부분이 반대되도록 변위의 변화를 주어서 1°~3°의 편각을 구현하였다. 아래의 Fig. 2 은 3° 편각 발생 시 변위 변화량의 결과 값이다. 토크는 최대 6N·m로 설정하였고, 피로 해석[1]은 Abaqus의 해석 결과 파일을 이용해서 Fe-safe로 해석하였다. 기존의 원형 모델과 최적화되어 개선된 사각형 모델을 비교 해석 하였다. Table. 1 은 디스크의 재료인 SM45C의 물성치이다 [2].

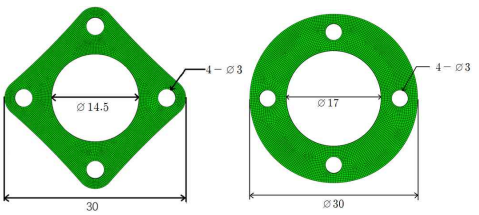


Fig. 1 Shapes of coupling disk

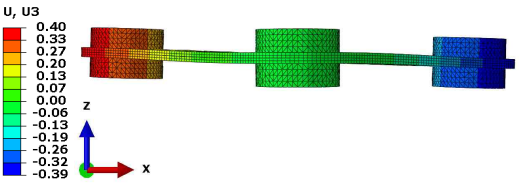


Fig. 2 Deformed shape after misalignment of 3°

Table. 1 Mechanical properties SM45C

Material	Mechanical properties			
	Yield strength (MPa)	Ultimate strength (MPa)	Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio (ν)
SM45C	666	699	205	0.29

3. 고유 진동수 해석 결과

디스크 형상의 변화에 따른 공진 특성을 파악하기 위해 고유진동수를 해석하였다. Fig. 3은 사각형 모델의 3차 모드에서의 고유진동 해석의 결과를 보여준다. 각 모드마다 발생하는 사각형 디스크와 원형 디스크의 고유진동수를 Fig. 3에 나타내었다. 사각형 디스크와 원형 디스크의 1차 고유진동수는 각각 18Hz 와 28Hz이다. 동력전달장치와 연결되어 시스템을 구성할 때 디스크의 고유진동수를 고려하여 설계해야 한다. Fig. 4는 사각형 모델의 3차 모드에서의 고유진동 해석의 결과를 보여준다.

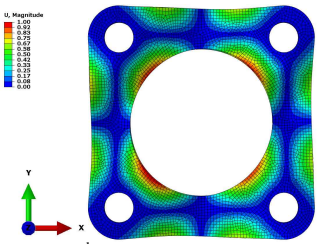


Fig. 3 The 3rd modal shape of square disk

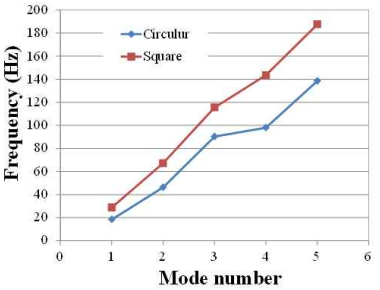
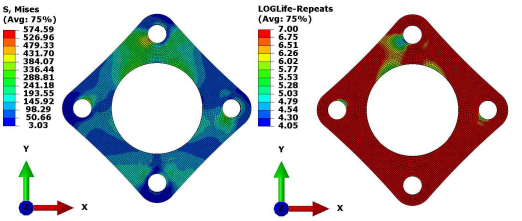


Fig. 4 Modal analysis results

4. 피로해석 결과

피로 해석은 ABAQUS에서 해석한 응력을 이용하여 FE-Safe로 수행하였다. Fig. 5는 3°편각 조건에서 응력 분포 및 피로해석 결과를 보여준다. Table. 2 는 여러 편각 조건에 대해 해석한 응력과 피로수명을 보여준다. 응력해석 결과 편각이 증가함에 따라 응력이 증가함을 보였다. 피로해석 결과 편각이 적용이 되지 않았을 때 두 모델 모두 무한 수명의 결과 값을 얻었고, 편각이 증가함에 따라 수명(cycle)값은 감소했다. 편각 해석시 디스크와 접촉하는 클램프의 영향으로 경계면에 응력이 집중해 해당 부분의 피로해석 결과가 작게 나타났다.



(a) (b)

Fig. 5 (a) Stress distribution and (b) Fatigue LogLife-repeats under the misalignment of 3°

Table 2. Von-Mises stress and fatigue life for various deviation angles

Coupling Disk	Stress(MPa)				Fatigue life(cycle)			
Angle(°)	0°	1°	2°	3°	0°	1°	2°	3°
Old	514	-	-	-	∞	-	-	-
New	449	479	528	574	∞	∞	501187	39810

5. 결론

본 연구는 유한요소해석을 통하여 플렉시블 커플링 디스크의 고유진동수와 응력해석 및 피로해석에 관하여 고찰하였다. 기존의 원형 모델과 개선된 사각형 모델을 비교 한 결과부터 디스크의 형상에 의해 성능이 더 우수한 디스크 개발이 이뤄질 수 있다는 결론을 얻었다. 또한 피로 해석결과 편각 2°부터 50만회의 수명을 보여 커플링의 사용시 편각 1° 이하의 조건에서 사용할 때 안전하다는 결론을 얻었다.

후기

본 연구는 서울시산학연협력사업(JP110045)의 지원으로 수행되어 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Ugural, A, Mechanical Design, McGROW-Hill, 2005.
2. 이용복, “SM45C용접부에서 회전굽힘시험에 의한 피로 및 파단면의 특성”,한국공작기계학회지, 19, 26-32, 2010.