

# 트레드밀 기구의 진동해석

이종선<sup>1\*</sup>

## Modal Analysis of Treadmill Machine

Jong-Sun Lee<sup>1\*</sup>

**요약** 본 논문에서는 모터와 롤러에 의해 발생된 진동이 프레임에 전달되고 또한 롤러가 회전하면서 프레임에 진동을 전달하여 공진을 일으킬 수 있으므로 프레임과 롤러의 고유진동수를 해석함으로써 진동발생 요인인 모터의 회전 주파수를 제어하고 진동에 대한 트레드밀 기구의 구조적 안전성을 평가하였다.

**Abstract** This study is to apply a modal analysis for a frame and roller of a treadmaill machine. A finite element model was developed to compute natural frequencies of a frame and a roller. This analysis were performed under several different conditions such as weight, boundary, and maxium stress/strain conditions.

**Key Words** : Modal analysis, Treadmaill machine, Natural frequency, Resonance

### 1. 서론

최근 유산소 운동의 중요성이 부각되면서 헬스클럽이나 가정에서 유산소 운동기구에 대한 수요가 급증하고 있다. 대표적인 유산소 운동기구로는 트레드밀(treadmill), 헬스 자전거(health bicycle), 스텝퍼(stepper), 일립티컬(elliptical)등을 꼽을 수 있으며, 이 가운데서도 트레드밀은 사용자가 가장 선호하는 제품이고, 가장 많이 보급되어 있다.

트레드밀은 운동의 기본이 되는 걷기, 조깅, 달리기 동작을 실내의 좁은 공간에서도 실시할 수 있는 유산소성 운동기구로서 이를 사용하여 심폐지구력과 전신의 유연성 및 근력 향상을 도모할 수 있다. 또한 과학적인 운동부하검사를 실시하기 위하여 일정한 운동부하를 가하게 되는데, 이때 가장 일반적으로 사용되는 기구가 일정한 속도로 구동되는 트레드밀이다. 트레드밀은 내구성에 중점을 둔 사업장용과 보관 및 관리의 편의성에 중점을 둔 가정용으로 나눌 수 있다. 또한 실제로 트레드밀에서 운동 시 운동량의 강도를 조절하기 위하여 각도를 조절하는 기능이 추가되고 있다.

트레드밀은 모터와 롤러에 의해 구동하므로 타 운동기구에 비해 진동이 많이 발생한다. 트레드밀은 모터의 회전을 풀리 벨트(pulley belt)를 통해서 앞 롤러를 회전시키

어서, 앞 롤러와 뒤 롤러에 걸쳐 있는 런닝 벨트를 구동시키게 된다. 트레드밀 사용자는 구동되는 런닝 벨트 위에서 걷거나 뛰는 운동을 하게 된다. 이때 모터에서 발생된 진동이 프레임에 전달되고 또한 롤러가 회전하면서 프레임에 전달하여 진동을 증폭시켜 공진을 일으킬 수 있으므로 프레임과 롤러의 고유진동수를 해석함으로써 진동발생 요인인 모터의 회전 주파수를 제어하고 진동에 대한 구조적 안전성을 평가한다.

진동해석은 상부에 부착된 보조 기구를 제외한 진동이 직접 전달되는 하부 프레임에 대해서 진동해석을 실시하고 롤러는 앞 롤러와 뒤 롤러의 텐션에 의한 가혹상태의 조건으로 응력 및 변형률을 해석 후 진동해석을 실시하였다.

### 2. 진동해석

#### 2.1 재료 물성치

본 해석에 사용된 트레드밀의 재질은 일반용 강재로서 물성치는 표 1과 같다.

표 1. Material properties

Property	Value
Young's Modulus(MPa)	2×e5
Poisson's Ratio	0.3
Density( kg/mm <sup>3</sup> )	7.85×e-6

<sup>1</sup>대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과

\*교신저자 : 이종선(jongsun@daejin.ac.kr)

## 2.2 프레임의 진동해석

표 2에서 볼 수 있듯이 트레드밀의 프레임에 대해 진동해석을 수행하여 구조가 갖는 고유진동수를 알 수 있었으며 그림 1은 프레임의 메쉬 형상으로 145,334개의 절점과 63,283개의 요소로 이루어져 있으며 그림 2 ~ 그림 7은 1차 모드에서 6차 모드까지 진동형상을 나타낸다.

표 2. Result of natural frequency

구분	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
고유진동수 (Hz)	5.4183	11.699	35.540	84.030	88.771	105.56

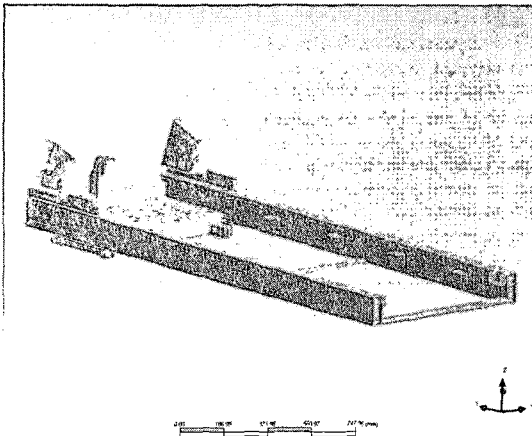


그림 1. 트레드밀의 Mesh형상

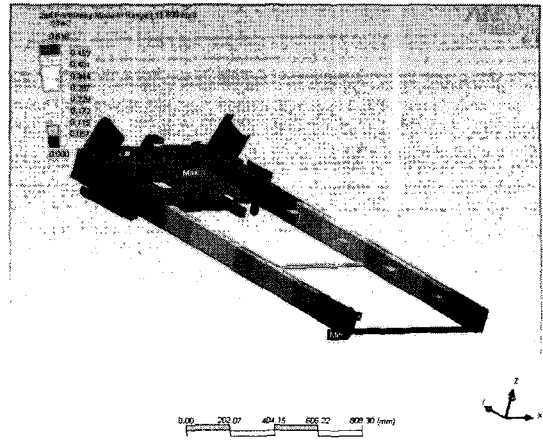


그림 3. 2차 모드 형상

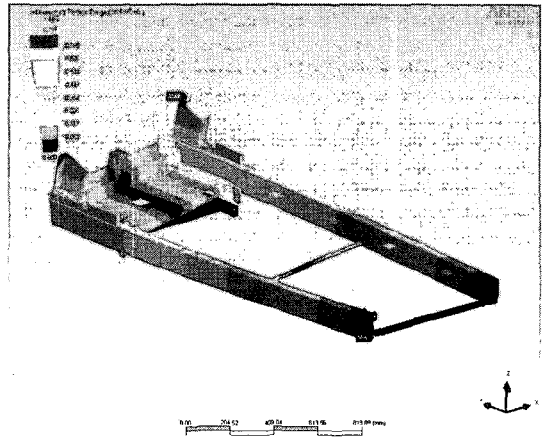


그림 4. 3차 모드 형상

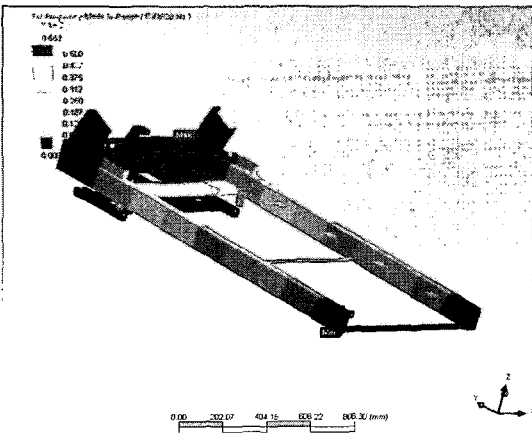


그림 2. 1차 모드 형상

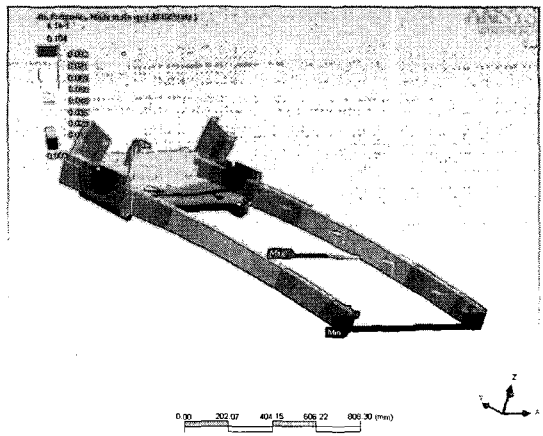


그림 5. 4차 모드 형상

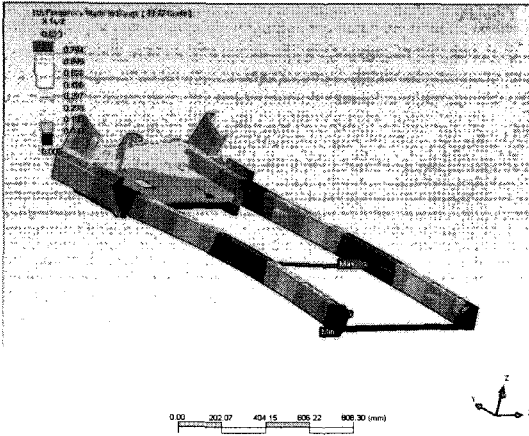


그림 6. 5차 모드 형상

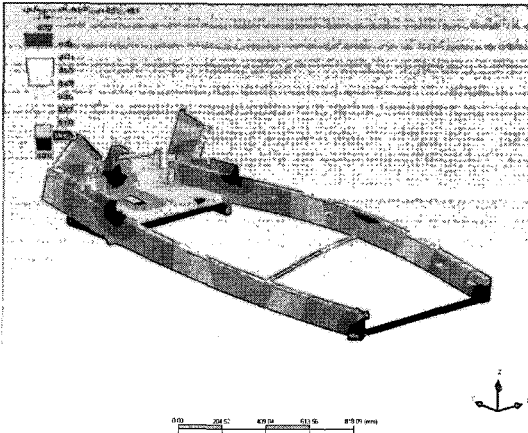


그림 7. 6차 모드 형상

### 2.3 롤러의 해석

롤러에 대한 구조해석 및 진동해석은 재료의 등방성 (isotropy), 정상상태(steady state)라 가정하고 ANSYS로 해석을 수행하였다.

표 3은 트레드밀의 롤러부에 대한 구조해석을 수행한 결과 값으로 최대응력과 최대변형률을 나타낸다.

표 3. Result of structural analysis

구분	최대응력(MPa)	최대변형률
구동롤러	27.539	0.183×e-3
중동롤러	40.098	0.200×e-3

표 4에서 볼 수 있듯이 트레드밀의 롤러부에 대해 진동해석을 수행하여 고유진동수를 알 수 있었으며 구동롤

러와 중동롤러의 진동해석을 수행한 결과 같은 영역의 고유 진동값이 없으므로 공진에 대한 안정성을 확인할 수 있었다. 그림 8 ~ 그림 11은 구동 및 중동롤러의 응력 및 변형률 분포, 그림 12 ~ 그림 17은 구동롤러의 진동형상, 그림 18 ~ 그림 23은 중동롤러의 진동형상을 나타낸다.

표 4. Result of natural frequency

Mode	고유진동수(Hz) (구동롤러)	고유진동수(Hz) (중동롤러)
1	0	0
2	3.635 × e-3	3.545 × e-3
3	6.570 × e-3	6.764 × e-3
4	6.811	7.5965
5	8.1819	9.1235
6	61.779	70.523

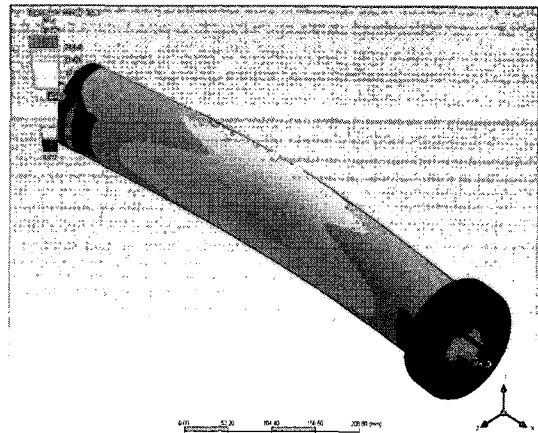


그림 8. 구동롤러의 Stress

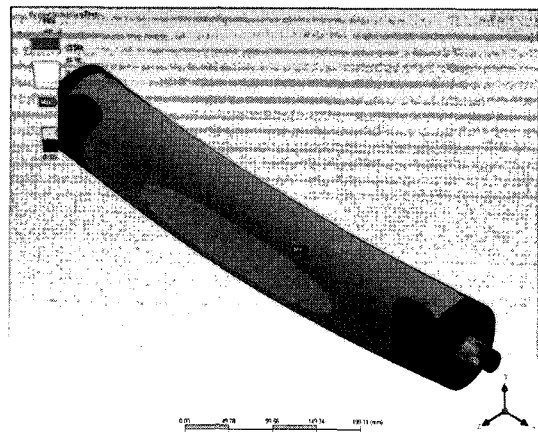


그림 9. 중동롤러의 Stress

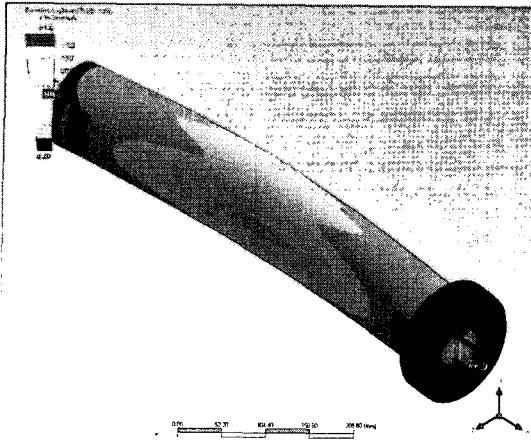


그림 10. 구동롤러의 Strain

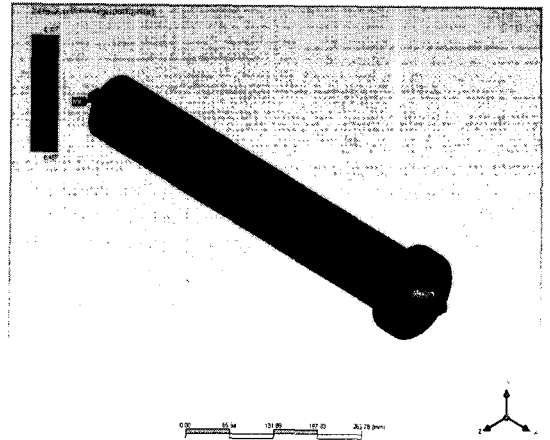


그림 13. 구동롤러 2차 모드 형상

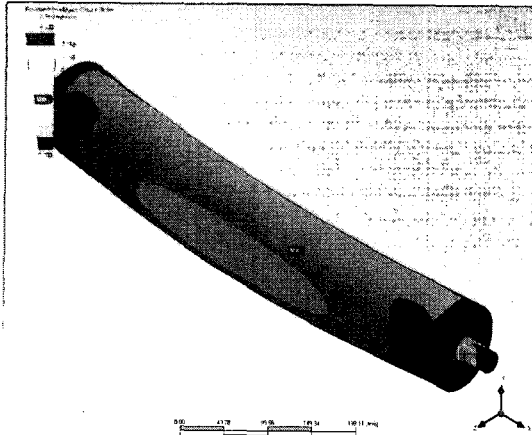


그림 11. 종동롤러의 Strain

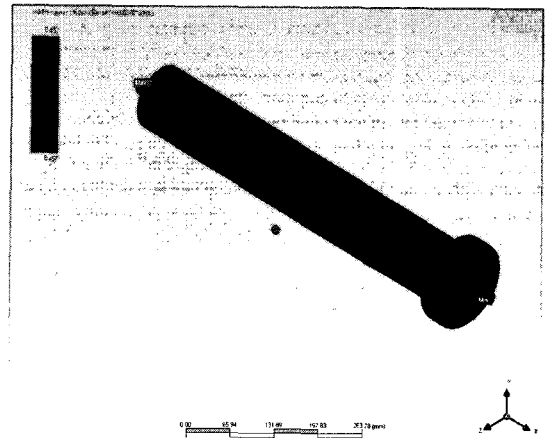


그림 14. 구동롤러 3차 모드 형상

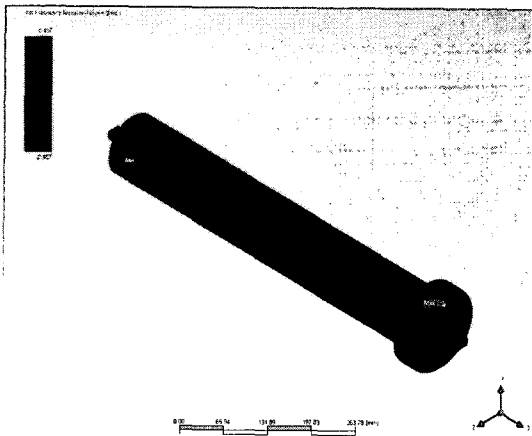


그림 12. 구동롤러 1차 모드 형상

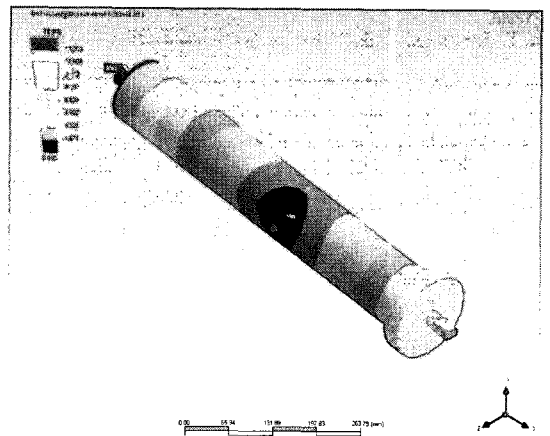


그림 15. 구동롤러 4차 모드 형상

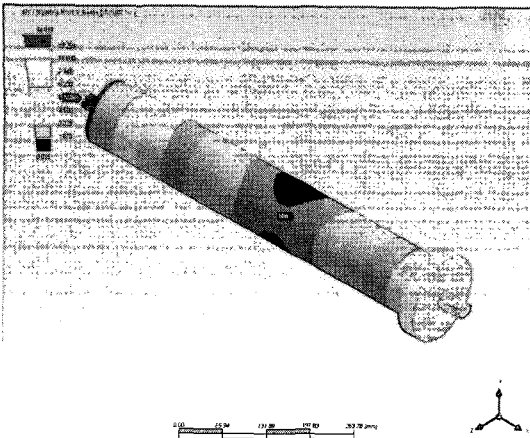


그림 16. 구동롤러 5차 모드 형상

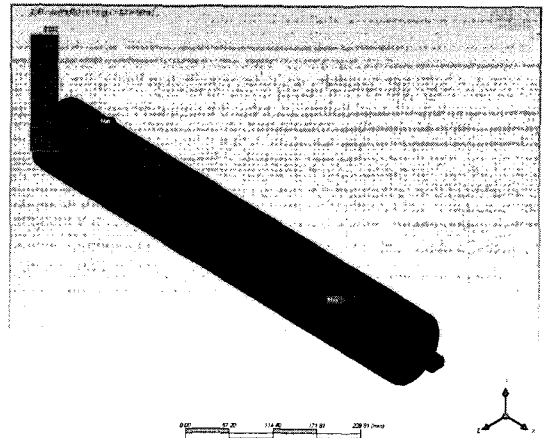


그림 19. 종동롤러 2차 모드 형상

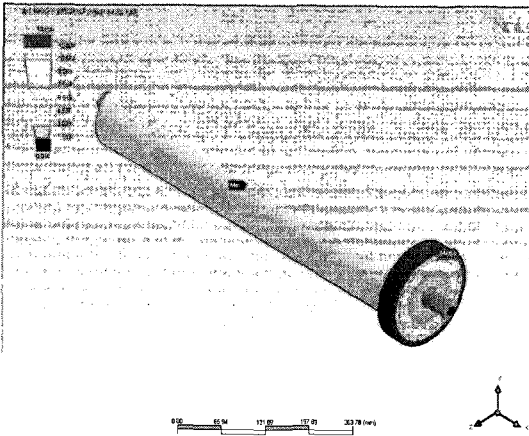


그림 17. 구동롤러 6차 모드 형상

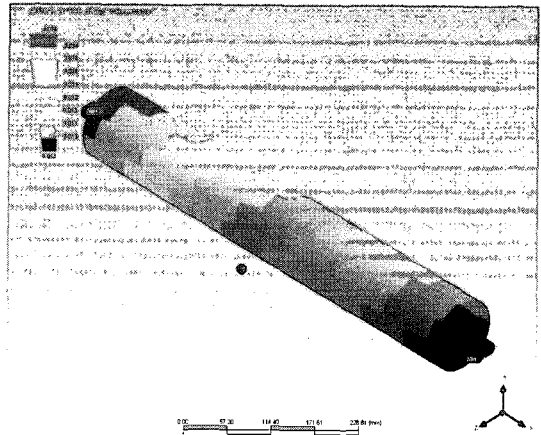


그림 20. 종동롤러 3차 모드 형상

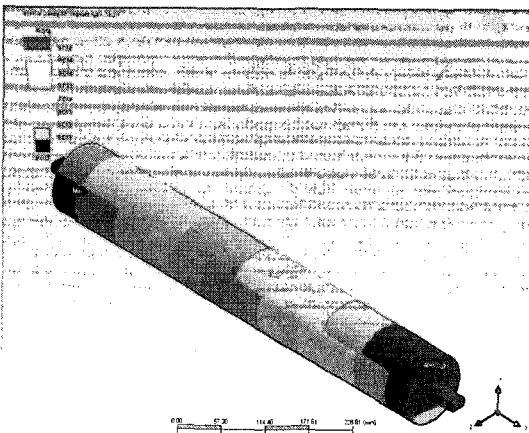


그림 18. 종동롤러 1차 모드 형상

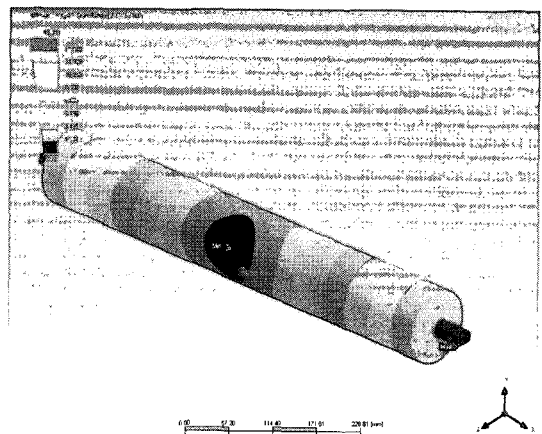


그림 21. 종동롤러 4차 모드 형상

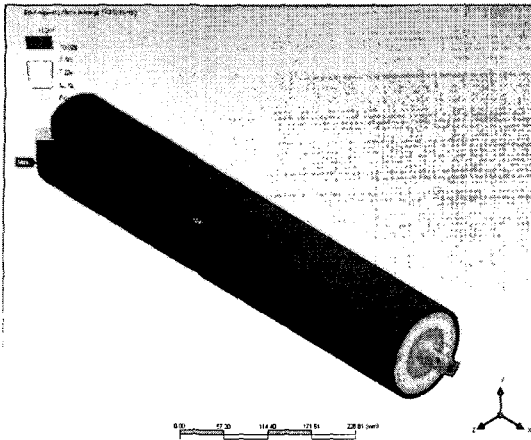


그림 22. 종동롤러 5차 모드 형상

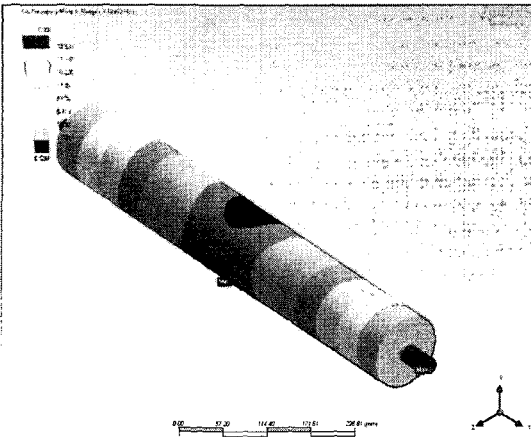


그림 23. 종동롤러 6차 모드 형상

### 3. 결론

유산소 운동기구인 트레드밀 기구에 대하여 진동해석을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었으며, 이 해석결과를 설계에 반영함으로써 트레드밀의 구조적 안전성을 확보 하였다.

- (1) 진동해석을 수행한 결과 트레드밀 기구의 굽힘 및 비틀림 진동모드는 안전영역에 있음을 알 수 있었다.
- (2) 구동롤러와 종동롤러의 진동해석을 수행한 결과 같은 영역의 고유진동수 값이 없으므로 회전 시 프레임에 의해 두 롤러 간에 발생할 수 있는 공진에 대한 안정성을 확인할 수 있었다.

- (3) 프레임의 고유진동 결과 값을 참고로 하여 모터의 주파수에 대한 속도 제어 시 공진을 피할 수 있다.
- (4) 롤러의 면에 작용하는 힘은 벨트의 텐션에 의한 것으로서 가혹조건으로 300kg의 분포하중을 적용하였으며 결과 값은 허용응력이내이다.

### 참고문헌

- (1) ANSYS User's Manual Revision 5.3, Swanson Analysis System, Inc., 1996.
- (2) T. R. Chandrupatla and A. D. Belegundu, "Introduction to Finite Elements in Engineering". Prentice Hall, 1991.
- (3) William Weaver, Jr. and R. Johnston, "Finite Elements for Structural Analysis". PRENTICE HALL, INC., 1993
- (4) James Shackelford and William Alexander, "Material Science & Engineering Hand Book", CRC Press, 1994.
- (5) Winter, D. a., "Biomechanics of Human Movement", John Wiley & Sons, 1979.
- (6) 이종선, 김세환, "런닝머신 프레임의 구조해석", 산학기술성공학회논문지, Vol. 2, No. 1 pp. 31~35. 2001.
- (7) 이종선, "트레드밀 롤러의 구조/진동해석", 한국공학기계학회논문집, Vol. 14, No. 2, pp. 62~68. 2005.
- (8) Lee, J. S., and Kim, J. H., "Structural and Modal Analysis of Treadmill Roller," proceeding of the KAIS Fall Conference, pp. 66~69. 2004.

이 종 선(Jong-Sun Lee)

[종신회원]



- 1982년 2월 : 국민대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1984년 2월 : 국민대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1996년 2월 : 국민대학교 기계설계학과(공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과 부교수

<관심분야>  
최적설계, 생산공학