

## 런닝머신 프레임의 구조해석

이 종 선\* · 김 세 환\*\*

### Structural Analysis of Running Machine Frame

Jong Sun Lee\* and Sei Hwan Kim\*\*

**요약** 본 논문에서는 스포츠센터, 가정 등에서 활발히 사용되고 있는 런닝머신에 대하여 동적 부하량의 변화가 미치는 영향을 분석하기 위하여 구조해석을 수행하였다. 구조해석을 수행하기 위하여 상용 유한요소해석 코드인 ANSYS를 활용하였으며 최대응력, 최대변형률, 고유진동수를 구하여 런닝머신의 안정성을 평가하였다.

**Abstract** This study is object to structural analysis of running machine frame. The finite element model was developed to compute the stress, strain and natural frequency for running machine frame. The FEM code was used for this analysis. In other to structural analysis of running machine frame, many variables such as load condition, boundary condition and weight condition were considered.

**Key Words** : Running machinc frame, Structural analysis, Jerky motion, Running belt

#### 1. 서 론

런닝머신(running machine)은 운동의 기본이 되는 걷기, 조깅, 달리기 동작을 실내의 좁은 공간에서도 실시할 수 있는 유산소성 운동기구로서 이를 사용하여 심폐 지구력과 전신의 유연성 및 각근력 향상을 도모할 수 있다. 또한 과학적인 운동부하검사를 실시하기 위하여 일정한 운동부하를 가하게 되는데, 이때 가장 일반적으로 사용되는 기구가 일정한 속도로 구동되는 런닝머신이다.

특히 비만이나 고혈압 등 현대인의 성인병 증가로 인하여 대부분의 체육시설 업소가 웨이트 운동기구를 사용하다가 점차 유산소성 운동기구를 사용하는 형태로 변화하면서 런닝머신은 체육시설업소의 핵심장비로 자리잡게 되었다.

런닝머신은 모터를 구동시켜 모터와 롤러사이에 연결된 벨트를 통하여 그 동력을 전달하고, 롤러에 감긴 런닝벨트(running belt)를 구동시킴으로서 런닝벨트 위에 있는 사람이 일정한 속도로 걷거나 달릴 수 있다. 이때

가장 중요한 점은 런닝벨트가 일정한 속도로 구동하도록 하는 것이다. 그러나 런닝벨트 위에 있는 사람의 체중과 런닝벨트가 구동되는 속도에 따라 모터는 불규칙적이고 가변적인 저항을 받게 된다. 따라서 이러한 상황에서도 일정한 속도로 구동하는 정밀모터 컨트롤러의 개발이 핵심기술이라 할 수 있으며 이는 런닝벨트의 불규칙 운동(jerky motion)으로 인한 관절의 부상을 막을 수 있다.

본 논문에서는 런닝머신[1]을 사용하는 사람이 사용 중 느끼는 진동과 소음의 원인을 규명하고 가정용 런닝머신의 개발을 위한 기초작업으로서 현재 체육시설업소에 설치되어 사용되고 있는 런닝머신의 프레임에 대하여 상용 유한요소 해석코드인 ANSYS[2]를 활용한 구조해석[3,4]을 실시하고 최대응력, 최대변형률, 고유진동수를 구하여 이를 런닝머신의 최적설계시 입력자료로 활용하고자 한다.

#### 2. 런닝머신 프레임 설계 및 해석

##### 2.1. 런닝머신 프레임의 모델링

런닝머신의 구조해석시 Figure 1과 같은 모델을 사용하였으며 해석시간 단축을 위해서 half model을 적용하

\*대전대학교 기계설계공학과 \*\*천안공대 담형과

본 논문은 2000년도 중소기업청 기술지도 "유한요소법을 통한 런닝머신의 구조해석" 과제로 대호스포츠와 공동개발하였으며, 그 핵심 내용은 런닝머신에 대한 구조해석과 진동해석을 실시하여 안정성 평가를 하였으며 최적설계를 위한 기초자료를 제시하였다.  
(Tel: 031-539-1975)

였다. 해석모델의 모델링은 상용 유한요소해석 코드인 ANSYS에서 Beam 4, Shell 65 그리고 Solid 185를 사용하여 요소를 생성한 결과는 Figure 2와 같다.

Figure 2에서는 Figure 1에서의 면과 선 그리고 체적을 2,343개의 요소와 2,903개의 절점으로 만든 프레임의 구조를 나타내고 있다.

### 2.2. 재료의 물성치

런닝머신 프레임의 구조해석에 사용된 재료는 일반용 강재로서 물성치[5]는 탄성계수(E), 밀도( $\rho$ )와 포아송비( $\nu$ )로서 Table 1과 같다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 구조해석 결과

본 논문에서는 구조해석을 위하여 런닝머신 사용자의 체중을 3종류로 나누고, 일반적인 조건과 가혹조건을 고찰하기 위하여 1배, 2배, 5배로 하중량을 증가하였을

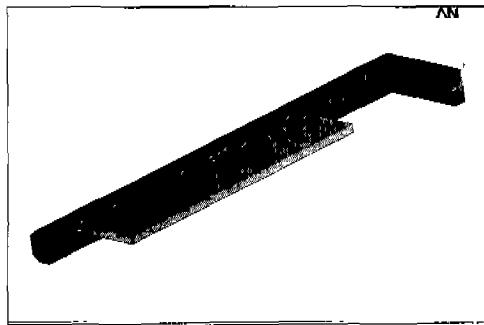


Figure 1. Half model for structural analysis.

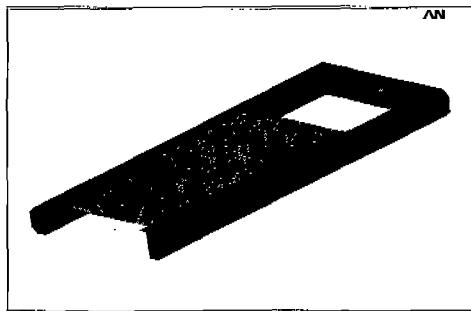


Figure 2. Finite elements of running machine frame.

Table 1. Material properties for running machine frame

material	E (Pa)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\nu$
Iron	207	7.87	0.29

때 처짐량, 응력, 변형률의 변화에 대하여 구조해석을 실시하였으며 그 결과는 Table 2와 같다.

Figure 3 ~ Figure 11은 60 kg, 80 kg, 100 kg이 작용했을 때 변위, 변형률, 응력의 분포를 나타내는 그림으로 하중이 작용했을 때 프레임 후면부 바닥 지지대 부분에서 최대응력이 발생하는 것을 알 수 있다.

Table 2. Structural analysis result for running machine frame

Weight(kg)		Displacement (mm)	Strain	Stress(kg/mm <sup>2</sup> )
60	×1	0.010074	0.196E-04	32.034
	×2	0.017563	0.262E-04	42.954
	×5	0.025374	0.329E-04	53.875
80	×1	0.011258	0.207E-04	33.854
	×2	0.021458	0.296E-04	48.414
	×5	0.031923	0.385E-04	62.976
100	×1	0.012468	0.218E-04	35.674
	×2	0.025374	0.329E-04	53.875
	×5	0.038473	0.440E-04	72.077

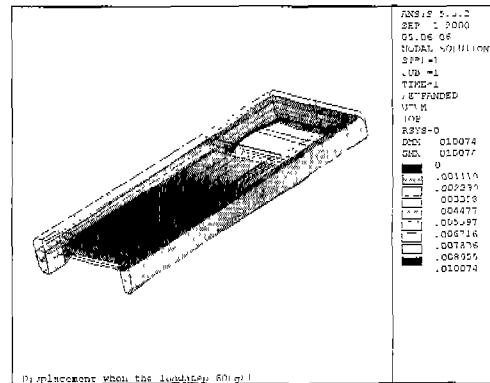


Figure 3. Displacement of the load step 60 kg.

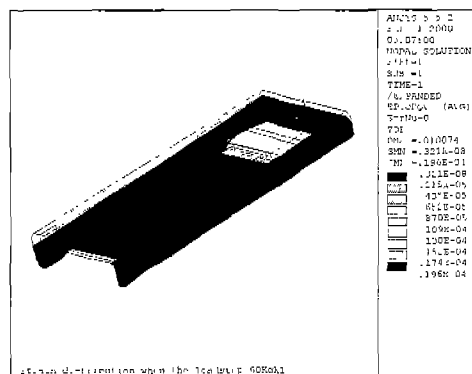


Figure 4. Strain distribution of the load step 60 kg.

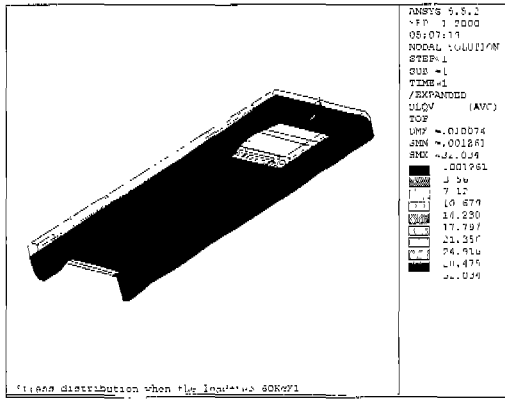


Figure 5. Stress distribution of the load step 60 kg.

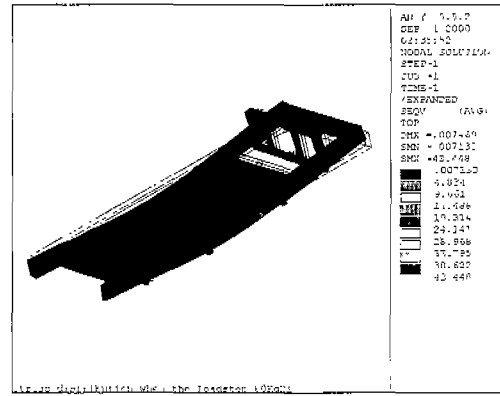


Figure 8. Stress distribution of the load step 80 kg.

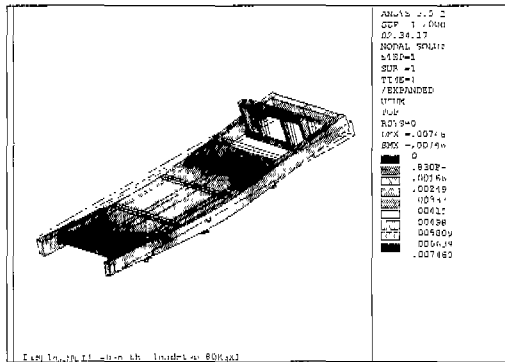


Figure 6. Displacement of the load step 80 kg.

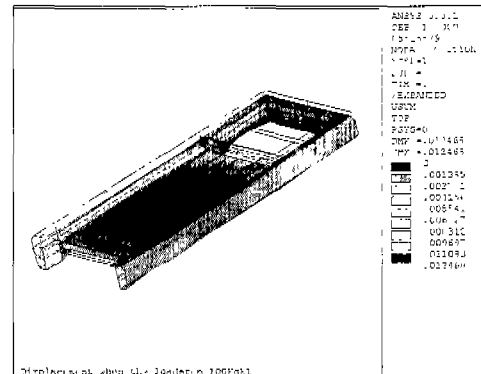


Figure 9. Displacement of the load step 100 kg.

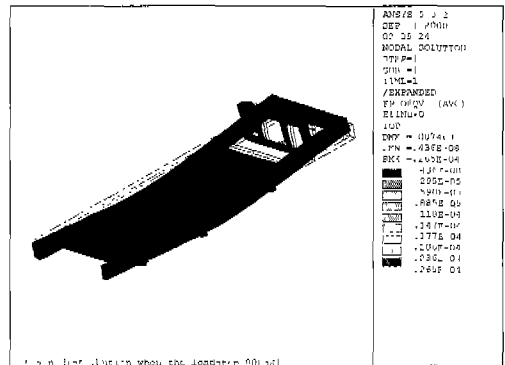


Figure 7. Strain distribution of the load step 80 kg.

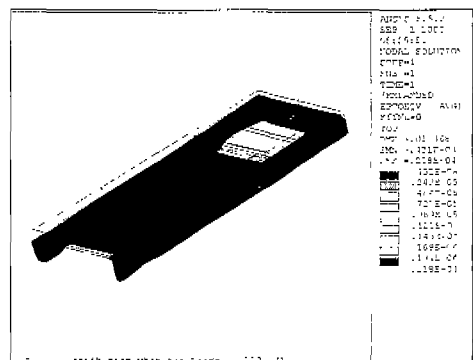


Figure 10. Strain distribution of the load step 100 kg.

### 3.2. 모달해석 결과

런닝머신을 사용하는 사람이 사용시[6] 느끼는 진동과 소음의 원인을 규명하기 위하여 런닝머신 프레임에 대한 진동해석을 수행하였다. 런닝머신의 굽힘 및 비틀림 진동모드는 동적하중이 작용할 때 프레임 진동에 밀접한 관계를 갖는다. 이러한 측면에서 고유진동수들을 해

석하여 굽힘과 비틀림에 대한 1차, 2차 보드를 구한 결과는 Table 3과 같다. Table 3의 결과에서 알 수 있듯이 굽힘 및 비틀림 진동모드는 안전영역에 있음을 알 수 있다.

Figure 12 ~ Figure 15는 Table 3에 표시된 각각의 진동모드에 따라 고유진동수를 나타낸 그림이다.

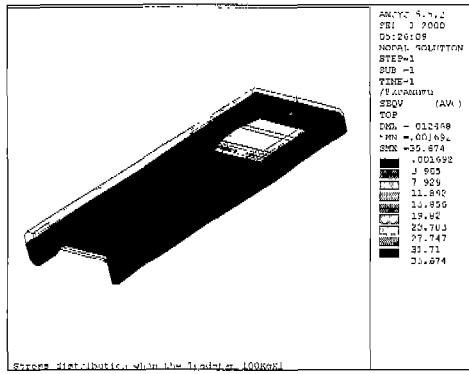


Figure 11. Stress distribution of the load step 100 kg.

Table 3. Modal analysis result for running machine frame (Hz)

1st		2nd	
Bending	Torsion	Bending	Torsion
12.208	3.248	14.958	13.984

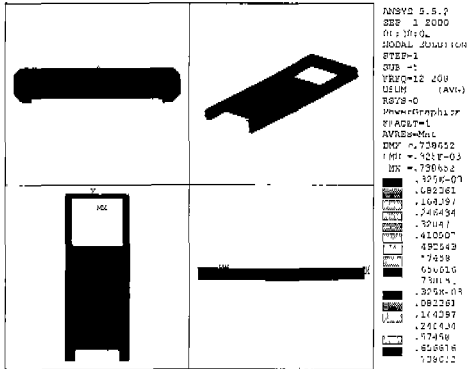


Figure 12. Frequency at first bending.

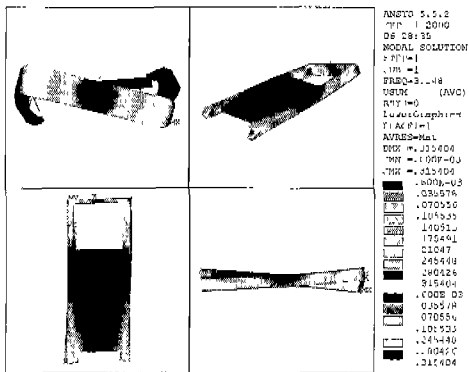


Figure 13. Frequency at first torsion.

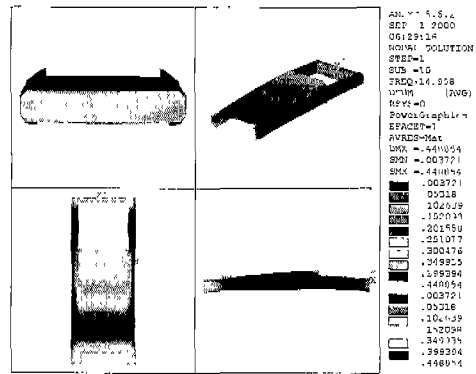


Figure 14. Frequency at second bending.

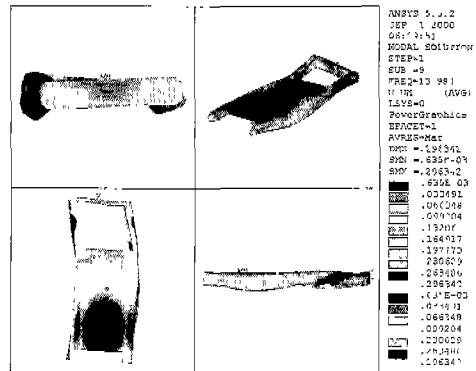


Figure 15. Frequency at second torsion

#### 4. 결 론

유산소 운동기구인 런닝머신 프레임에 대하여 유한요소해석 방법을 이용하여 구조해석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 해석대상 런닝머신 프레임에 대하여 구조해석을 수행하여 변위, 응력, 변형률 등을 구하여 안정성 평가를 하였다.
- (2) 진동해석을 수행한 결과 런닝머신 프레임의 굽힘 및 비틀림 진동모드는 안전영역에 있음을 알 수 있었다.
- (3) 본 해석결과는 최적설계의 입력자료로 활용하여 가정용 런닝머신의 개발에 사용될 예정이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 대호소프트, 중소기업 기술혁신개발사업 최종보고서, 1998.
- [2] ANSYS User's Manual Revision 5.3, Swanson Analysis System, Inc., 1996.

- [3] T. R. Chandrupatla and A. D. Belegundu, "Introduction to Finite Elements in Engineering", Prentice Hall, 1991.
- [4] William Weaver, Jr. and R. Johnston, "Finite Elements for Structural Analysis", PRENTICE HALL, INC., 1993.
- [5] James Shackelford and William Alexander. "Material Science & Engineering Hand Book", CRC Press, 1994.
- [6] Winter, D. A., "Biomechanics of Human Movement", John Wiley & Sons, 1979.