

유한요소해석법을 통한 병원용 전동침대 설계의 안정성 검증 Verifying Stability of the Hospital Electric Bed Mechanical Design using Finite Element Analysis

*곽영찬^{1,2}, 최현호², 김동환¹, #전경진²

*Y. C. Kwak^{1,2}, H. H. Choi², D. H. Kim¹, #K. J. Chun(chun@kitech.re.kr)²

¹서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 나노·IT융합프로그램

²한국생산기술연구원 실버기술연구그룹

Key words : Hospital electric bed, Finite element analysis, bed mechanical design, rack gear, strain gauge

1. 서론

통계청의 ‘2008 고령자 통계’에 따르면 우리나라의 65세 이상 노인인구는 총인구의 10.3%로 고령화 사회에 진입을 하였고, 2026년에는 20.8%로 초고령 사회가 될 것으로 예상하였다. 급격한 고령화에 따라 노인을 실수요자로 하는 고령친화제품의 수요가 늘어나고 있다. 고령친화제품 중 침대는 거동이 힘든 고령자의 수면과 휴식, 식사, 배변 등 대부분의 시간을 보내는 제품으로서 중요성이 증가하고 있다.¹ 침대의 종류는 전동침대와 수동침대가 있으며 고령자가 요양보호사의 별다른 도움 없이도 대부분의 기능 작동이 가능한 전동침대의 중요성이 증가하고 있다. 특히 병원용 전동침대는 거동이 힘든 고령자나 몸이 불편한 장애인을 대상으로 하기 때문에 낙상 등의 위험이 있으므로 전동침대의 떨림이나 하부 안정성은 중요한 설계 요소 중 하나이다.²

하지만 기존의 전동침대에 관한 연구는 단순한 액추에이터 구동방식에 관한 것이나 사용자 편의성에 한정되어 있으며 사용자의 안전과 직결된 침대의 안정성 검증에 대한 관련 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 병원용 전동침대 개발에 있어서 승하강 구동 시 응력 집중이 예상되는 부위에 스트레인 게이지 (Strain Gauge)를 부착하여 안정성을 점검하고 유한요소해석법을 통해 구조 안정성을 검증하였다.

2. 방법

본 연구에서는 한 쌍의 랙 앤 피니언 (Rack and pinion) 기어로 승하강 구동이 가능하도록 개발

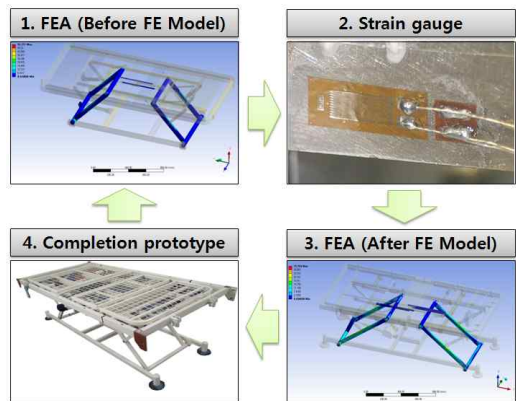


Fig. 1 Development process of the hospital electric bed

중인 병원용 전동침대 시제품을 이용하여 안정성 검증을 실시하였다. 개선 전의 병원용 전동침대 FE 모델에 대한 유한요소해석을 실시하여 베드부 상단에 하중이 부여될 경우 전동침대의 전반적인 응력분포 경향성을 파악하였다. 이 과정을 통해 제작된 병원용 전동침대 시제품에서 하중이 직접적으로 전달되는 주요 부위에 대하여 스트레인 게이지를 부착 후 안정성 진단을 실시하였다. 이때 진동이 발생하는 부분을 Weak point라고 가정하고 이 부분에 대한 소재 두께 보강 및 디자인 변경을 통해, 최종적으로 완성된 병원용 전동침대 FE 모델에 대하여 유한요소해석을 실시하였다 (Fig 1).

2.1 유한요소해석을 이용한 안정성 검증

유한요소해석의 경우 병원용 전동침대 구조 개선에 따른 응력 분포 경향을 보기 위해 FEM 범용 프로그램인 Ansys Workbench v.12.1 (Swanson Analysis Systems, Inc., USA)을 사용하였다. 개선

전-후의 동일한 해석 조건을 위하여 베드부의 지상고는 일상적인 병원용 침대의 지상고 (540mm)로 동일하게 적용하였고, 유한요소해석 시 주요 부품의 해석조건은 Structural Steel (Density: 7,850kg·m⁻³, Poisson's Ration: 0.3) 로 선정하였다. Mesh는 Ansys Workbench v.12.1에서 제공하는 Auto mesh Tool을 이용하였으며, 병원용 전동침대 하부 프레임에 Fixed 구속 조건을 부여하였다. 베드부 상단의 Seat back/Seat/Leg rest 부에 총 3000N을 인체 각 분절의 분포 면적에 비례하여 분포하중으로 부여하였다.³ 해석 조건에 따라 주요 부위의 Von Mises 응력변화를 획득하였다.

2.2 스트레인 게이지 측정을 통한 진동 확인
 개선 전 병원용 전동침대의 유한요소해석 결과에 따라 승하강 액추에이터 구동 시 하중이 직접적으로 전달 될 것으로 예상되는 주요 부위 두 곳 (Rack gear support , Support Frame)에 단품의 변형이 이루어지는 방향과 수평 방향으로 스틸용 스트레인 게이지 (제조사: TML, 제품명: FLA-3-11-1L, Gauge Factor: 2.10 ± 1%, Gauge Resistance: 119.8 ± 0.5Ω, Gauge Length: 3mm, Transverse Sensitivity: 0.1%)를 부착하였다. 병원용 전동침대에 부착 된 원격조종장치를 이용하여 15mm/sec의 일정한 속도로 최저 지상고 (290mm)로부터 최대 지상고 (715mm)까지 2회에 걸쳐 승하강 구동을 하였다. 스트레인 게이지를 통해 입력된 신호는 4채널의 Dynamic Strain Recorder (제조사: TML, 제품명: DC-204R Dynamic Strainmeter, Gauge Resistance: 60~1000Ω, Frequency response: DC to 10kHz)를 이용하여 실시간으로 데이터화 하였다.

3. 결과

스트레인 게이지의 검출 데이터 분석 결과, 승하강 구동 간에 Rack Gear Support에서는 최대 339. μ strain의 진동 차이가 발생하였으며, Frame에서는 최대 235.07 μ strain의 진동 차이가 발생하는 것을 확인하였다 (Fig 2).

최대 Von Mises 응력은 Rack Gear Support에서 개선 후 8.98MPa로 개선 전 33.85MPa보다 약 73.5% 응력 감소 효과가 있었고, Frame에서는 개선 후 33.25MPa로 개선 전 55.97MPa보다 약40%의 응력 감소 효과가 확인되었다 (Table 1).

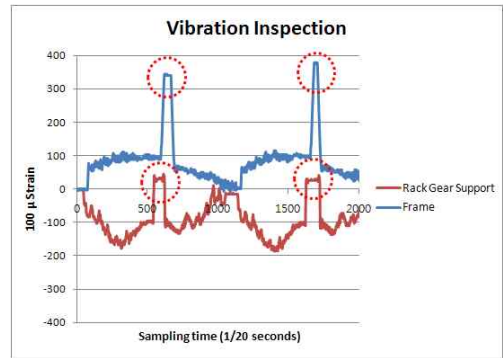


Fig. 2 Graph of vibration inspection using strain gauge

Table 1 Comparison of maximum Von-Mises stress between before and after in weak point

	Before	After
Rack Gear Support	33.85 MPa	8.98 MPa
Support Frame	55.37 MPa	33.25 MPa

4. 결론

본 연구에서는 병원이나 요양원 등에서 필수 보유 품목인 병원용 전동침대 개발에 있어서 스트레인 게이지를 이용하여 Weak point를 확인하였다. 이 결과를 토대로 Weak point에 대한 기구적 설계 보완을 하였고 개선 전보다 Von Mises 응력이 개선 된 것을 정량적으로 확인되었다.

향후 고령친화용품 개발 시 스트레인 게이지를 이용한 안정성 검증 방법이 적용 될 경우 제품의 안정성을 높여 완성도 높은 제품 개발이 가능 할 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 기획재정부의 기관고유임무형 역량 강화과제 (과제번호: EO-12-0007)로 수행된 연구 결과임.

참고문헌

1. 김지열, "노인 계층 소득 특성과 고령친화산업," 경영경제연구, 33(2), 73-98, 2011.
2. 강병기, 정광태, "전동침대의 인체측정학적 분석과 높이에 따른 기립 동작의 기초 연구," 대한인간공학회, 28(4), 125-137, 2009.
3. 박수찬, 박세진, "한국인 성인 (20~39세)의 신체 분절 특성에 관한 연구," 체질인류학회지, 9(1), 91-99, 1996.