Narrow Mandible Plate 구조 해석과 피로 시험에 관한 연구
Study on structural analysis and fatigue test for Narrow Mandible Plate

*김성진[1], #박찬희[1], 박상수[2], 서영수[1], 양균의[3]
*S.J.Kim[1](ksj@camtic.or.kr), #C.H.Park[1] ,S.S.Park[2], Y.S.Seo[1], G.E.Yang[3]
[1](사)전북대학교 자동차부품금형기술혁신센터, [2](주)TDM, [3]전북대학교

Key words : Mandible plate, Structural analysis, Fatigue test

1. 서론

하악골 재건용 금속판(이하 Mandible plate)은 외상이나 종양 등에 의해 발생한 하악골 결손부 수복 방법중 하나로서, 타이타늄(Cp-Ti)을 주 재료로 사용하고 있다[1]. Mandible plate 는 하악골의 재건용으로 사용되기 때문에 기능적, 기계적, 형태적인 회복을 만족시켜야 한다[2]. 이를 위하여 최근에는 재료보다는 형상에 대한 연구가 많이 진행되고 있으며, 이에 따라서 임상 시험 전 컴퓨터를 이용한 유한요소 해석 혹은 피로 실험이 중요하게 요구 되어 지고 있다.

본 연구에서는 Mandible Plate를 개발하기 위하여 실제 4-P Bending Test 시 가압 속도인 5mm/min을 고려하여 구조 해석을 수행하고 이를 기반으로 피로 시험을 수행하고자 하였다.

2. 본론

2.1 Mandible plate 구조 해석

개발된 Mandible plate의 피로 해석 시, 실제 sliding이 발생하므로, 접촉 조건 적용 시 sliding이 가능하도록 적용하였다. 하중 조건은 상부 2-P에 의해 가압되는 조건으로 실제 bending test 가압속도를 고려하여 5mm/min의 강제변위를 적용하였다. 경계 조건으로 하부 2-P 고정되도록 fixed support 조건을 적용하여 plate를 지지하도록 하였다.

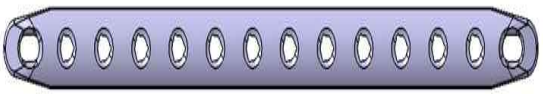

Fig.1 Model geometry for FEM analysis

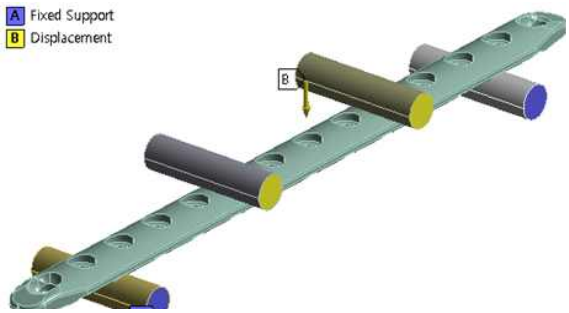

Fig. 2. Load and boundary condition

해석 시 적용된 mandible plate의 기계적 물성치는 Table 1과 같다.

Table 1. Mechanical properties of narrow plate

Properties	Narrow Plate 14H (Ti-6Al-4V ELI)
Young's modulus, E	113.8 GPa
Poisson's ratio, ν	0.342
Density, ρ	4,430 kg/m3
Yield Strength, σ_Y	790 MPa
Tensile Strength, σ_T	860 MPa

해석 결과 상부 2-P에 의해 가압됨에 따라 29.5초 후 허용강도인 790MPa를 초과하는 응력인 794.93 MPa가 bolt hole에서 발생하였으며 이때 가압된 상부 2-P의 강제 변위는 2.4583 mm이다. 이는 효율적으로 해석을 수행하기 위하여 해당 부분의 fillet을 제거하여 단순화함에 따른 것으로 보이며 실제 bending test를 수행할 경우 해석 결과보다 낮은 응력이 도출될 것으로 판단된다. Fig. 4는 29.5초에서의 상부 2-P가 가압되어 나타난 강제 변위와 이에 따라 mandible plate에서 발생한 응력을 나타낸 것이다.

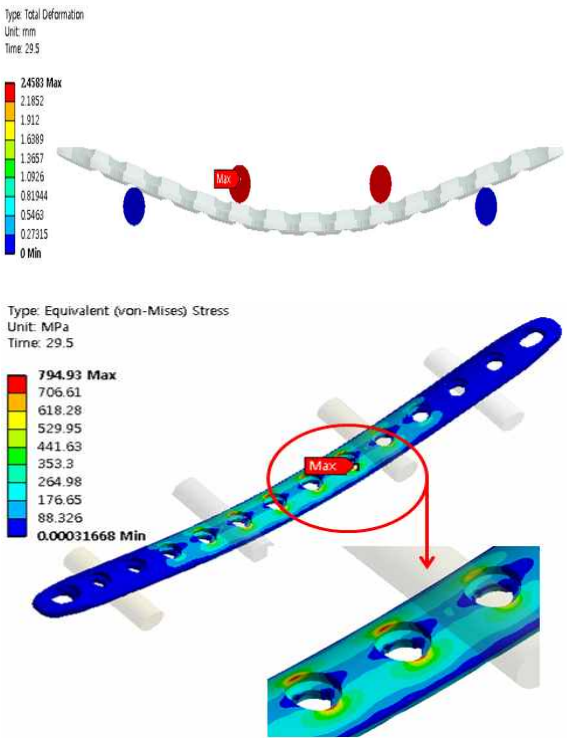

Fig. 3. 2-P Deformation Shape : 2.4583 mm (Scale : 3.9)

2.2 Mandible plate 모델 및 피로 실험

개발된 Mandible plate는 특정 시간 및 최대 하중 범위에서의 피로수명(fatigue life) 이 반드시 파악 되어야 하기 때문에, 이를 위하여 피로 실험을 수행하였다. 피로 시험을 수행하기에 앞서 구조 해석을 통해 도출된 응력이 집중되는 부분을 완화하기 위하여 설계 변경을 진행하여 제작된 Mandible plate를 사용하였다. 피로 시험의 경우 Instron사의 Servo hydraulic test system(8870)을 이용하였으며 ASTM F382 금속제 본 플레이트에 대한 표준 규격 및 시험 방법을 근거로 수행하였다. Fig. 4는 피로 시험을 수행하기 위하여 Mandible plate를 시험기에 장착한 것을 나타내고 있다.

Fig. 4. The picture of real experiment for fatigue life

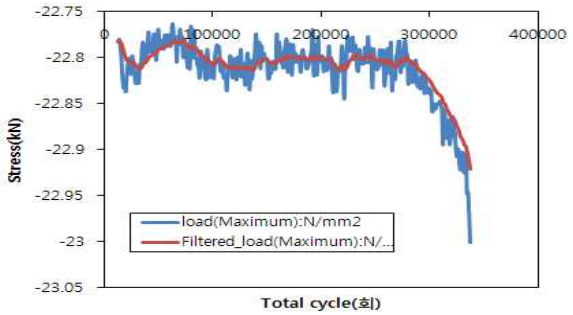

Fig.5 The Results of fatigue experiment

시험 결과 Fig. 5와 같이 약 337,000회에서 파괴가 진행되는 것을 확인 하였다.

3. 결론

본 연구에서는 Mandible Plate 중 Narrow Plate 14H 모델에 대하여 4-P Bending Test를 기반으로 구조해석을 수행하여 응력이 집중되는 부분을 예측하였으며 피로수명을 파악하기 위한 피로시험을 수행하였다. 실험 결과 의료기기에서 요구하는 ASTM F382 금속제 본 플레이트에 대한 표준 규격을 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.

후기

본 연구는 2012년 중소기업청 융복합기술개발사업 지원으로 수행되었습니다.
(과제번호 : S2057656)

참고문헌

1. Reuther JF KN etc, " Primary temporary AO plate reconstruction of the mandible", Oral surgical oral medicine, No. 86, pp.667-672, 1998
2. Abu-Amer, Y., I. Darwech, and J.C. Clohisy, Aseptic loosening of total joint replacements: mechanisms underlying osteolysis and potential therapies. Arthritis Research and Therapy, No. 91, pp. 2007.