

경편기용 정경빔의 형상 최적설계

조순옥, 김제현*, 이부윤**

(재)한국섬유기계연구소, *계명대학교 대학원 기계공학과, **계명대학교 기계자동차공학부

Shape Optimum Design of the Warper Beam

Soon-Ok Jo, Je-Hyun Kim* and Boo-Youn Lee**

Korea Textile Machinery Research Institute, Kyongsan, Korea

*Graduate School of Mechanical Engineering, Keimyung University, Daegu, Korea

**Faculty of Mechanical & Automotive Engineering, Keimyung University, Daegu, Korea

1. 서론

일반적으로 정경이라 함은 정경크릴(warper creel)에서 실을 풀어내어, 설계된 경사 밀도와 폭에 맞추어 경사를 배열하고, 설계된 길이만큼 정경빔(warper beam)에 감는 공정을 말한다. 경편기용 정경빔은 고장력사의 많은 양의 원사를 정경하는데 사용되며, 사의 장력과 무게에 따라 빔 내부에 하중이 크게 작용한다. 따라서 일반적인 경편기용 정경빔의 크기는 대형화 되어 있고, 하중에 따른 변형량을 줄이기 위해 과도한 안전율(두께, 폭 등)에 의해 빔이 설계-제작 되어 있다. 본 연구에서는 상용 소프트웨어를 이용하여 경편기용 정경빔의 정해석을 통해 구조적인 특성을 분석하여 설계 최적화를 수행하도록 하며, 이를 통해 빔의 경량화 및 경쟁력 향상(재료비 절감, 빔 교체시간 단축, 생산성 향상 등)에 큰 도움이 되도록 한다.

2. 본론

2.1. 기존 정경빔의 유한요소해석

정경빔은 플랜지(flange)부분과 배럴(barrel)부분으로 나눌 수 있으며, 두 부분을 용접하여 Fig. 1과 같은 형상으로 빔을 제작한다. 정경에 사용되는 사는 일정한 장력으로 빔에 감기면서 배럴에는 빔 중심 방향의 압축력이 작용하고, 플랜지에는 바깥쪽 방향의 측면압력이 작용한다. 압축력은 모든 위치에서 동일한 반면, 측면압력은 배럴과 플랜지의 경계 반경 위치에서 최대값을 가지며, 플랜지의 반경이 증가할수록 원사의 적층이 적어지므로 측면압력도 작아진다. 이러한 사장력에 의한 압력 때문에 정경빔에는 응력과 변형이 발생하게 되는데, 본 연구에서는 상용 구조해석 소프트웨어인 ANSYS를 이용하여 정경빔의 구조적인 특성 확인 및 최적설계를 수행하도록 한다.

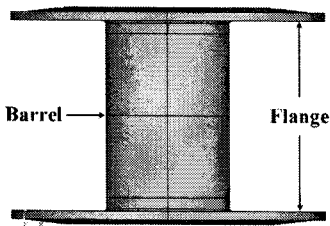


Fig. 1 Warper beam

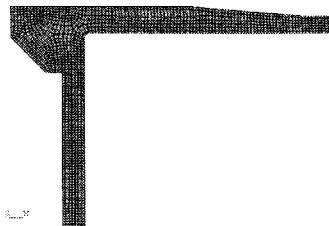


Fig. 2 Finite element model

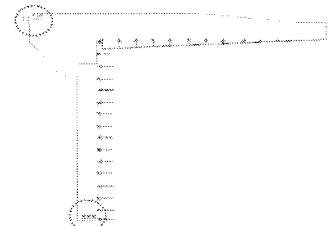


Fig. 3 Boundary condition

정경빔을 최적설계를 도출하기 위해서는 우선적으로 기존 모델에 대한 구조해석(정해석)을 실시하여야 하며, 이를 위해 Fig. 2와 같이 정경빔 단면에 대한 축대칭(axisymmetric) 유한요소모델을 생성하

였다. 이때 배럴의 압축력은 균일압력으로, 플랜지의 측면압력은 선형구배를 갖는 압력으로 Fig. 3과 같이 경계 및 하중 조건을 설정하였다.

이와 같은 경계조건을 이용하여 구조해석을 수행한 결과는 다음과 같다. Fig. 4의 변위 분포를 확인해 보면 플랜지 끝단부에서 최대 변형이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이때 발생한 최대 변형량은 0.66 mm로 플랜지에 가해지는 측면압력에 의해 Y축 방향으로 변형이 발생한다. Fig. 5에 나타난 응력 분포를 확인해 보면 플랜지와 배럴의 코너(fillet) 부분에서 최대 응력이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이때 발생한 최대 응력은 124 MPa로 정경빔 재료의 항복강도가 150MPa인 것을 감안할 때 안정적이기는 하나, 정경빔의 무게가 무겁고 재료비의 부담이 커서 비경제·비효율적이므로, 무게와 최대 응력은 줄이면서 구조적으로 안정적인 정경빔의 설계 최적화가 필요하다.

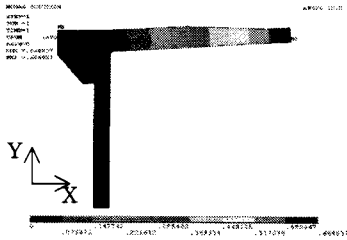


Fig. 4 Deformation of warper beam

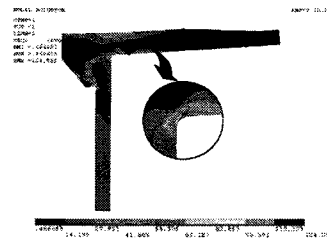


Fig. 5 Stress distribution of warper beam

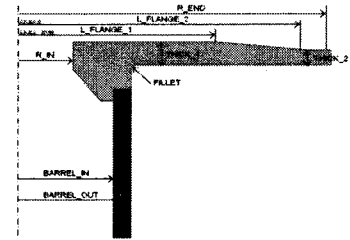


Fig. 6 Shape design variables

2.2. 최적설계

최적화 해석을 통하여 최적설계를 구현하기 위해서는 형상설계변수(shape design variable)의 변화에 따라 요소분할이 자동적으로 재구성되는 과정이 필요하다. 따라서 정경빔의 각 치수를 매개변수(parameter)화 하여 Fig. 6과 같이 형상설계변수를 정의하였다. 상태변수는 정경빔의 최대 변위와 최대 응력으로, 최소화할 목적함수는 정경빔의 질량으로 설정하였다. ANSYS의 Optimization module을 사용하여 최적화 해석을 수행하였으며, 기존설계와 최적설계의 형상을 비교하여 Fig. 7에 나타내었다. 최적설계는 기존설계에 비하여 최대 응력이 35%, 질량이 17% 감소하였다. 기존설계와 최적설계의 상태변수와 목적함수를 비교하여 Table 1에 나타내었다.

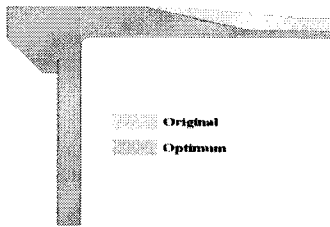


Fig. 7 Optimum shape

Table 1 Comparison of the original and optimum designs

	Original	Optimum	비고
Max. deformation(mm)	0.66	0.66	동일
Max. stress(MPa)	124.04	80.17	35% 감소
Total mass(kg)	86.27	71.45	17% 감소

3. 결론

본 연구는 정경빔의 구조해석을 통해 설계적인 문제점을 평가하고 경량화된 정경빔의 최적설계를 도출하였다. 최적설계는 기존설계에 비하여 최대 변형량은 동일하면서, 최대 응력은 35% 감소하고, 무게는 17% 감소한 결과를 나타내었다.

4. 참고문헌

(1) Y. G. Kim and Y. S. Seo, "A Study on the Analysis of the Warper Beam considering Friction", Journal of the Korea Fiber Society, Vol. 38, No. 2, 2001.