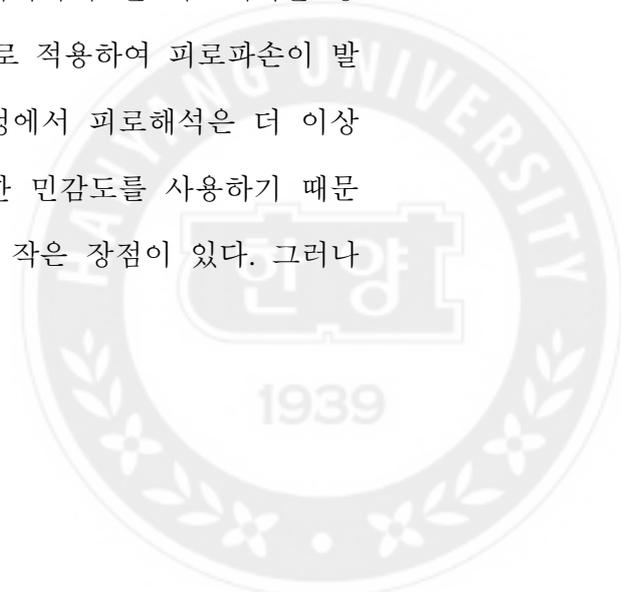


요지

최근 자동차 산업의 강화된 연비 규제를 만족시키기 위해 부품의 경량화를 위한 노력이 진행됨에 따라 기계 및 구조물의 요구성능을 만족하면서 경량화하기 위한 최적설계 기법들이 발전해 왔으며, 그 중 위상 최적화 기법은 기존 설계에 의존하지 않고 최적 형상의 도출이 가능하여 기존에 없는 혁신적인 설계를 제안하는 방법으로 개념설계에 주로 적용된다. 그러나 컴플라이언스나 고유 진동수와 같은 구조물의 전체적인 특성을 나타내는 물리량을 고려한 위상최적설계 기법의 연구는 많이 수행되었지만, 응력이나 피로 같이 구조물 형상의 국부적인 변화에 민감한 물리량을 고려한 위상최적설계는 아직 연구 초기단계에 있다.

본 논문에서는 연구 초기단계에 있는 고주기 피로를 고려한 경량화 위상 최적설계를 수행하기 위해 두 가지 방법으로 제한조건을 제안하였다. 첫 번째 방법은 피로하중에 대한 임계피로응력(critical fatigue stress)이고, 두 번째 방법으로 피로손상(fatigue damage)이다.

임계피로응력이란 피로파손의 발생 여부를 판단하는 기준이 되는 값으로 구조물에 단위 하중이 가해졌을 때의 응력값과 비교하여 피로파손 여부를 판단하는데 사용된다. 임계피로응력은 최적설계를 시작하기 전 피로해석을 통해 결정되고 응력기반 위상최적설계의 제한조건으로 적용하여 피로파손이 발생하지 않는 최적 형상을 도출한다. 최적설계 과정에서 피로해석은 더 이상 수행되지 않고, 비교적 계산이 간단한 응력에 대한 민감도를 사용하기 때문에 피로손상제한 위상최적설계 기법보다 계산량이 작은 장점이 있다. 그러나



응력에 대한 설계 민감도를 통해 최적화가 진행되기 때문에 피로파손을 발생시키는 상한 응력값을 넘지 않는 구조물을 설계하여 피로파손이 발생하지 않는 경량화된 구조물을 설계는 가능하지만 피로파손의 특성을 반영한 설계민감도를 사용하지 못하는 한계가 있다.

피로손상제한 위상최적설계는 피로파손에 대한 설계 민감도를 직접 계산한 후 이를 사용하여 최적화를 수행하는 방법이다. 따라서 최적설계 과정에서 피로해석을 매번 수행해야 하며, 민감도 계산 또한 응력에 대한 민감도 계산보다 매우 복잡하다. 피로해석 과정 중 피로 파손 이론을 통해 피로강도를 계산하는 과정에서 미분 불가능한 연산이 사용되어 설계 민감도를 계산하기 어렵기 때문에 이를 해결하기 위해 미분 가능한 연산으로 근사하여 설계 민감도를 구할 수 있도록 하였다. 비록 임계피로응력제한 위상최적설계 문제에 비해 계산량이 많고, 응력값보다 설계변수의 변화에 더 비선형적인 특징을 갖는 피로손상을 고려하여 최적설계를 수행한다는 단점이 있지만, 피로해석을 바탕으로 계산한 피로손상에 대한 민감도로 최적화 방향이 결정되기 때문에 피로의 특성을 반영한 방향으로 최적화를 진행하여 결과 형상을 도출하는 장점이 있다.

본 논문에서 제안한 두 가지 기법의 적용 가능성을 검증하기 위해 피로파손이 발생하지 않으면서 구조물의 경량화를 위한 외팔보 설계와 MBB보의 설계를 다양한 피로하중에 대해 수행하여 최적 형상을 도출하였다.

