

FEM을 이용한 직물의 압축변형 해석

정영진, 강태진, 이재곤

서울대학교 공과대학 섬유고분자공학과

직물의 압축성질은 직물의 태와 깊은 관련성이 있다는 사실은 오래 전부터 알려져 왔으며 이를 해석하려는 노력이 있어왔다. 그러나 직물 압축 변형시 고려되어야 하는 실과 실사이의 접촉문제, 실의변형을 입체적으로 묘사 하여야하는 난이성때문에 직물압축특성의 중요성에도 불구하고 이론적 모델이 개발되지 못하였다. 현재까지의 연구들은 직물압축특성에 어떠한 요소들이 영향을 미치는지에 대한 실험적 관찰과 통계적 분석에 중복적으로 집중되어져 왔다.

본 연구에서는 FEM(유한요소법)을 이용하여 직물을 3차원적으로 모델링하여 직물의 구성인자가 직물의 압축특성에 어떻게 영향을 미치는지를 연구하였다. 이를 위하여 먼저 직물의 기하학적 모델을 결정하여야 하는데, 본 연구에서 사용한 모델은 Gosh가 제안한 것으로서 coupling된 14개의 미분방정식과 이동경계조건으로 구성된다. 이 식들로부터 직물의 기하를 얻은 후에 실을 유한요소화 하여서 직물의 3차원 단위구조를 형성하였다. 이와 함께 실과 실사이의 접촉문제를 다루기 위한 요소(interface element)들을 형성하였다. 실은 3개의 층으로 이루어지며 여기에 사용된 요소는 15개의 절점을 갖는 Triangular prism과 27개의 절점을 갖는 Brick element이다. Brick element는 면에 접촉문제를 다루기 위한 절점들을 가지고 있다. 직물에 압축력을 전달하기 위한 Rigid Plate도 유한요소화 하였으며, 직물의 밑면과 윗면 두곳에 위치시켰다. 직물 밑면에 위치한 판은 고정시켜서 직물이 압축방향으로 Rigid motion을 하지 못하도록 하였으며, 윗면의 판을 조금씩 움직임으로서 직물이 압축되도록 하였다. 이러한 과정은 시스템에 적절한 경계조건을 부여함으로써 이루어졌다.

이러한 모델로부터 탄성영역에서의 직물의 압축저항을 계산하였으며, 직물 단위구조(unit cell)의 압축저항은 직물의 밀도에 비례해서 증가하지 않음을 알 수가 있었다. 이는 직물의 압축저항이 직물의 기하와 밀접한 관계가 있음을 알려주는 것으로서, 직물의 기하는 크럼프, 경위사 밀도, 실의 직경 등과 같은 요소에 의해서 결정되는 것임을 고려하면 직물의 압축특성도 이러한 요소들에 의해서 복합적으로 영향을 받는 것임을 알 수가 있었다. 또한 본 연구에서는 압축된 직물의 응력-변형률 분포를 구하여 이에 관한 해석도 수행하였다.