

X-ray Computed Tomography で解析した ニードルパンチ不織布構造の引張変形に伴う変化

(信州大・繊維) ○長谷川洋平, 外崎響, 尾家大資, 金慶孝, 大越豊

【緒言】 ニードルパンチ不織布とはウェブをバーブと呼ばれる切り込みのついた針で繰り返し突くことで機械的に交絡させて製造する不織布である。ニードルパンチ不織布の機械的物性はニードルパンチ工程条件である目付量、針密度、針深度を変えることで、形成される不織布内部構造が変化する。しかし、外部からの応力を支える内部構造および変形時の構造変化についてはあまり知られていない。そこで、本研究では針深度を変更して作製した不織布について、引張変形に伴う内部構造変化を X 線 CT 観察により非破壊で測定を行い、不織布の強度発現メカニズムを明らかにすることを試みた。

【実験】 原綿には繊維直径 $40 \pm 3.3 \mu\text{m}$ 、繊維長 51 mm のポリエステル繊維を、針はオルガン針社製 FPD-40 を用いた。ニードルパンチ工程条件は針深度(PD)6.4, 12.7, 19.0 mm、針密度 80 punch/cm²。得られた試料について機械方向(MD)への引張試験を行い、強度と伸度を求めた。また、X 線 CT(Bruker 社、SkyScan1272)の撮影条件は画素数 2452×1640 pixel、画像分解能は 5 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ で、MD 方向への歪 20 % ごとに 3 次元画像を作成した。各試料につき 3 回 X 線 CT 観察を行い、不織布の厚み方向に対する繊維体積分率および繊維の配向度を求めた。不織布の厚みは不織布底面側、上面側で繊維体積分率がはじめて 0.25 % 以上と未満になる断層面をそれぞれ不織布底面、上面とした。

【結果と考察】 Fig. 1 には各 PD で作製した不織布に引張試験を行った際の応力-歪曲線を示す。PD の増加に伴い強度が増加し、PD19.0 mm では伸度も増加する。PD 増加に伴い、応力を支えるブリッジ構造やスティッチ構造が形成された結果だと考えられる。さらに PD19.0 mm では歪 60 % 付近に変曲点が存在し、これ以上の歪で傾きが増加に転じた。Fig. 2 は、PD19.0 mm の不織布について測定した厚み方向への繊維体積分率分布プロフィールである。歪 0 % と比較して応力-歪曲線の傾きが変わる歪 60 % では、厚みが 1mm 以上減少し、繊維が集中する不織布中心部の繊維体積分率が大きくなる。また特に歪 60 % では、不織布の厚みと繊維体積分率に 3 回の測定結果間で大きなばらつきが生じた。このばらつきは、この歪が応力-歪曲線の変曲点付近に相当することに対応する。すなわち、この歪付近で伸びきった繊維が生じ、応力を負担する内部構造に応力が集中し始めると考えている。

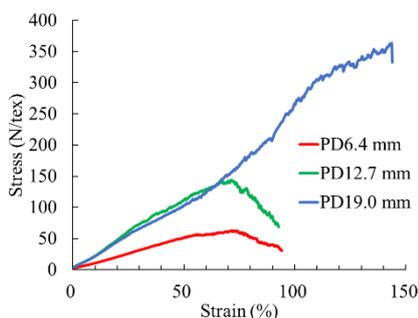


Fig. 1 Stress-strain curve of non-woven fabrics deformed to MD.

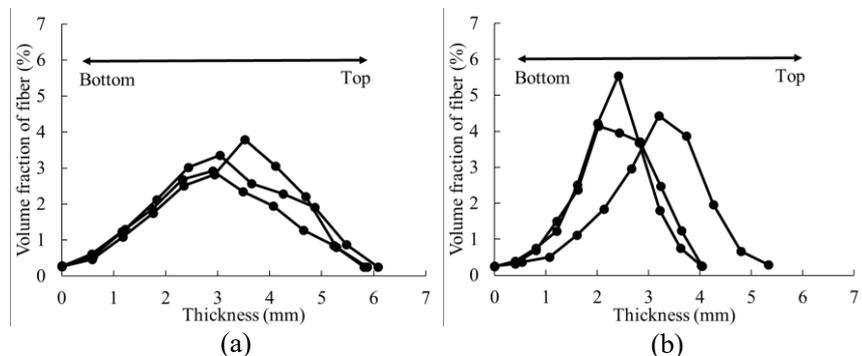


Fig. 2 Fiber volume fraction along the thickness direction. Strain was (a) 0 % and (b) 60 %. Three samples of PD 19.0 mm were analyzed for each condition.