

FRACTAL GEOMETRY를 이용한 직물의 형태 안정성 연구

이재열, 강태진, 정관수
서울대학교 섬유고분자공학과

1. Introduction

직물은 다른 소재들에 비하여 약한 외력에도 매우 쉽게 변형되고, 또한 다시 회복하는 성질을 가지고 있어서 인체에 직접 접촉하는 의복용으로 가장 적합한 유연성 소재로서 인류 역사와 함께 이용되어져왔다. 하지만 사용 중 발생하는 구김이나, 봉제 시에 발생하는 심퍼커등은 직물이 가진 점탄성에 기인하는 현상으로서, 그 외관상의 가치를 저하시킨다. 따라서 구김이나 심퍼커를 억제하여 직물의 형태적 안정성을 획득하려는 노력들이 계속되어져왔다.

이런 목적에 부합하는 연구 분야 중의 하나는 새로운 섬유 소재나 가공 처리제, 새로운 공정 처리법 개발의 분야로서, 그 성과로 세탁 후에도 다림질이 필요하지 않은 면이나 모제품들을 선보이고 있으며, 또 다른 분야는 직물의 형태적 안정성을 정확하고 객관적으로 측정하려는 분야이다. 특히 가장 문제가 되는 구김과 심퍼커의 원인과 메커니즘을 규명하고 측정하여 개선책을 제안해 보려는 연구가 각각 진행되어져왔는데[1,2,3,4,5], 본 연구에서는 fractal geometry를 이용하여 구김과 심퍼커를 함께 측정하여보고, 많은 직물 소재들의 결과에서 나타난 특징들을 정리하였다. 특히 박창규[3]등이 제안한 심퍼커의 5가지 형상 파라미터들의 변화가 fractal dimension에 미치는 영향을 알아보았다.

2. Experimental

2.1 시료

직물에 구김을 가한 후 그들의 구김의 정도를 AATCC Test Methods 88B[6]에 따른 standard wrinkle replica와 비교하는 방법으로 등급을 매긴 후 각 등급에서 5개씩을 무작위 추출하여 총 25개를 구김 실험 시료로 삼았고, 심퍼커 시료는 AATCC Test Methods[7]에 따른 standard seam pucker replica와 비교하는 방법으로 등급을 매긴 후 각 등급에서 5개씩을 무작위 추출하여 총 25개의 심퍼커 실험시료로 삼았다. 본 AATCC Grade법은 시료와 표준 replica와의 육안 비교 판정법으로, 1등급은 구김이나 심퍼커가 가장 심한 것을 의미하고 5등급으로 갈수록 평탄해지는 시료이다.

2.2. 실험과정

Laser scanning system이나 image analyser로 획득한 시료 표면의 3차원 좌표에 대한 정보를 이용하여 Pentium상에서 cube counting method와 cross sectional method법[8,9]

에 의한 fractal dimension을 측정하였다. Cross sectional method란 fractal surface를 단면으로 잘랐을 때 생기는 fractal curve가 원래의 fractal surface보다 1이 작은 fractal dimension을 가진다는 원리로서, 본 실험에서는 Fig.1.과 같이 X, Y, Z방향으로의 단면을 생성시켜서 실험해 보고 원래 표면의 cubical fractal dimension값과 비교해 보았다.

Cube counting method와 cross sectional method에서 격자의 크기는 2×2픽셀에서 시작하여 10×10픽셀까지 변화시켜가면서 실험을 행하였다.

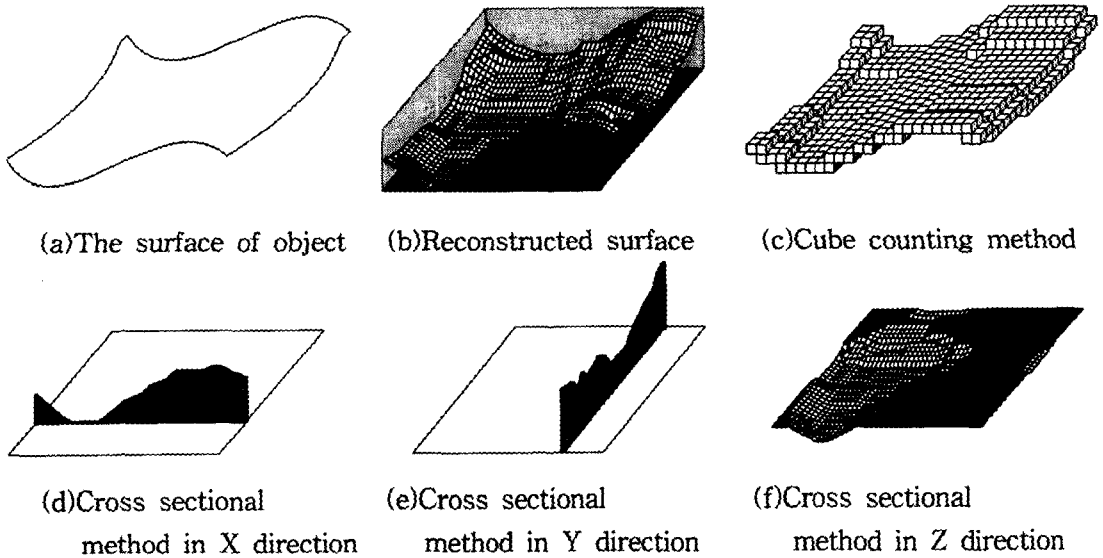


Fig.1. The process of the cube counting method and reduced cross sectional method for the rugged fabric surface

3. Results and Discussion

Fig.2.는 AATCC seam pucker grade 3등급인 심퍼커 시료의 cube counting method에 의한 double logarithm plot이다. unit cell length(l)와 점유된 unit cell의 개수(N)는 매우 강한 상관성을 가지며 그 fractal dimension은 2.012이다. Cross sectional method에 의한 fractal dimension은 X, Y, Z방향으로 각각 1.007, 1.008, 1.083의 값을 보였으며, cube counting method와는 대략 1의 차이를 가지는 것을 알 수 있다.

직물의 구조는 이상적 fractal surface와 달라서 등방성이지 못하다. 즉, X, Y방향으로는 비슷한 단면을 가질 수 있으나, Z방향으로는 수많은 요철의 피크들로 인해 더욱 복잡한 단면을 가지는 것을 Fig.3.의 시료 단면 그림에서 확인할 수 있다. 또한 직물 시료는 높이가 낮아 Z방향으로는 상대적으로 적은 개수의 단면만을 취할 수 있으므로 실험의 재현성과 자료의 다양성 측면에서는 Z방향의 cross sectional method보다 X, Y 방향이 더욱 바람직하다고 할 수 있다.

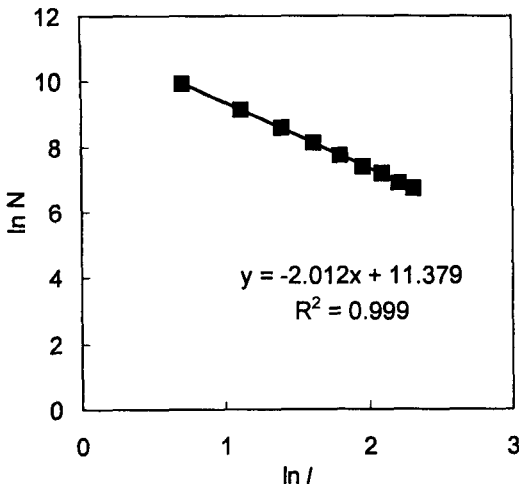


Fig.2. The double logarithm plot between the no. of occupied unit cell(N) and unit cell length(l) of the seam pucker specimen

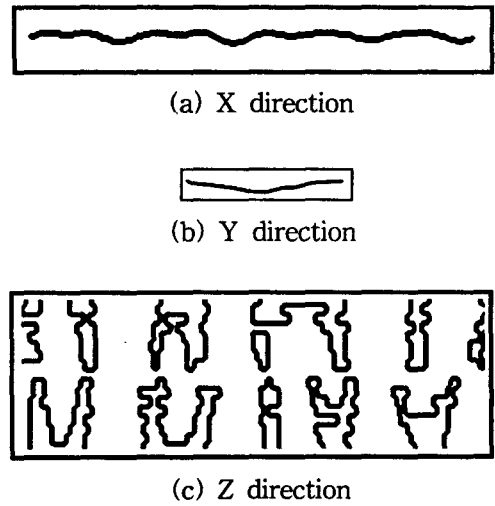


Fig.3. The shapes of cross section of seam pucker specimens in the direction of X, Y and Z

AATCC Grade가 커질수록 시료의 fractal dimension은 작아져서 2에 가까워지는 결과를 보이는데 구김 시료의 경우 2.060에서 2.010, 심퍼커 시료의 경우 2.035에서 2.005 정도의 범위를 보였다. 육안 판정에 의한 주관적인 AATCC Grade보다는 객관적이고 비접촉식인 본 방법을 이용하면 직물의 표면 구김이나 심퍼커를 보다 객관적이고 편리하게 측정할 수 있을 것이다. 따라서 직물 표면의 fractal dimension(FD)을 이용하여 다음과 같이 10단계의 구김 등급(G_w)과 심퍼커 등급(G_{sp})을 정의하면 정량적인 새 기준이 될 수 있을 것이다.

$$G_w, G_{sp} = \frac{10-1}{2.080-2.005} \times (FD-2.005) + 1, \text{ if } 2.005 \leq FD \leq 2.080$$

$$= 1.0, \text{ if } FD \leq 2.005$$

$$= 10.0, \text{ if } 2.080 \leq FD$$

박창규[3]등이 제안한 심퍼커의 5가지 형상 파라미터는 start wave amplitude, end wave amplitude, start wave length, end wave length, no. of wave generating points인데, 각각의 파라미터들이 fractal dimension에 미치는 영향을 알아본다면 퍼커의 발생과 진행에서 평면성을 벗어나도록 만드는 주된 인자에 대하여 더욱 심도 깊은 고찰과 개선이 가능할 것이다. 따라서 5가지 형상 파라미터들의 값들을 변화시켜가면서 fractal dimension을 측정해본 결과 start wave amplitude, end wave amplitude와 no. of wave generating points가 증가할수록 fractal dimension은 커지는 경향을 보였고, start wave length와 end wave length가 증가할수록 fractal dimension은 작아지는 경향을 보였다. 이

것은 wave amplitude의 증가가 표면 요철을 강조시키고, wave length의 증가는 표면 요철의 경사를 완만하게 만든다는 것을 유추하도록 만든다.

4. Conclusion

구김과 심퍼커에 의한 직물 표면의 요철을 정량적으로 측정하기 위하여 fractal geometry를 적용하여 보았다. Cube counting method와 X, Y방향의 cross sectional method는 1의 차이를 보이면서 잘 부합되었으며, unit cell length(l)와 점유된 unit cell의 개수(N)는 매우 강한 상관성을 보였다. 따라서 직물의 구김과 심퍼커에 대한 새로운 등급을 fractal dimension값을 이용하여 제안하였다. 그리고 심퍼커의 5가지 형상 파라미터들과 fractal dimension의 관계도 알아보았다.

5. References

1. Amirbayat, J., Alagha, M. J., "Objective assessment of wrinkle recovery by means of laser triangulation", *J. Textile Inst.*, **87** part1, 349-355, 1996
2. Na, Y. J., Pourdeyhimi, B., "Assessing wrinkling using image analysis and replicate standards", *Textile Res. J.* **65**(3), 149-157, 1995
3. Park, C. K., Kang, T. J., "Objective Evaluation of Seam Pucker Using Artificial Intelligence : Part I, II, III", *Textile Res. J.* (In Printing)
4. Stylios, G., Sotomi, J. O., "Investigation of seam pucker in lightweight synthetic fabrics as an aesthetic property : Part I, II", *J. Textile Inst.*, **84**, 593-610, 1993
5. Xu, B., Reed, J. A., "Instrumental evaluation of fabric wrinkle recovery", *J. Textile Inst.*, **86**, 129-135, 1995
6. AATCC Test Methods 128, "Wrinkle Recovery of Fabrics : Appearance Method", AATCC Technical Manual, 288, 1991
7. AATCC Test Methods 88B, "Smoothness of Seams in Fabrics after Repeated Home Laundering", AATCC Technical Manual, 115, 1992
8. Mandelbrot, B. B., and Passoja, D. E., "Fractal character of fracture surfaces of metals", *Nature*, **308** (19), 721-722, 1984
9. Russ, J. C., "Practical Stereology", Plenum press, New York, pp.124-136, 1991