

웹 핸들링 시스템에서 롤의 비정렬에 의한 웹의 탄성거동해석 Elastic Analysis of Web on Misalignment of Roll in Web Handling System

*서용호¹, #김창완¹

*Y. H. Seo¹, #C. W. Kim(goodant@konkuk.ac.kr)¹

¹ 건국대학교 기계설계학과

Key words : R2R system, Misalignment, Lateral motion, Numerical analysis, Web handling

1. 서론

롤투롤(Roll to roll) 시스템에서 소재가 인장될 때 길이와 폭 방향으로 응력분포와 웹 변형이 발생하게 된다. 웹 핸들링(Web handling) 시 소재 변형이 작으면서도 소재 전반에 걸쳐 균일한 변형이 일어나는 것이 바람직하다. 풀림 롤, 이송 롤 및 감김 롤을 중심으로 웹을 이송시키는 과정에서는 이송방향으로의 장력변동뿐 아니라, 웹의 폭 방향으로의 위치변화가 초래된다. 이러한 소재의 폭 방향으로의 운동을 사행(Lateral motion)이라 하며, 이러한 웹의 사행이 발생하는 원인들은 롤의 반경변화 및 인접한 롤 사이의 정렬 상태불량(Misalignment), 소재 형상의 변형, 롤과 웹 사이의 공기층 유입 등과 같이 소재 자체의 결함과 공정특성에 따른 영향 및 기계적 결함 등의 다양한 원인들이 있을 수 있다. 이러한 원인으로 인해 이송되는 웹은 직진하지 못하고 사행을 겪게 되며, 공정에 따라 사행오차는 웹의 응력분포의 변화량 증가, 소재의 장력 제어 영향 그리고 웹의 주름과 같은 제품의 품질에 결정적인 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 사행을 발생시키는 원인 중 롤러의 정렬 상태불량에 따른 웹의 거동해석을 수행하였다. Fig 1 은 롤의 비 정렬로 인한 웹의 사행현상을 개략적으로 나타낸다. 인접한 아이들 롤러(Idle roller)가 완전 평행을 이룬 상태에서 아이들 롤러의 위치가 장력에 미치는 영향을 최소화하기 위해서 소재가 인장될 때의 스패(Span) 길이 비율에 따른 웹의 폭 방향 응력분포를 유한요소방법을 이용하여 해석하였다. 그러나 실제 시스템에서는 롤러를 완전히 정렬 시키기가 어려우며, 정렬이 잘 된 롤러도 운전이 반복됨에 따라 정렬 불량 상태에 놓이게 된다. 따라서 롤러가 비 정렬 되어있는 경우에 대해 스패 길이 변화에 대한 응력분포를 유한요소방법을 통해 해석하였고, 또한 롤러의 비 정렬도 크기의 변화에 대한 웹의 거동을 해석하였다.

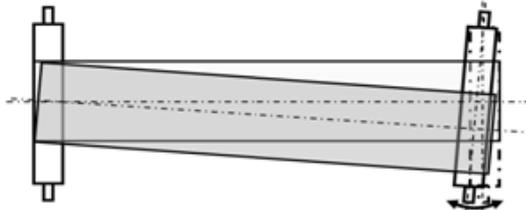


Fig. 1 Lateral motion of web due to the misalignment roller

2. 유한요소해석 모델

Fig 2 는 소재가 인장될 때, 웹 길이의 비율에 따른 소재에 발생하는 응력분포와 변형에 대한 유한요소해석을 위한 경계조건과 웹의 형상을 나타낸다. 웹과 롤러의 접촉, 롤러의 회전 그리고 웹의 이송속도를 고려하지 않는 가정하에 정적 구조 해석을 수행하였다. 아이들 롤러 사이를 해석범위로 정하였다. 두 개의 롤러는 잘 정렬되어 완전 평행을 이룬 상태라고 가정하였고, 웹의 입구 측과 출구 측은 웹의 진행 방향으로 균일한 하중이 작용된다고 가정하였다. Fig 3 은 롤의 정렬상태 불량에 따른 소재의 거동해석을 위한 경계조건과 기하학적 형상이다. 일정한 비 정렬도가 주어졌 상태에서 스패 길이를 변화시키면서 웹의 폭 방향 응력해석을 수행하였다. 또한 스패 길이의 변화에 대하여 롤

의 기울어진 양을 나타내는 비 정렬도(δ)의 크기에 따른 웹의 탄성거동해석을 수행하였다. 롤의 비 정렬도로 인한 장력의 작용방향은 기울어진 롤과 수직 방향(Normal entry law)으로 균일한 하중이 작용한다고 가정하였다. 유한요소 해석에 사용한 재료물성치와 웹의 형상에 대한 내용을 Table 1 에 정리하였다.



Fig. 2 Boundary conditions and Geometric model for numerical analysis according to ratio of web width and span length

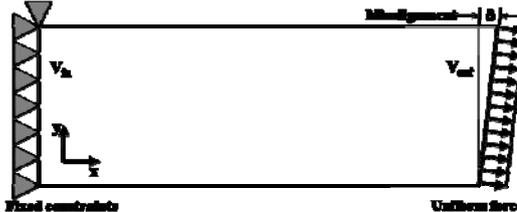


Fig. 3 Boundary conditions and Geometric model for numerical analysis according to misalignment

Table. 1 Material properties and Geometric information

Item	Value
Young's modulus (Pa)	4.41×10^9
Poisson's ratio	0.33
Web thickness (μm)	50
Web width (m)	1.0
Span length (m)	1.0, 1.5, 3.0, 5.0, 10.0
Misalignment length (μm)	50, 100, 200, 300, 500
Web tension (N/m)	100

3. 결과

스패 길이의 비율이 커질수록 변형분포가 길이 방향으로 균일해지는 것을 Fig 4 을 통하여 확인할 수 있다. 동일한 구속조건과 웹에 작용하는 장력, 소재 단면적을 가질 경우 스패 길이가 증가할수록 응력분포 및 변형이 균일해진다 할 수 있다. 소재가 인장될 때 스패 중간영역에서는 응력분포가 일정함을 의미한다. Fig 5 을 보면 비 정렬도가 커질수록 변형량 분포의 비 대칭성이 커짐을 확인할 수 있다. 비 정렬도가 커질수록 폭 방향 응력분포의 편차는 커지고 소재의 끝 단에서는 폭 방향으로 인장과 압축이 나타나게 된다. 이는 웹의 폭 방향 압축응력으로 인하여 주름 발생의 원인이 될 수 있음을 암시한다. Fig 6 은 스패 길이에 따른 비 정렬도의 영향을 나타낸다. 동일한 비 정렬도를 갖는 웹에서는 스패 길이가 길어질수록 그 영향은 상대적으로 작다는 것을 알 수 있다. 롤에서 떨어져 있는 스패의 중간영역에서는 비 정렬도에 대한 압축응력이 작아진다.

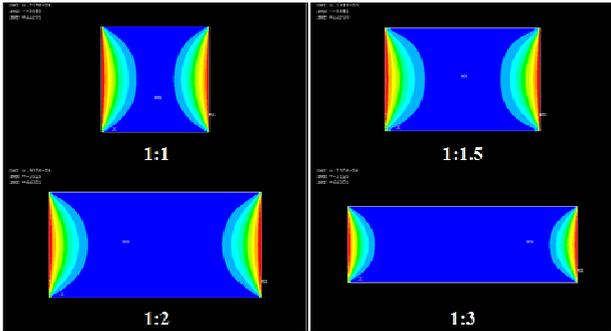


Fig. 4 Stress distribution according to the change of span length in cross machine direction

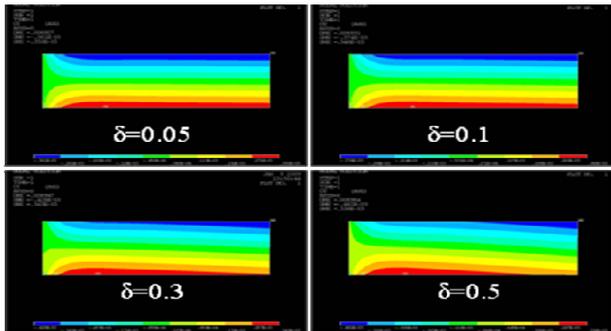


Fig. 5 Deformation distribution according to the change of misalignment in cross machine direction

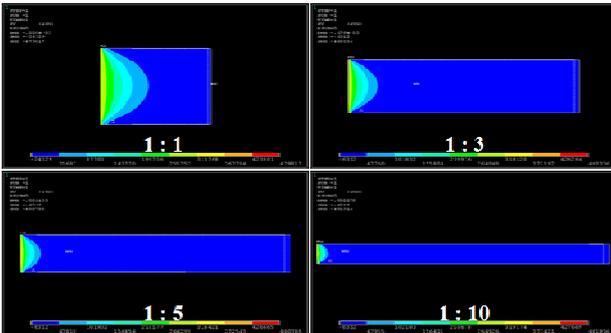


Fig. 6 Stress distribution according to the change of misalignment in cross machine direction

4. 결론

본 논문에서는 사행을 발생시키는 원인 중 롤러의 정렬 상태 불량에 따른 웹의 거동해석을 수행하였다. 비 정렬도가 커질수록 변형량 분포의 비대칭성이 커짐을 확인할 수 있다. 또한 웹의 출구 측 끝 단에서의 폭 방향 응력분포에 대한 해석 결과는 스패ん 길이가 길어짐에 따라 응력이 한쪽으로 편중되어 분포하는 경향이 작아짐을 알 수 있다. 즉, 스패ん 길이가 작을수록 롤에 근접한 폭 방향 응력이 불균일함을 의미하며 그로 인하여 주름 발생과 같은 제품 품질에 악영향을 줄 수 있다는 것을 제안한 유한요소해석을 통해 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 웹과 롤러 사이의 접촉 조건을 고려 하지 않은 단순한 모델로 해석을 수행하였으나 추후 접촉조건과 다중 스패ん을 고려한 사행해석을 진행할 예정이다.

후기

본 논문은 2009 년도 “서울시 산학연 협력사업(10848)”, “BK21 ST-IT 융합공학인력 양성사업단”, “정부(교육과학기술부)의 재원으로 국제과학기술협력재단(No. K20701040597-07A0404-05110)”의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. David R. Roisum., 1996, “The Mechanics of Rollers,” Tappi Press, pp. 155 ~ 159.
2. K. H. Shin., S. O. Kwon., 2007, “The Effect of Tension on the Lateral Dynamics and Control Moving Web,” IEEE Transactions on industry applications, Vol. 43, No. 2, pp. 403~411.
3. J. Shelton, K.N. Reid, "Lateral Dynamics of a Real Moving Web, " ASME Journal Dynamics, Syst. Measurement, Control, 93, 180–186, 1971