

# 후판 이송 시스템 충격 해석 및 저감 설계

## Impact Analysis and Design of Roller Table

\* #오진택<sup>1</sup>, 박현철<sup>2</sup>

\*#J. T. Oh(panny@postech.ac.kr)<sup>1</sup>, H. C. Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 포항공과대학교 기계공학과, <sup>2</sup> 포항공과대학교 기계공학과

Key words : Roller, Deflection, Impact, Impact Energy

### 1. 서론

철강 제품을 생산하는 과정 중 후판을 이송하기 위한 시스템은 롤러(roller)와 롤러를 구동하는 모터로 이루어져 있다. 여기에 사용되는 롤러는 직경이 350~400mm 정도이고 길이는 5m 에 이른다. 이러한 롤러 수백 개가 일정 간격으로 정렬되고 그 위로 후판이 이송되는 라인에서 가장 문제가 되는 점은 롤러 사이의 간격이 넓어짐에 따라 이송되는 후판에 자중에 의해 처짐(deflection)이 발생하고, 그에 따라 롤러와 후판 간의 충돌(impact)로 인하여 롤러의 수명이 단축되고 또한 매우 큰 소음이 발생하여 작업환경을 열악하게 한다는 것이다. 현재 사용되고 있는 롤러는 개당 약 1700 만원 정도의 가격이지만 사용되는 수명은 수 개월에 지나지 않는다. 또한 이송 라인이 위치한 공장 내에서는 충격음에 의하여 120dB 이상의 소음이 야기된다. 1

충돌에 의한 롤러 수명의 단축 및 소음을 개선하기 위하여 가장 좋은 방법은 롤러 사이의 간격을 줄여서 후판의 처짐을 최소화 하는 것이다. 하지만 현재 사용되는 롤러의 가격이 매우 비싸고, 또한 이송 라인을 전체적으로 리빌딩하는 것은 적용하기에 큰 부담이 되기 때문에 현실적으로 가능하지 않다. 일본에서는 이러한 문제점에 대한 해결방안으로 롤러 자체를 충격 흡수가 가능한 형태로 개발하여 사용하고 있으며 소음도 획기적으로 낮춘 상태인 것으로 알려져 있다. 그러나 국내에서는 이러한 방법에 대한 연구가 전무한 실정이다.

본 연구에서는 경제적이면서 현재의 생산 라인에 적용이 가능한 보조 롤러의 설계를 통하여 충격을 완화하여 롤러의 수명을 연장하고 충격 소음을 최소화 할 수 있는 방법을 제안하고 있다.

### 2. Model Definition and Static Analysis

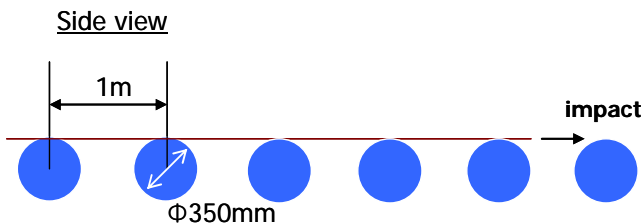


Fig. 1 Model definition on physical domain

Fig. 1 에 실제 모델을 단순화하여 해석을 하기 위한 형태로 간략하게 나타내었다. 판의 이송 과정은 동적 모델로 생각할 수 있지만 실제 현장에서의 이송 과정 중에는 판이 롤러 위에서 이송과 정지를 반복하기 때문에 정적 해석을 통한 판의 끝 단 부분의 처짐 량의 최대값을 구하는 것이 중요하다. 해석 시에 경계조건은 롤러의 중심부에 구속조건을 주고 판과 롤러 표면 사이에 contact 조건을 준 후 판에 자중을 가하여 실제 상황과 가장 유사한 형태로 해석을 수행하였다. 해석에는 ANSYS 를 사용하여 비선형 해석을 수행하였다. 2

판의 두께와 판과 롤러 사이의 위치에 따른 결과를 표 1 에 나타내었다. 판의 두께가 얇을수록 처짐 량이 크게

표 1. 두께 및 길이에 따른 처짐 량 변화 (단위 : mm)

		Length of free state				
		500	600	700	800	900
두께	8	0.923	2.202	4.196	7.097	11.116
	12	0.41	0.979	1.865	3.154	4.941
	20	0.148	0.352	0.671	1.136	1.779

증가함을 알 수 있다. 같은 질량의 판이 롤러에 충돌할 때 처짐 량이 작을수록 충격력이 작을 것으로 예상되기 때문에 판의 처짐 량을 줄이는 것이 중요한 인자가 된다.

### 3. Dynamic Analysis

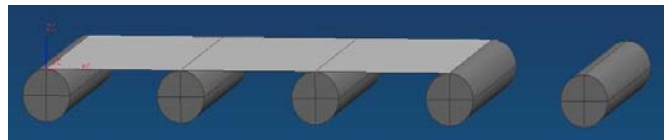


Fig. 2 Model for dynamic and impact analysis

동적 해석 및 충돌 해석을 위한 모델을 Fig. 2 와 같다.

해석에는 LS-dyna 를 사용하였다. 판은 shell 요소, 롤러는 solid 요소로 모델링을 하였고, 경계조건은 롤러의 중심부를 고정시킨 상태에서 판과 롤러의 표면 부분에 surface contact 조건을 준 상태에서 판에 중력과 진행 방향으로 속도를 가하였다. 3

위와 같은 상태에서 판이 1m/s 의 속도로 진행할 경우 끝 단 부분이 처지는 궤적을 판이 진행한 거리와 판의 두께에 따라 구한 결과를 Fig. 3 에 나타내었다.

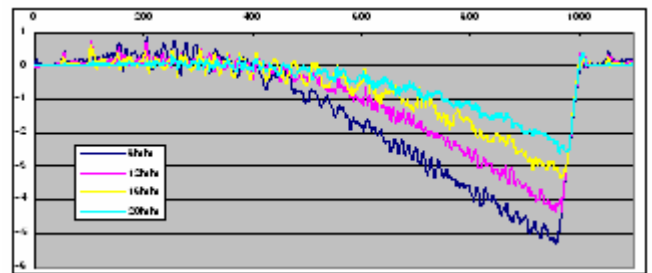


Fig. 3 Profile of plate end (unit : mm)

처짐 량은 정적 해석에서 구한 값과는 다른 경향을 나타냄을 알 수 있다. 판의 두께가 얇을 경우에는 값이 작지만 판이 두꺼워짐에 따라 오히려 증가하는 경향을 나타낸다. 해석의 적절성 여부는 직접 처지는 정도를 고속 촬영을 통한 방법으로 측정하는 방법이 진행 중이다.

충격 량을 줄이기 위한 방법으로 이번 연구에서는 보조 롤러의 설치를 제안하였다. 기본적인 개념은 주롤러 사이에 부가적으로 판이 처지는 것을 받쳐 주는 보조 롤러를 추가하는 것이지만 비용을 절감하기 위하여 크기의 제한을 받으므로 최적의 위치를 선정하는 것이 중요하다. 현재 선정된 보조 롤러의 모델은 Fig. 4 와 같다.

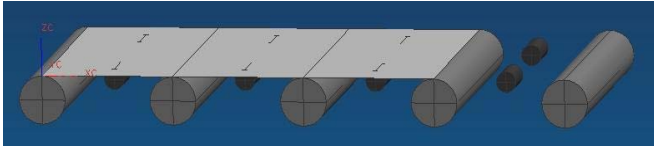


Fig. 4 Design of auxiliary roller

보조 롤러를 설치하였을 경우의 판 끝 단의 처짐에 대한 해석을 수행하여 그 결과를 Fig. 5 에 나타내었다.

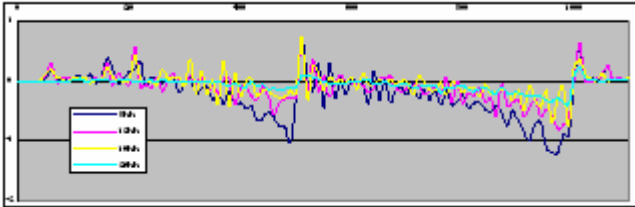
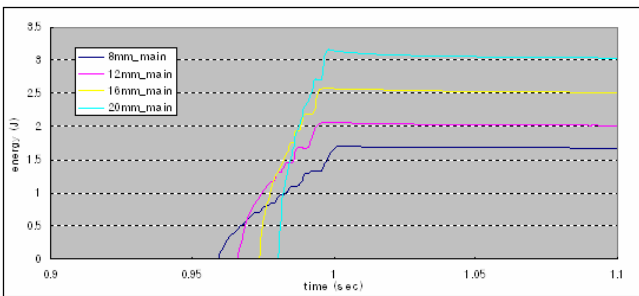


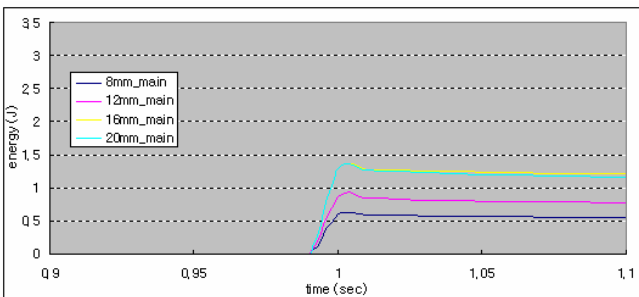
Fig. 5 Profile of plate end with auxiliary roller (unit : mm)

Fig. 5 에서 보이듯이 보조 롤러를 설치함에 따라 끝 단의 처짐 량이 상당히 줄어드는 것을 알 수 있고 이에 의해 충돌 시 발생하는 에너지가 줄어드는 것을 확인하기 위하여 충돌 해석을 수행하였다.

#### 4. Impact Analysis



(a) Energy variation due to Impact (without aux. roller)



(b) Energy variation due to Impact (with aux.roller)

Fig. 6 Impact analysis result between plate and main roller

보조 롤러의 설치 여부에 따라 판과 주롤러의 충돌 시 발생하는 에너지량을 Fig. 6 에 나타내었다. 해석을 통하여 충돌 관련 결과로 에너지와 resultant force 를 얻을 수 있는데 resultant force 의 경우 시간 간격에 따라 그 값이 변하는 단점이 있다. 이번 연구와 같이 두 물체의 충돌 시점을 정확하게 알 수 없는 경우에 resultant force 로 충돌 량을 판단할 경우 오차를 유발할 가능성이 높은 관계로 에너지를 사용하였다. 3

에너지는 kinetic 과 internal energy 로 나눌 수 있는데 이 논문의 결과는 두 개를 더한 total energy 를 사용하였다. 에너지의 변화 경향은 두 가지 모두 total energy 의 변화와 비슷한 경향을 보였고, 이 중에 kinetic energy 는 소음과 연관이 있고 internal energy 는 롤러의 수명과 연관이 있다.

Fig. 6 의 결과를 통하여 보조 롤러를 설치하여 처짐 량을 감소시킴에 따라 충돌 에너지(Impact energy)는 50% 이상 감소함을 알 수 있다.

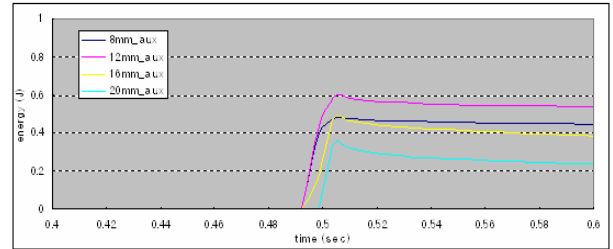


Fig. 7 Impact analysis result between plate and auxiliary roller

기존의 시스템과 달리 보조 롤러를 설치할 경우 새로운 충돌 메커니즘이 판과 보조 롤러 사이에 발생하게 된다. 이 경우 판과 보조 롤러의 충돌로 인하여 발생할 소음과 보조 롤러의 수명이 전체 시스템에 미치는 영향도를 파악하기 위한 충돌 해석을 수행하여 이 경우 발생하는 에너지량을 Fig. 7 에 나타내었다. 앞의 결과(Fig. 6 (b))와 비교해 보았을 때 발생하는 에너지의 량은 더 작은 값이므로 보조 롤러의 설계가 적절함을 알 수 있다.

#### 5. 결론

지금까지 정적, 동적 해석 및 충돌 해석을 통하여 기존의 시스템을 개선할 수 있는 방안에 대한 연구를 수행하였다. 최소의 비용을 통한 최대의 효과를 얻기 위하여 충돌 해석을 통한 최적의 보조 롤러 설계가 이루어져야 한다.

실제 조업 조건에서는 매우 다양한 두께와 길이의 판이 사용되고 이에 따라 롤러의 수명을 단축시키고 소음을 발생시키는 인자가 많아진다. Fig. 6 과 7 의 결과에서 판의 두께에 따라 에너지 발생량의 변화 폭이 틀린 것을 알 수 있다. 이러한 영향도를 모두 고려한 설계를 위해서는 APDL 을 이용한 최적 설계가 고려되어야 한다. 1

충격 량과 롤러 수명 및 실제 소음 수준과의 관계는 아직 명확하지 않은 상태이므로 향후 모델 제작을 통한 실제적인 측정을 통하여 해석 결과와의 비교가 필요하고 두 가지 결과를 통하여 현장에 적용이 가능하다.

#### 참고문헌

1. POSCO 특별지원사업 연구제안서.
2. Release 10.0 Documentation for ANSYS
3. John. O. Hallquist, LS-DYNA Theoretical Manual.