한국소성가공학회 2002년도 금형가공 심포지엄

S ide Rear Member의 스프링백 연구

정완진* · 홍석훈*(서울산업대학교) 박춘달** · 최동근** (현대자동차)

A Study on the Spr ingback of S ide Rear Member

W.J.Chung. S.H.Hong (Seoul National University of Technology)
C.D.Park, D.K.Choi (Hyundai Motor Co.)

Abstract

In this study, springback analysis of side rear member is carried out. Side rear member is one of the parts which shows severe springback problems. Forming, trimming, flanging and springback stages can be analyzed successively. From forming analysis, we identified the possible spots in which tearing may occur and can prevent failure. In springback analysis we used the boundary conditions same as applied to the blank on the checker so that the computational result can be compared with experimental one. Form the comparison, springback analysis can yield relatively good results in a qualitative sense. However, in order to get good deformation result quantitatively, there still remains unsettled tasks in the forming analysis with very small die radius. It is found that we have to develop the element with better bending characteristics and precise contact treatment.

Key Words : Springback, Side Rear Member, Forming, Trimming, Flanging

1. 서 론

최근 차량경량화를 위해 많이 활용되고 있는 고장력강판은 항복응력이 크고 탄성계수가 작은 재료이기 때문에 성형 후 잔류응력 과대에 따른 성형 후의 스프링백 현상이 심각한 문제로 대두되고 있다. 과도한 스프링백량으로 인하여 제품의 치수정밀도 불량 및 외관에 많은 문제가 발생하므로 스프링백 저감 방안을 마련하여 금형개발 기간을 단축하는 작업이 전체 개발일정 중에 중요한 부분으로 부각되고 있다. 판재성형 해석과정은 크게 성형과정과 성형후의 탄성회복(springback)의 두 가지로 나눌 수 있다. 1996년NUMISHEET'96 이래로 스프링백에 대한 연구가 많이 이루어지고 있고 상용S/W에서도 많은 발전이 이루어지고 있으나 스프링백 해석의 신뢰성 확보 부족 및 계산시간 과다로 인해서 본격적으로 적용하기에는 어려운 상황이다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 실제적으로 검토하고 개선사항을 파악하기 위하여 자동차 판넬 중에서 open channel의 하나로 스프링백 문제가 많이 발생하는 side rear member의 연속적인 성형해석 및 스프링백 해석을 수행하여 실험결과와 비교 분석하였다. 해석은 판재성형해석용 S/W인 Z-stamp로 수행되었다.

* 홍길동의 소속
** 김길동의 소속
*** 이길동의 소속

2. 해석 과정

전체 공정은 3단계로 분류된다. 1공정은 전체적인 모양을 성형하는 성형공정이고 2공정은 트리밍 공정, 그리고 3공정은 플랜징 공정으로 구성되어 있다. 해석은 이 연속적인 3공정의 해석 후에 스프링백 해석을 수행하는 순서로 진행하였다. 이러한 일련의 공정의 해석을 1회의 해석으로 수행할 수 있었다.

2.1 성형해석

최초의 성형공정은 punch가 아래에 고정되어 있고 다이가 위에서 아래로 내려오면서 제품을 성형하는 방식이며 홀더가 다이 쿠션에 의해 지지되어 아래로 밀리면서 홀더력을 부가하게 된다. 성형과정은 Binder wrap과 실제 성형의 두 단계로 크게 분류할 수 있다. Binder wrap단계에서는 홀더가 내려오면서 홀딩력으로 블랭크를 다이와 블랭크홀더 사이에 완전히 물리는 과정이다. 최초에 금형의 요소 수는 52107개이고 소재 요소 수는 6608개이며 소재mesh size는 8mm정도로 균일하게 하였다. 성형해석시 2단계의 적응세분화법을 적용하여 성형후 최소 mesh size는 약2mm정도가 되도록 하였다. 실제 금형에서 다이 반경이 2mm이기 때문에 mesh size는 정확한 해석을 위해서는 큰 것이 사실이지만 해석시간이 크게 증가하여 이와 같이 선택하였다. forming 해석 단계에서는 펀치는 고정이 되어 있고 해석의 경제성을 고려하여 다이가 10m/s의 속도로 내려 오면서 성형을 한다. 해석에 사용된 소재 및 금형의 형상을 Fig.1

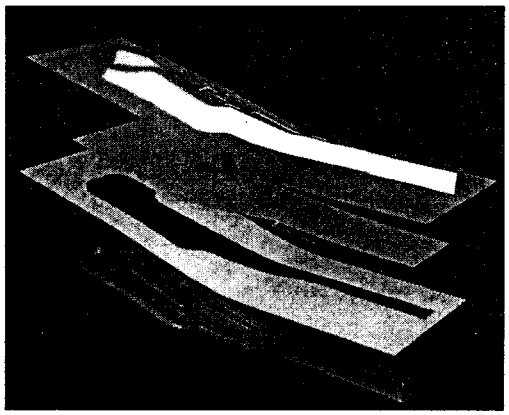


Fig. 1 Blank and tool shapes for forming

에서 볼 수 있다. 해석 후 소재의 유한요소는 적응세분화의 결과로 69,401개로 증가하였다. 해석시간은 P-3 800Mhz 컴퓨터에서 약 7~8시간이 소요되었다. Fig.2에 적응요소세분화 과정이 표현되어 있는 데 인접한 요소의 수직벡터의 각도차이가 일정 값을 넘으면 사각형 요소와 삼각형 요소 모두 4개의 부요소로 분할하도록 되어 있다.

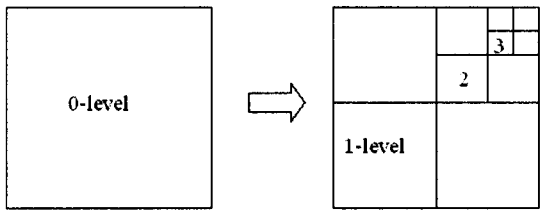
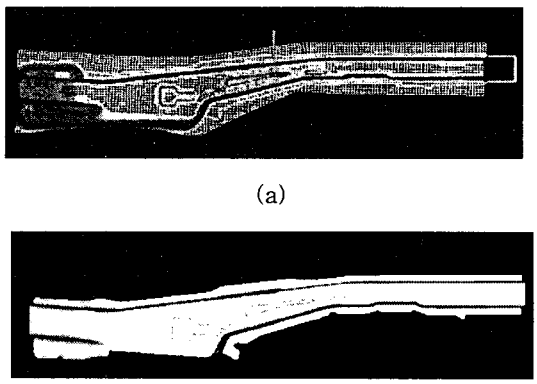


Fig. 2 Adaptive refinement scheme

2.2 트리밍 해석

성형해석의 결과를 트림라인에 의하여 트리밍 해석을 수행한다. 이 때 트림라인은 연속되는 점들의 폐곡선으로 주어진다. 트림라인의 외부를 잘라내고 내부 요소들만 남기게 된다. 이 때 트림라인 상의 요소들은 적응세분화법에 의해 다양한 level을 가질 수 있는 데 이 중에서 가장 높은 level로 세분화된 요소의 level을 따라 세분화를 한 뒤 트리밍을 수행한다. 따라서 트리밍이 끝나고 난 뒤 트림라인에 접한 요소들은 동일한 세분화 level을 유지하게 된다. 이러한 방법은 트리밍 작업을 쉽게 수행할 수 있게 하여 주고 경계부근에 균일한 크기의 요소가 생성되므로 후속해석의



(a)

(b)

Fig. 3 Blank shapes (a)before and (b)after trimming

정확도를 향상시켜 주는 효과가 있다. Fig.3에 트리밍 전 후의 소재 형상을 나타내었다. 트리밍이 수행 된 후의 요소 수는 55,031개였다.

2.3 플랜징 해석

플랜징 공정은 패드로 눌러주면서 캠에 의해서 3개의 금형이 동작하면서 추가적인 성형을 하게 된다. 이 중에서 성형공정에서 성형한 플랜지를 다시 펴서 성형하는 공정이 주를 이룬다. Fig.4에는 성형공정이 수행 전과 후의 소재 형상을 보여주고 있다. 플랜징에 의한 성형해석시 플랜징 금형의 반경이 매우 작기 때문에 요소세분화 level을 3단계로 하여 해석을 수행하여 최소 mesh의 크기가 약 1mm가 되도록 하였다. 이 때 최종 단계에서의 블랭크 요소 수는 124,000개에 달하였다.

(a)

(b)

Fig. 4 Blank before and after flanging

2.4 스프링백 해석

유한요소수가 많고 변형이 복잡한 경우 스프링백 해석은 해의 수렴성이 떨어지고 해석시간이 과다하게 소요되어 수행 결과를 얻기가 쉽지 않다. 본 해석에서는 Z-stamp의 Multi-Frontal 행렬 해석기[(1)]를 활용하여 스프링백 해석을 수행함으로써 대형 모델을 단 시간에 해석하는 것이 가능하였다. 해석시간은 P-3 800Mhz 컴퓨터에서 반복계산 6회에 약 3시간이 소요되었다. 해석에 사용하는 경계조건 설정 시에 유의하여야 할 것은 3차원 상의 6 개의 강체운동을 제거하기 위해 충분한 경계조건을 부여함과 동시에 경계조건으로 인해 추가적인 구속이 발생하지 않도록 하는 것이다. 그러나 본 연구에서는 측정상의 어려움 때문에 실제 현장에서 제품을 측정하기 위해서 활용하는 checker 상의 구속조건을 부여하여 해석하고 이를 측정결과와 비교하기로 하였다. Fig.5에 실제 현장에서 사용하는 checker에 장착된 소재를 보여주고 Fig.6에는 스프링백 해석에 사용한 경계조건을 나타내었다.

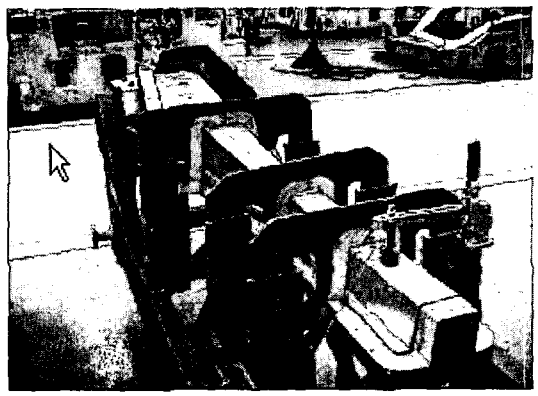


Fig. 5 Side rear member set up on checker

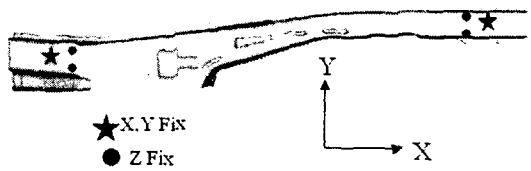


Fig. 6 Boundary conditions in springback analysis

3. 해석결과 검토 및 분석

3.1 성형성 검토

성형공정결과 몇 군데 두께가 얇아지면서 성형성에 주의할 부분을 발견할 수 있었다. (Fig.7) B부위는 해석에서 파단 위험을 초기에 예측하였으며 실험에서도 파단이 발생한 부위이다. A부위는 실험에서는 파단이 발생하지 않았으나 해석에서는 파단을 예측하였다. 이는 소재의 유한요소 크기가 2mm로 다이 반경의 크기 2mm에 비해서 지나치게 크므로 인위적인 마찰이 크게 작용하여서 발생한 결과이다. 유한요소해석에서 절점이 접촉하고 있는 금형의 normal vector(tool normal)를 사용하는 것보다는 소재 메쉬의 평균normal vector(mesh normal)를

사용하는 것이 이러한 현상을 완화시킬 수 있으나 해석 과정에서 소재가 금형형상을 보다 정확하게 따라가도록 penalty상수를 크게 부여하게 되면 A 부위에서 두께가 많이 얇아지면서 파단이 발생하게 된다. Penalty상수를 작게 하면 실제와 같이 파단이 발생하지 않으나 금형의 형상을 잘 따라가지 못하고 침투가 발생하는 문제점을 야기한다. 따라서 본 해석에서 사용한 요소의 크기보다 더 작은 요소를 사용하여야 정확한 성형성 평가를 할 수 있는 것으로 판단되었으나 해석시간 문제로 수행하지는 못하였다. C부위는 주름이 발생할 것으로 예측되어 적절한 가형상을 부가하여 주름을 최소화하도록 하였다.

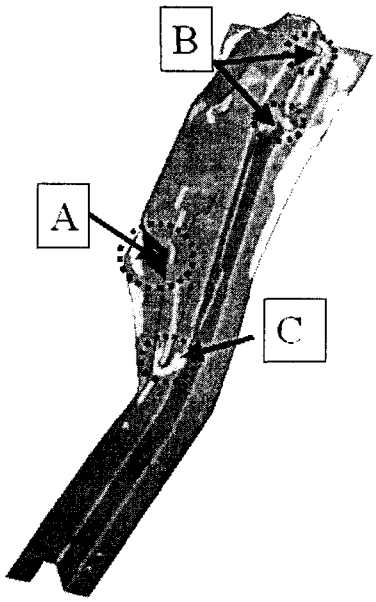
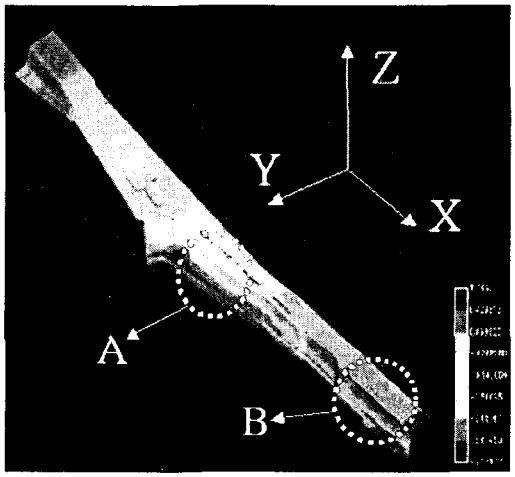


Fig. 7 Boundary conditions in springback analysis

3.2 스프링백 결과 분석

Fig. 8에서 A부위의 플랜징된 주위의 스프링백량이 큰 것을 확인할 수 있고 이는 실제와 잘 부합하였다. 실제 금형에서는 이를 보정량으로 보완하였다. B부위에서 약간의 스프링고가 발생하는 것을 제외하면 전반적으로 스프링백을 보여준다. 해석결과는 실판넬 관리공차 대비 26곳 중 6곳에서 불만족되어 대략 77% 신뢰도를 가지는 것을 알 수 있었다. 정량적으로 볼 때는 아직 정확성에 부족한 점이 있다고 볼 수 있다. 이러한 오차의 원인은 성형해석시 응력 예측 결과가 충분히 좋지 못한 점에서 찾을 수 있다. 현재의 성형해석에서의 mesh size 2mm로는 다이 반경이 2mm인 경우에 좋은 응력 해석결과를 얻기 어렵다. 따라서 작은 다이 반경을 가진 금형을 사용한 성형해석에서도 보다 정확한 해석결과를 얻을 수 있는 해석 방법에 대한 연구가 필요함을 알 수 있었다. 그럼에도 비교적 실제와 부합한 결과를 도출한 것은 현재의 member 변형 중 단면변형은 잘 예측하지 못하더라도 mesh size에 큰 영향을 받지 않는 비틀림 변형을 잘 예측하기 때문인 것으로 파악할 수 있다.

Fig. 8 springback displacement in y-direction



4. 결 론

스프링백이 심한 부품 중의 하나인 side rear member에 대하여 전 공정을 연속 해석하고 스프링백 해석을 수행하여 스프링백 적용의 타당성에 대하여 검토하였다.

성형, 트리밍, 플랜징 후에 스프링백 해석이 원활하게 해석 수행될 수 있음을 보였다. 성형성 검토에 의해 사전에 실제성형에서 발생하는 문제점을 예측하여 보완할 수 있었다. 스프링백 해석 결과, 스프링백 경향과 크기을 비교적 정확하게 예측할 수 있었다. Side rear member와 같이 작은 다이반경을 가지고 있는 부품의 성형해석은 Mesh Normal을 사용하는 것이 보다 우수한 결과를 얻을 수 있으며 접촉처리가 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 작은 다이 반경을 사용하는 경우에 보다 정확한 스프링백 해석결과를 얻기 위해서는 앞으로 요소특성의 개선 및 접촉처리의 개선이 필요하다.

참 고 문 헌

(1) Z-stamp User manual, Cubic Tech Co., 2002