

One-Step Forming 을 이용한 박판성형 해석에 관한 연구

안현길¹, 고희훈², 이찬호³, 안병일⁴, 문원섭,⁵ 정동원[#]

Numerical Study on Sheet Metal Forming Analysis Using the One-Step Forming

H.G. Ahn, H.H. Ko, C.H. Lee, B.I. Ahn, W.S. Moon, D.W. Jung

ABSTRACT

Many process parameters have an effect on the auto-body panel forming process. A well-designed blank shape causes the material to flow smoothly, reduces the punch and yields a product with uniform thickness distribution. Therefore, the determination of an initial blank shape plays the important role of saving time and cost in the auto-body panel forming process. For these reasons, some approaches to estimate the initial blank shape have been implemented in this paper, the one-step approach by using a finite element inverse method will be introduced to predict the initial blank shape the developed program is applied to auto-body panel forming.

Key Words: Auto-body panel(차체판넬), One-step analyzing(원스텝 해석), Finite element inverse method(역유한요소법)

1. 서론

오늘날 박판 성형 공정해석에 컴퓨터를 이용한 해석 프로그램을 사용하는 것은 그리 낮은 일은 아니다. 1970년대 이후로, 컴퓨터의 성능과 수치해석적인 기법들이 빠르게 발전되기 시작하면서 컴퓨터를 이용한 많은 해석프로그램들이 개발 되었고, 직접적으로 산업에 이용되기 시작하였다.

이러한 응용 프로그램들은 제품의 질 향상과 원가절감 그리고 새로운 제품의 빠른 도입을 가능케 하였다. 하지만, 박판 공정은 복잡한 비선형 문제이기 때문에, 공정을 완전히 예측하기에

는 무리가 있었다. 전통적인 증분 유한요소해석(Incremental FEA)이 잠재적인 성형문 제들을 확인하는데 도움이 되긴 했지만, 이것 역시 계산 시간이 오래 걸린다는 단점 때문에 짧은 lead 을 갖는 설계공정에 적용하기에는 적합하지 못했다.[1-5]

이와 같은 문제점을 개선하고자 개발되기 시작한 것이 소성(Plasticity) 변형이론을 사용한 One-step 유한요소해석(One-step FEA)이다.

One-step 유한요소해석이란, 초기 평판 블랭크에서 최종 형상까지 어떠한 중간 과정을 고려하지 않고 직접 변형된다고 가정하여 처리한 것이다. 즉, 중간 과정을 무시했기 때문에 정확한 예측을 한다는 점에서는 다소 어려운 점이 있지만 일반적으로 사용되고 있는 증분형 유한요소 프로그램과는 달리, One-step 유한요소법은 제품 설계단계에서 필요로 하는 정보를 얻기 위해 사용되고 있다. One-step 유한요소법에 대한 연구

1. 제주대학교 기계공학과 대학원

2. 제주대학교 기계공학과 대학원

3. 오토폼엔지니어링코리아

4. (주)다이아트

5. (주)다이아트

제주대학교 기계에너지생산공학부,
jdwcjeju@cheju.ac.kr

로는 초기에 E. Chu[6], S. A. Majlessi[7] 등이 형상 사상 기술을 이용하여 선대칭 딥드로잉 과정을 해석하기 위해 이 방법을 이용하였다. 그리고 최근에는 J. L. Batoz[8], S. D. Liu[9-10], K. Chung[11]등에 의해서 여러 가지 성형조건을 고려할 수 있고, 비선형 변형에너지, 즉 bending - unbending 과 드로우비드를 반영할 수 있는 좀 더 일반적인 One-step 접근이 제시되었으며, 이들의 연구결과들은 현재 산업 현장에서 조금씩 응용되어 지고 있다.

본 연구에서는 One-step 유한요소법에 대한 기본 원리와 수행과정에 대해서 설명하고 상용 프로그램인 Autoform 을 사용하여 차체판넬을 해석해 봄으로써 실제 현장에서의 실용성과 가능성을 알아보고자 한다.

2. 본론

2. 1 블랭크 선정을 위한 초기 추측방법

One-step 유한요소방법을 이용해서 초기 블랭크의 형상을 계산하기 위해서는 먼저, 블랭크의 형상에 관한 초기 추정값이 필요하다. 그것은 초기 블랭크의 형상이 최종형상과 큰 차이를 가지고 있고 역해석이 비선형 해석이기 때문이다. 초기 추정값을 구하는 방법은 다양한 방법이 가능하며 주어진 문제의 형태에 따라 적절한 방법을 선택하여 구하면 된다. 또한, 주어진 형상에 따라 여러 가지 경우를 조합하여 추정값을 구할 수도 있다. 먼저, 가장 쉽게 구할 수 있는 연직 투사법(z-projection)을 이용할 수 있다. 이 방법은 벽면이 거의 수직인 경우는 형상위에 있는 절점들이 겹치게 되므로 전체적인 요소의 크기와 형태가 차이가 많이 생기게 된다. 따라서 Fig. 1 과 같이 벽면이 수직하지 않고 경사가 완만하며, 곡면이 많은 경우에 주로 이용된다.

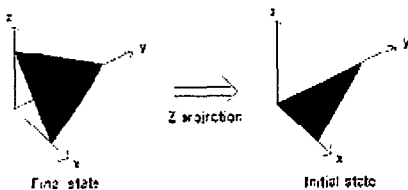


Fig. 1 Transformation of element from the final state to the initial state

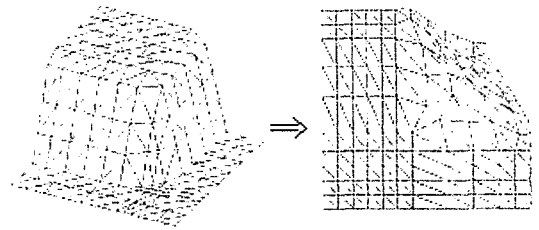
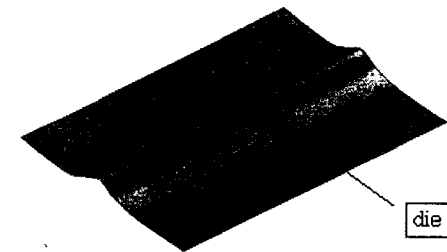
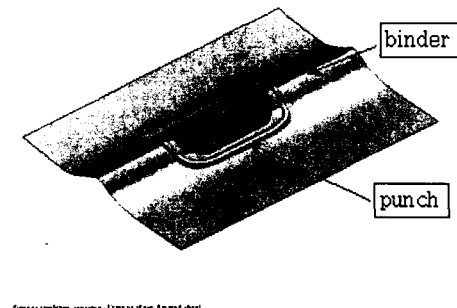


Fig. 2 The blank shape of a square cup using the geometric mapping method (a)schematic view of the square cup (b)calculated initial blank shape

다른 방법으로는 Fig. 2 와 같이 각 절점을 그대로 평면으로 펼쳐서 초기 추측값을 구하는 기하학적 사상법이 있다. 이 방법은 최종 형상의 면적을 동일하게 평면으로 펼치는 것으로 벽면이 수직이든 아니든 상관이 없다.



(A)die of auto body panel



(b)Punch & binder

Fig. 3 tool setting

3. 성형해석

상용프로그램인 Auto-form 을 사용하여 판넬의 두께분포, 주름경향, 성형한계곡선을 나타내어 보았으며 그 결과는 다음과 같다.

Fig.3 에서 A 는 차체판넬의 다이, B 는 바인더와 펀치를 보여주고 있다. 이러한 형상으로 성형해석 하여 그 에 대한 결과를 살펴보고자 한다.

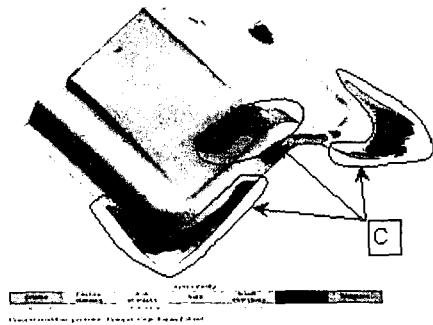


Fig. 4 Wrinkles tendency distribution

Fig.4 는 성형완료단계에서 판넬의 주름분포를 보여주고 있으며 C 구간과 같이 모서리 주위에 주름이 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 주름은 증분 유한요소해석(Incremental FEA)에 서 쿠션행정의 변화와 다이페이스(Die Face) 및 비드크기를 수정하여 보안 가능할 것으로 보인다.

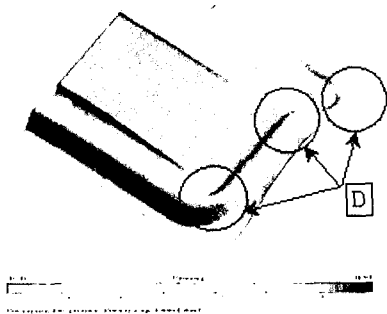


Fig. 5 The thickness reduction rate distribution

Fig.5 는 판넬의 두께분포도를 나타내고 있으며 D 구간에서와 같이 두께의 변화를 보이고 있지만 파단가능성은 보이지 않으며 전체적으로 두께분포가 안정성을 가지는 것을 알 수 있다.

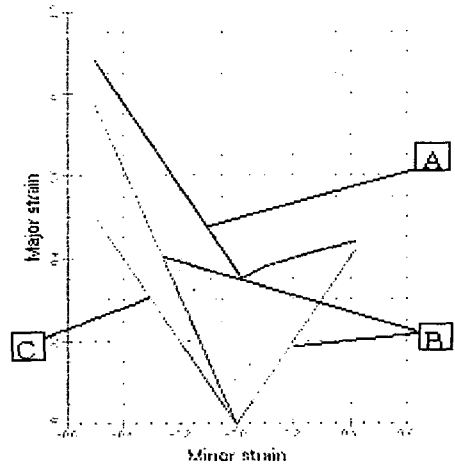


Fig. 6. Formability limit diagram

Fig. 6 는 주름분포와 파단분포에 대한 성형한계 곡선을 보여주고 있으며 A 는 파단구간, B 는 안전성구간, C 는 주름구간을 나타내고 있다. 판넬성형에 따른 성형한계곡선의 결과로 파단분포도를 살펴보면 파단구간을 넘어가지 않으므로써 파단발생이 일어나지 않는 것을 확인할 수 있었고 대체적으로 안전성구간에 분포도를 보이고 있다. 그러나 주름분포에서는 주름구간을 넘어섬으로써 Fig. 4 의 결과와 같이 주름이 발생한 것을 알 수 있다. 이러한 결과로 판넬 성형은 주름발생을 보완하면 대체적으로 안전성을 가지는 것을 알 수 있다.

4. 결론 및 토론

본 논문에서는 One-step 유한요소법을 이용한 차체판넬 성형해석의 결과를 실제 현장에서의 실용성과 가능성을 살펴보았으며 다음과 같은 결과들을 확인할 수 있었다.

One-step 유한요소법을 이용하여 주름분포, 두께분포, 성형한계곡선 등을 가지적으로 쉽게 파악할 수 있었으며, 기존의 방법들에 대비해서 최소 10 배 이상의 빠른 계산속도와 해석결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과를 이용하여 trial and error 를 많이 거치는 제품 설계 과정인 증분 유한요소법을 접목시켜 성형해석하는 시간의 단축과 그에 따른 비용절감을 가져왔다.

5. 참고문헌

- [1] M. Kawka and A. Makinoouchi, 1993 "Shell element formulation of sheet stamping", Proc. NUMISHEET'93. pp.91 -107.
- [2] J. L. Duncan, R. Sowerby & E. Chu, 1985 "The development of sheet metal modelling", in "Computer Modelling of Sheet Metal Forming Process", edited by N. M. Wang & S. c. Tang, pp.1-11.
- [3] 정동원, 양동열, 1996 “차체 스탬핑공정을 위한 스탬형식의 내연적/외연적 결합 유한요소해석”, 한국정밀공학회 제 13 권 제 12 호, pp.86-98.
- [4] 정동원, 이상제 1999 “기하학적 방법을 이용한 초기박판형상 추정”, 한국해양공학, 제 13 권제 3(1)호, pp.12-20.
- [5] 정동원, 이상제 1999 "One-Step FEM 을 이용한 초기 블랭크 형상 결정에 관한 연구", 한국해양공학회, 제 13 권 제 3(1)호, pp.21-28.
- [6] E. Chu, 1983 "New horizons in CAD of Sheet metal stampings", Ph. D. thesis, McMaster University, .
- [7] S. A. Majlessi & D, Lee, 1987 "Further development of sheet metal forming analysis method", ASME J. Eng. Ind. 09 : pp330-337.
- [8] Y. Q. Guo, J. L. Batoz, J. M. Detraux and P. Duroux, 1990 "Finite element procedures for strain estimations of sheet metal forming parts", Intl. j. Numer. Meth. Eng., Vol. 30, pp.1385- 1401.