

One-Step 유한요소법을 이용한 차체 판넬 성형해석에 관한 연구

정동원[#], 이찬호¹

Study of Forming Analyzing Auto-body panel by Using One-Step Finite Element Method

D.W. Jung, C.H. Lee

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, One-step analyzing, Finite element inverse method

1. 서 론

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 개발되었고, 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 예측하기에는 무리가 있었다. 전통적인 증분 유한요소해석(Incremental FEA)이 잠재적인 성형문 제들을 확인하는데 도움이 되긴 했지만, 이것 역시 계산

기간이 오래 걸린다는 단점 때문에 짧은 lead 을 갖는 설계공정에 적용하기에는 적합하지 못하다.[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 연구로는 초기에 E. Chu[6], S. A. Majlessi[7]

1. 오토폼엔지니어링코리아

교신저자 : 제주대학교 기계에너지생산공학부,
jdwcjeju@cheju.ac.kr

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 알아보려고 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 연직투사법(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.

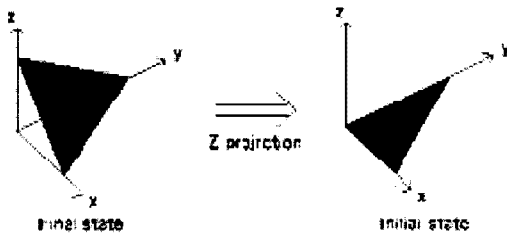


Fig. 1 Transformation of element from the final state to the initial state

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 상관없다.

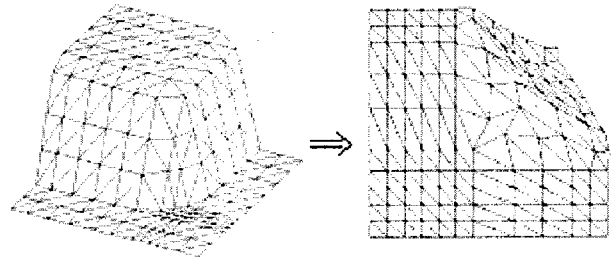


Fig. 2 The blank shape of a square cup using the geometric mapping method (a)schematic view of the square cup (b)calculated initial blank shape

3. 성형해석

차체판넬 CM_RF_CTR_PLR 은 BLANK SIZE 600 mm*300 mm며 여러 굴곡을 가지는 형상으로써 Incremental 방법과 One-Step 방법으로 성형해석하여 그 결과를 알아보았다. Incremental 방법에서 재료 물성치는 Fig. 3, 입력조건은 Table. 1 과 같으며 Fig. 4 는 틀세팅 과정을 보여주고 있다. Cushion height 는 50 mm를 주어 Fig. 5 에서와 같이 성형결과를 나타내었다.

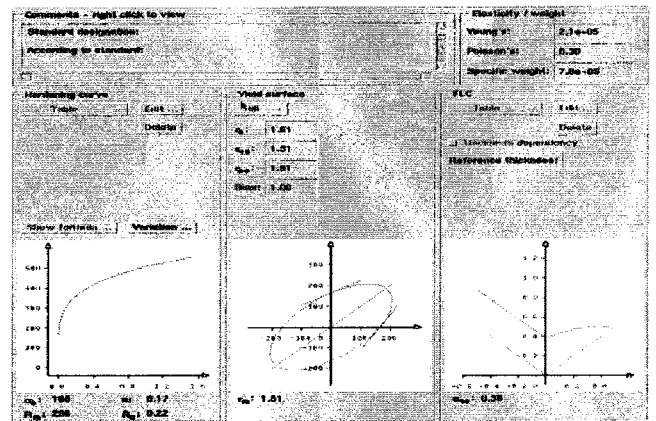


Fig. 3 Material properties

Table 1 Input condition

| material | Initial material thickness | Binder pressure | Bead | CushionHeight |
|----------|----------------------------|-----------------|----------|---------------|
| SPCC | 0.8mm | 30 ton | not used | 50mm |

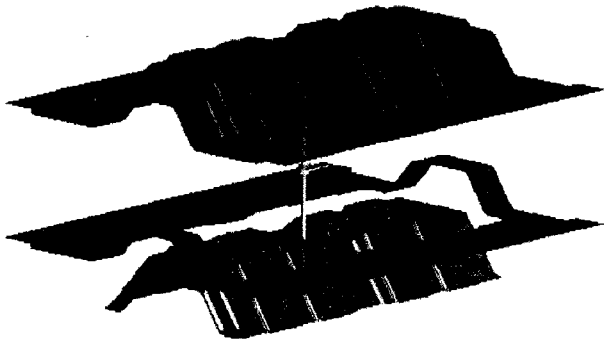
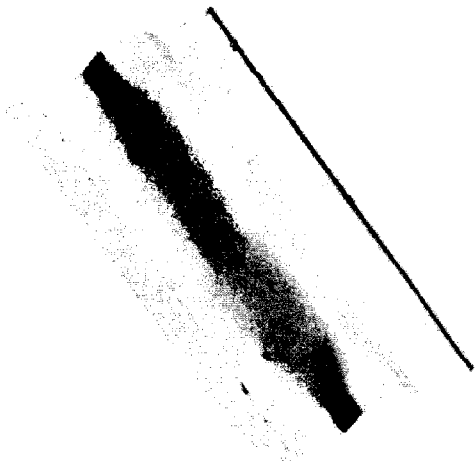
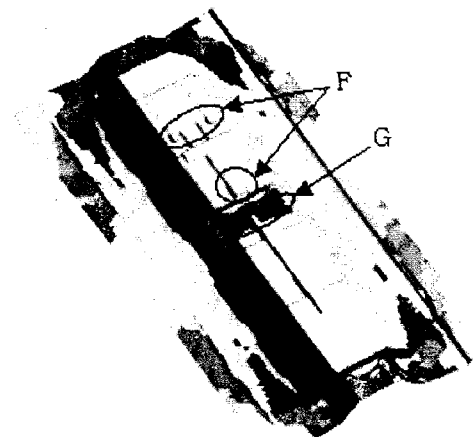


Fig. 4 Tool setting



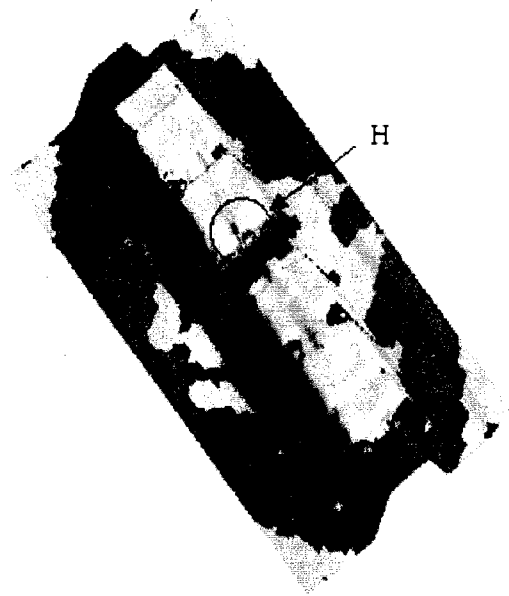
(a) Cushion height 10 mm



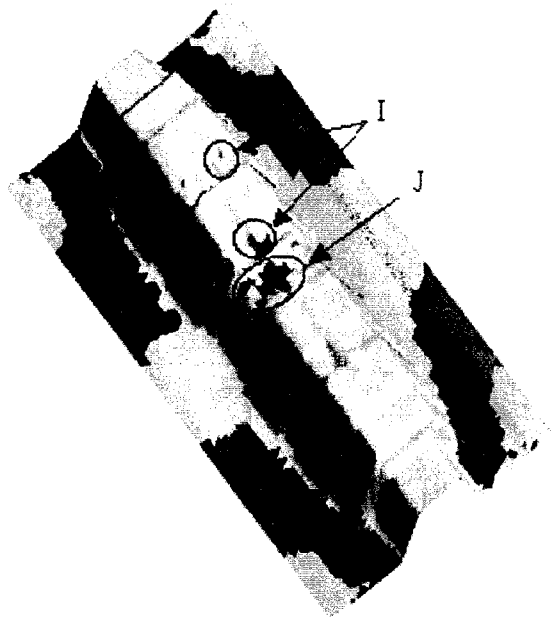
(b) Cushion height 50 mm

Fig. 5 Formability distribution (incremental)

One-Step 방법의 재료 물성치와 두께조건은 Incremental 방법과 같으며 외곽구속조건 free, lock, r0.3, r0.6 에 따른 성형분포도를 Fig. 6 에 나타내었다.



(a) Edge restraint conditions free



(b) Edge restraint conditions r0.3

Fig. 6 Formability distribution (one-step)

4. 결론 및 토론

Incremental 방법으로 성형해석을 해보았으며 계산시간은 PC-Pentium/ 1.5GHz 에서 2520.6 sec(약 42 분) 소요되었다. Fig. 5 의 Cushion height 50 mm에 따른 성형결과를 살펴보면 외곽은 주름과 주름경향이 분포하고 있으며 G 구간과 같이 제품중심부위도 주름경향이 발생하고 있다. 파단은 라운드가 적은 부위인 F 구간에 파단경향과 터짐 현상이 발생하였다. 외곽의 주름문제는 트리밍공정으로 제거되지만 G 구간의 주름문제는 비드 또는 바인더압력의 변화가 필요할 것으로 보이며 파단의 경우는 라운드의 확대 또는 다이페이스 변경이 요구된다. One-Step 방법에서 계산시간은 PC-Pentium/1.5 GHz 에서 약 42.8 sec 소요되었다.

Fig. 6 의 외곽구속조건에 따른 해석결과를 살펴보면 외곽구속조건 free 부분에서 H 구간과 같이 파단경향이 나타나고 r0.3 의 I 구간에서 파단과 파단경향 그리고 J 구간에서 주름이 발생하였다. 이러한 결과로 볼 때 free 상태의 파단은 디자인 재 수정이 요구되며 r0.3 의 주름과 파단의

위치는 Incremental 해석방법의 결과와 거의 흡사한 위치를 나타냄으로써 제품 설계 단계에서 주름과 파단의 문제점을 살펴보고 디자인설계단계에서 수정하여 기존의 Incremental FEM 만을 사용할 때 보다 매우 경제적이고 효율적으로 해석 및 설계업무를 수행할 수 있으리라 판단할 수 있었다.

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 스텝핑공정을 위한 스텝형식의 내연적/외연적 결합 유한요소해석", 한국정밀공학회 제 13 권 제 12 호, pp.86-98.