

One-Step 유한요소법에 관한 연구

안현길¹, 이찬호², 문원섭³, 고창성⁴, 정동원[#]

A Study of One-Step Finite element method

H. G. Ahn, C. H. Lee, W. S. Moon, C. S. Go, 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. 서 론

컴퓨터를 이용한 해석 프로그램들이 실제 산업에 이용되기 시작한 때는 그리 오래되지 않았다. 1970년대 이후로, 컴퓨터의 성능과 수치해석적인 기법들이 빠르게 발전되기 시작하면서 컴퓨터를 이용한 많은 해석 프로그램들이 개발되었고, 직접적으로 산업에 이용되기 시작하였다. 이러한 응용 프로그램들은 제품의 질 향상과 원가절감 그리고 새로운 제품의 빠른 도입을 가능케 하였다. 하지만 기존의 유한요소해석 방법의 한계성 때문에 공정을 완전히 예측하기에는 무리가 있었다. 전통적인 증분 유한요소해석(Incremental FEA)이 잠재적인 성형문제들을 확인하는데 도움이 되긴 했지만, 이것 역시 계산시간이 오래 걸린다는 단점때문에 짧은 lead time 을 갖는 설계 공정에 적용하기에는 적합하지 못했다.[1-5]

다시 말하자면, 유한요소 해석에 있어서 성형가능 해석은 제품과 공정설계(product and process design) 동안에 반복적이고 상호작용적으로 수행되어지는데, 전통적인 증분 해석은 그 사용의 어려움과 계산시간의 과다로 인해서 생산단계(production stage)에서 문제조정 과정(trouble shooting process)에 그리 만족할 만한 성과를 가져다 주지 못했다.

이와같은 문제점을 개선하고자 개발되기 시작한 것이 소성(plasticity) 변형이론을 사용한 One-Step FEM 이다. 간단히 말해서 One-Step FEM 이란, 초기 평판 블랭크에서 최종 형상까지 어떠한 중간 과정을 고려하지 않고 직접 변형된다고 가정하여 처리한 것이다. 중간 과정을 무시했기 때문에 정확한 예측을 한다는 점에서는 다소 어려운 점이 있다. 따라서 해석용으로 사용되고 있는 증분형 FEM 프로그램과는 달리, One-Step

1. 제주대학교 대학원 기계공학과

2. 오토폼 엔지니어링 코리아

3.(주)Deiart

4. 제주대학교 기계·에너지·메카트로닉스학부, 첨단기술연구소

#제주대학교 기계·에너지·메카트로닉스공학과

E-mail : jdwcheju@cheju.ac.kr

FEM 은 제품 설계단계에서 필요로 하는 정보를 얻기 위해 사용되고 있다. 초기에는 E. Chu[6], S. A. Majlessi[7]등이 형상 사상기술(geometric mapping techniques)을 이용하여 선대칭 딥드로잉 과정을 해석하기 위한 One-Step FEM 을 개발하였다. 그리고 최근에는 J. L. Batoz[8], S. D. Liu, K. Chung 등에 의해서 여러 가지 성형조건을 고려할 수 있고, 비선형 변형에너지를 bending-unbending 과 드로우비드를 반영할 수 있는 좀더 일반적인 One-Step 접근이 제시되었다. 이들의 연구결과들은 현재 산업 현장에서 조금씩 응용되어 지고 있다.

본 연구에서는 상용 프로그램인 Autoform 을 사용하여 One-step FEM 과 Incremental FEM 으로 차체 판넬을 성형성해석해 봄으로써 각각의 해석방법의 장·단점과 그에 따른 실제 현장에서의 실용성과 가능성을 알아보려고 한다.

2. 성형해석

Table 1 Computer spec and time of forming analysis (one-step)

User CPU usage	52.15 [sec]
Operating system	Intel(R) Pentium(R) processor 1500MHz
Ram	512MB

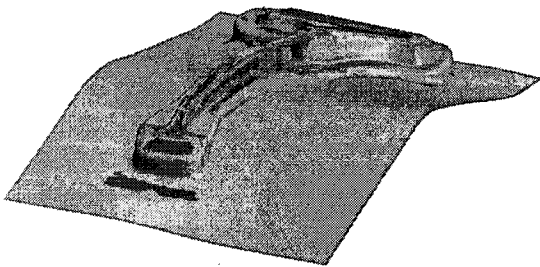


Fig. 1 (a)Blank and binder lap shape

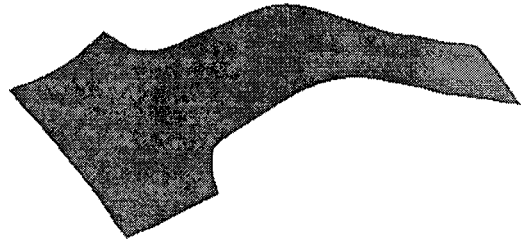


Fig.1 (b)Binder lap setting

Table 1 는 One-step FEM 의 컴퓨터사양과 성형 해석시간을 보여주고 있으며 Fig 1 은 최종형상에서 차체 판넬의 초기 평판블랭크를 예측한 형상을 나타내고 더욱 정확한 성형해석을 위해 자중에 의한 바인더랩을 첨가하여 그 결과를 알아보았다.

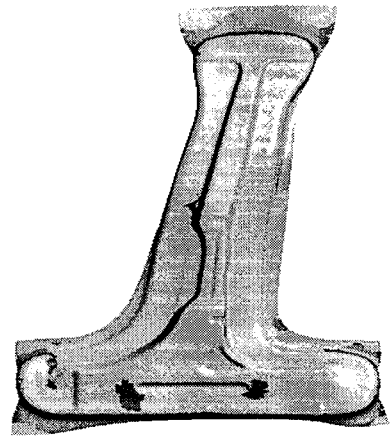


Fig. 2 (a) Formability distribution (Edge restraint conditions r0.15)

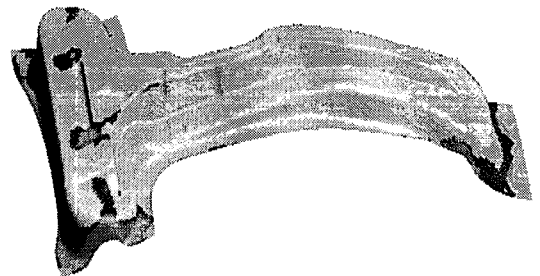


Fig. 2 (b) Formability distribution (Edge restraint conditions r0.15)

Fig 2 는 구속조건 r0.15 을 주어 초기평판 블랭크를 예측했을 때 나타난 성형해석결과를 투영시킨 최종형상으로써 파단과 주름에 대한 문제점을 가시적으로 보여주고 있다.

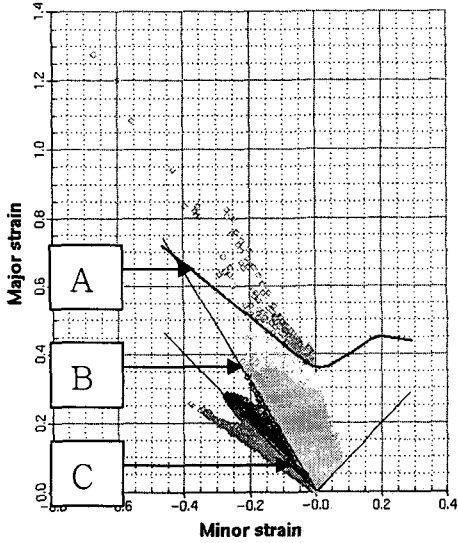


Fig. 3 Forming limit diagram (one-step)

Fig 3 은 one-step 해석에 따른 성형한계곡선이며 A 는 파단구간, B 는 안정성 구간, C 는 주름구간을 나타낸다.

Table 1 과 fig 4 는 증분유한요소법에 따른 성형해석시간과 성형성을 나타내며 one-step 과 비교해 볼 때 해석시간이 68 배 이상 걸리는 것을 알 수 있으며 성형성은 판단과 주름에서 대체적으로 비슷한 양상을 보인다.

Fig 5 는 증분유한요소법에 따른 성형한계곡선으로써 one-step 보다 성형성 분포를 더 상세히 보여주고 있다.

Table 2 Computer spec and time of forming analysis (Incremental)

User CPU usage	3516.3 [sec]
Operating system	Intel(R) Pentium(R) processor 1500MHz
Ram	512MB

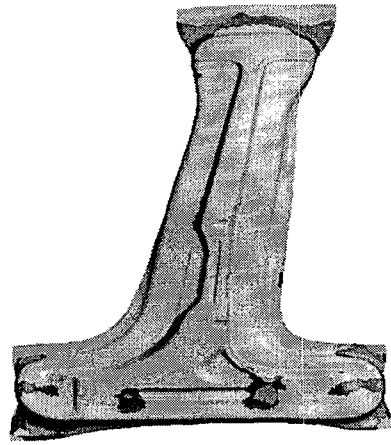


Fig. 4 (a) Formability distribution (Incremental)

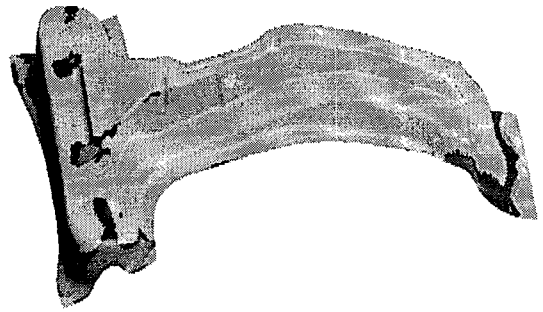


Fig. 4 (b) Formability distribution (Incremental)

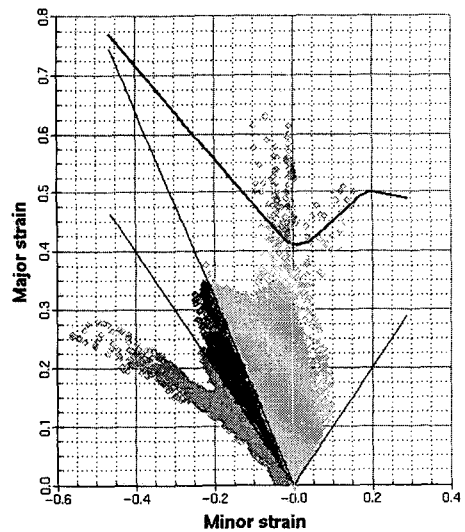


Fig. 5 Forming limit diagram (Incremental)

3 결론

본 연구에서는 산업현장에서 사용되어지는 차체 판넬을 one-stepFEM 과 Incremental FEM 을 이용하여 성형해석해 봄으로써 다음과 같은 결과를 얻을 수가 있었다.

1. One-stepFEM: 중간 과정을 고려하지 않고 직접 변형된다고 가정하기 때문에 정확한 성형성을 예측하기에는 다소 어려움은 있지만 초기블랭크 형상 예측할 수 있는 특징을 가지고 있으며 Incremental FEM 과 비교해본 결과 성형해석 시간이 68 배 이상 빠르며 성형성 분포도에서 파단과 주름의 결과가 비슷한 양상을 보임으로써 빠른 시간안에 성형성의 문제점을 파악하여 try and error 를 줄일 수 있을 것으로 보인다.

2. Incremental FEM- 초기 평판 블랭크에서 최종형상까지 고려하기 때문에 정확한 해를 얻을 수 있지만 과도한 성형해석 시간에 의해 짧은 lead time 을 갖는 설계공정에 적용하기에는 적합하지 못할 것으로 보인다. 이러한 결과로 볼 때 성형해석에서의 여러 변수를 one-stepFEM 을 이용하여 빠른시간안에 변수를 최소화 시킨 다음 최종적으로 Incremental FEM 에 의한 정확한 해를 얻어내면 산업현장의 공정설계에서 능률적인 효과를 보일 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

- [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 스탬핑형식의 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.