

정적-내연적 이론을 이용한 Back Inner 판넬 해석에 관한 연구

고창성¹, 이찬호², 김병식², 문원섭³, 정동원[#]

Study of Analyzing Back Inner Panel Using Static Implicit Finite Element Method

C. S. Ko, C. H. Lee, B. S. Kim, W. S. Moon, D. W. Jung

Abstract

The static implicit finite element method is applied effectively to analyze back inner panel stamping processes, which include the forming stage. Analysis results examining possibility and validity of the formulation and the factor of study are presented. Further, the simulated results for f/apron panel stamping processes are shown and discussed. Its application is being increased especially in the automotive industrial area for the cost reduction, weight saving, and improvement of strength

Key Words : Static-Implicit finite element method, auto-body panel stamping, forming stage, AutoForm

1. 서 론

박판 금속성형은 금속 판재를 이용하여 다량의 형상의 제품을 만드는 것으로 경제적인 측면에서는 가공 중에 소재의 손실이 적고 가공시간이 짧아 낮은 가격으로 대량생산이 가능하고 제품 측면에서는 무게에 비해 강도가 높고 표면 특성이 우수한 장점으로 인해 자동차산업, 항공산업, 전자부품산업과 주방용품 산업 등에서 폭 넓게 적용되고 있다. 하지만 박판 성형은 드로잉, 스트레칭, 굽힘, 아이어닝 및 이들의 조합으로 구성된 복잡한 변형 모드 및 재료 자체의 특성 등으로 인하여 가공 결함이 발생하게 된다.

복잡하고 불규칙적인 곡선 형상들과 박판과 다이 사이의 비교적 큰 상대적인 변위 등의 실질적인 산업 현장 문제들을 해석하기 위하여 보다 신

뢰성 있고 경제적인 해석방법이 요구되고 이런 효율적인 알고리즘을 개발하기 위해선 많은 노력이 필요로 하고 있다. 해의 효율성과 강건성 (efficiency and robustness)은 매우 중요한 요인이다 [1~2].

일반적으로 박판성형 공정은 준정적(quasi-static) 과정으로서 공구나 재료의 관성효과는 무시할 수 있는데, 이를 시뮬레이션 하기 위해서 세 가지 종류의 정적-내연적(static implicit, SI), 정적-외연적(static explicit, SE) 그리고 동적-외연적(dynamic explicit, DE) 방법 등이 쓰인다. 세계적으로, LS-DYNA3D, PAM-STAMP, ABAQUS/Explicit, RADIOSS, 등의 외연적(explicit) 소프트웨어들이 활발히 쓰여지고 있는데, 이는 판재성형에 필수적으로 존재하는 접촉문제를 비교적 수월히 해결하며, 대형 복잡한 문제를 비교적 단시간 내에 풀 수 있기

1. 제주대학교 기계·에너지·메카트로닉스학부, 첨단기술연구소

2. 오토폼 엔지니어링 코리아

3. ㈜ Dieart

교신저자: 제주대학교 기계공학과,

E-mail: jd@cheju@cheju.ac.kr

때문이다. 내연적(Implicit) 소프트웨어로서 유럽의 일부 자동차회사에서 쓰여 지는 것으로 스위스의 Kubli 교수가 개발한 Autoform 이 있는데 내연적 방법임에도 불구하고 굽힘을 고려하는 박막요소와 적응자동요소생성(adaptive automatic mesh generation) 기술을 첨가하여 상당히 정확히 단시간 내에 해석할 수 있는 장점을 가지고 있다[3~4]. 적응자동요소 생성 기술은 판재금형 같이 넓고 부분적으로 작은 홈이나 필렛 반경이 존재하는 문제에 있어서, 적응자동요소 생성 기술이 없는 경우에는 처음에서부터 이들을 묘사하기 위하여 작은 격자들을 사용할 필요성이 있는데 이를 감소시켜 해석시간의 상당한 단축을 가져오기 때문에 외연적 프로그램에도 첨가하는 것이 매우 바람직하다.

본 연구에서는 프레스금형 성형해석 시스템인 Autoform 프로그램을 사용하여 복잡하고 어려운 대형 차체 판넬을 유한요소해석 해 보았다.

2. 성형 해석

상용해석프로그램 Autoform 을 이용하여 1 에서 3 차까지 나누어 3 차원 성형해석을 수행하였다.

Table 1 Input condition(one-step)

Material	SGAC3N 45/45
Thickness	0.7 t
Cushion Stroke	120 mm
Cushion Pressure	70 ton
Blank Size	1380mm X 515mm
Draw Bead	Round Bead

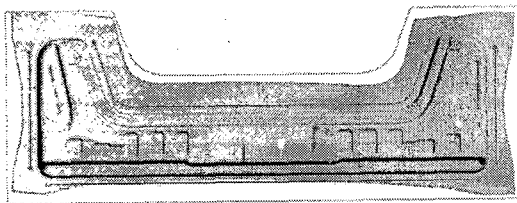
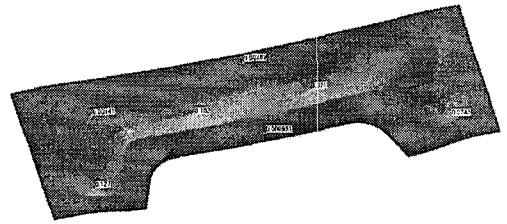
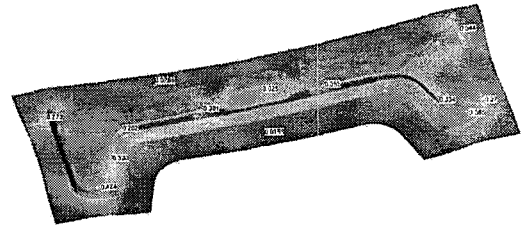


Fig. 1 Input condition(one-step)

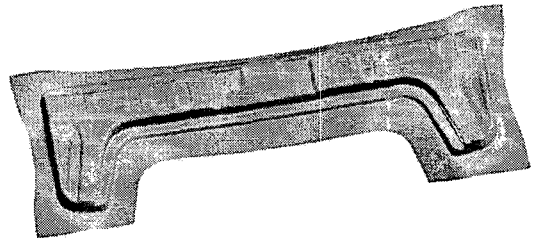
1 차 성형해석에 사용되는 입력조건으로 Table 1 과 Fig. 1 의 판넬을 이용하여 성형해석 결과를 알아보았다.



(a) At 50mm to the lowest point



(b) At 25mm to the lowest point



(c) At the lowest point

Fig. 2 Each punch stroke forming process(one-step)

Fig. 2 는 해석범위에서 성형해석을 행정별로 하사점 50mm 전, 하사점 25mm 전, 하사점 최종결과로 성형해석 해 보았다. 그 결과 하사점 30mm 전부터 Crack 이 발생하며 성형과정에서 계속 심화되었다.

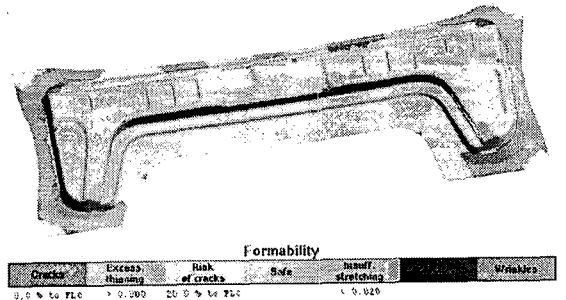


Fig. 3 Formability distribution(one-step)

Fig. 3 은 Binding 시에 나타났던 주름이 성형완료 후에도 제품에 남아있음을 알 수 있다. 또한 소재 유입이 일정치 않음을 알 수 있다.

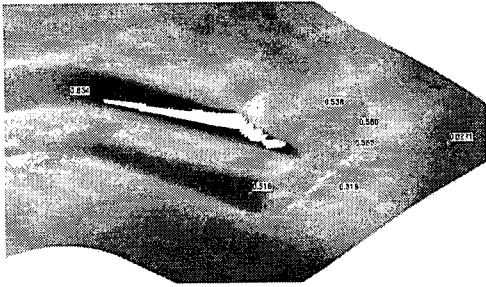


Fig. 4 The thickness reduction rate distribution (one-step)

Fig. 4 는 파단이 제품 코너부에서 발생하고 있으며 이를 개선하려면 Die Face 및 Draw Bead 등의 변경이 필요할 것으로 판단된다.

Table 2 Input condition(second-step)

Material	SGAC3N 45/45
Thickness	0.7 t
Cushion Stroke	120 mm
Cushion Pressure	70 ton
Blank Size	1360mm X 485mm
Draw Bead	Round Bead

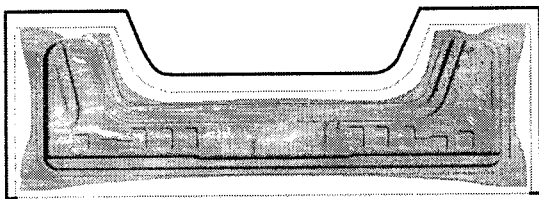
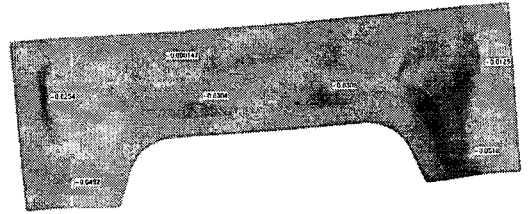


Fig. 5 Input condition(second-step)

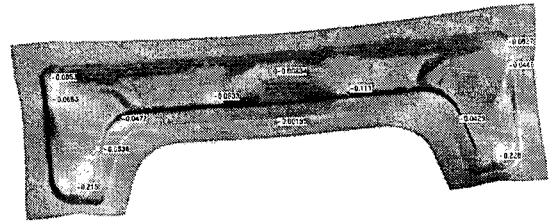
Table 2 와 Fig. 5 는 2 차 성형 해석에 사용될 입력 조건으로 Blank Size 를 축소하였다.

Fig. 6 은 해석 범위에서 1:2 차와 마찬가지로 행정별 하사점 50mm 전, 하사점 25mm 전, 하사점 최종 결과로 성형 해석 하였으며, 그 결과 파단은 발생하지 않았으나 발생할 가능성이 있음을 알 수 있었다.

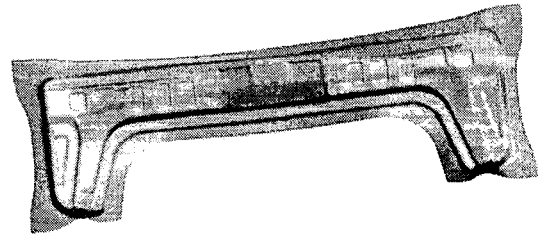
Fig. 7 은 1 차 성형 해석 시 발생한 파단이 발생하지 않음을 알 수 있다.



(a) At 50mm to the lowest point



(b) At 25mm to the lowest point



(c) At the lowest point

Fig. 6 Each punch stroke forming process(second-step)

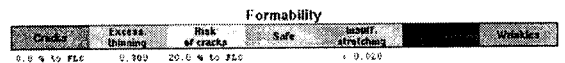
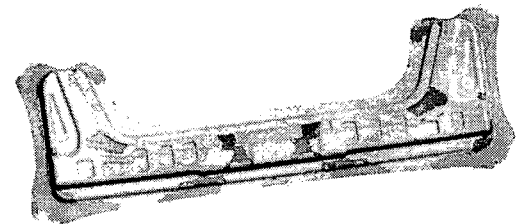


Fig. 7 Formability distribution(second-step)

Fig. 8 은 적색부분은 두께 감소율이 20%를 넘는 부분으로 파단 발생이 예상되는 부분이다.

3 차 해석에서는 파단 발생이 예상 되는 2 차 성형해석 결과를 보완하기 위하여 입력 조건은 2 차와 동일하게 하고 Die Face 및 Bead 의 크기를

수정하여 그 해석 결과를 알아 보았다

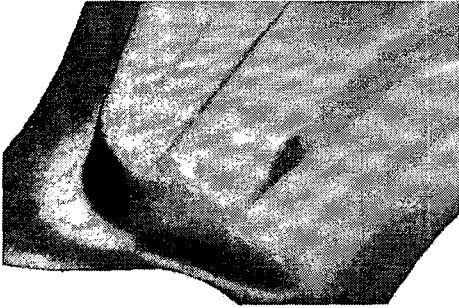


Fig. 8 The thickness reduction rate distribution (second-step)

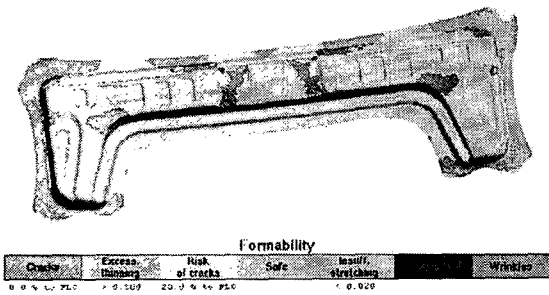


Fig. 9 Formability distribution(third-step)

Fig. 9 는 파단이 제품에서 발생하지 않고 있으며 2 차 해석 결과보다 안정성을 가졌다.

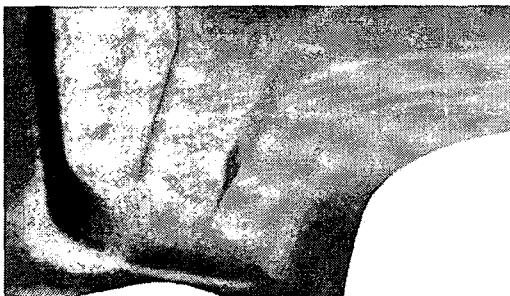


Fig. 10 The thickness reduction rate distribution (third-step)

Fig. 10 은 1 차에서 2 차까지의 성형 해석 결과보다 파단 발생 예상부위가 가장 좋은 결과를 나타내고 있다.

3. 결론

본 연구에서는 Back Inner 차체 판넬의 성형해석을 통하여 아래 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 차체 판넬의 1 차 성형해석 제품 코너부위에서 파단이 발생함을 알 수 있었다.

(2) Blank Size 등의 변경을 통한 2 차 성형 해석 결과 파단은 발생하지 않았으나 두께 감소율이 20%이상으로 파단 가능성이 존재하였다.

(3) Die Face 및 Bead 의 크기를 수정한 결과 1·2 차 성형 해석 결과보다 가장 우수한 성능을 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Yang, D. Y., Jung, D. W., Song, I. S., Yoo, D. J. and Lee, J. H., "Comparative investigation into implicit, explicit and iterative implicit/explicit, schemes for the simulation of sheet-metal forming proces," J. of Materials Processing Technology, vol. 50, pp39-53, 1995.
- [2] Jung, D. W., Yoo, D. J. and Yang, D. Y., "A dynamic explicit/rigid-plastic finite element formulation and its application to sheet metal forming processes," Engineering Computations, Vol. 12, pp. 707-722, 1995
- [3] 이재석, "가상실험기술," 충북대학교 건설기술 연구소, pp.4-5, 1999.
- [4] Shim, H. B. and Yang, D. Y., "An Elastic-Plastic Finite Element Analysis is on Hydrostatic Bulging of Rectangular Diaphragms by using Layered Degenerated Shell Element," Int. J. Mech. SDI., Vol. 32, pp. 49-64, 1990.