

## 셸 요소를 이용한 박판성형공정의 유한요소해석

고형훈<sup>1</sup>, 이찬호<sup>2</sup>, 강동규<sup>3</sup>, 설남기<sup>4</sup>, 이광식<sup>5</sup>, 정동원<sup>#</sup>

### Finite Element Analysis of Sheet Metal Forming Process Using Shell Element

Dong-Won Jung, Chan-Ho Lee, Dong-Kyu Kang, Nam-Ki Sul, Kwang-Sik Lee, Hyung-Hoon Ko

#### ABSTRACT

The AutoForm previously used the membrane element and it accomplished sheet metal forming analysis. The membrane analysis has been widely applied to various sheet metal forming processes because of its saving time effectiveness. However, it's well known that the membrane analysis can not provides correct information for the processes which considerable bending effects. From this time research it tried to compare the formation analysis result which uses the shell element which is applied newly in the AutoForm and actual products. The shell element is compromise method between continuum analysis and membrane analysis. The Finite element method by using shell element is the most economical numerical method. From analysis results, FEA by using shell element can estimate accurately the problems happened in actual auto-body panel.

**Key Words** : Static Implicit finite element method(정적-내연적 유한요소법), AutoForm(오토폼), shell element(셸 요소), membrane element(박막 요소), shell analysis(셸 해석)

#### 1. 서론

박판성형공정은 굽힘(Bending)보다는 대부분 인장(stretching)에 의하여 성형이 이루어지기 때문에 그 해석에서는 굽힘과 판 두께 방향의 전단응력을 무시하는 박막 해석 법(membrane analysis method)이 널리 사용되고 있다. 하지만 딥 드로잉과 굽힘 가공 공정과 같이 공정의 특징상 굽힘의 효과가 무시될 수 없는 공정이 있어 이러한 공정의 해석에서는 적절한 방법으로 굽힘의 효과를 고려한 필요가 있다. 이번 연구는 굽힘이 지배적인 공정에 적용할 경우 부 정확한

정보를 제공할 가능성이 큰 박막 해석 법과 굽힘을 고려할 수 있고 수식화가 간단하다 는 장점이 있으나 3 차원 문제를 해석할 경우 계산시간이 과도하게 소요되고, 기억용량이 매우 크게 요구되어 주로 축 대칭이나 평면변형과 같은 2 차원 문제에 사용되는 연속체 해석 법(continuum analysis method), 이 두 가지 방법의 타협적인 해석방법인 셸 해석 법(shell analysis method)을 사용하여 성형 해석한 결과와 실제 실험결과와의 비교를 통해 셸 해석법의 불량 예측 정확도와 신뢰도를 평가해 보았다. 본 연구의 유한요소해석에서는 종전 박막요소에 의한 해석

1. 제주대학교 기계공학과 대학원  
2. ㈜오토폼엔지니어링코리아  
3. 쌍용자동차㈜프레스치공구팀  
4. 쌍용자동차㈜프레스치공구팀  
5. ㈜탑금속기술연구소  
# 제주대학교 기계에너지생산공학부, jdwcjeju@cheju.ac.kr

수행에서 셀 요소를 새롭게 도입한 상용소프트웨어인 AutoForm 이 사용 되었다.

## 2. 성형해석결과

실험에 사용된 재료는 CHSP35R 로 고장력 강판 중 가공용 강판이다. P 가 첨가된 고용 경화 강으로 가공성이 우수하여 자동차 판넬 등의 강도보장을 위해 사용하고 있다.

Young's	: 2.1e+05
Poisson rate	: 0.30
Specific weight	: 7.8e-05
R-values	: $r_0$ : 1.14
	: $r_{45}$ : 0.82
	: $r_{90}$ : 1.70
Thickness	: 0.7mm

Fig. 2 Material Property

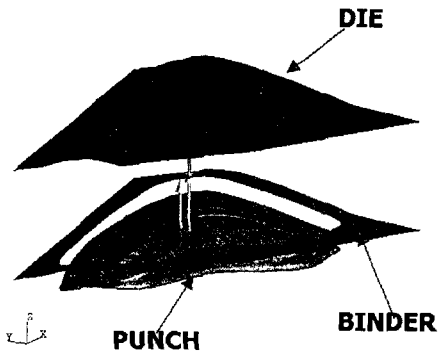


Fig. 3 Tool Setting

이 실험은 프론트 펜더(Front Fender)에 대해 드로잉(Drawing), 트리밍(Trimming), 플랜징(Flanging)의 총 3 과정에 대한 성형 해석이 행하여 졌으며, Fig. 3 은 드로잉 과정의 툴 셋팅 상태를 보여주고 있다.

Fig. 4 는 해석결과 그림으로 두께 분포도에서의 적색구간은 소재가 과다하게 유입된 부분이며, 주름 분포도의 적색 구간은 성형 완료 후 주름이 발생한 구간이다.

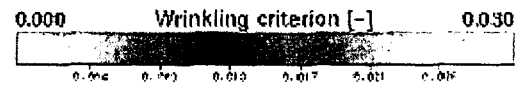
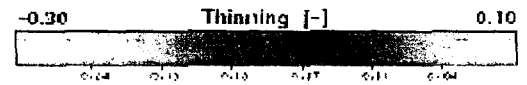
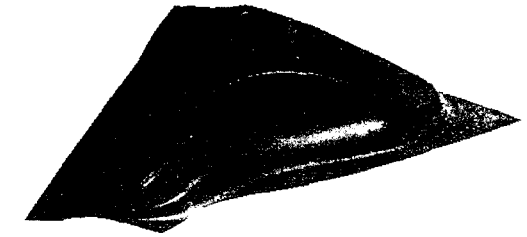
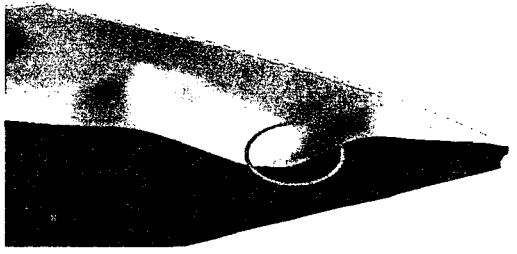
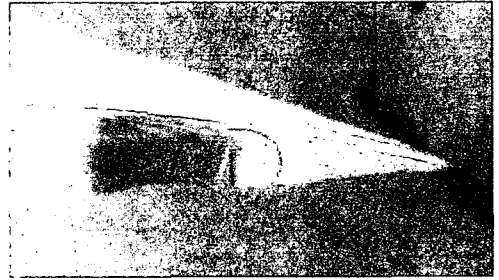
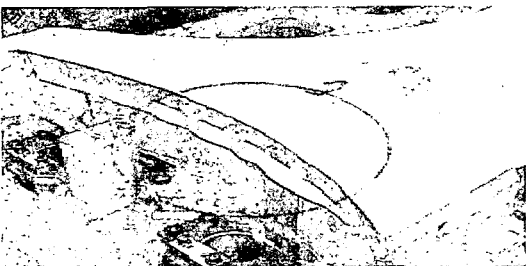
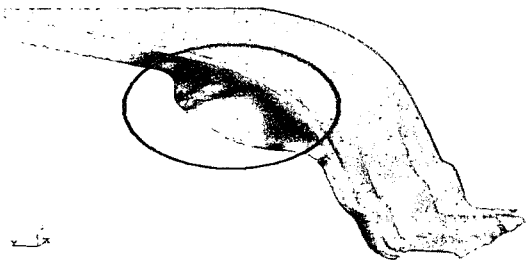
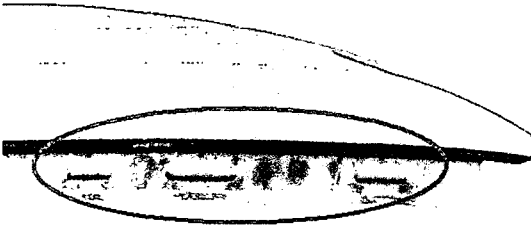
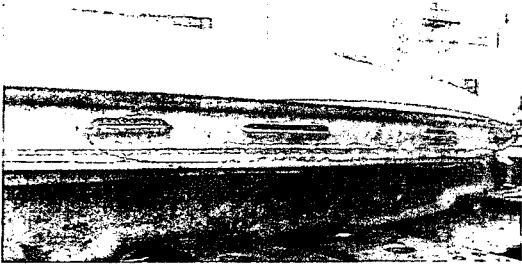


Fig. 4 Result of Analysis

## 3. 해석 결과와 실제 실험결과의 비교

최종적으로 성형해석에서 나타난 불량위험 부분 및 불량 부분을 실제 성형 품과 비교 하여 보았다. 성형해석 결과 그림에서 주름 발생 및 위험 지역인 적색과 청색구간이 실제 성형 품에서도 주름으로 나타나고 있는 것을 확인했으며, 특히 굽힘 영역은 기존 막막 해석 방법을 적용 하였을 때 보다 정확한 결과를 얻어 낼 수 있었다.



**Fig. 5 Comparison between analysis and experiment results**

Fig. 6에서 볼 때 굽힘 발생시 바로 굽혀지지 않고 볼록 튀어나오면서 굽혀 지는 현상인 사쿠레현상이 쉘 요소를 사용한 AutoForm의 해석 결과에서 잘 표현되고 있다. 기존의 박막 요소를 사용한 해석에서는 굽힘에 대한 정확한 예측이 불가능했으나, 쉘 요소를 적용한 이번 해석에서는 실험과 거의 유사한 해석결과가 도출되었다.

**VI. 결론**

본 연구에서는 쉘 요소가 새롭게 적용된 AutoForm을 이용한 성형해석 결과와 실제 실험한 성형품과의 비교를 통해 쉘 요소를 이용한 AutoForm의 불량예측도를 평가해 보았다. 이 연구로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

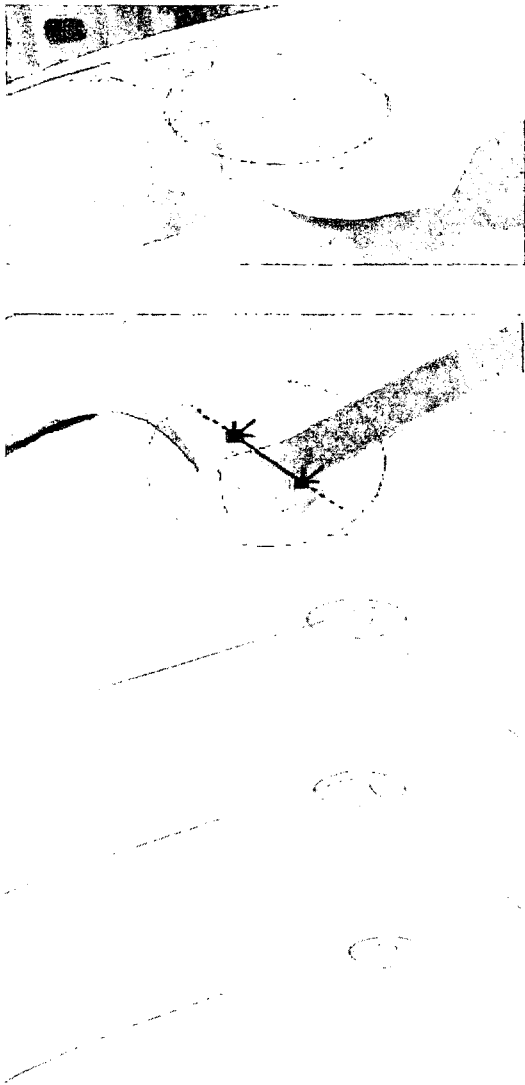


Fig. 6 Section view

(1). 박막 해석의 경우는 굽힘 영역이 있는 경우 적당하지 않으며, 연속체 해석의 경우는 굽힘 영역이 있는 경우도 정밀 해석이 가능하나 과도한 계산시간의 필요로 인해 극히 정밀한 해석을 요구하지 않는다면 쉘 해석법을 사용하는 것이 경제적이며, 빠른 결과 도출로 효용성도 높다고 판단된다.

(2). 굽힘영역이 포함된 성형해석 결과물과 실제 제품과의 비교를 통하여 볼 때 쉘 해석법을 통한 결과 불량 예측 부위와 실제품의 불량부위가 비교적 정확하게 일치하고 있어, 쉘 해석법이 적용된 AutoForm 이 박판성형공정 해석에 적합하다고 판단된다.

(3). 하지만, 굽힘영역이 포함되지 않은 단순인장 공정에서는 여전히 박막 해석법을 사용하는 것이 효율적이다. 따라서, 박판성형 공정을 해석함에 있어, 기존의 박막 해석법과 새롭게 적용된 쉘 해석법의 적절한 배합이 해석의 경제성과 효율성을 극대화시킬 수 있다고 판단된다.

### 참고문헌

- [1] D. Y. Yang, D. W. Jung, I. S. Song, D. J. Yoo and J. H. Lee, 1995, Comparative investigation into implicit, explicit and iterative implicit/explicit, schemes for the simulation of sheet-metal forming process, J. Materials Processing Technology, vol. 50, pp. 39-53
- [2] D. W. Jung, D. J. Yoo, and D. Y. Yang, 1995, A dynamic explicit/rigid-plastic finite element formulation and its application to sheet metal forming processes, Engineering Computations, vol. 12, pp. 707-722
- [3] N. M. Wang., S. C. Tang., 1988, Analysis of Bending Effects in Sheet Forming Operations, Int. J. for Num. Mech. in Engng., voi.25, pp.253-367
- [4] H. B. Shim, D. Y. Yang, 1990, An Elastic-Plastic Finite Element Analysis on Hydrostatic Bulging of Rectangular Diaphragms by using Layered Degenerated Shell Element, Int. J. Mech. SDI, Vol. 32, pp. 49-64
- [5] D. W. Jung, J. s. Hwang and H. G. Ahn, June 2004, A first study of developing stamping die of REF SILL OTR-R/L auto-body panel stamping processes, Reprinted from Bulletin of the Marine and Environmental Research Institute, Vol.28 No. 1 Cheju National University Jeju, Korea.