

# 자동차용 강판의 S-레일 성형에서 드로우비드 영향의 평가 Evaluation of Draw-Bead Effect on S-Rail Stamping of Automotive Steel Plate

\*정대근<sup>1,2</sup>, #김흥규<sup>2</sup>, 김세호<sup>1</sup>

\*D. G. Jung<sup>1,2</sup>, #H. K. Kim(krystal@kitech.re.kr)<sup>2</sup>, S. H. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 대구대학교 자동차·산업·기계공학부, <sup>2</sup> 한국생산기술연구원 금형·성형연구부

Key words : S-레일, 드로우비드, 스프링백, CAE

## 1. 서론

승용차 1 대 무게의 약 70%를 점유하는 철강, 차체용 강판에서 나사, 볼트에 이르기까지 용도에 맞추어 100 종류 이상의 철강재료가 쓰이고 있다. 그 중에서도 팔목할만한 기술혁신이 진행되고 있는 영역은 “고강도”, “가공성”, “방청성” 등의 다양한 성능이 요구되는 차체용 강판 분야이다.

자동차용 강판은 “높은 강도”와 “용이한 가공성”이라는 상반되는 두가지 특성을 모두 만족해야 한다. 이런 문제점을 극복하기 위한 고강도이면서 성형성이 매우 우수한 자동차용 열연, 내연 그리고 표면처리강판이 개발되고 있다.

본 논문에서는 NUMISHEET'08-BM02 에 제시된 S-레일 금형을 참조하여 금형을 제작하고, 고강도강인 SGARC440 재료를 사용하여 성형 실험과 유한요소해석을 수행하였다. 유한요소해석에 필요한 소재의 물성 데이터는 인장시험을 통하여 구하였으며, 상용 유한요소해석 프로그램인 PAM-STAMP 를 이용하여 해석하고, 드로우비드에 따른 CAE 해석 및 성형 실험을 수행하여 유입량 및 스프링백을 비교·평가하였다.

## 2. 성형 CAE 조건 및 결과표준

### 2.1 S-레일 성형실험 조건

본 논문의 S-레일 성형실험용 금형은 NUMISHEET'08-BM02 을 참조하여 Fig. 1 에 도시한 바와 같이 금형을 설계하였으며, S-레일 Blank 의 사이즈는 약 길이 250mm, 폭 164mm, R 값은 각각 R150, R50 으로 NUMISHEET'08-BM02 을 참조하였다. 여기에 사용한 드로우비드는 Fig.2(b)와 같이 제작하였다. 설치과정은 Fig. 2(a)와 Fig. 3 에 도시한 바와 같이 금형세트의 Holder 을 Fixed 시키고, Punch 세트들 DCH-300P2 상형에 장착시키고, Die 는 하형 50ton(4EA) 유압실린더에 장착한 후 S-레일 성형실험을 실행하였다.

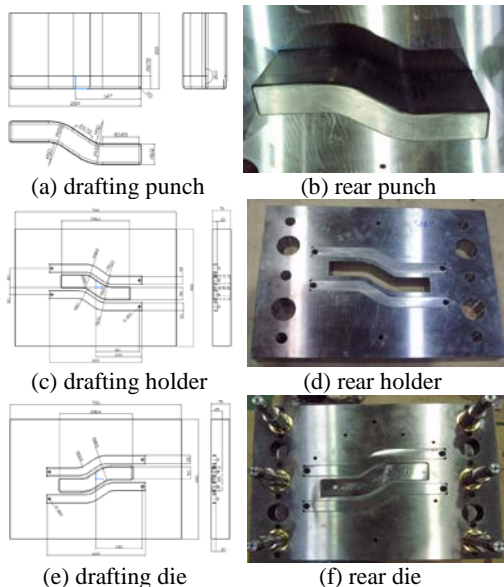


Fig. 1 Shape of the drafting and rear mold

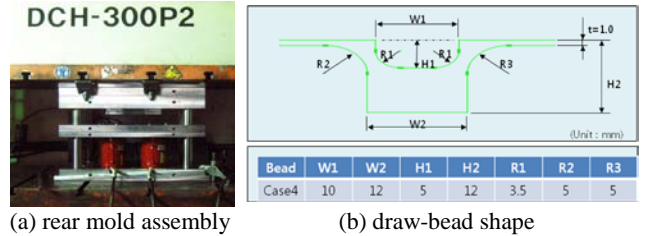


Fig. 2 Shape of the rear mold assembly and draw-bead shape

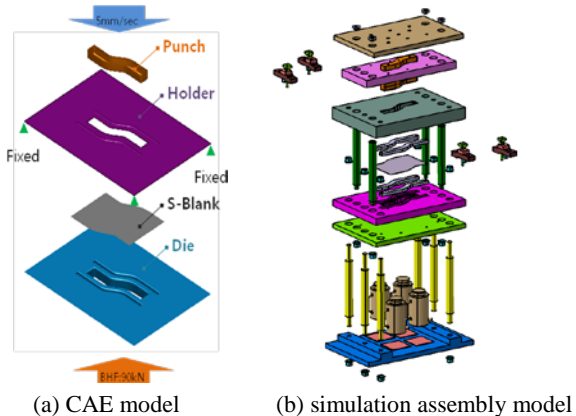


Fig. 3 Finite element models of tools and simulation assembly model

Table 1 Material Properties of SGARC440 1.0t

해석강종 [SGARC440]				
인장 Curve Fitting			FLD <sub>0</sub>	Thick' [mm]
σ (Mpa)	K(MPa)	n		
374.007	726.19	0.145	0.256	1.0
R				Friction
R <sub>0</sub>	R <sub>45</sub>	R <sub>90</sub>	R <sub>bar</sub>	
0.933	0.792	1.217	0.934	0.18

### 2.2 성형 CAE 조건

실험조건으로는 블랭크홀더 가압력(blank holding force:BHF)을 90kN 을 부과하였으며, 블랭크와 금형은 무윤활 조건으로 마찰실험을 수행한 값으로 0.18 을 주었다.

S-레일의 경우, 트리밍 이전 공정을 수행하고, 드로잉 깊이는 40mm 진행 후 결과를 비교하였다. Fig. 3(a)에는 금형 및 블랭크의 유한요소모델을 도시하였다. 금형 및 블랭크는 쉘요소로 모델링하였으며, SGARC440 강판의 유동응력 식은  $\bar{\sigma} = 726.19(0.010295 + \bar{\epsilon}^n)^{0.145}$  MPa, 이방성 모델은 Orthotropic Hill' 48 식을 사용하였다. 자세한 변수 값은 Table 1 과 같다.

### 2.3 성형 CAE 결과표준

S-레일 CAE 결과 및 시험결과를 비교하고 CAE 의 정확성 검증 및 설계반영을 위하여 결과비교 표준안을 구축하였다. 결과는 크게 변형형상과 변형기구로 나누어진다. 변형형상 비교를 위하여 Fig.4 에 도시한 점에서 외곽선의 유입량과 3 차원 전체에서의 스프링백양을 시험과 비교하

도록 하였다. 유입량 비교로 성형품 내부에서의 변형량 예측의 정확성을 간접적으로 검증할 수 있으며, 3 차원 형상비교로 스프링백 예측의 정확성을 검증할 수 있다. 변형기구 부분에서는 주어진 5 개 단면에서의 두께비교를 실시하도록 하였다.

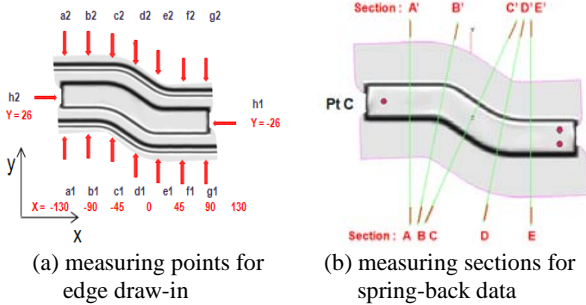


Fig. 4 Measuring locations of the edge draw-in and spring-back data



Fig. 5 Try-out process for rear case1 blank and case4 blank

### 3. 해석결과 및 실험결과

#### 3.1 드로우비드에 따른 CAE 비교

S-레일 CAE 결과는 Fig. 5 와 같이 case1(withoutbead)와 case4(rectangbead\_r3.5)의 CAE 를 비교하였으며, 비교한 내용은 Fig. 7, Fig. 8 과 같이 spring-back displacement(mm)가 드로우비드가 없는 case1(withoutbead)보다 드로우비드가 있는 case4(rectangbead\_r3.5)가 spring-back 이 적게 생기는 것을 확인 할 수 있었다.

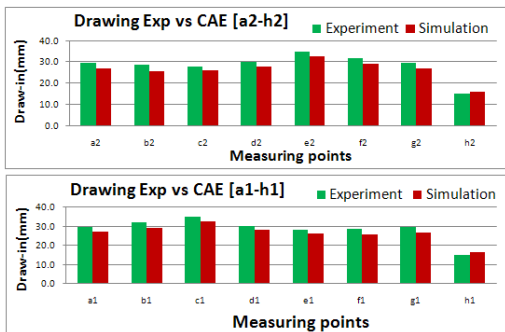


Fig. 6 Comparison of edge draw-in amounts

#### 3.2 드로우비드에 따른 CAE 와 실험결과 비교

성형 CAE 와 시험에서 얻은 결과를 비교 표준에 따라 검증하였다. 유입량의 경우 Fig. 6 과 같이 비교하였으며, 오차범위 3 mm 이내로 잘 일치함을 알 수 있었다.

스프링백의 실험결과 측정은 S-레일 판재를 역공학하여 Fig. 7, Fig. 8 과 같이 스프링백 해석 이후 스프링백양을 측정 한 값을 비교하였으며, 대체로 비슷한 경향을 보이고 있음을 알 수 있었다. 시험결과의 측정을 위하여 일반적으로 측정구(C/F)를 사용하나 본 논문에서는 측정구를 활용하지 않아 자중처짐 등의 오차가 발생한 것으로 판단된다. 이러한 결과비교 표준을 바탕으로 CAE 의 결과를 정량적으로 비교할 수 있었으며, 이상의 실험과 유한요소해석에서 얻은 결과들은 금속 판재에서 스프링백 특성 평가 예측에 필요한 자료로 활용될 수 있다.

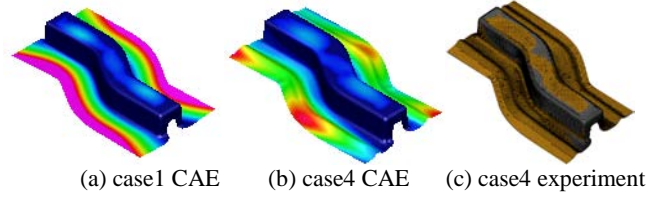
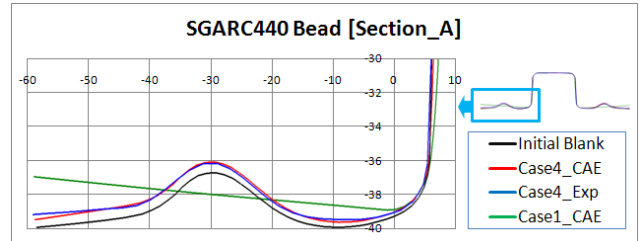


Fig. 7 Comparison of spring-back amount



(a) spring-back section A

Spring-back Result					
POINT	A'	B'	C'	D'	E'
Case4 Exp	0.57	1.16	1.09	0.48	1.38
Case4 CAE	0.33	1.29	0.82	0.38	0.55
Case1 CAE	2.52	2.69	2.65	2.99	3.31
POINT	A	B	C	D	E
Case4 Exp	1.24	0.96	1.01	1.42	0.5
Case4 CAE	0.74	0.59	1.12	1.73	0.62
Case1 CAE	3.77	3.52	3.19	3.28	3.03

(b) CAE & experiment Comparison of spring-back displacement  
Fig. 8 Comparison of spring-back displacement and spring-back section graph

### 4. 결론

본 논문에서는 NUMISHEET'08 벤치마크 모델로 제시된 내용을 토대로 S-레일 성형용 금형 세트를 제작하여 성형실험을 시행하고, 드로우비드에 따른 CAE 과정을 수행하여 비교평가 하였다.

주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 트림공정 전의 스프링백을 확인한 결과 3 차원 드로우비드가 없을 때보다 드로우비드가 있을 경우 스프링백 양이 급격히 감소하는 것을 확인 할 수 있었다.
- (2) 트림공정이 없는 성형공정에서 스프링백의 영향을 정확하게 예측하기 위해서는 3 차원 형상의 드로우비드를 사용한 유한요소해석이 필요함을 확인하였다.

### 후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업의 “자동차 핵심부품 생산기반공정 플랫폼 기술” 과제의 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. 한국생산기술연구원, 자동차 핵심부품 생산기반공정 플랫폼기술 성과발표회 자료, 2010.
2. 김동진, “자동차용 고강도 강재의 Springback 특성,” 한국소성가공학회, 6, 61-75, 2009.
3. 김세호, “440MPa 급 차체부품 프레스성형 지원 CAE 표준 D/B 구축,” 한국자동차공학회, 117-135, 2009.
4. Benchmark Numisheet 2008, “S-Rail Benchmark,” Proceedings of the 7<sup>th</sup> Int. Conference on Numerical Simulation of 3D sheet Metal forming Processes, Numisheet'08, 2008.