



용기 개발을 위한 CAE 활용

브라이트W(더블)용 신 보틀 개발 CAE Application for Development of Container

中川 敦仁 · 西野 將嗣 / 라이온(주) 연구개발본부

1. 서론

오늘날 제품 개발을 할 때, 설계자는 개발기간의 엄수와 정해진 설계품질의 실현을 강하게 요구받아 도전적인 시도를 하기 어려운 환경이 되고 있다. 그렇지만 개발업무에서 트라이 & 에러(try & error)는 미숙한 설계자를 육성하는 효과가 있다고 말할 수 있다. 이러한 상반하는 과제에 대해 해답의 하나로써 기대할 수 있는 것이 컴퓨터를 이용한 공학 시뮬레이션이다. 이 글에서는 액체 산소계 표백제용 용기의 개발에 있어서 활용 사례를 소개한다.

1. 배경과 목적

과산화수소를 표백주제로 이용하는 액체 산소계 표백제는 그 보존상태 등에 따라서는 액체 중의 과산화수소가 분해하고, 보틀 내부의 내압을 높일 리스크가 있다. 이러한 상태가 지속되면 보틀이 변형될 수도 있다. 따라서 액체 산소계 표백제용 보틀 개발에서는 가압 변형에 대한 내성을

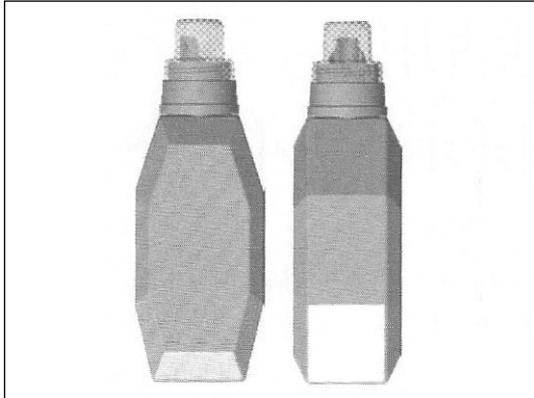
높일 수 있는 설계가 요구된다.

한편 포장용기는 「사일런트 세일즈맨(Silent Salesman)」이라고 불릴 정도로 매장에서 고객의 시선을 잡아끌고, 상품 특징의 이해를 돕는 인상을 만드는 것이 요구된다. 브라이트W(더블)은 「항균 트리트먼트 표백」을 캐치프레이즈로 하고, 형상은 오염 떨어짐을 상기시킬 수 있는 「강력함」을 표현할 수 있는 다면구조의 디자인을 모티브로 했다. 지금까지 이 카테고리에서 많이 이용되어 온 원기둥 또는 타원기둥의 디자인과는 크게 다른 형상이기 때문에 CAE기술을 이용해 설계를 최적화하고, 나아가 실제로 성형한 보틀의 평가시험과 대비하며 분석정밀도를 확인하기로 했다.

2. 보틀 3D설계

동사에서는 보틀의 3D설계는 ① 기본 디자인(3D)의 작성 ② 기본 디자인에 대한 과제 유출 및 수정설계(주로 사용성)와 진행 ③ 상세부분 최적화 설계의 3단계로 나눌 수 있다. CAE기술

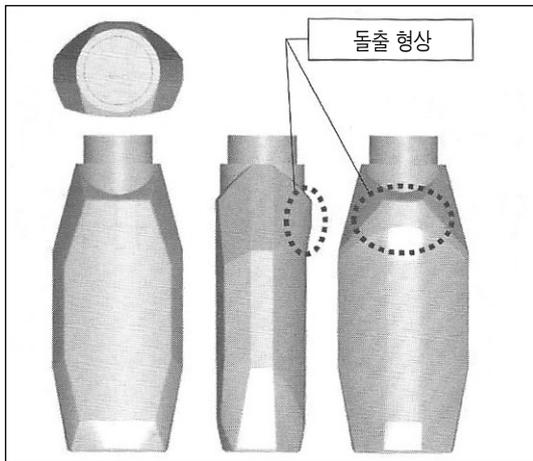
[그림 1] 기본 디자인(3D)



[그림 3] 동사 기존제품의 형상



[그림 2] 수정설계안



을 작성하고, 사내 여성사원을 대상으로 디자인 평가와 쥐기 쉬움에 관한 히어링을 실시했다. 그 결과, 쥐기 어려움·표면 표시의 면적이 부족함 등의 과제를 도출할 수 있었다. 이들 요소를 더해 수정설계를 했다([그림 2]).

수정설계안에서는 쥐기 쉬움을 실현하기 위해 보틀 뒷면에 돌출 형상을 부여하고, 단면 형상을 변경했다. 본 수정설계안에 관해서는 목형을 작성하고, 관능평가를 통해 사용성에 문제가 없는 것을 확인했다. 이후 수정설계안에 대한 상세부의 최적화 설계를 하기로 했다.

은 주로 ③단계에서 활용된다.

2-1. 기본 디자인(3D)

보틀 형상은 디자인 스케치를 바탕으로 3D CAD로 작성했다([그림 1]).

2-2. 기본 디자인 수정설계

앞에서 작성한 형상에서부터 목형(moke-up)

2-3. 보틀 바닥부의 최적화 설계

최적화 설계에서는 이하의 수순으로 검증을 하고, 필요가 있으면 설계에 수정을 더했다. 실제 개발에서는 시점이 다른 복수의 요구에 대해 그러한 것들을 만족하는 설계를 하지만, 이 글에서는 내압 상승 리스크에 관한 항목만을 기술한다. CAE 해석에 관해서는 범용구조 분석 소프트웨어를 사용하고, 분석요소 모델로써는 SHELL 요소를 이용해 추진하기로 했다.



[표 1] 동정한 재료 파라미터

재질	범용 HDPE	영률	784MPa
		푸아송비	0.35
수지량	50g	비중	0.958g/cm ³

[그림 4] 두께영역 분할



① 재료 물성의 동정

재료 정의에서 이용하는 영률(Young's modulus) 및 푸아송비(Poisson's ratio)는 동사 기준 제품([그림 3] 참조)을 이용한 세로압축실험과 해석을 해 동정(同定)했다.

[표 1]에 동정한 재료 파라미터(parameter)를 나타냈다. 이후의 해석은 [표 1]의 값을 이용했다.

② 설계 목표와 제어인자(치수)의 설정

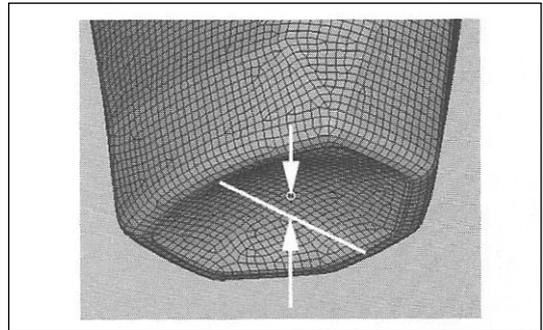
내압 상승이 발생한 경우, 바닥부의 변형이 생겼어도 그 자립성이 손상되지 않는다. 이 개발에서는 다음의 설계 목표를 설정했다.

- 하중조건을 25kPaG로 했을 때,
- 자립안정성을 가질 것
- 몸통부 변형량이 깊이(W) 치수로 6mm 이하 (W 치수값 : 64.9mm 이하)
- 수지량이 범용 HDPE 50g 이하일 것

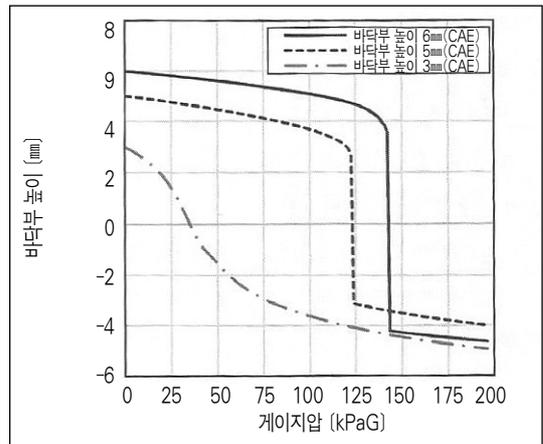
[표 2] 설정 두께

단위(mm)	수정설계안	현행 보틀
노즐부	1.562	1.562
몸통부	1.111	1.050
바닥부	1.730	1.730

[그림 5] 바닥부 높이



[그림 6] 바닥부 변형 추이(CAE)

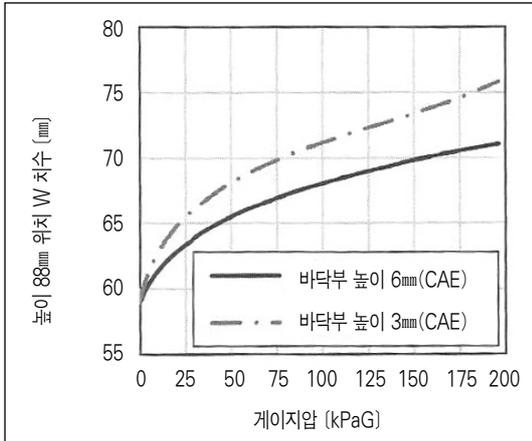


등으로 했다. 또한 제어인자는 형상으로써 자립안정성에 직접 영향을 미칠 것으로 생각되는 바닥부 높이를 선정했다.

③ 두께 설정

두께 설정으로써는 보틀을 노즐부·몸통부·바닥부로 3분할하고, 각각에 [표 2]에 나타낸 두

[그림 7] 몸통부 깊이치수 변위(CAE)



계를 설정했다. 또한 합계 수지량은 설계 목표에서부터 50g이 되도록 조정했다(그림 4).

④ 해석 결과 1 : 바닥부 변형의 추이

[그림 5]에 바닥부 높이를, [그림 6]에 게이지 압 추이와 바닥부 높이의 관계를 나타냈다. 즉, 바닥부 높이가 0 이하가 되면 바닥부 형상이 반전하고 있는 것을 나타내고 있다.

해석 결과, 바닥부 높이가 3, 5, 6mm 어느 쪽 케이스에서도 25kPaG에서 목표를 만족하고 있다. 그러나 3mm의 케이스는 목표 수준에 대해 여유가 없고, 자립성 확보를 위해서는 5mm 이상이 필요하다고 판단했다.

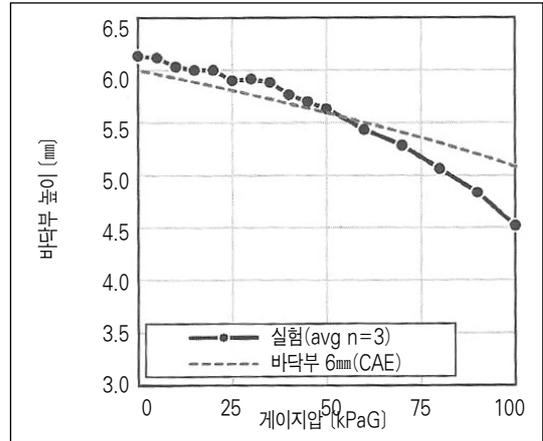
⑤ 해석 결과 2 : 몸통부 변형의 추이

[그림 7]에 게이지압 추이와 몸통부 변형량이 최대가 되는 높이 88mm 위치의 깊이(W) 치수의 변형량 추이를 나타냈다.

해석 결과, 받가부 높이가 5mm 이상이면, 몸통부 변형량을 6mm 이하(W 치수값 : 64.9mm 이하)로 억제할 수 있다고 판단했다.

바닥부 높이 5mm는 6mm와 거의 동일한 결과가

[그림 8] 몸통부 변형평가와의 비교



있는 것으로 할애했다.

⑥ 제어인자의 설계값 결정

이상의 CAE 해석을 이용한 검토 결과, 제어인자인 바닥부 높이에 관해서는 5mm 이상이 필요하게 되었다. 실제 설계값 설정에서는 성형 불규칙을 고려해 6mm로 했다.

2-4. 금형 성형품 평가

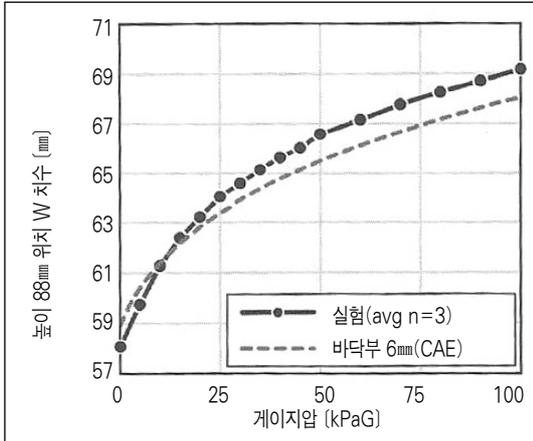
앞에 항까지의 검토를 바탕으로, 성형 시작물을 작성해 역학적 거동을 평가했다. 이 글에서는 가압시험 결과만을 제시한다. 또한 실험은 JIS Z 0238 히트셀 연포장파우치 및 반강성 용기의 실험방법 용기의 파열강도시험을 준용해 실시했다. 각 부분 계측치수에는 평균값(n=3)을 이용했다. 또한 가압에 관해서는 실험의 안전성을 고려해 최대값 100kPaG까지로 했다.

① 바닥부 변형

[그림 8]에 바닥부 변형평가의 결과를 나타냈다. 설계목표로 했던 25kPaG에서의 자립안정성에 관해서는 문제가 없고, 더욱이 100kPaG까지



[그림 9] 몸통부 변형평가와의 비교



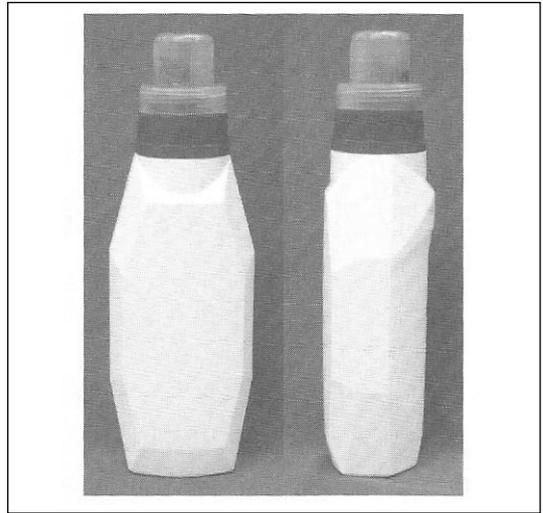
의 사이에서 자립성을 손상하는 것이 없다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 50kPaG까지의 범위에서는 CAE기술에 의한 예측은 실험값과 매우 가깝다. 하지만 가압을 진행해 가면 예측 오차도 확대해가는 경향이 있다는 것을 알 수 있었다.

[그림 9]에 몸통부 W치수의 변형을 나타냈다. 설계목표로 했던 25kPaG에서 몸통부 변형량을 6mm이하(W치수값 : 64.9mm 이하)로 하면 변형을 억제할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 한편으로 본 항목에서도 가압에 따른 CAE의 예측에 대해 실제 변형량이 확대해가는 것을 알 수 있었다.

3. 고찰과 정리

이 검토에서는 보틀에 요구되는 성능을 명확화한 다음에 소정의 하중 조건 하에서의 변형량을 목적 변수로써 바닥부 높이에 관한 최적화 설계를 해 소망하는 결과를 얻을 수 있었다. CAE와 실험의 상관성에 관해서는 폭넓은 현상영역 전체에서는 해석과 실험에 괴리가 있다. 한편으로 하

[사진 1] 블로우성형보틀



중조건을 특정 수준에 끼워 넣은 상황에서는 실용에 만족하는 상관성을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다.

4. 마치며

CAE기술을 이용한 용기에서는 실제로 물건을 만들기 전에 복수 형상의 성능을 병행해 검토하는 것이 가능하다. 이것은 설계자에게 현상과 형상의 관계에 관한 이해를 심화하는 것이 가능하고, 아웃풋(output)으로써의 설계 정밀도 향상과 설계자 성장의 양면에서 효과적이다.

한편으로 CAE기술에 대해 그 절대적인 정밀도를 요구해 사용하는 것은 어렵다. 현상의 대략적인 이해나 각각의 설계 파라미터가 어떠한 효과가 있는지를 파악하는 것이 현시점에서는 현실적인 것이다. 앞으로 이 기술이 발전해 용기 개발에 관한 CAE기술 활용이 더욱 확대하길 기대한다. ☐