



대형 페트병 경량화를 위한 대처

Weight Reduction of Large PET Bottles

中村 浩二, 佐藤 訓一 / 기린 맥주(주) 패키징 기술개발센터, 로지스틱스본부 기술부

1. 서론

기린 베버리지 사에서는 2003년 2l 용 페트병에 있어서 타사에 선행해서 대폭으로 경량화를 실시했다(63→42g).

그 후 각 사 모두 경량화를 진행하는 중에 있고 본년도 국산 최경량 30g의 경량화 병을 완성시켰다.

42g병의 개발에서는 수직방향의 하중에 대한 강도 확보가 문제였는데 시장 출시 후에 고객으로부터 「들기 쉬움」, 「따르기 쉬움」을 보다 쾌적하게 해 주었으면 한다는 바람을 들었다. 거기서 이번에, 기린 베버리지사와 공동으로 경량이며 들기 쉬운 병의 개발에 노력하였다.

개발의 포인트는 첫 번째로써 「들기 쉬움」, 「따르기 쉬움」을 부여한 병 형태를 설계했다. 두 번째로 창고에서 단을 쌓을 때의 병의 좌굴을 막기 위해 몸통 및 바닥 부분의 형태의 연구를 실시했다.

또한, 동경대학교의 공동 연구에 의해 확립한 평가 방법을 사용해서 종래의 병 보다 「들기 쉬움」, 「따르기 쉬움」이 향상된 것을 확인했다.

본 보에서는 상기 2가지의 개발 포인트의 상세 및 유저빌리티성 평가 방법에 대해서 보고한다.

1. 유저빌리티성 향상을 위한 설계

병의 움켜쥐는 부분의 형태를 검토하면서 필요한 강도를 가지고, 병을 한손으로 쥐었을 때 안정적인 그립감을 가지는 것 「들기 쉬움」, 「따르기 쉬움」을 무리 없이 체감할 수 있는 것을 목표로 했다. 개발 초기에서는 병 그립부의 쥐는 손 방향이 한쪽과 양쪽의 다른 두 종류의 형태를 비교했다(그림 1).

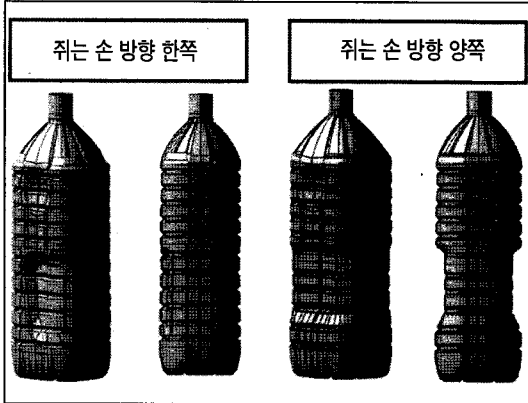
쥐는 손 방향이 한쪽인 병에서는 수직 방향의 하중에 대해 그립부에서 불규칙한 방향으로 응력이 집중해 약한 횡압축력으로 그립부가 갑자기 튀어나오는 현상이 발생했다.

또한 그립 오목한 부분 방향에서 움켜쥐는 경우와 반대쪽에서 쥐는 경우의 「쥐기 쉬움」, 「따르기 쉬움」이 큰 폭으로 달랐다.

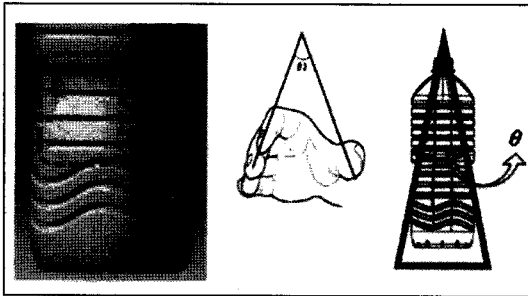
한편 쥐는 손 방향이 양쪽인 병에서는 수직 방



[그림 1] 병 형태의 설계



[그림 2] 그림부 형태, 그림부 측면 형태

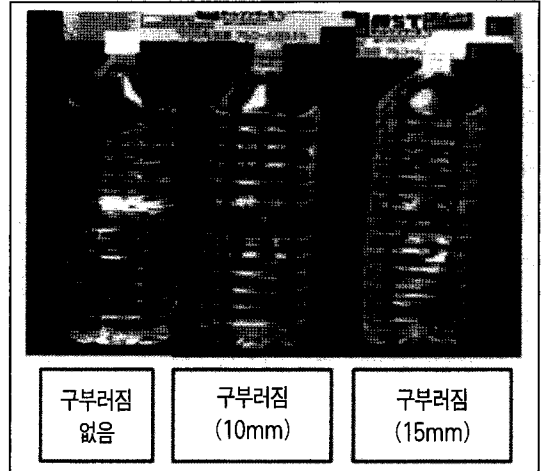


향의 좌굴 강도는 우수했지만, 따르는 동작 시에 「미끄러지기 쉬움」, 「용량이 적어 보임」 등의 지적이 있었다.

결과로써 움켜질 때에 방향성이 없는 쥐는 손 방향이 양측 형태의 유니버설 디자인성이 높다고 판단해 이 형태로 개발을 진행하기로 했다. 따르는 동작 시 「미끄러지기 쉬움」이라고 하는 문제에 대해서는 오목한 부분의 형태를 구부러진 손가락의 형태로 맞추는 것으로 손가락의 움켜쥐는 느낌을 향상시켰다.

그립의 가로 폭은 둘째손가락에서 새끼손가락까지 네 개의 손가락을 균등하게 사용할 수 있도록 연구했다(그림 3).

[그림 4] 병의 구부러짐



2. 강도유지를 위한 병 설계

2-1. 몸통 부분 립 형태

패트 병 음료는 통상, 골판지상자에 넣어서 창고에서 쌓아서 보관된다.

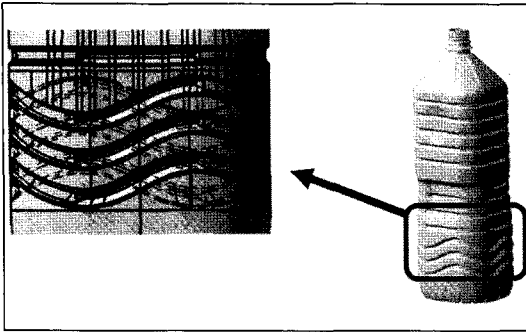
이 때, 용기에는 횡압축 하중이 걸리기 때문에 횡압축 하중에 견딜 수 있는 좌굴 강도가 있는 형태의 설계가 필요하다. 이번 경량화를 진행하는데 있어 새로운 과제가 발생했다. 병의 구부러짐이다. 구부러짐은 팔레트에 쌓아서 보관될 때 편 하중에 의한 가로 방향의 하중에 의해 발생한다(그림 4).

먼저 구부러지는 양의 정량화를 실시했다.

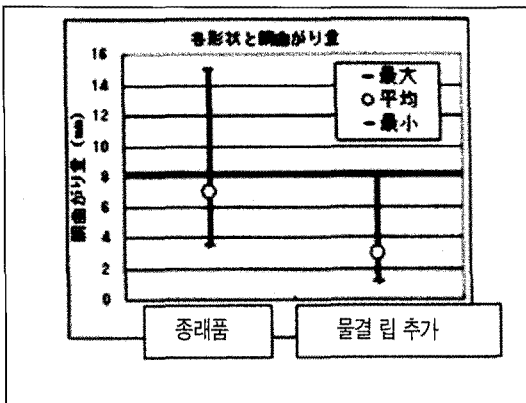
CCD 카메라로 뚜껑 천면을 촬영해 컨트롤과 비교해서 중심점의 변위차를 비교·측정했다. 구부러짐의 크기는 10mm 이상에서는 육안으로 현저하게 변형이 확인되기 때문에 최대의 구부러짐 허용치를 8mm로 했다.

지금까지 횡압축 하중에 대해서는 병 몸통부에 수평 방향의 직선 립을 수 개 배열하는 것으로 강

[그림 5] 몸통 부의 물결 립 형태



[그림 6] 개선 사항

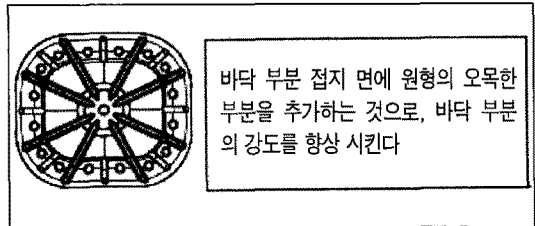


도 향상하고 있다. 하지만 이것만으로는 병의 구부러짐이라고 하는 가로 방향의 강도가 부족하기 때문에 병 구부러짐(변형)의 큰 병 몸통 부분에 물결 립을 물결 꼭대기 부분이 상하 일치하도록 여러 개 배열 했다.

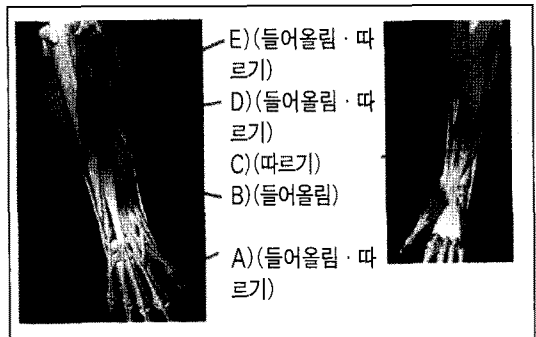
또한, 물결의 폭·높이·반경의 각 파라미터를 조정해 최적화하는 것으로 횡압축 하중이 걸릴 때의 좌굴을 억제했다.

물결 립의 경사진 부분에서는 횡방향 하중이 벡터적으로 분산되어 응력집중을 완화해 립을 꺾어 구부러뜨리는 힘이 경감된다. 또, 병의 벽면 전후에 물결 형태를 대상으로 배열하는 것으로

[그림 7] 물결 립 추가



[그림 8] 평가 대상의 근육



보강효과가 균질화 되어, 구부러짐이 억제된다 [그림 5].

최적화된 물결 립을 부여한 병에서 파렛트 2단 쌓기 시험을 실시해, 병의 구부러짐을 평가 했다.

파렛트 쌓기 최하단에서 종래 병은 최대 15mm정도의 구부러짐이 발생하고 있었는데 물결 립 병에서는 구부러짐의 최대가 8mm이하로, 구부러짐의 평균치(N : 90개)도 4mm정도 개선 되었다(그림 6).

2-2. 바닥 부분 형태

창고에서 쌓여진 최하단의 병 바닥부분에는 큰 가중이 걸리는 것으로 좌굴 등의 변형이 발생 한다.

또한, 목제의 파렛트 등에 쌓인 경우 등 덮개의



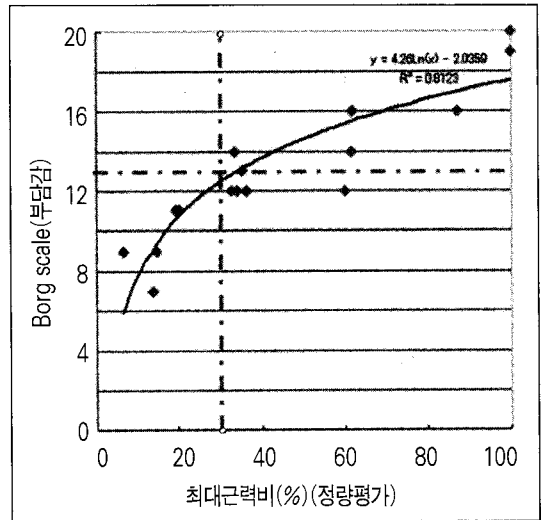
[표 1] Borg scale

20	안된다
19	매우 힘들다
18	
17	꽤 힘들다
16	
15	힘들다
14	
13	약간 힘들다
12	
11	편하다
10	
9	꽤 편하다
8	
7	매우 편하다
6	

모서리 부분에서는 불규칙하게 응력이 집중해 변형이 발생한다.

이러한 것들의 문제에 대해서는 바닥 부분 접지면의 크기·형태 등의 최적화와 바닥 중앙을 중심으로 방사상 방향으로 립을 여러 개 만드는

[그림 9] 천지굴근과 주관평가의 상관

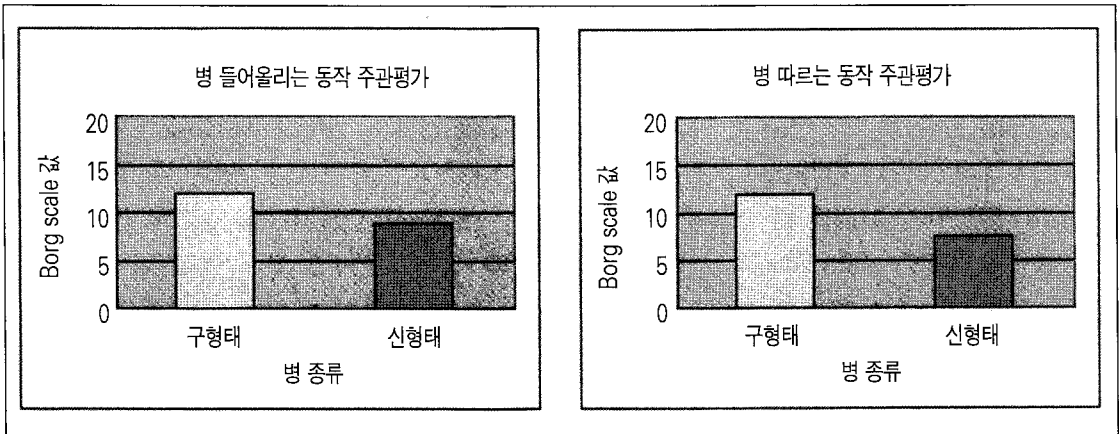


연구를 시행했다.

더욱이 바닥 접지면에 원형의 오목한 곳을 추가하는 것으로 강도의 향상을 도모했다(그림 7).

방사상의 직선 립과 접지면의 원형 오목함에 의한 바닥의 강도 보강이 좋은 밸런스로 실행되는 것으로 좌굴 등의 변형은 경감되어 목재 파렛

[그림 10] 유저빌리티 평가결과



트의 덮개 모서리 부분에 기인하는 응력도 분산되어 잘 변형하지 않는 효과가 있다.

3. 유니버설 디자인성의 평가 방법

유니버설 디자인 설계를 진행하는 데에 있어서 21 제품을 취급할 때의 일련의 동작에 대해서 분석했다.

그 결과 「들어 올리는 동작」과 「따르는 동작」에 인간이 가장 부담을 느끼고 있다는 것을 알았다. 또한 조사 결과, 병을 잡고 나서 따르기까지의 동작에는 20 종류 이상의 근육이 사용되고 있다는 것이 판명 되었다. 이 중에서 「들어 올리는 동작」과 「따르는 동작」에 관련이 깊은 다섯 종류의 근육을 평가 대상으로 했다(그림 8).

다음으로 평가 방법인데 근전위 데이터를 기초로 「최대 근력비」라고 하는 사고 방식을 도입해 이 값과 인간의 주관적인 부담감에 상관이 있다는 것을 검증하는 것으로 했다. 인간의 주관적인 부담감을 측정하는 데에는 Borg scale(표 1)을 사용했다.

(※1 ; 최대근력비=시행동작 중의 근전위/최대의 힘을 낼 때의 근전위)

하나의 예로 천지굴근의 최대근력비와 Borg scale의 상관관계를 나타낸다(그림 9).


조사는 구형태의 21 병과 신형태의 21 병을 비교해서 실시했다. 조사는 일본인의 인체수치 데이터베이스로부터 손바닥의 수치가 적은 쪽에서 25%에 포함되는 사람을 대상으로 실시했다.

이것은 손이 적은 사람 쪽이 큰 사람 보다 21 병을 잡기 힘들다고 느끼는 비율이 많았기 때문이다. (그림 10)에서는 그 중에서 특히 악력이 낮

은 사람의 데이터를 나타냈다.

그 결과 「들어 올리는 동작」, 「따르는 동작」에 있어서 병 스케일에서 3~4단계 낮은 값을 나타내고 있다. 「약간 힘들다~편하다」라고 느끼고 있던 것이 「꽤 편하다~매우 편하다」로 주관적 부담감이 변화하고 있다는 것을 알 수 있다.

II. 결론

이번에 유저빌리티성이 우수한 형태 및 종래의 21 병과 동등한 강도를 가지는 창고에서의 파렛트 보관에 대응할 수 있는 사양의 병을 완성시켰다. 유저빌리티성은 동경대학 공학부 카마타·시노 연구실과 공동으로 근전위 측정을 지표로 하는 평가 방법의 유효성을 확인했다. 

독 자 권 령 모 집

월간 포장계는 독자여러분들의 의견을 수용하기 위해 다양한 의견의 독자컬럼을 모집합니다.

어떠한 의견이라도 좋습니다.

포장인의 독설을 펼칠 지면을 향해하니 많은 참여 기다립니다.

필자는 밝히지 않겠습니다.

월간 포장계 편집실
TEL : (02)2026-8655~9
E-mail : kopac@chollian.net