

# 좌우유동 방지를 위한 대용량 단일 슬라이드 레일 시스템 개발

## Development of Single Slide-Rail System for Reduction of Unbalanced Sliding Motion

김민훈<sup>1</sup>, 박기홍<sup>1</sup>, 정원철<sup>2</sup>, 예성봉<sup>3</sup>, 박상후<sup>4</sup>✉

Min Hoon Kim<sup>1</sup>, Ki Hong Park<sup>1</sup>, Won Chul Jeong<sup>2</sup>, Sung Bong Ye<sup>3</sup> and Sang Hu Park<sup>4</sup>✉

1 부산대학교 기계공학부 대학원 (Graduate School of Mechanical Engineering, Pusan National Univ.)

2 LG 전자 냉장고사업부 (LG Electronics)

3 옥창산업 (Factory automatic system part, Ok-Chang Co.)

4 부산대학교 정밀금형 및 금형가공연구소/기계공학부 (ERC/NSDM, School of Mechanical Engineering, Pusan National Univ.)

✉ Corresponding author: sanghu@pusan.ac.kr, Tel: 051-510-1011

Manuscript received: 2010.10.27 / Accepted: 2011.1.18

A slide-rail system is widely used in home appliances, furniture, mechanical rigs, and so many other applications; due to its high strength and performance for easy moving heavy objectives. In general, a pair of side slide-rails is set on both sides of a drawer to support and move it. So an unbalanced sliding motion can occur during opening and closing a drawer with pull and push force. To settle this problem, single central slide-rail having three collapsible rail-bodies was firstly proposed in this work. 'H'-beam shaped rail-body was newly designed to have enough bending and twisting strength. The experimental test showed that the proposed rail could be applied to large-size home appliances for easy moving drawer with heavy weight.

Key Words: Single Slide Rail (단일 슬라이드 레일), Structural Optimization (구조 최적화), Low Cost & High Weight (저비용 대용량), Factorial Effect Analysis (요인효과 분석), Unbalanced Sliding Motion (좌우유동)

### 1. 서론

산업의 발달로 질적인 삶의 향상으로 인해 소비자의 제품선택의 기준 및 구매성향이 기존의 기능위주뿐만 아니라 사용편리성과 디자인 등 감성적인 부분까지 확대되는 경향을 보이고 있다. 실제 국내외 가전제품 판매량 추이를 볼 때 기본기능을 갖춘 저가제품보다는 고기능, 고품질, 디자인이 우수한 프리미엄 제품의 성장세가 이어지는 것으로 나타났다. 특히 냉장고의 경우 식생활 패턴과 가족형태의 변화, 주거형태의 변화로 냉장고의 선택방법도 크게 변화되었으며, 다양한 음식물보관, 냉동식품 보관량 증가, 발효식품보관 등에 따라 대형 냉장고 선호도가 증가하고 소비자의 요구 수준과 민족도도 이전과 달라졌다.<sup>1-5</sup> 이러한 대형

냉장고의 수납공간의 효율과 사용 편의성을 추구하기 위하여 다양한 시도를 하였다. 특히, 냉장실 및 냉동실에 몇 개의 서랍 칸을 따로 두어서 공간 효율성과 에너지 절감 및 보관 제품의 신선도를 획기적으로 연장하도록 하였다. 이러한 프리미엄 냉장고의 경우 서랍 칸을 지지하기 위하여 서랍의 양단에 레일을 넣어서 서랍 칸이 쉽게 개폐가 되도록 하였다. 그러나 이러한 레일의 경우 일반적으로 고가이기 때문에 생산단가에 큰 영향을 주어 제품가격 상승과 제조사의 수익성 악화에 직접적인 원인을 제공하고 있다.<sup>6</sup>

최근 3 개의 문(냉동실-서랍형구조, 냉장실-양문구조)이 달린 냉장고에 냉동실 문에 적용된 레일구조는 서랍 인출길이 증가를 위해 기존의 바퀴레일(wheel-rail) 구조가 아닌 고가의 양단 슬라이드

레일(side slide-rail)을 냉동실 문 양쪽에 부착한 형태로 제작이 되고 있다.<sup>3</sup> 이러한 슬라이드 레일의 경우 대용량 냉동실을 지지하기 위하여 충분한 강도와 강성을 유지하면서 개폐가 용이해야 하므로 중요한 기계적 부품이면서 생산원가의 상승의 한 요인이 되고 있다. 또한 양쪽에 설치한 슬라이드 레일에 의하여 대용량 냉동고 문의 개폐시 힘의 균형이 맞지 않는 경우, 다시 말해서 가장자리에서 힘을 주어 문을 개폐할 경우 냉동고가 좌우유동(unbalanced sliding motion)을 일으키면서 개폐가 되므로 사용상 불편함을 초래한다. 따라서 이러한 좌우유동을 방지하기 위하여 여러 가지 부품들을 사용하여 방지하도록 설계를 하게 되는데 이것 역시 원가 상승의 요인이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 좌우유동을 일으키지 않는 새로운 형태의 대용량 슬라이드 레일을 개발하고자 하였다. 대용량 냉동실의 아랫쪽 중앙부에 단일 슬라이드 레일을 설치하고 비교적 가격이 저렴한 바퀴레일을 양단에 설치하는 구조에 대하여 설계변수 검토와 최적화를 실시하였다. Fig. 1은 본 연구에 사용된 냉장고 형태와 기존 양단 슬라이드 레일을 나타낸 것이다.

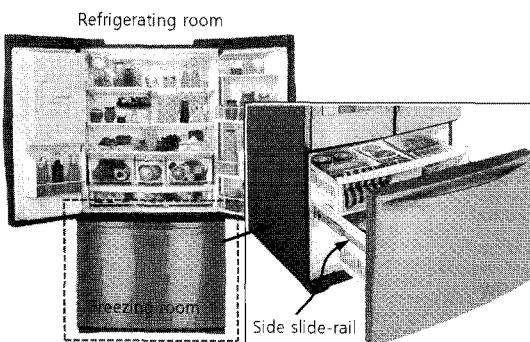


Fig. 1 Three-door type refrigerator and magnified picture on a freezing room with side slide-rail (in box)

## 2. 슬라이드 레일 특성분석

### 2.1 양단 슬라이드 레일의 문제점 분석

지금까지 대부분의 가전제품, 가구제품에 적용되는 슬라이드 레일의 경우 양단형 슬라이드 레일로 서랍 구조물의 양단에 설치되어 작동하게 된다. 일반적인 양단 슬라이드의 구조는 Fig. 2(a)에 나타낸 것처럼 둘 성형된 외부 레일(outer rail)과 내부 레일(inner rail) 사이에 강철 볼과 리테이너(retainer)

가 들어간 형태로 되어 있어 외부 레일과 내부 레일이 상대 구름운동을 하면서 열렸다 닫혔다 할 수 있는 구조로 되어 있다.<sup>7,9</sup>

일반적으로 소형 구조물에 이러한 양단 슬라이드를 체결하는 경우 무게 편심이 작아서 개폐시 큰 문제가 발생하지 않는다. 그러나 Fig. 2(b)에 나타낸 바와 같이 대형 구조물의 경우 약 2 kgf 의 하중을 문의 한 쪽에 가할 때 레일의 특성에 의해 편심하중이 걸려 뒤틀림 변형모드가 발생하면서 개폐된다(이 경우 실험에 의해서 최대 좌우유동각도( $\alpha$ )가 19.5°로 나타남). 따라서 대형 가전제품에 적용할 경우 사용상 불편을 줄 수 있다.

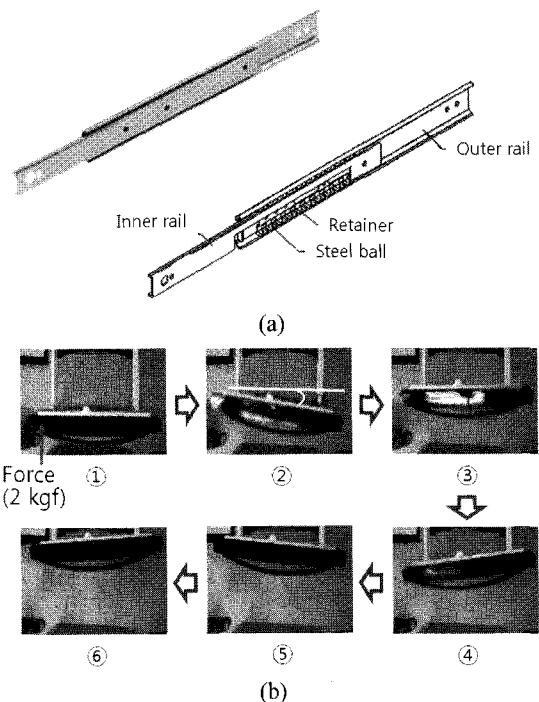


Fig. 2 Images of unbalanced sliding motion in side-slide rail system. (maximum tilting angle,  $\alpha$  was 19.5°)

이러한 좌우유동 발생은 레일의 구름구동이 뛰어나서 약간의 힘에 의해서도 한 쪽이 쉽게 슬라이딩이 되기 때문이며 양쪽 모두 동일한 구름구동이 발생하기 위해서는 양쪽에 균일한 하중이 작용하도록 띡-기어(rack and gear)와 같은 별도의 장치가 필요하다.

### 2.2 단일 슬라이드 레일 설계

좌우유동은 양단에 설치된 슬라이드 레일의 상

대적 미끄럼 량 차이로 인하여 발생되는 현상이다. 따라서 단일 슬라이드 레일을 적용할 경우 상대적 운동 자체가 발생하지 않기 때문에 이러한 문제는 자연스럽게 해결된다. 또한 비용적 차원에서도 단일 슬라이드 레일의 경우 양단 슬라이드 레일에 비하여 가격적으로 60~70% 수준이므로 제품원가 저감에도 기여를 할 수 있다. 그러나 이러한 단일 슬라이드 레일의 경우 서랍 칸의 고하중과 편심에 의한 비틀림을 견딜 수 있는 새로운 형태로 제작이 되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 H 자 형태의 내부 레일을 가진 3 단 슬라이드 레일을 제안하였다. 먼저 외부 레일의 형태를 알아보기 위하여 Fig. 3에 나타낸 것처럼 굽힘에 강한 단면 형상에 대하여 해석적으로 상대비교를 해 보았다. 해석은 ANSYS를 사용하여 미소변형을 가정하여 항복이전의 탄성구간 선형해석을 하였다.

단면의 형상은 ‘Π형’, ‘반구형’, ‘△형’으로 동일한 높이(25 mm), 너비(50 mm)를 갖도록 하였다. 또한 하중조건으로는 레일의 전체길이 전반부에 하중이 균일하게 분포하도록 하여 수직하중 500 N을 주었으며, 구속조건으로는 전체 길이(418 mm)의 반쪽이 냉장고 본체에 고정되는 것으로 가정하여 완전 구속 조건을 두어 변형량을 상대 비교하였다. 재질은 실제 슬라이드 레일에 많이 사용되는 SCP1 소재의 물성을 이용하였다. (Table 1 참조)

Table 1 Material properties of SCP1

Material	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Elasticity modulus (GPa)	Tensile Strength (MPa)	Poisson's Ratio
SCP1	7850	204.080	285	0.29

해석결과 변형량의 분포를 살펴보면 ‘Π형’ 구조가 변형강성이 가장 높았으며, ‘△형’보다 36.4% 정도 변형량이 적음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제시하는 슬라이드 레일의 경우 제작공정까지 고려하여 전체적으로 ‘Π형’을 가지는 외부 레일로 구성하고 전체적인 굽힘, 비틀림 강성을 올리기 위해서 내부 레일을 H 자형 단면을 기본형상으로 갖도록 설계하였다. Fig. 4에는 본 연구에서 제안하는 4 가지 형태의 3 단 단일 레일의 단면구조와 전체 형상을 나타낸 것이다. 각 내부, 외부 레일의 길이는 418 mm로 동일하게 하였고, 3 단 레일을 최대로 인출하였을 때 전체 펼친 길이가 960 mm가 되도록 중첩구간을 설계하였다.

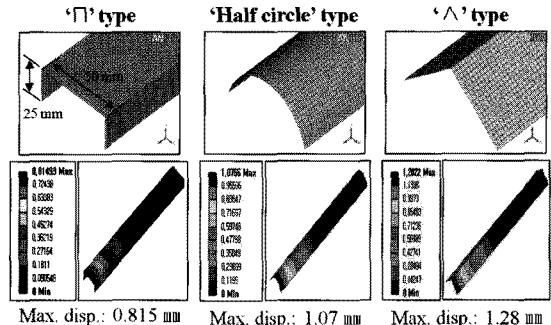
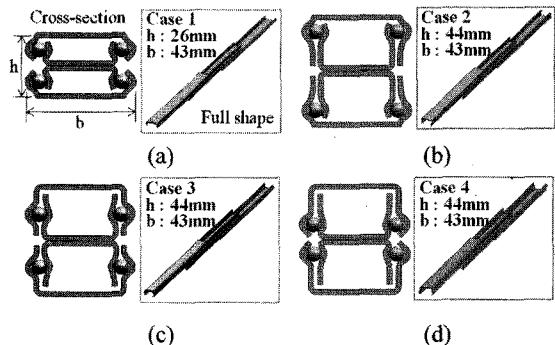


Fig. 3 Comparison among three types of cross-section: ‘Π’ type, ‘half circle’ type, and ‘^’ type

Fig. 4 Four different types of designed single slide-rail: all rails have ‘H-shape’ inner rail inside. (a)  $h = 26$  mm,  $b = 43$  mm, (b) to (d) the same height ( $h = 44$  mm) and width ( $b = 43$  mm) with different position of steel balls

4 가지의 형상은 같은 폭 (b) 조건에서 내부 레일의 높이와 볼의 위치를 달리하여 나누었다. 해석 경계조건으로는 50 kgf의 하중이 레일에 걸리도록 하고 아랫쪽 외부 레일(outer rail-B)은 냉장고 바닥 면에 완전히 고정되는 조건으로 하였다. 또한 레일 간 존재하는 볼의 경우 실제 모델링을 하지 않고 볼이 위치한 자리에서 접촉하는 양쪽 레일에 커플링 조건을 주었다[Fig. 5(a) 참조]. Fig. 5(b)에 나타낸 해석결과를 살펴보면, Case 1의 경우가 가장 변형량이 큰 것을 알 수 있으며 나머지 경우는 거의 유사한 것으로 파악된다. 이것은 내부 레일과 외부 레일의 형상에 따라 2 차 관성 모멘트(moment of inertia)의 크기가 Case 1의 경우 작기 때문으로 볼 수 있다. 슬라이드 레일의 안정적인 거동을 위해서는 최대 변위도 중요하지만 내부, 외부 레일 사이의 볼이 빠져 나오지 않기 위해서

국부적인 변형률의 크기도 중요하다. 전체적으로 변형률은 국부적인 굽힘변형이 많이 발생하는 내부 레일과 외부 레일(outer rail-A)과 맞닿는 부분에서 최대로 나타났으며, Case 4의 경우가 오히려 Case 1에 비하여 크게 나타났다. 이러한 경향은 Case 4의 경우 전체적으로 내부, 외부 레일의 강성이 강하여 변형량은 최소로 나왔지만 국부적인 변형률을 가장 큰 것으로 분석된다. 따라서 이러한 경향으로 볼 때, Case 2와 Case 3이 가장 좋은 설계안으로 평가되며, 둘 성형공정까지 고려할 때는 Case 3이 최적의 구조형태로 평가된다.

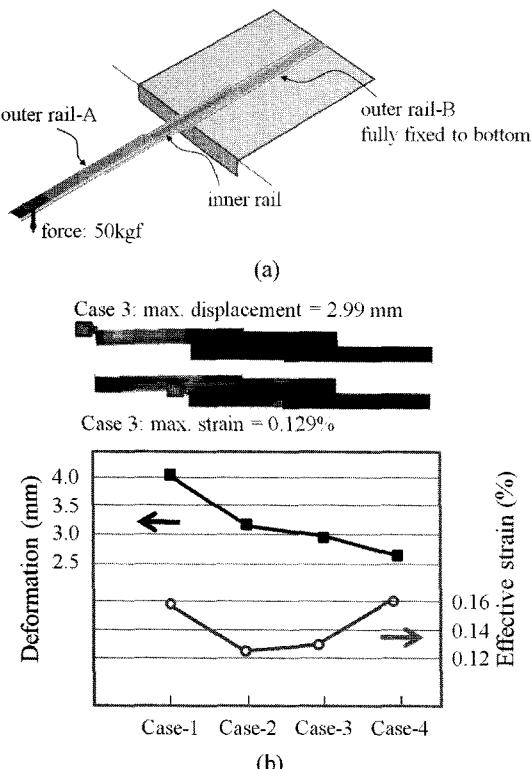


Fig. 5 Comparison of maximum displacement and effective strain among Case 1 to Case 4

### 2.3 단일 슬라이드 레일 체결방안 및 고찰

단일 슬라이드 레일을 냉장고에 적용할 경우를 살펴보면, 일반적인 양단형 3 단 슬라이드와 달리 서랍식 냉장고의 중앙부분에 단일 슬라이드 레일이 위치하기 때문에, 음식물 저장바구니 탈부착을 고려하여 Fig. 6과 같이 가장자리 부분에 가격이 저렴한 바퀴레일과 같이 설치하여 저장바구니의 하중을 바퀴레일과 단일 슬라이드가 같이 지지하

도록 하고 저장바구니는 바퀴레일에 끼움 형태로 고정이 가능하다.

기존의 양단 슬라이드 레일 부착 경우와 비교해 볼 때, 고가의 슬라이드 레일을 하나 줄일 수 있을 뿐만 아니라 양단 슬라이드 레일과 저장바구니를 고정하는 장치까지 생략할 수 있어 구조가 간단할 것으로 분석된다.

본 연구에서 제안된 단일 슬라이드 레일의 적용가능성을 타진하기 위하여 실제 조립된 형태에서 50 kgf의 분포하중과 편심하중을 주었을 때, 슬라이드 레일에 가해지는 응력 및 변형량을 비교평가해 보았다. Fig. 7에 나타낸 바와 같이 양단 슬라이드 레일을 냉장고 모델에 적용하여 외부 레일-B가 냉장고 벽면에 완전 고정(Fig. 7 상단그림 참조) 되도록 설치하고 50 kgf 하중을 저장바구니에 균일하게 작용하는 경우(Case 1)와 한쪽 면에만 작용하는 경우(Case 2)로 나누어서 해석해 보았다. 이때 변형량과 응력이 편심하중 일 때 최대값으로 각각 0.54 mm, 64.26 MPa 정도 나타났다. 따라서 소재의 항복응력(300 MPa)과 비교하여 충분히 작은 값이므로 무리없이 사용이 가능하다고 판단된다. 또한 실제 제품에 적용된 경우에서도 강도나 강성이 충분하여 문제가 없었음이 확인되었다. 단일 슬라이드 레일을 적용한 경우에도 Fig. 7과 동일한 조건으로 강성평가를 해 보았다.

단일 슬라이드 레일을 적용한 경우 Fig. 8에 나타낸 바와 같이 변형량과 응력이 각각 0.2 mm, 47.3 MPa 수준으로 양단 슬라이드 레일을 적용한 것보다 좋은 효과가 나타났다. 이것은 단일 슬라이드 레일을 적용할 때, 같이 사용되는 바퀴레일이 하중을 분산하여 같이 지지하는 효과가 발생하였기 때문으로 분석된다. 바퀴레일에 걸리는 최대

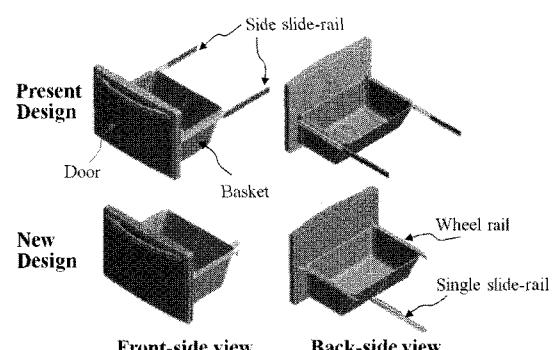


Fig. 6 Comparison of two types of assembled slider systems: side slide-rail and single slide-rail

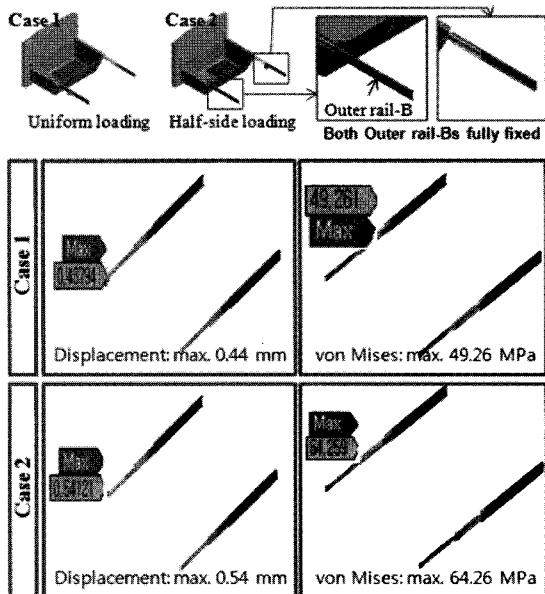


Fig. 7 Analysis results on displacement and stress distribution when a pair of side slide-rail was used

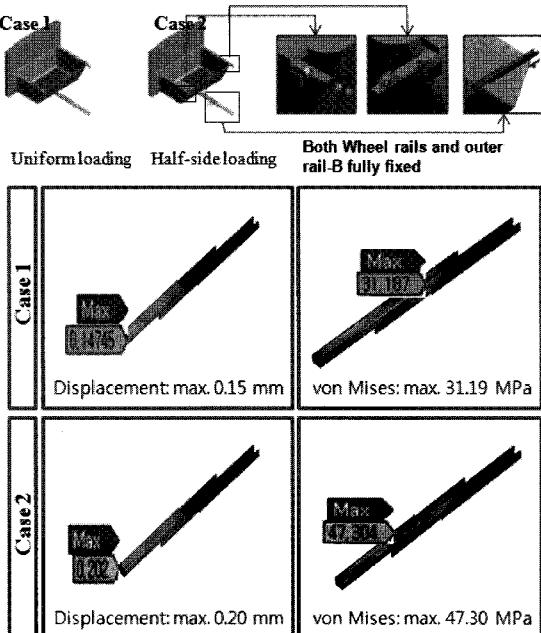


Fig. 8 Analysis results on displacement and stress distribution when a single slide-rail was used

변형량은 편심하중 조건에서 0.15 mm, 응력은 36.38 MPa로 나타났다. 따라서 본 연구에서 제안

한 단일 슬라이드 레일방식이 기존의 방식과 비교할 때 강도적으로 큰 문제없이 적용이 가능함을 알 수 있었다.

### 3. 단일 슬라이드 레일 실험평가

단일 슬라이드 레일의 시제품을 제작하여 실제 굽힘과 비틀림 실험을 통하여 변형여부와 불 이탈 실험을 실시해 보았다. 굽힘과 편심하중에 의한 비틀림 실험을 위하여 Fig. 9(a)와 같이 단일 슬라이드 레일의 외부레일 B[Fig. 5(a) 참조]를 단단히 고정하고 슬라이드 레일을 최대한 인출한 상태에서 하중을 달아서 편심과 집중하중을 주었다. 편심하중 조건은 일반 가정용 냉장고의 폭을 900 mm로 가정하여 편심하중 지그를 제작하였으며, Fig. 9(a)에 기술한 것처럼 양단으로 된 구조를 같도록 하고 하중을 아래쪽 판에 올릴 수 있게 하였다. 하중은 3 kgf, 5 kgf, 10 kgf 추를 상황에 따라 순차적으로 올리고 정직 하중조건을 최대한 맞추도록 하여 동적하중 영향을 없애도록 하였다.

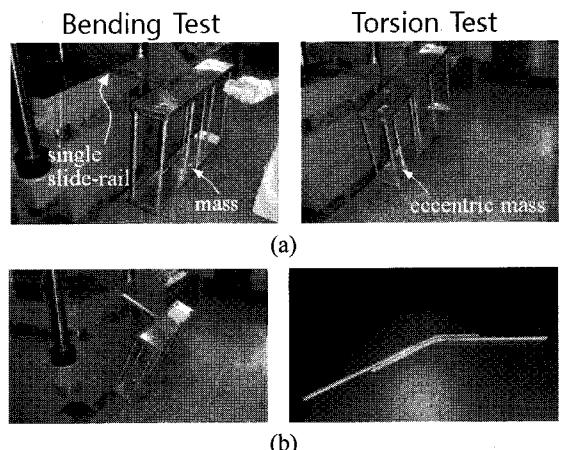


Fig. 9 (a) Experimental setup for bending and torsion test of single slide-rail. (b) bending test result: tilted single slide-rail under the loading condition of 70 kgf

Fig. 9(b)에 나타낸 것처럼 70 kgf 하중 조건에서 단일 슬라이드 레일이 완전히 굽힘변형이 발생하는 것을 알 수 있었다. 굽힘변형 부분도 Fig. 8에 나타낸 해석결과와 비교할 때 응력이 가장 많이 작용하는 부분과 잘 일치함을 알 수 있었다.

굽힘실험에서는 편심하중으로 16 kgf 이 가해질

때 볼의 빠짐현상이 발생하여 슬라이드 레일의 기능이 완전 저하됨을 알 수 있었다. 따라서 실험과 동일한 조건으로 해석을 수행해 보면 최대 비틀림 변형량이 10.0 mm, 최대 변형률이 0.005로 나타났다. 따라서 향후 동일한 구조를 가지는 슬라이드 레일에 대한 설계시 이러한 조건 이하가 되도록 설계를 해야 한다. 전체적으로 50 kgf 이하 하중조건에서 굽힘과 비틀림이 정상적으로 문제가 없고 볼 빠짐 현상이 없는 것을 실험적으로 확인하였다. 또한 50 kgf 이상의 하중조건에서는 단일 슬라이드 레일의 국부적인 변형이 발생하여 작동성이 떨어져 개폐시 힘이 많이 들을 알 수 있었다. 따라서 보다 큰 용량을 요구하는 경우에는 본 연구에서 제안한 방법으로 단일 슬라이드 레일의 단면모양을 개선할 필요가 있다. 이상의 결과로부터 본 연구에서 제안한 단일 슬라이드 레일이 50 kgf 하중 조건에서 실제 냉장고와 같은 제품에 좌우유동 방지 및 원가절감 형태로 적용 가능함을 보였다.

#### 4. 결론

좌우유동 방지를 위한 새로운 개념의 단일 슬라이드 레일 설계와 실험을 통하여 다음과 같은 결론에 도달하였다.

(1) 단일 슬라이드 레일 설계를 통하여 양단 슬라이드 레일에서 나타나는 좌우유동을 방지할 수 있었다.

(2) 설계된 단일 슬라이드 레일은 50 kgf 하중에서 충분히 작동하며 보다 고하중을 요구할 때는 형상변경을 통하여 얻을 수 있다.

(3) 단일 슬라이드 레일을 적용할 경우 제품에 따라 차이가 나겠지만 슬라이드 레일의 재료비가 약 30% 정도 절감이 됨을 알 수 있었다.

(4) 본 연구에서 개발된 슬라이드 레일의 경우 가전제품뿐만 아니라 가구 등 다양한 응용이 가능할 것으로 사료된다.

#### 후기

본 연구는 부산대학교 자유과학기술연구비(2년 과제)의 지원으로 연구되었음.

#### 참고문헌

- Shin, K. C. and Chae, S. W., "A Study on the Door

Height Difference of the SBS Refrigerator," Proceedings of the KSME Autumn Conference, pp. 528-533, 2004.

- Lee, C. L., "A Study on the Evaluation and Decrease of Door Height Difference of the Side -by- Side Refrigerator," Master Thesis, Mech. Eng., Pusan National Univ., 2007.
- Lee, B. Y. and Kim, J. H., "Design of a Roller Rail for the Drawer of Three-Door Refrigerators using Taguchi Method," J. of the KSPE, Vol. 26, No. 6, pp. 97-105, 2009.
- Lee, M. S., "A Study of Optimization on the Load Supporting Structure in the Side-by-Side Refrigerator," M.S. Thesis, Dept. of Refrigeration Air-Conditioning and Energy System, Pusan National Univ., 2008.
- Lee, B. Y. and Lee, H. W., "Shape Optimal Design of an Automotive Pedal Arm using the Taguchi Method," J. of the KSPE, Vol. 24, No. 3, pp. 76-83, 2007.
- Jeong, S. H., Lee, S. H., Kim, G. H., Kim, J. S. and Kim, J. T., "A Study on Roll Forming Simulation of Under Rail," Trans. of the KSMTE, Vol. 17, No. 3, pp. 78-85, 2008.
- Lee, T. S. and Kim, G. W., "Finite Element Analysis for Precision Roll Forming Process of Stainless Slide Rail," J. of the KSPE, Vol. 26, No. 8, pp. 96-103, 2009.
- Jeong, S. H. and Lee, S. H., "A Study on Simulation and of Straightness Prediction of Roll Forming Process," Proc. of the KSPE Spring Conference, pp. 589-590, 2007.
- Hwang, J. H., Park, C. H. and Kim, S. W., "Parallelism and Straightness Measurement of a Pair of Rails for Ultra Precision Guide-ways," J. of the KSPE, Vol. 24, No. 3, pp. 117-123, 2007.