

캐비닛-도어 통합모델을 이용한 빌트인 양문형 냉장고의 도어 상하단차와 앞뒤단차 해석

이부윤*[#]

*계명대학교 기계자동차공학전공

Analysis of Door Height Difference and Door Flatness Difference of Built-in Side-by-Side Refrigerator Using Cabinet-Door Integrated Model

Boo-Youn Lee*[#]

*Dept. of Mechanical & Automotive Engineering, KEIMYUNG UNIV.

(Received 30 May 2018; received in revised form 7 June 2018; accepted 13 June 2018)

ABSTRACT

A cabinet-door integrated finite element model was constructed for a built-in side-by-side refrigerator with an ice dispenser, and its deformation was analyzed using the ANSYS finite element software. As loads, the food load needed to fill in the cabinet and doors and the thermal load occurring during normal operation conditions were taken into consideration. The door height difference (DHD) and door flatness difference (DFD) between the two doors of the freezing and refrigerating compartments were derived. The DHD and DFD under the assembled condition without applied loads satisfied the acceptance criteria specified by the refrigerator manufacturer. It appeared that the food load increases the DFD slightly. The thermal load tends to increase the differences because of the thermal deformation, especially the DFD, of the cabinet and doors.

Key Words : Built-in Side-by-Side Refrigerator(빌트인 양문형 냉장고), Door Flatness Difference(도어 앞뒤 단차), Door Height Difference(도어 상하단차), Structural Analysis(구조해석), Thermal Deformation(열변형)

1. 서론

빌트인 양문형 냉장고(built-in side-by-side refrigerator)는 냉장고 전면이 주방 가구장의 전면과 일치하도록 가구장의 안쪽으로 매립하여 설치되어 외관상 깔끔하고 고급스러운 느낌을 준다. 빌트인

양문형 냉장고는 일반 양문형 냉장고에 비해 고가임에도 불구하고, 생활수준 향상에 따라 주방용 가전제품이 고급화되는 추세로 인하여 최근에 많이 보급되고 있다.

한편, 빌트인 양문형 냉장고는 냉동실과 냉장실의 두 도어(door)가 좌우로 나란히 위치하기 때문에 일반 양문형 냉장고와 마찬가지로 두 도어 사이의 단차 문제가 제기되고 있다. 도어의 단차는 상하단차(door height difference)와 앞뒤단차(door flatness

Corresponding Author : bylee@kmu.ac.kr

Tel: +82-53-580-5922, Fax: +82-53-580-5165

difference)로 구분된다. 상하단차는 냉장고의 전면에서 볼 때 한쪽 도어의 상단이 다른 쪽 도어에 비해 더 높은 경우의 단차, 즉 좌우 도어 사이의 높이차를 의미한다. 앞뒤단차는 한쪽 도어가 다른 쪽 도어에 비해 전면으로 더 튀어나온 단차를 의미한다. 만일 냉장고가 설치되어 사용되는 중에 상하단차와 앞뒤단차가 크게 나타나면 소비자의 불만을 야기할 수 있다. 그러므로 냉장고 제조사는 제품 출하 시, 즉 부하물을 투입하지 않고 냉장고가 작동하지 않는 경우에 발생하는 상하단차와 앞뒤단차의 크기가 일정 수준 이하가 되도록 관리하고 있다. 본 연구에서는 빌트인 양문형 냉장고를 대상으로 하여 도어의 상하단차와 앞뒤단차를 해석하고 평가하고자 한다.

냉장고 부품과 관련된 최근의 구조해석 및 구조설계 분야의 연구를 보면, Han^[1]은 냉장고용 유리선반의 성형 해석을 통한 인서트(insert) 금형 개선 연구를, Lee^[2]는 얼음디스펜서 덕트 캡의 밀봉성능 평가 및 개선 연구를 제시한 바 있다. 한편, 양문형 냉장고가 보편화된 이래로 도어 단차의 원인을 규명하고 개선하기 위한 연구가 꾸준히 시도되어 왔다. Shin 등^[3]은 상하단차에 미치는 다양한 영향 인자를 유한요소해석과 실험계획법으로 분석하였다. Lee^[4]는 유한요소해석과 실험을 통하여 도어의 상하단차 발생 현상을 체계적으로 평가하고 바닥면이 평탄하지 않을 때 단차가 크게 증폭됨을 제시하였다. Kang^[5]은 상하단차 저감을 위한 냉장고 전면 하부 지지용 레그(leg)의 위치 이동과 하부 힌지(hinge)의 보강 방안을 연구하였다. Lee^[6]는 냉장고 지지 방식이 도어 단차에 미치는 영향 평가 및 단차 저감 방안을 연구하였다. Weng 등^[7]은 도어의 상하단차를 자동으로 조절하기 위한 메커니즘을 제시하였다. Jang^[8]은 냉장고 주요 부품의 설계 변경 시 상하단차에 대한 민감도를 평가하고 이를 토대로 몇가지 부품의 구조설계 개선방안을 제시하였다. Kim^[9]은 상하단차를 저감하기 위한 역삼각형 지지 구조에 관하여 연구하였다.

한편, 최근에 Lee^[10]는 본 연구의 선행연구로서 빌트인 양문형 냉장고에 대하여 캐비닛(cabinet)만의 변형 해석을 통하여 간접적으로 도어의 상하단차와 앞뒤단차를 평가한 바 있다. 이 선행연구에서는 캐

비닛의 변형해석에서 얻어진 상부 및 하부힌지 체결점의 변위에 의거하여 강체로 가정된 두 도어를 3D CAD Software를 사용하여 병진이동 및 회전시켜 두 도어가 접하는 상부 모서리 두 점의 좌표를 구하고, 이로부터 상하단차와 앞뒤단차를 결정하였다. 이 방법은 유한요소 해석 시에 도어를 제외하고 캐비닛만을 해석하므로 해석 모델의 복잡성을 피할 수는 있지만 도어의 변형에 의해 발생할 수 있는 단차를 고려할 수 없는 단점이 있었다.

본 연구에서는 빌트인 양문형 냉장고에 대하여 Lee^[10]의 연구를 확대하여 캐비닛-도어 통합모델에 대한 해석을 수행하여 해석결과와 두 도어의 변위로부터 직접적으로 상하단차와 앞뒤단차를 도출하고자 한다. 이러한 캐비닛-도어 통합모델을 해석함으로써 냉장고 작동 시 발생하는 캐비닛과 도어의 변형이 모두 반영된 단차를 구할 수 있다. 단차 평가를 위한 해석 시에 하중으로는 부하물 하중과 냉장고 작동 시의 열하중도 고려하여, 각 하중이 상하단차와 앞뒤단차에 미치는 영향도 평가하였다.

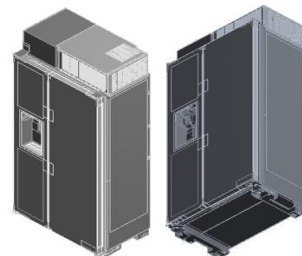


Fig. 1 Configuration of built-in side-by-side refrigerator

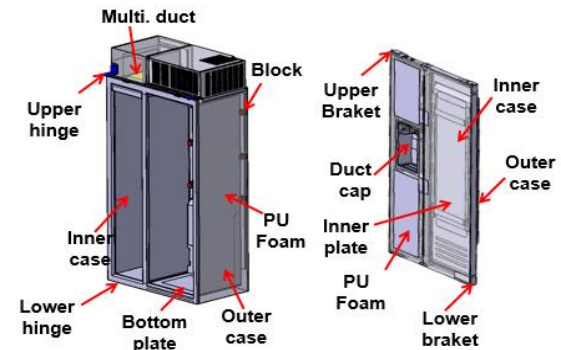


Fig. 2 Parts of cabinet and doors

2. 캐비닛-도어 통합 유한요소모델

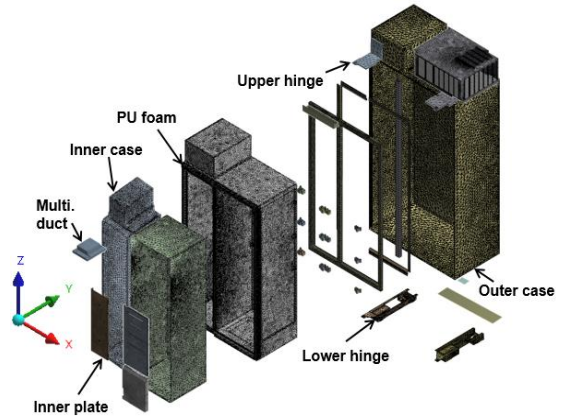
본 연구에서 다루고자 하는 빌트인 양문형 냉장고는 형상이 Fig. 1과 같으며 좌측의 냉동실 도어에 얼음디스펜서(ice dispenser)가 설치된 모델이다. 상용 유한요소해석 프로그램인 ANSYS workbench^[11]를 사용하여 이 빌트인 양문형 냉장고에 대하여 캐비닛-도어를 통합한 유한요소모델을 만들고 정적해석을 수행하였다.

Fig. 2는 얼음디스펜서가 있는 빌트인 양문형 냉장고의 캐비닛과 도어의 주요 부분을 나타낸다. 각 부품별 재질은 Table 1에, 재질별 물성치는 Table 2에 수록하였다. Fig. 3(a), (b)는 각각 캐비닛과 도어의 유한요소모델을 나타내며, ANSYS의 자동요소생성 기능을 사용하여 생성하였다. 요소 종류는 1차(linear) 사면체요소가 갖는 해석결과의 부정확성을 피하기 위해 요소당 10절점의 2차 사면체요소(quadratic tetrahedron element)를 사용하였다. Fig. 3(a)의 캐비닛 모델의 총 절점 수는 1,305,591개, 총 요소 수는 686,496개이며, Fig. 3(b)의 도어 모델의 총 절점 수는 879,468개, 총 요소 수는 590,359개이다.

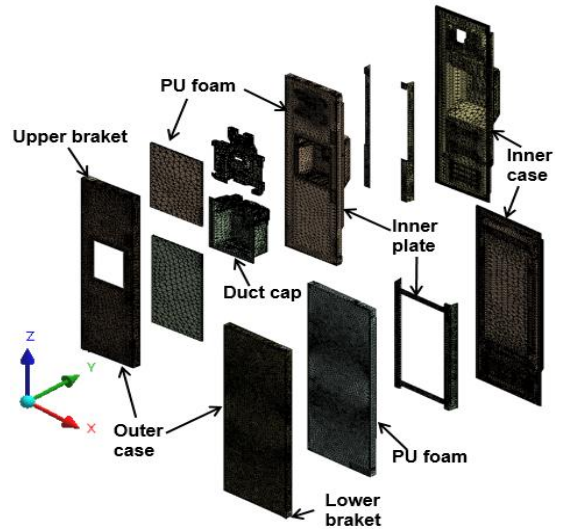
다음은, 캐비닛과 도어 모델을 조합하여 캐비닛-도어 통합모델을 만든 데 대하여 설명하고자 한다. 좌우의 냉동실 및 냉장실 도어는 캐비닛의 좌우측에 부착되어 있는 상부힌지 및 하부힌지를 통하여 캐비닛에 조립된다. 조립 공정에서는 먼저 하부힌지를 캐비닛에 체결한 상태에서 도어의 하부편을 캐비닛에 부착된 하부힌지 구멍에 끼워서 도어를 하부힌지 위에 얹어 놓은 후에, 도어의 상부편을 상부힌지 구멍에 끼우고 마지막으로 상부힌지를 캐비닛과 체결하여 조립을 완성한다. 결과적으로 캐비닛과 도어는 도어의 원통 핀이 캐비닛 힌지의 원통 구멍에 끼워지는 방식으로 체결된다.

이를 고려하여 상부힌지의 원통 구멍과 도어의 상부편 사이에는 슬라이딩이 일어날 수 있는 무마찰(no separation) 조건을 부여하였다. 하부힌지의 원통 구멍과 도어의 하부편 사이, 그리고 도어 바닥면과 하부힌지의 상부면에도 슬라이딩이 일어날 수 있는 무마찰 조건을 부여하였다.

캐비닛-도어 통합모델에 직접 반영하지 않은 무



(a) Cabinet



(b) Doors

Fig. 3 Exploded view of finite element model

Table 1 Material types of parts

Parts	Mat'l type
Outer case, Inner plate	SGCC
Multi. duct	ABS & EPS
Duct cap	ABS
PU Foam	PU Foam
Hinge, Lower plate, Bottom plate, Bracket	SCP
Inner case	AL 5052
Block	PVC

Table 2 Material properties

Mat'l type	Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio	Thermal conductivity (W/mK)	Coeff. of thermal expansion ($10^{-5}/K$)	Density (kg/m^3)
SGCC	206.8	0.29	45	1.17	7,820
ABS	2.5	0.38	0.02	9.25	1,049
EPS	0.0583	0.4	0.03	5.70	609
PU Foam	0.0036	1e-9	0.02	8.00	33.5
SCP	205	0.29	45	1.17	7,800
AL 5052	70.3	0.33	138	2.30	2,679
PVC	2.9	0.4	0.20	4.99	1,450

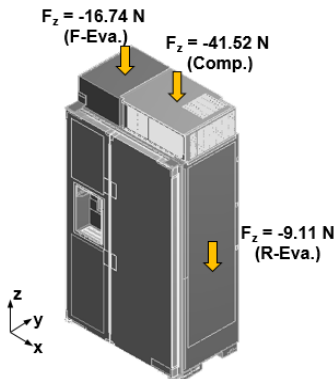


Fig. 4 Weight load of evaporators and compressor

개인 냉동실 상부의 증발기, 냉장실 상부의 압축기, 냉장실 우측벽의 증발기의 무게는 Fig. 4와 같이 해당 위치에 하중으로 가하였다.

구조해석의 경계조건으로는 하부힌지 바닥에 설치되어 지면에 직접 접촉하게 되는 높낮이 조정나사(adjustment screw) 하단의 변위를 구속하였다.

3. 부하물 하중에 의한 단차

먼저 제품 출하 조건에서의 상하단차와 앞뒤단차의 크기를 평가하기 위하여, 캐비닛-도어 통합모델에 대하여 캐비닛과 도어에 부하물이 투입되지 않은 상태, 즉 자중에 대하여 정적구조해석을 수행하였다.

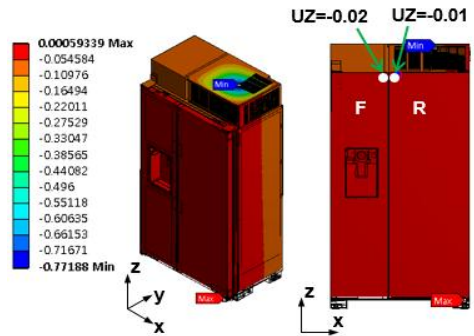


Fig. 5 Displacement UZ (no food load)

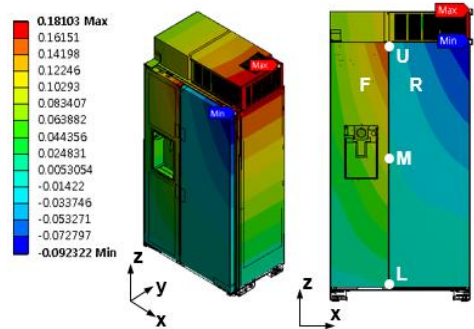
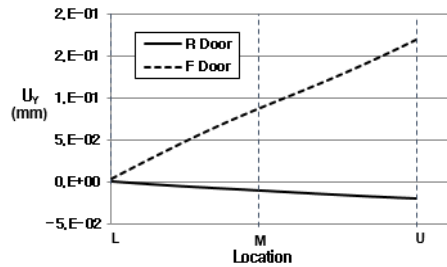
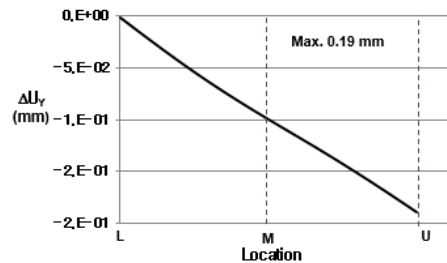


Fig. 6 Displacement UY (no food load)



(a) UY of two doors



(b) Difference of UY between two doors

Fig. 7 Door flatness difference (no food load)

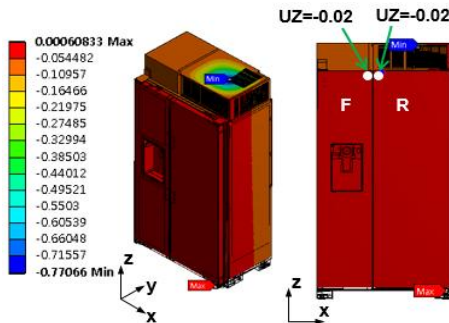


Fig. 8 Displacement UZ (food load)

부하물이 투입되지 않은 조건의 해석결과로서, Fig. 5는 상하단차에 영향을 미치는 상하방향, 즉 z 축방향 변위(UZ) 분포를 나타낸다. Fig. 5에서 볼 수 있듯이, 상하방향 변위(UZ)는 냉동실(F) 도어 상단이 -0.02 mm, 냉장실(R) 도어 상단이 -0.01 mm로 나타났다. 상하단차는 두 도어 상단이 접하는 곳에서 두 도어의 UZ의 차의 절대치이다. 따라서 부하물이 투입되지 않은 조건의 상하단차는 식 (1)과 같이 0.01 mm로 미소한 것으로 계산되었다.

$$|-0.02 - (-0.01)| = 0.01 \quad (1)$$

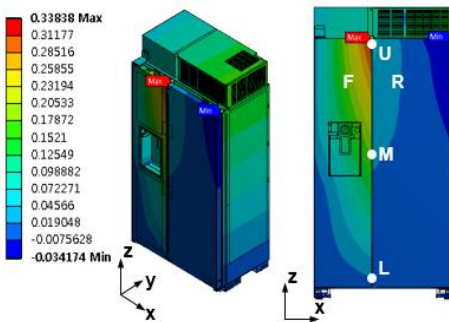
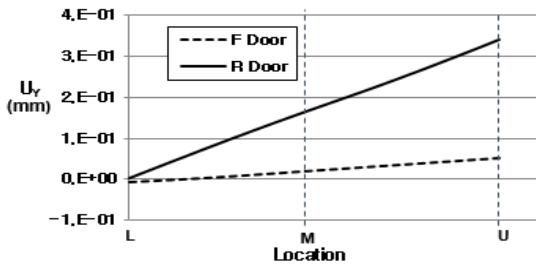


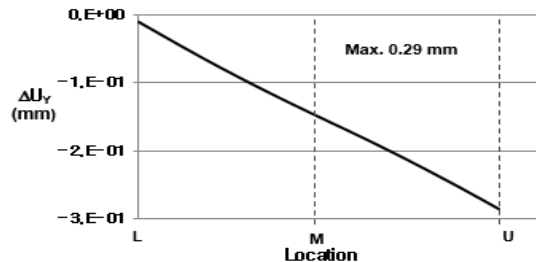
Fig. 9 Displacement UY (food load)

부하물이 투입되지 않은 조건의 해석결과로서, Fig. 6은 앞뒤단차에 영향을 미치는 앞뒤방향, 즉 y 축방향 변위(UY) 분포를 나타내는데, UY의 최대값은 캐비닛 우측 상단 모서리에서 0.18 mm이다. Fig. 6에서 냉동실(F) 도어와 냉장실(R) 도어가 접하는 위치인 U는 도어의 상단, M은 도어의 중앙, L은 도어의 하단을 나타낸다. Fig. 7(a)에는 두 도어에 대하여 하단(L)부터 상단(U)까지의 UY의 변화를 나타내었는데, 냉동실 도어가 냉장실 도어에 비해 상대적으로 뒤쪽(+y축방향)으로 변형되는 것을 알 수 있다. Fig. 7(b)에는 냉장실 도어의 UY에서 냉동실 도어의 UY를 빼서 계산한 UY의 차를 하단(L)부터 상단(U)까지 나타내었는데, 앞뒤단차는 이 UY 차의 절대치의 최대값으로 상단(U)에서 0.19 mm로 나타났다.



(a) UY of two doors

한편, 냉장고 제조사에서 부하물이 없고 냉장고가 작동하지 않는 조건, 즉 제품 출하 조건의 허용기준으로 정하고 있는 상하단차는 2 mm, 앞뒤단차는 1 mm이다. 앞의 해석결과에서 기술한 바와 같이 이 조건에서의 해석결과가 상하단차는 0.01 mm, 앞뒤단차는 0.19 mm이므로 제품 출하 시의 허용기준을 만족하는 것으로 판단된다.



(b) Difference of UY between two doors

Fig. 10 Door flatness difference (food load)

다음은 부하물 하중이 단차에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 캐비닛과 도어에 식품을 최대한 투입할 경우에 대하여 정적구조해석을 수행하였다. 식품을 최대한 투입할 경우의 부하물 질량은 냉동실 캐비닛에는 총 91 kg, 냉장실 캐비닛에는 총 69.1 kg, 냉동실 도어에는 총 10 kg, 냉장실 도어에는 총 30 kg이다. 이 부하물 무게에 해당하는 힘은

캐비닛 선반과 도어 배스킷(basket) 위치에 분배시켜 가하였다.

부하물이 투입된 조건의 해석결과로서, Fig. 8은 상하단차에 영향을 미치는 상하방향, 즉 z축방향 변위(UZ) 분포를 나타낸다. Fig. 8에서 볼 수 있듯이, 상하방향 변위(UZ)는 냉동실(F) 도어 상단이 -0.02 mm, 냉장실(R) 도어 상단이 -0.02 mm로 나타났다. 따라서 부하물이 투입된 조건의 상하단차는 0.00 mm이며, 부하물이 투입되지 않은 경우(0.01 mm)에 비해 상하단차는 변화가 없는 것으로 판단된다.

부하물이 투입된 조건의 해석결과로서, Fig. 9는 앞뒤단차에 영향을 미치는 앞뒤방향, 즉 y축방향 변위(UY) 분포를 나타내는데, UY의 최대값은 냉동실 도어 상단에서 0.34 mm이다. Fig. 10(a)에는 두 도어에 대하여 하단(L)부터 상단(U)까지의 UY의 변화를 나타내었는데, 냉장실 도어가 냉동실 도어에 비해 상대적으로 뒤쪽(+y축방향)으로 변형되는 것을 알 수 있다. Fig. 10(b)에는 냉장실 도어의 UY에서 냉동실 도어의 UY를 빼서 계산한 UY의 차를 하단(L)부터 상단(U)까지 나타내었는데, 앞뒤단차는 이 UY 차의 절대치의 최대값이며 상단(U)에서 0.29 mm로 나타났다.

따라서 부하물이 투입된 조건의 앞뒤단차(0.29 mm)는 부하물이 투입되지 않은 경우(0.19 mm)에 비해 0.10 mm만큼 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 부하물 하중으로 인하여 도어의 UY 변위가 증가하기 때문인 것으로 판단된다.

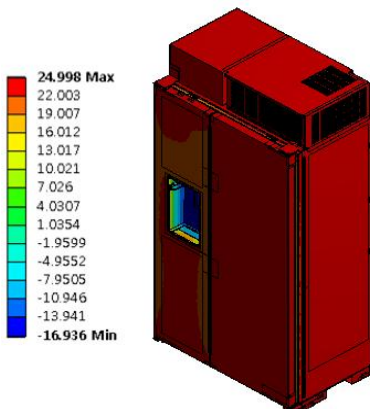


Fig. 11 Temperature distribution under steady-state operation

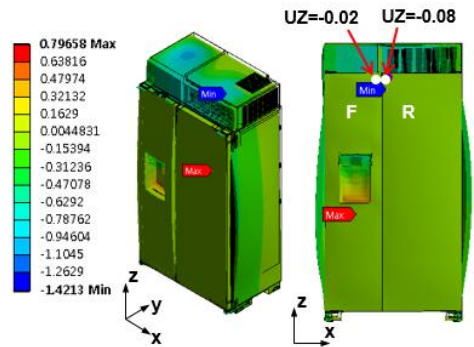


Fig. 12 Displacement UZ (food and thermal load)

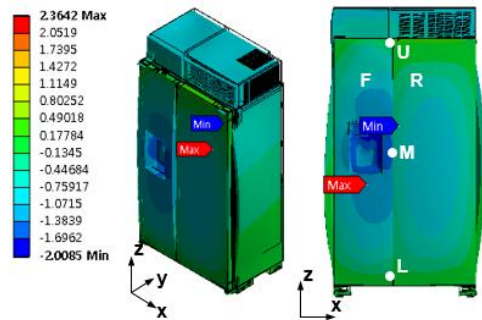
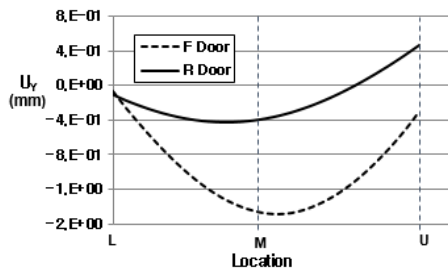
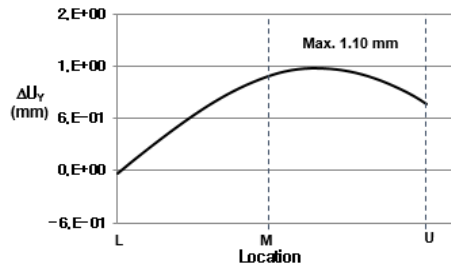


Fig. 13 Displacement UY (food and thermal load)



(a) UY of two doors



(b) Difference of UY between two doors

Fig. 14 Door flatness difference (food and thermal load)

4. 열하중에 의한 단차

이 장에서는 캐비닛과 도어에 부하물이 투입된 상태에서 정상상태로 작동될 때 가해지는 열하중에 대하여 정적구조해석을 수행하여 냉장고 작동 조건에서의 상하단차와 앞뒤단차의 크기를 평가하였다.

이를 위하여 캐비닛-도어 통합모델에 대하여 냉장고가 정상상태로 작동될 때의 열해석을 먼저 수행하여 냉장고의 온도분포를 구하였다. 열해석을 위한 경계조건으로서 냉장고의 외면에는 대류경계조건을 부여하였다. 외면의 대류열전달계수는 자연 대류에 해당하는 $5 \times 10^{-6} \text{ W/mm}^2\text{K}$ 로, 외부온도(surrounding temperature)는 상온인 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 설정하였다. 냉장고의 내면에는 온도경계조건을 부여하였으며, 냉동실 내면은 $-17 \text{ }^\circ\text{C}$, 냉장실 내면은 $3 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 설정하였다. Fig. 11은 열해석 결과의 온도분포를 나타내는데, 최대온도가 $25 \text{ }^\circ\text{C}$, 최소온도가 $-17 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 나타난 것을 알 수 있다.

다음은 캐비닛-도어 통합모델에 대하여 캐비닛과 도어에 부하물이 투입된 상태에서 냉장고가 정상상태로 작동될 때의 온도분포를 열하중으로 가하여 열-구조 연성해석을 수행하였다. 캐비닛과 도어에 가해지는 부하물 하중은 앞 장에서 기술한 것과 동일하게 부여하였다.

열하중이 가해진 조건의 해석결과로서, Fig. 12는 상하단차에 영향을 미치는 상하방향, 즉 z축방향 변위(UZ) 분포를 나타낸다. Fig. 12의 변형 형상을 보면, 열변형에 의해 냉장고의 측면은 가운데가 볼록해지는 것으로 나타났다. 특히 냉동실과 냉장실 도어가 접하는 곳의 변형 형상은 냉동실 측의 가운데가 냉장실 측에 비해 상대적으로 앞으로 볼록해지는 것을 알 수 있다. Fig. 12에서 볼 수 있듯이, 상하방향 변위(UZ)는 냉동실(F) 도어 상단이 -0.02 mm , 냉장실(R) 도어 상단이 -0.08 mm 로 나타났다. 따라서 열하중이 가해진 조건의 상하단차는 0.06 mm 이며, 부하물만 투입된 경우(0.00 mm)에 비해 열변형으로 인하여 상하단차가 0.06 mm 만큼 증가한 것으로 판단된다.

열하중이 가해진 조건의 해석결과로서, Fig. 13은 앞뒤단차에 영향을 미치는 앞뒤방향, 즉 y축방향 변위(UY) 분포를 나타내는데, UY의 최대값은 냉장

고 내부에서 나타나며 2.36 mm 이다.

Fig. 14(a)에는 두 도어에 대하여 하단(L)부터 상단(U)까지의 UY의 변화를 나타내었는데, 냉동실 도어가 냉장실 도어에 비해 상대적으로 앞쪽(-y축방향)으로 돌출된 것을 확인할 수 있다. Fig. 14(b)에는 냉장실 도어의 UY에서 냉동실 도어의 UY를 빼서 계산한 UY의 차를 하단(L)부터 상단(U)까지 나타내었다. UY 차의 절대치는 상단(U)에서는 0.77 mm 로 나타났으며, 이 UY 차의 절대치의 최대값인 앞뒤단차는 상단(U)과 중간(M) 사이에서 1.10 mm 로 나타났다. 따라서 열하중이 가해진 조건의 앞뒤단차(1.10 mm)는 부하물만 투입된 경우(0.29 mm)에 비해 0.81 mm 만큼 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

이상의 해석결과로서, 냉장고 작동 시에는 열하중이 상하단차와 앞뒤단차를 증가시키며 특히 앞뒤단차를 크게 증가시킨다는 것으로 결론지을 수 있다. 또한, 참고적으로 냉장고 작동 시에 발생하는 이 앞뒤단차 1.10 mm 는 제조업체에서 정한 출하 조건, 즉 부하물이 없으며 냉장고가 작동하지 않는 조건의 허용기준인 1 mm 에는 거의 근접한 수준인 것으로 판단된다.

5. 결론

1. 얼음디스펜서가 있는 빌트인 양문형 냉장고에 대하여 캐비닛과 도어를 통합한 유한요소모델을 만들고, 부하물 하중과 냉장고 작동 시의 열하중을 고려한 유한요소해석을 수행하여 냉동실 도어와 냉장실 도어 사이의 상하단차와 앞뒤단차를 평가하였다.
2. 부하물이 투입되지 않은 조건의 해석결과는 상하단차가 0.01 mm , 앞뒤단차가 0.19 mm 로 나타났으며, 이는 제품 출하 시의 허용기준을 만족하는 것으로 나타났다.
3. 캐비닛과 도어에 부하물이 최대로 투입된 조건의 해석결과는 도어 상하단차는 0.00 mm , 앞뒤단차는 0.29 mm 로 나타났다. 따라서 부하물은 상하단차에 영향을 미치지 않지만, 앞뒤단차는 조금 증가시키는 것으로 판단된다.
4. 부하물이 최대로 투입된 상태에서 냉장고가 정상상태에서 작동하는 조건, 즉 열하중이 가해지

는 조건의 해석결과는 상하단차가 0.06 mm, 앞뒤단차가 1.10 mm로 나타났다. 따라서 열하중은 상하단차와 앞뒤단차를 증가시키며 특히 앞뒤단차를 크게 증가시키는 것으로 판단된다.

5. 참고적으로 냉장고 작동 시에 발생하는 이 앞뒤단차 1.10 mm는 제조업체에서 정한 출하 조건, 즉 부하물이 없으며 냉장고가 작동하지 않는 조건의 허용기준인 1 mm에는 거의 근접한 수준인 것으로 나타났다.

REFERENCES

1. Han, S. R., "Improvement of Insert Molding for Refrigerator Glass Shelves Using Numerical Analysis," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 6, pp. 50-57, 2016.
2. Lee, B. Y., "A Study on Evaluation and Improvement of Sealing Performance of Duct Cap Assembly for Ice Dispenser By Nonlinear Contact Problem Analysis," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 17, No. 2, pp. 37-46, 2018.
3. Sin, G. C. and Che, S. W., "A Study on the Door Height Difference of the SBS Refrigerator," Proc. of Autumn Conference of KSME(A), pp. 528-531, 2004.
4. Lee, C. L., "A Study on the Evaluation and Decrease of Door Height Difference of the Side-by-Side Refrigerator," A Thesis for MS, Pusan National University, Republic of Korea, 2007.
5. Kang, G. W., "A Study and Analysis for the Improvement of Door Height Difference of the Side-by-Side Refrigerator," A Thesis for MS, Pusan National University, Republic of Korea, 2008.
6. Lee, M. S., "A Study of Optimization of the Load Supporting Structure in the Side-by-Side Refrigerator," A Thesis for MS, Pusan National University, Republic of Korea, 2008.
7. Weng, L., Yun, J. D. and Jung, Y. H., "Development of the Auto Leveling Mechanism for Side-by-Side Refrigerator Doors," Transaction of KAIS, Vol. 13, pp. 3165-3174, 2012.
8. Jang, M. J., "A Study and Analysis for the Improvement of Door Height Difference of the Side-by-Side Refrigerator," A Thesis for MS, Pusan National University, Republic of Korea, 2010.
9. Kim, J. H., "A Study Regarding Supporting Structure of Refrigerator to Minimize a DHD between Each Door at the Uneveled Floor Condition," A Thesis for MS, Pusan National University, Republic of Korea, 2015.
10. Lee, B. Y., "Structural Analysis of Cabinet of Built-in Side-by-Side Refrigerator and Evaluation of Door Height Difference and Door Flatness Difference," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 17, No. 2, pp. 30-36, 2018.
11. ANSYS, ANSYS User's Manual Revision 11.0, ANSYS Inc., 2007.