

# 구조해석을 통한 하부냉동실형 빌트인 냉장고 도어의 치짐량 평가

이부윤\*.#

\*계명대학교 기계자동차공학전공

## Evaluation of Vertical Displacement of Door of Built-in Bottom-Freezer Type Refrigerator by Structural Analysis

Boo-Youn Lee\*.#

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

(Received 16 September 2019; received in revised form 20 October 2019; accepted 26 October 2019)

### ABSTRACT

In this study, we developed a finite element model for the built-in bottom-freezer type refrigerator and then used the structural analysis method to analyze and evaluate the deflection of the doors. We tested the validity of the developed analytical model by measuring the deflection of the hinge when loads were applied to the upper and lower hinges of the refrigerating compartment and compared these with the analysis results. The comparison of the vertical displacement of the measured result and the analysis result showed an error ratio of up to 12.8%, which indicates that the analytical model is consistent. Using the analytical model composed of the cabinet, hinges and doors, we performed analyses for two cases: both doors closed, and the refrigerating door open. Since the maximum vertical displacement of the refrigerating compartment door (R-door) with the food load is smaller than the gap between the lower surface of the R-door and the upper surface of the freezer compartment door (F-door), it is judged that the R-door and the F-door do not contact when the doors are opened or closed. In addition, the analysis result showed that the difference between the vertical displacement at the hinge on the opposite side and the hinge side of the R-door is favorably smaller than the management criterion of the refrigerator manufacturer.

**Key Words** : Built-in Refrigerator(빌트인 냉장고), Bottom-Freezer Type(하부냉동실형), Refrigerator Door(냉장고도어), Vertical displacement(수직변위), Structural Analysis(구조해석)

### 1. 서론

빌트인(built-in) 냉장고는 냉장고의 전면이 주방가구의 전면과 같은 평면에 위치하도록 주방가구

와 함께 설치된다. 근래에 들어서 고급 주방가전이 활성화되면서 빌트인 냉장고도 보급이 늘어나는 추세이다. 빌트인 냉장고 중에서 양문형(side-by-side) 빌트인 냉장고는 좌측에 냉동실, 우측에 냉장실이 위치하므로 좌우에 두 개의 도어가 설치된다. 반면에 하부냉동실형(bottom-freezer) 빌트인 냉장고는 일반적으로 상부에 냉장실, 하부에 냉동실이 위치하

# Corresponding Author : bylee@kmu.ac.kr

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

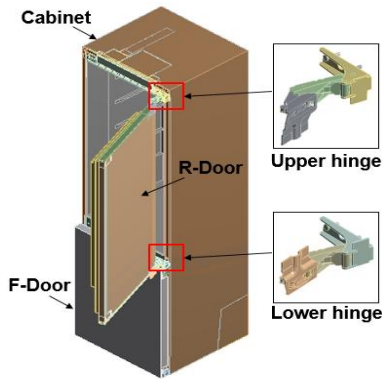


Fig. 1 Built-in bottom-freezer type refrigerator

므로 상하에 두 개의 도어가 설치된다.

본 연구에서 다루고자 하는 하부냉동실형 빌트인 냉장고를 Fig. 1에 나타내었는데, 상부의 냉장실에는 냉장실도어(R-door), 하부의 냉동실에는 냉동실도어(F-door)가 설치된다. 이 두 도어는 각각 한 쌍의 상부힌지(hinge)와 하부힌지를 통하여 캐비닛(cabinet)에 체결된다. 특히 Fig. 1에 나타난 냉장실도어와 같이 도어가 열려 있을 때에는 힌지가 전면 방향으로 펼쳐지는데 도어와 부하물의 무게에 의해 힌지가 변형되고 이로 인하여 도어가 아래쪽으로 처지게 된다. 그런데 만일 상부의 냉장실도어의 처짐이 과도하게 되면 냉장실도어가 하부의 냉동실도어와 접촉하게 되어 품질불량 문제를 유발할 수도 있다. 따라서 냉장고 제작사에서는 상부 도어와 하부 도어의 처짐량이 일정 수준 이하가 되도록 관리하고 있다. 본 연구는 이러한 하부냉동실형 빌트인 냉장고에 대하여 구조해석을 수행하고, 이를 통하여 구조설계 시의 중요 지표인 도어의 수직변위와 처짐량을 평가하고자 한다.

냉장고의 구조해석 및 설계 관련 기존의 연구는 양문형 냉장고에서 발생하는 좌우측 도어 단차의 원인 규명 및 단차 저감에 대한 연구가 다수를 차지하고 있는데, Kang<sup>[1]</sup>의 상하단차 저감을 위한 냉장고 전면 하부 지지용 레그(leg)의 위치 이동과 하부힌지의 보강 방안에 관한 연구, Lee<sup>[2]</sup>의 냉장고 지지 방식이 도어 단차에 미치는 영향 평가 및 단차 저감 방안 연구, Weng 등<sup>[3]</sup>의 도어 상하단차를 자동으로 조절하기 위한 메커니즘 연구, Jang<sup>[4]</sup>의

냉장고 주요 부품의 상하단차에 대한 민감도 연구, Kim<sup>[5]</sup>의 상하단차를 저감하기 위한 역삼각형 지지 구조에 관한 연구 등을 들 수 있다. 이와 더불어 근래에 들어서는 양문형 빌트인 냉장고에 대해서도 도어 단차 평가 및 단차 저감을 위한 연구가 수행되어 왔는데, Lee<sup>[6]</sup>의 캐비닛의 변형 해석 및 3D CAD Software를 사용한 도어 단차 평가 연구, Lee<sup>[7,8]</sup>의 캐비닛-도어 통합모델의 해석을 통한 도어 단차 평가 연구 등을 들 수 있다. 한편, 냉장고 부품과 관련된 구조해석 및 설계 관련 연구로는 Lee<sup>[9,10]</sup>의 얼음디스펜서 덕트 캡의 밀봉성능 및 개방각도 개선에 관한 연구가 있다. 한편 최근의 연구로서 Lee<sup>[11,12]</sup>는 양문형 빌트인 냉장고의 하부 댄핑힌지를 대상으로 한 응력해석 및 피로수명해석을 통하여 힌지레버의 파손방지를 위한 설계개선안 연구<sup>[11]</sup>와 도어지지부 브래킷핀의 설계개선안 연구<sup>[12]</sup>를 제시한 바 있다.

본 연구에서는 ANSYS Workbench<sup>[13]</sup>를 사용한 유한요소해석을 통하여 하부냉동실형 빌트인 냉장고에서 발생하는 도어의 처짐량을 해석하고자 한다. 이를 위하여 캐비닛, 도어, 힌지를 포함한 유한요소 해석모델을 개발하고, 해석결과를 측정결과와 비교함으로써 해석모델의 타당성을 확인하고자 한다. 그리고 도어에 부하물을 투입할 때와 도어 개폐에 따른 해석을 수행하여 그 결과로부터 도어의 처짐량을 평가하고자 한다.

## 2. 힌지의 처짐 측정과 해석의 비교

먼저 하부냉동실형 빌트인 냉장고에 대하여 ANSYS로 구조해석을 수행하기 위하여 Fig. 2와 같이 유한요소모델을 구성하였다. 요소종류는 20절점 육면체와 10절점 사면체 솔리드 요소로서, ANSYS의 자동 요소생성 기능을 사용하여 구성하였다. 유한요소모델의 총 절점 수는 1,519,854개, 총 요소 수는 921,920개이다. Fig. 2(a)는 캐비닛, 힌지, 도어의 조립체에서 두 도어가 열린 상태의 해석모델을 나타낸다. Fig. 2(b)는 도어가 열린 상태의 냉장실과 냉동실 각각의 상부힌지와 하부힌지의 유한요소 형상을 나타낸다.

한편, Fig. 2(c)는 두 도어가 제거된 상태, 즉 캐비닛과 힌지만을 포함한 유한요소모델을 나타낸다. 본 연

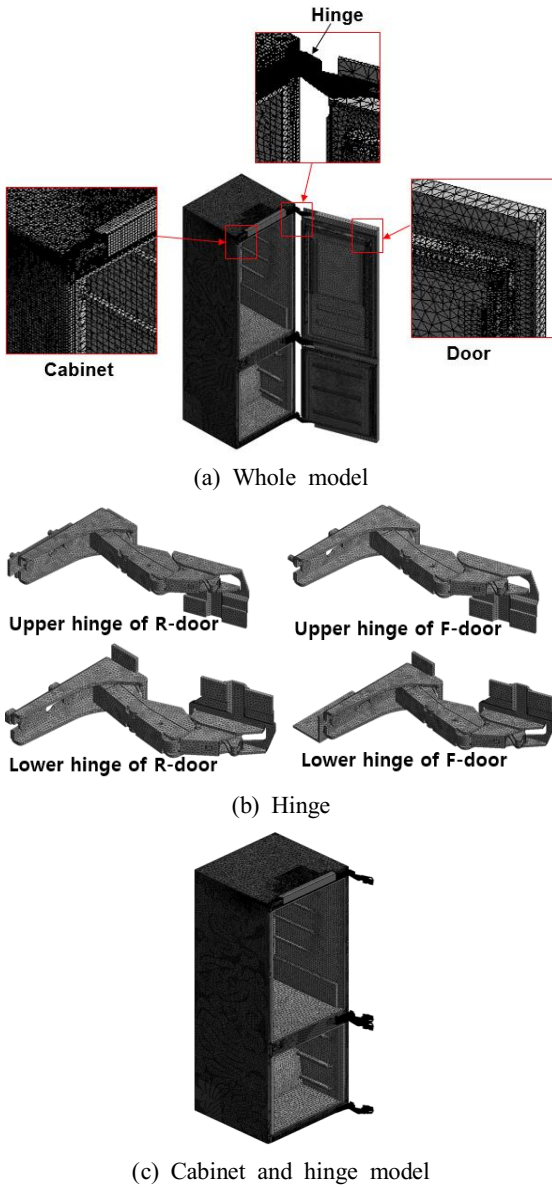


Fig. 2 Finite element model

구에서는 도어를 제거한 상태에서 힌지에 하중을 가하고 힌지의 수직변위를 측정하는 시험을 실시하였는데, 이 측정결과와 해석결과를 비교하기 위하여 Fig. 2(c)의 해석모델을 사용하였다.

먼저, 냉장실의 상부힌지에 5 kg<sub>f</sub>와 10 kg<sub>f</sub>의 하중을 각각 가하여 이 때 발생하는 힌지의 수직변위를 측정

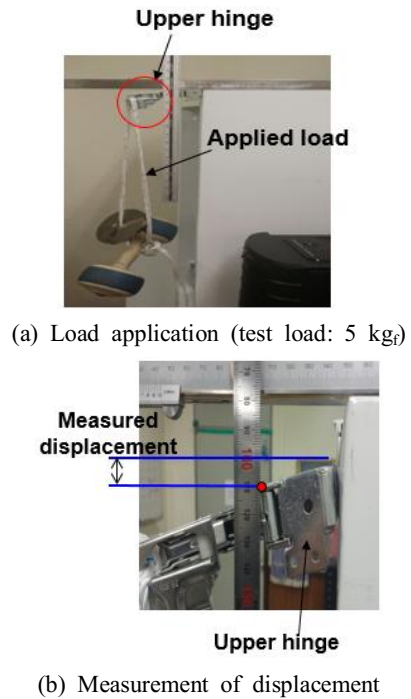


Fig. 3 Photograph of measurement under test load applied to upper hinge of R-door

하기 위한 시험을 수행하였다. Fig. 3(a)와 같이 도어를 제거한 상태에서 냉장실 상부힌지의 끝단에 추를 사용하여 하중(5 kg<sub>f</sub>)을 가하고, Fig. 3(b)와 같이 자를 사용하여 힌지의 수직변위를 측정하였다. 냉장실 상부힌지에서 하중을 가하는 위치와 수직변위를 추출한 위치는 Fig. 4에 표기하였는데, 하중 부여 위치는 전개된 힌지부품의 끝단이고 수직변위 추출 위치는 캐비닛 전면에 직접 체결되는 힌지부품과 전개된 힌지부품을 체결하는 핀의 상단이다. 냉장실의 상부힌지에 5 kg<sub>f</sub>와 10 kg<sub>f</sub>의 하중을 가했을 때의 수직변위의 측정결과를 Table 1에 수록하였는데, 5 kg<sub>f</sub>와 10 kg<sub>f</sub>의 하중에 대한 수직변위는 각각 2.5 mm와 4.8 mm로 나타났다.

Table 1 Measurement result under test load applied to upper hinge of R-door

Test load (kg <sub>f</sub> )	5	10
Vertical displacement (mm)	2.5	4.8

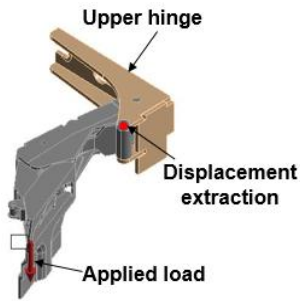
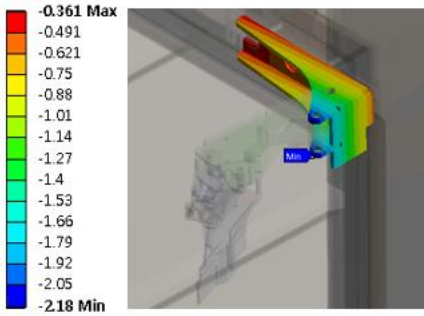
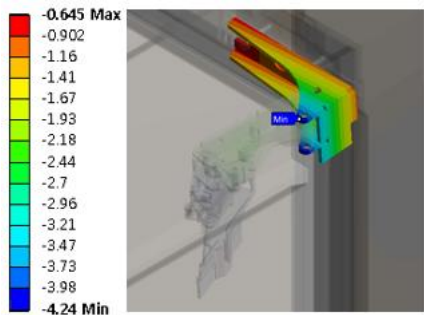


Fig. 4 Location of load application and extraction of vertical displacement for upper hinge of R-door



(a) 5 kgf



(b) 10 kgf

Fig. 5 Analysis result of vertical displacement under test load applied to upper hinge of R-door

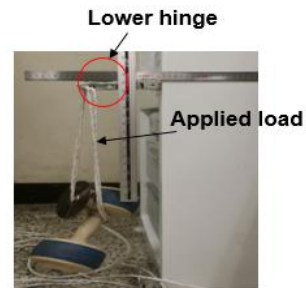
그리고, 냉장실의 상부힌지에 5 kgf와 10 kgf의 하중을 각각 가할 때 발생하는 힌지의 수직변위를 구하기 위한 해석을 수행하였다. 이를 위하여 Fig. 2(c)의 도어가 제거된 해석모델을 사용하고, 냉장실 상부힌지에 대하여 시험 시와 같은 위치(Fig. 4 참조)에 5 kgf와

10 kgf의 하중, 그리고 캐비닛과 힌지의 자중은 각 부품별 재료 밀도를 지정하고 정적해석을 수행하였다.

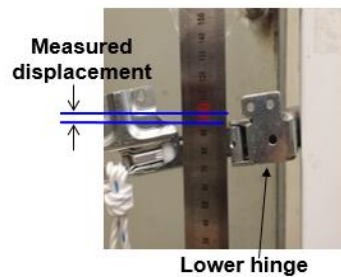
Fig. 5(a), (b)는 냉장실의 상부힌지에 5 kgf와 10 kgf의 하중을 가할 때의 해석결과로서, 캐비닛에 직접 체결되는 힌지부품의 수직변위 분포를 나타낸다. 해석결과에서 수직변위 추출위치의 변위는 Fig. 5의 분포도에서 최소값에 해당하며, 5 kgf와 10 kgf의 하중에 대한 수직변위는 각각 2.18 mm와 4.24 mm로 나타났다. Table 2는 상부힌지에 대한 측정결과와 해석결과와의 수직변위를 비교하여 나타낸 것으로, 오차율은 최대 12.8 %임을 알 수 있다.

Table 2 Comparison of measurement and analysis under test load applied to upper hinge of R-door

		Test load (kgf)	
		5	10
Vertical displacement (mm)	Measurement (A)	2.5	4.8
	Analysis (B)	2.18	4.24
	Error ratio [(A-B)/(A)]	12.8%	11.7%



(a) Load application (test load: 5 kgf)

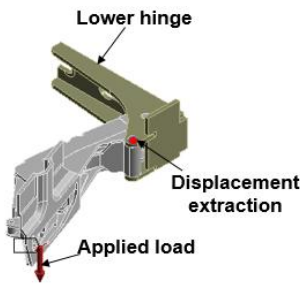


(b) Measurement of displacement

Fig. 6 Photograph of measurement under test load applied to lower hinge of R-door

다음으로는 냉장실의 하부힌지에 5 kg<sub>f</sub>와 10 kg<sub>f</sub>의 하중을 각각 가하여 이 때 발생하는 힌지의 수직변위를 측정하기 위한 시험을 추가적으로 수행하였다. Fig. 6(a)와 같이 도어를 제거한 상태에서 냉장실 하부힌지의 끝단에 추를 사용하여 하중(5 kg<sub>f</sub>)을 가하고, Fig. 6(b)와 같이 자를 사용하여 힌지의 수직변위를 측정하였다. 냉장실 하부힌지에서 하중을 가하는 위치와 수직변위를 추출한 위치는 Fig. 7에 표기하였는데, 이는 상부힌지에 대한 시험 시와 동일하다. 냉장실의 하부힌지에 5 kg<sub>f</sub>와 10 kg<sub>f</sub>의 하중을 가했을 때의 수직변위의 측정결과를 Table 3에 수록하였는데, 5 kg<sub>f</sub>와 10 kg<sub>f</sub>의 하중에 대한 수직변위는 각각 1.5 mm와 2.9 mm로 나타났다.

그리고, 냉장실의 상부힌지에 5 kg<sub>f</sub>와 10 kg<sub>f</sub>의 하중을 각각 가할 때 발생하는 힌지의 수직변위를 구하기 위한 해석을 수행하였다. Fig. 2(c)의 도어가 제거된 해석모델을 사용하고, 냉장실 하부힌지에 대하여 시험 시와 같은 위치(Fig. 7 참조)에 5 kg<sub>f</sub>와 10 kg<sub>f</sub>의 하중, 그리고 자중을 가하고 정적해석을 수행하였다. Fig. 8(a), (b)는 냉장실의 하부힌지에 5 kg<sub>f</sub>와 10 kg<sub>f</sub>의 하중을 가할 때의 해석결과로서, 캐비닛에 직접 체결되는 힌지부품의 수직변위 분포를 나타낸다. 해석결



(b) Applied load

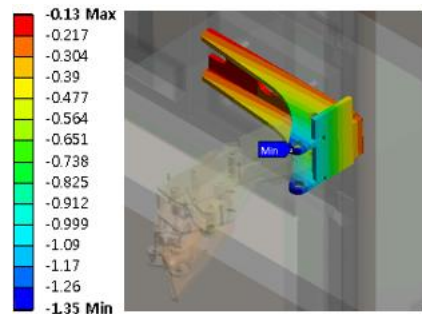
**Fig. 7 Location of load application and extraction of vertical displacement for lower hinge of R-door**

**Table 3 Measurement result under test load applied to lower hinge of R-door**

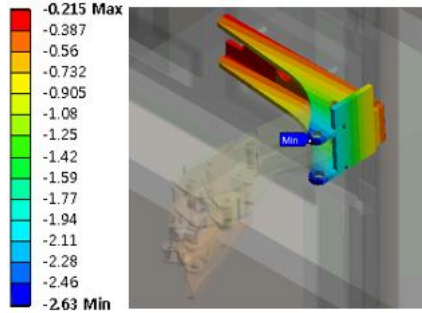
Test load (kg <sub>f</sub> )	5	10
Vertical displacement (mm)	1.5	2.9

과에서 수직변위 추출위치의 변위는 Fig. 8의 분포도에서 최소값에 해당하며, 5 kg<sub>f</sub>와 10 kg<sub>f</sub>의 하중에 대한 수직변위는 각각 1.35 mm와 2.63 mm로 나타났다. Table 4는 하부힌지에 대한 측정결과와 해석결과의 수직변위를 비교하여 나타낸 것으로, 오차율은 최대 10.0 %임을 알 수 있다.

한편, 이상에서 기술한 바와 같이 시험 시에 하중 부여와 변위 측정을 위하여 추와 자를 사용하였으므로 시험방법과 측정결과가 정밀하다고 보기는 어렵



(a) 5 kg<sub>f</sub>



(b) 10 kg<sub>f</sub>

**Fig. 8 Analysis result of vertical displacement under test load applied to lower hinge of R-door**

**Table 4 Comparison of measurement and analysis under test load applied to lower hinge of R-door**

Test load (kg <sub>f</sub> )		5	10
Vertical displacement (mm)	Measurement (A)	1.5	2.9
	Analysis (B)	1.35	2.63
	Error ratio [(A-B)/(A)]	10.0%	9.3%



다. 이를 감안하면 본 연구에서 만든 해석모델의 정확성을 평가하는데 있어서 이 정도 오차 수준(상부한지: 12.8 %, 하부한지: 10.0 %)은 적절한 것으로 판단된다.

### 3. 도어의 처짐량 해석 및 평가

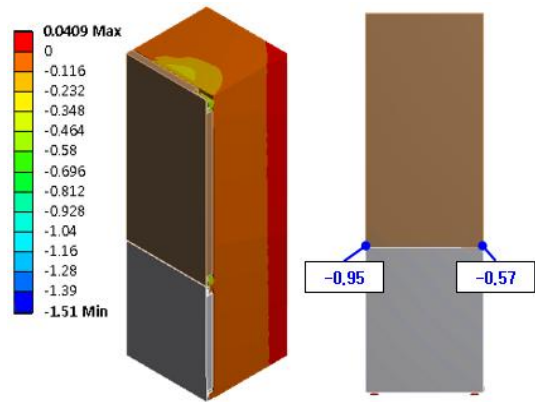
본 연구에서 다루는 하부냉동실형 냉장고의 도어는 도어가 닫혀있든 열려있든 도어의 자중과 냉장실도어의 배스킷(basket) 내의 식품의 무게, 즉 부하물의 하중에 의해 수직변위가 발생하여 아래쪽으로 처지게 된다. 만일 냉장실도어의 처짐이 과도하게 되면 냉장실도어의 하부면이 냉동실도어의 상부면과 접촉하게 되어 도어개폐가 원활하게 되지 않는 문제를 유발할 수도 있다.

한편, 도어는 오른쪽에 위치한 힌지에 의하여 캐비닛에 조립되므로 힌지측 보다는 힌지반대측의 처짐량이 더 크게 된다. 특히 상부의 냉장실도어에서 힌지측과 힌지반대측의 수직변위의 차가 과도하게 되면 시각적으로 도어가 비틀어진 것처럼 보일 수 있으므로 소비자의 클레임을 불러올 수도 있다. 이러한 이유 때문에 냉장고 제조사는 구조설계 시에 냉장실도어에서 힌지측과 힌지반대측의 수직변위의 차가 일정 수준 이하(통상 1.5 mm)가 되게 관리하고 있다.

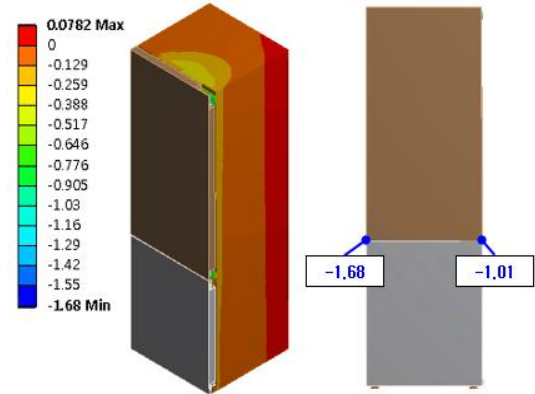
이 장에서는 도어가 닫혀있을 때와 열려 있을 때에 대하여 부하물 투입 전후의 구조해석을 실시하여 도어의 처짐량, 그리고 힌지측과 힌지반대측의 도어의 수직변위의 차를 평가하고자 한다. 해석을 위하여 Fig. 2(a)에 나타난 캐비닛, 힌지, 도어의 조립체의 해석모델을 사용하였다.

해석 시에 도어의 무게는 각 부품별 재료 밀도를 지정하여 가하였으며, 냉장실 도어의 질량은 16.6 kg, 냉동실 도어의 질량은 7.9 kg이다. 냉동실도어에는 배스킷이 없으며, 냉장실도어의 부하물(배스킷 내의 식품) 하중은 도어 내면의 중앙부에 가하였는데, 부하물 질량은 14 kg이다.

먼저, 도어가 닫혀있을 때에 대하여 부하물 투입 전후 각각을 해석하였다. 해석결과로서 Fig. 9(a), (b)는 부하물 투입 전과 투입 후에 도어가 닫혀있을 때의 수직변위 분포를 나타낸다. Fig. 9(a)에 나타난 바와 같이 부하물 투입 전에 냉장실도어 하부면의



(a) Without food load

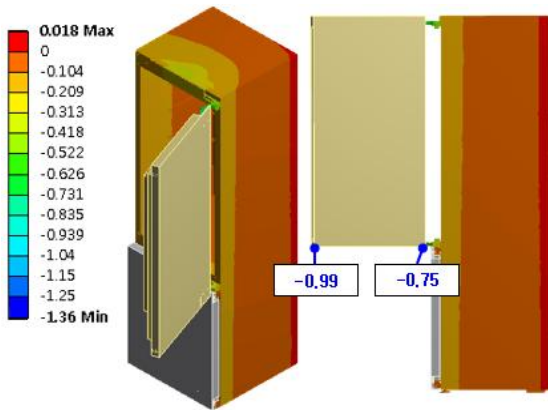


(b) With food load

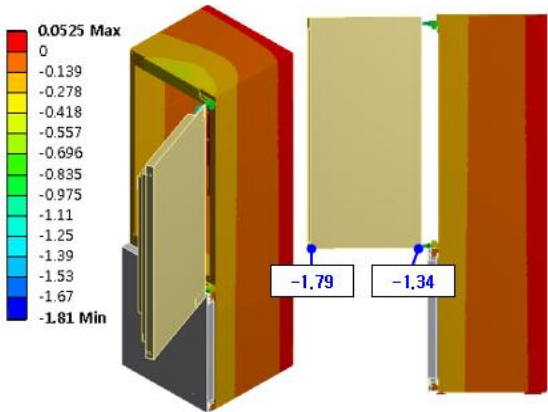
Fig. 9 Analysis result of vertical displacement when doors are closed

수직변위는 힌지측(오른쪽)이 0.57 mm, 힌지반대측(왼쪽)이 0.95 mm로 나타났으며, 힌지반대측과 힌지측의 수직변위의 차는  $0.95 - 0.57 = 0.38$  mm이다. Fig. 9(b)에 나타난 바와 같이 부하물 투입 후에 냉장실도어 하부면의 수직변위는 힌지측(오른쪽)이 1.01 mm, 힌지반대측(왼쪽)이 1.68 mm로서 부하물 투입 전에 비하여 수직변위가 증가하였으며, 힌지반대측과 힌지측의 수직변위의 차는  $1.68 - 1.01 = 0.67$  mm로 나타났다.

다음으로는 냉장실도어가 열려있을 때에 대하여 부하물 투입 전과 투입 후 각각을 해석하였다. 해석결과로서 Fig. 10(a), (b)는 부하물 투입 전과 투입 후에 도어가 열려있을 때의 수직변위 분포를 나타



(a) Without food load



(b) With food load

**Fig. 10 Analysis result of vertical displacement when R-door is open**

낸다. Fig. 10(a)에 나타난 바와 같이 부하물 투입 전에 냉장실도어 하부면의 수직변위는 힌지측(오른쪽)이 0.75 mm, 힌지반대측(왼쪽)이 0.99 mm로 나타났으며, 힌지반대측과 힌지측의 수직변위의 차는  $0.99-0.75=0.24$  mm이다. Fig. 10(b)에 나타난 바와 같이 부하물 투입 후에 냉장실도어 하부면의 수직변위는 힌지측(오른쪽)이 1.34 mm, 힌지반대측(왼쪽)이 1.79 mm로서 부하물 투입 전에 비하여 수직변위가 증가하였으며, 힌지반대측과 힌지측의 수직변위의 차는  $1.79-1.34=0.45$  mm로 나타났다.

이상의 해석결과를 정리해보면 부하물 투입 후에 냉장실도어에서 발생하는 최대수직변위(힌지반대측)는 도어가 닫혀있을 때는 1.68 mm, 열려있을 때는

1.79 mm 수준으로 나타났다. 이 결과는 냉장실도어 하부면과 냉동실도어 상부면 사이의 간극보다 충분히 작으므로, 도어개폐 시에 냉장실도어의 하부면이 냉동실도어의 상부면과 접촉할 가능성은 없는 것으로 결론지을 수 있다. 또한, 힌지반대측과 힌지측의 수직변위의 차는 냉장실도어가 닫혀있을 때는 부하물 투입 전에 0.38 mm, 부하물 투입 후에 0.67 mm이고, 냉장실도어가 열려있을 때는 부하물 투입 전에 0.24 mm, 부하물 투입 후에 0.45 mm로 나타났다. 이 결과는 냉장고 제조사의 관리 기준인 1.5 mm보다 작으므로 기준을 만족하는 것으로 결론지을 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 하부냉동실형 빌트인 냉장고에 대하여 유한요소모델을 개발하고 구조해석을 통하여 도어의 처짐량을 해석하고 평가하는 방법을 제시하였다.

개발된 해석모델의 타당성을 평가하기 위하여, 냉장실의 상부 및 하부힌지에 하중을 가할 때 발생하는 힌지의 수직변위를 측정하기 위한 시험을 수행하고 해석결과와 비교하였다. 측정결과와 해석결과와의 수직변위를 비교한 결과, 상부힌지에 하중을 가할 때의 오차율은 12.8 %, 하부힌지에 하중을 가할 때의 오차율은 10.0 %로 나타나 해석모델은 정합성이 있는 것으로 판단된다.

냉장고 전체의 해석모델을 사용하여 두 도어가 닫혀있을 때와 냉장실도어가 열려 있을 때에 대하여 구조해석을 수행하여 도어의 처짐량, 그리고 힌지측과 힌지반대측의 도어의 수직변위의 차를 구하였다. 부하물 투입 후에 냉장실도어의 최대수직변위는 도어가 닫혀있을 때는 1.68 mm, 열려있을 때는 1.79 mm 수준으로 나타났다. 이 최대수직변위는 냉장실도어 하부면과 냉동실도어 상부면 사이의 간극보다 충분히 작으므로, 도어개폐 시에 냉장실도어의 하부면과 냉동실도어의 상부면이 접촉하지 않는 것으로 판단된다.

한편, 힌지반대측과 힌지측의 수직변위의 차는 냉장실도어가 닫혀있을 때는 부하물 투입 전에 0.38 mm, 부하물 투입 후에 0.67 mm이고, 냉장실도

어가 열려있을 때는 부하물 투입 전에 0.24 mm, 부하물 투입 후에 0.45 mm로 나타났다. 이 수직변위의 차는 냉장고 제조사의 관리 기준인 1.5 mm보다 작으므로 기준을 만족하는 것으로 판단된다.

## REFERENCES

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Kim, J. H., "A Study Regarding Supporting Structure of Refrigerator to Minimize a DHD between Each Door at the Unleveled Floor Condition," A Thesis for MS, Pusan National University, Republic of Korea, 2015.
6. 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.
7. Lee, B. Y., "Analysis of Door Height Difference and Door Flatness Difference of Built-in Side-by-Side Refrigerator Using Cabinet-Door Integrated Model," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 17, No. 5, pp. 76-83, 2018.
8. Lee, B. Y., "Structural Analysis of Built-in Side-by-Side Refrigerator with Ice Dispenser and Home Bar and Evaluation of Door Differences and Gasket Gap," J. of KAIS, Vol. 19, No. 9, pp. 465-473, 2018.
9. 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.
10. Lee, B. Y., "A Study on Analysis and Design Improvement of Opening Angle of Duct Cap of Ice Dispenser for Refrigerator," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 19, No. 5, pp. 672-680, 2018.
11. Lee, B. Y., "Stress Analysis and Design Improvement to Prevent Failure of Damping Hinges of Built-in Refrigerators," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 19, No. 2, pp. 81-88, 2020.
12. Lee, B. Y., "Structural Analysis of Damping Hinge for Built-in Side-by-Side Refrigerator and Design Improvement of Bracket Pin to Reduce Stress Concentration," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 21, No. 1, To be published, 2020.
13. ANSYS, ANSYS User's Manual Revision 11.0, ANSYS Inc., 2007.