

냉장고 얼음 디스펜서 덕트 캡의 개방각도 해석 및 설계개선에 관한 연구

이부윤

계명대학교 기계자동차공학전공

A Study on Analysis and Design Improvement of Opening Angle of Duct Cap of Ice Dispenser for Refrigerator

Boo-Youn Lee

Dept. of Mechanical & Automotive Engineering, Keimyung University

요약 본 연구에서는 유한요소해석을 이용하여 냉장고 얼음 디스펜서 작동 시에 덕트 캡 조립체가 열리는 과정을 해석하고 캡의 개방각도를 평가하였으며, 얼음 배출을 원활하게 하기 위하여 캡의 개방각도를 최대화할 수 있는 설계개선안을 도출하였다. 덕트 캡 조립체의 기존설계안에 대하여 모터 작동 시의 입력회전각에 대한 과도구조해석을 수행하였으며 해석결과, 캡의 개방각도는 레버가 강재일 경우에만 가능한 개방각도 상한값의 78%로 나타났다. 캡 개방각도에 미치는 주요 설계인자의 영향을 검토하기 위한 여러 가지의 설계수정안을 도출하고 해석을 수행하였다. 설계수정안의 해석결과, 레버 재질을 탄성계수가 큰 재질로 변경하거나, 지지부의 위치를 모터 측으로 이동하거나, 레버의 축 직경을 증가시키면 개선효과가 높아지는 것으로 나타났다. 구조설계의 변경에 따라 수반되는 제작비용 측면도 고려하면, 얼음 디스펜서 케이스의 기존 구조를 변경하지 않고 레버 재질만 기존의 합성수지에서 알루미늄합금으로 변경하는 설계수정안이 가장 우수한 것으로 나타났다. 결론적으로, 레버 재질을 알루미늄합금으로 변경하면 캡의 개방각도를 상한값의 95%까지 개선할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서 제시한 해석 방법 및 결과는 얼음 배출이 원활하도록 덕트 캡 조립체의 구조를 설계하는데 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

Abstract The opening angle of the duct cap assembly during the operation of a refrigerator ice dispenser was evaluated by transient structural analysis, and an improved design to maximize the opening angle was obtained. The opening angle of the existing design was found to be 78% of the upper limit. Several design modifications were proposed and analyzed to examine the effects of the design factors on the opening angle. As a result of the design modifications, the opening angle was improved by changing the lever material to a material with a high elastic modulus, moving the position of the support to the motor side, or increasing the lever shaft diameter. Considering the manufacturing cost of the new design, the design modification changing only the lever material was found to be the best because it does not require a change in the structure of the ice dispenser case. In conclusion, the opening angle can be improved by up to 95% of the upper limit value if the lever material is changed to an aluminum alloy. The methods and results presented in this study were found to be of great help in designing the duct cap assembly structure to facilitate the discharge of ice.

Keywords : Duct Cap, Transient Structural Analysis, Finite Element Analysis, Opening Angle, Refrigerator Ice Dispenser

*Corresponding Author : Boo-Youn Lee(Keimyung Univ.)

Tel: +82-53-580-5922 email: bylee@kmu.ac.kr

Received February 19, 2018

Revised March 8, 2018

Accepted May 4, 2018

Published May 31, 2018

1. 서론

냉장고 얼음 디스펜서(ice dispenser)[1]는 냉동실에서 만들어지는 얼음을 꺼낼 때 도어(door)가 닫혀있는 상태에서 버튼(button) 또는 레버(lever)를 작동시켜서 얼음이 자동으로 배출되게 하는 역할을 한다. 냉장고 얼음 디스펜서가 최초로 개발된 이래로 최근까지도 성능과 사용 편리성을 증진시키기 위한 새로운 아이디어의 도출과 개발이 지속되고 있다[2-4].

냉장고에서는 냉장실과 냉동실 내부의 냉기가 외부로 빠져나가는 열손실이 발생하게 된다. 냉장고에서 외벽을 제외하고 열손실이 주로 발생하는 위치는 도어와 홈바(home bar) 개스킷(gasket), 얼음 디스펜서 등이며, 얼음 디스펜서에서의 열손실을 줄이기 위한 연구가 진행되어 왔다[5,6]. 얼음 디스펜서 부품의 파손 방지를 위한 구조 설계 분야의 연구로는, 나선형 얼음공급장치의 고장모드에 대한 가속수명시험과 구조설계에 관한 연구[7,8], 반복용력을 받는 디스펜서 레버의 신뢰성 개선에 관한 연구[9] 등을 들 수 있다.

한편, 얼음 디스펜서의 주요 부품 중 하나인 덕트 캡(duct cap)은 Fig. 1과 같이 평소에는 제빙실 출구의 덕트를 닫아서 얼음을 밀봉하고 있다가 사용자가 얼음 디스펜서를 작동시키면 덕트를 열어 얼음을 배출하게 하는 역할을 한다[10]. Fig. 2는 덕트 캡 조립체의 구조 및 주요 부품을 나타내며, 지지(support)부와 2개의 핀(pin)은 케이스(case)에 체결된다. 얼음 디스펜서를 작동시키지 않을 때에는 초기 변형을 갖는 비틀림 코일 스프링(helical torsion spring)이 레버에 토크를 가하여 덕트 캡이 케이스의 구멍을 압착하여 얼음 배출구를 막음으로써 제빙실의 얼음과 냉기를 밀봉하게 된다. 최근에 Lee[10]는 얼음 디스펜서 덕트 캡이 닫혀 있을 때의 밀봉성능을 평가하고자 비선형 접촉문제 해석을 통하여 변위, 접촉 조건, 접촉압력 등을 분석하고, 이에 의거하여 밀봉성능을 개선하기 위한 구조설계 개선방안을 제시한 바 있다.

Fig. 2의 핀은 케이스의 원통구멍에 끼워져 레버가 회전할 때 힌지(hinge) 역할을 하며, 지지부와 브래킷(braket)은 레버의 휨변형을 줄이는 역할을 한다. 얼음 디스펜서를 작동시키면 모터 링크(motor link)가 레버의 한쪽 끝단의 레버 링크를 밀어 올려서 레버를 회전시키게 된다. 이에 따라 제빙실 출구의 덕트를 닫고 있던 캡이 열리면서 얼음이 배출된다. 냉장고 제조사에서는 캡

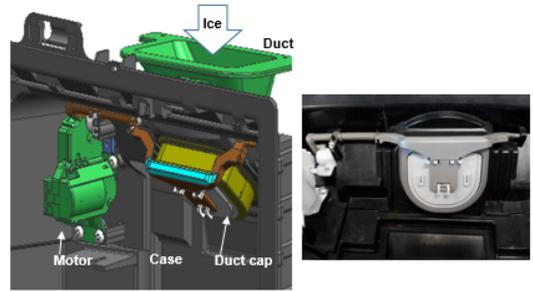


Fig. 1. Configuration of duct cap assembly in ice dispenser[1]

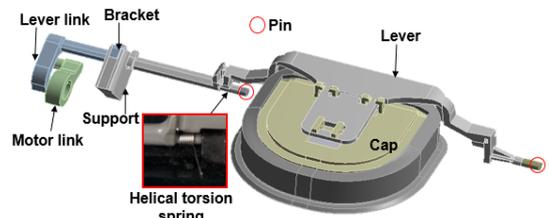


Fig. 2. Duct cap assembly and parts

이 열릴 때 육면체 모양의 얼음이 잘 배출되도록 캡 개방각도를 설계하고 있으나, 캡의 개방각도가 작아서 얼음이 얼음 배출구에 걸리는 현상이 발생하면 소비자 불만을 초래할 수 있다.

본 연구에서는 상용 유한요소해석 프로그램인 ANSYS[11]를 사용하여 기존설계안의 덕트 캡 조립체에 대하여 과도구조해석(transient structural analysis)을 수행함으로써 얼음 디스펜서 작동 시의 덕트 캡 개방각도를 수치해석적 방법으로 평가하였다. 그리고 캡의 개방각도를 최대화하기 위하여, 주요 설계인자인 레버의 치수와 재질, 레버 지지부의 위치 변경의 영향을 검토하기 위한 여러 가지 설계수정안에 대하여 추가적인 해석을 실시하였다. 수정안들의 해석결과를 기존설계안의 해석결과와 비교 고찰을 통하여 최선의 설계수정안을 도출하였다.

2. 기존설계안의 해석 및 평가

2.1 유한요소 모델링

Fig. 3은 얼음 디스펜서 작동용으로 사용되는 모터와 덕트 캡 조립체의 링크 메커니즘 형상을 나타낸다. 모터는 사양이 출력토크 127.5 N.mm(1.3kg_r·cm), 회전각

31.8°이다. 얼음 디스펜서를 작동시키면 모터 링크가 모터 회전각인 31.8°만큼 회전하면서 레버 링크를 밀어 올려서 덕트 캡 조립체를 회전시키게 된다. 이를 고려하여 기존설계안과 설계수정안들의 개방각도를 해석할 때 모터 링크의 회전각 31.8°를 입력조건으로 사용하였다.

덕트 캡 조립체의 개방각도에 영향을 미치는 주요 설계인자는 캡에 비해 상대적으로 강성이 작아서 휨변형이 발생하는 레버의 치수와 재질, 레버의 휨변형에 영향을 미치는 지지부의 위치 등이다. 또한 기존설계안 및 설계수정안의 여러 가지 경우에 대해 과도구조해석을 수행해야 하므로 해석에 장시간이 소요된다. 이러한 점을 고려하여 레버와 브래킷만 탄성체로 모델링하고 다른 부품들은 강체로 모델링하였다. 기존설계안에 대하여 덕트 캡 조립체의 개방각도를 해석하기 위해 만든 유한요소모델은 Fig. 4와 같다. 레버와 브래킷을 탄성체로 모델링할 때 사용한 유한요소의 종류는 ANSYS의 20절점 2차 육면체 요소(20-nodes quadratic hexahedron)와 10절점 2차 사면체 요소(10-nodes quadratic tetrahedron)를 사용하였다. 기존설계안에서 레버 재질은 합성수지인 POM(N-109)로서 물성치는 밀도 1410kg/m³, 탄성계수 2.55GPa, 프와송비 0.35이고, 브래킷 재질은 SCP로서 밀도 7800kg/m³, 탄성계수 205GPa, 프와송비 0.29이다.

Fig. 5는 덕트 캡 조립체에 적용된 구속 및 접촉조건을 나타낸다. 구속조건은 지지부에서 모든 방향으로 구속이 되고 핀과 모터 링크에는 회전조건(revolute)을 부여하였다. 캡과 레버의 연결부 사이, 지지부와 케이스 사이에 대해서 변위구속조건(fixed)을 부여하였다. 접촉조건으로는, 모터 링크와 레버 링크의 접촉부, 레버와 브래킷의 접촉부에 대해서 접촉면의 미끄러짐 및 분리를 허용하는 무마찰조건(frictionless)을 부여하였다.

Fig. 6은 레버에 가해지는 스프링력의 위치와 방향을 나타낸다. 비틀림 코일 스프링에서 발생하는 토크는 레버와 스프링 팔(arm)의 접점에서 스프링력을 가하게 되며, 스프링력은 스프링의 사양과 문헌에 제시된 일반적인 식을 사용하여 쉽게 계산할 수 있다[12]. 비틀림 코일 스프링의 제원은 탄성계수 198GPa, 스프링의 평균지름 5.1mm, 선경 0.7mm, 권선 수 8, 스프링의 자유각 60°, 팔 길이 5.012mm로서, 스프링력은 18.9N으로 계산되었다.

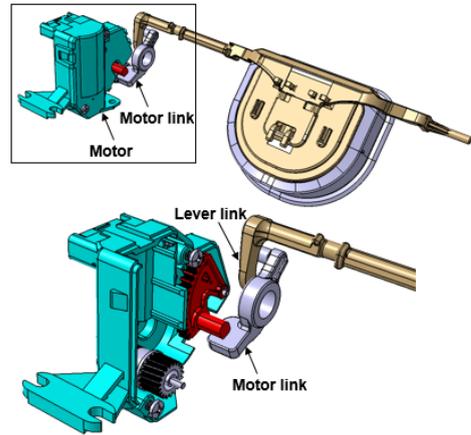


Fig. 3. Configuration of link mechanism

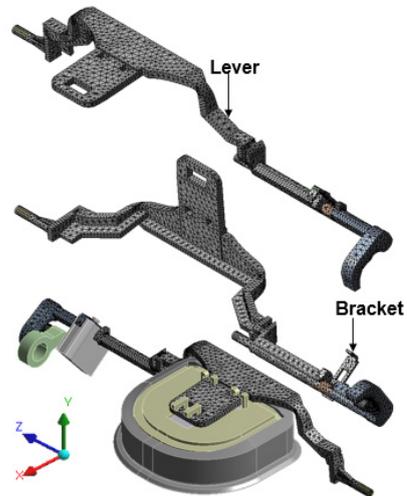


Fig. 4. Finite element model of duct cap assembly (existing design)

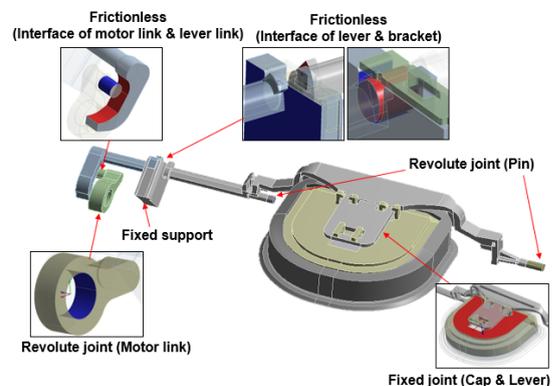


Fig. 5. Contact and boundary conditions

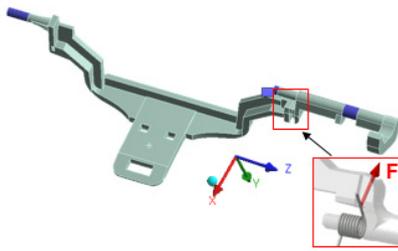


Fig. 6. Spring force applied to lever

2.2 기존설계안의 해석결과

얼음 디스펜서를 작동시키면 모터 링크가 31.8° 회전하여 레버 링크를 밀어 올려서 덕트 캡 조립체를 회전시키게 되는데, 이때 Fig. 3의 링크 메커니즘에서 기구학적으로 캡이 최대 몇 도까지 개방될 수 있는지를 파악하는 것이 먼저 필요하다. 이를 위하여 레버를 포함한 모든 부품들을 강체로 모델링하여 ANSYS에서 강체동해석 (rigid dynamic analysis)을 수행하였다. 강체동해석 결과, Fig. 7과 같이 강체 모델에서 모터 링크의 입력회전각이 31.8°일 때 캡의 개방각도는 50°로 해석되었다. 강체모델이 아닌 실제에서는 레버와 브래킷의 변형으로 인하여 캡의 개방각도는 50°보다 작을 것이 분명하다.

그러므로 본 연구에서는 이 강체모델의 캡 개방각도 50°를 상한값으로 정하고, 개방각도가 상한값에 최대한 근접하게 되도록 하는 설계개선안을 도출하고자 한다. 앞 절에서 설명된 덕트 캡 조립체의 유한요소모델을 사용하여, 모터 링크의 회전각 31.8°에 대한 과도구조해석을 수행하였으며, 해석 결과는 다음과 같이 나타났다.

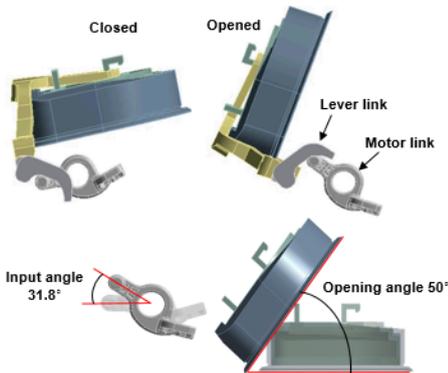


Fig. 7. Result of rigid dynamic analysis

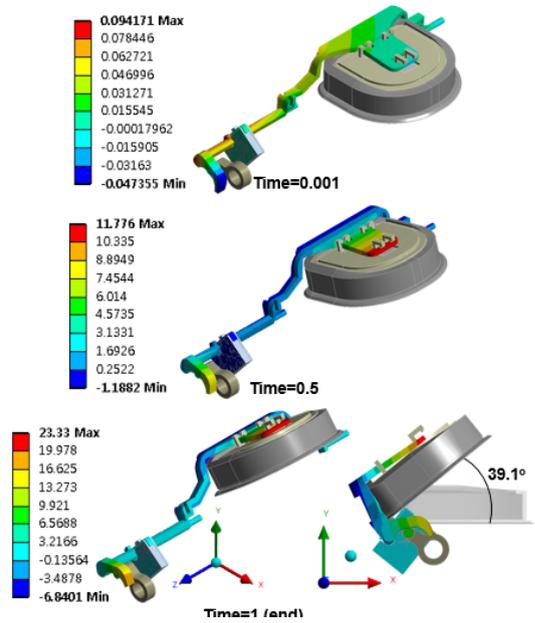


Fig. 8. Deformed shape and opening angle (existing design)

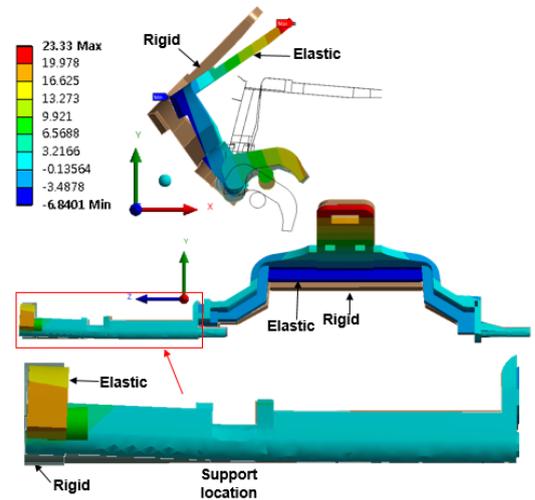


Fig. 9. Deformed shape and distribution of Uy displacement (existing design)

Fig. 8은 기존설계안의 과도구조해석의 결과로서, 덕트 캡 조립체의 시간에 따른 변형 형상, y방향 수직변위 (U_y), 최종 시간에서의 캡의 개방각도를 나타낸다. 캡이 다 열린 최종 시간(Time=1)에서 레버의 최대 변위는 캡과의 체결부에서 23.3mm로 나타났다. 캡의 개방각도는 39.1°로 나타났으며, 이는 개방각도 상한값 50°의 78%이다.

앞의 강제동해석 부분에서 기술한 바와 같이 개방각도의 상한값 50°는 덕트 캡 조립체가 강제일 경우에 캡이 열리는 각도이므로, 실제로는 레버와 브래킷의 탄성변형으로 인하여 캡의 개방각도가 상한값보다 작은 것이 타당하다.

Fig. 9는 최종 시간에서 레버의 변형 형상(개방각도 39.1°)을 강제모델의 해석결과(개방각도 50°)와 비교하여 나타낸 것이다. Fig. 9를 보면 레버가 변형되면서 강체에 비해 캡의 개방각도가 작으며, Fig. 9의 아래쪽 그림을 보면 강체에 비해 레버의 축이 지지부를 기준으로 모터 축이 위로 들어 올려지는 휨변형이 발생한다. 따라서, 개방각도가 상한값보다 작게 나타나는 것은 이와 같은 레버의 휨변형 때문이라고 판단된다.

이와 같이 기존설계안의 개방각도 39.1°는 레버의 변형으로 인하여 상한값 50°보다 작게 나타났으므로, 레버와 브래킷의 설계를 변경하면 개방각도를 상한값에 최대한 근접하게 개선할 수 있을 것으로 판단된다. 레버의 휨변형에 영향을 미치는 설계인자는 레버의 치수와 재질, 지지부의 위치 등을 들 수 있다. 따라서 다음 장에서 이들 설계인자의 영향을 검토하기 위한 여러 가지 설계수정안을 도출하고 해석을 수행하였다.

3. 설계수정안의 해석 및 평가

3.1 설계수정안

레버의 변형이 캡의 개방각도에 미치는 영향을 검토하기 위하여, Table 1과 같은 6가지의 설계수정안을 도출하고 기존설계안과 동일한 방법으로 과도구조해석을 수행하였다.

Case 1 ~ Case 3은 레버의 휨 변형을 줄이기 위하여 레버 재질을 기존의 POM(N-109)보다 강성이 큰 재질로 변경하는 경우이다. Case 1은 레버의 전체 재질을 POM(GF20%)로 변경하는 경우로서, POM(GF20%)의 물성치는 밀도 1540kg/m³, 탄성계수 7.30GPa, 프와송비 0.388이다. Case 2는 레버 전체의 재질을 알루미늄합금인 ALDC(6063)로 변경하는 경우로서, ALDC(6063)의 물성치는 밀도 2710kg/m³, 탄성계수 68.9GPa, 프와송비 0.33이다. Case 3은 레버에 이중 재질을 사용하는 경우로서, Fig. 10과 같이 레버의 휨변형에 큰 영향을 미치는 축의 재질은 강(steel)으로 변경하고 나머지 부분은 기존

의 POM(N-109)을 사용하는 경우이다.

Case 4는 레버의 휨변형을 줄이기 위하여 지지부 위치를 변경한 경우인데, Fig. 11과 같이 브래킷이 놓인 지지부 위치를 모터 축으로 이동하는 경우이다.

Case 5는 모터 링크와 접하는 레버 링크의 강성 증대를 위하여 Fig. 12와 같이 레버 링크의 두께를 기존의 6mm에서 7mm로 17% 증가시키는 경우이다.

Case 6은 레버의 강성 증대를 위하여 Fig. 13과 같이 모터 축의 레버 축 직경을 기존의 5.5mm에서 6mm로 9% 증가시키는 경우이다.

Table 1. Cases of design modification

	Parts	Modification
Case 1	Lever	Mat'l changed to POM(GF20%)
Case 2	Lever	Mat'l changed to ALDC(6063)
Case 3	Lever	Mat'l changed to combination of steel & POM(N109)
Case 4	Support	Location moved toward motor
Case 5	Lever	Thickness of lever link increased
Case 6	Lever	Diameter of shaft increased

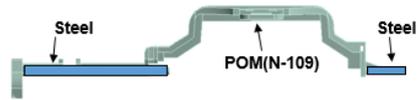


Fig. 10. Modification of lever material (case 3)

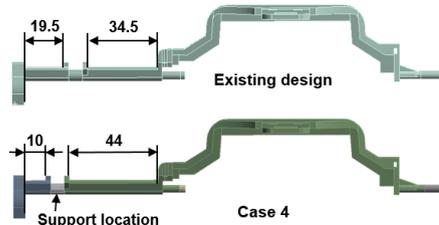


Fig. 11. Modification of support location (case 4)

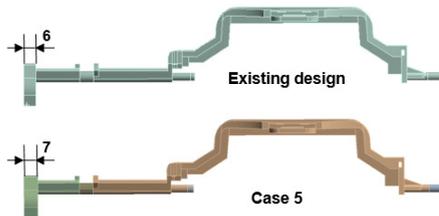


Fig. 12. Modification of thickness of lever link (case 5)

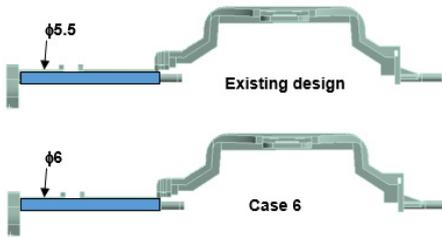


Fig. 13. Modification of diameter of lever shaft (case 6)

3.2 설계수정안의 해석결과

6가지의 설계수정안 Case 1 ~ Case 6에서 부품 형상이 초기설계안에 비하여 변경된 경우에는 레버와 브래킷의 유한요소를 새로 모델링하여 Fig. 4와 유사하게 해석 모델을 구성하고, 기존설계안과 동일한 방법으로 과도구조해석을 수행하였다. 설계수정안 해석결과에서 구한 캡의 개방각도 및 개방각도의 상한값 대비 비율을 Table 2에 정리하여 기존설계안 결과와 비교하였다. 설계수정안 해석결과와 개방각도 개선에 미치는 영향을 분석하면 다음과 같이 정리된다.

Fig. 14는 레버의 전체 재질을 POM(GF20%)으로 변경한 Case 1의 해석결과이며 최종 시간에서 덕트 캡 조립체의 변형 형상과 캡의 개방각도를 나타낸다. 레버의 최대 변위는 캡과의 체결부에서 24.6mm이다. 캡의 개방각도는 43.4°로 나타났으며, 이는 개방각도 상한값 50°의 87%이다. Fig. 15는 레버의 전체 재질을 ALDC(6063)로 변경한 Case 2의 해석결과로서, 레버의 최대 변위는 캡과의 체결부에서 25.5mm이다. 캡의 개방각도는 47.4°로 나타났으며, 이는 개방각도 상한값 50°의 95%이다. Fig. 16은 레버를 이중 재질로 변경한 Case 3의 해석결과로서, 레버의 최대 변위는 캡과의 체결부에서 25.5mm이다. 캡의 개방각도는 47.5°로 나타났으며, 이는 개방각도 상한값 50°의 95%이다. Table 2를 보면 재질을 변경한 Case 1 ~ Case 3은 개방각도의 개선효과가 상대적으로 좋다. 이 중에서 Case 2와 Case 3의 개방각도가 상한값의 95%로서 가장 좋은데, 이는 레버 축의 탄성계수가 상대적으로 큰 재질을 사용한 것 때문이다. 한편, Case 3은 축의 재질은 강이고 나머지 부분은 기존의 POM(N-109)을 사용하므로 제작비용 측면에서 단일 재질을 사용하는 Case 2보다는 상대적으로 불리한 것으로 판단된다.

Fig. 17은 지지부의 위치를 모터 측으로 이동시킨 Case 4의 해석결과로서, 레버의 최대 변위는 캡과의 체결부에서 24.4mm이다. 캡의 개방각도는 42.4°로 나타났으며, 이는 개방각도 상한값 50°의 85%이다. 따라서 Case 4와 같이 지지부의 위치를 모터 측으로 이동시키면 개방각도의 개선효과가 좋은 것으로 판단된다.

Fig. 18은 레버 링크의 두께를 증가시킨 Case 5의 해석결과로서, 레버의 최대 변위는 캡과의 체결부에서 23.5mm이다. 캡의 개방각도는 39.6°로 나타났으며, 이는 개방각도 상한값 50°의 79%이다. 따라서 레버 링크의 두께를 증가시키더라도 개방각도의 개선효과가 거의 없는 것으로 판단된다.

Fig. 19는 모터 측의 레버 축 직경을 증가시킨 Case 6의 해석결과로서, 레버의 최대 변위는 캡과의 체결부에서 24.6mm이다. 캡의 개방각도는 43.3°로 나타났으며, 이는 개방각도 상한값 50°의 87%이다. 따라서 모터 측의 레버 축 직경을 증가시키면 개방각도의 개선효과가 좋은 것으로 판단된다.

Table 2. Summary of opening angle of cases

	Opening angle	Ratio of opening angle to upper limit 50°
Existing design	39.1°	78%
Case 1	43.4°	87%
Case 2	47.4°	95%
Case 3	47.5°	95%
Case 4	42.4°	85%
Case 5	39.6°	79%
Case 6	43.3°	87%

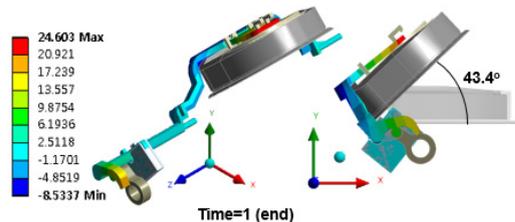


Fig. 14. Deformed shape and opening angle (case 1)

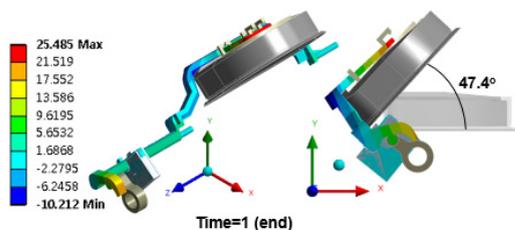


Fig. 15. Deformed shape and opening angle (case 2)

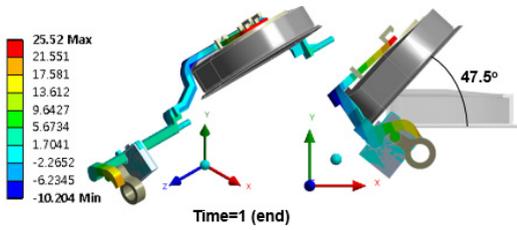


Fig. 16. Deformed shape and opening angle (case 3)

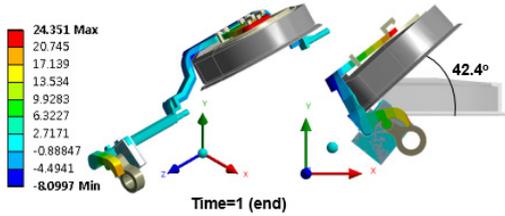


Fig. 17. Deformed shape and opening angle (case 4)

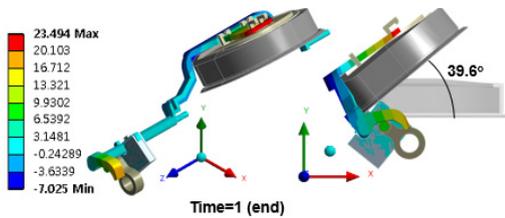


Fig. 18. Deformed shape and opening angle (case 5)

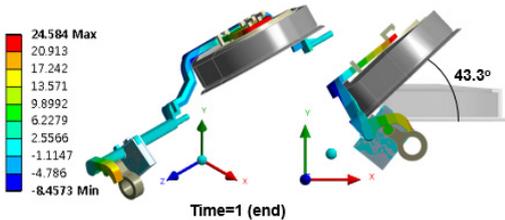


Fig. 19. Deformed shape and opening angle (case 6)

Table 3. Additional cases of design modification

Combination of cases of design modification	
Case 7	Case 2 + Case 4
Case 8	Case 2 + Case 4 + Case 6

3.3 설계수정안의 조합 및 해석결과

앞 절에서 기술된 6가지 설계수정안의 해석 및 평가 결과에 근거하여, Table 3과 같이 개방각도의 개선효과가 높은 Case 2, Case 4, Case 6를 조합하여 설계수정안 Case 7과 Case 8을 추가로 도출하였다. Case 7은 Fig.

20과 같이 레버의 전체 재질을 ALDC(6063)로 변경하고(Case 2) 지지부의 위치를 모터 측으로 이동시킨(Case 4) 경우이다. Case 8은 Fig. 21과 같이 Case 7에 추가로 모터 측의 레버 축 직경을 증가시킨(Case 6) 경우이다.

설계수정안 Case 7과 Case 8에 대하여 과도구조해석을 수행하였다. 해석결과에서 구한 캡의 개방각도 및 상한값 대비 개방각도의 비율을 Table 4에 정리하여 기존 설계안 결과와 비교하였다. Case 7과 Case 8의 해석결과와 개방각도 개선에 미치는 영향을 분석하면 다음과 같이 정리된다.

Fig. 22는 Case 7의 해석결과이며 최종 시간에서 덕트 캡 조립체의 변형 형상과 캡의 개방각도를 나타낸다. 레버의 최대 변위는 캡과의 체결부에서 25.5mm이다. 캡의 개방각도는 47.6°로 나타났으며, 이는 개방각도 상한값 50°의 95%이다.

Fig. 23은 Case 8의 해석결과이며 최종 시간에서 덕트 캡 조립체의 변형 형상과 캡의 개방각도를 나타낸다. 레버의 최대 변위는 캡과의 체결부에서 25.7mm이다. 캡의 개방각도는 48.6°로 나타났으며, 이는 개방각도 상한값 50°의 97%이다.

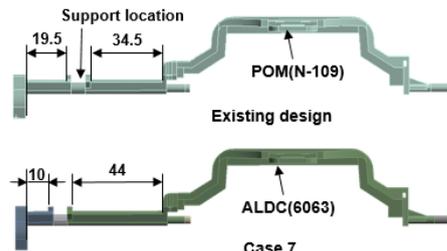


Fig. 20. Modification of lever material and support location (case 7)

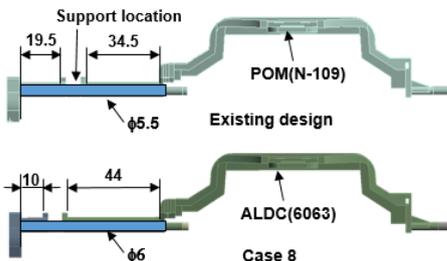


Fig. 21. Modification of lever material, support location, and diameter of lever shaft (case 8)

Table 4. Summary of opening angle of additional cases

	Opening angle	Ratio of opening angle to upper bound 50°
Existing design	39.1°	78%
Case 7	47.6°	95%
Case 8	48.6°	97%

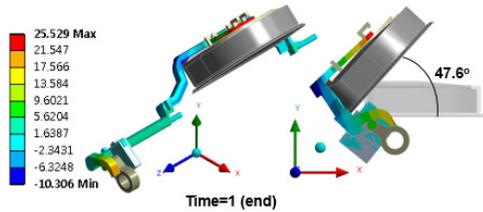


Fig. 22. Deformed shape and opening angle (case 7)

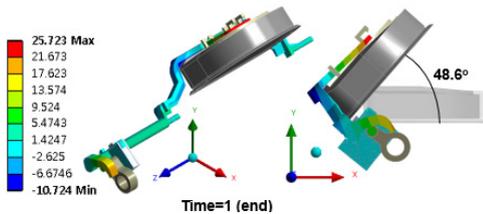


Fig. 23. Deformed shape and opening angle (case 8)

Table 2와 Table 4를 비교해 보면, Case 7과 Case 8은 Case 2에 비해서 개방각도의 개선효과가 그다지 높아지지 않는 것을 알 수 있다. 더욱이 Case 7과 Case 8의 설계수정안을 제품에 반영하려면 지지부의 위치 이동 및 레버의 축 직경 변경 때문에 얼음 디스펜서의 케이스 구조도 변경되어야 되므로 금형의 재설계 및 제작 등이 수반되어 비용 측면에서 불리하다. 결론적으로, 케이스의 구조를 건드리지 않으면서 레버의 전체 재질만을 ALDC(6063)로 변경하는 Case 2가 개선효과와 비용 측면에서 최선의 설계수정안이라고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 유한요소해석을 통하여 냉장고 얼음 디스펜서 작동 시에 덕트 캡 조립체가 열리는 과정을 해석하고 캡의 개방각도를 평가하였으며, 얼음 배출을 원활하게 하기 위하여 캡의 개방각도를 최대화할 수 있는 설계개선안을 도출하였다.

덕트 캡 조립체의 기존설계안에 대하여 모터 작동 시의 회전각을 입력조건으로 하여 과도구조해석을 수행한 결과, 최종 시간에서의 캡의 개방각도가 39.1°로서 레버가 강제일 경우에만 가능한 개방각도 상한값 50°의 78%로 나타났다.

캡 개방각도를 최대화하기 위하여, 주요 설계인자인 레버의 치수와 재질, 지지부의 위치 변경의 영향을 검토하기 위한 여러 가지의 설계수정안을 도출하고 해석을 수행하였다. 설계수정안의 해석결과, 레버 재질을 기존보다 탄성계수가 큰 재질로 변경하고, 지지부의 위치를 모터 측으로 이동하고, 레버의 축 직경을 증가시키면 개방각도의 개선효과가 높아지는 것으로 나타났다.

캡 개방각도의 개선효과뿐만 아니라 구조설계의 변경에 따라 수반되는 제작비용 측면도 고려하면, 얼음 디스펜서 케이스의 기존 구조를 변경하지 않고 레버 재질만 ALDC(6063)로 변경하는 설계수정안이 가장 우수한 것으로 나타났다. 결론적으로, 레버 재질을 기존의 POM(N-109)에서 ALDC(6063)로 변경하면 캡의 개방각도가 47.4°로서 개방각도 상한값 50°의 95%까지 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시한 해석 방법 및 결과는 냉장고 얼음 디스펜서 작동 시에 얼음 배출이 원활하도록 덕트 캡 조립체의 구조를 설계하는데 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

References

- [1] R. J. Alvarez, D. W. Jacobus, "The Custom Ice Dispenser," *IEEE Transactions on Industry and General Applications*, vol. IGA-6, no. 1, pp. 81-87, 1970. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIGA.1970.4181135>
- [2] M. T. Teague, R. K. Renkin, J. L. Landers, Beverage Dispenser with Integral Ice Maker, US Patent no. 6761036 B2, 2004.
- [3] K. H. Jung, Ice Storing Device for Refrigerator and Water Purifier, Korea Patent no. 10-1177439, 2012.
- [4] S. J. Yang, Ice Making Device for Refrigerator, Korea Patent no. 10-1798557, 2017.
- [5] J. S. Ha, "A Study on the Heat Loss Improvement in a Refrigerator Ice Dispenser by Using Reverse Heat Loss Method," *J. of Energy Engineering*, vol. 22, no. 2, pp. 105-111, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5855/ENERGY.2013.22.2.105>
- [6] M. H. Hung, T. Y. Chen, C. S. Jwo, Y. C. Liu, "Analysis on Application of Heat Recovery to Energy-Saving Benefit of Ice-Warm-Hot Water

- Dispenser,” *Applied Mechanics and Materials*, vol. 521, pp. 729-734, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.521.729>
- [7] W. S. Woo, J. H. Lim, D. S. Ryu, D. B. Lee, “Accelerative Life Test on the Failure Mode of Helix Ice Dispenser in Side by Side Refrigerator,” *Proc. of Fall Conference of KSME 60th Anniversary*, Paper no. KSME 05F276, 2005.
- [8] S. W. Woo, M. Pecht, “Failure Analysis and Redesign of a Helix Upper Dispenser,” *Engineering Failure Analysis*, vol. 15, no. 6, pp. 642-653, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2007.10.005>
- [9] S. W. Woo, D. L. O’Neal, M. Pecht, “Improving the Reliability of a Water Dispenser Lever in a Refrigerator Subjected to Repetitive Stresses,” *Engineering Failure Analysis*, vol. 15, no. 6, pp. 642-653, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2007.10.005>
- [10] B. Y. Lee, “A Study on Evaluation and Improvement of Sealing Performance of Duct Cap Assembly for Ice Dispenser by Nonlinear Contact Problem Analysis,” *J. of KSMPPE*, Submitted, 2018.
- [11] ANSYS User’s Manual, Revision 11.0, ANSYS Inc., 2007.
- [12] G. B. Richard, J. N. Keith, Shigley’s Mechanical Engineering Design, 9th Ed., McGraw-Hill, 2013.

이 부 윤(Boo-Youn Lee)

[정회원]



- 1984년 2월 : 한국과학기술원 기계공학과 (공학석사)
- 1991년 8월 : 한국과학기술원 기계공학과 (공학박사)
- 1984년 3월 ~ 1998년 2월 : 두산중공업 기술연구원 구도강도연구팀장
- 1998년 3월 ~ 현재 : 계명대학교 기계자동차공학전공 교수

<관심분야>

최적설계, 구조설계, 전산응력해석 등