

동해석을 이용한 전자레인지 도어 프레임의 비틀림 변형 저감 구조설계

이부윤#, 구진영*, 김원진**

Structural Design of the Door Frame of a Microwave Oven to Decrease Its Twisting Deformation Using Dynamic Analysis

Boo Youn Lee#, Jin Young Koo* and Won Jin Kim**

ABSTRACT

To minimize the possible leakage of microwave when one opens the door of a microwave oven during its operation, a structural design of the reinforcing brackets for the door frame is presented. Twisting deformation of the door frame resulting from a dynamic pulling force is analyzed by harmonic and transient response analyses. Several types of the reinforcing brackets weldable to the right flange of the door frame is taken into consideration, and their effects to the twisting deformation of the door frame are compared and evaluated. As a conclusion, a thick step-shaped bracket, which is welded to whole length of the right flange, is favorable.

Key Words : Microwave Oven (전자레인지), Door Frame (도어 프레임), Twisting Deformation (비틀림 변형), Dynamic Analysis (동해석), Reinforcing Bracket (보강 브래킷)

1. 서론

마이크로파를 이용하여 식품을 가열하는 조리 기기인 전자레인지(microwave oven)에는 일반적으로 도어(door)를 여닫기 위한 손잡이(door handle)가 우측에 세로 방향으로 부착되어 있다. 도어는 Fig. 1과 같은 구조를 갖는데, Fig. 2'에서 볼 수 있듯이 도어가 닫혀있을 때는 래치(latch)의 후크가 래치보드(latch board)에 설치된 안전 스위치(micro switch)의 접점을 누르며, 전자레인지 가동 중에 인위적으로 도어를 열면 후크가 들어 올려지면서 안전 스위

치가 작동하여 전원이 자동으로 차단된다. 도어 손잡이를 잡고 당길 때 도어 프레임(door frame)의 우측 테두리(flange) 상하부의 변위차로 인해 비틀림 변형이 발생하므로 안전 스위치가 작동하기 전에 조리실과 도어 사이에 간극이 생기게 된다. 이와 같이 전자레인지 가동 중에 도어를 당기면 이 간극을 통하여 전자파가 누설될 수 있으므로 UL 923 (Microwave Radiation Emission Test)²에서는 이러한 전자파 누설량의 최대 허용치를 일정량 이하로 규제하고 있다. 이러한 관점에서 도어 프레임의 비틀림 강성을 가능하면 크게 설계하는 것이 요구된다.

접수일: 2006년 3월 31일; 게재승인일: 2006년 6월 20일

교신저자: 계명대학교 기계자동차공학부

E-mail bylee@kmu.ac.kr Tel. (053) 580-5922

* 한국엠에스씨소프트웨어(주)

** 계명대학교 기계자동차공학부

기존에 전자레인지에 대한 유한요소해석과 구조설계에 관한 연구가 일부 진행되어 왔다. Kim *et al.*³은 LS-DYNA⁴를 사용하여 전자레인지에 대한 낙하충격해석으로 취약 부분의 구조설계 개선 방법을 제시하였다. Cho *et al.*⁵은 PAM-CRASH⁶를 사용하여 전자레인지의 낙하충격해석을 통하여 내충격 설계와 포장설계 결과를 제시하였다. Son⁷은 포장 상태의 전자레인지의 낙하충격 및 클램핑 (clamping) 하중에 관한 해석을 통하여 포장재와 비드 설계안을 제시하였다. Noh⁸는 전자레인지 도어의 개폐 성능 개선을 위한 실험적 연구를 수행하여 래치의 형상변경안을 제시하였다. Lee and Koo¹는 PAM-CRASH를 사용한 과도응답 해석을 수행하여 도어를 당길 때 래치의 동적 거동과 안전 스위치 작동 시간을 평가하였으며, 손잡이의 위쪽을 당길 때가 아래쪽을 당길 때보다 비틀림 변형이 더 크게 발생하는 것을 보였다.

최근에 Lee and Koo⁹는 과도응답 해석 모델의 복잡성을 해결하고 구조설계 개선방안 도출에 소요되는 해석 시간을 단축하기 위한 보다 간편한 방법을 제시하였는데, 도어부의 비틀림에 주된 역할을 하는 도어 프레임만을 대상으로 하여 ANSYS¹⁰를 사용한 정적 해석을 통하여 비틀림 현상을 평가하였다. 또한, 도어 프레임의 비틀림 강성 증대를 위하여 단면 형상과 길이가 다른 여러 가지의 보강 브래킷(reinforcing bracket)의 설계 방안을 제시하고 비틀림 변형 저감 효과를 비교 평가하였다. 이는 도어 프레임 우측 테두리 상부 위치에서 발생하는 최대 변위량을 비교한 것으로 정적 하중에 대해서만 해의 정확성을 보장한다. 그러나 도어를 여는 동작에서는 도어부가 움직이는 상태에서 하중이 가해지고 도어 프레임의 몇 가지 진동모드가 동시에 가진되므로 정적 해석만으로는 보강 브래킷의 효과를 판단하기에는 충분하지 않다. 따라서 질량의 관성 효과가 고려된 동특성 해석을 추가적으로 수행하여 보강 브래킷의 효과를 판단하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 도어 프레임에 대하여 동해석을 수행하여 강성과 질량 증감의 효과가 포함된 동특성을 분석함으로써 보강 브래킷의 효과를 평가하고자 한다. 먼저 진동모드 해석을 통하여 도어부의 비틀림 변형에 대한 주요 진동모드를 분석하고 조화응답 해석을 통하여 전자레인지 도어 프레임의 동응답 변위를 분석함으로써, 비틀림 변형의 저감

효과가 가장 우수한 보강 브래킷의 설계 방안을 도출하고자 한다. 또한, 도출된 보강 브래킷을 적용한 전자레인지의 전체 모델에 대하여 PAM-CRASH를 사용한 과도응답 해석을 수행하여 안전 스위치 작동 시점의 비틀림 변형의 저감 효과를 확인하고자 한다.

2. 동특성 해석 및 평가

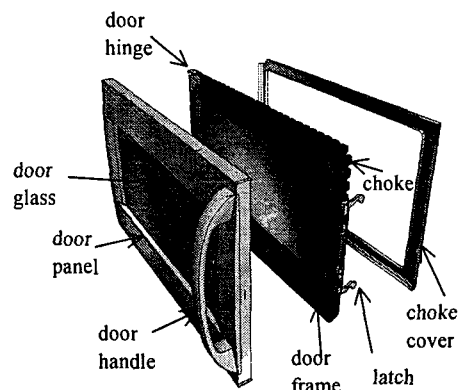
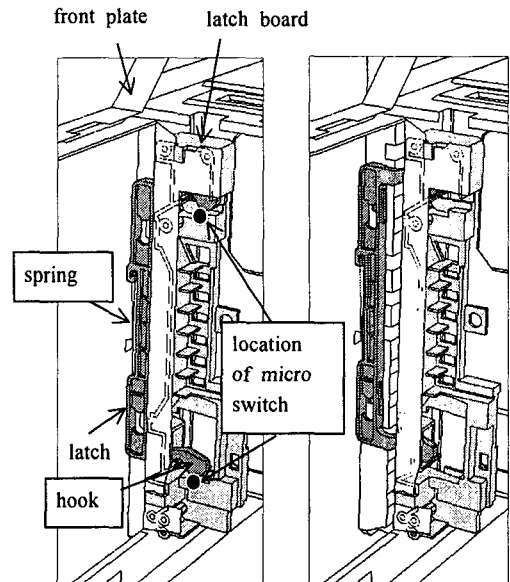


Fig. 1 Structure of the door of a microwave oven



(a) Closed door (b) Lifted latch

Fig. 2 Latch and latch board¹

동특성 해석 프로그램은 ANSYS를 이용하였으며, 도어 프레임의 유한요소 모델은 Fig. 3과 같다. 도어 프레임의 외곽 치수는 가로, 세로가 546, 295 mm이며, 폭이 21 mm이다. 도어 프레임과 힌지의 재질은 SCP로서, 탄성계수는 207 GPa, 포와송 비는 0.292, 밀도는 7.806×10^{-6} kg/mm³이다. 각 요소의 두께는 실제 부품의 두께(도어 프레임: 0.7 mm, 도어 힌지: 2.0 mm)를 부여하였다. 경계조건으로는 래치의 하부 후크가 래치보드에 고정된 것으로 가정하고 래치의 하부가 도어 프레임과 체결되는 위치 B 절점의 도어가 열리는 방향의 자유도 u_y 를 구속하였다.

보강 브래킷이 없는 기존 설계안의 도어에 대한 동특성을 평가하기 위하여 보강 브래킷을 적용하지 않은 도어 프레임에 대한 진동모드 해석을 먼저 수행하였으며, 주요 모드 10개를 Table 1에 정리하였다. 이 중에서 관심 대상인 비틀림 모드는 Fig. 4에 나타낸 3차와 5차 진동모드에서 발생함을 확인하였다. 따라서 보강 브래킷의 종류에 따른 도어부의 조화응답 해석은 3차와 5차 진동모드를 중심으로 수행하였다.

Fig. 4의 진동모드에서 볼 수 있듯이 도어 프레임의 우측 테두리는 하부 래치의 구조으로 인하여 굽힘 변형 거동을 보이므로, 우측 테두리 단면의 면적관성모멘트를 증가시키면 굽힘 변형을 감소시킬 수 있다.

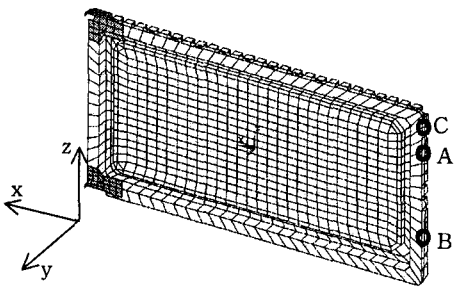
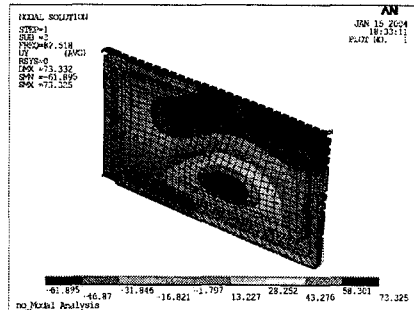


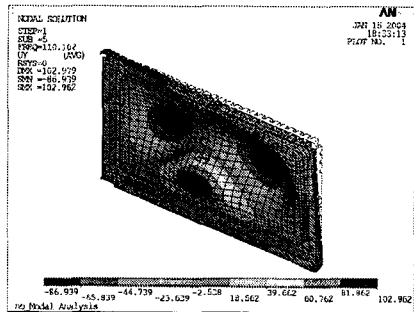
Fig. 3 Finite element model of the door frame

Table 1 Natural frequencies of the original design

Mode	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9, 10
Freq. (Hz)	46.7 74.0	82.5 101.3	110.1 136.2	142.4 157.9	174.4 195.2

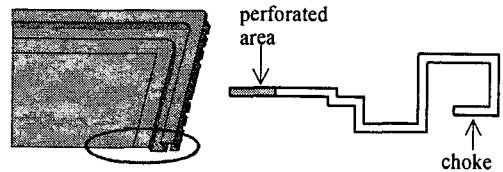


(a) 3rd mode (82.5 Hz)

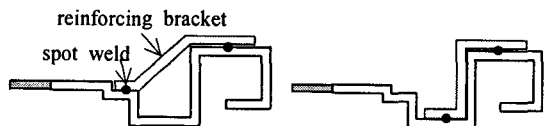


(b) 5th mode (110.1 Hz)

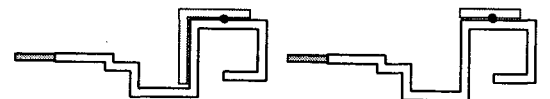
Fig. 4 Mode shape and natural frequency of the original design



(a) Section view of the original design



(b) Slope-shaped bracket (c) Step-shaped bracket



(d) Right-angled bracket (e) Straight bracket

Fig. 5 Reinforcing brackets welded to the right flange of the door frame⁹

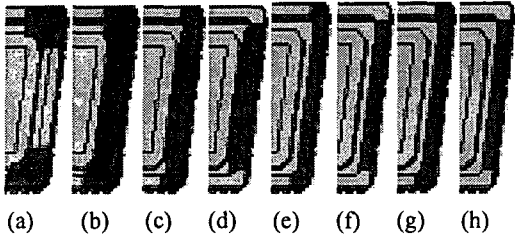


Fig. 6 Cases of reinforcing bracket: (a) Case 1, (b) Case 2, (c) Case 3, (d) Case 4, (e) Case 5, (f) Case 6, (g) Case 7, (h) Case 8°

한편, 도어 프레임의 구조를 보면 중앙부의 넓은 면적에는 수많은 작은 원형 구멍들이 존재하는 다공부가 위치하며 전체 테두리에는 전자파 차폐를 위한 초크 구조가 존재하기 때문에, 도어 프레임의 기존 구조를 크게 변경하여 면적관성모멘트를 증대시키는 것은 현실적으로 어려움이 따른다. 따라서 기존 구조를 그대로 사용하면서 우측 테두리부 단면의 면적 관성모멘트를 증가시키는 간편한 개선 방법을 채택하는 것이 효율적인 것으로 판단된다. 이를 위하여, 우측 테두리 위치에 Fig. 5(b)~(e)와 같이 경사형(slope-shaped), 계단형(step-shaped), 직각형(right-angled), 일자형(straight) 단면 모양을 갖는 네 가지의 보강 브래킷을 스폿 용접하여 덧붙이는 설계 개선 방안을 평가하고자 한다. 보강 브래킷의 재질은 도어 프레임과 동일하게 SCP로 정하였다. 그리고 보강 브래킷의 단면 모양 뿐만 아니라 부착 위치 및 길이도 강성과 무게에 영향을 미치므로 부착 위치 및 길이에 따른 영향을 함께 평가하는 것이 필요하다. 따라서 네 가지 단면 형상에 대하여 Fig. 6과 같이 도어 프레임의 테두리를 따라서 보강 브래킷의 위치와 크기를 달리한 Case 1~Case 8의 8가지 설계 방안을 평가하고자 한다. Fig. 6(a), (b)의 Case 1, 2는 경사형 브래킷을, (c), (d)의 Case 3, 4는 계단형 브래킷을, (e), (f)의 Case 5, 6은 직각형 브래킷을, (g), (h)의 Case 7, 8은 일자형 브래킷을 사용하는 것을 나타낸다. 조화응답 해석에서는 설계 변수에 질량 변수도 고려 대상이 되어야 하므로 Case 1~Case 8 각각에 대하여 보강 브래킷의 두께를 1, 1.5, 2 mm의 3가지로 구분하여 총 24 가지의 경우로 정의한다. 보강 브래킷의 두께를 고려한 총 24 가지의 Case 번호는 Case 1_1(두께 1 mm), Case 1_2(두께 1.5 mm), Case 1_3(두께 2 mm) 등과 같은 방식으로 표기한다.

조화응답 해석은 0~200 Hz의 가진 주파수 범위를 200 등분하여 1 Hz 간격으로 수행하였다. 푸시-풀 게이지(push-pull gage)를 사용하여 도어 손잡이 상부를 당겨서 도어가 열릴 때의 측정값인 29.4 N의 힘을 조화하중의 진폭으로 사용하였다. 보강 브래킷이 없는 기존 설계안에 대하여 Fig. 3에 표시된 도어부의 위치 A의 절점을 가진하고 위치 C의 절점에서 도어가 열리는 방향의 u_y 의 응답을 평가한 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 0~200 Hz에서 10개의 모드가 동시에 해당 응답에 기여하고 있음을 확인할 수 있다. 또한, 모드 해석에서 평가된 Fig. 4의 결과와 마찬가지로 3차와 5차 진동모드의 기여도가 상대적으로 크고, 특히 3차 진동모드가 지배적임을 확인할 수 있다.

보강 브래킷의 두께가 1.5 mm인 Case 1~Case 8_2의 8가지 경우에 따른 조화응답 해석 결과를 Fig. 8에 나타내었는데, 70~120 Hz의 주파수 범위에서 3차와 5차 진동모드의 고유진동수와 동응답 변위 스펙트럼을 가리킨다. 3차 진동모드에 의한 응답(80~90 Hz 사이)을 살펴보면 대부분의 경우에서 보강 브래킷의 추가 설치에 따른 강성 개선으로 고유진동수는 높아지고 동응답 변위는 작아짐을 알 수 있다. 5차 모드(110 Hz 근방)에 의한 응답에 있어서는 몇몇 경우(Case 1, 5~7)에서는 보강 브래킷의 설치에 의해서 고유진동수가 낮아지는 것을 볼 수 있으며, 이러한 현상은 고차 진동모드로 갈수록 질량효과가 지배적으로 포함되기 때문이다. 따라서 브래킷의 질량을 고려하지 않는 정적 해석보다는 동응답 변위의 측면에서 보강 효과를 평가하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

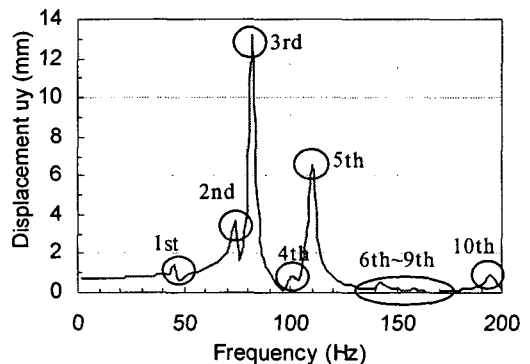
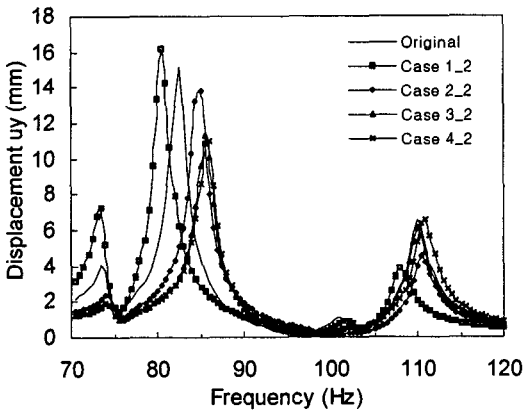
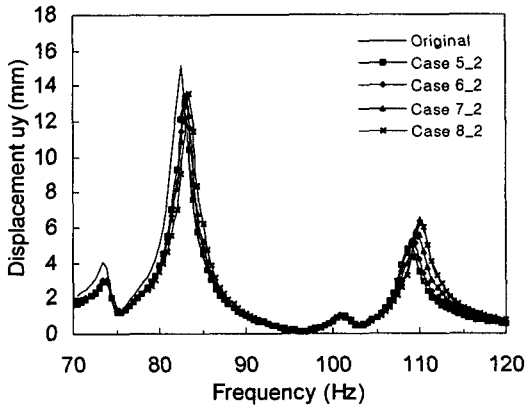


Fig. 7 Harmonic response spectrum of the original design



(a) Case 1~Case 4_2



(b) Case 5~Case 8_2

Fig. 8 Harmonic response spectrum of middle-thickness(1.5 mm) bracket

Fig. 8에서 볼 수 있듯이 5차 진동모드보다 3차 진동모드에 의한 응답이 지배적이고 보강 브래킷에 의한 응답 개선량도 크게 나타나므로 3차 진동모드를 대상으로 개선 정도를 좀 더 자세히 평가하였다. 3차 진동모드에서 보강 브래킷의 종류에 따른 고유진동수와 동응답 변위를 Table 2에 정리하였다. Table 2를 보면 브래킷 단면이 경사형인 Case 1과 Case 2의 경우는 동응답 변위가 기존 설계안보다 오히려 커지므로 보강 브래킷으로 사용이 적합하지 않음을 알 수 있다. 특히 Case 1은 보강 브래킷의 질량이 다른 경우들보다 작음에도 불구하고 저차 모드에서도 질량효과가 크게 나타나고 동응답 변위가 증가된다. 이러한 현상은 Fig. 6(a)에서 볼 수 있듯이 보강 브래킷이 도어 프레임의 양 끝에

집중되어 질량관성모멘트가 증가되는 것이 원인으로 판단된다. 도어 프레임의 절곡부를 따라가며 보강 브래킷을 설계한 나머지 계단형(Case 3, 4), 직각형(Case 5, 6), 일자형(Case 7, 8) 단면의 경우에는 일자형 단면보다는 직각형 단면에서, 직각형 단면보다는 계단형 단면에서 동응답 변위가 확실히 개선됨을 알 수 있다. 종합적으로, 브래킷의 단면이 계단형인 Case 3과 Case 4가 보강 효과가 가장 좋은 것으로 나타났다. Case 3과 Case 4의 보강 효과는 유사하나, 보강 브래킷의 두께가 두꺼울 경우에는 길이가 짧은 경우인 Case 4에서 효과가 좋고, 보강 브래킷의 두께가 얇을 경우에는 길이가 긴 경우인 Case 3이 더 효과가 좋음을 알 수 있다. 결론적으로 Case 3과 Case 4는 보강 브래킷의 질량이 크에도 불구하고 동응답 변위가 작아질 뿐 아니라 고유진동수도 높아지므로 강성이 개선됨을 알 수 있다. 그리고 브래킷의 두께가 2 mm로 가장 두꺼운 Case 3_3과 Case 4_3의 동응답 변위가 10.88 mm와 10.67 mm로 각각 기존 설계안의 15.21 mm 대비 28.5%와 29.9%의 개선 효과를 보이므로 가장 효과적인 보강 브래킷 설계 방안을 확인할 수 있다.

Table 2 The 3rd natural frequency and displacement

Case no.	u_y					
	3rd natural frequency (Hz)			Displacement u_y (mm)		
	thickness, t (mm)			thickness, t (mm)		
	1	1.5	2	1	1.5	2
Original	-	-	82.5	-	-	15.21
Case 1	81.3	80.6	79.5	16.73	16.24	14.76
Case 2	84.0	84.8	84.7	14.85	14.11	13.76
Case 3	84.4	85.6	85.7	12.90	11.37	10.88
Case 4	84.3	85.8	86.2	13.00	11.36	10.67
Case 5	82.2	82.9	83.6	14.23	13.23	12.31
Case 6	82.3	83.0	86.0	14.42	13.48	15.06
Case 7	82.5	83.1	83.8	14.34	13.60	12.79
Case 8	82.8	83.5	84.1	14.38	13.63	12.87

3. 과도응답 해석 및 평가

본 장에서는 앞 장의 동특성 해석에서 효과적인 보강 브래킷 형상으로 확인된 계단형의 Case 3과 Case 4에 대하여 PAM-CRASH를 사용하여 동적 과도응답 해석을 수행하여 도어 프레임의 비틀림 강

성의 증대 효과를 검증하고자 한다. Fig. 9는 과도 응답 해석에 사용한 전자레인지 전체의 유한요소 모델을 나타낸다. 과도응답 해석의 방법과 부품의 물성치 및 각 부품간의 접촉조건과 경계조건은 Lee and Koo¹의 방법과 동일하며, 하중은 Fig. 10과 같이 도어 손잡이 상부를 당기는 힘을 0~2 ms까지는 0에서 35.3 N으로 선형으로 증가시키고 2 ms 이후에서는 일정하게 유지하도록 하였다. 여기서 35.3 N의 힘은 손잡이를 당겨서 도어가 열릴 때의 하중의 측정값 중에서 가장 큰 값에 해당한다¹. 해석 결과로부터 Fig. 11에 표시된 래치의 상부 후크의 끝단 위치 UL, 하부 후크의 끝단 위치 LL, 도어 프레임의 상부 위치 UD, 하부 위치 LD의 절점의 y축 방향 변위 u_y 의 이력을 추출하여 비틀림 변형을 평가하였다.

본 연구에서 다루는 전자레인지는 도어가 닫혀 있을 때는 래치의 후크가 안전 스위치의 접점을 누

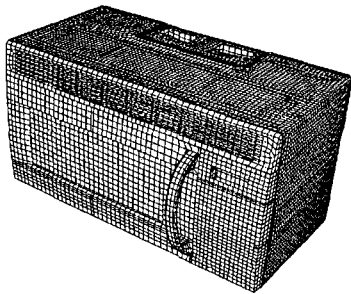


Fig. 9 Finite element model of the microwave oven for transient response analysis

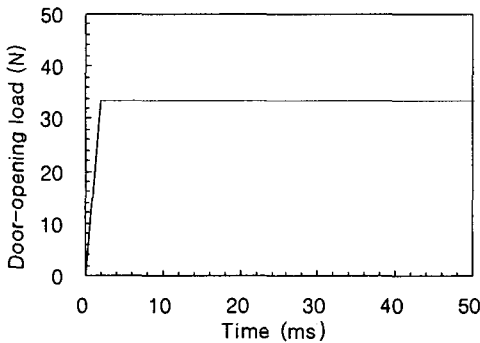


Fig. 10 Door-opening load versus time

르고 있다가, 도어 손잡이를 당길 때 후크가 z축 방향으로 1.45 mm 들어 올려져서 접점에서 분리되면 안전 스위치가 작동하여 전원을 차단하게 된다. 도어 개방 시 래치의 상부 후크의 끝단 위치 UL과 하부 후크의 끝단 위치 LL의 z축 방향 변위 u_z 를 Fig. 12와 Fig. 13에 각각 나타내었다.

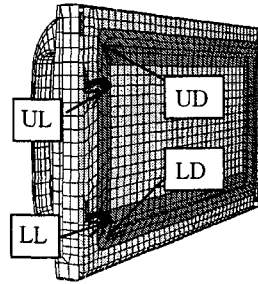
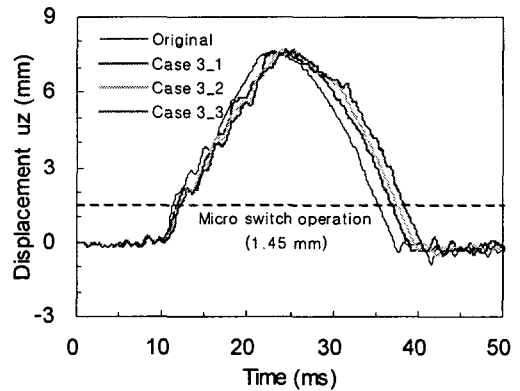
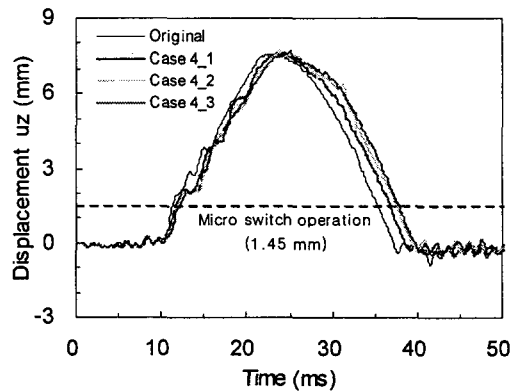


Fig. 11 Location of the door frame and latch hook



(a) Case 3

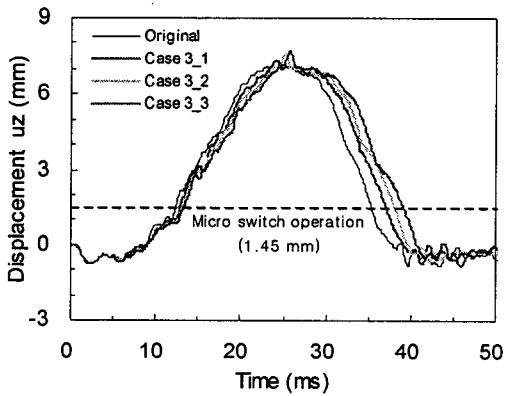


(b) Case 4

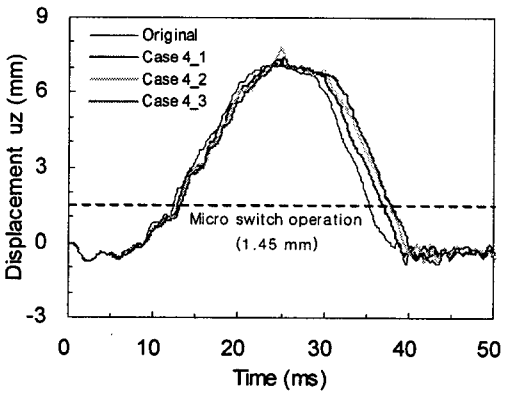
Fig. 12 Time-history of displacement u_z at UL

Table 3 Micro switch operation time

Case no.	Time (ms)
Original	11.23
Case 3_1	11.67
Case 3_2	11.88
Case 3_3	12.23
Case 4_1	11.63
Case 4_2	11.78
Case 4_3	12.09



(a) Case 3



(b) Case 4

Fig. 13 Time-history of displacement u_z at LL

Table 3에는 Fig. 12와 Fig. 13에서 래치 상하부 후크의 끝단 위치인 UL과 LL의 z축 방향 변위 u_z 가 1.45 mm에 도달하는, 즉 안전 스위치가 작동되는 시간을 정리하여 나타내었는데, 이는 UL과 LL 중에서 u_z 변위가 먼저 1.45 mm에 도달하는 시점으로 판단한 것이다. 이와 같이 구한 안전 스위치 작동 시간은 도어 프레임 상하부의 변위차에 의한 비틀림 변형을 평가하는 기준 시간으로 사용된다.

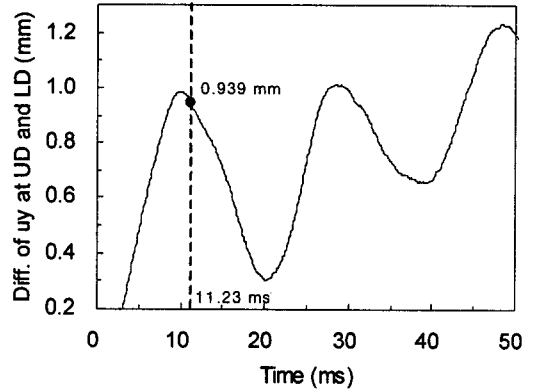
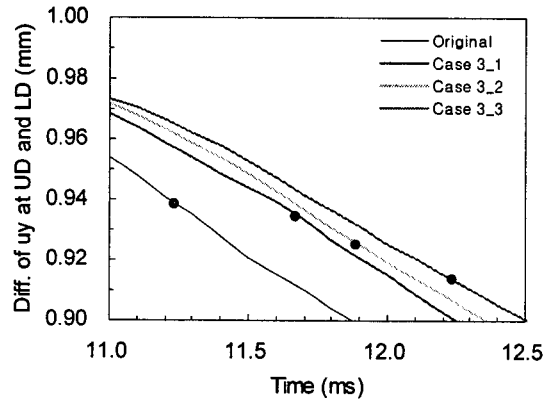
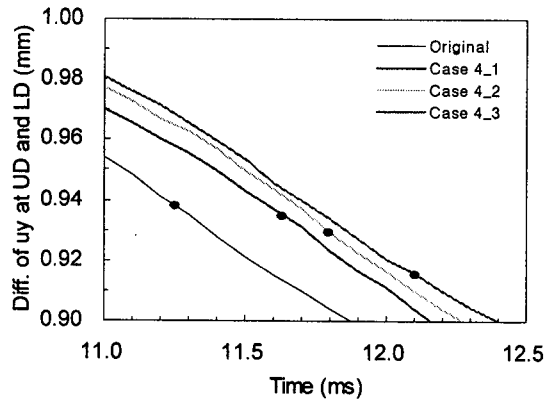


Fig. 14 Time-history of difference of displacements u_y at UD and LD(original design)



(a) Case 3



(b) Case 4

Fig. 15 Time-history of difference of displacements u_y at UD and LD

Table 4 Difference of displacements u_y at UD and LD at the time of the switch operation

Case no.	Difference of u_y (mm)
Original	0.939
Case 3_1	0.935
Case 3_2	0.924
Case 3_3	0.914
Case 4_1	0.935
Case 4_2	0.930
Case 4_3	0.916

Fig. 14는 보강 브래킷을 적용하지 않은 기존 설계안의 해석 결과로서, 도어 프레임의 상부 위치 UD의 y축 방향 변위 u_y 에서 하부 위치 LD의 y축 방향 변위 u_y 를 뺀 변위차의 이력을 나타낸 것이다. 안전 스위치 작동 시간인 11.23 ms에서의 변위차는 0.939 mm이다.

Fig. 15(a)와 (b)는 각각 Case 3과 Case 4의 보강 브래킷을 적용한 해석 결과로서, 안전 스위치 작동 시간대에서 상하부 UD와 LD의 변위차의 이력을 비교한 것으로, 굵은 점은 스위치 작동 시간에서의 변위차를 나타낸다. Table 4에는 Fig. 15에 표기된 스위치 작동 시점에서의 변위차를 정리하였다. Table 4에 표시된 변위차는 각 경우들 간의 차이가 크지 않아 보이지만, 이 차이가 도어와 본체의 간극을 통하여 발생하는 전자파의 누설량에는 직접적인 영향을 미치게 된다. Table 4에서 볼 수 있듯이 안전 스위치 작동 시점에서의 변위차는 동일한 두께의 경우에 Case 3이 Case 4에 비해 같거나 작은 것을 확인할 수 있다. 또한, Case 3 중에서도 두께 2 mm인 경우(Case 3_3)의 변위차가 0.914 mm로 가장 작으므로 가장 비틀림 강성이 우수한 것으로 판단된다.

이상과 같은 보강 브래킷 사용시의 과도응답 해석 결과의 평가를 통하여 도어 프레임의 비틀림 강성을 증대하기 위한 보강 브래킷의 형상으로는 두께 2 mm의 계단형 브래킷을 사용하는 Case 3_3이 가장 좋음을 알 수 있다.

4. 결론

전자레인지 가동 중에 도어를 열 때 발생할 수 있는 전자파 누설을 최소화하기 위하여, 본 연구에서는 동적 유한요소 해석을 이용하여 도어 프레임

의 비틀림 변형을 저감시키는 보강 브래킷 설계 방안의 평가 방법을 제시하였다.

정적 해석에서는 보강 브래킷의 질량에 의한 관성 효과가 고려되지 않는 점을 보완하기 위하여, 도어 프레임에 대하여 선형 동특성 해석을 수행하여 진동모드와 조화응답을 평가하였다. 모드 해석의 결과로서 도어 프레임의 비틀림 변형에 관련된 진동모드를 확인하였다. 보강 브래킷 설계 방안에 대하여 조화응답 해석을 수행하여 동특성에 대한 개선 효과를 평가한 결과, 계단형 보강 브래킷 두 종류가 가장 우수한 것으로 나타났다. 선별된 두 종류의 계단형 보강 브래킷에 대하여 전자레인지 전체 모델의 과도응답 해석을 수행한 결과, 도어 프레임의 우측 테두리 전체에 부착되면서 두께가 가장 두꺼운 경우가 비틀림 강성의 증대 효과가 가장 우수한 것으로 나타났다.

본 연구에서 제시된 동해석에 의한 도어 프레임 보강 브래킷의 평가 방법과 결과는 도어의 비틀림 변형을 저감시키고 나아가서 전자파 누설을 최소화하기 위하여 효율적으로 활용할 수 있다.

참고문헌

1. Lee, B. Y. and Koo, J. Y., "Evaluation of Twisting Deformation of the Door Frame of a Microwave Oven by Transient Response Analysis," Trans. Korean Soc. Mech. Engrs. A, Vol. 29, No. 9, pp. 1282-1288, 2005.
2. UL 923, "Standard for Microwave Cooking Appliances," Users Laboratory.
3. Kim, C. S., Na, J. M., Kim, J. H. and Chung, H. S., "Drop Analysis of Micro Wave Machine with I-DEAS and LS-DYNA," Technical Paper, Samsung Electronics, 2001.
4. LS-DYNA3D, "Keyword User's Manual," LSTC, 1999.
5. Cho, W. J., Kim, H., Lee, C. S. and Lee, D. R., "Drop-Impact Simulation of Micro Wave Oven," HANPAM 2000 Users Conference in Korea, pp. 61-67, 2000.
6. PAM-SYSTEM, "Reference Manual," PAM System International, 2002.
7. Son, B. S., "Research on the Finite Element Analysis of the Drop-Impact and Clamping of a

- Microwave Oven,” M.S. Thesis, Keimyung University, 2004.
8. Noh, K. C., “A Study on the Door Interlock and the Door Opening Force of a Microwave Oven,” M.S. Thesis, Busan University, 1999.
 9. Lee, B. Y. and Koo, J. Y., “Analysis of Twisting Deformation and Structural Design of the Door Frame of a Microwave Oven to Decrease Leakage of Microwave,” J. of Korean Soc. Precision Eng., Vol. 22, No. 12, pp. 141-148, 2005.
 10. ANSYS, “User's Manual,” Revision 6.2, ANSYS Inc., 2002.