韓國産業應用學會論文集, 제14권, 제4호, 167-172, 2011.11
J. Korean Society of Industrial Application, Vol.14, No.4, 167-172, Nov, 2011

외팔보 구조의 슬림형 TV 월마운트암의 최적설계
Optimal Design of Slim TV Wall Mount Arm with Cantilever Structure

장운근[1]
Woon-Geun Jang[1]

<Abstract>

This paper investigated optimal design for slim wall mount arm for flat TV. Recently the number of flat TV sets in use went on increasing in TV market. As the flat TV sets are getting common, consumers came to need another requirements like aesthetic factor besides display performances. As the new TV sets tend to be slimmer due to aesthetic design, Wall mount also requires to be slimmer for aesthetic balance. Slim structures, however, are vulnerable to structural rigidity. In this study, slim wall mount arm has been designed by 3D CAD and DOE (Design of Experiments) and finite element analysis for optimal structural design were carried out to determine the design variables for minimize working stress of wall mount arm. Finally two optimal design conditions were selected through DOE and FEM and one of those was chosen under constraint of minimizing blanking developed length.

Keywords : DOE(Design of Experiments), Optimal design, Wall mount, FEM

1. 서 론

최근 들어 디스플레이 소자기술들이 발전함에 따라 평판 디스플레이 TV 시장이 지속적으로 성장하고 있다. 평판디스플레이의 큰 주류를 이루고 있는 것이 PDP TV, LCD TV, LED TV 들로 볼 수 가 있으며 이러한 평판디스플레이들은 점차 스마트 환경에 부응하여 다양한 스마트기술들이 적용되고 있으며 또한 외관적인 디자인경쟁도 점차로 치열해지고 있다. 이러한 평판디스플레이들은 채용하고 있는 패널에 따라 회로적인 디스플레이 디바이스의 화면 구동 기술뿐만이 아니라 각각의 TV 제품의 기구적인 면에 있어서도 많은 차이를 나타내고 있다. 외관적인 면에서 소비자의 디자인적인 욕구가 다양해지고 또한 각각의 디스플레이 모듈 자체가 점점 두께가 얇아지는 추세를 나타내고 있어 평판디스플레이 모듈을 장착한 TV 들은 외관적인 면에서 두께 감소에 대한 요구가 매우 강하다고 할 수가 있다. 즉 디자인적인 면에서도 액자와 같이 벽에 완전히 밀착되는 듯한 시각적 효과를 살리기 위하여 점차로 얇은 TV 두께를 요구하고 있다. TV세트를 벽에 장착할 시에 가장 많이 활용되고 있는 것이 월마운트(Wall mount)장치이다. 월마운트장치는 TV와 벽면 사이에 장착이 되어 TV를 벽면에 고정시키고 또한 사용자가 TV의 시야각을 확보하기 위해 방향을 조정할 수가 있도록 되어있다. 이러한 월마운트의 기구적인 기능도 중요한 요소로 작용하고 있지만 무엇보다 디자인적인 요소가 강조되는 최근에는 점차로 얇

[1]정회원, 영남이공대학, 기계계열, 조교수
E-mail:baja2000@ync.ac.kr

[1]Div. of Mechanical Engineering Technology, Yeungnam College of Science & Technology, Prof.

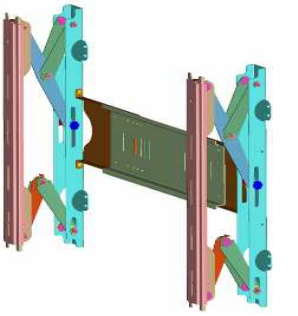
은 슬림 월마운트(Slim Wall mount)가 요구되고 있다. 그러나 월마운트의 기구적인 동작성능과 제품의 안정규정 상 구조적으로 얇은 월마운트는 강도적인 측면에서 매우 불리한 설계환경에 놓이게 된다. 더구나 공공장소나 매장과 같은 상업용 공간에 설치되는 디스플레이는 기구적인 동작의 범위가 일반적으로 가정용보다 더 넓어야하는 기구적인 동작성능을 만족시킴과 동시에 구조강도적인 품질을 보증하여야 하므로 동작성능과 구조적인 강도를 고려한 최적설계가 이루어져야한다.

따라서 본 연구에서는 기구적인 동작성능의 확보를 위해 채택된 외팔보 구조의 슬림형 월마운트의 주요구조물인 암(Arm)의 최적구조설계를 위해 통계적 최적 설계방안 중의 하나인 실험계획법(DOE : Design of Experiments)을 통하여 계획하고 유한요소해석 프로그램인 NX Nastran을 이용하여 초기 암의 설계 데이터를 이용하여 최적설계를 수행하고자 한다. 이를 통하여 설계자가 3D Modeling 설계데이타를 가지고 설계초기단계에서 금형의 공정과 QCD(Quality, Cost, Delivery) 관점을 고려하여 월마운트 암의 최적설계인자들의 조합을 찾아내어 최적설계에 활용 할 수가 있을 것으로 기대된다.

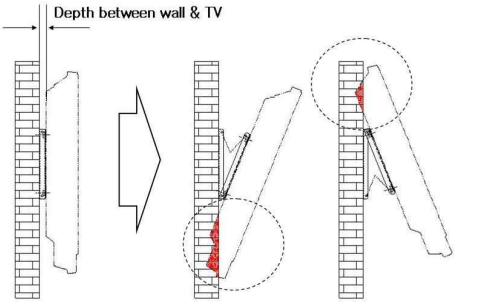
2. 연구적용대상

2.1 슬림형 월마운트의 설계

일반적으로 사용되는 종래의 월마운트는 기존의 TV의 무게를 지탱해주기 위해서 충분한 강성을 가지도록 설계를 하고 있어 전체 구조의 두께가 두꺼울 수밖에 없으며 일반적으로 월마운트의 두께가 TV세트의 인치별 사이즈에 따라 50mm에서 80mm까지 차지하고 있다. 따라서 이러한 월마운트의 구조는 구조강도적인 문제에서 뿐만이 아니라 TV의 화면을 조종하기 위해서 사용자가 월마운트의 각도를 조정 할 경우 Fig.1 에서와 같이 벽면과의 접촉이 일어나게 되어 충분한 각도조정이 어렵게 되는 구조이다. 또한 디자인적인 측면에서 날로 TV의 두께가 얇아지고 있는 시점에서는 월마운트의 구조도 점점 더 얇아지고 있으며 또한 상업용 디스플레이의 경우는 사용자의 각도 조정의 영역이 일반 가정에서보다 상대적으로 넓기 때문에 벽면과의 접촉문제를 충분히 극복 할 수 있어야 한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 일반적으로 제안된 구조가 외팔보 구조의 월마운트인데 이는 월마운트를 접었을 시에 벽면과의 이격거리(Depth between wall&TV)를 최소화해야 할 뿐만이 아니라 이를 위해서는 월마운트 자체의 두께 또한 상당히 얇아야한다. 이러한 설계의 방향은 당연히 두께가 얇아야 할 뿐만이 아니라 월마운트의 부품들이 하중조건을 충분히 만족하도록 설계되어져야한다.



(a) Dual arm wall mount



(b) Wall mount adjustable status

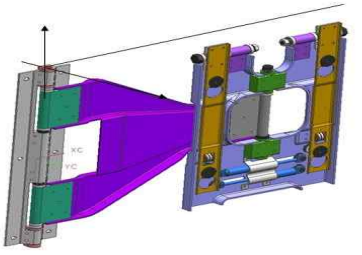
Fig. 1. Conventional wall mount type.

일반적으로 월마운트의 형태는 각 TV세트에 따라서 여러 가지가 있으나 일반적인 월마운트의 설계기준은 다음 표1 과 같다. 이는 월마운트의 동작기능성과 구조안정성 및 외관, 감성적인 부분으로 나눌 수가 있다. 표에서 언급한 일반적인 설계기준을 고려하여 외팔보 구조를 가진 슬림형 월마운트(Slim Wall mount)를 개발하였다. 외팔

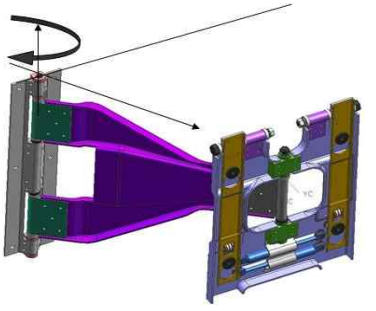
보 구조를 가지고 있기 때문에 본 개발 제품은 벽과의 이격거리를 20mm정도로 할 수 있을 만큼 얇은 구조를 가지고 있음과 동시에 동작기능성 측면에서도 좌우 조정각이 기존제품에 비해서 훨씬 넓어진 기능을 구현할 수가 있게 되었다.

Table 1. General Design Guide of Wall mount

	설계요구조건
동작기능성	-Tilt, Swivel 동작각도는 SPEC을 만족여부 -Max 동작 각도에서의 벽과의 간섭 발생여부 -Max 제품하중에 대한 적정동작 Hinge Torque값
구조안정성	-3배 하중 하에서의 구성 부품의 변형이 발생 (Max Forward 상태)없을 것 -동일 하중 하에서의 동작기능성 이상유무
감성기준	-벽면과의 이격거리는 최소화 (Wall Mount + 벽면 이격거리 : 50 mm이라) -Tilt, Swivel동작 시 기계적 마찰에 의한 소음, 이상음 유무 없을 것 -SET 체결 후 TV 세트의 Sound에 의한 구성부품의 기계적 떨림과 소음의 이상유무



(a) Wall mount in folding condition



(b) Wall mount in folding condition

Fig. 2. 3D Modeling of slim wall mount.

그러나 이러한 얇은 구조와 넓어진 조정범위는 월마운트의 구조강도적인 측면에서는 상당히 불리하게 작용하므로 본 연구에서는 구조안정성을 고려하여 구성부품의 강도에 대한 설계기준을 만족 할 수 있는 슬림형 월마운트의 전체 TV의 하중을 지지하는 중심이 되는 외팔보형태의 암의 구조를 최적화 하고자 한다.

2.2. 실험계획법을 이용한 최적설계

실험계획법(Design of experiments)은 제품의 특성에 영향을 미치는 다양한 인자들을 선정하고 이들의 상호관계를 파악하기 위한 실험을 실시하여 제품의 최적설계 및 제조조건 등을 효과적으로 찾아내는 기법으로 제품개발 시에 많이 활용되는 기법이다.[1] 실험계획법은 그동안 자동차나 여러 분야 등에서 통계적 최적해석방안으로 많이 사용되고 있다.[2] 주요목적은 어떤 요인이 반응에 유의한 영향을 주고 있는지를 파악하고 그 영향이 정량적으로 어느 정도 기여하는 가를 알아내고 유의한 영향을 미치는 원인들이 어떠한 조건에서 가장 바람직한 반응을 얻을 수 있는가를 알아내기 위해서 최적설계의 조건을 결정하는 데에 주로 사용된다.

Fig. 2 는 초기에 설계자가 직관적으로 설계한 본 연구의 최적설계 대상인 월마운트 암의 모델링이다. 이것은 프레스가공을 통해서 제작하게 되는데 이때 프레스제품인 암의 형상은 월마운트 품질보증을 위한 설계의 조건, 금형공정 및 업체의 QCD(Quality, Cost, Delivery) 관점에서 설계되어져야하므로 이들의 조건을 만족하기 위한 암의 최적의 설계요인들의 조건들을 찾고자한다. 즉 암에 발생하는 최대응력이 허용응력을 넘지 않아야하며 동시에 블랭킹 전개장 길이(Blank developed length) 또한 가장 최소화하여 재료비, 공정비를 절감 할 수가 있어야한다. 본 연구에서의 월마운트암의 최적설계문제는 다음과 같이 최적화문제로 정의할 수가 있다.

Find A, B, C, D 1)

to minimize σ_{max} 2)

subject to

Blank developed length < 320mm 3)

본 연구에서는 월마운트암의 실험계획법을 위

한 인자는 Fig. 3에서 나타낸 바와 같이 제품의 두께(A:Thickness),측면벤딩높이1(B:Bending height1), 측면벤딩높이2(C:Bending height2), 그리고 포밍타입(D:Forming type)의 4가지로 선정하였다. 이는 전체 금형의 블랭킹 전개장 길이에 영향을 미치는 인자들로 개발업체와 협의를 통해 선정하였다.

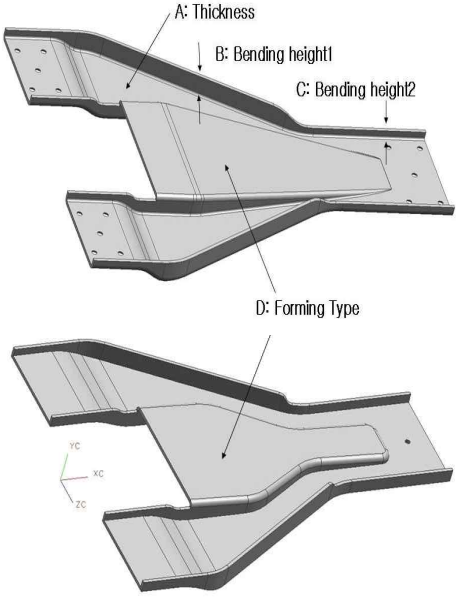


Fig. 3. Design factors of slim wall mount arm.

실험을 할 경우에 실험결과에 영향을 미치는 많은 인자들이 존재하게 된다. 각 인자들은 여러 개의 값을 가질 수가 있는데 결과에 영향을 주는 인자가(factor)가 n개 이고 각 인자에 대해서 2수준만을 고려한다고 하더라도 각각의 조합에 대해서 1번의 실험만으로도 완전실시법은 2^n 개의 실험이 요구되므로 본 연구에서는 일반적으로 설계경험 상 각 인자들에 대한 3인자이상의 교호작용은 고려치 않고 주효과와 2인자의 교호작용만 고려하여 해상도Ⅳ의 일부실시법을 실시하여 전체 인자 수 4개에 대해서 8회의 전산실험을 수행하고자 한다.[2] 이는 완전배치법에 의한 16회의 해석에 비해서 실험 수를 줄이게 되는 효과가 있다. 본 연구에서 선정된 인자들의 수준은 프레스공정과 제조를 고려하여 개발업체에서 요구하는 수준으로 표2와 같이 선정하여 요인을 설계하였다.

Table 2. Design Factors and level

Factor	Level	
	-1	1
A: 두께 (A: Thickness)	2.0mm	3.0mm
B: 측면 벤딩높이1 (Bending height1)	14mm	17mm
C: 측면 벤딩높이2 (Bending height2)	7mm	9mm
D: 포밍타입 (Forming type)	a type	b type

Table 3. Experimental Design

Exp Order	A	B	C	D
1	-1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1	1
3	-1	1	-1	1
4	1	1	-1	-1
5	-1	-1	1	1
6	1	-1	1	-1
7	-1	1	1	-1
8	1	1	1	1

3. 해석 결과 및 고찰

3.1. 해석모델

본 연구에서는 사용된 유한요소모델링은 2D Quad8 요소로 모델링하였고 8,519개의 노드와 2,732개의 요소를 가지고 있다. 벽면에 고정되는 부위에 6DOF 구속하였고 하중은 안전율3에 해당하는 하중을 인가하여 해석을 수행하였다. 하중의 조건은 월마운트암이 최대로 펼쳐질 때 가장 열악한 하중조건 상태로 보고 월마운트암의 최대동작각도인 40도 상태에서 하중을 주고 해석을 수행하였다. 해석은 NX Natran을 통해 수행하였으며 전체 해석은 실험계획표에 따라 8회 실시하여 분석하였다.

월마운트암에 사용된 재질은 프레스용 Cold rolled steel이며 항복강도, 인장강도가 각각 340Mpa, 440Mpa, 포아송비는 0.29, E값은

202Gpa을 각각 나타내고 있으며 Fig. 4는 실험조건 중에 하나의 경우인 FEM해석 모델이다. 해석은 각각의 요인들에 대해 설계된 실험계획표에 따라 각 인자의 요인배치에 따라 해석을 수행하였다.

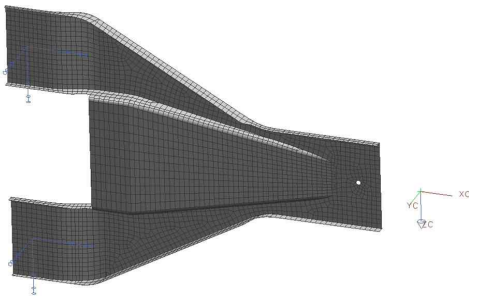


Fig. 4. Slim wall mount FEM model.

3.2. 해석결과 및 최적설계

각각의 실험에 대해서 구조해석을 실행하여 각 실험에 대한 반응값을 구하였다. 반응값은 각 실험의 요인설계에 대한 월마운트암에 발생하는 최대응력값으로 선정하였다.

Table 4. Result of experimental design

Exp Order	A	B	C	D	Max stress(Mpa)
1	−1	−1	−1	−1	450
2	1	−1	−1	1	197
3	−1	1	−1	1	377
4	1	1	−1	−1	321
5	−1	−1	1	1	328
6	1	−1	1	−1	227
7	−1	1	1	−1	415
8	1	1	1	1	175

설정한 설계인자들이 서로 상호작용을 가지고 있는지 어떤 인자가 주효하게 반응에 영향을 미치는지 파악하고 또 그 영향정도는 어느 정도인지를 파악하기 위해 요인분석을 실시하였다. Fig. 5는 반응값 인 최대응력에 대한 주효과 그래프를 나타내었다. 설계인자 A가 그래프상에서 확인 할 수 있듯이 가장 강한 큰 주효과를 나타내고 있으며 다음으로 설계인자 C, D, B순으로 나타나고 있다. 또한 Fig. 6에서 유의한 인자로는 설계인자 A와D가 0.05 이하로 유의한 인자로 파악이 되고 있으며 Fig. 7에서도 A와D가 유의한 인자로 파악이 되고 있다.

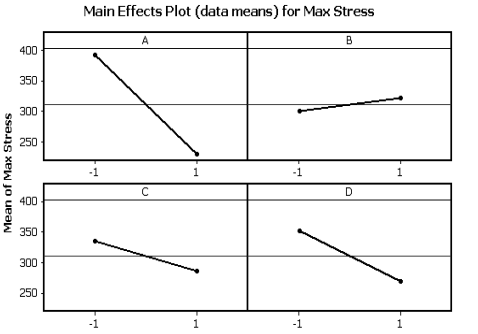


Fig. 5. Main effects plot.

Analysis of Variance for Max Stress, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	52813	52813	52813	272.93	0.000
B	1	924	924	924	4.78	0.117
C	1	5000	5000	5000	25.84	0.015
D	1	14112	14112	14112	72.93	0.003
Error	3	580	580	193		
Total	7	73430				

S = 13.9104 R-Sq = 99.21% R-Sq(adj) = 98.16%

Fig. 6. Analysis of variance.

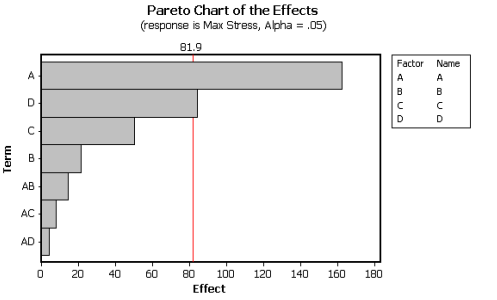


Fig. 7. Pareto chart of the effects.

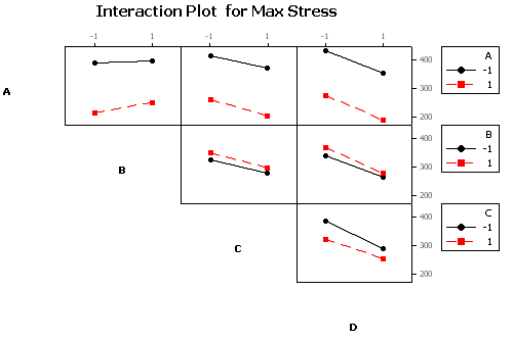
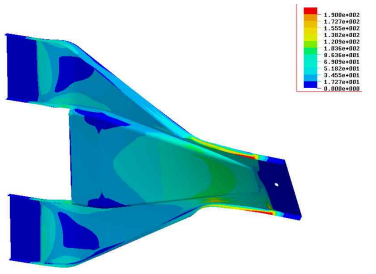


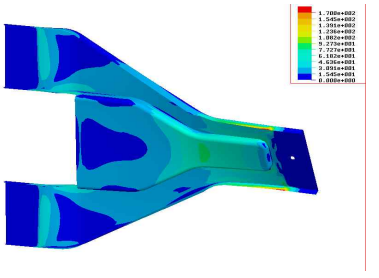
Fig. 8. Interaction plot.

Fig. 8에서는 각 인자들 간의 상호교호작용을 나타내고 있다. 여기에서 설계인자인 A와 B, A와C, B와C, B와D, C와D는 상호교호작용이 있는 것으로 나타나고 있으나 A와C는 상대적으로 매우 약한 교호작용을 나타내고 있고 A와D는 교호작용이 거의 나타나지 않고 있다.

따라서 월마운트암의 최적조건의 배열을 찾아보면 설계인자A의 두께 3.0mm, 설계인자D의 포밍형상 b가 가장 유의한 인자로 나타났고 또한 설계인자B인 측면 벤딩높이1이 17mm, 설계인자C인 측면 벤딩높이2는 9mm로 나타났다. 다음으로 최적조건으로는 A(1), B(-1), C(1), D(1)인 요인배치로 두께3.0mm, 측면 벤딩높이1 14mm, 측면 벤딩높이2가 9mm, 포밍형상 B로 나타났다. 이 두 가지의 인자들의 배열조건의 반응치인 최대응력이 각각 197Mpa, 179Mpa로 나타났으며 이는 재료의 항복강도보다 낮은값이므로 두 가지 모두 목적함수에 대한 적절한 설계로 볼 수가 있다. 그러나 금형공정의 조건인 블랭킹의 전개장 길이가 최소화 되는 실험2의 요인배치를 최적설계해로 선정하였다.



(a) Analysis result of initial design case



(b) Analysis result of optimal design case

Fig. 9. Analysis result.

Fig. 9는 월마운트암의 초기 설계안과 최적화된 설계안의 해석결과이며 최대응력은 290Mpa에서 197Mpa로 개선이 되었으며 Fig. 10은 최적설계안의 모델링이다.

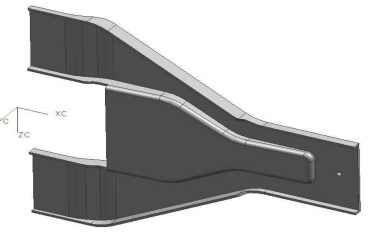


Fig.10. 3D modeling of optimal design.

4. 결 론

본 연구에서는 슬림형 평판 TV 월마운트암의 최적설계를 위해 설계변수들의 최적조건을 찾기 위한 실험계획법을 이용한 구조해석을 수행하여 월마운트암의 최적형상을 설계하였다. 실험계획법을 통해 실제 개발환경에서 설계자가 인식하고 있는 제조공정조건하에서의 각 설계인자들의 수준을 선정하여 최적설계를 할 수가 있었다. 또한 16회의 완전실시법 대신 해상도 Ⅳ의 일부실시법 만으로도 인자의 주효과와 2차 교호작용까지 분석이 가능하여 설계모델링과 유한요소해석회수를 8회로 줄일 수가 있었다. 이러한 방안은 월마운트암의 초기형상설계 데이터만을 가지고도 여러 가지 공정요소를 고려하여 설계인자와 수준을 선정 할 수가 있으며 설계초기단계에서 최적의 형상을 설계하는 데에 매우 유용함을 알 수 가 있었다.

참 고 문 헌

1) 박성현, “현대실험계획법”,민영사, (2005)

2) 이상복, 미니탭을 활용한 예제중심의 실험계획법, 이레테크, (2008)

3) 이권희,주원식, 실험계획법을 이용한 승용차 앞 범퍼의 최적설계, 한국자동차공학회 춘계학술대회논문집, pp. 542~547 (2002)

(접수:2011.10.07. 수정:2011.11.18. 게재확정:2011.11.25)