플라스틱 자동차 손잡이 구조물의 구조해석에 관한 연구

박서리¹ · 심동철² · 김 도² · 류민영[#]

A Study on the Structural Analysis for Plastic Door Handle of Automobile

S. R. Park, D. C. Shim, D. Kim, M.-Y. Lyu

(Received January 29, 2010 / Revised March 9, 2010 / Accepted March 19, 2010)

Abstract

Application of CAE analyses are wide spread in shaping processes and structural safety verification of plastic products. The importance of CAE analysis and its contributions are getting increase since the processability and structural safety of product can be predicted. CAE analysis for complex shaped product need a lot of time for modeling and computation compare with simpler one. Therefore careful simulation modeling is required for complex shaped product. Structural analysis for plastic door handle of automobile has been performed and structural safety has been investigated for various load directions and modeling cases. Large stress occurred at the hinge in handle regardless of load direction and modeling case. Consequently hinge is considered structurally very weak among the parts in plastic door handle. It is concluded that simple modeling rather than total modeling with adequate boundary condition equivalent to real situation gives reasonable computational results with saving modeling effort and computation time.

Key Words : Door Handle of Automobile, Plastic Product, Structural Analysis, Boundary Condition, Computation Time

1. 서 론

요즘의 제품들은 심미적이고 기능적 측면이 부각 되면서 다양한 디자인이 요구되고 있다. 플라스틱 재료는 재료를 용융시켜 사출성형이나 압축 성형, 압출성형, 블로우 성형 등 여러 가지 성형 공정을 이용하여 다양한 디자인의 제품을 생산해 낼 수 있다. 이러한 플라스틱 재료응용의 장점 때문에 플라스틱을 재료로 하는 많은 제품들이 출시 되고 있다.

CAE 해석은 구조해석, 성형해석, 열해석 등을 통해 제품의 디자인이 처음 나왔을 때부터 양산이 되기까지 성형성을 확인할 수 있고, 구조나 열 등의

안정성을 미리 예측할 수 있어 생산적, 기능적 측면에서 많이 이용되고 있다. 이와 같이 CAE 해석은 다양한 곳에 많이 이용되기 때문에 디자인이나 생산에 미치는 기여도 및 중요성이 커지고 있다.

많은 플라스틱 제품에 다양한 CAE 해석이 적용되면서 간단한 부품의 해석에서는 크게 문제가 되지 않지만 복잡한 조립 부품의 해석을 수행할 때에는 해석의 시간과 해석의 정밀도의 문제가 발생한다. 지금까지 플라스틱성형품의 CAE 해석에 관한 연구들은 특정 성형공정 프로그램을 개발[1, 2]하거나 성형방법을 재현[3, 4]하거나 현상을 CAE해석을 통해 증명[5~7]하는 논문들이 주류를 이루고 있었다.

1. 서울산업대학교 NID융합기술대학원

2. 주식회사 삼양사 신소재연구소

교신저자: 서울산업대학교 제품설계금형공학과,

E-mail:mylyu@snut.ac.kr

그러나, 구조물에 플라스틱의 쓰임이 증가되면서 이의 구조해석이 요구되고 있다. 또한 구조해석 시 CAE 해석을 효과적으로 해석하기 위한 연구가 요구되는 상태이다.

본 연구에서는 Steel과 플라스틱으로 구성된 부품들이 조립된 자동차의 Door handle 모델의 구조해석을 통해 부품의 안정성을 검토하였다. 또한 여러 부품이 복잡하게 조립된 제품의 해석을 위해 부품의 수를 간략하게 해석하면서 해석의 시간을 줄이고 신뢰도를 향상시키는 방법을 검토하였다.

2. 플라스틱 구조물의 구조해석

2.1 해석 모델

Fig. 1은 본 연구의 해석에 쓰인 부품의 명칭이 나타나 있다. 이 모델은 자동차 Door handle로 크기는 가로 약 196mm, 세로 약 180mm이다.

자동차 Door handle의 Housing과 Handle이 Stick에 의해 고정되어 있고, 그 구동은 앞면의 Handle을 당기면 Stick을 기준으로 뒷면의 Link에 힘이 가해진다. 이 때 특정 힘 이상이 가해지면 Link가 회전하면서 문이 열리게 된다.

본 해석에서는 특정 힘이 가해지기 전, 즉 Link가 고정되어 있고 힘이 가해지는 상황이라 가정하고 해석을 진행하였다. 해석 프로그램은 ANSYS를 이용하였다.

(a) Front view

(b) Rear view

Fig. 1 Computational model for plastic door handle of automobile

2.2 해석조건

2.2.1 물성

Stick, Pin, Link, Clip은 Steel이고 Handle, Housing은 PC/PBT Alloy이다. 각 부품의 물성은 Table 1과 같다.

Table 1 Material properties of parts

Part	Material	Property		
		Young's Modulus [Pa]	v (Poisson Ratio)	Density [kg/m ³]
Handle, Housing	PC/PBT Alloy	2.3546e ⁹	0.4	1210
Stick, Pin, Link Clip,	Steel	2e ¹¹	0.3	7850

2.2.2 메쉬

Fig. 2는 해석을 위한 메쉬를 보여주고 있다. 삼각형 메쉬 형태로 전체 조립 부품의 메쉬 수는 총 368,134개이고 Handle와 Stick의 경우 90,304개, Handle의 경우 64,664개이다.

Fig. 2 Mesh for computer simulation

2.2.3 해석의 모델의 분류와 경계조건

해석모델의 분류는 Fig. 3에 나타나 있다. 경계조건은 고정조건과 Force조건 2가지가 적용되는데 Fig. 3은 고정조건을 부여한 위치를 보여주고 있다. Fig. 3(a)와 같은 전체 부품 해석에서는 고정조건을 그림에 표시한 바와 같이 Housing과 Link에 부여하였다. Housing은 표면에서 자동차에 고정되는 부분인 뒷면의 테두리 중 윗 부분과 Boss부분에 적용하였다. 그리고 해석에서 Link가 Handle에 의해 회전되기 전까지 고정되어 있다고 가정하고 Link에서 Handle과 닿는 부분에 고정조건을 주었다.

Fig. 3(b)와 같이 Handle과 Stick 부분을 이용한 해석에서는 Stick과 Handle이 닿는 부분과 Handle에서 Link가 닿는 부분에 고정조건을 부여 하였다.

Fig. 3(c)와 같이 Handle만을 이용하여 해석하는 경우 Handle와 Stick이 닿는 부분과 Handle와 Link가 닿는 부분에 고정조건을 부여 하였다.

Fig. 4와 Fig. 5, Fig 6은 Force 조건을 보여주고 있다. Load의 크기는 1초 동안 100N의 힘이 가해지게 설정하였고, Load의 적용 면은 Handle의 안쪽 면이다.

Load의 방향은 3가지로 적용하였다. Force 1은 자동차 Door handle을 열 때 가장 많이 적용되는 Load의 방향이다. Handle 안쪽 면의 윗부분 쪽으로 즉, 지지 면과 35도의 각도로 작용된다. 이 때 지지면은 Fig. 5에 나타난 점선이 가리키는 면이다. Force 2는 지지 면에 수직인 방향으로 Load가 작용되고 Force 3는 지지 면에 수평으로 Load가 작용된다.

2.3 전체 조립 부품 해석 결과

Fig. 7은 전체 조립 부품 해석의 변형을 보여주고 있다. 힘이 가해지는 Handle에서 변형이 집중되는 것을 알 수 있다.

Fig. 3 Model cases of computations and locations of fixed boundary condition

Fig. 4 Loading condition for time

Fig. 5 Surface of loading

Fig. 6 Directions of loading

Fig. 8은 Equivalent stress로 Door의 앞면과 뒷면에는 거의 나타나지 않고 Stick에서 응력이 크게 분포한 것을 볼 수 있다. 가장 높은 응력이 나타난 곳은 Link 부위로 180MPa의 응력이 나타났다.

전체 조립 부품을 해석한 결과를 분석해 보면 응력이나 변형이 집중적으로 일어나는 부분은

Fig. 7 Deformation for whole parts simulation

(a) Front view

(b) Rear view

Fig. 8 Equivalent stress for whole parts simulation

Handle과 Stick 그리고 Link이다. 그 외의 부품은 응력이나 변형이 거의 나타나고 있지 않다. 따라서 전체 조립 부품을 해석하는 것은 모델링시간과 계산시간이 길어져 비효율적이라 판단된다. 그래서 전체 조립 부품 모델에서 해석할 부품을 잘 설정하고 경계조건을 적절히 부여하면 효과적인 해석을 할 수 있을 것으로 생각된다.

2.4 각 부품 해석

주 부품인 Handle의 변형과 안정성을 효율적으로 확인할 수 있는 해석 방법을 알아보기 위하여 Fig. 3의 해석의 경우에서 Fig. 6의 힘의 방향을 각각 적용하여 해석하였다.

Table 2 Cases of computations

Direction of load	Model case		
	Whole parts	Handle and stick	Handle
Force 1	Case 1-1	Case 1-2	Case 1-3
Force 2	Case 2-1	Case 2-2	Case 2-3
Force 3	Case 3-1	Case 3-2	Case 3-3

Table 2에는 Fig. 3과 Fig. 6의 경우를 조합한 해석의 경우가 Case 1-1에서 Case 3-3까지 나타나 있다.

Fig. 9는 각 Case 별 변형과 Equivalent stress를 나타내었다. 최대 변형은 모든 Case에서 힘이 작용되는 Handle에서 일어났다. 최대 Equivalent stress는 각 부품 해석에 따라 다르게 나타났다. 전체 조립 부품을 이용한 해석은 Link에서 가장 크게 나타났고 Handle과 Stick해석과 Handle 해석에서는 Handle의 힌지 부분에서 큰 분포로 나타났다. 전체 조립 부품을 이용한 해석에서 다른 해석과 다르게 응력이 크게 나타난 이유는 고정되는 위치와 Load가 가해지는 위치의 거리가 크기 때문에 Moment가 크게 작용되어 응력이 크게 나타난 것으로 보인다.

해석의 주 부품인 Handle을 각 해석 Case 별로 살펴보면 다음과 같다. Handle에서의 최대 변형과 최대 응력을 확인한 결과 Load의 방향이 같은 경우는 해석 부품 개수(해석 Case)와 상관없이 동일한 부위에서 최대 응력을 보였다. Force 1인 경우와 Force 3인 경우 Handle의 힌지의 반대 쪽 부분이 높게 나타났고 Force 2인 경우 힌지 부분이 높게 나타났다. 각 해석 Case에서 최대응력의 위치뿐만 아니라 값 또한 유사하게 나타났다.

Table 3은 Handle에서의 가장 높은 변형과 응력 값을 나타내었다. 해석에서 나타난 Handle에서의 최대응력 값이 PC/PBT Alloy의 인장강도인 64MPa보다 낮으므로 Handle은 구조적으로 안전하다고 볼 수 있다.

각 Case 별 해석 시간은 전체부품 해석의 경우 평균 487.10초, Handle과 Stick의 부품을 해석한 경우 113.86초, Handle만 해석한 경우 88.17초가 걸렸다. 해석 모델이 단순화 되면서 해석 시간이 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 해석 모델이 현 해석 모델인 자동차 손잡이 보다 더 복잡한 구조물일 경우 해석 시간은 더욱 큰 차이가 나타날 것이라

(a) Case 1

(b) Case 2

(c) Case 3

Fig. 9 Total deformations and equivalent stresses for each case of simulation

생각된다.

전체 조립 부품의 경계조건을 명확히 인지한 후 주 부품과 주변 부품의 상호관계를 파악하고 주 부품과 물리적으로 등가인 모델을 선정하여 해석을

Table 3 Maximum deformations and maximum stresses in the handle for each case of simulation

(Unit : Deformation [mm], Stress [MPa])				
Direction of load	Computational results	Model case		
		Whole parts	Handle and stick	Handle
Force 1		Case 1-1	Case 1-2	Case 1-3
	Deformation	2.3045	1.9469	1.9456
	Stress	31.2	33.8	34.5
Force 2		Case 2-1	Case 2-2	Case 2-3
	Deformation	1.1688	1.2792	1.1807
	Stress	26.3	25.4	26.5
Force 3		Case 3-1	Case 3-2	Case 3-3
	Deformation	1.8982	1.4924	1.5395
	Stress	28.9	32.0	32.9

진행하면 해석의 시간을 줄이면서도 신뢰성 있는 해석결과를 얻을 수 있는 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) Plastic door handle에서 응력은 Handle에 집중되나 응력 값이 재료의 인장강도보다 낮아 구조적으로 안전하다.

(2) 정확한 해석을 위해서는 해석을 통해 분석하고자 하는 부품과 주변부품의 물리적인 상호관계를 파악하고 조립된 부품간의 합리적인 경계조건을 설정해야 한다.

(3) 실제와 물리적으로 등가인 간략화 된 모델 선정이 중요하다.

(4) 가능한 한 전체모델을 해석 하기 보다 단품을 가지고 적절한 경계조건을 적용하여 해석하는 것이 모델링 시간과 계산시간을 단축시키는 효과적인 해석 방법이다.

후 기

본 과제(연구)는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업으로 수행된 결과임.

참 고 문 헌

- [1] W. J. Chung, 1997, Development of 3D Sheet Metal Forming Analysis Program by explicit finite element method, J. of the Kor. Soc. Tech. of Plast. Conf., 1997, Mar. 01, pp. 217~221.
- [2] S.-H.Chung, Y.-S.Kwan, 2004, Development of a CAE Tool for P/M Compaction Process and Its Application, J. of Kor. powder metallurgy institute, Vol. 11, No. 5, pp. 399~411.
- [3] S. Y. Lee, S. R. Kim, J. I. Jung, H. J. Im, 2009, A study on the improvement of vibration analysis of visual alignment system using CAE method, Proc. of the Kor. Soc. for Noise and Vibration Eng. Conf., Vol. 2009 Apr. 23, pp. 428~429.
- [4] J.-K. Lee, W.-S. Yoo, Y.-C. Han, Y.-J. Lee, 2009, Static/Dynamic stiffness and strength design of dual-arm robot using CAE technique, J. of the Kor. Soc. of Precision Eng., Vol. 26, No. 9, pp. 23~30.
- [5] S.H. Choi, H. K. Min, M.-Y. Lyu, , 2007, A study on the molding technology for the preform of blow molding through compression molding, Transactions of materials processing, J. of the Kor. Soc. Tech. of Plast. Conf., Vol. 16, No. 1, pp. 3~8.
- [6] J.-S. Kim, J.-D. Kim, O.-R. Kim, C.-O. Kwon, 2008, Study on numerical analysis and experiment of the injection/ blow molding of a preform of PET Bottle, J. of the Kor. Academia-Industrial Cooperation Soc., Vol. 9, No. 5, pp. 1119~1124.
- [7] M.-A. Kang, M.-Y. Lyu, 2008, Investigation of the filling unbalance and dimensional variations in multi-cavity injection molded parts, Polym.(Kor.), Vol. 32, No.6, pp. 501~508.