

후드 오버슬램범퍼 조립 상태에 따른 점용접의 내구성능 영향 분석

이 혁[†]

현대자동차 환경내구개발팀

Analysis on Durability Performance of Spot Welding by the Status of Over-Slam Bumper in Hood System

Hyuk Lee[†]

Hyundai Motor Company, Environmental Durability Development Team

Purpose: Recently, Issues on security for vehicles are getting increased all around the world. Especially, hood panel needs to be thinner for the protection of pedestrians. But thinner panel makes durability get worse. So, it is needed to satisfy both of them.

Methods: Durability effectiveness will be studied because properties and assembly allowance of over-slam bumper mostly affects durability of hood panel. Overlap of over-slam bumper can be made in production line and it can affect durability of spot welding in hood inner panel. Daguchi method is used to catch the condition in which load gets smaller and location, hardness and quantity of overlap are selected to be factors. Durability effectiveness is analyzed with the factors.

Result: the mechanism that affects on spot welding is identified. The test was conducted in both open/close and driving condition and the relation between both conditions is analyzed.

Conclusion: The test contributed to durability of hood panel with optimization of over-slam bumper.

Keywords: Hood, Spot Welding, Over-Slam Bumper, Striker, Hinge

1. 서론

후드란 자동차의 엔진룸을 여닫는 덮개 역할을 하는 부품이다. 후드를 열고 닫을 때 일정 속도 이상으로 닫아야 후드 스트라이커(STRIKER)가 래치(LATCH)에 잠기는데, 이때 후드는 차체와 충돌한다. 충돌로 인한 충격을 흡수하는 역할을 하는 부품을 후드의 오버

슬램범퍼라고 한다. 오버슬램범퍼는 고무 혹은 플라스틱 재질로 되어있으며 후드판넬의 끝단에 장착되어 충격을 흡수하고 후드와 차체의 간섭을 방지한다

후드가 닫힐 때 오버슬램범퍼는 차체의 좌면과 충돌하며 하중을 받는다. 이때 오버슬램범퍼와 차체가 오버랩되는 양에 따라 후드가 받는 하중 값이 달라진다. 오버슬램범퍼는 크게 고정식과 조립식이 있는데 조

[†] 교신저자 Leehyuk@hyundai.com

2017년 5월 29일 접수, 2017년 9월 5일 수정본 접수, 2017년 9월 12일 게재 확정.

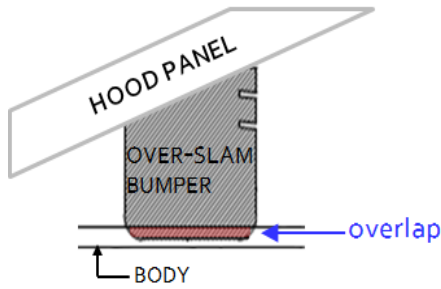


Fig. 1 Overslam bumper

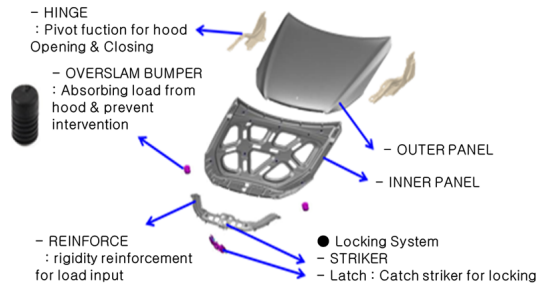


Fig. 2 Composition parts of hood system

절식은 오버랩 양을 조절할 수 있고 고정식은 오버랩 양을 조절할 수 없다. 조절식 오버슬램범퍼를 이용하면 오버랩 양을 조절할 수 있어 오버슬램범퍼가 받는 하중을 통제할 수 있다.

자동차 공장에서 후드를 장착할 때 오버슬램범퍼의 오버랩을 설계한 양만큼 정확히 조립하기는 어렵다. 이런 경우에 설계 시 의도한 점용접에서의 하중보다 하중이 많이 혹은 적게 작용하는 경우가 발생한다. 이 때 점용접이란 전극을 이용해 열을 가하여 동그란 점 모양으로 판넬과 판넬 사이를 용접하여 이어 붙인 것을 말한다[1]. 하중이 설계보다 과도하게 가해졌을 때 용접에 크랙이 발생할 가능성이 높아진다. 또한 오버슬램범퍼는 시간이 지남에 따라 열경화에 의해 점점 단단해지는 경향이 있는데 이때에도 오버슬램범퍼가 받는 하중이 달라진다.

본 연구에서는 후드 스트라이커와 힌지(HINGE) 점용접부 하중 발생 메커니즘을 규명하고, 오버슬램범퍼의 단단한 정도와 장착위치 별 오버랩 양에 따라서 후드가 받는 하중을 분석하였다. 개폐 및 도로주행 시 용접점에 발생하는 하중의 양상을 분석하여 점용접의 하중을 최소화 하는 오버슬램범퍼의 최적조건을 확인하고 설계 가이드라인을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 시험 방법

2.1.1 후드 시스템의 구성요소

후드 시스템의 기본 구성요소로 후드 판넬 스트라이커, 래치, 힌지, 레인포스(REINFORCE), 오버슬램범퍼가 있다. 후드 판넬은 후드의 가장 큰 부분을 차지하는 부품으로 엔진룸의 덮개 역할을 하는 부품이다.

스트라이커와 래치는 후드의 잠금 기능을 하는 부품으로, 래치가 스트라이커를 걸어 잠그고 열어주는 역할을 하면서 후드의 열고 닫는 기능을 수행한다. 힌지는 후드가 열리고 닫힐 때 후드의 회전축이 되며 차체와의 연결부 역할을 한다. 레인포스는 판넬 중 하중을 많이 받는 부분에 보강을 위해 사용된다. 마지막으로 오버슬램범퍼는 후드 닫힘 시 후드로 가해지는 충격을 흡수하며, 충격 시 후드 끝단이 차체와 간섭되는 현상을 방지한다. 이때, 오버슬램범퍼가 바디와 오버랩되는 양에 따라 후드에 가해지는 충격과 떨리는 양이 달라질 수 있다.

2.1.2 후드 점용접의 크랙 발생

후드의 판넬은 크게 외판(OUTER PANEL)과 내판(INNER PANEL)로 구성된다. 이 중 내판과 레인포스를 접합하기 위해 주로 점용접을 사용한다. 후드 개폐 및 도로주행 시 스트라이커와 힌지 부에서 가장 많은 하중을 받으므로 내판에 하중보강 역할이 필요하기 때문이다.

후드 개폐 및 도로주행 시 판넬에 벤딩(BENDING) 응력이 발생하여 인장과 수축을 반복하고, 이로 인해 반복적인 피로가 발생한다. 후드 판넬에 피로가 누적되면 크랙이 발생하며 초기 성능을 유지하지 못해 기능을 상실할 수 있기 때문에 판넬에 크랙이 발생하지 않도록 차량을 개발하는 것이 중요하다.

2.1.3 점용접부 하중 분석을 위한 스트레인지이지 부착

점용접부의 하중을 분석하기 위해 점용접점 주위에 스트레인지이지를 부착하였다. 스트레인지이지를 <Fig. 3>과 같이 점용접점의 중심을 향하는 방향으로 부착한다. 이때 하중의 방향을 파악하기 위하여 로켓

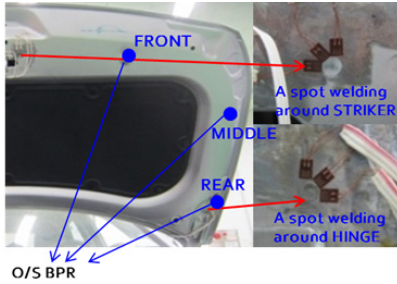


Fig. 3 Locations of overslam bumper & strain gauge

게이지(Rosette Gauge) 형태로 점용접점을 중심으로 45도 간격으로 스트레인을 부착하여 가장 하중이 크게 측정되는 방향을 파악하였다. 이 때, 스트레인게이지는 스트라이커와 힌지 부의 하중을 가장 많이 받는 용접점에 부착하였다.

2.2 다구치법 및 시험 인자 선정

후드에서의 오버슬램범퍼에 의한 점용접 부 하중 영향을 확인하기 위하여 하중에 영향을 미칠 수 있는 인자를 선정한다. 오버슬램범퍼와 경도는 설계 변경시 가장 쉽게 변경 가능한 인자이므로 경도와 각 위치에서의 오버슬램범퍼의 오버랩양을 인자로 선정한다.

<Table 2>와 같은 순서에 의해 시험을 수행한다. 이 표는 다구치법에서 제시하는 “직교표”로, 직교표의 모든 시험을 수행하면 각 인자의 수준을 동일한 횟수씩 시행할 수 있다. 이번 시험에서는 L9(3수준 4인자(34)로 9번의 시험 수행) 직교표를 이용하여 시험을 진행한다. 개폐 시 높이는 사용자조건 조사에 따라 400mm로 한다(20명 조사, 95% 조건).

Table 1 L9 Levels of factors

	Hardness	Front	Middle	Rear
Level1	80Hb	3mm	3mm	3mm
Level2	70Hb	1.5mm	1.5mm	1.5mm
Level3	60Hb	0mm	0mm	0mm

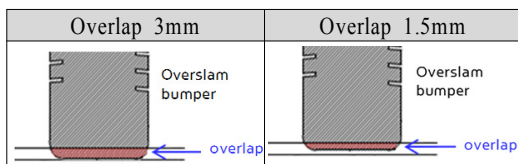


Fig. 4 Comparison of overlap of overslam bumper

Table 2 L9 Table of Orthogonal Arrays(TOA)

No	Hardness	Front	Middle	Rear
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

2.3 용접점 하중 분석

2.3.1 용접점 하중 발생 메커니즘

점용접에서 하중이 발생하는 메커니즘을 분석하기 위해 개폐 시 판넬의 거동을 광학식 영상분석장치(PONTOS)로 후드의 판넬의 거동을 측정하였다 <Fig. 5>와 같이 힌지 부 레인포스에 측정점(A)을 기준점으로 부착하고 판넬 끝단에도 측정점(B)을 부착하여 둘 사이의 변위차를 측정하였다. <Fig. 6>을 보면 후드 끝단에 떨림이 발생하여 진폭이 최대 1.5mm까지도 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 후드의 떨림이 판넬에 벤딩

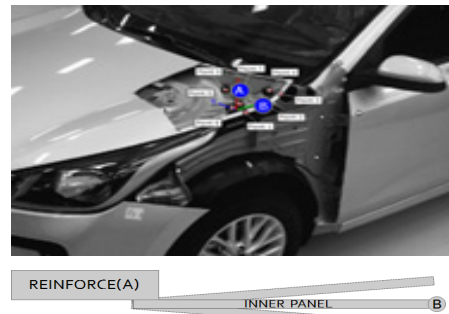


Fig. 5 Measurement with PONTOS

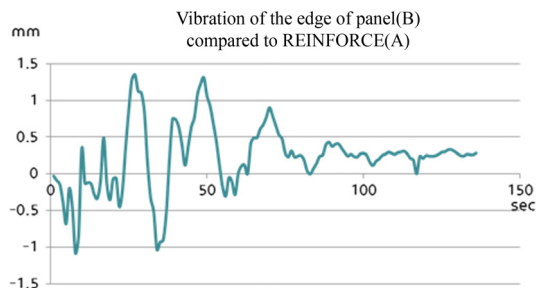


Fig. 6 Vibration during clash

하중을 발생시키면 벤딩에 의한 인장압축으로 인해 취약지점인 점용접 주위에 피로 누적되어 크랙이 발생할 수 있다[2].

2.3.2 개폐조건

다구치법을 이용해 <Table 2>의 시험을 수행하여 스트라이커와 힌지 부의 두 지점에서의 하중을 측정하였다. 각 위치 별 가장 하중이 크게 측정되는 스트레인게이지에서의 하중을 측정하였다 측정된 하중을 내구 분석을 통해 분석해 본 결과 스트라이커 부에서는 <Fig. 7>와 <Table 3>과 같은 결과를 얻을 수 있었다. <Table 3>에서 기여도는 4개의 인자들이 각각 하중에 기여하는 정도를 나타낸다.

스트라이커 부에서는 경도와 프론트(FRONT)의 두 인자에서 영향도가 유의미하게 나타났다 경도는 단

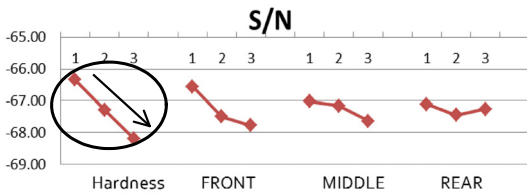


Fig. 7 Result of S/N ratio comparison

Table 3 Result of load analysis around striker

	Hardness	Front	Middle	Rear
Variance Ratio	29.2	14.1	3.5	-
Contribution Rate	59.0	27.3	5.2	-

	Hardness	Front	Middle	Rear
Level1	+11%	+3%	Meaningless	Meaningless
Level2	↕	↕		
Level3	-10%	-10%		

Fig. 8 Level difference between factors(Striker)

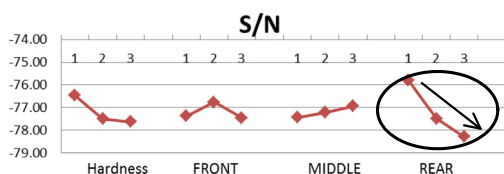


Fig. 9 Result of S/N ratio comparison

단할수록 S/N비가 커지므로 하중이 적게 나타나 유리하고, 프론트 측 오버슬램범퍼의 오버랩양이 늘어날수록 유리하다. 미들(MIDDLE)과 리어(REAR)의 오버슬램범퍼는 오버랩양에 따라 하중변화가 크지 않아 개폐 시 스트라이커의 용접부에 거의 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다.

힌지 부에서는 경도와 리어의 두 인자에서 영향도가 유의미하게 나타났다. 경도는 스트라이커 부의 경도가 클수록 S/N비가 크게 나타나 유리하였고, 리어의 오버슬램범퍼는 오버랩양이 늘어날수록 하중이 줄어들어 유리하다. 특히 미들의 오버슬램범퍼는 스트라이커와 힌지 부 어디에도 영향을 미치지 않는다.

힌지 부 점용접점에서 도출한 결론에 따르면 힌지 측 오버슬램범퍼(REAR)의 영향을 가장 많이 받는다. 하지만 상당수의 차종에서 힌지 측에 오버슬램범퍼가 없는 차종이 많다. 이때, 힌지 측의 오버슬램범퍼의 유무에 따라 어떤 영향이 있는지를 확인하기 위해 L4(2 수준 3인자(2³)로 4번의 시험 수행) 직교표를 이용하여 힌지 측 오버슬램범퍼를 제거한 시험을 수행하였다.

Table 4 Result of load analysis around Hinge

	Hardness	Front	Middle	Rear
Variance Ratio	6.3	2.2	-	24.9
Contribution Rate	15.4	3.6	-	69.4

	Hardness	Front	Middle	Rear
Level1	+1%	Meaningless	Meaningless	+9%
Level2	↕			↕
Level3	-12%			-18%

Fig. 10 Level difference between factors(Hinge)

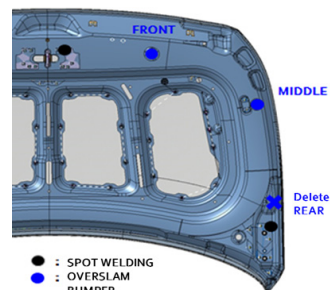


Fig. 11 Locations of overslam bumper & strain gauge

Table 5 L4 Levels of Factors

No	Front	Middle	error
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Table 6 L4 TOA

	Front	Middle
Level1	3mm	3mm
Level2	0mm	0mm

Table 7 Result of load analysis around striker

	Front	Middle
Variance Ratio	7.6	1.8
Contribution Rate	58.1	-

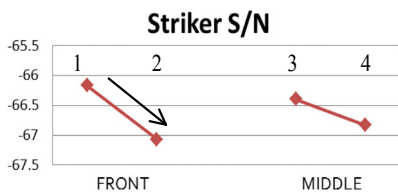


Fig. 12 Result of S/N ratio comparison

본 시험에서는 <Table 5>과 같이 인자와 수준을 설정하고 <Table 6>에 따라 시험을 수행한다. 하중 측정 위치는 이전과 같이 스트라이커와 힌지 부에서 측정하였다. 측정된 하중을 내구 분석을 통해 분석해 본 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

스트라이커 부 용접점 측정 결과 프론트 오버슬램범퍼의 영향이 크게 측정되고 미들 오버슬램범퍼는 영향도가 거의 없었다. 리어 오버슬램범퍼를 삭제하기 전 시험과 결과가 같으므로 REAR 오버슬램범퍼

Table 8 Result of load analysis around Hinge

	Front	Middle
Variance Ratio	0.2	9.6
Contribution Rate	10.2	88.2

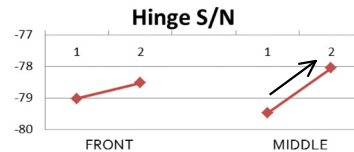


Fig. 13 Result of S/N ratio comparison

가 스트라이커 부 점용접에 영향을 미치지 않는 결과가 일치한다.

힌지 부 용접점 측정결과 미들의 영향도가 매우 크게 측정되었다. 리어가 힌지 부 용접범퍼는 오버랩양이 많아질수록 하중이 줄어드는 경향을 보였다. 그러나 리어 오버슬램범퍼를 삭제한 이번 시험에서는 미들의 오버랩양이 많아질수록 하중이 증가하는 것을 볼 수 있다. 따라서 리어가 없을 경우 미들의 오버슬램범퍼가 오히려 힌지 부 용접점에 악영향을 끼치는 것을 확인할 수 있다.

2.3.3 도로주행 조건

도로주행 시 후드 용접점의 하중을 측정하면 일반도로에서는 하중이 크게 측정되지 않는다. 가혹노면에서 하중을 측정하면 하중의 변동을 확인하기 쉽기 때문에 팻홀/요철로 등의 가혹노면에서 시험을 진행하였다.

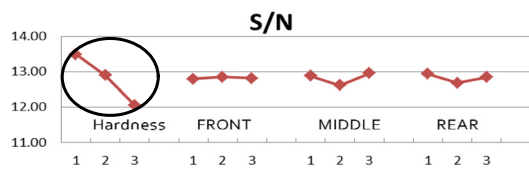


Fig. 15 Result of S/N ratio comparison (Striker)



Fig. 14 Examples of harsh road

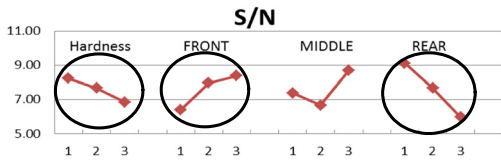


Fig. 16 Result of S/N ratio comparison(Hinge)

	Hardness	Front	Middle	Rear
Level1	+7%	Meaningless	Meaningless	Meaningless
Level2	↕			
Level3	-9%			

Fig. 17 Level difference between factors(Striker)

	Hardness	Front	Middle	Rear
Level1	+2%	-17%	Meaningless	+19%
Level2	↕	↕		↕
Level3	-12%	+2%		-16%

Fig. 18 Level difference between factors(Hinge)



Fig. 19 Movement of Hood panel

가혹노면 시험 시 스트라이커 부에서는 오버슬램 범퍼의 오버랩양보다 경도의 영향이 훨씬 큰 것으로 나타났다. 힌지 부 점용접에서는 여러 인자들의 영향이 모두 크게 발생했다. 이는 여러 유형의 노면이 섞여있는 도로에서 각 노면이 발생시키는 거동이 다양함에 따른 것으로 보인다. 노면에 따라 영향을 미치는 오버슬램범퍼가 달라지므로 주행에서 어떤 위치의 오버슬램범퍼의 영향이 큰지 특정할 수 없다

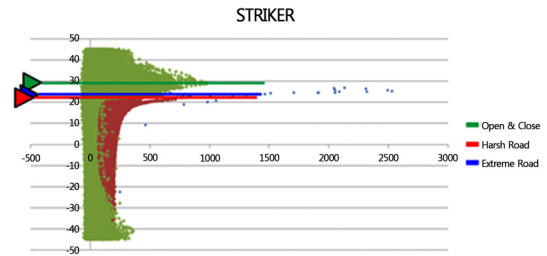


Fig. 20 Plot of load direction of each test mode (Striker)

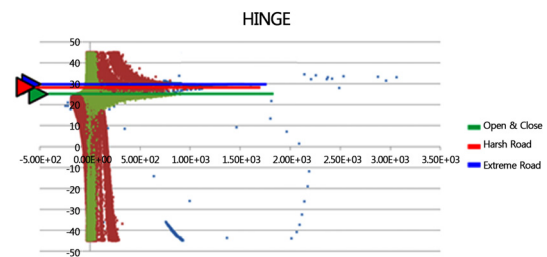


Fig. 21 Plot of load direction of each test mode (Hinge)

Table 9 Comparison of load direction of each test mode

STRIKER			HINGE		
Extreme Road	Harsh Road	OPEN & CLOSE	Extreme Road	Harsh Road	OPEN & CLOSE
29.5°	22.1°	22.9°	25.0°	28.4°	29.3°

후드의 거동에 따라 오버슬램범퍼의 영향이 달라지기 때문에 오버슬램범퍼의 영향을 확인하기 어려웠다. 시험 모드에 따라 거동이 어떻게 다른지에 대한 원인을 파악하기 위해 시험모드 별 하중 방향을 <Fig. 20> <Fig 21>과 같이 플랏(PLOTTING)해보았다. 이때 각 모드에서 하중 피크(PEAK)가 발생하는 방향이 있다. <Table 9>에 그 지점에서의 하중 방향을 나타냈다.

<Table 9>을 보면 가혹로와 개폐 시 하중의 방향이 비슷한 반면 극악로에서의 하중의 방향은 매우 다르

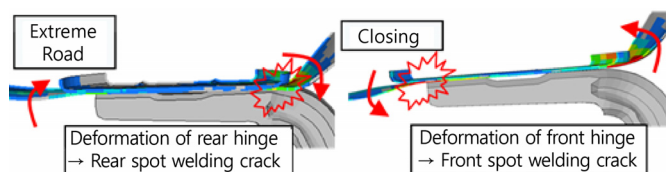


Fig. 22 CAE result of Hood around Hinge

게 나타난 것을 알 수 있다. 거동이 각 시험모드에 따라 달라짐에 따라 용접점에 작용하는 양상이 다르게 나타나므로 이를 통해 용접점에 크랙이 발생하는 양상 또한 시험모드에 따라 다르게 나타날 수 있다. 다만 가혹로와 개폐 시에 하중이 유사한 방향을 나타내므로 두 시험에서는 크랙 발생 시 그 양상이 비슷하게 나타날 수 있음을 유추할 수 있으며, 실제 해석 결과에서도 극악로 주행 시와 개폐내구 시에 거동이 상이한 것을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

상기연구에 대한 결과 분석을 통해 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 후드에 하중 작용 시 판넬 끝단 진동에 의해 벤딩 응력이 발생하여 용접에 부하가 걸리고 이것이 반복되면 용접 크랙이 발생한다.
2. 개폐 시 오버슬램범퍼가 벤딩을 억제하여 진동 발생 저하시킬 때 하중이 감소한다. 따라서 오버슬램범퍼를 용접점 가까이 설치하는 것이 용접점에 유리하다. 반면 미들 오버슬램범퍼는 용접점 하중에 영향 미미하므로 삭제하여도 무방하다.

3. 리어 오버슬램범퍼가 없는 경우 미들 오버랩이 커지면 이것이 피봇 역할을 하여 진동이 커지고 벤딩에 의한 하중 커진다. 미들보다는 리어 쪽에 오버슬램범퍼를 설치하는 것이 좋다.
4. 주행 시 오버슬램범퍼가 눌린 상태로 주행하여 스트라이커 부 용접점에 경도 영향이 가장 크다. 힌지 부 용접에서는 노면에 따라 거동이 다양하게 발생하여 오버슬램범퍼 인자의 영향도가 노면에 따라 다르게 작용한다.
5. 하중 발생 방향이 가혹로와 개폐에서 유사하고 극악로에서는 다르다. 가혹로와 개폐에서 용접 발생 양상이 유사하고 극악로는 다르게 나타날 것으로 보이며, 이는 극악로와 개폐시의 거동 해석 결과와 일치한다.

References

- [1] Oh, B. W., Kang, S. D., and Seo, K. S. (2000). "A Study to Improve the Welding Electrode Characteristics of Spot Welding". *Journal of College Education*, Vol. 1, No. 4.
- [2] Bannantine, J. A., Comer, J. J., and Handrock, J. L. (1990). *Fundamentals of metal fatigue analysis*. Prentice-hall.