

자동차 안전규정 대응을 위한 DFSS 적용사례

박종근*·백재욱**1)

가온테크*·한국방송통신대학교 정보통계학과**

DFSS case study for the automobile safety regulation FMVSS201

Jong Geun Park*·Jaiwook Baik**

GAON-TECH*·Department of Information Statistics, Korea National Open University**

Abstract

Automobiles have become part of our lives in modern society. But since they can be detrimental once problems occur on the road safety requirements are stringent. In this paper DFSS procedure is applied to the establishment of headliner safety. Specifically, IDDOV is employed where problems are identified, areas for development clarified, optimization realized, and finally optimal conditions verified at the final stage.

Keywords : Automobile safety regulation, DFSS, IDDOV, Orthogonal array

1) 교신저자

논문접수일 : 2010년 02월 25일 논문수정일 : 2010년 03월 25일 게재확정일 : 2010년 04월 06일

1. 서론

자동차는 현대인에게 필수 품목중의 하나라고 해도 과언이 아니다. 그만큼 현대인들에게 큰 비중을 차지하고 있어서 그 용도 또한 무한하다. 이러한 자동차는 1769년 니콜라퀴뇨의 증기 자동차에서 시작하여, 현대의 자동차까지 끊임없는 발전을 거듭하였으며, 동시에 자동차 법규와 고객의 니즈 또한 나날이 변화되고 강화되어 왔다.

최근 환경과 안전의 문제가 부각되면서, 그에 대한 규제강화로 이어졌고, 이는 관련기술의 발전을 촉진하고 있다. 한편, 자동차 사용자들도 이제는 사용의 편리성뿐만 아니라 환경을 생각하면서 보다 경제적인 차를 요구하고 있다.

신흥 개발국의 경쟁력강화가 큰 숙제로 남아 있는 지금의 시점에서 볼 때 더 많은 비용절감이 절실히 필요하다. 특히 개발·설계단계에서 DFSS와 같은 방법론의 적용은 필수적이다. 왜냐하면 개념설계와 제조설계비용은 전체 비용의 5%에 불과하지만 제품비용에 미치는 영향력은 70%를 육박할 정도로 대부분의 비용이 개념설계단계에서 결정되기 때문이다.

대내외 경쟁의 극심화로 완성차 및 부품업체는 비용절감이 불가피하게 되었다. 이에 신제품 개발단계에서 품질 및 신뢰성을 강화하는 DFSS(Design For Six Sigma)를 설계 초기에 접목하고자 한다. DFSS는 기존의 6시그마에서 변화된 것으로 문제 중심의 프로세스가 창조적인 프로세스로 변화된 것이라고 볼 수 있다. 이러한 DFSS 프로세스를 현재 개발중인 제품에 적용시켜 비용절감과 시간절약의 효과를 보고자 한다. 이에 본 연구에서는 자동차 안전규정인 FMVSS201의 FMH 대응설계의 고질적인 문제점에 DFSS 프로세스를 적용시켜 최적화된 FMH Pad를 모형화하고, 비용증가를 최소화하고자 한다. 구체적으로 다음 2절에서는 6시그마와 DFSS가 무엇인지 살펴보고, 3절에서는 DFSS의 과정중의 하나인 IDDOV를 적용하여 문제점을 해결하는 과정을 설명하고, 마지막으로 4절에서 결론을 내리고자 한다.

2. 6시그마와 DFSS

시그마(σ)는 데이터의 산포의 정도를 나타내는 회람문자를 나타낸다. 6시그마는 기업의 품질수준을 시그마수준으로 나타낸 것으로 시그마 수준이 낮으면 낮은 수준의 품질을, 높으면 높은 수준의 품질을 의미한다. 6시그마 수준이란 100만 개당 3.4개 이하의 불량품이 나오는 정도의 무결점 수준을 나타낸다.

6시그마는 최초 미국의 모토로라의 로버트칼빈 회장의 품질 개선운동이 기초가 되었다. 그 후 1995년 GE에서 도입한 것이 확산의 계기가 되어, 현재 우리나라에서는 대기업, 중소기업은 물론 관공서에까지도 도입하여 시행하고 있다 박성현과 백재욱(2006).

6시그마는 프로젝트 추진단계로 기존에 있던 프로세스를 개선할 때 적용하는 DMAIC와 기존에 없던 프로세스에 적용하는 DFSS 방법론(IDOV, DIDOV, IDDOV 등)의 두 가지가 있다 이순산(2004). DMAIC 각각의 단계에서 무엇을 하는지는 다음 설명과 같다.

(1) Define(정의) : 고객의 요구사항과 CTQ 선정

고객이 요구하는 것이 무엇이고 내부 프로세스는 어떻게 되어 있는지 등을 살펴보고 문제점을 알아내는 출발단계이다. 이 단계에서는 고객의 소리로부터 CTQ를 선정하고 경영 프로세스에서 중요한 테마를 결정한다.

(2) Measure(측정) : 시스템 분석, 데이터 수집 및 현재수준 확인

실제 문제가 무엇인지 추출하고 문제의 정도가 얼마나 되는지 측정하는 단계이다.

(3) Analyze(분석) : 잠재원인 파악 및 핵심원인 선정

통계적인 분석을 통하여 데이터를 정보화 하는 단계로서 데이터 해석을 통한 핵심 원인 변수를 찾아내는 단계이다. 측정단계에서 고객의 만족 또는 문제의 정도를 파악한다면 분석단계에서는 문제가 언제, 어디서, 왜 발생하는지 파악한다.

(4) Improve(개선) : 핵심원인의 분석을 통한 개선

분석단계에서 얻어진 핵심 Vital Few 인자에 대하여 결함이 될 수 있는 원인을 제거함으로써 새로운 프로세스를 구성하고 검증하는 단계이다.

(5) Control(관리) : 핵심인자 관리 방법과 프로세스 모니터링

프로세스를 최적화 한 후 이를 지속적으로 유지관리하기 위하여 체계적인 관리시스템을 갖추어 프로세스를 관찰할 수 있도록 하는 단계이다. 즉, 앞 단계까지 개선활동이 성공적이고 효과가 있다고 판단되는 경우 핵심인자에 대한 측정시스템을 명확히 관리할 수 있는 방법을 선정하고, 이들 인자에 대한 공정관리 시스템을 구축하고 감시하는 단계이다.

다음으로 DFSS는 Design For Six Sigma의 약어로 제품 개발시 연구개발, 설계단계부터 품질향상을 고려하면 궁극적으로 6시그마 품질수준을 확보할 수 있다는 사고에서 시작되었다. DFSS가 요청되는 이유는 제품의 설계단계, 특히 개념 설정 단계에서 고객의 요구를 완벽하게 반영하지 못하면 설계에 많은 비용이 소요되어, 궁극적으로 6시그마 수준의 품질을 확보하기 어렵기 때문이다. DFSS의 추진단계중의 하나인 IDDOV가 무엇인지 설명하면 다음과 같다.

(1) Identify(확인) : 고객의 CTQ 확인

프로젝트의 목적, 범위, 계획, 일정, 예산, 필요자원, 수행기간, 기대성과 등 고객의 욕구를 확인하고 CTQ의 잠재요인들을 파악한다.

(2) Define(정의) : 고객의 욕구를 구체적인 특징으로 전환

고객의 욕구를 확인하고, 추상적인 것을 구체화한다. 고객의 요구는 VOC를 통하여 수집할 수 있으며, 이렇게 수집된 자료는 우선순위를 정하고 기술적인 용어로 전환하여 고객의 요구에 대한 목표를 설정한다.

(3) Develop(개발) : 창의적인 발상으로 고객의 요구 충족

다양한 모형을 개발하고 이 다양한 모형을 객관적인 방법에 의해 평가하고 그중에서 최선의 모형을 선택한다.

(4) Optimize(최적화) : Robust설계를 이용한 최적화 달성

Robust설계는 이상적인 기능을 파악함으로써 시작된다. 기술개발 단계에서 기능 연구뿐만 아니라 Noise(기능의 산포를 이루게 하는 원인)가 존재함에도 불구하고, 좋은 Output을 만드는 것이라 할 수 있다.

(5) Verify(검증) : 최적화된 설계의 확인

최적화된 설계가 제대로 작동하는지 확인하는 것이다. 그래서 최적화된 설계를 검정하고 프로세스 능력을 입증한다. 이때 가장 낮은 비용으로 생산 및 정보의 흐름을 원활하게 하는 것을 목표로 한다.

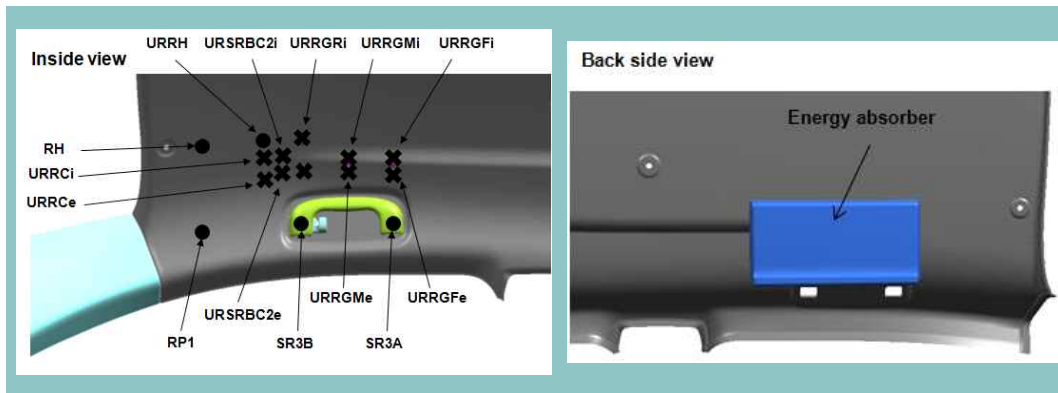
3. IDDOV

본 연구에서는 내장 Interior의 Headliner 개발 시 항상 문제점으로 남았던 FMH Pad에 대하여 DFSS를 적용하고자 한다. FMH Pad란 차량 충돌로 탑승자의 머리가 차량 내부에서 2차 충돌이 발생할 때 안전을 지키기 위한 충격 흡수용 Pad를 말한다. FMH 실차 Test는 Headliner의 여러 위치를 target point로 하여, 사고시 각각에 충격이 얼마나 가해지는지 파악함으로써 시작된다. 통상적인 Target point는 FMVSS201에 의거하여 그 위치가 선정되며, 선정된 모든 위치에서 요구하는 기준을 만족해야 한다.

본 사례에서는 이러한 설계에 DFSS를 적용하고, 그 방법론으로 실험계획법의 직교배열표를 이용하여 Test의 횟수를 줄이고, 최상의 조건을 갖도록 설계하는 것을 목표로 한다 박현민 외 (2005). 원가절감을 위하여 설계 초기 단계에서부터 DFSS를 접목하였으며, 시간의 단축을 위하여 실차와 동일한 조건을 갖추어 시뮬레이션을 하여 목표하는 설계를 갖추고자 한다. 본 사례에서는 현재 총 15군데의 target point에 충격을 가하여 G(그린), Y(옐로) 및 R(레드)의 판정기준 중에서 Y이상을 받도록 한다.

3.1 Identify(확인)

총 15군데의 Target point 대하여 시뮬레이션 Test한 결과 10군데에서 Red 판정을 받았다 (<그림 1> 참조). 이에 개발공정의 초기에 DFSS를 적용하여 비용절감 및 공정단축 등의 효과를 이루고자 한다.



<그림 1> 확인단계에서 파악한 10군데의 Red(왼쪽 그림에서 × 표시한 부분) target point

위의 FMH Target Test 결과를 만족하지 못 하는 10개의 Red point(<그림 1>의 왼쪽 그림에서 X 표시한 부분)를 Green으로 만들어야 한다. 이에 대한 Headliner 또는 FMH Pad(Energy absorber)중 1개 개체이상 형상변경이 불가피한 상황이다. 이에 금형수정비용을 최소화 하며, 주변의 구조물의 조건 등을 고려하여 FMH Pad(<그림 1>의 오른쪽 그림)형상을 변경하기로 결정한다.

3.2 Define(정의)

FMH Target Test는 FMVSS201에 준하여 이루어지며, FMVSS201에 의하여, 작도된 각 Point에 대한 충격 Test는 <표 1>의 HIC Requirement를 만족해야 한다. HIC Requirement는 Test의 충격량을 FMVSS201 기준으로 수치화 한 것이다.

<표 1> HIC Requirement

Rule	Meter segment	Actions required/Countermeasures/Alternatives
$HIC(d) \leq 700$	G	No actions
$700 \leq HIC(d)$	Y	Consider revising the shape and/or type of countermeasures used. Conduct peer review before proceeding
$HIC(d) \geq 800$	R	Revise the shape and/or type of countermeasures

3.3 Develop(개발)

HIC Requirement를 만족하는 FMH Pad를 설계하기 위해서는 다음의 조건들을 검토한다. 이때 인적 및 물적 자원을 최소화 하는 방법을 우선으로 한다.

(1) FMH Pad 재질에 대한 검토

- PU foam : 최초 검토된 재질이며, Identify 시점에서 Test에 사용된 FMH Pad의 재질로 비용에 대하여 탄력적으로 대응이 가능함
- Rib 형상의 사출물 : 검토된 재질과 상이함으로 기존의 검토해 두었던 모든 부분을 재검토 하여야 하는 문제점을 가지고 있음
- 그 외의 다른 재질 : Rib 형상의 사출과 동일한 조건을 가짐

(2) FMH Pad 형상에 대한 검토

- PU foam : 과거의 경험, 유사차종의 벤치마킹
- Rib 형상의 사출물 : 사출물의 특성과 금형의 조건, 그리고 주변의 조건을 고려하여 반영함
- 그 외의 다른 재질 : 재질에 따른 조건과 특성, 그리고 주변의 조건을 고려하여 반영함

(3) Headliner 형상의 검토

- 현재 상태 유지 : 비용 변경 없음
- 형상의 변경 최소화 : 현재 Headliner 제작에 사용되고 있는 금형을 수정하여 사용하여, 금형의 수정비용을 최소화함
- 형상의 다소 변경 : 현재 Headliner 제작에 사용되고 있는 금형의 수정이 아니라 신규 금형을 제작함

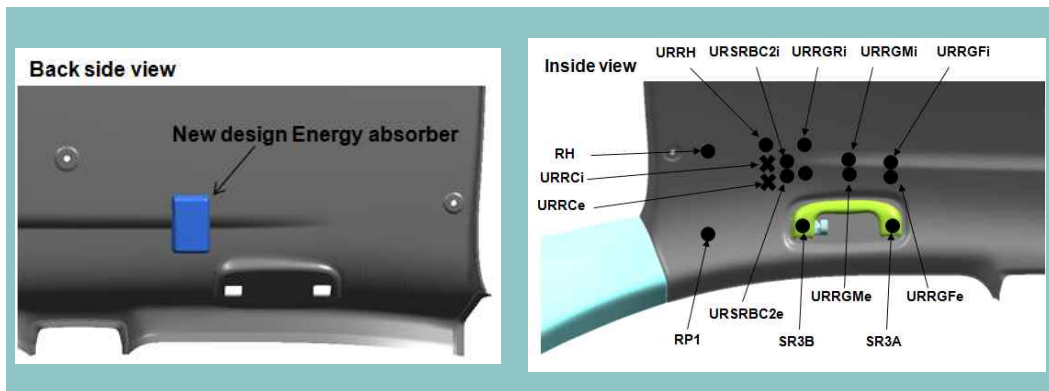
3.4 Optimize(최적화)

아래의 3가지 방법으로 문제점을 개선함으로써 FMH Pad를 최적화 한다.

(1) 벤치마킹과 경험

타 차종 벤치마킹 결과 어시스트 핸들 주변에는 FMH Pad가 없도록 한다.

설계자의 경험상 어시스트 핸들 주변의 FMH Pad는 HIC Requirement에 도움이 되지 않는다.



<그림 2> 최적화단계에서 파악한 2군데의 Red(왼쪽 그림에서 × 표시한 부분) target point

벤치마킹과 설계자의 경험으로 FMH Pad를 새로 Remodeling하여 테스트한 결과 총 15개의 target point에서 10의 Red를 2개로 줄일 수 있었다(<그림 2> 참조). 나머지 2군데(URRCi, URRCe)의 Red를 개선하기 위하여 L9 직교배열표를 이용한다.

(2) 직교배열표에 의한 실험계획법

Control factor(조작이 가능한 조건)와 Noise factor(조작이 불가능한 조건)를 병합한 직교배열표를 이용한 실험계획법을 시행하고, 시험결과로부터 최적의 조건을 갖는 형상을 설계한다. Control factor와 Noise factor는 각각 다음과 같다.

Control factor :

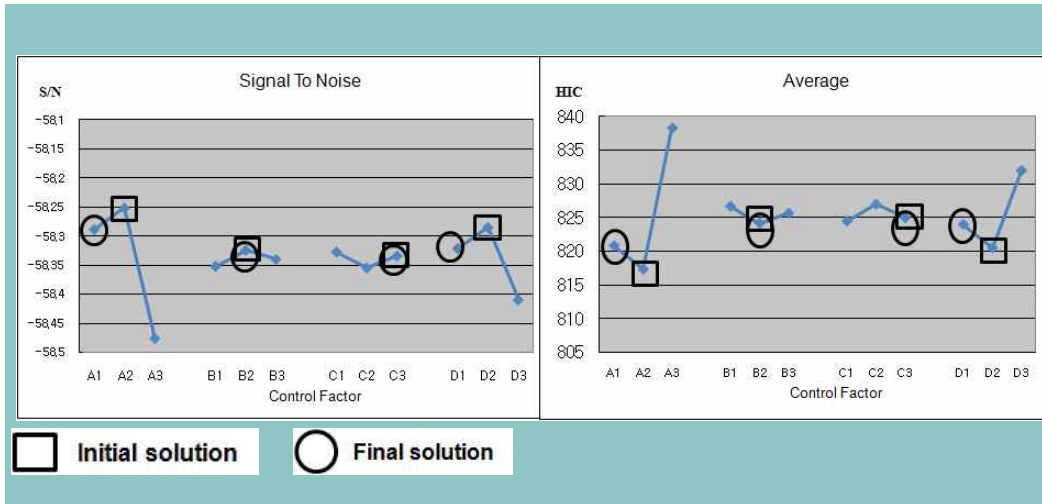
- A Height(Only WL+direction) until partition
- B Distance from URRCe to partition
- C Distance from URRCe to End TL + direction
- D Distance from URRCe to End BL - direction partial area

Noise factor : URRCe and URRCi

<표 2>는 시험결과를 나타낸다.

<표 2> L9 직교배열표 시험결과

Control Factor combination					Noise Factor		Non Dynamic - STB		
Run	A	B	C	D	URRCe	URRCi	Average	STD	S/N
1	1	1	1	1	808	831	820	16.26	-58.27
2	1	2	2	2	798	834	816	25.46	-58.24
3	1	3	3	3	797	857	827	42.43	-58.36
4	2	1	2	3	794	859	827	45.96	-58.35
5	2	2	3	1	798	830	814	22.63	-58.21
6	2	3	1	2	799	824	812	17.68	-58.19
7	3	1	3	2	799	869	834	49.50	-58.43
8	3	2	1	3	801	884	843	58.69	-58.52
9	3	3	2	1	806	871	839	45.96	-58.48



<그림 3> Signal to noise와 Average 그래프

<표 2>의 데이터에 대한 그래프는 <그림 3>과 같다. 이중에 Run 5번과 6번을 FMH Pad에서의 최적화 모형이라 할 수 있다. 하지만 비용적인 부분과 벤치마킹의 결과를 생각한다면, A인자에서 수준 2를 선택하기보다 수준 1을, D인자에서도 수준 2를 선택하기보다는 수준 1을 선택하여 비용의 증가를 방지하고, 벤치마킹의 결과도 적용한다. 그 결과 Control factor A, B, C, D의 최적 조건은 1, 2, 3, 1로 결정되었으며, 이제 이 조건을 다음 단계인 검증단계에서 시뮬레이션 하는데 반영한다.

(3) Headliner 형상 변경

위의 (1) 벤치마킹, (2) L9 직교배열표에서는 Headliner의 형상을 변경하지 않는 범위 내에서 진행하였다. 그러나 앞에서 얻은 데이터 값으로 FMH Pad를 형상화하여 Test를 하면, URRi의 위치에서 FMVSS201을 만족하지 못 한다. 그래서 Headliner의 형상을 실내측으로 5mm, 동시에 Headliner와 접촉하는 FMH Pad도 실내측으로 5mm 키워서 Test를 한 결과 모든 위치에서 Red Point가 없어졌다. 즉, 모든 위치에서의 충격량은 HIC Requirement를 만족하는 것으로 되었다.

3.5 Verify(검증)

앞에서 결정한 Control factor의 최적 조건과 Noise factor의 두 조건에서 30번 정도 시뮬레이션 실험한 결과 Headliner를 변경하고 FMH Pad 또한 변경했을 때 Headliner의 충격이 모두 G로 나타남을 확인했다. 충격방향과 위치 결정에 있어서 horizontal angle, vertical angle, height 및 side의 여러 인자를 고려했다. 결론적으로 IDDOV의 과정을 통하여 HIC requirement를 모두 충족하는 New foam을 구현할 수 있었다.

4. 결론

근래 자동차 시장에 있어서 고객의 요구가 점점 높아지고, 자동차 법규 또한 강화되어 가고 있는 실정에서 기업이 시장에서 살아남기 위해서는 높은 품질과 저렴한 가격이 절대적으로 필요하다. 이에 수출차량에 있어서 ‘안전법규 만족’이라는 품질 향상의 문제가 계속 제기되어 왔던 바, 본 사례에서는 이에 대한 더욱 체계적인 대응을 위하여 DFSS를 적용하였다.

본 사례에서는 자동차 안전규정인 FMVSS201에 대응하기 위해 DFSS를 적용하였으며, 품질부분에 있어서 발생하는 문제점을 극복하는 과정을 보여주었다. 특히 ‘Optimize’, 즉 최적화 설계에서 직교배열표를 사용하였으며, 그 결과 자동차 안전법규인 FMVSS201을 만족하는 향상된 품질의 Headliner와 FMH Pad를 모형화 할 수 있었다. 그리고 이를 설계에 반영, 시뮬레이션으로 그 결과를 검정하였다.

참고문헌

- [1] 박성현과 백재욱 (2006), “6시그마경영”, 한국방송통신대학교출판부.
- [2] 이순산 (2004), “6시그마 DFSS 가이드북”, 이레테크.
- [3] 박현민, 이현철, 지성호, 최해석, 전오환 (2005), “다구찌 실험계획법을 이용한 자동차 내장품 COVERING SHELF의 형상 설계”, 한국자동차공학회 춘계학술대회논문집 2호.