

초기 설계단계에서의 셋 베이스 다목적 설계 최적화(제4보) : CAD와 CAE의 통합 시스템에의 적용

남윤의*[†] · 井上全人** · 石川晴雄**

*국립 한밭대학교 기계설계공학과

**일본 UEC Tokyo 지능기계공학과

Set-Based Multi-objective Design Optimization at the Early Phase of Design (The Fourth Report) : Application to Integrated CAD and CAE System

Yoon-Eui Nahm*[†] · Masato Inoue** · Haruo Ishikawa**

*Department of Mechanical Design Engineering, Hanbat National University, Daejeon, Korea

**Department of Mechanical Engineering and Intelligent Systems,
The University of Electro Communications, Tokyo, Japan

Various computer-based simulation tools such as 3D-CAD and CAE systems are widely used to design automotive body structure at the early phase of design. Designers must search the optimal solution that satisfies a number of performance requirements by using their tools and a trial-and-error approach. In the previous three reports, a set-based design approach has been proposed for achieving design flexibility and robustness while capturing designer's preference, and its effectiveness has been illustrated with a simple side-door impact beam design problem and real vehicle side-door structure design. This report presents the development of integrated 3D-CAD and CAE system, and the applicability of our proposal for obtaining the multi-objective satisfactory design solutions by applying to an automotive front-side frame.

Keywords : Computer-aided design, Optimal design, Preliminary engineering design, Structural analysis, Uncertainty

1. 서 론

다양한 불확정성이 존재하는 초기 설계 단계에서는 일반적으로 설계자의 경험이나 감에 의해 포인트 값으로 규정된 설계해를 도출하고 그 해가 다종다양한 요구 성

능이나 제약 조건을 만족시킬 때까지 수정을 반복하는 포인트 베이스 설계 방식이 이용되고 있다. 하지만, 동시공학(concurrent engineering, CE)적 제품개발 환경에 있어서는 작은 설계 수정이 넓은 범위에 영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서, 설계자에게는 초기 설계단계의 불확

논문접수일 : 2011년 06월 01일 게재확정일 : 2012년 03월 08일

[†] 교신저자 nahm@hanbat.ac.kr

※ 본 논문에서 개발된 통합 설계지원 시스템은 일본 자동차 기술회(JSAE)의 구조형성 기술 부문 위원회에서 제품개발 혁신을 위한 테스트베드로서 검토되어 왔다(2004년 7월 20일, Tokyo, JSAE Symposium). 저자는 본 시스템을 적용하는데 있어서 노력과 조언을 아끼지 않은 위원회 멤버들에게 깊은 감사를 드린다.

정성을 고려하면서 다목적 설계 최적화 또는 만족화를 행하는 것이 요구되고 있다[1~3].

따라서, 설계 수정을 최소한으로 억제하기 위한 방법으로 제1보에서는 새로운 셋 베이스 설계 방식인 PSD (preference set-based design)법을 제안했다[1]. PSD법은 설계자의 설계의도(선호도)를 반영한 다종다양한 성능 요건을 만족시키는 설계해 집합을 도출하는 것이 가능하기 때문에, 개발이 진행됨에 따라 설계 변경이 필요할 경우라도 이미 준비되어 있는 설계해 집합을 줌으로써 설계 수정을 최소화할 수 있다. 또한, 제2보에서는 PSD법의 유효성을 검증하기 위해서 간단한 도어 빔 설계 문제를 예로 들어 초기 설계 단계에서의 다목적 설계 최적화에 대해서 검토했다[2]. 더욱이, 제3보에서는 다목적 최적화의 사례로서 각종 기술적 특성, 경제적 특성 및 환경적 특성 등의 다종다양한 성능 요건을 만족시키기 위한 PSD법을 이용한 설계 최적화에 대해서 검토했다[3].

한편, 최근 설계 분야에 있어서 3차원 CAD나 CAE 시스템 등의 해석 소프트웨어의 도입이 급속히 진행되고 있고 이것들은 설계 작업을 수행함에 있어 필수불가결한 존재가 되고 있다. 그러나, 설계자나 해석자는 시뮬레이션 상에서 보다 좋은 결과를 얻기 위해서 모델의 변경이나 해석의 실행, 결과의 확인 등을 되풀이하고 있어 큰 부담이 되고 있다. 이와 같은 작업의 자동화가 이루어진다면 설계 작업을 보다 효율적으로 행할 수 있을 것이라 생각된다.

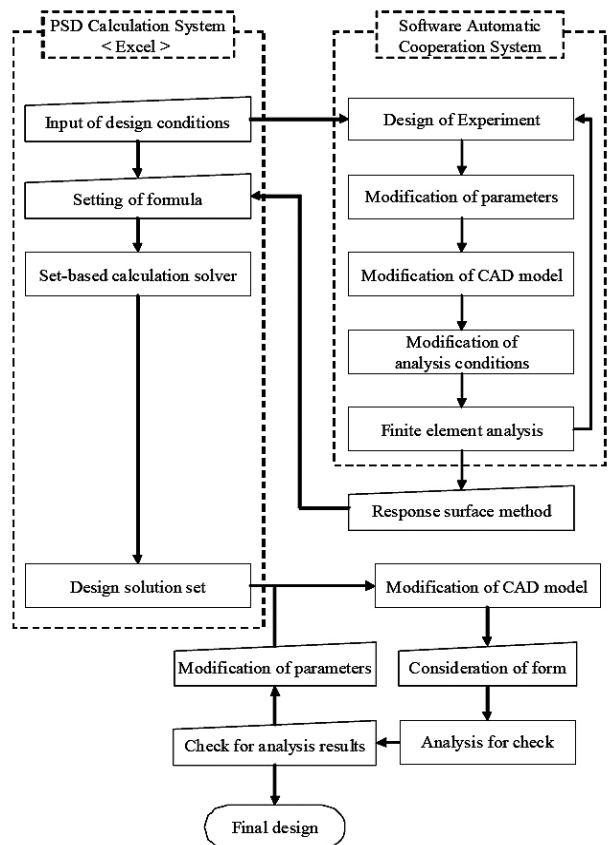
일본 자동차 기술회(Society of Automotive Engineers of Japan, JSAE)의 구조형성 기술 부문 위원회에서는 위와 같이 CAD와 CAE 시스템의 연계가 필요한 실제의 차체 설계에 있어서 PSD법의 적용 가능성에 대해서 검토해 왔다. 본 논문에서는 PSD법을 컴퓨터상에 실장한 PSD 계산 시스템에 CAD 시스템과 FEA 시스템과의 연계의 자동화 기능을 탑재한 셋 베이스 설계 통합 지원 시스템을 개발하여 PSD법에 있어서의 자동 연계의 가능성을 제시함과 동시에 본 시스템의 자동차 차체의 프런트 사이드 프레임(front-side frame)으로의 적용을 통해 제안된 셋 베이스 설계 통합지원 시스템의 유효성을 제시한다.

2. 셋 베이스 설계 통합 지원 시스템

2.1 시스템의 개요

본 연구에서 개발한 셋 베이스 설계 통합지원 시스템의 개요를 <그림 1>에 나타낸다. 본 시스템은 PSD 계산 시스템과 소프트웨어 자동 연계 시스템에 의해 구성된다. PSD 계산 시스템은 Microsoft사 Excel의 매크로 언어인

Visual Basic에 의해 실장되고 설계자가 간편하게 조작하기 쉽도록 Excel 시트를 이용하고 있다. 소프트웨어 자동 연계 시스템은 Excel과 연계해서 CAD 시스템이나 해석 소프트웨어를 자동적으로 조작하는 시스템으로 각 소프트웨어의 기종이나 3차원 CAD 모델의 형상 조작, 해석의 실행 등의 처리를 자동적으로 행하는 것이 가능하다. 본 시스템에서는 CAD 시스템으로서 EDS사의 Unigraphics[4], FEA 소프트웨어로서 MSC사의 Nastran[5]이 사용되었다.



<그림 1> 셋 베이스 설계 통합지원 시스템

2.2 소프트웨어 자동 연계 시스템

PSD 계산을 하기 위해서는 응답곡면법(response surface method, RSM) 등의 메타모델링(meta-modeling) 기법을 이용하여 설계 변수와 성능 변수 간의 관계성을 나타내는 계산 모델(근사식)을 준비할 필요가 있다. 본 시스템에서는 실험계획법(design of experiment, DOE)에 의해 필요 최소한의 해석을 자동적으로 행하고 얻어진 해석 결과로부터 RSM 등에 의해 근사식을 작성한다.

먼저, 설계 변수의 수나 설정한 수준수로부터 Taguchi의 직교표(orthogonal array)를 이용하여 작성한 실험계획표에 따라 각 설계 변수의 파라미터의 값을 변경하고 파

라메트릭 CAD 모델의 형상을 변경한다. 또한, 해석 조건 등의 변경을 행하여 해석을 한다. 이 작업을 실험계획의 횟수만큼 반복 실행하고 각 해석에서 얻어진 결과를 Excel 시트에 써 넣는다. 이들 작업은 모두 시스템에 의해 자동적으로 행해진다.

2.3 PSD 계산 시스템

소프트웨어 자동 연계 시스템에 의해 얻어진 해석 결과로부터 근사식을 작성할 수 있다면 본 시스템에 의해 PSD 계산을 행할 수 있다. 본 시스템은 제1보에서 제시한 PSD법을 컴퓨터에 실장한 것으로 해의 축소를 반복함으로써 설계해 집합을 구할 수 있다.

설계자는 얻어진 설계 변수의 해집합 중에서 자유롭게 값을 선택하여 CAD 모델에 반영시킬 수 있다. 예를 들면, 선호도가 가장 높은 값을 사용하거나 출력 성능이 좋아지는 값을 사용하거나 할 수 있다. 또한, CAD 모델의 형상을 바로 확인할 수 있기 때문에 디자인과 같이 입력 시에 평가하기 곤란한 항목에 대해서도 시각적으로 판단할 수 있다. 설계해 집합 중에서 선택한 값이라면 어떠한 값을 사용해도 반드시 설계자가 설정한 요구를 만족시키는 것이 보증되기 때문에 설계자는 설계 요구를 고려하지 않고 해 집합으로부터 자유롭게 값을 결정하는 것이 가능하다.

3. 셋 베이스 설계 통합지원 시스템에 의한 자동차 프론트 사이드 프레임의 설계

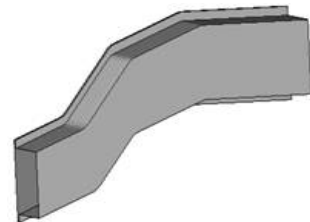
3.1 설계 대상의 문제 설정

자동차 차체 구조의 공개 모델(배기량 2.0L)[6]로부터 <그림 2(a)>에 나타내는 프론트 사이드 프레임 부를 추출하여 구조의 형상 특징으로서 정의해야 하는 각 부의 치수를 추출함으로써 앞에서 언급한 CAD 시스템에 의해 파라메트릭 CAD 모델을 작성했다(<그림 2(b)> 참조). 작성한 CAD 모델을 이용하여 프론트 사이드 프레임의 해석에 적용했다. 설계 변수는 <그림 3>에 제시한 바와 같이 8변수를 설정하고 공간적인 레이아웃 요건을 고려하여 설계 변수가 취할 수 있는 설계 범위를 각각 설정했다(<표 1> 참조). <표 1>에서는 설계 변수의 설계해 집합의 영역을 No. 4, No. 6, No. 7은 각각의 좌표 값을 그 외는 폭 등의 물리량의 최소값과 최대값에 의해 나타낸다. 또한, 프론트 사이드 프레임에 요구되는 성능으로서 정적 굽힘 강성, 타이다운(tie-down) 강도, 최대 반력, 평균 압괴 하중, 질량의 5가지 성능을 설정했다. 한편, 요구 성능의 성능 해석에 있어서는 공동 연구 관계 상 각자 각 회

사의 해석 소프트웨어를 분담하여 사용했기 때문에 정적 굽힘 강성은 MSC Nastran을 이용하였고, 타이다운 강도, 최대 반력 및 평균 압괴 하중은 LS-DYNA[7]를 이용하여 해석했다. 그 때문에 실제의 작업으로서는 CAD 해석만 각 회사에서 개별적으로 실행하고 CAD 시스템, DOE, RSM 및 PSD 계산은 연계 시스템을 이용하여 실행했다.

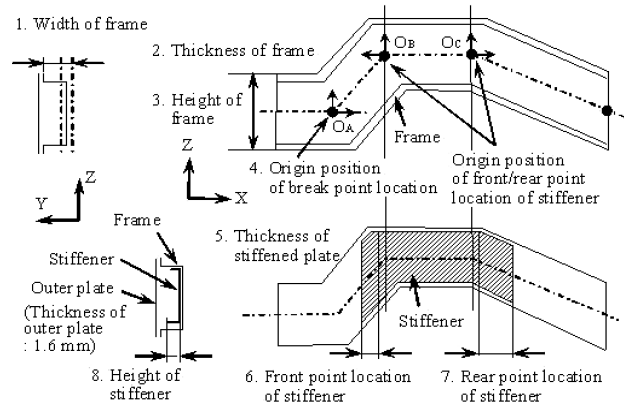


(a) 공개 모델



(b) 파라메트릭 CAD 모델

<그림 2> 프론트 사이드 프레임 모델



<그림 3> 프론트 사이드프레임 모델의 설계 변수

<표 1> 설계 변수의 설계해 집합(좌표 값 : O_A, O_B, O_C)

No.	설계 변수	설계해 집합(mm)
1	Width of frame	[47, 67]
2	Thickness of frame	[1.6, 2.3]
3	Height of frame	[150, 170]
4	Break point location(O_A)	[-30, 20]
5	Thickness of stiffener	[1.0, 2.0]
6	Front point location of stiffener(O_B)	[10, 50]
7	Rear point location of stiffener(O_C)	[10, 100]
8	Height of stiffener	[5, 30]

3.2 설계 변수 및 요구 성능의 선호도(설계 의도)의 설정

설계 변수나 설계 사양에 대해서 취해야 하는 값의 범위와 함께 설계자의 설계 의도를 반영하기 위해서 설계 변수와 요구 성능의 범위 내에서의 설계자의 요망을 선호도에 의해 표현한다. 설계자의 설계 의도, 즉 선호도는 설계자가 갖는 일반적 지식, 경험, 노하우에 의해 정해지고 설계 변수 $X_i(i=1, 2, \dots, m)$ 와 그 요소를 x 라고 하면 다음과 같이 정의된다.

$$\bar{X}_i = \{(x, p_i(x)) | x \in X_i, p_i(x) : x \rightarrow [0, 1]\} \quad (1)$$

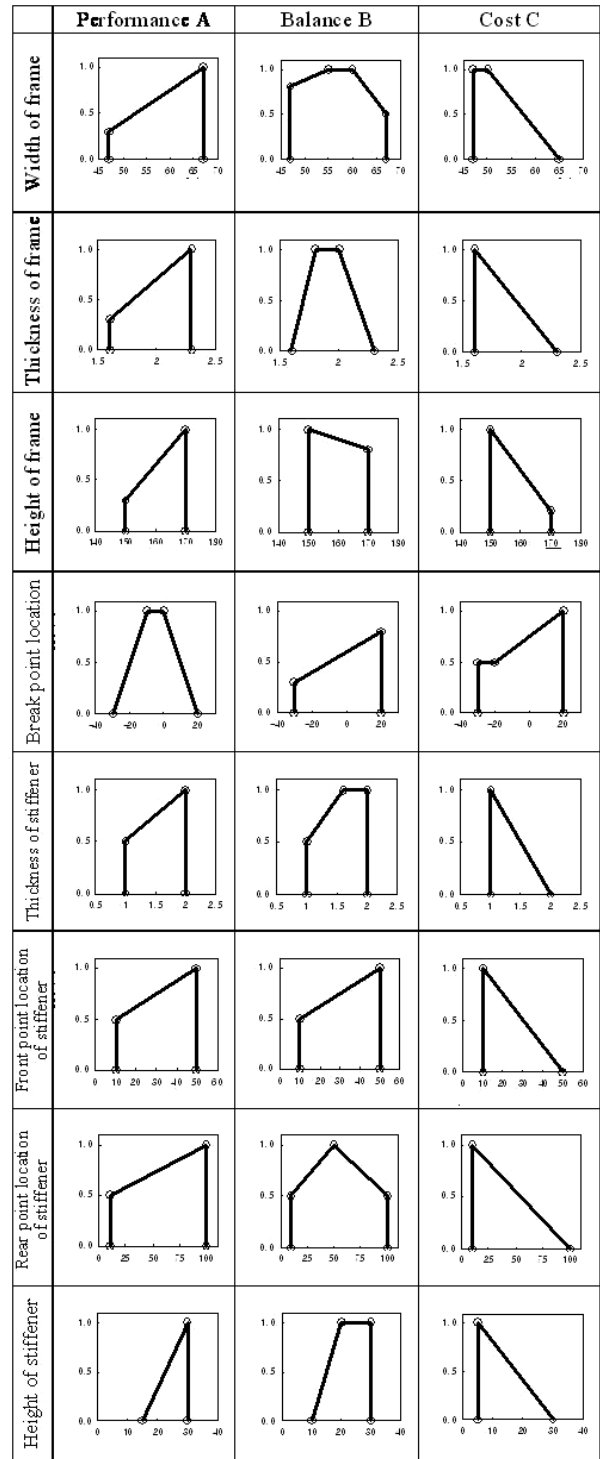
여기서, $p_i(x)$ 는 선호도 함수이고 범위 내의 선호도 0의 영역은 허용 범위가 되고 선호도 1의 영역은 가장 만족할 수 있는 범위가 된다.

설계자의 설계 의도가 설계해에 어떻게 반영되고 있는가를 검토하기 위해서, 다른 3명의 설계자의 설계 의도를 선호도의 차이에 의해 표현했다. 본 연구에서는 성능을 중시하는 설계자 A, 성능과 코스트의 밸런스를 중시하는 설계자 B, 코스트를 중시하는 설계자 C로 했다. 3명의 설계자가 설정한 설계 변수의 선호도를 <그림 4>에 나타낸다. 여기서, 프레임 폭을 예로 하여 구체적인 선호도의 설정 방법을 설명한다.

프레임 폭의 설계 범위는 47(mm)로부터 67(mm)까지이다. 먼저, 성능을 중시하는 설계자 A의 경우, 프레임 폭으로서 가장 폭이 넓은 67(mm)를 선호도 1.0으로 설정하고, 프레임 폭이 좁아지는 범위는 성능 확보가 어렵다고 생각하여 선호도를 낮췄지만 프레임 폭이 가장 좁은 47(mm)라도 설계 값으로서 설정 가능하다고 판단하여 선호도를 0.3으로 했다.

다음으로, 밸런스를 중시하는 설계자 B의 경우, 프레임 폭의 중앙 영역인 55(mm)로부터 60(mm)까지를 가장 바람직한 설계해의 범위로서 선호도 1.0을 설정하고 폭이 좁은 쪽과 폭이 넓은 쪽의 양 방향의 선호도를 낮췄지만 폭이 좁은 쪽의 선호도는 코스트 측면에서도 유리하기 때문에 폭이 넓은 쪽의 선호도 0.5 보다도 선호도를 높게 하여 0.8로 설정했다.

마지막으로, 코스트를 중시하는 설계자 C의 경우, 프레임 폭이 가장 좁은 47(mm)로부터 50(mm)까지의 범위를 선호도 1.0으로 하여 가장 바람직한 설계해의 범위로서 설정하고 프레임 폭이 넓어지는 것은 코스트 상 바람직하지 않다고 하여 50(mm) 이상에서는 선호도를 낮췄다. 이와 유사하게 나머지 6개의 설계 변수에 대해서도 선호도를 설정했다.



<그림 4> 설계 변수의 선호도 함수

요구 성능의 선호도에 대해서는 <그림 5>와 같이 설정했다. 한편, 요구 성능의 선호도는 3명의 설계자에 대해서 공통의 설정으로 하고 요구 성능의 가중치를 부여함으로써 3명의 중시도의 차이를 표현하는 것으로 했다. <그림 5(a)>에 나타내는 정적 굽힘 강성에 관해서는 강

성은 높으면 높을수록 좋고 상반되는 성능 요건으로부터 $1.0 \times 10^4 (N/mm)$ 이하라도 허용되지만 그 경우는 부가 대책의 추가가 예상되어 만족도는 낮게 하고, 과거의 경험으로부터 $0.2 \times 10^4 (N/mm)$ 이하의 강성은 허용되지 않는다는 설계자의 설계 의도를 표현했다.

<그림 5(b)>에 나타내는 타이다운 강도에 관해서는 차량 질량으로부터 예상되는 부하 하중은 $16(kN)$ 으로부터 $22(kN)$ 까지의 범위지만, 계획된 질량이 올라갈 가능성도 있고 $18(kN)$ 이상의 강도 확보를 바란다는 설계자의 설계 의도를 표현했다.

<그림 5(c)>에 나타내는 최대 반력에 관해서는 충돌 시에 에너지 흡수를 유효 활용하기 위해서 최소 하중 $3.2 \times 10^5 (N)$ 을 설정하고, 또한 충돌 중반 이후의 캐빈(cabin) 손상을 막기 위해서 최대 하중 $4.1 \times 10^5 (N)$ 을 설정하고 이 하중 범위에서 파괴시키는 것으로 하는 설계자의 설계 의도를 표현했다.

<그림 5(d)>에 나타내는 평균 압괴 하중에 관해서는 충돌 전반에 보다 많은 에너지를 흡수시키기 위해 $9.0 \times 10^4 (N)$ 이상을 바람직한 성능으로서 설정하고 $9.0 \times 10^4 (N)$ 이하에서는 승무원 구속 구조의 튜닝이 필요로 되기 때문에 바람직하지 않다는 설계자의 설계 의도를 표현했다.

<그림 5(e)>에 나타내는 질량에 관해서는 질량은 가벼우면 가벼울수록 좋고 목표로서는 $7790(g)$ 이하가 바람직하지만 $5270(g)$ 이하로 하면 최고의 경량화 사이드 멤버 구조를 실현할 수 있다는 설계자의 설계 의도를 표현했다.

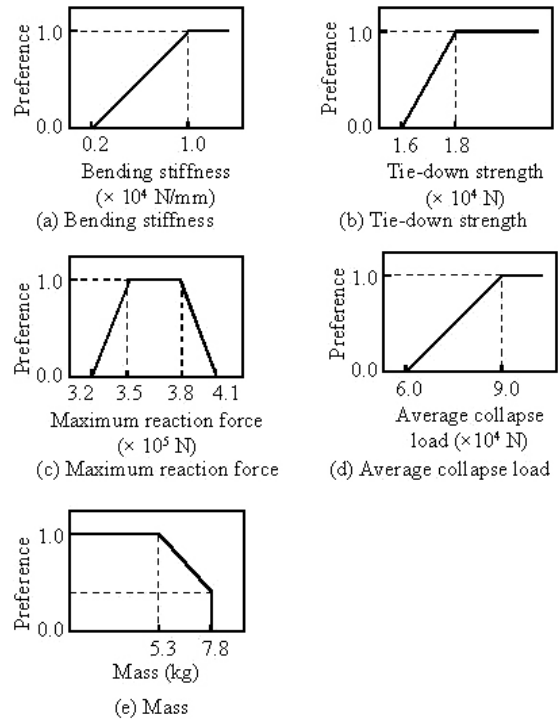
이상과 같이 설계 변수와 요구 성능에 관한 설계자의 설계 의도를 선호도에 의해 표현가능하다는 것을 나타냈다.

3.3 요구 성능의 가중치

설계 대상에 복수의 성능이 요구되는 경우, 요구되는 성능 사이에는 중요시하는 성능이나 다른 요구 성능에 비해 중요도가 떨어지는 요구 성능이 있다. 이와 같은 요구 성능에 대한 중요도는 설계자 개인의 사고방식을 반영하는 경우나 설계자들의 그룹 또는 개발하는 차량 컨셉 등 보다 상위의 방침 등에 따라 변화한다. 요구 성능에 대한 중요도를 프론트 사이드 멤버의 구조에 반영시키기 위해 <그림 5>에 나타낸 각 요구 성능에 가중치를 부여했다.

설정된 가중치는 제 3.2절에서 설정한 설계자의 설계 의도에 대응시켜 설계 초심자에게 많은 성능 중시, 가볍고 싼 것을 추구하는 코스트 중시, 성능과 코스트를 감안하는 숙련 설계자를 상징한 밸런스 중시의 3 패턴을 표 2와 같이 설정했다. 가중치에는 각 요구 성능 간의 중요도를 상대적으로 나타내기 위해 1로부터 10까지의 계수를 각 요구 성능에 할당했다. 코스트 중시형에서는 코스

트에 가중치를, 성능 중시형에서는 코스트보다도 성능을 중시하고 밸런스형에서는 코스트에도 가중치를 부여한 후에 코스트에 상반되기 쉬운 강도에 관한 성능과 코스트의 쌍방에 가중치를 부여했다. 이상의 가중치의 계산 시스템으로의 도입 방법은 제1보에서 언급했다.



<그림 5> 요구 성능의 선호도

<표 2> 요구 성능의 가중치

구분	성능 중시	밸런스 중시	코스트 중시	
Bending stiffness	7	2	2	
Tie-down strength	10	8	3	
Crash	Reaction force	10	4	6
	Collapse load	10	10	6
Mass	3	6	10	

3.4 결과 및 고찰

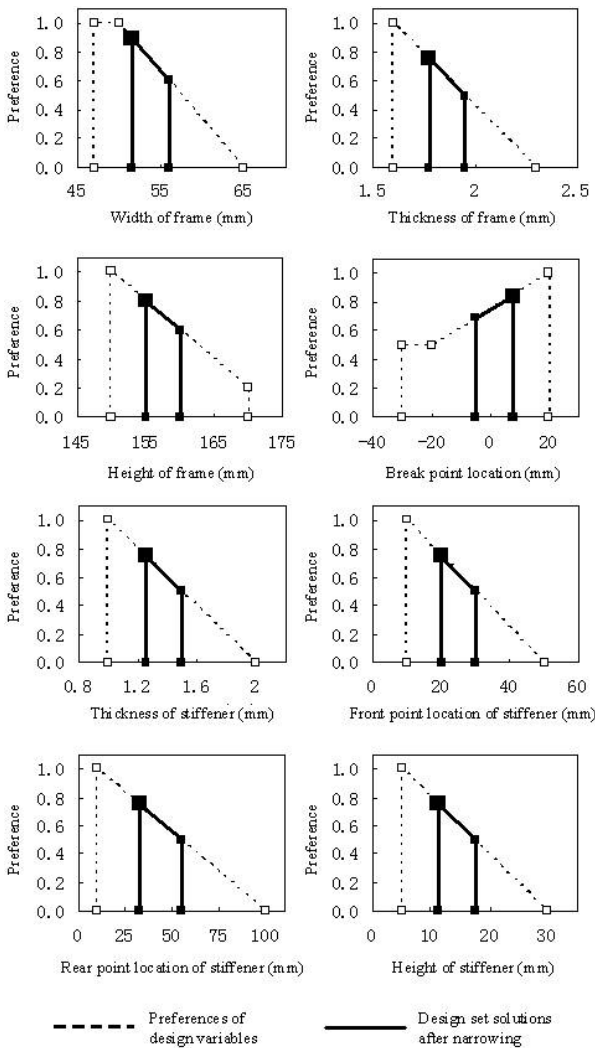
(1) 다목적 만족해의 도출

5개의 요구 성능이 부여된 본 적용사례를 이용하여 셋 베이스 설계법의 다목적 만족해에 관한 유효성을 검증한다. PSD법[1-3]을 적용하여 얻어진 코스트를 중시하는 설계자 C에 의해 도출된 설계변수의 설계해 집합과 요구 성능의 가능성 분포를 <그림 6>과 <그림 7>에 나타낸다. <그림 6>에서는 점선으로 표시되는 설계변수의 설계범위에 대해 요구 성능을 만족하도록 설계변수 집합의

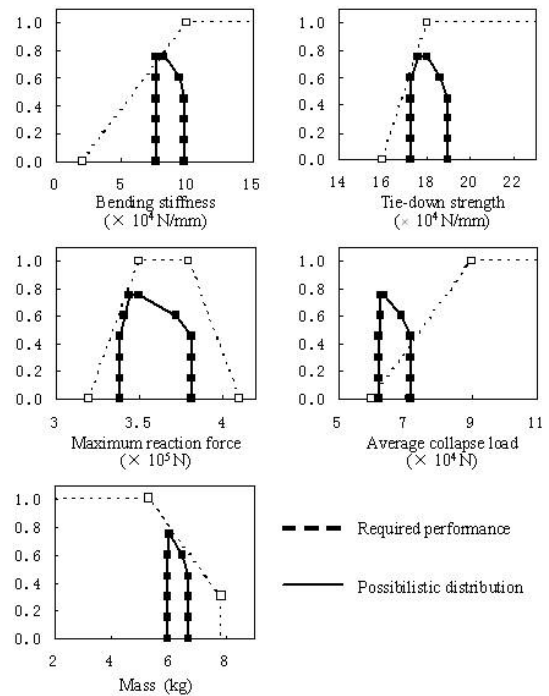
축소에 의해 축소된 설계변수의 설계해 집합이 실선으로 표시되어 있다. 이것에 의해 모든 설계변수에 관해서 설계범위 내에 설계해 집합이 축소되고 있다는 것이 확인되었다.

한편, <그림 7>에서는 점선으로 표시되는 요구 성능의 선호도에 대해 설계변수의 축소 결과의 설계해 집합을 사상시켜 얻어지는 가능성 분포가 실선으로 표시되어 있다. 가능성 분포가 설계자가 설정한 요구 성능의 선호도 분포 안에 들어가 있어 5개의 성능을 동시에 만족하는 다목적 만족해가 도출되었다는 것이 확인되었다.

이와 동일하게 성능을 중시하는 설계자 A와 밸런스를 중시하는 설계자 B에 관해서도 검증한 결과, <표 3>에 제시되는 바와 같이 5개의 요구 성능을 만족하는 다목적 만족해가 얻어진다는 것이 확인되었다. 한편, 표에서는 설계변수의 설계해 집합의 영역과 요구 성능의 가능성 분포의 영역을 하한치와 상한치에 의해 나타냈다.



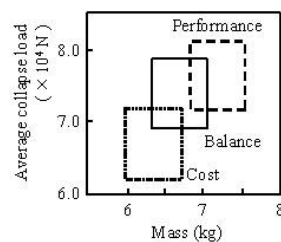
<그림 6> 설계자 C의 축소 전 후의 설계해 집합의 비교



<그림 7> 설계자 C의 요구 성능과 가능성 분포의 비교

(2) 설계자의 의도의 차이에 의한 해의 비교

앞에서 얻어진 성능 중시, 밸런스 중시 및 코스트 중시에 의해 도출된 3개의 설계해 집합을 비교하여 설계자의 의도가 설계해 집합에 어떻게 반영되고 있는지를 고찰한다. <표 3>에 나타낸 바와 같이 예를 들면 질량의 요구 성능에서는 코스트 중시의 설계자가 가장 경량(5985~6721g)의 가능성 분포를 얻고 있고, 다음으로 밸런스 중시(6365~7105g)의 설계자가 가볍게, 마지막으로 성능 중시의 설계자가 질량(6834~7569g)이 가장 무겁게 되고 있는 것으로부터 3명의 설계자의 설계의도가 프론트 사이드 멤버의 구조에 반영되고 있는 것이 확인되었다. 트레이드 오프의 관계에 있는 질량과 평균 압괴 하중의 관계에 있어서도 <그림 8>에 나타내듯이 성능 중시와 코스트 중시 사이에 밸런스 중시의 설계해 집합이 존재하는 것이 확인되고, 설계자의 설계 의도나 설계 기호가 반영된 다목적 만족해가 도출되고 있다는 것을 알 수 있다.



<그림 8> 질량과 평균 압괴 하중 간의 관계에 있어서의 각 설계해 집합의 비교

<표 3> 최종 설계해 집합

항목		최초 범위	설계자 A		설계자 B		설계자 C		
			하한	상한	하한	상한	하한	상한	
설계 변수 (mm)	Frame	Width	[47, 67]	57.0	62.0	47.0	52.0	51.5	56.0
		Thickness	[1.6, 2.3]	1.95	2.13	1.95	2.13	1.78	1.95
		Height	[150, 170]	160	165	165	170	155	160
		Break point location	[-30, 20]	-5.0	7.5	7.5	20.0	-5.0	7.5
	Stiffener	Thickness	[1.0, 2.0]	1.75	2.00	1.25	1.50	1.25	1.5
		Front point location	[10, 50]	30.0	40.0	30.0	40.0	20.0	30.0
		Rear point location	[10, 100]	55.0	77.5	32.5	55.0	32.5	55.0
	Height	[5, 30]	26.3	30.0	25.0	30.0	11.3	17.5	
요구 성능	Bending stiffness ($\times 10^4 N/mm$)	0.2 이상	9.81	12.09	6.77	9.06	7.59	9.73	
	Tid-down strength ($\times 10^4 N$)	1.6 이상	1.79	1.96	1.90	2.07	1.72	1.90	
	Max. reaction force ($\times 10^5 N$)	[3.2, 4.1]	3.65	4.08	3.63	4.07	3.39	3.82	
	Average collapse load ($\times 10^4 N$)	6.0 이상	7.17	8.13	6.91	7.86	6.23	7.18	
	Mass(kg)	7.790 이하	6.834	7.569	6.365	7.105	5.985	6.721	

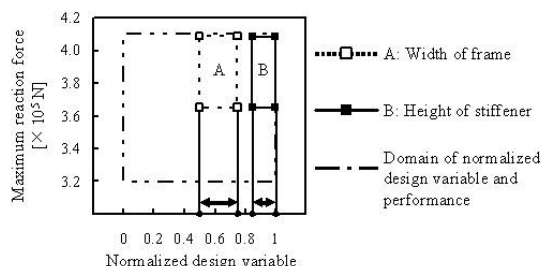
(3) 다목적 만족해의 강건성(Robustness)

셋 베이스 설계법에 의해 설계해 집합을 도출한 후에 설계 환경이 변화하는 경우에 대한 해의 강건성에 대해서 고찰한다.

설계 영역 내에서의 설계해 집합과 가능성 분포의 관계는 <그림 9>와 같이 얻어진다. 여기서는 횡축에 설계 변수가 취할 수 있는 허용 설계범위(선호도 0)로 정규화한 설계변수를 취해 설계해 집합의 영역을 나타내고, 종축에 성능치를 취해 요구 성능의 가능성 분포의 영역을 나타낸다. <그림 9>는 성능 중시의 설계자가 산출한 설계변수의 해집합(frame 폭과 stiffener 높이: 각각 그림의 A, B에 대응)과 가능성 분포(최대 반력)의 관계를 나타내고 있다. 예를 들면, <표 3>에 의해 stiffener 높이의 설계해 집합 [26.3, 30.0](mm)을 허용 설계범위 [5, 30](mm)로 정규화하면 [0.85, 1]이 되고 최대 반력의 가능성 분포는 [3.65, 4.08]($\times 10^5 N$)이 된다. <그림 9>에 나타내는 설계해 집합 B의 영역은 설계해 집합 A의 영역보다도 폭이 좁은 것을 알 수 있다. 이것에 의해 stiffener 높이의 변경은 frame 폭의 변경보다도 충돌 특성(최대반력)으로의 영향이 커진다는 것을 알 수 있다.

이와 같이, 각 설계변수가 요구 성능에 미치는 영향을 시각화할 수 있다. 또한, 설계 변경의 양이 설계해 집합의 범위 안이라면 그 변경에 의한 요구 성능의 변동은 가능성 분포의 범위 안이라는 것이 보증되기 때문에 셋

베이스 설계법에 의해 도출된 다목적 만족해는 향후 발생할 수 있는 설계해 변경에 의해 생기는 외란에 강한 강건성을 갖는 해라는 것을 알 수 있다.



<그림 9> 설계 영역 내에서의 설계해 집합과 가능성 분포의 비교

3. 결 론

본 논문에서는 PSD법을 컴퓨터상에 실장한 PSD 계산 시스템에 CAD 시스템과 FEA 시스템과의 연계의 자동화 기능을 탑재한 셋 베이스 설계 통합 지원 시스템을 개발하여 PSD법에 있어서의 자동 연계의 가능성을 제시함과 동시에 보다 실제 구조에 가까운 자동차 차체의 프런트 사이드 멤버 설계로의 적용을 시도했다. 이 결과로부터 차체 구조 등의 복잡한 구조 설계에 있어서도 적용 가능하다는 것을 확인했다. 설계 현장에서는 다수의 설계자가 다양한 요구 성능을 종합적으로 판단하여 각 성능의 가중치 부여를 행하지만 PSD법의 선호도를 도입함으로써 설계자의 설계 의도나 설계 기호가 반영된 다목적 설계해 집합을 도출할 수 있다는 것이 제시되었다.

참고문헌

- [1] 남윤의, “초기 설계단계에서의 셋 베이스 다목적 설계 최적화(제1보) : 이론 및 설계지원 시스템”, 한국산업경영시스템학회지, 34(2) : 112-120, 2011.
- [2] 남윤의, “초기 설계단계에서의 셋 베이스 다목적 설계 최적화(제2보) : 자동차 사이드 도어 임팩트 빔에의 적용”, 한국산업경영시스템학회지, 34(3) : 135-142, 2011.
- [3] 남윤의, “초기 설계단계에서의 셋 베이스 다목적 설계 최적화(제3보) : 환경문제를 고려한 자동차사이드 도어 어셈블리에의 적용”, 한국산업경영시스템학회지, 34(4) : 139-145, 2011.
- [4] Siemens PLM Software Inc, <http://www.plm.automation.siemens.com>.
- [5] MSC Software, <http://www.mssoftware.com>.
- [6] National Crash Analysis Center, <http://www.ncac.gwu.edu>.
- [7] FEA Information Inc., <http://ls-dyna.com>.