

論文

혼합물 총량법과 유전자 알고리즘을 이용한 항공기 동체 최적화에 관한 연구

김형래*, 박찬우**

A Study on the Optimization of Aircraft Fuselage Structure using Mixture Amount Method & Genetic Algorithm

Hyoungrae Kim* and Chanwoo Park**

ABSTRACT

In general engineering problems, the purpose of an optimization is to get optimal design variables. It is the same problem to fix the total amount of the design variables and to judge the optimal mixing proportions of the design variables. That is to say, we can recompose the engineering problems in the concepts of the mixture amount experiments. The goal of mixture amount method is to get the response surfaces of varying both the mixing proportion of component and the total amount of the mixture. The solution of the aircraft fuselage optimization problem is obtained by the mixture amount method and genetic algorithm. In this study, it is shown that the mixture amount method can be utilized for the aircraft structural optimization problem. Also, this method in this study can be applied for the optimization problems over 12 design variables which is impossible for D-optimal design.

초 록

일반적인 엔지니어링 문제에 대한 최적화는 최적의 설계변수를 구하는 문제이다. 이는 설계변수의 총합을 얼마로 하며, 총합을 설계변수들이 어떠한 비율로 차지하는 것이 최적인가를 판단하는 문제가 된다. 즉, 혼합물 총량법의 개념에 맞추어 문제를 재구성할 수 있다. 혼합물 총량법의 목적은 각 성분의 혼합비율과 혼합물의 총량을 동시에 고려하여 반응면을 구하는 것이다. 항공기 동체 최적화 문제에 혼합물 총량법과 유전자 알고리즘을 적용하였다. 이번 연구를 통해서 항공기 구조물 최적화 문제에 대한 혼합물 총량법의 유용성을 확인하였다. 또한 본 연구에서 제시된 혼합물 총량법은 D-optimal에서는 불가능한 설계변수 12개 이상의 최적화 문제에도 적용이 가능하다.

Key Words : Mixture amount(혼합물 총량), Response surface(반응면), Genetic Algorithm(유전자 알고리즘), Optimization(최적화)

1. 서 론

† 2006년 3월 22일 접수 ~ 2006년 6월 12일 심사완료

* 정희원, 한국폴리텍항공대학 항공기계과

** 정희원, 경상대학교 기계항공공학부,

항공기부품기술연구소

연락처, E-mail : parkcw@gsnu.ac.kr

경남 진주시 가좌동 900번지

최근의 최적설계 문제들은 과거에 비해 그 규모가 커지고 설계변수 간의 상호작용도 복잡해졌기 때문에 매우 많은 해석 시간을 필요로 한다. 특히 항공기와 같이 복잡한 구조물의 최적설계 수행에는 많은 반복 해석이 필요하며, 이 반복

해석은 매우 복잡하고 비용이 많이 소요되는 경우가 많다. 최적화 알고리즘은 미분을 사용하는 경우가 일반적이었으나, 최근에는 미분값이 부정확하거나 계산 시간이 많이 소요되는 경우에는 통계적 방법을 이용한 반응면 기법(response surface methods)을 각종 항공기 관련 최적화 설계에 많이 적용하고 있다[1-3]. 반응면 기법을 사용하면 계산시간을 단축하고 반복해석 시 발생하는 오차를 완화하는 등의 효과가 있다. 반응면 기법을 사용할 때 실험점의 수가 지나치게 많아지면 이에 따른 계산량이 과다하게 소요되어 현실적으로 사용이 불가능하다. 실험점의 수를 줄이기 위하여 D-optimal 등의 실험계획법을 사용할 수 있으나 이 또한 설계변수가 12개 이상에 대해서는 실험점의 선정이 곤란해진다. 본 논문에서는 이 점을 보완하여 설계변수가 12개 이상의 최적화 문제에서도 실험점 추출이 가능한 혼합물 총량법(mixture amount method)을 항공기 동체 최적화 문제에 적용하는 절차를 연구하였다. 설계변수가 반응값에 미치는 영향을 분석할 때 반응값이 설계변수의 총량(total amount)에는 영향이 없고 총량에 대한 설계변수의 혼합 비율(mixing proportion)만이 영향을 미치는 경우 혼합물법(mixture method)을 이용할 수 있다. 반면 반응값이 설계변수의 총량에도 영향을 받는 경우는 혼합물총량법을 이용할 수 있다[4]. 혼합물 총량법은 일반 통계학 분야에서는 활발히 연구되고 있으나[5-8], 엔지니어링 분야에서는 그러하지 못한 실정이다.

일반적인 엔지니어링 문제에 대한 최적화는 최적의 설계변수를 구하는 문제이다. 이는 설계변수의 총합을 얼마로 하며, 총합을 설계변수들이 어떠한 비율로 차지하는 것이 최적인가를 판단하는 문제가 된다. 즉, 혼합물 총량법의 개념에 맞추어 문제를 재구성할 수 있음을 의미한다.

본 논문에서는 항공기 동체 중량 결정을 위한 스트링거와 프레임의 단면적 최적화 문제에 혼합물 총량법을 이용하였다. 이번 연구를 통해서 항공기 구조물 최적화 문제에 대한 혼합물 총량법의 유용성을 확인하였다.

II. 혼합물 총량법의 이론적 배경

혼합물 실험계획법(mixture experiments)은 제품이 여러 개의 성분(components)의 혼합으로 이루어진 경우에 미리 정해진 총량을 기준으로 각 성분의 혼합비율만을 고려한다. 혼합물 실험

계획법은 이처럼 몇 개 성분의 혼합물(mixture)에 관한 실험에서 어떠한 성분이 관심이 있는 반응량에 유의한 영향을 미치며 반응을 최대 또는 최소로 만드는 최적혼합비가 무엇인지를 찾고자 하는 방법이다. 혼합물 실험에서 사용되는 여러 가지 모형에 대한 연구는 Scheffe, McLean, Anderson, Cornell등에 의해 진행되었다[9-12]. k 개의 성분의 혼합에 있어서 x_i 를 i 번 성분의 혼합비율이라고 하면 혼합물 실험계획법에서는 관계식(1)을 만족시켜야한다.

$$x_1 + x_2 + \dots + x_k = 1, x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

혼합물 총량 실험계획법(mixture amount experiments)은 혼합물 총량이 1개(single-total)가 아니고 2개 이상(multi-total)인 경우에 사용되는 실험계획법이다. 혼합물 총량법의 목표는 혼합물 총량의 변화와 혼합 성분 비율의 변화에 따른 반응값의 변화에 대해서 분석하는 것이다. 혼합물 총량 모델의 적합을 위한 모델은 Cornell 등에 의해서 연구되었다[13]. 총량 변수에 대한 선형적 효과와 2차 방정식 효과를 파악하기 위한 성분이 2개일 경우에 대한 혼합물 총량 모델은 식(2)와 같다.

$$\begin{aligned} \eta(x, A) &= \beta_1(A)x_1 + \beta_2(A)x_2 + \beta_{12}(A)x_1x_2 \\ &= r_1^0x_1 + r_2^0x_2 + r_{12}^0x_1x_2 + \sum_{l=1}^2 (r_1^l x_1 + r_2^l x_2 + r_{12}^l x_1x_2)A^l \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 A 는 총량 변수, x_i 는 구성성분의 비율, r_i^l, r_{ij}^l 는 $x_i, x_i x_j$ 에 대응하는 회귀계수들이다. 반응면 구성을 위해서 실험점을 선정해야 하는데 선정방법은 심플렉스 격자형 배열법(simplex lattice design) 또는 꼭지점 계획법(extreme vertices design)을 사용하였다. 심플렉스 격자형 배열법은 심플렉스의 모든 영역에 실험점을 균등하게 배치하는 방법이다. 이 방법은 각 인자 x_i ($i = 1, 2, \dots, k$)를 m 개의 동등한 간격으로 나누어 $x_i = 0, 1/m, 2/m, \dots, (m-1)/m, 1$ 이 되도록 구성한다(Fig. 1 참조). 꼭지점 계획법은 제한된 실험영역에 대한 실험계획법으로서 제한된 영역이 가지는 모든 꼭지점과 이 꼭지점들이 선형조합으로 이루어지는 몇 개의 점들을 적절히 선택하는 실험계획법이다. 이 실험계획법은 심플렉스의 전 영역이 아니고 제한된 영역에서만 실험점을 배치하는 실험계획법이다. 즉, $0 \leq x_i \leq 1$ 의 모든 값을 취할 수 있는 것이 아니라 제한된 구간 $0 \leq a_i \leq x_i \leq b_i \leq 1$ 안에서만 값을 취할 수 있는 경우이다(Fig. 2 참조).

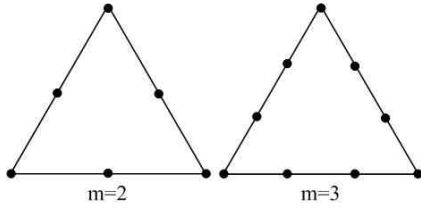


Fig. 1. Simplex lattice design

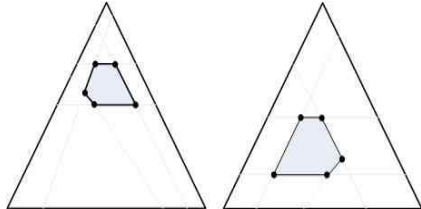


Fig. 2. Extreme vertices design

III. 동체 최적화

본 연구에서는 항공기 동체 최적화를 위하여 혼합물 총량법을 이용하여 회귀함수를 구한 후 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 이용하여 최적화를 수행하였다.

3.1 동체 유한요소 모델링

본 연구 대상인 동체는 외피, 스트링거 및 프레임으로 구성된 간단한 민항기의 동체 구조물로서 CBAR와 CQUAD4 유한요소를 이용하여 동체 최적화를 위한 모델링을 수행하였다. 동체 길이 8.9m, 동체 직경 5m로 모델링하였으며, 스트링거는 Hat-type, 프레임은 Z-type의 단면 형상을 선정하였다. 동체는 16개의 스트링거와 7개의 프레임으로, 동체의 바닥 판넬(floor panel)은 3개의 스트링거와 7개의 프레임으로 보강되어 있다.

Table 1. Material properties

Name	Stringer	Skin /Frame
Material type	7075-T6	2024-T6
Ultimate tensile strength	572 MPa	483 MPa
Tensile yield strength	503 MPa	345 MPa
Modulus of elasticity	71.7 GPa	73.1 GPa
Poisson's ratio	0.33	0.33
Shear modulus	26.9 GPa	28 GPa
Shear strength	331 MPa	283 MPa

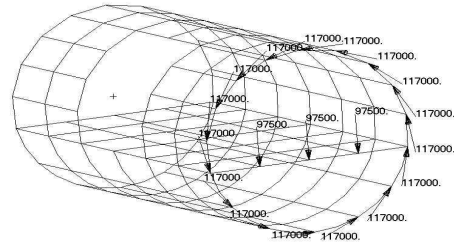


Fig. 3. Torque & vertical force

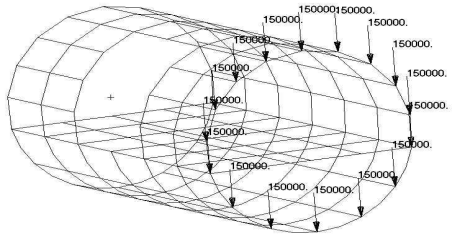


Fig. 4. Vertical force

Fig. 3에서 보듯이 최적설계의 대상이 되는 동체는 모두 487개의 노드와 690개의 요소로 구성되어 있으며, 세부적인 물성치는 Table 1과 같다.

동체의 한쪽 끝은 6 자유도계가 모두 구속되어진 경계조건을 설정하였다. Fig. 3과 같이 동체에 가해지는 총 토크는 1,872 kN·mm이며, 바닥 판넬의 끝단에는 총 292.5 kN의 수직하중을 적용하였다. 또한 동체 끝단에는 Fig. 4와 같이 2,400 kN의 수직하중을 적용하였다.

3.2 최적화 모델링

본 연구에서는 항공기 동체의 스트링거와 프레임의 단면적을 최적화함으로써 응력구속조건을 만족하며, 목적함수(object function)인 동체의 총 중량(total weight)을 최소화 하고자 한다.

결정하고자 하는 변수인 결정변수 X(1)~X(6)는 정규화된 면적이며 식(3)에 의해서 정의된다.

$$X(i) = \frac{A_i}{A_{ref}} \tag{3}$$

이때 $A_{ref} = 8089.2 \text{ mm}^2$ 을 사용했다.

결정변수는 Fig. 5와 같이 동체 외부에 도어가 위치하기 위한 절단(cut-out) 부위를 지지하는 스트링거 단면적 X(1)과 프레임 단면적 X(3), 기타 부위를 지지하는 스트링거 단면적 X(2)와 프레임 단면적 X(4), 동체의 바닥을 지지하는 스트링거 단면적 X(5)와 프레임 단면적 X(6)로 구성되어있

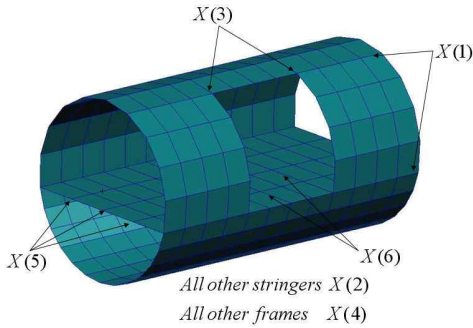


Fig. 5. Decision variables

다. 즉 스트링거와 프레임에 각각 3개씩 총 6개의 결정변수(decision variable)를 선정하였다.

혼합물 총량법으로 표현하기 위하여 결정변수 $X(1) \sim X(6)$ 를 혼합물 총량에 대한 혼합비율인 $x_1 \sim x_6$ 로 변환시켰다. $x_1 \sim x_6$ 는 혼합비율이므로 0과 1사이의 값이다. 최적설계문제의 설계변수는 $x_1 \sim x_5$ 와 설계총량인 A 로 설정하였다.

Table 2. Constraints

Constraint	Description
G(1)	stress of X(1) stringer \leq 503 MPa
G(2)	stress of X(2) stringer \leq 503 MPa
G(3)	stress of X(3) frame \leq 345 MPa
G(4)	stress of X(4) frame \leq 345 MPa
G(5)	stress of X(5) stringer \leq 503 MPa
G(6)	stress of X(6) frame \leq 345 MPa
G(7)	-503 MPa \leq stress of X(1) stringer
G(8)	-503 MPa \leq stress of X(2) stringer
G(9)	-345 MPa \leq stress of X(3) frame
G(10)	-345 MPa \leq stress of X(4) frame
G(11)	-503 MPa \leq stress of X(5) stringer
G(12)	-345 MPa \leq stress of X(6) frame

Table 2와 같이 Von-Mises 응력이 허용응력보다 작도록 12개의 제한조건을 적용했다. 결정변수 $X(1), X(2), X(5)$ 에 해당하는 스트링거의 응력 상한은 503 MPa, 하한은 -503 MPa로 설정하였고, 결정변수 $X(3), X(4), X(6)$ 에 해당하는 프레임의 응력 상한은 345 MPa, 하한은 -345 MPa로 설정하였다. 결정변수 $X(1) \sim X(6)$ 를 혼합물 총량법으로 표현하기 위해 변환한 설계변수 전체 총량에 대한 혼합 비율이 0과 1 사이에 존재하고 식 (1)을 만족시키기 위하여 $X(6)$ 의 혼합 비율에 대한 제한조건을 G(13)과 G(14)로 가하였다. 또한 각 결정변수에 대한 상한, 하한을 적용하였기 때문에 이를 구속하는 제한조건 12개를 G(15)~G(26)으로 설정하였다.

본 연구에서는 반응면 모델의 정확도를 향상시키기 위하여 Table 3과 같이 결정변수의 간격(range)을 줄여가면서 최적화를 수행하였다. 결정변수들의 하한치는 0.145로 모두 동일하게 유지하고, 상한치는 각각 1.0, 0.6, 0.45로 조정된 3가지 경우에 대한 최적화를 각각 수행하였다.

Table 3. Upper and lower bound

Decision variable	Case 1		Case 2		Case 3	
	Low	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
X(1)	0.145	1.0	0.145	0.6	0.145	0.45
X(2)	0.145	1.0	0.145	0.6	0.145	0.45
X(3)	0.145	1.0	0.145	0.6	0.145	0.45
X(4)	0.145	1.0	0.145	0.6	0.145	0.45
X(5)	0.145	1.0	0.145	0.6	0.145	0.45
X(6)	0.145	1.0	0.145	0.6	0.145	0.45

상용프로그램인 MINITAB[14]을 이용하여 결정변수들의 총량을 3개 적용한 혼합물 총량법을 적용하였다. 반응면 구성을 위한 실험점 생성을 위해서 심플렉스 격자법을 이용하여 혼합물 총량 1개당 28개의 실험점 씩 총 84개의 실험점이 생성되었다. Case 1의 경우에는 3개의 혼합물 총량 중 첫 번째 혼합물 총량은 5개의 결정변수는 하한치 0.145를, 나머지 1개의 결정변수는 상한치 1.0을 가지는 경우를 결정하여 1.725로 정하고, 나머지 총량은 첫 번째 총량의 각각 2배와 3배의 총량으로 결정하였다. Case 2 경우는 결정변수 상한치 0.6을 고려하고, Case 3는 결정변수 상한치 0.45를 고려하여 Case 1과 동일한 방법으로 Case 2와 Case 3에 대한 3개의 혼합물 총량을 결정하였다. 구체적인 혼합물 총량법의 실험계획 설계 조건은 Table 4와 같다.

NASTRAN을 이용해서 각각의 실험점에 대한 반응값들을 계산했으며, MINITAB에서 설계변수에 대한 회귀함수를 추출했다.

Table 4. DOE Design of mixture amount

Case	Case 1	Case 2	Case 3
DOE	Simplex lattice design		
Components	6		
Lattice degree	2		
Design points	84		
Mixture totals	1.725	1.325	1.175
	3.450	2.650	2.350
	5.175	3.975	3.525

3.3 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)

본 논문의 예제인 항공기 동체 조립체의 경우 많은 국소 최적해(local optimum)를 갖는 최적화 문제이므로 전역적 최적해(global optimum)를 구하기 위하여 유전자 알고리즘을 이용하였다. 본 연구에서는 여러 개의 구속조건을 다루기 위해 목적 함수에 식(4)와 같이 벌칙함수(penalty function)를 추가하여 그 개체의 적합도(fitness)를 산정했다. 벌칙함수는 구속조건 함수이며 여기에 적절한 벌칙계수(penalty parameter)를 부과하여 적합도에 반영한다[15-16].

$$\begin{aligned} \text{Maximize } F_i &= f_i(X) + P_i(X) \\ P_i(X) &= r \left(\sum_{i=1}^p h_i(X)^2 + \sum_{j=1}^m g_j^+(X)^2 \right) \quad (4) \\ \text{where } g_j^+(X) &= \max(0, g_j(X)) \end{aligned}$$

위의 식에서 F_i 는 i 번째 개체의 적합도이며, $f_i(X)$ 는 개체의 목적함수 값이다. $P_i(X)$ 는 개체의 벌칙함수인데, 이 벌칙함수는 등호 구속조건 $h_i(X)$ 와 부등호 구속조건 $g_j(X)$ 의 함수이며, 이때 p 는 등호 구속조건 개수, m 은 부등호 구속조건 개수이다. 벌칙계수 r 은 상수이다.

구해진 회귀함수를 이용하여 최종적으로 유전자 알고리즘을 사용하여 최적화를 수행하였다. 유전자 알고리즘의 설계 조건은 Table 5와 같다.

Table 5. Genetic algorithm parameters

Parameters	Case 1	Case 2	Case 3
Number of generations	2,000	2,000	2,000
Population size	100	100	100
Probability of mutation	0.02	0.02	0.02
Probability of crossover	0.5	0.5	0.5
No. of child per pair of parents	2	2	2
weigh parameter	1,000,000	1,500,000	1,000,000

3.4 최적화 결과 분석

본 연구에서는 결정변수의 상한과 하한의 간격 조정을 통해서 3가지 경우에 대한 최적화를 수행하여 최적화 결과를 비교 분석하였다.

Table 6과 같이 반응면 모델의 적합도(R^2 adj)를 확인한 결과 Case 1의 경우는 회귀 모델 G(11)과 G(12)의 적합도가 0.90 이하의 분포를 가졌으며 전체적인 평균 적합도는 0.94를 보여주고 있다.

Table 6. Adjusted R-Squared after range control

Adjusted R-Squared	Case 1	Case 2	Case 3
Objective Function	1.00	1.00	1.00
G(1)	0.97	0.98	0.98
G(2)	0.94	0.98	0.99
G(3)	0.98	0.99	0.99
G(4)	0.94	0.98	0.99
G(5)	0.97	0.97	0.95
G(6)	0.96	0.99	1.00
G(7)	0.95	0.94	0.94
G(8)	0.99	0.99	0.99
G(9)	0.93	0.98	1.00
G(10)	0.95	0.99	0.99
G(11)	0.85	0.97	0.96
G(12)	0.89	0.94	0.97
Average	0.94	0.97	0.98

이는 결정변수의 상한과 하한의 간격이 넓어서 회귀함수의 정확도를 떨어뜨리는 결과를 나타낸 것으로 해석할 수 있다. 결정변수의 간격을 재조정 한 Case 2 회귀 모델의 적합도는 앞서 문제가 되었던 G(11)과 G(12)의 적합도가 0.94 이상으로 향상 되었을 뿐 아니라 전체적인 평균 적합도도 0.97로 크게 향상된 결과를 보였다. Case 3 회귀 모델의 평균 적합도는 0.98로 Case 2에 비해 약간 더 향상됨을 보였다.

Table 7. Comparison of the optimized decision variable

Case	Case 1	Case 2	Case 3
Obj.	2812.815	2774.430	2686.765
X(1)	0.620	0.549	0.359
X(2)	0.149	0.149	0.163
X(3)	0.355	0.372	0.359
X(4)	0.217	0.209	0.188
X(5)	0.156	0.154	0.147
X(6)	0.228	0.221	0.223

본 문제에 대한 최적화 결과는 Table 7과 같다. Fig. 6과 같이 목적함수의 경우에는 결정변수들의 범위를 줄임에 따라 최적의 결과치로 접근함을 알 수 있다. 결정변수의 경우에는 Fig. 7과 같이 동체의 도어 절단 부위를 지지하는 스트링거 단면적 X(1)은 점차적으로 줄고 있으며, 나머지 결정변수들의 최적해는 유사한 경향치를 보이고 있다. 동체 외부의 도어 절단 부위의 상하를 지지하는 스트링거 단면적 X(1)과 좌우를 지지하는 프레임 단면적 X(3)는 다른 동체 부위를 지지하

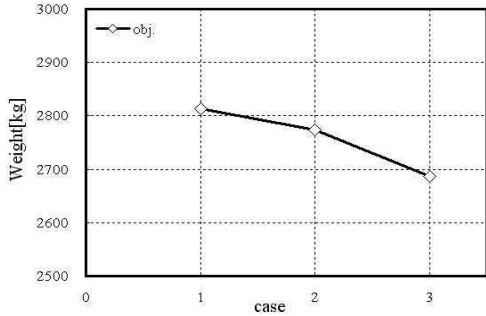


Fig. 6. Optimized objective function for each case

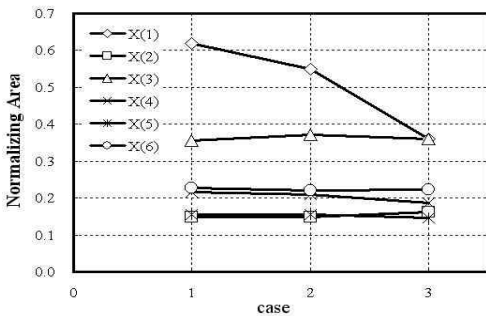


Fig. 7. Optimized decision variable for each case

는 일반 스트링거 단면적 X(2)와 프레임 단면적 X(4)의 약 2배 이상의 최적값을 유지하고 있다. 일반적으로 동체에서 도어가 위치하기 위한 절단 부위는 구조적으로 매우 취약한 부위이다. 따라서 도어 위치의 가장자리를 구조적으로 보강하기 위해서 다른 결정변수들보다 X(1)과 X(3) 단면적이 크게 최적 설계되었다고 판단된다.

Table 8. Adjusted upper and lower bound

Decision variable	Case 3		Case 4	
	Lower	Upper	Lower	Upper
X(1)	0.145	0.45	0.145	0.45
X(2)	0.145	0.45	0.145	0.30
X(3)	0.145	0.45	0.145	0.45
X(4)	0.145	0.45	0.145	0.30
X(5)	0.145	0.45	0.145	0.40
X(6)	0.145	0.45	0.145	0.40

Case 3에서 얻어진 최적화 결과를 비교 검증하기 위하여 Table 8과 같이 각 결정변수들의 상한을 조정하고 실험계획법을 변경한 Case 4에 대한 최적화를 추가적으로 수행하였다. Table 9와 같이 Case 4의 경우에는 심플렉스 격자형 배

열법 대신에 제한적 영역에서도 실험점 창생이 가능한 꼭지점 계획법을 이용하여 총 300개의 실험점을 생성하여 최적화를 수행하였다. 혼합물 총량값은 Case 4 결정변수들의 상한치 중 가장 큰 값인 0.45를 고려하여 이전과 동일한 방법으로 3개의 혼합물 총량을 결정하였다. Case 4 반응면의 평균 적합도는 0.99로 Case 3의 0.98에 비해 조금 더 향상됨을 확인하였다.

Case 3과 Case 4의 최적화 결과를 비교 분석한 결과는 Table 10과 같다. 목적함수 값은 두 결과치가 거의 일치함을 알 수 있으며, 결정변수 값은 서로 유사한 경향치를 보이고 있다. 즉 본 연구에서 구한 Case 3 최적화 결과와 꼭지점 계

Table 9. DOE Design of mixture amount

Case	Case 3	Case 4
DOE	Simplex lattice	Extreme vertices
Components	6	6
Lattice degree	2	2
Design points	84	300
Mixture totals	1.175	1.175
	2.350	2.350
	3.525	3.525

Table 10. Comparison of the optimized decision variable

Case	Case 3	Case 4	%
Obj.	2686.765	2668.361	-0.68
X(1)	0.359	0.367	2.16
X(2)	0.163	0.145	-11.03
X(3)	0.359	0.355	-1.12
X(4)	0.188	0.190	1.21
X(5)	0.147	0.195	33.27
X(6)	0.223	0.217	-2.68

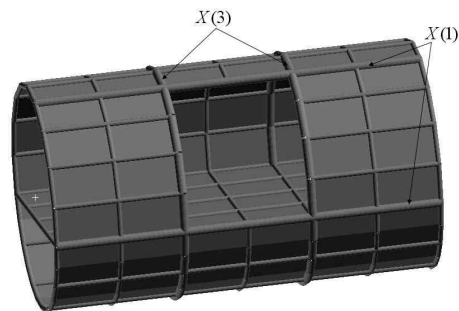


Fig. 8. Optimization result

획법을 이용한 최적화 결과를 비교한 결과 거의 유사함을 확인하였다.

최적화 결과를 반영한 항공기 동체의 3차원 최적화 형상은 Fig. 8과 같다.

IV. 결 론

일반적인 최적화 문제는 최적의 설계 변수 총합을 정하고 그 값을 기준으로 각각의 설계변수들의 혼합비율을 정하는 혼합물 총량법 문제로 재구성할 수 있다. 본 연구를 통하여 혼합물 총량법이 항공기 구조물 최적화 연구등의 엔지니어링 문제에도 적용이 가능함을 확인하였다. 예제로서 항공기 동체의 스트링거와 프레임의 단면적을 설계변수로 변환하고 동체 총 중량을 목적함수로 하는 최적화 문제에 혼합물 총량법과 유전자 알고리즘을 적용하였다. 심플렉스 격자법과 꼭지점 실험법을 사용하여 실험점들을 구하고, 각 실험점에 대한 목적함수와 구속조건 값들을 계산하여 이에 대한 반응면을 구성했다. 구성된 반응면을 사용하여 최적화를 수행하여 그 결과를 비교하여 혼합물 총량법의 타당성과 유용성을 확인하였다. 또한 본 연구에서 제시된 혼합물 총량법은 설계 변수 12개 이상의 최적화 문제에도 적용이 가능하다. 향후에는 혼합물 총량법의 정확성 향상과 적용 범위 확대를 위하여 설계변수의 범위 조정을 고려한 최적화 기법 연구와 더불어 설계변수 12개 이상인 항공기 구조물 최적화 문제에 대한 심화된 연구를 수행할 예정이다.

후 기

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2005-005-J09901)과 지방대학혁신역량 강화사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- 1) B. Liu, R. T. Haftka, M. A. Akgun, "Two-level composite wing structural optimization using response surfaces", Structural Multidisciplinary Optimization Vol. 20, Springer-Verlag, 2000, pp. 87~96.
- 2) R. Unal, R. Lepsch, M. McMillin, "Response Surface Model Building and Multidisciplinary Optimization using D-Optimal Designs", AIAA-98-4759, 1998.
- 3) Anthony A. Giunta, "Aircraft

Multidisciplinary Design Optimization using Design of Experiments Theory and Response Surface Modeling Methods", MAD Center Report 97-05-01, Virginia Polytechnic Institute & State university, May, 1997, pp. 36~53.

4) Cornell, J. A., "Experiments with Mixtures : Designs, Models, and the Analysis of Mixture Data. 3rd ed.", John Wiley & Sons, Inc., 2002

5) Bauer, P., Hilgers, R.-D., "Optimal designs for mixture amount experiments", Journal of Statistical Planning and Inference, Vol. 48, No. 2, 1995, pp. 241~246.

6) Hilgers, B., Hilgers, R.-D., "A note on the optimal mixture and mixture amount designs", Statistica Sinica, Vol. 13, No. 3, 2003, pp. 709~726.

7) Guoliang, T., Kaitai, F., "Uniform designs for mixture-amount experiments and for mixture experiments under restrictions", Science in China. Series A, Mathematics, physics, astronomy, Vol. 42, No. 5, 1999, pp. 456~470.

8) Piepel, Gregory F., Cornell, John. A., "Models for Mixture Experiments When the Response Depends on the Total Amount", Technometrics, Vol. 27, No. 3, 1985, pp. 219~227.

9) R. H. Myers and D. C. Montgomery, "Response Surface Methodology : Process and Product Optimization Using Designed Experiments", Wiley Inter-Science, 1995.

10) Andre I. Khuri, John A. Cornell, "Response Surfaces : Design and Analyses", Marcel Dekker, Inc., 1996.

11) Scheffe, H, "Experiments with Mixtures", J. of R. Statist. Soc., Ser. B, Vol. 20, 1958, pp. 344~360.

12) Cornell, J. A., "Experiments with Mixtures : A Review", Technometrics, Vol. 15, 1973, pp. 437~455.

13) Cornell, J. A., "Designs for Mixture -Amount Experiment.", Journal of Quality Technology, Vol. 19, 1987, pp. 11~28.

14) MINITAB Version 13.30 User's Guide 2, MINITAB Inc., 2000

15) David E. Goldberg, "Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning", Addison Wesley Longman Inc., 1998.

16) Mitsuo Gen & Runwei Cheng, "Genetic Algorithms & Engineering Design", John Wiley & Sons Inc., 1997.