

# 유전자알고리즘에 의한 온실구조의 최적설계

## Optimum Design of Greenhouse Structures Using Genetic Algorithms

박 춘 옥<sup>1)</sup> · 여 백 유<sup>2)</sup> · 이 현 우<sup>3)</sup> · 이 석 건<sup>4)</sup>  
*Park, Choon Wook Yuh, Baeg Youh Lee, Hyun Woo Lee, Suk Gun*

**요약** : 본 논문은 유전자 알고리즘을 근거한 이산최적설계 알고리즘에 의한 온실구조용 최적설계 프로그램을 개발하였다. 최적기법은 이산화 최적기법에 효과적인 유전자알고리즘을 근거로 하였다.

본 연구에서 목적함수는 온실 구조물의 중량이고, 제약조건식은 한계상태설계기준에 대한 설계 제한식이다. 설계변수는 KSD 3760 농업용 아연도강판이다. 온실구조의 경제적인 구조설계나 안정성평가에 대한 기준을 제시하고자 하였다. 또한 온실구조자재의 표준화 및 규격화연구에 기여하고자 하였다. 본 연구의 유전자 알고리즘에 의한 온실구조용 이산화 최적설계 프로그램의 적용을 위해 설계 예를 들었다.

**ABSTRACT** : The greenhouse discrete optimum design program was developed using discrete optimum algorithm based on the genetic algorithm. The basic search method for the optimum design is the genetic algorithm, which is known to be very efficient for discrete optimization.

In this paper, the objective function was the weight of the greenhouse structures and the constraints were the limits state design method. The design variables were galvanized steel pipes for plastic housing KSD 3760.

Objective criteria were presented for the design of economic greenhouse structure and evaluation of its stability.

The standardizations of greenhouse structure were used, as well as the normalization of greenhouse-related materials. Design examples were given to show the applicability of the optimum design using the discrete optimum algorithm based on the genetic algorithm of this study.

**핵심용어** : 온실구조, 유전자알고리즘, 이산화 최적설계, 진화적 절차, 농업용 아연강판

**EYWORDS** : Greenhouse Structure, Genetic Algorithm, Discrete Optimum Design, Evolutionary Process, Galvanized Steel Pipes for Plastic Housing

### 1. 서론

공학설계에서 이상적인 구조물의 최적설계라 함은 주어진 제기능과 필요한 성능을 만족하고, 안전하고도 경제적인 구조물설계를 의미한다. 최근에는 컴퓨터 공학의 발달에 힘입어 대용량의 계산을 아주 짧은 시간과 적은 비용으로 수행 가능함에 따라 모든 설계 분야에 컴퓨터를 이용하는 최적설계 기법이 도입되고 있다.

최근 국내의 원예시설은 원예농산물의 안정적인 생산과 공급을 위하여 급속한 발전이 이루어지고 있으나, 온실구조는 해마다 강풍이나 적설 등으로 인한 파손으로 막대한 경제적 손실을 입고 있다. 1990년대 초반 온실의 구조안전과 구조

설계기준설정, 자재의 규격화 및 표준화에 관한 연구가 일부 수행된바 있다.(이현우, 1991; 이석건, 1995) 그러나 적합한 구조안전기준과 구조물로서의 공학적 설계 및 유지관리에 대한 관심이 부족하여 연구가 미비한 실정이다.

따라서, 온실구조의 안전성이나 경제적인 설계에 관한 객관적인 평가기준과 온실용 전용자재의 규격화를 위한 많은 연구가 필요하다. 본 연구에서는 이러한 연구의 기반이 되는 신뢰성과 범용성이 좋으며, 설계변수로서 이산화 된 코드를 사용하므로 조합최적화 문제에 적용이 매우 용이한 유전자 알고리즘 (genetic algorithm, 이하 GA)을 이용한다.

단동 및 연동 온실구조의 제약조건식으로는 한계상태설계기준으로 하며, 온실구조에 대하여 이산화 최적설계문제를

- 1) 교신저자, 정회원, 영진전문대학 건축디자인계열 전임강사  
(T. 053-940-5328, F. 053-940-5345, E-mail: pcw2379@yjc.ac.kr)
- 2) 정회원, 영진전문대학 건축디자인계열 부교수
- 3) 경북대학교 농토목공학과 부교수
- 4) 경북대학교 농토목공학과 교수

본 논문에 대한 토의를 2007년 10월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

GA를 이용하여 체계화 하였다. 온실구조 설계용 최적화 알고리즘 및 프로그램을 개발하고, 설계 예를 들어 비교·고찰하고자한다.

## 2. GA에 의한 이산화최적설계기법

GA는 설계변수의 실수값을 표현하기 위한 염색체(chromosome)로서 이진벡터를 사용하여, 0과 1의 문자열(string) 형태로 구성하므로써 마치 염색체에 유전인자가 나열되어 있는 것과 같은 형태를 갖추기 때문에 교배와 돌연변이가 가능하게 되며, 결국 이와 같은 문자열은 집단을 이루는 하나의 개체이자 설계공간내의 설계점들로 작용하는 것으로 그림 1은 GA의 기본 흐름도 이다. 본 연구에서는 설계변수의 정보가 들어가 있는 이산자료를 database화하여 가능해집합을 이진수로 코드화 작업(encoding)을 통해 요구되는 수만큼의 문자열, 즉 개체들로 이루어진 하나의 집단을 생성하였다.

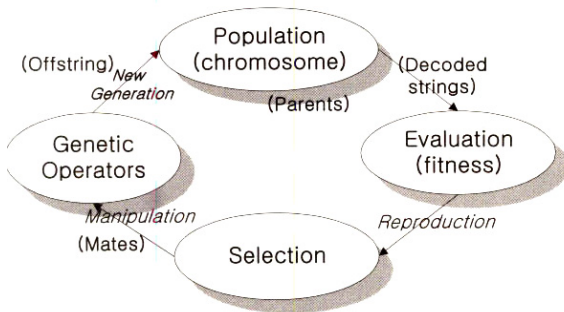


그림 1. GAs의 기본 흐름도

### 2.1 GA의 적용절차

그림 2는 GA의 적용 방법을 도시화한 것으로 본 연구의 GA는 초기화 절차와 진화적 절차 및 유전적 절차등 세 가지의 절차로 구성된다. 그림 2의 초기화 작업에서 GA는 임의의 난수를 발생시켜 한 세대의 개체 수만큼의 염색체를 생성해 내어야 한다.

GA는 해의 범위가 미리 정해져 있을 경우 이를 표현할 수 있는 비트수만큼 이진수를 할당하여 최적해를 찾을 수 있고, 구조물의 종류에 따라 염색체를 새롭게 구성하여야한다. 따라서 그림 2의 전체 흐름도에서 그림 3과 같이 본 연구에서 초기화단계 및 진화적 절차 단계의 단면데이터의 부호화(encoding) 그리고 실제수치(decoding)로 변환가능하므로써 각 비트의 역할에 따라 각각 독립적으로 처리하는 개선된 GA를 제시하였다.

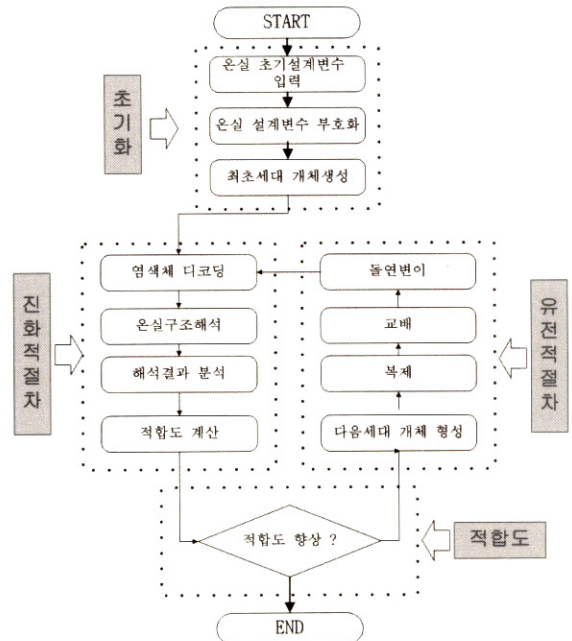


그림 2. 유전자 알고리즘 적용 흐름도

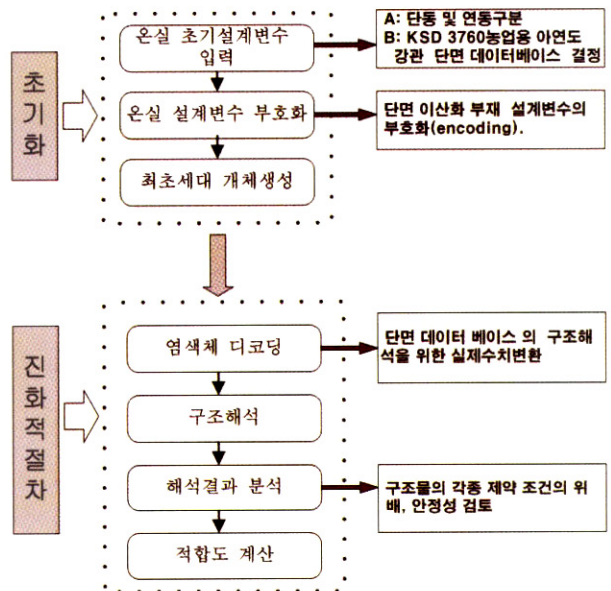
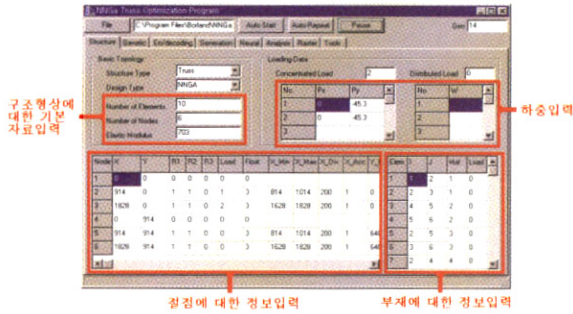


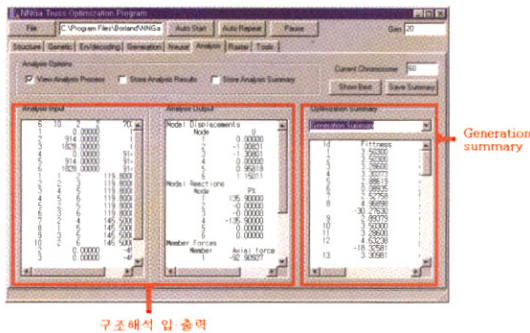
그림 3. 유전자알고리즘의 초기화와 진화적 절차

이렇게 생성된 염색체들은 진화적 절차에 전달되며 디코딩(decoding) 수치화 작업을 통하여 실제 설계 변수에 사용될 수치로 변환되며, 얻어진 설계 변수들을 사용하여 구조 해석을 수행한다. 진화적 절차는 구조 해석의 결과를 분석하여 염색체의 적합도를 계산하며 계산된 적합도를 유전적 절차에 전달한다. 유전적 절차에서는 GA의 연산자인 복제와 교배 및 돌연변이 등을 통하여 다음 세대의 유전자를 생성하게 되며 다시 진화적 절차에 전달한다. 본 연구에서 교배는 일점 교배 방법을, 복제는 룰렛 휠 선택 방법을 사용하였다. 그림 4(a)~(c)는 본 연구에서 개발한 구조해석과 단면최적설계를

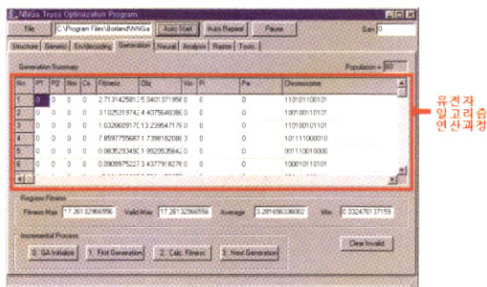
동시에 수행할 수 있는 이산화 최적설계 프로그램의 초기화면 및 각 절차의 실행 과정 화면이다.



(a) 유한요소 모델의 기본입력

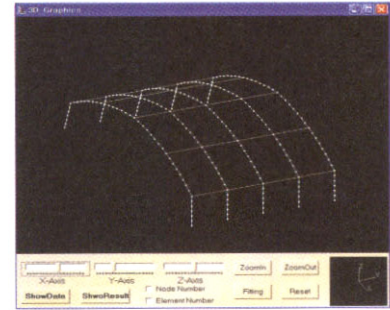
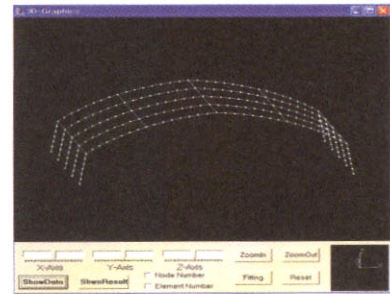


(b) 구조해석과정

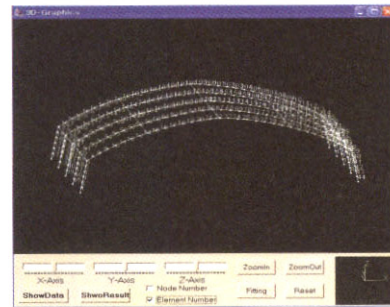


(c) 유전자 알고리즘 절차에 따른 연산과정  
그림 4. 유전자 알고리즘을 이용한 최적설계과정

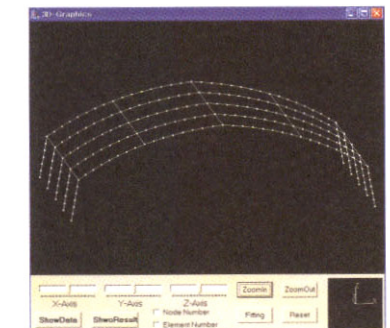
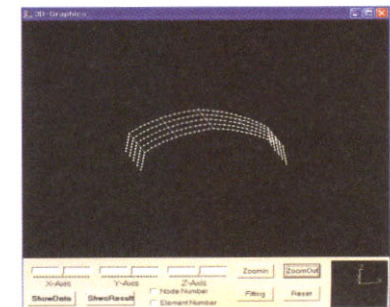
그림 5(a)~(c)는 본 연구에서 개발된 Pre-Post Processor를 나타내며, 다음과 같은 2가지영역으로 구성된다. 첫 번째는 구조물 형상 Display영역으로서 구조물의 형상을 입체 및 평면 그리고 절점 및 부재번호생성기능으로 화면에 Display하는 기능을 가지고 있다. 두 번째는 구조물의 형상을 여러 각도에서 확인하고 입력 데이터가 정확한지를 검사할 수 있도록 구조물의 회전, 확대 및 축소, 이동을 마우스조작으로 손쉽게 사용할 수 있는 사용자 도구를 제공하고 있다.



(a) 구조물의 회전 기능



(b) 구조물의 절점 및 부재번호생성 기능



(c) 구조물의 축소/확대 기능

그림 5. Pre-Post Process

### 3. 최적화 문제의 적합도 표현

GA의 적합도는 다음 세대를 복제할 때 가중치로 사용되기 때문에 양의 적합도로 표현되어야 한다. 본 연구에서 GA를 이용한 최적설계의 수행에 사용된 적합도는 목적함수의 역수를 기본적으로 사용하였으며 이때 목적함수가 1 미만의 수치로 표현되는 것을 방지하기 위하여 식(1)과 같이 최대 목적함수 값과의 비를 적합도로 표현하였다.

$$Fitness = \frac{Object_{Max}}{Object_{Sum}} \quad (1)$$

$$Object_{Max} = \sum_{i=1}^{NEL} A_{max} \times L_i \quad (1.1)$$

$$Object_{Sum} = \sum_{i=1}^{NEL} A_i \times L_i \quad (1.2)$$

여기서,  $A_{max}$  : 검색에 사용되는 단면 데이터 베이스의 단면적중 가장 큰 값

$A_i$  :  $i$  번째 부재의 단면적

본 연구에서는 목적 함수에 벌칙 함수를 더하여 목적 함수를 수정하는 것으로 제약식을 위반하는 경우 위반된 제약식을 기준으로 만들어진 벌칙 함수가 더해진다. 사용되는 벌칙 함수는 식(2)와 같이 구성되어 있으며 이때 사용되는 벌칙함수 변수는 (Kavilie, Moe, 1971)가 추천한 식(3)을 사용하였다.

$$P(X) = \alpha \sum_{i=1}^m \frac{1}{G_i(X)} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\Phi_i}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{G_i(X)}} \quad (3)$$

여기서,  $P(X)$  : 벌칙함수,  $m$ : 제약 조건수

$\Phi_i$  : 제약조건  $i$  에 대한 페널티 값

### 4. 목적함수식 및 제약조건식

최적화를 위한 목적함수로 전체구조물이 최소중량의 설계가 되도록 강재의 중량함수를 사용하였으며 다음 식(4)와 같이 정의 된다.

$$Minimize : F(X)$$

$$F(X) = \sum_{i=1}^n \rho A_i L_i \quad (4)$$

여기서,

$F(X)$  : 목적함수

$X$  : 설계변수

$n$  : 구조물의 부재수

$A_i$  :  $i$  번째 부재의 단면적

$L_i$  :  $i$  번째 부재의 길이

$\rho$  : 강재의 단위중량

한계상태설계기준(1998)을 기준으로 하여 인장 및 압축응력도, 휨-인장 및 휨-압축응력도, 세장비, 환경 두께비, 변위 등에 대한 제약식은 다음과 같다.

#### 4.1 응력제약 조건식

$$\Phi_t (P_n)_i > (P_u)_i \quad (5.1)$$

$$\Phi_c (P_n)_i > (P_u)_i \quad (5.2)$$

여기서,

$\Phi_t$  : 인장저항계수(0.9)

$\Phi_c$  : 압축저항계수(0.85)

$(P_u)_i$  :  $i$  번째 부재의 설계강도

$(P_n)_i$  :  $i$  번째 부재의 공칭강도

(인장)일때 :  $P_n = A_g F_y$

(압축)일때 :  $P_n = A_g F_{cr}$

$A_g$  : 부재의 총단면적

$F_y$  : 항복강도

( $\lambda_c \leq 1.5$ )일때 :  $F_{cr} = (0.65^{\lambda_c^2}) F_y$

( $\lambda_c > 1.5$ )일때 :  $F_{cr} = \left( \frac{-0.85}{\lambda_c^2} \right) F_y$

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E_s}}$$

#### 4.2 조합력 제약조건식

$\left( \frac{P_u}{\Phi P_n} \geq 0.2 \right)$ 인 경우 :

$$\frac{(P_u)_i}{\Phi(P_n)_i} + \frac{8}{9} \left[ \frac{(M_{ux})_i}{\Phi_b(M_{nx})_i} \right] \leq 1.0 \quad (6)$$

$$\left(\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2\right) \text{인 경우 :}$$

$$\frac{(P_u)_i}{2\phi(P_n)_i} + \left[\frac{(M_{ux})_i}{\phi_b(M_{nx})_i}\right] \leq 1.0 \quad (7)$$

여기서,

$\phi_b$  : 휨 저항 계수(0.9)

$(M_u)_i$  :  $i$  번째 부재의 소요휨강도

$(M_n)_i$  :  $i$  번째 부재의 공칭휨강도

### 4.3 관경 두께비 제약조건식

$$\text{(압축재)인 경우 : } \frac{240}{F_y} > \frac{D_i}{t_i} \quad (8)$$

여기서,

$D_i$  :  $i$  번째 원형강관의 직경

$t_i$  :  $i$  번째 원형강관의 두께

### 4.4 세장비 제약조건식

$$200 - \frac{KL}{r} > 0 \quad (9)$$

여기서,  $r$  : 좌굴축에 대한 단면2차반경

### 4.5 변위 제약조건식

$$\delta_{\max} - \frac{L}{100} \leq 0 \quad (10)$$

$$\delta_x - \frac{H}{60} \leq 0 \quad (11)$$

여기서,

$\delta_{\max}$  : 서까래 최대수직변위

$\delta_x$  : 기둥 최대수평변위

$L$  : 구조물의 길이

$H$  : 기둥높이

## 5. 최적설계 예 및 결과고찰

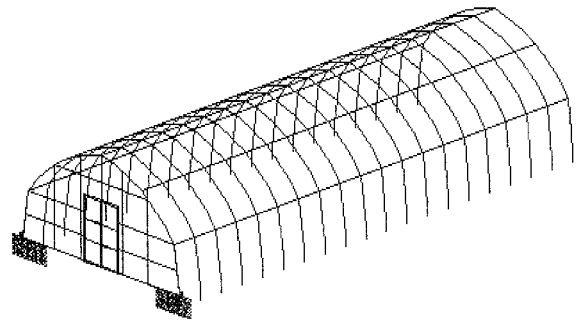
본 장에서는 단동 및 연동온실 구조물의 두 가지 예제를 통하여 본 연구에서 제시한 GA 이산화 최적설계기법을 이용하여 온실의 구조해석과 단면 이산화 최적설계를 일괄적으로 수행하여 그 결과를 비교, 고찰하고자한다.

### 5.1. 단동온실의 이산화최적설계

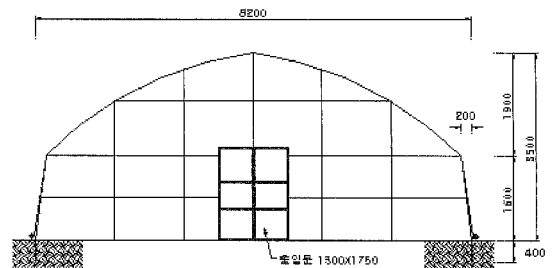
그림 6과 같은 단동온실구조에 대하여 GA를 이용한 이산화 최적 설계를 수행하기 위해 구조해석과 설계에 적용되는 단면은 표 5와 같은 실제 공장에서 제작되는 상용제품인 KSD 3760 농업용 아연도 강관에 대한 단면 성질을 사용하여 최적설계를 수행하였다. 온실구조의 중량을 목적 함수로 사용하였고, 제약 조건으로는 한계상태설계기준을 근거로 하였다. 하중조건은 표 4와 같다. 염색체길이 및 설계공간은 ( $2^6 = 64$ )으로 표 6에 나타내었다. 교배확률과 돌연변이확률 매개변수는 각각 0.5와 0.025를 사용하였으며, 설계집단은 60, 최대세대수는 3000번으로 하였다.

표 1. 강재의 기계적 성질

부재의 항복강도 $F_y$ ( $t/cm^2$ )	탄성계수 $E$ ( $t/cm^2$ )	단위중량 $\rho$ ( $t/cm^3$ )
2.4	1700	$7.85 \times 10^{-6}$



(a) 3D 단동온실구조



(b) 2D 단동온실구조

그림 6. 단동온실구조

단동온실구조에 작용하는 풍하중은 다음 식(12)과 같다.

$$W_v = c \times q \times \alpha \times \beta \quad (kg/m^2) \quad (12)$$

여기서,  $c$  : 풍력계수,

$\alpha$  : 지형이나 시설의 배치에 따른 할증계수,  
 $\beta$  : 차폐물이 있는 경우의 절감계수,  
 $q$  : 속도압(kg/m<sup>2</sup>)이다.

할증계수  $\alpha$ 와 절감계수  $\beta$ 는 무시하였고, 풍력계수  $c$ 는 그림 7과 같다. 속도압은 다음 식(13)으로 구한다.

$$q = 0.0197v^2\sqrt{h} \quad (13)$$

여기서,  $v$  : 설계용 풍속(m/s)

$h$  : 원예시설 각 부의 지표면으로부터의 높이(m)  
 로서, 본 연구에서는 처마높이와 지붕높이의 평균값으로 하였다.

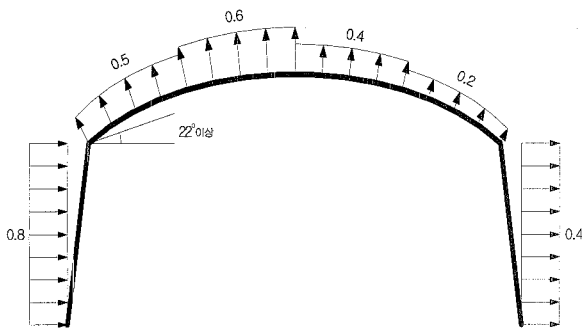


그림 7. 풍력계수 분포도

단동온실 구조의 지붕위에 작용하는 적설하중은 다음 식 (14)으로 구한다.

$$Ws = \rho \times D \times \alpha \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad (14)$$

여기서,  $\rho$  : 적설의 단위체적중량(kg/cm<sup>3</sup>·m<sup>3</sup>),

$D$  : 설계용 적설심(cm),

$\alpha$  : 지붕경사 및 피복재의 종류에 따른 절감계수이다.

적설의 단위체적중량은 수평면에 대한 중량을 의미하며, 적설심별 중량은 표 2를 기준으로 하고, 지붕경사에 따른 절감계수는 표 3을 기준으로 하였다. 적설하중의 분포형태는 그림 8과 같다.

표 2. 적설의 단위체적중량

적설심(cm)	50 이하	100 이하	200 이하	400 이하
단위체적중량(kg/cm <sup>3</sup> ·m <sup>3</sup> )	1.0	1.5	2.2	3.5

표 3. 지붕경사에 따른 적설하중의 절감계수

지붕경사	절감계수
10°~20°	0.9
20°~30°	0.75
30°~40°	0.5
40°~60°	0.25
60°이상	0

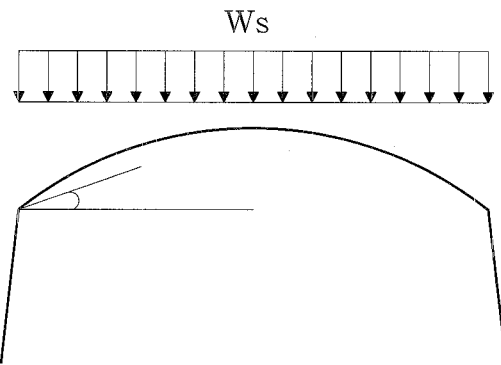


그림 8. 적설하중 분포도

표 4. 단동온실구조의 하중조건

설계풍속(m/s)	설계 적설심(cm)	서까래 간격(cm)
30	20	60

표 5. 농업용 아연도강관 데이터베이스

치수	단면적 (cm <sup>2</sup> )	단면2차 모멘트 (cm <sup>4</sup> )	단면 계수 (cm <sup>3</sup> )	단면2차 반경 (cm)
φ-15.9×1.0	0.468	0.130	0.164	0.528
φ-15.9×1.2	0.554	0.151	0.190	0.521
φ-15.9×1.4	0.638	0.169	0.213	0.515
}	}	}	}	}
φ-50.8×1.6	2.473	7.491	2.949	1.740
φ-50.8×1.7	2.622	7.912	3.115	1.737
φ-50.8×2.0	3.066	9.143	3.600	1.727

표 6. 단동온실의 이산 최적설계 유전자길이

부재그룹	설계공간	유전자 길이 (bit)
1	47	6

GA에서 염색체의 생존 확률 계산의 기준이 되는 매우 중요한 요소가 적합도이며, 본 연구에서는 목적함수의 역수를 기본적으로 사용하였으며 이때 목적함수가 1.0 미만의 수치

로 표현되는 것을 방지하기 위하여 식 (1)과 같이 최대 목적 함수 값과의 비를 적합도로 사용하였다.

이산 최적설계를 수행한 결과는 표 7과 같으며 변위제약 유·무에 따른 단동온실구조의 이산최적설계결과를 보면 풍하중에 비해 설하중시 결정된 단면이 최종결정단면으로 설하중에 의한 설계가 더 지배적임을 알 수 있었다.

적합도의 과정과 세대증가에 따른 기둥수평최대변위의 과정은 각각 그림 9, 그림 10에 나타나 있다.

표 7. 변위제약에 따른 단동온실구조의 이산최적설계 결과

CASE		부재력 (tf-cm)	size(mm)	단면적 (cm <sup>2</sup> )	목적함수 (tf)
변위 고려	설하중	2.635	φ-38.1×1.7	1.944	0.0189
	풍하중	2.531	φ-38.1×1.5	1.724	0.0168
	결정 단면(mm)	φ-38.1×1.7			
변위 미고려	설하중	2.635	φ-31.8×1.4	1.337	0.0130
	풍하중	2.531	φ-31.8×1.2	1.154	0.0112
	결정 단면(mm)	φ-31.8×1.4			

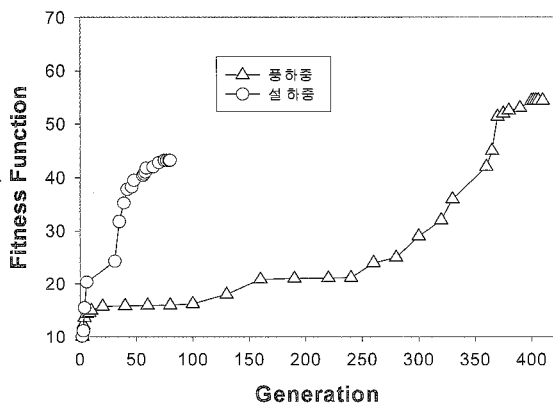


그림 9. 변위를 고려한 단동온실구조의 적합도 함수변화

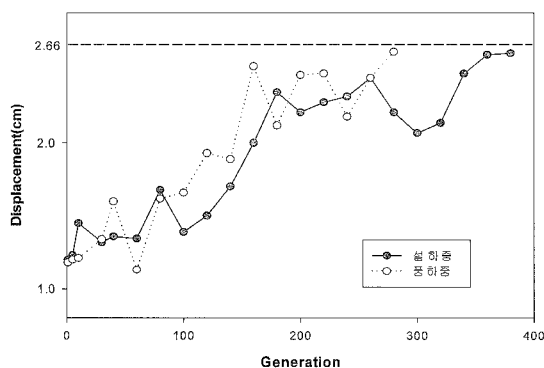


그림10. 변위를 고려한 세대증가에 따른 기둥 최대수평변위의 변화

그림 9에서 최적치 검색이 각각 82 와 400 세대 발생되었으며 이후세대가 증가되어도 종료될 때까지 더 이상의 적합도가 증가가 없는데 이는 설계공간에서 효율적으로 최적해가 검색됨을 간접적으로 증명하는 것이다.

또한 그림 10을 보면 세대의 증가에 따른 풍하중 및 설하중 재하시 기둥최대수평변위제약에 만족하면서 최적치를 검색함을 확인할 수 있었다.

## 5.2 연동온실의 이산최적설계

그림 11과 같은 연동 온실구조에 대하여 GA를 이용한 이산화 최적 설계를 수행하기 위해 구조해석과 설계에 적용되는 단면은 표 5와 같은 실제 공장에서 제작되는 상용제품인 KSD 3760 농업용 이연도 강관에 대한 단면 성질을 사용하여 최적설계를 수행하였다. 온실구조의 중량을 목적 함수로 사용하였고, 제약 조건으로는 한계상태설계기준을 근거로 하였다. 하중조건은 표 8과 같다. 염색체길이 및 설계공간은 ( $2^6 = 64$ )으로 표 9에 나타내었다. 교배확률과 돌연변이확률 매개변수는 각각 0.5와 0.025를 사용하였으며, 설계집단은 60, 최대세대수는 3000번으로 하였다.

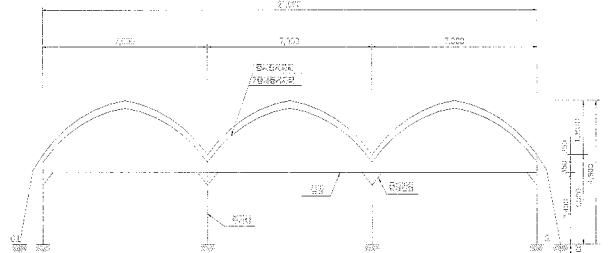


그림 11. 평면 연동온실구조

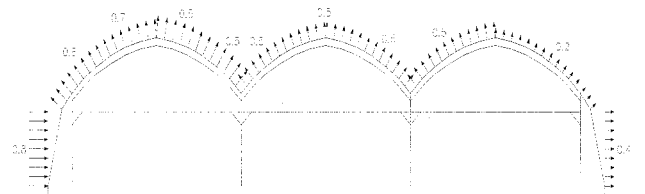


그림 12. 연동온실 풍력계수 분포도

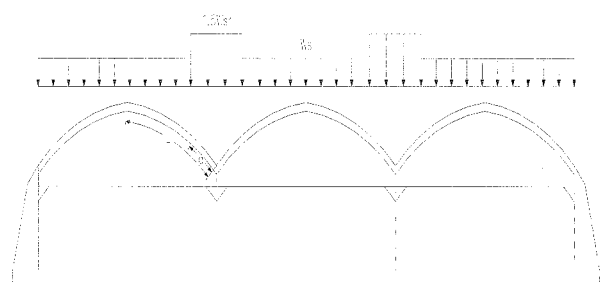


그림 13. 적설하중 분포도

표 8. 연동온실구조의 하중조건

설계풍속(m/s)	설계 적설심(cm)	서까래 간격(cm)
35	25	200

표 9. 연동온실의 이산 최적설계 유전자길이

부재그룹	설계공간	유전자 길이 (bit)
1	47	6

본 연구에서는 단동온실인 경우와 같이 목적함수의 역수를 기본적으로 사용하였으며 이때 목적함수가 1.0 미만의 수치로 표현되는 것을 방지하기 위하여 식 (1)과 같이 최대 목적함수 값과의 비를 적합도로 표현하였다.

이산 최적설계를 수행한 결과는 표 10과 같으며, 여기서 연동온실의 이산최적설계결과는 표준도면에 비해 경제적인설계가 됨을 알 수 있었고, 설하중에 비해 풍하중에 의한 결정 단면이 대부분 최종결정단면으로 풍하중이 지배적 하중임을 또한 알 수 있었다.

적합도의 과정과 세대증가에 따른 기둥수평최대변위의 과정은 각각 그림 14, 그림 15에 나타나 있다.

표 10. 연동온실구조의 이산최적설계 결과

CASE	size(mm)		
	표준도면	이산최적결과	
설하중	1중서까래	$\phi$ -48.1×2.1	$\phi$ -28.6×1.0
	2중서까래	$\phi$ -25.4×1.2	$\phi$ -15.9×1.2
	기둥	$\phi$ -48.1×2.1	$\phi$ -38.1×1.4
	중방	$\phi$ -48.1×2.1	$\phi$ -38.1×1.4
	중방받침	$\phi$ -33.5×2.1	$\phi$ -25.4×1.4
풍하중	1중서까래	$\phi$ -48.1×2.1	$\phi$ -48.1×1.4
	2중서까래	$\phi$ -25.4×1.2	$\phi$ -15.9×1.2
	기둥	$\phi$ -48.1×2.1	$\phi$ -48.1×1.5
	중방	$\phi$ -48.1×2.1	$\phi$ -48.1×1.5
	중방받침	$\phi$ -33.5×2.1	$\phi$ -25.4×1.4
최종 결정 단면	1중서까래	$\phi$ -48.1×1.4	
	2중서까래	$\phi$ -15.9×1.2	
	기둥	$\phi$ -48.1×1.5	
	중방	$\phi$ -48.1×1.5	
	중방받침	$\phi$ -25.4×1.4	

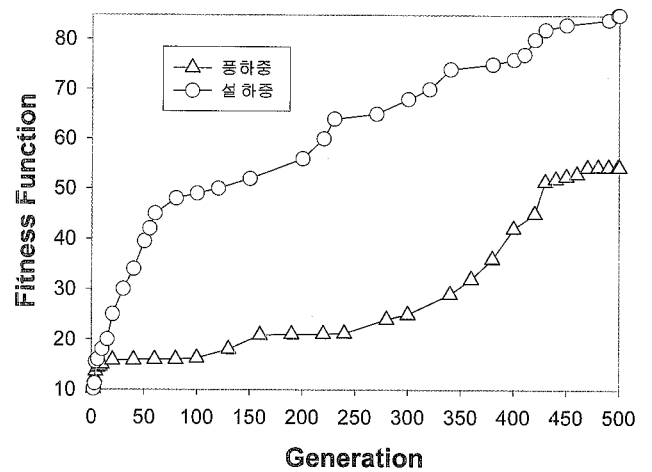


그림 14. 연동온실구조의 적합도 함수변화

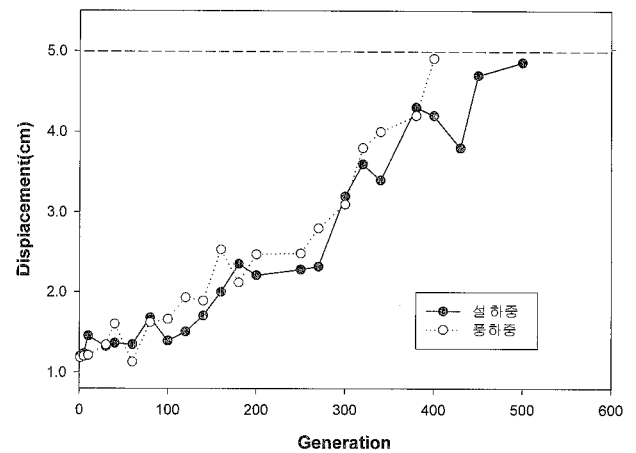


그림 15. 범위를 고려한 세대증가에 따른 기둥 최대수평변위의 변화

본 연구에서 단동 및 연동 온실구조의 이산최적설계문제를 유전자알고리즘을 이용하여 한계상태설계기준을 근거로 하여 구조해석과 이산최적설계를 동시에 고려할 수 있음을 그림 9, 그림 14와 표 7, 표10에서 알 수 있었다.

그림 14에서 최적치 검색이 500세대 발생되었으며 이후세대가 증가되어도 종료될 때까지 더 이상의 적합도가 증가가 없는데 이는 설계공간에서 효율적으로 최적해가 검색됨을 간접적으로 증명하는 것이다.

그림 15을 보면 세대의 증가에 따른 풍하중 및 설하중 재하시 기둥최대수평변위제한에 만족하면서 최적치를 검색함을 확인할 수 있었다.

이상의 설계 예에서 본 연구의 온실구조용 이산최적설계알고리즘에서 경제적인 최적설계가 가능함을 보였고, 다양한 최적설계정보를 얻는데 효과적임을 알 수 있었다.



## 6. 결론

본 연구에서는 GA 알고리즘을 이용하여 단동 및 연동 온실 구조해석과 이산최적설계가 동시에 일괄적으로 수행할 수 있는 온실구조최적설계용 알고리즘 및 프로그램을 개발하였다. 제시한 프로그램의 사용성을 확인하기 위하여 한계상태설계기준을 제약조건식으로 하고, 목적함수는 구조물의 중량으로 하여 단동 및 연동온실에 대하여 이산최적설계 예를 수행한 결과는 다음과 같다.

- (1) 본 연구는 기존연구에서 다루기 힘든 농업용 아연강관 이산형 변수를 고려하여 단동 및 연동온실구조의 최적설계를 효과적으로 수행할 수 있는 알고리즘을 제시하고, 구조해석과 이산화 최적화를 동시에 수행할 수 있는 최적설계 프로그램을 개발하였다.
- (2) 본 연구의 설계 예에서 단동온실구조는 설하중, 연동온실구조에서는 풍하중이 지배적임을 알 수 있었고, 연동온실구조에서는 표준설계 보다 더 경제적임을 알 수 있었다. 이는 다양한 설계기준을 근거로 온실구조의 최적화가 보다 신속하게 실제구조물의 거동에 근접하는 최적설계가 됨을 알 수 있다.
- (3) 설계자의 경험에 의한 온실구조설계보다 초기설계단계에서 구조물의 형상에 대한 선택을 도울 수 있을 뿐만 아니라 공학적인 다양성과 제약 조건 등을 취급하는데 아주 유연하게 대처할 수 있음을 설계 예에서 알 수 있었다.
- (4) 향후 본 연구에서는 다양한 하중조합과 지역별, 계절별 하중 기준에 대한 연구를 바탕으로 최적설계연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림부 2004년 농림기술개발 협동연구과제 (104022-03-2-HD110)지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

이현우(1991), 아치형 하우스의 풍력계수 분포에 관한 연구, 박사학위논문, 경북대학교  
 이석진, 이현우(1995), 원예시설의 구조안전기준에 관한연구, 연구보고서, 농어촌진흥공사.  
 대한건축학회(1998), 강구조 한계상태 설계기준 및 해설, 기문당.  
 문창훈, 한상울(1998), 트러스 구조물의 형태해석에 유전자알고리즘

의 응용, 1998년도 한국전산구조공학회 봄학술 발표회논문집, pp. 101-109.  
 박춘욱, 조인기, 강문명(2000), 유전자 알고리즘에 의한 철골 연속보의 위상 및 이산화 최적설계, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 제16권, 제8호, pp. 3-10.  
 박춘욱(2001), 개선된 유전자 알고리즘에 의한 입체트러스의 단면 및 형상 이산화 최적설계, 박사학위논문, 경북대학교.  
 양영순, 김기화(2002), 실수형 Genetic Algorithms에 의한 최적설계, 한국전산구조공학회 논문집, 제8권, 제2호, pp. 123-132.  
 김명선(2003), 퍼지-유전자 알고리즘에 의한 트러스의 형상 이산화 최적설계, 박사학위논문, 경북대학교.  
 Reinschmidt, K. F.(1971), Discrete Structural Optimization, *Journal of the Structural Division, ASCE*, Vol. 97, No. ST1, pp. 133-156.  
 Kavlie, D., and Moe(1971), Automated Design of Frame Structures, *Journal of the Structural Division, ASCE*, Vol. 97, No. ST1., pp.33-62.  
 Liebman, J. S., Khachaturian, N., and Chanaratna, V.(1981), Discrete Structural Optimization, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, Vol. 107, No. ST11., pp. 2177-2197.  
 Goldberg, D. E.(1989), Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison- Wesley Publishing Co.  
 Kirsh, U.(1990), Optimal Topology in Optimum Structural Design, *Journal of the Structural Optimization, Vol. 2*, pp.133-142  
 Jenkins, W. M.(1991), Towards Structural Optimization via The Genetic Algorithm, *Journal Of Computers & Structures, Vol. 40, No. 5*, pp.1321-1327.  
 Rajeev, S., and Krishnamoorthy, C. S.(1992), Discrete Optimization of Structures Using Genetic Algorithm, *Journal of Structural Division, ASCE*, Vol. 118, No. 5, pp. 1233-1250  
 Arora, J. S., and Huang, M. W.(1996), Discrete Structural Optimization with Commercially Available Sections, *Journal Of Structural Division, ASCE*, Vol. 13, No. 2, pp.93-110.  
 Rajeev, S., and Krishnamoorthy, C. S.(1997), Genetic Algorithms -Based Methodologies For Design Optimization Of Trusses, *Journal Of Structural Engineering, March*, pp. 350-358.  
 Park, C. W. and B.Y. Youh, M.M. Kang.(2000), Sizing and Topology Optimum Design of Truss Structures Using Genetic Algorithms, *Shell and Spatial Structures, Vol 2*, pp. 843-850.  
 (접수일자 : 2007. 1. 10 / 심사일 2007. 1. 31 / 심사완료일 2007. 3. 27)