

유전자 알고리즘을 이용한 2차원 강구조물의 최적설계

김봉익* · 권중현*

*경상대학교 토목환경공학부 해양산업연구소

Optimum Design of Two-Dimensional Steel Structures Using Genetic Algorithms

BONG-IK KIM* AND JUNG-HYUN KWON*

*Division of Civil and Environmental Engineering, Gyeongsang University, Tongyeong, Korea

KEY WORDS: Discrete optimization 이산최적화, Truss 트러스, Frame 프레임, Genetic algorithms 유전자 알고리즘

ABSTRACT: The design variables for structural systems, in most practical designs, are chosen from a list of discrete values, which are commercially available sizing. This paper presents the application of Genetic Algorithms for determining the optimum design for two-dimensional structures with discrete and pseudocontinuous design variables. Genetic Algorithms are heuristic search algorithms and are effective tools for finding global solutions for discrete optimization. In this paper, Genetic Algorithms are used as the method of Elitism and penalty parameters, in order to improve fitness in the reproduction process. Examples in this paper include: 10 bar planar truss and 1 bay 8-story frame. Truss with discrete and pseudocontinuous design variables and steel frame with W-sections are used for the design of discrete optimization.

1. 서 론

구조물의 최적설계는 설계될 구조물의 특성에 따라 설계변수의 선택이 중요한 요소가 된다. 구조물 최적설계는 설계변수의 사용성에 따라 연속된 값인 연속변수를 사용하는 경우와 이산 값인 이산변수를 사용하는 경우로 나눌 수 있으나, 설계의 대상에 따라 연속변수와 이산변수를 혼용하여 사용하는 경우도 있다. 이와 같이 구조물 설계시에 설계변수의 선택의 중요성은 구조물의 설계에 가장 경제적인 설계값을 얻고자 하는 것이다. 일반적으로 구조물의 설계는 경제적인 측면에서 규격화된 부재를 사용하는 것이 현실적으로 타당하다. 규격화된 부재는 대량생산이 가능하여 경제성과 편이성을 가지는 이점이 있다. 특히 최근에는 구조물의 대형화에 따라 구조물 설계시에 설계변수의 증가가 예상되며, 이 경우 연속변수를 사용하여 최적설계에는 많은 어려움 따른다. 이러한 이유로 구조물 최적설계는 경제적인 면을 고려하여 규격부재를 사용하여 설계하는 것이 바람직하며, 이와같은 부재를 사용하여 구조물을 사용할때는 이산변수를 사용해야 한다(Jenkins, 1992; Rajeev and Krishnamoorthy, 1992; Kirsch, 1997; 김봉익, 1999; 김봉익 등, 2002; 김봉익 등, 2003). 이와같이 이산변수를 사용하는 모든 문제는 이산최적화 문제(Discrete optimization)가 된다. 구조물의 이산최적화문제는 2가지의 최적화방법을 사용하고 있다(Yadava and Gurujee, 1997). 첫째로, 구조물 설계시 설계변수를 우선 연속변수로 취급

하여 모든 제약조건을 만족하는 연속해를 구한다. 다음으로 구해진 연속해를 바탕으로 이산자료 중에서 연속해에 가장 가까운 설계값을 선택한 후 선택된 자료를 구조물의 설계에 사용하는 방법이다. 이 설계방법은 가장 많이 사용되었던 설계방법이지만, 연속변수를 사용하여 얻어진 연속해가 항상 최상의 설계값을 가진다는 보장이 없다는 단점이 있다. 결국 이 설계방법은 초기설계를 달리하는 여러개의 연속해들 중 가장 적절한 연속해를 선택해야하는 번거로움이 발생한다. 둘째로, 구조물 설계시 설계변수는 이산변수를 사용한다. 이 설계방법은 주어진 이산설계공간에서 직접탐색을 통하여 설계에 필요한 이산해(설계값)를 바로 찾아 가는 것이다. 이방법의 가장 두드러진 특징은 구해진 설계값을 바로 구조물설계에 사용할 수 있는 점이다. 그러나, 이 방법은 여러 가지의 이산최적화방법 중에서 문제의 해결에 가장 적절한 최적화 방법을 선택해야하는 어려움이 있으며, 또한 구조물 설계시 전설계공간에서 항상 최상의 이산해를 찾는다는 보장을 할 수 없는 점들이 단점이라 할 수 있다.

본 연구에서는 구조물 설계시에 현실적이고 경제적인 측면을 고려하여 규격부재를 사용하여 설계하였으며, 설계시에 이산변수를 사용한 2차원 구조물의 이산최적화문제를 다루고자 한다. 이산최적화문제에서 이산값을 구하는 방법에는 Branch and bound, Simulated annealing등이 있다(Kocer and Arora, 2001). 이러한 이산최적화 방법들은 이산변수의 수가 적을 경우 신뢰성 있는 이산해를 찾을 수 있으나 구조물의 대형화에 따라 상대적으로 이산변수의 수가 증가 할 경우에는 전설계공간에서 최상의 이산해를 찾는다는 많은 어려움이 있다. 이런 이유로 본 연구에서는 이산최적화문제에서 최적화방법으로는 이산변수의 수에도

교신저자 김봉익: 경상남도 통영시 인평동 445
055)640-3154 bikim@gnu.ac.kr

제한을 받지 않고, 최적설계를 위한 초기 설계값도 요구되지 않으며, 제약조건에 대한 Gradient등이 요구되지 않는 유전자 알고리즘(Genetic algorithms)을 사용하였다. 유전자 알고리즘은 확률론적 접근방식에 근거하여 주로 전공간 탐색에 효과적으로 사용되는 검색방법이다. 최근에는 다양한 분야의 공학에 폭넓게 사용되고 있으며, 구조물의 설계에도 유전자 알고리즘을 이용한 많은 연구들이 발표되었다(Goldberg, 1989; Camp, Pezeshk and Cao, 1997; Chan, 1992; Jenkins, 1992; Kocer and Arora, 1997). 본 연구에서는 유전자 알고리즘의 번식과정 중에서 Elitism방법과 제약조건 만족 여부에 따라 각 설계값에 가중치(Penalty)를 부여하여 설계집단의 적합도를 향상시키는 방법을 사용하였다. 2차원 구조물의 최적설계에는 10-Bar 트러스, 1-Bay 8-Story 프레임(Frame) 구조물이 예로 사용되었으며, 다른 여러 연구 결과와 비교한 후 제안된 방법의 우수성을 입증하였다.

2. 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘은 생물진화 과정을 수리 모델화시켜 문제를 해결하는 방법이다(Holland, 1975; Goldberg, 1989). 유전자 알고리즘은 이산설계변수를 사용하여 설계할 수 있으며, 제약조건 및 복잡하중에 대한 제약을 두지 않는다. 유전자 알고리즘은 초기 설계값이 요구되지 않으며, 함수의 미분가능성을 요구하지 않고 단지 함수의 값만 요구되므로 이산변수를 사용하는 최적화문제의 해결에는 매우 적합한 설계방법이라 할 수 있다. 이러한 이유로 Goldberg 등은 이산변수에 의한 구조물 설계에 유전자 알고리즘을 사용하였다. 또한 유전자 알고리즘은 일반적인 최적화 방법에서처럼 초기 설계값을 사용하지 않고 설계집단을 사용하므로 설계값이 한쪽으로 치우쳐서 나쁜 결과를 가져오는 현상을 다소 해소할 수 있다. 유전자 알고리즘은 설계집단을 사용하므로 현세대의 집단 내에서 적합성이 높은 설계가 다음 세대로 전달되며, 이들이 번식(Reproduction), 교차(Crossover), 돌연변이(Mutation)등의 과정을 거쳐 새로운 세대를 이루게 된다. 유전자 알고리즘이 최적설계를 위한 다른 탐색방법과 다른 점은 현 설계에서 개선된 설계로의 이동이 집단에서 집단으로 이루어진다는 점이며, 이러한 세대가 반복되면서 우수한 설계들로 구성되는 설계집단 중 가장 우수했던 설계가 최적의 해(설계)가 되는 것이다.

2.1 설계변수의 코드화

유전자 알고리즘은 설계변수 그 자체를 사용하지 않고 문자열(String)을 사용한다. 설계변수에 해당되는 각 문자열에는 이산설계변수의 값을 나타낼 수 있는 2진수(Binary numbers)가 사용된다. 다시 말해서, 10진수로 표현되는 설계변수는 코드 변환과정으로 2진수로 변환되고, 이 2진수로 구성된 설계집단에서 번식, 교차, 돌연변이 등의 과정들이 한 세대별로 이루어진다. 유전자 알고리즘에서는 2진수를 사용하기 때문에 이산변수 자료의 수에 대한 범위가 제한된다. 즉 2진수로 표현할 수 있는 이산자료의 수는 2^n 인 2, 4, 8, 16, ... 등인 수로 제한된다. 결국 이산자료의 수는 2, 4, 8, 16등과 같은 갯수의 자료 중에

서 선택 되어야 할 것이다.

2.2 번식

번식과정의 목적은 현 세대의 설계집단에서 다음세대의 설계집단으로 보다 나은 설계를 전달하기 위한 정보를 각 개체에 제공하는 과정이다. 다시 말해, 번식은 적합성이 좋은 개체는 선택될 기회가 많이 주어지고 반면에 적합성이 나쁜 개체는 선택될 기회가 적게 주어지도록 각 개체에 확률을 부여하고, 각각의 개체에 부여된 확률에 따라 각 개체들이 새로운 집단에서 새로운 개체들로 선택되는 과정을 말한다. 본 연구에서는 Elitism(Goldberg, 1989)을 사용하였으며, Elitism이란 현 세대에서 가장 우수한 하나의 개체만 다음세대에서 전달되며, 다음세대에 전달된 하나의 개체외에는 모두가 랜덤과정(Random processor)을 거쳐 새롭게 설계집단을 구성하도록 하는 과정이다. 본 연구에서는 번식과정에서 Elitism을 적용시켜 하나의 가장 우수한 개체가 다음세대에서는 2개의 개체가 되도록 배치하였으며, 이는 가장 우수한 개체가 보다 높은 확률로 번식을 빨리 하기 위한 방법이라 하겠다.

2.3 교차

교차는 현세대의 설계집단에서 하나의 2진 문자열의 일부를 깨고 다른 하나의 2진 문자열과 이미 깨어진 부분을 서로 교환 하므로 새로운 2진 문자열을 만드는 과정이다. 다시 말해, 교차는 번식의 과정 후 비교적 적합성이 우수한 개체들로 구성된 집단에서 인자를 서로 교환함으로써 이전 세대보다 나은 방향으로의 개체를 재구성하는 과정이다. 교차는 한 쌍의 2진 문자열 사이에서 이루어지며 각각의 2진 문자열들은 번식후 구성된 현 집단에서 무작위로 선택된다. 교차는 모든 개체에 대해 전부 이루어지는 것이 아니라 교차확률(Pc)에 따라 선택적으로 이루어진다. 교차의 방법에는 Uniform 교차, 1점 교차, 2점 교차등이 있으며, 본 연구에서는 2점 교차방법을 사용하였으며, 교차확률(Pc)에는 0.5를 사용하였다.

2.4 돌연변이

돌연변이는 국한된 한 설계집단 내에서 번식과정중 열성 개체만으로 이루어지는 것을 방지하기 위해 개체들 사이에 변화를 주는 매우 중요한 과정이며, 이 과정은 설계가 한쪽으로 치우치는 것을 방지하고 보다 나은 다른 설계를 찾을 수 있게 한다. 즉 돌연변이과정은 선택된 하나의 국지 최적설계에 머물지 않고 또 다른 국지 최적설계로 이동할 수 있게 하는 과정이다. 돌연변이는 한 집단내의 모든 2진 문자열의 전체 비트를 대상으로 하며, 각 비트에 대해 무작위 수와 돌연변이 확률을 비교하여 무작위수가 돌연변이 확률(Pm)보다 적은 경우 해당되는 비트가 반대값을 갖는 과정이다. 돌연변이 확률(Pm)에는 0.02를 사용하였다.

이산자료를 사용한 2차원 강구조물의 이산최적화에 대해 본 연구에서 제시된 유전자 알고리즘의 과정에 대해 지금까지를 정리하면 다음과 같다.

i) 번식과정에서 설계집단을 구성할 때 응력제약과 변위제약

조건이 만족되지 않는 설계는 큰 Penalty를 주어 설계집단에서 제외시키고 모든 설계제약조건이 만족되는 설계만으로 새로운 설계집단을 구성하였다.

- ii) 번식과정에서 Elitism의 방법을 사용하였으며, 하나의 가장 우수한 개체가 다음 세대에서 2개의 새로운 개체가 되도록 하였다.
- iii) 교차과정에서는 2점 교차 방식을 사용하였다. 교차확률로 0.5를 사용하였고, 돌연변이확률에 0.01을 사용하였다.

3. 구조물의 이산최적화 문제형성

일반적으로 구조물최적화에서 목적함수로는 주로 비용(Cost)을 사용하고 있으나, 경우에 따라서는 구조물의 총무게를 목적함수로 사용하기도 한다. 본 연구에서는 트러스 및 Frame 구조물의 최적설계는 강재만을 사용하였으며, 설계에 사용되는 재료의 총무게가 최소가 되게 설계하였다. 제약조건은 구조물에 대한 부재응력제약, 특정위치(절점)에서의 변위제약 및 부재단면적에 대한 제약조건 등이 적용되었다. 구조물의 이산최적화문제에 대한 목적 함수 W 및 제약조건식은 아래와 같다.

$$\text{Minimize } W = \sum_e \rho_e A_e L_e \tag{1}$$

subject to

$$\{\sigma\}^l \leq \{\sigma\} \leq \{\sigma\}^u \tag{2}$$

$$A^l \leq A \leq A^u \tag{3}$$

$$d^l \leq d \leq d^u \tag{4}$$

여기서, ρ_e, A_e, L_e ; 각부재에 대한 밀도, 길이 및 단면적 $\{\sigma\}, A, d$; 각부재 응력, 단면적 및 변위벡터

10-Bar 트러스의 경우는 각부재의 응력제약과 모든 절점에서 x, y 방향에 대한 변위제약이 적용되었다. 설계변수는 이산변수와 연속변수를 사용하였으며, 최적설계시 이산변수를 사용한 이산해와 준연속변수(Pseudocontinuous design variables)를 사용한 연속해를 구하였다. 10-Bar 트러스경우는 부재수와 같은 10개의 독립된 설계변수를 사용하였으며, 부재 좌굴은 고려하지 않았다.

1-Bay 8-Story 프레임(Frame)의 경우는 24개의 부재를 8개의 그룹으로 분류하여 8개의 설계변수가 되게 하였다. 이산자료는 AISC Manual로부터 268개의 W-section 중 2⁸에 해당되는 256개의 이산자료를 사용하여 설계하였다. 제약조건은 부재강도가 설계강도를 초과하지 않게 하였다.

4. 설계예제

유전자 알고리즘을 이용한 2차원 강구조물의 이산최적설계에는 10-Bar 트러스와 1-Bay 8-Story 프레임을 대상으로 하였다.

일반적으로 최적설계는 하나의 초기값을 사용하여 최적의 값을 찾는 방법을 사용하고 있으나 유전자 알고리즘은 설계집단을 사용하기 때문에 일반적인 최적설계방법과는 해의 접근 방식이 상이하게 다르다. 이리하여 본 연구에서는 단지 최적설계의 결과(최종 설계값)를 사용하여 여러 연구 결과와 본 연구에서 제시된 연구방법(최적설계방법)에 의한 결과를 서로 비교하였다.

4.1 10-Bar 트러스

10-Bar 트러스 구조물에 대한 제원은 아래 Fig. 1과 같다. 10-Bar 트러스는 여러 최적화 기법들의 정밀도(해의 수렴 능력)를 측정할 수 있는 하나의 기준이 되는 구조물로 사용되고 있다. 10-Bar 트러스 구조물의 이산 설계변수는 각 부재의 단면적이 되며, 모두 10개의 독립된 설계변수를 가진다. 트러스 구조물의 최적설계에 적용된 하중은 하나의 하중군으로 하며, Fig. 1에서와 같이 절점 2, 4에 각각 수직으로 45400kgf(100 kips)을 작용하였다. 재료의 상수값으로는 탄성계수 $E=7.03 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2 (10^4 \text{ ksi})$, 부재의 밀도 $\rho=2770 \text{ kgf/cm}^3 (0.10 \text{ lb/in}^3)$ 등의 값을 사용하였다. 10-Bar 트러스 구조물은 총 무게가 최소가 되게 설계하였으며, 모든 설계부재에 $\pm 1757.65 \text{ kgf/cm}^2 (\pm 25 \text{ ksi})$ 의 응력제약과 모든 절점에서 50.8mm($\pm 2 \text{ in}$)의 변위제약 조건을 사용하였다. 10-Bar 트러스 구조물에 사용된 41개의 이산자료는 아래와 같다. {10.45, 11.61, 12.84, 13.74, 15.35, 16.9, 18.58, 18.9, 19.93, 20.19, 21.81, 22.39, 22.9, 23.42, 24.77, 24.97, 25.03, 26.97, 27.22, 28.97, 29.61, 30.97, 32.06, 33.03, 37.03, 46.58, 51.42, 74.19, 87.1, 89.68, 91.61, 100.0, 103.22, 109.03, 121.29, 128.39, 141.93, 147.74, 170.97, 193.55, 216.13}(cm²).

10-Bar 트러스의 경우 본 연구 결과는 Rajeev and Krishnamoorthy와 Camp, Pezeshk and Cao에 의한 연구결과를 비교 검토하였다. Rajeev and Krishnamoorthy는 이산자료와 연속자료를 사용한 10-Bar 트러스 최적설계에 Goldberg (1989)에 의한 단순유전자알고리즘(SGA)을 사용하였다. 그리고 Camp, Pezeshk and Cao는 10-Bar 트러스에 FEAPGEN을 사용하였다. FEAPGEN은 유전자 알고리즘을 바탕으로 Finite element analysis program(FEAP; Zienkiewicz, 1982)을 수정하여 만들어진 최적화프로그램이다. FEAPGEN에는 이산형 설계

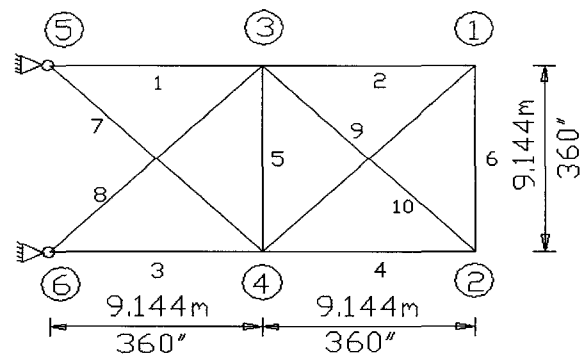


Fig. 1 Configuration of ten-bar truss

Table 1 Comparison of results for ten-bar truss using discrete variables

Size of members											Total weight (kgf) (11)	Population size (12)
1 (cm ²) (1)	2 (cm ²) (2)	3 (cm ²) (3)	4 (cm ²) (4)	5 (cm ²) (5)	6 (cm ²) (6)	7 (cm ²) (7)	8 (cm ²) (8)	9 (cm ²) (9)	10 (cm ²) (10)			
(a) Rajeev and Krishnamoorthy(1992)												
216.08	10.45	14.90	100.0	10.45	11.61	91.60	128.36	128.36	16.90	2549.22	20	
216.08	10.45	14.90	100.0	10.45	10.45	91.60	128.36	128.36	16.90	2546.36	30	
216.08	10.45	14.90	100.0	10.45	10.45	91.60	128.36	128.36	16.90	2546.36	40	
(b) Camp, Pezeshk and Cao(FEAPGEN;1997)												
193.50	11.61	193.5	100.0	12.84	11.61	75.47	128.36	128.36	10.45	2543.28	20	
193.50	13.74	170.93	128.36	10.45	13.74	46.57	147.71	128.36	10.45	2533.80	30	
193.50	10.45	170.93	87.08	10.45	10.45	46.57	147.71	141.90	10.45	2526.60	40	
(c) Genetic algorithm for this paper												
216.08	10.45	147.71	91.59	10.45	10.45	51.41	147.71	141.90	10.45	2490.54	20	
216.13	10.45	147.74	91.61	10.45	10.45	51.42	147.74	141.93	10.45	2492.80	30	
216.08	10.45	147.71	91.59	10.45	10.45	51.41	147.71	141.90	10.45	2490.54	40	

Note: 1 sq in. = 6.45 cm²**Table 2** Comparison of design for ten-bar truss using continuous variables

Method (1)	Size of members										Total weight (kgf) (12)
	1 (cm ²) (2)	2 (cm ²) (3)	3 (cm ²) (4)	4 (cm ²) (5)	5 (cm ²) (6)	6 (cm ²) (7)	7 (cm ²) (8)	8 (cm ²) (9)	9 (cm ²) (10)	10 (cm ²) (11)	
CONMIM*	162.54	12.19	160.42	102.10	0.645	11.29	108.10	127.26	133.32	16.19	2523.32
OPTDYN*	165.77	0.645	160.0	125.07	0.645	0.645	99.33	131.06	133.77	7.35	2482.04
LINRM*	139.13	70.82	142.42	96.43	0.645	70.82	122.0	118.81	118.68	87.14	2834.48
SUMT*	197.95	15.29	203.95	75.21	0.645	23.93	140.03	133.81	90.12	21.03	2690.70
M-3*	166.67	19.80	170.41	82.37	0.645	22.12	124.74	123.65	121.0	28.51	2594.08
M-5*	166.60	18.58	170.28	82.24	0.645	24.32	124.94	123.71	121.07	28.25	2596.80
GRP-UI*	159.83	26.90	159.32	157.70	0.645	26.90	112.62	124.23	124.29	33.93	2597.71
FEAPGEN**	186.53	0.645	155.25	90.04	0.645	3.61	49.60	141.58	142.48	0.645	2302.88
This paper	196.21	0.710	142.22	91.98	0.710	4.257	50.052	142.22	141.77	0.710	2302.60

* See Rajeev and Krishnamoorthy(1992); ** See Camp, Pezeshk and Cao(1997); Note 1 sq in = 6.45 cm²

변수, 열린 형태(Open format)의 제약조건 및 다중하중조건 등을 사용할 수 있다. FEAPGEN은 최적설계시 AISC에서 제공되는 모든 형태의 구조용강재를 사용할 수 있으며, AISC-ASD(Manual 1989)에 의한 설계방법을 채택 하였다. 10-Bar 트러스의 최적설계 경우 설계집단의 크기를 20, 30, 40으로 하였다. 이산자료에 의한 설계는 Table 1이며, 연속해에 대한 설계는 Table 2와 같다. Table 1의 결과로부터 설계집단의 크기 20, 30, 40중 본 연구의 유전자 알고리즘에 의한 설계집단 20, 40의 경우가 Rajeev and Krishnamoorthy에 의한 결과 보다는 2.2%, Camp, Pezeshk and Cao에 의한 결과 보다는 1.4%나은 결과를 얻었다. Table 2는 Rajeev and Krishnamoorthy 및 Camp, Pezeshk and Cao에 의한 연속해의 결과와 본 연구에서 사용된 설계방법에 의한 설계결과를 나타내었다. Table 2로부터 본 연구에 의한 유전자 알고리즘의 결과는 Rajeev and Krishnamoorthy의 OPTDYN에 의한 연속해 보다는 7.2% 나은 결과를 얻었으며, Camp, Pezeshk and Cao의 FEAPGEN에 의한 연속해와는 거의 근사했다. 특히 연속변수를 사용한 10Bar 트러스의 최적설계에는 일반적인 최적화방법(Table 2)보다 본 연구에서 제안된 방법이나 FEAPGEN과 같은 유전자 알고리즘을 사용한 최적화 방법이 보다 나은 해에 접근함을 확인 할 수

있었다. 위의 결과로부터 10-Bar 트러스의 경우 본 연구에 의한 유전자 알고리즘의 결과가 다른 두 연구에 의한 결과보다 나은 결과를 얻을 수 있었다.

4.2 1-Bay 8-Story 프레임

1 경간 8층 프레임의 제원은 Fig. 2와 같다. 프레임의 경우, 8개의 독립설계변수가 사용되었으며, Fig. 2에서 1부터 8까지의 8개의 그룹으로 나타낸 수가 각 부재에 대한 설계변수가 된다. 이산자료는 AISC에서 제공되는 268개의 W-section중 2⁸(An eight digit binary number)에 해당되는 256개를 선택하였으며, 하나의 부재 단면적의 대한 정보는 Index를 사용하였다. 하나의 Index번호에는 단면의 정보 즉 단면적의 크기, 단면의 치수(폭, 높이), 단면 2차모멘트 등의 값들이 포함되어 있다. 제약조건은 최상부의 수평절점변위가 50.8mm(±2in)를 초과하지 않으며, AISC-ASD방법으로 부재강도가 설계강도를 초과하지 않게 하였다. 재료의 탄성계수 $E=2.0387 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ ($29 \times 10^3 \text{ ksi}$), 부재의 밀도 $\rho=0.0078336 \text{ kgf/cm}^3$ ($2.83 \times 10^{-4} \text{ kip/in}^3$) 등의 값을 사용하였다. Table 3에서 FEAPGEN에 의한 결과는 유전자 알고리즘에 유연교차(Flexible crossover)가 적용되었으며, 설계집단의 크기 50, 교차 확률 0.85, 돌연변이 확률 0.05, 그리고

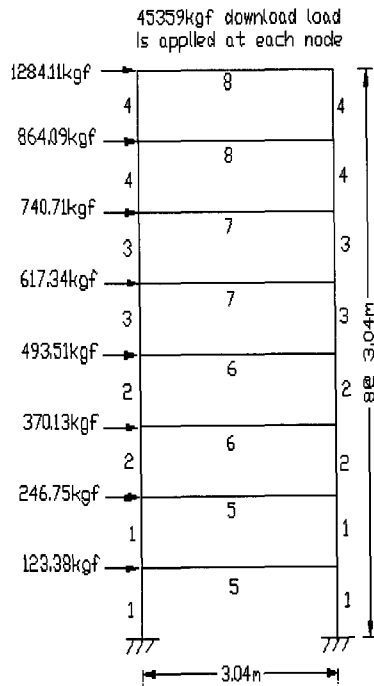


Fig. 2 Dimension for 1-bay 8-story frame structure

총세대수를 50을 사용하였다. 1-Bay 8-Story 프레임에 대해 본 연구에서는 2점 교차, 설계집단의 크기 30, 교차확률 0.5, 돌연변이 확률 0.02, 총세대수를 300을 사용하였다. Table 3은 본 연구에서의 유전자 알고리즘과 Camp, Pezeshk and Cao(Optimality criteria, FEAPGEN)의 결과를 나타내었다. Table 3으로부터 본 연구의 유전자 알고리즘에 의한 결과가 FEAPGEN에 의한 것 보다 2.8%의 나은 결과를 얻었다. 이 결과로부터 1-Bay 8-Story 프레임에 대해 교차방법과 세대수를 달리한 유전자 알고리즘을 사용하였으나 설계결과는 차이를 보였다. 이는 같은 최적이론을 사용한다 하더라도 최적화진행 과정의 일부 수정으로 설계에는 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다. Fig. 3은 유전자 알고리즘에 의한 결과를 W-section으로 나타낸 것이다.

Table 3 Comparison of design for 1-bay 8-story frame structure

Group number (1)	Optimality criteria (2)	FEAPGEN (3)	Genetic algorithm for this paper (4)
1	W14 × 34	W18 × 46	W16 × 40
2	W10 × 39	W16 × 31	W16 × 26
3	W10 × 33	W16 × 26	W12 × 26
4	W8 × 18	W12 × 16	W14 × 22
5	W21 × 68	W18 × 35	W16 × 26
6	W24 × 55	W18 × 35	W16 × 26
7	W21 × 50	W18 × 35	W18 × 35
8	W12 × 40	W16 × 26	W21 × 44
Total weight(kgf)	4183.02	3348.66	3254.06

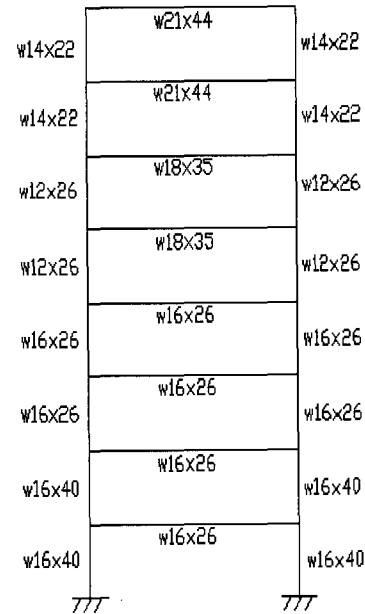


Fig. 3 Design of 1-bay 8-story frame structure

5. 결 론

구조물의 설계시 현실적인 측면을 고려한다면 규격부재를 사용하여 설계함이 타당할 것이다. 이러한 규격부재를 사용할 경우는 이산최적화문제로 취급되어야 한다. 본 연구에서는 2차원 평면 강구조물의 이산최적화문제에 가장 적합한 최적화방법인 유전자 알고리즘을 사용하였다. 유전자 알고리즘은 다른 최적화방법과는 달리 설계집단을 사용하므로 보다 나은 설계집단을 구성하기 위해 집단내의 각각의 설계에 벌칙값(Penalty parameters)을 부여하였고, 다음세대로 이어지는 설계집단에는 Elitism을 부여하여 설계집단의 적합성을 높이는 방법을 사용하였다. 2차원 평면 문제로 평면 10-Bar 트러스와 1-Bay 8-Story 프레임 구조물을 대상으로 하였으며, 본 연구에 제시된 연구결과를 다른 연구결과와 비교하여 제시된 설계방법의 우수성을 입증하였다. 지금까지의 결과로 보아 규격부재를 사용하는 구조물의 이산최적화문제는 유전자 알고리즘에 의한 설계가 다른 최적화방법보다 우수한 설계로 접근할 가능성이 높음을 알 수 있다. 결론적으로 유전자 알고리즘은 최적화 과정 중 함수의 연속성 및 미분 값이 요구되지 않는 단순 수리 과정을 고려하면 현실적인 이산최적화문제의 해결에 매우 적합한 방법이라 하겠다.

참 고 문 헌

김봉익(1999). "규격부재를 사용한 뼈대구조물의 이산최적화", 대한토목학회논문집, 제19권 제 I-6호, pp 869-878.

- 김봉익, 권중현 (2002). "유전자 알고리즘을 이용한 뼈대구조물의 이산최적화", 한국해양공학회지, 제 16권 제4호, pp 25-31.
- 김봉익, 권중현 (2003). "유전자 알고리즘을 이용한 트러스의 최적설계", 한국해양공학회지, 제 17권 제6호, pp 53-57.
- Camp, C., Pezeshk, S. and Cao, G. (1997). "Optimized Design of Two-dimensional Structures Using a Genetic Algorithms", Journal of Structural Engineering, Vol 124, No 5, pp 551-558.
- Chan, C.M. (1992). "An Optimality Criteria Algorithms for Tall Steel Building Design Using Commercial Standard Sections", Structural Optimization, Vol 5, pp 26-29.
- Goldberg, E. (1989). "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning", Addison-Wesley, Reading, MA.
- Holland, J.H. (1975). "Adaptation in Natural and Artificial Systems", The University of Michigan Press, Ann Arbor, MI.
- Jenkins, W.M. (1992). "Plane Frame Optimum Design Environment Based on Genetic Algorithm", Journal of the Structural Engineering, ASCE, 118(11), pp 3103-3112.
- Kirsch, U. (1997). "Effective Move Limits for Approximate Structural Optimization", Journal of Structural Engineering, Vol 123, No 2, pp 210-217.
- Kocer, F.Y. and Arora, J.S. (1997). "Standardization of Steel Pole Design Using Discrete Optimization", Journal of Structural Engineering, Vol 123, No 3, pp 345-349.
- Kocer, F.Y. and Arora, J.S. (2001). "Optimal Design of Latticed Towers Subjected to Earthquake Loading", Journal of Structural Engineering, Vol 128, No 2, pp 197-204.
- Rajeev, S. and Krishnamoorthy, C.S. (1992). "Discrete Optimization of Structures Using Genetic Algorithm", Journal of Structural Engineering, ASCE, 118(5), pp 1233-1250.
- Yavada, R.S.S. and Gurujee, C.S. (1997). "Optimal Design of Trusses Using Available Section", Journal of Structural Engineering, Vol 123, No 5, pp 685-688.
- Zienkiewicz, O. C. (1982). "Finite Element Method", Mc-Graw Hill.

2006년 10월 10일 원고 접수

2007년 4월 6일 최종 수정본 채택