

GA を用いた鉄骨構造物の構造要素最適化に関する研究

— 部材配置の自由度に関する検討 —

○山本 雅浩^{*1} 山邊 友一郎^{*2}
 谷 明勲^{*3}

キーワード：遺伝的アルゴリズム 鉄骨構造物 構造要素最適化 平面計画最適化

1. 序

建築計画を考えるにあたり、構造計画は必要不可欠な業務である。しかし、部材やその配置のパターンは膨大な組み合わせが存在し、その全てを検討することはほぼ不可能に近いといってよい。このような、解が無数に存在するような問題の解法の一つとして、遺伝的アルゴリズム¹⁾²⁾（以下 GA）が挙げられる。

GA を活用した構造計画支援システムは平面計画やトラスなど数多く行われており、例えば、多目的最適化法による鋼構造物の構造設計支援手法の提案³⁾や、自由曲面シェルのひずみエネルギー最適化⁴⁾などが提案されている。筆者らの研究グループでも、GA を用いた低層鉄骨構造物の構造要素最適配置システム⁵⁾、GA による鉄骨構造物の柱配置及び部材断面最適化システム⁶⁾や、GA を用いた鉄骨ラーメン構造物における柱配置および部材断面の最適化に関する研究⁷⁾が行われているが、これらは小規模の平面計画に対して、数少ない部材選択肢の中での最適化を行っており、建築計画・設計実務への適用性という面では課題が残っている。

そこで、本研究では、ユーザーが部材配置の自由度を設定し様々な部材配置条件の下で最適な平面計画を検討できる、より設計実務への適用性を重視したシステムの構築を目指した。基本設計の段階で利用できる設計支援システムを目指し、具体的には、意匠設計者が外形寸法を与えて、スパン数と部材情報を最適化し、設計作業に生かすことのできるシステムを想定している。

2. システム概要

2.1 システムフロー

本システムでは対象建物の構造及び用途は鉄骨造事務所ビルとし、問題設定の簡略化のため一層建物を検討対象とする。本システムのフローチャートを図1に示す。

本システムのユーザーは、建築構造分野を専門としない設計者を想定する。ユーザー入力は平面寸法、スパン数の2項目とする。ユーザーが入力した平面寸法に応じて、遺伝子情報をもとに柱・梁の部材配置と部材断面を決定し、構造物(初期集団)を生成する。生成した構造物に対して、鉛直方向には鉛直荷重として柱・梁の自重と屋根荷重の和を、水平方向には鉛直荷重の20%の荷重を水平力としてX、Y方向それぞれに作用させた構造解析を行い、得られた各部材の応力と変形を用いて構造安全

性に関する評価を行う。また、部材配置と部材断面積選択の評価では、構造物の経済性も併せて考慮する。この一連のプロセスをGAで設定した終了世代まで行い、柱・梁部材配置、部材断面選択の最適化を行う。

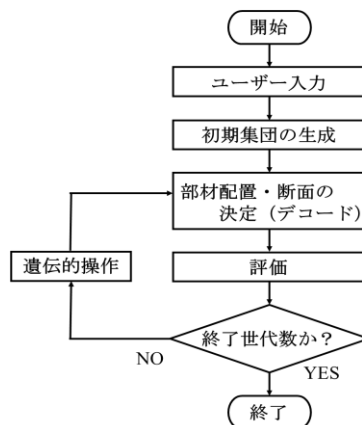


図1 システムのフローチャート

2.2 コーディング

本システムでは71個の遺伝子座を有する遺伝子を準備する。71個の遺伝子をそれぞれ、柱座標選択(部材配置)、部材断面積選択に対応させ、最適化を行う。各遺伝子座と表現型との対応を図2に示す。

a. 部材配置

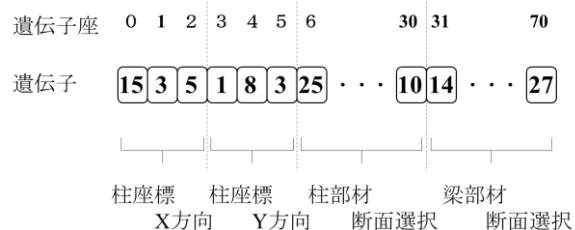


図2 コーディング

部材配置では、まず図3のように遺伝子座0~5までの遺伝子の値を用いて柱位置の座標を決定し、柱を配置する。なお、建物平面の4隅には必ず柱を配置する。

今回の検討では、設定したスパン数に応じた平面計画の変化を観察するため、シミュレーションを行った2~4スパンの公倍数である24m×24mの平面を対象とした(図3参照)。このとき、遺伝子は0からX、Y方向それぞれの平面規模(m単位)に設定しているので、X、Y方向の柱は建物の角部も合わせて各方向最大で5本ずつの柱が配置される。また、遺伝子座0~2(3~5)の遺伝子の値が重複する場合は、重複数に応じて柱の数を減じ、最小

本数の場合は建物の角のみに 2 本の柱が配置される。X、Y 両方向の柱の配置座標が決定されると、これらが交差する位置に柱を順次配置する。その後、決定した柱位置に合わせ、直交するように梁を配置することでラーメン構造の部材の配置を決定する。

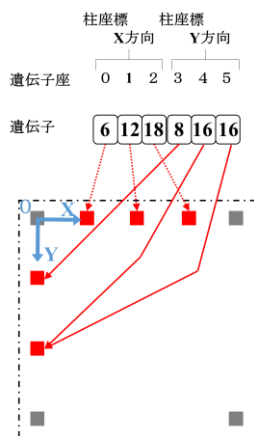


図 3 部材配置の決定方法

b. 部材断面選択

本稿では、文献⁸⁾を参考に、問題設定の単純化を図るため、部材断面積と部材断面性能に以下の式(1)~(3)に示す近似式を設定した。この近似式を用いて、選択された部材断面積に対応する部材断面性能を求め、構造解析に使用する。式中の $W(\text{kg/m})$ 、 $I(\text{cm}^4)$ 、 $Z(\text{cm}^3)$ はそれぞれ部材重量、断面二次モーメント、断面係数を表す。 W 、 I 、 Z は式(1)~(3)に示すように部材断面積 $A(\text{cm}^2)$ と係数 a_w 、 a_i 、 a_z 、 b_w 、 b_i 、 b_z によって決定される。これより、部材断面は、部材せい・部材幅を一定と仮定することで、断面積の最適化を行うことで決定される。部材断面積の最適化は、図 4 に示すように遺伝子座 6~70 までの遺伝子の値を用いて断面積を決定する。それぞれの遺伝子は 0~29 までの値をとり、式(4)、(5)に示すように遺伝子に応じて断面積を決定する。部材断面積の値域は柱・梁ともに $50(\text{cm}^2) \sim 1500(\text{cm}^2)$ の範囲とし、問題の難易度と最適化時間を考慮して、遺伝子の値が 1 増加すると $50(\text{cm}^2)$ ずつ増加する設定とした。なお、柱部材は角型鋼管、梁部材は H 型鋼を用いる。本稿では、使用する部材せいは、柱 $\square 200 \times 200$ 、梁 $H 300 \times 200$ を参考に近似式の係数を決定した。この場合の係数 a_w 、 a_i 、 a_z 、 b_w 、 b_i 、 b_z を以下の表 1、2 に示す。

$$W = a_w \times A + b_w \quad (1)$$

$$I = a_i \times A + b_i \quad (2)$$

$$Z = a_z \times A + b_z \quad (3)$$

表 1 係数一覧 1

	a_w (kg/m^3)	b_w (kg/m)	a_i (cm^2)
柱	0.785	-0.0000950	53.8
梁	0.786	0.0486	63.5

表 2 係数一覧 2

	b_i (cm^4)	a_z (cm)	b_z (cm^3)
柱	357	5.38	35.7
梁	7080	4.23	472

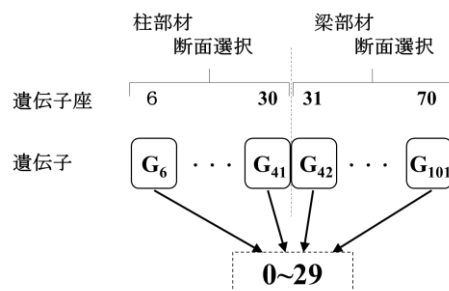


図 4 部材断面積最適化

$$A_c = 50 + (G_i \times 50) \quad (4)$$

$$A_b = 50 + (G_i \times 50) \quad (5)$$

A_c : 柱断面積 A_b : 梁断面積

G_i : 各遺伝子の値

3. 目的関数

ここでは、以下の 3 つの目的関数(Ev.0~Ev.2)を設定し、その相乗平均Evalの最大化問題として最適化を行う。

3.1 構造制約条件(Ev.0)

マトリックス構造解析による解析結果をもとに、柱・梁部材の曲げ・せん断応力、柱の層間変形角、梁のたわみについてそれぞれ予め設定した制約値以下となることを確認する。これらの制約条件は構造物が安全性を保持するために必ず満たすべき条件であるので、一つでも制約を満たさない項目がある場合には、評価値を大きく下げる設定とし、式(6)により Ev.0 の評価値を求める。

$$\left. \begin{aligned} N_{ec} = N_e \quad \text{のとき} \quad & \text{Ev.0} = 1 \\ N_{ec} \neq N_e \quad \text{のとき} \quad & \text{Ev.0} = \frac{1 - \frac{N_{ec}}{N_e}}{10} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

N_{ec} : 制約条件を全て満たしている部材数
 N_e : 全部材数

3.2 部材性能効率(Ev.1)

部材性能効率は、部材断面の選択で必要以上に大きな断面の部材が選択されないために設定する評価である。すべての部材について、Ev.0 において考慮した応力度(せん断力に関する検討は除く)、層間変形角、たわみの値が制約値に近いほど、評価が高くなる設定とし、式(7)で Ev.1 の評価値を求める。

$$\text{Ev.1} = \sqrt[4]{E_{p1} \times \cdots \times E_{p4}} \quad (7)$$

$$E_{pi} = \frac{\sum R_s}{N_e \times (1 + \sum V_o)} \quad (8)$$

R_s : 制約条件を満たす部材の応力比

V_o : 制約条件を満たさない部材の(応力比 - 制約値)の値

E_{pi} : 検討項目毎の部材性能効率

3.3 部材総重量の軽減(Ev.2)

建設コストが使用鉄骨重量に比例すると考え、部材総重量を軽減するために設定する。部材総重量が小さいほど、評価は高くなり、式(9)で Ev.2 の評価値を求める。式中の $W_{\max}$ は $24\text{m} \times 24\text{m}$ の規模、柱配置が等間隔の 4 スパンでなおかつ全ての柱・梁の断面積が最大面積を選択された場合の構造物の総重量をもとに設定した。

$$\text{Ev.2} = 1 - \frac{W}{W_{\max}} \quad (9)$$

W : 構造物の総重量

$W_{\max}$: 最大となる構造物の総重量

3.5 総合評価(Eval)

以上の 3 つの評価指標を式(10)により統合し、Eval の最大化問題として最適化を実行する。

$$\text{Eval} = \text{Ev.0} \times \sqrt[3]{\text{Ev.1} \times \text{Ev.2}} \quad (10)$$

4. シミュレーション実行結果

本研究では、Case1 として部材配置を固定する場合、Case2 として部材配置に自由度を与えた場合の二つのケーススタディを行い最適化結果の比較・検討を行う。Case1 では部材配置を固定し、同規模の平面に対して 2～4 スパンの柱を等間隔で配置する設定とし、Case2 では、Case1 と同規模の平面に対して 2～4 スパンでスパン最大数のみを設定し、部材の配置をすべて自由化した設定でそれぞれシミュレーションを行った。なお、本研究の最適化には表 3 に示す初期設定でパラメータフリー GA(PfGA)⁹⁾を用いる。また、Case1 では部材配置を決定するための遺伝子は使用せずに最適化を行う。

表 3 PfGA の初期設定

世代数	家族数	乱数
10000	10	1

4.1 Case1 部材配置を固定した場合の実行結果

Case1 では部材配置を固定してシミュレーションを行った。平面規模は $24\text{m} \times 24\text{m}$ で一定とし、柱スパンは等間隔で 2～4 スパンの三つの場合で行った。得られた最適化結果(評価値)を表 4 に、最適化結果(平面図)を図 5～7 に示す。平面図中の線の太さは部材断面積に比例し、線が太いほど断面積が大きいことを示す。

表 4 Case1 の最適化結果(評価値)一覧

規模(m)	スパン数	Ev.0	Ev.1	Ev.2	Eval
24×24	2	1.00	0.871	0.837	0.854
	3	1.00	0.793	0.956	0.871
	4	1.00	0.655	0.970	0.797

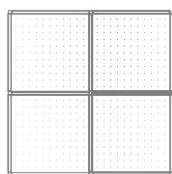


図 5 Case1(2span)

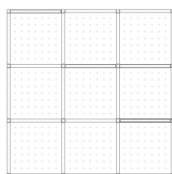


図 6 Case1(3span)

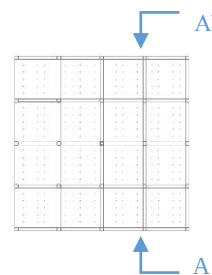


図 7 Case1(4span)

4.2 Case2 部材配置を自由化した場合の実行結果

Case2 では部材配置を自由化して最適化を行った。平面規模は Case1 と同様に $24\text{m} \times 24\text{m}$ で一定とし、柱スパンはスパン数の最大値を 2～4 スパンの三つの場合で行った。スパン数の最大値が 4 とは、XY 方向それぞれで柱スパンが 1～4 までの値を自由にとれることを意味する。得られた最適化結果(評価値)を表 5 に、最適化結果(平面図)を図 8～10 に示す。なお、平面図中の線の太さは Case1 の場合と同様に部材断面積の違いを表す。

表 5 Case2 の最適化結果(評価値)一覧

規模(m)	最大スパン数	Ev.0	Ev.1	Ev.2	Eval
24×24	2	1.00	0.822	0.830	0.826
	3	1.00	0.761	0.897	0.826
	4	1.00	0.793	0.935	0.861

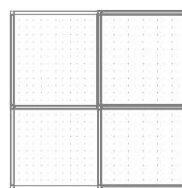


図 8 Case2(2span まで)

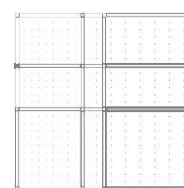


図 9 Case2(3span まで)

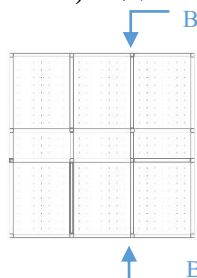


図 10 Case2(4span まで)

5. 考察

5.1 Case1 に対する考察

a) 評価値に関する考察

Ev.0 の評価値はすべてのスパン数で 1.0 となり、すべてのスパン数で構造制約条件を満たす構造物が最適化結果として選出された。これは Ev.0 の値を Eval の値に大きく影響させ、構造物が制約条件を満たしやすくするという評価式が適切に機能したためと考える。Ev.1 に関しては、スパン数の増加に伴って評価値が減少する傾向がみられた。これはスパン数の増加に伴い部材本数が増え、応力比の小さい部材が多くなるためと考える。Ev.2

に関しては、Ev.1 とは逆にスパン数の増加に伴って評価値が増加している。これについては以下の 5.1b にて別途考察を行う。

b) 構造物の重量に関する考察

スパン数による Ev.2 の値の変化について考察を行うため、Case1 における 3 つの結果について柱の総重量、梁の総重量、構造物の総重量 W について表 6 に、選択された柱・梁部材の平均断面積について表 7 に示した。

表 6 Case1 における重量一覧

スパン数	柱総重量(t)	梁総重量(t)	W(t)
2	13.3	114	127
3	7.35	27.0	34.4
4	8.19	15.1	23.3

表 7 Case1 における柱・梁平均断面積一覧

スパン数	柱平均断面積(cm ²)	梁平均断面積(cm ²)
2	470	1008
3	163	179
4	116	80

表 6 から、スパン数が多くなることによって、構造物の総重量が小さくなっていることがわかる。これはスパン数が少ない場合は部材数も少なく、大きな断面積の部材が選択され易くなり、構造物の総重量が大きくなるためと考える。また、総重量の内訳としては、全てのスパン数の場合で梁の割合が大きく、この傾向は特に少ないスパン数の場合により顕著であり、表 7 から梁の平均断面積の差が大きいことがわかる。これは共通の荷重に対してその荷重を負担する部材本数が少ないとき、柱よりも梁のほうが条件として厳しくなり、より大きな断面積の部材が選択されるためと考える。

表 6 からスパン数が増えるごとに梁総重量は小さくなるが、柱総重量は 3 スパンのときより 4 スパンのときのほうが重量は大きくなっていることがわかる。また、表 7 から 3、4 スパンの場合の柱平均断面積は梁平均断面積と比べてあまり差がないことがわかる。これは、3 スパンと 4 スパンの場合においては、選択された断面の違いによる柱重量の差よりも柱本数の違いによる柱重量の差のほうが大きかったことを示していると考ええる。

c) 部材断面積の最適化に関する考察

部材断面積については、全体として、スパン数が増加すると小さい断面積の部材が選択され、スパン数が減少すると大きい断面積の部材が選択されることがわかる。これは、スパン数が多い場合は部材本数が減り、一つの部材の負担が大きくなり、その結果、大きな断面積の部材が選択されるため、部材選択に関する最適化が適切に機能しているためと考える。しかし、対称な部材配置にも関わらず、異なる部材断面積が選択される場合がみられる。これは、今回設定した実行世代数では十分な

最適化が行えていない可能性が考えられ、実行時間は要するがより大きな世代数の設定や、部材断面積の最適化手法の見直し等の検討を行う必要があると考える。

5.2 Case2 に対する考察

a) 評価値に関する考察

Case1 と同様に Ev.0 の値が全ての最大スパン数で 1.0 となり、構造制約条件を満たす構造物が最適化結果として選出されたことがわかる。Ev.1 に関しては、Case1 ではスパン数の増加に伴って評価値が減少する傾向がみられたが、Case2 ではその傾向はみられなかった。これは、Case2 では設定した最大スパン数まで自由にスパン数を選択できるため、平面規模に応じてスパン数と部材配置を変化させ、Ev.1 の評価を高くする応力比に無駄のない部材選択を行ったためと考える。Ev.2 に関しては、Case1 と同様にスパン数の増加に伴って評価値も増加する傾向がみられる。これは、最大となる構造物重量 W_{max} の値を 4 スパンの構造物を基準として算出しており、構造物の総重量が軽くなる、少ないスパン数の場合には Ev.2 の評価に対して不利になると考えられる。そこで最大スパン数に応じて W_{max} の値を変化させる等のシステムの改良が必要であると考えられる。

b) 部材配置・部材断面積の最適化に関する考察

部材配置に関しては、最大スパン数の設定により、最大スパン数 4 の場合に Case1 と比較してスパン数に変化が生じた。またすべてのケースで等スパンの Case1 の場合と比較して、部材配置に変化がみられたが、最大スパン数 2、3 の場合には非対称な平面計画が選出され、Case1 の 2、3 スパンの場合の評価値と比較して Eval の値も小さいことから、Case2 では、2、3 スパンの場合に、より評価の高い平面計画である Case1 での平面計画にまで最適化が行えていないと考えられる。一方、最大スパン数 4 の場合には Case1 よりも高い評価の解が選出されており、スパン数を自由化した方がより高評価の解が得られる可能性があることが示された。

部材断面積については、Case1 の場合と同様に箇所によって上下左右で非対称的に断面積の異なる部材の選択が行われる場合もみられるが、最大スパン数 3、4 の場合の結果では、長い部材で断面積の大きな部材が、短い部材で断面積の小さな部材が適切に選択されたことがわかる。これは、部材配置に応じて部材断面に関する最適化が適切に行われたことを示すと考える。

5.3 Case1、Case2 でスパン数 4 の場合に関する考察

スパン数、最大スパン数が 4 の場合の Cases1、2 では選択されたスパンに違いが生じ、他の二つのスパン数の場合とは異なり、Case2 では Case1 の評価値を上回る解が選出された。そこで、それぞれの最適化結果(図 7、10)から代表して A-A'断面、B-B'断面を切り出し、その部材ごとの断面積、部材性能効率を分析し、その原因を考察

する。以下の図 11、12 にそれぞれの数値を示す。図中の黒字が断面積(cm^2)、赤字が部材性能効率を表す。なお、ここでの部材性能効率は $Ev.1$ とは異なり、各部材の性能効率 E_C 、 E_B を以下の式(11)、(12)で定義した。柱・梁それぞれの断面積、性能効率の平均値を表 8 に示す。

$$\text{柱の場合} \quad E_C = \sqrt[3]{c \times r} \quad (11)$$

$$\text{梁の場合} \quad E_B = \sqrt[3]{b \times d} \quad (12)$$

c : 柱部材の圧縮・曲げ応力度に関する検討値

b : 梁部材の曲げ応力度に関する検討値

r : 柱の層間変形角を制限値で除した値、

d : 梁のたわみを制限値で除した値



図 11 A-A'断面図(Case1)

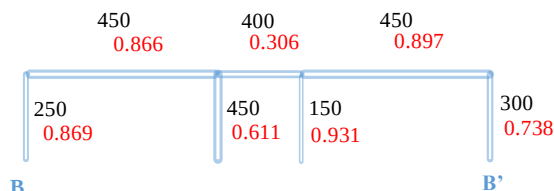


図 12 B-B'断面図(Case2)

表 8 平均値(断面積の単位は cm^2)

	柱		梁	
	断面積	性能効率	断面積	性能効率
Case1	110	0.773	50.0	0.437
Case2	286	0.787	433	0.670

表 8 の平均値の比較から、Case1 よりも Case2 の方が柱・梁ともに大きな断面積の部材が選択されていることがわかる。これは、スパン数が減り一つの部材の負担力が増大したためと考えられ、その結果、構造物の総重量が大きくなり、 $Ev.2$ の評価値が Case1 よりも Case2 で低い値になったと考える。一方、部材性能効率については梁部材において Case2 に比べて Case1 では大きく下回ることがわかった。さらに、Case1 では梁断面積は最小である 50cm^2 の部材が選択されており、 $24\text{m} \times 24\text{m}$ 、4 スパンの場合には梁材が最小断面積の部材でも応力に余裕のある架構となっている。その結果、 $Ev.1$ は Case1 より、Case2 で高評価となり、 $Ev.2$ の差より $Ev.1$ の差が大きくなり Case2 の Eval が Case1 を上回ったと考える。

6. 結

本研究では、ユーザーの入力した建物規模に応じた構造部材の配置、選択を設計変数として最適化を行った。柱配置を固定化した Case1、柱配置を自由化した Case2 の実行結果から、スパン数が変化した場合の最適平面の比較・検討を行い、以下のことが明らかとなった。

- ①最大スパン数が 2、3 スパンの場合、Case1 の方がより評価の高い解が得られた。これは問題設定によって解空間の規模が Case1 の方が小さく、Case1 の方が最適化の効率が良かったためと考える。
- ②最大スパン数が 4 スパンの場合、最適化の難易度が高いと考えられる Case2 の方が、より高い評価の解を選択する場合がある。これは部材配置の自由度が上がることで、 $Ev.1$ に対して、より適した解を選択することで Eval の値が向上したためであると考えられる。

以上より、部材配置の自由度を大きくすることで、解の総数が増え、GA の初期設定が同じであれば、部材配置を固定した場合と比べて、十分に最適化が行われない場合があることがわかった。しかし、入力規模とスパン数の設定によっては、部材配置を自由化した場合の方が高い評価の最適化結果を得られることもわかり、本研究の目的である、ユーザー入力の設定条件によって、異なる最適な平面計画を提案・検討することで、設計作業の支援を行えることが実証され、システムの有効性が示されたと考える。今後の研究課題として、更なるアルゴリズムの高速化や多層構造物への拡張、部材のグループ化の考慮、平面計画上の制約条件等の追加を行いながら、ユーザーとの対話的な操作を通じて最適化を行うシステムへと発展させる予定である。

【参考文献】

- 1) Holland, J.H.: Adaptation in Natural and Artificial Systems, The University of Michigan, 1975, and MIT press, 1992.
- 2) 北野宏明編：遺伝的アルゴリズム, 産業図書, 1993.6.
- 3) 田村尚士、大森博司：多目的最適化法による鋼構造物の構造設計支援手法の提案 その 1 許容応力度等設計における最適設計法、日本建築学会構造系論文集、No.628, pp.891-897, 2008.
- 4) 和田大典、本間俊雄：解の多様性を考慮した GA 系解法による自由曲面シェル構造のひずみエネルギー最適化に関する研究、コロキウム構造形態の解析と創生, pp.25-30, 2009.
- 5) 山邊友一郎、藤井健司、谷明勲：GA を用いた低層鉄骨構造物の構造要素最適配置システム 単一目的最適化と多目的最適化の比較、構造工学論文集, Vol.57B, pp.61-67, 2011.
- 6) 上野修平、山邊友一郎、谷明勲：確率的探索アルゴリズムを用いた柱配置と部材断面最適化—ABC アルゴリズムを用いた検討と GA との比較—、第 36 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.333-336, 2013.
- 7) 小亀裕侍、谷明勲、山邊友一郎：遺伝的アルゴリズムを用いた鉄骨ラーメン構造物の柱配置と部材断面の最適化に関する研究、第 38 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.181-184, 2015.
- 8) 中村恒善：建築骨組の最適設計、丸善, 1995.
- 9) 木津左千夫、澤井秀文、足立進：可変な局所集団の適応的探索を用いたパラメータフリー遺伝的アルゴリズムとその並列分散処理への拡張、電子情報通信学会論文誌, pp.512-521, 1999.

- *1 神戸大学大学院工学研究科 大学院生
 *2 神戸大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)
 *3 神戸大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)

Research on Optimization of Structural Element in Steel Structure using GA

- Study on degree of freedom of member arrangements -

○Masahiro YAMAMOTO*¹ Yuichiro YAMABE*²
Akinori TANI*³

Keywords : Genetic Algorithms, Steel Structure, Optimization of Structural Element, Optimization of Planning

Structural planning is an indispensable task in building planning. Therefore, the structural planning plays an important role in building planning. However, in the planar planning of the building, there are many structural members decided in accordance with the experience and intuition of the designer, and it is difficult to always select the optimal members. In addition, there are numerous combinations for members and their arrangement, and it is almost impossible to consider all combinations. A Genetic Algorithm (hereinafter referred to as GA) can be applied as a meta-heuristic method for solving problems such that there are infinite number of solutions.

In this research, a structural planning support system by applying GA is developed in order to easy structure planning. In this system, both the arrangement of columns and beams and their cross-sectional areas are optimized simultaneously by GA. The optimization of cross-sectional areas can make it possible to select structural members with wide range cross-sectional performance under constant cross-sectional height in accordance with optimal planning changed by the initial setting.

In this research, optimal arrangements and selection of cross-sectional areas on structural members are performed according to the planar size and number of spans entered by the user. Through simulation, changes of the optimal arrangement and cross-sectional areas of structural members can be observed when the number of spans and column arrangement is fixed or liberalized. Generally, the speed of reaching a highly evaluated solution is considered to be faster under fixed member arrangement than under liberalized setting of spans. However, it is faster under liberalized setting of spans than under fixed member arrangement in some combination of the planar size and number of spans. This shows that the proposed system can present various optimal results with different optimal arrangement and cross-sectional areas of structural members depending on user input setting condition. Therefore, this system is considered to be able to assist designers. From the mentioned above, it is clarified that the proposed system using GA is effective for optimization problem on structural members in building planning.

*1 Graduate Student, Department of Architecture, Graduate School of Engineering, Kobe University,

*2 Associate Professor, Department of Architecture, Graduate School of Engineering, Kobe University, Dr. Eng.

*3 Professor, Department of Architecture, Graduate School of Engineering, Kobe University, Dr. Eng.