

## 任意形鋼平面骨組の設計可能空間の抽出法に関する研究 (続報)

正会員 ○ 田中尚生<sup>\*1</sup>, 同 山成實<sup>\*2</sup>

11. 情報システム技術 -10. 知的システム

建築構造

知識処理, 鋼構造, 構造設計, 設計解, ユーザインターフェイス

## 1. はじめに

著者等は, 構造設計初学者が構造設計技量を獲得・向上するための仕組みを持つシステムとして, 知識処理を用いた任意形鋼平面骨組の設計処理システムの構築を行ない, その設計可能空間の取得法, 適正解の取得法についての検討を行ってきた. 本報告では, その具体的に構築した構造設計システムを紹介する. 更にこのシステムの性能の検証, モニタリングした結果を報ずる.

## 2. システムに導入する概念

構造設計に提供される数々の骨組は, 設計可と不可の解として存在している. これらを再配置し, 設計可能な解を一つの集合としてまとめたものを設計空間と定義している. しかし, 設計空間内に存在する解の数は膨大であり, それらをすべてを計算するのは時間を要するため, 設計解を決定するには非効率である. 従って, 設計空間から制約条件によってさらに数を抑えた複数の設計解を抽出し, これを設計可能空間と定義する. 設計者はこの設計可能空間内から設計解を一つ選択する.

図1は, 本研究で提案するシステムの適正解探索

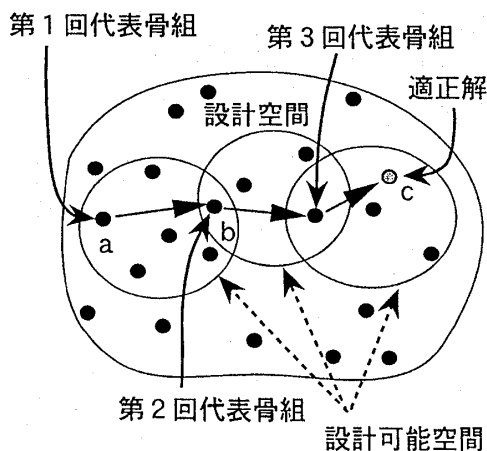


図1 適正解取得の概念

を, 模式的に表したものである. 設計者は最初に代表骨組 (図中 a) を決定し, 制約条件の下で設計可能空間を抽出し, その中で最も設計目的に合う解 (図中 b) を選択する. この時, 設計者が設計条件に対して, 最も相応しい断面構成の骨組が b であると判断した場合, 設計処理は終了する. そうでなければ, 改めて b を新たな代表骨組とし, 先程とは異なる制約条件の下で, 新しい設計可能空間の抽出を行う. このように設計可能空間の抽出を繰り返すことで, 設計者最終的に適正解 (図中 c) を得ることができる. 適正解とは, 本研究で設計者が最も満足する解と定義したものであり, 目的関数が最小 (最大) となるときの解である最適解とは必ずしも一致しない.

## 3. 知識処理を用いた任意形鋼平面骨組の設計処理システム

2. で述べた設計処理概念を具備する任意形鋼平面骨組の設計処理システムの構築を行った. 本システムの断面検討プログラムの記述には, 長澤等が開発した生成検証法<sup>[1]</sup>の機能をもつ設計計算言語<sup>[2]</sup>を用いて, 同時に複数解 (設計可能空間) を抽出する機能を実現した.

## 3.1 設計可能解の数の低減法

複数の設計可能な骨組を同時に求める際, 問題となるのは, 解の数が膨大になってしまうことである. 骨組を構成する部材を整理するために, 部材を同一断面のグループに分けるグルーピングという手法が従来のシステムでも用いられてきた. これは組み合わせの数を減らし, 設計可能空間内の解の数を抑えるのに有効なため, 本システムでも採用した.

## 3.2 本システムのグラフィカルユーザインターフェイス (GUI)

任意形骨組の設計では, グラフィカルユーザインターフェイス (GUI) が不可欠である. 本研究では既往

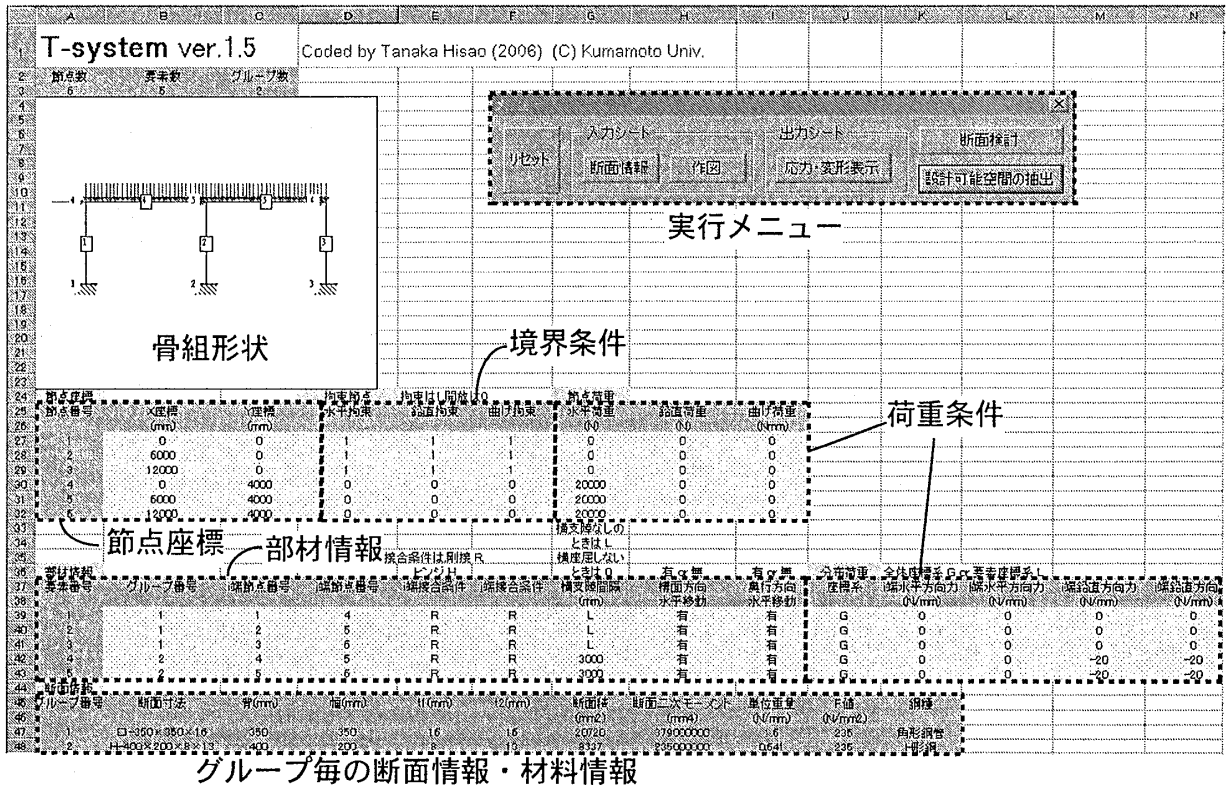


図2 GUIを装備した入力シート

の研究<sup>[3]</sup>を継承しており、一般的に最も良く知られたスプレッドシート型のアプリケーションであり、プログラミング言語 VBA をもつ Excel を用いた。システムの GUI の実現のために、マウス操作でデータの入力および出力結果に対するデータ選択・変更のためにボタン、メニュー等を配置した。図2は構築したシステムの入力シートである。任意形骨組の骨組形状図、部材情報、荷重条件等が表示されている。

本システムによる適正解探索の手順は以下のとおりである。

- (1) 骨組を構成する部材を柱と梁の2つのグループ

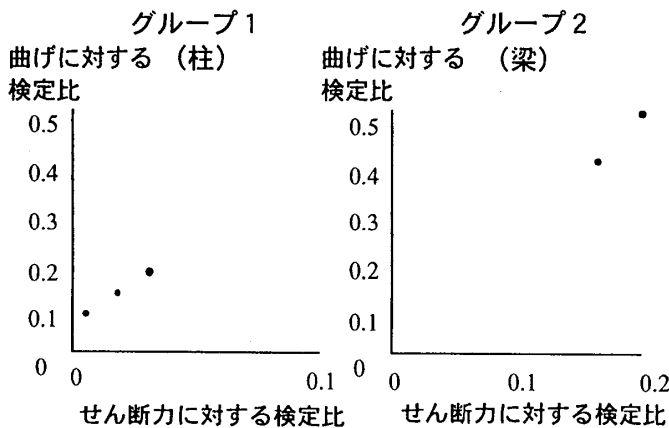


図3 各グループ内の部材の検定比分布

表1 設計可能空間抽出における制約条件

		幅厚比種別: FA (mm)	
	項目	柱 (角形鋼管)	梁 (H形鋼)
(1)	背幅	280 ~ 370	330 ~ 420
	幅		130 ~ 220
(2)	背幅	230 ~ 320	280 ~ 370
	幅		105 ~ 195

にグループ分けし、それが適正であるかの確認を行なう。本システムではグルーピングの確認を行なうために、それぞれのグループ内の部材の検定比の分布を図3で示すグラフで表現した。それぞれの検定比がほぼ近い位置に分布していれば、グルーピングが正しく行なわれたと判断する。

(2) 骨組全体の構造解析、断面検討を行った後、図5に示すように縦軸を総重量、横軸を部材断面背とする設計可能空間の抽出を行った。この時の制約条件は、表1中の(1)に示すものとした。設計可能空間内では、代表骨組は同図中のaで示した点である。設計解の改善を行うための断面の変更は設計可能空間内の設計解をクリックすることで行われる。ここでは、設計者がより軽量の断面を求めて行くものとする。図4中で最も軽量な値であるbを選択すると、図5(1)に示すように、入力シートで骨組の各部材の断面情報が書

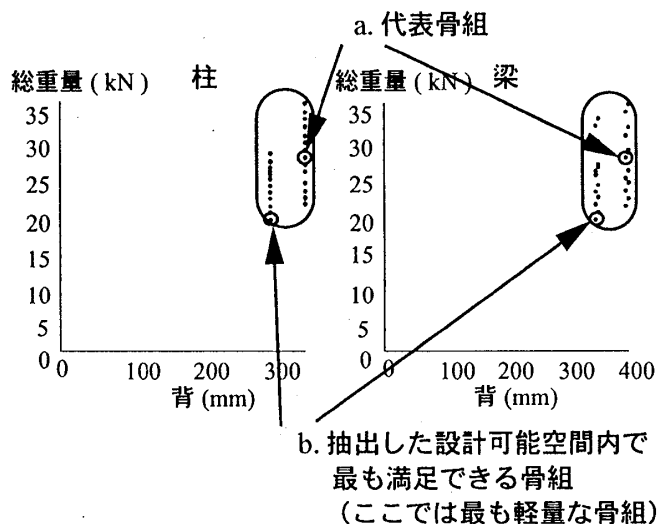


図4 設計可能空間 (1)

グループ番号	断面寸法	背
1	□-350×350×16	4
2	H-400×200×8×13	
↓ (1)		
グループ番号	断面寸法	背
1	□-300×300×12	3
2	H-350×175×7×11	
↓ (2)		
グループ番号	断面寸法	背
1	□-250×250×8	3
2	H-350×175×7×11	

図5 断面の変化

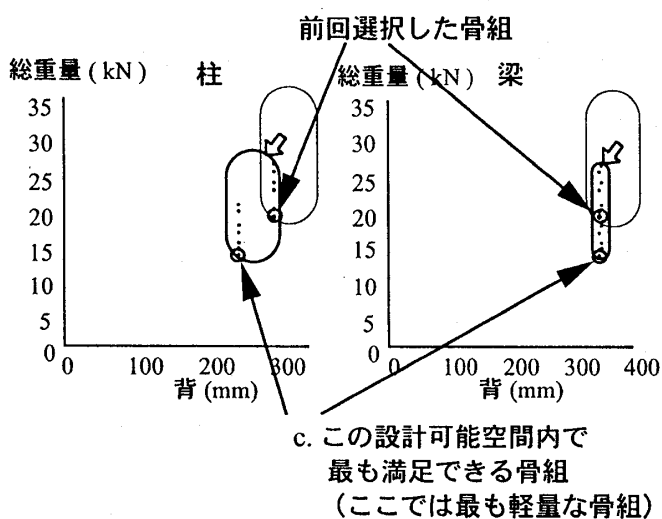


図6 設計可能空間 (2)

き換えられる。

(3) ここで、書き換えられた骨組に設計者が満足したら設計処理は終了する。しかし、まだ満足できない

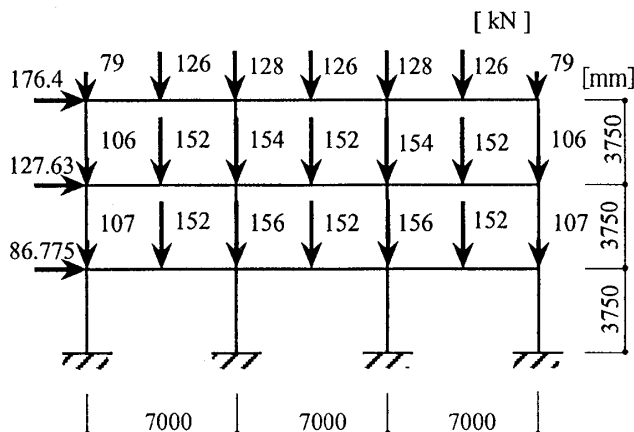


図7 システムの検証に用いる3層3スパン骨組

表2 SS2を用いて決定した設計解

層	柱	梁
	断面寸法 鋼種	断面寸法 鋼種
3	□-350×350×16 STKR400	H-400×200×8×13 SS400
2	□-350×350×16 STKR400	H-500×200×10×16 SS400
1	□-350×350×16 STKR400	H-500×200×10×16 SS400

ときはこの骨組を新たな代表骨組とし、制約条件を表1中の(2)に示す選択範囲を変更し、新たに設計可能空間(図6)の抽出を行う。図4と図6を比較すると、設計可能空間が設計空間内で移動していることが分かる。ここで、この中で最も軽量な組み合わせが適正解であるとするとき、点cを選択することによって、図5の(2)に示すように骨組の断面情報が再び書き換えられて適正解が得られる。

以上のことは、図1で示した設計可能空間が設計空間内を移動しながら、適正解を探索するプロセスを実現している。

#### 4. システムの性能の検証

##### 4.1 対象骨組

システムの検証に用いた骨組は、図7に示すような応力を受け、境界条件を持つ3層3スパンの骨組とする。なお各層の梁間には、スパン長を4分割する横補剛が与えられている。

この骨組に関して、構造設計実務者が一貫構造計算ソフトSS2を用いて構造設計を行なった結果、得られ

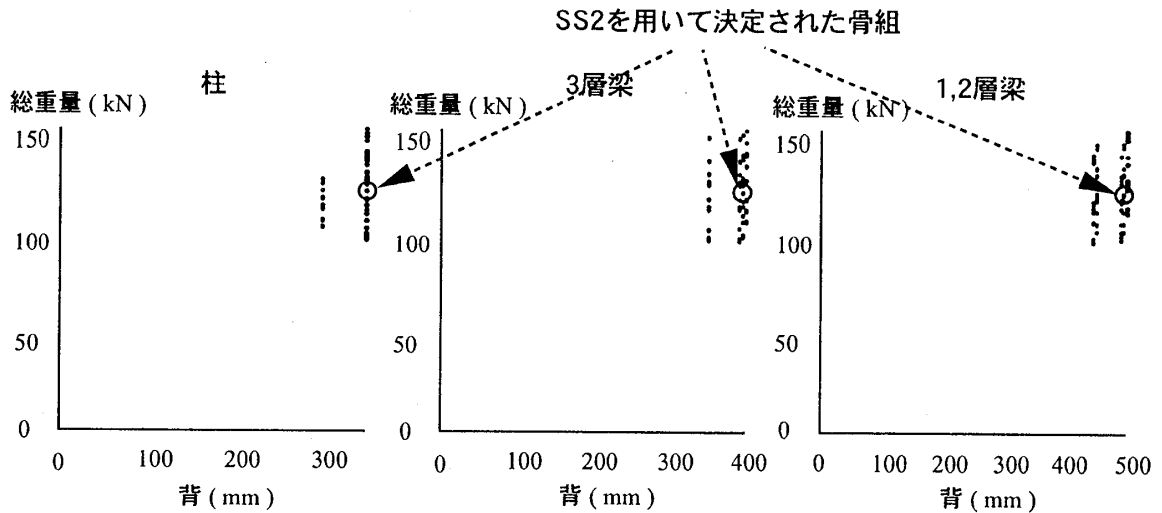


図8 構築したシステムの性能の検証

表3 システムの検証のための設計可能空間の制約条件

層	柱 (mm)	梁 (mm)	
		背	幅
3	280 ~ 370	330 ~ 420	130 ~ 220
2	280 ~ 370	430 ~ 520	130 ~ 220
1	280 ~ 370	430 ~ 520	130 ~ 220

た柱・梁部材の組み合わせを表2に示す。

#### 4.2 考察

構築したシステムの性能の検証を行なった。図8は構造設計実務者によって求められた設計解を代表骨組とし、表3に示すような代表骨組を含む範囲の制約条件の下での設計可能空間の抽出を行なったとき得られる設計可能空間を、グラフで表示したものである。このグラフからは、設計可能空間内にSS2による設計解が含まれていることが確認でき、システムの正確性の検討を行なうことができた。

#### 5. システムのユーザビリティ

システムのユーザビリティを調べるため、構造設計をある程度経験したことのある構造系の大学院生、全く経験したことのない構造系の大学院生それぞれにモニタリングを行なった。

前者の学生からの反応は以下の通りであった。

- ・同時に設計解を得ることは短時間でより経済的な設計を出来る点で優れていると思う。

- ・まだ操作性が悪く、更なるGUIの改善が必要であ

る。

また、後者の学生が使用したときは、解の数の爆発が発生してしまい、最終的に適正解を求めることはできなかった。

#### 6. おわりに

本報告では、任意形鋼平面骨組を対象とした許容許容応力度設計法に基づく設計支援システムの構築を紹介した。得られた知見を以下に示す。

- 1) システムの実効性を既存の設計システムによって得られた骨組を用いて検証し、良い結果を得た。
- 2) 構造系の学生から良い反応を得ることが出来た。しかし、まだ解の数の爆発の問題が残るため更なるGUI、制約条件の工夫が必要とされる。

謝辞 本研究を進めるに当たり、社会法人日本鉄鋼連盟より研究費の助成を受けた。ここに謝意を表します。

#### 参考文献

- [1] B.Kumar, Knowledge Processing for Structural Design, Topics in Engineering Vol.25, Computational Mechanics Publications, pp.12,1995
- [2] 梅田政信, 長澤勲, 樋口達治, 永田良人, 設計計算のプロ2 グラム書法, 信学技報, AI91-60, pp. 25-32, 1991
- [3] M.Yamanari & H.Tanaka, Acquisition of designable space for planar steel frames, Proc. of Digital Architecture and Construction, WIT Press, pp.77-84, 2006

\*1 熊本大学大学院 博士前期課程

\*2 熊本大学 助教授・工博

Graduate School, Kumamoto University

Assoc. Prof., Kumamoto University, Dr. Eng.