

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

2. 構造－10. 鉄骨構造

正会員 ○ 田中尚生^{*1}, 同 山成實^{*2}

知識処理, 鋼骨組, 構造設計, ユーザーインターフェイス

1. はじめに

本研究は, 構造設計初学者が建築構造骨組の構造設計技量を獲得・向上するための仕組みを持つ新しいシステムとして, 知識処理を用いた任意形平面鋼骨組の設計支援システムの構築を行い, その設計解取得法についての検討を行った。

2. 設計可能空間と適正解

本研究では, 「設計とは, 設計情報(本研究では設計空間と呼ぶ)から設計条件(制約条件)の下での設計解の集合(本研究では設計可能空間と呼ぶ)を抽出し, その中から最も設計目的に応じた一組の解(適正解)を設計者が決定する作業である。」^[1]としている。

本報告では, 知識処理を用いた設計処理システムの構築を行い, 長澤等^[2]が提唱した生成検証法による設計空間内から複数解(設計可能空間)を同時に抽出する機能を用いて鋼部材の断面算定の一般化と任意形鋼平面骨組の構造設計支援システム構築を試みる。

図1は, 知識処理を用いた設計における適正解探索を, 模式的に表したものである。設計者は, 最初の仮定骨組(図中a)を決定し, その骨組を構成する断面の周辺の寸法をもつ別の骨組の中から設計可能とされる複数の骨組を同時に抽出する。この集合を設計可能空間という。もし, その中で設計者が最も相応しい断面構成の骨組をb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を新たな仮定骨組とし, 同様にしてその骨組の周辺を探索して新しい設計可能空間の抽出を行う。その中で設計者が最も相応しい断面構成の骨組をcと判

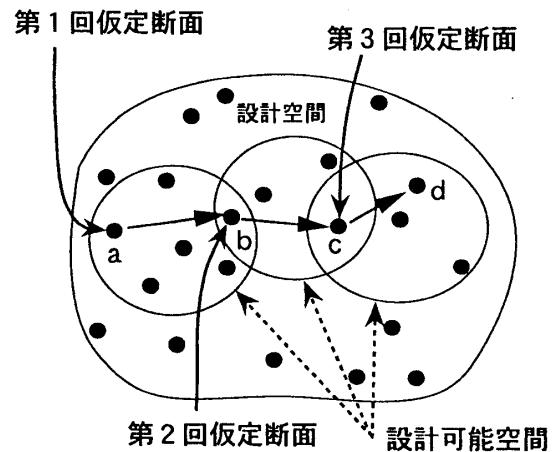


図1 適正解取得のプロセス

断した場合, 設計処理は終了する。それでも満足できる骨組でなければ, 更に同様の手順を経て最終的に適正解(図中d)を得る。本論では, 適正解とはシステムが自動的に探索して求める最適解と異なり, 設計者の判断によって決定された解であるとしている。

3. 鋼構造部材設計システムの構築

以上で述べた設計処理概念は, 1本の鋼部材の断面検討に適用すると理解しやすい。

3.1. 鋼構造部材の断面算定処理

図2は, 鋼構造部材の許容応力度設計処理の分析した結果を簡単に表した図である。鋼構造部材の許容応力度設計は同図に示すように, デザインカタログより抽出された設計情報を基に, 断面算定に必要な値を算出し, 「鋼構造設計規準」^[3]の設計式を用いて座屈応力の検討など諸応力の検討を行う。部材設計システム構築に際し, 部材設計の一連の流れを細分化することにより, 複雑であった処理は単純な処

Extraction Method of Designable Space for an Arbitrary
Shape Steel Planar Frame

TANAKA Hisao and YAMANARI Minoru

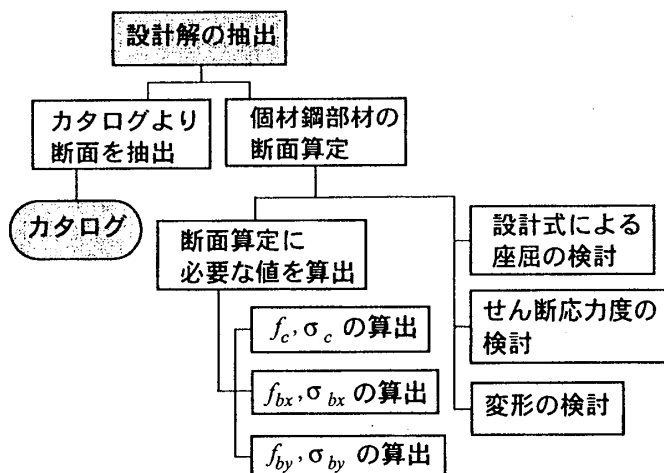


図2 鋼構造部材設計処理の構成

理の集合となる。これらの処理を設計計算言語 DSP^[2]を用いて、H形鋼、円形鋼管および角形鋼管のそれぞれに対する部材設計処理システムの構築を行った。

3.2. H形鋼、円形鋼管および角形鋼管部材設計処理システム構築と統合化

H形鋼、円形鋼管および角形鋼管それぞれに対する部材設計処理システムを構築^[4]し、それらの統合化を行った。システムの統合化には、出力変数を統一することが望ましい。表1に出力変数の共通化の検討を行った結果を示す。円形鋼管と角形鋼管に対応する部材設計処理システムの出力変数は等しいため、統合化に問題は無い。一方、H形鋼の部材設計処理システムの出力変数はx軸、y軸に関する情報が存在する。断面寸法・断面二次モーメントで、変数の数が異なるため、一部が共通化できない。

3.3 断面形状の違いによる最小重量の検討

統合化したシステムを用いて、部材長と最小重量の関係について、H形鋼、円形鋼管および角形鋼管のそれぞれの比較を行った。図3は強軸曲げと中心圧縮軸力を受ける部材、図4は2軸曲げと中心圧縮軸力を受ける部材について、応力状態と、断面形状ごとの部材長と最小重量の関係をを比較した結果を示したものである。

表1 出力変数共通化の検討

共通化項目	H形鋼	円形鋼管	角形鋼管
通り番号	○	○	○
余裕度	○	○	○
背・径	背	○	○
	幅	×	○
板厚	ウェブ厚	×	×
	フランジ厚	×	×
単位重量	○	○	○
断面積	○	○	○
断面二次モーメント	I_x	○	○
	I_y	×	○

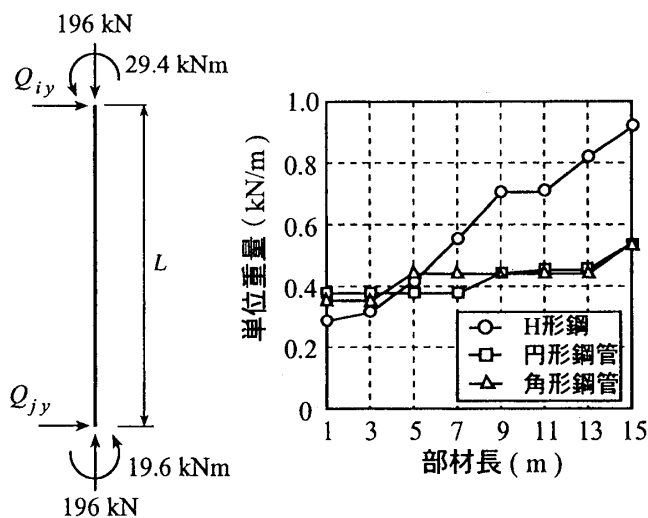


図3 強軸曲げ時の最小重量断面の比較

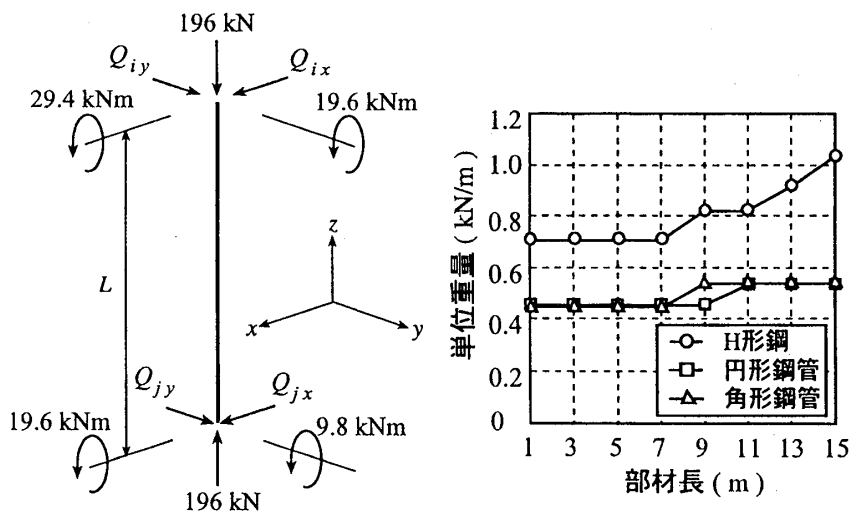


図4 2軸曲げ時の最小重量断面の比較

せん断力は、部材長と曲げの関係より求められる。

図3で見られるように、強軸曲げと中心圧縮軸力を受けるとき、短い部材長のH形鋼は軽い断面で設計可能であるが、部材長が長くなるにつれ、円形鋼管および角形鋼管の方が最小単位重量が小さくなる

ことがわかる。図4の結果をみると、2軸曲げと中心圧縮軸力を受ける場合では、H形鋼は常に円形鋼管や角形鋼管より大きい重量が必要であることがわかる。2軸曲げを受ける断面では、H形鋼にとって弱軸曲げ成分に対する検討が厳しくなるからである。

図3および図4中の各折れ線は各部材断面の重量という面で見たときの設計可能空間の境界であり、折れ線の上側の領域に設計可能な断面が分布している。2軸曲げを受ける断面では、H形鋼にとって弱軸曲げ成分に対する検討が厳しくなるからである。

4. 鋼構造骨組設計システムの構築

4.1. 任意形鋼平面骨組の設計処理システムのユーザーインターフェイス

3. で構築したH形鋼、円形鋼管および角形鋼管に対応した部材設計処理システムを組み込んだ任意形鋼平面骨組の設計処理システムの構築を行った。ユーザーインターフェイスを良くするためには、視認性の高いものを必要とするためExcelを用いることとし、マウス操作でデータの入力および出力結果に対する選択・変更を行えるようボタン、メニュー等を配置した。図5は設計空間内で設計可能空間が移動して行く様子を示している。設計解変更の手順

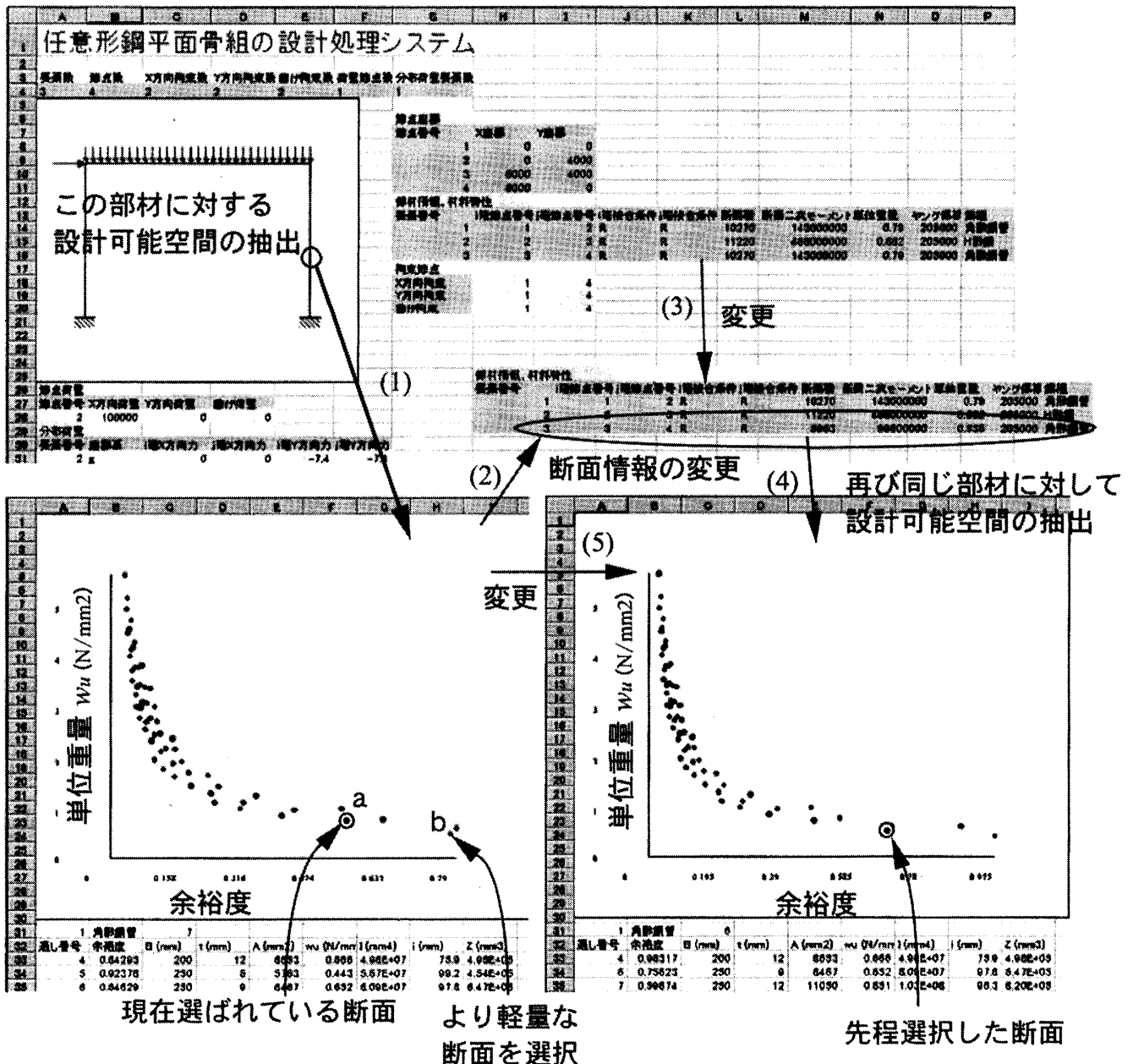


図5 設計可能空間の推移

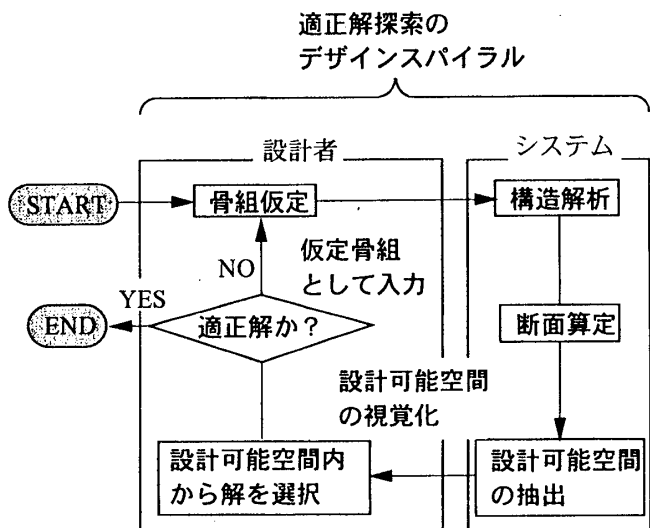


図6 任意形鋼平面骨組の設計処理システムの設計手順

は以下のとおりである。

- (1) 骨組全体の構造解析，断面算定を行った後，骨組図の中で断面を変更したい部材をクリックすることで，その部材に対する設計可能空間がグラフとして表示される。なお，同図では，縦軸を単位重量，横軸を余裕度としている。
- (2) 設計可能空間内では仮定断面は図中a(システムの画面では赤で表示される)で記した点である。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。同図では例としてより軽量な値bを選択する。
- (3) すると，選択した部材の断面情報が書き換えられる。ここで再び構造解析，断面算定を行う。
- (4) 再び，同じ部材をクリックし，設計可能空間を表示する。
- (5) 設計可能空間が変化している(移動している)ことが見てとれる。

以上のことは，図1で示した設計可能空間を移動させながら，より良い設計解を求めていくプロセスを実現している。

4.2. システムの構成

図6は本システムの構成を示す。このシステムで注目すべき点は，設計者が，設計可能空間から設計解を選択し，デザインスパイラルを行い易くなる方法として，設計可能空間を視覚化したことである。そのことにより，設計者は断面情報の比較をより容

易に行うことが可能となる。このように，人間と機械の協調作業によって，人間主導型の設計を行うことが可能となっている。

4.3 考察

設計可能空間を視覚化し，その中から設計解を選択できるようにしたことにより，設計者は容易に設計可能空間内のデータを比較することが可能となった。しかし，任意形鋼平面骨組の設計処理システムとしては，以下に示すような課題が残される。

- 1) それぞれの部材を柱・梁と区別していないため，柱と梁同士の納まりの検討を行っていない。
- 2) 骨組の水平移動の拘束をシステムが組み入れられていない。
- 3) 骨組構成素材が多数となったときに生起する解の数の爆発に対する問題がある。

5. おわりに

本研究では，知識処理を用いた任意形鋼平面骨組を対象とした設計処理システム構築において，設計者自身が設計解の決定を行うための仕組として，設計可能空間から設計解を取得するプロセスの視覚化を行った。今後は4.3で示された問題点を解決することにより，さらに実用的なシステムの構築が期待される。

参考文献

- [1] 山浦秀行，山成實：建築鋼骨組の構造設計における設計可能空間の取得法に関する研究，日本建築学会情報システム 利用技術論文報告集，第23巻，pp.193-198，2000.12
- [2] 梅田政信，長澤勲，樋口達治，永田良人，設計計算のプログラム書法，信学技報，AI91-60，pp. 25-32，1991
- [3] 鋼構造設計規準，日本建築学会，技報堂，第2版，第15刷，1990
- [4] 田中尚生，山成實：知識処理を用いた無限スパン鋼ラーメン骨組の最小重量設計に関する研究，日本建築学会，情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集，第28巻，pp.151-156，2005.12

*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.