

新しい概念を備えた鋼構造骨組設計支援に関する研究 (その1 鉄骨構造骨組の設計処理分析)

正会員 ○ 山成 實*¹, 同 山浦秀行*²,
同 松尾伯方*³, 同 原田幸一*⁴

1. はじめに 本報告は、設計者の知的設計活動を支援しつつ設計者の設計技量の向上を促進させる仕組みを持つ新しい概念を具備し、知識処理を用いた鋼ラーメン骨組構造設計支援システム構築の一環として部材設計の部分のシステム開発を行った。更に、システムの実行性能を検証することによって、設計初心者の設計スキル向上の支援可能性、システムの持つ問題点および今後の発展性の展望について検討する。

2. 既往の研究と知識処理の鋼構造部材設計への応用

設計とは、図1のように与えられた設計情報(本研究では設計空間と呼ぶ)から設計条件(拘束条件)の下で設計解の集合(本研究では設計可能空間と呼ぶ)を抽出し、その中から最終的に1組の解を決定する作業であるといえる。設計情報とは、例えば部材設計においては設計者に用意されているデザインカタログに記述されている数値情報などである。

設計技量は設計者自身の多くの経験に基づいて向上していくものであり、それを実現するには長い時間を要するのは周知である。設計技量向上のための設計試行の過程では、骨の折れる作業が伴いがちであるため設計者が熟練の域に達するには相当の忍耐と修養が要求される。建築設計規準の性能設計への移行に伴い、設計者はより高度な設計判断が要求されることになり、設計者の設計技量向上は急務である。

従来の設計システムは自動的に試行錯誤を行い設計空間から適正解を導き出すかもしくは入力仮定値に対する解を出力するのみの単一解を得る。従って、設計者はシ

ステムに設計条件を入力するのみで、システムに設計者が従属するといった主客転倒するような奇異な利用形態が生じるため、設計初心者の設計技量向上につながるとは考えられない。

従来のシステムが設計空間から単一解を導き出すものであったのに対し、近年では知識処理を用いた新世代の設計システムの提唱がなされて来ている^{[1][2]}。知識処理による設計は、生成検証法により与えられた設計空間内から設計条件を満足する解を探索して複数解(設計可能空間)を見いだす^{[3][4]}。従って、知識処理では設計者が複数の設計解の中から最も相応しい解を選択する道が与えられ、従来のシステムで生じるようなシステムに設計者が従属するといった状態になることを防止できる。また、構築されたシステムは透明化されており設計者によるカスタマイズが可能であること、処理とデータベースが不可分の関係にあることが特徴である。

3. 鋼構造部材設計処理の分析と設計システムの構築

鋼構造物の部材設計は「鋼構造設計規準」^[5]に基づいて行われる。規準書に記述される設計式および式に関わる変数や定数記号の説明は図2に示す形態をもつのが一般的である。このような記述に相応しい言語としてDSP^[6]を採用した。DSPの持つデータフローの概念^[7]より、プログラミングにおいて処理手順順序を意識せずに設計仕様を記述できるため、設計者自らがシステム構築に参加でき将来の設計仕様変更が容易かつ迅速に対応することができる。

図3はH形鋼部材の設計処理を分析した結果を簡潔に示したものである。部材設計システム構築に際し、まず部材設計処理を分析し複数の処理に細分化する。これにより複雑であった処理は簡単な処理の集合となる。これらの処理をプログラミング言語で再構築する。設計計算言語 DSP の持つデータフローの概念より設計者自身が容易にプログラミングでき、かつオブジェクト指向^[8]技術によって図3に見られるようなモジュール群は階層化され

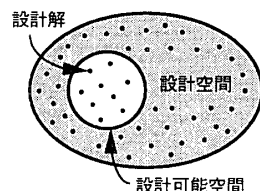


図1 設計空間と設計可能空間

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{c\sigma_b}{f_b} \leq 1 \quad (6.1)$$

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{c\sigma_b}{f_b(1-\frac{\sigma_c}{f_e})} \leq 1 \quad (6.1)'$$

ただし、 $f_e = \frac{P_e}{A}$, $P_e = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$

図2 設計規準書に見られる記述例(文献[5])

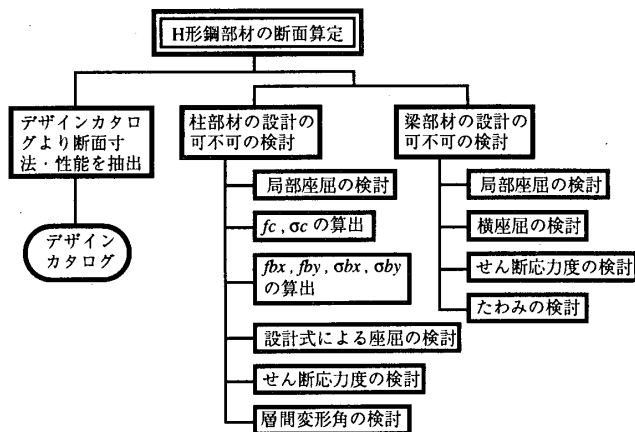


図3 H形鋼部材設計システムの構成

る。実際の設計処理に沿ったシステムが構築できる。個々のモジュールは有機的に関連づけられて各処理を行い、設計空間より設計条件を満足する設計可能空間を抽出する。各モジュール

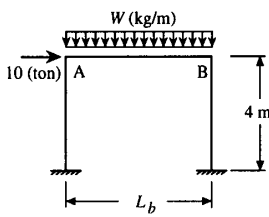


図4 設計骨組

は、モジュール間で結合して実行させることもできるし、単独で実行させることもできる。このことはモジュールの再利用が容易にできることを意味する。これより更に他の検定を付加することは容易である。例えば設計規準の改定に伴う設計システムの改変を考えれば、他のプログラミング言語で記述したものより労力を必要としない。

4. H形鋼部材設計システムによる設計可能空間の抽出

ここで構築したH形鋼部材設計システムを用いて、柱および梁の設計可能空間を抽出した結果を示す。用いた鋼材はSS400とした。

図5, 図6は図4に示す門型ラーメンの応力計算に基づいて、スパンと柱部材の単位長あたりの重量および部材背の設計可能空間を求めたものである。なお、床荷重を300 kg/m²の等分布荷重とし、梁部材の直交方向の床負担幅はスパン長さとした。

図7, 図8は300 kg/m²の等分布床荷重を作用させた両端固定のH形鋼梁のスパンと単位長あたりの重量および部材背の設計可能空間を求めたものである。図中のL_yは梁部材が負担する直交方向の幅である。

図5～図8の各折れ線の上側の領域が設計可能空間である。各図からスパンに応じた選択可能な部材情報が得られ、このような図を得ることが設計初心者の技量向上に

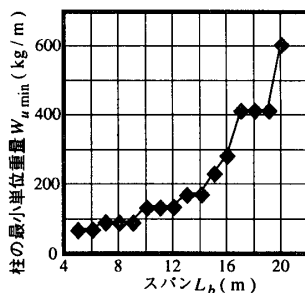


図5 H形鋼柱部材のスパンと最小単位重量

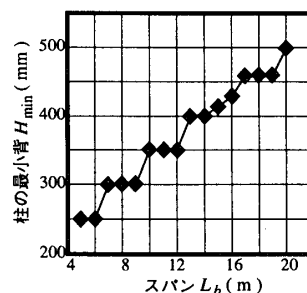


図6 H形鋼柱部材のスパンと最小背

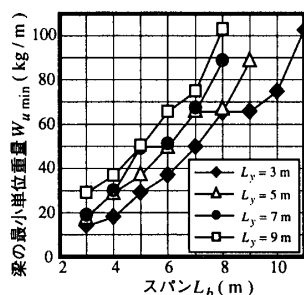


図7 H形鋼梁部材のスパンと最小単位重量

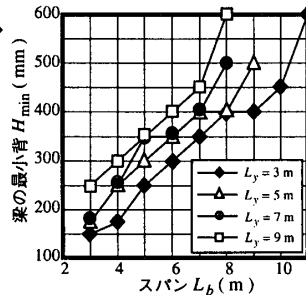


図8 H形鋼梁部材のスパンと最小背

貢献する。

5. おわりに 本研究は、鋼構造骨組構造設計のための部材断面算定処理に焦点を当て、設計者の設計スキル向上を支援するシステムの試作を行う一環として、知識処理を備えた設計計算言語 DSP を用いて再利用に柔軟なシステムを構築できた。

参考文献

- [1] B. Kumar, Knowledge Processing for Structural Design, Topics in Engineering Vol.25, Computational Mechanics Publications, 1995
- [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, A191-60, pp. 25-32, 1991年
- [3] 長澤勲, 前田潤滋, 手越義昭, 牧野稔, 建築設計支援システムにおける小規模な組合せ選択問題のためのプログラミング手法, 日本建築学会構造系論文報告集, 第417号, pp. 157-166, 1990年11月
- [4] 手越義昭, 長澤勲, 前田潤滋, 牧野稔, 建築物設計における小規模な組合せ選択問題の一解法 階段設計を例として, 日本建築学会計画系論文報告集, 第405号, pp. 157-165, 1989年11月
- [5] 日本建築学会, 鋼構造設計規準, 1973年5月
- [6] 小島崇司, 長澤勲, 樋口達治, 望月雅光, 梅田政信, 章志華, 機械系のばらつき設計を中心としたカメラの鏡枠ユニットの設計支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 38, No. 1, pp. 131-145, 1997年1月
- [7] 石田栄介, 新美勝之, 福和信夫, 中井正一, 静的線形有限要素解析のオブジェクト指向分析と設計, 構造工学論文集, Vol.40B, pp.243~250, 1944年

*1 熊本大学工学部環境システム工学科 助教授・工博
 *2 熊本大学大学院自然科学研究科 大学院生
 *3 伯建築事務所 所長・工修
 *4 原田建築設計事務所 所長

Assoc. Prof., Dept. of Architecture and Civil Eng., Kumamoto Univ., Dr. of Eng.
 Graduate Student, School of Science and Technology, Kumamoto Univ.
 President, Osa Architectural Studio, M. of Eng.
 President, Harada Architectural Studio