

# 鉄骨小梁配置計画のための 知識処理システムに関する研究

正会員 ○ 原田幸一\*<sup>1</sup> 同 江口 翔\*<sup>2</sup> 同 山成實\*<sup>3</sup>

## 2. 建築構造 -10. 鉄骨構造

### 設計支援システム, 知識処理, 小梁配置計画

#### 1. はじめに

鉄骨構造骨組で用いられるデッキプレート床版を支える鉄骨小梁を設計するための合理的な設計計算と設計解の選択を容易にするために, システムが設計解の候補を複数提供し<sup>(1,2)</sup>, 小梁の配置計画のための情報を提示することで設計者特に初学者にとって設計感覚を養うのに役立つ処理系の構築を試み, その考察を行う。

#### 2. 研究目的

現在, 二次部材の構造計算は商用ソフトや表計算ソフト (Excel 等) による自作ソフトによって行われるが, これらは二次部材設計の繁雑さを軽減し, 設計熟練者にとっては非常に便利なソフトとなっている。二次部材の設計は設計解を得るまでに短時間

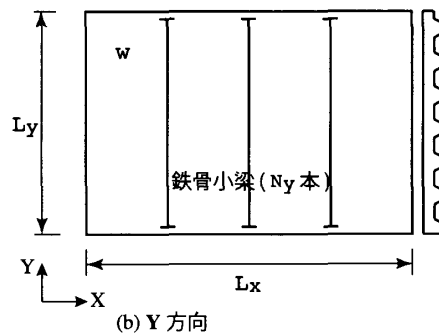
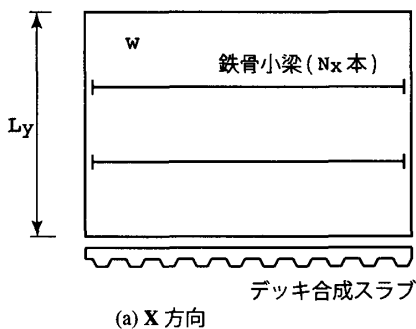


図1 デッキ合成スラブ床組

で行え, 計算自体は単純で多くの知識を必要としないため, 構造設計初学者が行うことができ, 構造設計初学者の教育に用いられることが多い。しかし, ソフトの中身がブラックボックスになっている

ことや設計解がある条件下における解でしかないことから, それらのソフトは設計初学者を育てる機能はあまり有していない<sup>(3)</sup>。

鉄骨小梁の設計のための構造計画は次のようになされる。大梁によって囲まれた床組は床版と小梁から構成されるが, 単位面積当たりの床荷重を算定し, 適正な大きさの床版の設計がなされる。床版の設計をもとに次いで小梁の設計となるが, 小梁の配置方向・配置本数を仮定することから小梁の設計は始まる。

しかし, この小梁の配置計画が構造設計初学者にとっては容易な仕事ではない。新人教育は今や構造計算ソフトを用いて行われることが常態化しているため, 構造設計初学者の育成に有効な機能を有した新たな構造計算ソフトが必要であると考えられている<sup>(3)</sup>。本報告では小梁の配置計画を支援することを目的とし, 設計者に複数の設計解を提供し, それらの評価をするのに役立つシステムを試作した。

#### 3. システムの構成

本システムでは生成検証法を容易にプログラミングできる設計計算言語 DSP<sup>(4)</sup> を用い, 大梁によって4辺を囲まれた床組の平面寸法, 単位面積当たりの床荷重, 床版の架け渡すことができる限界スパンおよび小梁の材料情報を入力情報とした鉄骨小梁の設計を行う。システムが小梁の配置方向と配置本数を生成することで, 小梁のスパンと負担する等分布荷重を計算し, H形鋼の断面情報を含むデザインカタログから曲げ応力度検定比と最大たわみを求める。曲げ応力度検定比と最大たわみとたわみ角の許容範囲を設計者が指定することで設計条件を満足する複数の設計解を一度に得ることができる。出力情報は配置方向, 配置本数, 小梁せいおよび小梁総

重量を基本とし、曲げ応力度検定比、中央たわみを得て、設計解決の判断材料をシステムは設計者に提供する。  
本システムのデータフローを図2に示す。

4. 鉄骨小梁の設計

4.1 設計条件

鉄骨構造で用いられる床版はデッキプレートを用いた一方向性床版とH形鋼を用いた単純梁の鉄骨小梁が一般的である。

小梁の配置本数は、床版の架け渡すことができる限界スパンから求められる小梁の必要本数の場合と、小梁の負担荷重低減の影響を検討するために必要本数に

1本加えた場合を想定し、XY両方向について設計検討を行う。

計算条件として鉄骨小梁の許容曲げ応力度  $f_b$  は一般的に用いられるデッキ合成床版<sup>(5)</sup>を想定し、横座屈を考慮しない  $f_b=156 \text{ N/mm}^2$  を用いる。

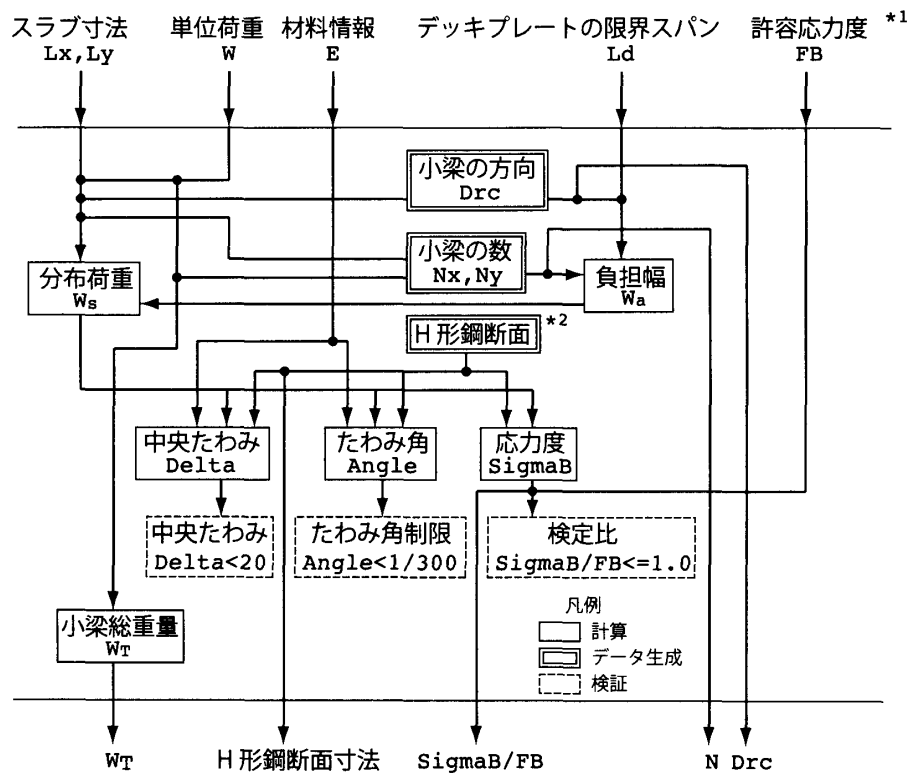
制約条件として曲げ応力度検定比  $\sigma_b / f_b$  の設計許容値の範囲を 0.55 ~ 0.99 とし、余裕があり過る断面は設計候補としないこととする。たわみの許容値は一般的な上限値として用いられるスパンの300分の1以下かつ20mm以下とした。

検証に用いた数値や諸条件を表1にまとめる。

4.2 設計解の候補

本検証例では小梁をX方向に架けた場合に1本、Y方向に架けた場合2本の小梁が必要となった。必要本数に1本を加えた場合も設計解の候補とし、設計解の候補としてX方向の小梁は7種類、Y方向の小梁は6種類の合わせて13種類のH形鋼の解を得た。

設計を可とする曲げ応力度検定比



\*1 スラブの拘束により横座屈は起こらない条件下とする。  
\*2 断面カタログ記載の寸法、単位長さ重量、断面性能情報

図2 データフロー図

の範囲を比較的広くとったため、設計解の候補は、広幅Hから細幅Hまでであり、梁せいも200 ~ 446mmまでと広い範囲の解を得た。総重量も370 ~ 790kgと2倍を超える大きな範囲となった。これらは設計解の評価を分析するため十分な候補数と考えられる。

5. 設計解の評価

鉄骨小梁の複数の設計解について、図3に小梁の総重量と(a)曲げ応力度検定比、(b)中央たわみおよ

表1 デッキ合成スラブ設計のための情報

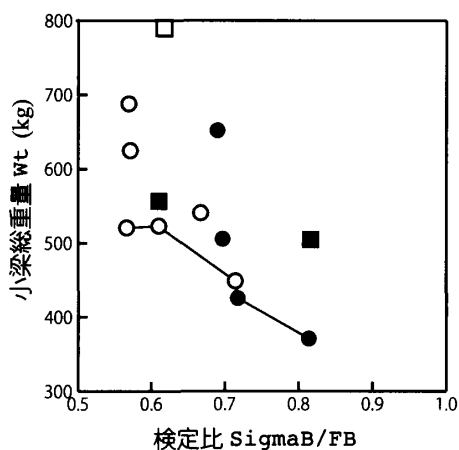
大梁によって囲まれた床組の平面寸法	X方向スパン	Lx (m)	8.0
	Y方向スパン	Ly (m)	5.8
床荷重		w (kN/m <sup>2</sup> )	4.8
デッキプレートの架け渡せる限界スパン		Ld (m)	3.0
小梁の許容曲げ応力度		$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	156
使用材料	小梁	SS400	
構造形式	小梁	単純支持梁	
	デッキプレート	デッキ合成スラブ構造	

び(c) 梁せいの3つの要素との関係で示す。ここでは、工事費に関係が深い総重量を縦軸に取り、評価の基本尺度と考えた。13の設計解の候補のうち、合理的な解と考えられる細幅Hを必要本数を配置した解はX方向に架けた場合で3つ、Y方向に架けた場合で2つである。これらをXY方向別に線で結ぶことが分かる。これにより3つの横軸要素との傾向がわかり易くなる。また、必要本数に1本加えた場合では、全ての断面が細幅Hであったが広幅H、中幅Hの解の場合と共に総重量は大きい値となった。

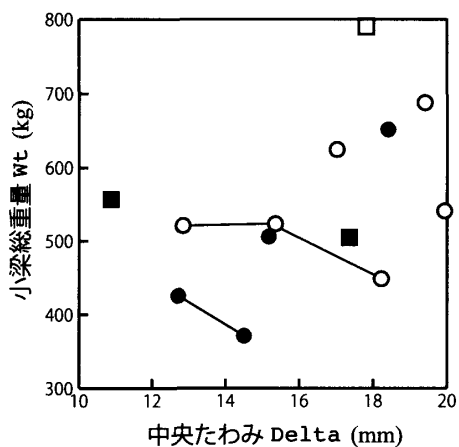
### 5.1 曲げ応力度検定比と小梁総重量

検定比は設計許容値下限の0.55～0.65にスパンの長いX方向に小梁を架けた場合で多くみられた。このことから本報告の例題では、X方向は最大たわみによって鉄骨小梁の設計が決定したためと考えられる。また、Y方向に架けた場合の検定比は最大値

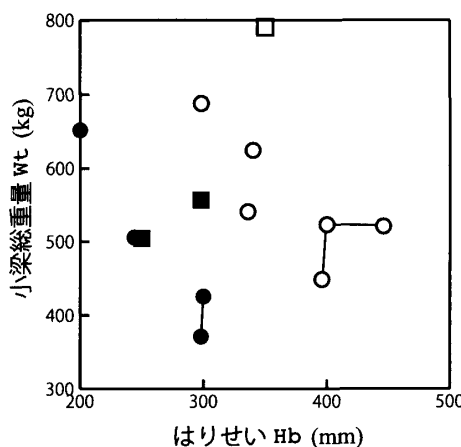
で0.8にとどまったもののX方向の場合に比べて大きな値となった。Y



(a) 検定比・総重量関係



(b) たわみ・総重量関係



(c) 梁せい・総重量関係

図3 設計解の評価

方向ではたわみの制限ではなく検定比の方で解の候補が決定したためと考えられる。

検定比が大きいほど総重量が低くなると予想され、そのとおりの結果が得られた。スパンの短いY方向に必要本数を架けた細幅H形鋼で板厚が薄い断面が合理的であるため、小梁の総重量が最も小さくなる。

### 5.2 中央たわみと小梁総重量

最大たわみの制限値はX方向に架けた場合で20mm、Y方向に架けた場合でスパンの300分の1の19.3mmとなるが、X方向の場合は制限値に近い傾向がみられ、Y方向は余裕のある値となった。小梁スパンが短くなるY方向に架けた方が中央たわみは小さくなり、小梁の設計は容易となるが、かわりにスパンの長い大梁の荷重負担が大きくなるので、大梁のせいおよび建物全体の耐震計画も含めた判断が必要となる。同じ梁せいのシリーズでは板厚の厚い断面の方がたわみ量は押さえられるが、必然的に総重量は増大する。またせいは大きい薄い断面の方が、せいが小さい厚い断面に対して総重量はあまり変わらないが検定比に比べてたわみ量はかなりおさえられる。その関係が図示されて、視覚的にわかり易くなることが設計判断の支援となる。

### 5.3 小梁せいと小梁総重量

梁せいは、小梁スパンが5.8mのY方向で300mm、スパン8.0mのX方向で400mm程度であれば、総重量が小さくなることになり得る。梁せいは意匠設計者や設備設計者に

とって重要であるが、せいと総重量の関係が視覚的にわかるため、この関係図は設計打ち合わせを進める上で有効と考えられる。

小梁の本数に関して、必要本数に1本を加えてみても梁せいは大きく変わらないことがみてとれる。

また、梁せいをおさえるためには広幅、中幅が有効であるが、どの程度総重量が増えているかが視覚的にわかり総合的な設計判断が

できる。

#### 5.4 評価のまとめ

梁せいと総重量の関係から一度にXY両方向のはりせいの標準値が分かり、小梁配置計画が進め易くなる。最も総重量が小さい設計解においては、検定比や中央たわみの他の解との関係から設計支援となり得る。

必要本数に1本を加えた場合の設計解の候補はX方向で1種類、また、Y方向で2種類と元の場合と比べてかなり少ない。負担荷重は低減されるがX方向では本数が2倍となるため、総重量の面からせいをおさえて小梁の本数を増やす場合はむしろ不利となることが分かった。

#### 6. システムの分析

構造設計初学者が行うことの多い計算自体は単純な鉄骨小梁の設計においても複数解が一度に得られることで標準的な梁せいと小梁総重量を主とした構造計画のための情報が得られ、意匠設計者や設備設計者と配置計画や小梁断面の検討ができる。

また、曲げ応力度検定比、中央たわみも含めた総合的な検討が行え、設計解を吟味し設計者が決定することができることを示すことができた。

#### 7. おわりに

総重量を縦軸にとり、横軸を変えた3つのグラフにプロットされた複数の設計解の関係から設計者が得る情報は経験則であった配置方向、配置本数の決定の支援に有効な役割を果たすこととなる。

ここから見えてくる新人教育に関しての計算ソフトの問題点について考察する。

計算ソフトは設計の手間を大きく省き、スムーズに構造設計を行うことができる今日の構造設計を支えているツールの1つである。しかし、初学者にとってはある条件下における設計解を出すだけのソフトに過ぎず、初学者教育に適しているとはいえない。それはアンケートの結果<sup>(3)</sup>からも窺える。構造設計者に求められる役割が大きくなってきている今、本

知識処理システムが初学者教育機能をもつツールとなるのは確かである。

今後は、床版の設計も含めた小梁配置支援システム構築を試み、デッキ合成スラブ床版以外のデッキプレート板支持も考慮することで小梁の方向や本数に加えて床版が架け渡すことができる限界スパンと単位面積当たりの荷重の生成を行い、より多様な小梁設計を可能とし、また、小梁のみで終わらない周囲の大梁への影響も提示するシステムとしていきたい。

#### 参考文献

- (1) M.Yamanari, H.Tanaka, Acquisition of designable space for planar steel frames, Digital Architecture and Construction, WIT Press, pp.77-84, 2006.9
- (2) 田中尚生, 山成實, 鋼構造設計における設計可能空間取得技法に関する研究, 鋼構造年次論文報告集, 第14巻, pp.409-414, 2006.11
- (3) 江口翔, 原田幸一, 山成實, 九州地区における建築構造設計技術者のコンピュータ支援設計システムに関する意識調査, 鋼構造年次論文報告集, 第17巻, pp.109-114, 2009.11
- (4) 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, 電子情報信学会技術研究報告集, AI 91-60, pp.25-32, 1991
- (5) 合成スラブ工業会, 合成スラブの設計・施工マニュアル, 2005.3

\*1 熊本大学大学院自然科学研究科・大学院生  
原田建築設計事務所・所長

\*2 熊本大学大学院自然科学研究科・大学院生

\*3 熊本大学大学院自然科学研究科・准教授・工博

Graduate School of Science and Technology, Kumamoto Univ.  
Harada Design Lab.

Graduate School of Science and Technology, Kumamoto Univ.

Assoc.Prof., Graduate School of Science and Technology,  
Kumamoto Univ., Dr. Eng.