

# 初学者教育のための建築鋼構造骨組の 構造設計システムの開発研究

村田遼<sup>†1</sup> 澤原朝美<sup>†1</sup> 増本翔<sup>†1</sup>  
牛島祐樹<sup>†1</sup> 原田幸一<sup>†2</sup> 山成實<sup>†1</sup>

本報告では、建築鋼構造骨組の二次設計を含んだ構造設計システムの開発研究について述べる。二次設計は、稀に起こる大地震に対して建物が倒壊しないことを確認するものである。二次設計を伴う構造設計では複雑な設計計算を行わなければならない。このような設計を行う上で、初学者に設計の仕組みを理解させ、設計マインドを育てることは初学者教育における重要な問題である。本研究で開発したシステムは、生成検証法の機能をもつ設計計算言語 DSP を用いることで初学者に短期間で構造設計技量を獲得・向上させる仕組みをもつ。このシステムは設計実験を通して初学者に正しい理解を促し、自らの意志により設計判断を行わせることができる有用な機能を有していることが示された。

## Development of A Structural Design System of Steel Frames for Beginner Education

RYO MURATA<sup>†1</sup> ASAMI SAWAHARA<sup>†1</sup> SHO MASUMOTO<sup>†1</sup>  
YUKI USHIJIMA<sup>†1</sup> KOUICHI HARADA<sup>†2</sup> MINORU YAMANARI<sup>†1</sup>

This paper describes development of a structural design system aimed at beginner education with respect to secondary design of steel frames. In secondary design of structures, more complicated and laborious work must be done rather than preliminary design. Therefore, there are difficulties in education of beginners in the field of structural design for achievement that they understand the design rules and become skillful. The design system was developed by means of Excel and DSP. DSP is data-flow computer language that was developed by Nagasawa et al. A performance test was conducted with the system for explanation of the mechanism of the secondary design. The paper concludes that the new system is useful for beginner education of steel structural design.

### 1. はじめに

我国の建築構造設計は、一次設計及び二次設計から成る。本研究は、後者の二次設計を対象とし、構造設計初学者が建築鋼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もつ新しい概念[1]を具備した設計支援システムの開発について報告する。

### 2. システムの概念

#### 2.1 初学者による二次設計の学習

一次設計は理論が分かり易く、比較的容易に計算することができる。それに対して二次設計では、建築物の倒壊や崩壊を防ぐために地震に対して、建築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力以上となるように設計する。また、構造設計は段階を踏んで行われるため、たとえ、対象骨組が一次設計において設計可能であっても、二次設計において設計不可となる可能性がある。その場合はもう一度最初からやり直さなければならない。初学者は二次設計を見越した断面を仮定するための設計経験が乏しいため、二次設計では多くの時間を要し、多大な労力を必要とする。骨組の二次設計を行う技術を短期間に向上させるにはコンピュータ

の使用が不可欠である。

また、二次設計を行う上で設計者が把握すべき情報は広域に渡っており、初学者にとってそれらの情報を把握できていないことが困難さを生み出している。そこで、著者等の研究では二次設計を行う上で設計者が把握し、コントロールすべきである情報は1)構造特性係数  $D_s$  値、2) 崩壊メカニズムであると考え、さらに、それらによって保有水平耐力がどのように定まるのかを把握することが重要である[2]と考えた。

1)  $D_s$  値は、部材の塑性変形能力から定められた骨組の塑性変形能力を示す値である。二次設計では、骨組の靱性が求められるため、その靱性を確保するために  $D_s$  値を小さくする必要がある[3]。二次設計の性質の理解を支援するシステムを構築する上で、この  $D_s$  値を把握し、コントロールする技術を身に付ける機能を明確にすることは重要である。

2) 崩壊メカニズムには、「全体崩壊形」、「部分崩壊形」、「局部崩壊形」が考えられるが、解析終了時に全体崩壊形を形成しない建築物は数多く存在する[4]。保有水平耐力は、あらかじめ崩壊メカニズムのイメージをある程度もっておき、保有水平耐力の見込を立てておいてからコンピュータで確認する手順が理想的である。したがって、設計解として出力された骨組がどのような崩壊メカニズムを形成するかを把握することは、二次設計を行う上で必要不可欠であり、

<sup>†1</sup> 熊本大学

Kumamoto University

<sup>†2</sup> 熊本大学, 原田建築設計事務所

Kumamoto University, Harada Design Lab.

この崩壊メカニズムが容易に把握できる機能は、初学者の二次設計における技術の向上を支援するシステムにおいては必要であると考えられる。

## 2.2 システムの設計の流れ

本システムが提案する設計処理の流れを図 1 に示す。設計者はまず、既に著者等が開発した一次設計支援システム [1] により出力された複数解に関して設計検討を行う。その中で設計者自身の設計条件に沿った設計解の数を絞り込み、設計候補解を決定する。その設計候補解群について二次設計に先立ちフィルタリングを行う。フィルタリングは、一次設計をパスした解の中で事前に設計者の判断で取捨選択を行う行為であり、このシステムにおける設計者の意図が設計作業の中で反映される重要な機能の一つである。二次設計支援システムを用いて保有水平耐力( $Q_u$ )や必要保有水平耐力( $Q_{un}$ )等を算定し、層せん断力 - 層間変形角の関係や崩壊メカニズム等と併せて設計検討を行う。

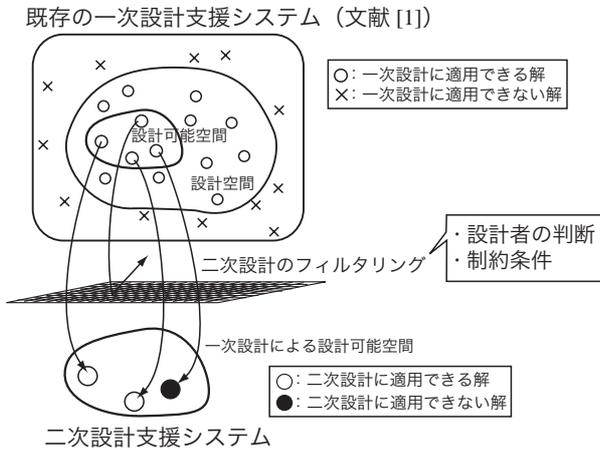


図 1 システムの設計処理の流れ

## 3. システムの実装

本システムの解析は、一般化硬化ヒンジ法による複合非線形解析プログラム（以下 **club.f** と呼ぶ）[5] を用いた。なお、本システムは純ラーメン骨組を設計対象とし、必要保有水平耐力を算定する際の各階の剛性率、偏心率より定める形状係数  $F_{es}$  は 1.0 を前提とする。

### 3.1 システムの仕組み

図 2 に本システムの仕組みを示す。本システムの入力シートは文献 [1], [6] を発展させたものである。二次設計においては設定可能な計算条件が多くなる。したがって、初学者の混乱を防ぐために入力項目をシンプルにした。ここで入力した情報を一旦 **club.f** 用に変換して、構造解析用の入力データを作成する。**club.f** による静的解析が終わると構造設計に必要な解析データのみを出力シートに出力する。

設計判断は各設計者で重要とする設計項目が異なる。 $Q_u$  の計算に必要な層せん断力 - 層間変形角のグラフ、崩

壊メカニズム等を図化できるようにした。また、二次設計の設計判断を行う項目として **DSP**[7] により各層の  $D_s$  値を算定し、 $Q_{un}$ ,  $Q_u$  を表示し、判定は骨組の保有水平耐力の検討 ( $Q_u / Q_{un} \geq 1.0$ ) を用いて設計可否の判断を行う。設計技術の向上のために必要であるのは、設計解の根拠とその検討である。ここで、設計不可となる設計解も表示することで、設計検討を行う際の判断材料となり、二次設計に適用できない要因を考えることができる。したがって、二次設計の特性をより良く学習することができる。

さらに、骨組の特性を理解した上で、重量 -  $Q_u / Q_{un}$  関係のグラフを用いた設計判断を行い、設計者の判断の加わった適正解を決定する。これらの作業を通して、設計者は自ら選択した部材によって  $D_s$  値がどのように定まり、骨組の性質にどのような影響を及ぼしているかを確認することが可能となる。

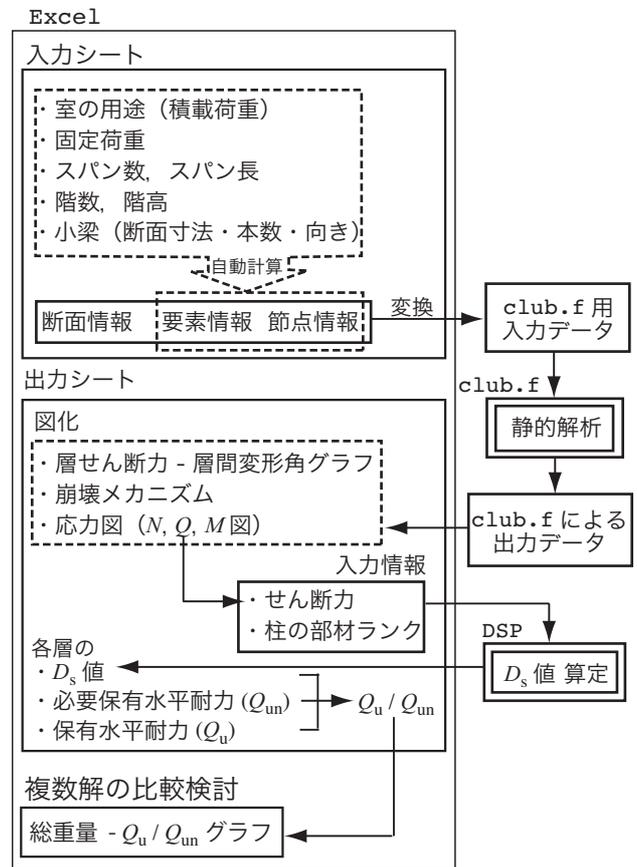


図 2 システムの仕組み

### 3.2 システムのユーザインターフェイス

著者等の研究を継承し、ユーザインターフェイスには **Excel** を用いた。プログラミング言語 **VBA** を用いて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・変更を行えるようにボタン、メニュー等を配置する。図 3 に二次設計支援システムの出力シートを示す。二次設計を理解する上で重要な項目を図化し、視認することで骨組の特性

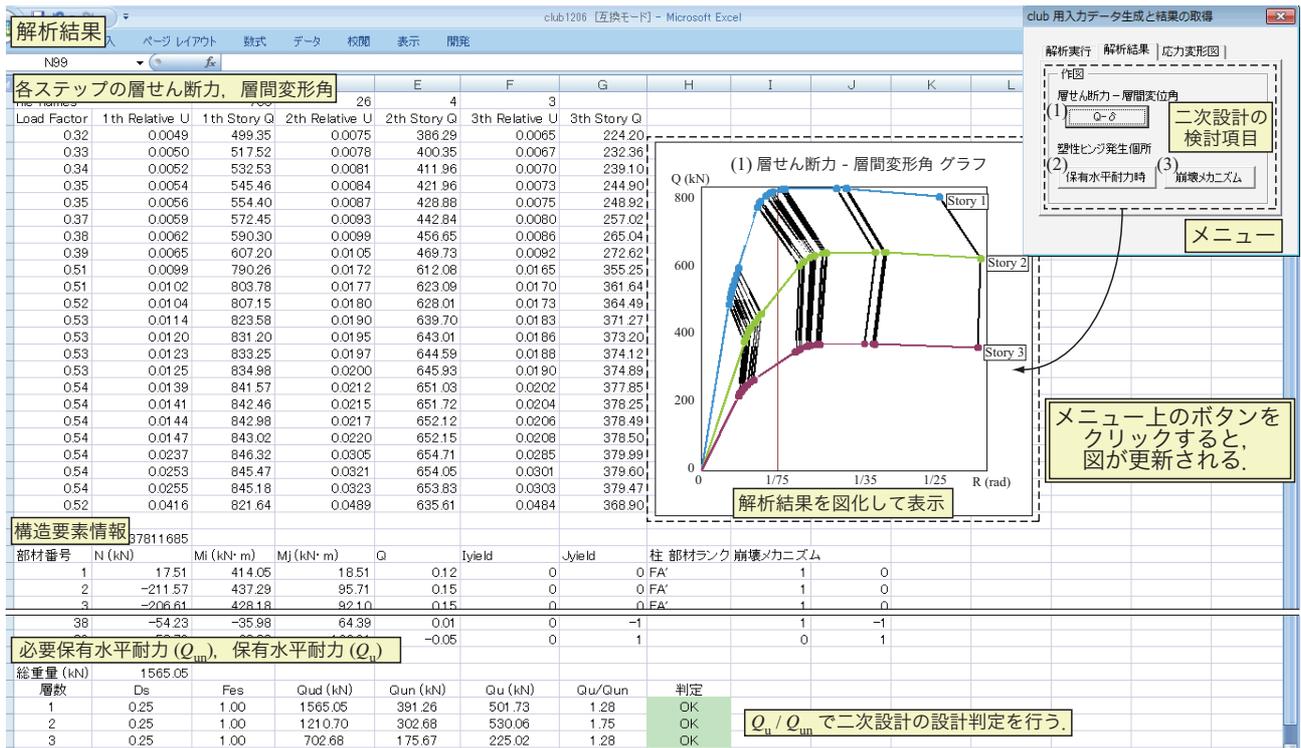


図 3 二次設計支援システムの出力シート

を学習する仕組とした。また、システムに検討項目すべてを一度に表示するには限界がある。したがって、設計者が同図中にあるメニューで検討項目を選択して、図を切替える仕組とした。

### 3.3 設計解の検討項目

二次設計における設計解の検討には、先に述べたように層せん断力 - 層間変形角, 崩壊メカニズムといった設計判定に直接かかわってくる重要な検討項目がある。本システムは、これらの検討項目について図化を行った。以下に各検討項目の図化の実行例を提示し、それについて述べる。

#### 3.3.1 層せん断力 - 層間変形角の関係

図 4 にシステムにより出力された各層の層せん断力 - 層間変形角関係のグラフを示す。このグラフは、縦軸に層せん断力(Q), 横軸は層間変形角(R)を取る。図中には、塑性ヒンジが発生するステップ毎にマークを表示した。各層でステップ毎に線で結び、また、各層の同ステップを線で結んでいる。さらに、グラフは  $R=1/75$  の位置を示している。同図より、どの層の何ステップ目で最初に  $R=1/75$  となるかを視認することができる。各層の保有水平耐力を計算するための増分解析は  $R=1/75$  の時点で終了させ、その時点の耐力を保有水平耐力とする[8]。同図より、各層の  $R=1/75$  を比較すると、第2層の層間変形角が最初に  $R=1/75$  に達する。すなわち、第2層で保有水平耐力が決定されるということが分かる。このように、どの層が先行して壊れているかを一目で確認することができ、選択した部材が骨組にどのような影響を及ぼすかを学習することができる。

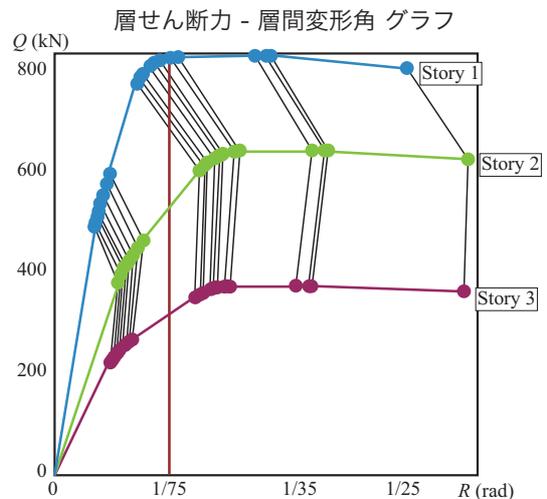


図 4 層せん断力 Q - 層間変形角 R

#### 3.3.2 崩壊メカニズム

図 5 にシステムによって出力された塑性ヒンジの発生箇所を表した骨組を示す。同図(a)は崩壊メカニズムを示しており、ここでは、すべての梁の両端に塑性ヒンジが発生しており、全体崩壊形となっていることが分かる。また、同図(b)は保有水平耐力時( $R=1/75$  時)の塑性ヒンジの発生箇所を示している。これによると、保有水平耐力を決定した時点でどの部材が塑性化しているかを確認することができ、同図(b)より梁の右側から降伏していることが分かる。

ラーメン骨組では全体崩壊形を目指して設計するのが一般的であるが、初学者は経験的知識がないため、全体崩壊

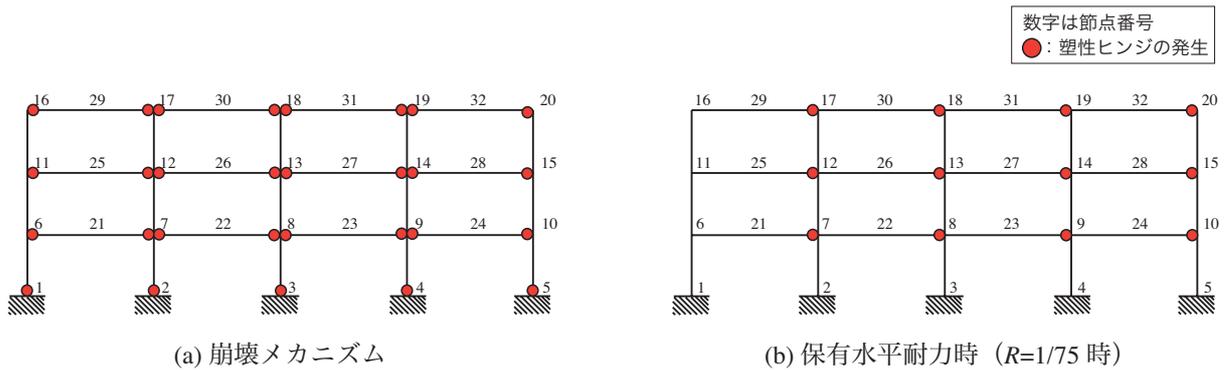


図 5 塑性ヒンジの発生箇所

表 1 システムによる実行結果の比較表

階	二次設計支援システム				一貫構造計算プログラム			
	$D_s$	$Q_{un}$ (kN)	$Q_u$ (kN)	$Q_{un} / Q_{un}$	$D_s$	$Q_{un}$ (kN)	$Q_u$ (kN)	$Q_{un} / Q_{un}$
3	0.35	126.7	268.9	2.12	0.35	153.0	349.0	2.28
2	0.25	387.5	1151.2	2.97	0.25	449.0	1433.0	3.19
1	0.25	610.6	1813.9	2.97	0.25	689.0	2198.0	3.19

形を目指すには骨組をどのような部材で構成すれば良いか検討がつかない。上記の仕組を用い、複数解に対しての崩壊メカニズム、また、どの部材から塑性化しているかを知ること、経験的知識を得ることができる。

#### 4. システムの妥当性の検証

構築したシステムの妥当性を検証するため、一般に流布している一貫構造計算プログラムを用いた。ここでは、耐震設計された骨組[9]の内、3層4スパンの平面骨組のC骨組を用いて設計を行う。その結果、一貫構造計算プログラムにより得られた結果が、本システムで抽出した設計可能空間の中に含まれていることを確認することができた。

また、一貫構造計算プログラムと本システムで得られた設計計算結果を表1に示す。同表から本システムは一貫構造計算プログラムによる保有水平耐力の計算結果がほぼ同じとなったことが確認できる。 $Q_u / Q_{un}$ に誤差が見られるが、これはシステムによる重量の拾い方による差異によるものである。したがって、本研究で構築した二次設計支援システムの妥当性を検証することができた。

#### 5. 設計実験

設計実験では、システムを利用することで二次設計において設計を支配するものが何であるかを明らかにし、これを設計初学者に提案する。

##### 5.1 設計概要

建築骨組の構造設計における二次設計は一次設計で設計可能と判断した後、実施される。本報でも通常の構造設計に沿って一次設計と二次設計の一貫構造設計を行う。

まず、始めに既往の研究[1]で田中等が開発した任意形平面骨組構造計算システムを用いて一次設計を行う。骨組の部材断面を仮定し、部材群としてまとめたグルーピングを行う。グルーピングが適切であれば、設計空間の中から適正解探索の手法により適正解を得る。ここでは、二次設計でさらに設計解を比較検討するため、設計解の数を複数個抽出する。このとき、断面グループごとに複数解が得られるが、解の数の爆発を防ぐために応力度の検定比等の制約条件を施すことによって、小規模の設計可能空間を得ることができる。すなわち、解の数が減じられる。

その後、これらの設計解に対して二次設計を行う。二次設計では、各階で保有水平耐力が必要保有水平耐力以上であるかを検討する。ここで、複数の設計評価軸で表示されたグラフにより、設計解を検証し、設計評価を行う。

##### 5.2 設計条件

図6に設計対象とする骨組を示す。架構形式は純ラーメン骨組とし、筋違を設けない。本システムは平面解析を対象としているため、X方向中央1フレームのみの設計を行う。また、設計解の比較検討の理解を明確にするため、Y方向の検討を省略する。基礎はRC造とし、各階のスラブをデッキ合成スラブとする。1階から3階までは事務所として使用し、屋上は人が出入りすることを想定する。表2にこれらの条件に基づいた入力情報を示す。使用する鋼部材は、柱にSTKR400の角形鋼管、梁にSM400のH形鋼を用いる。ヤング係数 $E$ は $2.05 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ である。

本設計は、現行の耐震設計法[10]に則って行う。耐震設計のフローは前述した通り、一次設計の後に二次設計を行

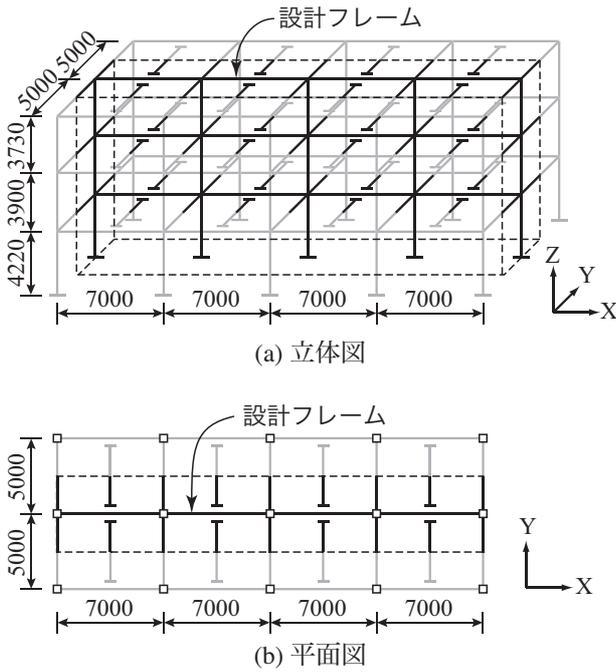


図 6 設計対象骨組

う。設計フローは二次設計の場合、建物の規模等に応じて 3 つのルートに分けられるが、本設計では保有水平耐力の計算を行うルート 3 を用いる。すなわち、保有水平耐力の確認を行い、各階の保有水平耐力が必要保有水平耐力以上であることを確認する。以下に、保有水平耐力の確認に関する計算事項を示す。

1) 保有水平耐力の確認

$$Q_u \geq Q_{un} \quad (1)$$

ここで、 $Q_u$  は保有水平耐力、 $Q_{un}$  は必要保有水平耐力である。保有水平耐力  $Q_u$  は各階の部材が崩壊メカニズムを形成するときの柱およびブレースのせん断力の和であり、本システムによる設計では増分解法によって計算する。なお、増分解における保有水平耐力算定時および  $D_s$  算定時の層間変形角はそれぞれ 1/75 および 1/20 とする。

2) 必要保有水平耐力

$$Q_{un} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud} \quad (2)$$

ここで、 $D_s$  は構造特性係数、 $F_{es}$  は形状係数、 $Q_{ud}$  は二次設計用の層せん断力である。本設計では、整形な骨組で平面的、立面的な偏りが生じないので、 $F_{es}=1.0$  とする。構造特性係数  $D_s$  は、梁に横補剛材がとりつく場合、保有耐力横補剛を満足するものとして算定する。なお、これに関連して、本設計では靱性を期待できない部材ランクが FD となる鋼材は使用しない。

3)  $i$  層に作用する設計用層せん断力

$$Q_{ud} = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0 \cdot \sum_{j=i}^n w_j \quad (3)$$

ここで、 $Z$  は地震地域係数、 $R_t$  は振動特性係数、 $A_i$  は地震層せん断力係数の高さ方向分布係数、 $C_0$  は標準せん断力係

表 2 入力情報

骨組情報	スパン数	4	
	階数	3	
	スパン長 (mm)	X 方向	7000
		Y 方向	5000
各階情報	室の用途	2, 3階	事務室
		R階	居住室
	階高 (mm)	1階	4220
		2階	3900
		3階	3730
床単位荷重 (N/m <sup>2</sup> )	2, 3, R階	2800	
小梁情報	断面寸法	H-298×149×5.5×8	
	本数	1	
	小梁の方向	Y 方向	

数、 $\sum_{j=i}^n w_j$  は  $n$  層建物の  $i$  層以上の各階重量  $w_j$  の総和である。

本設計は、 $Z=1.0$ 、 $R_t=1.0$ 、 $C_0=1.0$  である。

4) 柱梁耐力の確認

$$\Sigma M_{pc} \geq 1.5 \Sigma M_{pb} \quad (4)$$

ここで、 $M_{pc}$  は最上階の柱の柱頭および 1 階の柱の脚部を除くすべての柱梁接合部における柱の全塑性曲げモーメント、 $M_{pb}$  はその柱に取付く梁の全塑性曲げモーメントである。柱梁耐力比  $\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$  が 1.5 以上であることを確認する必要があるが、各層の保有水平耐力が必要水平耐力以上であれば、必ずしも満足する必要はない。本設計では、柱梁耐力比を参考値として算出する。

5.3 一次設計結果

図 7 に一次設計での骨組構成部材のグルーピングの結果を示す。設計対象とする骨組は整形な骨組であるため、各柱梁で応力の加わり方に大きな差がない。さらに現実問題として考えられる施工性の問題を考慮し、グループの数を極力少なくする。各柱梁が全層全スパン同じ断面となるようにグループを配置した。

表 3 に各グループで選択された断面リストを示す。これらの断面は部材の組合せ数の増大を防ぐために枝刈りを行い、検討数を減じるように選択した結果である。すべての設計可能な断面で二次設計を行うと設計解の組合せの数が膨大になってしまう。これは計算時間がかかる上に設計解の比較検討を困難にする。よって、断面の数は実際の設計可能な解の数よりも少なくなっている。表 4 に設計解の組合せリストを示す。柱断面には幅が 300mm と 350mm で、鋼管厚が薄い 9mm と厚い 16mm の内 3 種類、梁断面には細幅系と中幅系のもので、せいが 340mm から 450mm の中から 4 種類を選択した。ここで選ばれた設計解の数は、柱が 3 種類で、梁が 4 種類の合計 12 個である。

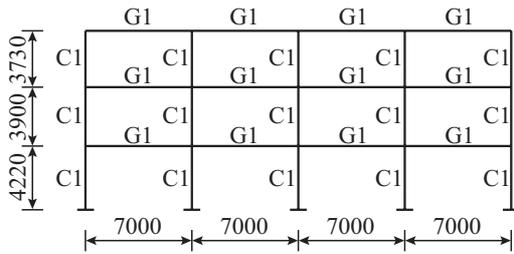


図 7 設計フレーム

表 3 断面リスト

符号	断面	部材ランク
C1	C1-1: □-300×300×9	FB
	C1-2: □-300×300×16	FA
	C1-3: □-350×350×9	FC
G1	G1-1: H-340×250×9×14 (中幅)	FA
	G1-2: H-350×175×7×11 (細幅)	FA
	G1-3: H-396×199×7×11 (細幅)	FB
	G1-4: H-450×200×9×14 (細幅)	FA

表 4 組合せ

符号	設計解番号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C1	C1-1				C1-2				C1-3			
G1	G1-1	G1-2	G1-3	G1-4	G1-1	G1-2	G1-3	G1-4	G1-1	G1-2	G1-3	G1-4

5.4 二次設計評価

表 5 に二次設計で得られた結果を示す。\$Q\_u / Q\_{un}\$ は必要保有水平耐力に対する保有水平耐力の比である。各階の \$Q\_u / Q\_{un}\$ がすべて 1.0 以上である解を設計可能な解、各階の \$Q\_u / Q\_{un}\$ が一つでも 1.0 に満たない解を設計不可能な解と判定する。同表において二次設計で設計可能と判定された解の数は、一次設計で設計可能と判定された解の数よりも減少した。すなわち、一次設計で設計可能と判定された解であっても二次設計で設計不可能と判定されてしまう場合があることを示している。ここでは、二次設計の設計評価が何によって判定されているかに着目し、設計評価を行う。

5.4.1 構造特性係数 \$D\_s\$

図 8(a) に構造特性係数 \$D\_s\$ と \$Q\_u / Q\_{un}\$ の関係を示す。\$D\_s\$、\$Q\_u / Q\_{un}\$ は各層で求められた最小値である。同図において設計可能な解を○印、設計不可能な解を●印で表示している。図中の同線種で結ばれた解は C1 の断面に同じものを使用していることを示している。ここで、\$D\_s = 0.25, 0.30, 0.35\$ のとき、それぞれ C1-2, C1-1, C1-3 の柱断面に対応している。\$D\_s\$ が大きい値になるほど \$Q\_u / Q\_{un}\$ は小さくなる傾向にある。同じ断面幅 300mm の C1-1 と C1-2 では、その傾向が顕著に見てとれる。C1-2 は部材ランクが FA とグレードが高いため \$D\_s\$ は最小の 0.25 となった。一方、C1-1 では部材ランクが FB と C1-2 よりもグレードが低くなる。結果として \$D\_s\$ が 0.3 となり、\$Q\_u / Q\_{un}\$ も小さく算定された。また、断面幅 350mm、部材ランク FC の C1-3 と断面幅 300mm、部材ランク FB の C1-1 では、\$D\_s\$ が C1-3 より小さいにも関わらず、\$Q\_u / Q\_{un}\$ は C1-1 よりも C1-3 の方が大きくなった。以上のことから、鋼材の部材ランクまたは構造特性係数が二次設計の評価に大きな影響を与えると言えるが、部材ランクのグレードが低くても幅の大きな柱断面を使用することは設計に有効であることが分かる。

5.4.2 総重量 \$W\$ と梁せい \$D\$

図 8(b) に総重量 \$W\$ と \$Q\_u / Q\_{un}\$ の関係を示す。ここで、\$W\$ は設計対象とする X 方向中央 1 フレームの単位面積当たりの鋼材重量である。各 C1 断面において、\$W\$ が増加するほど \$Q\_u / Q\_{un}\$ が大きくなる傾向がある。しかし、\$W\$ があまり変わらない解であっても設計可能な解もあれば設計不可能な解もある。例えば、同じ梁断面を使用している設計解番号 2, 6, 10 を比較すると、2 に比べて 6, 10 は \$W\$ が比較的同じであるが、\$Q\_u / Q\_{un}\$ は大きく、設計可能である。したがって、総重量が設計評価に直接関係しているとは一概には言えない。

同図(c)に梁せい \$D\$ と \$Q\_u / Q\_{un}\$ の関係を示す。各 C1 断面では、中幅系の G1-1 を除く細幅系の G1 において、\$D\$ が大きくなれば \$Q\_u / Q\_{un}\$ は比例的大きくなる。中幅系の G1-1 と細幅系の G1-2 では、G1-1 が \$D=340\text{mm}\$ に対して G1-2 は \$D=350\text{mm}\$ とあまり変わらない。しかし、\$Q\_u / Q\_{un}\$ は G1-2 に比べて G1-1 の方が大きくなっている。また、梁せいが約 60mm 大きな \$D=396\text{mm}\$ の G1-3 と比較しても \$Q\_u / Q\_{un}\$ が若干大きくなっていることが分かる。よって、中幅系 H 形

表 5 二次設計結果

		設計解番号											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
\$Q_u / Q_{un}\$	3階	1.15	0.93	1.08	1.21	2.00	1.43	1.82	2.24	1.27	1.05	1.20	1.41
	2階	1.15	0.93	1.08	1.21	2.00	1.43	1.82	2.24	1.27	1.05	1.20	1.41
	1階	1.14	0.93	1.08	1.21	2.00	1.43	1.81	2.24	1.27	1.05	1.20	1.41
\$\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}\$		1.01	1.61	1.25	0.84	1.67	2.66	2.07	1.39	1.39	2.21	1.72	1.16
崩壊形		1層	1,2層	2層	1層	1,2層	全体	1,2層	1,2層	1,2層	1,2層	1,2層	1層
判定		OK	NG	OK									

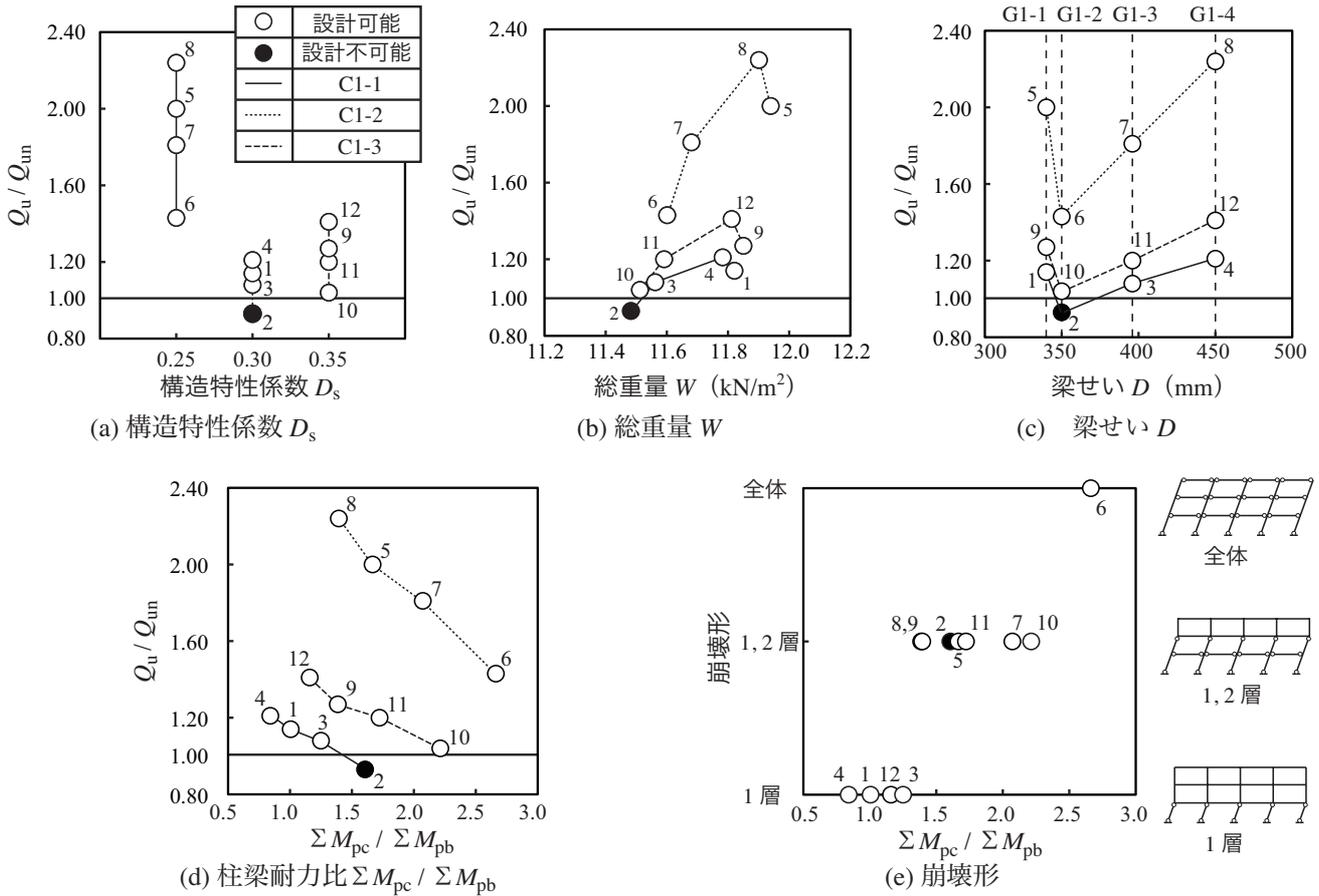


図 8 設計実験結果グラフ

断面は梁せいを抑えなければならないような意匠的な要求に応える場合には非常に効果的である。

一方で、中幅系は細幅系の H 形断面よりも幅が大きくなる分、重量も同様に増加し、鋼材費用も高くなる。同図(b)において中幅系の G1-1 を使用している解は各 C1 断面で総重量が最も大きい。以上のことから意匠面と費用面を総合的に考えどちらを優先させるべきかは設計者に判断を委ねることになる。

### 5.4.3 柱梁耐力比 $\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$

図 8(d)に柱梁耐力比  $\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$  と  $Q_u / Q_{un}$  の関係を示す。 $\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$  は各階で求められた最小値である。柱梁耐力比が大きいものは梁の断面が比較的小さいため、骨組は全体崩壊形に近づく。これは二次設計において靱性を期待する純ラーメン骨組としては理想の崩壊形である。反対に、柱梁耐力比が小さいものほど層崩壊形に近づき、設計としては好ましくない。実際、同図(e)において柱梁耐力比が大きくなると部分崩壊は減少し、全体崩壊形に至ることが分かる。しかし、同図(d)の各 C1 断面において柱梁耐力比が大きいほど  $Q_u / Q_{un}$  は減少傾向にある。梁の断面性能が低下することで建物の終局耐力が低下することを示している。よって、必ずしも柱梁耐力比を大きくすればいいというも

のではなく、部材の断面性能のバランスも考慮する必要がある。

## 6. おわりに

本報では、開発した設計システムを利用することで初学者には理解し難い二次設計の設計評価が何によって支配されているのかを設計実験を通して明らかにした。ここでは、 $Q_u / Q_{un}$  や柱梁耐力比といった複数のパラメータで表示されたグラフから複数の設計解を同時に比較検討することで、設計に重要となる設計評価項目を示すことができた。これは、初学者に正しい設計理解を促し、自らの意志により設計判断を行わせることができる。このように、本システムは初学者が短期間で経験的知識を得ることができる有用な機能を有していることを示した。

## 参考文献

[1] 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  
 [2] 江口翔, 澤原朝美, 原田幸一, 山成實: 一貫構造計算ソフトウェアの調査に基づく構造設計初学者の 2 次設計技量向上を支援するシステムの考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1 構造Ⅲ, pp. 695-696, 2011.8

- [3] 半貫敏夫: 構造部材の終局耐力と部材ランク, 建築技術 No723, pp.138-143, 2010.4
- [4] 和泉信之: 保有水平耐力計算を取り巻く現状と課題, 建築技術 No723, pp.154-157, 2010.4
- [5] 小川厚治, 多田元英: 柱・梁接合部パネルの変形を考慮した静的・動的応答解析プログラムの開発, 第17回情報システム利用技術シンポジウム, pp.79-84, 1994.12
- [6] 原田幸一, 澤原朝美, 山成實: 初学者教育のための新しい概念を組込んだ鉄骨小梁のコンピュータ援用設計システム, 鋼構造論文集, 第74号, pp.1-10, 2012.6
- [7] 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, 電子情報通信学会技術研究報告集, AI 91-60, pp.25-32, 1991
- [8] 2007年度版建築物の構造関係技術規準解説書, 国土交通省他監修, 2007.8
- [9] 川島敏夫, 小川厚治: 鋼構造骨組における柱梁耐力比及び柱梁剛性比の調査検討, 鋼構造論文集, 第14巻, 第53号, pp.23-32, 2007.3
- [10] 国土交通省住宅局建築指導課: 2007年版建築物の構造関係技術基準解説書, 2007.8