

# 筋かいの有無に着目した鋼骨組の二次設計を通して 得られる設計解の比較評価

牛島祐樹<sup>†1</sup> 村田遼<sup>†1</sup> 増本翔<sup>†1</sup>  
本田亮<sup>†1</sup> 原田幸一<sup>†2</sup> 山成實<sup>†1</sup>

本報告では、建築構造における筋かい付き鋼骨組設計を考慮した二次設計支援システムの開発研究について述べる。本システムは、構造設計初学者を対象としたコンピュータ援用設計システムであり、初学者が短期間で設計技量を獲得・向上する仕組みを有している。また、本システムを用いて筋かい付きラーメン構造と純ラーメン構造の異なる構造形式の比較検討を行う設計方法を提案した。本システムを通して得られた筋かい付きラーメン構造と純ラーメン構造の設計解について比較評価を行い、両構造形式の性能の差異を示した。

## Comparison of Solutions Acquired with Secondary Structural Design System of Steel Frames in Situation of Existence of Brace

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

This paper describes the secondary structural design system that deals with braced steel frames and non-braced steel frames. It is well known that the formers are rather stronger and stiffer than the latters because the steel braces give the non-braced frames a kind of truss action. Eventually, the sizes of structural members in the braced frames are smaller than those of the non-braced frames. The system was examined for some comparisons of the solutions with respect to situation of existence of steel brace. The paper concludes that the system is useful tool for the novices in structural design field.

### 1. はじめに

著者等は、初学者教育を目的とした建築鋼骨組の二次設計を対象とした設計支援システムの開発を既に行っている[1]。この二次設計支援システム（以下、前システム）は、新たな設計概念である設計可能空間の概念[2]を基に構築されており、構造設計初学者が二次設計技量を短期間で獲得・向上するためのツールとして有効であることを示した。本報告は、既報のシステムを発展させた筋かい付き鋼骨組の設計を考慮した二次設計支援システムの開発について述べる。また、本システムを用いて純ラーメン構造と筋かい付きラーメン構造の異なる設計解について比較検討を行い、両構造形式の性能の差異を示す。

### 2. システムの概要

#### 2.1 前システムの問題点

著者等は二次設計において重要な設計評価項目の一つとして構造特性係数  $D_s$ （以下、 $D_s$  値）を挙げている[3]。この  $D_s$  値は柱、梁及び筋かいの部材ランク並びに筋かいの水平耐力分担率に依存する値であり、二次設計に大きな影響を与えることが分かっている[1]。しかし、前システムでは純ラーメン構造の骨組のみを設計対象としており、筋かいを扱った構造の骨組については設計対象外としている。二

次設計において骨組の靱性に期待する純ラーメン構造の骨組は理想的な構造形式であり最もよく用いられるものではあるが、鋼材重量の軽量化や上部の最大層間変位を抑制するために骨組内部に筋かいを設けることも少なくない。このため、前システムにおける  $D_s$  値の評価は設計の一部分に対する評価でしかなく、設計者が二次設計を深く理解するには不十分である。二次設計において  $D_s$  値に関係する部材である筋かいを設計に考慮することは初学者の設計理解において極めて重要である。

#### 2.2 システムの追加機能

本システムに用いる設計概念は前システムと同様であり、システムを用いた設計の流れを図 1 に示す。本システムでは、前システムの純ラーメン構造の骨組に加えて、新たにラーメン構造の骨組内部に筋かいを組込んだ図 2 に示す筋かい付きラーメン構造の骨組を設計対象とする。システム上では入力情報として骨組、各階及び小梁情報に加えて筋かい情報を入力する項目を設ける。このシステムでは、設計者が筋かいの配置スパンと配置階を任意に指定することができる。筋かいの形状は同図に示す X 型とする。同図では筋かいを真ん中のスパンの 1 層から 3 層までに連層で配置している。筋かいの部材ランクは筋かいの有効細長比に応じて決定し、それと筋かいの水平耐力分担率によって定められる  $D_s$  値を算定する[4]。また、ここでは  $F_{cs}$  値についても考慮し、許容応力度算定時において算定を行った。構造解析では、水平力の加力方向によって引張側及び圧縮

<sup>†1</sup> 熊本大学  
Kumamoto University  
<sup>†2</sup> u.h アーキテクト  
u.h architects

側筋かいに分けられ、引張側及び圧縮側筋かいの両方で水平力に耐える構造とする。圧縮側筋かいについては、座屈を考慮した応力度を算定する。筋かいが曲げ座屈もしくは引張降伏した後は、筋かいの軸方向剛性を0とする。

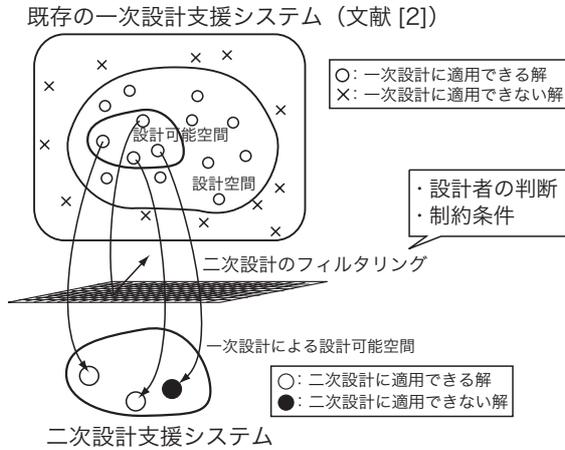


図 1 設計の流れ

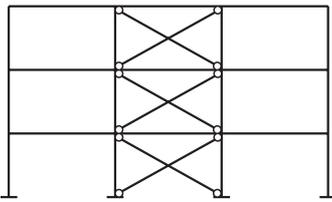


図 2 筋かい付きラーメン構造の骨組

### 2.3 システムを用いた構造形式の比較検討

本システムを用いて純ラーメン構造と筋かい付きラーメン構造の2種類の構造形式の比較検討を行う設計を提案する。骨組の構造設計ではまず初めに、設計に応じていくつかの構造形式の中から適当な構造形式を選択する必要がある。その構造形式は骨組形状や使用用途等によって主に構造設計者が決定することができる。ここで決定した構造形式は後から変更することも可能であるが、構造形式を変更することで部材の断面寸法が大きく変わる可能性があるため、一度構造形式を決定してしまうと後から他の構造形式に変更することは容易ではない。このように構造形式の決定はその後の設計方針を大きく決定づけるものであるため、構造設計において最も重要な設計判断であると言える。よって、設計者は骨組の各構造形式についてその特徴を正しく理解していなければならない。純ラーメン構造は靱性型、筋かい付きラーメン構造は強度型の構造形式である。このように前者と後者の構造形式は、全く異なる構造特性を有している。そのような基礎的な知識を有した上で設計を行うことが不可欠であるが、実際の設計において基礎的な知識だけではどの骨組にどの構造形式が適当であるかを設計の初段階で設計初学者が決定することは難しい。従って、システムを用いて異なる構造形式を比較検討した設計を行

うことで、設計者により深い設計理解を促す学習ツールとする。

本システムを用いた構造形式の比較検討は既往の研究において提案された比較設計の機能を参考とする[5]。既往の研究における比較設計は、デッキプレート床構造を対象とした3種類の構造形式を設計可能空間上で同時に表示させることで各構造形式を比較・検討させるものである。これにより、設計者は構造特性、経済性及び施工性の観点から各構造形式の特徴を学習することができ、比較設計によって正しい設計理解が得られることを示した。

図3に本システムを用いた構造形式の比較検討を示す。同図(a)及び(b)は、それぞれ骨組の構造形式1及び2の設計可能空間である。構造形式1及び2は本システムでは純ラーメン構造及び筋かい付きラーメン構造に対応する。ここでは、設計可能空間を2つの評価尺度1及び2に対するグラフで表す。前システムでは、同図(a),(b)のように一つの構造形式しか設計可能空間を取得することができなかった。しかし、本システムを用いることでこれらの複数の構造形式の設計可能空間を合成させた同図(c)に示す設計可能空間を取得することができる。これにより、設計者は各構造形式の設計解の分布を把握することができるため、各構造形式の構造特性の正しい理解に繋がると期待される。また、二次設計の評価尺度には  $Q_u / Q_{un}$ ,  $D_s$  値,  $\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$ , 総重量等が考えられ、複数のグラフにおける設計可能空間を取得することができる。よって、設計者は複数の視点から見た総合的な各構造形式についての設計理解を

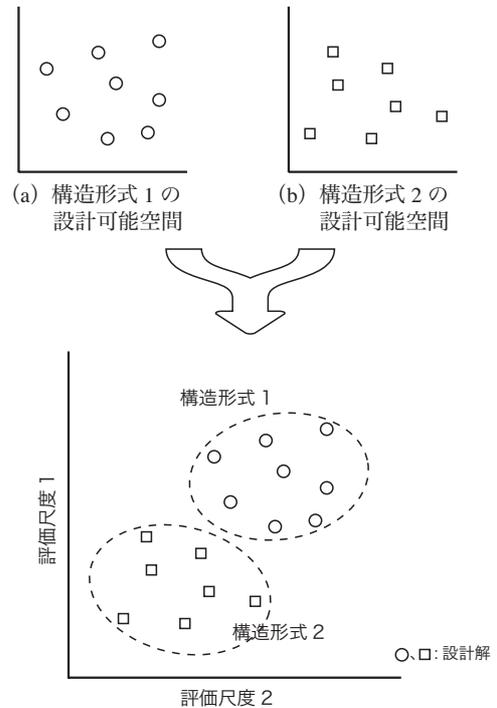


図 3 構造形式の比較検討

行うことができる。骨組内部に筋かいを設ける場合と設けない場合とを比較して設計にどのような違いが見られるかを設計実験を通して示す。

### 3. システムの実装

#### 3.1 システムの構成

図 4 に本システムの構成を設計の流れとともに示す。設計画面は Excel の入力シート、出力シート及び検討シートの 3 つのシートで構成されており、設計段階に応じて自動的に移行される仕組である。入力シートでは主に設計情報の入力が行われ、設計者は二次設計をこのシートから始める。出力シートでは、入力データを基に外部プログラム (club.f[6], DSP[7]) によって行われた構造計算結果が出力される。ここで、設計可能空間が取得され、設計者は設計可能空間内の複数の設計解を比較・検討し、設計解を選択する。ここで設計者は設計解の検討を行う。設計者が選択した設計解を適正解と判断すればそこで設計を終了し、

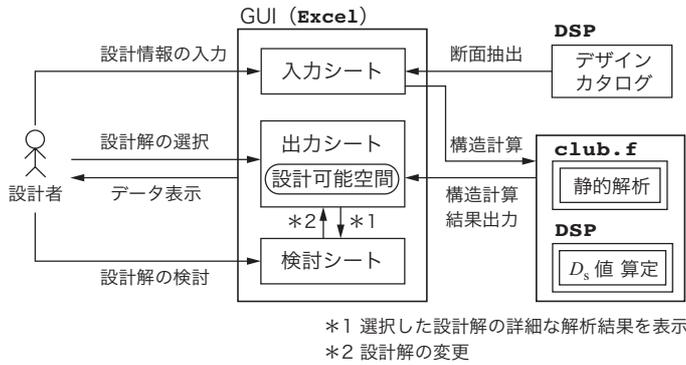


図 4 システムの構成

適正解と判断しなければもう一度出力シートに戻り、選択した設計解を変更する。このように本システムは、設計の流れに沿ったシステムの構成となっており、各設計段階が明確に区別されているため、初学者でも容易に利用できるものとなっている。

#### 3.2 システムの GUI

前システムと同様に GUI (グラフィカルユーザインターフェイス) を実装するために Excel を用いた。設計者は Excel 上の各シートに表示されるメニュー画面に従い設計を行う。図 5 にシステムの入力シート及び検討シートを示す。出力シートでは、設計可能空間として設計解一覧及び設計可能空間のグラフが表示される。設計可能空間の評価尺度は、縦軸に  $Q_u / Q_{un}$ 、横軸に  $D_s$  値、 $\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$ 、総重量及び梁せいを取る。なお、文献[8]に倣い設計可能空間の各グラフ上で一つの設計解を選択すると、他のグラフ内及び設計解一覧内において同一の設計解が選択される仕組となっている。出力シートで一旦選択された設計解は設計解一覧において設計解番号をダブルクリックすることで、同図に示す検討シートにその設計解の詳細な解析結果が出力される。ここでは、前システムの検討項目である層せん断力 - 層間変形角のグラフ及び保有水平耐力時もしくは崩壊メカニズム形成時の塑性ヒンジ発生箇所に加えて、必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較表や各接合部における柱梁耐力比等の設計に関わる詳細な情報を見ることができる。以上の仕組から、設計者は視覚的にかつ直感的に設計解がどのような解なのかを認識し、かつそれらの設計解についてさらに掘り下げて検討することができる。

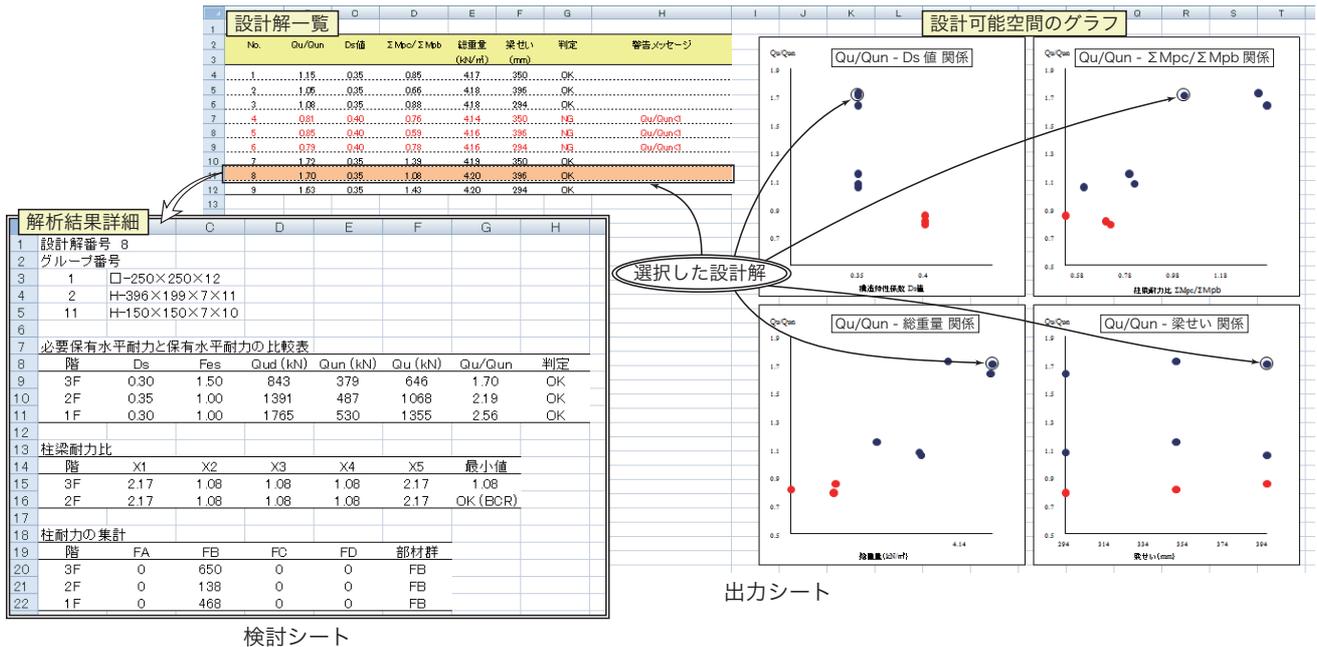


図 5 二次設計支援システムで出力される設計可能空間

## 4. 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純ラーメン構造と筋かい付きラーメン構造の比較を行い、両構造形式の傾向とその違いを考察する。

### 4.1 設計概要

始めに両構造形式とも一次設計を満足する同一の部材断面グループを仮定する。その後、二次設計のフィルタリング[1]を行い、本システムを用いて純ラーメン構造の二次設計を行って設計可能空間を取得する。同様に同システムを用いて筋かい付きラーメン構造の設計可能空間を取得する。続いて、提案した設計可能空間の合成により、 $Q_u/Q_{un}$ 、 $D_s$  値、 $\Sigma M_{pc}/\Sigma M_{pb}$ 、総重量  $W$  などの評価項目から両構造形式に対する設計解の比較考察を行う。

### 4.2 設計条件

構造形式は純ラーメン構造と筋かい付きラーメン構造とする。筋かい付きラーメン構造のフレームを図 6 に示す。純ラーメン構造の場合は同図のフレームの筋かいが無いものとして設計をする。基礎は RC 造とし、各階スラブについてはデッキ合成スラブとする。1 階から 7 階までは居室として使用し、屋上は人が出入りすることを想定する。表 1 にこれらの条件に基づいた入力情報を示す。使用する鋼材は、柱を BCR295 の角形鋼管、梁及び筋かいを SS400 の H 形鋼とする。ヤング係数  $E$  は  $2.05 \times 10^5 \text{N/mm}^2$  である。また、筋かい付きラーメン構造の筋かいの断面は  $H-150 \times 150 \times 7 \times 10$  とし、中央スパンの全層に配置する。

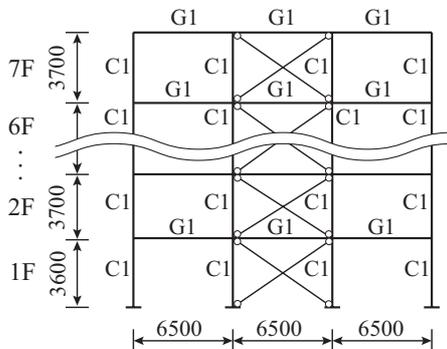


図 6 設計フレーム

表 1 入力情報

骨組情報	スパン数	3	
	階数	7	
	スパン長 (mm)	X 方向	6500
各階情報	室の用途	2~R 階	居室
		階高 (mm)	1 階
	床単位荷重 (N/m <sup>2</sup> )	2~7 階	2900
		2~R 階	2900
小梁情報	断面寸法	H-300×150×6.5×9	
	本数	1	
	小梁の方向	Y 方向	

### 4.3 一次設計結果

骨組構成部材のグルーピングの結果は図 6 に示す通り各柱梁が全層全スパンで同一断面となるようにした。表 2 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、設計計算を始める前に設計対象骨組の数を減じるいわゆる枝刈りを行って、検討数を減じるようにして得た部材構造結果である。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となってしまう。これは計算時間が増大する上に設計解の比較検討を困難にする。従って、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 3 に設計解の組合せリストを示す。柱断面には幅が 350mm で鋼管厚が 9mm と 16mm のものと、幅が 400mm で鋼管厚が 16mm の 3 種類、梁断面には細幅系のもので、せいが 350mm~450mm の範囲の中から 3 種類を選択した。ここで選ばれた設計解の数は、柱 3 × 梁 3 × 2 = 18 個となる。

表 2 断面リスト

符号	断面	部材ランク
C1	C1-1: □-350×350×9 (BCR295)	FC
	C1-2: □-350×350×16 (BCR295)	FA
	C1-3: □-400×400×16 (BCR295)	FA
G1	G1-1: H-350×175×7×11 (SS400)	FA
	G1-2: H-396×199×7×11 (SS400)	FB
	G1-3: H-450×200×9×14 (SS400)	FA

表 3 設計解の組合せ

設計解番号		G1					
		G1-1		G1-2		G1-3	
		無	有	無	有	無	有
C1	C1-1	1	10	2	11	3	12
	C1-2	4	13	5	14	6	15
	C1-3	7	16	8	17	9	18

有・無は筋かいの有無

### 4.4 二次設計評価

上述の骨組について二次設計を行って得られた結果を表 4 に示す。必要保有水平耐力に対する保有水平耐力の比を  $Q_u/Q_{un}$  で表す。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  $Q_u/Q_{un}$  がひとつでも 1.0 に満たない解を設計不可能な解と判定する。また、 $F_{es}$  値について考慮しているが、ここでは全層の同じスパンの位置に筋かいを配置しており、各層の剛性の変化は見られない。従って、 $F_{es}$  値の評価は行わない。同表において純ラーメン構造の設計可能な解の数は、筋かい付きラーメン構造の解の数よりも減少した。すなわち、筋かいを付加することによって二次設計で設計が可能となる解があることを示している。図

7 に示すグラフはシステム実行により得られた設計可能空間である。図中の設計可能な解を○・□印，設計不可能な解を●・■印で表示しており，○は純ラーメン構造，□は筋かい付きラーメン構造の解である。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。以下では，筋かいを付加することによって骨組の性能にどのような変化が起こっているかに着目し，設計評価を行う。

表 4 二次設計結果

純ラーメン構造	設計解番号								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_u / Q_{un}$	0.58	0.77	1.08	0.94	0.96	1.63	0.96	1.03	1.72
$D_s$ 値	0.35	0.35	0.35	0.25	0.30	0.25	0.25	0.30	0.25
$\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$	2.21	1.72	1.16	3.68	2.86	1.92	4.90	3.81	2.56
総重量 (kN/m <sup>2</sup> )	3.84	3.86	3.90	3.95	3.97	4.02	4.00	4.01	4.06
判定	NG	NG	OK	NG	NG	OK	NG	OK	OK

ブレース付き構造	設計解番号								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$Q_u / Q_{un}$	1.80	1.91	2.05	2.14	2.30	2.60	2.23	2.39	2.70
$D_s$ 値	0.40	0.40	0.40	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
$\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$	2.21	1.72	1.16	3.68	2.86	1.92	4.90	3.81	2.56
総重量 (kN/m <sup>2</sup> )	3.89	3.91	3.96	4.01	4.02	4.07	4.05	4.07	4.11
判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

4.4.1 構造特性係数  $D_s$  および柱梁耐力比  $\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$

図 7 (a) に構造特性係数  $D_s$  と  $Q_u / Q_{un}$  の関係を示す。 $D_s$  は，主として架構の塑性変形能力に依存するため，筋かいによる影響も考慮する。筋かいの部材ランクを表 5 で示す区分に従い，断面の最小二次半径に対する座屈長さの比である有効細長比  $\lambda$  によって判別する。本設計例における筋かいの部材ランクは BB となっている。その各種別に分類された部材群の水平耐力を求め，表 6 に示すように筋かいの水平耐力の和を保有水平耐力の数値で除した  $\beta_u$  により  $D_s$  を決定する。算定の結果， $\beta_u$  は 0.7 より大きくなり，筋かい付きラーメン構造における  $D_s$  は 0.35~0.40 の範囲となる。同図における  $D_s$  は骨組内の最大値， $Q_u / Q_{un}$  は骨組内の最小値をとっている。設計候補解の分布から純ラーメン構造より筋かい付きラーメン構造の方が  $Q_u / Q_{un}$  の値は大きいことが分かる。また， $D_s$  の値は純ラーメン構造に比べて，筋かい付きラーメン構造の方が大きくなるが，各構造形式においては  $D_s$  の値が大きくなれば， $Q_u / Q_{un}$  の値は小さくなっている。ここで，純ラーメン構造の設計解番号 5 と 8 と各々の柱が同一断面で，梁がそれより小さい断面である設計解番号 4 と 7 を比べると， $Q_u / Q_{un}$  の値の差はそれぞれ 0.02，0.09 と小さいことが分かる。これは 4 および 7 の骨組は  $D_s$  の値が共に 0.25 であるのに対して，5 と 8 では梁の部材ランクが FC であるため， $D_s$  が 0.30 と大きい値を取るからである。同様に筋かい付きラーメン構造の設計解番号 13 と 14，16 と 17 を比べると  $D_s$  の値は 0.35 と変わらず， $Q_u / Q_{un}$  の値の差はいずれも 0.16 であり，純ラーメン構造と比べて大きくなっている。

図 7 (b) 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 1 階の柱脚及び最上階の柱頭を除く全ての柱梁接合部の中で最小値を取っている。各 C1 断面において  $\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$  が增大すると  $Q_u / Q_{un}$  が減少することは両構造とも変わらない。しかし，純ラーメン構造の設計解番号 5 や 8 に見られる  $Q_u / Q_{un}$  の急激な減少は筋かい付きラーメン構造には見られず，各 C1 断面における変化は概ね直線的である。これは前述のように 5 と 8 の骨組は  $D_s$  の値が 4，7，6 および 9 の骨組と比べると大きくなるため， $Q_u / Q_{un}$  は大きく変化する。しかし，筋かいを配置することによって  $D_s$  の値が等しくなり， $Q_u / Q_{un}$  と  $\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$  は断面の変化による比例的な関係になると考えられる。

これらの  $D_s$  と  $Q_u / Q_{un}$  の関係と  $\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pb}$  と  $Q_u / Q_{un}$  の関係から筋かいを付加することによって  $D_s$  の値は大きくなるが，柱・梁の部材ランクによる  $D_s$  の変化は小さくなるため， $Q_u / Q_{un}$  の柱・梁の部材ランクによる変化も小さくなることが分かった。

表 5 筋かいの部材ランク

部材ランク	有効細長比
BA	$\lambda \leq \frac{495}{\sqrt{F}}$
BB	$\frac{495}{\sqrt{F}} < \lambda \leq \frac{890}{\sqrt{F}}$ 又は $\frac{1980}{\sqrt{F}} \leq \lambda$
BC	$\frac{890}{\sqrt{F}} < \lambda < \frac{1980}{\sqrt{F}}$

表 6 構造特性係数  $D_s$  判定表

		柱及び梁の部材群としての種別				
		A	B	C	D	
筋かいの部材群としての種別	A 又は $\beta_u = 0$ の場合	0.25	0.30	0.35	0.40	
	B	$0 < \beta_u \leq 0.3$ の場合	0.25	0.30	0.35	0.40
		$0.3 < \beta_u \leq 0.7$ の場合	0.30	0.30	0.35	0.45
		$\beta_u > 0.7$ の場合	0.35	0.35	0.40	0.50
	C	$0 < \beta_u \leq 0.3$ の場合	0.30	0.30	0.35	0.40
		$0.3 < \beta_u \leq 0.5$ の場合	0.35	0.35	0.40	0.45
	$\beta_u > 0.5$ の場合	0.40	0.40	0.45	0.50	

4.4.2 総重量  $W$

図 7 (c) に総重量  $W$  と  $Q_u / Q_{un}$  の関係を示す。ここで， $W$  は床単位面積当たりの重量である。純ラーメン構造と筋かい付きラーメン構造で  $Q_u / Q_{un}$  が近い値を示した設計解番号 9 と 10 に着目する。設計解 9 は純ラーメン構造，10 は筋かい付きラーメン構造である。 $Q_u / Q_{un}$  は設計解 9 が 1.72，10 が 1.80 とほぼ同等の性能を有している。しかし， $W$  は設計解 10 が 3.89kN/m<sup>2</sup>，9 が 4.06kN/m<sup>2</sup> であり，筋かい付きラーメン構造は純ラーメン構造に対して約 4.1%も  $W$  が小さくなった。よって，筋かいを付加することによって，同じ性能をもつ骨組で重量を低減した設計ができることが分かる。前述したように筋かい付きラーメン構造にすることで鋼材重量を軽くすることができると述べたが，こ

の構造形式の比較検討によりどのくらい重量が低減できるのかを視覚的、かつ定量的に把握することが容易となる。

#### 4.4.3 梁せい $D$

図 7 (d) に梁せい  $D$  と  $Q_u/Q_{un}$  の関係を示す。総重量と同様に  $Q_u/Q_{un}$  が近い値である設計解番号 9 と 10 を比較してみると、梁せいは純ラーメン構造が 450mm に対して、筋かい付きラーメン構造は 350mm とかなり断面を小さくできることが分かる。また柱についても、幅が 400mm の鋼管厚が 16mm から幅が 300mm の鋼管厚が 9mm と断面は小さく薄くなっている。このことから筋かいを付加することによって、梁や柱の断面を小さくできることが分かる。ただし、筋かいを配置することによって、外観や開口が限定されてしまうといったことは留意すべきである。

## 5. 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二次設計において純ラーメン構造と筋かい付きラーメン構造の比較を行い、両構造形式の設計解の傾向とその差異を設計実験を通して明らかにした。以下に本システムを用いた構造形式の比較検討により得られた知見をまとめる。

- 1) 筋かい付きラーメン構造は純ラーメン構造に比べて、構造特性係数  $D_s$  は大きくなるが、十分な耐力を有しているため  $Q_u/Q_{un}$  も大きくなる。
- 2) 筋かいを付加することで重量および梁せいを十分に低減することができる。

## 参考文献

- [1] 村田遼, 増本翔, 牛島祐樹, 原田幸一, 山成實: 保有水平耐力計算に基づく鋼骨組の二次設計支援に関する研究, 鋼構造年次論文報告集, 第 21 巻, pp.36-43, 2013.11
- [2] M.Yamanari and H.Tanaka: Acquisition of designable space for planar steel frames, Digital Architecture and Construction, WIT Press, pp.77-84, 2006.9
- [3] 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
- [4] 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
- [5] 澤原朝美, 原田幸一, 山成實: 比較設計の仕組みをもつ鋼製デッキプレート床構造設計支援システムの開発研究, 鋼構造論文集, 第 73 号, pp.95-105, 2012.3
- [6] 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
- [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] 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

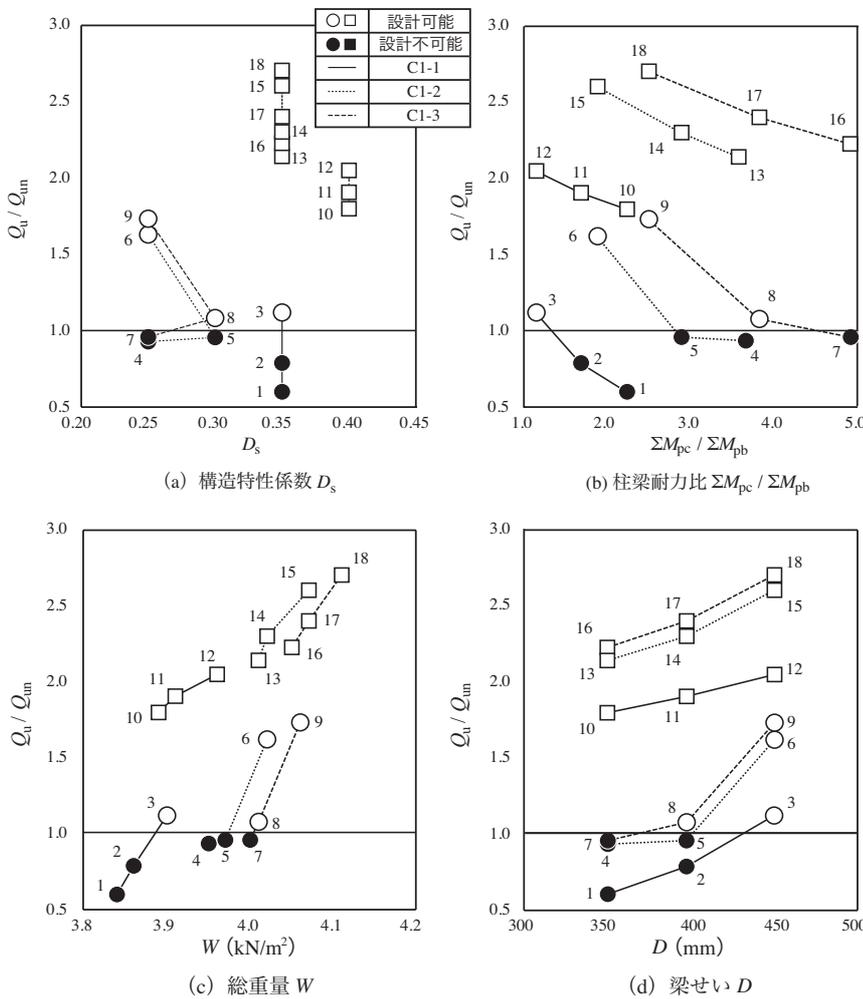


図 7 二次設計支援システムで得られたグラフ