

併用構造や特殊な鉄骨造等の建築物における高さ等によって異なる構造計算ルート等の合理化に関する検討 (S37)

一般財団法人 日本建築防災協会

調査の背景と目的、および、検討体制

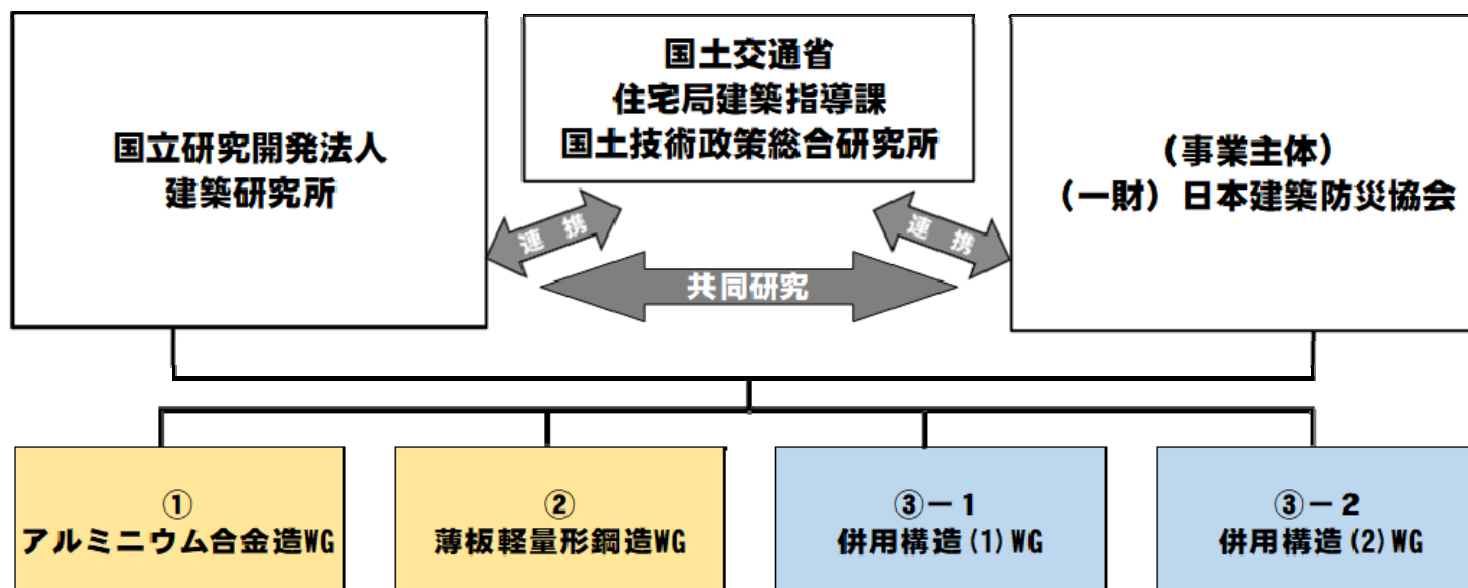
●調査の背景と目的

異なる構造を高さ方向に併用した建築物(鉄骨造、RC造及び木造のうち2つの構造を併用する建築物)、及びアルミニウム合金造や薄板軽量形鋼造といった特殊な鉄骨造等の建築物については、近年、3階建て以下の建築物においても天井高の高い居住空間のニーズが高まっており、当該建築物の高さに合わせた構造計算ルートについて合理化の余地がある。

また4階以上及び高さ31m以下で、異なる構造を高さ方向に併用した建築物(鉄骨造、RC造及び木造のうち2つの構造を併用する建築物)については、高度な構造計算を求められるが、剛性率規定に適合することが困難な場合が生じている。

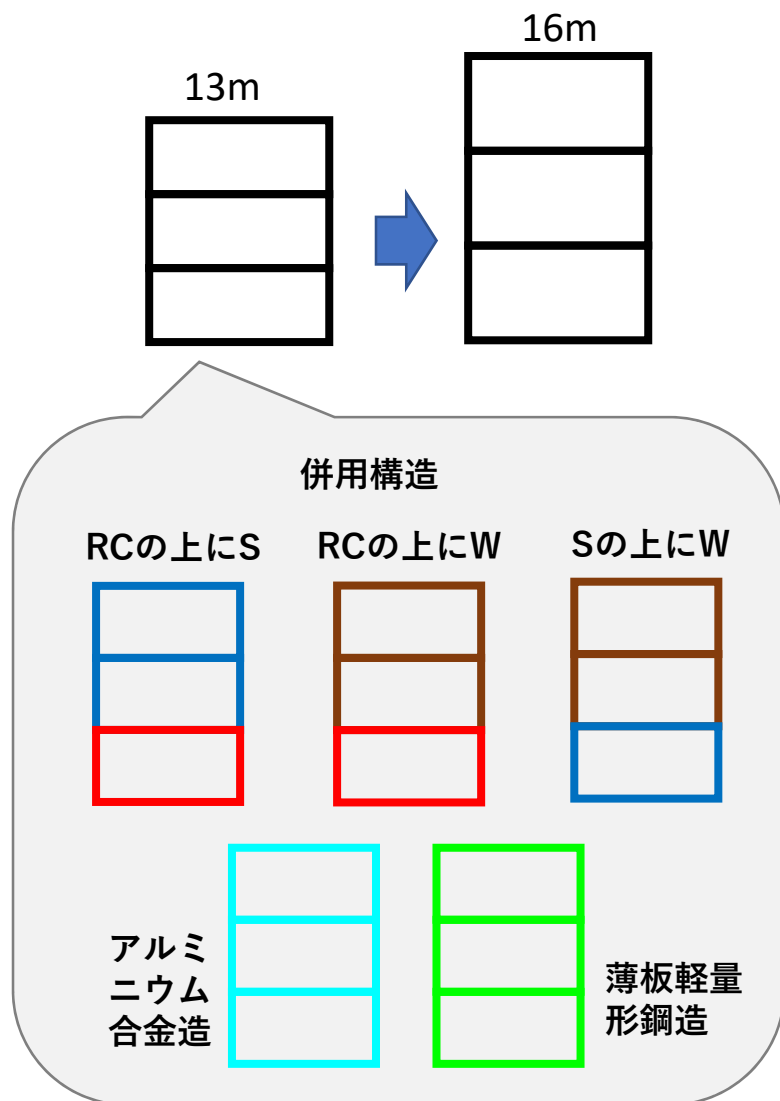
本課題では、併用構造や特殊な鉄骨造等の建築物における高さ等によって異なる構造計算ルート等の合理化に資する技術的資料をまとめる。

●検討体制



検討内容と範囲

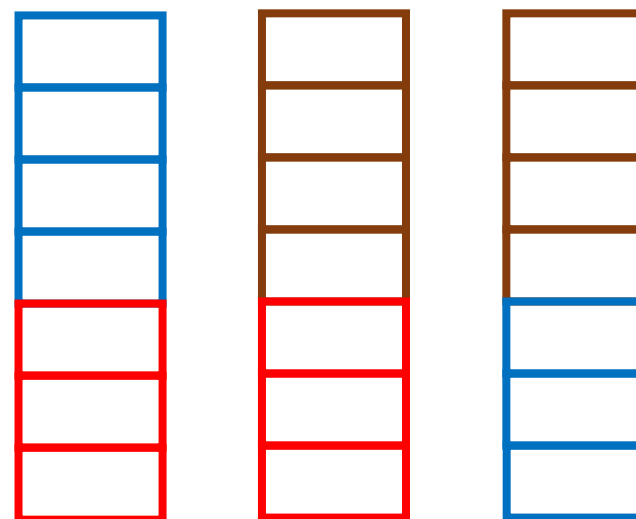
(1) 併用構造等のルート1の適用範囲の拡大



(2) 併用構造に係る剛性率の適用の合理化

併用構造の建築物は、RC造部分に比べ、木造や鉄骨造部分の剛性が低いこと等から剛性率の規定に適合することが困難であることが課題

RCの上にS RCの上にW Sの上にW



- ルート2における剛性率規定の適用の合理化
- ルート3におけるFs割増方法の合理化

各WGの構成と検討内容 (敬称略)

アルミニウム合金造WG	薄板軽量形鋼造WG	併用構造(1)WG	併用構造(2)WG
主査	主査	主査	主査
<p>山田丈富 (千葉工業大学名誉教授)</p>	<p>佐藤篤司 (名古屋工業大学 工学研究科准教授)</p>	<p>山田哲 (東京大学大学院工学系研究科建築学専攻教授)</p>	<p>五十田博 (京都大学生存圏研究所教授)</p>
外部協力機関	外部協力機関	外部協力機関	外部協力機関
<ul style="list-style-type: none"> ・アルミニウム建築構造協議会 (技術委員会) ・(株)飯島建築事務所 	<ul style="list-style-type: none"> ・(一社)日本鉄鋼連盟 (薄板軽量形鋼造委員会) 	<ul style="list-style-type: none"> ・(株)堀江建築工学研究所 	<ul style="list-style-type: none"> ・京都大学五十田研究室 ・(一社)日本ツーバイフォー建築協会 ・(一社)日本CLT協会
主な調査内容	主な調査内容	主な調査内容	主な調査内容
<ul style="list-style-type: none"> ・アルミニウム合金造基準「平14国交告第410号」とS造のルート1の構造計算方法等の相違点の整理。 ・S造で検討中のルート1-3(高さ16m以下、3階)を適用する場合の応力割増などの条件を試設計により検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ・S造で検討中のルート1-3を想定した高い壁の復元力特性を実験によって把握し、通常の高さの壁との違いや高い壁の場合の影響を検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ・「低層階RC造,上層階S造」、「低層階S造,上層階W造」の併用構造建物(16m以下、3階建て)について、S造階をルート1-3で設計した試建物の検討により、S造階の剛性率、F_s、Q_u/Q_{un}等を調査し、剛性率規定の必要性を検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ・階数、層剛性、重量等をパラメータとした弾塑性時刻歴応答解析等によって、高さ16mまでの併用構造建物をルート1で設計できる適用範囲、ルート2の規模の併用構造建物について剛性率規定を適用除外にできる範囲、等を検討。

目的

- (1) 現在、鉄骨造で検討中のルート1-3(案)(3階以下、高さ16m以下)をアルミニウム合金造へ適用する場合の条件等を検討
 - (2) 現在アルミニウム合金造に対して規定されていないルート1-2(2階以下、スパン12m以下)の適用の可否を検討
- ※ 合わせて、現行の告示基準と鉄骨造の基準との相違点を検証し、合理化に向けたその他の課題を整理

方法

- アルミニウム合金造と鉄骨造の相違点の整理
- 試設計により、アルミニウム合金造のルート1-3(案)およびルート1-2の構造性能がそれぞれルート3と同等以上である条件を整理

目標とする成果

アルミニウム合金造に係る技術基準等の改正のための技術資料作成

材料・部材

- 合金種・基準強度Fの種類が多い
- 一部を除き溶接により軟化
- ヤング率は鋼材の約1/3
- 許容応力度は、横座屈と局部座屈の小さい方。軟化域を考慮
- 押出材により自由な断面が利用可能

接合

- 接合要素自体は共通
- ボルトの 孔径:ボルト呼び径+0.5mm(鉄骨造は+1mm)

保有水平耐力計算

- D_s 値:0.35~0.55(「その他の構造」を適用)
- 構造ランク II~IV、柱梁群の種別 B~D、部材の種別にFAなし
- 保有耐力時の接合部係数 α :材種により1.1~1.5
- 材料強度の基準強度に対する「1.1倍」なし

設計条件

- 上限に近い規模(階数、高さ、スパン、延べ面積)
- 幅厚比はFB、ブレースの有効細長比はBA・BB
- D_s は最小値0.35、最大値0.45の場合
- ルート1-3(案)、ルート1-2、ルート3の計算を実施

主な検討パラメータ

- ラーメン構造・ブレース構造
- 柱梁耐力比:なし、1.5
- ブレースの変形性能に応じたブレース応力割増:BA:1.0; BB:1.3,1.5

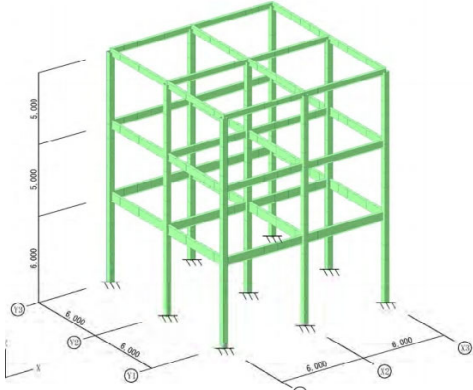
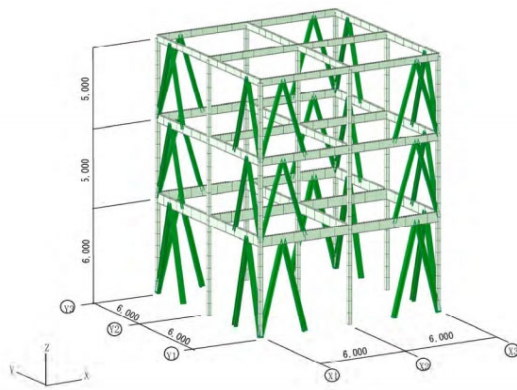
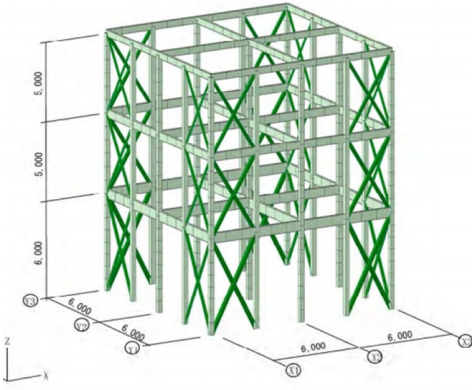
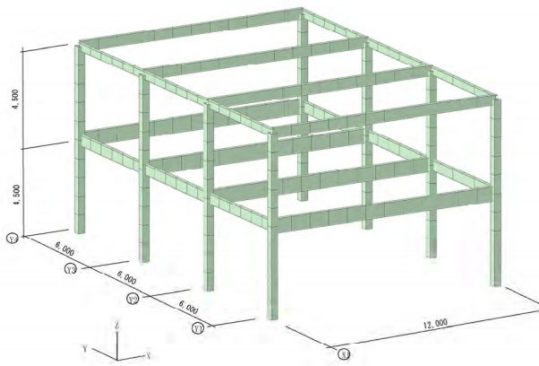
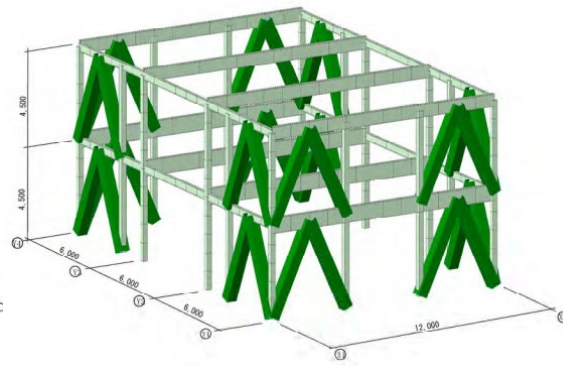
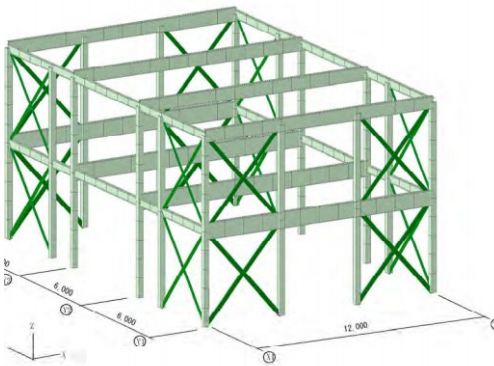
筋かい群の種別及び β_u	BA 又は $\beta_u=0$	BB			BC		
		$\beta_u \leq 0.3$	$0.3 < \beta_u \leq 0.7$	$\beta_u > 0.7$	$\beta_u \leq 0.3$	$0.3 < \beta_u \leq 0.5$	$\beta_u > 0.5$
柱・梁群の種別等							
柱・梁群の種別 FB	○ II (0.35)	II (0.35)	II (0.40)	○ II (0.45)	II (0.35)	II (0.40)	II (0.45)
柱・梁群の種別 FC	○ III (0.40)	III (0.40)	II (0.40)	II (0.45)	III (0.40)	III (0.45)	III (0.50)
上記以外 (FD)	IV (0.45)	IV (0.45)	IV (0.50)	IV (0.55)	IV (0.45)	IV (0.50)	IV (0.55)



: ブレース構造



: ラーメン構造

		試設計モデル		
ルート1-3	 <p>ラーメン構造</p>	 <p>圧縮・引張ブレース構造</p>	 <p>引張ブレース構造</p>	
ルート1-2	 <p>ラーメン構造</p>	 <p>圧縮・引張ブレース構造</p>	 <p>引張ブレース構造</p>	



ルート3と同等（保有水平耐力計算を満足）となる条件を確認

試設計による検証結果

(1) 耐震設計ルート1-3(案)について〈ルート3と同等の条件〉

- ・柱部材・梁部材の部材種別FB限定
- ・柱梁耐力比1.5 (1階の層崩壊を防止)
- ・ブレースの変形性能に応じたブレース応力割増: BA:1.0, BB:1.5, BC:1.5

(2) 耐震設計ルート1-2について〈ルート3と同等の条件〉

- ・ルート1-3(案)と同じ

その他の課題

(3) 中ボルトの規模制限の適用条件の検討:

現行告示: 軒高9m以下、高さ13m以下、スパン6m以下、延べ面積200m²以下

→鉄骨造と同条件(軒高9m以下、スパン13m以下、延べ面積3000m²以下)の適用

→検討中の鉄骨造の合理化案(軒高9m以上、高さ13m~16m、延べ面積500m²以下、
ずれを考慮した層間変形角の確認)の適用

(4) その他の検討課題

- ・幅厚比FAランクの設定(適切な条件設定と実験等による検証が必要)
- ・ルート3のアルミニウム合金造のDs表を作成(現状は「その他構造」扱い)。
- ・大形断面部材の使用可能性: 押出+摩擦攪拌接合などで製作可能か要検討

目的

鉄骨造で検討中のルート1-3(案)について、薄板軽量形鋼造への適用の可否の検討に必要な技術資料作成。

薄板軽量形鋼造の特徴の考察

- 木造と同様に耐力壁の許容耐力を決めており、ルート1で設計することで（耐力壁の特性から評価されるDs値の採用を前提とすれば）ルート3を満足するようになっている。
- 一方で、ルート1-3(案)により従来のルート1に比べて高さが緩和されると、階高の高い壁の使用が可能となるが、告示に規定されている一般的な壁の復元力や接合部の実験データはなく、ルート1-3(案)の適用条件が不明である。

主な検討方法

ルート1-3(案)を想定した高い壁の復元力をせん断壁体実験によって把握し、薄板軽量形鋼造への適用条件を検討する。

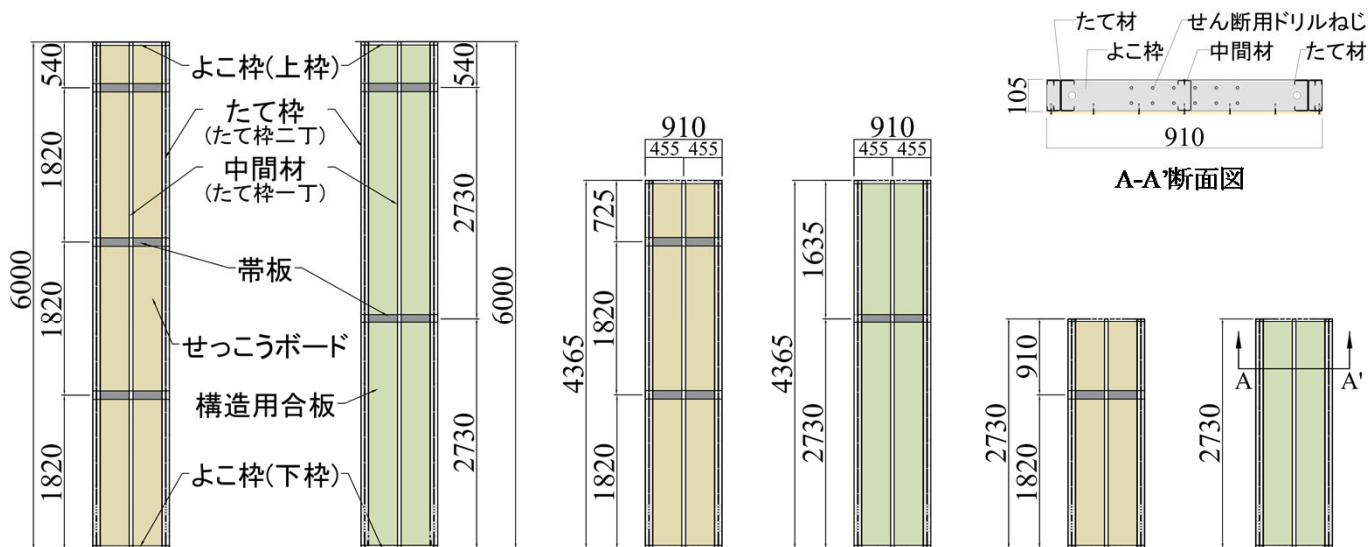
試験体一覧

試験体名称	壁高 (mm)	面材の種類
G-2730-1,2,3	2730	表:構造用合板JAS特類2級(厚さ9.0mm) ドリルねじ4.2φ 外周@150 中央@300 裏:なし
G-4365-1,2,3	4365	
G-6000-1,2,3	6000	
S-2730-1,2,3	2730	表:せっこうボードJIS A 6901(厚さ12.5mm) ドリルねじ4.2φ 外周@150 中央@300 裏:なし
S-4365-1,2,3	4365	
S-6000-1,2,3	6000	

<共通>

壁幅:910mm、ホールダウン金物:SHHD-135、帯鋼板:幅100、板厚2.2
 たて枠端部:2-100LCM22+2-100CN16、たて枠中間部:100LCM22、
 上下枠:100CN22

試験体（構造用合板）



(a) S-6000

(b) G-6000

(c) S-4365

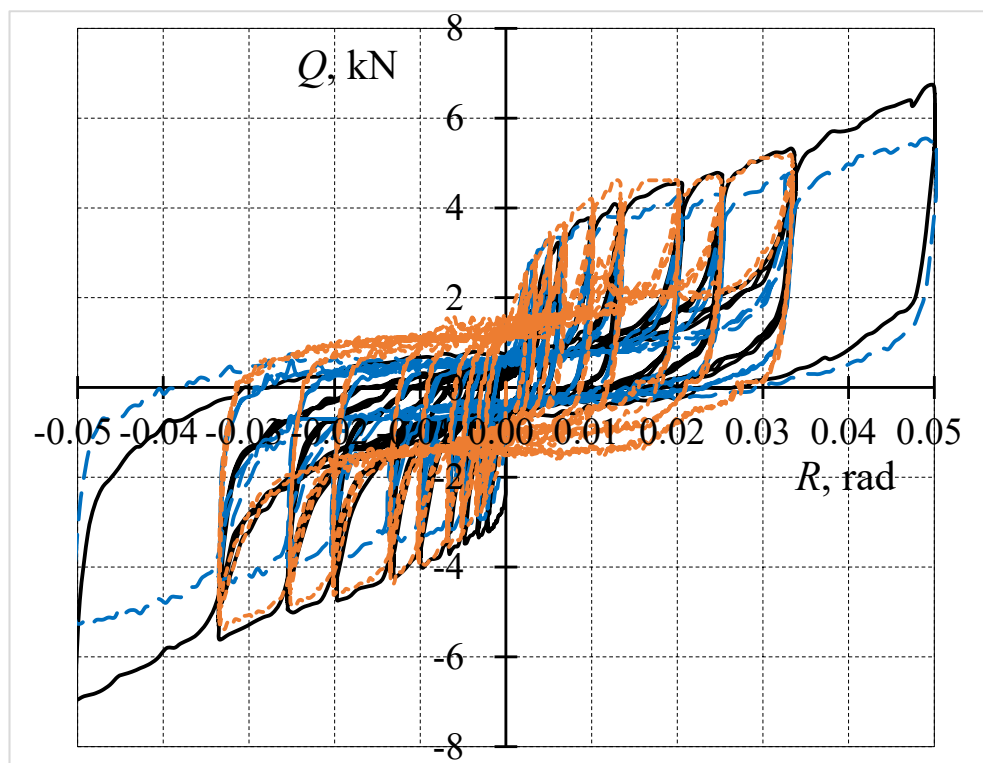
(d) G-4365

(e) S-2730



実験結果

荷重変形関係（せっこうボードの例）



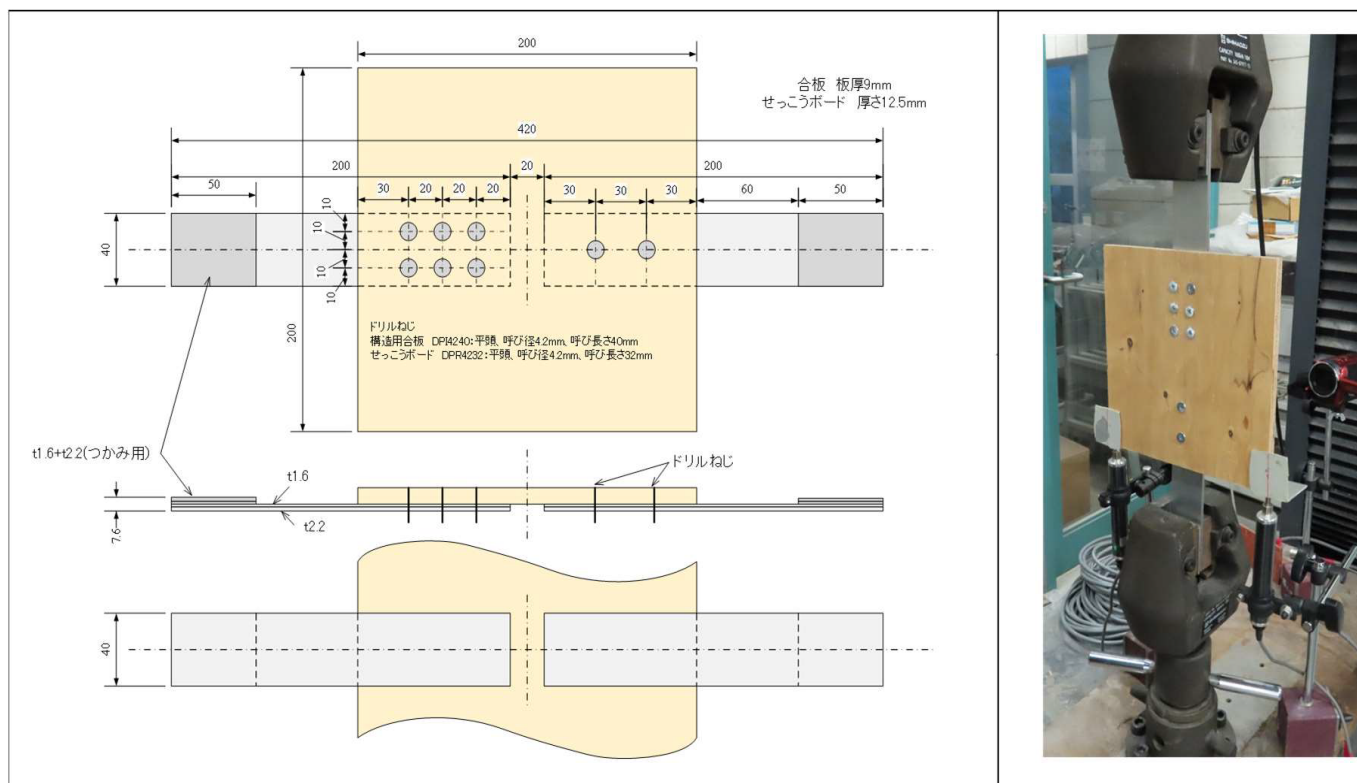
— : 高さ2730mm
 - - - : 高さ4365mm
 . . . : 高さ6000mm

壁の高さによる耐力壁の荷重変形関係の違いはあまり見られず、ほぼ同等

合板の場合、1/75前後で耐力劣化。ドリルねじの破断が確認された。

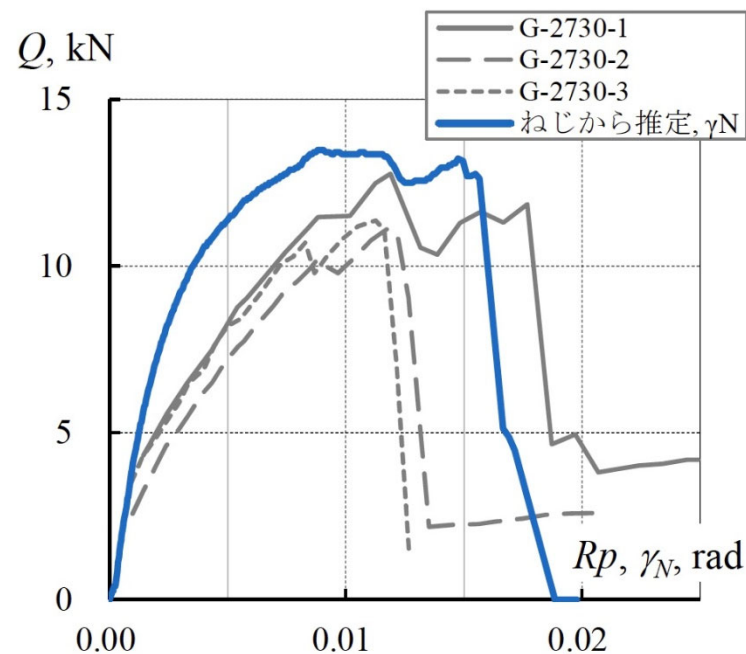
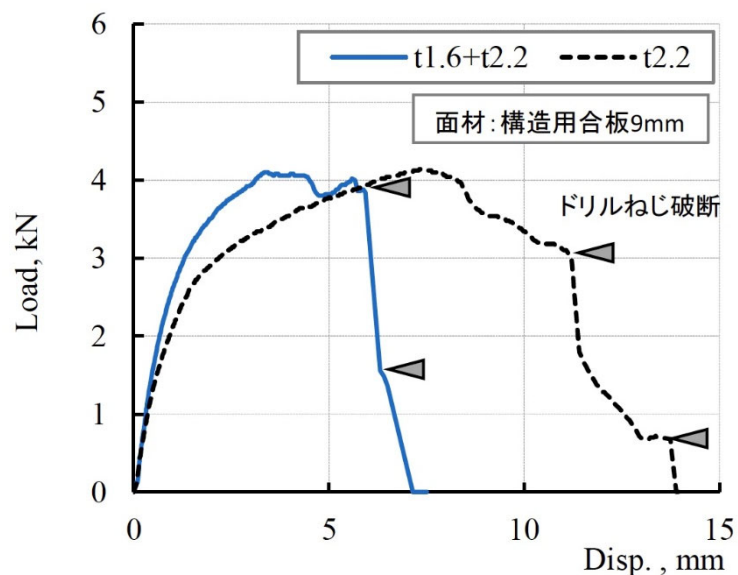
ドリルねじ接合部試験体

ドリルねじ接合部のせん断試験を行い、変形性能を確認した。



	面材	ドリルねじ	鋼板
1	構造用合板 9mm	DPI4240	t1.6+t2.2
2	構造用合板 9mm	DPI4240	t2.2
3	せっこうボード 12.5mm	DPR4232	t1.6+t2.2
4	せっこうボード 12.5mm	DPR4232	t2.2

実験結果(ドリルねじせん断接合部の変形性能)



接合部試験から推定した耐力壁の荷重変位関係(壁高さ2730)

→概ね対応。

まとめ

- ・ 検討中のルート1-3(案)の適用の条件等の検討に資する技術資料を得るため、階高の高い耐力壁の実験を行い、復元力と損傷状況等を把握した。
- ・ ドリルねじせん断接合部の追加実験を実施し、耐力壁の変形性能等についての知見を得た。

主な成果：

- ① 木造と同様に、壁高さによる耐力壁の荷重変形関係の違いはあまり見られず、ほぼ同等であった。
- ② 面材を構造用合板とした耐力壁では、見かけのせん断変形角が1/75前後で、たて枠材と面材を接合するドリルねじの破断が確認され、その後耐力が劣化した。その要因を探るため接合部試験を実施し、厚めの鋼板（2.2mm厚）や重ね合わせた鋼板にドリルねじを打つと破断しやすくなり、変形性能が小さくなることを示した。

目的

現行のルート1で規定されている鉄骨造とRC造・木造との併用構造の鉄骨造の階に、現在鉄骨造で検討中のルート1-3(案)(3階以下、高さ16m以下)を適用する場合の条件を検討

3F	S	S	W	W
2F	S	RC	W	S
1F	RC	RC	S	S

低層階RC造, 上層階S造 低層階S造, 上層階W造

※ RC造の階については、壁の多い場合と、ラーメン構造の場合について検討

方法

試設計により、ルート1-3(案)で設計した鉄骨造の階の構造性能がルート3と同等以上となるか、剛性率、 F_s 、 Q_u/Q_{un} 等を検討

目標とする成果

鉄骨造との併用構造(3階以下、高さ16m以下)に関して、剛性率規定の必要性などを検討するための技術資料を作成

予備計算

鉄骨造の階の柱梁・ブレースの部材群種別と、RC造・木造の階の構造種別等の組合せを設定して剛性率、 $F_s \cdot Q_u / Q_{un}$ 等を計算し、それを踏まえて試設計を実施する建築物の構造、部材断面等を決定(RC造は「壁が多い」「ラーメン構造」、木造は在来軸組工法)

試設計1-1 低層階：壁が多いRC造、上層階：S造

1階RC造2・3階S造3例と、1・2階RC造3階S造2例について、剛性率、層間変形角比(上層/下層)、 F_s 、 Q_u / Q_{un} 等を算定

試設計1-2 低層階：ラーメン構造のRC造、上層階：S造

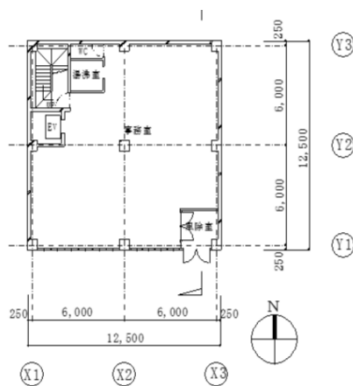
1階RC造2・3階S造と、1・2階RC造3階S造の各1例について、剛性率、層間変形角比、 F_s 、 Q_u / Q_{un} 等を算定

試設計2 低層階：S造、上層階：W造

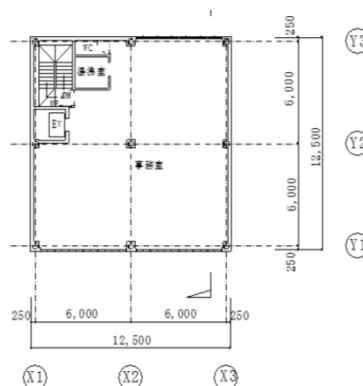
1階S造、2・3階木造(在来軸組工法)の設計例について、剛性率、層間変形角比、 F_s 、 Q_u / Q_{un} 等を算定

試設計モデルの例

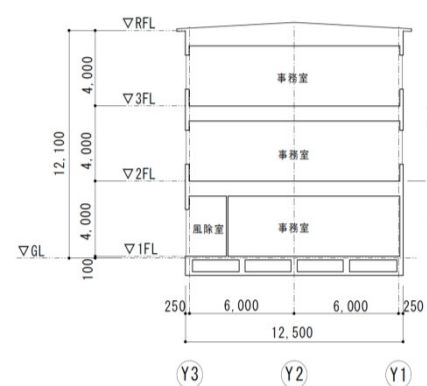
(1)RC造の上にS造



1階平面図

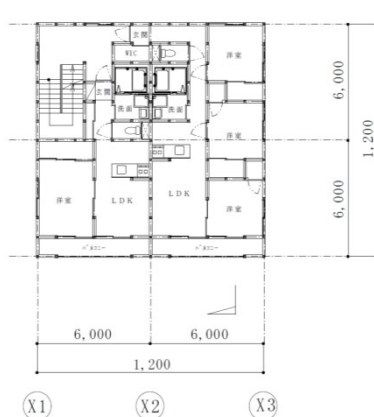


2・3階平面図

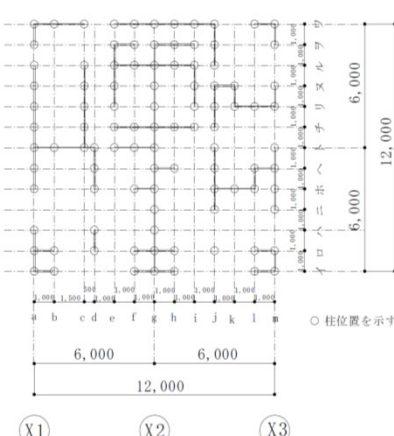


断面図

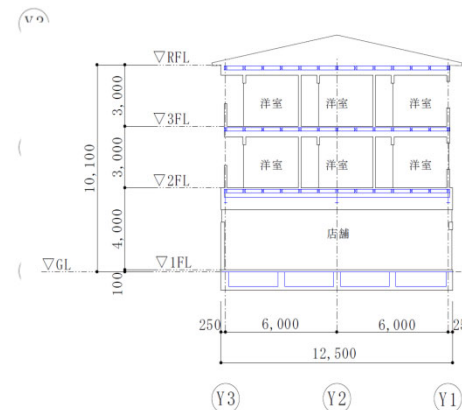
(2)S造の上にW造



1階平面図



2・3階W造の柱梁伏図



断面図



ルート3と同等（保有水平耐力計算を満足）となる条件を確認

試設計1-1 低層階:壁が多いRC造、上層階:S造

	各層の構造	方向 (S造構造種別)	S造柱梁部材群の種別	S造ブレース部材群種別	剛性率 (Rs)	層間変形角比	Fs	Qu/Qu _n
試設計①	1層RC(壁式)造+2.3層S造	X方向 (S造ラーメン構造)	A (柱FA,梁FA)	無し	0.04	80.0	1.94	1.12 (1.64)
		Y方向 (S造ラーメン構造)			0.02	134.0	1.96	1.75 (1.80)
X方向 (S造ラーメン構造)		C (柱FA,梁FC)	無し	0.03	86.6	1.95	0.88 (1.19)	
Y方向 (S造ラーメン構造)				0.02	136.0	1.96	1.26 (1.31)	
試設計③		X方向 (S造ラーメン構造)	C (柱FA,梁FC)	無し	0.03	95.7	1.95	0.87 (0.99)
	Y方向 (S造ブレース構造)	B(BB, $\beta_u > 0.7$)			0.09	31.7	1.85	1.05
試設計④	1,2層RC(壁式)造+3層S造	X方向 (S造ラーメン構造)	A (柱FA,梁FA)	無し	0.02	77.0	1.97	1.79 (1.79)
		Y方向 (S造ラーメン構造)			0.01	144.4	1.98	1.76 (2.05)
試設計⑤		X方向 (S造ラーメン構造)	C (柱FA,梁FC)	無し	0.02	90.9	1.97	1.11 (1.11)
		Y方向 (S造ブレース構造)			B(BB, $\beta_u > 0.7$)	0.06	32.0	1.91

試設計1-2 低層階:ラーメン構造のRC造、上層階:S造

	各層の構造	方向 (S造構造種別)	S造柱梁部材群の種別	S造ブレース部材群種別	剛性率 (Rs)	層間変形角比	Fs	Qu/Qu _n
試設計③	1層RC(ラーメン)造+2.3層S造	X方向 (S造ラーメン構造)	C (柱FA,梁FC)	無し	0.20	12.7	1.66	0.97
		Y方向 (S造ブレース構造)		B(BB, $\beta_u > 0.7$)	0.64	2.4	1.00	1.73
試設計⑤	1,2層RC(ラーメン)造+3層S造	X方向 (S造ラーメン構造)	C (柱FA,梁FC)	無し	0.13	11.7	1.78	1.10
		Y方向 (S造ブレース構造)		B(BB, $\beta_u > 0.7$)	0.55	2.3	1.08	1.53

試設計2 低層階:S造、上層階:W造

	各層の構造	方向 (S造構造種別)	S造柱梁部材群の種別	S造ブレース部材群種別	剛性率 (Rs)	層間変形角比	Fs	Qu/Qu _n
試設計	1層S造ラーメン構造+2.3層木造(在来軸組)	X方向 (S造ラーメン構造)	C (柱FA,梁FC)	無し	0.78	1.9	1.00	2.30
		Y方向 (S造ラーメン構造)		無し	0.63	2.6	1.00	2.25

(1-1) 低層階が壁が多いRC造で、上層階S造の場合

- ・剛性率(R_s)は、S造階は0.01~0.09 となった。
- ・層間変形角比は、S造がラーメン構造では80~140 程度で、ブレース構造では30程度であった。
- ・ F_s は概ね1.9 以上であるが、 Q_u/Q_{un} が概ね1 以上となった。

(1-2) 低層階がラーメン構造のRC造で、上層階S造の場合

- ・剛性率(R_s)は、S造がラーメン構造では0.12~0.20、S造がブレース構造では0.55~0.64 となった。
- ・層間変形角比は、S造がラーメン構造では11~13 程度、S造がブレース構造では2.3~2.4程度 であった。
- ・ F_s の値が1.6 以上となっているが、 Q_u/Q_{un} の値は0.97 と1.10 であった。

(1-1)(1-2)のまとめ

- ・ F_s の値が2に近い値となるが、**層間変形角制限**($C_0=0.2$ で $1/200$ 以下)によって、部材の許容応力度の検定比に一定の余裕が生じ、結果として F_s の割増を適用しても Q_u/Q_{un} の値については概ね1以上となる。
- ・**層間変形角制限**($C_0=0.2$ で $1/200$ 以下)が重要であり、**層間変形角 $1/120$ の緩和規定は適用できないものと考えられる。**

(2) 低層階がS造で、上層階W造の場合

- ・W造階が在来軸組工法の場合、S造階の剛性率(R_s)は0.6以上となり、S造階の Q_u/Q_{un} は2以上の値になった。
- ・この例では、剛性が上層階のW造階よりS造が小さくなり、ややアンバランスな建物になっているため、このような併用構造の建物の設計では、S造階の変形が大きくならないように、許容応力度の検定比に余裕のある設計を行うことが望まれる。

1. 低層の場合

高さ16mまでの

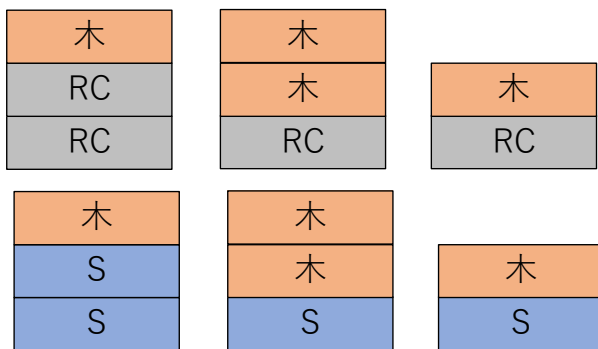
立面的併用構造をルート1で設計できる建物の適用範囲の検討

→H19国交告第593号の第三号、第四号を16mまで緩和できるかという検討

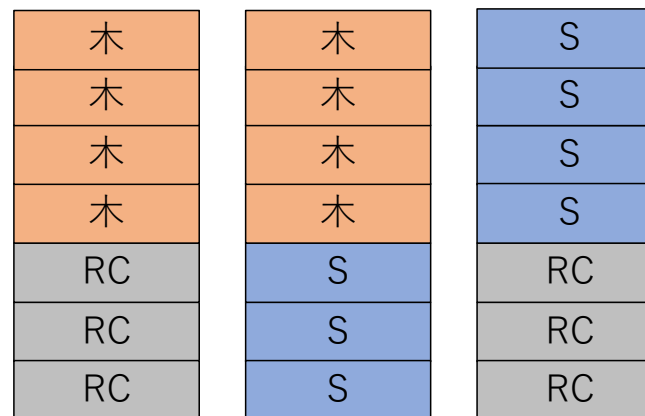
2. 中高層の場合

ルート2の規模(高さ31m以下)の併用構造について、

剛性率規定を適用除外とできる範囲や、ルート3におけるFsによる割増の規定を適用除外とできる範囲について検討



低層の場合



中高層の場合(31m以下で検討)

	現状	課題
ルート1 併用構造	H19国交告第593号第三号,第四号で規定されている建物規模は高さ $\leq 13\text{m}$ かつ軒高 $\leq 9\text{m}$	高さ $\leq 16\text{m}$ に緩和した場合の安全性が確認できていない
ルート2 併用構造	併用構造では令82条の6の剛性率規定(0.6以上)を満足できない場合が多い	下階が剛強な場合,剛性率を満足しなくても耐震上安全なケースがあるが,但し書きがないためルート3,かつFs割増をする必要がある
ルート3 併用構造	併用構造ではS55建告第1792号第7の規定(Fs割増)を満足できない場合が多い	下階が剛強な場合、剛性率を満足しなくても耐震上安全(割増が不要)なケースがあるが、Fs割増をする必要がある。但し書きはあるが、活用されていない

上記課題を解決するために以下の2つの検討により、立面的な併用構造の挙動を把握し、緩和や適用範囲を明らかにする。

- 1 : モード解析による弾性振動性状の確認
(現行のAi分布の適用範囲の確認)
- 2 : 弾塑性時刻歴応答解析による検討(損傷集中などの有無などの確認)

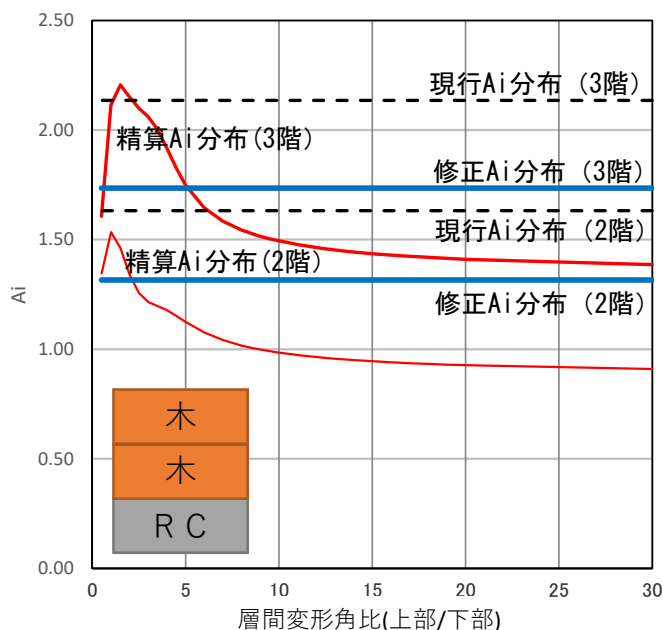
併用構造(2)WG

モード解析による検討(クライテリアの説明)(低層・中高層共通)

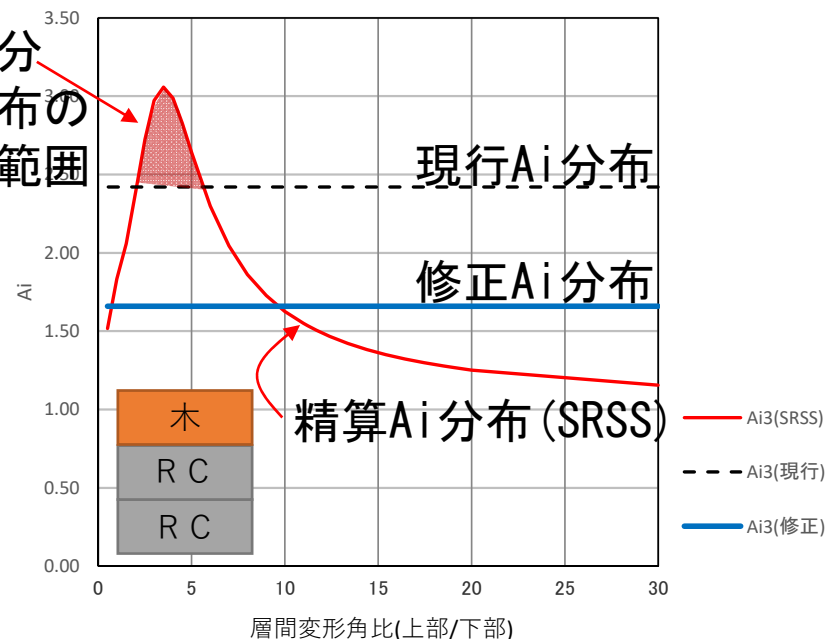
現行のAi分布に対して、

- ・モード解析を用いたSRSSによる精算Ai分布※が上回る範囲を確認し、現行Ai分布の適用範囲を明らかにする。
- ・低層については、上部重量2倍までの修正Ai分布との比較も行った。

※ 高次モードの影響で1層が1.0以下となるのが、1層を1.0に基準化すると過大な設計分布となるため、ここでは基準化は行っていない「基準化前」を示す。(基準化前: $C_0=1.0$ の時の層せん断力係数分布を比較した値)



※ピーク部分
現行Ai分布の
危険側の範囲



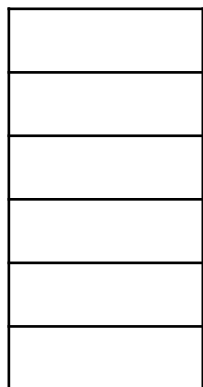
層間変形角比とは上部の下部に対する層間変形角の比
層間変形角はAi分布における水平加力時の弾性変形で、

下部(全層)の層間変形角 $1/a$ 、上部(全層)の層間変形角が $1/b$ とすると、
層間変形角比は a/b で表され、 $30 \sim 0.5$ の値に対して検討した。

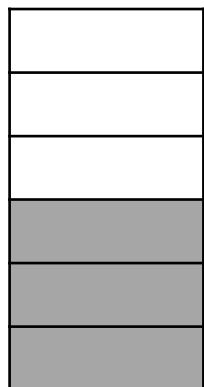
併用構造(2)WG

時刻歴応答解析による検討(クライテリアの説明)(低層・中高層共通)

全層同一モデル
基準モデル

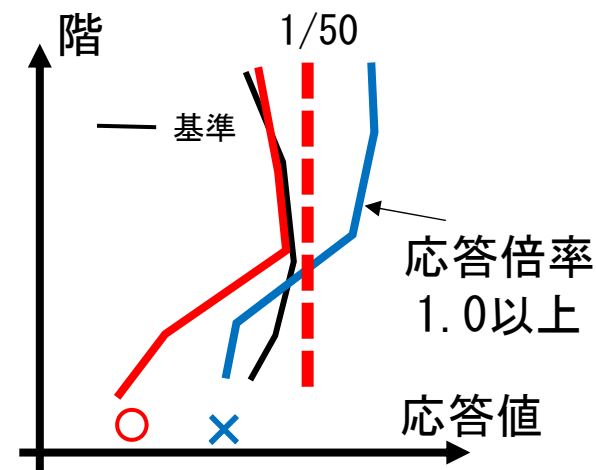


併用構造モデル



鉄骨 $D_s=0.25$ 程度の復元力
(ラーメン構造などを想定)
木造の復元力

剛性調整のみで線形
ひび割れの影響は、
下層が先行降伏しない限りは、
影響が小さいことを確認済み



上層階に該当する
モデルで
全層をモデル化

下部構造を弾性と仮定
 F_s によるパラメータとする

- 剛性率0.60
- 剛性率0.40
- 剛性率0.20
- 剛性率0.10
- 剛性率0.05

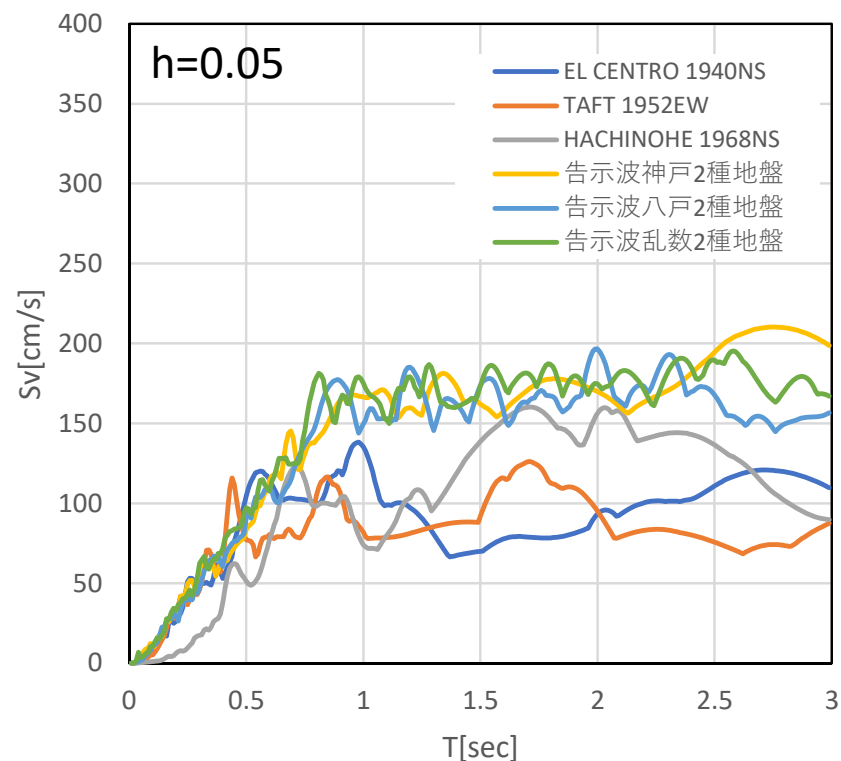
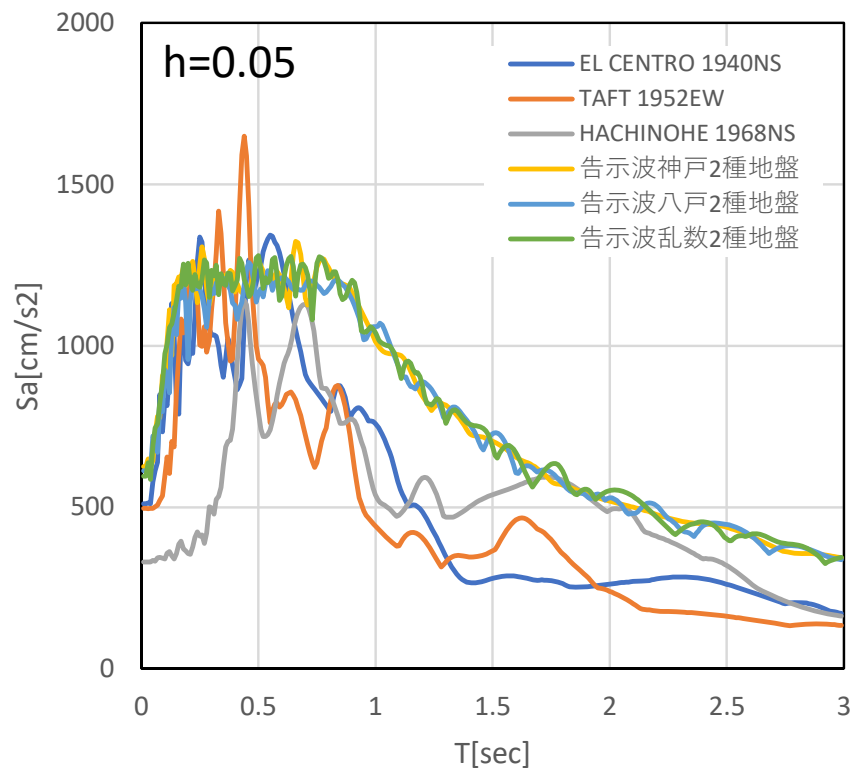
◆応答値による評価・クライテリアの設定

※1: 基準モデルの時刻歴応答解析結果の
6波の平均値に対する比

※2: 限界耐力計算の応答値に対する比

※3: 層間変形角 $1/50$ に対する比

それぞれの応答倍率が1.0以下となる範囲



解析用地震波名称	入力地震波名称
D1	ELCENTRO 1940NS 50kine基準化
D2	TAFT 1952EW 50kine基準化
D3	HACHINOHE 1968NS 50kine基準化
D4	告示波 神戸位相 2種地盤増幅 L2
D5	告示波 八戸位相 2種地盤増幅 L2
D6	告示波 乱數位相 2種地盤増幅 L2

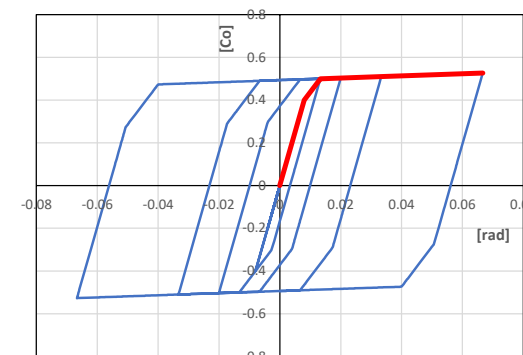
告示波は2種地盤相当地盤増幅

低層モデルの3階については、
調整係数pを考慮(入力倍率0.9倍)

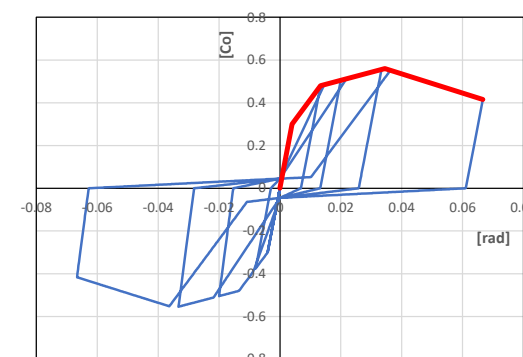
併用構造(2)WG

解析対象まとめ

項目	低層モデル	中高層モデル
高さ	16m以下	31m以下
階数	3階以下	10階以下 (5、7、10階で検討)
階高	3m～6m	3m
重量	木造： 1.5～2.5kN/m ² (一般仕様) 3.5～5.5kN/m ² (耐火仕様) S造：6～8kN/m ² RC造：13～15kN/m ²	同左
面積比 (上部/下部)	1/3、1/8 (ペントハウス程度)	考慮しない



鉄骨造復元力特性



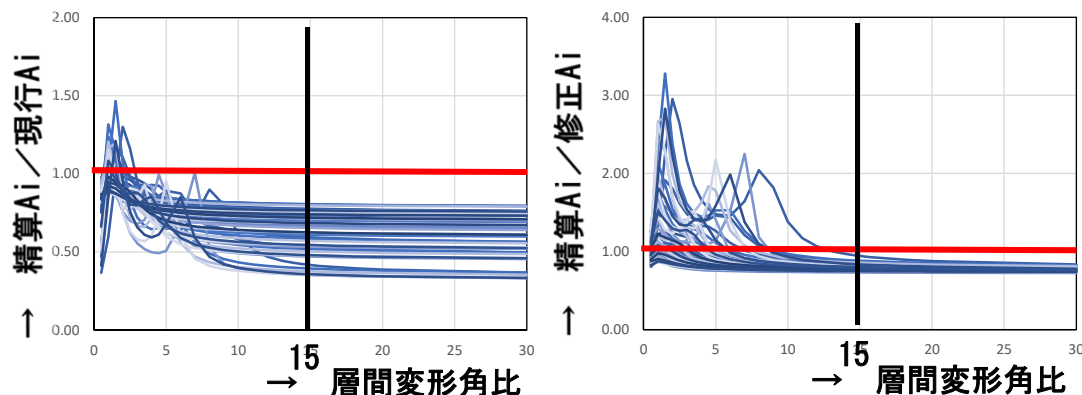
木造復元力特性

項目	RC造(下部構造)	S造(上部構造)	木造(上部構造)
履歴特性	線形	標準トリリニアモデル (TL3)	木造用強度低下4折線モデル (WS4)
骨格曲線	線形	初期剛性 $C_o=0.2 : 1/250$ 保有水平耐力 $C_o=0.5 : 1/75$	初期剛性 $C_o=0.2 : 1/375$ 保有水平耐力 $C_o=0.48 : 1/75$
想定構造形式	耐震壁付きラーメン構造・壁式構造 (上部構造より先行して降伏しない構造) (SRC造も同様に壁の多い構造は含む)	ラーメン構造 座屈拘束ブレース付き ラーメン構造	木質系面材耐力壁等 (在来軸組工法) (枠組壁工法)

併用構造(2)WG

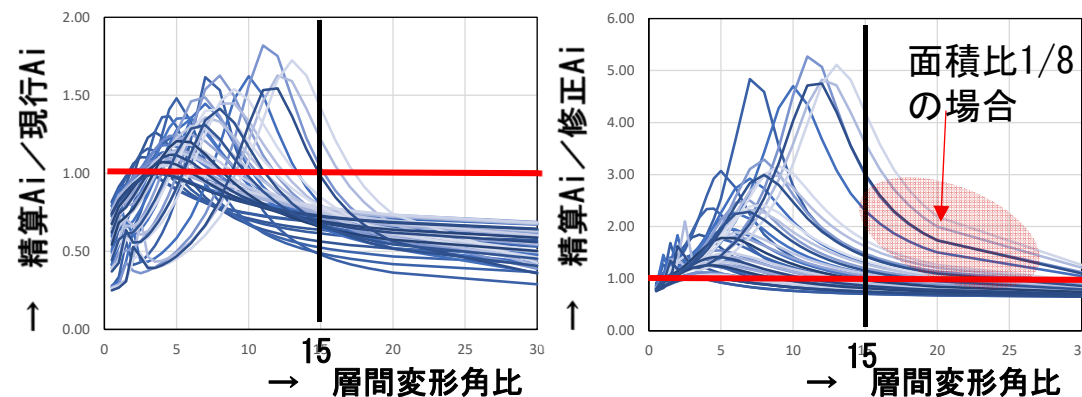
モード解析による検討（低層の場合）

- ・すべての解析ケースでの精算 A_i (基準化前)と現行 A_i と修正 A_i の比でそれぞれ示す。
- ・1.0以上が、設計外力分布より精算 A_i (実態の分布)が大きいことを示す。



上部構造2層の場合の最上層

左：精算 A_i /現行 A_i 右：精算 A_i /修正 A_i



上部構造1層の場合の最上層

左：精算 A_i /現行 A_i 右：精算 A_i /修正 A_i

【上部が2層の場合】

下部剛性が大きい場合には、修正 A_i で評価した場合でも問題ないと判断できる。

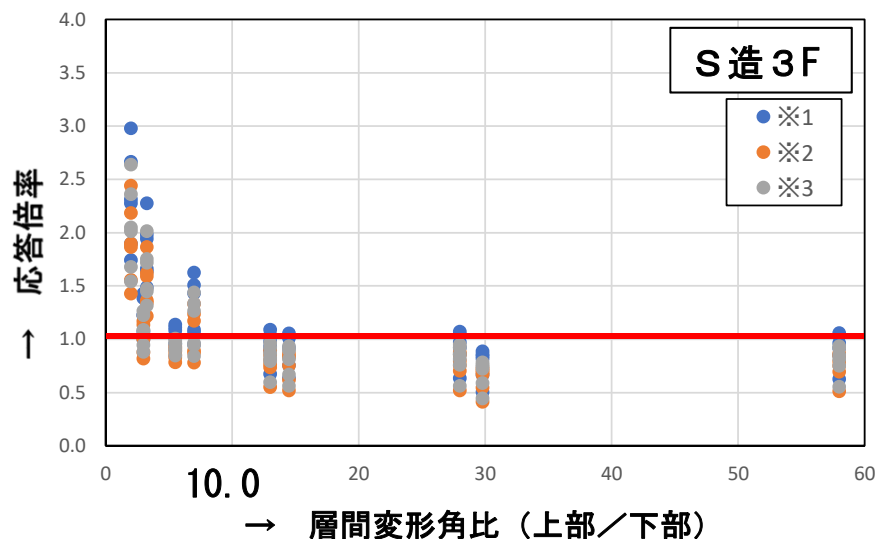
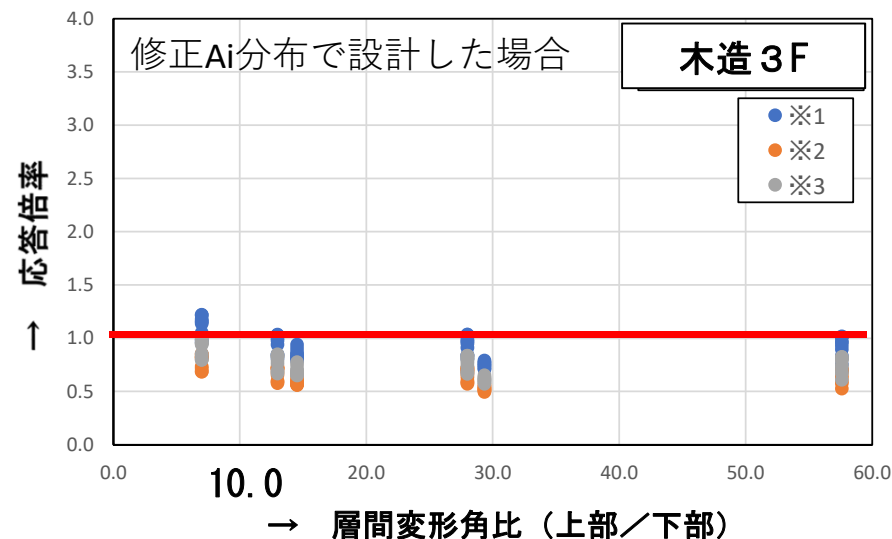
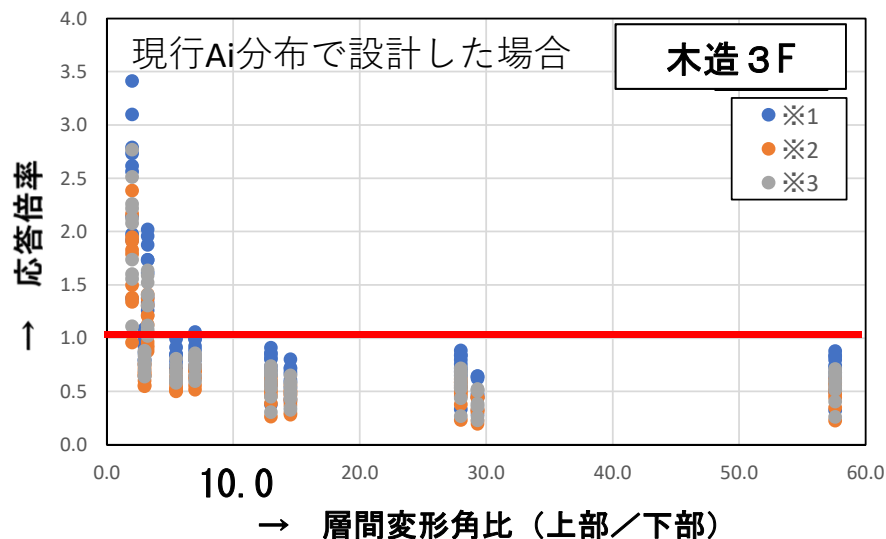
【上部が1層の場合】

下部剛性が大きい場合には、現行 A_i であれば問題ないが、修正 A_i 分布では面積比が大きい場合には、危険側になる可能性がある。

・面積比が1/8程度と極端なケースが危険側を示しており、実際、1/8程度はペントハウスと扱われるような範囲であるため、修正 A_i の適用ではなく、突出部として水平震度 $K=1.0$ などで対応する範囲であると考える。

併用構造(2)WG

時刻歴応答解析による検討(低層の場合)



・層間変形角比が10以上あれば、応答倍率は1.0程度に収まる。

・修正Ai分布の場合は、モード解析では外力が大きい範囲も見られたが、応答倍率は1.0程度に収まる。これは上部構造の塑性化が進むことで、下部との剛性差が広がることの影響などが考えられる。

※1: 基準モデルの時刻歴応答解析結果の6波の平均値に対する、応答倍率
※2: 限界耐力計算の応答値に対する、応答倍率
※3: 層間変形角1/50に対する、応答倍率

1. 低層まとめ

高さが16m以下となる3階建ての範囲において、モード解析、時刻歴応答解析の検討結果のまとめを以下に示す。

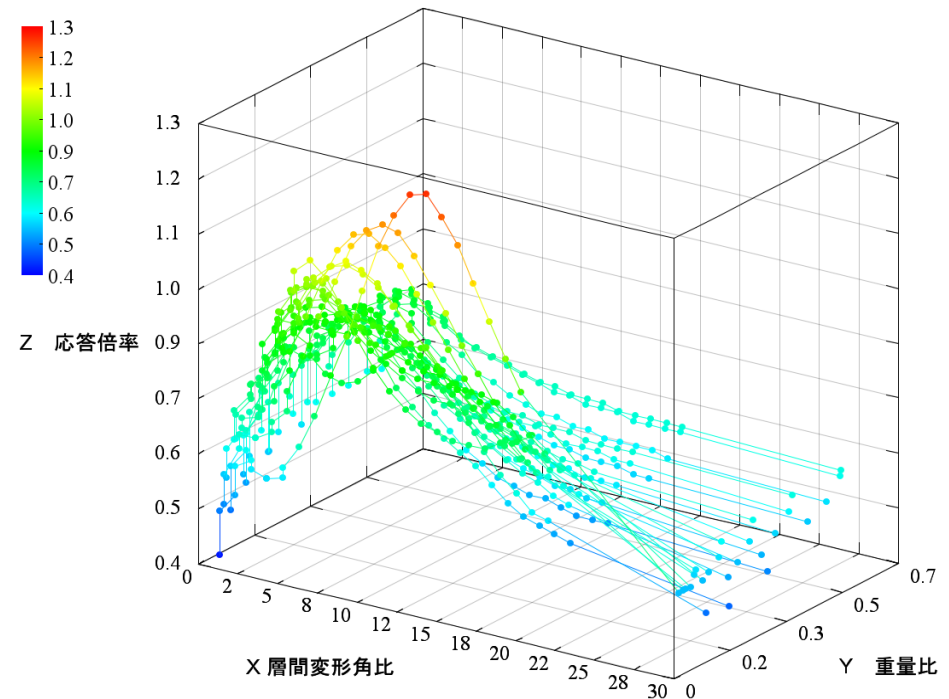
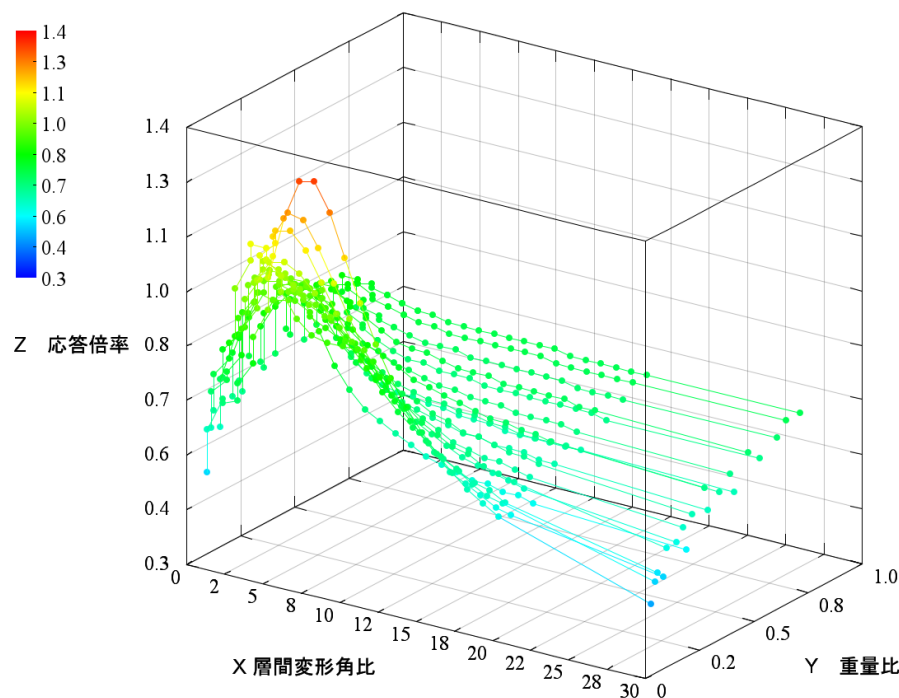
- ・階高が高い場合でも通常の重量比の範囲であれば、下部構造の剛性・強度が十分に確保されている場合は、現行の A_i 分布、修正 A_i 分布の設計で耐震上の安全性は確保できる。
- ・上下階で上階の面積が下階の1/8程度の極端な面積比の場合には、モード解析による外力分布が修正 A_i 分布を超える場合がある。(面積が1/8程度はペントハウス程度を想定するものである。)
- ・時刻歴応答解析による検討では、極端な面積比の場合でも修正 A_i 分布を用いた検討でも応答倍率は1.0程度である。

以上より、高さが16m以下の場合であれば、これまでの低層併用構造と同様の扱いとしても耐震上の安全性は確保できるもの考えられる。階高、面積比においても、通常想定される範囲であれば、問題ないと判断できる。

併用構造(2)WG

モード解析による検討(中高層の場合)

低層と同様に精算Ai分布と現行Ai分布の比を示す。
グラフ奥行には重量比(剛性が急変する当該階の α_i)を示す。

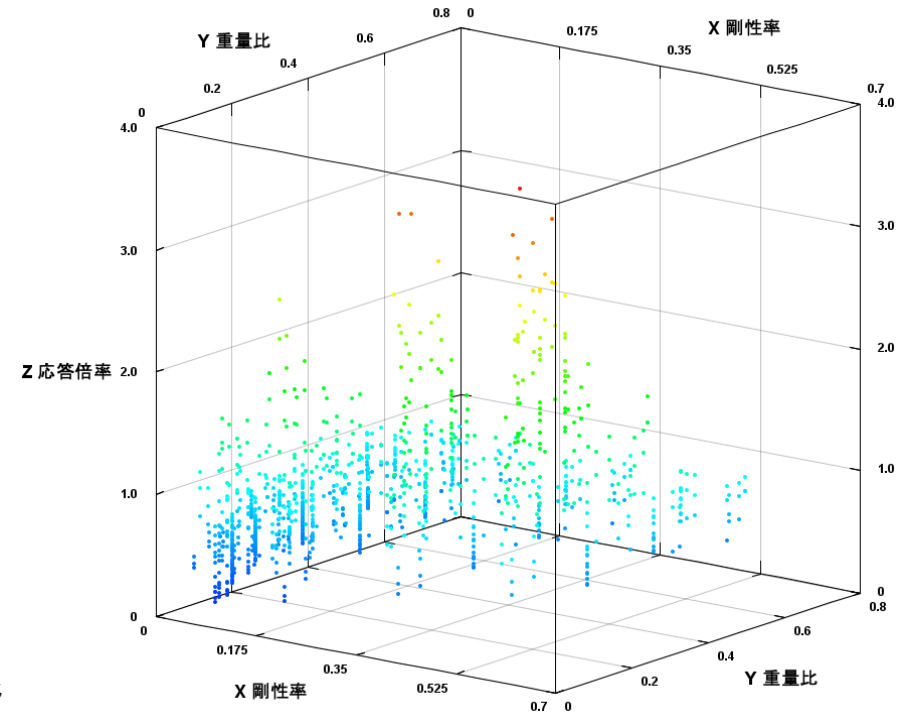
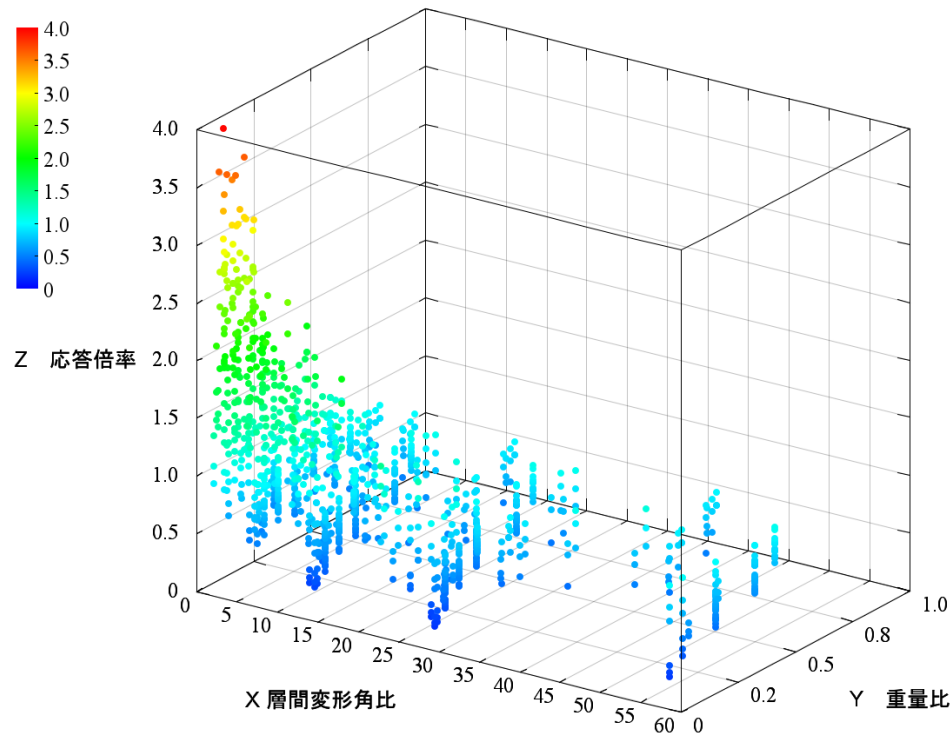


層間変形角比が大きな領域では、精算Aiによる外力分布が小さい傾向にある。

階数が少ない方がその傾向は顕著であり、概ね層間変形角比が15以上確保されていけば問題ない。

併用構造(2)WG

時刻歴応答解析による検討(中高層の場合)



・クライテリアに対する応答倍率を示している。

(図左: X軸層間変形角比、図右: X軸剛性率)

・X軸を層間変形角比で示すと、応答倍率の傾向をつかむことができる。

2. 中高層まとめ

高さが31m以下となる10階建てまでの中高層の範囲において、モード解析、時刻歴応答解析の検討結果のまとめを以下に示す。

- ・ 上部と下部のそれぞれの構造種別の1次設計時の層間変形角比に着目すると、上記の割増しが不要な下部構造の最小剛性の範囲をは合うことができる。
- ・ 具体的には、層間変形角比(上部の下部に対する層間変形角の比)が15倍以上であれば、重量比によらず、上部の応答が過大になることはないと判断できる。
- ・ 重量比については、上部構造の重量が全体の重量の50%以上(重量比 $\alpha_i=0.5$ 以上)であれば、層間変形角比によらず上部の応答が過大にならないことを確認した。
- ・ 本検討では、上部と下部の構造種別では、同一の層間変形角としたパラメータスタディとしているが、実際の構造設計においては、同一構造の中でも層間変形角にばらつきがあると考えられるため、下部構造では、最小値を、上部構造では、最大値を取り、上下の層間変形角の逆数の比が15以上確保することが最も安全側の判断と考えられる。これはあくまでも一例であるため、全体のクライテリアと合わせて判断する必要がある。