## 令和4年度

# S38 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の 耐力壁の基準に関する検討事業報告書

令和5年3月

株式会社ドット・コーポレーション 京都大学 生存圏研究所

S38 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討

## 事業報告書 目次

第1章	事業	内容	
1.1	本事業	:の目的	第1章-1
1.2	実施概	要	第1章-1
	1.2.1	本事業の実施内容	第1章-2
	1.2.2	実施体制	第1章-4
	1.2.3	実施スケジュール	第1章-6
第2章		い耐力壁のデータ収集	
2.1	試験体	の仕様の検討	
	2.1.1	現状の法令との関係と検討方針	第2章-1
	2.1.2	その他の技術基準等との関係	第2章-7
	2.1.3	仕様の検討	第2章-8
	2.1.4	試験体仕様	第2章-11
2.2	筋交い	耐力壁実験	第2章-14
	2.2.1	試験概要	第2章-14
	2.2.2	試験体図、計測計画及び特性値の算出	第2章-23
	2.2.3	試験結果	第2章-34
2.3	まとめ	)	第2章-63
	2.3.1	今年度のまとめ	第2章-63
	2.3.2	来年度の実施計画案	第2章-63
سام منط			
		ネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準について	<i>tete</i>
3.1		容に対する委員会での意見	第3章-1
3.2	木造建	・築物における省エネ化等による建築物の	
		重量化に対応するための必要な壁量等の基準(案)の概要.	第3章-1
第4章	添付	資料	
4.1		議事録	第4章-1
4.2		·ンググループ、個別打合せ議事録	

別添

筋交い耐力壁 試験報告書

## 第1章 事業内容

#### 1.1 本事業の目的

本事業の背景として、以下のようなことが挙げられる。

近年の木造住宅は、省エネ化(断熱材や省エネ設備の設置)の影響から建築物が重量化しており、構造安全性確保のため、必要壁量等の基準を整備するための検討が必要とされている。この点は、社会資本整備審議会(以下「審議会」)においても議論されているところである。

また、木造建築物の筋かい耐力壁の仕様および壁倍率の規定は政令において定めているところであるがそれらの仕様の幅は広い。具体的には、最低断面寸法とそれに応じた壁倍率が示されており、筋交いの断面寸法がそれ以上になると性能(壁倍率)が変わるが、それへの対応は示されていない。審議会における議論を踏まえた今後の建築確認の対象の見直しにあたり、こういった政令で想定していない仕様の筋かいに関する取扱いを整理し、また昨今の非住宅木造で求められている階高が高くても高い性能が担保できる新たな筋かいの耐力壁の仕様及び壁倍率を告示に追加する必要がある。

本事業では、以上を踏まえて、高階高、高耐力が実現できる筋交い耐力壁の仕様について技術的資料をまとめた。

#### 1.2 実施概要

#### 1.2.1 本事業の実施内容

本事業では、1.1 に示した様に、高階高、高耐力が実現できる筋交い耐力壁の仕様について技術的資料をまとめるが、以下の手順にて実施した。また、本事業は今年度(令和 4年度)~令和5年度の2か年で実施する予定である。

- ① 高階高、高耐力(4mを超える階高、壁倍率 4 倍以上)が実現できる筋交い耐力壁の 仕様について、既往の研究等を参考に、WGにおいて検討を行った。
- ② ①の結果を踏まえて、現状容易に入手できる接合金物の性能と納まりを確認し、具体的な仕様を決定。
- ③ ②で決定した仕様にて、実大実験を実施し、その性能と破壊性状を確認。
- ④ 実験結果を参考に、目標性能を決定し、それに合致する仕様の範囲を確認する方法 を検討。(解析および解析に必要なデータの要素試験による収集方法)

令和5年度は、④で検討した手法で仕様の範囲の検討を行う予定。

また、本事業では、省エネ性能の高い建築物の必要壁量に関する検討についての情報も委員間で共有し、ニーズなどについての意見交換を委員会にて行った。具体的には、R3年度住宅市場整備推進等事業(建築基準法・建築士法等の円滑な執行体制の確保に関する事業)建築物の構造安全性の担保・木造 WG で整理された省エネ性能の高い小規模木造建築物の重量に基づく必要壁量についての検討内容等の情報を共有した。

#### 1.2.2 実施体制

本事業においては、委員会およびワーキンググループを設置して、以下の有識者で構成した。

○省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討委員会

委員長 河合 直人 工学院大学 建築学部 建築学科 教授

委 員 五十田 博 京都大学 生存圈研究所 生活圈木質構造科学分野 教授

稲山 正弘 東京大学大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻

木質材料学研究室 教授

青木 謙治 東京大学大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻

木質材料学研究室 准教授

大橋 好光 東京都市大学 名誉教授

伊藤 嘉則 一般財団法人建材試験センター 性能評価本部 主幹

津田 千尋 一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター

性能試験研究部 主席試験研究役

逢坂 達男 一般社団法人日本木造住宅産業協会 技術開発部

技術開発委員長

槌本 敬大 国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ 上席研究員

山崎 義弘 国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ 主任研究員

中島 昌一 国立研究開発法人建築研究所 構造研究グループ 主任研究員

協力委員 荒木 康弘 国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部

基準認証システム研究室 主任研究官

秋山 信彦 国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部

評価システム研究室 主任研究官

行 政納富 昭光 国土交通省住宅局参事官(建築企画担当)付 課長補佐

今田 多映 国土交通省住宅局参事官(建築企画担当)付

事務局 平野 陽子 (株) ドット・コーポレーション

山崎 渉 (株) ドット・コーポレーション

佐々木留美 (株) ドット・コーポレーション

○検討ワーキンググループ

主 查 五十田 博 京都大学 生存圈研究所 生活圈木質構造科学分野 教授

委 員 河合 直人 工学院大学 建築学部 建築学科 教授

青木 謙治 東京大学大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻

木質材料学研究室 准教授

小谷 竜城 株式会社エヌ・シー・エヌ 技術開発部 課長

協力委員 荒木 康弘 国土交通省国土技術政策総合研究所 建築研究部

基準認証システム研究室 主任研究官

秋山 信彦 国土交通省国土技術政策総合研究所 建築研究部

評価システム研究室 主任研究官

行 政 納富 昭光 国土交通省住宅局参事官(建築企画担当)付 課長補佐

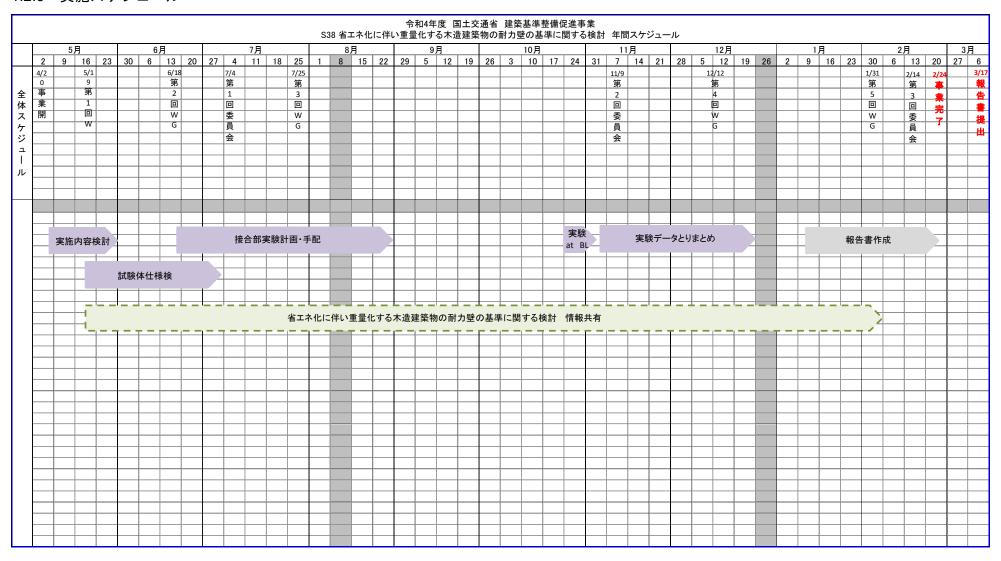
今田 多映 国土交通省住宅局参事官(建築企画担当)付

事務局 平野 陽子 (株) ドット・コーポレーション

山崎 渉 (株) ドット・コーポレーション

佐々木留美 (株) ドット・コーポレーション

#### 1.2.3 実施スケジュール



## 第2章 筋交い耐力壁のデータ収集

#### 2.1 試験体の仕様の検討

#### 2.1.1 現状の法令との関係と検討方針

(1) 筋交いに関する現状の法令

筋交いに関して、現状の法令を以下に示す。これらを踏まえた上で、(2) において本事業での検討範囲等の議論を行った。

#### 施行令第45条 筋交い

引張り力を負担する筋かいは、厚さ 1.5 センチメートル以上で幅 9 センチメートル以上の木材又は径九ミリメートル以上の鉄筋を使用したものとしなければならない。

- 2 圧縮力を負担する筋かいは、厚さ3センチメートル以上で幅9センチメートル以上 の木材を使用したものとしなければならない。
- 3 <u>筋かいは、その端部を、柱とはりその他の横架材との仕口に接近して、ボルト、か</u>すがい、くぎその他の金物で緊結しなければならない。
- 4 筋かいには、欠込みをしてはならない。ただし、筋かいをたすき掛けにするために やむを得ない場合において、必要な補強を行なつたときは、この限りでない。

#### 施行令第46条 構造耐力上必要な軸組等

#### 1~3 〈省略〉

4 階数が 2 以上又は延べ面積が 50 平方メートルを超える木造の建築物においては、第 1 項の規定によつて各階の張り間方向及びけた行方向に配置する壁を設け又は筋かいを入れた軸組を、それぞれの方向につき、次の表 1 の軸組の種類の欄に掲げる区分に応じて当該軸組の長さに同表の倍率の欄に掲げる数値を乗じて得た長さの合計が、その階の床面積(その階又は上の階の小屋裏、天井裏その他これらに類する部分に物置等を設ける場合にあつては、当該物置等の床面積及び高さに応じて国土交通大臣が定める面積をその階の床面積に加えた面積)に次の表二に掲げる数値(特定行政庁が第 88 条第 2 項の規定によつて指定した区域内における場合においては、表二に掲げる数値のそれぞれ 1.5 倍とした数値)を乗じて得た数値以上で、かつ、その階(その階より上の階がある場合においては、当該上の階を含む。)の見付面積(張り間方向又はけた行方向の鉛直投影面積をいう。以下同じ。)からその階の床面からの高さが 1.35 メートル以下の部分の見付面積を減じたものに次の表三に掲げる数値を乗じて得た数値以上となるように、国土交通大臣が定める基準に従つて設置しなければならない。

#### 表 1

		軸組の種類	倍率
ſ	(1)	土塗壁又は木ずりその他これに類するものを柱及	0. 5
		び間柱の片面に打ち付けた壁を設けた軸組	

(2)	木ずりその他これに類するものを柱及び間柱の両	1
	面に打ち付けた壁を設けた軸組	
	厚さ 1.5 センチメートル以上で幅 9 センチメートル	
	以上の木材又は径九ミリメートル以上の鉄筋の筋	
	かいを入れた軸組	
(3)	厚さ3センチメートル以上で幅9センチメートル以	1.5
	上の木材の筋かいを入れた軸組	
(4)	厚さ 4.5 センチメートル以上で幅 9 センチメートル	2
	以上の木材の筋かいを入れた軸組	
(5)	9 センチメートル角以上の木材の筋かいを入れた軸	3
	組	
(6)	(2)から(4)までに掲げる筋かいをたすき掛けに入	(2)から(4)までのそれぞれ
	れた軸組	の数値の2倍
(7)	(5)に掲げる筋かいをたすき掛けに入れた軸組	5
(8)	その他(1)から(7)までに掲げる軸組と同等以上の	0.5 から 5mでの範囲にお
	耐力を有するものとして国土交通大臣が定めた構	いて国土交通大臣が定め
	造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受	る数値
	けたもの	
(9)	(1)又は(2)に掲げる壁と(2)から(6)までに掲げる	(1)又は(2)のそれぞれの
	筋かいとを併用した軸組	数値と(2)から(6)までの
		それぞれの数値の和

表 2、3 〈省略〉

参考-----

平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1460 号 木造の継手及び仕口の構造方法を定める件 建築基準法施行令(昭和 25 年政令第 338 号)第 47 条第 1 項の規定に基づき、木造の継手及び仕口の構造方法を次のように定める。

建築基準法施行令(以下「令」という。)第47条に規定する木造の継手及び仕口の構造 方法は、次に定めるところによらなければならない。ただし、令第82条第一号から第三 号までに定める構造計算によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合におい ては、この限りでない。

- 一 筋かいの端部における仕口にあっては、次に掲げる筋かいの種類に応じ、それぞれイからホまでに定める接合方法又はこれらと同等以上の引張耐力を有する接合方法によらなければならない。
- イ 径9ミリメートル以上の鉄筋 柱又は横架材を貫通した鉄筋を三角座金を介してナット締めとしたもの又は当該鉄筋に止め付けた鋼板添え板に柱及び横架材に対して長さ9センチメートルの太め鉄丸くぎ(日本産業規格(以下「JIS」という。) A5508 (くぎ)

- -1992 のうち太め鉄丸くぎに適合するもの又はこれと同等以上の品質を有するものをいう。以下同じ。) を 8 本打ち付けたもの
- ロ 厚さ 1.5 センチメートル以上で幅 9 センチメートル以上の木材 柱及び横架材を欠き 込み、柱及び横架材に対してそれぞれ長さ 6.5 センチメートルの鉄丸くぎ (JIS A5508 (くぎ) -1992 のうち鉄丸くぎに適合するもの又はこれと同等以上の品質を有するも のをいう。以下同じ。)を 5 本平打ちしたもの
- ハ 厚さ 3 センチメートル以上で幅 9 センチメートル以上の木材 厚さ 1.6 ミリメートルの鋼板添え板を、筋かいに対して径 12 ミリメートルのボルト (JIS B1180 (六角ボルト) -1994 のうち強度区分 4.6 に適合するもの又はこれと同等以上の品質を有するものをいう。以下同じ。) 締め及び長さ 6.5 センチメートルの太め鉄丸くぎを 3 本平打ち、柱に対して長さ 6.5 センチメートルの太め鉄丸くぎを 3 本平打ち、横架材に対して長さ 6.5 センチメートルの太め鉄丸くぎを 4 本平打ちとしたもの
- 二 厚さ 4.5 センチメートル以上で幅 9 センチメートル以上の木材 厚さ 2.3 ミリメートル以上の鋼板添え板を、筋かいに対して径 12 ミリメートルのボルト締め及び長さ 50 ミリメートル、径 4.5 ミリメートルのスクリューくぎ 7 本の平打ち、柱及び横架材に対してそれぞれ長さ 50 ミリメートル、径 4.5 ミリメートルのスクリューくぎ 5 本の平打ちとしたもの
- ホ 厚さ 9 センチメートル以上で幅 9 センチメートル以上の木材 柱又は横架材に径 12 ミリメートルのボルトを用いた 1 面せん断接合としたもの
- 二 壁を設け又は筋かいを入れた軸組の柱の柱脚及び柱頭の仕口にあっては、軸組の種類と柱の配置に応じて、平家部分又は最上階の柱にあっては次の表一に、その他の柱にあっては次の表二に、それぞれ掲げる表三(い)から(ぬ)までに定めるところによらなければならない。ただし、次のイ又は口に該当する場合においては、この限りでない。
- イ 当該仕口の周囲の軸組の種類及び配置を考慮して、柱頭又は柱脚に必要とされる引張 力が、当該部分の引張耐力を超えないことが確かめられた場合
- ロ 次のいずれにも該当する場合
  - (1) 当該仕口(平家部分又は階数が二の建築物の一階の柱の柱脚のものに限る。)の構造方法が、次の表三(い)から(ぬ)までのいずれかに定めるところによるもの(120 ミリメートルの柱の浮き上がりに対してほぞが外れるおそれがないことを確かめられるものに限る。)であること
  - (2) 令第46条第4項の規定による各階における張り間方向及び桁行方向の軸組の長さの合計に、軸組の種類に応じた倍率の各階における最大値に応じた次の表四に掲げる低減係数を乗じて得た数値が、同項の規定による各階の床面積に同項の表二の数値(特定行政庁が令第88条第2項の規定によって指定した区域内における場合においては、同表の数値のそれぞれ1.5倍とした数値)を乗じて得た数値以上であることが確かめられること。

## 表一

軸組の種類		出隅の柱	その他の
十山川山 マンコエンス		11 144 07 11	
			軸組端部の柱
木ずりその他これに類するものを柱及び間柱の片	面又は両面に打	表三(い)	表三(い)
ち付けた壁を設けた軸組			
厚さ1.5センチメートル以上幅9センチメートル以	上の木材の筋か	表三(ろ)	表三(い)
い又は径9ミリメートル以上の鉄筋の筋かいを入れ	ルた軸組		
厚さ3センチメートル以上幅9センチメートル以	筋かいの下部	表三(ろ)	表三(い)
上の木材の筋かいを入れた軸組	が取り付く柱		
	その他の柱	表三(に)	表三(ろ)
厚さ1.5センチメートル以上幅9センチメートル以	上の木材の筋か	表三(に)	表三(ろ)
いをたすき掛けに入れた軸組又は径 9 ミリメート	ル以上の鉄筋の		
筋かいをたすき掛けに入れた軸組			
厚さ 4.5 センチメートル以上幅 9 センチメートル	筋かいの下部	表三(は)	表三(ろ)
以上の木材の筋かいを入れた軸組	が取り付く柱		
	その他の柱	表三(ほ)	
構造用合板等を昭和 56 年建設省告示第 1100 号別表	· 長第1(四)項又	表三(ほ)	表三(ろ)
は(五)項に定める方法で打ち付けた壁を設けた軸組			
厚さ3センチメートル以上幅9センチメートル以上の木材の筋かい		表三(と)	表三(は)
をたすき掛けに入れた軸組			
厚さ4.5センチメートル以上幅9センチメートル以	上の木材の筋か	表三(と)	表三 (に)
いをたすき掛けに入れた軸組			

## 表二

	上階及び当	上階の柱が出隅	上階及び当該
	該階の柱が	の柱であり、当	階の柱が共に
軸組の種類	共に出隅の	該階の柱が出隅	出隅の柱でな
	柱の場合	の柱でない場合	い場合
木ずりその他これに類するものを柱及び間柱	表三(い)	表三(い)	表三(い)
の片面又は両面に打ち付けた壁を設けた軸組			
厚さ 1.5 センチメートル以上幅 9 センチメート	表三(ろ)	表三(い)	表三(い)
ル以上の木材の筋かい又は径9ミリメートル以			
上の鉄筋の筋かいを入れた軸組			
厚さ3センチメートル以上幅9センチメートル	表三(に)	表三(ろ)	表三(い)
以上の木材の筋かいを入れた軸組			
厚さ 1.5 センチメートル以上幅 9 センチメート	表三(と)	表三(は)	表三(ろ)
ル以上の木材の筋かいをたすき掛けに入れた			
軸組又は径9ミリメートル以上の鉄筋の筋かい			
をたすき掛けに入れた軸組			
厚さ4.5センチメートル以上幅9センチメート	表三(と)	表三(は)	表三(ろ)

ル以上の木材の筋かいを入れた軸組			
構造用合板等を昭和 56 年建設省告示第 1100 号	表三(ち)	表三(へ)	表三(は)
別表第1(四)項又は(五)項に定める方法で			
打ち付けた壁を設けた軸組			
厚さ3センチメートル以上幅9センチメートル	表三 (り)	表三(と)	表三(に)
以上の木材の筋かいをたすき掛けに入れた軸			
組			
厚さ4.5センチメートル以上幅9センチメート	表三(ぬ)	表三(ち)	表三(と)
ル以上の木材の筋かいをたすき掛けに入れた			
軸組			

## 表三

衣二	
い	短ほぞ差し、かすがい打ち又はこれらと同等以上の接合方法としたもの
ろ	長ほぞ差し込み栓打ち若しくは厚さ2.3ミリメートルのL字型の鋼板添え板を、柱及び横
	架材に対してそれぞれ長さ 6.5 センチメートルの太め鉄丸くぎを 5 本平打ちとしたもの又
	はこれらと同等以上の接合方法としたもの
は	厚さ2.3ミリメートルのT字型の鋼板添え板を用い、柱及び横架材にそれぞれ長さ6.5セ
	ンチメートルの太め鉄丸くぎを 5 本平打ちしたもの若しくは厚さ 2.3 ミリメートルの V 字
	型の鋼板添え板を用い、柱及び横架材にそれぞれ長さ9センチメートルの太め鉄丸くぎを
	4 本平打ちとしたもの又はこれらと同等以上の接合方法としたもの
1=	厚さ3.2ミリメートルの鋼板添え板に径12ミリメートルのボルトを溶接した金物を用い、
	柱に対して径 12 ミリメートルのボルト締め、横架材に対して厚さ 4.5 ミリメートル、40
	ミリメートル角の角座金を介してナット締めをしたもの若しくは厚さ 3.2 ミリメートルの
	鋼板添え板を用い、上下階の連続する柱に対してそれぞれ径 12 ミリメートルのボルト締
	めとしたもの又はこれらと同等以上の接合方法としたもの
ほ	厚さ3.2ミリメートルの鋼板添え板に径12ミリメートルのボルトを溶接した金物を用い、
	柱に対して径 12 ミリメートルのボルト締め及び長さ 50 ミリメートル、径 4.5 ミリメート
	ルのスクリュー釘打ち、横架材に対して厚さ 4.5 ミリメートル、40 ミリメートル角の角座
	金を介してナット締めしたもの又は厚さ3.2ミリメートルの鋼板添え板を用い、上下階の
	連続する柱に対してそれぞれ径 12 ミリメートルのボルト締め及び長さ 50 ミリメートル、
	径 4.5 ミリメートルのスクリュー釘打ちとしたもの又はこれらと同等以上の接合方法とし
	たもの
^	厚さ3.2ミリメートルの鋼板添え板を用い、柱に対して径12ミリメートルのボルト2本、
	横架材、布基礎若しくは上下階の連続する柱に対して当該鋼板添え板に止め付けた径 16
	ミリメートルのボルトを介して緊結したもの又はこれと同等以上の接合方法としたもの
٤	厚さ3.2ミリメートルの鋼板添え板を用い、柱に対して径12ミリメートルのボルト3本、
	横架材(土台を除く。)、布基礎若しくは上下階の連続する柱に対して当該鋼板添え板に止
	め付けた径 16 ミリメートルのボルトを介して緊結したもの又はこれと同等以上の接合方
	法としたもの
ち	厚さ 3.2 ミリメートルの鋼板添え板を用い、柱に対して径 12 ミリメートルのボルト 4 本、

	横架材(土台を除く。)、布基礎若しくは上下階の連続する柱に対して当該鋼板添え板に止
	め付けた径 16 ミリメートルのボルトを介して緊結したもの又はこれと同等以上の接合方
	法としたもの
IJ	厚さ3.2ミリメートルの鋼板添え板を用い、柱に対して径12ミリメートルのボルト5本、
	横架材(土台を除く。)、布基礎若しくは上下階の連続する柱に対して当該鋼板添え板に止
	め付けた径 16 ミリメートルのボルトを介して緊結したもの又はこれと同等以上の接合方
	法としたもの
ぬ	(と)に掲げる仕口を2組用いたもの

#### 表四

	低減係数				
		階数が一の	階数が二の建	階数が二の建	
軸組の種類に応		建築物	築物の一階	築物の二階	
じた倍率の各階	1.0 以下の場合	1.0	1. 0	1.0	
における最大値	1.0 を超え 1.5 以下の場合	1.0	1. 0	0. 9	
	1.5 を超え3.0 以下の場合	0. 6	0. 9	0. 5	

#### (2) 本事業での検討範囲と現状の法令との関係について

筋交いの仕様は様々で、また、現法令にも示されているように、柱脚・柱頭接合部についての規定がある。これを踏まえた上で、本事業の検討範囲を WG で議論した。その結果を以下に示す。

- 施行令第45条(筋かい)でどこまで読めるか、という点を整理して、仕様を絞り込んでいく作業が必要となる。
- ・ 本事業では既存の筋交いの仕様規定を否定することになる検討は行わない。具体的には、現状の仕様規定での性能を変更するような検討や、現状の仕様規定とは異なる仕様の筋交いの性能が現行の仕様規定のものと一致するような検討。
  - →ただし、アスペクト比1:3.5を超える場合の仕様に限定するものであれば検討対象 として問題ない。本事業のアウトプットとしては、高さが高くなる場合等の条件を設 定した上で、技術的な検証した結果を示すことが重要。
- ・ 現状では、高さやアスペクト比の条件は示されていないが、高さを限定した仕様については、告示第1460号で高さ制限等を設けることは可能。
  - →過去にも、この件についての問題提起はあった、住宅用の筋かいであれば階高 3m 程度までと想定されるので、問題はないとの判断であった。
  - →快適性や可変性を確保する観点から階高の高い住宅が増えており、構造上の高さ制限の緩和についても議論されているところである。住宅の構造安全性と確保するという視点で議論する必要がある。ZEH 対応の必要壁量の検討も含め、階高の高い住宅に対応可能な壁高さ・壁倍率という点で整理しておくのが望ましい。
- ・ 壁高さが高くなる場合、柱頭・柱脚接合部への影響については別途検討が必要。

- →筋交いの場合は、N 値計算の際に補正するルール (補正係数) があるが、圧縮と引張の差を考慮して決定したものである。筋交いの形状によって補正が必要な場合があるが、本事業では対象とはせず、筋交いの性能のみを対象とする。
- ・ 本事業のアウトプットの活用方法としては、告示の仕様規定への追加、もしくは、解 説書に反映して普及を促す等の対応が現実的である。
  - →告示に位置付ければ類似の仕様については大臣認定において評価ができるようになるため、告示で示すのは一部の仕様であってもその後の展開が期待できる。
  - →ただし、大臣認定において1の仕様とみなせる範囲の検討は別途必要。

#### 2.1.2 その他の技術基準等との関係

法令に定められる以外の筋交いに関する技術基準について、WG で確認を行った。

#### (1) 筋交いの座屈に関する低減係数

階高が高くなった場合について、「幅に対する高さ比が 3.5 を超える場合は低減が必要」 (グレー本 (2017) に記載あり)となっているが具体的な低減値は示されていない。一方、 「木造住宅の耐震診断と補強方法」では低減係数が示されているが、それには筋かいが長 くなると座屈長さが長くなる影響が加味されていない。実際にはもっと低減する必要があ ると考えられる。

#### (2) 大臣認定との関係

大臣認定の耐力壁(面材壁、鋼製筋交い等仕様を問わず)の性能評価において、柱が折損してしまう仕様については基本的には評価しない。具体的には、内規には明記されていないが運用上は試験体3体中1体でも柱が折損した場合は評価しないこととしている。

折損という意味をどう捉えるかによるが、割れが生じても軸力を保持できているような破壊性状の場合は OK とする事例もあり、それは性能評価機関の判断による。なお曲げ破壊は検討の余地はなく NG となる。柱が曲げ破壊で折損するのではなく、柱頭柱脚接合部を起点として折損する破壊性状もある。この場合、試験体仕様に問題がある可能性があるため、そうした破壊が生じないような仕様を検討することが重要。

#### 2.1.3 仕様の検討

本事業で検討する筋交いの仕様および目標とする性能については、WGで議論した結果、 以下のとおりとした。

階高が 4mを超える耐力壁として用いる筋交いで、壁倍率が 5 倍を確保できるもの。 (仕様規定の範囲内であるとする)

→延べ床面積 500m² 弱程度の建物 (2022 年時点の 4 号建物) で階高が 4m 程度ある壁に対して、現在の仕様規定の 45×90 のたすき掛けの壁を 4 倍として使っていることがあるが、実際にはその性能は確保できない。それらをカバーできる仕様が望ましい。

#### (1) 筋交いの形状についての検討

筋交いの形状については、図 2.1.3-1 に示すパターンが考えられる。これらは鋼製筋交い等で運用されている形状を参考として整理した。

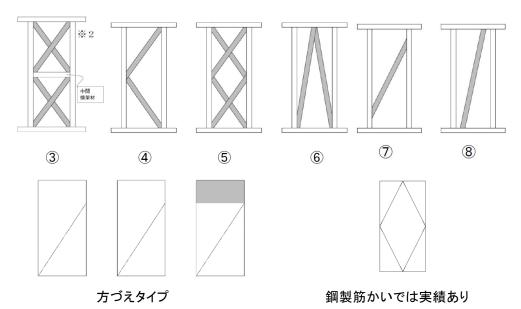


図 2.1.3-1 筋かいのパターン (WG での資料を引用しているため、①②は欠番)

鋼製筋交いの性能評価においては④、⑥がよく見られ、③、⑤はほとんどない。④は左側にミラーリングしたものがくる(2 スパンで×となる形)が望ましい。⑦は耐震補強関係で意外とみられる仕様で、天井・床に干渉せず施工が可能というメリットがある。

一方、木造の筋交いとして本事業での対象となりえるのは、③、④、⑤と考えられる。ただし、④はミラーリング形状とのセットが望ましいので 2P 以上の運用となり、使い勝手がやや劣るため、対象から外す。また、④、⑤については、現状の法令では筋交いとして読めない可能性があるが、中間材を設け(⑤は③になる)、令第45条上の「その他の横架材」に該当すると解釈すれば適用できる。

⑦や⑧、方づえタイプは壁高さが変わっても筋かいの角度が変わらないのはメリットとなるが、柱の折損で終局が決まるのであれば、壁倍率の評価は難しい。また、壁倍率 5 倍という性能を満たせない可能性が高い。

以上から、③を想定して詳細を検討することとなった。

また、高さについては、4m を超えるものを対象とするが、ニーズとしてはもう少し高い 4.5m 程度が多いとの指摘もあり、実大実験の試験場の条件を踏まえ、それに近い高さでの仕様を検討することにした。

#### (2) 既往の研究について

図 2.1.3-1 の③のタイプの仕様で詳細を検討することになったが、過去に類似の検討を行っている研究があるため、それらを踏まえた上で、各部の仕様の検討を行うこととした。 参考とした既往の研究は以下の通り。

- ① 2013年 木造長期優良住宅の総合的検証事業「材料・構造分科会」報告書 14章
- ② 2018AIJ 大会梗概、たすき掛け筋かいの面内せん断性能に関する研究その2
- ③ 2018AIJ 大会梗概、たすき掛け筋かいの面内せん断性能に関する研究その3
- ④ 2019AIJ 大会梗概、たすき掛け筋かいの面内せん断性能に関する研究その4 これらの概略を表 2.1.3-1、2 に示す。試験体によって、2 段のものと 1 段のものがある。 既往の研究の②~③の成果は、中大規模木造プレカット技術協会(PWA)で公表されて いる筋かい仕様に反映されている。そこで、この開発の責任者であった稲山委員に、この 検討の背景と仕様の詳細についてヒアリングを行った。
- ・ たすき掛けの筋かい耐力壁で、階高 3m 以上の場合や、階高 3m 以下であっても幅が 1.365m 以上の場合では、現在規定されている端部の接合部では所定の壁倍率が得られ ないことが指摘されている。そこで、所定の倍率が出るようにどのような仕様とする のがよいか検討を重ねてきた。PWA では、過去の検討を踏まえ、実験を進め、最終的 にまとめた標準図を公表している。その仕様は下記の通り。
  - A 二つ割: 45×120 の構造用製材の筋かいたすき掛け (+筋かい金物) (アスペクト 比1:3.5 程度まで)
  - B 二つ割: 45×90 の構造用製材の筋かいたすき掛け(2段)(1:3.5 超)
  - C 柱同寸:柱と同寸の構造用製材の筋かいたすき掛け(筋かい相欠き部に補強金物) (アスペクト比1:3.5 程度まで)
  - D 柱同寸:柱と同寸の構造用製材の筋かいたすき掛け(2段、筋かい相欠き部に補強 金物)(アスペクト比1:3.5超)
- ・ 現在はさらに新しい仕様として、45×90のたすき掛けの筋かいに、貫を5段入れて筋かいと貫をビス留めする仕様の検討を進めている。この仕様の場合は、実験値では壁倍率が9倍程度でており、運用上は7倍とするようなことを考えている。
- ・ 階高が高くなった場合に、2段になったからよい、というわけではなく1段の高さをある一定値に抑えることが重要。
- ・ アスペクト比が 3.5 以下でも、現在の仕様規定に示されている性能は出ないか。 →柱同寸筋かいのたすき掛けは出ない。二つ割りの場合は分からないが、PWA の仕様 では断面を大きくするなどしてようやく壁倍率 4.0 となっている。また、アスペクト 比が 3.5 以下の場合でも、筋かい自体が長くなる仕様(壁幅が大きいもの)は、おそ らく性能が出なくなると思われる。

- →筋かいの必要断面は、幅  $0.91 \times$ 高さ 2.7m の軸組に水平力が作用した場合の  $45 \times 90$  の筋かいの座屈に対する検定比と同等以下( $\lambda 2/A\cos\theta$  が同等以下)で決定するような基準があってもいいかもしれない。アスペクト比が小さく壁幅が長いものでも、A の断面を大きくするか $\lambda$ を小さくするかの調整を求めることが可能となる。
- 既往の研究①に示す柱同寸筋かい(1-90C 表 1-2-3.1)の試験結果では筋交い断面が90×90と小さいが壁倍率は4.7倍となっている。この実験では、筋かい端部を傾ぎ大入れのような加工をして柱に対してほぞ差しとした仕様としている。そのため壁倍率が高い。

表 2-1-3-1	2 つ割筋かい	の仕様	• 性能-	-
4X 4-1-J-1	ム フロリカカカママ	· V / LL/1/X	I T. HE	57

既往の研究	2	2	4	2	2	4
試験体名	LD	LS	NLS	HD	HS	NHD
横架材内法	304	2.5	2857.5	435	57.5	4357.5
筋かい断面	45>	< 90	45×120	45>	< 90	45×90
筋かい仕様	ベイマ	ツ KD	スプルース	ベイマ	ベイマツ KD	
柱断面	105>	< 105	105×105	105×105 120×1		120×120
柱樹種	スギ k	KDE70	スギ KDE70	スギ KDE70		スギ KDE70
中間材断面	105×105	無し(1段)	無し(1段)	105×105	105×105 無し(1段)	
筋かい金物	ボック	フス型	プレート型	ボックス型		プレート型
						60kN 用
柱脚金物	40kN+60kN	60kN 用	60kN 用	40kN+60kN	60kN 用	+基礎直結
						柱脚金物
壁倍率	5.13	2.68	3.84	3.1	1.94	4.39
破壊性状						

表 2.1.3-2 柱同寸筋かいの仕様・性能一覧

既往の研究	1)	1	3		4
試験体名	1-90C	2-90C	①	NCLS	NCHD
横架材内法	26	25	2587.5	2857.5	4357.5
筋かい断面	90>	< 90	105×105	$105 \times 105$	120×120
筋かい仕様	スギk	KDE70	スギ KDE70	スギ KDE70	スギ KDE70
柱断面	105>	< 105	105×105	$105 \times 105$	120×120
柱樹種	スギ k	KDE70	スギ KDE70	スギ KDE70	スギ KDE70
中間材断面	無し(1段)	105×105+ M16 ボルト	無し(1段)	無し(1段)	120×180
筋かい金物	M12 ボルト		プレート型両 面	プレート型	プレート型
柱脚金物	HD2 段配置		60kN 用	60kN 用	60kN 用+基礎 直結柱脚金物
壁倍率	4.7	5.1	5.85	5.19	7.15
破壊性状	柱折損あり	柱折損あり			
参照資料	資料1	資料1	資料3	資料4	資料4

#### 2.1.4 試験体仕様

- (1) 試験体仕様の決定の経緯
- 2.1.1~2.1.3 までの検討を踏まえて、<u>高さが 4.5 mで壁倍率 5 の性能を確保できる仕様</u>として、今年度に実大実験を行う試験体仕様を以下の通り決定した。
- ・ 既往の研究②「2018AIJ 大会梗概、たすき掛け筋かいの面内せん断性能に関する研究 その2」の試験体名 LD(表 2.1.3.1 2 段、壁倍率 5.13、アスペクト比 3.5)をベース として、高さ4.5mを想定し筋かいを3段とした仕様とする。各部の詳細は以下の通り。

仕様 A:筋かい断面 45×90 仕様 B:筋かい断面 60×120

・ 両仕様で共通する試験体仕様は以下の通り。

筋かい	3段
筋かい金物	壁倍率2以上用の筋かい金物 柱梁接合タイプ
柱	120 角 背割りなし
	土台との接合部は長ほぞとし、ほぞの長さは試験治具の鋼材まで当たるようにす
	る。(圧縮側のめり込み補強のため)
柱脚金物	60kN 用 HD 金物×2 →壁側面ではなく壁表裏に 1 つずつ
柱頭金物	40kN 用 HD 金物×1(壁側面)
間柱	45 × 120
	→仕様 B の場合は筋かい交差部で途切れてしまうことになる。筋かいに対して釘ど
	めする。
中間材	120 角 →柱との留め付けは大入れ+コーナー金物とする

・ 柱の小径は、令第43条1項ただし書き および 令第43条6項の柱の有効細長比が 150以下であることに基づけば、壁高さ5m程度までは柱断面は120角で問題ない。

以下に、試験体各部の仕様についての指摘事項を示す。これらを反映して各部の仕様を 決定した。

#### 【使用する材料の品質について】

- ・ 柱、中間横架材、梁については、スギ E70 とする(図面は E65 とあるが、製材 JAS では E50 もしくは E70 となる。)。ただし、材料調達時点でヤングを計測し、ヤングが 60 ~65 となる低質材(節も考慮)を選別し、それらを使用することとする。筋かいについても同様の対応とするが、羽柄材の JAS 材はないため E70 相当とし、軸材と同様に低質材を選別。
- ・ 既往の研究等では軸材を E70 で指定したのみ。また、大臣認定の評価試験では、試験 体材料として柱は E70 でよいとしている。平成 26 年の S15 の基整促の耐力壁試験で E70 を採用しており、それ以降はこの条件としている。
- ・ 本実験で上に示したような材料品質指定は、実験として使用する材の質を管理することが目的で、高い品質のものを指定する意図ではない。具体的には、JAS 材指定をしない場合に入手される可能性のある低質材での実験を行うことが目的である。

#### 【各種金物の仕様について】

- ・ ホールダウン金物が壁の表面・裏面に留付けられているが、表と裏の留付け高さはなるべく同じになるようにする。ボルトの長さが異なると剛性が異なるため、想定しない破壊が生じる可能性がある。
  - →ビスの長さが 85mm で柱が 120 角であるため、同じ高さに留付けることはできないが、表裏で留付け高さを 15mm ずらせばビスをかわせるため、その仕様とする。また、高さの位置は、1 段目の筋かいの真ん中あたりにするのがよい。
  - →過去に高さ 4.5m で 2 段の筋かいの実験をした際に、ホールダウンの頂部で柱が曲げ 引張のような破壊を起こしたことがあった。その際は柱が 105 角で、ホールダウンの 留付けが面内方向だったという違いはあるが、そういった破壊が生じないような留付 けを考えておく必要がある。
- ・ 本実験の金物は、既往の研究②の試験体 LD(表 1.2.3-1)を踏襲し、筋交いは壁倍率 2 倍用の金物(柱と梁に留め付けるタイプ)、中間横架材は 15kN 以上のコーナー金物で留付けることとした。
  - →同等とみなせる金物については、別途検討が必要。筋かい金物で、柱のみに留付け るような金物については、同等の性能が出ない可能性が高い。

#### 【中間材の仕様】

- ・ 中間横架材の断面寸法は 120 角とした。筋かい金物、中間横架材のコーナー金物の留付けビス (L=85mm) を考慮して、ビスが干渉しないように留付け位置を確認した上で、可能な限り小さいせいとなるよう決定。
- ・ 中間横架材は柱に対して大入れとし、せん断剛性に効かせるようにした。施工上も、 位置決めのためにあってよいと思われる。
  - →大入れではなくほぞ差しでもよいが、既往の研究では、ほぞ差しだと施工がしづらく、大入れとしたことがある。ただし、直交方向に同じ壁が来た場合は大入れだと納まらない。片方は梁受け金物で対応する必要があるだろう。

#### 【長ほぞの仕様】

- ・ ほぞの寸法は幅 90×厚さ 45×長さ 90 (柱頭)、120 (柱脚) とした。一般的なプレカットでは幅は 85~88mm となる。また厚さ 30mm が標準で 45mm だと特注になる。ほぞ穴の深さは 90mm が最大で、今回の柱脚側の仕様は 120mm なので手加工になると思われる。
  - →ほぞが土台を貫通し架台に届くため柱のめり込みが生じにくく、剛性・耐力共に高くなる可能性が高い。ほぞの断面が  $45\times90$  で、E70 の基準圧縮強度( $23.4\text{N/mm}^2$ )から 94.8kN となる。アスペクト比が 1:5 であることから水平力としては 19kN 程度まで耐えると仮定。

#### (2) 試験体仕様についての考え方等

試験体の仕様の決定および実験計画については、WGにて以下のような意見が示された。

- 仕様 A では筋交いの断面が 45×90 のたすき掛けとなり、現行の令第 46 条にて壁倍率 4 倍となるものであるが、高さおよび段数を限定した仕様とすることで、現行の例示 仕様とは別の仕様と位置付ける。
- ・ 現状 2 つ割りのたすき掛け筋かいの施行令の仕様をベースに、壁倍率を高くしたい場合には、筋かいの入れ方(形状)を変更、段数を増やす、金物を変更等で性能をコントロールすることがある程度は可能。
- ・ 今後の適用範囲の検討に係るが、1 段分でのアスペクト比を限定し、高さに応じて段数を増やすことも可能であると思われる。
  - →この場合、段数が増えても壁倍率が同じというのは難しいと考えられるが、既往の研究②の試験体 LD (表 2.3.1-1) のように 2 段で壁倍率が 5 倍以上出ている仕様もある。これをベースに、段数が増えても 5 倍を狙えそうな仕様を狙っていくのがよいかもしれない。なお段を重ねる仕様の場合は、中間横架材の留付けが性能に大きな影響を及ぼす。
  - →仮に 2 段、3 段の壁倍率が 4.5 で決まったとして、1 段の壁(高さ 1.5m 程度)でも 4.5 倍でいいか、といった問い合わせが出てくる可能性がある。
- ・ 今回の検討では、筋交い金物等については、メーカー、品名が指定されることになる。 特定のメーカーのものでないと性能が出ない仕様となるため、施行令の仕様や告示仕 様とするには、金物についての同等品の示し方が課題となる。
- ・ 試験体数は3体とする。既往の研究②の試験体LD(表 2.3.1-1)の実験結果の荷重変 形曲線を見ると、3体中1体だけ最大耐力が明らかに低く出ている。何らかの破壊が 生じており、筋かい試験体ではこうした破壊の可能性があるため、3体実施しておい た方が良い。

#### 2.2 筋交い耐力壁実験

#### 2.2.1 試験概要

#### (1) 試験概要

前項で示した試験体仕様にて、筋交い耐力壁の水平せん断試験を実施した。表 2.2.1-1 に 試験概要を示す。

#### 表 2.2.1-1 試験概要

試験場所	一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究
	センター
試験日時	10月20日(木)~11月4日(金)
試験体数	仕様 A (筋交い断面 45×90): 3 体
	仕様 B (筋交い断面 60×120): 3 体

#### (2) 試験体に用いた材料

試験体の製作に用いた材料は表 2.2.1-2~3 の指定のもと調達した。また、試験場への材料納品時点において質量・密度と高周波容量式木材水分計による含水率を計測した。材料の密度、含水率を表 2.2.1-4~5 に、各試験体に使用した材のヤング率を表 2.2.1-6 に示す。また、試験体加工前の製材調達時における材料番号およびヤング係数を表 2.2.1-7~8 に示す。

表 2.2.1-2 使用した材料(軸組材:筋交い以外は仕様 A、B で共通)

項目	試験体仕様
	材 料:製材(無等級材)
	寸 法: W120mm×H180mm(桁)
	120mm×120mm (土台、柱及び中間横架材)
	45mm×120mm (間柱)
	乾 燥: SD15 相当
桁、土台、柱	樹 種:スギ
別、工台、住及び	ヤング率: JAS 1083-4 製材-第4部:機械等級区分構造用製材 ヤ
中間横架材	ング係数の基準 E70 (5.9GPa 以上 7.8GPa 未満) の内、
中间供禾的	5.9GPa~6.5GPa の範囲となる材料を入手。ただし土台の
	ヤング率は、6.5GPa~7.6GPa としている。
	製材工場:柱材 熊本モルダー加工事業協同組合(熊本県)
	(JAS 認証番号: JLIRA-B-63-07 H21.2.27)
	柱材以外 株式会社日田十条製材工場(大分県)
	(JAS 認定番号: JLIRA-B-64-02 H21.2.27)
	材 料:製材(無等級材)
	寸 法: 仕様 A 45mm×90mm
	仕様 B 60mm×120mm
	乾 燥: SD15 相当
	樹 種:スギ
筋かい	ヤング率: JAS 1083-4 製材-第4部:機械等級区分構造用製材 ヤ
	ング係数の基準 E70 (5.9GPa 以上 7.8GPa 未満) の内、
	5.9GPa~6.5GPaの範囲となる材料を入手し、筋かい断面
	に加工したもの。
	製材工場:株式会社日田十条製材工場(大分県)
	(JAS 認定番号: JLIRA-B-64-02 H21.2.27)

表 2.2.1-3 使用した材料(接合部)

項目	仕様	試験体仕様
筋かい端部	筋交い 金物	PS 筋かい金物 (BX カネシン株式会社) 材質: JIS G 3302 SGH340 表面処理:溶融亜鉛めっき鋼板 (Z27) 板厚: 2.3mm 接合具: ビス CPQ-45 筋かい側 5 本、垂直部材側 5 本、水平部材側 5 本 取り付け:内付け その他: HP 評定 (木) -14-007-001 (ハウスプラス確認検査 (株)) 平成 12 年建設省告示第 1460 号 第一号二と同等以上
柱頭仕口部	短ほぞ +ホー ルダウ ン金物	短ほぞ 寸法:厚さ45mm×幅90mm×長さ90mm ホールダウン金物:プルースホールダウン 40 (BX カネシン株式会 社) 材質:背板/専用座金:JIS G 3101 SS400 筒:JIS G 3131 SPHC 表面処理:プロイズ処理 ビス YPR-85 (M ブロンズ) ×10 本 専用座金×1 枚 短期基準接合引張耐力 40.3kN (ハウスプラス確認検査(株)性能試験 HP14-KT028/HP13-KT092)
柱脚仕口部	長ほぞ +ホー ルダウ ン金物 ×2	長ほぞ 寸法:厚さ45mm×幅90mm×長さ120mm ホールダウン金物:高耐力フレックスホールダウン 60 (BX カネシン株式会社)(柱1本に対して2つ取付) 材質:JISG3101SS400 表面処理:プロイズ処理 ビスYPR-85 (Mブロンズ)×18本 専用座金×1枚 短期基準接合引張耐力 60.0kN (ハウスプラス確認検査(株)性能試験 HP13-KT026)
中間横架 材と柱	大入れ +コー ナー金 物	大入れ 寸法:深さ15mm コーナー金物:ミドルコーナー15 (BX カネシン株式会社) 材質:JIS G 3302 SGHC または SGCC 表面処理:溶融亜鉛めっき鋼板 (Z27 クロムフリー) ビス YPR-85 (M ブロンズ) ×8 本 短期基準接合引張耐力 16.2kN (隅柱) (ハウスプラス確認検査(株)性能試験 HP12-KT003/HP12-KT006)
間柱上下 両端	くぎ	JIS A 5508 くぎ で規定する鉄丸くぎ N75 2本 斜め打ち (株式会社タナカ ワイヤー連結くぎ)
間柱と筋	くぎ	仕様 A: JIS A 5508 くぎ で規定する鉄丸くぎ N75 2本 平打ち 仕様 B: JIS A 5508 くぎ で規定する鉄丸くぎ N75 2本 斜め打ち

表 2.2.1-4 使用した材料の密度・含水率(仕様 A)

	密	密度 $ ho(kg/m^3)$		含水率(%)			
	A-1	A-2	A-3	A-1	A-2	A-3	
桁	366	434	434	13.3	17.8	18.2	
柱 (加力側)	387	437	461	20.5	13.7	16.7	
柱 (非加力側)	346	397	396	11.3	15.8	16.2	
土台	425	437	483	11.8	14.5	14.8	
中間横架材上	402	411	436	13.5	14.2	15.8	
中間横架材下	407	402	415	11.3	14.8	14.2	
筋かい上 引張	323	357	391	9.5	9.7	10.3	
筋かい上 圧縮	365	340	391	10.0	9.5	12.0	
筋かい中 引張	382	323	357	10.3	9.0	10.7	
筋かい中 圧縮	340	391	391	10.7	10.7	9.3	
筋かい下 引張	340	374	357	10.5	11.7	10.7	
筋かい下 圧縮	340	382	357	9.7	10.8	10.7	
間柱上	362	362	341	10.5	11.0	12.0	
間柱中	362	376	348	11.0	12.0	10.5	
間柱下	376	390	333	10.5	12.0	11.0	
平均	368	387	393	11.6	12.5	12.9	

備考:密度は、質量を公称寸法から計算した体積で除して算出した。

含水率測定は、木材水分計 (木材水分計 HM-520 ((株) ケツト科学研究所)) を 用い3カ所測定した平均値を示す。(間柱は1カ所測定)

筋かいで上、中、下は上段、中段、下段に配置した筋かいを示し、引張は試験終 了時に引張筋かいとなるもの、圧縮は試験終了時に圧縮筋かいとなるものを示す。

表 2.2.1-5 使用した材料の密度・含水率(仕様 B)

	密	度 $\rho(\text{kg/m}^3)$	)	含水率(%)		
	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3
桁	394	375	427	14.2	10.8	13.7
柱 (加力側)	413	470	469	14.2	13.3	16.0
柱 (非加力側)	465	472	462	15.8	14.5	14.0
土台	371	376	473	10.0	8.7	14.0
中間横架材上	440	407	432	12.5	12.8	14.3
中間横架材下	423	423	428	12.5	14.5	15.8
筋かい上 引張	450	504	455	16.2	16.2	11.2
筋かい上 圧縮	455	588	519	12.8	15.8	20.2
筋かい中 引張	529	544	445	20.7	17.7	9.7
筋かい中 圧縮	450	425	534	14.8	12.8	20.8
筋かい下 引張	469	430	544	18.7	14.0	14.3
筋かい下 圧縮	455	595	534	13.7	22.5	11.5
間柱上上	447	364	347	8.0	8.5	8.0
間柱上下	463	380	380	10.5	10.0	9.5
間柱中上	397	364	364	9.0	9.5	15.5
間柱中上	430	347	364	12.5	8.0	8.5
間柱下上	430	397	430	10.0	8.5	10.5
間柱下下	430	364	380	8.0	9.0	10.0
平均	439	435	444	13.0	12.6	13.2

備考:密度は、質量を公称寸法から計算した体積で除して算出した。

含水率測定は、木材水分計 (木材水分計 HM-520 ((株) ケツト科学研究所)) を 用い3カ所測定した平均値を示す。(間柱は1カ所測定)

筋かいで上、中、下は上段、中段、下段に配置した筋かいを示し、引張は試験終了時に引張筋かいとなるもの、圧縮は試験終了時に圧縮筋かいとなるものを示す。間柱は筋かい交点で二分割されているため、上、中、下段において筋かい交点の上に配置した間柱と下に配置した間柱とした結果を示す。

表 2.2.1-6 使用した材料のヤング率

	ヤング率 E (×10³ N/mm² または GPa)					
	仕様 A (4	5×90mm	筋かい)	仕様 B (60×120mm 筋かい)		
	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
桁	6.0	6.1	6.2	6.2	6.0	6.1
柱 (加力側)	6.1	6.5	6.3	6.5	6.2	6.3
柱 (非加力側)	6.4	6.3	6.5	6.5	6.4	6.0
土台	6.8	6.9	6.7	7.6	6.9	6.5
中間横架材上	6.2	5.9	6.2	6.2	5.9	5.9
中間横架材下	6.2	6.2	5.9	5.9	5.9	6.2
筋かい上 引張	6.4	6.4	6.3	6.2	5.9	5.9
筋かい上 圧縮	6.4	6.3	6.4	6.0	6.2	5.9
筋かい中 引張	6.3	6.4	6.3	6.1	5.9	5.9
筋かい中 圧縮	6.3	6.4	6.3	6.1	6.4	6.1
筋かい下 引張	6.4	6.4	6.0	6.0	6.2	6.2
筋かい下 圧縮	6.4	6.4	6.3	6.0	5.9	6.4
平均	6.3	6.4	6.3	6.2	6.2	6.1

備考:筋かいで上、中、下は上段、中段、下段に配置した筋かいを示し、引張は試験終 了時に引張筋かいとなるもの、圧縮は試験終了時に圧縮筋かいとなるものを示す。

表 2.2.1-7 使用した材料の材料番号

	材料番号					
	仕様 A (4	5×90mm 3	筋かい)	仕様 B (60×120mm 筋かい)		
	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
桁	3	1	2	2	3	1
柱 (加力側)	67	140	62	190	122	252
柱 (非加力側)	166	191	213	116	88	200
土台	<	え	カュ	あ	V \	お
中間横架材上	6	5	3	3	5	1
中間横架材下	6	6	5	1	1	3
筋かい上 引張	12	11	9	10	4	8
筋かい上 圧縮	6	6	11	12	7	6
筋かい中 引張	10	12	1	9	6	8
筋かい中 圧縮	1	4	10	12	1	9
筋かい下 引張	4	9	2	11	10	7
筋かい下 圧縮	3	5	3	11	4	1

備考:筋かいで上、中、下は上段、中段、下段に配置した筋かいを示し、引張は試験終 了時に引張筋かいとなるもの、圧縮は試験終了時に圧縮筋かいとなるものを示す。

#### 表2.2.1-8 調達した製材のヤング係数一覧

梁

E70(指定範囲E60~65)

木材番号	ヤング係数
1	62.5
2	62.9
3	61.1

筋かい45×90

E70(指定範囲E60~65)

木材番号	ヤング係数
1	64.4
2	60.8
3	64.9
4	64.8
5	64.9
6	64.9
9	64.9
10	64.1
11	64.3
12	65.0

筋かい60×120

E70(指定範囲E60~65)

木材番号	ヤング係数
1	65.0
4	60.2
6	60.5
7	63.4
8	60.5
9	62.7
10	63.1
11	61.1
12	61.1

中間横架材

E70(指定範囲E60~65)

木材番号	ヤング係数
1	60.7
3	63.2
5	60.3
6	63.2

柱

E70 (指定範囲E60~65)

木材番号	ヤング係数	
62	6.3	
67	6.1	
88	6.4	
116	6.5	
122	6.2	
140	6.5	
166	6.4	
190	6.5	
191	6.3	
200	6.0	
213	6.5	
252	6.3	
※単位・CPa		

※単位:GPa

土台

E70

木材番号	ヤング係数
あ	77.9
い	70.1
え	70.8
お	66.0
か	67.9
<	69.3

柱以外は、単位は103kg/cm2

#### (3) 試験時の様子



試験体材料搬入状況



軸組の組み立て



筋かいの設置



筋かい金物 木ねじ固定位置確認



コーナー金物の設置



試験装置への試験体設置

写真 2.2.1-1 試験体材料搬入および試験体製作状況

#### 2.2.2 試験体図、計測計画及び特性値の算出

#### (1) 試験体図

試験体図を図 2.2.2-1 に示す。図 2.2.2-2 は筋交い端部の納まりおよび中間横架材の仕口 金物の詳細図を示す。

また図 2.2.2-3~4 は今回使用した筋交い金物、柱と中間横架材の仕口部金物を示す。筋 交い金物についてはコーナー金物との納まり上「内付け」にて施工した。なお、仕様 B では、筋交い厚さ 60mm に対して金物部分が 47.3mm であるため、納まり上は浮くことになるが、試験で破壊性状が変わるような影響はないと判断し、そのままとした。

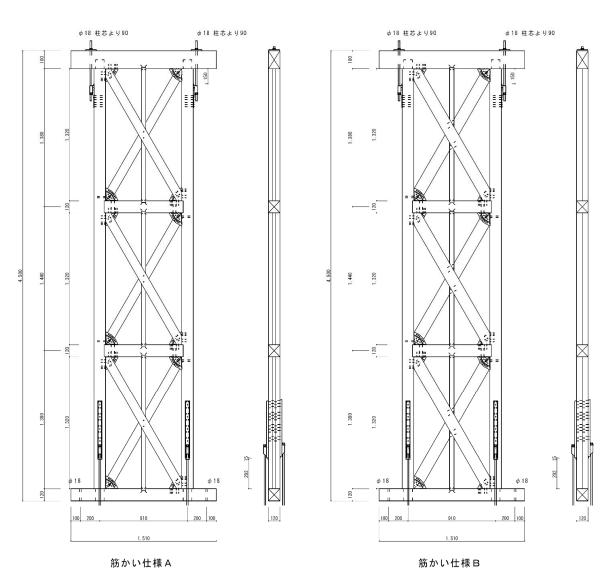


図 2.2.2-1 試験体図

筋かい仕様 筋かい等分仕様
A:45×90 スギ製材E70相当
筋かいと間柱の接合 N75×2本 平打ち
B:60×120 スギ製材E70相当
筋かいと間柱の接合 N75×2本 斜め打ち

#### 共通仕様

#### ●各部材

梁 スギ製材E70 120×180
中間横架材 スギ製材E70 120×120
柱 スギ製材E70 120×120
土台 スギ製材 120×120
間柱 45×120
※E70 (5.9以上7.8未満 GPa) のうち、6.0~6.5GPaのものを選定
筋交いは、上記の条件の材からカット
※SD15 または SD20

#### ●木材加工

 柱脚
 長ほぞ
 90×120×45

 柱頭
 短ほぞ
 90×90×45

 ※ほぞ及びほぞの寸法は、プレカットでの加工可能寸法を逸脱している場合、手加工中間模架材
 大入れ深さ15

 間柱
 大入れ 深さ15

#### ●接合金物

筋かい カキシン PS筋交い金物 柱脚 カキシン 高耐力フレックスホールタ ウン60 柱頭 カキシン ブ・ルースホールタ ウン40 中央横架材端部上下 カキシン ミト・ルコーナー15 間柱端部 N75×2本 斜め打ち

# 接合金物納まり 筋かい カネシン PS筋交い金物 中間横架材端部上下 カネシン ミドルコーナー

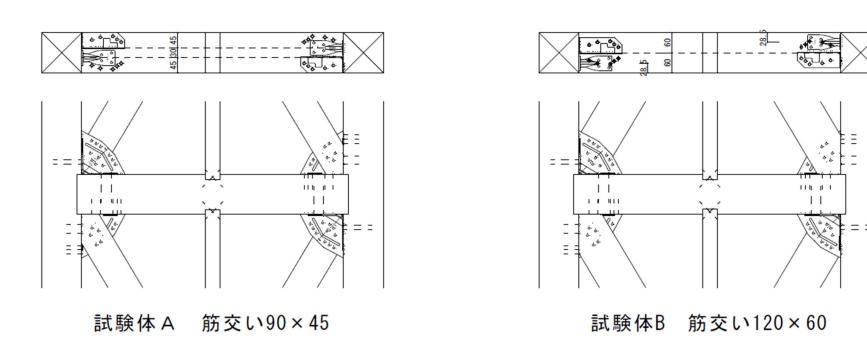


図 2.2.2-2 試験体図 (接合金物納まり)

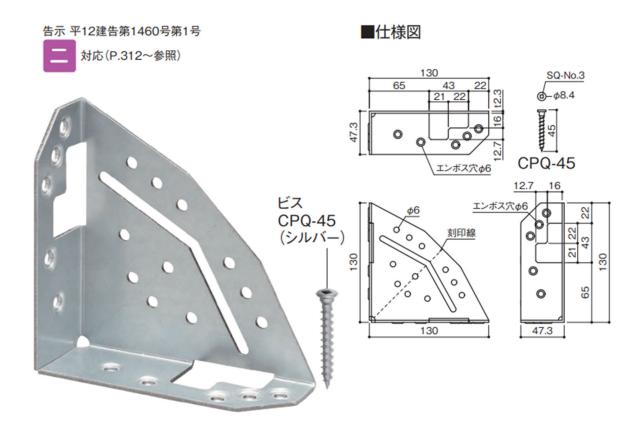


図 2.2.2-3 筋交い金物 (PS 筋かい金物 (BX カネシン株式会社 ))

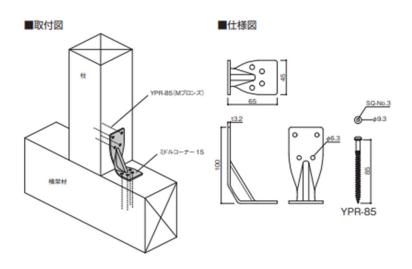


図 2.2.2-4 コーナー金物 (ミドルコーナー15 (BX カネシン株式会社))

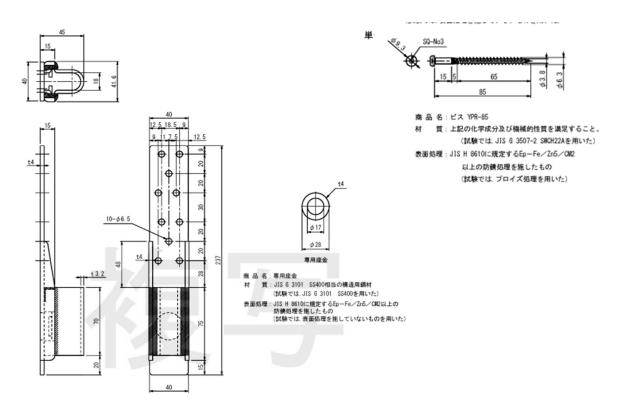


図 2.2.2-5 柱頭部ホールダウン金物 (プルースホールダウン 40 (BX カネシン株式会社))

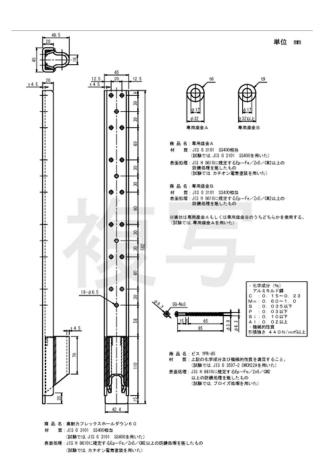


図 2.2.2-6 柱脚部ホールダウン金物 (高耐力フレックスホールダウン 60 (BX カネシン株式会社))

#### (2) 試験方法と計測計画

面内せん断試験は、反力壁に取り付けた油圧ジャッキにより、試験体桁に水平力を加える方法とした。油圧ジャッキ(押 200kN 引 100kN、ストローク $\pm$ 250mm)と試験体の接続は、桁に設置した治具(PL32mm+PC 鋼棒(異形鋼棒)D22 2 本で桁に固定)を用い、油圧ジャッキ両側にはクレビスを配置した。また加力桁上部に面外拘束用パンタグラフを設置した。

水平荷重の測定は、油圧ジャッキ先端の荷重計(容量±100kN 定格出力 2.55mV/V) を用いた。なお油圧ジャッキはスプリングを用いたカウンターウェイトで吊り下げ、ジャッキ質量が試験体に作用しないようにした。

土台両端は、基礎フレームに M16 ボルト2 本で緊結し、土台の両端にストッパーを配して、土台の水平移動を拘束している。

試験体は、柱脚・柱頭にホールダウン金物を配置することによる柱脚固定式とした。配置したホールダウン金物は、表 2.2.1-3 に示すもので、柱脚部は、柱芯に対して面外方向表裏面に 2 個設置している。試験装置概要を図 2.2.2-7 に示す。

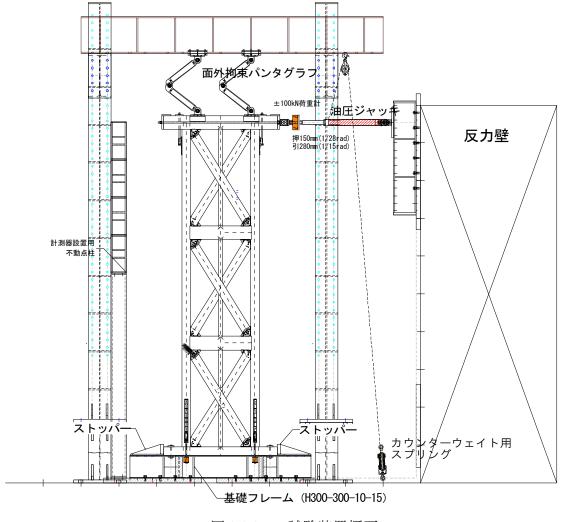


図 2.2.2-7 試験装置概要

計測機器設置位置を図 2.2.2-8 に、ひずみゲージ貼り付け位置を図 2.2.2-9 に示す。また計測機器リストを表 3.1 に示す。計測機器及びひずみゲージの信号は、データロガー((株)

東京測器研究所 TDS-303) を介して計測ソフト((株) 東京測器研究所 静的計測ソフトウェア TDS-7130) によりパーソナルコンピュータに連続記録した。

なお油圧ジャッキが引き側に動いた場合及び試験体が上に動いた場合の絶対変位は正の出力となるよう係数を調整した。

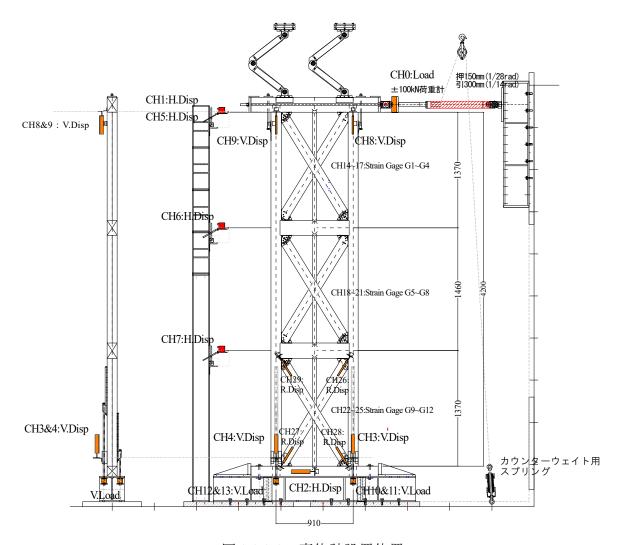


図 2.2.2-8 変位計設置位置

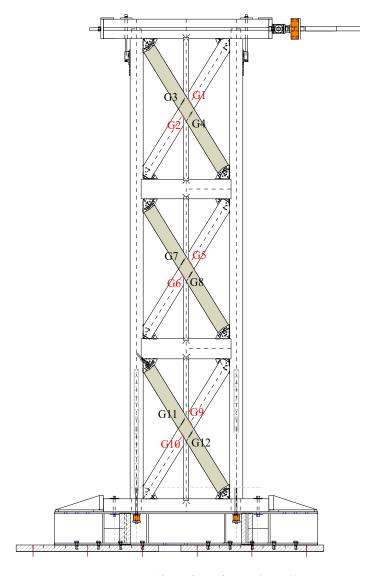


図 2.2.2-9 ひずみゲージ貼り付け位置

備考:終局時(ジャッキ引き側)の圧縮筋かいに上段から G1, G2, G5, G6, G9, G10 のひずみゲージ(図中赤字)を、引張筋かいに上段から G3, G4, G7, G8, G11, G12 のひずみゲージ(図中黒字)を貼り付けた。

貼り付け位置は筋かい中央付近の短辺表裏とした。

ひずみゲージは、ポリエステル箔ひずみゲージ(PFL20-11-5LJC (株) 東京測器 研究所)とした。

## (3) 加力スケジュール

加力は、「木造の耐力壁及びその倍率 性能試験・評価業務方法書(建築基準法壁倍率性能評価における指定性能評価機関業務方法書)」に規定される正負繰り返し加力方法に基づき、壁高さ(横架材間内法寸法 h=4200mm)に対して 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad 変形角(見掛けの変形)で正負 3 回繰り返しを行い、正側 1/15rad を超えるまで加力した。なお加力途中で試験体が破壊する、もしくは最大耐力の 80%まで耐力が低下したことが確認できれば、試験を終了した。

加力速度は 1/150rad までは 1 秒間に 0.5mm 設定とし、1/150rad 以降は 1 秒間に 1.0mm 設定とした。繰り返しスケジュールを図 2.2.2-10 に示す。

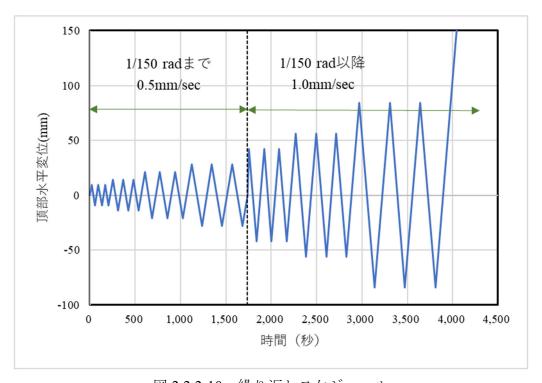


図 2.2.2-10 繰り返しスケジュール

### (4) 各特性値の算出方法

見掛けの変形  $\delta_{app}$  を式 2.2.2-1 で、見掛けの変形角  $\theta_{app}$  を式 2.2.2-2 で表す。 真の変形  $\delta_{true}$  を式 2.2.2-3 で、真の変形角  $\theta_{true}$  を式 2.2.2-4 で表す。

$$\delta_{app} = (CH1 - CH2)$$
  $\stackrel{\Rightarrow}{\Rightarrow} 2.2.2-1$ 

$$\theta_{app} = \frac{\delta_{app}}{h} = \frac{(CH1 - CH2)}{h}$$
  $\stackrel{\text{$\not$}}{\Rightarrow} 2.2.2-2$ 

$$\delta_{true} = (CH1 - CH2) - (CH4 - CH3) \times \frac{h}{w}$$
 \Rightarrow 2.2.2-3

$$\theta_{true} = \frac{\delta_{true}}{h} = \frac{(CH1 - CH2)}{h} - \frac{(CH4 - CH3)}{w}$$
 \Rightarrow 2.2.2-4

ここに CH1、CH2、CH3、CH4; 各測定位置での変位 (mm)

h:標点高さ(横架材間内法寸法)=4200 (mm)、w:標点長さ=910 (mm)

 $\delta_{app}$ : 見かけの変位 (mm)、 $\theta_{app}$ : 見掛けの変形角 (rad)

 $\delta_{\text{true}}$ : 真の変位 (mm)、 $\theta_{\text{true}}$ : 真の変形角 (rad)

試験で得られた荷重-変位曲線の包絡線から、正側の降伏耐力  $P_y$ 、降伏変位  $D_y$ 、剛性 K、終局耐力  $P_u$ 、終局変位  $D_u$ 、塑性率  $\mu$ 、最大荷重  $P_{max}$ 、最大荷重時変位  $D_{Pmax}$  及び特定変形角時の耐力を求める。

降伏耐力  $P_v$ 、降伏変位  $D_v$ 、剛性 K は

- (1) 最大荷重を $P_{\text{max}}$ 、最大荷重時の変位を $D_{\text{Pmax}}$ とする。
- (2) 包絡線上の  $0.1P_{max}$  と  $0.4P_{max}$  を結び、第1直線とする。
- (3) 包絡線上の 0.4P<sub>max</sub> と 0.9P<sub>max</sub> を結び、第 2 直線とする。
- (4) 包絡線に接するまで第2直線を平行移動し、これを第3直線とする。
- (5) 第1直線と第3直線の交点の荷重を降伏耐力 $P_y$ とし、この点からX軸に平行な直線を第4直線とする。
- (6) 第4直線と包絡線の交点を降伏変位 D<sub>v</sub>とする。
- (7) 原点と降伏耐力  $P_y$ ・降伏変位  $D_y$  を結ぶ直線を第 5 直線とし、傾きを剛性 K とする。

#### 終局耐力 $P_{\rm u}$ 、終局変位 $D_{\rm u}$ 、塑性率 $\mu$ は

- (1) 最大荷重後耐力低下域での  $0.8P_{\text{max}}$  時の変位を終局変位  $D_{\text{u}}$  とする。なお 1/15 (rad) までに  $0.8P_{\text{max}}$  とならない場合は、1/15 (rad) を終局変位  $D_{\text{u}}$  とする。
- (2) 包絡線とX軸及び $X=D_u$ で囲まれた面積をSとする。
- (3) 第 5 直線、 $X=D_u$ の直線、X 軸及び X 軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるよう、X 軸に平行に第 6 直線を引く。
- (4) 第5直線と第6直線の交点の荷重を、完全弾塑性モデルの終局耐力 Puとし、その

ときの変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位 Dy とする。

(5) 塑性率 μ は、*D*<sub>u</sub>/*D*<sub>v</sub>·とする。

上記特性値の算出方法を図 2.2.2-11 に示す。

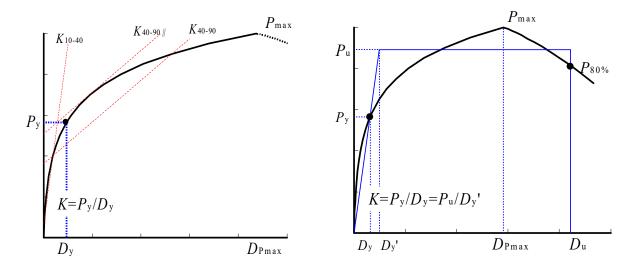


図 2.2.2-11 完全弾塑性モデルによる降伏耐力 Pv及び終局耐力 Puなどの算出方法

荷重-見掛けの変位曲線及び荷重-真の変位曲線より

- ① 降伏耐力 Py、
- ② 靱性を考慮した耐力 0.2*P*u√(2*µ*-1)
- ③ 最大荷重の 2/3
- ④ 特定変形角時の耐力 P<sub>1/120</sub> (見掛け)、P<sub>1/150</sub> (真)

の4つの指標値を算出した。

見掛けの変位及び真の変位から算出した 4 指標を用い、短期基準せん断耐力  $P_0$  は、下式 により 4 指標の最小値とした。

$$P_{0} = \min \begin{cases} P_{y} \\ 0.2P_{u} \times \sqrt{(2\mu - 1)} \\ 2/3P_{max} \\ P_{1/120_{(rad)}or} P_{1/150_{(rad)}} \end{cases}$$

# 2.2.3 試験結果

# (1) 各仕様の結果(仕様 A)

見掛けの変位での試験結果を表 2.2.3-1 に、真の変位での試験結果を表 2.2.3-2 に示す。 また試験時観察状況を表 2.2.3-3 に、荷重-変位曲線を図 2.2.3-1 $\sim$ 2 に、試験実施状況及び破壊状況を写真 2.2.3-1 $\sim$ 3 に示す。

表 2.2.3-1 仕様 A 試験結果 (見かけの変位)

		1 体目	2 体目	3 体目	平均	標準偏差	50%下側 許容限 界		
1	$P_{y}(kN)=$	10.23	10.27	11.88	10.79	0.94	10.35		
	$D_{y}(mm)=$	30.7	29.7	31.8	30.7	1.1			
	K(kN/mm)=	0.33	0.35	0.37	0.35	0.02			
	$P_{\rm u}({\rm kN})=$	18.89	17.69	20.75	19.11	1.54	18.38		
	$D_{\mathrm{u}}(\mathrm{mm})=$	109.6	81.1	126.3	105.7	22.9			
	$\mu=$	1.94	1.59	2.27	1.93	0.34			
	$1/\sqrt{(2\mu-1)}=$	0.59	0.68	0.53	0.60	0.07			
2	$0.2P_{\rm u}\times\sqrt{(2\mu\text{-}1)}=$	6.40	5.22	7.82	6.48	1.30	5.87		
3	$2/3P_{\text{max}}(kN)=$	13.77	12.82	15.02	13.87	1.10	13.35		
	$P_{\max}(kN)=$	20.65	19.23	22.53	20.80	1.66	20.02		
	$D_{\max}(mm)=$	102.1	79.4	98.9	93.4	12.2			
	$P_{1/300}(kN)=$	5.56	5.91	6.53	6.00	0.49	5.77		
	$P_{1/200}(kN)=$	7.58	8.09	8.56	8.08	0.49	7.85		
	$P_{1/150}(kN)=$	9.53	10.00	10.77	10.10	0.63	9.81		
4	$P_{1/120}(kN)=$	11.37	11.94	12.78	12.03	0.71	11.70		
	$P_{1/60}(kN) =$	18.45	18.20	20.06	18.90	1.01	18.43		
	$P_{1/30}(kN) =$	15.26	16.92	12.36	14.85	2.31	13.76		
	$P_{1/20}(kN) =$	13.66	14.45	10.15	12.75	2.29	11.68		
	$P_{1/15}(kN) =$	14.73	14.99	12.84	14.19	1.17	13.63		
$P_0=\min(\bigcirc -\bigcirc )$ (kN)									
		単位壁長	さ当たりの	短期基準や	けん断耐力	$P_0(kN/m)$	6.45		

表 2.2.3-2 仕様 A 試験結果(真の変位)

		1 体目	2 体目	3 体目	平均	標準偏差	50%下側 許容限 界		
1	$P_{y}(kN)=$	10.74	11.00	11.89	11.21	0.60	10.93		
	$D_{y}(mm)=$	25.2	24.2	23.3	24.2	1.0			
	K(kN/mm)=	0.43	0.45	0.51	0.46	0.04			
	$P_{\rm u}({\rm kN})=$	18.96	17.61	20.59	19.05	1.49	18.35		
	$D_{\mathrm{u}}(\mathrm{mm})=$	92.9	66.9	108.9	89.6	21.2			
	$\mu$ =	2.09	1.72	2.70	2.17	0.49			
	$1/\sqrt{(2\mu-1)}$ =	0.56	0.64	0.48	0.56	0.08			
2	$0.2P_{\rm u} \times \sqrt{(2\mu-1)} =$	6.76	5.51	8.63	6.97	1.57	6.23		
3	$2/3P_{\max}(kN) =$	13.77	12.82	15.02	13.87	1.10	13.35		
	$P_{\max}(kN)=$	20.65	19.23	22.53	20.80	1.66	20.02		
	$D_{\max}(mm)=$	85.1	63.4	82.1	76.8	11.8			
	$P_{1/300}(kN)=$	7.05	7.36	8.26	7.56	0.63	7.26		
	$P_{1/200}(kN)=$	9.35	9.91	10.73	10.00	0.69	9.67		
4	$P_{1/150}(kN) =$	11.67	12.56	13.51	12.58	0.92	12.15		
	$P_{1/120}(kN)=$	13.39	14.49	15.30	14.39	0.96	13.94		
	$P_{1/60}(kN) =$	19.39	13.39	20.68	17.82	3.89	15.99		
	$P_{1/30}(kN) =$	15.43	17.09	14.06	15.53	1.52	14.81		
	$P_{1/20}(kN) =$	14.25	14.63	11.56	13.48	1.67	12.69		
	$P_{1/15}(kN) =$								
$P_0=\min(\mathbb{Q}-\mathbb{Q})$ (kN)									
		単位壁長	さ当たりの	短期基準も	<b>とん断耐力</b>	$P_0(kN/m)$	6.84		

表 2.2.3-3 仕様 A 試験時観察状況

No.	試験時観察状況
1 体目	1/50rad 繰り返し加力時 上段筋かい 圧縮時面外へ微かに変形 水平変位 110mm 付近 (1/38 rad) 上段圧縮筋かい座屈 水平変位 150mm 付近 (1/28 rad) 中段圧縮筋かい座屈 1/15rad 時 非加力側柱と下側中間横架材の仕口部柱 折れ
2 体目	1/50rad 繰り返し加力時 正側で上段圧縮筋かいの座屈 負側で上段圧縮筋かい(裏)の面外変形 水平変位 150mm 付近(1/28 rad)中段圧縮筋かい座屈 1/15rad 時 非加力側柱と下側中間横架材の仕口部柱 折れ
3 体目	1/50rad 繰り返し加力時 正側・負側とも上段圧縮筋かいの面外変形 水平変位 150mm 付近(1/28 rad)下段圧縮筋かい座屈 水平変位 200mm 付近(1/21 rad)中段圧縮筋かい座屈

備考:表中の変形角は見かけの変形角 (rad) を示す。

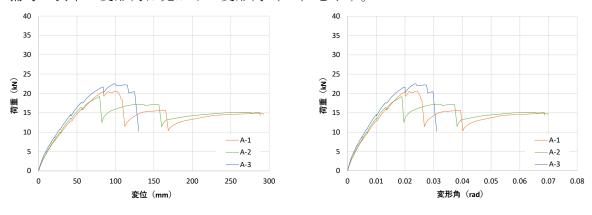


図 2.2.3-1 包絡線 仕様 A

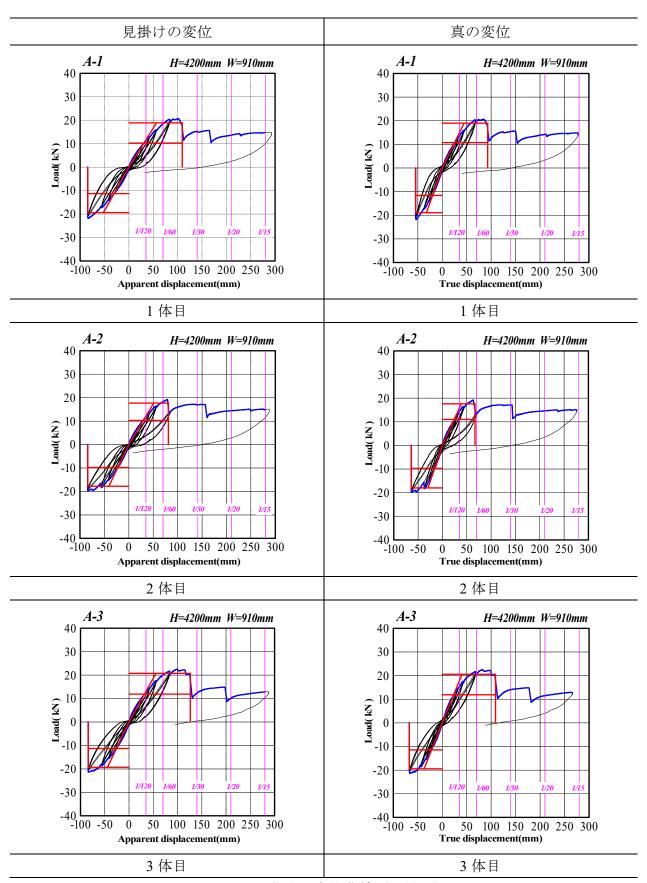


図 2.2.3-2 荷重—変位曲線(仕様 A)



試験前



1/50rad 変形時 上段圧縮筋かい面外変形



δ=110mm 付近 (1/38rad 付近) 上段圧縮筋かいの座屈



δ=150mm 付近(1/28rad 付近) 中段圧縮筋かいの座屈



1/15rad 変形時 柱の破壊



特 柱の破壊1/15rad 変形時 状況写真 2.2.3-1試験状況及び破壊状況(A-1)



試験前



1/50rad 変形時 上段圧縮筋かいの座屈



1/50rad 変形時 上段圧縮筋かい(裏)の面外変形



δ=150mm 付近(1/28rad 付近) 中段圧縮筋かいの座屈



1/15rad 変形時 柱の破壊

写真 2.2.3-2



1/15rad 変形時 状況 試験状況及び破壊状況 (A-2)



試験前



1/50rad 変形時 上段圧縮筋かい面外変形



δ=150mm 付近(1/28rad 付近) 下段圧縮筋かいの座屈



δ=200mm 付近(1/21rad 付近) 中段圧縮筋かいの座屈



δ=200mm 付近 (1/21rad 付近) 中段引張筋かい端部の状況



1/15rad 変形時 状況

写真 2.2.3-3 試験状況及び破壊状況 (A-3)

# (2) 各仕様の結果(仕様 B)

見掛けの変位での試験結果を表 2.2.3-4 に、真の変位での試験結果を表 2.2.3-5 に示す。 また試験時観察状況を表 2.2.3-6 に、荷重-変位曲線を図 2.2.3-3 $\sim$ 4 に、試験実施状況及び破壊状況を写真 2.2.3-4 $\sim$ 6 に示す。

表 2.2.3-4 仕様 B 試験結果(見かけの変位)

		1 体目	2 体目	3 体目	平均	標準偏差	50%下側 許容限 界			
1	$P_{y}(kN)=$	20.95	19.95	20.73	20.54	0.53	20.30			
	$D_{y}(mm)=$	62.0	63.3	70.0	65.1	4.3				
	K(kN/mm)=	0.34	0.32	0.30	0.32	0.02				
	$P_{\rm u}({\rm kN})=$	34.98	33.86	32.34	33.73	1.33	33.10			
	$D_{\mathrm{u}}(\mathrm{mm})=$	279.9	250.6	243.9	258.2	19.1				
	$\mu$ =	2.70	2.33	2.23	2.42	0.25				
	$1/\sqrt{(2\mu-1)}=$	0.48	0.52	0.54	0.51	0.03				
2	$0.2P_{\rm u}\times\sqrt{(2\mu\text{-}1)}=$	14.70	12.97	12.04	13.24	1.35	12.60			
3	$2/3P_{\max}(kN) =$	25.14	24.61	24.13	24.63	0.51	24.39			
	$P_{\max}(kN)=$	37.72	36.92	36.20	36.95	0.76	36.59			
	$D_{\max}(mm)=$	221.1	238.3	221.4	226.9	9.8				
	$P_{1/300}(kN)=$	6.48	6.57	6.44	6.50	0.07	6.47			
	$P_{1/200}(kN)=$	9.03	8.81	8.57	8.80	0.23	8.69			
	$P_{1/150}(kN) =$	11.44	10.90	10.59	10.98	0.43	10.77			
4	$P_{1/120}(kN)=$	13.79	13.02	12.54	13.12	0.63	12.82			
	$P_{1/60}(kN) =$	22.99	21.56	20.73	21.76	1.14	21.22			
	$P_{1/30}(kN) =$	33.21	32.17	30.11	31.83	1.58	31.09			
	$P_{1/20}(kN) =$	37.62	36.35	35.74	36.57	0.96	36.12			
	$P_{1/15}(kN) =$	33.88	18.26	16.10	22.75	9.70	18.18			
$P_0=\min(\hat{\mathbb{U}}-\hat{\mathbb{Q}})$ (kN)										
		単位壁長	さ当たりの	短期基準や	上ん断耐力	$P_0(kN/m)$	13.84			

表 2.2.3-5 仕様 B 試験結果(真の変位)

		1 体目	2 体目	3 体目	平均	標準偏差	50%下側 許容限 界		
1	$P_{y}(kN)=$	21.17	19.20	20.99	20.45	1.09	19.94		
	$D_{y}(mm)=$	48.8	49.9	52.1	50.2	1.7			
	K(kN/mm)=	0.43	0.39	0.40	0.41	0.02			
	$P_{\rm u}({\rm kN})=$	35.71	33.86	32.25	33.94	1.73	33.12		
	$D_{\mathrm{u}}(\mathrm{mm})=$	280.9	205.8	186.5	224.4	49.9			
	$\mu=$	3.42	2.34	2.33	2.70	0.63			
	$1/\sqrt{(2\mu-1)}$ =	0.41	0.52	0.52	0.49	0.06			
2	$0.2P_{\mathrm{u}}\times\sqrt{(2\mu\text{-}1)}=$	17.25	13.00	12.33	14.19	2.67	12.94		
3	$2/3P_{\max}(kN) =$	25.14	24.61	24.13	24.63	0.51	24.39		
	$P_{\text{max}}(kN)=$	37.72	36.92	36.20	36.95	0.76	36.59		
	$D_{\max}(\text{mm})=$	196.4	193.0	159.8	183.1	20.2			
	$P_{1/300}(kN)=$	7.82	7.14	7.82	7.59	0.39	7.41		
	$P_{1/200}(kN)=$	10.92	9.85	10.61	10.46	0.55	10.20		
4	$P_{1/150}(kN)=$	14.19	12.35	13.43	13.32	0.92	12.89		
	$P_{1/120}(kN)=$	16.09	14.37	15.75	15.40	0.91	14.97		
	$P_{1/60}(kN) =$	26.24	23.08	24.79	24.70	1.58	23.96		
	$P_{1/30}(kN) =$	36.38	35.36	34.85	35.53	0.78	35.16		
	$P_{1/20}(kN) =$	36.68	19.54	15.84	24.02	11.12	18.78		
	$P_{1/15}(kN) =$	34.95							
$P_0=\min(\hat{\mathbb{U}}-\hat{\mathbb{Q}})$ (kN)									
		単位壁長	さ当たりの	短期基準も	とん断耐力	$P_0(kN/m)$	14.21		

表 2.2.3-6 仕様 B 試験時観察状況

No.	試験時観察状況
1 体目	1/50rad 繰り返し加力時 正側・負側とも筋かいに異常は確認できず 最大荷重時変位 221.1mm (1/19.0rad) 以降、圧縮筋かい端部の軸組へのめ り込み 1/15rad 付近で、下段圧縮筋かいの座屈及び加力側柱の座屈
2 体目	1/50rad 繰り返し加力時 正側・負側とも筋かいに異常は確認できず 最大荷重時変位 238.3mm(1/17.6rad)で、下段圧縮筋かいの座屈
3 体目	1/50rad 繰り返し加力時 正側・負側とも筋かいに異常は確認できず 最大荷重時変位 221.4mm (1/18.9rad) で上段圧縮筋かいの座屈 終局変位時 243.9mm (1/17.2rad) で加力側及び非加力側の柱(上部中間横 架材部)の破断

備考:表中の変形角は見かけの変形角 (rad) を示す。

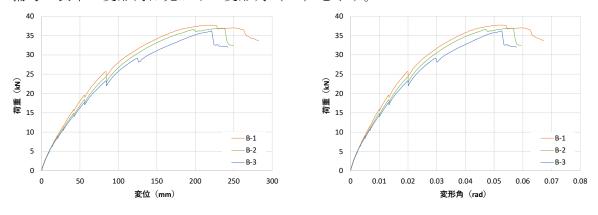


図 2.2.3-3 包絡線 仕様 B

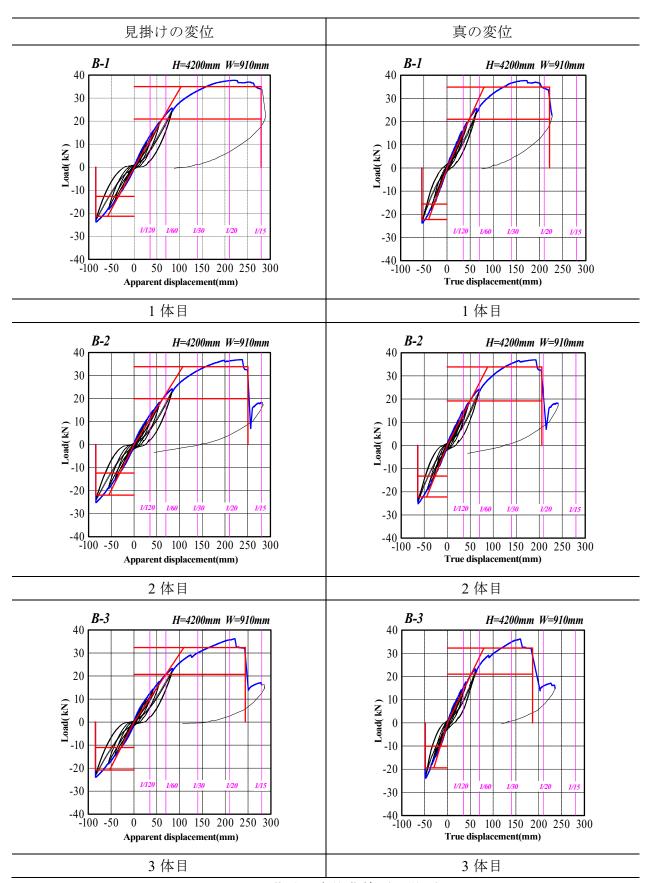


図 2.2.3-4 荷重—変位曲線(仕様 B)



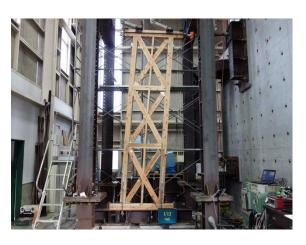
試験前



1/50rad 変形時 状況



1/50rad 変形時 筋かいの面外変形なし



1/15rad 変形 状況



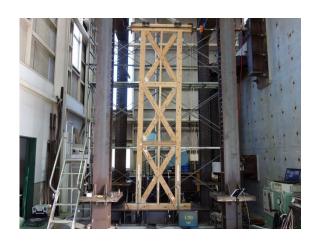
1/15rad 時 下段圧縮筋かいの座屈・折れ



1/15rad 変形時 加力側柱の座屈 写真 2.2.3-4 試験状況及び破壊状況 (B-1)



試験前



1/50rad 変形時 状況



1/50rad 変形時 上段筋かいの状況



1/15rad 変形時 状況





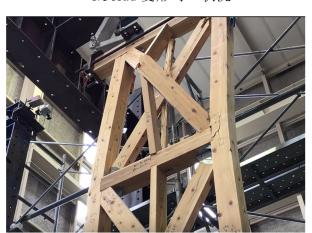
1/15rad 時下段圧縮筋かいの座屈・折れ1/15rad 時中段圧縮筋かいの面外変形写真 2.2.3-5試験状況及び破壊状況 (B-2)



試験前



-1/50rad 変形時 状況



1/15rad 変形時 上段圧縮筋かいの座屈 上部中間横架材付近の柱の折れ(両方)



1/50rad 変形時 状況



1/15rad 変形時 上段圧縮筋かいの座屈



試験終了時 非加力側柱の折れ

写真 2.2.3-6 試験状況及び破壊状況 (B-3)

## (3) 破壊性状と各段の変位

仕様 A、仕様 B の各 3 体、計 6 体の試験体について、筋交い各段の節等の状況および試験時の破壊性状を整理した (表 2.2.3-7~12)。表中の材料 NO.は表 2.2.1-7 に示している NO. となる。

また、実験時に計測した筋かいの歪み、および、中間横架材高さの水平変位から、試験 体別に以下の6つのグラフを作成した。

④各段の圧縮筋かいのひずみ履歴の
包絡線の重ね合わせ
縦軸を圧縮側筋かいの圧縮ひずみ、横
軸を試験体の見かけの変形角とし、上
段、中段下段のそれぞれの包絡線を重
ね合わせたグラフ
⑤各段の横架材 (桁、中間材) 位置の
水平変位と試験体頂部の水平変位
各段の横架材 (桁、中間材) 位置の水
平変位を縦軸、試験体頂部の見かけの
変形角を横軸としたグラフ
⑥各段間変位と試験体頂部の水平変
位
各段の横架材 (桁、中間材) 位置の水
平変位から、直下の段の水平変位を引
いたものを縦軸、試験体頂部の見かけ
の変形角を横軸としたグラフ

表 2.2.3-7 各段筋交いの節等の状況および破壊性状 (A-1)

部材	位置	材料 NO.	Е	密度	含水率	写真	破壞性状
筋 か い	上段-表	6	6.4	365	10.0		1/50rad 圧縮筋交い面外変形 δ=110mm付近(1/38rad付近) 圧縮筋交いの座屈
	上段-裏	12	6.4	323	9.5		
	中断-表	1	6.3	340	10.7		δ=150mm (1/28rad) 圧縮筋 交いの座屈
	中断-裏	10	6.3	382	10.3		
	下段-表	3	6.4	340	9.7		
	下段-裏	4	6.4	340	10.5		
柱	柱-右	67	6.1	387	20.5		
	柱-左	166	6.4	346	11.3		1/15rad 下段上部の柱の座屈

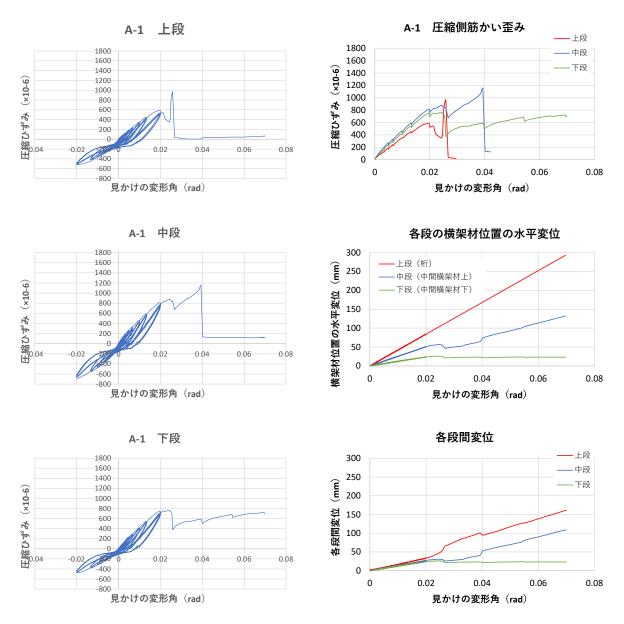


図 2.2.3-3 圧縮側筋交いのひずみおよび筋交い各段の変位 (A-1)

表 2.2.3-8 各段筋交いの節等の状況および破壊性状 (A-2)

部材	位置	材料 NO.	Е	密度	含水率	写真	破壊性状
筋かい	上段-表	6	6.4	340	9.5		1/50rad 圧縮筋交いの座屈
	上段-裏	11	6.3	357	9.7		1/50rad 圧縮筋かいの面外変 形
	中断-表	4	6.4	391	10.7		δ =150mm (1/28rad) 圧縮筋 交いの座屈
	中断-裏	12	6.4	323	9.0		
	下段-表	5	6.4	382	10.8		
	下段-裏	9	6.4	374	11.7		
柱	柱-右	140	6.5	437	13.7		
	柱-左	191	6.3	397	15.8		1/15rad 下段上部の柱の座屈

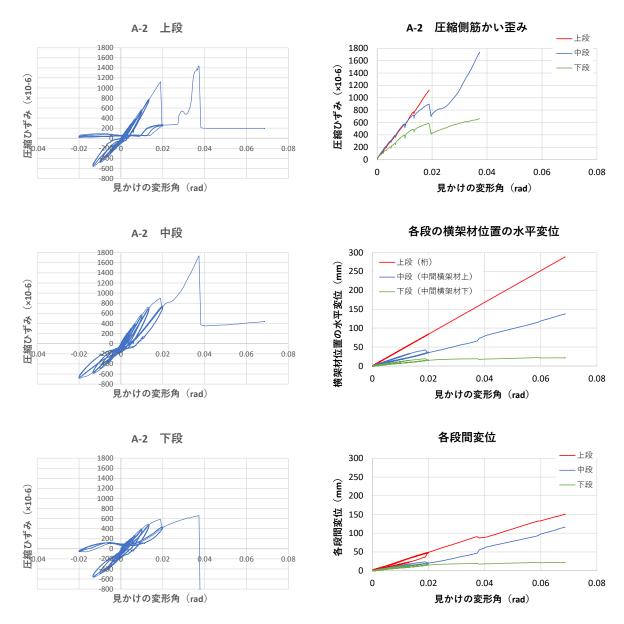


図 2.2.3-4 圧縮側筋交いのひずみおよび筋交い各段の変位 (A-2)

表 2.2.3-9 各段筋交いの節等の状況および破壊性状 (A-3)

部材	位置	材料 NO.	Е	密度	含水率	写真	破壞性状
筋 か い	上段-表	11	6.3	391	12.0		1/50rad 圧縮筋交い面外変形
	上段-裏	9	6.4	391	10.3		
	中断-表	10	6.3	391	9.3		δ = 200mm (1/21rad) 圧縮筋 交いの座屈
	中断-裏	1	6.3	357	10.7		
	下段-表	3	6.4	357	10.7		δ=150mm (1/28rad) 圧縮筋 交いの座屈
	下段-裏	2	6.0	357	10.7		
柱	柱-右	62	6.3	461	16.2		
	柱-左	213	6.5	396	14.8		

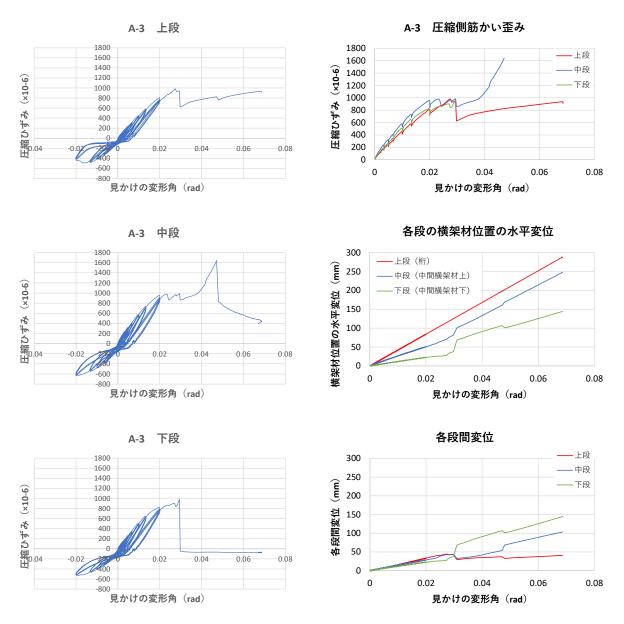


図 2.2.3-5 圧縮側筋交いのひずみおよび筋交い各段の変位 (A-3)

表 2.2.3-10 各段筋交いの節等の状況および破壊性状 (B-1)

部材	位置	材料 NO.	Е	密度	含水率	写真	破壊性状
筋かい	上段-表	12	6.0	455	12.8		
	上段-裏	10	6.2	450	16.2		
	中断-表	12	6.1	450	14.8		
	中断-裏	9	6.1	529	20.7		
	下段-表	11	6.0	469	13.7		1/15rad 圧縮筋交いの座屈・折 れ
	下段-裏	11	6.0	455	18.7		
柱	柱-右	190	6.5	413	14.2		1/50rad 下段上部の柱の座屈
	柱-左	116	6.5	465	15.8		

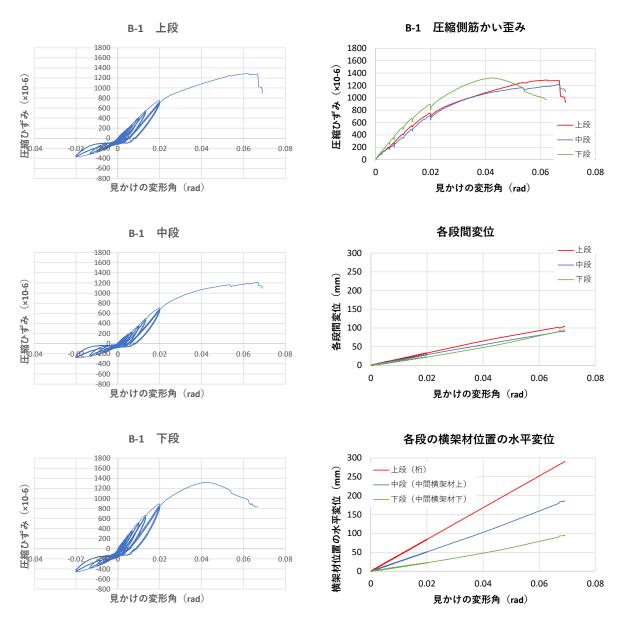


図 2.2.3-6 圧縮側筋交いのひずみおよび筋交い各段の変位 (B-1)

表 2.2.3-11 各段筋交いの節等の状況および破壊性状 (B-2)

部材	位置	材料 NO.	Е	密度	含水率	写真	破壞性状
筋かい	上段-表	7	6.2	588	15.8		
	上段-裏	4	5.9	504	16.2		
	中断-表	1	6.4	425	12.8		1/15rad 圧縮筋交いの面外変 形
	中断-裏	6	5.9	544	17.7		
	下段-表	4	5.9	595	22.5		1/15rad 圧縮筋交いの座屈・折 れ
	下段-裏	10	6.2	430	14.0		
柱	柱-右	122	6.2	470	13.3		
	柱-左	88	6.4	472	14.5		

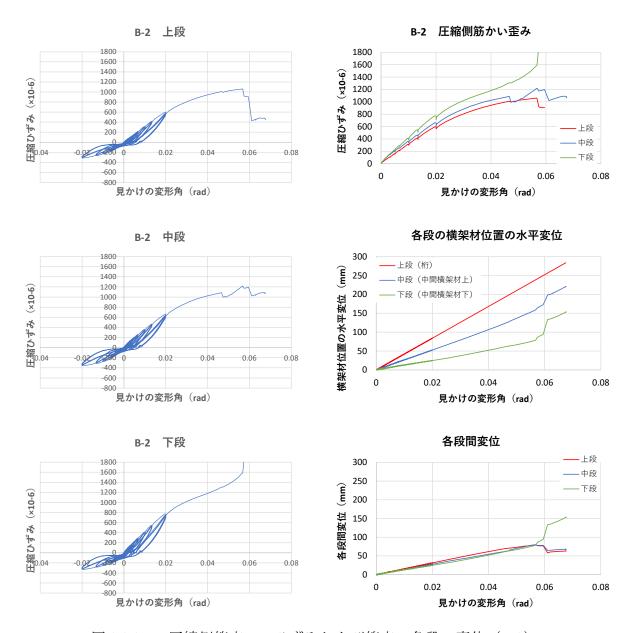


図 2.2.3-7 圧縮側筋交いのひずみおよび筋交い各段の変位 (B-2)

表 2.2.3-12 各段筋交いの節等の状況および破壊性状 (B-3)

部材	位置	材料 NO.	Е	密度	含水率	写真	破壊性状
筋かい	上段-表	6	5.9	519	20.2	1/15rad 圧縮角 れ	1/15rad 圧縮筋交いの座屈・折 れ
	上段-裏	8	5.9	455	11.2		
	中断-表	9	6.1	534	20.8		
	中断-裏	8	5.9	445	9.7		
	下段-表	1	6.4	544	11.5		
	下段-裏	7	6.2	534	14.3		
柱	柱-右	252	6.3	469	16.0		1/15rad 上段下部の柱の折れ
	柱-左	200	6.0	462	14.0		

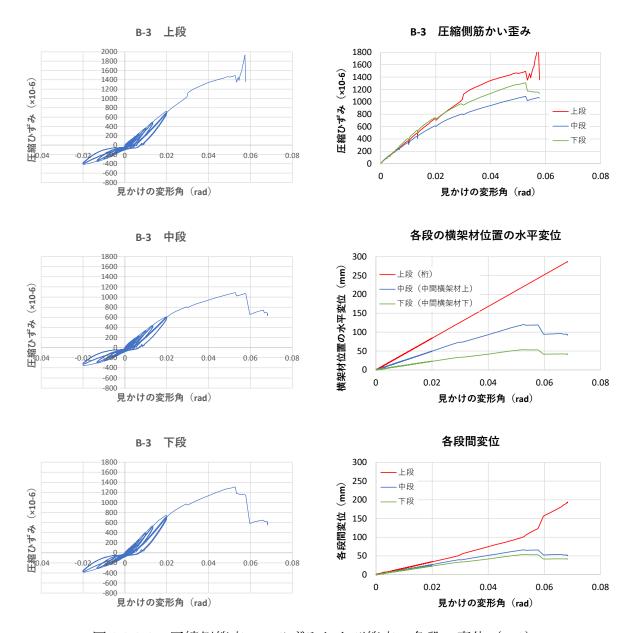


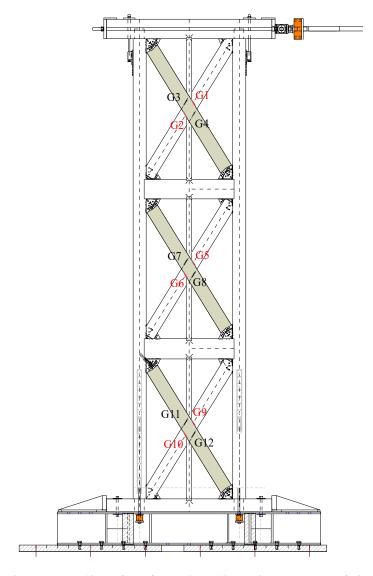
図 2.2.3-8 圧縮側筋交いのひずみおよび筋交い各段の変位 (B-3)

# 参考1:各段の圧縮側筋交いのひずみの算出

各段の圧縮側筋交いのひずみは、引き切り時に圧縮側となる筋かいに張り付けたひずみ ゲージ2枚からの値の平均値をとった。具体的には、以下の通り(参図1参照)。

上段: (G1+G2) /2 中段: (G5+G6) /2 下段: (G9+G10) /2

なお A-2 試験体の G10 で得られたひずみがうまく計測できていなかったため、A-2 の下段は G9 のみの値を用いた。



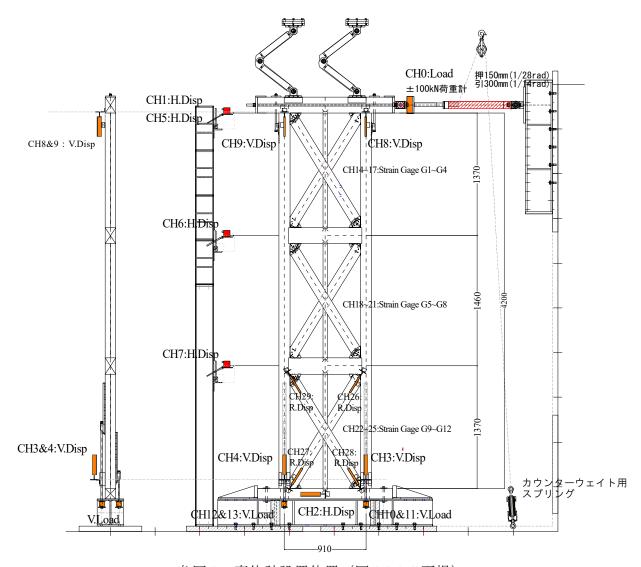
参図1 ひずみゲージ貼り付け位置(図2.2.2-9 再掲)

# 参考2:見かけの変位、各段の変位の算出

見かけの変位、各段の横架材変位、各段間変位の算出にあたっては、参図 2 に示す変位 計から以下のように算出した。

見かけの変位: CH1-CH2

	各段の横架材変位	各段間変位
上段	CH1-CH2	СН1-СН6
中段	CH6-CH2	СН6-СН7
下段	CH7-CH2	СН7-СН2



参図2 変位計設置位置(図2.2.2-8 再掲)

### 2.3 まとめ

## 2.3.1 今年度のまとめ

今年度は、総高さ 4.5m (横架材間距離 4.2m)、幅 0.91m (芯々)の試験体で、以下の 2 仕様の実験を行い、仕様Bにて目標としていた壁倍率5.0以上の性能を得ることができた。

仕様 A (筋交い断面 45×90) : 壁倍率 3.2 仕様 B (筋交い断面 60×120) : 壁倍率 7.0

ただし、柱(120mm角)の曲げの影響によると思われる折損がそれぞれ以下のように観察された。

仕様 A:3 体中2 体で1/15rad にて発生 仕様 B:3 体中1 体で1/17.2rad で発生

どちらも終局で発生したため、これらをどう評価するかは別途検討が必要である。

目標としていた 5 倍を超えた仕様 B であるが、現状ではオーバースペックとなっているため、この断面寸法( $60\times120$ )では試験体の筋交い角度(幅 790mm、高さ 1320mm(内内))より角度の大きな(高さの高い)仕様とすることが可能であると考えられる。また、この高さとするならば、断面寸法を小さくすることでもコントロール可能である。

今年度の実験によって、各部の納まりがほぼ目指す性能を確保するために有効であることが確認できたので、今後は、この納まりの範囲内で壁倍率5となる仕様を検討していくことになる。このような検討は、実験で行うには膨大な試験体数が必要となるため、解析的に検討を行う必要がある。そこで、来年度は、各種接合部等をモデル化できるように要素実験を行い、解析用モデルでも検討することを目指す。

### 2.3.2 来年度の実施計画案

来年度は、解析にて筋交い耐力壁の性能を確認するモデルを作成し、そのモデルの信頼性を実験結果と照合することで確認し、パラスタを行って目的に合った筋交い耐力壁の仕様を決定することになるが、その手順案について以下に示す。本事業での解析モデル構築の目標は、応力状態・破壊現象の再現が主となる。可能であれば変形性能も再現できればよい。

## (1)検討の手順案

### 第一段階 要素試験 01

2022 年度の試験体仕様 B (筋交い断面 60×120: 横架材間距離 1320 の 3 段) をモデルで再現するために、各種要素実験を実施。要素実験の詳細については(2)を参照。

#### |第二段階| 解析 01 モデル作成

第一段階の値を用いてモデルを作成。2022年の試験体仕様 B (筋交い断面 60×120:横架材間距離 1320 の 3 段)の解析を実施し、実験結果と照合しモデルの妥当性を確認。

# 第三段階 解析 02 パラスタ

第二段階で用いたモデルにて、別途定める対象仕様について「3 段の筋交い耐力壁」および「2 段の筋交い耐力壁」の計算を行う。その結果から、壁倍率 5 の 10%以内(低減を

かける前で  $4.75\sim5.25$ )となる仕様の範囲を決定。<u>別途定める仕様については(3)を参</u>照。

解析においては、以下を考慮する。

- 柱が折損する(基準強度)仕様は除く。
- ・ 平屋もしくは2階建ての2階の場合、2階建ての1階について分けて解析。 柱の負担軸力が変わるので筋交い耐力壁の性能が変わる。 また、2階建ての2階の場合は、柱の横架材へのめり込みを防ぐための対応が、 ほぞ長さを基礎に届く長さにするといった対応ができず、めり込み防止プレート などを用いる仕様となる。

## 第四段階-1 実大実験 01

第三段階で算出した解析結果で壁倍率5となった仕様のうち、実験が可能な高さ(BLでは総高さ4.5m程度、建築研究所では6m程度)のものを1種選び、「3段の筋交い耐力壁」3体の実大実験を実施し解析結果と照合し、検討手法、モデルの妥当性を確認。

## 第四段階-2 要素実験 02

第三段階で算出した解析結果のうちから壁倍率 5 となった仕様で、筋交い断面違い・筋 交い長さ違いの仕様について要素実験-試験①、試験⑦を実施する。<u>要素実験の詳細につい</u> ては(2)を参照。

試験体仕様は断面寸法3種×長さ違い長・短の6仕様程度を想定。

その際、試験①については、筋交い断面、筋交い長さは再現して実施するが、角度は第一段階で実施したままとする。角度を変える場合はそれぞれ治具が必要となるため、予算上の措置。座屈については、金物と筋交いの角度よりも筋交いの断面寸法、長さの影響が大きいため、影響度が小さい角度については不問とする。

#### |第五段階| 解析 03 パラスタ

第四段階-2の要素実験で得られた値を用いて、第三段階での解析的検討を再度実施し、 修正する。

#### 第六段階 実大実験 02

第五段階で修正した解析結果で壁倍率 5 となった仕様のうち、BL で実験が可能な高さ (総高さ 4.5m 以下) ものを選び「3 段の筋交い耐力壁」2 種×各 3 体の実大実験を実施。 (第四段階-1で先に実施した仕様を除く。)予算が許せば、同じ仕様の「2 段の筋交い耐力壁」の実大実験も実施。

解析については、信州大学の松田研究室に依頼予定。 来年度の実施についての現段階の方針は以下の通り。

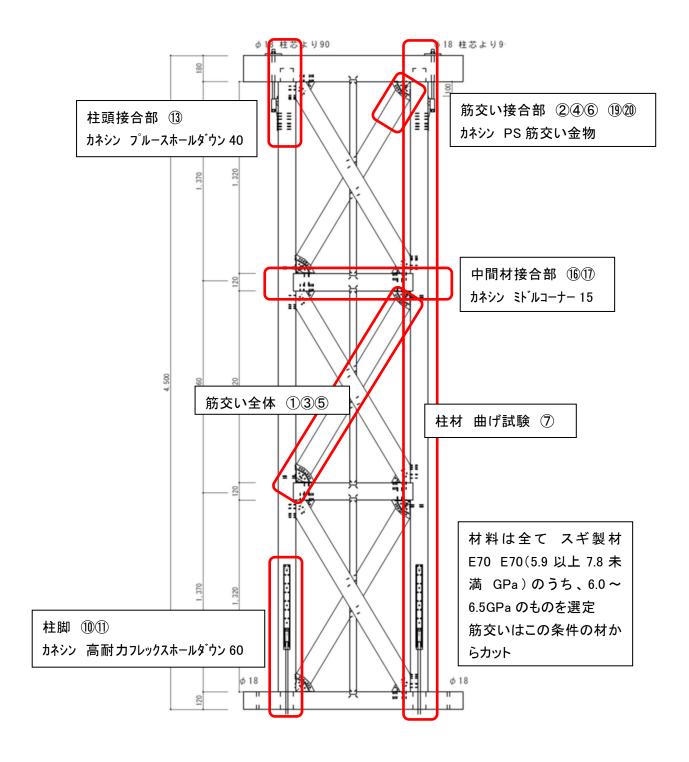
- ・ 主として平屋の場合を検討対象とする。2 階建てになると、柱の負担軸力により評価 が変わるため、解析ではそれを加味した検討を行うが、実験での検証は困難なため。
- ・ 使用する金物は 2022 年度に実験を行った仕様に限定される。また、それらには、使い 方(内付け・外付け、筋交いと軸材との位置関係)が複数あるが、今回の検討では内

付け(中間材を留め付けているミドルコーナー15 とのおさまりから決定)で、筋交いの芯が横架材の交点を通る納まりに限定する。納まりが異なる、他の金物で同様の検討を行う際には、別途、実大実験を行うか、要素実験を実施して同等性を確認できれば仕様を広げることが可能とする。

- · 3段と2段では、3段を優先して検討する。
- ・ 面材の有無によって筋交いの座屈性能が異なるが、本事業では面材なしの条件で検討 を進める。
- ・ 最終的なアウトプット、実大実験については幅 910mm (芯々) に限定するが、解析に ついては、幅もある程度パラメータとして検討してみる。

## (2) 要素実験について

次頁以降に、第一段階で行う 2022 年度に実施した仕様 B を再現するために必要な要素試験 O1 の一覧と、第四段階-2 で実施する要素試験 O2 の一覧を示す。メーカーにデータがあるものは提供いただくよう依頼し活用の予定。



## 要素実験01:2022年度の試験体を完全に再現することが目的

目標は応力状態・破壊性状の再現。可能なら変形性能も追いたいが。。。。

試験NO.	試験体概要	試験方法	試験体数	試験体仕様	実大実験で予想される破壊性状	備考
1	金物付筋交い 実大	圧縮-座屈試験	1仕様 各3体	筋交い断面60×120、筋交い角度:内内1320×790	筋交いの座屈、筋交い金物の面外へのはずれ(ビス抜け)、 筋交い端部のめり込み	⑤を兼ねる。
2	金物付筋交い接合部	引張試験	1仕様 各3体	筋交い断面60×120、筋交い角度:内内1320×790 筋交いの長さの設定は未定	筋交い金物のはずれ(ビス抜け)、筋交いの引張破壊	⑥を兼ねる。 カネシンにデータがあるか確認。
3	両端ピンの筋交い 実大	圧縮-座屈試験	1仕様 各3体	筋交い断面60×120 構造用木材の強度試験マニュアル_ II 座屈試験法にて	筋交いの座屈	①と比較。座屈低減係数の検討のため。
4	金物付筋交い接合部	面外方向加力試験	? 仕様 各3体	試験体としては②と同じで良い? 軸力をパラメータとするならば、何種類とするか? 軸力をかけながらの実験が可能かどうか、要件等。	筋交い金物のはずれ(ビス抜け)	③と④で①を再現可能か?
5	筋かいに用いた木材	繊維方向圧縮試験	_	JIS Z 2101 木材の試験方法の10 縦圧縮試験。ただし、試験体の断面は筋交い断面とし、標点間距離は240=60(材厚)×4とする。		弾性係数の取得が目的。①の試験でひずみ ゲージを用いて取得が可能か?
6	筋かいに用いた木材	繊維方向引張試験	_			弾性係数の取得が目的。②の試験でひずみ ゲージを用いて取得が可能か?
7	柱-中間材を取り付け	曲げ試験	1仕様 各3体	柱断面120×120、長さは要検討。 中間材120×120の大入れ、金物を再現した平T字型試験体の3点加力試験。	筋交い・中間材による曲げ破壊	
8	柱に用いた木材	圧縮	_			
9	柱に用いた木材	引張	_			
10	柱脚接合部	引張	1仕様 各3体	柱・土台とも断面120×120、T型試験体	柱脚金物のビスの抜け、ビスによる引張破壊	カネシンにデータがあるか確認。
11)	柱脚接合部	圧縮	2仕様 各3体	柱・土台とも断面120×120、T型試験体。 仕様1:長ほぞを再現 <u>仕様2:めり込み防止プレート付</u>	土台への柱のめり込み破壊	
(12)	柱脚接合部	面内曲げ	_	T型試験体		
13	柱頭接合部	引張	1仕様 各3体	柱断面120×120、横架材断面120×180、短ほぞ再現、T型試験体	柱頭金物のビスの抜け	カネシンにデータがあるか確認。
14)	柱頭接合部	圧縮	_	T型試験体		
(15)	柱頭接合部	面内曲げ	_	T型試験体		
(16)	中間材の接合部	引張	1仕様 各3体	柱・中間材とも断面120×120、T型試験体。大入れ、金物を再現して実施。	ミドルコーナーのビスの抜け	
17)	中間材の接合部	せん断	1仕様 各3体	柱・中間材とも断面120×120、H型試験体。大入れ、金物を再現して実施。	柱の大入れ受け小口のせん断破壊、 ミドルコーナーのビスのせん断破壊	
(18)	中間材の接合部	面内曲げ	_	T型試験体		
19	筋かい金物のビス	せん断	1仕様 各3体	柱断面問わず→120×120 ビス両側付け 5本×両側=10本		カネシンにデータがあるか確認。
20	筋かい金物のビス	引張	1仕様 各3対	筋交い断面45×90以上なら問わず 試験に耐えうる断面なら可 ビス5本		カネシンにデータがあるか確認。

必須

代替可能

優先順位低 将来のため

赤字 既往のデータがありそう

## 要素実験02:2022年度の試験体を完全に再現することが目的

目標は応力状態・破壊性状の再現。可能なら変形性能も追いたいが。。。。

試験NO.	試験体概要	試験方法	試験体数	試験体仕様	実大実験で予想される破壊性状	備考				
1	金物付筋交い 実大	圧縮-座屈試験	6仕様	筋交い断面3種類および長さ2種類は解析結果による 計6仕様程度	筋交いの座屈、筋交い金物の面外へのはずれ(ビス抜け)、	⑤を兼ねる。				
	III 1/3 / 3 / 3/3/2 ·	各3体 筋交い角度は要素実験01と同じ 筋交い端部のめり込み		筋交い端部のめり込み						
2	金物付筋交い接合部	  引張試験	_	筋交い断面は解析結果による 筋交い角度は要素実験01と同じ	  筋交い金物のはずれ(ビス抜け)、筋交いの引張破壊	筋交い断面、角度が変わってもビスの性能				
		3 1 32C H-Vii)X		筋交いの長さの設定は未定		の影響が大きいので必要無し。				
3	両端ピンの筋交い 実大	  圧縮-座屈試験		筋交い断面および長さは筋交い断面および長さは解析結果による3種類程度	  筋交いの座屈	①と比較。座屈低減係数の検討のため。				
	Is senial and the sen	各3体 構造用木材の強度試験マニュアル_Ⅱ 座屈試験法にて								
4	金物付筋交い接合部	  面外方向加力試験	_	試験体としては②と同じで良い?	  筋交い金物のはずれ(ビス抜け)	筋交い断面、角度が変わってもビスの性能				
	- 13 1 3 33 7 1 3 A B B	E471731 33873 F W370			7337C - 1173 - 100 7 1 1 ( - 1 1 35C 1 7 )	の影響が大きいので必要無し。				
(5)	  筋かいに用いた木材	  繊維方向圧縮試験	_	JIS Z 2101 木材の試験方法の10 縦圧縮試験。ただし、試験体の断面は筋交い断面		弾性係数の取得が目的。①の試験でひずみ				
	733.6	4500 E 7 3 1 37 E 11 E 1 4 5 37 C		とし、標点間距離は <b>240</b> =60(材厚)× <b>4</b> とする。		ゲージを用いて取得が可能か?				
6	  筋かいに用いた木材	  繊維方向引張試験	_			弾性係数の取得が目的。②の試験でひずみ				
	733.6	1990112751 3 5 1 55011 0030				ゲージを用いて取得が可能か?				
			2仕様	柱断面135×135、150×150 長さは要検討。						
7	-中間材を取り付け 曲げ試験		三中間材を取り付け 曲げ試験		-中間材を取り付け 曲げ試験		各3体		筋交い・中間材による曲げ破壊	
			ПОП	点加力試験。						
8	柱に用いた木材	圧縮	_							
9	柱に用いた木材	引張	_							
10	柱脚接合部	引張	_	T型試験体	  柱脚金物のビスの抜け、ビスによる引張破壊	柱断面に合わせて中間材の幅は変わるが最				
		3 1 3 2 4				小120×120のデータがあれば良い?				
(11)	柱脚接合部	圧縮	_	T型試験体。	  土台への柱のめり込み破壊	柱の断面が変わっても最小120×120のデー				
				仕様1:長ほぞを再現 仕様2:めり込み防止プレート付		タがあれば良い?				
12)	柱脚接合部	面内曲げ	_	T型試験体						
(13)	柱頭接合部	引張	_	  短ほぞ再現、T型試験体	  柱頭金物のビスの抜け	柱の断面が変わっても最小120×120のデー				
						タがあれば良い?				
14)	柱頭接合部	圧縮	_	T型試験体						
15)	柱頭接合部	面内曲げ	_	T型試験体						
<u>16</u>	中間材の接合部	引張	_	  T型試験体。大入れ、金物を再現して実施。	  ミドルコーナーのビスの抜け	柱断面に合わせて中間材の幅は変わるが最				
	11013 - 32 11 11	3132		·		小120×120のデータがあれば良い?				
17)	中間材の接合部	せん断	_	H型試験体。大入れ、金物を再現して実施。	柱の大入れ受け小口のせん断破壊、	柱断面に合わせて中間材の幅は変わるが最				
	1 1013 3 3 4 11				ミドルコーナーのビスのせん断破壊	小120×120のデータがあれば良い?				
18)	中間材の接合部	面内曲げ	_	T型試験体						
	筋かい金物のビス	せん断	_	柱断面問わず ビス両側付け 5本×両側=10本		ビス単体なので必要無し				
20	筋かい金物のビス	引張	_	筋交い断面45×90以上なら問わず 試験に耐えうる断面なら可 ビス5本		ビス単体なので必要無し				
	1									

実施しないもの

必須

代替可能

優先順位低 将来のため

以降に、実施予定の要素実験のイメージを示す。実験は、京大、東大、建築研究所で分分担して実施する予定。

## 試験 NO.① 金物付筋交い 実大 圧縮-座屈

本実験は、第一段階と第四段階-2で実施する。

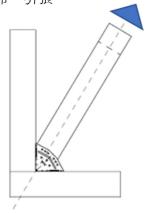
治具などは第一段階の 2022 年度に実施した実大実験の 再現に合わせて製作。第四段階-2 では、想定する筋交いと 角度は異なるが、断面と長さを再現して実施する。

これは、筋かい角度が多少変わっても座屈耐力はそれほど変わらないためである。一方、材の曲げ剛性、端部の回転剛性の比率が座屈長さに大きく影響する。ここでは治具など製作費用の面から、各仕様について角度は同じと見なし、断面違い、長さ違いによる試験を実施する(治具は一つで可能となる。)。

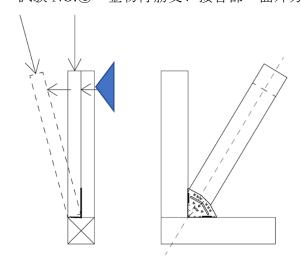
ただし、あくまで断面、長さに比較して角度の影響度合いが低いという認識は共有しておきたい。

試験 NO.④で筋交い端部の固定度が明確化された場合には、本実験は解析的に検討ができるようになり、将来的には不要となる。

試験 NO.② 金物付筋交い接合部 引張

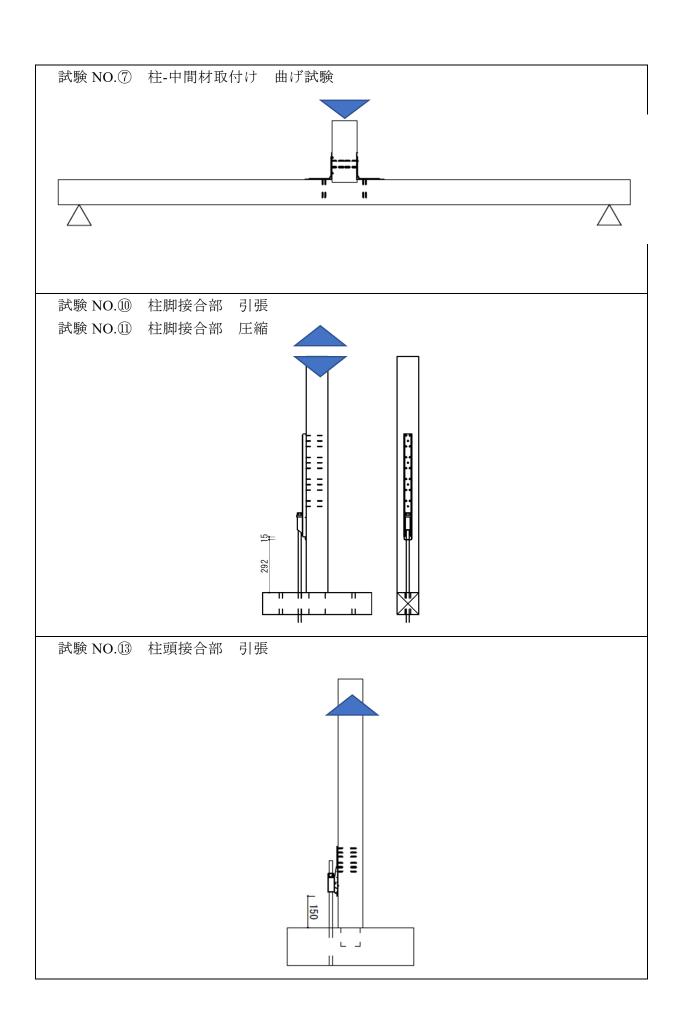


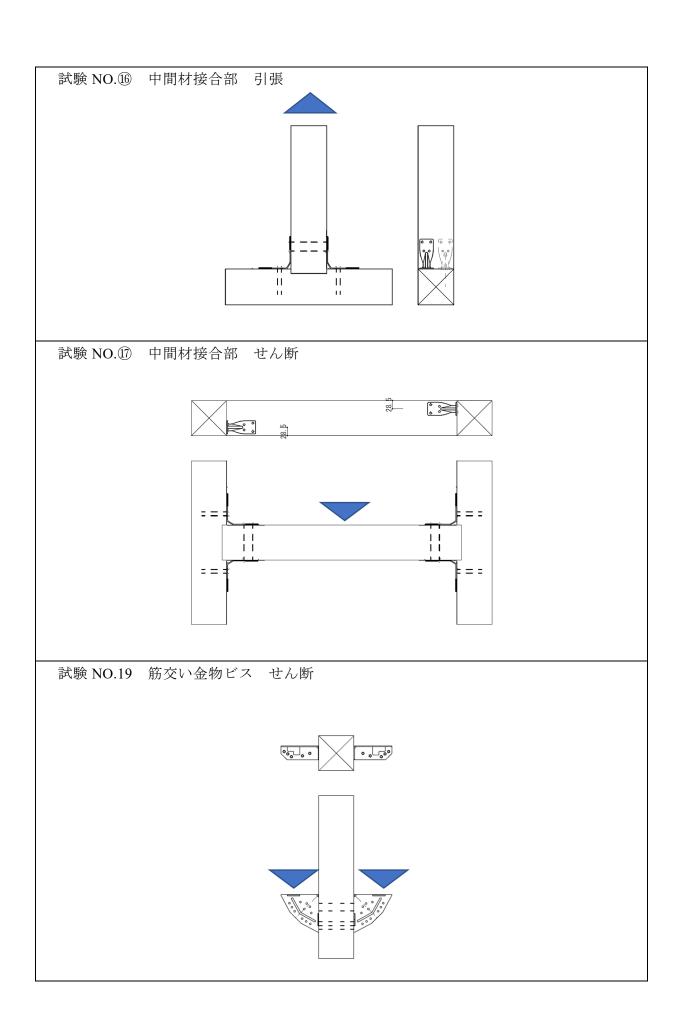
試験 NO.④ 金物付筋交い接合部 面外方向加力

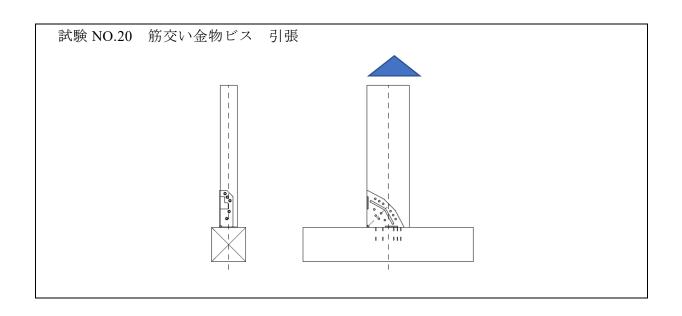


本実験は、筋かい端部の固定度を確認するものである。将来的に、この実験で固定度が明らかとなる場合、座屈低減係数にて推測が可能となり、試験 NO.①は不要となる。

本実験では筋交いにかける軸力をパラメータとして、軸力に応じた回転剛性を確認することが望ましい。ただし、加力時に面外方向への曲げ変形が大きくなることで、筋かいにかける軸力の向きが変わるため実験は難しい。







## (3) 筋交い断面と柱断面の組み合わせについて

筋交い耐力壁では、柱をはじめとする軸組断面と筋交い断面が納まり上重要で、かつ、性能にも大きな影響を与える。また、部材の断面寸法は、解析上はいくつでも設定できるが、実際の施工となると流通しているものを用いることになる。そこで、解析対象を絞るためにも、これらの寸法の組み合わせを表 2.3.1 に整理した。本事業では、性能に大きな影響を与える筋交いへの切り欠きは行わない仕様を対象としている。

表 2.3.1 中に赤字で示しているのは、枠組壁工法用製材の 304 および 306 の寸法である。 また、青字で示している柱断面の 135mm は流通しておらず、実際に利用する際には 150mm 角から切り出すことになる。表中×で示しているのは、納まらない仕様であり、◎は筋交い交差部にて、筋交いのすき間に間柱が必要ない仕様である。

解析および実験はこの範囲の断面で行うことを計画している。

表 2.3.1 筋交い断面と柱断面の組み合わせ

		幅 (mm)	90	90	89	90	105	105	105	120	120	120	140
	筋交い 厚さ (mm)		45	60	64	75	45	60	75	45	60	75	64
		断面二次モーメント(cm⁴)	68.3	162.0	194.4	316.4	79.7	189.0	369.1	91.1	216.0	421.9	305.8
柱	120	筋交い厚さ60まで	0	0	×	×	0	0	×	0	0	×	×
断	135	筋交い厚さ67.5まで	0	0	0	×	0	0	×	0	0	×	0
面	150	筋交い厚さ75まで	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## 第3章 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の

## 耐力壁の基準について

## 3.1 検討内容に対する委員会での意見

本事業では、現在国交省で検討が進められている木造建築物の省エネ化などによる建築物の重量化に対応するための必要な壁量などの基準案を共有し、現場のニーズ等について、委員会にて意見交換を行った。

その結果を以下に示す。

- ・ 今回の法改正の検討に対して、木造以外の検討も進められているか。例えば地域係数 の検討等。
  - →高さ関係の緩和規定の検討が進められている。地域係数については今回の改正の対象とはなっていない。
- ・ ZEH 必要壁量(案)が既存の必要壁量に比べて非常に大きいと感じる。既存の ZEH 仕様の建築物に対して、法改正後、増改築の取り扱いはどうなるか。既存の必要壁量との差が大きく、新たな壁量に合わせなければならないとすると、増改築に踏み切れないケースが出てくるものと思われる。
  - →基本的には現行の規定に基づくことになる。つまり増改築で建築確認が必要となる場合で、対象となる部分が ZEH レベルであれば遡及されることになる。
- ・ 壁倍率の上限は変更される可能性はあるか。
  - →実態の荷重を拾って必要壁量を算定する場合においては、許容応力度計算やグレー本に規定されている考え方と同様に、7 倍程度までとすることも検討の対象としている。
- ・ 令和 4 年 10 月 28 日に国交省ホームページに掲載された「木造建築物における省エネ 化等による建築物の重量化に対応するための必要な壁量等の基準(案)の概要の公表 について」に関する一連の資料(3.2 に示す)にて、以下の 4 つの基準案が示され、そ のうち必要壁量等に関連するものとして方法①~③が示された。
  - 1. 必要な壁量に関する規定
  - 2. 柱の小径に関する規定
  - 3. 設計上の留意事項
  - 4. その他(伝統的構法等に関する規定)

(必要壁量の算出方法)

方法①:個々の建築物の荷重の実態に応じて現行規定より精緻に検証する方法

方法②:現行規定と同様に簡易に確認する方法 方法③:構造計算により安全性を確認する方法

- 現段階で示されている必要壁量は相当安全側であると感じられる。軽い建物の場合、 これまでの2倍程度の壁量が必要となる。
  - →方法②で示した壁量案は、建物重量の想定がかなり安全側で、25%増加を想定している。
  - →方法③に誘導している意図がある場合、無等級材が位置づけられたままとなっている点が気になる。
- ・ 壁倍率が 5 倍を超えるものを認める、という記載があるが、認めるための条件が必要 ではないか。
- ・ 準耐力壁があれば 5 倍を超える、とあるが準耐力壁の壁倍率は建築基準法内では位置 づけられていない。それを位置づけることになるか。
  - →位置づけるかどうかも含めて、告示化等に向けての検討が必要と考えている。
- ・ 準耐力壁等と組み合わせて高い倍率になったときの柱頭柱脚の組合せはどうなるか。→もし告示で位置づけられる場合は、準耐力壁にもN値計算が適用されることになるだろう。
- ・ ここでは準耐力壁と組み合わせて 5 を超えるという議論となっている。単独で 5 を超 える壁も位置づけられるのか。
  - →将来的に単独で5を超えるものも告示に位置付けられると考えている。
  - →単体で超えるものを位置づけることは問題があるのでは。
- ・ 5を超える倍率に関する内容・条件等は今後、検討を進める。
- ・ 「2.柱の小径に関する規定」で示された値を見ると、特に積雪地域の数値が厳しく、 例えば、張間方向に相互の間隔が 10m 以上では 1/20 となり、その基準に従えば、120 角の柱を使用する場合は、柱長さが 2.4m までとなってしまう。
- ・ 方法①による必要壁量の試算例について、太陽光発電:ありなし、階高:2.8m、3.5m、各階の床面積比(2階面積/1階面積):100/100、80/100、60/100、40/100のバリエーションが示されている。例えば高さが3.0mの場合や、各階の床面積比が70/100の場合等、この試算例にはない建物にも適用しやすいよう、必要壁量が計算できるようなシステムを展開してもらえると使い勝手がよいと思われる。

# 3.2 木造建築物における省エネ化等による建築物の重量化に対応するための必要な壁量等の基準(案)の概要

令和4年10月28日に国交省ホームページに掲載された「木造建築物における省エネ化等による建築物の重量化に対応するための必要な壁量等の基準(案)の概要」を次ページ以降に示す。第二回の委員会では、この資料をベースに情報交換を行った。

注:木造建築物で、ZEH 水準等の省エネルギー性の高い住宅・建築物を対象に構造関係規 定の見直しを行い、令和7年4月から施行予定です。(規模に関わらず、構造計算を行う場 合には影響ありません。)

## 木造建築物における省エネ化等による建築物の重量化に対応するための 必要な壁量等の基準(案)の概要の公表について

令和4年10月28日 国土交通省住宅局 参事官(建築企画担当)付

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、住宅・建築物の省エネ対策等を強力に進めるための「脱炭素社会の実現に資するための建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律等の一部を改正する法律」(以下「改正法」という。)が令和4年6月17日に公布され、現在、改正法の施行に必要な政省令・告示等の整備に向けて検討を進めているところです。

また、令和4年2月1日の社会資本整備審議会の答申において、小規模木造建築物等の構造安全性を確認するための措置に関し、講ずべき施策として、「省エネ化等に伴って重量化している建築物の安全性の確保のため、必要な壁量等の構造安全性の基準を整備する。」とされたところです。

これらを受けて、国土交通省では、構造関係規定の見直しについての検討を行う有識者会議での審議結果を踏まえながら、建築基準法に基づく「木造建築物における省エネ化等による建築物の重量化に対応するための必要な壁量等の基準(案)の概要」を別紙のとおり、とりまとめたところです。

今後、改正法の構造関係規定の施行に必要な建築基準法施行令等の改正\*1を行い、これとあわせて同基準(案)の概要を原案として必要な壁量等の基準を位置付けることを予定しています。同施行令等の施行までの間は、ZEH 水準等\*2の省エネ性能の高い建築物であっても現行規定に基づいて建築することが可能ですが、ZEH 水準等の建築物が重量化する傾向にあることを踏まえ、同施行令等の公布までの間も、施行後に必要となる壁量等を確保しておこうとする建築主等が ZEH 水準等の建築物を建築する際の参考資料として、同基準(案)の概要を公表することとしたものです。

引き続き、同基準(案)の概要を原案として政省令・告示等の検討を進め、パブリックコメント等の手続きを経た上で確定、公布の予定としています。

<sup>※1</sup> 改正法に関連する建築基準法施行令の改正のうち構造関係規定に関する内容についても、令和 5 年秋頃の公布、令和7年4月からの施行を予定しています。また、関係告示の改正についても、同施行令の公布後速やかに公布、令和7年4月からの施行を予定しており、施行に向けて十分な周知期間を確保することとしています。

<sup>※2</sup> 強化外皮基準(住宅の品質確保の促進等に関する法律第3条の2第1項に規定する評価方法基準における断熱等性能等級5以上の基準(結露の発生を防止する対策に関する基準を除く。))を満たし、かつ再生可能エネルギーを除いた一次エネルギー消費量が省エネ基準の基準値から20%削減となる省エネ性能の水準(ZEH水準)のほか、同基準(案)ではZEH-M水準、ZEB水準等を含みます。

なお、改正法の構造関係規定の改正内容のうち、木造建築物の構造計算における高さの合理化(建築基準法第 20 条関連)\*\*3の改正に関する内容は別途検討中であり、今回の公表の内容には含まれていません。具体的な施行期日や政省令・告示等の内容については、パブリックコメント等の手続きを通じて明らかにします。このほか、関連情報を以下の URL において、随時お知らせすることとしています。

## (国土交通省ホームページ)

・脱炭素社会の実現に資するための建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律等 の一部を改正する法律(令和4年法律第69号)について

https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku\_house\_tk\_000163.html

## 「関連ページ]

- 2. 関連規定の改正予定について
- ・木造建築物における省エネ化等による建築物の重量化に対応するための必要な 壁量等の検討(案)の概要の公表について

https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku\_house\_tk\_000166.html

以上

## 【問い合わせ先】

国土交通省住宅局参事官(建築企画担当)付

電 話:03-5253-8111 (内線:39536、39537)

 $\mathcal{I} - \mathcal{N}$ : <u>hqt-kouzou22@gxb.mlit.go.jp</u>

<sup>※3</sup> 高さ 13m以下かつ軒高 9m以下の建築物は、簡易な構造計算(許容応力度計算)で設計可能とされているところ、改正法により、簡易な構造計算の対象を高さ 16m以下の建築物に拡大することとしています。

## 木造建築物における省エネ化等による建築物の重量化に対応するための 必要な壁量等の基準(案)の概要

## 1. 必要な壁量に関する規定(建築基準法施行令第46条第4項等関連)

重量化が見込まれる ZE H水準等の建築物について、いわゆる壁量計算における必要な壁量を確認する方法として、個々の建築物の荷重の実態に応じて現行規定より精緻に検証する方法 < 方法①>を新たに位置づけるとともに、現行規定と同様に簡易に確認する方法 < 方法②>を用いることができることとする。また、構造計算により安全性を確認する方法 < 方法③>を用いる場合には、壁量計算を省略することができることとする。

## (1) 個々の建築物の荷重の実態に応じてより精緻に検証する方法<方法①>

ZEH水準等の建築物について、建築基準法施行令(以下「令」という。)第46条第4項の規定に基づく、いわゆる壁量計算において、地震力に関する必要な壁量の基準について当該建築物の荷重の実態に応じて計算により求める方法<方法①>を次式のとおり位置づけることとする。

当該階の床面積当たりの必要壁量= (Ai・Co・Z・Rt・Σwi) / (Qo・Afi)

Ai:層せん断力分布係数

Ai = 1+ {  $(1/\sqrt{\alpha}i) - \alpha i$ } ×2T/ (1+3T)

固有周期 T=0.03 h (秒)

αi: 建築物の Ai を算出しようとする高さの部分が 支える部分の固定荷重と積載荷重との和(多雪 区域においては、更に積雪荷重を加えるものと する。)を当該建築物の地上部分の固定荷重と 積載荷重との和で除した数値

h:建築物の高さ (m)

Co:標準せん断力係数 0.2 とする。

※令第88条第2項の規定により指定した 区域の場合は0.3

Z:地震地域係数 1.0 とする。

Rt:振動特性係数 1.0 とする。

Σwi:実況に応じた荷重(固定荷重、積載 荷重、積雪荷重)により算出(kN)

 $Q_0 = 0.0196 \text{ (kN/cm)}$ 

Afi: 当該階の床面積 (m²)

あわせて、存在する壁量(各階の張り間方向及びけた行方向に配置する壁を設け又は筋かいを入れた軸組を、それぞれの方向につき、令第46条第4項表1の軸組の種類の欄に掲げる区分に応じて当該軸組の長さに同表の倍率の欄に掲げる数値を乗じて得た長さの合計)について、現行規定では耐力要素として見込んでいない開口部まわりなどの腰壁・袖壁等(準耐力壁等)についても、一定の耐震性への寄与が期待できることから、<方法①>の検証の際に存在する壁量に算入できるようにする。さらに、一定の高い耐力を有する壁に係る壁倍率の上限を引き上げるよう見直すこととする。

なお、現行規定に基づく<方法②>により壁量計算を行った ZEH 水準等の建築物についても、荷重が特に大きい建築物(土蔵造など)でなく、準耐力壁等が一定程度存在するなど構造安全上の余裕が見込まれる場合には、<方法①>による個々の建築物の荷重の実態に応じてより精緻な検証(又は構造計算<方法③>)を行うことで、見直し後の基準において必要とされる耐震性が確認できるものと考えられる。

運用にあたっては、特定の仕様等の組合せを確認することで、必要な壁量の基準が 簡易に把握できる試算例(早見表)を活用できることとする。

## (2) 簡易に必要な壁量を確認する方法<方法②>

現行規定における令第46条第4項表2と同様に、簡易に必要な壁量を確認する方法 <方法②>を用いることができることとし、次の表1のとおり、新たにZEH水準等の 建築物に対応する必要な壁量の基準を位置づける。

表 1 ZEH 水準等の建築物における必要な壁量に関する基準(案)の追加 <令第 46 条第 4 項関係>

ZEH 水準等の建築物(案)	25	53	31	81	62	36
第四十三条第一項の表の(二)に 掲げる建築物	11	29	15	46	34	18
第四十三条第一項の表の(一)又 は(三)に掲げる建築物	15	33	21	50	39	24
	階数が一の 建築物	(単位 - 階数が二 の建築物 の一階	階の床面積に 一平方メートル 階数が二の 建築物の 二階	<ul><li>こ乗ずる数値</li><li>につきセンチメ</li><li>階数が三の</li><li>建築物の</li><li>一階</li></ul>	ートル) 階数が三の 建築物の 二階	階数が三の 建築物の 三階

この表における階数の算定については、地階の部分の階数は、算入しないものとする。

また、平成13年国土交通省告示第1540号に定める枠組壁工法の基準において、同告示第5第五号に定める壁量の基準についても、次の表2のとおり、ZEH水準等の建築物の必要な壁量の基準を位置づけることとする。

表 2 枠組壁工法を用いた ZEH 水準等の建築物における必要な壁量に関する基準(案)の追加 <平成 13 年国土交通省告示第 1540 号第 5 第五号関係>

		階の床面積に乗ずる数値 (単位 一平方メートルにつきセンチメートル)						
	階数が一 の 建築物	階数が二 の建築物 の一階	階数が二 の建築物 の二階	階数が三 の建築物 の一階	階数が三 の建築物 の二階	階数が三 の建築物 の三階		
屋根を金属板、石版、木板その他これ らに類する軽い材料でふいたもの	11	29	15	46	34	18		
屋根をその他の材料でふいたもの	15	33	21	50	39	24		
多雪区域における建築物 (垂直積雪量が1mの区域)	25	43	33	60	51	35		
多雪区域における建築物 (垂直積雪量が2mの区域)	39	57	51	74	68	55		

この表において、屋根に雪止めがなく、かつ、その勾(こう)配が三十度を超える建築物又は雪下ろしを行う慣習のある地方における建築物については、垂直積雪量をそれぞれ次のイ又は口に定める数値とみなことができる。この場合において、垂直積雪量が 1 m 未満の区域における建築物とみなされるものについては、平屋建て建築物にあっては 25 と 39 とを、二階建ての建築物の一階にあっては 43 と 57 とを、二階建ての建築物の二階にあっては 33 と 51 とを、三階建ての建築物の一階にあっては 60 と 74 とを、三階建ての建築物の二階にあっては 51 と 55 とをそれぞれ直線的に延長した数値とする。

イ 令第八十六条第四項に規定する屋根形状係数を垂直積雪量に乗じた数値(屋根の勾(こう)配が六十度を超える場合は、0)

ロ 令第八十六条第六項の規定により積雪荷重の計算に用いられる垂直積雪量の数値

ZEH 水準等の建築物(案)	25	53	31	81	62	36
<b>ZEH 水準等の建築物(案)</b> 多雪区域における建築物 (垂直積雪量が1mの区域)	39	67	46	95	76	52
<b>ZEH 水準等の建築物(案)</b> 多雪区域における建築物 (垂直積雪量が2mの区域)	53	81	60	109	91	68

※この表における階数の算定については、地階の部分の階数は、算入しないものとする。

※垂直積雪量が1mを超え2m未満の地域、3階建ての小屋裏利用建築物については記載を省略している。

※ZEH 水準等の建築物(案)について、現行の規定にある表 2 下部の多雪区域に関する規定の記載を省略している。

## (3) 構造計算により安全性を確認する方法<方法③>

ZEH水準等の建築物について、構造計算(木造若しくは鉄骨造の建築物又は建築物の構造部分が構造耐力上安全であることを確かめるための構造計算の基準を定める件(昭和62年建設省告示第1899号)に定める構造計算)により安全性を確認する方法<方法③>による場合は、令第46条第4項の必要な壁量の確認を省略することができることとする。

## 2. 柱の小径に関する規定(令第43条関連)

省エネ化等により建築物が重量化することに対応するため、令第43条第1項の規定に基づく柱の小径の確認について、次の表3のとおり、新たにZEH水準等の建築物に対応する基準を位置づけることとする。

なお、構造計算(木造の柱の構造耐力上の安全性を確かめるための構造計算の基準を定める件(平成 12 年建設省告示第 1349 号)に定める構造計算)により安全性を確認した場合には、令第 43 条第 1 項に規定する柱の小径の確認を省略することができることとする。運用にあたっては、長期優良住宅の技術解説資料の中で推奨項目として記載されている方法(省エネ性能の高い建築物における柱の小径の検討事例)が活用できるので参考にされたい。

## (一社) 住宅性能評価・表示協会ホームページ:

https://www.hyoukakyoukai.or.jp/chouki/index.php

長期優良住宅に係る認定基準 技術解説【第10版】(2022/10/01)

P26~31<2 階建て以下の木造建築物に係る壁量基準に加えて配慮することが望ましい事項>

表 3 ZEH 水準等の建築物における柱の小径に関する基準(案)の追加 < 令第 43 条第 1 項関係>

	~ 下分 43 未分 1 項因际~							
		張り間方向又はけた 隔が十メートル以上 育所、劇場、映画館場、公会堂、集会場 む店舗(床面積の合 ル以内のものを除く 浴場の用途に供する	の柱又は学校、保 京、演芸場、観覧 い物品販売業を営 計が十平方メート 。) 若しくは公衆	左欄以外の柱				
		最上階又は 階数が一の 建築物の柱	その他の階の柱	最上階又は 階数が一の 建築物の柱	その他の階の柱			
()	土蔵造の建築物その他これに類する壁 の重量が特に大きい建築物	1/22	1/20	1/25	1/22			
(二)	(一) に掲げる建築物以外の建築物で 屋根を金属板、石板、木板その他これ らに類する軽い材料でふいたもの	1/30	1/25	1/33	1/30			
(三)	(一) 及び (二) に掲げる建築物以外 の建築物	1/25	1/22	1/30	1/28			
1	k準等の建築物(案)	1/25	1/22	1/28	1/25			
	k準等の建築物(案) 区域)	1/20	1/18	1/22	1/20			

<sup>※</sup>構造耐力上主要な部分である柱の小径は、その柱に接着する土台、はり等の構造耐力上主要な部分である横架材の相互間の垂直距離に対して、表に掲げる割合以上のものとする。

## 3. 設計上の留意事項

省エネ化等により建築物が重量化することを考慮し、以下の内容について、設計上 配慮することが望ましい。

## (1) 床組等の検討

ZEH水準等の建築物について、設計上配慮することが望ましい床組等の具体的な検討方法としては、住宅性能表示制度の評価方法基準における告示(平成13年国土交通省告示第1347号)第5 1-1(3)ホ②③に規定する方法によることが考えられる。

## (2)接合部の検討

ZEH水準等の建築物について、設計上配慮することが望ましい胴差と柱の接合部等の具体的な検討方法としては、住宅性能表示制度の評価方法基準における告示第 5 1-1 (3) ホ④に規定する方法によることが考えられる。

## (3) 横架材及び基礎の検討

ZEH水準等の建築物について、設計上配慮することが望ましい横架材・基礎の具体的な検討方法としては、住宅性能表示制度の評価方法基準における告示第 5 1-1 (3) ホ⑤に規定する方法によることが考えられる。

## 4. その他(伝統的構法等に関する規定)

伝統的構法等で用いられる床組等に板張りを用いる場合の規定(平成28年国土交通 省告示第691号第二号)において、次の表4のとおり、ZEH水準等の建築物に対応 する基準を追加することとする。

表 4 伝統的構法等を用いた ZEH 水準等の建築物における耐力壁線に関する基準(案)の追加 <平成28年国土交通省告示第691号第二号口関係>

			耐力壁線の相互の間隔		
			階数が二の建	建築物の一階	
耐力	J壁線の配置	階数が一の建築物	二階の耐力壁線が一階 の耐力壁線の直上にの みある場合	左欄に掲げる場合以外 の場合	階数が二の建築物 の二階
	り組が接する当該階の耐 らが(ii)に該当する場合	10	8.6	4.3	6.6
上に掲げ	る場合以外の場合	5	2.2 (一階の耐力壁線 の (i) に該当するもの の直上の二階の耐力壁 線が (i) に該当するも のである場合にあって は、4.4)		3.3
	床組及び小屋ばり組が接 する当該階の耐力壁線の いずれもが(ii)に該当 する場合	8.0	7.5	3.7	5.7
ZEH 水準等 の建築物(案)	上に掲げる場合以外の場 合	4.0	1.8 (一階の耐力壁線 の (i) に該当するもの の直上の二階の耐力壁 線が (i) に該当するも のである場合にあって は、3.6)		2.8
77711 上, 3体/体	床組及び小屋ばり組が接 する当該階の耐力壁線の いずれもが(ii)に該当 する場合	5.1	6.0	3.0	4.0
ZEH 水準等 の建築物(案) (多雪区域)	上に掲げる場合以外の場 合	2.5	1.5 (一階の耐力壁線 の (i) に該当するもの の直上の二階の耐力壁 線が (i) に該当するも のである場合にあって は、3.0)		2.0

以 上

<sup>(</sup>i) 各階の張り間方向及び桁行方向において、外壁線の最外周を通る平面上の線 ((ii) に該当するものを除く。) (ii) 各階の張り間方向及び桁行方向において、床の長さの十分の六の長さ以上で、かつ、四メートル以上の有効壁長 (耐力壁の長さに当該壁の倍率 (令第 46 条第四項の表一の倍率の欄に掲げる数値をいう。) を乗じた値をいう。 以下同じ。)を有する平面上の線

## 第4章 添付資料

## 4.1 全体委員会議事録

本事業で実施した委員会は以下の通りである。

	日時	場所
第1回	令和4年7月4日(月)	Zoom によるオンラインミーティング
	$18:00\sim 20:00$	
第 2 回	令和4年11月9日(水)	同上
	$18:00\sim 20:00$	
第3回	令和5年2月14日()	同上
	16:00~ 18:00	

次ページから、委員会の議事録を掲載する。

## 令和 4 年度 建築基準整備促進事業 S38

## 第1回 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討委員会

日時	2022年 7月4日	2022年 7月4日 月曜日 18:00~20:00						
場所	ZOOM							
参加者	委員長	河合直人						
(敬称略)	委員	五十田博	稲山正弘	青木謙治	大橋好光			
		槌本敬大	山崎義弘	中島昌一	伊藤嘉則			
		津田千尋	逢坂達男					
	オブザーバー	小谷竜城						
	協力委員	荒木康弘	秋山信彦					
	行政	納富昭光	今田多映					
	事務局	平野陽子	山崎渉	佐々木留美				

#### 配付資料

資料 01:関係者名簿

資料 02: 令和 4 年度事業の概要

資料 03:筋交い 検討方針

資料 04: 筋交い 現状の法規・技術基準

資料 05: 高耐力(2 段以上)筋交いの既往の研究

資料 06:試験体図 + 金物仕様

資料 07-1:BL 実験関係資料 加力装置図 資料 07-2:BL 実験関係資料 計測計画

参考資料 01:パブコメ資料(長期使用構造等とするための措置及び維持保全の方法の基準の一部 を改正する告示案について(概要))

## 1. 国交省挨拶、事業の概要(資料 01~02)

- ・ 本事業は来年度までの2年。今年度の実施内容は以下の通り。ZEHの必要壁量に関する検 討については、構造基準検討委員会の木造WGでの検討結果の情報共有を行う。
  - ·ZEH に対応した必要壁量の見直しに関する技術的資料のとりまとめの確認。
  - ・筋かい耐力壁の仕様の検討、および実験による性能確認。

#### 2. ZEH 必要壁量に関する検討

- · 現在検討されている ZEH 必要壁量について国交省より進捗状況について説明があった。
- ・ 今回の法改正の検討に対して、木造以外の検討も進められているか。例えば地域係数の検討 等。
  - →高さ関係の緩和規定の検討が進められている。地域係数については今回の改正の対象と はなっていない。
- ・ ZEH 必要壁量(案)が既存の必要壁量に比べて非常に大きいと感じる。既存の ZEH 仕様の建築物に対して、法改正後、増改築の取り扱いはどうなるか。既存の必要壁量との差が大きく、

新たな壁量に合わせなければならないとすると、増改築に踏み切れないケースが出てくるもの と思われる。

- →基本的には現行の規定に基づくことになる。つまり増改築で建築確認が必要となる場合で、 対象となる部分が ZEH レベルであれば遡及されることになる。
- · 壁倍率の上限は変更される可能性はあるか。
  - →実態の荷重を拾って必要壁量を算定する場合においては、許容応力度計算やグレー本に 規定されている考え方と同様に、7 倍程度までとすることも検討の対象としている。

## 3. 筋かいの検討方針および試験体案(資料 03~07)

・ 資料 03~07 では、筋かいの検討方針、その前提となる資料(現行の法規・基準、既往の研究)および試験体図案を示している。これまでの WG での議論により、対象とする筋かいの想定は以下の通り。

アスペクト比が 3.5 を超える場合の限定の仕様で、高さが高くなった場合(最大 4.5m)に壁 倍率 5 を確保できるもの。

・ 試験体は、高さ4.5mを想定した3段筋かいとし、以下の2仕様×3体を実施予定(資料06)。

仕様 A:筋かい 45×90 仕様 B:筋かい 60×120

#### (使用する材料の品質について)

- ・ 柱、中間横架材、梁については、スギ E70 とする(図面は E65 とあるが、製材 JAS では E50 もしくは E70 となる。)。ただし、材料調達時点でヤングを計測し、ヤングが 60~65 となる低質材 (節も考慮)を選別し、それらを使用することとする(具体的な選別方法は調達先と要相談)。筋かいについても同様の対応とするが、羽柄材の JAS 材はないため E70 相当とし、軸材と同様に低質材を選別。
- ・ 使用材料のヤング係数、密度、節(最大節径比等)、含水率の記録をしておく。
  - →ヤング係数は、できればたわみ計測で行うほうがよい。
  - →それぞれ、どの段階でどの方法で計測するか整理しておく。
- 過去の筋かいの実験の際にはどのような材料指定としたか。
  - →軸材を E70 で指定したのみ。材料のばらつきはあまりなかったと記憶している。
- ・ 大臣認定の評価試験では、試験体材料として柱は E70 でよいとしている。平成 26 年の S15 の基整促の耐力壁試験で E70 を採用しており、それ以降はこの条件としている。
- ・ 基準になる際に検討すべき事項ではあるが、試験体で JAS 材を使用することを条件とした場合は、最終的に作成する基準でも JAS 材利用が条件となるものと思われる。
  - →ここでの試験体図で示した材料品質指定は、使用する材の質を管理することが目的で、高い品質のものを指定する意図ではない。具体的には、JAS 材指定をしない場合に入手される低質材での実験を行うことが目的である。本事業での材料指定の考え方、材料の選別方法については報告書に整理しておく。

#### (金物の仕様)

- ・ ホールダウン金物が壁の表面・裏面に留付けられているが、表と裏で留付け高さが異なる (550mm)。アンカーボルトの長さが異なると剛性が異なるため、想定しない破壊が生じる可能性がある。
  - →ビスの長さが 85mm で柱が 120 角であるため、同じ高さに留付けることはできない。表裏で留付け高さを 15mm ずらせばビスをかわせるため、そのように変更する。また、高さの位置は、1 段目の筋かいの真ん中あたりにするのがよい。
  - →過去に高さ 4.5m で 2 段の筋かいの実験をした際に、ホールダウンの頂部で柱が曲げ引張のような破壊を起こしたことがあった。柱が 105 角で、ホールダウンの留付けが面内方向だったという違いはあるが、そういった破壊が生じないような留付けを考えておく必要がある。
- ・ 今回の金物は参考としている LD 試験体(資料 05 参照)を踏襲している。筋交いは壁倍率 2 倍用の金物、中間横架材は 15kN 以上のコーナー金物で留付けることが条件。予算の関係で、試験体数が限られていることから、今回の実験ではこの金物で目標としている性能が出るかどうかを検証する。
  - →この仕様での実験結果をもとに、最終的にどういう金物が同等とみなせると考えてよいか。 例えば筋かい金物で、柱のみに留付けるような金物もある。それも同等で扱ってよいか。
  - →柱のみに取り付ける金物は OK ということにはならない。金物の同等性の評価は、別途接合 部試験を進める必要がある。
- ・ 仕様 B(筋かいの断面寸法が 60×120)の場合、筋かい金物に対して筋かいが 45mm しか載っていないことになる。残り 15mm は浮くことになるため、等厚のプレートを入れておいたほうがよいか。
  - →初期剛性は少し下がるかもしれないが、破壊性状が変わるようなものではないと思われる。 ここで等厚のプレートを入れた仕様とすると、最終的な仕様にも織り込む必要が生じる。この実 験ではプレートを入れず進めることとする。

#### (中間横架材の仕様)

- ・ 中間横架材の断面寸法は 120×180 としている。120 角でもよいのでは。
  - →筋かい金物、中間横架材のコーナー金物の留付けビス(L=85mm)を考慮して、120×180としている。ビスが干渉しないように留付け位置を調整でし、できるだけ中間横架材のせいを小さくする方向で再度検討する。
- ・ 中間横架材は柱に対して大入れとし、せん断剛性に効かせるようにしている。
  - →施工上も、位置決めのためにあってよいと思われる。大入れではなくほぞ差しでもよいので は。
  - →以前、PWA で同様の検討をした際に、ほぞ差しだと施工がしづらく、大入れとしたことがある。ただし、直交方向に同じ壁が来た場合は大入れだと納まらない。片方は梁受け金物で対応する必要があるだろう。

## (長ほぞの仕様)

・ ほぞの寸法は幅 90×厚さ 45×長さ 90(柱頭)、120(柱脚)である。一般的なプレカットでは幅は 85~88mm となる。また厚さ 30mm が標準で 45mm だと特注になる。ほぞ穴の深さは 90mm が最大で、今回の柱脚側の仕様は 120mm なので手加工になると思われる。

## (課題等)

- ・ 資料 03 で、筋かいが 2 段、3 段となる場合の中間横架材を令 45 条の「その他の横架材」として読めるとしているが、読めるかどうかは別途議論が必要であり、WG で結論づけているわけではない。
- ・ 今回の試験体は3段で高さ4.5mである。仮に、高さ4.2mとしたいときにはどのような仕様と すれば同等の性能であると考えてよいのか。
  - →3 段筋かいで高さが低くなっていくと耐力は上がると考えられるが、どの高さで3 段から2 段に切り替えてよいとするか等の考え方については議論できていない。1 段分のアスペクト比が変わるときにどうなるか、1 段分のアスペクト比が同じ場合で2 段、3 段の性能差はどうなるか、という点を検証するためには実験が必要であると考える。予算の関係でパラメータを振って実験で確認できるわけではないので、まずは最大高さ4.5mとしたときに5 倍を目指して進めているところ。
- ・ 相欠きでたすき掛けとする筋かいは NG でよいか。
  - →そのように考えている。
- ・ 10 月に試験場(BL)を抑えている。上記指摘事項を踏まえ試験体発注前に WG にて再度検討する。

## 4. その他

・ 次回以降の予定は以下の通り。10 月中に実験予定となるため次回委員会にて速報を報告予 定。実験がずれる場合は、日程を再調整する可能性あり。

WG03: 7/25(月)19:00~(@ZOOM)

委員会 02: 11/9(水)18:00~(@ZOOM)

## 令和 4 年度 建築基準整備促進事業 S38

## 第2回 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討委員会

日時	2022年 11月9日	2022年 11月9日 水曜日 18:00~20:00						
場所	ZOOM	ZOOM						
参加者	委員長	河合直人						
(敬称略)	委員	五十田博	稲山正弘	青木謙治	大橋好光			
		槌本敬大	山崎義弘	中島昌一	伊藤嘉則			
		津田千尋	逢坂達男					
	オブザーバー	小谷竜城						
	協力委員	荒木康弘	秋山信彦					
	行政	納富昭光	今田多映					
	事務局	平野陽子	山崎渉	佐々木留美				

#### 配付資料

資料 01:前回議事録(7/4)

資料 02:筋かい試験体の試験体図・速報

資料 03-1: 概要の公表について

資料 03-2:木造建築物における省エネ化等による建築物の重量化に対応するための必要な壁量などの基準(案)の概要

資料 03-3: 資料 1「木造建築物における省エネ化等による建築物の重量化に対応するための必要な壁量等の基準(案)の概要」(令和 4 年 10 月 国土交通省公表)に関する補足資料資料 03-4: 資料 2ZEH 水準等の建築物の床面積あたりの必要壁量の試算例

## 1. 前回議事録の確認(資料 01)

・ 筋かい耐力壁の試験体の高さが 4.5m 程度であるが、令 43 条 1 項より柱の断面寸法は 120 角でよいのか。

→WG2 にて確認済み。WG2 議事録より: 令 43 条 1 項ただし書き、令 43 条 6 項の柱の有効細長比が 150 以下であることに基づけば、5m 程度までは柱断面は 120 角で問題ない。

## 2. 筋かい実験の速報(資料 02)

・ 本事業で実施した筋かい耐力壁 2 仕様(以下に示す)×3 体(計 6 体)の結果速報報告。壁倍率は仕様 A で 2.6 倍、仕様 B で 5.6 倍となった。破壊性状は、筋かいの座屈だけでなく、一部柱の折損も見られた。

仕様 A:筋かい 45×90 仕様 B:筋かい 60×120

・ 筋かいが座屈して破壊している点について、筋かいの節の有無を確認しておく。筋かいはヤン グを管理したとしても節があると倍率が出ないだろう。本事業の結果を踏まえて、今後筋かい 耐力壁の告示化を進めるのであれば、節径比等の規定が加わることが望ましい(JAS を求め るのは難しいため)。

- →写真等により節の有無および最大節径比を報告書にまとめておく。また、筋かいの材料特性値も併せてまとめる。
- ・ 筋かいの座屈は 1/30rad を超えたあたりだったと思われる。可能であれば、斜材の圧縮力が どの程度だったか分析してはどうか。
  - →筋かいにひずみゲージを張っているので、まずはそのデータを確認してみる。
  - →筋かいの座屈荷重の算出は可能か。
  - →筋かい金物による回転拘束や、間柱の効果等の条件が複雑であり、算出は難しい。
- ・ 筋かいの断面寸法が 60×120 では壁倍率 5 倍以上となっている。目標倍率が 4 倍であれば 45×120 としてもよいかもしれない。
  - →断面寸法が変わったとしても材の品質が変わると筋かいが強くなる可能性がある。告示化 を目指すのであれば、その考え方の整理も必要。
- ・ 本事業では、まずは実験結果のとりまとめを進める。その整理後、どのように告示化できそうか、告示化できるとしても適用範囲をどこまで広げることができるかについては、本事業では明確に決めることは難しい。本事業の取りまとめの考え方については、今後 WG で議論し整理する。

## 3. ZEH 必要壁量の検討について(資料 03 シリーズ)

- ・ 資料 03 シリーズは、令和 4 年 10 月 28 日に国交省ホームページに掲載された「木造建築物における省エネ化等による建築物の重量化に対応するための必要な壁量等の基準(案)の概要の公表について」に関する一連の資料である。以下の 4 つの基準案が示され、そのうち必要壁量の算出方法として、方法①~③が示された。
  - 1. 必要な壁量に関する規定
  - 2. 柱の小径に関する規定
  - 3. 設計上の留意事項
  - 4. その他(伝統的構法等に関する規定)

## (必要壁量の算出方法)

方法①:個々の建築物の荷重の実態に応じて現行規定より精緻に検証する方法

方法②:現行規定と同様に簡易に確認する方法

方法③:構造計算により安全性を確認する方法

- ・ 方法②で示される壁量は相当安全側であると感じられる。方法③に誘導することが目的となっているのでは。軽い建物の場合、これまでの2倍程度の壁量が必要となる。
  - →方法②で示した壁量案は、建物重量の想定がかなり安全側で、25%増加を想定している。
  - →方法③に誘導している意図がある場合、無等級材が位置づけられたままとなっている点が 気になる。

- ・ 資料 3-2 では壁倍率が 5 倍を超えるものを認める、という記載があるが、認めるための条件が必要ではないか。例えば耐力壁に使用する合板は 2 級ではなく 1 級に限定するなど。
   →合板 1 級は、特注で入手することになり一般的に流通しているものではない。壁としての耐
- ・ 準耐力壁があれば 5 倍を超える、とあるが準耐力壁の壁倍率は建築基準法内では位置づけられていない。それを位置づけることになるか。
  - →位置づけるかどうかも含めて、告示化等に向けての検討が必要と考えている。
- · 準耐力壁等と組み合わせて高い倍率になったときの柱頭柱脚の組合せはどうなるか。
  - →もし告示で位置づけられる場合は、準耐力壁にも N 値計算が適用されることになるだろう。
- ・ ここでは準耐力壁と組み合わせて 5 を超えるという議論となっている。単独で 5 を超える壁も 位置づけられるのか。
  - →将来的に単独で5を超えるものも告示に位置付けられると考えている。
  - →単体で超えるものを位置づけることは問題があるのでは。
- ・ 5を超える倍率に関する内容・条件等は今後、検討を進める。資料3シリーズにおいてはまだ 検討ができていない部分である。
- · ZEH 水準等が曖昧では。

力も大して変わらない。

- →資料 3-1 の p1 の注釈※2 に記載している通り。政令にどう位置付けるかは今後要検討。
- ・ 「2. 柱の小径に関する規定」で示された値を見ると、特に積雪地域の数値が厳しく、例えば、 張間方向に相互の間隔が 10m 以上では 1/20 となり、その基準に従えば、120 角の柱を使用 する場合は、柱長さが 2.4m までとなってしまう。
- ・ 資料 03-4 に示す方法①による必要壁量の試算例について、太陽光発電:ありなし、階高: 2.8m、3.5m、各階の床面積比(2 階面積/1 階面積):100/100、80/100、60/100、40/100 のバリエーションが示されている。例えば高さが 3.0m の場合や、各階の床面積比が 70/100 の場合等、この試算例にはない建物にも適用しやすいよう、必要壁量が計算できるようなシステムを展開してもらえると使い勝手がよいと思われる。

## 4. その他

次回以降の日程は以下の通り。

委員会 03: 2/14(火)16:00~(@ZOOM) WG04: 12/12(月)10:00~(@ZOOM)

## 令和 4 年度 建築基準整備促進事業 S38

## 第3回 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討委員会

日時	2023年2月14日	火曜日 16:00~18:	00		
場所	ZOOM				
参加者	委員長	河合直人			
(敬称略)	委員	五十田博	稲山正弘	青木謙治	大橋好光
		槌本敬大	山崎義弘	中島昌一	伊藤嘉則
		津田千尋	逢坂達男		
			(代理:鴛淵)		
	オブザーバー	小谷竜城	松田昌洋		
	協力委員	荒木康弘	秋山信彦		
	行政	納富昭光	今田多映		
	事務局	平野陽子	山崎渉	佐々木留美	

#### 配付資料

資料 01:前回議事録(11/9)

資料 02:報告書案(4 章以降の添付資料を除く)

資料 03-1:早見表作成の経緯

資料 03-2: 早見表イメージ 1

資料 03-3: 早見表イメージ 2

資料 03-4: 座屈荷重早見表イメージ

## 1. 前回議事録の確認(資料 01)

## 2. 報告書案の説明(資料 02)

- ・ 本事業の報告書案の作成は一通り完了。今年度の筋交い実験の仕様決定の経緯、筋交い実験の結果、ZEH対応壁量の資料整理、次年度へ向けた検討を整理した。今後委員会指摘事項等を踏まえ、最終提出へ向けて整える予定。
- ・ 「第3章 木造建築物における省エネ化等による建築物の重量化に対応するための必要な壁量などの基準の検討」の取り扱いについては、どうするのがよいか。
  - →現段階で示している検討項目はそのまま報告書に反映。また、第2回委員会での報告資料 も添付する。

#### 3. 次年度の進め方(資料 03 シリーズ)

- ・ 次年度は解析モデルによる検討を進める(解析は信州大学松田研究室に協力いただく。)。まずは今年度の筋交い実験を再現できる解析モデルの構築を進めるために、各種要素実験を 計画し、来年度早々には実施したい。
- · 検討の前提として樹種はスギ限定となるか。
  - →スギ限定で進める。

- ・ 壁倍率の目標は 5 倍か。住木センターで取りまとめが進められている非住宅のグレー本では、どのような取り扱いとなるか。5 倍以上も想定してモデル化するような検討も行うか。
  →基本的には壁倍率が 5 倍までとし、壁量計算に用いられる耐力壁として考えている。
  - 各種要素試験において、節の管理はどのように考えているか。
  - →現状考えていない。今後対応を検討する。
- ・ 今年度の実験では柱脚部は土台を貫通する長ほぞとし、ほぞ先端をフレームにあてることで 柱の土台へのめり込みを抑える形状としている。土台を短ほぞとしてしまうと今年度の実験の ような倍率は出ない。この点について仕様規定にどのように織り込むかは検討しておいたほう がよい。
  - →柱脚部を基礎直結の金物とする、めり込みプレートを入れる、柱勝ちとする等の対応策・仕 様案を検討しておく。
- ・ 柱は 120 角とするか。
  - →今年度の実験では 120 角とした。来年度のパラスタで、柱が折れるのであれば、135 角や 150 角になる可能性もある。そもそも柱が折れるのは絶対に許容されないのか。例えば 1/15rad 程度で折れるのであれば許容する等の判断はあり得るか。
  - →その点については、今後別途議論が必要。
- ・ 資料 03-4 の座屈荷重早見表はイメージ合っているか
  - →今後の検討を踏まえ修正することは考えられるが、現段階でのイメージとしては問題ない。 筋交い厚さの影響が大きいので想定断面の寸法(特に厚さ)をもう少し細かく追加できるとよい。

## 4. その他

- ・ 次年度の要素実験の分担は別途3月中に調整する。
- ・ 既存の接合部のデータ収集について、別途カネシンにも相談。
- ・ 今年度の報告書は3/17(金)に提出。

## 4.2 ワーキンググループ、下打合せ議事録

本事業で実施した WG、下打合せは以下の通りである。

	日時	場所
第1回	令和4年5月19日(木)	Zoom によるオンラインミーティング
	13:00~15:00	
第2回	令和4年6月16日(水)	同上
	$13:00\sim15:00$	
第 3 回	令和4年7月25日(月)	同上
	19:00~19:30	
第 4 回	令和4年12月12日(月)	同上
	10:00~11:30	
下打合せ	令和5年1月24日(火)	同上
	$18:00\sim 20:00$	
第 5 回	令和5年1月31日(火)	同上
	10:00~12:00	

次ページから、WGの議事録を掲載する。

## 令和 4 年度 建築基準整備促進事業 S38

## 第1回 S38 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討 WG

日時	2022年 5月 19日 木曜日 13:00~15:00					
場所	ZOOM					
参加者	主査	五十田博				
(敬称略)	委員	河合直人	青木謙治	小谷竜城		
	協力委員	荒木康弘	秋山信彦			
	行政	納富昭光	<del>今田多映</del>			
	オブザーバー	今西達也				
	事務局	平野陽子	山崎渉	佐々木留美		
	ヒアリング	稲山正弘(東京大学)				

#### 配付資料

資料 01: 令和 4 年度事業の概要

資料 02: ZEH 必要壁量案

資料 03:計画メモ(筋交い検討) 資料 04:筋交いの既往文献例

資料 05: 方づえ形式筋かいの性能予測(引張側)

資料 06:委員会名簿

### 1. 事業概要の説明(資料 01、資料 06)

## 2. ZEH 必要壁量案の検討(資料 02)

・ 本検討では、ZEH 等の省エネ性能を有する建物の普及に伴い、建物重量が重くなっていることを踏まえた必要壁量の提案を進める。昨年度より別の事業にて検討が進められており、その進捗状況について報告があった。第1回委員会にて必要壁量案を提示できるよう検討を進める。

## 3. 筋交いの検討:課題の洗い出し(資料 03、04)

・ 資料 03 では本事業で進める筋交いの検討についてのアウトプットイメージ、課題、既往研究 (詳細は資料 04)、性能評価機関における筋交い系耐力壁の扱い、具体的な仕様案を整理している。このうち、アウトプットイメージは下記の通り。

これまでになかった筋交いでニーズがあるものについて、

第一段階:告示で位置づける。

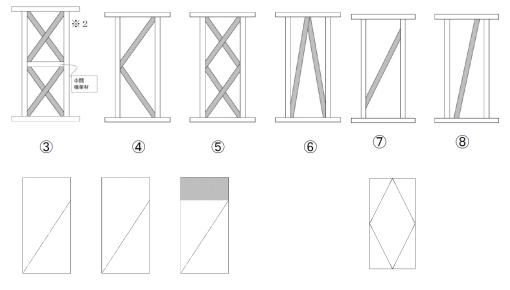
第二段階:告示に位置付ければ類似の仕様については大臣認定において評価ができるようにする。形状は鋼製の筋交いで大臣認定を取得しているものなどが参考になる。

ただし、大臣認定において1の仕様とみなせる範囲の検討は別途必要。

・ 施行令第 45 条(筋かい)でどこまで読めるか、という点を整理して、仕様を絞り込んでいく作業

が必要となる。

具体的な筋かいのパターンは、以下の図が参考となる。これらは鋼製筋交い等で運用されている配置を参考としている。(各仕様の番号は資料による)



方づえタイプ

鋼製筋かいでは実績あり

図 1 筋かいのパターン

## (課題の洗い出し)

- ・ 資料 03 では筋交いの課題として以下の 3 点を挙げている。(本事業で全て扱うかどうかは別) (1)階高が高くなった時の筋かいの性能
  - (2)大臣認定耐力壁で評価できる筋かい形状の拡大(令 45 条をどう解釈するかは考える)
  - (3)たすき掛けの筋かいの性能確保(2つ割、柱同寸筋かい)
- ・ 壁高さが高くなる場合、柱頭柱脚接合部の設計をどのように考えるか。筋かいの場合は、N値 計算の際に補正するルールがあるが、本事業の検討で対応するか。
  - →N 値計算での補正係数は圧縮と引張の差を考慮して決定したものである。
  - →図1で示す③だと補正が必要ないと思われるが、④だと補正が必要となる可能性がある。
  - →N 値計算の補正については課題ではあるが本事業では対象とせず、筋かいの仕様とその 性能の検討のみを対象とする。
- ・ 階高が高くなった場合について、資料 03 で「壁高さ 3.5m 以上では低減が必要」と記載があるが、記載ミス。正しくは「幅に対する高さ比が 3.5 を超える場合」(グレー本(2017)に記載あり)。 修正が必要。
  - →ここで、「木造住宅の耐震診断と補強方法」に示されている低減係数は、筋かいが長くなると 座屈長さが長くなる影響が加味されていない。実際にはもっと低減する必要があると考えられ る。
- ・ 大臣認定の耐力壁(面材壁、鋼製筋交い等仕様を問わず)の性能評価において、柱が折損してしまう仕様については基本的には評価しない。

- →内規には明記されていないが運用上は、試験体 3 体中 1 体でも折損した場合は評価しない こととしている。
- →折損という意味をどう捉えるかによるが、割れが生じても軸力を保持できているような破壊 性状の場合は OK とする事例もあり、それは性能評価機関の判断による。なお曲げ破壊は検 討の余地はなくNG。
- →柱が曲げ破壊で折損するのではなく、柱頭柱脚接合部を起点として折損する破壊性状もある。この場合、試験体仕様に問題がある可能性があるため、そうした破壊が生じないような仕様を検討することが重要。
- ・ 本事業で検討する耐力壁は5倍以下とする(仕様規定の範囲内であるとする)ことでよいか。 つまり、高さが高くなった場合に低減をかけることが前提とした場合、低減をかけたときに(高 い仕様の場合に)5倍がでるような仕様か、標準高さで5倍としてそれより高い場合は低減をか けるという仕様かどちらが対象となるか。
  - →要望としては前者が多いのでは。
  - →考え方としては現状の問題点を是正するという方法もある。500m² 弱程度の建物(4 号建物) で階高が 4m 程度ある壁に対して、現在の仕様規定の 45×90 のたすき掛けの壁を 4 倍として 使っていることがあるが実際にはその性能は出ない。どのような仕様なら性能を確保できるの かを示しておく必要がある。
- ・ 上記の議論を踏まえると(3)の課題は(1)に含まれるものとしてよい。

#### (方づえタイプの検討(資料 05))

- ・ 資料 05 は、壁高さに関わらず筋かいの角度を一定とし、壁高さを変えた場合の耐力壁の性能を試算した結果を示している。また、壁高さが高くなった場合、壁上部(方づえより上部)に垂れ壁があるものとした条件での試算も行った。この試算では、柱の曲げ変形、筋かいの軸変形を無視し、筋かい端部の接合金物が伸びると仮定した。
- ・・垂れ壁付きの仕様の耐力がかなり高い。
  - →単純に垂れ壁の耐力と筋かいの耐力を足している。柱の曲げ検定をしておらず、その影響 があるものと思われる。
- ・ この検討では筋かいの片側は柱脚側に固定するケースのみが挙げられているが、下図中赤線のようなケースもある。







#### 3. 筋交いの検討:検討の進め方

・ 課題の洗い出し、および 4.に示すヒアリングを踏まえて、どういう仕様のものを検討対象とするか、そのためにどういった試験体とするのかといった点を整理した検討方針の原案を作成す

## (具体的な検討対象の筋かい仕様)

- ・ 鋼製筋かいの性能評価において、図(3. 冒頭に示した図)のどのパターンが多いか。
  - →④、⑥はある。③、⑤はもしかしたらあるかもしれないが、あまり知らない。⑦は柱の折損がなければ問題ない気がする。⑧はない気がする。
  - →④はこの図でいうと左側にミラーリングしたものがくるのがよい(2 スパンで×となる形)。⑦は耐震補強関係で意外とある。天井、床に干渉せず施工が可能。
- ヒアリングを踏まえると、本事業での検討対象としては、③、④、加えて⑤。
   →⑦や方づえタイプをは壁高さが変わっても筋かいの角度が変わらないのはメリットとなるが、 柱の折損で終局が決まるのであれば、壁倍率の評価は難しい。また、性能もニーズ(5 倍近く)
  - 柱の折損で終局が決まるのであれば、壁倍率の評価は難しい。また、性能もニーズ(5倍近くを満たせない可能性が高い。
- ・ 例えば、断面寸法を変更して③で5倍とした仕様とする、といった方針もあり得る。高倍率の要望があると思われるので、目標倍率を含めて提案を整理する。
- ・ 高さについては、4.5m 程度のニーズが多いと思われる。
  - →今後、実験による検証の際には、壁高さ 4.5m 程度が実施できるところが試験場の候補となる(現段階での候補は BL)。
- · 今年度実験する仕様に対して、改めてニーズ調査をするかどうか検討する。
- ・ 本事業が始まる前に木住協にニーズを伺った際のまとめがある。別途共有する。

#### (法令との関係)

- ・ この基整促での検討の考え方としては、既存の仕様規定を否定することは困難。筋かいの断 面積を変更した仕様を示す場合には、既往の仕様と同等の性能とすることはできない。
  - →しかし、実際の実験結果を反映する必要があることから、公表の方法としてはアスペクト比 1:3.5 を超える場合の仕様に限定するといったような位置づけとする必要がある。
  - →本事業のアウトプットとしては、高さが高くなる場合等の条件を設定したうえで、技術的な検証した結果を示すことが重要。告示の仕様規定への追加となるか、解説書に反映して普及を促す等の対応が現実的であると思われる。
- ・ 令 46 条を改正することは無理だと考えているが、告示第 1460 号での筋かい端部の規定の部分で、高さ制限等を設けることは可能か。
  - →過去にも、住宅用の筋かいであれば階高 3m 程度までなので大丈夫だろう、といったような 議論があった。しかし時代が変わってきており現在では階高 3m 以上の壁も見られる。
- ・ 快適性や省エネ性を確保する観点から階高の高い住宅が増えており、構造上の高さ制限の 緩和についても議論されているところである。住宅の構造安全性と確保するという視点で議論 する必要がある。本事業での ZEH 対応の必要壁量の検討も含め、階高の高い住宅に対応可 能な壁高さ・壁倍率という点で整理しておくのがよいのではないか。

#### 4. 中大規模木造プレカット技術協会の仕様の紹介(稲山先生ヒアリング)

- ・ 中大規模木造プレカット技術協会(PWA)で公表されている筋かい仕様について、その検討の 背景と仕様の詳細についてヒアリングを行った。
- たすき掛けの筋かい耐力壁で、階高 3m 以上の場合や幅が 1.365m 以上の場合では、階高 3m 以下であっても現在規定されている端部の接合部では所定の壁倍率が得られないことが指摘されている。そこで、所定の倍率が出るようにどのような仕様とするのがよいか検討を重ねてきた。PWA では、過去の検討を踏まえ、実験を進め、最終的にまとめた標準図を公表している。その仕様は下記の通り。
  - A 二つ割:45×120の構造用製材の筋かいたすき掛け(+筋かい金物)(1:3.5 程度まで)
  - B 二つ割:45×90の構造用製材の筋かいたすき掛け(2段)(1:3.5超)
  - C 柱同寸:柱と同寸の構造用製材の筋かいたすき掛け(筋かい相欠き部に補強金物)(1:3.5 程度まで)
  - D 柱同寸:柱と同寸の構造用製材の筋かいたすき掛け(2 段、筋かい相欠き部に補強金物) (1:3.5 超)
  - →現在はさらに新しい仕様として、45×90のたすき掛けの筋かいに、貫を5段入れて筋かいと 貫をビス留めする仕様の検討を進めている。この仕様の場合は、実験値では壁倍率が9倍程 度でており、運用上は7倍とするようなことを考えている。
- ・ 階高が高くなった場合に、2段になったからよい、というわけではなく1組の高さをある一定値 に抑えることが重要。
- · 標準図に示された仕様は現在の政令で読むことができると考えてよいか。
  - →2 段の場合は、真ん中に入れている材を令 45 条にある「筋かいは、その端部を、柱とはりその他の横架材との・・」にある「その他横架材」という読み方をしてもらえればよいと PWA の会員に対しては説明している。
- ・ 図1の④のようなK型ブレースの場合は、横架材を入れておけば令45条で読めるのではないかと思われる。耐力壁の性能としてはむしろ横架材を入れておかないと危険ではないかと考えている。
  - →横架材を入れない場合の K 型ブレース(木製筋かい)の実験は過去に実施しているか。 →していない。
- ・ アスペクト比が 3.5 以下でもたすき掛けの場合、現在の仕様規定での性能は出ないか。
  - →柱同寸筋かいのたすき掛けは出ない。二つ割の場合は分からないが、PWA の仕様では断面を大きくするなどしてようやく壁倍率 4.0 となっている。また、アスペクト比が 3.5 以下の場合でも、筋かい自体が長くなる仕様(壁幅が大きいもの)は、おそらく性能が出なくなると思われる。 一筋かいの必要断面は、幅  $0.91 \times$  高さ 2.7m の軸組に水平力が作用した場合の  $45 \times 90$  の筋かいの座屈に対する検定比と同等以下 ( $\lambda^2/A\cos\theta$  が同等以下)で決定するような基準があってもいいかもしれない。アスペクト比が小さく壁幅が長いものでも、A の断面を大きくするか  $\lambda$  を小さくするかの調整を求めることが可能となる。
- · 資料 04 に示す柱同寸筋かい(1-90C)の試験結果では 4.7 倍となっている。
  - →この実験では、筋かい端部を傾ぎ大入れのような加工をして柱に対してほぞ差しとした仕様

としている。そのため壁倍率が高い。

## 5. その他

次回以降の予定は以下の通り。

WG02: 6/16(木)13:00~(@ZOOM) 委員会 01:7/4(月)18:00~(@ZOOM)

## 令和 4 年度 建築基準整備促進事業 S38

## 第2回 S38 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討 WG

日時	2022年 6月 16日 木曜日 13:00~15:00					
場所	ZOOM					
参加者	主査	五十田博				
(敬称略)	委員	河合直人	青木謙治	小谷竜城		
	協力委員	荒木康弘	秋山信彦			
	行政	納富昭光	今田多映			
	事務局	平野陽子	山崎渉	佐々木留美		

#### 配付資料

資料 01:議事録\_S38 WG1 220519

資料 02:筋交い 検討方針

資料 03: 筋交い 現状の法規・技術基準

資料 04:試験体 寸法

資料 05:2 段筋交いの既往の研究

#### 1. 前回議事録の確認(資料 01)

以下の点を修正しておく。

- ・ (p2 下から 5 行目)「グレー本(2017)に示されている低減係数」→「木造住宅の耐震診断と 補強方法に示されている低減係数は、」に修正する。
  - →グレー本には低減する記載はあるが低減係数について記載はない。
- ・ (p3 下から 5 行目)方づえタイプの検討で、「その場合は柱がかなり厳しくなりそう」は削除する。
  - →図で示した赤線の方づえと黒線の方づえで、柱への影響に差はない。
- ・ (p4 具体的な検討対象の筋かい仕様)5ポツ目に「今年度実験する仕様に対して、改めて ニーズ調査をするかどうか検討する。」を追記する。
  - →昨年度、木住協でニーズ調査を行ったが、今年度の仕様についても改めて聞いてみても よいだろうという意見があったため追記しておく。

## 2. 今年度の実験仕様(資料 02~05)

- ・ 今年度の実験仕様の検討にあたって、資料 02 では仕様候補の検討、資料 03 では関係する法 規等の整理、資料 04 では現状の試験体図案、資料 05 では参照する既往研究を示している。
- ・ 本事業で対象とする筋かいは、アスペクト比が3.5を超える場合の限定の仕様で、高さが高くなった場合(最大4.5m)に倍率5を確保できるものとする。
- ・ 今年度の試験体仕様は、資料 05 の「たすき掛け筋かい耐力壁の面内せん断性能に関する研究」の LD(壁倍率 5.13、アスペクト比 3.5)をベースとして、4.5m を想定し筋かいを 3 段とする。 以下の 2 仕様×3 体とする。

仕様 1:筋かい 45×90

仕様 2:筋かい 60×120

両仕様で共通する試験体仕様は以下の通り。

筋かい	3段
筋かい金物	LD の試験体と同じもの(2 倍用筋かい金物柱梁接合タイプ)
	→仕様 2 でも同じもので納めることができるか検討が必要
柱	120 角
	土台との接合部は長ほぞとし、ほぞの長さは試験治具の鋼材まで当たる
	ようにする。(圧縮側のめり込み補強のため)
柱脚金物	60kN 用 HD 金物×2
	→壁側面ではなく壁表裏に 1 つずつ
	→必要治具について試験場と要調整
柱頭金物	40kN 用 HD 金物×1(壁側面)
間柱	45 × 120
	→仕様2の場合は筋かい交差部で途切れてしまうことになる。筋かいに対
	して釘どめする。

#### (柱の小径について)

・ 資料 02 で壁高さが高くなる仕様の柱の寸法について、令 43 条 1 項の柱の小径を参照し、高さ 4500mm になると柱は 150 角とする必要があるか、としている。令 43 条 1 項ただし書き、令 43 条 6 項の柱の有効細長比が 150 以下であることに基づけば、5m 程度までは柱断面は 120 角 で問題ない。

#### (筋かい耐力壁の仕様検討決定までの議論)

- ・ 本事業での目標は冒頭に示した様に、4.5m程度の高さで倍率 5 倍程度とした。これは例えば、2 つ割りのたすき掛け筋かいで 2 段とし、筋かいの断面寸法や金物を現在の施行令の仕様と同等の壁倍率 4 倍を目指すとしてしまうと位置づけが難しい。4 倍以上の目標を設定をし、かつ 3 段で高さは 4.5mと限定することで、例示仕様の 2 つ割りのたすき掛け筋かいの壁倍率には触れないようにしたほうがよい。
- ・ 現状2つ割りのたすき掛け筋かいの施行令の仕様をベースに、壁倍率を高くしたい場合には、 筋かいの入れ方(形状)を変更、段数を増やす、金物を変更等が挙げられる。
- ・ 高さに応じて段数を増やす案も可能であると思われる。1 段分でのアスペクト比を限定し、例えば階高 4m なら 4 段、階高 5m なら 5 段といったようなイメージで、段数に関わらず壁倍率は同じといったことも可能かもしれない。
  - →段数が増えても壁倍率が同じというのは難しいと考えられるが、試験体 LD のように 2 段で 壁倍率が 5 倍以上出ている仕様もある。これをベースに、段数が増えても 5 倍を狙えそうな仕 様を狙っていくのがよいかもしれない。なお段を重ねる仕様の場合は、中間横架材の留付け が性能に大きな影響を及ぼす。

- →仮に2段、3段の壁倍率が4.5で決まったとして、1段の壁(高さ1.5m 程度)でも4.5倍でいいか、といった問い合わせが出てくる可能性がある。
- ・ 2つ割りのたすき掛け筋かいで金物仕様を変更するにあたって、参考となるPWAの仕様では、 金物はどういうものが使用されているか。
  - →メーカー、品名が指定されている。特定のメーカーのものでないと性能が出ない仕様となっているようで、先日の稲山先生のヒアリングでは、引張の初期剛性がきちんと出る接合部とするため、この金物を選択した、といった内容の発言があった。
- ・ 実施する試験体数は、まずはどの程度の耐力になりそうか 1 仕様 1 体でもよいのでは。 →LD の実験結果で、荷重変形曲線を見ると、3 体中 1 体だけ最大耐力が明らかに低く出ている。何らかの破壊が生じており、筋かい試験体ではこうした破壊の可能性があるため、3 体実施しておいたほうがよさそう。

# 3. その他

- ・ 次回委員会資料としては下記を準備(筋かい関係)本 WG での資料、および試験体図案(担当:事務局)(ZEH 関係)進捗状況(担当:国交省)
- ・ 次回以降の日程は下記の通り。次回 WG は今後の状況に応じて改めて設定する。 委員会 01:7/4(月)18:00~(@ZOOM)

# 令和 4 年度 建築基準整備促進事業 S38

### 第3回 S38 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討 WG

日時	2022年 7月 25日 月曜日 19:00~19:30			
場所	ZOOM			
参加者	主査	五十田博		
(敬称略)	委員	河合直人	青木謙治	小谷竜城
	協力委員	荒木康弘	秋山信彦	
	行政	納富昭光	<del>今田多映</del>	
	事務局	平野陽子	山崎渉	佐々木留美

#### 配付資料

資料 01-1:前回議事録(0616)

資料 01-2:前回委員会議事録(0704)

資料 02-1:試験体図

資料 02-2:試験体詳細図

資料 02-3:試験体材料について

#### 1. 前回委員会議事録の確認(資料 01)

#### 2. 試験体仕様(資料 02)

- ・ 委員会指摘事項を踏まえ試験体を修正。中間横架材の寸法は120×120で上下からの筋交い 金物、コーナー金物のビスを打てることを確認した(資料02-2)。
- ・ 現在材料発注に向けて調達先であるポラスと調整中。柱については SD15 が入手できず、 SD20 となる。
- ・ 以下の指摘事項はあったが、資料 02-1 の試験体図の通り発注を進める。ただし、柱について、背割りがある材となる場合は、柱頭の金物および治具の変更が必要となる可能性があるため、別途相談する。
  - →WG 後、柱は背割りなしであることが確認できた(7/29)
- ・ 試験体図の中間横架材の寸法表記および断面図が 120 × 180 となっているため、120 × 120 に 修正しておく。

#### (指摘事項)

- ・ ほぞの厚さ一般的には 30mm だが、45mm と特注寸法となっているがその理由は。
  - →柱脚部のほぞは土台を貫通させて架台にあてるような納まりとしており、土台へのめり込みを軽減することを狙っている。ほぞの断面が 45×90 で、E70 の基準圧縮強度から 100kN 弱となる。アスペクト比が 1:5 であることから水平力としては 20kN 程度。
  - →厚さ 45mm でよさそう。
- ・ 柱脚部のホールダウン金物の留付け部分について、柱が両側から多くのビスで留められることになる。変形時に柱が割れないか。

- →同様の納まりで実験したことがあるが、150kN 程度の引き抜きであれば柱の割れ等が生じなかった。ただし、そのときはホールダウン金物の留付けをもっと低い位置とした。
- →例えば、金物を丸鋼ホールダウン(BX カネシン)のようなものを変更することは対策案の一つと考えられる。
- →これを使用して失敗した実験があるのを聞いたことがある。
- ・ 今回の試験体数は2仕様×3体で6体を予定している。1体目で柱で壊れてしまった場合を想 定して、2体目以降の試験体の施工は1体目の結果を確認してからのほうがよいか。
  - →1 体目で何かあってもすぐに対応できる方法は、ホールダウン金物の留付け高さを変更する 程度。特にできることはなさそう。
- ・ 実験は 10 月頃に BL(つくば)にて実施予定。材料調達の関係から日程はまだ確定していない。実験予定が確定次第、WG メンバーに案内する。

## 3. その他

次回以降の日程は下記の通り。実験がずれる場合は日程を再調整する可能性あり。

委員会 02:11/9(水)18:00~(@ZOOM)

# 令和 4 年度 建築基準整備促進事業 S38

### 第4回 S38 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討 WG

日時	2022年 12月 12	日 月曜日 10	:00~11:30			
場所	ZOOM	ZOOM				
参加者	主査	五十田博				
(敬称略)	委員	河合直人	青木謙治	小谷竜城		
	協力委員	荒木康弘	秋山信彦			
	行政	納富昭光	今田多映			
	オブザーバー	古市泰輔				
	事務局	平野陽子	山崎渉	佐々木留美		

#### 配付資料

資料 01-1:前回議事録(0725)

資料 01-2:前回委員会議事録(1109)

資料 02:実験結果-材料特性 資料 03:23 年度試験体検討

## 1. 前回委員会議事録の確認(資料 01)

・ 委員会議事録 p2 の 2 つ目の点で、筋かいの座屈について、「」の部分を追記。

→「今の情報だけでは」算出が難しい。

#### 2. 筋かい実験の分析(資料 02)

- ・ 資料02は、本事業で実施した筋かい試験体の仕様A(45×90)、仕様B(60×120)の筋かいの 材料特性、写真、筋かいに貼付したひずみゲージから作成したグラフ等を整理したものであ る。
- 破壊性状の欄について、変位、変形角での表記が入り混じっているため、併記する。
- ・ 筋かいひずみゲージのグラフの縦軸(圧縮ひずみ)の単位を修正(10<sup>-6</sup>mm)

## 3. 来年度の検討方針(資料 03)

- ・ 資料 03 では、今年度の実験結果を踏まえ、来年度の実大実験での検討を進めるために材料 品質や筋かい形状等の確認が必要と思われる項目を示した。
- 今後の進め方の手順は以下の通り。
  - (1) 今年度の実験結果を再現可能な解析モデル作成のための要素実験の実施
  - (2)上記解析モデルによるパラスタ
  - (3)パラスタで絞り込んだ仕様での実大実験

#### (要素実験について)

- 要素実験は、以下を想定。
  - ①両端ピンの筋かいの圧縮試験

- ②両端に実際に使用する金物を付けた筋かいの圧縮試験
- ③筋かい材料の繊維方向の圧縮試験
- (4)筋かいを面外に回転させる接合部試験(はらみだした際の固定度を確認)
- ①、②の試験体イメージは右図の通り。柱・梁へのめり込みなどを再現するためにその部分も付けた試験体とする。
- ・ ①と②の結果から、筋かいの金物の固定度(座屈長さ)を確認する。座 屈長さは両端ピンで 1.0、両端固定で 0.5 であるため、0.7、0.8 程度を予 想されるが、仮定で計算して固定度を確認することも可能。





→間柱の影響は見られなかった。下地を貼るのに必要となるためその再現という意図で入れていた。

・ 解析的検討を踏まえて金物の同等性の評価方法を検討することになると思われるが、評価方法として④の実験が必要となる可能性がある。

#### (仕様等のバリエーション)

- ・ 適用範囲を決めていくためには、実際に使用される条件を明確にし、その条件を踏まえて考慮 してパラスタを進める必要がある。検討条件の追加は引き続き行う。
  - ・柱の断面寸法(120角、135角、150角)
  - →柱の座屈および曲げによる折損は許容しない、今43条柱の小径への対応有無、等
  - -筋かいの断面寸法(45×90、45×120、60×90、60×120)
  - ・筋かい 1 段分のプロポーション(アスペクト比)
  - ・筋かいの段数
  - 面材被覆の有無
  - ・柱の負担軸力(2階がある1階、平屋等)
  - ・ 柱脚のディテール
    - →実験では基礎まで届く長ほぞとしたが、現実的にプレカットで対応できない。
    - →めり込み防止プレートの使用等の代替案が必要

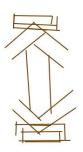
#### (目標とする性能と取りまとめ方のイメージ)

· 今年度の実験より得られた壁倍率は以下の通り。

仕様 A(45×90): 2.6(50%下限値に低減率 0.8を掛けた値。低減なしだと 3.2)

仕様 B(60×120): 5.6(50%下限値に低減率 0.8を掛けた値。低減なしだと 7.0)

- ・ 目標壁倍率の設定は、解析的検討を踏まえて 4 倍~5 倍(低減なし)を目指した仕様とするのがよいか。低減率の値は別途検討が必要(低減率は 0.8 も必要ないのでは)。
- ・ 例えば仕様 A で、柱を太くする、または面材が貼られるようなケースでは 4 は超えるのではないか。ただし筋かい断面は 45×90 であると、現告示での仕様との関係があるので、45×120を筋かい断面のベースとしてもよいかもしれない。



- ・ 筋かい1段分の高さが低くなると壁倍率は上がるが、柱の折損が生じる可能性がある。仕様に よって対応可能な壁高さや柱の太さが異なるのではないだろうか。
  - →最終的なとりまとめ方としては、所定の壁倍率を得るためには、面材の有無、壁の高さから、筋かい断面・金物仕様を決めるような早見表のようなものができればよいのではないか。 本事業の中で早見表を作成して、告示化する場合には必要部分を抜粋する等を国交省にて検討いただくのがよい。

## (その他)

・ 解析ソフトは SNAP もしくは Midas。

# 3. その他

次回以降の日程は下記の通り。

下打合せ:1/24(火)18:00~(@ZOOM)

- →要素実験の具体計画、解析の体制の確認
- →既往の実験で参考になるものがあれば資料として用意いただく(各委員)

WG05:1/31(火)10:00~(@ZOOM)

委員会 03:2/14(火)16:00~(@ZOOM)

# 令和 4 年度 建築基準整備促進事業 S38

# S38 第5回 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討 WG

日時	2023年 1月 31日 火曜日 10:00~12:00			
場所	ZOOM			
参加者	主査	五十田博		
(敬称略)	委員	河合直人	青木謙治	小谷竜城
	協力委員	荒木康弘	秋山信彦	
	行政	納富昭光	今田多映	
	オブザーバー	古市泰輔		
	事務局	平野陽子	山崎渉	佐々木留美

#### 配付資料

資料 01-1:前回 WG 議事録(1212)

資料 01-2:下打合せ 議事録(0124)

資料 02:2023 年度実施計画 筋かい耐力壁

資料 03:2023 年度 実験リスト

資料 04-1:早見表案 1 資料 04-2:早見表案 2

参考資料 01:試験体図 3段 筋かい等分中間材 120

参考資料 02:PS 筋かい金物\_HP 評定変更

参考資料 03: 部材、接合部を最小単位とする筋かい耐力壁の弾塑性応答解析モデル

参考資料 04: 筋かいの座屈挙動解析(その 4: 筋かい端部のモーメント抵抗が座屈荷重に及ぼす影響)

#### 1. 前回 WG 議事録の確認(資料 01-1)

・ 前回 WG 議事録に記載された来年度の方針の検討内容は、報告書内にとりまとめておく(議事録とは別に本編にまとめておく。)。

## 2. 次年度の方針(資料 02~04)

- ・ 資料 02 では来年度の実施方針、資料 03 では解析モデルのための要素試験リスト、資料 04 では本事業のアウトプットイメージである早見表案を示している。内容は 1/24 に実施の下打合せでの指摘事項を反映したもの。
- · 来年度の実施手順の計画は以下の通り(資料 02 より抜粋、一部修正)。

第一段階	解析モデル構築のための要素試験(2022 年度実験の再現のため。)
(要素実験	
01)	
第二段階	第一段階の値を用いてモデルを作成。2022年の実施した「3段の筋交い
(解析 01)	耐力壁(60×120)」の解析を実施し、実験結果と照合しモデルの妥当性
	を確認。

第三段階	第二段階で用いたモデルにて、別途定める対象仕様(筋交い断面 60×
(解析 02)	90、45×120、60×120)について「3段の筋交い耐力壁」および「2段の筋
	交い耐力壁」の計算を行い、壁倍率が5倍となる横架材間寸法(=高さ)
	を決定。
	加えて、壁倍率が 10%以内(4.75~5.25)に納まる横架材間寸法(=高
	さ)を決定。
	早見表の案を作成。
第四段階	第三段階で算出した解析結果で壁倍率5倍となった仕様のうち、BLで実
-1(実大実	験が可能な高さのものを 1 種選び(多分 60×120 は今年度より高さが必
験 01)	要な試験体となるため無理)で、「3段の筋交い耐力壁」3体の実大実験
	を実施し解析結果と突き合わせ。検討手法、モデルの妥当性を確認。
第四段階	第三段階で算出した解析結果のうちから壁倍率 5 倍の範囲となった仕
-2(要素実	様で、各筋交い断面の壁倍率の最大・最小について第一段階で行った
験 02)	①の要素実験を実施する。
	試験体仕様は断面寸法 3 種(60×120、45×120、60×90)の最大・最小
	となるので 6 仕様。
	その際、筋交い断面、筋交い長さは再現して実施するが、角度は第一段
	階で実施したままとする。角度を変える場合はそれぞれ治具が必要とな
	る。座屈については、金物と筋交いの角度よりも筋交いの断面寸法、長
	さの影響が大きいため、影響度が小さい角度については不問とする。
第五段階	第四段階-2 の要素実験で得られた値を用いて、第三段階での検討を再
(解析 03)	度実施し、早見表案を見直す。
第六段階	第五段階で見直した早見表案で壁倍率 5 倍の範囲となった仕様のうち、
(実大実験	BL で実験が可能な高さものを選び「3 段の筋交い耐力壁」2 種×各 3 体
02)	の実大実験を実施。(第四段階-1で先に実施した仕様を除く。)予算が
	許せば、同じ仕様の「2段の筋交い耐力壁」の実大実験も実施。

# (早見表について)

- ・ 資料 04-1、04-2 では一部実験値を入れているが、最終的には解析値を整理した表となるという理解でよいか。
  - →解析を進める中で、解析値が安全側であることを確認し、早見表の各値を示すことになるも のと考えている。
- ・ 本事業としては、早見表の前段階として解析結果(4 指標、破壊性状等)を整理した表が必要。 最終的な早見表は資料04-1、04-2 に示す値のうち、筋かい断面寸法、横架材間高さ、壁倍率 等、設計に必要な値のみを簡潔に示すのがよい。

#### (要素実験について)

- ・ 要素実験のリスト(資料 03)は実施の有無に関わらず作成したものであるため、第一段階(要素実験 01)、第四段階-2(要素実験 02)で、それぞれの段階に必要な(実施する予定の)要素実験のリストを別途作成する。またそれぞれの要素実験で想定している仕様(断面寸法等)、また破壊性状とのリンクも併せて整理したリストとする(ここで挙げる破壊性状は、今年度の実験での破壊性状だけでなく、生じる可能性がある破壊性状も併せて示しておく必要がある。)。
- ・ 筋かい耐力壁の破壊性状として、柱が折れる、筋かいが座屈する、筋かいが引張破壊する等が考えられる。これら破壊性状を解析モデルで再現できるような実験計画がたてられているかどうかを確認する(そのために上記リストを作成)。
- ・ 例えば、資料 02 を見ると、中間材による柱の曲げ破壊を再現する実験として③柱の曲げ試験 (三等分点四点曲げ試験)を想定している。今回の仕様に特化した試験としたほうがよく、中間 材、接合具をつけて 3 点曲げとする試験方法がよいと考えられる。
- ・ ①(金物付筋かい圧縮)の実験では、断面違い、長さ違いが挙げられているが、長さ違いは優 先順位が低いのではないか。④(金物付筋かい面外方向加力)により筋かい端部の固定度が 分かるのであれば長さ違いは不要であると考える。金物の面外方向の回転剛性が正確に予 測できていれば、理論式に合うはず。
  - →固定度が分かることによって座屈低減係数の設定が解析的にできればいいが難しいのではないか。理論式による端部の回転剛性を用いた算出結果の信頼性の確認が必要で、①で長さ違いの実験は実施しておいたほうがよいのではないだろうか。
  - →この点については、理論式=座屈たわみ角法の基本公式(WG 後荒木委員より共有)をベースに、次年度改めて議論する方がよい。
- ・ ④(金物付筋かい面外方向加力)の試験方法はどのようにするのがよいか。
  - →④での実験では筋かいに軸力をかけて面外方向に加力するのがよいのでは。軸力をパラメータとして、軸力に応じた回転剛性を確認する。①(金物付筋かい圧縮)でも類似のデータを得ることができる可能性はある。
  - →厳密に言えば、加力時に面外方向への曲げ変形が大きくなることで、筋かいにかける軸力 の向きが変わる。
  - →足元の治具は加力方向だけでなく鉛直方向にも必要となる。反力床が必要かどうか等、実 験場所が限られる可能性も考えられる。
  - →軸力をかけるかどうかは今後も議論が必要。参考として以前東大で実施された④と同様の 試験の紹介があった(参考資料 04、この実験では筋かいにかける軸力はなし)。
- ・ 要素実験の実施場所は、東大、京大、建研を候補とし、次年度事業がスタートした段階で進めることができるように計画が必要。①は建研で実施可能かどうか対応可能な寸法について試験装置を確認しておく(現在の想定では筋かいの長さは最大 2m 程度。)。

#### (検討対象とする筋かい断面等の寸法)

- ・ 本事業で対象とする筋かいの前提条件として、筋かい交差部は相欠きとしない。
- ・ 第三段階の解析では壁幅 910mm に限定しているが、解析的検討としては壁幅もパラメータと して加える方針とする。ただし、最終的なアウトプットである早見表に加えることは想定しなくて よい。
- ・ 筋かいの座屈荷重は筋かいの厚さの影響がかなり大きいため、現状は 60mm と 45mm のみを 対象としているが、この間の寸法も検討対象とするのがよい。まずは解析での検討を行う。
- ・ 柱断面寸法については、105 角、120 角、135 角、150 角が対象となるか。
   →ただし一般的な流通として 135 角はほとんどない(製造するとしても 150mm から削ることになる。)。
- ・ 柱を 150 角までとするのであれば、筋かい断面は 75mm までは可能。柱が 135 角の場合は、 枠組壁工法用構造用製材(JAS)の 304、306 が使えるのでは。
- ・ 実際の納まり上の寸法リスト(柱と筋かい断面の組合せ等)が必要で、最終的には解析での寸 法バリエーションと重ね合わせて、実際に可能な仕様を絞り込むことになる(検討の途中段階 で寸法を絞り込む必要はない。)。
- ・ 本検討からは少し逸れることになるが、座屈しない筋かいの断面寸法を求めて整理しておく。 具体的には、筋かい耐力壁を5倍とした場合に、耐力壁の幅・高さが決まると、筋かいの長さ・ 角度が決まるので、筋かいにかかる軸力(圧縮力)が求まる。例えば、ある形状で20kNの圧縮 力がかかるとなった場合に、検討対象とする筋かい断面の中で座屈する・しないが分かる。

#### (その他進め方)

- ・ 要素実験はまだ進めることができないため、まずは解析モデルの作成を進めておく(担当:古市)。全てピンとしておき、要素試験等で設定できるものからバネを入れていくこととするのがよいのでは。
- ・ 現在想定している金物は BX カネシン製。要素試験のリストを整理次第、BX カネシン槙田氏に データ提供依頼等について相談する。

## 3. その他

・ 次回以降の日程は下記の通り。次回委員会資料としては、報告書のたたきを提出する予定。 今回の検討内容については可能な範囲で反映する。

委員会 03:2/14(火)16:00~(@ZOOM)

## 令和 4 年度 建築基準整備促進事業 S38

# S38 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討 下打合せ

日時	2023年 1月 24日	3 火曜日 18:00~20	0:00	
場所	ZOOM			
参加者	主査	五十田博		
(敬称略)	委員	河合直人	青木謙治	小谷竜城
	協力委員	荒木康弘	秋山信彦	
	行政	納富昭光	今田多映	
	オブザーバー	古市泰輔		
	事務局	平野陽子	山崎渉	佐々木留美

#### 配付資料

資料 01:前回 WG 議事録(1212)

資料 02:早見表のイメージ

資料 03:23 年度計画

資料 04: 筋交い 試験体図 1 段バリエーション

参考資料 01:筋かいの座屈実験例

参考資料 02:PS 筋かい金物\_HP 評定変更

#### 1. 前回 WG 議事録の確認(資料 01)

#### 2. 次年度の方針(資料 02~04)

- ・ 資料 02 では、次年度の検討を経て本事業での成果となる早見表のイメージを示した。筋かい耐力壁の幅を 910mm とし、筋かい耐力壁の高さ(筋かい 1 段分の高さにより決定)、筋かい断面(45×120、60×90、60×120)、段数(2 段、3 段)の組合せで壁倍率が 5 倍となる仕様を整理した表をイメージした。資料 03 は、早見表を作成するまでの具体的手順案を示したもの。資料04 は、筋かい 1 段分の断面寸法・高さで想定するバリエーションのうち最大最小の場合の図を示したもの。
- · 来年度の実施手順の計画は以下の通り(資料 03 より抜粋、一部修正)。

第一段階	解析モデル構築のための要素試験(2022 年度実験の再現のため。)
第二段階	第一段階の値を用いて金物の固定度(座屈長さ)を決定。その値を用い
	て 2022 年の実施した「3 段の筋交い耐力壁(60×120)」の解析を実施
	し、実験結果と照合しモデルの妥当性を確認。
第三段階	第二段階で用いたモデルと固定度を用いて、別途定める対象仕様(筋
	交い断面 60×90、45×120)について「3段の筋交い耐力壁」および「2段
	の筋交い耐力壁」の計算を行い、壁倍率が 5 倍となる横架材間寸法(=
	高さ)を決定。
	加えて、壁倍率が 10%以内(4.75~5.25)に納まる横架材間寸法(=高
	さ)を決定。

	早見表の案を作成。
第四段階	第三段階で算出した解析結果のうち、柱断面を限定して(折損しないも
	のが対象となるので、多分 135 か 150 になる?)各筋交い断面の壁倍率
	の最大・中央・最小(=角度違い)について第一段階で行った①、⑤の実
	験を実施する。
	試験体仕様は断面寸法3種(60×120、45×120、60×90)の最大・中央・
	最小となるので、最大9仕様。
第五段階	第四段階で得られた値を用いて、第三段階での検討を再度実施し、早
	見表案を見直す。
第六段階	早見表案にある仕様のうち、柱断面を限定して丁度 5 倍となる仕様にて
	「3 段の筋交い耐力壁」3 種×各 3 体の実大実験を実施。

# (第一段階:解析モデル構築のための要素試験)

・ 次年度は、まず今年度(2022 年度)実施した実験仕様(筋かい断面 60×120:横架材間距離 1320×3 段)を再現する解析モデルの構築を目指す。そのための要素試験の項目出しを行ったものを下表に示す。表中の赤塗は実施が必須のもの、青塗は他の要素試験から算出・計測可能なもの(要検討)、オレンジ塗は実験①の代わりとなる実験。赤に比べ、青、オレンジは優先順位は低い。(塗無しは、実施しない。)

1	金物付筋かい 圧縮・座屈試験	筋かい断面が異なる場合には、断面 寸法ごとに試験が必要。
	A #4_ /   64= /	
2	金物付筋かい 引張試験	メーカーにデータがあるかどうか要確
		認。
3	両端ピンの筋交い 圧縮・座屈試験	試験方法は「構造用木材の強度試験
		マニュアル」を参照(p39)
4	金物付筋かい端部 面外方向 加力	③と④で①を再現できるかを確認
	   試験	
<u>(5)</u>	①、②で使用した筋かいの繊維方向	ヤングが必要なため。①の途中まで
3		
	圧縮試験(材料確認試験)	の結果を用いて算出可能か?筋かい
		断面が異なる場合には、断面寸法ご
		とに試験が必要。
<b>6</b>	①、②で使用した筋かいの引張試験	ヤングが必要なため。②の途中まで
	(材料確認試験)	の結果を用いて算出可能か?
7	柱の曲げ	柱の長さ(壁高さ)の再現は不要
	圧縮	曲げから算出
	引張	曲げから算出
8	柱脚接合部の引張	メーカーにデータがあるか要確認
	圧縮	柱脚金物の留付け仕様は 2022 年度

		の再現
	面内曲げ	
9	柱頭接合部の引張	メーカーにデータがあるか要確認
	圧縮	
	面内曲げ	
10	柱と中間横架材の接合部の引張	
	圧縮	
	せん断	大入れ、ミドルコーナーあり。筋かい
		金物はなし。H 形の試験体をイメー
		ジ。
	面内曲げ	
11)	筋かい金物のビス せん断	木と金物による試験体(木の両側面に
		筋かい金物をビス留めし、筋かい金物
		を固定し木を引張るような試験イメー
		ジ。)
	引張	木と金物による試験体

- ・ 要素試験は年度明け、事業のスタート次第で、京大で実施可能。
- ・ 試験材料は今年度と同様に低質材を使用。

#### (第二段階以降の進め方・考え方)

- ・ 本事業での解析モデル構築の目標は、応力状態・破壊現象の再現とする。可能であれば変形 性能も再現できればよい。
- ・ 第四段階での角度違い、断面違いでの要素試験の実施について、最大 9 仕様としておりそれ ぞれに治具が必要となる。
  - →筋かい角度が多少変わっても座屈耐力はそれほど変わらない。材の曲げ剛性、端部の回 転剛性の比率が座屈長さに影響するため、筋かい長さが影響する可能性はある。ここでは費 用等の面から、9 仕様について角度は同じと見なし、断面違い、長さ違いによる①の試験を実 施すればよいのではないか(治具は一つで可能となる。)。ただし、あくまで断面、長さに比較し て角度の影響度合いが低いという認識は共有しておきたい。
- ・ 実大実験は、解析的検討と並行して進めるようにする。
  - →まずは第三段階での解析結果から、低減なしでの壁倍率 5 倍程度がでそうな仕様で実施。
  - →第四段階以降では、断面違いの実大実験も並行して進める。
- ・ 実大実験では3段、2段でのどちらを優先するか。
  - →倉庫での利用を想定した話をよく聞くため、3 段を優先。(ただし需要等に関する根拠データはない。)
- ・ 最終的なアウトプットとした早見表(壁倍率 5 倍)では、3 段、2 段の間は壁高さが不連続となる。間を埋める対応は必要か?

→本事業でのデータ整備の方針として、5 倍となる範囲を示すとすればそうなるのは仕方ない。追加で、縦軸を高さとして、各筋かい断面ごとに壁倍率が整理されている表があればよい だろう。

- →加えて、高さの関数で壁倍率が与えられるようなアウトプットがあってもよいだろう。
- ・ 解析担当は信州大学古市氏(+松田先生、要素試験もご協力いただく)を予定。

# 3. その他

次回以降の日程は下記の通り。

WG05:1/31(火)10:00~(@ZOOM)

委員会 03:2/14(火)16:00~(@ZOOM)

# 試験成績書

住 所 東京都千代田区神田淡路町1-3-2 廣屋ビル10階

会社名又は団体名 株式会社ドット・コーポレーション

依頼試験の名称 高さ4m筋かい耐力壁 面内せん断実験

令和 4年 8月 23日付契約した依頼試験について、一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センターにおいて試験を実施した結果は次のとおりである。

令和 4年 11月 28日

東京都千代田区富士見2丁目7番2号 一般財団法人ベターリビング 理事長 眞鍋 純



# 目次

1. 目的	1
2. 試験体         2.1. 試験体形状         2.2. 軸組材の密度・含水率及びヤング率	1
<ul> <li>3. 試験方法</li> <li>3.1. 試験装置</li> <li>3.2. 計測方法</li> <li>3.3. 加力スケジュール</li> <li>3.4. 降伏耐力 P<sub>y</sub>、降伏変位 D<sub>y</sub>、終局耐力 P<sub>u</sub>、終局変位 D<sub>u</sub>及び塑性率 μ の算出スクリングを</li> </ul>	15 16 19
4. 試験結果 4.1. 仕様 A (筋かい断面 45×90mm) 4.2. 仕様 B (筋かい断面 60×120mm) 4.3. 特定変形角時の測定値及び荷重ー測定値のグラフ 4.4. 非加力側柱の変形	22 29 36
5. 試験担当者、試験期間、試験実施場所	48

#### 1. 目的

株式会社ドット・コーポレーション からの依頼により、木造軸組工法における高さ 4m 筋かい耐力壁の面内せん断実験を実施し、構造性能を確認することを目的とする。

なお本実験は、令和4年度建築基準整備促進事業 S38 省エネ化に伴い重量化する木造建築物の耐力壁の基準に関する検討(事業主体:株式会社ドット・コーポレーション他)の一環として行われた。

# 2. 試験体

### 2.1. 試験体形状

木造軸組工法 高さ 4m 筋かい耐力壁は、壁高さ方向に筋かいが 3 段で配置され、筋かい断面寸法 が  $45mm \times 90mm$  の仕様 A と  $60mm \times 120mm$  の仕様 B がある。なお筋かい断面寸法以外は、仕様 A、仕様 B とも同一で、各 3 体となっている。

木造軸組工法高さ 4m 筋かい耐力壁の軸組材仕様を表 2.1 に、筋かい端部仕様及び柱頭・柱脚仕口の仕様等を表 2.2 に示す。また試験体図を図 2.1 に、筋かい端部(筋かい金物内付け)と中間横架材の仕口金物の取付詳細図を図 2.2 に、筋かい金物を図 2.3 に、柱頭仕口金物を図 2.4、柱脚仕口金物を図 2.5 に、柱と中間横架材の仕口部金物を図 2.6 に示す。

表 2.1 高さ 4m 筋かい耐力壁の軸組材の仕様(依頼者提出資料より抜粋)

項目	試験体仕様							
桁、土台、柱 及び 中間横架材	材 料:製材 (無等級材) 寸 法:W120mm×H180mm (桁) 120mm×120mm (土台、柱及び中間横架材) 45mm×120mm (間柱) 乾 燥:SD15 相当 樹 種:スギ ヤング率:JAS 1083-4 製材-第4部:機械等級区分構造用製材 ヤン グ係数の基準 E70 (5.9GPa 以上 7.8GPa 未満)の内、 5.9GPa~6.5GPa の範囲となる材料を入手。ただし土台のヤ ング率は、6.5GPa~7.6GPa としている。 製材工場:柱材 熊本モルダー加工事業協同組合(熊本県) (JAS 認証番号:JLIRA-B-63-07 H21.2.27) 柱材以外 株式会社日田十条製材工場 (大分県) (JAS 認定番号:JLIRA-B-64-02 H21.2.27)							

(次頁に続く)

表 2.1 高さ 4m 筋かい耐力壁の軸組材の仕様(依頼者提出資料より抜粋) (続き)

項目	試験体仕様						
筋力い	材 料:製材 (無等級材) 寸 法:仕様 A 45mm×90mm						

備考: JAS 認証番号は、木材 SCM 支援システム"もりんく" https://molink.jp/ で検索した。

表 2.2 筋かい端部仕様及び柱頭・柱脚仕口の仕様等(依頼者提出資料より抜粋)

項目	試験体仕様
筋かい端部	仕様 A、仕様 B 共通 筋かい金物 PS 筋かい金物 (BX カネシン株式会社) 材質: JIS G 3302 SGH340 表面処理:溶融亜鉛めっき鋼板 (Z27) 板厚: 2.3mm 接合具: ビス CPQ-45 筋かいい側 5 本、垂直部材側 5 本、水平部材側 5 本 取り付け:内付け その他: HP 評定 (木) -14-007-001 (ハウスプラス確認検査(株)) 平成 12 年建設省告示第 1460 号 第一号二と同等以上
柱頭仕口部	短ほぞとホールダウン金物の併用 短ほぞ:厚さ 45mm×幅 90mm×長さ 90mm ホールダウン金物 プルースホールダウン 40 (BX カネシン株式会社) 材質:背板/専用座金: JIS G 3101 SS400 筒: JIS G 3131 SPHC 表面処理:プロイズ処理 ビス YPR-85 (M ブロンズ) ×10 本 専用座金×1 枚 短期基準接合引張耐力 40.3kN (ハウスプラス確認検査(株)性能試験 HP14-KT028/HP13-KT092)
柱脚仕口部	長ほぞとホールダウン金物の併用 長ほぞ:厚さ 45mm×幅 90mm×長さ 120mm ホールダウン金物 高耐力フレックスホールダウン 60 (BX カネシン株式会社) 材質:JIS G 3101 SS400 表面処理:プロイズ処理 ビス YPR-85 (M ブロンズ) ×18 本 専用座金×1 枚 短期基準接合引張耐力 60.0kN (ハウスプラス確認検査(株)性能試験 HP13-KT026)

(次頁に続く)

表 2.2 筋かい端部仕様及び柱頭・柱脚仕口の仕様等(依頼者提出資料より抜粋) (続き)

項目	試験体仕様						
中間横架材と柱	大入れと金物の併用 大入れ:深さ15mm 金物:ミドルコーナー15 (BX カネシン株式会社) 材質:JIS G 3302 SGHC または SGCC 表面処理:溶融亜鉛めっき鋼板 (Z27 クロムフリー) ビス YPR-85 (M ブロンズ) ×8 本 短期基準接合引張耐力 16.2kN (隅柱) (ハウスプラス確認検査(株)性能試験 HP12-KT003/HP12-KT006)						
間柱上下両端 及び 間柱と筋かい	間柱上下両端     JIS A 5508 くぎ で規定する鉄丸くぎ N75 2本 斜め打ち (株式会社タナカ ワイヤー連結くぎ)     間柱と筋かい     JIS A 5508 くぎ で規定する鉄丸くぎ N75 2本 平打ち (仕様 A)     JIS A 5508 くぎ で規定する鉄丸くぎ N75 2本 斜め打ち (仕様 B)						

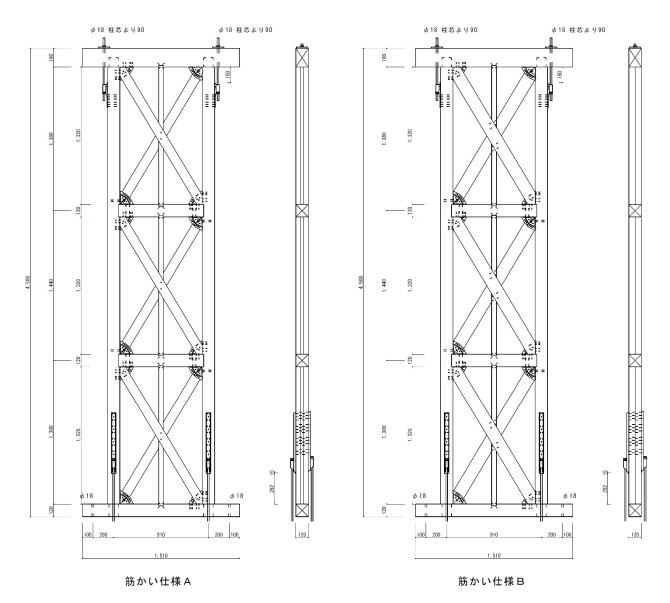


図 2.1 試験体図(依頼者提出資料) 単位:mm

筋かい仕様 筋かい等分仕様
A:45×90 スギ製材E70相当
筋かいと間柱の接合 N75×2本 平打ち
B:60×120 スギ製材E70相当
筋かいと間柱の接合 N75×2本 斜め打ち

#### 共通仕様

#### ●各部材

梁 スギ製材E70 120×180
中間横架材 スギ製材E70 120×120
柱 スギ製材E70 120×120
土台 スギ製材 120×120
間柱 45×120
※E70 (5.9以上7.8未満 GPa) のうち、6.0~6.5GPaのものを選定
筋交いは、上記の条件の材からカット
※SD15 または SD20

#### ●木材加工

柱脚 長ほぞ 90×120×45 柱頭 短ほぞ 90×90×45 ※ほぞ及びほぞの寸法は、プレカットでの加工 可能寸法を逸脱している場合、手加工 中間横架材 大入れ 深さ15 間柱 大入れ 深さ15

#### ●接合金物

筋かい カキシン PS筋交い金物 柱脚 カキシン 高耐力フレックスホールタ・ウン60 柱頭 カキシン プ・ルースホールタ・ウン40 中央横架材端部上下 カキシン ミト・ルコーナー15 間柱端部 N75×2本 斜め打ち

# 接合金物納まり 筋かい カネシン PS筋交い金物 中間横架材端部上下 カネシン ミドルコーナー

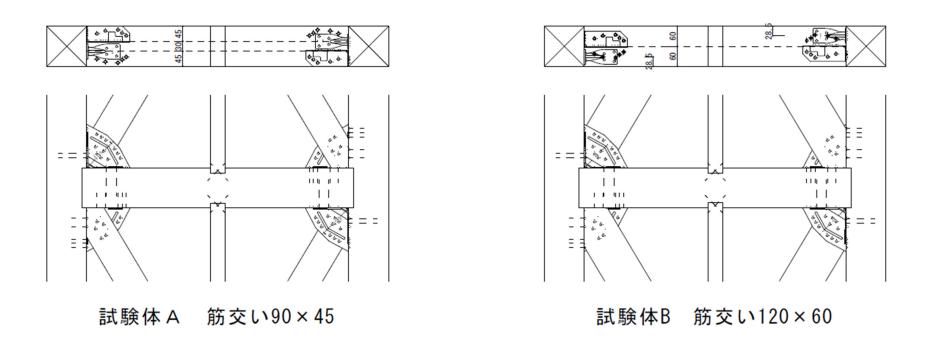


図 2.2 筋かい端部 (筋かい金物内付け) と中間横架材の仕口金物の取付詳細図 (依頼者提出資料)

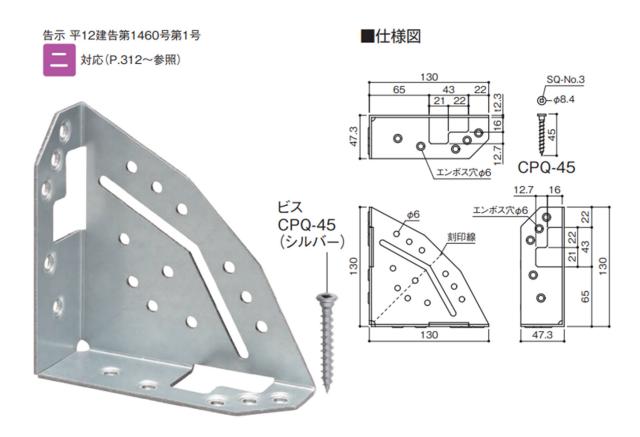


図 2.3 筋かい金物 (PS 筋かい金物 BX カネシン株式会社ホームページより引用)

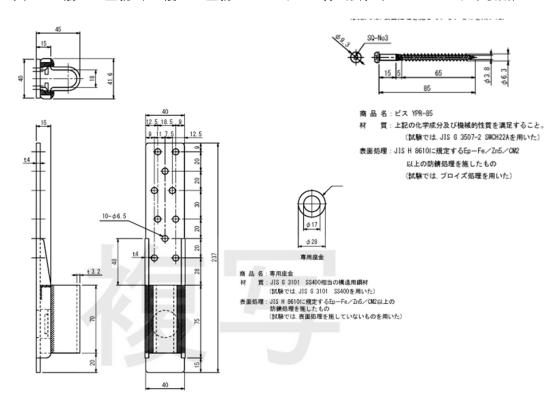


図 2.4 柱頭仕口金物 (プルースホールダウン 40 BX カネシン株式会社ホームページ試験成績書より引用)

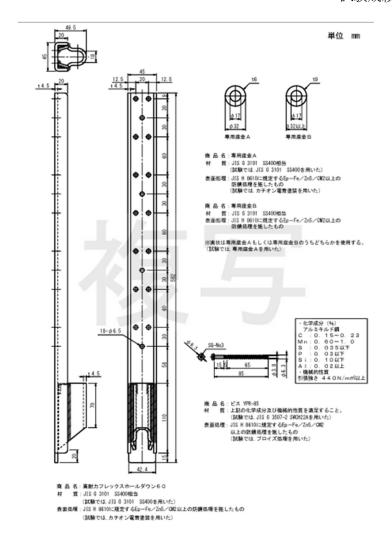


図 2.5 柱脚仕口金物(高耐力フレックスホールダウン 60 BX カネシン株式会社ホームページ試験成績書より引用)

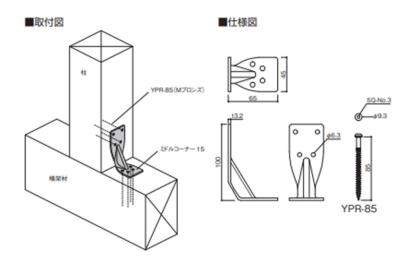


図 2.6 柱と中間横架材の仕口部金物 (ミドルコーナー15 BX カネシン株式会社ホームページより引用)

# 材料仕様確認、密度・含水率測定及び試験体製作状況を写真 2.1~写真 2.2 に示す。





仕様 A(45×90mm)筋かい他



仕様 A(60×120mm)筋かい他



桁材 質量測定状況



柱材 質量測定状況



柱脚部長ほぞ寸法確認

写真 2.1 材料仕様確認、密度・含水率測定及び試験体製作状況



木材水分計による含水率測定

柱頭部 ホールダウン金物設置





軸組の組み立て

対角線寸法差測定







筋かい金物設置

柱脚部 ホールダウン金物設置、筋かい設置

写真 2.2 材料仕様確認、密度・含水率測定及び試験体製作状況



筋かいの設置

筋かい金物 木ねじ固定位置確認



試験体製作状況



コーナー金物の設置



筋かい材へのひずみゲージ貼り付け



試験装置への試験体設置

写真 2.3 材料仕様確認、密度・含水率測定及び試験体製作状況

# 2.2. 軸組材の密度・含水率及びヤング率

軸組材の密度・含水率測定結果を**表 2.3、表 2.4** に、ヤング率測定結果(依頼者提出資料より引用)を**表 2.5** に示す。

表 2.3 軸組材の密度・含水率 測定結果(仕様 A (45×90mm 筋かい))

	密度 ρ(kg/m³)			含水率(%)			
	A-1	A-2	A-3	A-1	A-2	A-3	
桁	366	434	434	13.3	17.8	18.2	
柱(加力側)	387	437	461	20.5	13.7	16.7	
柱(非加力側)	346	397	396	11.3	15.8	16.2	
土台	425	437	483	11.8	14.5	14.8	
中間横架材上	402	411	436	13.5	14.2	15.8	
中間横架材下	407	402	415	11.3	14.8	14.2	
筋かい上引張	323	357	391	9.5	9.7	10.3	
筋かい上 圧縮	365	340	391	10.0	9.5	12.0	
筋かい中 引張	382	323	357	10.3	9.0	10.7	
筋かい中 圧縮	340	391	391	10.7	10.7	9.3	
筋かい下 引張	340	374	357	10.5	11.7	10.7	
筋かい下 圧縮	340	382	357	9.7	10.8	10.7	
間柱上	362	362	341	10.5	11.0	12.0	
間柱中	362	376	348	11.0	12.0	10.5	
間柱下	376	390	333	10.5	12.0	11.0	
平均	368	387	393	11.6	12.5	12.9	

備考:密度は、質量を公称寸法から計算した体積で除して算出した。

含水率測定は、木材水分計 (木材水分計 HM-520 ((株)ケツト科学研究所)) を用い3カ所 測定した平均値を示す。 (間柱は1カ所測定)

筋かいで上、中、下は上段、中段、下段に配置した筋かいを示し、引張は試験終了時に引 張筋かいとなるもの、圧縮は試験終了時に圧縮筋かいとなるものを示す。

表 2.4 軸組材の密度・含水率 測定結果(仕様 B (60×120mm 筋かい))

	密度 $ ho(kg/m^3)$			含水率(%)			
	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	
桁	394	375	427	14.2	10.8	13.7	
柱(加力側)	413	470	469	14.2	13.3	16.0	
柱(非加力側)	465	472	462	15.8	14.5	14.0	
土台	371	376	473	10.0	8.7	14.0	
中間横架材上	440	407	432	12.5	12.8	14.3	
中間横架材下	423	423	428	12.5	14.5	15.8	
筋かい上 引張	450	504	455	16.2	16.2	11.2	
筋かい上 圧縮	455	588	519	12.8	15.8	20.2	
筋かい中 引張	529	544	445	20.7	17.7	9.7	
筋かい中 圧縮	450	425	534	14.8	12.8	20.8	
筋かい下引張	469	430	544	18.7	14.0	14.3	
筋かい下 圧縮	455	595	534	13.7	22.5	11.5	
間柱上上	447	364	347	8.0	8.5	8.0	
間柱上下	463	380	380	10.5	10.0	9.5	
間柱中上	397	364	364	9.0	9.5	15.5	
間柱中上	430	347	364	12.5	8.0	8.5	
間柱下上	430	397	430	10.0	8.5	10.5	
間柱下下	430	364	380	8.0	9.0	10.0	
平均	439	435	444	13.0	12.6	13.2	

備考:密度は、質量を公称寸法から計算した体積で除して算出した。

含水率測定は、木材水分計 (木材水分計 HM-520 ((株)ケツト科学研究所)) を用い3カ所 測定した平均値を示す。 (間柱は1カ所測定)

筋かいで上、中、下は上段、中段、下段に配置した筋かいを示し、引張は試験終了時に引 張筋かいとなるもの、圧縮は試験終了時に圧縮筋かいとなるものを示す。

間柱は筋かい交点で二分割されているため、上、中、下段において筋かい交点の上に配置した間柱と下に配置した間柱とした結果を示す。

表 2.5 ヤング率測定結果(依頼者提出資料より引用)

		ヤング率 $E(\times 10^3 \mathrm{N/mm^2}$ または GPa)					
	仕様 A (4	仕様 A (45×90mm 筋かい)			仕様 B (60×120mm 筋かい)		
	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	
桁	6.0	6.1	6.2	6.2	6.0	6.1	
柱(加力側)	6.1	6.5	6.3	6.5	6.2	6.3	
柱(非加力側)	6.4	6.5	6.5	6.5	6.4	6.0	
土台	6.8	6.9	6.7	7.6	6.9	6.5	
中間横架材上	6.2	5.9	6.2	6.2	5.9	5.9	
中間横架材下	6.2	6.2	5.9	5.9	5.9	6.2	
筋かい上 引張	6.4	6.4	6.4	6.2	5.9	5.9	
筋かい上 圧縮	6.4	6.3	6.3	6.0	6.2	5.9	
筋かい中 引張	6.3	6.4	6.3	5.9	5.9	5.9	
筋かい中 圧縮	6.3	6.4	6.3	5.9	6.4	6.1	
筋かい下 引張	6.4	6.4	6.0	6.0	6.2	6.2	
筋かい下 圧縮	6.4	6.4	6.3	6.0	6.5	6.4	
平均	6.3	6.4	6.3	6.2	6.2	6.1	

備考:筋かいで上、中、下は上段、中段、下段に配置した筋かいを示し、引張は試験終了時に引 張筋かいとなるもの、圧縮は試験終了時に圧縮筋かいとなるものを示す。

#### 3. 試験方法

#### 3.1. 試験装置

面内せん断試験は、反力壁に取り付けた油圧ジャッキにより、試験体桁に水平力を加える方法とした。油圧ジャッキ(押200kN引100kN、ストローク±250mm)と試験体の接続は、桁に設置した治具 (PL32mm+PC 鋼棒 (異形鋼棒) D222本で桁に固定)を用い、油圧ジャッキ両側にはクレビスを配置した。また加力桁上部に面外拘束用パンタグラフを設置した。

水平荷重の測定は、油圧ジャッキ先端の荷重計(容量±100kN 定格出力 2.55mV/V)を用いた。 なお油圧ジャッキはスプリングを用いたカウンターウェイトで吊り下げ、ジャッキ質量が試験体に 作用しないようにした。

土台両端は、基礎フレームに M16 ボルト2 本で緊結し、土台の両端にストッパーを配して、土台の水平移動を拘束している。

試験体は、柱脚・柱頭にホールダウン金物を配置することによる柱脚固定式とした。配置したホールダウン金物は、**表 2.2** に示すもので、柱脚部は、柱芯に対して面外方向表裏面に 2 個設置している。試験装置概要を 2 3.1 に示す。

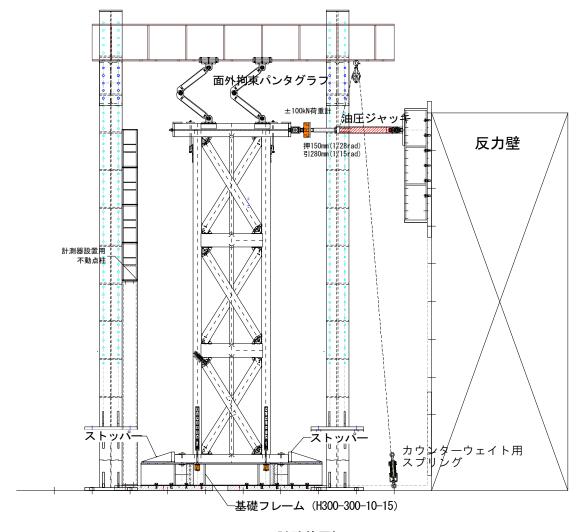


図 3.1 試験装置概要

#### 3.2. 計測方法

計測機器設置位置を**図 3.2** に、ひずみゲージ貼り付け位置を**図 3.3** に示す。また計測機器リストを**表 3.1** に示す。計測機器及びひずみゲージの信号は、データロガー((株)東京測器研究所 TDS-303)を介して計測ソフト ((株)東京測器研究所 静的計測ソフトウェア TDS-7130) によりパーソナルコンピュータに連続記録した。

なお油圧ジャッキが引き側に動いた場合及び試験体が上に動いた場合の絶対変位は正の出力となるよう係数を調整した。

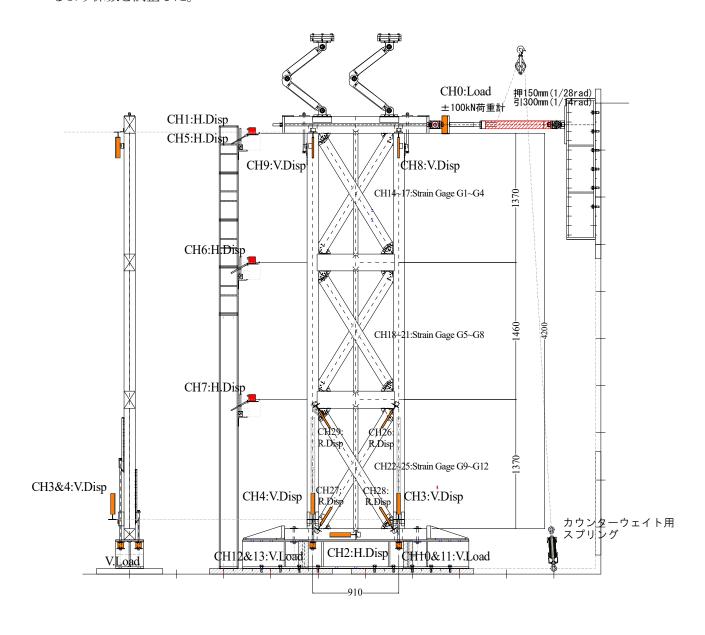


図 3.2 変位計設置位置

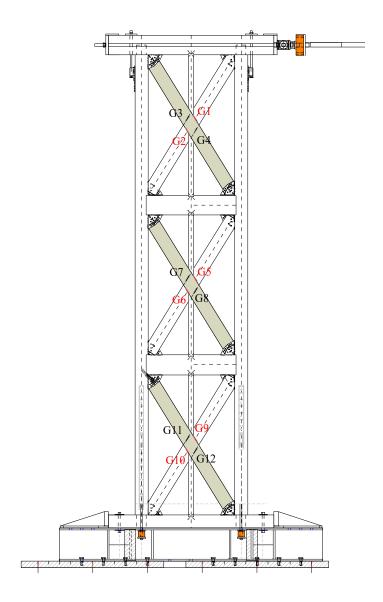


図 3.3 ひずみゲージ梁付け位置

備考: 終局時(ジャッキ引き側)の圧縮筋かいに上段から G1, G2, G5, G6, G9, G10 のひずみゲージ (図中赤字)を、引張筋かいに上段から G3, G4, G7, G8, G11, G12 (図中黒字)のひずみゲージ (図中赤字)を貼り付けた。貼り付け位置は筋かい中央付近の短辺表裏とした。 ひずみゲージは、ポリエステル箔ひずみゲージ (PFL20-11-5LJC (株)東京測器研究所)とした。

表 3.1 計測機器リスト

CN.No.	Label	茗	全量	単位	極性	出力(×10-6)	絶対・相対	説明
0	H.Load 0	±	100	kN	±	5,003	絶対	頂部 水平荷重
1	CH1 (H.Disp)	±	200	mm	±	5.0 (V)	絶対	頂部 桁 水平変位
2	CH2 (H.Disp)	±	50	mm	±	2,500	絶対	土台 水平変位
3	CH3 (V.Disp)	±	50	mm	±	2,500	絶対	加力側柱脚部 鉛直変位
4	CH4 (V.Disp)	±	50	mm	±	2,500	絶対	非加力側柱脚部 鉛直変位
5	CH5(H.Disp)	±	500	mm	±	5,000	絶対	頂部 桁 水平変位
6	CH6(H.Dsip)	±	500	mm	±	5,000	絶対	上段中間財 水平変位
7	CH7(H.Disp)	±	500	mm	±	2,500	絶対	下段中間財 水平変位
8	CH8(V.Disp)	±	50	mm	±	2,500	相対	加力側 柱-梁相対変位
9	CH9 (V.Disp)	±	50	mm	±	2,500	相対	非加力側 柱-梁相対変位
10	CH10 (V. Load)		98	kN	-	3,130	絶対	加力側柱脚部 HD 引き抜き荷重
11	CH11 (V. Load)		98	kN	-	3,120	絶対	加力側柱脚部 HD 引き抜き荷重
12	CH12 (V.Load)		98	kN	-	3,130	絶対	非加力側柱脚部 HD 引き抜き荷重
13	CH13 (V.Load)		98	kN	-	3,140	絶対	非加力側柱脚部 HD 引き抜き荷重
14	CH14 G1							上段:終局時圧縮筋かい 上面
15	CH15 G2							上段:終局時圧縮筋かい 下面
16	CH16 G3							上段:終局時引張筋かい 上面
17	CH17 G4							上段:終局時引張筋かい 下面
18	CH18 G5							中段:終局時圧縮筋かい 上面
19	CH19 G6							中段:終局時圧縮筋かい 下面
20	CH20 G7							中段:終局時引張筋かい 上面
21	CH21 G8							中段:終局時引張筋かい 下面
22	CH22 G9							下段:終局時圧縮筋かい 上面
23	CH23 G10							下段:終局時圧縮筋かい 下面
24	CH24 G11							下段:終局時引張筋かい 上面
25	CH25 G12							下段:終局時引張筋かい 下面
26	CH26 (R. Disp)	±	50	mm	±	2500	相対	引張筋かい上部 筋かいと柱
27	CH27 (R. Disp)	±	50	mm	±	2500	相対	引張筋かい下部 筋かいと土台
28	CH28 (R. Disp)	±	50	mm	±	2500	相対	圧縮筋かい下部 筋かいと土台
29	CH29 (R. Disp)	±	50	mm	±	2500	相対	圧縮筋かい上部 筋かいと柱

備考:水平荷重及び絶対変位は、ジャッキ引き側を正、上を正とする。相対変位はターゲットと変位計が離れる場合を正とする。ひずみゲージは、引張を正とする。CH10~CH13のホールダウン金物柱脚部の引抜力を正とする。

#### 3.3. 加力スケジュール

加力は、「木造の耐力壁及びその倍率 性能試験・評価業務方法書(建築基準法壁倍率性能評価における指定性能評価機関業務方法書)」に規定される正負繰り返し加力方法に基づき、壁高さ(横架材間内法寸法 h=4200mm)に対して 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad 変形角(見掛けの変形)で正負 3 回繰り返しを行い、正側 1/15rad を超えるまで加力した。なお加力途中で試験体が破壊する、もしくは最大耐力の 80%まで耐力が低下したことが確認できれば、試験を終了した。

加力速度は 1/150rad までは 1 秒間に 0.5mm 設定とし、1/150rad 以降は 1 秒間に 1.0mm 設定とした。繰り返しスケジュールを**図 3.4** に示す。

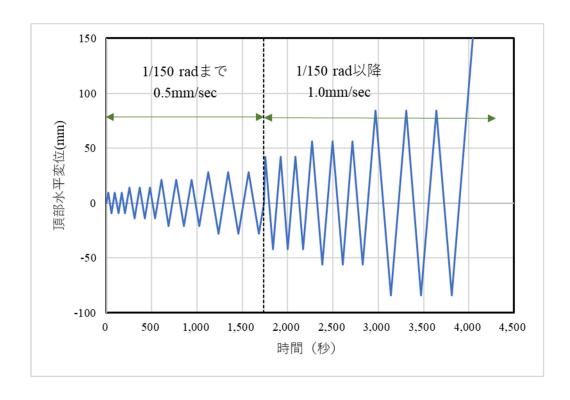


図 3.4 繰り返しスケジュール

### 3.4. 降伏耐力 $P_{v}$ 、降伏変位 $D_{v}$ 、終局耐力 $P_{u}$ 、終局変位 $D_{u}$ 及び塑性率 $\mu$ の算出方法

見掛けの変形  $\delta_{app}$  を**式 1** で、見掛けの変形角  $\theta_{app}$  を**式 2** で表す。 真の変形  $\delta_{true}$  を**式 3** で、真の変形角  $\theta_{true}$  を**式 4** で表す。

$$\delta_{app} = (CH1 - CH2)$$

$$\theta_{app} = \frac{\delta_{app}}{h} = \frac{(CH1 - CH2)}{h}$$

$$\delta_{true} = (CH1 - CH2) - (CH4 - CH3) \times \frac{h}{w}$$
 = \pi 3

$$\theta_{true} = \frac{\delta_{true}}{h} = \frac{(CH1 - CH2)}{h} - \frac{(CH4 - CH3)}{w}$$
 \$\pi 4

ここに CH1、CH2、CH3、CH4; 各測定位置での変位(mm)

h:標点高さ(横架材間内法寸法)=4200(mm)、w:標点長さ=910(mm)

 $\delta_{app}$ : 見かけの変位(mm)、 $\theta_{app}$ : 見掛けの変形角(rad)

 $\delta_{\text{true}}$ : 真の変位(mm)、 $\theta_{\text{true}}$ : 真の変形角(rad)

試験で得られた荷重-変位曲線の包絡線から、正側の降伏耐力  $P_y$ 、降伏変位  $D_y$ 、剛性 K、終局耐力  $P_u$ 、終局変位  $D_u$ 、塑性率  $\mu$ 、最大荷重  $P_{max}$ 、最大荷重時変位  $D_{Pmax}$  及び特定変形角時の耐力を求める。

降伏耐力 $P_v$ 、降伏変位 $D_v$ 、剛性Kは

- (1)最大荷重を $P_{\text{max}}$ 、最大荷重時の変位を $D_{\text{Pmax}}$ とする。
- (2)包絡線上の 0.1P<sub>max</sub> と 0.4P<sub>max</sub> を結び、第1 直線とする。
- (3)包絡線上の $0.4P_{\text{max}}$ と $0.9P_{\text{max}}$ を結び、第2直線とする。
- (4)包絡線に接するまで第2直線を平行移動し、これを第3直線とする。
- (5)第1直線と第3直線の交点の荷重を降伏耐力  $P_y$  とし、この点から X 軸に平行な直線を第4直線 とする。
- (6)第4直線と包絡線の交点を降伏変位 Dv とする。
- (7)原点と降伏耐力  $P_y$ ,降伏変位  $D_y$  を結ぶ直線を第 5 直線とし、傾きを剛性 K とする。終局耐力  $P_u$ 、終局変位  $D_u$ 、塑性率  $\mu$  は

- (1)最大荷重後耐力低下域での  $0.8P_{\text{max}}$  時の変位を終局変位  $D_{\text{u}}$  とする。なお 1/15(rad)までに  $0.8P_{\text{max}}$  とならない場合は、1/15(rad)を終局変位  $D_{\text{u}}$  とする。
- (2)包絡線とX軸及び $X=D_u$ で囲まれた面積をSとする。
- (3)第 5 直線、 $X=D_u$ の直線、X 軸及び X 軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるよう、X 軸に平行に第 6 直線を引く。
- (4)第5 直線と第6 直線の交点の荷重を、完全弾塑性モデルの終局耐力  $P_{\rm u}$  とし、そのときの変位を 完全弾塑性モデルの降伏点変位  $D_{\rm v}$  とする。
- (5)塑性率 $\mu$ は、 $D_{\rm u}/D_{\rm v}$ とする。

上記特性値の算出方法を図 3.5 に示す。

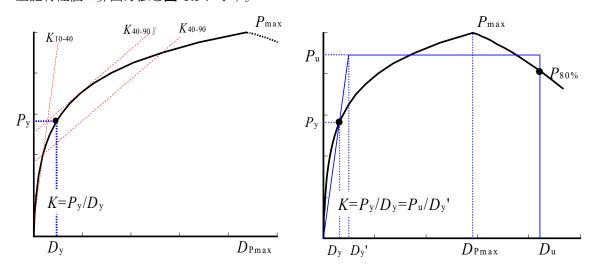


図 3.5 完全弾塑性モデルによる降伏耐力 Py 及び終局耐力 Pu などの算出方法

荷重-見掛けの変位曲線及び荷重-真の変位曲線より

- ① 降伏耐力 Py、
- ② 靱性を考慮した耐力 0.2Pu√(2μ-1)
- ③ 最大荷重の 2/3
- ④ 特定変形角時の耐力 P<sub>1/120</sub> (見掛け)、P<sub>1/150</sub> (真)
- の4つの指標値を算出した。

見掛けの変位及び真の変位から算出した 4 指標を用い、短期基準せん断耐力  $P_0$  は、下式により 4 指標の最小値とした。

$$P_{0} = \min \begin{cases} P_{y} \\ 0.2P_{u} \times \sqrt{(2\mu - 1)} \\ 2/3P_{\max} \\ P_{1/120_{(\text{rad})}} or P_{1/150_{(rad)}} \end{cases}$$

#### 4. 試験結果

## 4.1. 仕様 A (筋かい断面 45×90mm)

見掛けの変位での試験結果を表 4.1 に、真の変位での試験結果を表 4.2 に示す。また試験時観察状況を表 4.3 に、荷重一変位曲線を図 4.1 に、試験実施状況及び破壊状況を写真 4.1~写真 4.3 に示す。

表 4.1 仕様 A 試験結果(見掛けの変位)

		1 体目	2 体目	3 体目	平均	標準偏差	50%下側 許容限界
1	$P_{y}(kN)=$	10.23	10.27	11.88	10.79	0.94	10.35
	$D_{y}(mm)=$	30.7	29.7	31.8	30.7	1.1	
	K(kN/mm)=	0.33	0.35	0.37	0.35	0.02	
	$P_{\rm u}({\rm kN})=$	18.89	17.69	20.75	19.11	1.54	18.38
	$D_{\rm u}({ m mm})=$	109.6	81.1	126.3	105.7	22.9	
	$\mu=$	1.94	1.59	2.27	1.93	0.34	
	$1/\sqrt{(2\mu-1)}$ =	0.59	0.68	0.53	0.60	0.07	
2	$0.2P_{\mathrm{u}} \times \sqrt{(2\mu\text{-}1)} =$	6.40	5.22	7.82	6.48	1.30	5.87
3	$2/3P_{\text{max}}(kN) =$	13.77	12.82	15.02	13.87	1.10	13.35
	$P_{\text{max}}(kN) =$	20.65	19.23	22.53	20.80	1.66	20.02
	$D_{\max}(mm)=$	102.1	79.4	98.9	93.4	12.2	
	$P_{1/300}(kN)=$	5.56	5.91	6.53	6.00	0.49	5.77
	$P_{1/200}(kN) =$	7.58	8.09	8.56	8.08	0.49	7.85
	$P_{1/150}(kN)=$	9.53	10.00	10.77	10.10	0.63	9.81
4	$P_{1/120}(kN) =$	11.37	11.94	12.78	12.03	0.71	11.70
	$P_{1/60}(kN) =$	18.45	18.20	20.06	18.90	1.01	18.43
	$P_{1/30}(kN) =$	15.26	16.92	12.36	14.85	2.31	13.76
	$P_{1/20}(kN) =$	13.66	14.45	10.15	12.75	2.29	11.68
	$P_{1/15}(kN)=$	14.73	14.99	12.84	14.19	1.17	13.63
					$P_0=\min(0)$	(kN)	5.87
		単位型	産長さ当たり	の短期基準	せん断耐力	$P_0(kN/m)$	6.45

表 4.2 仕様 A 試験結果(真の変位)

		1 体目	2 体目	3 体目	平均	標準偏差	50%下側 許容限界			
1	$P_{y}(kN)=$	10.74	11.00	11.89	11.21	0.60	10.93			
	$D_y(mm)=$	25.2	24.2	23.3	24.2	1.0				
	K(kN/mm)=	0.43	0.45	0.51	0.46	0.04				
	$P_{\rm u}({\rm kN})=$	18.96	17.61	20.59	19.05	1.49	18.35			
	$D_{\mathrm{u}}(\mathrm{mm})=$	92.9	66.9	108.9	89.6	21.2				
	$\mu =$	2.09	1.72	2.70	2.17	0.49				
	$1/\sqrt{(2\mu-1)}$ =	0.56	0.64	0.48	0.56	0.08				
2	$0.2P_{\rm u}\times\sqrt{(2\mu\text{-}1)}=$	6.76	5.51	8.63	6.97	1.57	6.23			
3	$2/3P_{\text{max}}(kN) =$	13.77	12.82	15.02	13.87	1.10	13.35			
	$P_{\text{max}}(kN)=$	20.65	19.23	22.53	20.80	1.66	20.02			
	$D_{\max}(\text{mm})=$	85.1	63.4	82.1	76.8	11.8				
	$P_{1/300}(kN)=$	7.05	7.36	8.26	7.56	0.63	7.26			
	$P_{1/200}(kN)=$	9.35	9.91	10.73	10.00	0.69	9.67			
4	$P_{1/150}(kN)=$	11.67	12.56	13.51	12.58	0.92	12.15			
	$P_{1/120}(kN)=$	13.39	14.49	15.30	14.39	0.96	13.94			
	$P_{1/60}(kN)=$	19.39	13.39	20.68	17.82	3.89	15.99			
	$P_{1/30}(kN)=$	15.43	17.09	14.06	15.53	1.52	14.81			
	$P_{1/20}(kN)=$	14.25	14.63	11.56	13.48	1.67	12.69			
	$P_{1/15}(kN) = $									
	$P_0=\min(\widehat{\mathbb{U}}-\widehat{\mathbb{Q}})$ (kN)									
	単位壁長さ当たりの短期基準せん断耐力 Po(kN/m)									

表 4.3 仕様 A 試験時観察状況

No.	試験時観察状況
1 体目	1/50rad 繰り返し加力時 上段筋かい 圧縮時面外へ微かに変形 水平変位 110mm 付近(1/38 rad)上段圧縮筋かい座屈 水平変位 150mm 付近(1/28 rad)中段圧縮筋かい座屈 1/15rad 時 非加力側柱と下側中間横架材の仕口部柱 折れ
2 体目	1/50rad 繰り返し加力時 正側で上段圧縮筋かいの座屈 負側で上段圧縮筋かい(裏)の面外変形 水平変位 150mm 付近(1/28 rad)中段圧縮筋かい座屈 1/15rad 時 非加力側柱と下側中間横架材の仕口部柱 折れ
3 体目	1/50rad 繰り返し加力時 正側・負側とも上段圧縮筋かいの面外変形 水平変位 150mm 付近(1/28 rad)下段圧縮筋かい座屈 水平変位 200mm 付近(1/21 rad)中段圧縮筋かい座屈

備考:表中の変形角は見かけの変形角(rad)を示す。

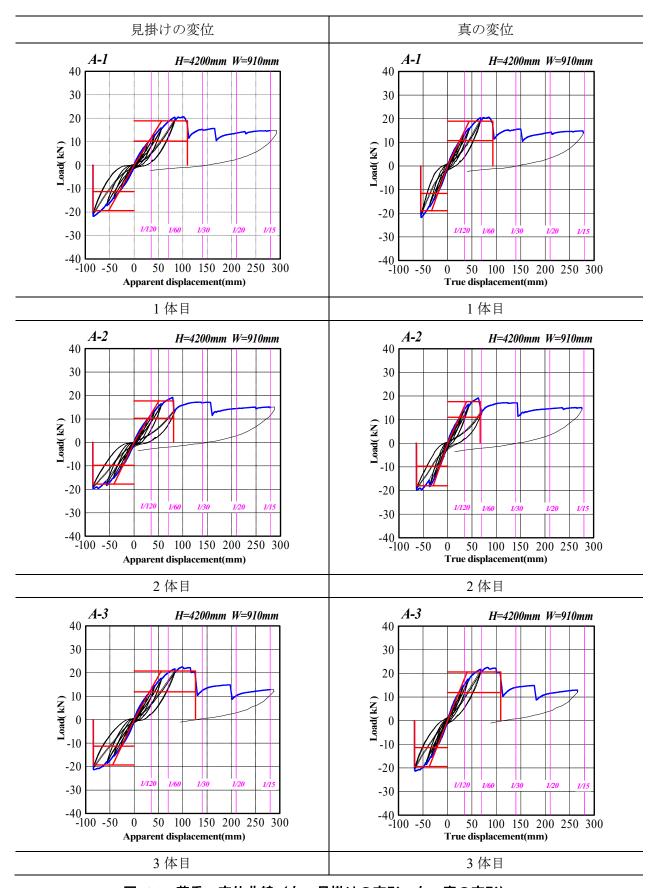


図 4.1 荷重一変位曲線(左:見掛けの変形、右:真の変形) 上:1 体目 中:2 体目 下:3 体目



写真 4.1 試験状況及び破壊状況(1体目)



写真 4.2 試験状況及び破壊状況(2体目)



写真 4.3 試験状況及び破壊状況(3体目)

## 4.2. 仕様 B (筋かい断面 60×120mm)

見掛けの変位での試験結果を表 4.4 に、真の変位での試験結果を表 4.5 に示す。また試験時観察状況を表 4.6 に、荷重一変位曲線を図 4.2 に、試験実施状況及び破壊状況を写真 4.4~写真 4.6 に示す。

表 4.4 仕様 B 試験結果(見掛けの変位)

		1 体目	2 体目	3 体目	平均	標準偏差	50%下側 許容限界		
1	$P_{y}(kN)=$	20.95	19.95	20.73	20.54	0.53	20.30		
	$D_{y}(mm)=$	62.0	63.3	70.0	65.1	4.3			
	K(kN/mm)=	0.34	0.32	0.30	0.32	0.02			
	$P_{\rm u}({\rm kN})=$	34.98	33.86	32.34	33.73	1.33	33.10		
	$D_{\mathrm{u}}(\mathrm{mm})=$	279.9	250.6	243.9	258.2	19.1			
	$\mu =$	2.70	2.33	2.23	2.42	0.25			
	$1/\sqrt{(2\mu-1)}$ =	0.48	0.52	0.54	0.51	0.03			
2	$0.2P_{\rm u}\times\sqrt{(2\mu\text{-}1)}=$	14.70	12.97	12.04	13.24	1.35	12.60		
3	$2/3P_{\text{max}}(kN) =$	25.14	24.61	24.13	24.63	0.51	24.39		
	$P_{\text{max}}(kN)=$	37.72	36.92	36.20	36.95	0.76	36.59		
	$D_{\max}(\text{mm})=$	221.1	238.3	221.4	226.9	9.8			
	$P_{1/300}(kN)=$	6.48	6.57	6.44	6.50	0.07	6.47		
	$P_{1/200}(kN)=$	9.03	8.81	8.57	8.80	0.23	8.69		
	$P_{1/150}(kN)=$	11.44	10.90	10.59	10.98	0.43	10.77		
4	$P_{1/120}(kN)=$	13.79	13.02	12.54	13.12	0.63	12.82		
	$P_{1/60}(kN)=$	22.99	21.56	20.73	21.76	1.14	21.22		
	$P_{1/30}(kN)=$	33.21	32.17	30.11	31.83	1.58	31.09		
	$P_{1/20}(kN)=$	37.62	36.35	35.74	36.57	0.96	36.12		
	$P_{1/15}(kN)=$	33.88	18.26	16.10	22.75	9.70	18.18		
$P_0=\min(\bigcirc -\bigcirc )$ (kN)									
		単位型	産長さ当たり	の短期基準	せん断耐力	$P_0(kN/m)$	13.84		

表 4.5 仕様 B 試験結果(真の変位)

		1 体目	2 体目	3 体目	平均	標準偏差	50%下側 許容限界			
1	$P_{y}(kN)=$	21.17	19.20	20.99	20.45	1.09	19.94			
	$D_y(mm)=$	48.8	49.9	52.1	50.2	1.7				
	K(kN/mm)=	0.43	0.39	0.40	0.41	0.02				
	$P_{\rm u}({\rm kN})=$	35.71	33.86	32.25	33.94	1.73	33.12			
	$D_{\rm u}({ m mm})=$	280.9	205.8	186.5	224.4	49.9				
	$\mu=$	3.42	2.34	2.33	2.70	0.63				
	$1/\sqrt{(2\mu-1)}$ =	0.41	0.52	0.52	0.49	0.06				
2	$0.2P_{\rm u}\times\sqrt{(2\mu\text{-}1)}=$	17.25	13.00	12.33	14.19	2.67	12.94			
3	$2/3P_{\text{max}}(kN) =$	25.14	24.61	24.13	24.63	0.51	24.39			
	$P_{\text{max}}(kN)=$	37.72	36.92	36.20	36.95	0.76	36.59			
	$D_{\max}(mm)=$	196.4	193.0	159.8	183.1	20.2				
	$P_{1/300}(kN)=$	7.82	7.14	7.82	7.59	0.39	7.41			
	$P_{1/200}(kN)=$	10.92	9.85	10.61	10.46	0.55	10.20			
4	$P_{1/150}(kN) =$	14.19	12.35	13.43	13.32	0.92	12.89			
	$P_{1/120}(kN)=$	16.09	14.37	15.75	15.40	0.91	14.97			
	$P_{1/60}(kN) =$	26.24	23.08	24.79	24.70	1.58	23.96			
	$P_{1/30}(kN)=$	36.38	35.36	34.85	35.53	0.78	35.16			
	$P_{1/20}(kN) =$	36.68	19.54	15.84	24.02	11.12	18.78			
	$P_{1/15}(kN) =                                   $									
	$P_0=\min(1-4)$ (kN)									
	単位壁長さ当たりの短期基準せん断耐力 P <sub>0</sub> (kN/m)									

# 表 4.6 仕様 B 試験時観察状況

No.	試験時観察状況
1 体目	1/50rad 繰り返し加力時 正側・負側とも筋かいに異常は確認できず 最大荷重時変位 221.1mm(1/19.0rad)以降、圧縮筋かい端部の軸組へのめり込み 1/15rad 付近で、下段圧縮筋かいの座屈及び加力側柱の座屈
2 体目	1/50rad 繰り返し加力時 正側・負側とも筋かいに異常は確認できず 最大荷重時変位 238.3mm(1/17.6rad)で、下段圧縮筋かいの座屈
3 体目	1/50rad 繰り返し加力時 正側・負側とも筋かいに異常は確認できず 最大荷重時変位 221.4mm(1/18.9rad)で上段圧縮筋かいの座屈 終局変位時 243.9mm(1/17.2rad)で加力側及び非加力側の柱(上部中間横架材部) の破断

備考:表中の変形角は見かけの変形角(rad)を示す。

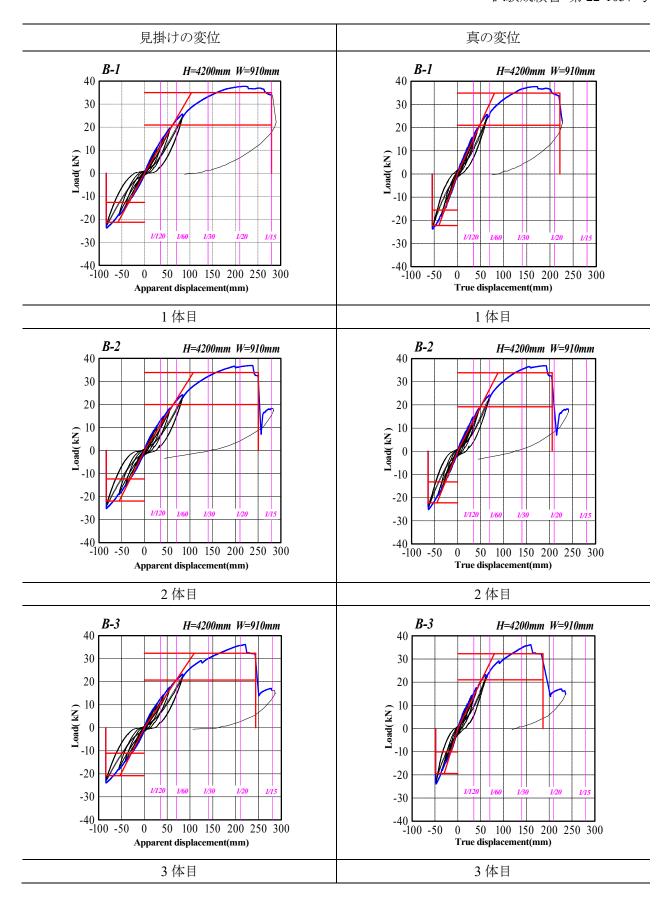
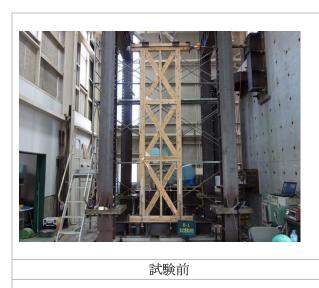
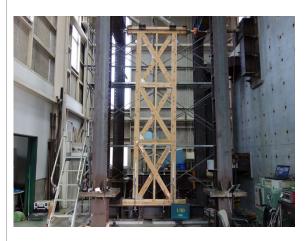


図 4.2 荷重-変位曲線(左:見掛けの変形、右:真の変形) 上:1体目 中:2体目 下:3体目





1/50rad 変形時 状況

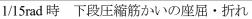




1/50rad 変形時 筋かいの面外変形なし

1/15rad 変形 状況







1/15rad 変形時 加力側柱の座屈

写真 4.4 試験状況及び破壊状況(1体目)

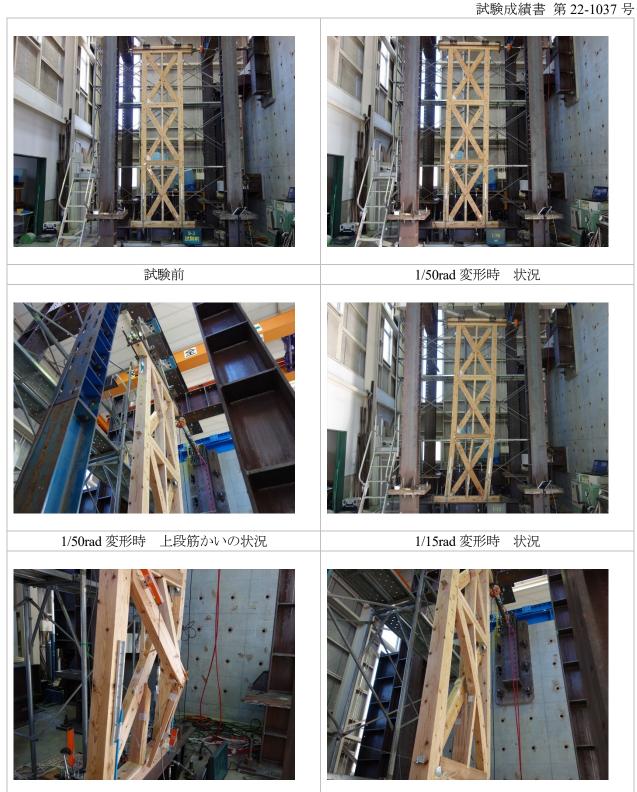


写真 4.5 試験状況及び破壊状況(2体目)

1/15rad 時 中段圧縮筋かいの面外変形

下段圧縮筋かいの座屈・折れ

1/15rad 時





試験前

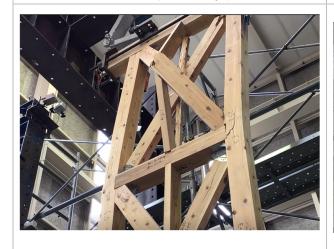
1/50rad 変形時 状況



-1/50rad 変形時 状況



1/15rad 変形時 上段圧縮筋かいの座屈



1/15rad 変形時 上段圧縮筋かいの座屈 上部中間横架材付近の柱の折れ(両方)



試験終了時 非加力側柱の折れ

写真 4.6 試験状況及び破壊状況 (3 体目)

## 4.3. 特定変形角時の測定値及び荷重ー測定値のグラフ

試験体仕様 A の正側特定変形角時の各測定点の値を表 4.7 に、試験体仕様 B の正側特定変形角時の各測定点の値を表 4.8 に示す。また試験体仕様 A の荷重-各測定点測定値のグラフを図 4.5 に、試験体仕様 B の荷重-各測定点測定値のグラフを図 4.6 < 図 4.8 に示す。

表 4.7 正側 特定変形角時の各測定点の値(仕様 A)

							特定変形	角(rad)				
			1/300	1/200	1/150	1/120	1/60	1/40	1/30	1/24	1/20	1/15
	Step		377	384	648	979	1604	2172	2195	2218	2242	2290
	Load	kN	5.6	7.7	9.5	11.4	18.5	19.9	15.3	11.7	13.7	14.7
	CH1 (H.Disp) CH2 (H.Disp)	mm mm	14.0 0.00	21.0 0.00	28.0 -0.01	35.0 -0.02	70.0 0.04	105.0 -0.02	140.0 0.00	175.0 0.00	210.0 0.00	280.0 0.00
	CH2 (H.Disp) CH3 (V.Disp)	mm	-0.04	-0.04	-0.01	0.02	0.56	1.06	0.66	0.00	0.00	0.00
	CH4 (V.Disp)	mm	0.53	0.98	1.37	1.76	3.63	4.66	4.08	3.63	3.68	3.72
	CH5 (H.Disp)	mm	13.20	20.00	26.92	33.97	68.92	104.16	138.54	174.13	208.95	278.74
	CH6 (H.Disp)	mm	8.33	12.70	17.02	21.35	42.64	56.41	53.34	77.52	92.91	126.29
	CH7 (H.Disp)	mm	3.65	5.50	7.40	9.43	19.57	26.10	22.87	21.76	23.27	23.10
	CH8(V.DP) mm CH9(V.DP) mm	mm	0.00	-0.04 0.0	-0.03 0.0	-0.02 0.0	-0.14 -0.3	-0.40 0.4	0.08 3.0	-0.07 3.6	-0.17 4.1	-0.28 5.6
	CH10(V.Load)	mm kN	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2
	CH10(V.Load)	kN	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2
	CH12(V.Load)	kN	8.3	11.9	16.4	21.0	36.8	40.4	30.3	24.0	28.1	32.2
1 体目	CH13(V.Load)	kN	8.5	12.0	16.5	21.4	37.3	40.2	28.9	20.1	23.6	24.0
(A-1)	G1	×10 <sup>-6</sup>	-130	-173	-221	-278	-496	-816	-4	-32	-38	-53
(111)	G2	×10-6	-123	-169	-237	-320	-584	2	0	0	0	0
	G3 G4	×10 <sup>-6</sup> ×10 <sup>-6</sup>	116 179	140 217	184	233	372 399	702	733	726	818 -770	857 -759
	G5	×10 <sup>-6</sup>	-226	-287	264 -367	309 -467	-879	-372 -1026	-652 -1033	-667 -178	-171	-153
	G6	×10 <sup>-6</sup>	-159	-203	-263	-338	-560	-701	-764	-80	-72	-85
	G7	×10-6	112	127	167	216	334	338	398	597	597	1072
	G8	×10 <sup>-6</sup>	121	149	194	243	332	406	450	312	362	49
	G9	×10 <sup>-6</sup>	-246	-310	-397	-501	-891	-990	-772	-661	-743	-805
	G10	×10 <sup>-6</sup>	-101	-124	-168	-228	-438	-476	-312	-435	-555	-611
	G11	×10-6	215	252	323	411	637	682	547	446	512	576
	G12 CH26(R.Disp)	×10 <sup>-6</sup> mm	73 0.57	70 0.92	78 1.30	88 1.80	44 3.93	3 5.04	5 4.05	95 4.61	137 5.19	153 6.14
	CH20(R.Disp) CH27(R.Disp)	mm	1.08	1.70	2.41	3.26	6.53	8.58	7.87	7.71	8.23	8.78
	CH28(R.Disp)	mm	-0.59	-0.90	-1.27	-1.63	-3.45	-4.79	-3.97	-3.75	-3.97	-4.18
	CH29(R.Disp)	mm	-0.73	-1.04	-1.33	-1.71	-2.88	-3.68	-1.76	-1.31	-1.59	-1.80
	Step		242	366	630	963	1594	2312	2338	2362	2387	2438
	Load	kN	5.9	8.1	10.0	11.9	18.2	16.2	16.9	13.3	14.4	15.0
	CH1 (H.Disp)	mm	14.0	21.0	28.0	35.0	70.0	105.0	140.0	175.0	210.0	280.0
	CH2 (H.Disp)	mm	-0.02	-0.02	0.00	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	0.02	0.00	0.02
	CH3 (V.Disp) CH4 (V.Disp)	mm mm	-0.04 0.56	-0.06 1.06	-0.04 1.38	-0.10 1.79	-0.03 3.19	0.09 2.94	0.26 3.16	0.26 2.90	0.27 2.98	0.46 3.14
	CH4 (V.Disp) CH5 (H.Disp)	mm	13.38	19.98	26.54	33.51	68.47	103.70	138.20	173.26	208.18	277.10
	CH6 (H.Disp)	mm	8.39	12.69	16.86	21.28	38.88	43.51	58.37	82.93	98.52	133.55
	CH7 (H.Disp)	mm	3.70	5.69	7.48	9.44	17.46	17.04	18.60	18.30	20.10	21.49
	CH8(V.DP) mm	mm	0.02	0.00	-0.02	-0.02	-0.14	0.12	0.04	0.16	0.14	0.14
	CH9(V.DP) mm	mm	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	2.9	3.8	4.8	5.5	7.2
	CH10(V.Load)	kN	-4.3	-4.3	-4.3	-4.4	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3
	CH11(V.Load) CH12(V.Load)	kN kN	-5.3 10.4	-5.7 14.9	-5.7 19.2	-5.7 23.9	-5.7 37.6	-5.7 33.1	-5.7 34.9	-5.7 27.4	-5.7 30.0	-5.7 30.0
2 /4- 🗆	CH12(V.Load)	kN	11.4	16.4	20.7	25.6	39.5	34.6	36.1	27.4	29.1	32.2
2 体目	G1	×10 <sup>-6</sup>	-206	-310	-390	-491	-942	0	0	0	0	0
(A-2)	G2	×10 <sup>-6</sup>	-185	-283	-374	-479	-1029	-272	-676	-197	-195	-195
	G3	×10 <sup>-6</sup>	139	181	230	285	682	970	1105	1075	1168	1348
	G4	×10 <sup>-6</sup>	138	169	196	218	99	-105	-315	-381	-477	-679
	G5	×10-6	-255	-363	-459	-569	-877	-796	-1650	-356	-371	-429
	G6 G7	×10 <sup>-6</sup> ×10 <sup>-6</sup>	-170 189	-252 249	-333 297	-435 338	-801 420	-918 371	-1136 198	-549	-733	-763
	G/ G8	×10° ×10°	112	249 142	297 175	338 217	420 374	371 529	198 742	-549 1215	-/33 1384	1302
	G8 G9	×10-6	-147	-205	-265	-348	-556	-513	-616	2090	2135	2192
	G10	×10 <sup>-6</sup>	-970	-1202	-1554	-1734	-2070	-2013	-2116	-2211	-2298	-2394
	G11	×10 <sup>-6</sup>	316	389	459	539	692	653	659	590	635	692
	G12	×10 <sup>-6</sup>	100	129	146	156	210	216	283	332	374	353
	CH26(R.Disp)	mm	0.80	1.26	1.72	2.30	4.28	4.11	4.68	5.60	6.43	7.78
	CH27(R.Disp)	mm	0.88	1.62	2.28	3.08	5.87	6.07	6.66	7.28	7.85	8.98
	CH28(R.Disp)	mm	-0.64	-0.94 1.26	-1.24 1.60	-1.48	-2.47	-2.10	-2.42	-1.96	-2.25	-2.92
	CH29(R.Disp)	mm	-0.88	-1.26	-1.60	-2.02	-3.18	-1.91	-2.27	-1.72	-2.21	-2.96

(次頁に続く)

表 4.7 正側 特定変形角時の各測定点の値 (続き)

							特定変形	角(rad)				
			1/300	1/200	1/150	1/120	1/60	1/40	1/30	1/24	1/20	1/15
	Step		357	534	627	957	1590	2188	2213	2240	2266	2323
	Load	kN	6.5	8.6	10.8	12.8	20.1	21.9	12.4	14.5	10.2	12.8
	CH1 (H.Disp)	mm	14.0	21.0	28.0	34.9	69.9	104.9	140.0	175.0	210.0	280.0
	CH2 (H.Disp)	mm	0.00	-0.04	-0.05	-0.08	-0.07	-0.10	0.00	0.00	0.00	0.02
	CH3 (V.Disp)	mm	-0.02	-0.04	0.05	0.06	0.69	1.48	1.06	1.08	1.00	1.26
	CH4 (V.Disp)	mm	0.72	1.22	1.68	2.10	3.96	5.05	4.82	5.38	5.16	5.98
	CH5 (H.Disp)	mm	13.72	20.52	27.40	34.30	69.84	105.30	139.82	174.51	209.88	279.05
	CH6 (H.Disp)	mm	8.89	13.14	17.65	22.12	43.67	64.08	108.61	139.63	176.23	240.15
	CH7 (H.Disp)	mm	3.74	5.66	7.60	9.54	19.46	25.86	74.41	94.47	104.47	140.15
	CH8(V.DP) mm	mm	-0.06	-0.07	-0.07	-0.08	-0.16	-0.26	-0.16	-0.18	-0.20	-0.24
	CH9(V.DP) mm	mm	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.6	0.9	0.9	0.8	0.7
	CH10(V.Load)	kN	-6.4	-6.6	-6.6	-6.6	-6.6	-6.6	-6.6	-6.6	-6.6	-6.6
	CH11(V.Load)	kN	-5.1	-5.7	-5.7	-5.7	-5.7	-5.7	-5.7	-5.6	-5.5	-4.2
	CH12(V.Load)	kN	9.7	13.7	18.9	24.1	41.1	45.6	22.9	29.0	22.3	31.5
3 体目	CH13(V.Load)	kN	9.4	13.2	18.2	23.4	38.9	42.3	22.5	28.9	19.4	27.7
(A-3)	G1	×10 <sup>-6</sup>	-176	-229	-315	-412	-747	-1146	-879	-986	-916	-1065
(A-3)	G2	×10 <sup>-6</sup>	-171	-215	-290	-372	-658	-643	-518	-583	-678	-792
	G3	×10 <sup>-6</sup>	134	169	210	255	447	374	174	224	223	379
	G4	×10 <sup>-6</sup>	208	251	304	342	378	352	34	94	114	244
	G5	×10 <sup>-6</sup>	-282	-341	-459	-592	-975	-1106	-880	-1172	-765	-474
	G6	×10 <sup>-6</sup>	-203	-241	-327	-424	-744	-654	-955	-1191	0	0
	G7	×10 <sup>-6</sup>	178	221	279	341	508	539	365	132	-325	-587
	G8	×10 <sup>-6</sup>	180	218	267	309	451	385	312	712	842	1226
	G9	×10 <sup>-6</sup>	-256	-334	-466	-607	-1027	-1113	64	65	71	70
	G10	×10-6	-124	-147	-207	-284	-487	-633	0	0	0	0
	G11	×10 <sup>-6</sup>	326	406	504	622	982	1114	1503	1861	1672	1572
	G12	×10 <sup>-6</sup>	128	109	104	100	87	163	-895	-1226	-1021	-983
	CH26(R.Disp)	mm	0.91	1.34	1.93	2.57	5.83	8.11	30.86	41.21	46.27	46.26
	CH27(R.Disp)	mm	1.11	1.63	2.22	2.97	6.31	8.73	7.88	8.24	7.92	8.14
	CH28(R.Disp)	mm	-0.50	-0.72	-1.01	-1.34	-3.41	-5.26	-19.54	-22.34	-23.88	-28.00
	CH29(R.Disp)	mm	-0.90	-1.19	-1.48	-1.90	-3.77	-5.51	-18.82	-21.40	-23.10	-27.03

表 4.8 正側 特定変形角時の各測定点の値(仕様 B)

							特定変形	角(rad)				
			1/300	1/200	1/150	1/120	1/60	1/40	1/30	1/24	1/20	1/15
	Step		243	452	630	961	1587	2143	2166	2188	2210	2253
	Load	kN	6.6	9.0	11.5	13.8	23.0	28.9	33.2	36.3	37.6	33.8
	CH1 (H.Disp)	mm	14.0	21.0	28.0	35.0	70.1	105.1	140.1	175.1	210.1	280.1
	CH2 (H.Disp) CH3 (V.Disp)	mm	0.00 -0.10	0.00 -0.10	0.00 -0.11	0.00 -0.20	0.10 -0.20	0.10 -0.30	0.10 -0.40	0.10 -0.50	0.10 -0.50	0.10 -0.40
	CH3 (V.Disp) CH4 (V.Disp)	mm mm	0.30	0.70	1.10	1.49	3.27	4.88	6.60	8.30	10.20	13.30
	CH5 (H.Disp)	mm	13.20	20.00	26.94	34.30	69.13	103.52	137.30	172.10	206.00	273.95
	CH6 (H.Disp)	mm	8.30	12.50	16.76	21.31	42.50	64.12	85.51	107.39	130.60	178.63
	CH7 (H.Disp)	mm	3.30	5.00	6.87	8.91	18.30	28.50	39.22	50.11	62.40	89.62
	CH8(V.DP) mm	mm	0.00	0.02	0.00	-0.02	-0.10	-0.24	-0.35	-0.40	-0.06	1.82
	CH9(V.DP) mm	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.3	1.7	2.0	1.8
	CH10(V.Load) CH11(V.Load)	kN kN	-4.6 -4.5	-4.6 -4.5	-4.6 -4.5	-4.6 -4.5	-4.6 -4.5	-4.6 -4.5	-4.6 -4.5	-4.6 -4.5	-4.6 -4.5	-4.6 14.5
	CH12(V.Load)	kN	10.4	15.6	21.6	27.5	<del>-4</del> .3 47.7	60.7	70.8	78.1	80.1	66.4
1 体目	CH13(V.Load)	kN	9.8	14.3	20.0	25.5	45.7	58.7	68.5	76.1	80.8	80.1
(B-1)	Ğ1	×10-6	-134	-179	-261	-346	-690	-915	-1085	-1228	-1362	-1514
(D-1)	G2	×10-6	-149	-196	-280	-358	-643	-789	-893	-979	-1046	-1041
	G3	×10-6	192	251	316	378	583	705	799	841	827	634
	G4	×10-6	126	158	191	207	225	245	250	256	254	117
	G5 G6	×10 <sup>-6</sup> ×10 <sup>-6</sup>	-164 -107	-201 -130	-295 -175	-385 -225	-756 -491	-938 -725	-1053 -916	-1087 -1080	-1096 -1191	-1161 -1269
	G7	×10-6	227	310	417	494	658	717	762	775	754	517
	G8	×10-6	105	127	148	171	245	322	372	428	476	569
	G9	×10 <sup>-6</sup>	-282	-368	-502	-625	-1058	-1330	-1531	-1587	-1371	-116
	G10	×10-6	-82	-135	-216	-296	-537	-727	-907	-1050	-1089	-1542
	G11	×10-6	225	276	340	402	614	760	879	1002	1180	1428
	G12	×10 <sup>-6</sup>	81	97	116	127	144	118	70	18	-35	-55
	CH26(R.Disp)	mm	0.22	0.52	0.84	1.20	2.89	4.82	6.78	8.79	10.76	12.36
	CH27(R.Disp) CH28(R.Disp)	mm mm	0.60 -0.44	1.16 -0.68	1.75 -0.90	2.51 -1.23	5.57 -2.74	8.77 -4.29	12.18 -5.74	16.03 -7.57	21.24 -10.32	32.90 -16.30
	CH29(R.Disp)	mm	-0.38	-0.56	-0.76	-1.01	-2.74	-3.61	-5.27	-7.20	-9.52	-13.53
	Step		186	368	634	990	1615	2171	2193	2214	2236	2284
	Load	kN	6.6	8.8	10.9	13.0	21.6	27.6	32.2	35.2	36.3	18.3
	CH1 (H.Disp)	mm	14.0	21.0	28.0	34.9	70.0	104.9	140.0	174.9	209.9	280.1
	CH2 (H.Disp)	mm	0.00	0.00	-0.02	-0.05	-0.05	-0.06	-0.04	-0.06	-0.06	0.06
	CH3 (V.Disp)	mm	-0.04	-0.10	-0.08	-0.05	0.25	0.46	0.54	0.59	0.61	0.30
	CH4 (V.Disp)	mm	0.12 13.20	0.40 20.17	0.89 27.09	1.22 34.71	3.03 69.89	4.68 104.23	6.61	8.45	9.80 207.23	9.36 277.71
	CH5 (H.Disp) CH6 (H.Disp)	mm mm	8.80	13.08	17.49	22.21	43.96	65.80	137.87 88.05	172.89 111.23	136.85	217.71
	CH7 (H.Disp)	mm	3.90	6.00	8.29	10.55	20.49	30.75	42.29	54.56	66.58	149.60
	CH8(V.DP) mm	mm	-0.02	-0.02	0.00	0.04	0.02	-0.02	-0.12	-0.06	0.09	0.20
	CH9(V.DP) mm	mm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	1.2	1.6	2.0	2.4	2.4
	CH10(V.Load)	kN	-5.3	-5.4	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3
	CH11(V.Load)	kN	-4.5	-5.4	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-5.9	-0.1	-2.8
	CH12(V.Load) CH13(V.Load)	kN kN	11.1 9.9	15.7 14.4	20.3 19.0	25.5 24.2	45.1 43.2	58.6 57.0	69.6 67.1	76.5 74.1	79.9 76.4	40.7 31.5
2 体目	G1	×10 <sup>-6</sup>	-107	-165	-221	-282	-591	-833	-1027	-1187	-1291	-694
(B-2)	G2	×10-6	-112	-158	-205	-253	-447	-586	-689	-738	-754	-259
	G3	×10 <sup>-6</sup>	116	147	183	236	364	425	453	450	446	257
	G4	×10 <sup>-6</sup>	160	186	196	221	212	200	191	192	198	43
	G5	×10 <sup>-6</sup>	-169	-237	-294	-354	-613	-784	-930	-996	-960	-1037
	G6	×10-6	-127	-171	-215	-269	-536	-776	-949	-1085	-1090	-1131
	G7	×10-6	183	236	275	355	508	581	609	586	767	702
	G8 G9	×10 <sup>-6</sup> ×10 <sup>-6</sup>	101	130	150 -457	180 561	189 -891	184	196	237 -1437	268	-50 373
	G10	×10 <sup>-6</sup>	-263 -46	-364 -80	-457 -116	-561 -151	-891 -463	-1138 -687	-1332 -825	-143 / -979	-1459 -1265	0
	G10 G11	×10-6	197	253	298	368	-403 494	606	-823 723	834	912	-208
	G12	×10-6	82	85	82	96	108	74	24	-10	-8	833
	CH26(R.Disp)	mm	0.78	1.18	1.57	2.11	4.09	6.38	9.10	12.03	14.64	17.85
	CH27(R.Disp)	mm	0.80	1.34	2.04	2.79	6.08	9.65	13.89	19.02	24.11	48.57
	CH28(R.Disp)	mm	-0.74	-1.16	-1.42	-1.82	-3.54	-5.24	-7.20	-9.91	-12.96	-34.52
	CH29(R.Disp)	mm	-0.92	-1.36	-1.75	-2.16	-3.65	-5.02	-7.05	-9.19	-11.67	-30.47

(次頁に続く)

表 4.8 正側 特定変形角時の各測定点の値(仕様 B) (続き)

							特定変形	角(rad)				
			1/300	1/200	1/150	1/120	1/60	1/40	1/30	1/24	1/20	1/15
	Step		191	372	636	966	1589	2129	2151	2173	2195	2231
	Load	kN	6.4	8.6	10.6	12.5	20.7	26.6	30.1	33.2	35.7	16.1
	CH1 (H.Disp)	mm	14.0	21.0	28.0	35.0	70.1	105.1	140.1	175.1	210.1	280.2
	CH2 (H.Disp)	mm	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.08	0.08	0.10	0.08	0.10	0.18
	CH3 (V.Disp)	mm	-0.34	-0.54	-0.70	-0.81	-1.54	-2.20	-3.08	-4.00	-4.88	-4.52
	CH4 (V.Disp)	mm	0.32	0.58	0.84	1.18	2.57	3.96	5.18	6.46	7.94	6.54
	CH5 (H.Disp)	mm	13.49	20.10	26.90	33.82	68.58	103.59	137.51	171.58	206.66	276.13
	CH6 (H.Disp)	mm	8.46	12.73	16.93	21.09	41.88	62.50	79.11	96.97	115.32	94.85
	CH7 (H.Disp)	mm	3.78	5.88	7.87	9.75	19.47	28.51	35.85	43.58	51.91	42.31
	CH8(V.DP) mm	mm	-0.02	0.02	0.00	0.00	-0.12	-0.28	-0.64	-0.98	-1.36	-2.44
	CH9(V.DP) mm	mm	0.0	0.0	0.1	0.2	0.7	1.4	2.7	3.7	4.4	10.4
	CH10(V.Load)	kN	-4.8	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3	-5.3
	CH11(V.Load)	kN	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5
	CH12(V.Load)	kN	7.8	12.3	16.6	21.4	40.0	51.3	58.5	64.8	69.4	27.1
3 体目	CH13(V.Load)	kN	9.5	14.7	19.7	24.9	44.7	59.7	68.5	76.4	82.8	36.3
(B-3)	G1	×10-6	-149	-224	-312	-397	-794	-1194	-2064	-2403	-2517	1415
(B-3)	G2	×10 <sup>-6</sup>	-108	-148	-192	-239	-449	-568	-363	-332	-398	0
	G3	×10-6	166	209	261	319	515	662	720	752	735	568
	G4	×10 <sup>-6</sup>	149	188	203	217	189	77	-326	-421	-441	-428
	G5	×10 <sup>-6</sup>	-172	-224	-284	-343	-590	-774	-935	-1047	-1138	-614
	G6	×10 <sup>-6</sup>	-103	-146	-196	-249	-491	-682	-772	-877	-977	-762
	G7	×10 <sup>-6</sup>	136	176	213	251	360	415	458	496	536	281
	G8	×10 <sup>-6</sup>	64	78	97	116	122	124	107	74	30	-93
	G9	×10 <sup>-6</sup>	-162	-235	-337	-450	-878	-1132	-1308	-1475	-1581	-722
	G10	×10 <sup>-6</sup>	-100	-150	-197	-249	-441	-611	-729	-853	-980	-525
	G11	×10 <sup>-6</sup>	134	155	186	227	376	485	565	647	722	301
	G12	×10-6	161	218	249	269	291	280	251	213	171	81
	CH26(R.Disp)	mm	0.98	1.44	1.89	2.37	4.51	6.53	7.91	9.45	10.94	8.60
	CH27(R.Disp)	mm	1.14	1.74	2.39	3.09	5.89	8.45	10.16	12.06	14.16	11.20
	CH28(R.Disp)	mm	-1.24	-1.71	-2.01	-2.39	-4.16	-5.84	-6.72	-7.61	-8.70	-7.22
	CH29(R.Disp)	mm	-0.88	-1.30	-1.68	-2.13	-3.89	-5.43	-6.76	-8.23	-9.76	-6.66

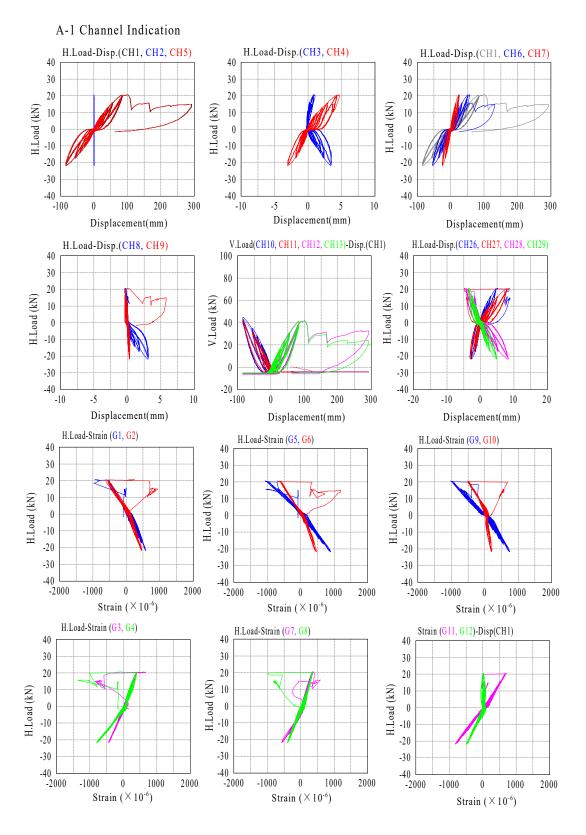


図 4.3 各測定点の荷重ー測定値グラフ(仕様 A-1)

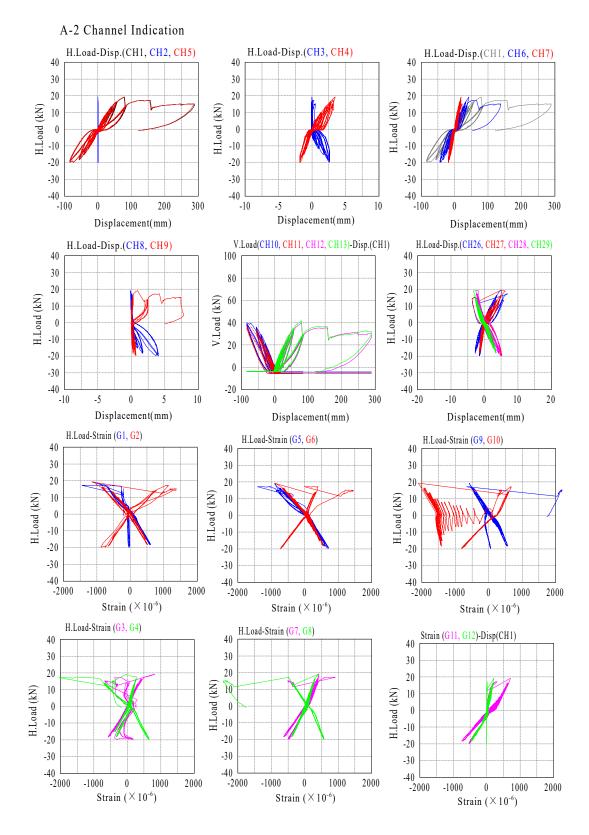


図 4.4 各測定点の荷重-測定値グラフ(仕様 A-2)

注:ひずみゲージ G10 の測定値のひずみシフトの原因は不明

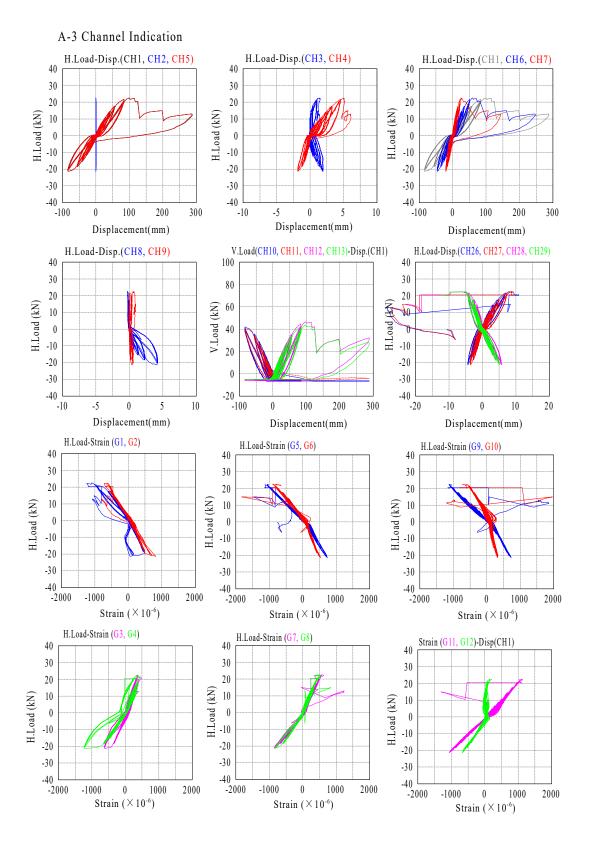


図 4.5 各測定点の荷重ー測定値グラフ(仕様 A-3)

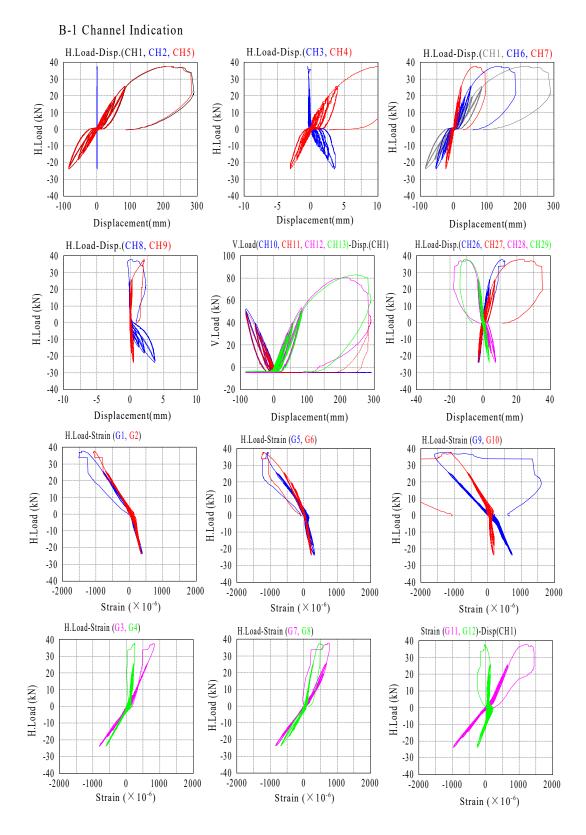


図 4.6 各測定点の荷重ー測定値グラフ(仕様 B-1)

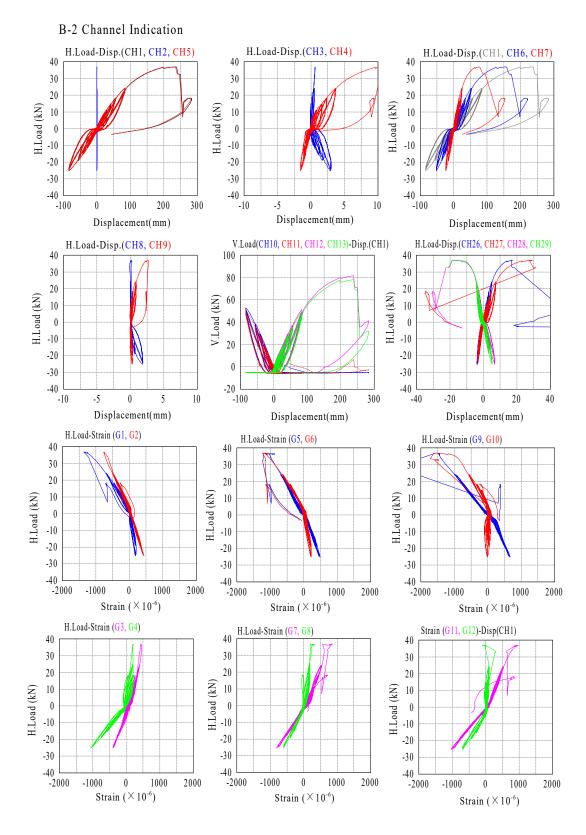


図 4.7 各測定点の荷重ー測定値グラフ(仕様 B-2)

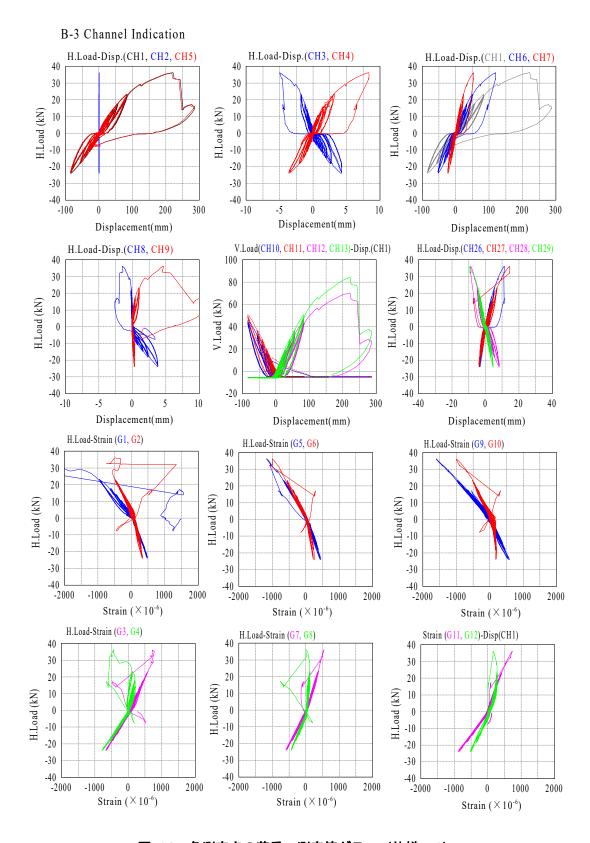


図 4.8 各測定点の荷重ー測定値グラフ(仕様 B-3)

### 4.4. 非加力側柱の変形

チャンネル番号 1,6,7 で測定した水平変位を用いて、見掛けの変形角 1/120rad(=35mm)、 1/60rad(=70mm)、1/30rad(=140mm)、1/20rad(=210mm)、1/15rad(=280mm)時の非加力側柱の変形図を**図 4.9** に示す。

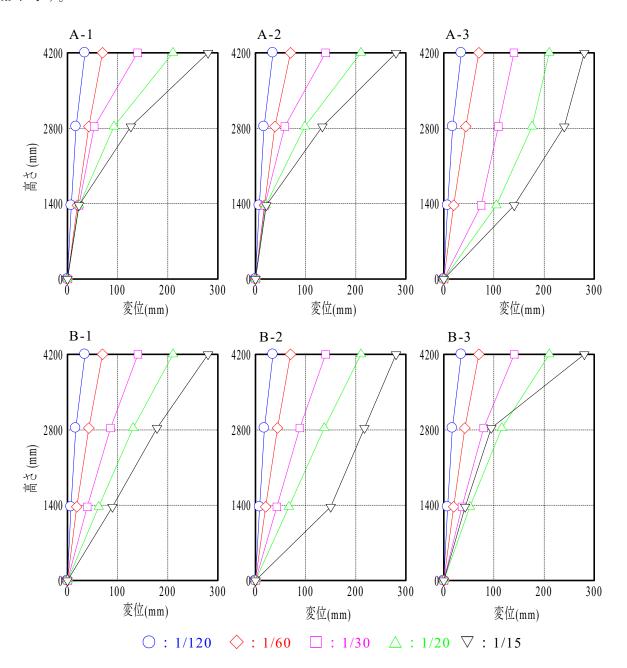


図 4.9 特定変形角時の非加力側柱 変形図

#### 4.5. 筋かい材 軸力測定結果

筋かいに作用した軸力 F (kN)を、筋かい材のヤング率 E (N/mm²)、断面積 A (mm²)とひずみ  $\varepsilon$  (×10<sup>-6</sup>) (筋かい上側のひずみ  $\varepsilon$ <sub>up</sub> と下側のひずみ  $\varepsilon$ <sub>down</sub>の平均)を用い、**式 5** で計算し、特定変形角 1/120rad(=35mm)、1/60rad(=70mm)、1/30rad(=140mm)、1/20rad(=210mm)、1/15rad(=280mm)毎にまとめた。筋かい材軸力測定結果を**図 4.10** に示す。なお軸力は引張力を正、圧縮力を負としている。また A-2 試験体の G10 ひずみはシフトしているため、平均値算出には用いていない。

$$F = \frac{\sigma A}{1000} = \frac{(\varepsilon_{\text{up}} + \varepsilon_{\text{down}})}{2} \times \frac{EA}{1000}$$

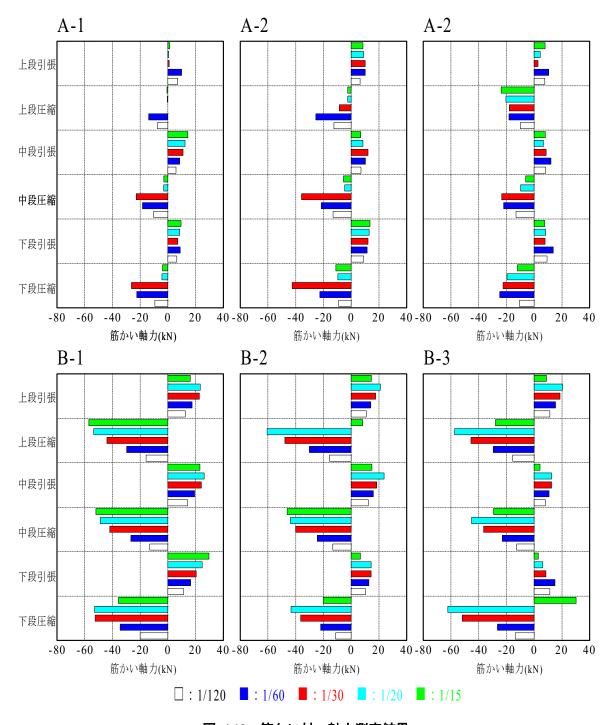


図 4.10 筋かい材 軸力測定結果

## 5. 試験担当者、試験期間、試験実施場所

#### 試験担当者

統括技術管理者所長佐久間博文技術管理者性能試験研究部部長佐久間博文試験責任者性能試験研究部担当部長岡部実試験実施者性能試験研究部担当部長岡部実

#### 試験期間

令和 4 年 10 月 20 日 ~ 令和 4 年 11 月 4 日

#### 試験実施場所

一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センターTEL 029-864-1745 FAX 029-877-0050