

令和3年度

伝統木造建築物の仕様規定における 仕口の構造評価基準の明確化に関する検討 事業報告書

令和4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

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 本事業の実施内容とその手順（各章との関係） 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 今後の整備方針と現状把握

- 2.1 本事業の方針および対象とする建物タイプの決定 第2章-1
 - 2.1.1 伝統的構法建築物の情報整備の方針 第2章-1
 - 2.1.2 伝統的構法建築物の建物タイプ分類について 第2章-2
- 2.2 限界耐力計算にかかわる設計情報についての現状把握 第2章-8
 - 2.2.1 現状把握の対象等 第2章-8
 - 2.2.2 設計例およびデータベースの現状把握 第2章-9
 - 2.2.3 最終アウトプットのイメージ 第2章-11
- 2.3 耐力要素データの整備状況 第2章-12
 - 2.3.1 接合部以外 第2章-12
 - 2.3.2 接合部 第2章-14

第3章 二階建て一般住宅例における耐力要素データの整理（接合部以外）

- 3.1 水平構面（屋根） 第3章-2
- 3.2 耐力壁（土壁垂れ壁、腰壁） 第3章-25
 - 3.2.1 耐力壁（垂れ壁）－令和1～2年度の基整促より 第3章-25
 - 3.2.2 耐力壁（垂れ壁、垂れ壁+腰壁）－平成27年度の基整促より 第3章-40

第4章 二階建て一般住宅例における耐力要素データの整理（接合部）

- 4.1 設計例とする住宅と接合部の仕様 第4章-1
- 4.2 接合部データの収集計画 第4章-16
 - 4.2.1 接合部データの収集手順 第4章-16
 - 4.2.2 竿車知継ぎ 第4章-17
 - 4.2.3 小根ほぞ胴栓止め 第4章-19
 - 4.2.4 長ほぞ込み栓 第4章-21

第5章 本事業の範囲内での限界耐力計算上の課題の整理

- 5.1 設計上の考え方の案 第5章-1

5.1.1	部材・接合部のモデル化	第 5 章-1
5.1.2	設計法・設計の考え方	第 5 章-2

第 6 章 添付資料

6.1	委員会議事録	第 6 章-1
6.2	ワーキンググループ、個別打合せ議事録	第 6 章-8

第1章 事業内容

1.1 本事業の目的

伝統的構法による木造建築物については、建築基準法施行令第3章第3節において規定されている仕様（以下、仕様規定という。）に適合しない部分があることから、地震に対する安全性の確認にあたっては、仕様規定への適合を前提としない限界耐力計算等の構造計算を行わなければならない。そのため、伝統的構法による耐震要素について、仕様の明確化が求められている。

そこで、本事業では、主として伝統的構法による木造建築物に用いられる耐震要素について実験的・解析的検討を行うこととした。伝統的構法の耐力要素には、屋根、床といった水平構面、土壁、板壁といった鉛直構面、軸組の仕口などがあるが、これらの中でも仕口については、耐力要素としての性能が明確にされていない。本事業では、耐力要素全般について整理を行うが、特に性能についての情報整備が遅れている仕口を主たる対象とし、その仕様の明確化および部材断面の分類整理等を行い、仕口の構造評価基準の明確化等に資する技術的資料をまとめる。

1.2 実施概要

本事業の募集時に求められていた具体的な実施内容を以下に示す。

イ) 仕口仕様の明確化および部材断面の分類整理

伝統木造建築物の各部位の仕口仕様および部材断面の調査・分類整理を行う。

ロ) 伝統木造建築物で用いられる仕口仕様および部材断面の性能評価

イに基づき、伝統木造建築物で用いられる仕口仕様および部材断面のうち、知見の不足する仕様について実験および解析を行う。

ハ) 伝統木造建築物の構造計算における判断基準に関する検討

伝統木造建築物の構造計算における判断基準について、架構及び構造要素の組み合わせに応じて解析を行う。

ニ) イからハを踏まえた仕口の構造評価基準の明確化等に資する技術的資料をまとめる。

本事業では、ここで明記されている仕口に加え、整備が必要と判断した他の耐力要素についても対象として事業を行うこととした。

本事業は、令和3年度～4年度の複数年度の実施とされていることから、令和3年度は、イ) について調査及び分類・整理を行い、ロ) については既往のデータが活用できず新たにデータの取得が必要なものを洗い出した上で実験計画の作成を行った。また、耐力要素のうち、既往のデータが十分にそろっていて追加の実験が必要ないと判断されたものについては、それらを利用して整理を進めた。

令和4年度は、実験が必要な耐力要素についてロ) に示す解析的検討、構造実験、ハ) に示す解析的検討を行い、以上から、得られた知見の範囲で（ニ）について技術的資料をまとめる。

1.2.1 本事業の実施内容とその手順（各章との関係）

本事業の令和3年度は、1.1で示した目的を達成するために、WGにおいて以下の手順で実施内容を検討・決定し、委員会で承認し、実施した。以下には、来年度実施予定の手順も同時に示す。

① 方針および対象とする建物タイプの決定（2章2.1）

伝統的構法建築物の限界耐力計算で必要となる耐力要素の仕様は、対象となる建物タイプによって大きく異なることから、本事業で検討する具体的な建物タイプを一つに絞り込んだ上で、その範囲内での検討を行う。建物タイプを限定することで、耐力要素および部材断面やスパンなどがほぼ決定できる。

本事業では、【一般的な2階建て住宅（下屋付の新築）】を対象に仕様を限定し、その耐力要素について設計に必要な情報を整備する。

② 限界耐力計算にかかわる設計情報についての現状把握（2章2.2）

対象とした建物タイプにおける限界耐力計算例や限界耐力計算で必要となる耐力要素のデータについて、既往の調査・研究を調査し、本事業で活用できる情報・成果について整理する。

③ 具体的な実施方法の決定（2章2.3）

②を踏まえて、本事業で実施すべき内容について計画・立案する。具体的には以下に示す最終のアウトプットのための実施内容を決定する。

最終アウトプットのイメージ

- ・ 対象とした建物タイプの具体的な設計例1例を決定し、それについて耐力要素データを収集し、限界耐力計算（うち、3次元解析モデルで増分解析を行う方法）例を作成する。
- ・ 設計例に必要なデータを収集し、設計者がスムーズに使用できる形式で取りまとめる。

④ 耐力要素データ収集の実施（3章：接合部以外、4章：接合部）

③で決定したデータの収集を以下の要領で実施する。

1. 設計例を新築する場合に用いる耐力要素の具体的な仕様について、必要に応じて施工者等にヒアリング調査を行い決定する。（4章：接合部）
2. 設計例で用いられる耐力要素についてデータを収集し、解析モデルに用いる各種の値を示す。その際、同一の値を用いてよい仕様の範囲についても整理し、公表を前提としたデータシートとしてまとめる。

これらのデータは、可能な限り既往の研究成果およびそのデータを用いるが、新たに実験などが必要なものについては別途計画・実施する。（4章：接合部－実験については令和4年度に実施）

3. 伝統的構法建築物の耐力要素については、令和2～3年度にかけて日本建築学会・伝統的木造建築物構造設計検証小委員会で行われている「限界耐力計算によ

る伝統的木造建築物構造計算指針・同解説（2013/2/25）」の改定作業の成果を踏まえ、それとの整合性を保つこととする。（令和3年度末におおよその成果がまとまる予定。本事業での活用・反映方法は令和4年度にかけて検討する。）

⑤ 限界耐力計算例の作成に当たっての設計上の課題を整理

本事業で対象とする建物モデルに限定して、限界耐力計算例の作成に当たっての設計上の課題についての整理を行う。（5章）

⑥ 限界耐力計算例の作成（来年度）

③で決定した設計例について限界耐力計算例の作成を④および⑤の成果を活用して行う。その際、比較対象として、耐力要素の一つである接合部を全てピンとした例も合わせて作成する。

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。

○伝統木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討委員会

委員長	五十田 博	京都大学 生存圏研究所 生活圏木質構造科学分野 教授
委員	河合 直人	工学院大学 建築学部 建築学科 教授
	鈴木 祥之	京都大学 名誉教授
	齋藤 幸雄	齋藤建築構造研究室 代表
	後藤 正美	金沢工業大学 建築学部 建築学科 教授
	大橋 好光	東京都市大学 名誉教授
	腰原 幹雄	東京大学 生産技術研究所 木質構造学 教授
	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
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
	中村 亜弥子	(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

主査	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 生存圏研究所 生活圏木質構造科学分野	教授
	腰原 幹雄	東京大学 生産技術研究所 木質構造学	教授
	松本 直之	東京大学 生産技術研究所 人間・社会系部門 腰原研究室	助教
	佐藤 弘美	金沢工業大学 建築学部 建築学科	講師
	山辺 豊彦	山辺構造設計事務所	代表取締役
	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
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

オブザーバー

	塩谷 康一	山辺構造設計事務所	
	鈴木 圭	公益財団法人日本住宅・木材技術センター	研究技術部
			技術主任
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	
	中村 亜弥子	(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	

第2章 今後の整備方針と現状把握

2.1 本事業の方針および対象とする建物タイプの決定

2.1.1 伝統的構法建築物の情報整備の方針

本事業では 1.1 で述べたように限界耐力計算によって設計が行われる場合に必要な耐力要素の性能について、その情報整備を進めることを目的としているが、実際の整備に着手するまえに、その対象を絞る必要がある。

これは、伝統的構法建築物の耐力要素の性能が耐力要素の仕様に大きく依存すること、そして、その仕様のバリエーションが多すぎるという事実が存在するからである。例えば、軸組の仕口について考えても仕口の種類は多岐にわたり、その性能は柱梁の寸法や樹種によって異なる。

そこで、本事業では、伝統的構法建築物の耐力要素の仕様が建物タイプによって大きく異なることに着目し、具体的な建物タイプを一つに絞り込んだ上で整備を進めることとした。建物タイプを限定することで、耐力要素の仕様、使用される部材断面やスパンなどがほぼ決定できるため、より効率的で実際的な整備が可能となる。

本事業で対象とする建物タイプは、2.1.2 で示したバリエーションの中から、【一般的な2階建て住宅（下屋付の新築）】を選択した。これは、ニーズが高いものを選択したという面もあるが、新築に限定することで現在入手できる樹種、部材寸法などで現実的な仕様の絞り込みが可能となるということも重視した。

伝統的構法建築物の建物タイプは多岐にわたり、そこで必要となる耐力要素の情報についても多岐にわたるため、それらすべてをカバーするような情報の整備には多大な労力と時間が必要であることは明白である。それらを効率的に確実に進めていくためには、継続的に、かつ、全体像をイメージしながら進めていくことが必要である。ここで示した方針を、今後の取り組みにおいても参考としてもらうことで、その一助になることを期待する。

整備の方針 1

まずは、【一般的な2階建て住宅（下屋付の新築）】を対象に、仕様を限定し、その耐力要素について設計に必要な情報を整備する。

建物タイプを限定することで、耐力要素および部材断面やスパンなどがほぼ決定でき効率的に整備を進めることができる。

整備の方針 2

今後ニーズがあれば、他の建築タイプについても、同様の手法で設計用の情報整備を進める。

伝統木造建築には、さまざまな構造要素、架構方法があり構造設計にあたっては、その特徴を理解して設計する必要がある。

本事業で対象とする【一般的な2階建て住宅(下屋付の新築)】の構造的特徴を以下に示す。

- ・ 主な耐震要素は小壁（垂れ壁）付き独立柱、小壁（垂れ壁）・腰壁付き独立柱、差し鴨居架構、土壁・板壁・貫による全面壁などの他、仕様によっては1～2階を貫く通し柱も耐震要素として考慮することができる。
- ・ 2階床レベルでの横架材のレベルが複雑になり水平構面のレベル設定を適切にする必要がある。また、部分2階の2階床と1階屋根による水平構面のレベルの違いなども立体的に考慮する必要があり、小屋組・屋根面を含めた水平構面の評価が必要となる。
- ・ 階段の吹き抜けや天井高を確保する大きな吹き抜けがある場合もあり水平構面の評価が重要となる。耐震要素の配置は、北側に壁が多く、南側に少なくなり、耐震要素のバランスが悪くなりがちになる。また、部分2階の建築物では、剛性・偏心だけでなく重量偏心も考慮する必要がある。
- ・ 柱脚は、足固めまたは土台が設置されており水平構面としての効果を期待することができる。
- ・ 2階建の場合には、上下階の軸組のずれの影響の他、建築物のアスペクト比により建築物全体のロッキングの考慮も必要な場合がある。

2.1.2 伝統的構法建築物の建物タイプ分類について

伝統的構法建築物の建物タイプについては、平成26(2014)年度の基整促事業「垂れ壁付き独立柱、だぼ入れにより水平方向のみ高速した柱脚等で構成された木造建築物の設計基準に関する検討」の第5編第2章2.1に整理されている。次頁に、その内容を掲載する。

本事業で対処とする【一般的な2階建て住宅(下屋付の新築)】は、その分類のうち(4)住宅に分類される。

第2章 構造計算法と本事業の位置づけ

2.1 木造建築の種類

木造建築にはさまざまな建築物があり、用いられている構造要素、架構方法も異なり、構造設計にあたっては、その建物の特徴を理解して設計する必要がある。伝統的に建てられてきた木造建築を用途別に分類すると以下のようになる。

住宅系	町家型民家、農家型民家、数寄屋・書院、住宅
住宅系大規模	住宅系本堂・本殿、庫裏、旅館・料亭
宗教建築	仏堂・社殿、塔、鐘楼・門
その他	土蔵、城郭建築

これらの伝統的木造建築の平面、立面的特徴と耐震要素、構造解析において検討すべき点を以下に整理する。

(1) 町家型民家

平面的には、間口が狭く奥行きが長い。妻入、平入がある。

主な耐震要素は、短辺方向に、小壁付き独立柱、小壁・腰壁付き独立柱、差し鴨居架構、通し柱、土壁・板壁による全面壁が配置され、長辺方向には土壁、板壁などの全面壁が比較的壁が多く配置される。

水平構面は、2階建の場合には、吹き抜け、屋根の葺き下ろしなど水平構面レベルが明確ではないため立体的な挙動を考慮する必要がある。特に、通り庭上部が吹き抜けの場合には、外周壁への地震力の伝達が複雑な機構となる。吹き抜け部の横架材は、部材の一体化には寄与するが水平構面としての性能は低い。

吹き抜けを有するため、剛性偏心の他に重量偏心も考慮する必要がある。

通り庭がある場合には、柱脚通しが緊結されていない場合が多い。また、隣棟間隔が狭く、建築物の許容移動量が小さいため移動量の検討に注意が必要である。

基礎は、玉石基礎やのべ石による基礎が多く建築物と基礎の緊結方法に工夫が必要となる。

特徴的な地震被害は、梁の脱落、構面毎に異なる変形があり、各部の検討が必要である。

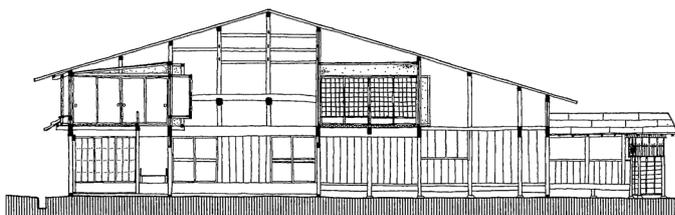


図 2.1-1 町家型民家（中村家住宅）

(2) 農家型住宅

田の字平面型の平面が主で、母屋と下屋で構成されている。平屋が多いが小屋裏を作業場・倉庫として利用するものも見られる。

主な耐震要素は、小壁付き独立柱、小壁・腰壁付き独立柱、差し鴨居架構、土壁・板壁・貫による全面壁である。大黒柱など中央部の太い柱は、屋根架構との接合が簡易な場合もあり、力の流れが複雑になる場合がある。

水平構面は、土間部分には天井がない場合が多く、小屋組・屋根面を含めた水平構面の評価が必要である。また、母屋と下屋で高さに変化する点にも注意が必要である。

北側に壁が多く、耐震要素のバランスが悪くなりがちで偏心率が高くなりがちである。

柱脚は、足固めが設置されている場合が多いが、土間部分では柱間の緊結が少なく各柱の地震時挙動に配慮が必要である。

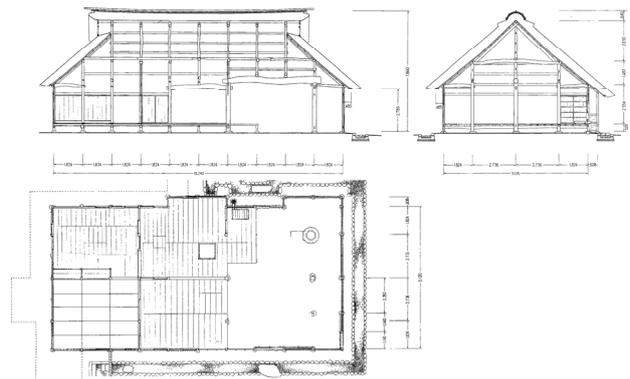


図 2.1-2 農家型住宅（関家住宅主屋）

(3) 数寄屋、書院

開口、建具が多く配置される開放的な建築物。主な耐震要素は、小壁付き独立柱、小壁・腰壁付き独立柱、差し鴨居架構であるが、柱径が細いため柱の折損に対する検討が必要となる。そのほか、土壁・板壁・貫による全面壁も用いられる。

水平構面は、天井・小屋組・屋根面を含めた評価が必要となる。

庭側に大開口が多く、反対側に床の間などの壁が配置され耐震要素のバランスが悪くなり偏心が大きくなりがちである。

柱脚は、石場立てであるが床レベルで足固めが設けられている。

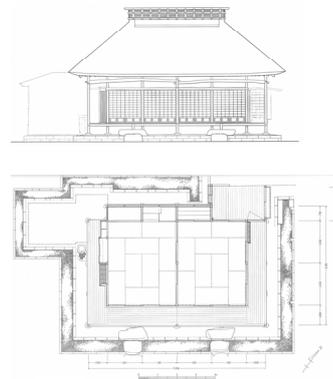


図 2.1-3 書院（関家住宅書院）

(4) 住宅

部分2階など現代生活に対応した住宅。

主な耐震要素は、小壁付き独立柱、小壁・腰壁付き独立柱、差し鴨居架構、土壁・板壁・貫による全面壁などの他、1-2階を貫く通し柱も耐震要素として考慮することができる。

2階床レベルでの横架材のレベルが複雑になり水平構面のレベル設定を適切にする必要がある。また、部分2階の2階床と1階屋根による水平構面のレベルの違いなども立体的に考慮する必要があり、小屋組・屋根面を含めた水平構面の評価が必要となる。階段の吹き抜けや天井高を確保する大きな吹き抜けがある場合もあり水平構面の評価が重要となる。

耐震要素の配置は、北側に壁が多く、南側に少なくなり、耐震要素のバランスが悪くなりがちになる。また、部分2階の建築物では、剛性偏心だけでなく重量偏心も考慮する必要がある。

柱脚は、足固め、または土台が設置されており水平構面としての効果を期待することができる。

2階建の場合には、上下階の軸組のずれの影響の他、建築物のアスペクト比により建築物全体のロッキングの考慮も必要な場合がある。

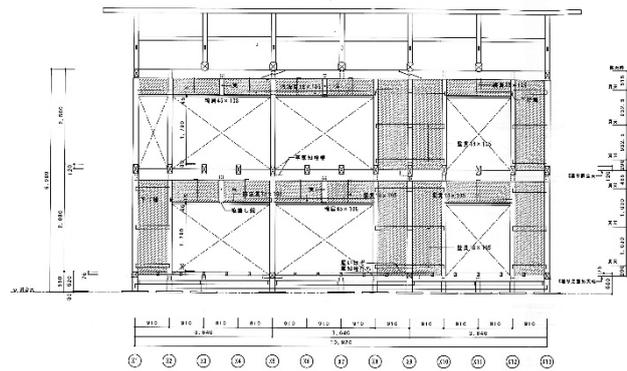


図 2.1-4 住宅（試験体 4）

(5) 住宅系本堂、社殿

(6) 庫裏

(7) 旅館、料亭

住宅と同様の構造要素を備えているが、部屋の大きさ、部材の大きさが大きくなる。

一部屋の大きさが大きくなるため、水平構面には住宅に比べて比較的高い性能が必要とされる。平屋の場合は、農家型民家と同様に評価可能であり、2階建以上では、住宅と同様の評価が可能である。ただし、階数が大きくなると交通振動などに対して十分な剛性を確保して振動対策も必要となる。

(8) 仏堂、社殿

3間4面堂など対称性、規則性の高い部材配置の建築物。

主な耐震要素は、太い柱による柱の転倒復元力、小壁付き独立柱、小壁・腰壁付き独立柱、差し鴨居架構、土壁・板壁・貫による全面壁がある。内陣柱と小屋組は緊結されていない場合があり構造要素としての扱いに注意が必要である。

小屋組と柱は、組物を介して接続される場合があり、組物の構造性能評価が必要な場合もある。

水平構面は、小屋組・屋根面を含めた評価が必要であるが、主屋と裳階のレベル差なども評価をする必要がある。

裏側に壁が多く、耐震要素のバランスが悪くなりがちで偏心率が高くなりがちである。床がある場合には、足固めが設置されているが、床がない場合には、外周周りのみ地覆で接続されている。この場合には、各々の柱の地震時の挙動に注意が必要となる。

柱脚は、軸力が大きいいため滑りにくいですが、礎石立ちの場合には、柱の滑り落ちによる部材の外れなどに注意が必要である。

その他、建物高さが高くなりがち。棟高13m超では、平面が単純でも詳細設計法適用範囲外となる。

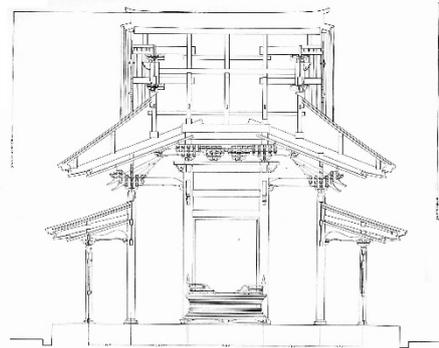


図 2.1-5 仏堂（円覚寺舎利殿）

(9) 塔（五重塔、三重塔）

多層の屋根をもつ塔状の建築物。初層に本尊を安置する等内部空間としては、全ての層にあるとは限らない。

主な耐震要素は、柱の転倒復元力、差し鴨居架構、土壁・板壁・貫による全面壁等のほか、構造要素としては組物の評価も重要になる場合がある。全体の構成は、塔身の組み上げ構法としては積み重ね構法、長柱構法、檣構法に分類される。耐震要素として心柱の効果が注目されるが、心柱の設置方法には掘立式、礎石立ち式、初重天井式、懸垂式の4種類があり、その機構はまだ明らかにされていない。

また、地震力よりも風圧力が支配的になる場合が多く、風圧力に対する検討も重要となり、柱の傾斜復元力、風圧力の見付面を考えると、45度方向に対する構造検討が必要となる。

塔状の建築物のため、各層のせん断変形だけでなく曲げ変形も考慮する必要がある場合がある。

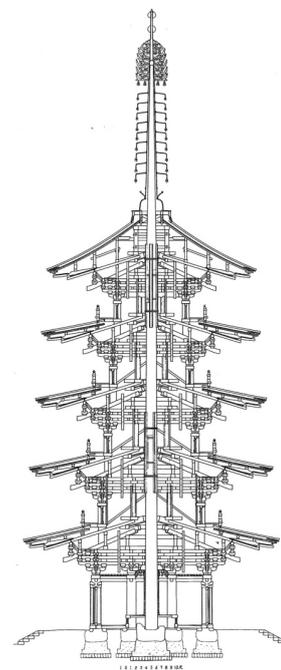


図 2.1-6 塔（五重塔）

(10) 鐘楼、門

楼門、二重門等大規模な門は多層のものもある。構造要素は、仏堂と同様であり太い柱、貫、板壁などがある。1層目は門の機能として開放的になるため壁は少ない。

小規模な、門は四脚門、八脚門など門柱と別に建てられる控柱の数で表わされる。

構造要素は、柱とそれを結ぶ貫、壁などとなる。屋根が大きく質量が上部に集中して、軸部の間隔が小さいため建築物全体での転倒モーメントが大きくなりがちで、地震時に、建築物全体での転倒による被害が多い。また柱脚が水平方向に拘束されていない場合には、「歩く」と表現されるように柱が傾斜復元力により抵抗しながら移動することもある。

鐘楼は、内転びの4本柱と貫によって構成されている。屋根重量が大きく、重心が比較的高いため、小規模な鐘楼では、建物全体で転倒する地震被害が多く見られる。

(11) 土蔵

倉庫や保存庫として建てられた建築物。漆業の作業場として用いられることもある。

倉庫、保存庫としての機能から、耐震性よりも高い防耐火性能が求められている。外周の壁だけでなく、屋根面もあわせて建築物全体が、土壁、漆喰で塗り固められている。

漆喰壁の重量は、非常に大きくなり耐震上は地震力の増大につながる。耐震要素は、壁であるが通常の土壁と異なり、正角の柱を3尺あるいはそれ以下の間隔で細かく建て、土壁で塗り込める。大壁の土壁は、地震時に軸部との接続が不十分で剥落することがあり、壁のうち柱に挟まれている部分の土壁しか機能しないことが多いので注意が必要である。

(12) 城郭建築

天守や櫓など、見晴らしや防御力を備える軍事建築。

軍事建築であるため、防御性が重視され高い耐震性や耐火性能が要求されたと考えられる。

複雑に屋根を重ねるため階層は、外観の屋根の数をあらかず層と内部の床の数をあらかず階の二通りで一層一階などと表せる多層建築である。

形式は、入母屋造りの櫓上に小型の望楼をのせた望楼型と上から下まで大きさが徐々に変化する層塔型に分けられる。

外壁は、下見板張と漆喰塗籠の大壁仕上げとなっている。装飾として柱や長押型を漆喰で浮かびあがらせるような意匠もあるが、構造的には漆喰大壁で塗りこめられている。

構造的には、太い柱と貫、土壁による大壁で構成される。多層建築の施工効率の面からも2層毎の通し柱が用いられる。塗り込められた土壁は、土蔵と同様に軸組との接合方法により、耐震要素として評価できる断面寸法が異なるので注意が必要である。

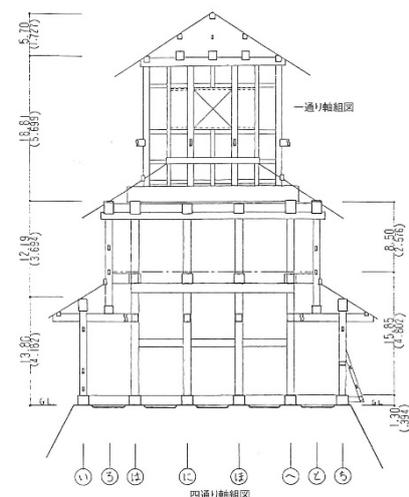


図 2.1-7 城郭（掛川城天守）

2.2 限界耐力計算にかかわる設計情報についての現状把握

2.2.1 現状把握の対象等

本事業で対象とした建物タイプにおける限界耐力計算例やそこで必要となる耐力要素のデータについて、既往の調査・研究を調査し、本事業で活用できる情報・成果について整理を行った。本作業を進める際に、WG で以下の方針および情報が示されたことから、これらを踏まえて作業を進めることとした。

- ・ 設計例については、「伝統的構法のデータベースの使い方（平成 31（2019）年 2 月 28 日公表）」で本事業での対象と同じ 2 階建て下屋付住宅を限界耐力計算で設計した例を示しているため、それを活用することで効率的に事業を進めること。
- ・ 耐力要素のデータについては、主として平成 22～24（2010～2012）年度に実施された「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会」における検討の成果をとりまとめた「伝統的構法データベース（平成 28（2016）年公表）」を確認した上で進めること。

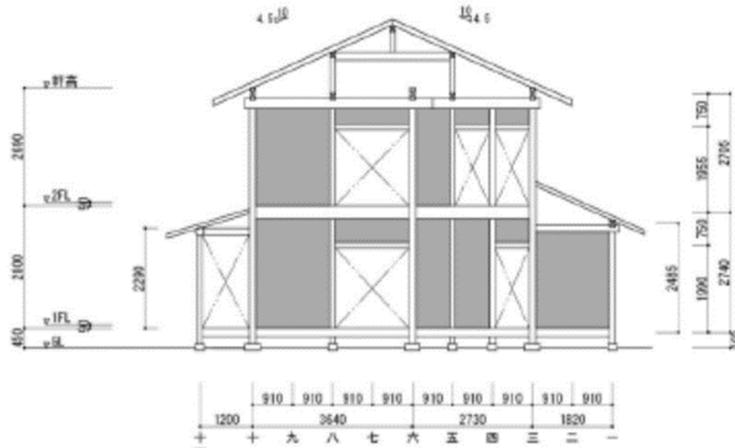


図 2.2.1-1 設計例の建物の軸組例

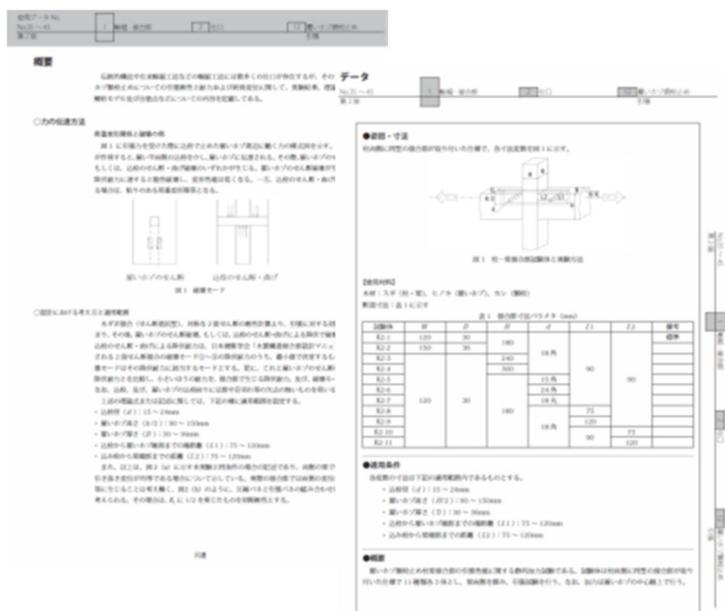


図 2.2.1-2 データベースに示されているデータシート例

以上は、 <http://www.denmoku-db.jp/> にて公表されている。

- ・ 伝統的構法については、令和 3 年現在、日本建築学会の「伝統的木造建築物構造設計検証小委員会」にて、「限界耐力計算による伝統的木造建築物構造計算指針・同解説（2013/2/25）」の改定を目指して作業を進めている。本事業で取りまとめる成果と学会の成果に齟齬が生じると利用者が混乱するので、それを避けるために、学会の小委員会との連携をして事業を進めること。

11 月以降、学会の小委員会には本事業の事務局等がオブザーバーとして参加し、情報共有を行うことで対応することとした。

2.2.2 設計例およびデータベース現状把握

2.2.1 に示した「伝統的構法のデータベースの使い方（以下、設計例という。）」と「伝統的構法データベース（以下、データベースという。）」の現状について調査を行った。

設計例はそのタイトル通り、データベースに示されたデータを使って設計する場合の手順を示したものである。そこでまずは、設計例にデータベースのデータがどのように利用されているかを整理した。

設計例における、構造計算全体の流れ

- ① 使用樹種、部材断面、荷重を設定する。
- ② 設計建物を立体骨組みにモデル化する。
- ③ 上記モデルについて変位増分解析を行い、建物の荷重変形関係を求める。
- ④ 増分解析により求められた建物の荷重変形関係を基に限界耐力計算を行う。
- ⑤ 得られた変位が限界変形以内であることを確認する。
- ⑥ 各部材、接合部について変位増分解析で求められた変形、応力を用いて検証を行う。
このうち、②、⑥において、耐力壁・水平構面・接合部の復元力特性は、「伝統的構法データベース」を用いて設定する。

設計例とデータベースの関係性を整理した上で、設計例の作成者へのヒアリングも実施した。結果、総論としては、データベースは設計者が利用することを想定したフォーマットで整備されたものであるが、元となった実験群は研究のためのものであり、かつ、耐力要素毎に担当者が自由に実験を実施したこともあり、設計にそのまま用いるには引き続きの整備が必要であることがわかった。設計例についても、整備が不完全なデータを無理やり用いて行っているため、データ整備を進めた上で再度作成する必要があることが判明した。

以下に、現状示されている設計例とデータベースについて WG などで指摘された課題を示す。

【課題その 1】設計例で対象としている建築物

一般的な 2 階建ての戸建て住宅（下屋付）を対象としたため、町屋型、農家型の住宅を設

計する人にとってはあまり参考にならない。

【課題その2】設計手法についての疑問点

限界耐力計算を行うに当たって設計者が判断に迷う点が存在し、また、立体骨組みモデルに耐力要素を盛り込む場合においてどのようにモデル化すべきか明確ではない。

- ・ 結果、現状の設計では、耐力要素となりえるものについても、加算せずに設計を行う（ex.接合部は全てピンにする等）こととなり、仕様規定と比較して不利な点が多い。設計例ではデータベースで情報が得られるものについて加算している。

【課題その3】データの過不足

設計例で用いるデータが存在しない（仕様やデータの種類）。一方、設計例では耐力要素としては単独では用いないデータがデータベースには存在する。

- ・ データベースには貫の接合部などのデータもあるが、設計では土壁と一体となったデータが必要。貫1本1本をモデル化することはない。
- ・ 立体骨組みモデルでは、継手は引張、仕口は引張と曲げのデータが必要であるが、現在のデータベースでは不足している場合が多い。
- ・ 接合部は柱梁の接合部などが対象であり、屋根と躯体の接合部データがない。

【課題その4】データが立体骨組みモデル用に整備されていない

データは存在しても、立体骨組みモデルでバネなどとして利用するための整備がなされていないものがある。

- ・ 土壁（全体壁、垂れ壁、腰壁）については、設計上のモデルでは軸組の部分を除いたバネデータが必要であるが、データベースでは構面としての整理になっている等。

【課題その5】耐力要素の理論式が難解すぎる

実験データが存在しない無いもの（仕様のバリエーション）について理論式が示されていても、設計で気軽に利用できるようなものにはなっていない（難しすぎる）。

- ・ 接合部などでは、部材の寸法によって耐力を発現する各部の寸法が異なり、性能が大きく異なるが、実験データでそれらを網羅することはできていない。これらに対応するために、一定のパラメーターのもと実験が行われ理論式が示されている接合部もあるが、煩雑すぎて、その検討を設計者が都度行うことは実際にはあり得ない。

【課題その6】耐力要素の種類・仕様バリエーションが多すぎる

一般的な住宅に限定しても、接合部などの種類・仕様が大工・棟梁が採用するものを網羅的にはカバーしていない。地域が異なると、樹種、断面等が異なり、耐力要素のバリエーションが多くなる。

- ・ 柱脚・基礎は、設計例では鉄筋ダボ入りの石場建てとしているが、土台に長ほぞ差しとする仕様もある。
- ・ 設計例では土壁としているが、落とし込み板壁等を用いる事例もあるため、それらのデータも必要である。

2.2.3 最終アウトプットのイメージ

2.2.2 で示した課題に対する対策は、以下の通りとした。

- ・ 課題その 1 に対しては、2.1.1 で示した通り、建物タイプを絞って設計例・データともに順次整備していくという方針でひとつずつ解決していくこととした。
- ・ 課題その 2 に対しては、本事業で対象とした建物タイプに限界耐力計算上の課題を整理することとした（5 章）。また、各耐力要素をどのようにモデル化するかについては、建物タイプ毎・耐力要素毎に事例を示していくしかなく、順次検討していくこととした。また、耐力要素として組み入れる部材については、そのデータを得るための労力がデータを組み入れた際の効果（建物性能の向上）に見合っている必要がある。そこで、その程度を確認するために、以下に示す最終アウトプットでは、接合部等をピンとした場合の設計例も示すこととして、その効果を確認することとした。
- ・ 課題その 3～5 については、現状のデータベースについての課題であるが、まずは、本事業で対処とする建物タイプのモデルに必要なデータについて、可能な限り整理を行うこととした。
- ・ 課題 6 は、建物タイプを絞った場合においても残る耐力要素の種類・仕様のバリエーションの課題についてであるが、本事業内でバリエーションを網羅して整備することは予算、労力の観点から不可能であることは明白である。そこで、ニーズのあるバリエーションについては把握しておきリスト化しておき、今後機会があれば、それらについてもデータの整備を拡充していくという方針とした。

つまり、最終アウトプットのイメージは以下の通りとなる。

最終アウトプットのイメージ

【設計例】

対象とした建物タイプの具体的な設計例 1 例を決定し、それについて耐力要素データを収集し、限界耐力計算（うち、立体骨組みモデルで増分解析を行う方法）例を作成する。

その際、その際、比較対象として、耐力要素の一つである接合部を全てピンとした例も合わせて作成する。

【データベース】

設計例に必要な耐力要素のデータを 1 パターンについて収集し、設計者がスムーズに使用できる形式で取りまとめる。

耐力要素のデータについて種類・仕様のバリエーションに対してニーズがある場合には、それらを記録しておく。

2.3 耐力要素データの整備状況

2.3.1 接合部以外

表 2.3.1-1 に軸組の接合部以外の耐力要素について整備状況を整理したものを示す。軸組の接合部を除いて設計例で耐力要素としてカウントしているものは表内に示している通り、①水平構面（屋根）、②水平構面（2階床）、③耐力壁（土壁全面）、④耐力壁（土壁垂れ壁・腰壁）、⑤接合部（1階柱脚）となっている。

これらのうちデータの見直し等が必要となるものは、①水平構面（屋根）と④耐力壁（土壁垂れ壁・腰壁）である。

①水平構面（屋根）については、現状のデータベースで示されている実大実験の試験体が実態とはかけ離れた小屋組み仕様（小屋束の貫や雲筋交いが全く存在しない）であること、詳細の仕様が明確でないことなどの課題があった。そこで、設計用のデータを得るための同様の実験を調査したところ、平成 29～30（2017～2018）年度の基整促事業「断面の大きい軸材料等を用いる木造建築物の技術基準に関する検討」にて実施しており、それらの成果を用いて、現在のデータシートの書き換えを行うこととした。こちらの成果については、3章 3.1 に示した。

④耐力壁（土壁垂れ壁・腰壁）については、現在のデータベースでは軸組（フレーム）を含んだ構面としてのデータが示されており、土壁部分のみの剛性が必要となる設計例では用いることができなかった。そこで、データシートを確認したところ、平成 27（2015）年度の基整促「全面に土が塗られていない土塗壁等で構成された木造建築物の設計基準委関する検討」にて実施した実験を活用していること、またそこでは軸組のみのデータを取得しており元の実験データから軸組の影響を除いたデータの抽出が可能なが確認できたため、データの修正を行うこととした。

また、令和 1～2（2019～2020）年度の基整促「差し鴨居接合部を有する垂れ壁の軸組の壁倍率に関する検討」においても垂れ壁構面と軸組のみの実験や、軸組の接合部をピンとした垂れ壁単体の実験等を実施しており、設計用のデータに活用できることがわかった。

以上の実験データを用いて、設計用のデータを作成する検討は 3章 3.2 に示した。

また、現在、日本建築学会の「伝統的木造建築物構造設計検証小委員会」にて進められている「限界耐力計算による伝統的木造建築物構造計算指針・同解説（2013/2/25）」の改定作業では、土塗壁について理論式や設計用のデータ等が示される予定である。そのため、本報告書の成果は日本建築学会が示した内容との整理は行われていない。学会の成果とのすり合わせは令和 4 年度にあらためて実施する予定である。

表 2.3.1-1 各耐力要素データの整備状況（接合部以外）

	データベースの現状	実施内容		
		モデルおよび 検定方法の 妥当性の確認	追加データの整理	データベース等の作成作業
①水平構面（屋根）	データのもととなった実験の試験体の小屋組みが実態とは大きく異なるので、実験データの差し替えもしくは追加が必要。	現在のものの 確認 検定はなし	基整促2017-2018での 実験データを整理する	学会側での検討対象ではないのですり 合わせは不用。
②水平構面（2階床）	現状のデータシートで問題なし	現在のものの 確認 検定はなし	—	学会での検討対象ではないのですり合 合わせは不用。
③耐力壁（土壁全面）	現状のデータシートで問題なし	現在のものの 確認	—	来年度に学会での検討内容とのすり合 わせが必要。
④耐力壁（土壁垂れ壁・腰壁）	データがフレームを含んだものとなっているため、土壁部分のみで再整理。垂れ壁高さをパラメータとした追加の実験データがあるので、それらの知見を追加。	現在のものの 確認	基整促2015および基整 促2019-2020での実験 データを整理する	来年度に学会での検討内容とのすり合 わせが必要
⑤接合部（1階柱脚）	鉄筋ダボを用いて、設計例上で計算を行っており、データベースは利用していない。	現在のものの 確認	—	学会での検討対象ではないのですり合 合わせは不用。

2.3.2 接合部

表 2.3.2-1 に接合部について整備状況を整理したものを示す。設計例では、原則として軸組の仕口はバネを与えて解析を行うこととしている。ピンとするのは、屋根と軸組の接合部となる折置き組の 2 重ほぞ差しのほぞの厚み方向や、管柱に 2 方向からまぐさが取り付く端ほぞ差しの両差し部分などとなっている（4 章参照）。

解析モデル上でバネを与える接合部の種類としては、以下の通りとなる。

通し柱と横架材の接合部（十字）

⑥-1 接合部：竿車知継ぎ

⑥-2 接合部：雇ほぞ込み栓継ぎ

設計例では、⑥-2 雇ほぞ込み栓 にて設計を行っていた。しかし、施工者へのヒアリングを行ったところ、建て方の際の安定性などを考慮して、通常では⑥-1 竿車知継ぎ を用いることがほとんどだということが分かった。そこで、竿車知継ぎを主たる仕様とし、雇ほぞについてはそのバリエーションとして整理することとした。

データシートには雇ほぞ込み栓のものは存在するが、竿車知のものは存在しないため、新たにデータを取得する必要がある。

通し柱と横架材の接合部（T 字）

⑦-1 接合部：胴付き小根ほぞ込み栓

⑦-2 接合部：胴付き小根ほぞ鼻栓

設計例では⑦-1 胴付き小根ほぞ込み栓 にて設計を行っていた。施工者へのヒアリングを行ったところ、鼻栓の場合もあるとの指摘であった。ただし、鼻栓の場合は材料の長さがより必要となるため避ける傾向があることから、鼻栓についてはバリエーションとして整理することとした。

データシートには胴付き小根ほぞ込み栓のものが存在するが、データの信頼性が低い。また、平成 29～30（2017～2018）年度の基整促事業「断面の大きい軸材料等を用いる木造建築物の技術基準に関する検討」にて実験データが存在したが、これらは横架材をベイマツとしており、全軸組をスギとしている設計例では利用することはできない。そのため、新たにデータを取得することとした。

各種接合部（T 字）

⑧接合部：長ほぞ込み栓

長ほぞ込み栓についても、データシートに示されているデータの信頼性が低い。また、平成 26（2014）年度の基整促「垂れ壁付き独立柱、だぼ入れにより水平方向のみ拘束した柱脚等で構成された木造建築物の設計基準委関する検討」にて土壁構面に用いた軸組の接合部の要素実験としてデータが取得されているが、ほぞおよび込み栓の寸法が設計例で用いられているものと異なることから、そのまま活用することはできない。そのため、新たにデータを取得することとした。

新たなデータの収集は令和 4 年度に実施する予定であるが、データ収集計画および接合部の詳細については 4 章に示した。これらの接合部については、日本建築学会の「伝統的

木造建築物構造設計検証小委員会」にて進められている「限界耐力計算による伝統的木造建築物構造計算指針・同解説（2013/2/25）」の改定作業でも実験データの収集、理論式の提案などを準備しており、それらを参照しながらデータ収集を進めることとした。

表 2.3.2-1 各耐力要素データの整備状況 (接合部)

接合部仕様		データベースと設計例の現状	実施内容		
			モデルおよび検定方法の妥当性の確認	追加データの整理	データベース等の作成作業
⑥-1接合部 通し柱 (中央) -梁 竿車知	曲げ	現状なし。新規作成	モデル案の作成 (山辺事務所)	既往の研究有 新たに実験実施	1.学会での検討内容を確認した上で、必要な計算値を整理 2.1に平行して追加の実験を実施 3.計算値または追加実験データ等を用いてデータシートを作成
	引張	現状なし。新規作成		新たに実験実施	
⑥-2接合部 (バリエーション) 通し柱 (中央) -梁 履ほぞ込み栓	曲げ	設計例で実験値を採用	現在のものの確認	基整促2018 (履ほぞ車知栓止め) 仕様違い 予算に余裕があれば新たに実験実施	1.学会での検討内容を確認した上で、必要な計算値を整理
	引張	設計例では計算値を採用 実験結果が不明瞭のため ($P_y = K \delta y$ が成立しない)。 特性値一覧で $P_y = K \delta y$ が成立せず、実験データの処理方法などが不明ではあるが、計算値と荷重-変形曲線よく一致しているので計算値を用いることで問題はないか。		予算に余裕があれば新たに実験実施	
⑦-1接合部 通し柱 (端部) -梁 胴付き小根ほぞ込み栓	曲げ	設計例では実験値を採用 ただし、その実験値の算出方法が不明。データシートにはグラフしかなく、特性値がわからず、昔の報告書を参照。そこで、グラフのモーメントと回転角から特性値の P_y と δy をどのように算出したのか等不明な点があり ($P_y = K \delta y$ が成立せず)、実験担当者に直接聞いてばねの値を示してもらった (エクセルシートあり)。つまり、データシートからは設計不可能。	現在のものの確認	基整促2018 計算値検証用に使用 (樹種違いベイマツ) 新たに実験実施	1.学会での検討内容を確認した上で、必要な計算値を整理 2.1に平行して追加の実験を実施 3.計算値または追加実験データ等を用いてデータシートを作成
	引張	設計例では、⑥長ほぞ込み栓の実験データを利用。 データが存在しないため。既往の研究等から新規作成すべき?		既往の研究有り 新たに実験実施 長ほぞと兼ねてよい?	
⑦-2接合部 (バリエーション) 通し柱 (端部) -梁 胴付き小根ほぞ込み栓	曲げ	現状なし。新規作成			学会では整備予定?
	引張	現状なし。新規作成			学会では整備予定?
⑧接合部 管柱-梁・桁 長ほぞ込み栓	曲げ	設計例では試験体形状での計算値を採用 実験値が不明瞭のため (けたが間違えてる? 平均値でいい?) 計算値を採用。ただし、その計算値も、降伏回転角が間違っている? ($\theta y1 \sim 4$ の最小値を採用していない)? また、降伏回転角があっていたとしても、降伏モーメントのけたが1桁ちがう (設計例では修正して用いている)。つまり、データシートからは設計不可能。	現在のものの確認	基整促2014 計算値検証用に使用 (寸法違いほぞ厚36、□18) 基整促2018 (込み栓なし) 仕様違い 新たに実験実施	基準整備促進事業資料整理 済 1.学会での検討内容を確認した上で、必要な計算値を整理 2.1に平行して追加の実験を実施 3.計算値または追加実験データ等を用いてデータシートを作成
	引張	設計例では断面が異なっても全て同じ実験値を採用 実験値が不明瞭なため (特性値は平均値しか示されておらず、実験値からどのように算出したか不明。) 設計例では担当者に直接聞いてバネの値を示してもらった。つまり、データシートからは設計不可能。ブラックボックス。 現在の理論値では、どのような破壊モードの際にも安全側ではあることは示されているので、理論値で設計するということでもいいか? ただし、理論値の算出については理論式の詳細 (各記号が何を指すか)、材料特性値なども明記されておらず、グラフが示されているだけで、特性値も不明。		基整促2014 計算値検証用に使用 (寸法違いほぞ厚36、□18) 新たに実験実施	基準整備促進事業資料整理 済 1.学会での検討内容を確認した上で、必要な計算値を整理 2.1に平行して追加の実験を実施 3.計算値または追加実験データ等を用いてデータシートを作成

第3章 二階建て一般住宅例における耐力要素データの整理（接合部以外）

本章では、第2章 2.3.1 に示したように、軸組の接合部以外の耐力要素のうち、水平構面（屋根）、耐力壁（土壁垂れ壁・腰壁）の今年度の整備状況を示す。最終的には以下の枠囲みに示すような構成でデータシートを作成する。

3.1 では、水平構面（屋根）データについて、平成 29～30（2017～2018）年度の基整促事業「断面の大きい軸材料等を用いる木造建築物の技術基準に関する検討」にて実施した実験等の成果を用いて新たに作成したデータシート案を示す。

3.2 では垂れ壁についての検討を示す。ここで活用したものは令和 1～2（2019～2020）年度の基整促事業「差し鴨居接合部を有する垂れ壁の軸組の壁倍率に関する検討」において実施した実験群（3.2.1）と、平成 27（2015）年度の基整促事業「全面に土が塗られていない土塗壁等で構成された木造建築物の設計基準委関する検討」において実施した実験群（3.2.2）である。垂れ壁については、令和 4 年度に今年度の検討結果と学会の成果とのすり合わせを行った上でデータシートの作成を行う予定である。

データシートは以下のような構成で作成することとしている。

記載項目

- 姿図・寸法
- 参照先
- 荷重変形
- 破壊性状
- 特性値一覧

概要

⇒データシートに示された内容についての説明、および補足事項を示す。例えば水平構面（屋根）では以下の項目が示されている。

- 力の伝達
- 変形挙動
- モーメントに対する抵抗
- 屋根構面のせん断性能
- 野地板の釘（N50）のせん断性能
- 小屋組内耐力壁の省略のための条件

3.1 水平構面（屋根）

以下には水平構面（屋根）のデータシートを示す。元となる実験は平成 29～30（2017～2018）年度の基整促事業「断面の大きい軸材料等を用いる木造建築物の技術基準に関する検討」で実施されたものである。

■ 姿図・寸法

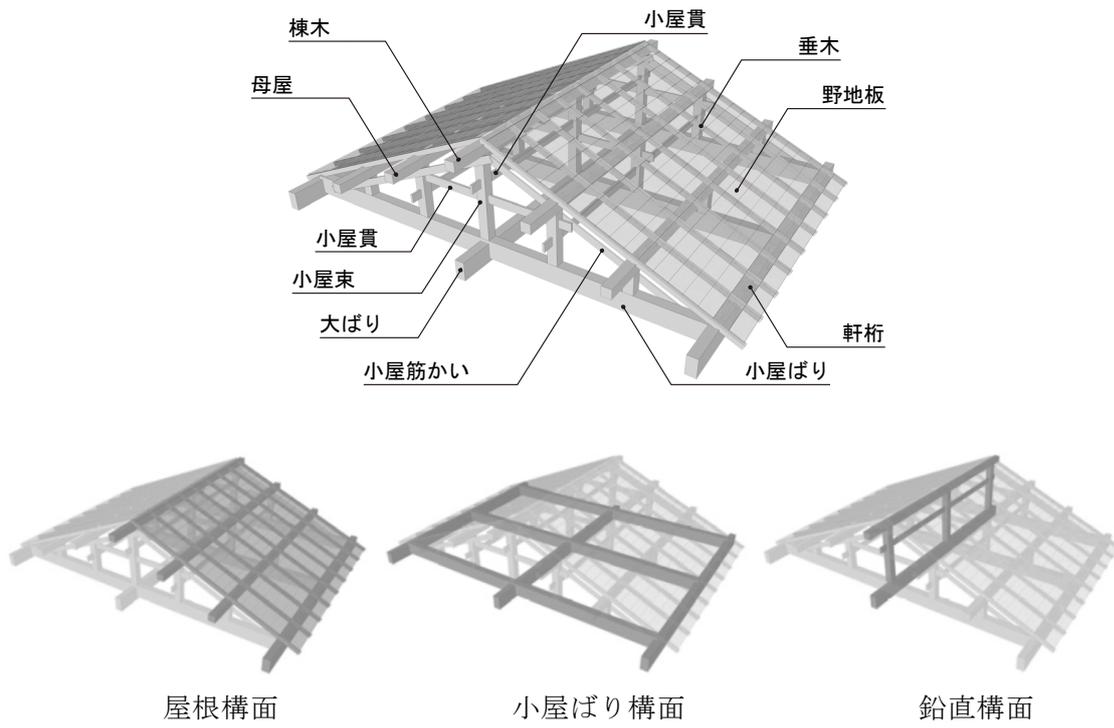


図1 用語の定義 (要検討)



図2 試験体セットアップ

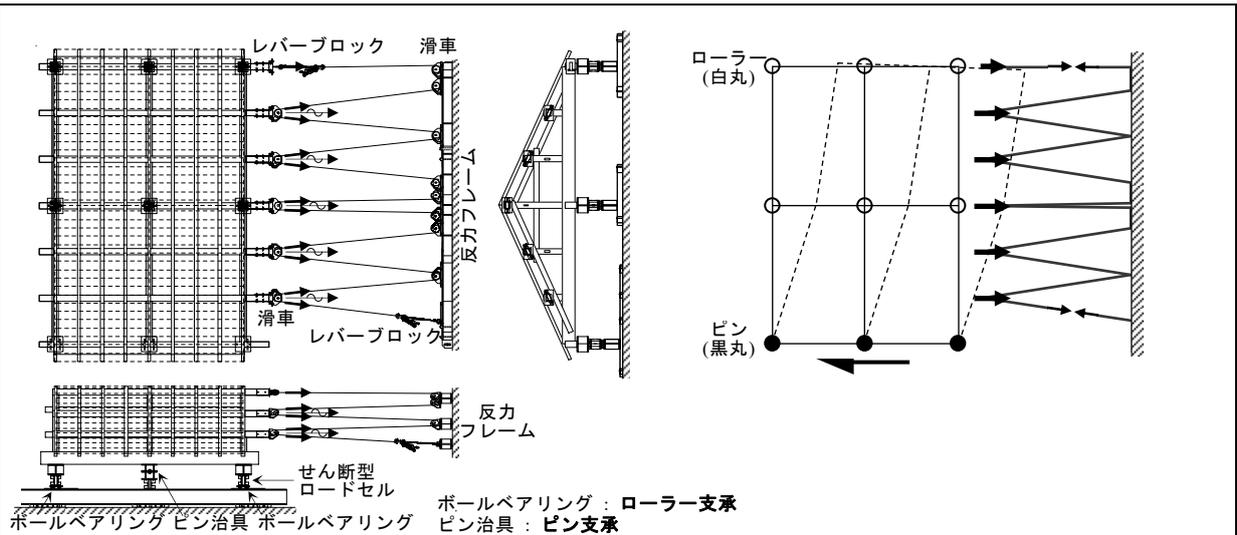


図3 載荷方法

【使用材料・試験体諸元】

屋根形状：切妻 *寄棟・方形は切妻以上の性能が見込め、本 DS の数値を使用可能？

梁桁：スギ、120×240mm

*かぶと蟻掛け+羽子板ボルト (Z マーク金物(SB-E2)同等品)

*小屋ばりー大ばりの交差部は渡りあご (欠き込み深さ=120mm)

棟木・母屋・束：スギ、120×120mm

*小屋束は棟木・母屋 (上部) に長ほぞ差し両面かすがい打ち、
小屋ばり (下部) に短ほぞ差し両面かすがい打ち

貫 (張間方向・桁方向)：スギ、27×105mm

小屋筋かい (張間方向^(*))：スギ、15×90mm

垂木：スギ、45×60mm @455mm

野地板：スギ 15×180×2000mm、 N50-2 本@135mm/垂木毎

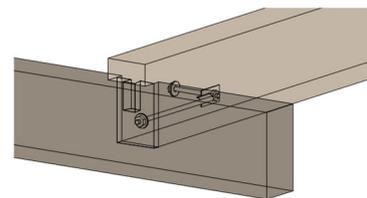
垂木-母屋・棟木：N75-2 本斜め打ち

垂木-軒桁：ビスφ5.5 脳天打ち

屋根勾配：4.5 寸勾配

屋根荷重 (1.3kN/m²) を想定して、14.6kN の錘を積載

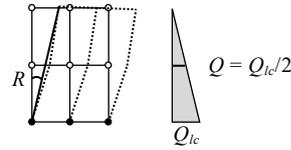
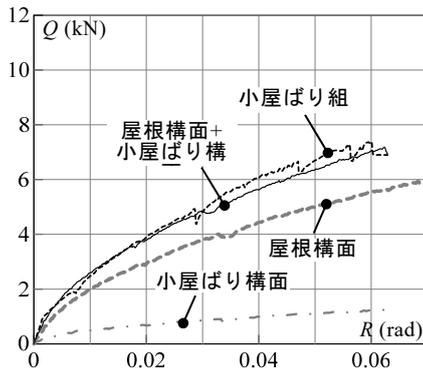
(*) 本来は妻面に土塗り壁等があると考えられ、これが小屋束の張間方向への倒れを抑制する。本実験では妻壁の代わりに桁行筋かい (15×90mm、小屋束に 2-N50 で接合) を設けているが、これを土塗り壁で代替することは可能と考えられる。



■参照先

- ・ 基整促事業 (S25) 断面の大きい軸材料等を用いる木造建築物の技術基準に関する検討報告書,2018.03
- ・ 山崎義弘, 根本夏帆, 五十田博, 荒木康弘, 坂田弘安 : 伝統的木造建築物における小屋ばり組切妻屋根のせん断性能に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 84 巻, 第 765 号, pp.1453-1463, 2019.11

■荷重変形



Q_{fc} : 固定端せん断力

- (*) 等分布外力のため、厳密には位置によりせん断力およびせん断変形角が異なるが、平均値に均している
- (*) 屋根構面は勾配を考慮し、せん断変形角 R を勾配の余弦で除している

図4 せん断力—真のせん断変形角関係

- ・ 床倍率換算値は 0.29 ($Q_{1/120}$ で決定)
- ・ 屋根構面と小屋梁構面の加算則は概ね整理する
- ・ 片持ち梁形式に比べ単純梁形式では剛性・耐力が上昇することが示されているが、これは小屋ばりの弱軸曲げ抵抗によるものであり、小屋ばりが適切にモデルに反映されていれば自動的に考慮される

■破壊性状



(a) 野地板のずれと垂木のねじれ



(b) 小屋束の傾斜

図5 破壊性状

- ・ 野地板の釘接合部におけるすべりが顕著であり、野地板同士のずれが見られた
- ・ その他、明確な破壊は生じなかったが、垂木のねじれや小屋束の傾斜が確認された

■特性値一覧

表 1 特性値一覧

K kN/rad/m	Q_y kN/m	Q_u kN/m	Q_{max} kN/m	R_y rad	R_v rad	R_u rad	μ	D_s
52	1.15	1.89	2.17	0.022	0.036	0.067	1.84	0.61

表 2 特定変形時のせん断力(kN/m)

1/600	1/450	1/300	1/200	1/150	1/120	1/100	1/75	1/50	1/30	1/15
0.22	0.30	0.36	0.45	0.51	0.57	0.68	0.82	1.07	1.48	2.17

信頼水準 75%の 50%下限値にするための低減は行っていない。

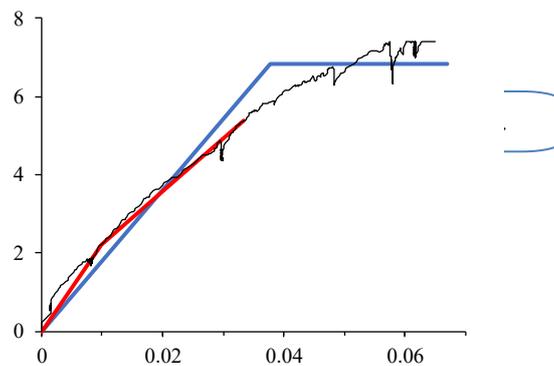


図 6 せん断力-真のせん断変形角関係の完全弾塑性モデル

完全弾塑性置換は適切？

鉛直構面とは異なり、必ずしも水平構面を終局変形角まで変形させた状態が建物としての終局状態ではない。水平構面の許容変形角（図 6 赤線では 1/30rad とした）を定めた上で、その範囲内で適当なバイリニア近似をするくらいが適当ではないか。

概要

■力の伝達

本試験では、地震荷重を想定し、小屋組重量の大部分を占めると考えられる屋根構面（棟木・母屋・軒桁）に等分布に載荷する方法とした。その力の流れは図7のようになると考えられる。

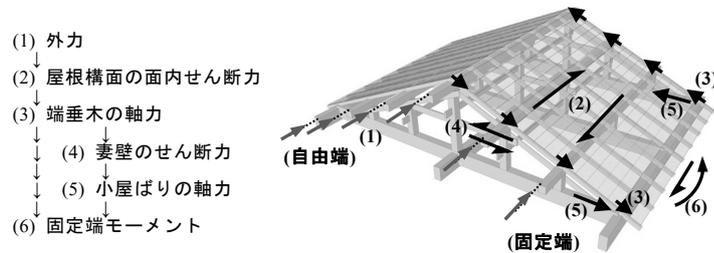


図7 切妻屋根における地震時の力の流れ

■変形挙動

本試験では、屋根構面（棟木・母屋・軒桁）に対して等分布に載荷する方法とした。その力は鉛直構面を介して小屋ばり構面に伝達されるため、多少の変形遅れがあり得るが、図8に示すように、屋根構面と小屋ばり構面はほぼ同様の変形を示すことが確認できる。図4に示したように、屋根構面と小屋ばり構面の加算則が成立することの裏付けと言える。

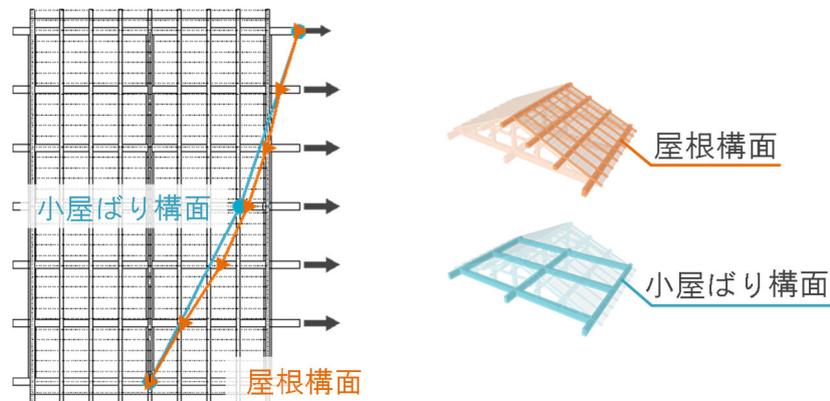


図8 1/15rad 時の水平変位モード

■モーメントに対する抵抗

図7に示すように、屋根構面に生じるせん断力に対し、垂木軸方向の反力の大部分は端垂木に流れ、その一部は軒桁に直接伝達されるが、残りは妻壁のせん断力、そして小屋ばりの軸力となる。図9左に示すボルトAに生じる小屋ばりの軸力成分を T と呼ぶと、固定端モーメントは $M=TH$ (H は小屋ばり長さ) と評価され、これを外力から求めた固定端モーメントと比較すると図9右のようになる。グラフの横軸はロッキング変形角 θ_R 、すなわち小屋ばり接合部の軸方向変形により生じる変形角であり、 $\theta_R=0.0015\text{rad}$.程度までは両者がほぼ一致するが、それ以上の変形角では羽子板ボルト軸力より算出されるモーメントが下回った。この差分に対応するモーメントは、端垂木から直接軒桁に伝達されたと考えられる。

以上から、図10のようにせん断力は主に屋根構面で、モーメントは主に外周部横架材(小屋ばり)の軸力で抵抗していると言え、小屋ばり端部に羽子板ボルト等の引張抵抗用の金物を設けることは重要である。

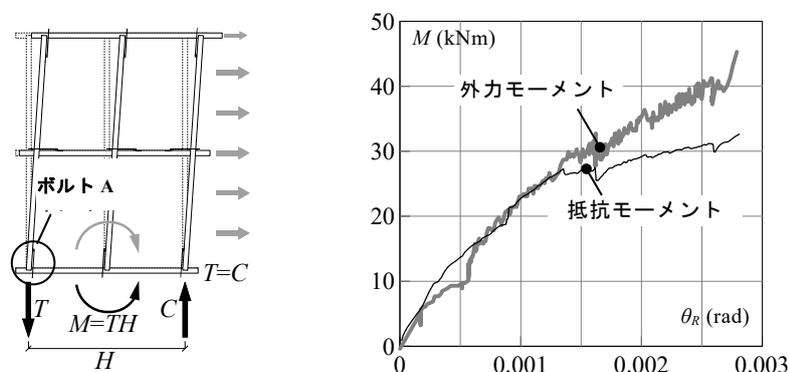


図9 小屋梁組に生じるモーメント

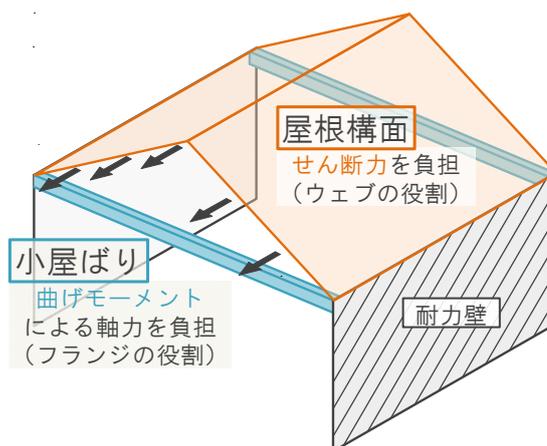


図10 小屋ばり組に生じるせん断力とモーメントに対する抵抗

■屋根構面のせん断性能

別途実施した屋根構面の面内せん断試験結果を図 11 に示す。垂木の転びも若干見られたが、野地板のずれが顕著であり、野地板の釘のせん断性能が全体の性能を決定づけていると考えられる。床倍率は 0.28 である。

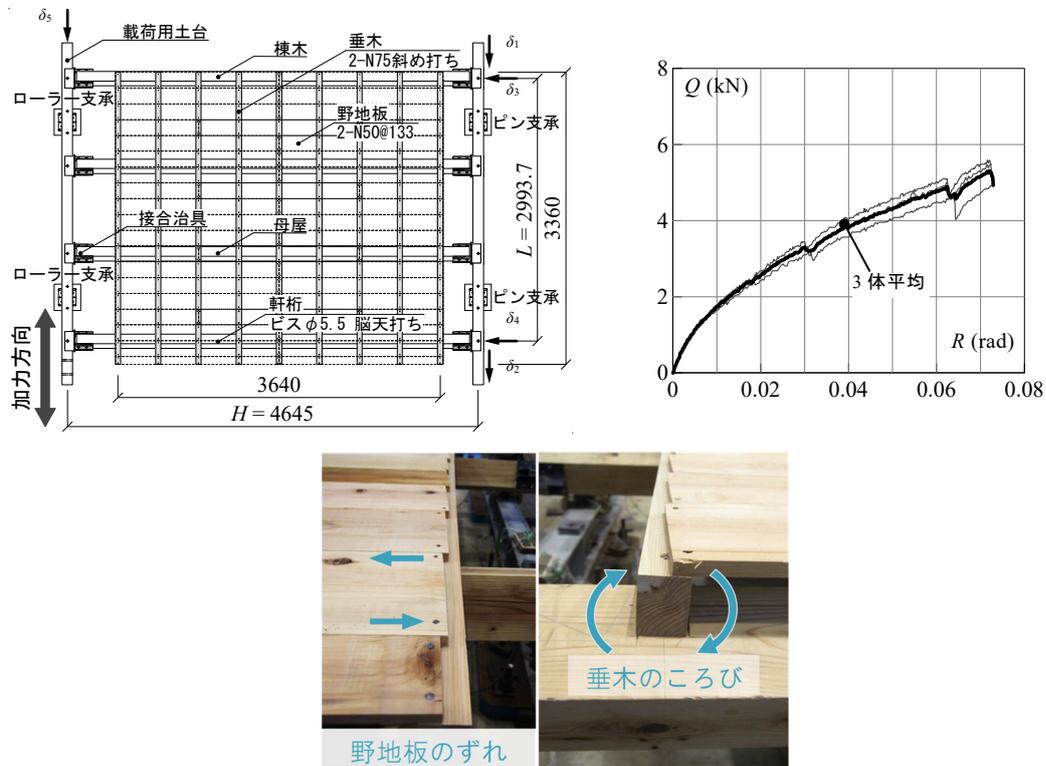


図 11 屋根構面の面内せん断試験結果

■野地板の釘（N50）のせん断性能

野地板の釘のせん断試験結果を図 12、表 3 に示す。

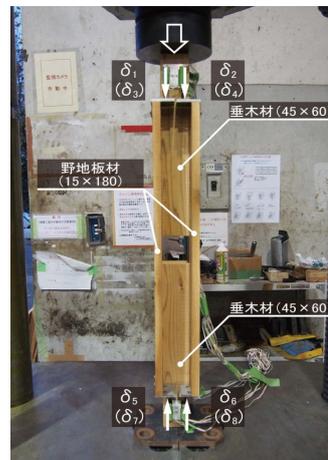
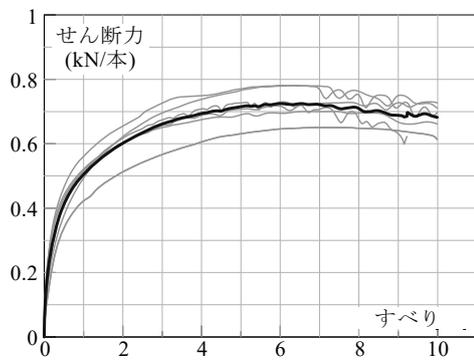


図 12 野地板の釘のせん断試験結果

表 3 野地板の釘の特性値（必要であれば差し替え予定。完全弾塑性モデル？）

	最大耐力 [kN]	一本当たりの釘の 最大せん断耐力 [kN]	初期剛性K [kN/mm]	一本当たりの釘の 初期剛性K [kN/mm]
No.1	2.83	0.71	4.85	2.43
No.2	2.60	0.65	2.69	1.34
No.3	3.13	0.78	3.09	1.54
No.4	2.96	0.74	4.02	2.01
平均	2.88	0.72	3.66	1.83

■ 小屋組内耐力壁の省略のための条件

文献1では、小屋組に作用した水平力が、最上階における各耐力壁に的確に伝達されることを担保するため、最上階耐力壁は小屋組内まで張り上げること（小屋組内耐力壁の設置）を要求している。ここで、図13のように小屋ばりが1820mm間隔、母屋および小屋束が910mm間隔で配置され、各小屋束に小屋貫（27x105mmの通し貫）および長ほぞ（30x90x120mm、上端のみ強軸で有効とし、下端は無効とする）があるとした場合、これが小屋組内耐力壁の代替となる条件を示す。

詳細は文献2に示されるが、張間方向長さ $2l$ における中央 l の区間に存在する小屋貫と長ほぞによる水平剛性寄与を小屋組内耐力壁と見做すと、これは図14のように張間中央部2.94mの区間における必要壁量（ただし、品確法において2階建ての2階、一般地域、重い屋根、等級1相当（等級2の1/1.25倍）、総2階建てを想定）を満たす耐力壁の反力を受けることができる。したがって、張間方向中央部における内壁量は、負担幅3m程度の必要壁量以下とすることが考えられる。これを満たさない場合、内壁には小屋ばりの弱軸曲げによってせん断力を伝達する必要があるため、応力解析時に注意を要する。

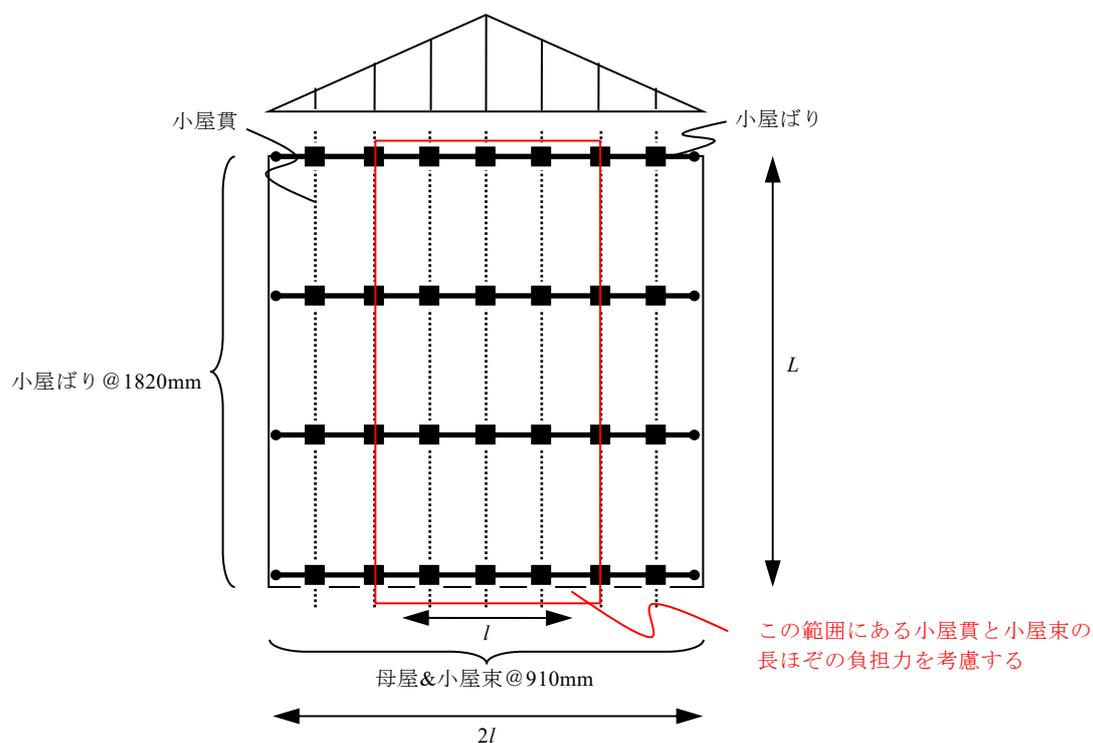


図13 鉛直構面の負担力計算用モデル

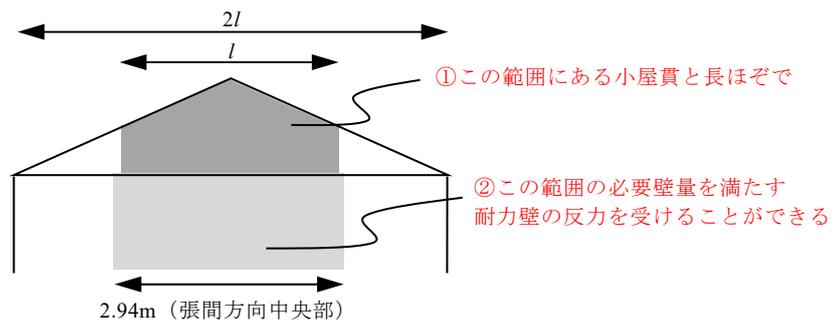


図 14 鉛直構面内の小屋貫と長ほぞで反力をとることができる範囲

- 1) (公財) 日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）, 2017年3月
- 2) 基整促事業（S25）断面の大きい軸材料等を用いる木造建築物の技術基準に関する検討報告書, 2018.03

以上のデータシートで示されたデータの適用範囲については、【使用材料・試験体諸元】にて「屋根形状：切妻 *寄棟・方形は切妻以上の性能が見込め、本 DS の数値を使用可能？」としている。

伝統的構法による木造建築物においては、本事業で対象としている【一般的な2階建て住宅（下野付きの新築）】に限定したとしても、屋根の形状は切妻以外の寄棟や方形であることも多い。本データシートでは、これらも含めて適用範囲とすることを提案しているが、その根拠となる検討は同じ基整促事業で行われている。その抜粋を次頁以降に示す。

2.2.5 切妻・寄棟・方形の比較

伝統仕様、在来仕様とも、切妻、寄棟、方形の順に、剛性・最大耐力とも大きくなった(図 2.2.5-1, 図 2.2.5-2)。伝統仕様に着目すると、切妻は野地板を留めている釘のせん断性能でほぼ耐力が決まっていたが、寄棟と方形ではさらに後述(2.3.2 節)の立体トラス抵抗が寄与することで、切妻に比べ剛性、耐力とも大幅に増加したと考えられる。ただし、切妻では $1/15\text{rad}$ 以上まで野地板のすべり以外に明確な損傷が見られなかったのに対し、寄棟、方形では $1/30\text{rad}$ を超えたあたりで明確な損傷(隅木の外れ)および耐力低下が生じている。ゆえに、後述の検討においては、小屋ばり組の変形制限として $1/30\text{rad}$ を目安にしつつ、切妻のみを対象として、寄棟、方形の場合の耐力上昇は余力として考える。

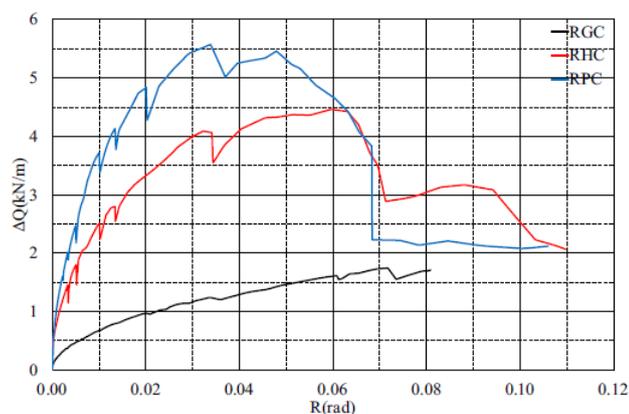


図 2.2.5-1 伝統仕様における単位長さあたりのせん断力 Q - 変形角 R 関係の包絡線の比較

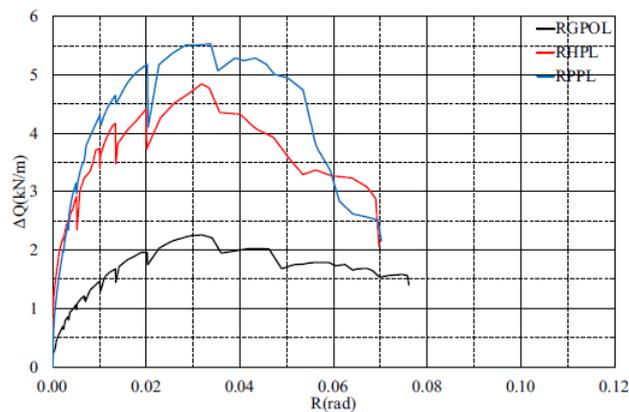


図 2.2.5-2 在来仕様における単位長さあたりのせん断力 Q - 変形角 R 関係の包絡線の比較

*文献 2.1 より抜粋

2.3 小屋ばり組の水平力に対する抵抗メカニズム

2.3.1 切妻の場合

ここでは切妻に限定して、小屋ばり組の水平力に対する抵抗メカニズムを検討する。地震力や風圧力などの水平力に対する、小屋ばり組の必要性能として、(a)最上階の水平構面としての面内せん断性能（以下、面内せん断）、(b)小屋ばり組単体の水平抵抗性能（以下、水平抵抗）、がある（図 2.3.1-1）。また、切妻では張間方向と桁行方向では水平抵抗メカニズムが大きく異なることを考慮し、図 2.3.1-2～図 2.3.1-5 のように分類して、それぞれの抵抗メカニズムを示す。各抵抗要素の説明を以下に示す。なお、図 2.3.1-2～図 2.3.1-5 において括弧書きとした抵抗要素（面内せん断抵抗における、「鉛直構面のせん断抵抗」および「妻壁のせん断抵抗」）は、屋根構面と小屋ばり構面の一体性を確保する点で、間接的に関与する。

- ・ 屋根構面のせん断抵抗：野地板を留めている釘が寄与する抵抗機構（図 2.3.1-6,参考文献 2.2）。
- ・ 鉛直構面のせん断抵抗：小屋貫や小屋筋かいが寄与する抵抗機構。
- ・ 小屋ばり構面のせん断抵抗：火打ち梁や接合部のモーメント抵抗が寄与する抵抗機構。
- ・ 妻壁のせん断抵抗：妻壁（土塗り壁）が寄与する抵抗機構。
- ・ 垂木のトラス抵抗：垂木がトラスとして寄与する抵抗機構。張間方向載荷時の水平抵抗性能にのみ寄与する。

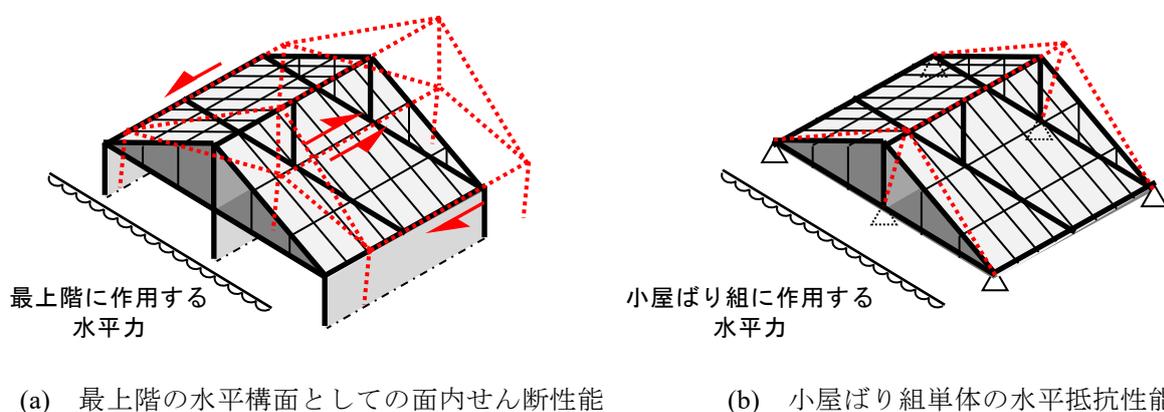


図 2.3.1-1 小屋ばり組の必要性能

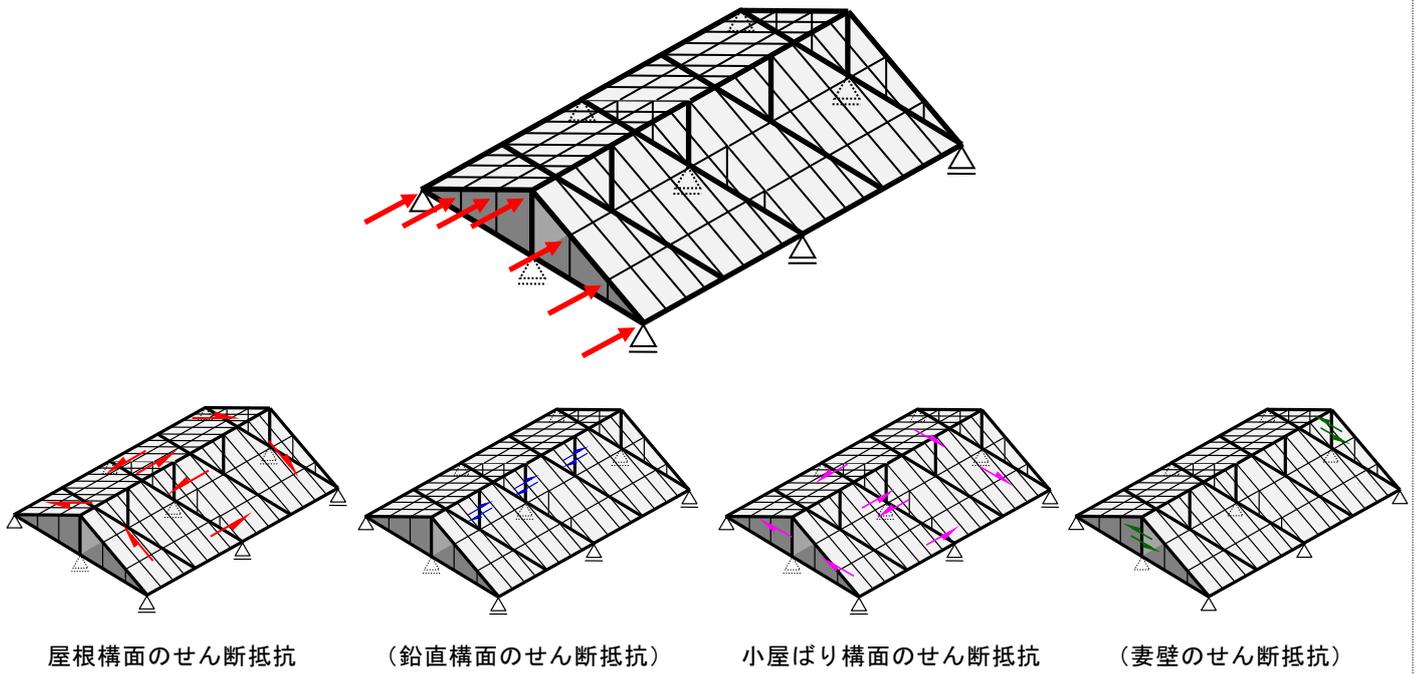


図 2.3.1-2 桁行方向載荷時の面内せん断抵抗

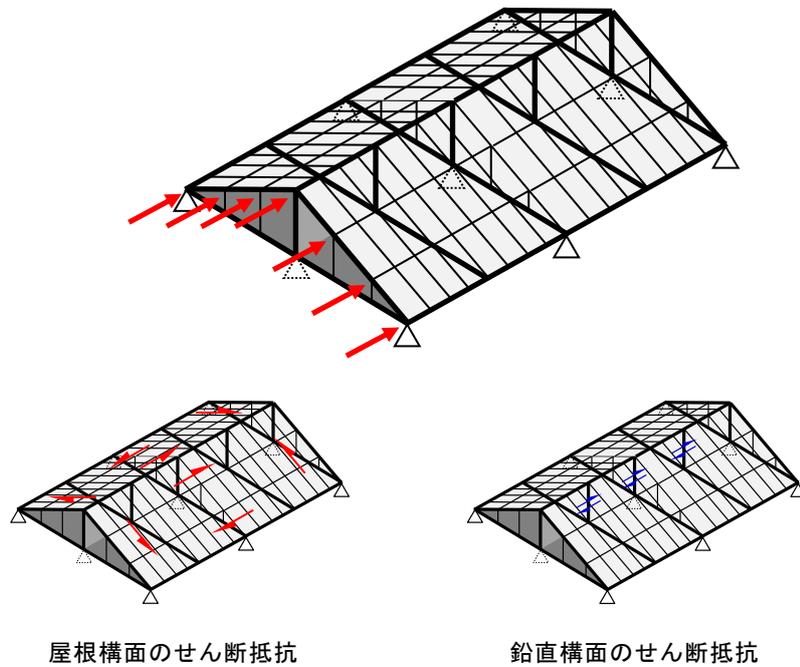


図 2.3.1-3 桁行方向載荷時の水平抵抗

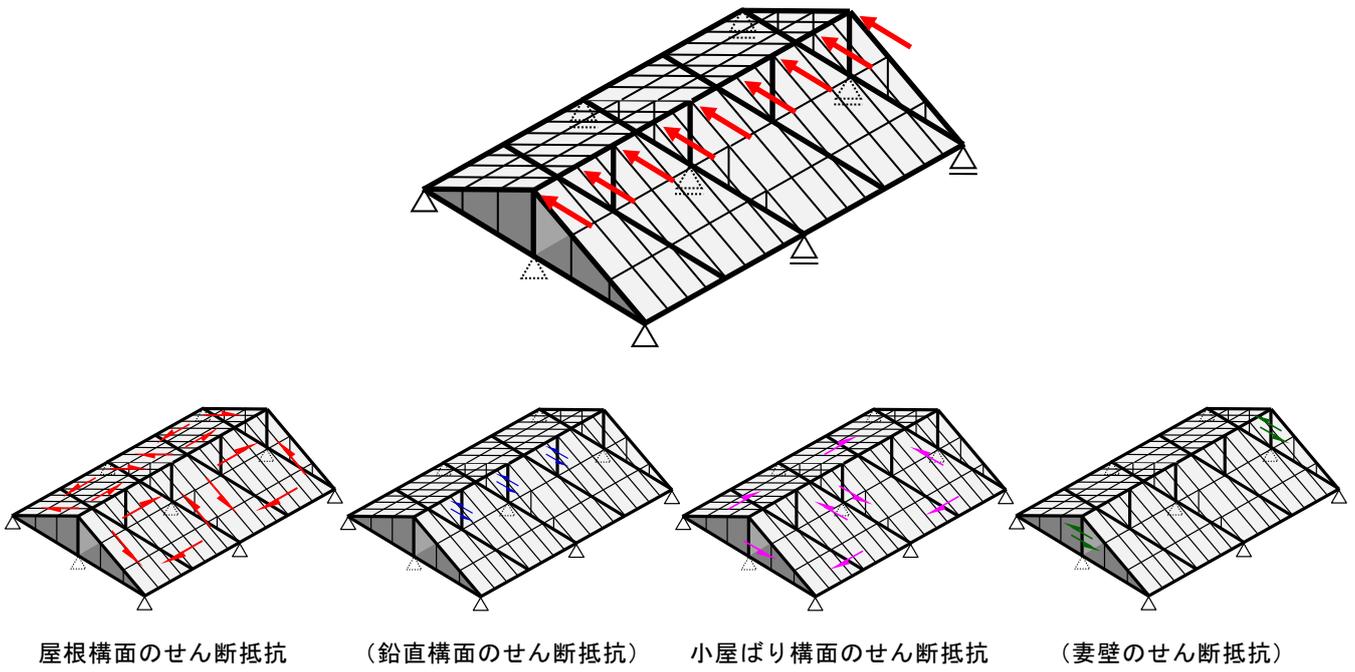


図 2.3.1-4 張間方向載荷時の面内せん断抵抗

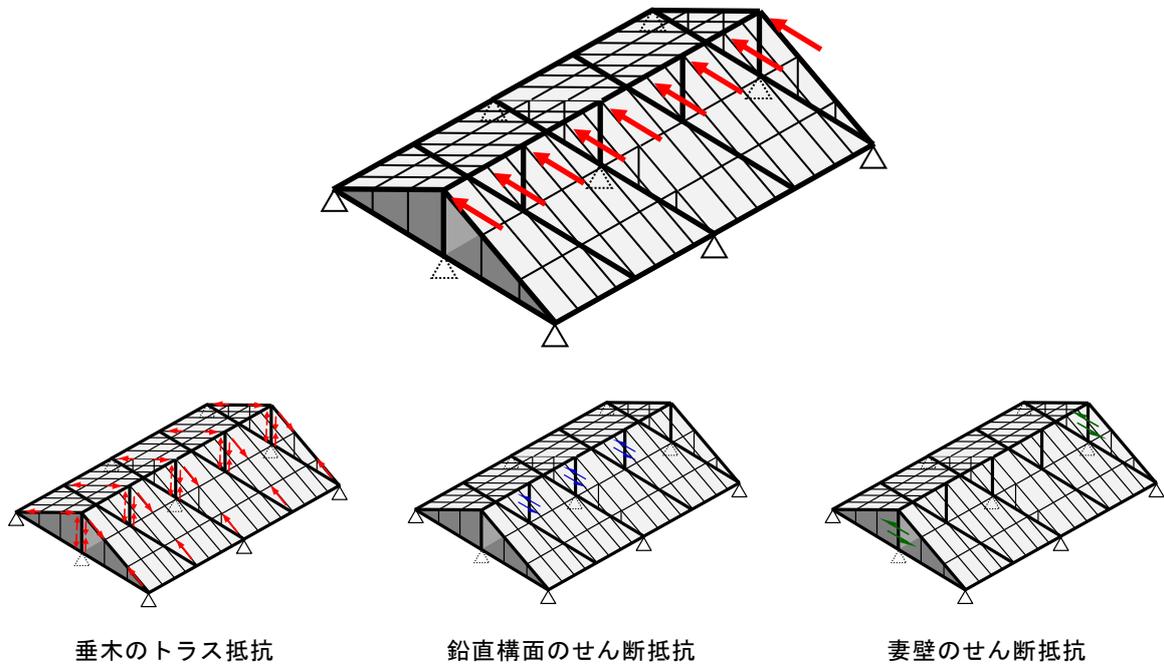


図 2.3.1-5 張間方向載荷時の水平抵抗

主要な要素である屋根構面のせん断抵抗は、文献 2.2 においてその変形成分が示されており（図 2.3.1-6）、伝統仕様では面材釘のすべりが卓越する。

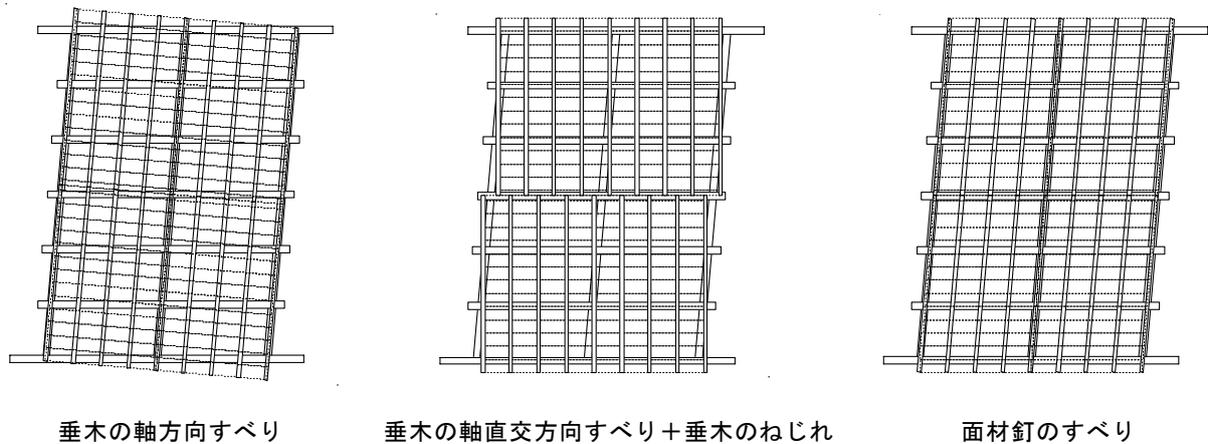


図 2.3.1-6 屋根構面のせん断抵抗による変形成分

張間方向載荷時の水平抵抗（図 2.3.1-5）に寄与する、鉛直構面の垂木によるトラス抵抗を図 2.3.1-7 のように考える。垂木が 2-N75 で接合されているとすれば、軸方向せん断耐力は $q_{//} = 2.6\text{kN}$ 程度^{2.2)}であり、垂木端部の接合部破壊で決まる水平耐力 p （垂木 1 本あたり）が次式のように求まる。

$$p = 2q_{//} \cos\theta \quad (2.3.1)$$

垂木のピッチを 0.455m、桁行長さを L とすれば、水平耐力の総和 P は、

$$P = \frac{pL}{0.455} = \frac{2q_{//}L\cos\theta}{0.455} \quad (2.3.2)$$

また、小屋ばり組重量を $W = wLl$ （ w = 小屋ばり組の単位面積重量、 l = 張間長さ）とすると、小屋ばり組の層せん断力係数を表す P/W は、

$$\frac{P}{W} = \frac{2q_{//} \cos\theta}{0.455wl} \quad (2.3.3)$$

であり、 $w = 1.3\text{kN/m}^2$ 、 $\cos\theta = 0.926$ （4 寸勾配）を代入すれば、

$$\frac{P}{W} = \frac{8.16}{l} \quad (2.3.4)$$

となる。すなわち、層せん断力係数は l に反比例にするが、 $l = 10\text{m}$ としても 0.816 が確保されており、十分高い性能を有していると言える。

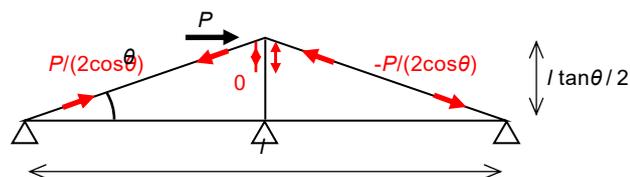


図 2.3.1-7 張間方向鉛直構面の垂木によるトラス抵抗

2.3.2 寄棟の場合

寄棟の場合には、切妻の場合の抵抗要素に加え、さらに棟木、隅木、小屋束で構成される立体トラス抵抗も寄与する。そのメカニズムの説明として、図 2.3.2-1、図 2.3.2-2 のような、隅木の角度を 45° 、張間長さを $2l$ 、棟木長さを l' （桁行長さは $2l+l'$ ）とした力学モデルを考える。 $l'=0$ とすれば、方形となる。

面内せん断抵抗（図 2.3.2-1）では妻ばりへの集中荷重を、水平抵抗（図 2.3.2-2）では棟木への等分布荷重を考慮しているが、両モデルの力の分布に着目すると、どちらも隅木に生じる軸力は l' に依らない（平面形状に依存しない）が、面内せん断抵抗では l' が長くなるほど、隅木の偶力によって棟木に生じるモーメント $M_r (=Pl')$ が大きくなる。このため、棟木の回転に対して抵抗する、垂木の軸方向抵抗や野地板の曲げせん断抵抗（図 2.3.2-3）が確保されていないと、棟木の回転が生じ、立体トラス抵抗が十分に発揮されない。図 2.3.2-1 右に示すように、棟木の回転剛性 K_r が十分大きければ $\theta_r \doteq 0$ となり、棟木と軒桁が平行に回転する。

写真 2.2.3-2（2.2.3 寄棟試験体の特徴）で示した、野地板の千鳥配置と整列配置の比較により、整列配置で棟木の回転が生じたのは、図 2.3.2-3 右に示す野地板の曲げせん断抵抗が発揮されないためだと考えられる。結果として、垂木の軸方向抵抗の負担が大きく、垂木の軸方向すべりで最大耐力が決まった。千鳥配置で野地板の曲げせん断抵抗が加算される場合は、棟木が回転せずに隅木が外れるまで隅木の軸力が増加するため、耐力が高かったと考えられる。

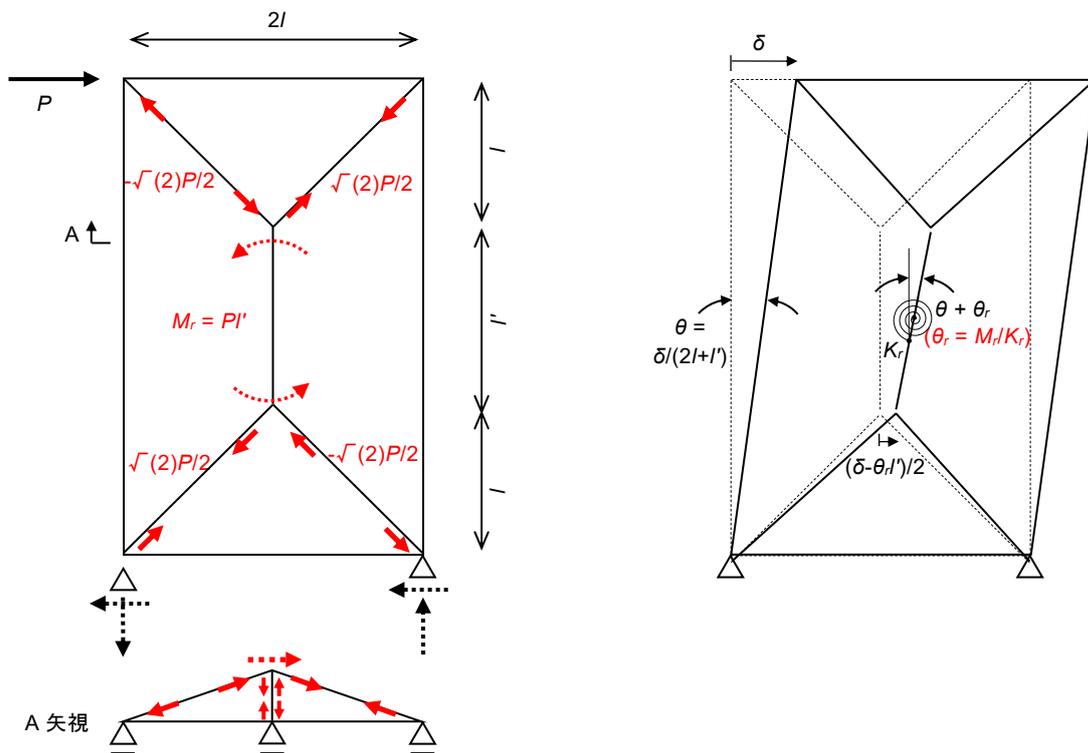


図 2.3.2-1 寄棟の立体トラスによる面内せん断抵抗

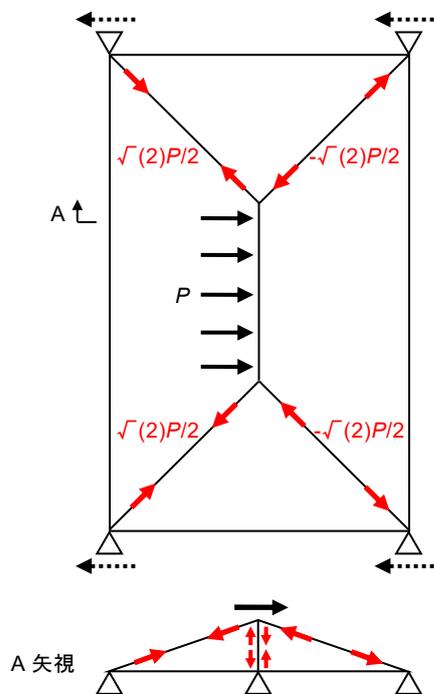


図 2.3.2-2 寄棟の立体トラスによる水平抵抗

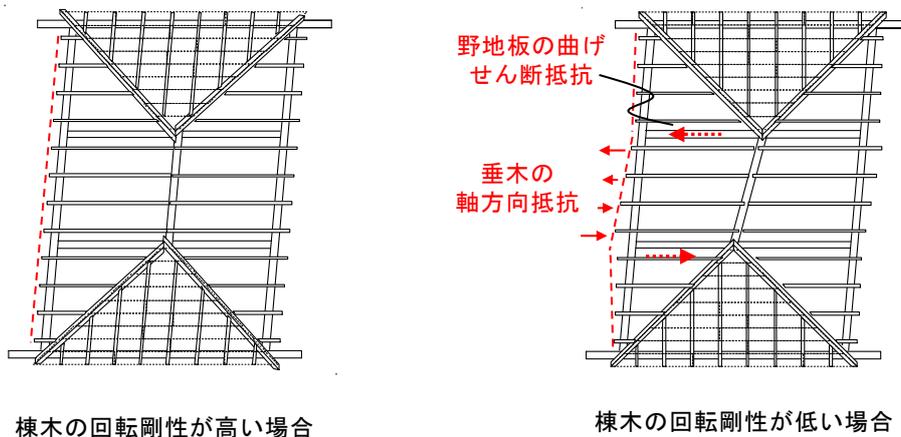


図 2.3.2-3 隅木の偶力に対する棟木の回転抵抗

ここで、棟木の回転剛性の試算を行う。

■ 垂木の軸方向抵抗の寄与

図 2.3.2-4 のように、向かい合う棟木と軒桁に対し、相対回転 θ_r が生じたとする。位置 x における垂木の軸方向すべり $\delta_{r(x)}$ と軸力 $P_{r(x)}$ は、次式のように表される。

$$\delta_{r(x)} = x\theta_r, \quad P_{r(x)} = \bar{K}_r \delta_{r(x)} \quad (2.3.5a,b)$$

ここで、 \bar{K}_r は単位長さあたりの垂木接合部による軸方向剛性であり、垂木接合部 1 箇所あたりの軸方向剛性 \hat{k}_r を用い、屋根勾配を ϕ 、垂木が 0.455m 間隔で配置されていると考え、次式より求める。

$$\bar{K}_r = \frac{\hat{k}_r \cos^2 \phi}{2 \times 0.455} \quad (2.3.6)$$

棟木に対し垂木が両側にあることを踏まえ、棟木の回転剛性 K_{θ_r} を求めると、

$$\begin{aligned} K_{\theta_r} &= \frac{2 \int_{-l'/2}^{l'/2} P_{r(x)} x dx}{\theta_r} \\ &= \frac{l'^3 \hat{k}_r \cos^2 \phi}{12 \cdot 0.455} \end{aligned} \quad (2.3.7)$$

となる。 $l' = 1.82\text{m}$ 、 $\hat{k}_r = 939\text{kN/m}$ (2-N75)、 $\cos \phi = 0.912$ を代入すると、

$$K_{\theta_r} = 826 \text{ kNm/rad} \quad (2.3.8)$$

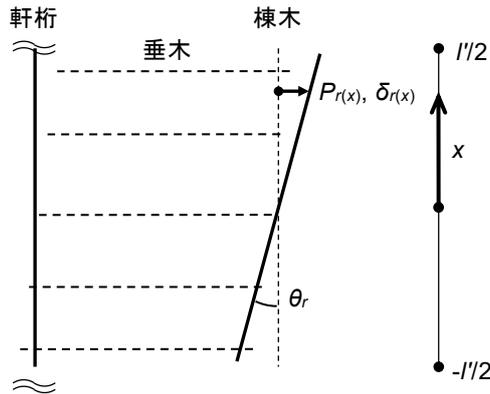


図 2.3.2-4 棟木の回転抵抗における垂木の軸方向抵抗の寄与

■野地板の曲げせん断抵抗

図 2.3.2-5 のように、棟木に θ_r の回転が生じたときの、垂木の軸方向変位分布を考えると、図中赤線のようになる。すなわち、棟木に $\theta_r/2$ の回転、棟木端部で $l'\theta_r/4$ の軸方向変位が生じるが、この棟木端部をまたぐような野地板の曲げせん断抵抗を考慮する。釘は垂木の軸直交方向へは抵抗しないと考え、さらに釘が野地板内で均一に分布していると仮定すると、野地板短手方向の力およびモーメントの釣り合いから、野地板に対する釘のすべり分布が求まり、野地板に作用するせん断力 Q_b 、および曲げモーメント M_b を求めることができる。なお、以下の計算および図 2.3.2-5 は野地板の長手中心が棟木端部位置にあり、野地板の長さが l' に等しい場合を例示している。

まず、野地板の釘の反力は垂木を介して棟木や軒桁に伝達されることを考え、野地板の釘接合部 (3-N45) における釘 1 本あたりのすべり柔性に垂木接合部のすべり柔性を加えつつ、野地板長手方向の単位長さあたりの剛性に変換する。

$$\bar{K}_n = \frac{1}{\frac{1}{\hat{k}_n} + \frac{2}{\hat{k}_r}} \frac{n}{l'} \quad (2.3.9)$$

ここで、 n は釘列数であり、5 とする。野地板中央に生じるせん断力 Q_b 、および曲げモーメント M_b は、

$$Q_b = \frac{1}{32} \bar{K}_n l'^2 \theta_r \cos^2 \phi, \quad M_b = \frac{1}{384} \bar{K}_n l'^3 \theta_r \cos^2 \phi \quad (2.3.10a,b)$$

これより、棟木両側にある野地板による回転剛性 $K_{\theta b}$ を求めると、

$$\begin{aligned} K_{\theta} &= \frac{2(Q_b l' + 2M_b)}{\theta_r} \\ &= \frac{7}{96} \bar{K}_n l'^3 \cos^2 \phi \end{aligned} \quad (2.3.11)$$

となり、 $\hat{k}_n = 400 \text{ kN/m}$ (N45, 図 2.4.2-2, 式(2.4.6)) を代入すると、

$$K_{\theta} = 338 \text{ kNm/rad}$$

(2.3.12)

野地板と棟木端部の位置関係は様々にあり得るが、図 2.3.2-5 のような位置関係にある野地板が 3 列ほどあるとすれば、 $3K_{\theta b} = 1015\text{kNm/rad} > K_{\theta r}$ であり、垂木の軸方向抵抗のみの場合より、棟木の回転を半分以下に抑えられるため、野地板の曲げせん断抵抗の寄与は大きいと言える。

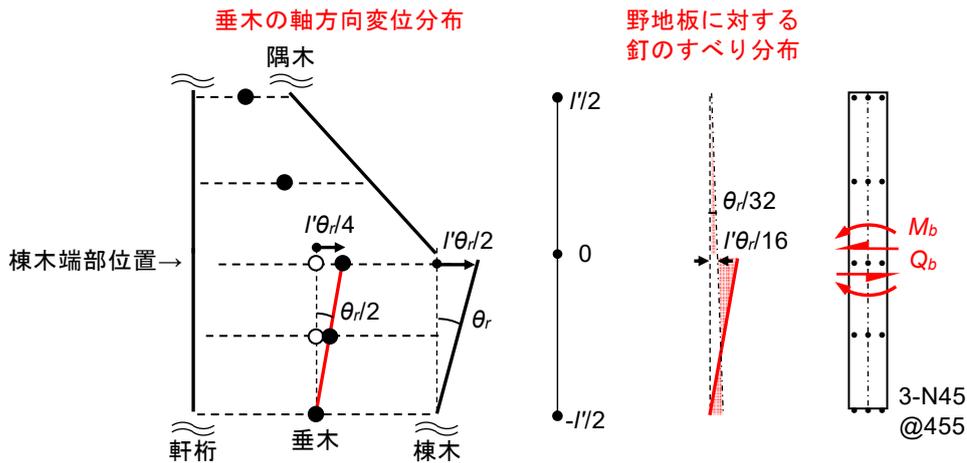


図 2.3.2-5 棟木の回転抵抗における野地板の曲げせん断抵抗の寄与

なお、図 2.3.2-1 に示した通り、立体トラス抵抗によって棟木に生じるモーメント M_r の最大値は、隅木接合部の耐力で決まる場合、 l' に比例するが、垂木の軸方向抵抗による棟木の抵抗モーメントの最大値は l'^2 に比例する。したがって、 l' = 小のときは野地板の曲げせん断抵抗にも期待する必要がある一方、 l' = 大になると、垂木の軸方向抵抗のみでも賄えるようになる。

文献

- 2.1) 伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会：平成 23 年度事業報告書
- 2.2) (公財)日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017 年版), 2017 年 3 月
- 2.3) 土屋登喜彦, 村上雅英, 稲山正弘, 岩崎敏之：在来軸組工法木造住宅の構造設計手法の開発 その 11 切妻屋根の水平力の流れに関する実験的研究-2(切妻屋根の剛性マトリクス), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1 分冊, pp.199-200, 1998 年 7 月
- 2.4) 日本建築学会, 丸善：木質構造接合部設計マニュアル, 2009 年 11 月
- 2.5) 日本建築防災協会：2012 年改訂版木造住宅の耐震診断と補強方法 指針と解説編, 2012 年 6 月
- 2.6) 建築技術：木造住宅の構造設計[改正基準法と品確法] 別冊 6, 2001 年 3 月
- 2.7) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS11 木工事, 2005 年 11 月
- 2.8) 清水秀丸, 向坊恭介, 堀川恵巳子, 槌本敬大, 河合直人, 大橋好光：実大震動台実験による伝統的な木造建物の耐震性能検証に関する研究-部材断面がやや小さい都市近郊型試験体の震動台実験結果-, 日本建築学会構造系論文集, 第 663 号, pp.943-950, 2011 年 5 月

3.2 耐力壁（土壁垂れ壁・腰壁）

3.2.1 耐力壁（垂れ壁）－令和1～2（2019～2020）年度の基整促より

垂れ壁の設計用データ（解析用バネ）の作成に関して、令和1～2（2019～2020）年度の基整促事業（S25）「差し鴨居接合部を有する垂れ壁の軸組の壁倍率に関する検討」の成果を基に検討した結果を以下に示す。

（1）実験概要

以下、2019年度基整促報告書（以下、2019年度報告書）第3章より引用

◇ 実験では、

- ・昨年度までの検討で用いた土壁の単位耐力性能の確認
- ・アスペクト比の効果の検証
- ・荷重伝達メカニズムの解明

に焦点を当てた土壁の水平せん断試験を実施する。

- ◇ 「土壁垂れ壁付きの軸組構面の水平せん断抵抗挙動の成分である①接合部のモーメント抵抗成分の総和、②差鴨居の軸抵抗成分、③垂れ壁の水平せん断抵抗成分のうち、③に注目した検討」
- ◇ 「重ね合わせの成立の可否を確認するため、実際に実験に使用した土壁の基本的性能を抑えておく事」
- ◇ 「実際の垂れ壁であり得る寸法を想定し、アスペクト比の変化に応じた耐力性能の変化についても検討」
- ◇ 「土壁の水平せん断抵抗は、これまで全面土壁による検討が多くなされているが、垂れ壁に用いられる様な横縦のアスペクト比の大きい条件については知見が少ない。」
- ◇ 「伝統的構法のための木造耐震設計法」では、土壁の耐力性能はアスペクト比に応じてせん断系から端部の局部圧壊メカニズムである曲げ系へと変化するとしており、その結果耐力性能の減少を予測している。一方で垂れ壁における土壁への力の伝達経路は側面の圧縮の他に、土壁上下面での摩擦が考えられる。この摩擦がある程度の耐力を担保できるとすると、アスペクト比が大きくなった条件でも急激な耐力低下に至らない可能性がある。本章の実験ではその効果について確認する。この荷重伝達経路については別の側面での問題も孕む。2章の差鴨居軸力の検討の個所で明らかとなったように、差鴨居に軸力が働く場合には接合部耐力との相互作用が確認された。土壁の端部圧縮によりストラットが作用すると、柱を押し広げる変形が生じ、差鴨居軸力や接合部耐力に影響を及ぼす可能性がある。仮に土壁への力の伝達経路が、端部圧縮と上下面の摩擦の両者であれば、さらに問題は複雑化するが、いずれにしてもどの程度の比率で起こりうるかを実験的に確認する必要がある。

(2) 試験体図

●構面実験

試験体	記号 実施年度/試験体数 等
	<p>軸組のみ構面</p> <p>記号 あ</p> <p>2018年度/1体 2019年度/1体(計測計画変更)</p>
	<p>垂れ壁(465)のみ構面</p> <p>記号 い</p> <p>2018年度/1体/徳島の土</p>
<p>PM-L 1体</p>	<p>仕口抵抗のない土壁せん断(930)</p> <p>記号 う</p> <p>2019年度/1体/京都の土</p>
<p>PM-M 2体※1体は徳島土</p>	<p>仕口抵抗のない土壁せん断(465)</p> <p>記号 え</p> <p>2019年度/1体/徳島の土 2019年度/1体/京都の土</p>
<p>PM-S 1体</p>	<p>仕口抵抗のない土壁せん断(310)</p> <p>記号 お</p> <p>2019年度/1体/京都の土</p>

図 3.2.1-1 試験体図
引用：2019年度報告書第3章

	<p>仕口抵抗のない土壁せん断(310) 柱摩擦なし</p> <p>記号 か</p> <p>2019年度/1体/京都の土</p>
	<p>軸組+重れ壁 (465) 構面</p> <p>記号 き</p> <p>2018年度/1体/徳島の土</p>
	<p>軸組+重れ壁 (930) 構面</p> <p>記号 く</p> <p>2019年度/1体/京都の土</p>
	<p>軸組+重れ壁 (310) 構面</p> <p>記号 け</p> <p>2019年度/1体/京都の土</p>

図 3.2.1-2 試験体図
引用：2019年度報告書第3章

上記図の青枠（PM シリーズ）を主な解析用ばねの設定根拠として採用する。
 フレーム同士の差し引きになるオレンジの枠内の実験（FW-M と F）については後述の
 参考 1 で検討した。

(3) 試験体仕様

2019 年度報告書 3.2 純土壁の水平せん断試験より試験体の仕様を示す。以下枠囲みの図はこの報告書から抜粋したもの。

■試験体の垂れ壁寸法

- ・ 芯々1820mm（内法幅 1670mm）
- ・ 内法高さ 465mm
 - を基準として、アスペクト比の異なる 3 条件を設定
- ・ 試験体は巾寸法を固定、高さ寸法を変化させた
 - ・ PM-M：内法高さ 465mm
 - ・ PM-L：内法高さ 930mm
 - ・ PM-S：内法高さ 310mm

■土

- ・ 三重県産の土を使用
 - ・ 前年までは徳島の土
 - ・ PM-MT（M2）は徳島産の土の残りを使用して比較
 - ・ 総塗り厚 70mm（荒壁 40mm、中塗り両面それぞれ 15mm）
 - ・ 荒壁：荒壁土とスサを混合
 - ・ 中塗り：土と砂を 2：1 で混合し、揉みスサを適量配合

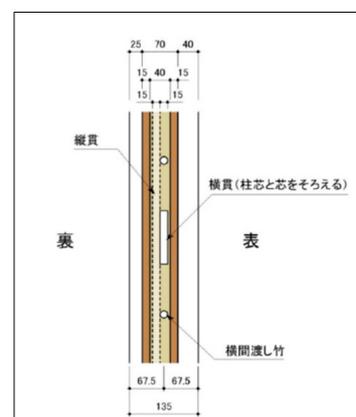


図 3.2.1-3 土壁詳細

引用：2019 年度報告書第 3 章

■下地：

- ・ PM-S は縦貫のみ、PM-M、PM-L では、中央に端部短ほぞ留めの横貫あり
- ・ 30mm 程度の幅の間渡し竹@450mm 縦横に配す。端部はほぞ差し
- ・ 木舞竹@100mm で縦横に配し棕櫚縄留め

■施工手順

- ・ 荒壁塗り→（2 日）裏返し塗り→（1 日）貫伏→（7 週）大直し→（2 週）中塗り→（3 週）実験
- ・ 試験体は屋外で製作、小屋がけして養生

表 3.2.1-1 試験体仕様 引用：2019 年度報告書第 3 章

形状	試験体	幅 (内法) mm	高さ (内法) mm	名称	数量
構面	土壁大+ピンフレーム	1820 (1670)	1080 (930)	PM-L	1
	土壁中+ピンフレーム		615 (465)	PM-M	1
	土壁中 (徳島土) +ピンフレーム		PM-MT	1	
	土壁小+ピンフレーム		460 (310)	PM-S	1
	土壁小+ピンフレーム (土壁側面スペース有り)	1820 (1580)	460 (310)	PM-So	1
	ピンフレーム (PM-L 終了後)	1820 (1670)	1080 (930)	F:PM-L	1
	ピンフレーム (PM-M 終了後)	1820 (1670)	615 (465)	F:PM-M	1
	ピンフレーム (PM-S0 終了後)	1820 (1670)	460 (310)	F:PM-S	1

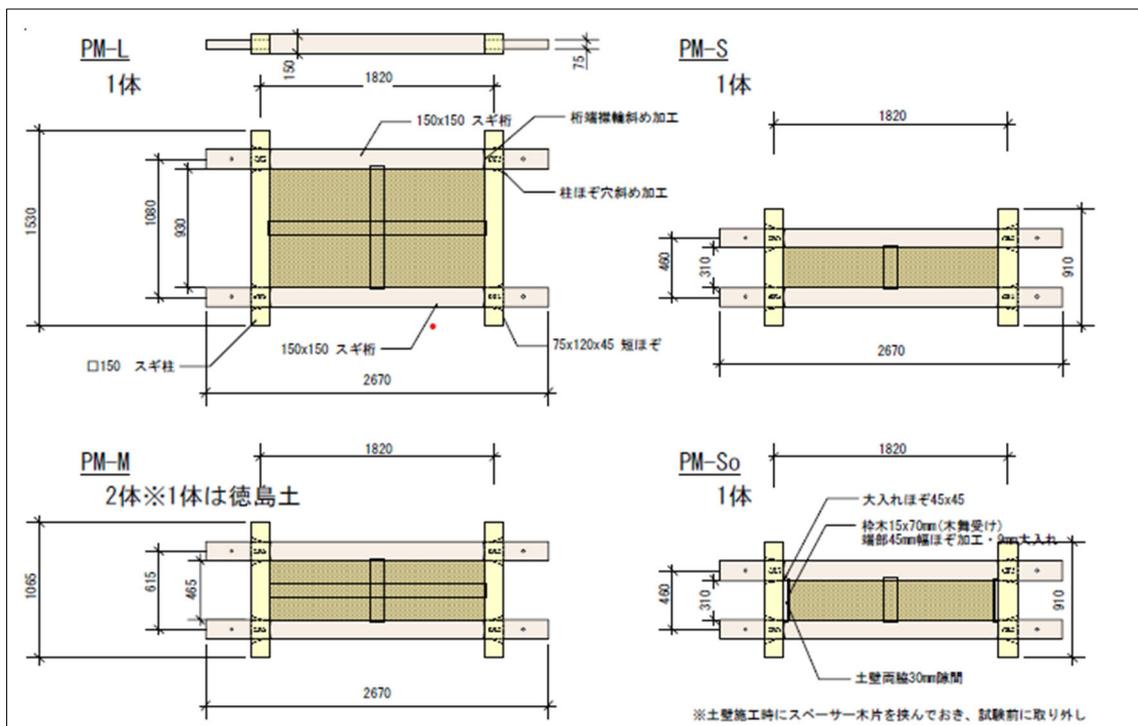


図 3.2.1-4 土壁試験体詳細
引用：2019 年度報告書第 3 章

表 3.2.1-2 試験体の材料の仕様 引用：2019 年度報告書第 3 章

軸部	項目	樹種	断面寸法 (mm)	規格
	柱	スギ (背割りあり)	高さ 150×幅 150	目視等級・特選一等
上桁、 下桁	スギ (背割りあり)	高さ 150×幅 150	目視等級・特選一等	

土塗り 壁	荒壁	三重産土+スサ	厚さ：40mm	貫伏：スサ
	中塗り	京都産土 2+砂 1+スサ	厚さ：30mm (表・裏各15mm)	貫伏：スサ
土塗り 壁 (徳島 産)	荒壁	徳島産土+スサ	厚さ：40mm	貫伏：スサ
	中塗り	徳島産土 2+砂 1+スサ	厚さ：30mm (表・裏各15mm)	貫伏：スサ

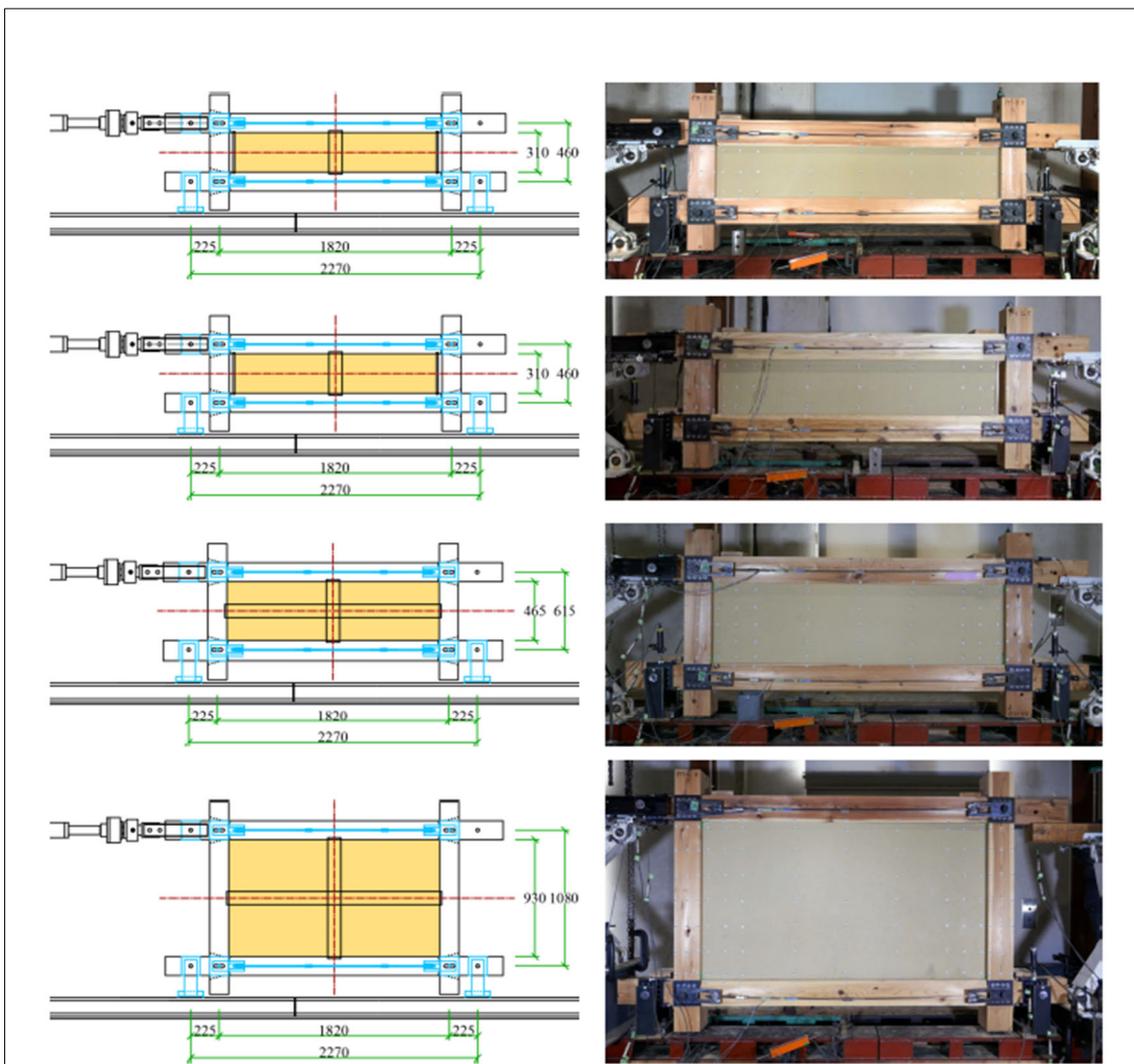


図 3.2.1-5 試験体のセット
引用：2019 年報告書第 3 章

- ・ 上側横架材の水平変位を代表変位
- ・ 変位制御条件で正負交番繰り返しせん断載荷
- ・ 加力スケジュール：正負交番3回繰り返し加力（ $\sim 1/50\text{rad}$ ）後、 $1/30$ 、 $1/15\text{rad}$ で正負交番1回繰り返し載荷し、最終的に大変位まで引き加力を行った
- ・ 目標変形角（rad） $1/450$ 、 $1/300$ 、 $1/200$ 、 $1/150$ 、 $1/100$ 、 $1/75$ 、 $1/50$
- ・ 試験終了後に土壁を除去し、再度 $1/10\text{rad}$ の正負交番単調載荷を実施し、軸組のみの抵抗力を合わせて測定

(4) 実験結果 破壊性状

- ・ アスペクト比の小さい PM-L、PM-M では土壁中央付近にせん断亀裂
- ・ PM-S 試験体では端部の圧壊変形が先行。最終的に全体が曲げ破断

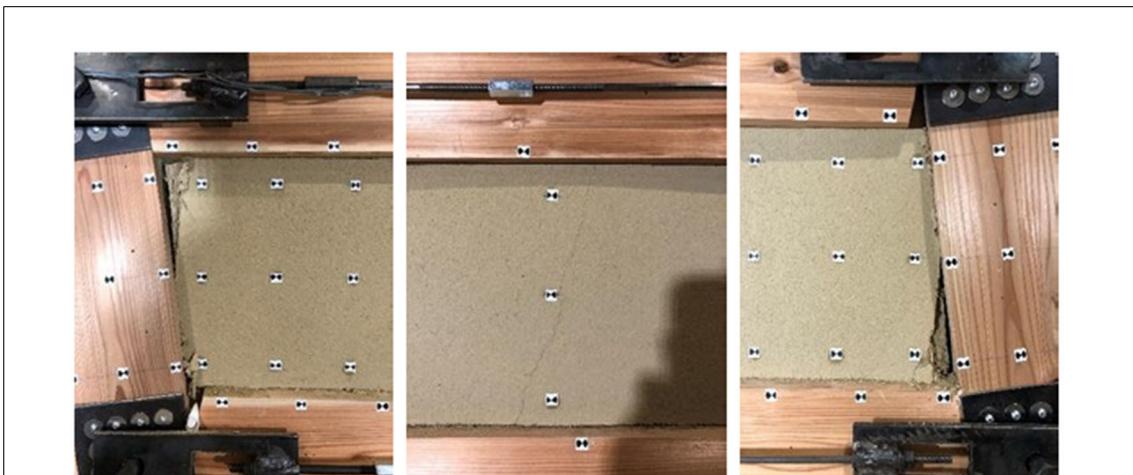


図 3.2.1-6 PM-S 試験体終局時の様子（各部の拡大）引用：2019 年度報告書第 3 章

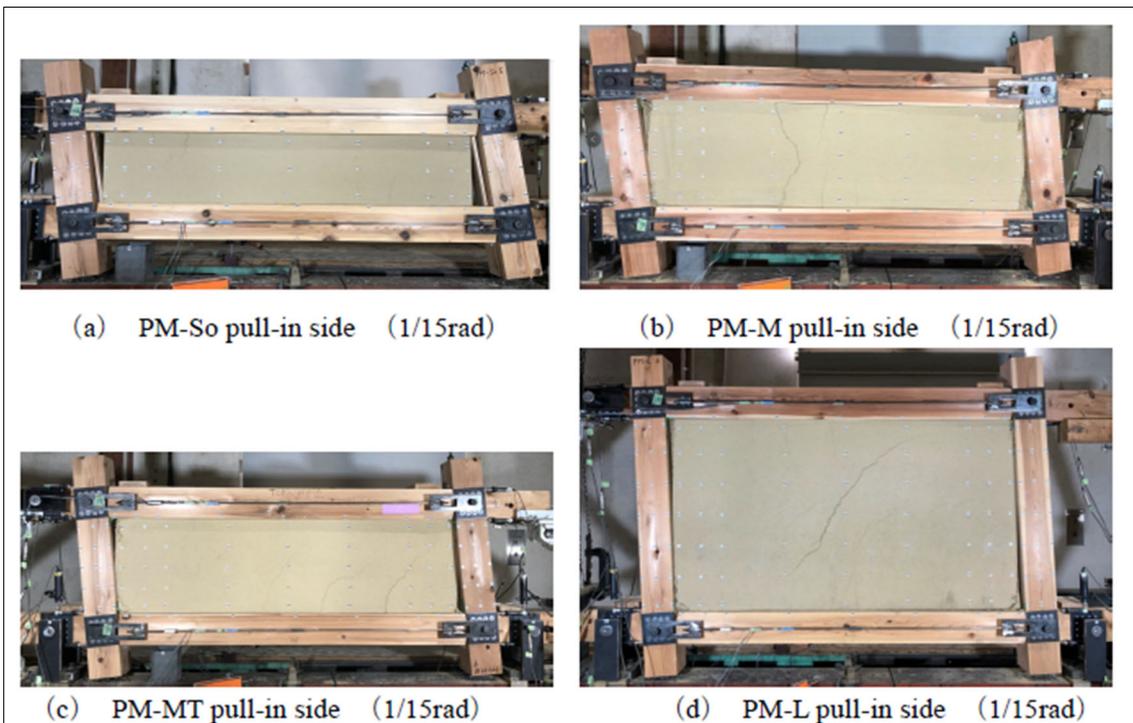
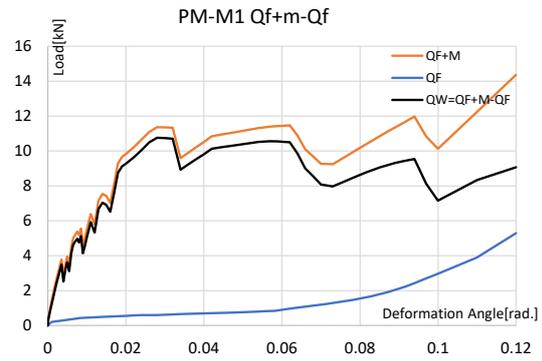
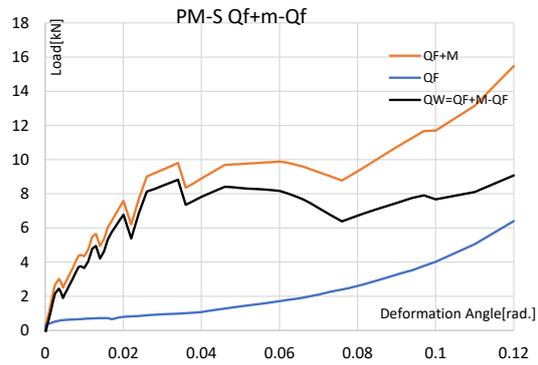


図 3.2.1-7 終局時の様子 引用：2019 年度報告書第 3 章

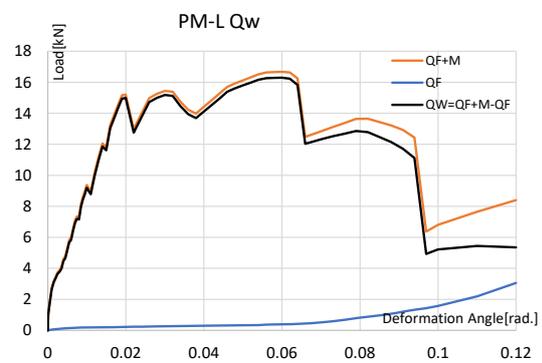
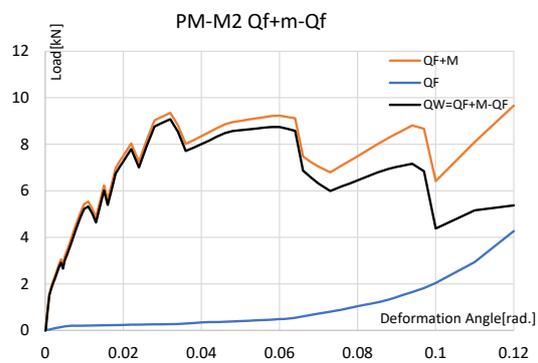
(5) 実験結果：荷重変形関係

各試験結果から、軸組負担力を差し引いた結果を示す。



PM-S

PM-M1



PM-M2

PM-L

*試験体仕様中 PM-MT に相当。これのみ土が異なる (徳島産)

(6) 実験結果：特定変形角時荷重

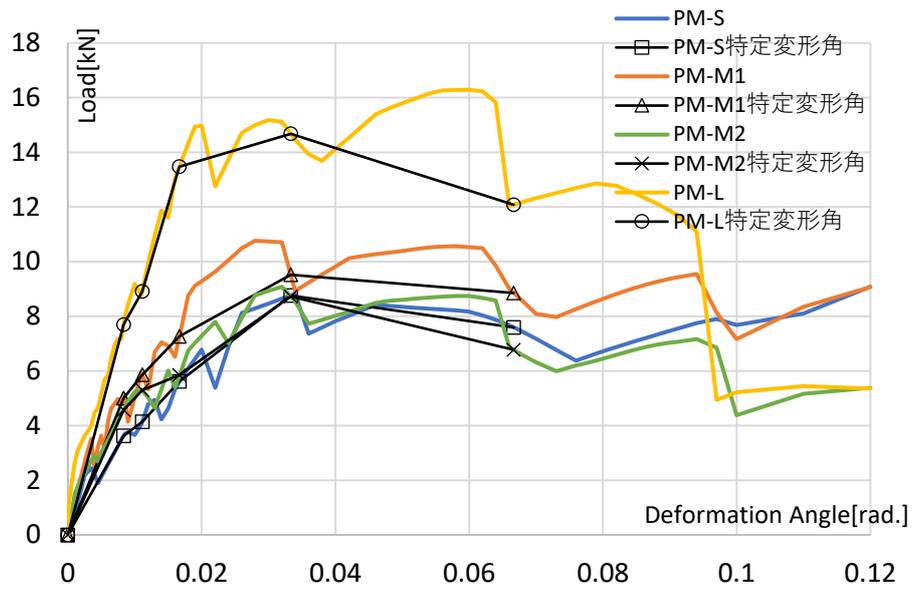


図 3.2.1-8 荷重変形曲線と特定変形角時荷重

水平断面積は壁厚 70mm×内法巾 1670mm (1820mm) として、116900mm² (127400mm²)

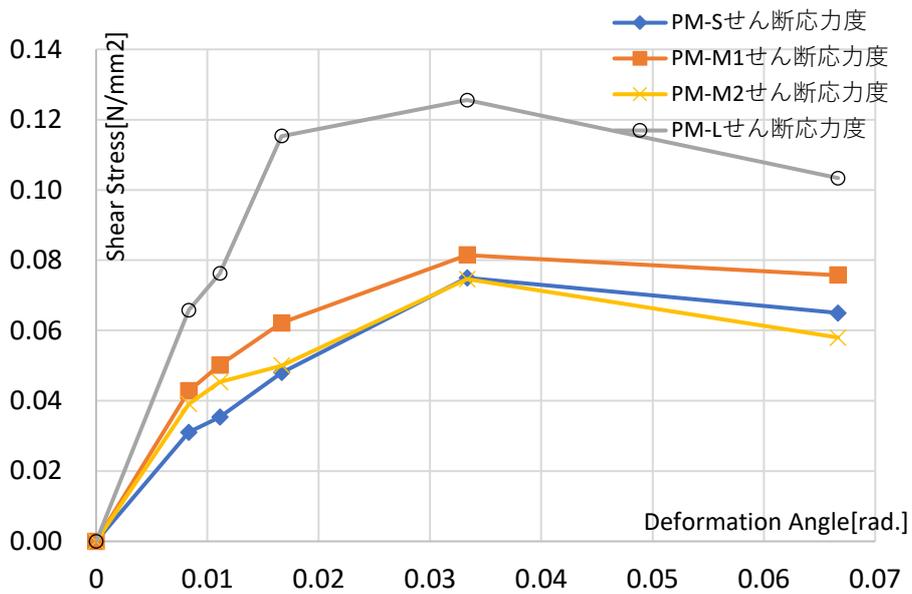


図 3.2.1-9 特定変形角時のせん断応力度 (水平せん断面積 70*1670mm²)

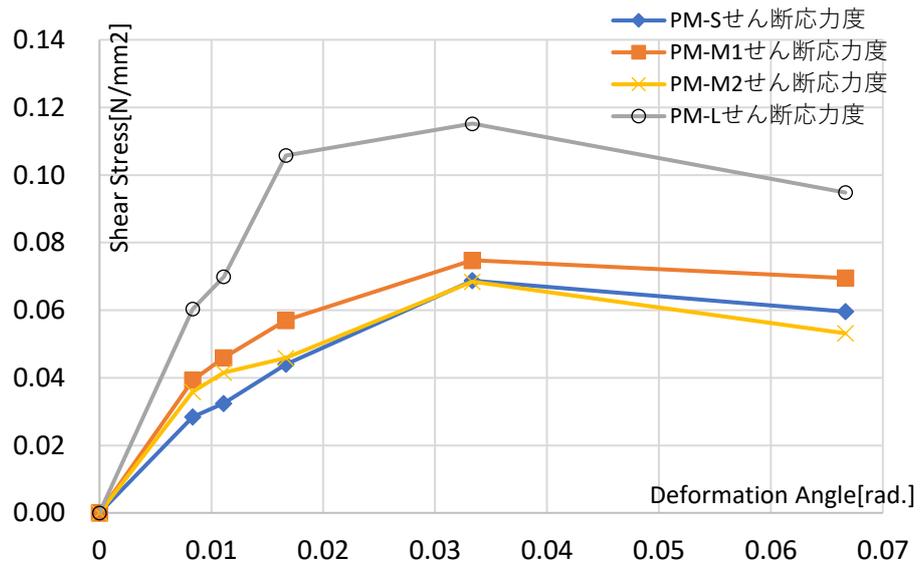


図 3.2.1-10 特定変形角時のせん断応力度（水平せん断面積 70*1820mm²）

(7) 設計用せん断応力度 (せん断面積 70mm*1670mm とした場合を示す)

PM-S

変形角	rad.	1/120	1/90	1/60	1/30	1/15
1000/変形角	× 1/1000rad	8.33	11.11	16.67	33.33	66.67
せん断応力度	N/mm ²	0.031	0.035	0.048	0.075	0.065
提案上限	N/mm ²	0.047	0.053	0.072	0.112	0.097

PM-M1

変形角	rad.	1/120	1/90	1/60	1/30	1/15
1000/変形角	× 1/1000rad	8.33	11.11	16.67	33.33	66.67
せん断応力度	N/mm ²	0.043	0.050	0.062	0.081	0.076
提案上限	N/mm ²	0.064	0.075	0.093	0.122	0.114

PM-M2

変形角	rad.	1/120	1/90	1/60	1/30	1/15
1000/変形角	× 1/1000rad	8.33	11.11	16.67	33.33	66.67
せん断応力度	N/mm ²	0.039	0.045	0.050	0.075	0.058
提案上限	N/mm ²	0.059	0.068	0.075	0.112	0.087

PM-L

変形角	rad.	1/120	1/90	1/60	1/30	1/15
1000/変形角	× 1/1000rad	8.33	11.11	16.67	33.33	66.67
せん断応力度	N/mm ²	0.066	0.076	0.115	0.126	0.103
提案上限	N/mm ²	0.099	0.114	0.173	0.188	0.155

以上、1間 (芯々1820mm、内法 1670mm [柱 150mm]) に対する垂れ壁高さが、内法で 310mm (S)、465mm (S)、L (930mm) の場合のせん断剛性を示した。

スパンを変更した場合の適用範囲については、後述の通り、別途検討が必要である。

*参考1：軸組み試験体（構面全体の試験体）での差し引き結果からのバネの算出

本資料では、軸組の影響を除いた、土壁要素のみの試験を実施しており、基本的にはこの結果から算出した、先述のせん断剛性を持つバネを設定することで解析が可能であるとされている。

ただし参考の為、FW-M（差鴨居・垂れ壁付き構面・2間）からF（差鴨居付き構面・2間）を差し引き、半分にして1間当たりの垂れ壁の剛性が算出できると仮定した場合の結果をPM試験体での検討結果と併せて下記に示す。

なお、上記試験体の差し引きから算出されたせん断応力度は、垂れ壁のせん断応力と柱の曲げ応力を考慮した値と考えられる。そのため、垂れ壁自体に発生しているせん断応力度はより大きく（『木造住宅の耐震診断と補強方法 2012年改訂版 例題編・資料編 4.3-p4』ほか）、土壁のせん断力が全て横架材の軸力として伝達されると仮定すると、土壁に発生しているせん断力 Q_w は、差し引きによって求めた土壁のせん断抵抗が当該構面にもたらした水平抵抗力を P 、土台芯から差鴨居芯までの距離を b 、差鴨居芯から桁芯までの距離を a とすると、

$$Q_w = \frac{a+b}{a} P$$

で表される。

本実験の場合であれば、 $a=750$ 、 $b=2115$ （部材芯で荷重が伝達されると仮定した場合）として、 Q_w より求めた値（FWM-Fせん断応力度）と他の要素実験結果を比較すると次図のようになる。

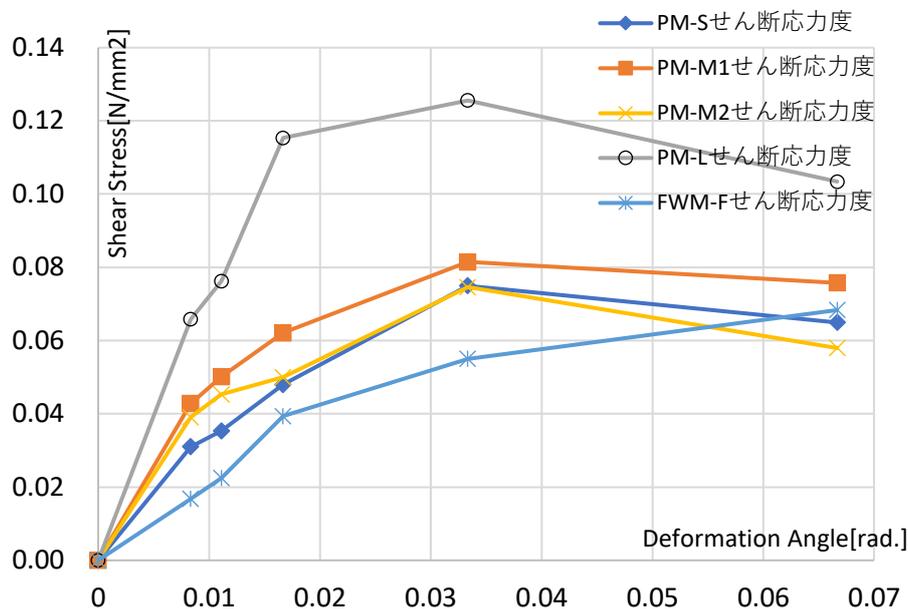


図 3.2.1-11 特定変形角時のせん断応力度（水平せん断面積 $70 \times 1670 \text{mm}^2$ ）

仕口抵抗がなく、また柱の曲げ変形の影響の少ない垂れ壁のみの試験体である、PM試験体のシリーズに比して、FWM-Fの結果はやや低く算出される。

なお、2018年度の報告書でも、軸組みの曲げ変形の影響があるため、要素実験の加算では評価が難しいとされている。また、ここでは構面全体の変形角で評価しているため、垂れ壁部分のみの変形角はより小さくなっていることから、軸組み試験のみからの差し引き

ではやや過小評価になっていると考えられる。

* FWM-F

変形角	rad.	1/120	1/90	1/60	1/30	1/15
1000/変形角	$\times 1/1000\text{rad.}$	8.33	11.11	16.67	33.33	66.67
せん断応力度	N/mm ²	0.017	0.022	0.039	0.055	0.068
提案上限	N/mm ²	0.025	0.034	0.059	0.083	0.103

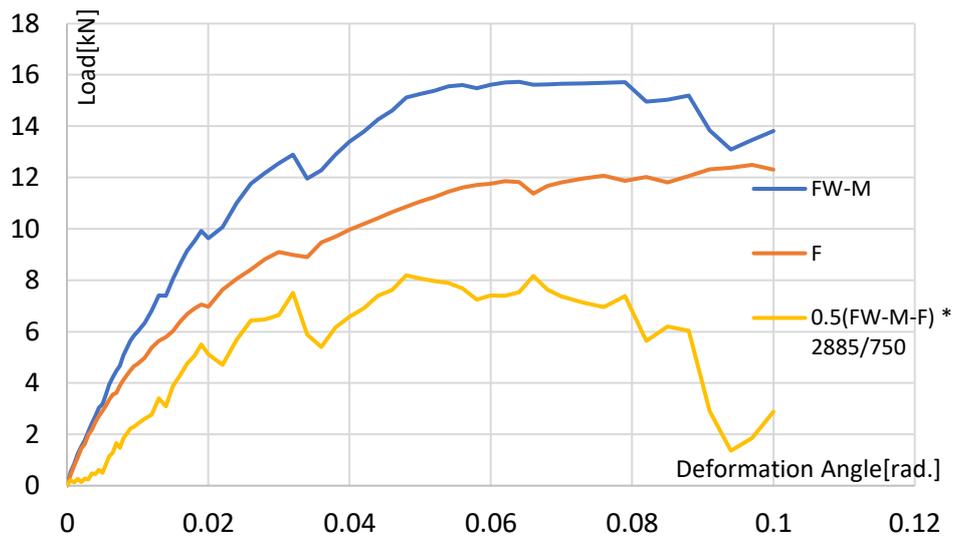


図 3.2.1-12

FW-M（垂れ壁・差鴨居付き・2間構面）と F（差鴨居付き・2間構面）の結果の差分から、壁の負担せん断力を推定した場合（垂れ壁の変形角は全体と同様とした場合）

- 解析モデルにおいても、せん断力の発揮される条件（水平せん断バネであれば、2節点間の絶対水平変位/絶対高さ変位、圧縮の対角バネであれば、2節点間距離の変化量）が適切に考慮されるかを考える必要がある
- 実大試験の差し引きから垂れ壁部分のばねを設定する場合、垂れ壁部分のみの変形角で評価する必要がある（以前の垂れ壁・腰壁実験結果からばねを作成する場合など）

*参考2：スパンを変えた場合の適用条件について

壁の幅を変えた場合の適用範囲：アスペクト比で考えるべきか、巾の絶対値で規定か

- 実験は、1間（芯々1820mm、内法巾1670mm）について実施した結果である
- 実験をもとに、せん断応力度（土部分の水平断面積：1670*70mm²）に基準化して示している
- ただし、2019年度報告書にも記載のある通り、アスペクト比が大きい（平たい）垂れ壁については、

◇ 上下面でのせん断抵抗（摩擦、下地の抵抗など）

◇ 対角部での圧縮（曲げ系の抵抗機構）

の双方が影響することが示されている。

→ この場合に、例えば、同じ厚みの壁で半間スパンを評価する際、せん断面積比例とすると、上下面でのせん断は、面積比例と仮定できるとしても、対角圧縮の効果が適切に反映されるかどうか未検討である。

*参考：垂れ壁内法寸法が芯々1間に対して1670*465、芯々半間幅に対して760*465とすると

- ・ 対角線の長さLは1734mm→891mm
- ・ 対角線と水平のなす角θとして、cosθは0.963 → 0.853
- ・ 圧縮ストラットの成は同じ(h[mm])と簡略化する
- ・ 土壁の圧縮剛性は同じE[kN/mm²]、壁厚は同じt[mm]とすると、対角圧縮の効果によって得られる水平成分は、土壁によるストラットの軸剛性が(EA/Lとして)E*h*t/Lとなるので、
- ・ この剛性をもつ圧縮ブレースが水平変形量δに対して、発生する水平力Qは、

$$Q = \frac{2 * E * h * t * \cos^2 \theta}{L} \delta$$

と表せる。

1間と半間の比較の場合、

上記のcosθの値、Lの長さを代入すると、

1間の場合：

$$Q = 1.07 * E * h * t * \delta$$

半間の場合：

$$Q' = 1.63 * E * h * t * \delta$$

上記の程度、同一変形量δに対する対角圧縮による水平力は変化すると推定される。そのため、1間から半間にした場合、上下面でのせん断による剛性は0.5倍だが、ストラットによる剛性は（同一の機構、応力の分担比率であると仮定した場合には）1.63/1.07(≒1.5)倍となっている可能性がある。

ただし、上記の計算はアスペクト比が変化しても抵抗機構が同様であると仮定した場合であり、実際にはアスペクト比に応じた抵抗機構の変化に関する実験・解析的な知見は十分ではない。そのため、現段階では、半間の垂れ壁の評価については、安全側の評価となると推定される、一間当たりのせん断応力度の0.5倍（剛性、耐力とも）とみなすことが妥当であると考えられる。

*参考3：ばねの設定について

- ・ 圧縮バネや圧縮部材に置換する場合と、対角方向に絶対座標で水平向きのせん断バネを設定する場合など、いろいろな流儀があるが、DB としてはどちらを推奨するか（現在の記述は、対角のせん断バネとしての記述か）。これまでの資料も、せん断応力度を示しているのみなので、同等のせん断耐力が発揮できれば、どちらでも構わないともか。
- ・ 対角の水平せん断バネの場合、突き上げの検討などは問題ないか。（どちらの場合も、足元の浮き上がりを考慮する場合など、特殊な場合のばねの挙動については確認が必要か）
→学会の伝統木造の委員会での改定案では、圧縮ばねを想定しているとのことであり、そちらとの統一を図るため、次年度以降、モデル上で検証して成果をまとめるものとする。

3.2.2 耐力壁（垂れ壁、垂れ壁＋腰壁）－平成 27（2015）年度の基整促より

垂れ壁の設計用データ（解析用バネ）の作成について、平成 26 年度（2015 年度）基整促事業「垂れ壁付き独立柱、だぼ入れにより水平方向のみ拘束した柱脚等で構成された木造建築物の設計基準に関する検討」の成果を基に検討した結果を以下に示す。

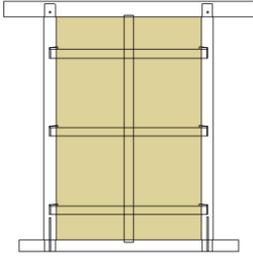
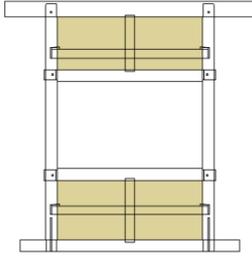
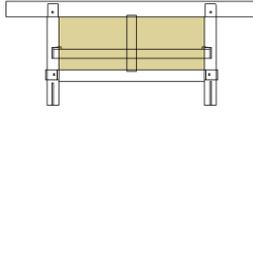
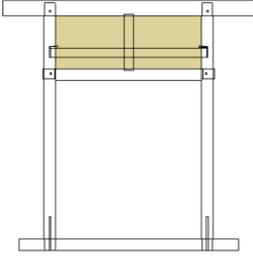
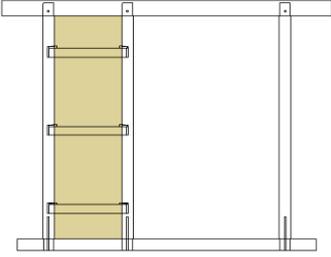
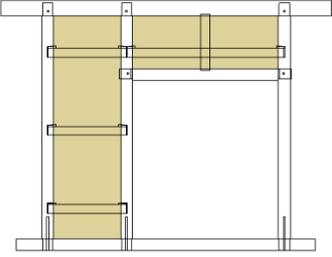
（1）フレームの影響を除去したデータの作成

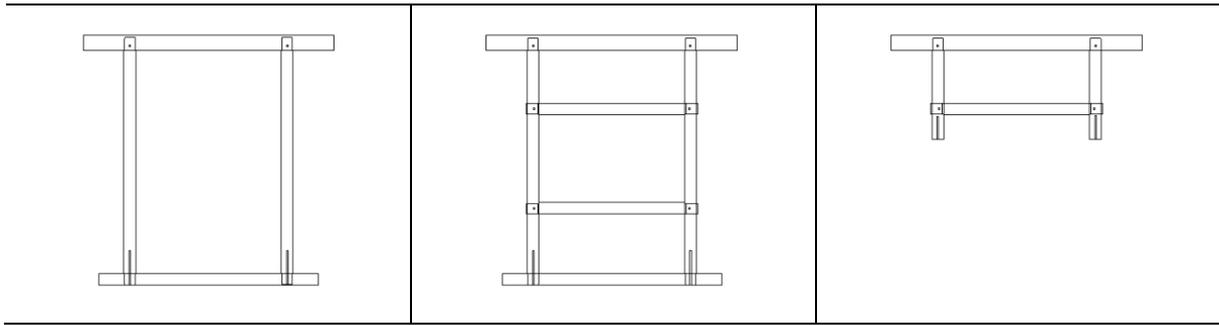
現在のデータベースに掲載されている構面の実験データについて、軸組のみ試験体の実験結果を用いて、フレームの影響を除去したデータを作成した。

（2）構面実験概要

垂れ壁構面および垂れ壁＋腰壁構面のデータを検討するため、表 3.2.2-1 より試験体 4 および 2 について整理を行った。除去するフレームのデータとして、垂れ壁＋腰壁（試験体 2）については試験体 2-F を用い、垂れ壁（試験体 4）については試験体 1-F と試験体 2-F の差を基に検討した $((2-F) - ((2-F) - (1-F)) / 2)$ として算出した。垂れ壁部分の検討として、試験体 3 および 3-F についてはフレームの強度が高く出てしまったため、本検討には用いない。なお、参考のため全面土壁（試験体 1）についても併せて示す。

表 3.2.2-1 構面試験体一覧

1	2	3
		
4	5	6
		
1-F（軸組のみ）	2-F（軸組のみ）	3-F（軸組のみ）



試験体仕様等を以下に示す。

木 材：吉野産スギ（目視等級・特選一等）

桁材：見付 180×奥行 135 mm、柱・土台・差鴨居材：見付 135×奥行 135 mm

土塗壁：（図 1-1～1-4 参照）徳島産の土を使用

荒壁：厚さ 40 mm、貫伏せ スサ

中塗り：厚さ 30 mm、貫伏せ トリネオ（ユニチカ、三軸ビニロンメッシュ）

小舞下地：告示仕様

壁高さ：垂れ壁 750 mm、腰壁 830 mm、全面壁 2730 mm

内法高さ：垂れ壁 615 mm、腰壁 695 mm、全面壁 2595 mm

仕 口：柱頭の仕口はほぞ差し込み栓、差鴨居と柱の仕口は 5 分胴付きほぞ差し込み栓

柱脚の仕口はほぞ差しに D ボルトシステムの接合金物を使用

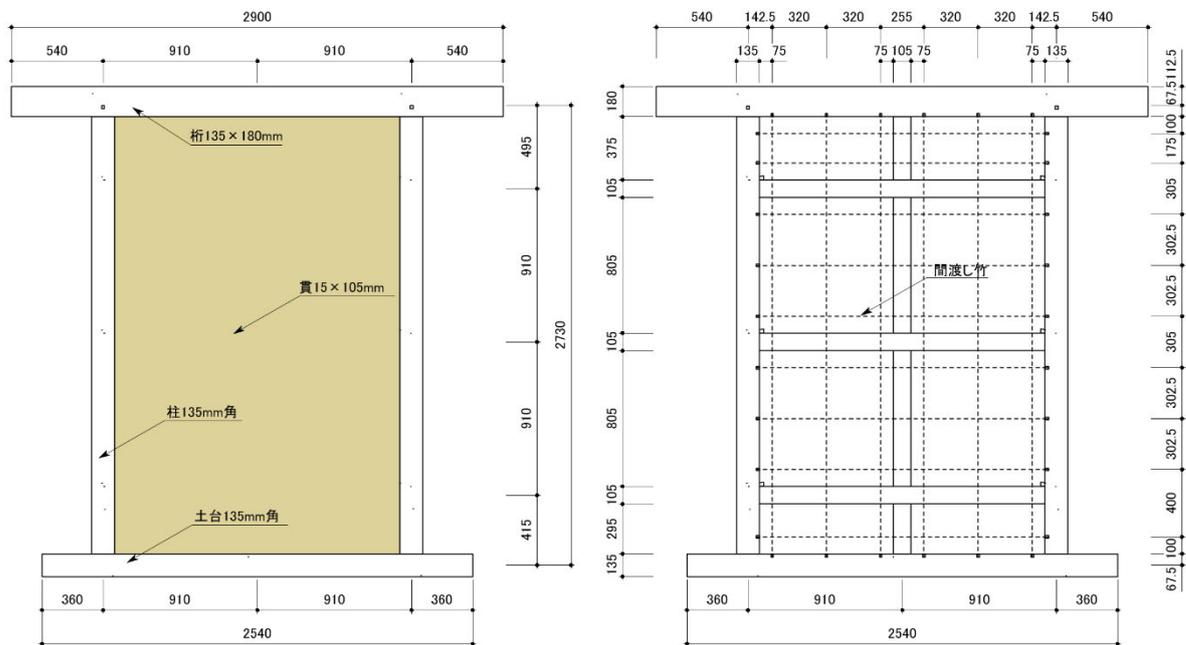


図 3.2.2-1 試験体 1（全面土壁）試験体詳細

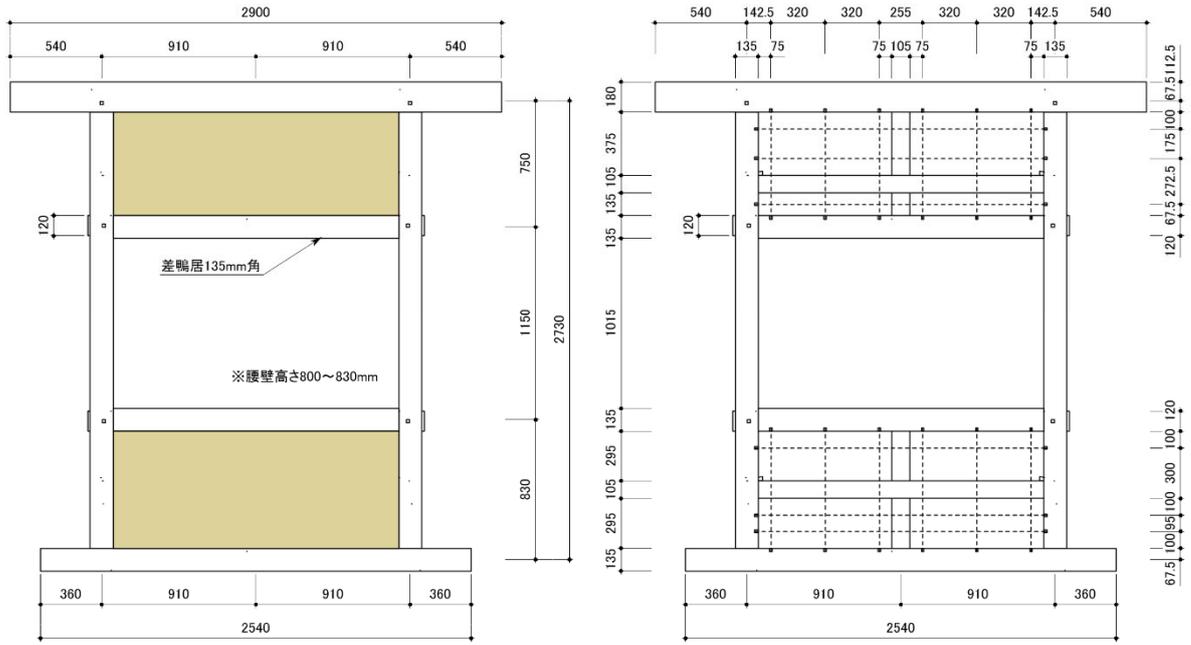


図 3.2.2-2 試験体 2 (垂れ壁+腰壁) 試験体詳細

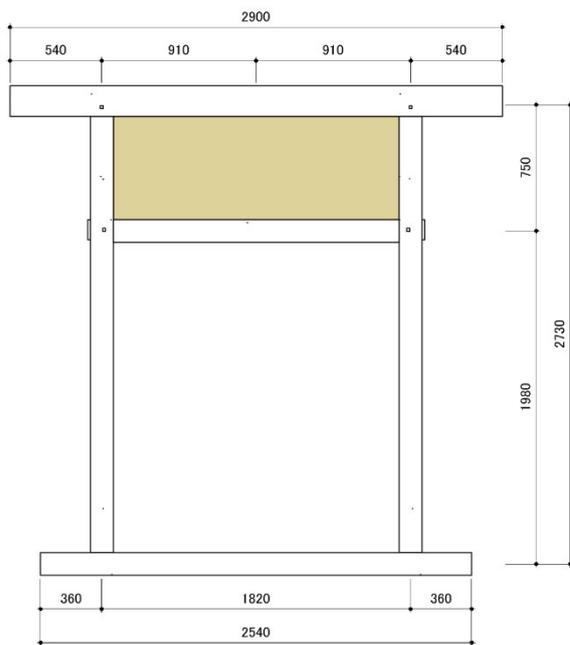


図 3.2.2-3 試験体 4 (垂れ壁) 試験体詳細

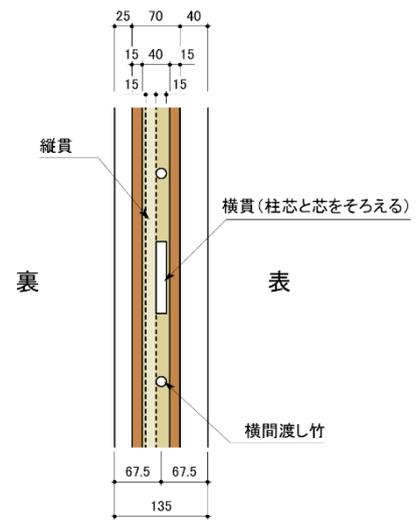


図 3.2.2-4 土壁仕様 (断面)

(3) 実験方法

試験体頂部（桁位置）を水平に加力し正負交番繰り返し載荷を行った。桁と土台の水平変位の差を制御変位として変位制御による加力とした。柱脚固定式とし、D ボルトを用いて治具と固定した。なお、柱脚と治具の固定は一定となるよう 5N.m とした。

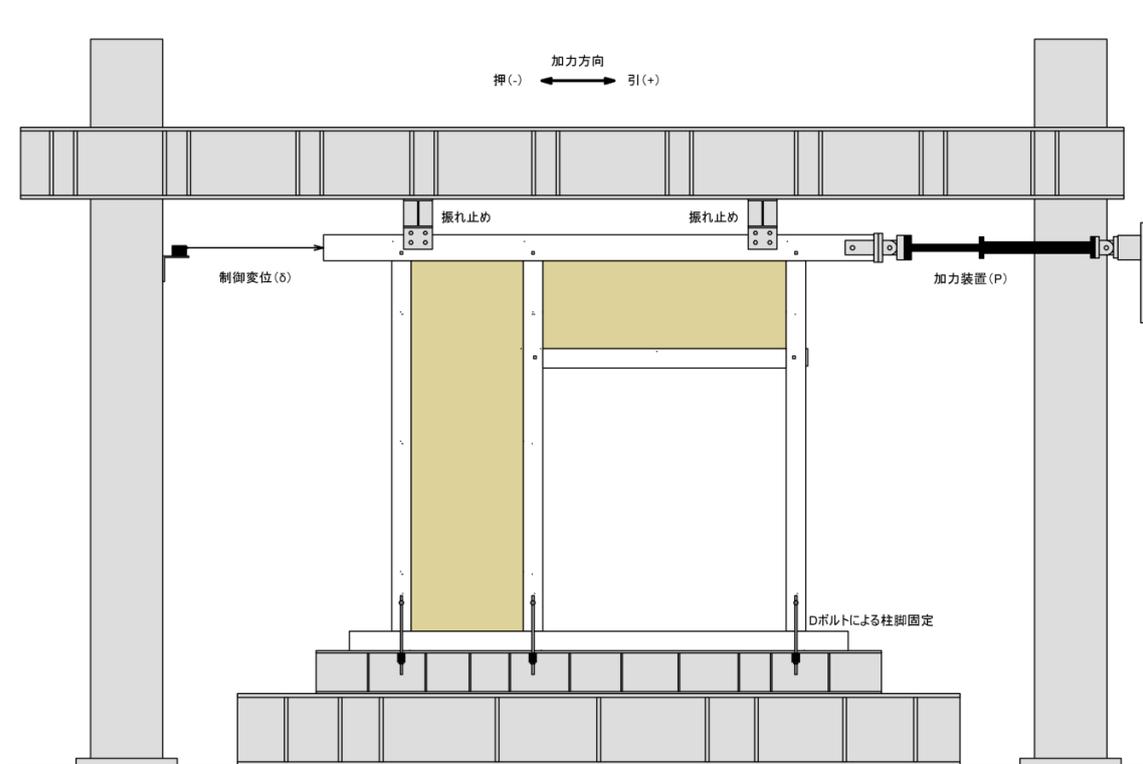


図 3.2.2-5 実験方法

表 3.2.2-2 に示す変形角を目標として正負交番繰り返し加力を行った。なお、1/10 rad.は引き側のみ 1 回加力とした。

表 3.2.2-2 目標変形角 (rad.)

目標変形角	1/450	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
繰り返し回数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1 (引張のみ)

(4) 実験結果および補正データ

図 3.2.2-6 から 3.2.2-8 に破壊性状を示す。垂れ壁（試験体 2、4）は剥落しないものの裏面に割れやはらみだしが確認された。また、差鴨居ほぞの破壊も確認された。腰壁（試験体 2）は裏面が剥落した。垂れ壁・腰壁では裏面の破壊が進むことが確認されたが、これは裏面のちりが少ないことから剥離しやすかったものと考えられる。



図 3.2.2-6 垂れ壁裏面はらみ出し
(+1/10rad.)



図 3.2.2-7 腰壁裏面剥離 (+1/10rad.)

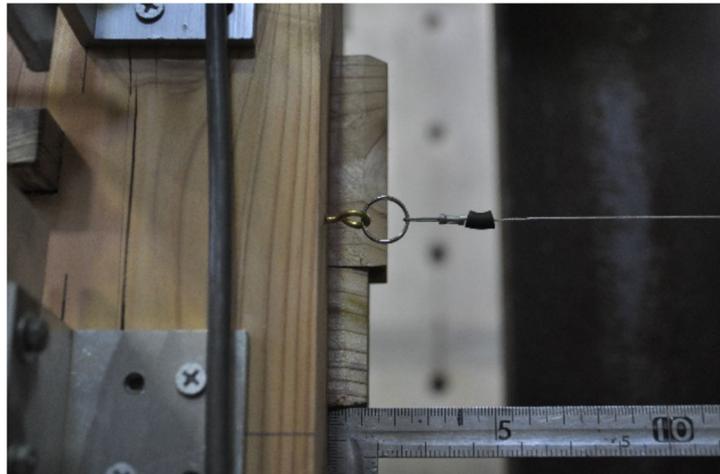


図 3.2.2-8 垂れ壁試験体差鴨居ほぞの破壊

図 3.2.2-9 から 3.2.2-11 に実験結果（荷重—変形関係）を、図 3.2.2-12 から 3.2.2-14 に軸組を排除した結果を示す。また、図 3.2.2-15 に垂れ壁、垂れ壁+腰壁、土壁の特定変形角時荷重を示す。

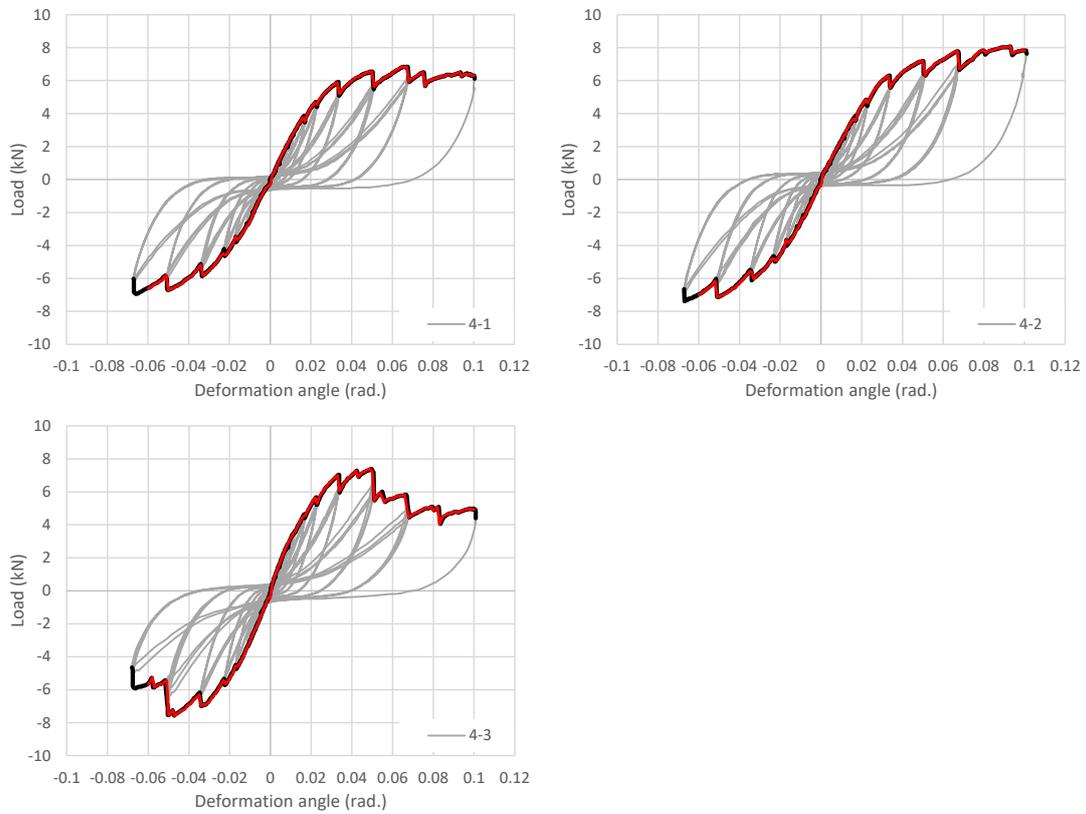


図 3.2.2-9 荷重—変形関係（垂れ壁（試験体 4））

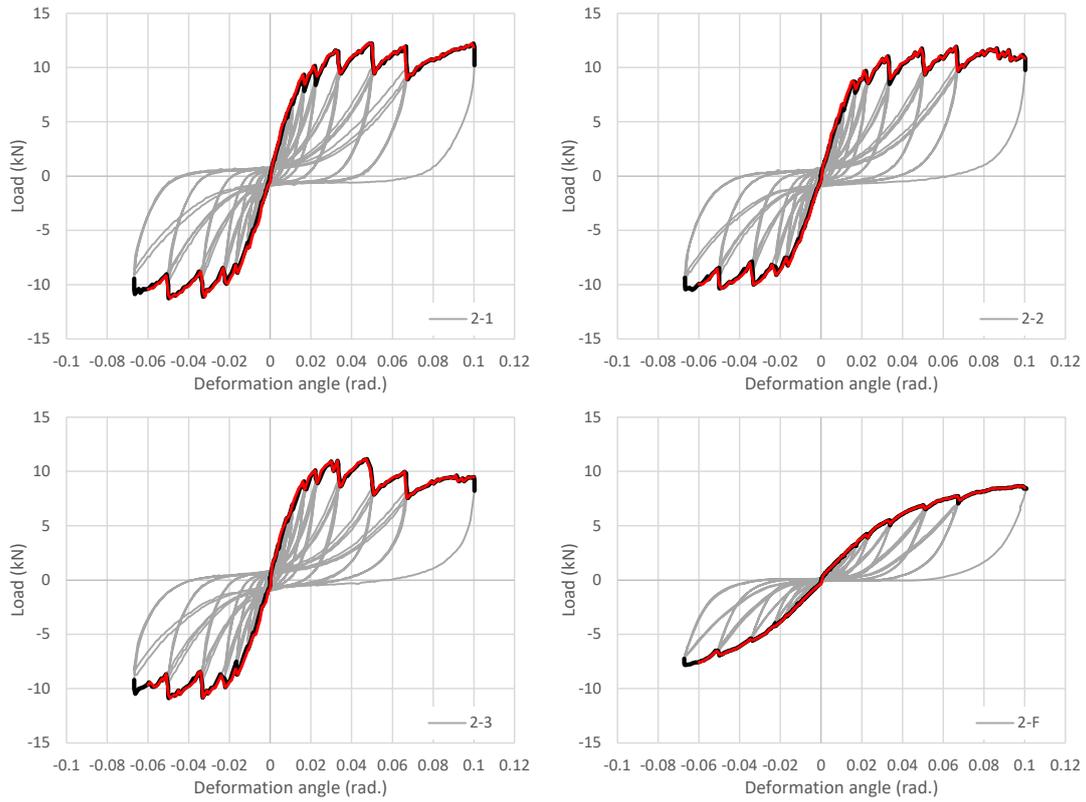


図 3.2.2-10 荷重－変形関係（垂れ壁＋腰壁（試験体 2 および 2-F））

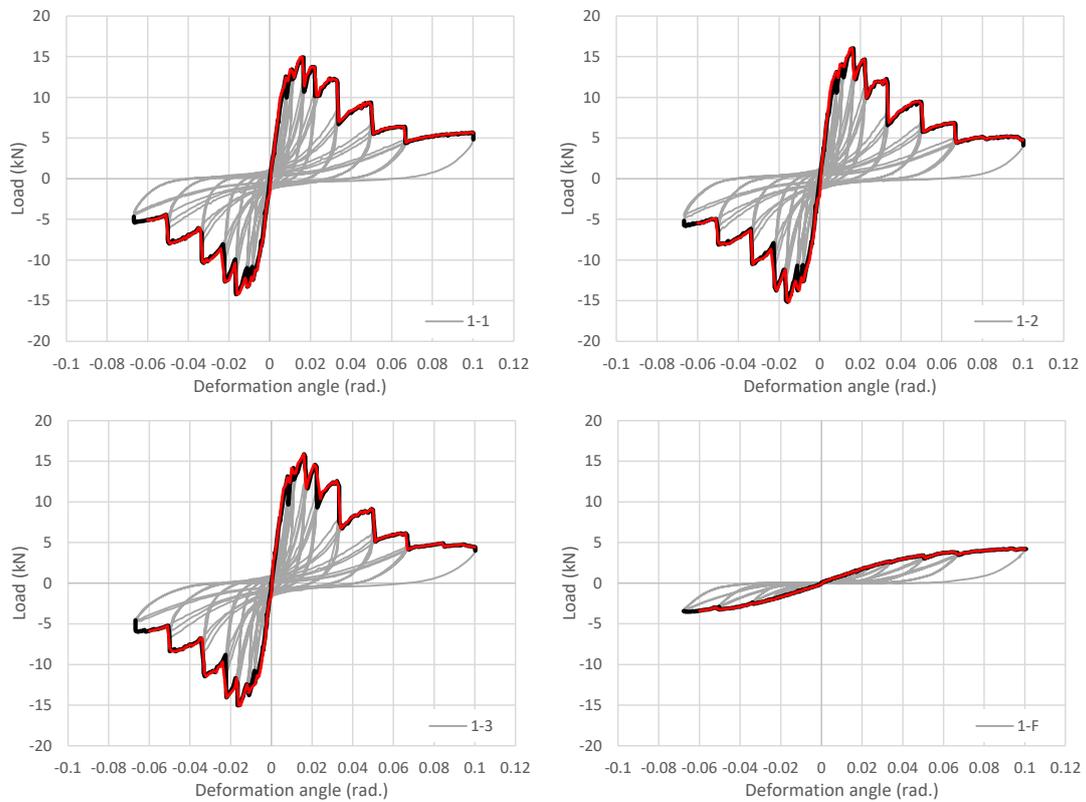


図 3.2.2-11 荷重－変形関係（土壁（試験体 1 および 1-F））

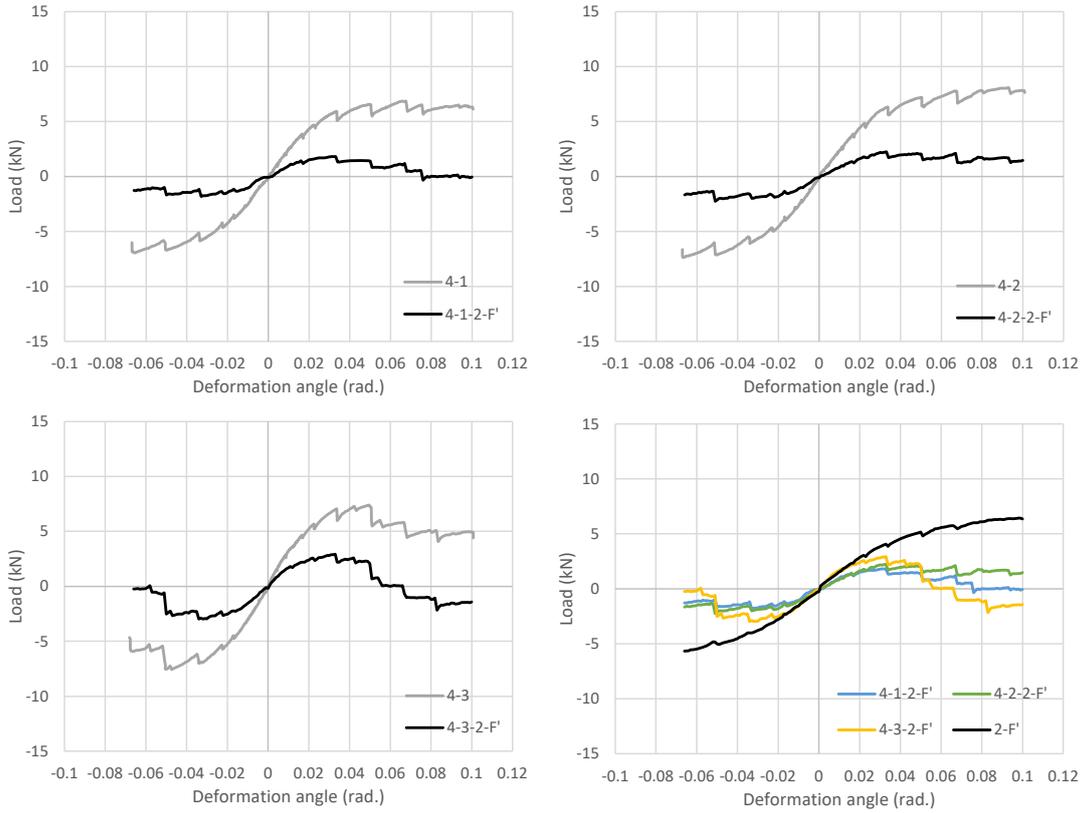


図 3.2.2-12 包絡線 (垂れ壁)

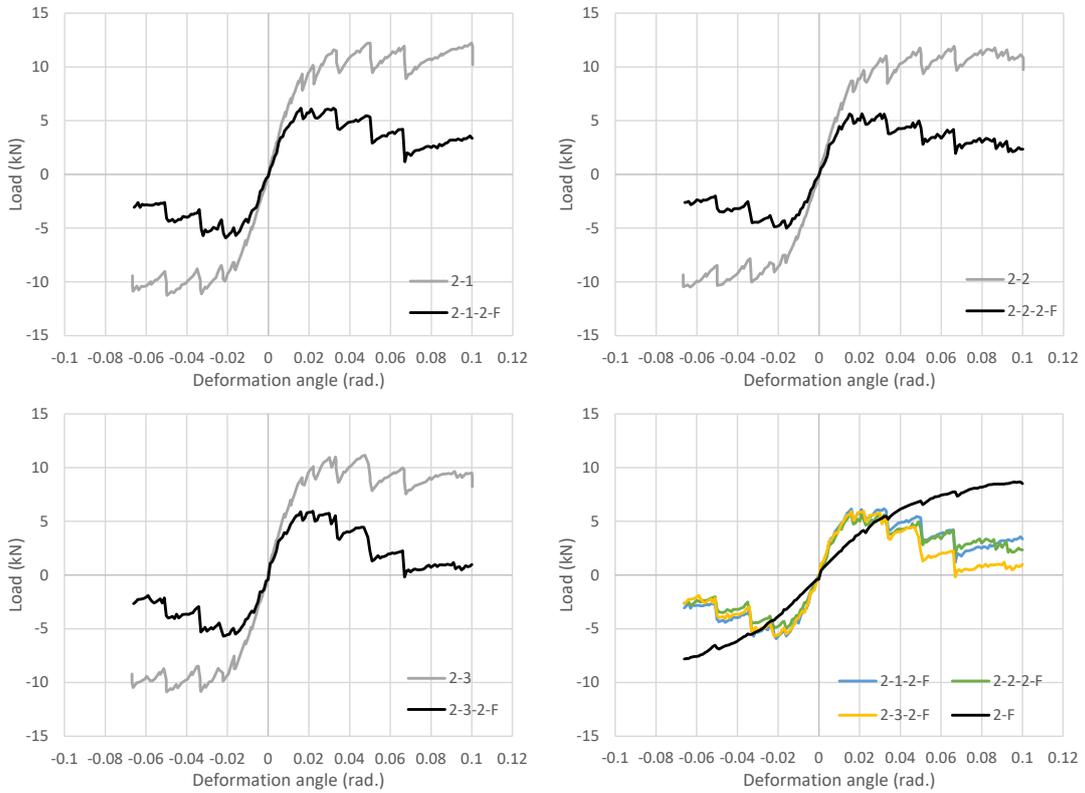


図 3.2.2-13 包絡線 (垂れ壁+腰壁)

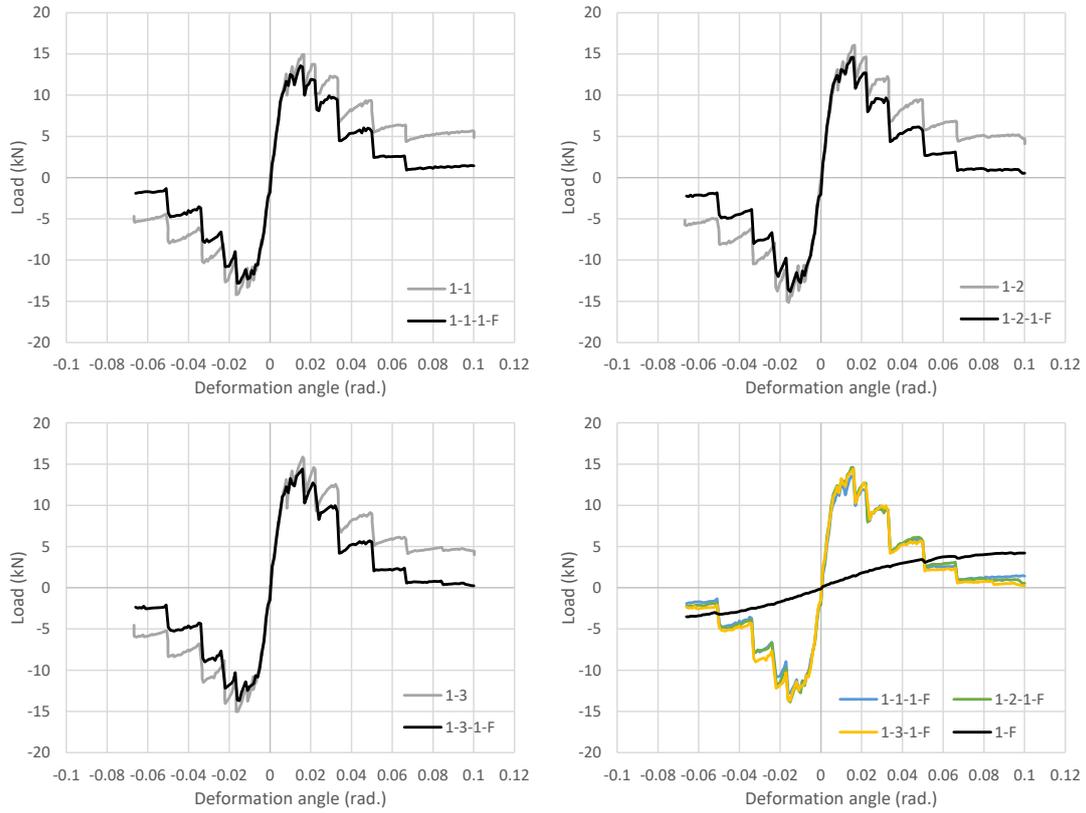
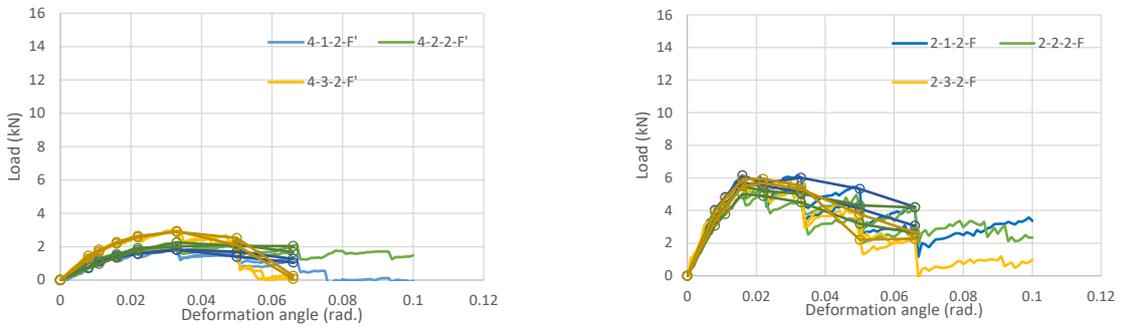
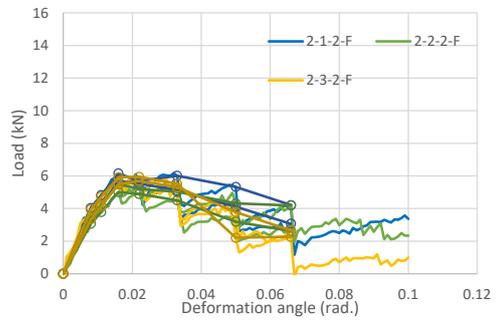


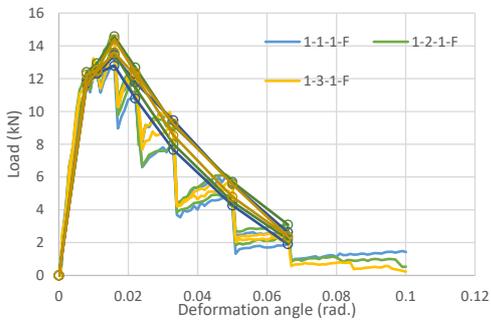
図 3.2.2-14 包絡線 (土壁)



(a) 垂れ壁



(b) 垂れ壁+腰壁



(c) 土壁

図 3.2.2-15 特定変形角時荷重

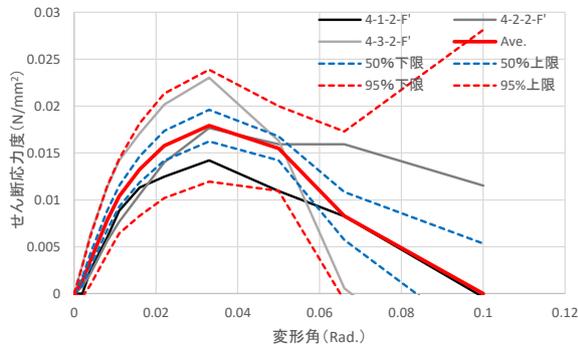
(5) せん断応力度

軸組の影響を排除したデータについて、壁厚 70 mm、壁長さ 1820 mm として特定変形角時 (1/120, 1/90, 1/60, 1/45, 1/30, 1/20, 1/15rad.) のせん断応力度を算出した。

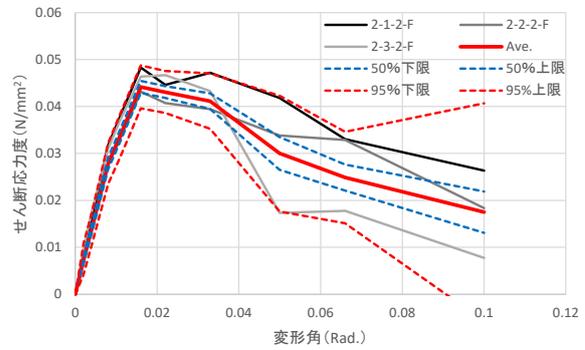
表 3.2.2-3 せん断応力度 (水平せん断面積 70×1820 とした時)

変形角	(rad.)	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15
	(×1000rad.)	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67
せん断応力度 (N/mm ²)	垂れ壁	0.0078	0.0104	0.0132	0.0158	0.0179	0.0155	0.0083
	垂れ壁+腰壁	0.0278	0.0338	0.0442	0.0431	0.0411	0.0300	0.0249
	土壁	0.0937	0.0982	0.1077	0.0933	0.0681	0.0398	0.0191

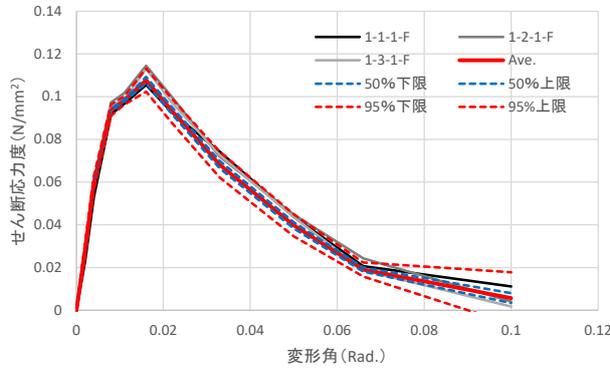
※せん断応力度は試験体 3 体の平均値



(a) 垂れ壁



(b) 垂れ壁+腰壁



(c) 土壁

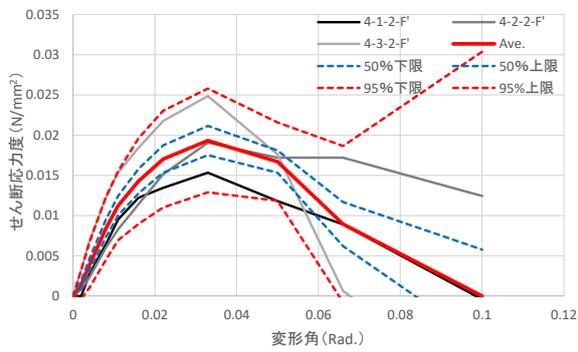
図 3.2.2-16 せん断応力度 (水平せん断面積 70×1820 とした時)

同様に、壁厚 70 mm、壁長さ（内法幅）1685 mm として特定変形角時（1/120, 1/90, 1/60, 1/45, 1/30, 1/20, 1/15rad.）のせん断応力度を算出した。

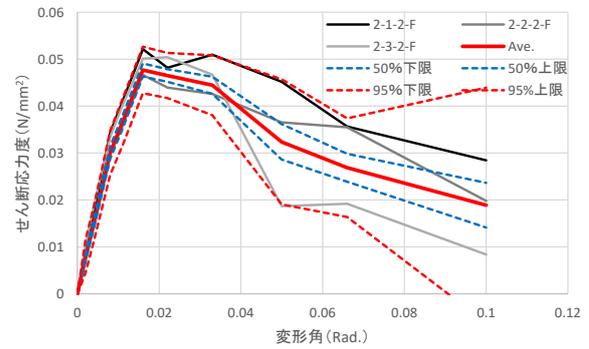
表 3.2.2-4 せん断応力度（水平せん断面積 70×1685 とした時）

変形角	(rad.)	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15
	(×1000rad.)	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67
せん断応力度 (N/mm ²)	垂れ壁	0.0084	0.0112	0.0143	0.0170	0.0193	0.0167	0.0089
	垂れ壁+腰壁	0.0301	0.0365	0.0477	0.0465	0.0444	0.0324	0.0268
	土壁	0.1012	0.1060	0.1164	0.1008	0.0736	0.0430	0.0206

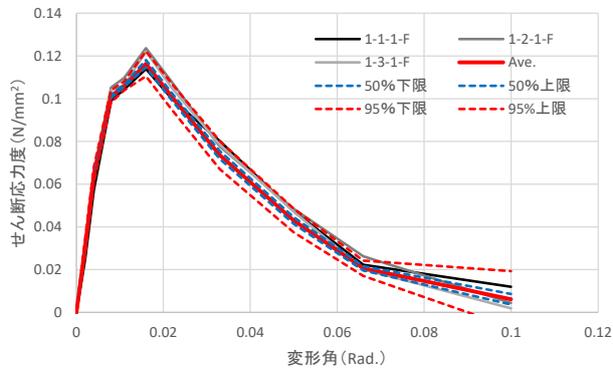
※せん断応力度は試験体 3 体の平均値



(a) 垂れ壁



(b) 垂れ壁+腰壁



(c) 土壁

図 3.2.2-17 せん断応力度（水平せん断面積 70×1685 とした時）

表 3.2.2-5 設計用せん断応力度一覧（水平せん断面積 70×1820 とした時）

垂れ壁								
変形角	(rad.)	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15
	(×1000rad.)	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67
せん断応力度 (N/mm ²)	平均値	0.0078	0.0104	0.0132	0.0158	0.0179	0.0155	0.0083
	提案上限	0.0117	0.0156	0.0199	0.0236	0.0269	0.0232	0.0124
垂れ壁+腰壁								
変形角	(rad.)	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15
	(×1000rad.)	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67
せん断応力度 (N/mm ²)	平均値	0.0278	0.0338	0.0442	0.0431	0.0411	0.0300	0.0249
	提案上限	0.0418	0.0507	0.0662	0.0646	0.0617	0.0450	0.0373
土壁								
変形角	(rad.)	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15
	(×1000rad.)	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67
せん断応力度 (N/mm ²)	平均値	0.0937	0.0982	0.1077	0.0933	0.0681	0.0398	0.0191
	提案上限	0.1405	0.1472	0.1616	0.1399	0.1022	0.0597	0.0286

表 3.2.2-6 設計用せん断応力度一覧（水平せん断面積 70×1685 とした時）

垂れ壁								
変形角	(rad.)	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15
	(×1000rad.)	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67
せん断応力度 (N/mm ²)	平均値	0.0084	0.0112	0.0143	0.0170	0.0193	0.0167	0.0089
	提案上限	0.0126	0.0168	0.0215	0.0255	0.0290	0.0251	0.0134
垂れ壁+腰壁								
変形角	(rad.)	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15
	(×1000rad.)	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67
せん断応力度 (N/mm ²)	平均値	0.0301	0.0365	0.0477	0.0465	0.0444	0.0324	0.0268
	提案上限	0.0451	0.0548	0.0715	0.0698	0.0667	0.0486	0.0403
土壁								
変形角	(rad.)	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15
	(×1000rad.)	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67
せん断応力度 (N/mm ²)	平均値	0.1012	0.1060	0.1164	0.1008	0.0736	0.0430	0.0206
	提案上限	0.1518	0.1590	0.1746	0.1511	0.1104	0.0644	0.0309

○今後の作業について

ここで整理を行ったデータは 2P の垂れ壁および垂れ壁+腰壁を対象とした実験結果である。設計に用いるバネの設定および適用範囲 1P の場合については、3.2.1 の参考 1~3 を参考に令和 4 年度に検討を進める。

第4章 二階建て一般住宅例における耐力要素データ

の整理（接合部）

4.1 設計例とする住宅と接合部の仕様

2章 2.2.1 で述べたように、本事業で対象とするのは「伝統的構法データベースの使い方（2019年（H31）2月28日公表）」に示された住宅とした。これの軸組図等を4章-2頁以降に示す。

各部の仕様については現状を踏襲することとするが、2章 2.3.2 で示した通り、施工者への接合部仕様のヒアリングの結果を踏まえて、より一般的な仕様へと変更するものも存在する。変更を予定している部分については、次ページから示す図面へその旨を追記している。

本事業で設計用データを収集する必要がある接合部の種類は、2章 2.3.2 にも示した通り、以下の通りである。これらの曲げと引張のデータを収集する必要がある。

通し柱と横架材の接合部（十字）：竿車知継ぎ

バリエーションとして雇ほぞ込み栓継ぎ

通し柱と横架材の接合部（T字）：胴付き小根ほぞ込み栓

バリエーションとして胴付き小根ほぞ鼻栓

各種接合部：長ほぞ込み栓

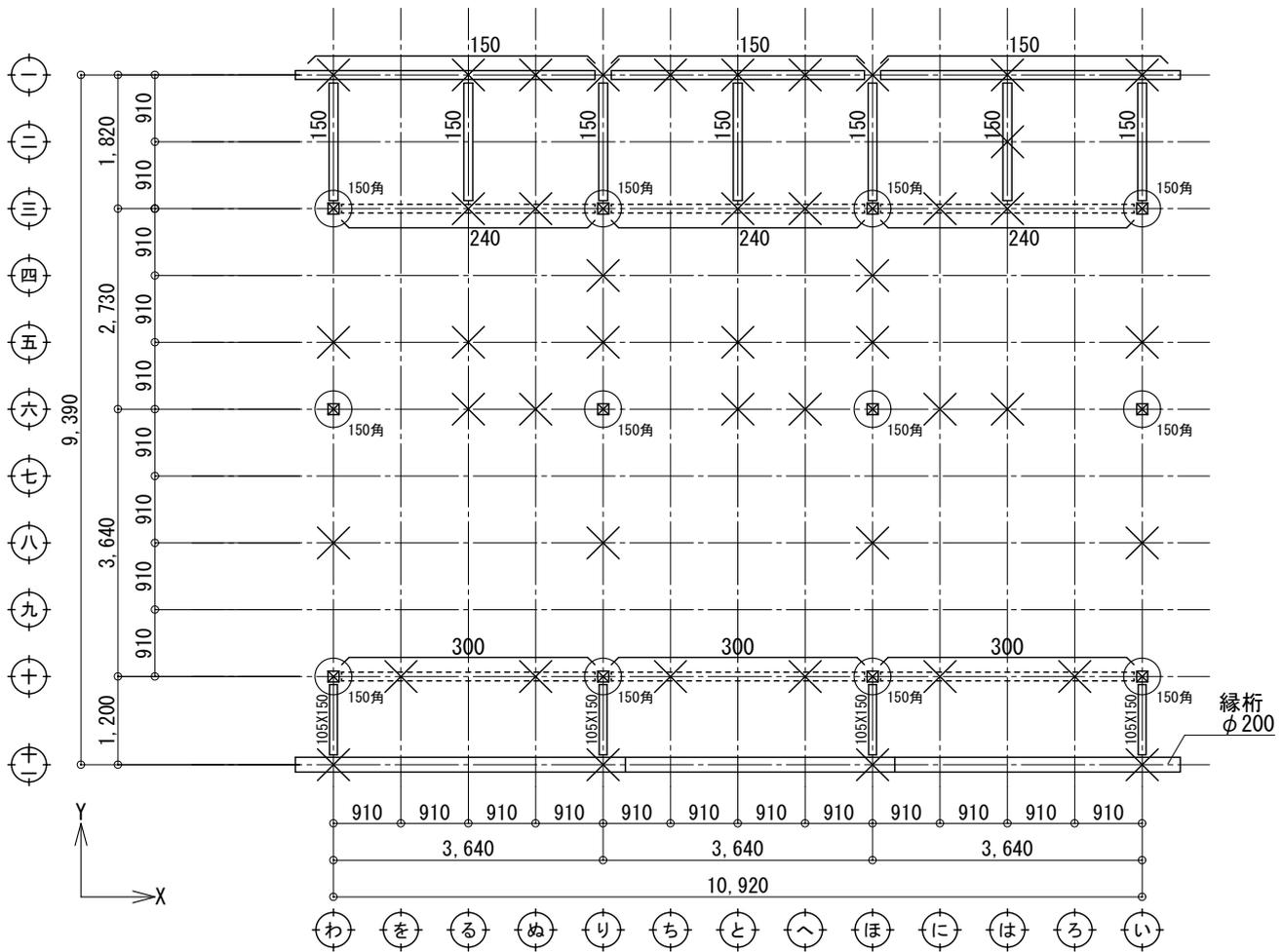
以上の接合部について、当該住宅で具体的にどのような接合部になるのかを洗い出して図面化したものを4章-10頁以降に示す。

当該住宅例では、柱は通し柱 150 角と管柱 120 角、横架材（桁、梁、足固め、まぐさ）は 120×150・180・210・240・270・300 となっており、各接合部の具体的な材の断面の組み合わせは様々である。

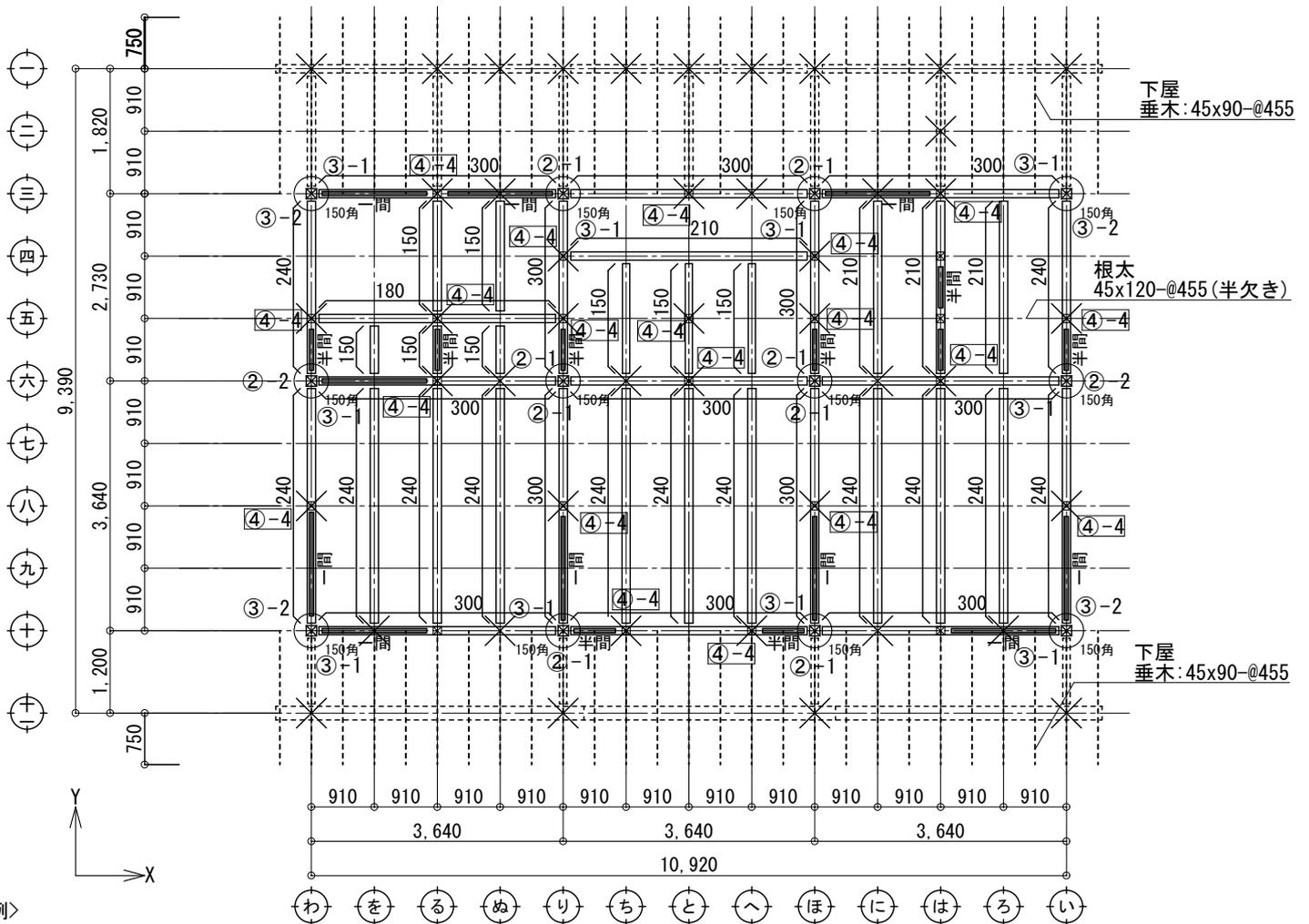
現状の設計例では、接合部の種類別に1つの断面寸法の組み合わせのデータを用いているが、本事業では各接合部の断面の組み合わせも加味してデータを収集することとした。これは、断面の組み合わせが異なると接合部の各部（ほぞや込み栓等）の寸法が異なり、性能も変わるためである。

また、接合部図面を作成した後、各部の寸法（まくりの寸法やほぞの厚み・長さ、込み栓の寸法など）について再度施工者へのヒアリングを実施し、図面の確認・修正を行った。

4章-10頁以降の接合部図面では、接合部の種類別に番号を振っている。この番号は、4章-2頁から示す軸組図にも記載しており、どこの位置にどの接合部・仕様がくるのかが確認できるようになっている。



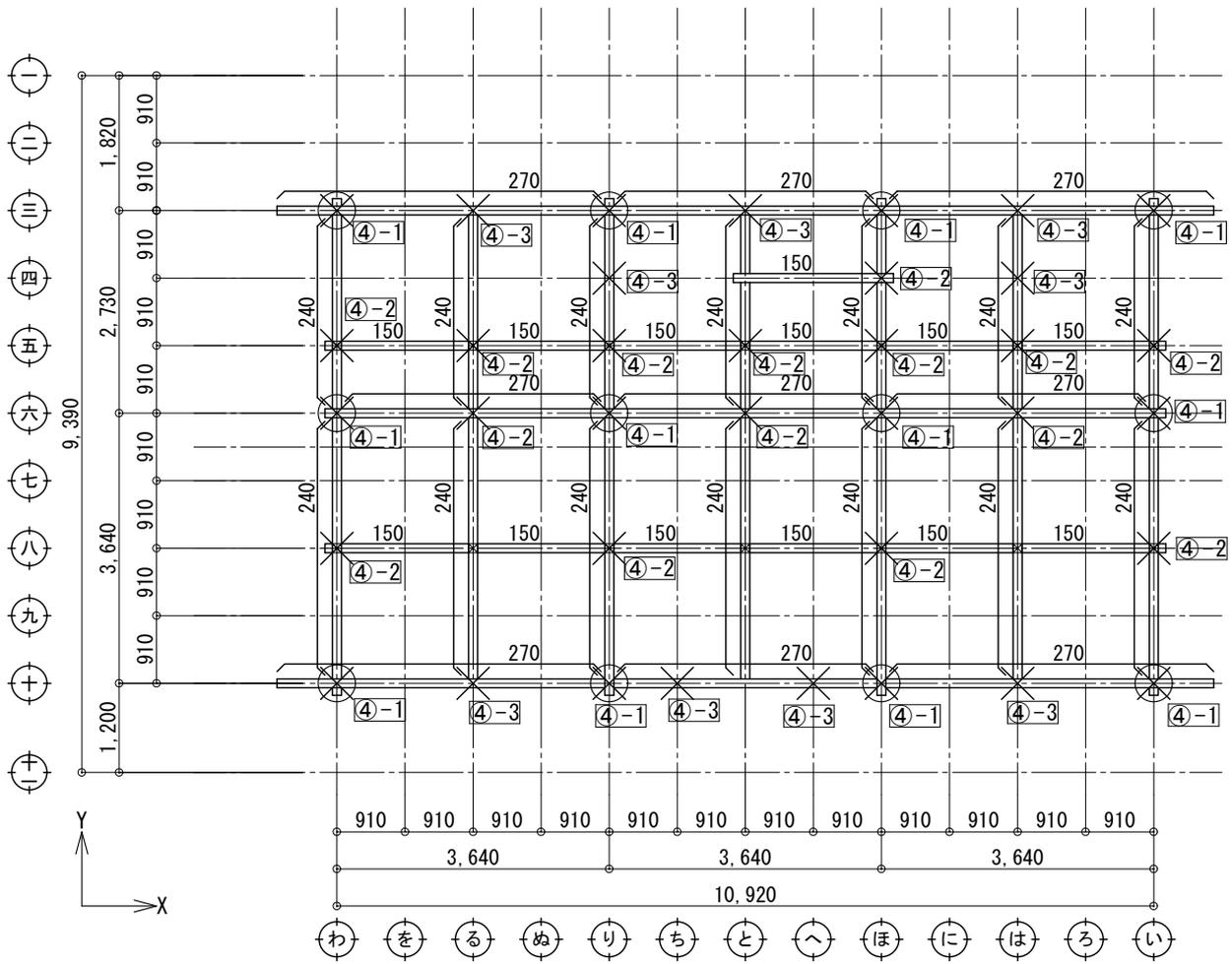
下屋小屋伏図 1/100



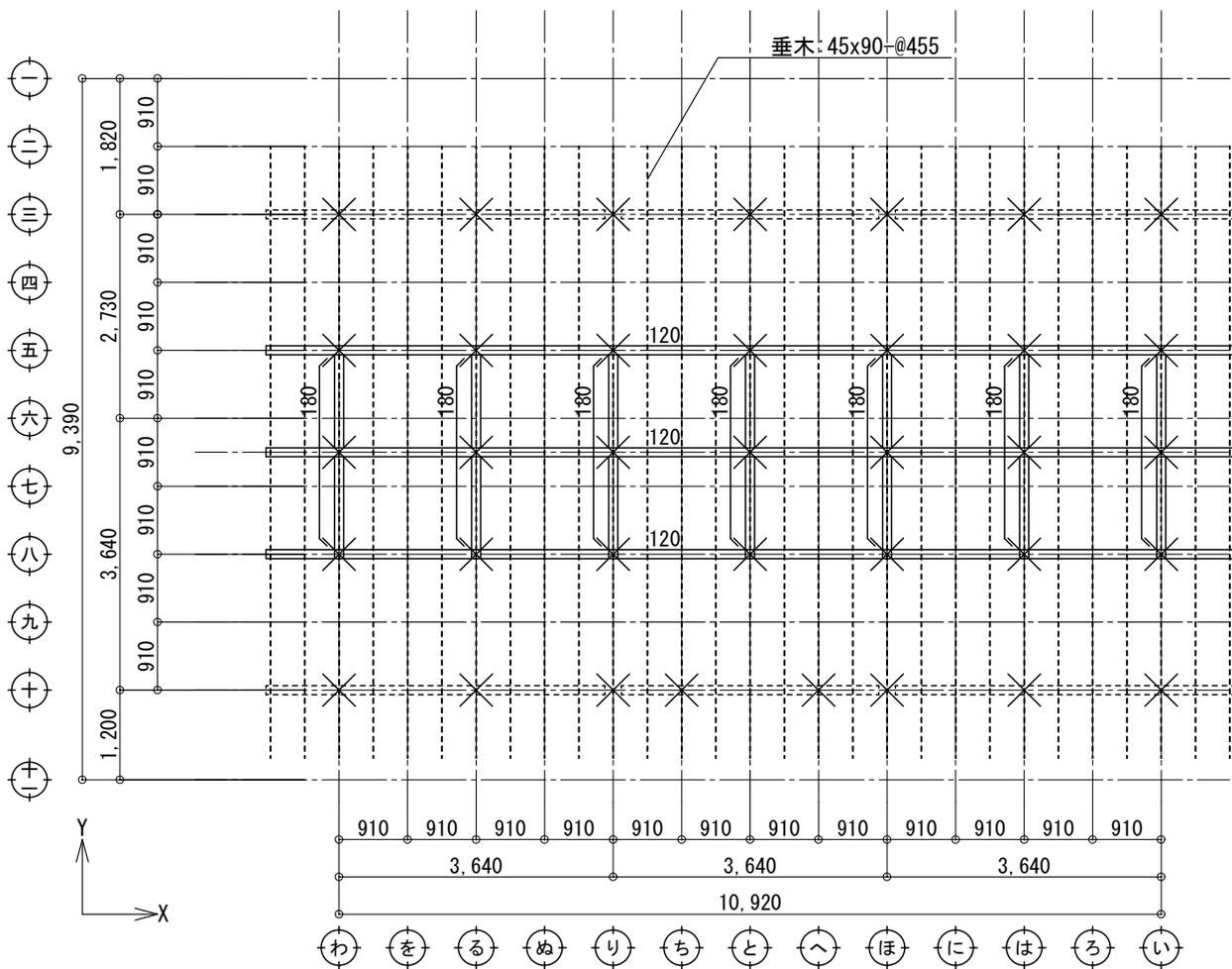
2階床伏図 1/100
第4章-3

〈凡例〉

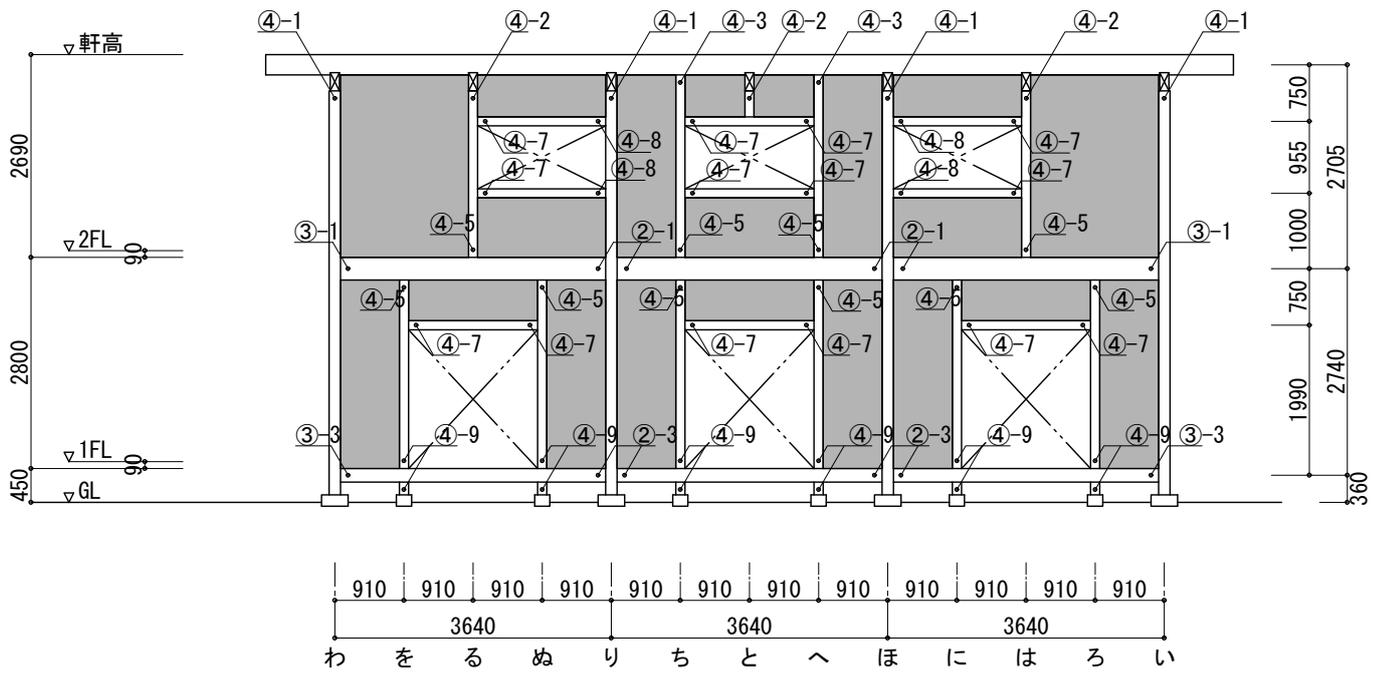
- 一間 一間土壁 t=70
- 半間 半間土壁 t=70



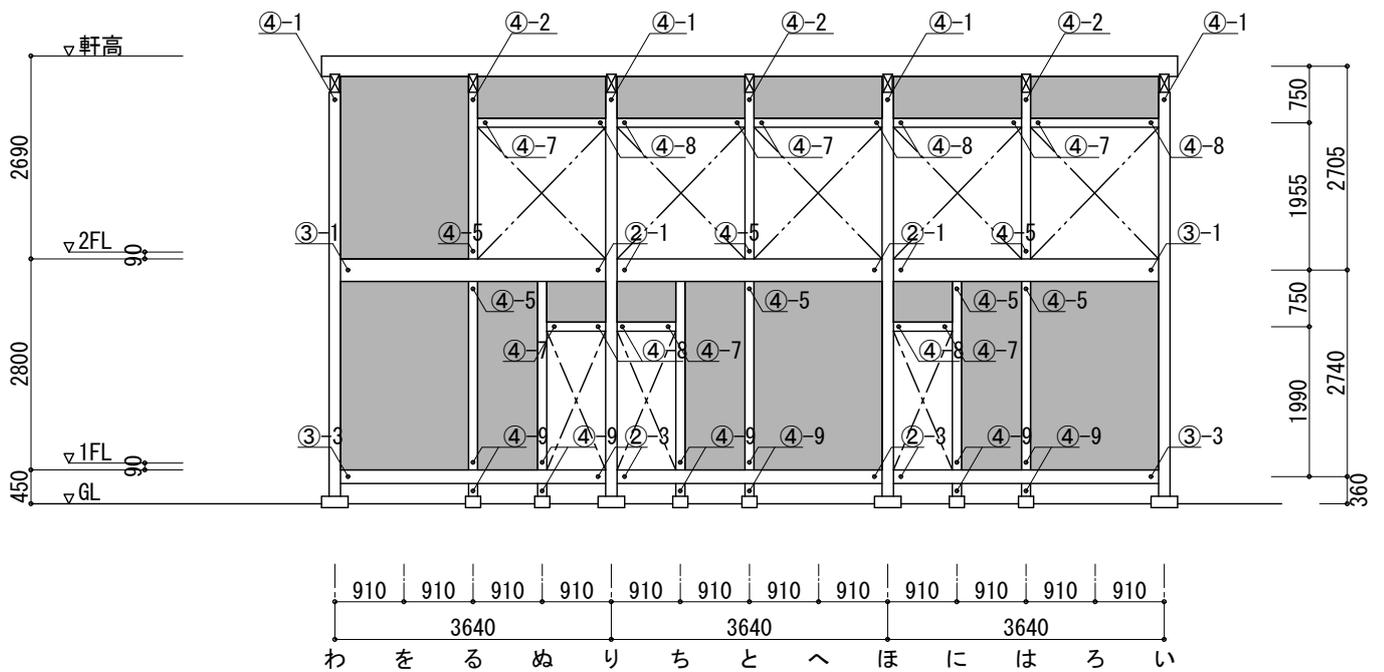
小屋伏図 1 1/100



小屋伏図 2 1/100

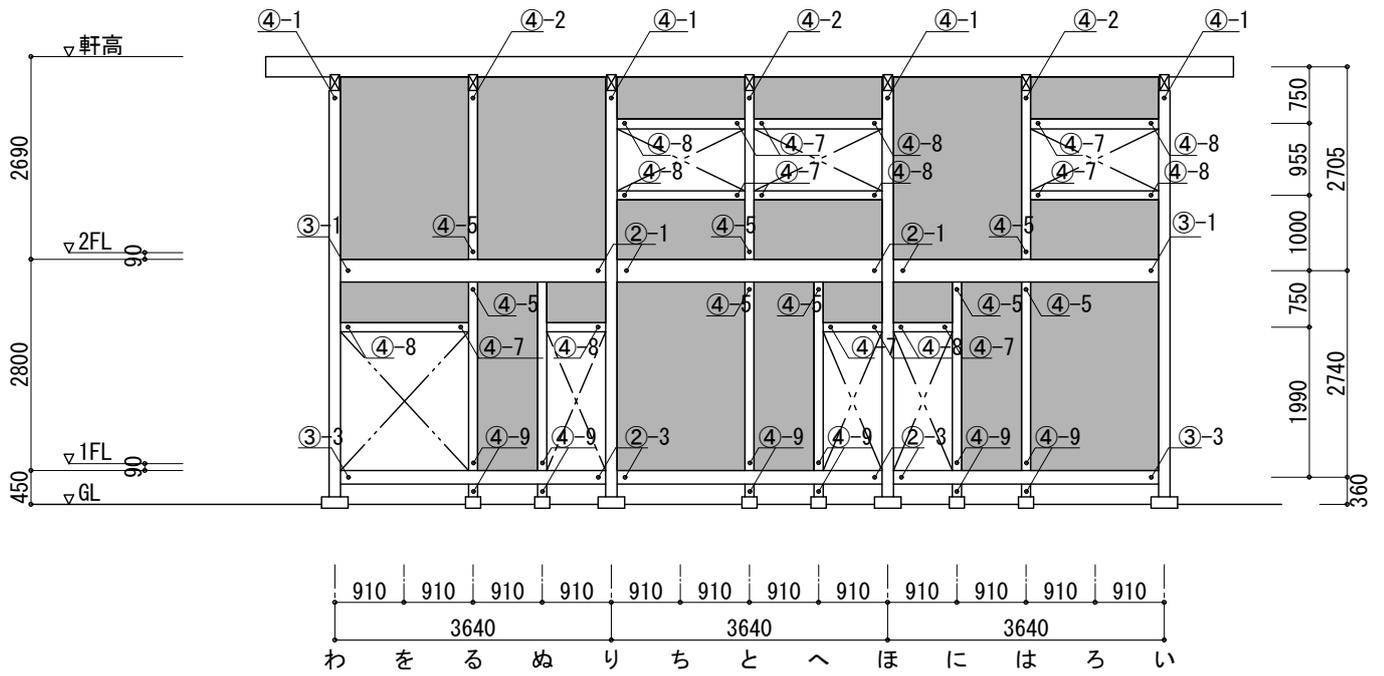


十通り

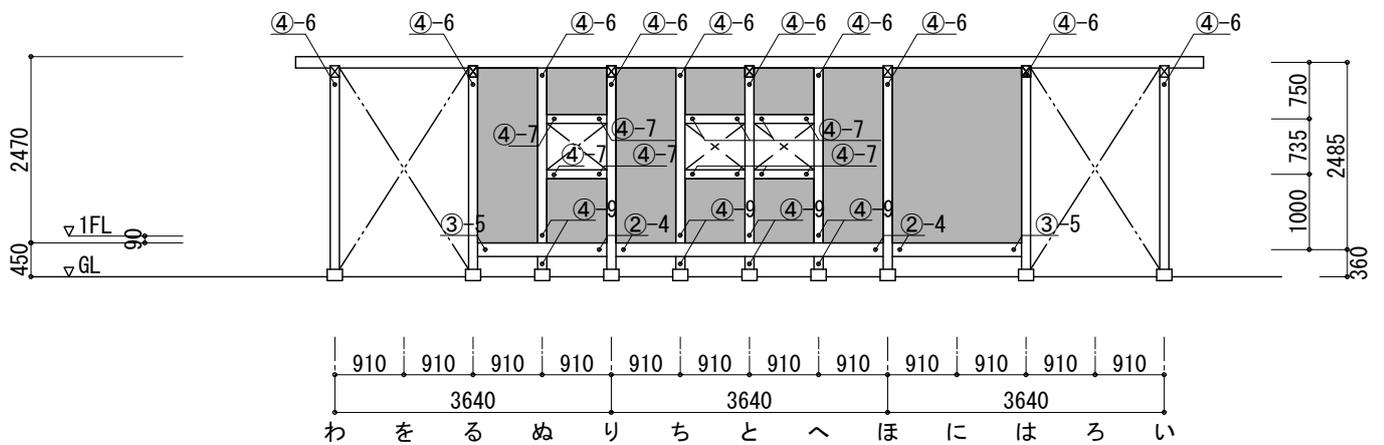


六通り

軸組図 1 1/100

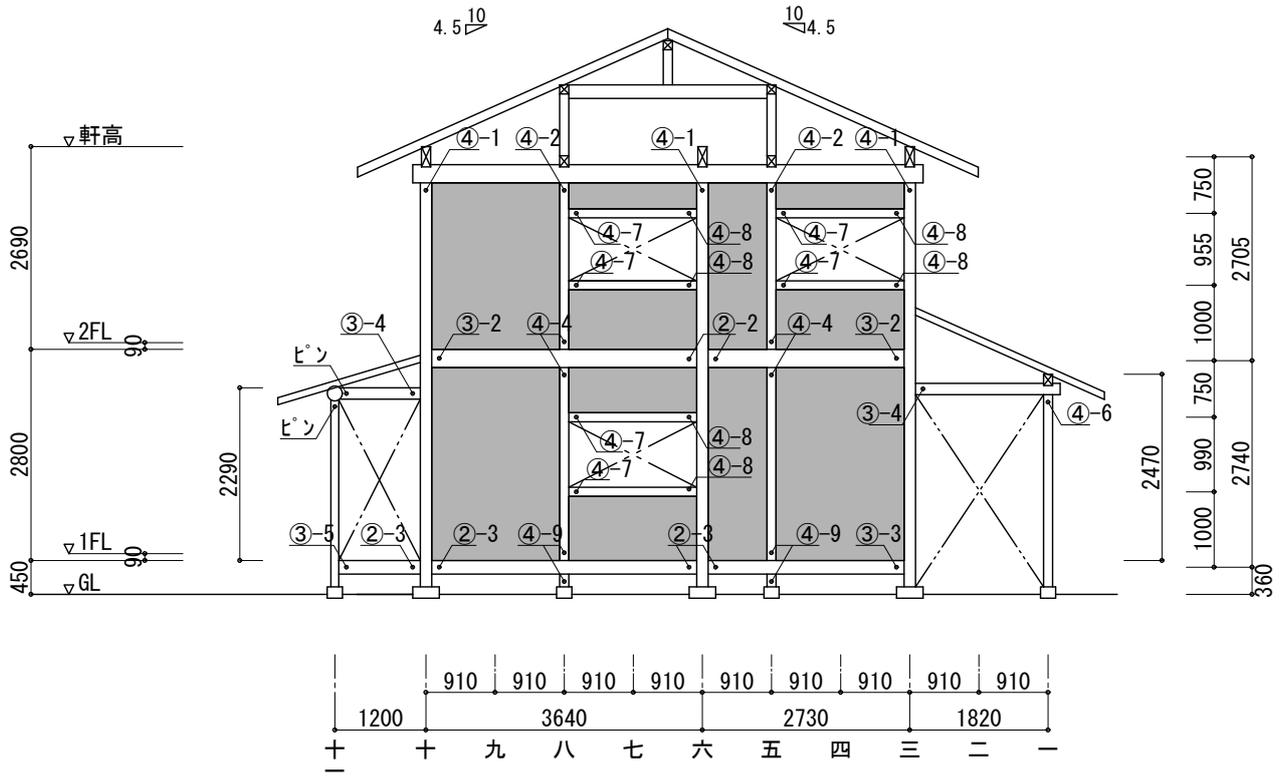


三 通り

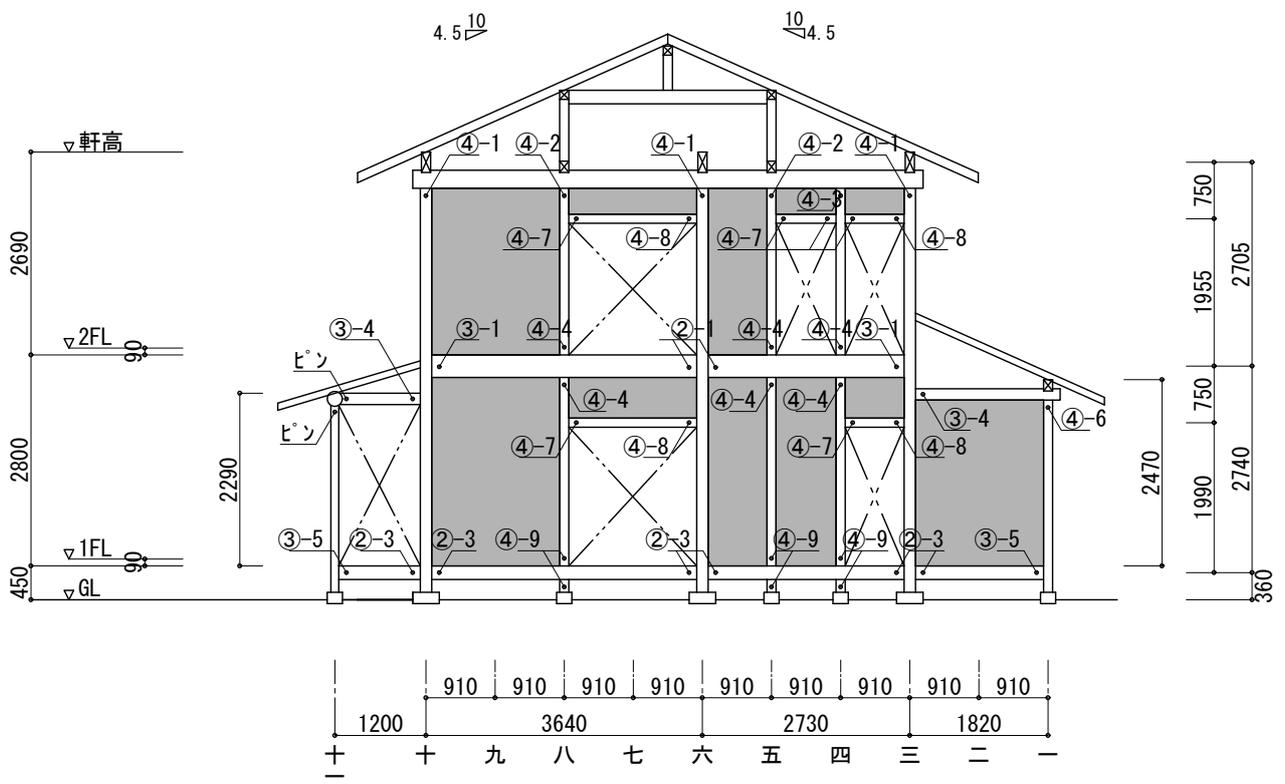


一 通り

軸組図 2 1/100

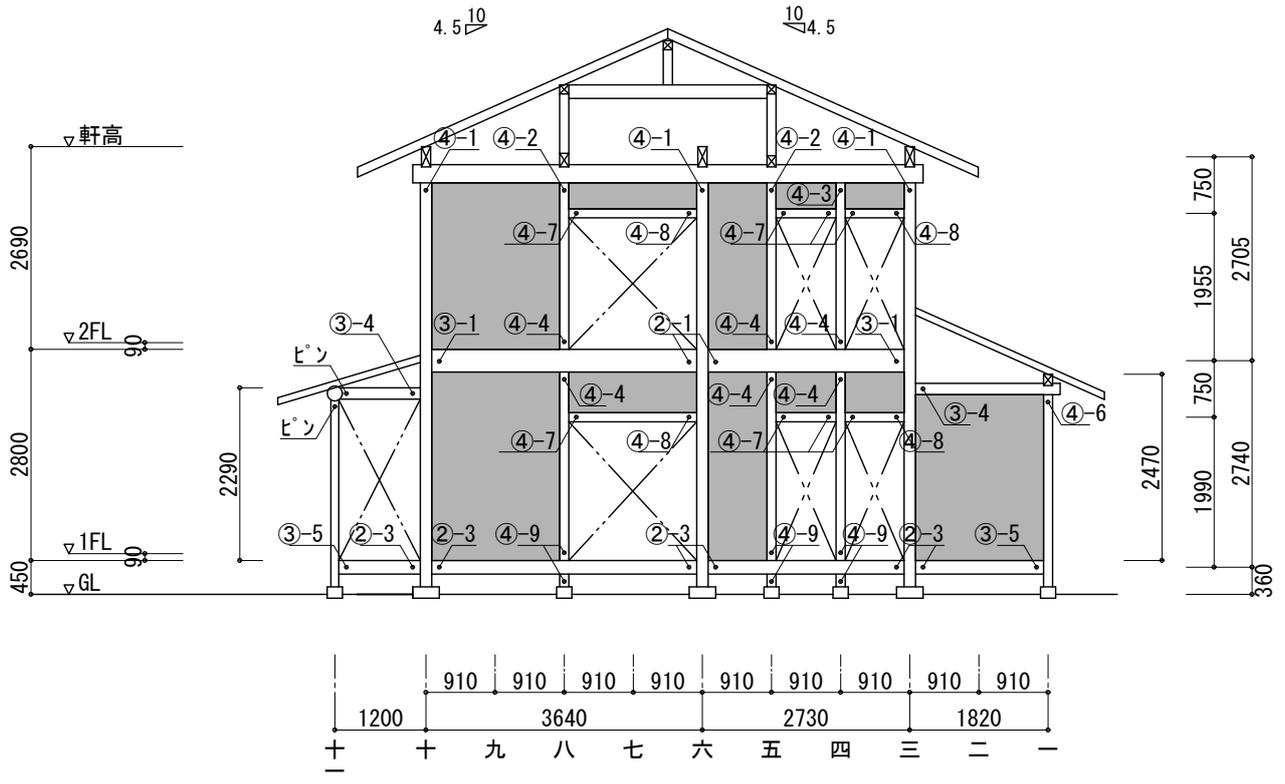


わ 通 り

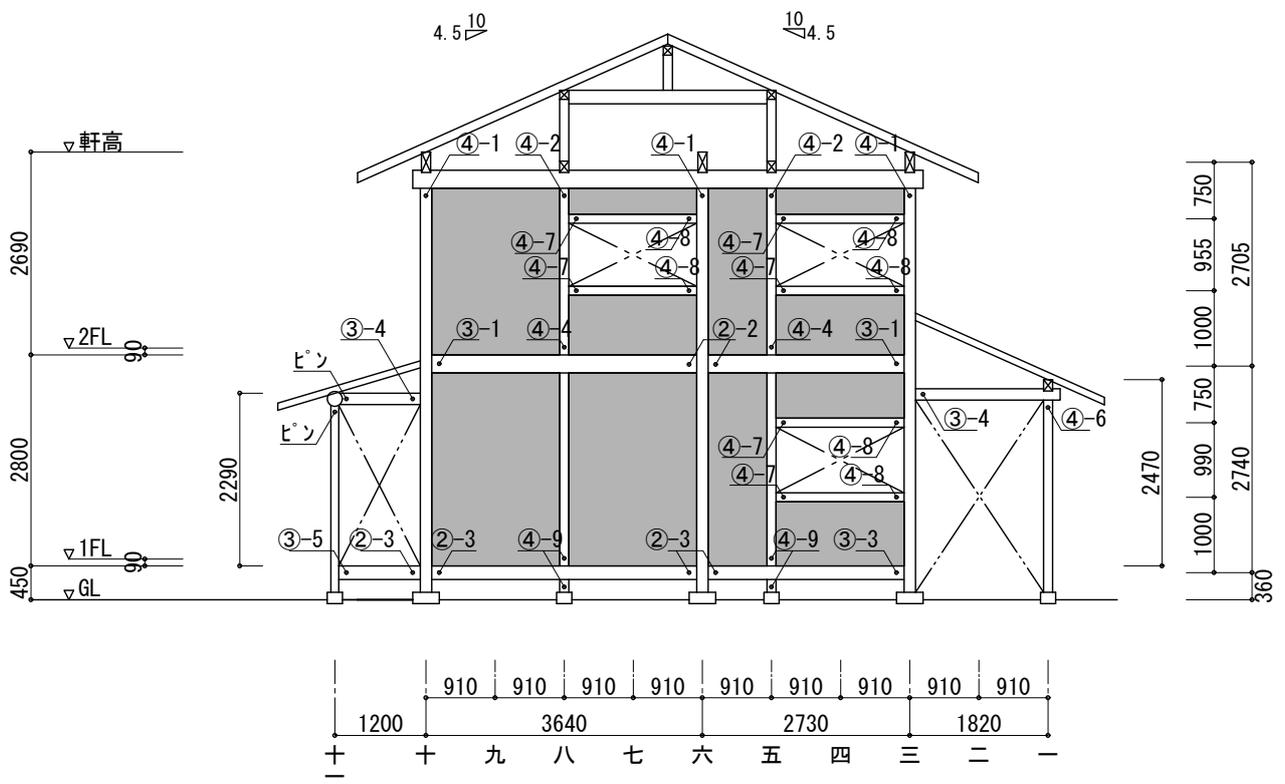


り 通 り

軸組図 3 1/100

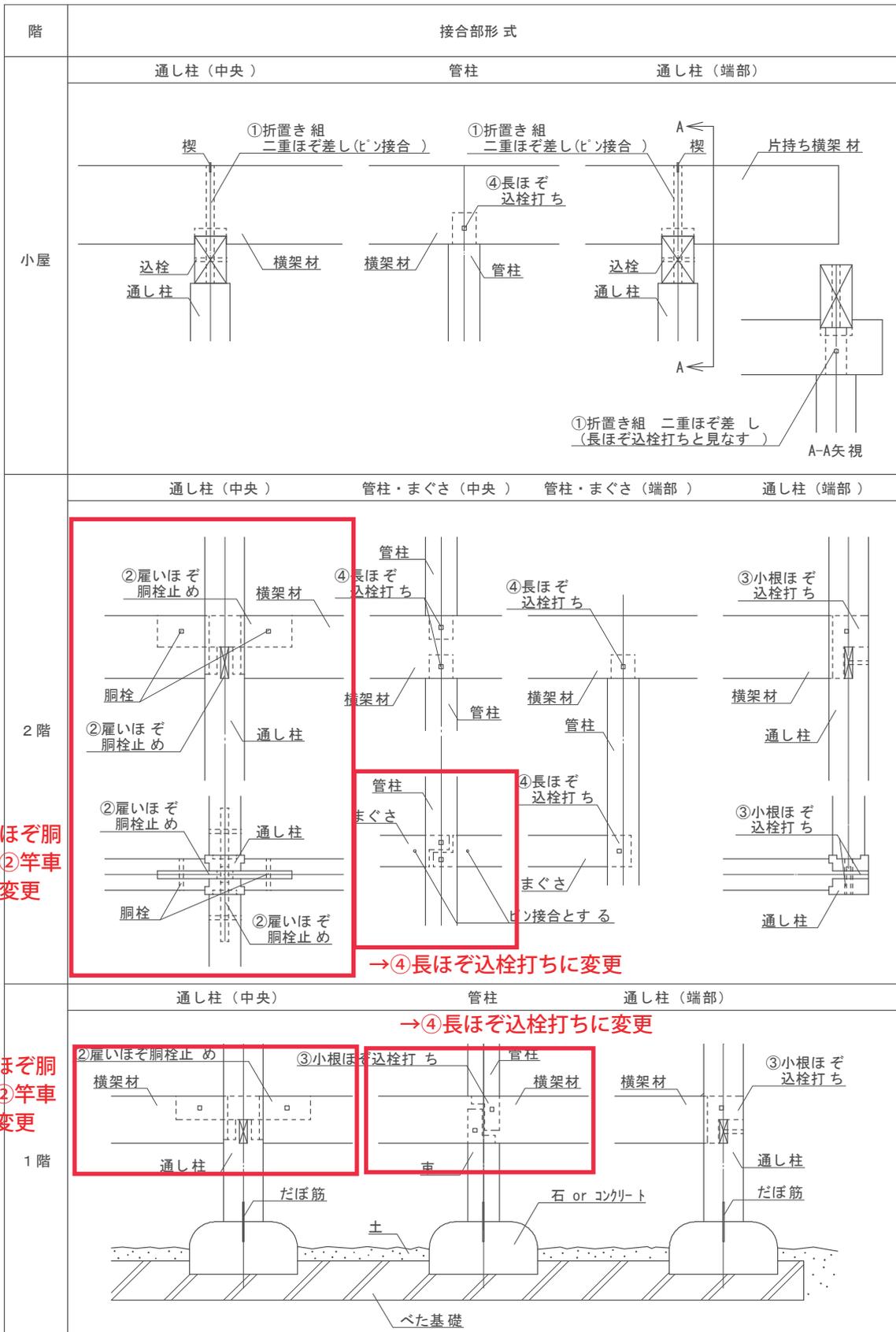


ほ 通り



い 通り

軸組図 4 1/100



→②雇いほぞ胴栓止めを②竿車知継ぎに変更

→④長ほぞ込栓打ちに変更

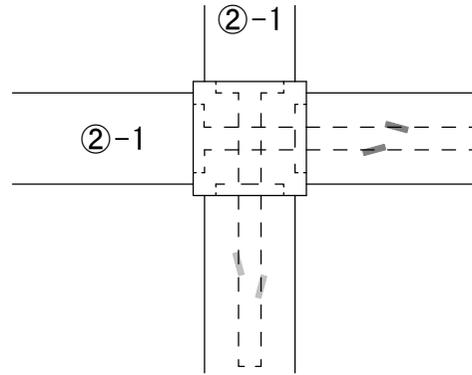
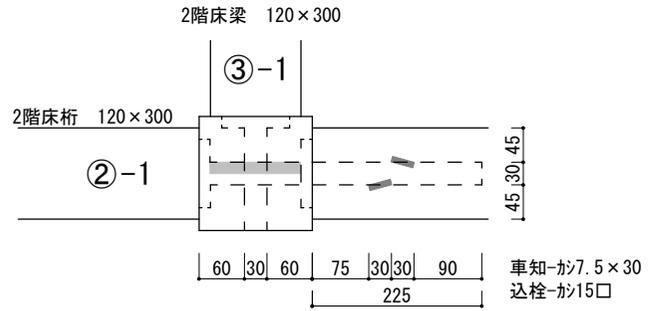
→④長ほぞ込栓打ちに変更

→②雇いほぞ胴栓止めを②竿車知継ぎに変更

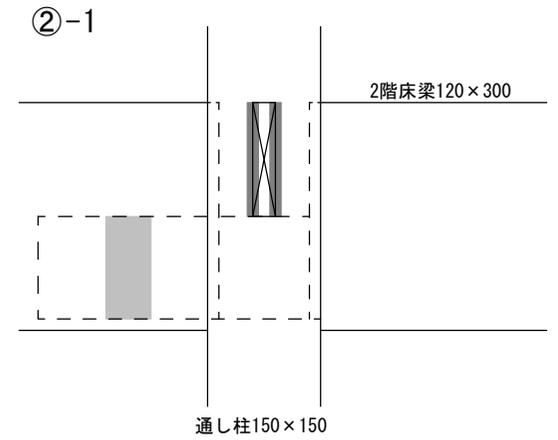
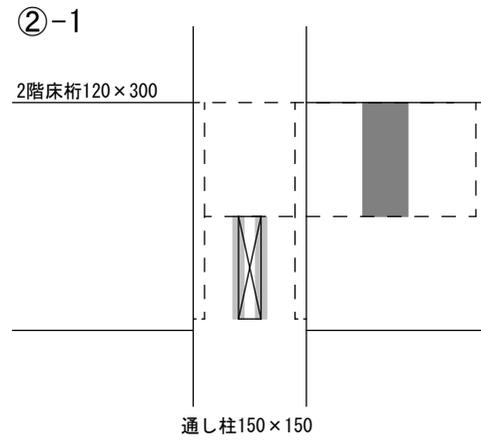
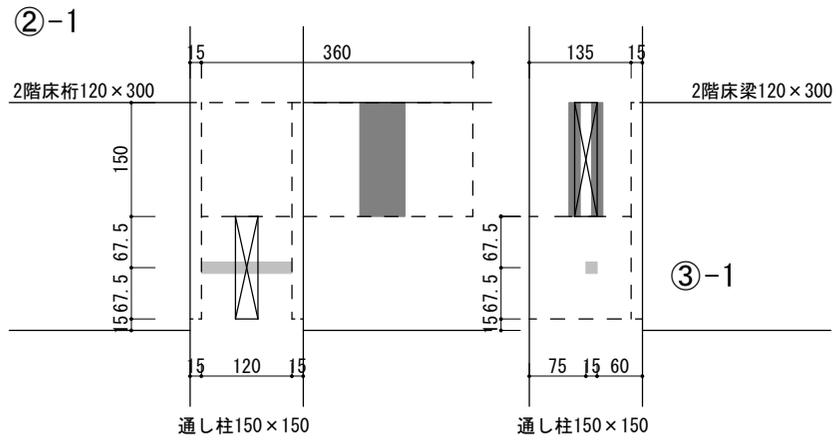
丸数字は接合部形式番号を表し、軸組図に示す番号に対応する

竿車知継ぎ ②-1 三方差し／四方差し

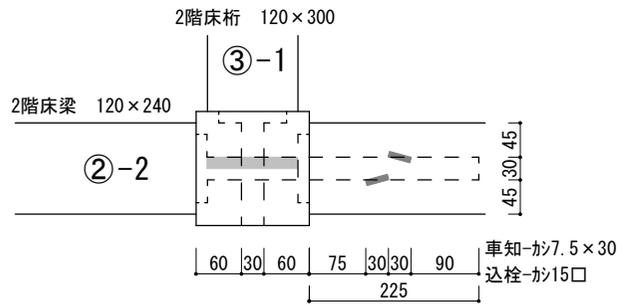
小根ほぞ胴栓止め ③-1 三方差し



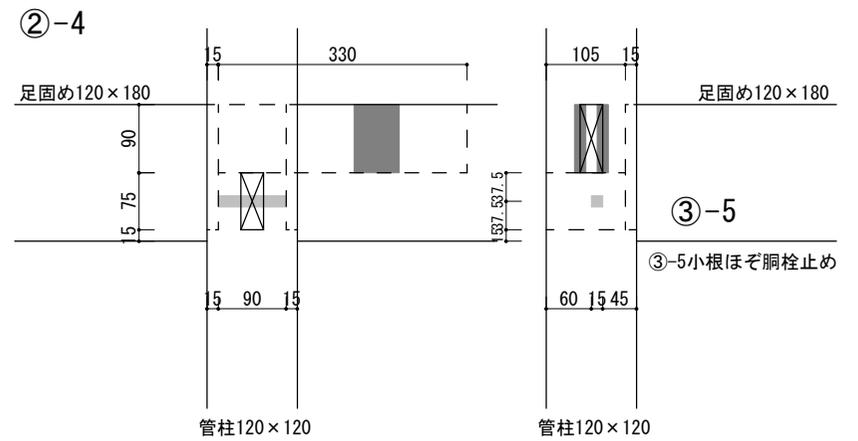
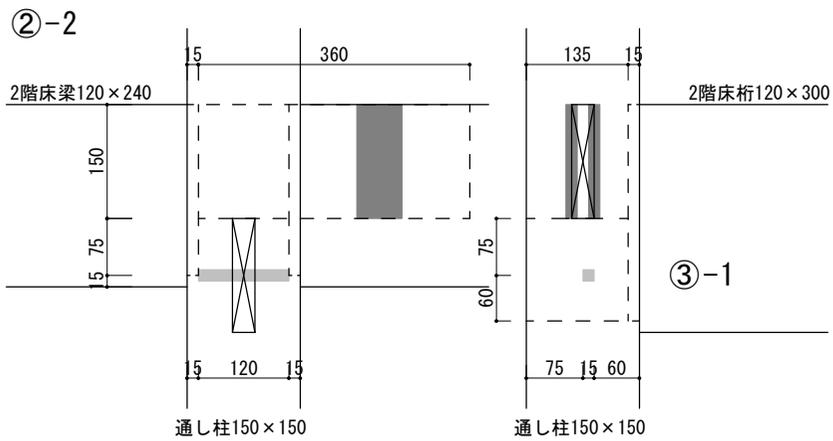
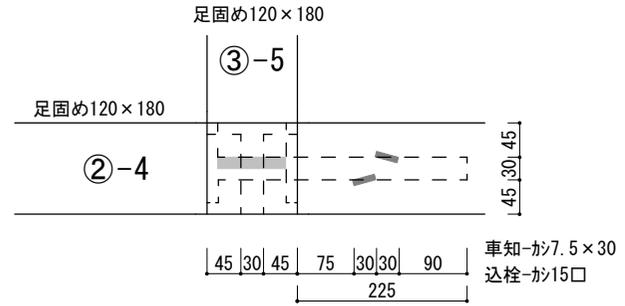
寸法同左



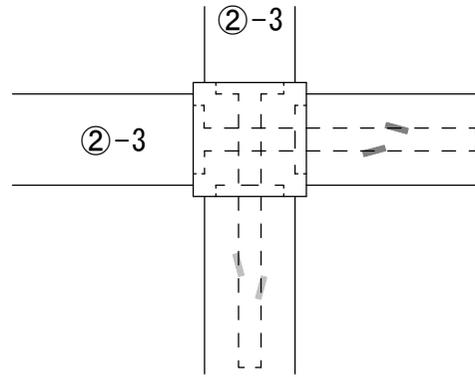
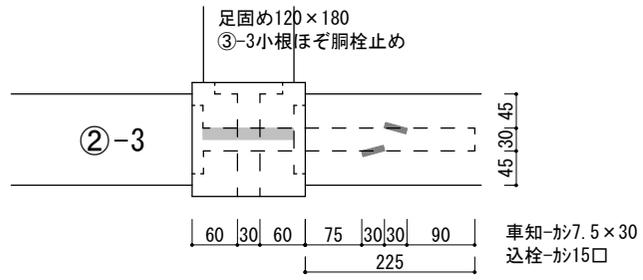
竿車知継ぎ ②-2 三方差し
 小根ほぞ胴栓止め ③-1 三方差し



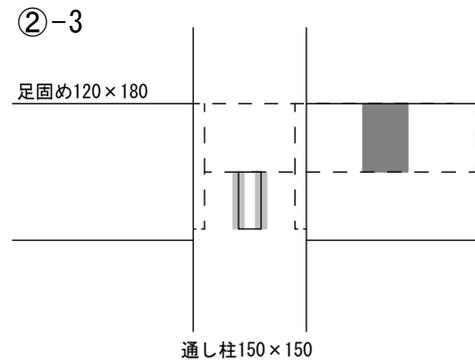
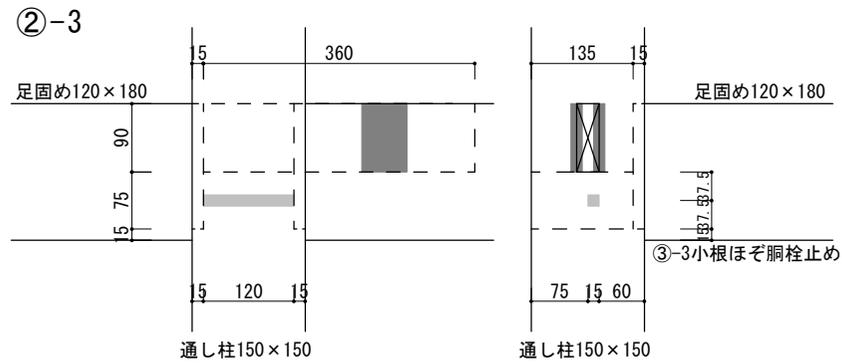
竿車知継ぎ ②-4 三方差し
 小根ほぞ胴栓止め ③-5 三方差し



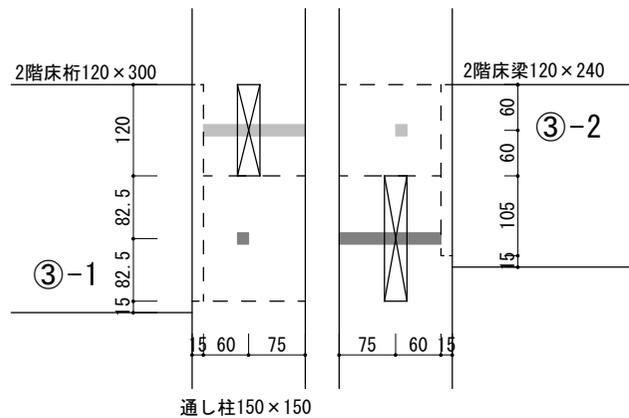
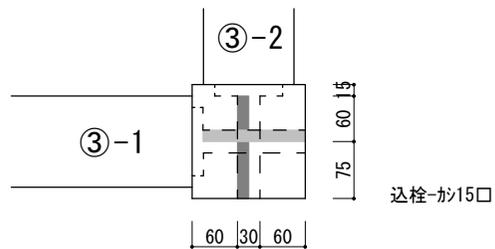
竿車知継ぎ ②-3 三方差し/四方差し



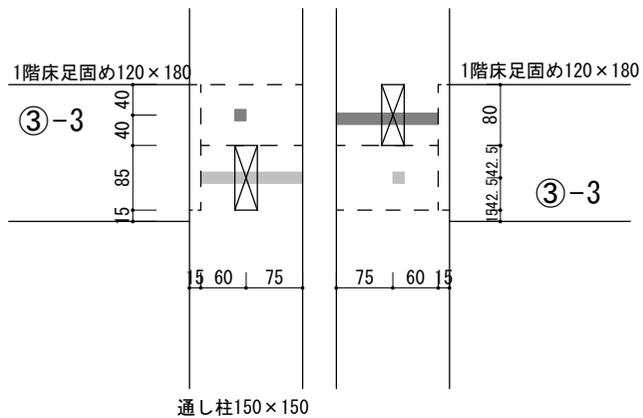
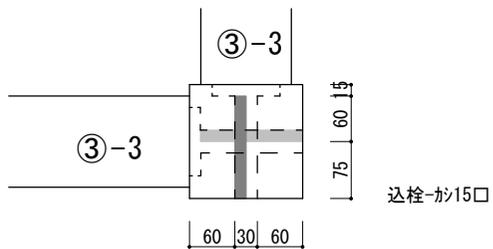
寸法同左



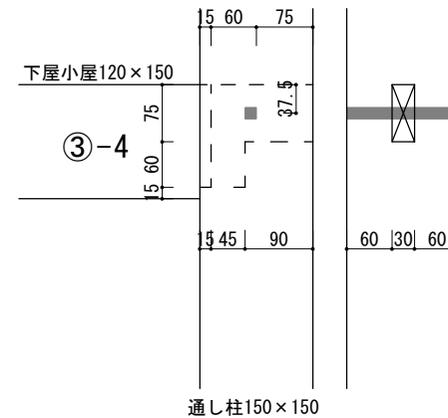
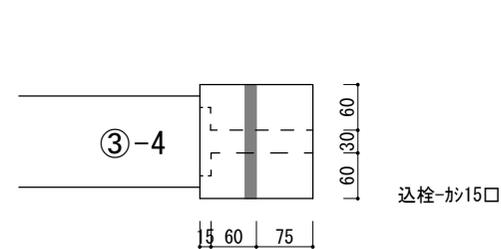
小根ほぞ胴栓止め ③-1、③-2 二方差し



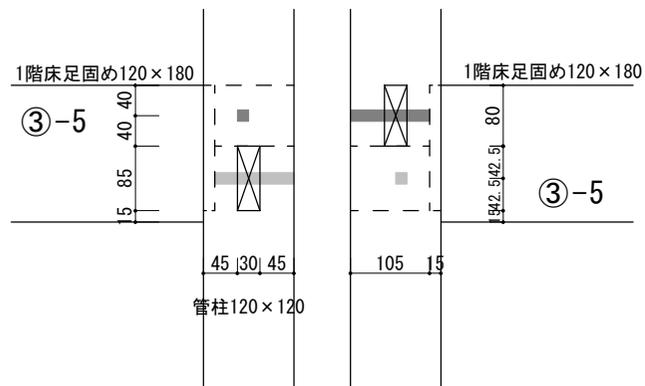
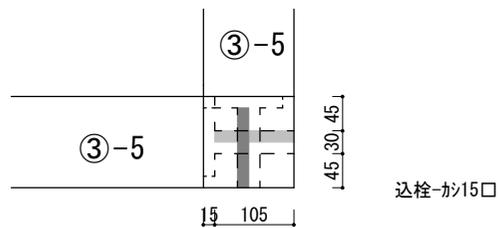
小根ほぞ胴栓止め ③-3 二方差し



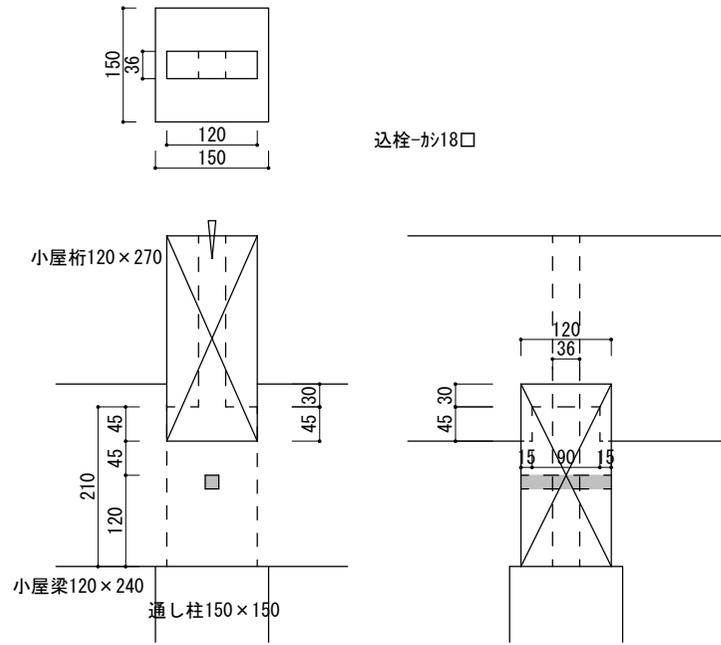
小根ほぞ胴栓止め ③-4 一方差し



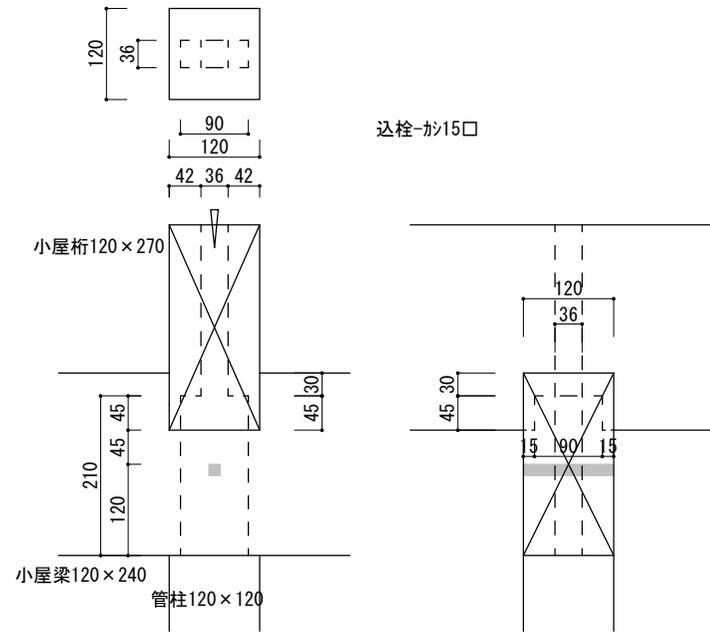
小根ほぞ胴栓止め ③-5 二方差し



長ほぞ差し④-1 二重ほぞ差し→長ほぞ差しとみなす

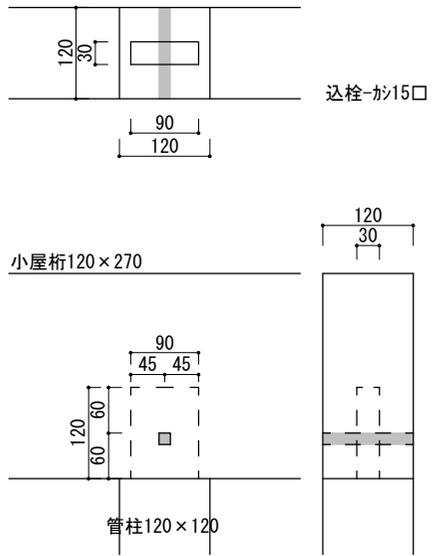


長ほぞ差し④-2 二重ほぞ差し→長ほぞ差しとみなす

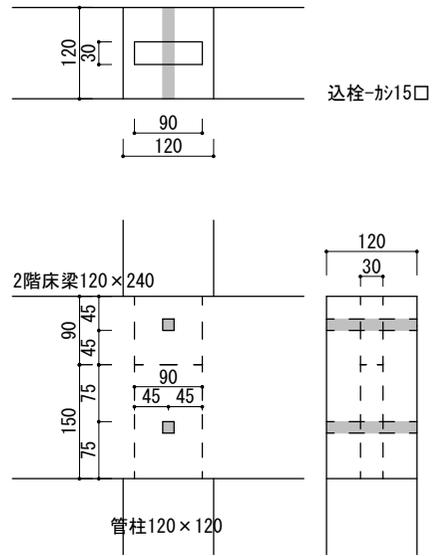


長ほぞ差し ④-3~9

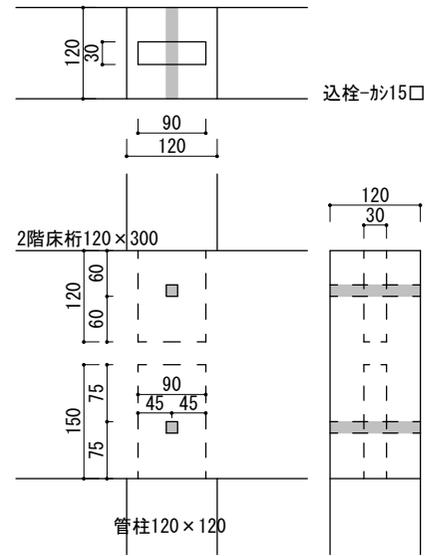
④-3



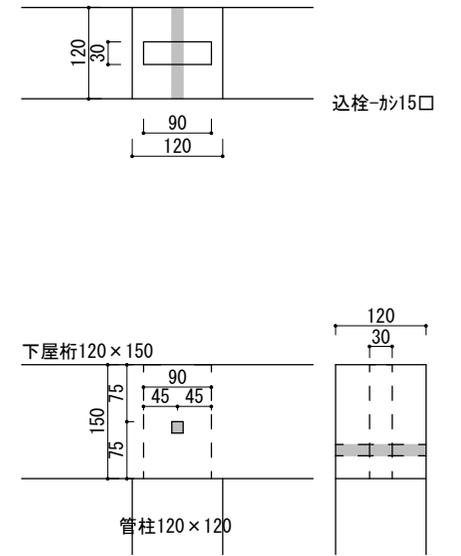
④-4



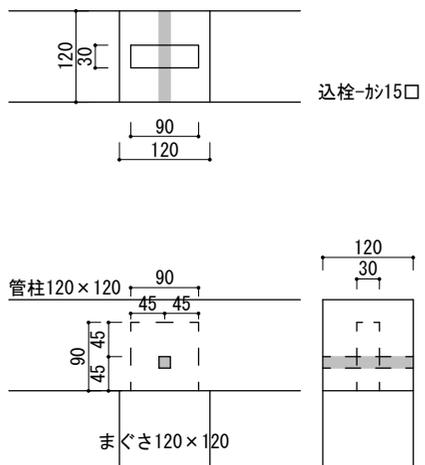
④-5



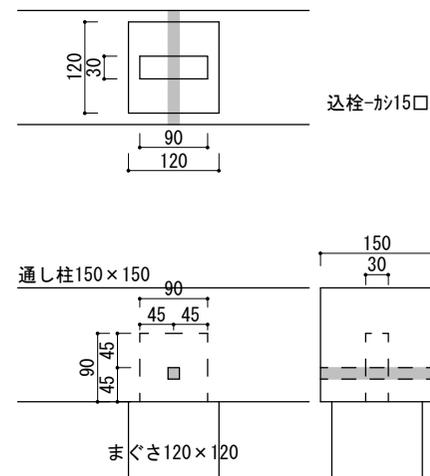
④-6



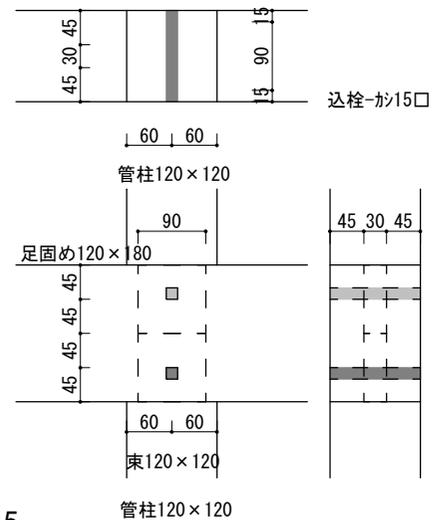
④-7



④-8



④-9



4.2 接合部データの収集計画

4.2.1 接合部データの収集手順

接合部のデータは、2章 2.3.2 に示した通り、実験データから収集することとした。ただし、設計例で用いられる接合部の種類は3種あり、その中でも断面寸法等の組み合わせには多くの種類があり、すべてを実験することは困難である。そこで、学会の成果で示される予定の各接合部の理論式を用いて特性値を算出して活用することを第一とした。加えて、理論式から算出した特性値の信頼性を確認するために、実験を実施することとした。また、学会の令和3年度の成果でも理論式の信頼性を確認するために実験を行ったデータが公表される模様であることから、それらのうち直接活用できるものがあれば最大限活用することとした。

本事業で令和4年度に実施する実験は、各接合部種類内で、性能が最大と最小になるだろう仕様のものを対象とし、曲げと引張を実施する予定である。その際の試験体数は3を予定している。接合部の実験データ収集・整備に当たっては、WGで確認した以下に示すルールを順守し実施する予定である。

【実験データ収集に当たっての基本ルール】

- ・ 試験体数は3以上とする。
- ・ 同一の破壊性状を示すものが3以上となるよう計画することが望ましい。
→破壊モードが3体同じにならないものは設計で用いるデータとしては処理が難しい。
状況によっては参考データ扱いとすべき。
- ・ 失敗した実験も掲載する。
→失敗した点など留意事項があれば今後の実験に活用できるよう注記する。
- ・ 破壊モードを図解する。
- ・ 同じ破壊モードで耐力を決定する場合はそれらのうちの最小値とする。
- ・ 破壊モードが異なる場合は破壊モードごとに耐力を整理する。
→終局変位は平均値を示す。(下限値は示さない。)
→根拠が明確でない低減係数で調整している理論式は参考データとする。
→接合部の荷重変形関係のグラフ整理について、終局変位 25mm または 0.8Pmax 時の変位までとし、グラフもそこまで含めて表示する。
- ・ 初期の荷重変形関係が分かるように変位が 5mm までのもの(目盛幅を大きく取ったグラフ)も用意する。
- ・ めり込み(繊維直角方向)のヤング係数は、繊維平行方向の 1/50 に統一する。(1/25、1/30、1/50 と諸説あるところ。)
- ・ 割裂式は平成 24 年度の「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会」の中村式を使用する。

以降に、設計例で使用する接合部3種類について、接合部の詳細仕様のリスト(図面は4.1に示す)と、現在のデータベースで示されている仕様、過去の基整促事業等のデータの仕様についても整理している(2.3.2参照)。これに加えて、令和4年度に実験を実施するに参考となる既往の研究についても示している。令和3年度の学会の成果については、本報告書の時点では公表されていないため整理していない。

4.2.2 竿車知継ぎ

表 4.2.2-1 に設計例で必要な竿車継ぎの基本仕様を示す。表中の図 NO.は 4.1 に示した接合部図面等と対応している。また、設計例での部位、位置なども併せて示している。これらのうち、最大②-1、最小②-4 にて実験を行う予定である。

実際に設計例で使用される際には三方差し、四方差しとなるが、実験は二方差し（十字）で実施する。これは、横架材のせいが高くなるとパネルゾーンのせん断破壊が生じる可能性があり、それを踏まえると、横架材に直交する方向の穴を開けるかどうかで実験で得られる性能が変わることが考えられるためである。パネルゾーンのせん断破壊については設計上別途検討することを条件として付加し、実験としてはその影響がでないようにする。パネルゾーンのせん断破壊のチェックは、差鴨居のせい・柱の寸法等をパラメーターとした検討を行い確認するといった方法が考えられるが、具体的なチェック方法は今後の課題とする。

曲げの実験においては、加力点と柱芯の寸法を階高の半分の寸法とするのが理想であるが、試験体寸法は材の歩留まりに影響するほか、試験場の設備の条件にも左右されるため、実験予算等を踏まえて検討する。

表 4.2.2-1 竿車知継ぎのリスト

図NO.	横架材	柱	ほぞ		車知 樹種：カシ	設計例での部位	位置
			幅	厚			
②-1	梁・桁 120×300	通柱 150×150	150	30	車知7.5×30×150・135 込栓□15	2階床桁方向 三方差し（直交：小根ほぞ胴栓止め③-1）※せい300と300 2階床梁・桁方向 四方差し ※せい300と300	2階床 三り、三ほ、十り、十ほ 2階床 六り、六ほ
②-2	梁 120×240	通柱 150×150	150	30	車知7.5×30×150 込栓□15	2階床梁方向 三方差し（直交：小根ほぞ胴栓止め③-1）※せい240と300	2階床 六わ、六い
②-3	足固め 120×180	通柱 150×150	90	30	車知7.5×30×90 込栓□15	1階床梁方向 三方差し（直交：小根ほぞ胴栓止め③-3）※せい180と180 2階床梁・桁方向 四方差し ※せい180と180	1階床 六わ、十わ、六い、十い 1階床 三り、三ほ、六り、六ほ、十り、十ほ
②-4	足固め 120×180	管柱 120×120	90	30	車知7.5×30×90 込栓□15	1階床 三方差し（直交：小根ほぞ胴栓止め③-5）※せい180と180	1階床 一り、一ほ、十一り、十一ほ

表 4.2.2-2 に竿車知継ぎの既往のデータにおける試験体仕様について示す。これらは全て曲げのデータであり、引張のデータは存在しない。表中の A、B シリーズは現在のデータシートに示されているものであるが、各部の詳細が明確でない部分あることや、設計例で使用寸法・樹種の組み合わせが存在しないことがわかる。

これ以外の既往の研究を調べたところ、以下のものが確認できた。これらのうち、設計例で使用する寸法・樹種の組み合わせに近いものは 3 と 4 の一連の研究であり、それらについては表 4.2.2-2 中、C シリーズとして示した。来年度はこれらも参考にしてデータ収集を行

う予定である。

1. 差鴨居構法の強度性能に関する研究 その6 十字型柱-差鴨居接合部の曲げ試験 荘所直哉 他
日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）2007年8月
2. 竿車知継ぎ差鴨居接合部のめり込みによる回転剛性 入江康隆 他
日本建築学会技術報告集 第15巻 第29号 111-114 2009年2月
3. 竿車知継ぎ接合部のモーメント抵抗性能に対する差鴨居せいの影響に関する研究 その1 実験方法と結果 杉原大祐 他
日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）2010年9月
4. 竿車知継ぎ接合部のモーメント抵抗性能に対する差鴨居せいの影響に関する研究 その2 実験結果の考察 荘所直哉 他
日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）2010年9月

表 4.2.2-2 竿車知継ぎの既往の研究における試験体仕様（曲げ）

	柱		梁			竿			車知				備考
	柱寸法□	柱樹種	梁幅	梁せい	梁樹種・種類	竿厚さ	竿せい	竿長さ	形状	竿端部まで	竿端部まで	車知樹種	
	Wc		Wb	H		D	H/2		d	L1	L2		
A-1	150	ヒノキ集成材	120	300	ベイマツ集成材	30	150	285	? × 30	68	98	カシ	胴付き 梁端L15・15
A-2	150	スギ集成材	120	300	ベイマツ集成材	30	150	285	? × 30	68	98	カシ	胴付き 梁端L15・15
B-1	120	スギ	= Wc	270	スギ	?	?	?	?	?	?	?	胴付き 梁端凸?・?
B-2	120	スギ	= Wc	300	スギ	?	?	?	?	?	?	?	胴付き 梁端凸?・?
B-3	120	スギ	= Wc	330	スギ	?	?	?	?	?	?	?	胴付き 梁端凸?・?
B-4	135	スギ	= Wc	270	スギ	?	?	?	?	?	?	?	胴付き 梁端凸?・?
B-5	150	スギ	= Wc	270	スギ	?	?	?	?	?	?	?	胴付き 梁端凸?・?
B-6	120	ベイマツ	= Wc	270	ベイマツ	?	?	?	?	?	?	?	胴付き 梁端凸?・?
B-7	120	ヒノキ	= Wc	270	ヒノキ	?	?	?	?	?	?	?	胴付き 梁端凸?・?
C-180	150	スギ	120	180	スギ	30	90	320	4.5 × ?	?	?	カシ	胴付き 梁端L15・15
C-210	150	スギ	120	210	スギ	30	105	320	4.5 × ?	?	?	カシ	胴付き 梁端L15・15
C-240	150	スギ	120	240	スギ	30	120	320	4.5 × ?	?	?	カシ	胴付き 梁端L15・15
C-300	150	スギ	120	300	スギ	30	150	320	4.5 × ?	?	?	カシ	胴付き 梁端L15・15

4.2.3 小根ほぞ胴栓止め

表 4.2.3-1 に設計例で必要な小根ほぞ胴栓止めの基本仕様を示す。表中の図 NO. は 4.1 に示した接合部図面等と対応している。また、設計例での部位、位置なども併せて示している。これらのうち、最大③-1（うちの最大）、最小③-5（うちの最小）にて実験を行う予定である。

実際に設計例で使用される際には二方差し、三方差しがあるが、実験は一方差し（T字）で実施する。

曲げの実験においては、加力点と柱芯の寸法を階高の半分の寸法とするのが理想であるが、試験体の寸法は材の歩留まりに影響するほか、試験場の設備の条件にも左右されるため、実験予算等を踏まえて検討する。

表 4.2.3-1 小根ほぞ胴栓止めのリスト

図NO.	横架材	柱	ほぞ幅		ほぞ		込み栓 カシ	設計例での部位	位置
			材の1/2と想定		長	厚			
③-1	梁・桁 120×300	通し柱 150×150	165 135		150	30	□15 長さ120 長さ135	2階床梁方向 三方差し（竿車知継ぎ②-1）※せい300と300 2階床桁方向 三方差し（竿車知継ぎ②-2）※せい300と240 2階床桁方向 二方差し（小根ほぞ胴栓止め③-2）※せい300と240	2階 十り、十ほ、三り、三ほ 2階 六わ、六い 2階 三わ、十わ、三い、十い
③-2	梁 120×240	通し柱 150×150	120		150	30	□15 長さ135	2階床梁方向 二方差し（小根ほぞ胴栓止め③-1）※せい240と300	2階 三わ、十わ、三い、十い
③-3	足固め 120×180	通し柱 150×150	小根ほぞと 85 80		150	30	□15 長さ120 長さ135	1階床桁方向 三方差し（車知継ぎ②-3）※せい180と180 1階床梁・桁方向 二方差し※せい180と180	1階 六わ、六い、十わ、十い 1階 三わ、三い
③-4	下屋梁 120×150	通し柱 150×150	75		150	30	□15 長さ150	下屋小屋 一方差し	下屋 三わ、三り、三ほ、三い
③-5	足固め 120×180	管柱 120×120	小根ほぞと 85 80 竿車知と 75		120	30	□15 長さ90 長さ105	1階床梁方向 三方差し（竿車知継ぎ②-4）※せい180と180 1階床桁方向 二方差し※せい180と180	1階 一り、一ほ、十一り、十一ほ 1階 一る、一は、十一わ、十一い

表 4.2.3-2 に小根ほぞ胴栓止めの既往のデータにおける試験体仕様について示す。これらは全て曲げのデータであり、引張のデータは存在しない。表中の J シリーズは現在のデータシートに示されているものであるが、設計例で使用する寸法・樹種の組み合わせが存在しないことがわかる。

これ以外の既往の研究としては 2.3.2 に示した通り、平成 30（2018）年度の基整促事業 断面の大きい軸材料等を用いる木造建築物の

技術基準に関する検討事業報告書 が存在する。この際の仕様を C に示すが、梁の樹種がベイマツとなっており、本設計例とは仕様が異なる。ただし、来年度はこれらを参考にしてデータ収集を行う予定である。

表 4.2.3-2 小根ほぞ胴栓止めの既往の研究における試験体仕様（曲げ）

	柱		梁			ほぞ				込み栓					備考
	柱寸法□	柱樹種	梁幅	梁せい	梁樹種	ほぞ厚さ	ほぞせい	ほぞ長さ	柱からの出	大根長さ	大根せい	形状	柱中央から	ほぞ樹種	
	Wc		Wb	h		D	h1	Wc/2+ l +18	l	Wc/2-18	h - h1	d			
J3-1	120	スギ	=Wc	180	スギ	30	90	78	0	42	90	□15	0	シラカシ	胴付き 梁端L15・15
J3-2	150	スギ	=Wc	180	スギ	30	90	93	0	57	90	□15	0	シラカシ	胴付き 梁端L15・15
J3-3	120	スギ	=Wc	240	スギ	30	120	78	0	42	120	□15	0	シラカシ	胴付き 梁端L15・15
J3-4	120	スギ	=Wc	300	スギ	30	150	78	0	42	150	□15	0	シラカシ	胴付き 梁端L15・15
J3-5	120	スギ	=Wc	180	スギ	30	90	78	0	42	90	□18	0	シラカシ	胴付き 梁端L15・15
J3-6	120	スギ	=Wc	180	スギ	30	90	78	0	42	90	○15	0	シラカシ	胴付き 梁端L15・15
J3-7	120	スギ	=Wc	180	スギ	30	90	78	0	42	90	○18	0	シラカシ	胴付き 梁端L15・15
J3-8	120	スギ	=Wc	180	スギ	30	90	93	15	42	90	□15	0	シラカシ	胴付き 梁端L15・15
J3-9	120	スギ	=Wc	180	スギ	30	90	108	30	42	90	□15	0	シラカシ	胴付き 梁端L15・15
J3-10	120	スギ	=Wc	180	スギ	36	90	78	0	42	90	□15	0	シラカシ	胴付き 梁端L15・15
C	150	スギ	120	360	ベイマツ	30	180	120	30	60	165	□15	7.5	シラカシ	胴付き 梁端L30・15

4.2.4 長ほぞ込み栓

表 4.2.4-1 に設計例で必要な竿車継ぎの基本仕様を示す。表中の図 NO.は 4.1 に示した接合部図面等と対応している。また、設計例での部位、位置なども併せて示している。これらのうち、最大④-1、最小④-8 にて実験を行う予定である。

実験は T 字で実施する。曲げの実験においては、加力点と柱芯の寸法を階高の半分の寸法とするのが理想であるが、試験体の寸法は材の歩留まりに影響するほか、試験場の設備の条件にも左右されるため、実験予算等を踏まえて検討する。

表 4.2.4-1 長ほぞのリスト

図NO.	ほぞ側材	受け側材	設計例での部位	位置	ほぞ			込み栓
					幅	長	厚	シラカン
④-1	通し柱 150×150	小屋梁 120×240	小屋梁方向 折置き組 (桁方向はピン)	小屋 三、六、十 の わ、り、ほ、い	120	210	36	□18
④-2	管柱 120×120	小屋梁 120×240	小屋梁方向 折置き組 (桁方向はピン)	小屋 五、八 の わ、る、り、と、ほ、は、い 三の る、と、は 十の る、は 四の り、ほ、は	120	210	30	□15
④-3	管柱 120×120	小屋桁 120×270	小屋桁方向	小屋 十ち、十へ	90	120	30	□15
④-4	管柱 120×120	2階床梁 120×240	2階床梁方向 上下から長ほぞ (2方向)	2階 五、八 の わ、い	90	上90 下120	30	□15
④-5	管柱 120×120	2階床梁・桁 120×300 (150)	2階床梁・桁方向 上下から長ほぞ (2方向)	2階 り、ほ通りの管柱 十、六、三通りの管柱	90	120	30	□15
④-6	管柱 120×120	下屋桁 120×150	桁方向下屋	下屋 1通りの管柱頭	90	90	30	□15
④-7	通し柱 150×150	まぐさ 120×120	まぐさ	開口部 ※2方向のものはピン	90	90	30	□15
④-8	管柱 120×120	まぐさ 120×120	まぐさ	開口部 ※2方向のものはピン	90	90	30	□15
④-9	管柱・束 120×120	足固め 120×180	足固め	1階 足固めを管柱と束で両差し	90	90	30	□15

表 4.2.4-2 に長ほぞの既往のデータにおける曲げの試験体仕様について示す。A は現在のデータシートに示されているものである。

これ以外の既往の研究としては 2.3.2 に示した通り、平成 26 (2014) 年度の基整促事業 垂れ壁付き独立柱、だぼ入れにより水平方向

のみ拘束した柱脚等で構成された木造建築物の設計基準に関する検討 と 平成 30 (2018) 年度の基整促事業 断面の大きい軸材料等を用いる木造建築物の技術基準に関する検討事業報告書 が存在する。前者の仕様を B シリーズ、後者の仕様を H シリーズに示す。これらは設計例に必要な仕様とはほぞ等の寸法が異なること、H では込み栓なしの仕様であることなどから、直接活用することはできない。ただし、来年度はこれらを参考にしてデータ収集を行う予定である。

表 4.2.4-2 長ほぞの既往の研究における試験体仕様 (曲げ)

	ほぞ側			受け側			ほぞ			込み栓			備考
	材せい	材幅	樹種	材幅	材せい	樹種	ほぞ厚さ	ほぞ幅	ほぞ長さ	形状	位置	樹種	
	h	w					D			d	受け材芯		
A	120	120	スギ	120	300	スギ	30	90	117	□15	?	カシ	
B-2	135	135	スギ	135	135	スギ	36	120	135	□18	胴付きより芯まで54	シラカシ	胴差用ほぞは上寄り ほぞは15mm程度受け材から出ている
B-3	135	135	スギ	135	180	スギ	36	120	150	□18	胴付きより芯まで54	シラカシ	管柱用ほぞは中央
Ha	150	150	スギ	150	150	スギ	36	120	150	-		-	込み栓なしの試験体
Hb	150	150	スギ	150	120	スギ	36	120	120	-		-	込み栓なしの試験体

表 4.2.4-3 に長ほぞの既往のデータにおける引張の試験体仕様について示す。I シリーズは現在のデータシートに示されているものである。

これ以外の既往の研究としては 2.3.2 に示した通り、平成 26 (2014) 年度の基整促事業 垂れ壁付き独立柱、だぼ入れにより水平方向のみ拘束した柱脚等で構成された木造建築物の設計基準に関する検討 が存在する。これを B シリーズに示す。

これらは設計例にごく近いものも存在する。来年度はこれらを参考にしてデータ収集を行う予定である。

表 4.2.4-3 長ほぞの既往の研究における試験体仕様（引張）

	ほぞ側		受け側			ほぞ			込み栓				備考	
	材寸法		樹種	材幅	材せい	樹種	厚	幅	長	形状	位置			樹種
	w	h					D			d	受け材芯からほぞ側に	ほぞ端部まで		
I3-1	120	120	スギ	120	120	スギ	30	90	120	□15	60	52.5	シラカシ	
I3-2	150	120	スギ	150	150	スギ	30	90	150	□15	60	67.5	シラカシ	
I3-3	120	120	スギ	120	120	スギ	30	90	120	□18	60	51	シラカシ	
I3-4	120	120	スギ	120	120	スギ	30	90	120	○15	60	52.5	シラカシ	
I3-5	120	120	スギ	120	120	スギ	30	90	120	○18	60	51	シラカシ	
I3-6	120	120	スギ	120	120	スギ	36	90	120	□15	60	52.5	シラカシ	
I3-7	120	120	スギ	120	120	スギ	24	90	120	□15	60	52.5	シラカシ	
B-2	135	135	スギ	135	135	スギ	36	120	135	□18	胴付きより芯まで54	72	シラカシ	胴差用ほぞは上寄り ほぞは15mm程度受け材から出ている
B-3	135	135	スギ	135	180	スギ	36	120	150	□18	胴付きより芯まで54	87	シラカシ	管柱用ほぞは中央

第5章 本事業の範囲内での限界耐力計算上の課題の整理

本章は、「伝統的構法のデータベースの使い方（平成31（2019）年2月28日公表）」の作成時に、限界耐力計算を行う上で判断に困った点を設計者にヒアリングし、その対応方法の案を示したものである。

これらの課題および対応方法は、建物タイプ毎、物件ごとに異なると推測される。そのため、2章2.1にも示したように、本事業では、【一般的な2階建て住宅（下屋付の新築）】を対象として検討を進めることとした。本章でもこの対象に限定して整理を行った。

5.1 設計上の考え方の案

5.1.1 部材・接合部のモデル化

No.	課題	考え方（案）
1	柱脚ダボ筋のモデル化の方法 （軸方向ばね・せん断ばねの設定方法）	①軸ばね：浮き上がりを模擬して剛性ゼロの引張ばねを入力。圧縮には剛なばねを入力。 ②せん断ばね：変形を抑えるため剛なばねを入力。生じた水平方向の応力に対してEYT式でせん断耐力を求めて検討。基礎側は固定端とし、一面せん断の鋼板側を基礎側に置き換えて計算

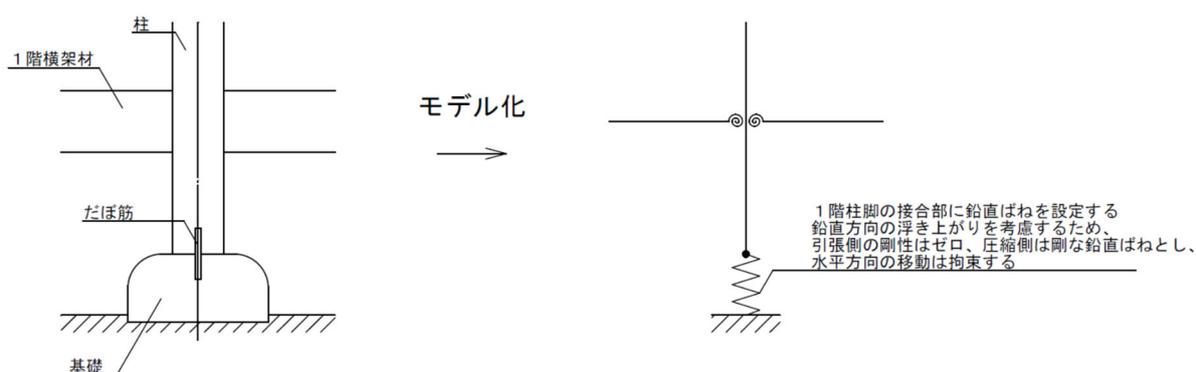
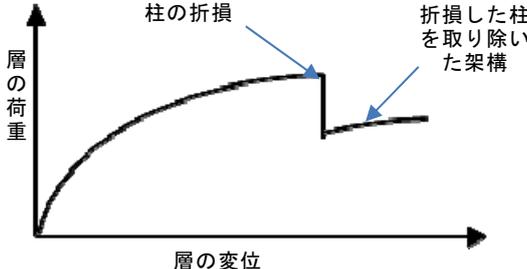


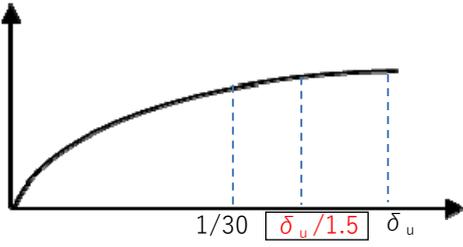
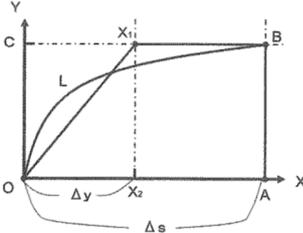
図 5.1.1-1 設計例の柱脚ダボ筋のモデル化の方法

表 5.1.1-1 1階柱脚の接合部の拘束条件

	鉛直方向		水平方向	回転方向
	下向き	上向き		
1階柱脚の接合部	剛なばね	剛性ゼロのばね	拘束	自由

5.1.2 設計法・設計の考え方

No.	課題	考え方 (案)	参照法令・規定
2	柱の折損を許容するかの判断 ↓ 柱折損時を安全限界変位とするかの判断	①柱が 1 本でも折損した時の層の変位を、安全限界変位とする ②折損した（限界変形角に達した）柱を取り除いたと仮定した架構がなお倒壊、崩壊に至っていないことが確認された場合、柱を除いた架構で安全限界変位を求めることができる  図 2	H12 建告第 1457 号 第 6 第 1 項
3	層の限界変位の定義	①耐力低下を考慮できる増分解析で層の荷重変形が 80%低下した時。 ②耐力低下を考慮できないモデルでは、いずれかの部材が限界変形角に達した時 (δ_{u1})。この時 No.2 の考え方は適用可能だが、限界変形角に達した部材を取り除いた架構の層の荷重が元の架構の荷重の 80%以下の場合はその時の層の変位 (δ_{u2})。	木造耐力壁試験の評価方法など

4	安全限界変位の考え方	<p>①原則は 1/30 以下</p> <p>②ただし、耐震要素の荷重変形関係を適切にモデル化した等価一自由度系で、P-Δ効果を考慮した増分解析を行い求めた限界変位に安全率 1.5 を考慮した変位とすることもできる</p>  <p>図 4</p>	<p>①H12 建告第 1457 号第 6 第 2 項</p> <p>②H12 建告第 1457 号第 7 第 3 項の拡張解釈</p>
5	偏心率計算時の剛性の考え方	等価一自由度系に置換する前の立体モデルを用い、一次設計時の各構面の剛性（負担水平力/構面の水平変位）を用いて計算する。	
6	損傷限界変位の考え方	原則は 1/200（建築物の部分に著しい損傷が生じない場合は 1/120）	令第 82 条の 2 層間変形角
7	等価粘性減衰の考え方	<p>実験結果からではなく、等価一自由度系をバイリニア置換して H12 建告第 1457 号第 9 第 2 項第三号の方法で計算する</p> <p>三 建築物の減衰を表す数値 h を建築物に生ずる水平力と当該水平力により建築物に生ずる変位の関係から求める場合は、次の式によって計算するものとする。</p> $h = \gamma_1(1 - 1/\sqrt{Df}) + 0.05$ <p>この式において、γ_1及び Dfは、それぞれ次の数値を表すものとする。</p> <p>γ_1 第一号に規定する部材の構造形式に応じた建築物の減衰特性を表す係数</p> <p>Df 建築物の塑性の程度を表すものとして次の式によって計算した数値（ただし、1 を下回る場合には 1 とする。）</p> $Df = \Delta s / \Delta y$ <p>この式において、Δs及び Δyは、それぞれ次の数値を表すものとする。</p> <p>Δs 第 7 第 1 項に規定する建築物の安全限界時における代表変位（単位 メートル）</p> <p>Δy 次の図の点 X_2における建築物に生ずる変位（単位 メートル）</p> 	H12 建告第 1457 号第 9 第 2 項第三号

8	柱脚の滑り	<p>原則は認めない。</p> <p>滑りを許容する場合は、建物の一体性が確保されていることの確認が必要（例：土台、足固め、1階水平構面等）</p>	
9	平面計画・限界耐力計算のモデル化	<p>限界耐力計算では、等価一自由度系に置換して設計するため、成形な平面形状であることが望ましい。</p>	

第6章 添付資料

6.1 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3年7月19日(水) 18:00~20:00	Zoomによるオンラインミーティング
第2回	令和4年2月24日(木) 10:00~12:00	同上

次ページから、委員会の議事録を掲載する。

令和3年度 建築基準整備促進事業 S34

第1回 伝統木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討委員会

日時	2021年7月19日 月曜日 18:00~20:00				
場所	ZOOM				
参加者 (敬称略)	委員長	五十田博			
	委員	河合直人	鈴木祥之	齋藤幸雄	後藤正美
		大橋好光	腰原幹雄	槌本敬大	山崎義弘
	オブザーバー	山辺豊彦	塩谷康一	松本直之	
	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	中村亜弥子	山崎渉	佐々木留美

配付資料

資料01:関係者名簿

資料02:S34 公募資料

資料03:S34 やること整理メモ(方針案)

資料04:設計例における接合部の仕様・バリエーションの整理

資料05:方針検討時メモ(荒木メモ)+WGでの議論を追記

資料06-1:汎用設計法

資料06-2:DBの目的

1. 国交省挨拶

2. 本事業での全体像(資料NO.02~06)

- ・ 本事業での取り組みについて、各資料の説明を行った。

(公募内容と実施方針案(資料02、資料03))

- ・ 実施内容(案)としては、以下の4つを挙げているが、本事業では予算の関係上①および②を進めることとなる。③、④については、今後のイメージを示し、現段階での意見収集を目的としている(資料06シリーズを参照)。

- ① 【伝統的構法データベースの使い方】(参考資料01)にて採用している耐力要素等についての見直し・バリエーションの検討
- ② 上記設計例に活用可能なデータシートの拡充
- ③ 設計例のバリエーションを増やす(解析モデルとしての精度は伝統的構法データベースの使い方と同等) 例:平屋の農家型、2階建ての町家...等
- ④ 簡略化したモデルによる設計例および1構面単位のデータの作成

(伝統的構法データベースの使い方の例における接合部仕様とバリエーションの整理(資料04))

- ・ 先に示した①を進めるにあたり、伝統的構法データベースの使い方に示された設計例の接合

部仕様のバリエーションを整理するため資料 04 のような資料の作成を進めようとしている。

- ・ 誰に向けてどのような整理を進めるのか明確になっているのか。最初のハードルとしては、限界耐力計算ができる構造設計者に向けて、データベースで足りないと考えられる部分等を補完すること、次のハードルとしては、限界耐力計算を採用するのは難しいという設計者に対して、もう少し簡易に限界耐力計算同等のものができるようにすることが考えられる。この事業では前者までを行うということか。

→本事業では、まずは最初のハードルをクリアすることを目指している。資料 04 で示した伝統的構法データベースの使い方に示された設計例のように、下屋のある 2 階建ての住宅を対象として、必要なデータを整備していく。

- ・ また、伝統的構法データベースの使い方に示された設計例をベースとして、例えば土台の仕様や、断面の大きな差鴨居を追加した場合のバリエーションについても整理していく予定である。

→バリエーションを増やすのもいいが、まずは徹底してこの設計例に必要な情報を整備していくことが必要と思われる。

- ・ ちょっとした寸法の違い等を含めると対象となる接合部の種類はかなり多くなる。例えばデータシートで示された寸法と、設計した寸法が少し異なる場合はどのように判断すればよいか。慣れていない人が設計をする場合に、その寸法の違いをどう判断すればいいか分からなくなる。その点はどのように対応するのか

→WGにおいて、同様の指摘があった。今回の検討では設計例に注記等を入れるか、データシートに解説を加えるかで対応することを考えている。

- ・ 接合部の詳細寸法は建物のサイズによって異なる場合もあるが、どのように整理する予定か。

→それらのバリエーションを検討しだすと、検討対象範囲が非常に広がってしまう。例えば住宅以外で大スパンを飛ばすような建物を想定して検討を進めるのは、本事業の 2 年では難しいと考えている。そのため、本事業では、伝統的構法データベースの使い方の設計例(下屋のある 2 階建ての住宅・スパンは最大 2.5 間まで)に限定して整理を進めることとしている。このように限定しても樹種によって大きく異なる。また、地域によって入手できる材の寸法が異なるためぶれは生じる。

- ・ 設計例では、壁の種類を土壁のみとしているが、設計上は 1 階、2 階のバランスをとるために板壁が用いられる場合がある。仕様として追加するのか。

→この設計例には板壁が含まれていないが、データベースには板壁も整理している。それらも使用できるように解説を加える予定。また耐力の確保できる板壁の仕様があった方がよいと WG でも指摘されている。(委員会後に確認したところ、現在の DB にも仕様規定に追加された高倍率の板壁のデータもデータシートとして示されている。ただし、検索時の表示がわかりにくくたどり着けない利用者が多いと思われるので、HP の改善の提案を行う予定。)

→1 階、2 階のバランスをとるための板壁としては、壁倍率の低いものの方が使い勝手がよい場合がある。

- 資料 04 では「渡り顎かけは構造計算上必要なし？」とされているが、この解析モデルではどのように扱われているのか。
→ピンとしている。設計例では小屋は折置組とし、通し柱と小屋梁・桁は、二重ほぞ差し+渡り顎かけとしている。施工者へのヒアリング時には、二重ほぞが長くなりすぎると折れてしまうので注意が必要という指摘を受けた。

(方針検討時メモ(資料 05))

- 資料 05 は、過去に伝統的構法データベースの使い方の検討において苦労した点、およびそれをベースに本事業 WG での意見をとりまとめたものである。

(汎用設計法および DB の目的(資料 06 シリーズ))

- 資料 06 シリーズは、伝統的構法データベースの目的およびデータの整理方法の考え方、また対象となる建物と設計法の考え方を整理したものである。過去の事業で整理されてきた資料を腰原委員に提供していただいたもので、資料 03 で示した③、④に関連する。
- 本事業では③、④は実施しないということであるが、資料 6 の位置づけはどのようなものか。
→本事業は 2 年であり、その期間では③、④までは整理できないと判断しているが、今後最終的に目指す姿を明確にしたうえで、長期的な検討方針を示し、それを実現するための具体的な手法や優先順位についても検討しておく必要がある。これらをもとに、将来、予算が付くなどの進めるチャンスが得られた場合は、無駄なくデータ整備を進められるようにしておくのが望ましい。したがって、本事業では③、④について議論・意見等を収集したいと考えている。

3. 全体を通して意見

- 設計例をとりまとめる上で、限界耐力計算の前提条件を明確にしておく必要がある。モデル化されていれば簡単に解析できるように見えてしまうが、どのような仕様でも同じモデル化をして設計できるわけではない。例えば L 字の平面形状の設計を単純に 1 質点系に置き換えて設計しているケースが時々見受けられるが、こうした設計は推奨できない。
- 限界耐力計算は、1 自由度系への縮約を行う設計方法である。1 自由度系へ置き換えるにあたって、例えば水平構面の評価についてどの程度の精度を求めるか等、置き換えても問題のない条件を抑えておく必要がある。

4. その他

- 委員会は全部で 3 回(すべて ZOOM)を予定している。
第 2 回は 11 月頃とする。データの整理、ヒアリングを実施し、WG でのとりまとめの進捗に応じて、別途日程調整を行う。

第2回 伝統木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討委員会

日時	2022年2月24日 木曜日 10:00~12:00				
場所	ZOOM				
参加者 (敬称略)	委員長	五十田博			
	委員	河合直人	鈴木祥之	齋藤幸雄	後藤正美
		大橋好光	腰原幹雄	植本敬大	山崎義弘
	オブザーバー	山辺豊彦	塩谷康一	松本直之	
	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	中村亜弥子	山崎渉	佐々木留美

配付資料

- 資料 01: 前回の議事録(7/8)
- 資料 02: 本事業の進め方
- 資料 03-1: 耐力壁要素に関するデータ整理の状況(全体の枠組み)
- 資料 03-2: 屋根のデータ整理
- 資料 03-3: 垂れ壁・腰壁のデータ整理
- 資料 03-4: 接合部のデータ収集計画
- 資料 04: 今回の設計対象における限界耐力計算上の考え方の整理
- 資料 05: 全体スケジュール

1. 前回議事録の確認(資料 01)

2. 本事業での進め方および来年度の実験計画(資料 02、03 シリーズ)

- ・ 資料 02 では本事業の進め方を示した。最終アウトプットのイメージとしては、以下の通り。
 - ・ 対象とした建物タイプの具体的な設計例 1 例を決定し、それについて耐力要素データを収集し、限界耐力計算(うち、3次元解析モデルで増分解析を行う方法)例を作成する。
 - ・ 設計例で必要なデータを収集し、設計者がスムーズに使用できる形式で取りまとめる。
- ・ 本事業で対象とする建物タイプを、【一般的な2階建て住宅(下屋付の新築)】とし、以下を進める。
 - <今年度>
 - 各耐力要素のデータ収集および接合部を除く耐力要素のデータシートの作成(資料 03 シリーズ)
 - 限界耐力計算例の作成にあたっての設計上の課題整理(資料 04)
 - <来年度>
 - 接合部データ取得のための実験
 - 限界耐力計算例の作成

(資料 03-2 屋根のデータ整理について)

- ・ 過去の基整促(2017～2018)で得られた実験データをもとに、屋根のデータシート(資料 03-2)をまとめている。
- ・ 実験での屋根形状は切妻であるが、寄棟・方形でも切妻以上の性能が見込めるため、このデータシートの値を使用することが可能。当時の基整促では、過去の実験データ等より、寄棟・方形では切妻以上の性能が見込めることを示した。当時の検証を追記するかどうか今後判断する。

(資料 03-3 垂れ壁・腰壁のデータ整理について)

- ・ 屋根と同様に過去の基整促(2015、2019～2020)で実施した実験および解析より、土壁のみの性能を示したデータシートとしてまとめる。なお、現状の伝統的構法データベースのデータシートは、フレームを含む値で整理されている。

3. 今回の設計対象における限界耐力計算上の考え方の整理(資料 04)

- ・ 以前、伝統的構法データベースの設計例を作成した際に、限界耐力計算上の考え方として設計者が判断に迷う点などが課題として整理された。それら課題への対応として必要な情報や、考え方を資料 04 にまとめている。なお、冒頭にも示したが、建物タイプ【一般的な2階建て住宅(下屋付の新築)】を前提とした対応を示している。
- ・ No.1 柱脚ダボ筋のモデル化の方法で、資料 04 ではせん断ばねとしているが、設計例では、圧縮、引張の軸ばねとし、引張ばねの剛性を 0 としている。設計例に合わせて修正しておく。
- ・ No.5(資料 4 の 1p では No.6) 偏心率計算時の剛性の考え方について、割線剛性(1/200、1/150 又は 1/120rad)もしくは増分解析結果の初期剛性より算出するとしている。
→表中の文章の「割線剛性」、「初期剛性」は建物全体ではなく耐震要素に適用するものと考えている。その点を追記しておく。
→実際の建物では変形が進むと、構面によって変形角が異なる場合が生じ、偏心率も変化していく。この状況を確認しておくようなことができないだろうか。
- ・ No.8(資料 4 の 1p では No.9) 柱脚の滑りに関する記載について、建物の一体性の確保の条件に例示されている「大引き」は足固めであると思われる。修正しておく。
- ・ 柱脚の滑りについては、なるべく石場立てが建てられるような緩和をしてほしいという意見がある。滑りを考慮した実験は過去に実施されているためそのデータを活用できるのではないか。
→一体的に動く条件が付加することができれば可能であるかもしれない。しかし、その前に、上部構造の性能評価が可能な状況になっておく必要がある。現在は、まだ上部構造の性能評価を進めているところであると考えている。
→学会の検討では柱脚の滑りをどのように扱っているか。
→柱脚の滑りは特に検討していない。
- ・ 伝統木造特有の問題点というものが他にもあれば、整理をしておいたほうがよい。まずは過去

の議事録からこれまで上げられた課題を整理するのがよいのでは。これまでに示された課題は様々な建物タイプを想定してのものなので、今回のように建物をタイプを限定した場合には問題とならないものが多いが、今後、別の建物タイプの検討を進める場合にも参考となるように委員会・WG で出た意見を集約しておく。

→例えば、前回議事録にはL字の平面形状の設計について言及されていた。こうした指摘も課題として資料 04 のリストに挙げておく。

4. 全体を通しての意見

- ・ 設計例では第 1 種地盤が設計条件となっている。第 2 種地盤が設計条件に追加できるか検討してみしてほしい。

→第 2 種地盤を追加で検討する場合は、安全限界変形角を例えば 1/15rad もしくは 1/20rad までいいという判断を示す必要が生じるものと思われる。安全限界変形角の議論が充分にできていないことから、本事業では難しい。現段階では第 1 種地盤で現実的なプランでの結果をまとめることのみを示すようにしたい。例えば、第 2 種地盤で 1/30rad を満足するように建物を設計する場合は、本事業でも対象となり得る可能性はあるが、壁量が多くなりすぎて伝統構法とは言えないとなる可能性がある。

→これまで第 2 種地盤で設計された建物の安全限界変形角は 1/20rad としていることがほとんど。それらを否定することにならないか。

→それは個別事例で検証した上で OK となっているはずで、ここで示す設計例は一般の方向けに広く示すものを狙っているため、主旨が異なる。一般的な考え方として 1/20rad としていい条件を示すというのは、本事業での検討よりもっと先の課題であると思われる。引き続き議論していく必要はある。

5. その他

- ・ 来年度は、以下の点を進める。
 - ・ 接合部の実験およびデータシートの作成
 - ・ 接合部以外のデータシートの作成
 - ・ 今回整理したデータを用いた限界耐力計算例の作成
 - ・ 上記の計算例において接合部を全てピンとしたものの計算例の作成
- ・ 今年度の事業終了は 2/25(金)
各章の報告書作成の締め切りは 3/7(月)で執筆担当者に案内済。

6.2 ワーキンググループ議事録

本事業で実施したワーキンググループは以下の通りである。

	日 時	場 所
第1回 WG	令和3年5月27日(木) 17:00~19:00	Zoomによるオンラインミーティング
第2回 WG	令和3年6月24日(木) 15:00~17:00	同上
第3回 WG	令和3年10月18日(月) 10:00~12:00	同上
第4回 WG	令和3年12月9日(木) 10:00~12:00	同上
第5回 WG	令和4年2月3日(木) 18:00~20:00	同上

次ページから、ワーキンググループの議事録を掲載する。

令和3年度 建築基準整備促進事業 S34

第1回 S34 伝統木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討WG

日時	2021年5月27日 木曜日 17:00~19:00				
場所	ZOOM				
参加者 (敬称略)	主査	河合直人			
	委員	五十田博	松本直之	山辺豊彦	
	オブザーバー	塩谷康一			
	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	中村亜弥子	山崎渉	佐々木留美
配付資料	資料01:2017年度_伝木DB整理手順(訂) 資料02:S34 データシートの候補となる実験 資料03:伝木DB確認_210527				
<p>1. 前回打合せ議事録の確認</p> <p>2. データベースの拡充について(資料01、02)</p> <ul style="list-style-type: none"> 資料01では、現在公開されているデータベースについて、実験データの収集方法、データシートの作成方針および公表の経緯を示している。また、以下の文章中の①~⑤は別添の「S34 データ拡充全体像.pdf」の番号を示す。 当時のデータベースの作成手順は、以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> 一括収集候補(報告書等)をピックアップし、その候補から①一括収集対象と②一括収集対象外に分け、①からデータシート作成候補の実験データを整理した。 データシート作成候補から採用することが決定したものについて、データシートを作成した(採用条件については、資料01参照)。 ③個別収集対象として、データシート作成者が①、②以外のデータ(論文等)を推薦し、それらのデータシートを作成した。 上記作成したデータシートをデータベース HP 上にアップした。 今後のデータベースの拡充にあたっては、下記の方法が考えられる。 <ul style="list-style-type: none"> (ア) ①一括収集対象の実験データのうち、データシートを作成する条件(同じ破壊性状のデータが3つ以上そろう等)に合致しなかったものを見直し、データシートを作成(追加実験等が必要となる可能性がある) (イ) ④基整促 S25、S32 で実施した実験データからデータシートを作成 (ウ) ②一括収集対象外の実験データからデータシートを作成 (エ) 建築学会の論文などから実験データを収集し、データシートを作成(⑤ニーズからの不足 					

分)

- データの拡充に当たって新たにデータシートを作成する対象は、設計を行う上で必要な接合部・耐力要素のデータとする。これらは、「伝統的構法データベース」をベースに整理。
- (イ)については、④の実験データ(資料02)のうち、下記太字で示すもののデータシートの作成を進める。本打ち合わせで、設計上のニーズを考慮して選択。

No.	部位	実験分類	データベースへの採用判断
01	屋根	要素実験 屋根構面	追加しない
02		要素実験 小屋梁構面	追加しない
03		要素実験 鉛直構面	追加しない
04		実大実験 切妻屋根	片持ち梁形式のみ追加
05	柱	要素実験	柱、横架材付き柱の2つを追加。 横架材・板壁付き柱は追加しない。
06	構面	要素実験 接合部	追加する
07		要素実験 差鴨居	追加しない
08		要素実験 垂れ壁	土壁と柱に隙間を設けている試験体は追加しない。 仕口抵抗のない土壁せん断(軸材がピンとなっているもの)は、現段階ではペンディング。
09		実大実験 構面	追加する
10	柱	要素実験 柱(3点曲げ・4点曲げの違い)	追加しない
11		要素実験 柱(断面欠損形状の違い)	追加しない

- (ウ)は実施しない。
→当時の検討で、②一括収集対象外となったものは、実験データの権利関係(実験データの入手、公表にあたって各執筆者等への確認が必要)の対応が困難であったもので、本事業でも個別の権利関係の対応はできないため、収集対象外のままとする。
→②一括収集対象外の資料については、データベース HP(参考データ・マニュアル)にリンクが示されている。ただし、現在のようにリンクが貼られているだけではどういう実験データがあるかが分かりづらいため、データベースの目次の分類に沿って必要な情報にアクセスしやすくなるよう HP の構成を検討していただく提案を住木センターへ行う。
- (エ)建築学会の梗概、もしくは黄表紙、技術報告集等から実験データを収集する。収集作業を誰が実施するかは今後検討。

→学会の梗概集から収集するデータは荷重変形関係のグラフが小さい等、データシートとして整理できるようなものは少なそう。しかし、設計者に実験データがあると知ってもらうのは重要であるため、実験データリストだけでも作成しておく。

・ 現在、建築学会の伝木小委員会では、「限界耐力計算による伝統的木造建築物構造計算指針・同解説」に接合部や壁等のデータを載せようと検討を進めている(主査:大橋先生)。この改訂を目指した取り組み・実験等の情報について、本事業と共有しておいたほうがよいのではないか。

→建築学会の伝木小委員会では設計法の体系作りを目指しており、本事業は伝統木造の設計に資するようなデータ整備を進めることが目的となっている。目的が異なるため、伝木小委員会と本事業間で連携して進めなくてもよいと思われる。ただし、例えば、伝木小委員会で実験を実施し、計算式が提案されたものを、本事業で試行的に計算を行うといったような部分的な連携は考えられる。

3. 設計実務における課題の整理

・ 前回の事前打合せでは、実務において建物をモデル化する際の問題点がいくつか挙げられていたが、具体的にどのように作業を進めるのがよいか。

→前回議事録に示しているように、まずはモデル化する際の問題点を洗い出す必要がある。以下の過去の検討をベースとして、次回 WG にて課題を挙げていく。

- ① 「伝統的構法データベースの使い方」
- ② 「基整促 S13(垂れ壁付き独立柱、だぼ入れにより水平方向のみ拘束した柱脚等で構成された木造建築物の設計基準に関する検討)で実施された限界耐力計算による設計例(第5編)」
- ③ 「伝統的木造軸組構法住宅の耐震性能検証実験報告書(住木センター) 4 振動台実験建物の詳細解析」

次回 WG には、基整促 S13 でとりまとめに関わっていた腰原先生にも出席いただく。

4. その他

- ・ WG メンバーとして、松本(東大)、秋山(国総研)を追加。
- ・ 次回以降の予定は以下の通り(本 WG 後に調整し決定した)。

WG02: 6/24(木)15:00~(@ZOOM)

委員会 01: 7/19(月)18:00~(@ZOOM)

令和3年度 建築基準整備促進事業 S34

第2回 S34 伝統木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討WG

日時	2021年6月24日 木曜日 15:00~17:00				
場所	ZOOM				
参加者 (敬称略)	主査	河合直人			
	委員	五十田博	腰原幹雄	松本直之	山辺豊彦
	オブザーバー	塩谷康一			
	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	中村亜弥子	山崎渉	佐々木留美

配付資料

- 資料 01:WG01(5/27)議事録
- 資料 02:議事録付録 S34 データ拡充全体像
- 資料 03:議事録付録 2017年度_伝木 DB 整理手順(訂)
- 資料 04-1:S34 データ拡充 やること整理図
- 資料 04-2:S34 データ拡充 やること整理メモ
- 資料 04-3:S34 データ拡充 作成資料について
- 資料 05:S34 設計上の課題整理 やること整理メモ

1. 前回打合せ議事録の確認+事業概要の説明

2. 過去の事業と本事業の関連、及び本事業の目的について

- ・ 本事業と伝統的構法データベース(住木センター管理)の関連はどのようになっているのか。
→本事業では伝統的構法データベースに掲載するためのデータシートの整備・拡充を進めることとしている。作成したデータシートは、事務局から住木センターへ送付し、伝統的構法データベースを更新してもらうことになる。
→データを継続的に更新、アップデートできるような体制、また問い合わせ等に対応できるような体制を作っておく必要があるのではないだろうか。そうしなければ結局設計で使えないものになってしまう。
- ・ 本事業で進めようとしているデータシートの拡充を進めるだけでは、実際の設計での活用が広がる動きにつながらないのではないか。現在は、限界耐力計算による伝統的木造建築物構造計算指針・同解説(建築学会)や、各書籍等が出版されているが、例えば建築学会の指針に示されている設計例は、内容が理解できる人でなければ設計に活用できない。伝統的構法データベースが、内容の理解できる限られた人にしか使われなくなるにならないよう、少しでも分かりやすい設計法の作成、およびそのための資料を整理していくことが必要であると思われる。過去事業の成果のうち、設計例として「伝統的構法データベースの使い方」があるが、これをバージョンアップするのがよいのではないだろうか。
- ・ このデータベースはそもそも誰が使うことを想定しているのか。

→構造設計者。加えて、適判員が参照するイメージ。

→伝統構法に取り組む工務店の方々にも使えるようにした方がよいのではないか。

3. 本事業で進める内容

- ・ まずは伝統的構法データベースの目指す全体像を整理することとし、以下に示す①～④を進めていくことがいいのではないかとの議論があった。本事業では、まずは①、②を進めることとしている。

- ① 既存の設計例(伝統的構法データベースの使い方)にて採用している耐力要素のデータの断面寸法や仕口等の仕様が変わった場合の対応方法の追記
- ② 上記設計例に活用可能なデータシートの拡充
- ③ 設計例のバリエーションを増やす(解析モデルとしての精度は伝統的構法データベースの使い方と同等) 例:平屋の農家型、2階建ての町屋・・・等
- ④ 簡略化したモデルによる設計例および1構面単位のデータの作成

(①既存の設計例(伝統的構法データベースの使い方)の追記)

- ・ 伝統的構法の設計者・工務店は、納まりや断面寸法等の仕様にそれぞれこだわりが強いことが多く、既存の設計例(伝統的構法データベースの使い方)で使用されている耐力要素の仕様が、自身が取り組んでいる仕様と異なっている場合は設計例を活用してもらえない。そのため、例えば断面寸法を変更した場合、もしくは樹種を変更した場合等に、どのように設計例を活用することができるか明示しておく必要があると思われる。
- ・ 例えば過去の実験等でパラメータを振って得られた結果を見ると、断面や仕口等の寸法が変わってもそれほど気にしなくてもいいと判断できるようなデータがある。一方で、寸法が異なるだけで大きく差が生じている結果となったデータもあると思われる。各仕様の適用範囲を設計例に明確に示しておくのがよい。
- ・ 追記する仕様については、ヒアリングにより実態を確認することとする。(ヒアリングは山辺事務所+事務局にて実施)

(②上記の設計例に活用可能なデータシートの拡充)

- ・ 前回WGでS25、S32で得られた一部のデータについてデータシートを作成することとした。また「伝統的構法データベースの使い方」作成時に不足していたデータについて、追加で実験データを収集してデータシートを作成することとしている。それらデータシートの作成は誰に依頼するのがよいか。
 - 実験担当者の目線ではなく、設計時にどのように使いたいかという目線で作成した方がよい。設計例の解析モデルを作成する人がデータシートを作成するのがよいのではないか。
 - ①で実施するヒアリングを実施後、仕様のバリエーションの整理を行い、誰にどのようなデータシートを作成してもらおうか検討を行う。必要とされたデータで既存のデータがない場合は、来年度実験を実施する方向で検討する。

(③設計例のバリエーションを増やす)

- 一つの設計例で使用される仕様等のバリエーションを増やすだけでなく、建物のバリエーションが異なる設計例を追加し、一通りの流れを示すことができれば、それを使う設計者・工務店等はあると思われる。
- 基整促S13の報告書(第5編第2章-p1～)に伝統的木造建築の分類として、(1)町家型民家、(2)農家型住宅、(3)数寄屋、書院、(4)住宅((5)以降は文化財系であるため省略)が示されている。この分類に基づくと、「伝統的構法データベースの使い方」の設計例は、部分2階の(4)住宅(下屋があるタイプ)に該当する。次の設計例として、総2階の(4)住宅を追加してはどうか。
→他の分類の設計例の要望が出てくるとと思われる。その要望に対しては、地道に設計例を追加していくような対応が必要であると思われる。

(④簡略化したモデルによる設計例および1構面単位のデータの作成)

- 既存の設計例(伝統的構法データベースの使い方)ではモデル化、およびデータシートの取り扱いが難しいと感じる設計者がいるため、簡略化したモデルによる設計例を示すことができないか。簡略化したモデルによる設計のイメージとしては、1構面単位での荷重変形を示しておく、それぞれの構面の特定変形角時の荷重を足し合わせるようなものとする。
→このとき、1構面単位のデータは、耐力要素(データシート)を組み合わせ、1構面に集約した等価モデルを用いることとする。そのため簡略化したモデルによる設計例の解説に加えて、耐力要素を1構面に集約する際の考え方・解説が必要となる。また、耐力要素の組み合わせ方によって1構面に集約した等価モデルが異なるため、それぞれに解説が必要となる。かなり数が多くなるが、これも地道に一つずつ追加していくことが重要。
→その方法で足し算したものが性能的に担保されているのかどうか、という懸念は生じる。
- 現状では、汎用3次元立体解析プログラム(MidasやSNAP)を持っていない人が建物を建てたいとなった場合に、このデータベースを活用するのは難しい。将来的には建物タイプや仕様を限定しつつ、もう少し簡易に(エクセルに入力する程度)設計可能な方法を示していくことが必要となる。

4. その他

- 第1回委員会へ向けた準備は以下の通り。
 - (1)伝統的構法データベースの目指すものを示す資料(担当:腰原)
 - (2)「伝統的構法データベースの使い方」および仕様のバリエーションの整理(担当:山辺事務所および事務局)→委員会当日は、(1)の説明、および(2)について仕様等の意見を伺う。
- 次回以降の予定は以下の通り。WGは委員会01以降で設定(日程調整は別途)。
委員会01: 7/19(月)18:00~(@ZOOM)



第3回 S34 伝統木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討WG

日時	2021年10月18日 月曜日 10:00~12:00				
場所	ZOOM				
参加者 (敬称略)	主査	河合直人			
	委員	五十田博	腰原幹雄	松本直之	山辺豊彦
	オブザーバー	塩谷康一			
	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	中村亜弥子	山崎渉	佐々木留美

配付資料

- 資料 01-1:WG02(6/24)議事録
- 資料 01-2:委員会 01(7/19)議事録
- 資料 02:S34 現状の報告
- 資料 03:設計例×データシート
- 資料 04:伝統的構法データベースの使い方 修正案
- 資料 05:設計用データシートフォーマット案
- 資料 06:過去基整促の実験データ
- 資料 07:設計用データ収集ルール(案)
- 資料 08:年間スケジュール

- 参考資料 01:対象建物
- 参考資料 02:土壁データシート(全面壁・垂れ壁・腰壁)

1. 前回打合せ議事録の確認

2. 本事業の進捗について(資料 02~07)

- ・ 資料 02~資料 07 は、下屋のある2階建て住宅の設計例の充実を図るため、データベースの使い方(設計例)とデータシートを突き合わせ、現在のデータシートの不足分等の情報を整理し、それを踏まえ今後のデータシートの拡充方法についての案を示したものである。

(本事業での検討体制について)

- ・ 本事業の成果を住木センターで管理している伝統的構法データベースに反映してもらうよう働きかけること、また、伝統的構法データベースを今後も維持していくことを考えれば、住木センターの方にも共有してもらった方がよいのではないかと。本WGでどういうデータを載せるべきか等を含めた仕様の議論を把握してもらうよう、本WGに参加していただくようお願いする(事務局→住木センター:鈴木さんに参加いただくことに決定)。

- 資料 02 に示すような、本事業で対象とする接合部等の仕様の決め方の経緯（実務者へのヒアリング等）はデータベースに掲載するつもりなのか。本事業で絞り込んだ対象とする仕様を決定した経緯は示した方がいい。つまり、多くの仕様がある前提で、本事業で選択した仕様が一例であるという考え方を理解してもらえるように整理ができればいいと思っている。
→データシートや本事業のとりまとめを作成する際に、検討の対象となる仕様以外の仕様を否定するような書きぶりにならないように気をつけて整理を進める。
→例えば資料 2 では、当初の設計例で採用した雇いほぞ胴栓止めとしているが、実務上は建て方の際の安定性などを考慮して竿車知とすることが一般的として、変更する案を示している。

雇いほぞも、設計や立地によっては選択される可能性もあることを示しておく必要がある。

（建築学会小委員会との連携）

- 以前にも話題に上がったが、**建築学会の小委員会（以下、学会という）**でも接合部等のデータ収集・整理が進められているところである。学会で整理しようとしているものと本事業で整理するもので、考え方や値が異なる場合は混乱を招く。情報交換をしながら本事業を進めるのがよいのではないか。

伝統的木造建築物構造設計検証小委員会

■設置期間：2019 年 4 月～2022 年 3 月

■設置目的：伝統的木造構法の構造要素を対象とした設計法の作成

■委員構成（2021 年 4 月 1 日現在）

主査：大橋 好光

幹事：中尾 方人 藤野 栄一

委員：宇都宮直樹、河合 直人、北守 顕久、坂田 弘安、佐藤 弘美、清水 秀丸
庄所 直哉、中川 貴文、宮本 慎宏、山崎 義弘、山田 耕司、横内 基

■傘下のWG：伝統的木造建築物設計例分析WG

→学会で取り組んでいる内容はおそらく本事業よりも広範囲（より多くの耐力要素およびその仕様のバリエーションを検討）しており、かつ、ある程度のバリエーションを統合する理論式を構築しようとしているため、そのままでは設計に使えるものではない。

→本事業では、そのうち、絞り込んだ仕様の設計で用いる値そのものを示したいので、学会で示された理論式などを元に、整理し直す必要がある。

→学会では外部の予算を獲得して実験も実施する方向で進めており、その結果を見ながら、数式に落としこんでいくような進め方となるので、本事業との進捗状況が合うかどうかは確認が必要。

- 学会の主査に連絡を取り、以下を確認して、情報共有の進め方を相談する。
① 本事業で対象としている耐力要素およびその仕様について、学会でも検討対象としているかどうか。

- ② ①のとりまとめのスケジュール。
- ③ 学会で目指している成果物・データの取りまとめ方のイメージ。
- ④ 情報共有が可能な場合、その方法。

(接合部のモデル化と実験計画について)

- ・ 本事業では、現在のところ、以下の接合部の実験データが必要である。
 - 竿車知栓止め(2 方差し 十字) 曲げと引張
 - 胴付き小根ほぞ込み栓止め(T 字) 曲げと引張
 - 長ほぞ(T 字) 曲げと引張
- ・ 接合部をどうモデル化するかによって必要なデータが変わり、実験に当たってはそれに応じた試験方法、計測方法を計画する必要がある。

例えば差し鴨居のある十字型の接合部をモデル化の手法は簡易的なものから複雑なものまでいくつかのパターンがある。単純なものとしては柱と差鴨居を回転ばねで繋ぐモデル、複雑なものとしてはまたは昨年度の検討のように柱と差鴨居をマルチスプリングなどでつなぎ、車知栓に相当する引張ばね、差鴨居の柱へのめり込み、せん断、ほぞの回転を全て再現するようなモデルも考えられる。

→ご指摘の通り、設計側でモデル化のバリエーションを示しておき、それに応じた実験計画が必要となる。一方で、**学会**の実験では理論の構築と精緻なモデル化を進めたい、という考えがあると思われるので、それぞれの目的に合うような実験となると思われる。データの情報共有が可能かどうかにもかかわるので、調整を進めてはどうか。
- ・ 竿車知をモデル化しようとする、柱の左右で異なるばねが必要になる等、モデルが複雑になる可能性がある。一方で雇いほぞ胴栓止めのモデル化はすでに設計例で示した程度で回転ばね、引張ばねを設けることでよく、モデル化しやすい。設計上扱いやすいもの、実務上求められているものの、2つのデータを示しておくのがよいのでは。
- ・ **実験計画の検討に当たっては、既往の実験方法や計測計画を参考とするために、対象とする接合部については、既往の研究も確認するようにする。**

(実験計画時のルール)

- ・ 本事業で実験を計画することになった場合を想定して、実験計画にあたって試験体数や破壊性状等の考え方、データの整理方法等について過去の基整促等で議論されたものを整理したものが資料 06 である。**学会**で進めている実験にはどういうルールがあるか。

→試験体数としては 6 体ということで進めている。
- ・ **学会**で進めている実験も予算上の縛りがあるため、接合部は 3 種類程度であり対象は限定されている。

(過去基整促のデータシート作成)

- ・ 過去基整促での実験データのうち、一部についてデータシートを作成する方針が第 1 回 WG で決まった(資料 06 参照)。本事業で必要なデータと突き合わせて、少し対象を絞り込み、データ

シートを作成することとしたい。このとりまとめは、どのように進めるのが良いか。

→学会ではどういう役割分担になっているか。例えば接合部を担当しているグループがあれば、そこをお願いするのがよいのでは。もしくは本データベースを作成した際の委員会の検討メンバーは、接合部関係は宮本、佐藤、多幾山の3名であった。過去に取りまとめでいただいたことを踏まえると、この3名に依頼するのがよいのでは。この3名のうち宮本、佐藤は学会にも参加している。

→過去基整促の実験担当者も加えてデータシート作成候補者リストを作成する。

- ・ 実験計画、実験データのまとめ方等については、随時山辺事務所にも協力いただき、モデル化の案などを示してもらい、実務者の目線からの意見を収集する。

3. 今後の作業方針について(再掲)

- ・ 上記の議論を踏まえ、学会での動きについて、主査の大橋先生に連絡をとり、情報交換の方針などを相談する。
- ・ 過去基整促で収集した実験データのデータシートを作成するにあたって、既往のデータシートの作成時の担当者に加え、過去基整促の実験担当者を加えたデータシート作成候補者リストを作成する。
→加えて依頼する作業を明確にする。(過去の実験データを設計側の要望に合わせた形での整理、新たに実験データを作成する場合の実験計画の立案等。)
- ・ 設計側の要望を踏まえた実験計画とするため、各耐力要素のモデル化のバリエーションを整理しておく。
- ・ 本事業の検討対象とする接合部については、既往の研究の確認を行う。

4. その他

- ・ 次回以降の予定は以下の通り。
WG04: 12/9(木)10:00~(@ZOOM)

令和3年度 建築基準整備促進事業 S34

第4回 S34 伝統木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討WG

日時	2021年12月9日 木曜日 10:00~12:00				
場所	ZOOM				
参加者 (敬称略)	主査	河合直人			
	委員	五十田博	腰原幹雄	松本直之	山辺豊彦
		山崎義弘	佐藤弘美		
	オブザーバー	塩谷康一	鈴木圭		
	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	中村亜弥子	山崎渉	佐々木留美

配付資料

- 資料 01:WG03(10/18)議事録
- 資料 02:学会との連携について 報告
- 資料 03:現状のまとめ
- 資料 04-1:①水平構面(屋根)
- 資料 04-2:②水平構面(2階床)
- 資料 04-3:③耐力壁(土壁全面)
- 資料 04-4:④耐力壁(土壁垂れ壁)
- 資料 04-5:⑤接合部(1階柱脚)
- 資料 04-6:⑥-1 接合部 雇ほぞ込み栓止め
- 資料 04-7:⑥-2 接合部 竿車知栓止め
- 資料 04-8:⑦接合部 胴付き小根ほぞ胴栓止め
- 資料 04-9:⑧接合部 長ほぞ込み栓

1. 前回打合せ議事録の確認

2. 学会との連携について(資料02)

- ・ 11/30に実施された伝統的木造建築物構造設計検証小委員会(以下、学会という)に出席し、情報交換を行った。学会では、「限界耐力計算による伝統的木造建築物構造計算指針・同解説」の改訂および設計例の作成、耐力要素の理論式の整理が進められている。学会で作成する設計例では、各層もしくは各層各構面で耐力要素を加算することを想定しており、本事業の設計例で進めようとしている立体モデルでの増分解析を行う方法とは異なる。そのため、本事業では学会で整理される耐力要素の理論式およびその確認のために実施される実験を参考にさせていただくことがよいと思われる。
- ・ 本事業からは、希望者はオブザーバーとして学会に参加できることになった(学会(小委員会)は今年度で終了)。今後の実施予定は下記の通り。参加希望者は事務局まで連絡(山辺氏、

塩谷氏は出席予定)。

2/7(月) 18時～

3/7(月) 18時～

(いずれも ZOOM による開催)

- 資料 02 p2 の誤字を修正。(各階銃身→各階重心)

3. 本事業での検討の進め方と進捗状況について(資料 03、資料 04 シリーズ)

- これまでの WG 等での議論を踏まえ、資料 03 では、伝統的構法データベースおよび伝統的構法データベースの使い方(以下、設計例という)およびその追加解説、データシート改定の整備方針(今後の将来像も含む)を整理した。資料 04 では、耐力要素別に、設計上の適用範囲等を示した解説内容のイメージに加え、現状の設計例、現状のデータシートの該当部分の抜粋(+修正等のコメント付記)、既往の研究に関する資料を整理した。
- 以下は耐力要素別に、耐力要素の解説、データシートの整備状況、現在データシートに反映できていない基整促事業の成果等を示す(作業中でありその途中経過)。また、追加データの列に黄色の塗りのセルで示したものは、実験等によりデータ取得が必要なもの、赤枠は今年度学会で実験をする予定の仕様である。(表中の○は作成が必要なもの、△は修正もしくは追加が必要なものを示す)

		耐力要素 の解説	データシ ート	追加データ	担当
①水平構面(屋根)		○	△	基整促 2017-2018	山崎
②水平構面(2階床)		○	—	—	—
③耐力壁(土壁全面)		○	—	—	—
④耐力壁(土壁垂れ壁・腰壁)		○	△	基整促 2015 基整促 2019-2020	佐藤 松本
⑤接合部(1階柱脚)		○	—	—	—
⑥-1 接合部 通し柱(中央) — 梁 雇ほぞ込栓	曲げ	○	△	基整促 2019-2020	未定
	引張	○	△	実験?	未定
⑥-2 接合部 通し柱(中央) — 梁 竿車知	曲げ	○	○	既往研究? 実験?	未定
	引張	○	○	実験?	未定
⑦接合部 通し柱(端部) — 梁 胴付き小根ほぞ込栓	曲げ	○	△	基整促 2019-2020	未定
	引張	○	△	既往研究? 実験?	未定
⑧接合部 管柱—梁・桁	曲げ	○	△	基整促	未定

長ほぞ込栓				2019-2020	
	引張	○	△	実験？	未定

- 今後(来年度も含む)進める内容として以下の通り。

(1)今年度、学会側での取りまとめが完了後に、設計例で必要な耐力要素の理論式等について情報を共有する。

(2)⑥-2 竿車知の接合部について、設計で使用することを想定したモデルを示す(モデルの作成は山辺事務所で進める。)

(3)接合部については過去の基整促等ですでに取得しているデータがあるため、その整理を進める。接合部のデータシートの改定作業については文化財構造計画に担当いただけるか打診してみる。
- 表の通り、現在は接合部のデータが不足もしくは不備がある(データシートがあってもそれを設計に使えない)状況であるが、実際に建物を設計する場合はどのように対応しているのか。

→耐力は壁でとるようにし、接合部はピンで設計している。今回整備しようとしているデータは耐力の加算を目的として設計で使用する前提であるが、接合部をピンで設計した場合でもこれらのデータを検定に使用することとなる。

→接合部について、今回整備しようとしているデータを用いて設計した場合と、ピンで設計した場合と比較して、建物全体でどの程度変わるか。

→これまで比較したことがないため、どの程度変わるのかわからない。
- 学会では、引張の実験を主に実施することになっており、曲げについては理論式により求めることができるとしているが、具体的にどのような考えか。

→引張は実験から、圧縮は稲山式によるめり込みから求め、その2つから回転ばねを設定する。そのとき回転中心をどう設定するかという点は問題となる。
- 本事業の解析モデルではどの程度の精緻さを求めるのか。それにより学会で得られたデータを本事業に向けて整理する方法が変わる。例えば接合部の圧縮ばねについて、めり込みを再現するためにマルチスプリングとすることも考えられる。

→設計では、引張、圧縮、回転ばねそれぞれ1つずつ程度で処理できるようにしないと使ってもらえないのでは。ただし、検定時は複合応力で確認する必要があると思われる。
- 設計例を作成した当時の委員会ではどういうレベルの解析モデルとするか議論があったか。

→各接合部、土壁等についてどういうモデル化をするかといったような議論はなかった。設計例は、データシートを設計に用いる場合の使い方を示すことを目的として作成した。
- 例えば竿車知の場合、通し柱(中央)と梁の接合部の左右で接合部形状が非対称となり、耐力・剛性も異なる。こうした場合にどのようにモデル化するのが妥当か検討が必要。
- データシートに示された実験データが使えないという説明があったが、具体的にはどういう状況だったか。

→データシートに示された特性値(弾性剛性、降伏耐力、変位)が実験結果のグラフと合わない等。実験データそのものを使えないというわけではなく、実験データをどのようにまとめたかが分からないデータとなっている。

4. その他

- ・ 次回以降の予定は以下の通り。
WG05: 2/3(木)18:00~(@ZOOM)
委員会 02: 2/24(木)10:00~(@ZOOM)

第5回 S34 伝統木造建築物の仕様規定における仕口の構造評価基準の明確化に関する検討WG

日時	2022年2月3日 木曜日 18:00~20:00				
場所	ZOOM				
参加者 (敬称略)	主査	河合直人			
	委員	五十田博	腰原幹雄	松本直之	山辺豊彦
		山崎義弘	佐藤弘美		
	オブザーバー	塩谷康一	鈴木圭		
	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	中村亜弥子	山崎渉	佐々木留美

配付資料

- 資料 01: WG04(12/9)議事録
- 資料 02: 各耐力要素の整備状況 接合部、接合部以外
- 資料 03: 水平構面 屋根
- 資料 04-1: 垂れ壁・腰壁
- 資料 04-2: 垂れ壁_松本
- 資料 05-1: 接合部(データ収集計画)
- 資料 05-2: 接合部おさまり ヒアリング結果
- 資料 06: 来年度に向けての作業イメージ
- 資料 07: 今回の設計対象での設計上の判断について
- 資料 08: 全体スケジュール

- 参考資料 01: 竿車知継の既往の研究
- 参考資料 02: 長ほぞ差しの実験 2014年基整促

1. 前回打合せ議事録の確認

2. 各耐力要素の進捗(水平構面(屋根))(資料 03)

- ・ 資料 03 は、基整促 S25(2017、2018 年度実施)での屋根の実大水平加力試験によって得られたデータを、設計に使用可能なデータシートとして整理しなおしたものである。試験での材料・試験体の諸元や得られた荷重変形関係、破壊性状、特性値等を示している。伝統的構法ホームページに挙げられている水平構面・屋根のデータシートとは異なり、ここで示したデータは試験体の詳細な仕様分かるようになっている。
- ・ 屋根の適用条件について、この実験での屋根形状である切妻以外の、寄棟や方形でもこのデータを使用して問題ないこととする。また、屋根勾配は特に限定しない。
→実験では屋根勾配を 4.5 寸としているが、もっと急な勾配の場合のものがあると思われ、その場合はこのデータを用いるのは難しいのでは。急な勾配は例えば寺で見られる。

→今回の検討では下屋のある住宅を想定しているため、もっと急な勾配はあまりないだろうと
 いうことで考慮しない。今後別の事業で、寺等を対象としたデータ整備を進める場合は、別途
 検討する必要がある。

- 資料 03 p4にある完全弾塑性モデルに関して水平構面の許容変形角を $1/30\text{rad}$ としたとある
 が、 $1/15\text{rad}$ としたいという設計者のために 2 種類のデータを用意しておく必要はあるか。
 →ここでは水平構面の許容変形角を $1/30\text{rad}$ としたものであって、建物としての安全限界変形
 角を指すものではない。設計時には、例えば建物として $1/15\text{rad}$ のときに、水平構面の変形角
 がどの程度になっているかは設計時のモデルで検討することになる。
- 資料 03 で示した結果は、屋根面の水平構面としての剛性を算出するにあたって、小屋筋か
 い、小屋貫の影響はそれほどないと考えてよいか。
 →小屋筋かい、小屋貫の影響は大きくないと思われるが、屋根構面と小屋梁構面をつなぐ役
 割として間接的な影響がある。小屋組み全体を水平構面としてモデル化する際に、実大実験
 ではこれらの要素は含んだ試験体とし、またそれぞれの要素試験結果を用いて屋根構面と小
 屋梁構面のせん断性能の足し合わせが成立していることが確認できている。
- このモデルでは鉛直構面に小屋筋かいがない。このとき、中通りに耐力壁がある場合(つまり
 中通りにも支点がある場合)に棟梁の水平力がきちんと耐力壁へ伝わるのだろうか。
 →当時の基整促で内壁に相当する部分に剛性要素があった場合の影響を検討した。その検
 討結果を踏まえて、内壁を加味した適用範囲を合わせて示しておく。

3. 垂れ壁・腰壁の取りまとめ方針(資料 04 シリーズ)

- 資料 04-1 では 2015 年度の基整促での実験結果を元に、フレームの影響を除去した垂れ壁、
 腰壁、全面壁のデータを整理している。資料 04-2 では、2019 年度の基整促での実験結果、解
 析モデルをベースに、フレームの影響を除去した垂れ壁のデータを整理している。
- 垂れ壁がついているフレームから垂れ壁のみの荷重変形関係を出すのは難しく、次の 2 点を
 考慮しておく必要がある。1 点目は、柱の曲げ変形の影響により垂れ壁部分の変形角は全体
 (構面)の変形角よりも小さくなっている。2 点目は、下図に示すように、土壁に働くせん断力は
 Ph_0/h_1 であり、フレーム(構面)に加えている力 P よりも大きくなる。今回の条件で言うと、水平
 力として加力した値よりも 4 倍程度のせん断力が生じる。

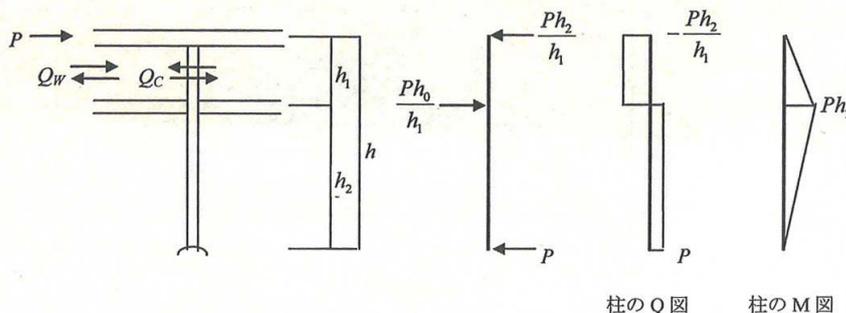


図 3.17 柱に生じるせん断力と曲げモーメント

(限界耐力計算による伝統的木造建築物構造計算指針・同解説 p65)

- 資料 04-1、04-2 ではスパンは両方とも 1 間としている。実際の設計でも 1 間が多いと思われるが、2 間や半間とする場合もある。また土壁部分の高さも様々な寸法が考えられる。土壁部分の寸法の許容範囲の考え方はどうすれば良いか。
→設計例ではスパンを半間、1 間をメインにしているため、その 2 種類の値を用意しておけばよいのではないか。土壁部分の高さについては、今回示した 310mm、465mm、930mm の値のみとする。土壁部分の寸法が異なる場合は、提示したものから近い値を選んで使ってもらうのがよい。

4. 接合部の取りまとめ方針および次年度実験方針(資料 02、資料 05 シリーズ、資料 06)

- 資料 02 では水平構面等の接合部以外の耐力要素の進捗状況、接合部の進捗状況を整理している。また資料 05-1 では、設計例で使用されている接合部を洗い出し、来年度の実験計画へ向けた仕様の絞り込みと詳細図を示している。資料 05-2 はその詳細図について、施工者等にヒアリングし現状の納まりについての指摘を示したものである。資料 06 では来年度に向けた今後の作業イメージを整理した。
- 三方差し、四方差しの柱梁接合部の実験を行う場合、加力方向に対する鉛直方向の材の仕口の穴について開けるか開けないかどちらが良いか。また、穴を開けて埋め木をするといった選択肢もありうる。
→今回の実験では、穴を開けずに実験する。柱の両側に差し鴨居が取り付けく場合に、差し鴨居のせいが高くなるとパネルゾーンのせん断破壊が生じる可能性がある。それを踏まえると、鉛直方向の穴を開けるかどうかで実験で得られる性能が変わることが考えられる。パネルゾーンのせん断破壊については設計上別途検討することを条件として付加し、実験としてはその影響がでないようにする。
- パネルゾーンのせん断破壊のチェックはどのようにするのか。
→差し鴨居せい、柱の寸法等でパラスタをして確認するといった方法が考えられる。具体的なチェック方法は別途検討する。
- 参考資料 2 では、過去に実施した長ほぞのモーメント抵抗試験、引張試験の結果を示している。ここで、T 字の試験は加力点と材(柱)の面の寸法を 800mm としているが、今回も同様の考え方でよいか。
→加力点と柱芯で寸法を決めた方がよい。そのとき想定する階高の半分の寸法が理想であるが、材の歩留まりに影響するほか、試験場の設備の条件にも左右されるため、実験予算等を踏まえて検討する。

(資料 05-2 についての補足)

- 資料 05-2 p1 に竿車知継とする場合の一般的な寸法を示している。
- 資料 05-2 p3 に示す通し柱-梁の仕口は、小根ほぞ胴栓止めだけでなく、鼻栓止めとする場合もあり得る。ただし、鼻栓止めは材の歩留まりが悪くなるため、使いたくないという大工側の意見がある。胴栓、鼻栓を両方とすることはない。

- 資料 05-2 p3 に示す管柱の仕口について、管柱が 120 角であるため断面欠損が大きすぎるのではないかという意見があった。
→この部分については 1 階の床組であることと、建物の耐力的な検討は 150 角の通し柱で確認しているため、問題ない。
- 資料 05-2 p5 に示す足固めと管柱の長ほぞ仕口の形状は特殊であって一般的には使用しない(大工塾仕様)。一般的な長ほぞの形状とする(ほぞの長さは上側下側ともに 90mm)。また、足固めに設けるほぞ穴は貫通させる。
- 資料 05-2 p6 に示す通し柱-小屋梁の仕口は、折置組だけでなく京呂組も一般的に使用されること。本事業では折置組を進める。なお重ほぞの寸法は 36×36 とする(一般的には 30×30 とする例もあるようだが、重ほぞが折れないような寸法とする)。

5. 今回の設計対象での設計上の判断について(資料 07)

- 資料 07 では、伝統的構法データベースの使い方(以下、設計例という)の作成時において、設計上判断に困った点について、その対応方法の考え方を示したものである。本事業では、新築の住宅系が対象であることを念頭に置いて、報告書にまとめて示す。内容については、次回の委員会で委員の方々にもご意見をいただく。

(No.5「安全限界変形角について: 1/30 か 1/15 か」)

- 文化財建築についての考え方は削除しておく。
- ここでは、1/30rad もしくは 8 割に低下した時点を超えて限界値としているが、P- δ 効果を考慮し、各部材の損傷を迫るとした場合は、緩和できることを示しておく。例えば落とし込み板壁とした場合、荷重変形関係だけを見たら、1/30rad よりも伸びる。黄色本でも緩和できることが明記されている。
- 黄色本に基づき「部材の変形性能から層の変形角を求めて、1/1.5 の安全率をかけたものを安全限界変形角とする」との説明とする。
→いずれかの部材が NG となるところに対して 1/1.5 をかける、ということになるので、No.2 の柱の折損を許容する場合は矛盾してしまう。
→その点については、但し書きで、条件に応じて柱の折損は許容することを示しておく。
- 緩和の追記については異論はないが、P- δ 効果を考慮して、部材の鉛直荷重支持能力が失われなければ極端なことを言えば、1/5 とかでもよいのか。変形角の制限を設けてマージンを取っておく必要はないかという懸念がある。

(No.7 の「損傷限界変形角 1/90 の妥当性、有効性」)

- 原則は 1/200rad で、1/120rad まで緩和できるとする。黄色本の表記に合わせる。

4. その他

- 報告書の作成へ向けて、各耐力要素のとりまとめ方は、データシートの形式にとらわれなくてよい。本 WG の資料のブラッシュアップを進めるものとする。

- ・ 次回委員会へ向けて、各担当者は今回のWGの指摘事項を踏まえた修正を進める。委員会資料の締め切りについては、別途事務局より連絡。
- ・ 次回以降の予定は以下の通り。
委員会 02: 2/24(木)10:00～(@ZOOM)