

# 高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル

平成 26 年 3 月

高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル作成検討委員会

飛騨高山伝統構法木造建築物研究会



## 目次

はじめに	1
高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル作成検討委員会	2
1. 高山市伝統構法木造建築物の現状	3
1) 高山市伝統構法木造建築物（町家）の歴史的価値	
2) 高山市伝統構法木造建築物の構造的特徴	
2. 高山市伝統構法木造建築物の耐震化の考え方	23
1) 高山市における伝統構法木造建築物の継承の必要性	
2) 高山市における伝統構法木造建築物の耐震化の必要性	
3) 耐震補強・改修の考え方	
3. 本マニュアルの位置づけ	26
1) 本マニュアルの目的	
2) 本マニュアルの運用について	
3) 本マニュアルの適用範囲	
4. 現地調査	28
1) 現地調査の目的	
2) 現地調査の流れ	
3) 準備	
4) 構造調査	
5) 耐久性調査	
5. 耐震性能評価と耐震補強設計	43
1) 前提条件	
2) 耐震性能評価・耐震補強設計の流れ	
3) 耐震性能のクライテリア	
4) 各方向・各階の復元力特性の評価	
5) 近似応答計算	
6) ゴーニングによる検討	
7) 安全性の確認と注意事項	
6. 耐震補強の方法と耐震補強設計	56
1) 耐震補強の基本方針	
2) 耐震補強の方法と耐震補強設計	
7. 高山市伝統構法木造建築物の耐火補強	61

8. 耐震診断・耐震補強設計の事例	71
1) 一列型町家 1	
2) 一列型町家 2	
3) 二列型町家	
9. 耐震診断・耐震補強設計報告書の作成	127
執筆者一覧	167
おわりに	168

## 別添 設計資料

1. 木材の基準強度・基準弾性係数	1
2. 固定荷重	3
3. 構造要素（壁）の設計用復元力特性	7
(1) 土塗り壁（全面壁、小壁）	
(2) 板壁	
(3) 土塗り壁と板壁の複合壁	
4. 構造要素（仕口接合部）の設計用復元力特性	18
(1) 高山市の伝統構法木造建築物の仕口接合部の扱い	
(2) 仕口接合部の設計用復元力特性	
(3) 仕口接合部の設計用復元力特性の課題	
5. 地盤種別の判別について	29

## 別添 参考資料

1. 関連する法規	1
2. 積雪荷重に関連する規定	2
1) 岐阜県建築基準法施行細則	
2) 岐阜県建築基準法運用指針	

## はじめに

高山市内には、重要伝統的建造物群保存地区（三町と下二之町大新町）の町家をはじめ、多くの伝統構法で建てられた木造建築物が現存している。これら伝統構法木造建築物は地域特有の町並み景観を形成するとともに人々の暮らしを支えてきた歴史があり、高山市の歴史的文化財として高い価値のあるものである。また、伝統構法木造建築物には、匠など職人の長年におわたる培われた技法とともに地域の木材を活用してきた木の文化がある。これら高山市の歴史、文化を守り、職人の技を継承するためにも、伝統構法木造建築物を保存継承することは重要である。

高山市に現存する伝統構法木造建築物を保存継承するには、それらの多くは耐久性、耐震安全性、防耐火性などの問題を抱えており、劣化した木部の補修を含む耐震改修が必要とされる。現在、木造建築物の耐震改修等では、在来工法などを対象とした壁量計算による耐力重視の耐震診断、耐震補強等がなされる場合が多い。しかし、このような耐震診断、耐震補強は伝統構法木造建築物に適していない。伝統構法木造建築物は、変形性能が豊かであり、この変形性能を生かした耐震診断、耐震補強が合理的であり、かつ有効であるが、伝統構法であっても在来工法と同じ耐力重視の耐震補強等がなされ、伝統構法の良さが生かされていないのが現状である。

伝統構法の特長である変形性能を生かした耐震診断、耐震補強にするには、詳細な構造調査のもとに構造的特徴を把握し、限界耐力計算と同等な近似応答計算によって地震時の各層応答変形を求めて、耐震性能を評価する必要がある。このように、在来工法を対象とする壁量計算とは大きく異なる手順・手法となる。

高山市の伝統構法木造建築物の耐震改修においても伝統構法に適した耐震診断、耐震補強するためには、現地調査から耐震性能評価、耐震補強設計までの手順・手法を示すマニュアル、しかも実務者が実践的に使えるマニュアルの作成が急務であった。

高山市の伝統構法木造建築物に熱い思いを持つ地元の実務者や大工などの実務者達が集まり、飛騨高山伝統構法木造建築物研究会が組織された。その熱い思いに応えるべく取り組みが始まった。高山市ではマニュアルの作成業務を研究会に委託するとともに高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル作成検討委員会および調査研究部会を設置し、また立命館大学 2013 年度研究拠点形成支援プログラム「歴史都市を守る文化遺産防災学推進拠点」の活動の一環として、大学などの研究者と実務者の協力を得ながらマニュアルの作成が進められた。

高山市の町家など伝統構法木造建築物の現地調査を行って構造的特徴を把握し、さらに抽出した耐震要素の耐震性能実験や構造解析を行うなど得られた多くの知見のもとに本マニュアルが作成された。

本マニュアルが高山市の伝統構法木造建築物の耐震改修の手引きとして、伝統構法木造建築物に係わる設計者、工務店等の実務者のみならず市民にも広く活用され、耐震改修の促進や耐震安全性の向上が図られ、高山の歴史的文化財である伝統構法木造建築物が長く保存継承されるとともに大工、左官など職人の技の継承と育成につながることを願っている。

平成 26 年 3 月

高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル作成検討委員会  
立命館大学 衣笠総合研究機構 歴史都市防災研究所・教授  
委員長 鈴木祥之

## 高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル作成検討委員会

高山市のもとに、伝統構法木造建築物の耐震化マニュアルの作成を行うことを目的として、高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル作成検討委員会および調査研究部会が平成 25 年 7 月に設置された。調査研究部会では、飛騨高山伝統構法木造建築物研究会（会長：田村嘉伸）と協働して現地での調査研究を行って構造的特徴を把握し、高山の伝統構法木造建築物に特有の構造要素の耐震性能実験や構造解析を行った。検討委員会では、これら得られた知見のもとにマニュアルを作成した。

### 検討委員会

委員長	鈴木祥之	立命館大学 衣笠総合研究機構 歴史都市防災研究所・教授
副委員長	斎藤幸雄	斎藤建築構造研究室
	後藤正美	金沢工業大学環境・建築学部建築系建築学科・教授
委員	藤井義久	京都大学大学院農学研究科森林科学専攻・教授
	奥田辰雄	木四郎建築設計室
	大窪健之	立命館大学 理工学部 都市システム工学科・教授
	中治弘行	鳥取環境大学 環境学部環境学科・准教授
	須田 達	金沢工業大学 環境・建築学部 建築学科・講師
	向坊恭介	立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科・助教

### 飛騨高山伝統構法木造建築物研究会

	田村嘉伸	飛騨高山伝統構法木造建築物研究会・会長
	上野英二	飛騨高山伝統構法木造建築物研究会・副会長
	井口 泉	飛騨高山伝統構法木造建築物研究会・副会長
	千嶋邦彦	飛騨高山伝統構法木造建築物研究会
	大野二郎	飛騨高山伝統構法木造建築物研究会
高山市	浦谷公平	高山市教育委員会事務局文化財課・課長
	西永勝己	高山市基盤整備部都市整備課・課長

### 調査研究部会

	鈴木祥之	立命館大学 衣笠総合研究機構 歴史都市防災研究所・教授
	斎藤幸雄	斎藤建築構造研究室
	大窪健之	立命館大学 理工学部 都市システム工学科・教授
	棚橋秀光	立命館大学 衣笠総合研究機構 客員研究員
	吉富信太	立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科・准教授
	青柳憲昌	立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科・講師
	向坊恭介	立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科・助教
	藤井義久	京都大学大学院農学研究科森林科学専攻・教授
	藤原裕子	京都大学大学院農学研究科森林科学専攻・研究員
	後藤正美	金沢工業大学環境・建築学部建築系建築学科・教授
	浦 親憲	金沢工業大学環境・建築学部 建築学科・教授
	山岸邦彰	金沢工業大学環境・建築学部 建築学科・准教授
	須田 達	金沢工業大学環境・建築学部 建築学科・講師
	森迫清貴	京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科建築設計学専攻・教授
	中治弘行	鳥取環境大学 環境学部環境学科・准教授
	村田 晶	金沢大学大学院自然科学研究科環境デザイン学専攻
	奥田辰雄	木四郎建築設計室
	寺門宏之	京都市都市計画局建築指導部建築審査課
	大岡 優	立命館大学総合科学技術研究機構/日本学術振興会特別研究員

## 1. 高山市伝統構法木造建築物の現状

### 1) 高山市伝統構法木造建築物（町家）の歴史的価値

#### (1) 高山の町家と歴史

高山は古くから飛騨の政治・経済の中心地として栄えた都市であるが、現在の町並みの骨格は、金森氏が飛騨国を拝領した天正 14（1586）年以降に形成されたものである（写真 1）。天正期に金森長近は天神山古城跡に高山城を築き、その北部の江名子川と宮川に挟まれた土地に城下町を建設した。城下町は総郭型・縦町型で、城を中心とする求心的な都市構造となっており、西側低地の町人地の面積が、東側高台の武家地よりも広いという点に城下町高山の特徴があった（注 1）。元禄 5（1692）年金森氏の転封に伴い、高山は幕府直轄領（天領）となるとともに高山城と武家屋敷が幕府の命により破却され、これ以降高山は町人の都市として発展した。近世を通じて一之町村、二之町村、三之町村の 3 村の町政が整備され、上町・下町の 2 地域の共同体が形成された。



写真 1 高山旧城下町上三之町の町並み

江戸期から明治初期にかけて度重なる大火があり、それゆえ江戸中期以前に建てられた町家の遺構は一つも現存しない。現存する町家の多くは明治 8（1875）年の大火以降に建設されたものであり、それ以前の町家の棟数はごく限られている。

高山では近世を通じて都市の防火体制が次第に整備されていった。天明 3（1783）年に火消し役に大工・木挽が任じられ、文化 12（1815）年には 3 か所に火の見櫓が建てられ、同時に都市の用水設備も修繕された。次いで嘉永 4（1851）年には竜吐水 50 挺が購入され、各家に用水桶を置くようにと町年寄からの達しが出されている。また、現在も町家と道路の境に側溝を見ることができるが、この側溝は生活用水に供されるとともに防火的役割も果たしていたであろう。

明治期の高山の町家は、意匠的にも技術的にも江戸期の町家の延長上にあるものと考えられている。しかし、大正時代頃から交通網の発達などを背景に社会構造の変化が現れ、それに伴って町家の形式も変化していった。とりわけ昭和 9（1934）年の高山本線開通により、鉄道駅が立地する宮川西部の開発が進み、その一方で川東の旧城下町は都市開発からとり残された。この時期に開放的な建具（シトミ）であった町家の正面に多くの格子が嵌められたと考えられている。しかし、他面において都市開発から取り残された旧城下町の伝統的町家は保存状態がきわめて良好で、昭和 41（1966）年に恵比須台組において上三之町町並保存会が設立されたことを一つの契機として、昭和 54（1979）年、高山市三町は重要伝統的建造物群保存地区に選定された。昭和 50（1975）年制定の伝統的建造物群保存地区制度の施行後、最初期に選定されたものの一つである。

## (2) 高山の町家の意匠的特徴——高山の町家の景観的価値

### 1) 平面形式（間取り）

高山の町家は一般に切妻造り・平入りで、入口は正面南側に設けられる。入口から通り土間（どじ）を通して商業空間（みせ）を抜けた先に、住居空間の中心である「おえ」と「だいどこ」があり、その上部は小屋組を現しとする吹き抜けの大空間となっている。正面南側、入口脇に「こみせ」を設けつつ、囲炉裏のある「だいどこ」を土間に張り出させているために、通り土間の平面は鉤の手の形となる。「どじ」、「おえ」、「だいどこ」の吹き抜け大空間は、建築意匠上および建築技術上、高山の町家の最大の特徴である。

平面形式（間取り）は、町家の間口の広さと深く関係しており、通り土間を除く間口方向の部屋数により一列型、二列型、三列型に分類される（図1）。



図1 高山町家の間取り類型

（出典：『高山一町並調査報告—』奈良国立文化財研究所編）

一列型は、通り土間と一列の室で構成される。間口が狭いために二列型・三列型には必ず配される「かずき」と呼ばれる内向きの部屋（納戸あるいは出産の場）を省略し、また、一階の面積に限りがあるために座敷を裏手の二階に設けるものもある。その場合二階は表側の「みせにかい」と裏手の「ざしき」となり、一方で間口の狭さから吹き抜け空間を間口一杯に設けるため表裏の両室は分離される。このため使用上の便宜から、後年の改造によって「みせにかい」と「ざしき」を連絡する廊下を設けた宮地家（明治12年）などの例が見られるようになる。

二列型は、通り土間と二列の室で構成され、高山の町家の標準型と考えられる平面形式である。通例一階の奥に座敷が設けられるが、奥行きが浅いものは一列型と同じように二階裏手に座敷を設けるものもある。

三列型は、通り土間と三列の室で構成される。「ざしき」と「ぶつま」の面積を広くして北側（「どじ」の逆側）に張り出させ、道路側には前庭が設けられる。前庭に面する「おくみせ」や「ぶつま」の前に設けた小部屋を茶室として使うものが多い。ただし江戸時代には一般に前庭はなく、そこに広い「みせ」を配しており、前庭と茶室を設けるようになるのは明治後期頃のことと考えられている（注2）。

なお、江戸時代の町家は総じて中二階建てであったから、「みせにかい」は使用人部屋、物置

きとして使う屋根裏空間であった。しかし、明治期を通じて次第に日常生活の部屋としても使われるようになり、天井が張られるようになった。それに伴い天井高も高くなり、昭和初期頃からは本二階建ての町家が多くなった。このため町家正面の間口と軒高の比例（立面のプロポーション）も変化した。

## 2) 立面

### ① 軒高と軒先

江戸時代には町家普請に関する諸々の規制があり、建築物の外観に関する規制は明文化されてはいなかったものの、近隣と軒高を合わせることなどの不文律が存在していたらしい（注 3）。しかし大正期頃からの社会構造の変化を背景としてその不文律も崩れてきた。昭和初期頃から本二階建ての町家が多くなったことは既述の通りであるが、軒高と建設年代の関係を見ると、時代が下るにつれて軒高が高くなるという傾向が見られる。

軒の支持方法を見ると、江戸期から明治期までは腕木を用いていなかったが、明治中期頃から腕木を用いて軒桁を壁面より外に出し、軒の出をより深くするようになった（せがい造り）。その腕木の木口には胡粉を塗り、軒先に白色のアクセントが付けられる。日下部家（明治 12 年）はこうした腕木を用いた現存最古の例である。

町家正面の一階上には小庇を付け、その小庇の下に「箱庇」とか「霧隠」と呼ばれる幕板（暖簾掛け）を付けるものも多い（注 4）。小庇の構造には 2 つの形式があり、昭和初期までの古い形式は、垂木を用いず、起（むく）り破風に板を縦に葺くものであり、それ以降の新しい形式は垂木を用いて野地板を張り、柿で葺くもので、破風に起りはない。小庇の垂木の木口も腕木と同様に胡粉で白く塗られる。

### ② 建具

町家正面の入口は、古くは大戸口（L 字型金物で上部に吊り、内部に桔ね上げるもの）であったが、開け閉めの利便性から後年引き違い戸に変更されたものが多い。正面入口の他の柱間はシトミ（揚げ戸のことで、摺上げた板戸を中二階の戸袋に納める形式）であり、江戸期においては町家の正面はきわめて開放的なつくりになっていたが、後に格子が嵌められるようになった。既に江戸末頃から「みせ」を格子、「おくみせ」を出格子とするものもあったが、多くは明治期に改変されたものらしい（注 5）。出格子には、小柱を立てて格子を入れる本格的なものと、枠組みを設けた格子をはめる「枠組出格子」といわれるものがあった（注 6）。格子には、細い縦棧を密に並べる「千本格子」と、割付けの荒いいわゆる「高山格子」と呼ばれるものがある（写真 2）。



写真 2 日下部家の高山格子

### ③ 屋根

先述のように高山の町家は一般的には切妻造り・平入りである。屋根葺材は、大正期から昭和期にかけて（とりわけ昭和22年の消防法改正を契機として）鉄板葺きに改められたが、当初は石置きの板葺き（樽葺き）であり、そのために三寸勾配程度の緩い屋根の形となる。軒先には雪止めのための「板止め」が付けられて雪が滑り落ちないようにしており、こうした屋根の形は積雪時にも耐える堅固な内部構造の必要性を促した。屋根勾配が緩いので立面意匠上屋根面は街路から見えず、建築物の立面意匠は軒の水平線が支配的となり、さらに軒下は柱梁の軸部や建具（戸口や格子等）の垂直線・水平線で構成されるものとなる。

ちなみに、屋根に天窓や越屋根の煙出しを設ける例が多いが、これは内部の吹き抜け空間への採光を意図した後年の改造であり、大正期から昭和期にかけて屋根葺材を鉄板に変更したときと同時に改造されたものである（注7）。鉄板葺きでは板葺きのように煙を排出できないためである。

\*

こうした町家の立面意匠は、いうまでもなく旧城下町高山の景観的価値を構成する最大の要素の一つである。上記①～③で述べたような意匠の規範（デザイン・コード）に従う伝統的町家が街路沿いに建ち並ぶことで、高山の町並みには統一感が生み出されている。個々の町家正面の造形的・意匠的なレベルの高さ、そして伝統的町家の密集度の高さとその面的広がりから、高山の町並みは全国の伝統的建造物群保存地区のなかでもとりわけ風格を感じさせるものになっている。その一方で、建設された時代によって異なる軒高や個々の町家の格子のバリエーション等は統一性の中に変化を与え、町並みに「連続性」をもたらしているが、いずれも「規範」を大きく逸脱するものではないから、町並みの統一感を損ねることはない。高山の町並みはこれまで確固たる「規範」を保持していたからこそ、現在まで維持されてきたのである。

しかし、一面において時代の推移や社会構造の変化により、地域社会の中にかつて強く存在した共同体意識は薄れつつあり、それとともに今後町並みの「規範」が崩れていくことが危惧される。今後行われる伝統的町家の保存・改修の当事者は、現存する伝統的町家をよく観察し、それをつくった大工たちの設計意図を自ら解釈し、さらにはそこに内在する「規範」を継承していくことに努めなければならない。

#### (3) 高山の町家の構造——高山の町家の建築的価値

町家の「入口どじ」は「みせにかい」下の天井の低い空間で、そこを抜けると「おえ」、「だいどこ」「どじ」の上の小屋組を現しにした吹き抜けの大空間に出る（写真3）。見るものを圧倒するこの吹き抜けの大空間は、高山の町家の最大の見どころである。建築意匠上および建築技術上、高山の町家のもつ建築的価値は、外観よりもむしろ内部のこの大空間にあるといえる。したがって、町家の立面意匠を残すことは景観保存上重要であることはいうまでもないが、それだけでは高山の町家の歴史的価値を十全に「保存」したことにはならない。高山の町家の建築的価値を構成する最重要の要素は、この吹き抜け大空間にあり、それを技術的に成立させている構造（梁組）にある。これまで多くの論者が、この迫力のある梁組の架構を、江戸時代の高山の高い大工技術の延長上にあるものと位置づけてきたし、ひいてはそこに古代の「飛弾の匠」の伝統を見出してきた。今後の町家の保存・改修において、この梁組を中心とする町家の構造体を残すことは、外観を維持することにも増して、最も優先されなければならない。



写真3 吉島家の吹き抜け空間と架構

吹き抜け空間は力強い梁組が現しになり、「だいどころ」の隅に立てられる大黒柱から「どじ」側の壁面へ架け渡される太い梁（牛梁）と、その梁上に恵比須柱から架け渡される別の太い梁によって、梁下の柱を省略して大空間を成立させている。組み合わされた牛梁の上に束と梁（断面5×8寸程度の角材）を数段組み上げ、棟木と母屋を支えている。吉島家（明治40年建設）に代表される明治期以降の町家では、この梁組を一間毎に配列して整然とした立体格子とし、さらに各部材を丁寧に鉋掛けし、漆塗りで仕上げているものも見られる。また、梁組には基本的に貫が用いられない。しかし、江戸期から明治初期のものでは束と梁は部分的に省略され、整然とした立体格子状の梁組になっていないものがほとんどであり、また、貫を併用するのがむしろ一般的であったと考えられる。このことは、梁組を整然とした立体格子に組み立てる高山町家の「典型」とされる構法が、明治中期以降において設計者の意匠的意図から成立したものであったということを示唆している。また、梁組は壁面上部に設けられた高窓あるいは越屋根の天窓によって採光されることで、はじめて意匠的效果を発揮するが、それらはいずれも明治期以降に新たに設置された空間演出の仕掛けであった。

上記は吹き抜け部分の架構の特徴であるが、町家の全体的架構を見ると、牛梁および牛梁上に組み上げた梁組による大空間と、その大空間のまわり（主に表側と裏側）の二階建て部分に分けられる。中央の吹き抜け部分の架構は、繋ぎ梁により表と裏の二階建て部分と結合されており、それにより天井が高く、壁のない中央部の架構の剛性を高めることに寄与していると考えられる。なお、「みせにかい」は天井高が低いので、繋ぎ梁を水平に架けると使用上不都合であるために登り梁とし、登り梁の中間点に母屋を架けるのが通例である。また、「みせにかい」の床組は、シトミの戸袋があるために胴差を柱間に設けられず、かわりに根太間に小梁を架けて床板を支えるという構造になっている点には構造的な弱点があるものと思われる。

[注]

1. 『高山一町並調査報告一』奈良国立文化財研究所編、高山市教育委員会発行、1975、p. 2
2. 『高山一町並調査報告一』奈良国立文化財研究所編、高山市教育委員会発行、1975、p. 43
3. たとえば、「願書留」（高山市郷土館蔵）によれば、弘化3（1846）年に島川原町の庄右衛門が隣家と同程度の軒高にするために柱を切り縮めたという願いを出した（『高山旧城下町の町並み 下二之町・大新町地区伝統的建造物群保存対策調査報告』高山市教育委員会発行、2003、p. 19）。
4. 『高山旧城下町の町並み 下二之町・大新町地区伝統的建造物群保存対策調査報告』高山市教

育委員会発行、2003、p. 27

5. 『日本の民家 第5巻 町家Ⅰ』吉田靖編、1980、p. 134 および『高山一町並調査報告』奈良国立文化財研究所編、高山市教育委員会発行、1975、p. 46
6. 『高山一町並調査報告一』奈良国立文化財研究所編、高山市教育委員会発行、1975、p. 46
7. 『高山一町並調査報告一』奈良国立文化財研究所編、高山市教育委員会発行、1975、p. 48

[参考文献]

- ・ 『高山 一町並調査報告一』奈良国立文化財研究所編、高山市教育委員会発行、1975
- ・ 『高山Ⅱ 一伝統的建造物群保存対策調査報告一』奈良国立文化財研究所編、高山市教育委員会発行、1979
- ・ 『高山旧城下町の町並み 下二之町・大新町地区伝統的建造物群保存対策調査報告』高山市教育委員会発行、2003
- ・ 『日本の民家 第5巻 町家Ⅰ』吉田靖編、学習研究社、1980
- ・ 『民家は生きてきた』伊藤ていじ、鹿島出版会、2013

## 2) 高山市伝統構法木造建築物の構造的特徴

### (1) 町家の構造的特徴

高山の古い町並みは伝統構法木造建築物が通り沿いに数十棟連なり、隣家との距離がほとんどないため、町家の張り間方向両脇の外壁には吹き抜け空間、越し屋根（写真4）の明かり窓以外は開口部がなく、全て全面壁である。一方、けた行方向には、2階吹き抜け空間の周囲以外は壁などの耐震要素が少なく、特に1階には壁がほとんどない特徴を持っている（図2、3）。



写真4 町家側面、越し屋根



写真5 町家正面

#### 1) 平面形状・断面形状

- ① 平面形状での特徴として「通りどじ」と言われる玄関から裏へと土間が通り、その「通りどじ」に沿って1間の部屋が正面から裏へ1列に配する1列型、2列配する2列型、数は少ないが3列配する3列型もある（図2）。
- ② 内部は土足のまま裏庭まで行くことができるよう、土間となっており、外どじ・内どじ・通りどじとよばれる。
- ③ 町家の2階は吹抜を挟み、みせ2階と奥座敷が設けられている。多くの場合、奥座敷はみせ2階より50cm～70cmほど床が上がっている。
- ④ 軒高は低く、明治期の町家は3.2m～4.3m程度である。2階の立ちと軒桁高の比率は0.23～0.35程度である。昭和期になると軒高は5m～6.5m程度になり、比率は0.4～0.45程度になる。

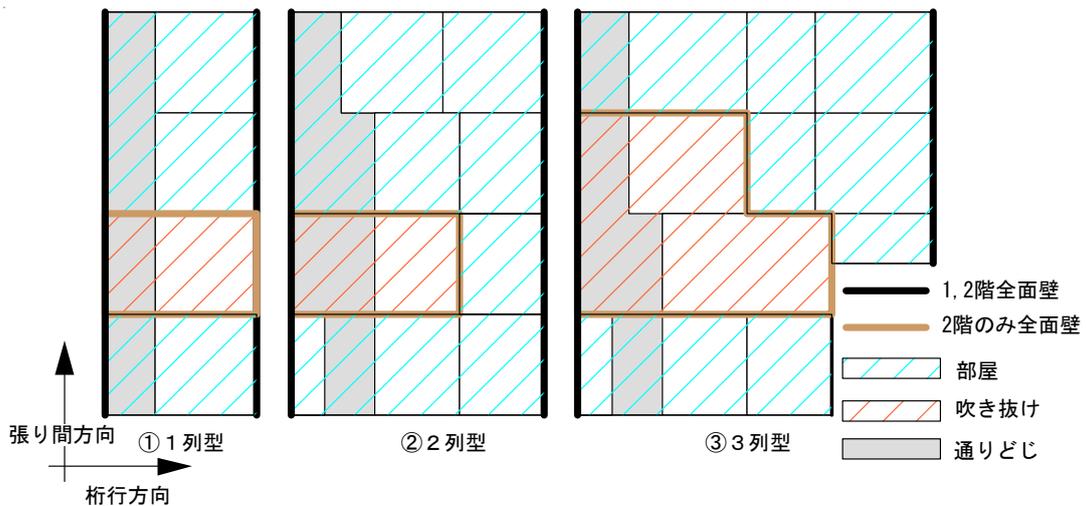


図2 町家の平面形状

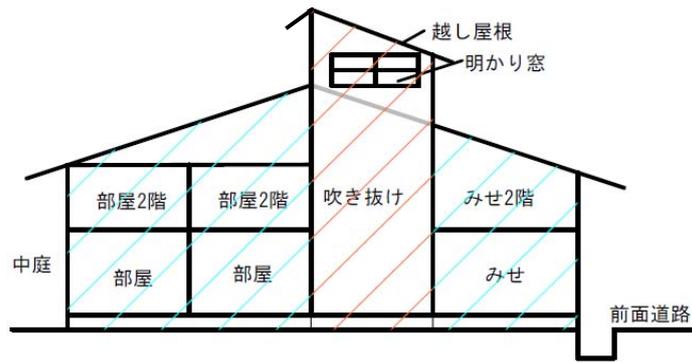


図3 町家の立面形状

- ⑤ 2階建てで中央部に大きな吹き抜けと大断面の丸太梁とその上部は格子状の小屋組みを特徴とする。小屋組では束柱と幅を同程度に揃えた横架材(写真6)のほか一部は貫で小屋組を固めて、吹き抜け空間を構造部材で構成している(写真7)。



写真6 丸太梁と小屋組み(吉島家)

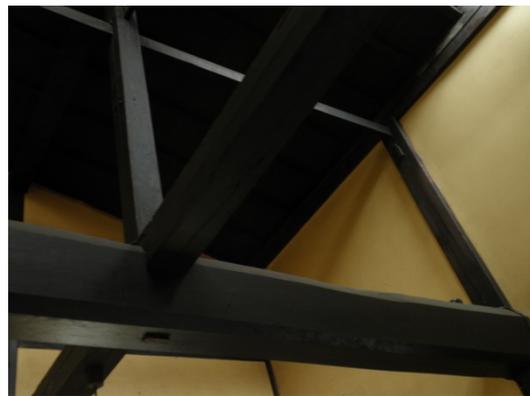


写真7 丸太梁と通し貫の小屋組み(宮地家)

## 2) 構造概要

- ① 主要な耐震要素は、伝統的な土壁や板壁と差鴨居、貫など柱-横架材であり、筋かいなどの斜材は使われていない(一部、耐震改修で用いられている)。もちろん構造合板や石膏ボードなどは使われていない。
- ② 正面の柱は通し柱であり、蓐戸(しとみど)収納の為、胴差はない(写真8)。柱断面は4.5寸~5寸程度である。



写真8 蓐戸収納

③ 吹き抜け部分の土壁には、貫を表に見せた特徴的な仕上げとなっている（写真9、10）。



写真9 貫を顕しにした土壁

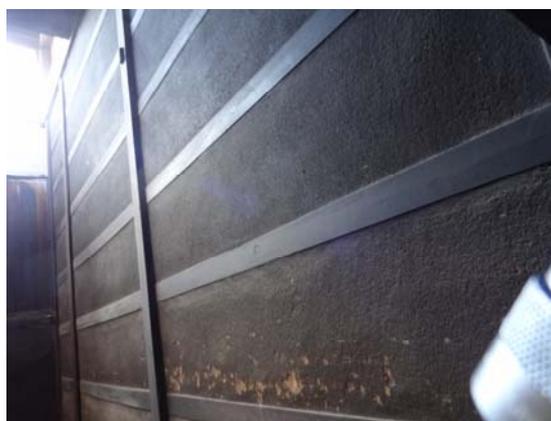


写真10 貫を顕しにした土壁

④ 隣家に接する妻壁は裏返し塗りがなされていない。また、通りどじの壁には、土壁と板壁を複合した特徴的な壁が見られる（写真11）。板壁は薄板が張られており、板壁部の内部は貫のみで土壁はなく、構造上の耐力はない。



写真11 板壁と土壁を複合した壁

### 3) 屋根・小屋組

① 屋根の仕様は鉄板(瓦棒など)葺きがほとんどで、3列型の一部の建築物だけが瓦葺きであったが、元々は板葺きであったものを瓦葺きにしたものである。基本的には高山では板葺きから鉄板葺き

へと移行した経緯があり、瓦葺きの物件はほとんどないことが明らかとなった。また屋根勾配は3寸勾配程度と比較的緩いことも明らかとなった。写真12に古い町並みを上空から撮った写真を示す。

- ② 軒高が低い為、小屋の範囲が明確でない。また、多くの場合小屋貫や小屋筋かいは設けられていない(写真13)。
- ④ 1列型では妻桁がない場合が多い。妻壁の最上部は垂木に留められている。



写真12 古い町並み上空写真



写真13 小屋裏(宮地家)

## (2) 部材

### 1) 部材の概略寸法

外周の妻柱 110mm~120mm、表に面した柱のみ 135mm~150mm、内部の柱: 110mm~150mm程度、大黒柱は 150mm~300mm 程度となっている。

スパンの大きな横架材の梁幅は柱と同程度で、梁せいは 210mm~300mm 程度。吹き抜け部には、意匠性を兼ねて幅 240mm~500mm、梁せい 300mm~500mm 程度の太鼓断面の丸太梁(牛梁とことがある: 写真3参照)を掛け渡し、小屋を受けている。丸太梁の側面は若干鉛直面より傾斜を持たせ逆台形の断面をもつものが多い。

### 2) 使用されている木材樹種

高山市における伝統構法木造建築物では、ヒメコマツが頻りに用いられているのが特徴である。その他の木材としては、他地域でも良くみられるアカマツ・ヒノキ・クリなどである。現地調査および大工棟梁からのヒアリングより、建築物の築年数や地域によって違いはみられるものの、表1に示すように、各部材と樹種の使用頻度にはある程度の偏りがあることがわかった。

表1 樹種の使用状況

部位	ヒメコマツ	アカマツ	ヒノキ	クリ	ナラ
柱	◎	△	◎	-	-
梁桁	○	◎	-	-	-
貫	◎	◎	-	-	-
土台	-	△	○	◎	-
足固め	△	○	◎	-	-
込み栓	-	-	-	-	◎

使用頻度 ◎：高い、○：中、△：低い

なお、高山市の伝統構法木造建築物には町家型と農家型があるが、木材樹種の使用傾向に違いはみられない。

### (3) 主要な構造要素

#### ① 土壁の構造的特徴

- ・小舞は竹ではなく、ススキが大半である（写真14）。間渡しは幅20mmほどの木材で約300mm間隔、小舞はススキ3本を束ね、内法25mm間隔で設けている。
- ・1階の柱脚に土台を設けていることもある。込栓は見られず、柱脚は短ほぞであることが多い。
- ・屋内の間仕切り壁では、両面中塗り仕上げ、もしくは聚楽風の上塗り仕上げである。ちりは30mm～36mmである。壁厚さは55mm～65mmであり、既往の復元力特性モデルが適用可能と考えられる。
- ・土壁内部の下地材としての貫は、3段～5段で、住宅で通常よく見られる断面寸法である。
- ・外壁（妻壁）では片面荒壁仕上げで壁厚さ40mm～50mm程度。妻壁の外壁側は裏返しや中塗りなどをせず、トタン張りなどの外装材だけであることが多い。妻壁の室内側のちりは15mm程度。
- ・土塗り小壁の外に頓しとなっている貫は、厚さ30mm、せい115mm～120mm程度のサイズである。
- ・解体家屋から採取した土壁の標本約500mm角の重量は、壁厚さにほぼ比例している（図4）。



妻壁（外壁）



妻壁の拡大



妻壁最上部の納まり

写真14 宮地家妻壁



土塗り小壁の外に頭しとなっている貫



解体部材での頭しの貫

写真 15 土壁に頭しとなっている貫



写真 16 解体時に取り出した土壁の標本(約 500mm 角)

表 2 標本土壁の重量

壁厚さ(mm)	重量(N)	壁厚さ(mm)	重量(N)
30	60.8	45	135.2
35	85.3	50	100.9
40	91.1	70	214.6

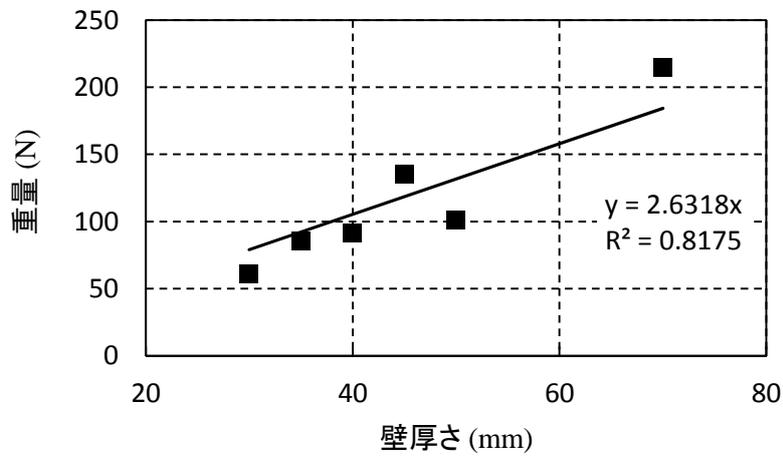


図 4 土壁重量は厚さに比例

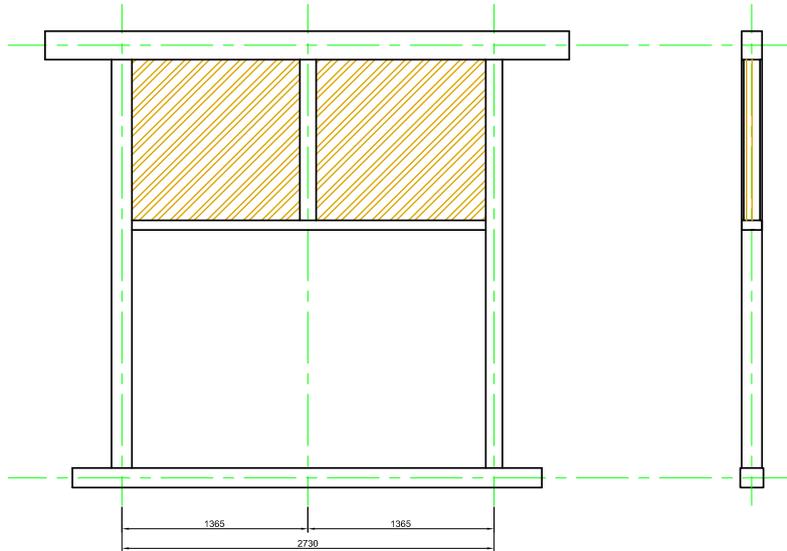


図5 土塗り小壁の例

② 土壁・板壁複合壁の構造的特徴

高山市の伝統的木造建造物群保存地区の町家では、板壁単体の使用例はほとんど無く、図6のように土壁（垂れ壁）の下部に板壁（腰壁）となる複合壁であった。土壁と板壁の複合壁は通りどじと呼ばれる土間の壁に多く見られる。板壁の裏は土が塗られておらず、小舞のみで構成されていることが明らかとなった(写真14)。

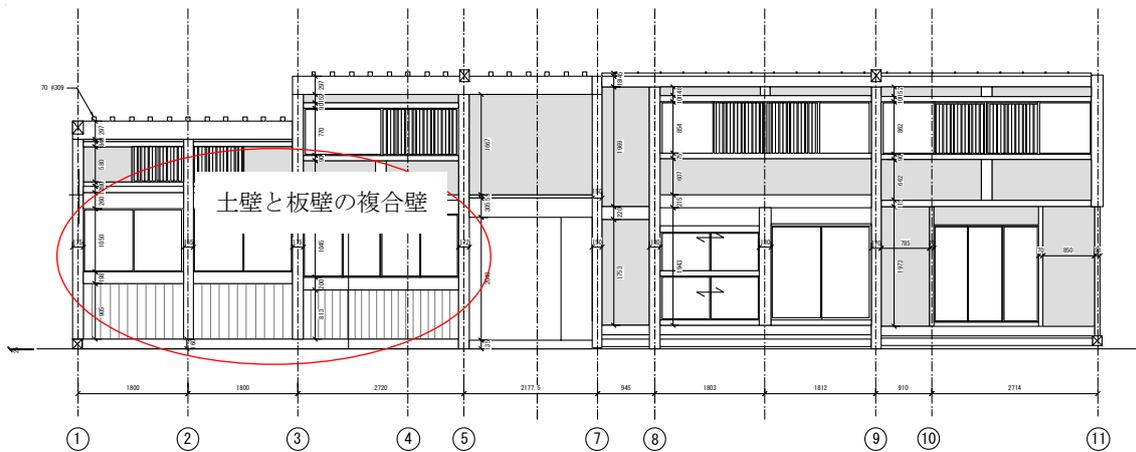


図6 土壁と板壁の複合壁

- ・板壁に用いられている板材は薄いため、復元力特性への寄与は小さいと考えられる。
- ・宮地家では、板張り1枚、下地貫1段に5本釘打ちされているものが見られた。板壁の内部に土壁は見られなかったが、小舞下地のみが見られた。M家その他の町家では、板壁の裏に貫が見られたが、板壁は貫に釘留めされていないことは確認できた(写真17)。
- ・日下部民藝館の土間に入って左側の土壁・板壁複合壁の様子を写真18に示す。板の厚さは同様に5mm程度である。板壁の裏側に30×115程度の貫が通っているが、板壁は貫に釘留めされていない。上部の土壁（垂れ壁）には、土間側の反対側に貫が顕しとなっている。



宮地屋の複合壁



松本家の板壁は下地貫(30×90)に  
釘留めされていない

写真 17 土壁と板壁の複合壁



(a) 土間脇の座敷から見た複合壁



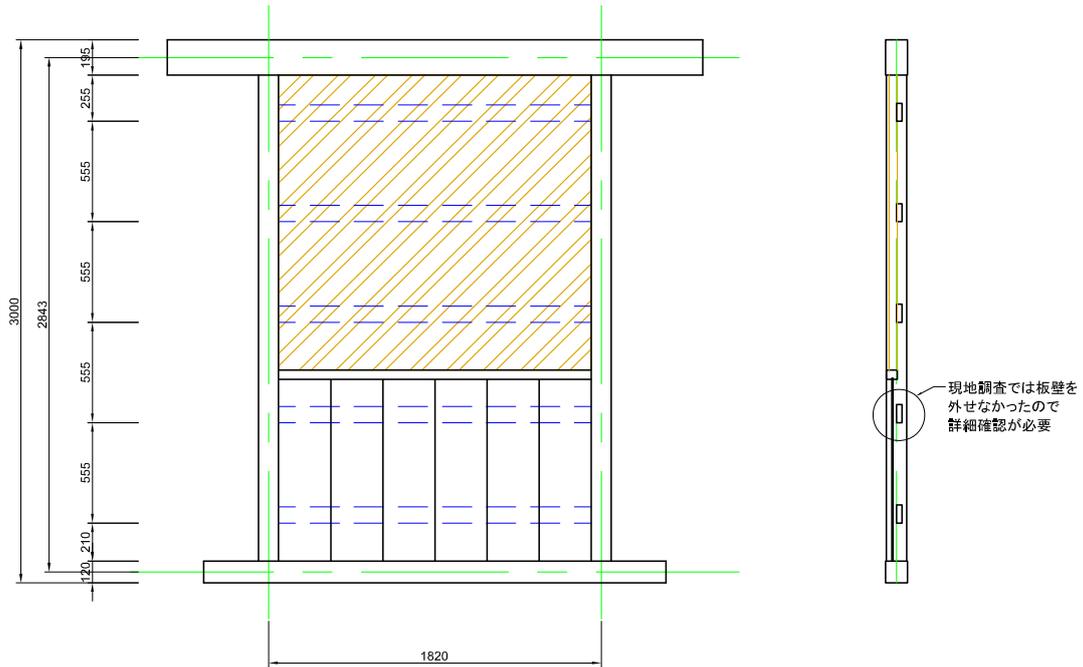
(b) 引き戸の反対側から見た複合壁



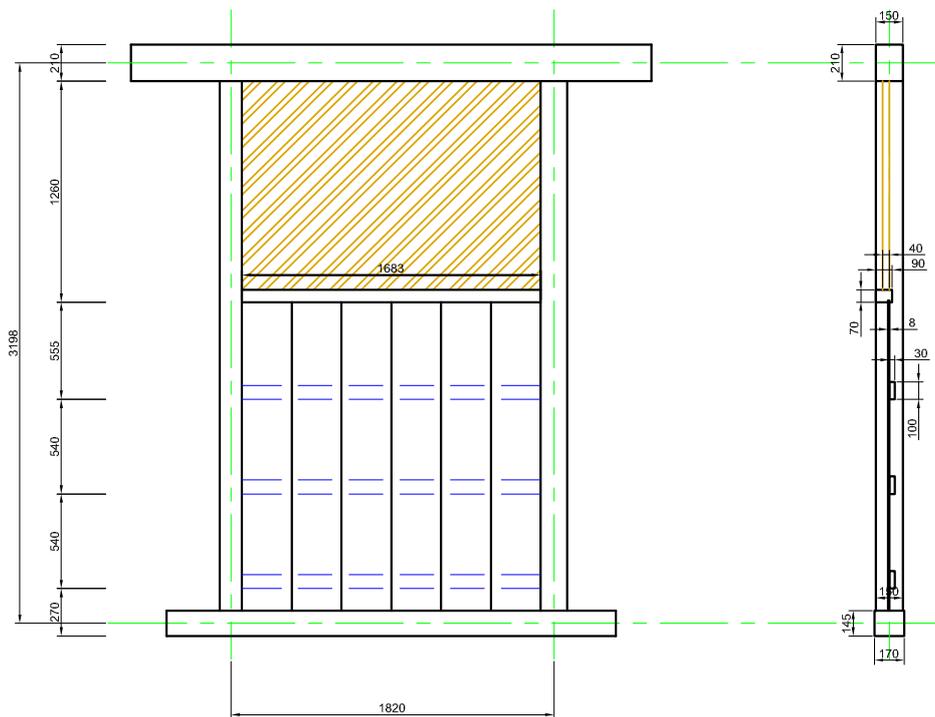
(c) 板壁の裏側に貫が通っているが釘留めなどは見られない

写真 18 日下部民藝館の土壁・板壁複合壁

宮地家と松本家で見られる土壁・板壁複合壁の実測図を図7に示す。



宮地家の場合



M 家の場合

図7 板壁（腰壁）と土壁（垂れ壁）

③ 土塗り壁の外に顕しとなっている貫

写真9、10に示したように貫が、土塗り壁の下地材としてではなく、顕しで用いられており、これは高山市の伝統構法木造建築物の意匠上の特徴のひとつと言える。このような貫は、外壁に限ら

ず、屋内の間仕切り壁にも見られる。図 8、写真 19 に示すように、材寸は 30mm×115～116mm であり、調査した範囲では、幅の半分が頭しとなっているものが多い。貫の厚さが 30mm あるので、柱を貫通する通し貫である場合には、復元力を見込むことが期待できる。

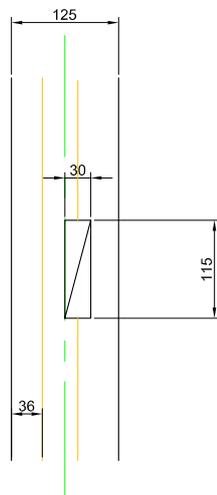


図 8 頭しの貫



写真 19 図 8 の参考にした解体家屋部材

#### (5) 仕口接合部の構造的特徴

解体材および現地調査、地元の棟梁からの聞き取りによれば、主な仕口は通し貫、小根ほぞ込み栓打ちまたは追入小根ほぞ車知栓打ち、長ほぞである。

図 9 の貫は、一部は小屋組に用いられている (写真 20) が、完全な通し貫とは限らない。土壁内の貫と表面の頭しの貫としても用いられている (写真 21) が、仕口は大入れの可能性はある。



写真 20 頭しの貫 (宮地家)



写真 21 土壁内の貫 (宮地家)

T 字型仕口では図 10 の小根ほぞ込み栓打ちとなる。直交方向の仕口がある場合には、込み栓が、仕口内に隠れる納まり (写真 22) となるほか、解体材で車知栓打ちの引き独鉗も見られる (写真 23)。梁せいが大きいと込栓が 2 個となる場合が見られる (写真 24)。このタイプのほぞ穴に楔が見られることがある (写真 25)。



写真 22 仕口内込み栓（解体仕口）



写真 23 引き独鈷（解体仕口と同じ試験体）



24 丸太梁の内込み栓 2 個の例（吉島家）



写真 25 小根ほぞ内込み栓打ちの楔（宮地家）

連続するスパンの十字型の仕口では図 11、12 のタイプの横架材のほぞ（竿）に車知栓または込み栓（樹種はナラ）が用いられ、男木の小根ほぞが竿となり、それを受ける女木との継手で車知栓打ちのタイプが多い。いずれも横架材が鴨居と一体化した場合には差鴨居ということが多い（写真 26）。ほぞを差し込みやすくするために、ほぞ穴の高さに余裕を持たす場合が多く、楔が打ち込める程度のほぞ穴が残るが、このタイプでは楔は見つかっていない。十字型仕口に雇いほぞを用いて仕口の両側で車知栓打ちとするタイプは少ない。追入小根ほぞ車知栓打ちは、雇いほぞを用いる場合より剛性・強度も高くなる傾向が推定され、柱断面が小さいと梁との耐力上のバランスを欠く場合がある。



写真 26 丸太梁と差鴨居の車知栓打ち仕口（吉島家）

車知栓か込み栓かというタイプ分けとは別に、吹き抜け部のスパンの大きな梁に丸太梁（牛梁）を用いる場合が多く、図 12 のように柱より梁幅が大きいことから、鬘太（びんた）と称する柱を抱き込むような納まりも一つの特徴となっている（写真 26）。図 10 のように、柱と同じ程度の幅の梁の場合でも、解体農家から得られた仕口試験体には、梁の側面を柱より 8mm 程度張り出し、柱を覆って梁通しに見せる鬘太もある（写真 27）。その場合には反対側は柱が張り出すこととなって柱と梁の中心がずれるため、仕口部のほぞ穴による断面欠損がより大きくなり、柱断面が小さい（120、135mm 角程度）と柱の折損の要因となる場合がある（写真 28）。



写真 27 片面鬘太の例（女木を新材に置換した試験体） 写真 28 片面鬘太の反対側と柱の折損

実際に、古材・新材を含む仕口接合部の実験結果によれば新材の小根ほぞ車知栓打ち（楔あり）は、雇いほぞ車知栓打ちより剛性・強度とも大きい傾向が見られ、写真 27 のタイプの新材仕口接合部試験体（写真 28）2 体で柱の折損が見られた。楔の補強効果により柱に比べ、梁を相対的に強くしたことも柱折損の一因と考えられる。古材（楔なし）では車知栓の破壊と女木の虫害で仕口の

抵抗が低下し、柱の損傷には至らなかった。

また、図 10 のタイプの仕口では、梁せい 235mm の試験体による抵抗モーメントは既往の実験結果よりやや低いが、変形性能は良好であった。しかし、梁せい 330mm の試験体では 135mm 角の柱の割裂破壊が見られ、梁せいが大きな場合は柱の割裂破壊の可能性がある（写真 29）。

もともと柱の寸法と関係なくほぞ穴の欠損が一定程度あるため、柱断面が小さいほどほぞ穴による欠損の比率が大きくなり、柱の弱点となりやすい。特に、一つの仕口に 2~4 方からほぞの差し口があると、ほぞ穴による欠損は一層増大する。高山の場合、全体的に梁幅を柱幅と同程度またはそれ以上とする仕口の寸法関係が背景にあり、柱が相対的に弱いという傾向がある。



写真 29 丸太梁の柱の割裂

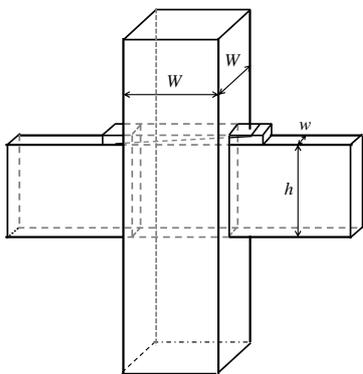


図 9 通し貫

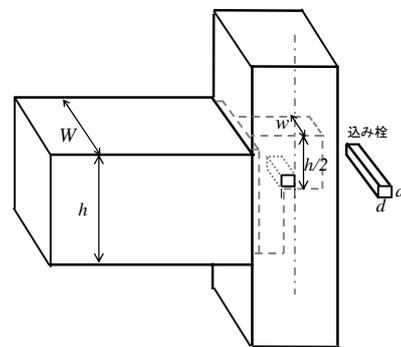


図 10 小根ほぞ込み栓打ち

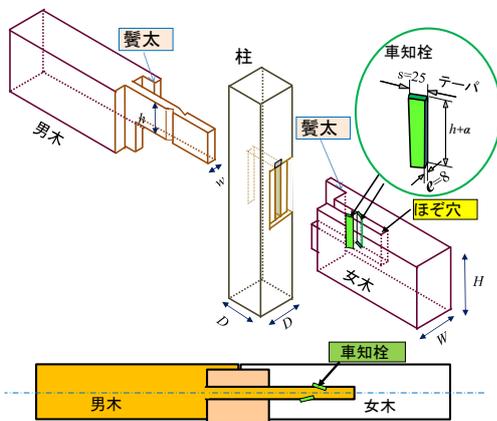


図 11 追入小根ほぞ車知栓打ち (片面鬚太)

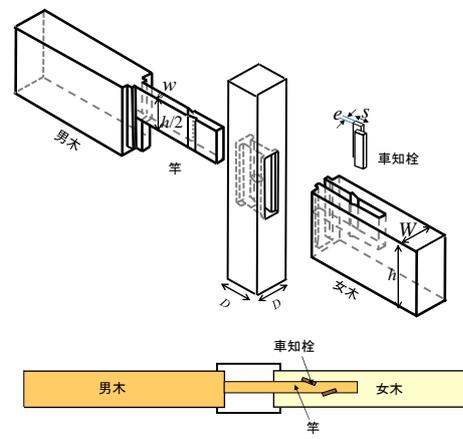


図 12 追入小根ほぞ車知栓打ち (標準タイプ)

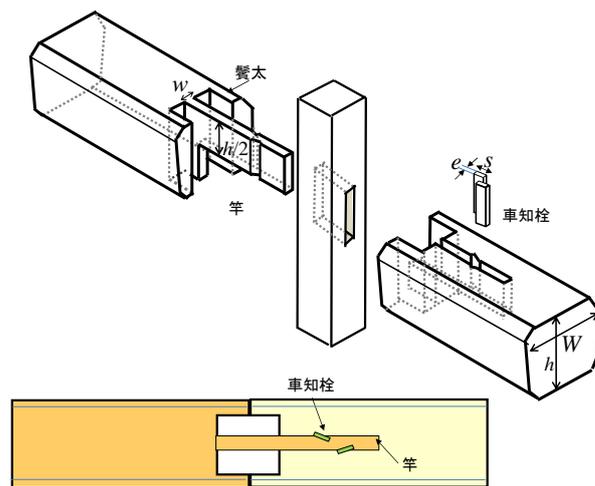


図 13 追入小根ほぞ車知栓打ち (丸太梁)

## 2. 高山市伝統構法木造建築物の耐震化の考え方

### 1) 高山市における伝統構法木造建築物の継承の必要性

三町と下二之町大新町、二つの伝統的建造物群保存地区をはじめとして、高山市内には多くの伝統構法で建てられた建築物が存在している。これらの伝統構法木造建築物は高山の文化、歴史を知る上で欠くことのできないものであり、さらに将来に向けての地域資源として重要な要素となるものである。我々は、市民共有の財産とも言える伝統構法木造建築物を大切に保存し、建築技術の面だけでなくそこでの暮らしなどを含め文化的活用にも努める必要がある。

現在「飛騨の匠」といえば名工の代名詞になっている。古くは奈良時代、飛騨から多くの匠（工）が都へ行き、都の造営や社寺仏閣の建設に腕を振るった。その精神は受け継がれ、飛騨の大工たちは自らの技術と仕事に誇りを持っている。先人の培ってきた知恵と、自らの経験を生かし、材木を吟味し、適材適所に用い、見えないところまで手間暇を惜しまず労力をつぎ込んだ。現在残る建築物はこれらの結晶である。

かつて全国の建築物はその気候風土に影響され地域ごとに様々な特色を持っていた。飛騨は山国であり木材はふんだんにある。屋根はクリやサワラなどをへいだ樽を並べ、押え木を渡し、石を置いた。必然的に屋根の勾配は緩やかになり鉄板葺きに変わった現在でも独特の景観を生んでいる。

また、冬寒い高山では建築物内で火を使う必要があった。煙は樽の間から抜けていくとはいえ、2階を設けることは大きく制限され、独特の吹き抜け空間を生むことになった。これを意匠的に芸術の域にまで高めたのが国指定の重要文化財、日下部家と吉島家である。

さらに、特に町家については、都市としての高山の空間に、大勢の人間が住むための知恵が詰まっている。切妻平入りで南側に入口を設け、敷地奥には土蔵があるというスタイルが、隣また隣と繰り返される。江戸時代に建築物を建てるにあたっては、隣家と材木屋の確認が必要であった。特に突出した建築物は作ることができず、また材木も贅沢な材は使えず、リサイクルが奨励された。そのため現在に残る非常に統一感のある景観が生みだされた。町並みを整える仕組みが存在していたのである。

高山に残る伝統構法木造建築物は、美しい建築様式とそれを造り出す匠の技、そして建築物を維持する住まい手の知恵など多くの文化的要素をもつ文化遺産である。伝統構法木造建築物をそれらの集合体としての町並景観とともに、そこに係わるすべての人が継承するよう努めなければならない。



写真1 昭和初期の高山の町並



写真2 松本家住宅の吹き抜け

## 2) 高山市における伝統構法木造建築物の耐震化の必要性

平成7年の阪神・淡路大震災、平成23年の東日本大震災と近年大きな被害をもたらした地震が発生している。これらの地震では火災や津波などの被害も甚大であるが、古い木造住宅でも倒壊などの被害が目立った。飛騨地方においても過去に大きな地震が起きている。安政5年(1858)2月26日に発生した飛越地震は、マグニチュード7.0から7.1であったと推定されており、千人以上の死傷者を出した。この飛越地震は跡津川断層が活動したことによるものであると考えられている。この跡津川断層以外にも、飛騨には多くの活断層があることが指摘されている。特に高山市周辺では、北東から南西方向にかけて、高山・大原断層帯と呼ばれる活断層が数多く走っている。地震調査研究推進本部によれば、高山断層帯でマグニチュード7.6以上の地震が発生する可能性があると考えられている。

伝統構法木造建築物の継承の必要性については前項で述べたところであるが、それによって、居住者が地震発生時に危険にさらされるようなことがあってはならない。そこに住む人が安全、安心に生活をし続けてこそ建築物は維持され、次世代まで継承されていくのである。住み手を失った家が、驚くほど速く傷むことについては言をまたない。

そのためにはまず、伝統構法木造建築物の耐震性能を的確に評価する必要がある。また、この評価によって、耐震性の課題だけでなく建築物構造の維持保全のために日常管理において注意すべき事項が明らかになる場合もある。伝統構法木造建築物を的確に補強して耐震性を向上させ、かつ適正に維持管理することで、安心、安全に暮らすことができ、建築物も維持継承されていくことになる。

## 3) 耐震補強・改修の考え方

建築物の耐震改修においては、耐震性の確保だけでなく建築物としての機能や内部空間も確保しなければならないが、町家など伝統構法木造建築物の場合は、さらに建築様式としての特性や意匠をできるだけ損なわないようにしなければならない。前述したように、町家は多くの文化的要素を持つ文化遺産として、歴史的な町並み景観を形成する重要な構成要素として継承していくべきものである。

そのためには、その町家の文化財的価値を把握した上で補強計画をたてる必要がある。意匠上優れている部分、歴史的な建築様式を残している部分などを把握し、それらに与える影響が少なくなるように、可能な限り見えない位置での補強や補強部材の素材・形状・色彩を工夫することなどが有効である。

また、伝統構法木造建築物の構造特性を活かした耐震補強を行うことが重要である。現行の建築基準法では、木造建築物について継手・仕口の金物による緊結、土台の基礎への緊結、筋かい等の斜材や構造用合板等の面材による補強により剛性や耐力を高めるという考え方が基本となっている。これは、建築基準法施行令第3章第3節の木造の規定は、概ね「在来工法」に対するものである。これに対し、「伝統構法」では、柱-横架材など仕口接合部は金具補強がほとんどなされず木組みによるものであり、筋かい等の斜材や構造用合板等の面材が用いられず土塗り壁、土塗り小壁が多用されている。また石場建てと呼ばれ、柱脚を礎石に載せただけで固定しないものも多い。

伝統構法木造建築物は、木材と木組みの粘り強い特性を生かして耐震性能を発揮するものであり、実際の地震での事例や振動台実験でも証明されているように大きな変形性能があり、然るべき耐力があれば耐震性能を満足することが可能である。したがって、伝統構法木造建築物の耐震改修では、「伝統構法」の変形性能を生かし、耐力のみならず変形性能をも考慮した耐震補強を行うことが重要となる。

耐震改修では、このような伝統構法木造建築物の構造特性を活かした耐震補強を行うことになるが、併せて建築物が新築されてからの経過の中で進行した老朽化などへの対応も行わなくてはなら

ない。すなわち、木部の蟻害や腐朽による劣化部分を改善する耐久性向上対策である。建築物が構造体として健全な状態であることは、的確な耐震補強を行うための大前提である。また、市街地において安全安心に暮らし続けるための防耐火性能や快適に暮らすための環境性能の向上も行われることが望ましい。

町家などの伝統構法木造建築物は、長年培われ継承されてきた匠の技を駆使して建てられているという文化財的価値をもって保存されなければならないが、そこが住まいとして使われ続けてこそ本当の価値があると言える。

### 3. 本マニュアルの位置づけ

#### 1) 本マニュアルの目的

木造建築物の耐震改修等では、在来工法などを対象とした壁量計算による耐力重視の耐震診断、耐震補強等がなされる場合が多い。一方、重要伝統的建造物群保存地区に存在する町家などの伝統構法木造建築物は、変形性能が豊かであり、この変形性能を生かした耐震診断、耐震補強が合理的であり、かつ有効である。しかし、伝統構法であっても在来工法と同じ耐力重視の耐震補強等がなされ、伝統構法の変形性能などの特長を生かしていない場合が多く見られる。

伝統構法の特長である変形性能を生かした耐震診断、耐震補強するには、限界耐力計算と同等な近似応答計算によって地震時の各層応答変形を求めて、耐震設計クライテリアに基づき耐震性能を評価する必要がある。その際に、建築物の復元力特性の評価、入力地震動の設定、耐震設計クライテリアの設定などを行った上で、近似応答計算を行うなど、壁量計算とは大きく異なる手順・手法となる。

このため高山市の伝統構法木造建築物の耐震改修についても、適切かつ詳細な構造調査を行った上で、その構造的特徴を把握し、伝統構法の特長である変形性能などを生かして耐震診断、耐震補強するためのマニュアルの作成が急務となっていた。

そこで、高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル作成検討委員会を設置して、大学などの研究者とマニュアルの必要性を強く感じていた伝統構法木造建築物に関係する地元の建築士や大工などの実務者により組織された飛騨高山伝統構法木造建築物研究会との協働でマニュアルの作成が進められた。検討委員会が中心となり、高山町家などの現地調査を行って構造的特徴を把握し、さらに抽出した構造要素の耐震性能実験や構造解析などから得られた多くの知見のもとに本マニュアルが作成された。

この成果である本マニュアルを高山市の伝統構法木造建築物に係わる実務者のみならず市民と共有することにより、高山町家など伝統構法木造建築物の耐震改修を促進し、耐震性向上を図ることが本マニュアルの目的である。



写真1 現地調査

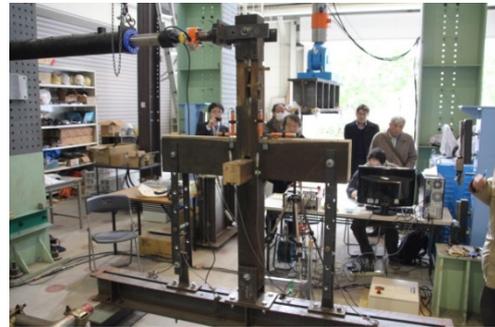


写真2 構造要素実験

#### 2) 本マニュアルの運用について

- (1) 高山町家などの伝統構法木造建築物の耐震性向上を促進啓発するための手引書とする。
- (2) 講習会などを開催することにより、本マニュアルの普及・活用を図る。
- (3) 今後の新たな知見により、本マニュアルの改善すべき点は逐次改定する。

#### 3) 本マニュアルの適用範囲

##### 1) 対象とする建築物および構造要素

- (1) 木造建築物のうち、伝統構法によるものを対象としている。
- (2) 主要な軸組や構造要素で使用する木材は丸太や製材であり、部材相互の接合は木組みの継手・仕口によるもので金物は極力使用していないものを対象とする。壁は土壁や板壁を壁体として

用い、床は板張りとしたものを対象とする。

- (3) 建築物の主たる水平抵抗要素（または水平力に対する抵抗要素）は、伝統構法に特有の大きな変形性能を生かすことができる構造要素として、土塗りや板貼りの全面壁（壁体のせん断抵抗）、小壁付き柱（壁体のせん断抵抗および柱の曲げ抵抗）および柱ほぞ・差鴨居・足固め・貫（仕口接合部の木材のめり込みによる回転抵抗）とする。また、柱一横架材の仕口接合部は変形性能を担保できる仕様とする。
- (4) 高山市の伝統構法建築物では、耐震改修等が必要な建築物は、町家型、土蔵、農家型住宅、社寺等であるが、本マニュアルは主として重要伝統的建造物群保存地区などに存在する町家を対象としている。なお、耐震性能評価の手法等については農家型住宅や社寺建築物にも適用可能である。ただし、農家型住宅や社寺建築物の場合には適用に当たって町家とは異なる特徴があるので注意が必要である。

## 2) 建築物の規模

階数は2階建て以下とする。述べ面積については特に制限を設けない。なお、3階建てにも適用可能であるが、近似応答計算やその適用等に注意が必要である。

## 3) 建設年

主として1950年（建築基準法制定）以前に建設された伝統構法木造建築物とするが、1950年以後の伝統構法木造建築物についても適用する。

## 4) 構造要素

- (1) 建築物の主要な構造要素や仕口接合部が十分な変形性能を有していると認められることが条件となる。要素実験等で1/10radまで大きな損傷や急激な耐力低下がない構造要素や仕口接合部とする。したがって、上記の変形性能が確認できない筋かいや木ねじで留めつける面材（石膏ボードや構造合板など）は用いないこととする。
- (2) これらの主要な構造要素や仕口接合部の設計用復元力特性は、設計資料に記載する。
- (3) なお、虫害や腐朽によって劣化した木部については、取り替え、根継ぎなど補修するものとする。

## 5) 柱脚の仕様

柱脚は、石場建ての他、土台形式を含む。石場建てでは柱脚の滑りを許容する仕様を適用の範囲に含める。

## 6) 増改築

建築物が増改築されている場合、増改築部分が伝統構法でない場合は適用外とする。ただし、伝統構法でない増改築部分が別棟として処理できる場合、既存の伝統構法木造建築物部分は適用範囲とする。また、伝統構法でない増改築部分が既存の伝統構法木造建築物部分の地震時応答に著しく影響を及ぼす場合は対象外とする。

## 4. 現地調査

### 1) 現地調査の目的

現地調査は、構造調査と耐久性調査の2種類からなる。その他に、意匠調査や書誌などの資料収集も必要に応じて実施する。

#### (1) 構造調査の目的

構造の調査は、建築物の耐震診断に必要な建築物の平面形状、階高、軒高等の断面形状を実測し建築物の概要を把握することを目的とする。また建築物の重量算出に必要である、屋根葺き材の材質、小屋組み、床組み、軸組部材寸法及び外装、内装の仕上げ材についても調査を行い、耐震診断の資料として図化する。なお、調査は目視調査とする。

#### (2) 耐久性調査の目的

耐久性調査では、主要構造部材を中心に木部の生物劣化（腐朽および虫害）の現況を把握し、耐震改修や構造補強に資するデータを獲得することを目的とする。また維持管理のための基礎的資料を獲得することも目的とする。

### 2) 現地調査の流れ

現地調査は事前準備（装備と予備情報）、調査（準備・実施・片付け）、結果の分析と取りまとめからなる。

必要に応じて、現地調査は段階的に実施する。例えば耐久性調査では一次調査で建築物状態の概要を把握し、二次調査で劣化部位を中心に詳細調査を行う、などの手法をとる。

耐久性調査では建築物の図面が事前に準備されていることが望ましいので、構造調査を先行させて、そこで得られた図面を続く耐久性調査で利用すると効率的である。また構造調査と耐久性調査は、相互に関連するものの、実際の調査では調査者の視点がどちらかに偏りがちになるため、両調査を別個あるいは別調査者が実施するほうが建築物の状況を包括的にかつ正確に把握するためには望ましく、また費用対効果も大きい。

### 3) 準備

#### (1) 構造調査の事前準備

1) 建築物の現況把握として、診断対象建築物の所有者に対して、築年数、修繕及び改修の有無、間取りの変更の有無、自然災害に対するの損傷状況などを事前にヒアリングを行う。

#### 2) 実測調査に必要な用具

- ・方眼紙 A3 版
- ・画板 A3 版用（ベニア合板で作成すると軽量で使いやすい。）
- ・筆記用具 三色ボールペン（柱位置、壁位置、寸法を色を変えて記載する。）
- ・巻尺（レーザー距離計測計）巻尺は 5m 程度が計測できることが望ましい。
- ・デジタルカメラ
- ・懐中電灯（床下、小屋裏の調査の場合はヘルメットに取付けるヘッドランプがあれば便利である。）
- ・下げ振り（柱の傾斜が著しい場合に必要）

#### (2) 耐久性調査の事前準備

調査の事前準備は以下のとおりである。

- 1) 建築物の概要（所在地（気候と環境）、所有者・管理者の情報、間取り、築年数、構造や建築様式、水周り設備の状況、改築や生物劣化防除の履歴、現状で確認されている劣化や不具合など）に関する情報を入手しておく。
- 2) 事前の構造調査で作成された建築物の他、既存の図面があれば入手し、事前に調査の計画を検討し、必要な用具などを準備しておく。また建築物だけでなく庭や周囲の状況についても把握しておく。
- 3) 床下や小屋裏への入り口の確保、高所に上がるための脚立や足場の準備、養生などについては、所有者や管理者と打ち合わせの上、準備しておく。
- 4) 劣化診断の際の装備の例

床下や小屋裏に入るための服装 (作業服 (裾、袖口や首筋のしまった作業服)、マスク、軍手、作業靴。帽子はつばのないものか、作業服にフードがついていればこれを利用する。また高所では安全帽 (ヘルメット) や安全帯が必要。床下を這う場合には、膝や肘用のパッドがあれば楽に動ける)

照明装置 (手持ちのライトやヘッドライト (高輝度 LED など明るいもの)、別途必要に応じて床下や小屋裏に設置するライトと延長コード)

マイナストライバ (突刺し診断による劣化レベル評価用。取手に手持ちライトをテープで巻きつけておくと調査の時に便利である)

デジカメ (小型の現場用カメラなど防塵や防水対策付のもの。ベルトをつけて首から吊るす) 現場記入用図面、図面保持用のボード、筆記用具 (3色ボールペンなど)

チョーク (チョークホルダ付) (部材に識別記号や劣化状況を記入するためのもの。写真に写しこむ。チョークを使用できない場合は、養生テープと油性マジック)

以上は、床下などの作業性が悪い場所に入る時の装備で、道具類はなるべく身体に装着し、現場では両手が自由になるように工夫する。道具類が多い場合には、手提げの袋や小型の道具入れに入れて持ち歩く。床下や小屋裏のほこりや付着物には、過去に施工された防錆剤や防蟻剤などを含めて有害なものもあるので、素肌を露出しないことやマスクを着用すること。

5) その他に下記のことを準備しておき、適宜利用する。

- ・サンプルを採取用のノミ、手鋸、カッターナイフなどの工具
- ・ビニール製の小袋やサンプル瓶
- ・ハンマ (打診用、文化財などでは使用が制限される)
- ・小型の手鏡、ルーペ、双眼鏡、ファイバースコープなど (物陰の観察、微細部分の観察、高所の観察、構造内部の観察に用いる)
- ・含水率計 (二次診断の器具であるが、あれば便利である。腐朽などの劣化が疑われる点を中心に計測する)。
- ・脚立、養生用ビニールシート、足場板、大工道具や電動工具、掃除道具とゴミ袋

#### 4) 構造調査

##### (1) 間取りの実測調査

平面図の作成を目的として、間取り寸法を計測し記録する。柱位置、壁の配置、垂壁腰壁の配置、開口部の位置を記録する。柱の断面寸法、材種を記録する。

なお、土壁 (腰壁、垂壁も含む) は天井裏 (小屋裏)、床下位置で、梁、足固めなどの横架材まで隙間無く施工がなされていない場合もあり、この様な施工状況では構造要素になり得ないため、天井裏、床下での壁の施工状況を把握することが必要である。またこの様な施工状況の壁については、施工状況を平面図に記載する。

断面図及び軸組図作成を目的として、階高、軒高、天井高、開口部の高さ、垂壁・腰壁の高さ、屋根勾配を計測し記録する。

小屋組、床組の調査は、床下又は天井の点検口が無い場合は、建築物所有者の了解を得た上で、天井板、畳、床板などの一部を撤去し調査を行う。床下については使用部材の断面寸法の計測とともに、土台、根がらみ、柱脚、床束などの腐朽の有無、蟻害の有無についても調査を行う。

基礎型式は、基礎の形状、材料について調査を行い、同時に地盤の状況、基礎の亀裂、不陸などの損傷の有無も確認する。

現地調査チェックリスト (章末参照) により、調査内容、必要な計測箇所など不足が生じないように確認する。写真撮影が必要な部位を表 4.1 に示す。

表 4.1 写真撮影箇所

写真撮影箇所		
場所	注意事項	撮影枚数
外観	建物の形状がわかること	適宜
	屋根の形状がわかること	
	開口部の位置がわかること	
	軒裏の状況がわかること	
屋内	壁の位置がわかること	展開図のイメージで撮影
	垂壁(腰壁)の位置がわかること	
	開口部の位置がわかること	
	天井の仕上がわかること	
	床の仕上がわかること	
床下	床組の状態がわかること	適宜
	基礎の状態がわかること	
	壁の下端がわかること	
小屋裏	小屋組みの状態がわかること	適宜
	壁(垂壁)の上端がわかること	
その他	構造安全性及び耐久性に影響がある壁の亀裂、剥落及び構造材等に腐朽、蟻害などの損傷が発見された場合、記録する。	適宜

(2) 構造調査データの整理

1) 実測調査図の作成

実測調査の野帳に基づき、

- ・各階平面図
- ・屋根伏図
- ・断面図
- ・軸組図（主要な構面）

の作図を行う、各図の縮尺は原則として 1/100 とする。

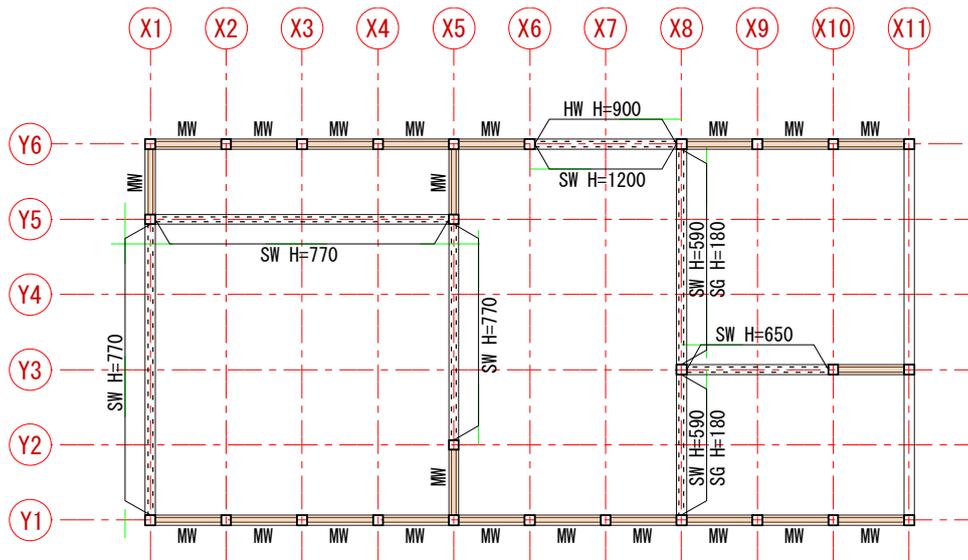
表 4.2 作成図面

作成図面			
	図面名称	記載内容	縮尺
1	平面図(構造要素配置図)	柱位置・壁位置・垂(腰)壁位置と高さ	原則として 1/100 とする
2	断面図	最高高さ、軒高、階高、床高 屋根勾配、軒及びけらばの出	
3	屋根伏図	屋根形状、屋根勾配、軒及びけらばの出 屋根葺き材の材種	
4	基礎伏図	耐震診断では不要であるが、耐震補強設計などのリフォーム設計に必要なことがあるため作成しておくことが望ましい。	
5	床伏図		
6	小屋伏図		
7	軸組図 (張り間、けた行方向)	軸組部材の状態、壁の付き方 開口部位置、垂(腰)壁の高さ	

2) 作成上の注意点

- ・作図は CAD を用いて作成することが望ましい。





※ MW は土壁位置を示す。  
 HW は垂壁（土壁）位置を示す。数字は垂壁の高さを示す。  
 SW は腰壁位置を示す。数字は垂壁の高さを示す。  
 SG は差し鴨居の位置を示す。数字は差し鴨居の成を示す。

図 4.2 平面図作図例

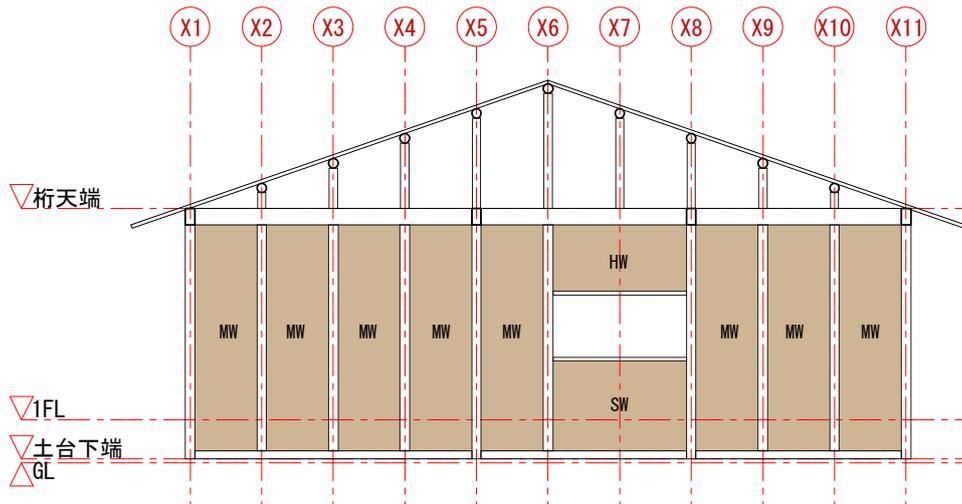


図 4.3 Y6 通り軸組図 作図例

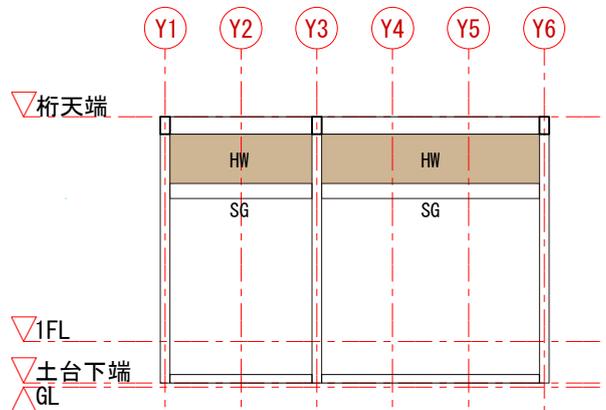


図 4.4 X8 通り軸組図 作図例

## 5) 耐久性調査

### (1) 耐久性調査の要領

一次から三次まで診断のうち、現場用の診断機器を用いた診断が中心となる二次診断や、採取サンプルの精密な分析を行う三次診断は専門家に委ねることとして、ここでは調査の基本となる一次診断について解説する。一次診断（調査）では、訓練された検査者が、視診、触診およびハンマによる打診やドライバによる突刺診で診断を行う。ここでは訓練された検査員が、床下、天井裏、室内、外周について、主要構造部材を中心に診断する。主要な構造部材については原則として全て調査する。一次診断の目的は、明らかな劣化部位や、劣化の可能性がある部位をもれなく抽出することで、さらに劣化の種類、範囲や程度をおおよそ判定することも求められる。さらに劣化の進行性を判別することも求められる。

診断（判定）の結果は、図面に記録するとともに、部材にチョークなどでマークして写真撮影を行う（マーキング方法については後述）。このとき、例えば写真撮影した順番を図面に落とし込むなどして、写真と図面への記録との関連が後で見失われないように注意する。部材に直接チョークでマークできない場合には養生テープや付箋などを貼り付け、これに判定結果を書きこむ。マーキングは後日確認したり、改修などの作業のために残すこともありえるが、原則として調査が終了すると消去する。

調査は、建築物外周・内側についてその構造、材料、仕様などを確認、および劣化症状の有無を確認しながら概観した上で、床下部分を中心に腐朽・蟻害・甲虫害の診断を行う。床下部分でシロアリ食害が確認された場合には、1階上部構造への拡大の有無を調べる。さらに小屋裏について、雨漏りとそれに由来する劣化の有無を調べる。

閉鎖領域（大壁内、閉鎖基礎内など）や調査が困難な狭い領域については、周囲の症状から判定するしかないが、この領域について劣化の発生が疑われる場合には、別途部材の取り外しなどを伴う詳しい調査を計画あるいは実施する。

診断（調査）では、劣化の有無だけでなく、調査領域について生物劣化が発生しやすい環境にあるかどうかの判定も行う。例えば、床下や室内の換気や通気状態、湿気、床下および周囲土壌の湿気、断熱材の使用状態、雨仕舞い、建築物周囲の植栽とその管理状態なども評価し、記録する。

また改修、シロアリ防除などのメンテナンスの履歴、所有者や管理者が認識している症状などについても記録しておく。

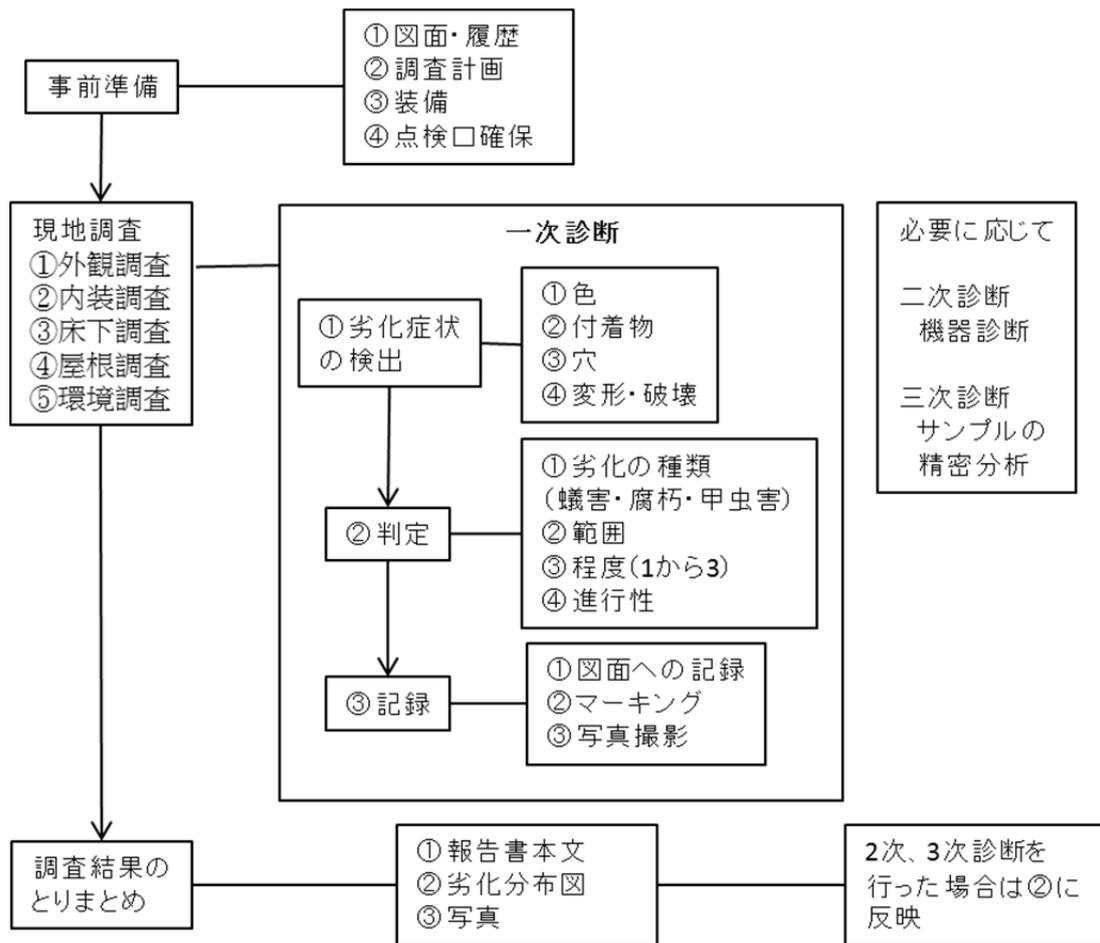


図 4.2 耐久背調査の流れ

## (2) 視診における劣化症状の見極め

診断（調査）では、以下の劣化に関連する症状を検出し、劣化の有無、種類、範囲と程度を判定する。ここで判定とは、劣化と思われる症状の認められる部位について、腐朽、蟻害（シロアリ）および甲虫食害と判断することをさす。

### 1) 部材の変色・シミ、触感

生物劣化と関連して発生する材の変色は、水しみによる変色である（菌類による変色については付着物として後述する）。また腐朽がある程度進行すると、材が褐色化したり、白色化することもあるが、この場合には後述するような材の変形や割れなどの破壊、ささくれなどの表面性状の変化を伴う。塗料や保存剤、汚れなどと紛らわしい場合があるので注意を要する。

触感に関しては、まず表面が湿った感じがするかどうかの判定を行う。明らかに湿った感じがする場合には、材が他の腐朽症状を示していないか確認する。また指などで木材の表面を押してみた時の弾力を判定し、内部（表層近く）が空洞化していないか確認する（虫害や腐朽が進んだ状態の場合で、内部が空洞化していたり、ぜい弱化していると弾力がなくなる）。弾力の判定は後述するハンマによる打診やドライバの突刺し診とあわせて行う。

また木材表面の凹凸やささくれ、毛羽立ちなども劣化に伴って変化する。通常の部材は鋸挽きやかな仕上げたものが施工されるが、経年でみられる割れや反り・捩じれとは異なる凹凸や性状の変化が認められれば注意深く診断する。



床束足元・土台下側・柱足元など、腐朽を伴うことが多い



桁や天井板（雨漏りによるため小屋裏の調査が必要）



野地板や外壁、野地や内部での腐朽を伴うことが多い

写真 4.1 部材の変色・シミの例

## 2) 部材の変形、破壊（割れ、せん断、圧潰）

蟻害によって木部内部が空洞化すると、部材が圧潰したり、折損したりする。また腐朽が進行すると変色に伴って材が崩落したり、割れたりする。割れは施工後の乾燥によっても発生するが、木材腐朽（特に針葉樹材に頻発する褐色腐朽）では腐朽の終盤状態になって、材が乾燥し始めるとともに干割れが発生する。この割れは繊維方向だけでなく繊維の直交方向にも発生する（これは腐朽によって実質が消失した木材が乾燥するとともに大きく収縮するために起き、消し炭のような状態になる）。木材の乾燥によって生じる収縮割れは繊維に沿って発生し、また腐朽などによる変色などの材質の変化を伴わない。



蟻害が進行し、部材が圧潰した例



腐朽による束材の座屈

写真 4.2 部材の変形、破壊（割れ、せん断、圧潰）の例

### 3) 部材接合部のずれ

部材そのものの変形や破壊だけでなく、接合部分のずれなども調べる。蟻害などがあり部材の劣化により強度が低下すると仕口部分で部材がずれたり、部材が傾斜したり、結果として抜けや隙間が生じる場合がある。部材や構面の強度不足によってもこれらの現象は生じるが、これらの現象が局部的である、劣化の他の症状も認められる、などによって判定する。



写真 4.3 劣化による部材の強度低下や欠損が起こす壁の膨張、割れや崩落

### 4) 穴（虫害の識別）

材の表面に発生した概ね真円に近い穴については、甲虫類やハチ類による食害と関連付けて検討する。小屋裏の材（マツ類、ケヤキ材）、建築物の外周面に暴露している部材や床下の部材（クリ材やケヤキ材）などの辺材（白太）に、直径が 1mm から数 mm 程度の丸孔が複数個あいている場合には概ね甲虫類（シバンムシ類、クイムシ類やカミキリ類）の食害と考えられる。時に穴に虫粉が詰まっている場合もある。これらの昆虫による食害が、建築物竣工後に外界から飛来してきた成虫が木材表面に産卵し、孵化した幼虫が木材の辺材を食害して発生する。幼虫は脱皮を繰り返し、さなぎの時期を経てやがて成虫になって材から穴をあけて脱出する。脱出にともない坑道に堆積していた虫粉が下方に落下・堆積することもある。これらの昆虫は乾燥した材料でも生息でき、被害は長年にわたって継続するが、食害領域は概ね辺材に留まる。

カミキリ類の多くは生材に発生し、乾燥状態では生息できないが、乾燥不良の材料を用いて施工すると竣工後に残存していた幼虫が成虫になって発生することがある。しかしこの場合には再発はない。またこれらの虫害の履歴のある材料を用いて施工することもあるので、診断に際しては注意が必要である。



甲虫による食害（直径1から数ミリの穴が多数表面に認められる）



クマバチによる穿孔（軒先などにみられ、直径20mm程度に達する）



シロアリ食害による穴（蟻道）や欠損

写真 4.4 昆虫の食害による穴の例

##### 5) 付着物（腐朽菌菌糸関連、蟻道関連）

木材の表面についた付着物については、シロアリの食害および菌類による腐朽との関連で検討する必要がある。

主に床下領域について布基礎、東石や部材の表面に幅が数 mm 程度で筋状に土や砂粒状のもので道筋のようなものが形成されている場合には、シロアリの蟻道である可能性が高い。これは土中のシロアリが床下空間に這い上がり、さらにこれらの部材の表面に形成するトンネル状の通路であり、ここを通じて餌となる木材にたどりつく。これらの蟻道（塊状になっている場合には蟻土）が認められると、その部材および周囲の部材の内部が食害されている可能性が高い。特に床の面まで達すると床面に沿って水平面内に、また柱や壁の内部を食い上げて鉛直面内に食害領域が広がっていることが多いので注意深く調べる。蟻道1本でも、経過時間が長いと上部構造が相当食害されている可能性がある。また建築物外周面でも、日蔭などでは蟻道が構築されることがある。断熱材の内部、土壁内の小舞竹なども食害するが、発見しにくい。

シロアリは木材の表面に蟻道を構築しながら行動範囲を広げるか、木材内部を食害しながら行動範囲を広げるのが基本であるが、材の隙間や割れ目などを巧みに利用しながら行動範囲を広げるので、部材の隙間、穴や割れ面などが土様のもので詰まっている場合には、シロアリ食害が内部で進

行している可能性がある（甲虫類による食害と見誤りやすいが、これについては、食害のパターン、虫粉の性状、虫粉に混在しているものなどを手掛かりに識別する）。

羽アリが床下や小屋裏に発生した場合に、材や土壌に羽アリが落とした羽が付着している場合や、羽アリが飛翔するために蟻土が外部に露出することがある。外壁側から観察した場合には目地や隙間に詰まった土、穴の他、上記の特徴をとらえて蟻害を検出する。

腐朽菌に関する付着物の特徴は白い綿状、膜状の付着物である。これらは腐朽菌の菌糸と関連付けて抽出する。木材腐朽性を示さないカビ類の菌糸は色も様々で、常態も色々であることから、厳密な判定方法ではないが、現場では白い綿状・膜状の付着物と、その周囲の材の変化から腐朽を判定する。



シロアリのよる蟻道（材の表面に付着していると同時に内部を穿孔している）



部材の表面や隙間に形成されたシロアリの蟻道

写真 4.5 シロアリ食害と関連する付着物



写真 4.6 腐朽菌と関連する付着物

（白い綿状や膜状の付着物として認識される。木材腐朽菌識別の目安であるが、木材腐朽性でないカビ類の菌糸にも白いものがあったり、他の類似の現象もあるので注意が必要である。多くの場合、変色や材の破壊、水分浸潤などの症状を伴う。）

### (3) 打音診断

ハンマによる打撃が許される場合には、打撃音の特徴から内部の空洞化を判定する。健全材では、

比較的高い周波数で、カンカン、コンコンといった音色がするのに対して、腐朽や虫害による空洞があると、低く、割れたような、あるいはうつろな感じの音色がする。ただし空洞が相当大きい場合や表面近くにある場合でないと検出しにくい。材の含水率が高い場合にも音色は低くなるが、この場合には腐朽を伴っていることもありうる。さらに接合部付近や材の支持状態によっても音色は変化するので打音での精密な診断は難しい。

#### (4) ドライバの突き刺し診断

マイナスドライバ（中型のもの）を材に突刺しで、その貫入の程度で表面および木材の劣化度を判定する。概ねドライバの先端のみが入り、断面欠損が3割以下と評価される場合はレベル1、ドライバが結構奥まで入り、断面欠損が3から7割程度あると推定される場合はレベル2、ドライバが軽く奥まで入り、断面欠損が7割以上あると思われる場合にはレベル3として評価する。



写真 4.7 ドライバの突き刺し診断と内部座から発見されたシロアリ

#### (5) マーキング

現場に残すマーキングでは、部材に劣化の範囲を記した上で、甲虫食害の場合はB、シロアリ食害の場合はT、腐朽の場合はDとしてその後にレベルの数字（1から3）を添えてマーキングする。さらに劣化が進行性と判定される場合には、最後にPの文字を添えておく。



写真 4.8 マーキングの例

#### (6) 建築物の構造・仕様と劣化との関連

##### 1) 床下の構造・仕様と虫害・腐朽

- ・多くの伝統的木造建築の床下は土壌頭しになっており、シロアリが侵入しやすい状況にある。シロアリは多くの場合、土中から礎石の表面に蟻道を構築し、柱や床束の下端にたどり着き、そこを起点に食害を開始している。
- ・床下が土壌現しになっている場合、木部が土壌の湿気の影響を受け、劣化しやすい。
- ・床下が低く、閉じられているため通気や換気が十分ではなく、木部が劣化しやすい。

- ・土壌からの浸潤水によって、柱、束、土台が下端部を中心に腐朽しやすい。
- ・水周り設備や外壁の近傍では劣化がおきやすい。

## 2) 屋根や小屋裏の構造・仕様と虫害・腐朽

- ・根部に発生する劣化は、主に雨漏りによる腐朽や、雨水浸潤部に発生したシロアリ食害のほか、シバンムシなど甲虫類による食害が多い。
- ・床下からのシロアリ食害が小屋裏にまで達している場合もある。
- ・妻面、破風尻や隅木周りは雨水が浸潤しやすい、劣化しやすい。
- ・棟木は、漆喰部からの雨水の浸潤などで長年の間に劣化していることが多い。

## 3) 壁の仕様と虫害・腐朽

- ・土壁と柱などとの隙間からの水分の発生や虫の侵入によって土壁の芯を構成している貫や小舞竹に虫害（シロアリやシンクイムシ類）が発生している事例がある。
- ・外壁や軒側から雨水浸潤によって芯材が腐朽している場合がある。
- ・土壁が床下まで降りた状態で、床下土壌に接している場合には、シロアリ食害が発生しやすい。
- ・土蔵などの大壁では、表層の漆喰の剥離や瓦屋根部からの雨水の浸潤によって壁芯材が劣化していることがある。

## (7) 材料や施工方法と劣化との関連

### 1) 構造用材の劣化症状

- ・比較的耐久性の高いとされているヒノキ材については劣化の発生頻度は比較的低い。
- ・ヒノキやスギについては特に辺材（白太）に劣化が多い。
- ・マツ、クリやケヤキでは主に辺材（白太）に、甲虫の食害や腐朽が発生しやすい。またこれらの材にもシロアリ食害は発生しうる。
- ・心材（赤身）は劣化しにくい。
- ・蟻害は、材料の割れ、背割りなどの隙間や部材通しの隙間を伝って発達することが多い。
- ・かまどや囲炉裏、線香などの煙に長年暴露された部材は、甲虫類の食害が発生しにくい。

### 2) 施工方法と劣化との関連

- ・伝統的な劣化対策として銅板を用いて木材表面を被覆している場合がある。腐朽対策として有効と思われるが、表面の銅板と内部の木部との間隙に水分が浸潤したり、滞留したりする場合などでは腐朽抑制効果が発揮されていない場合がある。
- ・水周りを中心とする改築の際に、土壌からのシロアリ侵入や結露などの対策が不適切であるなど十分でないために劣化が起きている場合がある。

## (8) 建築物周囲環境と劣化との関連

### 1) 土壌

- ・建築物周囲の土壌やそこでの水分状態（乾燥状態）によっては、建築物への湿気や水分の侵入が阻止できず劣化しやすい環境になっている場合がある。また降雨時に薄いが床下方向に流入してくる場合も同様である。
- ・池、手水、流水のある側溝などとの関連での水分浸潤も劣化の原因となる場合がある。

### 2) 周囲環境

- ・植栽が建築物に近く、根元付近に発達したコロニーからのシロアリ侵入が起きやすい場合がある。また植栽の落ち葉が雨どいを詰まらせ排水不良となり、あふれた水分が軒や壁を濡らして腐朽や虫害が起きている場合がある。
- ・玄関、勝手口や縁側部、建築物周囲の塀などからのシロアリ侵入や水分浸潤による腐朽が認めら

れる場合がある。

## (9) 住まい方と劣化との関連

### 1) 日常の建築物の使い方と維持管理

- ・近年では畳や床を上げての大掃除などの住まい手による維持管理の機会が減少し、早期での劣化の発見や処置が困難になりつつある。
- ・床下や小屋裏などの空間が物置状態や放置状態になっており劣化の発生と進行が発見されないことが多い。
- ・住まい手の劣化に対する知識や意識が十分ではなく、劣化を過小評価した結果、劣化が甚大化していることがある。

### 2) 増築や改築

農家や町屋などで、台所を中心に土間の床上げを行った結果、床下部分の換気や通気が阻害され、腐朽や虫害が発生している。またこれらの領域では床高さが低く、維持管理がしにくい。伝統的な木造では、本来風呂やトイレなどの水周り設備は邸内になく、別棟に配置されていたが、時代とともにこれらの設備が家屋内に配置されるようになった。これに伴いこの周囲に腐朽や虫害が発生しやすくなり、周囲にまで拡大していることが多い。またこれらの設備では大壁構造、閉鎖基礎や防水処理工事によって、被害が見えにくく、顕在化する頃には相当に深刻になっている。

## 参考文献

- 1) 日本しろあり対策協会：しろあり及び防腐防除施工の基礎知識、1996
- 2) 東京文化財研究所編：文化財害虫事典、クバプロ、2001
- 3) 屋我嗣良他：保存・耐久性（木材科学講座 14）、海青社、1997
- 4) 日本木材保存協会編：木材保存学入門改訂 2 版、2005
- 5) 日本しろあり対策協会：シロアリと防除対策、2000
- 6) 日本木材保存協会：実務者のための住宅の腐朽・虫害の診断マニュアル、2007
- 7) 日本建築防災協会：木造住宅の耐震診断と補強方法、2005

表 4.3 現地調査チェックリストの例

現地調査チェックリスト											
調査員氏名				調査日時	平成	年	月	日			
建築時期	築	年									
修繕・改修記録	<input type="checkbox"/>	有	<input type="checkbox"/>	無	<input type="checkbox"/>	模様替え	<input type="checkbox"/>	修繕			
	<input type="checkbox"/>	工事時期									
	<input type="checkbox"/>	その他									
平面図	柱	<input type="checkbox"/>	断面寸法		mm	×		mm	樹種		
		<input type="checkbox"/>	柱位置								
	壁	<input type="checkbox"/>	壁の材質								
		<input type="checkbox"/>	壁の位置								
		<input type="checkbox"/>	壁の厚さ	mm							
	垂壁・腰壁 (開口部)	<input type="checkbox"/>	垂壁位置	<input type="checkbox"/>	高さ		mm	<input type="checkbox"/>	厚さ		mm
<input type="checkbox"/>		腰壁位置	<input type="checkbox"/>	高さ		mm	<input type="checkbox"/>	厚さ		mm	
断面図	高さ	<input type="checkbox"/>	床高さ		mm						
		<input type="checkbox"/>	階高		mm						
		<input type="checkbox"/>	軒高		mm						
		<input type="checkbox"/>	最高高さ		mm						
		<input type="checkbox"/>	天井高		mm						
		<input type="checkbox"/>	内法寸法		mm						
	仕上材	<input type="checkbox"/>	床仕上		下地材						
		<input type="checkbox"/>	外壁仕上材								
		<input type="checkbox"/>	内壁仕上材								
	屋根	<input type="checkbox"/>	屋根仕上		下地材						
		<input type="checkbox"/>	屋根勾配								
	基礎	基礎型式	<input type="checkbox"/>	布基礎	材質						
<input type="checkbox"/>			独立基礎	材質							
床下	土台	<input type="checkbox"/>	有	<input type="checkbox"/>	無	樹種:		断面寸法		×	
	足固め	<input type="checkbox"/>	有	<input type="checkbox"/>	無	樹種:		断面寸法		×	
	大引き・根太	<input type="checkbox"/>	有	<input type="checkbox"/>	無	樹種:		断面寸法		×	
軸組	<input type="checkbox"/>	梁・桁		樹種:		断面寸法				×	
	<input type="checkbox"/>	小屋梁		樹種:		断面寸法				×	
	<input type="checkbox"/>	登り梁		樹種:		断面寸法				×	
仕口・継ぎ手	形状		接合状況	<input type="checkbox"/>	健全である	<input type="checkbox"/>	支障有				
屋根	<input type="checkbox"/>	軒の出寸法		mm							
	<input type="checkbox"/>	けらばの出寸法		mm							
庇・下屋の有無	<input type="checkbox"/>	有	<input type="checkbox"/>	無し	出寸法		mm	構造			
建具	位置		形状		材種						
天井					材種						
建物の健全度	軸組	<input type="checkbox"/>	支障無	<input type="checkbox"/>	支障有	場所:		状況			
	外壁	<input type="checkbox"/>	支障無	<input type="checkbox"/>	支障有	場所:		状況			
	内壁	<input type="checkbox"/>	支障無	<input type="checkbox"/>	支障有	場所:		状況			
	屋根葺き材	<input type="checkbox"/>	支障無	<input type="checkbox"/>	支障有	場所:					
	雨漏りの有無	<input type="checkbox"/>	無	<input type="checkbox"/>	有	場所:					

## 5. 耐震性能評価と耐震補強設計

### 1) 前提条件

#### (1) 部材

劣化している部材については、取り替えや補修をすること。

#### (2) 荷重や外力

##### 1) 固定荷重

建築物の各部の固定荷重は、当該建築物の実況に応じて計算する。ただし、別添 設計資料 2. 固定荷重の単位面積当たり荷重にしたがって計算することができる。

##### 2) 積載荷重

建築物の各部の積載荷重は、当該建築物の実況に応じて計算する。ただし、建築基準法施行令第 85 条にしたがって計算することができる。

##### 3) 積雪荷重

屋根やバルコニーに加わる積雪荷重は、建築基準法施行令第 86 条の規定に従う。

積雪荷重  $S$

$$S = \mu_b \cdot h_s \cdot \rho$$

$S$  : 積雪荷重 (屋根の水平投影面積当たり) ( $\text{N}/\text{m}^2$ )

$\mu_b$  : 屋根形状係数

屋根に雪止めがある場合を除き、屋根勾配が  $60^\circ$  以下の場合において下式で計算する。

$$\mu_b = \sqrt{\cos(1.5\beta)}$$

$\beta$  : 屋根勾配(度)

$h_s$  : 建設地の垂直積雪量( $\text{cm}$ )

$\rho$  : 積雪の単位荷重 ( $\text{N}/\text{cm}/\text{m}^2$ )

高山市は多雪区域であり、岐阜県建築基準法施行細則および岐阜県建築基準法運用指針による積雪荷重に関連する規定(別添 参考資料を参照)により、垂直積雪量は区域に応じて設定する。積雪の単位荷重は  $30\text{N}/\text{cm}/\text{m}^2$  以上とする。

岐阜県建築基準法運用指針により、建築基準法施行令第 86 条第 6 項の雪下ろしによる垂直積雪量の低減は適用しない。ただし、人力による雪おろしを行う場合、垂直積雪量の低減は一戸建住宅に限り適用することができる。

風圧力または地震力と同時に作用する場合の積雪荷重 ( $\text{N}/\text{m}^2$ ) は、 $S \times 30\text{N}/\text{cm} \cdot \text{m}^2 \times 0.35$  とすることができる。

#### (3) 地震力以外の荷重・外力に対する構造安全性の検討

新築の場合は、地震力以外の荷重・外力(固定荷重、積載荷重、積雪荷重、風圧力)によって構造耐力上主要な部分に生じる応力に対して安全な構造であることを検証する必要があるが、対象が既存建築物であるため、特に問題が起きていなければ原則として検証しなくてもよい。ただし、積雪時等において、横架材に有害なたわみが生じる場合や柱に座屈等による大きな変形が認められる場合は部材の検討を行い、安全性を確認する。

風圧力に対して、1 列型の町家では 1 階のせん断耐力が風圧力を上回ることを確認する。

#### (4) 入力地震動

近似応答計算に基づく耐震性能の評価を行うには、建築物の復元力特性を算定するとともに、建築物に作用する地震力を加速度応答スペクトルから算定する必要がある。解放工学的基盤における加速度応答スペクトル（告示）をもとに表層地盤での増幅特性を考慮した地表面における加速度応答スペクトルを設定する。

稀に発生する地震動及び極めて稀に発生する地震動に対する地表面の設計用地震動の加速度応答スペクトルをそれぞれ算定する。まず、稀に発生する地震動及び極めて稀に発生する地震動に対する解放工学的基盤の加速度応答スペクトル ( $S_{0d}$ ,  $S_{0s}$ ) を求め、それに表層地盤による加速度の地盤増幅率等を掛け合わせて、地表面の設計用地震動の加速度応答スペクトルを算定する。

地震力は 5.9 の近似応答計算に示すように加速度応答スペクトルで評価し、解放工学的基盤における加速度応答スペクトル ( $S_{0d}$ ,  $S_{0s}$ )、表層地盤における加速度増幅率 ( $G_s$ )、減衰による加速度低減率 ( $F_h$ )、調整係数 ( $p$ ,  $q$ )、地震地域係数 ( $Z$ ) の項から計算ステップごとに計算する。

$$S_{Ad} = S_{0d} \cdot G_s \cdot F_h \cdot p \cdot q \cdot Z \quad (\text{稀に発生する地震動})$$

$$S_{As} = S_{0s} \cdot G_s \cdot F_h \cdot p \cdot q \cdot Z \quad (\text{極めて稀に発生する地震動})$$

解放工学的基盤における加速度応答スペクトルの計算

建築物の等価固有建築物の等価周期 ( $T_e$ ) に応じて解放工学的基盤における加速度応答スペクトルを計算する (表 5.1)。

表 5.1 建築物の等価周期と加速度応答スペクトル

等価周期 ( $T_e$ )	加速度応答スペクトル	
	$S_{0d}$	$S_{0s}$
$T_e < 0.16$	$0.64 + 6T_e$	$3.2 + 30 T_e$
$0.16 \leq T_e < 0.64$	1.6	8
$0.64 \leq T_e$	$1.024 / T_e$	$5.12 / T_e$

表層地盤（高山市）における加速度増幅率の計算

J-SHIS（防災科学技術研究所）によれば、高山市の伝統的建造物群保存地区の地盤は表層 30m の平均 S 波速度は約 400m/s で、第 1 種地盤に近く、第 1 種と第 2 種の中間的地盤として設定することができる（別添 設計資料 4. 地盤種別の判別について）。

注) J-SHIS は、地震防災に資することを目的に日本全国の「地震ハザードの共通情報基盤」として活用されることを目指して作られたサービスで、表層地盤の S 波速度等の情報が含まれている。

表 5.2 表層地盤の加速度増幅率

第1種地盤		第2種地盤		第3種地盤		第1種と第2種の中間的地盤	
$T_e$	$G_s$	$T_e$	$G_s$	$T_e$	$G_s$	$T_e$	$G_s$
$T_e < 0.567$	1.5	$T_e < 0.64$	1.5	$T < 0.64$	1.5	$T_e < 0.64$	1.5
$0.576 \leq T_e < 0.64$	$0.864 / T_e$	$0.64 \leq T_e < 0.864$	$1.5 T_e / 0.64$	$0.64 \leq T_e < 1.152$	$1.5 T_e / 0.64$	$0.64 \leq T_e < 0.72$	$1.5 T_e / 0.64$
$0.64 \leq T_e$	1.35	$0.864 \leq T_e$	2.025	$1.152 \leq T_e$	2.7	$0.72 \leq T_e$	1.69

$T_e$  : 等価固有周期、 $G_s$  : 加速度増幅率

第1種と第2種の中間的地盤は、第1種と第2種の間として、 $0.72 \leq T_e$ で増幅率を  $(1.35 + 2.025) / 2 = 1.69$  としている。

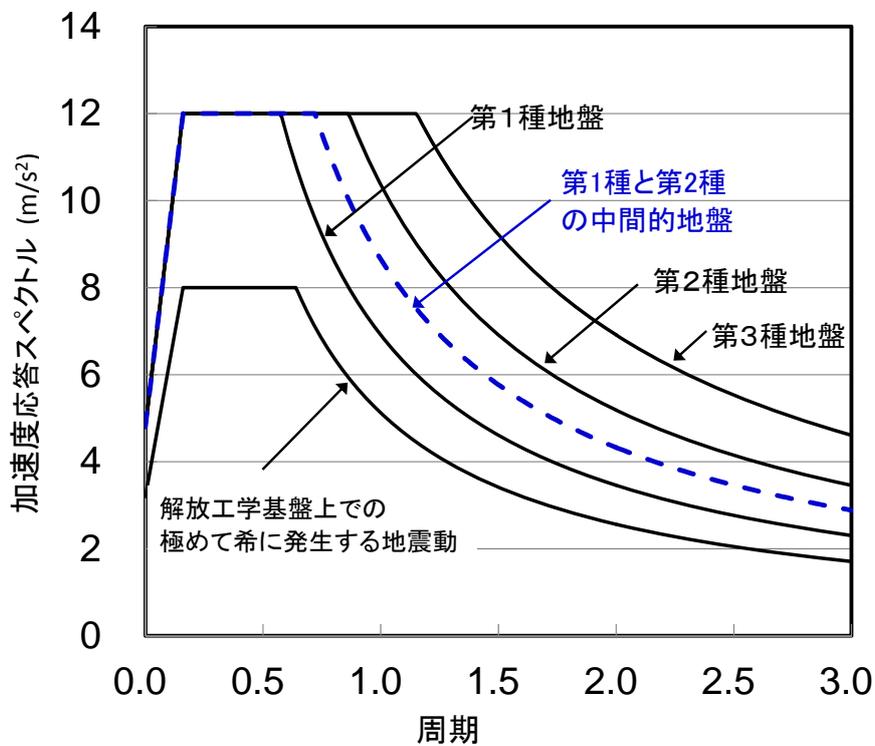


図 5.1 地表面における入力地震動の加速度応答スペクトル

## 2) 耐震性能評価・耐震補強設計の流れ

対象とする建築物の耐震性能評価および耐震補強設計の流れを図 5.2 に示す。

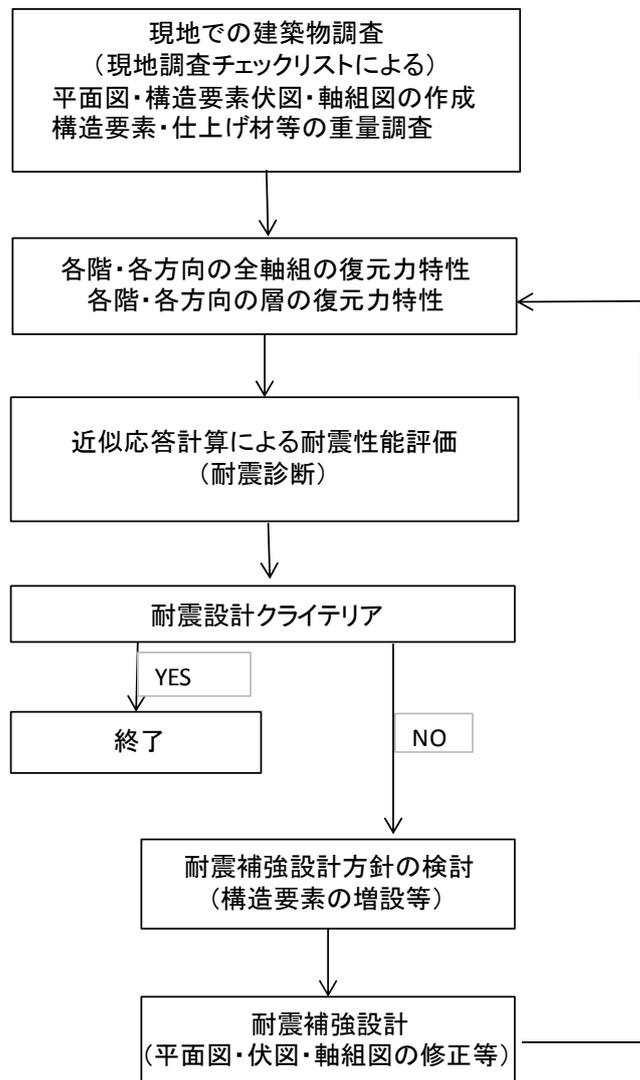


図 5.2 耐震性能評価・耐震補強設計の流れ

- (1) 4 章に従って現地調査を行い、各階平面図・構造要素伏図の作成および各階各方向の全軸組図を作成する。
- (2) 作成した図面に基づき下記の事項について検討し、計算する。
- (3) 各階建物重量を算定する
- (4) 建築物の各階・各方向の復元力特性を構造要素の復元力特性の評価法（設計資料 2. 構造要素の設計用復元力特性を参照）に基づいて設定する。まず、各方向・各階の軸組構面を算定し、各方向・各階の復元力特性は、原則として、各軸組構面の復元力特性の単純加算とする。
- (5) 近似応答計算により、各方向・各階の応答変形角を求める。
- (6) 応答変形角が耐震設計のクライテリアを満足することを確認する。

調査建築物の耐震診断および耐震補強設計での耐震性能評価は原則として、以下の図 5.3 に示す耐震性能評価の流れに従って行う。

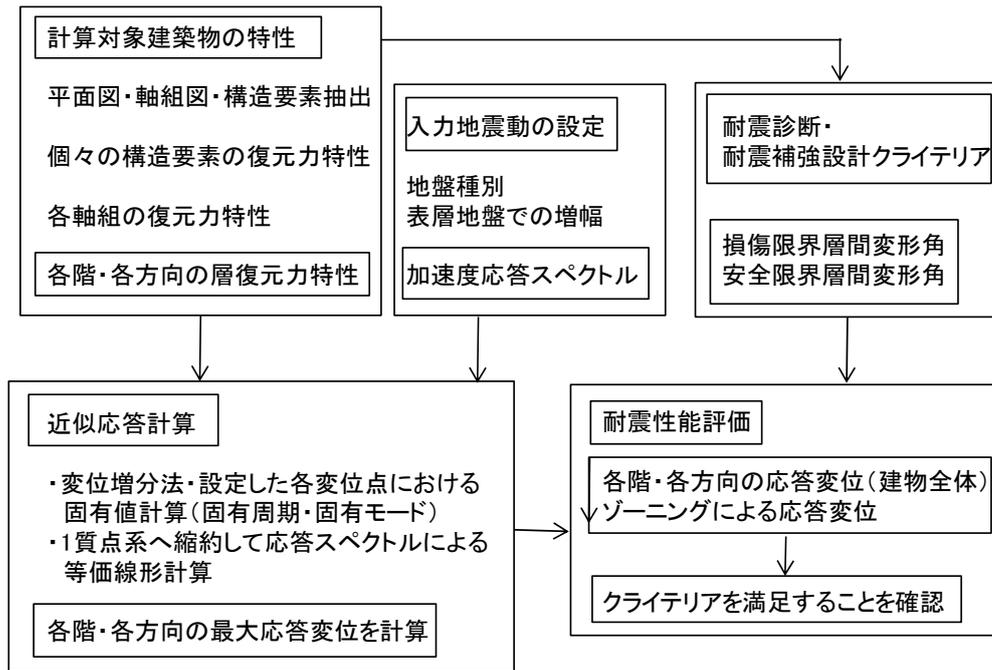


図 5.3 耐震性能評価の流れ

### 3) 耐震性能のクライテリア

- (1) 稀に発生する地震動（建設地において建築物の存置期間中に 1 度以上遭遇することを想定する地震動）に対して、
  - ・構造耐力上主要な部分に耐力低下がなく、地震後もそのまま継続して使用可能な状態を保つこととする。
  - ・損傷限界層間変形角を  $1/90\text{rad}$  以下とする。
- (2) 極めて稀に発生する地震動（建設地における建築物の構造安全性への影響度が最大級の地震動）に対して、
  - ・人命を保護する。このためには各階ともに人間が生存可能な空間を維持するために倒壊・崩壊が生じないことをとする。
  - ・安全限界層間変形角を  $1/20\text{rad}$  以下とする。
  - ・屋根の積雪荷重を考慮する場合は  $1/15\text{rad}$  以下とする。

損傷限界層間変形角は、稀に発生する地震動に対して構造耐力上主要な部分に耐力低下がなく、補修を要する損傷が生じない層間変形角として  $1/90\text{rad}$  以下とし、用いる構造要素などの損傷を考慮して  $1/120\text{rad}$ ～ $1/90\text{rad}$  内で設定する。

安全限界層間変形角は、極めて稀に発生する地震動に対して層間変形角として  $1/20\text{rad}$  以下とする。用いる構造要素などの損傷を考慮して  $1/30\text{rad}$ ～ $1/20\text{rad}$  内で設定する。大きな吹き抜けや偏心がある場合には、ゾーニングによる検討を行うが、その際には建築物全体の安全限界層間変形角（代表層間変形角）が  $1/20\text{rad}$  以下であり、変形の大きな構面の最大層間変形角を  $1/15\text{rad}$  以下とする。

地震時の積雪荷重は、岐阜県建築基準法施行細則および岐阜県建築基準法運用指針による（参考資料）。

#### 4) 各方向・各階の復元力特性の評価

##### (1) 建築物の各方向・各階の復元力の求め方

建築物の各方向・各階の復元力（せん断耐力）は、それぞれの鉛直構面の復元力を加算して求める。各鉛直構面の復元力は下記に示す加算則に従って求める。

建築物の形状が、平屋や層2階建ての場合は、上記によるが、部分2階建てや極端に細長い平面形状の場合は、ゾーン分けして復元力を求める。

##### (2) 各方向・各階の設計用復元力の評価方法

建築物の各方向・各階の各鉛直構面の設計用復元力の評価法は、以下に分類して加算する方法としている。全面壁 1)、小壁 2)と軸組架構の柱端部 3)や柱－横架材の曲げモーメント 4)のように以下に分類する。

- 1) 全面壁（軸組架構に関連する 3)、4)を除いた壁のみ）の復元力
- 2) 小壁（垂れ壁、腰壁、垂れ壁＋腰壁）は壁のみと柱（1本あるいは2本）を考慮した復元力
- 3) 柱端部の長ほぞ仕口接合部の復元力
- 4) 柱－横架材（貫、差し鴨居、足固めなど）の復元力

これらの構造要素の復元力は、設計資料（2. 構造要素の設計用復元力特性）に示す

各方向・各階の各構面に存在する構造要素の復元力を加算することで求める。各階の各構面の復元力は、加算式(1)によって評価する。

$$\text{各階の各構面の復元力} = \Sigma (\text{全面壁の復元力} + \text{小壁の復元力} + \text{軸組の復元力}) \quad (1)$$

建築物の各方向・各階の復元力を求めるには、各階に存在する構面の復元力を単純加算する(式 2)

$$\text{各方向・各階階の復元力} = \Sigma (\text{各構面の復元力}) \quad (2)$$

##### 参考例

図 5.4 の構面の例の場合、以下の耐力要素のせん断耐力を加算することになる。

- ・ 1P 土壁（図 5.4 の①、図 5.5 a)）：1 箇所
- ・ 2P 垂れ壁を含む軸組架構（両柱間開き止め効果あり、図 5.4 の②、図 5.5(b)）：1 箇所
- ・ 2P 土壁（図 5.4 の③、図 5.5(d)）：1 箇所
- ・ 2P 垂れ壁を含む軸組架構（両柱間開き止め効果なし、図 5.4 の④、図 5.5(d)）：1 箇所
- ・ 2P 腰壁を含む軸組架構（両柱間開き止め効果なし、図 5.4 の⑤、図 5.5(e)）：1 箇所
- ・ 長ほぞ仕口（図 5.5(f)）：5 箇所
- ・ 差し鴨居を含む軸組架構（図 5.5(g)）：1 箇所
- ・ 足固めを含む軸組架構（図 5.5(h)）：4 箇所

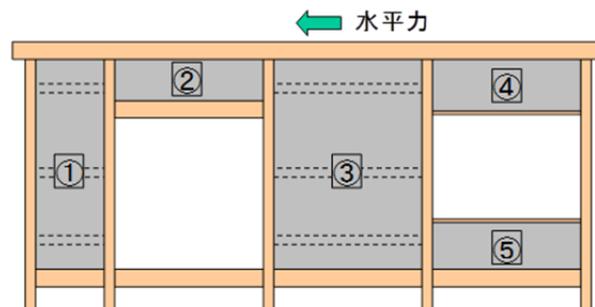


図 5.4 建築物内の構面の例

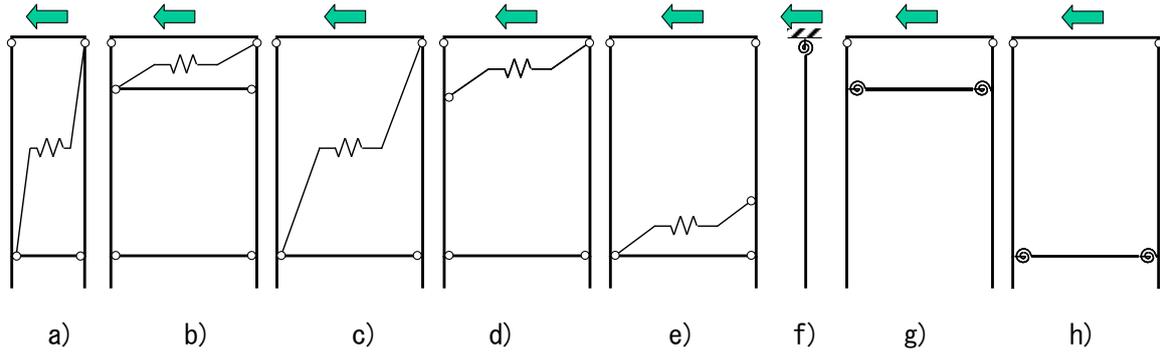


図 5.5 単位フレームの構造モデル

### (3) PΔ 効果

PΔ 効果は建築物重量に依存する。実験等で示される復元力は、個々の実験における PΔ の影響を除外しているものが多いので扱いに注意する。なお、設計資料 2. 構造要素の設計用復元力特性では、PΔ の影響を除外した構造要素の復元力を示す。

PΔ の影響を除外した構造要素の復元力の重ね合わせ結果に、以下のようにして PΔ を考慮する。図 5.6 に示す変形状態では、鉛直力  $\Sigma W$  が  $\gamma$  変形した部材で負担されるので、 $P = \gamma \Sigma W$  の水平力が見かけ上加算される。この水平力は  $\gamma$  すなわち水平変形  $\delta$  に比例するので、マイナス剛性に置き換えることができる。PΔ による付加剛性  $k_{p\Delta}$  は、式(3)によって評価する。

$$k_{p\Delta} = -\frac{P}{\delta} = -\frac{\gamma \Sigma W}{\delta} = -\frac{\Sigma W}{H} \quad (3)$$

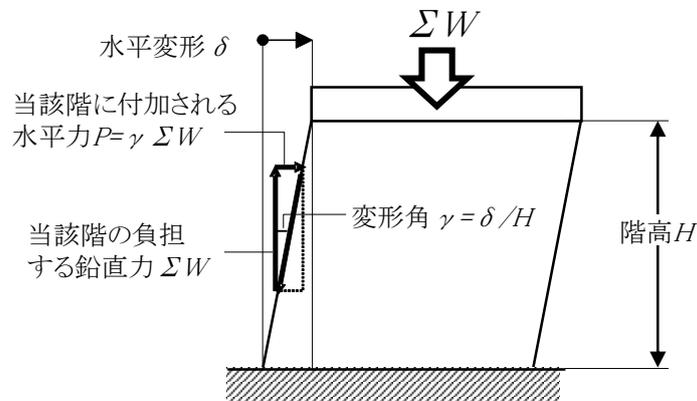


図 5.6 PΔ 効果の考え方

すなわち PΔ による付加剛性は当該階が支える鉛直力を当該階の階高で除した値となる。伝統構法の近似応答計算では、各変形角ステップで定義される耐力  $Q(\gamma)$  を用いて復元力が定義されるので、より直接的に PΔ を考慮した耐力  $Q^*(\gamma)$  として、次式(4)のように計算できる。

$$Q^*(\gamma) = Q(\gamma) - \gamma \Sigma W \quad (4)$$

## 5) 近似応答計算

耐震性能評価の流れは図 5.3 に示した通りであるが、近似応答計算により応答結果（応答変位角）がクライテリアを満足することを確認できるまで計算を繰り返し行う。

高山市の町家は吹き抜け（2 階の床抜け）があることが特徴の一つであるが、吹き抜けのパターンに応じてゾーニングによる検討が必要となる

近似応答計算は荷重増分法または変位増分法により応答計算が可能であるが、計算対象とする建築物の層の復元力特性が負勾配になる場合があり、この場合でも対応可能な変位増分法によることとする。図 5.3 に示す全体の流れに応じて計算する。

ここで注意すべきは、各変位点での変形モードの計算方法は通常最初のステップでは弾性剛性（初期剛性）による固有値計算を行っているが、次のステップ以降は固有値計算によらず 1 階は当該ステップにおける等価剛性、2 階は一つ前のステップにおける等価剛性から直接変形モードを求めている。この方法では 2 階の剛性を一つ前のステップの変形から求めているために、実際の変形モードと一致しない場合がある。この方法による場合でも  $C_b$ （1 階に作用するせん断力係数）と  $C_2$ （2 階に作用するせん断力係数）の関係  $C_2/C_b$  が大きい場合等一定の条件を満たせば精度よく応答値を求めることが可能であるが、本マニュアルではより計算精度を向上させるために、各ステップで固有値計算を行うこととする。この場合 2 階の剛性は一つ前の剛性により固有値計算を行っているために実際の剛性と一致しない場合があり、さらに精度を上げるためには、固有値計算を繰り返し行うことで（収斂計算）、剛性を一致させることができる。

### (1) 準備計算

#### ① 建築物の各方向・各階の復元力特性

設計資料 2. 構造要素の設計用復元力特性に基づいて各方向・各階の復元力特性を作成する。各計算ステップを定めて、各階の復元力特性から各階のせん断耐力、変形角を用いて、変位、等価剛性を計算する。

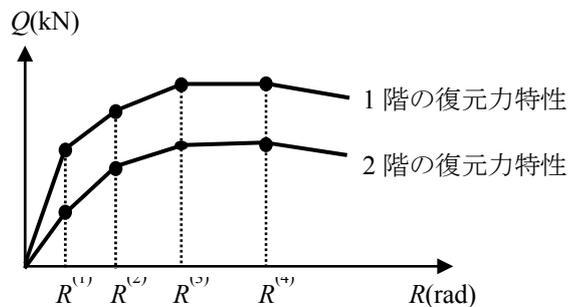


図 5.7 各階の復元力特性

#### ② 構造高さ

##### (1) 土台形式の場合

土台の中心から桁あるいは梁の中心までを 1 階の階高とし、1 階の桁あるいは梁の中心から 2 階の桁の中心までを 2 階の階高とする。また桁あるいは梁が張り間・けた行方向によって高さが異なる場合は、各レベルの平均的な高さを求めて、レベル間を階高とする。

##### (2) 石場建て形式の場合

礎石の天端から桁あるいは梁の中心までを 1 階の階高とし、1 階の桁あるいは梁の中心から 2 階の桁の中心までを 2 階の階高とする。桁あるいは梁が張り間・けた行方向によって異なる場合は、(1) の場合と同様とする。

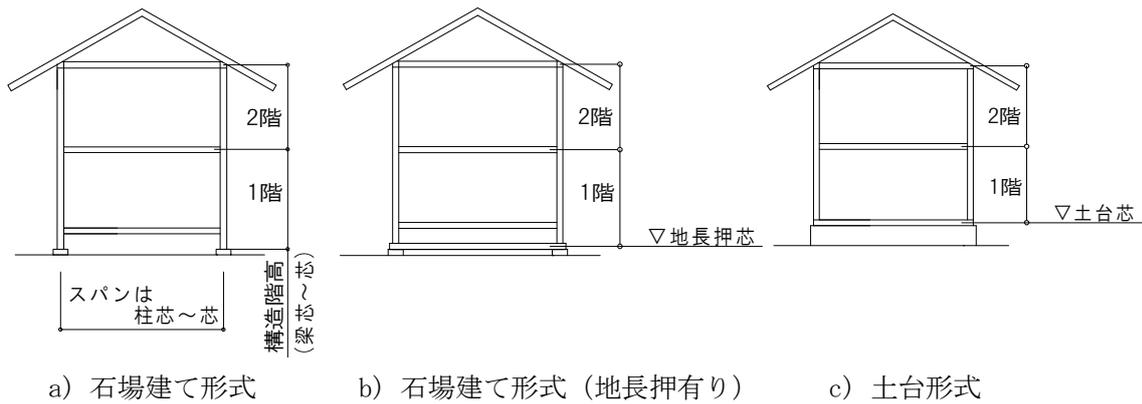


図 5.8 階高の設定

梁に段差が有る場合

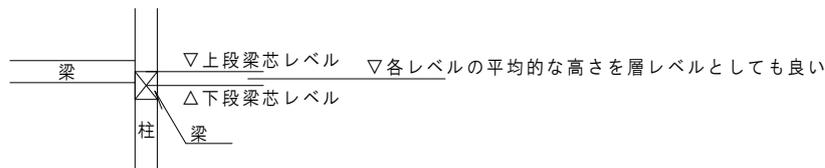


図 5.9 梁に段差が有る場合の階高

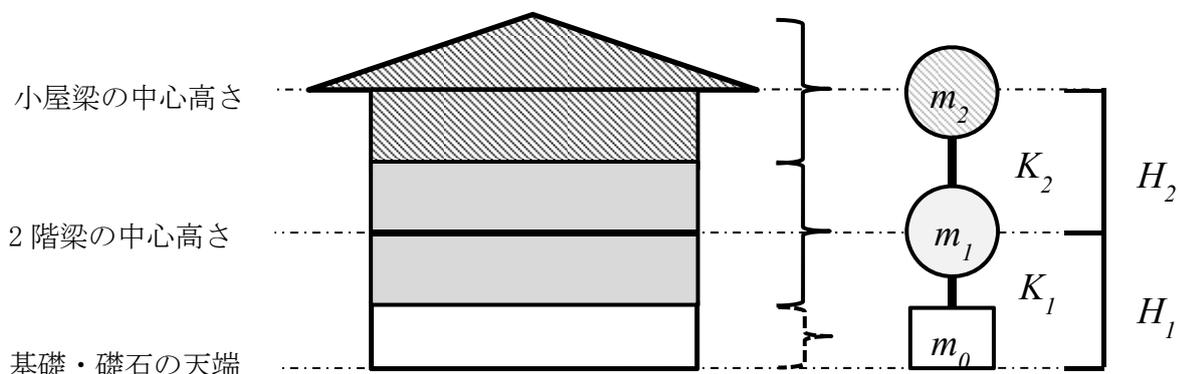
### ③ 建築物重量の算定

固定荷重、積載荷重ともに実況に応じて計算することを原則とする。  
 各階の質量は、各階の固定荷重及び積載荷重の和を重力加速度で除したものとする。  
 応答計算では建築物の質量は各階の質量に振り分けることとする。

各階の質量は、各階の固定荷重及び積載荷重の和を重力加速度で除したものとする。特定行政庁が指定する多雪区域においては、令 86 条 2 項ただし書の規定によって更に積雪荷重を加えたものとする。固定荷重、積載荷重ともに実況に応じて計算することを原則とする。固定荷重については、令 84 条の表に示す建築物各部の単位荷重の数値とすることができるが伝統的構法木造建築物の軸組の大きさ等が令 84 条に示される単位荷重と差異がないかどうか十分検討する必要がある。また、積載荷重については、令 85 条の表に示す床面積あたりの数値に各部の面積を乗じて計算することができる。

上部構造の応答計算では建築物の質量は各階の質量に振り分けて計算を行うため、2 階建て建築物の場合、2 階部分の質量と 1 階部分の質量を計算する。各階の質量は、当該階の階高の 1/2 で分割し、上半分を当該階の質量、下半分を当該階の下階の質量に含めるものとして計算する。よって 2 階建て建築物の場合、2 階の質量は、2 階の階高の 1/2 から上部とし、1 階の質量は、2 階の階高の 1/2 から下部と 1 階の階高の 1/2 から上部となり、1 階の階高の 1/2 から下部は上部構造の応答計算の際は建築物の質量に含めない。また、1 階の屋根のうち 2 階の高さの 1/2 を超える部分の質量は、地震時の荷重の流れに応じ、設計者が適切に判断して計算する。

石場建てで柱脚非固定の場合、柱脚の滑り量の計算の際には上部構造の応答計算の際の建物重量の算出の方法に加えて、1階の階高の1/2から下部の質量を1階床質量として計算する必要がある。この際、1階床質量は柱脚部まで（土台がある場合は土台まで）を計算することとする。



- $m_2$  : 2階の階高の1/2から上部の質量
- $m_1$  : 1階の階高の1/2から2階の階高の1/2までの質量
- $m_0$  : 1階の階高の1/2から下部の質量

図 5.10 各質点への振り分け

(2) 近似応答計算の手順

- ① 各変位点での変形モードの計算
- ② 等価な1質点系への置換（縮約）

2階建ての建築物の場合、各階の復元力特性を等化線形化法により等価な線形系とし、さらに等価な1質点系に置き換えた（縮約した）時の各ステップにおける有効質量、代表変位、等価周期、減衰定数を算出する。

- ③ 1質点系の応答値の算定

②により求めた有効質量、等価周期、減衰定数を用いて、等価線形化法により各変位ステップ毎に1質点系の応答せん断力と応答変位を求める。

入力地震動の加速度応答スペクトルは荷重と変形の関係で評価することができ、建築物の1質点系（建物全体）の復元力特性のグラフに重ねて書くことができる。等価剛性の傾きを持った直線と当概減衰定数における加速度応答スペクトルを荷重と変形の関係に変換した曲線の交点が各ステップの応答値となる。この各応答値を結んだ線を必要性能スペクトルと呼び、この必要性能スペクトルと建物全体の復元力特性の交点が1質点系の真の応答値となる。

- ④ 各階の応答値の算定

求めた1質点系の真の応答値から代表高さと同該変形モードを用いて1階および2階の応答変位を求める。代表高さは、1質点系に縮約した時の基礎から有効質量までの高さである。

- ⑤ 固有値計算

上記②の変形モードの計算で、固有値計算は次に示す方法による。各階ともに弾性域にある場合は常に剛性は一定であるので弾性剛性を用いて固有値計算を行う。1階が塑性域に入った場合は、各変位点で1階の剛性と一つ前のステップの2階の剛性を用いて固有値計算を行う。

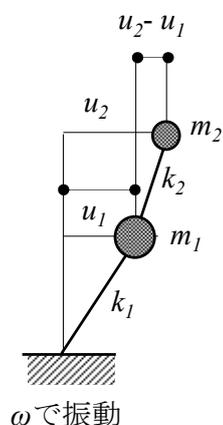


図 5.11 2質点系

初期剛性に対し、固有モード( $u_2/u_1$ )を計算する。

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ke_1 + ke_2 & -ke_2 \\ -ke_2 & ke_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$|-\omega^2[M] + [K]| = 0$$

$$(k_{11} - m_1\omega^2)(k_{22} - m_2\omega^2) - k_{12}k_{21} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{-k_{11} + m_1\omega^2}{k_{12}} \quad (8)$$

ここで  $[M]$  : 質量マトリクス、 $[K]$  : 剛性マトリクス、 $m_i$  :  $i$ 階の質量、 $ke_i$  :  $i$ 階の等価剛性、 $\omega$  : 円固有振動数、 $u_2/u_1$  : 1階に対する2階の固有モード

## 6) ゾーニングによる検討

高山市の町家には吹き抜けがあり、耐震性能評価においてどのように扱うかは重要課題である。また多くは吹き抜けを挟んで階高が異なっており、階高の違いを応答計算でどのように考慮するかも重要な課題である。

- ・ゾーニングによる応答計算は、吹き抜けのある場合に比較的簡単にその影響を考慮できる手法として有効な方法と考えられる。
- ・耐震性能評価では、建築物全体を1質点系にモデル化して近似応答計算を行う他、ゾーニングにより吹き抜けの影響を考慮した検討を行うこととする。
- ・吹き抜けを挟んで階高が異なる場合は、それぞれのゾーンでの階高により計算することで、その影響を考慮することができる。
- ・ゾーニングは吹き抜けの位置や大きさにより適切に行う。
- ・吹き抜けの大きさ・位置によって、2階部分に作用するせん断力を負担する鉛直構面が限定される場合があるので、注意が必要である。
- ・仮に偏心が大きい場合もゾーニングによる検討を行えば、安全性は担保できる。

(具体例：一列の場合)

- ・建築物全体の近似応答計算を行う。
- ・中央に吹き抜けがあるため、短辺方向(Y方向)はゾーニングによる検討も行う。

図 5.12 のゾーン A およびゾーン B それぞれで応答計算を行う。

(ゾーニングが必要な理由)

- ・ゾーン A とゾーン B で階高が異なるが、考慮できる
- ・短辺方向については、2階部分に作用する水平力はそれぞれのゾーンで処理する必要があること
- ・仮に偏心が大きい場合もゾーニングによる検討を行えば、安全性は担保できる

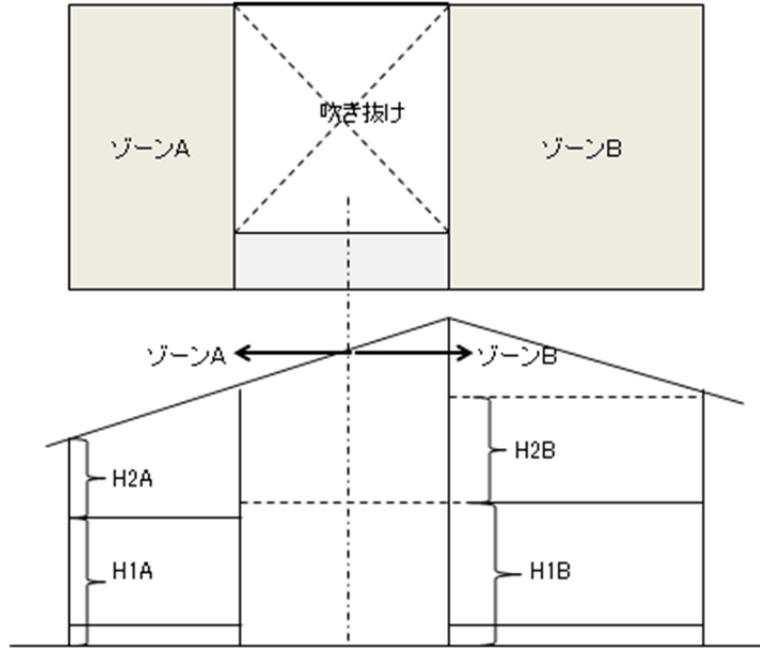


図 5.12 ゾーニングの方法（一列の場合）

ゾーン A の階高は 1 階が H1A、2 階が H2A（小さい方の階高）とする

ゾーン B の階高は 1 階が H1B、2 階が H2B とする

それぞれのゾーンでクライテリアを満足するか検討を行う。

偏心の影響については、建築物全体とそれぞれのゾーンでクライテリアを満たせば良いとする

（具体例：2 列の場合）

2 列の場合は図 5.13 に示すように吹き抜けの位置形状が複雑になる場合が多い。

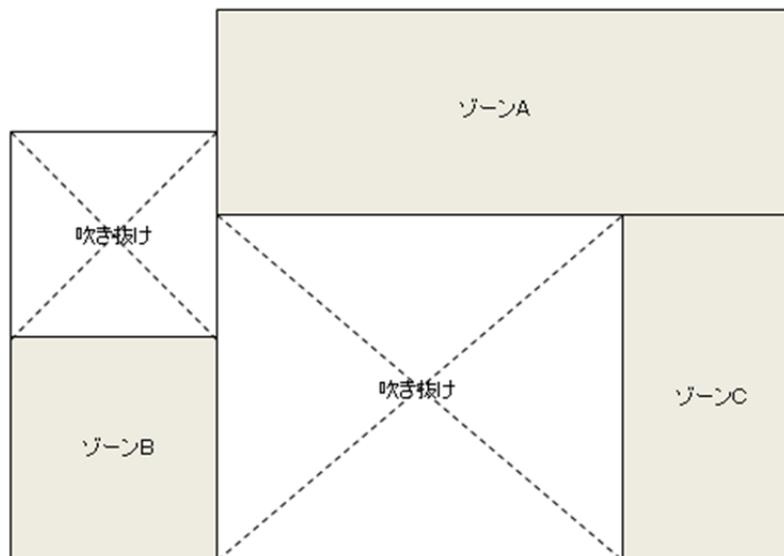


図 5.13（二列の場合のゾーニング）

二列の場合のゾーニング方法の一例を示す。図 5.13 の例にあるように各ゾーンが矩形になるようゾーニングを行う。その場合の屋根面重量は、各ゾーンが負担している重量とする。

吹き抜けの位置や大きさ等により適切に行う。

## 7) 安全性の確認と注意事項

- ① 計算結果の信頼性確認のために、建築物の構造特性を把握しておく必要がある。たとえば、 $m^2$ あたりの重量、 $1/20rad$ 時の $C_b$ 、等価減衰や等価周期が妥当な結果であるかを必ずチェックする。高山市の町家の特徴として、その重量は $1.2kN/m^2 \sim 1.6kN/m^2$ 程度で他の町家（京町家等）と比較して軽い、算定結果が大きく異なる場合は、その原因を調べる必要がある。
- ② 耐震性能評価で示したように各階の復元力は各構面の復元力の単純加算でよいが、各構面の復元力は全面壁、小壁、軸組に分けて算定し加算する手法としている。この場合に最も注意が必要なのは小壁付き軸組架構で両柱間開き止め効果があるかないかを確認することである。
- ③ 1階の最小 $C_b$ の設定  
上下階の耐力バランスによっては、1階の応答値が小さくなる場合があるが、既存の建築物として一定の耐力確保が必要であり $C_b$ 換算で0.3以上とする。
- ④ 隣棟間での衝突  
隣棟間隔が非常に狭い場合は、両側または片側に建築物があれば衝突する可能性が大きい。この場合、1次モードが卓越するとすれば最上部での衝突が考えられるが、その場合に局部での損傷に留まることを確認する。隣棟と高さが大幅に異なる場合には、階の中間を直撃することが考えられるので、要注意である。
- ⑤ 柱脚の安全性  
石場建ての場合、摩擦係数のバラツキ等を考慮すると $C_o \geq 0.35$ 程度で柱脚が滑る可能性がある。この場合は柱脚の安全性について検討する（具体策は個々の建築物により適切に対応する）。張間方向は $C_b$ が比較的大きいので該当する可能性が大きい。積雪荷重を考慮しない場合は考慮する場合と比較して $C_b$ が大きくなるので要注意である。
- ⑥ 壁上部の開口について  
開口が大きい場合は、屋根面に作用する水平力を安全に下部に伝達可能かを検討する。
- ⑦ 屋根面から突出している部分の安全性  
排煙のために屋根から突出している部分がある場合は、この部分には大きな加速度が作用する可能性があるため、別途、突出している部分に設計震度 1.0 の地震力が作用するとして検討が必要となる。
- ⑧ 吹き抜け部分の検討  
吹き抜け部分には横架材が両方向に多段に設置されていることが多いが、この場合に特に大きな壁面の面外方向に作用する水平力に対して問題ないか個別に検討する。

## 6. 耐震補強の方法と耐震補強設計

### 1) 耐震補強の基本方針

高山市の町家など伝統構法木造建築物は、地域特有の町並み景観を形成するとともに人々の暮らしを支えてきた歴史がある。これらの建築物は、高山市の歴史的文化財として高い価値のあるものであり、後世まで保存継承することは、現在を生きる人々の責務である。保存継承するには、建築物の歴史的・文化財的価値を守ることと建築物の補修や耐震改修等によって耐久性、防耐火性、構造安全性を向上させることがある。

#### (1) 歴史的・文化財的価値を守る

##### ・町並み景観

町家などでは、緩い項場合の屋根の板葺きから鉄板葺きに、表通りの正面に格子が設けられるようになってきたなど時代とともに変遷してきたが歴史があり、特に重要伝統的建造物群保存地区(三町と下二之町大新町)では、耐震改修等で町並み景観が変わることがないように配慮する。

##### ・建築様式・意匠性

町家の内部空間では、通りどじや大きな吹き抜け空間など暮らしと密着してきた地域独特の建築様式や意匠性がある。耐震改修等では、これらの特徴を保持する手法が要求される。

#### (2) 耐久性、防耐火性、構造安全性を向上させる

長年の経年による木部等の劣化、さらに近年では気候変動の故に蟻害等も見られるようになってきている。これら劣化した木部、特に主要な柱、横架材などは劣化の度合によって木部の取り替えや根継ぎなどの補修を行い、建設当初の性能あるいは構造安全性能を維持・確保する。

多くの歴史都市では、幾度の大火に見舞われてきた。高山も幾度の大火の歴史があり、特に重要伝統的建造物群保存地区は木造密集地域でもあり、防耐火性能を向上させることも必要である。

木造建築物の耐震改修等では、建築基準法施行令第3章第3節の木造の規定、概ね「在来工法」に対する仕様規定にしたがって、土台の基礎への緊結、柱－横架材の継手・仕口の金物による補強、筋かい等の斜材や構造用合板等の面材による補強が一般的になされる。これは、剛性や耐力を高めるといった考え方が基本となっている。

町家など伝統構法木造建築物は、柱－横架材など仕口接合部は金具補強がなされず木組みによるものであり、筋かい等の斜材や構造用合板、石膏ボード等の面材が用いられず土塗り壁、土塗り小壁が多用され、また柱脚を礎石に載せただけで固定しない石場建ても多い。このように、「在来工法」の仕様規定を満たしていない「伝統構法」は、「在来工法」とは異なる耐震性能のメカニズムがある。「伝統構法」には大きな変形性能があり、一定の耐力があれば地震にも耐えられる特長がある。したがって、伝統構法の特長である変形性能を生かせる耐震補強であるべきである。

建築物の補修や耐震改修等では、以上のように歴史的・文化財的価値を守りながら耐久性、防耐火性、構造安全性を向上させる必要がある。それには、町家など伝統構法木造建築物の歴史的・文化財的価値を把握し、また詳細な構造調査で建築物の構造的長を把握して、補修・耐震補強計画をたてる必要がある。

### 2) 耐震補強の方法と耐震補強設計

過去の大地震では伝統構法木造建築物も少なからず大きな被害を受けている。先ず、過去の被害事例からの教訓をもとに耐震補強方法や耐震補強設計法を検討する。

### (1) 伝統構法木造建築物の被害

兵庫県南部地震（1995年）では木造住宅が大きな被害を受け多くの人命が失われたが、その多くは1階の崩壊によるものである。2000年以降も鳥取県西部地震、新潟県中越地震、同中越沖地震、能登半島地震、東北地方太平洋沖地震等で大きな被害が発生したが、崩壊を含めた大きな損傷はほぼ1階に集中している（写真1、2）。これは建築物の計画上の特徴として1階には出入り口等の大きな開口が多い反面、2階は土壁等による内部間仕切りが多く必然的に耐力が大きくなりバランスが悪いことがその要因となっている。このため1階に大きな損傷が起きないように補強することが重要な課題となる。また敷地地盤の状況（たとえばがけ地）によっては地盤変状により上部構造が大きな被害を受ける場合があるが、高山市の伝建地区ではこのような問題は起きる可能性は低い。新潟地震や兵庫県南部地震以降に起きた地震では砂質地盤の液状化による被害が大きな問題になっているが、地盤が液状化することで表層地盤での加速度は小さくなり建築物に過大な入力が入らなくなる一方で、地盤沈下による建築物の不同沈下が問題になっている。この場合社会的影響は大きいですが、耐震補強の最大の目的である地震から人命を守るという観点からは液状化により建築物が倒壊・崩壊する可能性は低いと言える。



写真1 1階が崩壊した住宅 (左)：在来工法：兵庫県南部地震 (右)：新潟県中越地震



写真2 1階が大きく変形した住宅 (左)：新潟県中越地震 (右)：能登半島地震

地震被害から人命を守るためには、建築物の崩壊・倒壊を防ぐことが最も重要になる。地震後崩壊・倒壊した建築物を調査しても、何が原因なのか説明が難しい場合も多いが、ここでは建築物が崩壊・倒壊に至る場合、その主な原因と考えられる事項を3つ取り上げる。

### 1) 建築物の過大な変形

建築物は耐力が小さいと地震による入力エネルギーを消費するために大きく塑性変形する。やがて変形が大きくなりすぎると構造要素が変形性能を維持できなくなり、最終的には PD 効果により倒壊に至ると考えられる。このような現象を防ぐために応答変形角が安全限界層間変形角以内に収まるよう補強設計をする必要がある。また安全限界層間変形角は構造要素の性能のばらつき等を考慮すると余裕を持って設定する必要がある。

### 2) 柱の折損

建築物の変形が安全限界層間変形角に至る前に、柱の折損により柱が支持能力を失い崩壊に至る可能性がある。木造の場合は柱に作用する軸力が小さいために、仮に柱に折損が生じても簡単には崩壊には至らないことは実大振動台実験で確認されているが、是非避けたい損傷である。折損が起きるのは通し柱や小壁付き柱で、折損が起きる横架材との仕口接合部附近では断面欠損を小さくする必要がある。既存の建築物では仕口接合部の詳細が不明の場合があるが、耐震補強で注意したい事項の一つである。

### 3) 仕口接合部の変形性能の喪失

簡単に言えば、仕口接合部が壊れて柱と横架材がばらばらになり、横架材が落下したり柱の支持能力が失われることで崩壊に至る可能性が大きい。

上記の事項で、1)については応答計算を行って安全性の検証を行っているが、2)、3)については検討不十分な場合も多く、補強設計で注意したいところである。この他、地震被害調査で被害の大きい建築物にほぼ共通する事項として、構造計画のまずさおよび大工技能や施工のまずさが認められる。このため、耐震補強設計を行う場合、既存建築物をこのような観点からよく調査することが推奨される。

## (2) 耐震補強・耐震設計の具体的な方法

耐震性能を向上させる耐震補強の有効な方法として、1) 耐力・変形性能の向上、2) 重量の軽減、3) 減衰性能の向上、4) 平面的・立体的な剛性・耐力バランスの向上が挙げられる。

### ① 重量の軽減

先ず、重量の軽減は、建築物の重量すなわち質量を軽減して、地震時に建築物に作用する地震力を低減する有効な方法である。一般的には屋根の葺き土撤去等による建築物重量の軽減が行われるが、高山市の町家などの伝統構法木造建築物では、屋根はほとんどが鉄板葺きのため重量の軽減できる余地が少ない。奥に長く続く妻壁の2階部分に窓などの開口部を設けて土壁を減らすことぐらいしがなく、それも隣棟間隔が狭いと難しい。

### ② 減衰性能の向上

次に、減衰性能の向上であるが、ダンパー等を設置する制震補強が挙げられるが、制震補強はダンパー等の特性を十分把握し、地震時挙動を明らかにするとともに減衰による応答抑制効果を検証する必要があるので、慎重な対応が求められる。

柱-横架材仕口接合部に設ける型のダンパーが住宅用に開発されている。この種のダンパーは、柱-横架材仕口接合部が地震時に開くなどの変形が大きくなれば効力を発揮するが、土壁のある軸組では仕口接合部の変形が少ないので、効果は期待できない。住宅用に開発されているダンパーは、その特性を良く把握して用いなければならない。

### ③ 耐力・変形性能の向上と平面的・立体的な剛性・耐力バランスの向上

以上から、耐震補強の方法は、耐力・変形性能を向上させる構造要素の増設が主な方法となる。さらに平面的にも立体的にも剛性・耐力バランスを向上させることによって耐震性能は良くなる。

以下に、具体的な耐震補強方法を示す。

#### 1) 劣化部材の補修

耐震性能は、建築物の部材（構造要素）が劣化していないとの前提で評価しているため、劣化が認められる部材は取り替えや補修が必要になる。

#### 2) 構造要素

耐震補強に使用する構造要素は、十分な変形性能（変形角  $1/10\text{rad}$  程度まで確認されている）を有するものを選択する必要がある。土壁（湿式の伝統的な土壁）、板壁の他には、乾式土壁、はしご型フレーム（写真3参照）など伝統構法用に開発された構造要素もあるので、高山の町家に相応しいものを選択する。

このうち土壁（湿式）は変形角  $1/60\text{rad}$  程度で最大耐力に達した後復元力特性が負勾配となるが、板壁は、初期剛性は低いが変形角  $1/20\text{rad}$  でも復元力特性は負勾配にならず安定した復元力特性を示すため、板壁を併用することも検討する。なお、板壁は多くの仕様があるので、その特性を把握した上で用いる。



写真3 京町家の通り庭上に設置した「はしご型フレーム」による補強例

#### 3) 立体的な剛性・耐力バランスの向上

1階が大きな損傷を受けないように補強するためには、耐力増強の他に、1階と2階の剛性・耐力バランスを考慮した補強が必要である。このために2階の耐力が必要以上に大きい場合は、2階の内部間仕切り壁や妻壁の一部を撤去することを検討する。このことで多少の重量軽減の効果も期待できる。

町家では少ないと考えられるが、2階が著しく耐力が低い場合には、2階部分に構造要素の増設を検討する。

#### 4) 平面的な剛性・耐力バランスの向上

偏心が大きく（偏心率0.3以上）、平面的なバランスが悪い場合には、偏心を小さく（偏心率0.15以下）にする。また、偏心のみならず平面的に耐力が低い構面が続く場合にも、構造要素を増設するなど平面的なバランスを向上させる。

町家の特徴の一つとして大きな吹き抜け空間の存在がある。この場合2階床面での水平力の流れを十分考慮した補強が求められるため、増設する構造要素の平面的な配置には十分配慮する必要がある。ただし、内部空間については、吹き抜け部分等その特徴を保持する手法（構造要素およびその配置）を検討する。

#### 5) 柱・仕口接合部の性能維持・確保

最初に述べたように地震被害から人命を守るためには、崩壊・倒壊を防ぐことが絶対条件となるが、このためには地震時の過大な変形を防ぐ他に、柱の折損防止と仕口接合部の性能維持が必要になる。しかし、既存建築物では仕口接合部の性能をすべて明らかにすることが困難なため、少しでも変形性能に疑義のある接合部については慎重に対応を検討する必要がある。

#### 8) 基礎の沈下や柱の傾斜に対する対応

基礎の沈下等により建築物の傾斜が著しい場合は、ジャッキアップ等により傾斜の改善を図ることを検討する。

柱の傾斜が著しい場合は、柱の座屈など安全性について検討し、必要な場合は補強する。

#### 9) 横架材のたわみ

横架材のせい小さいためにたわみが大きくなっている場合や、2階での歩行時の振動が著しい場合は、横架材下の適切な位置に柱を増設することを検討する。

#### 10) 吹き抜け空間

吹き抜け空間について、近似応答計算では直接その安全性について検討を行わないので、水平力の伝達や鉛直構面（特に壁面）の面外方向に作用する水平力に対して問題になる場合は適切な補強を検討する。

#### 11) 2階の階高

2階の道路に面した構面の階高は、江戸時代に建設された町家は非常に低く、層間変形角が大きくなる可能性があるので注意が必要である。

上記に示した耐震補強の方針に従って、耐震補強設計を進め、耐震補強の方法や構造要素の増設など補強箇所およびその詳細等を決定する。以下に留意すべき点を示す。

建築物の耐震性能評価を行う際に、積雪荷重を考慮しない場合および考慮する場合について耐震補強設計のクライテリアを満足するために必要な  $C_b$  を検討しておけば、どの程度の補強が必要かの目安とすることができる。

耐震補強の方法や補強箇所等を決定した後、耐震補強後の建築物の耐震性能評価を行う必要があるが、単に応答変形角がクライテリアを満足することを確認だけでなく、柱の折損、特に子壁が取り付く柱が折損しないことを確認した上で最終決定する。

耐震補強設計では、新たに横架材を付加する場合は接合部詳細等の検討に当たっては、できる限り柱の断面欠損を小さくすることが求められる。既存の仕口接合部であっても可能な限り接合部を詳細に調査・検討し、必要があれば補強を検討する。

石場建ての場合は柱脚が移動する可能性があるため、柱脚に足固めや地長押がない場合はその設置を検討する。できる限り柱脚が開いたりすることで上部構造に損傷が及ぶことのないよう配慮する。また柱脚の移動により柱脚が礎石から落下する可能性がある場合には、柱脚の落下による影響や防止策を検討する。

耐震補強設計は最も適切な補強方法を選択することになるが、建築物の現状を踏まえた経済的な検討も必要になる。

## 7. 高山市伝統構法木造建築物の耐火補強

本章では、高山市伝統構法木造建築物個々を対象とする防耐火に向けた課題と対策を基に、耐火補強設計について述べる。

高山市伝統構法木造建築物に関する耐火補強設計については「民家建築物」を対象として検討を行っている。建築物間の延焼防止を主な対策内容として、当地区でよく見られる開口部が広い正面玄関部の耐火対策を検討していることと、京都市における町家の防火設計が検討されている「土塗壁と化粧軒裏の防火マニュアル<sup>1)</sup> (京都府建築工業協同組合)」の内容を基に、当地区において適用可能な部分を抜粋および整理している。従っては、本マニュアルで言及されていない耐火設計については、上記の防火マニュアルを参考にすることを推奨する。

また、高山市「三町」と「下二之町大新町」重要伝統的建造物群保存地区で実施された「高山市重要伝統的建造物群保存地区保存修理事業」から耐火改修された設計事例を抜粋し、今後の手引きとなるように整理を行った。

当地区の特徴として主屋の奥に連なっている土蔵群は延焼遮断帯として機能できるように計画されたと言われる。その可能性については本章で述べる一方で、日常の管理が難しくなり扉を開けたままでは延焼遮断帯として機能ができない課題についてはその対策方針と共に、調査研究報告<sup>11)</sup>に整理を行った。

### 1) 民家建築物における防耐火

当地区における民家建築物の防耐火に関しては、外壁の耐火仕様の検討を行う。耐火設計には、道路に面する民家建築物の正面外壁の特徴として多く見られる二つのケースと、伝統的な木造建築物に求められる遮熱性、遮炎性に基づく課題を基に整理を行う。

#### (1) 開口部が広い正面外壁：ガラスの取り換え、防火戸の設置

本地区における民家建築物の大きな特徴としては、正面において開口部が広いことが挙げられる(写真 7.1、写真 7.2)。これらに対して、外壁開口部に網入りガラスを入れたアルミ防火戸を設ける場合、延焼防止性能を有することが可能となる。さらに防火戸の外側に木格子を設けることによっても、加熱に伴うガラス表面温度の上昇の軽減につながる実験結果も挙げられている<sup>2)</sup>。

防火戸としてはアルミ防火戸、木製防火戸などがあるが、現状高山における木製建具では延焼防止は難しいと考えられる。一方で改修時にガラスを網入りガラスや、耐熱強化ガラス(網無し)に取り替えることや、開口部の内側の建具をアルミニウム製又は鋼製として改修することでも、防火性能は既存より向上すると考えられる(図 7.1)。



写真 7.1 全面的な開口部 (正面)



写真 7.2 2階の開口部 (正面)

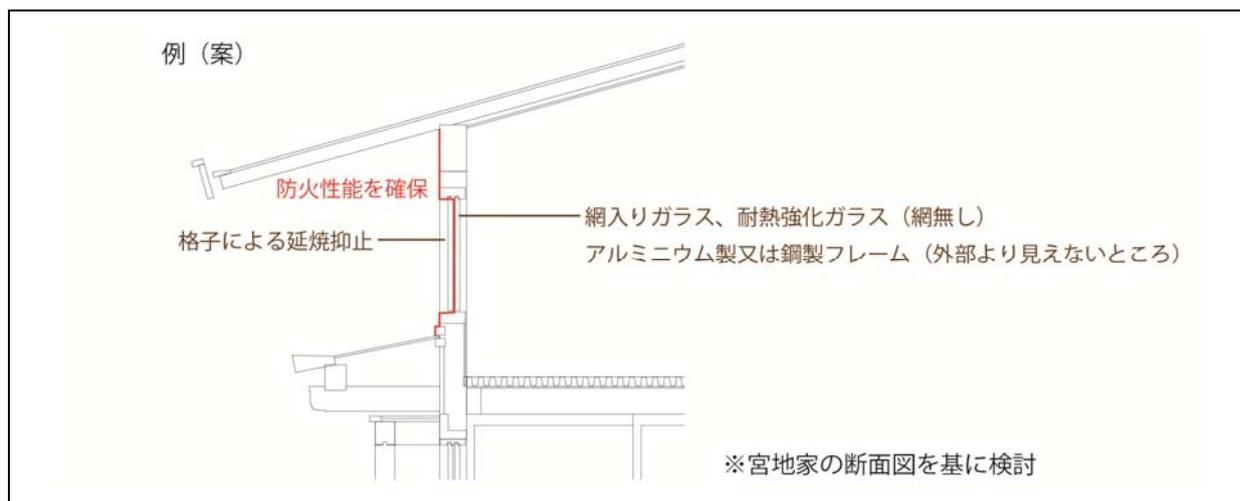


図 7.1 防火対策が必要とされる開口部

(2) 土塗壁の外壁：厚さと火炎貫通防止性能の確保

当地区においては正面における広い開口部が特徴であることから、2 階部と側面において土塗壁が見られる（写真 7.3、写真 7.4）。土塗壁伝統構法木造建築物の土塗壁は一般的に裏返し塗をしたものは総厚 40mm 以上の土塗厚が確保され、防火構造（平成 12 年建設省告示第 1359 号（追加平成 16 年国土交通省告示第 788 号））に適合するといわれる。



写真 7.3 2階の土塗壁（正面）



写真 7.4 全面的な土塗壁（側面）

なお、柱際の火炎貫通効果を期待できる仕様として、「のれん打ち」や「ちりじゃくり」を設ける必要があり、また木材 15mm 角以上、アルミ L アンクル 15×15 以上、ひげこ打ち等が挙げられる<sup>3)</sup>。以下に防火構造の仕様を示す（図 7.2）。

- ①土蔵造
- ②土塗真壁造で 40mm 厚以上（裏返し塗りをしたもの）
- ③土塗真壁造（裏返し塗りをなしでもよい）30mm 厚以上の上に木材 12mm 厚以上を張る
- ④土塗真壁造（裏返し塗りをなし）で 40mm 厚以上（柱の屋外側に 15mm 厚以上の木材を張る）
- ⑤土塗真壁造（裏返し塗りをなし）で 40mm 厚以上（柱の屋外側と土蔵とのちりが 15mm 以上）

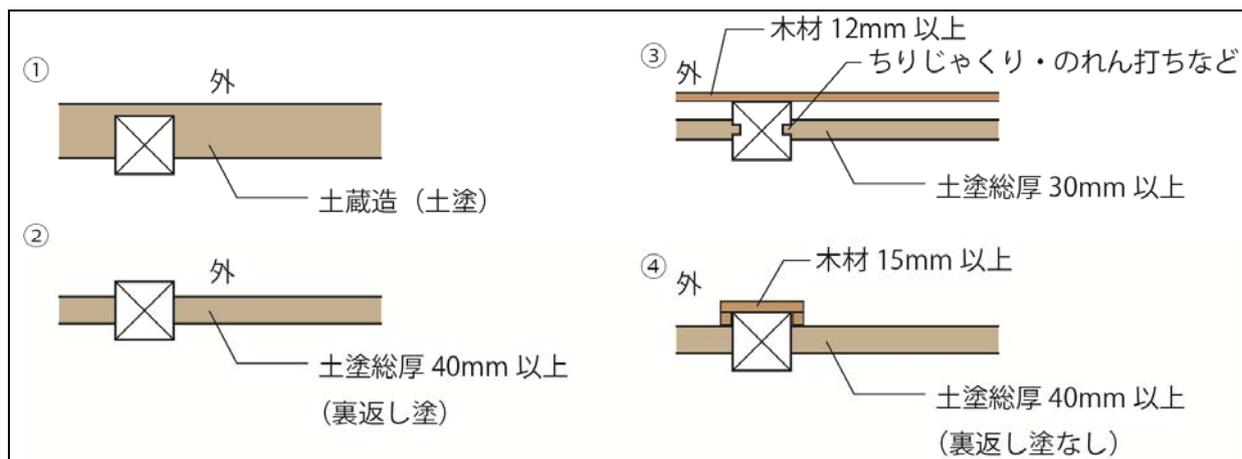


図 7.2 準防火性能・防火構造の土塗壁<sup>3)</sup>

### (3) 外壁部の隙間：面戸板の設置の管理

木材あらかし軒裏の防火仕様に関して平成 16 年国土交通省告示第 789 号、代 790 号（準耐火構造の軒裏）により、以下のような一般的な木材あらかし軒裏が位置づけられた。

#### ①野地板

木材 30mm 厚以上

#### ②面戸板

仕様 A：木材 12mm 厚以上の裏面に漆喰等（土・モルタル・漆喰）40mm 厚以上塗り

仕様 B：木材 30mm 厚以上の裏面に漆喰等 20mm 厚以上塗り

仕様 C：木材 30mm 厚以上の表面に漆喰等 20mm 厚以上塗り

#### ③垂木

特に規制なし

#### ④桁梁・外壁

準耐火建築物とする場合はそれぞれ準耐火構造とする。その他建築物の場合は、桁梁は規制なし

木材あらかし軒裏では、面戸板や野地板の厚さを確保して、面戸板や野地板上部を介した室内への延焼を防止することで所定の防火性能を確保できる。面戸板 45mm、野地板 30mm 厚とすれば、45 分を超える加熱実験においても小屋裏に燃えぬけることはない<sup>4)</sup>とされている。

一方で、地区では一部面戸板が抜けている箇所が確認されたことからその補修とメンテナンスを継続的に行われることが必要と考えられる（写真 7.5、写真 7.6）。



写真 7.5 抜けている面戸板



写真 7.6 面戸板の未設置 (二重軒)

## 2) 土蔵における防耐火

土塗壁の防火性能は、遮熱性は土塗厚に、遮炎性は柱と土壁の接合性に、非損傷性真壁造の柱の延焼による断面減少に支配されると言われる。国土交通省告示による防火構造としての仕様は、これら 3つの性能を 30 分間確保できることから追加されたものである。もし土塗厚を 60mm とすれば、加熱 60 分後であっても表面温度が 100℃程度に留まるとされる<sup>5)</sup>。

当地区における土蔵に関してもいくつかの火災事例から、防火上の優れた壁として評価され、計画的に延焼防止帯として機能させるために隣同士に列状に建てられたとされる<sup>6)</sup>。また都市火災による延焼形状を確認できる延焼シミュレーションを行った樋本らの研究<sup>7)</sup>でも、三町における列状の土蔵群により延焼が抑制されることが明らかとなっている。

土蔵が延焼防止帯として機能した火災事例の記録も確認されることから(写真 7.7、写真 7.8)本地区における土蔵の保存を奨励することが望ましいと考えられる一方で、1996 年(平成 8 年 4 月 4 日)の火災の際には、一部の土蔵はフォークリフト通行等の利便や配管貫通のために開口部に閉鎖障害があったため、内部に類焼し、火災後に除去せざるを得なかったとされる<sup>8)</sup>。

土蔵の開口部をしっかりと閉めるなど、防火機能を有効にするためには普段からの活用を促すことが必要と考えられるため、その対策方針に関しては調査報告<sup>11)</sup>で述べる。



写真 7.7 国分寺向かい火事跡



写真 7.8 国分寺向かい火事跡

## 3) 保存修理事業より実施された防火設計について

当地区では、建造物を対象とする保存修理事業が行われている<sup>9)</sup>。「民家」と「土蔵」を対象に行われた修理や改修から防火設計が施された事例を以下に整理した。

(1) 民家

民家における防火設計は、主屋の屋根における耐火野地板の設置と、外壁における防火塗装、石綿ボードの施しが主な例である。

1) 屋根

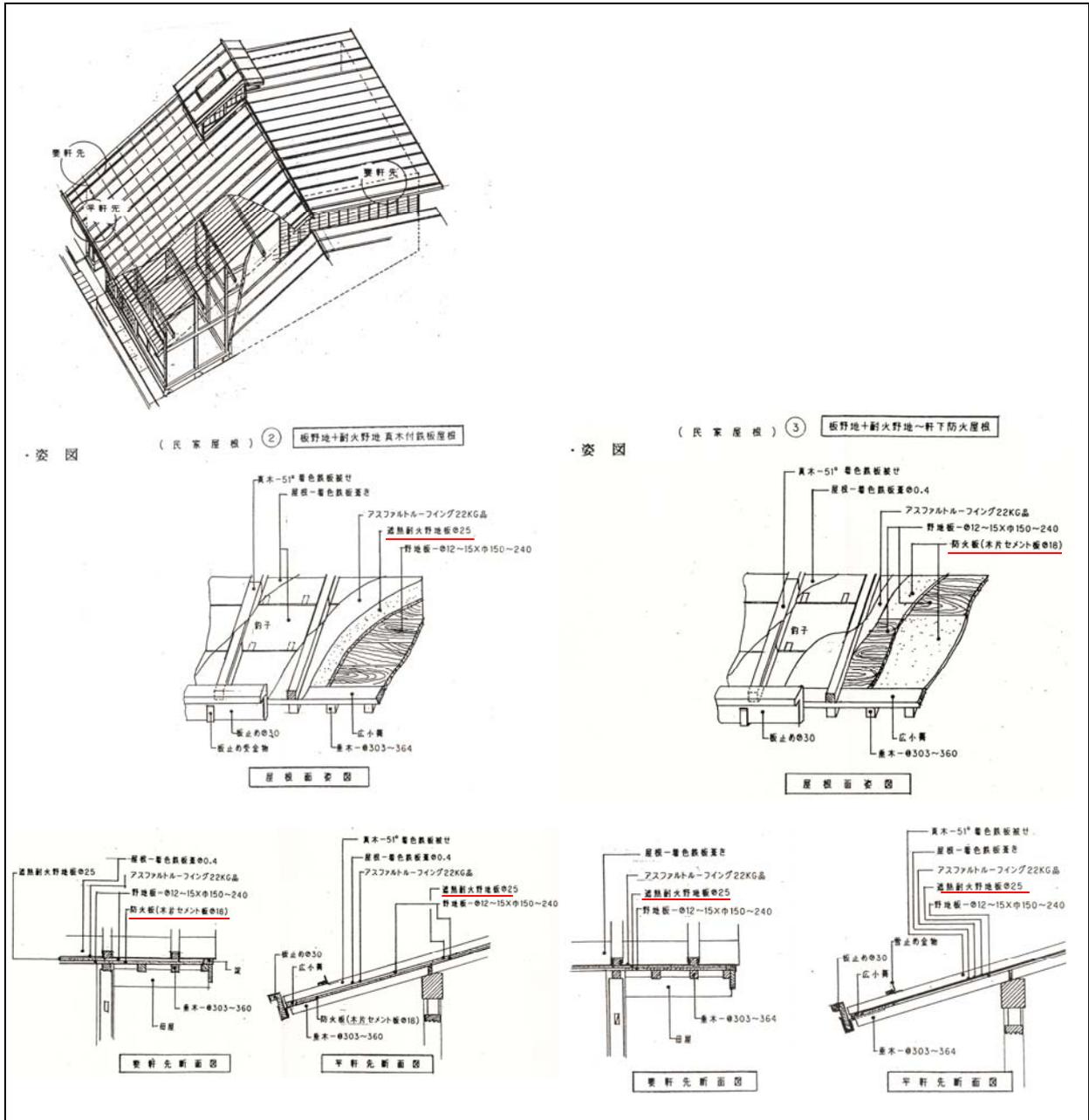
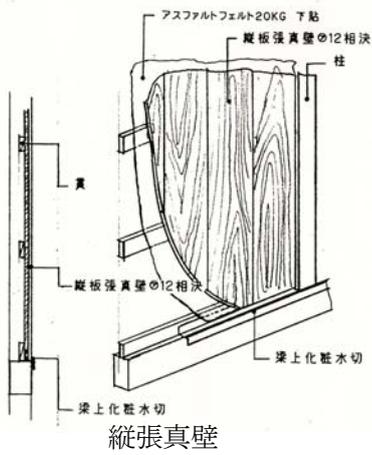


図 7.3 屋根 (耐火野地板：耐火木毛セメント板 25、木片セメント板 12、18)

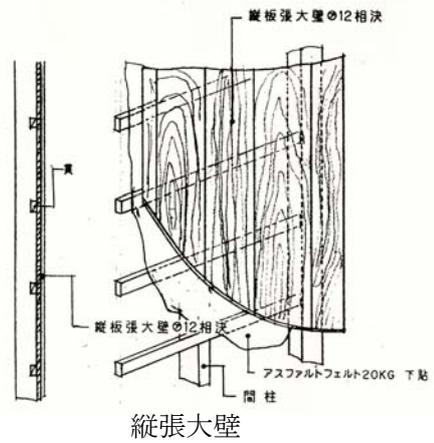
2) 外壁

①板壁

・姿 図



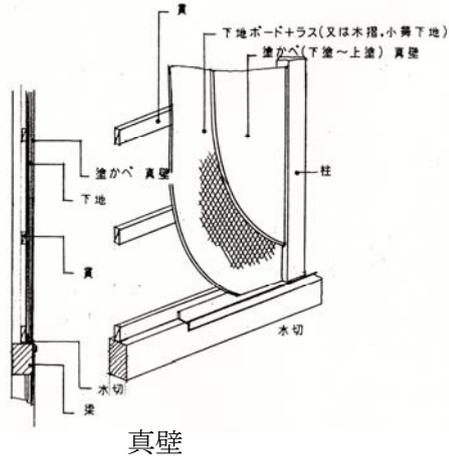
・姿 図



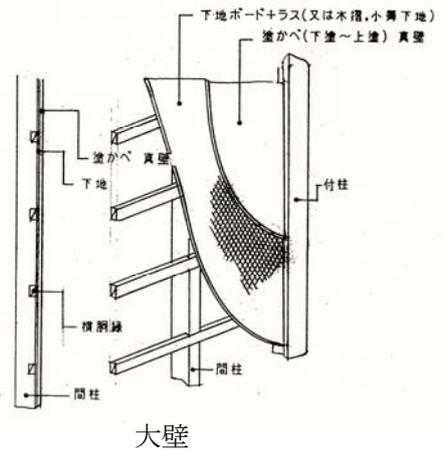
防火塗装：着色防腐塗装+防火塗装

②塗り壁

・姿 図



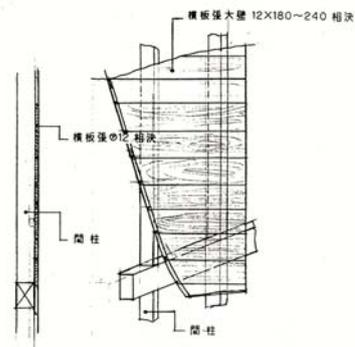
・姿 図



防火塗装：柱、梁～着色防腐塗装+防火塗装

③横張大壁

・姿 図



防火塗装：壁～着色防腐塗装+防火塗装

#### ④板壁

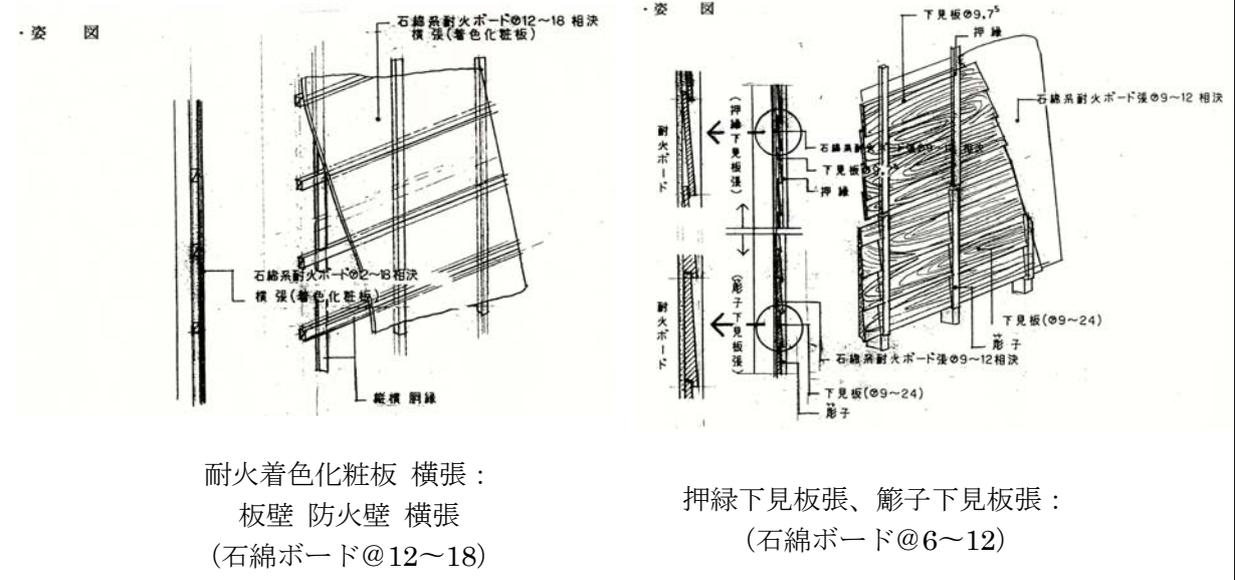


図 7.4 板壁 (防火塗装、石綿ボード@6~18)

#### (2) 土蔵

土蔵の防火設計は、屋根部においては耐火野地板と防火壁、壁部においては外腰壁と土蔵覆い壁における不燃材や石綿ボード、漆喰塗り、防火塗装の施しが主な例である。

#### 1) 屋根

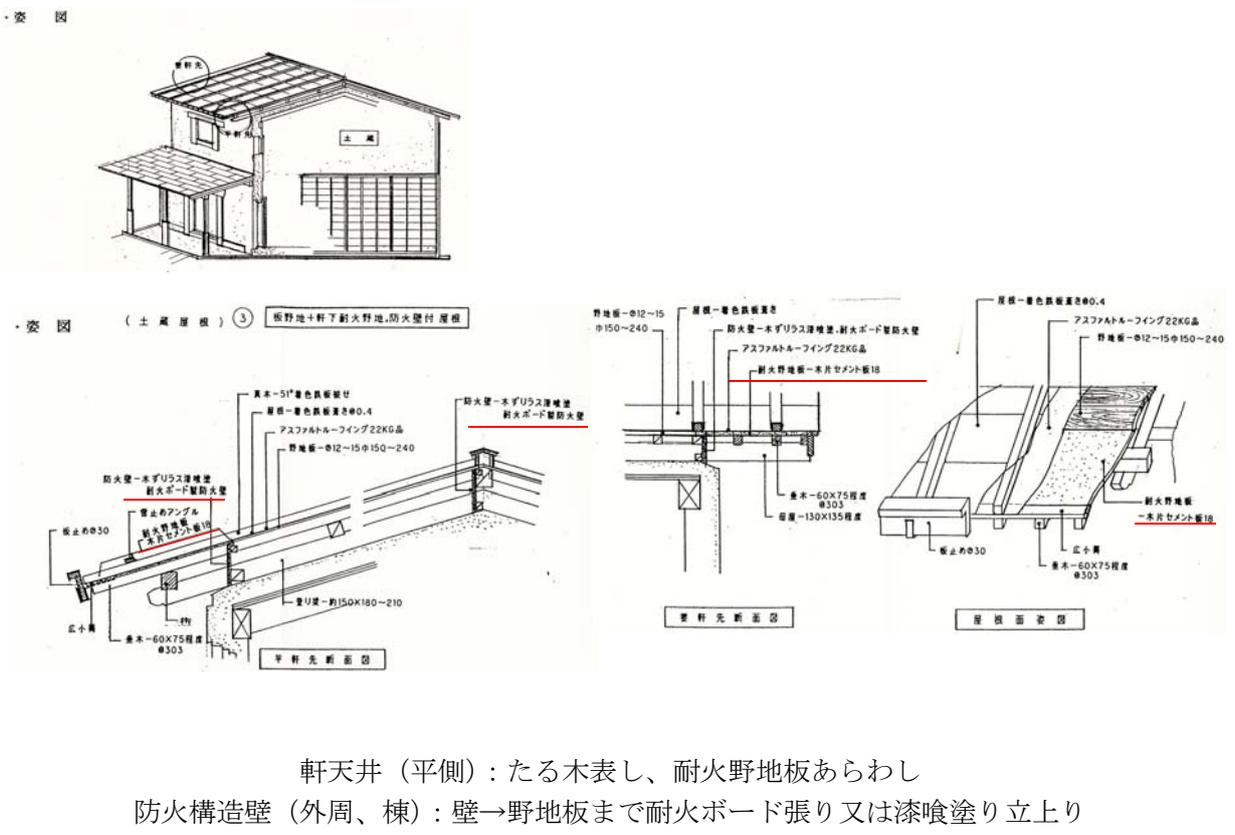


図 7.5 軒天井、防火構造壁



3) 土蔵覆い壁

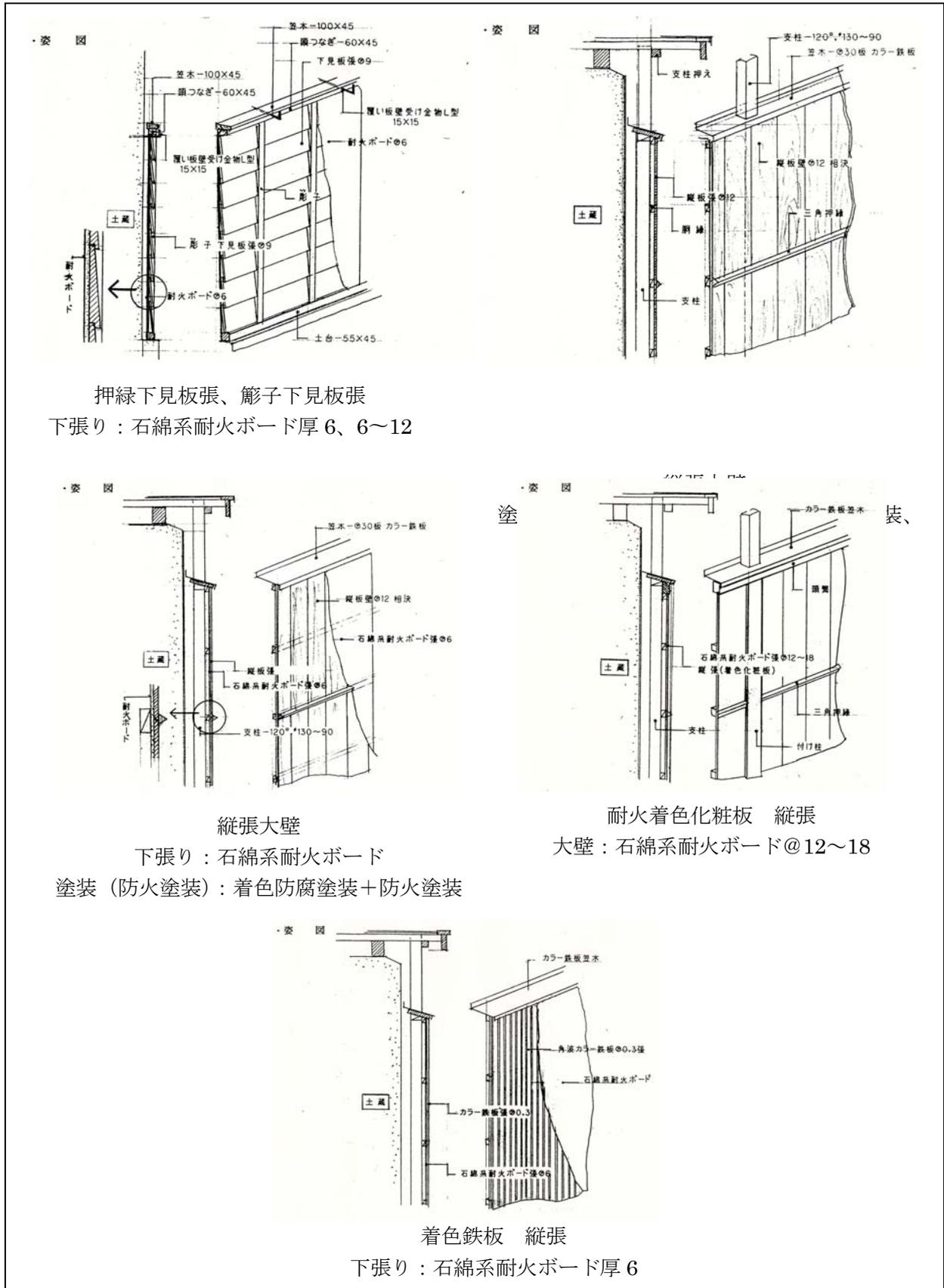


図 7.9 土蔵覆い壁

#### 4) おわりに

本章では、高山市伝統構法木造建築物個々を対象とする防耐火に向けた課題と対策を基に、耐火補強設計について検討を行った。防火性能については遮熱性、遮炎性を確保するための材料と、設計方法を検討したが、この元なる考え方として既に発行されているマニュアル<sup>10)</sup>を多く参照している。

本防火マニュアルは「燃え難い建造物の設計」を目指すために作成しているが、当地区の防火のためには「燃えても直ぐに消せる（被害を最小限に抑える）環境づくり」も重要である。

#### 参考文献

- 1) 安井昇：土塗壁と化粧軒裏の防火マニュアル～京町家様式で建築する～、京都府建築工業協同組合、2011年3月
- 2) 前掲書 1)、pp.24.
- 3) 前掲書 1)、pp.14-15.
- 4) 前掲書 1)、pp.23.
- 5) 前掲書 1)、pp.22.
- 6) 高山市三町防災策定委員会：高山市三町防災計画策定書、岐阜県高山市教育委員会、1996年3月、pp.8-9.
- 7) 樋本圭佑、田中哮義：延焼シミュレーションに基づく高山市三町伝建地区の防火性能評価、日本建築学会学術講演梗概集（北海道）、2004年8月、pp.337-338.
- 8) 平成23年度災害時における歴史的風致の維持に関する調査検討業務報告書（2012年4月）、株式会社プランニングネットワーク、2012年2月、pp.139.
- 9) 高山市伝建地区保存修理事業（工事概要）
- 10) 前掲書 1)、pp.30.
- 11) 大窪健之、金度源：町並みの防火性能向上に向けての課題と対策、「高山市伝統構法木造建築物の調査研究報告書」、2014年3月.

## 8. 耐震診断・耐震補強設計の事例

### 1) 一列型の町家 1

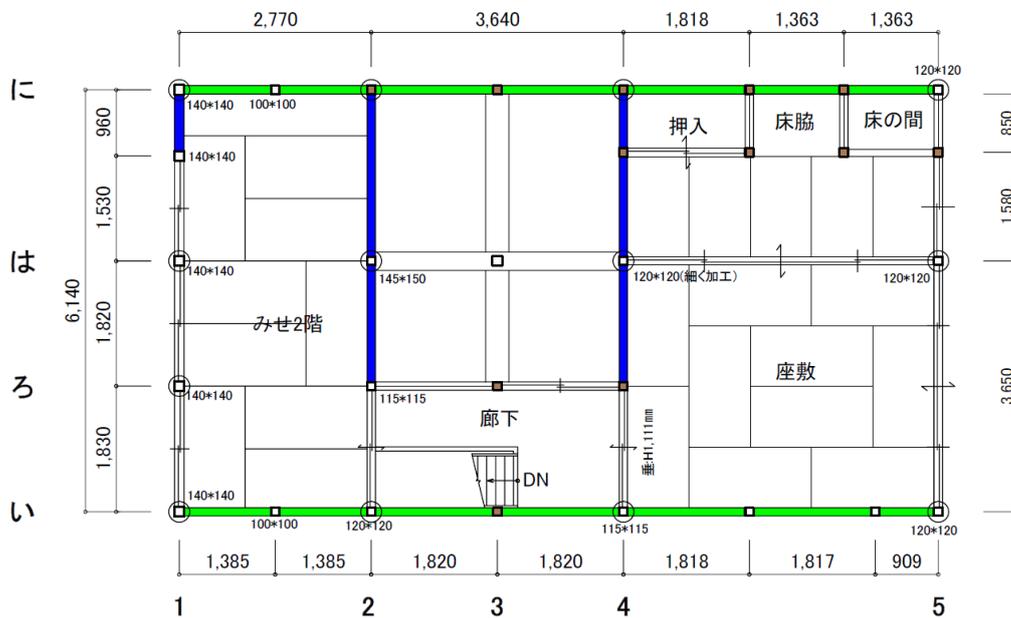
#### (1) 概要

金属板葺き切妻平入りの2階建てで、張り間方向約11m×けた行方向約6.1mの一列型の町家である。通りどじと吹き抜けを有する典型的な高山町家である。

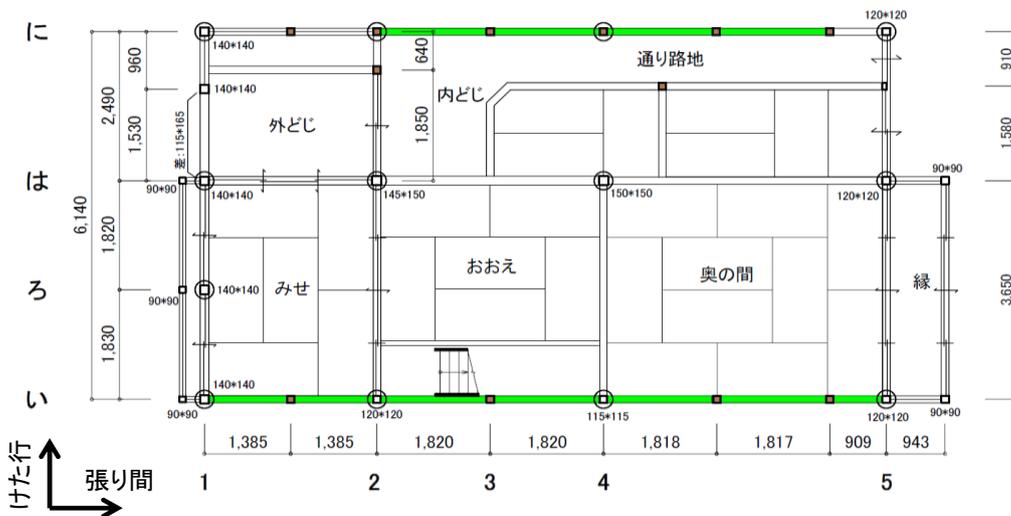
外観写真を写真8-1、平面図を図8-1、断面図を図8-2、階高と床面積を表8-1に示す。



写真 8-1 外観



a) 2階



b) 1階

図 8-1 平面図

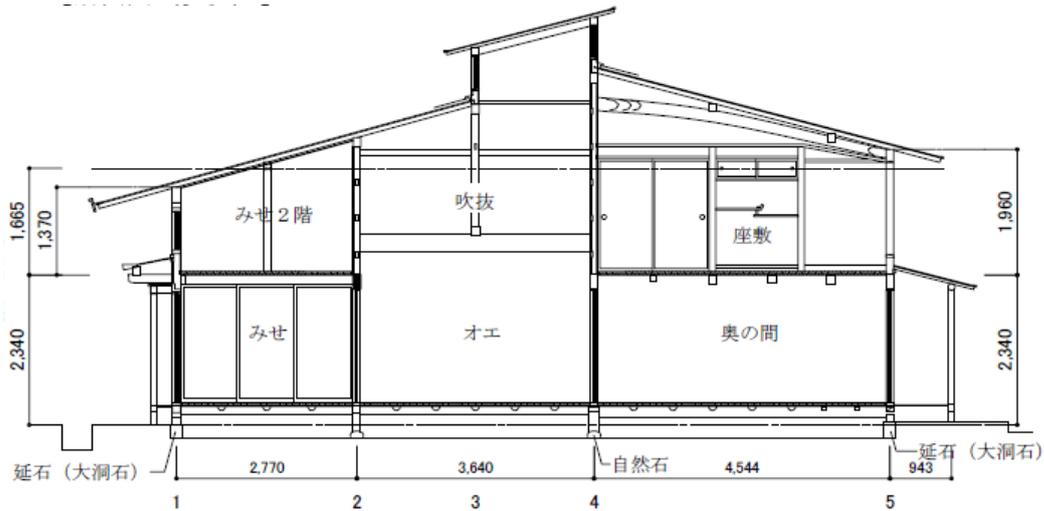


図 8-2 断面図

表 8-1 階高と床面積

	階高[m]	床面積[m <sup>2</sup> ]	備考
2階	1.665	51.57	吹抜け部 15.69m <sup>2</sup>
1階	2.350	71.98	土間部 15.45m <sup>2</sup>

(2) 設計荷重

1) 固定荷重

当該建築物での実測調査、日本建築学会荷重指針、建基法施行令第 84 条などに基づいて実況に応じて単位重量を設定した。特に両妻壁の土塗り壁は裏返し無しの片面塗りとし、壁厚 40mm とした。表 8-2 に算定結果を示す。

また、壁重量は、図 8-3 に示すような考え方で 1、2 層へ振り分けた。

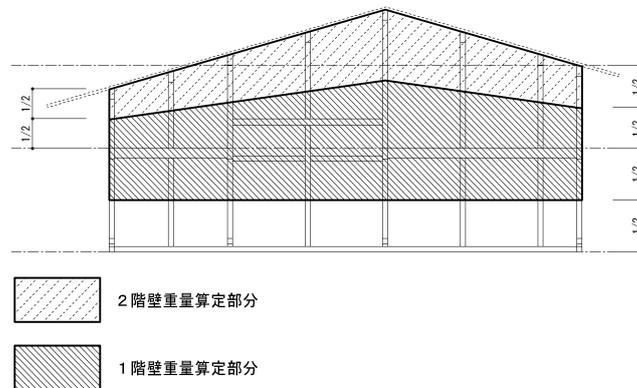


図 8-3 壁重量の振り分け

2) 積載荷重

・ 2階床 地震用 600 N/m<sup>2</sup>

3) 積雪荷重

垂直積雪量として以下の 2 パターンを考え、0.35 倍して地震時積雪荷重として加える。

- ① 垂直積雪量 1.2m
- ② 垂直積雪量 1.0m (雪下ろしによる低減)

表 8-2 固定荷重算定結果

建築物の部位	種別	単位重量 (N/m <sup>2</sup> )	勾配係数	該当面積 (m <sup>2</sup> )	荷重 (N)	備考	
屋根	瓦葺 (ふき土なし) 4寸勾配	500	1.077	0.00	0.0	瓦葺含む	
	薄鉄板葺 (横葺) 厚0.35 3寸勾配	35	1.044	0.00	0.0		
	瓦棒葺 (芯木無) 厚0.35 2.5寸勾配	35	1.031	0.00	0.0		
	瓦棒葺 (芯木有) 厚0.35 2.5寸勾配	65	1.031	79.66	5338.4		
	くれ葺 (4段) 2.5寸勾配	265	1.031	0.00	0.0		
	7スファルトルーフィング 940	10	1.031	79.66	821.3		
	野地板 厚15	85	1.031	79.66	6981.0	比重0.55	
	垂木 52x60@303	55	1.031	79.66	4517.1	比重0.55	
	母屋 120x120~120x240程度*	115	1.000	67.26	7734.6		
	小屋組*	100	1.000	67.26	6725.7	桁・小屋梁・束	
	2階天井 (さお縁)	100	1.000	51.57	5156.9	下地含む	
	2階天井 (板張り)	150	1.000	0.00	0.0	下地含む	
屋根合計		37.27 (kN)	2階壁合計	26.09 (kN)	合計	63.37 (kN)	
2階壁	土壁 厚60**	600		13.42	8052.0	下地を含み軸組を含まない	
	土壁 厚40**	400		31.99	12797.6	下地を含み軸組を含まない	
	板壁 厚12 (片面)	150		0.00	0.0	下地含む	
	軸組 (柱、間柱など)	100		52.43	5243.4		
	2階床合計		25.56 (kN)	1階壁合計	38.08 (kN)	合計	63.64 (kN)
	2階床	畳敷 厚45	245		46.89	11489.0	下地板含む
床板 厚12		70		4.68	327.3	比重0.55	
床板 厚30		165		0.00	0.0	比重0.55	
床梁 (床有り部) *		180		51.57	9282.4	比重0.55	
床梁 (吹き抜け部) *		130		15.69	2039.5	比重0.55	
1階天井 (さお縁)		100		0.00	0.0	下地含む	
1階天井 (板張り)		150		0.00	0.0	下地含む	
庇		215	1.031	10.93	2422.6	大屋根と同一仕様とみる	
1階壁		土壁 厚60**	600		11.39	6835.2	下地を含み軸組を含まない
	土壁 厚40**	400		50.32	20126.4	下地を含み軸組を含まない	
	板壁 厚12 (片面)	100		4.32	432.2	下地を含まない	
	軸組 (柱、間柱など)	100		106.88	10687.8		

注(\*) 当該町家の実測調査に基づく。

注(\*\*) 別の解体民家での土壁サンプル調査の結果に基づく。

4) 地震用建物重量

層	重量	積雪時重量①	積雪時重量②
1層	94.58kN	97.92kN	97.36kN
2層	63.37kN	160.33kN	144.17kN
(1層+2層) ／延床面積	1.28kN/m <sup>2</sup>	2.09 kN/m <sup>2</sup>	1.96 kN/m <sup>2</sup>

### 5) 地震荷重

平成12年建設省告示1461号の加速度応答スペクトルを用い、地盤増幅率は同1457号の第1種と第2種の中間の値(第1.5種)を用いる。地域係数 $Z=1.0$ 、調整係数 $p=0.85$ 、 $q=1.0$ とする。

### 6) 限界変形角の設定

損傷限界変形角を $1/90\text{rad}$ 、安全限界変形角を $1/20\text{rad}$ とする。なお、積雪時の安全限界変形角は $1/15\text{rad}$ とする。

### (3) 復元力特性の評価

#### 1) 耐震要素の配置

土塗り壁の配置を図8-4、8-5に示す。1階は、張り間方向の両妻側に全面壁が集中しており、けた行方向の壁はほとんど見られない。一方、2階は、吹き抜け部分の周囲が全面壁で囲われていることもあり、けた行方向にも全面壁が見られる。

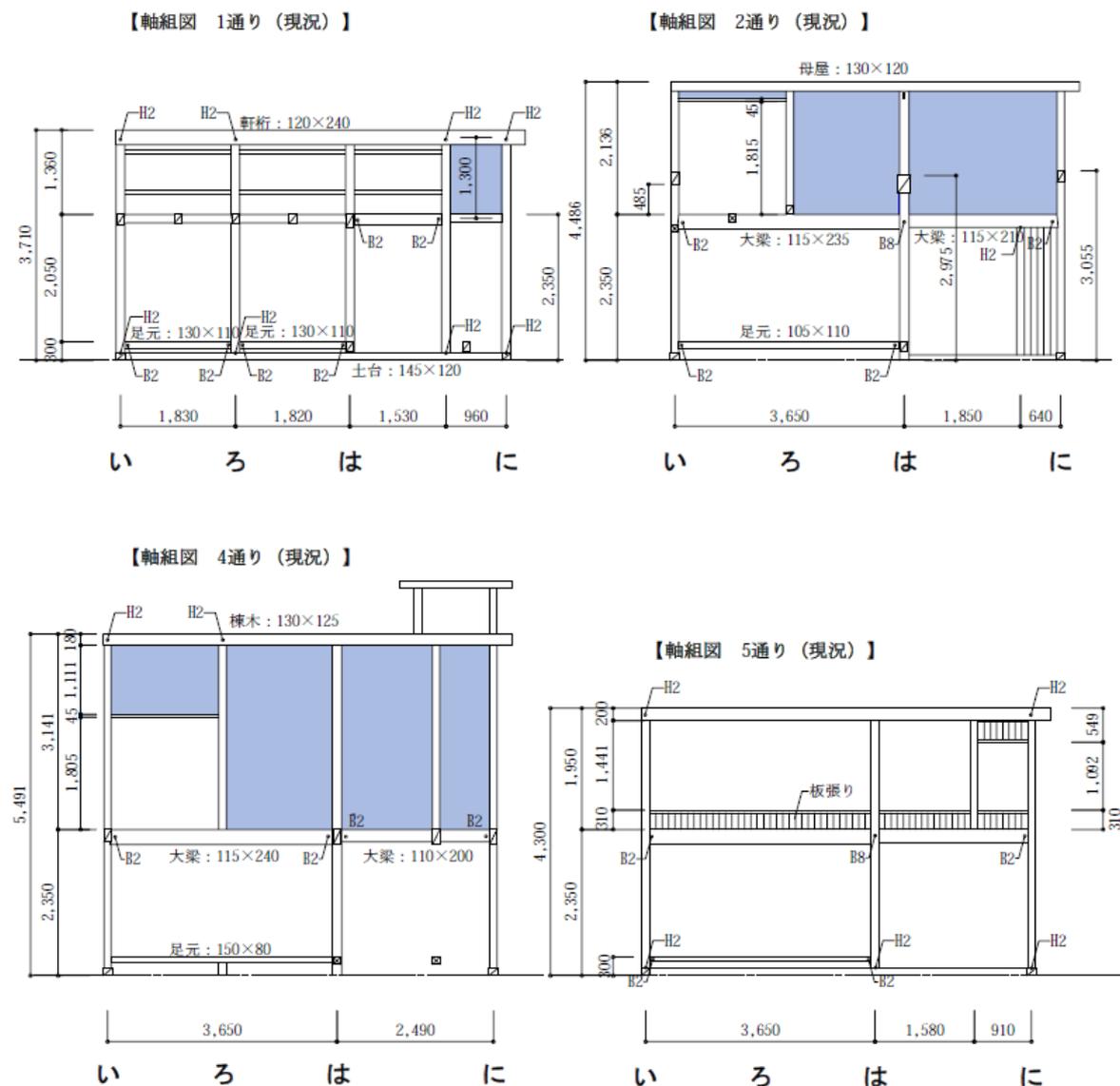


図8-4 けた行方向の耐震要素



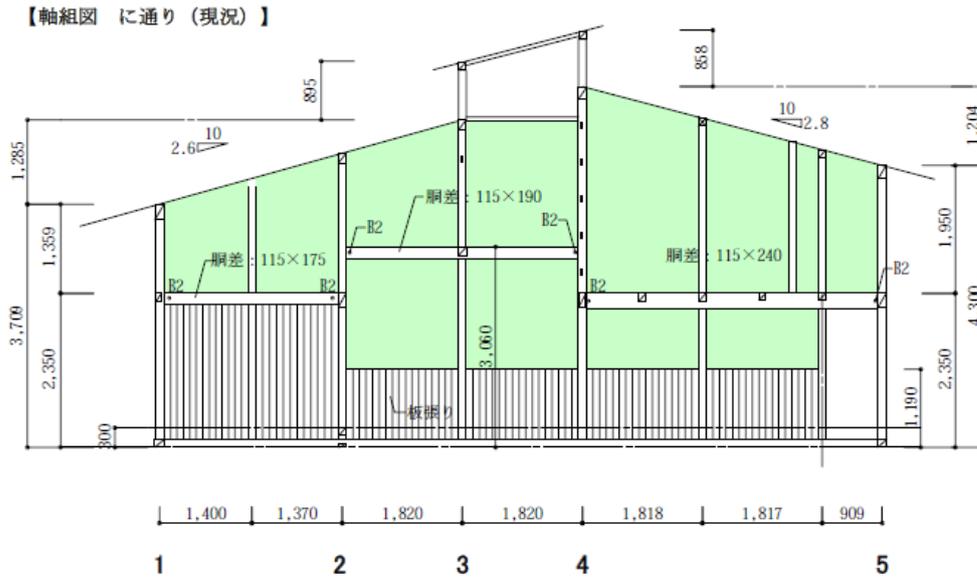


図 8-6 張り間方向の耐震要素 2

2) 耐震要素の評価

① 土塗り壁

両妻側の土塗り壁は裏返し無しの片面塗りとし、壁厚 40mm で評価する。その他の土塗り壁は壁厚 60mm とする。「ろ」通り 2階の土塗り壁は、左右ともに支持柱が無く、下部梁の端部の拘束力が小さいと推測されるため、耐震要素とせず、重量のみ加算する (壁厚 40mm)。

② 柱ほぞ

「1」通り、「5」通りの柱ほぞのみ長ほぞとして評価し、その他の柱ほぞは加算しない。

③ 横架材ほぞ

柱-横架材仕口は、通しほぞ車知栓打ちと仮定して加算する。

3) 各層の復元力特性

以上より、各層各方向の復元力特性を加算し、P- $\delta$  効果を考慮した結果を図 8-7 に示す。さらに、積雪時の復元力特性を図 8-8、8-9 に示す。

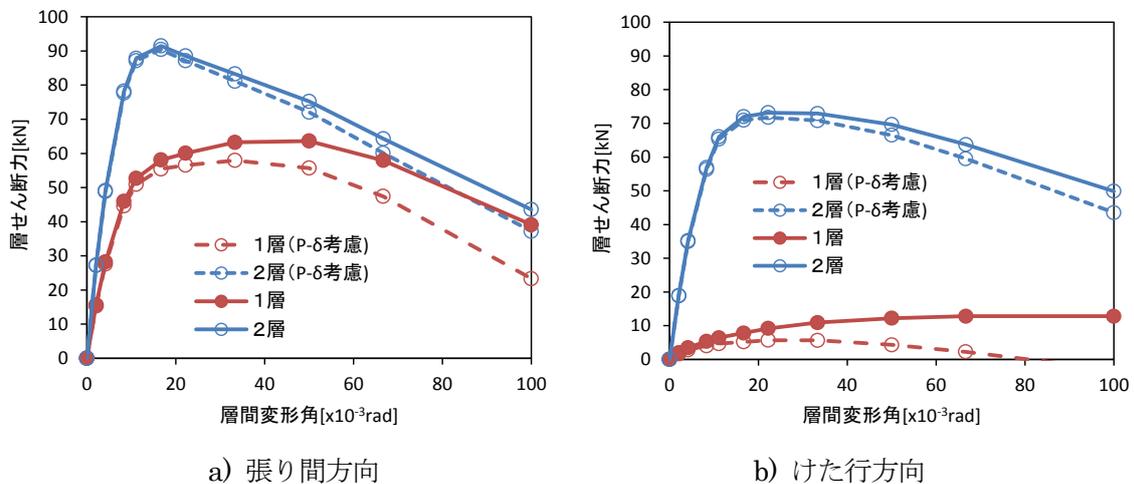
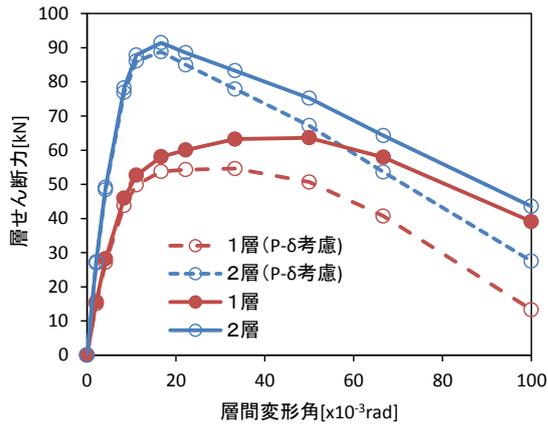
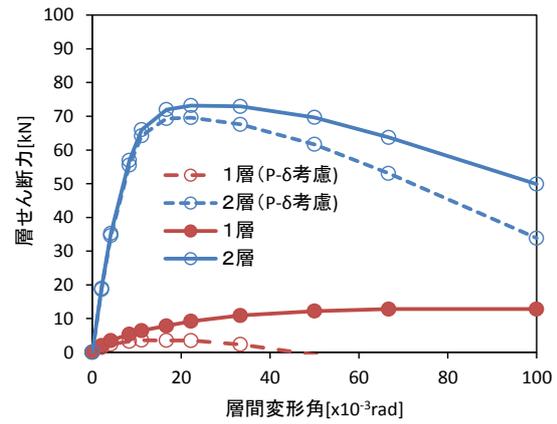


図 8-7 各層の復元力特性 (積雪無し)

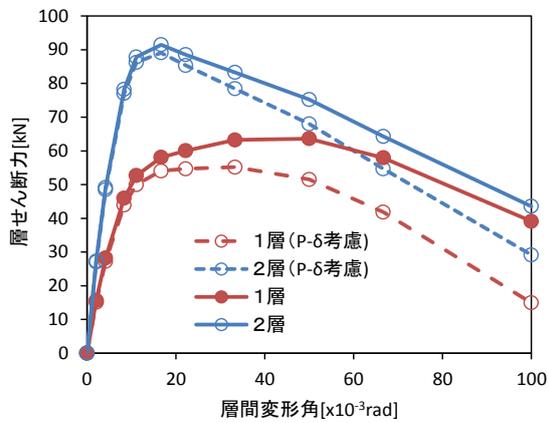


a) 張り間方向

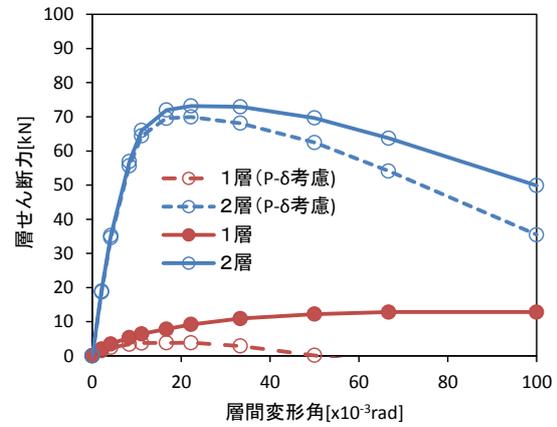


b) けた行方向

図 8-8 各層の復元力特性 (積雪時①)



a) 張り間方向



b) けた行方向

図 8-9 各層の復元力特性 (積雪時②)

表 8-3 最大ベースシヤ係数 (P-δ 考慮)

	張り間方向	けた行方向
積雪無し	0.367	0.036
積雪①	0.212	0.014
積雪②	0.229	0.016

#### (4) 耐震性能評価

近似応答計算による縮約1質点系の応答を図8-10に示す。また、積雪時も含めた応答変形角の一覧を表8-4に、近似応答計算の過程の例を表8-5、8-6に示す。

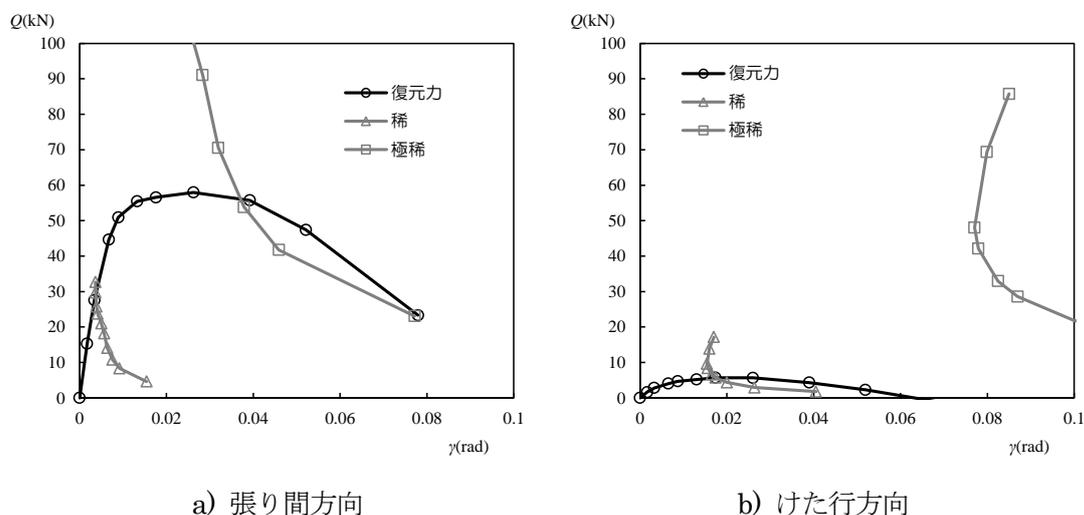


図8-10 縮約1質点系の応答 (積雪無し)

表8-4 近似応答計算結果 (単位: rad)

		張り間方向		けた行方向	
		稀地震	極稀地震	稀地震	極稀地震
積雪無し	縮約1質点系	1/272	1/26	1/57	
	2階	1/1004	1/595	1/3924	NG
	1階	1/222	1/21	1/45	
積雪時①	縮約1質点系	1/162			
	2階	1/455	NG	NG	NG
	1階	1/124			
積雪時②	縮約1質点系	1/173			
	2階	1/510	NG	NG	NG
	1階	1/133			

積雪無しの場合、稀地震に対して、張り間  $1/222 < 1/90$  でOK、けた行  $1/45 > 1/90$  でNG、  
極稀地震に対して、張り間  $1/21 > 1/20$  でOK、けた行応答値無しでNG。

積雪時①②では、稀地震に対して張り間がそれぞれ  $1/124 < 1/90$ 、 $1/133 < 1/90$  でOKとなるのみで、張り間の極稀、けた行の稀、極稀は応答値無しとなりNG。

表 8-5 近似応答計算の過程 (張り間方向・積雪無し)

復元力			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	27.19	48.84	77.71	87.16	90.43	87.13	81.14	72.07	60.08	37.23
$Q_1$	kN	0	15.31	27.57	44.63	50.93	55.46	56.55	57.97	55.72	47.42	23.33
$K_{e2}$	kN/m		7,838	7,040	5,600	4,711	3,259	2,355	1,462	866	541	224
$\Delta Q_2/\Delta R$				10,395	6,927	3,402	589	-594	-539	-544	-719	-686
$K_{e1}$	kN/m		3,127	2,815	2,279	1,951	1,416	1,083	740	474	303	99
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		181.2	163.1	131.9	112.7	81.5	62.1	42.1	26.7	17.0	5.7
$u_2/u_1$			1.176	1.176	1.180	1.183	1.193	1.205	1.229	1.250	1.255	1.198
1質点系への縮約												
$\delta_1$	m	0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
			0.005	0.010	0.020	0.026	0.039	0.052	0.078	0.118	0.157	0.235
繰返し計算開始 初期値は $\delta_2 - \delta_1 = \delta_1(u_2/u_1 - 1)$												
$\delta_2 - \delta_1$ 初期値	m		0.001	0.002	0.004	0.005	0.008	0.011	0.018	0.029	0.040	0.046
$\delta_2 - \delta_1$	m		0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001
$\delta_2$	m		0.006	0.011	0.022	0.029	0.042	0.055	0.081	0.120	0.159	0.236
$(\delta_2 - \delta_1)/H_2$			0.0005	0.0009	0.0015	0.0017	0.0018	0.0018	0.0018	0.0017	0.0015	0.0007
$K_{e2}^*$	kN/m		7,838	7,838	7,838	7,838	7,838	7,838	7,838	7,838	7,838	7,838
$K_{e1}^*$	kN/m		3,127	2,815	2,279	1,951	1,416	1,083	740	474	303	99
$\omega^{2*}$	1/s <sup>2</sup>		181.2	164.3	134.6	116.1	85.3	65.7	45.2	29.1	18.7	6.1
$u_2/u_1^*$			1.176	1.157	1.125	1.106	1.076	1.057	1.039	1.025	1.016	1.005
$\delta_2 - \delta_1^*$	m		0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001
繰返し計算終了												
階別の減衰計算												
1階h			0.050	0.066	0.093	0.110	0.137	0.154	0.171	0.185	0.194	0.204
2階h			0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
重みづけh			0.050	0.065	0.091	0.107	0.134	0.152	0.170	0.184	0.193	0.204
$M_u$	t		16.0	16.0	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
$\Delta$	m		0.005	0.010	0.021	0.027	0.040	0.053	0.080	0.119	0.158	0.235
$M_u/\Sigma m$			0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$Q$	kN	0	15.3	27.6	44.6	50.9	55.5	56.5	58.0	55.7	47.4	23.3
$K_e$	kN/m		2,902	2,635	2,163	1,867	1,373	1,058	728	470	301	99
$T_e$	sec		0.47	0.49	0.54	0.58	0.68	0.78	0.93	1.16	1.45	2.53
$F_h$			1.00	0.91	0.79	0.72	0.64	0.60	0.56	0.53	0.51	0.49
$H_e$	m		3.08	3.08	3.07	3.06	3.05	3.04	3.03	3.03	3.02	3.02
$R$	rad	0	0.002	0.003	0.007	0.009	0.013	0.018	0.026	0.039	0.052	0.078
$I/R$			585	294	149	112	75	57	38	26	19	13
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
稀												
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.60	1.60	1.60	1.60	1.50	1.32	1.10	0.88	0.70	0.40
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.500	1.500	1.595	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		2.04	1.86	1.60	1.48	1.31	1.13	0.88	0.67	0.52	0.29
$S_D$	m		0.011	0.011	0.012	0.013	0.015	0.017	0.019	0.023	0.028	0.047
$Q_n$	kN		32.7	29.8	25.7	23.7	21.0	18.2	14.1	10.8	8.3	4.6
$X_R$	rad		0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.006	0.006	0.008	0.009	0.015
$I/X_R$			274	272	258	241	199	177	157	132	109	65
$u_h$			1.08	1.07	1.05	1.05	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.012	0.012	0.013	0.013	0.016	0.018	0.020	0.023	0.028	0.047
$\delta_{R1}$	m		0.010	0.011	0.011	0.012	0.015	0.017	0.019	0.023	0.028	0.047
$X_{R2}$	rad		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
$I/X_{R2}$			907	1,004	1,180	1,292	1,483	1,728	2,254	2,977	3,860	7,020
$X_{R1}$	rad		0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.007	0.008	0.010	0.012	0.020
$I/X_{R1}$			225	222	208	193	158	140	123	103	85	51
極稀												
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		8.00	8.00	8.00	8.00	7.52	6.60	5.48	4.40	3.52	2.02
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.500	1.500	1.595	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		10.20	9.28	8.01	7.38	6.53	5.65	4.38	3.34	2.59	1.43
$S_D$	m		0.056	0.056	0.060	0.064	0.077	0.086	0.097	0.115	0.139	0.233
$Q_n$	kN		163.3	148.8	128.7	118.7	105.1	91.1	70.6	53.8	41.7	23.1
$X_R$	rad		0.018	0.018	0.019	0.021	0.025	0.028	0.032	0.038	0.046	0.077
$I/X_R$			55	54	52	48	40	35	31	26	22	13
$u_h$			1.08	1.07	1.05	1.05	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.061	0.061	0.064	0.067	0.080	0.089	0.099	0.116	0.140	0.234
$\delta_{R1}$	m		0.052	0.053	0.056	0.061	0.074	0.084	0.095	0.114	0.138	0.233
$X_{R2}$	rad		0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001
$I/X_{R2}$			181	201	236	258	297	346	451	595	772	1,404
$X_{R1}$	rad		0.022	0.022	0.024	0.026	0.032	0.036	0.041	0.048	0.059	0.099
$I/X_{R1}$			45	44	42	39	32	28	25	21	17	10

表 8-6 近似応答計算の過程 (けた行方向・積雪無し)

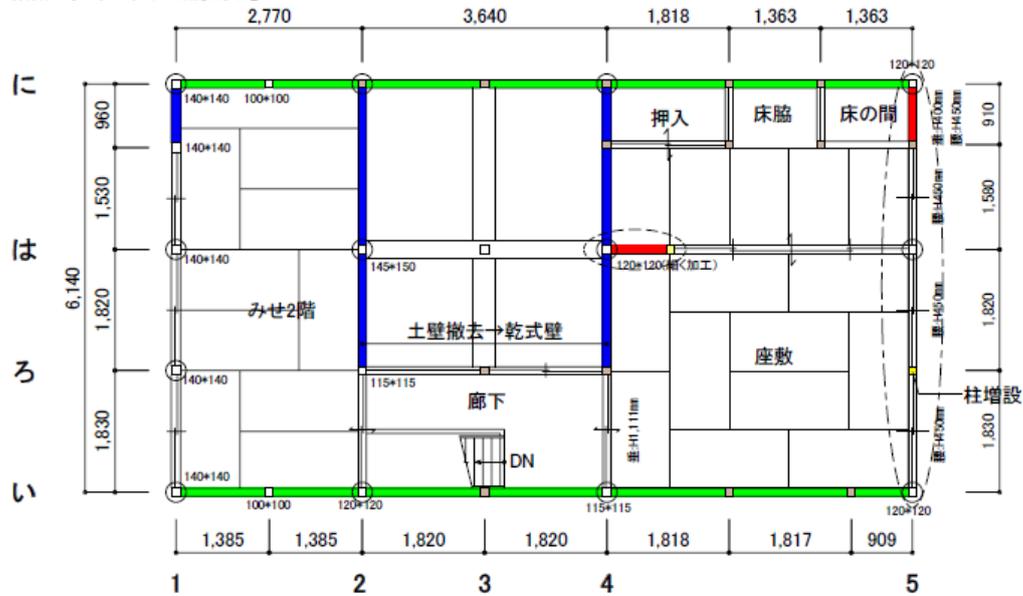
復元力			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	18.85	34.98	56.36	65.30	70.92	71.76	70.83	66.50	59.53	43.55
$Q_1$	kN	0	1.65	2.83	4.06	4.69	5.20	5.70	5.67	4.34	2.28	-2.99
$K_{e2}$	kN/m		5,434	5,043	4,062	3,530	2,556	1,939	1,276	799	536	262
$\Delta Q_2/\Delta R$				7,745	5,129	3,221	1,011	151	-83	-259	-419	-479
$K_{e1}$	kN/m		337	289	208	180	133	109	72	37	15	-13
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		20.7	17.8	12.8	11.1	8.2	6.7	4.4	2.3	0.9	-0.8
$u_2/u_1$			1.025	1.023	1.021	1.021	1.021	1.023	1.023	1.019	1.011	0.981
1質点系への縮約												
$\delta_1$	m	0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
			0.005	0.010	0.020	0.026	0.039	0.052	0.078	0.118	0.157	0.235
繰返し計算開始 初期値は $\delta_2 - \delta_1 = \delta_1(u_2/u_1 - 1)$												
$\delta_2 - \delta_1$ 初期値	m		0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	-0.005
$\delta_2 - \delta_1$	m		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000
$\delta_2$	m		0.005	0.010	0.020	0.026	0.040	0.053	0.079	0.118	0.157	0.235
$(\delta_2 - \delta_1)/H_2$			0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0001	-0.0001
$K_{e2}^*$	kN/m		5,434	5,434	5,434	5,434	5,434	5,434	5,434	5,434	5,434	5,434
$K_{e1}^*$	kN/m		337	289	208	180	133	109	72	37	15	-13
$\omega^{2*}$	1/s <sup>2</sup>		20.7	17.8	12.8	11.1	8.2	6.8	4.5	2.3	0.9	-0.8
$u_2/u_1^*$			1.025	1.022	1.015	1.013	1.010	1.008	1.005	1.003	1.001	0.999
$\delta_2 - \delta_1^*$	m		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000
繰返し計算終了												
階別の減衰計算												
1階 $h$			0.050	0.072	0.111	0.124	0.146	0.158	0.175	0.192	0.202	0.215
2階 $h$			0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
重みづけ $h$			0.050	0.072	0.111	0.124	0.146	0.157	0.175	0.192	0.202	0.215
$M_u$	t		16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
$\Delta$	m		0.005	0.010	0.020	0.026	0.039	0.052	0.079	0.118	0.157	0.235
$M_u/\Sigma m$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$Q$	kN	0	1.6	2.8	4.1	4.7	5.2	5.7	5.7	4.3	2.3	-3.0
$K_e$	kN/m		333	287	206	179	132	109	72	37	15	-13
$T_e$	sec		1.38	1.49	1.76	1.89	2.19	2.42	2.97	4.15	6.62	#NUM!
$F_h$			1.00	0.87	0.71	0.67	0.61	0.58	0.55	0.51	0.50	0.48
$H_e$	m		3.03	3.03	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02
$R$	rad	0	0.002	0.003	0.007	0.009	0.013	0.017	0.026	0.039	0.052	0.078
$1/R$			612	306	153	115	77	58	38	26	19	13
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
稀												
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
			0.74	0.69	0.58	0.54	0.47	0.42	0.34	0.25	0.15	#NUM!
1.5種地盤 $G_s$			1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	#NUM!
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		1.06	0.86	0.60	0.52	0.41	0.35	0.27	0.18	0.11	#NUM!
$S_D$	m		0.051	0.048	0.047	0.047	0.050	0.053	0.060	0.080	0.122	#NUM!
$Q_n$	kN		17.2	13.9	9.6	8.4	6.6	5.7	4.4	2.9	1.8	#NUM!
$X_R$	rad		0.017	0.016	0.015	0.016	0.016	0.017	0.020	0.026	0.041	#NUM!
$1/X_R$			59	63	65	64	61	57	50	38	25	#NUM!
$u_h$			1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.052	0.049	0.047	0.047	0.050	0.053	0.061	0.080	0.122	#NUM!
$\delta_{R1}$	m		0.051	0.048	0.046	0.047	0.050	0.052	0.060	0.080	0.122	#NUM!
$X_{R2}$	rad		0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	#NUM!
$1/X_{R2}$			1,295	1,605	2,324	2,656	3,403	3,924	5,153	7,668	12,671	#NUM!
$X_{R1}$	rad		0.022	0.020	0.020	0.020	0.021	0.022	0.026	0.034	0.052	#NUM!
$1/X_{R1}$			46	49	51	50	47	45	39	30	19	#NUM!
極稀												
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
			3.70	3.44	2.92	2.71	2.33	2.12	1.72	1.23	0.77	#NUM!
1.5種地盤 $G_s$			1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	#NUM!
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		5.32	4.30	2.98	2.61	2.04	1.77	1.35	0.91	0.55	#NUM!
$S_D$	m		0.257	0.242	0.233	0.236	0.249	0.263	0.302	0.398	0.612	#NUM!
$Q_n$	kN		85.8	69.4	48.1	42.1	32.9	28.6	21.8	14.7	8.9	#NUM!
$X_R$	rad		0.085	0.080	0.077	0.078	0.082	0.087	0.100	0.132	0.203	#NUM!
$1/X_R$			12	13	13	13	12	11	10	8	5	#NUM!
$u_h$			1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.261	0.245	0.235	0.237	0.251	0.264	0.303	0.399	0.612	#NUM!
$\delta_{R1}$	m		0.255	0.240	0.232	0.234	0.248	0.262	0.301	0.398	0.612	#NUM!
$X_{R2}$	rad		0.004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	#NUM!
$1/X_{R2}$			259	321	465	531	681	785	1,031	1,534	2,534	#NUM!
$X_{R1}$	rad		0.108	0.102	0.099	0.100	0.106	0.111	0.128	0.169	0.260	#NUM!
$1/X_{R1}$			9	10	10	10	9	9	8	6	4	#NUM!

(5) 耐震補強の検討

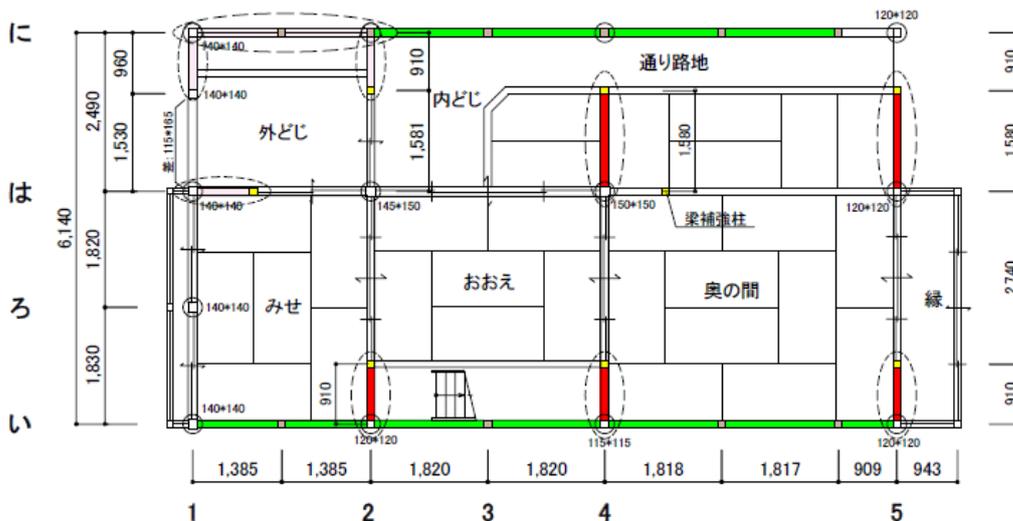
1) 補強内容

けた行方向、張り間方向ともに耐震補強として乾式土壁パネルまたは板壁を増設する。また、梁桁スパンが大きく鉛直荷重支持が厳しいと思われる箇所へ柱を増設する。また、2階「ろ」通り「2-4」間の壁は下部梁へせん断力を伝達しないよう耐力の低い乾式壁とし、耐力要素としてみない。補強箇所を図8-11に示す。

【2階耐力要素配置図(補強後)】



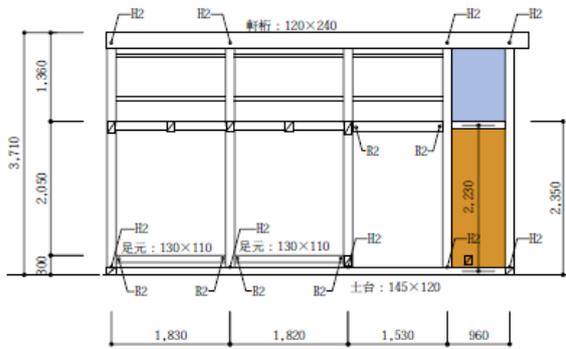
【1階耐力要素配置図(補強後)】



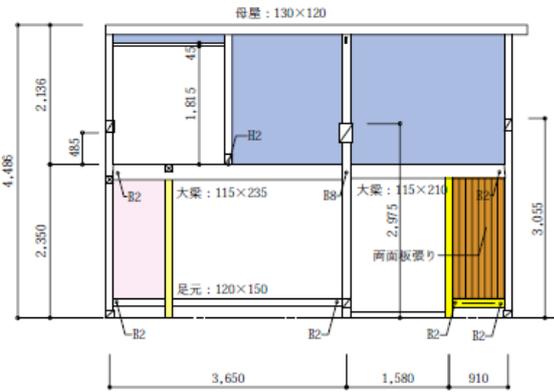
- : 補強柱 120mm角
- : 全壁 荒壁パネル(補強)
- : 板壁(補強)

図8-11 耐震補強箇所

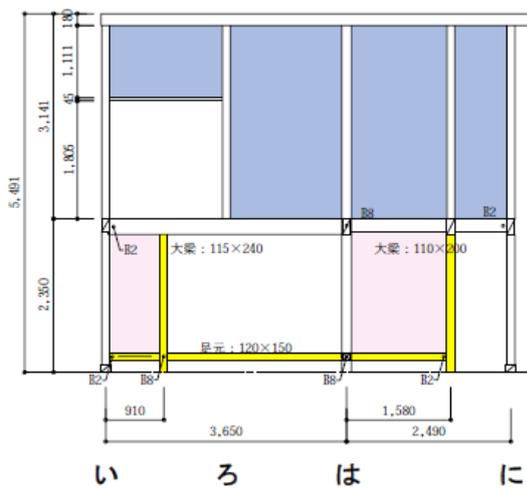
【軸組図 1通り (補強後)】



【軸組図 2通り (補強後)】



【軸組図 4通り (補強後)】



【軸組図 5通り (補強後)】

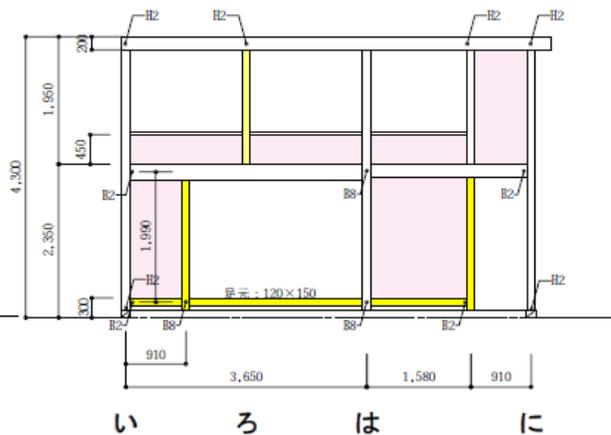
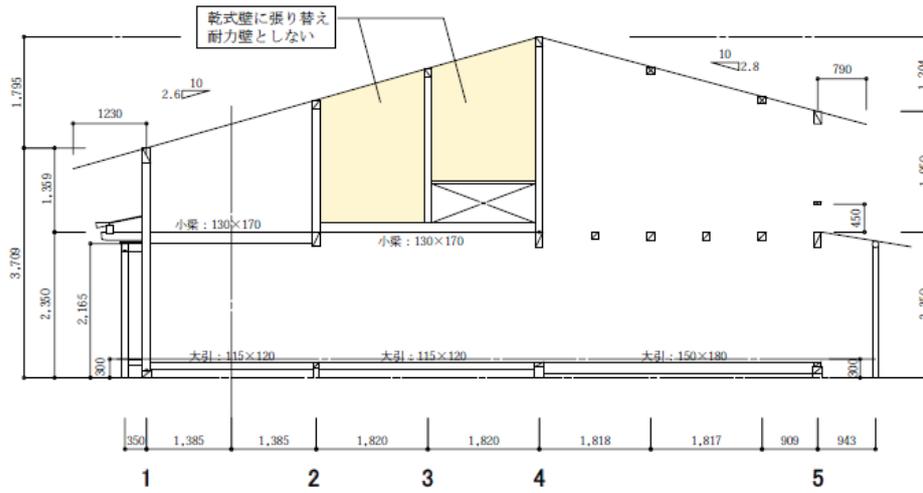


図 8-12 けた行方向の耐震要素

【軸組図 ろ通り (補強後)】



【軸組図 は通り (補強後)】

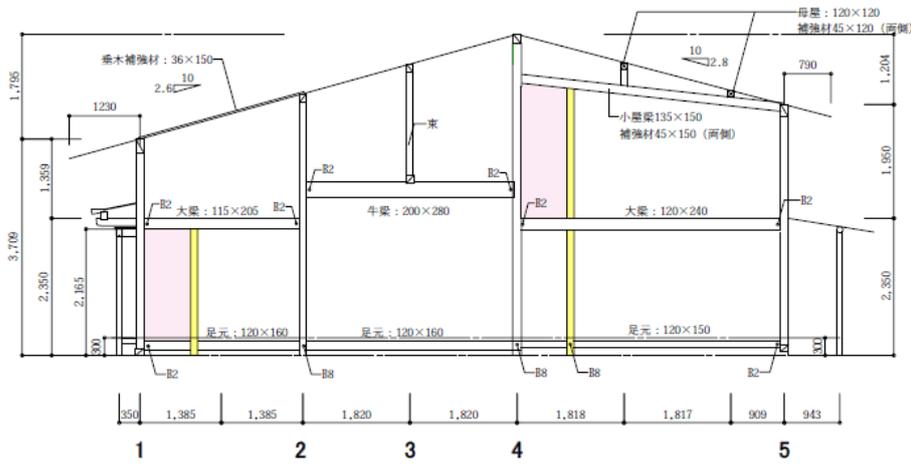


図 8-13 張り間方向「は」通りの補強箇所

【軸組図 に通り (補強後)】

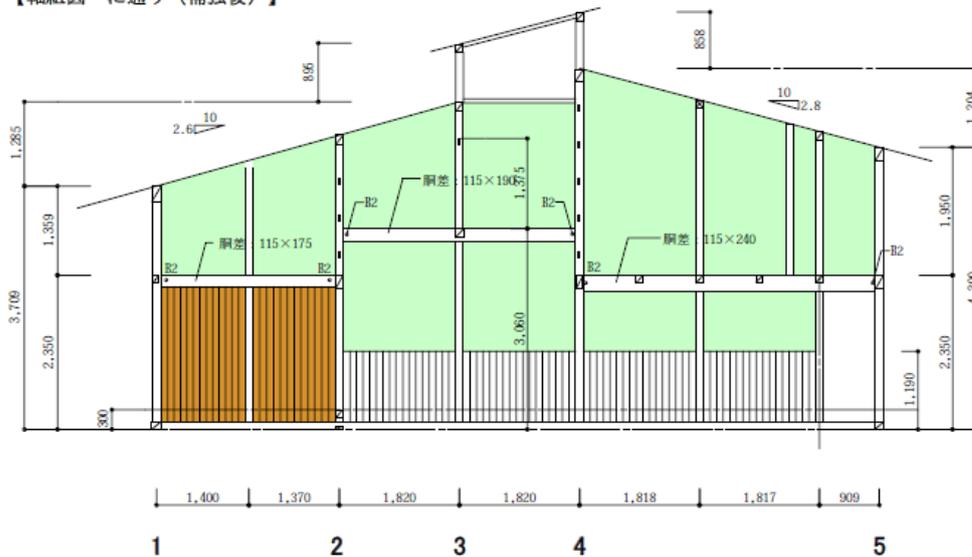


図 8-14 張り間方向「に」通りの補強箇所

## 2) 補強後の重量

乾式土壁パネルの密度を  $0.650\text{tonf/m}^3$ 、パネル厚を  $26\text{mm}$  とすると、壁面当たり  $169\text{N/m}^2$  となり、受け材など加味して  $200\text{N/m}^2$  とする。補強板壁は、板厚  $30\text{mm}$  両面貼り、比重  $0.55$  として、 $330\text{N/m}^2$  となり、下地材など加味して  $400\text{N/m}^2$  とする。増設柱の重量は無視する。補強後の固定荷重算定結果を表 8-7 に示す。

耐震診断時と同様に積雪を考慮した地震用建物重量は下のようになる。

層	重量	積雪時重量①	積雪時重量②
1層	100.38kN	103.72kN	103.16kN
2層	63.73kN	160.70kN	144.54kN
(1層+2層) ／延床面積	1.33kN/m <sup>2</sup>	2.14kN/m <sup>2</sup>	2.01kN/m <sup>2</sup>

表 8-7 固定荷重算定結果 (補強後)

建築物の部位	種別	単位重量 (N/m <sup>2</sup> )	勾配係数	該当面積 (m <sup>2</sup> )	荷重 (N)	備考
屋根	瓦葺 (ふき土なし) 4寸勾配	500	1.077	0.00	0.0	瓦葺含む
	薄鉄板葺 (横葺) 厚0.35 3寸勾配	35	1.044	0.00	0.0	
	瓦棒葺 (芯木無) 厚0.35 2.5寸勾配	35	1.031	0.00	0.0	
	瓦棒葺 (芯木有) 厚0.35 2.5寸勾配	65	1.031	79.66	5338.4	
	くれ葺 (4段) 2.5寸勾配	265	1.031	0.00	0.0	
	7スファルト-フィン <sup>g</sup> 940	10	1.031	79.66	821.3	
	野地板 厚15	85	1.031	79.66	6981.0	比重0.55
	垂木 52x60@303	55	1.031	79.66	4517.1	比重0.55
	母屋 120x120~120x240程度*	115	1.000	67.26	7734.6	
	小屋組*	100	1.000	67.26	6725.7	桁・小屋梁・束
	2階天井 (さお縁)	100	1.000	51.57	5156.9	下地含む
	2階天井 (板張り)	150	1.000	0.00	0.0	下地含む
	2階壁	土壁 厚60**	600		13.42	8052.0
土壁 厚40**		400		26.06	10425.6	下地を含み軸組を含まない
板壁 厚12 (片面)		150		0.00	0.0	下地含む
軸組 (柱、間柱など)		100		52.43	5243.4	
【補強】乾式土壁		200		1.09	218.4	片面貼り・受け材を含む
【張替】乾式壁		425		5.93	2520.3	下地貫・下地45mm縦+両面ラス <sup>ト</sup> 漆喰塗
屋根合計	37.27 (kN)	2階壁合計	26.46 (kN)	合計	63.73 (kN)	

2階床	畳敷 厚45	245		46.89	11489.0	下地板含む
	床板 厚12	70		4.68	327.3	比重0.55
	床板 厚30	165		0.00	0.0	比重0.55
	床梁 (床有り部) *	180		51.57	9282.4	比重0.55
	床梁 (吹き抜け部) *	130		15.69	2039.5	比重0.55
	1階天井 (さお縁)	100		0.00	0.0	下地含む
	1階天井 (板張り)	150		0.00	0.0	下地含む
	庇	215	1.031	10.93	2422.6	大屋根と同一仕様とみる
1階壁	土壁 厚60**	600		11.39	6835.2	下地を含み軸組を含まない
	土壁 厚40**	400		47.35	18938.4	下地を含み軸組を含まない
	板壁 厚12 (片面)	100		4.32	432.2	下地を含まない
	軸組 (柱、間柱など)	100		106.88	10687.8	
	【補強】乾式土壁	200		9.30	1859.5	片面貼り・受け材を含む
	【補強】板壁 厚30 (両面)	400		6.52	2608.2	下地含む
【張替】乾式壁	425		2.97	2520.3	下地貫・下地45mm縦+両面ラス <sup>ト</sup> 漆喰塗	
2階床合計	25.56 (kN)	1階壁合計	43.88 (kN)	合計	69.44 (kN)	

### 3) 補強後の復元力特性

#### ① 補強壁

乾式土壁パネルは受け材仕様、片面貼りとし、実験値に基づいて復元力を設定する。また、補強板壁は、板厚 30mm の両面貼り、吸付棧とし、実験値に基づいて復元力を設定する。これらの復元力特性を図 8-15 に示す。壁長さに応じて補正する。

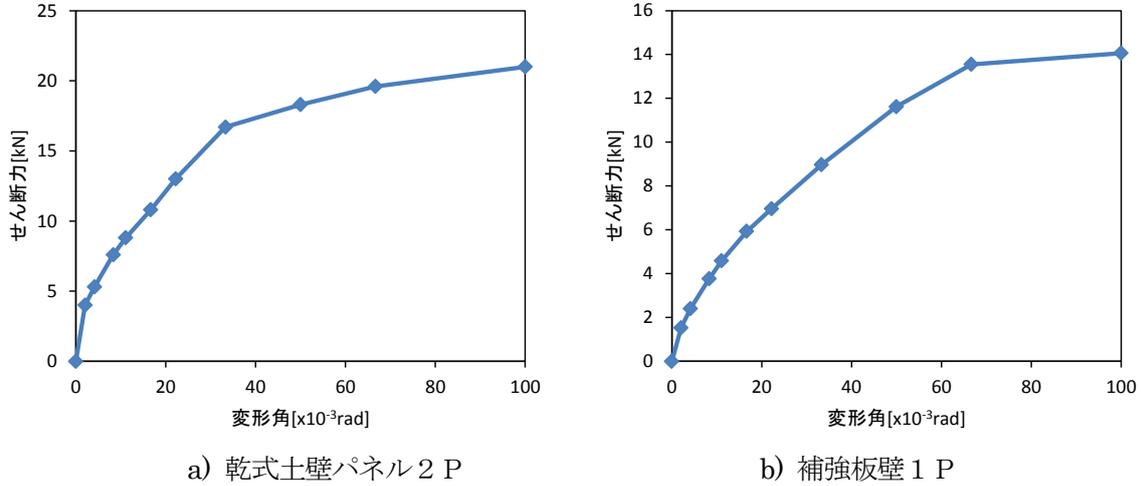


図 8-15 補強要素の復元力特性

#### ② 補強小壁

乾式土壁パネルによる補強を想定するが復元力特性は土壁 60mm 厚と同等として評価する。

#### ② 柱ほぞ

増設柱のほぞは加算しない。

#### ③ 横架材ほぞ

足固めを取替または増設する箇所は、通しほぞ車知栓打ちと仮定して加算する。

以上より算定した各層の復元力特性を図 8-16～8-18 に示す。

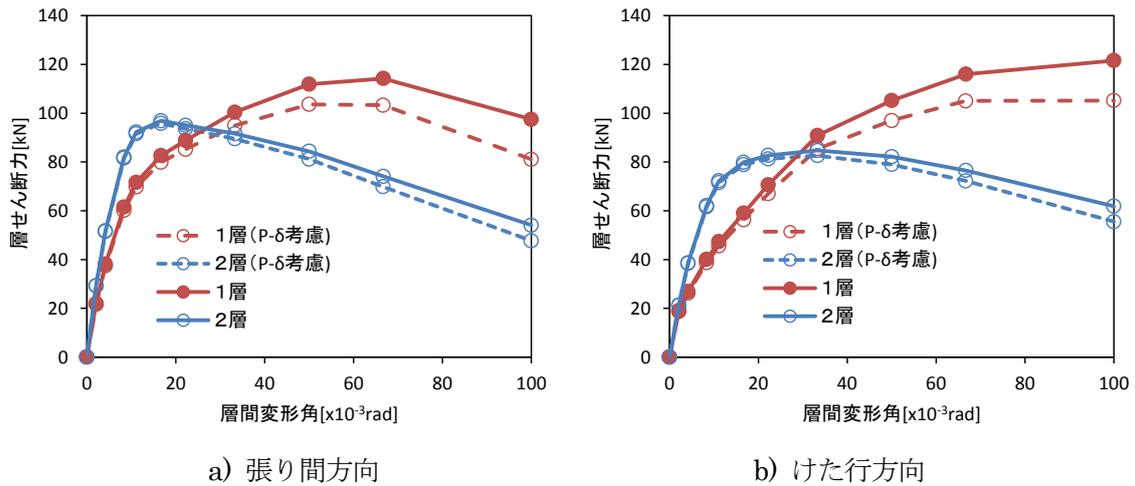
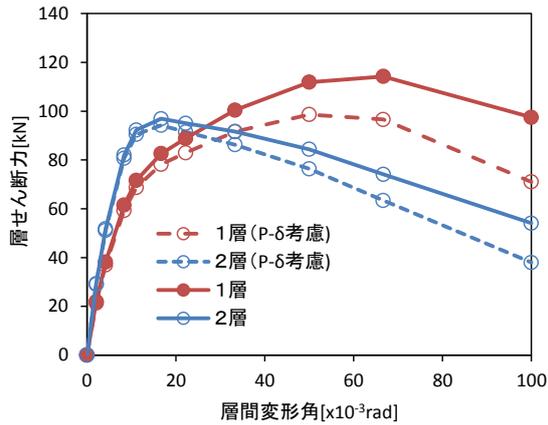
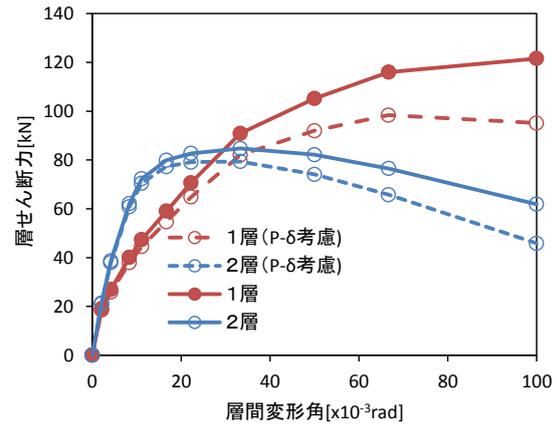


図 8-16 各層の復元力特性 (補強後・積雪無し)

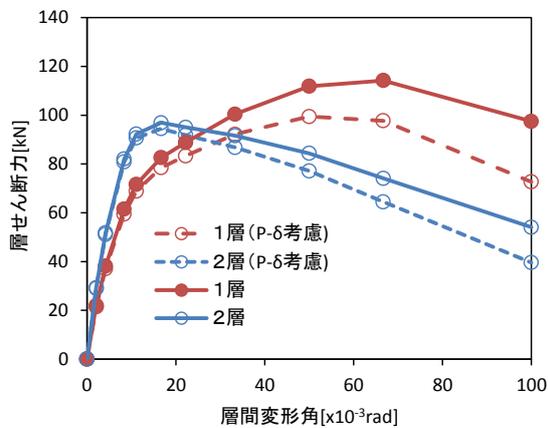


a) 張り間方向

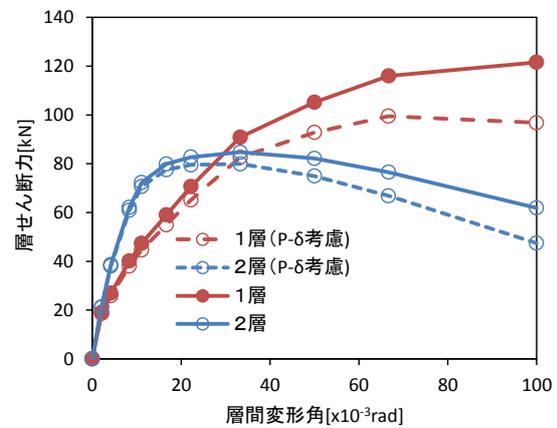


b) けた行方向

図 8-17 各層の復元力特性 (補強後・積雪①)



a) 張り間方向



b) けた行方向

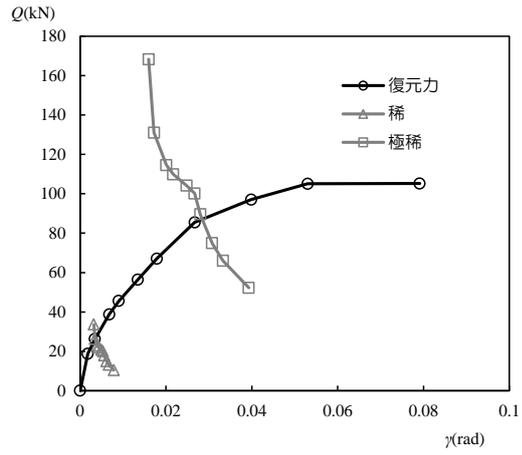
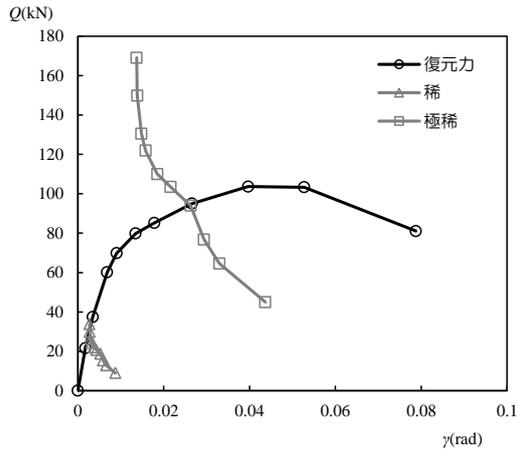
図 8-18 各層の復元力特性 (補強後・積雪②)

表 8-8 最大ベースシヤ係数 (P-δ 考慮)

	張り間方向	けた行方向
積雪無し	0.632	0.641
積雪①	0.373	0.372
積雪②	0.402	0.402

#### 4) 補強後の耐震性能評価

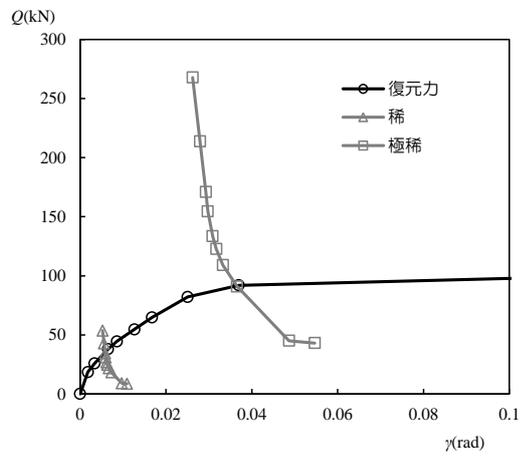
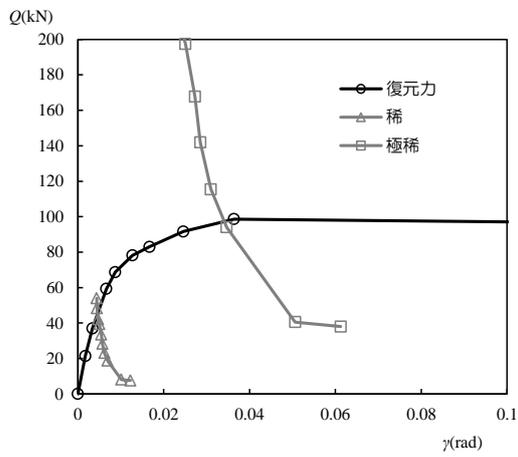
近似応答計算による縮約 1 質点系の応答を図 8-19～8-21 に示す。また、積雪時も含めた応答変形角の一覧を表 8-9 に、近似応答計算の過程の例を表 8-10、8-11 に示す。



a) 張り間方向

b) けた行方向

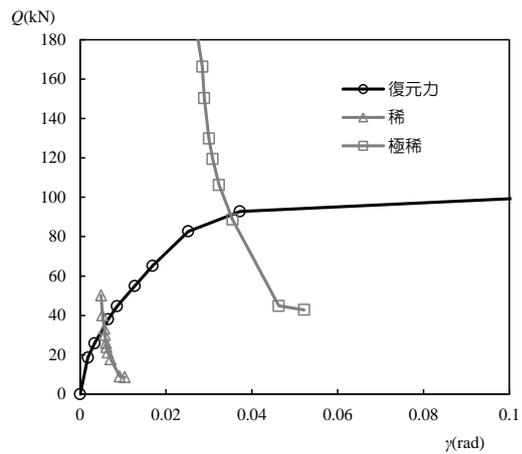
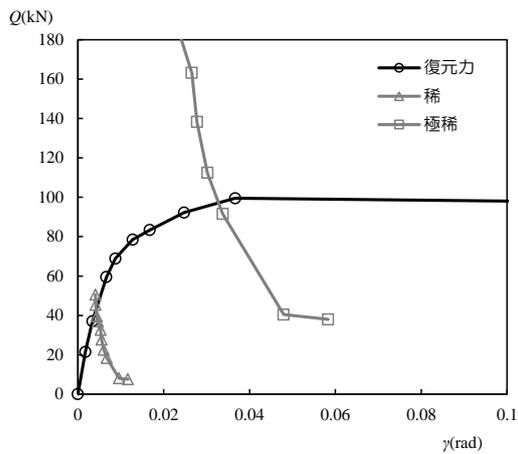
図 8-19 縮約 1 質点系の応答 (積雪無し)



a) 張り間方向

b) けた行方向

図 8-20 縮約 1 質点系の応答 (積雪①)



a) 張り間方向

b) けた行方向

図 8-21 縮約 1 質点系の応答 (積雪②)

表 8-9 近似応答計算結果 (単位 : rad)

		張り間方向		けた行方向	
		稀地震	極稀地震	稀地震	極稀地震
積雪無し	縮約1 質点系	1/361	1/38	1/290	1/32
	2階	1/1083	1/345	1/905	1/303
	1階	1/300	1/30	1/240	1/26
積雪時①	縮約1 質点系	1/212	1/29	1/171	1/27
	2階	1/462	1/185	1/437	1/129
	1階	1/169	1/21	1/133	1/20
積雪時②	縮約1 質点系	1/226	1/30	1/176	1/28
	2階	1/517	1/202	1/471	1/139
	1階	1/181	1/22	1/137	1/21

積雪無しの場合、稀地震に対して、張り間  $1/300 < 1/90$  で OK、けた行  $1/240 < 1/90$  で OK、  
 極稀地震に対して、張り間  $1/30 < 1/20$  で OK、けた行  $1/26 < 1/20$  で OK。  
 積雪時①②では、稀地震に対して、張り間がそれぞれ  $1/169 < 1/90$ 、 $1/181 < 1/90$  で OK、  
 けた行がそれぞれ  $1/133 < 1/90$ 、 $1/137 < 1/90$  で OK。  
 極稀地震に対して、張り間がそれぞれ  $1/21 < 1/15$ 、 $1/22 < 1/15$  で OK、  
 けた行がそれぞれ  $1/20 < 1/15$ 、 $1/21 < 1/15$  で OK。

表 8-10 近似応答計算の過程（張り間方向・積雪②・補強後）

復元力			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	29.02	51.15	80.83	90.65	94.48	91.83	86.79	77.16	64.47	39.61
$Q_1$	kN	0	21.44	37.07	59.42	68.88	78.46	83.34	92.19	99.46	97.72	72.70
$K_{e2}$	kN/m		8,365	7,374	5,826	4,900	3,405	2,482	1,564	927	581	238
$\Delta Q_2/\Delta R$				10,625	7,122	3,537	688	-477	-454	-577	-761	-746
$K_{e1}$	kN/m		4,379	3,786	3,034	2,638	2,003	1,596	1,177	846	624	309
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		144.4	125.3	100.2	86.6	64.6	50.5	35.9	24.4	17.1	7.9
$u_2/u_1$			1.342	1.335	1.340	1.352	1.389	1.429	1.511	1.636	1.765	1.952

1質点系への縮約

		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_j$	m		0.005	0.010	0.020	0.026	0.039	0.052	0.078	0.118	0.157	0.235

階別の減衰計算

1階 $h$			0.050	0.072	0.099	0.113	0.136	0.151	0.166	0.178	0.186	0.198
2階 $h$			0.050	0.050	0.061	0.065	0.068	0.069	0.077	0.082	0.205	0.205
重みづけ $h$			0.050	0.068	0.094	0.107	0.130	0.145	0.161	0.174	0.198	0.201
$M_u$	t		24.8	24.9	25.0	25.0	25.1	25.2	25.2	20.7	20.7	23.2
$\Delta$	m		0.006	0.012	0.023	0.030	0.043	0.056	0.083	0.123	0.429	0.399
$M_u/\Sigma m$			0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	0.82	0.92
$Q$	kN	0	21.4	37.1	59.4	68.9	78.5	83.3	92.2	99.5	97.7	72.7
$K_e$	kN/m		3,580	3,187	2,622	2,317	1,815	1,476	1,108	809	228	182
$T_e$	sec		0.52	0.56	0.61	0.65	0.74	0.82	0.95	1.11	1.90	2.24
$F_h$			1.00	0.89	0.77	0.72	0.65	0.61	0.57	0.55	0.50	0.50
$H_e$	m		3.44	3.42	3.41	3.40	3.38	3.37	3.36	3.35	3.71	3.57
$R$	rad	0	0.002	0.003	0.007	0.009	0.013	0.017	0.025	0.037	0.116	0.112
$l/R$			574	294	150	114	78	60	40	27	9	9
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

稀

			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.60	1.60	1.60	1.57	1.38	1.25	1.08	0.92	0.54	0.46
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.500	1.531	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		2.04	1.82	1.58	1.48	1.30	1.10	0.89	0.73	0.39	0.33
$S_D$	m		0.014	0.014	0.015	0.016	0.018	0.019	0.020	0.023	0.036	0.042
$Q_n$	kN		50.6	45.3	39.5	37.0	32.6	27.6	22.5	18.3	8.1	7.6
$X_R$	rad		0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.010	0.012
$l/X_R$			243	241	226	213	188	180	166	148	104	86
$u_h$			1.22	1.19	1.16	1.14	1.10	1.08	1.06	1.05	2.74	1.70
$\delta_{R2}$	m		0.015	0.015	0.016	0.017	0.019	0.020	0.021	0.023	0.041	0.048
$\delta_{R1}$	m		0.012	0.012	0.013	0.014	0.016	0.017	0.019	0.022	0.013	0.025
$X_{R2}$	rad		0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.017	0.014
$l/X_{R2}$			422	477	517	542	611	724	847	1,010	60	71
$X_{R1}$	rad		0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.007	0.008	0.009	0.006	0.010
$l/X_{R1}$			204	196	181	168	144	136	123	109	181	96

極稀

			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		8.00	8.00	8.00	7.84	6.92	6.24	5.40	4.61	2.70	2.29
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.500	1.531	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		10.20	9.10	7.90	7.38	6.49	5.49	4.46	3.63	1.95	1.64
$S_D$	m		0.071	0.071	0.075	0.080	0.090	0.094	0.101	0.113	0.178	0.208
$Q_n$	kN		252.8	226.6	197.4	184.8	163.1	138.2	112.4	91.5	40.5	37.9
$X_R$	rad		0.021	0.021	0.022	0.023	0.027	0.028	0.030	0.034	0.048	0.058
$l/X_R$			49	48	45	43	38	36	33	30	21	17
$u_h$			1.22	1.19	1.16	1.14	1.10	1.08	1.06	1.05	2.74	1.70
$\delta_{R2}$	m		0.077	0.077	0.081	0.085	0.095	0.098	0.105	0.116	0.203	0.239
$\delta_{R1}$	m		0.058	0.060	0.065	0.070	0.081	0.087	0.095	0.108	0.065	0.123
$X_{R2}$	rad		0.012	0.010	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005	0.083	0.070
$l/X_{R2}$			84	95	103	108	122	145	169	202	12	14
$X_{R1}$	rad		0.025	0.025	0.028	0.030	0.035	0.037	0.041	0.046	0.028	0.052
$l/X_{R1}$			41	39	36	34	29	27	25	22	36	19

表 8-11 近似応答計算の過程（けた行方向・積雪無し・補強後）

復元力			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	21.07	38.06	60.93	70.68	77.50	79.50	79.92	74.92	66.86	47.45
$Q_1$	kN	0	18.57	25.91	38.04	44.67	54.92	65.19	82.65	92.82	99.49	96.81
$K_{e2}$	kN/m		6,075	5,487	4,391	3,820	2,793	2,149	1,440	900	602	285
$\Delta Q_2/\Delta R$				8,157	5,487	3,510	1,229	359	38	-300	-484	-582
$K_{e1}$	kN/m		3,793	2,646	1,943	1,711	1,402	1,248	1,055	790	635	412
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		120.8	88.5	65.9	57.9	46.6	40.4	32.4	23.1	17.5	10.0
$u_2/u_1$			1.415	1.312	1.284	1.288	1.326	1.383	1.496	1.608	1.749	2.076

1質点系への縮約

		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_1$	m		0.005	0.010	0.020	0.026	0.039	0.052	0.078	0.118	0.157	0.235
階別の減衰計算												
1階 $h$			0.050	0.098	0.128	0.137	0.150	0.157	0.165	0.176	0.183	0.192
2階 $h$			0.050	0.050	0.054	0.059	0.063	0.070	0.086	0.091	0.202	0.202
重みづけ $h$			0.050	0.091	0.119	0.129	0.143	0.150	0.159	0.171	0.194	0.196
$M_u$	t		24.6	24.9	25.1	25.1	25.2	25.2	25.2	25.2	21.3	22.9
$\Delta$	m		0.006	0.012	0.022	0.029	0.043	0.057	0.085	0.125	0.377	0.423
$M_u/\Sigma m$			0.97	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	0.90
$Q$	kN	0	18.6	25.9	38.0	44.7	54.9	65.2	82.6	92.8	99.5	96.8
$K_e$	kN/m		2,973	2,243	1,719	1,533	1,279	1,146	973	742	264	229
$T_e$	sec		0.57	0.66	0.76	0.80	0.88	0.93	1.01	1.16	1.79	1.99
$F_h$			1.00	0.79	0.68	0.65	0.62	0.60	0.58	0.55	0.51	0.51
$H_e$	m		3.46	3.42	3.40	3.39	3.38	3.38	3.37	3.36	3.67	3.59
$R$	rad	0	0.002	0.003	0.007	0.009	0.013	0.017	0.025	0.037	0.103	0.118
$1/R$			553	296	153	116	79	59	40	27	10	8
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

稀

			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.60	1.55	1.35	1.27	1.16	1.10	1.01	0.88	0.57	0.52
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.552	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		2.04	1.60	1.33	1.20	1.03	0.95	0.84	0.70	0.42	0.38
$S_D$	m		0.017	0.018	0.019	0.020	0.020	0.021	0.022	0.024	0.034	0.037
$Q_n$	kN		50.2	40.0	33.3	30.1	26.0	23.9	21.2	17.7	9.0	8.6
$X_R$	rad		0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.009	0.010
$1/X_R$			205	192	176	173	167	162	154	141	108	96
$u_h$			1.28	1.18	1.13	1.12	1.10	1.09	1.08	1.06	2.41	1.80
$\delta_{R2}$	m		0.019	0.019	0.021	0.021	0.021	0.022	0.023	0.025	0.039	0.043
$\delta_{R1}$	m		0.013	0.015	0.017	0.018	0.019	0.019	0.020	0.022	0.014	0.021
$X_{R2}$	rad		0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.015	0.013
$1/X_{R2}$			303	394	471	509	578	600	600	697	67	74
$X_{R1}$	rad		0.006	0.006	0.007	0.007	0.008	0.008	0.009	0.010	0.006	0.009
$1/X_{R1}$			178	156	137	134	127	123	117	105	166	113

極稀

			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		8.00	7.73	6.75	6.37	5.81	5.50	5.06	4.42	2.86	2.58
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.552	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		10.20	8.02	6.63	5.99	5.16	4.75	4.22	3.52	2.10	1.88
$S_D$	m		0.084	0.089	0.097	0.098	0.101	0.104	0.109	0.120	0.170	0.187
$Q_n$	kN		251.0	199.8	166.3	150.3	129.8	119.4	106.2	88.7	44.8	42.9
$X_R$	rad		0.024	0.026	0.028	0.029	0.030	0.031	0.032	0.036	0.046	0.052
$1/X_R$			41	38	35	35	33	32	31	28	22	19
$u_h$			1.28	1.18	1.13	1.12	1.10	1.09	1.08	1.06	2.41	1.80
$\delta_{R2}$	m		0.094	0.097	0.103	0.104	0.107	0.110	0.115	0.124	0.196	0.216
$\delta_{R1}$	m		0.066	0.076	0.086	0.088	0.093	0.096	0.101	0.112	0.071	0.104
$X_{R2}$	rad		0.016	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.008	0.007	0.075	0.067
$1/X_{R2}$			61	79	94	102	116	120	120	139	13	15
$X_{R1}$	rad		0.028	0.032	0.036	0.037	0.039	0.041	0.043	0.048	0.030	0.044
$1/X_{R1}$			36	31	27	27	25	25	23	21	33	23

(6) ゾーニングによる検討

当該町家には大きな吹き抜け空間があり、水平構面が剛とみなせない可能性がある。そこで、みせ側と奥側でゾーニングを行い、それぞれ耐震性能を確認する。補強後の積雪無しの場合のけた行方向を対象とする。「3」通りでゾーン分けし、みせ側を「1-3」ゾーン、奥側を「3-5」ゾーンとする(図8-22)。

簡単のため、重量はスパン長さ比で全体重量を単純に割り振り、階高は全体架構と同一とする。

層	全体重量	「1-3」ゾーン	「3-5」ゾーン
1層	100.38kN	42.06kN	58.32kN
2層	63.73kN	26.71kN	37.03kN

それぞれのゾーンの復元力特性を図8-23に示す。

【1階耐力要素配置図(補強後)】

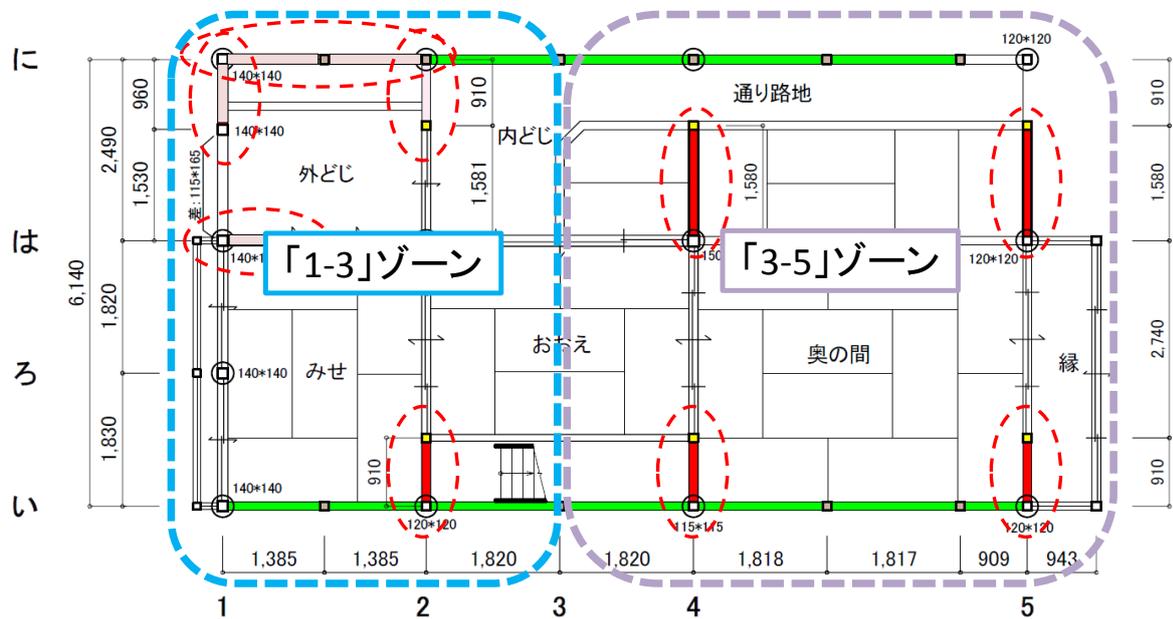
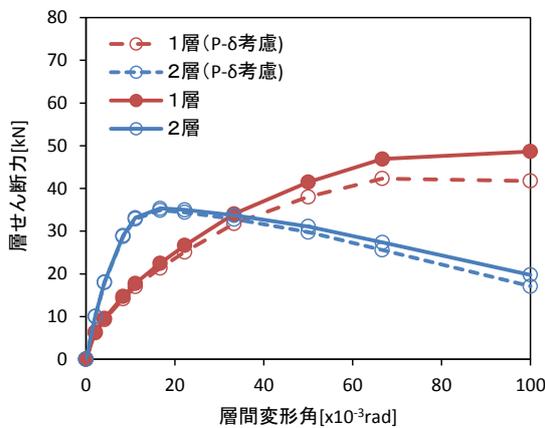
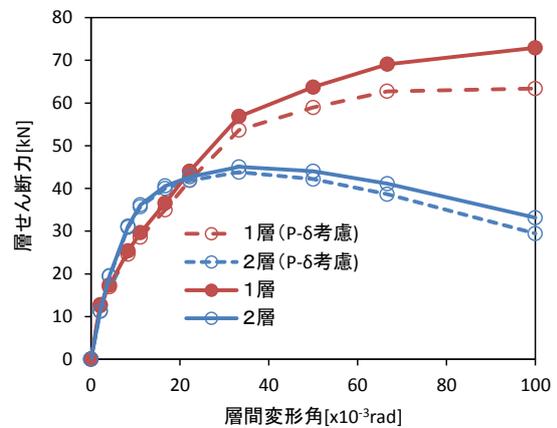


図8-22 ゾーン分け



a) 「1-3」ゾーン



b) 「3-5」ゾーン

図8-23 各層の復元力特性(補強後・積雪無し・けた行方向)





## 2) 事例2 船坂家

### (1) 建物概要

対象建物は屋根を金属板葺き切り妻平入りとし、壁を土塗り壁あるいは板壁とした伝統構法による木造建築物である。建物規模は2階建てで、張り間方向約13m×けた行方向約5.8mであり、間取りは一列型で、通りどじと吹き抜けを有する典型的な高山町家である。建物の外観を写真1、各階平面図を図1、断面図を図2にそれぞれ示す。



写真1 建物の外観

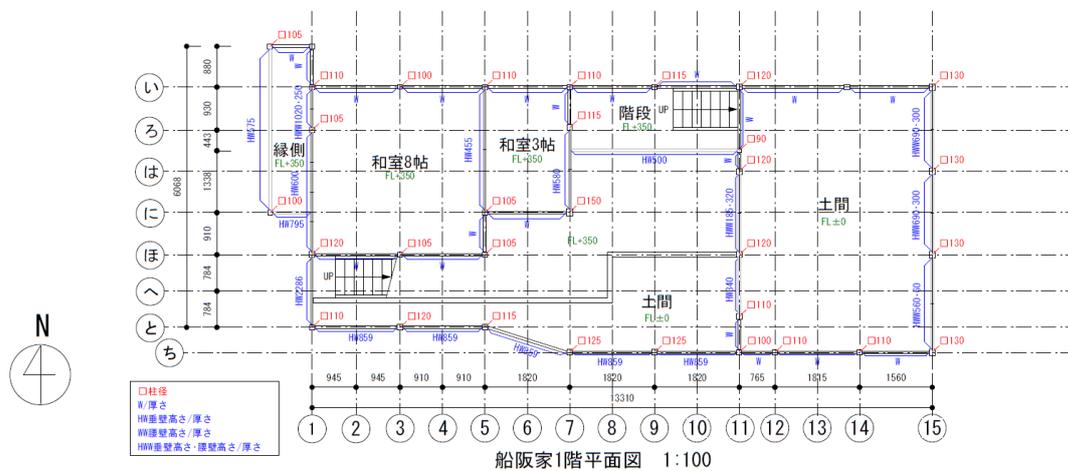
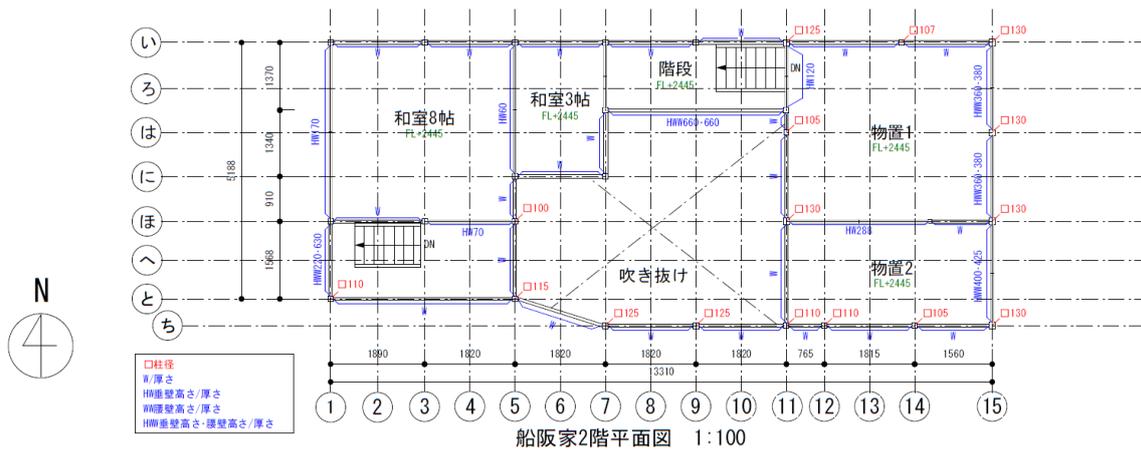


図1 各階平面図



(2) 荷重

設計に用いた固定荷重、積雪荷重、積載荷重をそれぞれ表 1、2、3 に示し、設計用建物重量を表 4 に示す。

表 1 固定荷重

項目	単位荷重(N/m <sup>2</sup> )	備考
亜鉛鉄板瓦棒葺	190	下地、垂木を含む
薄鉄板ぶき	200	下地、垂木を含む
母屋	100	母屋の支点の距離が4m以下
小屋組	200	
天井	100	つり木、受木、下地を含む
板張	150	根太を含む
畳敷	340	床板、根太を含む
床組	200	
床組(吹抜部)	130	
小舞壁	830	軸組を含む
軸組	150	柱、間柱、筋交いを含む

表 2 積雪荷重

項目	単位荷重	単位
積雪深	100	cm
単位荷重	30	N/cm/m <sup>2</sup>

表 3 積載荷重

項目	単位荷重	単位
居室・廊下等	600	N/m <sup>2</sup>

表 4 地震時設計用建物重量

	積雪なし	積雪あり(1.0m)	単位
2層	66.75	139.49	kN
1層	128.80	132.14	

地震荷重は平成 12 年建設省告示 1461 号の加速度応答スペクトルとし、その際の地盤増幅率は同 1457 号に示される第 1 種地盤と第 2 種地盤の平均値(第 1.5 種)とした。他に地域係数  $Z=1.0$ 、調整係数  $p=0.85$ 、 $q=1.0$  とした。図 3 に極めて稀に発生する地震動の加速度応答スペクトルを示す。

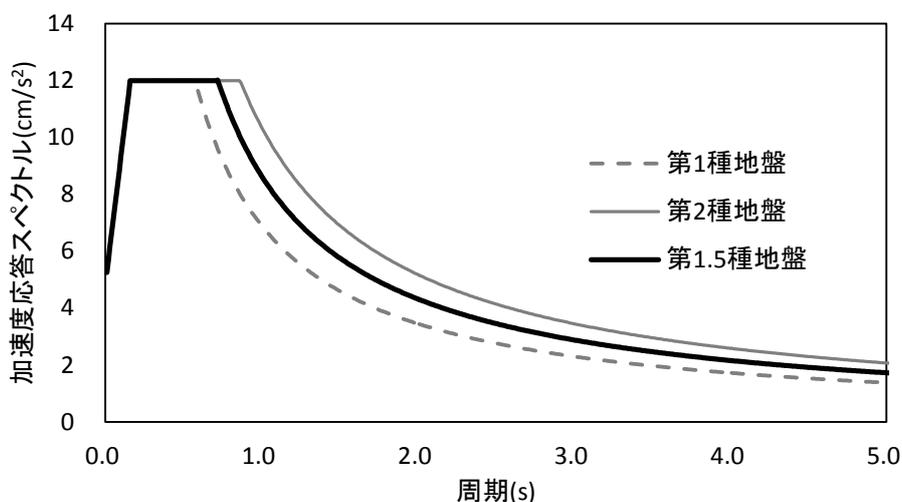


図 3 加速度応答スペクトル、第 1.5 種地盤相当

### (3) 設計クライテリア

対象建物の設計クライテリアは、稀に発生する地震動に対して損傷限界変形角を 1/90rad 以下、極めて稀に発生する地震動に対して安全限界変形角 1/20rad 以下、積雪時においては 1/15rad 以下とする。

### (4) 復元力特性

復元力特性の算出は、各要素の仕様に依りて算出する。以下に対象建物の復元力特性について、耐震要素ごとに算出方法を示す。

#### 1) 土塗り壁

土塗り壁の復元力は、全面土壁のせん断応力度にせん断面積を乗じて算出する。せん断面積は壁長さと壁厚を乗じて算出し、せん断応力度は設計資料による。ここでは対象建物 1 階の 11 通りを一例に、特定変形角 1/90rad 時と 1/20rad 時の算出方法を示す。

#### 11 通りの土塗り壁の諸元

- ・土塗り壁 1：壁長さ 770mm、壁厚 60mm
- ・土塗り壁 2：壁長さ 1820mm、壁厚 60mm
- ・せん断応力度(1P 以上 1.5P 未満)：1/90rad 時 60kN/m<sup>2</sup>、1/20rad 時 60kN/m<sup>2</sup>
- ・せん断応力度(1.5P 以上 2P 以下)：1/90rad 時 96kN/m<sup>2</sup>、1/20rad 時 72kN/m<sup>2</sup>

#### <1/90rad 時の計算>

$$\begin{aligned} \text{土塗り壁 1} & \quad Q_1 = 60 \times 0.77 \times 0.06 = 2.8 \quad (\text{kN}) \\ \text{土塗り壁 2} & \quad Q_2 = 96 \times 1.82 \times 0.06 = 10.5 \quad (\text{kN}) \\ \text{土塗り壁} & \quad Q = 2.8 + 10.5 = 13.3 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

#### <1/20rad 時の計算>

復元力 = せん断応力度 x せん断面積 (壁長さ x 壁厚)

$$\begin{aligned} \text{土塗り壁 1} & \quad Q_1 = 60 \times 0.77 \times 0.06 = 2.8 \quad (\text{kN}) \\ \text{土塗り壁 2} & \quad Q_2 = 72 \times 1.82 \times 0.06 = 7.9 \quad (\text{kN}) \\ \text{土塗り壁} & \quad Q = 2.8 + 7.9 = 10.7 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

#### 2) 土壁小壁

土壁小壁の復元力特性は、せん断耐力と変形をそれぞれ計算によって算出する。せん断耐力は上述の土塗り壁と同様に、せん断応力度にせん断面積を乗じて算出し、さらに小壁高さと壁高さに応じて換算する。土塗り壁と同様に 11 通りを一例に、特定変形角 1/90rad 時と 1/20rad 時の算出方法を示す。

#### 11 通りの土壁小壁の諸元

- ・土壁小壁 1：小壁高さ 340mm、壁厚 60mm、壁長さ 1338mm、壁高さ 2870mm
- ・土壁小壁 2：小壁高さ 185、320mm、壁厚 60mm、壁長さ 1820mm、壁高さ 2870mm
- ・断面二次モーメント：12200833mm<sup>4</sup> (柱の断面 110mm 角)
- ・ヤング係数：7kN/mm<sup>2</sup>
- ・せん断応力度(1P - 2P)：1/90rad 時 111kN/m<sup>2</sup>、1/20rad 時 153kN/m<sup>2</sup>

#### <1/90rad 時の計算>

$$\text{土壁小壁 1} \quad Q_w = 111 \times 0.34 \times 0.06 = 2.26 \quad (\text{kN})$$

$$Q = 2.26 \times 0.34 / 2.87 = 0.27 \quad (\text{kN})$$

$$\delta_w = 1/90 \times 2870 = 31.9 \quad (\text{mm})$$

$$\delta_c = \{ 2.26 / 2 \times (2530)^2 \times 340 / (3 \times 7 \times 12200833) \} \times 2 = 19.2 \quad (\text{mm})$$

(※1本の柱のみが有効としている。)

$$\delta = 31.9 + 19.2 = 51.1 \quad (\text{mm})$$

土壁小壁 2

$$Q_w = 111 \times 0.185 \times 0.06 = 1.23 \quad (\text{kN})$$

$$Q = 1.23 \times 0.185 / 2.87 = 0.08 \quad (\text{kN})$$

$$\delta_w = 1/90 \times 2870 = 31.9 \quad (\text{mm})$$

$$\delta_c = \{ 1.23 / 2 \times (2685)^2 \times 185 / (3 \times 7 \times 12200833) \} \times 2 = 6.4 \quad (\text{mm})$$

(※1本の柱のみが有効としている。)

$$\delta = 31.9 + 6.4 = 38.3 \quad (\text{mm})$$

$$Q_w = 111 \times 0.32 \times 0.06 = 2.13 \quad (\text{kN})$$

$$Q = 2.13 \times 0.32 / 2.87 = 0.24 \quad (\text{kN})$$

$$\delta_w = 1/90 \times 2870 = 31.9 \quad (\text{mm})$$

$$\delta_c = \{ 2.13 / 2 \times (2550)^2 \times 320 / (3 \times 7 \times 12200833) \} \times 2 = 17.3 \quad (\text{mm})$$

(※1本の柱のみが有効としている。)

$$\delta = 31.9 + 17.3 = 49.2 \quad (\text{mm})$$

<1/20rad 時の計算>

土壁小壁 1

$$Q_w = 153 \times 0.34 \times 0.06 = 3.12 \quad (\text{kN})$$

$$Q = 3.12 \times 0.34 / 2.87 = 0.37 \quad (\text{kN})$$

$$\delta_w = 1/20 \times 2870 = 143.5 \quad (\text{mm})$$

$$\delta_c = 3.12 / 2 \times (2530)^2 \times 340 / (3 \times 7 \times 12200833) \times 2 = 26.5 \quad (\text{mm})$$

(※1本の柱のみが有効としている。)

$$\delta = 143.5 + 26.5 = 170.0 \quad (\text{mm})$$

土壁小壁 2

$$Q_w = 153 \times 0.185 \times 0.06 = 1.70 \quad (\text{kN})$$

$$Q = 1.70 \times 0.185 / 2.87 = 0.11 \quad (\text{kN})$$

$$\delta_w = 1/20 \times 2870 = 143.5 \quad (\text{mm})$$

$$\delta_c = \{ 1.70 / 2 \times (2685)^2 \times 185 / (3 \times 7 \times 12200833) \} \times 2 = 8.8 \quad (\text{mm})$$

(※1本の柱のみが有効としている。)

$$\delta = 143.5 + 8.8 = 152.3 \quad (\text{mm})$$

$$Q_w = 153 \times 0.32 \times 0.06 = 2.94 \quad (\text{kN})$$

$$Q = 2.94 \times 0.32 / 2.87 = 0.33 \quad (\text{kN})$$

$$\delta_w = 1/20 \times 2870 = 143.5 \quad (\text{mm})$$

$$\delta_c = \{ 2.94 / 2 \times (2530)^2 \times 320 / (3 \times 7 \times 12200833) \} \times 2 = 23.5 \quad (\text{mm})$$

(※1本の柱のみが有効としている。)

$$\delta = 143.5 + 23.5 = 167.0 \quad (\text{mm})$$

### 3) 貫

貫の復元力特性は貫厚と柱の幅に応じた曲げモーメントを構面の高さで除して算出する。曲げモ

ーメントは設計資料による。特定変形角 1/90rad 時と 1/20rad 時の算出方法を示す。

貫の諸元

- ・貫厚 24mm、柱幅 120mm、構面高さ 2045mm、貫接合部の数 6 箇所、通し貫
- ・曲げモーメント 1/90rad 時 0.32kNm、1/20rad 時 0.49kNm

<1/90rad 時の計算>

$$Q = 0.32 / 2.045 \times (6 \times 2) = 1.88 \quad (\text{kN})$$

<1/20rad 時の計算>

$$Q = 0.49 / 2.045 \times (6 \times 2) = 2.88 \quad (\text{kN})$$

#### 4) 柱

柱（長ほぞ）の復元力特性は一般的な寸法において仕様による違いは無く、曲げモーメントを柱高さで除して算出する。曲げモーメントは設計資料による。ここでは対象建物 1 階の 1 通りを一例に、特定変形角 1/90rad 時と 1/20rad 時の算出方法を示す。

1 通りの柱の諸元

- ・柱本数 4 本、柱頭柱脚ともに長ほぞ、柱長さ 2870mm
- ・曲げモーメント 1/90rad 時 0.9kNm、1/20rad 時 1.5kNm

<1/90rad 時の計算>

$$Q = 0.9 / 2.87 \times 4 \times 2 = 2.51 \quad (\text{kN})$$

<1/20rad 時の計算>

$$Q = 1.5 / 2.87 \times 4 \times 2 = 4.18 \quad (\text{kN})$$

対象建物の耐震要素は、土塗り壁、土塗り小壁、貫、柱ほぞである。設計資料に基づいて各耐震要素の復元力特性を算出した。算出方法を以下に示し、耐震要素の仕様を表 5、特定変形角におけるせん断耐力および復元力特性を表 6、図 4 に示す。

表 5 各通りの耐震要素と仕様

2階 けた行方向		
1通り	土塗り小壁	壁高さ220、630mm、壁厚60mm、壁長さ1568mm、架構の高さ2870mm
	土塗り小壁	壁高さ170mm、壁厚60mm、壁長さ1568mm、架構の高さ2870mm
	柱	長ほぞ
5通り	土塗り壁(900~1350)	壁厚60mm、壁長さ910mm
	土塗り壁(1350以上)	壁厚60mm、壁長さ1568mm
	貫	貫幅24mm、柱120mm角
7通り	土塗り壁(900~1350)	壁厚60mm、壁長さ1340mm
	土塗り壁(1350以上)	壁厚60mm、壁長さ1370mm
	貫	貫幅24mm、柱120mm角
11通り	土塗り壁(1350以上)	壁厚60mm、壁長さ4358mm
	土塗り小壁	壁高さ120mm、壁厚60mm、壁長さ1370mm、架構の高さ2045mm
15通り	土塗り小壁	壁高さ400、425mm、壁厚60mm、壁長さ2108mm、架構の高さ1493mm
	土塗り小壁	壁高さ360、380mm、壁厚60mm、壁長さ1800mm、架構の高さ1493mm
	土塗り小壁	壁高さ360、380mm、壁厚60mm、壁長さ1820mm、架構の高さ1493mm
	柱	長ほぞ

1階 けた行方向		
1通り	土塗り小壁	壁高さ2286mm、壁厚60mm、壁長さ1568mm、架構の高さ2870mm
	土塗り小壁	壁高さ600mm、壁厚60mm、壁長さ2691mm、架構の高さ2870mm
	土塗り小壁	壁高さ1020、250mm、壁厚60mm、壁長さ1600mm、架構の高さ2870mm
	柱	長ほぞ
5通り	土塗り壁(900~1352)	壁厚60mm、壁長さ910mm
	土塗り小壁	壁高さ455mm、壁厚60mm、壁長さ2711mm、架構の高さ2870mm
7通り	土塗り壁(900~1352)	壁厚60mm、壁長さ930mm
	土塗り小壁	壁高さ580mm、壁厚60mm、壁長さ1781mm、架構の高さ2870mm
11通り	土塗り壁(900~1355)	壁厚60mm、壁長さ770mm
	土塗り壁(1355以上)	壁厚60mm、壁長さ1820mm
	土塗り小壁	壁高さ340mm、壁厚60mm、壁長さ1336mm、架構の高さ2870mm
	土塗り小壁	壁高さ185、320mm、壁厚60mm、壁長さ1800mm、架構の高さ2870mm
15通り	土塗り小壁	壁高さ560、60mm、壁厚60mm、壁長さ2108mm、架構の高さ2870mm
	土塗り小壁	壁高さ690、300mm、壁厚60mm、壁長さ1800mm、架構の高さ2870mm
	土塗り小壁	壁高さ690、300mm、壁厚60mm、壁長さ1820mm、架構の高さ2870mm
	柱	長ほぞ

2階 張り間方向		
A通り	土塗り壁(1350以上)	壁厚40mm、壁長さ13310mm
C通り	土塗り小壁	壁高さ660mm、壁厚60mm、壁長さ1820mm、架構の高さ2482mm
	貫	貫幅24mm、柱120mm角
D通り	土塗り壁(1350以上)	壁厚60mm、壁長さ1820mm
E通り	土塗り壁(1350以上)	壁厚60mm、壁長さ3450mm
	土塗り小壁	壁高さ288mm、壁厚60mm、壁長さ2580mm、架構の高さ1989mm
G通り	土塗り壁(1350以上)	壁厚40mm、壁長さ3710mm
H通り	土塗り壁(900~1350)	壁厚40mm、壁長さ765mm
	土塗り壁(1350以上)	壁厚40mm、壁長さ8835mm
	貫	貫幅24mm、柱120mm角

1階 張り間方向		
A通り	土塗り壁(1350以上)	壁厚40mm、壁長さ13310mm
D通り	土塗り壁(1350以上)	壁厚60mm、壁長さ1820mm
G通り	土塗り壁(1350以上)	壁厚60mm、壁長さ3710mm
H通り	土塗り壁(900~1350)	壁厚40mm、壁長さ765mm
	土塗り壁(1350以上)	壁厚40mm、壁長さ8835mm

表6 復元力の算定

2階 けた行方向											
変形角(rad)		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
土塗り壁(900~1350)	2.3m	2.03	3.78	6.48	8.10	9.45	9.18	8.78	8.10	7.02	4.32
土塗り壁(1350以上)	7.3m	13.13	23.64	37.65	42.02	42.90	40.71	36.77	31.52	25.39	14.88
土塗り小壁	10枚	0.98	1.92	3.65	4.73	6.53	7.91	9.32	9.39	8.47	4.53
貫	26箇所	0.67	1.34	2.69	3.58	4.14	4.36	4.81	5.48	6.15	7.50
柱(長ぼぞ)	7本	2.38	4.28	6.65	8.55	10.45	12.35	13.78	14.25	14.25	14.25
合計		17.99	32.82	53.79	62.71	68.24	68.34	66.57	61.61	54.16	38.36
PA 効果含む-常時		17.86	32.54	53.23	61.97	67.13	66.86	64.34	58.28	49.71	31.68
PA 効果含む-積雪時		17.70	32.23	52.60	61.13	65.86	65.17	61.80	54.47	44.63	24.07

1階 けた行方向											
変形角(rad)		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
土塗り壁(900~1350)	2.6m	2.35	4.38	7.52	9.40	10.96	10.65	10.18	9.40	8.14	5.01
土塗り壁(1350以上)	1.8m	3.28	5.90	9.39	10.48	10.70	10.16	9.17	7.86	6.33	3.71
土塗り小壁	10枚	1.79	3.59	7.13	9.45	13.89	18.22	25.77	33.65	35.79	26.16
柱(長ぼぞ)	8本	1.39	2.51	3.90	5.02	6.13	7.25	8.08	8.36	8.36	8.36
合計		8.81	16.38	27.94	34.35	41.69	46.27	53.20	59.27	58.62	43.25
PA 効果含む-常時		8.38	15.51	26.17	31.98	38.06	41.33	45.51	47.12	41.83	18.82
PA 効果含む-積雪時		8.21	15.18	25.51	31.09	36.74	39.56	42.86	43.15	36.53	10.87

2階 張り間方向											
変形角(rad)		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
土塗り壁(900~1350)	0.8m	0.46	0.86	1.47	1.84	2.14	2.08	1.99	1.84	1.59	0.98
土塗り壁(1350以上)	31.1m	40.51	72.92	116.13	129.64	132.34	125.59	113.43	97.23	78.32	45.91
土塗り小壁	2枚	0.17	0.33	0.64	0.84	1.20	1.53	2.00	2.30	2.17	1.24
貫	32箇所	0.66	1.31	2.62	3.50	4.05	4.26	4.70	5.36	6.01	7.32
合計		41.79	75.42	120.87	135.81	139.73	133.46	122.13	106.72	88.09	55.46
PA 効果含む-常時		41.65	75.14	120.31	135.07	138.62	131.98	119.90	103.38	83.64	48.78
PA 効果含む-積雪時		41.49	74.82	119.68	134.23	137.35	130.29	117.36	99.57	78.57	41.17

1階 張り間方向											
変形角(rad)		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
土塗り壁(900~1350)	0.8m	0.46	0.86	1.47	1.84	2.14	2.08	1.99	1.84	1.59	0.98
土塗り壁(1350以上)	18.5m	23.30	41.94	66.79	74.55	76.11	72.22	65.23	55.92	45.04	26.40
土塗り小壁	5枚	0.44	0.88	1.76	2.33	3.42	4.49	6.32	8.29	8.15	5.08
合計		24.20	43.68	70.01	78.72	81.67	78.79	73.54	66.04	54.78	32.46
PA 効果含む-常時		23.79	42.86	68.38	76.55	78.41	74.45	67.02	56.27	41.74	12.91
PA 効果含む-積雪時		23.63	42.53	67.72	75.66	77.08	72.68	64.37	52.29	36.45	4.96

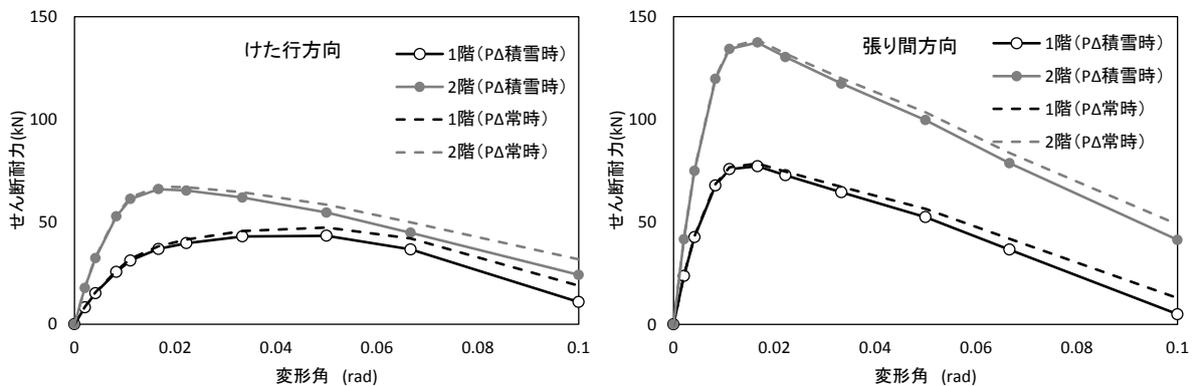


図4 復元力特性

(5)耐震性能評価

近似応答計算によって各地震動レベルにおける応答変形角を求めた結果を図5、6、表7、8に示し、計算過程を添付する。

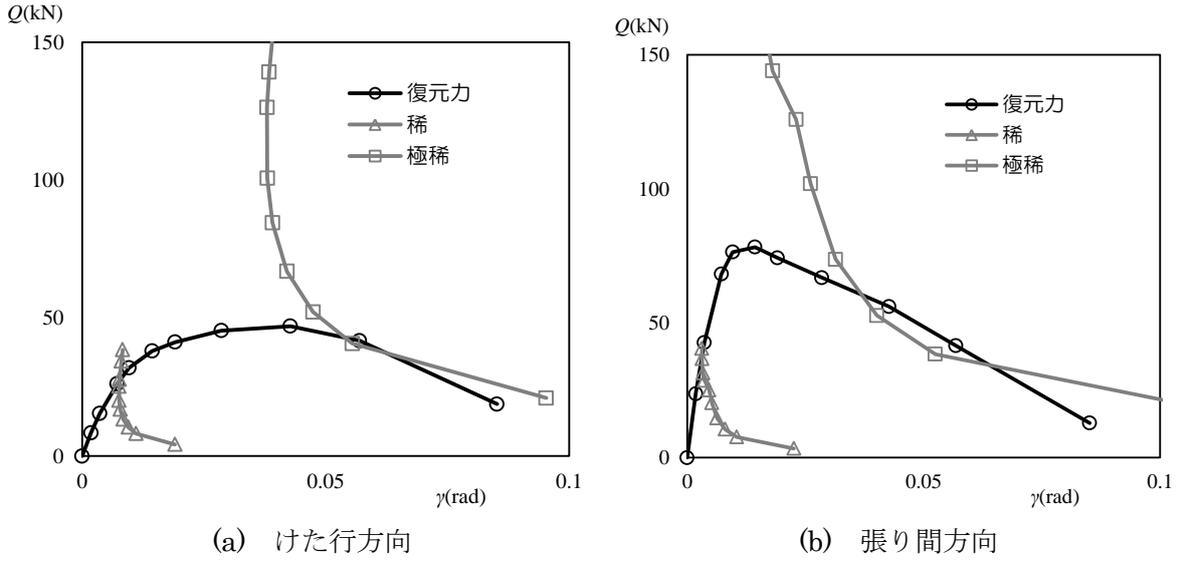


図5 耐震性能評価 (常時)

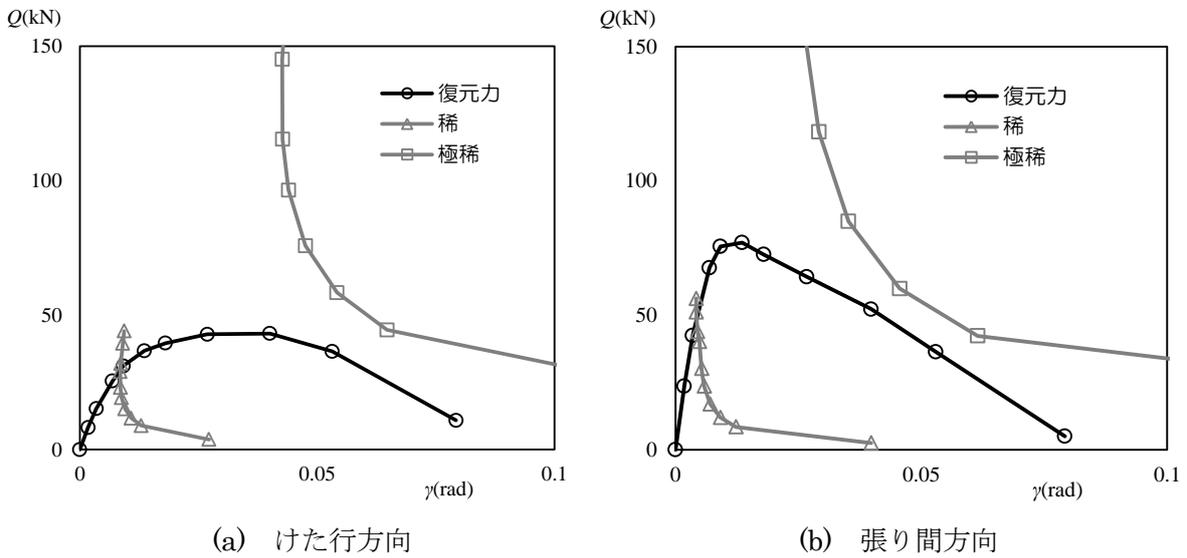


図6 耐震性能評価 (積雪時)

表7 各層の応答変形角(rad)

	常時				積雪時			
	けた行方向		張り間方向		けた行方向		張り間方向	
	稀地震	極稀地震	稀地震	極稀地震	稀地震	極稀地震	稀地震	極稀地震
一質点系	1/120	1/18	1/320	1/25	1/116		1/223	
2層	1/618	1/611	1/1503	1/1179	1/495		1/839	
1層	1/104	1/15	1/279	1/21	1/96		1/185	

(6)判定

常時について

けた行方向	稀に発生する地震に対して	$1/104 \text{ rad} < 1/90\text{rad}$	OK
	極めて稀に発生する地震に対して	$1/15\text{rad} > 1/20\text{rad}$	NG

張り間方向	稀に発生する地震に対して	$1/279 \text{ rad} < 1/90\text{rad}$	OK
	極めて稀に発生する地震に対して	$1/21\text{rad} < 1/20\text{rad}$	OK

積雪時について

けた行方向	稀に発生する地震に対して	$1/96 \text{ rad} < 1/90\text{rad}$	OK
	極めて稀に発生する地震に対して	応答値なし	NG

張り間方向	稀に発生する地震に対して	$1/185 \text{ rad} < 1/90\text{rad}$	OK
	極めて稀に発生する地震に対して	応答値なし	NG

添付 計算過程(常時)

(1) 建物諸元

建物諸元					
階			2F	1F	合計
重量	kN		66.75	128.80	195.552
質量	t		6.8	13.1	20.0
階高	m		1.471	2.87	4.341

(2) けた行方向の復元力特性

けた行方向	復元力		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	17.86	32.54	53.23	61.97	67.13	66.86	64.34	58.28	49.71	31.68
$Q_1$	kN	0	8.38	15.51	26.17	31.98	38.06	41.33	45.51	47.12	41.83	18.82
$K_{e2}$	kN/m		5,826	5,310	4,342	3,792	2,738	2,045	1,312	792	507	215
$\Delta Q_2/\Delta R$				7,051	4,965	3,147	929	-49	-227	-364	-514	-541
$K_{e1}$	kN/m		1,401	1,297	1,094	1,003	796	648	476	328	219	66
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		68.2	63.1	53.2	48.7	38.5	31.2	22.8	15.6	10.4	3.2
$u_2/u_1$			1.087	1.088	1.091	1.096	1.106	1.116	1.134	1.155	1.162	1.111

(3) 張り間方向の復元力特性

張り間方向	復元力		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	41.65	75.14	120.31	135.07	138.62	131.98	119.90	103.38	83.64	48.78
$Q_1$	kN	0	23.79	42.86	68.38	76.55	78.41	74.45	67.02	56.27	41.74	12.91
$K_{e2}$	kN/m		13,592	12,259	9,815	8,264	5,654	4,037	2,445	1,406	853	332
$\Delta Q_2/\Delta R$				16,074	10,841	5,314	638	-1,195	-1,087	-991	-1,184	-1,046
$K_{e1}$	kN/m		3,979	3,584	2,859	2,400	1,639	1,167	701	392	218	45
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		192.4	173.3	138.3	116.1	79.3	56.5	33.9	19.0	10.6	2.2
$u_2/u_1$			1.107	1.107	1.106	1.106	1.106	1.105	1.104	1.101	1.092	1.048

(4) けた行方向の近似応答計算

1質点系への縮約												
		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_1$	m		0.006	0.012	0.024	0.032	0.048	0.064	0.096	0.144	0.191	0.287
繰り直し計算開始 初期値は $\delta_2 - \delta_1 = \delta_1(u_2/u_1 - 1)$												
$\delta_2 - \delta_1$ 初期値	m		0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.007	0.013	0.022	0.031	0.032
$\delta_2 - \delta_1$	m		0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001
$\delta_2$	m		0.006	0.013	0.026	0.034	0.050	0.066	0.098	0.146	0.194	0.288
$(\delta_2 - \delta_1)/H_2$			0.0004	0.0006	0.0011	0.0013	0.0016	0.0017	0.0018	0.0019	0.0017	0.0008
$K_{e2}^*$	kN/m		5,826	5,826	5,826	5,826	5,826	5,826	5,826	5,826	5,826	5,826
$K_{e1}^*$	kN/m		1,401	1,297	1,094	1,003	796	648	476	328	219	66
$\omega^{2*}$	1/s <sup>2</sup>		68.2	63.3	53.6	49.2	39.2	32.1	23.6	16.3	10.9	3.3
$u_2/u_1^*$			1.087	1.080	1.067	1.061	1.048	1.039	1.028	1.019	1.013	1.004
$\delta_2 - \delta_1^*$	m		0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001
繰り直し計算終了												
階別の減衰計算												
1階h			0.050	0.062	0.085	0.095	0.119	0.136	0.155	0.172	0.184	0.202
2階h			0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
重みづけh			0.050	0.062	0.084	0.094	0.118	0.134	0.154	0.171	0.184	0.202
$M_u$	t		19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	20.0	20.0	20.0	20.0
$\Delta$	m		0.006	0.012	0.024	0.033	0.049	0.065	0.097	0.144	0.192	0.287
$M_u/\Sigma m$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$Q$	kN	0	8.4	15.5	26.2	32.0	38.1	41.3	45.5	47.1	41.8	18.8
$K_e$	kN/m		1,359	1,261	1,069	981	783	639	471	326	218	65
$T_e$	sec		0.76	0.79	0.86	0.90	1.00	1.11	1.29	1.55	1.90	3.47
$\Delta W$			0	0.01	0.14	0.29	0.79	1.41	2.87	5.17	6.75	5.15
$W$			0.03	0.10	0.32	0.52	0.93	1.34	2.20	3.40	4.02	2.70
縮約h			0.050	0.062	0.084	0.094	0.118	0.134	0.154	0.171	0.184	0.201
$F_h$			1.00	0.93	0.81	0.77	0.69	0.64	0.59	0.55	0.53	0.50
$H_e$	m		3.40	3.40	3.39	3.39	3.39	3.38	3.38	3.38	3.38	3.37
$R$	rad	0	0.002	0.004	0.007	0.010	0.014	0.019	0.029	0.043	0.057	0.085
$1/R$			551	276	139	104	70	52	35	23	18	12
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.35	1.30	1.19	1.14	1.02	0.92	0.79	0.66	0.54	0.30
1.5種地盤 $G_s$			1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		1.93	1.73	1.40	1.27	1.01	0.85	0.67	0.52	0.41	0.21
$S_D$	m		0.028	0.027	0.026	0.026	0.026	0.026	0.028	0.032	0.037	0.064
$Q_n$	kN		38.5	34.5	27.9	25.3	20.2	16.9	13.4	10.5	8.2	4.2
$X_R$	rad		0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.011	0.019
$1/X_R$			120	124	130	132	132	128	119	105	90	52
$u_h$			1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.030	0.029	0.027	0.027	0.027	0.027	0.029	0.032	0.038	0.064
$\delta_{R1}$	m		0.027	0.027	0.025	0.025	0.025	0.026	0.028	0.032	0.037	0.064
$X_{R2}$	rad		0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
$1/X_{R2}$			618	693	864	956	1,208	1,447	1,840	2,372	3,053	5,949
$X_{R1}$	rad		0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.010	0.011	0.013	0.022
$1/X_{R1}$			104	108	113	114	113	110	102	90	77	45
極稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		6.73	6.48	5.97	5.72	5.10	4.61	3.96	3.29	2.69	1.48
1.5種地盤 $G_s$			1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		9.67	8.65	6.99	6.34	5.05	4.24	3.36	2.62	2.04	1.05
$S_D$	m		0.142	0.137	0.130	0.129	0.129	0.132	0.142	0.160	0.187	0.321
$Q_n$	kN		192.6	172.3	139.3	126.4	100.8	84.6	67.0	52.3	40.8	21.1
$X_R$	rad		0.042	0.040	0.038	0.038	0.038	0.039	0.042	0.047	0.055	0.095
$1/X_R$			24	25	26	26	26	26	24	21	18	10
$u_h$			1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.149	0.143	0.136	0.134	0.133	0.136	0.145	0.162	0.189	0.322
$\delta_{R1}$	m		0.137	0.133	0.127	0.126	0.127	0.131	0.141	0.159	0.187	0.321
$X_{R2}$	rad		0.008	0.007	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001
$1/X_{R2}$			124	139	173	191	242	289	368	474	611	1,190
$X_{R1}$	rad		0.048	0.046	0.044	0.044	0.044	0.045	0.049	0.055	0.065	0.112
$1/X_{R1}$			21	22	23	23	23	22	20	18	15	9

(5) 張り間方向の近似応答計算

		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_1$	m		0.006	0.012	0.024	0.032	0.048	0.064	0.096	0.144	0.191	0.287
繰り直し計算開始 初期値は $\delta_2 - \delta_1 = \delta_1(u_2/u_1 - 1)$												
$\delta_2 - \delta_1$ 初期値	m		0.001	0.001	0.003	0.003	0.005	0.007	0.010	0.015	0.018	0.014
$\delta_2 - \delta_1$	m		0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000
$\delta_2$	m		0.007	0.013	0.026	0.034	0.050	0.066	0.097	0.145	0.192	0.287
$(\delta_2 - \delta_1)/H_2$			0.0004	0.0008	0.0012	0.0013	0.0014	0.0013	0.0011	0.0009	0.0006	0.0001
$K_{e2}^*$	kN/m		13,592	13,592	13,592	13,592	13,592	13,592	13,592	13,592	13,592	13,592
$K_{e1}^*$	kN/m		3,979	3,584	2,859	2,400	1,639	1,167	701	392	218	45
$\omega^{2*}$	1/s <sup>2</sup>		192.4	174.0	139.7	117.8	81.0	57.9	34.9	19.6	10.9	2.3
$u_2/u_1^*$			1.107	1.095	1.075	1.063	1.042	1.030	1.018	1.010	1.005	1.001
$\delta_2 - \delta_1^*$	m		0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000
繰り直し計算終了												
階別の減衰計算												
1階h			0.050	0.066	0.095	0.113	0.144	0.162	0.181	0.193	0.200	0.207
2階h			0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
重みづけh			0.050	0.065	0.094	0.112	0.142	0.161	0.180	0.193	0.200	0.207
$M_u$	t		19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
$\Delta$	m		0.006	0.012	0.025	0.033	0.049	0.064	0.096	0.144	0.192	0.287
$M_u/\Sigma m$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$Q$	kN	0	23.8	42.9	68.4	76.5	78.4	74.4	67.0	56.3	41.7	12.9
$K_e$	kN/m		3,831	3,465	2,785	2,349	1,616	1,156	696	391	218	45
$T_e$	sec		0.45	0.48	0.53	0.58	0.70	0.83	1.06	1.42	1.90	4.19
$\Delta W$			0	0.05	0.46	0.97	2.20	3.35	5.28	7.27	7.55	3.66
$W$			0.07	0.27	0.84	1.25	1.90	2.40	3.22	4.05	4.00	1.85
縮約h			0.050	0.065	0.093	0.112	0.142	0.161	0.180	0.193	0.200	0.207
$F_h$			1.00	0.91	0.77	0.71	0.62	0.57	0.54	0.51	0.50	0.49
$H_e$	m		3.41	3.40	3.40	3.39	3.39	3.38	3.38	3.38	3.37	3.37
$R$	rad	0	0.002	0.004	0.007	0.010	0.014	0.019	0.028	0.043	0.057	0.085
$l/R$			548	275	138	104	70	52	35	23	18	12
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.60	1.60	1.60	1.60	1.47	1.24	0.96	0.72	0.54	0.24
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.500	1.500	1.636	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		2.04	1.85	1.58	1.44	1.26	1.02	0.74	0.53	0.39	0.17
$S_D$	m		0.011	0.011	0.011	0.012	0.016	0.018	0.021	0.027	0.035	0.076
$Q_n$	kN		40.6	36.9	31.5	28.8	25.2	20.4	14.8	10.6	7.7	3.4
$X_R$	rad		0.003	0.003	0.003	0.004	0.005	0.005	0.006	0.008	0.010	0.023
$l/X_R$			321	320	300	277	217	192	159	125	95	44
$u_h$			1.04	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.011	0.011	0.012	0.013	0.016	0.018	0.021	0.027	0.036	0.076
$\delta_{R1}$	m		0.010	0.010	0.011	0.012	0.015	0.017	0.021	0.027	0.035	0.076
$X_{R2}$	rad		0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$l/X_{R2}$			1,355	1,503	1,785	1,970	2,293	2,874	4,068	5,896	8,637	44,366
$X_{R1}$	rad		0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.006	0.007	0.009	0.012	0.027
$l/X_{R1}$			281	279	261	239	187	164	136	106	81	38
極稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		8.00	8.00	8.00	8.00	7.33	6.20	4.81	3.61	2.69	1.22
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.500	1.500	1.636	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		10.20	9.26	7.90	7.22	6.32	5.11	3.70	2.65	1.93	0.86
$S_D$	m		0.053	0.053	0.057	0.061	0.078	0.088	0.106	0.135	0.177	0.381
$Q_n$	kN		203.1	184.4	157.5	144.0	126.0	102.0	73.8	52.9	38.6	17.1
$X_R$	rad		0.016	0.016	0.017	0.018	0.023	0.026	0.031	0.040	0.052	0.113
$l/X_R$			64	64	60	55	43	38	32	25	19	9
$u_h$			1.04	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.056	0.056	0.059	0.064	0.080	0.090	0.107	0.136	0.178	0.381
$\delta_{R1}$	m		0.051	0.051	0.055	0.060	0.077	0.087	0.105	0.135	0.177	0.381
$X_{R2}$	rad		0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000
$l/X_{R2}$			271	301	357	394	459	575	814	1,179	1,727	8,873
$X_{R1}$	rad		0.018	0.018	0.019	0.021	0.027	0.030	0.037	0.047	0.062	0.133
$l/X_{R1}$			56	56	52	48	37	33	27	21	16	8

(7) 耐震補強

耐震性能評価の結果より、極めて希に発生する地震動に対して、けた行方向は倒壊する危険性が高いと判断される。また各層の応答変形角は2層に比べて1層が大きく変形することが分かる。そのため両方向ともに1階部分に耐震補強が必要である。ここで、張り間方向に関しては妻壁部分(と通り、ち通り)に張られている薄板を、構造上耐力の期待できる板壁に改修するなど対応が可能である。けた行方向に関しては、耐震要素の平面的なバランスを見ると1通り、15通りには全面壁が無い。そこで各通りのバランスを考慮して、乾式土壁や板壁を用いた補強を計画する。表8に耐震補強計画、計画した耐震補強による対象建物の近似応答計算結果を図7、表9に示し、計算過程を添付する。

表8 耐震補強計画

通り	区間	補強要素	説明
1	い - ろ	乾式土壁	既存の小壁を乾式土壁(両面張り)に変更
1	ほ - へ	乾式土壁	へ通りに柱を立て既存の小壁を乾式土壁(両面張り)に変更
5	に - ほ	乾式土壁	既存の土壁を撤去し、乾式土壁に(両面張り)に変更
7	い - ろ	乾式土壁	既存の土壁を撤去し、乾式土壁に(両面張り)に変更
11	い - は	乾式土壁	既存の土壁を撤去し、乾式土壁に(両面張り)に変更
11	と - ち	両面板壁	既存の土壁を撤去し、板壁に(両面張り)に変更
15	へ - と	両面板壁	既存の小壁を撤去し、板壁に(両面張り)に変更

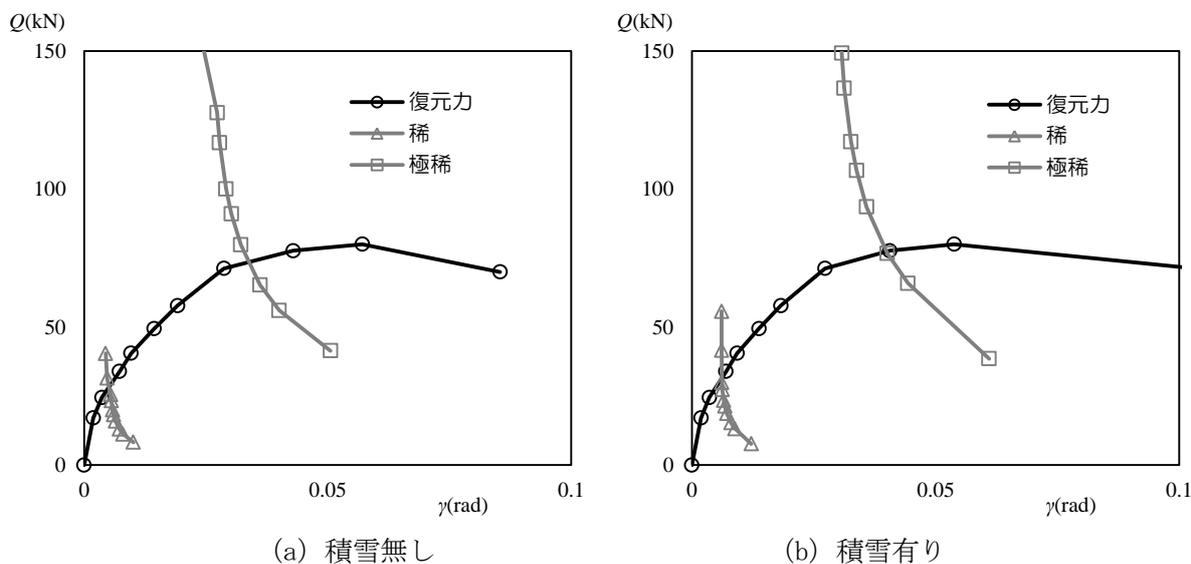


図7 補強後のけた行方向の耐震性能評価

表9 けた行方向の補強前後の応答変形角

	補強前		補強後	
	常時	積雪時	常時	積雪時
	極稀地震	極稀地震	極稀地震	極稀地震
一質点系	1/18	無し	1/28	1/25
2層	1/611		1/350	1/172
1層	1/15		1/24	1/20

(8) 補強後の判定

常時について

けた行方向	稀に発生する地震に対して	$1/159 \text{ rad} < 1/90 \text{ rad}$	OK
	極めて稀に発生する地震に対して	$1/24 \text{ rad} < 1/20 \text{ rad}$	OK

積雪時について

けた行方向	稀に発生する地震に対して	$1/136 \text{ rad} < 1/90 \text{ rad}$	OK
	極めて稀に発生する地震に対して	$1/20 \text{ rad} < 1/15 \text{ rad}$	OK

添付 計算過程

(1) 建物諸元(常時)

建物諸元					
階			2F	1F	合計
重量	kN		66.75	128.80	195.552
質量	t		6.8	13.1	20.0
階高	m		1.471	2.87	4.341

(2) けた行方向の復元力特性(常時)

けた行方向	復元力		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	17.86	32.54	53.23	61.97	67.13	66.86	64.34	58.28	49.71	31.68
$Q_1$	kN	0	17.06	24.50	33.93	40.50	49.49	57.78	71.24	77.65	80.01	69.96
$K_{e2}$	kN/m		5,826	5,310	4,342	3,792	2,738	2,045	1,312	792	507	215
$\Delta Q_2/\Delta R$				7,051	4,965	3,147	929	-49	-227	-364	-514	-541
$K_{e1}$	kN/m		2,853	2,049	1,419	1,270	1,035	906	745	541	418	244
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		134.4	97.9	68.3	61.1	49.5	43.0	34.7	24.8	18.8	10.5
$u_2/u_1$			1.186	1.144	1.120	1.123	1.140	1.167	1.220	1.271	1.338	1.494

(3) 建物諸元(積雪時)

建物諸元					
階			2F	1F	合計
重量	kN		139.49	132.14	271.629
質量	t		14.2	13.5	27.7
階高	m		1.471	2.87	4.341

(4) けた行方向の復元力特性(積雪時)

けた行方向	復元力		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	17.86	32.54	53.23	61.97	67.13	66.86	64.34	58.28	49.71	31.68
$Q_1$	kN	0	17.06	24.50	33.93	40.50	49.49	57.78	71.24	77.65	80.01	69.96
$K_{e2}$	kN/m		5,826	5,310	4,342	3,792	2,738	2,045	1,312	792	507	215
$\Delta Q_2/\Delta R$				7,051	4,965	3,147	929	-49	-227	-364	-514	-541
$K_{e1}$	kN/m		2,853	2,049	1,419	1,270	1,035	906	745	541	418	244
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		89.9	66.5	46.8	41.8	33.7	28.9	23.0	16.1	12.0	6.4
$u_2/u_1$			1.282	1.217	1.181	1.186	1.212	1.252	1.332	1.408	1.507	1.732

(5) けた行方向の近似応答計算 (常時)

1質点系への縮約												
		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_1$	m		0.006	0.012	0.024	0.032	0.048	0.064	0.096	0.144	0.191	0.287
繰り直し計算開始 初期値は $\delta_2 - \delta_1 = \delta_1(u_2/u_1 - 1)$												
$\delta_2 - \delta_1$ 初期値	m		0.001	0.002	0.003	0.004	0.007	0.011	0.021	0.039	0.065	0.142
$\delta_2 - \delta_1$	m		0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.005	0.005	0.004
$\delta_2$	m		0.007	0.014	0.026	0.034	0.051	0.067	0.100	0.148	0.196	0.291
$(\delta_2 - \delta_1)/H_2$			0.0008	0.0011	0.0014	0.0017	0.0021	0.0025	0.0031	0.0034	0.0035	0.0030
$K_{e2}^*$	kN/m		5,826	5,826	5,826	5,826	5,826	5,672	5,486	5,427	5,410	5,518
$K_{e1}^*$	kN/m		2,853	2,049	1,419	1,270	1,035	906	745	541	418	244
$\omega^{2*}$	1/s <sup>2</sup>		134.4	98.3	69.0	62.0	50.8	44.5	36.7	26.8	20.8	12.2
$u_2/u_1^*$			1.186	1.130	1.088	1.078	1.063	1.057	1.048	1.035	1.027	1.015
$\delta_2 - \delta_1^*$	m		0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.005	0.005	0.004
繰り直し計算終了												
階別の減衰計算												
1階h			0.050	0.095	0.130	0.138	0.151	0.159	0.168	0.179	0.186	0.196
2階h			0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.054	0.059	0.061	0.061	0.058
重みづけh			0.050	0.093	0.128	0.136	0.149	0.157	0.166	0.178	0.185	0.195
$M_u$	t		19.8	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	20.0	20.0
$\Delta$	m		0.006	0.013	0.025	0.033	0.049	0.065	0.097	0.145	0.193	0.289
$M_u/\Sigma m$			0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$Q$	kN	0	17.1	24.5	33.9	40.5	49.5	57.8	71.2	77.6	80.0	70.0
$K_e$	kN/m		2,664	1,955	1,375	1,235	1,012	888	732	535	414	242
$T_e$	sec		0.54	0.63	0.76	0.80	0.88	0.94	1.04	1.21	1.38	1.80
$\Delta W$			0	0.08	0.40	0.71	1.50	2.51	5.02	9.01	13.05	18.35
$W$			0.05	0.15	0.42	0.66	1.21	1.88	3.46	5.64	7.73	10.09
縮約h			0.050	0.092	0.127	0.135	0.149	0.156	0.165	0.177	0.184	0.195
$F_h$			1.00	0.78	0.66	0.64	0.60	0.58	0.56	0.54	0.53	0.51
$H_e$	m		3.43	3.41	3.40	3.40	3.39	3.39	3.39	3.38	3.38	3.38
$R$	rad	0	0.002	0.004	0.007	0.010	0.014	0.019	0.029	0.043	0.057	0.085
$1/R$			536	272	138	104	69	52	35	23	18	12
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.60	1.60	1.35	1.28	1.16	1.09	0.99	0.84	0.74	0.57
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		2.04	1.59	1.28	1.17	1.00	0.91	0.80	0.65	0.56	0.42
$S_D$	m		0.015	0.016	0.019	0.019	0.020	0.021	0.022	0.024	0.027	0.034
$Q_n$	kN		40.4	31.6	25.5	23.4	20.0	18.2	16.0	13.1	11.2	8.3
$X_R$	rad		0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.008	0.010
$1/X_R$			226	211	183	180	172	165	155	138	125	99
$u_h$			1.07	1.05	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01
$\delta_{R2}$	m		0.017	0.017	0.020	0.020	0.021	0.021	0.022	0.025	0.028	0.035
$\delta_{R1}$	m		0.014	0.015	0.018	0.018	0.019	0.020	0.021	0.024	0.027	0.034
$X_{R2}$	rad		0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
$1/X_{R2}$			557	735	931	1,024	1,206	1,295	1,436	1,750	2,043	2,842
$X_{R1}$	rad		0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.008	0.009	0.012
$1/X_{R1}$			203	186	159	156	148	143	134	119	107	84
極稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		8.00	8.00	6.77	6.42	5.81	5.44	4.94	4.22	3.71	2.84
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		10.20	7.94	6.41	5.86	5.02	4.57	4.00	3.27	2.81	2.08
$S_D$	m		0.076	0.081	0.093	0.095	0.099	0.103	0.109	0.122	0.135	0.171
$Q_n$	kN		202.1	157.8	127.7	116.8	100.1	91.1	79.8	65.3	56.1	41.4
$X_R$	rad		0.022	0.024	0.027	0.028	0.029	0.030	0.032	0.036	0.040	0.051
$1/X_R$			45	42	37	36	34	33	31	28	25	20
$u_h$			1.07	1.05	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01
$\delta_{R2}$	m		0.084	0.087	0.098	0.099	0.103	0.106	0.112	0.125	0.138	0.173
$\delta_{R1}$	m		0.071	0.077	0.090	0.092	0.097	0.101	0.107	0.121	0.134	0.170
$X_{R2}$	rad		0.009	0.007	0.005	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002
$1/X_{R2}$			111	147	186	205	241	259	287	350	409	568
$X_{R1}$	rad		0.025	0.027	0.031	0.032	0.034	0.035	0.037	0.042	0.047	0.059
$1/X_{R1}$			41	37	32	31	30	29	27	24	21	17

(6) けた行方向の近似応答計算 (積雪時)

1質点系への縮約												
		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_1$	m		0.006	0.012	0.024	0.032	0.048	0.064	0.096	0.144	0.191	0.287
繰り直し計算開始 初期値は $\delta_2 - \delta_1 = \delta_1(u_2/u_1 - 1)$												
$\delta_2 - \delta_1$ 初期値	m		0.002	0.003	0.004	0.006	0.010	0.016	0.032	0.059	0.097	0.210
$\delta_2 - \delta_1$	m		0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.009	0.009	0.210
$\delta_2$	m		0.008	0.014	0.027	0.036	0.053	0.070	0.103	0.152	0.200	0.497
$(\delta_2 - \delta_1)/H_2$			0.0011	0.0016	0.0022	0.0027	0.0033	0.0039	0.0053	0.0059	0.0061	0.1427
$K_{e2}^*$	kN/m		5,826	5,826	5,784	5,600	5,440	5,340	4,908	4,748	4,703	215
$K_{e1}^*$	kN/m		2,853	2,049	1,419	1,270	1,035	906	745	541	418	244
$\omega^{2*}$	1/s <sup>2</sup>		89.9	67.2	47.9	43.1	35.5	31.2	25.8	18.9	14.7	6.4
$u_2/u_1^*$			1.282	1.196	1.134	1.123	1.102	1.091	1.081	1.060	1.047	1.732
$\delta_2 - \delta_1^*$	m		0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.009	0.009	0.210
繰り直し計算終了												
階別の減衰計算												
1階h			0.050	0.095	0.130	0.138	0.151	0.159	0.168	0.179	0.186	0.196
2階h			0.050	0.050	0.051	0.056	0.061	0.063	0.075	0.079	0.081	0.203
重みづけh			0.050	0.090	0.125	0.133	0.147	0.154	0.164	0.176	0.183	0.198
$M_H$	t		27.3	27.5	27.6	27.6	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	25.9
$\Delta$	m		0.007	0.013	0.026	0.034	0.050	0.067	0.100	0.148	0.196	0.423
$M_H/\Sigma m$			0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93
$Q$	kN	0	17.1	24.5	33.9	40.5	49.5	57.8	71.2	77.6	80.0	70.0
$K_e$	kN/m		2,455	1,847	1,323	1,191	981	864	714	524	408	166
$T_e$	sec		0.66	0.77	0.91	0.96	1.06	1.12	1.24	1.44	1.64	2.49
$\Delta W$			0	0.08	0.40	0.71	1.50	2.50	5.04	9.04	13.08	27.58
$W$			0.06	0.16	0.44	0.69	1.25	1.93	3.55	5.75	7.84	14.79
縮約h			0.050	0.089	0.123	0.132	0.146	0.153	0.163	0.175	0.183	0.198
$F_h$			1.00	0.79	0.67	0.64	0.61	0.59	0.57	0.54	0.53	0.50
$H_e$	m		3.72	3.69	3.67	3.67	3.66	3.66	3.65	3.65	3.64	3.82
$R$	rad	0	0.002	0.004	0.007	0.009	0.014	0.018	0.027	0.041	0.054	0.111
$1/R$			535	278	143	108	73	55	37	25	19	9
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
稀												
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.480	1.240	1.120	1.090	1.060	1.045	1.030	1.020	1.015	1.010
1.5種地盤 $G_s$			1.553	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		2.04	1.51	1.08	0.99	0.85	0.77	0.68	0.55	0.48	0.30
$S_D$	m		0.023	0.023	0.023	0.023	0.024	0.025	0.026	0.029	0.032	0.047
$Q_n$	kN		55.7	41.6	29.9	27.3	23.4	21.4	18.7	15.3	13.2	7.7
$X_R$	rad		0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.008	0.009	0.012
$1/X_R$			164	164	163	160	153	148	139	125	113	82
$u_h$			1.16	1.11	1.07	1.07	1.05	1.05	1.04	1.03	1.02	1.47
$\delta_{R2}$	m		0.025	0.024	0.024	0.024	0.025	0.026	0.027	0.030	0.033	0.055
$\delta_{R1}$	m		0.020	0.020	0.021	0.022	0.023	0.024	0.025	0.028	0.032	0.032
$X_{R2}$	rad		0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.016
$1/X_{R2}$			268	370	523	556	635	687	724	862	1,000	64
$X_{R1}$	rad		0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.008	0.009	0.010	0.011	0.011
$1/X_{R1}$			147	141	136	133	127	122	114	101	91	91
極稀												
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.480	1.240	1.120	1.090	1.060	1.045	1.030	1.020	1.015	1.010
1.5種地盤 $G_s$			1.553	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		10.20	7.56	5.41	4.94	4.24	3.86	3.38	2.77	2.38	1.49
$S_D$	m		0.113	0.113	0.113	0.115	0.120	0.124	0.131	0.146	0.161	0.233
$Q_n$	kN		278.5	207.8	149.4	136.6	117.2	106.8	93.6	76.7	65.9	38.6
$X_R$	rad		0.031	0.030	0.031	0.031	0.033	0.034	0.036	0.040	0.044	0.061
$1/X_R$			33	33	33	32	31	30	28	25	23	16
$u_h$			1.16	1.11	1.07	1.07	1.05	1.05	1.04	1.03	1.02	1.47
$\delta_{R2}$	m		0.125	0.121	0.119	0.121	0.125	0.129	0.136	0.150	0.165	0.274
$\delta_{R1}$	m		0.098	0.101	0.105	0.108	0.113	0.118	0.126	0.142	0.158	0.158
$X_{R2}$	rad		0.019	0.014	0.010	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.079
$1/X_{R2}$			54	74	105	111	127	137	145	172	200	13
$X_{R1}$	rad		0.034	0.035	0.037	0.037	0.039	0.041	0.044	0.049	0.055	0.055
$1/X_{R1}$			29	28	27	27	25	24	23	20	18	18

### 3) 二列型町家

#### (1) 概要

対象建物は屋根を金属板葺き切り妻平入りとし、壁を土塗り壁あるいは板壁とした伝統構法による木造建築物である。建物規模は2階建、張間方向約 13.86m×けた行方向約 10.30mであり、間取りは二列型である。道路に面して店舗と車庫が設けられており、その奥の内どじ廊下（通りどじ）、おおえ、茶の間、板の間上部が大きな吹抜け空間となっている。明治8年の大火直後に再建されたこの町家は、様式的には江戸後期以前のものといわれている。16通り以東は増築された部分であり、対象外としている。また、2階子供室・居間・踊場は約20年前に改修されており、その時1通りの軒桁を約70cm上げている。そのため5通りで屋根が折れている。2階客室は3年前の改修による。

構造的特徴としては、道路に面した1通りの柱は15cm角の通し柱、大黒柱は18cm角の通し柱となっており、他の柱は10.5～15cm角が使われている。座敷まわりには10.5cm角が多い。5通りで2階床が103.5cm高くなっている。その為1階部分に垂れ壁が多く設けられている。妻側の壁は隣家と接しているため、宮地家と同じ仕様と考えられる。店舗入口・車庫の部分の土台は繋がっていないため、補強を考えなければならない。本事例では土台は周囲廻っているものとして計算している。



写真 8-3 外観

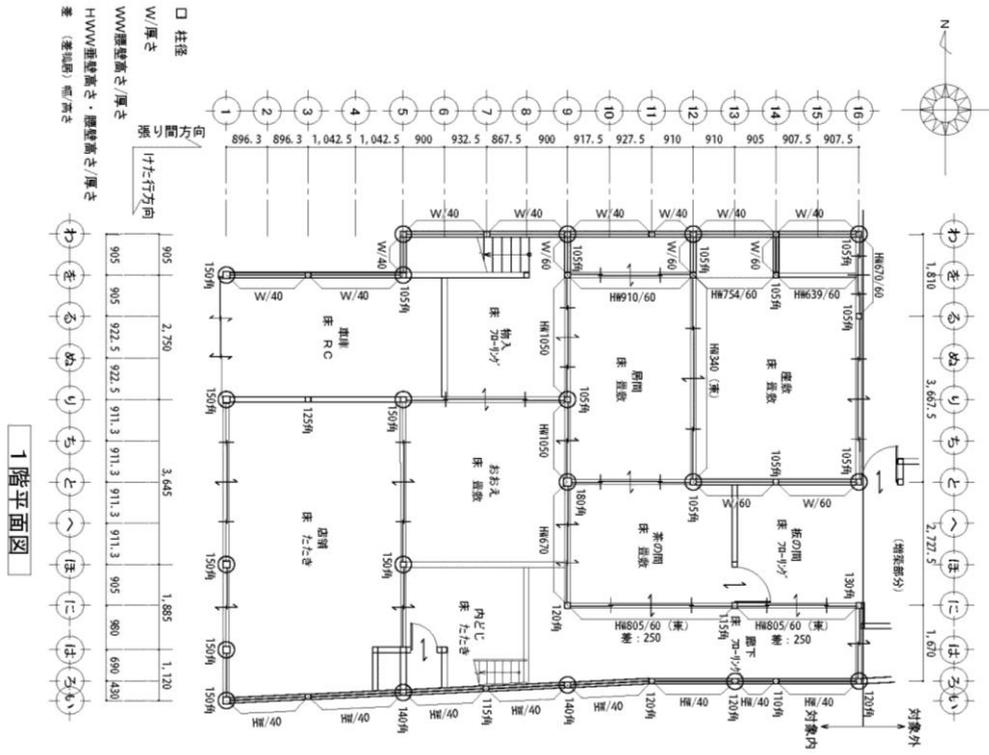


図 8-32 1階平面図

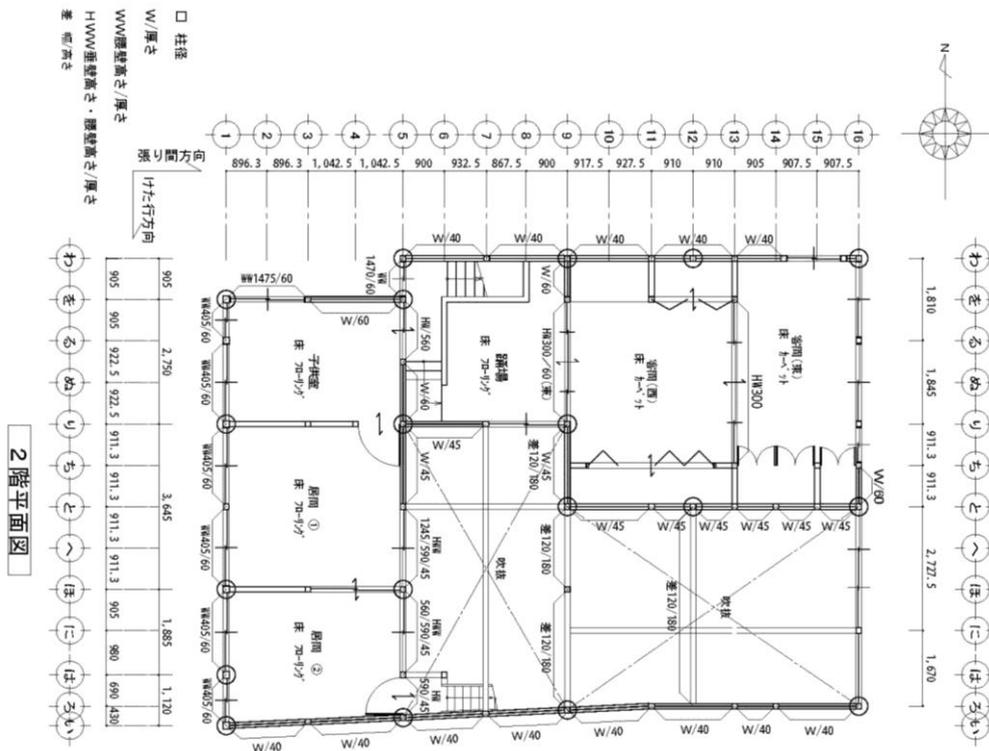


図 8-33 2階平面図

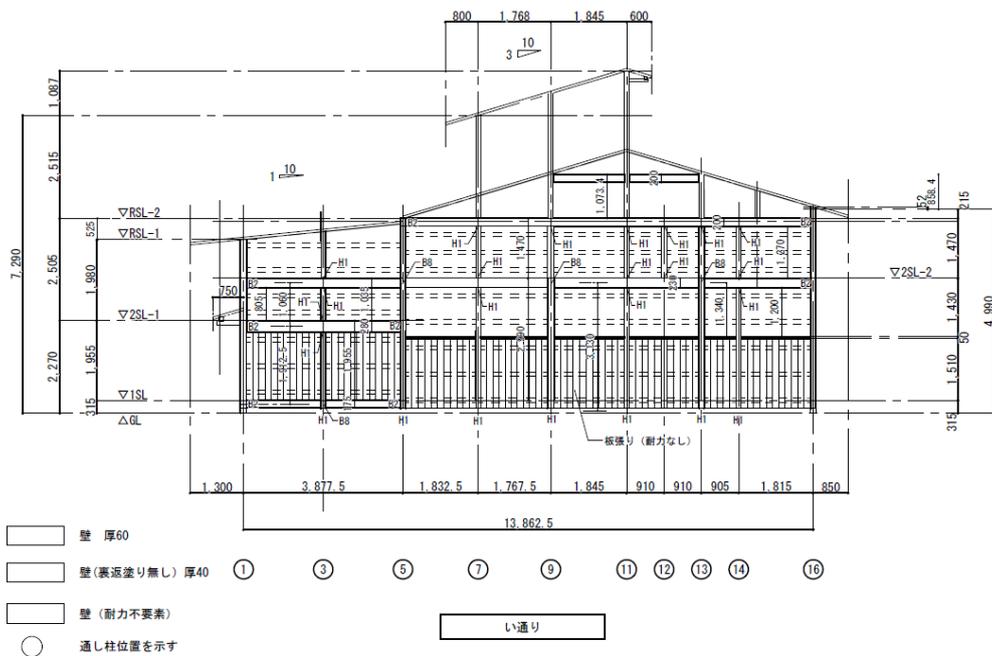
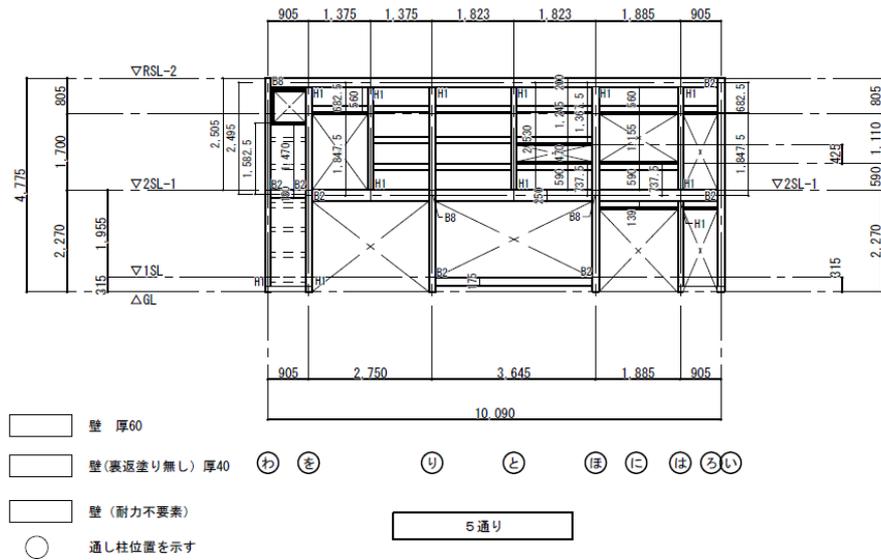


図 8-34 軸組図

表 8-22 耐震要素表

H1	短ほぞ
H2	長ほぞ
B2	小根ほぞ込栓打
B8	小根ほぞ車知栓
N1	貫
W	土壁
HW	小壁(垂壁)
WW	小壁(腰壁)
HWW	小壁(垂壁・腰壁)

(2) 荷重

設計に用いた固定荷重、積雪荷重、積載荷重をそれぞれ表 8-23 に示す。

表 8-23 固定荷重

建築物の部位	種別	単位重量 (N/m <sup>2</sup> )	勾配係数	該当面積 (m <sup>2</sup> )	荷重 (N)	備考	
屋根	瓦葺 (ふき土なし) 4寸勾配	500	1.077	0.00	0	瓦棧含む	
	薄鉄板葺 (横葺) 厚0.35 3寸勾配	35	1.044	0.00	0		
	瓦棒葺 (芯木無) 厚0.35 3寸勾配	35	1.044	157.04	5739		
	瓦棒葺 (芯木有) 厚0.35 2.5寸勾配	65	1.031	0.00	0		
	くれ葺 (4段) 2.5寸勾配	265	1.031	0.00	0		
	アスファルト-フイック® 940	10	1.044	157.04	1640		
	野地板 厚15	85	1.044	157.04	13936		
	垂木 52x60@303	55	1.044	157.04	9018		
	母屋・小屋組	115	1.000	157.04	18060	桁・小屋梁・束・母屋	
	2階天井 (さお縁)	100	1.000	0.00	0	下地含む	
	2階天井 (板張り)	150	1.000	48.13	7220	下地含む	
	2階壁 (下図参照)	土壁 厚60	830		29.74	24685	軸組を含む
土壁 厚40		570		31.09	17722	軸組を含む	
板壁 厚12 (片面)		150		21.90	3285	下地含む	
建具付軸組		100		26.20	2620	※垂れ壁有りの場合は実状に合わせて差分を加える。	
屋根合計		55613 (N)	2階壁合計	48312 (N)	合計	103925 (N)	
2階床	畳敷 厚45	245		0.00	0	下地板含む	
	床板 厚12	70		84.13	5890		
	床板 厚30	165		0.00	0		
	床梁 (床有り部)	180		84.13	15144	実測による	
	床梁 (吹き抜け部)	130		55.36	7197	実測による	
	1階天井 (さお縁)	100		0.00	0	下地含む	
	1階天井 (板張り)	150		0.00	0	下地含む	
	小庇	235	1.044	4.8	1178	母屋・垂木・薄鉄板葺・野地板含む	
	1階壁 (下図参照)	土壁 厚60	830		62.14	51577	軸組を含む
		土壁 厚40	570		68.51	39051	軸組を含む
板壁 厚12 (片面)		150		7.13	1070	下地含む	
建具付軸組		100		68.95	6895	※垂れ壁有りの場合は実状に合わせて差分を加える。	
2階床合計	29409 (N)	1階壁合計	98593 (N)	合計	128002 (N)		

○積雪荷重 (N/m<sup>2</sup>)

建設地 高山市 屋根勾配 (X/1) = 0.30  
 雪止め \* 屋根勾配角度 β = 16.699°  
 等級 1.00 屋根形状係数 μ b = 0.95 --->1.00 (雪止め有り)  
 垂直積雪量 屋根形状係数 (多雪区域) N/cm/m<sup>2</sup>  
 120 cm \* 1.00 \* 30.00 \* 等級 1.00 = 3600 N/m<sup>2</sup>  
 スラブ・小梁用 \* 0.70 = 2520 N/m<sup>2</sup> (長期)  
 梁用 \* 0.70 = 2520 N/m<sup>2</sup> (長期)  
 地震用 \* 0.35 = 1260 N/m<sup>2</sup> (短期)

屋根面積 157.04m<sup>2</sup> \* 1260 N/m<sup>2</sup> = 197871 (N)

○積載荷重(N/m<sup>2</sup>)

2階床 地震用

600 N/m<sup>2</sup>

床面積 84.13m<sup>2</sup> \* 600 N/m<sup>2</sup>= 50478 (N)

○地震用重量(N)

積雪有	【2階】	屋根・壁重量	103925 (N)
		積雪重量	197871 (N)
		計	301796 (N)
【1階】	2階床・壁重量	128002 (N)	
		積載荷重	50478 (N)
		計	178480 (N)
積雪無	【2階】	屋根・壁重量	103925 (N)
		積雪重量	0 (N)
		計	103925 (N)
【1階】	2階床・壁重量	128002 (N)	
		積載荷重	50478 (N)
		計	178480 (N)

### (3) 設計のクライテリア

対象建物の設計クライテリアは、稀に発生する地震動に対して損傷限界変形角を 1/90rad.以下、極めて稀に発生する地震動に対して安全限界変形角 1/20rad.以下、積雪時には 1/15rad.以下とする。

### (4) 復元力特性

復元力特性の算出は、各要素の仕様に依りて算出する。表 8-24、8-25 に通りごとの耐震要素と仕様を示し、図 8-35 に対象建物の復元力特性を示す。





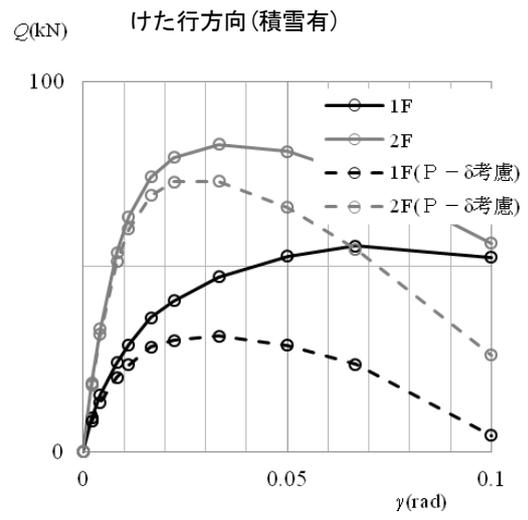
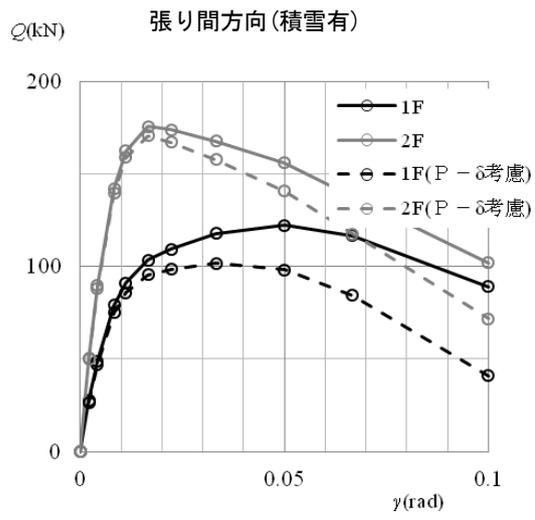


図 8-35 復元力特性

(5) 耐震性能評価

近似応答計算によって各地震動レベルにおける応答変形角を求めた結果を図 8-36、8-37、表 8-26 に示し、計算過程を添付する。

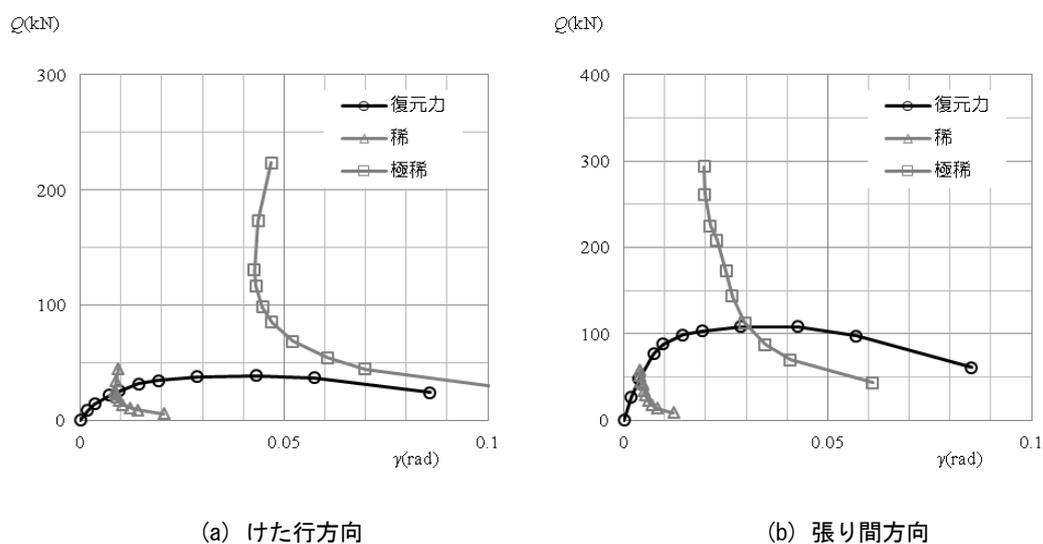


図 8-36 耐震性能評価(積雪無)

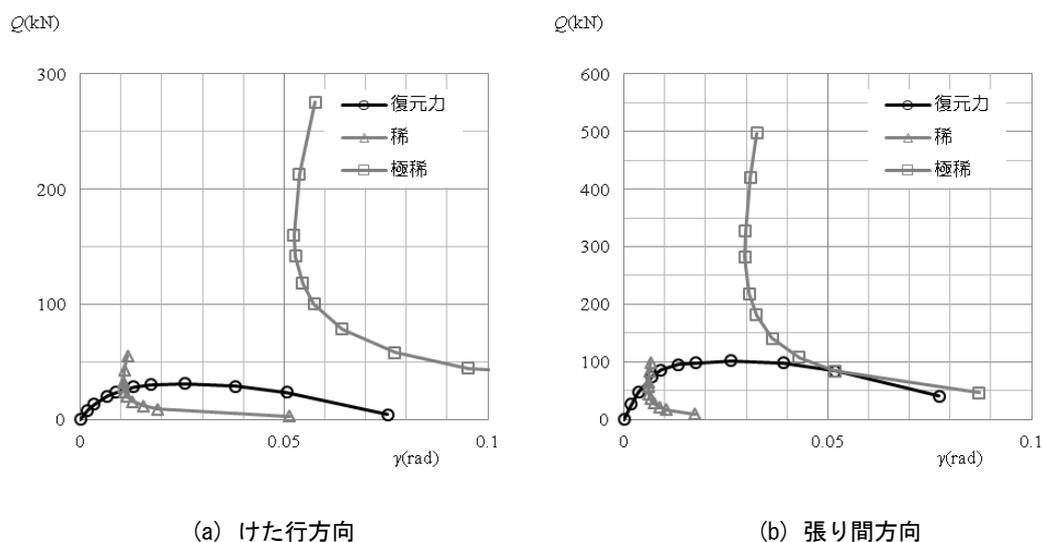


図 8-37 耐震性能評価(積雪有)

表 8-26 各層の応答変形角(rad.)

	積雪無				積雪有			
	けた行方向		張り間方向		けた行方向		張り間方向	
	稀地震	極稀地震	稀地震	極稀地震	稀地震	極稀地震	稀地震	極稀地震
一質点系	1/116	なし	1/236	1/29	1/92	なし	1/168	1/11
2層	1/690	なし	1/1397	1/1501	1/563	なし	1/560	なし
1層	1/99	なし	1/205	1/14	1/72	なし	1/138	なし

## (6) 判定

積雪無の場合

けた行方向	稀に発生する地震に対して	1/99 rad < 1/90rad	OK
	極めて稀に発生する地震に対して	応答値なし	NG
張り間方向	稀に発生する地震に対して	1/205 rad < 1/90rad	OK
	極めて稀に発生する地震に対して	1/14rad > 1/20rad	NG

積雪有の場合

けた行方向	稀に発生する地震に対して	1/72 rad > 1/90rad	NG
	極めて稀に発生する地震に対して	応答値なし	NG
張り間方向	稀に発生する地震に対して	1/138 rad < 1/90rad	OK
	極めて稀に発生する地震に対して	応答値なし	NG

添付 計算過程 (積雪有)

## (1) 建物諸元

階		2F	1F	合計
重量	kN	301.796	178.480	480.276
質量	t	30.8	18.2	49.0
階高	m	1.485	3.130	4.615

## (2) けた行方向の復元力特性

復元力			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	18.57	33.08	53.78	63.49	74.22	79.50	83.00	81.10	74.84	56.30
$Q_1$	kN	0	9.16	15.33	24.11	28.86	36.22	40.75	47.17	52.80	55.55	52.45
$Q_2(P-\delta$ 考慮)	kN	0	17.94	31.82	51.27	60.14	69.19	72.79	72.94	66.01	54.72	26.12
$Q_1(P-\delta$ 考慮)	kN	0	8.16	13.33	20.11	23.52	28.22	30.08	31.16	28.79	23.53	4.42
$K_{e2}$	kN/m		5,283	4,685	3,774	3,321	2,547	2,010	1,342	810	504	160
$\Delta Q_2/\Delta R$				6,662	4,668	3,193	1,629	648	14	-416	-677	-858
$K_{e1}$	kN/m		1,251	1,022	771	676	541	432	299	184	113	14
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		23.2	19.1	14.5	12.7	10.1	8.1	5.6	3.4	2.1	0.3
$u_2/u_1$			1.157	1.144	1.134	1.134	1.140	1.142	1.147	1.150	1.148	1.056

## (3) 張り間方向の復元力特性

復元力			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	50.46	89.58	142.24	162.33	175.54	173.88	167.65	155.83	137.72	101.98
$Q_1$	kN	0	27.82	49.09	79.06	91.14	103.46	109.28	117.83	122.22	116.56	89.07
$Q_2(P-\delta$ 考慮)	kN	0	49.83	88.32	139.73	158.98	170.51	167.17	157.59	140.74	117.60	71.80
$Q_1(P-\delta$ 考慮)	kN	0	26.82	47.09	75.06	85.80	95.46	98.61	101.82	98.21	84.54	41.04
$K_{e2}$	kN/m		16,107	14,274	11,291	9,635	6,889	5,066	3,184	1,895	1,188	484
$\Delta Q_2/\Delta R$				18,475	12,338	6,930	2,075	-601	-862	-1,011	-1,388	-1,374
$K_{e1}$	kN/m		4,113	3,611	2,878	2,467	1,830	1,418	976	628	405	131
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		75.8	66.6	53.1	45.5	33.6	25.9	17.6	11.2	7.2	2.4
$u_2/u_1$			1.170	1.168	1.169	1.170	1.177	1.187	1.206	1.223	1.230	1.181

(4) けた行方向の近似応答計算

		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_1$	m		0.007	0.013	0.026	0.035	0.052	0.070	0.104	0.157	0.209	0.313
繰り直し計算開始 初期値は $\delta_2 - \delta_1 - \delta_1(u_2/u_1 - 1)$												
$\delta_2 - \delta_1$ 初期値	m		0.001	0.002	0.004	0.005	0.007	0.010	0.015	0.023	0.031	0.018
$\delta_2 - \delta_1$	m		0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.001
$\delta_2$	m		0.008	0.015	0.029	0.038	0.056	0.073	0.108	0.160	0.211	0.314
$(\delta_2 - \delta_1)/H_2$			0.0006	0.0010	0.0015	0.0018	0.0021	0.0023	0.0024	0.0021	0.0017	0.0003
$K_{e2}^*$	kN/m		5,283	5,283	5,283	5,283	5,263	5,176	5,136	5,252	5,283	5,283
$K_{e1}^*$	kN/m		1,251	1,022	771	676	541	432	299	184	113	14
$\omega^{2*}$	1/s <sup>2</sup>		23.2	19.3	14.8	13.1	10.6	8.5	6.0	3.7	2.3	0.3
$u_2/u_1^*$			1.157	1.127	1.095	1.083	1.066	1.054	1.037	1.022	1.013	1.002
$\delta_2 - \delta_1^*$	m		0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.001
繰り直し計算終了												
階別の減衰計算												
1階h			0.050	0.079	0.111	0.123	0.140	0.154	0.171	0.186	0.195	0.207
2階h			0.050	0.050	0.050	0.050	0.051	0.053	0.054	0.051	0.050	0.050
重みづけh			0.050	0.077	0.108	0.119	0.137	0.151	0.168	0.184	0.194	0.207
$M_u$	t		48.8	48.9	48.9	48.9	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0
$\Delta$	m		0.007	0.014	0.028	0.037	0.054	0.072	0.107	0.159	0.210	0.313
$M_u/\Sigma m$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$Q$	kN	0	8.2	13.3	20.1	23.5	28.2	30.1	31.2	28.8	23.5	4.4
$K_e$	kN/m		1,134	944	726	642	519	418	292	181	112	14
$T_e$	sec		1.30	1.43	1.63	1.73	1.93	2.15	2.57	3.27	4.16	11.71
$\Delta W$			7.1E-18	0.03	0.20	0.37	0.83	1.37	2.47	3.84	4.46	1.37
$W$			0.03	0.09	0.28	0.43	0.77	1.08	1.66	2.28	2.48	0.69
縮約h			0.050	0.077	0.107	0.119	0.136	0.150	0.168	0.184	0.193	0.207
$F_h$			1.00	0.85	0.72	0.68	0.63	0.60	0.56	0.53	0.51	0.49
$H_e$	m		4.21	4.20	4.19	4.18	4.18	4.17	4.17	4.16	4.16	4.15
$R$	rad	0	0.002	0.003	0.007	0.009	0.013	0.017	0.026	0.038	0.051	0.075
$1/R$			585	297	151	114	77	58	39	26	20	13
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		0.79	0.72	0.63	0.59	0.53	0.48	0.40	0.31	0.25	0.09
1.5種地盤 $G_s$			1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		1.13	0.87	0.65	0.58	0.48	0.41	0.32	0.24	0.18	0.06
$S_D$	m		0.049	0.045	0.044	0.044	0.046	0.048	0.054	0.064	0.079	0.213
$Q_n$	kN		55.1	42.6	31.9	28.4	23.6	20.0	15.6	11.7	8.9	3.0
$X_R$	rad		0.012	0.011	0.010	0.011	0.011	0.011	0.013	0.015	0.019	0.051
$1/X_R$			87	93	95	95	92	87	78	65	53	19
$u_h$			1.10	1.08	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.051	0.047	0.045	0.045	0.047	0.049	0.054	0.065	0.080	0.213
$\delta_{R1}$	m		0.044	0.042	0.041	0.042	0.044	0.046	0.052	0.063	0.079	0.213
$X_{R2}$	rad		0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000
$1/X_{R2}$			236	308	416	469	563	656	839	1,154	1,540	4,556
$X_{R1}$	rad		0.014	0.013	0.013	0.013	0.014	0.015	0.017	0.020	0.025	0.068
$1/X_{R1}$			71	75	76	75	72	68	60	49	40	15
極稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		3.93	3.58	3.14	2.95	2.65	2.38	1.99	1.57	1.23	0.44
1.5種地盤 $G_s$			1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		5.64	4.36	3.26	2.90	2.41	2.05	1.60	1.19	0.90	0.31
$S_D$	m		0.243	0.226	0.220	0.221	0.228	0.240	0.268	0.321	0.396	1.065
$Q_n$	kN		275.3	213.1	159.5	141.8	118.2	100.2	78.2	58.3	44.3	15.0
$X_R$	rad		0.058	0.054	0.052	0.053	0.055	0.057	0.064	0.077	0.095	0.256
$1/X_R$			17	19	19	19	18	17	16	13	11	4
$u_h$			1.10	1.08	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.254	0.235	0.226	0.227	0.233	0.244	0.272	0.324	0.398	1.066
$\delta_{R1}$	m		0.220	0.208	0.207	0.210	0.219	0.232	0.262	0.317	0.393	1.064
$X_{R2}$	rad		0.021	0.016	0.012	0.011	0.009	0.008	0.006	0.004	0.003	0.001
$1/X_{R2}$			47	62	83	94	113	131	168	231	308	911
$X_{R1}$	rad		0.070	0.067	0.066	0.067	0.070	0.074	0.084	0.101	0.125	0.340

(5) 張り間方向の近似応答計算

		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_1$	m		0.007	0.013	0.026	0.035	0.052	0.070	0.104	0.157	0.209	0.313
繰り返し計算開始 初期値は $\delta_2 - \delta_1 - \delta_1(u_2/u_1 - 1)$												
$\delta_2 - \delta_1$ 初期値	m		0.001	0.002	0.004	0.006	0.009	0.013	0.021	0.035	0.048	0.057
$\delta_2 - \delta_1$	m		0.001	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002
$\delta_2$	m		0.008	0.015	0.029	0.038	0.056	0.074	0.109	0.161	0.212	0.315
$(\delta_2 - \delta_1)/H_2$			0.0007	0.0013	0.0021	0.0024	0.0027	0.0028	0.0029	0.0028	0.0023	0.0011
$K_{e2}^*$	kN/m		16,107	16,107	16,107	15,608	15,243	15,152	15,060	15,182	15,732	16,107
$K_{e1}^*$	kN/m		4,113	3,611	2,878	2,467	1,830	1,418	976	628	405	131
$\omega^{2*}$	1/s <sup>2</sup>		75.8	67.4	54.7	47.3	35.6	27.9	19.4	12.6	8.2	2.7
$u_2/u_1^*$			1.170	1.148	1.117	1.103	1.078	1.060	1.041	1.026	1.016	1.005
$\delta_2 - \delta_1^*$	m		0.001	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002
繰り返し計算終了												
階別の減衰計算												
1階h			0.050	0.069	0.098	0.114	0.138	0.154	0.171	0.185	0.193	0.204
2階h			0.050	0.050	0.050	0.055	0.059	0.059	0.060	0.059	0.054	0.050
重みづけh			0.050	0.068	0.094	0.110	0.135	0.151	0.169	0.183	0.192	0.204
$M_u$	t		48.7	48.8	48.9	48.9	48.9	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0
$\Delta$	m		0.007	0.014	0.028	0.037	0.055	0.072	0.107	0.159	0.211	0.314
$M_u/\Sigma m$			0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$Q$	kN	0	26.8	47.1	75.1	85.8	95.5	98.6	101.8	98.2	84.5	41.0
$K_e$	kN/m		3,697	3,290	2,674	2,312	1,743	1,365	951	617	401	131
$T_e$	sec		0.72	0.77	0.85	0.91	1.05	1.19	1.43	1.77	2.20	3.85
$\Delta W$			0	0.07	0.58	1.19	2.76	4.49	8.10	13.02	15.89	12.43
$W$			0.10	0.34	1.05	1.59	2.61	3.56	5.45	7.81	8.91	6.44
縮約h			0.050	0.068	0.094	0.110	0.134	0.150	0.168	0.183	0.192	0.204
$F_h$			1.00	0.89	0.77	0.71	0.64	0.60	0.56	0.53	0.51	0.49
$H_e$	m		4.12	4.11	4.10	4.10	4.09	4.08	4.08	4.07	4.07	4.06
$R$	rad	0	0.002	0.003	0.007	0.009	0.013	0.018	0.026	0.039	0.052	0.077
$1/R$			567	287	146	110	75	57	38	26	19	13
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.42	1.34	1.21	1.12	0.97	0.86	0.72	0.58	0.47	0.27
1.5種地盤 $G_s$			1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		2.04	1.72	1.34	1.15	0.89	0.74	0.58	0.44	0.34	0.19
$S_D$	m		0.027	0.026	0.024	0.024	0.025	0.027	0.030	0.035	0.042	0.071
$Q_n$	kN		99.4	83.9	65.3	56.2	43.7	36.2	28.2	21.6	16.9	9.3
$X_R$	rad		0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.009	0.010	0.017
$1/X_R$			153	161	168	168	163	154	137	116	97	57
$u_h$			1.11	1.10	1.08	1.07	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.028	0.027	0.025	0.025	0.026	0.027	0.030	0.035	0.042	0.071
$\delta_{R1}$	m		0.024	0.023	0.023	0.023	0.024	0.026	0.029	0.034	0.042	0.071
$X_{R2}$	rad		0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
$1/X_{R2}$			362	432	560	633	801	967	1,237	1,632	2,162	4,104
$X_{R1}$	rad		0.008	0.007	0.007	0.007	0.008	0.008	0.009	0.011	0.013	0.023
$1/X_{R1}$			130	135	138	137	131	123	108	91	75	44
極稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		7.10	6.69	6.03	5.60	4.86	4.30	3.59	2.89	2.33	1.33
1.5種地盤 $G_s$			1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		10.19	8.60	6.68	5.75	4.47	3.70	2.88	2.20	1.72	0.94
$S_D$	m		0.134	0.128	0.122	0.122	0.125	0.133	0.148	0.175	0.210	0.354
$Q_n$	kN		496.9	419.5	326.5	281.1	218.6	181.0	141.1	108.0	84.3	46.3
$X_R$	rad		0.033	0.031	0.030	0.030	0.031	0.032	0.036	0.043	0.052	0.087
$1/X_R$			31	32	34	34	33	31	27	23	19	11
$u_h$			1.11	1.10	1.08	1.07	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.141	0.133	0.127	0.126	0.129	0.135	0.151	0.177	0.211	0.355
$\delta_{R1}$	m		0.121	0.116	0.113	0.114	0.119	0.128	0.145	0.172	0.208	0.353
$X_{R2}$	rad		0.014	0.012	0.009	0.008	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001
$1/X_{R2}$			72	86	112	127	160	193	247	326	432	821
$X_{R1}$	rad		0.039	0.037	0.036	0.036	0.038	0.041	0.046	0.055	0.066	0.113

### (7) 耐震補強

耐震性能評価の結果より、常時及び積雪時で極めて稀に発生する地震動に対して、けた行方向で倒壊する危険性が高いと判断される。また両方向ともに各層の応答変形角は2層に比べて1層が大きく変形することが分かる。そのためけた行き方向は各階、張り間方向は1階に耐震補強が必要である。補強方法としては、乾式土壁の増設及び板壁の増設とする。補強箇所を図 8-38 に示す。図 8-39、表 8-27 に耐震性能評価を示す。

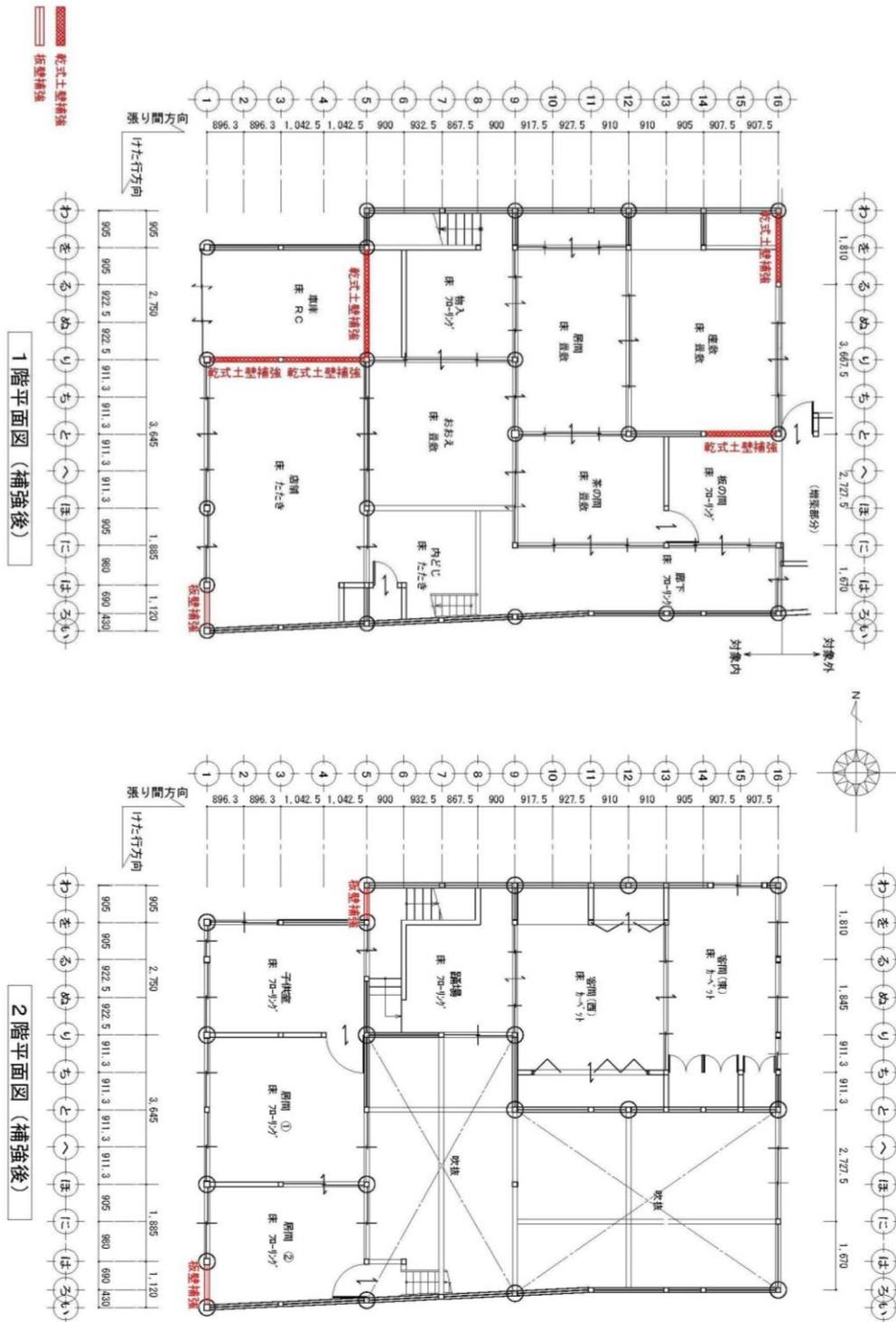


図 8-38 補強箇所

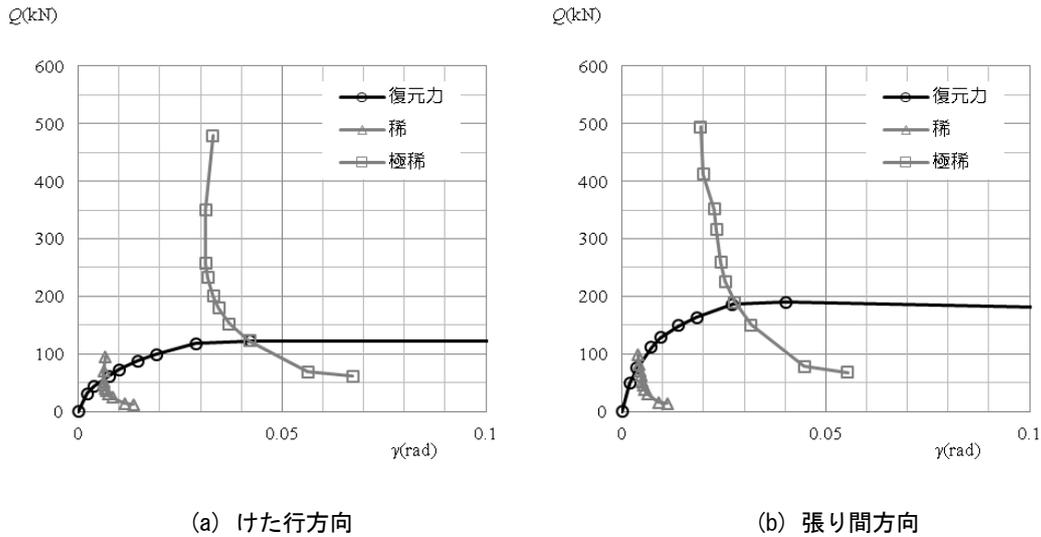


図 8-39 補強後の耐震性能評価 (積雪有)

表 8-27 補強後の応答変形角

	積雪無				積雪有			
	けた行方向		張り間方向		けた行方向		張り間方向	
	稀地震	極稀地震	稀地震	極稀地震	稀地震	極稀地震	稀地震	極稀地震
一質点系	1/221	1/34	1/429	1/45	1/160	1/24	1/250	1/36
2層	1/734	1/220	1/1262	1/390	1/227	1/50	1/466	1/178
1層	1/193	1/26	1/382	1/39	1/144	1/20	1/190	1/25

(8) 補強後の判定

積雪有の場合

けた行方向	稀に発生する地震に対して	1/144 rad < 1/90rad	OK
	極めて稀に発生する地震に対して	1/20 rad < 1/15rad	OK
張り間方向	稀に発生する地震に対して	1/190 rad < 1/90rad	OK
	極めて稀に発生する地震に対して	1/25 rad < 1/20rad	OK

添付 計算過程) (積雪有)

(1) 建物諸元

階		2F	1F	合計
重量	kN	301.796	180.922	482.718
質量	t	30.8	18.5	49.3
階高	m	1.470	2.790	4.260

(2) けた行方向の復元力特性

復元力		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10	
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	21.63	37.88	61.32	72.67	86.08	93.42	100.94	104.34	101.94	84.42
$Q_1$	kN	0	31.94	46.73	65.88	77.95	95.65	110.21	134.39	147.42	155.10	149.01
$Q_{2(P-\delta考慮)}$	kN	0	21.00	36.62	58.81	69.32	81.05	86.71	90.88	89.25	81.82	54.24
$Q_{1(P-\delta考慮)}$	kN	0	30.93	44.72	61.86	72.59	87.60	99.48	118.30	123.28	122.92	100.74
$K_{e2}$	kN/m		6.857	5.979	4.801	4.244	3.308	2.654	1.855	1.214	835	369
$\Delta Q_2/\Delta R$				7.498	5.326	3.784	2.111	1.019	375	-98	-446	-827
$K_{e1}$	kN/m		5,321	3,847	2,661	2,342	1,884	1,605	1,272	884	661	361
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		80.0	60.8	43.5	38.3	30.6	25.7	19.8	13.5	9.9	5.0
$u_2/u_1$			1.561	1.456	1.387	1.385	1.399	1.426	1.489	1.522	1.573	1.726

(4) けた行方向の近似応答計算

		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_1$	m		0.006	0.012	0.023	0.031	0.047	0.062	0.093	0.140	0.186	0.279
繰り直し計算開始 初期値は $\delta_2 - \delta_1 = \delta_1(u_2/u_1 - 1)$												
$\delta_2 - \delta_1$ 初期値	m		0.003	0.005	0.009	0.012	0.019	0.026	0.045	0.073	0.107	0.203
$\delta_2 - \delta_1$	m		0.003	0.005	0.008	0.010	0.013	0.016	0.024	0.029	0.267	0.203
$\delta_2$	m		0.009	0.017	0.031	0.041	0.059	0.078	0.117	0.169	0.453	0.482
$(\delta_2 - \delta_1)/H_2$			0.0023	0.0035	0.0053	0.0067	0.0085	0.0106	0.0162	0.0201	0.1819	0.1379
$K_{e2}^*$	kN/m		6,713	6,147	5,472	5,098	4,753	4,331	3,360	2,867	369	369
$K_{e1}^*$	kN/m		5,321	3,847	2,661	2,342	1,884	1,605	1,272	884	661	361
$\omega^{2*}$	1/s <sup>2</sup>		79.5	61.2	44.6	39.7	32.7	28.2	22.3	15.9	7.1	5.0
$u_2/u_1^*$			1.574	1.442	1.336	1.316	1.269	1.250	1.256	1.206	2.438	1.726
$\delta_2 - \delta_1^*$	m		0.003	0.005	0.008	0.010	0.013	0.016	0.024	0.029	0.267	0.203
繰り直し計算終了												
階別の減衰計算												
1階h			0.050	0.094	0.130	0.139	0.153	0.161	0.171	0.183	0.189	0.198
2階h			0.053	0.066	0.082	0.091	0.099	0.109	0.131	0.143	0.201	0.201
重みづけh			0.051	0.088	0.121	0.131	0.144	0.154	0.165	0.178	0.195	0.199
$M_u$	t		47.3	47.9	48.4	48.5	48.7	48.7	48.7	48.9	43.4	46.5
$\Delta$	m		0.008	0.015	0.029	0.038	0.055	0.072	0.109	0.159	0.401	0.429
$M_u/\Sigma m$			0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.88	0.94
$Q$	kN	0	30.9	44.7	61.9	72.6	87.6	99.5	118.3	123.3	122.9	100.7
$K_e$	kN/m		3,759	2,932	2,160	1,924	1,593	1,372	1,084	774	307	235
$T_e$	sec		0.70	0.80	0.94	1.00	1.10	1.18	1.33	1.58	2.36	2.80
$\Delta W$			0	0.15	0.75	1.34	2.78	4.58	9.19	15.58	45.22	40.56
$W$			0.13	0.34	0.89	1.37	2.41	3.61	6.46	9.81	24.62	21.63
縮約h			0.050	0.085	0.118	0.128	0.142	0.151	0.163	0.176	0.196	0.199
$F_h$			0.99	0.80	0.68	0.65	0.61	0.59	0.57	0.54	0.51	0.50
$H_e$	m		3.85	3.83	3.80	3.80	3.79	3.78	3.79	3.77	3.97	3.88
$R$	rad	0	0.002	0.004	0.008	0.010	0.015	0.019	0.029	0.042	0.101	0.111
$1/R$			468	251	133	101	69	52	35	24	10	9
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.45	1.27	1.09	1.03	0.93	0.86	0.77	0.65	0.43	0.37
1.5種地盤 $G_s$			1.652	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		2.03	1.46	1.06	0.96	0.82	0.74	0.62	0.50	0.32	0.26
$S_D$	m		0.025	0.024	0.024	0.024	0.025	0.026	0.028	0.032	0.045	0.052
$Q_n$	kN		95.8	70.2	51.5	46.5	40.0	35.8	30.4	24.6	13.7	12.3
$X_R$	rad		0.007	0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.008	0.011	0.013
$1/X_R$			151	160	160	157	151	145	135	119	89	74
$u_h$			1.42	1.31	1.23	1.22	1.18	1.17	1.17	1.14	2.15	1.54
$\delta_{R2}$	m		0.028	0.026	0.026	0.026	0.027	0.028	0.030	0.034	0.051	0.059
$\delta_{R1}$	m		0.018	0.018	0.019	0.020	0.021	0.022	0.024	0.028	0.021	0.034
$X_{R2}$	rad		0.007	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.020	0.017
$1/X_{R2}$			142	182	227	234	257	263	240	250	49	60
$X_{R1}$	rad		0.006	0.007	0.007	0.007	0.008	0.008	0.009	0.010	0.007	0.012
$1/X_{R1}$			155	153	144	140	131	125	117	100	134	82
極稀												
			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		7.27	6.37	5.44	5.13	4.66	4.32	3.84	3.24	2.17	1.83
1.5種地盤 $G_s$			1.652	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		10.13	7.32	5.32	4.80	4.11	3.68	3.12	2.52	1.58	1.32
$S_D$	m		0.127	0.120	0.119	0.121	0.126	0.130	0.140	0.159	0.224	0.261
$Q_n$	kN		479.1	350.9	257.3	232.6	199.9	179.1	152.1	122.9	68.6	61.3
$X_R$	rad		0.033	0.031	0.031	0.032	0.033	0.034	0.037	0.042	0.056	0.067
$1/X_R$			30	32	32	31	30	29	27	24	18	15
$u_h$			1.42	1.31	1.23	1.22	1.18	1.17	1.17	1.14	2.15	1.54
$\delta_{R2}$	m		0.142	0.132	0.129	0.131	0.135	0.140	0.150	0.168	0.253	0.293
$\delta_{R1}$	m		0.090	0.091	0.097	0.099	0.106	0.112	0.120	0.139	0.104	0.170
$X_{R2}$	rad		0.035	0.027	0.022	0.021	0.019	0.019	0.021	0.020	0.102	0.084
$1/X_{R2}$			28	36	45	47	51	53	48	50	10	12
$X_{R1}$	rad		0.032	0.033	0.035	0.036	0.038	0.040	0.043	0.050	0.037	0.061



# 宮地邸 耐震診断報告書

(近似応答計算)

平成 年 月 日

耐震診断設計者	Ⓔ
事務所名	飛騨高山伝統構法木造建築物研究会
所在地	高山市
連絡先	

## 目次 (耐震診断及び補強設計報告書)

1. 耐震性能評価 (診断及び補強)
2. 耐震性能総括表【耐震診断】
3. 耐震性能総括表【耐震補強】
4. 現地調査チェックリスト
5. 概要 (図面・写真)
6. 近似応答計算チェックリスト【耐震診断】
7. 設計荷重 (固定荷重、積載荷重、積雪荷重、地震用建築物荷重、地震力)【耐震診断】
8. 耐震要素の選定と配置(耐震要素配置図・伏図・軸組図)【耐震診断】
9. 近似応答計算【耐震診断】
10. 耐震性能評価【耐震診断】
11. 耐震補強の方針
12. 近似応答計算チェックリスト【耐震診断】
13. 設計荷重 (固定荷重、積載荷重、積雪荷重、地震用建築物荷重、地震力)【耐震補強】
14. 耐震補強材の選定と配置(耐震要素配置図・伏図・軸組図)【耐震補強】
15. 近似応答計算【耐震補強】
16. 耐震性能評価【耐震補強】

報告書書式

必要があればゾーニング検討書を添付してください

## 1. 耐震性能評価（診断及び補強）

### 1. 地盤

- ・現況及び経過年数から地盤としては良好である。
- ・現況地盤は、前面道路より 21 c m 程度低い位置にある。床下の土壌は概ね乾燥しており、床高さは建物中央から中庭にかけては十分高い。しかし、道路側に向かって土壌面が高くなり、かつ道路側溝からの排水等の影響と思われる水分や換気不良による湿気によって土壌は湿っている。

### 2. 基礎

- ・元は礎石の上に土台が据えられていたと思われるが、現状は高さ 21 c m 程度の切石が礎石の上に置かれており、その上に土台が据えられている。切石と切石の間は空間となっている。道路側は意匠上、延石基礎となっている。

### 3. 土台

- ・建物外周部には高さ 12 c m 巾 10～14 c m の土台が設けられている。水平がとれていない。上記の湿気による腐朽が認められた。また腐朽部位の付近や側面（妻面）壁側の土台では、ヤマトシロアリの職外痕跡が認められた（側柱の足元まで）。また換気不良のため湿気・結露が発生しており、それによる床束の腐朽が認められた。

### 4. 足元

- ・総体的に断面が小さい（特に高さ寸法が不足）。

### 5. 軸組・小屋組

- ・建物が北側に 1/120 r a d 程度傾斜している。1 階（は-4～5 通り）の梁のたわみが大きく補強が必要である。また、（は-5）通りの通し柱が西側に傾斜している。これは、座敷上の小屋梁が 1 本（は-4～5 通り）のみであり、この柱を押していることが原因と考えられる。荷重の分散を図る必要がある。みせ 2 階は改造により梁と母屋が撤去されており危険である。補強の必要がある。吹抜け部分にかかる梁が階段室を設けた際に切断されている。また、牛梁のねじれにより柱（は-3 通り）がはらんでいる。吹抜け部分に改築された階段室の梁は仕口が弱く、地震の際に梁がはずれる危険性がある。

### 6. 耐震性能評価（耐震診断用）

- ・上記の問題点を改善しても、けた行方向の 1 階部分に耐震要素が極めて少ない為、倒壊の危険性がある。

### 7. 耐震補強計画と耐震改修方法

- ・耐震診断結果を踏まえ、1 階けた行方向の耐震性能の向上を図るための耐震補強計画を行なうこととする。
- ・建築物の耐震性能向上を図るため、建築物重量の軽減とけた行方向、張り間方向ともに耐震補強を行なう。具体的には、階段室 2 階の吹抜に面した土壁を乾式壁に変更して重量の軽減を行なうとともに、梁への負担を軽減する。又耐力が不足している 1 階けた行方向および 2 階けた行方向、はり間方向には変形性能が高い乾式土壁パネル・板壁による耐震補強を行なう。たわみの大きい 1 階梁（は-4～5 通り）には柱を増設して補強する。
- ・1 階床下部分については、基礎部分の固定化及び土台・足元材の取替えや根がらみを設けることにより軸組みの一体化を図る。

### 8. 耐震性能評価（耐震補強後）

- ・耐震補強計画に従い補強を行なった結果積雪 1m 時において、稀地震においては損傷することがなく、極稀地震の時には倒壊の危険性の低い建築物に改善される結果となった。また、中央部分に吹抜を有する建物であるので、水平構面が剛とみなせない可能性がある。そこで、みせ側と奥側でゾーニングによる検討を行なった結果、それぞれ耐震性能に問題がないことが確認された。（ゾーニングによる検討は、事例参照）

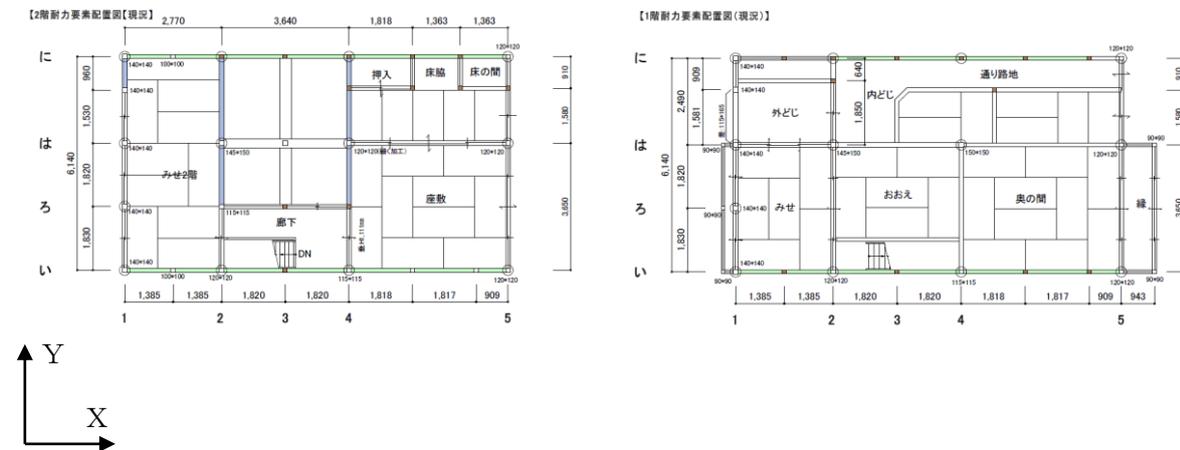
## 2. 現地調査チェックリスト(現地調査)

現地調査チェックリスト					
基本データ	建築物名称	宮地家		建築年	明治8年大火直後
	所在地	高山市大新町2丁目4番地		用途	住宅(高山市指定有形文化財)
地盤	地盤調査	■無 □有 □近隣のデータ有		不同沈下	■無 □有
	近隣の地盤状況	道路面より地盤面が21cm程度低い			
水平方向	種類		参照図面	材種	備考
基礎	自然石	□無・■有	基礎伏図		建物が嵩上げされたことにより、基礎の状態が不安定。
	切石	□無・■有			
	のべ石	□無・■有			
	差し石	□無・■有			
足元	土台	□無・■有	土台伏図	姫小松・檜	土台には漏水の跡や腐朽箇所がある。
	地覆	■無・□有			
一階床	足固め	□無・■有	1階床伏図	姫小松	足元は断面が小さい。床下は全体的に施工状態がよくない。
	貫	■無・□有			
	大引	□無・■有			
	根太	□無・■有			
内法	差鴨居	■無・□有	断面図 軸組図		
	鴨居	□無・■有			
	長押	■無・□有			
二階床	大梁	□無・■有	2階床伏図	松	2階座敷の床が不安定。
	胴差	□無・■有			
	小梁	□無・■有			
	根太	■無・□有			
軒・桁	折置	□	小屋伏図		軒高が東西方向で異なる。
	京呂	■			
	出し桁	□無・■有	断面・床伏図	姫小松	
小屋組	梁	□無・■有	小屋伏図	姫小松	小屋貫・小屋筋交は設けられていない。
	母屋	□無・■有			
	垂木	□無・■有			
柱	通柱	□無・■有	平面図	姫小松	道路側に面した柱は通し柱で、140mm程度の断面である。
	管柱	□無・■有			
貫	1階	□無・■有	軸組図		吹抜部分は化粧貫仕上げとなっている。
	2階	□無・■有			
	楔	□無・■有			
壁	垂壁	■土壁・□板壁	平面・軸組図		両妻壁は裏返し塗りのされていない土壁で、どじに面した壁(腰壁)は板張りとなっている。板壁の裏は土壁はない。
	腰壁	■土壁・□板壁	平面・軸組図		
	全面壁	■土壁・□板壁	平面・軸組図		
その他耐力要素					
屋根	勾配	東側 2.6/10 / 西側 2.8/10			
	軒の出	1,230mm / 790mm			
	ケラバの出	南側 300mm / 北側 100mm			
	垂木寸法	東側 65×70@360mm / 西側 52×60@360mm			
	葺き材	□棧瓦	■金属板	□その他(	

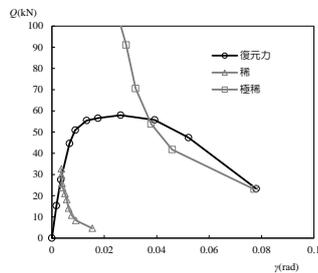
### 3. 耐震性能総括表【耐震診断】

				診断	○	補強	
建築物名称	宮地家	所在地	高山市大新町2丁目44番地		建築年：明治8年		
建築物階数	2階建て	用途	住宅	構造	伝統構法木造		
延べ床面積	123.55m <sup>2</sup>	構造階高	1階：2.53m 2階：1.67m				
建築物重量（積雪荷重有）			建築物重量（積雪荷重無）		157.95kN		

略伏図



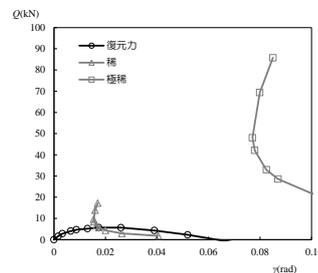
X方向（安全限界応答計算シート）



X方向（張り間方向）応答値

	変形角 (rad)	
	損傷限界時	安全限界時
2階	1/1004	1/595
1階	1/222	1/21
ベースシア係数	0.367	

Y方向（安全限界応答計算シート）



Y方向（けた行方向）応答値

	変形角 (rad)	
	損傷限界時	安全限界時
2階	1/3924	応答値無し
1階	1/45	応答値無し
ベースシア係数	0.036	

耐震設計（診断）に関する特記事項

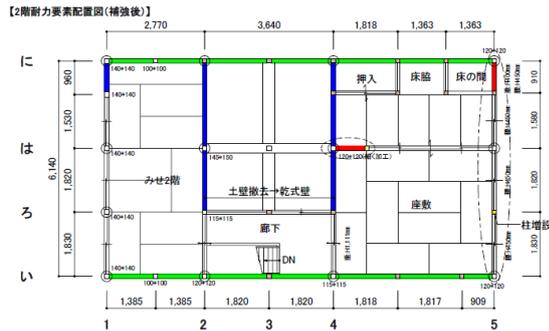
基礎・地盤	礎石、延石
床組・横架材	板張り
軸組の耐力	土壁、小壁、板壁、雇いほぞ車知栓打ち
その他	

#### 4. 耐震性能総括表【耐震補強】

建築物名称	宮地家	所在地	高山市大新町 2 丁目 44 番地	診断	補強	○
建築物階数	2 階建て	用途	住宅	構造	伝統構法木造	
延べ床面積	123.55㎡	構造階高	1 階 : 2.53m 2 階 : 2.32m			
建築物重量 (積雪荷重有 1.0m)	247.70kN	建築物重量 (積雪荷重無)				

略伏図

2 階耐震要素配置図 (耐震補強後)



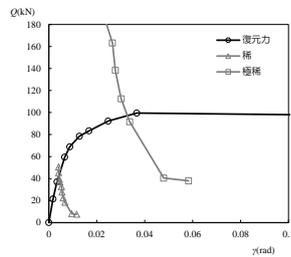
1 階耐震要素配置図 (耐震補強後)



- : 補強柱 120mm角
- : 全壁 荒壁パネル(補強)
- : 板壁(補強)

図8-11 耐震補強箇所

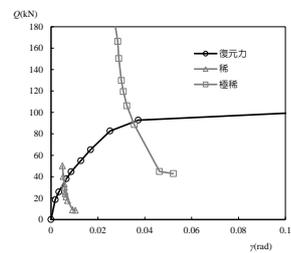
X 方向 (安全限界応答計算シート)



X 方向 (張り間方向) 応答値

	変形角 (rad)	
	損傷限界時	安全限界時
2 階	1/517	1/202
1 階	1/181	1/22
ベースシア係数	0.402	

Y 方向 (安全限界応答計算シート)



Y 方向 (けた行方向) 応答値

	変形角 (rad)	
	損傷限界時	安全限界時
2 階	1/471	1/139
1 階	1/137	1/21
ベースシア係数	0.402	

耐震設計 (補強) に関する特記事項

基礎・地盤	礎石、延石
床組・横架材	板張り
軸組の耐力	土壁、小壁、板壁、乾式土壁、小胴付小根ほぞ車知栓打ち、追入小根ほぞ車知栓止め
その他	垂直積雪量 1.0m (雪下ろしによる低減)

## 5. 概要 (図面・写真)

### 図面

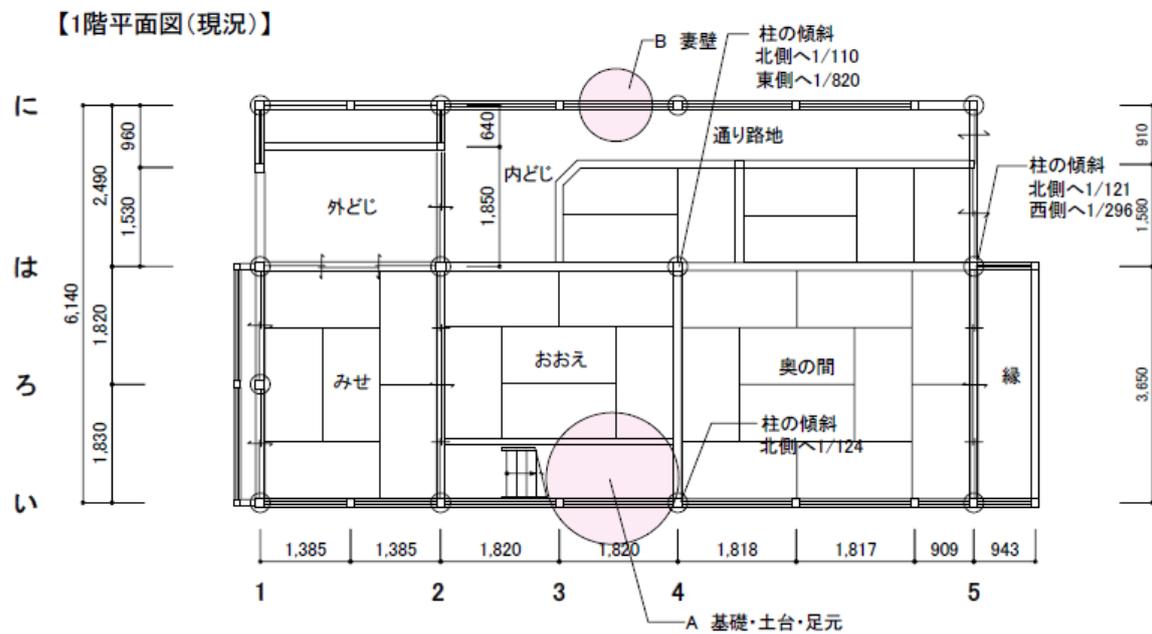
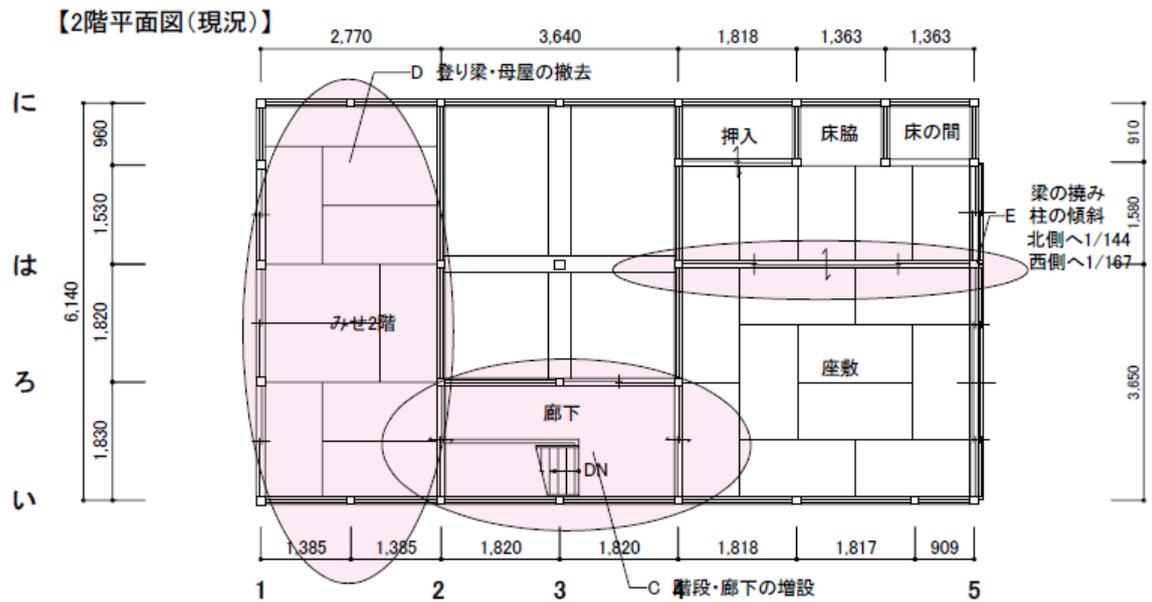


写真  
(外観)



(1階内観)



(2階内観・吹き抜け)



写真（改善のポイント）



A. 基礎・土台・足元



B. 妻側外壁



C. 階段室



E. 柱の傾斜



E. 床の間上部より見た天井裏

## 6. 近似応答計算チェックリスト【耐震診断】

伝統構法木造建築物の限界耐力計算チェックリスト(診断1)

項目		チェック内容					
概要	建物概要	一般事項	建築名称	宮地家			
			所有者	〇〇 〇〇			
			設計者(建築)	〇〇 〇〇			
			設計者(構造)	〇〇 〇〇			
			建築用途	住宅(高山市指定有形文化財)			
			所在地	高山市大新町2丁目44番地			
			建築年	明治8年	増改築等	有	
			建築規模	建築面積	70.8		
		延床面積		123.55			
		規模		2階建て			
		高さ		軒高 3.389m	最高高さ 5.504m		
		地盤・基礎		基礎形式	玉石の上に切石、延石(道路側)		
				地業形式			
			地盤種別	第1.5種地盤			
	設計用地耐力		kN/m <sup>2</sup>				
	地盤調査		■無 □有 (方法 )				
	構造概要		主要構造部	小屋組形式	和小屋		
		構造材料		柱 姫小松	梁 姫小松・松	壁 土壁厚60mm	
		接合部		柱:短ほぞ ,横架材:厘いほぞ車知栓打ち等			
		柱脚部		石場建て			
		柱部材の寸法		平面図参照			
		梁部材の寸法		伏図参照			
		床組形式		板張り			
			屋根	鉄板瓦葺き			
			外壁	土壁			
			内壁	土壁・一部板壁			
			床	畳敷、板張り			
荷重			積載荷重	壁		(架構用)	(地震用)
				屋根			
	2階床	1800		1300	600		
	積雪荷重	多雪区域の指定	多雪区域				
		最深積雪量	120cm(耐震診断用100cm)				
		単位積雪量	30N/m <sup>2</sup> cm				
	風圧力	建築基準法施行令第87条及び平12建告第1454号					
		$P=C_f \cdot q \cdot A \quad q=0.6E V_0^2$					

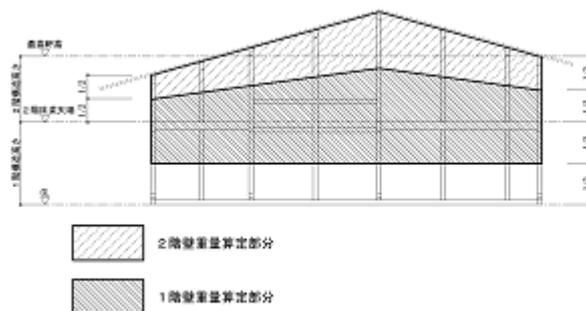
伝統構法木造建築物の限界耐力計算チェックリスト（２）

項目		チェック内容					
3. 復元力特性 (改修の場合は改修後を記入)	耐震要素	(要素)	(有/無)	(仕様)			
		柱の傾斜復元力	無				
		ほぞ貫	有	長ほぞ 小根ほぞ込栓打			
		筋かい	有	貫			
		合板パネル	無				
		土壁	有	厚 40 mm (裏返塗無) 厚 60 mm			
		小壁	有	厚 60 mm			
		制震装置	無				
		他( )					
		他( )					
		架構全体の耐力 (kN)	方向	変形角	1/90	1/60	1/30
	X (張り間) 方向		2階	87.16	90.43	81.14	72.07
			1階	50.93	55.46	57.97	55.72
	Y (けた行) 方向		2階	65.30	70.92	70.83	66.50
			1階	4.69	5.20	5.67	4.34
	1階のベータ係数		X (張り間) 方向	C <sub>B</sub>	0.367		
Y (けた行) 方向		C <sub>B</sub>	0.036				
4. 地震力	加速度応答スペクトル	施行令第82条の6	(加速度応答スペクトル)				
			(地域係数) Z = 1.00				
			(階数の調整) P = 0.58				
			(表層地盤による増幅率Gsの算出) <input type="checkbox"/> 精算 <input checked="" type="checkbox"/> 簡略				
観測地震動	(観測地震動の名称)						
	地表面最大入力加速度 (極めて稀に発生する地震動) m/sec <sup>2</sup>						
5. 設計クライテリア	要求性能 応答変形角の制限値 (rad)	X (張り間) 方向	(損傷限界) 1/90	(安全限界) 1/20			
		Y (けた行) 方向	(損傷限界) 1/90	(安全限界) 1/20			

6. 限界耐力計算	方向	項目	(稀に発生する地震)	(極めて稀に発生する地震)
	X (張り間) 方向		等価固有周期 (sec)	0.58
		等価粘性減衰定数 (%)	0.16	0.18
		加速度増幅率 Gs	1.500	1.690
		2階の応答変形角 (rad)	1/1292	1/595
		1階の応答変形角 (rad)	1/193	1/21
Y (けた行) 方向		等価固有周期 (sec)	1.89	4.15
		等価粘性減衰定数 (%)	0.12	0.19
		加速度増幅率 Gs	1.690	1.690
		2階の応答変形角 (rad)	1/2656	*****
		1階の応答変形角 (rad)	1/50	*****

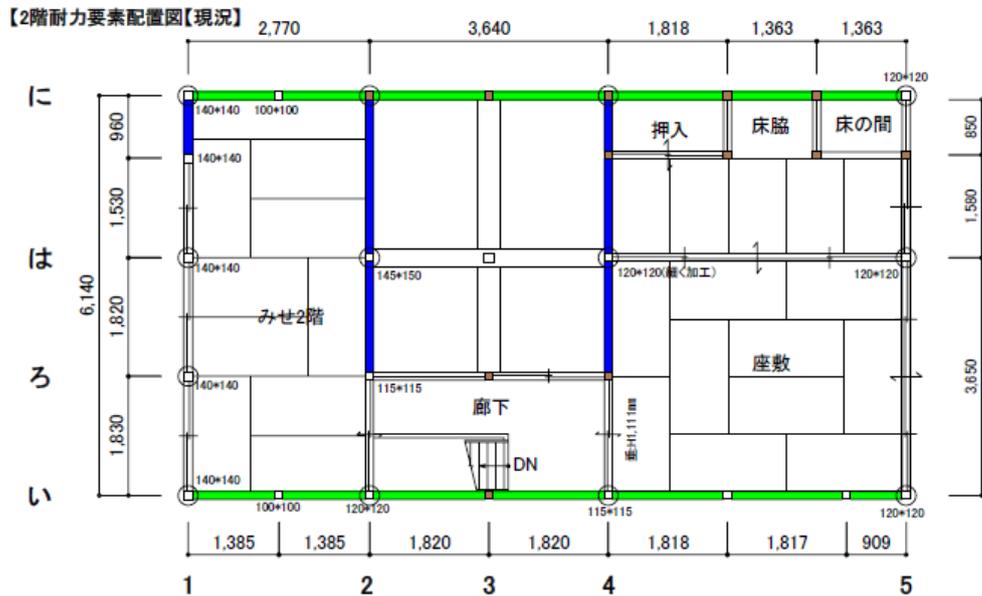
## 7. 設計荷重【耐震診断】

建築物の部位	種別	単位重量 (N/m <sup>2</sup> )	勾配係数	該当面積 (m <sup>2</sup> )	荷重 (N)	備考	
屋根	瓦葺 (ふき土なし) 4寸勾配	500	1.077	0.00	0.0	瓦葺含む	
	薄鉄板葺 (横葺) 厚0.35 3寸勾配	35	1.044	0.00	0.0		
	瓦棒葺 (芯木無) 厚0.35 2.5寸勾配	35	1.031	0.00	0.0		
	瓦棒葺 (芯木有) 厚0.35 2.5寸勾配	65	1.031	79.66	5338.4		
	くれ葺 (4段) 2.5寸勾配	265	1.031	0.00	0.0		
	アスファルト-フィング 940	10	1.031	79.66	821.3		
	野地板 厚15	85	1.031	79.66	6981.0	比重0.55	
	垂木 52x60@303	55	1.031	79.66	4517.1	比重0.55	
	母屋 120x120~120x240程度*	115	1.000	67.26	7734.6		
	小屋組*	100	1.000	67.26	6725.7	桁・小屋梁・束	
	2階天井 (さお縁)	100	1.000	51.57	5156.9	下地含む	
	2階天井 (板張り)	150	1.000	0.00	0.0	下地含む	
屋根合計		37.27 (kN)	2階壁合計	26.09 (kN)	合計	63.37 (kN)	
2階壁	土壁 厚60**	600		13.42	8052.0	下地を含み軸組を含まない	
	土壁 厚40**	400		31.99	12797.6	下地を含み軸組を含まない	
	板壁 厚12 (片面)	150		0.00	0.0	下地含む	
	軸組 (柱、間柱など)	100		52.43	5243.4		
	2階床合計		25.56 (kN)	1階壁合計	38.08 (kN)	合計	63.64 (kN)
	2階床	畳敷 厚45	245		46.89	11489.0	下地板含む
床板 厚12		70		4.68	327.3	比重0.55	
床板 厚30		165		0.00	0.0	比重0.55	
床梁 (床有り部) *		180		51.57	9282.4	比重0.55	
床梁 (吹き抜け部) *		130		15.69	2039.5	比重0.55	
1階天井 (さお縁)		100		0.00	0.0	下地含む	
1階天井 (板張り)		150		0.00	0.0	下地含む	
庇		215	1.031	10.93	2422.6	大屋根と同一仕様とみる	
1階壁	土壁 厚60**	600		11.39	6835.2	下地を含み軸組を含まない	
	土壁 厚40**	400		50.32	20126.4	下地を含み軸組を含まない	
	板壁 厚12 (片面)	100		4.32	432.2	下地を含まない	
	軸組 (柱、間柱など)	100		106.88	10687.8		

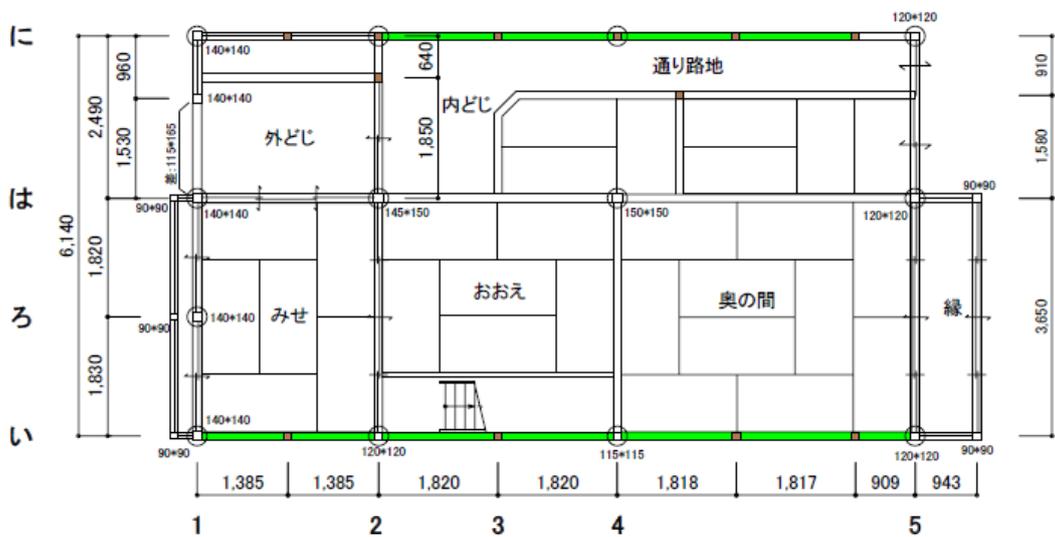


## 8. 耐力要素の選定と配置 (耐震要素配置図・伏図・軸組図) 【耐震診断】

(耐震要素配置図)



【1階耐力要素配置図(現況)】

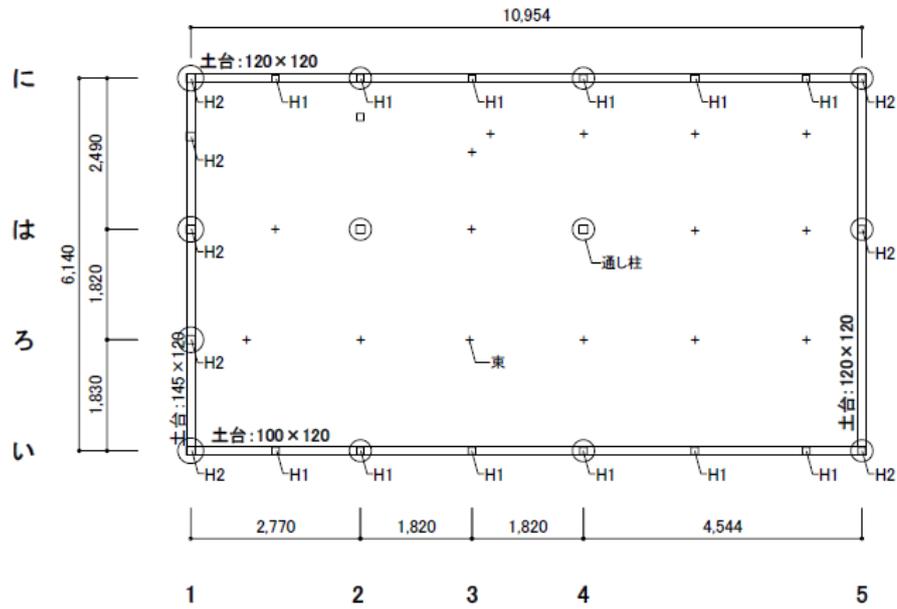


【凡例】\* 特記なき限り共通

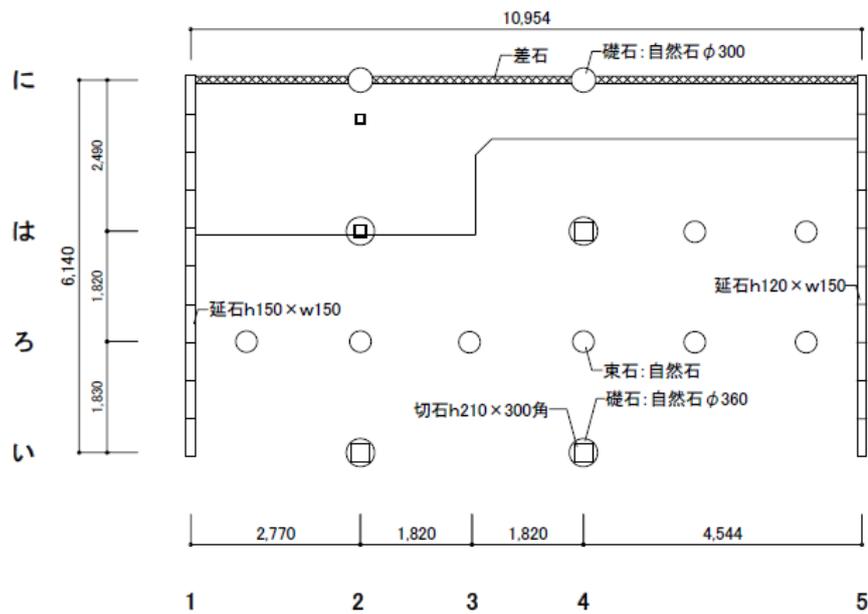
- : 柱(標準柱) 110mm角
- : 柱 寸法は特記による(寸法 mm : はり間×桁行)
- : 通し柱箇所
- (Blue) : 全壁 土壁60mm厚(現況)
- (Green) : 妻壁 土壁30mm厚(現況)
- (Blue) : 垂H○○○: 垂壁H○○○mm 土壁60mm厚(現況)
- (Green) : 腰H○○○: 腰壁H○○○mm 土壁60mm厚(現況)
- (Grey) : 差H○○○×W○○○: 差鴨居(現況)

(伏図)

【土台伏図(現況)】



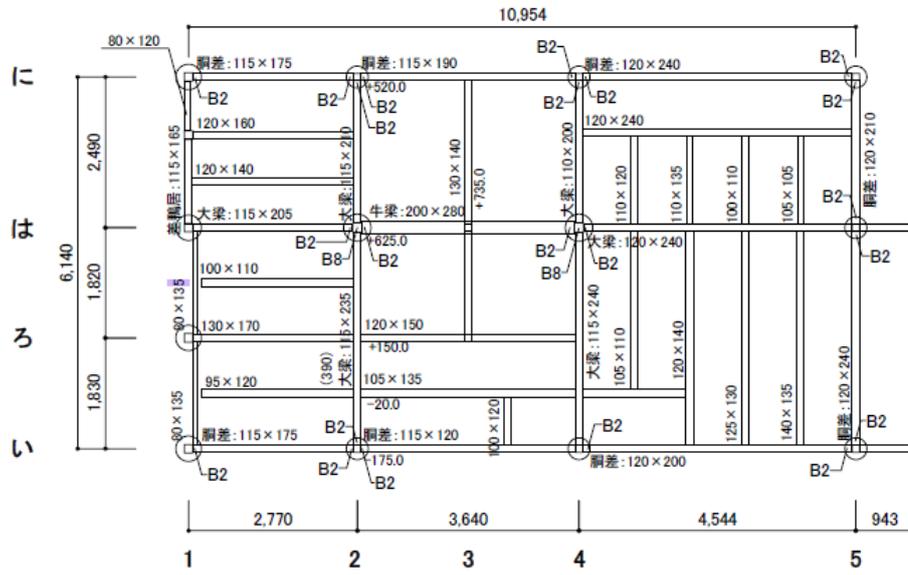
【基礎伏図(現況)】



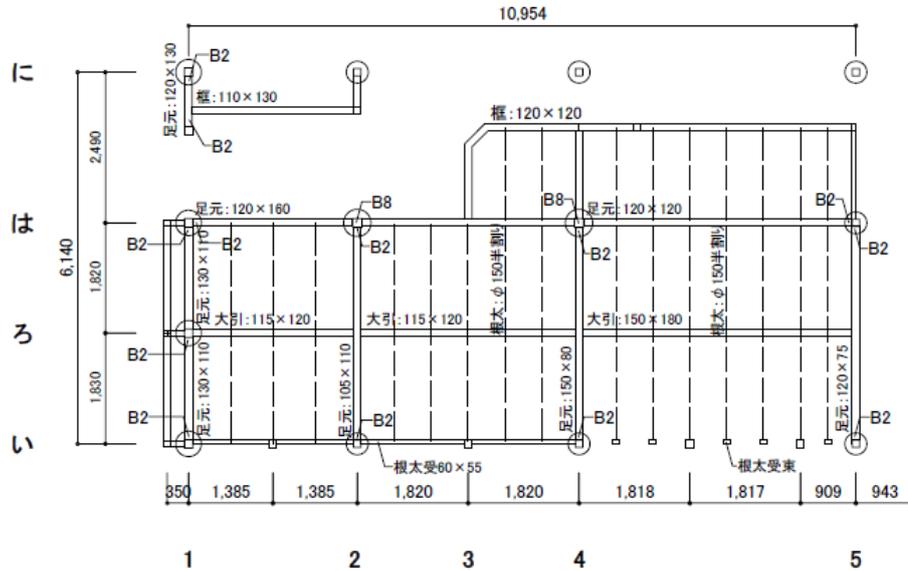
別表 (1) 仕口一覧表

箇所	仕口名	記号	
貫	通し	N1	
	突付け	N2	
	大入	N3	
柱脚-土台 柱脚-横架材 柱頭-横架材	短ほぞ	H1	
	長ほぞ	H2	
通し柱-横架材	一方差	小根ほぞ鼻栓打ち	B1
		小根ほぞ込み栓打ち	B2
		小根ほぞ割楔締め	B3
		雇いほぞ車知栓打ち	B4
	二方差	雇いほぞ車知栓打ち	B5
		雇いほぞ込み栓打ち	B6
		小胴付小根ほぞ車知栓止め	B7
		追入小根ほぞ車知栓止め	B8

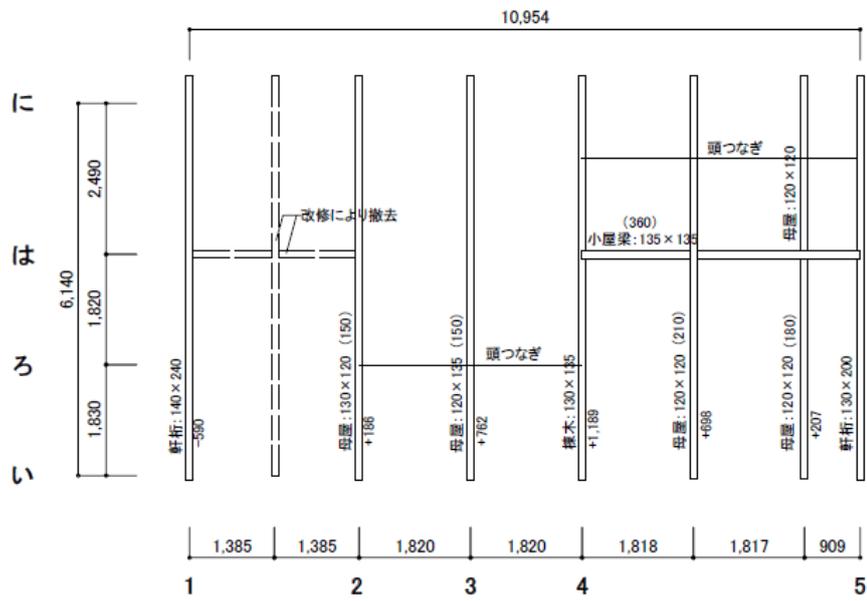
【2階構造床伏図(現況)】



【1階構造床伏図(現況)】

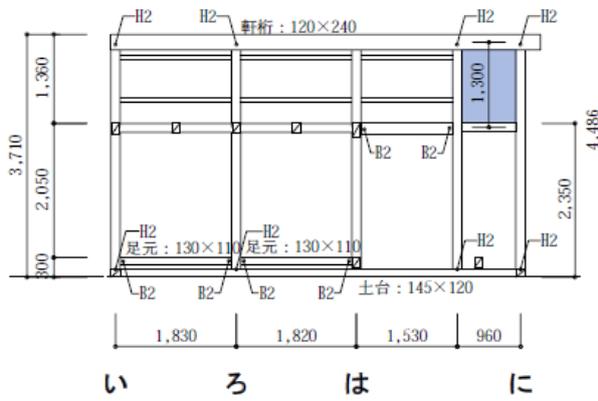


【構造小屋伏図(現況)】

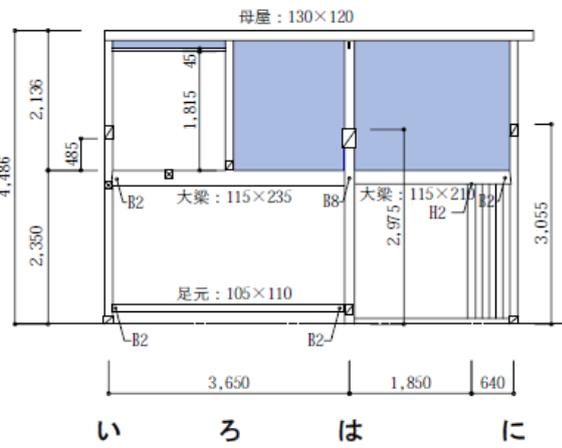


(軸組図)

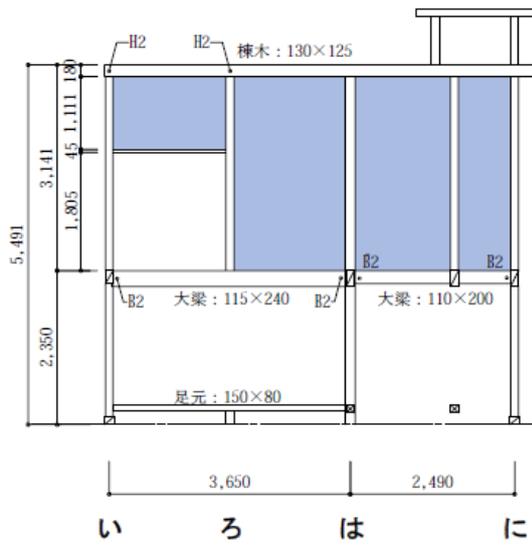
【軸組図 1通り (現況)】



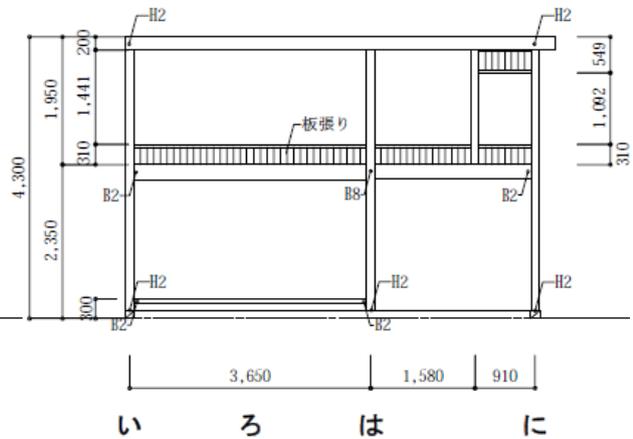
【軸組図 2通り (現況)】



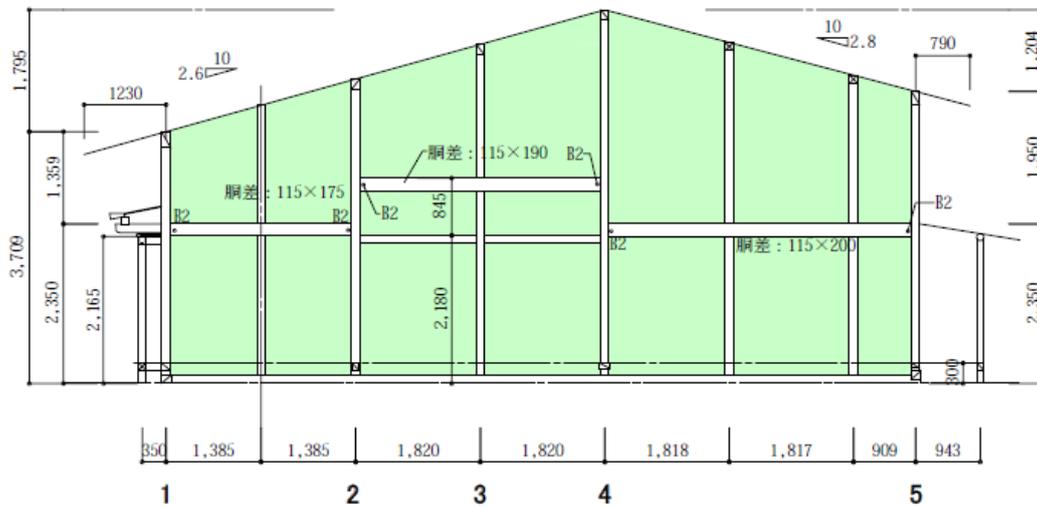
【軸組図 4通り (現況)】



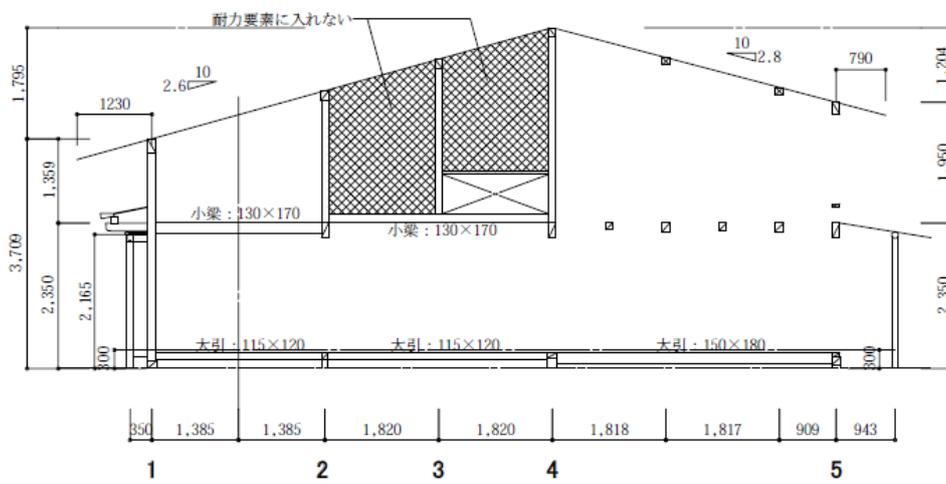
【軸組図 5通り (現況)】



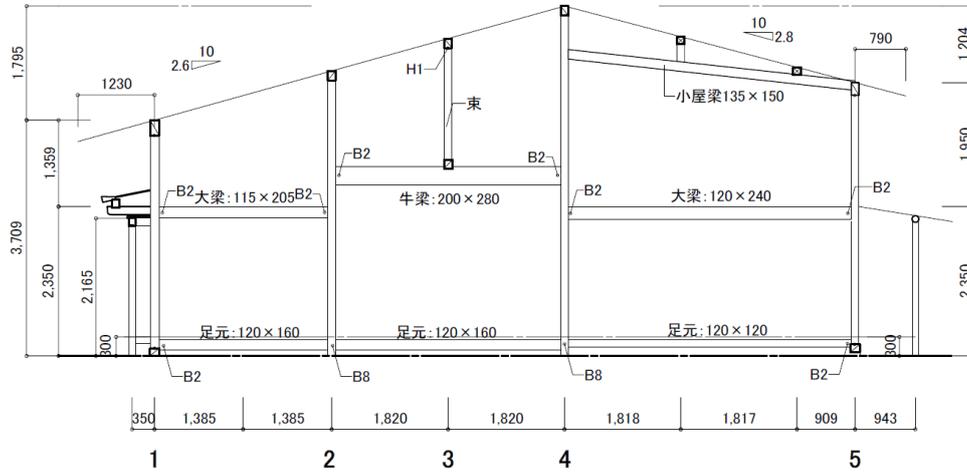
【軸組図 い通り (現況)】



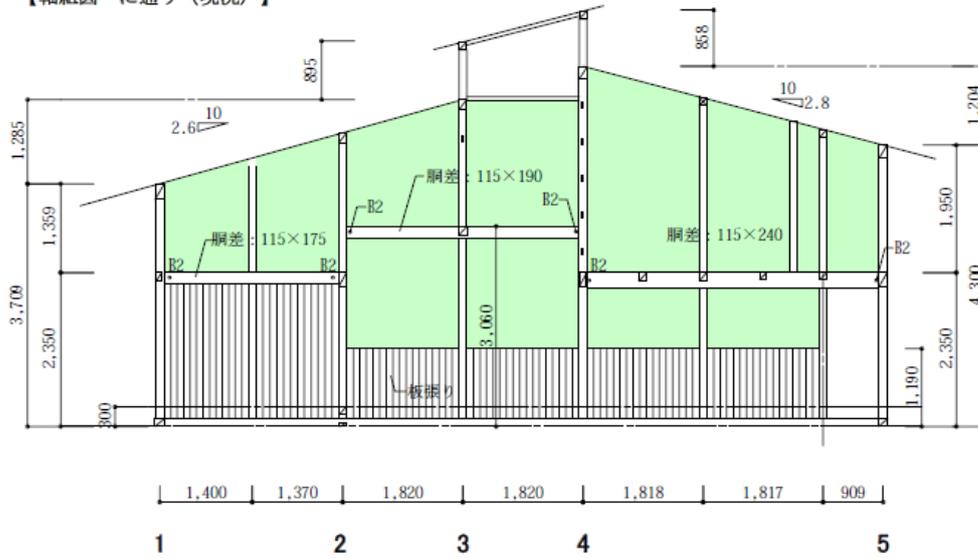
【軸組図 ろ通り (現況)】



【軸組図 は通り(現況)】



【軸組図 に通り (現況)】



## 9. 近似応答計算【耐震診断】

【張り間方向（積雪なし）】

建物諸元				
階		2F	1F	合計
重量	kN	63.37	94.58	157.95
質量	t	6.6	9.8	16.3
階高	m	1.665	2.360	4.025

復元力		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10	
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	27.19	48.84	77.71	87.16	90.43	87.13	81.14	72.07	60.08	37.23
$Q_1$	kN	0	15.31	27.57	44.63	50.93	55.46	56.55	57.97	55.72	47.42	23.33
$K_{c2}$	kN/m		7,838	7,040	5,600	4,711	3,259	2,355	1,462	866	541	224
$\Delta Q_2/\Delta R$				10,395	6,927	3,402	589	-594	-539	-544	-719	-686
$K_{e1}$	kN/m		3,127	2,815	2,279	1,951	1,416	1,083	740	474	303	99
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		181.2	163.1	131.9	112.7	81.5	62.1	42.1	26.7	17.0	5.7
$u_2/u_1$			1.176	1.176	1.180	1.183	1.193	1.205	1.229	1.250	1.255	1.198

1質点系への縮約

		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_1$	m		0.005	0.010	0.020	0.026	0.039	0.052	0.078	0.118	0.157	0.235

繰り返し計算開始 初期値は  $\delta_2 - \delta_1 = \delta_1(u_2/u_1 - 1)$

$\delta_2 - \delta_1$ 初期値	m		0.001	0.002	0.004	0.005	0.008	0.011	0.018	0.029	0.040	0.046
$\delta_2 - \delta_1$	m		0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001
$\delta_2$	m		0.006	0.011	0.022	0.029	0.042	0.055	0.081	0.120	0.159	0.236
$(\delta_2 - \delta_1)/H_2$			0.0005	0.0009	0.0015	0.0017	0.0018	0.0018	0.0018	0.0017	0.0015	0.0007
$K_{c2}^*$	kN/m		7,838	7,838	7,838	7,838	7,838	7,838	7,838	7,838	7,838	7,838
$K_{e1}^*$	kN/m		3,127	2,815	2,279	1,951	1,416	1,083	740	474	303	99
$\omega^{*2}$	1/s <sup>2</sup>		181.2	164.3	134.6	116.1	85.3	65.7	45.2	29.1	18.7	6.1
$u_2/u_1^*$			1.176	1.157	1.125	1.106	1.076	1.057	1.039	1.025	1.016	1.005
$\delta_2 - \delta_1^*$	m		0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001

繰り返し計算終了

階別の減衰計算

1階h			0.050	0.066	0.093	0.110	0.137	0.154	0.171	0.185	0.194	0.204
2階h			0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
重みづけh			0.050	0.065	0.091	0.107	0.134	0.152	0.170	0.184	0.193	0.204
$M_u$	t		16.0	16.0	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
$\Delta$	m		0.005	0.010	0.021	0.027	0.040	0.053	0.080	0.119	0.158	0.235
$M_u/\Sigma m$			0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$Q$	kN	0	15.3	27.6	44.6	50.9	55.5	56.5	58.0	55.7	47.4	23.3
$K_e$	kN/m		2,902	2,635	2,163	1,867	1,373	1,058	728	470	301	99
$T_e$	sec		0.47	0.49	0.54	0.58	0.68	0.78	0.93	1.16	1.45	2.53
$F_h$			1.00	0.91	0.79	0.72	0.64	0.60	0.56	0.53	0.51	0.49
$H_e$	m		3.08	3.08	3.07	3.06	3.05	3.04	3.03	3.03	3.02	3.02
$R$	rad	0	0.002	0.003	0.007	0.009	0.013	0.018	0.026	0.039	0.052	0.078
$l/R$			585	294	149	112	75	57	38	26	19	13
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

補

			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.60	1.60	1.60	1.60	1.50	1.32	1.10	0.88	0.70	0.40
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.500	1.500	1.595	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		2.04	1.86	1.60	1.48	1.31	1.13	0.88	0.67	0.52	0.29
$S_D$	m		0.011	0.011	0.012	0.013	0.015	0.017	0.019	0.023	0.028	0.047
$Q_n$	kN		32.7	29.8	25.7	23.7	21.0	18.2	14.1	10.8	8.3	4.6
$X_R$	rad		0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.006	0.006	0.008	0.009	0.015
$l/X_R$			274	272	258	241	199	177	157	132	109	65
$u_h$	m		1.08	1.07	1.05	1.05	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.012	0.012	0.013	0.013	0.016	0.018	0.020	0.023	0.028	0.047
$\delta_{R1}$	m		0.010	0.011	0.011	0.012	0.015	0.017	0.019	0.023	0.028	0.047
$X_{R2}$	rad		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
$l/X_{R2}$			907	1,004	1,180	1,292	1,483	1,728	2,254	2,977	3,860	7,020
$X_{R1}$	rad		0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.007	0.008	0.010	0.012	0.020
$l/X_{R1}$			225	222	208	193	158	140	123	103	85	51

極稀

			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		8.00	8.00	8.00	8.00	7.52	6.60	5.48	4.40	3.52	2.02
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.500	1.500	1.595	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		10.20	9.28	8.01	7.38	6.53	5.65	4.38	3.34	2.59	1.43
$S_D$	m		0.056	0.056	0.060	0.064	0.077	0.086	0.097	0.115	0.139	0.233
$Q_n$	kN		163.3	148.8	128.7	118.7	105.1	91.1	70.6	53.8	41.7	23.1
$X_R$	rad		0.018	0.018	0.019	0.021	0.025	0.028	0.032	0.038	0.046	0.077
$l/X_R$			55	54	52	48	40	35	31	26	22	13
$u_h$	m		1.08	1.07	1.05	1.05	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00
$\delta_{R2}$	m		0.061	0.061	0.064	0.067	0.080	0.089	0.099	0.116	0.140	0.234
$\delta_{R1}$	m		0.052	0.053	0.056	0.061	0.074	0.084	0.095	0.114	0.138	0.233
$X_{R2}$	rad		0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001
$l/X_{R2}$			181	201	236	258	297	346	451	595	772	1,404
$X_{R1}$	rad		0.022	0.022	0.024	0.026	0.032	0.036	0.041	0.048	0.059	0.099
$l/X_{R1}$			45	44	42	39	32	28	25	21	17	10

【けた行方向（積雪なし）】

建物諸元				
階		2F	1F	合計
重量	kN	63.37	94.58	157.95
質量	t	6.6	9.8	16.3
階高	m	1.665	2.360	4.025

復元力		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10	
R	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
Q <sub>2</sub>	kN	0	18.85	34.98	56.36	65.30	70.92	71.76	70.83	66.50	59.53	43.55
Q <sub>1</sub>	kN	0	1.65	2.83	4.06	4.69	5.20	5.70	5.67	4.34	2.28	-2.99
K <sub>e2</sub>	kN/m		5,434	5,043	4,062	3,530	2,556	1,939	1,276	799	536	262
ΔQ <sub>2</sub> /ΔR				7,745	5,129	3,221	1,011	151	-83	-259	-419	-479
K <sub>e1</sub>	kN/m		337	289	208	180	133	109	72	37	15	-13
ω <sup>2</sup>	1/s <sup>2</sup>		20.7	17.8	12.8	11.1	8.2	6.7	4.4	2.3	0.9	-0.8
u <sub>2</sub> /u <sub>1</sub>			1.025	1.023	1.021	1.021	1.021	1.023	1.023	1.019	1.011	0.981

1質点系への縮約

		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
δ <sub>1</sub>	m		0.005	0.010	0.020	0.026	0.039	0.052	0.078	0.118	0.157	0.235
繰り直し計算開始 初期値は δ <sub>2</sub> -δ <sub>1</sub> =δ <sub>1</sub> (u <sub>2</sub> /u <sub>1</sub> -1)												
δ <sub>2</sub> -δ <sub>1</sub> 初期値	m		0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	-0.005
δ <sub>2</sub> -δ <sub>1</sub>	m		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000
δ <sub>2</sub>	m		0.005	0.010	0.020	0.026	0.040	0.053	0.079	0.118	0.157	0.235
(δ <sub>2</sub> -δ <sub>1</sub> )/H <sub>2</sub>			0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0001	-0.0001
K <sub>e2</sub> *	kN/m		5,434	5,434	5,434	5,434	5,434	5,434	5,434	5,434	5,434	5,434
K <sub>e1</sub> *	kN/m		337	289	208	180	133	109	72	37	15	-13
ω <sup>2*</sup>	1/s <sup>2</sup>		20.7	17.8	12.8	11.1	8.2	6.8	4.5	2.3	0.9	-0.8
u <sub>2</sub> /u <sub>1</sub> *			1.025	1.022	1.015	1.013	1.010	1.008	1.005	1.003	1.001	0.999
δ <sub>2</sub> -δ <sub>1</sub> *	m		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000

繰り直し計算終了

階別の減衰計算

1階h			0.050	0.072	0.111	0.124	0.146	0.158	0.175	0.192	0.202	0.215
2階h			0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
重みづけh			0.050	0.072	0.111	0.124	0.146	0.157	0.175	0.192	0.202	0.215
M <sub>w</sub>	t		16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
Δ	m		0.005	0.010	0.020	0.026	0.039	0.052	0.079	0.118	0.157	0.235
M <sub>w</sub> /Σm			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q	kN	0	1.6	2.8	4.1	4.7	5.2	5.7	5.7	4.3	2.3	-3.0
K <sub>e</sub>	kN/m		333	287	206	179	132	109	72	37	15	-13
T <sub>e</sub>	sec		1.38	1.49	1.76	1.89	2.19	2.42	2.97	4.15	6.62	#NUM!
F <sub>h</sub>			1.00	0.87	0.71	0.67	0.61	0.58	0.55	0.51	0.50	0.48
H <sub>e</sub>	m		3.03	3.03	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02
R	rad	0	0.002	0.003	0.007	0.009	0.013	0.017	0.026	0.039	0.052	0.078
1/R			612	306	153	115	77	58	38	26	19	13
p			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
q			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

稀

S <sub>0</sub>	m/s <sup>2</sup>		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
1.5種地震G <sub>s</sub>			0.74	0.69	0.58	0.54	0.47	0.42	0.34	0.25	0.15	#NUM!
S <sub>A</sub>	m/s <sup>2</sup>		1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	#NUM!
S <sub>D</sub>	m		1.06	0.86	0.60	0.52	0.41	0.35	0.27	0.18	0.11	#NUM!
Q <sub>n</sub>	kN		0.051	0.048	0.047	0.047	0.050	0.053	0.060	0.080	0.122	#NUM!
X <sub>R</sub>	rad		17.2	13.9	9.6	8.4	6.6	5.7	4.4	2.9	1.8	#NUM!
1/X <sub>R</sub>			0.017	0.016	0.015	0.016	0.016	0.017	0.020	0.026	0.041	#NUM!
u <sub>h</sub>			59	63	65	64	61	57	50	38	25	#NUM!
δ <sub>R2</sub>	m		1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
δ <sub>R1</sub>	m		0.052	0.049	0.047	0.047	0.050	0.053	0.061	0.080	0.122	#NUM!
X <sub>R2</sub>	rad		0.051	0.048	0.046	0.047	0.050	0.052	0.060	0.080	0.122	#NUM!
1/X <sub>R2</sub>			0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	#NUM!
X <sub>R1</sub>	rad		1.295	1.605	2.324	2.656	3.403	3.924	5.153	7.668	12.671	#NUM!
1/X <sub>R1</sub>			0.022	0.020	0.020	0.020	0.021	0.022	0.026	0.034	0.052	#NUM!
1/X <sub>R1</sub>			46	49	51	50	47	45	39	30	19	#NUM!

極稀

S <sub>0</sub>	m/s <sup>2</sup>		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
1.5種地震G <sub>s</sub>			3.70	3.44	2.92	2.71	2.33	2.12	1.72	1.23	0.77	#NUM!
S <sub>A</sub>	m/s <sup>2</sup>		1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	#NUM!
S <sub>D</sub>	m		5.32	4.30	2.98	2.61	2.04	1.77	1.35	0.91	0.55	#NUM!
Q <sub>n</sub>	kN		0.257	0.242	0.233	0.236	0.249	0.263	0.302	0.398	0.612	#NUM!
X <sub>R</sub>	rad		85.8	69.4	48.1	42.1	32.9	28.6	21.8	14.7	8.9	#NUM!
1/X <sub>R</sub>			0.085	0.080	0.077	0.078	0.082	0.087	0.100	0.132	0.203	#NUM!
u <sub>h</sub>			12	13	13	13	12	11	10	8	5	#NUM!
δ <sub>R2</sub>	m		1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
δ <sub>R1</sub>	m		0.261	0.245	0.235	0.237	0.251	0.264	0.303	0.399	0.612	#NUM!
X <sub>R2</sub>	rad		0.255	0.240	0.232	0.234	0.248	0.262	0.301	0.398	0.612	#NUM!
1/X <sub>R2</sub>			0.004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	#NUM!
X <sub>R1</sub>	rad		259	321	465	531	681	785	1,031	1,534	2,534	#NUM!
1/X <sub>R1</sub>			0.108	0.102	0.099	0.100	0.106	0.111	0.128	0.169	0.260	#NUM!
1/X <sub>R1</sub>			9	10	10	10	9	9	8	6	4	#NUM!

## 10. 耐震性能評価【耐震診断】

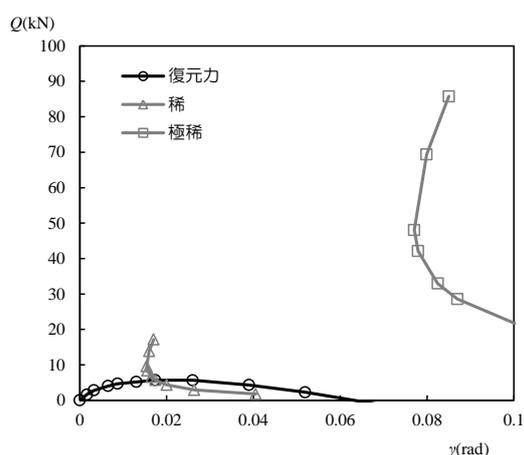
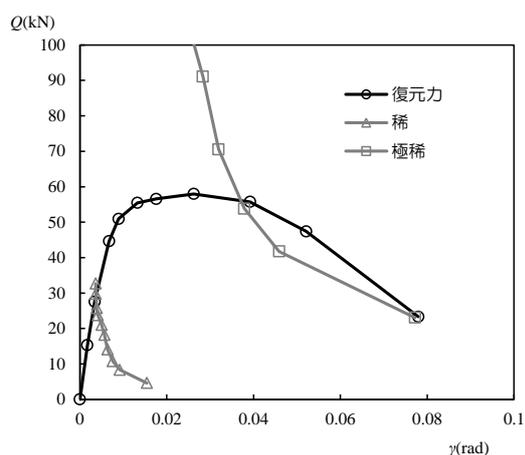
(耐力要素が非常に少ないので、積雪なしの場合で診断)

### 限界変形角の設定 設計クライテリア

- ・稀に発生する地震に対する最大応答変形角は 1 / 90 rad 以下とする。
- ・極めて稀に発生する地震に対する最大応答変形角は 1 / 20 rad 以下とする。

X 方向 (張り間方向)

Y 方向 (けた行き方向)



応答結果		X 方向 (張り間方向)			Y 方向 (けた行方向)		
		損傷限界	安全限界	判定	損傷限界	安全限界	判定
1 自由 度系	応答値 (mm)						
	変形角(rad)	1/272	1/26		1/57	応答値無し	
2 階変形角 (rad)		1/1004	1/595	O.K.	1/3924	応答値無し	N.G.
1 階変形角 (rad)		1/222	1/21	O.K.	1/45	応答値無し	N.G.

### 最大ベースシア係数

X 方向  $C_{BX} = 0.367$

Y 方向  $C_{BY} = 0.036$

### 耐震性能評価

全体的に耐力要素が不足している為、積雪なしの場合の検討結果を示す。

はり間方向は設計のクライテリアを満足しているが、1・2階のバランスがあまり良くない。けた行き方向は稀地震・極めて稀地震に対して設計のクライテリアを満足せず倒壊の恐れが高い。積雪を考慮した場合、けた行き方向の補強に重点を置くとともに、1・2階のバランスを良くするための補強計画をたてる必要がある。

## 1 1. 耐震補強の方針

### 耐震補強計画

けた行方向、張り間方向ともに耐震補強として乾式土壁パネル及び板壁を増設する。また、梁桁スパンが大きく鉛直荷重支持が厳しいと思われる個所へ柱を増設する。補強箇所を図 8-11 に示す。

### 耐震改修方法（耐震補強図面参照）

#### 1. 建物全体

- ・ 建物の傾きを直す。

#### 2. 基礎

- ・ 礎石、延石などをコンクリートにより固定する。

#### 3. 土台・足元など

- ・ 腐食・蟻害の被害のある部分は取替える。
- ・ 足元を取替える
- ・ 大引・根太を取替える。

#### 4. 重量の軽減化

- ・ 階段室の壁を乾式壁に変える。

#### 5. 躯体の補強

- ・ 梁のたわみには柱を増設する。
- ・ みせ2階の垂木の補強を行う。
- ・ 階段室の上部に梁を増設し、切断された梁の補強を行なう。
- ・ 2階座敷の小屋部分の補強の為、小屋梁の増設、母屋の補強などを行なう。

#### 6. 耐力要素の増設

- ・ 生活に支障がでない場所に、柱・壁を増設する。

## 12. 近似応答計算チェックリスト【耐震補強用】

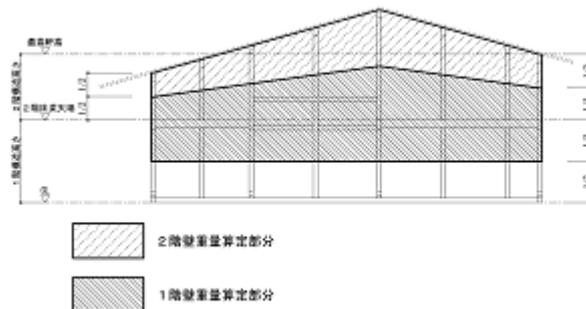
項目		チェック内容					
3. 復元力特性 (改修の場合は改修後を記入)	耐震要素	(要素)	(有/無)	(仕様)			
		柱の傾斜復元力	無				
		ほぞ貫	有	長ほぞ 小根ほぞ込栓打			
		筋かい	無				
		合板パネル	無				
		土壁	有	厚 40 mm (裏返塗無) 厚 60 mm			
		小壁	有	厚 60 mm			
		制震装置	無				
		乾式土壁パネル	有	受け材仕様 片面張り			
		板壁	有	板厚 30 mm 両面張り			
	架構全体の耐力 (kN)	方向	変形角	1/90	1/60	1/30	1/20
		X (張り間) 方向	2階	101.12	109.63	108.82	99.63
			1階	68.92	78.52	92.31	99.64
		Y (けた行) 方向	2階	70.69	77.53	79.97	75.00
1階	44.71		54.98	82.77	93.00		
1階のベースシア係数	X (張り間) 方向	$C_B$	0.402				
	Y (けた行) 方向	$C_B$	0.402				
4. 地震力	加速度応答スペクトル	施行令第82条の6	(加速度応答スペクトル)				
			(地域係数) $Z = 1.00$				
			(階数の調整) $P = 0.85$				
		(表層地盤による増幅率 $G_s$ の算出) <input type="checkbox"/> 精算 <input checked="" type="checkbox"/> 簡略					
観測地震動	(観測地震動の名称)						
	地表面最大入力加速度 (極めて稀に発生する地震動) $m/sec^2$						
5. 設計クライテリア	要求性能 応答変形角の制限値 (rad)	X (張り間) 方向	(損傷限界) 1/90 (安全限界) 1/15[積雪時]				
		Y (けた行) 方向	(損傷限界) 1/90 (安全限界) 1/15[積雪時]				
6. 限界耐力計算	方向	項目	(稀に発生する地震)		(極めて稀に発生する地震)		
	X (張り間)	等価固有周期 (sec)	0.65		1.10		

	方向	等価粘性減衰定数 (%)	0.11	0.33
		加速度増幅率 Gs	1.531	1.690
		2階の応答変形角 (rad)	1/542	1/202
		1階の応答変形角 (rad)	1/168	1/22
	Y (けた行) 方向	等価固有周期 (sec)	0.80	1.16
		等価粘性減衰定数 (%)	0.13	0.17
		加速度増幅率 Gs	1.690	1.690
		2階の応答変形角 (rad)	1/509	1/139
		1階の応答変形角 (rad)	1/134	1/21

### 1.3. 設計荷重【耐震補強】

建築物の部位	種別	単位重量 (N/m <sup>2</sup> )	勾配係数	該当面積 (m <sup>2</sup> )	荷重 (N)	備考
屋根	瓦葺 (ふき土なし) 4寸勾配	500	1.077	0.00	0.0	瓦棧含む
	薄鉄板葺 (横葺) 厚0.35 3寸勾配	35	1.044	0.00	0.0	
	瓦棒葺 (芯木無) 厚0.35 2.5寸勾配	35	1.031	0.00	0.0	
	瓦棒葺 (芯木有) 厚0.35 2.5寸勾配	65	1.031	79.66	5338.4	
	くれ葺 (4段) 2.5寸勾配	265	1.031	0.00	0.0	
	アスファルト-フィング <sup>®</sup> 940	10	1.031	79.66	821.3	
	野地板 厚15	85	1.031	79.66	6981.0	比重0.55
	垂木 52x60@303	55	1.031	79.66	4517.1	比重0.55
	母屋 120x120~120x240程度*	115	1.000	67.26	7734.6	
	小屋組*	100	1.000	67.26	6725.7	桁・小屋梁・束
	2階天井 (さお縁)	100	1.000	51.57	5156.9	下地含む
	2階天井 (板張り)	150	1.000	0.00	0.0	下地含む
2階壁	土壁 厚60**	600		13.42	8052.0	下地を含み軸組を含まない
	土壁 厚40**	400		26.06	10425.6	下地を含み軸組を含まない
	板壁 厚12 (片面)	150		0.00	0.0	下地含む
	軸組 (柱・間柱など)	100		52.43	5243.4	
	【補強】乾式土壁	200		1.09	218.4	片面貼り・受け材を含む
	【張替】乾式壁	425		5.93	2520.3	下地貫・下地45mm縦+両面ラス <sup>®</sup> -ト <sup>®</sup> 漆喰塗
	屋根合計	37.27 (kN)	2階壁合計	26.46 (kN)	合計	63.73 (kN)

2階床	畳敷 厚45	245		46.89	11489.0	下地板含む
	床板 厚12	70		4.68	327.3	比重0.55
	床板 厚30	165		0.00	0.0	比重0.55
	床梁 (床有り部) *	180		51.57	9282.4	比重0.55
	床梁 (吹き抜け部) *	130		15.69	2039.5	比重0.55
	1階天井 (さお縁)	100		0.00	0.0	下地含む
	1階天井 (板張り)	150		0.00	0.0	下地含む
	庇	215	1.031	10.93	2422.6	大屋根と同一仕様とみる
1階壁	土壁 厚60**	600		11.39	6835.2	下地を含み軸組を含まない
	土壁 厚40**	400		47.35	18938.4	下地を含み軸組を含まない
	板壁 厚12 (片面)	100		4.32	432.2	下地を含まない
	軸組 (柱・間柱など)	100		106.88	10687.8	
	【補強】乾式土壁	200		9.30	1859.5	片面貼り・受け材を含む
	【補強】板壁 厚30 (両面)	400		6.52	2608.2	下地含む
【張替】乾式壁	425		2.97	2520.3	下地貫・下地45mm縦+両面ラス <sup>®</sup> -ト <sup>®</sup> 漆喰塗	
2階床合計	25.56 (kN)	1階壁合計	43.88 (kN)	合計	69.44 (kN)	

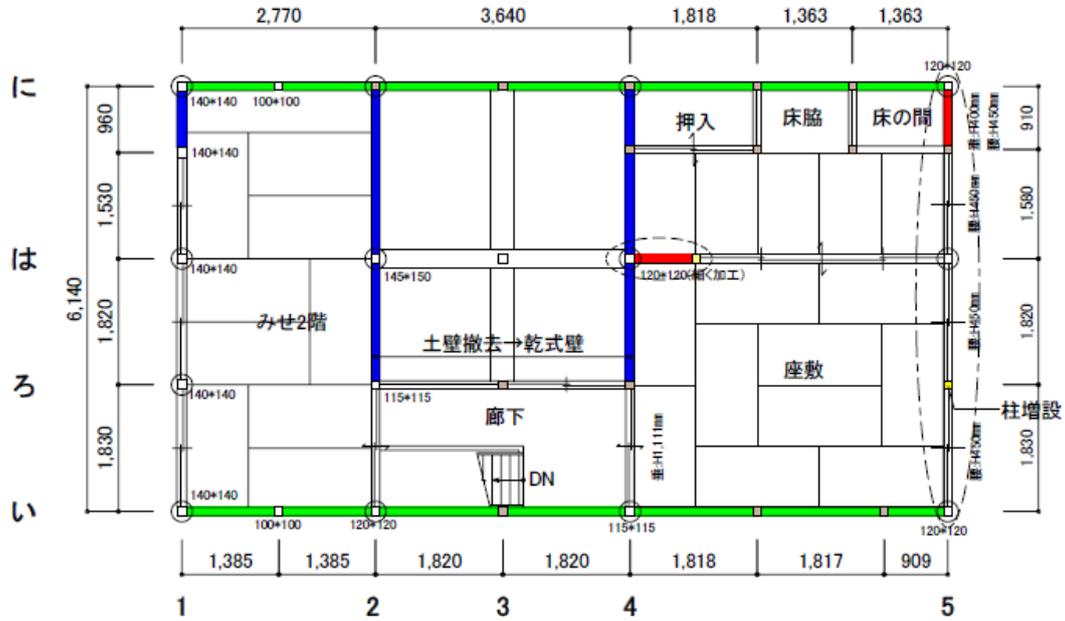


#### 1 4. 耐震補強材の選定と配置（耐震要素配置図・伏図・軸組図）【耐震補強】

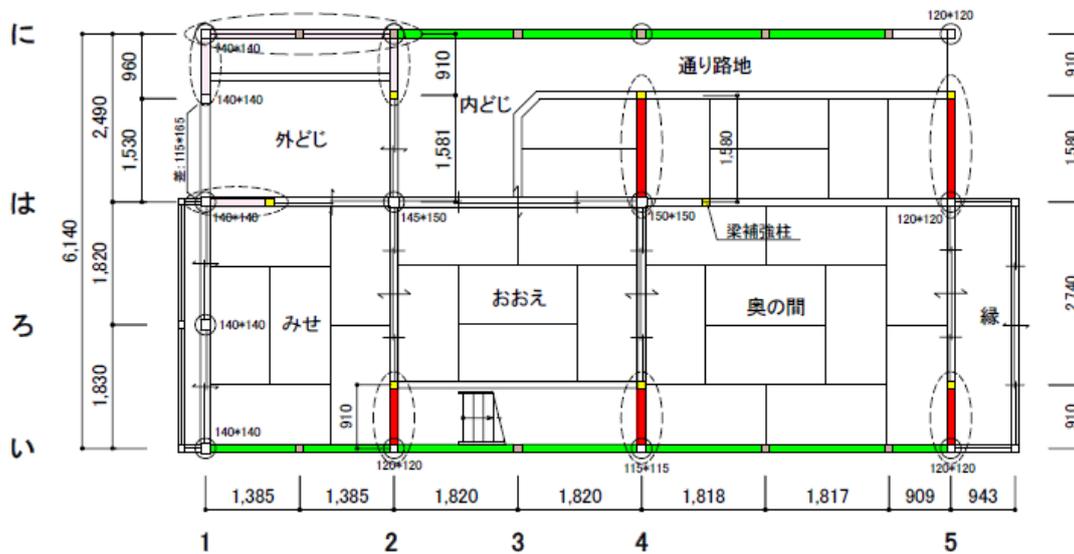
（耐震要素配置図）

2階耐力要素配置図（補強後）

【2階耐力要素配置図（補強後）】



【1階耐力要素配置図（補強後）】

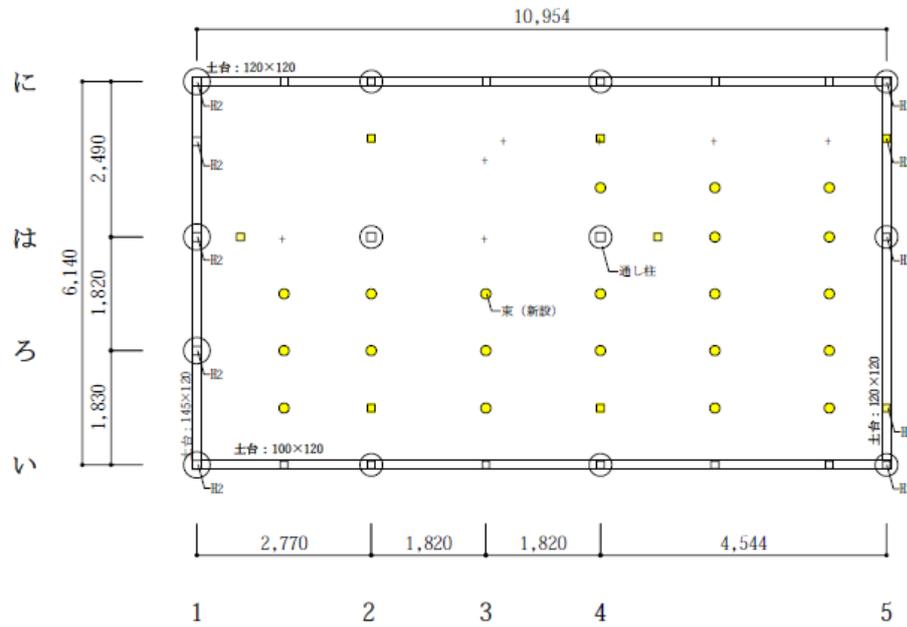


- : 補強柱 120mm角
- : 全壁 荒壁パネル(補強)
- : 板壁(補強)

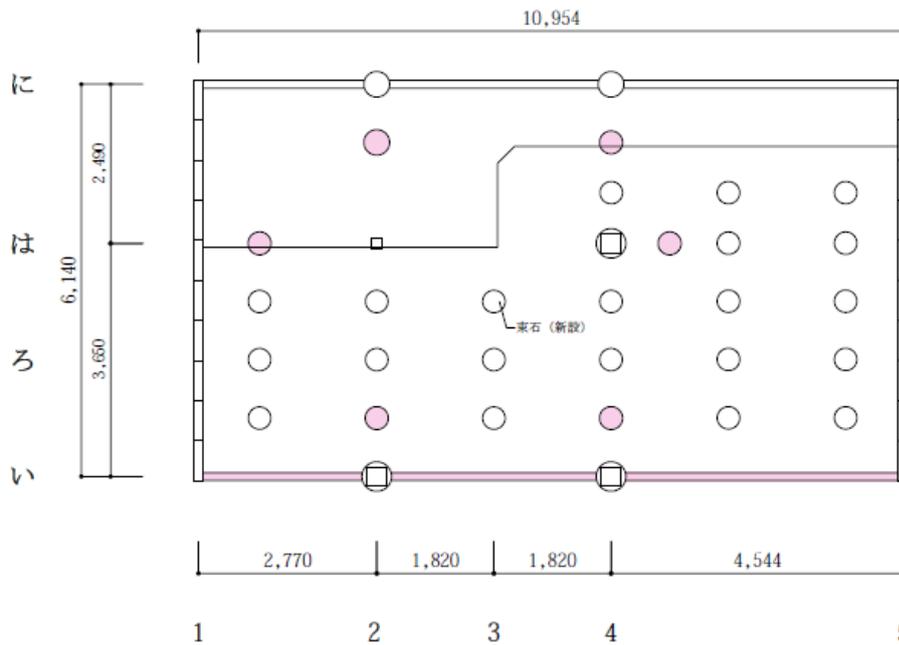
図8-11 耐震補強箇所

(伏図)

【土台伏図 (補強案)】



【基礎伏図 (補強案)】

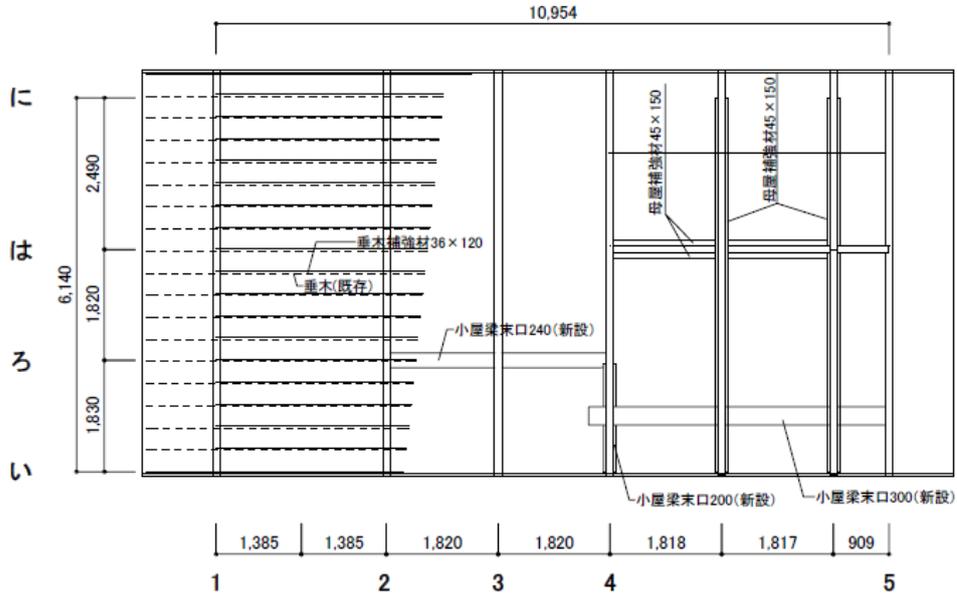


- 礎石 (増設)
- 差石 (増設)
- 束 (新設)
- 足元・大引・根太 (新設)
- 柱 (増設)

別表(1) 仕口一覧表			
箇所	仕口名	記号	
貫	通し	N1	
	突付け	N2	
	大入	N3	
柱脚-土台 柱脚-横架材 柱頭-横架材	短ほぞ	H1	
	長ほぞ	H2	
通し柱-横架材	一方差	小根ほぞ鼻栓打ち	B1
		小根ほぞ込み栓打ち	B2
		小根ほぞ割模締め	B3
		雇いほぞ車知栓打ち	B4
	二方差	雇いほぞ車知栓打ち	B5
		雇いほぞ込み栓打ち	B6
		小胴付小根ほぞ車知栓止め	B7
		進入小根ほぞ車知栓止め	B8

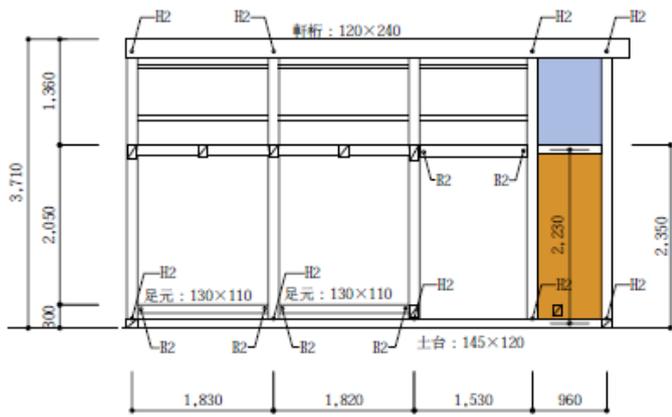


【構造小屋伏図(補強案)】



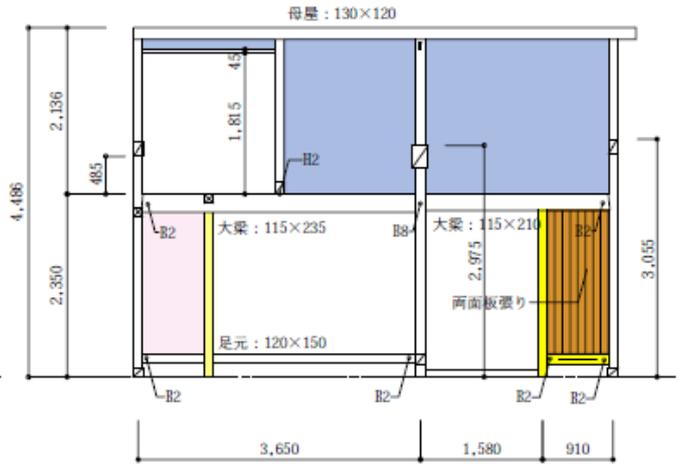
(軸組図)

【軸組図 1通り (補強後)】



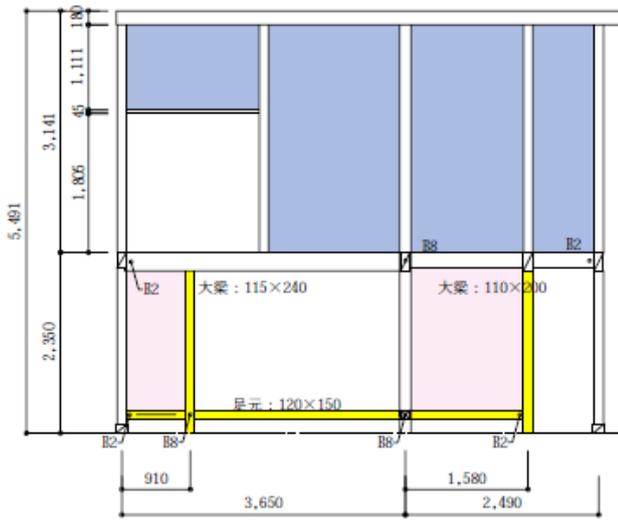
い ろ は に

【軸組図 2通り (補強後)】



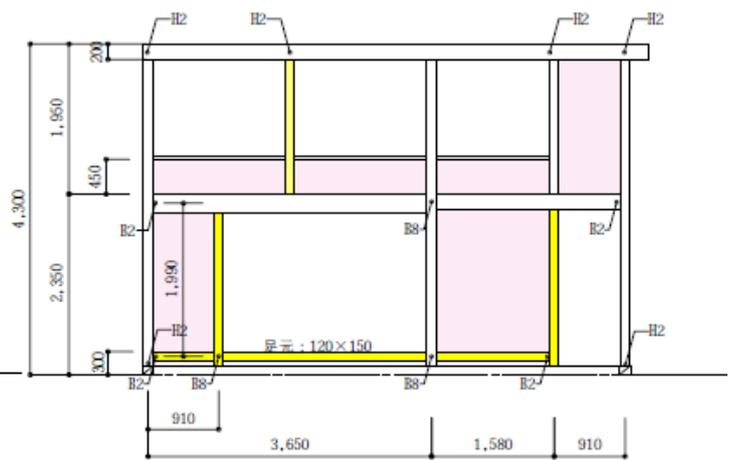
い ろ は に

【軸組図 4通り (補強後)】



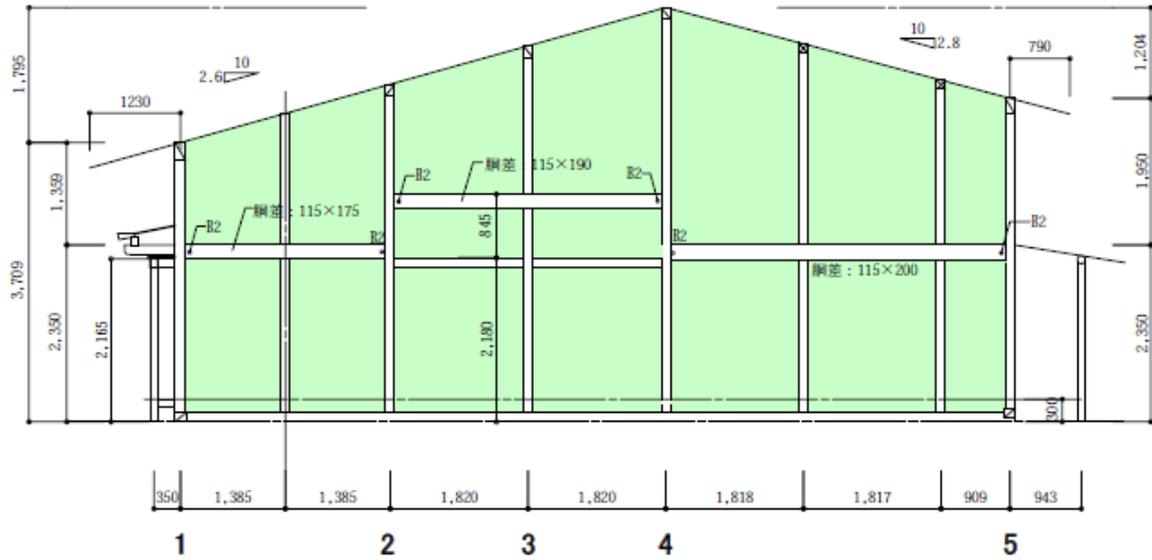
い ろ は に

【軸組図 5通り (補強後)】

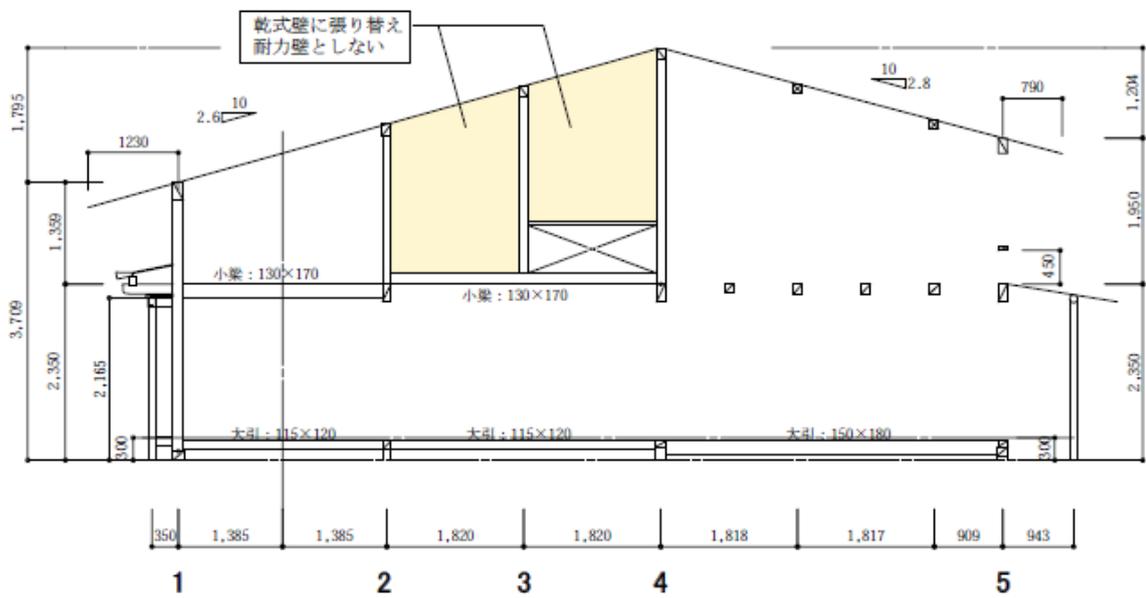


い ろ は に

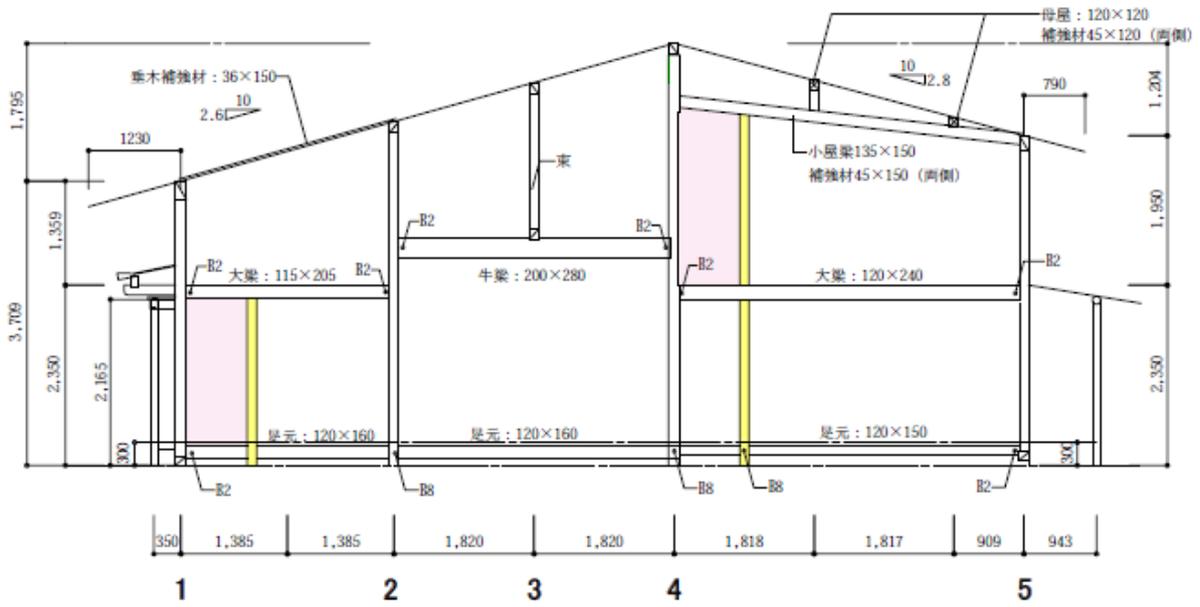
【軸組図 い通り（補強後）】



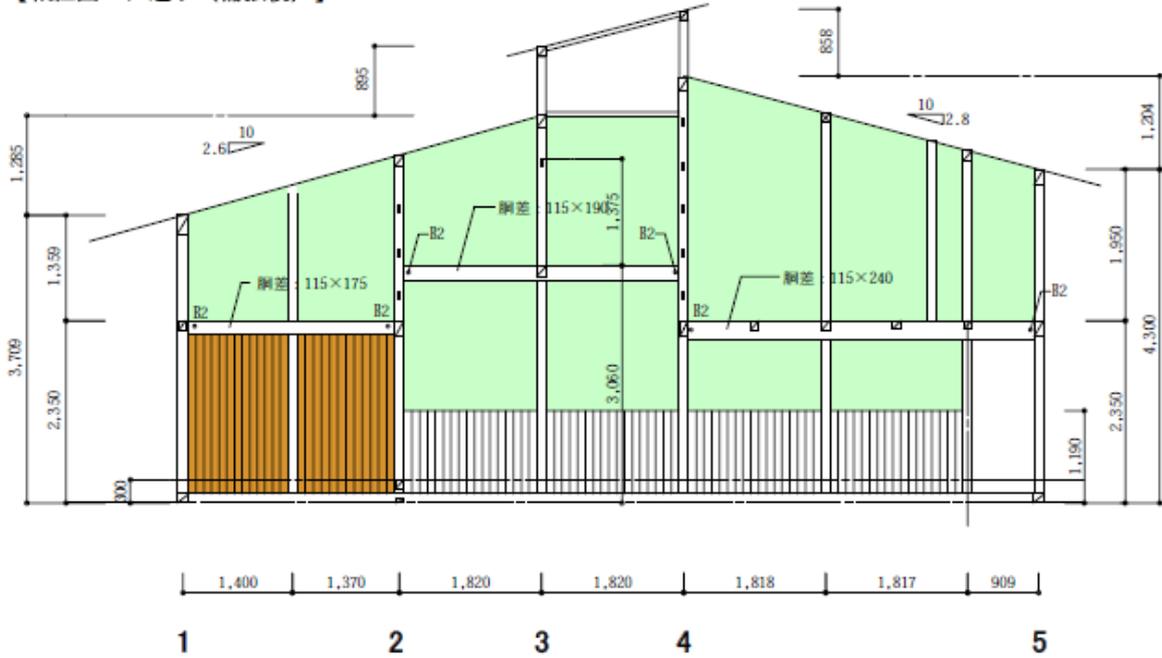
【軸組図 ろ通り（補強後）】



【軸組図 は通り (補強後)】



【軸組図 に通り (補強後)】



# 15. 近似応答計算【耐震補強】

【張り間方向（積雪 1m）】

建物諸元				
階		2F	1F	合計
重量	kN	144.54	103.16	247.7
質量	t	14.7	10.5	25.2
階高	m	3.365	2.360	4.025

復元力			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	29.02	51.15	80.83	90.65	94.48	91.83	86.79	77.16	64.47	39.61
$Q_1$	kN	0	21.44	37.07	59.42	68.88	78.46	83.34	92.19	99.46	97.72	72.70
$K_{e2}$	kN/m		8,365	7,374	5,826	4,900	3,405	2,482	1,564	927	581	238
$\Delta Q_2/\Delta R$				10,625	7,122	3,537	688	-477	-454	-577	-761	-746
$K_{e1}$	kN/m		4,379	3,786	3,034	2,638	2,003	1,596	1,177	846	624	309
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		144.4	125.3	100.2	86.6	64.6	50.5	35.9	24.4	17.1	7.9
$u_2/u_1$			1.342	1.335	1.340	1.352	1.389	1.429	1.511	1.636	1.765	1.952

1質点系への縮約

		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_1$	m		0.005	0.010	0.020	0.026	0.039	0.052	0.078	0.118	0.157	0.235
階別の減衰計算												
1階 $h$			0.050	0.072	0.099	0.113	0.136	0.151	0.166	0.178	0.186	0.198
2階 $h$			0.050	0.050	0.061	0.065	0.068	0.069	0.077	0.082	0.205	0.205
重みづけ $h$			0.050	0.068	0.094	0.107	0.130	0.145	0.161	0.174	0.198	0.201
$M_u$	t		24.8	24.9	25.0	25.0	25.1	25.2	25.2	25.2	20.7	23.2
$\Delta$	m		0.006	0.012	0.023	0.030	0.043	0.056	0.083	0.123	0.429	0.399
$M_u/\Sigma m$			0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	0.82	0.92
$Q$	kN	0	21.4	37.1	59.4	68.9	78.5	83.3	92.2	99.5	97.7	72.7
$K_e$	kN/m		3,580	3,187	2,622	2,317	1,815	1,476	1,108	809	228	182
$T_e$	sec		0.52	0.56	0.61	0.65	0.74	0.82	0.95	1.11	1.90	2.24
$F_h$			1.00	0.89	0.77	0.72	0.65	0.61	0.57	0.55	0.50	0.50
$H_e$	m		3.44	3.42	3.41	3.40	3.38	3.37	3.36	3.35	3.71	3.57
$R$	rad	0	0.002	0.003	0.007	0.009	0.013	0.017	0.025	0.037	0.116	0.112
$1/R$			574	294	150	114	78	60	40	27	9	9
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

稀

			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.60	1.60	1.60	1.57	1.38	1.25	1.08	0.92	0.54	0.46
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.500	1.531	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		2.04	1.82	1.58	1.48	1.30	1.10	0.89	0.73	0.39	0.33
$S_D$	m		0.014	0.014	0.015	0.016	0.018	0.019	0.020	0.023	0.036	0.042
$Q_n$	kN		50.6	45.3	39.5	37.0	32.6	27.6	22.5	18.3	8.1	7.6
$X_R$	rad		0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.010	0.012
$1/X_R$			243	241	226	213	188	180	166	148	104	86
$u_h$			1.22	1.19	1.16	1.14	1.10	1.08	1.06	1.05	2.74	1.70
$\delta_{R2}$	m		0.015	0.015	0.016	0.017	0.019	0.020	0.021	0.023	0.041	0.048
$\delta_{R1}$	m		0.012	0.012	0.013	0.014	0.016	0.017	0.019	0.022	0.013	0.025
$X_{R2}$	rad		0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.017	0.014
$1/X_{R2}$			422	477	517	542	611	724	847	1,010	60	71
$X_{R1}$	rad		0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.007	0.008	0.009	0.006	0.010
$1/X_{R1}$			204	196	181	168	144	136	123	109	181	96

極稀

			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		8.00	8.00	8.00	7.84	6.92	6.24	5.40	4.61	2.70	2.29
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.500	1.500	1.531	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		10.20	9.10	7.90	7.38	6.49	5.49	4.46	3.63	1.95	1.64
$S_D$	m		0.071	0.071	0.075	0.080	0.090	0.094	0.101	0.113	0.178	0.208
$Q_n$	kN		252.8	226.6	197.4	184.8	163.1	138.2	112.4	91.5	40.5	37.9
$X_R$	rad		0.021	0.021	0.022	0.023	0.027	0.028	0.030	0.034	0.048	0.058
$1/X_R$			49	48	45	43	38	36	33	30	21	17
$u_h$			1.22	1.19	1.16	1.14	1.10	1.08	1.06	1.05	2.74	1.70
$\delta_{R2}$	m		0.077	0.077	0.081	0.085	0.095	0.098	0.105	0.116	0.203	0.239
$\delta_{R1}$	m		0.058	0.060	0.065	0.070	0.081	0.087	0.095	0.108	0.065	0.123
$X_{R2}$	rad		0.012	0.010	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005	0.083	0.070
$1/X_{R2}$			84	95	103	108	122	145	169	202	12	14
$X_{R1}$	rad		0.025	0.025	0.028	0.030	0.035	0.037	0.041	0.046	0.028	0.052
$1/X_{R1}$			41	39	36	34	29	27	25	22	36	19

【けた行方向（積雪 1m）】

建物諸元				
階		2F	1F	合計
重量	kN	144.54	103.16	247.7
質量	t	14.7	10.3	25.2
階高	m	4.005	2.995	4.025

復元力			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$R$	rad	0	0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.0500	0.0667	0.1000
$Q_2$	kN	0	21.07	38.06	60.93	70.68	77.50	79.50	79.92	74.92	66.86	47.45
$Q_1$	kN	0	18.57	25.91	38.04	44.67	54.92	65.19	82.65	92.82	99.49	96.81
$K_{e2}$	kN/m		6,075	5,487	4,391	3,820	2,793	2,149	1,440	900	602	285
$\Delta Q_2/\Delta R$				8,157	5,487	3,510	1,229	359	38	-300	-484	-582
$K_{e1}$	kN/m		3,793	2,646	1,943	1,711	1,402	1,248	1,055	790	635	412
$\omega^2$	1/s <sup>2</sup>		120.8	88.5	65.9	57.9	46.6	40.4	32.4	23.1	17.5	10.0
$u_2/u_1$			1.415	1.312	1.284	1.288	1.326	1.383	1.496	1.608	1.749	2.076

1質点系への縮約

		0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$\delta_1$	m		0.005	0.010	0.020	0.026	0.039	0.052	0.078	0.118	0.157	0.235
階別の減衰計算												
1階 $h$			0.050	0.098	0.128	0.137	0.150	0.157	0.165	0.176	0.183	0.192
2階 $h$			0.050	0.050	0.054	0.059	0.063	0.070	0.086	0.091	0.202	0.202
重みづけ $h$			0.050	0.091	0.119	0.129	0.143	0.150	0.159	0.171	0.194	0.196
$M_u$	t		24.6	24.9	25.1	25.1	25.2	25.2	25.2	25.2	21.3	22.9
$\Delta$	m		0.006	0.012	0.022	0.029	0.043	0.057	0.085	0.125	0.377	0.423
$M_u/\Sigma m$			0.97	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	0.90
$Q$	kN	0	18.6	25.9	38.0	44.7	54.9	65.2	82.6	92.8	99.5	96.8
$K_e$	kN/m		2,973	2,243	1,719	1,533	1,279	1,146	973	742	264	229
$T_e$	sec		0.57	0.66	0.76	0.80	0.88	0.93	1.01	1.16	1.79	1.99
$F_h$			1.00	0.79	0.68	0.65	0.62	0.60	0.58	0.55	0.51	0.51
$H_e$	m		3.46	3.42	3.40	3.39	3.38	3.38	3.37	3.36	3.67	3.59
$R$	rad	0	0.002	0.003	0.007	0.009	0.013	0.017	0.025	0.037	0.103	0.118
$1/R$			553	296	153	116	79	59	40	27	10	8
$p$			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$q$			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

稀

			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		1.60	1.55	1.35	1.27	1.16	1.10	1.01	0.88	0.57	0.52
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.552	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		2.04	1.60	1.33	1.20	1.03	0.95	0.84	0.70	0.42	0.38
$S_D$	m		0.017	0.018	0.019	0.020	0.020	0.021	0.022	0.024	0.034	0.037
$Q_n$	kN		50.2	40.0	33.3	30.1	26.0	23.9	21.2	17.7	9.0	8.6
$X_R$	rad		0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.009	0.010
$1/X_R$			205	192	176	173	167	162	154	141	108	96
$u_h$			1.28	1.18	1.13	1.12	1.10	1.09	1.08	1.06	2.41	1.80
$\delta_{R2}$	m		0.019	0.019	0.021	0.021	0.021	0.022	0.023	0.025	0.039	0.043
$\delta_{R1}$	m		0.013	0.015	0.017	0.018	0.019	0.019	0.020	0.022	0.014	0.021
$X_{R2}$	rad		0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.015	0.013
$1/X_{R2}$			303	394	471	509	578	600	600	697	67	74
$X_{R1}$	rad		0.006	0.006	0.007	0.007	0.008	0.008	0.009	0.010	0.006	0.009
$1/X_{R1}$			178	156	137	134	127	123	117	105	166	113

極稀

			1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
$S_0$	m/s <sup>2</sup>		8.00	7.73	6.75	6.37	5.81	5.50	5.06	4.42	2.86	2.58
1.5種地盤 $G_s$			1.500	1.552	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690
$S_A$	m/s <sup>2</sup>		10.20	8.02	6.63	5.99	5.16	4.75	4.22	3.52	2.10	1.88
$S_D$	m		0.084	0.089	0.097	0.098	0.101	0.104	0.109	0.120	0.170	0.187
$Q_n$	kN		251.0	199.8	166.3	150.3	129.8	119.4	106.2	88.7	44.8	42.9
$X_R$	rad		0.024	0.026	0.028	0.029	0.030	0.031	0.032	0.036	0.046	0.052
$1/X_R$			41	38	35	35	33	32	31	28	22	19
$u_h$			1.28	1.18	1.13	1.12	1.10	1.09	1.08	1.06	2.41	1.80
$\delta_{R2}$	m		0.094	0.097	0.103	0.104	0.107	0.110	0.115	0.124	0.196	0.216
$\delta_{R1}$	m		0.066	0.076	0.086	0.088	0.093	0.096	0.101	0.112	0.071	0.104
$X_{R2}$	rad		0.016	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.008	0.007	0.075	0.067
$1/X_{R2}$			61	79	94	102	116	120	120	139	13	15
$X_{R1}$	rad		0.028	0.032	0.036	0.037	0.039	0.041	0.043	0.048	0.030	0.044
$1/X_{R1}$			36	31	27	27	25	25	23	21	33	23

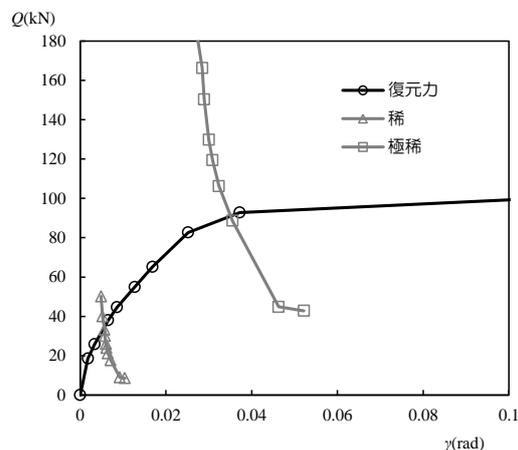
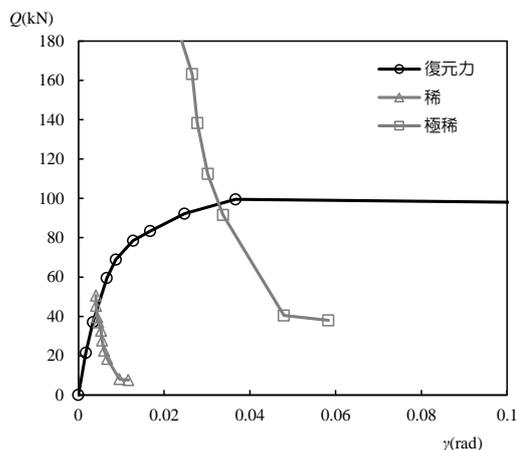
## 16. 耐震性能評価【耐震補強（積雪1m時）】

### 限界変形角の設定 設計クライテリア

- ・稀に発生する地震に対する最大応答変形角（損傷限界）は  $1 / 90 \text{ rad}$  以下とする
- ・極めて稀に発生する地震に対する最大応答変形角（安全限界）は  $1 / 15 \text{ rad}$  以下とする

X方向（張り間方向）

Y方向（けた行き方向）



応答結果		X方向（張り間方向）			Y方向（けた行方向）		
		損傷限界	安全限界	判定	損傷限界	安全限界	判定
1自由 度系	応答置 (mm)						
	変形角(rad)	1/226	1/30		1/176	1/28	
2階変形角 (rad)		1/517	1/202	O.K.	1/471	1/139	O.K.
1階変形角 (rad)		1/181	1/22	O.K.	1/137	1/21	O.K.

### 最大ベースシア係数

X方向  $C_{BX} = 0.402$

Y方向  $C_{BY} = 0.402$

### 耐震性能評価

乾式土壁パネル及び両面板壁の補強により、はり間・けた行方向の耐震性能が向上し、稀地震・極稀地震に対する応答値が設計のクライテリアを満足した。よって、積雪時（1m）においても倒壊の危険性の低い建築物に改善される結果となった。

## 報告書書式

### 1. 耐震性能評価（診断及び補強）

- ・依頼主が理解できる言葉で記入してください。

### 2. 現地調査チェックリスト

- ・建築年が特定できない場合は、明治8年大火後、明治初期、明治中期などと記入してください。

- ・不動沈下のある場合は、平面図・基礎伏図に記入してください。

- ・床高は土台下端から床面まで、1階階高は1階床面より2階床面、2階階高は2階床面より3階床面までとする。内法高は床面又は敷居上端より（差）鴨居下端までとする。軒高は土台下面より軒桁上端までとする。

- ・屋根の軒の出寸法は柱心より垂木先端まで、けらばの出寸法は柱心より桁・母屋の先端までの寸法を記入してください。

- ・隣家との空き寸法は外壁仕上面間の寸法を記入してください。

- ・備考欄には各部位において特記すべき事項を記入してください。

- ・増改築や改修が行なわれている場合は、その詳細を下欄に記入してください。

### 3. 耐震性能総括表【耐震診断】

- ・略伏図には（8. 耐震要素の選定と配置【現況】）で作成した平面図を貼りつけてください。安全限界応答計算シート欄には各方向の応答値グラフを貼りつけてください。

### 4. 耐震性能総括表【耐震補強】

- ・略伏図には（11. 耐震補強材の選定と配置【補強後】）で作成した耐力要素配置図を貼りつけてください。安全限界応答計算シート欄には各方向の応答値グラフを貼りつけてください。

### 5. 概要

- ・チェックリストにチェックをつけた図面を添付して下さい。

- ・チェックリストにチェックをつけた写真を添付して下さい。

### 6. 構造上の改善ポイント

- ・調査で気付いた改善ポイントを図中に示し、その状況を別欄に記述してください。柱の傾きは最低1箇所建物中央部の柱で測定し、記入してください。

- ・改善指摘ポイントの写真を添付してください。

### 7. 設計荷重【耐震診断】

- ・積雪荷重は県条例によるが、今回の耐震マニュアルは現状より少しでも耐震性能を向上させる為のものであり、住宅の機能も考えながら依頼主との話合いのなかで決定してください。

- ・ $G_s$ （表層地盤による加速度の増幅率）の算定は、設計資料「5. 地盤種別の判定について」を参照してください。

### 8. 耐力要素の選定と配置【耐震診断】

- ・耐力要素配置図及び軸組図に復元力特性の算出に必要な事項を記入してください。仕口については別表（1）より選択肢、図中の該当箇所に記入してください。壁の高さ寸法を図中に書き込んでください。

・現地調査において目視で確認できない部位については、構造計算の仮定事項として「推定」事項を記入してください。

#### 9. 近似応答計算【耐震診断】

・共通書式の近似応答計算シートにより評価を行なってください。復元力特性の算出方法は設計資料を参照してください。

#### 10. 耐震性能評価【耐震診断用】

・耐震診断の結果を踏まえ、建物の耐震性能の評価をしてください。

#### 12. 耐震補強の方針

・構造上の改善方法も含めて、補強方法の考え方.方法を記述してください。

#### 13. 設計荷重【耐震補強】

・耐震補強後の荷重計算を行なってください。

#### 14. 耐力補強材の選定と配置【耐震補強】

・各図面には現況要素.補強要素及び撤去する要素等が判別できるように記入してください。また、復元力特性の算出に必要な事項を記入してください。

#### 15. 近似応答計算【耐震補強用】

・共通書式の近似応答計算シートにより評価を行なってください。復元力特性の算出方法は設計資料を参照してください。

#### 16. 耐震性能評価【耐震補強】

・補強後の耐震診断の結果を踏まえ、梁間・桁行方向共設計クライテリアを満足していることを検証してください。

#### ゾーニングによる検討

・ゾーニングが必要と考えられる場合は、検討結果を添付してください。



## 執筆者一覧

はじめに	……………	鈴木
高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル作成検討委員会		
1. 高山市伝統構法木造建築物の現状		
1) 高山市伝統構法木造建築物（町家）の歴史的価値	……………	青柳
2) 高山市伝統構法木造建築物の構造的特徴	……………	棚橋・中治・大岡・鈴木・研究会
2. 高山市伝統構法木造建築物の耐震化の考え方	……………	高山市・鈴木・斎藤
3. 本マニュアルの位置づけ	……………	高山市・鈴木・斎藤
4. 現地調査	……………	藤井・奥田
5. 耐震性能評価と耐震補強設計	……………	鈴木・斎藤
6. 耐震補強の方法と耐震補強設計	……………	斎藤・鈴木
7. 伝統構法木造建造物の耐火補強	……………	大窪・金
8. 耐震診断・耐震補強設計の事例	……………	向坊・向坊・研究会
8. 耐震診断・耐震補強設計報告書の作成	……………	研究会
おわりに	……………	高山市
別添 設計資料		
1. 木材の基準強度	……………	大岡
2. 固定荷重		
3. 構造要素（壁）の設計用復元力特性	……………	中治
4. 構造要素（仕口接合部）の設計用復元力特性	……………	棚橋
5. 地盤種別の判別について	……………	寺門
別添 参考資料	……………	高山市

## おわりに

高山の町は約 400 年前に城下町として形成されましたが、町人地が武家地の 1.2 倍の面積を占めており、早くから商業経済活動の中心地として栄えました。しかし、江戸時代後半から明治にかけてたびたび大火に見舞われ、そのたびに建て替えられてきました。そのため、現存する町家は、江戸末期から明治を経て昭和初期までに建築されたものになります。特に明治末期までのものには、間取りや意匠において江戸時代の様式がよく受け継がれています。これらの町家建築は文化財的な価値の高いものであり、連担して形成される歴史的な町並景観の重要な構成要素としても保存、継承していかなければなりません。

しかし、町家が今後も生活や生業の場として存続していくためには、居住者や利用者にとって安全で快適なものであることが必要です。特に、近年発生した大震災の被災状況を踏まえて、耐震性の確保は急務の課題となっています。当市においては、従来より木造住宅の耐震化に取り組んでいますが、町家を含めた伝統構法木造建築物については地域独自の構造特性を踏まえて耐震性を評価する手法が確立されていないために、町家の構造に適した耐震化が実施できない状況にありました。

このような中で、木造建築物の耐震化に係わる建築士や大工などの実務者の方々により飛騨高山伝統構法木造建築物研究会が組織され、高山市独自の伝統構法木造建築物の耐震化マニュアルの策定に取り組む動きが生まれました。そして、平成 25 年に高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル作成検討委員会を設置し、多くの大学等の研究者が参画され、高山町家など伝統構法木造建築物の構造特性に関する調査研究や構造実験を踏まえた貴重な見識に基づくご指導、ご助言のもとに本マニュアルを作成することができました。

今後は本マニュアルが有効に活用されるよう講習会などによる普及啓発や支援制度の運用を進めながら、町家などの伝統構法木造建築物の耐震化をいっそう推進していかなければなりません。また、本マニュアルを新たな知見や実験データ等に基づき充実させることも必要です。さらに、安全安心なまちづくりに向けては、防火面も含めた総合的な防災対策を進める必要もあると考えます。関係の皆様には引き続きご指導、ご協力をいただければ幸いです。

最後に、本マニュアルの作成にご尽力いただきました皆様にあらためて深く感謝申し上げます。

平成 26 年 3 月

高山市、高山市教育委員会

# 設計資料

1. 木材の基準強度・基準弾性係数	1
2. 固定荷重	3
3. 構造要素（壁）の設計用復元力特性	7
(1) 土塗り壁（全面壁、小壁）	
(2) 板壁	
(3) 土塗り壁と板壁の複合壁	
4. 構造要素（仕口接合部）の設計用復元力特性	18
(1) 高山市の伝統構法木造建築物の仕口接合部の扱い	
(2) 仕口接合部の設計用復元力特性	
(3) 仕口接合部の設計用復元力特性の課題	
5. 地盤種別の判別について	29



## 設計資料

### 1. 木材の基準強度・基準弾性係数

高山市の伝統構法木造建築物で頻繁に使用されている木材（アカマツ・ヒノキ・クリ・ナラ）およびスギの基準強度・基準許容応力度・基準弾性係数を示す<sup>1)</sup>。

表 1.1 「製材の日本農林規格」目視等級区分構造用製材

樹種	区分	等級	基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )				基準許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )				基準弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )			
			$F_c$	$F_t$	$F_b$	$F_s$	$f_c$	$f_t$	$f_b$	$f_s$	$E_0$	$E_{0.05}$	$G_0$	
アカマツ	甲種構造材	一級	27.0	20.4	33.6	2.4	9.0	6.8	11.2	0.8	10.0	6.5	$E_0$ の値の 1/15とする	
		二級	16.8	12.6	20.4		5.6	4.2	6.8					
		三級	11.4	9.0	14.4		3.8	3.0	4.8					
	乙種構造材	一級	27.0	16.2	26.4		9.0	5.4	8.8					
		二級	16.8	10.2	16.8		5.6	3.4	5.6					
		三級	11.4	7.2	11.4		3.8	2.4	3.8					
ヒノキ	甲種構造材	一級	30.6	22.8	38.4	2.1	10.2	7.6	12.8	0.7	11.0	8.5		$E_0$ の値の 1/15とする
		二級	27.0	20.4	34.2		9.0	6.8	11.4					
		三級	23.4	17.4	28.8		7.8	5.8	9.6					
	乙種構造材	一級	30.6	18.6	30.6		10.2	6.2	10.2					
		二級	27.0	16.2	27.0		9.0	5.4	9.0					
		三級	23.4	13.8	23.4		7.8	4.6	7.8					
スギ	甲種構造材	一級	21.6	16.2	27.0	1.8	7.2	5.4	9.0	0.6	7.0	4.5	$E_0$ の値の 1/15とする	
		二級	20.4	15.6	25.8		6.8	5.2	8.6					
		三級	18.0	13.8	22.2		6.0	4.6	7.4					
	乙種構造材	一級	21.6	13.2	21.6		7.2	4.4	7.2					
		二級	20.4	12.6	20.4		6.8	4.2	6.8					
		三級	18.0	10.8	18.0		6.0	3.6	6.0					

表 1.2 「製材の日本農林規格」機械等級区分構造用製材

樹種	等級	基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )				基準許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )				基準弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )		
		$F_c$	$F_t$	$F_b$	$F_s$	$f_c$	$f_t$	$f_b$	$f_s$	$E_0$	$E_{0.05}$	$G_0$
アカマツ	E70	9.6	7.2	12.0	2.4	3.2	2.4	4.0	0.8	6.9	5.9	E <sub>0</sub> の値の 1/15とする
	E90	16.8	12.6	21.0		5.6	4.2	7.0		8.8	7.8	
	E110	24.6	18.6	30.6		8.2	6.2	10.2		10.8	9.8	
	E130	31.8	24.0	39.6		10.6	8.0	13.2		12.7	11.8	
	E150	39.0	29.4	48.6		13.0	9.8	16.2		14.7	13.7	
ヒノキ	E50	11.4	8.4	13.8	2.1	3.8	2.8	4.6	0.7	4.9	3.9	
	E70	18.0	13.2	22.2		6.0	4.4	7.4		6.9	5.9	
	E90	24.6	18.6	30.6		8.2	6.2	10.2		8.8	7.8	
	E110	31.2	23.4	38.4		10.4	7.8	12.8		10.8	9.8	
	E130	37.8	28.2	46.8		12.6	9.4	15.6		12.7	11.8	
	E150	44.4	33.0	55.2		14.8	11.0	18.4		14.7	13.7	
スギ	E50	19.2	14.4	24.0	1.8	6.4	4.8	8.0	0.6	4.9	3.9	
	E70	23.4	17.4	29.4		7.8	5.8	9.8		6.9	5.9	
	E90	28.2	21.0	34.8		9.4	7.0	11.6		8.8	7.8	
	E110	32.4	24.6	40.8		10.8	8.2	13.6		10.8	9.8	
	E130	37.2	27.6	46.2		12.4	9.2	15.4		12.7	11.8	
	E150	41.4	31.2	51.6		13.8	10.4	17.2		14.7	13.7	

表 1.3 「日本建築学会木質構造設計規準・同解説」普通構造材の繊維方向特性値

樹種		基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )				基準許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )				基準弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )			
		$F_c$	$F_t$	$F_b$	$F_s$	$f_c$	$f_t$	$f_b$	$f_s$	$E_0$	$E_{0.05}$	$G_0$	
針葉樹	Ⅱ類	ヒノキ	20.7	16.2	26.7	2.1	6.9	5.4	8.9	0.7	9.0	6.0	E <sub>0</sub> の値の 1/15とする
	Ⅲ類	アカマツ	19.2	14.7	25.2	2.4	6.4	4.9	8.4	0.8	8.0	5.5	
	Ⅳ類	スギ	17.7	13.5	22.2	1.8	5.9	4.5	7.4	0.6	7.0	4.5	
広葉樹	Ⅱ類	クリ・ナラ	21.0	18.0	29.4	3.0	7.0	6.0	9.8	1.0	8.0	5.5	

なお、ヒメコマツにおいては、既往の実験<sup>2)</sup>および古材・新材の材料試験結果<sup>3)</sup>により、安全側の評価を含めて表1.3に示すⅣ類（スギと同等）とする。

#### 参考文献

- 1) 木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—, 日本建築学会, 2006年12月.
- 2) ヒメコマツ 梁曲げ試験 試験報告書, 特定非営利活動法人 WOODAC, 2011年3月.
- 3) 大岡 優: 古材・新材の材料試験、高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル作成検討委員会「高山市伝統構法木造建築物の調査研究報告書」、2014年3月.

## 2. 固定荷重

表 2.1 建築物の部分と固定荷重(令 84 条)

建築物の部分	種別		単位面積 当たり荷重 (単位:N/m <sup>2</sup> )		備考		
屋根	瓦ぶき	ふき土がない場合	屋根 面 に つ き	640	下地及びたるきを含み、もやを含まない。		
		ふき土がある場合		980	下地及びたるきを含み、もやを含まない。		
	波形鉄板 ぶき	もやに直接ふく場合		50	もやを含まない。		
		薄鉄板ぶき		200	下地及びたるきを含み、もやを含まない。		
	ガラス屋根	290		鉄製枠を含み、もやを含まない。			
	厚形スレートぶき	440		下地及びたるきを含み、もやを含まない。			
木造 の もや	もやの支点間の距離が 2m 以下の場合		屋根 面 に つ き	50			
	もやの支点間の距離が 4m 以下の場合			100			
天 井	さお縁		天 井 面 に つ き	100	つり木、受木及び その他の下地を含む。		
	繊維板張、打上げ板張、合板張 又は金属板張			150			
	木毛セメント板張			200			
	格縁			290			
	しっくい塗			390			
	モルタル塗			590			
床	木造の床	板張		床 面 に つ き	150	根太を含む。	
		畳敷			340	床版及び根太を含む。	
		床 ば り	張り間が4m以下の場合			100	
			張り間が6m以下の場合			170	
			張り間が8m以下の場合			250	
壁	木造の建築物の壁の軸組		壁 面 に つ き	150	柱、間柱及び筋かいを含む。		
	木造建築物 の壁の仕上 げ	下見板張、羽目板張 又は繊維板張		100	下地を含み、軸組を含まない。		
		木張りしっくい塗		340			
		鉄網モルタル塗り		640			
	木造の建築物の小舞壁				830	軸組を含む。	

表 2.2 固定荷重の参考値(1/2)

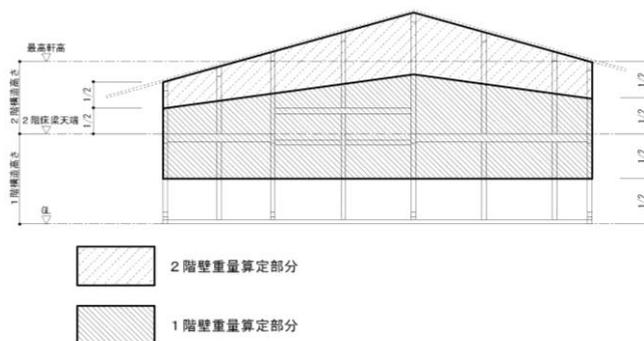
使用部位	材料	N/m <sup>2</sup>	備考
屋根	瓦	516	5寸の場合は1.118を乗じる 熨斗瓦5段を含む
	ガルバニウム鋼板	50	下屋や庇に使用
	ルーフィング	12	5寸の場合は1.118を乗じる 22キロルーフィングを想定
	野地板 15 mm	60	比重0.4
	野地板 30 mm	120	比重0.4
	垂木 45 mm×45 mm	40	303 mmピッチ
	垂木 45 mm×120 mm	60	380 mmピッチ
	垂木 120 mm×120 mm	60	910 mmピッチ
	母屋 120 mm×120 mm	65	910 ピッチ
小屋梁	270	比重0.4 地棟、受梁を含む	
床・天井	天井下地組	60	300 mm×300 mm 45 mm×45 mm材
	重い天井(下地込み)	390	モルタル天井を想定している。下地込み
	断熱材	30	軽い断熱材 厚さ 200 mm
	断熱材	15	軽い断熱材 厚さ 100 mm
	木質断熱材 50 mm	120	木質は比重が0.23なので50 mmだと120N/m <sup>2</sup>
	木質断熱材 25 mm	60	木質は比重が0.23なので25 mmだと60N/m <sup>2</sup>
	板 12 mm	50	比重0.4
	板 15 mm	60	比重0.4
	板 30 mm	120	比重0.4
	根太 45 mm×60 mm	35	303 mmピッチ
	竿縁天井	50	天井板9 mm+竿縁
	下地 45 mm	25	非常に軽い天井組下地
	石膏ボード 12.5 mm	100	
	塗り 4 mm	10	
	下地 45 mm×45 mm 縦横	50	303 mm~450 mmピッチ
	わら畳	180	
床梁	250	比重0.4 梁形状 120×270 120×300	

表 2.2 固定荷重の参考値(2/2)

使用部位	材料	N/m <sup>2</sup>	備考
壁	石膏ボード 12.5 mm	100	比重 0.95 の普通石膏ボード
	塗り 4 mm	10	
	下地 45 mm	25	45 mm材 303mm ピッチ 片方下地 石膏ボード下地
	壁下地 45 mm縦横	50	45 mm×45 mm 303 mmピッチ ボード下地材
	漆喰 2 mm	5	塗り壁や土壁等で仕上げ材を含んで計算してもよい
	土壁 50 mm	590	貫、木舞、土
	土壁 60 mm	707	貫、木舞、土
	土壁 65 mm	766	貫、木舞、土
	土壁 70 mm	825	貫、木舞、土
	土壁 80 mm	942	貫、木舞、土
	軸組み	150	主に柱 120 mm角、大黒柱の平均
	差し鴨居等	-	差し鴨居等は土壁と同面積で拾ってもよい
	下地 45 mm縦横	50	45 mm×45 mm 303~450 mmピッチ 縦横下地
	保護モルタル 15 mm	300	20 mmの場合は 400N/m <sup>2</sup> となる。
	モルタル下地板 12 mm	50	比重 0.4
	木ずり漆喰 15 mm	140	プラスター+漆喰共 15 mm
	木ずり 8 mm	30	同上下地材 8 mm×40 mm材
	下地 45 mm材	25	木ずり下地として 45 mm材を縦使用 303 mmピッチ
	ラスボードへ漆喰 15 mm	140	漆喰、聚楽、プラスター珪藻土等 15 mmの総重量
	ラスボード 7.5 mm	60	同上下地ラスボード 7.5 mm
下地貫・下地 45 mm縦	25	21 mm貫 5 段を下地として兼用したもの	
建具	内部建具	50	襖、障子が主体
	ガラス (5mm シングル)	130	木枠、框を含む
	ガラス (5mm+5mm ペア)	260	木枠、框を含む
	ガラス (3mm+3mm ペア)	150	木枠、框を含む

【参考資料】高山の町屋 荷重表

● 固定荷重 (農家型等、町屋以外のものは適宜重量等を補正して使用のこと。)								
建築物の部位	種別	単位重量 (N/m <sup>2</sup> )	勾配係数	該当面積 (m <sup>2</sup> )	荷重 (N)	備考		
屋根	瓦葺 (ふき土なし)	4寸勾配	500	1.077	0.00	0	瓦葺含む	
	薄鉄板葺 (横葺) 厚0.35	3寸勾配	35	1.044	0.00	0		
	瓦棒葺 (芯木無) 厚0.35	3寸勾配	35	1.044	0.00	0		
	瓦棒葺 (芯木有) 厚0.35	2.5寸勾配	65	1.031	0.00	0		
	くれ葺 (4段)	2.5寸勾配	265	1.031	0.00	0		
	アスファルトフィング 940		10	1.044	0.00	0		
	野地板 厚15		85	1.044	0.00	0		
	垂木 52x60@303		55	1.044	0.00	0		
	母屋・小屋組		115	1.000	0.00	0	桁・小屋梁・束・母屋	
	2階天井 (さお縁)		100	1.000	0.00	0	下地含む	
2階天井 (板張り)		150	1.000	0.00	0	下地含む		
2階壁 (下図参照)	土壁 厚60		830		0.00	0	軸組を含む	
	土壁 厚40		570		0.00	0	軸組を含む	
	板壁 厚12 (片面)		150		0.00	0	下地含む	
	建具付軸組		100		0.00	0	※垂れ壁有りの場合は実状に合わせて差分を加える。	
	屋根合計	0 (N)	2階壁合計	0 (N)	合計	0 (N)		
2階床	畳敷 厚45		245		0.00	0	下地板含む	
	床板 厚12		70		0.00	0		
	床板 厚30		165		0.00	0		
	床梁 (床有り部)		180		0.00	0	実測による	
	床梁 (吹き抜け部)		130		0.00	0	実測による	
	1階天井 (さお縁)		100		0.00	0	下地含む	
	1階天井 (板張り)		150		0.00	0	下地含む	
	小庇		235	1.044	0	0	母屋・垂木・薄鉄板葺・野地板含む	
	1階壁 (下図参照)	土壁 厚60		830		0.00	0	軸組を含む
		土壁 厚40		570		0.00	0	軸組を含む
板壁 厚12 (片面)			150		0.00	0	下地含む	
建具付軸組			100		0.00	0	※垂れ壁有りの場合は実状に合わせて差分を加える。	
2階床合計	0 (N)	1階壁合計	0 (N)	合計	0 (N)			



### 3. 構造要素（壁）の設計用復元力特性

#### (1) 土塗り壁

##### 1) 土壁（全面壁）

全面土壁の復元力特性の評価を行う場合、「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験」検討委員会（以下、『検討委員会』と表記）での検証実験結果に基づき、図3.1に示すように、下地貫、小舞等を含む壁土部分の復元力と軸組部分の復元力の加算で求めることとする。

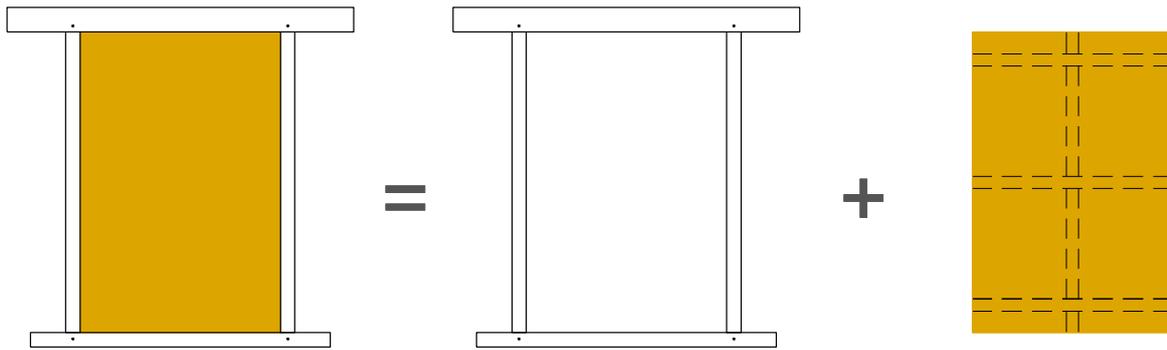


図3.1 全面土壁の復元力特性評価の考え方

全面土壁の壁土部分（下地貫、小舞等を含む）が負担するせん断応力度は、既往のススキ小舞土壁の実験結果と検討委員会で提案された設計用せん断応力度(竹小舞下地土壁の実験結果に基づく)を比較した場合に後者の方が安全側であることから、特定変形角時のせん断応力度を図3.2および表3.1のように定める。

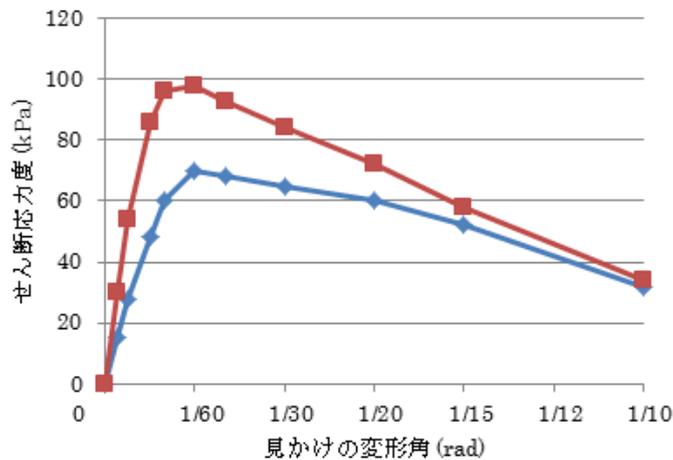


図3.2 全面土壁のせん断応力度（青：1P以上1.5P未満、赤：1.5P以上2P以下）

表3.1 特定変形角時のせん断応力度

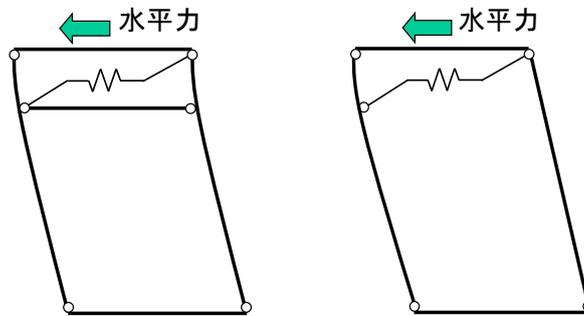
変形角	(rad)	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
	( $\times 10^{-3}$ rad)	2.08	4.17	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67	100.00
せん断応力度 (kN/m <sup>2</sup> )	1P以上1.5P未満	15	28	48	60	70	68	65	60	52	32
	1.5P以上2P以下	30	54	86	96	98	93	84	72	58	34

図3.2および表3.1で想定している土壁の仕様は以下の通りである。上述の通り、高山市内の伝統構法木造建築物で用いられる土壁にも適用可能とみなす。

- 片面もしくは両面に中塗りを施工し、総壁厚は50mm以上とする。
- 壁高さは、横架材心々間距離で2000mm～3900mmとし、壁高さによるせん断応力度の補正は行わない。
- 貫の厚さは15mm以上、貫のせいは105mm以上で、段数は3段以上とする。
- 竹小舞の内法間隔は、35～55mmとする。

## 2) 土壁小壁（垂れ壁、腰壁、垂れ壁+腰壁）

小壁は、垂れ壁や腰壁、また垂れ壁と腰壁が併用された壁を総称する。小壁の復元力特性は、図3.3に示すように、大きく分けて、小壁と同一の単位フレームに差し鴨居等を有する場合（2本の柱が有効な場合）と、それ以外の場合（1本の柱のみ有効な場合）とがある。小壁を含むフレームの復元力特性は、両柱間を繋ぐ部材(差し鴨居、長押、窓台、貫等)と柱との仕口の引張(引き抜き)剛性や耐力に大きく影響されるためである。差し鴨居等、比較的引張剛性の高い仕口の場合には、小壁が負担する水平力(せん断力)が2本の柱に伝達される一方、大入れ・斜め釘打ち等、ほとんど引張力を負担できない仕口仕様の場合には、小壁が負担する水平力が同じでも、柱2本が有効な場合に比べて、見かけの層間変形が大きくなる。



(a) 2本の柱が有効な場合 (b) 1本の柱のみ有効な場合  
図3.3 小壁を含む単位フレームの柱の曲げ変形

留意事項は以下の通りである。

- 小壁の仕様は、全面土壁と同等とする。
- 垂れ壁の場合も腰壁の場合も、同じ復元力特性を用いる。
- 同一軸組架構に垂れ壁と腰壁の両方が存在する場合は、垂れ壁のみを含む軸組架構と腰壁のみを含む軸組架構とに分けて、それぞれの復元力で「柱が1本有効な場合の復元力」を用いて加算する。
- 小壁(垂れ壁・腰壁)が連続し、柱の変形が小壁で拘束される場合の復元力は、別途考慮する。

小壁の復元力特性について、ススキ小舞下地の検証実験を実施中であり、その結果に基づいた検討が必要である。実用上は、全面土壁と同様に、竹小舞下地の土塗り小壁の復元力特性を用いることができると考えられる。

小壁の復元力は、壁長毎に図3.4および表3.2のように設定する。図3.4は、表3.2の値をグラフで示したものである。建物の層の復元力に加算するためには、小壁を含む単位フレームの層せん断力-層間変形角関係を以下に示す手順で求める。

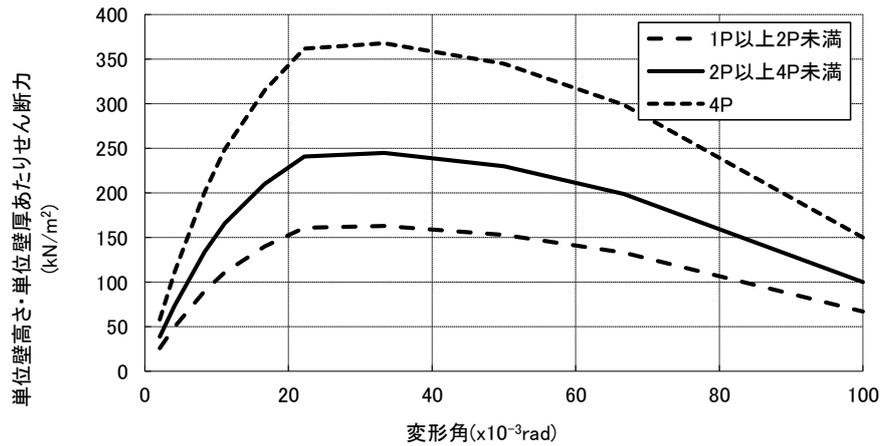


図 3.4 小壁の復元力特性

表 3.2 特定変形角時のせん断応力度

変形角	(rad)	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
	(x10 <sup>-3</sup> rad)	2.08	4.17	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67	100.00
単位壁高さ・単位壁厚あたりのせん断力 (kN/m <sup>2</sup> )	1P以上 2P未満	26	50	90	111	140	161	163	153	133	67
	2P以上 4P未満	39	74	134	166	210	241	245	230	199	100
	4P	58	112	201	249	315	362	368	345	299	150

まず、小壁の負担せん断力  $Q_w$  を求める。図 3.4 および表 3.2 は、「単位壁高さ・単位壁厚あたりのせん断力」で与えられているので、該当する壁長の「単位壁高さ・単位壁厚あたりのせん断力」に小壁高さおよび壁厚を乗じることで、図 3.5 の  $Q_w$  に相当する小壁の負担せん断力を求めることができる。ここで、小壁の高さ  $h_2$  は、横架材の幅を含まない、小壁部分のみの高さである。階高は  $h_1+h_2$  に相当する。小壁高さ  $h_2$  での線形補完の妥当性について、現在、追加実験を準備中である。

表 3.3 に示すように、小壁の壁長が 1P 以上 2P 未満の場合は 1P の復元力特性を用いる。壁長が 2P 以上で 4P 未満の場合は 2P の復元力特性を用い、4P の場合は 4P の復元力特性を用いる。1P 未満の場合は、小壁としての負担せん断力を評価しない。

小壁の中央に束がある場合は、壁長の 1/2 の復元力を 2 倍して用いる。図 3.6 のような 2P の小壁の場合、(a) の場合は「2P」の復元力、(b) の場合は「1P」の復元力の 2 倍を用いる。同様に、4P で束がある場合は、「2P」の復元力を 2 倍して用いる。

小壁にせん断力  $Q_w$  が作用するとき、小壁を含む単位フレームに作用する層せん断力  $Q$  は、式(3.1)～(3.3)で求まる(3.4)により計算することができる。

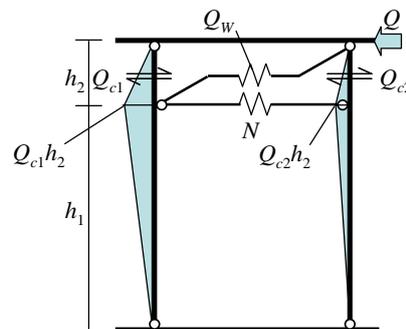
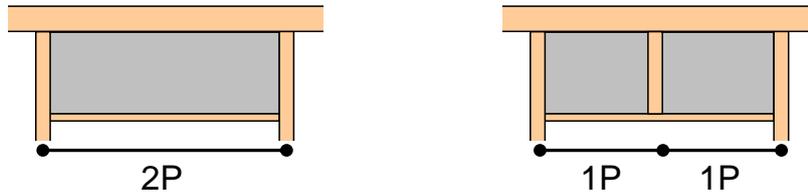


図 3.5 垂壁の解析モデル

表 3.3 使用する復元力特性

壁長	使用する復元力特性	耐力比
1P 未満	評価しない	0
1P 以上 2P 未満	「1P」	1.0
2P 以上 4P 未満	「2P」	1.5
	「2P 束あり」	2.0 (「1P」の2倍)
4P	「4P」	2.25
	「4P 束あり」	4.0 (「2P」の2倍)



(a) 「2P」の復元力特性を使用 (b) 「2P 束あり」の復元力特性を使用

図 3.6 束の有無の違い

$$Q_{C1} + Q_W + Q_{C2} = Q \quad (3.1)$$

$$Q_{C1} = -(Q_W - N) \frac{h_1}{h_1 + h_2} \quad (3.2)$$

$$Q_{C2} = -N \frac{h_1}{h_1 + h_2} \quad (3.3)$$

$$\therefore Q = \frac{h_2}{h_1 + h_2} Q_W \quad (3.4)$$

次に、図 3.7 を参照し、柱の曲げ変形を考慮した、小壁付き単位フレームの層間変位  $\delta$  を、小壁の特定変形角毎に式(3.5)～式(3.7)で求める。この式は、差し鴨居等があり、2本の柱とも有効である場合の式であるが、式(3.7)の  $\delta_c$  を2倍することで、柱1本のみ有効とした場合の結果を得ることができる。

このようにして得られた小壁を含む単位フレームの層せん断力-層間変形角関係は、全面壁などの標準の特定変形角とは異なっているので、標準の特定変形角時の層せん断力を線形補間などの方法で求めておく必要がある。

$$\delta = \delta_w + \delta_c \quad (3.5)$$

$$\delta_w = \gamma(h_1 + h_2) \quad (3.6)$$

$$\delta_c = \frac{\frac{Q_W}{2} h_1^2 h_2^2}{3E_c I_c (h_1 + h_2)} \cdot \frac{h_1 + h_2}{h_2} = \frac{\frac{Q_W}{2} h_1^2 h_2}{3E_c I_c} \quad (3.7)$$

- $\delta_w$  : 柱を剛体とみなしたときの層間変位(mm)
- $\gamma$  : 小壁のせん断変形角(rad)
- $\delta_c$  : 柱の曲げ変形による層間変位の増分(mm) (図 3.6)
- $Q_w$  : 小壁の負担せん断力(kN)
- $E_c$  : 柱のヤング係数(kN/mm<sup>2</sup>)
- $I_c$  : 柱の断面二次モーメント(mm<sup>4</sup>)

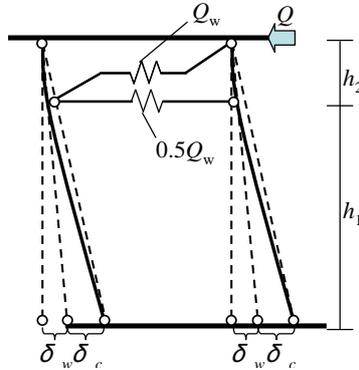


図 3.7 2本の柱が有効な場合の小壁付きフレームの柱の曲げ変形

このようにして得られた小壁を含む単位フレームの層せん断力-層間変形角関係は、全面壁などの標準の特定変形角とは異なっているので、高山市の伝統構法木造建築物で通常用いられる小壁高さ寸法について、標準の特定変形角時の層せん断力を線形補間などの方法で求めておく必要がある。

表 3.4 に、差し鴨居等があり 2本の柱とも有効である場合の、上式で求めた壁長 910mm (1P)と 1820mm (2P)の小壁付き軸組の復元力特性の一例を示す。表 3.4 および図 3.7 との対応は以下の通りである。

- 壁高さ  $h_2$  (mm)
- 壁厚  $t$  (mm)
- 柱径 120 の場合、(3.7)式の  $I_c = \frac{120 \times 120^3}{12}$  (mm<sup>4</sup>)

表 3.4 2本の柱が有効な場合の小壁付き軸組の復元力特性の算定例

(a) 壁長 910mm の場合

壁長(mm)	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910
壁高さ(mm)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	700	700	700	700	700	700	700	700	700
壁厚(mm)	60	60	60	75	75	75	90	90	90	60	60	60	75	75	75	90	90	90	90	60	60	60	75	75	75	90	90	90
柱径(mm)	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	
(rad)	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.10	0.12	0.13	0.11	0.14	0.16	0.13	0.17	0.19	0.16	0.21	0.24	0.18	0.25	0.29	0.20	0.29	0.34	
1/480	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.19	0.23	0.25	0.22	0.28	0.31	0.25	0.33	0.37	0.32	0.42	0.47	0.36	0.49	0.57	0.39	0.56	0.67	
1/240	0.15	0.17	0.17	0.19	0.21	0.21	0.22	0.24	0.25	0.36	0.43	0.46	0.43	0.52	0.57	0.48	0.61	0.67	0.61	0.78	0.87	0.70	0.93	1.06	0.77	1.07	1.24	
1/120	0.20	0.21	0.21	0.24	0.26	0.27	0.28	0.31	0.32	0.47	0.55	0.58	0.55	0.67	0.71	0.62	0.78	0.84	0.79	1.01	1.10	0.91	1.21	1.34	1.00	1.39	1.58	
1/90	0.26	0.27	0.27	0.31	0.33	0.34	0.37	0.39	0.41	0.64	0.71	0.74	0.77	0.87	0.92	0.88	1.03	1.09	1.13	1.33	1.42	1.31	1.62	1.75	1.46	1.89	2.07	
1/60	0.30	0.31	0.31	0.37	0.39	0.39	0.44	0.46	0.47	0.77	0.84	0.86	0.93	1.03	1.07	1.08	1.22	1.27	1.38	1.58	1.66	1.63	1.94	2.05	1.85	2.28	2.43	
1/30	0.32	0.32	0.32	0.40	0.40	0.40	0.48	0.48	0.48	0.89	0.89	0.89	1.11	1.12	1.12	1.33	1.34	1.34	1.74	1.75	1.75	2.12	2.18	2.19	2.43	2.62	2.62	
1/20	0.31	0.30	0.30	0.38	0.38	0.38	0.46	0.46	0.46	0.86	0.85	0.84	1.08	1.06	1.06	1.31	1.28	1.27	1.71	1.67	1.66	2.16	2.10	2.08	2.62	2.53	2.50	
1/15	0.27	0.27	0.26	0.34	0.33	0.33	0.41	0.40	0.40	0.77	0.74	0.74	0.97	0.94	0.92	1.18	1.13	1.11	1.55	1.48	1.45	1.97	1.86	1.82	2.41	2.25	2.20	
1/10	0.14	0.13	0.13	0.17	0.17	0.17	0.21	0.20	0.20	0.40	0.38	0.37	0.51	0.48	0.47	0.62	0.58	0.56	0.82	0.76	0.74	1.06	0.96	0.93	1.32	1.17	1.12	

(b) 壁長 1820mm の場合

壁長(mm)	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820
壁高さ(mm)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	700	700	700	700	700	700	700	700	700
壁厚(mm)	60	60	60	75	75	75	90	90	90	60	60	60	75	75	75	90	90	90	90	60	60	60	75	75	75	90	90	90
柱径(mm)	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	120	150	180	
(rad)	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.08	0.10	0.11	0.13	0.17	0.19	0.14	0.20	0.23	0.16	0.22	0.27	0.20	0.29	0.34	0.22	0.33	0.41	0.23	0.37	0.47	
1/240	0.12	0.13	0.14	0.14	0.16	0.17	0.16	0.19	0.20	0.25	0.32	0.36	0.28	0.38	0.44	0.31	0.44	0.51	0.39	0.56	0.66	0.43	0.65	0.79	0.46	0.73	0.92	
1/120	0.22	0.24	0.25	0.25	0.30	0.31	0.30	0.35	0.37	0.49	0.60	0.67	0.55	0.72	0.81	0.61	0.83	0.95	0.76	1.06	1.23	0.85	1.24	1.49	0.92	1.40	1.72	
1/90	0.28	0.31	0.32	0.33	0.37	0.39	0.38	0.44	0.47	0.62	0.77	0.84	0.71	0.93	1.03	0.79	1.08	1.21	1.00	1.38	1.57	1.12	1.61	1.90	1.21	1.82	2.22	
1/60	0.37	0.39	0.41	0.45	0.49	0.50	0.52	0.58	0.60	0.88	1.03	1.09	1.02	1.25	1.34	1.15	1.48	1.59	1.45	1.89	2.06	1.63	2.27	2.52	1.77	2.59	2.97	
1/45	0.44	0.46	0.47	0.54	0.57	0.58	0.63	0.68	0.70	1.08	1.22	1.27	1.27	1.49	1.57	1.45	1.76	1.87	1.84	2.28	2.43	2.10	2.74	2.99	2.31	3.16	3.54	
1/30	0.48	0.48	0.48	0.60	0.60	0.60	0.72	0.72	0.73	1.33	1.34	1.34	1.65	1.67	1.68	1.90	2.00	2.01	2.43	2.61	2.63	2.86	3.26	3.28	3.20	3.90	3.93	
1/20	0.46	0.46	0.46	0.58	0.57	0.57	0.70	0.69	0.69	1.31	1.28	1.27	1.65	1.61	1.59	2.00	1.94	1.91	2.62	2.53	2.50	3.29	3.19	3.14	3.93	3.85	3.78	
1/15	0.41	0.40	0.40	0.51	0.50	0.50	0.62	0.60	0.60	1.18	1.13	1.11	1.50	1.42	1.39	1.83	1.71	1.67	2.42	2.25	2.19	3.11	2.84	2.76	3.79	3.46	3.33	
1/10	0.21	0.20	0.20	0.26	0.25	0.25	0.32	0.31	0.30	0.62	0.58	0.56	0.80	0.73	0.71	0.99	0.88	0.85	1.32	1.16	1.12	1.74	1.48	1.41	2.22	1.82	1.71	

小壁を含む単位フレームの復元力特性は、両柱間を繋ぐ部材と柱との接合方法に大きく影響されるが、復元力特性の設定の参考にした実験においては、 $1/45\text{rad} \sim 1/30\text{rad}$ において、小壁の隅角部付近の左右の柱の曲げモーメントの差が急増して、柱間の距離が大きくなっている。従って、概ね  $1/45\text{rad}$  以下の変形域では、左右柱では同程度のせん断力を負担していたものと考えられる。なお、この実験に用いた試験体には、下げ鎌の貫が用いられていた。

復元力特性の加算において、小壁を含む単位フレームの復元力は、そのまま、全面壁等と加算しているが、実際には、隣接することで柱の曲げ変形が拘束されるため、剛性が高くなる。全面壁と小壁とが隣接する構面について増分解析を行って、単独の全面壁および単独の小壁付きフレームのそれぞれの復元力を加算した復元力とを比較した結果、大変形角時を除き、複合モデルの耐力が上回ることがわかっている。従って、小壁を含む単位フレームの復元力をそのまま層の復元力に加算することで、安全側の評価となることが分かる。

なお、高山市内の建物では、このような土塗り小壁の上に薄い板壁が意匠的に用いられて、小壁部分が中塗り仕上げとなっていない場合もあるため、耐震性能評価に用いる復元力特性の値を定めるための検証実験を進めている。

土塗り小壁の復元力算定について、上述した計算手順を具体例で補足説明する。対象とする土塗り小壁を図 3.8 に示す。

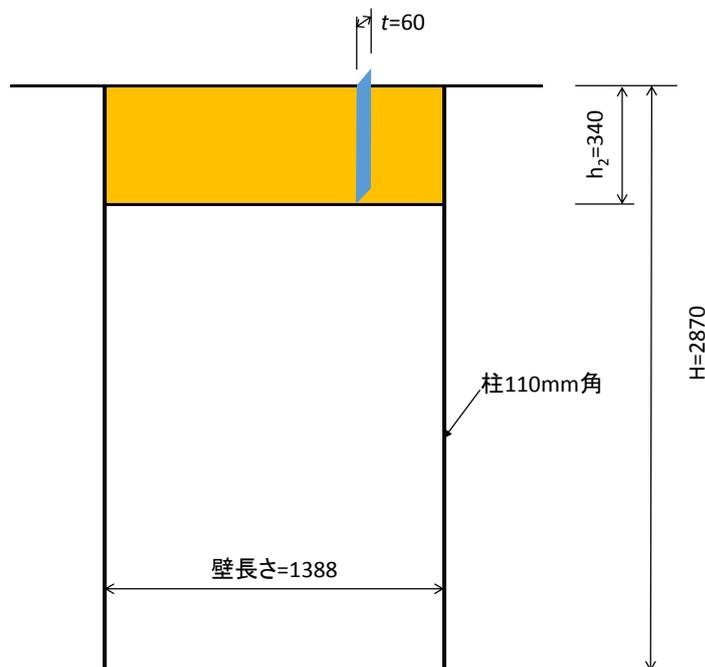


図 3.8 土塗り小壁の例

この場合、図 3.7 との対応は、壁厚さ  $t=60\text{mm}$ 、柱  $110\text{mm}$  角、壁長さ  $1338\text{mm}$ 、壁高さ  $H=2870\text{mm}$ 、小壁高さ  $h_2=340\text{mm}$  となる。まず、柱の断面 2 次モーメント  $I_c$  は

$$I_c = \frac{110 \times 110^3}{12} = 1.22 \times 10^7 \text{ (mm}^4\text{)}$$

である。次に、小壁自体のせん断変形角  $\gamma$  に対する小壁の負担せん断応力度を与える。ここで、 $\gamma$  は、(3.6) 式で用いられている量である。壁長さが  $1338\text{mm}$  であり、これは「1P 以上 2P 未満」であるから、表 3.2 から抜き出して再掲すると、表 3.5 のようになる。

表 3.5 壁長さが 1338mm の場合、特定変形角時のせん断応力度 (表 3.2 の一部を再掲)

$\gamma$	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
せん断応力度 $\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	26	50	90	111	140	161	163	153	133	67

表 3.2 および表 3.5 で示すせん断応力度は、全面壁の場合とは異なり、「単位壁厚さ×単位壁高さ」当たりのせん断応力度であることに注意が必要である。壁高さ  $h_2$  の取り方は、小壁上下にある横架材間の内法長さとするのが望ましいが、便宜上、小壁上下の横架材の芯々間距離としても差し支えない。

(3.4)~(3.7)式などを用いて、1/480 rad から順番に、各 $\gamma$ での諸量を求める。

◇  $\gamma=1/480$  (rad) のとき

$$Q_w = \tau \times h_2 \times t = 26 \times 0.34 \times 0.06 = 0.5304 \text{ (kN)}$$

$$Q = \frac{h_2}{H} \times Q_w = \frac{340}{2870} \times 0.5304 = 0.0628 \text{ (kN)}$$

$$\delta_w = \gamma \times H = \frac{1}{480} \times 2870 = 5.77 \text{ (mm)}$$

$$\delta_c = \frac{\frac{Q_w h_1^2 h_2}{2} \times 2}{3E_c I_c} \times 2 = \frac{\frac{0.5304}{2} \times (2870-340)^2 \times 340}{3 \times 7.0 \times 1.22 \times 10^7} \times 2 = 4.51 \text{ (mm)}$$

$$\delta = \delta_w + \delta_c = 5.77 + 4.51 = 10.28 \text{ (mm)}$$

$$\gamma' = \frac{\delta}{H} = \frac{10.28}{2870} = 0.00358 \text{ (rad)}$$

◇  $\gamma=1/240$  (rad) のとき

$$Q_w = \tau \times h_2 \times t = 50 \times 0.34 \times 0.06 = 1.02 \text{ (kN)}$$

$$Q = \frac{h_2}{H} \times Q_w = \frac{340}{2870} \times 1.02 = 0.121 \text{ (kN)}$$

$$\delta_w = \gamma \times H = \frac{1}{240} \times 2870 = 11.958 \text{ (mm)}$$

$$\delta_c = \frac{\frac{Q_w h_1^2 h_2}{2} \times 2}{3E_c I_c} \times 2 = \frac{\frac{1.02}{2} \times (2870-340)^2 \times 340}{3 \times 7.0 \times 1.22 \times 10^7} \times 2 = 8.664 \text{ (mm)}$$

$$\delta = \delta_w + \delta_c = 20.622 \text{ (mm)}$$

$$\gamma' = \frac{\delta}{H} = \frac{20.622}{2870} = 0.00719 \text{ (rad)}$$

◇  $\gamma=1/120$  (rad) のとき

$$Q_w = \tau \times h_2 \times t = 90 \times 0.34 \times 0.06 = 1.836 \text{ (kN)}$$

$$Q = \frac{h_2}{H} \times Q_w = \frac{340}{2870} \times 1.836 = 0.218 \text{ (kN)}$$

$$\delta_w = \gamma \times H = \frac{1}{120} \times 2870 = 23.917 \text{ (mm)}$$

$$\delta_c = \frac{\frac{Q_w h_1^2 h_2}{2} \times 2}{3E_c I_c} \times 2 = \frac{\frac{1.836}{2} \times (2870-340)^2 \times 340}{3 \times 7.0 \times 1.22 \times 10^7} \times 2 = 15.596 \text{ (mm)}$$

$$\delta = \delta_w + \delta_c = 39.51 \text{ (mm)}$$

$$\gamma' = \frac{\delta}{H} = \frac{39.51}{2870} = 0.01377 \text{ (rad)}$$

◇ 以下、同様にして小壁の特定変形角 $\gamma$ に応じてそれぞれの値を算定すると、表 3.6 を得る。

表 3.6 図 3.8 の小壁での諸量計算例

$\gamma$ (rad)	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q_w$ (kN)	$Q$ (kN)	$\delta_w$ (mm)	$\delta_c$ (mm)	$\delta$ (mm)	$\gamma'$ (rad)
1/480	26	0.530	0.063	5.979	4.505	10.48	0.00365
1/240	50	1.020	0.121	11.958	8.664	20.62	0.00719
1/120	90	1.836	0.218	23.917	15.595	39.51	0.01377
1/90	111	2.264	0.268	31.889	19.234	51.12	0.01781
1/60	140	2.856	0.338	47.833	24.259	72.09	0.02512
1/45	161	3.284	0.389	63.778	27.898	91.68	0.03194
1/30	163	3.325	0.394	95.667	28.244	123.91	0.04317
1/20	153	3.121	0.370	143.500	26.511	170.01	0.05924
1/15	133	2.713	0.321	191.333	23.046	214.38	0.07470
1/10	67	1.367	0.162	287.000	11.610	298.61	0.10405

次に、 $\gamma' = \delta/H$ の値に応じて、実際の「小壁付き木造軸組」の層間変形角 $\gamma'$ が 1/480 rad から 1/10 rad まで増加するときの層せん断力 $Q$ を算定する。例えば、 $\gamma' = 1/90$ での層せん断力 $Q_{90}$ を求めるには、以下のようにして線形補間すればよい。

1/90 = 0.01111... であるから、0.00719 < 1/90 < 0.01377 を考慮すると、 $Q_{90}$ は、図 3.9 に示すように、2点 A(0.00719, 0.121)、B(0.01377, 0.218)の内分点 P で与えられる。

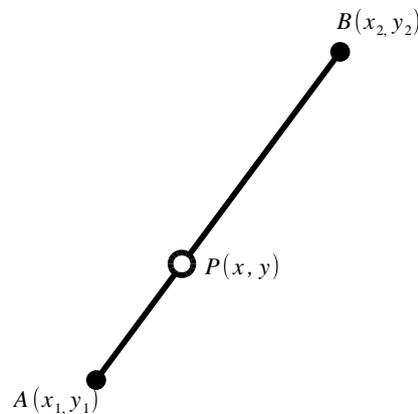


図 3.9 線形補間の考え方

一般に、2点 $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$ を通る直線の方程式は

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1$$

であるから、

$$Q_{90} = \frac{0.218 - 0.121}{0.01377 - 0.00719}(1/90 - 0.00719) + 0.121 = 0.178 \text{ (kN)}$$

となる。同様にして、それぞれの特定変形角 $\gamma'$ での層せん断力( $Q_{480}$ 、 $Q_{240}$ 、 $Q_{120}$ ...)を求めることができる。

### 3) 土塗り壁の外に顕しとなっている貫

貫が、単なる土塗り壁の下地材としてではなく、顕しで用いられることがあり、これは高山市の伝統構法木造建築物の意匠上の特徴のひとつと言える。このような貫は、外壁に限らず、屋内の間仕切り壁にも見られる。材寸は 30mm×115~116mm であり、調査した範囲では、幅の半分があらわしとなっているものが多い。貫の厚さが 30mm あるので、復元力を見込むことが期待できる。



写真 3.1 外壁での顕しの貫



写真 3.2 内壁での顕しの貫

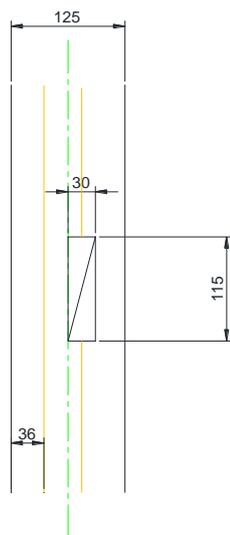


図 3.10 顕しの貫



写真 3.3 左図の参考にした解体家屋部材

## (2) 板壁

板壁は、板の貼り方などの多くの仕様があるが、2012年度 E-ディフェンス実大振動台実験の試験体 No.5 および No.6 に使用した板壁 (壁長さ 1P) の設計用復元力を示す。

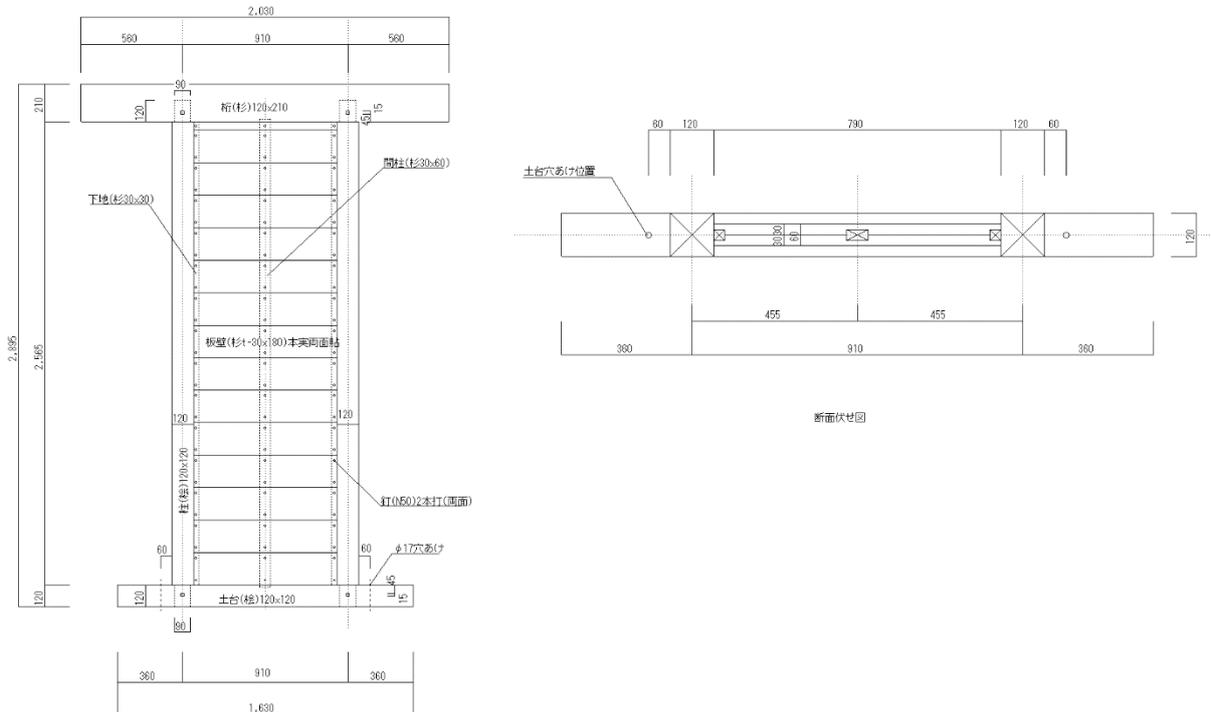
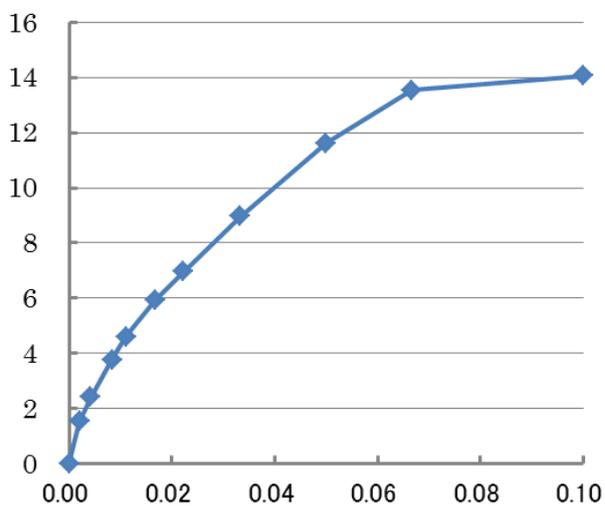


図 3.10 板壁試験体 (壁長さ 1P)



変形角	設計用復元力
rad.	kN
0	0.00
1/480	1.53
1/240	2.40
1/120	3.77
1/90	4.59
1/60	5.93
1/45	6.96
1/30	8.97
1/20	11.62
1/15	13.55
1/10	14.06

図 3.11 壁長さが 1P の板壁設計用復元力

板壁は、板の貼り方などの多くの仕様があり、現在、実験中あるいは、今後、実験を予定している。

## (2) 土塗り壁と板壁の複合壁

土壁・板壁の複合壁の復元力特性の評価は、当面、板壁部分の復元力を考慮せず、板壁より上部の土塗り垂れ壁の復元力特性のみを考慮する。その際、上述、3. (1) 2) の方法を用いる。

既存建物に付いている板壁の板は厚さが 5mm 程度と薄い上、軸組に釘などで留め付けられていないものも多いため、耐震要素としてこれを算入することは不適當である。また、検証実験は、この問題を解消する目的で改良案として実施されたが、実験結果が少ないため、耐震補強設計での復元力特性として扱おうとする場合でも、現時点ではじゅうぶんとは言えない。

#### 4. 構造要素（仕口接合部）の設計用復元力特性

##### （1）高山市の伝統構法木造建築物の仕口接合部の扱い

仕口接合部の復元力特性の評価は、「伝統的構法の設計法作成および性能検証実験検討委員会」の要素実験結果をもとに作成された復元力特性<sup>1)</sup>（以下委員会資料とする）をベースにしなが、仕口実験結果、現地調査などを踏まえ、高山の特有の問題を加味して以下に整理して示す。

###### （1）樹種の扱い

委員会資料では樹種にスギを用いた実験結果を整理されたものであり、高山ではヒメコマツが多く用いられている。解体古材および仕口実験に供したヒメコマツから採取した材料試験結果では剛性・強度とも概ねスギより大きな結果を得ているが、ここでは控えめに評価することとして、スギと概ね同等な材料と見なして、仕口形状が同じものは委員会資料の復元力特性を用いる。

###### （2）仕口形式の扱い

高山の主な仕口形式は通し貫、小根ほぞ込み栓打ちまたは小根ほぞ車知栓打ちおよび長ほぞである。

- ① 小根ほぞで車知栓打ちのタイプに該当する資料が委員会資料にはないが、雇いほぞ車知栓打ちの復元力を基本にして、小根ほぞ車知栓打ちの実験結果を考慮することで、 $1/15\text{rad}$  以上では同じ復元力が維持されるとした。
- ② 小根ほぞ込み栓打ちは、実験結果では高さ  $h=330\text{mm}$  の梁では柱の割裂をもたらし、 $h=235\text{mm}$  の梁では良好な性状を示し、委員会資料の復元力の  $3/4$  倍に相当する結果が得られたので、委員会資料の小根ほぞ込み栓打ちの復元力を  $3/4$  倍に修正して復元力を示す。
- ③ 丸太梁の込み栓打ちも適用範囲に含まれれば、この表を用いる。
- ④ 長ほぞ仕口は、実験結果により委員会資料の長ほぞ仕口をそのまま適用する。

以下の復元力特性には高山では見られないタイプの仕口も含めて示す。なお、今後さらに高山特有の条件を加味した検討や実験的検証が進めば、見直しを行う。

##### 参考文献

- 1) 伝統的構法の設計法作成および性能検証実験検討委員会検討資料

##### （2）仕口接合部の設計用復元力特性

###### （1）長ほぞ仕口（柱端部の長ほぞ）

長ほぞ仕口 1ヶ所あたりのほぞの強軸方向（図 4.1）の曲げモーメントー回転角関係を図 4.2 および表 1 に示す。ほぞの弱軸方向（強軸方向の直交方向）への曲げに対しては、強軸方向に比べて生じる曲げモーメントが小さく、また、強軸方向より小さい回転角でほぞに曲げ破壊が生じる可能性があるため、評価の対象としない。

図 4.3 より、曲げモーメント  $M$  と階高  $H$  から、回転角毎に柱 1 本あたりの負担せん断力を計算する。なお、回転角と層間変形角は等しいとみなす。

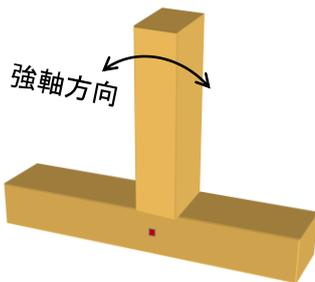


図 4.1 ほぞの強軸方向曲げ

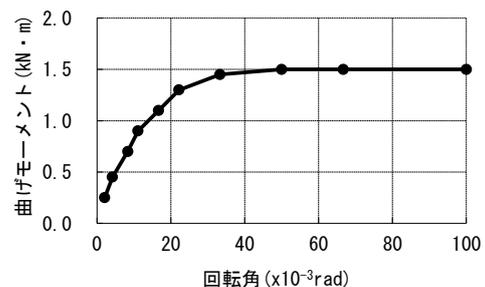
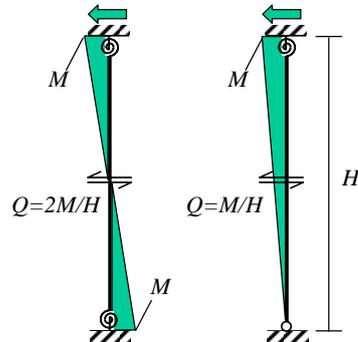


図 4.2 長ほぞ仕口の曲げモーメントー回転角関係

表 4.1 特定回転角時の曲げモーメント

回転角	(rad)	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
	( $\times 10^{-3}$ rad)	2.08	4.17	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67	100.00
曲げモーメント	(kN·m)	0.25	0.45	0.70	0.90	1.10	1.30	1.45	1.50	1.50	1.50



(a) 土台仕様の場合 (b) 石場建ての場合

図 4.3 長ほぞ仕口の曲げモーメントとせん断力

(2) 柱—横架材（貫、差し鴨居、足固めなど）

差し鴨居、足固め、貫等の仕口での曲げモーメント抵抗要素の設計用復元力特性としては、各部材 1 本あたりの曲げモーメント—回転角関係を示している。層せん断力と曲げモーメントとの関係を図 4.4 に示す。各要素について、仕様毎の曲げモーメントと回転角との関係を以下に示す。適用に当たっては、適用範囲を順守すること。なお、回転角と層間変形角は等しいとみなしてよい。

復元力は、図 4.4 の関係から、曲げモーメントを階高で補正する。なお、差鴨居を含む小根ほぞなどで、仕口の左右・上下で対称でない場合には、水平力が作用する方向により抵抗モーメントが異なる場合があるが、左右の梁端部のモーメントの合計を  $M$ （実験結果では正負の復元力の絶対値の平均）として算定する。

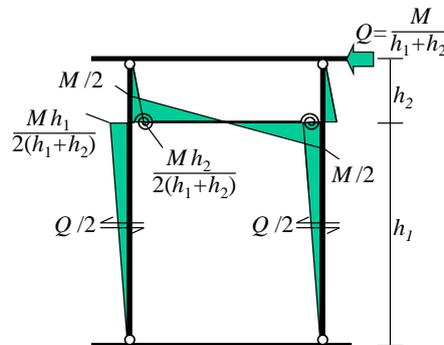


図 4.4 差し鴨居、足固め、貫等の仕口の曲げモーメント分布とせん断力

以下に実験的に検証された柱—横架材の仕口について、適用範囲（仕口の仕様）と設計用復元力特性を示す。

① 通し貫（図 4.5 参照）

通し貫を含む単位フレームの曲げモーメント分布は図 4.4 のようになるが、貫や柱の曲げ変形を無視すると、単位フレームの層せん断力—層間変形角関係は、図 4.6 および表 4.2 のようになる。なお、この結果には柱径がパラメータとなっているが、柱の曲げ変形を考慮しているのではなく、柱内で貫にめり込みが生じる部分の距離を計算するために用いられている。また、貫上下面への柱や楔のめり込みは、

柱1本につき、貫の2箇所が生じることになるが、ここでは、同じ通し貫が連続する場合に重複して加算しないよう、片側（フレームの内側）のめり込みによる曲げモーメントのみ考慮している。

適用範囲

- 貫のせい( $h$ ) : 105mm~120mm
- 貫の厚さ( $w$ ) : 15mm~30mm

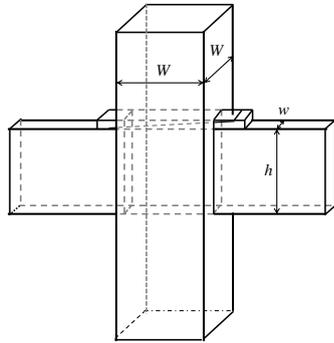


図4.5 通し貫

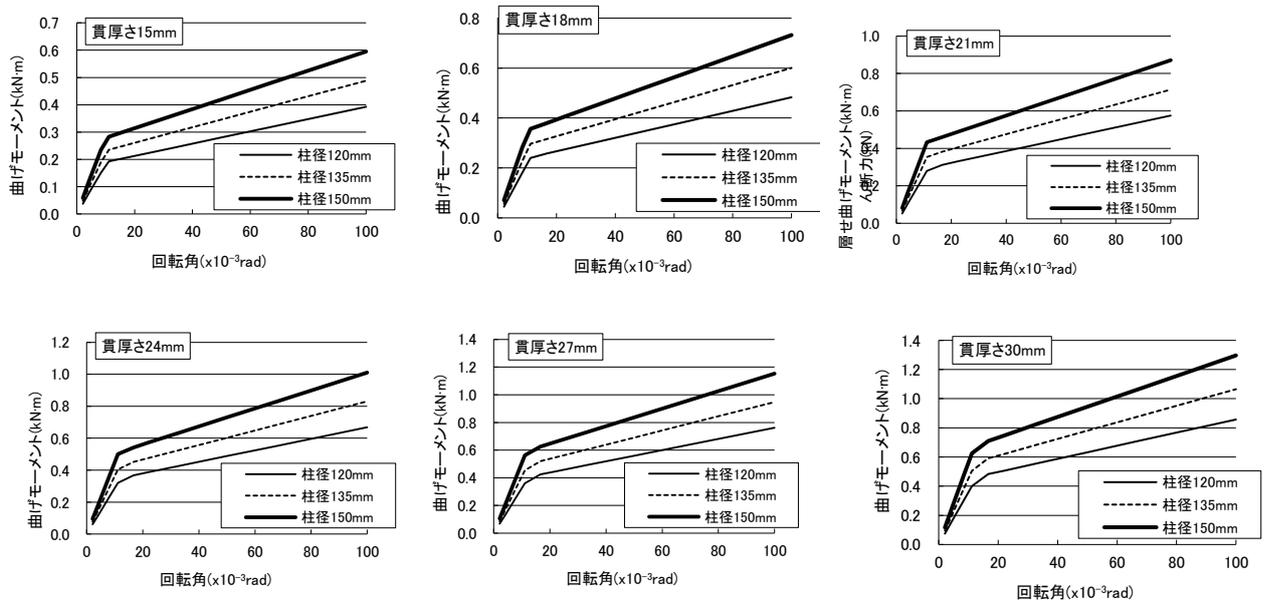


図4.6 通し貫を有する単位フレームの復元力特性

表4.2 特定回転角時の曲げモーメント

貫厚さW(mm)	15	15	15	18	18	18	21	21	21	24	24	24	27	27	27	30	30	30	
柱径L(mm)	120	135	150	120	135	150	120	135	150	120	135	150	120	135	150	120	135	150	
( $\times 10^{-3}$ rad)	(kNm)																		
1/480	2.1	0.04	0.05	0.06	0.05	0.06	0.07	0.05	0.07	0.08	0.06	0.08	0.09	0.07	0.09	0.11	0.08	0.09	0.12
1/240	4.2	0.08	0.09	0.12	0.09	0.11	0.14	0.11	0.13	0.16	0.12	0.15	0.19	0.14	0.17	0.21	0.15	0.19	0.23
1/120	8.3	0.15	0.19	0.23	0.18	0.23	0.28	0.21	0.27	0.33	0.24	0.30	0.38	0.27	0.34	0.42	0.30	0.38	0.47
1/90	11.1	0.19	0.24	0.28	0.24	0.30	0.36	0.28	0.35	0.43	0.32	0.40	0.50	0.36	0.45	0.56	0.40	0.51	0.63
1/60	16.7	0.20	0.25	0.30	0.26	0.32	0.38	0.31	0.38	0.46	0.37	0.45	0.54	0.43	0.52	0.63	0.48	0.59	0.71
1/45	22.2	0.22	0.27	0.32	0.27	0.33	0.40	0.33	0.40	0.49	0.39	0.48	0.57	0.45	0.55	0.66	0.51	0.62	0.75
1/30	33.3	0.24	0.30	0.36	0.30	0.37	0.45	0.36	0.45	0.54	0.43	0.53	0.64	0.49	0.61	0.73	0.56	0.69	0.83
1/20	50.0	0.28	0.35	0.42	0.35	0.43	0.52	0.42	0.52	0.62	0.49	0.60	0.73	0.50	0.69	0.84	0.63	0.78	0.95
1/15	66.7	0.32	0.39	0.48	0.39	0.49	0.59	0.47	0.58	0.71	0.55	0.68	0.82	0.63	0.78	0.94	0.71	0.88	1.06
1/10	100.0	0.39	0.49	0.6	0.48	0.60	0.73	0.57	0.71	0.87	0.67	0.83	1.01	0.76	0.95	1.15	0.86	1.07	1.30

② 雇いほぞ込み栓打ち（雇いほぞ胴栓止め：図4.7参照）

適用範囲を表 4.3 に、復元力特性を図 4.8 に、特定回転角時の曲げモーメントを表 4.4 に示す。

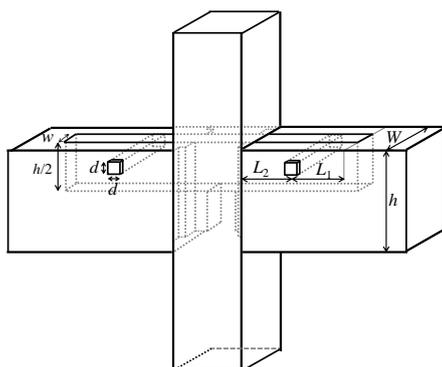


図 4.7 雇いほぞ込み栓打ち

表 4.3 雇いほぞ込み栓打ちの適用範囲

梁幅(W)	120mm 以上
梁せい(h)	150mm～300mm
栓径(d)	15mm～18mm
栓の本数	柱の左右毎に 1 本
雇いほぞせい(h/2)	梁せいの 1/2 程度
雇いほぞ幅(w)	30mm～36mm
雇いほぞ端部から込み栓までの距離(L <sub>1</sub> )	60mm 以上
込み栓から梁端部までの距離(L <sub>2</sub> )	60mm 以上

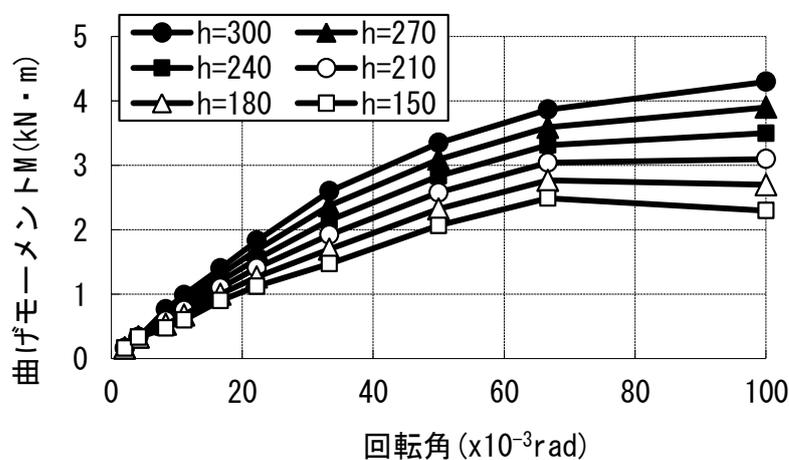


図 4.8 雇いほぞ込み栓打ち仕口の曲げモーメントー回転角関係 (h:梁せい)

表 4.4 特定回転角時の曲げモーメント

回転角		(rad)	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
		(x10 <sup>-3</sup> rad)	2.08	4.17	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67	100.00
曲げモーメントM	梁せい150mm	(kN·m)	0.17	0.33	0.47	0.60	0.90	1.12	1.47	2.07	2.49	2.30
	梁せい180mm	(kN·m)	0.17	0.33	0.53	0.68	1.00	1.27	1.70	2.33	2.77	2.70
	梁せい210mm	(kN·m)	0.17	0.33	0.59	0.76	1.10	1.41	1.92	2.58	3.04	3.10
	梁せい240mm	(kN·m)	0.17	0.33	0.65	0.83	1.20	1.55	2.15	2.84	3.32	3.50
	梁せい270mm	(kN·m)	0.17	0.33	0.71	0.91	1.30	1.69	2.37	3.09	3.59	3.90
	梁せい300mm	(kN·m)	0.17	0.33	0.77	0.99	1.40	1.83	2.60	3.35	3.87	4.30

雇いほぞせい、雇いほぞ幅、雇いほぞ端部から込み栓までの距離および込み栓から梁端部までの距離などは、梁の寸法に応じて増減すること。特に、雇いほぞ端部から込み栓までの距離については、ほぞの割裂や抜けに注意する。

③ 雇いほぞ車知栓打ち (雇い竿車知栓止め : 図 4.9 参照)

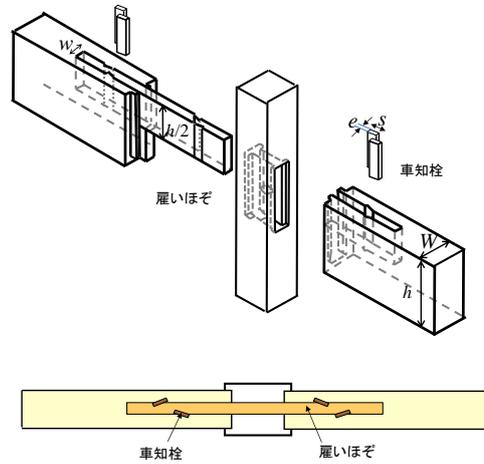


図 4.9 雇いほぞ車知栓打ち

適用範囲を表 4.5 に、曲げモーメント-回転角関係を図 4.10 に、特定回転角時の曲げモーメントを表 4.6 に示す。

表 4.5 雇いほぞ車知栓打ちの適用範囲

梁幅 ( $W$ )	120mm 以上
梁せい ( $h$ )	150mm~300mm 以上
車知の厚さ ( $e$ )	6mm~7.5mm 程度
車知の幅 ( $s$ )	30mm 以上
雇いほぞせい ( $h/2$ )	梁せいの 1/2 以下
雇いほぞ幅・小根ほぞ幅 ( $w$ )	30mm 程度
目違いほぞ・襟輪の深さ	15mm 以上

車知栓の欠落を防ぐために、車知栓は梁上側から打ち込むものとする。雇いほぞ幅は、梁幅の 1/3 以下かつ柱幅の 1/4 以下。

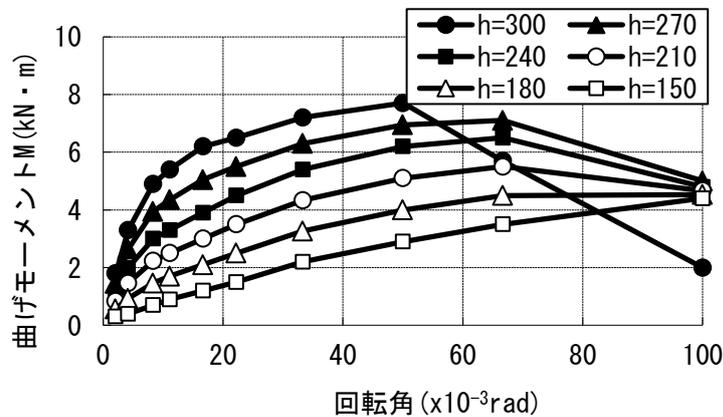


図 4.10 雇いほぞ車知打ち仕口の曲げモーメント-回転角関係 ( $h$ : 梁せい)

表 4.6 特定回転角時の曲げモーメント

回転角		(rad)	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
		( $\times 10^{-3}$ rad)	2.08	4.17	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67	100.00
曲げモーメントM	梁せい150mm	(kN·m)	0.30	0.40	0.70	0.90	1.20	1.50	2.20	2.90	3.50	4.40
	梁せい180mm	(kN·m)	0.57	0.93	1.47	1.70	2.10	2.50	3.27	4.00	4.50	4.53
	梁せい210mm	(kN·m)	0.83	1.47	2.23	2.50	3.00	3.50	4.33	5.10	5.50	4.67
	梁せい240mm	(kN·m)	1.10	2.00	3.00	3.30	3.90	4.50	5.40	6.20	6.50	4.80
	梁せい270mm	(kN·m)	1.45	2.65	3.95	4.35	5.05	5.50	6.30	6.95	7.10	5.00
	梁せい300mm	(kN·m)	1.80	3.30	4.90	5.40	6.20	6.50	7.20	7.70	5.70	2.00

階高で補正を行い、せん断耐力とすること。

※梁せいが 300mm のとき、1/15rad 時以降の曲げモーメントを小さく評価しているのは、梁端部の目違いほぞや襟輪が柱から外れ、女木が車知の回転によって押し広げられることを考慮したためである。梁せいを大きくする場合、目違いほぞや襟輪の深さを大きくするなど柱から外れることを防ぐ必要がある。梁せいが大きい場合については、再実験あるいは解析的に評価して、再度、図を作成し直す。

④ 小根ほぞ車知栓打ち (胴付小根ほぞ車知栓止め：図 4.11、12、13 参照)

高山の主な仕口である差鴨居車知栓打ちについて、実験で確認できた図 4.11 のタイプはこれを適用する。この仕口の適用範囲を表 4.7 に、曲げモーメント - 回転角関係は、図 4.14、表 4.8 を用いる。

図 4.12 の鬚太のない標準タイプ、および図 4.13 の丸太梁の車知栓打ちは実験データがないが、これを準用する。梁せいが大きく、柱が細い場合に柱の折損をきたすので、柱と梁の組み合わせに制限を加えている。

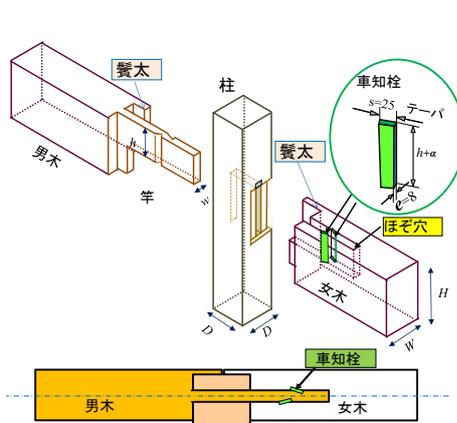


図 4.11 小根ほぞ車知栓打ち (鬚太有)

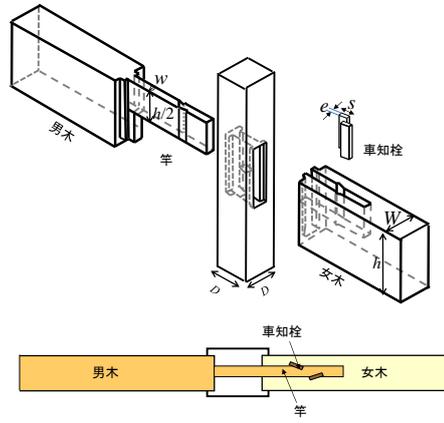


図 4.12 小根ほぞ車知栓打ち (標準)

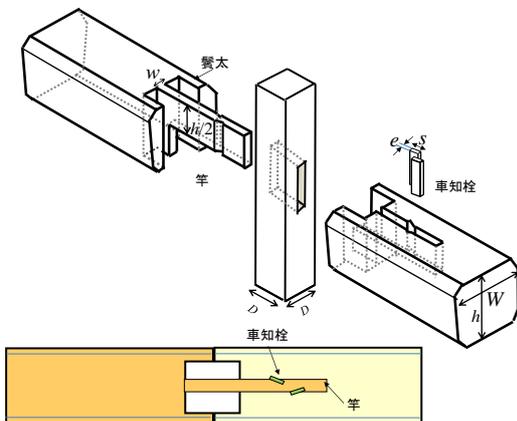


図 4.13 小根ほぞ車知栓打ち（丸太梁）

表 4.7 小根ほぞ車知栓打ちの適用範囲

柱 ( $D \times D$ )	120mm 以上 (梁せい 270 以上では 150mm 以上)
梁幅 ( $W$ )	120mm 以上
梁せい ( $h$ )	150mm ~ 300mm
車知の厚さ ( $e$ )	6mm ~ 7.5mm 程度
車知の幅 ( $s$ )	30mm 以上
竿せい ( $h/2$ )	梁せいの 1/2 以下
竿幅 ( $w$ )	30mm 程度
目違いほぞ・襟輪の深さ	15mm 以上

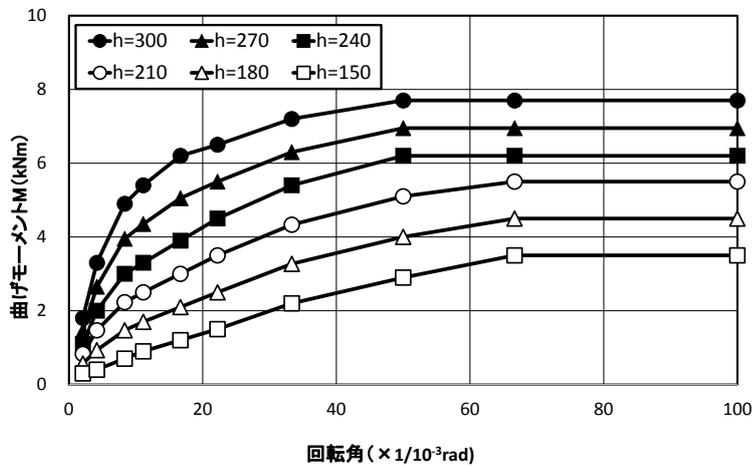


図 4.14 差鴨居車知打ち仕口の曲げモーメント-回転角関係 ( $h$ : 梁せい)

表 4.8 特定回転角時の曲げモーメント

車知栓	回転角	(rad)	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
		( $\times 10^{-3}$ rad)	2.08	4.17	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67	100.00
曲げモーメントM	梁せい150mm	(kNm)	0.30	0.40	0.70	0.90	1.20	1.50	2.20	2.90	3.50	3.50
	梁せい180mm	(kNm)	0.57	0.93	1.47	1.70	2.10	2.50	3.27	4.00	4.50	4.50
	梁せい210mm	(kNm)	0.83	1.47	2.23	2.50	3.00	3.50	4.33	5.10	5.50	5.50
	梁せい240mm	(kNm)	1.10	2.00	3.00	3.30	3.90	4.50	5.40	6.20	6.20	6.20
	梁せい270mm	(kNm)	1.45	2.65	3.95	4.35	5.05	5.50	6.30	6.95	6.95	6.95
	梁せい300mm	(kNm)	1.80	3.30	4.90	5.40	6.20	6.50	7.20	7.70	7.70	7.70

⑤ 小根ほぞ鼻栓打ち（胴付き小根ほぞ鼻栓止め：図 4.15 参照）

また差鴨居で鼻栓打ちは小根ほぞ鼻栓打ち（胴付き小根ほぞ鼻栓止め）を用いる。

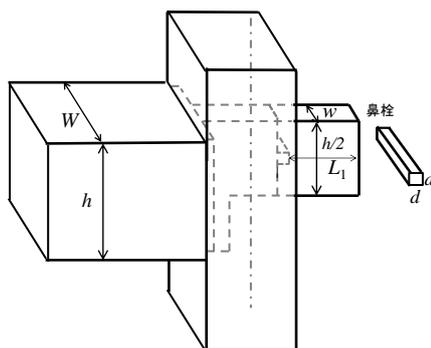


図 4.15 小根ほぞ鼻栓打ち (胴付き小根ほぞ鼻栓止め)

**適用範囲**

梁幅 (W) : 120mm 以上

梁せい (h) : 150mm~300mm

栓径 (d) : 15mm 程度 (栓径が大きい場合、小根ほぞのせん断破壊が早期に生じて、  
靱性が低下する可能性がある。)

栓の本数 : 1箇所につき 1本

小根ほぞせい (h/2) : 梁せいの 1/2 程度

小根ほぞ幅 (w) : 30mm~36mm

ほぞの余長 (L1) : 105mm 以上

※この範囲においては、1/10rad までで、梁せいの違いによる復元力への影響は顕著ではなかった。従って、設計用復元力特性は、梁せいによらず同じとした。

曲げモーメントー回転角関係を図 4.16 に、特定回転角時の曲げモーメントを表 4.9 に示す。

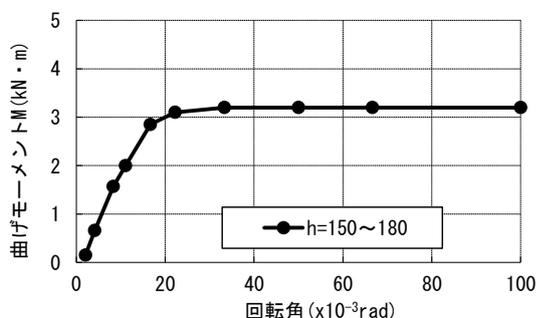


図 4.16 小根ほぞ鼻栓打ち仕口の曲げモーメントー回転角関係 (h:梁せい)

表 4.9 特定回転角時の曲げモーメント

回転角		(rad)	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
		(x10 <sup>-3</sup> rad)	2.08	4.17	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67	100.00
曲げモーメントM	梁せい150mm	(kN·m)	0.15	0.66	1.57	2.00	2.85	3.10	3.20	3.20	3.20	3.20
	梁せい180mm											
	梁せい210mm											
	梁せい240mm											
	梁せい270mm											
梁せい300mm												

⑥ 小根ほぞ込み栓打ち (胴付き小根ほぞ込み栓止め : 図 4.17 参照)

高山の主な仕口形式である差鴨居込み栓打ちは、丸太梁の込み栓打ちを含めてこのタイプを用いることができる。

梁せいが大きく、柱が細い場合に柱の割裂をきたす場合があるので、柱と梁の組み合わせとして、梁せい300mm以上では適用範囲を超えるが、柱150mm角以上とし、別途割裂の検討を行う。

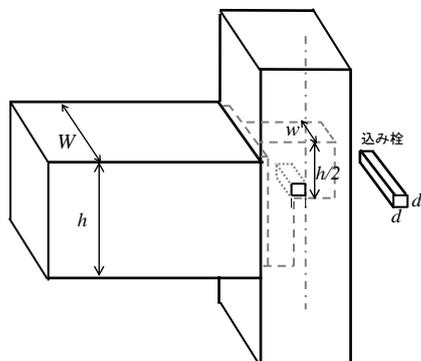


図4.17 小根ほぞ込み栓打ち (胴付き小根ほぞ込み栓止め)

適用範囲

- 梁幅(W) : 120mm 以上
- 梁せい(h) : 150mm~300mm
- 栓径(d) : 15mm 程度 (栓径が大きい場合、靱性が低下する可能性がある。)
- 栓の本数 : 1箇所につき1本
- 小根ほぞせい(h/2) : 梁せいの1/2程度
- 小根ほぞ幅(w) : 30mm~36mm

曲げモーメントー回転角関係を図4.18に、特定回転角時の曲げモーメントを表4.10に示す。

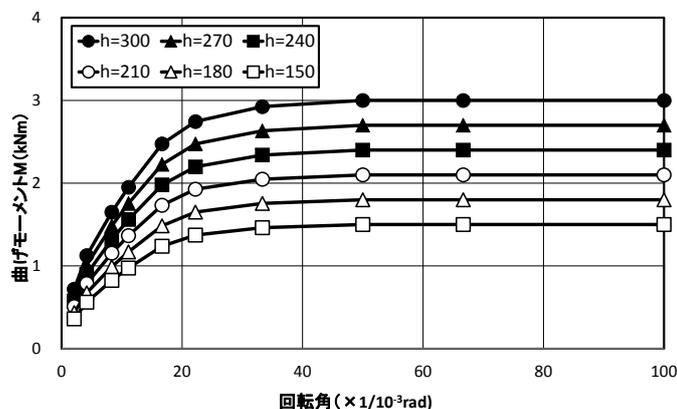


図4.18 小根ほぞ込み栓打ち仕口の曲げモーメントー回転角関係 (h:梁せい)

表4.10 特定回転角時の曲げモーメント

車知栓	回転角	(rad)	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
		( $\times 10^{-3}$ rad)	2.08	4.17	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67	100.00
曲げモーメントM	梁せい150mm (kNm)	0.36	0.56	0.83	0.98	1.24	1.37	1.46	1.50	1.50	1.50	1.50
	梁せい180mm (kNm)	0.44	0.68	0.99	1.17	1.49	1.65	1.76	1.80	1.80	1.80	1.80
	梁せい210mm (kNm)	0.51	0.79	1.16	1.37	1.73	1.93	2.05	2.10	2.10	2.10	2.10
	梁せい240mm (kNm)	0.58	0.90	1.32	1.56	1.98	2.20	2.34	2.40	2.40	2.40	2.40
	梁せい270mm (kNm)	0.65	1.01	1.49	1.76	2.23	2.48	2.63	2.70	2.70	2.70	2.70
	梁せい300mm (kNm)	0.72	1.13	1.65	1.95	2.48	2.75	2.93	3.00	3.00	3.00	3.00

⑦ 小根ほぞ割り楔締め (胴付き小根ほぞ割り楔締め：図 4.19 参照)

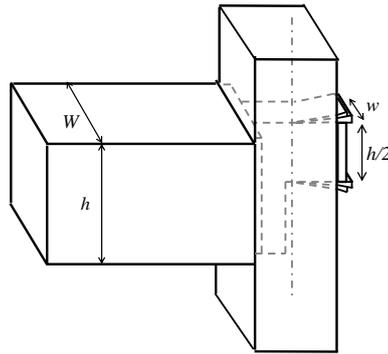


図 4.19 小根ほぞ割り楔締め (胴付き小根ほぞ割り楔締め)

適用範囲

梁幅(W) : 120mm 以上

梁せい(h) : 150mm~300mm

くさび先端角度 : 5° 以上

小根ほぞせい(h/2) : 梁せいの 1/2 程度

小根ほぞ幅(w) : 30mm~36mm

曲げモーメントー回転角関係を図 4.20 に、特定回転角時の曲げモーメントを表 4.11 に示す。

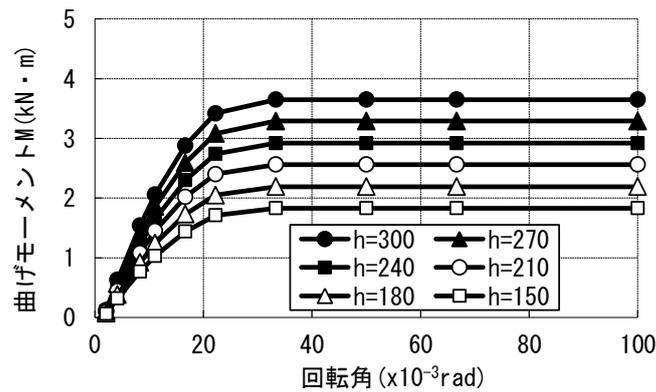


図 4.20 小根ほぞ割り楔締め仕口の曲げモーメントー回転角関係 (h:梁せい)

表 4.11 特定回転角時の曲げモーメント

回転角		(rad)	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
		(x10 <sup>-3</sup> rad)	2.08	4.17	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67	100.00
曲げモーメントM	梁せい150mm	(kN·m)	0.06	0.32	0.77	1.03	1.44	1.71	1.83	1.83	1.83	1.83
	梁せい180mm	(kN·m)	0.07	0.38	0.92	1.24	1.73	2.05	2.19	2.19	2.19	2.19
	梁せい210mm	(kN·m)	0.09	0.44	1.08	1.45	2.02	2.40	2.56	2.56	2.56	2.56
	梁せい240mm	(kN·m)	0.10	0.50	1.23	1.65	2.30	2.74	2.92	2.92	2.92	2.92
	梁せい270mm	(kN·m)	0.11	0.57	1.39	1.86	2.59	3.08	3.29	3.29	3.29	3.29
	梁せい300mm	(kN·m)	0.12	0.63	1.54	2.06	2.88	3.42	3.65	3.65	3.65	3.65

### **(3) 仕口接合部の設計用復元力特性の課題**

仕口接合部の実験結果から、全体的に柱が梁に比べ、耐力が小さく、柱の折損、割裂の可能性があることが明らかとなったが、ごく限られた実験結果によるもので、その実験結果だけで高山の仕口接合部のすべてを解明することは難しく、今後引き続き高山特有の樹種と仕口接合部についての実験的検証により、設計用復元力特性の再確認または見直しが課題となる。

## 5. 地盤種別の判別について

表層地盤の加速度増幅率を表す数値  $G_s$  を算出する際に用いる地盤種別は、表 5.1 に基づき判別することとしてよい。なお、同表における 30m 平均 S 波速度  $avVs$  は、独立行政法人防災科学技術研究所の地震ハザードステーション J-shis (<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>) により調べることができる。

表 5.1 地盤種別と 30m 平均 S 波速度の関係

地盤種別	$avVs(m/sec)$
第 1 種地盤	$400 \leq avVs$
第 1 種、2 種の間間的な地盤	$255 \leq avVs < 400$
第 2 種地盤	$160 \leq avVs < 255$
第 3 種地盤	$avVs < 160$

各地盤種別の地盤周期は、建築物の構造関係技術解説書より、表 5.2 のように示される。ここで、第 1 種、2 種の間間的な地盤の地盤周期は、第 1 種地盤と第 2 種地盤の間とした。30m 平均 S 波速度について 30m を単一層、つまり解放工学的基盤  $Vs400m$  との 2 層地盤と考えると、(1)式、(2)式から(3)式が得られる。 $T_g$  について、 $T_1$  が支配的と考えると地盤種別と 30m 平均 S 波速度の関係が表 5.1 のように得られる。

表 5.2 地盤種別と地盤周期の関係

地盤種別	$T_g(sec)$
第 1 種地盤	$T_g \leq 0.2$
第 1 種、2 種の間間的な地盤	$0.2 < T_g \leq 0.47$
第 2 種地盤	$0.47 < T_g \leq 0.75$
第 3 種地盤	$0.75 < T_g$

$$T_1 = \frac{4(\sum H_i)^2}{\sum \sqrt{\frac{G_i}{\rho_i}} H_i} \quad (1)$$

$$Vs = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (2)$$

$$T_1 = \frac{120}{avVs} \quad (3)$$

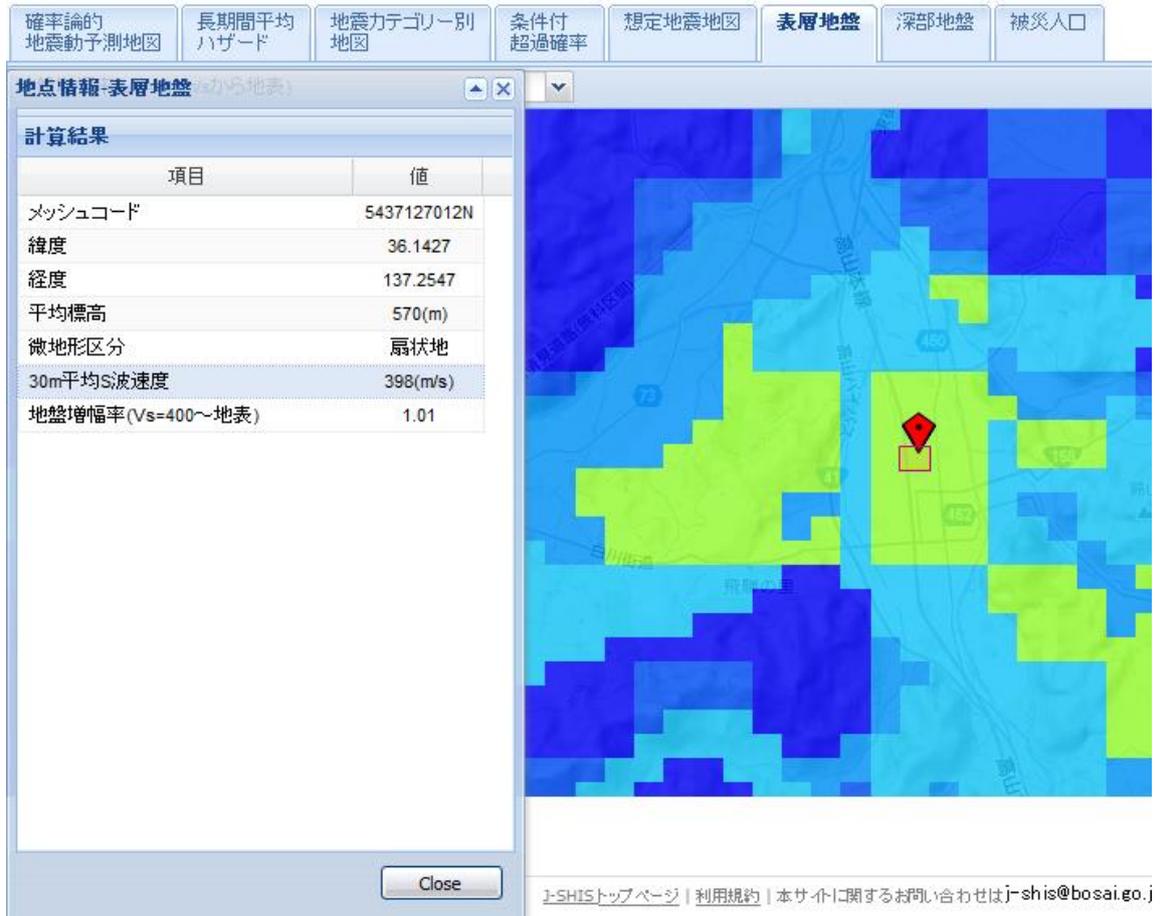


図 5.1 J-shis による高山市の検索

(京都市役所・寺門宏之氏作成)

## 別添 参考資料

### 1. 関連する法規

#### ①建築基準法関連

- ・ 建築基準法
- ・ 岐阜県建築基準法施行細則
- ・ 岐阜県建築基準法運用指針
- ・ 岐阜県建築基準条例
- ・ 高山市風致地区条例

#### ②景観規制関連

- ・ 高山市景観計画
- ・ 高山市市街地景観保存条例
- ・ 高山市美しい景観と潤いのあるまちづくり条例
- ・ 高山市屋外広告物条例

#### ③文化財関連

- ・ 高山市文化財保護条例
  - ・ 高山市伝統的建造物群保存地区保存条例
  - ・ 高山市三町伝統的建造物群保存地区保存計画
  - ・ 高山市三町防災計画策定書
  - ・ 高山市下二之町大新町伝統的建造物群保存地区保存計画
  - ・ 高山市下二之町大新町伝統的建造物群保存地区防災計画
- ※ 地元住民による自主規制などについても注意しなければならない。

### 2. 積雪荷重に関する規定

岐阜県建築基準法施行細則および岐阜県建築基準法運用指針の積雪荷重に関する規定を以下に掲載する（岐阜県HP <http://www.pref.gifu.lg.jp/kendo/kenchiku-jutaku/kenchiku/kijun-ho/>）。

#### 1) 岐阜県建築基準法施行細則

（積雪荷重）

**第十三条** 政令第八十六条第二項ただし書の規定による多雪区域は、別表第一に掲げる区域とする。

2 前項の区域内における積雪の単位荷重は、積雪量一センチメートルごとに一平方メートルにつき三十ニュートン以上とする。

3 政令第八十六条第三項の規定による知事が規則で定める垂直積雪量は、それぞれの区域に応じて別表第二のとおりとする。

別表第一 (抜粋)

市郡名	区域
高山市	市の全域

別表第二 (抜粋)

区域	垂直積雪量の数値
高山市（平成十七年一月三十一日における高山市、大野郡宮村、同郡久々野町及び同郡朝日村の区域に限る。）の全域	一・二メートル以上
高山市（平成十七年一月三十一日における吉城郡国府町の区域に限る。）の全域	一・四メートル以上
高山市（平成十七年一月三十一日における大野郡丹生川村の区域に限る。）の全域	一・五メートル以上
高山市（平成十七年一月三十一日における大野郡高根村の区域に限る。）の全域	一・七メートル以上
高山市（平成十七年一月三十一日における大野郡清見村の区域に限る。）の全域	一・九メートル以上
高山市（平成十七年一月三十一日における吉城郡上宝村の区域に限る。）の全域	二・五メートル以上
高山市（平成十七年一月三十一日における大野郡荘川村の区域に限る。）の全域	二・六メートル以上

備考 表に掲げる垂直積雪量は、各市町村ごとの庁舎所在地（合併前の市町村の区域にあっては合併前の旧市町村庁舎所在地）を標準とする。

## 2) 岐阜県建築基準法運用指針

第4章構造規定 法第20条令第86条（積雪荷重）

第2 設計指針

①積雪荷重は、次の表により計算して得た数値以上とする。（S:垂直積雪量）

常時荷重としての積雪荷重(N/m <sup>2</sup> )		風圧力又は地震力と同時に作用する場合の積雪荷重(N/m <sup>2</sup> )
床板、小ばり、屋根等の算定用	大ばり、柱、基礎等の算定用	
$S \times 30N/cm \cdot m^2 \times 1.0$	$S \times 30N/cm \cdot m^2 \times 1.0$	$S \times 30N/cm \cdot m^2 \times 0.35$

② 令第86条第6項の規定は適用しない。

③ 構造設計について

ア. 地形又は屋根形状等により吹きだまり等の生じる恐れがある場合は、割増荷重及び偏荷重を考慮すること。

イ. 接合部は存在応力が安全に伝達し、局部変形が生じないように十分考慮すること。

④ 除雪対策について

ア. 積雪の設計荷重条件を明示した次の様式の表示板を、出入口等の分かりやすい場所に設置すること。

イ. 必要に応じてタラップ等を設置し、雪おろしの安全を確保すること。

雪おろし表示板		
この建築物は次の条件で設計されています。		
もし、積雪がこれを上回ると予想される場合は、雪おろしをしないと危険です。		
設計 条件	積雪量 積雪荷重	cm N/m <sup>2</sup>
設 計 者 氏 名		
施 工 者 氏 名		
建 築 年 月 日		年 月 日

1. 表示板の大きさはB 4 版以上とする。
2. 表示板の材質は金属板等耐候性のあるものとし、文字等は容易に消えないようにする。

● 雪おろしを行う場合の垂直最深積雪量の低減

人力による雪おろしを行う場合の垂直積雪量の低減は、一戸建住宅に限り適用することができる。