

金沢市
伝統構法木造建築物
耐震性向上マニュアル
(町家編)

令和2年度改訂版

目次

1章	はじめに	
1.1	本マニュアルのめざすところ	2
1.2	令和2年度改訂の内容	3
1.2.1	改訂に至る経緯	3
1.2.2	改訂の内容	3
1.2.3	改訂の体制	4
1.3	耐震化に向けたフロー	5
2章	金沢の伝統構法木造建築物の現状と耐震対策の取り組み	
2.1	伝統構法木造建築物とは	8
2.2	金沢の伝統構法木造建築物の概要と現状	10
2.2.1	金沢のまちなみと伝統構法木造建築物	10
2.2.2	金沢の伝統構法木造建築物の種類	11
2.3	金澤町家の特性	12
2.4	金澤町家継承の必要性	15
2.5	金沢市の各種助成制度	16
3章	金澤町家の耐震化と考え方	
3.1	伝統構法建築物の地震被害	20
3.1.1	伝統構法建築物によくみられる地震被害	20
3.1.2	熊本地震での被害	20
3.1.3	能登半島地震での被害	21
3.2	金沢での地震と想定される地震被害	22
3.2.1	金沢市における過去の地震被害	22
3.2.2	金沢市の地震動の分布予測	23
3.3	金澤町家の耐震性向上の必要性	24
3.4	耐震性向上のための考え方	25
3.5	耐震性向上のための検討手法	26
3.5.1	限界耐力計算による検討	26
3.5.2	一般診断法による検討	27
3.5.3	wallstatによる検討	27
3.6	耐震性向上のための耐震改修	28
3.6.1	耐震改修計画の考え方	28
3.6.2	耐震改修による耐震性向上のポイント	28

4章	本マニュアルの位置づけ	
4.1	本マニュアルの目的	32
4.2	本マニュアルの運用	32
4.3	本マニュアルの適用範囲	32
5章	現地調査の方法	
5.1	現地調査の目的	34
5.1.1	構造調査の目的	34
5.1.2	破損調査の目的	34
5.2	現地調査の要領	35
5.2.1	準備	35
5.2.2	構造調査の要領	36
5.2.3	破損調査の要領	39
5.2.4	図面の作成	39
5.2.5	地盤状況	40
5.2.6	写真撮影	40
5.2.7	現地調査の留意点	41
5.3	現地調査のチェックリスト	42
5.4	現地調査事例 (M邸)	43
5.4.1	建物の概要	43
5.4.2	調査図面	44
6章	限界耐力計算による耐震性能評価	
6.1	限界耐力計算による耐震性能評価の流れ	52
6.2	前提条件の整理	53
6.2.1	耐震性能のクライテリア	53
6.2.2	階高	53
6.2.3	荷重等の考え方	54
6.2.4	地盤	56
6.2.5	入力地震動	57
6.3	復元力特性の評価	59
6.3.1	建物の復元力の求め方	59
6.3.2	P Δ 効果	60
6.4	近似応答計算	62
6.4.1	近似応答計算の手順 (1階先行降伏の場合)	62
6.4.2	2階先行降伏の場合	65
6.4.3	ゾーニングによる検討	66
6.5	安全性の確認と注意事項	67

7章	耐震補強の方法と設計	
7.1	耐震補強の基本方針	70
7.2	耐震補強の方法と耐震補強設計	72
7.2.1	伝統構法木造建築物の地震被害とその原因	72
7.2.2	耐震補強・耐震設計の具体的な方法	73
7.2.3	耐震補強・耐震設計における留意点	76
8章	耐震診断・設計事例（M邸）	77
9章	参考資料	
9.1	金澤町家の構法実態調査結果（M邸）	130
9.1.1	調査概要	130
9.1.2	構法実態調査	131
9.1.3	耐震性能実態調査	132
9.1.4	調査結果	133
9.2	木材強度ほか	135
9.2.1	木材の繊維方向の許容応力度	135
9.2.2	木材の基準強度	135
9.2.3	木材のめり込み、圧縮材の座屈の許容応力度	138
9.3	固定荷重参考値	139
9.4	金沢仕様土壁の実験データ	142
9.5	地盤種別の判別について	146
	参考文献	148

【本書における略称】

令：建築基準法施行令

建告：建設省告示（例）H12建告1457号：平成12年建設省告示第1457号

1 章

はじめに

1.1 本マニュアルのめざすところ

本マニュアルは、金沢市の大切な歴史遺産である伝統構法木造建築物^{※1}のうち、主に金澤町家^{※2}を対象として、耐震性向上のための診断方法や補強方法について紹介するものである。

これらの伝統構法木造建築物を後世に継承するためには、まず活用されることが何よりも必要である。そして、建築物として使われる以上は、安全性の確保が必要とされ、耐震性の向上が求められる。これらの建築物は現在新築される建築物とその造りが大きく異なることから、建築物の特性に応じた、耐震診断や、耐震補強が必要となる。

本マニュアルは、金沢市に存在するこれらの伝統構法木造建築物の特徴をふまえた耐震対策の手法を紹介するものであり、今後、耐震改修に取り組もうとされている所有者、設計者、施工者等の関係者に広く活用いただくことにより、安心して使える金澤町家を魅力ある資産として後世に継承していくための参考としていただきたい。

なお、本マニュアルは1章から9章までで構成されている。1章から3章までは主に所有者や意匠設計者を対象として耐震性の向上を検討するための参考となるように構成し、4章から9章までは、主に伝統構法木造建築物の耐震診断や補強設計をおこなう構造設計者を対象として実務の参考となるように構成した。

耐震化に向けた考え方 (所有者・意匠設計者向け)	耐震化に向けた手引き (構造設計者向け)
1章 はじめに	4章 本マニュアルの位置づけ
2章 金沢の伝統構法木造建築物の現状と耐震対策の取り組み	5章 現地調査の方法
3章 金澤町家の耐震化と考え方	6章 限界耐力計算による耐震性能評価
	7章 耐震補強の方法と設計
	8章 耐震診断事例 (M邸)
	9章 参考資料

※1 本マニュアルにおいては「伝統構法」とし、「構法」を用いている。「構法」は「建築の実体の構成方法」(『建築大辞典 第2版』彰国社)であり、建築物の「構造」からより広い建築物の構成方法としての意味で用いられている用語である。なお、同音の「工法」の意味は、「建物の組立て方、造り方、施工の方法」(同書)とあり、建物の構成方法というよりも現場での具体的な工事の方法という意味合いの強い言葉であることから、本マニュアルにおいては「構法」を用いたほうが適切であると判断した。

※2 金澤町家とは、金沢市の区域内に存する伝統的な構造、形態又は意匠を有する木造の建築物(寺院、神社、教会その他これらに類するものの建築物を除く。)のうち、本市の歴史、伝統及び文化を伝える建築物で、建築基準法(昭和25年法律第201号)の施行の際現に存していたものをいう(金澤町家の保全及び活用の推進に関する条例 第2条第1項第1号)。

1.2 令和2年度改訂の内容

1.2.1 改訂に至る経緯

金沢市では伝統構法木造建築物の耐震化に向け、平成9年3月に『金沢市の伝統木造住宅耐震診断・改修マニュアル』を、平成23年3月には今回改訂の元となる『伝統構法木造建築物耐震性向上マニュアル（町家編）』^[1]（以下、前マニュアル）を策定してきた。これより10年を経過し、令和3年3月に『金沢市耐震改修促進計画』が改訂となることに合わせ、今回、前マニュアルの改訂をおこなった。

表1.1 金沢市による伝統構法木造建築物耐震性向上に向けた取組み

年度	内容
平成8 (1996)	金沢市の伝統木造住宅耐震診断・改修マニュアル策定 ・壁量規定に基づいたマニュアル、剛構造への改修方法（強度型補強）の推奨
平成15 (2003)	防災都市整備条例制定 ・安全・安心のまちづくりを進める
平成20 (2008)	金沢市耐震改修促進計画策定 ・耐震改修促進法改正（平成17年）に基づく計画
平成22 (2010)	伝統構法木造建築物耐震性向上マニュアル（町家編） ・限界耐力計算による耐震診断などを紹介
平成27 (2015)	金沢市耐震改修促進計画改訂 ・計画期間の終了による改訂
令和2 (2020)	金沢市耐震改修促進計画改訂 ・計画期間の終了による改訂
	伝統構法木造建築物耐震性向上マニュアル（町家編） ・今回改訂

1.2.2 改訂の内容

前マニュアルは主に『伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアルー限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法』（学芸出版社）^[2]に基づき、限界耐力計算法による耐震診断・耐震補強の方法についてまとめたものである。その後、『伝統的な軸組構法を主体とした木造住宅・建築物の耐震性能評価・耐震補強マニュアル（第2版）』（JSCA関西）^[3]や『京町家の限界耐力計算による耐震設計および耐震診断・耐震改修指針（第3版）』^[4]、『高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル』^[5]、『伝統的構法のための木造耐震設計法 石場建てを含む木造建築物の耐震設計・耐震補強マニュアル』（学芸出版社）^[6]など、伝統構法木造建築物の限界耐力計算に関する新しい研究成果が発表されてきたため、それらの知見を反映し、適宜、加筆訂正をおこなった。

1.2.3 改訂の体制

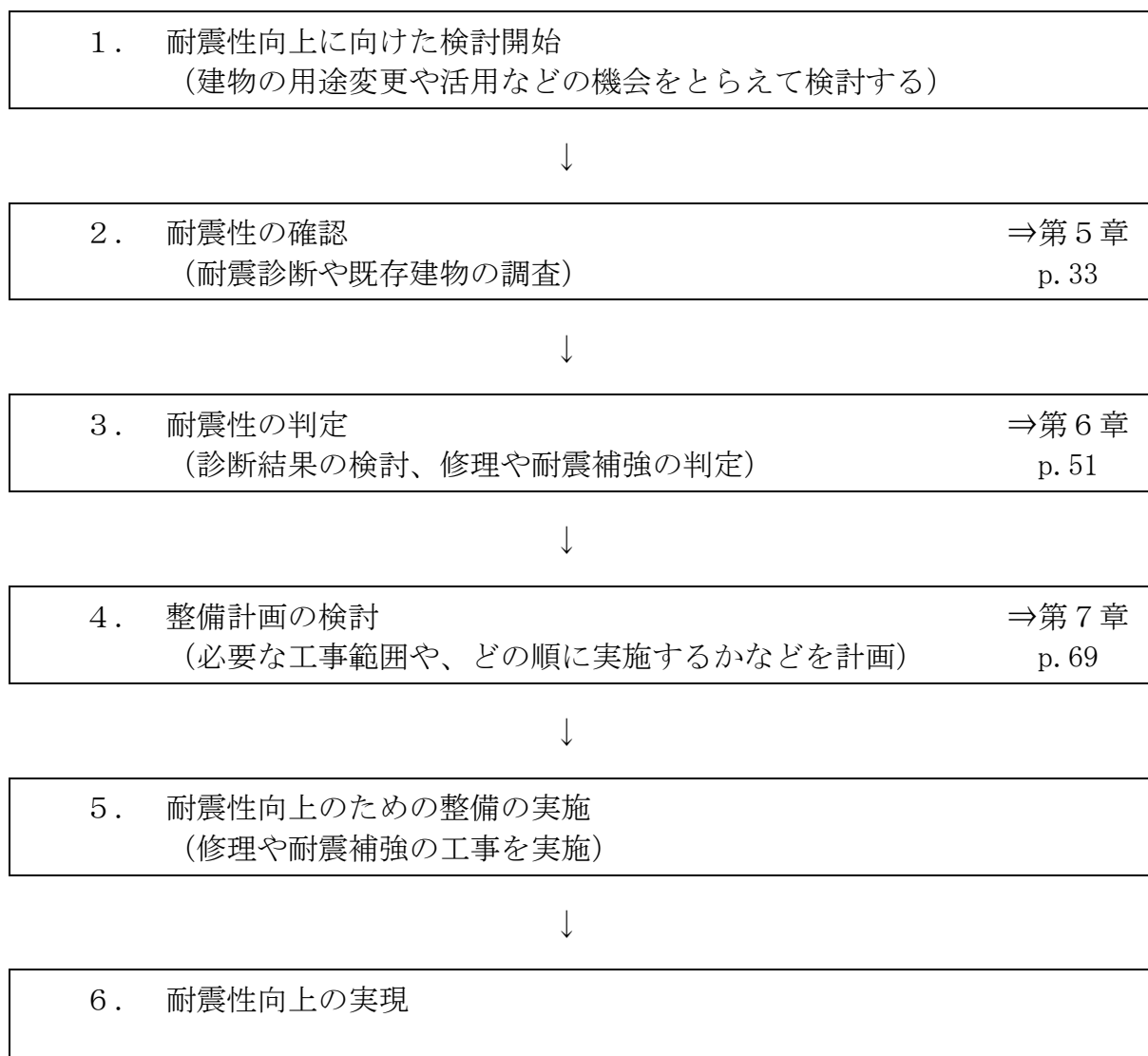
改訂作業は、(一社)石川県建築士事務所協会に委託し、伝統構法木造建築物の耐震性向上などの業務に日ごろ携わる建築士(前マニュアル策定メンバーを含む)を中心におこなった。また改訂の監修として、前マニュアル策定時に引き続き、金沢工業大学 後藤 正美 教授にご協力をいただいた。

表1.2 改訂作業メンバー

委託事業者		監修・協力		事務局	
石川県建築士事務所協会		金沢工業大学		金沢市歴史都市推進課	
フロム構造計画研究所	竹村 誠二	教授	後藤 正美	課長	石浦 裕治
フィット建築研究所	中西 良成	講師	佐藤 弘美	係長	田丸 育世
松川秀幸建築設計事務所	松川 秀幸			主査	小坂 謙介
北浦建築オフィス	北浦 和弥			技師	坂本 萌

1.3 耐震化に向けたフロー

金澤町家の耐震化を実現するためのフローを示す。



2章

金沢の伝統構法木造建築物の現状と 耐震対策の取り組み

2.1 伝統構法木造建築物とは

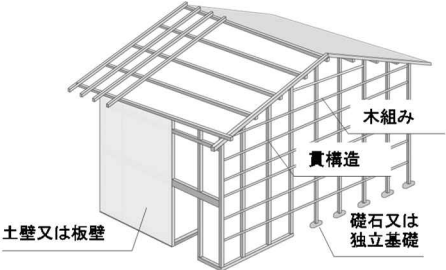
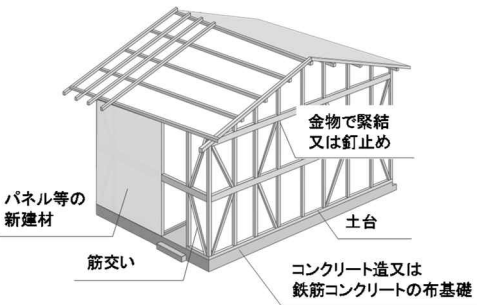
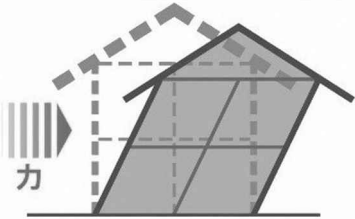
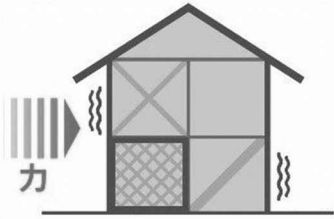
伝統構法木造建築物とは、丸太や製材した木材を使用し、木組みを生かした継手・仕口によって組み上げられた建築物を指し、おおまかには建築基準法によらずに建てられた昭和25年以前の木造建築物を指す。

現在、建築基準法に基づき新築される木造建築物の多くは「在来軸組構法」である。「在来軸組構法」は、筋かいや金物等で建物を固く作ること地震に耐えるものであるが、いっぽう「伝統構法」は継手・仕口で軸組をつなぎ、土壁などの変形性能によって地震に対して粘り強く耐える建物であり、それぞれ根本的な考え方が異なる。

このため、それぞれの構造の特性に応じた耐震診断補強の手法が必要となり、古い伝統構法木造建築物に、一般的に普及している在来軸組構法の耐震対策を施してもさまざまな不都合を生じてしまう。

本マニュアルでは伝統構法木造建築物の特性に合った耐震対策を紹介しており、適切な耐震対策をおこなうための参考としていただきたい。

表2.1 伝統構法と在来軸組構法の比較

	伝統構法	現代の構法（在来軸組構法※）
建築年代と建物構造	昭和25年以前の 金澤町家などの建築物 	昭和25年以降の 建築基準法に基づく建築物 
地震・台風等外力への対応	建物全体が外力に対し変形しながらもちこたえる構造 	建物を堅固に作ることで外力に対して変形せずに抵抗する構造 
足元(基礎)	足固め、石場建てなど、基礎に緊結しない場合がある	コンクリート基礎に土台を緊結
構成	貫・差物による水平垂直の貫構造	筋かい・火打などの斜材
接合部	継手仕口による接合	釘やビス、プレートなどの金物による接合
壁	小舞下地の土塗り壁・板壁	ボード・パネルなど
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・構造体が見える部分が多く、破損の際に気づきやすいため構造体の修理が容易 ・断熱性、気密性に乏しいが、土壁は調湿機能を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・構造体は壁などの内装材で隠れることが多い ・断熱性、気密性の確保が容易

※ 在来構法にはこのほか、ツーバイフォー構法等の壁式構法、ログハウス等の組積式構法もあるが、ここでは代表的な在来軸組構法の特徴を示しておく。

2.2 金沢の伝統構法木造建築物の概要と現状

2.2.1 金沢のまちなみと伝統構法木造建築物

現在の金沢の市街地は、17世紀中に形成された近世城下町を基盤としている。その都市構造を今に継承し、街路網や用水路等が現在の都市景観に反映されている。さらに都市景観の表層を担う建築物については、これまでに戦禍や大規模災害に遭わなかったことから、歴史的建造物が多く分布し固有のたたずまいをみせている。そこには城下町が醸成した伝統と文化が現在に継承された生活や生業があり、それらを総体として金沢を歴史文化都市と位置づけられる所以でもある。

金沢のまちなみに残る伝統構法木造建築物は、その建築時期が建築基準法制定の昭和25年（1950）以前に遡るものであり、城郭建築、寺社建築および町家等がその代表として大別される。それらは、都市の経済活動や文化活動を主とした時代の要請に応じながら、建築個々の建替え等による更新が積み重なり、その変化がまちの歴史的な重層性として確認できる。

特に町家に着目すると、江戸・明治・大正・昭和と各時代の建築形態意匠の変化が認められ、それに伴って、構法については基本構造が継承されるものの、架構形状等の変化を確認することができる。つまり、伝統構法木造建築物と一言にいても、多種多様であるということである。全国的にもそうした現状を窺うことができるが、金沢においてはそれが顕著であるといえる。








写真2.1 金沢の伝統構法木造建築物・町家の例

2.2.2 金沢の伝統構法木造建築物の種類

金沢の伝統構法木造建築物は次のように大別できる。

表2.2 金沢の伝統構法木造建築物

伝統構法 木造建築物	金澤町家 昭和25年以前 に建てられた木 造建築物（寺院、 神社、教会などの 宗教建築を除く）	武家・足軽屋敷	
		平屋建 町家	
		2階建 低町家	
		2階建 中町家	
		2階建 高町家	
		3階建 町家※	
	農家住宅※		
	近代和風住宅※		
	土蔵※		
	茶室※		
その他	城郭建築		
	寺社建築		
伝統構法 木造建築物 以外のもの	<ul style="list-style-type: none"> ・非木造建築物 ・昭和25年以降の建築基準法に基づく建築物 		

『金沢の歴史的建築と町並み』^[7]を基に加筆

※ 本マニュアルでは伝統構法木造建築物のうち、主に2階建以下で町家建の金澤町家を対象としており、このほかの建築物についてはその特性に留意した検討が必要である。

2.3 金澤町家の特性

金澤町家の耐震性能を適切に評価し、耐震対策をおこなうための前提として、金澤町家の構造特性をよく把握しておかなければならない。その一環として実施した金澤町家の構法実態調査結果の一部を「9.1 金澤町家の構法実態調査結果 (M邸)」に掲載したので参照いただきたい。

金澤町家の構造特性を把握するためには、実物大の震動台実験が実施されるなど調査研究が先駆的におこなわれている京町家の研究成果が良い参考となる。ただし伝統構法には地域ごとに固有の特徴があり、その特徴の違いが構造特性にも影響を与えるため、金澤町家と京町家との特徴の違いについても理解しておく必要がある。



写真2.2 構法実態調査を実施した金澤町家 (M邸)



写真2.3 京町家 (実大震動台実験の移築試験体)

表2.3 金澤町家と京町家の特徴の違い

	金澤町家の特徴※ ¹	京町家の特徴※ ²
形態、 屋根	<p>切妻・平入りで、屋根は3寸程度の勾配で石置き板葺き屋根からトタンに葺き替えられたものである。</p> <p>一般の金澤町家にあつては、瓦に葺き替えられたもの、あるいは時代が下って、当初から瓦が葺かれたものがある。瓦屋根の勾配については4.5～5寸程度のものが多く、むくりは付けない。屋根瓦は、葺き土を用いず空葺きにて葺かれているため、屋根の重量は軽い。</p>	<p>切妻・平入りで屋根勾配はおおむね3.8寸から4寸勾配でむくりがあり、屋根瓦は葺き土を用いて葺かれる。</p>
梁間方向 の軸組	<p>一間間隔で側柱が設けられる。すべて3.5寸（約105mm）角程度の正方形断面である。なお表柱は4.7寸（約140mm）角程度と太い。</p>	<p>梁間方向の軸組は側通りと呼ばれ、礎石から母屋まで達する半間間隔で設けられた側柱と側壁（土壁）で構成されている。</p> <p>側柱の桁行方向の間仕切りを設けた通りに位置する柱は正方形の断面を有し、それ以外の柱は見付け寸法より奥行き寸法が小さい半柱状の部材が用いられている。</p>
柱脚部 および 1階床組	<p>改造により当初の床組部材がなくなっていたが、足固めについてはおおむね京町家と同様な仕様であったことが確認できた。</p> <p>一般の金澤町家にあつては、通り庭および道路に面して意匠を重要視する部分に土台の使用がみられ、時代が下るとその他の部位にも使用される傾向にあるが、いつの時代からの傾向かを確認する必要がある。</p>	<p>柱は直接礎石から建てられており、柱脚部に足固めを設ける。</p> <p>一般に土台は使用されていないが、大正末期から昭和初期に建設された建築物では土台と足固めが併用されているものが存在する。</p>

※1 金澤町家の特徴は構法実態調査を実施したM邸（明治期の2階建低町家）の特徴であり、すべての金澤町家の特徴ではないことにご注意いただきたい。

※2 京町家の特性については、平成17年11月に現地見学をおこなった「E-ディフェンス・京町家実大震動台実験 | 兵庫県三木市・独立行政法人防災科学技術研究所」および文献資料『京町家の耐震補強と新しい京町家をつくる』^[8]を参考としている。

表2.3 金澤町家と京町家の特徴の違い（つづき）

	金澤町家の特徴	京町家の特徴
柱、 横架材	<p>表柱と大黒柱は4.7寸（約140mm）角程度のアテ（能登ヒバ）材であり、その他は、管柱、通し柱ともに3.5寸（約105mm）角程度のアテ材である。</p> <p>一間間隔で3.5寸（約105mm）角程度の正方形断面の側柱が用いられ、すべての側柱を礎石から母屋まで達する長尺材とはせず、3寸角（約90mm）程度の妻桁を用いる部位がある。</p> <p>通り庭に面した外壁の側柱には胴差は設けられないが、通り庭ではなく居室に面した外壁の側柱には根太天井の受材として胴差がつく部位がある。なお調査にて確認できたが、通し柱にあっては、1本の長尺材ではなく、金輪継により継がれた柱も存在した。</p>	<p>管柱は100mm角から120mm角程度のヒノキ材・スギ材あるいはツガ材が使用されており、通し柱は120mmから140mm角のヒノキ材が使用されている。</p> <p>通り庭に面した外壁の側柱は、桁行方向の間仕切り位置に建てられる柱では100mm角から140mm角が用いられ、その他の柱は見付け寸法が100mmから140mmで奥行き寸法が60mmから100mm程度の半柱（側柱）が用いられ、いずれも、礎石から母屋まで達する長尺材を用いている。</p> <p>一般に大正期および昭和初期に建築された建築物においては、胴差、妻桁が設けられており、管柱を用いている。</p>
壁	<p>ススキ小舞下地の土壁が使用されている。</p> <p>間渡しは竹が使用され、柱に差す竹釘（ウグイス）に接合する。</p> <p>土壁の仕様にあっては、下地の構法とともに土の特性についても地域による違いがみられるため、詳細な調査により地域の特性を探ることが必要である。</p>	<p>外壁および間仕切り壁は、竹小舞下地の土壁が使用されている。</p> <p>間渡しは竹が使用され、京町家の場合は柱に開けたえつり穴（間渡し穴）に差し込む。</p>

2.4 金澤町家継承の必要性

歴史と文化に責任をもつ。このことは、これまでの金沢のまちづくりの基幹といえる。

伝統的まちなみを保全する取組みもその一翼を担うことはいうまでもなく、その保全を図るうえで歴史的建造物の保全活用を充実させることが不可欠である。また、歴史的建造物である金澤町家は、都市居住を支える重要な住宅ストックでもある。これまでに金沢の歴史と文化により育まれてきた伝統的まちなみ・住環境は、市民がその価値を広く共有できるものである。

近年、市民のなかで金澤町家の保全活用に対する機運が高まり、その好事例をみることも少なくない。金澤町家は現代建築に多くみられる画一した姿や、無機質素材から得る雰囲気とは違った建築の美しさとともに、気候風土に適した建築機能とそこから生まれる機能美を持ちあわせているという特徴がある。そういった建物がもつ美しさ、あるいは自然素材の温もりが我々の心を癒し、保全活用に対する機運の高まりにつながっているのであろう。

金澤町家をはじめとする伝統構法木造建築物の適切な保全活用・継承に積極的に取組み、良質な伝統的まちなみ・住環境を後世に伝えていくことが、金沢のまちづくりに求められていることであり、私たちに課せられた責務であるといえる。

2.5 金沢市の各種助成制度

金沢市では歴史的建築物の耐震性向上に関する改修事業に各種の助成をおこなっている。以下に各種制度の概要をまとめた。

なお助成制度の利用にあたっては、事業ごとに補助の要件やスケジュールに制約がともなう場合もあるため、計画段階で早めに金沢市との協議をおこなう必要がある。

表2.4 金沢市の歴史的建造物に対する各種助成制度

事業名	対象区域	対象建築物	対象事業	補助率	限度額
金澤町家再生活用事業	金澤町家再生活用事業対象区域 ※ただし特定金澤町家は区域を限らない	認定を受けた金澤町家	外観修復・内部内装改修	50%	150万円
		認定を受けた金澤町家のうち店舗等	外観修復・内部内装改修・設備機器		250万円
		認定を受けた金澤町家のうち旅館業法該当施設	外観修復・内部内装改修・設備機器		300万円
		認定を受けた金澤町家	防災構造整備（診断）	3/4	30万円
			防災構造整備（設計）	2/3	20万円
			防災構造整備（修理・補強工事）	50%	250万円
※U J I ターン世帯への補助金加算あり ※特定金澤町家の補助金加算あり					
伝統的建造物群保存地区保存整備事業	伝統的建造物群保存地区	伝統的建造物	外観、屋根・構造耐力上主要な部分の修理（老朽電気配線の更新含む）	80%	1500万円
			構造耐力上主要な部分の補強	90%	500万円
		—	格子の修理・修景	90%	—
			防災設備整備	90%	—
			病虫害（白アリ等）の防除処理	80%	50万円
こまちなみ保存修景事業	こまちなみ保存区域	昭和25年以前の建築物	建築物の修復	70%	300万円
		昭和25年以前の建築物のうち旅館業法該当建築物			350万円
		こまちなみ保存建造物のうち契約締結の無いもの			500万円
		こまちなみ保存建造物のうち契約締結無、かつ旅館業法該当建築物			550万円
		こまちなみ保存建造物のうち契約締結有			700万円
		こまちなみ保存建造物のうち契約締結有、かつ旅館業法該当建築物			750万円
		—			上記建築物の修復にかかる設計経費
		—	格子戸修復	70%	—

表2.4 金沢市の歴史的建造物に対する各種助成制度（つづき）

事業名	対象区域	対象建築物	対象事業	補助率	限度額
こまちなみ保存 修景事業	こまちなみ 保存区域	昭和25年以前の建築物	防災構造整備（診断）	75%	30万円
			防災構造整備（設計）	2/3	20万円
			防災構造整備（修理・補強工事）	70%	250万円
		こまちなみ保存建造物	防災構造整備（修理・補強工事）		300万円
こまちなみ保存建造物	防災施設整備	70%	300万円		
景観地区まちなみ 修景事業	長町景観地区	景観地区保存建造物	外観の修理	80%	1000万円
			防災施設の設置	90%	—
			既存耐震性能診断	75%	30万円
			防災構造補強工事の設計	2/3	20万円
			防災構造補強工事の設計構造補強工事	90%	500万円
		地区内の金澤町家	建築物の修繕、復元に伴う外観の修理	70%	700万円
			既存耐震性能診断	3/4	30万円
			防災構造補強工事の設計	2/3	20万円
防災構造補強工事の設計構造補強工事	1/2	250万円			
茶屋街まちなみ 修景事業	にし茶屋地区	—	格子戸修復	90%	—
		昭和25年以前の建築物	外観修復	70%	1000万円
			防災構造整備（診断）	3/4	30万円
			防災構造整備（設計）	2/3	20万円
			防災構造整備（補強工事）	90%	500万円
		—	防災施設整備	90%	—
伝統的寺社建造物 修復事業	寺社風景保全区域	昭和25年以前建築の寺社等建築物	外観修復	70%	200万円
	防災構造整備		70%	350万円	
	上記区域を除く金澤町家再生活用事業対象区域と同じ区域	昭和25年以前建築の寺社等建築物	外観修復	50%	150万円
			防災構造整備	50%	250万円
有形文化財修理 復旧事業	—	文化財保護法、県文化財保護条例、市文化財保護条例に基づき指定されたもの	国指定文化財の修復	75%	—
			県指定文化財の修復	75%	—
			市指定文化財の修復	75%	—
保存対象物 保全事業	—	景観条例に基づき指定された指定保存対象物	指定保存建造物修復	70%	1000万円
			防災構造整備（診断）	3/4	30万円
			防災構造整備（設計）	2/3	20万円
			防災構造整備（補強工事）	90%	500万円
			防災施設整備	90%	—

※令和3年3月末現在

※耐震改修工事にかかる助成制度をまとめたもので、すべての制度を記載したものではない。
個別の内容については金沢市まで確認、協議されたい。

3章

金澤町家の耐震化と考え方

3.1 伝統構法建築物の地震被害

現存する金澤町家の地震被害を想定する場合には、近年全国各地で発生した地震による伝統構法木造建築物の被害状況が参考となる。

3.1.1 伝統構法建築物によくみられる地震被害

『伝統的建造物群の耐震対策の手引』^[9]では伝統構法木造建築物の地震被害でよくみられるものとして、①土壁のひび割れ・崩落、②屋根瓦の脱落、③柱梁の仕口の破損、④柱足元の破損を挙げている。これらは、建物全体がただちに倒壊しない場合であっても、部材の落下による人的被害につながる場合があり、また修理に多額の費用を要する場合もある。特に費用負担の面では、破損個所が多いと修理が困難となり、結果的に解体に至る場合もある。

これらの被害を防ぎ、また軽減するためには、修理による健全化や、耐震化などの対策が極めて重要である。

3.1.2 熊本地震での被害

近年の大規模な地震では、平成28年(2016)に発生した熊本地震がある。特に被害の大きかった西原町、益城町では震度7を2回観測し、熊本市内でも最大震度6を観測した。

『2016年 熊本地震 日本イコモス報告書 文化財の被害状況と復旧』^[10]で報告されている熊本市中心部の新町・古町地区での被害状況では、357棟の町家のうち、応急危険度判定のされていた203棟の結果をみると危険（赤）が91棟（45%）、要注意（黄）が85棟（42%）、調査済（緑）が27棟（13%）となっており、約半数が危険（赤）と判定されている。しかしながらこれらの町家のうち、熊本市の助成制度により修理等を実施していた建物19棟においては、危険（赤）が2棟（10%）、要注意（黄）が11棟（58%）、調査済（緑）が6棟（32%）となっており、全体よりも被害が少なかった傾向がみてとれることから、修理によって健全な状態で維持することが非常に重要であるといえる。

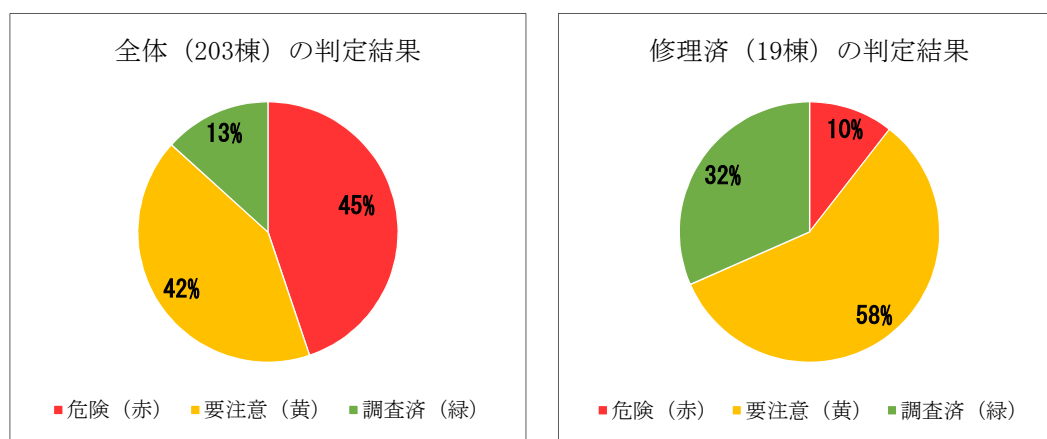


図3.1 熊本市（新町・古町地区）の町家の応急危険度判定結果^{〔10〕を基に作成}

3.1.3 能登半島地震での被害

近年の石川県内の地震による被害では、平成19年(2007)の能登半島地震がある。

地震被害のあった地域の中で、重要伝統的建造物群保存地区である黒島地区の報告を同地区の保存対策調査報告書『能登・黒島の町並み』^[11]で見ると、同地区では最大震度6強を観測し、286棟中全壊半壊が98棟(34%)と、約1/3の建物で大きな被害があったと報告されている。

また被害を受けた建築物のうち、居住されていた家屋(空き家ではないもの)の約2/3が地震による被害の後に修理されていることから、被害に遭った建築物でも、特に利用されているものにおいては、その多くが適切な修理により復旧可能であるといえる。



写真3.1 能登半島地震による被害例(左:角海家外観、右:旧酒井家内部)

3.2 金沢での地震と想定される地震被害

3.2.1 金沢市における過去の地震被害

金沢では震度4を超える地震は近代以降観測されておらず、多くの金澤町家は大地震を経験していないといえる。

表3.1 金沢市の過去の地震被害（『金沢市建築物耐震改修促進計画』^[12]に加筆）

西暦（和暦）	名称	最大M	石川県内の主な被害	備考
1586.01.18（天正13）	天正地震	7.8	—	
1717（不明）（享保2）	享保地震	6.3	金沢・小松	
1799.06.29（寛政11）	寛政金沢地震	6.0	金沢城下で家屋全壊26、能美・石川・河北郡で家屋全壊964、死者は全体で21	地震調査研究推進本部
1858.04.09（安政5）	飛越地震	7.1	金沢城下で石垣や土塀が損壊し、家屋の全半壊114 また、加賀大聖寺でも家屋の全壊148	新編日本被害地震総覧
1891.10.28（明治24）	濃尾地震	8.0	家屋全壊25 金沢震度4	地震調査研究推進本部 金沢地方気象台
1892.12.09（明治25）	能登半島	6.4	羽咋郡高浜町・火打谷村で家屋損壊あり 堀松村末吉で死者1、負傷者5、家屋全壊2（11日にも同程度の地震あり） 金沢震度4	地震調査研究推進本部 金沢地方気象台
1909.08.14（明治42）	姉川地震（江濃地震）	6.8	金沢震度4	金沢地方気象台
1944.12.07（昭和18）	東南海地震	7.9	住家全壊3 金沢震度3	地震調査研究推進本部 金沢地方気象台
1948.06.28（昭和23）	福井地震	7.1	死者41、負傷者453、家屋全壊802 金沢震度4	地震調査研究推進本部 金沢地方気象台
1950.11.23（昭和25）	建築基準法施行			
1952.03.07（昭和27）	大聖寺沖地震	6.5	死者7、負傷者8 金沢震度3	地震調査研究推進本部 金沢地方気象台
1981.06.01（昭和56）	建築基準法施行令改正【新耐震基準】施行			
1993.02.07（平成5）	能登半島沖地震	6.6	金沢震度4	金沢地方気象台
1995.01.17（平成7）	兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）	7.2	金沢震度3	金沢地方気象台
1995.12.25（平成7）	耐震改修促進法の制定			
2004.10.23（平成16）	新潟県中越地震	6.8	金沢震度2	金沢地方気象台
2006.01.26（平成18）	耐震改修促進法の改正			
2007.03.25（平成19）	能登半島地震	6.9	金沢震度4	金沢地方気象台
2011.03.11（平成23）	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	9.0	金沢震度4	金沢地方気象台
2013.11.25（平成25）	耐震改修促進法の改正			
2016.04.14（平成28）	熊本地震	7.3	—	—
2018.06.18（平成30）	大阪府北部地震	6.1	金沢震度2	—
2019.01.01（平成31）	耐震改修促進法施行令の改正			

3.2.2 金沢市の地震動の分布予測

森本・富樫断層帯が活動する地震として金沢市地域防災計画で想定されている震度分布を以下に示す。金沢市の平野部のほとんどの地域で震度6弱以上となっており、浅野川流域近辺で震度6強となっている。

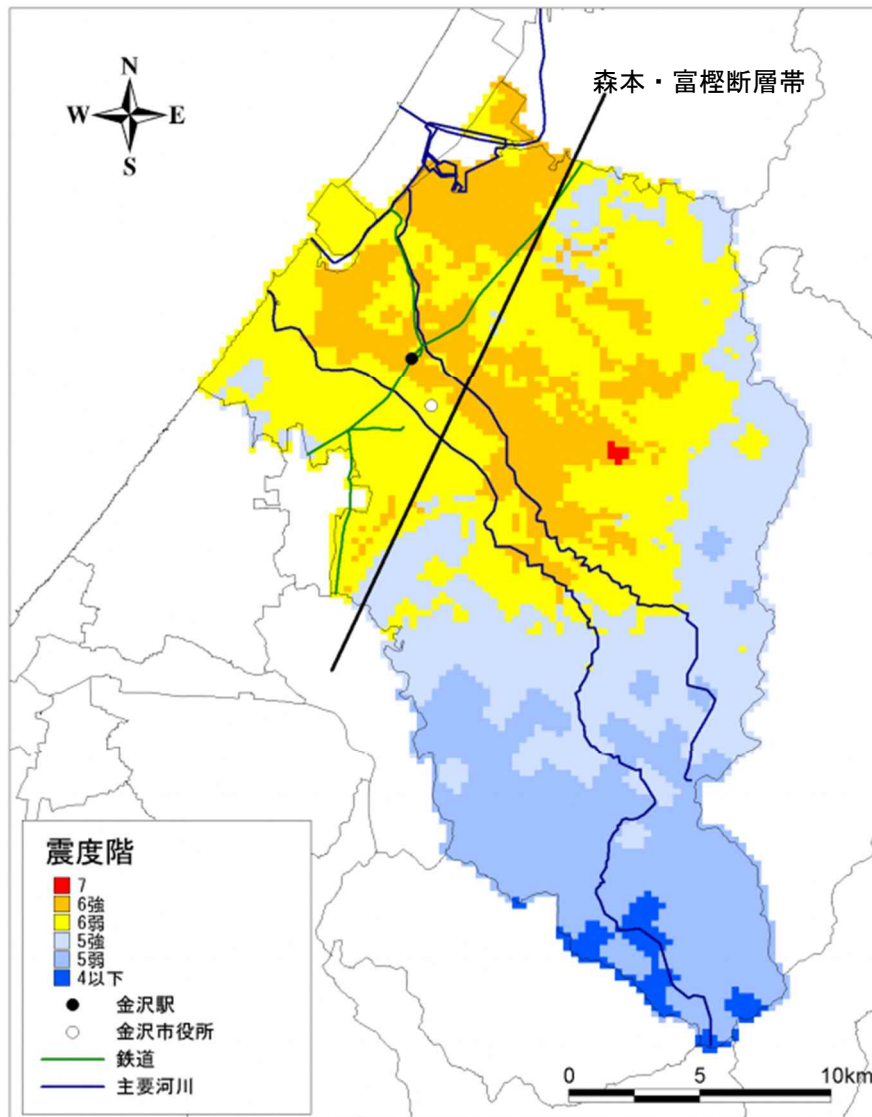


図3.2 金沢市内の想定震度分布

(『金沢市地域防災計画 総論編』第2章第4節 地震動の予測)

3.3 金澤町家の耐震性向上の必要性

金沢のまちづくりにおいて、金澤町家の保全活用は重要な取り組みとして位置づけられる。その理解はまちのなかでも現れてきており、近年、市内各所で金澤町家の保全活用がおこなわれ、金沢のまちづくりに一役買っている。しかしながら、金澤町家の保全活用を進めるうえでの解決すべき課題も多く、その一つとして耐震性に対する不安を拭い去れていないことが挙げられる。

通常、建築物の耐震性能は、建築基準法によりその安全性が規定されている。その法律制定は昭和25年(1950)であり、それ以前の建築物である町家等の伝統構法木造建築物は既存不適格建築物といった扱いとなる。さらに、構造規定のなかでは伝統構法木造建築物に対する扱いが定型化されておらず、個々の建築物に対する構造計算が求められる。現在でいう在来構法が壁量計算のみで安全確認をおこなうのと比べ、その扱いの差は歴然としている。

つまり、現存する金澤町家の耐震性能を確認するには構造計算によるしかないという現状とともに、さらには、その耐震性能を確認する方法そのものも技術的成果を得ないまま、その対応を難しいものとしてきた。

また、過去の地震を振り返ると、その地震規模の大きさに驚愕した兵庫県南部地震(平成7年(1995)1月17日、マグニチュード7.3、最大震度7の都市直下型地震)をはじめ、全国各地で幾度の地震災害に遭い、その度に家屋の倒壊や損傷を目の当たりにした。家屋の倒壊による犠牲者が多数に上り、尊い命を突然奪われた人たちの非運を皆が深刻な問題として受け止めた。そのことは、耐震性能を合理的に確認することが難しいといった現状イメージの町家等にあっては、その耐震性に対する不安を助長させた。

いま、なにより必要とされることは、我々の住環境の安全性の確認であり、耐震性の向上を優先しなければならないことはいうまでもない。そのことは、歴史的建造物である金澤町家を保全活用するまちづくりを進めるうえで、必須の条件である。

3.4 耐震性向上のための考え方

『伝統的建造物群の耐震対策の手引き』^[9]では、耐震性の向上について「個別建造物の対策は、まずは修理や適切な維持管理を行い構造の健全化を図ることが最重要である。その上で、耐震診断を行い、その結果に基づき耐震補強等の必要な対策を講じていく。(P13)」とされており、構造の健全化が前提とされ、そのうえで、耐震診断により性能を把握し、これに基づく対策を実施することとなる。

しかしながら、予算等の制約により完全な対策が一度に実施できない場合もある。そのような場合について同手引きでは、効率的な防災対策のため、少しでも被害を軽減させる経過的補強をおこなうことが望ましく、場合によっては避難計画などのソフト的な対策で安全性を補うことも必要としている。

金澤町家においても、そのほとんどは個人が住宅や事業に利用しており、すべてで万全の耐震対策ができるものではないが、地震被害について所有者にもよく認識してもらい、改修等の予定がある場合には必要最低限の構造健全化をおこなったうえで、さらに可能な範囲で耐震補強を実施することが必要である。

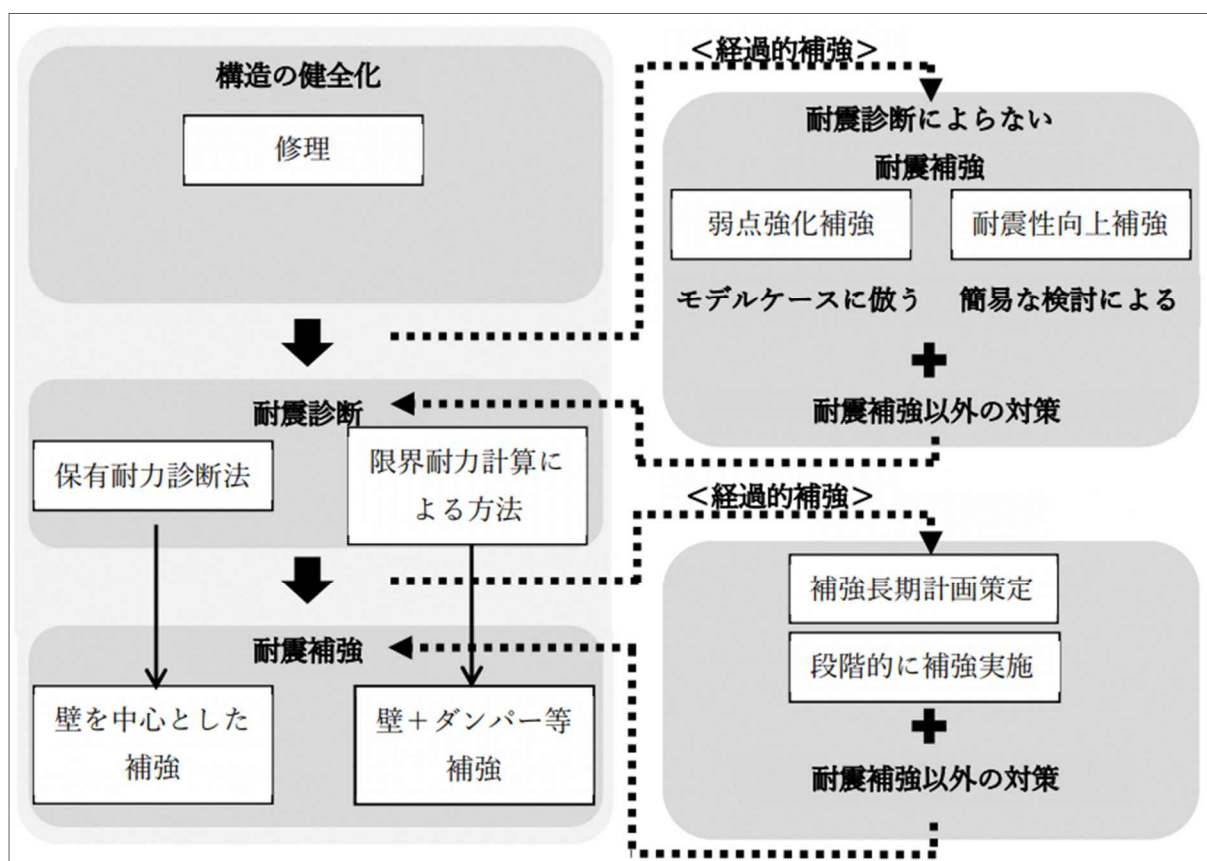


図3.3 個別建造物における耐震対策の流れ^[9]

3.5 耐震性向上のための検討手法

3.5.1 限界耐力計算による検討

平成7年(1995)兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災によって木造建築物が甚大な被害を受けたことを契機に、同年、耐震改修促進法が施行され戸建木造住宅の耐震改修が促進されることとなったが、残念ながら伝統構法木造建築物については耐震改修の実施が遅れているのが実情である。

その要因の一つとして構法に関わる点があげられる。土壁や貫を主な耐震要素とする伝統構法は、合板・筋かいや金物を多用する在来軸組構法とは構造特性が大きく異なる。すなわち、耐力は大きいが変形能力の小さい在来軸組構法に対して、耐力は小さいが変形能力が大きいという特性を伝統構法は有している。ところが従来の耐震性能の評価方法は在来軸組構法を対象にした強度指向型であるため、同様の指標で耐震診断をおこなえば、耐力が比較的小さい伝統構法の建物は倒壊する判定結果となり、補強を施そうとすれば多くの壁の増設が必要となる。その結果、費用と機能の両方で現実性のない計画は、施主の意欲を欠き、耐震改修が進まない大きな要因となっている。

しかし阪神・淡路大震災以後、平成10年(1998)に建築基準法が改正され、従来の仕様規定に加えて性能規定の導入方針が示されると、平成12年(2000)には同法施行令が改正・施行され、性能規定に基づく限界耐力計算による設計法が導入された。これにより木造建築物においても、壁量計算による設計法に加えて限界耐力計算による設計法が適用できるようになった。限界耐力計算の性能指標は「耐力」ではなく「変形」であり、極めて稀に発生する地震動(震度6強～7相当)の揺れに対して、大きな損傷は免れないが、倒壊せずに人命を守ることができることを目標としている。限界耐力計算に基づく耐震設計をおこなう場合、詳細な構造調査を実施して建築物の構造的特徴を把握し、近似応答計算によって地震時の応答変形を求めて耐震性能を評価する必要がある。在来軸組構法を対象とする壁量計算等とは大きく異なる手順・手法であるが、伝統構法の特徴である変形性能を生かした耐震補強をおこなうためには非常に有用な設計法である。

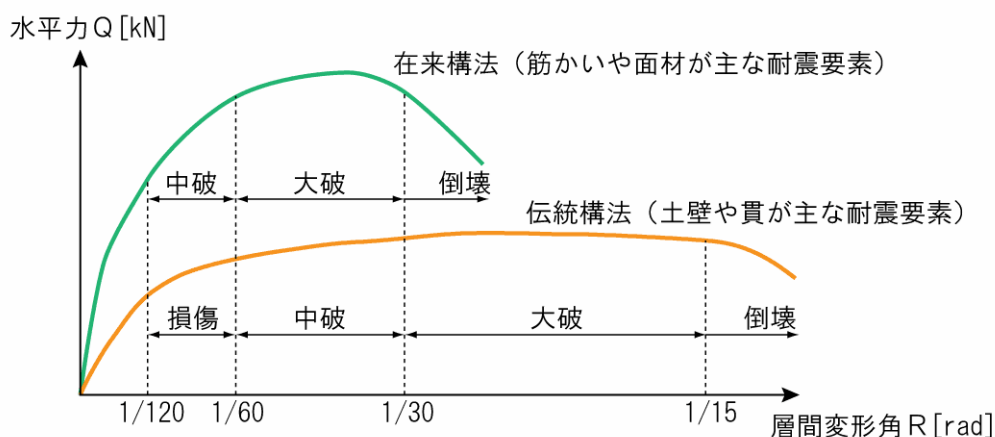


図3.4 構法による変形性能の違い

3.5.2 一般診断法による検討

『2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法』(日本建築防災協会)^[13]による一般診断法は、対象とする住宅を在来軸組構法、伝統的構法、桝組壁工法としているが、さらに対象とする住宅の構法によって「方法1」と「方法2」に分かれ、前者は壁を主な耐力要素とする在来軸組構法や桝組壁工法の住宅向け、後者は太い柱や垂れ壁・腰壁を主な耐力要素とする伝統的構法で建てられた住宅向けである。

この診断法は「壁の強さ」と「壁配置(四分割法や偏心率)」等から簡易に耐震診断できる方法であり広く使用されているものであるが、壁がよほど多い場合を除き、ほとんどの伝統構法では「倒壊する可能性が高い」(評点0.7以下)との診断となる。そのため伝統構法にこの診断法を採用して評点1.0以上をクリアするような耐震補強を計画すると、多くの壁を新設する必要があり、本来の伝統構法の間取りや意匠、使い勝手の良さを失いかねない。また、かなり安全率の高い診断法であるが、単なる数値合わせで壁耐力を増加してしまうと、地震力の負担が一部の部材に集中して破綻するおそれもあることから、採用にあたっては注意が必要である。

3.5.3 wallstatによる検討

近年、wallstat(ウォールスタット)^{※1}という木造住宅倒壊解析ソフトウェアが公開され、幅広く利用されるようになってきている。以前おこなわれた実大振動台実験においても事前のシミュレーションに使用され、その高い実証力が評価を受けている。このソフトウェアは過去の大地震や告示で規定される設計用の人工的地震動に対して、その地震の始まりから終わりまでの全期間を通して各部材にかかる力を計算し、その力による損傷の程度や変形を解析するもので、建物がどのように変化するか視覚的に確認できるようになっている。建物条件や計算条件等の詳細な設定をおこなうことにより、伝統構法建築物の耐震診断にも適用可能である^{※2}。

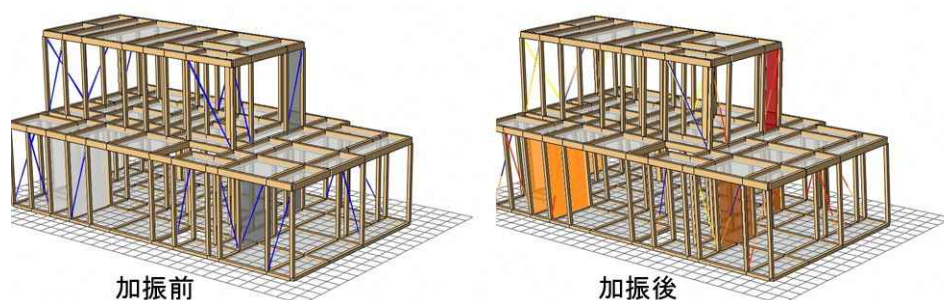


図3.5 wallstatによるシミュレーションの例(在来構法)

※1 下記のウェブサイトからダウンロードすることが可能である。

- ・京大生存圏研究所 (<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~nakagawa/>)
- ・wallstat情報交換サポートサイト (<https://support.wallstat.jp/>)

※2 現在は主に新築建物に利用されているが、耐震診断・補強に関しても開発中であり、早期の運用開始が期待されている。

3.6 耐震性向上のための耐震改修

3.6.1 耐震改修計画の考え方

金澤町家の構造的な特徴は、耐力は在来構法と比較して小さいが、建築物が壊れるまでの変形量が大きいことである。耐震改修をおこなう際には、この構造特性を十分に考慮して変形性能の高い耐震補強法を採用する必要がある。

具体的には、補強壁として湿式土壁または乾式土壁パネル等の変形性能が高いものを採用し、筋かいや構造用合板等の変形性能が乏しいものは採用しない。その他にも伝統構法木造建築物の耐震補強方法についてはいくつか提案されているが、建築物の特性とそれぞれの性能を十分に評価したうえで決定する必要がある。

建築物に加わる力（地震力）の伝達が明快になるようにする（構造計画の適正化）ことも重要であり、そのためには建築物（平面各フレーム、層）の構面バランスを良くすることが求められる。場合によっては耐震性能評価においてゾーニング解析をおこなう必要がある。

建築物各層の応答変形のバランスを良くすることが重要であり、そのためには各層ごとの適切な耐震補強量を探る必要がある。場合によっては既存壁を取り除くこともあり得る。

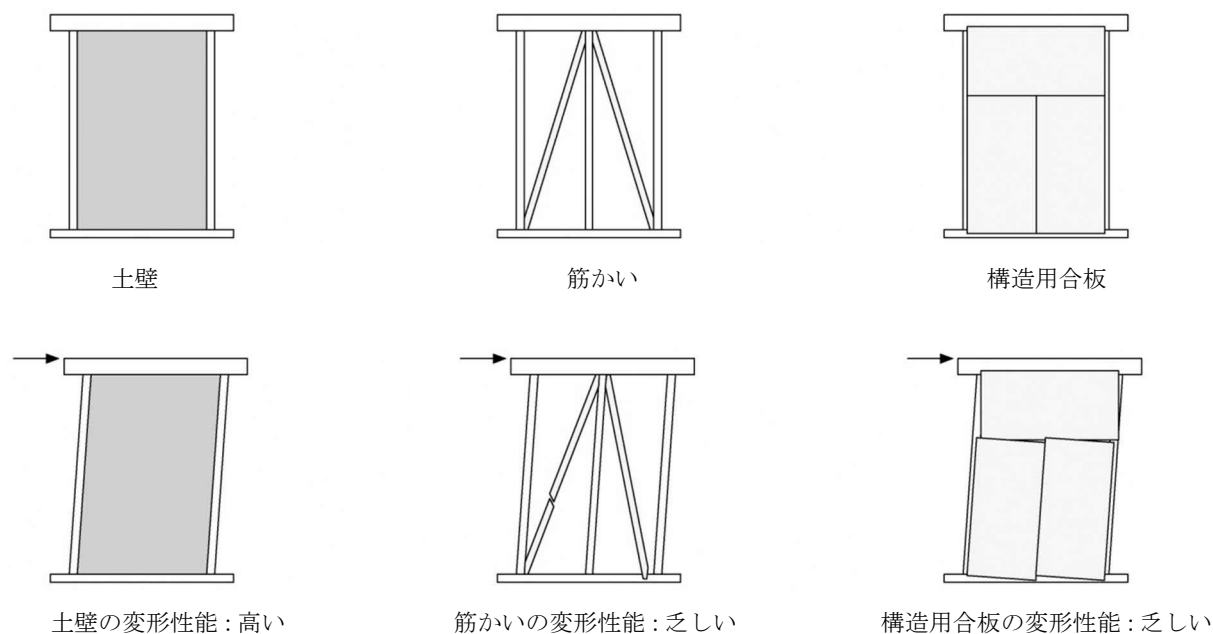


図3.6 耐震要素の変形イメージ

3.6.2 耐震改修による耐震性向上のポイント

(1) 主要な耐震要素である柱、梁、貫、壁等の効果

金澤町家に用いられている標準的な柱断面は、3寸～4寸（90mm～120mm）角が一般的である。条件により柱の曲げ破壊等が考えられる場合は耐震性能に大きく影響するため、断面算定の確認が必要である。

柱接合部は短ほぞが多く、長ほぞ込栓打ちのものは少ない。地震時に伝統構法特有の十分な変形性能を発揮できるか留意する必要があるため、変形したときに接合部の仕口が外れそうな箇所の確認を個別におこない、外れる危険性がある場合には補強を施す。

貫接合部は、通し貫のほか大入れのものもある。通し貫と大入れとでは耐力が大きく異なり、解体調査しないと確認できない部位であるが、解体できない場合は貫の復元力特性は大入れとして耐力を低減することが妥当か慎重な判断を要する。土壁を新設する場合の貫端部は楔留めとする。

隣地に面する側面土壁は、裏返し塗りがない場合があるため、現地調査にて確認し、裏返し塗りがない場合は復元力特性の耐力を低減する。土壁上部についても横架材まで達していない場合があるので、新たに横架材を入れるか、耐力を低減する必要がある。

柱の足元は基礎に緊結しない石場建てが一般的であるが、礎石の上に乗っているだけなので、屋根はある程度重い（建物自体の重量が大きい）方が有利となる。地震の際に多少のズレは生じるが、ガチガチに固めず木組みのしなりを許容することも相まって、地震動の直撃をかわす「免震性」「制震性」の高い構法である。ただし地震時に礎石から柱が脱落しないよう留意するとともに、必要に応じて足固めや根がらみを設置し、軸組の一体化を図る。

(2) 材の経年変化（木材、土壁等）

金澤町家の耐震対策は建物が健全な状態であることを前提としておこなうため、軸組（木材）や耐震壁（土壁）等にき損や劣化した部位がある場合には修理を施さなければならない、それができない場合には耐震性能の低減値を設定するなど、余裕をもった耐震補強の計画が求められる。

したがって金澤町家が本来有している強度を維持するためには、適切な日常管理を継続的におこなうことが非常に重要である。経年による劣化や変形、および風雨や虫害による損傷によって耐震性能の低下をきたさないように、①接合部の緩み、②部材の損傷、③土壁の亀裂、剥離、④雨漏り、⑤樋・排水路の通水、⑥換気、⑦虫害（特に蟻害）に留意して定期的な点検を実施することが求められる。

4 章

本マニュアルの位置づけ

4.1 本マニュアルの目的

金澤町家に対する耐震性能評価法を構築するため平成23年(2011)に刊行された前マニュアル^[1]においては、限界耐力計算による耐震設計法として『伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル』^[2]等を活用するとともに、金沢の伝統構法木造建築物の構造的特徴を把握するための構法実態調査を実施したうえでの知見等が反映されている。前マニュアルの刊行後、金澤町家の保全活用の機運が高まりつつあるなかで耐震改修の好事例が増えてきたほか、全国的にも伝統構法木造建築物に対する調査研究等の取り組みがいっそう加速し、限界耐力計算の方法にも改良が加えられる^{[3][6]}など新たな知見が積み重ねられてきた。

前マニュアルを改訂し、それら最新の知見を、金澤町家に係わる技術者のみならず、広く市民と共有することで、より多くの金澤町家の保全活用につなげていくことが本マニュアルの最大の目的である。

4.2 本マニュアルの運用

- 本マニュアルの成果を広く活用するため、講習会（勉強会）を企画する。
- 耐震化促進の普及啓発として、本マニュアルを手引書として示す。
- 本マニュアルは現段階での最新情報をまとめたものであり、今後の新たな知見により改善すべき点は逐次改訂していくこととする。

4.3 本マニュアルの適用範囲

本マニュアルにおける対象建築物は以下に示すものとする。

- 昭和25年(1950)以前に建てられた伝統構法木造建築物
- 階数2以下、延べ面積500㎡以下
- 表2.2(P11)に示した伝統構法木造建築物のうち、基本的には金澤町家のみを対象とするが、それ以外の建築物についても構造架構等の確認により本マニュアルを適用可能であると判断できる場合は適用する。
- 伝統構法に他構法が併用された建築物は対象外とする。ただし、他構法が後世の改造によるもので、当該部分を除去することで本来の金澤町家の形態に戻るものは対象とする。

5 章

現地調査の方法

5.1 現地調査の目的^[5]

現地調査は、伝統構法木造建築物の耐震診断をおこなうために必要な平面・軸組の形状と寸法、耐震要素、荷重、不陸、破損および地盤等の状況を調査・記録することを目的とする。耐震補強にあたり建物が健全な状態である必要があるため現状の把握は重要である。現地調査は構造調査と破損調査の2種類からなり、その他所有者または居住者より図面等の資料収集やヒアリングも必要に応じて実施する。

5.1.1 構造調査の目的

構造調査は、建物の平面形状および階高、軒高等の断面形状を実測し建物の概要を把握するとともに、軸組、床組、小屋組等の構造部材の位置と寸法を記録すること、および建物の重量算出に必要となる屋根葺き材、外装材、内装材等の仕上げ材についても調査をおこない、耐震診断の資料として図化することを目的とする。

5.1.2 破損調査の目的

耐震診断は構造部材が健全であるという前提で評価をおこなうため、破損が認められる部材は取替えや修理をしなければならない。破損調査では、主要構造部材を中心に木部の生物劣化（腐朽および虫害）の状況を把握するとともに、維持管理のための基礎的資料を得ることを目的とする。なお調査は基本的に目視のみとするが、柱の沈下・傾きについては、必要に応じて計測機器を使用する。仕上げ材の破損については特に調査する必要はないが、雨漏りがある場合は構造材への影響が予想されるため明記する。

5.2 現地調査の要領^[5]

現地調査は事前準備（装備と情報収集）、調査（準備・実施）、結果の分析および取りまとめから構成される。

建物の図面を作成するための平面・構造調査を先行して実施し、そこで作成した図面を破損調査で使用すると効率的である。

また、必要に応じて現地調査は段階的におこなうこととし、破損調査においては一次調査で建物全体の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おこなう。

なお、調査は複数人でそれぞれの観点から実施するのが安全面でも望ましい。

5.2.1 準備

(1) 構造調査の事前準備

① 建物の現況把握

所有者・居住者に対して、築年数、修繕や改変の有無、雨漏り、蟻害、自然災害による被害履歴等について事前にヒアリングをおこなうことが望ましい。

② 実測調査に必要な道具

方眼紙	B4～A3版
画板	方眼紙の大きさに合ったもの
筆記用具	シャープペンシル、消しゴム、4色ボールペン（柱位置、壁位置、寸法を方向別に色を変えて記載するため）
巻尺またはレーザー距離計	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	広角タイプが望ましい
懐中電灯	床下や小屋裏の調査の場合はヘルメットに取付けるヘッドライトがあると便利

(2) 破損調査の事前準備

① 建物の概要の把握

所在地の気候や環境、水周り設備の状況、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等に関する情報や、図面がある場合は入手しておく。また建物だけでなく庭や周囲の状況についても把握しておく。

② 調査計画

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、養生等については、所有者や管理者と打ち合わせのうえ、必要な資機材を準備しておく。

③ 破損調査に必要な装備

服装	つなぎ等の作業服（裾、袖口や首筋のしまったもの）、マスク、軍手、作業靴、ゴーグル。帽子はつばのないものか、作業服にフードが付いていればこれを利用する。また高所では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ると楽に動ける。
照明装置	手持ち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があるとなお良い。
マイナスドライバ	木部に突き刺し生物劣化の有無を調べる。取手に手持ちライトをテープで巻きつけておくと便利である。
デジタルカメラ	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と良い。
図面、筆記用具	現場記入用図面、図面保持用の画板、4色ボールペンやマーカー等。
チョーク（チョークホルダー付）	部材に識別記号や劣化状況を記入し、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で代用する。

以上は床下や小屋裏等の作業性が悪い場所に入る時の装備で、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、手提げ袋等に入れて持ち歩くと便利である。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腐剤や防蟻剤等を含めて有害なものや鳥獣の糞等もあるので、素肌を露出しないように注意するとともに、高性能マスクを必ず着用すること。

④ その他必要な装備

必要に応じて下記のことを準備しておき、適宜利用する。

レーザーレベルまたは下げ振り、水準器	床・柱の傾斜・沈下などの計測に使用する。
小型の手鏡、ルーペ、双眼鏡、ファイバースコープ等	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。
大工道具や電動工具	床や天井等を剥がすためのバール、のこぎり、インパクトドライバー、丸ノコ等。必ず所有者の了承を得ること。
脚立、養生用ビニールシート、足場板、掃除道具とゴミ袋	建物を傷つけたり汚したりしないよう十分に注意すること。
サーモカメラ	温度差により土壁内の貫等が推定できる場合がある
打診棒	打音により浮きなどを調べる

5.2.2 構造調査の要領

平面図の作成にあたり、間取り寸法、柱位置、壁の配置、垂れ壁・腰壁の配置、開口部の位置、ならびに柱の断面寸法、材種等を記録する。

なお、土壁（垂れ壁、腰壁も含む）は天井裏（小屋裏）や床下位置で、梁、足固めなどの横架材まで隙間なく施工されていない場合がある。このような施工状況では構造要素に加える際に検討が必要なため、天井裏、床下での壁の施工状況を平面図に記載する。また、土塗りが片面のみの場合があるので注意する。

断面図および軸組図作成にあたっては、階高、軒高、天井高、開口部の高さ、垂れ壁・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、床下または天井の点検口が無い場合が多く、その場合は建物所有者の了解を得たうえで、天井板、畳、床板などの一部を撤去して調査をおこなう。その際は、部材の断面寸法等の計測とともに、劣化等の破損の有無をあわせて確認しておく。床下の足固め材の有無は重要な構造要素となるため特に注意して確認する。

基礎調査は、基礎の形状、亀裂、材料について調査をおこない、同時に地盤の状況、湿潤状況、不陸等も確認する。

「5.3 現地調査のチェックリスト」により、調査内容、必要な計測箇所等に不足が生じないように確認するとともに、写真の撮り忘れがないかも確認しておく。



写真5.1 土壁の上部が横架材に達していない例



写真5.2 土壁が片面塗りである例



写真5.3 足固め材ありの例



写真5.4 足固め材なしの例

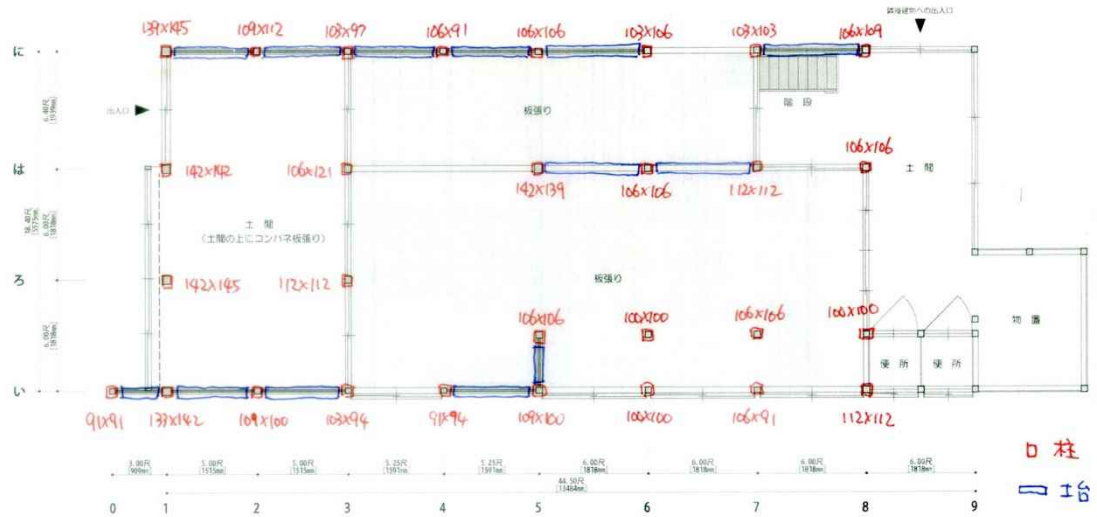


図5.1 野帳の例1 (柱・土台伏図)

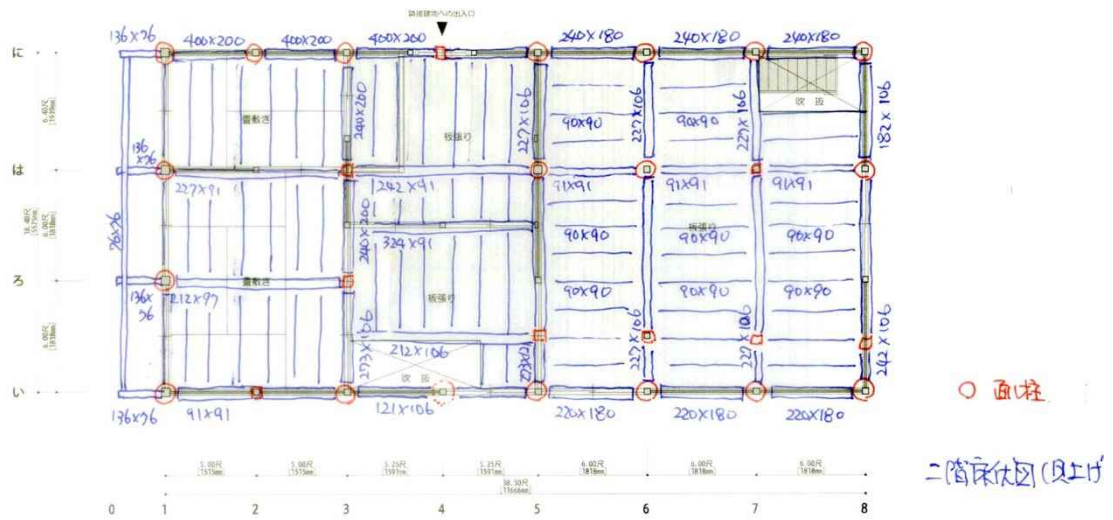


図5.2 野帳の例2 (2階床伏図)

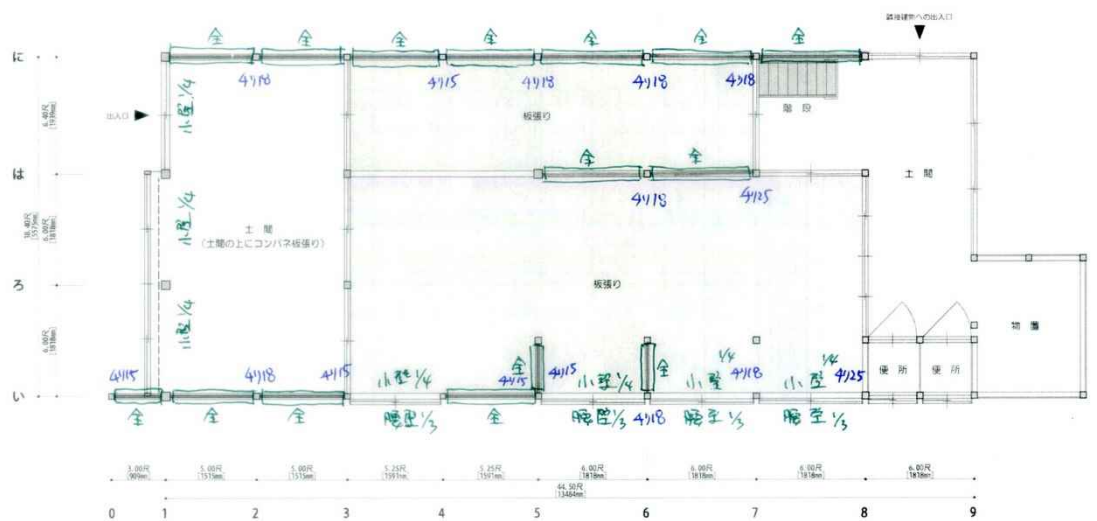


図5.3 野帳の例3 (壁伏図)

5.2.3 破損調査の要領

破損調査においては、明確な劣化部位や、劣化の可能性のある部位をもれなく抽出し、さらに劣化の種類、範囲や程度をおおよそ判定するほか、劣化の進行性を判別することも求められる。そのため、床下、天井裏、室内、外周における主要な構造部材については原則として全て調査する。調査は目視を基本とし、必要に応じて触診およびハンマー等による打診やドライバによる突き刺し診断等を実施する。柱の沈下・傾きについても、計測機器で確認する。

また劣化の有無だけでなく、床下や室内の換気状況、床下および周囲土壌の湿気、断熱材の使用状態、雨仕舞い、建物周囲の植栽とその管理状態等もあわせて調査するとともに、改修履歴や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についてもヒアリングし確認する。

診断の結果は図面に記録するとともに、部材にチョーク等でマーキングして写真撮影をおこなう。マーキングは後日確認する場合や改修等の作業のために残すこともあるが、原則として調査の終了時に消去する。

建物外周・内側については、その構造、材料、仕様等、および劣化症状の有無を確認しながら概観する。床下部分を中心に腐朽・虫害の診断をおこない、シロアリ被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ほか、小屋裏についても、雨漏りとそれに由来する劣化の有無や鳥獣の侵入等について調べる。

調査員が入ることのできない閉鎖領域（大壁内、閉鎖基礎内など）や狭い領域については周囲の症状から推定判定するが、この領域について劣化の発生が疑われる場合には、建物所有者と協議のうえ別途部材の取外し等を伴う詳しい調査を実施することが望ましい。

5.2.4 図面の作成

調査の目的は既存建物の構造がどのように構成されているのか確認することであり、それを伝える図面表現となっているならば、図面はフリーハンドで描いても問題ない。

図面表現は、構造上主要な部位の架構形式、基本寸法および標準断面をおさえたいうえで、建物自体の構造的特徴（利点・弱点）を整理したものとする。とくに当該建物がもつ耐震特性要素の確認は重要であり、その種別および位置について模式図的なものを作成する（「平面図・伏図 | 各階耐震特性要素図」）。また、土壁の総重量は建物重量に占める割合が大きく、その重量により耐震性の評価が左右されるため、内外壁共に数量を確認し、面積×厚さの重量総計が確認できるように、軸組図は単線でもよいから作成する。

金澤町家は建築されてからの長い歴史があるため、その間に改造があることも少なくない。現地調査にあたっては、まずその改造状況を確認することも重要である。その建物がもつ耐震性能を損なう改造がある場合には、耐震診断設計をおこなう前提として、当初形態復元の推定が必要となる。

表5.1 調査により作成する図面

図面の種類	図面名	表記事項	
平面図	各階平面図	柱	柱位置。柱径、材種は一般的なものを基準とし、それ以外の柱は径、材種を特記。
		横架材	吹抜けのサンモン（太い梁）、ヒラモン（差鴨居）の位置。
		壁	壁、小壁（垂壁）、腰壁の位置。小壁、腰壁は高さ。
		仕上	床の仕上げ（土間、板、畳等）を、各室毎に記入。
		建具	建具の位置。このとき板戸、襖、障子等建具の種類を区別する必要はない。
伏図	基礎伏図	基礎石、土間	基礎石、土間の位置。
	1階床伏図	柱	柱位置。
		土台、足固め	土台、足固めの位置、寸法。
	2階床伏図	柱	柱位置。
		桁、梁	桁、梁の位置、寸法。
	小屋伏図	桁、梁	桁、梁の位置、寸法。
小屋束、母屋		小屋束、母屋の位置、寸法。	
立面図	各立面図	仕上	各部の仕上げ。
軸組図	梁間方向軸組図 (各構面ごとに)	柱、束	柱、束位置。 柱下端～1階床～2階床～桁天端の寸法。
		横架材	梁、胴差、母屋の位置、継手の位置。
		壁	仕上げの種類。壁の位置及び各部の高さ。
	桁行方向軸組図 (各構面ごとに)	同上	

*縮尺は1/100を原則とし、小規模な建物の場合1/50とする。

5.2.5 地盤状況

建物の建っている場所が平地ではない場合、周囲に崖地等の段差の有無や、敷地周辺の地盤が過去に遡り人工的に手を入れられていないかを確認する。例えば、敷地内もしくは周囲に、用水や惣構（金沢城の防衛のための堀）がないか、過去に河川改修がおこなわれた痕跡がないかを調査する。また、隣地の建物の建替え等により敷地内地盤が緩んでいる場合があるので、そのような影響がないか確認する。

5.2.6 写真撮影

写真撮影をおこなうときは、まず建物所有者や住人の了解を得ること。写真は建物の現状を把握すると同時に、耐震診断の判定の補足となるよう必要な枚数を撮影し、第三者が見て分かるように記録として整理する。デジタルカメラで撮影し、撮影したデータが鮮明であるか、撮り忘れがないかをその場で確認しておく。限りある時間で

撮影するため、フットワークを優先し、三脚は使用せず、狭い室内でも撮影しやすいように24mm以下の広角レンズを使用することが望ましい。

表5.2 写真撮影箇所

撮影箇所	ポイント
外観	全景、屋根、開口部、軒裏、外壁
室内	内壁、腰壁、垂れ壁、開口部、天井、床 ※展開図のイメージで撮影する
床下	床組、基礎、壁の下端、柱脚
小屋裏	小屋組、壁の上端、野地
破損その他	腐朽、虫害、構造上のひび割れや剥落、雨漏り状況等

5.2.7 現地調査の留意点

- 調査対象の建物に住人が居住している場合、1日を通しての調査は住人の負担が大きくなるので、打合せのうえ、平面図とその他の図面を2回に分けるなど、1回の調査時間をできるだけ短縮する配慮が必要である。平面図がない場合、まず平面図を作成し、それを基に現地調査の事前準備をしてから他の作業に取りかかるとよい。
- 野帳の単位は「尺」あるいは「mm」とし、単位を統一する。
- 壁厚は、壁散り寸法の合計を柱寸法から差し引いた寸法とし、小壁ではなく全壁で計測する。また両側の外壁、内部の壁に区別して計測する。
- 壁の上端が横架材まで到達していない場合があるので、容易に天井裏を点検できる場合はそれを確認する。ただし、この場合必ず建物所有者の了解を得ること。
- 改修や間取りの変更がおこなわれている箇所は、その改造部分の元の姿が明らかになる場合、元の姿を図面に記入する。

5.3 現地調査のチェックリスト

一般事項	所有者／建築物名称		建築年	
	所在地	金沢市	用途	
	確認申請書の有無	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり (内容)		
	増改築・改修の有無	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり (内容)		
	構造階高	1階	m、2階	m
	隣地との空き			
地盤	地盤調査	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> 近隣のデータあり		
	不同沈下	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり		
	近隣の地盤状況			

		材料・材種	寸法 (mm)	破損状況
基礎				
土台				
足固め				
柱				
梁				
壁	土壁の厚さ			
	小壁	仕上:	高さ:	
	腰壁	仕上:	高さ:	
	外壁			
屋根	屋根仕上	<input type="checkbox"/> 桟瓦 <input type="checkbox"/> 金属板		
	屋根下地	<input type="checkbox"/> 野地板 <input type="checkbox"/> 小舞、こば葺き		
	垂木			
	屋根勾配	/10		
	軒の出	mm		
	雨漏りの有無	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり (内容)		

図面	平面図	1階平面図	<input type="checkbox"/>	写 真	外観	<input type="checkbox"/>
		2階平面図	<input type="checkbox"/>		内観	<input type="checkbox"/>
	伏図	1階床伏図	<input type="checkbox"/>		床下	<input type="checkbox"/>
		2階床伏図	<input type="checkbox"/>		小屋裏	<input type="checkbox"/>
		小屋伏図	<input type="checkbox"/>		破損箇所	<input type="checkbox"/>
	軸組図	梁間方向	<input type="checkbox"/>		雨漏り箇所	<input type="checkbox"/>
		桁行方向	<input type="checkbox"/>		構造上の弱点	<input type="checkbox"/>

備考						
----	--	--	--	--	--	--

調査者		連絡先		調査日	年	月	日
-----	--	-----	--	-----	---	---	---

5.4 現地調査事例（M邸）

5.4.1 建物の概要

- ・明治7年（1874）頃建築（昭和38年（1963）調査時の所有者が購入）
- ・木造2階建 低町家型
- ・倉庫として利用（元は店舗併用住宅）



外観 正面

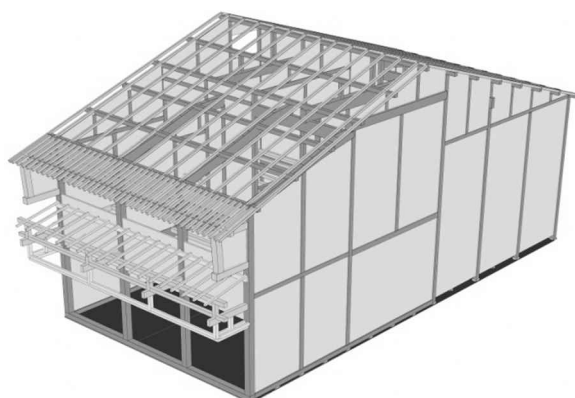


外観 正面・側面

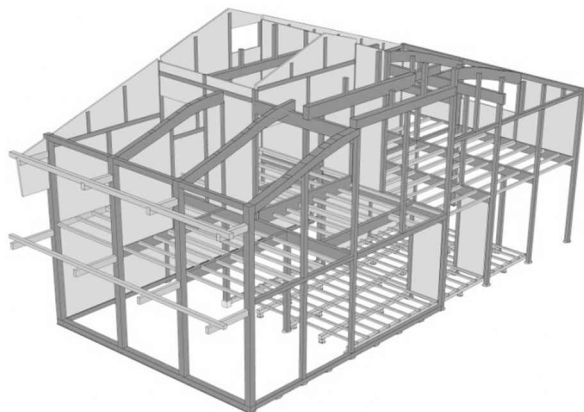


内観 1階

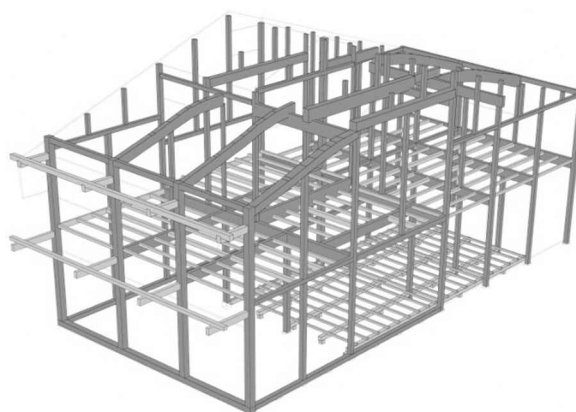
●架構図（正面右側より）



架構図（屋根材を取り除いた状況）



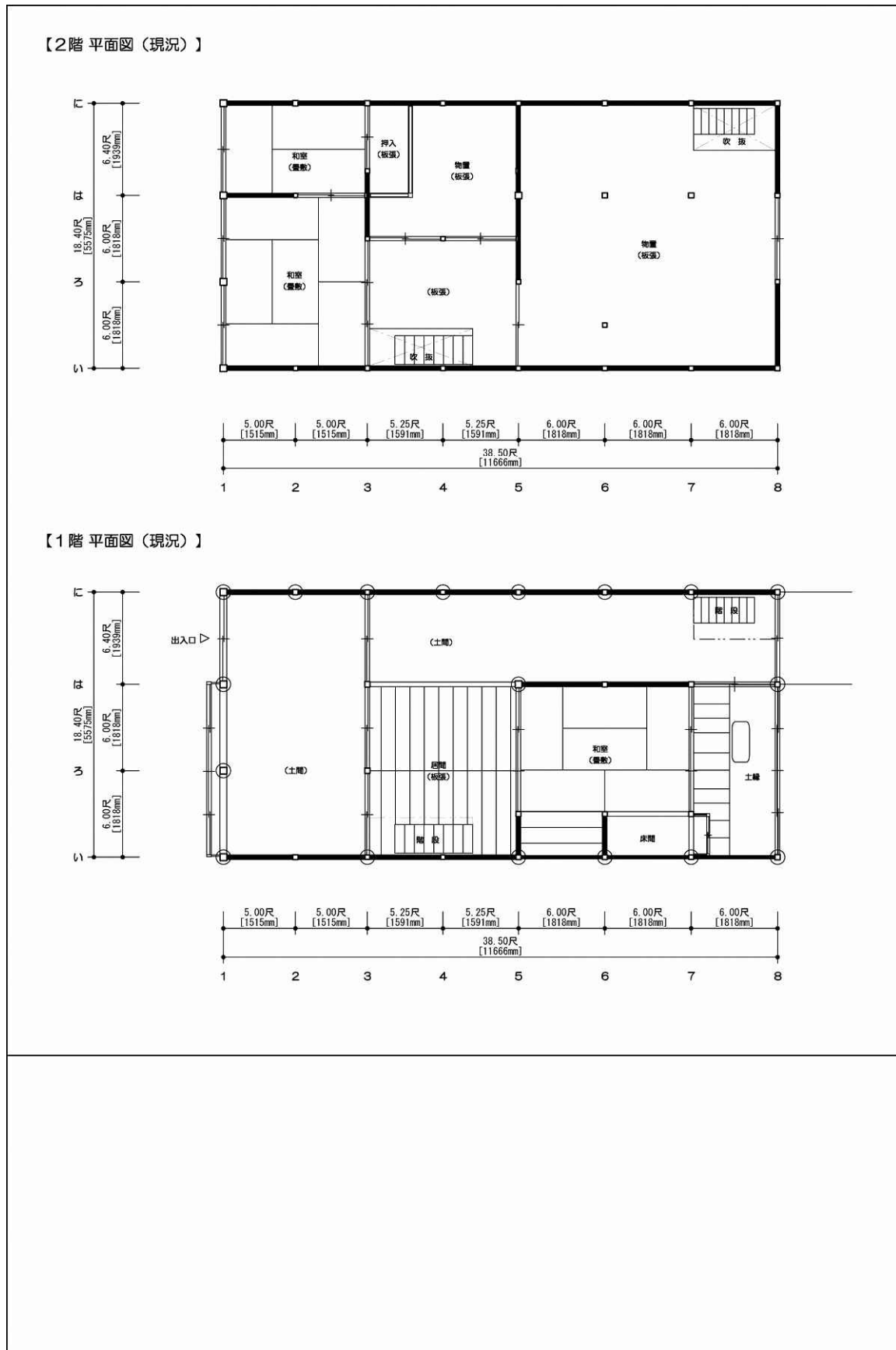
架構図（手前の土壁を取り除いた状況）



架構図（土壁を取り除いた状況）

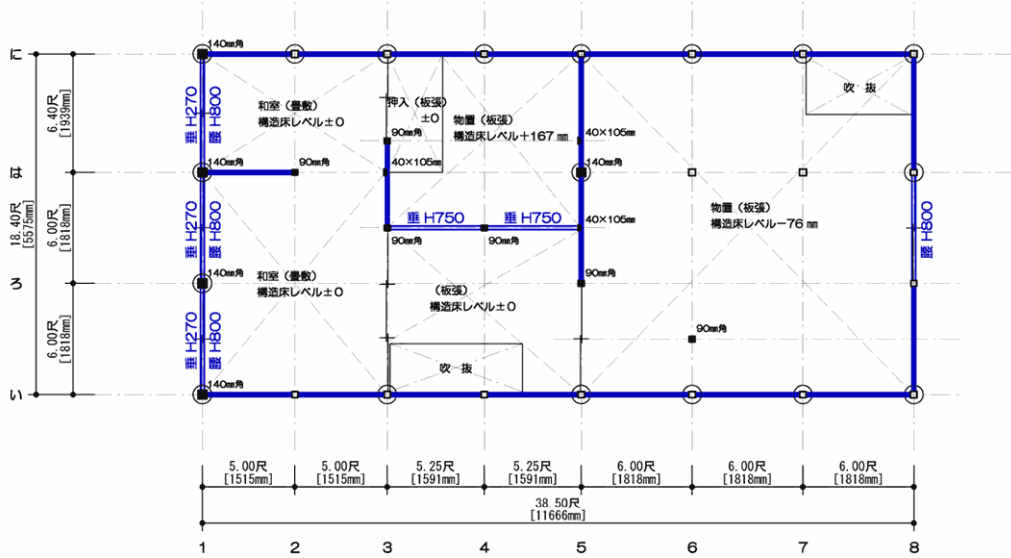
5.4.2 調査図面

●平面図

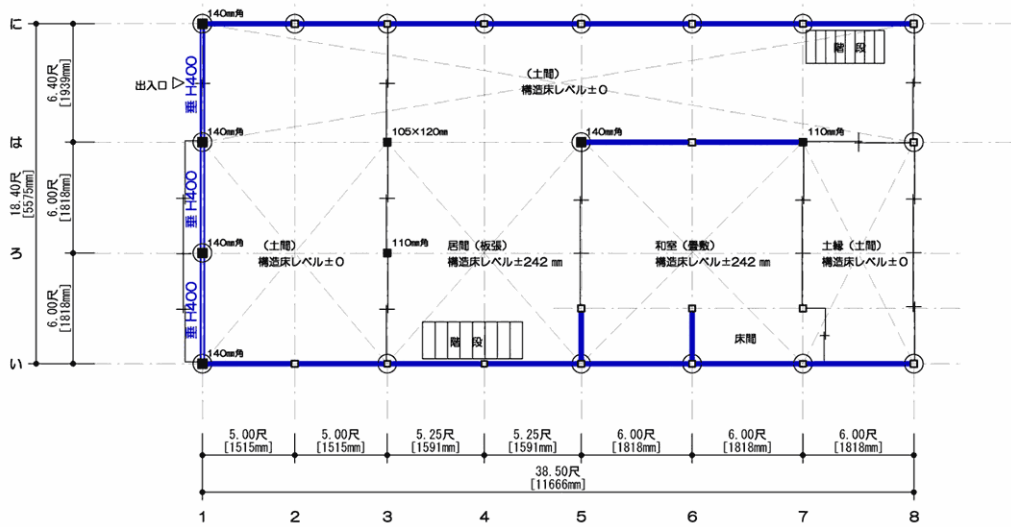


●耐震要素伏図

【2階 耐震特性要素図（現況）】



【1階 耐震特性要素図（現況）】

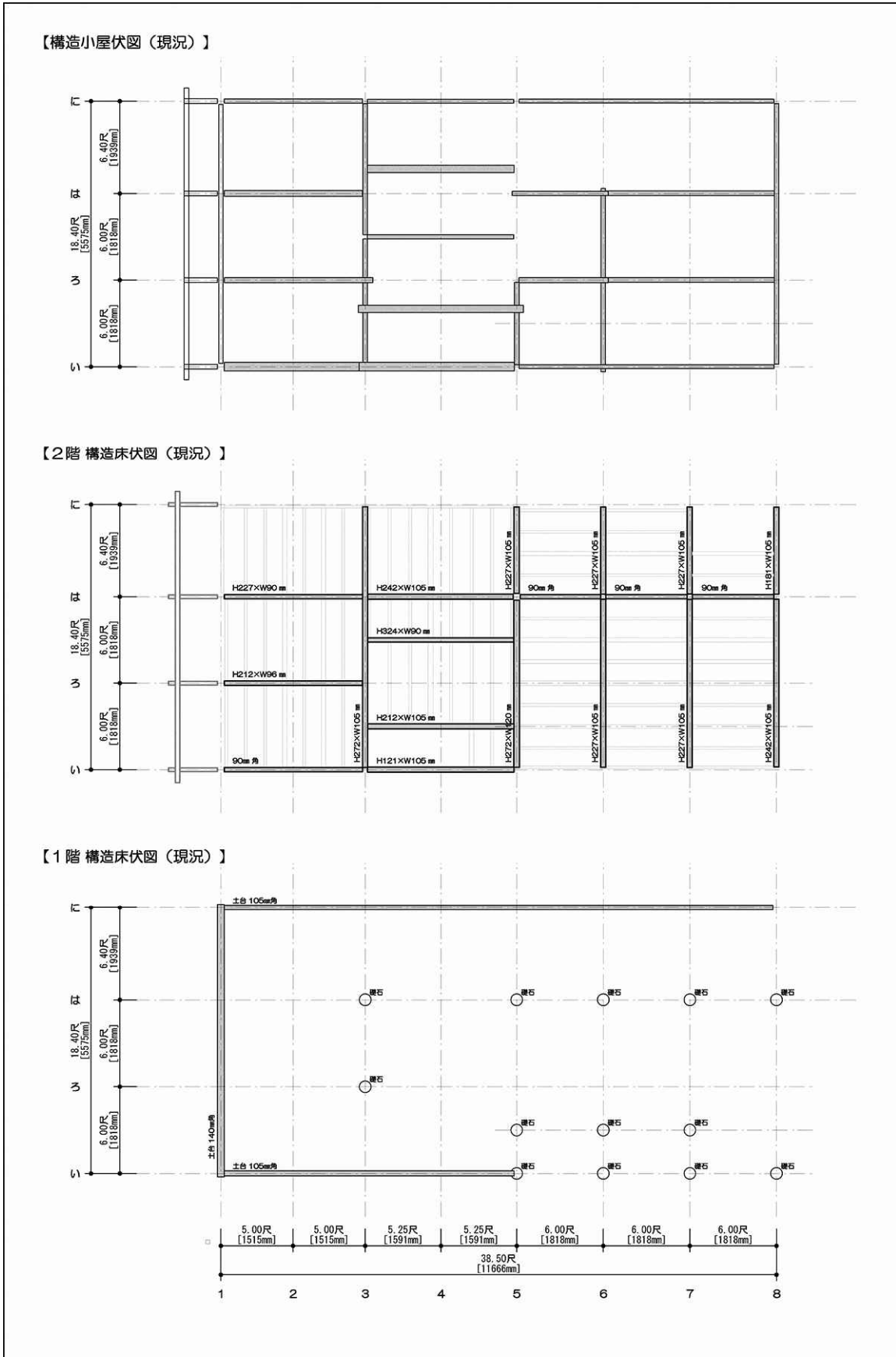


【凡例】※ 特記なき限り共通

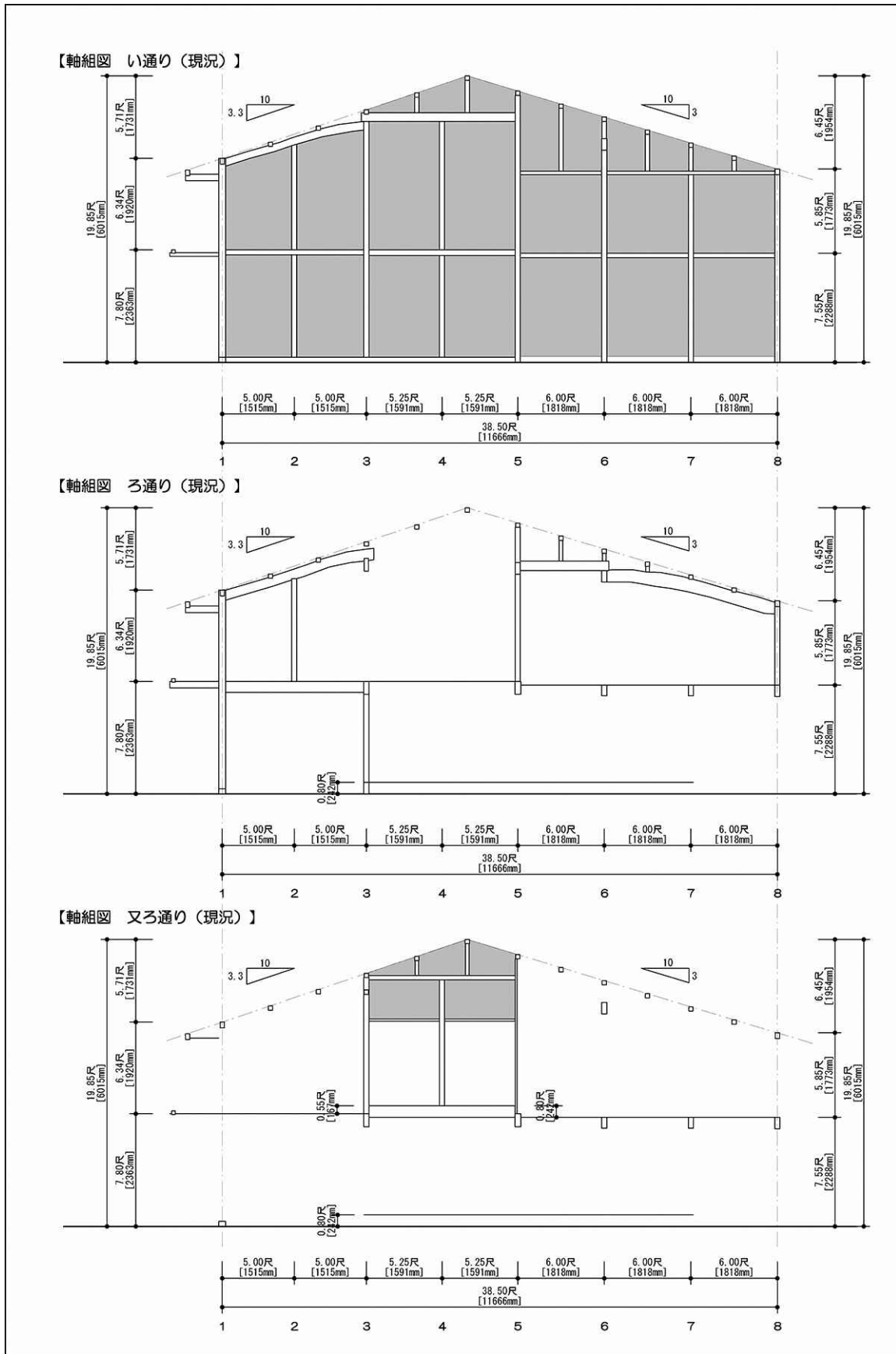
- : 柱 (標準柱) 105mm角
- : 柱 寸法は図面記載 (寸法(mm) : はり間×桁)
- : 通柱箇所
- : 全壁 土壁 55mm厚 (現況)
- : 垂 H000 : 垂壁 H000mm 土壁 55mm厚 (現況)
- : 腰 H000 : 腰壁 H000mm 土壁 55mm厚 (現況)
- : 差 H000×W000 : 差鴨居 (現況)

- : 全壁 土壁 55mm厚 (補強)
- : 垂 H000 : 垂壁 H000mm 土壁 55mm厚 (補強)
- : 腰 H000 : 腰壁 H000mm 土壁 55mm厚 (補強)
- : 差 H000×W000 : 差鴨居 (現況)
- : 荒壁 : 全壁 荒壁パネル (補強)
- : 荒壁垂 H000 : 垂壁 H000mm 荒壁パネル (補強)
- : 荒壁腰 H000 : 腰壁 H000mm 荒壁パネル (補強)
- ▶ : 仕口ダンパー (補強)

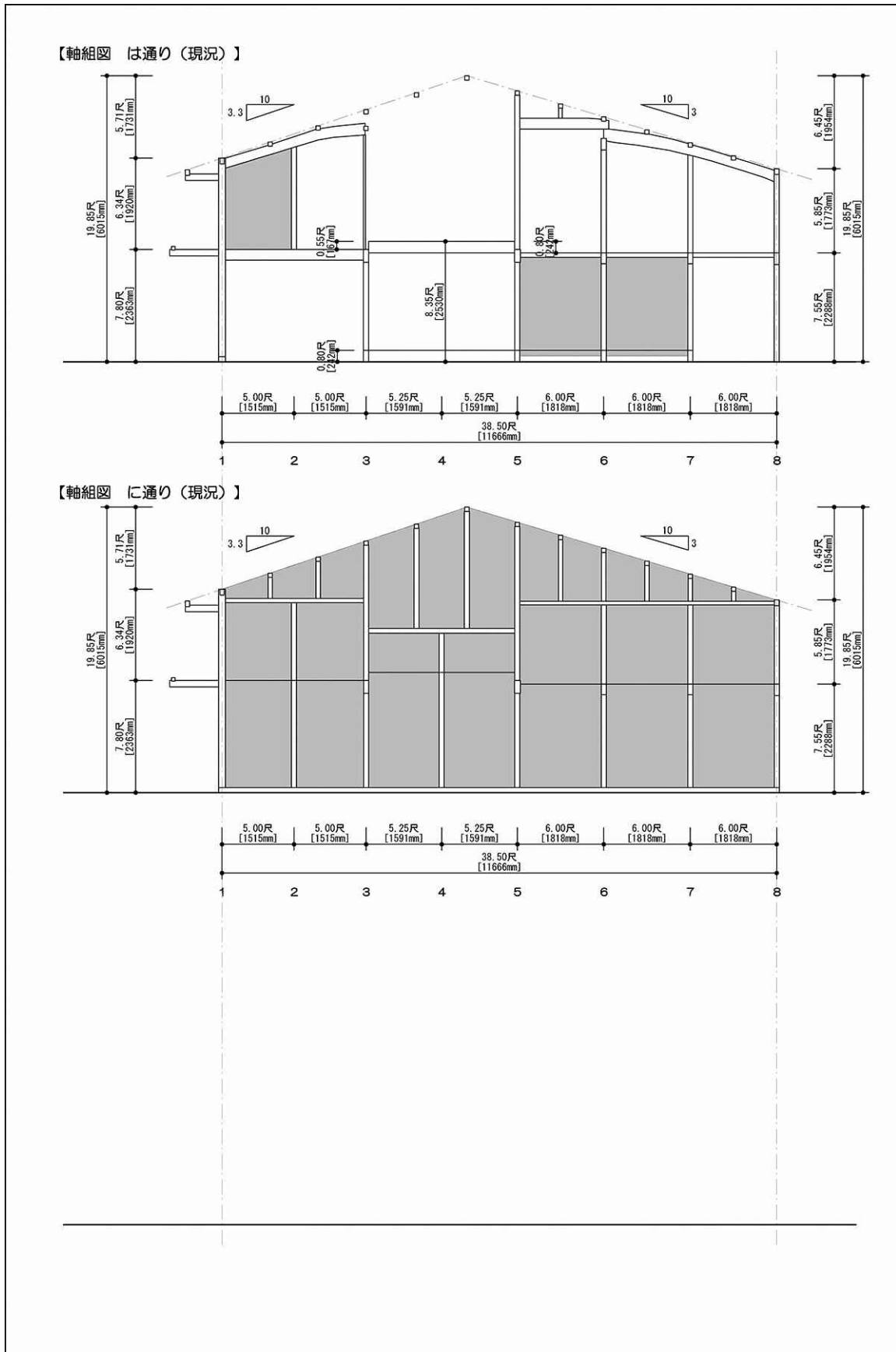
● 伏図



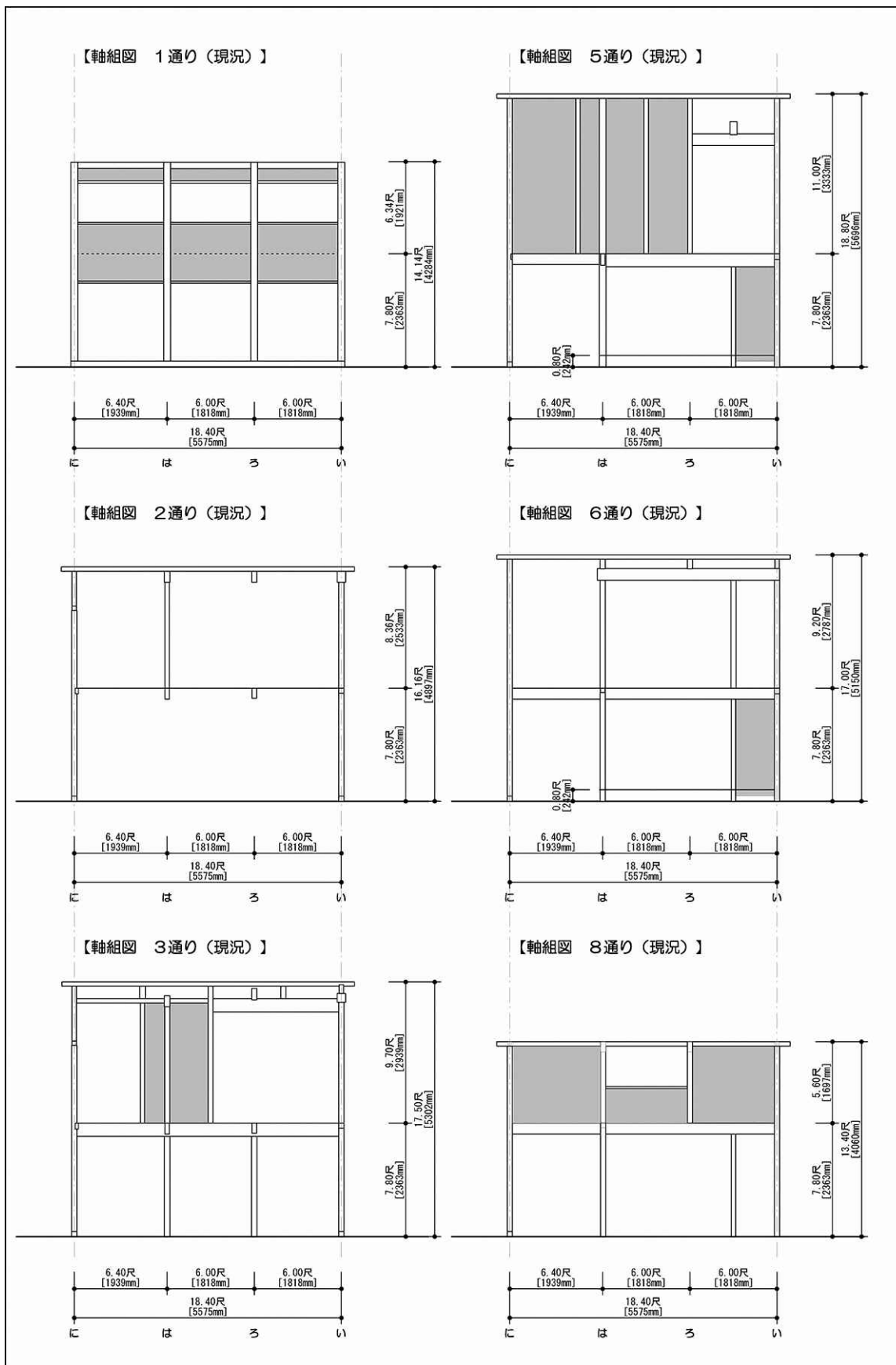
●軸組図 X方向（梁間方向）



●軸組図 X方向（梁間方向）



●軸組図 Y方向（桁行方向）



6章

限界耐力計算による耐震性能評価

6.1 限界耐力計算による耐震性能評価の流れ

金澤町家の耐震性能の評価は、限界耐力計算によりおこなうこととする。限界耐力計算は、建築物の復元力特性を各階各方向について作成し、建築物を等価な1質点系に置換して、加速度応答スペクトルを用いて地震時の応答値を予測する構造計算手法である。稀に発生する地震動に対して得られた応答値が損傷限界値以下に収まっているか、また極めて稀に発生する地震動に対して得られた応答値が安全限界値以下に収まっているかを確認する。

あわせて、安全限界時のせん断力に対して主要部材の検討をおこなうほか、地震力以外の外力に対する安全性の確認もおこなう。

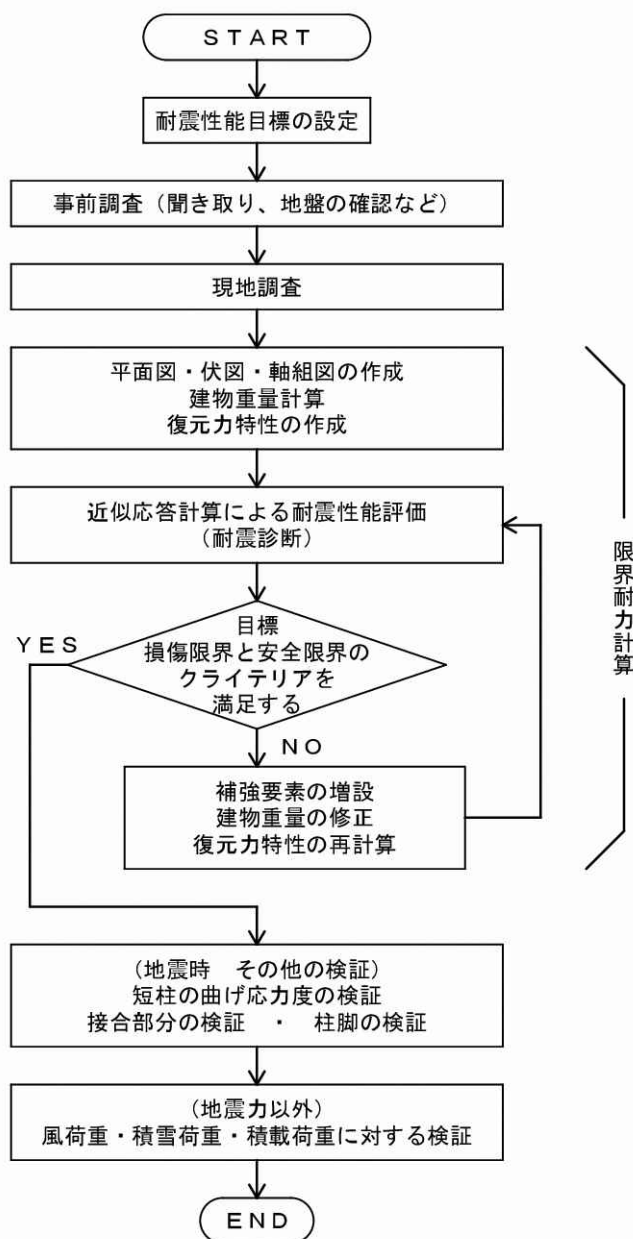


図6.1 限界耐力計算のフロー

6.2 前提条件の整理^{[5][6]}

6.2.1 耐震性能のクライテリア

- ① 稀に発生する地震動（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を目標とする。
 - 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、
- 人命を保護するため、各階ともに人間が生存可能な空間が維持されるよう倒壊・崩壊が生じないことを目標とする。
 - 屋根の積雪荷重を考慮し、安全限界層間変形角を $1/15\text{rad}$ 以下とする。

損傷限界層間変形角（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、補修を要するような損傷が生じない層間変形角）は $1/90\text{rad}$ 以下とし、用いる構造要素等の損傷を考慮して $1/120\text{rad}$ ～ $1/90\text{rad}$ 内で設定する。

安全限界層間変形角（極めて稀に発生する地震動に対して各階の倒壊・崩壊が生じない層間変形角）は、屋根の積雪荷重を考慮して $1/15\text{rad}$ 以下とする。大きな吹抜けや偏心がある場合にはゾーニングによる検討をおこなうが、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）、変形の大きな構面の最大層間変形角ともに $1/15\text{rad}$ 以下とする。

6.2.2 階高

各階の階高は、各階床重量を支持する横架材の中心レベルを基準として設定する。桁や梁の高さが梁間・桁行方向によって異なる場合は、各レベルの平均的な高さを階のレベルとする。ただし階高が部分的に変化する建物も多いため、その場合は慎重に階高を設定すること。特に階高が大きく変化する場合は、ゾーニングによる検討もおこなう必要がある（6.4.3項にて後述）。

(1) 石場建て形式の場合

礎石の天端から1階の桁または梁の中心までを1階の階高とし、1階の桁または梁の中心から2階の桁の中心までを2階の階高とする。

(2) 土台形式の場合

土台の中心から1階の桁または梁の中心までを1階の階高とし、1階の桁または梁の中心から2階の桁の中心までを2階の階高とする。

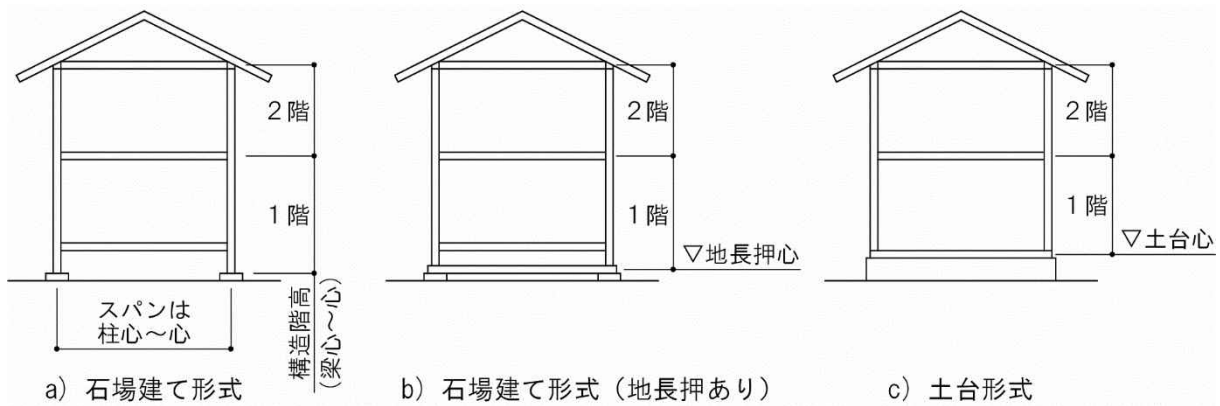


図6.2 階高の設定

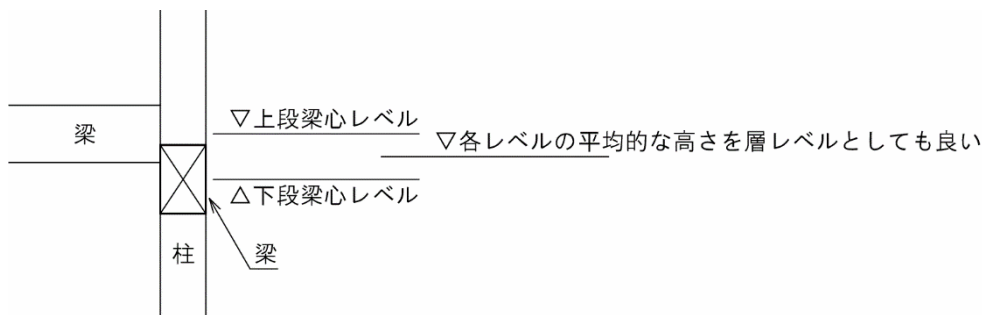


図6.3 梁に段差が有る場合の階高

6.2.3 荷重等の考え方

(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。「9.3 固定荷重参考値」に掲げる単位面積当たり荷重に従って計算してよいこととするが、当該建築物の軸組等の大きさが同項に示される単位荷重と差異がないかどうかを十分に検討する必要がある。

(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、令第85条に従って計算することができる。

(3) 積雪荷重

金沢市は多雪区域であるため、積雪荷重を考慮しなければならない。積雪荷重は令第86条の規定に従う。

$$S = \mu_b \cdot h_s \cdot \rho \quad \dots\dots (6.1)$$

S : 積雪荷重 (屋根の水平投影面積当たり) (N/m²)

μ_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° 以下の場合においては下式で計算する)

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

β : 屋根勾配(度)

h_s : 建設地の垂直積雪量 (cm)

ρ : 積雪の単位荷重 (N/cm/m²)

垂直積雪量は区域に応じて金沢市建築基準法施行規則第14条別表に定められている(表6.1)。積雪の単位荷重は29N/cm/m²以上(同第14条第1項)となっている。令第86条第6項の雪下ろしによる垂直積雪量の低減により、積雪1mまで低減とすることもできるが、所有者に周知し理解してもらうことが必要である。

風圧力または地震力と同時に作用する場合の積雪荷重は、 $S \times 0.35$ とすることができる。

表6.1 市内地域別の垂直積雪量

積雪量	地域別
1.0m以上	海岸線から2キロメートル未満の地域
1.2m以上	上の地域から西日本旅客鉄道北陸本線までの地域
1.5m以上	西日本旅客鉄道北陸本線から以南の地域で、次の地域以外の地域
2.0m以上	都市計画法(昭和43年法律第100号)に基づいて定められた金沢都市計画区域以外の地域及び次に掲げる町の区域 小豆沢町、浅川町、朝加屋町、相合谷町、天池町、石黒町、打尾町、上山町、永安町、鴛原町、小原町、角間町、金川町、上中町、上辰巳町、上涌波町、檜見町、北袋町、清瀬町、小二又町、古郷町、駒帰町、下谷町、芝原町、白見町、城力町、新保町、下鴛原町、下涌波町、正部町、菅池町、末町、瀬領町、俵町、平等本町、高池町、高坂町、辰巳町、平町、茅原町、坪野町、伝燈寺町、戸室新保、戸室別所、藤六町、中山町、七曲町、中戸町、梨木町、鳴瀬元町、西市瀬町、羽場町、東荒屋町、東市瀬町、東町、平栗、袋板屋町、別所町、北陽台1丁目、北陽台2丁目、北陽台3丁目、牧町、水淵町、三小牛町、宮野町、甥杉町、薬師町、山川町、湯谷原町、湯涌町、湯涌荒屋町、湯涌田子島町、蓮如町、蓮花町

(4) 建物重量

(1)～(3)の和を建物重量とする。あるいは『2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法』(日本建築防災協会)^[13]による必要耐力(地震力)計算から建物重量を逆算してもよいこととするが、同計算は略算値であることに注意が必要である。

応答計算においては建築物の重量を各階の重量に振り分けるため、2階建て建築物の場合、2階部分の重量と1階部分の重量を計算する。各階の重量は、当該階の階高の1/2で分割し、上半分を当該階の重量、下半分を当該階の下階の重量に含める。

例えば2階建て建築物の場合、2階の重量は、2階の階高の1/2から上部とし、1階の重量は、2階の階高の1/2から下部と1階の階高の1/2から上部とする。1階の屋根のうち2階の高さの1/2を超える部分の重量は、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。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重量に含めないが、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1階床重量として計算する必要がある。このとき、1階床重量は柱脚部まで（土台がある場合は土台まで）の重量を含めることとする。

各階の質量は、各階の重量を重力加速度で除したものとする。

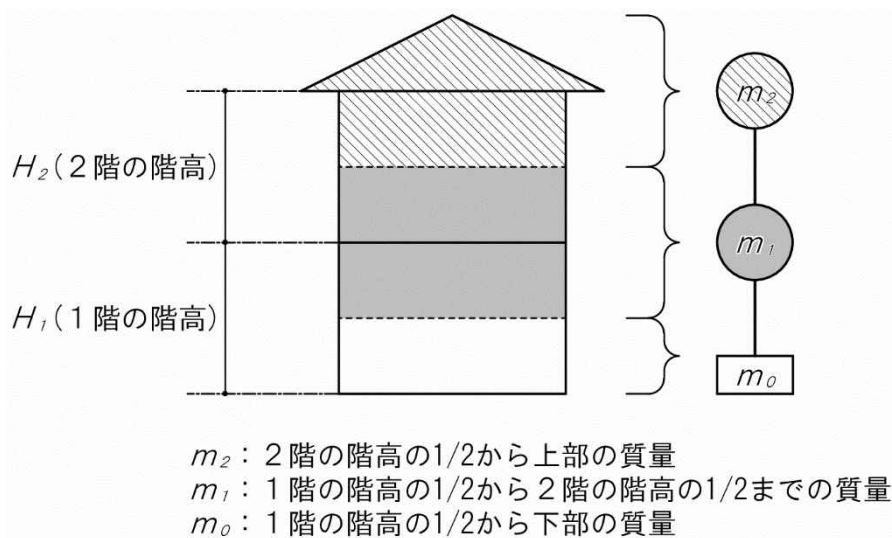


図6.4 各質点への振り分け

(5) 地震力以外の荷重・外力に対する構造安全性の検討

新築の限界耐力計算では、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。また、積雪時や暴風時において、極めて稀に発生する積雪・暴風に対しても安全性を確認することとなっている。このときの荷重の大きさは次のとおりである。

極めて稀な積雪時に作用する力： $G + P + 1.4S$

極めて稀な暴風時に作用する力： $G + P + 1.6W$

G：令第84条に規定する固定荷重によって生ずる力

P：令第85条に規定する積載荷重によって生ずる力

S：令第86条に規定する積雪荷重によって生ずる力

W：令第87条に規定する風圧力によって生ずる力

しかし本マニュアルの対象は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こととする。ただし、1階のせん断耐力が風圧力を上回ることを確認する。

6.2.4 地盤

地盤調査は標準貫入試験または速度検層によるのが望ましいが、防災科学技術研究所が提供する地震ハザードステーション (J-SHIS) から地盤種別を判定してもよいこととする（「9.6 地盤種別の判別について」参照）。

6.2.5 入力地震動

建築物に作用する地震力は加速度応答スペクトルから算定する。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) により各変位ステップごとに計算する。

$$S_{Ad} = S_{0d} \cdot G_s \cdot F_h \cdot p \cdot q \cdot Z \quad (\text{稀に発生する地震動}) \quad \dots\dots (6.2)$$

$$S_{As} = S_{0s} \cdot G_s \cdot F_h \cdot p \cdot q \cdot Z \quad (\text{極めて稀に発生する地震動}) \quad \dots\dots (6.3)$$

(1) 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 (S_{0d} 、 S_{0s}) を計算する。

表6.2 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}

等価固有周期 T_e (s)	加速度応答スペクトル (m/s ²)	
	S_{0d}	S_{0s}
$T_e < 0.16$	$0.64 + 6T_e$	$3.2 + 30T_e$
$0.16 \leq T_e < 0.64$	1.6	8
$0.64 \leq T_e$	$1.024/T_e$	$5.12/T_e$

(2) 表層地盤における加速度増幅率の計算

表層地盤における加速度増幅率 G_s は、H12建告1457号第10に基づき地盤種別に応じて求める (簡略法)。ただし、本マニュアルにおいては第1種と第2種の間接地盤 (以下、第1.5種地盤) を考慮してもよいこととする。

極めて稀に発生する地震動に G_s を乗じたスペクトルを図6.5に示す。

表6.3 表層地盤の加速度増幅率 G_s

第1種地盤		第2種地盤		第3種地盤		第1.5種地盤	
T_e	G_s	T_e	G_s	T_e	G_s	T_e	G_s
$T_e < 0.576$	1.5	$T_e < 0.64$	1.5	$T_e < 0.64$	1.5	$T_e < 0.64$	1.5
$0.576 \leq T_e < 0.64$	$\frac{0.864}{T_e}$	$0.64 \leq T_e < 0.864$	$\frac{1.5T_e}{0.64}$	$0.64 \leq T_e < 1.152$	$\frac{1.5T_e}{0.64}$	$0.64 \leq T_e < 0.72$	$\frac{1.5T_e}{0.64}$
$0.64 \leq T_e$	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 (s)、 G_s : 加速度増幅率

※ 第1.5種地盤は、第1種と第2種の間中として、 $0.72 \leq T_e$ で増幅率を $(1.35 + 2.025)/2 = 1.69$ としている。

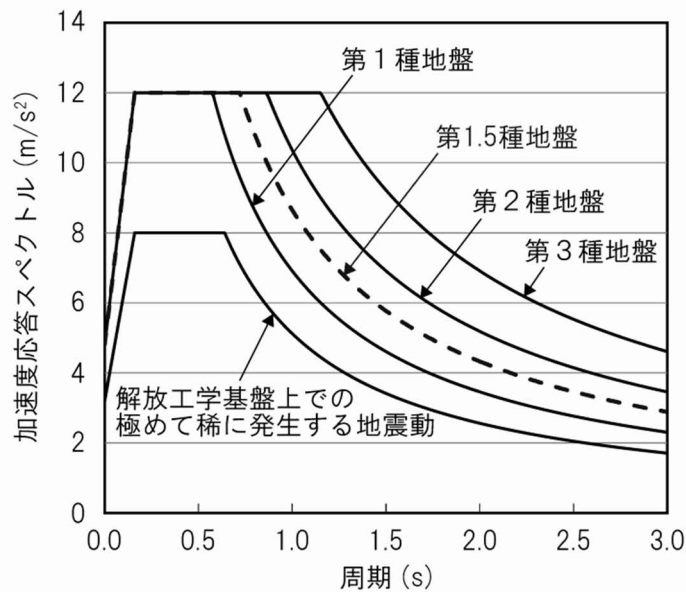


図6.5 地表面における入力地震動の加速度応答スペクトル

(3) 減衰による加速度の低減率の計算

減衰による加速度低減率 F_h は減衰定数 h より求める。

$$F_h = \frac{1.5}{1 + 10h} \quad \dots\dots (6.4)$$

(4) 調整係数の計算

調整係数 p は建築物の階数および等価周期 T_e に応じて計算し、調整係数 q は建築物の有効質量比（有効質量 M_u ／全質量 $\sum m_i$ ）に応じて計算する。

表6.4 調整係数 p

階数	$T_e \leq 0.16$	$0.16 < T_e$
1	$1.00 - (0.20/0.16)T_e$	0.80
2	$1.00 - (0.15/0.16)T_e$	0.85

表6.5 調整係数 q

有効質量比	調整係数 q
$M_u / \sum m_i < 0.75$	$0.75 \sum m_i / M_u$
$0.75 \leq M_u / \sum m_i$	1.0

(5) 地震地域係数

地震地域係数 Z はS55建告1793号に従って設定する。

金沢市は $Z = 1.0$ である。

6.3 復元力特性の評価^{[5][6]}

6.3.1 建物の復元力の求め方

建物の復元力特性は各方向・各階に分けて評価をおこない、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各構造要素の復元力を加算して求める。ただし部分2階建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。

各構造要素の復元力は以下のように分類される。

- ① 全面壁の復元力（③軸組部分の復元力を除いた壁部分のみの復元力）
- ② 小壁（垂れ壁、腰壁、垂れ壁+腰壁）の復元力（軸組部分を除く壁部分のみの復元力）
- ③ 軸組部分の復元力（柱端部の長ほぞ、貫、差し鴨居、足固め等）
- ④ 耐震補強部材の復元力（耐震リング、耐震ダンパー等）

各構造要素の復元力特性の求め方については文献[2]、[3]または[6]を参照されたいが、特に文献[3]に記載の復元力特性シート*は簡潔にまとめられており、使用しやすいものである。

各構面の復元力 = Σ (全面壁の復元力 + 小壁の復元力 + 軸組部分の復元力 + 耐震補強部材の復元力)

各方向・各階の復元力 = Σ (各構面の復元力)

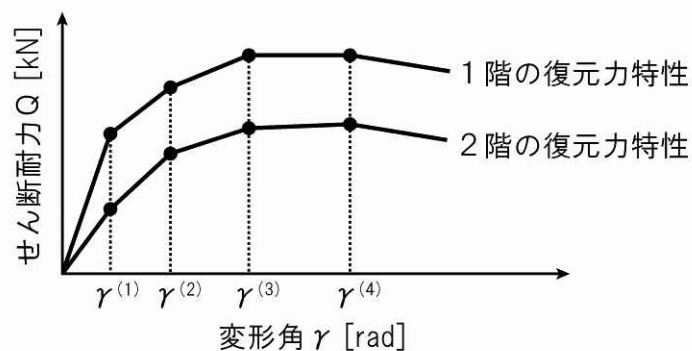


図6.6 各階の復元力特性

* 文献[3]はJSCA関西支部のウェブサイト (<http://jscakansai.com/委員会/木造住宅レビュー委員会/>) にて閲覧することが可能である。

【参考例】

図6.7のような構面の場合、以下の耐力要素のせん断耐力を加算する。

- 1 P土壁 (①) : 1箇所
- 2 P小壁 (垂れ壁②) : 1箇所
- 2 P土壁 (③) : 1箇所
- 2 P垂れ壁 (垂れ壁④&腰壁⑤) : 1箇所
- 長ほぞ仕口 (⑥) : 5箇所
- 差し鴨居を含む軸組架構 (⑦) : 1箇所
- 足固めを含む軸組架構 (⑧) : 4箇所

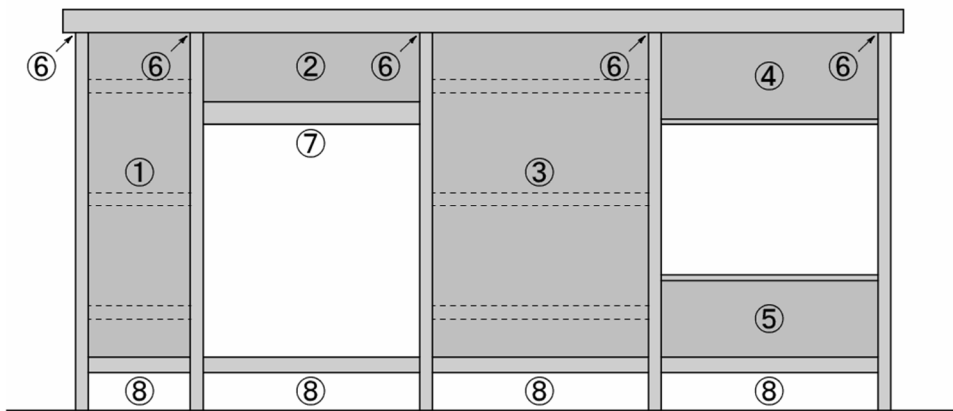


図6.7 建築物内の構面の例

6.3.2 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注意する必要がある。

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対し、以下のようにしてPΔを考慮する。図6.8に示す変形状態では、鉛直力 ΣW が変形角 γ で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 γ すなわち水平変形 δ 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、次式によって評価する。

$$K_{P\Delta} = -P/\delta = -\gamma \Sigma W/\delta = -\Sigma W/H \quad \dots\dots (6.5)$$

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、次のように計算できる。

$$Q^*(\gamma) = Q(\gamma) - \gamma \Sigma W \quad \dots\dots (6.6)$$

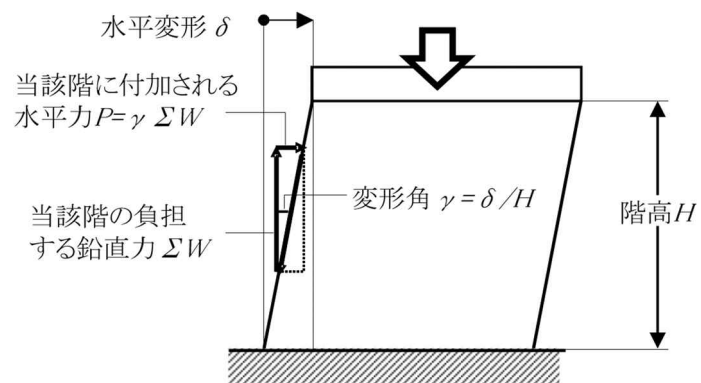


図6.8 P Δ効果の考え方

ただし金澤町家においては土壁が主な耐震要素となり、また実験モデルと異なり土壁の周辺が拘束されているため、P Δ効果が不利側に働くことは少ないと考えられる。

6.4 近似応答計算^{[2][5][6]}

近似応答計算は変位増分法により、応答変位角がクライテリアを満足するまで計算を繰り返しおこなう。

吹抜け（2階の床抜け）を有する町家の場合は、吹抜けのパターンに応じてゾーニングによる検討が必要である。

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、大変形時において建築物の層の復元力特性が負勾配になる場合においても対応可能な変位増分法によることとする。変形モードおよび減衰定数の算出にあたっては、『伝統的構法のための木造耐震設計法 石場建てを含む木造建築物の耐震設計・耐震補強マニュアル』^[6]に示されている「収斂計算法2」を採用する。以下、近似応答計算の手順を簡単に記すが、本計算の詳細については参考文献[6]を参照されたい。

6.4.1 近似応答計算の手順（1階先行降伏の場合）

(1) 各変位点での変形モードの算出

① 初期値による固有値計算

各変位ステップ（ $\gamma = 1/120, 1/60, \dots$ ）を定め、各階・各方向の復元力特性におけるせん断耐力および変形角を用いて、等価剛性を計算する。

$$k_i = \frac{Q_i}{\gamma H_i} \quad \dots\dots (6.7)$$

k_i : i階の等価剛性

Q_i : i階のせん断耐力

γ : 変形角

H_i : i階の階高

上で求めた等価剛性を用いて固有値計算をおこなう。

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{-m_1\omega^2 + k_1 + k_2}{k_2} = \frac{k_2}{-m_2\omega^2 + k_2} \quad \dots\dots (6.8)$$

$$\omega^2 = \frac{m_1k_2 + m_2k_1 + m_2k_2 - \sqrt{(m_1k_2 + m_2k_1 + m_2k_2)^2 - 4m_1m_2k_1k_2}}{2m_1m_2} \quad \dots\dots (6.9)$$

m_1, m_2 : 各階の質量

ω : 固有円振動数（ ω^2 : 固有値）

u_1, u_2 : 固有モード（ u_2/u_1 : 固有モード比）

② 収斂計算法による2階の変形の計算

初期値により計算した固有値では実際の変形モードと一致しない。そこで繰り返し計算により2階の変形を求めて、変形モードと固有値を整合させる。

$$\delta_1 = \gamma_1 H_1 \quad \dots\dots (6.10)$$

$$\delta_2 - \delta_1 = \delta_1 \left(\frac{u_2}{u_1} - 1 \right) \quad \dots\dots (6.11)$$

$$\gamma_2 = \frac{\delta_2 - \delta_1}{H_2} \quad \dots\dots (6.12)$$

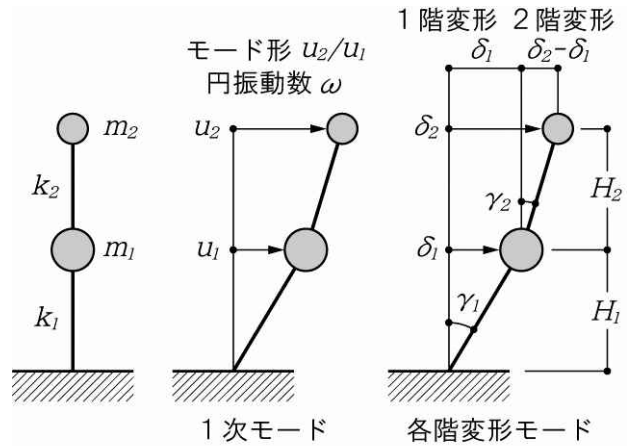
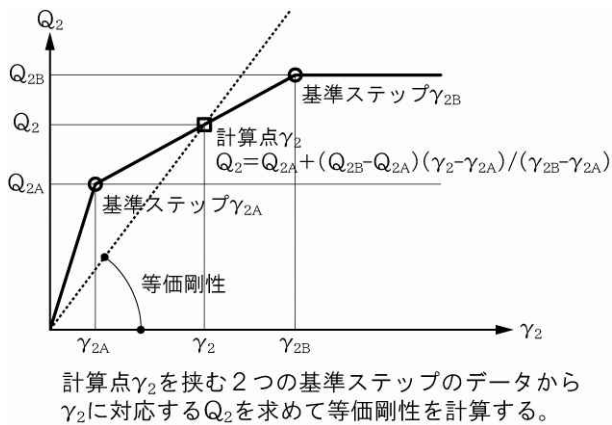


図6.9 2質点モデル

図6.10のように2階復元力 $Q_2 = Q_2(\gamma_2)$ から γ_2 に対応する Q_2 を求めると、新しい等価剛性が $k_2^* = Q_2/(\delta_2 - \delta_1)$ で算定できる。この新しい等価剛性を用いて図6.11に示すような繰り返し計算をおこなうことにより、基準ステップで与えられる1階の変形に対応した2階の変形が得られる。



計算点 γ_2 を挟む2つの基準ステップのデータから γ_2 に対応する Q_2 を求めて等価剛性を計算する。

図6.10 2階等価剛性の計算

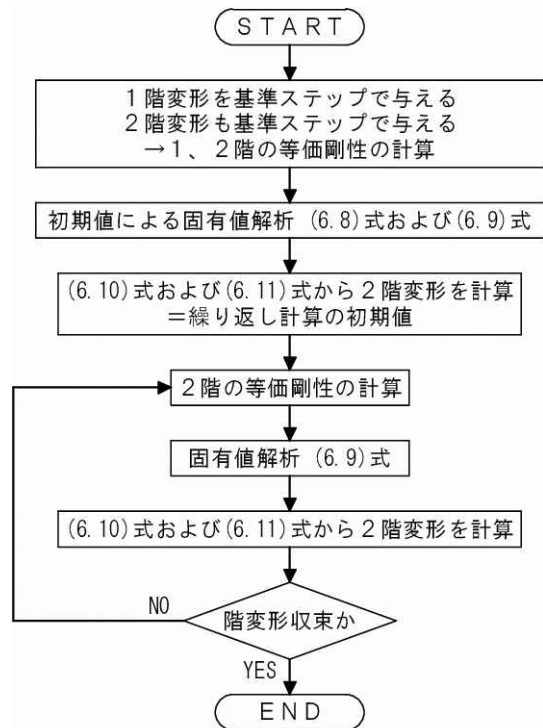


図6.11 2階変形を求める繰り返し計算

(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、等価線形化法により各階の復元力特性を等価な線形系とし、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 M_u 、代表変位 Δ_e 、等価周期 T_e 、減衰定数 h を算出する。

$$M_u = \frac{(m_1\delta_1 + m_2\delta_2)^2}{m_1\delta_1^2 + m_2\delta_2^2} \quad \dots\dots (6.13)$$

$$\Delta_e = \frac{m_1\delta_1^2 + m_2\delta_2^2}{m_1\delta_1 + m_2\delta_2} \quad \dots\dots (6.14)$$

$$T_e = 2\pi\sqrt{M_u/K_e} \quad \dots\dots (6.15)$$

$$K_e = Q_1/\Delta_e$$

$$h_i = \frac{1}{2\pi} \left(1 - \frac{k_i}{k_{0i}} \right) + 0.05$$

$$h = \frac{k_1\delta_1^2 h_1 + k_2(\delta_2 - \delta_1)^2 h_2}{k_1\delta_1^2 + k_2(\delta_2 - \delta_1)^2} \quad \dots\dots (6.16)$$

h_i : i 階の減衰定数
 k_i : i 階の等価剛性
 k_{0i} : i 階の弾性剛性

(3) 1質点系の応答値の算定

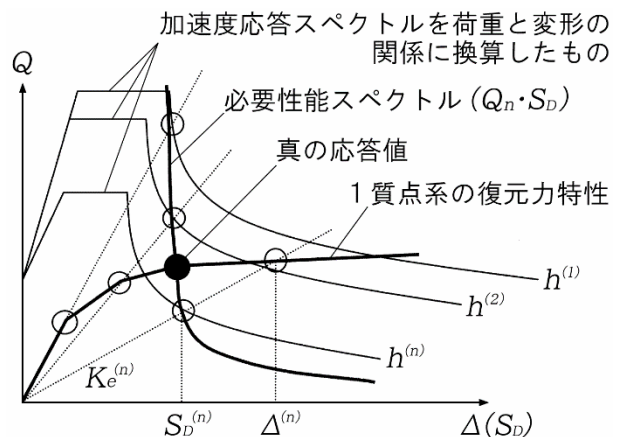
(2)で求めた有効質量 M_u 、等価周期 T_e 、減衰定数 h を用いて、等価線形化法により各ステップにおける1質点系の応答せん断力 Q_n と応答変位 S_D を求める。

$$Q_n = M_u S_A \quad \dots\dots (6.17)$$

$$S_D = (T_e/2\pi)^2 S_A \quad \dots\dots (6.18)$$

S_A : 加速度応答スペクトル

各ステップの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 S_{DR} となる。



* 右肩の(添え字)はステップ数を示す

図6.12 応答値の算出

(4) 各階の応答値の算定

1 質点系の真の応答値 S_{DR} から代表高さ H_e と当該変形モード δ_2/δ_1 を用いて 1 階および 2 階の応答変位 δ_{R1} 、 δ_{R2} を求める。代表高さ H_e 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。

$$H_e = \frac{m_1\delta_1H_1 + m_2\delta_2(H_1 + H_2)}{m_1\delta_1 + m_2\delta_2} \quad \dots\dots (6.19)$$

$$u_h = \frac{\left(\frac{\delta_2}{\delta_1} - 1\right)(H_e - H_1)}{H_2} + 1 \quad \dots\dots (6.20)$$

$$\delta_{R1} = \frac{S_{DR}}{u_h} \quad \dots\dots (6.21)$$

$$\delta_{R2} = \frac{\delta_2}{\delta_1}\delta_{R1} = \frac{\delta_2}{\delta_1} \cdot \frac{S_{DR}}{u_h} \quad \dots\dots (6.22)$$

6.4.2 2階先行降伏の場合

前述の計算では 1 階の変形を基準ステップとして 2 階の変形を求める方法がとられており、1 階が先行して降伏する場合には精度良く計算できるが、2 階が先行降伏する場合には計算精度に問題がある（固有値計算が収斂しない）。そこで、2 階が先行降伏する場合には、変形の大きな 2 階を基準ステップに設定し、1 階の変形を収斂計算により求める。ここでは計算方法の詳細は割愛するため、参考文献[6]を参照されたい。

1 階または 2 階のどちらが先行して降伏するかは、(6.23)式により求められる限界せん断力係数比 R_{CO} とせん断力係数比 C_2/C_b との大小関係により判別することができる。

$$R_{CO} = \frac{(1 + R_W)(1 + R_H)}{1 + R_W + R_W R_H} \quad \dots\dots (6.23)$$

R_W : 1 階と 2 階の重量比 (= W_2/W_1)

R_H : 1 階と 2 階の階高比 (= H_2/H_1)

同時降伏の近傍においても、先行降伏する階を基準ステップとして計算すれば解が得られるが、 C_2/C_b の少しの変化によって応答値が大きく変化する。算定した復元力特性のバラツキを考慮すると $C_2/C_b = R_{CO}$ の建物が実現する保証はないため、同時降伏近傍の設計は避けるべきである。

表6.6 先行降伏階の判定

$C_2/C_b > R_{CO}$	1 階先行降伏
$C_2/C_b < R_{CO}$	2 階先行降伏
$C_2/C_b = R_{CO}$	同時降伏

6.4.3 ゾーニングによる検討

金澤町家には吹抜けを有するものがあり、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。なかには吹抜けを挟んで階高が異なるものもあり、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。このような場合、ゾーニングによる検討は、比較的簡単にその課題を考慮できる手法として有効である。

- 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おこなうほか、ゾーニングにより吹抜けの影響を考慮した検討をおこなうこととする。
- 吹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。
- ゾーニングは吹抜けの位置や大きさにより適切におこなう。
- 吹抜けの大きさ、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においてもゾーニングによる検討をおこなえば、安全性は担保できる。

【ゾーニングの具体例】(図6.13)

- 建築物全体の近似応答計算をおこなう。
- 中央に吹抜けがあるため、短辺方向(Y方向)はゾーニングによる検討もおこなう。ゾーンA、ゾーンBそれぞれで応答計算をおこなう。
- 短辺方向について、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。
- ゾーンAの階高は1階を H_{1A} 、2階を H_{2A} (小さい方の階高)とする。ゾーンBの階高は1階を H_{1B} 、2階を H_{2B} 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おこなう。
- 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こととする。

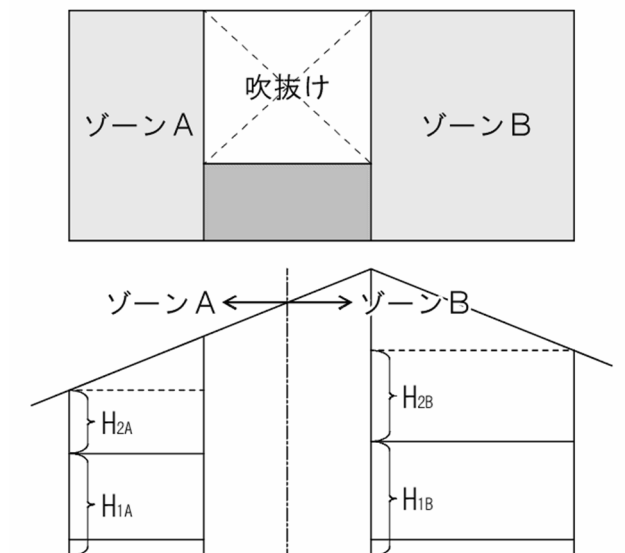


図6.13 ゾーニングの例

6.5 安全性の確認と注意事項^[5]

(1) 建物の構造特性の把握

計算結果の信頼性確認のために、建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^{*1} 、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。

(2) 1階の耐力確保

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る。

(3) 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。

(4) 柱脚の安全性

石場建ての場合、摩擦係数のばらつき等を考慮すると $C_0^{*2} \geq 0.35 \sim 0.4$ 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^{*3}。梁間方向は C_b が比較的大きいので該当する可能性が大きい。

(5) 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であることを検討する。

(6) 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、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である。

(7) 吹抜け部分の検討

吹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がないか個別に検討する。

※1 C_b : 1階のせん断力係数

※2 C_0 : 石場建て形式における柱脚位置でのせん断力係数

※3 柱脚の安全性に対する具体策は個々の建築物により適切に対応すること。

7 章

耐震補強の方法と設計

7.1 耐震補強の基本方針

金澤町家は、地域特有のまちなみ景観を形成するとともに人々の暮らしを支え、継承されてきた歴史があり、金沢市の歴史資産として高い価値を有するものである。我々には、金澤町家を市民共有の資産として、個性豊かで魅力的なまちづくりの中で保存継承していく責務がある。

そのためには、修理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必要があるが、一方で建物の歴史的・文化財的価値を守ることも必須であり、金澤町家の耐震対策は双方を尊重した方策を検討しなければならない^{※1}。

(1) 歴史的・文化財的価値を守る

① まちなみ景観

町家には、緩い勾配屋根の板葺きから金属板葺きや瓦葺きに変わり、あるいは表通りの正面に格子が設けられるようになるなど、時代とともに変遷してきた歴史があり、特に重要伝統的建造物群保存地区等の保全が図られている区域では、耐震改修等でまちなみ景観が変わることがないように配慮する。

② 建築様式・意匠性

金澤町家の内部空間では、通り土間や大きな吹抜け空間など暮らしと密着してきた地域特有の建築様式や意匠性があり、これらの特徴を保全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

① 耐久性の向上

経年による木部等の劣化、さらに近年では気候変動により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、横架材等は劣化の度合いによって取替えや根継ぎ等の修理をおこない、建築当初の性能あるいは構造安全性能を維持・確保する。

※1 『伝統的建造物群の耐震対策の手引』^[9]には、「耐震補強の検討の際には、その文化財建物の価値がどこにあるかを見極め、建物の構造特性に応じた診断、補強方法を用い、その価値に最も影響の少ない範囲、方法で補強を行うこととなる。その原則は「意匠を損なわないこと」「部材を傷めないこと」「可逆的であること」「区別可能であること」「最小限の補強であること」の五つに集約される。これらをできるだけ満足する形で進めるのが望ましい。」とある。いっぽうで同手引には「しかし伝統的建造物は住宅が多く、(略)主たる価値が置かれる外観を守りつつ対策を行うこととなると考えられる。」「耐震性確保のため必要ならば、内部に耐震壁等の補強部材を現すことも許容し得る。」ともあり、本マニュアルにおいてもその考え方を踏襲する。

② 防耐火性の向上

多くの歴史都市が過去に大火に見舞われてきたように、金沢にも大火の歴史がある。特に重要伝統的建造物群保存地区は木造密集地域であるため、防耐火性能を向上させることも必要である。

③ 構造安定性の向上

木造建築物の耐震改修では、建築基準法施行令第3章第3節の木造の規定（おおむね在来構法に対する仕様規定）に基づいて、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おこなわれる。これは、剛性や耐力を高めるという考え方が基本となっている。しかしながら金澤町家は、柱－横架材等の仕口接合部は金物補強のなされない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は用いられずに土塗り壁、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が一般的である。このように、在来構法の仕様規定を満たしていない伝統構法には、在来構法とは異なる耐震性能のメカニズム、すなわち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をおこなうべきである。

金澤町家の耐震改修をおこなうにあたっては、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。そのためには、金澤町家の歴史的・文化財的価値を把握し、詳細な構造調査によって建物の構造特性を把握したうえで補強計画を立てる必要がある。

7.2 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。そこで、各地の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。

7.2.1 伝統構法木造建築物の地震被害とその原因

平成7年(1995)の兵庫県南部地震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。これは建物の計画上の特徴として1階には出入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。



写真7.1 地震による被害例
(左：新潟県中越沖地震、中：能登半島地震、右：熊本地震)

地震被害から人命を守るためには、建物の崩壊・倒壊を防ぐことが最も重要である。地震後、崩壊・倒壊した建物を調査しても、何が原因なのか解明が難しい場合も多いが、ここでは建物が崩壊・倒壊に至る主な原因と考えられる事項を三つ取り上げる。

① 建物の過大な変形

建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P Δ 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もって設定する必要がある。

② 柱の折損

建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ものの、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、折損を防ぐには、横架材との仕口接合部における断面欠損を小さくする必要があり、既存の建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

簡単にいえば、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、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により安全性の検証をおこなっているが、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。そのほか、地震被害調査で被害の大きい建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とから、耐震補強設計をおこなう場合は、既存建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。

7.2.2 耐震補強・耐震設計の具体的な方法

耐震診断設計は、建物が本来の健全な状態であることが確認できる場合には、経年変化による耐震性能の低減はおこなわないが、確認できない場合は耐震性能の低減値を設定し、余裕を持った耐震設計が必要となる。

耐震性能を向上させる有効な方法として、(1)重量の軽減、(2)減衰性能の向上、(3)耐力・変形性能の向上と平面的・立体的な剛性・耐カバランスの向上が挙げられる。

(1) 重量の軽減

建物の重量すなわち質量を軽減して、地震時に建物に作用する地震力を低減する方法である。一般的には屋根の葺き土撤去等による建物重量の軽減がおこなわれるが、金澤町家では、屋根はほとんどが空葺き(葺き土なし)のため重量を軽減できる余地が少ない。奥に長く続く妻壁の2階部分に窓等の開口部を設けて土壁を減らすことも有効であるが、隣棟間隔が狭い場合は難しい。

(2) 減衰性能の向上

減衰性能を向上させる手法としてはダンパー等を設置する制震補強が挙げられる。例えば柱-横架材仕口接合部に設ける型のダンパー(仕口ダンパー)が住宅用に開発されているが、この種のダンパーは温度依存性や速度依存性があるため、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など、その特性をよく把握したうえで用いる必要がある。

(3) 耐力・変形性能の向上と平面的・立体的な剛性・耐カバランスの向上

上記二つの方法に比べて耐震補強の効果が大きい方法が、耐力・変形性能を向上

させる構造要素の増設である。さらに平面的にも立体的にも剛性・耐カ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の
で、主要な構成要素である軸組（木材）、耐震壁（土壁）等にか損・劣化が認められ
る部材は取替えや補修が必要である。

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）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
（荒壁パネル）、はしご型フレーム、格子壁等の伝統構法用に開発された構造要素
もあるので、金澤町家にふさわしいものを選択する。

このうち土壁は変形角 $1/60\text{rad}$ 程度で最大耐力に達したのち復元力特性が負勾配
となるのに対し、板壁の場合は初期剛性は低いが変形角 $1/20\text{rad}$ でも負勾配になら
ない安定した復元力特性を示すため、板壁を併用することも有効である。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。

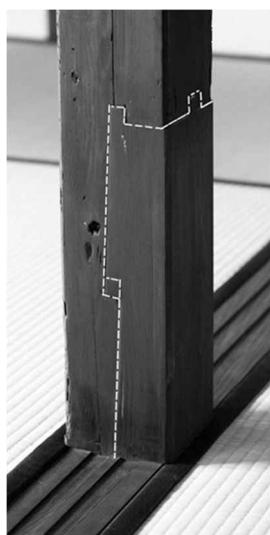


写真7.2 金輪継ぎによる根継ぎ



写真7.3 荒壁パネルによる補強例



写真7.4 格子壁による補強例
(金澤町家情報館)

③ 立体的な剛性・耐カバランスの向上

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・耐カバランスを考慮した補強も必要であり、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。そ

れにより多少の重量軽減の効果も期待できる。なお金澤町家では少ないと考えられるが、2階の耐力が著しく小さい場合には、2階部分に構造要素の増設を検討する必要がある。

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）する。また、偏心のみならず平面的に耐力が小さ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。

⑤ 柱・仕口接合部の性能維持・確保

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ため、地震時の過大な変形を防ぐほかにも、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。

⑥ 基礎の沈下や柱の傾斜への対応

基礎の沈下等により建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。

⑦ 横架材のたわみ

横架材のせいが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等を検討する。

⑧ 吹抜け空間

町家の特徴の一つとして大きな吹抜け空間の存在があるが、近似応答計算では直接その安全性についての検討をおこなわないため、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、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。また鉛直構面（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も適切な補強を検討する。ただし、内部空間については、吹抜け部分等の特徴を保全する手法（構造要素およびその配置）を検討する。

⑨ 2階の階高

藩政期に建築された町家は、道路に面した構面の2階の階高が非常に小さく、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。

⑩ 力の流れを考慮する

上下階の壁位置を一致させることや床面補強等により、2階の耐力を確実に1階耐力壁に伝達できるよう力の流れを考慮する。

7.2.3 耐震補強・耐震設計における留意点

耐震補強の方法や補強箇所等を決定するにあたって、以下に留意すべき点を示す。

- 耐震補強の方法や補強箇所等を決定した後、補強後の建物の耐震性能評価をおこなう際は、単に応答変形角がクライテリアを満足することを確認するだけでなく、柱の折損、特に小壁が取付く柱が折損しないことも確認したうえで最終決定する。
- 耐震補強において新たに横架材を付加する場合、仕口接合部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。既存の仕口接合部におい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、足固めや地長押がない場合はそれを設置し、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であるが、建物の現状を踏まえた経済的な検討も必要である。

8 章

耐震診断・設計事例（M邸）

限界耐力計算による 耐震診断および耐震補強計算書

物 件 名 M邸
構 造 種 別 伝統構法木造建築物
所 有 者
所 在 地 金沢市〇〇〇
報 告 年 月 日 令和 年 月 日

耐震診断設計者	〇〇〇〇 ⑩
事 務 所 名	〇〇〇〇構造設計事務所
所 在 地	金沢市〇〇〇
連 絡 先	〇〇〇 (〇〇〇) 〇〇〇〇

目 次

- ・現地調査のチェックリスト
- ・耐震診断総括表
- ・耐震補強総括表

- 1. 概要および計算手法
 - 1.1 建物概要
 - 1.2 平面図
 - 1.3 軸組図
 - 1.4 建物のモデル化
 - 1.5 復元力特性の算定方法

- 2. 設計荷重
 - 2.1 固定荷重
 - 2.2 積載荷重
 - 2.3 積雪荷重
 - 2.4 荷重表
 - 2.5 地震力

- 3. 耐震診断
 - 3.1 現況 構造伏図、軸組図
 - 3.2 基本データの入力
 - 3.3 復元力特性の算定
 - 3.4 近似応答計算
 - 3.5 耐震性能評価

- 4. 耐震補強
 - 4.1 耐震補強計画
 - 4.2 耐震改修方法
 - 4.3 補強 構造伏図、軸組図
 - 4.4 基本データの入力
 - 4.5 復元力特性の算定
 - 4.6 近似応答計算
 - 4.7 耐震性能評価
 - 4.8 柱脚の安全性

- ・建物重量集計表
- ・(参考) 略算法による建物重量の算定

現地調査のチェックリスト

一般事項	所有者／建物名称	M/M邸	建築年	明治7年(1874)頃
	所在地	金沢市〇〇町〇-〇〇	用途	住宅
	確認申請書の有無	■ なし □ あり (内容)		
	増改築・改修の有無	□ なし ■ あり (内容：備考欄参照)		
	構造階高	1階 2.363 m , 2階 2.497 m 地下 なし		
	隣地との空き	300 mm		
地盤	地盤調査	■ なし □ あり □ 近隣のデータあり		
	不同沈下	■ なし □ あり		
	近隣の地盤状況	特に異常なし		

		材料・材種	寸法 (mm)	破損状況
基礎	礎石	玉石 延石 (土台下)		健全
土台		アテ	105×105	腐朽
足固め	なし			
柱		アテ	標準柱140×140 ～100×100	健全
梁		マツ	W106×H182～273 180～200×200～240	健全
壁	土壁の厚さ	小舞下地土壁	厚さ 55	
	小壁 (土壁)	仕上：中塗り仕上	高さ：270, 400, 880	
	腰壁 (土壁)	仕上：中塗り仕上	高さ：930	
	外壁 (土壁)	土壁下地, スギ板張り	厚さ 55	
屋根	屋根仕上	□ 棧瓦 ■ 金属板		
	屋根下地	□ 野地板 ■ 小舞、こば葺き		
	垂木	スギ		
	屋根勾配	3.3寸勾配 (正面)、3.0寸勾配 (背面)、3.3寸勾配 (下屋)		
	軒の出	800 mm		
	雨漏りの有無	■ なし □ あり (内容)		

図面	平面図	1階平面図	■	写真	外観	■
			2階平面図		■	内観
伏図	伏図	1階床伏図	■	床下	■	
		2階床伏図	■	小屋裏	■	
		小屋伏図	■	破損箇所	土台の腐朽	■
軸組図	軸組図	梁間方向	■	雨漏り箇所	□	
		桁行方向	■	構造上の弱点	柱足元が一体性に欠ける	■

備考	<p>構造架構形式は、低町家、一列三段型の典型。 明治7年 (1874) 頃建築。元は店舗併用住宅として利用していたが、現在は住宅として利用。 建築当初から平面形態が変更されている。主な内容は、①トオリニワ上部の吹抜部分に床が張られ 2階床面積の増床、②2階アマ (物置) 部分の一部が居室に変更、などが挙げられる。 屋根について、元は石置き板葺屋根と推定されるが現在は鉄板葺。</p>
----	---


調査者	〇〇〇〇	連絡先	000 (000) 0000	調査日	令和 年 月 日
-----	------	-----	----------------	-----	----------

耐震診断総括表

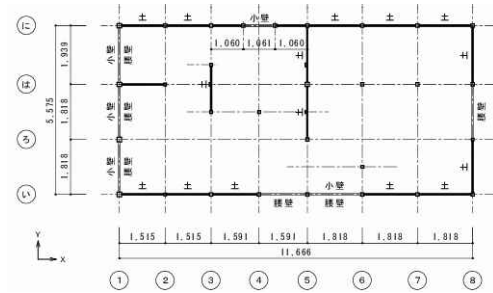
(検討種別) 新築 診断 ○ 補強

建物名称	M邸	所在地	金沢市〇〇町〇-〇〇		建築年：明治7年(1874)頃
建物階数	2階建て	用途	住宅	構造	伝統構法木造
延床面積	126.39 m ²	建物重量	306.4 kN	構造階高	1F:2.363m 2F:2.497m

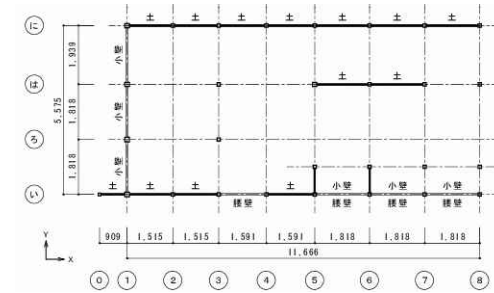
略伏図



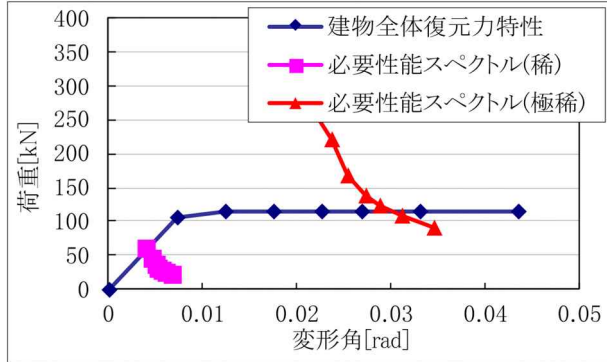
2階耐震要素配置図 (診断)



1階耐震要素配置図 (診断)



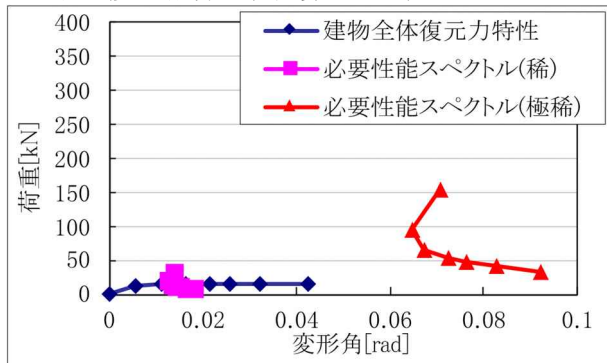
X方向 (安全限界応答計算シート)



X方向応答値

		変形角(rad)	
		損傷限界時	安全限界時
	2階	1/308	1/185
	1階	1/215	1/22
2階	主な耐震要素	土塗壁、小壁	
1階	主な耐震要素	土塗壁、小壁	

Y方向 (安全限界応答計算シート)



Y方向応答値

		変形角(rad)	
		損傷限界時	安全限界時
	2階	1/708	-
	1階	1/49	-
2階	主な耐震要素	土塗壁、小壁	
1階	主な耐震要素	土塗壁、小壁	

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	土塗り壁、小壁
その他	

耐震補強総括表

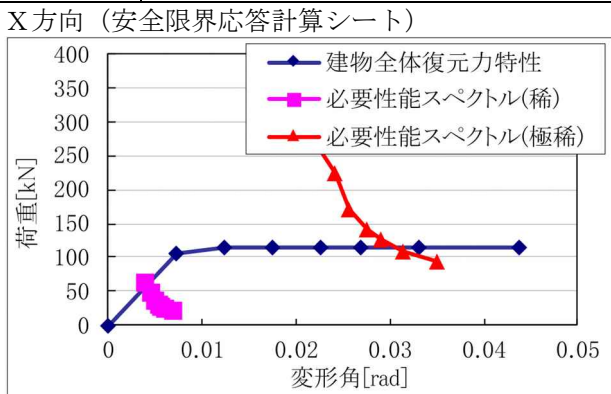
(検討種別) 新築 診断 補強 ○

建物名称	M邸	所在地	金沢市〇〇町〇-〇〇		建築年：明治7年(1874)頃
建物階数	2階建て	用途	住宅	構造	伝統構法木造
延床面積	126.39 m ²	建物重量	311.5 kN	構造階高	1F:2.363m 2F:2.497m

略伏図

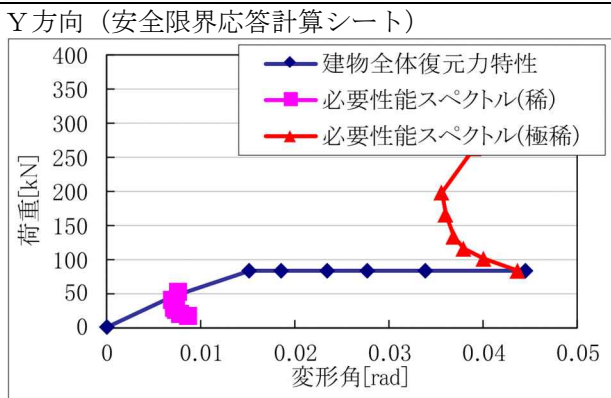
2階耐震要素配置図(補強)

1階耐震要素配置図(補強)



X方向応答値

		変形角(rad)	
		損傷限界時	安全限界時
2階		1/307	1/188
1階		1/211	1/22
2階	主な耐震要素	土塗壁、小壁	
	補強材		
1階	主な耐震要素	土塗壁、小壁	
	補強材		



Y方向応答値

		変形角(rad)	
		損傷限界時	安全限界時
2階		1/181	1/133
1階		1/110	1/15
2階	主な耐震要素	土塗壁、小壁	
	補強材	なし	
1階	主な耐震要素	土塗壁、小壁	
	補強材	荒壁パネル、小壁	

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	土塗り壁、小壁
その他	腐朽材を取り替える

1. 概要および計算手法

1.1 建物概要

この建物は、金属板葺き屋根と土壁からなる伝統的な木造軸組構法の2階建ての金澤町家である。

延べ床面積 126.39 m²

建築面積 65.04 m²

1.2 平面図

以下に建物全体の平面図を示す。

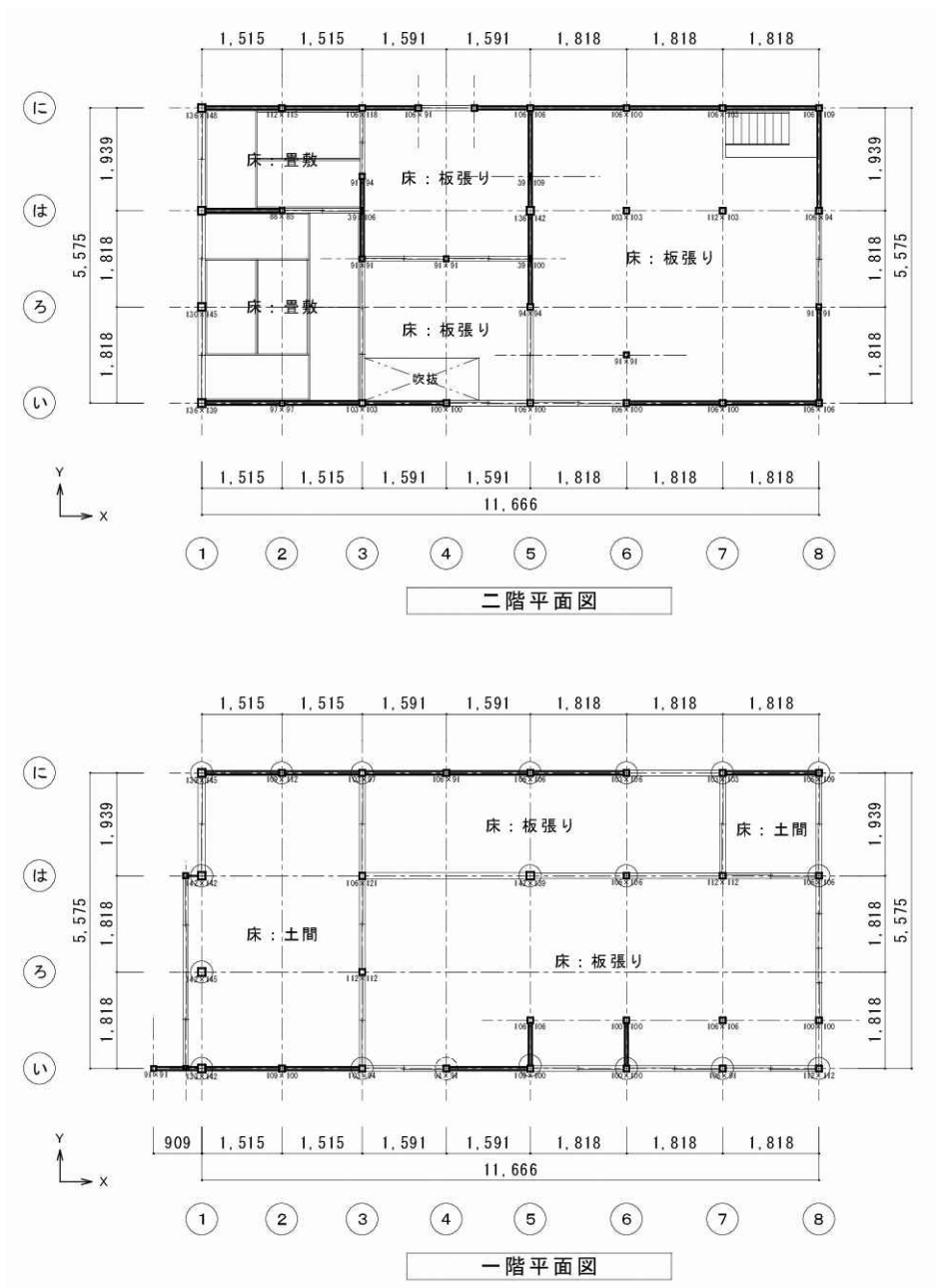


図1 建物平面図

1.3 軸組図

つぎに軸組図を示す。

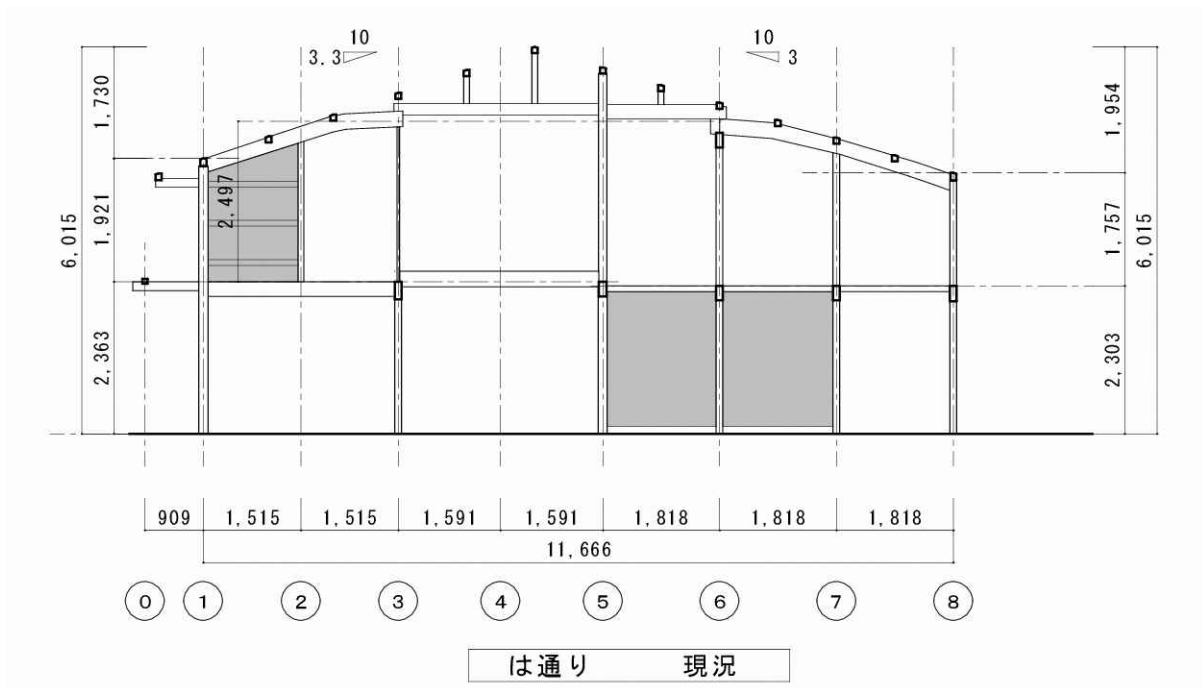


図2 X方向軸組図

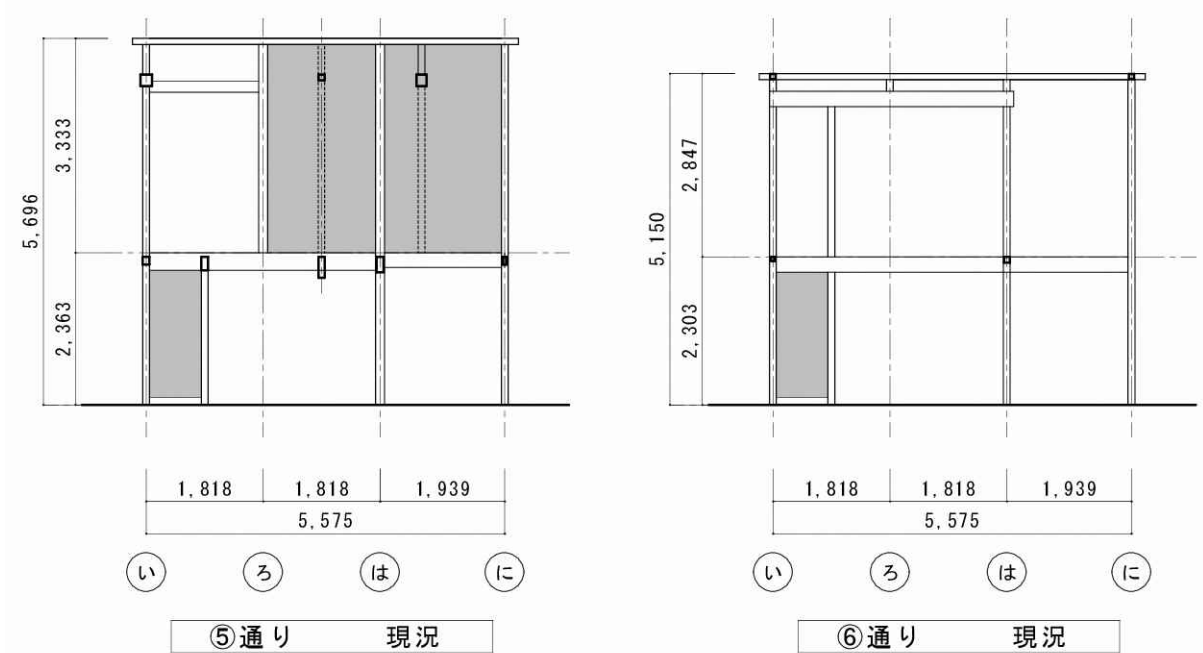


図3 Y方向軸組図

1.4 建物のモデル化

対象建物の階高はフレームごとに異なり明快ではないが、構造階高は次のように決める。

$$2 \text{ 階階高} = 2.497 \text{ m}$$

$$1 \text{ 階階高} = 2.363 \text{ m}$$

建物の重量は、1階は1階構造階高の上半分から2階構造階高の下半分、2階は2階構造階高の上半分から上とする。1階の重量には2階床の積載荷重を含むように計算する。同様に、2階重量には屋根の積雪荷重が含まれる。

1.5 復元力特性の算定方法

復元力特性に関しては、各種実験によって得られた結果に補正をおこなって求める。各階の復元力特性は、各種耐震要素の復元力特性を加算することにより算定する。各種耐震要素の復元力特性は、実験に基づく単位架構の復元力特性モデルを実情に応じて換算する。

(a) 土壁

壁厚は55mmとする。単位フレームの復元力は、短ほぞの周辺フレームをもった試験体の実験データをもとに設定されている。短ほぞの耐力を差し引いた耐力とする。

$$\gamma = \frac{1}{120} \quad q = \frac{9.0 - 0.3}{1.82} = 4.78 \text{ kN/m}$$

$$\gamma = \frac{1}{60} \quad q = \frac{9.0 - 0.5}{1.82} = 4.67 \text{ kN/m}$$

$$\gamma = \frac{1}{15} \quad q = \frac{9.0 - 0.5}{1.82} = 4.67 \text{ kN/m}$$

(b) 小壁

腰壁と垂れ壁の成の合計がフレーム高さの1/5以上ある場合は小壁架構とみなして耐力を算定する。短ほぞの耐力を差し引いた耐力とする。

(小壁成がフレーム高さの1/3の場合)

$$\gamma = \frac{1}{120} \quad q = 2.0 - 0.3 = 1.7 \text{ kN/箇所}$$

$$\gamma = \frac{1}{60} \quad q = 4.0 - 0.5 = 3.5 \text{ kN/箇所}$$

(c) ほぞ

建物調査により長ほぞであることが確認できないため、ほぞの耐力は考慮しないこととする。

(d) 荒壁パネル

荒壁パネルは厚さ26mmのパネルを両面張りを標準とし、片面張りの場合は耐力を1/2とする。縦張り、横張りに関わらない場合は『伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル』^[2]に基づき以下の通りとする。

$$\gamma = \frac{1}{120} \quad q = 6 \text{ kN}$$

$$\gamma = \frac{1}{60} \quad q = 12 \text{ kN}$$

2. 設計荷重

2.1 固定荷重

表1 固定荷重一覧

構面	材料	重量 N/m ²	勾配係数	小計 N/m ²	合計 N/m ²
屋根 3.3寸勾配 3寸勾配	鉄板瓦棒葺き	50	1.053	53	
	野地板	100	1.053	105	
	垂木	40	1.053	42	
	母屋	50	1.000	50	
	小屋組	200	1.000	200	
	天井	100	1.000	100	560
小庇 3.3寸勾配	日本瓦葺き	640	1.053	674	
	野地板	100	1.053	105	
	垂木	40	1.053	42	
	母屋	50	1.000	50	
	小屋組	150	1.000	150	1030
板の間	床 スギ板 厚12	80	1.000	80	
	根太	60	1.000	60	
	梁	150	1.000	150	
	天井 マツ板 厚12	96	1.000	96	390
畳間	畳	200	1.000	200	
	捨板 厚12	80	1.000	80	
	根太	60	1.000	60	
	梁	150	1.000	150	
	天井	100	1.000	100	590
土壁	塗り土 厚55	750			
	貫、間柱	80			830
障子、襖	建具自重	50			50

表2 壁重量一覧 [単位 N/m²]

壁形状番号	名称	重量
1	土壁	830
2	障子、襖	50
3	間仕切	400
4	窓	300
5	荒壁パネル	460

2.2 積載荷重

表3 積載荷重一覧 [単位 N/m²]

居室	スラブ小梁用	1800
	ラーメン・基礎用	1300
	地震力算定用	600

2.3 積雪荷重

最深積雪量 : 100 cm (屋根雪降ろしによる低減を考慮)

単位重量 : 29 N/m²/cm

屋根形状係数 μ_b : 3寸3分勾配のとき

屋根勾配 $\beta = 0.31875rad = 18.26^\circ$

$$\mu_b = \sqrt{\cos(1.5\beta)} = \sqrt{\cos(1.5 \times 18.26^\circ)} = 0.9423$$

表4 積雪荷重一覧 [単位 N/m²]

スラブ小梁用	$100 \times 29 \times 0.9423 \times 1.00 =$	2740
ラーメン・基礎用	$100 \times 29 \times 0.9423 \times 0.70 =$	1920
地震力算定用	$100 \times 29 \times 0.9423 \times 0.35 =$	960

2.4 荷重表

表5 荷重表 [単位 N/m²]

床形状番号	部屋名		スラブ ・小梁	ラーメン ・基礎	地震時	適用
1	屋根 3.3寸勾配 (3寸勾配)	D.L	560			積雪
		S.L	2740	1920	960	
		T.L	3300	2480	1520	
2	庇 3.3寸勾配	D.L	1030			積雪
		S.L	2740	1920	960	
		T.L	3770	2950	1990	
3	板の間 階段	D.L	390			居室
		L.L	1800	1300	600	
		T.L	2190	1690	990	
4	畳の間	D.L	590			居室
		L.L	1800	1300	600	
		T.L	2390	1890	1190	
5		D.L				
		L.L				
		T.L				
6		D.L				
		L.L				
		T.L				

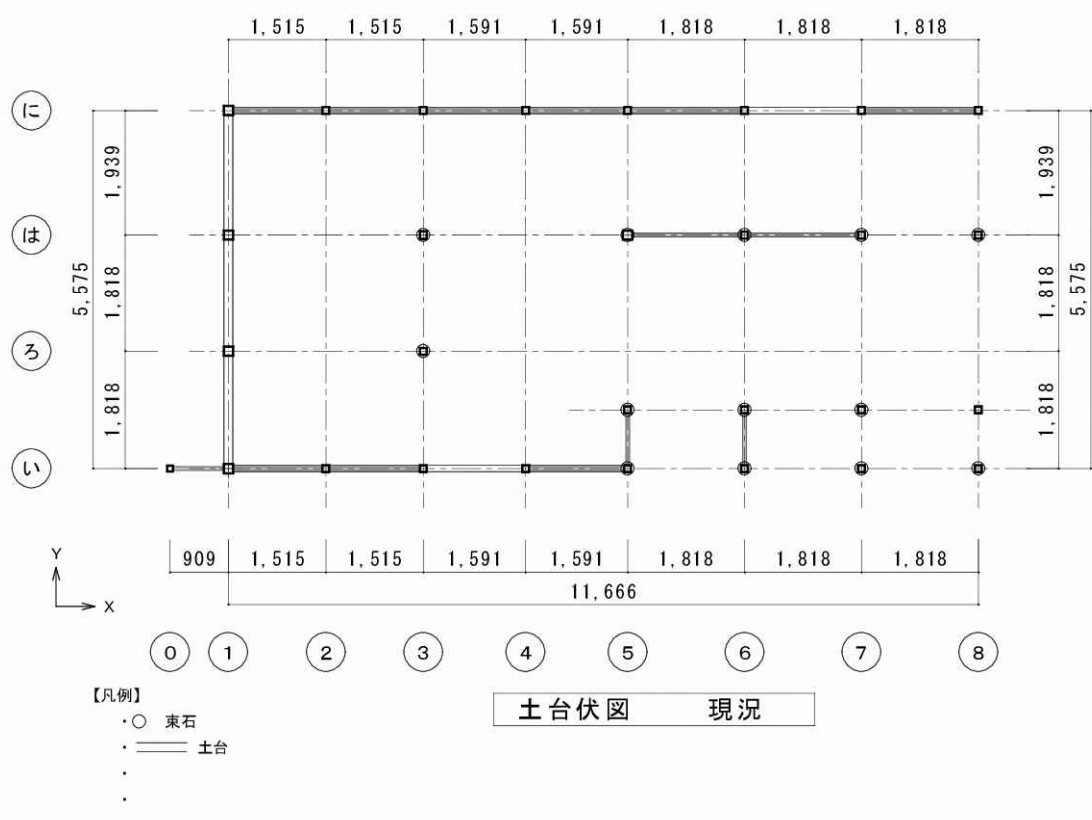
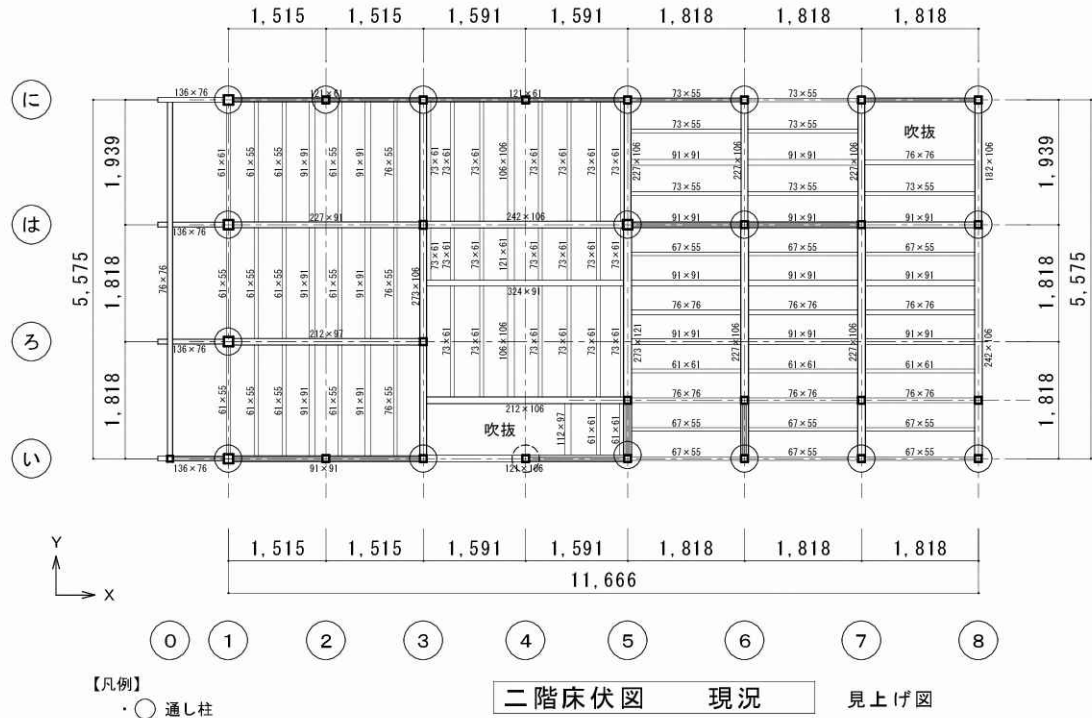
2.5 地震力

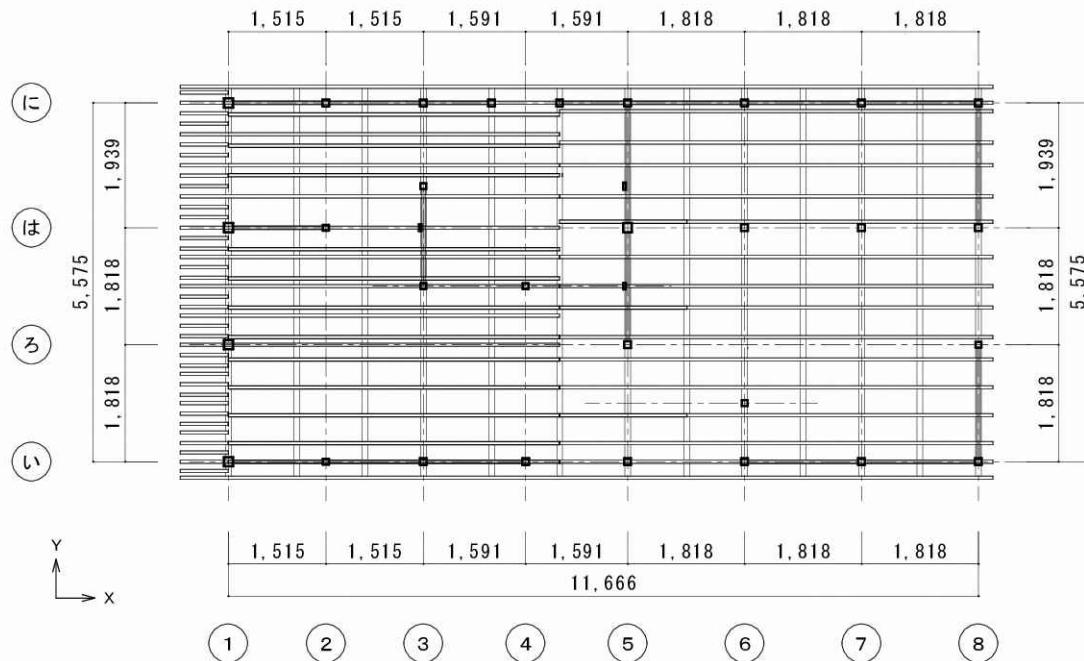
耐震性能の検証に用いる地震動に関しては、建築基準法施行令第82条の6項および平12建告第1457号の第7に示される加速度応答スペクトルを用いる。

地盤種別は 第1.5種地盤 とする。

3. 耐震診断

3.1 現況 構造伏図、軸組図

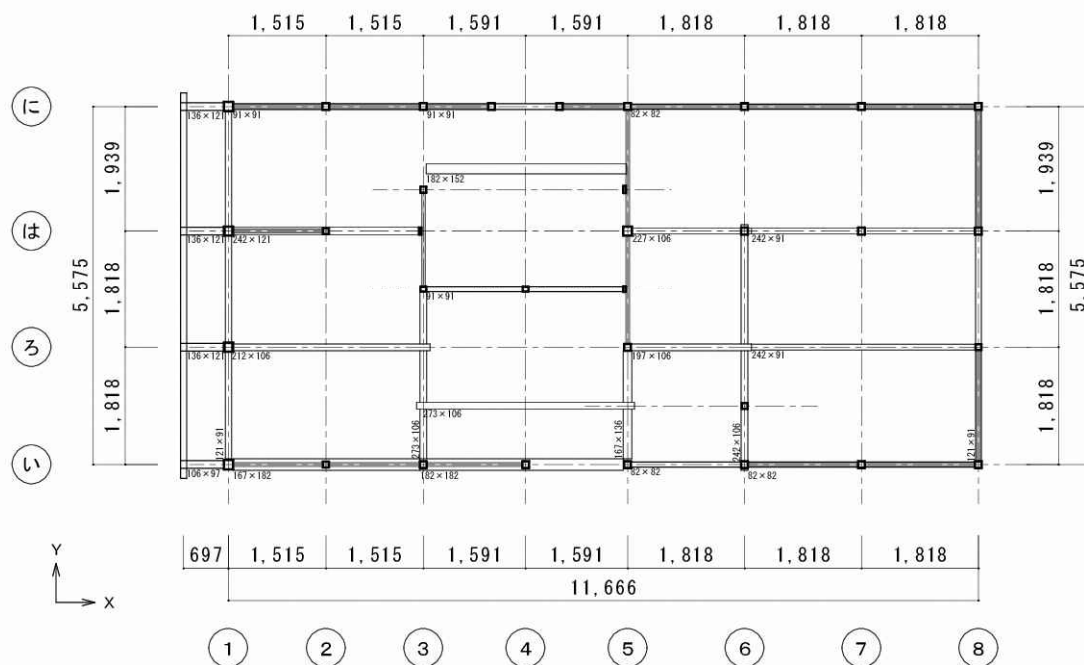




【凡例】

...

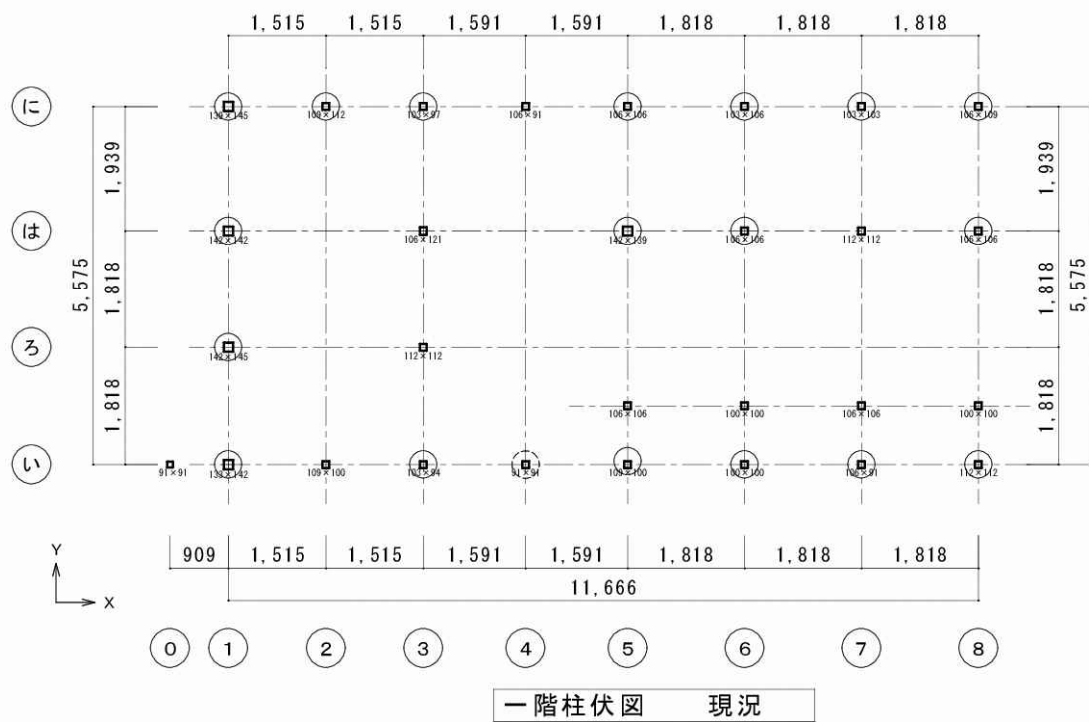
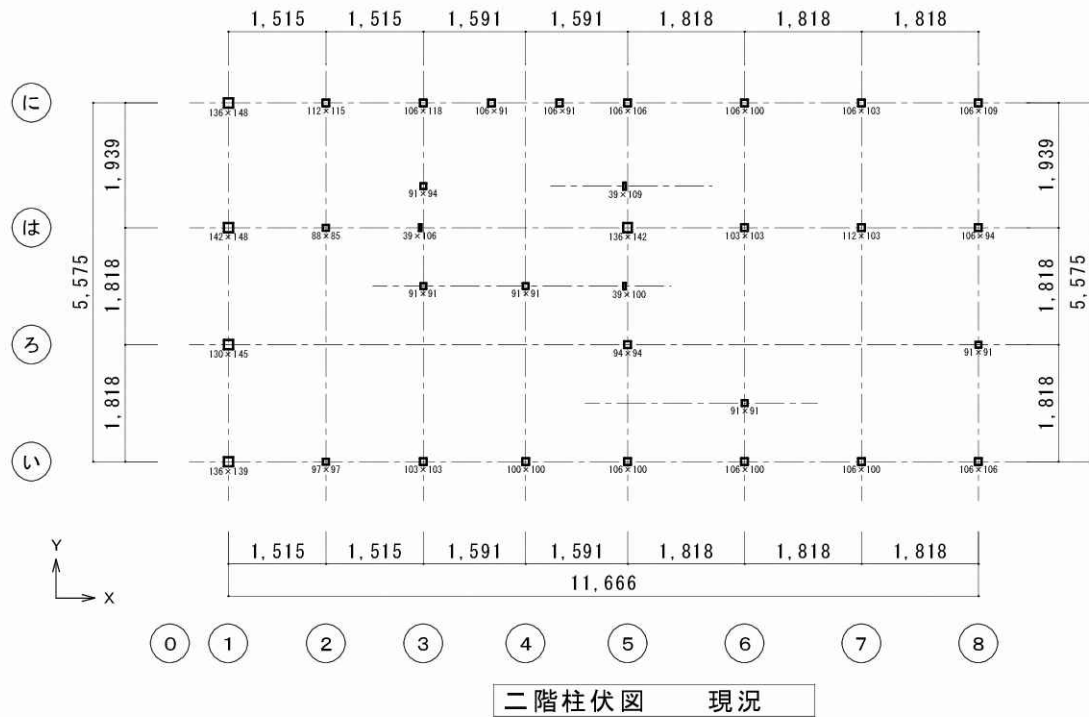
垂木・母屋伏図 現況 見上げ図

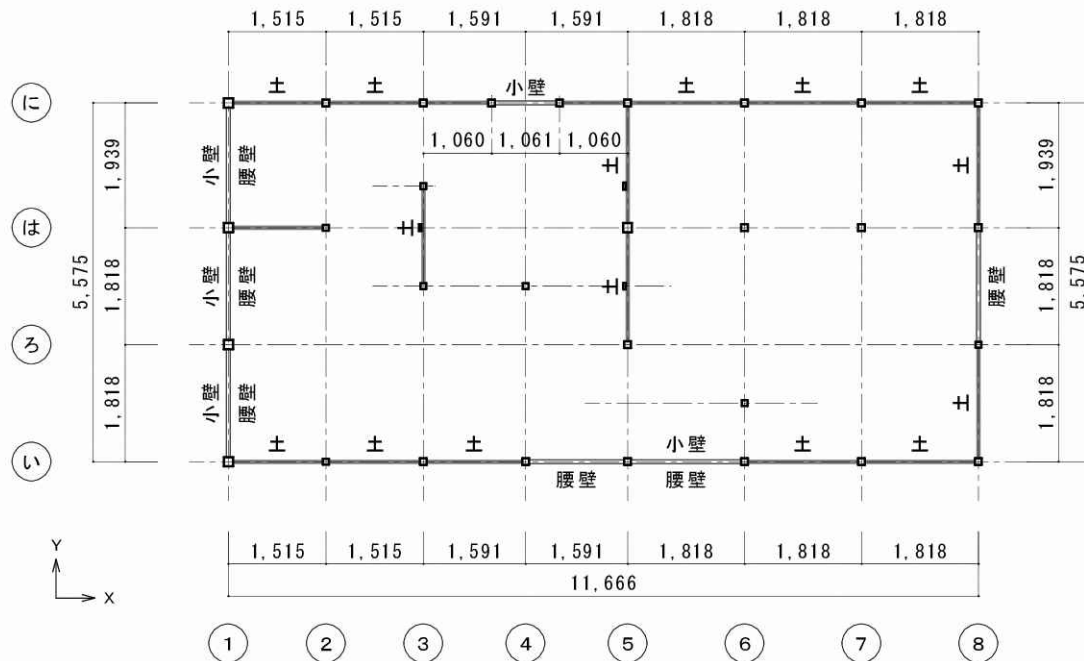


【凡例】

...

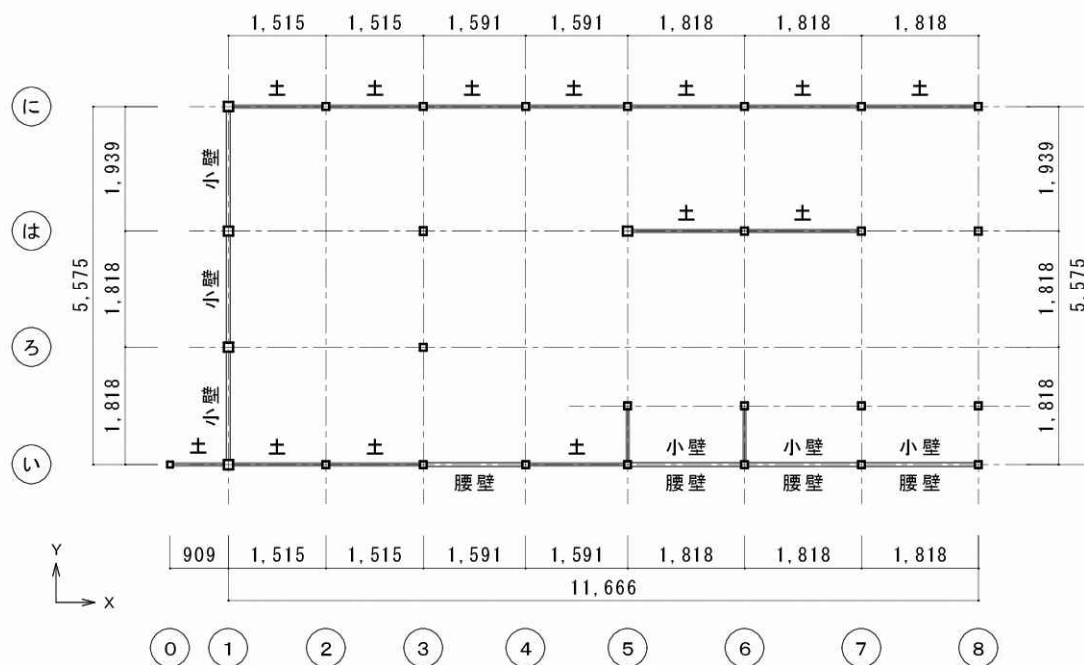
小屋梁伏図 現況 見上げ図





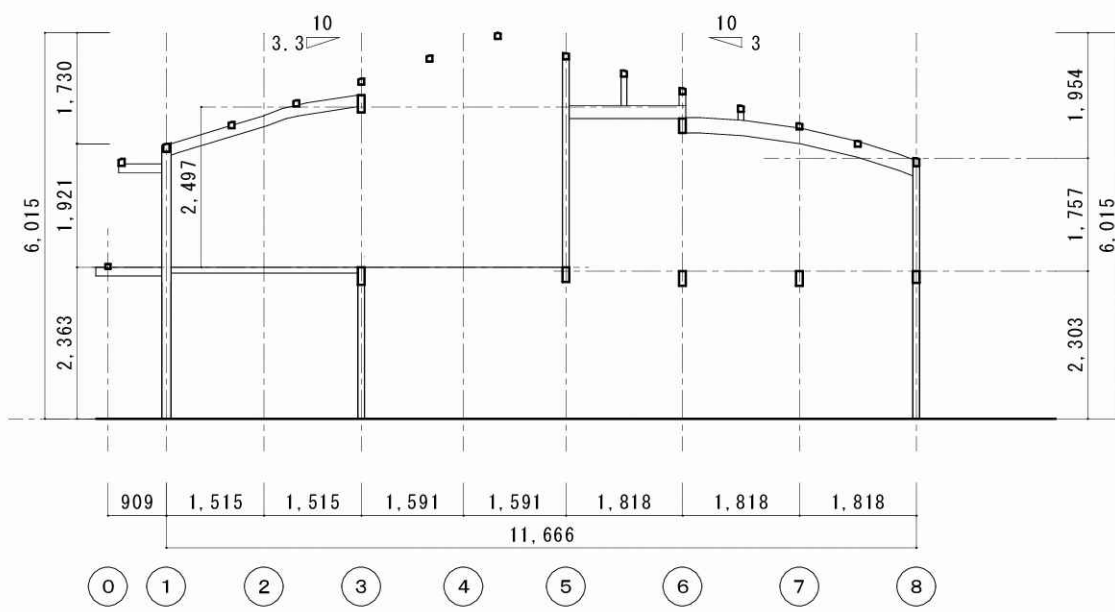
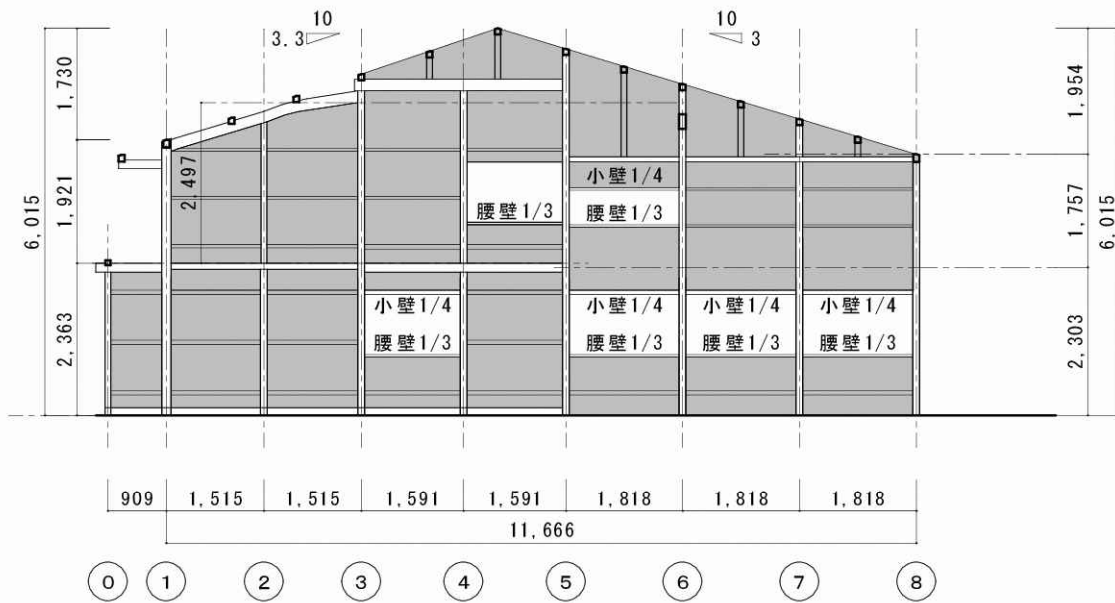
【凡例】
 — 土塗り壁
 . . .

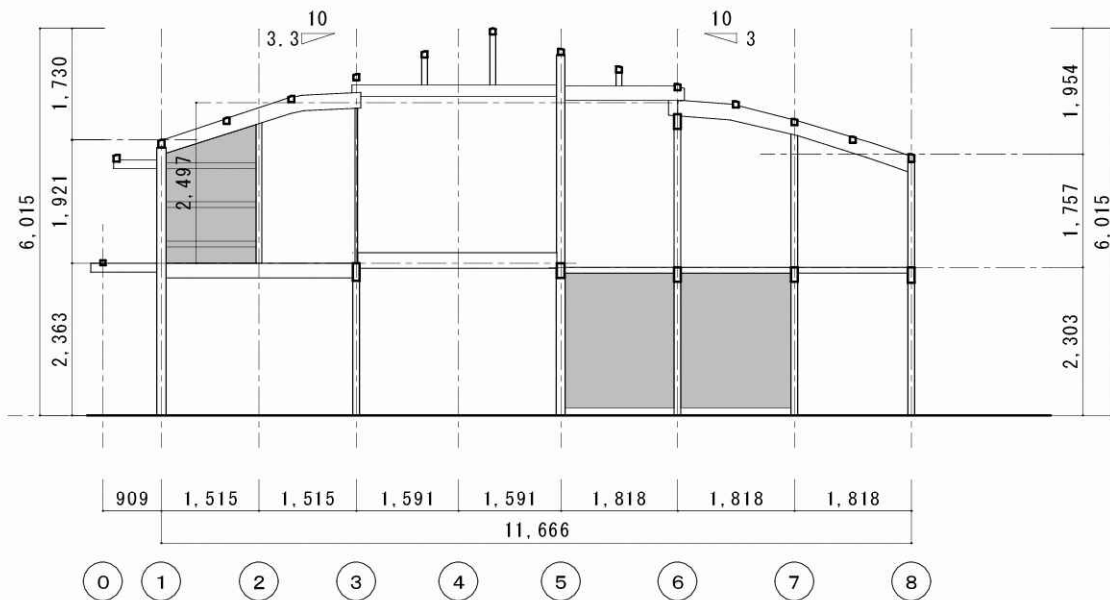
2階壁柱伏図 現況 見上げ図



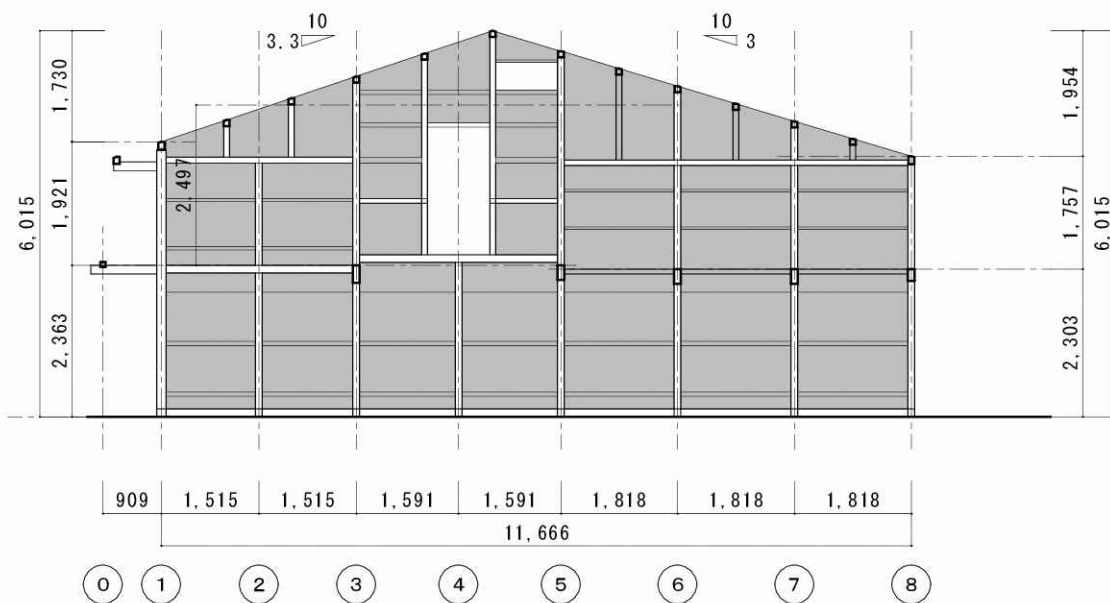
【凡例】
 — 土塗り壁
 . . .

1階壁柱伏図 現況

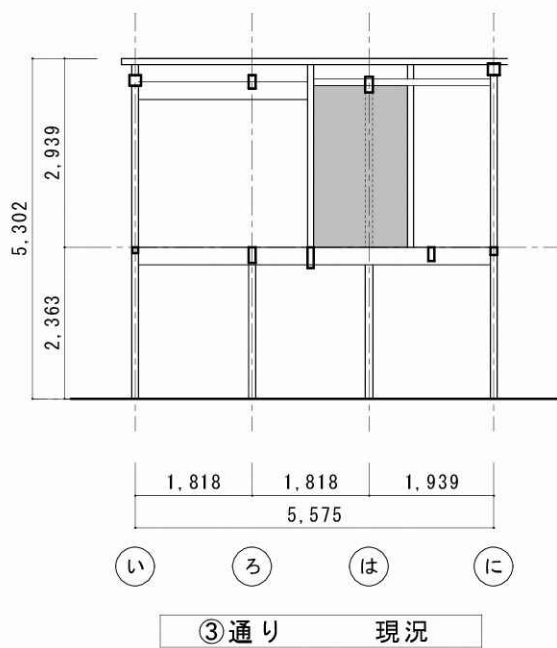
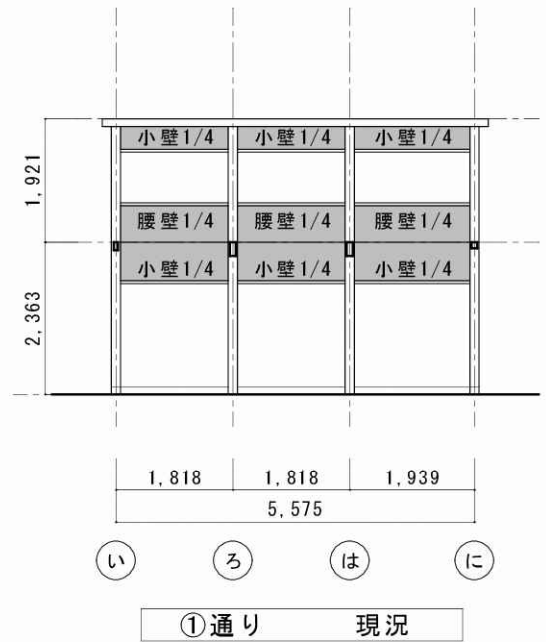
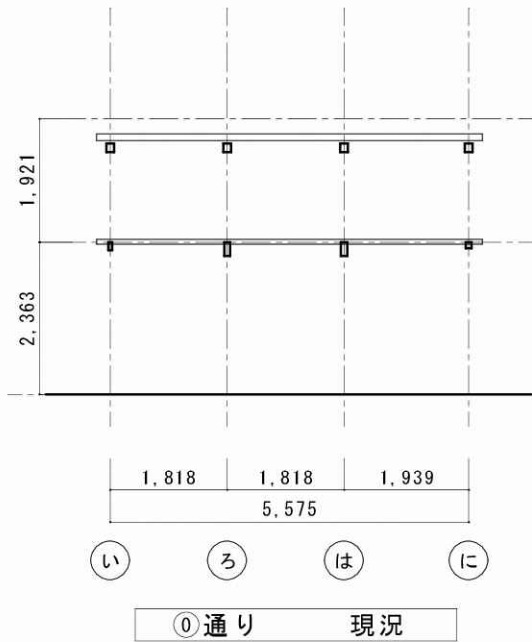


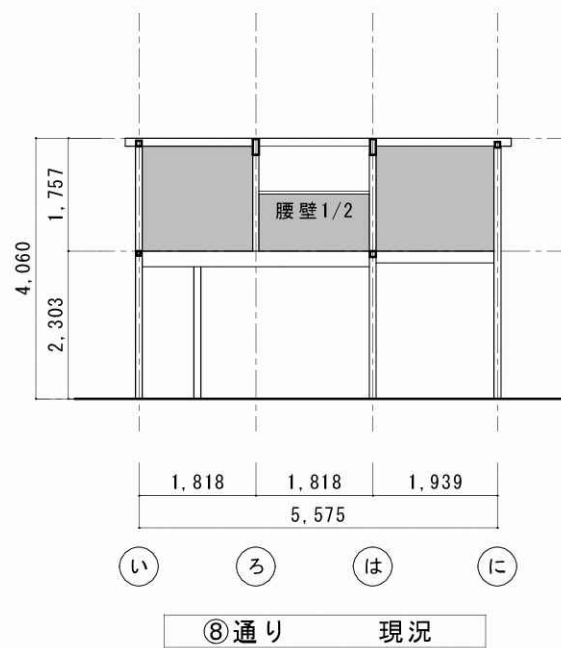
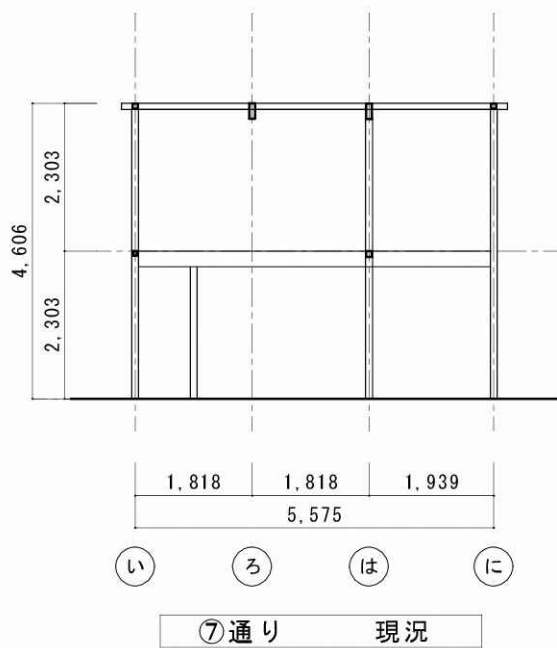
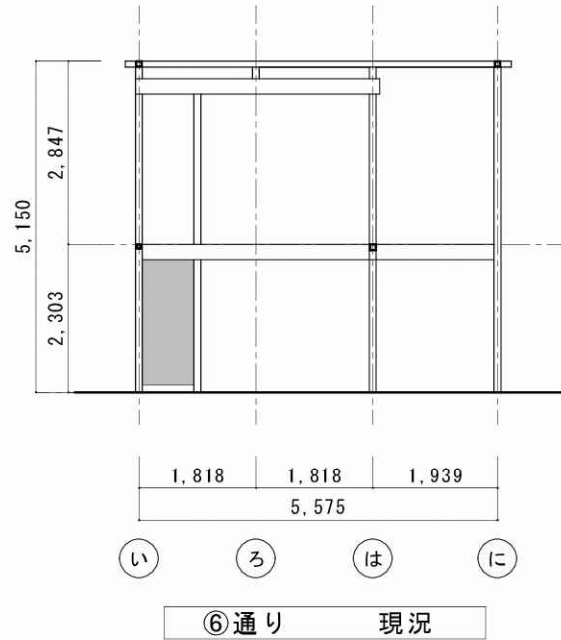
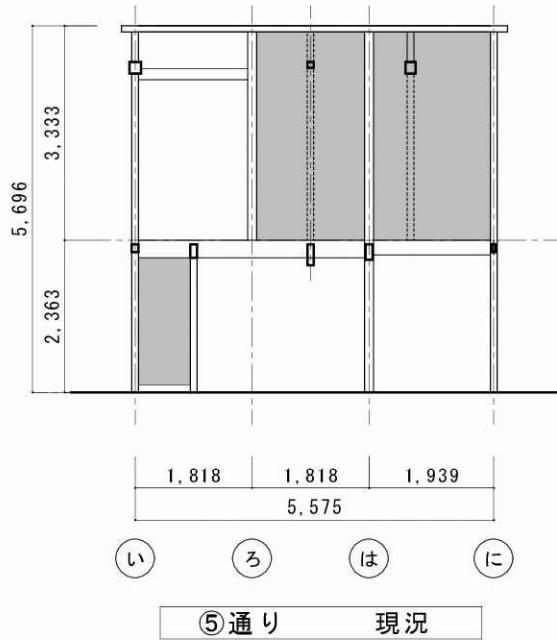


は通り 現況



に通り 現況





3.2 基本データの入力

検討内容 : 現況

【解説】
建物重量の算定はP120を参照

階高と各階重量

	階高 (m)		重量 (kN)
	X方向	Y方向	
2階	2.497	2.497	168.2
1階	2.363	2.363	135.7
合計			303.9

【解説】
略算法による算定 (P127) を参照

参考値

防災協会による 重量 (kN)	
2階	182.5
1階	126.1
合計	308.6

地域係数 $Z =$ 1.0

地盤種別 第 1.5 種地盤

階数 2階建て

設計用積雪量 100 cm

上記の重量は日本建築防災協会「木造住宅の耐震診断と補強方法」の必要耐力計算から求めた略算値です（末尾の必要耐力の算定より引用）。概略設計時に利用すると便利。後で別途計算することを推奨します。

面積計算

2F $11.666 \times 5.575 = 65.038$

1F $11.666 \times 5.575 - (1.818 \times 0.97 + 2.25 \times 0.856) = 61.348$

各階床面積 および 単位面積当たり重量

	床面積 (m ²)	単位面積重量 N/m ²
2階	65.04	2586
1階	61.35	2212

限界変形角の設定 **【設計のクライテリア】**

稀に発生する地震に対する最大応答変形角は 1/90 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 1/15 以下とする。

各方向の名称

	X方向	Y方向
名称	梁間	桁行

【解説】

2Fはm₂に該当する部分（2F小屋組）の面積を、
1Fはm₁に該当する部分（2F床+下屋）の面積をさす。

3.3 復元力特性の算定

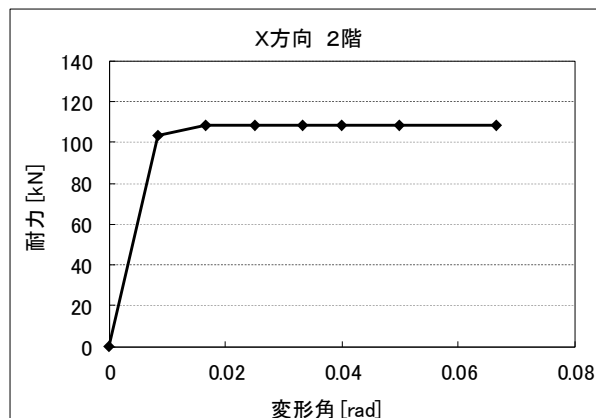
復元力特性の算定

X方向 2階

現況

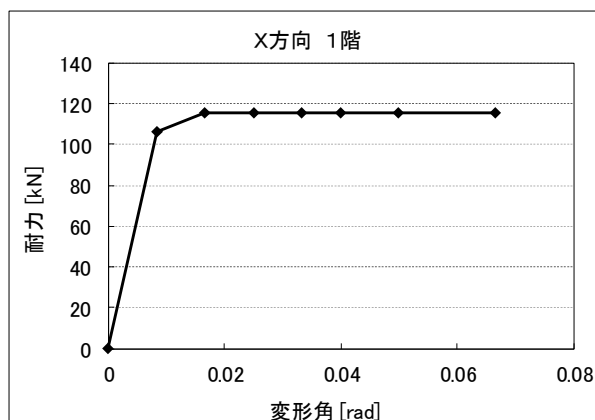
階高 = 2.497 m

耐震要素				0	1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
土壁	60mm	20.376	m		97.40	95.16	95.16	95.16	95.16	95.16	95.16
小壁 1P 909mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	1	スパン		1.20	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 2P 1818mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	3	スパン		5.10	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 3P 2727mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 4P 3636mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ほぞ	短ほぞ	0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
荒壁パネル 26mm	両面	0	m		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	片面	0	m		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
差鴨居	38.1	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 15*105		0	箇所		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 24*120		0	箇所		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングS10		0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングR10		0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
仕口ダンパー 15cm		0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計				0	103.70	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16



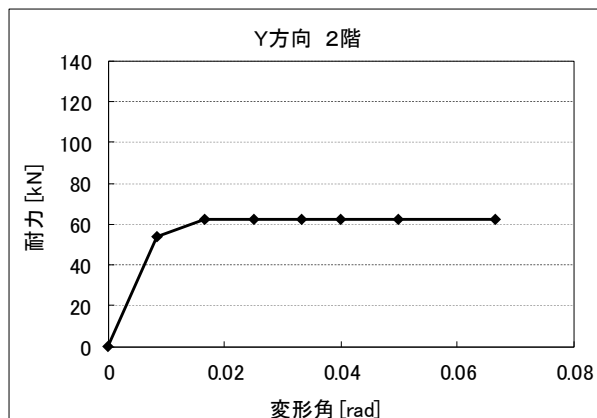
階高 = 2.363 m

耐震要素			0	1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
土壁	60mm	19.923	m	95.24	93.05	93.05	93.05	93.05	93.05	93.05
小壁 1P 909mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	1	スパン	0.83	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
	1/3*H	1	スパン	1.20	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 2P 1818mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	3	スパン	3.60	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
	1/3*H	3	スパン	5.10	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 3P 2727mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 4P 3636mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ほぞ	短ほぞ	0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
荒壁パネル 26mm	両面	0	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	片面	0	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
差鴨居	38.1	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 15*105		0	箇所	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 24*120		0	箇所	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングS10		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングR10		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
仕口ダンパー 15cm		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計			0	105.96	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30



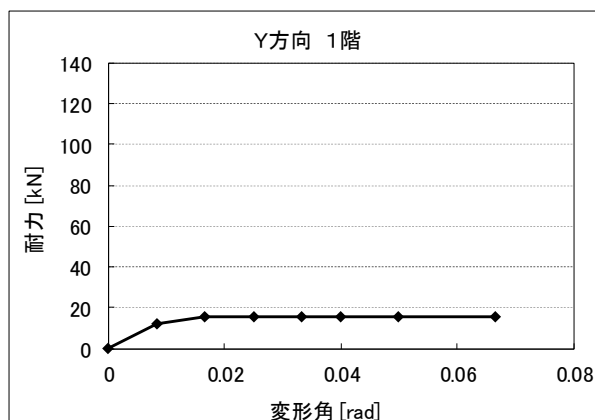
階高 = 2.497 m

耐震要素			0	1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
土壁	60mm	9.069	m	43.35	42.36	42.36	42.36	42.36	42.36	42.36
小壁 1P 909mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 2P 1818mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	6	スパン	7.20	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	1	スパン	3.40	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 3P 2727mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 4P 3636mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ほぞ	短ほぞ	0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
荒壁パネル 26mm	両面	0	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	片面	0	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
差鴨居	38.1	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 15*105		0	箇所	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 24*120		0	箇所	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングS10		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングR10		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
仕口ダンパー 15cm		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計			0	53.95	62.06	62.06	62.06	62.06	62.06	62.06



階高 = 2.363 m

耐震要素				0	1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
土壁	60mm	1.818	m		8.69	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49
小壁 1P 909mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 2P 1818mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	3	スパン		3.60	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
	1/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 3P 2727mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 4P 3636mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ほぞ	短ほぞ	0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
荒壁パネル 26mm	両面	0	m		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	片面	0	m		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
差鴨居	38.1	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 15*105		0	箇所		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 24*120		0	箇所		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングS10		0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングR10		0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
仕口ダンパー 15cm		0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計				0	12.29	15.99	15.99	15.99	15.99	15.99	15.99



3.4 近似応答計算

地震応答計算

X方向

現況

収斂計算法2

建物階元	重量W	質量m	階高H	Q1/30	Ci	RW	1.239	地域・地盤	
階	kN	t	m	kN		RH	1.057	地域Z	1.0
2F	168.2	17.15	2.497	108.16	0.6431	RCO	1.298	地盤種別	1.5
1F	135.7	13.83	2.363	115.30	0.3794	C2/Cb	1.695		
合計	303.9	30.98	4.860			降伏階	1F		

復元力			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
γ	rad		0.0083	0.0167	0.0250	0.0333	0.0400	0.0500	0.0667
Q2	kN		103.70	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16
Q1	kN		105.96	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30
Ke2	kN/m		4984	2599	1733	1300	1083	866	650
$\Delta Q2 / \Delta \gamma 2$				535	0	0	0	0	0
Ke1	kN/m		5381	2928	1952	1464	1220	976	732
$\omega 2$	1/s2		123.36	66.15	44.10	33.08	27.56	22.05	16.54
u2/u1			1.737	1.774	1.774	1.774	1.774	1.774	1.774

1質点系への縮約			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
$\delta 1$	m		0.020	0.039	0.059	0.079	0.095	0.118	0.158
繰り返し計算開始									
$\delta 2 - \delta 1$ 初期値	m		0.015	0.030	0.046	0.061	0.073	0.091	0.122
$\delta 2 - \delta 1$	m		0.015	0.015	0.014	0.014	0.014	0.013	0.013
$\delta 2$	m		0.034	0.054	0.073	0.092	0.108	0.132	0.171
$(\delta 2 - \delta 1) / H2$	rad		0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005
Q2*	kN		72.359	72.558	69.784	68.338	67.602	66.858	66.106
Ke2*	kN/m		4984	4984	4984	4984	4984	4984	4984
Ke1*=Ke1	kN/m		5381	2928	1952	1464	1220	976	732
$\omega 2^*$			123.36	78.45	55.70	43.10	36.48	29.64	22.57
u2/u1*			1.737	1.370	1.237	1.174	1.144	1.114	1.084
$\delta 2 - \delta 1^*$	m		0.015	0.015	0.014	0.014	0.014	0.013	0.013

繰り返し計算終了									
階別の減衰	1階h		0.050	0.123	0.151	0.166	0.173	0.180	0.188
	2階h		0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
戻り1/120			0.050	0.109	0.139	0.155	0.164	0.172	0.181
重みづけh			0.050	0.109	0.139	0.155	0.164	0.172	0.181
Mu	t		29.01	30.27	30.65	30.79	30.84	30.89	30.93
Δ	m		0.030	0.049	0.068	0.087	0.102	0.126	0.165
Mu / Σm			0.937	0.977	0.989	0.994	0.996	0.997	0.998
Qe=Q1	kN	0	105.96	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30
Ke	kN/m		3579	2375	1707	1327	1125	916	698
Te	s		0.566	0.709	0.842	0.957	1.040	1.154	1.322
Fh			1.000	0.718	0.628	0.588	0.569	0.551	0.533
He	m		4.068	3.934	3.874	3.843	3.827	3.811	3.795
γe	rad	0	0.0073	0.0123	0.0174	0.0226	0.0268	0.0330	0.0435
			1/137	1/81	1/57	1/44	1/37	1/30	1/23
p			0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850
q			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Gs			1.500	1.663	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690

稀地震			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
S0	m/s2		1.600	1.444	1.216	1.070	0.984	0.887	0.774
SA	m/s2		2.040	1.465	1.098	0.904	0.805	0.702	0.593
SD= Δe	m		0.017	0.019	0.020	0.021	0.022	0.024	0.026
Qn	kN		59.19	44.35	33.65	27.83	24.82	21.69	18.35
γR	rad		0.0041	0.0047	0.0051	0.0055	0.0058	0.0062	0.0069
			1/246	1/211	1/197	1/183	1/173	1/161	1/144
$\delta R2$	m		0.019	0.021	0.021	0.022	0.023	0.025	0.027
$\delta R1$	m		0.011	0.015	0.017	0.019	0.020	0.022	0.025
$\gamma R2$	rad		0.0032	0.0022	0.0016	0.0013	0.0012	0.0010	0.0008
			1/308	1/446	1/611	1/754	1/855	1/989	1/1183
$\gamma R1$	rad		0.0047	0.0064	0.0073	0.0080	0.0086	0.0094	0.0106
			1/215	1/156	1/137	1/124	1/116	1/106	1/94

極稀地震			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
S0	m/s2		8.000	7.218	6.081	5.350	4.922	4.436	3.872
SA	m/s2		10.200	7.325	5.490	4.520	4.024	3.511	2.967
SD= Δe	m		0.083	0.093	0.099	0.105	0.110	0.118	0.131
Qn	kN		295.93	221.76	168.23	139.16	124.12	108.47	91.77
γR	rad		0.0203	0.0237	0.0254	0.0273	0.0288	0.0311	0.0346
			1/49	1/42	1/39	1/37	1/35	1/32	1/29
$\delta R2$	m		0.096	0.104	0.107	0.112	0.116	0.124	0.136
$\delta R1$	m		0.055	0.076	0.086	0.095	0.102	0.111	0.125
$\gamma R2$	rad		0.0162	0.0112	0.0082	0.0066	0.0058	0.0051	0.0042
			1/62	1/89	1/122	1/151	1/171	1/198	1/237
$\gamma R1$	rad		0.0233	0.0321	0.0365	0.0402	0.0431	0.0470	0.0531
			1/43	1/31	1/27	1/25	1/23	1/21	1/19

地震応答計算

Y方向

現況

収斂計算法2

建物階元	重量W	質量m	階高H	Q1/30	Ci	RW	1.239	地域・地盤	
階	kN	t	m	kN		RH	1.057	地域Z	1.0
2F	168.2	17.15	2.497	108.16	0.6431	RCO	1.298	地盤種別	1.5
1F	135.7	13.83	2.363	115.30	0.3794	C2/Cb	1.695		
合計	303.9	30.98	4.860			降伏階	1F		

復元力			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
γ	rad		0.0083	0.0167	0.0250	0.0333	0.0400	0.0500	0.0667
Q2	kN		53.95	62.06	62.06	62.06	62.06	62.06	62.06
Q1	kN		12.29	15.99	15.99	15.99	15.99	15.99	15.99
Ke2	kN/m		2593	1491	994	746	621	497	373
$\Delta Q2 / \Delta \gamma 2$				972	0	0	0	0	0
Ke1	kN/m		624	406	271	203	169	135	102
$\omega 2$	1/s2		18.69	12.04	8.02	6.02	5.02	4.01	3.01
u2/u1			1.141	1.161	1.161	1.161	1.161	1.161	1.161

1質点系への縮約			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
$\delta 1$	m		0.020	0.039	0.059	0.079	0.095	0.118	0.158
繰り返し計算開始									
$\delta 2 - \delta 1$ 初期値	m		0.003	0.006	0.009	0.013	0.015	0.019	0.025
$\delta 2 - \delta 1$	m		0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004
$\delta 2$	m		0.022	0.043	0.063	0.082	0.098	0.122	0.162
$(\delta 2 - \delta 1) / H2$	rad		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
Q2*	kN		7.200	9.189	9.077	9.021	8.992	8.964	10.543
Ke2*	kN/m		2593	2593	2593	2593	2593	2593	2593
Ke1*=Ke1	kN/m		624	406	271	203	169	135	102
$\omega 2^*$			18.69	12.48	8.46	6.40	5.35	4.30	3.24
u2/u1*			1.141	1.090	1.059	1.044	1.037	1.029	1.022
$\delta 2 - \delta 1^*$	m		0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003

繰り返し計算終了

階別の減衰	1階h		0.050	0.106	0.140	0.157	0.166	0.175	0.183
	2階h		0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
戻り1/120			0.050	0.103	0.137	0.155	0.164	0.173	0.182
重みづけh			0.050	0.103	0.137	0.155	0.164	0.173	0.182
Mu	t		30.85	30.92	30.95	30.96	30.97	30.97	30.97
Δ	m		0.021	0.041	0.061	0.081	0.096	0.120	0.160
Mu / Σm			0.996	0.998	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000
Qe=Q1	kN	0	12.29	15.99	15.99	15.99	15.99	15.99	15.99
Ke	kN/m		577	386	262	198	166	133	100
Te	s		1.453	1.778	2.160	2.484	2.716	3.030	3.496
Fh			1.000	0.739	0.632	0.589	0.569	0.550	0.533
He	m		3.826	3.798	3.780	3.772	3.767	3.763	3.761
γe	rad	0	0.0056	0.0109	0.0162	0.0214	0.0256	0.0319	0.0425
			1/179	1/92	1/62	1/47	1/39	1/31	1/24
p			0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850
q			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Gs			1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690

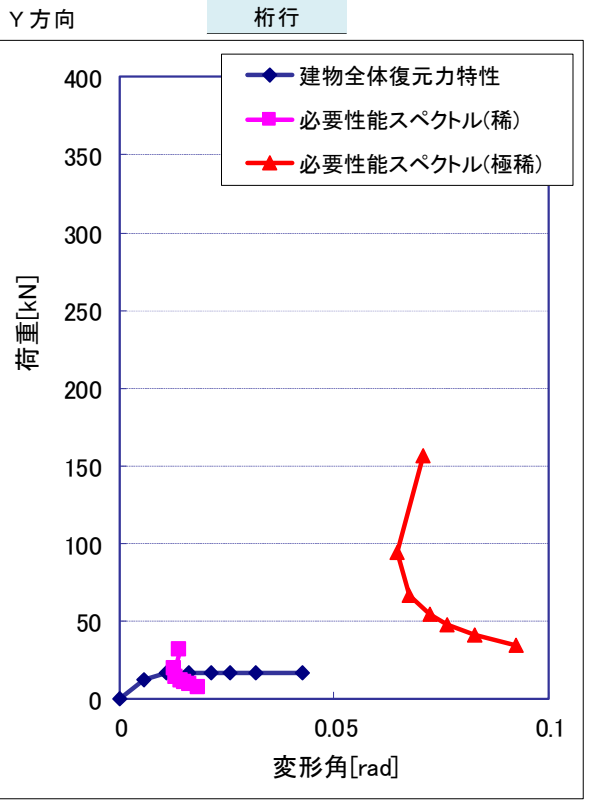
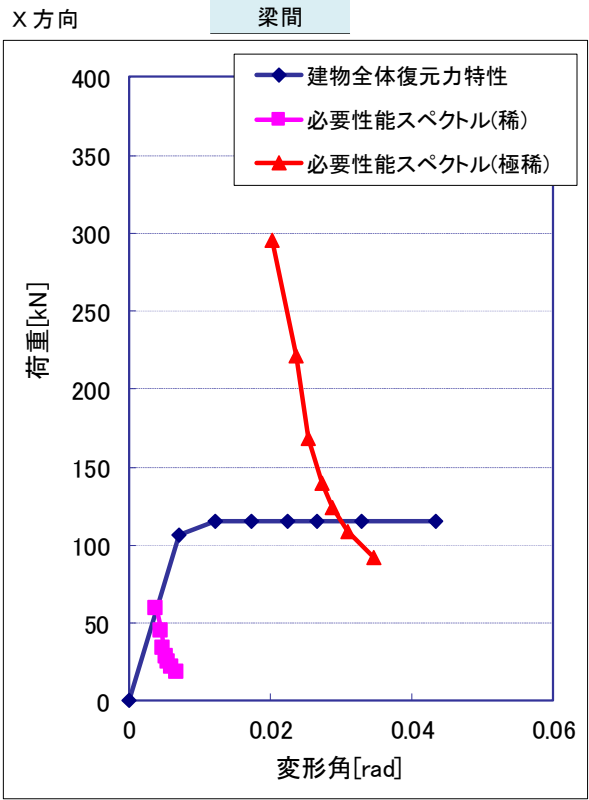
稀地震			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
S0	m/s2		0.705	0.576	0.474	0.412	0.377	0.338	0.293
SA	m/s2		1.012	0.612	0.431	0.349	0.308	0.267	0.224
SD= Δe	m		0.054	0.049	0.051	0.054	0.058	0.062	0.069
Qn	kN		31.22	18.91	13.33	10.79	9.54	8.27	6.94
γR	rad		0.0142	0.0129	0.0135	0.0144	0.0153	0.0165	0.0184
			1/71	1/78	1/74	1/69	1/65	1/61	1/54
$\delta R2$	m		0.057	0.051	0.052	0.056	0.058	0.063	0.070
$\delta R1$	m		0.050	0.047	0.049	0.053	0.056	0.061	0.068
$\gamma R2$	rad		0.0028	0.0017	0.0012	0.0009	0.0008	0.0007	0.0006
			1/354	1/596	1/856	1/1063	1/1206	1/1396	1/1669
$\gamma R1$	rad		0.0212	0.0197	0.0208	0.0225	0.0239	0.0259	0.0289
			1/47	1/51	1/48	1/44	1/42	1/39	1/35

極稀地震			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
S0	m/s2		3.523	2.879	2.370	2.061	1.885	1.690	1.465
SA	m/s2		5.060	3.058	2.153	1.743	1.541	1.335	1.120
SD= Δe	m		0.271	0.245	0.254	0.272	0.288	0.311	0.347
Qn	kN		156.11	94.56	66.65	53.97	47.71	41.36	34.70
γR	rad		0.0708	0.0645	0.0673	0.0722	0.0764	0.0825	0.0922
			1/14	1/16	1/15	1/14	1/13	1/12	1/11
$\delta R2$	m		0.285	0.254	0.261	0.278	0.292	0.315	0.349
$\delta R1$	m		0.250	0.233	0.246	0.266	0.282	0.306	0.342
$\gamma R2$	rad		0.0141	0.0084	0.0058	0.0047	0.0041	0.0036	0.0030
			1/71	1/119	1/171	1/213	1/241	1/279	1/334
$\gamma R1$	rad		0.1058	0.0986	0.1042	0.1125	0.1193	0.1293	0.1447
			1/9	1/10	1/10	1/9	1/8	1/8	1/7

3.5 耐震性能評価

計算条件	地盤種別	第	1.5	種地盤	現況
	設計用積雪量		100	c m	

限界変形角の設定	設計のクライテリア
稀に発生する地震に対する最大応答変形角は	1/90 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	1/15 以下とする。



応答結果	X方向 梁間		Y方向 桁行	
	損傷限界	安全限界	損傷限界	安全限界
Q _n	59.2	115.3	16.0	-
ベースシア係数	0.195	0.379	0.053	-
1自由度系変形角(rad)	1/246	1/33	1/76	-
2階変形角(rad)	1/308	1/185	1/708	-
1階変形角(rad)	1/215	1/22	1/49	-
判定	OK	OK	NG	NG

耐震性能評価

X方向（梁間）について、
 損傷限界・安全限界の変形角はともに設計クライテリアを満足する。
 各階とも補強は不要である。

Y方向（桁行）について、
 損傷限界・安全限界の変形角はともに設計クライテリアを満足しない。
 各階の補強を検討すべきである。

4. 耐震補強

4.1 耐震補強計画

現況建物を耐震診断した結果、X方向（梁間方向）は設計クライテリアを満足しているが、Y方向（桁行方向）は1階の変形角が稀地震時および極稀地震時ともに設計クライテリアを満足しないことがわかった。

したがってY方向（桁行方向）の耐震補強をおこなうことが必要である。

4.2 耐震改修方法

Y方向の耐震性能を上げるためには、1階の剛性を向上させるか2階の剛性を下げて上下階の剛性のバランスをはかる、あるいは建物全体の重量を低減する手法等が考えられる。

ここでは土壁または乾式土壁パネルおよび小壁（下がり壁）を補強材として用い、1階にバランスを考慮しながら配置することとする。この建物では下図に示すような下層抜け土壁がY方向2階に分散して存在するため、それらの壁下に補強のための乾式土壁パネルを新設する計画とする。

床梁上に載る耐震要素が下層抜けである場合、本来有している剛性が低下する傾向にある。この建物では大きなスパン梁の上に耐震要素が載るような箇所はないのでその剛性低減は小さいものであるが、地震力がスムーズに下階へ伝達されるように考慮して、2階土壁の下に乾式土壁パネル（荒壁パネル）を配置する。

また、Y方向に適宜足固めを設け、柱脚を拘束する。

なおX方向に対しての補強は不要である。

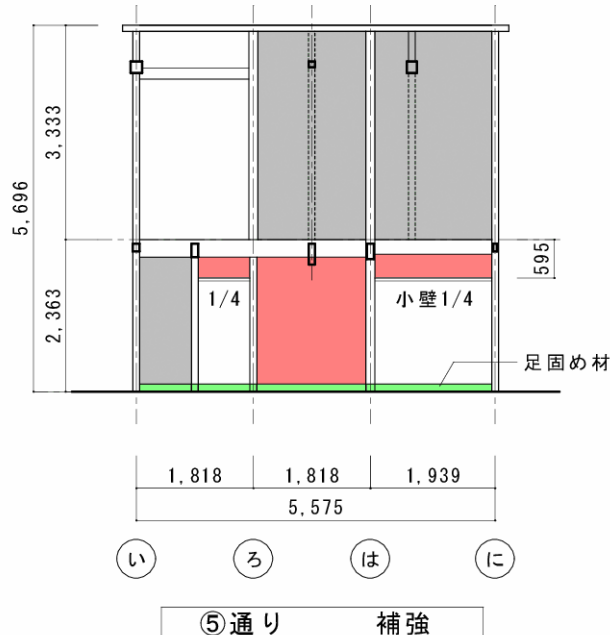
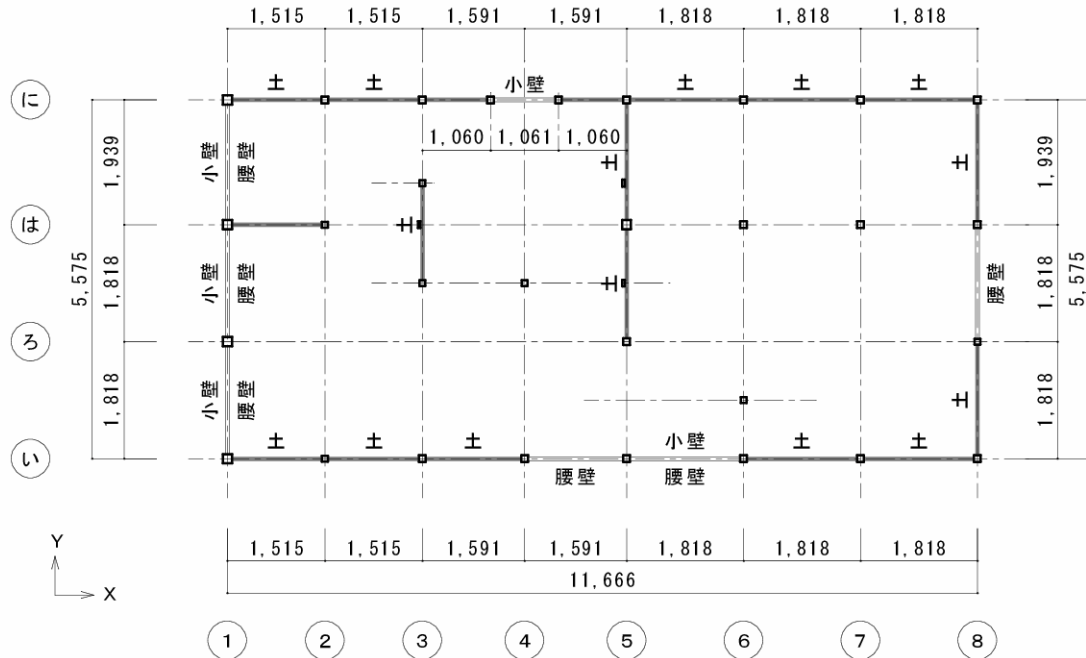


図4 補強例（赤色で示す壁が新設壁）

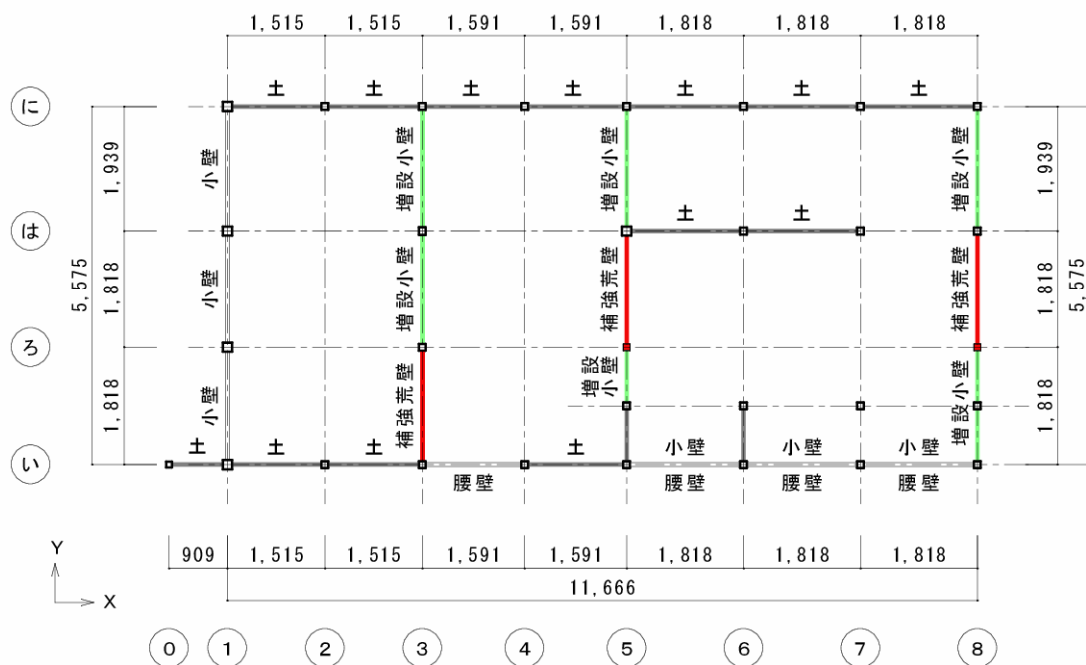
4.3 補強 構造伏図、軸組図



【凡例】

- 土塗り壁
- 補強荒壁パネル

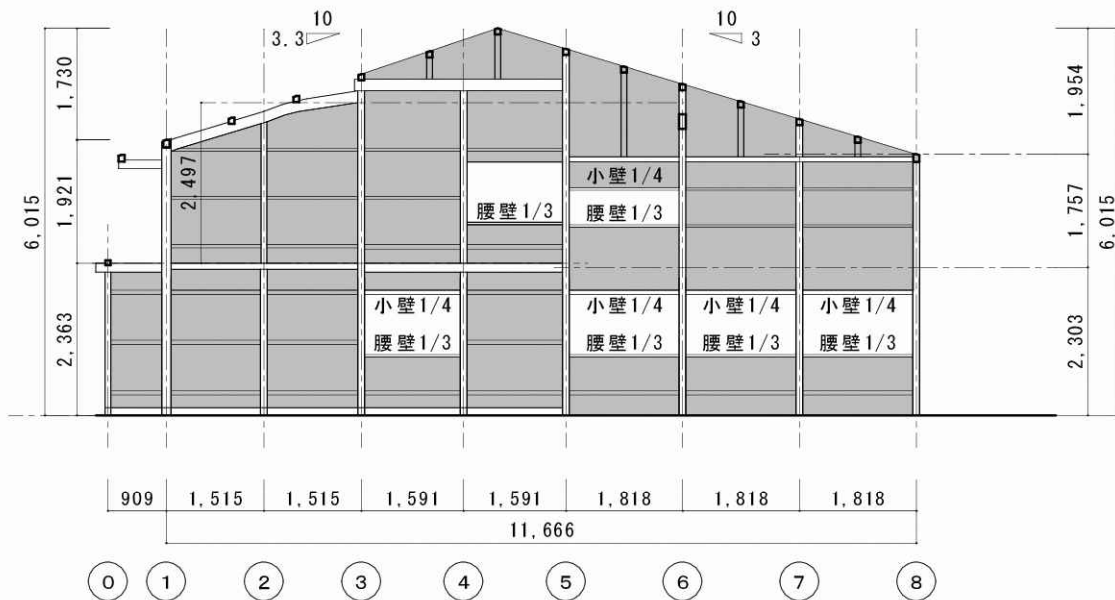
2階壁柱伏図 補強 見上げ図



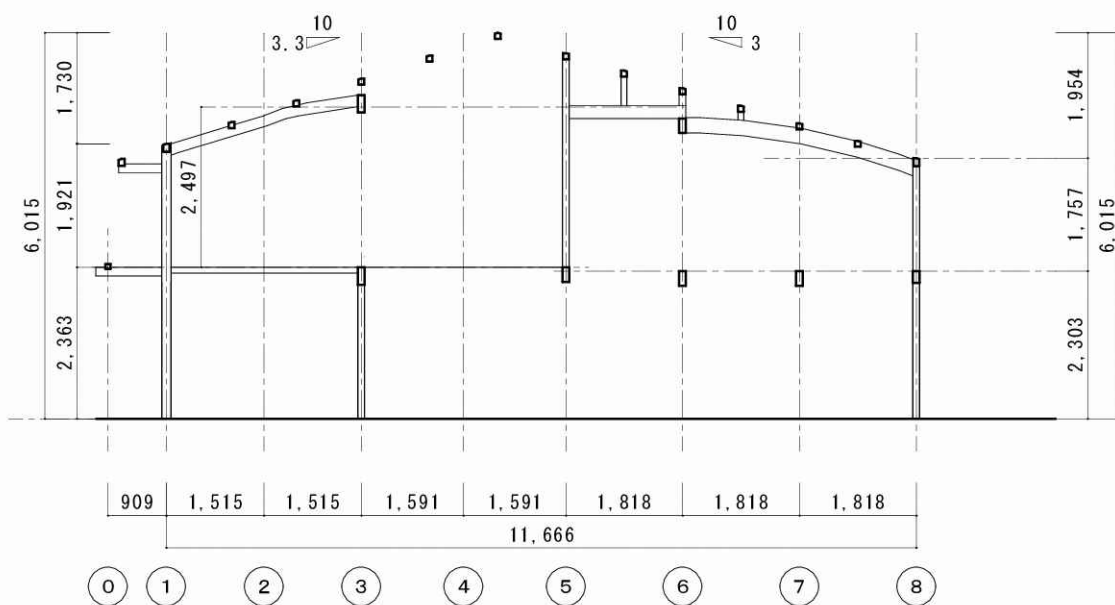
【凡例】

- 土塗り壁
- 補強荒壁パネル
- 増設柱
- 増設小壁

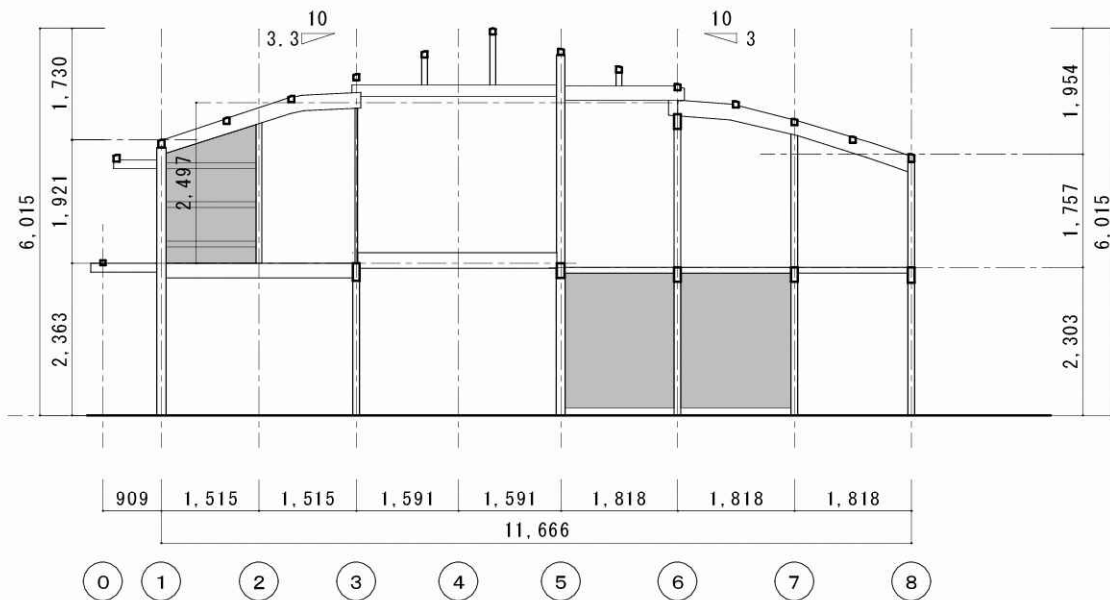
1階壁柱伏図 補強



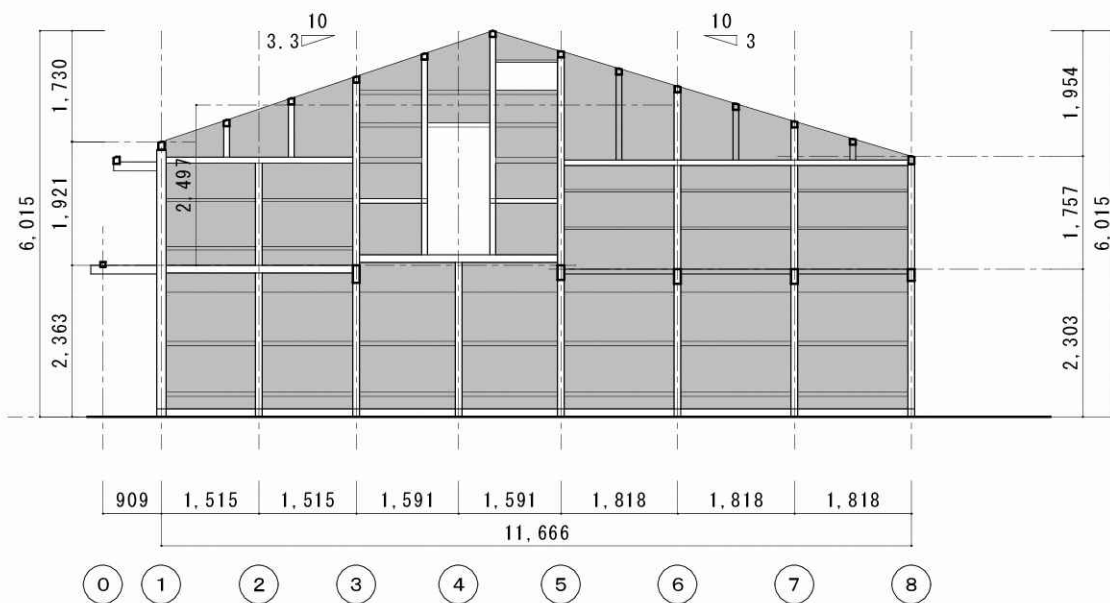
い通り 補強



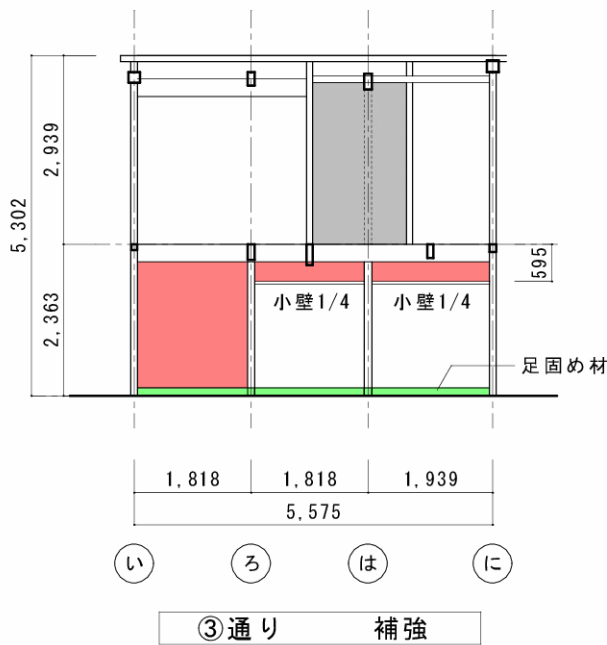
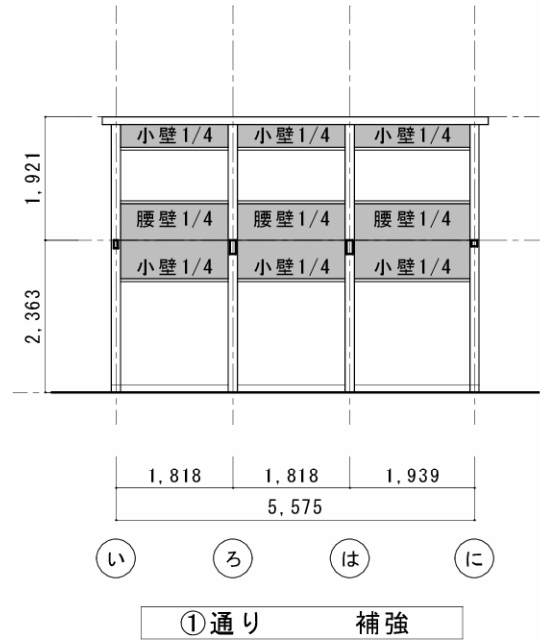
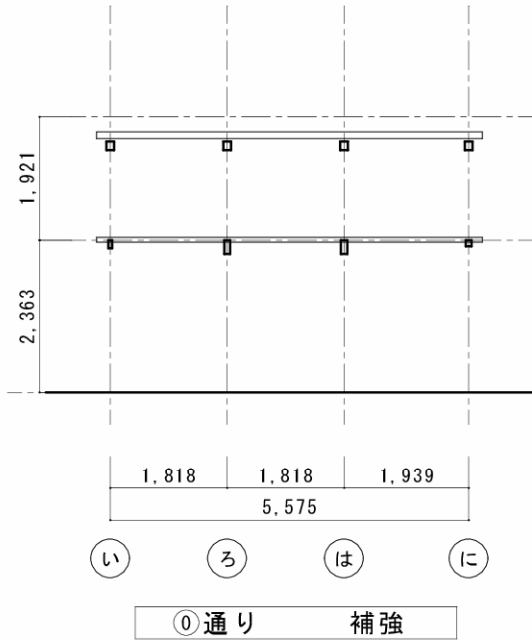
ろ通り 補強

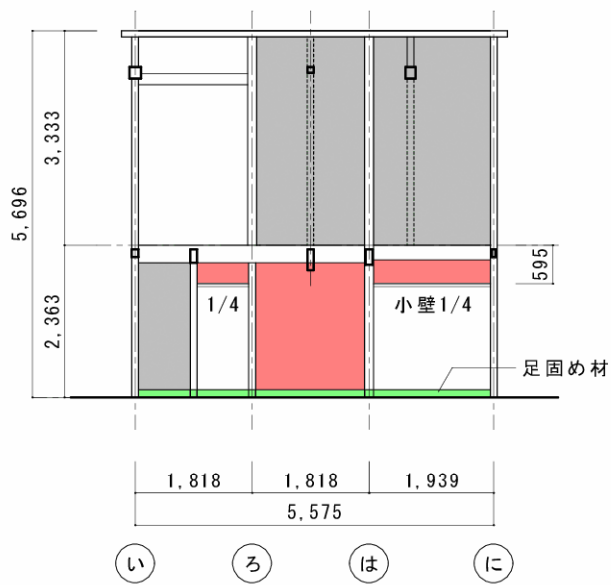


は通り 補強

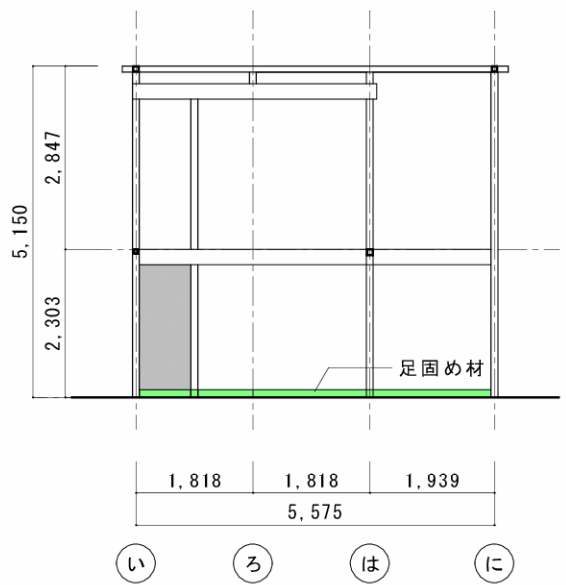


に通り 補強

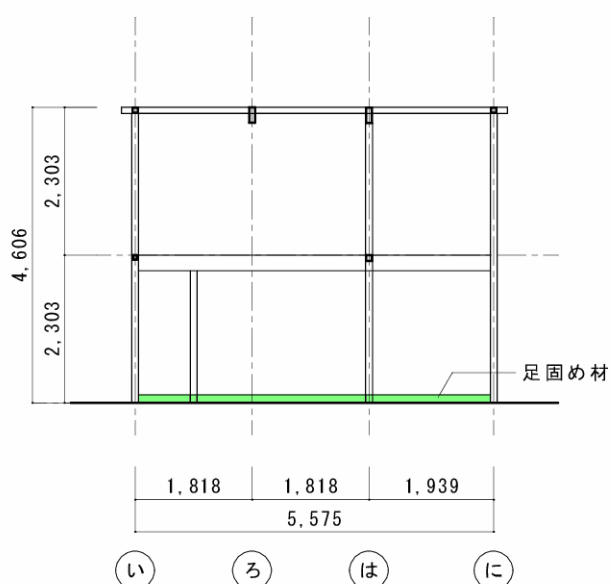




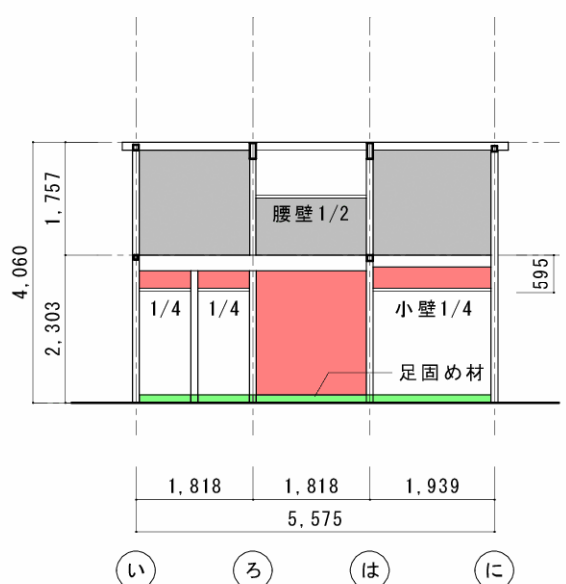
⑤通り 補強



⑥通り 補強



⑦通り 補強



⑧通り 補強

4.4 基本データの入力

検討内容 : 補強

階高と各階重量

	階高 (m)		重量 (kN)
	X方向	Y方向	
2階	2.497	2.497	168.2
1階	2.363	2.363	140.8
合計			309.0

補強後の重量 (kN)	
2階	168.2+0.0 = 168.2
1階	135.7+5.1 = 140.8

地域係数 Z = 1.0

地盤種別 第 1.5 種地盤

階数 2階建て

設計用積雪量 100 cm

各階床面積 および 単位面積当たり重量

	床面積 (m ²)	単位面積重量 N/m ²
2階	65.04	2586
1階	61.35	2295

限界変形角の設定 【設計のクライテリア】

稀に発生する地震に対する最大応答変形角は 1/90 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 1/15 以下とする。

各方向の名称

	X方向	Y方向
名称	梁間	桁行

4.5 復元力特性の算定

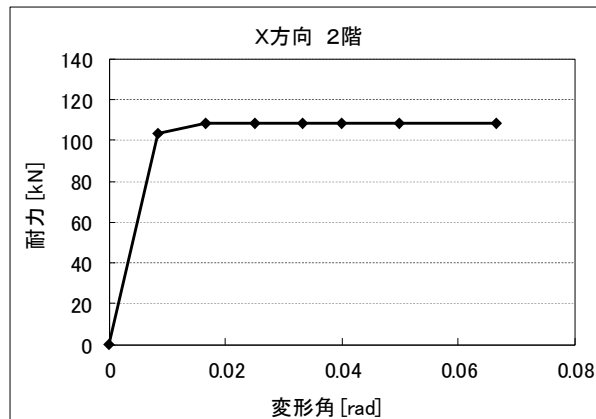
復元力特性の算定

X方向 2階

補強

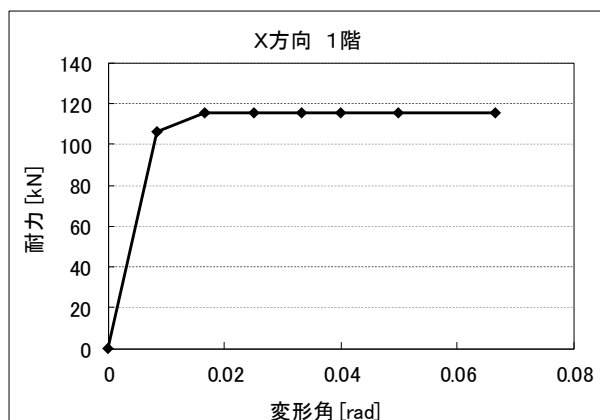
階高 = 2.497 m

耐震要素			0	1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
土壁	60mm	20.376	m	97.40	95.16	95.16	95.16	95.16	95.16	95.16
小壁 1P 909mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	1	スパン	1.20	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 2P 1818mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	3	スパン	5.10	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 3P 2727mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 4P 3636mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ほぞ	短ほぞ	0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
荒壁パネル 26mm	両面	0	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	片面	0	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
差鴨居	38.1	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 15*105		0	箇所	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 24*120		0	箇所	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングS10		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングR10		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
仕口ダンパー 15cm		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計			0	103.70	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16



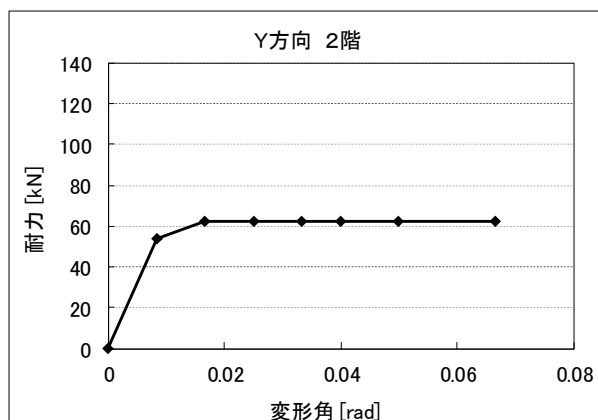
階高 = 2.363 m

耐震要素			0	1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
土壁	60mm	19.923	m	95.24	93.05	93.05	93.05	93.05	93.05	93.05
小壁 1P 909mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	1	スパン	0.83	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
	1/3*H	1	スパン	1.20	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 2P 1818mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	3	スパン	3.60	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
	1/3*H	3	スパン	5.10	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 3P 2727mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 4P 3636mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ほぞ	短ほぞ	0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
荒壁パネル 26mm	両面	0	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	片面	0	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
差鴨居	38.1	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 15*105		0	箇所	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 24*120		0	箇所	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングS10		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングR10		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
仕口ダンパー 15cm		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計			0	105.96	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30



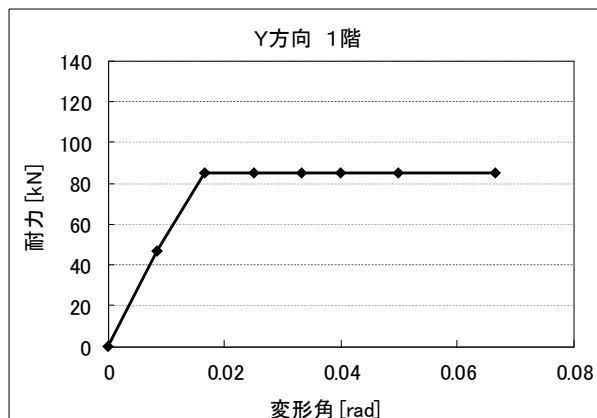
階高 = 2.497 m

耐震要素			0	1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
土壁	60mm	9.069	m	43.35	42.36	42.36	42.36	42.36	42.36	42.36
小壁 1P 909mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 2P 1818mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	6	スパン	7.20	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	1	スパン	3.40	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 3P 2727mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 4P 3636mm	1/5*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ほぞ	短ほぞ	0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
荒壁パネル 26mm	両面	0	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	片面	0	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
差鴨居	38.1	0	スパン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 15*105		0	箇所	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 24*120		0	箇所	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングS10		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングR10		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
仕口ダンパー 15cm		0	個	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計			0	53.95	62.06	62.06	62.06	62.06	62.06	62.06



階高 = 2.363 m

耐震要素				0	1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
土壁	60mm	1.818	m		8.69	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49
小壁 1P 909mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	3	スパン		2.48	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25
	1/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 2P 1818mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	7	スパン		8.40	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50
	1/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 3P 2727mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小壁 4P 3636mm	1/5*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/4*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2/3*H	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ほぞ	短ほぞ	0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
荒壁パネル 26mm	両面	5.454	m		17.98	35.96	35.96	35.96	35.96	35.96	35.96
	片面	0	m		8.99	17.98	17.98	17.98	17.98	17.98	17.98
差鴨居	38.1	0	スパン		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 15*105		0	箇所		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
貫 24*120		0	箇所		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングS10		0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
耐震リングR10		0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
仕口ダンパー 15cm		0	個		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計				0	46.54	85.18	85.18	85.18	85.18	85.18	85.18



4.6 近似応答計算

地震応答計算

X方向

補強

収斂計算法2

建物階元	重量W	質量m	階高H	Q1/30	Ci	RW	1.195	地域・地盤	
階	kN	t	m	kN		RH	1.057	地域Z	1.0
2F	168.2	17.15	2.497	108.16	0.6431	RCO	1.306	地盤種別	1.5
1F	140.8	14.35	2.363	115.30	0.3731	C2/Cb	1.723		
合計	309.0	31.50	4.860			降伏階	1F		

復元力			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
γ	rad		0.0083	0.0167	0.0250	0.0333	0.0400	0.0500	0.0667
Q2	kN		103.70	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16	108.16
Q1	kN		105.96	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30
Ke2	kN/m		4984	2599	1733	1300	1083	866	650
$\Delta Q2 / \Delta \gamma 2$				535	0	0	0	0	0
Ke1	kN/m		5381	2928	1952	1464	1220	976	732
$\omega 2$	1/s2		122.38	65.65	43.76	32.82	27.35	21.88	16.41
u2/u1			1.727	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764	1.764

1質点系への縮約			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
$\delta 1$	m		0.020	0.039	0.059	0.079	0.095	0.118	0.158
繰り返し計算開始									
$\delta 2 - \delta 1$ 初期値	m		0.014	0.030	0.045	0.060	0.072	0.090	0.120
$\delta 2 - \delta 1$	m		0.014	0.014	0.014	0.013	0.013	0.013	0.013
$\delta 2$	m		0.034	0.054	0.073	0.092	0.108	0.131	0.171
$(\delta 2 - \delta 1) / H2$	rad		0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005
Q2*	kN		71.372	71.449	68.680	67.241	66.510	65.772	66.896
Ke2*	kN/m		4984	4984	4984	4984	4984	4984	4984
Ke1*=Ke1	kN/m		5381	2928	1952	1464	1220	976	732
$\omega 2^*$			122.38	77.57	54.98	42.51	35.96	29.21	22.23
u2/u1*			1.727	1.364	1.233	1.171	1.141	1.112	1.083
$\delta 2 - \delta 1^*$	m		0.014	0.014	0.014	0.013	0.013	0.013	0.013

繰り返し計算終了									
階別の減衰	1階h		0.050	0.123	0.151	0.166	0.173	0.180	0.188
	2階h		0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
戻り1/120			0.050	0.109	0.139	0.155	0.164	0.172	0.181
重みづけh			0.029	0.048	0.067	0.087	0.102	0.126	0.165
Mu	t		29.51	30.79	31.17	31.31	31.36	31.41	31.45
Δ	m		0.029	0.048	0.067	0.087	0.102	0.126	0.165
Mu / Σm			0.937	0.978	0.989	0.994	0.996	0.997	0.998
Qe=Q1	kN	0	105.96	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30	115.30
Ke	kN/m		3612	2389	1714	1331	1128	917	698
Te	s		0.568	0.713	0.847	0.964	1.048	1.163	1.333
Fh			1.000	0.717	0.627	0.587	0.569	0.550	0.533
He	m		4.045	3.910	3.850	3.819	3.803	3.787	3.773
γe	rad	0	0.0073	0.0123	0.0175	0.0227	0.0269	0.0332	0.0438
			1/138	1/81	1/57	1/44	1/37	1/30	1/23
p			0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850
q			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Gs			1.500	1.672	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690

稀地震			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
S0	m/s2		1.600	1.435	1.208	1.063	0.977	0.881	0.768
SA	m/s2		2.040	1.463	1.089	0.897	0.798	0.696	0.588
SD= Δe	m		0.017	0.019	0.020	0.021	0.022	0.024	0.026
Qn	kN		60.20	45.04	33.95	28.07	25.04	21.88	18.49
γR	rad		0.0041	0.0048	0.0051	0.0055	0.0058	0.0063	0.0070
			1/243	1/207	1/194	1/181	1/171	1/159	1/142
$\delta R2$	m		0.019	0.021	0.021	0.022	0.023	0.025	0.027
$\delta R1$	m		0.011	0.015	0.017	0.019	0.021	0.022	0.025
$\gamma R2$	rad		0.0033	0.0022	0.0016	0.0013	0.0012	0.0010	0.0008
			1/307	1/446	1/615	1/760	1/862	1/997	1/1193
$\gamma R1$	rad		0.0047	0.0065	0.0074	0.0081	0.0087	0.0095	0.0107
			1/211	1/154	1/136	1/123	1/115	1/105	1/94

極稀地震			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
S0	m/s2		8.000	7.177	6.042	5.313	4.887	4.404	3.840
SA	m/s2		10.200	7.313	5.446	4.483	3.991	3.482	2.941
SD= Δe	m		0.083	0.094	0.099	0.105	0.111	0.119	0.132
Qn	kN		301.02	225.20	169.74	140.37	125.19	109.39	92.47
γR	rad		0.0206	0.0241	0.0257	0.0276	0.0292	0.0315	0.0351
			1/49	1/41	1/39	1/36	1/34	1/32	1/28
$\delta R2$	m		0.097	0.105	0.107	0.112	0.117	0.125	0.137
$\delta R1$	m		0.056	0.077	0.087	0.096	0.103	0.112	0.126
$\gamma R2$	rad		0.0163	0.0112	0.0081	0.0066	0.0058	0.0050	0.0042
			1/61	1/89	1/123	1/152	1/172	1/199	1/239
$\gamma R1$	rad		0.0237	0.0326	0.0368	0.0406	0.0434	0.0474	0.0535
			1/42	1/31	1/27	1/25	1/23	1/21	1/19

地震応答計算

Y方向

補強

収斂計算法2

建物階元	重量W	質量m	階高H	Q1/30	Ci	RW	1.195	地域・地盤	
階	kN	t	m	kN		RH	1.057	地域Z	1.0
2F	168.2	17.15	2.497	108.16	0.6431	RCO	1.306	地盤種別	1.5
1F	140.8	14.35	2.363	115.30	0.3731	C2/Cb	1.723		
合計	309.0	31.50	4.860			降伏階	1F		

復元力			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
γ	rad		0.0083	0.0167	0.0250	0.0333	0.0400	0.0500	0.0667
Q2	kN		53.95	62.06	62.06	62.06	62.06	62.06	62.06
Q1	kN		46.54	85.18	85.18	85.18	85.18	85.18	85.18
Ke2	kN/m		2593	1491	994	746	621	497	373
$\Delta Q2 / \Delta \gamma 2$				972	0	0	0	0	0
Ke1	kN/m		2363	2163	1442	1081	901	721	541
$\omega 2$	1/s2		56.60	44.05	29.37	22.03	18.35	14.68	11.01
u2/u1			1.598	2.026	2.026	2.026	2.026	2.026	2.026

1質点系への縮約			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
$\delta 1$	m		0.020	0.039	0.059	0.079	0.095	0.118	0.158

繰り返し計算開始

$\delta 2 - \delta 1$ 初期値	m		0.012	0.040	0.061	0.081	0.097	0.121	0.162
$\delta 2 - \delta 1$	m		0.012	0.033	0.021	0.020	0.019	0.019	0.019
$\delta 2$	m		0.031	0.072	0.081	0.098	0.114	0.137	0.177
$(\delta 2 - \delta 1) / H2$	rad		0.005	0.013	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008
Q2*	kN		30.539	58.679	54.203	51.013	50.266	49.506	49.508
Ke2*	kN/m		2593	1781	2526	2593	2593	2593	2593
Ke1*=Ke1	kN/m		2363	2163	1442	1081	901	721	541
$\omega 2^*$			56.60	47.23	38.41	30.22	25.74	21.04	16.12
u2/u1*			1.598	1.834	1.353	1.250	1.205	1.162	1.119
$\delta 2 - \delta 1^*$	m		0.012	0.033	0.021	0.020	0.019	0.019	0.019

繰り返し計算終了

階別の減衰	1階h		0.050	0.063	0.112	0.136	0.148	0.161	0.173
	2階h		0.050	0.100	0.054	0.050	0.050	0.050	0.050
戻り1/120			0.050	0.077	0.102	0.125	0.138	0.151	0.165
重みづけh			0.050	0.077	0.102	0.125	0.138	0.151	0.165
Mu	t		29.98	29.11	30.80	31.13	31.23	31.33	31.40
Δ	m		0.027	0.062	0.072	0.091	0.106	0.129	0.168
Mu / Σm			0.952	0.924	0.978	0.988	0.992	0.995	0.997
Qe=Q1	kN	0	46.54	85.18	85.18	85.18	85.18	85.18	85.18
Ke	kN/m		1697	1374	1177	941	804	659	506
Te	s		0.835	0.915	1.016	1.143	1.239	1.370	1.566
Fh			1.000	0.849	0.744	0.666	0.631	0.597	0.566
He	m		4.002	4.078	3.910	3.858	3.836	3.814	3.793
γe	rad	0	0.0069	0.0152	0.0185	0.0235	0.0276	0.0339	0.0444
			1/146	1/66	1/54	1/43	1/36	1/30	1/23
p			0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850
q			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Gs			1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690	1.690

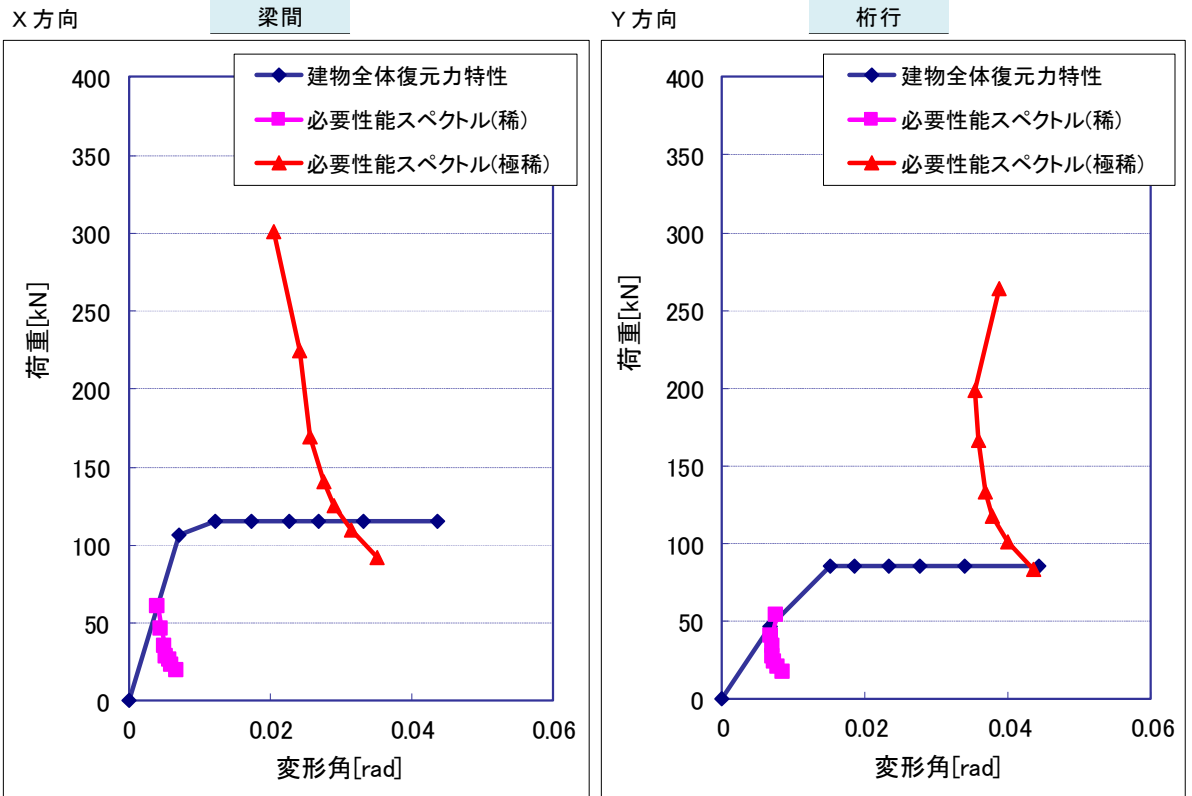
稀地震			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
S0	m/s2		1.226	1.119	1.008	0.896	0.827	0.748	0.654
SA	m/s2		1.761	1.365	1.076	0.858	0.749	0.641	0.532
SD= Δe	m		0.031	0.029	0.028	0.028	0.029	0.030	0.033
Qn	kN		52.81	39.74	33.15	26.70	23.40	20.09	16.70
γR	rad		0.0078	0.0071	0.0072	0.0074	0.0076	0.0080	0.0087
			1/129	1/141	1/139	1/136	1/132	1/125	1/115
$\delta R2$			0.036	0.034	0.031	0.031	0.031	0.032	0.035
$\delta R1$			0.022	0.018	0.023	0.025	0.026	0.028	0.031
$\gamma R2$	rad		0.0054	0.0061	0.0032	0.0025	0.0021	0.0018	0.0015
			1/187	1/163	1/308	1/405	1/469	1/554	1/677
$\gamma R1$	rad		0.0095	0.0078	0.0097	0.0104	0.0110	0.0118	0.0131
			1/106	1/129	1/103	1/96	1/91	1/85	1/76

極稀地震			1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
S0	m/s2		6.130	5.597	5.038	4.480	4.134	3.738	3.270
SA	m/s2		8.806	6.825	5.382	4.288	3.745	3.207	2.660
SD= Δe	m		0.156	0.145	0.141	0.142	0.146	0.152	0.165
Qn	kN		264.05	198.68	165.76	133.48	116.99	100.47	83.52
γR	rad		0.0389	0.0355	0.0360	0.0368	0.0379	0.0400	0.0436
			1/26	1/28	1/28	1/27	1/26	1/25	1/23
$\delta R2$			0.179	0.168	0.155	0.154	0.156	0.162	0.173
$\delta R1$			0.112	0.092	0.115	0.123	0.130	0.139	0.154
$\gamma R2$	rad		0.0268	0.0307	0.0162	0.0123	0.0107	0.0090	0.0074
			1/37	1/33	1/62	1/81	1/94	1/111	1/135
$\gamma R1$	rad		0.0473	0.0389	0.0486	0.0522	0.0549	0.0590	0.0654
			1/21	1/26	1/21	1/19	1/18	1/17	1/15

4.7 耐震性能評価

計算条件	地盤種別	第	1.5	種地盤	補強
	設計用積雪量		100	c m	

限界変形角の設定	設計のクライテリア
稀に発生する地震に対する最大応答変形角は	1/90 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	1/15 以下とする。



応答結果	X方向 梁間		Y方向 桁行	
	損傷限界	安全限界	損傷限界	安全限界
Q n	60.2	115.3	50.2	85.2
ベースシア係数	0.195	0.373	0.162	0.276
1自由度系変形角(rad)	1/243	1/33	1/131	1/23
2階変形角 (rad)	1/307	1/188	1/181	1/133
1階変形角 (rad)	1/211	1/22	1/110	1/15
判定	OK	OK	OK	OK

補強内容

- X方向 補強無し
- Y方向 1階に乾式土壁パネル（荒壁パネル）3枚、小壁7カ所を増設した。足固め補強をした。

耐震性能評価

- X方向（梁間）について、
 - 損傷限界・安全限界の変形角はともに設計クライテリアを満足する。
 - 各階とも補強は不要である。
- Y方向（桁行）について、
 - 損傷限界・安全限界の変形角はともに設計クライテリアを満足する。
 - 各階とも十分な補強となった。

4.8 柱脚の安全性

石場建ての場合、地震により柱が束石から滑り落ちないかどうかを検討する。

計算条件

安全限界時のせん断力係数 X方向 $C_b = 0.373$
Y方向 $C_b = 0.276$

基礎階の震度は地上部の 1/2 とする。

柱脚部の摩擦係数 $C_o = 0.350$ 程度とする。

各階重量

		重量
2階	$m_2 =$	168.2
1階	$m_1 =$	140.8
基礎階	$m_0 =$	72.9
合計=		381.9 kN

1階+2階 =

309.0 kN

X方向の検討

$$\text{摩擦抵抗力} = 381.9 \times 0.350 = 133.7 \text{ kN}$$

$$\text{安全限界時水平作用力} = 309.0 \times 0.373 + 72.9 \times 0.187 = 128.9 \text{ kN}$$

$$\text{摩擦抵抗力} / \text{水平作用力} = 133.7 / 128.9 = 1.04 \geq 1.00 \quad \text{OK}$$

X方向(梁間方向)について安全限界時水平作用力より摩擦抵抗力のほうがやや大きい。よって滑る可能性が少なく安全である。

Y方向の検討

$$\text{摩擦抵抗力} = 381.9 \times 0.350 = 133.7 \text{ kN}$$

$$\text{安全限界時水平作用力} = 309.0 \times 0.276 + 72.9 \times 0.138 = 95.3 \text{ kN}$$

$$\text{摩擦抵抗力} / \text{水平作用力} = 133.7 / 95.3 = 1.40 \geq 1.00 \quad \text{OK}$$

Y方向(桁行方向)については、滑ることはなく安全である。

建物重量集計表

位置	階	部位	単位重量1	単位重量2	面積 または長さ 計算式	重量1	重量2	合計1	合計2	
			N/m ² (基礎)	N/m ² (地震)		N (基礎)	N (地震)	N (基礎)	N (地震)	
3層	屋根	瓦屋根	560	560	11.666*5.575	36422	36422			
		積雪	1920	960	11.666*5.575	124873	62437			
	妻面庇	庇DL	560	560	(0.697+11.666+0.227)*0.55	3878	3878			
		積雪	1920	960	(0.697+11.666+0.227)*0.55	13296	6648			
	平面庇	庇DL	560	560	(0.697+0.227)*5.575	2885	2885			
		積雪	1920	960	(0.697+0.227)*5.575	9890	4945			
	小計								191244	117215
	2層	2階床	畳間DL	590	590	3.03*5.575	9967	9967		
積載LL			1300	600	3.03*5.575	21960	10136			
板間		DL	390	390	8.636*5.575-1.818*0.97-2.25*0.856	17338	17338			
		積載LL	1300	600	8.636*5.575-1.818*0.97-2.25*0.856	57793	26674			
平面庇		庇DL	1030	1030	1.097*5.575	6300	6300			
		積雪	1920	960	1.097*5.575	11743	5872			
小計								125101	76287	
1層		1階床	板間DL	390	390	6.818*5.5752+1.818*3.636	17403	17403		
	積載LL		1300	600	6.818*5.5752+1.818*3.636	58009	26774			
	小計								75412	44177

位置	階	部位	単位重量1	単位重量2	面積 または長さ 計算式	重量1	重量2	合計1	合計2
			N/m ² (基礎)	N/m ² (地震)		N (基礎)	N (地震)	N (基礎)	N (地震)
3層 い通り	2階壁	土壁	830	830	w=300-830=-530 とする。 5.151*1.921/2	4107	4107		
		土壁	830	830	1/2*5.151*1.73	3699	3699		
		土壁	830	830	6.515*1.757/2	4751	4751		
		土壁	830	830	1/2*6.515*1.954	5283	5283		
		開口1	-530	-530	1.591*0.615	-519	-519		
		開口2	-530	-530	1.818*0.218	-210	-210		
		ろ通り							
は通り									
に通り									
小計								17111	17111
2層 い通り	2階壁	土壁	830	830	5.151*1.921/2	4107	4107		
		土壁	830	830	6.515*1.757/2	4751	4751		
		開口1	-530	-530	1.591*0.362	-306	-306		
		開口2	-530	-530	1.818*0.402	-388	-388		
	1階壁	土壁	830	830	11.666*2.363/2	11440	11440		
		開口3	-530	-530	1.591*0.794	-670	-670		
		開口4	-530	-530	1.818*0.794*3	-2295	-2295		
小計								16639	16639
1層 い通り	1階壁	土壁	830	830	11.666*2.363/2	11440	11440		
		開口3	-530	-530	1.591*0.242	-205	-205		
		開口4	-530	-530	1.818*0.242*3	-700	-700		
小計								10535	10535

位置	階	部位	単位重量1	単位重量2	面積 または長さ 計算式	重量1	重量2	合計1	合計2	
			N/m ² (基礎)	N/m ² (地震)		N (基礎)	N (地震)	N (基礎)	N (地震)	
3層 ろ～は 3～5 に通り	2階壁	小壁	830	830	w=300-830=-530 とする。 3.182*1.146	3028	3028			
		上三角	830	830	1/2*2.121*0.787+(0.787+0.394)/2*1.061	1213	1213			
	土壁	830	830	5.151*1.921/2	4107	4107				
		830	830	1/2*5.151*1.73	3699	3699				
		830	830	6.515*1.757/2	4751	4751				
		830	830	1/2*6.515*1.954	5283	5283				
		開口5	-530	-530	1.061*0.431	-243	-243			
		開口6	-530	-530	1.061*1.263	-711	-711			
	小計								21127	21127
	2層 ろ～は 3～5 に通り	2階壁	障子	50	50	3.182*1.75	279	279		
土壁			830	830	5.151*1.921/2	4107	4107			
		830	830	6.515*1.757/2	4751	4751				
		開口5	-530	-530	1.061*0.794	-447	-447			
		開口6	-530	-530	0	0	0			
1階壁		土壁	830	830	11.666*2.363/2	11440	11440			
小計								20130	20130	
1層 に通り	1階壁	土壁	830	830	11.666*2.363/2	11440	11440			
小計								11440	11440	

位置	階	部位	単位重量1	単位重量2	面積 または長さ 計算式	重量1	重量2	合計1	合計2				
			N/m ² (基礎)	N/m ² (地震)		N (基礎)	N (地震)	N (基礎)	N (地震)				
3層	1通り	2階	小壁 窓	830	830	5.575*0.352	1629	1629					
				300	300	5.575*0.878/2	735	735					
	2通り				なし								
	3通り	2階	土壁 襖	830	830	1.557*2.619/2	1693	1693					
				50	50	{2.725*2.303+1.293*2.514}/2	239	239					
	5通り	2階	土壁 襖	830	830	3.757*3.333/2	5197	5197					
				50	50	1.818*2.500/2	114	114					
	小計										9607	9607	
	2層	1通り	2階	腰壁 窓	830	830	5.575*0.570	2638			2638		
					300	300	5.575*0.878/2	735			735		
		1階	小壁 窓	830	830	5.575*0.595	2754	2754					
				300	300	5.575*1.645/2	1376	1376					
2通り					なし								
3通り		2階	土壁 襖	830	830	1.557*2.619/2	1693	1693					
				50	50	{2.725*2.303+1.293*2.514}/2	239	239					
		1階	障子	300	300	5.575*2.09/2	1748	1748					
5通り		2階	土壁 襖	830	830	3.757*3.333/2	5197	5197					
				50	50	1.818*2.500/2	114	114					
		1階			なし								
小計								16494	16494				
1層	1通り	1階壁	土壁 窓	830	830	なし	1376	1376					
				300	300	5.575*1.645/2							
	2通り				なし								
	3通り	1階	障子	50	50	5.575*2.09/2	292	292					
	5通り	1階			なし								
小計								1668	1668				

位置	階	部位	単位重量1 N/m ² (基礎)	単位重量2 N/m ² (地震)	面積 または長さ 計算式	重量1 N (基礎)	重量2 N (地震)	合計1 N (基礎)	合計2 N (地震)
3層 6通り	2階				なし				
7通り					なし				
8通り	2階	土壁	830	830	$(1.818*1.757+1.939*1.757)/2$	2740	2740		
		窓	300	300	$1.818*0.706$	386	386		
					小計			3126	3126
2層 6通り	2階				なし				
	1階								
7通り	2階				なし				
	1階	襖	50	50	$1.939*2.060/2$	100	100		
8通り	2階	土壁	830	830	$(1.818*1.757+1.939*1.757)/2$	2740	2740		
		腰壁	830	830	$1.818*0.931$	1406	1406		
	1階	外壁	400	400	$0.909*2.303/2$	419	419		
		窓	300	300	$2.727*2.06/2$	843	843		
		掃出窓	300	300	$1.939*2.303/2$	670	670		
					小計			6178	6178
1層 6通り	1階壁				なし				
7通り	1階	襖	50	50	$1.939*2.060/2$	100	100		
8通り	1階	外壁	400	400	$0.909*2.303/2$	419	419		
		窓	300	300	$2.727*2.06/2$	843	843		
		掃出窓	300	300	$1.939*2.303/2$	670	670		
					小計			2032	2032

位置	階	部位	単位重量1 N/m ² (基礎)	単位重量2 N/m ² (地震)	面積 または長さ 計算式	重量1 N (基礎)	重量2 N (地震)	合計1 N (基礎)	合計2 N (地震)
3層					sheet (0)			191244	117215
					sheet (1)			17111	17111
					sheet (2)			21127	21127
					sheet (3)			9607	9607
					sheet (4)			3126	3126
					合計				242215
2層					sheet (0)			125101	76287
					sheet (1)			16639	16639
					sheet (2)			20130	20130
					sheet (3)			16494	16494
					sheet (4)			6178	6178
					合計				184542
1層					sheet (0)			75412	44177
					sheet (1)			10535	10535
					sheet (2)			11440	11440
					sheet (3)			1668	1668
					sheet (4)			2032	2032
					合計				101087

(補強時加算重量)

位置	階	部位	単位重量1 N/m ² (基礎)	単位重量2 N/m ² (地震)	面積 または長さ 計算式	重量1 N (基礎)	重量2 N (地震)	合計1 N (基礎)	合計2 N (地震)
3層 1通り	2階	荒壁	460	460	荒壁パネル【補強】 なし				
3通り	2階				なし				
5通り	2階				なし				
8通り	2階				なし				
					小計			0	0
2層 1通り	2階				なし				
	1階				なし				
3通り	2階				なし				
	1階	荒壁	460	460	1.818*2.363/2	989	989		
		小壁	460	460	1.818*0.64*2	1071	1071		
5通り	2階				なし				
	1階	荒壁	460	460	1.818*2.363/2	989	989		
		小壁	460	460	(0.909+1.939)*0.64				
8通り	2階				なし				
	1階	荒壁	460	460	1.818*2.363/2	989	989		
		小壁	460	460	(0.909*2+1.939)*0.64	1106	1106		
					小計			5144	5144
1層 1通り	1階				なし				
3通り	1階	荒壁	460	460	1.818*2.363/2	989	989		
5通り	1階	荒壁	460	460	1.818*2.363/2	989	989		
8通り	1階	荒壁	460	460	1.818*2.363/2	989	989		
					小計			2967	2967

(参考) 略算法による建物重量の算定

(『2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法』(日本建築防災協会)^[13]による必要耐力の算定)

階数 $n = 2$ 階建て
 地域係数 $Z = 1.0$
 建物仕様 : 軽い建物
 地盤 : よい地盤
 積雪深 $h = 100$ cm
 短辺割増係数 : 使わない
 積雪耐力 : その階の床面積 に乗じて求める

表4.3 短辺割増係数

短辺の長さ	割増係数
4.0m未満	1.30
4.0m以上6.0m未満	1.15
6.0m以上	1.00

建物データ

階	床面積 (m ²)	X方向幅 (m)	Y方向幅 (m)
2F	65.04	11.666	5.750
1F	61.35	11.666	5.750

階	階高 m
2F	2.497
1F	2.363

床面積比率

$R_{f2} =$	$R_{f2} =$
$R_{f1} = 65.04/61.35$	かつ $R_{f1} \geq 0.1$ より $R_{f1} = 1.06$

各係数 (表4.2)

計算式	
$QKf11 = 0.40 + 0.60 * R_{f1}$	= 1.0361
$QKf12 = 1.3 + 0.07 / R_{f1}$	= 1.3660
	=
	=
	=

床面積当たりの必要耐力 (表4.1)

階	計算式	Qy
		=
2F	$0.28 * QKf12 * Z$	= 0.3825
1F	$0.72 * QKf11 * Z$	= 0.7460

単位面積当たり積雪耐力 = $0.26 * 1.000 * 1.0 = 0.260 \text{ kN/m}^2$

必要耐力 Q_r の算定

地盤による割増率 = 1.00

階	床面積当り必要耐力 Q_y	床面積 (m ²)	短辺割増係数	無積雪時必要耐力 (kN)	屋根面積当り必要耐力 Q_s	積雪用床面積 (m ²)	短辺割増係数	積雪耐力	有積雪時必要耐力 (kN)
2F	0.382	65.04	1.00	24.85	0.260	65.04	1.00	16.91	41.76
1F	0.746	61.35	1.00	45.77	0.260	61.35	1.00	15.95	61.72

建物の各階重量算定

標準層剪断力係数 $C_o = 0.20$

最高高さ $h = 4.860 \text{ m}$

地盤周期 $T_c = 0.40 \text{ sec}$

一次固有周期 $T = 0.146 \text{ sec}$

振動特性係数 $R_t = 1.000$

$2T / (1 + 3T) = 0.203$

階	各階重量 w_i	累加重量 Σw_i	α_i	A_i 分布	C_i	軟弱地盤割増 (1.0/1.5)	地震力 Q_i (kN)	各階m ² 当り重量 kN/m ²
2F	182.54	182.54	0.592	1.144	0.229	1.00	41.76	2.81
1F	126.05	308.59	1.000	1.000	0.200	1.00	61.72	2.05

略算法による建物重量の算定について（解説）

限界耐力計算によって伝統構法木造建築物の耐震診断をおこなう場合、建物重量の算定に非常に手間と時間がかかることが多い。ここでは建物規模から概算的に建物荷重を求める方法の検討をおこなった。

『2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法』（日本建築防災協会）^[13]による必要耐力の算定を基にM邸の建物重量を逆算したところ以下のとおりとなり、おおむね実際の重量に近い数値が算出された。耐震診断の初期段階で概算的に検討をおこなう場合は略算法による建物重量を使用しても差し支えない。

実際の重量 [kN]	略算法 [kN]	算定比
168.2	182.5	1.09
135.7	126.1	0.93

防災協会における必要耐力とはベースシア係数0.2のときの各階に作用する地震力のことをいい、 A_i 分布に準じた近似値としての地震力（必要耐力）が与えられている。この必要耐力からさらに建物重量を逆算する計算を本マニュアルでは用いている。

必要耐力は各階床面積データの入力および下記の3択を選ぶことで求められる。

※建物仕様……軽い建物・重い建物・非常に重い建物

※地盤……良い地盤・悪い地盤・著しく悪い地盤

※短辺の長さ……4.0m未満・4.0m以上6.0m未満・6.0m以上

（短辺の長さに応じた短辺割増係数がある）

例）軽い建物（スレート葺き屋根や金属板葺き町家など）

重い建物（棧瓦葺き町家）

非常に重い建物（土葺き瓦屋根、外壁内壁とも土塗り壁など）

なおM邸の略算においては短辺割増係数を考慮していない。なぜならば、短辺割増係数とは、短辺が短く奥行きが長い建物において、床面積に対する壁の割合が大きくなり建物重量が増える傾向にあるため、必要耐力がより大きくなるように補正するものであるが、短辺割増係数を考慮すると積雪荷重にも割増しがかかり、建物重量が過大になってしまうためである。

9 章

参考資料

9.1 金澤町家の構法実態調査結果（M邸）

金澤町家の構造特性を把握するための一環として、老朽化により取壊しされる金澤町家の構法実態調査を実施したので、調査結果の一部を以下で紹介する。

9.1.1 調査概要

- 明治7年(1874)頃建築（昭和38年(1963)に調査時の所有者が購入）
- 木造2階建、低町家型、用途は倉庫（改造による用途変更で、元は店舗併用住宅）
- 実態調査には、金沢職人大学校修復専攻科修了生（大工、左官）の助言を得た
- 耐震性能実態調査として常時微動計測を実施し、固有周期と振動モード（揺れ方）を確認した



外観・正面



外観・正面



外観・側面



内観・1階



内観・2階

写真9.1 調査建物（M邸）の概要

9. 1. 2 構法実態調査



構法実態調査（大工からの助言）



部分解体調査（柱の足元を確認）



部分解体調査（柱の足元を確認）



主要軸組架構の確認・野帳記録



主要軸組架構の実測・野帳記録



主要軸組部材の実測・野帳記録



主要軸組部材の実測・野帳記録



復原考察（当初形態の痕跡確認）



土壁の仕様調査



土壁下地（小舞）の仕様調査



土壁下地（小舞）の仕様調査



土壁下地（小舞）の仕様調査



壁の仕様調査・土壁塗層、小舞下地（写真左：全面、写真中・右：部分解体部分の表裏）



壁の仕様調査・土壁塗層

壁の仕様調査・小舞下地

壁の仕様調査・貫

【壁の仕様】

- 土壁：厚さ 1寸8分程度（約55mm）
- 間渡し：竹 タテ Φ 5分（約15mm）半割り
ヨコ Φ 3分5厘（約11mm）
- ウグイス（柱留め材）：竹 長さ 3寸～3寸5分（約90～105mm）
- 小舞：ススキ タテ・ヨコ Φ 2分程度（約6mm）2本束@ 1寸2分内外（約36mm）
- 貫寸法：2寸×7分（約60mm×21mm）×3段
2～3寸×7分程度（約60～90mm×21mm）

9.1.3 耐震性能実態調査



常時微動計測状況

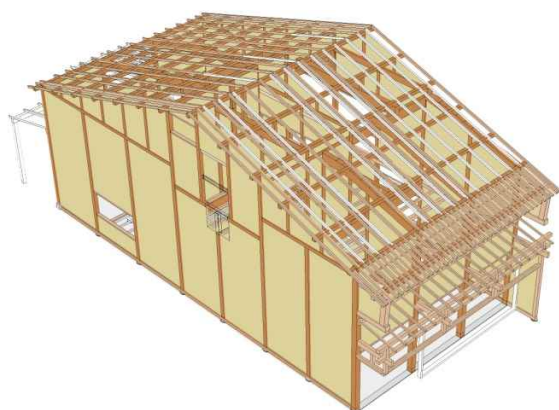


常時微動計測器



常時微動計測器

9.1.4 調査結果



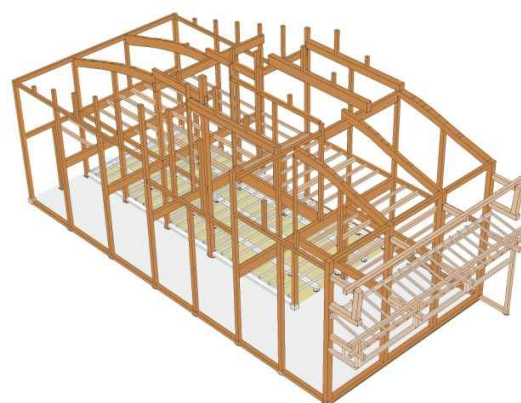
架構図（現況）壁つき



架構図（現況）軸組のみ

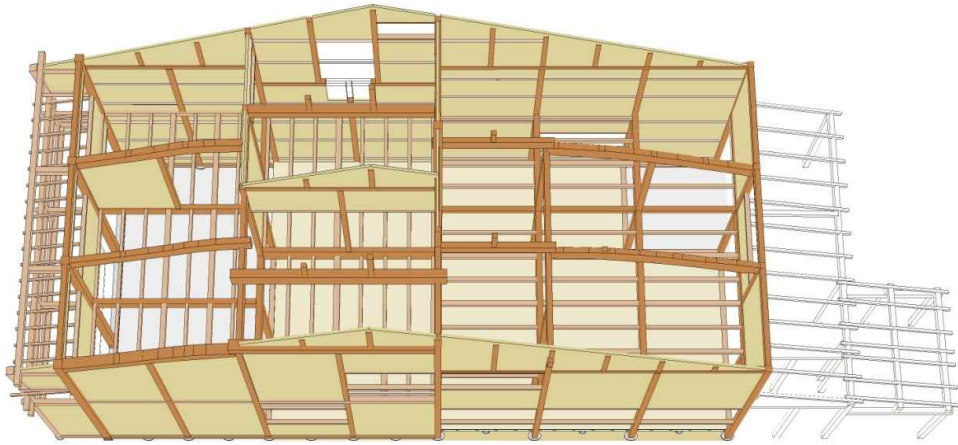


架構図（当初推定）壁つき

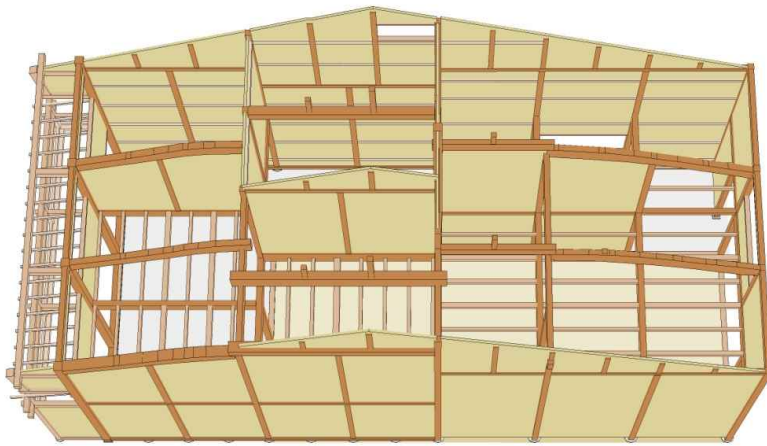


架構図（当初推定）軸組のみ

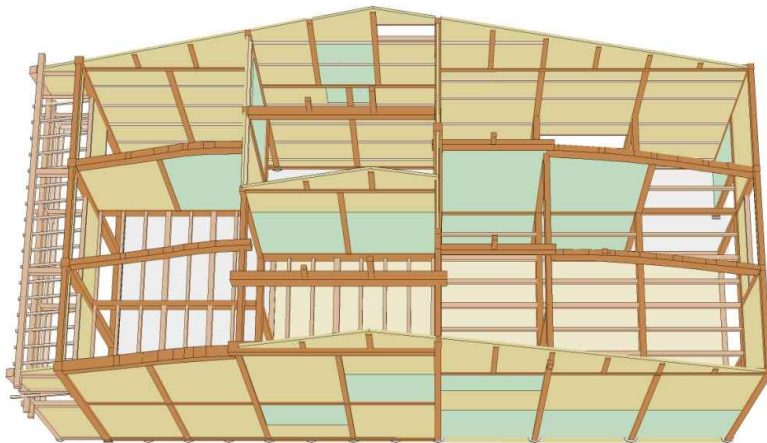
図9.1 M邸構法実態調査結果（架構図）



土壁位置（現況）



土壁位置（当初推定）



土壁位置変更図


（：土壁が解体撤去されたことが痕跡調査にて確認できる部位）

図9.2 M邸構法実態調査結果（改変履歴）

9.2 木材強度ほか

9.2.1 木材の繊維方向の許容応力度（令89条）

表9.1 木材の繊維方向の許容応力度

長期許容応力度 (N/mm ²)				中長期許容応力度 ^{※1} (N/mm ²)				中短期許容応力度 ^{※2} (N/mm ²)				短期許容応力度 (N/mm ²)			
圧縮	引張	曲げ	せん断	圧縮	引張	曲げ	せん断	圧縮	引張	曲げ	せん断	圧縮	引張	曲げ	せん断
$\frac{1.1F_c}{3}$	$\frac{1.1F_t}{3}$	$\frac{1.1F_b}{3}$	$\frac{1.1F_s}{3}$	$\frac{1.43F_c}{3}$	$\frac{1.43F_t}{3}$	$\frac{1.43F_b}{3}$	$\frac{1.43F_s}{3}$	$\frac{1.6F_c}{3}$	$\frac{1.6F_t}{3}$	$\frac{1.6F_b}{3}$	$\frac{1.6F_s}{3}$	$\frac{2F_c}{3}$	$\frac{2F_t}{3}$	$\frac{2F_b}{3}$	$\frac{2F_s}{3}$

※1 中長期許容応力度：3ヶ月程度の荷重継続時間を想定した長期積雪時の許容応力度

※2 中短期許容応力度：3日間程度の荷重継続時間を想定した短期積雪時の許容応力度

※ F_c ：圧縮の基準強度、 F_t ：引張りの基準強度、 F_b ：曲げの基準強度、 F_s ：せん断の基準強度 (N/mm²)

※堅木で特に品質優良なものを車知、込栓の類に使用する場合、その許容応力度は表の数値の2倍まで増大することができる

※基礎ぐい、浴室等の常時湿潤状態の環境下で使用する場合は70%に低減する

9.2.2 木材の基準強度（H12建告1452号）

表9.2 無等級材（日本農林規格に定められていない木材）の基準強度 (N/mm²)

樹種		圧縮 F_c	引張 F_t	曲げ F_b	せん断 F_s
針葉樹	アカマツ、クロマツ、ベイマツ	22.2	17.7	28.2	2.4
	カラマツ、ヒバ、ヒノキ、ベイヒ、ベイヒバ	20.7	16.2	26.7	2.1
	ツガ、ベイツガ	19.2	14.7	25.2	2.1
	モミ、エゾマツ、トドマツ、ベニマツ、スギ、ベイスギ、スプルース	17.7	13.5	22.2	1.8
広葉樹	カシ	27.0	24.0	38.4	4.2
	クリ、ナラ、ブナ、ケヤキ	21.0	18.0	29.4	3.0

※垂木・根太等の荷重を分散して負担する部材（並列材）の曲げ基準強度 F_b は下記による

- ・当該部材群に構造用合板またはこれと同等以上の面材を張る場合：1.25 F_b
- ・その他の場合：1.15 F_b

表9.3 日本農林規格の目視等級区分による構造用製材の基準強度 (N/mm²)

樹種	等級	甲種構造材				乙種構造材			
		圧縮 F _c	引張 F _t	曲げ F _b	せん断 F _s	圧縮 F _c	引張 F _t	曲げ F _b	せん断 F _s
アカマツ	1級	27.0	20.4	33.6	2.4	27.0	16.2	26.4	2.4
	2級	16.8	12.6	20.4		16.8	10.2	16.8	
	3級	11.4	9.0	14.4		11.4	7.2	11.4	
ベイマツ	1級	27.0	20.4	34.2	2.4	27.0	16.2	27.0	2.4
	2級	18.0	13.8	22.8		18.0	10.8	18.0	
	3級	13.8	10.8	17.4		13.8	8.4	13.8	
カラマツ	1級	23.4	18.0	29.4	2.1	23.4	14.4	23.4	2.1
	2級	20.4	15.6	25.8		20.4	12.6	20.4	
	3級	18.6	13.8	23.4		18.6	10.8	17.4	
ダフリカカラマツ	1級	28.8	21.6	36.0	2.1	28.8	17.4	28.8	2.1
	2級	25.2	18.6	31.2		25.2	15.0	25.2	
	3級	22.2	16.8	27.6		22.2	13.2	22.2	
ヒバ	1級	28.2	21.0	34.8	2.1	28.2	16.8	28.2	2.1
	2級	27.6	21.0	34.8		27.6	16.8	27.6	
	3級	23.4	18.0	29.4		23.4	12.6	20.4	
ヒノキ	1級	30.6	22.8	38.4	2.1	30.6	18.6	30.6	2.1
	2級	27.0	20.4	34.2		27.0	16.2	27.0	
	3級	23.4	17.4	28.8		23.4	13.8	23.4	
ベイツガ	1級	21.0	15.6	26.4	2.1	21.0	12.6	21.0	2.1
	2級	21.0	15.6	26.4		21.0	12.6	21.0	
	3級	17.4	13.2	21.6		17.4	10.2	17.4	
エゾマツ、 トドマツ	1級	27.0	20.4	34.2	1.8	27.0	16.2	27.0	1.8
	2級	22.8	17.4	28.2		22.8	13.8	22.8	
	3級	13.8	10.8	17.4		13.8	5.4	9.0	
スギ	1級	21.6	16.2	27.0	1.8	21.6	13.2	21.6	1.8
	2級	20.4	15.6	25.8		20.4	12.6	20.4	
	3級	18.0	13.8	22.2		18.0	10.8	18.0	

※垂木・根太等の荷重を分散して負担する部材（並列材）の曲げ基準強度F_bは下記による

- ・当該部材群に構造用合板またはこれと同等以上の面材を張る場合：1.25F_b
- ・その他の場合：1.15F_b

表9.4 日本農林規格の機械等級区分による構造用製材の基準強度 (N/mm²)

樹種	等級	圧縮 F _c	引張 F _t	曲げ F _b	せん断 F _s
アカマツ、ベイマツ、ダフリカカラマツ、ベイツガ、エゾマツ、トドマツ	E70	9.6	7.2	12.0	樹種に応じ、 表9.3の基準 強度による
	E90	16.8	12.6	21.0	
	E110	24.6	18.6	30.6	
	E130	31.8	24.0	39.6	
	E150	39.0	29.4	48.6	
カラマツ、ヒノキ、ヒバ	E50	11.4	8.4	13.8	
	E70	18.0	13.2	22.2	
	E90	24.6	18.6	30.6	
	E110	31.2	23.4	38.4	
	E130	37.8	28.2	46.8	
	E150	44.4	33.0	55.2	
スギ	E50	19.2	14.4	24.0	
	E70	23.4	17.4	29.4	
	E90	28.2	21.0	34.8	
	E110	32.4	24.6	40.8	
	E130	37.2	27.6	46.2	
	E150	41.4	31.2	51.6	

※垂木・根太等の荷重を分散して負担する部材（並列材）の曲げ基準強度F_bは下記による

- ・当該部材群に構造用合板またはこれと同等以上の面材を張る場合：1.15F_b

9.2.3 木材のめり込み、圧縮材の座屈の許容応力度（H13建告1024号）

表9.5 めり込みの許容応力度

荷重方向と木材の繊維方向がなす角度		使用部位	長期許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度 (N/mm ²)	
			積雪時	積雪時以外	積雪時	積雪時以外
(1)	10°以下	すべて	$\frac{1.43F_c}{3}$	$\frac{1.1F_c}{3}$	$\frac{1.6F_c}{3}$	$\frac{2F_c}{3}$
(2)	10°超～70°未満	すべて	(1)と(3)の数値を角度に応じて直線的に補間した数値			
(3)	70°以上	土台等の横架材（当該部材のめりこみによって他の部材の応力に変化が生じない場合に限る）	$\frac{1.5F_{cv}}{3}$	$\frac{1.5F_{cv}}{3}$	$\frac{2F_{cv}}{3}$	$\frac{2F_{cv}}{3}$
		上記の場合以外	$\frac{1.43F_{cv}}{3}$	$\frac{1.1F_{cv}}{3}$	$\frac{1.6F_{cv}}{3}$	$\frac{2F_{cv}}{3}$

※ F_c : 圧縮の基準強度、 F_{cv} : めり込みの基準強度 (N/mm²)

※ 基礎ぐい、浴室等の常時湿潤状態の環境下で使用する場合は70%に低減する

表9.6 めり込みの基準強度

樹種		基準強度 F_{cv} (N/mm ²)
針葉樹	アカマツ、クロマツ、ベイマツ	9.0
	カラマツ、ヒバ、ヒノキ、ベイヒ、ベイヒバ	7.8
	ツガ、ベイツガ、モミ、エゾマツ、トドマツ、ベニマツ、スギ、ベイスギ、スプルース	6.0
広葉樹	カシ	12.0
	クリ、ナラ、ブナ、ケヤキ	10.8

表9.7 圧縮材の座屈の許容応力度

有効細長比 λ	長期許容応力度 (N/mm ²)	中長期許容応力度 ^{*1} (N/mm ²)	中短期許容応力度 ^{*2} (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)
$\lambda \leq 30$ の場合	$\frac{1.1F_c}{3}$	$\frac{1.43F_c}{3}$	$\frac{1.6F_c}{3}$	$\frac{2F_c}{3}$
$30 < \lambda \leq 100$ の場合	$\frac{1.1}{3}(1.3 - 0.01\lambda)F_c$	$\frac{1.43}{3}(1.3 - 0.01\lambda)F_c$	$\frac{1.6}{3}(1.3 - 0.01\lambda)F_c$	$\frac{2}{3}(1.3 - 0.01\lambda)F_c$
$\lambda > 100$ の場合	$\frac{1.1}{3} \cdot \frac{3000}{\lambda^2} F_c$	$\frac{1.43}{3} \cdot \frac{3000}{\lambda^2} F_c$	$\frac{1.6}{3} \cdot \frac{3000}{\lambda^2} F_c$	$\frac{2}{3} \cdot \frac{3000}{\lambda^2} F_c$

※ F_c : 圧縮の基準強度 (N/mm²)

※ $\lambda = l_e \sqrt{A/I}$ [l_e : 有効座屈長さ (mm)、 A : 断面積 (mm²)、 I : 断面二次モーメント (mm⁴)]

9.3 固定荷重参考値

表9.8 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 (N/m ²)		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		
	木造の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		
		木ずりしっくい塗		340			
		鉄網モルタル塗		640			
	木造の建築物の小舞壁			830	軸組を含む		

表9.9 固定荷重の参考値(1/2) ^[5]

使用部位	材 料	単位面積 当たり荷重 (N/m ²)	備 考
屋根	瓦	516	5寸勾配の場合は1.118を乗じる、熨斗瓦5段を含む
	ガルバリウム鋼板	50	下屋や底に使用
	ルーフィング	12	5寸勾配の場合は1.118を乗じる、22キロルーフィングを想定
	野地板15mm	60	比重0.4
	野地板30mm	120	比重0.4
	垂木45×45mm	40	303mmピッチ
	垂木45×120mm	60	380mmピッチ
	垂木120×120mm	60	910mmピッチ
	母屋120×120mm	65	910mm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	300×300mmピッチ(45×45mm材)
	重い天井	390	モルタル天井を想定(下地込み)
	断熱材	30	軽い断熱材厚さ200mm
	断熱材	15	軽い断熱材厚さ100mm
	木質断熱材50mm	120	木質は比重が0.23なので50mmだと120N/m ²
	木質断熱材25mm	60	木質は比重が0.23なので25mmだと60N/m ²
	板12mm	50	比重0.4
	板15mm	60	比重0.4
	板30mm	120	比重0.4
	根太45×60mm	35	303mmピッチ
	竿縁天井	50	天井板9mm+竿縁
	下地45mm	25	非常に軽い天井組下地
	石膏ボード12.5mm	100	
	塗り4mm	10	
	下地45×45mm縦横	50	303~450mmピッチ
	わら畳	180	
床梁	250	比重0.4、梁形状120×270mm・120×300mm	

表9.10 固定荷重の参考値(2/2) [5]

使用部位	材 料	単位面積 当たり荷重 (N/m ²)	備 考
壁	石膏ボード12.5mm	100	比重0.95の普通石膏ボード
	塗り4mm	10	
	下地45mm	25	45mm材303mmピッチ、片方下地、石膏ボード下地
	壁下地45mm縦横	50	45×45mm、303mmピッチ、ボード下地材
	漆喰2mm	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50mm	590	貫、木舞、土
	土壁60mm	707	貫、木舞、土
	土壁65mm	766	貫、木舞、土
	土壁70mm	825	貫、木舞、土
	土壁80mm	942	貫、木舞、土
	軸組み	150	主に柱120mm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45mm縦横	50	45×45mm、303～450mmピッチ、縦横下地
	保護モルタル15mm	300	20mmの場合は400N/m ² となる
	モルタル下地板12mm	50	比重0.4
	木ずり漆喰15mm	140	プラスター+漆喰共15mm
	木ずり8mm	30	同上下地材8×40mm材
	下地45mm材	25	木ずり下地として45mm材を縦使用、303mmピッチ
	ラスボードへ漆喰15mm	140	漆喰、聚楽、プラスター珪藻土等15mmの総重量
	ラスボード7.5mm	60	同上下地ラスボード7.5mm
下地貫・下地45mm縦	25	21mm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

9.4 金沢仕様土壁の実験データ

平成19年度から平成21年度にかけておこなわれた、金沢工業大学による金沢仕様の土壁実験について抜粋しまとめた。(実験詳細は前マニュアル^[1]参照)

表9.11 金沢仕様土壁の試験体概要

名称	試験年度	スパン mm	柱径 mm	壁厚 mm	貫 mm	チリ周り	ほぞ	重量 kg	仕様等特記
07-4	H19	2700×1830	105	70	15×75@5	無し	長ほぞ	430 程度	土養生不明/ 試験体養生 1 か月
07-5	H20	2700×1830	105	70	15×75@5	無し	長ほぞ	430	土養生不明/ 試験体養生 1 年
08-2	H20	2730×1820	105	70	15×90@5	ひげまき	長ほぞ	468	土養生無 / 試験体養生 1 か月
08-3	H20	2730×1820	105	70	15×90@5	ひげまき	長ほぞ	493	土養生 1 年/ 試験体養生 1 か月
08-4	H20	2730×1820	105	70	15×90@5	ひげまき	長ほぞ	466	土養生無 / 試験体養生 3 か月
08-5	H20	2730×1820	105	70	15×90@5	ひげまき	長ほぞ	496	土養生 1 年/ 試験体養生 3 か月

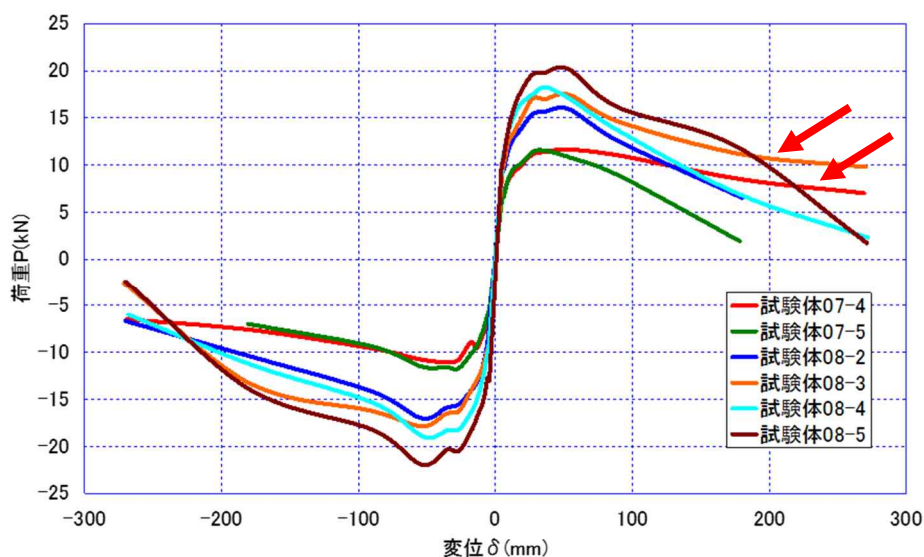


図9.3 各試験体の骨格曲線

【実験結果に対する考察】

● 木材乾燥による耐力低下（柱脚の破損）

同一仕様で試験体の養生期間の異なる07-4と07-5を比較すると、養生期間が長い07-5の変形性能が低下している。これはホールダウン金物が取付いた柱脚が1/15rad変形時に裂けるような破壊を生じて耐力が低下したものであり、養生期間に試験体の柱が乾燥した影響とみられる。

● 壁土の密度、チリ周り処理による耐力向上

試験体の養生期間が同じと07-4と08-2を比較すると、08-2のほうが重量が40kg程

度重い。これは壁土中の藁スサの細かさと、施工した左官職人の違いにより、08-2の壁土の密度が高くなったためとみられ、耐力向上がみられる。また08-2ではチリにひげまきを施すことで、耐力向上に寄与しているとみられる。

● 壁土養生による耐力向上

同一仕様で壁土の養生期間の異なる08-2と08-3を比較すると、壁土の養生期間の長い08-3のほうが重量が25kgほど重い。養生期間の間にスサが腐れ、スサを足したことにより、壁土自体の粘り強さが増大するとともに、壁土密度が高くなり、耐力も向上したとみられる。

【実験値から復元力特性への変換】

チリ周り処理のない07-4、07-5と、チリ周りにひげまきを施した08-2～08-5から1体ずつ抽出し、実験値をもとに変形角あたりの復元力特性を作成した。

チリ周り処理のない試験体のうち、07-5は柱脚が1/15rad変形時点で破断しているため、07-4を抽出した。

ひげまきを施した中では、壁土養生の無い08-2と08-4が07-4の仕様に近いものの、柱脚が1/15時点で破断しているため、土養生期間は異なるが08-3を抽出した。

変換方法は以下のとおりである。

1. 実験値より以下を読み取る（目視）。

P_y （降伏耐力、1/120の値を代用）、 P_{max} （最大耐力）、 P_u （終局耐力）

2. 実験値から読み取った P_y 、 P_{max} 、 P_u による直線式上での変形角 1/120rad、1/60rad、1/40rad、1/30rad、1/25rad、1/20rad、1/15rad 時のそれぞれの値を読み取る。

本実験はいずれも仕様の異なる1つの実験体のデータであることを考慮する必要はあるが、竹小舞仕様を基とした土壁架構の設計用復元力（文献[2]等に記載）である9kN以上の復元力をおおむね有することがわかる。

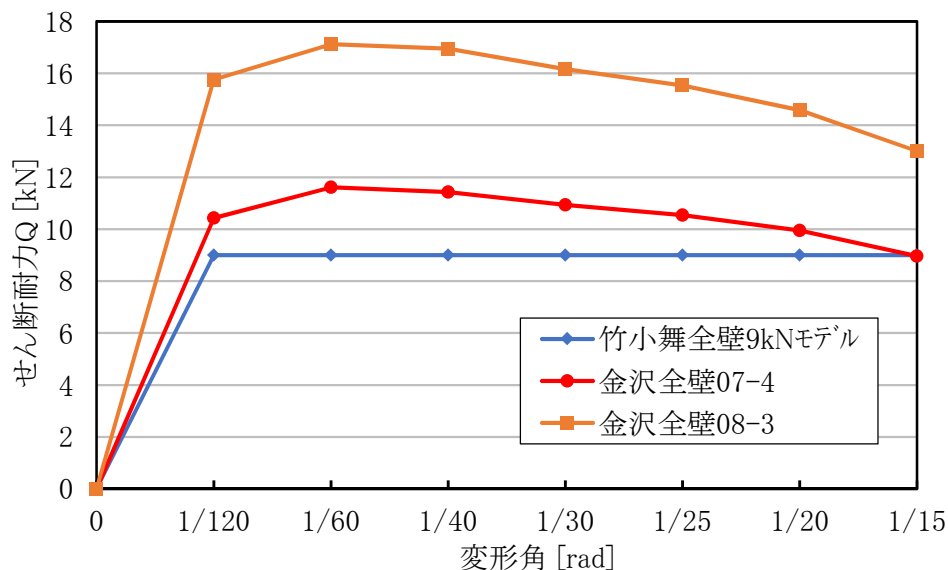
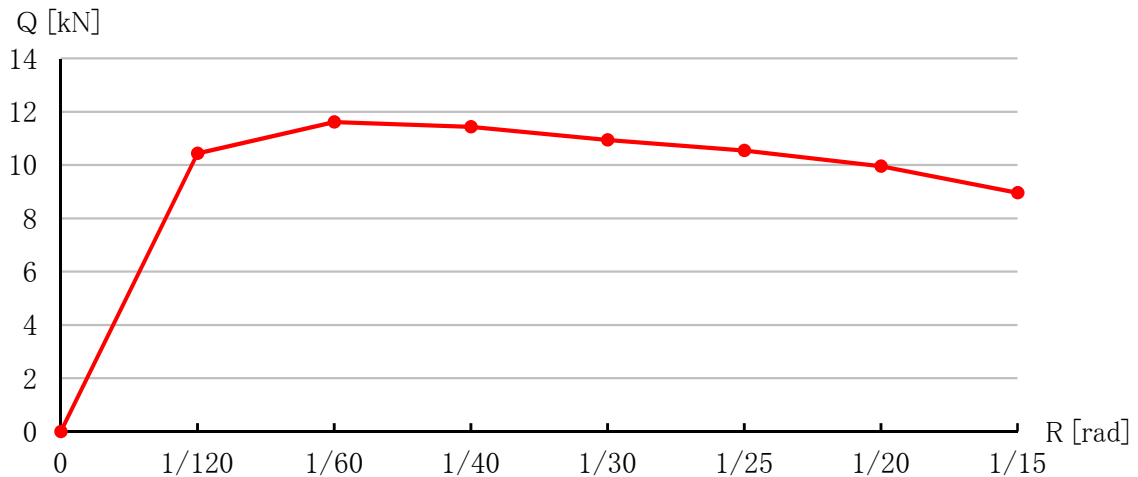


図9.4 金沢仕様土壁と竹小舞土壁モデルの復元力特性の比較

土壁を含む架構（金沢壁-全壁 07-4）



変形角 R	rad	1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
せん断耐力 Q	kN	10.4	11.6	11.4	10.9	10.5	9.9	8.9

【仕様】

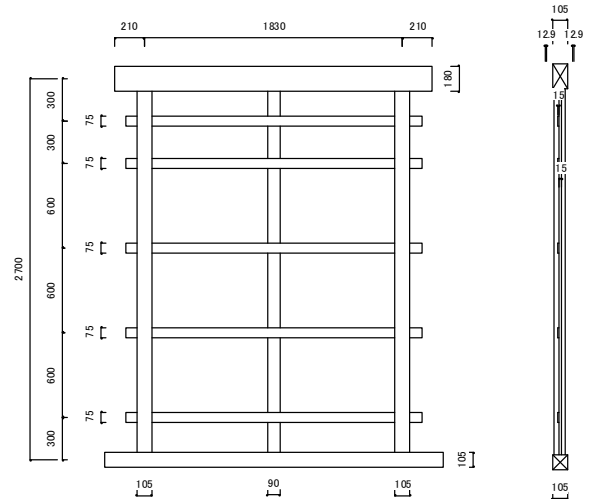
- ・養生期間：土養生なし、試験体養生1か月
- ・柱：105mm角
- ・樹種：桁がマツ、他はスギ材
- ・土壁厚：70mm
- ・貫：15×75mm 5本
- ・横間渡し：女竹φ9 ウグイス上
- ・縦間渡し：女竹φ9 ウグイス向かって右
- ・小舞：ヨシφ6 2本/1束
- ・小舞縄の巻き方：縦横共チドリ
- ・間渡しは貫に釘止め（N20程度、2本）
- ・ウグイス：竹割り L=9cm
- ・チリ加工：なし

【復元力特性に含まれるもの】

- ・土壁（貫や下地をすべて含む）と、柱の長ほぞ4箇所分。

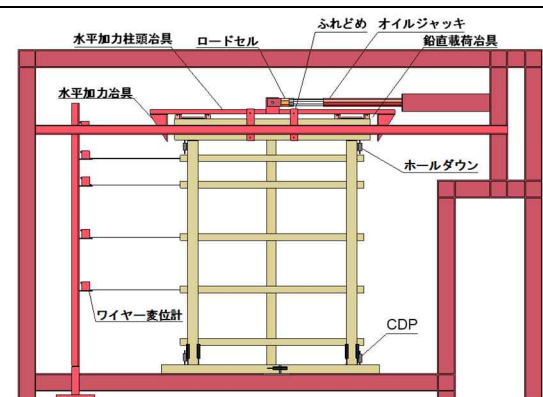
【備考】

金沢工業大学 平成19年（2007）試験体7-4



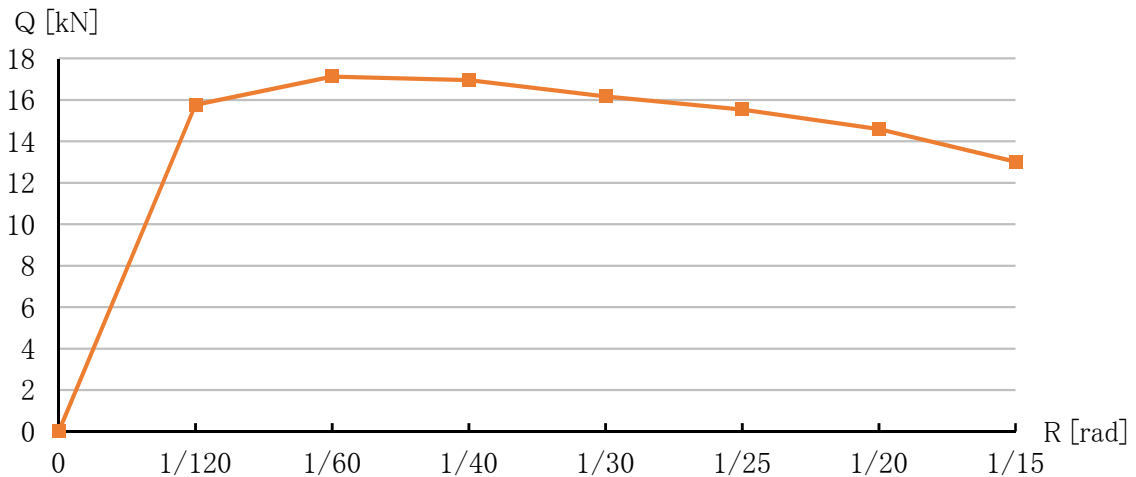
試験体スパン：2700mm×1830mm

重量：430kg程度（参考）



- ・柱頭、柱脚はホールダウン金物を用いて固定
- ・桁上部に水平加力柱頭治具を設置し、オイルジャッキによる加力をおこなう。

土壁を含む架構（金沢壁-全壁 08-3）



変形角 R	rad	1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
せん断耐力 Q	kN	15.7	17.1	16.9	16.1	15.5	14.5	13.0

【仕様】

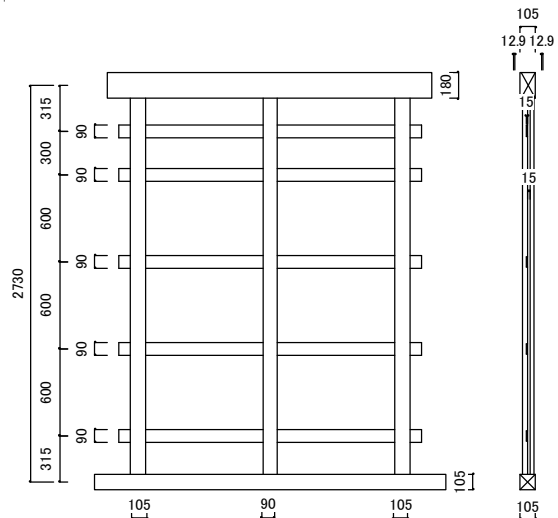
- ・養生期間：土養生 1 年、試験体養生 1 か月
- ・柱：105mm角
- ・樹種：桁がマツ、他はスギ材
- ・土壁厚：70mm
- ・貫：15×75mm 5本
- ・横間渡し：女竹φ9 ウグイス上
- ・縦間渡し：女竹φ9 ウグイス向かって右
- ・小舞：ヨシφ6 2本/1束
- ・小舞縄の巻き方：縦横共チドリ
- ・間渡しは貫に釘止め（N20程度、2本）
- ・ウグイス：竹割り L=9cm
- ・チリ加工：ひげまき（竹に麻を貼付けたもの）を釘で四周に固定、中塗りに塗り込む

【復元力特性に含まれるもの】

- ・土壁（貫や下地をすべて含む）と、柱の長さ4箇所分。

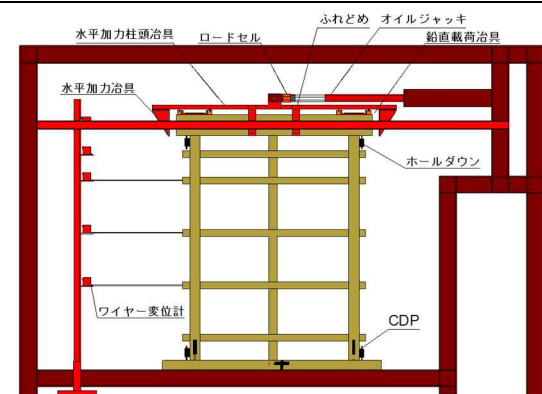
【備考】

金沢工業大学 平成20年（2008）試験体08-3



試験体スパン：2730mm×1820mm

重量：493kg



- ・柱頭、柱脚はホールダウン金物を用いて固定
- ・桁上部に水平加力柱頭治具を設置し、オイルジャッキによる加力をおこなう。

9.5 地盤種別の判別について^[5]

限界耐力計算においては、表層地盤による加速度増幅率 (G_s) の設定が応答値に大きく影響するため、物件ごとに詳細な地盤調査をおこなうことが望ましい。ただし本マニュアルにおいては、 G_s を算出する際の地盤種別については表9.12に基づき設定しても良いこととする。

表9.12 地盤種別と30m平均S波速度 (avVs) *の関係

地盤種別	avVs (m/sec)
第1種地盤	$400 \leq \text{avVs}$
第1.5種地盤	$255 \leq \text{avVs} < 400$
第2種地盤	$160 \leq \text{avVs} < 255$
第3種地盤	$\text{avVs} < 160$

各地盤種別の地盤周期は、『2020年版建築物の構造関係技術解説書』^[14]より、表9.13のように示される。ここで、第1.5種地盤の地盤周期は、第1種地盤と第2種地盤の中間値とした。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、(9.2)式、(9.3)式から(9.4)式が得られる。T_gについて、T₁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9.12のように得られる。

表9.13 地盤種別と地盤周期 (T_g) の関係

地盤種別	T _g (sec)
第1種地盤	$T_g \leq 0.2$
第1.5種地盤	$0.2 < T_g \leq 0.47$
第2種地盤	$0.47 < T_g \leq 0.75$
第3種地盤	$0.75 \leq T_g$

※ 表における30m平均S波速度avVsは、国立研究開発法人 防災科学技術研究所が提供する「J-SHIS Map」(<https://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>)により調べることができる。「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。

J-SHISによれば、金沢平野の地盤における表層30m平均S波速度はおおよそ160~200m/sで、第2種地盤ないしは第3種地盤に相当する。北陸本線より山側になると表層30m平均S波速度は約300m/s以上で、地盤周期T_gは0.3~0.4秒になり第1種に近い第2種地盤と推定される。

$$T_1 = \frac{4(\sum Hi)^2}{\sum \sqrt{\frac{Gi}{\rho i}} Hi} \quad \dots\dots (9.2)$$

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad \dots\dots (9.3)$$

$$T_1 = \frac{120}{avV_s} \quad \dots\dots (9.4)$$

The screenshot shows the J-SHIS Map interface. At the top, there's a search bar with '地名 例：茨城県' and a '場所を検索' button. Below it, there are several filter buttons: '確率論的地震動予測地図', '長期間平均ハザード', '地震分類別地図', '条件付超過確率', and '想定地震地図'. A dropdown menu shows '2020年版' and another shows '30m平均S波速度'. On the left, a '地点情報-表層地盤' window is open, displaying the following data:

メッシュコード	5436657223
緯度	36.5615
経度	136.6578
平均標高	27(m)
微地形区分	砂礫質台地
30m平均S波速度	341(m/s)
地盤増幅率(Vs=400~地表)	1.15
詳細法工学的基盤面30m平均S波速度	-
30m平均S波速度出典	微地形区分

図9.5 J-SHIS Mapの利用例
地盤カルテより図示地の地盤は「第1.5種地盤」と想定される

【参考文献一覧】

- [1] 金沢市伝統構法木造建築物耐震性向上マニュアル策定検討ワーキング『金沢市伝統構法木造建築物耐震性向上マニュアル（町家編）』金沢市、2011. 3
- [2] 木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会『伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアルー限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法』学芸出版社、2004. 3
- [3] 一般社団法人日本建築構造技術者協会関西支部『伝統的な軸組構法を主体とした木造住宅・建築物の耐震性能評価・耐震補強マニュアル（第2版）』2014. 4
- [4] 一般社団法人日本建築構造技術者協会関西支部『京町家の限界耐力計算による耐震設計および耐震診断・耐震改修指針（第3版）』京都市都市計画局、2014. 3
- [5] 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『高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル』2014. 3
- [6] 伝統的構法木造建築物設計マニュアル編集委員会『伝統的構法のための木造耐震設計法石場建てを含む木造建築物の耐震設計・耐震補強マニュアル』学芸出版社、2019. 6
- [7] 金沢市教育委員会、金沢市伝統的建築物・町並み調査会『金沢の歴史的建築と町並み』1992. 3
- [8] 京町家震動台実験研究会（鈴木祥之代表）『京町家の耐震補強と新しい京町家をつくる』2006. 7
- [9] 文化庁文化資源活用課、文化財第二課『伝統的建造物群の耐震対策の手引』2020. 1
- [10] 一般社団法人日本イコモス国内委員会『2016年 熊本地震 日本イコモス報告書 文化財の被害状況と復旧』2019. 3
- [11] 輪島市教育委員会『能登・黒島の町並み 輪島市黒島地区伝統的建造物群保存対策調査報告書』2008. 12
- [12] 金沢市『金沢市建築物耐震改修促進計画』2016. 3
- [13] 一般財団法人 日本建築防災協会、国土交通大臣指定耐震改修支援センター『2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法』2012. 6
- [14] 一般財団法人建築行政情報センター、一般財団法人日本建築防災協会『2020年版建築物の構造関係技術基準解説書』全国官報販売協同組合、2020. 10

金沢市伝統構法木造建築物
耐震性向上マニュアル（町家編）
令和2年度改訂版

令和3年3月発行

発行：金沢市文化スポーツ局歴史都市推進課

〒920-8577石川県金沢市広坂1丁目1番1号

TEL : 076-220-2208

Email : rekishitoshi@city.kanazawa.lg.jp