

第5章 木造建築物の被害

5.1 調査概要

5.1.1 調査目的

平成16年新潟県中越地震発生に伴い、木造建築物にも多数の被害が発生した。国道交通省国土技術政策総合研究所と独立行政法人建築研究所は、地震発生の翌日から木造建築物の被害概況を把握し、応急危険度判定業務の支援を行うとともに、以後の調査計画を策定するための基礎資料を得る目的で、初動調査を行った。さらに、11月、12月の2回にわたり、初動調査に続いて被害概要の把握を継続するとともに、木造建築物の構法、構造要素の配置などを把握し、被害程度との関係から被害の特徴を把握し、被害原因を究明するための基礎資料を得る目的で、2次調査、3次調査を実施した。

本節では、これらの調査によって得られた調査結果をとりまとめるとともに、被害原因に関する考察として、壁量と被害程度の関係、及び地震応答計算による検討の結果について述べる。

5.1.2 調査日程

初動調査：平成16年10月24日（日）～28日（木）

2次調査：平成16年11月7日（日）～10日（水）

3次調査：平成16年12月12日（日）～13日（月）

5.1.3 調査者

国土交通省国土技術政策総合研究所

建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官 槌本敬大

(10/24～28, 11/7～10, 12/12～13)

建築研究部構造基準研究室 主任研究官 宮村雅史 (11/7～10, 12/12～13)

独立行政法人建築研究所

構造研究グループ上席研究員 河合直人 (10/26～28, 11/7～10)

材料研究グループ主任研究員 山口修由 (11/7～10, 12/12～13)

構造研究グループ交流研究員 村上知徳 (12/12～13)

5.1.4 調査スケジュール

初動調査

10月24日 国交省北陸地方整備局、新潟県庁にて情報収集

10月25日 上空より被害概要調査、小千谷市、川口町の被害概要調査、長岡市役所にて情報収集

10月26日 堀之内町竜光地区、新道島地区の被害概況調査、川西町役場にて情報収集

10月27日 小千谷市27日の余震で被災した木造建物調査、川口町役場周辺、牛ヶ島、木沢、武道窪の各地区の被害概要調査

- 10月28日 長岡市役所で情報収集、川口町田麦山、相川、和南津地区の被害概要調査
2次調査
- 11月7日 旧堀之内町新道島地区の被害物件の調査
- 11月8日 旧堀之内町新道島地区の被災家屋の詳細調査、小千谷市東吉谷地区の被害概要調査
- 11月9日 川口町武道窪地区の被災家屋の詳細調査
- 11月10日 川口町役場周辺の被災家屋の詳細調査、同町和南津地区の被害概要調査
3次調査
- 12月12日 小千谷市東吉谷地区の被災家屋の詳細調査
- 12月13日 川口町和南津地区及び同町武道窪地区の被災家屋の詳細調査

5.1.5 調査内容

初動調査

新潟県庁からの情報提供に基づき、被害が集中しており、かつアクセスが可能な地区を調査対象に選定し、小千谷市の市街地周辺、旧堀之内町の竜光、新道島地区、川口町の役場周辺、牛ヶ島、木沢、武道窪、田麦山、相川、和南津（トンネル付近のみ）の各地区において、主として道路からの視察及び建物の外観目視により被害概要調査を行った。この間、川口町役場、堀之内町役場、川西町役場及び長岡市役所において情報収集を行った。

2次調査

初動調査の結果、被害率が高いと判断された旧堀之内町新道島地区、川口町武道窪地区、同町川口地区の被災木造建築物のなかから、詳細調査を実施する建物を選定して、詳細調査を実施した。調査対象の選定にあたっては、最下層をRCまたはS造とする高床式木造建築物と、通常（数cm～数十cm）の基礎高を有する木造建築物に分け、両者それぞれについて残留変形が大きいなど被害の大きい物件と外観上は比較的被害軽微に見える物件がそろおうよう、対象を選定している。

詳細調査では、建築物の属性（階数、用途、構造方法、地下または基礎の構造方法等）、敷地条件（地盤の状況、擁壁の有無等）とその被害状況、基礎、土台、外壁、内壁、屋根の仕様とその被害程度、主要構造部分の仕様（柱、筋かいの寸法と留め付け方法等）とその被害程度を調査するとともに、各部の残留変形を計測し、建築物の間取り及び壁の配置等の作図又は図面を収集し、併せて建設年代や増改築履歴等に関する居住者に対するヒアリングを行っている。

その他、初動調査時に甚大な被害が確認された小千谷市東吉谷地区及び川口町和南津地区（集落全体）について、初動調査と同様の被害概要調査を行った。

3次調査

2次調査までの間に、2階の層崩壊や大破という特徴的な被害を示していた小千谷市東吉谷地区及び川口町和南津地区の被災家屋、及び床がめくれるという特異な被害が生じた川口町武道窪地区の被災家屋について、2次調査と同様の詳細調査を実施した。

以上、初動調査から3次調査までの間に被害の概要調査、詳細調査、情報収集等を行っ

た地域、集落をまとめると以下の通りである。

- ・小千谷市中心市街地・・・被害概要調査
- ・小千谷市東吉谷・・・・被害概要調査、詳細調査 2 物件
- ・川口町川口・・・・被害概要調査、詳細調査 5 物件
- ・同 武道窪・・・・被害概要調査、詳細調査 5 物件
- ・同 田麦山・・・・被害概要調査
- ・同 和南津・・・・被害概要調査、詳細調査 1 物件
- ・同 牛ヶ島・・・・被害概要調査
- ・同 相川・・・・被害概要調査
- ・同 木島・・・・被害概要調査
- ・魚沼市（旧堀之内町）竜光・・・・被害概要調査
- ・同 新道島・・・・被害概要調査、詳細調査 9 物件
- ・長岡市・・・市役所による情報収集
- ・川西町・・・町役場による情報収集

5.2 被害の概要

各地区の被害の概要を以下に記述する。被害が大きかった地区と報道等がなされた地震による主なトピックとの位置関係を図 5-1 に示す。

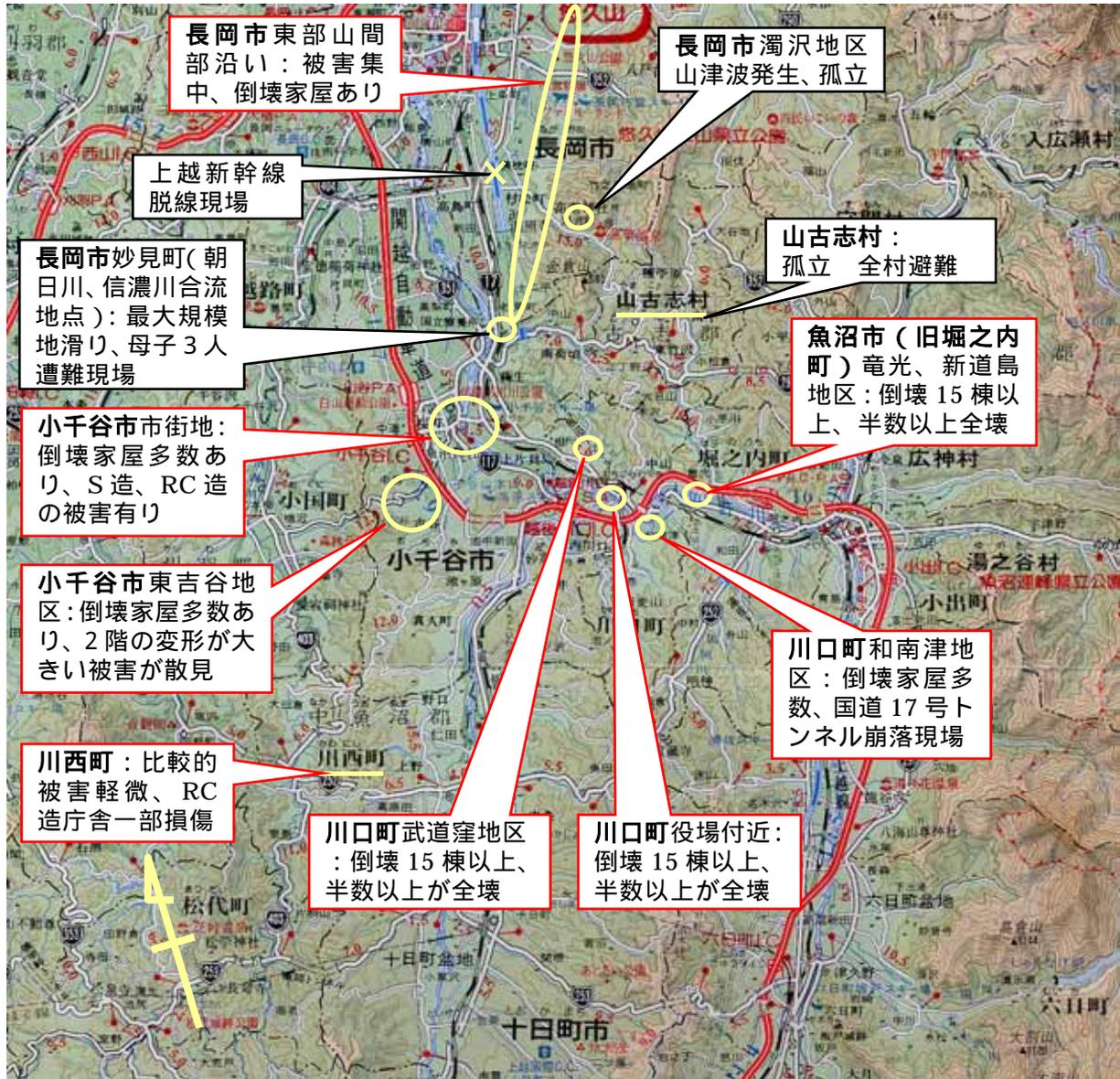


図 5-1 初動調査の範囲と概況

5.2.1 小千谷市の被害概況

(1) 旭橋両端の中心市街地付近(小千谷市本町、東栄など)の被害

店舗併用住宅の倒壊(写真 5-1)、土塗り壁を有するような比較的古い構法による木造家屋の倒壊(写真 5-2)が複数確認された。前者が立地する商店街の後背地は崖で下がっている。上部構造の問題もあるが、その支持地盤が良くないために倒壊、または大破した建物もあるものと看取された。

平成 2 丁目付近の神社でほとんどの墓石が西側に倒れていた(写真 5-3)。転倒墓石の縦

横比は 45 cm × 103cm、30 cm × 64cm であり、0.45G 程度は入力されたと推察された。神社の本堂も大きく南に傾斜（写真 5-4）していた。



写真 5-1 倒壊した木造店舗



写真 5-2 比較的古い構法の木造家屋の倒壊



写真 5-3 ほとんどの墓石が転倒



写真 5-4 大きく傾いた本堂

（ 2 ）小千谷市東吉谷地区の被害概況

小千谷市大字東吉谷と称される地区には、数十戸程度の小集落が山際に断続的に並び、全部で 200～300 世帯が田畑の中に存在する。吉谷小学校の周辺に 4、5 棟の木造家屋の倒壊が集中しているのが確認された（写真 5-5～5-8）。大破したものを含めると全体の 1 / 3 程度は全壊に相当する。小千谷市市街地よりも被害率は高く、被害の程度も大きい。後述の川口町、旧堀之内町新道島地区よりは被害率は低い。

とくに 2 階が層崩壊した住宅（写真 5-9）、1 階の RC 造部分から 2 階以上の木造部分が崩落した建物（写真 5-10）が少なくとも 5 物件以上は存在した。1 階の残留変形より 2 階の残留変形が大きい家屋（後述の詳細調査を行った建物 1-H-1）なども含めると、その割合は、最近の震害（平成 7 年兵庫県南部地震、平成 12 年鳥取県西部地震、平成 15 年宮城県北部連続地震など）による同様の被害例より、高い。



写真 5-5 住宅倒壊



写真 5-6 納屋倒壊



写真 5-7 住宅倒壊。後ろは吉谷小学校



写真 5-8 住宅大破



写真 5-9 2階が崩壊した2階建て木造



写真 5-10 木部2階が崩落した高床式木造（1層はRC造）

5.2.2 川口町の被害概況

（1）町役場付近（通称、東川口地区）の被害分布と被害概況

東川口地区には、川口町の全 1,577 世帯のうち約 1 / 3 にあたる約 500 世帯が集中し、町役場付近だけでも倒壊した民家や、店舗併用住宅(写真 5-11)等が建ち並び(写真 5-12)、倒壊家屋はざっと見ただけで 15 棟以上ある。大破(写真 5-13)を含めると役場付近の半数以上の建築物が全壊に近いが、上空から見てもブルーシートを被せた住宅はさほど多く

なかった（写真 5-14）。町役場付近では山間部のように敷地の崩壊や顕著な不同沈下等はほとんどないが、あったとしてもその程度は軽いものと見受けられるため、これらの被害はほぼ震動によるものと考えられる。ただし、町役場の北東に走る主要地方道小千谷川口大和線は、路盤の陥没が至るところで見られた。町役場付近の寺の墓石はほぼ東西に転倒し（写真 5-15）、ここでも主振動方向は東西方向と推測された。本堂も大きく傾斜していたが、11月10日の時点では修復工事が進んでいた。

高床式木造住宅は他の地域同様、比較的被害が軽微であるものが多かったが、1階をS造とし、2、3階を木造とした住宅の2階部分が激しく損傷し、大きく傾斜した例（後述の詳細調査を実施した1-K-1）、1層をRC造とし、2、3層の木造部分が激しく損傷した例（同1-K-3）があった。1層のRCに微小クラックが入った例もあった。大破した土蔵（写真 5-16）液状化によると見られる噴砂の痕跡も確認された。



写真 5-11 倒壊した店舗併用住宅



写真 5-12 立ち並ぶ倒壊家屋



写真 5-13 大破した店舗併用住宅



写真 5-14 上空から見た川口町役場付近



写真 5-15 墓石の転倒（画面右が西）



写真 5-16 大破した土蔵

(2) 川口町武道窪地区の被害状況

武道窪地区は約 50～60 世帯の民家型木造家屋が中心の緩やかな傾斜地で、倒壊家屋(写真 5-17～19)が 10 棟以上あり、大破した家屋(例えば 1-B-1)を含めると集落の半数以上がほぼ全壊したとみられる。車庫、作業小屋の倒壊(写真 5-20, 21)も目立つ。

豪雪地域型高床木造は概して被害軽微(写真 5-22)であるが、2 層以上の木造部分が傾斜した例(1-B-3)もあった。また、居住者の話に基づくと、2 階の床がめくれ上がる等の被害(写真 5-39)もあったようである。なお、障子紙が 1 方向(東西方向)のみ破れている例(写真 5-22)が確認され、主振動方向は東西方向に近かったと推測された。



写真 5-17 住宅層崩壊



写真 5-18 住宅の平屋部分倒壊



写真 5-19 住宅の1階層崩壊



写真 5-20 車庫の倒壊



写真 5-21 作業小屋の倒壊



写真 5-22 一方向(東西)の障子の破れ

(3) 川口町田麦山地区の被害

田麦山地区は沢伝いに登った台地の上に広がる田園地帯に木造家屋が点在する約170世帯の集落(写真5-23)で、家屋(写真5-24)、農作業小屋等(写真5-25)の倒壊が10棟以上確認され、大破を含めると半数近くの木造建物が全壊に近い被害を受けたと見受けられた。地盤変状による傾斜が大きな家屋(写真5-26)、一見被害軽微に見えるが、建具が曲がるなどの被害を受けた小屋裏3階建て住宅(写真5-27)、連結部分が破壊して倒壊した作業小屋(写真5-28)なども確認された。



写真 5-23 集落の概観



写真 5-24 倒壊家屋



写真 5-25 作業小屋の倒壊



写真 5-26 地盤変状により傾斜大の住戸



写真 5-27 小屋裏3階建ての被害



写真 5-28 連結部が解離して倒壊した作業所

(4) 川口町和南津地区の被害

和南津地区は、トンネルの崩壊が発生した国道 17 号線の和南津トンネル南側と同トンネルを挟んで魚沼市（旧堀之内町）側に跨る約 100 世帯程度の集落である。倒壊した納屋または作業小屋（写真 5-29）、大破した家屋（写真 5-30）や、残留変形の大きい家屋（写真 5-31）などが複数確認された。特に和南津トンネル手前の数十戸に大きな被害は集中しており、この数十戸は半数以上が大破を含めて全壊であるが、それ以外のエリアで全壊したものは半数以下と見受けられた。その他、2 階の残留変形が 1 階の残留変形より大きい特殊な被害例（後述の詳細調査における 2-W-1）が確認された。1 階鉄骨造、2、3 階木造の住宅の 1 階部分が傾斜している例（写真 5-32）も確認された。和南津トンネルの魚沼市側の小集落には倒壊住戸は 1 棟あるものの、被害率はトンネル南側や対岸の魚沼市（旧堀之内町）新道島地区よりは低い。



写真 5-29 納屋または作業小屋の倒壊



写真 5-30 大破した家屋



写真 5-31 残留変形の大きな家屋



写真 5-32 1 階 S 造 2,3 階木造の住宅の被害

(5) 川口町木沢地区の被害

木沢地区は約 60 世帯程度の山間の小さな集落で、10 月 27 日につづら折りの山道を住民自らの手で修復し、孤立状態から脱した。一見、木造住戸に大きな被害はないように見受けられるが、集落の最も奥に位置する作業所、家屋は大きな被害を受けた(写真 5-33、4-34)。その他、地盤変状により鯉の養殖用ため池の水が抜け、養殖鯉に甚大な被害が出た。



写真 5-33 土蔵、車庫の大破



写真 5-34 大破した築 39 年の住宅

(6) 川口町におけるその他の地区の被害

牛ヶ島地区：信濃川沿いの数十戸からなる集落。集落へ続く道路はいずれも地滑りによる危険のため通行止めで孤立しているが、住民は通行。著しい被害は看取されなかった。

相川地区：被害が大きい武道窪の近くの世帯数数十程度の小さな集落。

住宅の倒壊(写真 5-35)、大破等が 4 棟程度見られた。

越後川口駅裏山：越後川口駅東側の河岸段丘中腹に十数戸の住宅が点在する。坂道の路盤被害が大きい。住宅の倒壊(写真 5-36)、大破の割合が高い。おそらく半数以上が大破以上で、原因はほぼ地盤変状によるものと推測される。

川口町 相川



写真 5-35 住宅倒壊

川口駅の東側 牛ヶ首に向かう道沿い



写真 5-36 地盤崩壊に伴う住宅倒壊

5.2.3 魚沼市（旧堀之内町）の被害状況

被害が大きい地区は、下新田、下島、竜光、新道島。このうち竜光地区、新道島地区の被害概況を調査した。

（１）魚沼市（旧堀之内町）竜光地区の被害概況

竜光地区は芋川に沿った谷間の約 50～60 世帯の集落で、芋川上流の地滑りでできた土砂のダムが決壊するおそれがあり、住民も全員避難済みで、緊急車両を除いて同地区へは立ち入り禁止であった。このため集落の奥まで調査できなかったが、集落入り口付近では倒壊住戸が 1 棟あるのみで、他の十数戸には大きな被害は確認できなかった。その倒壊住戸（写真 5-37）は、住宅の一部を車庫にしており、土塗り壁が主体（写真 5-38）であった。



写真 5-37 竜光地区の倒壊した住宅
（1 階部分は車庫）



写真 5-38 同左詳細 土塗り壁

（２）魚沼市（旧堀之内町）新道島地区の被害概況

新道島地区は、魚野川岸から段丘を上ったところにある約 60～70 世帯の集落で、その入り口（東側）付近は比較的被害軽微と見受けられた。これに対して集落奥（西側）は、応急危険度判定「危険」がほとんどを占める。崩壊した住宅（写真 5-39）を確認したが、これを含めて県道北側から高速道路沿いの傾斜地に建つ数棟（例えば、後述の詳細調査を実施した 1-S-1、1-S-2 など）は明らかに震動による構造躯体の損傷によるもので、残留変形が極めて大きい。上部構造の地盤変状による被害と純粋な震動的被害の両者が見られ、半数以上の家屋が全壊である。比較的新しい 1 層 RC 造の高床式木造は、比較的被害が軽微であるが、地盤変状により、RC 造部分に亀裂が入った住宅（同 1-S-7）も確認された。

12 月 12 日には、集落の奥の部分はほとんどの建物が取り壊され、集落の奥まで充分見渡すことができる（写真 5-40）ようになっていた。前述のほとんどの家屋が全壊で、今後の使用、積雪荷重に耐えられないと判断されたことを裏付けている。



写真 5-39 新道島地区の1層崩壊の住宅

写真 5-40 ほとんどの被災家屋が撤去された新道島地区

5.2.4 長岡市の被害概況

長岡市東側山際に沿って南北に帯状に延びる地域（鉢伏町～柿町～長倉、三俵野町～滝谷町～六日市町～大川原町、横枕町～村松町、清瀬町～麻生田町～中沢）に大きな被害が集中している。

濁沢地区などの山間部(写真 5-41、5-42)は地滑り、山津波が発生して壊滅状態である。地滑りで斜面を滑り落ちた家屋から火災が発生したが、消火活動ができずに滑り落ちながら4棟に延焼した。

高町団地は敷地、地盤の被害が大きく、地盤の崩壊により、応急危険度判定「危険」の建物が数多く存在した。

10月26日までの応急危険度判定結果は表5-1の通りであり、高畑町～青木町～柿町、鉢伏町、長倉町、高町団地の約半数が応急危険度判定が「危険」または「要注意」判定であった。

表 5-1 長岡市川東南部応急危険度判定結果速報（10月26日現在）

班	調査エリア		24日	25日	26日	合計	危険、要注意率
A班	高畑町～青木町～柿町 鉢伏町、長倉町 高町団地	危険	4	43	19	66	49%
		要注意	19	4	19	42	
		調査数	75	58	89	222	
B班	六日市町～滝谷町 大川原町、妙見町 三俵野町	危険	19	33	30	82	19%
		要注意	1	4	18	23	
		調査数	495		71	566	
C班	渡沢町～滝谷町～十日町 横枕町～竹町～釜沢町、村松町 鷺巣町	危険	16	19	16	51	17%
		要注意	12	22	13	47	
		調査数	245	159	180	584	
D班	御山町、悠久町1、栖吉町 24日調査(瀬浦町、麻生田町)	危険	1		14	15	30%
		要注意	5		4	9	
		調査数	6		73	79	
E班	悠久町、中沢 (中貫町)、(若草町)	危険	6		19	25	9%
		要注意	0		21	21	
		調査数	6		500	506	



写真 5-41 長岡市濁沢地区



写真 5-42 地滑り現場と滑り落ちそうな家屋（長岡市蓬平地区）

5.2.5 山古志村の被害概況

山古志村は全村が山間部であり、地滑り、山津波が発生して壊滅状態（写真 5-43）となっており、調査のための現地入りも不可能であった。また、奥内川岸の土砂崩れによって川が堰き止められ（写真 5-44）、土石流の発生が懸念されていた。応急危険度判定も実施できなかった。



写真 5-43 山古志村役場付近



写真 5-44 奥内川岸の土砂崩れによる堰き止め

5.2.6 川西町の被害状況

川西町は全世帯数約 2235 の町で、10 月 26 日の時点で人口の約 1 割にあたる約 800 人が避難していた。町役場で得た情報に基づくと、14 戸の危険な家屋があるものの、倒壊家屋は無かったようである。大きな被害を受けた家屋が存在している集落名は、朝日町、木島、中仙田、岩瀬、野口、小白倉、塩辛。複数の木造平屋の保育園が大きな被害を受けたとの情報があった。

この地区では地震の揺れは 3 回目が最も大きかったが、震度計は 1 回目の地震で損傷し

て強震データは取れていないようであった。上空から見たところ、屋根等が損壊を受け、ブルーシートかぶせた住戸はさほど多くないように見受けられた（写真 5-45）。

< 町内各地区の被害住戸の概要 >

野口：半壊 2 棟、うち 1 棟は傾斜かなり大。朝日町（発電所北側）で高床（1m くらいの RC 造）の上部木部分に傾斜。中仙田：基礎沈下 1 棟。岩瀬：地盤にひび 1 棟。小白倉：瓦崩落 1 棟、伊勢平治：瓦崩落 1 棟、木島：瓦崩落 1 棟。塩辛：瓦崩落 4 棟。その他土台と基礎が離れている物件 1 棟あり。崖地の崩落危険箇所多数あり。



写真 5-43 上空から見た川西町

5.2.7 十日町市の被害状況

十日町市は全世帯数約 13,000 の町で、全壊家屋は存在するものの、大きな被害はそれほど多くなかったようである。上空から見ても屋根等に被害を受け、中心市街地と郊外のいずれにおいてもブルーシートを被せた住戸は多くなかった（写真 5-44、5-45）。



写真 5-44 十日町市中心市街地



写真 5-45 十日町市郊外の集落

5.3 詳細調査

詳細調査を実施した物件の概要、並びにその被害概況を表 5-2 に示す。

表 5-2 詳細調査を実施した物件の概要とその被害概況

地区	記号	築年数 (年)	階数	応急 危険度	残留変形角の 最大値	被害概況	図面
旧堀之内町新道島	1-S-1	25	木 2	危険	1 / 7	1 階傾斜大	作図
	1-S-2	24	RC + 木 2	危険	1 / 20	木造部分 1 階傾斜大	作図
	1-S-3	24	木 2	要注意	残留変形なし	基礎に亀裂、棟瓦一部落下	作図
	1-S-4	29	木 2	危険	1 / 200	基礎に断裂、棟瓦落下	作図
	1-S-5	7	木 2	調査済	残留変形なし	被害軽微	入手
	1-S-6	34	木 2	危険	1 / 7	1 階傾斜大	作図
	1-S-7	4	RC + 木 2	危険	残留変形なし	RC 造部分に地盤変状によると見られる損傷	入手
	1-S-8	23	木 2	要注意	1 / 90	筋かい座屈	作図
	1-S-9	29	木 2	危険	1 / 70	基礎の断裂	作図
川口町川口	1-K-1	55	S + 木 2	危険	1 / 6	木造部分 1 階傾斜大	作図
	1-K-2	53	木 2	危険	1 / 6	店舗 1 階傾斜大	作図
	1-K-3	23	RC + 木 2	危険	1 / 18	木造部分 1 階傾斜大	作図
	1-K-4	30	木 2	危険	1 / 50	店舗傾斜大 (立起し後の調査)	作図
	1-K-5	27	木 2	危険	1 / 120	外壁モルタルの剥落	作図
川口町武道窪	1-B-1	約 40	木 2	危険	1 / 11	玄関部分倒壊、1 階傾斜大	作図
	1-B-2	3	RC + 木 2	調査済	残留変形なし	被害軽微、内装の損傷	入手
	1-B-3	12	RC + 木 2	危険	1 / 9	木造部分 1 階傾斜大	作図
	1-B-4	34	木 2	要注意	残留変形なし	基礎に亀裂	作図
	2-B-5	7	RC + 木 2	要注意	1 / 74	床がめくれ上がる	撮影
川口町和南津	2-W-1	41	木 2	危険	1 / 5	2 階の傾斜が 1 階よりも大きい	作図
小千谷市東吉谷	2-H-1	不明	木 2	危険	1 / 2.5	2 階の傾斜が 1 階よりも大きい	作図
	2-H-2	不明	木 2	危険		2 階崩壊	入手

1-S-1 邸

- ・ 築 25 年、伝統的構法に近い 2 階建て軸組構法。高速道路建設に伴い新築した。建物南側（県道側）のほぼ中央に位置する茶の間の柱材のみ、旧家屋の部材を再使用した。
- ・ 10 月 23 日 17:56 の最初の地震で大きな被害が出た。家族 8 人が居たが、必死に逃げ出した。逃げたときのことは詳しく覚えていない。その後の余震で傾きが進んだ
- ・ 残留変形が極めて大きく、南東角の柱で西へ 16/100、南へ 4/100、玄関と茶の間の入り隅部の柱で西へ 211/1200、南へ 22/1200。
- ・ K 建築が設計、施工した。図面はあるかもしれないが、K 建築の住居兼事務所も内部が被害を受け、図面入手は困難と判断。
- ・ RC 束石（外周部分）のひび割れ、RC 布基礎（内周部分）のひび割れも等も見られた。



写真 5-46 建物概観



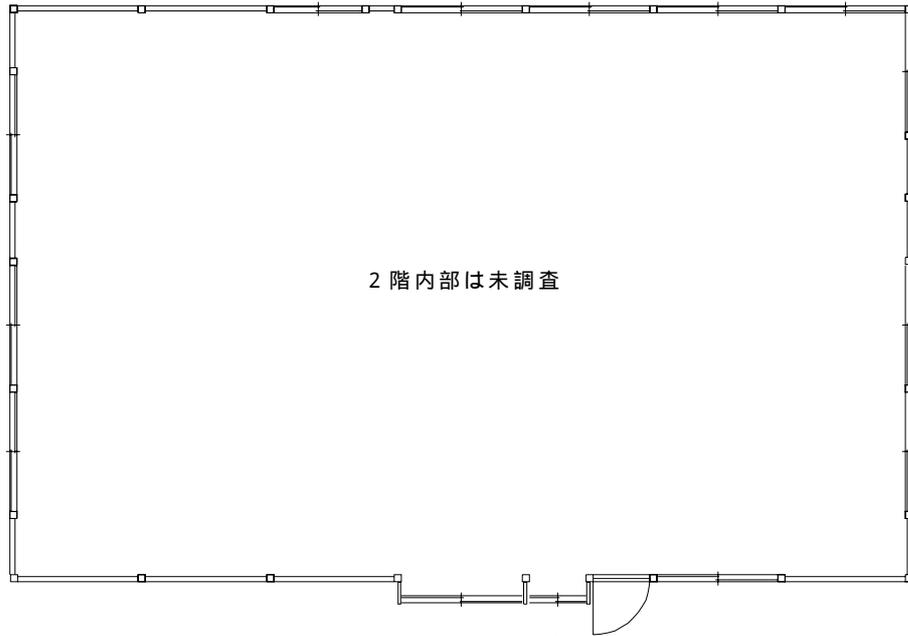
写真 5-47 内外壁一帯となって外れた壁



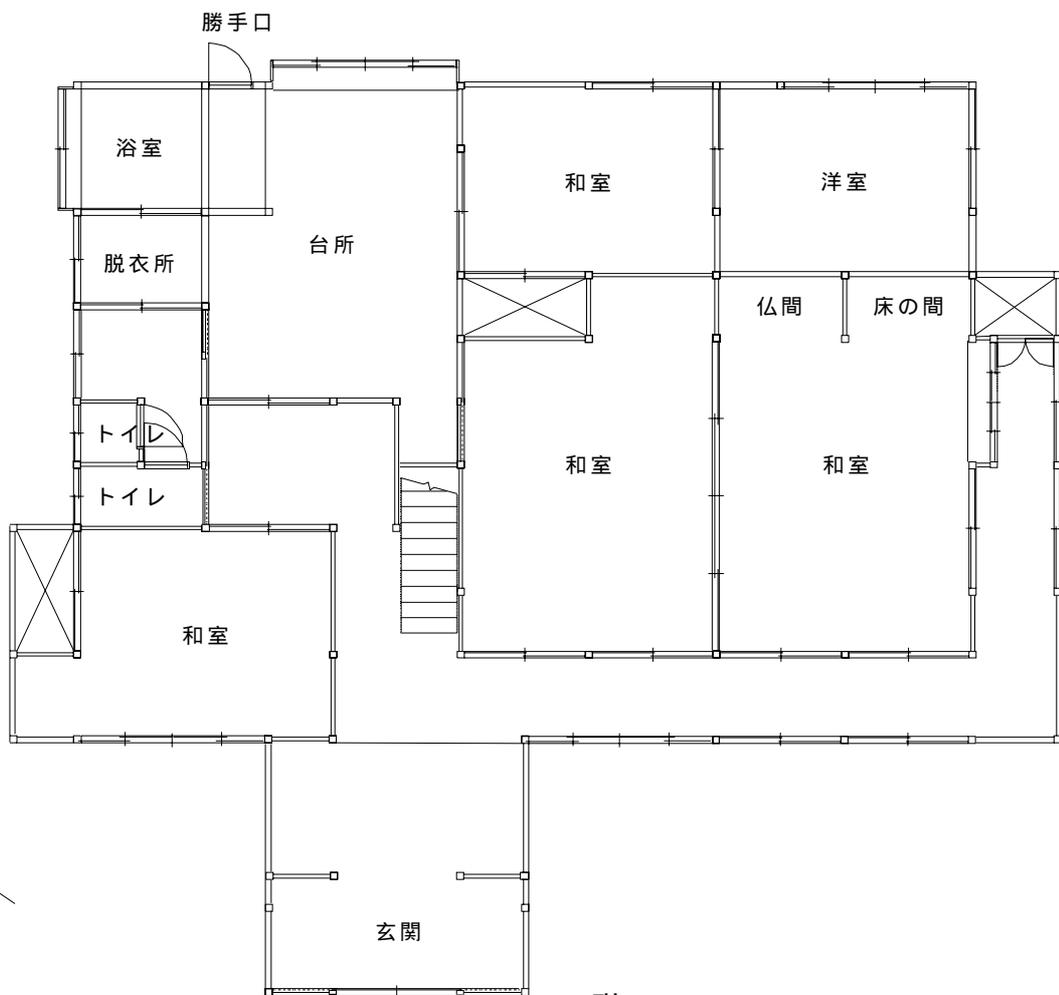
写真 5-48 外周部の束石基礎のひび割れ



写真 5-49 浴室の立ち上がり基礎から脱落しそうな壁



2階



1階

図 5-2 1-S-1 平面図

1-S-2 邸

- ・ 築 25 年。旧家屋は関越道上り線の辺りにあった。
- ・ 当時は、木部 1 階の下に RC 層を設ける構法はめずらしく、いろいろな建築関係者が見に来た。コンクリートは沈下を待ってから、上部を打設した。べた基礎部分に損傷はないが、他の同様構法ではべた基礎部分のひびが入っている被害が多いようだとのこと。
- ・ RC 層の上部構面は 300mm の H 鋼で梁をわたし(1 カ所のみ RC の梁がわたるが、これは 19 mm の鉄筋が二重に配されているとのこと)これに木部 1 階の根太がかかる。
- ・ 小屋裏 3 階に部屋はあるが、モノは置いてないし、居室として使用していない。
- ・ 10 月 23 日 17:56 の 1 回目の本震で大きな被害を受けた。当時、家族 3 人が在宅していたが、調理は終わっていた。ご主人は食事中で、食事が終了した方 1 名、まだ食事をしていなかった方 1 名であった。その後の余震で傾きが進んだ。
- ・ 浴室付近の土台に腐朽あり。その他の部分はほぼ健全。
- ・ 玄関東の廊下の柱が引き抜け、建具枠なども外れていた。土台のアンカーボルトのナットが無かった。
- ・ 北東の和室の北側外壁は柱が抜け、外が見える状態。柱脚部に T 字型金物を確認した。
- ・ 木部 1 階において柱の抜け、ナットの無いアンカーボルトを確認した。



写真 5-50 建物概観



写真 5-51 水回り付近の土台の腐朽

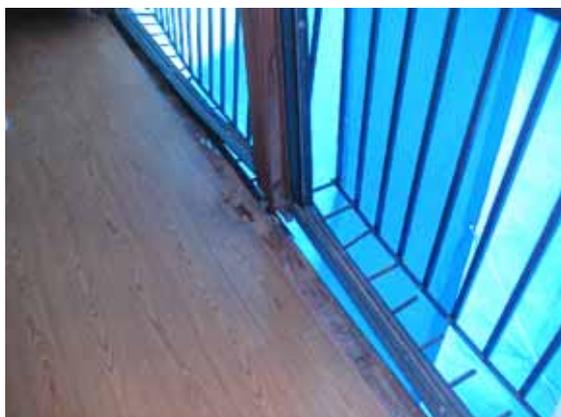
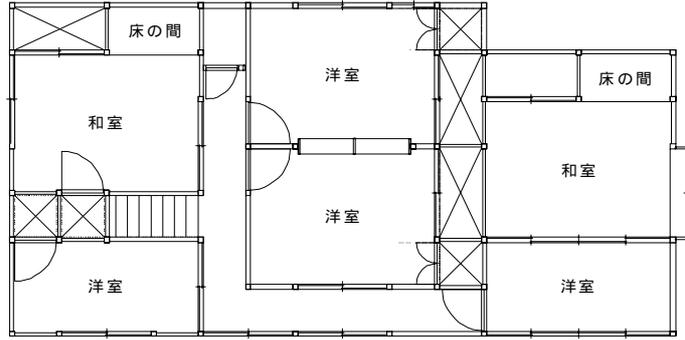


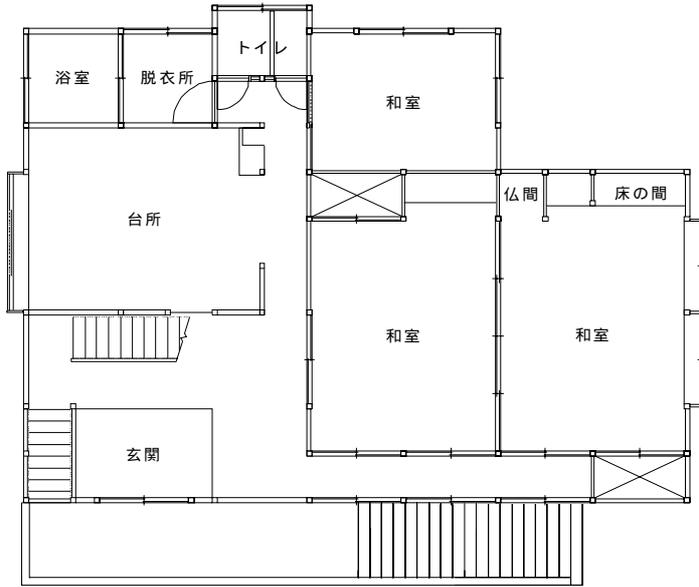
写真 5-52 木部 1 階の柱の抜け



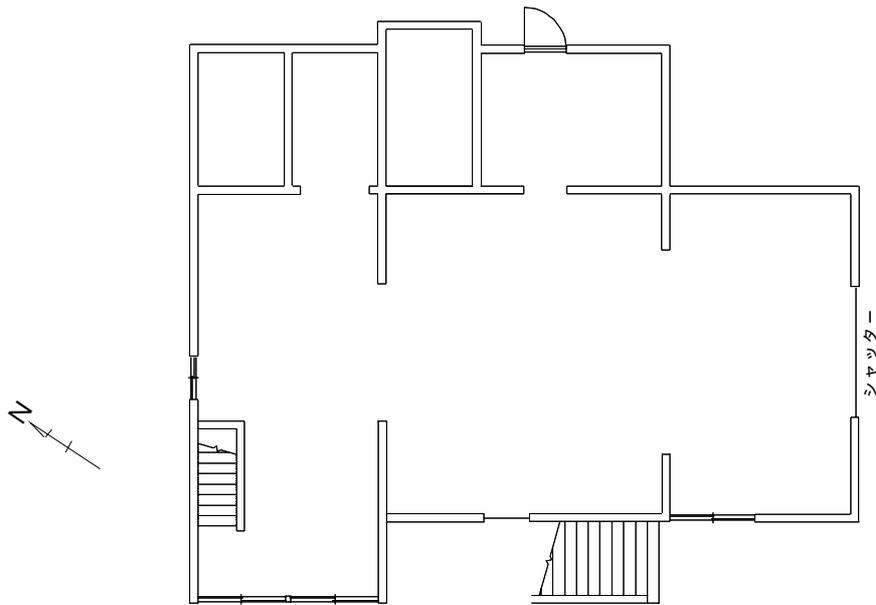
写真 5-53 内装ラスボードの脱落



木造 2 階



木造 1 階



R C 造部分

図 5-3 1-S-2 平面図

1-S-3 邸

- ・ 築 24 年の 2 階建て軸組構法住宅。宅地は元畑で、造成している。地盤に被害は見られない。
- ・ 基礎は、下屋部が束石、主屋部が無筋の布基礎で、一部亀裂が入っている。
- ・ 外装は金属サイディングで、被害は見られない。内装はラスボードに塗り仕上げで、コーナー部や継ぎ目部に亀裂が生じている。
- ・ 浴室部は外壁の下部をブロック造としており、ブロックのズレにより、タイルにひび割れが生じている。
- ・ 屋根は和瓦葺きで、棟瓦と平瓦の一部が落下している。
- ・ 応急危険度判定は、落下物・基礎亀裂等により「要注意」の判定。
- ・ 上部構造は残留変形もなく、被害軽微。



写真 5-54 建物概観



写真 5-55 内壁の仕上げの亀裂



写真 5-56 浴室のブロックのズレによる
タイル等の割れと剥落



写真 5-57 和室の状況

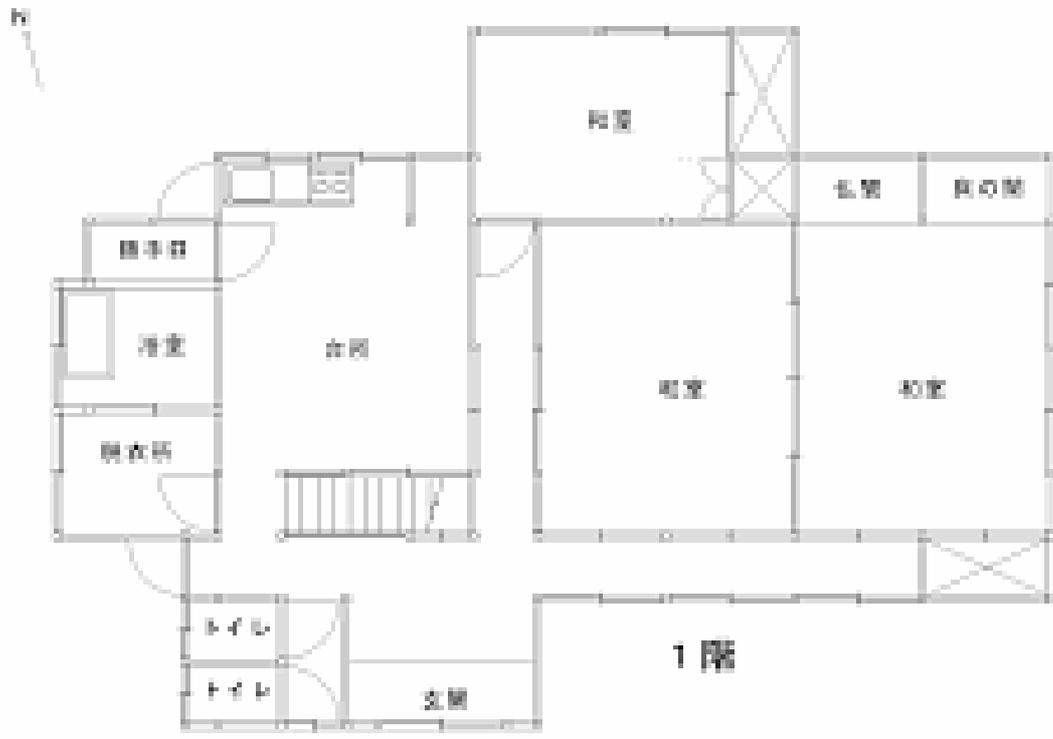
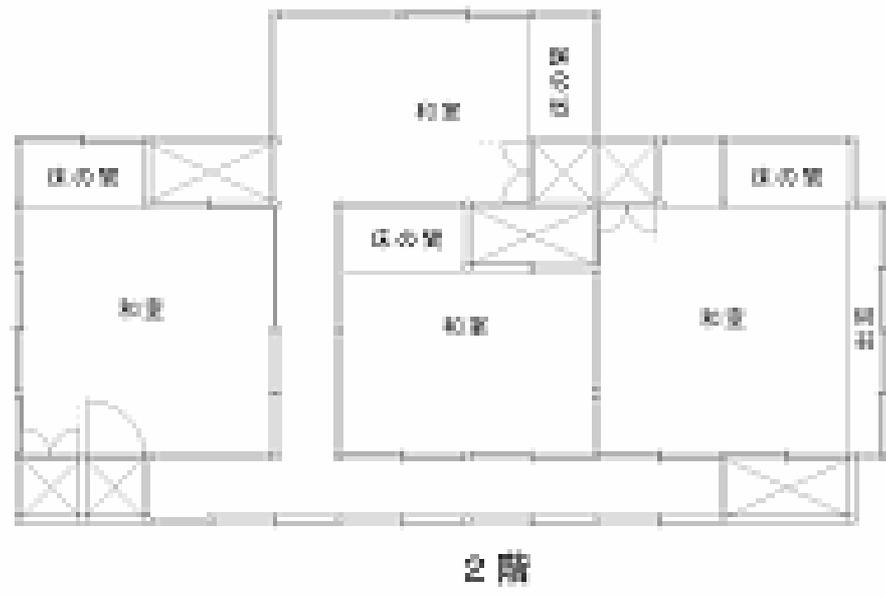


图 5-4 1-S-3 平面图

1-S-4 邸

- ・ 築29年の一部2階建て軸組構法住宅。宅地は元畑で、造成している。
- ・ 住宅の地盤面は、南側の道路面から1mほど、東側は2mほどの高さにあり、地盤南側は擁壁はないものの、道路側にゆるく傾斜したガケ、東側は2階倉庫、1階車庫のコンクリート製建物が擁壁代わりに建っている。
- ・ 住宅の南東側地盤は、低い南東側に少しずれて、土間のコンクリートにひび割れが生じている。基礎はコンクリート製布基礎で、有筋であるが、一部断裂している。
- ・ 外装は金属サイディングで、被害は見られない。
- ・ 残留変形は、1階が3/1000rad程度、2階が4~5/1000rad程度。
- ・ 内装は、ラスボードに塗り仕上げになっている。ラスボードの一部が落下、ラスボードの周囲に隙間が生じているほか、塗り壁に亀裂が生じている。
- ・ ヒアリングによると、筋かいが入っていた。
- ・ 屋根は、1階が金属板葺き、2階が和瓦葺きで、棟瓦の一部が落下した。
- ・ 応急危険度判定は、「危険」。



写真 5-58 建物概観



写真 5-59 内壁の被害



写真 5-60 廊下の状況



写真 5-61 1階和室の状況

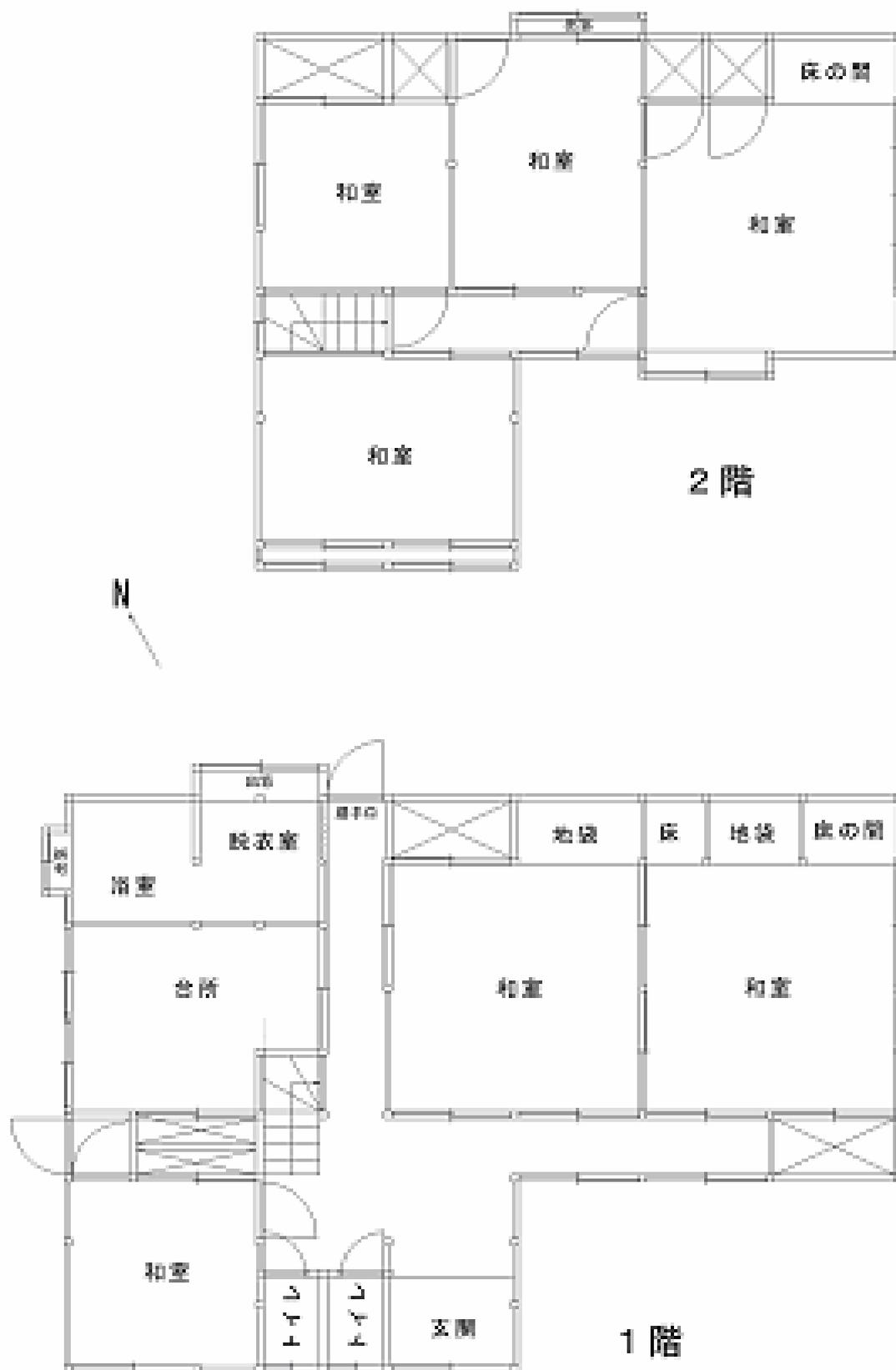


図 5-5 1-S-4 平面図

1-S-5 邸

- ・ 内部の調査をしていない。
- ・ 築7年の金融公庫融資を受けた2階建て軸組構法住宅。敷地は、元々の宅地。敷地は南側に向かって傾斜している。地盤の被害は見られない。
- ・ 基礎は布基礎で、被害は見られない。
- ・ 外装は、サイディング。内装は、せっこうボード。せっこうボードの一部が浮き上がり、せっこうボード上の壁紙が、端部で切れている。
- ・ 居住者によれば、筋かいが存在し、筋かい端部には金物は使用されていた。
- ・ 屋根は、金属板葺き。被害無し。融雪装置は故障した可能性があるとのこと。
- ・ 応急危険度判定の結果は、「調査済」。
- ・ 平面図を入手し、筋かい等耐力要素の配置（図5-6における” ”）が特定できた。



写真 5-62 建物概観（道路・北側）



写真 5-63 建物外観（南西側）



写真 5-64 建物外観（北東側）

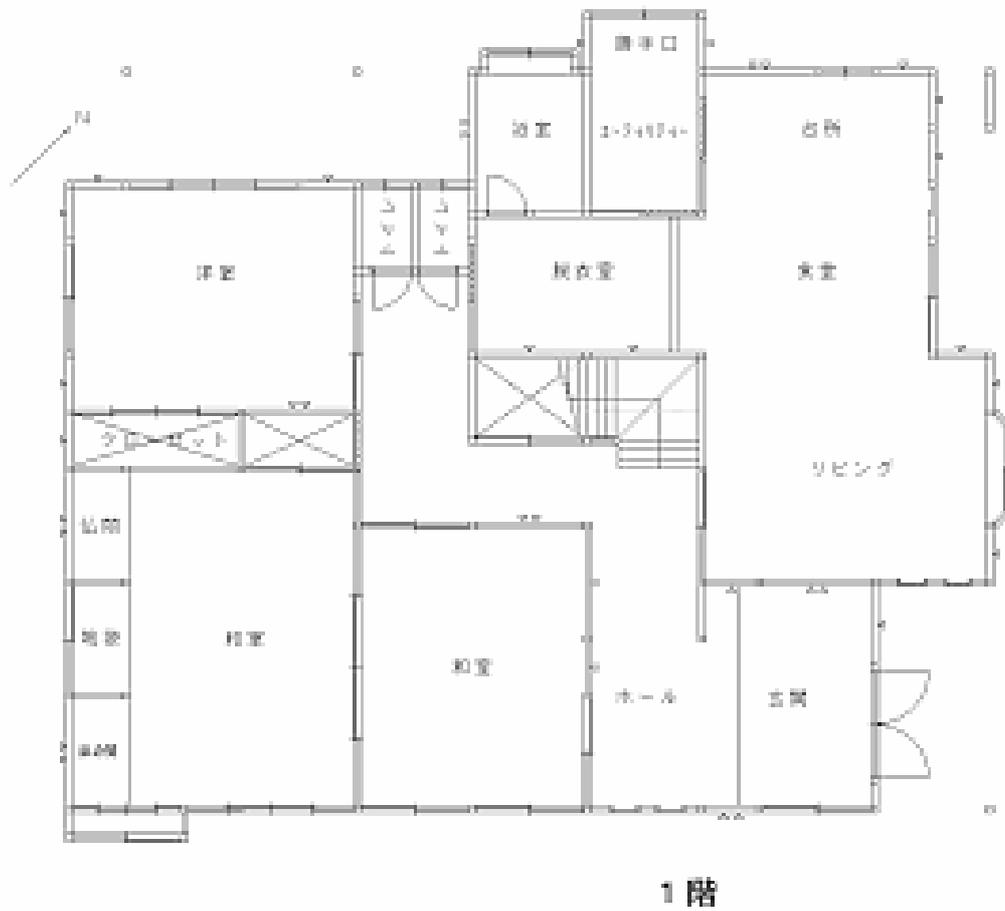
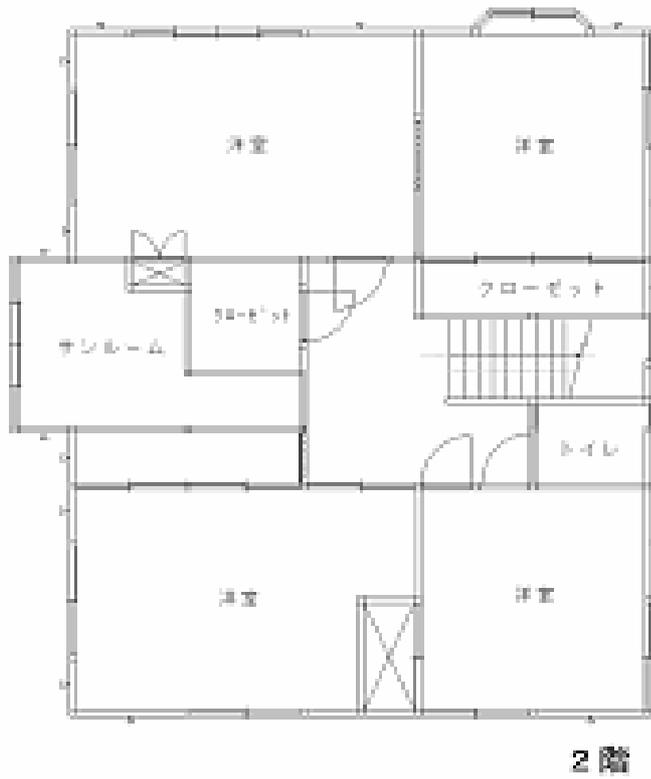


図 5-6 1-S-5 平面図 (は筋かいの位置)

1-S-6 邸

- ・ 築 34 年の軸組構法。5, 6 年前に一部改築。南東側 1 階作業場部分部分は牛舎であったが、1 間 (182 cm 程度) 幅で減築し、その部分を車庫とした。その際に北側部分の下見板も再塗装した。
- ・ 10 月 23 日 17:56 の 1 回目の地震で大きく傾いた。2, 3 回目の揺れ (それぞれ同日 18:03、18:34) でガラス戸が外れた。余震の度に傾斜は進んでいる。
- ・ 施工者は地元 (地区内ではない) の大工。自己所有の山のスギを伐採して建築した。
- ・ 建物から約 1 m 離れた敷地外周部の石垣がくずれ、土砂が崩れたが、直接的に建物には影響してない模様。
- ・ 1 階の残留変形は北西に 14/100、北東に 8/1000。2 階の傾斜は南東に 2/1000、南西に 10/1000。
- ・ 一部筋かい (27×105) があるが、端部は釘 2,3 本打ち。
- ・ 1 階北西の 6 畳と 7 畳の和室を間仕切る壁の一番南西側の柱はまぐさのレベルで折損していた (写真 5-66)。
- ・ 西北の出隅部 (床の間奥) の筋かいは端部が腐っていた (写真 5-68)。



写真 5-65 建物概観



写真 5-66 折損した柱



写真 5-67 作業場部分の内観

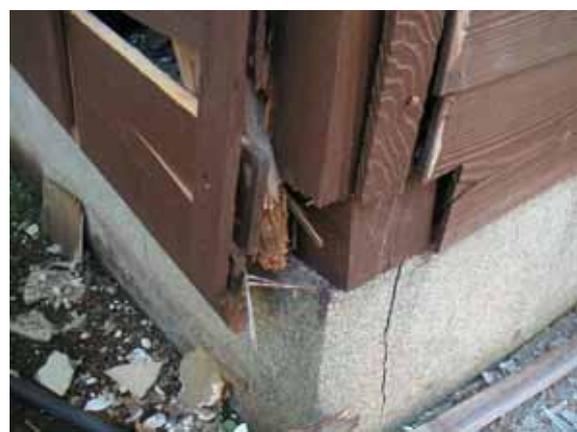


写真 5-68 端部が腐朽し、踏外した筋かい

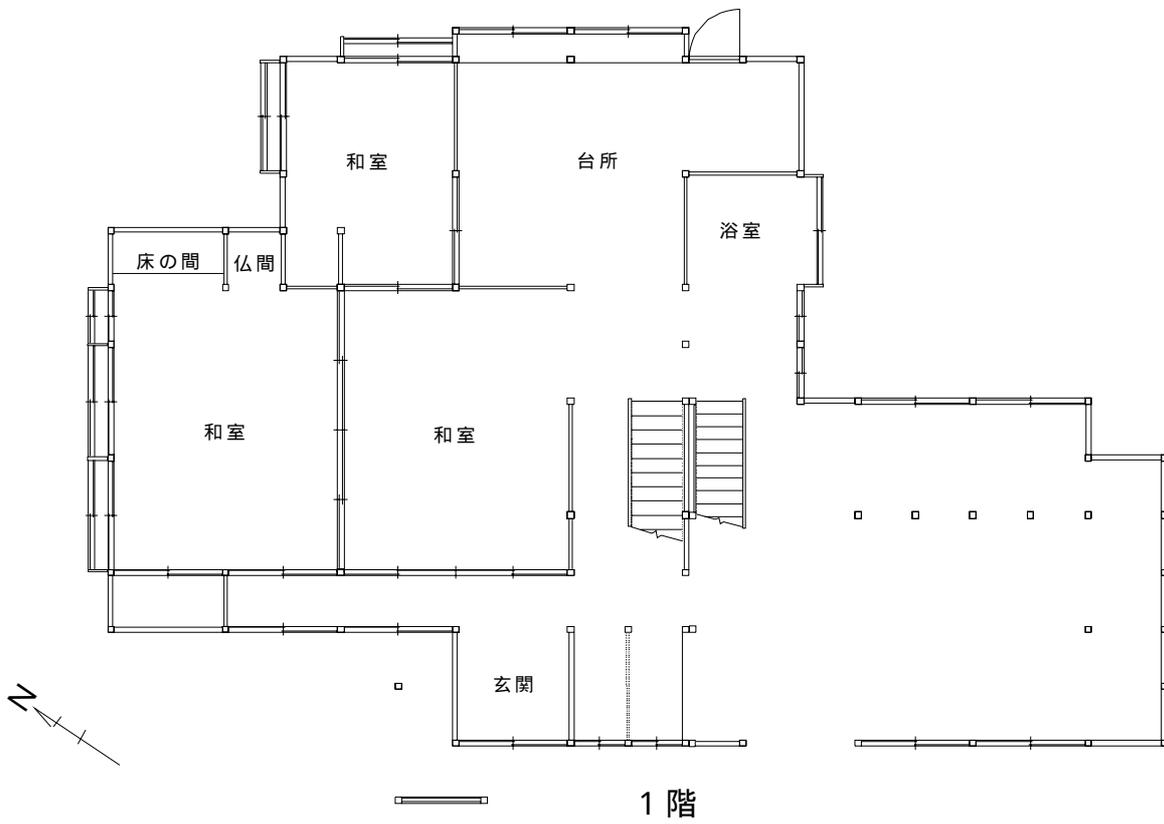
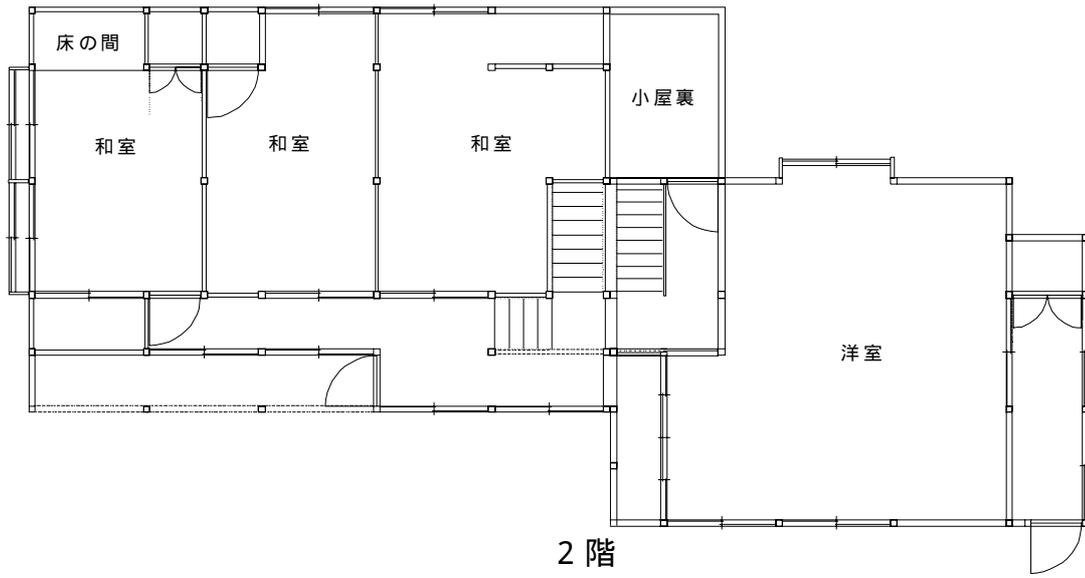


図 5-7 1-S-6 平面図

1-S-7 邸

- ・ 2000 年建築（築 4 年）の高床式（1 層 RC 造）木造。地盤（西側擁壁崩壊、南側擁壁傾斜）が崩れ、床が少々傾斜。
- ・ 内装せつこうボードにひび割れ、ビニル壁紙にしわ、よじれ、亀裂あり。上部構造の躯体の被害はほとんどないものと想像される。
- ・ 北面 1 階の RC 開口部の隅部に亀裂あり。その上部の和室のサッシが動かない。
- ・ 亀裂が入った北面 1 階の RC 開口部の奥の RC 柱 - 梁接合部にも比較的大きな破壊がある。
- ・ 応急危険度判定結果は「危険」



写真 5-69 建物概観



写真 5-70 内装せつこうボードのひび割れ



写真 5-71 RC 層(外周部分)のひび割れ



写真 5-72 外周部分の RC 層より大きな内周部分のひび割れ(一部剥落)

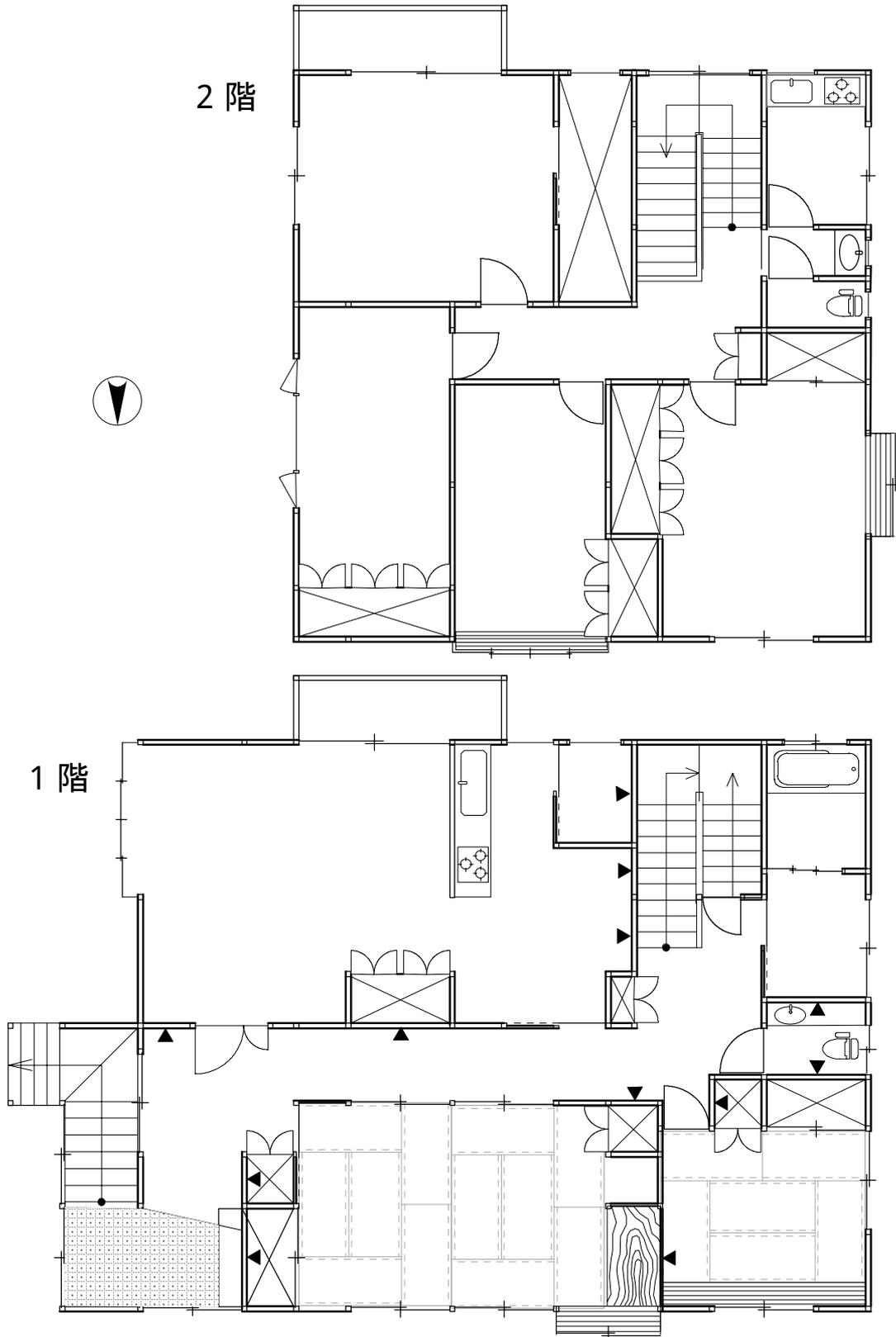


図 5-8 1-S-7 平面図 (は筋かいの位置)

1-S-8 邸

- ・ 築 23 年の 2 階建て軸組構法住宅。
- ・ 宅地は、元畑であったが、盛土して造成した。＜メモ＞高速道路建設のため、移転してきた。
- ・ 基礎は、下屋部が束石、母屋部が布基礎。布基礎にほとんど被害なし。
- ・ 外装は、下見板張りで、被害は見られない。
- ・ 和室は土塗り壁で、床の間の土塗り壁が面外にはみ出している。壁内部の筋かい（片筋かい、100×30）が座屈して、押し出された可能性あり。他の土塗り壁の一部は亀裂が生じたり、剥落したりしている。
- ・ 風呂場のタイルがひび割れ、壁のブロックが断裂している。無筋。
- ・ 建物の 1 階は 4/1000 から 11/1000 程度の傾斜。2 階の傾斜はほとんどない。
- ・ ヒアリングによると、鉄骨梁を使用している。
- ・ 応急危険度判定は、玄関部の独立柱の柱脚が金物からはずれたため、「要注意」判定。その後この柱は添え柱により補強されていた。



写真 5-73 建物概観



写真 5-74 土壁（内部に筋かい）の被害



写真 5-75 浴室のタイル等の被害



写真 5-76 北側に接続する別棟

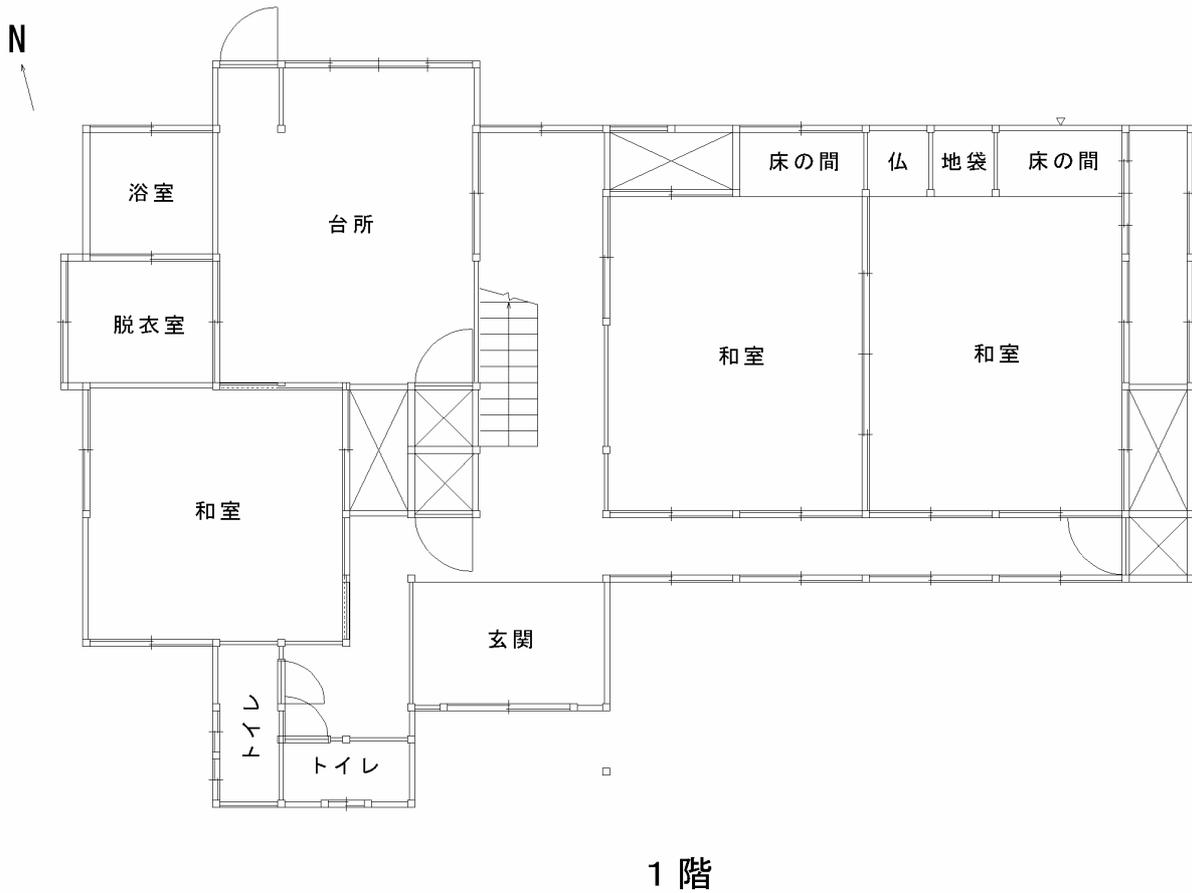
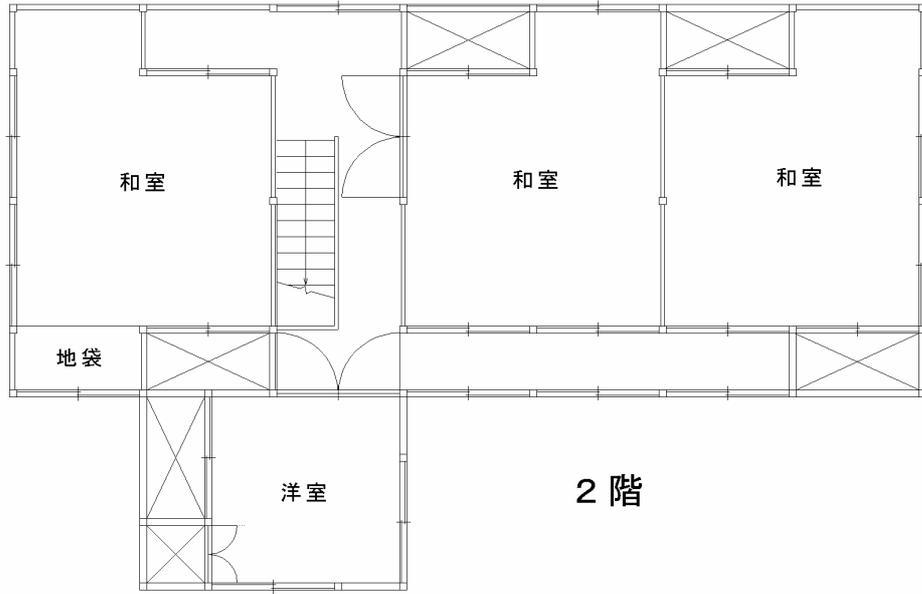


図 5-8 1-S-8 平面図

1-S-9 邸

- ・ 築 29 年の 2 階建て軸組構法住宅。4 年後に増築している。
- ・ 敷地は、元畑で、南側が傾斜して下がっている。地盤の被害はない。
- ・ 基礎は、布基礎で、数カ所で断裂している。
- ・ 外装は金属系サイディングで、一部はずれ、浮き上がりが生じている。
- ・ 内装はラスボードに塗り壁、またはプリント合板状の板張り。亀裂や浮き上がり、脱落が生じている。
- ・ 風呂場のタイルおよびブロックが断裂。
- ・ 床の間の壁に筋かい（片筋かい、 105×45 ）があり、座屈している。
- ・ 貫は、3 段。
- ・ 1 階は $7 \sim 15/1000$ 傾斜している。2 階は、 $5/1000$ 傾斜している。
- ・ 屋根は、1 階が金属板葺き、2 階が和瓦葺きで、棟瓦が一部落下している。
- ・ 応急危険度判定の結果は、「危険」。



写真 5-77 建物概観



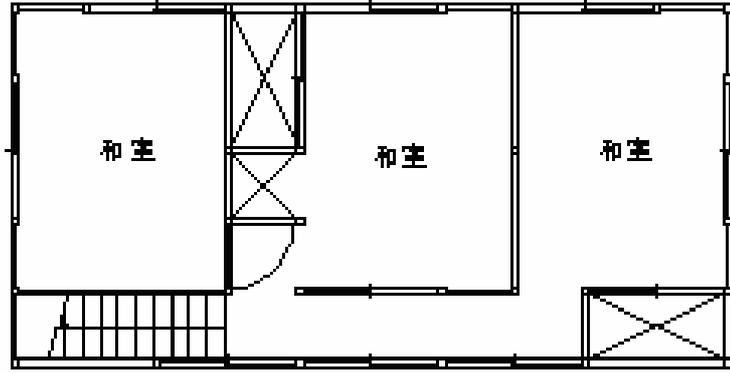
写真 5-78 内壁の被害と筋かい



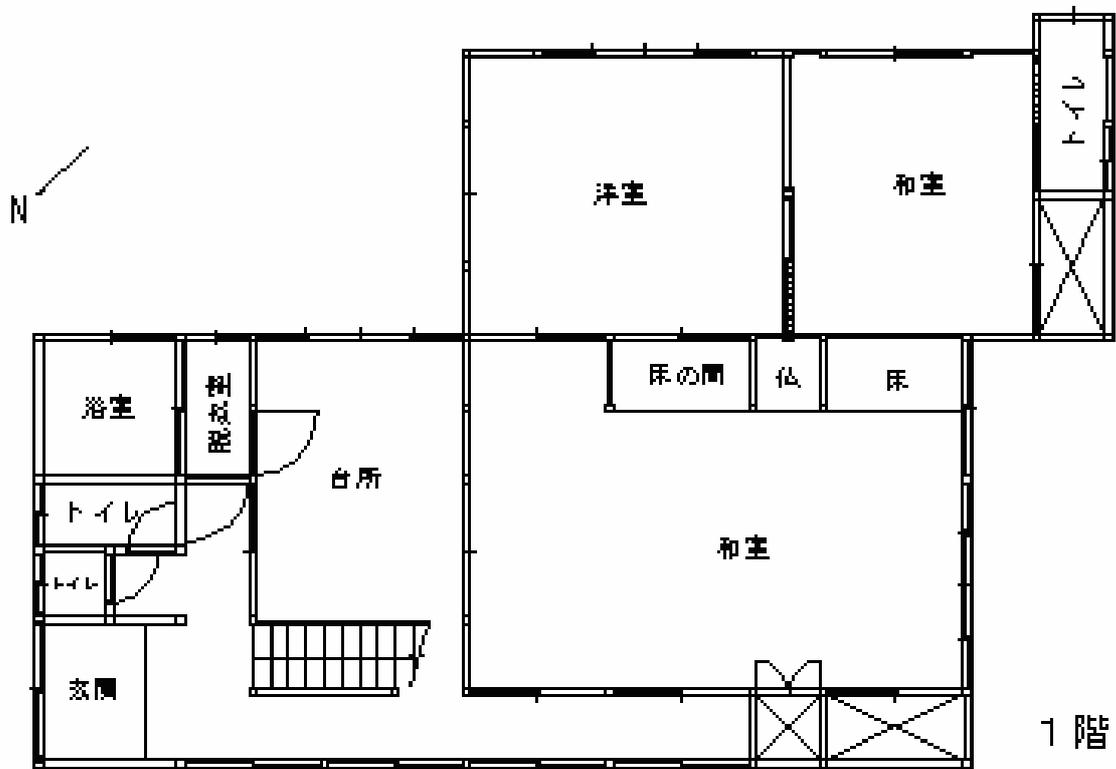
写真 5-79 基礎の亀裂



写真 5-80 傾斜の著しい玄関



2階



1階

図 5-10 1-S-9 平面図

1-K-1 邸

- ・ 1階を鉄骨造とする高床式木造住宅。木造部分は昭和24年建築（築55年）で、昭和58、59年に1階鉄骨造部分を増築した。増築の工事方法は、木造部分をジャッキアップし、その間に鉄骨造部分を建築し、その上に木造部分を据え付けた（現場に居合わせた施工者の説明）。
- ・ 鉄骨造部分は910mmモジュールで、鉛直・水平ブレースも配置され、ほぼ無被害であるのに対し、木造部分は2階道路側が東南東に156/1000、南南西に22/1000、中ほどは東南東に126/1000、南南西に9/1000、奥の部分は東南東に34/1000、北北東に12/1000傾き、3階道路側は東南東に30/1000、南南西に13/1000、中央部は東南東に20/1000、南南西に15/1000、奥の部分は東南東に67/1000、南南西に28/1000傾いていた。南南西への傾斜は道路側の方が大きく、道路に直交する方向の傾斜は2階部分が両側に開くように変形していた。10月23日17:56の最初の地震で大きな被害を受けた。応急危険度判定結果は「危険」。
- ・ 土壁が主体で一部はせっこうボード等で改修されていたが、道路に平行した壁はほぼ全て崩れ落ちていた。2階部分が道路に直交する方向に開くように（裂けるように）変形していたため、3階の廊下の根太の一部が梁から外れ床が抜け落ちそうであった。



写真 5-81 建物概観

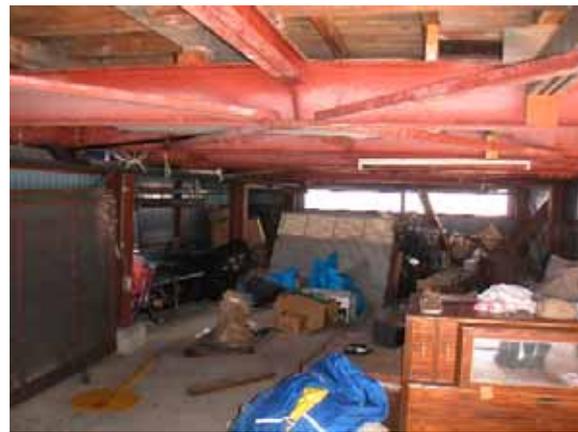


写真 5-82 1階鉄骨増部分



写真 5-83 塗り土が崩落した土壁



写真 5-84 道路に直交する方向の壁は比較的被害軽微

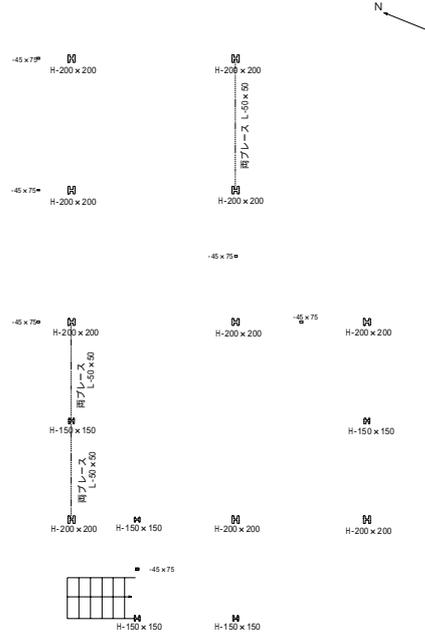
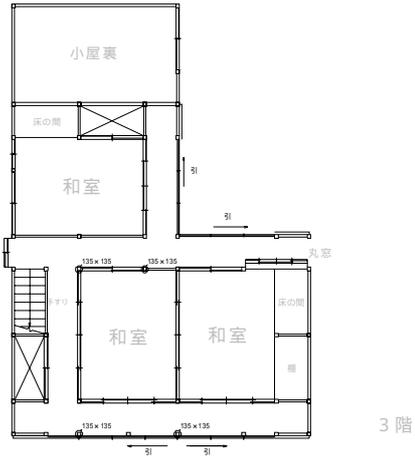


図 5-11 1-K-1 平面図

1-K-2 商店

- ・ 昭和 26 年建築（築 53 年）の店舗併用型木造住宅。土塗り壁が主体でほぼ全ての壁が崩れ落ちる。外装の下見板張りも一部割れが生じたり、脱落したりしている。
- ・ 道路側から 1P 入った間口店舗スペース両脇の柱は、 110×150 mm の平角の再使用材であった。南東側面から 1P 入った道路と直交する壁には、約 40×110 mm の敷居材を再使用した筋かいが確認された。
- ・ 1 階部分が南東に 130/1000、南西に 148/1000 傾き、2 階部分は南東に 56/1000、南西に 87/1000 傾いていた。
- ・ 土台が基礎からはずれ、一部コンクリートの束石も転倒していた。
- ・ 店舗スペースの両脇の土台、および浴室のコンクリート立ち上げ基礎上部の土台は腐朽し、シロアリによる食害痕もあった。また、店舗スペースの左右の内装合板は大きく波打っていた。



写真 5-85 建物概観



写真 5-86 腐朽し、蟻害を受けた土台



写真 5-87 前面（右側）にも傾斜



写真 5-88 大きく波打つ内装合板

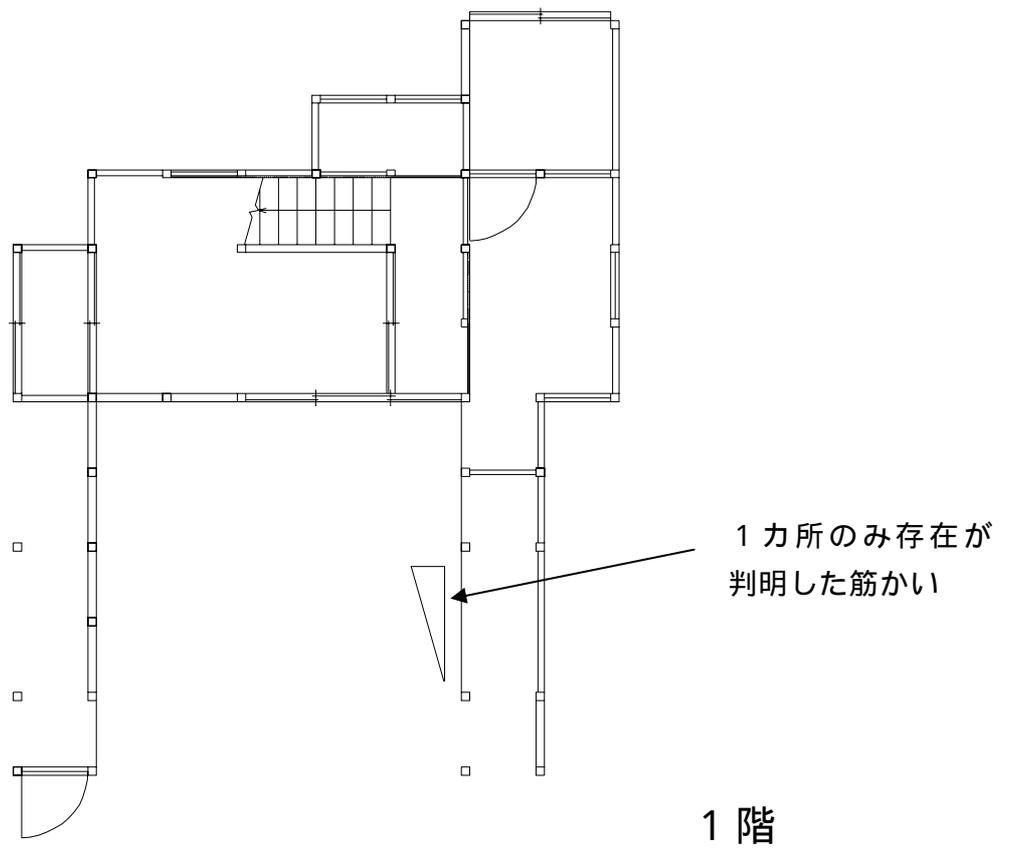
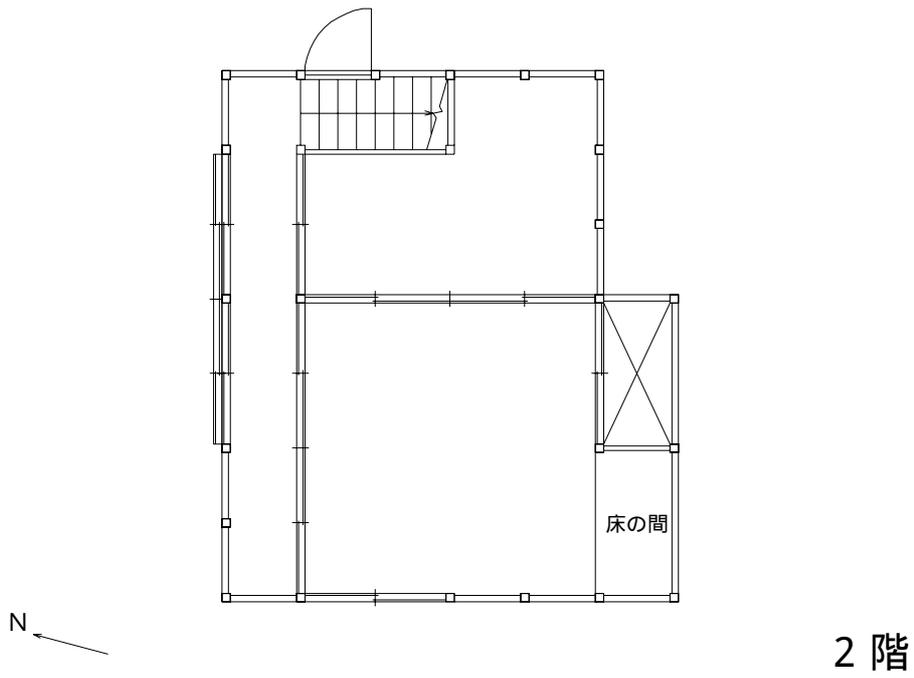


図 5-12 1-K-2 平面図

1-K-3 邸

- ・ 敷地は平地、元から宅地。地盤に被害なし。ただし、北側の敷地境界に排水路あり。排水路沿いに、倒壊した建物がいくつかある。
- ・ 築 23 年の高床式の 2 階建て軸組構法木造住宅。金融公庫の融資を受けている。3 年前に一部増築している。
- ・ 高床部は、壁厚 150mm の RC 造で、2 階も RC スラブ (RC 梁付き)。高床部のタタキには、亀裂がある。
- ・ 外装は、金属系サイディングで、亀裂、浮き上がり、剥落がある。
- ・ 和室の壁はラスボードに塗り壁。剥離、脱落等の被害。
- ・ 洋室はせっこうボードの大壁で、被害少ない。
- ・ 柱には、亀裂、引き抜けあり。折損したのものもあると推測された。
- ・ 筋かい(120×45 mm)を 6 カ所で確認。1 カ所は両筋かい。筋かい端部に Z 金物(BP)を使用。柱脚には、Z 金物(VP)を使用。床には鋼製火打ちを使用。いずれも目視で確認。
- ・ 筋かいも柱も、一部で引き抜けている。
- ・ 土台は、VP 金物の爪により、引き裂かれている。
- ・ 1 階で、35 ~ 55/1000 の傾斜。2 階で 5 ~ 11/1000 の傾斜。
- ・ 屋根は金属葺きで、被害はない。
- ・ 応急危険度判定は、「危険」。町からは全壊と言われた。



写真 5-89 建物概観



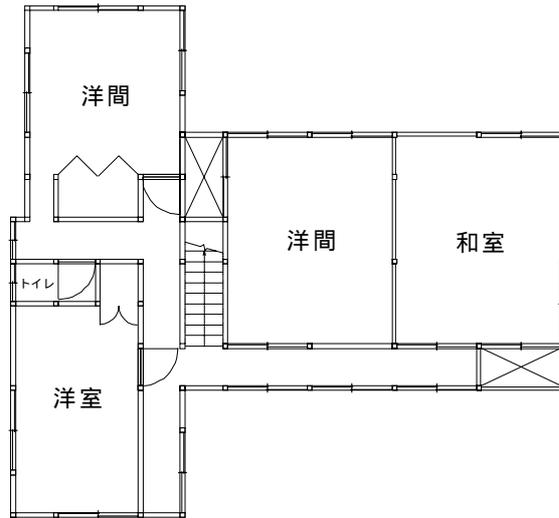
写真 5-90 内部の被害



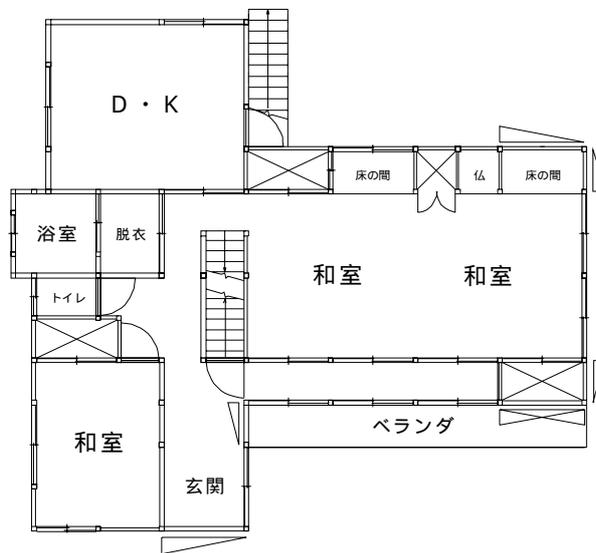
写真 5-91 二つ割り筋かいと筋かいプレート



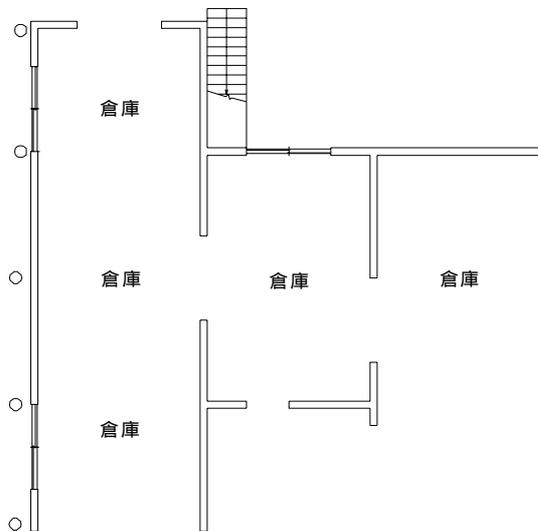
写真 5-92 接合金物使用状況



3階



2階



1階

図 5-13 1-K-3 平面図

1-K-4 商店

- ・ 敷地は平地。地盤の被害はない。
- ・ 30年に購入。内外装を変更した。車庫部を店舗に改装。
- ・ 基礎はブロック基礎。店舗部で、基礎ブロックと土台にズレが生じてる。
- ・ 調査時点では、大工による建て起こしが終了し、補強の筋かいが設置されていた。
- ・ 外装は、サイディングで、被害は見られない。
- ・ 和室内装のラスボード、塗り仕上げにひび割れが生じたり、剥落したりしている。洋室の内装は板張りの大壁。
- ・ 建て起こし後ではあったが、1階は10～22/1000程度の傾斜。2階は8～10/1000程度の傾斜が残っていた。
- ・ 屋根は瓦葺きで、一部落下。
- ・ 応急危険度判定の結果は、基礎のズレがあるため「危険」判定。



写真 5-93 建物概観



写真 5-94 内部の被害



写真 5-95 店舗部分上部の2階サニールーム



写真 5-96 天井材の脱落

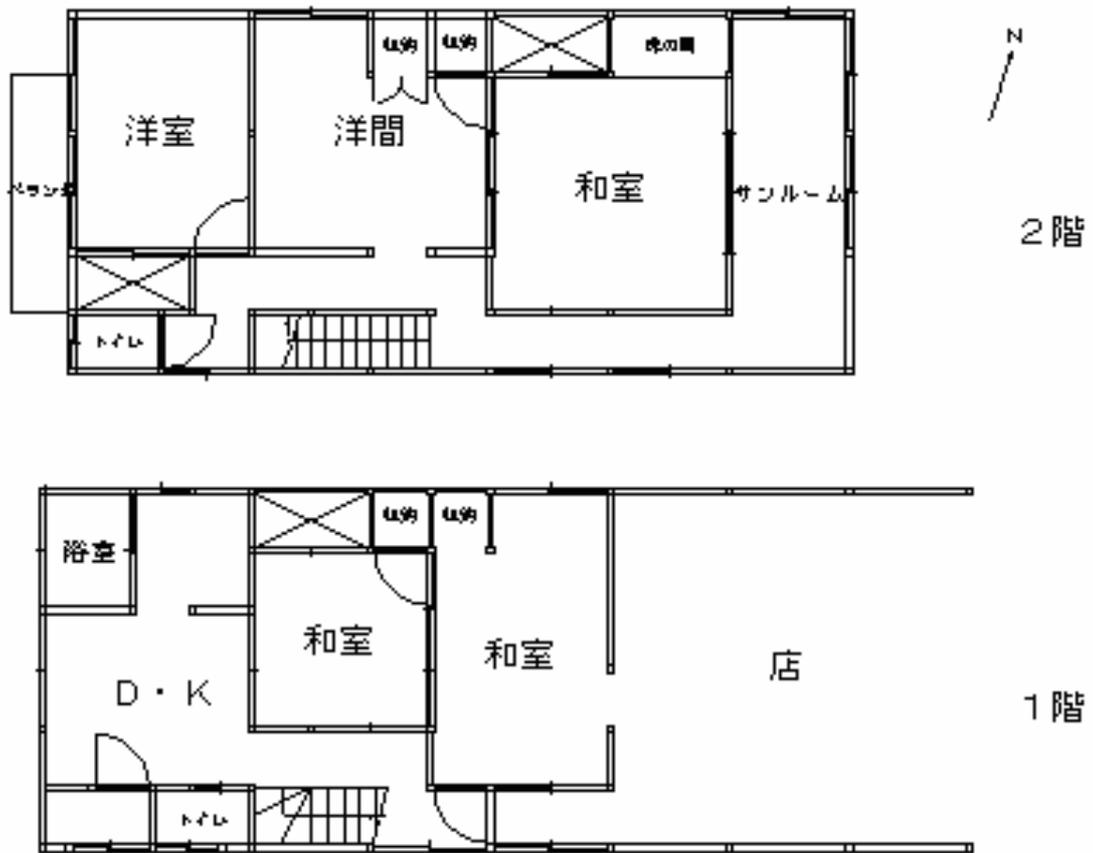


図 5-14 1-K-4 平面図

1-K-5 邸

- ・ 敷地は平地で、元はやや沼地状の土地で盛土をしている。地盤被害、不同沈下の被害は見られない。
- ・ 築 27 年の 2 階建て軸組構法住宅。
- ・ 基礎は布基礎で、有筋。一部断裂がある。
- ・ 外装は、北側が一部モルタル（木摺、ワイヤラス、タッカー留め）塗り、その他は金属系サイディング。北側のモルタルは落下し、南側のサイディングがはがれている。
- ・ 内装は、和室が板壁、洋室がせっこうボードで、浮き上がりや脱落が生じている。
- ・ 風呂場のブロック壁が断裂。
- ・ 筋かい（片筋かい、 102×45 ）を 1 本確認。
- ・ 1 階が 8 ~ 9/1000 程度の傾斜。2 階が 3/1000 の傾斜。
- ・ 屋根は金属葺きで、被害なし。
- ・ 応急危険度判定の結果は、外壁の脱落により「危険」判定。



写真 5-97 建物概観（モルタル剥落）



写真 5-98 内部の被害



写真 5-99 モルタルの全面的な剥落



写真 5-100 金属系サイディングの浮き

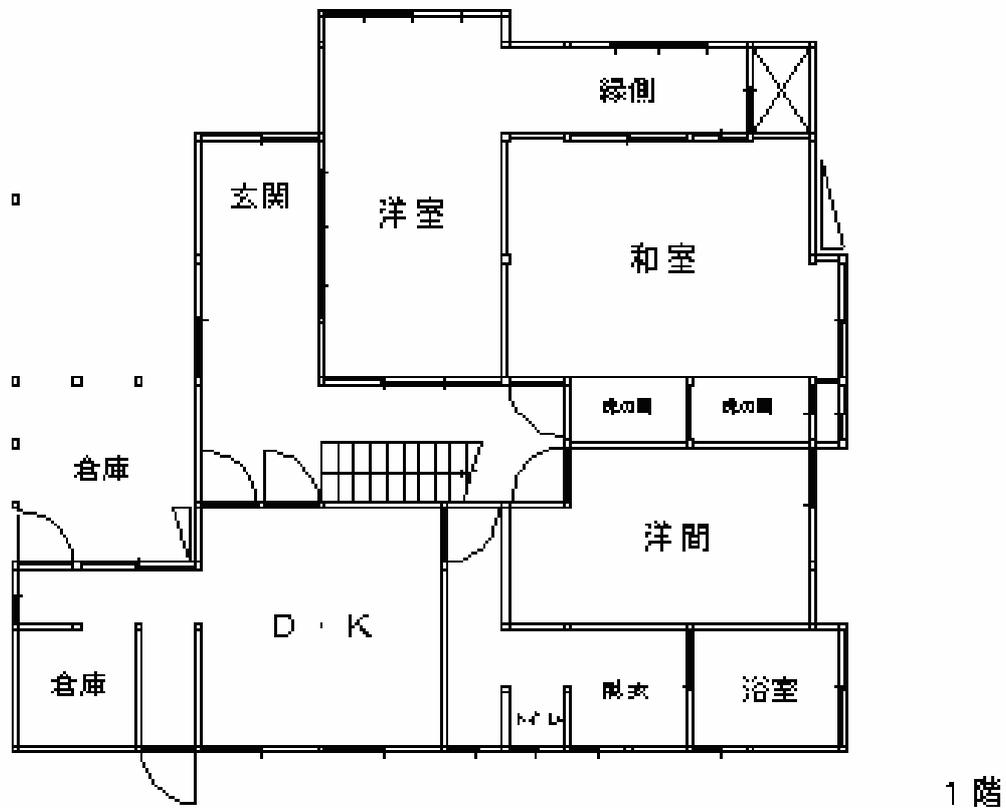
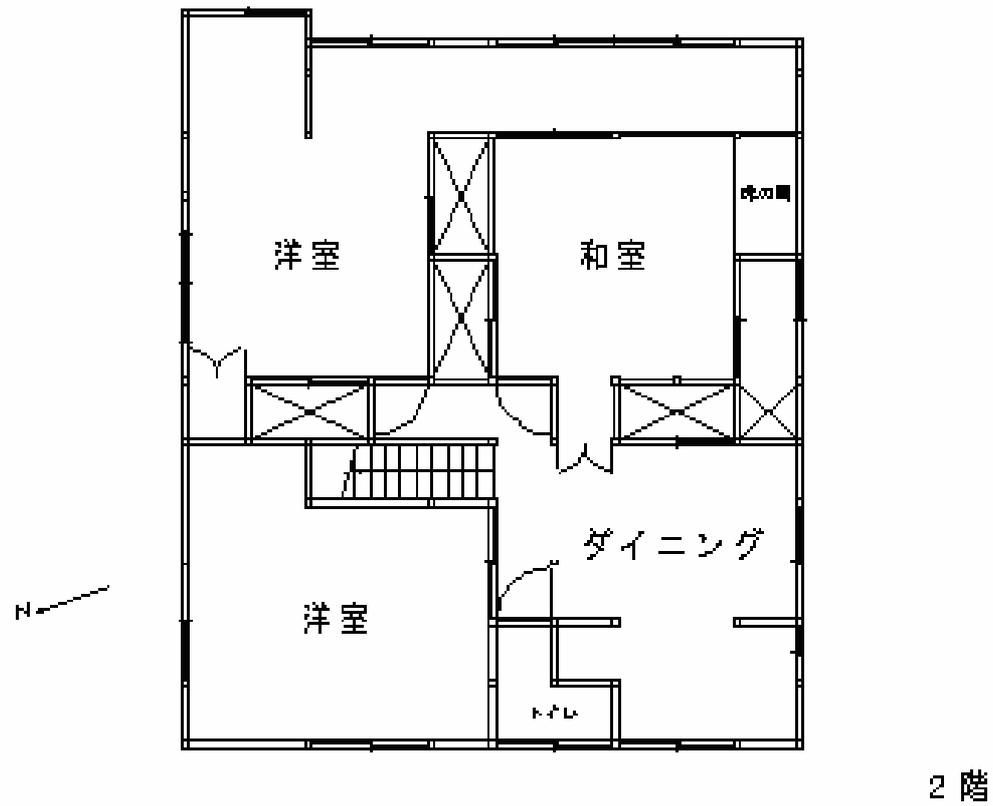


図 5-15 1-K-5 平面図

1-B-1 邸

- ・ 築 40 余年の伝統的構法による住宅。10 月 23 日、17:56 の 1 回目の地震で玄関部分が崩壊した。玄関部分は建築当初よりちょうど 2P 分北へずらす改築工事を行った。
- ・ 南側にある駐車場の屋根に衝突して、倒壊を免れた模様。1 回目の地震で建具は全て外れた。
- ・ 1 階玄関付近が南に 93/1000、西に 90/1000 傾斜。
- ・ 南側の大黒柱は、1 階で南へ 74/1000、西へ 39/1000 傾斜し、2 階で南へ 3/1000、西へ 9/1000 傾斜していた。
- ・ 瓦は昨年葺き替え、同時に 2 階外壁も一部下見板を交換、再塗装した。
- ・ 全ての壁は土壁がベースで、外装は下見板張り。2 階北側から約 4P 分は、せっこうボードの内装のため、改装したものと想像される。
- ・ 水回り付近の土台に腐朽を確認。



写真 5-101 建物概観



写真 5-102 S 造の車庫屋根に衝突



写真 5-103 内壁の脱落



写真 5-104 ブロック基礎の立ち上がり部分の崩壊

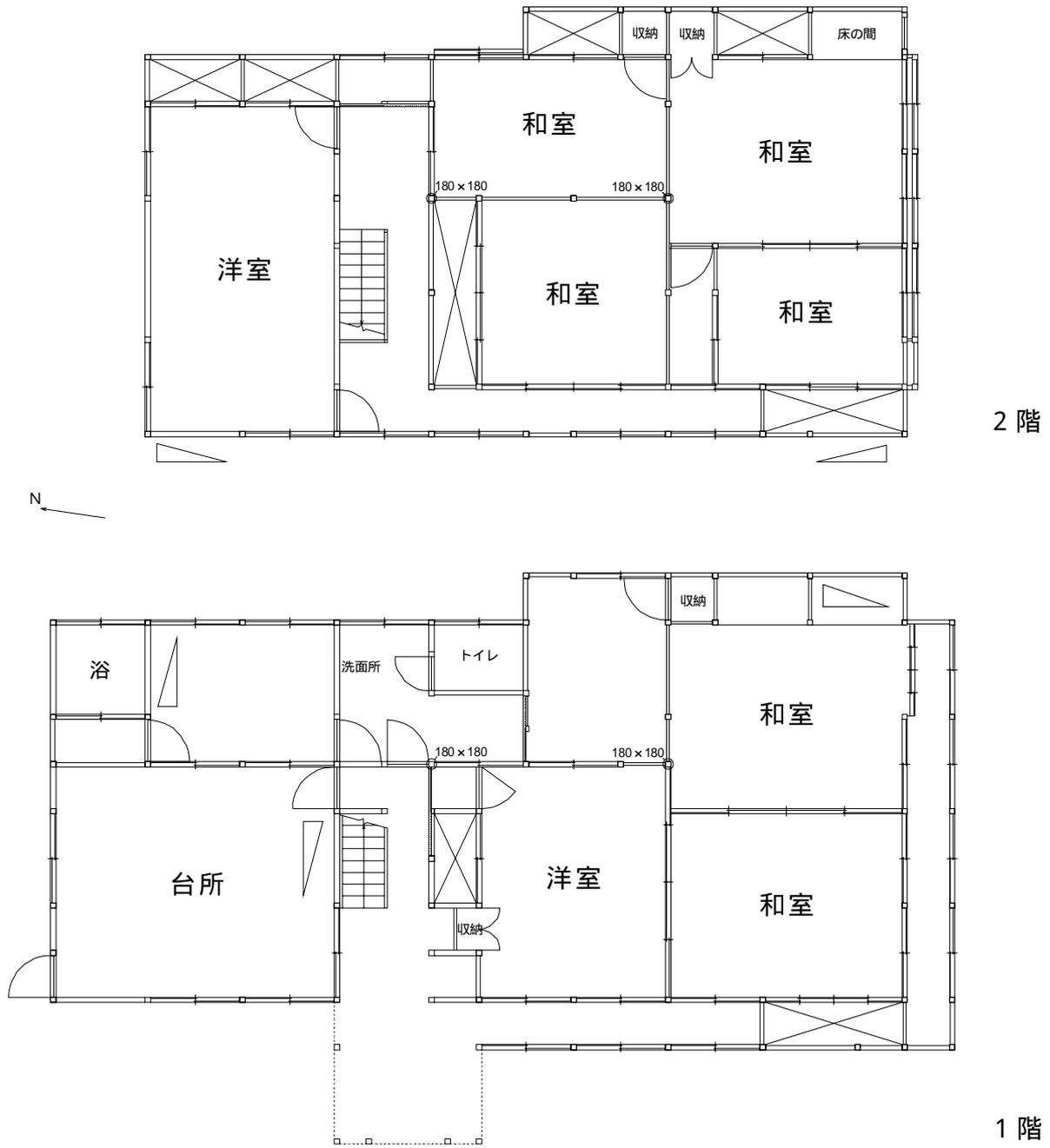


図 5-16 1-B-1 平面図

1-B-2 邸

- ・ 築3年の1層RC（高さ2.5 m）の高床式木造。RC層上部はコンクリートスラブ。内装はせっこうボード張り、外壁はサイディング張り。図面が保存されていた。
- ・ 一見して被害軽微であるが、2層以上の建具の多くが外れたり、ガラスが割れたりしている。応急危険度判定結果は「調査済」。
- ・ 内装せっこうボードに複数箇所、亀裂が入り、木部1階の和室のせっこうボードが剥落したものの、残留変形等はなく構造躯体はほぼ健全と想像される。せっこうボード剥落部分から筋かい（45×120 mm）が確認された。
- ・ RCべた基礎部分の一部鉄筋が露出するほどの亀裂が確認された。その他、RC躯体部分にもヘアークラックが確認された。
- ・ W建築が設計、施工。川口町内に4棟同様の1層RC造高床式木造を建てているが、いずれも被害軽微とのこと。。



写真 5-105 建物概観



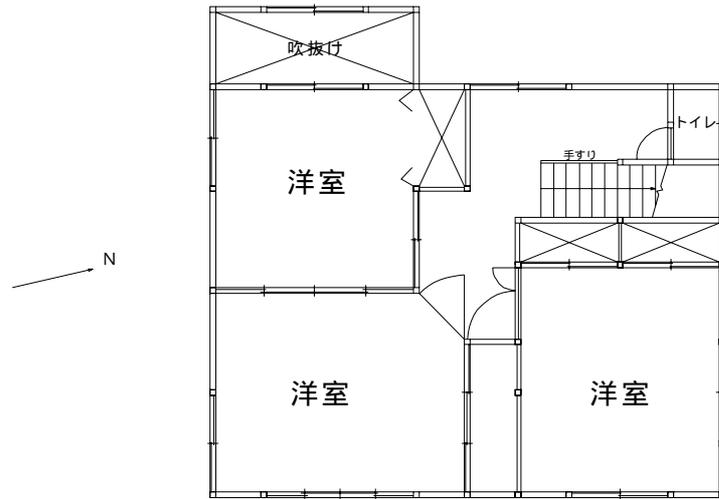
写真 5-106 せっこうボードが剥落(1カ所のみ)して露出した筋かい



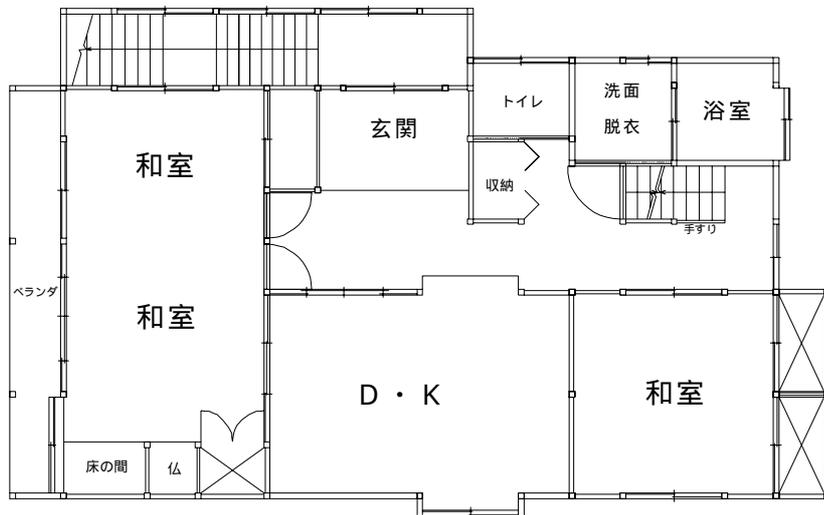
写真 5-107 造作材のひび割れ



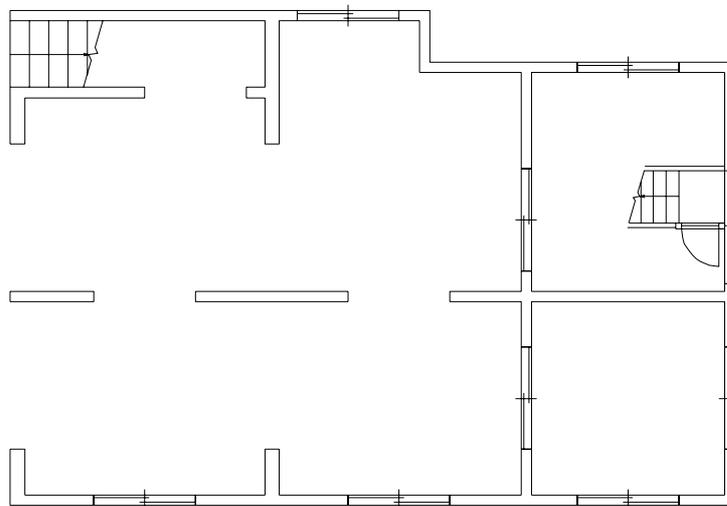
写真 5-108 ユニットバス仕上げ材のひび割れ



3階



2階



1階

図 5-17 1-B-2 平面図

1-B-3 邸

- ・ 築 10 年の 1 層 RC の高床式木造。高床部分は 150 mm 厚の RC 造。RC 層の北側約 2/3 の上部は RC 梁と H 鋼を併用で、南側は RC スラブ。RC 造部分にヘアークラック等があるものの、今回の地震による顕著な被害は見られない。
- ・ 内装はせっこうボード張り、外壁は下見板張り、コアに土壁。
- ・ 敷地は平地で、南側がやや低い。今回の地震による地盤のズレ等は見られない。
- ・ ねこ土台を使用。北西側の数個の緊結が不充分であったと推測されるねこ土台が本震時に落下したが、他は残っている。
- ・ 外装は下見板張り、木部 1 階の一部の下見板が押さえ板から外れていた。
- ・ 内装は、和室がラスボード上に土塗り仕上げ、または竹小舞 + 土塗り。
- ・ 床の間の背面と、南東隅の壁等、計 4 カ所に、筋かい(片筋かい、幅 120mm)を確認。他の、筋かい設置可能な壁には、筋かいを見つけることができなかった。
- ・ 南東隅の壁内の筋かいは、端部が引き抜けていた。貫(105×18)は 4 段。
- ・ ダイニングは上部に吹き抜けがあり、壁はせっこうボードの大壁で多くが脱落。
- ・ 階段の被害が大きく、踏み板が脱落寸前。金属板葺きの屋根は特に被害がない。
- ・ 本震時に玄関部独立柱が脱落し、玄関部分が分離、はずれかかる。
- ・ その後の余震の度に、木造 1 階部分の変形が増している。
- ・ 調査時点の木造 1 階の傾斜は、北側に 112/1000、東に 6/1000。この時点で、傾斜をくい止める措置は取られていない。応急危険度判定は、「危険」。
- ・ 使用部材等は良質なものが多く確認されたが、木部 1 階の筋かい等耐力要素が少ない模様。木部 2 階東側和室の押入には、筋かいが計 3 本確認された。



写真 5-109 建物概観



写真 5-110 内壁が剥落し傾斜が大



写真 5-111 台所と階段室の内壁の脱落



写真 5-112 開口部が多く被害の少ない
木部 2 階

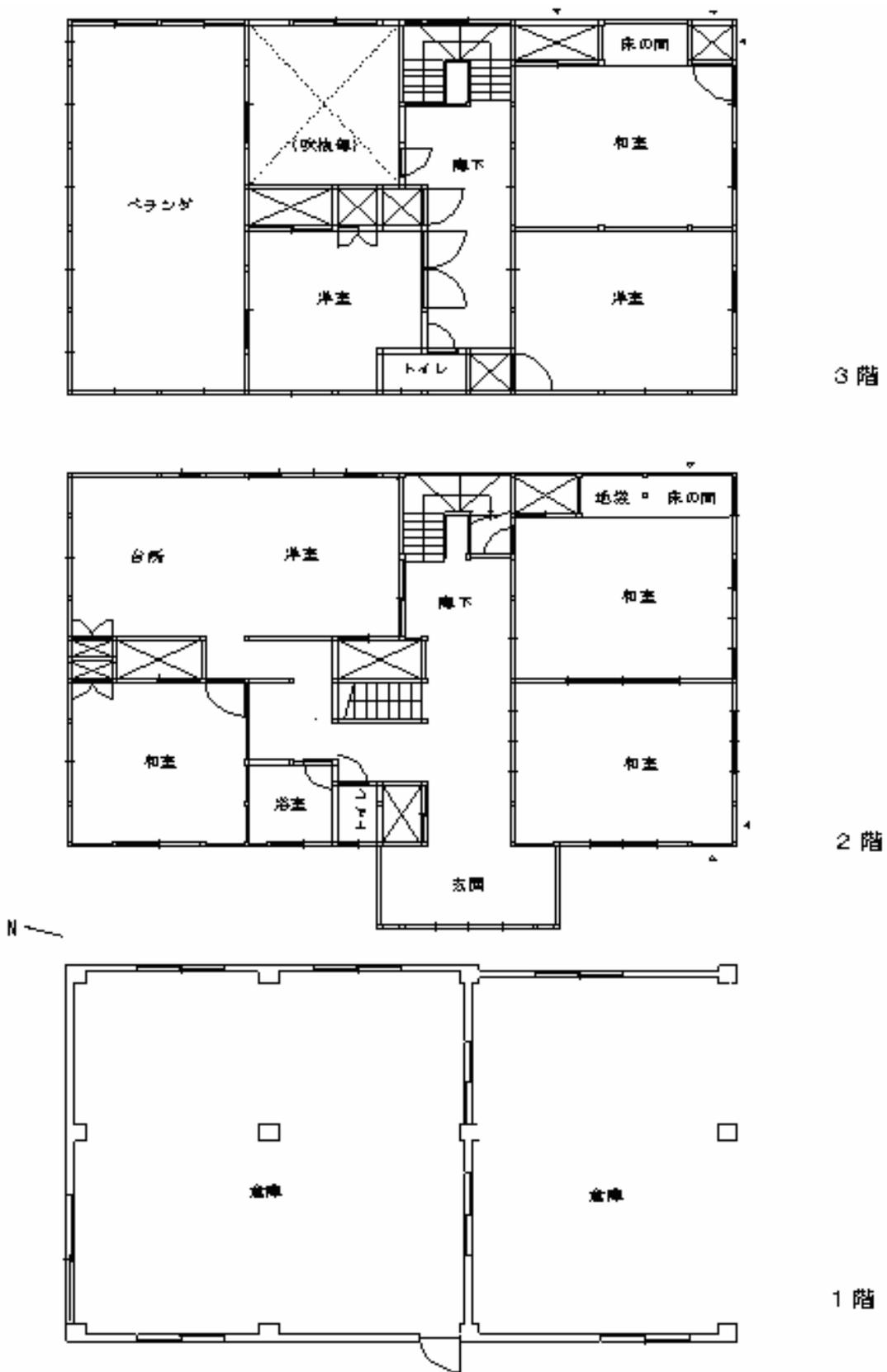


図 5-18 1-B-3 平面図

1-B-4 邸

- ・ 築34年の一部高床式一部2階建て軸組構法住宅。ただし、当時は高床式の制度がなく、3階建てとして申請。
- ・ 約20年前に南および東側を増築している。
- ・ 高床以外の基礎は布基礎で、一部に断裂がある。
- ・ 高床部分のRC壁は幅150mmで、道路側に控え壁が付いている。被害は見られない。
- ・ 外装は、3年前にサイディングに変更したが、被害は見られない。
- ・ 内装は、和室部分がラスボードに塗り壁で、亀裂がある。台所等はせっこうボードを使った大壁で、浮き上がり等が見られる。
- ・ 通柱は6本で、管柱を含めて柱の端部はカスガイ留め。
- ・ 居住者は元大工で、建物は自作。居住者（施工者）によると、筋かいは開口部以外のほとんどに、たすきで入れた。端部は釘留め。
- ・ 木造建物に傾斜はない。
- ・ 屋根は、金属板葺きで、被害なし。
- ・ 応急危険度判定は、基礎亀裂のため、「要注意」判定。



写真 5-113 建物概観



写真 5-114 内壁の被害



写真 5-115 布基礎の断裂



写真 5-116 玄関の床の被害

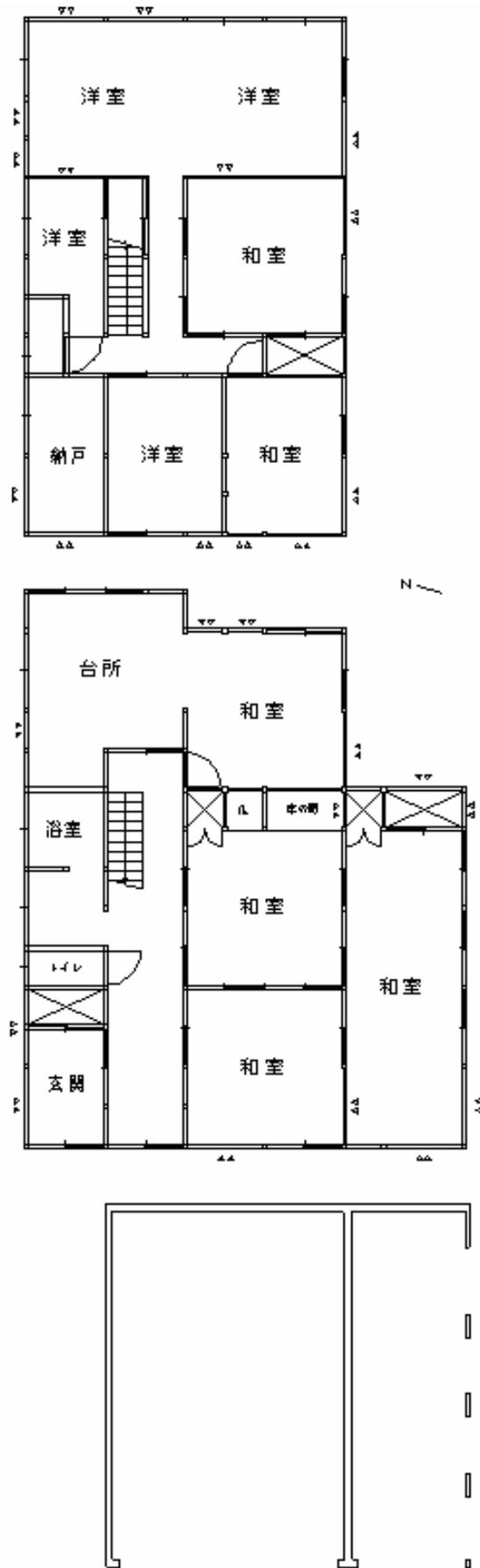


图 5-19 1-B-4 平面图

2-B-5

- ・ 築7年の1層RC造、木部2階建ての高床式木造。
- ・ RCの立ち上がりの上に、鉄骨の梁を渡し、その上に木材の根太が配されている。
- ・ 外壁はサイディングで、通気工法。内壁はラスボード、湿式仕上げ。
- ・ 応急危険度「要注意」判定。前の倒壊した作業小屋と並ぶと比較的被害軽微に見えるが、詳細に見ると相当被害がある。
- ・ 2つ割筋かいが座屈した箇所あり。柱の損傷有り。
- ・ RC高基礎にひび割れ有り。
- ・ 外壁サイディングの一部が剥落、内壁も亀裂多数、ラスボードが脱落している部分もある。
- ・ 床がめくれるほど水平構面が変形したのは、比較的南側に壁が少なかったためと推測される。
- ・ 傾斜は木部1階で南へ13.5/1000(1/74)、西へ11/1000、木部2階で南へ2.5/1000、西へ0.5/1000。
- ・ 基礎の出隅部の破損有り。その部分から土台の腐朽が始まっているのが確認された。防腐処理剤ではないように見えた。
- ・ 踏み外し掛けた柱が、浮いたサイディングの下から確認された。



写真 5-117 建物南側概観



写真 5-118 めくれ上がった床板



写真 5-119 筋かいの座屈



写真 5-120 RCと鉄骨、木部の取り合い

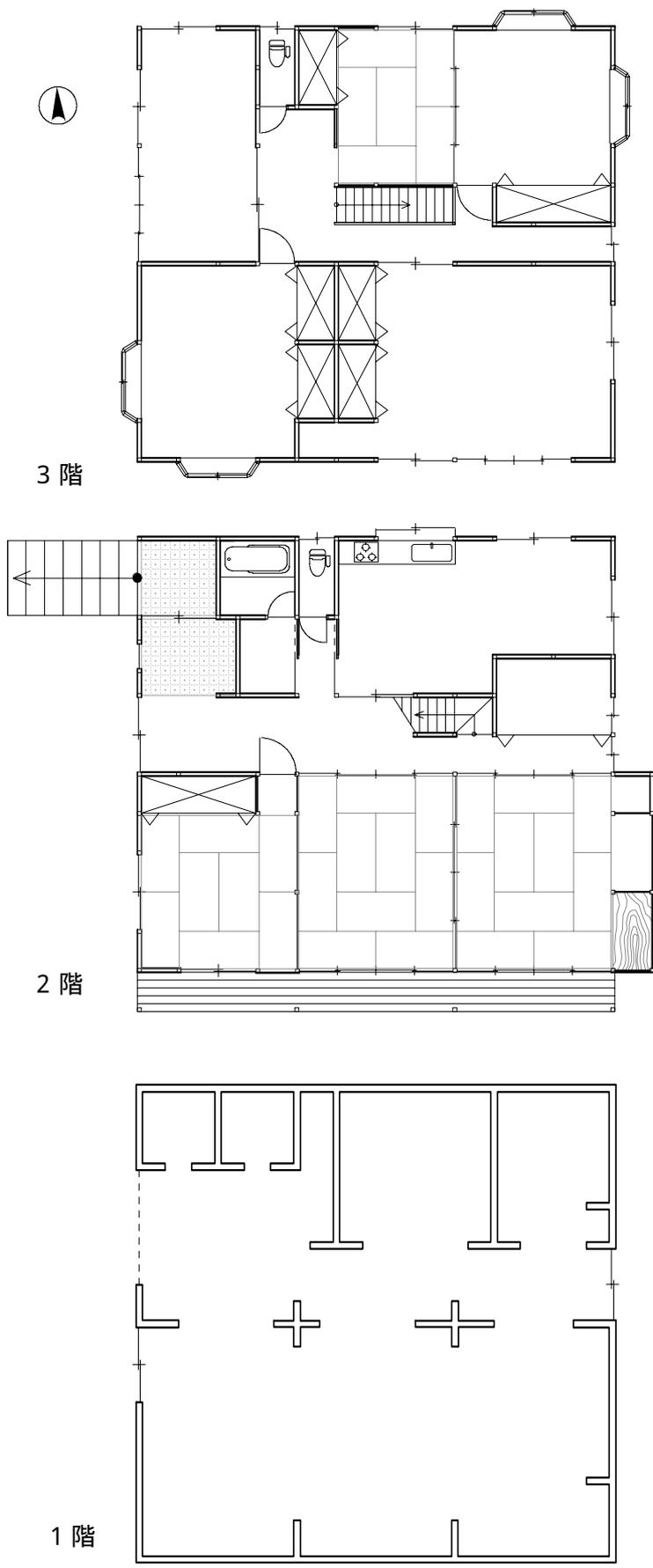


图 5-20 2-B-5 平面图

2-W-1 邸

- ・ 築 41 年の 2 階建て木造軸組構法。応急危険度判定結果は「危険」。
- ・ 土塗り壁主体で、仕上げは下見板張り。2 階屋根は瓦葺き、1 階の下屋はトタン葺き。
- ・ 1 階の残留変形より 2 階の残留変形の方がはるかに大きい。1 階は南東に 5.5/1000、南西に 4/1000 傾斜。2 階は北西に 1/5、南西に 1/80 傾斜。
- ・ 内壁のほとんどが剥落していた上、明日にも解体するというので、所有者が筋かいの有無を確認するために一部外壁を破壊して良いとの許可を得たため、筋かいの配置が全て把握できた。
- ・ 2 階の一番南の筋かいは踏み外していた。
- ・ 1 階玄関脇の 4 畳半の内壁の両筋かいは切断されていた。
- ・ 壁量充足率を算出すると、2 階の充足率が 1 階のそれより高いのに、2 階の損傷の方が大きい。



写真 5-121 南西側外観



写真 5-122 2 階内部

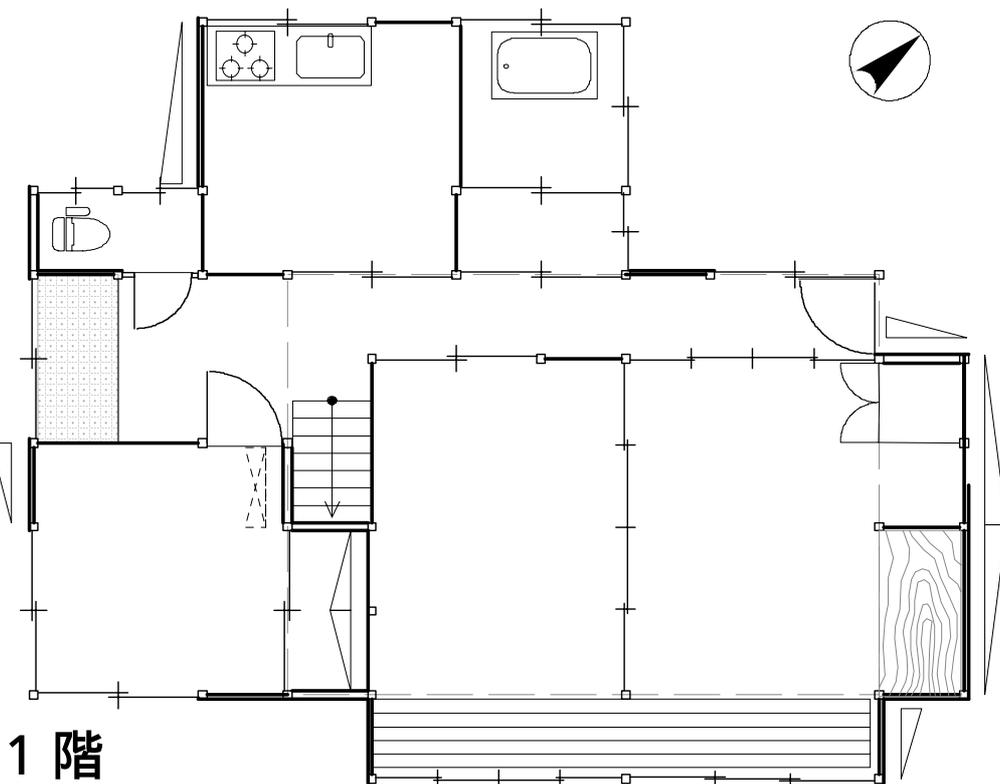
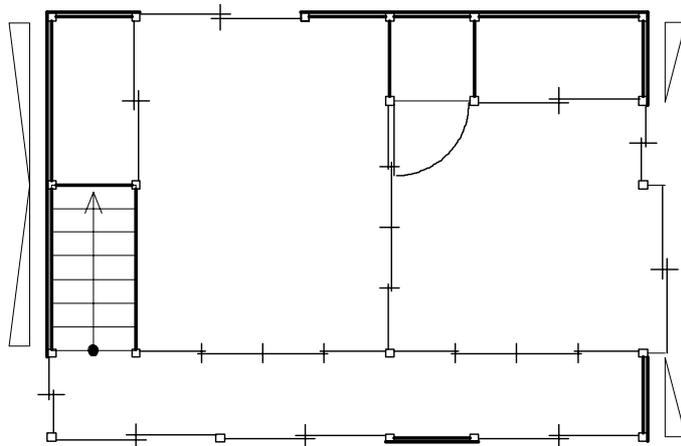


写真 5-123 残留変形の大きな家屋



写真 5-124 踏み外した筋かい

2 階



1 階

图 5-21 2-W-1 平面图

2-H-1 邸

- ・ 水口の集落にある空き家。築年数は不明だが、相当古い。築 30 年以上と想像される。
- ・ 土塗り壁主体だが、西側の納屋に面する外壁は仕上げが無く、筋かいが 3 本見えた。
- ・ 2 階屋根は瓦葺き、1 階の下屋はトタン葺き。
- ・ 周囲には多少の地割れがあるものの、地盤が傾くなどの著しい変状はない。周囲の様子から、元々は田畑であったと想像される。
- ・ 2 階の残留変形が 1 階のそれよりはるかに大きい。傾斜が比較的小さい 1 階の傾斜は、南面の東から 4 本目の柱が西へ $114/1000$ 傾斜していたものの、南北方向の傾斜はなかった。玄関右の柱は比較的傾斜は小さく、西へ $18/1000$ 、南へ $3/1000$ 傾斜していた。
- ・ 次頁の表に示すとおり、壁量充足率は 1 階の方が低い。更に詳細な分析が必要である。
- ・ 外壁仕上げの下見板が一部剥落している箇所があった。内壁の土塗り壁も崩落していた。
- ・ 外部建具も外れている部分が多く、窓からのぞくなどして平面図を起こした。2 階は窓の付き具合、階段の位置、したから見える天井の奥行きなどから想像して平面を作図した。



写真 5-125 南面外観



写真 5-126 北面外観（増築部分あり）



写真 5-127 内部の被害状況



写真 5-128 住宅大破

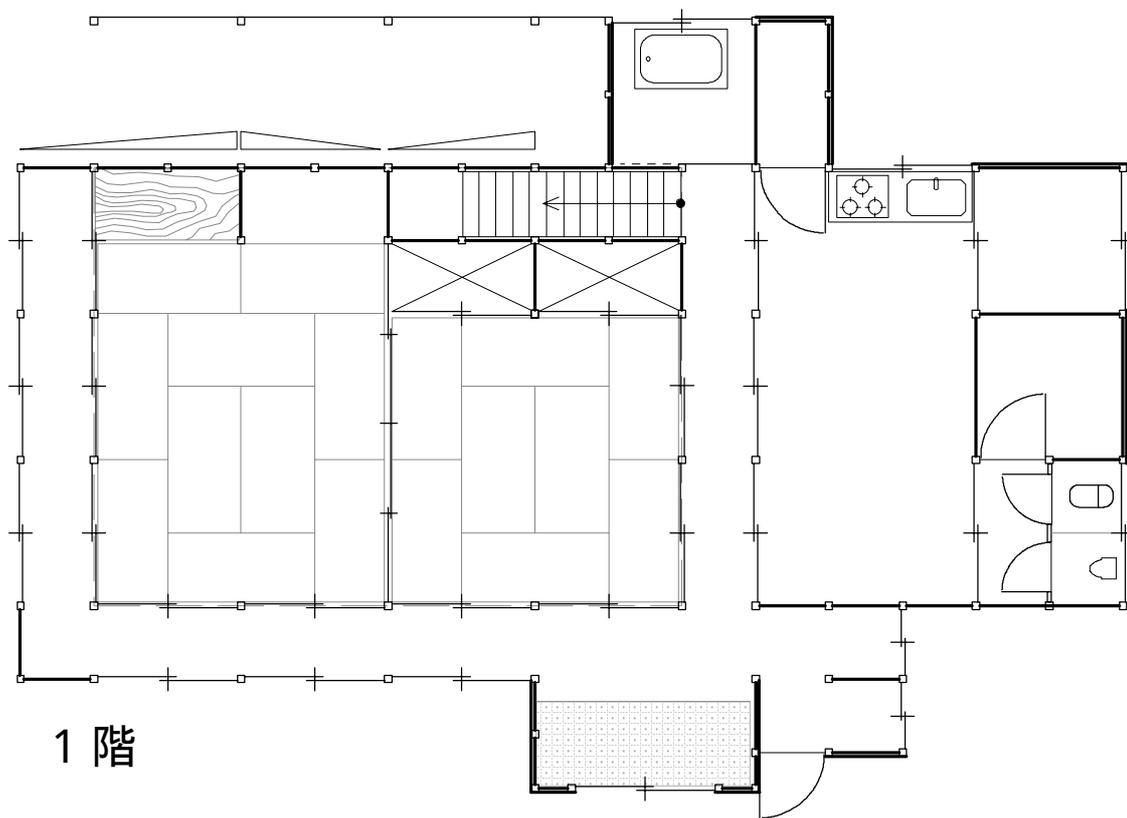
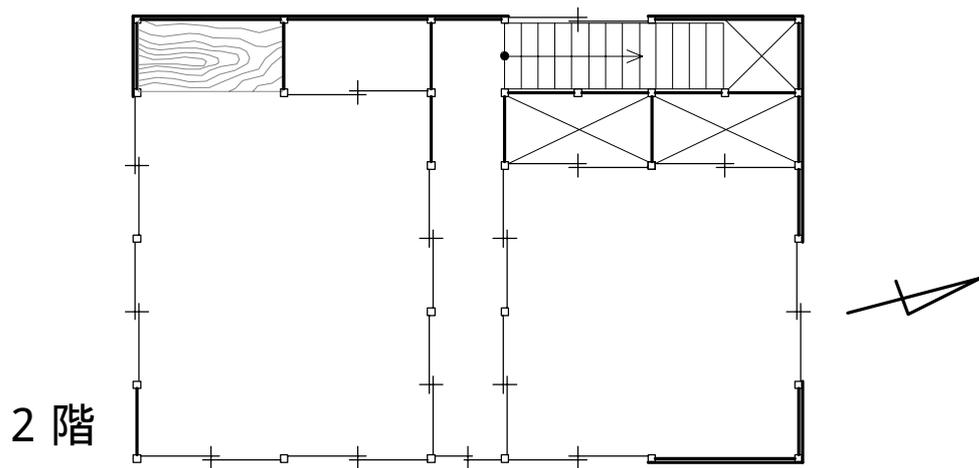


图 5-22 2-H-1 平面图

5.4 壁量と被害程度の関係

(1) 詳細調査物件の壁量

表 5-2 に示す詳細調査を実施した物件それぞれの壁量と被害程度の関係を考察した。壁量の算出には 2 通りの方法を適用した。

第一の方法では、筋かいや合板の有無・寸法等が不明である場合が多いため、無開口壁を倍率 1 として壁量を算出した。図面を拝借するなどして筋かいの配置が判明したものは筋かいの倍率を 2 として、無開口壁量に加えた。これに基づいて現行建築基準法の必要壁量に対する充足率（以下、基準法の壁量充足率と称する）を求めた。

第二の方法では、第一の方法によって算出した壁量に、開口壁の腰壁、垂れ壁を評価し、壁量として加えた。壁量として算入する開口壁は、少なくとも一方が無開口壁と隣接するものに限り、その評価方法は、開口低減係数¹⁾を準用して表 2 に示す通りとした。ここで得られた壁量を住宅の品質確保促進法（以下、品確法）の壁量評価法に基づいて耐震等級 1 と同等に要求される壁量のうち、一般地に要求されるもの（表 3²⁾）と比較して壁量充足率（以下、品確法の壁量充足率と称する）を算出した。

表 2 有開口壁の評価方法

開口の幅	単位長さ当たりの倍率	
	窓型開口	掃出し開口
1m 以下	0.4	0.2
1m ~ 2m 未満	0.3	0.15
2m 以上*	0.2	0.1

*：ただし、3m 以上は 3m と見なす。

表 3 品確法の壁量評価法に基づいて耐震等級 1 と同等に要求される壁量

屋根・壁の種類	必要壁量	
	1 階	2 階
重い材料による場合	$46K_1Z$	$20K_2Z$
軽い材料による場合	$36K_1Z$	$14K_2Z$

ただし、 $K_1 = 0.4 + 0.6R_f$

$K_2 = 1.3 + 0.07 / R_f$

（ R_f は 2 階の床面積の 1 階の床面積に対する割合、0.1 未満の場合は $K_2 = 2.0$ 。

Z ：建築基準法施行令第 88 条に規定する地震地域係数、新潟県は 0.9）

詳細調査物件の各方向の基準法、品確法の壁量充足率を比較してそれぞれ図 5-23、図 5-24 に示す。ここで、X 方向と称する方向は、概ね東西方向を示し、建物の梁間方向、桁

行方向が東西南北と必ずしも一致していない場合は、採光を考慮したと推定される縁側等を南向きと判断し、X、Y方向を決めた。

壁量充足率は、X方向よりもY方向の方が若干高いが、耐力要素の詳細仕様が不明であることも考えれば、両方向は概ね均等に近いといっても過言ではない。平成12年の鳥取県西部地震により被害を受けた建物の壁量充足率³⁾と比較しても有意な差はない。多雪地域であるために特に壁が多い建物が建っているわけではないことが確認された。また、1階よりも2階の充足率が高い建物が多いのも前述の鳥取県の場合とほぼ同じ傾向である。

基準法の充足率と品確法の充足率を比較して、図5-25に示す。品確法の必要壁量には、地震地域係数0.9が考慮されており、基準法と同等の必要壁量としても充足率はほぼ1.1倍になる。1階の壁量充足率はほぼその比に近い建物が多いのに対し、2階はその比より

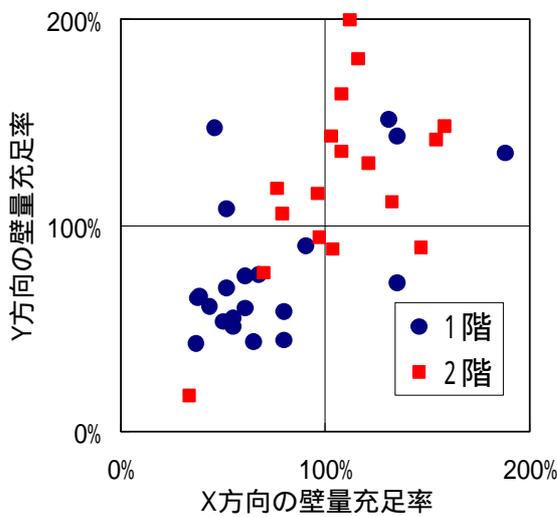


図5-23 詳細調査物件における基準法の壁量充足率

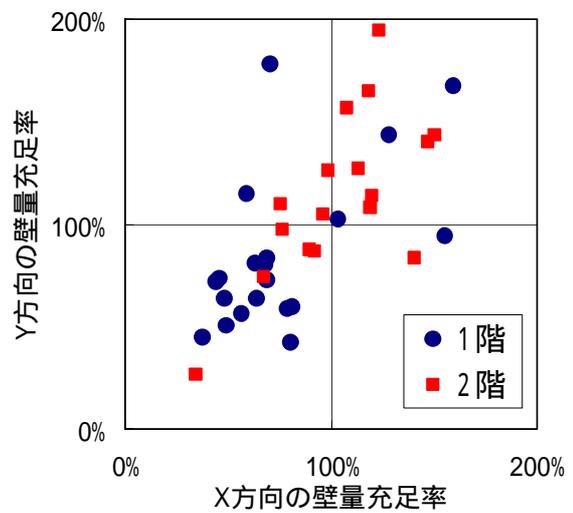


図5-24 詳細調査物件における品確法の壁量充足率

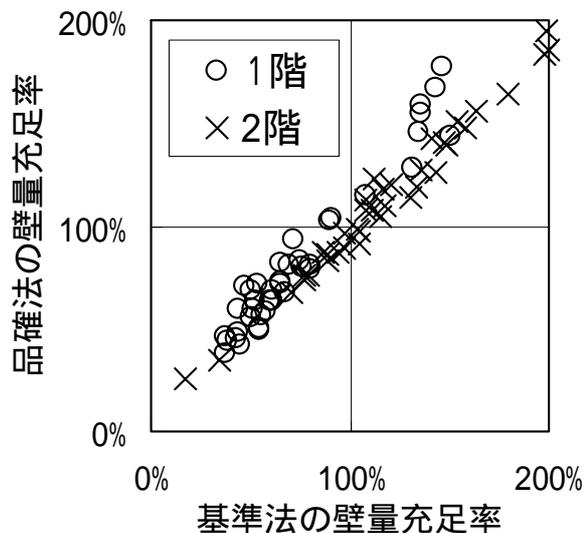


図5-25 基準法の壁量充足率と品確法の壁量充足率の比較

小さい場合が多い。つまり、床面積比などを考慮して、地震入力に忠実に算出した壁量必要に対して、雑壁等を考慮して存在壁量を評価した場合に、1階の壁量はほぼ同等に評価されるのに対し、2階の壁量は少ないという評価になる。

また、品確法の壁量充足率算出に用いた壁量の配置に基づく偏心率を算出して図 5-26 に示す。1階と2階の偏心率、X、Y方向の偏心率には有意な差が認められない。建築基準関連法令で定める基準値 0.3 を超える物件が意外と少ないことが分かる。これは総じて前述の鳥取県の場合より壁が均等に配置されている可能性を示唆している。

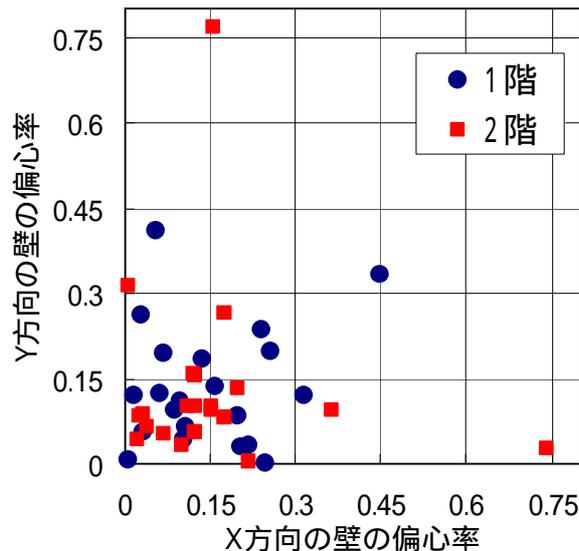


図 5-26 詳細調査物件の偏心率

(2) 壁量充足率と残留変形

基準法、品確法の壁量充足率と残留変形を比較してそれぞれ図 5-27、図 5-28 に示す。両者の間には有意な相関関係があるとは言い難い。これは、耐力要素の仕様が明確でないこと、残留変形と地震時による経験変形は個々の物件ごとに異なることによるものと考えられる。

特に壁量充足率が、200%を超えるにもかかわらず、2階のY方向の残留変形が0.2 rad.に達している物件(2-W-1)があるが、この2階の壁量は4本の筋かいに基づいており、接合方法が釘のみであったためにその半分の壁量に相当する引張筋かいは効かなかったこと、残りの圧縮筋かい2本はそれぞれ1P、2Pの壁に入っていたが、このうち2Pの筋かいは踏み外していたことなどにより、耐力要素としては実際には評価値の1/6しか機能しなかったことにより、極めて大きな変形が残ったものと考えられる。

一方で、前述のような簡易な壁量計算に基づく基準法、または品確法の壁量充足率でも、100%を超えていればせん断変形が1/5 rad.を超えて倒壊の可能性が生じるような被害を受ける可能性はまずないこと、簡易な計算によっても壁量充足率が余裕をもって100%を超える場合には、使用限界1/120 rad.を超えるような大きな被害を受ける可能性は極めて低いといえる。

また、偏心率と残留変形を比較して図 5-29 に示した。両者には有意な関係が認められないが、偏心率が低いほど大きな被害を受けない可能性が高いと考えて良い。

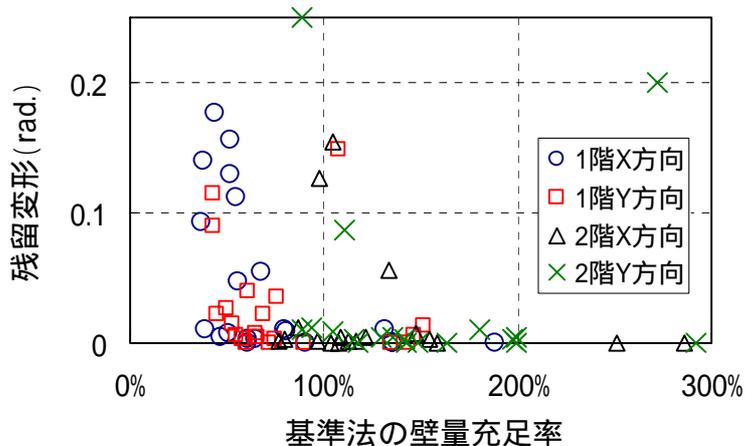


図 5-27 基準法の壁量充足率と残留変形の関係

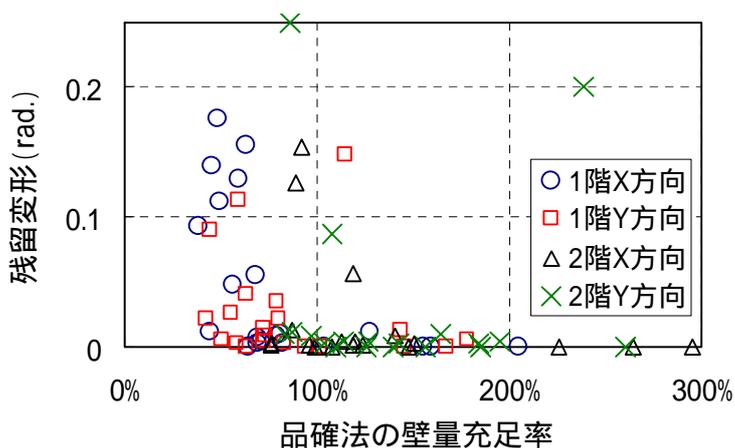


図 5-28 品確法の壁量充足率と残留変形の関係

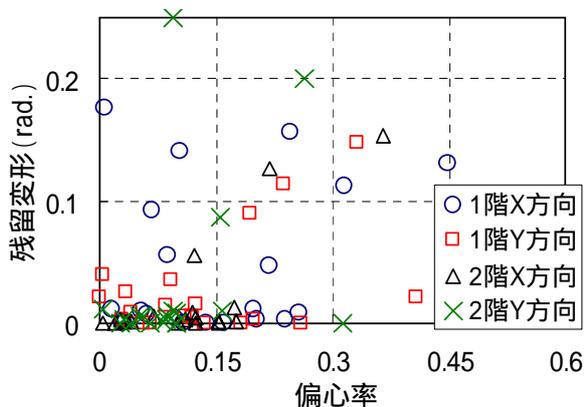


図 5-29 偏心率と残留変形の関係

また、偏心率を考慮した壁量の評価方法として以下の低減係数⁴⁾が提案されている。これと残留変形の関係と比較して図 5-30 に示す。

$$\text{壁量低減係数} = \begin{cases} 1.0 & (Re \leq 0.15) \\ \frac{1}{3.33Re + 0.5} & (0.15 < Re \leq 0.45) \\ 0.5 & (Re > 0.45) \end{cases}$$

ここで、 Re : 偏心率

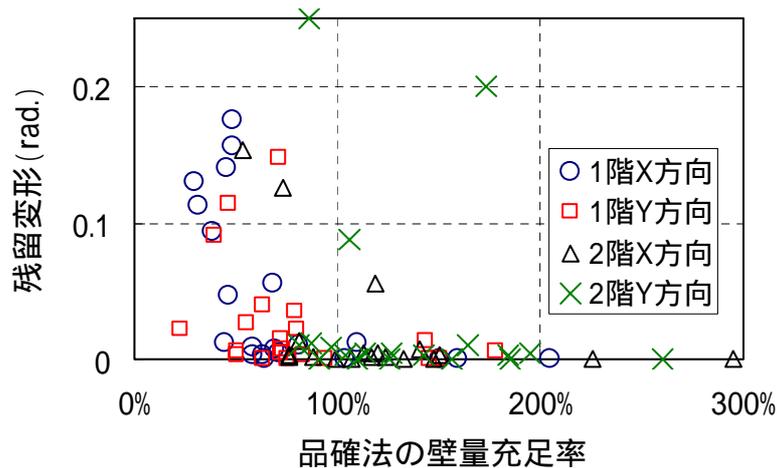


図 5-30 偏心率を考慮した壁量に基づく充足率と残留変形の関係

図 5-28 と比較すると、一部の例外はそのままであるが、壁量充足率と残留変形の反比例関係はより有意になったといえる。つまり、壁量充足率が 100% 前後であるにもかかわらず、0.1 rad. 以上の大きな残留変形を有する 2, 3 棟の物件の充足率は、偏心率を考慮した低減係数により低下した。これら 2, 3 棟の被害は偏心率の低さによる部分がかなり大きかったと結論づけられる。

引用文献

- 1) 木造住宅の耐震精密診断と補強方法、(財)日本建築防災協会、p.60, 2004 .
- 2) 河合直人：建築技術 No. 608, p.124, 2000 .
- 3) 槌本敬大ほか：日本木材学会大会研究発表要旨集、P.222, 2001 .
- 1) 木造住宅の耐震精密診断と補強方法、(財)日本建築防災協会、p.22, 1985 .

5.5 地震応答計算及び考察

5.5.1 目的と概要

今回の地震では、木造住宅の被害が甚大な被災地において強震記録が得られており、一方で木造住宅の詳細調査から、木造住宅の各部の仕様及び主要な耐震要素の量がおおよそ把握されている。本節では、木造住宅の被害原因の定量的考察に資することを目的として、木造住宅に対する地震応答計算を行った結果を述べる。計算の対象としたのは2階建て木造住宅と、1階が鉄筋コンクリート造で2、3階が木造である住宅で、木造各階の壁量をパラメータとして、強震記録で得られた地震波を用いた時刻歴応答計算を行い、壁量と地震波に応じた最大応答変位の変動を求めている。さらに、この計算によって得られた壁量と最大応答変位の関係を、実際の被害程度と照合することにより、定量的な考察を加えることとする。

5.5.2 計算の内容

(1) 計算に用いた地震波

入力地震波としては、JMA532 小千谷市城内のEW成分（以下JMA小千谷EW）及びJMA 65042 川口町川口のEW成分（以下川口町川口EW）を用いた。各地震波の諸元は表5.5.1に示すとおりである。なお、川口町川口の波形データは、新潟県のデータを気象庁から提供いただいたものである。

表 5.5.1 計算に用いた地震波の諸元

観測地点	計測震度	最大加速度 (gal)				震央距離 (km)
		3成分合成	南北	東西	上下	
小千谷市城内	6.3	1008.3	779.2	897.6	730.8	7
川口町川口	6.5	1722.0	1141.9	1675.8	869.6	2.5

(2) 建物の設定

計算の対象とした建物は、以下の4種類である。

2階建て木造 総2階

2階建て木造 部分2階（床面積比は1階：2階＝1：0.7と仮定）

1階鉄筋コンクリート造＋2、3階木造 総3階

1階鉄筋コンクリート造＋2、3階木造 部分3階（床面積比は1階：2階：3階＝1：1：0.7と仮定）

建物の重量は、とでは重い屋根を想定し、では2、3階木造部分は軽い屋根を想定して固定荷重を算出した。これは、被災地において2階建ての木造住宅では2階の屋根を瓦葺きとしているものが多いこと、一方、1階を鉄筋コンクリート造とする高床式住宅では、金属板などの軽い屋根とした例が多いことによるものである。

固定荷重及び積載荷重の具体的な設定値は、単位床面積当たりの質量として表5.5.2に示す値を用いて計算した。これらの値は、品確法における性能表示制度の評価方法基準で、

表 5.5.2 各部の質量の想定 (床面積 1 m²当たり kg)

	重い屋根の場合	軽い屋根の場合
屋根の質量 G ₁	130	95
各階の外壁の質量 G ₂	120	75
各階の内壁の質量 G ₃	20	20
各階の床の質量 G ₄	60	60
床の積載の質量 P ₁	61	61

耐震等級 2 以上における必要壁量の根拠とされる値である。

これらの各部の質量から、各階の質量は、1、2 階の床面積 A₁、A₂ を用いて

$$1 \text{ 階質量 } M_1 = (A_1 - A_2) G_1 + 0.5 (A_1 + A_2) (G_2 + G_3) + A_2 (G_4 + P_1)$$

$$2 \text{ 階質量 } M_2 = A_2 \cdot G_1 + 0.5 A_2 (G_2 + G_3)$$

と表される。

(3) 壁量の設定と荷重変形関係

地震応答計算は、(2)で述べた 4 種類の建物について、それぞれ木造階の壁量をパラメータとして、建築基準法施行令第 46 条に規定する必要壁量に対して、木造部分の各階の壁量充足率が各階独立に 0.8 から 2.6 の間、0.2 きざみで変化するように、各階の剛性耐力を変動させた。ただし、1 階鉄筋コンクリート造で 2、3 階が木造の場合の必要壁量は、1 階を無視して木造 2 階建てと見なした場合の必要壁量を用いている。また、耐力壁以外の寄与を考慮し、耐力壁の耐力の 50% が耐力壁以外の部分で負担されるものと仮定して、耐力壁による荷重変形関係を 1.5 倍して層の荷重変形関係とした。

用いた荷重変形関係及び履歴性状は、構造用合板耐力壁の実験結果に基づき、バイリニア+スリップにモデル化する。構造用合板耐力壁は、建設年代の新しい住宅に使用されており、被災地で実際に使用した例はむしろ少ないが、木造住宅の標準的な荷重変形関係を示すものとして用いている。図 5.5.1 に履歴モデルを、表 5.5.3 に構造用合板耐力壁長さ 1 m 当たりの荷重変形履歴モデルに対応するパラメータの値を示す。

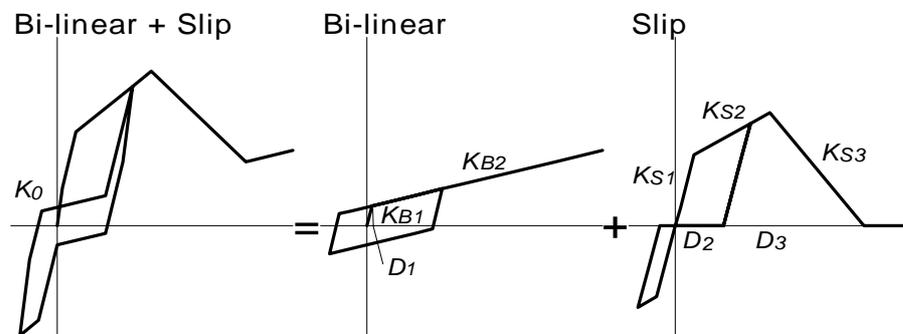


図 5.5.1 計算に用いた荷重変形の履歴特性 (バイリニア+スリップ)

表 5.5.3 構造用合板耐力壁 1 m に対するパラメータの値 (記号は図 5.5.1 に対応)

初期剛性 (kN/mm)	剛性 (kN/mm)					剛性変化点の変位 (mm)		
	K_{B1}	K_{B2}	K_{S1}	K_{S2}	K_{S3}	D_1	D_2	D_3
K_0	K_{B1}	K_{B2}	K_{S1}	K_{S2}	K_{S3}	D_1	D_2	D_3
0.4876	0.53 K_0	0.03 K_0	0.47 K_0	0.07 K_0	- 0.11 K_0	4.5	18	90

また、1階が鉄筋コンクリート造の場合、鉄筋コンクリート造部分については、詳細調査物件の例を元に、1階床面積当たり耐力壁断面積がおよそ 0.036 m²であると想定し、これが短期許容せん断応力度に達したときの変形が 1/300 ラジアンであるという仮定から、床面積 1 m²当たりのせん断剛性を 412 (kN/mm) とした。この結果、総 3 階で壁量充足率が 1 の時の 1 階と 2 階の剛性の比はおよそ 50 : 1 となっている。

建築基準法上は、木造に対して単位床面積当たりの必要壁量が与えられているが、倍率 1 の基準耐力は 1.96 (kN) である。このことから、(2) で述べた 4 種類の建物を対象に壁量充足率が 1 の場合の木造下階 (2 階建ての 1 階、又は 1 階鉄筋コンクリート造 3 階建ての 2 階) について、非耐力部分の寄与も考慮して許容せん断耐力を算出し、層の許容せん断耐力を支持する重量で除した値、すなわち充足率 1 の想定モデルについて許容せん断耐力に対応する地震層せん断力係数を算出すると表 5.5.4 のようになる。これを見ると、セットバックした場合には上階の重量が小さくなるために、また 1 階鉄筋コンクリート造の 3 階建ての場合には重量の想定と必要壁量の関係から、いくらか余裕のある想定となっていることがわかる。

表 5.5.4 想定した建物モデル (壁量充足率が 1 の場合) の木造下階での許容せん断耐力

建物種類	基準法による単位床面積当たりの必要壁量* (m / m ²)	必要壁量に対応する許容せん断耐力 (単位床面積当たり kN)	上部の重量 (kN)	許容せん断耐力に対応する地震層せん断力係数
2 階建て (総 2 階)	0.33	0.971	4.521	0.215
2 階建て (部分 2 階)	0.33	0.971	3.756	0.259
1 階 RC 3 階建て (総 3 階)	0.29	0.853	3.516	0.243
1 階 RC 3 階建て (部分 3 階)	0.29	0.853	2.883	0.296

* 1 階 RC 造 3 階建ての 2 階、3 階の必要壁量は、ここでは 2 階建ての 1 階、2 階の必要壁量を用いている。

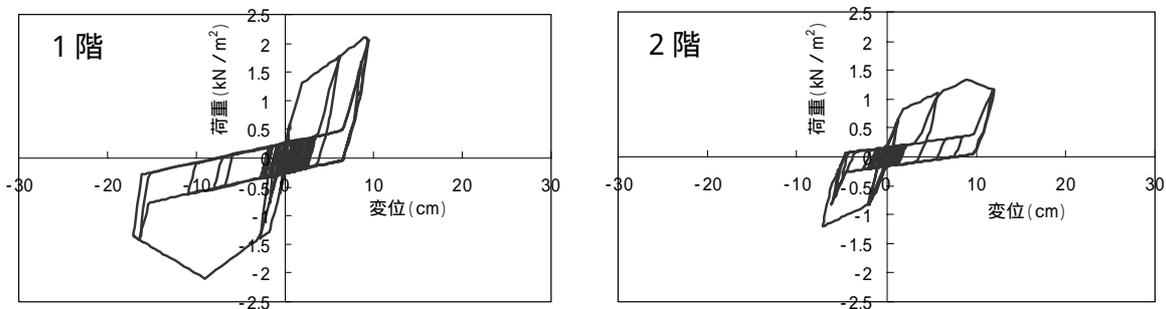
(4) 計算方法

応答計算は、線形加速度法を用い、強震記録 60 秒間に対して、計算の 1 ステップの時間きざみは強震記録の 0.01 秒の 50 分の 1 として行った。減衰は初期剛性比例型で 1 次モードに対する減衰定数 2 % の減衰を仮定している。

5.5.3 計算結果

計算結果の荷重変形関係の例を図 5.5.2 に、4 種類の建物について入力地震波 2 種類、壁量の充足率 100 通りの組み合わせで行った地震応答計算の結果を、木造各階の層間変位の最大応答値として、図 5.5.3 ~ 5.5.6 に示す。ただし、履歴モデルの設定から、層間変位が 30cm を超えた場合には、倒壊と見なして打ち切っている。

(a) 木造 2 階 (総 2 階) JMA 小千谷 EW 充足率: 1 階 1.2、2 階 1.2



(b) 木造 2 階 (総 2 階) 川口町川口 EW 充足率: 1 階 2.2、2 階 2.2

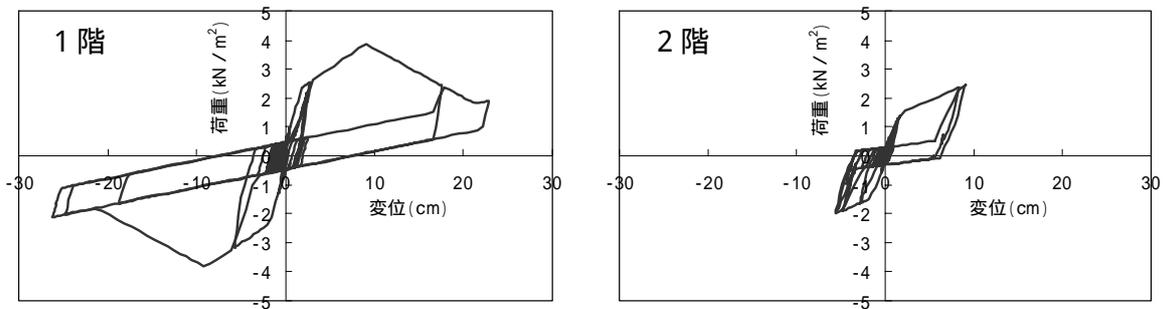
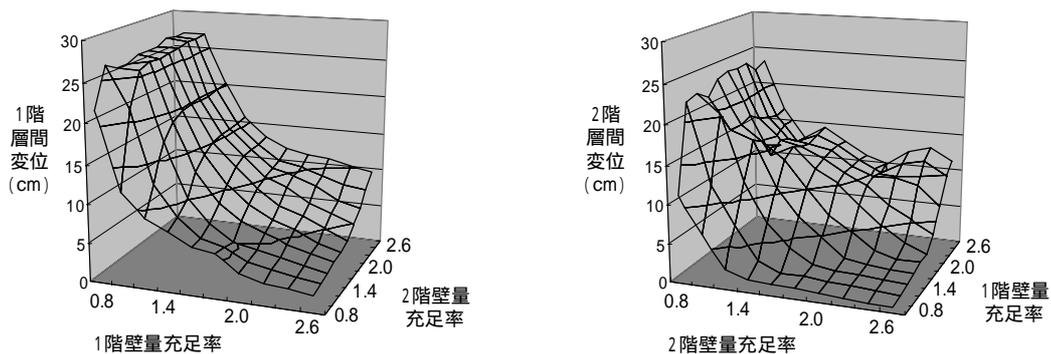


図 5.5.2 計算結果の荷重変形関係の例

(a) JMA 小千谷 EW に対する応答



(b) 川口町川口 EW に対する応答

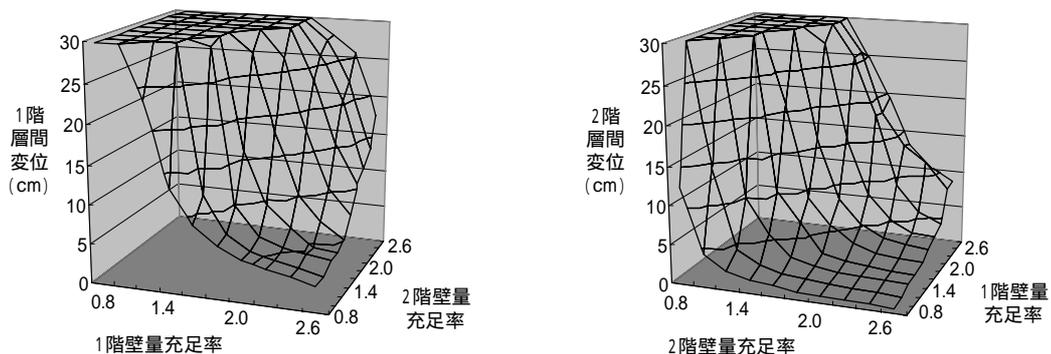
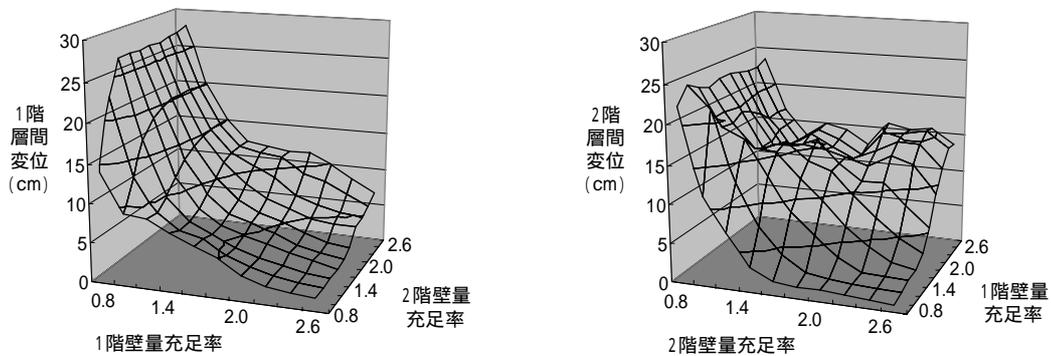


図 5.5.3 木造 2 階建て (総 2 階) の地震応答計算結果

(a) JMA 小千谷に対する応答



(b) 川口町川口 EW に対する応答

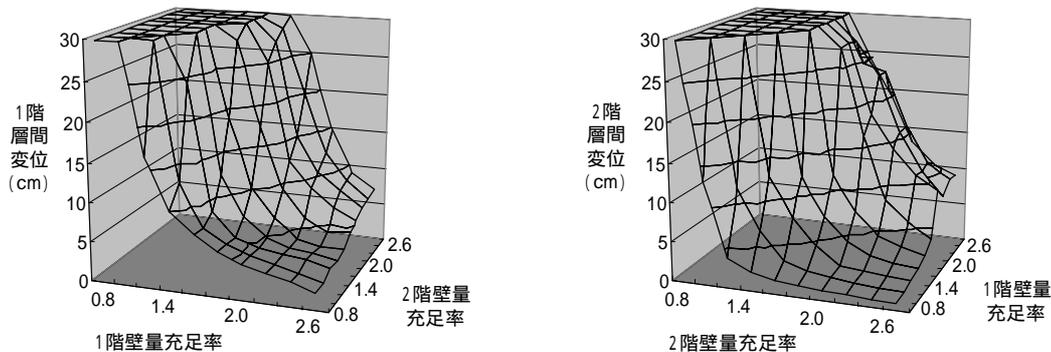
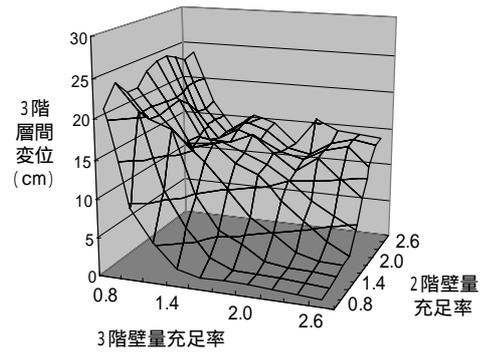
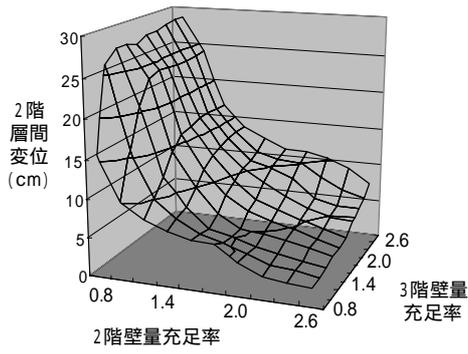


図 5.5.4 木造 2 階建て (部分 2 階) の地震応答計算結果

(a) JMA 小千谷 EW に対する応答



(b) 川口町川口 EW に対する応答

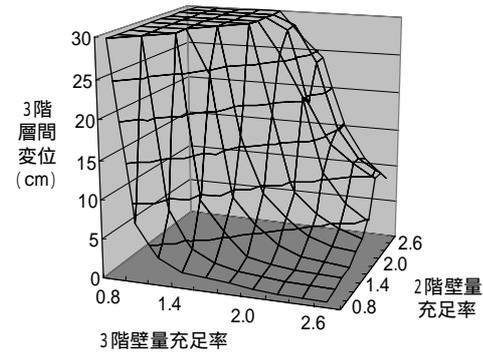
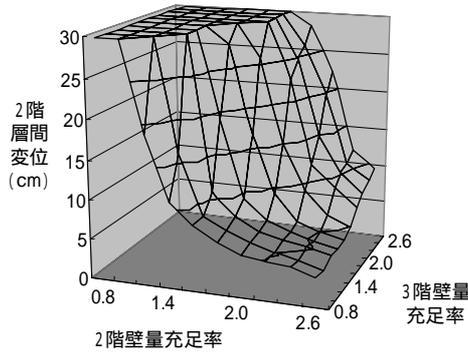
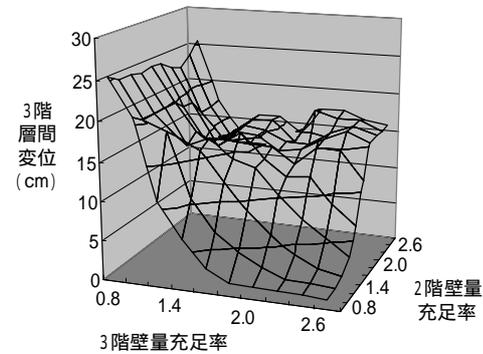
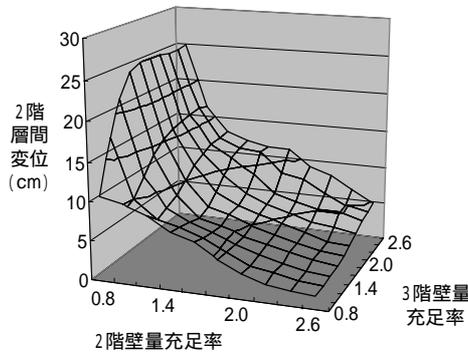


図 5.5.5 1 階 RC 造 + 2、3 階木造（総 3 階）の地震応答計算結果

(a) JMA 小千谷 EW に対する応答



(b) 川口町川口 EW に対する応答

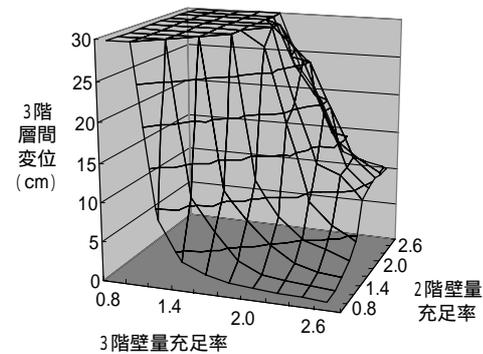
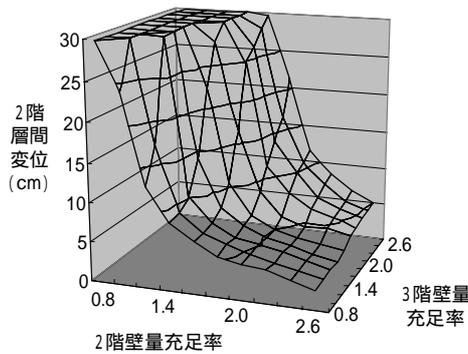


図 5.5.6 1 階 RC 造 + 2、3 階木造（部分 3 階）の地震応答計算結果

図 5.5.3 から図 5.5.6 を見ると、4 種類の建物いずれの場合も、JMA 小千谷 EW に対しては、壁量充足率 0.8 程度でも最大応答層間変形角は 25cm を超えるが倒壊となる層間変形角には到っていない。ただし、1 階(1 階 RC 造の場合は 2 階)の最大応答層間変形は、壁量充足率が 1.2 ~ 1.4 程度以下になると急激に増大する傾向を示している。一方、川口町川口 EW に対しては、木造 2 階建て(総 2 階)の場合で 1 階の壁量充足率が 2.2 以上、2 階の壁量充足率が 1.8 以上にならないと、層間変位の最大応答が 30cm を超え、倒壊の恐れがあるという結果が得られた。部分 2 階の場合には 1、2 階とも充足率 1.8 以上、1 階 RC 造(総 3 階)の場合には 1 階の充足率 2.0 以上、2 階の充足率 1.8 以上、1 階 RC 造(部分 3 階)の場合には 1 階の充足率 1.6 以上、2 階の充足率 2.0 以上の条件で、倒壊に到らないという結果となった。

また、各階の最大層間変形は、当該階の壁量充足率によって変化するばかりでなく、別の階の壁量充足率にも影響され、別の階の壁量充足率が相対的に高くなると層間変位が増大する傾向が見取れる。この結果、例えば、木造 2 階建ての 2 階の JMA 小千谷 EW に対する最大応答層間変形を見ると、1 階の壁量充足率が 2.0 程度以上ある場合には、2 階の壁量充足率がある程度高くなっても、損傷が 2 階に集中するために、2 階の最大応答層間変位がそれほど変化せず、10cm を超える比較的大きな層間変形が生じている。

さらに、総 2 階と部分 2 階(1 階 RC 造の場合には総 3 階と部分 3 階)を比較すると、同じ充足率の場合には、下階の応答変位は部分 2 階(部分 3 階)に比べて総 2 階(総 3 階)の応答が大きく、2 階の応答はむしろ部分 2 階の方が大きいという傾向が見られる。このことは、建築基準法の必要壁量が、総 2 階、部分 2 階を問わず同じ値であることにも起因すると考えられる。

5.5.4 考察

(1) 被害実態との相違

前節の壁量と被害との関係で述べたように、被害の実態としては、壁量充足率が 1.0 程度を下回ると被害甚大になるという結果が得られている。このことは、JMA 小千谷 EW を入力地震動とした地震応答計算で、充足率 0.8 でも各階の最大応答層間変位が 30cm を下回っているという結果と大きな矛盾はないと思われる。しかしながら、入力地震動を川口町川口 EW とした場合に、充足率が 2.0 程度なければ倒壊の恐れがあるという計算結果は、上記の被害実態とはかなりの食い違いを見せている。

この相違の理由として以下の項目が考えられる。

現実の地震動が、狭いエリア内でも地震動に差が生じていた。

木造住宅の荷重変形関係の想定において仮定した耐力が実際の耐力より低い。

木造住宅の倒壊限界として仮定した変形が実際の倒壊限界より小さい。

地盤との相互作用による入力損失があり、建物への地震入力が強震記録に比べて小さい。

については、強震記録も JMA 小千谷と K-net 小千谷で相当に異なるように、微地形の影響などもあり、近傍で得られた強震記録がそのまま木造住宅の地震入力と言えるかど

うかは疑問である。しかしながら、現在のところ、それ以上に検討に加える十分なデータを所有していない。

については、近年、仕上げ材の寄与が大きいことが指摘されているが、住宅の構法にも依存し、被災地で確認された仕様の外壁の土壁、下見板、サイディング、内壁の石膏ボードなどは、モルタルと異なり、想定以上の極端に大きな寄与はないと思われる。また、柱の曲げによる抵抗も考えられるが、平成 16 年の耐震診断法の改訂^りで加えられた「垂れ壁付き独立柱」の評価に従えば、柱径 120mm 程度では耐力要素として評価されておらず、その寄与は小さいと言わざるを得ない。

については、近年の住宅の引き倒し実験や振動台による倒壊実験で、完全に倒壊するか否かの限界は、変形角で数分の 1 と言われており、30cm（約 10 分の 1）を倒壊の恐れがある限界とした今回の評価はやや控えめであると言える。

については、木造住宅のような比較的軽い建物では、地盤との相互作用による入力損失は小さいと考えるのがむしろ妥当であろう。ただし、1 階が鉄筋コンクリート造の場合には、このような入力損失も考慮すべきかもしれない。

以上のように、被害実態と計算結果との間にいくらかのずれが見られることは、様々な角度から検討すべき今後の課題である。

(2) 2 階の崩壊、大破について

今回の地震被害で、川口町和南津、小千谷市東吉谷などでは、木造 2 階建ての 2 階のみが崩壊する、又は大変形を示す被害形態が見られた。詳細調査によると、そのような被害を受けた住宅の壁量充足率は、1 階で特に高いわけでも、また、2 階で特に低いわけでもなかった。

時刻歴応答計算の結果では、1、2 階の充足率が同程度の場合、総 2 階では 1 階の最大応答層間変位が 2 階と同程度か又は大きくなるが、部分 2 階ではむしろ 2 階の最大応答総研変位が大きくなり、2 階の充足率が 1 階より高い場合でも、2 階の最大応答変位の方が大きくなる場合もあるという結果であった。表 5.5.5 及び表 5.5.6 に、1、2 階の壁量充足率が同値の場合の 1、2 階の最大応答層間変位（計算結果）を、総 2 階の場合と部分 2 階の場合に分けて示す。特に部分 2 階の場合にこのような計算結果となるのは、基準法の必要壁量が総 2 階を想定して算出されていることが一つの主要な理由である。

実際の地震被害では、これ以上に 1 階の壁量充足率が相対的に低い場合でも、2 階が崩壊、大破する例が見られた。この原因は不明であるが、接合部での破壊などを考慮した詳細な荷重変形関係の評価を行うと、一般に上階での柱頭柱脚における接合部破壊に伴う耐力低下が下階に比べて著しいため、2 階の耐力が相対的により小さくなることが考えられる。ただし、詳細な検討は今後の課題である。

表 5.5.5 1、2階の壁量充足率が同値の場合の層間変位（総2階、JMA 小千谷 EW）

1階壁量充足率	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6
2階壁量充足率	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6
1階層間変位（cm）	21.8	21.5	17.1	12.7	10.5	9.4	9.0	8.6	8.3	9.5
2階層間変位（cm）	11.4	12.2	12.0	10.7	10.1	10.2	9.4	9.9	11.7	11.2

表 5.5.6 1、2階の壁量充足率が同値の場合の層間変位（部分2階、JMA 小千谷 EW）

1階壁量充足率	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6
2階壁量充足率	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6
1階層間変位（cm）	14.1	13.0	9.9	7.8	6.6	6.2	6.0	6.0	6.9	6.5
2階層間変位（cm）	22.3	21.6	17.6	15.4	13.6	12.9	12.0	14.8	15.8	13.5

1) 「木造住宅の耐震診断と補強方法」(財)日本建築防災協会、平成16年7月

5.6 まとめ

平成 16 年新潟県中越地震による木造建築物の被害状況を、構造、構法との関連で整理すると以下のとおりである。

- ・作業小屋、車庫のみならず、比較的古い土塗壁を有する木造住宅などを中心に、倒壊、大破などの被害が数多く見られた。柱の太さは、垂れ壁付き独立柱の効果が十分に発揮されるほどの太さではなく、大破した住宅では柱の折損も目についた。
- ・土塗壁を有する住宅でも筋かいが併用されている場合が多いが、端部の接合部は釘打ち程度で、引張で外れたり踏み外したりする例が多く見られた。
- ・山間部では地滑りや土砂崩落など、地盤崩壊に伴う被害が見られた。
- ・店舗併用住宅で道路に面して大きな開口を有するものには、構法の新旧を問わず大きな被害を生じたものが見られた。
- ・一部の地域で、2 階建ての 2 階のみが崩壊又は大破している例が見受けられた。原因は今のところ不明である。
- ・鉄筋コンクリート造の高い基礎を有する高床式住宅は、概して被害軽微である。ただし、これは建設年代が新しいものが多く、上部の木造部分の壁量が十分にあるためと考えられる。2 層以上の木造部分の構造によっては、大破以上の被害を生じた例もあった。高床式住宅の特異な被害例として、木造 1 階の柱の抜け出しが生じた例も見られた。
- ・高床式住宅で、地盤変状により鉄筋コンクリート部分の被害を受けた住宅もあった。
- ・3 階建てで 1 階を鉄骨造とした場合も、上部の木造部分の耐力要素が不十分で大破した例があった。

また、詳細調査結果に基づいて、壁量（ただし、倍率の評価については推定が含まれる）と被害程度の関係について検討した結果を要約すると以下の通りである。

- ・基準法の壁量充足率又は品確法の壁量充足率のいずれの場合も、充足率が 100%を超えていれば、残留変形のせん断変形角が $1/5$ を超えて倒壊の可能性が生じるような被害を受ける可能性は極めて小さい。
- ・壁量充足率が余裕を持って 100%を超える場合には、残留変形が $1/120$ ラジアンを超えるような被害を受ける可能性は極めて小さい。

一方で、木造 2 階建て及び 1 階が鉄筋コンクリート造で 2、3 階が木造の住宅を対象に、壁量をパラメータとして、入力波に今回の地震時に得られた強震記録を用いて行った地震応答計算からは、以下のような結果が得られた。

- ・JMA 小千谷 EW に対しては、壁量の充足率が 0.8 程度でも、最大応答変位（層間変位）は 30cm 以下にとどまるが、川口町川口 EW に対しては、木造階下階の充足率が 1.6~2.2 以上、上階の充足率が 1.8~2.0 以上でないと倒壊の恐れがある。

このように、壁量と被害程度に関する調査結果と地震応答計算の結果の間には、特に川口町川口の地震波に関して、食い違いが見られる。その理由として、いくつかの項目が挙げられるが、様々な角度から検討すべき今後の課題である。