

2004年度 木材強度・木質構造研究会
春期シンポジウム

「新潟県中越地震における木造建築物の被害」

2005年3月18日

京都

主催：日本木材学会木材強度・木質構造研究会

2004年度木材強度・木質構造研究会 春期シンポジウム

主催:木材強度・木質構造研究会

日時:3月18日(金)13時30分～15時30分

会場:京都大学【共北31講義室(第6会場)】

テーマ:「新潟県中越地震における木造建築物の被害」

講演:

- 1.平成16年新潟県中越地震の特徴と木造家屋の被害状況

国土技術政策総合研究所 槌本敬大 氏

- 2.平成16年(2004年)新潟県中越地震による木造建物の被害

—戸建て木造住宅の地震被害調査について—

独立行政法人森林総合研究所 杉本健一 氏

- 3.平成16年(2004年)新潟県中越地震による木造建物の被害

—集成材建物の地震被害調査について—

独立行政法人森林総合研究所 平松 靖 氏

- 4.伝統木造の動的特性の推定

京都大学生存圏研究所 田淵敦士 氏

- 5.竜光,田川,武道窪,木沢,田麦山地区における木造建築の被害概要と傾向

京都大学生存圏研究所 小松幸平 氏

2004年度 木材強度・木質構造研究会
春期シンポジウム

「新潟県中越地震における木造建築物の被害」

目次

1. 平成16年新潟県中越地震の特徴と木造家屋の被害状況	槌本敬大 …… 1
2. 平成16年(2004年)新潟県中越地震による木造建物の被害 —戸建て木造住宅の地震被害調査について—	杉本健一 …… 18
3. 平成16年(2004年)新潟県中越地震による木造建物の被害 —集成材建物の地震被害調査について—	平松 靖 …… 20
4. 伝統木造の動的特性の推定	田淵敦士 …… 52
5. 竜光,田川,武道窪,木沢,田麦山地区における木造建築の被害概要と傾向	小松幸平 …… 69
寄稿原稿	
新潟県中越地震木造建物被害調査 腐朽・蟻害の視点から	高橋旨象、土居修一 …… 80
資料	
戸建て木造住宅の地震被害調査に関する資料	杉本健一、青木謙治 …… 91

1. はじめに

平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地方を震源とする地震は、阪神大震災以降の震度 7 を記録し、木造住宅をはじめとする多くの建築物に甚大な被害をもたらした。これに対して、地震発生翌日から国総研・建研は共同して被害の規模、程度、実態把握に努めた。その調査結果のうち、他の調査隊により報告されていない事項を中心に報告する。

2. 地震動の特徴

震度 7 の本震は、1995 年の兵庫県南部地震以来の震度 7 である。これに引き続いて同日中に M6 クラスの余震が 3 回発生し、12 月末までに 19 回の震度 5 以上を記録したことも今回の地震の特徴である。本震と主な余震の震源の位置関係を図 1 に示す。本震の加速度応答スペクトルと疑似速度応答スペクトル¹⁾をそれぞれ図 2、図 3 に示す。気象台の観測値 (JMA) で比較すると小千谷の EW 成分は、加速度、速度ともに 1995

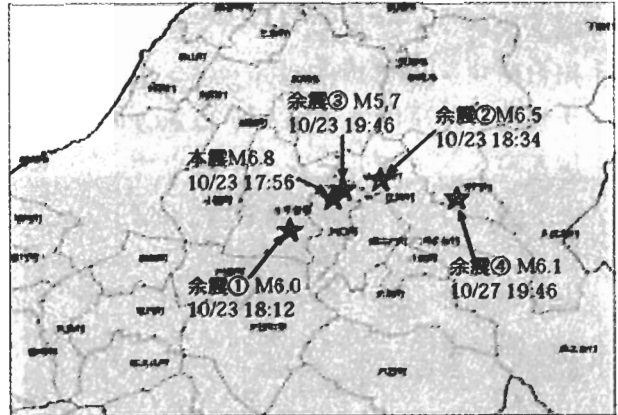


図 1 H16 新潟県中越地震の本震、余震の震源

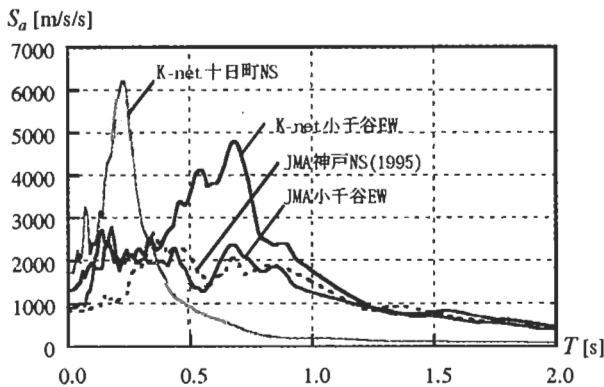


図 2 加速度応答スペクトル

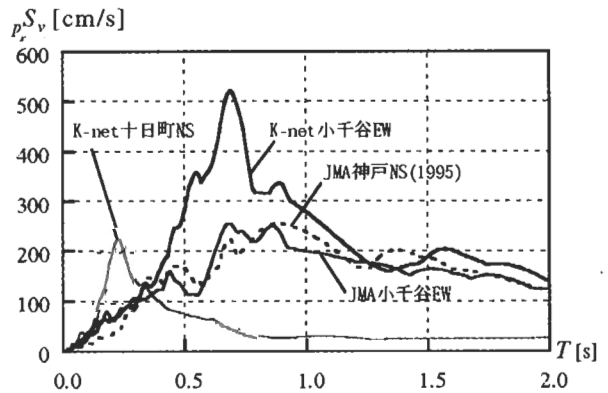


図 3 疑似速度応答スペクトル

神戸の NS 成分に匹敵することが分かる。

各観測点における最大加速度と最大速度の 3 成分合成値を比較して図 4 に示す。最大速度 100 cm/s 以上、最大加速度 800 gal 以上の領域 (図 4 太枠内) で構造物に大きな被害が出る目安であるとされている²⁾が、川口の本震は両者を大きく越え、建築物の被害が裏付けられている。また、山古志もこの領域内にあるが、小千谷と川口の余震は速度が 100 cm/s に満たず、建築物の被害はさほど大きくなかったことが裏付けられている。

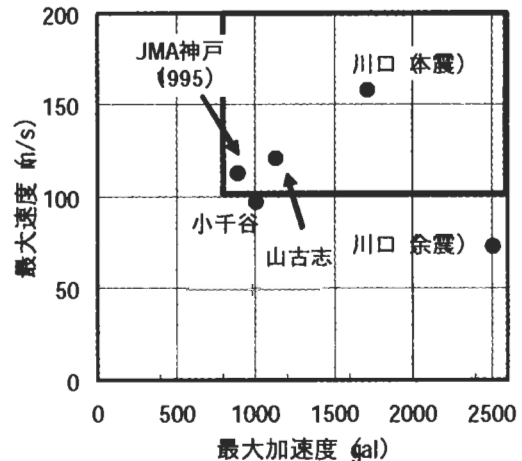


図 4 最大加速度と最大速度 (3 成分合成値)

3. 上空からみた被害概況

地震発生後、道路交通網が寸断されており、被害が大きな地域へ陸路から入れなかったため、ヘリコプターに搭乗して上空から被災地を観察した。建築物の被害はヘリコプターからは見えないが、地盤変状、ブルーシートの有無（屋根被害の有無）は確認できた。

飛行日時：10月25日（月）10:00～12:00

飛行経路：新潟空港→信濃川河川事務所ヘリポート→長岡市→同濁沢地区→山古志村→堀之内町→川口町→十日町→川西町→小千谷市→朝日川流域→新幹線脱線現場→長岡市南部→信濃川河川事務所ヘリポート

- ・長岡市濁沢地区、山古志村・・・壊滅的状况、地盤崩壊多数
- ・堀之内町・・・ブルーシートが目立つ。
- ・川口町・・・ブルーシートはあまり多くない。
- ・十日町・・・ブルーシートはあまり多くない。
- ・川西町・・・ブルーシート目立つ。
- ・小千谷市・・・ブルーシート目立つ。
- ・朝日川流域・・・壊滅的状况、地盤崩壊多数
- ・新幹線脱線現場付近の長岡市南部・・・ブルーシート目立つ



写真1 搭乗したヘリコプター



写真2 山古志村虫亀の大崩落



写真3 長岡市蓬平地区の地滑り現場と
滑り落ちそうな家屋



写真4 長岡市妙見町の大規模土砂崩落
現場（母子3人遭難現場）



写真5 小千谷市市街地（ブルーシートの割合は比較的低い）



写真6 小千谷市郊外集落（市街地よりブルーシートの割合が高い）



写真7 旧堀之内町市街地（ブルーシートの割合は比較的低い）



写真8 旧堀之内町郊外の倒壊家屋



写真9 土砂崩壊箇所にて囲まれた山古志村役場



写真10 土砂で堰き止められた奥内川



写真 11 十日町市市街地（ブルーシートの割合は比較的低い）



写真 12 十日町市郊外集落（市街地同様ブルーシートの割合は低い）



写真 13 川西町（ブルーシートの割合は比較的低い）



写真 14 川口町役場付近（ブルーシートの割合は比較的低い）

4. 被害調査の目的、概要

（1）調査の目的

初動調査は、平成 16 年新潟県中越地震発生に伴い、建築物の被害が多数発生したため、応急危険度判定を適切に、かつ迅速に実施するための体制を作り上げるにあたり、建築物の被害概況を把握し、判定士の効率的な動員、並びに判定作業の効率的な進行を支援することを目的として行った。また、建築物の被害概況を把握することによって、建築物の被害原因の究明、並びにそのための調査手順、方法等の計画を作成するための基礎資料を得ることも目的とした。

2次調査は、初動調査で把握した各地の被害状況に基づいて、被害が大きな地域に建つ木造住宅等の木造建築物の構法、構造仕様、構造要素の配置などを把握し、被害の程度と関連づけることによって平成 16 年新潟県中越地震による被害の特徴を把握し、被害の原因を究明するための基礎資料を得ることを目的として行った。

3次調査は、2次調査までで明らかになった今回の震害の特徴的な事例を集中的に詳細調査を実施することを目的として行った。特に、2階の損傷が1階の損傷より著しい場合、

床がめくれ上がるなど水平構面が損傷を受けた例などが今回の震害の特長である。

(2) 調査日程と地域

初動、第2次、第3次調査の日程と調査地域は以下の通りである。

初動調査：10月24日～29日、小千谷市、川口町、堀之内町、川西町、長岡市

2次調査：11月7日～10日、小千谷市、川口町、魚沼市（旧堀之内町）

3次調査：12月12日～13日、小千谷市、川口町、魚沼市（旧堀之内町）、長岡市
主な被災地のうち、十日町市、栃尾市、越路町、小国町、魚沼市（旧入広瀬村、旧守門村、旧湯之谷村）等は、人的、時間的制約から調査していない。

(3) 調査者

調査者は下記の5名である。各人の帯同日時は（ ）に示すとおりである。

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, 12/12～13)

独立行政法人建築研究所材料研究グループ主任研究員 山口修由

(11/7～10, 12/12～13)

国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部構造基準研究室 主任研究員 宮村雅史

(11/7～10, 12/12～13)

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 主任研究員

槌本敬大 (10/24～28, 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交流研究員 村上知徳 (12/12～13)

(4) 被災地域の位置関係

今回調査した範囲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に示す。ただし、今回の調査範囲は、各市町村及び各々の集落への道路交通が寸断されている状況下でとりあえずアクセス可能な市町村・集落について行った初動調査、並びにこれに基づいて比較的被害が大きいと判断された地区の物件を抽出した2次調査によるものであり、同時に時間的、労力的にも限られた状況下で行ったものである。今回の地震による建築物関係被害の全体像を網羅しているものではない。

(5) 調査内容の概要

以下に示す地域、集落に対して被害の概要調査、詳細調査、情報収集等を行った。

- ・ 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1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

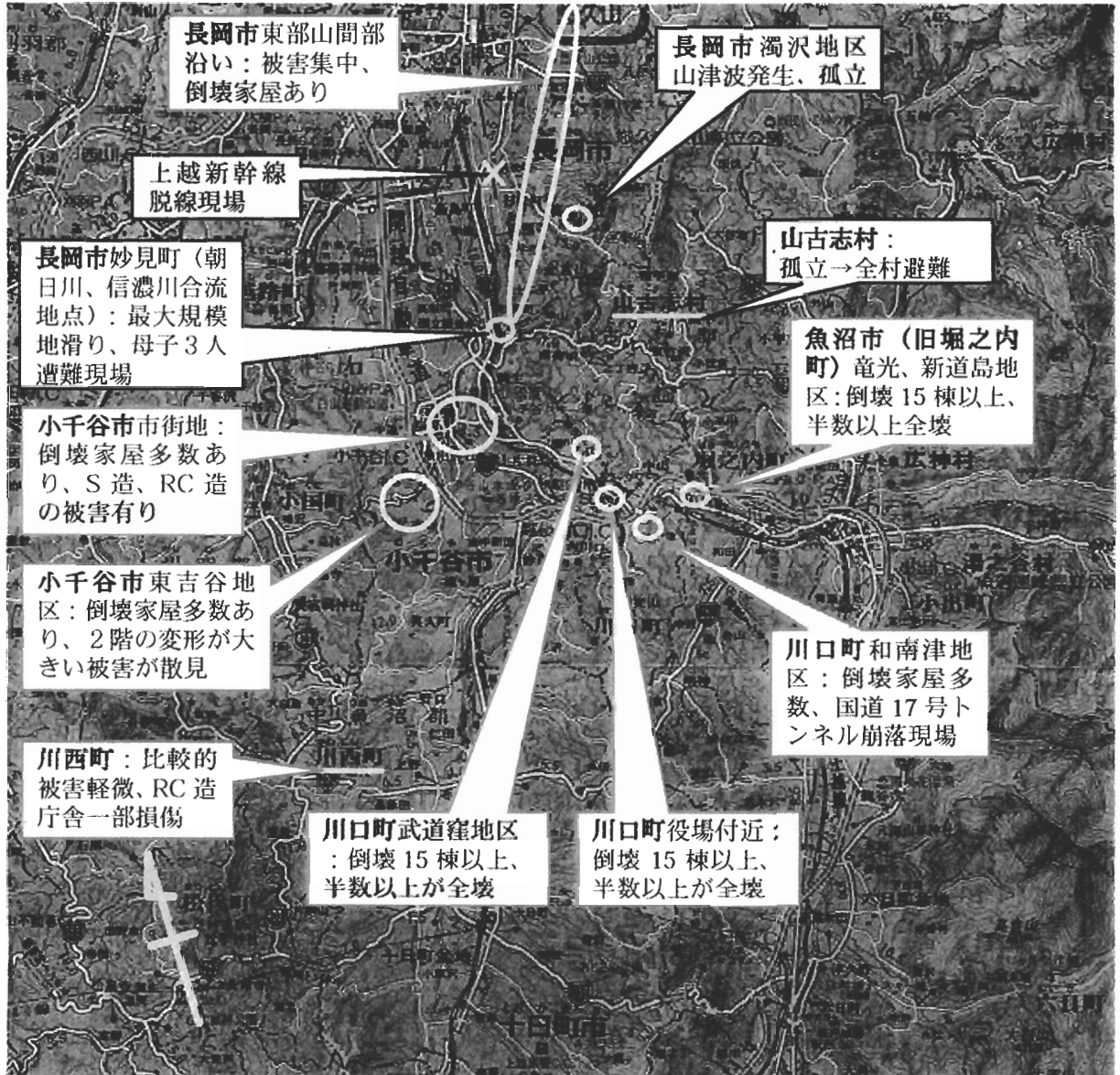


図5 被災地域の位置関係

(6) 詳細調査の概要

被害の概要調査を行った地区のうち、被害が大きい地区のなかで大きな被害を受けた物件と、比較的被害が軽微な物件を選び、その建築物の属性（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）とその被害程度等を調査した。各部の残留変形を計測し、建築物の間取り、壁の配置などを図面に書き取るか、または図面が存在する物件についてはこれを借り受けた。建設年代や増改築履歴等については、居住者に対してヒアリング調査した。

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1に示す。また、それらの外観写真を同表のに続いて示す。

表1 詳細調査を実施した物件の概要

地区	記号	築年数	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
※1	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
※2	2-H-1	不明	木2	危険	1/9	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：川口町和南津、※2：小千谷市東吉谷



1-S-1



1-S-2



1-S-3



1-S-4



1-S-5



1-S-6



1-S-7



1-S-8



1-S-9



1-K-1



1-K-2



1-K-3



1-K-4



1-K-5



1-B-1



1-B-2



1-B-3



1-B-4



2-B-5



2-W-1



2-H-1

5. 多雪地域の木造構法

被害を受けた新潟県中越地方は我が国でも有数の豪雪地帯であることはあまりに有名である。積雪対策として、トタン屋根が多いことは、上空からの被害概要調査でも明らかであった。克雪住宅と呼ばれる住宅は大きく分けて二通りあり、ひとつは融雪装置によって滑雪させるもので、もうひとつは昭和 55 年頃から建てられるようになった高床式木造住宅（写真 15）である。鉄骨や鉄筋コンクリートで基礎を高く立ち上げ、その上に木造を建築するものである。後者の高床式木造の高床部分の高層種別は数通り存在するようである。大きく分けて、鉄骨造としたもの、鉄筋コンクリート造（以下、RC 造）としたもの、立ち上がり部分を RC 造とし、上階の床を鉄骨造としたものである。この高床式木造に対して一部に損傷を与えるような本格的な地震波が初めて入力されたことになる。

高床式木造は、以前は建築基準法上の位置づけが整理されておらず、事実上 3 階建てに見えるものも、構造計算が実施されていなかったか、実施した例は少なかったようである。しかし、平成 13 年 10 月に「新潟県・特別豪雪地帯等における高床式住宅の特例基準」が施行され、基準法上の位置づけが明確化され、構造計算を要する場があることになった。この特例の概要は次の通りである。

- 1) 豪雪地帯対策特別措置法に規定する特別豪雪地帯およびこれに隣接する区域の一部では、一体の鉄筋コンクリート造、鉄骨造（軽量鉄骨造を除く）により 1.8 m 以下の床下部分を設けることができる。
- 2) 床下部分は 1.8 m を越えて新潟県知事が定める垂直積雪量まで高くできる。
- 3) 床下部分を床面積の算定から除くことができる。
- 4) 床下部分の高さが 1.5 m 未満の場合は階数に算入しないことができる。

つまり、床下部分の高さが 1.5 m を越える場合は 3 階建てとしての許容応力度等計算が必要とされている。

我々が調査した範囲では、築 7 年以上の高床式木造は比較的大きな被害を受けているのに対し、築 3、4 年のものは比較的被害軽微であった。特例基準が有効に機能した可能性が示唆された。

6. 各地の被害状況

6. 1 小千谷市における被害の概要

(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

中心市街地で店舗併用住宅などの間口の開口が大きな建物（写真 16）、土塗り壁を有するような比較的古い様式に基づく建物（写真 17）が選択的に倒壊していた。写真 16 の東栄 2 丁目付近は商店街で、後背地が崖で下がっている。上部構造の支持が良くないために

倒壊した建物もあるものと推測される。

写真 17 の平成 2 丁目付近の神社でほとんどの墓石が西側に倒れている（写真 18）。転倒墓石の縦横比は 45 cm × 103cm、30 cm × 64cm。0.45G 程度は入力されたと判断される。神社の本堂も大きく南に傾斜（写真 19）していた。



写真 16 倒壊した店舗併用型住宅



写真 17 倒壊した比較的古い構法の住宅



写真 18 ほとんどの墓石が転倒



写真 19 大きく傾いた本堂

2) 小千谷市東吉谷地区の被害分布

大字東吉谷とされる地区には、数十戸程度の小集落が断続的に山際に散在している。東吉谷地区を全て合わせると 200 ～ 300 世帯が田畑の中に存在するものと推測される。関越高速自動車道の上から、吉谷小学校の周辺に 4、5 棟の木造家屋の倒壊（写真 20）が集中しているのが確認された。納屋、車庫の倒壊が目立つが住宅の倒壊もある。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。川口町、旧堀之内町新道島地区よりは被害率は低い。2 階のみが層崩壊、崩落した建物（写真 21）、2 階の残留変形が 1 階よりも大きい物件（2-H-1）が少なくとも 5 以上はあり、高床式木造も 1 層の RC 造部分から 2 層以上の木造部分が崩落した被害例（写真 22）があった。これらは、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）による同様の被害例より、その割合が高い。



写真 20 東吉谷付近に集中している倒壊住戸



写真 21 2階が層崩壊した集会場



写真 22 2階が崩落した高床式木造

6. 2 川口町の被害状況

(1) 町役場付近（通称、東川口地区）の被害分布と被害概況

当初、最も被害が大きな場所は小千谷市であると報道されていた。しかし、実際現地に入ってみると、軒並み倒壊家屋が立ち並ぶ光景が目にした（写真 23）。これは、交通機関が寸断されたために同町が孤立し、報道陣すら川口町に立ち入れなかったためである。

また、上空からの被害概況調査においてブルーシートの割合がそれほど高くないと看取されたのは、倒壊家屋が多く、これにはブルーシートを被せなかったか、または、交通が寸断されたので大量のブルーシートが入手できなかったことによるものと推測される。

町役場付近のことを地元の人々は東川口地区と呼ぶようであるが、ここには川口町のうち約 500 世帯が集中し、倒壊家屋（民家、店舗併用住宅）がざっと見ただけで 15 棟以上ある。大破（写真 24）したものや、非住居の被害も含めると役場付近の半数以上の建築物が全壊に近い。

町役場付近から JR 越後川口駅にかけてのエリアに大きな被害を受けた建物が集中し、町役場付近から信濃川方向には、比較的被害が軽い、または被害の大きな建築物が少ない。JR 越後川口駅の北東側は河岸段丘で切り立っており、その麓にあたる地滑り地形部分の被害が大きいとも考えられる。

町役場付近では敷地が崩壊、不同沈下等を生じている箇所はほとんどないか、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。

町役場付近の宝積寺の墓石はほぼ東西に転倒し（写真 25）、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。11/10 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（1-K-1邸）があった。2層以上の木造部分が土塗り壁を有する伝統的な構法であったため、耐震要素として壁の耐力が不十分であったと推測される。1階をRC造とし、2、3層の木造部分が激しく損傷した例（1-K-3）、築60～70年と推測される木造の劇場建築物が倒壊した例、大破した土蔵（写真 26）、液状化によると見られる噴砂の痕跡なども確認された。



写真 23 軒並み倒壊した家屋が並ぶ川口町役場付近



写真 24 大破した店舗併用住宅



写真 25 墓石の転倒（画面右が西）



写真 26 大破した土蔵

（2）川口町武道窪地区の被害状況

川口町の武道窪地区は、緩やかな傾斜地に約 50 ～ 60 世帯の木造家屋が建つ集落である。倒壊家屋（写真 27）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、作業小屋の倒壊も目立った。

高床木造は概して被害軽微（1-B-2）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（2-B-5）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 28）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。

武道窪地区の中でも上部（奥）の方が、比較的被害が大きい。これも地滑り地形の影響である可能性がある。



写真 27 川口町武道窪の倒壊家屋



写真 28 一方向（東西）の障子の破れ

（3）川口町田麦山地区の被害

川口町田麦山地区は、西川口から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 29）である。家屋（写真 30）、農作業小屋等の倒壊が 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、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、連結部分が破壊して倒壊した作業小屋なども確認された。場合によっては武道窪地区より被害が大きいとする被害報告もある。



写真 29 田麦山地区の概観



写真 30 田麦山地区の倒壊家屋

（4）川口町和南津地区の被害

川口町和南津は、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。旧堀之内町新道島地区は信濃川の対岸に位置する。納屋または作業小屋の倒壊が複数確認された。大破した家屋や、残留変形の大きい家屋が複数確認されたが、倒壊率は川口町川口、旧堀之内町新道島より低い。特に和南津トンネル手前の数十戸に被害が集中しており、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思われる。

2階の残留変形が1階の残留変形より大きい特殊な例(2-W-1)を確認した。

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も確認された。地盤変状も確認され、新幹線の橋脚がせん断破壊していた。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魚沼市(堀之内)新道島地区よりはかなり低い。

(5) 川口町におけるその他の地区の被害

木沢地区：約60世帯程度の山間の小さな集落。10月27日につづら折りの山道を住民自らの手で修復し、孤立状態から解放された。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、最上部に位置する作業所、家屋は大きな被害を受けた。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。

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、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数十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4-72)、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。

6. 3 旧堀之内町の被害

(1) 魚沼市(旧堀之内町)竜光地区の被害概況

旧堀之内町竜光地区は芋川に沿った谷間の約50～60世帯の集落である。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、緊急車両を除いて、竜光地区は立ち入り禁止であり、調査時にはすでに住民も全員避難済みであった。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(写真31)あるのみで、他の数十戸には顕著な被害が確認できなかった。

(2) 魚沼市(旧堀之内町)新道島地区の被害概況

集落の入り口(東側)は比較的被害軽微。応急危険度判定「危険」においても、構造躯体の損傷より、むしろ屋根瓦、地盤、窓ガラス等によるものが目立つ。集落奥(西側)は、応急危険度判定「危険」がほとんどを占める。県道北側から高速道路沿いの傾斜地に建つ数棟(例えば、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。倒壊を含めた大破の割合は、川口町川口、同武道窪、小千谷市東吉谷より高いと推測された。

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(1-S-7)もあった。大破した(残留変形が大きい)住宅(1-S-1)は土塗り壁主体であり、伝統的な構法に基づいていたが、筋かいも存在した。1層(住宅か倉庫か不明)が崩壊した住宅(写真32)を確認。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る。



写真 31 旧堀之内町新道島地区の倒壊家屋 写真 32 旧堀之内町新道島地区の倒壊家屋

7. 被災建築物の応急危険度判定

地震直後から、新潟県は国土交通省等の支援を得て、被災建築物の応急危険度判定を実施した。同判定は、建築物の①震動による構造躯体の損傷、②地盤変状による建物の損傷、③隣接建物、敷地等による影響の可能性、④当該建物上部の設置物の落下可能性を調査し、危険か要注意かを判断し、①～④の調査結果で1つでも「危険」と判定されたものがあれば「危険」、1つも「危険」、「要注意」がなければ「調査済」（安全とは言わない）と判定するものである。

その判定結果を世帯数、市町村発表の住宅全壊棟数などと比較して表2³¹に示す。主な市町村の世帯数を母数とした判定結果の比率を比較して図6に示す。判定実施率から、悉皆調査に近い規模で実施されたのは越路、川口、旧堀之内、小国町で、いずれも「危険」の割合は高い。なかでも震源に近い川口町の被害率が極めて高いことが顕著である。

建築物の被害分布は、ミクロに見ると地震動の大小と関係がない。しかし、建築物の耐震性が同様の分布であると仮定できる場合はこの限りでない。市町村単位で建築物の耐震性の分布に有意な差があるとは考えにくい。よって市町村単位での被害率は、入力された地震動の大小とさほど大きくないと思われる。

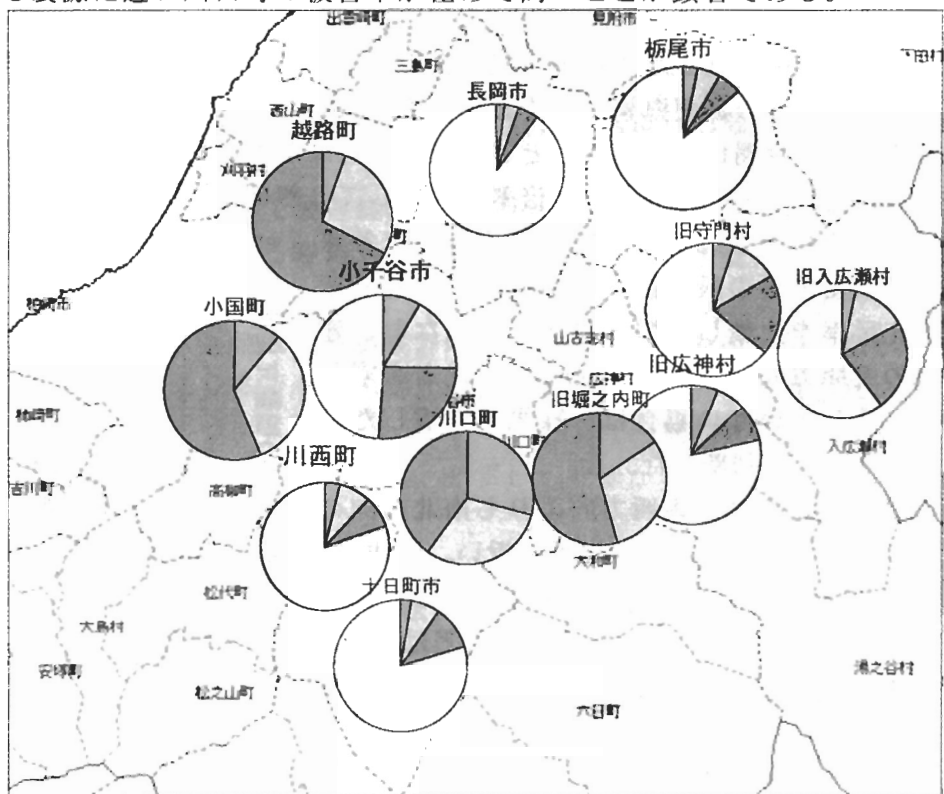


図6 応急危険度判定結果の分布

表2 中越地震による被災建築物の応急危険度判定結果等（12月6日9:00現在）

市町村名	世帯数 '04.10.1 現在	住宅 全壊 棟数*	全壊棟 数/世帯 数(%)	判定予 定棟数	判定 実施 率(%)	応急危険度判定結果				危険 /世帯 数(%)
						危険 赤)	要注意 黄)	調査済 緑)	計	
長岡市	67,772	825	1.22	6,985	10	1,267	2,547	3,171	6,985	1.9
見附市	13,066	54	0.41	1,713	13	84	282	1,347	1,713	0.6
栃尾市	7,413	44	0.59	1,003	14	247	380	376	1,003	3.3
越路町	4,051	141	3.48	4,090	101	214	1,122	2,754	4,090	5.3
小千谷市	12,375	662	5.35	6,329	51	1,033	2,079	3,217	6,329	8.3
川口町	1,595	570	35.74	2,271	142	664	696	911	2,271	41.6
旧堀之内町	2,675	52	1.94	3,023	113	467	913	1,643	3,023	17.5
旧広神村	2,439	10	0.41	519	21	149	164	206	519	6.1
旧守門村	1,482	5	0.34	532	36	75	167	290	532	5.1
旧入広瀬村	695	0	0.00	276	40	24	96	156	276	3.5
旧六日町	8,734	3	0.03	56	1	17	17	22	56	0.2
旧大和町	4,069	2	0.05	217	5	15	76	126	217	0.4
十日町市	13,360	81	0.61	2,695	20	388	925	1,382	2,695	2.9
川西町	2,283	8	0.35	450	20	80	188	182	450	3.5
中里村	1,684	0	0.00	30	2	11	13	6	30	0.7
柏崎市	30,005	29	0.10	1,552	5	78	168	1,306	1,552	0.3
小国町	2,199	132	6.00	3,299	150	358	1,090	1,851	3,299	16.3
刈羽村	1,488	66	4.44	1,058	71	63	180	815	1,058	4.2
西山町	2,201	11	0.50	35	2	8	11	16	35	0.4
松代町	1,482	0	0.00	10	1	1	8	1	10	0.1
山古志村	681									
合計**	181,749	2,695	1.48	36,143	19.9	5,243	11,122	19,778	36,143	2.88

*：住宅全壊数は、各市町村発表のもの（12月6日9:00現在）

**：合計には山古志村を入れていない。

8. 構造要素の配置

詳細調査を実施した建物の一覧を表1に示す。それぞれの建物の壁量をカウントし、現行建築基準法の必要壁量に対する充足率を求めた。この際、筋かいや合板の有無が不明であるため、無開口壁を倍率1として算出した。なお、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1として、無開口壁量に加えた。東西方向と南北方向の壁量充足率を比較して図7に示した。各建物の残留変形の最大値と、当該変形方向の壁量充足率を比較して図8に示した。なお、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、採光を考慮した縁側を南向きと判断した。

壁量充足率は、東西方向よりも南北方向のほうが若干高いが、概ね均等に近い。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⁴⁾と比較しても有意な差はない。他説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。また、壁量充足率と残留変形は有意な関係が看取されない。

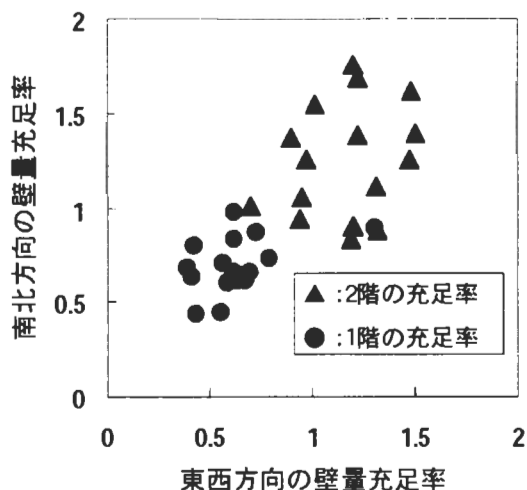


図7 現行建築基準法に対する壁量充足率

平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震による木造建物の被害 —戸建て木造住宅の地震被害調査について—

（森林総研） 杉本健一、青木謙治

1. はじめに 平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震及びその後の余震によって数多くの木造住宅が被害を受けた。この地震による被害の全容を明らかにするための調査は、地震発生直後から日本建築学会北陸支部や日本建築学会・災害委員会とこれに協力する大学により、また、国交省や建築研究所によって精力的に行われてきた。森林総合研究所では、これらの機関の調査動向に注目しながら、どういう形で被害調査に貢献できるかを模索していたが、建築サイドとは異なる独自の視点で木造建物の被害状況を明らかにすることを目的として、地震発生 10 日後の 11 月 3 日より調査を開始した。本報では、森林総研が実施した地震被害調査のうち、戸建て木造住宅に関する部分について報告する。

2. 戸建て木造住宅の調査概要 木造住宅の被害率を算出するための悉皆調査については日本建築学会北陸支部により、また、木造住宅の被害が大きいと報じられた川口町駅前地区、田麦山地区、和南津地区、旧堀之内町新道島地区の調査については他機関によりそれぞれ行われており、森林総研では地元の建築士の方々よりご紹介いただいた小千谷市、十日町市、川西町にある木造建物 26 棟の被害状況調査と常時微動測定を実施した。調査した木造住宅の概要を表 1 に示す。調査期間は 11 月 23 日～26 日及び 12 月 22 日～24 日である。築年数は、引渡し直後のものから築約 80 年まで多岐にわたっている。また、調査した住宅のうち 12 棟が高基礎の住宅である。

表 2 に小千谷市、十日町市、川西町で 10 月中に観測された震度 5 弱以上の地震を示す。小千谷市では震度 5 弱（震度 6 弱）以上の地震が 15 回（4 回）、十日町市では 2 回（2 回）、川西町では 3 回（2 回）観測されている。

表 1 調査した木造住宅の概要（調査順）

No.	所在地	構法	築年数	基礎	特記事項
1	小千谷市船岡	軸組	16	高基礎	残留max: 1/150rad
2	十日町市城之古	軸組	0	高基礎	新築物件、無被害
3	十日町市塚原	軸組	7	布	ほぼ無被害
4	十日町市大黒沢	ログ	3	高基礎	ほぼ無被害
5	十日町市新座	軸組	50位	布（一部独立）	梁の割裂、土台の水平移動、多分赤判定
6	川西町下平新田	軸組	約80	玉石	囲炉裏が崩壊、
7	十日町市中条	軸組	1	高基礎	厚物合板使用、車寄せの沈下
8	十日町市中条	軸組	25	布	土台のずれに伴う壁面の剥離、赤判定
9	十日町市中条	軸組	30以上	布	基礎亀裂多数、赤判定
10	十日町市中条	軸組	約80	独立（一部布）	土壁の崩落
11	十日町市新座	軸組	24	高基礎	風呂場外壁が崩壊
12	十日町市新座	軸組	28	高基礎	風呂場外壁が崩壊
13	十日町市本町	軸組	17	高基礎	アーケードに引き摺られて外壁が剥離
14	小千谷市桜町	軸組	2	高基礎	壁紙の切れ
15	小千谷市西吉谷	軸組	約30	布	内壁（モルタル塗）の剥落、ラスボードの落下
16	十日町市学校町	軸組	35	布	床の傾斜
17	十日町市姿	軸組	2	高基礎	壁紙の切れ
18	十日町市姿	軸組	2	高基礎	壁紙の切れ（ごくわずか）
19	十日町市三和町	軸組	約30	布	土壁の剥落
20	十日町市新座	軸組	約30	布	土壁の剥落
21	川西町上野	軸組	27	布	土壁の剥落
22	十日町市水沢市之沢	軸組	約33	高基礎	壁紙の切れ（ごくわずか）
23	川西町野口	軸組	約35	布	土壁、コーナー一部の欠け
24	川西町上野	軸組	約30	布	壁紙の切れ、土壁にひび
25	十日町市中条	軸組	48	布	土壁の落下、ボードの釘が抜けて面外にはらみだし、筋かいの折れ。
26	十日町市本町	軸組	約33	高基礎	壁紙の切れ（ごくわずか）

3. 被害状況 小千谷市内の3棟(No. 1、No. 14、No. 15)についてみると、震度6弱以上の地震が4回観測されている地域にもかかわらず、図1～7に示すような外壁の割れや基礎の欠け、ボードの浮き、壁紙の切れ、内壁剥落等の被害にとどまっていた。十日町市の調査対象のうち被害の大きかった

表2 小千谷市、十日町市、川西町の震度
(気象庁発表*、震度5弱以上、10月中に観測されたもの)

月日	時分	小千谷市(城内)	十日町市(千歳町)	川西町(水口沢)
10月23日	17時56分	6強	6弱	6弱
10月23日	17時59分	5強	-	3
10月23日	18時03分	5強	-	4
10月23日	18時07分	5強	-	-
10月23日	18時11分	6強	4	5弱
10月23日	18時34分	6弱	6強	6弱
10月23日	18時36分	5弱	-	-
10月23日	18時57分	5強	4	4
10月23日	19時36分	5弱	4	4
10月23日	19時45分	6弱	4	-
10月23日	19時48分	5弱	2	-
10月24日	14時21分	5強	4	4
10月25日	0時28分	5弱	4	4
10月25日	6時04分	5強	4	4
10月27日	10時40分	5強	4	4

*は不明

*http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2004_10_23_niigata/event.html

ものには、地盤の変状による基礎の沈下や割れ、独立基礎の上での土台の水平移動、屋外に露出していた筋違いの面外座屈が見られた。常時微動測定の結果については現在解析中である。

4. おわりに 被災された方々の一日も早い復興を心よりお祈り申し上げます。調査にご協力頂きました(株)カネタケ建設・宮沢次夫様、新潟県建築士会中魚沼支部・波方雅則様、(株)桑原工務店・桑原宗一郎様に厚く御礼申し上げます。各機関で実施された調査の情報をお寄せ下さった方々に感謝いたします。



図1 No. 1 全景

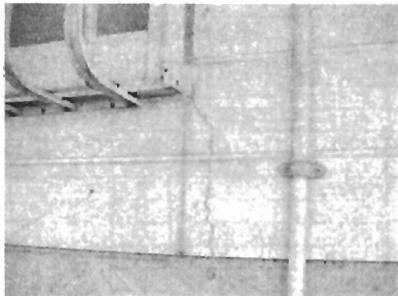


図2 No. 1 外壁の割れ

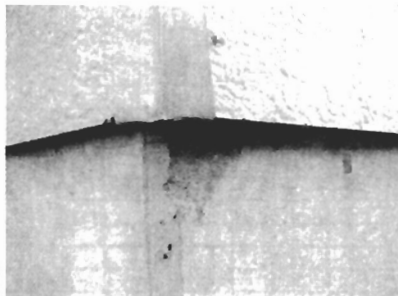


図3 No. 1 基礎の欠け

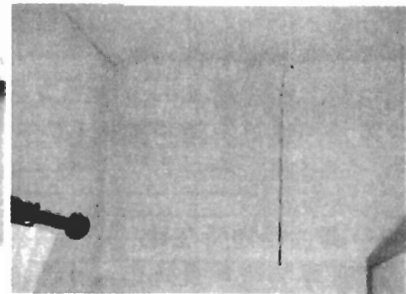


図4 No. 1 ボードの浮き



図5 No. 14 全景

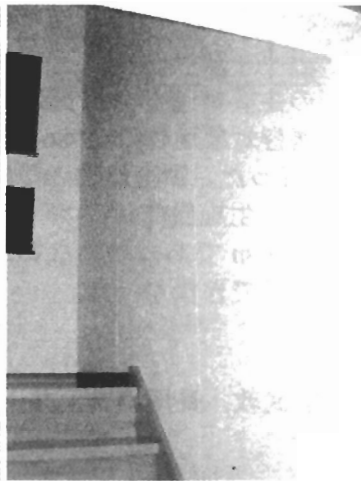


図6 No. 14 壁紙の切れ



図7 No. 15 内壁の剥落、ラスボードの落下

平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震による木造建物の被害

－ 集成材建物の地震被害調査について －

（森林総合研究所）平松 靖，新藤健太，宮武敦，長尾博文，
井道裕史，軽部正彦，杉本健一
（新潟県森林研究所）菅原弥寿夫，岩崎昌一

1. はじめに

2004 年 10 月 23 日 17 時 56 分に新潟県中越地方を襲った本震(M6.8, 最大震度 7)と、直後からの度重なる M6 前後の余震により、建築物や土木構造物に大きな被害が出た。(独)森林総合研究所では、地震発生以降、数次にわたり被災調査を実施した¹⁾。本報告では、新潟県中越地方に建てられた比較的規模の大きい集成材建物を対象に行った被害調査について報告する。

2. 調査概要

2.1 調査の目的

1987 年に建築基準法が改正され、木造に関する規制が緩和（高さ 13 m, 軒高 9 m を超える大断面木造の設計ルートが確立）されてから、国内での集成材建物の建築数は着実に増加し、1998 年以降は年間 350 棟強が建設されている。筆者らの調べでは、新潟県内における 1986 年から 2004 年にかけての集成材建物の建築実績^{2),3)}は 139 件^{注)}で、これらの多くは公共性の高い建物であり、戸建住宅に比べて規模が大きく、吹き抜け等の大空間が設けられていることが多いのが特徴である。これらの集成材建物のうち中越地方に建てられたものを調査対象建物として 2004 年 11 月 17～19 日および 12 月 16～17 日に現地調査を行った。調査にあたっては、集成材建物の地震による被害状況を把握することを目的として、建物の概要把握、建物外部・内部の目視による被害調査、聞き取り調査、および建物近隣地域の住宅等の目視による被害調査を行った。

なお、集成材メーカーの資料⁴⁾をもとに 1952 年から 1982 年にかけての中越地方での集成材建物の建築実績を調査したが、現存するものは確認できなかった。

注) 木橋 5 件、雁木 3 件、パーゴラ 2 件、らせん階段、トイレ、東屋、各 1 件を含む。

2.2 調査建物所在地

調査建物は、長岡市、小千谷市、川口町、越路町、塩沢町、旧堀之内町、旧小出町、旧六日町、旧大和町、旧湯之谷村、旧入広瀬村の計 11 市町村に分布していた。各市町村で 10 月 23 日から 11 月 10 日の間に観測された震度を表 1 に示す。

2.3 調査建物

調査対象は建物のすべてもしくは一部の主要構造部分に構造用集成材を使用した集成材構造とし、戸建住宅は対象から除外した。調査対象建物は 1986～2004 年の間に建てられた 35 棟で、そのうち 27 棟について現地調査を行った。調査建物の概略を表 2 に示す。集成材の樹種は越路町の文教施設(S)がカラマツ、福利厚生施設(T)がスギで、その他の建物はペイマツであった。また、建物の設計積雪量は 1.0～3.5 m であった。なお、全数調査を原則としたが、諸事情により他の 8 棟については現地調査ができなかった。

2.4 現地調査者

森林総合研究所 平松 靖，新藤健太，宮武敦，長尾博文，井道裕史，軽部正彦，杉本健一、
新潟県森林研究所 菅原弥寿夫，岩崎昌一

表1 調査地域の震度(気象庁発表*, 10月23日~11月10日に観測されたもの)

月日	時分	小千谷市 (城内)	長岡市 (幸町)	越路町 (浦)	川口町 (川口)	旧堀之内町 (堀之内)	旧小出町 (小出島)	旧入広瀬村 (六沢)	旧湯之谷村 (大沢)	旧大和町 (浦佐)	旧六日町 (伊勢町)	塩沢町 (塩沢)
10月23日	17時56分	6強	6弱	6弱	7	6弱	5強	6弱	5弱	5強	5強	5強
	17時59分	5強	3	5弱	-	-	3	4	3	-	4	3
	18時03分	5強	5弱	5強	-	-	5弱	-	4	5弱	4	4
	18時07分	5強	4	5強	-	-	3	3	3	-	3	3
	18時11分	6強	5弱	6弱	-	5弱	3	3	2	-	4	4
	18時34分		5強	5強	6強	6弱	5強	6弱	5強	6弱	6弱	5強
	18時36分	5弱	3	3	5弱	-	4	4	4	-	3	3
	18時57分	5強	3	4	5弱	4	3	3	3	-	3	3
	19時36分	5弱	3	4	-	4	3	3	2	-	4	3
	19時45分	6弱	4	5弱	-	5弱	3	4	3	-	4	3
	19時48分	5弱	3	-	-	-	3	-	3	-	1	1
10月24日	14時21分	5強	-	4	-	4	3	3	-	-	3	2
10月25日	0時28分	5弱	3	4	-	4	3	3	-	-	4	3
	6時04分	5強	5弱	4	-	5強	4	5強	-	-	4	3
10月27日	10時40分	5強	5強	5強	-	5強	5強	6弱	5強	5弱	5強	4
11月4日	8時57分	5弱	4	5強	4	4	3	4	3	4	3	3
11月8日	11時15分	4	4	4	5弱	4	4	5弱	4	3	3	3
11月10日	3時43分	3	4	4	3	3	3	4	3	2	2	2

-は不明

*http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2004_10_23_niigata/event.html

表2 調査した集成材建物の概要

調査日	記号	用途	施工年	所在地	平屋/2階建	使用部位	集成材 (樹種)	集成材 (通直/湾曲)	接合方法
11月17日	A	事務所・店舗	1998	旧六日町	2階建	全体	ベイマツ	通直・湾曲	ボルト
	B	児童福祉施設	2003	旧大和町	平屋	全体	ベイマツ	通直・湾曲	鋼板挿入・ボルト
	C	店舗・事務所	1996	旧小出町	平屋	全体	ベイマツ	通直・湾曲	鋼板挿入・ボルト
	D	体育館	1994	旧湯之谷村	平屋	屋根	ベイマツ	通直	鋼板挿入・ボルト
	E	店舗・事務所	2004	旧入広瀬村	平屋	全体	ベイマツ	通直	異形鉄筋・エポキシ樹脂
	F	店舗・事務所	2001	旧入広瀬村	平屋	全体	ベイマツ	通直	鋼板挿入・ドリフトピン
11月18日	G	工場	1992	長岡市	平屋	全体	ベイマツ	通直・湾曲	鋼板挿入・ボルト
	H	工場	1992	長岡市	平屋	全体	ベイマツ	通直・湾曲	鋼板挿入・ボルト
	I	倉庫	1992	長岡市	平屋	全体	ベイマツ	通直・湾曲	鋼板挿入・ボルト
	J	倉庫	1992	長岡市	平屋	全体	ベイマツ	通直	鋼板挿入・ボルト
	K	屋外ステージ	1992	長岡市	平屋	全体	ベイマツ	通直・湾曲	鋼板挿入・ボルト
	L	児童福祉施設	1999	長岡市	一部2階建	全体	ベイマツ	通直	鋼板挿入・ボルト
	M	店舗	2003	長岡市	平屋	全体	ベイマツ	通直	鋼板挿入・ドリフトピン
	N*	文教施設	2001	小千谷市	2階建	全体	ベイマツ	通直	鋼板挿入・ドリフトピン
11月19日	O	店舗	1995	長岡市	平屋	全体	ベイマツ	通直	在来仕口
	P	店舗	1990	長岡市	平屋	全体	ベイマツ	通直・湾曲	鋼板挿入・ドリフトピン
	Q	事務所・倉庫	1990	長岡市	2階建	全体	ベイマツ	通直	鋼製金物・ボルト
	R	ホール	1992	長岡市	2階建	屋根	ベイマツ	通直	鋼製金物・ボルト
	S	文教施設	2003	越路町	一部2階建	全体	カラマツ	通直	鋼板挿入・ボルト
	T	福利厚生施設	2004	越路町	平屋	全体	スギ	通直	-
	U	店舗・事務所	2004	川口町	一部2階建	全体	ベイマツ	通直	鋼板挿入・ドリフトピン 鋼板挿入・ボルト
	V	福利厚生施設	1999	川口町	平屋	全体	-	通直・湾曲	-
	W	体育館	1995	旧堀之内	平屋	屋根	ベイマツ	湾曲	-
	X	倉庫・事務所	1987	旧塩沢町	一部2階建	梁	-	通直	鋼製金物・ボルト
12月16日	Y	屋外ステージ	1990	旧塩沢町	平屋	全体	-	通直・湾曲	鋼板挿入・ボルト
	Z	文教施設	1994	旧大和町	2階建	梁・屋根	ベイマツ	通直	梁受金物・ボルト
	AA	体育館	1994	旧大和町	平屋	全体	ベイマツ	通直・湾曲	鋼板挿入・ボルト

*: 文教施設(N)は、11月18日、12月17日に調査を行った。

表 3 調査した集成材建物の被害および近隣地域の被害

記号	用途	集成材の被害	建物・敷地の被害	近隣地域の被害
A	事務所・店舗	特に被害なし	壁紙の一部にシワ、破れ	倉庫(土蔵)で漆喰の一部剥落
B	児童福祉施設	特に被害なし	引戸が外れたり、引戸の止め具が壊れるなどの被害	特に被害なし
C	店舗・事務所	特に被害なし	建物脇の通路のうねり、敷き詰められた舗道ブロックの崩れ、マンホールの浮き上がり	特に被害なし
D	体育館	特に被害なし	特に被害なし	墓石のずれ、モルタル外壁にきれつ
E	店舗・事務所	特に被害なし	木材外壁の継目部分の一部ずれ、盛り上がり(ただし地震によるものかどうかは不明)	隣接する店舗の犬走り部にきれつ
F	店舗・事務所	特に被害なし	内壁下地のボードに沿って壁紙にシワ、ガラスコーキングの一部はがれ	通行止めを含んだ道路の割れ、住宅の基礎のきれつ、墓石の落下
G	工場	特に被害なし		
H	工場	特に被害なし	建物内壁の石膏ボードの一部割れ、建物の基礎部分の一部に割れ、地震による製造装置が移動、原材料の荷崩れなどあり	敷地脇の水田のあぜ道の地割れ、マンホールの浮き上がり、周辺では一部屋根瓦が落ちた住宅あり
I	倉庫	特に被害なし		
J	倉庫	集成材柱-梁接合部の一部に割れ		
K	屋外ステージ	特に被害なし	特に被害なし	特に被害なし
L	児童福祉施設	特に被害なし	玄関、階段室の壁紙にシワ、内壁のボードの一部破損、コンクリート床面に細かいひび割れ、外壁モルタルのコンクリートに細かいひび割れ	住宅のモルタル外壁にきれつ、基礎のきれつ、灯籠の落下、地面の陥没が一部
M	店舗	特に被害なし	作業場の土間に細かいひび割れ	隣接した事務所(鉄骨造)での大部分の外壁の剥落、ブロック塀のきれつ、灯籠の落下
N	文教施設	玄関ホール前の集成材円柱、玄関の柱の傾き、一部の円柱の接合部での割れ	建物周囲のアスファルト面の割れ、グラウンドの地割れ、玄関のサッシの窓ガラスの破損、サイディングの破損、建物間の床面、壁面に一部隙間	住宅の外壁の剥落、住宅の1階部分の変形、基礎のきれつ、道路のきれつ、墓石の落下等大きな被害あり
O	店舗	外観のみ調査 特に被害なし	外観のみ調査 特に被害なし	隣接した飲食店での瓦落下のおそれによる駐車場の進入禁止、電信柱周りの地面の陥没、鉄塔の基礎のきれつ、一部破損
P	店舗	集成材柱脚部の接合部の一部に割れ	集成材と内壁材の間に一部スキ、建物の犬走りにきれつ	住宅のモルタル外壁にきれつ、外壁のタイルにひび割れの修繕痕が一部
Q	事務所・倉庫	特に被害なし	基礎の一部に割れ、事務所隣のRC壁の一部が剥落、建物と犬走りの間に隙間	住宅の外壁のきれつによるタイルの剥落、コンクリート階段部分のきれつ、一部破損、基礎のきれつおよび破損、瓦の落下が一部
R	ホール	特に被害なし	特に被害なし	特に被害なし
S	文教施設	特に被害なし	建物間のエクスパンションジョイント部でカバー材が落下、内壁化粧パネルや天井材が一部落下、破損、建物周囲の地盤の一部わずかに沈下、RC造の体育館の一部窓ガラス破損、天井材の落下、破損	住宅の漆喰の剥落、瓦の落下、神社の瓦の落下、石垣の崩壊、墓石の落下、歩道の陥没が一部
T	福利厚生施設	外観のみ調査 特に被害なし	外観のみ調査 特に被害なし	
U	店舗・事務所	特に被害なし	犬走り部にきれつ	住宅の瓦の落下、漆喰の剥落、倉庫の基礎(ブロック)の破損が一部
V	福利厚生施設	外観のみ調査 特に被害なし	外観のみ調査 特に被害なし	隣接する建物脇の盛土の崩落
W	体育館	外観のみ調査 特に被害なし	外観のみ調査 特に被害なし	未調査
X	倉庫・事務所	特に被害なし	特に被害なし	特に被害なし
Y	屋外ステージ	特に被害なし	特に被害なし	特に被害なし
Z	文教施設	特に被害なし		
AA	体育館	特に被害なし	グラウンド周辺の盛土の崩れ、側溝のズレ、フェンス支柱の傾き、グラウンドに数本、地割れが生じたとのこと(調査時は補修済み)	盛土の崩落や地すべりあり

3. 調査結果

集成材の被害、建物および敷地の被害、近隣地域の家屋、道路等の被害の概略を表3に示す。一部の建物を除き、主要構造部を構成する集成材に被害は認められなかった。一部の建物で見られた集成材の損傷は、接合部におけるドリフトピン近傍での割裂破壊および梁受け部での割裂破壊であった。建物内部の損傷には、下地材のボードの継目に沿った壁紙のしわ、化粧パネルや天井材の破損や落下等が見られた。集成材に損傷が見られた建物の敷地内では、地盤変動によると推測される基礎や犬走りの割れ、地割れや地盤の沈下が見られた。下記に調査した建物の概要とその被害状況、近隣の被害状況を記す。

店舗兼事務所(A)： 1998年築。旧六日町の中心部から北東へ約5kmのところであり、建物の東側を魚野川が流れる。2階建ての店舗棟と多目的ホール棟がT字型に配された建物である(写真A-1)。通直集成材の柱と円弧状の湾曲集成材の小屋組で構成され、それらボルトで接合されている(写真A-2~4)。集成材の損傷は見られなかったが、店舗棟の階段室の壁や、多目的ホール棟の2階ホール入口の壁紙にやぶれやしわが生じていた(写真A-5)。地震当時は営業中であり、テーブルからグラスが落ちて割れたりしたが、什器が転倒したり、窓ガラスが割れたり等の被害はなかったとのことであった。近隣では倉庫(土蔵)で漆喰の一部落下が見られた(写真A-6)。



写真 A-1 旧六日町の店舗兼事務所



写真 A-2 店舗棟 2階



写真 A-3 多目的ホール棟 2階



写真 A-4 多目的ホール棟 2階(集成材の接合部)

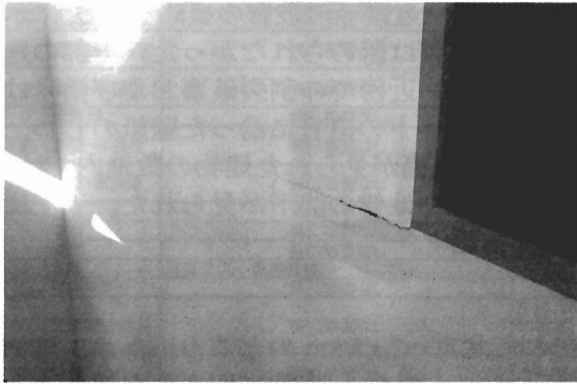


写真 A-5 店舗棟・階段室(壁紙のやぶれ)

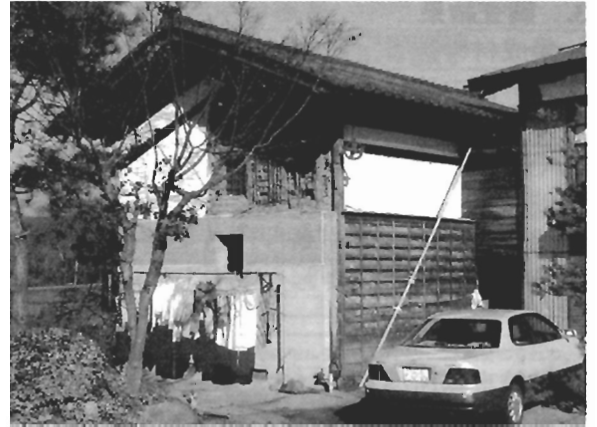


写真 A-6 近隣の土蔵(漆喰の剥落)

児童福祉施設(B)： 2003年築。旧大和町郊外の住宅街にある。建物の中央に玄関と吹き抜けのホールがあり、ホールの両側に保育室がある(写真 B-1, B-2)。ホールは3ヒンジアーチ構造で接合は鋼板挿入・ボルト接合である(写真 B-3~5)。調査時は集成材を含めて建物の損傷は特に見られなかったが、地震当時はホール入口の引戸がはずれ、止め具が壊れたとのことであった。近隣には RC 高基礎の新しい住宅が多く、それらについても特に被害は見られなかった(写真 B-6)。



写真 B-1 児童福祉施設(B)



写真 B-2 建物北西面(中央がホール, 両脇が保育室棟)



写真 B-3 ホール

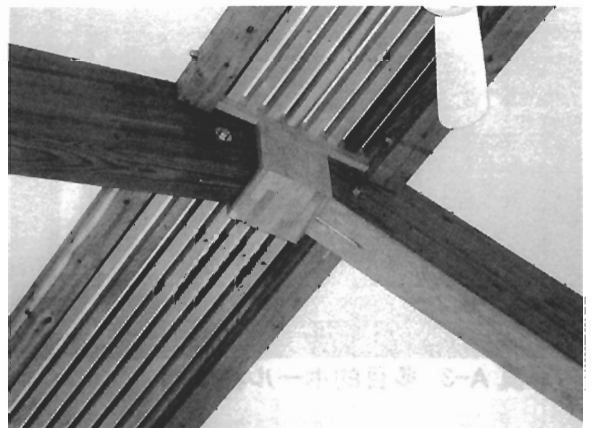


写真 B-4 ホール(集成材アーチの接合部)

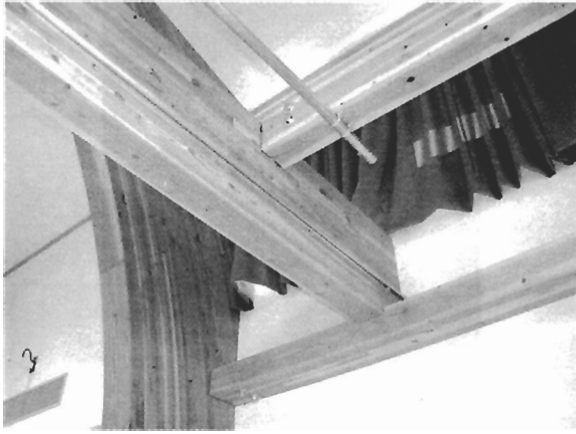


写真 B-5 ホール(集成材梁の接合部)



写真 B-6 近隣の RC 高基礎の住宅

店舗兼事務所(C)： 1996 年築。旧小出町の中心から南東へ約 2.5 km 離れた公園内にあり、同公園内には公共の文化施設やグラウンド等がある。建物は平屋建てで、外周は RC 造で、内部の柱、梁に集成材が使用されている(写真 C-1~4)。集成材に損傷は見られなかった。建物外壁の RC 部に一部ひび割れが生じていた(写真 C-5)。建物西側においてトイレ棟との間の通路がうねり、敷き詰められた舗道ブロックが崩れ、マンホールの浮き上がりが生じていた(写真 C-6)。また、隣接するトイレ棟の屋根と当該建物の屋根が接触しており、樋が変形していた(写真 C-7)。近隣の住宅は特に被害は見られなかった(写真 C-8)。



写真 C-1 旧小出町の店舗兼事務所(C)(建物の外周部は RC 造)



写真 C-2 内部(4本の集成材を組合せた柱と湾曲集成材の梁)



写真 C-3 内部(外壁部の RC の柱(奥))



写真 C-4 集成材柱の接合部

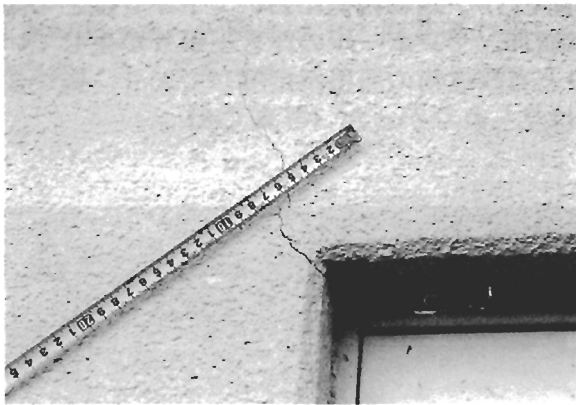


写真 C-5 RC 外壁のひび割れ

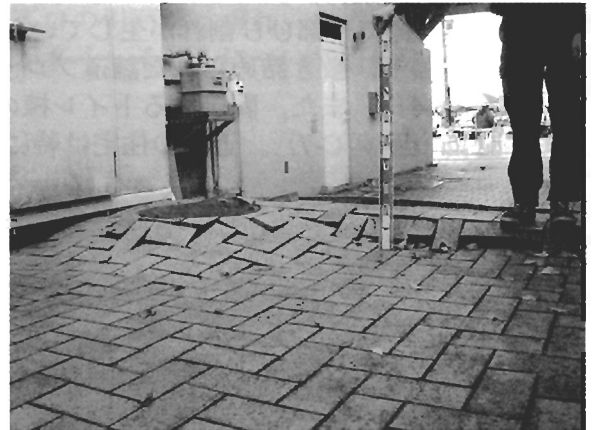


写真 C-6 建物脇の通路(舗道ブロックの崩れとマンホールの浮き上がり)



写真 C-7 屋根(隣接するトイレ棟の屋根(左)と接触し、樫が変形している)



写真 C-8 近隣の住宅(被害は見られない)

体育館(D)： 1994年築。旧湯之谷村役場から8kmほど東の温泉街にある。RC造の建物で、屋根のみ集成材構造の方形屋根である（写真D-1～3）。集成材を含めて建物の損傷は特に見られなかった。近隣では住宅のモルタル外壁のきれつ、墓石のずれが見られた（写真D-4）。



写真 D-1 旧湯之谷村の体育館(D)



写真 D-2 内部(集成材構造の屋根)



写真 D-3 屋根(集成材の接合部)



写真 D-4 近隣の住宅(外壁モルタルにきれつが生じている)

店舗兼事務所(E)： 2004年築。旧入広瀬村の西部、ほぼ旧守門村との村境にある。建物の北側には大きな池があり、周囲は山に囲まれている。平屋建ての建物で柱、梁、小屋組に集成材が使用されており、部材同士の接合は異形鉄筋・エポキシ樹脂接合である(写真E-1~4)。集成材や建物内部には特に被害は見られなかったが、木材外壁の継ぎ目部分に一部ずれや浮きが生じていた(写真E-5)。ただし、これは地震によるものかどうかはわからなかった。隣接する店舗では犬走り部にきれつが生じていた(写真E-6)。



写真 E-1 旧入広瀬村の店舗兼事務所(E)



写真 E-2 店舗吹き抜け部



写真 E-3 店舗吹き抜け部



写真 E-4 集成材接合部

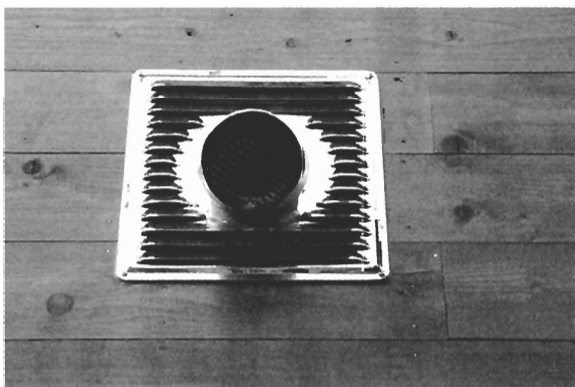


写真 E-5 木材外壁(継目のずれと浮き)

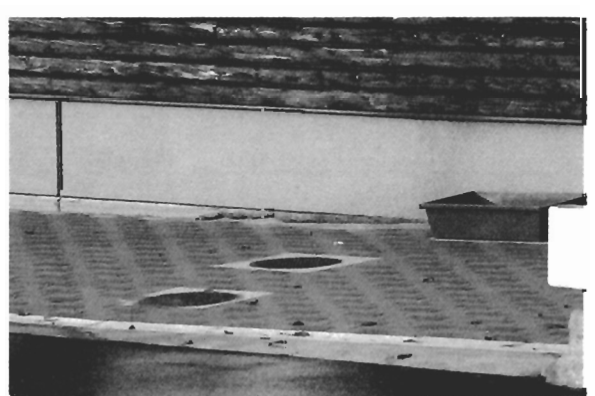


写真 E-6 隣接する店舗(犬走り部のきれつ)

店舗兼事務所(F)： 2001年築。旧入広瀬村の西部，村役場の北約3 kmのところにある。平屋建て。平面は約12 m×12 mの正方形で，中央に集成材の円柱が立ち，その先端に周囲から梁をわたした方形屋根の建物である(写真 F-1, F-2)。広い開口部が建物の南角部に偏って配置されている。集成材の接合は鋼板挿入・ドリフトピン接合である。集成材に損傷は見られなかったが，内壁下地のボードに沿った壁紙のしわや，ガラスコーキングの一部にはがれが生じていた(写真 F-3)。また玄関ドアの鍵が壊れたとのことではあった。公園に至る県道沿いの商店や住宅は応急危険度判定が実施されており，基礎と土台のずれや，基礎にきれつが生じた「要注意」のものが数件あり，宅地が崩れた「危険宅地」もあった(写真 F-4, F-5)。道路にきれつが多数生じており，調査建物付近から西は道路災害のため通行止めになっていた。近隣の墓地では半数程度の墓石が転倒または水平回転していた。



写真 F-1 旧入広瀬村の店舗兼事務所(F)



写真 F-2 内部



写真 F-3 内部(壁紙のしわ)



写真 F-4 近隣の住宅(要注意・要注意宅地)



写真 F-5 近隣の住宅(要注意・基礎のひび割れ)

倉庫(J)： 1992年地区。長岡市の北東部にある工場内に建てられた倉庫で、工場(G)(H)、倉庫(I)と同じ敷地内にある。通直集成材の柱、梁で構成された壁のない建物で、接合部は鋼板挿入・ボルト接合であるが、一部に合板ガセットが併用されている(写真 J-1)。倉庫の長手方向は集成材で筋かいが組まれている。集成材の損傷は倉庫端部で梁を受ける柱の接合部に割れが一箇所見られた(写真 J-2)。同敷地内の工場(H)では内装壁の石膏ボードに一部破損が見られた(写真 J-3, J-4)。敷地内では建物の基礎の一部にきれつや、材料運搬用のレールの基礎部分にきれつが生じ、レールにずれが見られた(写真 J-5)。地震当時は、原材料の荷崩れや、製造装置の移動があったとのことであったが、調査時には平常通り操業していた。周辺は工業団地、水田、住宅地である。建物の敷地のすぐ脇を通る農道(未舗装)に敷地に沿って地面の陥没が生じており(写真 J-6)、マンホールが10 cmほど浮き上がっていた。近隣では、瓦が落ち、屋根にブルーシートをかけた住宅が目立った。



写真 J-1 長岡市の倉庫(J)



写真 J-2 柱頭(梁受け部の割れ)



写真 J-3 長岡市の工場(H)

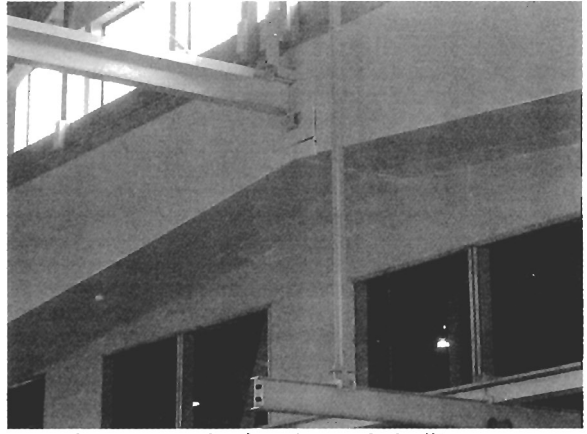


写真 J-4 石膏ボードの一部損傷

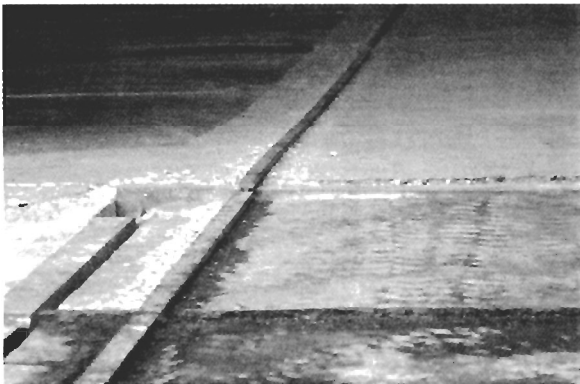


写真 J-5 工場内の材料運搬用のレール(基礎部分にきれつが生じ、レールにもゆがみが生じている)



写真 J-6 工場敷地沿いの農道の地割れ(マンホールの浮き上がりも生じていた)

屋外ステージ(K)： 1992年築。長岡市街北部の公園内にあり、同公園内には公共の文化施設がある。屋外ステージは湾曲集成材アーチ4本を主要構造とした建物である(写真 K-1～3)。集成材を含めて建物の損傷は特に見られなかった。近隣の建物や地盤の被害も特になかった(写真 K-4)。

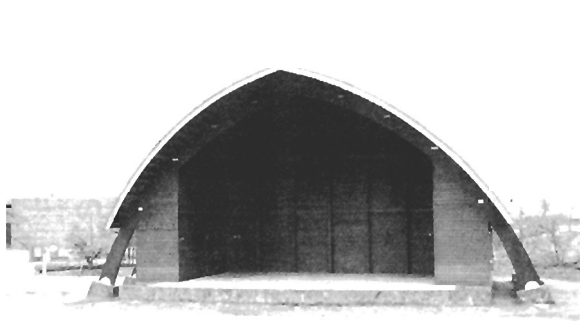


写真 K-1 長岡市の屋外ステージ(K)



写真 K-2 ステージ内部



写真 K-3 集成材アーチ脚部の接合部



写真 K-4 屋外ステージのある公園

児童福祉施設(L)： 1999年築。長岡市西部に造成された新興住宅街にある。一部2階建てのL字形の建物で、通直集成材の柱、梁と鋼板挿入・ボルト接合による2階まで吹き抜けのオープンスペースがある(写真L-1~3)。集成材に損傷は見られなかったが、玄関や階段室の壁紙のしわ、トイレ内の内壁ボードの一部剥落、給食室の土間コンクリートの細かいひび割れが見られた(写真L-4)。また、モルタル外壁に幅0.7mm程度の細かいひび割れが入っていた(写真L-5)。近隣の住宅は比較的新しいものばかりであるが、モルタル外壁のきれつ、基礎のきれつ、燈籠の落下等が見られた(写真L-6~8)。また、地面の陥没や盛土の崩れ等もあった。



写真 L-1 長岡市の児童福祉施設(L)



写真 L-2 ホール吹き抜け部



写真 L-3 ホール(集成材柱・梁接合部)

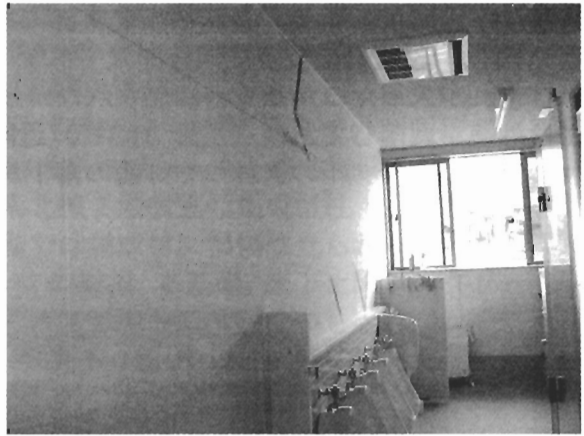


写真 L-4 トイレ(内装壁の剥落)



写真 L-5 外壁のモルタルのひび割れ



写真 L-6 近隣の住宅(モルタルのひび割れ)



写真 L-7 近隣の住宅(玄関階段のコンクリートのきれつ、破壊)



写真 L-8 近隣のごみ収集所(タイルのきれつ)

店舗(M)： 2003 年築。長岡市街北東部にある。一般住宅程度の規模の平屋建ての建物（写真 M-1）。集成材の接合は鋼板挿入・ドリフトピン接合である。店舗内作業室の土間に細かいひび割れが入ったほかは被害は見られなかった（写真 M-2）。店舗に隣接した建物（鉄骨造）では外壁が剥落しており（写真 M-3），近隣の住宅では，屋根瓦のくずれ，ブロック塀のきれつ，外壁モルタルのきれつや灯籠の落下が見られた（写真 M-4～6）。



写真 M-1 長岡市の店舗(M)



写真 M-2 作業室(土間コンクリートに細かいひび割れ)



写真 M-3 隣接する鉄骨造の建物(外壁の剥落)



写真 M-4 近隣の住宅(屋根瓦のくずれ)

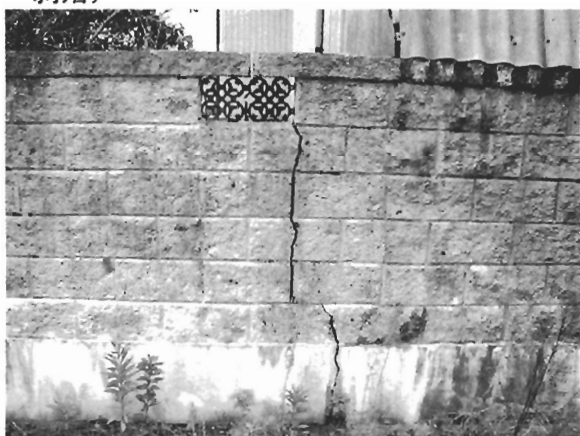


写真 M-5 近隣の住宅(ブロック塀のきれつ)

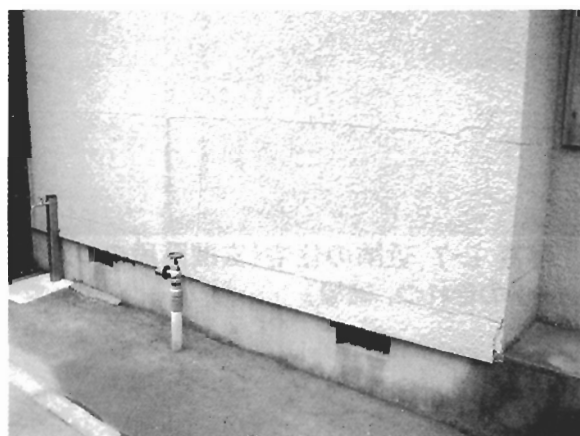


写真 M-6 近隣の住宅(外壁モルタルのきれつ)

文教施設(N)： 2001 年築。小千谷市の東部の山間にある。傾斜地を造成して建てられた 2 階建ての建物。平面計画は L 字型で、東西棟と南北棟が交わる隅部に玄関ホールが配置されており、それぞれ防火壁で隔てられている。被害は玄関ホール付近に集中しており(写真 N-1)、玄関前ポーチに配された集成材円柱 5 本すべてに柱脚から柱頭にかけての割裂破壊(写真 N-2)と柱の傾斜が見られた。玄関扉のガラスの破損や玄関ホールと南北棟間の壁、床、基礎の隙間が見られた(写真 N-3~6)。建物内では南北棟 2 階教室の集成材柱 1 本に割れが生じていたが(写真 N-7)、玄関棟 2 階や東西棟 2 階では集成材に損傷は見られなかった(写真 N-8~10)。玄関脇の南北棟壁の窯業系サイディングの破損、布基礎、床下土間コンクリート、犬走りのきれつが見られた。玄関、南北棟前のアスファルトにはいくつもきれつ、盛り上がりが見られた。建物周囲の地面が陥没しており(写真 N-11, N-12)、特に建物北側のグラウンドは一部で地盤が大きく沈み、いくつもの地割れが生じていたことから(写真 N-13)、地盤の変動が建物の変形や損傷に関係している可能性が考えられた。近隣地域では、住宅の外壁の剥落、住宅 1 階部分の変形、基礎のきれつ、道路のきれつが見られ(写真 N-14~16)、墓地では墓石のほとんどが転倒・落下している等、大きな被害が見られた。また建物へ至る国道沿いの山や建物周囲の山では斜面の崩壊が多く見られた。



写真 N-1 小千谷市の文教施設(N)(写真正面の玄関部分の被害が目立つ)



写真 N-2 玄関外側の集成材円柱

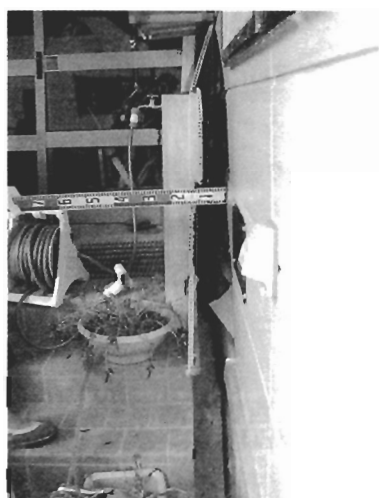


写真 N-3 玄関棟と南北棟の間に生じたすき間



写真 N-4 玄関棟(南北棟との境の床面にすき間が生じている)



写真 N-5 玄関棟床下(布基礎のきれつ, 土間コンクリートとの間に生じたすき間)



写真 N-6 玄関棟(床面のすき間)



写真 N-7 南北棟 2 階教室(集成材柱の割れ)

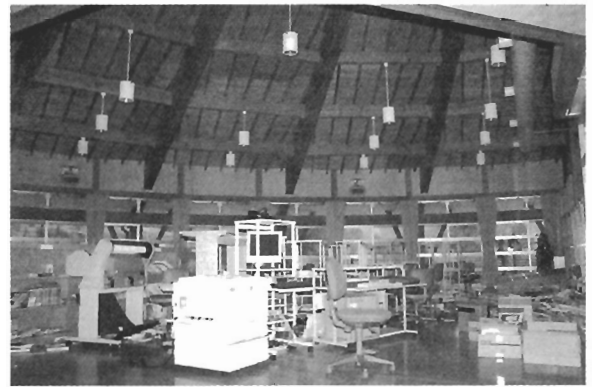


写真 N-8 玄関棟 2 階



写真 N-9 東西棟 2 階廊下(可動式間仕切り壁がレールから外れている)



写真 N-10 東西棟 2 階教室



写真 N-11 南北棟北側の地盤の沈下



写真 N-12 南北棟西側の地盤の沈下



写真 N-13 建物北側のグラウンドの地割れと地崩れ(建物のすぐ近くまで地割れが生じている)



写真 N-14 近隣の住宅(1階部分が大きく傾いている)



写真 N-15 近隣の神社(雨戸や障子ははずれているが、建物に大きな被害はない)



写真 N-16 近隣の道路のきれつ

店舗(O)： 1995年築。長岡市街北東部にあり、近隣は店舗や住宅街である。外観調査では建物の被害は特に見られなかった（写真 O-1）。隣接した店舗前の駐車場は瓦の落下の恐れがあるため、駐車禁止となっていた。そのほか、当該建物のそばの電信柱の周囲の地面の陥没や、送電線の鉄塔の基礎のきれつ、一部破壊が見られた（写真 O-2～4）。



写真 O-1 長岡市の店舗(O)



写真 O-2 隣接する店舗（屋根瓦の落下の恐れがある）



写真 O-3 隣接する電信柱（周囲の地面が陥没）



写真 O-4 隣接する送電線鉄塔（基礎の一部破壊）

店舗兼事務所(P)： 1990年築。長岡市街北東部にあり、近隣は住宅街である。ベイマツ集成材の3ヒンジアーチ構造の平屋建てである(写真P-1)。アーチのスパンは18mで東西方向にかけられている。桁行き方向の長さは10.8mで、2.7m間隔でたてられた計5本のアーチで構成されている(写真P-2)。建物の最高高さは7.4m、最高軒高は4.4mである。5本のアーチのうち観察できた4本には、西側柱脚の鋼板挿入・ドリフトピン接合部でドリフトピン近傍に集成材の割れが生じていた(写真P-3)。一方、アーチ東側の柱脚接合部では同様の損傷は見られなかった。敷地内では、建物北側で側溝のずれが見られ、また建物西側の犬走りに割れやマンホールの浮き上がりが観察されたことから(写真P-4, P-5)、局所的な地盤の変動が建物の損傷に関係している可能性が考えられた。近隣の住宅ではモルタル外壁のきれつが見られた(写真P-6)。



写真 P-1 長岡市の店舗(P)



写真 P-2 店舗内部



写真 P-3 集成材アーチ脚部の割れ



写真 P-4 店舗西側犬走り部のきれつ(左側のマンホールが浮き上がっている)



写真 P-5 店舗西側犬走り部のきれつ



写真 P-6 近隣の住宅(モルタル外壁のきれつ)

事務所兼倉庫(Q)： 1990年築。長岡市街北部にあり、近隣は店舗や住宅街である。建物西側の敷地脇を柿川が流れる。1階が事務所と倉庫、2階が倉庫の建物で、1階事務所の四隅にはRC壁が配されている(写真 Q-1~4)。柱、梁に集成材が使用され、接合には金物とボルトが用いられている(写真 Q-5)。集成材には特に損傷は見られなかったが、事務所隅のRC壁の一部が剥落していた。建物の基礎の一部にきれつが生じているほか、建物と建物西側の犬走りの間にすき間が生じていた(写真 Q-6)。建物下の地盤は杭による補強がされているが、犬走り部は補強がされていないため、柿川の方へ地盤がずれ、それによってすき間が生じたものと推察される。近隣の住宅ではモルタル外壁の亀裂、タイルの剥落、コンクリート階段部分のきれつ、一部破壊、基礎のきれつおよび破壊、屋根瓦の落下等の被害が見られた。



写真 Q-1 事務所兼倉庫(Q)



写真 Q-2 1階事務所



写真 Q-3 1階倉庫



写真 Q-4 2階倉庫(集成材梁の接合部)



写真 Q-5 2階倉庫(集成材の接合部)



写真 Q-6 建物西側犬走り部(建物と犬走り部の間にすき間が生じた(補修済))



写真 Q-7 近隣の住宅(外壁のきれつ、タイルの剥落)



写真 Q-8 近隣の住宅(屋根瓦の落下)

ホール(R)：1992年築。長岡市街の中心部にある。屋根のみ集成材構造のRC造の建物（写真R-1～3）。集成材を含めて、建物の被害は特に見られなかった。



写真 R-1 長岡市のホール(R)



写真 R-2 内部

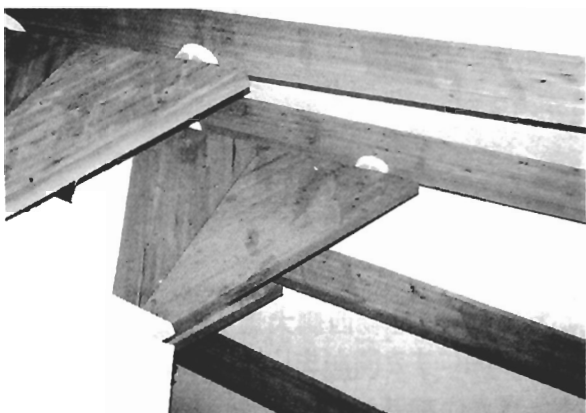


写真 R-3 集成材の接合部

文教施設(S)： 2003年築。越路町のほぼ中央の山すそにある。8つの防火区画で構成される建物でそのうち3区画が2階建て、そのほかは平屋建てである(写真S-1, S-2)。通直のカラマツ集成材が柱、梁、屋根に使用され、接合は鋼板挿入・ボルト接合である(写真S-3, S-4)。調査した範囲では集成材の損傷は見られなかった。建物内では、防火区画の境界に設けられたエクステンションジョイント部でアルミ製カバーの落下が多く見られた(写真S-5)。また、内装化粧パネルや天井材の剥落、破損、廻縁の破損も見られた(写真S-6～8)。建物外側では2階建ての特別教室棟の防火壁脇のアルミ製の板が一部変形、破壊しているほか、地盤の沈下や舗道ブロックのくずれ、マンホールの浮き上がりが見られた(写真S-9, S-10)。敷地内にあるRC造・鉄骨造屋根の体育館では、一部窓ガラスの破損や、天井材の落下、損傷があり、その周囲ではアスファルトのきれつ、地面の陥没が見られた(S-11～13)。調査建物に近接したRC造の食堂では天井材が多く落下していた。近隣では、住宅の漆喰の剥落、屋根瓦の落下、神社の瓦の落下、石垣の崩壊、墓石の落下のほか、歩道の陥没が見られた(S-14～16)。



写真 S-1 越路町の文教施設(S)(教室棟・平屋)



写真 S-2 特別教室棟(2階建て)



写真 S-3 特別教室棟1階

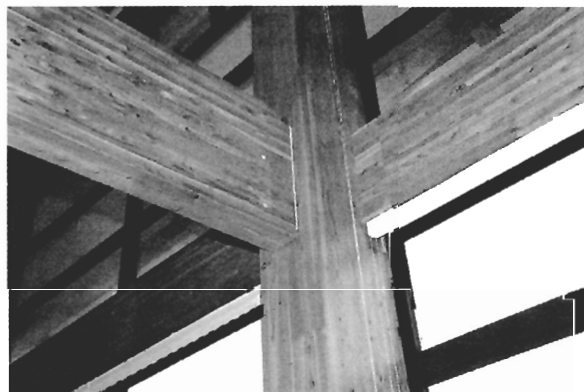


写真 S-4 特別教室棟1階(集成材柱、梁の接合部)



写真 S-5 特別教室棟 2 階廊下(エクspansionジョイント部のアルミ製カバーが落下し、床のレベル差も生じている)

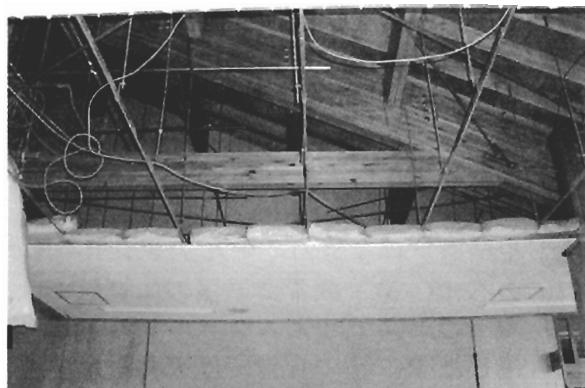


写真 S-6 特別教室棟 2 階廊下(天井材が落下し、小屋組が露出している)



写真 S-7 教室棟・オープンスペース(内装壁の剥落)



写真 S-8 教室(回縁の破壊、壁材の剥落)



写真 S-9 特別教室棟の防火壁(アルミ製の板が変形している)

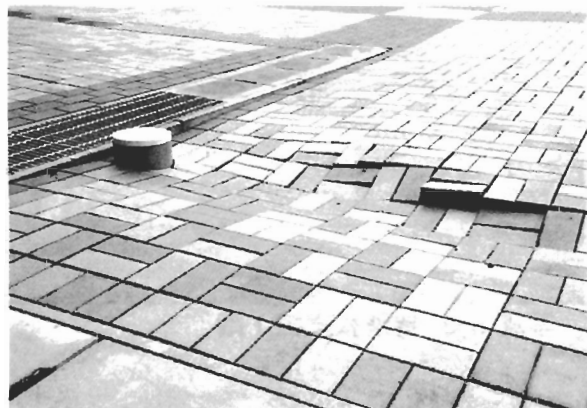


写真 S-10 中庭(舗道ブロックが崩れ、マンホールの浮き上がりが生じている)

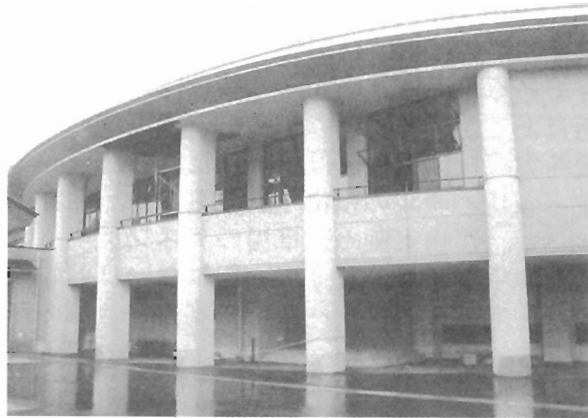


写真 S-11 同敷地内のRC造体育館(窓ガラスが割れ, 天井材が一部落下している)



写真 S-12 同体育館(アスファルトのきれつ)



写真 S-13 敷地内の地面の陥没



写真 S-14 近隣の住宅(屋根瓦が落下した住宅が見られる)



写真 S-15 近隣の神社(石垣の崩壊)



写真 S-16 近隣の地面の陥没

福利厚生施設(T)： 2004年築。文教施設(S)に隣接した平屋建ての建物。外観調査では集成材を含めて建物には特に被害は見られなかった。

店舗兼事務所(U)： 2004年築。川口町役場から南に約1kmのところにある一部2階建ての切り妻屋根の建物(写真U-1)。柱、梁、小屋組、筋かいに集成材が使用されており、部材同士の接合は主として鋼板挿入ドリフトピン接合であるが、柱と筋かいの接合は鋼板挿入・ボルト接合であった(写真U-2~4)。震源地付近にあるが、建物内の集成材に損傷は見られず、また、建物外側正面のポーチに使用された湾曲集成材にも損傷はなかった。内装壁のスギ板、天井に使用されたOSB・発泡樹脂のサンドイッチパネルの損傷や剥落もなかった。建物西側の犬走りにはきれつが生じていた(写真U-5)。建物東側の駐車場のアスファルトに数本のきれつがあった(写真U-6)。地震当時は営業中であり、立ってられないほどのゆれで、商品もくずれたとのことであった。近隣では住宅の瓦の落下や漆喰の剥落、倉庫の基礎ブロックの破壊が見られた(写真U-7)。



写真 U-1 川口町の店舗兼事務所(U)



写真 U-4 天井部



写真 U-3 集成材柱・梁の接合部



写真 U-2 店舗の吹き抜け部



写真 U-5 建物西側犬走り部のきれつ



写真 U-6 店舗前駐車場(アスファルトのきれつ)



写真 U-7 近隣の住宅(屋根瓦の落下, 漆喰の剥落)

福利厚生施設(V)： 1999年築。川口町役場から東に1 kmほど離れた丘陵地を造成した公園内にある。隣接して宿泊施設、温浴施設がある。外観調査では建物には特に被害は見られなかった(写真 V-1)。隣接する建物そばの盛土部分が崩落していた(写真 V-2)。



写真 V-1 川口町の福利厚生施設(V)(東面)



写真 V-2 隣接する建物脇の盛土の崩落

体育館(W)： 1995 年築。旧堀之内町の中心部にある。屋根梁に湾曲集成材を使用した RC 造の建物（写真 W-1）。外観調査では建物の被害は特に見られなかった。夜間であったため、近隣地域の調査はできなかった。



写真 W-1 旧堀之内町の体育館(W)

事務所兼倉庫(X)： 1987 年築。旧塩沢町役場から南へ約 3 km のところにある。一部 2 階建ての建物。柱、小屋組には製材が使用され、梁に集成材が使用されている（写真 X-1, X-2）。接合は鋼製金物とボルトによる接合である（写真 X-3）。集成材を含めて建物の被害は特に見られなかった。また近隣の地域においても特に被害は見られなかった。



写真 X-1 塩沢町の事務所兼倉庫(X)



写真 X-2 倉庫内部



写真 X-3 製材柱と集成材梁の接合部

屋外ステージ(Y)： 1990年築。旧塩沢町役場近くの公園内にある。RC造の壁の上に湾曲集成材、通直集成材を使用して壁と高い屋根が構成されている（写真 Y-1～3）。集成材を含めて建物の被害は特に見られなかった。また隣接したスギ製材を用いた公共木造建物にも特に被害はなかった。



写真 Y-1 塩沢町の屋外ステージ(Y)

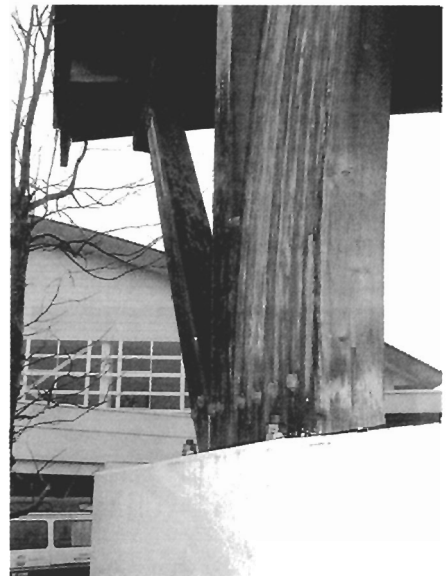


写真 Y-2 集成材アーチ脚部の接合部



写真 Y-3 ステージ屋根

文教施設(Z)： 1994年築。旧大和町の西部の山間にある文教施設で、傾斜地を造成して建てられた2階建て、一部吹き抜けの建物。山側（南東側）に建物と体育館(AA)が一直線上に並んで建てられており、谷側（北西側）にグラウンドがある（写真 Z-1）。主要構造材にはベイマツの丸太や製材、集成材が使用され、接合は梁受け金物とボルトによる接合である（写真 Z-2, Z-3）。集成材を含めて建物の損傷は特に見られなかった（写真 Z-4）。ベイマツ集成材の3ヒンジアーチ構造の体育館(AA)にも特に被害は見られなかった（写真 Z-5）。グラウンド周辺の盛土が崩れ、グラウンド周囲に配された側溝が谷側へずれており、フェンスの支柱も一部谷側へ傾いていた（写真 Z-6）。調査時にはすでに補修されていたがグラウンドに数本、地割れが生じていたとのことであった。近隣では、地震による斜面の崩壊や、盛土の崩れが見られた。また、当該建物から2 kmほど離れた十日町市のRC造文教施設では、建物南側の地面にきれつ、陥没があり、斜面の崩落の危険性もあることから応急危険度判定で「危険」と判定されており、調査時は休校していた。地震による被害と児童数の減少から2005年3月をもって閉校となるとのことであった。



写真 Z-1 旧大和町の文教施設(Z)(右)と体育館(AA)(左)

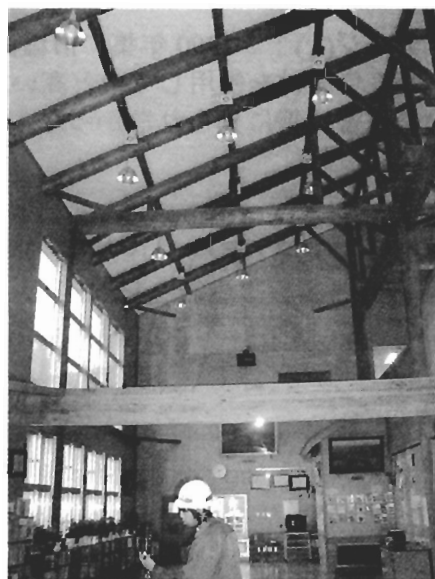


写真 Z-2 文教施設(Z)のオープンスペース



写真 Z-3 ベイマツ丸太と集成材の接合部



写真 Z-4 文教施設(Z)の1階廊下



写真 Z-5 体育館(AA)



写真 Z-6 建物北西側のグランド(盛土の崩れ, 側溝のずれ, フェンス支柱の傾き)

4. おわりに

新潟県中越地方にある27棟の集成材建物の被害調査を行った。本震、余震により建物には大きな入力があったと考えられるが、一部の建物を除いて主要構造部の集成材に被害は認められなかった。集成材に損傷を受けた建物では、基礎や犬走り部のきれつが生じており、マンホールの浮き上がりも見られたこと、さらに、集成材の損傷が最も大きかった建物では周囲の地盤が大きく崩れていたことから、集成材の損傷には地震時の入力だけでなく、地盤の変動も大きく関わっていたものと考えられる。個々の集成材建物の被害についての原因を明らかにするためには、建物の設計資料等を参考にして詳細な調査が必要であると思われる。

最後に、被災された方々に心からお見舞いを申し上げます。また、本調査の実施にあたり資料提供および現地調査にご協力いただいた株式会社志田材木店、新潟県長岡地域振興局、小千谷市教育委員会をはじめとする関係各自治体、日本集成材工業協同組合、小杉土建工業株式会社、調査対象建物関係各位に感謝いたします。

文献

- 1) 神谷文夫, 鈴木憲太郎, 杉本健一, 青木謙治, 木材工業, 60(1), 33-38 (2005)
- 2) 株式会社志田材木店資料
- 3) 三井物産ハウステクノ株式会社資料
- 4) 三井木材工業株式会社(現・三井物産ハウステクノ株式会社)構造用集成材(アーチ材)納入実績表(昭和57年1月現在)

新潟中越地震報告

-伝統的木造建築の動的特性-

京都大学 生存圏研究所 田淵 敦士

1 はじめに

平成 16 年 10 月 23 日午後 5 時 56 分ごろ新潟県中越地方においてマグニチュード 6.8(気象庁発表)の地震が発生した。この地震で川口町において、震度 7 が観測され、また、震度 6 前後の余震が数回発生し、大きな被害をもたらした。

平成 16 年 11 月 20 日～22 日の間、主に以下の地域について震災被害調査を行った

1. 堀之内町竜光地区
2. 川口町武道窪地区
3. 川口町田麦山地区

上記のうち川口町武道窪地区は本震の震源地に近い場所であり、地震の被害の大きかった地区の一つである。本報告では武道窪地区のある民家 1 棟について実測をし、ケーススタディとして今回の地震被害の検討した。

2 建物概要

2.1 概観

船檣造の民家が多く、当該の建物のもその事例である。建物の応急危険度判定は「危険(赤)」となっており、主に土壁の剥落が目立った。また、目視による観察では、1 階部分は残留変形がほとんどなく、2 階部分は南側に傾いていることが見てとれた。

柱は断面 4 寸角のスギを主に用いていた。下屋の部分は 3.5 寸角のスギの柱、大黒柱は 6 寸角のケヤキ材を用いていた。その他、大黒柱と同じ柱列にスギの 6 寸 × 4 寸の通柱と思しき材を用いていた。また、断面の形状等から通柱であると判断したのはこれらの 3 本の柱で、その他については通柱、管柱の区別はつきかねた。

土壁の下地はこの地方特有の手法であろうか、茅のような材を用いていた。また、貫は約 2 尺間隔で 3 段であった。



図 1 当該建物全景

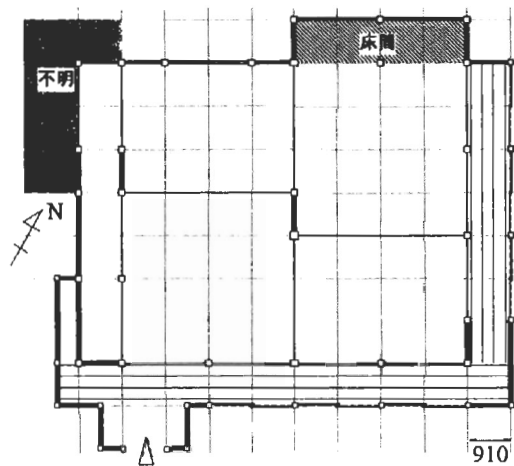


図2 1階平面図

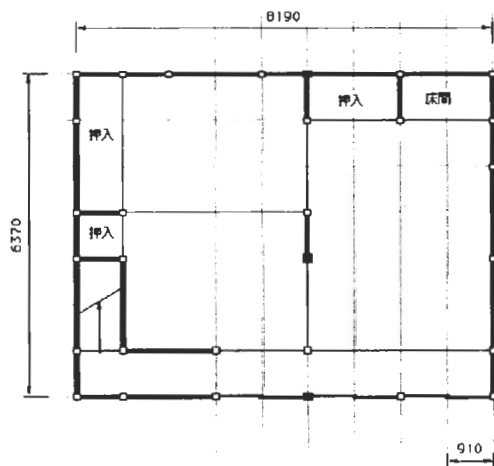


図3 2階平面図

2.2 被災状況

次に建物内部の被害状況について示す。

図4,5

1階の床の間部分は建物から張り出した形で配されているが、地震によってその壁が倒壊している。

図6,7

1階には耐力要素としての土壁が少ない。また、破壊の状況としては貫面よりも上に塗られている中塗りあるいはそれに相当する層が剥がれ落ち、貫がむきだしの状態になっている。

図8

2階小壁部分の損傷の例である。鴨居が抜け外れており、建物傾斜の大きさを物語っている。

図9,10

大黒柱の損傷の例である。2階床高さにおいて曲げ破壊している。

図11

剥がれ落ちた土壁。竹木舞ではなく茅のようなものを下地として用いていることが分かる。

図12

小屋組には貫などの構造要素としての横架材がなく、水平構面における剛性は低そうである。



図4 床の間の張り出し部分



図5 床の間の土壁損傷状況

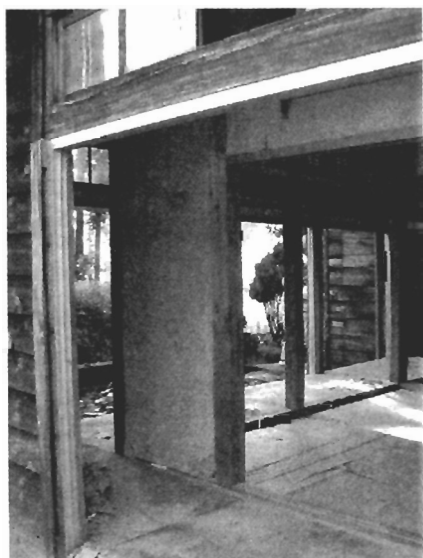


図6 土壁損傷例



図7 貫が露出した土壁



図8 鴨居の抜け



図9 大黒柱

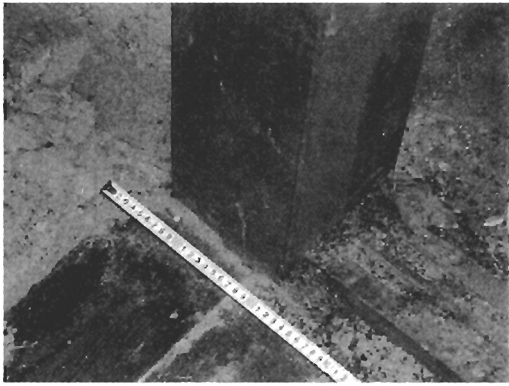


図10 2階床部分で損傷している大黒柱



図11 剥がれ落ちた土壁

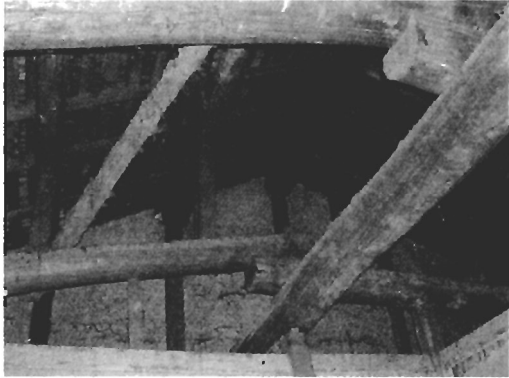


図12 小屋組

2.3 建物重量概算

建物重量を実測の結果から推定していく。

1. スギは比重 0.38 とする。
2. ケヤキは比重 0.69 とする。
3. 土壁重量は厚さ 4cm の土壁を $75\text{kg}/\text{m}^2$ とし、1cm 厚みが増毎に $15\text{kg}/\text{m}^2$ 増とする。ただし、軸組を含まない。
4. 棧瓦、天井等の単位重量は 建築基準法第 84 条に従うものとする。

2.3.1 屋根重量

■垂木 見付面積を

$$(6370 + 900 \times 2) \times (8189 + 900) = 742.653(\text{m}^2) \quad (1)$$

とし、屋根勾配を 4 寸と仮定する。垂木は約 455mm 間隔で配されており、合計 38 本であった。断面を 2 寸

角とすると、1本あたりの重量は

$$60^2 \times 4085 \times \frac{\sqrt{116}}{10} \times 0.38 \times 10^{-6} = 6.018 \dots \cong 6(\text{kg}) \quad (2)$$

と、約6kgである。

$$6 \times 38 = 228(\text{kg}) \quad (3)$$

■母屋 5寸径の丸太として近似する。

$$(2.5 \times 30)^2 \times \pi \times 9090 \times 0.38 \times 10^{-6} = 61.0407 \dots \cong 61(\text{kg}) \quad (4)$$

この1本61kgの丸太が7本あるので、

$$61 \times 7 = 427(\text{kg}) \quad (5)$$

となる。

■登梁・梁 8寸径の丸太として近似する。

$$(4 \times 30)^2 \times \pi \times (910 \times 6) \times 0.38 \times 10^{-6} = 93.8617 \dots \cong 94(\text{kg}) \quad (6)$$

これが4本あるので、

$$94 \times 4 = 376(\text{kg}) \quad (7)$$

■中挽 9寸径の丸太として近似する。

$$(4.5 \times 30)^2 \times \pi \times 9090 \times 0.38 \times 10^{-6} = 197.772038 \dots \cong 198(\text{kg}) \quad (8)$$

■瓦

$$742.653 \times \frac{\sqrt{116}}{10} \times 65 = 5199.1 \dots \cong 5200(\text{kg}) \quad (9)$$

瓦の総重量は約5200kgである。

以上より屋根重量は

$$228 + 427 + 376 + 198 + 5200 = 6429(\text{kg}) \quad (10)$$

以上より求めた建物重量を表1-2に示す。

3 建物剛性の推定

貫を3段有する壁の剛性を考える。(図13)

表1 1階重量

部材名	寸法 (mm)	単位重量 (kg)	数量	重量 (kg)
管柱	120×120×2625	14.36	30	430.92
大黒柱	170×170×2625	52.35	1	52.35
通柱	170×120×2625	20.35	2	40.7
全面壁	910×70×2625	286.7	22	6306.3
小壁	910×70×720	78.62	28	2201.5
天井 (竿縁)	910×910	8.281	84	695.60
床 (2階)	910×910	28.98	61	1767.99

表2 2階重量

部材名	寸法 (mm)	単位重量 (kg)	数量	重量 (kg)
管柱	120×120×2625	14.36	27	387.83
大黒柱	170×170×2625	52.35	1	52.35
通柱	170×120×2625	20.35	2	40.7
全面壁	910×70×2625	286.7	27	7739.6
小壁	910×70×600	78.62	28	2201.5
天井	910×910	8.281	61	505.14
屋根	-	-	-	6429

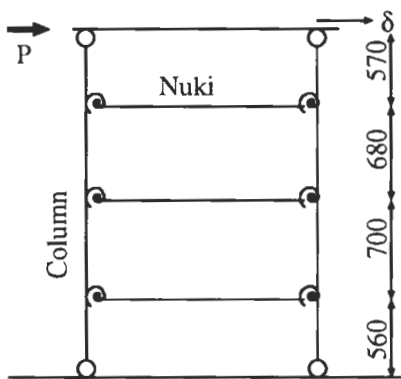


図13 壁の力学モデル

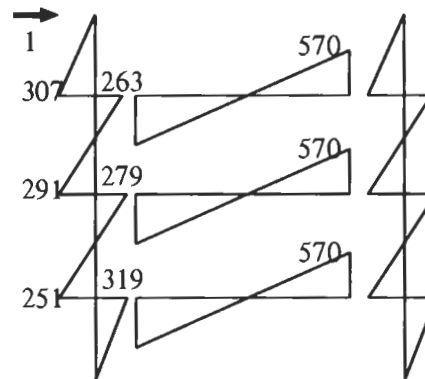


図14 モーメント分布

3.1 部材の曲げ変形による架構のたわみ

接合部の回転による変形を無視した場合、架構の応力分布は図14のようになる。このとき、柱の曲げ変形による架構のたわみ δ_c は

$$\delta_c = \sum_{i=1}^n \frac{M_i l_i^2}{3E_i I_i} \quad (11)$$

$$= \frac{2}{3EI_c} \left\{ 307 \times 570^2 + 263 \times \left(\frac{680}{2}\right)^2 + 291 \times \left(\frac{680}{2}\right)^2 + 279 \times \left(\frac{700}{2}\right)^2 + 251 \times \left(\frac{700}{2}\right)^2 + 319 \times 560^2 \right\} \quad (12)$$

$$= 1.925 \times 10^{-3} \quad (\text{mm/N}) \quad (13)$$

と表せる。ただし、反曲点は中点として近似してある。

一方、貫の曲げ変形による架構のたわみ δ_b は、

$$\delta_b = \frac{6}{3EI_b} \{570 \times 455^2\} \quad (14)$$

$$= 1.115 \times 10^{-3} \quad (\text{mm/N}) \quad (15)$$

よって、このときの架構の剛性を K_f とすると、

$$K_f = \frac{2510}{\delta_c + \delta_b} \quad (16)$$

$$= 8.26 \times 10^5 \quad (\text{N/rad}) \quad (17)$$

3.2 柱-貫接合部の回転による架構のたわみ

柱-貫接合部において負担されるモーメント (M_n) は、めり込みによって抵抗するもの (M_e) と、まさつによって抵抗するもの (M_f) とに分けることができる [2]。それぞれは、

$$M_e = M_{ey} \frac{\beta + \theta}{\beta + \theta_y} - M_{ey} \frac{\beta - \theta}{\beta + \theta_y} \quad (18)$$

$$M_f = M_{fy} \frac{\beta + \theta}{\beta + \theta_y} + M_{fy} \frac{\beta - \theta}{\beta + \theta_y} \quad (19)$$

と表せ、

$$M_n = M_e + M_f \quad (20)$$

である。ここで、 M_{ey} 、 M_{fy} 、 β はそれぞれ、貫幅 (b)、貫成 (h_b)、柱幅 (h_c) 貫材の部分圧縮一次剛性 (k_c)、楔部分における初期支圧応力 (C_0)、貫材の弾性限界応力度 (σ_y) を用いて以下のように表せる。

$$M_{ey} = \frac{1}{6} b h_c \sigma_y \quad (21)$$

$$M_{fy} = \frac{1}{4} b h_c h_b \mu \sigma_y \quad (22)$$

$$\beta = \frac{4C_0}{b h_c^2 k_c} \quad (23)$$

また、弾性限界変形角 (θ_y) は、

$$\theta_y = \frac{Z_0 f_m}{x_p E_{\perp} \sqrt{C_x C_y C_{xm} C_{ym}}} \quad (24)$$

と表すことにする。

$$C_x = 1 + \frac{2Z_0}{3x_p} \left\{ 2 - \exp\left(-\frac{3x_1}{2Z_0}\right) - \exp\left(-\frac{3x_2}{2Z_0}\right) \right\} \quad (25)$$

$$C_y = 1 + \frac{2Z_0}{3ny_p} \left\{ 2 - \exp\left(-\frac{3ny_1}{2Z_0}\right) - \exp\left(-\frac{3ny_2}{2Z_0}\right) \right\} \quad (26)$$

$$C_{xm} = 1 + \frac{4Z_0}{3x_p} \quad (27)$$

$$C_{ym} = 1 + \frac{4Z_0}{3ny_p} \quad (28)$$

今回、柱-貫接合部の回転剛性を考えるにあたって、この部分における初期支圧応力は、経年変化を考慮して $C_0 = 0$ と仮定する。このとき、 β も 0 となる。

表 3 柱-貫接合部における各寸法 (単位:mm)

x_p	x_1	x_2	y_p	y_1	y_2	Z_0	b	h_c
120	910	0	120	0	0	120	21	120

また、 $n = 5$ 、 $E_{\perp} = \frac{1}{50}E_{//}$ とし、 $f_m = 2.4 \times$ 長期許容めり込み応力度 とする。

表 4 各値

E_{\perp}	f_m	C_{xm}	C_{ym}	C_x	C_y	σ_y	θ_y	M_{ey}
7.0	2.0	2.33	2.57	1.67	1.00	2.53	1.08×10^{-2}	1.27×10^5

$$M_n = 2M_{ey} \frac{\theta}{\theta_y} \quad (29)$$

$$= 2.352 \dots \times 10^7 \theta \quad (30)$$

よって、柱-貫接合部における回転剛性 (R_b) は $R_b = 2.35 \times 10^7$ (Nmm/rad.) となり、接合部の回転による架構の変形角は

$$K_n = \frac{R_b}{570} = 4.13 \times 10^4 \quad (\text{N/rad}) \quad (31)$$

3.3 土壁の剛性 (K_m)

木舞に竹を用いた下地ではないので、今までの実験結果をそのまま利用することは出来ないが、土壁の壁倍率を 1 相当の土壁を想定して、単位長さあたりの強度を 1960N とする。これを変形角 1/120rad での強度と仮定すると、

$$K_m = 1960 \times 0.91 \times 120 = 2.140 \times 10^5 \quad (\text{N/rad}) \quad (32)$$

となる。

以上より、貫を3段有する土壁の剛性 (K_w) は、

$$K_w = \frac{1}{K_f + K_n} + K_m = 2.53 \times 10^5 (\text{N/rad}) \quad (33)$$

また、小壁については既往実験の結果 [4] から全面壁の場合の初期剛性に比べて約 1/10 であることから、 $2.53 \times 10^4 (\text{N/rad.})$ と仮定する。

以上の概算値を用いて建物の剛性を推定する。

長さ 910mm を 1 面としたときの全面壁および小壁の数を表 5 に示す。

表 5 単位長さを 910mm としたときの各層の壁の数と剛性

	2階		1階	
	梁間	桁行	梁間	桁行
全面壁	14面	13面	12面	10面
小壁	12面	16面	10面	18面
剛性 ($\times 10^6$ N/rad)	4.10	3.69	3.29	2.99

4 建物の動的特性

一般に質点系の自由振動は質量マトリクス ($[M]$)、減衰マトリクス ($[C]$)、剛性マトリクス ($[K]$) を用いて次式のように表せる。

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{0\} \quad (34)$$

今ここで、図 15 のような 2 質点系の自由振動をモデルとして当該建物の振動を表記すると、

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \quad [K] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \quad (35)$$

として、

$$[M]\{\ddot{x}\} + [K]\{x\} = \{0\} \quad (36)$$

となる。

ここで、各質点が一定の振動形を保ちながら単振動していると仮定して、この質点系の固有円振動数 ω を求める。すなわち、式 (36) の解を

$$\{x\} = \{u\}e^{i\omega t} \quad (37)$$

とおいて、

$$(-\omega^2[M] + [K])\{u\} = \{0\} \quad (38)$$

を満たす ω を求める。これが $\{u\} = \{0\}$ 以外の解を持つためには

$$|-\omega^2[M] + [K]| = 0 \quad (39)$$

となれば良い。 m_1, m_2, k_1, k_2 に諸数値を代入して ω を求めると、梁間方向では、

$$\omega^2 = \begin{cases} 41.0 \\ 324.5 \end{cases} \quad (40)$$

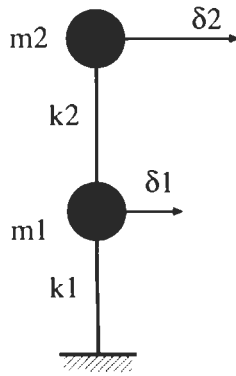


図 15 2 質点系の振動モデル

となる。 $\omega > 0$ であることから、この建物の梁間方向の固有周期 (T_s) は、

$${}_1T_s = 1.0(\text{s}) \quad (41)$$

$${}_2T_s = 0.3(\text{s}) \quad (42)$$

である

同様にして桁行方向の固有周期 (T_l) は

$${}_1T_l = 1.0(\text{s}) \quad (43)$$

$${}_2T_l = 0.4(\text{s}) \quad (44)$$

である

固有モードは

$$(-\omega^2[\mathbf{M}] + [\mathbf{K}])\{u\} = \{0\} \quad (45)$$

$$\{-\omega^2[\mathbf{M}] + [\mathbf{K}]\}\{u\} = \left\{ -\omega^2 \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \right\} \{u\} \quad (46)$$

$$= \begin{bmatrix} -\omega^2 m_1 + k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & -\omega^2 m_2 + k_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (47)$$

より、

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{-\omega^2 m_1 + k_1 + k_2}{k_2} = \frac{k_2}{-\omega^2 m_2 + k_2} \quad (48)$$

となる。

梁間方向、桁行方向についてそれぞれモードを求めると、

■梁間方向

$$\frac{{}_1u_{s2}}{{}_1u_{s1}} = \frac{-41.0 \times 12.44 + (1.67 + 1.34) \times 10^3}{1.67 \times 10^3} = 1.4969 \dots \quad (49)$$

$$\approx 1.5 \quad (50)$$

$$\frac{{}_2u_{s2}}{{}_2u_{s1}} = \frac{-324.5 \times 12.44 + (1.67 + 1.34) \times 10^3}{1.67 \times 10^3} = -0.6148 \dots \quad (51)$$

$$\approx -0.6 \quad (52)$$

■桁行方向

$$\frac{{}^1u_{12}}{{}^1u_{11}} = \frac{-37.2 \times 12.44 + (1.50 + 1.22) \times 10^3}{1.50 \times 10^3} = 1.5048 \dots \quad (53)$$

$$\cong 1.5 \quad (54)$$

$$\frac{{}^2u_{12}}{{}^2u_{11}} = \frac{-292.4 \times 12.44 + (1.50 + 1.22) \times 10^3}{1.50 \times 10^3} = -0.6116 \dots \quad (55)$$

$$\cong -0.6 \quad (56)$$

となる。

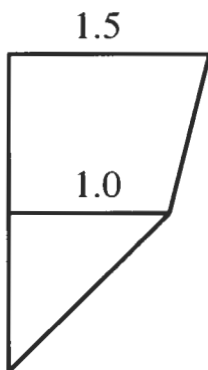


図 16 1次モード

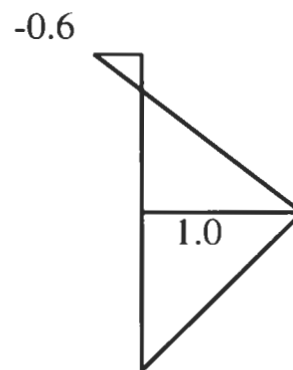


図 17 2次モード

5 限界耐力計算による評価

5.1 各層の復元力特性

1階の剛性 K_1 、および、2階の剛性 K_2 はそれぞれ

$$K_1 = 3.3 \times 10^6 \quad (\text{N/rad}) \quad (57)$$

$$K_2 = 4.1 \times 10^6 \quad (\text{N/rad}) \quad (58)$$

ここで、降伏変形角を $1/60$ と仮定してそれぞれの階の荷重-変形角関係を考える。

$$P_{1y} = 3.3 \times 10^6 \times \frac{1}{60} \quad (59)$$

$$\cong 5.50 \times 10^4 \quad (\text{N}) \quad (60)$$

$$P_{2y} = 4.1 \times 10^6 \times \frac{1}{60} \quad (61)$$

$$\cong 6.83 \times 10^4 \quad (\text{N}) \quad (62)$$

表 6 各変形角におけるそれぞれの層の復元力

	1/120	1/60	1/30	1/15	1/10
Q_2 (kN)	34.2	68.3	68.3	68.3	68.3
K_{2e} (kN/m)	1578	1576	788	394	263
$h_2 = 260$ (cm)					
Q_1 (kN)	27.5	55.0	55.0	55.0	55.0
K_{1e} (kN/m)	1100	1100	550	275	183
$h_1 = 300$ (cm)					

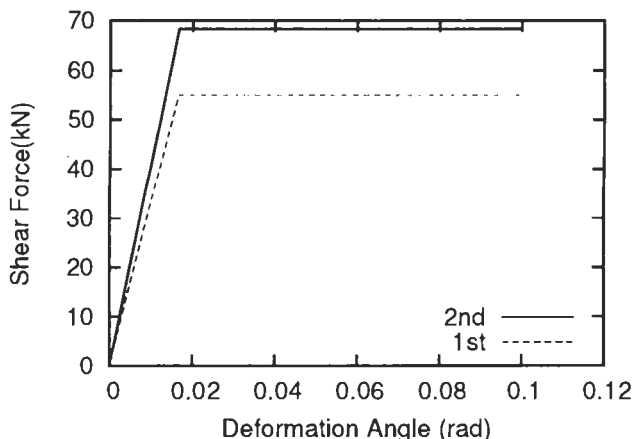


図 18 各層の復元力特性

■各ステップにおける変形角 ここでは変形角 1/120, 1/60, 1/30, 1/15, 1/10 rad のそれぞれの場合についての特性値を求めることにする。第 n ステップにおける i 階の相対変位 $\delta_i^{(n)}$ は

$$\delta_i^{(1)} = \delta_1^{(1)} \times \frac{u_i}{u_1} \quad (63)$$

$$\delta_i^{(n)} = (\delta_i^{(1)} - \delta_{i-1}^{(1)}) \times \frac{\delta_1^{(n)}}{\delta_1^{(1)}} \times \frac{K_{e1}^{(n)}}{K_{ei}^{(n)}} + \delta_{i-1}^{(n)} \quad (64)$$

と表すことができる。ここで、 $K_{e1}^{(n)}$ は第 n ステップにおける 1 階の等価剛性であり、 $K_{ei}^{(n)}$ は第 $n-1$ ステップにおいて求めた (i 階層間変位 \leq 変位点) を満たす変位点のうち、最小の変位点での i 階の等価剛性である。なお、下添字の i は階数を、上添字の n は変位ステップをそれぞれ表す。

1. 1 階の変形角が 1/120 のとき

$$\delta_1^{(1)} = \frac{300}{120} = 2.5 \text{ (cm)} \quad (65)$$

$$\delta_2^{(1)} = \delta_1^{(1)} \times \frac{u_2}{u_1} = 3.5 \text{ (cm)} \quad (66)$$

2. 1階の変形角が1/60のとき

$$\delta_1^{(2)} = \frac{300}{60} = 5.0 \text{ (cm)} \quad (67)$$

$$\delta_2^{(2)} = (\delta_2^{(1)} - \delta_2^{(1)}) \times \frac{\delta_1^{(2)}}{\delta_1^{(1)}} \times \frac{K_{e1}^{(2)}}{K_{e2}^{(2)}} + \delta_1^{(2)} = 6.394... \cong 6.4 \text{ (cm)} \quad (68)$$

3. 1階の変形角が1/30のとき

$$\delta_1^{(3)} = \frac{300}{30} = 10.0 \text{ (cm)} \quad (69)$$

$$\delta_2^{(3)} = (\delta_2^{(1)} - \delta_2^{(1)}) \times \frac{\delta_1^{(3)}}{\delta_1^{(1)}} \times \frac{K_{e1}^{(3)}}{K_{e2}^{(3)}} + \delta_1^{(3)} = 11.394... \cong 11.4 \text{ (cm)} \quad (70)$$

4. 1階の変形角が1/15のとき

$$\delta_1^{(4)} = \frac{300}{15} = 20.0 \text{ (cm)} \quad (71)$$

$$\delta_2^{(4)} = (\delta_2^{(1)} - \delta_2^{(1)}) \times \frac{\delta_1^{(4)}}{\delta_1^{(1)}} \times \frac{K_{e1}^{(4)}}{K_{e2}^{(4)}} + \delta_1^{(4)} = 21.394... \cong 21.4 \text{ (cm)} \quad (72)$$

5. 1階の変形角が1/10のとき

$$\delta_1^{(5)} = \frac{300}{10} = 30.0 \text{ (cm)} \quad (73)$$

$$\delta_2^{(5)} = (\delta_2^{(1)} - \delta_2^{(1)}) \times \frac{\delta_1^{(5)}}{\delta_1^{(1)}} \times \frac{K_{e1}^{(5)}}{K_{e2}^{(5)}} + \delta_1^{(5)} = 31.391... \cong 31.2 \text{ (cm)} \quad (74)$$

5.2 1質点系への縮約

2質点系での振動を、1質点系での振動に見立てて構造の動的特性を評価する。

地震動によって N 層建物の i 層が質量 m_i の質点として表され、地震動によって基準位置から δ_i だけ動いた場合を考える。この N 層の建物を質量 M_u の1質点のモデルで表し、この質点の変位を Δ とするとき

$$M_u = \frac{(\sum m_i \delta_i)^2}{\sum m_i \delta_i^2} \quad (75)$$

$$\Delta = \frac{\sum m_i \delta_i^2}{\sum m_i \delta_i} \quad (76)$$

と表される。このとき第1層のせん断力 Q_1 に対して、

$$K_e = \frac{Q_1}{\Delta} \quad (77)$$

を等価剛性とし、また、

$$T_e = 2\pi \sqrt{\frac{M_u}{K_e}} \quad (78)$$

を等価周期として評価する。次にこの系の減衰常数は $h = h_{eq} + h_0$ とするが、

$$h_{eq} = \frac{\Delta W}{4\pi W} \quad (79)$$

$$h = \begin{cases} \text{略算法でのスペクトルを用いる場合} \\ 0.05 \\ \text{観測データでのスペクトルを用いる場合} \\ 0.05 - h_{eq} \quad (h_{eq} < 0.05) \\ 0 \quad (h_{eq} \geq 0.05) \end{cases} \quad (80)$$

として算出する。ここで用いる ΔW および W はそれぞれ1サイクルでの消費エネルギーおよびポテンシャルエネルギーである。

また、この1質点系に縮約したモデルにおける高さは

$$H_e = \frac{\sum m_i \delta_i H_i}{\sum m_i \delta_i} \quad (81)$$

に代表させて表す。

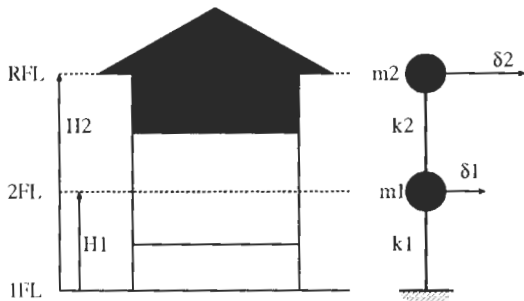


図19 2質点系の振動モデル

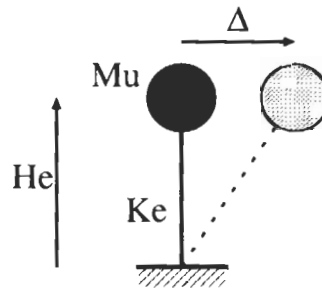


図20 1質点に縮約した振動モデル

5.3 応答値の算出

地震に対する応答を計算するにあたり、まず、当該構造物に入力される地震動の特性をきめなければならない。この加速度はスペクトルの形で与える。略算法の場合、解放工学的基盤における加速度応答スペクトル S_0 (表7) に加速度増幅率 G_s 、建物の階層および等価周期に応じた調整係数 p 、有効質量比 q 、地域係数 Z をそれぞれ乗じたものを用いる。

表7 解放工学的基盤における加速度応答スペクトル

等価周期 T_c (s)	加速度応答スペクトル (m/s^2)	
	S_{od}	S_{os}
$T_c < 0.16$	$0.64 + 6T_c$	$3.2 + 30T_c$
$0.16 \leq T_c < 0.64$	1.6	8
$0.64 \leq T_c$	$1.024/T_c$	$5.12/T_c$

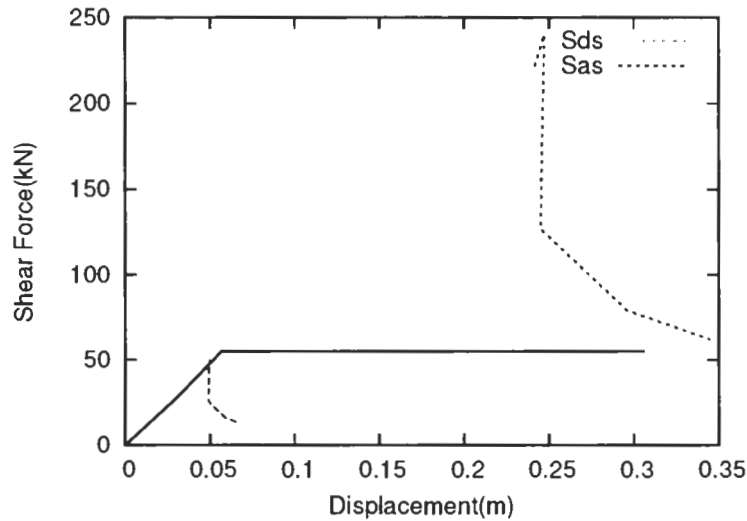


図 21 梁間方向における応答値

表 8 各ステップにおける等価剛性

	1/120	1/60	1/30	1/15	1/10
Q2(kN)	34.2	68.3	68.3	68.3	68.3
Q1(kN)	27.5	55	55	55	55
Ke2(kN/m)	1578	1576	788.1	394.0	262.7
Ke1(kN/m)	1100	1100	550.0	275.0	183.3

各変位増分ごとに応答せん断力 Q_n および応答変位 S_D を求める。

この結果を表 9-11 に示す。限界耐力計算法を用いた場合もこの建物は安全限界を越えているとの評価ができる。

6 まとめ

今回の新潟県中越地方において発生した地震の被害調査を行い、川口町武道窪地区で実測した民家を例に考察を加えた結果をまとめる。

1. この建物の固有周期は 1 次で約 1.0 秒、2 次で約 0.4 秒であると算定した。
2. 限界耐力計算により評価すると、安全限界を越えていることが分かった。ただし、安全限界を越えてはいるものの、修理により再使用も可能である。豪雪地帯であるがゆえの障壁もあり、今後、そのための研究が望まれる。
3. 日本海側の地方の土壁は下地に竹以外のものを用いることがある。このような地域性をもつ構法に対しての構造的評価も今後必要である。

参考文献

- [1] 大沢 胖、山本 正勝：昭和 36 年 2 月 2 日長岡地震の家屋被害について，東京大学地震研究所彙報，**39**,549-559,1961
- [2] 北守 顕久、加藤 泰世、片岡 靖夫、小松 幸平：伝統木造における貫接合部の耐力発現モデルの提案と実験的検証，木材学会誌，**49**,179-186,2003
- [3] 稲山 正弘：木材のめり込み理論とその応用- 靱性に期待した木質ラーメン接合の設計法に関する研究-，東京大学 学位論文
- [4] 田淵 敦士、北守 顕久、森 拓郎、瀧野 眞二郎、小松 幸平他：京町家をモデルとした土壁の水平せん断性能，日本建築学会大会学術講演梗概集，403-404,2004
- [5] 田淵 敦士、北守 顕久、森 拓郎、小松 幸平：京町家における小壁の水平せん断性能，構造工学論文集，**51B**,2005(印刷中)
- [6] 木造軸組構法建物の限界耐力計算による耐震設計法編集委員会：木造軸組構法建物の限界耐力計算による耐震設計・耐震補強マニュアル，(財)日本建築総合試験所,2003

表9 1質点系に縮約したときの諸特性値

	1/120	1/60	1/30	1/15	1/10
u_2/u_1	1.4046				
δ_2 (m)	0.035	0.06394	0.1139	0.2139	0.3139
δ_1 (m)	0.025	0.05	0.1	0.2	0.3
$\delta_2 - \delta_1$ (m)	0.01	0.01394	0.0139	0.0139	0.0139
M_u (t)	46.45	47.06	47.58	47.73	47.76
Δ (m)	0.030	0.0567	0.1062	0.2060	0.3059
Q (kN)	27.5	55	55	55	55
K_e (kN/m)	916.7	970.8	517.7	267.0	179.8
T_e (s)	1.41	1.38	1.90	2.66	3.24
ΔW	0.1375	0.3659	3.0928	8.5810	14.0769
W	0.4125	1.5579	2.9214	5.6655	8.4134
h	0.0765	0.0687	0.1343	0.1706	0.1832
F_h	0.8497	0.8892	0.6402	0.5543	0.5296
H_e	4.1005	4.1684	4.2547	4.3013	4.3174
p	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
q	1	1	1	1	1
Z	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

表10 稀におこる地震 $S_{0d} = S_{0d} \times G_s \times F_h \times p \times q \times Z$

	1/120	1/60	1/30	1/15	1/10
S_{0d}	0.7244	0.7406	0.5379	0.3856	0.3164
G_s	2.025	2.025	2.025	2.025	2.025
S_{0d}	0.9535	1.0201	0.5335	0.3312	0.2596
Q_{nd} (kN)	44.29	48.01	25.38	15.81	12.40
S_{dd} (m)	0.04832	0.04945	0.04903	0.05921	0.06895
R (rad)	0.01178	0.01186	0.01152	0.01376	0.01597
u_h	1.1713	1.1818	1.1953	1.2025	1.2050
δR_2 (m)	0.05977	0.05410	0.04765	0.04447	0.04342
δR_1 (m)	0.04269	0.04231	0.04183	0.04158	0.04149

表11 極めて稀におこる地震 $S_{0s} = S_{0s} \times G_s \times F_h \times p \times q \times Z$

	1/120	1/60	1/30	1/15	1/10
S_{0s}	3.6218	3.7028	2.6894	1.9282	1.5818
G_s	2.025	2.025	2.025	2.025	2.025
S_{0s}	4.7674	5.1003	2.6673	1.6559	1.2978
Q_{nd} (kN)	221.5	240.1	126.9	79.03	61.98
S_{dd} (m)	0.2416	0.2473	0.2451	0.2960	0.3448
R (rad)	0.05891	0.05932	0.05761	0.06882	0.07986
u_h	1.171	0.5506	0.5174	0.4995	0.4933
δR_2 (m)	-	-	-	-	-
δR_1 (m)	-	-	-	-	-

竜光、田川、武道窪、木沢、田麦山地区における 木造建築の被害概要と傾向

(京大生存研) ○小松幸平、田淵敦士、北守顕久
森 拓郎、中谷 誠、白鳥 武
(秋田県大木高研) 土居修一、(元京大木研) 高橋旨象

1. はじめに

2004年10月23日17時56分、新潟県中越地方においてマグニチュード(M6.8)の地震が発生した。気象庁はこの地震を「平成16年(2004年)新潟県中越地震」(英語名: The Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004)と命名している。

日本の気象庁(JMA)では、これまで地震の震度を専門家の体感と周囲の状況から判断していたが、1996年4月以来、「計測震度計」によって観測された地震波の3成分(南北、東西、上下)を合成し、一定のルールに基づいて算出される「計測震度」を用いるようになった¹⁾。今回の地震では、この計測震度計を用いた観測史上初めて、川口町において、「計測震度7」が記録された。気象庁のデータベースによれば、震央付近で観測された最大加速度の値は表1.1のようである。

表 1.1 川口町で観測された最大加速度の値[単位:最大加速度(gal = cm/s²)]

観測点名	震度	計測震度	3成分合成	南北	東西	上下	震央距離(km)
川口町	7	6.5	1722.0	1141.9	1675.8	869.6	2.5
小千谷市城内	6強	6.3	1008.3	779.2	897.6	730.8	7.0
山古志村竹沢	6強	6.3	1131.9	538.4	721.8	1059.1	4.3

表1.1の最大加速度値は、東西成分で1676gal、南北成分で1142galという大きな値であり、10年前に甚大な被害を及ぼした兵庫県南部地震時に神戸海洋気象台(JMA神戸)で観測された818galという値に比べて2倍近い大きさであった。最大加速度値の大小は必ずしも地震の大きさを表すものではないと言われているが、計測震度が初めて7を記録したという事実を納得させるのに十分大きな値であったと考えられる。

2. 調査の概要

2.1 調査の方法

京都大学生存研を中心とする調査者は、その半数が建築学会北陸支部、近畿支部の地震調査班に編入され、被害の網羅的、統計的調査を主目的とする「全棟調査」並びに特定の建物を詳細に調査する「詳細調査」に従事した。残り半数は、日本木材学会の調査班という立場で、堀之内町、川口町の木造建物の被害状況を調査した。

調査項目と調査表は、建築学会合同調査班が用意したものと、兵庫県南部地震の調査表を一部参考にした独自の調査表の両方を用意した。調査項目はかなりの数にのぼったが、詳しく調査できない場合の方が多く、結果的には不明な項目が大半を占めた。

最低限押さえた項目は以下の事項である。

1. 木造建物の種類: 伝統、在来、2x4、パネル(プレファブの意味)、集成材軸組み、他
2. 耐力壁の種類
3. 主要な構造部材の樹種(推定)
4. 生物的被害状況
5. 目視による被害度(0からVIまで7段階)
6. 応急危険度判定(危険、要注意、調査済)と全半壊表示(全壊、半壊、一部損傷)の確認
7. 被害写真と必要なスケッチ

2.2 調査区域

図 2.1 に今回の調査地域(円内)の位置関係を示す。

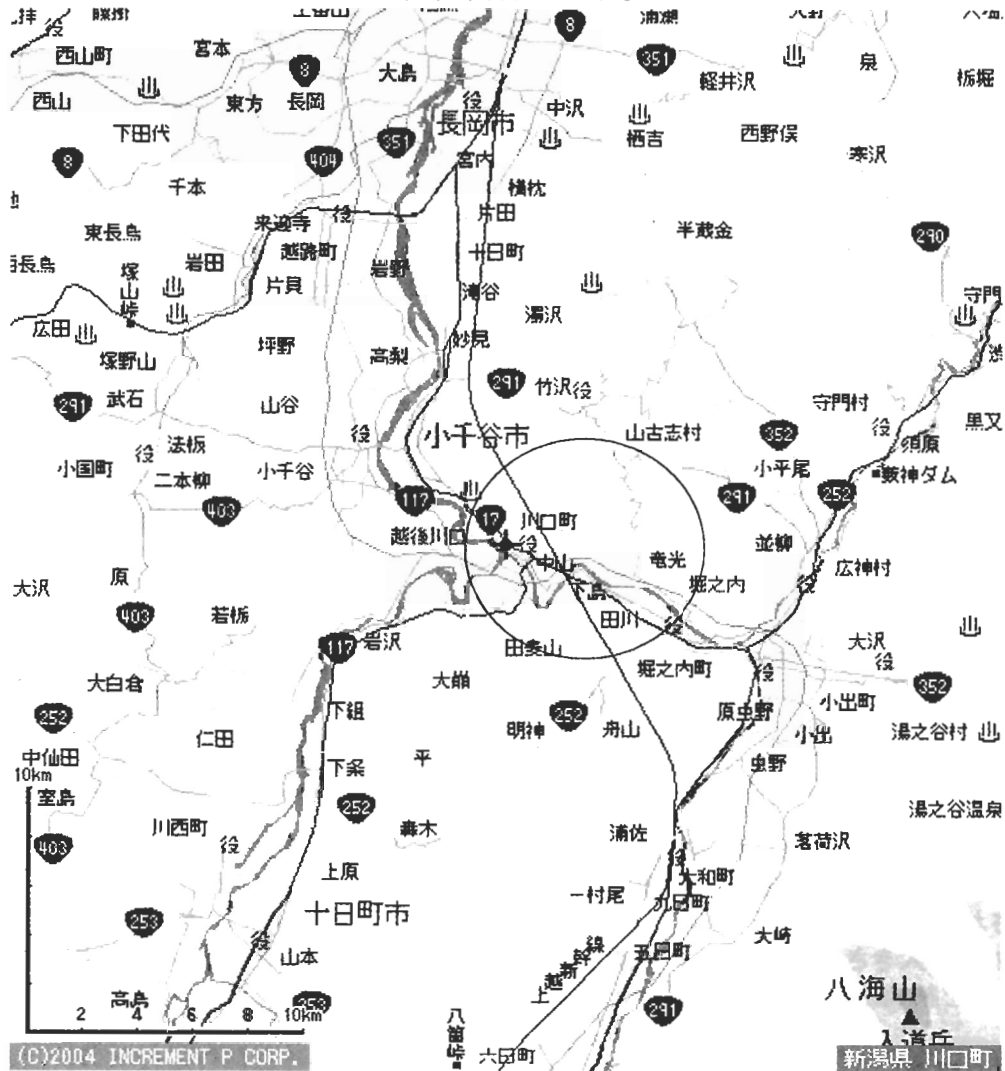


図 2.1 新潟県中越地域と調査地域(円内の領域)

2.1 堀之内町竜光地区

山古志村から発する芋川の下流に位置し、芋川の水が堰き止められて出来た自然のダムが決壊して土石流が発生する恐れがあるということで、緊張が高まった地域である。写真 2.1 は土石流に備えて多数の大型土嚢が積まれた竜光地区の芋川流域の状況を示す。

この地域の場合、比較的年数の経った家屋が多かった。納屋、物置、農機具倉庫等の開口面積の広い建物を除いて、倒壊した家屋はそれほど多くはなかった(統計的数字は不明)が、一部損傷と半壊が多かった。

写真 2.2 は全壊の判定を受けた在来軸組構法 2階建ての倉庫である。壁は土壁で、筋交いを併用している。外壁仕上げは板張りである。1層部



写真 2.1 土嚢で堤防がかさ上げされた竜光地区を流れる芋川



写真 2.2 在来木造 2 階建て倉庫

分には耐力壁が少なく、大きくせん断変形し(残留変形角はおよそ 5 : 20)、2階は殆ど無傷の状態であった。基礎はコンクリートブロックであった。

写真 2.3 は、この地方に多く見られる伝統木造構法の船柵造り(せがいつくり)の戸建て住宅である。危険度判定は要注意で、屋根に被害があったためこのような判定になったものと考えられた。妻側の外壁小壁部分で土壁が剥落した形跡が認められたが、建物本体としての残留変形は殆ど認められなかった。

耐力壁は基本的には土塗り壁で、筋交いも併用されている。外壁の仕上げがスギ板の横張りであるため、一見すると土塗り壁であることが分かりにくい。基礎はコンクリートの布基礎で、換気口も規則通り施工されている。屋根は金属版のように思える。木材の腐朽は認められなかった。



写真 2.3 伝統的な 2 階建て船柵造りの住宅



写真 2.5 全壊した小規模な船柵造りの農機具収納倉庫(推定)。

同じ地域の在来軸組構法 2 階建て住居の例では、主屋部分は布基礎で下屋の部分は束石という形式があった。この地域の在来軸組構法住宅は、殆どこれと同じ基礎形式であった。玄関部分の壁が土台ごとはずれて、外側に飛び出し、土台と布基礎を結合するべきアンカーボルトのナットが存在せず、恐らく締め忘れたのではないかと想像する。

別棟は船柵造り風の妻面を持つ 1 階建ての建物(用途は不明)であったが、写真 2.4 に示すように完全に崩壊していた。この地方の土塗り壁は、竹の代わりに葦のような木舞を使用しており、京都の土壁とかなり異なる土塗り壁構成であるように思えた。



写真 2.4 全壊した船柵造り風の別棟。葦のような植物をそのままの断面で木舞とした独特の土塗り壁であった。

写真 2.5 は全壊した農機具等の倉庫と思われる。構造は小規模な船柵造りと考えられる。農機具収納倉庫の場合、開口幅を大きく確保するため、耐力壁の絶対量が不足しがちで、且つ耐力壁が偏って存在している。しかも屋根は重たい土を敷いた瓦葺きのため、これらの条件が重なって全壊した場合が多かったと推定される。一つの傾向として、この種の伝統的な木造建築で開口部の多い農機具収納庫などの全壊が、この地域で比較的多く見受けられた。

2.2 堀之内町田川地区



写真 2.6 線路が波打っている JR 上越線の田川地区と放置された列車。

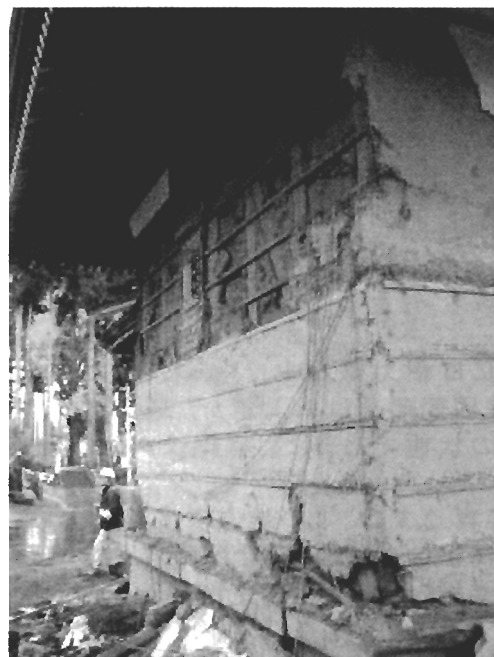


写真 2.7 弘誓寺の土蔵（大破）と骨組み材の腐朽。

JR 上越線をはさんで竜光地区の西側に位置し、被害が甚大であった田麦山地区に繋がる場所である。写真 2.6 に示すように、この付近の上越線の線路は波打っており、線路上には動けなくなった電車が放置されていた。

この地区では、本堂を新築したばかりの弘誓寺を詳しく調査した。写真 2.7 は大破した土蔵の隅角部を示す。非常に激しい揺れを受けたことを物語るように、土壁は完全に剥落して、軸組みが見える状態であった。筋交いも入っており、しっかりとした造りに見える。しかし、詳細を見ると、隅柱の下部は褐色腐朽しており、剛性・耐力に重大な影響を与えていたように思える。

写真 2.8 は同一敷地内にある鐘樓の貫接合部の破壊状況を示す。貫接合部は、静的な外力に対しては、粘弾性物体のように、めり込み抵抗で粘り強く耐えるというのがイメージであるが、動的な荷重に対しては、粘性ダッシュポットが働く前に、いきなり弾性バネ部分で破壊ひずみに達したという印象である。鐘樓の全ての貫接合部で、この写真のような貫材の曲げ破壊が観察された。



写真 2.8 弘誓寺の鐘樓の貫接合部での部材曲げ破壊。

写真 2.9 は新築された弘誓寺の内部小壁部分の被害状況を示す。地震被害がなければ美しい漆喰塗りの土塗り壁と思える白壁であるが、地震のショックで仕上げ材が剥落し、実は乾式の石膏ボード系？の面材で小壁が



写真 2.9 新築された弘誓寺本堂内部の小壁。外観上湿式構法による漆喰壁のように見えるが、白い部分は乾式の無機系ボードが貼ってあった。



写真 2.10 田川地区におけるその他の土蔵の被害。

構成された現代的構法のお寺であった事が分かる。

写真 2.10 は弘誓寺と同じ田川地区で見た別の土蔵の破壊状況である。今回の調査で観察された地震被害の特徴の一つとして、土蔵の被害が目立った。

2.3 川口町武道窪地区

川口町武道窪地区は、新潟県中越地震第1回日本震の震央(M6.8、震度7、北緯37度17分、東経138度52.2分)から1km程度しか離れていない集落で、被害も甚大であった。多くの家屋が倒壊した。

写真2.11は、1階RC高床の上に建つ比較的新しい船柁造りの住宅である。RC高床の部分を高い基礎であると見なして慣例的に木造2階建て建築として設計する場合と、高床の部分をRCの1層目と見なし、上部に木造の2層が存在する混構造3階建てと見なして構造計算によって設計する場合とで、耐震性能はかなり影響を受けるように感じられる。その建築行政上の区別と考え方については、別途専門家の報告を参考とするものとして、本稿ではこのような建物は3階建てと見なすことにする。

さて、写真2.11の大型の船柁造りの住宅では、2階床面より上部にかなり大きな残留変形が認められ(残留変形角は実測不可能であったが、写真2.12から判断すると、1/30rad.以上はあると考えられる)、内部の被害も甚大であった。

一方写真2.13は、ほぼ同じ地域にありながら殆ど無被害と思われる1階RC高床の上に建つ



写真 2.11 RC高床式3階建て伝統構法住宅(遠景)



写真 2.12 RC高床式3階建て伝統構法住宅(近景)

現代風3階建て住宅を示す。構造の詳細は全く不明であるが、少なくとも外観上は残留変形などは一切観察されなかった。



写真 2.14 2階が大きく傾いた船柵造りの住宅



写真 2.13 RC高床式現代風3階建て住宅

写真2.14は、大破した典型的な船柵造りの豪華な2階建て住宅を示す。この建物は、「放置しておくで雪で建物が倒れて他人に迷惑を掛ける」という理由で、多くの「危険」と判定された住宅と同じように、県

外からの取り壊しユンボ部隊によって取り壊されるところであった。しかし、運転手の判断で、ユンボでの取り壊しは不可能と見なされ、取りあえずは手を下さずに残された建物であった。そのため、所有者の同意を得て、内部を比較的詳しく調査させて頂いた。

写真 2.15 に大きく傾いた2階内部の室内の状況を、写真 2.16 に一階の状況を示す。



写真 2.15 2階が大きく傾いた船柵造りの住宅の2階内部における土壁の被害状況。屋根梁は直径30cm以上の丸太を使用。



写真 2.16 船柵造りの住宅の1階に使われている立派な差し鴨居と無傷な小壁

この建物の大黒柱は15cm角のケヤキで、差し鴨居は材せいが40cmの杉、主屋の柱は12cm角、下屋の柱は10.5cm角の杉であった。屋根構面においては、直径30cm以上の丸太が桔木(はねぎ)のような役割を持って屋根荷重を支え、豪雪に耐える構造となっている。しかし、水平荷重に対しては、どちらかという、「ずれ易い」機構であるように感じられた。なお、丸太の樹種に関しては不明であるが、別の住宅で聞いた話によると、この地域では「杉」を多用しているということで、地松ではなく、杉である可能性も考えられる。1階、2階を通して、耐力要素は土塗り小壁、袖壁、腰壁、そして写真 2.17 に示す大黒柱と差し鴨居の組合せによるモーメント抵抗(材せい40cmの差し鴨居の上下端の2段柄が

柱を貫通し、更に抜けないように楔で嵌合度を高めている)が主たるもので、完全な土塗り耐力壁は、余り多くはなかった。被害の最も特徴的な点は、1階が殆ど残留変形がなく直立しているにも拘わらず、2階は非常に大きく傾いた状態であったという点である。この点も含めて、この建物の動的変形特性の推定については、我々の研究室の田淵が代表で報告する予定である。

写真 2.18 は、完全に倒壊した別の住宅を示す。元は船柵造りであったと思われる。基礎はコンクリートブロック造。土塗り壁の木舞には、竹ではなく葦のような円形断面の材料がそのまま使われていた。また、土台材に関しては腐朽がかなり進んでいた。ただし、この建物が地震動によってこのように倒壊したのか、ユンボ部隊によって取り壊されて、このようになったのかは不明である。

写真 2.19 は、昭和 26 年に建築し、平成 2 年に全面改修した船柵造りの 2 階建て住宅の変形状況を示す。1 階が大変形しており、桁行き方向の残留変形角は $5/22\text{rad}$ であった。

ご主人によると、「船柵造りの住宅に使う象徴的な桁行き方向の丸太は、その上で大工の棟梁が昼寝出来るほど太いものを使う」というのがこの地方の習わしであるという話であった。目視ではあるが、この住宅の大黒柱はケヤキの 20cm 角、差し鴨居は材せい 40cm であった。しかし、差し鴨居の部分で大黒柱の曲げ破壊が観察された。なお、外壁の横貼りの板壁は、昭和 26 年築の元来の構造をカバーするだけで、桁行き方向の水平耐力にほとんど寄与していない施工状況であった。



写真 2.17 大黒柱と差し鴨居のモーメント抵抗接合部



写真 2.18 完全に倒壊した農家



写真 2.19 1階が大変形した船柵造りの住宅



写真 2.20 コンクリート腰壁部分の局所破壊

写真 2.20 は在来軸組構法住宅の風呂場を囲っているコンクリートブロックの腰壁が局部的に破壊した状況を示す。この住宅のその他の部分の残留変形角はそれほど大きくはなく、コンクリートブロックの腰壁を主構造と結合していた部分の腐朽によって、この部

分に破壊が生じたものと推定される。今回の調査では、このような、風呂や水廻りのコンクリートブロックによる腰壁部分だけが局部的に破壊した例が他にも数件観察された。いずれも連結部分の木部には腐朽が観察された。

写真 2.21 は地震動によって土塗り壁を覆っていた保護用の板覆いが剥がれ



写真 2.22 土蔵柱の蟻害状況



写真 2.21 荒壁保護用の板覆いが剥がれ落ちた土蔵(寛永年間に建てられたという話であった:未確認)。



写真 2.23 作業所の屋根の崩壊



写真 2.24 1階が崩壊し、2階がその上に乗った作業所(事務所、倉庫)

落ち、荒壁が露出した土蔵を示す。所有者によると、この蔵は寛永年間に建設されたものであるという。

写真 2.22 はこの土蔵の柱がシロアリに食害されてほとんど健全な部分がなくなってしまった状態を示す。また、柱に特殊な刻みを加工して木製の木舞を横に掛けるようにして土塗り壁を構成していた状況を知ることができた。

写真 2.23 は木材加工業者の作業所の屋根が崩壊した例を示す。作業所の片側の桁行き方向の構面には耐力壁状の物が存在していたが、その構面が倒壊したことにより屋根構面が崩壊した状況を示す。

写真 2.24 は 1 階がガレージ、もしくは作業所のような全面開放型の構造で、それが層崩壊し、2 階部分が 1 階にそっくり乗った形の建物被害を示す。1 階の構造は製材の柱に H 型鋼の梁が渡してあった門型架構のようなものであったと推定される。この様な光景は、兵庫県南部地震の際

に、数多く目撃された光景であったが、今回の地域では、むしろ珍しい被害状況であった。

2.4 川口町木沢地区

武道窪から曲がりくねった道を震央方向に登っていくと、いたる所で崖崩れの発生箇所が見受けられた。木沢地区を通り、山古志村へ通ずる幹線道路下の傾斜地に集落は散在しており、年代を経た住宅が多かった。我々はこの地域の円柳寺を調査した。

写真 2.25 に円柳寺本堂の垂れ壁の破壊状況を示す。水平の貫に加えて、筋交い状の斜め材が垂れ壁の中に入っていたことが分かる。この地域の住宅の土壁と同様に、葦のような植物をそのまま木舞として使用していることが分かる。斜め材が垂れ壁に入っているのは初めて見るケースであった。

一方、本堂床下の腐朽状況を調査した結果、腐朽に関しては心配なかったが、写真 2.25 に示すように、束の束石からの大きなずれが観察された。



写真 2.25 束の水平移動
(高橋旨象名誉教授撮影)

また、鐘樓の柱脚がシロアリ被害で完全に耐力を失い、写真 2.26 に示すように、ちょうど調査時に修理が行われていた。写真 2.27 に被害を受けた木材を示す。

2.5 川口町田麦山地区

新潟大学調査団が 11 月 9 日に発表した資料²⁾によると、第 1 回日本震の震央と 10 月 23 日 18 時 11 分の M6.0 の余震を結ぶ直線に沿った地域が「激震ゾーン」であったと報告されている(図 2. 2)。田麦山地区は、この M6.0 の余震の震央に近い地域であり、第 1 回目の本震に加えて、この余震による累加的な影響が無視できなくなったものと推定される。この地域では、新旧の如何を問わず、建物の多くが極めて甚大な被害を受けていた。

写真 2.28 は高床式の現代的な在来軸組構法であるが、2 階部分が大きく変形した木造住宅の被害例を示す。この構造では、筋交い端部の踏み外しが観察された。

写真 2.29 は、ちょうど残留変形角 $1/10\text{rad}$. で倒壊せずに留まっていた同地区の熊野神社の姿を示す。



写真 2.24 円柳寺本堂垂れ壁(土塗り壁)の破壊



写真 2.26 鐘樓足下の蟻害による補修状況



写真 2.27 鐘樓柱脚の蟻害部分

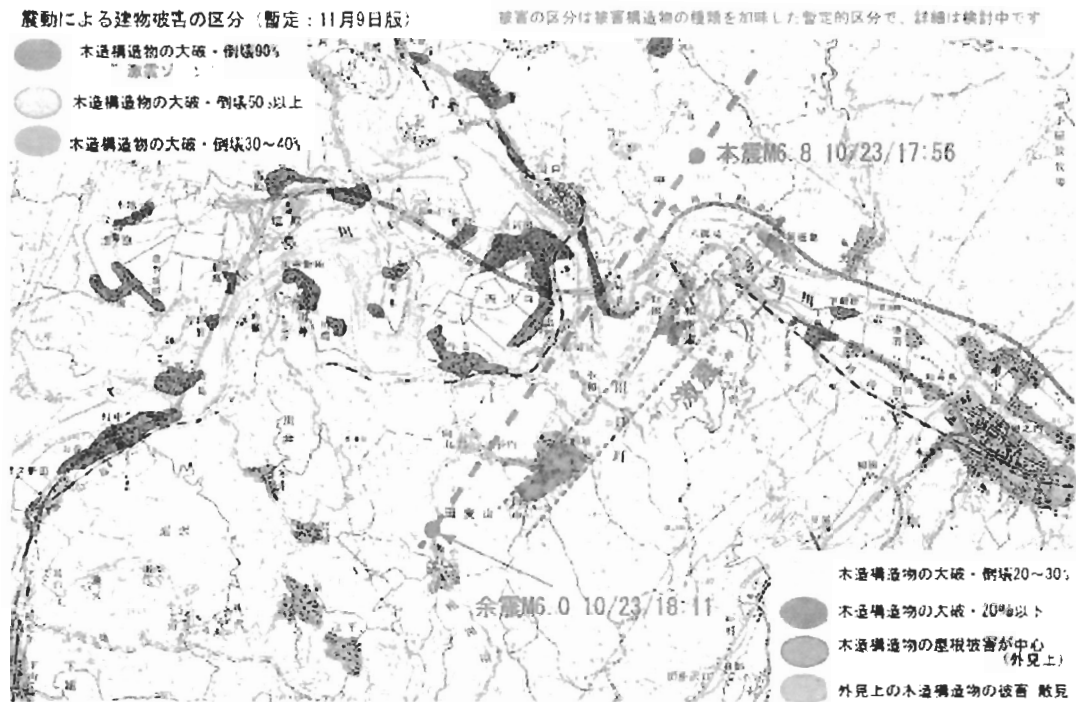


図2.2 新潟大学災害研による激震ゾーン²⁾



写真 2.28 RC高床式住宅の被害

写真 2.30 は、鴨居の短ほぞが柱から抜け落ち、その上の小壁が落下した在来軸組構法住宅の被害例を示す。

写真 2.31 は、比較的年代を経た伝統構法住宅(恐らく船桧造りと思われる)の外側を外断熱用にスッポリと金属係サイジングボードで覆い、屋根も軽量



写真 2.29 1/10rad.で踏みとどまった熊野神社



写真 2.30 小壁の落下した在来軸組構法住宅

瓦に葺き替えた 2 階建てリニューアル住宅の被害例を示す。サイジングボードが所々剥がれ落ちて、元のスギ板横張りの伝統構法住宅を確認できた。危険度判定は「危険」であったが、その根拠はよく分からなかった。

詳細は不明であるが、板壁の内側は恐らく葦系統の植物を木舞材料とした土塗り壁と筋交いが併用された耐力壁であろうと推定される(このパターンが最もポピュラーであったため)。この地域の多くの建物の残留変形に比べると、この建物の残留変形は小さかった。

写真 2.32 は倒壊した新築の伝統構法住宅を、写真 2.33 は在来軸組構法による工務店作業所兼事務所を、それぞれ示す。



写真 2.31 リニューアルされたばかりの木造住宅の被害(元は船柵造りと思われる)

3. まとめ

被害地域が広い範囲に渡っており、また起伏に富んだ複雑な地形のため、被害の全貌を概観することは難しいが、今回の調査地域で特徴的な被害状況は以下のような傾向にあった。

- 1) 土蔵が比較的沢山建っており、その多くにおいて土壁の崩落被害が認められた。また蟻害、褐色腐朽が認められた。
- 2) 屋根荷重の大きい伝統木造構法住宅の被害が目立った、
- 3) 一般住宅の水回りのブロック腰壁の腐朽被害等が目についた。
- 4) 現代的な仕様の在来軸組構法住宅においては、大きな被害は少なかったように思われる。



写真 2.32 全壊した新築の伝統構法住宅(屋根が途中で2つに分割されている)

引用文献

- 1) 気象庁：気象、地震、火山、海洋等の知識、
<http://www.kishou.go.jp/know/index.htm>
- 2) 新潟大学災害研(鈴木、片岡、本郷、安井)：「激震ゾーン(第2報)」、
<http://geo.sc.niigata-u.ac.jp/~earthquake/rep/04/ura1109/map.html>



写真 2.33 全壊した在来軸組構法による工務店作業所兼事務所の建物

寄稿原稿

新潟県中越地震木造建物被害調査

腐朽・蟻害の視点から

高橋旨象・土居修一

1.調査方法

地震により損傷を受けた、堀之内町竜光および田川、川口町武道窪および田麦山地区の木造住宅および寺社建物約50棟の腐朽と蟻害の状況を調査した。すでに行われた応急危険度判定により、「危険」(赤紙)または「要注意」(黄紙)と表示されていた建物を主体に調査したが、全壊建物も一部調査した。調査地域は豪雪地帯であるため、冬期には積雪の圧力を緩和する架構を取り付ける伝統軸組真壁構法住宅が多いが、1～2 m 高のコンクリート基礎壁を廻らせて車庫および貯蔵庫とし、その上に1～2階の大壁式木造住宅を建設する、いわゆる高床式木造住宅が近年増加しつつある。基礎壁の代わり、または外側に一定間隔で円柱や角柱を打ち込み、建物を支持したものもある。対象建物について、目視およびドライバーによる触診・刺診により、床組および軸組部材の腐朽と蟻害の状態を調査し、写真を撮影した。

2.調査結果

建物周囲や内部など、比較的詳しく観察できたものの例を以下に示す。

2.1 堀之内町竜光・田川

①建物1(表示「要注意」):

調査第一日のスタートとなった建物で、浴室窓枠や振動で露わになった壁内部の部材に腐朽と蟻害が認められた。

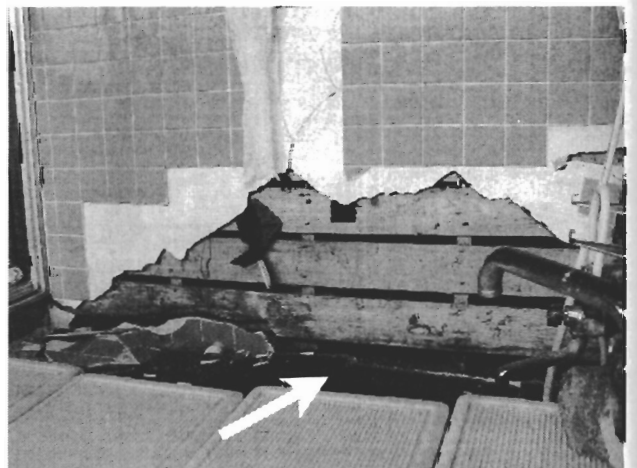
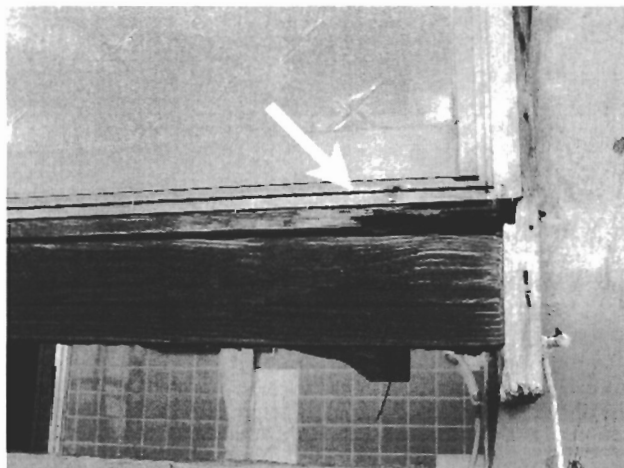
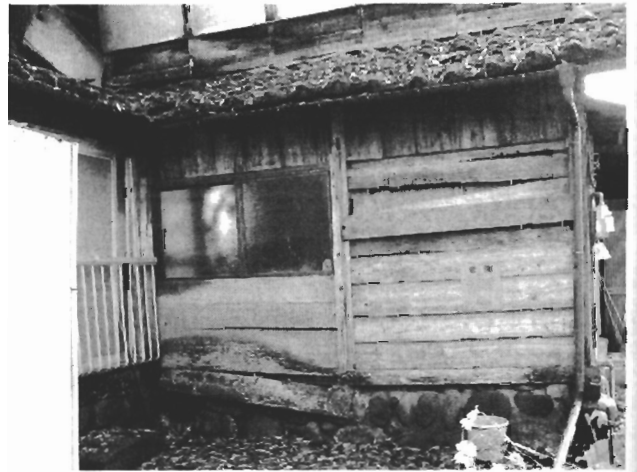




①建物1(表示「要注意」)

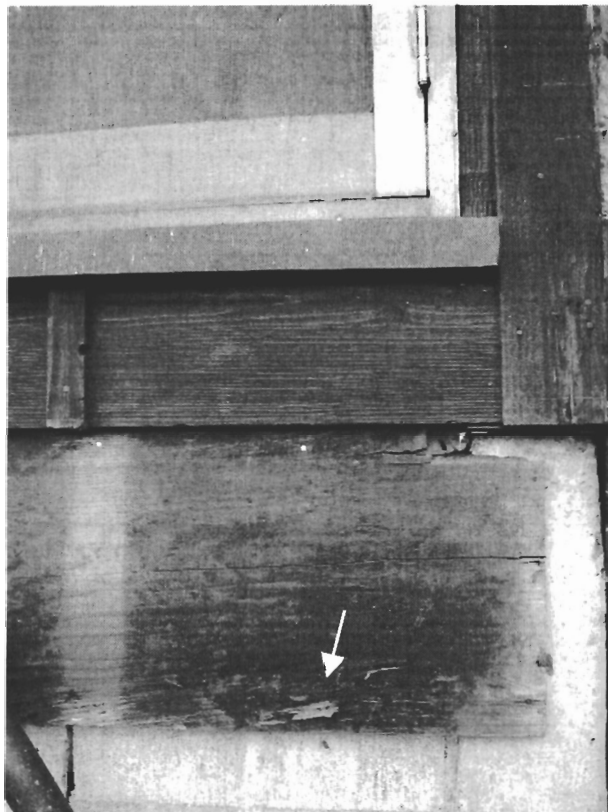
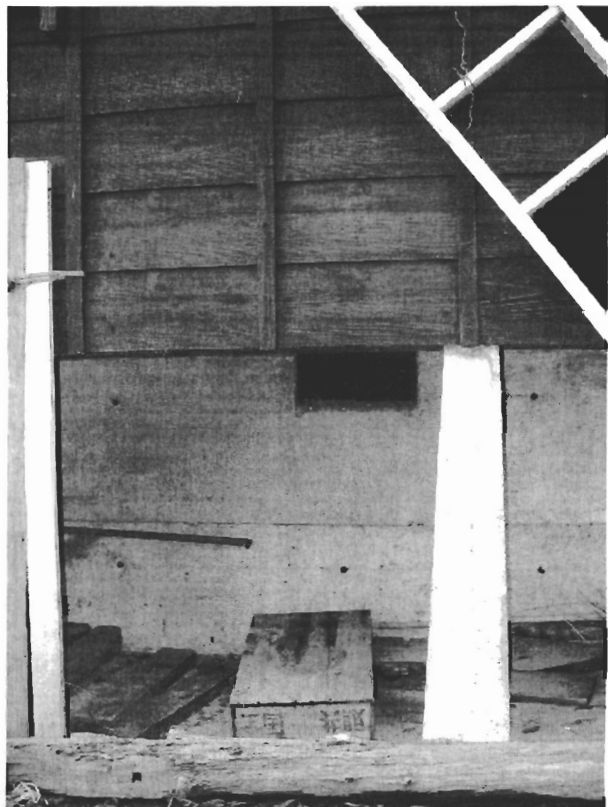
②建物3(表示「危険」):

浴室のタイル貼内壁の崩落とブロック積外壁の倒壊により露出した壁内部材、窓枠に腐朽と蟻害(矢印)が認められた。



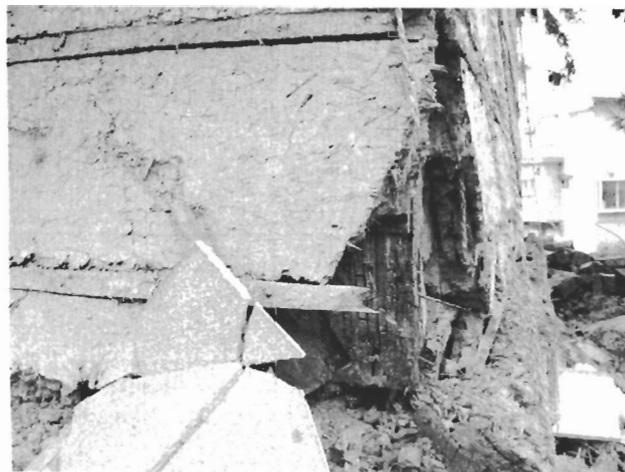
③建物④(表示「注意」):

高床式住宅で、コンクリート基礎には異常がなかったが、台所の屋外からの出入口下に取り付けた板に蟻害(矢印)が認められた。



④建物5(白山神社土蔵、表示「危険」):

外壁は全部剥落しているが、倒壊していない。しかし、土台と柱の基部の腐朽が激甚で、危険な状態にある。



⑤建物11(全壊):

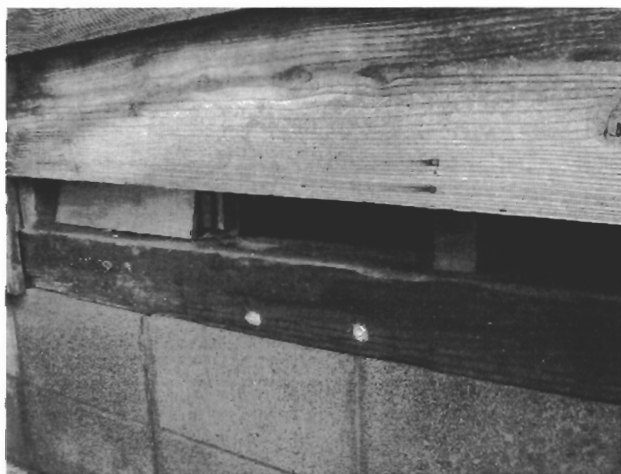
腐朽や蟻害のある部材がいくつか見られたが、部位を特定することはできなかった。



2.2 川口町武道窪

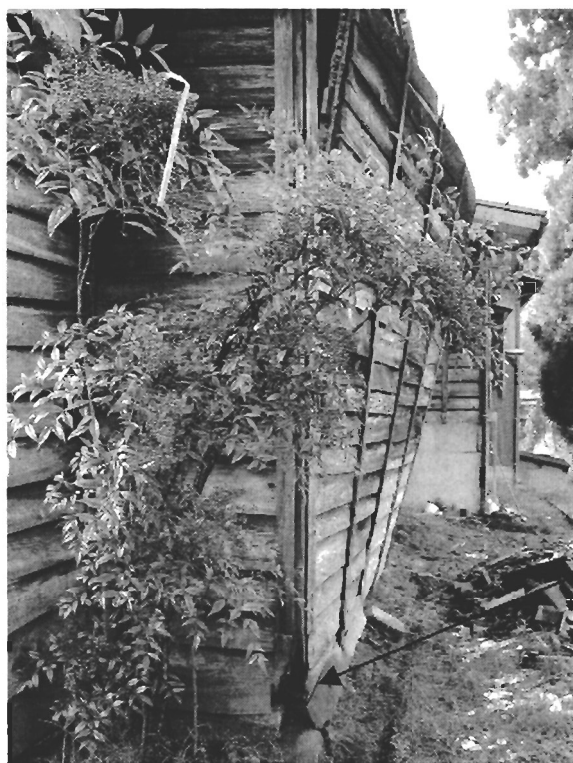
⑥建物川口②(表示「危険」):

柱が折損し、建物が歪んでいる。水回り部分の土台はかなり以前から腐朽により欠損していたと思われ、隙間に瓶が挿入されている。



⑦建物川口③(表示「危険」):

2階が強く傾いているほか、床の間と仏壇を収めた1階出っ張りの外壁が剥離し、土台と柱の取り合い部分が腐朽して欠損している(矢印)。



⑧建物川口6(全壊):

台所と便所と思われる部分の土台に
腐朽が認められた。



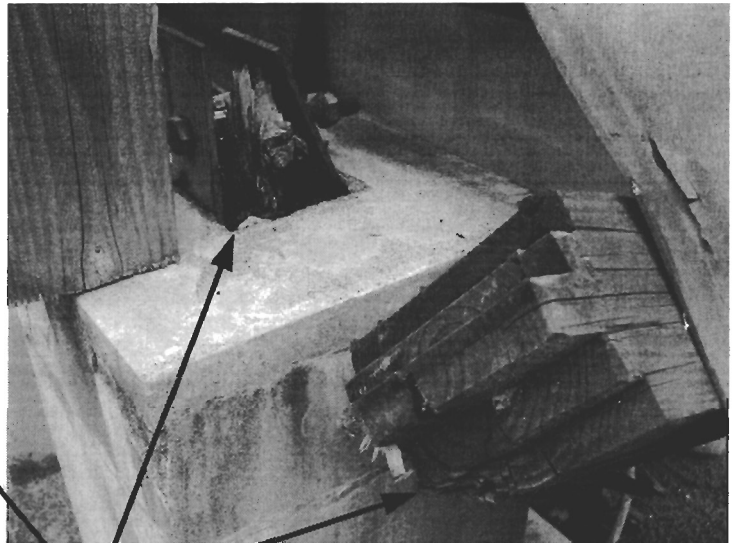
⑨建物川口9(表示「危険」):

外壁はすべて剥落し、建物が傾斜し
ている。土台、柱、壁構成部材が腐朽
している。



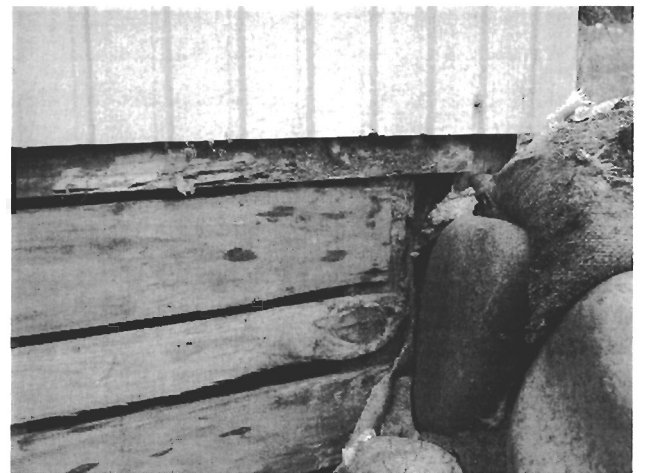
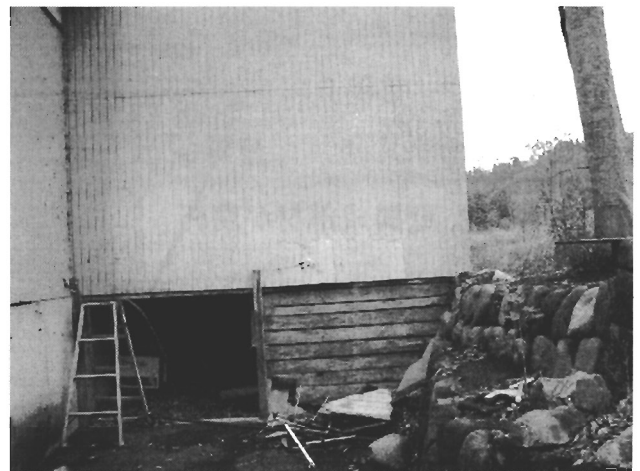
⑩建物110(武道窪会館、表示不明):

非常階段が落下。建物の外壁と土間コンクリートの階段結合部分が腐朽しており(矢印)、落下を促進した可能性がある。



⑪建物119:

高床式住宅。物置として使っている部分の壁内部材がシロアリに激しく食害されている。



⑫建物121(表示「危険」?):

今回よく見られた浴室の状態で、ブロック積みのもルタル外壁が倒れ、タイル貼りの内壁が崩落している。壁内部材や窓の支持材に腐朽が認められた。



2.2 川口町・田麦山

⑬建物12?(鐘楼):

著しく腐朽した土台の更新を行っていた。



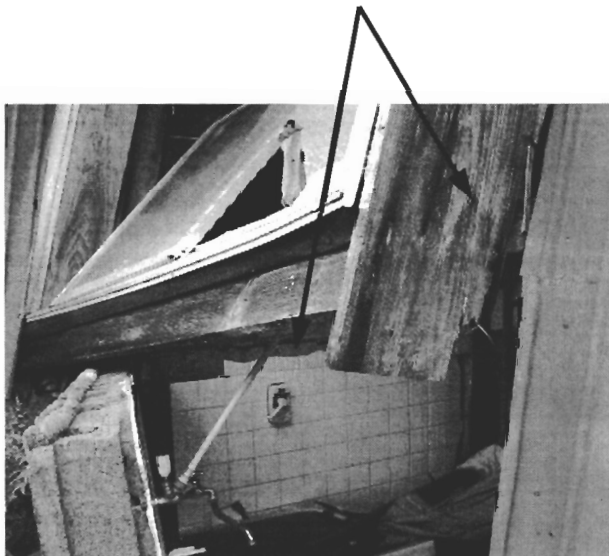
⑭建物125?(表示「要注意土地」):

浴室の崩落した内壁裏前面にシロアリの食害が認められた。



⑮建物番号?(表示「危険」):

浴室部材の腐朽(矢印)が顕著である。



3.まとめと考察

調査結果をまとめると、以下のようなになる。

- 1) これまでの調査と同様に、浴室を筆頭に水回り部分の壁内部材、窓枠下部、土台、土台と柱の結合部に腐朽と蟻害が顕著に認められた。とくに、蟻害の多さは、寒冷地である点から予想外であった。
- 2) 浴室の外壁は、生物劣化を受けやすいことが経験上知られているためか、ブロック積みの簡易構造にしている場合が多いが、地震による倒壊が数多く見られた。強い地震発生時の入浴者の安全確保に問題を残すと考えられた。
- 3) 建物を積雪の圧迫から守るための架構用木材は、冬期以外は軒下、床下、納屋などに置かれているが、腐朽や蟻害を生じている例がしばしば見受けられ、シロアリの建物への侵入を助ける可能性があると考えられた。
- 4) 調査した伝統真壁構法住宅、高床式住宅、寺社建物のいずれにも、木材の防腐・防蟻処理は行われていなかった。
- 5) 今回の調査範囲に限定すれば、ほとんどの建物は、直下型地震に特有の激しい突き上げと強い横揺れで損壊しており、1例(⑩武道窪会館の非常階段)を除き、腐朽・蟻害が損壊を促進したとは考えられなかった。

資料

表 1 No. 1～13 の被害状況

No. 1

(1) 仕様等

- ・ 平成元年完成、築 16 年。
- ・ 1.70m の高基礎＋木造軸組構法 2 階建て。
- ・ 屋根：鉄板葺きの片流れ屋根。
- ・ 外壁：窯業系サイディング。
- ・ 内壁：石膏ボード＋クロス。和室は土壁。

(2) 主な被害

- ・ 内装材のクラック、浮き上がりが中心。
- ・ 外壁にも亀裂、欠けを確認。
- ・ 北西角部の基礎上部に欠け有り。
- ・ 残留変形は、東西が東方向へ $1/200 \sim 1/150 \text{rad}$ 程度。南北は極僅か。
- ・ 2 階洋室にあったアップライト式ピアノが足下を前にして転倒。

(3) その他の情報

- ・ この地域は新興住宅地で、地盤の土は川口町田麦山周辺の土を持ってきたらしい。

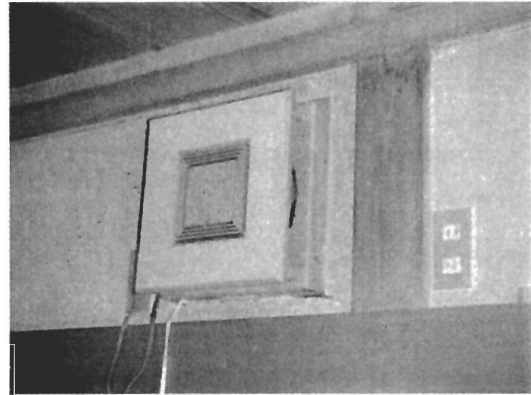


写真 1.3 和室土壁の割れ、欠け

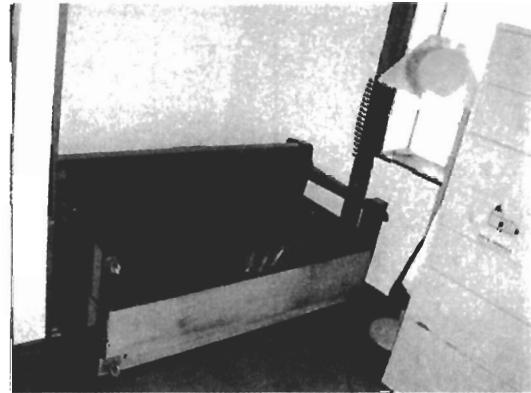


写真 1.4 足下から転倒したピアノ



写真 1.1 No.1 外観

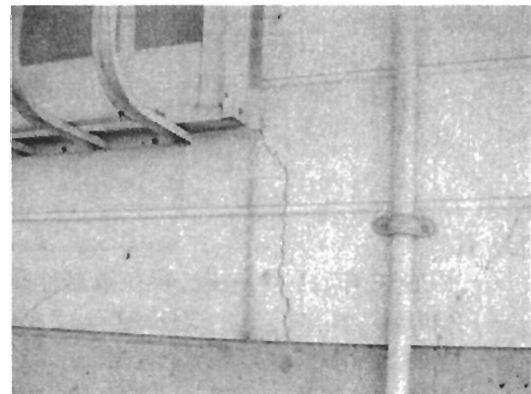


写真 1.5 外壁サイディングの割れ

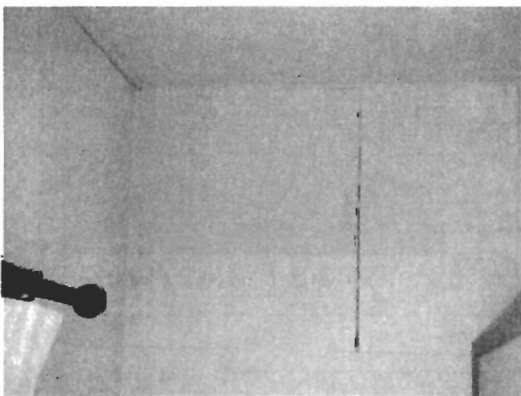


写真 1.2 内装石膏ボードのずれ、浮き上がり

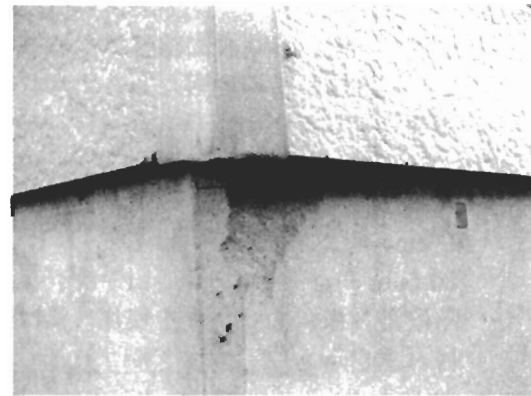


写真 1.6 RC基礎の剥落

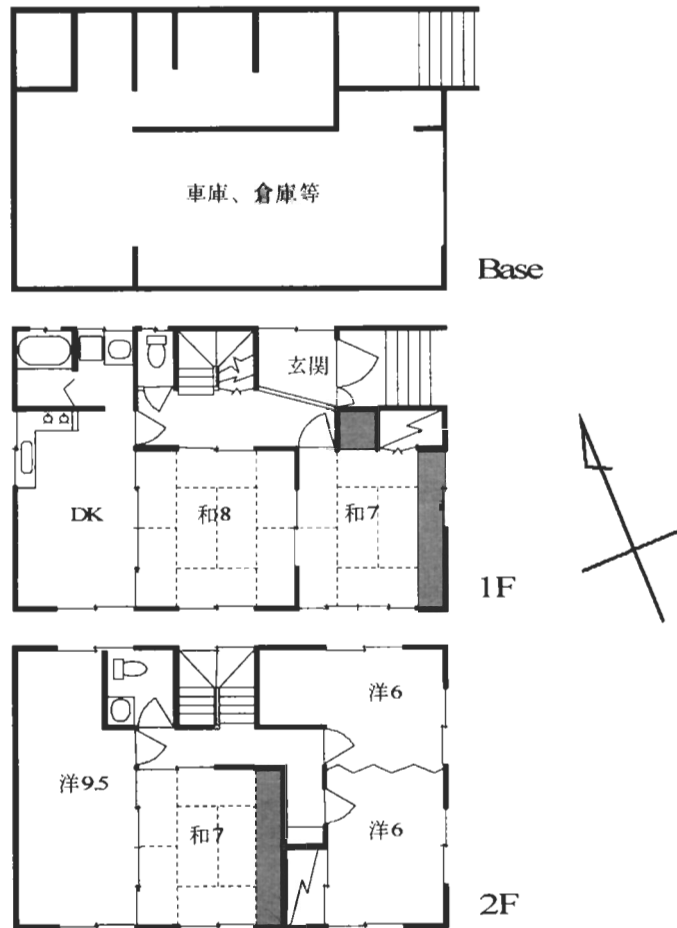


図1 No.1 平面図

No. 2

(1) 仕様等

- ・ 平成 16 年 11 月完成、現在入居作業中。
- ・ 2.90m の高基礎＋木造軸組構法 2 階建て。
- ・ 屋根：鉄板葺きの片流れ屋根。
- ・ 外壁：窯業系サイディング。
- ・ 内壁：石膏ボード＋クロス。和室は土壁。

(2) 主な被害

- ・ 基礎、外壁、内壁共に確認できる被害無し。引き渡し前の地震だったため、若干の補修をしたという話。

(3) その他の情報

- ・ 大黒柱：ケヤキ 25cm 角、床柱：ケヤキ？ 17cm 角、和室入り口の柱：ヒノキ 20.5cm 角。
- ・ 階段踏み板にもヒノキを使用。梁は集成材（オウシュウアカマツか？）。

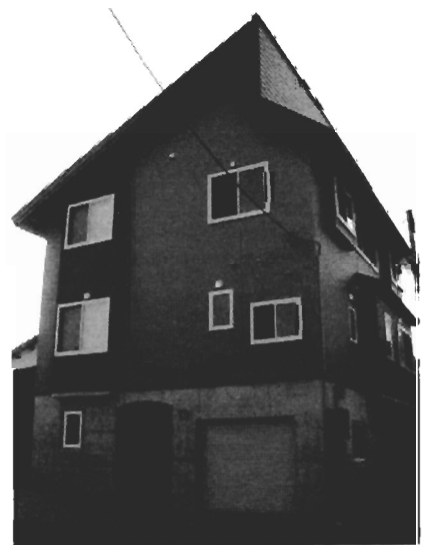


写真 2.1 No.2 外観



写真 2.2 1階リビングの内装



写真 2.4 集成材を用いた2階梁



写真 2.3 25cm 角のケヤキ大黒柱

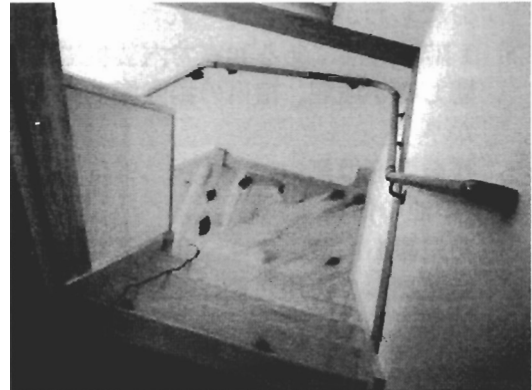


写真 2.5 ヒノキの階段



図 2 No.2 平面図

No. 3

(1) 仕様等

- ・平成9年2月完成、築7年半。
- ・布基礎＋木造軸組構法2階建て。
- ・屋根：鉄板葺きの切妻屋根。
- ・外壁：構造用合板下地＋化粧板張り。
- ・内壁：ほぼ全ての内壁が筋交い＋化粧板張り。一部垂れ壁部分にクロス使用。

(2) 主な被害

- ・基礎、屋根の被害は無し。
- ・内外壁共に板張りのため、内部の様子が確認できず。キッチン、和室のクロス部分にしわが一部確認された。
- ・1階南角部にある和室で内装板端部の目隠し材が座屈。相当の鉛直振動を受けたか？
- ・残留変形は無い。

(3) その他の情報

- ・小屋裏も内装、フローリングが施工済み。居室として使用可能。

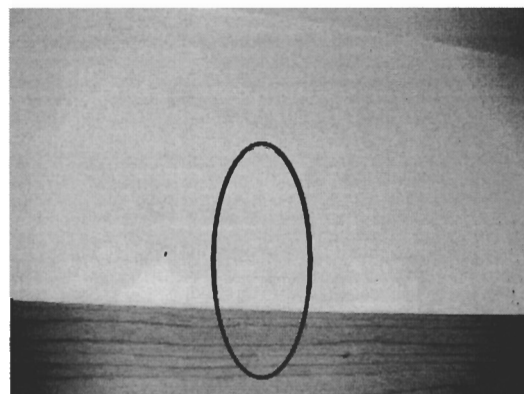


写真 3.3 クロスのひび

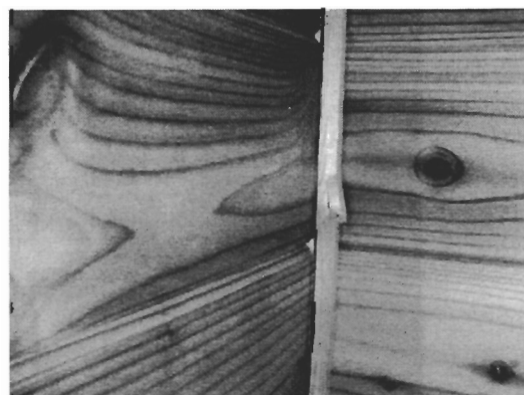


写真 3.4 座屈した目隠し材



写真 3.1 No.3 外観

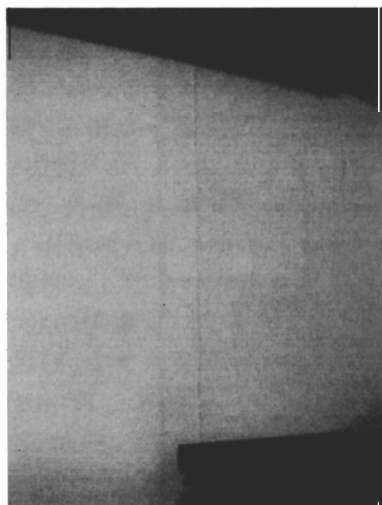


写真 3.2 クロスのしわ



写真 3.5 階段室と内装の様子



写真 3.6 内装を施した小屋裏

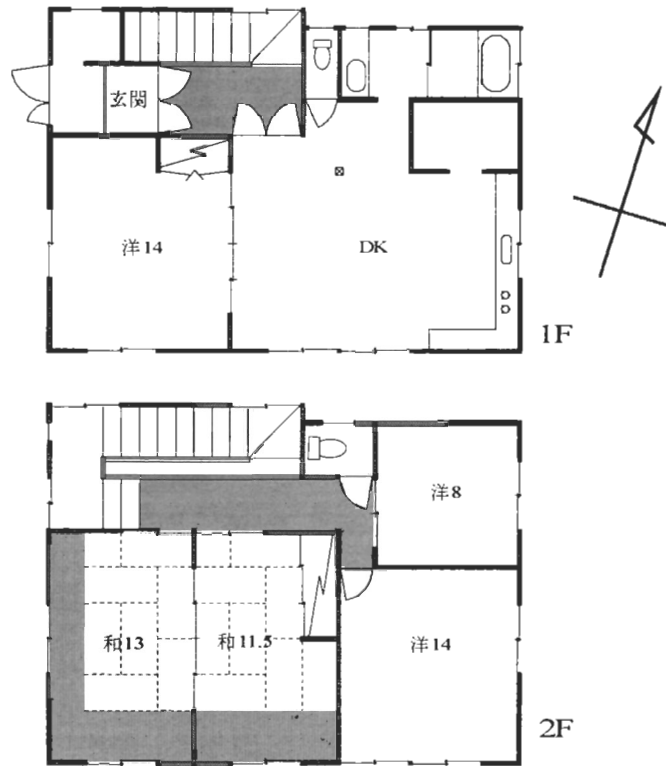


図3 No.3 平面図

No. 4

(1) 仕様等

- ・ 平成 13 年完成、築 3 年。
- ・ 2.50m 高基礎+角ログハウス。(2 階部分は小屋裏に相当。通常の軸組構法による小屋組。) 構造材はベイマツ製材またはベイマツ集成材。
- ・ 屋根：鉄板葺きの切妻屋根。
- ・ 内壁：ラジアータパインの板張り。

(2) 主な被害

- ・ 基礎、屋根共に被害は無し。
- ・ 内外壁も特に目立った被害はない。
- ・ 2 階 (小屋組) の梁継手 (腰掛け蟻継ぎ or 腰掛け鎌継ぎ?) の女木部分にせん断破壊の跡有り。地震の揺れによるものかどうかは不明。
- ・ 残留変形は無い。

(3) その他の情報

- ・ 床下部分に見えるログを締めるボルトの一部が、既に基礎まで到達してしまい、それ以上沈下しても締め付けられない状態になっていた。
- ・ 家具の転倒も皆無。意外と震度は低かった可能性も。



写真 4.1 No.4 外観



写真 4.2 内部の様子 (2階)



写真 4.3 外壁の様子

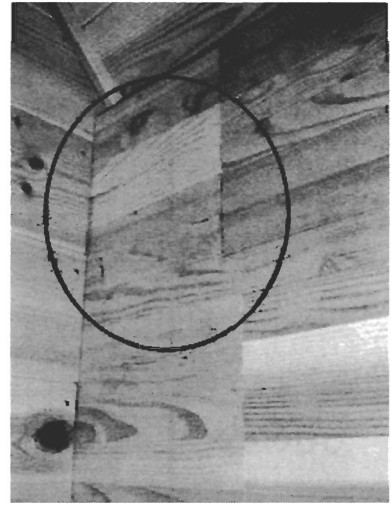


写真 4.5 継手の破壊

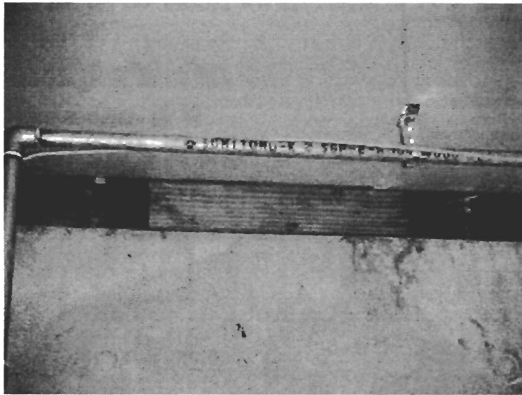


写真 4.4 基礎上場のボルトの様子

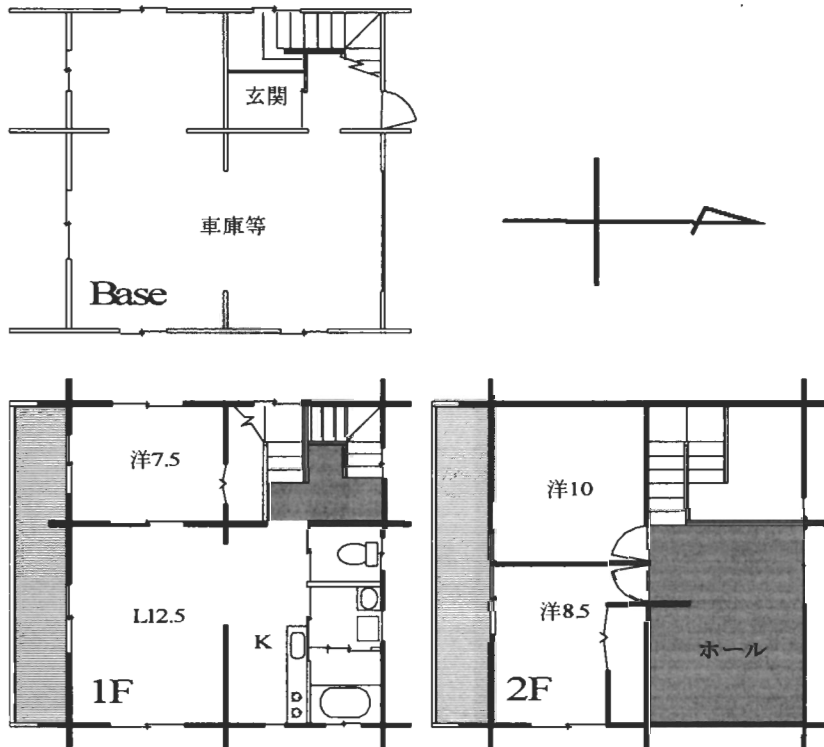


図4 No.4 平面図

No. 5

(1) 仕様等

- ・ 非常に古く築 50 年位か？
- ・ 独立基礎＋木造軸組構法 2 階建て（セガイ造）。増改築多数あり（増築部分は布基礎）。
- ・ 屋根：鉄板葺きの切妻屋根。
- ・ 外壁：下見板張り。
- ・ 内壁：和室は土塗壁。その他はモルタル＋クロス？だが、基本的に壁が少なく殆どが襖か障子。
- ・ 平面・立面計画も複雑でバラバラ。

(2) 主な被害

- ・ 1 階土台が南東側に 5～9cm 移動し、辛うじて独立基礎の上に載っている状態。それに伴い、南東側布基礎が一部面外にせん断破壊。アンカーボルトに引っ張られての破壊と思われる。
- ・ 測定はしていないが、残留変形は小さい様子。全体的に水平移動した感じ。
- ・ 1 階梁がせん断破壊。それを下から補強材で支えている。
- ・ モルタル壁が多数損傷。キッチン横の剥落箇所内部木材の腐朽を確認。
- ・ 屋根にも被害が出たようで、新たに鉄板の施工をしている最中。地震前も鉄板だったのか、瓦だったのかは不明（下屋は以前から鉄板）。



写真 5.1 No.5 外観 1



写真 5.2 No.5 外観 2（手前は増築部分）

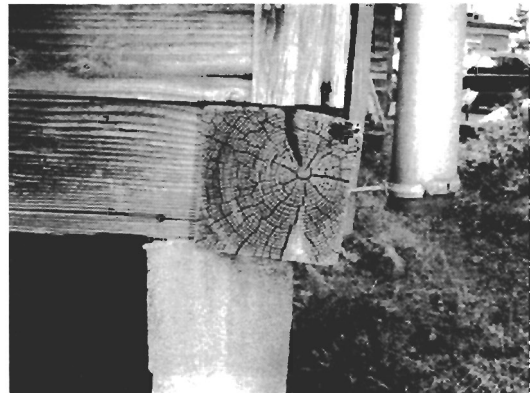


写真 5.3 土台の移動（南東端）



写真 5.4 土台の移動（上写真の西 2 間）



写真 5.5 布基礎のせん断破壊（東面）

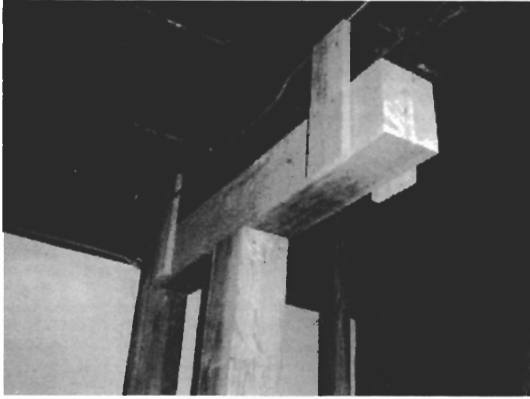


写真 5.6 梁の破壊と補強

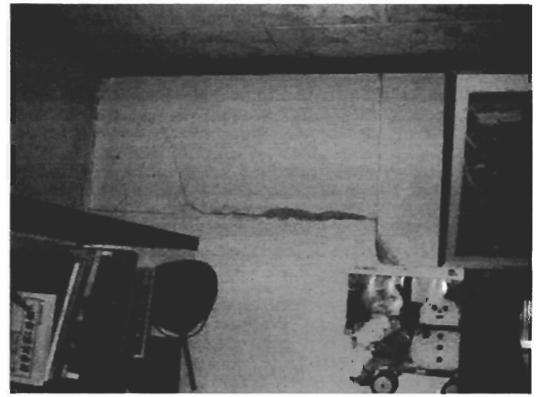


写真 5.10 内装の被害 (1階和室)

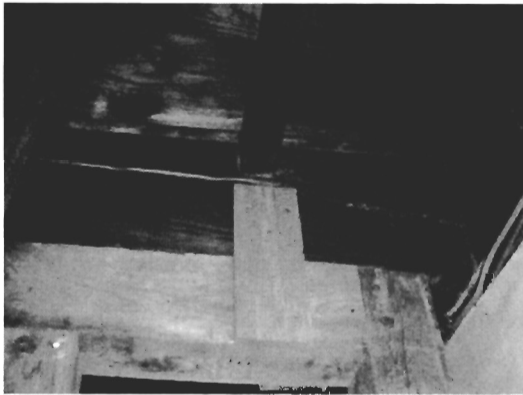


写真 5.7 梁破壊箇所の拡大

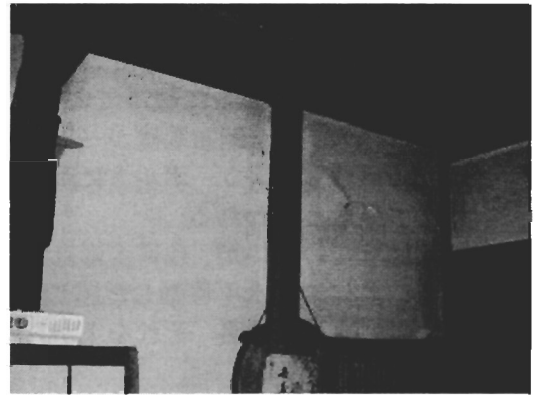


写真 5.11 内装の被害 (1階和室)

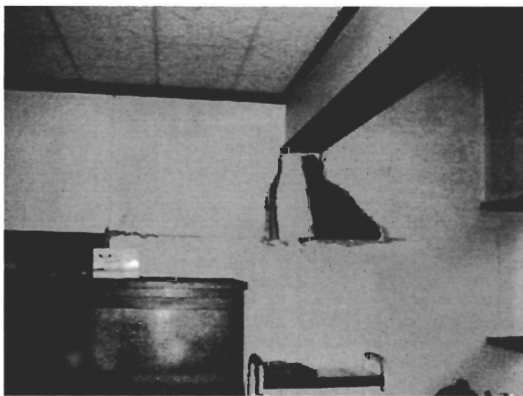


写真 5.8 1階内装の剥落 (キッチン)

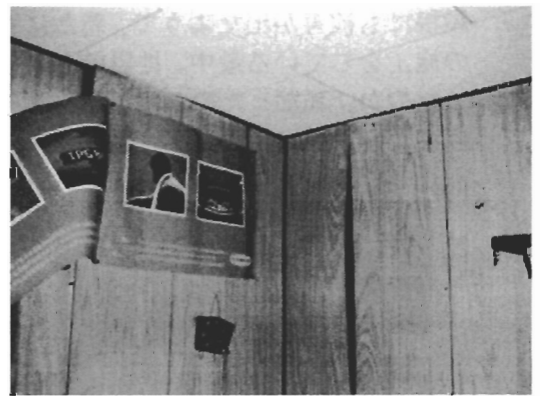


写真 5.12 内装の被害 (2階洋室)

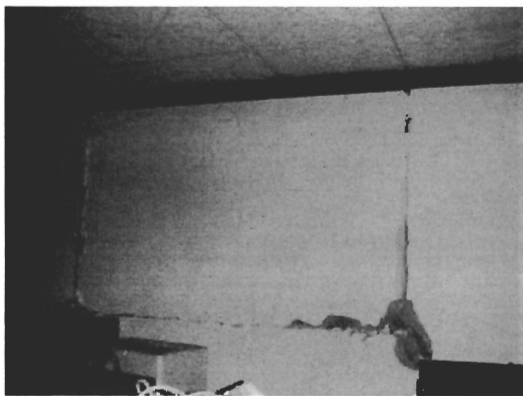


写真 5.9 内装の被害 (キッチン)

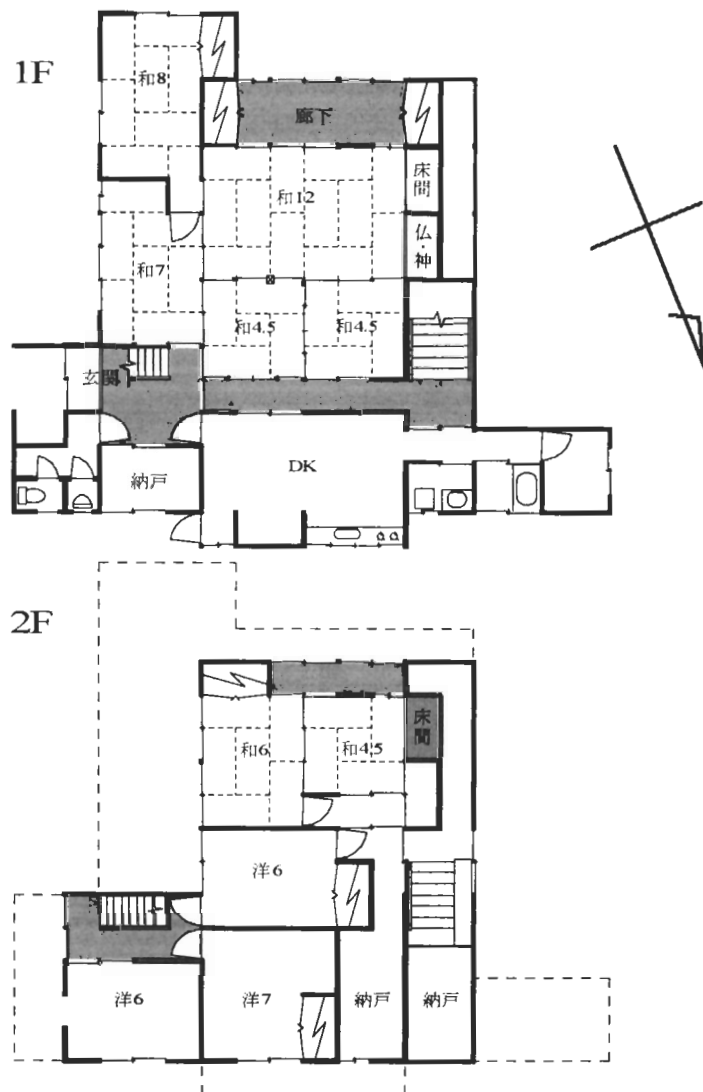


図5 No.5 平面図

No. 6

(1) 仕様等

- ・ 築約 80 年。
- ・ 玉石基礎+木造軸組構法 2 階建て (セガイ造)。典型的な田の字型の古民家。
- ・ 屋根：鉄板葺きの切妻屋根。
- ・ 外壁：下見板張り。
- ・ 内壁：土塗壁。

(2) 主な被害

- ・ 土塗り壁の四隅を中心に若干の被害。
- ・ 差し鴨居が柱に取り付く部分に若干の隙間が生じたらしい。
- ・ 1 階床間の垂壁下端に付いていた材 (鴨居?) が落下。大入れ寸法 1cm 程度。
- ・ 囲炉裏の下が崩壊したため、ブルーシートで囲炉裏全体を封鎖。
- ・ 1 階西端の土台端部仕口が引き抜け。か

なりの劣化・腐朽も確認。

(3) その他の情報

- ・ 昔は 2 階が養蚕棚置き場だった。



写真 6.1 No.6 外観

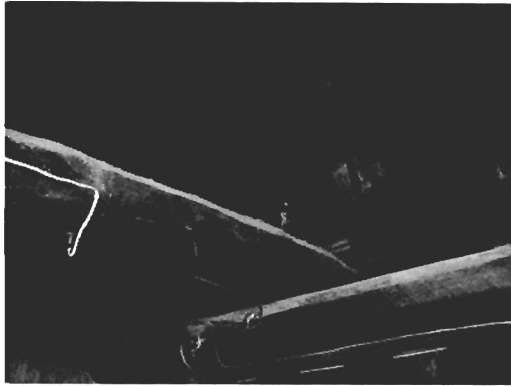


写真 6.2 立派な小屋組



写真 6.3 土台仕口の引き抜け

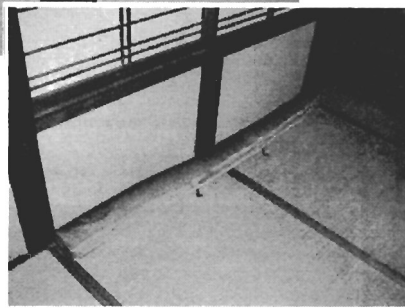


写真 6.4 床間鴨居の落下跡とその鴨居



写真 6.5 土塗壁角部の被害

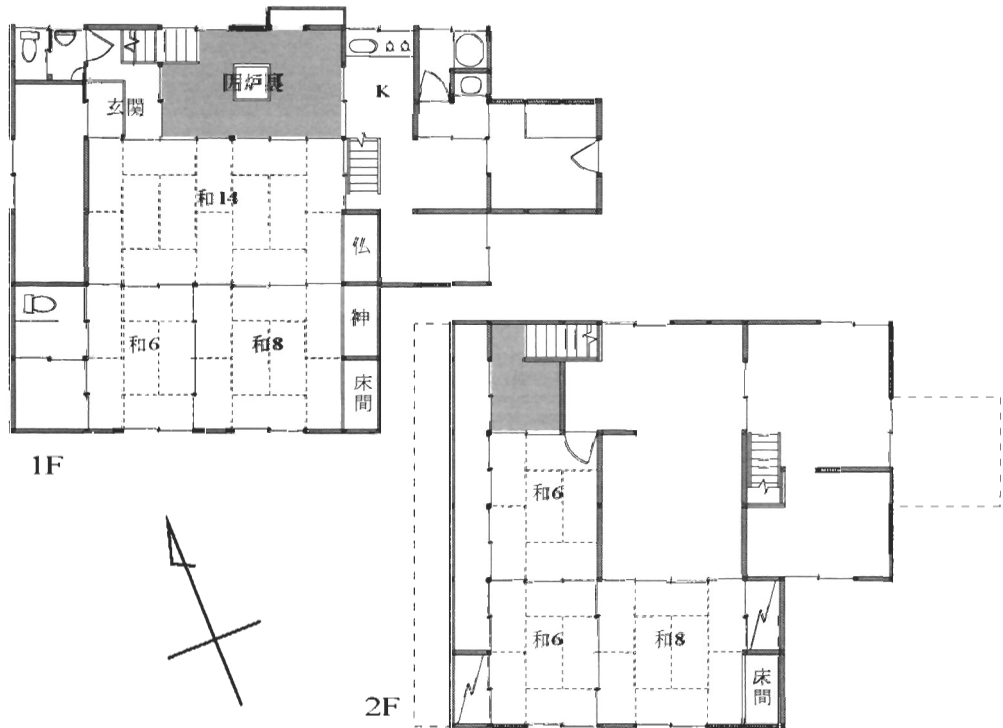


図 6 No.6 平面図

No. 7

(1) 仕様等

- ・平成15年12月完成、築1年。
- ・3.35m 高基礎+木造軸組構法2階建て。構造材はオウシュウアカマツ集成材。
- ・屋根：鉄板葺きの切妻屋根。
- ・外壁：鉄板サイディング。
- ・内壁：構造用合板パネル+化粧用ラージ合板、腰壁部分にスギ合板。
- ・床、屋根構面には24mm、28mmのネダノンを使用。
- ・梁寸法は、1階天井が120×240、2階天井が120×300、小梁が120×120または120×150。柱はすべて120角。

(2) 主な被害

- ・上部構造に関しては無被害。
- ・RC基礎に一部剥落が見られる。
- ・車寄せ部分の盛土が10~20cm沈下。集会所下には多数の杭を打ち込んでいたので沈下しなかった。

(3) その他の情報

- ・魚之田川地区の住民の避難所として使用していた（まだ一家族だけ使用中）。

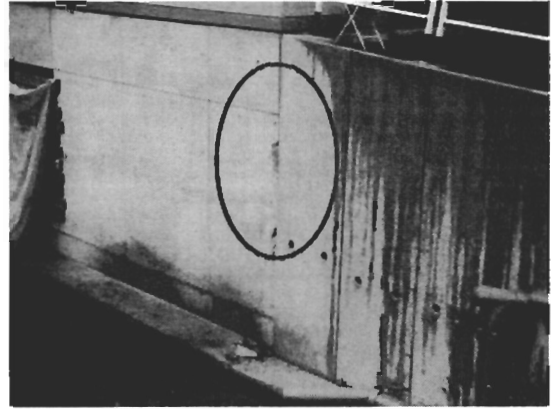


写真7.3 基礎の剥落



写真7.4 30畳の大広間



写真7.1 No.7 外観



写真7.5 2階吹抜部分



写真7.2 地盤の沈下 (地震前は段差無し)

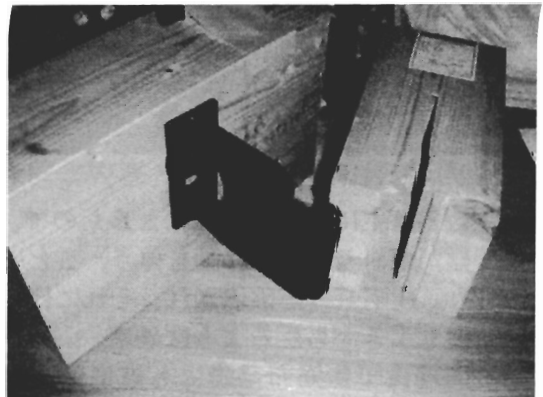


写真7.6 接合金物の見本

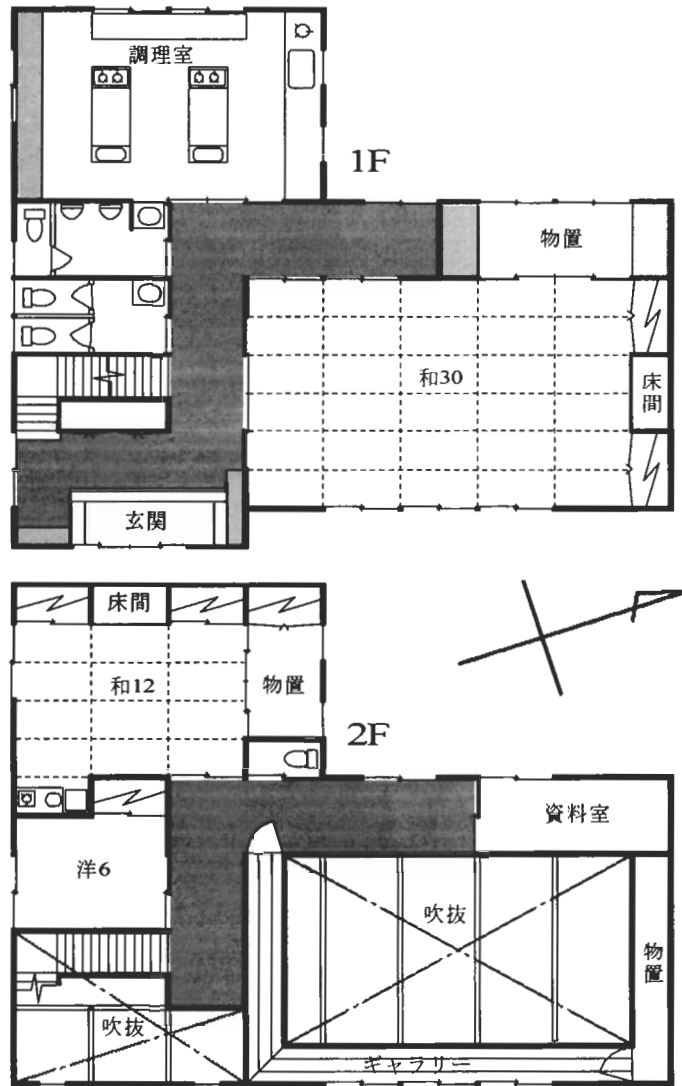


図 7 No.7 平面図

No. 8

(1) 仕様等

- ・ 築 25 年。
- ・ 無筋布基礎+木造軸組構法 2 階建て。
- ・ 屋根：鉄板葺きの切妻屋根。
- ・ 外壁：鉄板サイディング。
- ・ 内壁：主に土塗り壁。

(2) 主な被害

- ・ 応急危険度判定：赤。既に家財道具全て搬出済み。
- ・ 被害は主に地盤の崩れによるもので、地盤が下がる（水平移動を伴う）ことにより、住宅基礎が破壊され、それに伴い家屋も引きずられるように破壊。
- ・ 同理由で無筋布基礎にも破壊箇所が多数。アンカーボルトは確認できた。
- ・ 基礎の移動により 1 階南側の土台が引き

摺られ、南壁面も直交壁線から分離。柱が真っ二つに割裂した箇所もあった。

- ・ 屋内の土塗り壁等は全く損傷無し。
- (3) その他の情報
- ・ 県道の拡張に伴い、25 年前に移動した家。
- ・ 敷地は斜面に盛土をして造成した場所。そのため、周辺には地割れが多数存在。
- ・ 1 年前に外壁サイディングを新たに改修したばかりだった。
- ・ 家主は既に退去済み。いずれ解体予定のようだが、移築・補修をすればまだ十分使用できそう。



写真 8.1 No.8 外観



写真 8.4 基礎のせん断破壊（西面）



写真 8.2 地盤のずれ（玄関前）

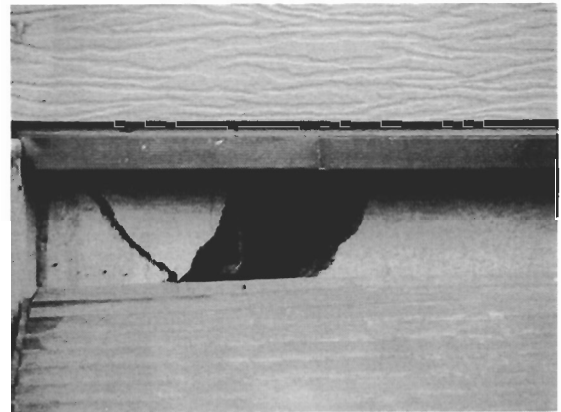


写真 8.5 基礎の破壊箇所を確認した
アンカーボルト



写真 8.3 地盤の割れ（東南角部）



写真 8.6 南面外壁の崩壊



写真 8.7 南面外壁の崩壊（室内側）

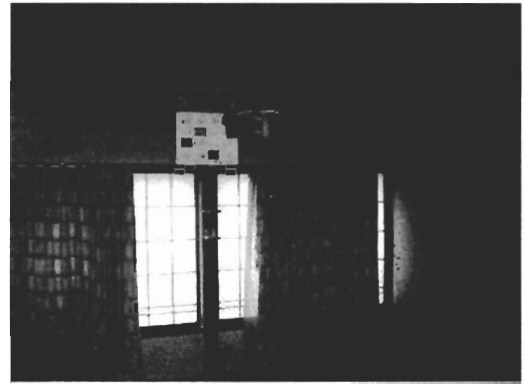


写真 8.9 ほぼ無被害の内装材（2階和室）



写真 8.8 ほぼ無被害の土塗り壁（1階和室）



写真 8.10 1階南面の残留変形

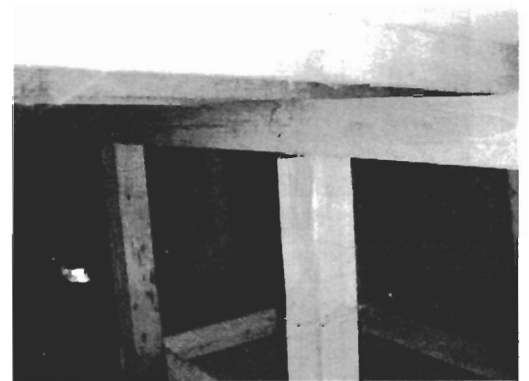


写真 8.11 1階床下の様子

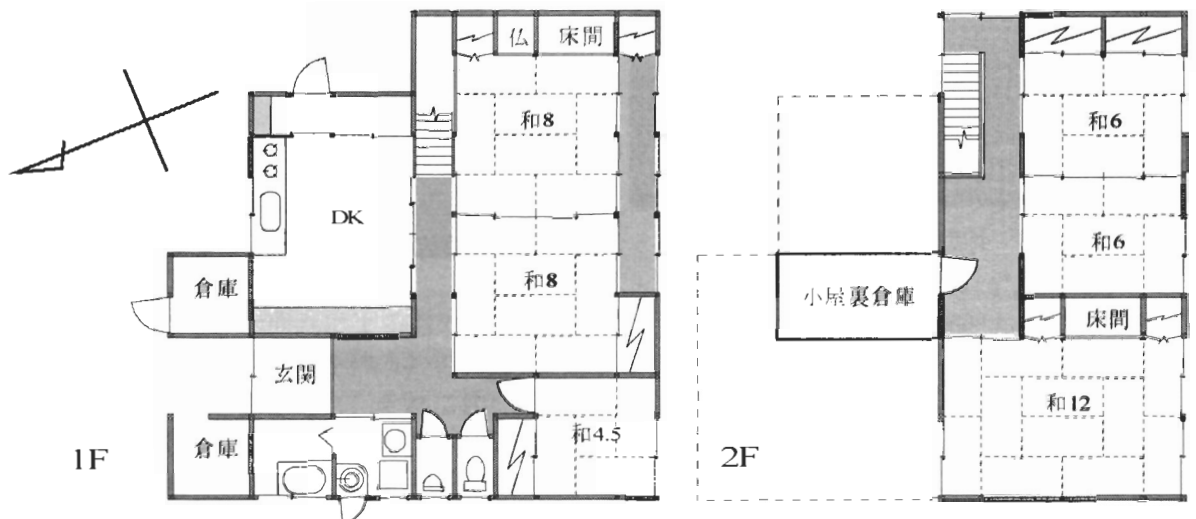


図 8 No.8 平面図

No. 9

(1) 仕様等

- ・ 築 30 年以上。
- ・ 無筋布基礎（南面は独立基礎）＋木造軸組構法 2 階建て。増改築多数あり。
- ・ 屋根：鉄板葺きの切妻屋根。
- ・ 外壁：鉄板（小屋部分はモルタル）。
- ・ 内壁：土塗り壁又はモルタル。

(2) 主な被害

- ・ 基礎の亀裂が数ヶ所。小屋部分外壁にも亀裂が数ヶ所見られる。
- ・ 土塗り壁の角部が若干潰れているが、亀裂や剥落は殆ど無い。モルタル壁には亀裂も見られる。
- ・ 構造体の被害は無いが、家屋中心付近の土台（または束）が腐っているのか？かなり沈み込んでいるので、そのひずみが各所に出ている。（今回の地震で起きたものではない。）
- ・ 僅かな残留変形あり。

(3) その他の情報

- ・ すぐそばに川があり、あまり良い地盤ではない。



写真 9.1 No.9 外観



写真 9.2 南面の独立基礎

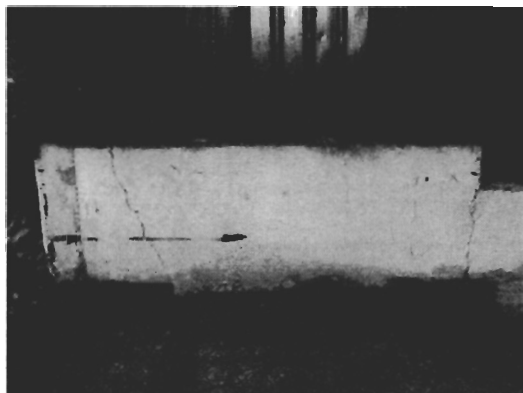


写真 9.3 布基礎の亀裂



写真 9.4 モルタル外壁の亀裂

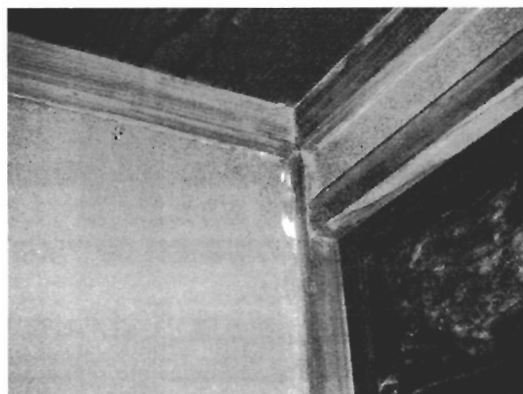


写真 9.5 上塗り壁の損傷

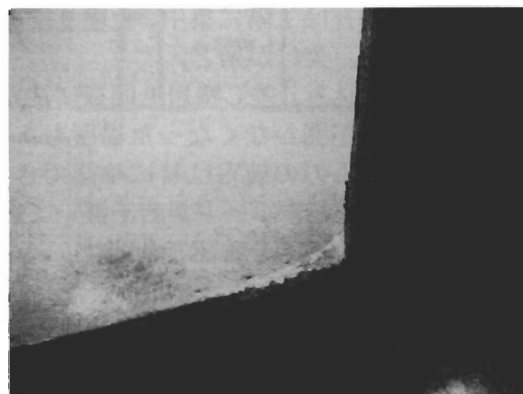


写真 9.6 モルタル壁の損傷

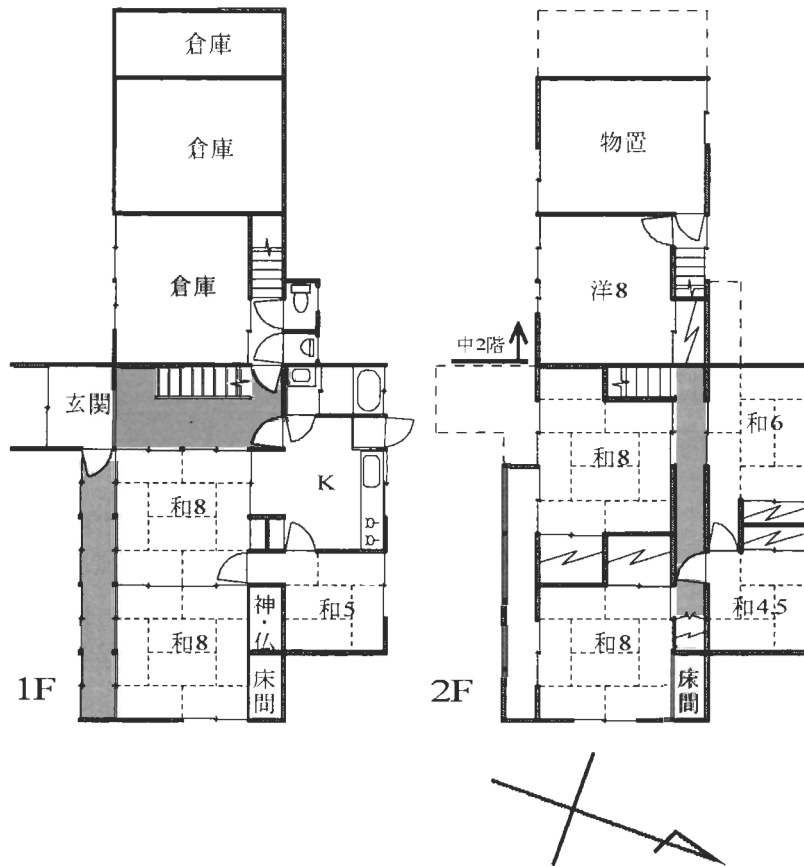


図9 No.9 平面図

No. 10

(1) 仕様等

- ・ 築 80 年。2 階は増築で築 22 年。
- ・ 独立基礎（一部布基礎）＋木造軸組構法 2 階建て（セガイ造り）。
- ・ 屋根：鉄板葺きの切妻屋根（融雪屋根）。
- ・ 外壁：下見板張り。
- ・ 内壁：1 階が土塗り壁、2 階が石膏ボード＋クロス。

(2) 主な被害

- ・ 基礎周囲の RC 地盤部分に亀裂あり。
- ・ 家屋の被害は 1 階に集中。土塗り壁の崩落、亀裂、欠けが殆ど。
- ・ 柱が沈み込み、差し鴨居も同様に沈んだため、戸が開かなくなった場所もある。
- ・ 部材そのものの被害は特に確認できず。
- ・ 2 階は南側石膏ボードが若干浮いていたが、他には被害を確認できず。

(3) その他の情報

- ・ 西側の古い下見板張り部分は農作業小屋で、脱穀機等が置いてある。
- ・ 新しい方は 2 階増築時に下見板を張り直したと思われる。



写真 10.1 No.10 外観



写真 10.2 基礎地盤の亀裂



写真 10.3 外壁の損傷

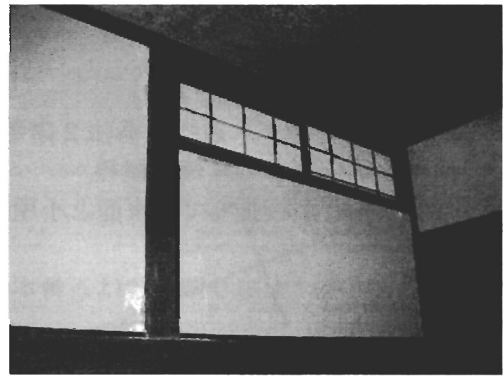


写真 10.5 土塗り壁の損傷

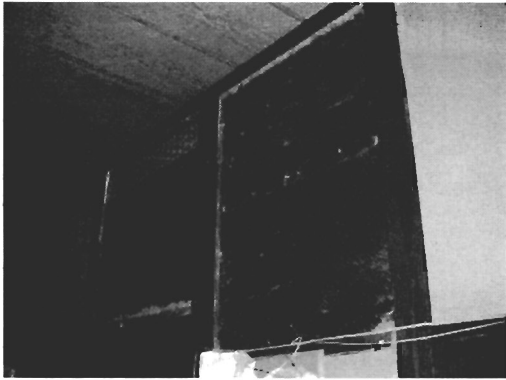


写真 10.4 土塗り壁の崩落

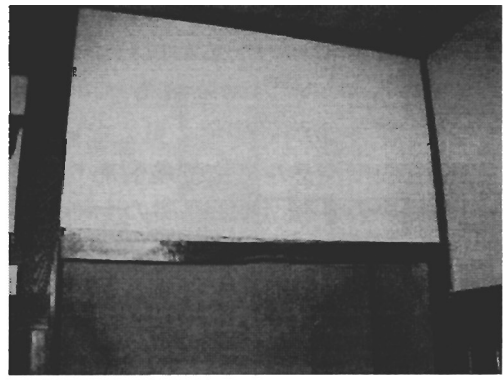


写真 10.6 土塗り壁の損傷

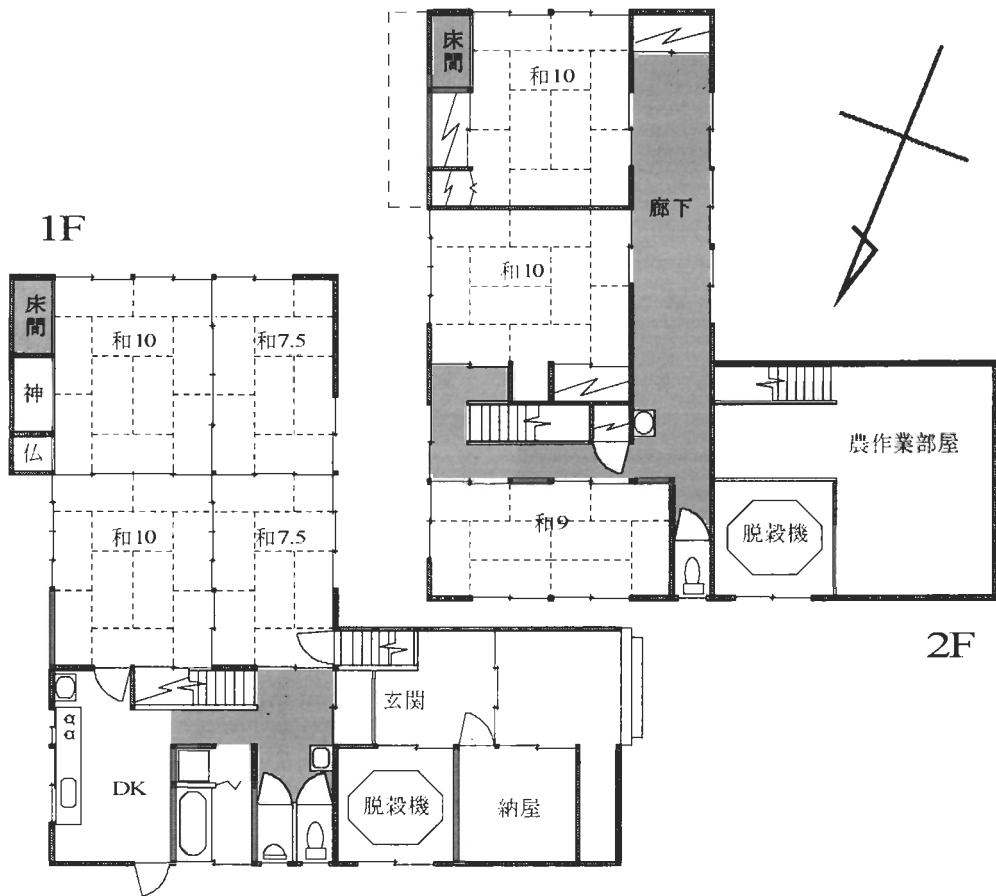


図 10 No.10 平面図

No. 11

(1) 仕様等

- ・ 昭和 56 年完成、築 24 年。
- ・ 2.45m 高基礎＋木造軸組構法 2 階建て。
- ・ 屋根：鉄板葺きの片流れ屋根。
- ・ 外壁：殆どが板張りで、東面と小屋部分のみモルタル。
- ・ 内壁：和室は土塗り壁。他は石膏ボード＋クロス。

(2) 主な被害

- ・ RC 基礎、屋根の被害無し。東面の基礎と木造との境界部に一部亀裂あり
- ・ 外壁は板張りのため損傷は確認できず。(キッチン窓の内壁側角部に亀裂があったが外部からは全く見えない。) 小屋部分のモルタルに一部亀裂あり。
- ・ 風呂場の外壁 (RC 基礎の上にコンクリートブロックを積層) が崩壊。既に補修済み。風呂場内部をユニットバスにする工事が進行中。
- ・ 工事中の風呂場で壁の内部を観察。3 つ割り筋かい (端部は釘留め) を確認 (図面上は 2 つ割り筋かいの場所もある)。仕口に羽子板ボルトの使用も確認。
- ・ 内装材は一部クロスのしわ、切れが見られるが、大きな損傷はない。
- ・ 玄関正面の作り付け棚が大きく揺れて留め付け部分が外れた。

(3) その他の情報

- ・ 2 階南面の廊下は増築。昔はベランダだった。
- ・ 周囲には田畑が広がることから、あまり良い地盤ではないと思われる。



写真 11.1 No.11 外観



写真 11.2 構造境界部の亀裂

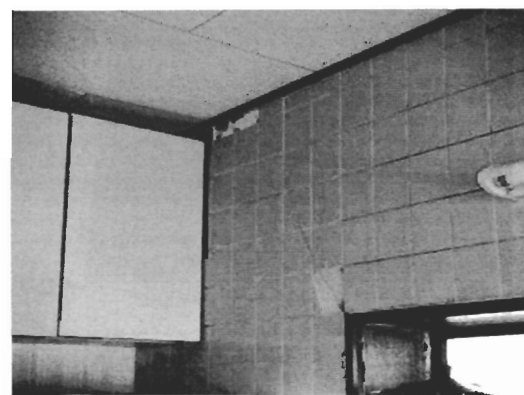


写真 11.3 キッチン内壁の亀裂



写真 11.4 風呂場壁内 (筋かいの納まり)



写真 11.5 土塗り壁の損傷

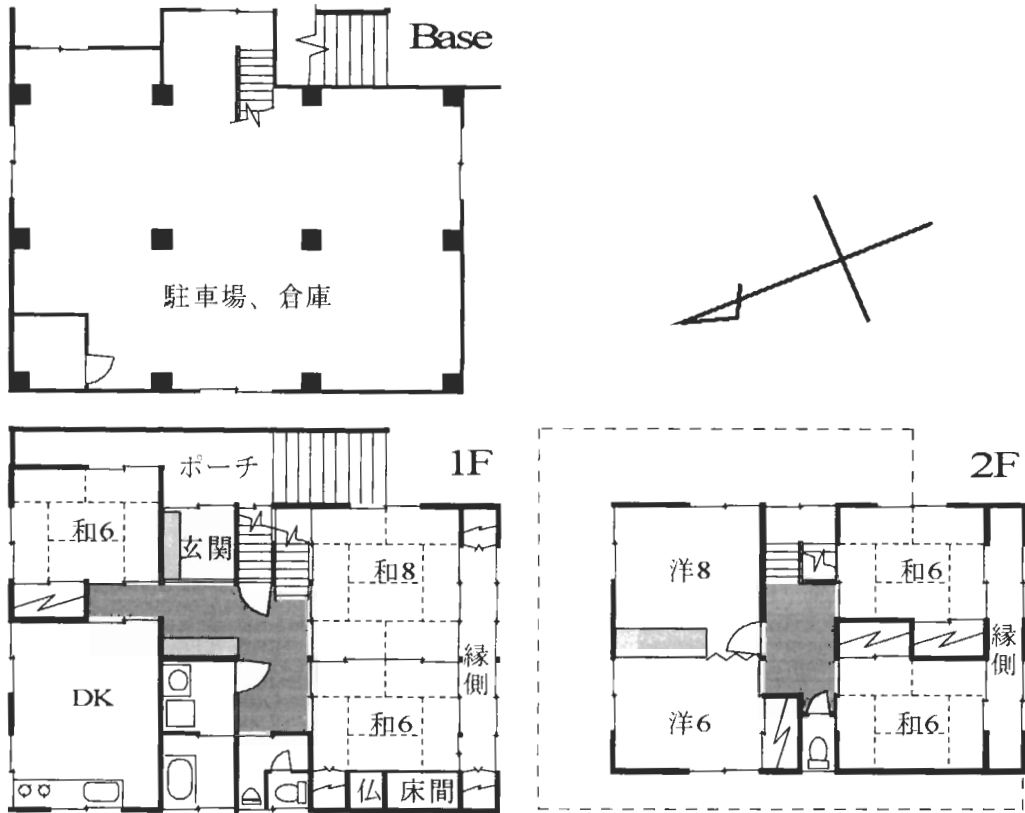


図 11 No.11 平面図

No. 12

(1) 仕様等

- ・ 築28年。玄関及びアトリエ部分は増築。
- ・ 1.65m 高基礎+木造軸組構法2階建て。
- ・ 屋根：鉄板葺きの寄せ棟屋根。
- ・ 外壁：化粧合板+板張り。
- ・ 内壁：殆どが土塗り壁。

(2) 主な被害

- ・ 基礎に一部亀裂が見られる。
- ・ 外壁は板張りのため被害を確認できず。
- ・ 内壁土塗り壁は角部の欠けや割れ等が中心。2階も同様だが軽微。
- ・ 階段室が若干広い吹き抜けになっており、階段手すりが割れて危険な状態。
- ・ 1階和室の畳が下がって、敷居等との間に段差が生じた。床下の大引きや根太に損傷は確認できず、原因は不明。
- ・ 1階和室柱の残留変形は、東側に最大10/1750rad、南側に3/1300rad程度。

(3) その他の情報

- ・ 和室の蛍光灯が横揺れて天井に激突したらしく、跡が残っていた。
- ・ No.11と同様、風呂場外壁が崩壊して既に補修済み。



写真 12.1 No.12



写真 12.2 1階和室に生じた段差

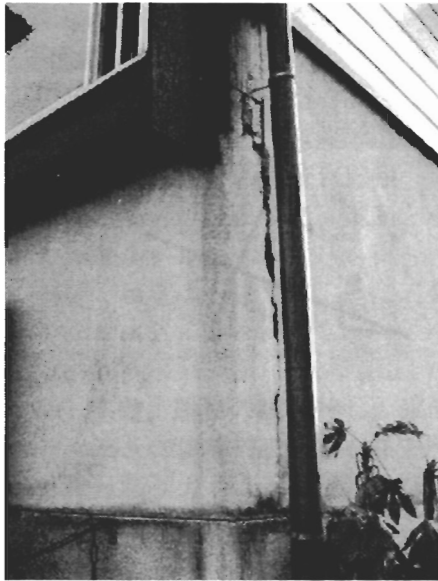


写真 12.3 基礎の亀裂

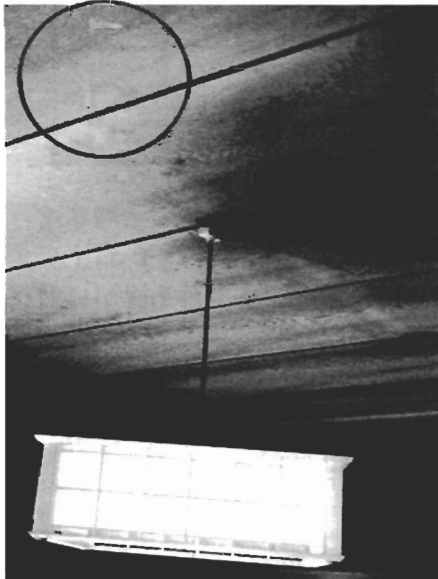


写真 12.4 天井に残った蛍光灯の跡



写真 12.5 1階トイレ内壁の損傷

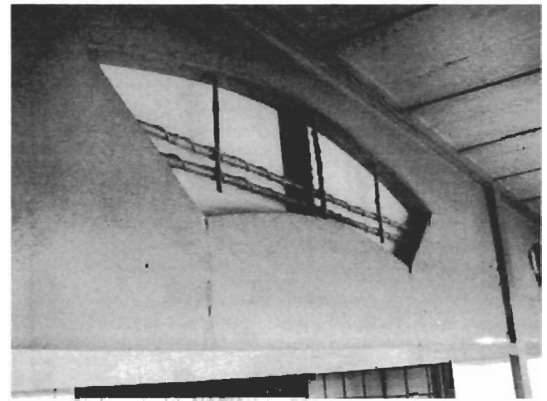


写真 12.6 土塗り壁の損傷 (1階廊下)

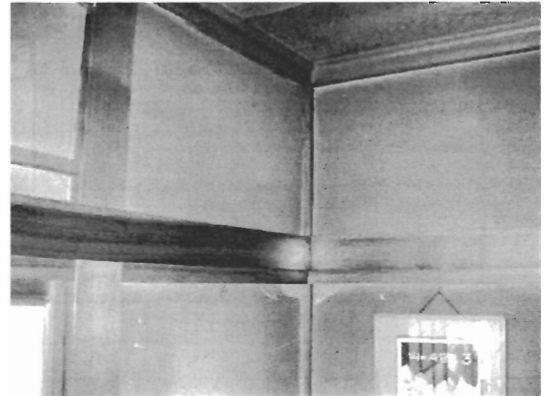


写真 12.7 土塗り壁の損傷 (1階和室)



写真 12.8 押入内壁の損傷 (2階和室)



写真 12.10 風呂場壁内の様子



写真 12.9 階段手摺の破壊



写真 12.11 床下の様子

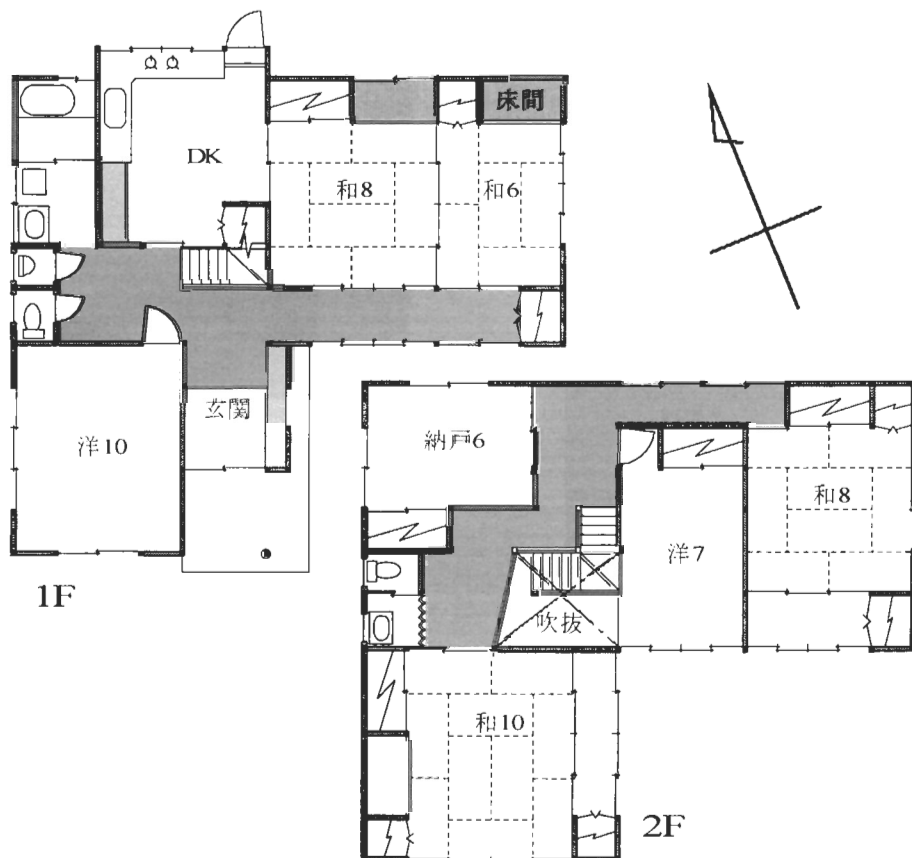


図 12 No.12 平面図

No. 13

(1) 仕様等

- ・ 昭和 63 年完成、築 17 年。
- ・ 1.80m 高基礎＋木造軸組構法 2 階建て店舗併用住宅（基礎部分が店舗）。
- ・ 屋根：鉄板葺きの片流れ屋根。
- ・ 外壁：鉄板サイディング。
- ・ 内壁：石膏ボード＋クロス（和室は土塗り壁）。

(2) 主な被害

- ・ 基礎、屋根、外壁の被害無し。
- ・ 1 階和室の土塗り壁角部に多少隙間が出来ているが、欠けや亀裂はない。
- ・ 階段室および 2 階の石膏ボード継ぎ目数ヶ所のクロスにしわ。2 階の方が変形が大きかったか。
- ・ 1 階風呂場の内装タイルが何枚か落下したが、既に修復済み。
- ・ 西側は道路に面しており、家とアーケードとが接合されている（この影響もあって揺れ方が違う？）。アーケードが若干西側にずれたのに引きずられて、西側壁面が剥がれるという被害有り。

(3) その他の情報

- ・ 2 階東側洋室のタンスが全て転倒。この家の東側半分は、基礎部分が RC 店舗では無く、普通の高基礎になっているが、この基礎の違いにより東西で揺れ方が異なっていた可能性がある（東側の居室の方が揺れが大きかったとの証言有り）。



写真 13.1 湯沢邸外観



写真 13.2 内装クロスのしわ（2階廊下）

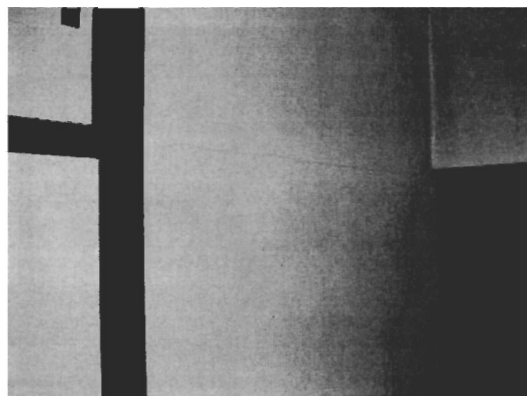


写真 13.4 内装クロスのしわ（2階洋室）



写真 13.3 西側壁面の剥離



写真 13.5 小屋裏の様子

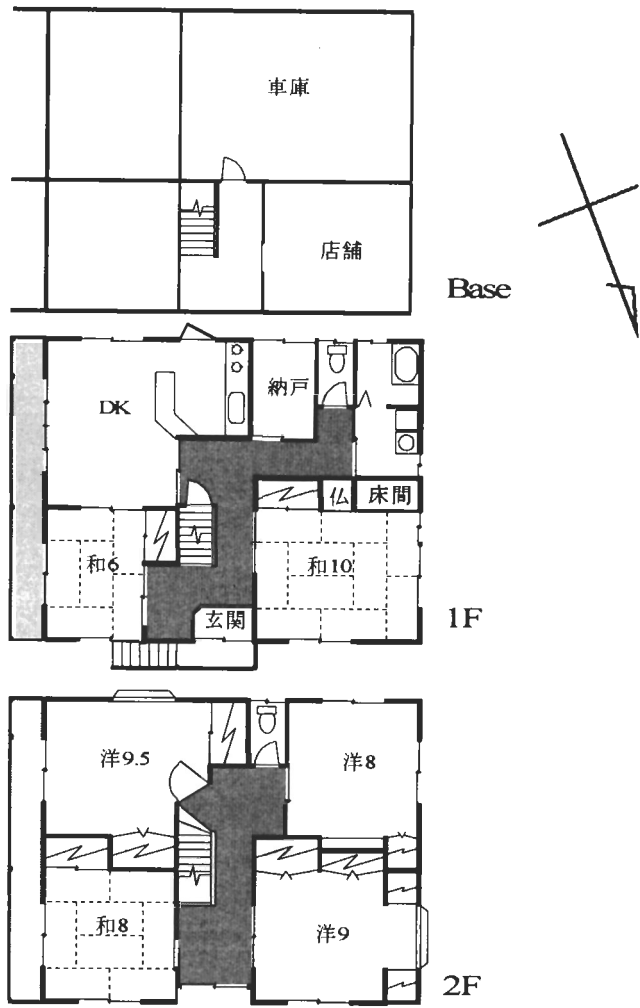


図 13 No.13 平面図

日本木材学会 木材強度・木質構造研究会
2004年度春期シンポジウム
新潟県中越地震における木造建築物の被害
日時:2005年3月18日(金)
京都

担当幹事 内迫貴幸、加藤英雄