

# 建築構造物の被害

加藤大介・土井希祐・中村友紀子

新潟大学工学部 建設学科 建築学コース

## 1 はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震では、川口町の震度7を始め多くの観測点で大きな震度を記録した。図1に調査地域と主な観測点の計測震度を示す。本報告では、建築物の被害として、はじめに地震動の各指標を示し、鉄筋コンクリート造建物および鉄骨造建物の被害調査結果、ある地域内のすべての建物を調査する悉皆調査結果を報告する。

## 2 観測された地震動

気象庁観測点及び震度計、防災科学技術研究所K-NET, KiK-net 観測点の波形記録の加速度応答スペクトルを図2に示す。建物の多くは固有周期が0.2～0.5秒程度であり、被害に影響を及ぼす周期はその3～4倍程度と考えられている。加速度応答スペクトルをみると短周期側が非常に大きいが、周期1～2秒では小さい地震動もあることがわかる。このことが、建物被害が計測震度や最大加速度の大きさ程には、被害が大きくなかった地区もあったと考えられる。

## 3 鉄筋コンクリート造学校建物の被害

本節では、鉄筋コンクリート造建物の被害について、特に木造建物の被害の大きかった震度VII地域の被害(3-1節)、震動による建物の被害(3-2節)、耐震補強の効果(3-3節)、基礎構造の被害(3-4節)および施工不良に起因する被害(3-5節)という観点に分類して報告する。

### 3-1 震度VII地域の被害

震度VII地域においてもRC造建物の被害は兵庫県南部地震と比べ少なかった。これは、RC造建物は比較的新しいものが多いこと、地震動の卓越周期が短周期側であったこと(神戸ほど建物に対して破壊力のある地震動ではなかった)、建物と地盤の相互作用により建物基礎には観測波形ほどの大き

さの入力が無かったこと、などが推測される。写真1は川口町の中でも特に木造建物の被害の大きかった田麦山地区の田麦山小学校(RC3F, 1984年竣工)であるが、躯体の被害は軽微である。建物の周辺は、地盤にひび割れが見られている(写真2)。

文献(1)によると、この地域の他のRC建物について以下のように報告されている。振動による構造被害としては、耐震壁のせん断ひび割れがあるが、一方向に生じているものが多い。また、柱の曲げひび割れも見られたが、近づかないと分か

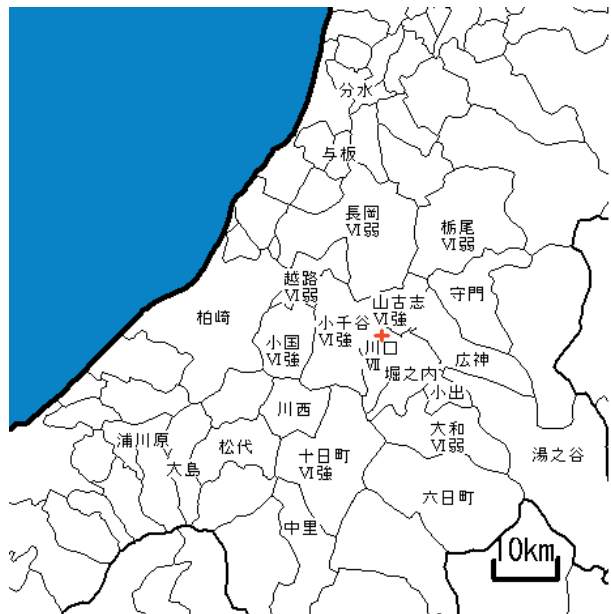


図1 調査地域と計測震度

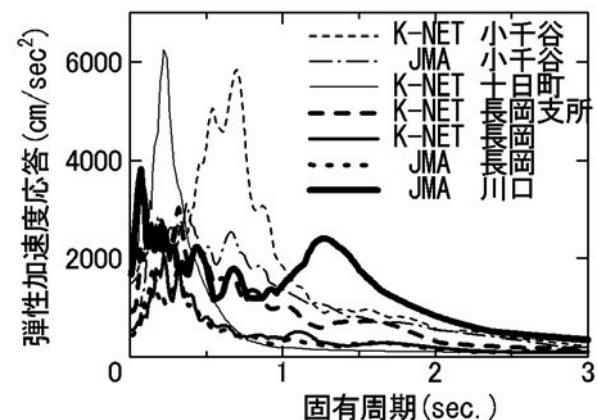


図2 加速度応答スペクトル

らない程度のひび割れで、残留変位も殆どない。振動による非構造部の被害としては、EXJ（駅スパンションジョイント）の損傷が目立っている。（引用終わり）

### 3-2 震動による学校建物の被害

鉄筋コンクリート造建物の被害は震度Ⅶ地域よりもむしろ小千谷市と十日町市の震度Ⅵ強地域で大きかった。これは、これらは比較的大きな市であり、古い建物が存在していたことが大きな理由であろう。本節では、これらの被害の内、震動が原因で中破程度の被害を受けた小千谷市の2つの学校建物の被害について紹介する。この2棟はいずれも小千谷市でRC造建物の被害が大きかったJR小千谷駅周辺に位置する。なお、文献[1]によれば、震度Ⅵ強以上の地域では、この2棟以外の学校建物の震動による被害はおおむね小破程度以下である。

#### (1) 東小千谷小学校 北棟 (RC3F, 1967年, 中破)

RC校舎は北棟(写真3)と南棟(RC3F, 1975年)からなる。東側と西側に屋内運動場を配した口の字型である。これらは建築計画上は連続しており、エキスパンションジョイントにより構造的に分離されている。各校舎の北側構面は、柱が垂壁と腰壁により短柱化しており、1階の柱にせん断ひび割れが生じているのが見られ、特に北側の校舎では一部の柱がせん断破壊した(写真4)。また南側校舎では、梁間方向の耐震壁にせん断亀裂が観察された。

#### (2) 東小千谷中学校 増築棟(RC4F, 1986年, 中破)

RC校舎は西側の校舎棟(RC4F, 1979年)とEXP.J.によってつながる東側に増築された棟(RC4F, 1986年, 写真5)からなる。校舎棟は梁間(南北)2スパン、桁行(東西)14スパンで、増築棟は梁間(南北)3スパン、桁行(東西)2スパンである。増築棟は1階部分がピロティー形式であり、北側の1スパンは、3, 4階でセットバックしている。増築棟は、1階ピロティー柱の柱頭で曲げ圧壊が生じ、一部では主筋が座屈しており、損傷のレベルでⅤ相当である(写真6)。文献(1)によると、コンクリートの損傷が激しい部分は、いずれも柱頭の西側に偏っており、主として東西方向の揺れによって生じた損傷であるものと考えられている。さらに、2階から上の増築棟と既存部の間のエキスパンションジョイントの間隔が地

震前より明らかに広がっていることから、増築棟が東側に変位したまま原位置に復帰していないことがわかる。(引用終わり)

### 3-2 学校建物における補強の効果

今回震度が大きかった地域には数少ないが耐震補強された建物が存在した。本節では震度Ⅵ強地域の十日町高校と十日町総合高校、および震度Ⅵ弱の長岡工業高等専門学校の調査結果を示す。結論から言えば、これらの学校では第2種構造要素ではない柱に被害が見られたり、地盤の変状の影響による被害がみられた。これらの影響がなければ被害は軽微であるが、震動自体の大きさは耐震補強の効果が試されるほどの大きさではなかったと考えられる。なお、文献(1)等によれば、この他に震度Ⅵ強以上の地域では、川口町の川口中学校特別教室棟・渡廊下棟(1975年, RC2F, 補強済み, 軽微)、山古志中学校(1971年, RC3F, 増設RC開口壁による補強, 地盤変状による大破, 2.4節で報告)が報告されている。また、震度Ⅵ弱の長岡地区にはさらにいくつかの補強事例があるが、いずれも大きな被害は報告されていない。

#### (1) 十日町高校 校舎1棟 (RC4F, 1974年, 軽微), 2棟 (RC4F, 1972年, 軽微, 写真7)

RC造は校舎2棟(第1棟(北側), 第2棟(南側))および、渡り廊下棟2棟(RC3F)からなる。このうち、校舎1棟と2棟はK型ブレースにて補強がされていた。いずれも3カ年計画で校舎2棟は2000～2002年で補強工事が完了し、校舎1棟が来年の夏休みに補強が完了する予定であったとのこと。構造的な被害は軽微であった。ただし、EXP.J.に被害有り。

#### (2) 十日町総合高校 管理棟 (RC3F, 1966年)

RC造は、管理棟(RC3F, 1966, Kブレース補強)、特別教室棟(RC3F, 1970)、工業科棟(RC3F, 1982)、農業科棟(RC3F, 1984)からなる。このうち、管理棟にK型ブレースによる補強がなされていた(写真8)。ただしこの補強された建物の北側は、ウォールガーダーにとりつく扁平な柱であり、極脆性柱である。これらの柱のほぼ全部にせん断ひび割れが観察された。特に2階の1本は被災度Ⅳ程度である(写真9)。耐震診断では第2種構造要素ではないと判断されていたと考えられる。補強されていない特別教室棟も同様の構造になっており、この棟でも北側の柱にせん断ひび割れがみられた。

他の2棟は北側も柱型でラーメンが構成されており、被害は軽微であった。

### (3) 長岡工業高等専門学校 4号館

長岡市西片貝町(悠久山の近く)の小高い山の上に位置し、主なRC校舎は1号館～6号館である。敷地は200×500mくらいの楕円であるが、台地周辺の盛土部分が沈下している。最も大きな被害は崖崩れにより基礎が露出している3号館であるが、これについては次節で述べる。4号館(RC4F)はK型ブレースにより補強が済んでいた(写真10)。補強数はかなり数が多かったが、2Fと3Fの梁に一方向のせん断ひび割れが計3本、外から観察された(写真11)。一方向なので、地盤の変状による不同沈下も考えられる。

## 3-3 学校建物における基礎構造の被害

今回の地震による被災地は中山間地と呼ばれる地域であり、建物も傾斜地に建てられているものが多い。従って、基礎構造の被害も多かった。ただし、この被害は建物上部には傾き以外は損傷が現れにくいため、詳細な調査を進めるに従って被害が顕在化する傾向がある。本節では、代表的な例を示す。

### (1) 山古志小学校 校舎・体育館棟(RC3F, 1980年, 基礎構造(杭)大破, 上部構造小破)

造成した山間地に位置する。校舎棟はRC3階で部分的に地下1階である。体育館棟はRC1階であるが、地下部分がピロティとなっている。校舎棟は長辺方向が東西、体育館棟は長辺方向が南北を向いており、両者は全体でL型を構成する一体の構造体となっている(写真12)。体育館の北側と校舎棟の南側は崖地になっている。

体育館棟に対して校舎棟が大きく沈下していた。さらに、校舎棟は西側に向かって不同沈下も認められた。校舎棟の最大沈下量は、26cmであった。また、体育館の北側は崖崩れにより165cm基礎が露出していた。一方、基礎の傾斜は校舎棟と体育館棟の継ぎ目のスパンが最も大きく0.022radであるが、この部分はコンクリートが鉛直方向にコールドジョイントとなっていて、そのジョイントが鉛直方向に60mmずれていた。

体育館棟の北側のがけが崩れ、PC杭(350φ, 中空(厚さ75mm), 軸方向筋6φ@130mm, 横方向筋の径は約2.3mm)が2本露出していたが(写真13,14)、2本とも激しくせん断破壊してい

た(写真15)。露出していなかった体育館棟の校庭側の2本を掘り出したところ、いずれも杭に縦割れが生じていた。校舎棟の杭は露出していなかったが、最も沈下が激しい南西隅角部(写真16)の杭を掘り出したところ、大きくせん断破壊していた(写真17)。上部構造が崖側(南側)に約20cmずれていた。

上部構造は、体育館棟の長辺方向の壁梁5本に損傷度ⅢあるいはⅣのせん断破壊がみられた他は被害が少なかった。

### (2) 山古志中学校 校舎棟(RC3, 1971年, 基礎構造(杭)大破, 上部構造中破)

造成した山間地に位置する。校舎棟の西側は崖地となっている(写真18)。東側は体育館棟とEXP.J.を介して接続しているが、体育館側は切土側、校舎棟が盛土側になっている。このEXP.J.部が約30cm離れており、校舎棟が西側に約30cm変位したことが推測される。また、校舎棟は崖地である西側に向かって不同沈下が認められ(写真19)、廊下部分で測定した沈下量によると、最大は37cmであった。基礎の傾斜は最も大きなスパンで評価すると0.03radであった。杭自体の損傷は確認できないが、大きな被害を受けていることが予想される。

上部構造は、B3型校舎(教室の間に柱が1本、長辺方向3構面)で、北側は幅の狭い扁平な柱である。2004年10月に南構面1階の1カ所に鉄筋コンクリート増設壁による補強がなされている。被害は基礎の傾斜の激しかった部分に集中しており、柱のせん断破壊が主である。損傷度Ⅴの柱が3本、Ⅳの柱が2本であった。

### (3) 長岡工業高等専門学校 3号館(RC3F, 1969年, 基礎構造大破, 上部構造中破)

敷地等は前節で説明してある。3号館は崖が崩れ出す領域にあり、建物の南東側は地盤の沈下が見られないが、北西側は周辺地盤が20～30cm低下している(写真20)。文献(1)によれば、地盤滑りにより、3階建物と2階建物の接合部のスラブおよび梁が破断により離れていた。また、地盤の隆起・沈下および移動が生じ、建物も移動していた。(引用終わり)

## 3-4 施工不良に起因する被害

震度がⅥ弱地域でも大きな被害を受けた学校建物がある。ただし、調査を行うと、施工不良のた

めの局所的な損傷であることも多い。ここでは、栃尾市東谷小学校の例を示す。文献(1)によれば、大和町の国際情報高等学校や越路町の越路中学校にも同様の被害が報告されている。

栃尾市東谷小学校校舎棟(RC3F, 1969年, 上部構造小破)は、長辺方向のラーメンの中央部のみAタイプ型校舎(1教室分の9mスパンの中央に柱がないタイプ)になっており、1~3階のこの部分の北側ラーメンに被害が集中した。1階は損傷度Vのせん断破壊柱(写真21)があるがこれはコンクリートの打設状態が不良であった(写真22)。なお、この建物は直接基礎であるが、西側部分で地盤沈下が認められている。

#### 4 学校以外の鉄筋コンクリート造建物の被害

学校以外の鉄筋コンクリート造建物は学校に比べ被害が大きいものがあった。これらは比較的古いものである。ここでは病院の被害例と民間建物の被害例を2棟ずつ示す。文献(1)によれば、これらの他に小千谷市に3棟の大破建物が報告されている。

##### 4-1 病院建物の被害

(1) 小千谷総合病院 書庫棟(RC3, 1968年, 大破)

小千谷総合病院の病棟(RC7F)の北西側に平面上張り出したRC造3階建ての部分があり、書庫として利用されている(写真23)。この書庫棟の1階にせん断破壊後に圧壊した柱が2本あった(写真24)。この柱には主筋に $\phi 29$ が、フープに $\phi 9@150$ (フック $90^\circ$ )が使われていた。

(2) 十日町病院 病棟(RC6F, 1972年, 中破)

十日町の中心街の県立病院。新しい診療棟と古い病棟からなる(写真25)。病棟はL型で1, 2, 3階までセットバックしており、3階から6階までは長方形の建物(高層棟)となっている。被害は2, 3階に集中している。2階は高層部分の長辺方向北側柱がせん断破壊し(写真26)、2階建て部分の東側の柱にせん断ひび割れがみられた。また、高層部分の短辺方向連層耐震壁の2階の脚部の柱にせん断による圧壊がみられた。

##### 4-2 民間建物の被害

(1) 小千谷中心街のA商店(RC3F, 写真27)

道路に沿った方向(東西方向)の被害が大きく、1階柱脚部に梁間方向の曲げ破壊が見られた。一

番手前の柱の詳細を写真28に示す。東西方向の柱脚ヒンジ領域のせん断破壊で、主筋の座屈が見られる。柱の断面は $520 \times 580$ (桁行方向 $\times$ 梁間方向)で、主筋は $\phi 22$ を、フープは $\phi 9@150$ (フック $90^\circ$ )を使用していた。

(2) 十日町中心街のB建物(RC4F, 1972年, 大破)

十日町の中心街117号沿いの $8 \times 3$ スパンの建物(写真29)。周囲の建物の損傷はさほど大きくないが、この建物は1階部分が大破している。117号沿いの短辺方向の構面の柱がせん断破壊し、ほぼ全部の主筋が露出している(写真30)。117号と反対側の構面には階段室があり、その周辺の柱の損傷は小さい。ねじれによる影響が考えられる。

#### 5 鉄骨造体育館の被害

##### 5-1 主な被害

今回の地震では、本震の震源地である川口町において、計測震度としては初めて震度VIIが観測されたほか、震源地およびその周辺で大変大きな震度および地動加速度が観測された。しかしながら、調査対象地域においては、柱、梁、柱梁接合部などの構造躯体に大きな損傷を受け、長期間使用不能となるような鉄骨造建物はほとんど殆どなかった。このことについては、入力地震動の性質、地盤と建物の相互作用、設計積雪荷重をはじめとする諸要因との関連について今後検討する必要があると考えられる。よく見受けられた構造躯体の被害として、引張ブレースとして設計された軸組ブレース材の座屈、破断、ブレース端部の高力ボルトのすべり、高力ボルト使用箇所における塗料の剥離、屋根面ブレースの伸びによる残留変形、露出形式柱脚のアンカーボルトの伸び出しやRC立ち上がり部コンクリートの損傷などがあげられる。また、地盤変状に起因する基礎構造の損傷を受けた鉄骨造建物も見受けられた。このほか、構造躯体の被害とは直接関係ないものの、ALC版など内外装材の落下、サッシやガラスの破損など、非構造部材の被害が多数の見受けられた。ここでは、典型的な被害の例を示す。

(1) 川口町公民館(RC+S3F, 写真31)

梁間の門形フレームの柱脚はH形鋼露出柱脚であり、桁行にはブレースが配置されている。文献(1)によれば、 $[-180 \times 75 \times 7 \times 10.5$ の2枚重ねの

X形筋違が端スパンに配置され、筋違中間部が面外にはらみだし（写真 32）、ガセット PL-16 の損傷、ボルトのすべりが認められた。筋違構面の柱脚ではアンカーボルトが伸びて折れ曲がりっていたが、コンクリート部分には損傷は認められなかった。また、アリーナの高くなった部分での天井仕上げ材、鋼製下地やスピーカーが落下していた（体育室部分の 20～30%に相当）。野縁受けと野縁との間はクリップ止めであり、天井が大きく揺れた際に損傷が生じたと考えられる。なお、1階 RC 部分、ギャラリー一部分やステージ桁面のガラスに破損は認められなかった。（引用終わり）

#### (2) 長岡市の事務所兼住宅（建物 C）

架構形式はラーメン構造、3層、桁行き方向 4 スパン×梁間方向 1 スパン、1層はピロティーとなっている。柱は角形鋼管（□-300×300×9）である。柱脚は、ベースプレート PL-400×400×16、アンカーボルト 4×M16、RC 立ち上がり部は、断面 500mm×500mm、高さ 600mm、主筋 4-D16、帯筋 D10@100 である。RC 立ち上がり部の帯筋端部は 90° 折り曲げ、重ね長さ約 400mm となっていた。被害は、片側の桁行き構面柱脚 4カ所で大きく、アンカーボルトの伸び出し、ベースプレートの水平ずれ、RC 立ち上がり部のせん断破壊（写真 33）等であった。

#### (3) 川口小学校体育館（写真 34）

3階建て、1FがRC造で食堂、アリーナ部の下部はRC造、上部はS造でギャラリーが廻り、張間方向はトラス梁、テーパ柱の門形骨組である（写真 34）。桁行方向（南北方向）の端スパンにX形筋違（H-150×150×6×9）が配置してあり、いずれも座屈し、東側の桁面では総てのサッシュが、西側では筋違構面に隣接する1構面のサッシュがはらみだして窓ガラスが破損していたが、屋根材や柱、梁部材には損傷は認められなかった。東側の筋違構面では筋違交差部でフランジ破断して破損部は塗料がはがれ、部材中央部で撓んでいた（写真 35）。フランジは裏当て金無し形突合せ溶接で、この構面では構面内座屈であったが、反対側（西側、運動場側）の構面では継手部での構面外座屈が生じていた。床は整理してあったが、天井照明 18 機器中 4 機器が落下していた。体育館の外部では筋違が破断した桁行面のガラスが破損して散乱し、軒裏天井板が 2 箇所落下していた（これらは余震時に落下）。また、これらの筋

違構面の外部では鉄骨脚部下のコンクリート柱頭総てに B.P. 位置での横亀裂と支圧による亀裂が生じていた（写真 36）。

### 5-2 耐震補強の効果

調査建物の中に耐震補強工事実施済の学校体育館が 4 棟含まれていたが、震度 VII 地域にあった川口中学校体育館を含めて全棟が無被害または軽微な損傷に止まっていた。川口中学校体育館はゲビオン屋根で、アリーナ下部 RC 造、上部 S 造の 2 階建てである（写真 37）。桁行方向には 4 対の筋違（柱外フランジ位置、間柱付 2 連 X 形）が元々配置されてあったが、耐震補強により V 形鋼管筋違が体育室部分の全構面に設けられている（写真 38）。校舎内部や体育館との EXP.J. でカバーの脱落などの若干の損傷であった。

## 6 悉皆調査

### 6-1 調査概要

日本建築学会災害委員会では調査対象地区の全ての建物の調査を行う悉皆調査を行った。新潟大では新潟工科大学、新潟ポリテクカレッジと共同で、長岡市、栃尾市および柏崎市の 17 の地域で建築物被害の悉皆調査を実施した（2）。ここで、調査建物の約 95% を占める長岡市の調査結果について報告する。

#### (1) 調査地域と調査建物数

調査地域は応急危険度判定が実施された町を中心に選定した。調査棟数は 1072 棟である。図 3 に示した被害率とあわせて調査地域と調査建物棟数を示す。調査区域は各町全域ではないが、可能な限りその地域の被害程度の平均的な範囲とし、算定される被害率はその町の被害と食い違いが起きないように選択し調査した。ただし、栖吉、悠久、御山などでは非常に限られた範囲となっている。

#### (2) 調査日程と調査人数

調査日程は、2004 年 10 月 29 日から 11 月 8 日までの 4 日間、調査は 2-3 人 1 班とし、計 15 名で行った。

#### (3) 調査方法

調査シートはこれまでの被害調査に使用したものを中越地震用に修正して使用した（1）。調査項目は、建築年、建築用途、構造種別、建物階数、主被害階、屋根形式、屋根被害、基礎形式、基礎被害、地盤変状、破壊パターンである。破壊パターンは岡田・高井による破壊パターンチャートを使



図3 各地域の被害率

表1 悉皆調査 各地域ごとの被害率

	無被害	一部損壊	半壊	全壊 (全壊率(%))
妙見町	18	30	9	3 (5.0%)
六日市町 中瀧町	29	97	23	53 (26.2%)
三俵野町 大川原町	38	34	3	3 (3.8%)
滝谷町	18	43	13	9 (10.8%)
村松町	10	73	2	4 (4.5%)
十日町	18	116	1	2 (1.5%)
鉢伏町	33	2	1	0 (0.0%)
川崎4	56	11	0	0 (0.0%)
堀金3	47	9	0	0 (0.0%)
山田2	11	14	0	0 (0.0%)
表町	14	21	0	0 (0.0%)
中沢2	30	64	1	3 (3.1%)
横枕町	3	37	2	5 (10.6%)
栢吉町	1	14	1	8 (33.3%)
悠久町 御山町	2	11	7	4 (16.7%)

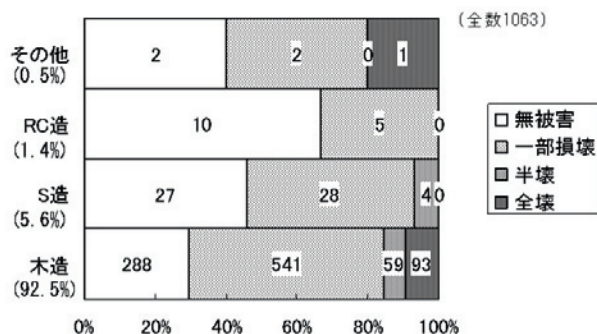


図4 構造種別ごとの被害率

用した(3)。外観調査であり、建築年代は、聴取が困難であったためほとんどが調査者の推定である。調査対象は、妙見町、中瀧町、六日市町、大河原町・三俵野町のみ車庫や蔵など付属屋も調査範囲とし、その他の地域では調査対象外とした。

## 6-2 建物被害

### (1) 調査地区別被害率

調査結果を表1、図3に示す。図3中の円グラフは、円の大きさが調査棟数に比例している。六日市町・中瀧町、三俵野町・大川原町、悠久町・御山町は、境界線が入り組んでおり連続した住宅地となっている事等の理由であわせて示した。

地震動の振動による被害は、六日市町、中瀧町、滝谷町が多かった。この地域を含む全域で瓦屋根のずれが多くみられた。また、地盤の変状による建物の傾斜等の被害が目立ったことが特徴としてあげられる。これに伴い基礎コンクリート部分の被害も多くみられた。栢吉町の調査区域では、宅地化される以前に沢だった部分の先端が崩れており、続く部分も1mほど移動していた。これに伴って生じた被害が中心であった。

図4に構造種別ごとの被害率を示す。鉄骨造(S造)、鉄筋コンクリート造(RC造)では全壊はなく、被害率も低かった。しかし、S造、RC造ともに木造と比較して絶対数が非常に少ないことに注意が必要である。

## 7 まとめ

### 7-1 RC造の被害

(1) 震度7地域においてもRC造建物の被害は兵庫県南部地震と比べ少ない。これは、RC造建物は比較的新しいものが多いこと、地震動の卓越周期が短周期側であったこと、建物と地盤の相互作用により建物基礎には観測波形ほどの大きさの入力が無かったこと、などが推測される。

(2) 学校校舎の損傷は全般的に大きくなかった。損傷が目立ったのは一部の校舎でありその数は多くない。

(3) 耐震補強されていた学校もあり、それらは概して被害が少なかったが、耐震補強の成果が試されるほどの大きな地震動ではなかったと考えられる。

(4) 震度VI弱地域でも、地盤変状による被害が多かった。

(5) 震度VI弱地域でも、施工不良が原因と見られる損傷があった。

(6) 学校校舎以外の鉄筋コンクリート建物については、全般に学校校舎より構造体の損傷は大きかった。これらは古い建物が多く、構造部材の損傷の種類は、柱のせん断破壊が主であった。

## 7-2 鉄骨造の被害

(7) 調査対象地域においては、柱、梁、柱梁接合部などの構造躯体に大きな損傷を受け、長期間使用不能となるような鉄骨造建物はほとんど殆どなかった。このことについては、入力地震動の性質、地盤と建物の相互作用、設計積雪荷重をはじめとする諸要因との関連について今後検討する必要があると考えられる。

(8) よく見受けられた構造躯体の被害として、引張ブレースとして設計された軸組ブレース材の破断、座屈、ブレース端部の高力ボルトのすべり、高力ボルト使用箇所における塗料の剥離、屋根面ブレースの伸びによる残留変形、露出形式柱脚のアンカーボルトの伸び出しやRC立ち上がり部コンクリートの損傷などがあげられる。また、地盤変状に起因する基礎構造の損傷を受けた鉄骨造建物も見受けられた。

(9) このほか、構造躯体の被害とは直接関係ないものの、ALC版など内外装材の落下、サッシやガラスの破損など、非構造部材の被害が多数見受けられた。

## 7-3 悉皆調査

(10) 2004年新潟県中越地震による長岡市の建物被害調査概要、および調査結果を示した。地盤

の変状やそれに伴う住宅基礎の被害が多く見られた。

### 謝辞

本報告では文献(1)に掲載された写真を中心にいくつか使わせて頂きました。名前は掲載写真とともに示してあります。また、同じく文献(1)の内容を引用させて頂きました。調査には筆者ら以外に南部正樹技術職員、自然科学研究科大学院生の協力を得ました。悉皆調査については、日本建築学会災害委員会災害調査WGによる建物被害の悉皆調査のうち新潟支所が担当したものの一部をまとめたものです。調査にあたっては、多くの地域住民の方々から協力を得ました。関係各位に謝意を表します。

### 参考文献

- (1) 日本建築学会北陸支部, 2004年10月23日新潟県中越地震の災害調査速報, 2004年12月
- (2) 中村友紀子, 中野克彦, 時田一雄, 2004年新潟県中越地震による長岡市の建物被害, 日本建築学会北陸支部大会, 2005年7月(投稿中)
- (3) 岡田成幸, 高井伸雄, 地震調査の為の建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文報告集, 第524号, pp.65-72. 1999年10月



写真1 川口町立田麦山小学校 外観



写真2 田麦山小学校の周辺地盤の変状



写真3 小千谷市立東小千谷小学校(北棟)



写真4 東小千谷小学校(北棟)の1階の柱



写真5 小千谷市立東小千谷中学校(増築棟)



写真6 東小千谷中学校増築棟のピロティー柱の曲げ圧壊



写真7 十日町高校第2棟（RC4F, 補強済み）の北面の外観。被害は軽微



写真8 十日町総合高校管理



写真9 2F北側構面の柱のせん断破壊（IV）



写真10 長岡高専4号館はKブレースにより補強がされていた



写真11 長岡高専4号館のはりの一方せん断ひび割れ



写真12 山古志小の全景を西から見る。右側が校舎棟。左側が体育館棟。両者は構造的に一体となっている。左右は崖地。



写真13 体育館棟の北側の崖が崩れ、北面の基礎が露出していた。杭はせん断破壊していた。ただし、体育館棟の傾きは少ない。



写真14 写真13の右から2番目の基礎。PC杭（350φ、中空（厚さ75mm）、軸方向筋6φ@130mm、横方向筋の径は約2.3mm）



写真15 写真14の右の杭の詳細。PC杭でφ350。中空部とコンクリートが充填してある杭頭補強部の境でせん断破壊。



写真16 校舎棟の南西隅角部から北側をみる。向こうが体育館棟。校舎棟は体育館棟に比べ建物の傾斜が大きく。この部分の建物の不同沈下および地盤の沈下が最も大きい。



写真17 写真16部分を掘り出したところ、大きく破損していた。「横山光浩氏（細貝建築事務所）撮影」



写真18 山古志中学校校舎棟の北面。向こう（西）側に向かって不同沈下が激しい。





写真19 山古志中学校校舎棟の南面。左(西)側に向かって断続的に地盤沈下



写真20 長岡工専3号館の地盤沈下による基礎の露出(右が崖地)



写真21 栃尾市東谷小学校の柱のせん断破壊



写真22 写真21の詳細(ジャンカが認められる)



写真23 小千谷総合病院の北西側張り出し部分:1Fの柱がせん断破壊し、軸耐力を失っている。柱の詳細は次の写真。



写真24 1Fの柱がせん断破壊し、軸耐力を失っている



写真25 十日町病院の全景(中央が病棟)



写真26 十日町病院の2F長辺方向柱のせん断破壊「高橋義道氏(高橋構造企画設計)撮影」



写真27 建物Aの外観(小千谷市、手前の道路が117号)



写真28 建物Aの柱脚の被害



写真29 建物Bの外観(小千谷市、手前の道路が117号)「小林克巳教授(福井大学)撮影」



写真30 建物Bの柱のせん断破壊「梶井照仁氏(建構造研究所)撮影」



写真 31 川口町公民館の全景



写真 32 川口町公民館のブ  
レースの座屈



写真 33 長岡市の事務所兼住宅  
(建物C)の柱脚の被害



写真 34 川口小学校体育館全景



写真 35 川口小学校H型鋼  
ブレースの破断



写真 36 川口小学校柱脚部コン  
クリート亀裂「福井工業大学  
辻岡静雄教授撮影」



写真 37 川口中学校の体育館全景



写真 38 川口中学校 元々のXブ  
レースの他にVブレースの補強  
がされている