5.4 鉄筋コンクリート造等建築物の被害

5.4.1 はじめに

東北地方太平洋沖地震による鉄筋コンクリート造や鉄骨鉄筋コンクリート造建築物等の地震動被害の概要と特徴を把握するために、岩手県、宮城県、福島県、茨城県において被害調査を行った。本節ではその結果と、今回の地震動被害の特徴や分類をまとめて示す。

5.4.2 調査内容

東北地方太平洋沖地震の被害は広範囲に及んでいることに鑑み、できるだけ早期に被害の概要と特徴を把握するために、表 5.4-1 に示す震度 6 弱以上が観測された地点の都市部を主体に調査を行うこととした。今回は、限られた地域の調査となるが、ほとんどの観測点の加速度応答スペクトルが、短周期側で応答加速度が大きくなる特徴を有する（4.3 節参照）ことから、被害調査を行った地点以外においても、類似した加速度応答スペクトルが得られた地点であれば、被害状況が大きく異なることはないと想定し、調査地を決定した。調査を行った地域は、岩手県遠野市、宮城県仙台市青葉区・若林区・宮城野区、福島県福島市・二本松市・郡山市・三春町・須賀川市・白河市、茨城県日立市・笠間市・鉾田市であり、これらの地域の地震動被害について調べた。

表 5.4-1 東北地方太平洋沖地震により震度 6 弱以上を記録した観測点 [5.4-1)]

岩手県	6 弱	奥州市衣川区＊、奥州市胆沢区＊、奥州市前沢区＊、一関市室根町＊、一関市千厩町＊、一関市花泉町＊、一関市山目＊、花巻市大迫町、矢巾町南矢幅＊、滝沢村鵜飼＊、釜石市中妻町＊、大船渡市猪川町、大船渡市大船渡町
宮城県	7	栗原市築館＊
	6 強	大衡村大衡＊、東松島市矢本＊、塩竈市旭町＊、仙台宮城野区苦竹＊、山元町浅生原＊、宮城川崎町前川＊、蔵王町円田＊、名取市増田＊、大崎市鹿島台＊、大崎市古川北町＊、大崎市古川三日町、登米市南方町＊、登米市米山町＊、栗原市若柳＊、涌谷町新町
	6 弱	富谷町富谷＊、大和町吉岡＊、利府町利府＊、松島町高城、東松島市小野＊、石巻市鮎川浜＊、石巻市北上町＊、石巻市門脇＊、石巻市泉町、仙台若林区遠見塚＊、仙台宮城野区五輪、仙台青葉区落合＊、仙台青葉区雨宮＊、仙台青葉区作並＊、仙台青葉区大倉、亘理町下小路＊、大河原町新南＊、岩沼市桜＊、角田市角田＊、仙台空港、南三陸町歌津＊、南三陸町志津川、登米市迫町＊、登米市豊里町＊、登米市東和町＊、登米市中田町、栗原市栗駒、気仙沼市赤岩
福島県	6 強	新地町谷地小屋＊、浪江町幾世橋、双葉町新山＊、大熊町下野上＊、富岡町本岡＊、楢葉町北田＊、鏡石町不時沼＊、二本松市針道＊、須賀川市八幡町＊、須賀川市岩瀬支所＊、白河市新白河＊
	6 弱	猪苗代町千代田＊、南相馬市小高区＊、南相馬市鹿島区＊、飯舘村伊丹沢＊、川内村上川内早渡＊、川内村上川内小山平＊、福島広野町下北迫大谷地原＊、相馬市中村＊、いわき市平梅本＊、いわき市錦町＊、いわき市三和町、いわき市小名浜、福島伊達市前川原＊、田村市滝根町＊、田村市都路町＊、田村市常葉町＊、田村市大越町＊、小野町小野新町＊、小野町中通＊、浅川町浅川＊、玉川村小高＊、棚倉町棚倉中居野、矢吹町一本木＊、中島村滑津＊、西郷村熊倉＊、川俣町五百田＊、桑折町東大隅＊、二本松市油井＊、二本松市金色＊、須賀川市長沼支所＊、須賀川市八幡山＊、白河市表郷＊、郡山市湖南町＊、郡山市開成＊、郡山市朝日
栃木県	6 強	高根沢町石末＊、市貝町市塙＊、真岡市石島＊、宇都宮市白沢町＊、大田原市湯津上＊
	6 弱	栃木那珂川町小川＊、栃木那珂川町馬頭＊、那須烏山市大金＊、那須烏山市中央、芳賀町祖母井＊、真岡市荒町＊、真岡市田町＊、那須塩原市あたご町＊、那須塩原市鍋掛＊、那須町寺子＊、大田原市本町＊
茨城県	6 強	鉾田市当間＊、筑西市舟生、小美玉市上玉里＊、那珂市瓜連＊、常陸大宮市北町＊、笠間市中央＊、高萩市本町＊、日立市十王町友部＊、日立市助川小学校＊
	6 弱	つくばみらい市加藤＊、常総市新石下＊、鉾田市汲上＊、鉾田市造谷＊、鉾田市鉾田、桜川市真壁＊、桜川市岩瀬＊、行方市玉造＊、行方市山田＊、行方市麻生＊、かすみがうら市上土田＊、筑西市門井＊、稲敷市結佐＊、稲敷市役所＊、坂東市山＊、美浦村受領＊、潮来市辻＊、茨城鹿嶋市宮中＊、茨城鹿嶋市鉢形、つくば市苅間＊、つくば市天王台＊、取手市井野＊、石岡市石岡＊、石岡市柿岡、土浦市下高津＊、土浦市常名、小美玉市堅倉＊、小美玉市小川＊、城里町阿波山＊、城里町石塚＊、那珂市福田＊、常陸大宮市山方＊、常陸大宮市野口＊、常陸大宮市中富町、東海村東海＊、茨城町小堤＊、ひたちなか市東石川＊、ひたちなか市南神敷台＊、笠間市下郷＊、笠間市石井＊、北茨城市磯原町＊、高萩市安良川＊、常陸太田市高柿町＊、常陸太田市金井町＊、日立市役所＊、水戸市内原町＊、水戸市中央＊、水戸市千波町＊、水戸市金町
群馬県	6 弱	桐生市元宿町＊
埼玉県	6 弱	宮代町笠原＊
千葉県	6 弱	印西市笠神＊、印西市大森＊、成田市花崎町

＊のついている地点は、地方公共団体または防災科学技術研究所の震度観測点を表す。赤色で示した市は今回調査を行った市を示す。

5.4.3 調査結果

調査を行った地域における、鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の地震動被害を以下に示す。

(a) 岩手県遠野市（最大震度 5 強）

1) 遠野市役所

遠野市役所庁舎中央館は昭和 38 年に竣工された 3 階建て鉄筋コンクリート造建築物(Is=0.30)である。平面は 3×6 スパンで梁間中央 2 構面は一部柱抜けしている。遠野市は東北地方太平洋沖地震において震度 5 強を記録しており、K-NET 遠野の最大加速度が 469gal である。柱は 600mm×500mm 及び 500mm×500mm の二種類であり、柱主筋はφ19、 せん断補強筋はφ9@250mm である。トイレ部分 3 本の柱が極脆性柱(h_0/D=1.2)、北側構面柱はすべて腰壁付き短柱(h_0/D=2.6)となっている。

本建築物は 2003 年三陸南地震(気象庁震度 遠野市 6 弱、K-NET 遠野 最大加速度 434gal において被災しており、日本建築学会 東北支部地震災害調査 WG 速報会において独立行政法人建築研究所及び国土技術政策総合研究所の調査グループは初動調査の概要を報告している(http://www.disaster.archi.tohoku.ac.jp/Saigai/tohoku/SWG2-2(saito).pdf)。そこでは極短柱 2 本のせん断破壊、北側構面せん断柱 1 本の打継ぎ部分の破壊、耐震壁のせん断ひび割れ(ひび割れ幅 2mm 程度)が報告されている。地震被災後にせん断ひび割れの入った柱においてかぶりコンクリートの打ち直し、鉄骨柱(H 形鋼を柱に外付けする)による応急的な補強を実施している。また、東北地方太平洋沖地震での被害調査結果より再びせん断破壊したトイレ部分の柱のせん断補強筋間隔はφ9@125mm となっていた。

被災度区分判定結果を図 5.4-1 に示す。東北地方太平洋沖地震により 1 階においてトイレ部分の極脆性柱 2 本、北側構面せん断柱 4 本、内部耐震壁 1 枚がせん断破壊していた。その他に片側に腰壁剛域を有する短柱、南側構面長柱の一部にせん断ひび割れが見られた。鉄骨柱による応急補強は極脆性柱では 2003 年三陸南地震と同様の被害を被ったため、明確な効果があったとは言えないが、北側構面のせん断柱では鉄骨柱を柱両脇にも付帯させており、周りの短柱に比べて被災度小さくなった。ただ、柱両脇の鉄骨柱をアンカーしている柱脚部分のコンクリートが破壊していた。架構内部の長柱及び西側の耐震壁 2 枚にはひび割れが見られなかった。また、南側構面 2 階の腰壁付き短柱にも大きなせん断ひび割れが観察されている。被災度区分判定はせん断柱が大きく被災している桁行方向に行った。調査部材数はせん断柱 10 本(Ⅴ:6 本、Ⅳ:1 本、Ⅲ:2 本、0:1 本)、曲げ柱 8 本(Ⅳ:1 本、Ⅱ:2 本、0:5 本)、両側柱付き壁 3 枚(Ⅴ:1 枚、0: 2 枚)であり、大破と判定される(耐震性能残存率 R は 57.8%)。

図 5.4-2 に 2003 年三陸南地震及び東北地方太平洋沖地震における K-NET 遠野の加速度応答スペクトルの比較を示す。K-NET 遠野観測点は市役所から 1km 程度北東に位置している。本建築物の略算弾性周期(T=0.02H(s)、H:建築物高さ(m))は 0.2 秒であり、同じ周期で比較した場合、0.2 秒までの短周期領域ではほぼ同じレベルであるが、0.2 秒以降の周期帯では東北地方太平洋沖地震で応答加速度が大きい。本建築物では今回より大きな被害が見られたことから、周期がある程度延びていたものと考えられる。

（a）南側構面　　（b）北側構面

写真 5.4-1 遠野市役所 外観

（a）南側構面　　（b）北側構面

写真 5.4-2 応急補強した柱の被害状況

（a）耐震壁のせん断破壊　　（b）短柱せん断破壊　（c）長柱せん断ひび割れ

写真 5.4-3 柱及び耐震壁の被害状況

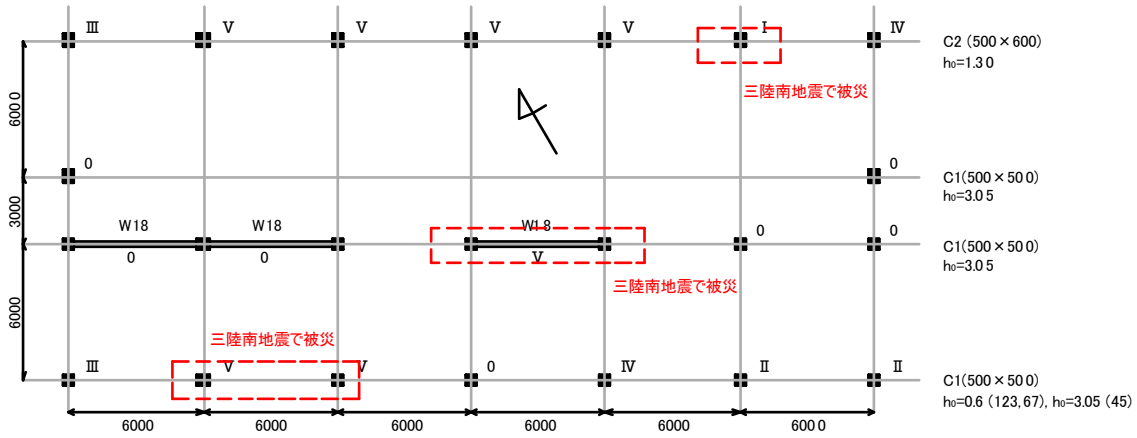


図 5.4-1 遠野市役所 被災度区分判定

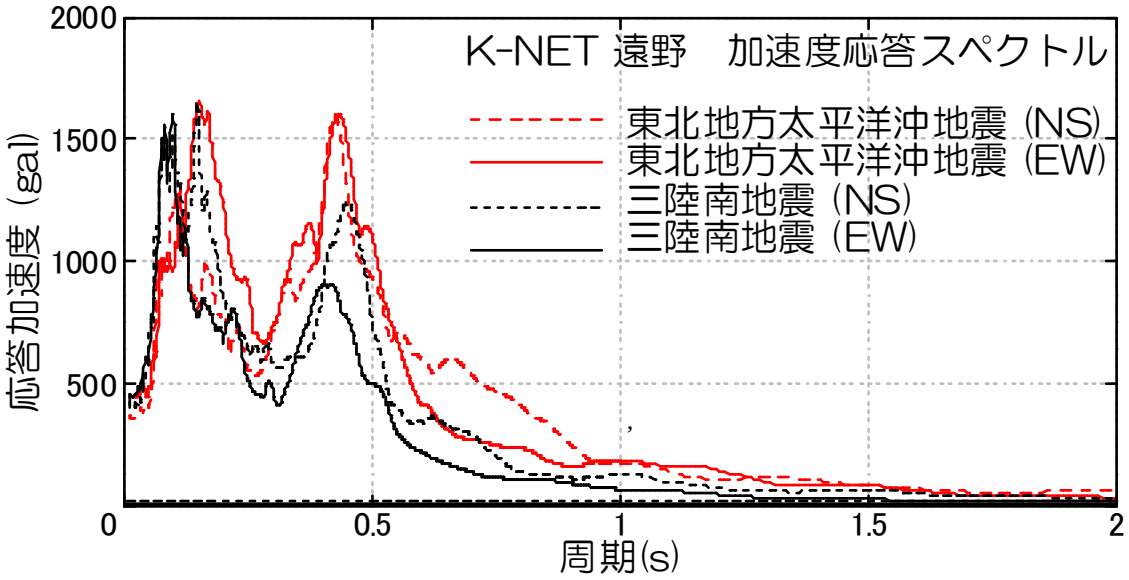


図 5.4-2 K-NET 遠野における加速度応答スペクトル

(b) 宮城県仙台市青葉区 (最大震度 6 弱)

青葉区役所建設部街並み形成課にて、建築物の被害概要及び個々の建築物の被害について情報収集を行った。応急危険度判定は日本建築構造技術者協会の支援を受けて実施され、3 月 23 日までの結果は、「危険 (赤)」が RC 造で 18 棟、S 造で 34 棟ある。そのほとんどが外装材等の落下の危険性が存在するというものであった。なお、応急危険度判定は、10 階建て以下かつ 30m 以下のものに限って行われている。また、集合住宅の玄関回りの非構造壁の被害が多く見られるとの情報や、10 階建て集合住宅の室内にある電気温水器が、内壁を突き破って飛び出し転倒した事例があるという情報も得られた。

(1) 青葉区内市街地での建築物被害調査

応急危険度の「危険 (赤)」の判定を受けた建築物を中心に、区役所から仙台駅の間の中心市街地の全体的な被害の概要について調査した。

1) RC 柱のせん断ひび割れと非構造壁のせん断ひび割れ

写真 5.4-4 の左側の RC 造の柱は、せん断ひび割れが生じ、かぶりコンクリートが剥落してせん断補強筋が露出している。また、右側の方立て壁はせん断破壊している。

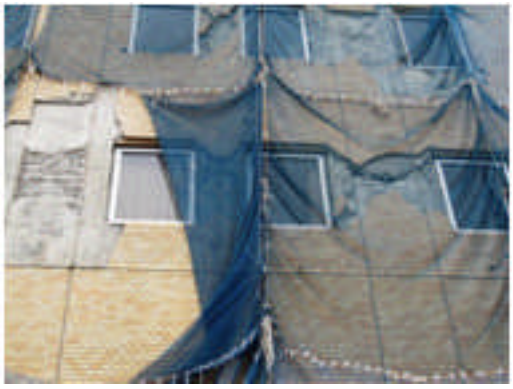


写真 5.4-4 RC 造柱及び非構造壁の損傷

2）外装材の脱落

8 階建て建築物の上層階の ALC パネルの脱落が見られた（写真 5.4-5、5.4-6）。他の部分にも落下の危険性が残っているらしく、建築物の周囲は立ち入りが規制されていた。

写真 5.4-5 外装材の脱落

写真 5.4-6 落下した ALC パネル

3）タイルの剥落

外壁のタイルの剥落が生じた建築物が多数見られた（写真 5.4-7、5.4-8）。

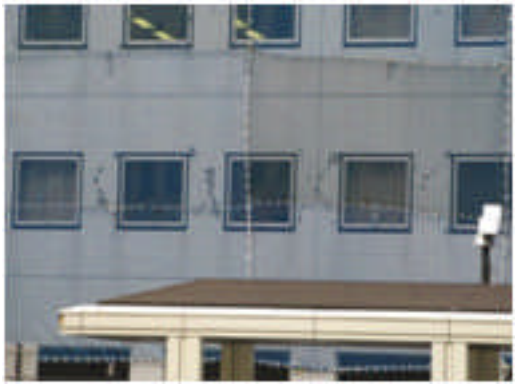


写真 5.4-7 外壁タイルの剥落

写真 5.4-8 外壁タイルの剥落

4）ガラスの割れ及び落下

エレベータ回りのガラスの落下（写真 5.4-9）や店舗のガラスの割れ（写真 5.4-10）など、ガラス

の損傷が多数見られた。

写真 5.4-9 エレベータ回りのガラスの落下

写真 5.4-10 ガラスの割れ

5）RC 造壁のかぶりの剥落

RC 造建築物の鉄骨造外階段の手すりとの接続部において、手すりをアンカーした部分のかぶりコンクリートが損傷し剥落している（写真 5.4-11）。

写真 5.4-11 鉄骨造外階段手すりとの接続部の損傷

6）屋上施設等の被害

ペントハウスが損傷し、傾斜した建築物が複数見られた（写真 5.4-12）。

写真 5.4-12 ペントハウスの傾斜

7）地盤変状

地盤変状による道路や歩道の通行への影響も多く見られた（写真 5.4-13）。

写真 5.4-13 地盤変状

（2）青葉区内の集合住宅の建築物被害調査

青葉区内の 6 棟の集合住宅について、被害の概要調査を行った。

1）集合住宅 C1（RC 造 8 階建て、1972 年竣工、応急危険度判定結果 調査済み）

1972 年に建設された 8 階建ての RC 造板状集合住宅で、張り間方向は 1 スパン、桁行き方向は 8 スパンである（写真 5.4-14）。低層階から高層階にいたるまで、玄関回りの非構造壁（方立て壁）にせん断破壊が確認された（写真 5.4-15）。1 階の張り間方向は、9 構面のうち中央部の 5 構面が連続して下階壁抜けとなるピロティ構造であるが、大きな損傷はなく、桁行き方向の梁端に曲げひび割れが見られるという状況であった。

写真 5.4-14 建築物外観

写真 5.4-15 非構造壁のせん断破壊

2）集合住宅 C2（SRC 造 12 階建て、1981 年竣工）

1981 年に建設された 12 階建て SRC 造板状集合住宅である（写真 5.4-16）。短スパンとなった間柱にせん断破壊が確認された（写真 5.4-17）。また、タイルの剥落も多く見られた。

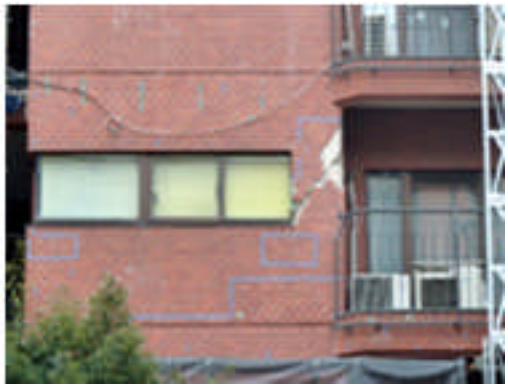


写真 5.4-16 建築物外観　　**写真 5.4-17** 短スパンの間柱のせん断破壊

3）集合住宅 C3（SRC 造 10 階建て、1975 年竣工、応急危険度判定結果 要注意）

1975 年に建設されたロの字の平面形を有する 10 階建て SRC 造集合住宅である（写真 5.4-18）。2 階から 9 階まで玄関ドア回りの非構造壁に開口隅角部を結ぶ大きなせん断ひび割れ等の損傷が確認された（写真 5.4-19）。玄関が開かなくなり避難に支障を来したとのことであった。また、短スパン梁のせん断ひび割れも確認された（写真 5.4-20）。

写真 5.4-18 建築物外観　　**写真 5.4-19** 非構造壁のせん断ひび割れ

写真 5.4-20 短スパン梁に生じたせん断ひび割れ

4）集合住宅 C4（SRC 造 10 建て及び 15 階建て、 1986 年竣工）

1986 年に建設された、くの字形の平面を有する 10 階建てと、それに直交する板状の 15 階建ての 2 棟をエキスパンションジョイントで接続した SRC 造集合住宅である（写真 5.4-21）。低層階から高層

階までの多くの非構造壁にせん断破壊が確認された（写真 5.4-22)。また、エキスパンションジョイント部にも損傷が見られた（写真 5.4-23)。

写真 5.4-21 建築物外観

写真 5.4-22 非構造壁のせん断破壊
（損傷部分が養生されている）

写真 5.4-23 エキスパンションジョイントの損傷

5）集合住宅 C5（RC 造 8 階建て、1988 年建設、応急危険度判定結果 調査済み)

1988 年に建設された雁行型の平面形を有する 8 階建て RC 造集合住宅である（写真 5.4-24)。低層階の玄関ドア回りの非構造壁にせん断破壊が生じている（写真 5.4-25)。なお、外観調査のみのため高層階については確認できていない。

写真 5.4-24 建築物外観

写真 5.4-25 非構造壁のせん断破壊

6）集合住宅 C6（SRC 造 10 階建て、1996 年竣工、応急危険度判定結果 要注意）

1996 年に建設された 10 階建ての SRC 造板状集合住宅である（写真 5.4-26）。低層階から最上階にいたるまで玄関ドア回りの非構造壁にせん断破壊等の損傷が確認され、玄関ドアが変形しているものも見られた（写真 5.4-27）。また、低層部の一部ではバルコニー側の方立て壁にもせん断ひび割れが確認された。

写真 5.4-26 建築物外観

写真 5.4-27 非構造壁のせん断破壊

（3）青葉区の学校建築物の被害調査

下記 3 棟の学校建築物について被害の概要調査を行った。

1）建築物 D1（SRC 造 9 階建て）

9 階建ての高層棟（SRC 造）と 2 階建ての低層棟（RC 造）で構成される建築物である（写真 5.4-28）。本建築物は、1978 年宮城県沖地震を経験し、その後耐震補強が施されている。

高層棟では妻側の連層耐力壁が 3 階床位置で曲げ破壊しており、3 階の側柱脚部には圧壊と主筋の座屈が確認された（写真 5.4-29）。また、低層棟では、耐震壁にせん断ひび割れが確認された（写真 5.4-30）。

写真 5.4-28 建築物外観

写真 5.4-29 高層棟 3F 側柱脚部の圧壊

写真 5.4-30 低層棟 1 階耐震壁のせん断ひび割れ

2）建築物 D2（8 階建て RC 造）

矩形の平面形状を有する 8 階建て RC 造建築物であり、妻側は並列する 2 つの連層耐力壁を境界梁で接合する構造形式である（写真 5.4-31）。この、境界梁には中央部に近接して 2 つの開口が設けられているが（写真 5.4-32）、その境界梁に低層階から高層階までせん断破壊もしくは付着割裂破壊が生じている（写真 5.4-33）。

写真 5.4-31 建築物外観

写真 5.4-32 開口付き境界梁の損傷

写真 5.4-33 開口付き境界梁の付着割裂破壊（上階）とせん断破壊（下階）

3）建築物 D3（2 階建て RC 造）

矩形の平面形状を有する 2 階建て RC 造建築物である（写真 5.4-34）。1 階の柱にせん断破壊が確認された（写真 5.4-35）。なお、3 月 11 日の本震では無損傷であった柱の中に、その後の余震でせん断破壊が生じたものがあり（写真 5.4-36）、本建築物の被災度は余震により大きくなっていることが確認された。

写真 5.4-34 建築物外観

写真 5.4-35 1 階柱のせん断破壊

写真 5.4-36 余震でせん断破壊した柱

（4）まとめ（仙台市青葉区の被害概要）

仙台市青葉区の市街地おいて、応急危険度判定で「危険（赤）」と判定された建築物とその周辺の建築物を対象に被害の概要調査を行った。「危険（赤）」の判定の多くは外装材の落下危険に起因するもので、構造躯体の損傷はほとんど見られなかった。周辺の建築物においては、ALC パネルの脱落、タイルの剥落、RC 非構造部材のひび割れ、地盤変状などは多数確認された。青葉区は震度 6 弱であるが、構造部材の被害は全体的に少なく、震度に対して被害の程度は大きくはないように感じられた。

しかしながら、一部の建築物には、柱の圧壊や梁のせん断破壊などの重大な損傷が構造部材に生じており、また、複数の集合住宅では玄関回りの非構造壁に大きな損傷が生じている。

（c）宮城県仙台市若林区・宮城野区（最大震度 6 強）

若林区では 3 月 23 日までに 828 棟の応急危険度判定が行われ、「危険（赤）」と判定された建築物は RC 造 39 棟（調査数 401）、S 造 80 棟（調査数 243）と非木造建築物の被害が他地区に比べ高かった。そこで、本調査では若林区を中心とし、震度 6 強を記録した宮城野区も含めて被害概要の調査を行った。

（1）若林区

1）E1 ビル（RC 造 3 階建て、応急危険度判定結果 要注意）

L 字型平面を有する 3 階建て事務所ビル（セットバックがあり一部 2 階建て）であり（写真 5.4-37）、3 階建て部分 1 階の内法長さの短い垂壁・腰壁付き短柱及び非構造壁がせん断破壊していた（写真 5.4-38）。1 階端部隅柱は袖壁付き柱となっており、曲げせん断ひび割れのみ確認された。また、1 階部分のガラス窓及びガラスブロックが破損していた。

写真 5.4-37 建築物外観

写真 5.4-38 腰壁付き短柱のせん断破壊

2）E2 ビル（RC 造 3 階建て（階段部分のみ PH）、応急危険度判定結果 危険）

矩形平面を有する事務所ビルであり（写真 5.4-39）、桁行方向の 1 階 3 本の垂壁・腰壁付き短柱がせん断破壊し、軸変形（主筋座屈・帯筋破断）している（写真 5.4-40）。写真 5.4-40 では見えない裏側で損傷の少ない梁間構面は有開口耐力壁となっており、これらの柱は建築物の捩れ応答性状により大きな損傷を受けたと考えられる。また、壁主筋及びせん断補強筋ともに丸鋼を使用していた。

写真 5.4-39 建築物外観

写真 5.4-40 腰壁付き短柱の軸崩壊

3）E3 ビル（RC 造 3 階建て、応急危険度判定結果 危険）

矩形平面を有する事務所ビルであり（写真 5.4-41）、桁行方向 1 階 4 本の腰壁付き短柱のうち袖壁が取り付く 1 本がせん断破壊している（写真 5.4-42）。その他の腰壁付き柱には曲げ及び曲げせん断ひび割れが見られた。

写真 5.4-41 建築物外観

写真 5.4-42 袖壁付き短柱のせん断破壊

4）E5 ビル（RC 造 2 階建て、1975 年頃竣工、応急危険度判定結果 危険）

矩形平面を有する事務所ビルであり（写真 5.4-43）、梁間方向 3 本の長柱のうち建築物内部の中央柱のみがせん断破壊し、軸変形が生じ主筋が座屈している（写真 5.4-44）。中央柱に接続する梁部材には大きな梁せいやハンチが確認された。柱主筋及びせん断補強筋は丸鋼であった。なお、本建築物は 1978 年宮城県沖地震の際には、特段の損傷はなかったとのことである。

写真 5.4-43 建築物外観

写真 5.4-44 長柱のせん断破壊

5）E6 ビル（RC 造 2 階建て、応急危険度判定結果 危険）

矩形平面を有する事務所ビルであり、1 階が完全層崩壊している（写真 5.4-45）。また、2 階柱もせん断破壊して軸変形が生じ、主筋の座屈や帯筋の破断が確認された（写真 5.4-46）。柱主筋は異形棒鋼であり、せん断補強筋は丸鋼であった。桁行方向の壁が面外方向に転倒している。

写真 5.4-45 建築物外観

写真 5.4-46 腰壁付き短柱の軸崩壊

6）E7 ビル（RC 造 2 階建て、応急危険度判定結果 危険）

矩形平面を有する事務所ビルであり（写真 5.4-47）、1 階の袖壁付き短柱がせん断破壊していた（写真 5.4-48）。また、1 階の別の袖壁付き短柱では袖壁と柱部分に隙間が見られ、柱頭で曲げ破壊が生じている（写真 5.4-49）。柱主筋及びせん断補強筋ともに丸鋼であった。

写真 5.4-47 建築物外観

写真 5.4-48 せん断破壊

写真 5.4-49 曲げ破壊

7）E8 ビル（RC 造 3 階建て、1974 年竣工、応急危険度判定結果 危険）

矩形平面を有する事務所ビルであり、中間階（2 階）において部分層崩壊が生じ、建築物が傾斜している（写真 5.4-50）。写真 5.4-50 の左側の妻壁には 2 階にだけ開口があることから、そこに変形が集中し、垂れ壁・腰壁が取り付き短柱となった柱がせん断破壊したものと考えられる（写真 5.4-51）。また 2 階層崩壊の影響と思われるが、3 階の長柱にもせん断破壊が確認された（写真 5.4-52）。1 階の柱梁に損傷は見られず、片側袖壁及び非構造壁にせん断ひび割れが見られた。なお、柱主筋は異形棒鋼であり、せん断補強筋は丸鋼であった。

写真 5.4-50 建築物外観

写真 5.4-51 2階柱の破壊

写真 5.4-52 3階柱の破壊

(2) 宮城野区

1) E9 ビル (RC 造 14 階建て、集合住宅 2 棟、1975 年竣工、応急危険度判定結果 要注意)

矩形平面の集合住宅 2 棟がエキスパンションジョイントを介して L 字型に隣接する集合住宅であり (写真 5.4-53)、うち 1 棟は建築物が沈下し全体傾斜している。構造物の傾斜角度は約 1/70(rad)である(写真 5.4-54)。また、2棟とも全層にわたって非構造壁にせん断ひび割れが生じている(写真 5.4-55)。一部では、ベランダ側の方立て壁にも損傷が生じている (写真 5.4-56)。柱主筋、せん断補強筋ともに異形棒鋼である。非構造壁の縦横筋は丸鋼であるが、一部の非構造壁内には異形棒鋼を用いた斜め開口補強筋が確認された。本建築物は 1978 年宮城県沖地震により、傾斜していない棟の 1 階から 6 階部分にかけて非構造壁にせん断ひび割れが生じた。被災後に損傷した非構造壁をはつり、新たにコンクリートを打ち直し、壁の厚さを少し増す補修が施されているが、その部分にも損傷が生じている。

写真 5.4-53 建築物外観

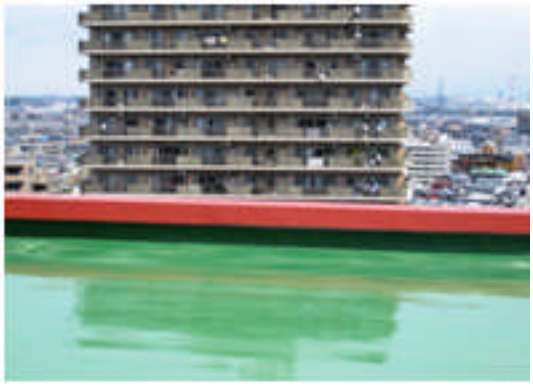


写真 5.4-54 屋上床の傾斜 (パラペットの天端が遠方建築物の床の水平ラインから傾いている)

写真 5.4-55 玄関回りの非構造壁の損傷　**写真 5.4-56** ベランダ側方立て壁の損傷

2）E10 ビル（RC 造 3 階建て、1985 年竣工）

矩形平面の RC 造建築物 2 棟がエキスパンションジョイントを介して接続する事務所ビルである（写真 5.4-57）。このうち 1 棟の桁行端部が沈下しており、エキスパンションジョイントに衝突の痕跡、周辺コンクリートにひび割れが生じている（写真 5.4-58）。また、エキスパンションジョイント近傍で窓ガラスに損傷が見られた（写真 5.4-57）。

写真 5.4-57 建築物外観
（写真右端で隣棟と接続）

写真 5.4-58 エキスパンション
ジョイントの被害

3）E11 ビル（RC 造 3 階建て、2005 年竣工）

RC 造建築物 2 棟を繋ぐ渡り廊下部分であり、両端部がエキスパンションジョイントで建築物と切り離されているため、柱 4 本で構成される架構である。その 2 階にはせいの大きな梁と無開口の壁があることから、ピロティ構造のような特徴を有している（写真 5.4-59）。各柱には、柱頭柱脚で曲げ破壊が生じている（写真 5.4-60）。桁行方向の梁せいが直交方向の梁せいより大きく、柱頭のコンクリート破壊領域が桁行方向梁の下面より高い位置まで進展している（写真 5.4-60）。柱主筋及びせん断補強筋は異形棒鋼であった。

写真 5.4-59 建築物外観

写真 5.4-60 柱頭での曲げ破壊

(3) K-NET 仙台 観測点

K-NET 仙台の地震計は、仙台市宮城野消防署の駐車場内に設置されている（写真 5.4-61)。周辺には段差や斜面はなく、地震計は平坦な場所にあるが、駐車場や地震計周辺には亀裂が見られ、液状化による噴砂の跡のようなものがあった（写真 5.4-62)。一部の建築物では仕上げの軽微な損傷があったが、周辺の大多数の建築物には特に被害は見られなかった（写真 5.4-63)。

写真 5.4-61 K-NET 仙台観測点

写真 5.4-62 地盤の変状の跡

写真 5.4-63 K-NET 仙台周辺の建築物

(4) まとめ（仙台市若林区・宮城野区の被害概要)

仙台市若林区・宮城野区の鉄筋コンクリート造の建築物及び非構造部材を中心に調査した結果、若林地区卸町周辺では低層建築物に構造的な被害が見られ、特に垂壁・腰壁付き短柱のせん断破壊に起

因する被害が多かった。今回甚大な被害を受けた建築物には、1978 年宮城県沖地震以前に建設されたものが多く含まれていた。また、本地域での建築物被害は仙台市街中心地（青葉区）より大きい。この地域は、以前は田んぼであったことが確認されたが、このような地盤条件の違いも被害の程度に影響する一つの要因と推測される。一方、宮城野区でも構造物の傾斜を伴う被害が見られたほか、K-NET 周辺での液状化現象など地盤性状に起因する地震被害が見られた。

(d) 福島県福島市（最大震度 5 強）

福島県建築指導課で、県内の建築物の被害状況について情報収集を行った。海岸部（浜通り）の津波による被害を除けば、中通り南部（須賀川市、白河市）での建築物被害が大きい。福島空港の建築物は、ガラスの破損は見られたが大きな被害は発生していない。福島市内では、木造住宅の瓦の落下やガラスの破損は起きているが、一部の建築物を除いて大きな被害は発生していない。

1）福島県庁東分庁舎一号館

RC 造 6 階建て、1968 年に竣工した建築物である（写真 5.4-64）。当初、福島県立医大の校舎として建設されたが、大学移転に伴い改装され、県庁舎として使用されている。写真 5.4-64 に示すように、建築物の長手方向中央部で雁行する平面形である。県の資料によると、耐震性能は D クラス（Is 値 0.3 未満）となっているが、耐震補強は未実施である。3 階以下の柱及び方立て壁にせん断ひび割れが認められた（写真 5.4-65）。また、エントランス脇の外壁仕上げが剥落していた（写真 5.4-66）。

ガラスの被害としては、エントランスにて、隅部 4 枚のガラスにひび割れや破損の被害が生じているが、それ以外のガラスに被害はない（図 5.4-3、写真 5.4-67）。また、エントランス以外のガラスに関しては、5 階隅部の 1 箇所でカーテンが外になびいており破損した可能性があるが、それ以外の箇所では地上からの目視で被害は認められなかった。

庁舎内部では、事務室内で多数の書類ロッカーが転倒したほか、食堂のメニュー陳列棚等が移動する等の被害がみられた（写真 5.4-68）。

（南面）　　（北面）

写真 5.4-64 県庁東分庁舎一号館の外観

写真 5.4-65 柱と方立て壁のせん断ひび割れ

写真 5.4-66 エントランス脇の外壁仕上げの剥落

図 5.4-3 東分庁舎一号館エントランスのガラス被害分布

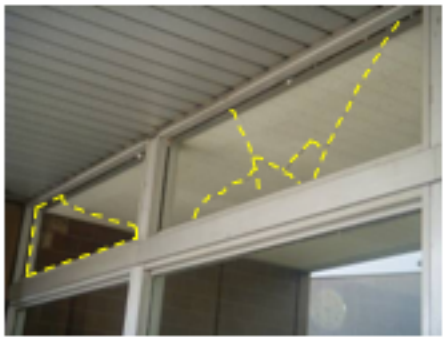
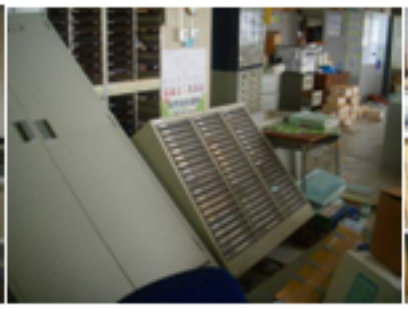


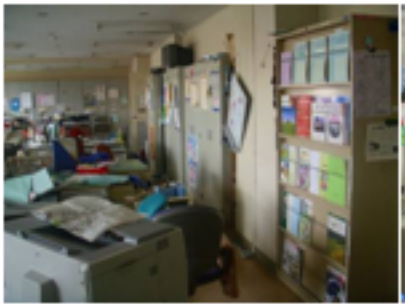
写真 5.4-67 ガラスの破損

6階（食堂のメニュー陳列棚の移動）

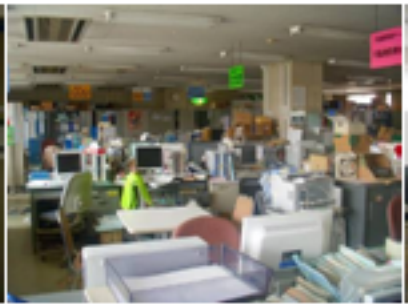


5階（ロッカーの転倒）

4階（ロッカーの転倒と書類の散乱）



3階（コピー機の移動）



2階

1階

写真 5.4-68 庁舎内部の各階での被害状況

2）福島県庁本庁舎

RC造5階建ての事務所ビルで、2階以上を1954年に増築したとのことである（写真 5.4-69)。県の資料によると、耐震性能はDクラス（Is値 0.3未満）で、耐震補強は未実施である。本庁舎建築物には大きな構造的被害は見られず、調査時点でも一部の部屋は使用されていたが、本庁舎に接して同時期に建設された時計塔の脚部の損傷が激しかった（写真 5.4-70)。また、外装仕上げ材に関する被害として、ガラスブロックの破損が認められた（写真5.4-71)。

写真 5.4-69 県庁本庁舎及び時計塔の外観

写真 5.4-70 時計塔内部の損傷状況　**写真 5.4-71** ガラスブロックの破損

3）福島県庁内のその他の被害

東分庁舎敷地内にある体育館の外壁が剥落するとともに、窓ガラスが破損していた(写真 5.4-72)。また、県庁に隣接する知事公館の石塀が崩壊していた（写真 5.4-73)。

写真 5.4-72 体育館の外装被害

写真 5.4-73 知事公館の石塀の崩壊

4）D 大学

D 大学敷地内の本館（RC 造 3 階建て、1966 年）は、図 5.4-4 に示すように Y 字形の平面形をしている。この建築物は耐震診断の結果、I_S値が 1 階で 0.441、2 階で 0.458、3 階で 0.874 と、1、2 階で構造耐震判定指標 I_{S0}を下回っていたため、補強を計画している段階だった。2階が層崩壊しているほか、3 階の一部も大破している（写真 5.4-74～5.4-78）。また、1 階柱にもせん断破壊を生じている（写真 5.4-79）。柱の主筋は異形鉄筋（D29 程度、一部丸鋼）、帯筋は丸鋼であった。

本館に隣接する学生課等が入る校舎では、屋根瓦、外壁や開口部は損傷しておらず、目視では被害が認められなかった。また敷地内の体育館も同様に、外観上被害は認められなかった（写真 5.4-80、5.4-81）。大学関係者の話では、地震発生時に校舎 2 階に 3 名いたが無事に救出され、地震による学生・職員の人的被害はないとのことである。

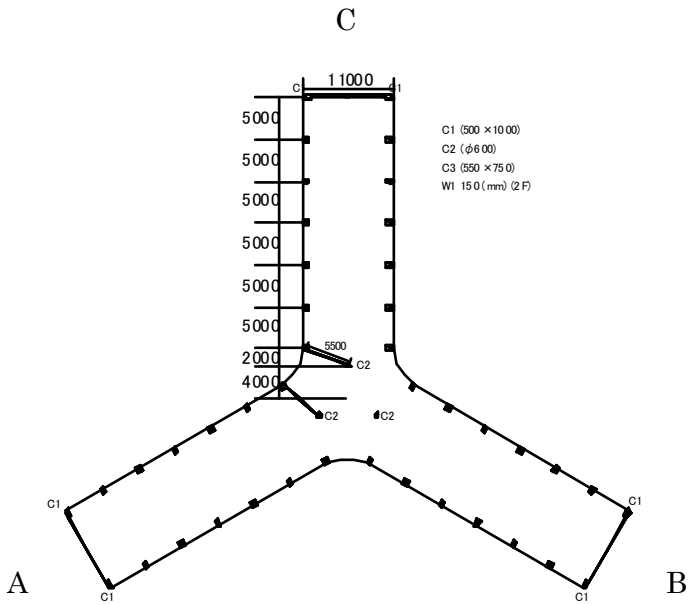


図 5.4-4 本館平面形状

写真 5.4-74 本館 A

写真 5.4-75 本館 B

写真 5.4-76 本館 C

写真 5.4-77 本館中央部
（エキスパンション・ジョイントの
存在は確認できない）

写真 5.4-78 2 階屋敷壊部

写真 5.4-79 1 階柱のせん断破壊

写真 5.4-80 本館（丸印）に隣接する校舎

写真 5.4-81 体育館

（e）福島県二本松市（最大震度 6 強）

1）二本松市役所

市庁舎（地上 6 階地下 1 階、1991 年）は、天井下がり壁（アクリル製）のひび割れ、敷地の一部に段差が認められたが、建築物はほぼ無被害であった（写真 5.4-82）。市役所担当者からの情報では、古い木造建築物の半壊が数件あるが、その他の被害としては、屋根瓦のずれやガラスの破損が報告されているとのことである。また、道路で隆起しているところもある。

写真 5.4-82 二本松市役所の外観

2）B 高等学校

B 高等学校の南校舎（RC 造 3 階、1968、70 年）には、外観上損傷は見られなかった（写真 5.4-83）。福島県の資料によると、耐震性能は C クラス（Is 値 0.3 以上 0.6 未満）となっている。

写真 5.4-83 B 高等学校南校舎の外観

3）C 小学校

C 小学校の校舎（RC 造 3 階、1971 年）及び屋内運動場（鉄骨造 1 階、1966 年）は、いずれも 2009 年に耐震補強工事が行われており（二本松市の公表資料による）、外観上損傷は見られなかった（写真 5.4-84、5.4-85）。

写真 5.4-84 C 小学校校舎外観

写真 5.4-85 屋内運動場外観

（f）福島県郡山市（最大震度 6 弱）

1）郡山市庁舎

郡山市本庁舎は RC 造 5 階建て、屋上階にペントハウス（展望室）がある建築物である。屋上のペントハウス部は柱が損壊し傾斜していた（写真 5.4-86、5.4-87）。外観調査しか行っていないが、各階の窓ガラスが割れており、破損箇所には応急的な養生が行われていた。また、天井が落下しているという情報を得た。

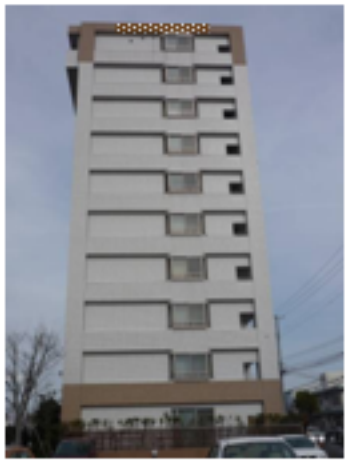
写真 5.4-86 郡山市本庁舎の外観

写真 5.4-87 ペントハウス部の損傷

2）集合住宅 A

RC 造 10 階建ての 2 つの住棟が並列して建つ建築物である（写真 5.4-88）。各棟の各階には 2 世帯の居住エリアがあり、北側中央部には外部階段がある。住民からの情報によると、建築後 10 年程度経過しているとのことである。外観調査しか行っていないが、2 階柱、各階梁及び非構造壁にせん断ひび割れが見られた（写真 5.4-89、5.4-90）。

（長辺方向）



（短辺方向）

写真 5.4-88 集合住宅 A の外観

写真 5.4-89 非構造外壁の損傷

写真 5.4-90 軽微なせん断ひび割れ（梁及び柱）

3）事務所ビル A

RC 造 4階建て（ペントハウス有り）の事務所ビルである。外観調査しか行っていないが、3階隅柱の柱頭部分でかぶりコンクリートの剥落が見られたが、その他の被害は認められなかった（写真 5.4-91、5.4-92）。

写真 5.4-91 事務所ビル A の外観
（丸印が剥落箇所）

写真 5.4-92 かぶりコンクリートの剥落状況

4）集合住宅Ｂ

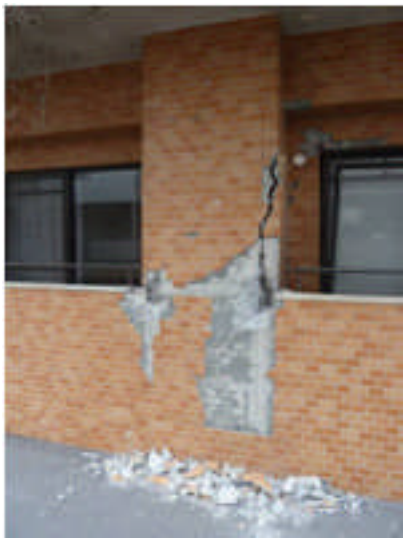
鉄骨鉄筋コンクリート造９階建て、1991 年竣工の集合住宅である（写真 5.4-93、5.4.94)。１階隅柱及び連層壁脚部で鉄筋の座屈及びコンクリートの圧縮破壊を起こしており（写真 5.4-95)、１階柱にはせん断ひび割れ、及び付着割裂ひび割れも見られた（写真 5.4-96、5.4-97)。桁行方向の非構造外壁コンクリートに大きなせん断ひび割れが発生しており、玄関ドアが面外に変形して開閉不能なところもあった。また、壊れた壁に取り付くサッシも著しく変形していた（写真 5.4-98、5.4-99)。

設計図面から、内蔵された鉄骨柱は基礎梁上端から 50㎜ 上がった位置の鉄板に定着され、柱脚部モーメントには鉄筋のみで抵抗する構造詳細となっていることを確認した。また図面では、1 階非構造壁の構造スリットは部分的に設けられている。

写真 5.4-93 集合住宅Ｂの外観

写真 5.4-94 非構造外壁の損傷

写真 5.4-95 1 階柱脚部の破壊状況



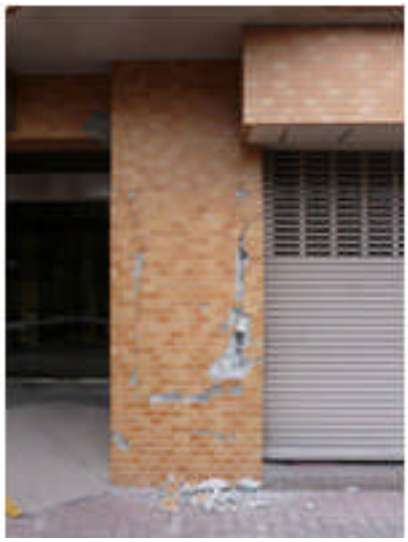


写真 5.4-96 1 階柱のせん断ひび割れ　**写真 5.4-97** 1 階柱の付着割裂ひび割れ

写真 5.4-98 玄関ドアの変形

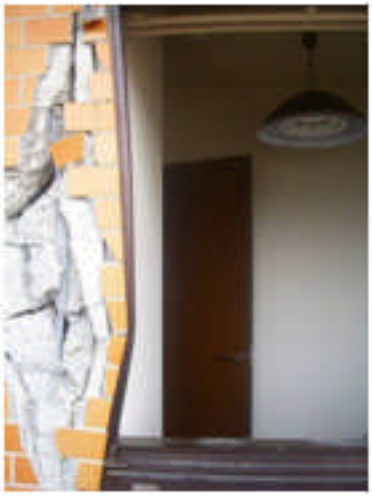


写真 5.4-99 サッシの変形

5）総合体育館

大小 2 棟の RC 造体育館である。いずれも外観上で躯体の被害は認められないが、壁面のガラスが破損し、多数の破片が地上に落下していた（写真5.4-100、5.4.101）。

写真 5.4-100 大体育館のガラス破損状況　**写真 5.4-101** 小体育館のガラス破損状況

6）集合住宅C

RC造14階建て（一部セットバック）の集合住宅である（写真5.4-102）。外観上、損傷はほとんど認められないが、非構造壁及び階段室部分にわずかなひび割れが見られた（写真5.4-103）。

写真5.4-102 集合住宅Cの外観

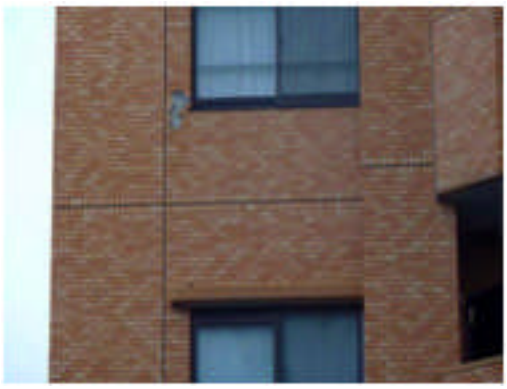


写真5.4-103 非構造壁の損傷（ひび割れ）

7）店舗

RC造2階建ての店舗（写真5.4-104）で、道路側の1階柱がせん断破壊している（写真5.4-105、5.4-106）。非構造壁、及び階段室部分に僅かなひび割れが見られた。

写真5.4-104 店舗の外観（写真左上は看板、右上はペントハウス）

写真5.4-105 1階柱のせん断破壊

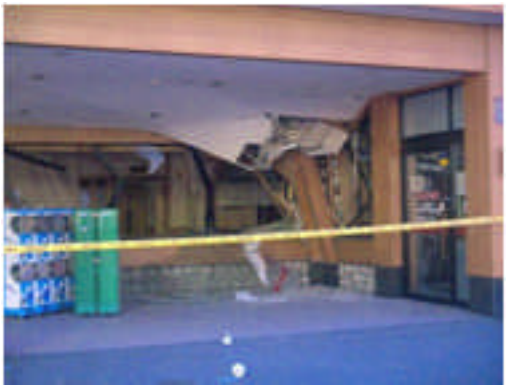


写真5.4-106 1階入隅部の柱と天井の破壊

8）店舗併用型集合住宅

RC造4階建て(ピロティ構造)の店舗併用型集合住宅（写真5.4-107、5.4-108）で、1階柱にせん断破壊を生じており捩れ変形を伴っている（写真 5.4-109、5.4-110)。主筋はφ20(丸鋼)、帯筋はφ10

であった。1 階の耐力壁頂部では、壁筋及び柱筋が座屈し、面外方向に倒壊している（写真 5.4-111）。

写真 5.4-107 店舗併用型集合住宅の外観

写真 5.4-108 店舗併用型集合住宅の外観

写真 5.4-109 ピロティ部の柱の破壊

写真 5.4-110 1 階柱頭・柱脚の曲げ破壊

写真 5.4-111 1 階耐力壁頂部の曲げ破壊

9）住宅のコンクリートブロック塀

住宅に関する被害としては、コンクリートブロック塀が一体となって転倒した事例がみられた（写真 5.4-112、5.4-113）。写真 5.4-112 の縦筋間隔は、概ね 800㎜であった。両事例とも、控え壁の存在は確認できなかった。

写真 5.4-112 コンクリートブロック塀の転倒　**写真 5.4-113** コンクリートブロック塀の転倒

（g）福島県三春町（最大震度 5 強）

1）三春町役場

三春町役場（RC 造 4 階建て、竣工時期は昭和 40 年代）は、建築物本体に大きな被害はなく、窓ガラスの数枚が破損していた。町役場担当者等からの情報では、三春町内で屋根瓦のずれ、ガラスの破損等の損傷は見られるが、倒壊被害は報告されていない。また、応急危険度判定も実施されていない。

写真 5.4-114 三春町役場の外観　**写真 5.4-115** 窓ガラスの破損箇所

写真 5.4-116 三春町役場の周辺　**写真 5.4-117** 三春町役場向かい側の神社（崖の上にあるが外観上無被害）

(h) 福島県須賀川市（最大震度 6 強）

震度 6 強を観測した、須賀川市中心部の被害概要の調査を行った。震度計は須賀川市役所の構内（の独立基礎の上）に設置されている（写真 5.4-118）ことから、市役所の近辺を調査地域とした。なお、須賀川市の応急危険度判定の結果「危険（赤）」と判定されたものは、RC 造で 25 棟、鉄骨造で 51 棟である。

(1) 須賀川市役所

RC 造 4 階建て、1970 年竣工の建築物で、耐震補強は行なわれていない（写真 5.4-119）。本建築物では、2 か所に存在するコア壁が水平力の多くを負担しているようで、その部分の損傷が大きい。特に 2 階のコア壁には、張り間、桁行きの両方向にせん断破壊が見られ（写真 5.4-120）、耐力壁の側柱の主筋も大きく座屈していた（写真 5.4-121）。1 階にはコア壁の他に壁に囲まれた金庫室があることから、1 階よりも 2 階の方がコア壁の損傷が大きくなったと思われる。

また、1 階の腰壁が取り付く柱 1 本が写真 5.4-122 のように大きくせん断破壊し軸方向に縮んでいる。柱主筋は丸鋼で、外側からの見つけ面では基礎から 8 本立ち上がっているが、そのうち 3 本は柱の中央部より柱せい程度上がったところで 180 度フックにより定着されている。この部分を起点にせん断ひび割れが生じており（写真 5.4-123）、いわゆる段落とし部に起因するせん断破壊であると思われる。また、上階の柱にも顕著なせん断ひび割れ（写真 5.4-124）が確認されたほか、非構造壁も大きく損傷（写真 5.4-125）している。さらに、写真 5.4-122 の柱のそばにある渡り廊下にも損傷が見られる（写真 5.4-126）。地震により構造躯体等に大きな損傷が生じたため、現在は立ち入り禁止の措置が取られ、市役所機能は隣接する体育館に移転されていた。

写真 5.4-118 震度計の設置状況

写真 5.4-119 市役所外観

写真 5.4-120 コア壁のせん断破壊

写真 5.4-121 耐震壁側柱の主筋の座屈

写真 5.4-122 1 階柱のせん断破壊

写真 5.4-123 主筋段落とし部を起点としたせん断破壊の状況

写真 5.4-124 2 階柱のせん断ひびわれ

写真 5.4-125 非構造壁の損傷

写真 5.4-126 渡り廊下の損傷

(2) 須賀川市役所周辺の被害概要

須賀川市役所周辺の建築物を対象に、地震動による被害の概要を調査した。この地域は、須賀川市の中でも特に被害が集中しているが、昔、須賀川城の堀があった地域と一致している (写真 5.4-127)。城跡には二階堂神社が祭られている [5.4-2)]が、石碑が倒壊し、土塁が一部崩壊している (写真 5.4-128)。

写真 5.4-127 須賀川城と今回の調査範囲

写真 5.4-128 須賀川城址の二階堂神社

1) B1 ビル

3 階建ての RC 造建築物で、1 階柱頭の曲げひび割れ、柱脚のかぶりコンクリートの剥落、非構造壁

のひび割れなどが見られた（写真 5.4-129、5.4-130）。

写真 5.4-129 建築物外観

写真 5.4-130 柱脚部の損傷

2）B2 ビル

3階建てのRC造建築物で、1階は店舗のため道路側は壁が少なく2階以上は壁が多い（写真5.4-131）。また、1 階の背面側は壁が多い構造となっている。交差点側の隅柱が大きく破壊し（写真 5.4-132）、軸力支持能力を失って2 階以上が落階している。

写真 5.4-131 1 階の層崩壊

写真 5.4-132 隅柱の崩壊

3）B3 ビル

8 階建ての RC 造ホテル建築物（写真 5.4-133）。非構造壁に窓開口隅角部を結ぶせん断ひび割れが生じている（写真 5.4-134）。

写真 5.4-133 建築物外観

写真 5.4-134 非構造壁のせん断ひび割れ

4）B4 ビル

10 階建ての RC 造建築物で、妻面の 1、2 階は壁が抜けている構造である（写真 5.4-135、5.4-136）。その連層壁の 3 階部分に曲げせん断ひび割れが、また桁行き方向の非構造壁にせん断ひび割れが生じている（写真 5.4-137）

写真 5.4-135 建築物外観 1
（3 階壁にせん断ひび割れ）

写真 5.4-136 建築物外観 2

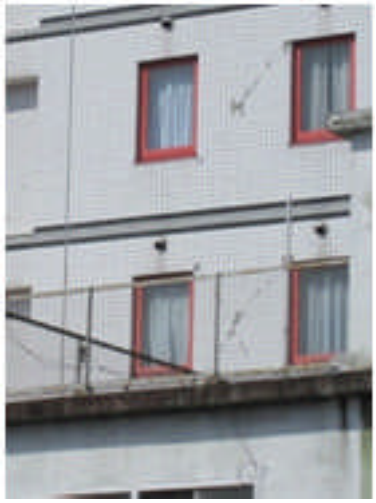


写真 5.4-137 非構造壁の
せん断ひび割れ

5）B5 ビル

5 階建ての RC 造建築物。外壁が損傷し、コンクリート片やタイルが落下する危険性があるため、応急危険度判定で危険と判定されている（写真 5.4-138）。また、1 階ではガラスの割れも見られる。

写真 5.4-138 外壁の損傷、タイルの落下

6）B6 ビル

4 階建ての RC 造建築物（写真 5.4-139）。1 階の柱が中央部で大きく破壊し、主筋が座屈している。この柱の主筋は丸鋼で、基礎から立ち上がった主筋の過半が柱の中央部付近で 180 度フックにより定着されている。この段落とし部が起点となり、せん断破壊したものと考えられる（写真 5.4-140、5.4-141）。また、2 階の垂れ壁と腰壁が取り付く短柱がせん断破壊し、軸方向に縮んでいる（写真 5.4-142）。

写真 5.4-139 建築物外観

写真 5.4-140 1 階柱のせん断破壊

写真 5.4-141 柱段落とし部詳細

写真 5.4-142 2 階の短柱のせん断破壊

7）B7 ビル

3 階建ての RC 造建築物（写真 5.4-143）。腰壁、垂れ壁が取り付く 1 階の袖壁付き柱がせん断破壊している。また、ドア開口横の非構造壁にもせん断ひび割れが発生している（写真5.4-144）。

写真 5.4-143 建築物外観

写真 5.4-144 袖壁付き短柱のせん断破壊及び非構造壁のせん断ひび割れ

8）集合住宅 B8

7 階建ての RC 造集合住宅（写真 5.4-145）。1 階の玄関横の非構造壁にせん断ひび割れが、また妻側の連層壁にもせん断ひび割れが生じている（写真 5.4-146）。

写真 5.4-145 建築物外観

写真 5.4-146 玄関横の非構造壁のせん断ひび割れ

9）B9 ビル

2007 年竣工の 5 階建て RC 造建築物（写真 5.4-147）。縦開口を有する階段室の連層壁に、開口隅角部を結ぶ大きなせん断ひび割れが生じている（写真 5.4-148）。また、1 階の袖壁脚部のコンクリートが剥落し、壁縦筋が座屈している（写真 5.4-149）。2 階の袖壁脚部にも損傷が見られ、そこから打ち継ぎ部に沿って水平のひび割れが生じている（写真 5.4-150）。

写真 5.4-147 建築物外観

写真 5.4-148 壁の縦開口隅角部を結ぶせん断ひびわれ

写真 5.4-149 1 階袖壁脚部のコンクリートの剥落と壁筋の座屈

写真 5.4-150 2 階袖壁脚部の損傷と打ち継ぎ部の水平ひび割れ

10）B10 ビル

2 階建てのコンクリートブロック造建築物で、1 階が層崩壊している（写真 5.4-151、5.4-152）。

写真 5.4-151 建築物外観

写真 5.4-152 崩壊部分

11）その他

コンクリートブロック塀の倒壊（写真 5.4-153）や、道路の地盤変状（写真 5.4-154）が多数確認された。

写真 5.4-153 コンクリートブロック塀の倒壊

写真 5.4-154 道路の地盤変状

12）K-NET 地震計の設置確認

K-NET 須賀川の地震計は、市役所から約 500m 離れた須賀川市八幡山の斎場付近に設置されていることを確認した。なお、この周辺の建築物には大きな構造的被害は確認されなかった。

(3) まとめ（須賀川市の被害概要）

須賀川市役所周辺の RC 造建築物及び非構造部材を中心に調査を行った。その結果、柱のせん断破壊や非構造壁のせん断ひび割れが多く見られた。須賀川市役所周辺の被害は、他の市の市街地や須賀川市の他の地域と比べて大きく、集中しているように感じられた。この地域はちょうど須賀川城の本丸を囲む堀があったところであり、比較的軟弱な地盤であることがその理由として考えられる。

(i) 福島県白河市（最大震度 6 強）

白河市役所にて被害状況を聴取した。3 月 20 日時点で住家の全壊は 22 棟、非住家の全壊は 34 棟であった。3 月 14 日から応急危険度判定を実施し、「危険（赤）」の判定は 155 棟に上る。特に造成地で、擁壁がくずれる等の被害が大きいとのことであった。鉄筋コンクリート造（RC 造）壁式構造 4 階建ての集合住宅 A1 では2 棟が若干傾き、その内 1 棟は立ち入り禁止としているとの情報も得た。

(1) 市役所周辺の被害

市役所周辺の被害状況を徒歩で調査した。この地域では建築物に設置された煙突が多く、亀裂やひび割れが生じたものがあった（写真 5.4-155、5.4-156）。また土蔵も多く見られ、壁面等がくずれているものがあった（写真 5.4-157、5.4-158）。周辺の住宅等には大きな被害はないようであったが、被災したため解体中のブロック塀（写真 5.4-159）や倒壊したままの石塀（写真 5.4-160）が確認された。また鉄骨造の渡り廊下で、仕上げのモルタル壁が剥落しているものがあった（写真 5.4-161）。近くの墓地では石灯籠や石でできた柵が転倒していたが、墓石（写真 5.4-162）の転倒はほとんど確認できなかった。

写真 5.4-155 亀裂の入った煙突の上部を解体中

写真 5.4-156 煙突の曲げひび割れ

写真 5.4-157 土蔵の被害

写真 5.4-158 土蔵の被害

写真 5.4-159 被災したブロック塀（解体中）

写真 5.4-160 石塀の倒壊

写真 5.4-161 鉄骨造渡り廊下のモルタル壁の剥落

写真 5.4-162 墓石（転倒はほとんど見られない）

（2）その他の地域の被害

1）集合住宅 A1

6 棟からなる集合住宅 A1 は、応急危険度判定で a 棟が危険と判定されていた。a 棟は全体が沈み込んでおり、桁行き方向に傾きが見られた（写真 5.4-163、5.4-164）。沈み込みの大きい妻面では 1 階のベランダが地面と接する状態となっていた（写真 5.4-165）。沈下のない別の棟で地面から 1 階ベランダ下端までの高さを測ると 77㎝程度であった。a 棟の北側を走る道路でも、歩道に著しい沈下が確認された（写真 5.4-166）。b 棟ではまだ応急危険度判定がされていないが、周辺地盤が沈み込み、張間方向に若干の傾きが生じていた（写真 5.4-167、 5.4-168）。

写真 5.4-163 a 棟外観

写真 5.4-164 a 棟外観（沈み込みの小さい妻面側から見る）

写真 5.4-165 a 棟（沈み込みの大きい妻面）

写真 5.4-166 歩道の沈下

写真 5.4-167 b 棟

写真 5.4-168 b 棟

2）ホテル A2

移動の経路に被害の目立つホテルがあったため、調査を行った。白河市役所から西に 1km ほど離れたところにある、RC 造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造（SRC 造））と鉄骨造の 2 棟からなるホテルである（写真 5.4-169、5.4-170）。ホテルとして営業はしていないが、一部の店舗は使われているように見受けられた。RC 造の棟ではエントランス部で壁や SRC 造の柱脚の損傷（写真 5.4-171、5.4-172）、天井の落下（写真 5.4-173）等が生じていた。鉄骨造の棟では外壁仕上げの落下（写真 5.4-174、5.4-175）等が見られた。なお、SRC 造の柱脚部は露出柱脚で、ベースプレートのアンカーボルトが抜け出している（写真 5.4-172）。そのため、ベースプレートの断面にひずみが集中し主筋が大きく伸ばされ、軸方向の繰り返し荷重により座屈したものと考えられる。ホテルの周辺では、隣接する建築物で ALC パネルの落下が見られたほか、倒壊したブロック塀や石塀も確認された（写真 5.4-176、5.4-177）。

写真 5.4-169 RC 造（一部SRC）の棟

写真 5.4-170 鉄骨造の棟

写真 5.4-171 壁及びSRC柱脚の損傷

写真 5.4-172 SRC 柱脚部の損傷

写真 5.4-173 天井の落下

写真 5.4-174 外壁仕上げの落下

写真 5.4-175 落下した外壁の仕上げ

写真 5.4-176 ブロック塀の倒壊

写真 5.4-177 石塀の倒壊

(3) まとめ

気象庁の発表によれば、東北地方太平洋沖地震による白河市の震度は市役所の西方約 2km 弱の新白河（K-NET 観測点）で震度 6 強、市役所のある八幡小路で震度 5 強であった。現地調査により、市役所周辺での土蔵等の被害、造成地の地盤の影響と考えられる集合住宅の沈下・傾斜、RC 造（一部 SRC 造）の壁及び柱脚の損傷等を確認したが、震度の大きさに比べて建築物の構造的な被害は全般的に少ない印象であった。

(j) 茨城県日立市（最大震度 6 強）

1) 日立市内の A 中学校

外観からの確認では、RC 造の校舎に構造的な被害は見られなかった。外装材の被害として、3 階教室のガラスが 1 箇所脱落していた（写真 5.4-178、5.4-179）。

また、校舎裏敷地外でブロック塀の倒壊が見られた（写真 5.4-180）。

別棟の体育館は、鉄骨造の屋根を RC の柱で支える形式の構造と思われるが、避難場所として供用されていた（写真 5.4-181）。避難者の方にヒアリングしたところ、体育館内部に目立った被害はないとのことであった。

写真 5.4-178 A 中学校の校舎外観

写真 5.4-179 ガラス窓の脱落
（写真 5.4-178 の○印内）

写真 5.4-180 校舎裏のブロック塀の被害

写真 5.4-181 体育館（無被害と思われる）

2）日立市内

上記で調査したA中学校から周辺の市内の状況を車内から目視調査した（写真 5.4-182、5.4-183）。瓦屋根の被害（棟瓦の落下）等によってブルーシートのかけられた建築物が見られた（写真 5.4-184、5.4-185）。このような被害を受けた建築物は少なく、通り沿いでは、いくつか散見される程度であった。敷地外周の塀（目視では無筋・組積造）の崩落、斜面に設けられた墓地での墓石の転倒などが数か所で見られた（写真5.4-186～5.4-188）。

写真 5.4-182 市内の状況 1

写真 5.4-183 市内の状況2

写真 5.4-184 瓦屋根の被害

写真 5.4-185 拡大図（写真 5.4-181 の○印内）

写真 5.4-186 倒壊した塀 1

写真 5.4-187 倒壊した塀2

写真 5.4-188 墓石の転倒

3）日立市役所

震度 6 強を観測した K-NET 日立から北北東に約 1km に位置する日立市役所の外観を調査した。

構造的な被害は、渡り廊下部分を除き、見られなかった。渡り廊下は、廊下両端に接続する建築物からの短い張り出し部分（支持部分とみられる）の損傷によって危険（通行禁止）と判断されたものと思われる（写真 5.4-189、5.4-190）。

写真 5.4-189 使用禁止の渡り廊下

写真 5.4-190 支持部分の損傷
（写真 5.4-189 の○印内）

なお、震度 6 強を観測した K-NET 日立は、日立市立助川小学校の外周北西部（図 5.4-5）に設置されているとのことであったが、設置状況の確認はできなかった。表 5.4-2 は K-NET 日立の観測記録の概要である。

図 5.4-5 K-NET 日立の設置位置

（図中央〇印、航空写真は「電子国土」より 1984～86 年撮影のもの。）

（設置位置は、http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/db/ による。）

表 5.4-2 K-NET 日立の観測記録（本震）の概要

名称	日時	震央距離	震源距離	計測震度 Is	スペクトル強度 SI	最大加速度	最大速度
IBR003	03/11 14:47	258.0 km	259.2 km	6.4	40.1	1843.4 gal	72.92 kine

(k) 茨城県笠間市（最大震度 6 強）

1）地方自治体設置による震度計の設置状況

笠間市役所内に設置されている震度計の設置状況は写真 5.4-191 のとおりである。観測記録は 4 月 20 日時点で未詳である。

写真 5.4-191 笠間市役所に設置されている震度計

2）笠間市役所（本所）の周辺の被害状況

震度計設置位置周辺を徒歩で調査したところ、付近の建築物で天井の脱落による被害が見られた（写真 5.4-192、5.4-193）。C 中学校については、地震発生前に鉄骨ブレースで耐震補強されていた模様で、外観からは特段の被害は見られなかった（写真 5.4-194）。そのほか、地盤変状による家屋の被

害（写真 5.4-195、5.4-196）、木造住宅が大きく傾斜した被害（写真 5.4-197）、鉄骨造建築物の外壁仕上げの剥落による被害（写真 5.4-198）などが見られた。

写真 5.4-192 付近の建築物の天井被害 1

写真 5.4-193 付近の建築物の天井被害 2

写真 5.4-194 C 中学校の外観

写真 5.4-195 地盤変状の被害

写真 5.4-196 写真 5.4-195 の拡大

写真 5.4-197 木造住宅の被害

写真 5.4-198 鉄骨造建築物の外壁仕上げの剥落

なお、地盤変状に起因する被害や、瓦屋根の損傷、組積造の塀の転倒、及び外装材の脱落などの被害は比較的多く見られたが、全壊などの大きな被害はほとんど見られなかった。

境教授（筑波大学）の調査では、震度計から半径 200m にある全ての建築物について、全壊・大破した建築物の件数が調査された。その結果によれば、笠間市役所に設置されている震度計周辺では、「建物は 93 棟ある。屋根瓦に被害が見られる木造建物が 19 棟と非常に多い。外装材の被害、ブロック塀の崩壊などがあるものの、大きな被害を受けた建物はない（全壊・大破率 0%）。」であった[5.4-3)]。

3）笠間市役所笠間支所周辺の D 事務所ビルの被害

現地で笠間支所周辺に大きな被害を受けた建築物があるとの情報を得たので、その調査を行った。本建築物は笠間市役所から北西へ約 7km の場所に位置する。現地の方からの情報によると、建設年は昭和 40 年頃とのことであった。写真 5.4-199 の建築物の被害の外観からもわかるように、建築物の 1 階部分の RC 造の構造体に大きな損傷が生じていた。垂壁・腰壁（スリット無し）の影響による極短柱のせん断破壊（写真 5.4-200）、開口部付き耐力壁の破壊（写真 5.4-201）などが見られた。また、外柱の多くは写真 5.4-202 のようにせん断破壊していた。

写真 5.4-199 建築物の被害の外観

写真 5.4-200 極短柱のせん断破壊

写真 5.4-201 開口部付き耐力壁の破壊

写真 5.4-202 外柱のせん断破壊

(I) 茨城県鉾田市（最大震度 6 強）

1) K-NET 鉾田の設置状況

鉾田総合公園内にある K-NET 鉾田の設置状況を写真 5.4-203、5.4-204 に示す。観測点裏側には 1m 程度の段差が見られた。K-NET 鉾田の観測記録の概要を表 5.4-3 に示す。

写真 5.4-203 K-NET 鉾田の設置状況(1)

写真 5.4-204 K-NET 鉾田の設置状況(2)

表 5.4-3 K-NET 鉾田の観測記録（本震）の概要

名称	日時	震央距離	震源距離	計測震度 Is	スペクトル強度 SI	最大加速度	最大速度
IBR013	03/11 14:47	301.5 km	302.5 km	6.3	71.7	1761.6 gal	70.60 kine

2) K-NET 鉾田に近い B 体育館

現地で K-NET 鉾田に近い体育館の天井に被害があるとの情報を得て、B 体育館内部の調査を行った。天井の脱落の状況は写真 5.4-206～5.4.209 のとおりである。B 体育館は、鉄骨の屋根を RC の柱で支える形式の構造で、構造体に大きな被害はない模様であった。

写真 5.4-205 B 体育館の外観

写真 5.4-206 天井の脱落 1

写真 5.4-207 天井の脱落 2

写真 5.4-208 脱落部分の拡大 1

写真 5.4-209 脱落部分の拡大 2

3) K-NET 鉾田の周辺の被害状況

K-NET 鉾田周辺を徒歩で調査したところ、上記の B 体育館の天井被害のほかは、建築物に目立った大きな被害は見られなかった。また、鉾田市内を車で移動中、市内の建築物被害状況を車内から目視調査を行った。瓦の被害によってブルーシートのかけられた木造住宅が散見されたが (写真 5.4-210)、外観上、構造体に大きな被害は見られなかった。これ以外に、墓石の転倒やブロック塀の被害が見られた (写真 5.4-211、5.4-212)。墓石は半数程度が倒れており、ブロック塀の被害は数箇所で見られた。現地の方からの情報によると、周辺では全壊などの大きな被害はほとんどなく、多くは内壁の被害程度であるとのことであった。

写真 5.4-210 木造住宅の瓦の被害

写真 5.4-211 墓石の転倒

写真 5.4-212 ブロック塀の被害

境教授（筑波大学）の調査では、K-NET 鉾田から半径 200m にある全ての建築物について、全壊・大破した建築物の件数が調査された。その結果によれば、鉾田総合公園に設置された K-NET 鉾田周辺（半径 200m）では、「建物は 22 棟ある。屋根瓦に被害が見られる木造建物が 2 棟あり、体育館の天井材の落下があるものの、大きな被害を受けた建物はない（全壊・大破率 0%）。」であった[5.4-3)]。

5.4.4 被害の特徴と分類

（1）被害の特徴

5.4.3 の被害調査結果を踏まえると、鉄筋コンクリート造や鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の被害の特徴は下記のようにまとめられる。

1) 新耐震基準により設計された鉄筋コンクリート造や鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の構造被害はほとんど見られていない。
2) 旧耐震基準により設計された建築物の構造被害の程度は、概して震度の割には大きくない。ただし、大破や層崩壊などの被害も一部に見られた。その主たる要因は短柱のせん断破壊である。
3) 防災拠点として機能すべき公共建築物（低層、中層）の中にも、大きな構造被害が見られるものがある。民間の建築物では、低層のものには構造被害が見られたが、中層建築物にはあまり顕著には見られていない。
4) 耐震補強された建築物の構造被害が、一部の建築物に見られた。
5) 非構造部材の被害は多い。特に、外装材の損傷等が多く見られた。また、マンションの玄関回りの非構造壁の損傷も比較的多く見られた。

（2）被害の分類

被害調査で見られた被害のパターンを、構造部材の被害と非構造部材の被害に分けて分類し下記に示す。

1）構造部材の被害

下記のような被害が、主として旧耐震基準により設計された建築物に見られた。なお、⑤の被害は 1981 年以降のいわゆる新耐震基準により設計された建築物にも見られた。新耐震基準により設計された建築物にはこの他にも、柱梁接合部のせん断ひび割れやコンクリート打ち継ぎ部の水平ひび割れなどの損傷が見られた。

① 1 階の層崩壊

2 階以上に壁を有し 1 階で壁が抜けるいわゆるピロティ形式の建築物で、1 階に地震エネルギーが集中することに加え、さらに偏心の影響があり、捩れ変形によって隅柱がせん断破壊し落階するという被害が見られた。また、ピロティ形式ではない建築物でも、1 階柱のせん断破壊により層崩壊した被害が見られた。

② 中間階の層崩壊

柱のせん断破壊により、3 階建ての 2 階部分の層崩壊が見られた。当該建築物においては、1 階の柱もせん断破壊しており、平面形状も各階ほぼ同一であることから、層崩壊した層のみが極端に強度や剛性が低かったわけではなさそうである。この他にも、3 階建てで 2 階のみ短柱を有する建築物で 2 階の層崩壊が見られた。

③ 柱のせん断破壊

従来から指摘されている通り、腰壁や袖壁が取り付くことによりクリアスパンが短くなった短柱のせん断破壊が散見された。また、一部のせん断補強筋の少ない既存不適格の建築物では長柱のせん断破壊も見られた。さらに、1 階柱の基礎から立ち上がった主筋の多くを段落としした部分を起点とする柱のせん断破壊も見られた。

④ RC 柱脚部や連層耐力壁側柱脚部の曲げ破壊

柱の脚部や連層耐力壁の脚部の曲げ破壊により、コンクリートの圧壊、主筋の座屈及び破断といった被害が見られた。

⑤ SRC 露出柱脚のアンカーボルトの抜けだしや主筋の座屈

鉄骨鉄筋コンクリート造の露出柱脚において、アンカーボルトの抜け出しや主筋の座屈等の被害が見られた。これは、ベースプレート直下の断面にひずみが集中し、アンカーボルトが抜け出し、鉄筋も引張降伏し、その後の圧縮により座屈したものと推測される。この状態でさらに引張が作用すると、鉄筋の破断が生じる可能性も高い。この被害は、1995 年兵庫県南部地震の際と同様に、旧耐震基準により設計された建築物だけでなく、現行基準による設計の建築物にも見られた。

⑥ 境界梁のせん断破壊や付着割裂破壊

並列する連層耐力壁を連結する境界梁に、せん断破壊や付着割裂破壊の被害が見られた。この境界梁には、中央部に近接する 2 つの開口が設けられていた。

⑦ 建築物の傾斜

4 階建て及び 14 階建て建築物に傾斜の被害が見られた。その原因としては、地盤変状や杭の損傷等が考えられるが、より詳細な調査が必要であろう。

⑧ 塔屋の損傷・傾斜

塔屋の一部の損傷・破壊や、それによる傾斜の被害が見られた。

⑨ 耐震補強された建築物の損傷

桁行き方向に耐震補強された建築物の張り間方向に曲げ破壊による損傷が生じた事例が見られた。

2）非構造部材の被害

⑩ 袖壁付き柱の袖壁脚部の曲げ破壊

袖壁付き柱の袖壁脚部の端部圧壊が見られた。この袖壁部分は、設計上は非構造部材として構造耐力上は無視していた可能性が高いため、ここでは非構造部材の被害に分類した。ただし、今後、袖壁付き柱を積極的に構造部材として考慮するような場合には、このような被害が生じる可能性についても考えておく必要がある。

⑪ 集合住宅の非構造壁の損傷

マンション等の都市型集合住宅の玄関回りの非構造壁やベランダ側の方立て壁などに、せん断ひび割れやせん断破壊の被害が見られた。この被害は、旧耐震基準による設計や新耐震基準による設計に関わらず、何れの年代の建築物にも比較的多く見られた。一部の建築物においては、玄関ドアの開閉ができなくなっており避難上の支障が生じた上に、無理矢理こじ開けた後は締まらなくなり防犯上の問題も生じている。

⑫ 外装材の損傷・落下

構造部材の被害が生じていない建築物においても、仕上げモルタルやタイル等の外装材の損傷や落下の被害が多く見られた。これらの被害も、旧耐震基準による設計や新耐震基準による設計に関わらず、何れの年代の建築物にも多く見られた。

⑬ 屋上突出物の傾斜や脱落

看板や屋上水槽などの屋上突出物に傾斜や脱落などの被害が見られた。

⑭ ブロック塀・石積み塀の倒壊

石積み塀やコンクリートブロック塀の倒壊が、非常に多くの地域で見られた。

3）1995 年兵庫県南部地震の際の構造被害との比較

今回の地震動被害調査で鉄筋コンクリート造等建築物に見られた上記の被害は、1995 年兵庫県南部地震の際にも見られた。一方、1995 年兵庫県南部地震の際に見られた下記のような構造被害は今回の地震被害では今のところ確認されていない。

- 新耐震基準により設計された建築物のピロティ層の崩壊
- 中高層建築物の中間階崩壊
- 転倒
- 新耐震基準により設計された建築物の柱梁接合部の破壊
- 鉄筋圧接部の破断
- 体育館におけるプレキャスト屋根の落下

5.4.5 まとめ

震度が大きな地域における鉄筋コンクリート造等建築物の地震動による被害概要を把握するために、岩手県、宮城県、福島県及び茨城県において調査を行った。その結果、各地の地震動による被害は、

観測された震度に比べると大きくはなく、総じて構造部材の被害はそれほど顕著ではなかった。ただし、限定的ではあるが、低層建築物の中間層崩壊、ピロティ構造の１階の層崩壊、柱のせん断破壊による軸力支持能力の喪失といった重大な被害もさまざまな地域で確認された。なお、仙台市若林区や須賀川市では、構造部材の被害が比較的集中して見られた。これらの地域は、以前は田んぼや堀であったことが分かっており、被害が集中した理由としてこのような地盤条件が関わっている可能性が考えられる。

一方、石積み塀やコンクリートブロック塀の転倒、外装材の損傷・落下、ガラスの破損等の非構造部材の被害は、非常に多くの地域において見られた。特に、都市部においては、集合住宅の玄関回りの非構造壁のせん断破壊等の大きな損傷が多く見られた。

地震動被害の調査結果より、被害形式の分類を行い被害の特徴を取りまとめた。今回見られた構造被害の形式は、そのほとんどがこれまでの地震被害において見られたものであった。被害が生じた建築物のほとんどは旧耐震基準で設計された建築物であるが、現行基準により設計された鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の一部に、1995 年兵庫県南部地震の際にも見られた柱脚ベースプレート付近の主筋の座屈が見られた。

なお、地震動による重大な構造被害が比較的少ない中において、市役所などの公共建築物が使用できなくなるほど大きな被害を被った事例が散見された。これらの建築物は、被災時にも機能することが求められるため、耐震改修を急ぐ必要性が改めて明確となった。なお、これらの建築物が機能を喪失した主たる原因は、短柱のせん断破壊による軸力支持能力の喪失であることから、このような短柱にスリットを設けるかせん断補強を施す改修を先行させることにより、役所建築物等の機能喪失を防ぐことも、極めて重要な対策であると思われる。

参考文献

5.4-1
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_db/db_map/201103/11/A20110311144618120026038062100560142516600870237429590J84D5117002064_table.html
5.4-2 http://www.geocities.jp/link_castle/cas_fuku.html
5.4-3 筑波大学境教授HP（http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~sakai/113.htm）の被害調査速報

謝辞

本 5.4 節では(独)防災科学技術研究所の K-NET の観測記録等を使用させて頂きました。関係各位に謝意を表します。