

5. 地震動による建築物等の被害

5.1 建築物等の地震被害調査の方針

東北地方太平洋沖地震では、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県など東日本の太平洋沿岸の各県を中心に広い地域で建築物等の地震被害が発生した。

この地震の震源域は、東日本の太平洋岸とほぼ並行であり長さ約 450km、幅約 150km となっており、上記の各県から断層面までの距離は概ね同じであり、第 4 章で示すように観測された地震動も震央に近い仙台市とかなり離れた例えばつくば市でもそれ程は違ってない。

このような事情から、木造建築物の被害調査に関しては、震度 7 を観測した宮城県北部（栗原市）の他、内陸でも比較的被害が大きいとされた栃木県を含めて、北は宮城県から南は茨城県まで、第一次調査として幅広く調査を実施することとし、建物プランや耐力壁配置などより詳細な調査については、第一次調査から対象地域を絞って、第二次調査として実施する予定とした。

鉄骨造建築物の被害調査に関しては、震度も比較的大きく、大都市で鉄骨造建築物ストックが多い仙台市の他、福島県、茨城県において、主として外観による第一次調査を行うこととした。後述するように、構造部分の顕著な被害は外観から見る限り限定的である一方で、外装材の落下など非構造部材の被害はかなり多いことがわかった。そこで、調査実施が難しい民間建築物ではなく建物内部調査も可能な学校体育館を対象を絞り、かつ、多くの被害が報告されている茨城県内の学校体育館を対象を絞って第一次調査を継続することとした。なお、学校体育館は工場や倉庫などの類型と見ることができる。今後、外観では被害が見えないが、建物内部の構造被害が明らかとなってくれば、その時点で、学校体育館以外の建築物についても第二次調査を検討することとした。

鉄筋コンクリート造建築物の被害調査に関しては、倒壊報道された建物調査の他、木造建築物の被害調査と同様、北から南まで幅広く、市役所庁舎など公的建築物を中心に被害状況の概略把握と、従来の地震被害と異なる被害パターンの有無について第一次調査を実施することとした。技術基準に反映すべき特徴的な被害パターンなどがあれば、その時点で、第二次調査を検討することとした。

宅地地盤・基礎の被害に関しては、関東地方において液状化被害が激しく、また、行政支援としての調査への同行などを依頼された茨城県潮来市の他、千葉県浦安市およびその周辺地域について第一次調査を実施することとした。また、1978年宮城県沖地震において被害がみられた地域が再度被災するなどの状況も見られたことから、こうした造成宅地を中心とした調査を、宮城県、福島県、栃木県の一部において第一次調査を実施することとした。

非構造部材の被害に関しては、行政支援としての調査を依頼された茨城空港ビルの天井落下の調査の他、鉄骨造や鉄筋コンクリート造の被害調査に同行して、被害状況の第一次調査を行うこととした。

5.2 木造建築物の被害

5.2.1 調査の目的と概要

2011年東北地方太平洋沖地震発生に伴い、木造建築物にも多数の被害が発生した。国土交通省国土技術政策総合研究所と独立行政法人建築研究所は、地震発生の3日後にあたる3月14日から木造建築物の被害概況を把握する目的で、第一次調査を行った。今回の地震による震災は広範囲にわたったため、この第一次調査は複数回にわたって実施したが、被害の全容を把握し切れていない。

本節では、これらの調査によって得られた調査結果について、被害原因に関する考察を与えるための今後の調査計画を策定するための基礎資料としてとりまとめたものである。

5.2.2 調査結果

(a) 宮城県栗原市

① 栗原市役所での被害情報

栗原市役所建設部建築住宅課によると、3月15日時点での応急危険度判定対象住宅は次の通り。なお、各地域の位置関係は図5.2.1-1に示す通り。

若柳 川北	139 棟	(実施済)
若柳 川南	246 棟	(実施済)
若柳 福岡	80 棟	(実施済)
瀬峰 瀬峰	187 棟	(実施中)
栗駒 桜田	70 棟	(実施中)

以上のうち、600棟について応急危険度判定を実施済みであるが、そのうち木造は590棟で、いずれも住宅のみで倉庫等は含んでいないとのことであった。

倒壊は若柳川北に1棟のみ。危険18%、要注意29%、調査済み54%。全壊またはそれに近いものが42棟。栗原市内の死者行方不明者はないとのことである。

若柳および桜田は、迫川（はさまがわ）の堆積層で支持層までの深さが30m程度ある軟弱地盤である。住宅の築年数は、若柳の川北、川南は築30～40年が多く、福岡はやや新しい。桜田、瀬峰も築30年くらいが多いと思われる。市役所付近は支持層まで10m程度で地盤としては良好で、市庁舎に構造的被害はほとんどない。

② K-NET 築館 (MYG004 : 計測震度 6.6) の設置状況

栗原文化会館の南側駐車場の南、高さ約3mの段差の上、段差から約5m南に設置してある（高さ、距離は目視による）。地形による加速度の増幅も考えられる。（写真5.2.1-1、5.2.1-2）



図 5.2.1-1 栗原市における調査地等

③ 栗原市若柳の被害状況

栗原市若柳の川北、川南、福岡の地区において木造住宅を中心とした被害概要調査を実施した。この地区は地盤が悪いという情報があり、砂地盤の液状化によると見られる噴砂跡が認められた(写真 5.2.1-3)。地盤変状に伴って住宅が大きく損壊した例(写真 5.2.1-4)もあった。また、町屋形式、もしくは店舗併用の住宅で大きな残留変形を示しているものも多く見られた(写真 5.2.1-5~7)。木造住宅の一部が倒壊した例(写真 5.2.1-8)も確認された。こうした木造住宅の被害例の中には、明らかに老朽化している木造住宅の被害例(写真 5.2.1-9)もある。

一方、大規模な木造建築物もあり、古い映画館を工場として使用しているもので、大きく損

壊した例（写真 5.2.1-10、5.2.1-11）があった。木造の商店建築物（老朽化したものを含む）の被害例（写真 5.2.1-12、5.2.1-13）、鉄骨造の商店建築物の被害例もあった。

若柳地区の 3カ所で墓石の転倒状況を調べたところ、少ないところで 1～2割、多くて 4割程度の転倒率と思われる（写真 5.2.1-14）。墓石の転倒の方向はまちまちであるが、南北方向の転倒がやや多いように思われた。

④ 栗原市栗駒桜田における住宅等被害

栗原市栗駒桜田においても被害が多いとの情報に基づき、同地区の住宅等の被害概要調査を行った。作業小屋等の倒壊（写真 5.2.1-15、5.2.1-16）、長屋門の土塗り壁の剥落（写真 5.2.1-17）、大きく損壊した土蔵（写真 5.2.1-18）などの被害が認められた。住宅の著しい被害は確認されなかった。

栗駒の地震計（震度 6弱）が「みちのく伝創館」の西側駐車場に設置されていることを確認した。敷地周辺の水田よりやや上がったところに計測小屋があった（写真 5.2.1-19）。「みちのく伝創館」は外観上の被害は認められず、北側にある栗駒支所（木造・集成材建築物）には、内部も含めて構造的被害は認められなかった（写真 5.2.1-20）。

⑤ 栗原市瀬峰における住宅等被害

栗原市瀬峰においても被害が多いとの情報に基づき、栗駒市瀬峰の住宅等の被害概要調査を行った。開口の大きな店舗併用住宅（写真 5.2.1-21、5.2.1-22）が大きく損壊する被害例があった。戸建て住宅の被害は比較的軽微と思われる。また、古い鉄骨造の建築物で外壁が大きく損傷しているなどの被害があった。

瀬峰の震度計（震度 6弱）は瀬峰支所に設置されていることを確認した（写真 5.2.1-23）。瀬峰支所の建物には、外壁仕上げの損傷等が認められ、パラペットの立ち上がり部の根元が損傷してパラペットが傾斜しているように見える部分があった。



写真 5.2.1-1 K-NET 栗原築館
設置場所（写真中央段差上の林の中）



写真 5.2.1-2 K-NET 栗原築館
設置状況（左側に約 3m の段差あり）



写真 5.2.1-3 液状化による噴砂痕



写真 5.2.1-4 地盤変状によると見られる被害



写真 5.2.1-5 町屋形式の住宅の被害



写真 5.2.1-6 町屋形式の住宅の被害



写真 5.2.1-7 町屋形式の住宅の被害



写真 5.2.1-8 倒壊家屋



写真 5.2.1-9 老朽化した家屋の倒壊



写真 5.2.1-10 古い映画館を改装した工場

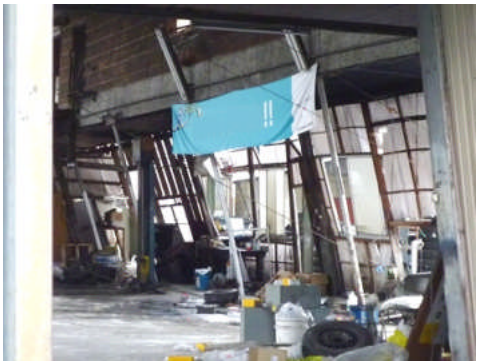


写真 5.2.1-11 写真 5.2.1-10 の内部



写真 5.2.1-12 老朽化した商店建築物の被害



写真 5.2.1-13 商店建築物の被害

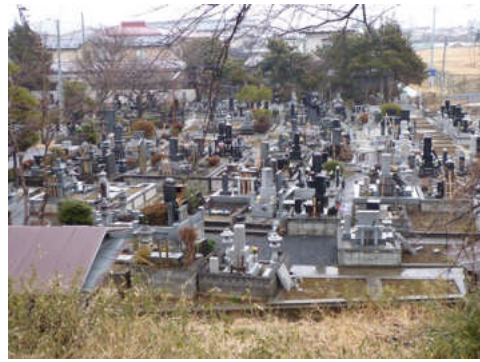


写真 5.2.1-14 墓石の転倒



写真 5.2.1-15 作業小屋の倒壊
(栗原市栗駒桜田)



写真 5.2.1-16 木材小屋の倒壊
(栗原市栗駒桜田)



写真 5.2.1-17 長屋門の土塗り壁剥落
(栗原市栗駒桜田)



写真 5.2.1-18 大きく損壊した土蔵
(栗原市栗駒桜田)



写真 5.2.1-19 栗駒の地震計設置状況



写真 5.2.1-20 木造で無被害の栗駒支所



写真 5.2.1-21 店舗併用住宅の被害
(栗原市瀬峰)



写真 5.2.1-22 店舗併用住宅の被害
(栗原市瀬峰)



写真 5.2.1-23 瀬峰の震度計設置状況

(b) 宮城県大崎市

①大崎市役所による被害情報

大崎市によれば、被害は市役所周辺、及び JR 貨物古川駅北西側付近 (図 5.2.2-1) に集中しているとのことであった。他では、古川荒谷の旧街道沿いなどにも被害があるが、鳴子地区を含む山間部には建築物の被害は報告されていないとのこと。応急危険度判定は、面的に実施する分は終了しているが、散発的に依頼があるものに対して実施しているとのことであった。

②大崎市役所南東部の被害状況

大崎市役所から JR 貨物古川駅に向かう地域 (古川三日町、同七日町、同川端など) において、倒壊を含む大きな被害が数多く見られた。他機関による既報^{5.2-1)} の倒壊家屋以外にも、大きく傾斜した住宅、店舗併用住宅、部分的に崩壊したとみられる住宅などが確認された。

例えば、店舗やギャラリーとして改装された土蔵は、いずれも程度の大小こそあれ、被害を受けていた (写真 5.2.2-1)。なかには瓦屋根が崩落しているもの (写真 5.2.2-2) があつた。これらの土蔵群の一角には店舗として利用されていて、営業中である伝統構法の民家 (写真 5.2.2-3) があり、残留変形が大きいものと見受けられた。この建物の向かい側には外壁モルタルが大きく剥落し、残留変形が認められる店舗併用住宅 (写真 5.2.2-4) があり、換気扇の掃き出し口付近のモルタル下地に部分的な腐朽・蟻害 (写真 5.2.2-5) が認められた。さらに、モルタル外壁が剥落し、筋かいの断面が無くなるほど生物劣化が激しい木造家屋 (写真 5.2.2-6) や、残留変形が大きな倉庫 (写真 5.2.2-7) など確認された。一部を除いて、これらの被害のほとんどが小さな河川沿いであり、地震動が増幅されている可能性が考えられた。



図 5.2.2-1 大崎市における調査地等

③JR 貨物古川駅北西側の被害

震度6強を記録した JMA 古川の地震計 (写真 5.2.2-8) は、三日町公園の北東の角に設置してあった。この近傍では、古い学校建築と思われる建物群があり、ほぼ無被害のものや屋根瓦や外壁モルタルが大きく被害を受けたものの、残留変形は認められないもの (写真 5.2.2-9) がある一方で、2階のみが崩壊した希少な被害例 (写真 5.2.2-10) も確認された。これに対し

て、大崎市役所の西側の小学校の木造校舎（写真 5.2.2-11）は外観上被害軽微に見えた。

以上のほか、1階の残留変形が大きい店舗併用住宅（写真 5.2.2-12、5.2.2-13）、2階の残留変形が大きい店舗併用住宅（写真 5.2.2-14）、地盤の液状化によって大きく傾いた平屋建ての住宅（写真 5.2.2-15、5.2.2-16）などが確認された。

JR 貨物古川駅北西側では、倒壊した鉄骨造建築物や、地盤変状に伴って、大きく傾いた RC 造の集合住宅、大きく傾斜した寺社建築（写真 5.2.2-17）などが確認された。また、居住者の了解が得られた木造住宅4棟について詳細調査を実施した。



写真 5.2.2-1 大小の被害を受けた土蔵群



写真 5.2.2-2 屋根が崩落した土蔵



写真 5.2.2-3 店舗として活用されている伝統的構法による民家の被災例



写真 5.2.2-4 残留変形がある店舗併用住宅



写真 5.2.2-5 写真 5.2.2-4 の南側における生物劣化



写真 5.2.2-6 外壁モルタルが剥落して、筋かいの生物劣化が顕著



写真 5.2.2-7 残留変形が大きな倉庫



写真 5.2.2-8 JMA 古川 (震度6強)



写真 5.2.2-9 屋根瓦と外壁に被害を受けた学校建築



写真 5.2.2-10 2階が崩壊した学校建築



写真 5.2.2-11 外観上被害軽微に見えた学校



写真 5.2.2-12 残留変形が大きい店舗併用住宅



写真 5.2.2-13 残留変形が大きい店舗併用住宅



写真 5.2.2-14 2階の方が1階より残留変形が大きい店舗併用住宅



写真 5.2.2-15 大きく傾いた平屋建て住宅



写真 5.2.2-16 写真 5.2.2-15 の液状化した敷地



写真 5.2.2-17 大きく傾斜した寺社建築

④大崎市古川荒谷・古川台町の被害

4月27日に大崎市役所から得た情報で、比較的被害が大きかったとされる古川荒谷と、工学院大学河合直人教授^{5.2-2)}と木材学会^{5.2-3)}の両調査報告で被害が大きかったとされる古川台町において、調査を実施した。

古川荒谷は国道4号線沿いの旧街道で、道路を挟んで両側に住家、店舗併用住宅が並ぶ地域。道路沿いに地盤変状により傾斜した木造住宅(写真5.2.2-18)、外壁が一部剥落し、傾斜した木造住宅(写真5.2.2-19)等が散見された。地震被害を受けて、道路側の建物の一部(店舗か倉庫と推測される部分)が取り壊された建物の痕跡が数軒確認された(写真5.2.2-20～5.2.2-22)。

古川荒谷から、古川台町への移動の途中、国道4号沿いの江合川を渡る橋の北側(古川江合寿町)において、著しい地盤変状による道路の起伏があり、周辺の店舗で被害が確認された(写真5.2.2-23)。近隣に集成材構造の木造店舗があったが、建物周辺では地盤の起伏、亀裂が確認されたものの、構造部自体は外観から見た限りでは無被害であった(写真5.2.2-24)。

同じく移動の途中、古川北町では地震により傾斜した土蔵と倉庫が3棟確認され(写真5.2.2-25)、周辺で外壁ラスモルタルに亀裂の入った倉庫(写真5.2.2-26、5.2.2-27:剥落部で土台の腐朽を確認)、傾斜した木造住宅(写真5.2.2-28)が確認された。

古川台町～古川七日町は、大崎市から石巻に向かう石巻別街道を挟んで両側に位置し、店舗併用住宅や大型店舗が並ぶ地域。道路に面した側に大開口がある店舗併用住宅(主に木造・軽量鉄骨造の2階建て)の被害が数多く確認された。写真5.2.2-29、5.2.2-30は地震により傾斜した木造の店舗併用住宅。写真5.2.2-31は、くの字に傾斜し、外壁のラスモルタルに亀裂が入った木造店舗併用住宅。写真5.2.2-32は工学院大学、木材学会の被害調査報告の時点では、著しい傾斜が確認された木造の店舗併用住宅であったが、4月28日の調査時点では前面部分が解

体されていた。その他に地震被害を受けて解体工事が進められている建物が数軒（写真5.2.2-33、5.2.2-34）確認された。



写真 5.2.2-18 地盤変状により傾斜した平屋の住宅



写真 5.2.2-19 外壁が剥落し、傾斜した木造住宅



写真 5.2.2-20 前面部分が解体済みの木造



写真 5.2.2-21 前面部分が解体済みの木造



写真 5.2.2-22 前面部分が解体済みの木造



写真 5.2.2-23 地盤変状に伴い傾斜した店舗



写真 5.2.2-24 集成材構造の店舗(無被害)



写真 5.2.2-25 傾斜した土蔵、倉庫



写真 5.2.2-26 外壁モルタルが剥落した倉庫



写真 5.2.2-27 写真 5.2.2-26 の剥落部の
土台の腐朽



写真 5.2.2-28 傾斜した木造住宅



写真 5.2.2-29 傾斜した店舗併用住宅 3 棟



写真 5.2.2-30 傾斜した店舗併用住宅



写真 5.2.2-31 く の字に変形した店舗併用住宅



写真 5.2.2-32 取り壊された店舗併用住宅



参考 Google ストリートビュー



写真 5.2.2-33 解体工事中の木造住宅



写真 5.2.2-34 解体工事中の木造住宅

(c) 宮城県遠田郡美里町

① 美里町役場による被害情報

美里町は旧小牛田町と旧南郷町が合併してできた町であり、旧南郷村の規模に対して、旧小牛田町は約 2～3 倍の規模とのこと。建築物の被害数は表 5.2.3-1 の通りで、担当者としては旧小牛田町の被害が多いという印象があるが、旧南郷町の被害が必ずしも少ないわけではなく、被害の集計が進んでいない可能性もあるとのこと。

建築物の被害は特定の箇所に集中しているわけではなく、倒壊を含む大きな被害が町全体にわたってほぼまんべんなく存在するとのこと。強いて被害の多い地域をあげるとすれば、中埠（なかぞね）地区や平針地区などであるが、平針地区全壊 10 件、南小牛田（JR 小牛田駅より南方）で 4 件、北浦～国道 108 号バイパスの辺りで 21 件とのことであった。同町の震度計（写真 5.2.3-1、気象庁精査中、未公表）は庁舎北東に設置してあった。



図 5.2.3-1 美里町（旧小牛田町）における調査地

表 5.2.3-1 宮城県遠田郡美里町の被害建築物の状況（4月28日現在）

被害		旧小牛田町地域の 被害（棟）	旧南郷町地域の 被害（棟）	合計（棟）
住 家	全壊	60	17	77
	半壊	243	70	313
	一部損壊	1,577	307	1,884
非住家被害		1,193	232	1,425

②美里町中埜地区、平針地区の被害状況

美里町役場から得た情報に基づいて、全壊家屋の割合が多い地区（中埜、平針）について被害概要調査を実施した。（美里町の震度計は庁舎の北東に設置（写真 5.2.3-1）してあるのを確認）

中埜地区では、全壊家屋とされていた住宅のうち番地が特定できた4件を調査したが、1件を除き重機を使った撤去中もしくは撤去済みであった。

次に、JR 陸羽東線に平行して流れる江合川の北岸に位置する平針地区の概要調査を行った。この地区では、川に沿うように東西方向に大きな残留変形のある住宅（写真 5.2.3-2）が多く見られた。なかには、ブロック塀に載っていて、そのブロック塀がなければ倒壊していたであろうと推測される家屋（写真 5.2.3-3）も確認された。平針地区内にある共葬墓地の墓石は東西方向に転倒しているものが多かった（写真 5.2.3-4）。さらに、倒壊した茅葺き屋根の倒壊、2階を増築したと思われる家屋に残留変形がある例（写真 5.2.3-5）、残留変形のある平屋建て住宅（写真 5.2.3-6）なども確認された。



写真 5.2.3-1 美里町の震度計の設置状況



写真 5.2.3-2 残留変形の大きな住宅



写真 5.2.3-3 ほぼ倒壊相当の住宅
（ブロック塀に載っている）

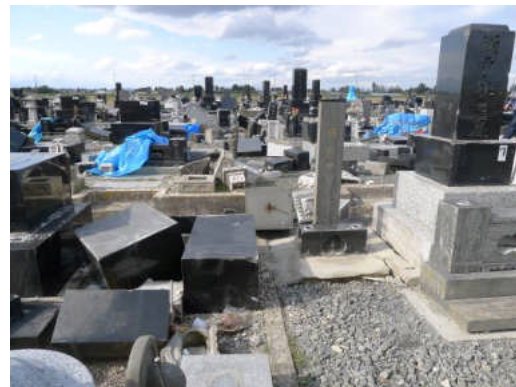


写真 5.2.3-4 平針共葬墓地



写真 5.2.3-5 2階増築と思われる建物の
残留変形



写真 5.2.3-6 残留変形が認められる住宅

③美里町北浦地区の被害状況

国道 108 号線を移動しているときに、道路沿いに被害が散見されたので、その概要を調査した。江合川の南岸に位置する美里町北浦には、外観上無被害のログハウス (写真 5.2.3-7)、1階に大きな残留変形がある住宅 (写真 5.2.3-8)、残留変形が認められる寺社建築 (写真 5.2.3-9)、納屋の倒壊 (写真 5.2.3-10) などが確認された。



写真 5.2.3-7 外観無被害のログハウス
店舗



写真 5.2.3-8 1階が大きな残留変形の
住宅



写真 5.2.3-9 残留変形が認められる神社



写真 5.2.3-10 倒壊した納屋

④美里町南郷地区の被害状況

美里町南郷地区（旧 遠田郡南郷町）は、鳴瀬川に沿って南北に集落が発展している。美里町役場における聞き取り調査において、南郷地区は鳴瀬川に沿った地域に数件の全壊家屋があると聞いていたため、図 5.2.3-2 に示す県道 150 号線沿線地域について被害状況を調査した。

美里町役場南郷支所では地盤変状が確認されたが（写真 5.2.3-11）、住宅の被害はほとんど確認できず、かろうじて倒壊を免れたと言ってよいほど残留変形が極めて大きい軸組構法住宅の家屋が 1 件（写真 5.2.3-12、5.2.3-13）、同じく軸組構法住宅で残留変形が認められるものが 1 件（写真 5.2.3-14）、外壁の一部が剥落し壁内の筋かいが露出している店舗併用住宅が 1 件（写真 5.2.3-15）確認されただけである。なお、この店舗併用住宅の露出した隅角部の柱は腐朽していた（写真 5.2.3-16）。変形方向はほぼ東西方向（鳴瀬川に直交する方向）であった。それ以外に、瓦の落下など屋根の被害が数件確認されたが、いずれも老朽化した住宅でセメント瓦葺きであった。

全体的な印象として、この地域は比較的新しい住宅の割合が多く、外観上は全く被害を受けていないものが圧倒的に多かった。この地域は 2003 年の宮城県北部連続地震においてもある程度の被害を受けており、当時も同様の調査範囲で応急危険度判定結果の割合等の外観調査を行っている。当時の記録^{5.2-4)}では、全体の約 3 割が何らかの被害を受けていて、瓦の落下や外壁剥落、躯体傾斜、ブロック塀の転倒等が確認されている。よって、当時被害を受けた住宅を新たに建て替えたり、何らかの補強工事を行ったりして、耐震性の高い住宅が増えていた可能性がある。



図 5.2.3-2 美里町（旧南郷町地区）の調査地域



写真 5.2.3-11 南郷支所の地盤変状



写真 5.2.3-12 残留変形が極めて大きい軸組構法住宅



写真 5.2.3-13 写真 5.2.3-12 の詳細



写真 5.2.3-14 残留変形が認められる軸組構法住宅



写真 5.2.3-15 外壁の一部が剥落した店舗併用住宅



写真 5.2.3-16 写真 5.2.3-15 の隅角部の柱の腐朽

(d) 宮城県石巻市

① 日和が丘、泉町の被害状況

旧北上川の西側、市役所の南側の高台（標高は最大 56.4m）に位置し、石巻合同庁舎（石巻特別地域気象観測所を含む）や石巻高校などの公共施設がある他は、大半が住宅地（写真 5.2.4-1）である。木造建築物の被害は、屋根瓦の被害（ブルーシート掛け）を受けた木造住宅（写真 5.2.4-2）が散見された程度で、大きな被害を受けた木造建築物は確認できなかった。

南側に隣接する門脇町や南浜町は、津波により壊滅的な被害を受けていたが、これらの地域は高台にあるために津波および浸水の被害は受けていない。

② 石巻市田道町、清水町の被害状況

石巻市田道町、清水町は日和が丘の北側に位置し、国土地理院の情報^{5.2-5)}によると、津波による浸水のあった地域(図 5.2.4-1)である。JR 石巻駅の西側、石巻街道と石巻別街道を結ぶ道路の両側に位置する。道路沿いには開口の大きい、低層の店舗併用住宅が多く並ぶ。図 5.2.4-2 に津波の痕跡から推測した浸水深と、地図情報による地盤面の海拔を示したが、浸水深は約 80cm~150 cm であった。石巻別街道は北西~南東の方角に通っているが、北西の JR 仙石線に近い地点の方が海拔は低くなっていて、浸水深が深くなっている。近隣の住人のヒアリングによる情報では、海拔の低い方は旧北上川の洪水による浸水が過去にあった地域であり、3月11日の津波の際には流速はほとんど無く、洪水のように浸水深が増加したとのこと。建物の被害は津波よりも、地震動が主要要因と推測される。

道路の両側では、地震により倒壊した木造住宅(写真 5.2.4-3)や、傾斜した店舗併用木造住宅(写真 5.2.4-4~5.2.4-6)、外壁が剥落した木造住宅(写真 5.2.4-7)、大きく傾斜した木造住宅(写真 5.2.4-8)、外壁に亀裂が入り、補修した木造住宅(写真 5.2.4-9)が確認された。道路に沿った方向に 1F の耐震要素が少ない店舗併用住宅が多いため、被害が大きかったことが推測される。

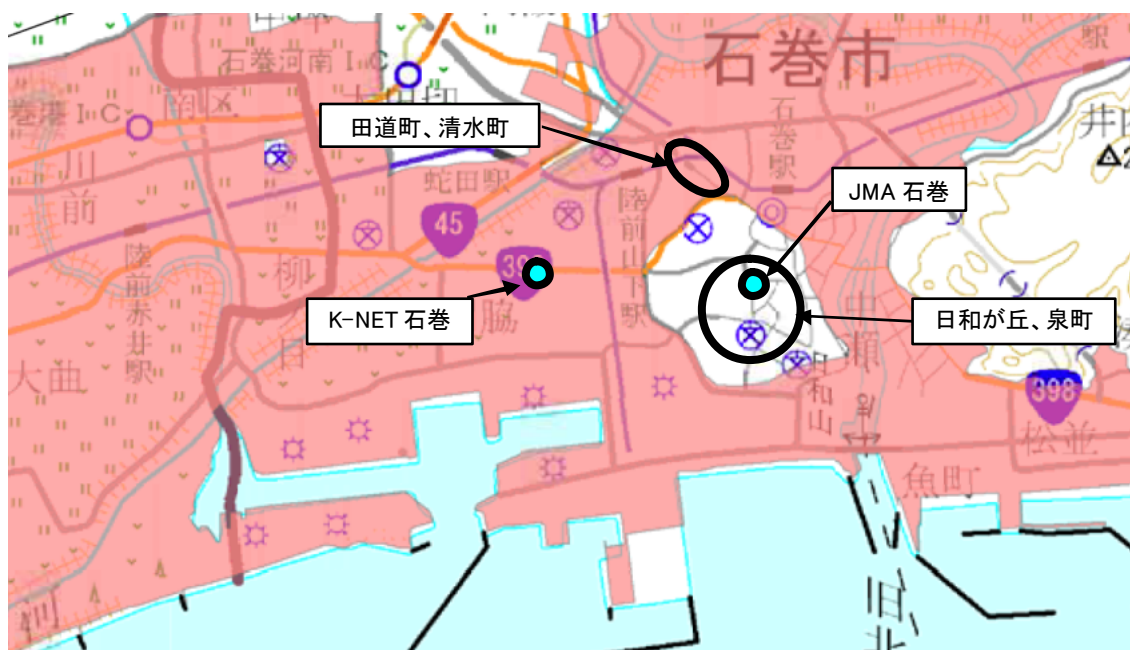


図 5.2.4-1 石巻市田道町、清水町周辺の浸水範囲(国土地理院 浸水範囲概況図^{5.2-5)}より)

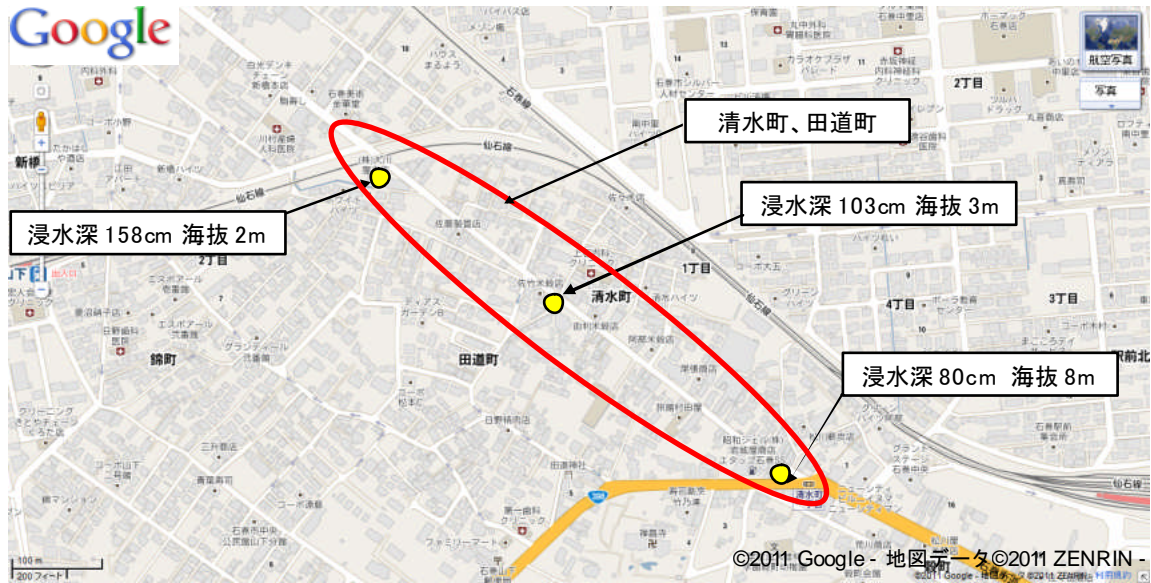


図 5.2.4-2 石巻市清水町、田道町の調査建物の位置
(海拔は地盤面の高さ：Mapion 地図データの情報による)



写真 5.2.4-1 泉町の市街状況



写真 5.2.4-2 日和が丘 屋根の被害



写真 5.2.4-3 倒壊した木造住宅



写真 5.2.4-4 傾斜した店舗併用木造住宅



写真 5.2.4-5 傾斜した店舗併用木造住宅



写真 5.2.4-6 傾斜した店舗併用木造住宅



写真 5.2.4-7 外壁が剥落した店舗併用木造住宅



写真 5.2.4-8 大きく傾斜した木造住宅



写真 5.2.4-9 外壁に亀裂の入った木造住宅

(e) 宮城県仙台市

① 東北地方整備局建政部、仙台市青葉区役所での被害情報

東北地方整備局建政部及び仙台市青葉区役所によると、被害が報告され、応急危険度判定の対象となっている地区は次の通り（括弧は判定対象棟数：3月14日時点）。なお、各地域の位置関係は図 5.2.5-1 に示す通り。

- 青葉区 旭ヶ丘1～4丁目（2,250棟）
- 折立4～6丁目（470棟）
- 貝ヶ森1丁目（400棟）
- 西花苑1～2丁目（540棟）

泉区 東黒松
黒松1丁目、3丁目

これらの地区の被害は擁壁の破壊、土砂崩れ、及びそれに伴う住宅の損壊とのこと。仙台市郊外では昭和30年代から60年代にかけて、宅地開発が行われたとのこと。

また、北根3丁目にて9階建てマンションが傾いているとの情報があったとのこと。

調査者は、上の地区のうち、被害が最も激しいと伝えられた折立（おりたて）4～6丁目、及び隣接する西花苑1～2丁目において被害概要調査を行った。

② 仙台市青葉区折立地区の被害状況

折立6丁目では、擁壁破壊に伴う住宅被害が散見され、被害が甚大なもの1件（写真5.2.5-1）が認められた。折立5丁目では、折立小学校の南西側一帯で、連続した地盤変状と擁壁破壊があり、10棟を超える住宅が大きく損壊している状況が認められた（写真5.2.5-2～5.2.5-6）。なお、少なくとも写真5.2.5-2および写真5.2.5-6については、既に応急危険度判定が実施され、“危険”の判定がなされていた。



図 5.2.5-1 仙台市における調査地等 (○：調査地 ◯：未調査)



写真 5.2.5-1 擁壁破壊と住宅被害
(青葉区折立 6 丁目)



写真 5.2.5-2 擁壁破壊と住宅被害
(青葉区折立 5 丁目)



写真 5.2.5-3 写真 5.2.5-4 の住宅、
基礎が 90 cm 程度沈下
(青葉区折立 5 丁目)



写真 5.2.5-4 道路の路面破壊
(青葉区折立 5 丁目)



写真 5.2.5-5 地盤変状に伴う住宅被害
(青葉区折立 5 丁目)



写真 5.2.5-6 地盤変状に伴う住宅被害
(青葉区折立 5 丁目)

③ 仙台市青葉区貝ヶ森における住宅等被害概要

東北地方整備局建政部、仙台市青葉区役所により得られた情報に基づき、仙台市青葉区貝ヶ森において住宅等の被害概要調査を行った。傾斜地であるが擁壁そのものの被害は少なく、木造住宅の外壁の損傷などが確認された（写真 5.2.5-7）。

④ 仙台市青葉区小松島における住宅等被害概要

仙台市青葉区旭が丘に向かう途中、小松島において店舗併用住宅の外壁剥落を生じた被害があった（写真 5.2.5-8）。外壁モルタルの内側の木材（被害により露出した部分）には、腐

朽および蟻害が認められた（写真 5.2.5-9）。また、1階に大きな残留変形を有する木造建築物の被害があった（写真 5.2.5-10）。

⑤ 仙台市青葉区旭ヶ丘における住宅等被害概要

東北地方整備局建政部、仙台市青葉区役所により得られた情報に基づき、仙台市青葉区旭ヶ丘において住宅等の被害概要調査を行った。傾斜地であるが擁壁そのものの被害は少なく、棟瓦の落下、コンクリートブロックと思われる塀の倒壊等が認められた（写真 5.2.5-11）。



写真 5.2.5-7 モルタル外壁の損傷
（仙台市青葉区貝ヶ森）



写真 5.2.5-8 モルタル外壁の剥落
（仙台市青葉区小松島）



写真 5.2.5-9 同詳細
（仙台市青葉区貝ヶ森）



写真 5.2.5-10 残留変形の大きな木造
（仙台市青葉区小松島）



写真 5.2.5-11 棟瓦落下および塀の倒壊
（仙台市青葉区旭ヶ丘）

⑥ 仙台市太白区の崩壊した旅館とその周辺の被害

仙台市太白区向山の旅館が倒壊したとの情報に基づき、被害状況の調査を行った。傾斜地に建つ木造旅館で土塗り壁を用いた比較的年代が古いと思われる建築物であり、一部が崩壊して道路に落下していた（写真 5.2.5-12）。裏山の神社から状況を確認したところ、背後の裏山の土石が崩落して（写真 5.2.5-13）建築物の一部が押し倒したものと想像された。周辺の建物には、地震動による被害は特に認められなかった。



写真 5.2.5-12 旅館の倒壊現場
（仙台市太白区向山）



写真 5.2.5-13 崩壊した旅館の裏山

(f) 福島県須賀川市

① 須賀川市役所における被害情報

須賀川市災害対策本部によると、応急危険度判定は3月16日から実施し、3月24日で終了、被害の大きい市役所周辺を中心に1,284件を実施しているとのこと。被害は市役所周辺に集中し、特に八幡町、加治町、南町、南上町の被害が大きい。応急危険度判定実施結果を表5.2.6-1に示す。南上町では造成地の地盤変状（50 cm程度北から南に地滑り）により木造住宅数棟が被害を受けているが、その他の地域については建築年代の古い建物がRC造、S造、木造いずれも大きな被害を受けている。市東部では大きな被害はほとんどなく、市西部では岩淵・植松地域で宅地造成地での地盤変状による住宅被害（2~3棟）が報告されている。また須賀川市は商人の町であったため土蔵が多く残っているが、その多くに大きな被害が出ており、築30年程度と考えられる石造りの倉にも大きな被害が出ている。

各地の位置関係を示すと図5.2.6-1の通りとなる。

表 5.2.6-1 須賀川市の応急危険度判定実施結果（3月24日時点）

構造種別	調査数	危険	要注意	調査済
木造	1,023	245	315	463
鉄骨造	188	51	44	93
RC造	73	25	16	32
合計	1,284	321	375	588
割合	100%	25.0%	29.2%	45.8%

②須賀川市中心部の被害状況

本町の倒壊した RC 造の通りを挟んで反対側の加治町付近に、木造家屋の被害が多数確認された。例えば、店舗に改装した土蔵が大きく損壊したもの（写真 5.2.6-1）、店舗併用住宅の 2 階部分のモルタルが大きく崩落したもの（写真 5.2.6-2、5.2.6-3）が確認された。剥落した外壁モルタルの下地や構造躯体の一部には、腐朽およびヤマトシロアリによる蟻害（写真 5.2.6-4～5.2.6-7）が複数確認された。モルタル外壁が剥がれて、落下しそうな危険な状態にあるもの（写真 5.2.6-8、5.2.6-9）も確認された。また、これらの近傍では、コンクリートブロック造と見られる建築物が倒壊していたが、これに隣接する木造住宅は、階段室部分が一部崩壊（写真 5.2.6-10）していた。

窓ガラスが破損したホテルの近傍では土蔵が大きく損壊し、残留変形（写真 5.2.6-11）があった。土蔵の被害では、屋根だけが崩壊する被害例も確認された（写真 5.2.6-12）。なお、他にも大きく損壊したと思われる店舗併用住宅（写真 5.2.6-13）があったが、解体撤去作業（写真 5.2.6-14）が始まっていた。

その他、屋根瓦の被害（写真 5.2.6-15）も多数確認された。一部損傷が見られたり、建物全体が傾斜している RC 造も確認された。この付近では、鳥居が落下し（写真 5.2.6-16）、残留変形が認められる木造（写真 5.2.6-17）もあった。

寺社建築では、山門の屋根瓦に被害（写真 5.2.6-18）があるものの、本堂はほぼ無被害（写真 5.2.6-19）に見えた。鉄骨造の最上階の壁が落下する被害例が複数確認された。

③須賀川市南町の被害状況

ところどころに液状化による噴砂痕が確認された。屋根瓦の被害（写真 5.2.6-20）が散見された。市役所のホームページ（http://www.city.sukagawa.fukushima.jp/20110321_hisai_jyoyukyuu.html）では南町内に倒壊した木造家屋（写真 5.2.6-21：市役所ホームページより）があるとのことであったが、同一のものは確認できなかった。別の建物が倒壊しているのが確認された（写真 5.2.6-22）が、倒壊した建物からは木材や石などが確認されたが、構造種別は不明である。その他、全壊に近い被害を受けたと想像される家屋（写真 5.2.6-23）もあったが、既に解体撤去作業が進んでいたため、どの程度の被害を受けたかは不明である。南町から東側一帯を見た概況（写真 5.2.6-24）としては、屋根瓦に被害を受け、ブルーシートで応急措置を行った住宅の割合は、比較的多いという印象をもった。

市役所で中心部、南町以外で被害が多いために応急危険度判定を実施した造成宅地である南上町の遠景（写真 5.2.6-25）からは、大きく傾斜した建物などは認められなかった。

④須賀川市岩瀬支所における被害情報および震度計設置状況の確認

須賀川市役所からの約 10 km 西の岩瀬支所へ行く途中で、信号機の傾倒（写真 5.2.6-26）やコンクリートブロック造と見られる建物の崩壊（写真 5.2.6-27）が確認された。岩瀬支所管内には約 1,400 世帯あるが、住民の通報等に基づいて 147 棟についての被災状況を目視確認した結果、3月24日 18:00 の時点で 11 棟が全壊、40 棟が半壊、96 棟が一部損壊であった。震度計は支所庁舎の裏手にあり、須賀川市役所本所とほぼ同様の設置状況（写真 5.2.6-28）であった。



図 5.2.6-1 須賀川市の調査地等 (○：調査地，○：未調査)



写真 5.2.6-1 土蔵を利用した店舗の被害



写真 5.2.6-2 ほぼ全面に渡り外壁モルタルが剥落した店舗併用住宅



写真 5.2.6-3 店舗併用住宅の被害



写真 5.2.6-4 大きく損壊した店舗併用住宅

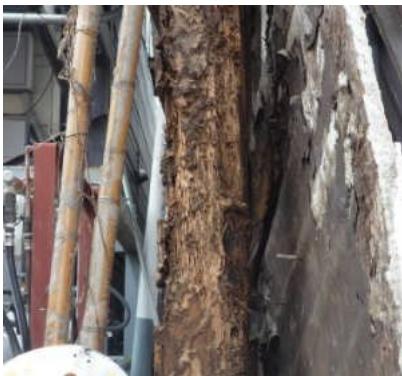


写真 5.2.6-5 写真 5.2.6-4 の柱の生物劣化



写真 5.2.6-6 外壁モルタルが剥落した住宅



写真 5.2.6-7 写真 5.2.6-6 の柱・下地の生物劣化



写真 5.2.6-8 外壁モルタルが剥落した住宅



写真 5.2.6-9 写真 5.2.6-8 で外壁モルタル



写真 5.2.6-10 階段室部分が崩壊した木造
が落下する危険性のある状態



写真 5.2.6-11 大きく損壊して残留変形
がある土蔵



写真 5.2.6-12 屋根だけが崩壊した土蔵



写真 5.2.6-13 大被害と推測される木造



写真 5.2.6-14 写真 5.2.6-13 の解体撤去作業



写真 5.2.6-15 屋根瓦の被害



写真 5.2.6-16 鳥居の崩壊



写真 5.2.6-17 残留変形が残る木造住宅



写真 5.2.6-18 被害軽微の山門



写真 5.2.6-19 ほぼ無被害の本堂



写真 5.2.6-20 屋根瓦の被害



写真 5.2.6-21 南町の倒壊家屋 (須賀川市役所ホームページより)



写真 5.2.6-22 倒壊家屋 (構造種別不明)



写真 5.2.6-23 解体撤去作業中の被災建築物



写真 5.2.6-24 南町から東側一帯の概況（ブルーシートをかぶせた屋根が多い）



写真 5.2.6-25 南上町の遠景



写真 5.2.6-26 傾倒した信号機



写真 5.2.6-27 倒壊した建築物



写真 5.2.6-28 震度計設置状況

(g) 栃木県那須郡那須町

① 那須町役場での被害情報

那須町災害対策本部によると、応急危険度判定は実施していないが、発災翌日から町職員が外観目視で1次調査を行い、全壊32棟と判断されている。3月24日時点で2次調査中であり、被災証明に必要な判定基準に基づいて全半壊、一部損壊の判定を行っている。

被害は役場付近の西大久保地区に集中しているが、倒壊した家屋は無い。国道4号線以西のいわゆる那須高原にはほとんど被害がないが、同町北部の豊原乙の別荘地には被害が多い。住民からの情報提供に基づいているため、不在居宅の多い別荘地では被害が拡大する可能性もある。以上の他、全壊した居宅が存在する地区は、塩阿久津、茶臼、法師畑、秋山沢、逃室、矢ノ目、東岩崎、沼野井、本郷、西坂、石住、室野井などとなっており、ほとんどが造成した宅地である。古くからの市街地は、役場のある黒田原のほか、芦野、伊王野（昭和29年に合併して那須町になった）であり、いずれも地盤は良くないとのこと。また、那須地域

で碎石され、大谷石に似て軽い芦野石による石倉の被害も比較的多い。

昭和 59 年建築の RC 造である役場庁舎は、内装タイルの剥落のほか、2 階部分では一部に鉄筋が露出した構造躯体の破損も見られた。

震度計（震度 6 弱）は役場庁舎の西に隣接して設置されていたが、50 cm 程度地盤面から盛り土した植え込みの中にあつた（写真 5.2.7-1）。

町役場周辺の鉄骨造建物で外壁の脱落が数棟認められた。また、石造りの蔵が大きく損壊（写真 5.2.7-2）していた。石造りの外壁を有する旧郵便局庁舎の外壁が剥落した（写真 5.2.7-3）部位から柱材及び土台の生物劣化（写真 5.2.7-4）が確認された。

以上の位置関係を図 5.2.7-1 に示す。

② 那須町豊原乙の別荘地の被害状況

那須町中心の北部に位置する豊原乙の別荘地の目視被害調査を行った。小高い山中に別荘地があり、多くの木造の別荘が存在している。

被害としては、敷地の傾斜や盛り土部分の地盤変状が原因と推測される建築物の被害（写真 5.2.7-5）やウッドデッキの損壊や移動（写真 5.2.7-6）、外構（低い石積み擁壁）の石の崩落（写真 5.2.7-7）が多かったが、構造躯体の地震動被害が支配的と考えられる木造住宅も認められた（写真 5.2.7-8）。被害の大きい建物の柱脚接合部金物には山形プレート、筋かい端部には短冊金物が設置（写真 5.2.7-9）されていることが確認された。その他の被害としては、基礎のひび割れ（写真 5.2.7-10）、外壁仕上げ材（サイディング及びモルタル）のひび割れと剥落（写真 5.2.7-11）や窓ガラスの割れ（写真 5.2.7-12）、軒裏天井の落下（写真 5.2.7-13）などが確認された。

③ 西大久保地区における住宅被害

西大久保地区富岡において、1 階外壁の大部分が剥落している住宅が数棟認められた（例えば、写真 5.2.7-14、5.2.7-15）。写真 5.2.7-14 の住宅の接合部仕様を確認すると、柱-横架材端部、筋かい端部ともにかすがい 2 本のみで固定されている状況であった（写真 5.2.7-16）。また、残留変形が大きな住宅（写真 5.2.7-17）や、地盤変状により大きく損壊している住宅（写真 5.2.7-18）も認められた。

④ 塩阿久津上地区における住宅被害

盛土の上に立地する木造平屋建ての住宅が、地震による盛土部分の地盤変状により大きく傾いていた（写真 5.2.7-19、5.2.7-20）。1 階柱脚接合部に金物は認められず（写真 5.2.7-21）、また基礎も無筋基礎であった（写真 5.2.7-22）。

⑤ 茶臼地区における住宅被害

木造 2 階建住宅が大きく損壊しているのが確認された（写真 5.2.7-23）。柱-横架材端部はかすがいで固定されており（写真 5.2.7-24）。また基礎は無筋基礎であった（写真 5.2.7-25）。浴室部分のブロック積上部の木材には蟻害が確認された（写真 5.2.7-26）。



図 5.2.7-1 那須町における調査地



写真 5.2.7-1 那須町震度計設置状況



写真 5.2.7-2 石倉の被害



写真5.2.7-3 旧郵便局庁舎の被害



写真5.2.7-4 写真5.2.7-3柱脚部の生物劣化



写真 5.2.7-5 那須町豊原乙の別荘地の地盤変状

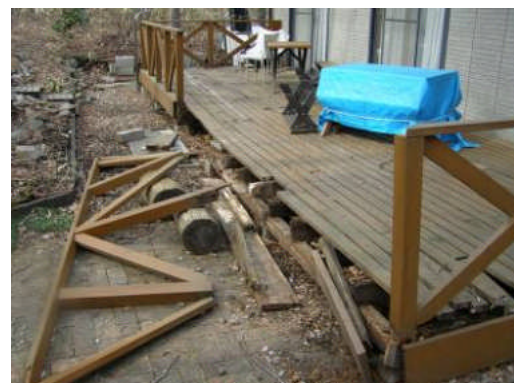


写真 5.2.7-6 ウッドデッキの損壊
(豊原乙地区)



写真 5.2.7-7 外構の石の崩壊
(豊原乙地区)



写真 5.2.7-8 大きく損壊した建物
(豊原乙地区)



写真 5.2.7-9 写真 5.2.7-8 の柱脚及び筋かい端部



写真 5.2.7-10 高基礎部分のひび割れ (豊原乙地区)



写真 5.2.7-11 サイディングの剥落 (豊原乙地区)



写真 5.2.7-12 窓ガラスの割れ (豊原乙地区)



写真 5.2.7-13 軒裏天井の落下 (豊原乙地区)



写真 5.2.7-14 住宅の外壁の剥落 (西大久保地区)



写真 5.2.7-15 住宅の外壁の剥落 (西大久保地区)



写真 5.2.7-16 写真 5.2.7-14 の柱脚、筋かい端部接合部



写真 5.2.7-17 残留変形が大きい家屋
(西大久保地区)



写真 5.2.7-18 地盤変状に伴う住宅被害
(西大久保地区)



写真 5.2.7-19 地盤変状に伴う木造の
被害 (塩阿久津上地区)



写真 5.2.7-20 写真 5.2.7-19 の立地
(擁壁上部)

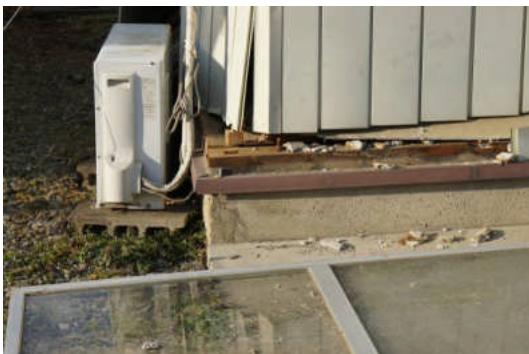


写真 5.2.7-21 写真 5.2.7-19 の柱脚接合部
仕様



写真 5.2.7-22 写真 5.2.7-19 の無筋基礎の
ひび割れ



写真 5.2.7-23 大きく損壊した木造住宅
(茶臼地区)



写真 5.2.7-24 写真 5.2.7-23 の柱脚接合部
及び生物劣化



写真 5. 2. 7-25 写真 5. 2. 7-23 の基礎の被害 写真 5. 2. 7-26 写真 5. 2. 7-23 の浴室上部の生物劣化

(h) 栃木県矢板市

① 矢板市役所での被害情報

矢板市経済建設部建設課及び総務部総務課によると、応急危険度判定は地盤変状による避難勧告発令地区全戸と住民の要請があった建物に限定して3月15日から137棟を目標に市職員2名で実施し、3月23日までに108棟を判定している。判定結果は、危険40、要注意42、調査済23のほか、石倉などで判定できなかったものが3件あった。応急危険度判定で“危険”と判定された建物のうち、隣接宅地や隣接建築物の影響による“危険”判定を除いたものを暫定的に全壊棟数として県に報告している。3月21日までで、20棟であった全壊が、3月24日時点までに調査が進み、35棟に増えている。

避難勧告が出ているのはロビンシティの東側であり、地盤の変状が激しいために発令された。その他被害が集中している地区は、成田ハッピーハイランド北東部、荒井地区（市営荒井団地の南側）、針生地区（JR東北本線と国道4号線に囲まれた地区、および日拓分譲宅地）、越畑地区などであり、いずれも斜面を削って沢などを埋め立てて作った造成宅地とのこと。

矢板市の震度計（5強）は、矢板市庁舎東側、地下階のドライエリア（写真5.2.8-2）に隣接した位置に設置されていた（写真5.2.8-1）。

② 矢板市の被害状況

造成宅地であるロビンシティ（写真5.2.8-3）では、地震動被害よりも、地盤の変状（写真5.2.8-4）による塀や擁壁のひび割れ（写真5.2.8-5、写真5.2.8-6）、路盤の陥没（写真5.2.8-7）、宅地地盤の浮沈（写真5.2.8-8）、建物の基礎の割れ（写真5.2.8-9）などが多数確認された。他に、屋根瓦（特に棟瓦）の被害が多数見受けられ、盛土部分の地盤変状による階段の傾斜（写真5.2.8-10）や塀の崩壊も確認された。

ロビンシティの北方に位置する成田ハッピータウンも造成宅地であり、地盤変状による被害が中心であった。地盤変状により、約1/10 rad.程度傾いた住宅が1棟確認された（写真5.2.8-11）。調査地の位置関係は図5.2.8-1のとおりである。



図 5.2.8-1 矢板市における調査地



写真 5.2.8-1 矢板市の震度計設置状況



写真 5.2.8-2 震度計の裏のドレイエリア



写真 5.2.8-3 ロビンシティ地区の
無被害住宅



写真 5.2.8-4 地盤のひび割れとすべり



写真 5.2.8-5 塀のひび割れ



写真 5.2.8-6 擁壁のひび割れ



写真 5.2.8-7 路盤の陥没



写真 5.2.8-8 宅地地盤の浮沈



写真 5.2.8-9 住宅基礎の割れ

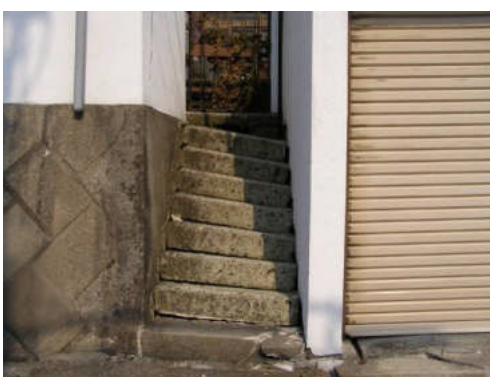


写真 5.2.8-10 階段の傾斜



写真 5.2.8-11 地盤変状により大きく傾いた住宅

(i) 茨城県常陸太田市

①常陸太田市役所での被害情報

応急危険度判定では、市全体で“危険”が199棟、“要注意”が549棟、“調査済”が574棟であった。このうち、松栄町で“危険”が87棟、“要注意”が235棟、“調査済”が97棟であった。久慈川流域の金砂郷地区（松栄町、中野）で被害が多い。なお、常陸太田市では海溝型地震を想定した地震マップ（想定被災度予測マップ）を作成しており、久慈川およびその支流域では震度5強から震度6弱を想定していた。

②常陸太田市松栄町における住宅等被害

大谷石と見られる石を使った塀の被害が多い。農家型の住家が倒壊するなどの被害（写真5.2.9-1、5.2.9-2）が見られた。道路に埋設されたマンホールが大きく浮き上がっていた（写真5.2.9-3）。水田を埋め立てた敷地に建つ住宅で、モルタル外装仕上げが落下する被害（写真5.2.9-4）が見られた。



写真 5.2.9-1 1階が完全に崩壊した住宅



写真 5.2.9-2 住宅の玄関部分の崩壊



写真 5.2.9-3 道路の地盤変状
(写真 5.2.9-2 の前面道路)



写真 5.2.9-4 モルタル外壁の剥落

(j) 茨城県那珂市

① 那珂市役所での被害情報

那珂市は、那珂川と久慈川に挟まれており、中央部は台地となっている。被害は北部の久慈川流域に多い。3月25日現在で把握されている全壊住家は、門部下河原で4棟、本米崎で1棟である。応急危険度判定では、危険が88棟。被害は門部壊と瓜連でも報告されている。

② 那珂市門部における住宅等被害

下河原地区で、納屋の倒壊が多く見られた(写真 5.2.10-1)。大型の納屋である長屋門も大きく損壊していた(写真 5.2.10-2)。店舗併用住宅(写真 5.2.10-3)、空家と想像される住家(写真 5.2.10-4)など、複数の家屋が大きな被害を受けていた。その他、門部壊地区でも、納屋の倒壊が多く見られた。



写真 5.2.10-1 倒壊した納屋
(那珂市門部)



写真 5.2.10-2 大きく傾斜した納屋
(那珂市門部)



写真 5.2.10-3 店舗併用住宅の被害
(那珂市門部)



写真 5.2.10-4 下屋の被害 (那珂市門部)

③ 那珂市瓜連における住宅等被害

瓜連の市街地で、2階建てモルタル外装の住家が、道路側に完全に倒壊していた（写真 5.2.10-5）。ただし、空家であったと想像される。周辺の商店で一部モルタル外装仕上げが落下しており、内部の木材に劣化が見られた。（写真 5.2.10-6）



写真 5.2.10-5 倒壊した住宅
(那珂市瓜連)



写真 5.2.10-6 モルタルの剥落 (那珂市瓜連)

④ 那珂市 A 小学校の木造校舎、木造体育館の被害調査

昭和 60 年代に建設された木造体育館（湾曲集成材：写真 5.2.10-7, 5.2.10-8）で、鋼製ブレースの伸び・座屈、ブレース定着部の基礎コンクリートの破損、ひび割れが見られた（写真 5.2.10-9）。木造校舎（写真 5.2.10-10）では、木製の筋かいのはずれ（写真 5.2.10-11）、RC 造の階段室との衝突による金属製屋根板・木質床材・内装材の変形が見られた。木製ベランダの手摺り支柱の破損・はずれが見られた。隣接する那珂市役所支所に設置された震度計の設置状況（写真 5.2.10-12）を確認した。



写真 5.2.10-7 集成材構造の木造体育館



写真 5.2.10-8 体育館内部



写真 5.2.10-9 基礎コンクリートの破損



写真 5.2.10-10 木造校舎



写真5.2.10-11 写真5.2.10-10の筋かいのはずれ



写真5.2.10-12 震度計設置状況(瓜連支所)

(k) 茨城県水戸市

①水戸市役所での被害情報

3月25日現在の被害把握状況：

全壊34棟（住家2棟，非住家32棟）

半壊66棟（住家34棟，非住家32棟）

非住家は，主に農家の納屋（倉庫）等。

建物の被害が多いのは、市役所周辺，本町，吉沼町，青柳町，柳河町，上河内町，田谷町，城東，三の丸など。被害の内容としては、非住家の倒壊と住家・非住家の半壊がほとんどを占める。住家の倒壊は本町で2棟あるのみ。

②水戸市本町、城東、三の丸、柳河町における住宅等被害

駅南周辺では、地盤の沈下が見られ、ビルと地盤面の間に段差が生じていた。この地域は、かつては千波湖の一部であり、昭和40年代に市街化された。

市役所（昭和40年代建築）も地盤の沈下が見られ（写真5.2.11-1）、市役所へ市民が入ることは制限（職員は可）されていた。市役所の一部部局（建築指導課を含む）は、隣接する市民会館に移されていた。

市街地の本町では、住宅の被害が2棟報告されていた。1棟は全体が除却されていた。他の1棟も、損壊部分が除却されていた（写真5.2.11-2）。

那珂川沿いの田園地帯にある下大野から東大野にかけては、地盤の沈下や液状化の跡が見られた。また、農家の納屋の被害が散見される。吉沼町では、長屋門1棟が倒壊していた（写真5.2.11-3）。

水戸駅東側の被害を受けた診療所は、撤去工事中であった。水戸駅東側の城東では、住宅地の塀（大谷石と見られるものが多い）の倒壊や損傷が見られ、一部商店の被害が見られた。

水戸駅に隣接する三の丸では、やや古い鉄骨造の商店が被害を受けていた。金町では、水戸地方気象台の地震計の設置状況（写真5.2.11-4）を確認した。

那珂川を渡った青柳町では、納屋の被害（写真5.2.11-5、5.2.11-6）が発生していた。那珂川沿いの柳河町、田谷町でも、納屋の被害が発生していた。

被害が報告されていた上国井町、下国井町、飯富町へは時間の制約から、調査はしていない。

水戸市内の被害は人口に比べると、限定的と思われる。農家の納屋等の被害は、那珂川流域に沿って発生している。納屋は内外装材がないか、簡単な仕様である場合が多く、倉庫や車庫の用途に使用されるために間口の開口が大きい。このために、耐震性に劣る場合が多いと考えられる。

大洗町に近い大野地区では、高速道路の橋脚で地盤との段差が見られ、液状化による噴砂の痕（写真5.2.11-7）が見られた。水戸市および周辺地域では、住宅の塀に大谷石と見られる石が使われているケースが多かった。



写真 5.2.11-1 市役所周辺の地盤変状



写真 5.2.11-2 損壊部が撤去された住宅
(水戸市本町)



写真 5.2.11-3 大きく損壊した長屋門
(水戸市吉沼町)



写真 5.2.11-4 JMA 水戸市金町震度計設置
状況



写真 5.2.11-5 納屋の被害
(水戸市青柳町)



写真 5.2.11-6 納屋の被害 (水戸市青柳町)



写真 5.2.11-7 道路沿いの地盤変状 (水戸市大野地区)

(I) 茨城県常総市

①常総市役所石下支所での被害情報

常総市建築課によれば、住家の被害はほとんどない。発災当初報じられていた家屋の全壊は、上蛇町の小貝川の旧流である三日月湖の円弧内側にあるレストハウス(写真 5.2.12-1)のことであろうとのこと。木造家屋の大きな被害といえば、小貝川の旧流である三日月湖の円弧外側の住宅が地盤の液状化により傾斜が生じたのが最大の被害と考えられる。

小貝川沿いとなる国道 294 号および関東鉄道常総線沿いの市街地はいずれも低地で地盤が悪いが、西側の丘の上は地盤が良いとのこと。よって、地盤が悪い地区での被害が、同市に

おける最大の被害と考えられた。

②常総市上蛇町付近の被害状況

前述の三日月湖の円弧内側へ通じる道路の損傷が激しく、道路の補修工事中でアクセスできなかったが、常総市建築課にレストハウスの被害状況の写真をご提供頂いた。レストハウス近辺の地盤の損傷（写真 5.2.12-2）は激しく、レストハウスも著しく傾斜した（写真 5.2.12-1）ことが分かる。

また、前述の液状化によって傾いた住宅を発見することはできなかったが、屋根瓦の被害（写真 5.2.12-3）は多く見られ、その割合は比較的高いと感じられた。

一方、これらの付近では地盤の液状化によると見られる噴砂痕（写真 5.2.12-4）が多く確認された。なお、常総市関連の調査地の位置関係を図 5.2.12-1 に示す。



図 5.2.12-1 常総市における調査地



写真 5.2.12-1 大きく損壊したレストハウス（常総市上蛇町、常総市提供）



写真 5.2.12-2 レストハウス近辺の地盤の損傷（常総市提供）



写真 5.2.12-3 常総市上蛇町の屋根瓦の被害



写真 5.2.12-4 液状化による噴砂痕

(m) 茨城県龍ヶ崎市

① 龍ヶ崎市役所での被害情報

龍ヶ崎市都市整備部によれば、住家の倒壊はない。発災当初報じられていた家屋の倒壊は、高須町の物置であろうとのこと。人的被害は外壁落下による死者が1名あり、これが報道に結びついてしまったと考えられた。

応急危険度判定は、住民から要望があれば個別に実施しているだけで、面的に実施しているわけではないが、3月13日から22日にかけて、のべ26名によって58件の判定を行い、危険は12件、要注意は29件であるが、多くは屋根瓦、外壁の被害であり、構造躯体が傾斜するような被害は無い。全壊した建物は前述の物置のみであり、半壊した建物は住宅が6棟、物置が1棟であり、特定の地域に集中していることもない。半壊した住宅は川原代町に2棟あるが、それ以外は須藤堀町、馴馬町ほかに散在しているとのこと。

なお、古い市街地は市役所周辺と JR 佐貫駅周辺であり、いずれも低地に位置し、地盤が悪く道路の被害が多い。これに対して、東西2つのニュータウンは丘の上であり、地盤は良い方である。震度計（写真 5.2.13-1）は庁舎の北側の角に設置されていた。

② 龍ヶ崎市街地の被害状況

調査者の見るところ、高須町、川原代町（図 5.2.13-1 参照）の被害はかなり軽微で、和瓦、特に棟瓦の滑落が散見される程度（写真 5.2.13-2）である。重そうな和瓦でも落下していな

い建物も平屋建てを中心に相当数存在する。高須町では一部に液状化による噴砂痕が確認された。



図 5.2.13-1 龍ヶ崎市の調査位置等



写真 5.2.13-1 龍ヶ崎市震度計設置状況



写真 5.2.13-2 屋根瓦の落下
(龍ヶ崎市高須町)

5.2.3 まとめ

木造建築物の地震動による被害を、宮城県栗原市、大崎市、遠田郡美里町、石巻市、仙台市、福島県須賀川市、栃木県那須郡那須町、矢板市、茨城県常陸太田市、那珂市、水戸市、常総市、龍ヶ崎市などで調査した結果、以下のことが得られた。

- 1) 木造建築物の地震動による被害は宮城県大崎市、福島県須賀川市、栃木県那須郡那須町、茨城県常陸太田市、那珂市などで多く確認された。
- 2) 宮城県栗原市では、震度7を記録したにもかかわらず、被害はさほど大きくないという印象がある。
- 3) 造成宅地の地盤変状による被害は、宮城県仙台市、栃木県矢板市などで大きく、被害棟数もそれなりに多い。
- 4) 屋根瓦の被害などは、地震が頻繁に発生する宮城県よりも、むしろ福島県、茨城県の方が多という印象がある。
- 5) 低湿地や水田を埋め立てたなどの宅地では、地盤変状が発生しなくても地震動が増幅した可能性があることが、宮城県栗原市、大崎市、栃木県那須町、茨城県常陸太田市、那珂市、常総市、龍ヶ崎市などで看取された。
- 6) 宮城県大崎市では、2階の残留変形が1階よりも大きい希有な被害例が複数確認された。

以上の木造建築物の被害概況の調査結果に基づいて、今後は個別の物件等を詳細に調査し、それぞれの被害原因等を検討する予定である。

引用文献／ウェブサイト

5.2-1 源栄正人：2011年東北地方太平洋沖地震―地震被害調査速報―

<http://japonism.org/wp-content/uploads/2011/04/motosaka-report.pdf>

5.2-2 河合直人：平成23年東北地方太平洋沖地震建築物被害調査・工学院大学木造班調査速報 2011年4月11日調査分：大崎市、一関市における被害概要調査（途中稿）（非公表資料）

5.2-3 日本木材学会（非公表資料）

5.2-4 国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所：宮城県北部連続地震による建築物の被害に関する現地調査結果（速報）

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h15miyagi/chousa.pdf>

5.2-5 国土地理院：浸水範囲概況図

<http://www.gsi.go.jp/common/000059847.pdf>

5.3 鉄骨造建築物の被害

5.3.1 はじめに

東北地方太平洋沖地震に対する鉄骨造建築物の地震被害調査は、茨城県から宮城県にわたる広範囲な地域における事務所ビル等の一般的な鉄骨造建築物について主に外観により被害概要調査を行った。その結果によれば、これら一般的な鉄骨造建築物では構造躯体が内外装材等の仕上材に覆われており、速報段階の調査では、残留変形を生じているごく一部の建築物を除いて、柱、梁等の構造躯体の損傷については、把握は困難であった。その一方で、自走式駐車場、倉庫等のように構造躯体が露出している鉄骨造建築物では柱脚の損傷やブレースの座屈などを確認することができた。

そこで、このような構造躯体が露出している鉄骨造建築物の代表とも言え、また、倉庫や工場等の鉄骨造建築物の類型とも言える学校体育館を対象として重点的に被害調査を実施することとした。2004年新潟県中越地震の際にも学校体育館の調査を実施しており、その際には、鉛直ブレースが破断する等の大きな被害が比較的多く観察^{5.3-1)～5.3-3)}され、その際の調査結果との比較検討なども行うことができるためでもある。なお、学校体育館の調査地域としては茨城県とした。これは、茨城県内でも震度6程度の揺れが観測されていること、強震記録などから他県を含め、地震動の特徴として短周期成分が卓越している地点が多く、地震動が同程度であれば他県の被害状況も概ね同様と考えられること、による。

5.3.2 調査概要

(1) 一般的な鉄骨造建築物の被害調査の概要

宮城県、福島県、茨城県について、主に、外観調査によって事務所、店舗、駐車場等の鉄骨造建築物について、以下の地域について被害調査を行った。なお、これらの調査は、RC造、S造、非構造等の一般的な建物被害調査として実施したものである。

- 1) 二本松市、郡山市、福島市の被害調査
- 2) 日立市の被害調査
- 3) 銚田市、笠間市の被害調査
- 4) 白河市、須賀川市、仙台市の被害調査

(2) 茨城県内の高等学校体育館等の被害調査の概要

2004年新潟県中越地震では、1981年6月以前の耐震基準（以下、旧耐震基準と呼ぶ）で設計された体育館で大きな被害が観察され、1981年6月以降の現行耐震基準の体育館では、ブレース破断等の被害がほとんど観察されなかった^{5.3-1)～5.3-3)}。そのため、今回の調査では、旧耐震基準の体育館を中心として調査を行うこととした。被害調査は、茨城県内の震度6強及び6弱程度の地震が観測された広範囲の地域について、被害の地域的な分布を把握することも念頭において、以下の各地区について、高等学校等の体育館、格技場、合計44棟について調査を行った。

- ・大洗町、城里町、日立市、水戸市、那珂市、ひたちなか市
- ・筑西市、笠間市、銚田市、土浦市、坂東市、古河市、下妻市、筑西市、常総市

(3) 水戸市の小、中学校体育館等の被害調査の概要

茨城県内の高等学校体育館等の被害調査の結果、水戸市で比較的被害が大きいことが判明したため、対象地域を水戸市に絞った上で、高校よりも規模が小さい小学校、中学校体育館の被害調査を行った。水戸市の小、中学校体育館等の調査については、旧耐震基準の体育館、武道場を中心として、合計22棟について調査を行った。

5.3.3 一般的な鉄骨造建築物の被害調査結果

事務所、店舗、駐車場等の一般的な鉄骨造建築物について、主に外観調査によって観察された被害例をまとめて示す。(1)～(4)は構造的な被害であり、(5)は非構造部材の被害である。

(1) 自走式駐車場の柱脚の破壊及びブレースの座屈

鉄骨造 2 階建自走式駐車場の 1 階で柱脚部ベースプレート下のコンクリートの破壊及びブレース (□-100) の座屈が見られた (写真 5.3-1)。



(a) 柱脚の損傷 (b) ブレース (□-100) の座屈

写真 5.3-1 S 造 2 階建て自走式駐車場の被害 (仙台市青葉区市街地)

(2) ブレース付き間柱接合部の変形

外装材が脱落していた倉庫と思われる 2 階建 S 造建築物で、ターンバックルによるブレース材が取り付く間柱の接合部が大きく変形しているものがあった (写真 5.3-2)。



写真 5.3-2 S 造のブレース付き間柱接合部の変形 (仙台市若林区)

(3) ショッピングセンタースロープのブレースの座屈

ショッピングセンターの駐車場へのスロープのブレース材 (山形鋼ダブル) の座屈が観察された。また、梁端部で塗装の剥がれが観察された (写真 5.3-3)。



(a) ブレース（山形鋼ダブル）の座屈



(b) 梁端部塗装の剥がれ

写真 5.3-3 ショッピングセンタースロープの被害（水戸市）

(4) 残留変形

2階建てのS造と思われる建築物で、1階に比較的大きな残留変形が見られるものがあった（写真5.3-4）。仕上げが同じことやエキスパンションジョイントと思われる部材があったことから、写真中央の建築物は写真左側の建築物と一体となっていた増築部分と考えられる。地震時の振動によって両者が衝突し、写真左側の部分の剛性が高かったことなどにより、増築部分が右側へと押し出されるように変形したのではないかと推察される。



写真 5.3-4 1階の残留変形（仙台市若林区）

(5) 外装材の脱落

ALCパネル等の外装材が脱落している被害例が各地で散見された（写真5.3-5～12）。たとえ3階建て程度であっても高所から重量の大きいALCパネル等の外装材が落下することは極めて危険性が高いため、耐震的な配慮や落下防止（フェールセーフ）の措置を講じることが望まれる。



写真 5.3-5 外装材の脱落 (二本松市)



写真 5.3-6 外装材の剥離、腐食した隅柱の破断 (郡山市)



写真 5.3-7 4階建て最上階の外装材等の被害 (須賀川市)



写真 5.3-8 ラスモルタル仕上げの剥落 (須賀川市)

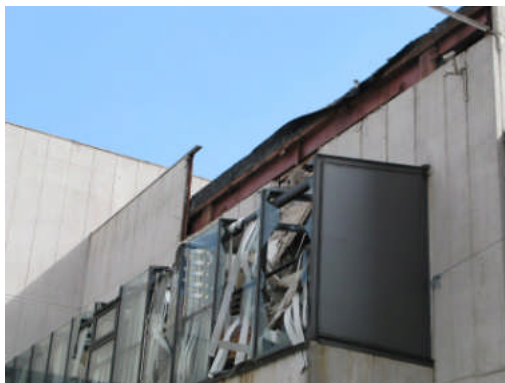


写真 5.3-9 外装材の脱落、ガラス破損 (須賀川市)



写真 5.3-10 ALCパネルの脱落 (白河市)



写真 5.3-11 駐車場の外装材の脱落（水戸市）



写真 5.3-12 事務所の外装材の脱落（水戸市）

5.3.4 茨城県内の高等学校体育館等の被害調査結果

調査対象とした体育館は、茨城県が所有する体育館施設のうち、旧耐震基準で、かつ、耐震診断を実施したもの（または実施予定のもの）の中から、今回の地震で震度6強、6弱及び5強程度の地震動が観測された地域の体育館等を選択している。高等学校では、学校1校で、体育館や格技場を合計2〜3棟程度所有している場合があり、結果として、調査先で、調査目的の体育館以外に体育館や格技場があった場合には、それらの被害調査も実施している。そのため、現行耐震基準の体育館等もいくつか調査が行われている。なお、個々の体育館等の被害状況の写真等は、国土技術政策総合研究所 (<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/index.html>) 又は建築研究所のホームページ (<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/index.html>) を参照されたい。

(1) 調査した体育館の構造概要

調査した茨城県内の高等学校の体育館等の被害調査の結果を一覧にまとめたものを表5.3-1に示す。調査した体育館、格技場は、合計44棟である。調査地域は、大洗町、城里町、日立市、水戸市、那珂市、ひたちなか市、筑西市、笠間市、鉾田市、土浦市、坂東市、古河市、下妻市、常総市である。表中の建築年は、現地で学校関係者にヒアリングしたものを記載しているが、その時点であいまいなケースもあったので、現時点で、建築年は確定ではない。これらのうち、旧耐震基準と思われる体育館、格技場は41棟である。階数は、2階建ての体育館が4棟であり、その他は、1階建てである。

体育館の構造形式は、大きく以下の5種類に分類される。1) 下部RC造でギャラリーから上部S造（桁行きブレース構造）、2) 下部RC造でギャラリーから上部S造（両方向ともラーメン構造）、3) 純S造（桁行きブレース構造）、4) 純S造（両方向ラーメン構造）、5) RC造で屋根のみがS造。これら棟数と割合は、それぞれ、15棟（34%）、5棟（11%）、7棟（16%）、8棟（18%）、6棟（14%）、不明3棟（7%）である。これらの構造形式を、新潟県中越地震で被害調査を行った体育館^{5.3-1)～5.3-3)}構造形式と比べると、下部RC造でギャラリーから上部S造の構造の割合は少なく、ラーメン構造の割合は高くなっている。また、RC造で屋根のみがS造の構造の割合も高くなっている。

(2) 構造的な被害と特徴

構造的な被害としては、1) 鉛直ブレース材の座屈と接合部の破断、2) ラチス柱の斜材の座屈、3) RC造柱と屋根の接続部（支承部）の損傷、4) 屋根面水平ブレースのたわみ、座屈、破断、5) 柱脚コンクリートのひび割れ、等が観察されている。

これらのうち構造的に大きな被害と考えられる鉛直ブレース部材または接合部の破断の被害は、NAK-1とHKT-2の2棟である。新潟県中越地震での旧耐震基準の体育館の被災度IV^{s5.3-4)}以上の大きな

被害の割合が3割程度であった^{5.3-1) ~5.3-3)} ことと比較すると、今回の地震では、このような大きな被害の割合は少ないと言えるが、調査対象地域の地震動の大きさについても考慮する必要がある。また、HTC-4では、いくつかのラチス柱で斜材の座屈の被害が観察された。

一方、新潟県中越地震では、RC造柱と屋根の接続部（支承部）のコンクリートの損傷の被害は、ほとんど観察されていなかったが、このような被害が比較的多く観察されているのは、今回の調査対象の体育館では、「RC造で屋根のみS造」の構造形式の割合が高かったことが影響していると思われる。また、柱脚や支承部分のコンクリートに損傷は見られているが、RC構造部分の部材及び接合部には、ほとんど損傷は見られなかった。このことは、新潟県中越地震等の過去の地震でも同様であった。その他、張間方向の山形ラーメンやアーチ梁の頂部付近で梁材の塗装の剥がれが観察されているが、これらが地震動による降伏であるかどうかについては^{5.3-4)}、必ずしも明らかではなく、今後、解析的な検討が必要であろう。地域的には、水戸市、銚田市、那珂市で、他の地域よりも比較的大きな構造被害が観察された。

(3) 非構造部材の被害

非構造部材の被害としては、天井、外壁の脱落、窓ガラスの破損などの被害が観察されている。これらの被害は、過去の地震においても体育等で観察されているものである。調査した体育館のうち、天井材が広範囲にわたって脱落したのものとして、HTC-4、MIT-5、MIT-7、MIT-8などが挙げられる。また、窓ガラスが比較的多く割れた体育館として、OAI-1、SSM-1、HTC-4、MIT-6、HKT-2が挙げられる。今回の地震によるこれらの天井材の脱落や窓ガラスの破損等の被害状況（被害率）と過去の地震による同様の被害の比較等については、今後、分析を行う予定である。地域的には、日立市、水戸市、銚田市、等で、他の地域よりも比較的大きな非構造部材の被害が観察された。

(4) 耐震改修した建物の被害状況

調査を行った体育館のうち耐震改修を実施したものが5棟あった。これらのうち、HTN-1は、周辺で比較的大きな構造被害が観察された地域に建設されていたものであるが、今回の地震では、構造、非構造に関してほぼ無被害であった。

表 5.3-1 茨城県内の高等学校の体育館等の被害調査の結果一覧

建物記号	市町村名	建築年	階数	構造形式	被害概要	HP速報の名称	備考
OAI-1	大洗町	1976年頃	1	下部RC造, 上部S造, 両方向ラーメン	構造被害: S造柱脚部の仕上げモルタルに軽微なひび割れが見られた。 非構造被害: S造柱とギャラリーの壁が接する部分でコンクリートが剥落した。7枚のガラスが割れたが、既に復旧していた。天井照明のずれ、天井板の垂れや損傷が見られたが落下していない。	A校体育館	
OAI-2	"	1974年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	A校格技場	
OAI-3	"	1971年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: S造柱脚部のモルタルに軽微なひび割れ、ガセットプレートの塗装にはがれが見られた。 非構造被害: ガラスが3枚割れたが復旧済みであった。	B校体育館	
OAI-4	"	1981年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	B校格技場	
SSM-1	城里町	1980年頃	1	下部RC造, 上部S造, 両方向ラーメン	構造被害: S造柱脚部の仕上げモルタルに軽微なひび割れが見られた。 非構造被害: S造柱とギャラリーの壁が接する部分でコンクリートが剥落した。天井は特に棟位置で隙間が目立つ。照明の傘がずれたり外れたりしているが、落下してはいない。はめ殺し窓のガラスが塗震でも割れた。硬化性バテではなく、グレイジングガセットでガラスが固定されていることを確認した。	C校体育館	

SSM-2	"	1962年頃	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 妻面のラスモルタル外壁が落下していた。	C校 格技場	昭和46年頃に増築
HTC-1	日立市	1970年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: ブレースとの取り付け部分の天井材や舞台脇上部の点検口に部分的な損傷。	D校 体育館	
HTC-2	"	1970年頃	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	D校 格技場	
HTC-3	"	1963年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: シャッターにひずみが生じた。	E校 実習棟	
HTC-4	"	1967年頃	1	下部RC造, 上部S造, 両方向ラーメン	構造被害: フラス柱の斜材で座屈が観察された。 非構造被害: 周辺部を残して天井の大部分が照明とともに脱落した。天井下地は木製である。軒天の一部も落下し、サッシが外れ、窓ガラスが33枚割れた。	F校 体育館	
HTC-5	"		1	下部RC造, 上部S造, 両方向ラーメン	構造被害: 柱脚部のコンクリートにひび割れが生じ、モルタルが若干浮いている。 非構造被害: 隅角部のガラス1枚が割れた。	F校 小体育館	
HTC-6	"	1981年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: ガラスが5枚割れた。	G校 体育館	
HTC-7	"	1981年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	G校 格技場	
MIT-1	水戸市	1981年頃	2	RC造, 屋根S造	構造被害: RC造柱とS造屋根が接続する部分で、コンクリートの剥落、ホールインアンカーボルトの多数の抜け出しが観察された。 非構造被害: 天井裏の振れ止めが多数外れていた。システム天井のガラスウール板が5枚外れていた。天井照明のずれが幾つか見られた。	H校 体育館	天井の改修工事済み
MIT-2	"	1993年頃	1	RC造, 屋根S造	構造被害: 無し。 非構造被害: 天井のガラスウール板が1枚外れていた。	I校 体育館	
MIT-3	"	1990年頃	2	RC造, 屋根S造	構造被害: RC造柱とS造屋根が接続する支承部分で、コンクリートの剥落が観察された。 非構造被害: 内壁仕上材がRC造梁との取り付け箇所へ損傷していた。	J校 運動施設 体育館	
MIT-4	"	1965年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 舞台上の葡萄棚脇の内壁仕上げでコンクリートが剥落していた。天井中央部に少しふくらみが見られた。外壁仕上材が部分的に脱落していた。	K校 体育館	
MIT-5	"	1965年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 天井がほぼ全面で脱落していた。ラスモルタル外壁が脱落していた。窓ガラスの割れ、サッシの脱落が見られた。	K校 卓球場	
MIT-6	"	1970年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: アーチ状の梁中央部に塗装の剥れがあった(地震以前はこれほどの塗装の剥れは見られなかったとの情報があった)。 非構造被害: 天井が外れかけていたので、一部撤去したとの情報があった。窓ガラスが数十枚割れていた。体育館周辺で地盤の割れや沈下が確認された。	L校 体育館	
MIT-7	"	1965年頃	2	RC造, 屋根S造	構造被害: 屋根面水平ブレースが多数破断していた。 非構造被害: 舞台上部の内壁がはらみだし仕上材が脱落していた。天井の約2/3が脱落していた。天井材の水平部分には折板、傾斜部分にはせっこうボードが使用されていた。	M校 体育館	
MIT-8	"	1997年頃	2	RC造, 屋根S造	構造被害: RC造柱とS造屋根が接続する部分にコンクリートの剥落があった。 非構造被害: 天井のガラスウール板が多数脱落していた。Tバーの脱落は見られなかった。	N校 体育館	
MIT-9	"	1965年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 妻面との取り付け部で天井板が一部外れていた。	N校 格技場	
MIT-10	"	1965年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: ブレースの座屈、ガセットプレートの変形、ボルトの滑りが見られた。 非構造被害: 窓ガラスが3枚割れたとの情報があった(修復済み)。	O校 体育館	
NAK-1	那珂市	1965年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 桁行の構面に大きな被害が見られた。ブレースのホルド欠損部の破断や座屈が多数見られた。ブレースは4構面のうち3構面に破断が生じていた。 非構造被害: 天井の木毛セメント板が3枚脱落していた。窓サッシが2箇所外側に傾いていた。	P校 体育館	
HTN-1	ひたちなか市	1965年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 照明が天井裏に外れた。	Q校 体育館	H22年耐震補強済

TKS-1	筑西市	1961年頃	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 照明が傾いたり、シャッターがひずんだりした。	R校 実習棟	
TKS-2	〃	1978年	1	下部RC造, 上部S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 天井の棟の部分で大きな隙間が生じていた。硬化性パテで取り付けられたガラスが22枚割れていた。照明が幾つか外れ交換したとの情報があった。	β校 体育館	
KSM-1	笠間市	1971年頃	1	RC造, 屋根S造	構造被害: 多数の屋根ブレースが垂れ下がった状態であったが、床面までは落下していない。屋根ブレース端部のボルトの破断によると思われる。屋根支承部にも損傷が見られた。 非構造被害: 妻面で外壁仕上げが落下した。はめ殺しの窓のガラスの割れも見られた。	S校 体育館	
HKT-1	鉾田市	1971年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 柱脚部のコンクリートにひび割れが見られた。 非構造被害: 軒天が部分的に2か所で脱落した。照明の笠が回転するなどして点灯しないものがあった。天井にも浮きが見られる。	T校 体育館	
HKT-2	〃	1972年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 確認できた範囲の全てのブレースが接合部で破断していた。柱脚部に大きなひび割れが見られた。 非構造被害: 鉄製枠のサッシに硬化性パテで留められたガラスは、大半が割れて落下・散乱しており、調査当日は工事業者による片付けが行われていた。内壁、外壁、軒の仕上材や、軒天の一部も落下していた。	U校 体育館	
TCU-1	土浦市	1977年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 天井と妻面との取り付け部にやや大きな隙間が見られる。	V校 体育館	H18 頃 耐震改修済み
BND-1	坂東市	1980年	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	W校 体育館1	H19 耐 震改修 済み
BND-2	〃	1955年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	W校 体育館2	
BND-3	〃	1981年	1	S造	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	W校 格技場	
BND-4	〃	1974年	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	X校 体育館	十数年 前耐震 改修済 み
BND-5	〃	1974年	1	S造	構造被害: 無し。 非構造被害: 妻面との取り付け部で天井に部分的な損傷が見られた。	X校 格技場	
KOG-1	古河市	1971年	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	Y校 体育館	
KOG-2	〃	1974年	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 外観上、腐食が目立つ。柱脚のコンクリート、ベースプレートにわずかに損傷が見られた。 非構造被害: 無し。	Y校 格技場	
KOG-3	〃	1970年	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	Z校 実習棟	
SMZ-1	下妻市	1978年	1	下部RC造, 上部S造	構造被害: 無し。 非構造被害: 天井に部分的な損傷が見られた。天井板のねじ止め部での外れが多数見られた。照明の外れが数箇所見られた。	α校 体育館1	
SMZ-2	〃	1958年	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	α校 体育館2	
JSO-1	常総市	1971年	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	γ校 体育館	H22 耐 震改修 済み
JSO-2	〃	1971年	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	γ校 武道館	
JSO-3	〃	1972年	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 妻面の間柱に取り付くブレース端部で1箇所ボルトが破断していた。 非構造被害: 無し。	γ校 卓球場	

5.3.5 水戸市の小、中学校体育館等の被害調査結果

前節の茨城県内の高等学校の体育館等の被害調査の結果、水戸市周辺の地域では他の地域に比べて、比較的大きな構造被害が観察されたことから、水戸市について、体育館規模が高校に比べて小さいと

考えられる小学校、中学校の体育館等の調査を行った。なお、個々の体育館等の被害状況の写真等は、国土技術政策総合研究所(<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/index.html>)又は建築研究所のホームページ(<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/index.html>)を参照されたい。

(1) 調査した体育館の構造概要

調査した水戸市内の小、中学校の体育館等の被害調査の結果を一覧にまとめたものを表 5.3-2 に示す。前項の高校体育館調査と同様に、旧耐震基準の体育館等（武道場を含む。以下同じ）を対象として被害調査を行った。水戸市内の旧耐震基準の体育館を有する小・中学校は合計 19 校であり、それらの学校の体育館等について調査を行った。結果として、調査した体育館等は 22 棟であり、そのうち旧耐震基準のものは 20 棟であり、これらは全て耐震補強されていない。

調査した体育館の階数は、全て 1 階建てである。構造形式は、高校体育館と同様に、基本的には以下の 5 つに分類される。1) 下部 RC 造でギャラリーから上部 S 造（桁行きブレース構造）、2) 下部 RC 造でギャラリーから上部 S 造（両方向ともラーメン構造）、3) 純 S 造（桁行きブレース構造）、4) 純 S 造（両方向ラーメン構造）、5) RC 造で屋根のみが S 造。これらの棟数（割合）は、それぞれ、3 棟（14%）、1 棟（5%）、1 棟（5%）、6 棟（27%）、9 棟（41%）、その他 2 棟（10%）である。「RC 造で屋根のみが S 造」の割合が高く、新潟県中越地震の際に被害調査を行った体育館の構造形式はこの割合が小さく、異なる傾向となっている。

(2) 構造的な被害と特徴

調査した体育館等のうち構造的に大きな被害と考えられる「鉛直ブレース材の座屈と接合部の破断」の被害が観察されたのは、MIT-12 の 1 棟だけであり、高等学校の体育館の調査結果と同様に、新潟県中越地震の被害率に比べれば、小さいと考えられる。被害形態としては、高校体育館の調査で示した 4 つの分類の被害が、小、中学校体育館でも同様に観察された。ただし、それらの被害は比較的軽微なものであり、高等学校の体育館の構造被害に比べると、被害程度は小さいと思われる。

(3) 非構造部材の被害

高等学校の体育館の調査で観察されたような、天井部材が広範囲に渡って脱落するような大きな被害は見られなかった。しかしながら、22 棟中、20 棟の体育館等で軽微なものも含めて何らかの非構造被害が生じていた。全体的な印象として、高等学校の体育館での非構造部材の被害に比べると、被害程度は小さいと思われる。

表 5.3-2 水戸市内の小、中学校の体育館等の被害調査の結果一覧

建物記号	市町村名	建築年	階数	構造形式	被害概要	HP 速報の名称	備考
MIT-11	水戸市	1972年	1	S 造, 両方向ラーメン	構造被害：根巻柱脚のコンクリートにひび割れが見られた。張間方向の山形頂部付近の梁ウェブに塗装の剥がれがあった。 非構造被害：外壁にコンクリートのひび割れ及び剥落、金属サイディングの外れが見られた。舞台の内壁にコンクリートのひび割れが見られた。硬化性パテで取り付けられた窓ガラスが 4 枚割れていた。	A 校体育館	
MIT-12	〃	1965年	1	下部 RC 造, 上部 S 造, 桁行きブレース	構造被害：ブレースの交差部および端部でのボルト破断、ブレースの座屈、接合部でのボルトの滑りや柱脚部でのコンクリートの剥離が見られた。 非構造被害：ラスモルタル外壁のモルタル部分および仕上げボードが脱落していた。舞台の天井が 3 枚脱落していた。アリーナの天井に僅かな浮きが見られた。	B 校体育館	

MIT-13	"	1978年	1	S造,両方向ラーメン	構造被害:柱脚にコンクリートのひび割れが見られた。 非構造被害:窓ガラスが4枚割れたとの情報があった(復旧済み)。外壁タイルの剥落、コンクリートブロック壁のひび割れが見られた。	B校 武道場	
MIT-14	"	1971年	1	S造,両方向ラーメン	構造被害:無し。 非構造被害:妻壁が外側へ傾斜し、天井と妻壁の取り合い部に隙間が見られた。	C校 体育館	
MIT-15	"	1979年	1	RC造,屋根S造	構造被害:屋根面水平ブレースの2箇所 boltsが破断したとの情報があった。 非構造被害:窓ガラスが2枚割れたとの情報があった。	D校 体育館	
MIT-16	"	1989年	1	S造,両方向ラーメン	構造被害:無し。 非構造被害:照明の枠が9箇所落下、照明が6箇所で垂れ下がったとの情報があった。	D校 武道場	
MIT-17	"	1979年	1	RC造,屋根S造	構造被害:屋根面水平ブレースにたわみが数箇所見られた。屋根支承部にコンクリートの亀裂が見られた。 非構造被害:照明のカバーが1箇所脱落したとの情報があった(復旧済み)。	E校 体育館	
MIT-18	"	1977年	1	RC造,屋根S造	構造被害:屋根面コーナーの水平ブレースに若干のたわみが見られた。 非構造被害:窓ガラスが数枚割れたとの情報があった(復旧済み)。	F校 体育館	
MIT-19	"	1982年	1	下部RC造,上部S造,桁行ブレース	構造被害:柱脚部のコンクリートに僅かな亀裂が見られた。 非構造被害:妻壁等との取り合い部に天井の損傷が多数見られた。天井(せっこうボード直張り)が部分的に脱落していた。	G校 体育館	
MIT-20	"	1977年	1	RC造,屋根S造	構造被害:無し。 非構造被害:妻面の内壁が一部破損したとの情報があった(復旧済み)。	H校 体育館	
MIT-21	"	1981年	1	RC造,屋根S造	構造被害:無し。 非構造被害:構造体との取り合い部で天井の損傷が見られた。せっこうボード片と合板片が脱落していた。天井の回り縁が脱落していた。窓ガラスが1枚割れたとの情報があった(復旧済み)。	I校 体育館	
MIT-22	"	1973年	1	S造,桁行ブレース	構造被害:柱脚部にコンクリートの亀裂が見られた。張間山形ラーメン頂部付近の梁ウェブに塗装の剥がれがあった。 非構造被害:アリーナの内壁が少し傾斜していた。	J校 体育館	
MIT-23	"	1972年	1	S造,両方向ラーメン	構造被害:無し。 非構造被害:窓ガラスが26枚割れていた。妻面の内壁にひび割れが見られた。	K校 体育館	
MIT-24	"	1990年	1	S造,両方向ラーメン	構造被害:無し。 非構造被害:無し。	K校 武道場	
MIT-25	"	1977年	1	RC造,屋根S造	構造被害:屋根支承部にコンクリートの剥落が見られた。屋根面水平ブレースがほぼ全箇所大きくたわんでおり、1箇所破断していた。 非構造被害:はめ殺し窓のガラスの破損が12箇所で見られた。	L校 体育館	
MIT-26	"	1981年	1	RC造,屋根プレキャスト版	構造被害:本震の際、モルタル片が落下した。調査時には片付けられていたが、屋根支承部付近のモルタルの剥離によると考えられる。妻壁部分での外部の屋根支承部ではアンカーが露出していた。柱には桁行方向の曲げによるわずかなひび割れが見られた。 非構造被害:無し。	M校 体育館	
MIT-27	"	1976年	1	RC造,屋根S造	構造被害:屋根の梁の塗装が床面に落ちており、梁の振動・変形が比較的大きかったものと推察された。屋根の水平ブレースはほぼ全てがたわんだ状態であり、屋根支承部が損傷して、仕上げモルタルが落下した。 非構造被害:軒先のモルタル製の仕上材が落下した。内部ではボルトが20本以上落下した。	N校 体育館	
MIT-28	"	1976年	1	RC造,屋根S造	構造被害:柱頭の屋根支承部の仕上げモルタルが剥落したが、調査時点では修復済みであった。また地震によるものか不明だが、アリーナを支える束が転倒していた。 非構造被害:本震の際にはガラスが7枚破損し、4/11の余震でさらにガラス1枚が割れたとのことであった。	O校 体育館	
MIT-29	"	1975年	1	RC造,屋根S造	構造被害:今回の地震によるものか定かではないが、柱には軽微な曲げひび割れが見られ、舞台裏の妻壁には換気口から斜めにひび割れが生じていた。校舎や体育館まわりの地盤の変状が目立ち、通路や犬走り等が破損していた。 非構造被害:無し。	P校 体育館	
MIT-30	"	1981年	1	下部RC造,上部S造,両方向ラーメン	構造被害:柱脚部のモルタルが割れたが、修復済みであった。 非構造被害:ガラスが28枚割れ、水銀灯にずれが生じた。また舞台上の電球が落下した。外部では外装材のパネル1枚が落下した。	Q校 体育館	
MIT-31	"	1966年	1	S造,桁行ブレース+コンクリートブロック	構造被害:構造躯体としてのS造骨組みに被害は見られなかったが、CB製の自立壁が内側に傾いてブレースに寄りかかった状態となっており、壁の脚部に損傷が見られた。 非構造被害:サッシ枠が外側に開いた。	R校 体育館	

MIT-32	〃	1966年	1	下部 RC 造 上部 S 造, 桁行ブレース	構造被害: : 構造躯体としての S 造骨組みに被害は見られなかったが、CB 壁にひび割れが見られた。 非構造被害: サッシが 1 つ外れかけているのを針金で留めているとのことであった。またサッシュ上部の幕板が落下していた。	S 校 体育館	
--------	---	-------	---	------------------------	---	---------	--

5.3.6 体育館の被害分類と特徴

今回の地震において調査を行った体育館の被害は、おおむね(1)～(7)のように分類される。このうち、(1)～(6)は構造的な被害を分類したものであり、(7)は非構造部材の被害である。

- (1)鉛直ブレース材の座屈と接合部の破断
- (2)ラチス柱の斜材の座屈
- (3)RC 造柱と屋根の接続部(支承部)の損傷
- (4)屋根面水平ブレースのたわみ、座屈、破断
- (5)柱脚コンクリートのひび割れ
- (6)その他(床束の転倒等)
- (7)天井や外壁の脱落、窓ガラスの破損等の被害

以下、分類ごとに例を示す。写真のタイトルに続けて括弧書きで表 5.3-1 及び 2 の記号を示し、表に掲載していない被害例の場合は記号の代わりに市町村名を示している。

(1) 鉛直ブレース材の座屈と接合部の破断

鉛直ブレース材の座屈(写真 5.3-13)や接合部の破断(写真 5.3-14～17)が見られた。ブレース材としては山形鋼が多いが、円形鋼管のもの(写真 5.3-14)もあった。破断した箇所は鋼管に差し込んだ鋼板、ボルト、ブレース材端部の孔欠損部などである。



写真 5.3-13 座屈(MIT-10)

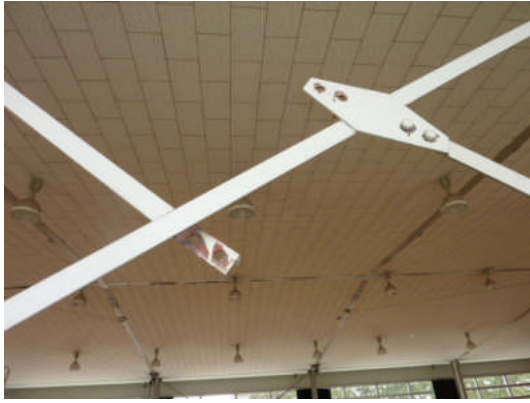


(a) 柱頭部



(b) 交差部

写真 5.3-14 接合部の破断(HKT-2)



(a) 交差部



(b) 柱脚部

写真 5.3-15 接合部のボルトの破断 (MIT-12)



(a) 接合部の破断



(b) 座屈と接合部の破断

写真 5.3-16 鉛直ブレースの座屈と接合部の破断 (NAK-1)



写真 5.3-17 ボルトの破断 (JS0-3)

(2) ラチス柱の斜材の座屈

今回調査した体育館の中の1棟で、いくつかのラチス柱で、斜材の座屈の被害が観察された (写真 5.3-18)。



(a) ラチス柱全景



(b) 座屈した斜材

写真 5.3-18 ラチス柱の斜材の座屈 (HTC-4)

(3) RC 造柱と屋根の接続部（支承部）の損傷

今回調査した体育館は屋根のみS造のものも多かった。コンクリートが剥落してアンカーボルトが露出しているもの（写真 5.3-19～20）、屋根の支承部でRC造柱の仕上げモルタルが剥落したもの（写真 5.3-21～22）、ホールインアンカーが抜け出したもの（写真 5.3-23）があった。また屋外の支承部でもコンクリートの剥落が見られた（写真 5.3-24）。



写真 5.3-19 コンクリートの剥落とアンカーボルトの曲げ (MIT-3)

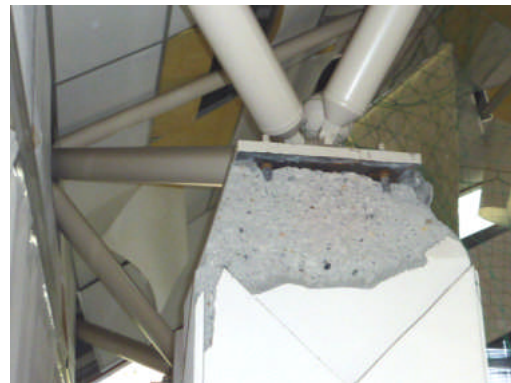


写真 5.3-20 コンクリートの剥落 (MIT-8)



写真 5.3-21 仕上げモルタルの剥落 (MIT-25)



写真 5.3-22 仕上げモルタルの剥落 (MIT-27)



写真 5.3-23 ホールインアンカーの抜け出し跡
(MIT-1)



写真 5.3-24 外部の屋根支承部(MIT-26)

(4) 屋根面水平ブレースのたわみ、座屈、破断

茨城県内の表5.3-1では34棟のうちMIT-7、KSM-1の2棟、水戸市内の小中学校の表5.3-2ではMIT-15、MIT-17、MIT-18、MIT-25、MIT-27の5棟で見られた。ターンバックルを用いたブレースで、明らかなたわみを生じているもの(写真5.3-25~27)や、ターンバックル胴のネジ部や端部で破断しているもの(写真5.3-28~29)があった。

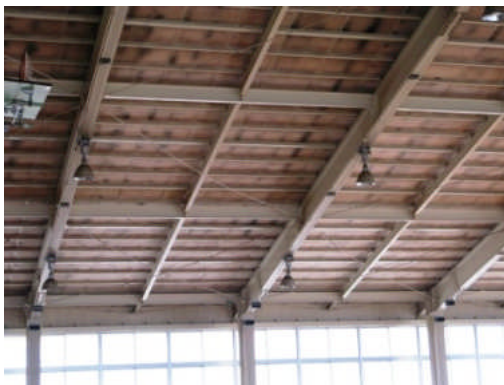


写真 5.3-25 ターンバックルのたわみ
(二本松市)



写真 5.3-26 ターンバックルのたわみ (MIT-27)



写真 5.3-27 ターンバックルのたわみ(MIT-25)



写真 5.3-28 ターンバックルの破断(MIT-25)

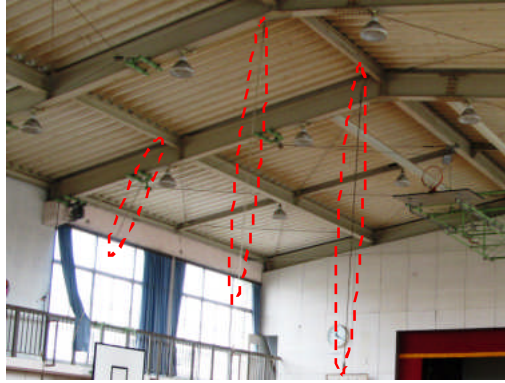


写真 5.3-29 ターンバックルの端部破断による垂れ下がり (KSM-1)

(5) 柱脚コンクリートのひび割れ

上部 S 造下部 RC 造で、ギャラリーにある柱脚部分のコンクリートやモルタルにひび割れが生じる被害が見られた (写真 5.3-30~32)。また、1 層 S 造のグランドレベルにある柱脚でもひび割れや亀裂が見られた (写真 5.3-33~34)。



写真 5.3-30 モルタルの損傷 (栗原市)



写真 5.3-31 柱脚部のひび割れ (HKT-1)



写真 5.3-32 ひび割れ (HKT-2)



写真 5.3-33 ひび割れ (MIT-13)



写真 5.3-34 亀裂 (MIT-22)

(6) その他

その他の構造的な被害として、(a)床束の転倒、(b)コンクリートブロック (CB) 造の自立壁の傾斜、があった。また、構造的な被害かどうかは明確でないが、張間方向の山形ラーメン梁やアーチ梁の頂部付近で(c)梁材の塗装の剥がれがいくつかの体育館で観察された。

(a)床束の転倒

地震による被害か定かではないが、アリーナを支える束が転倒していた事例が1つあった (写真 5.3-35)。その体育館では柱頭の屋根支承部等に受けた被害については調査時点で修復が済んでいたが、束は転倒したままだった。使用時に床の損傷が生じやすくなっていると考えられるため、地震後の再使用に当たっては床下の点検なども重要と考えられる。



写真 5.3-35 束の転倒 (MIT-28)

(b)CB造の自立壁の傾斜

構造躯体としてのS造骨組に被害は見られなかったが、CB造の自立壁が内側に傾いてブレースに寄りかかった状態となっており、壁の脚部に損傷が見られた (写真 5.3-36)。被害を受けた体育館は、四隅の4スパンにCB造の自立壁の補強材を昨年設置したところだったが、補強材を設けていない自立壁が今回の地震で被害を受けた。



(a) 内部 (b)外部 (c)壁の脚部の損傷

写真 5.3-36 S 造柱と CB 造の傾いた自立壁 (MIT-31)

(c) 梁材の塗装の剥がれ

張間方向の山形ラーメン梁やアーチ梁の頂部付近で(c)梁材の塗装の剥がれがいくつかの体育館で観察された(写真 5.3-37~39)。これらが、単に、この部位での大きな震動によるものか、または、多少の降伏等が生じたかは、明らかでない。文献 5.3-4)では、部材の塗装の剥離状況と歪みの関係が掲載されている。これらを参考にして、周辺での地震動記録を考慮した解析等により、梁材の降伏の可能性について今後検討する必要がある。



写真 5.3-37 アーチ状の梁中央部塗装の剥がれ (MIT-6)



写真 5.3-38 塗装の剥がれ (MIT-27)
(梁に沿って床面に跡)



写真 5.3-39 梁ウェブの塗装の剥がれ (MIT-22)

(7)天井や外壁の脱落、窓ガラスの破損等の被害

体育館の非構造部材の被害として、天井、照明の脱落(写真5.3-40~44)、外壁の脱落(写真5.3-45~47)、内壁の脱落(写真5.3-48)、軒天の脱落(写真5.3-49)、窓ガラスの破損(写真5.3-50)など、比較的大きな被害が観察された。特に、小、中学校の体育館に比べ、高等学校の体育館では、天井面の広範囲での脱落等、大きな被害が観察された。



写真 5.3-40 天井材脱落 (HTC-4)



写真 5.3-41 落下した天井と照明 (HTC-4)



写真 5.3-42 天井材脱落 (MIT-5)



写真 5.3-43 天井材脱落 (MIT-7)

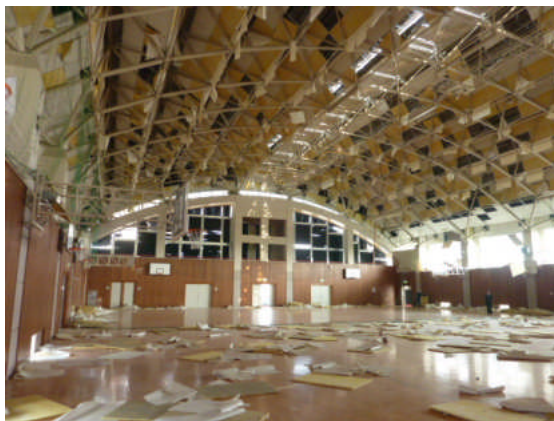


写真 5.3-44 天井材落下 (MIT-8)



写真 5.3-45 外装仕上げの落下 (SSM-2)



写真 5.3-46 外装仕上げの落下 (MIT-5)



写真 5.3-47 外装仕上げの落下 (MIT-12)



写真 5.3-48 内装仕上げの落下 (HKT-2)



写真 5.3-49 軒天の落下 (HKT-2)

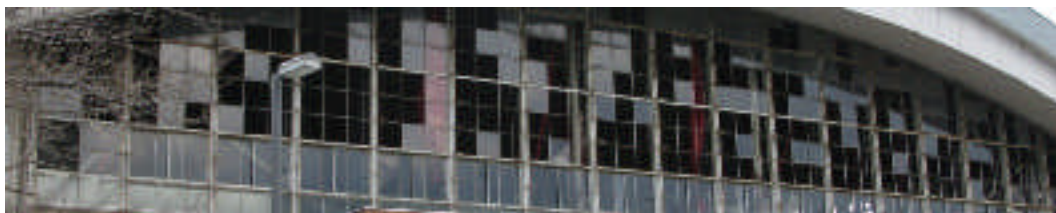


写真 5.3-50 ガラス窓の破損 (HKT-2)

5.3.7 まとめ

東北地方太平洋沖地震に対する鉄骨造建築物の地震被害調査として、宮城県、福島県、茨城県等の広範囲の地域の一般的な鉄骨造建築物の外観による被害概要調査を行うとともに、茨城県内の震度 6 程度の地域の旧耐震基準の学校体育館等を中心として、体育館内部も含めた被害調査を実施した。

一般的な鉄骨造建築物の被害調査の結果、駐車場、倉庫、ショッピングセンター等のブレース構造建物において、ブレース材の座屈やその接合部分の損傷等の被害がいくつか観察された。また、駐車

場の露出柱脚にも被害が観察された。一方、今回の調査範囲では、鉄骨造建物の柱、梁等の主要な構造部材に、座屈や破断等の大きな構造被害は観察されなかった。また、事務所、店舗、駐車場等の建物について、ALCパネル等の外装材が脱落している被害例が、各地で散見された。

茨城県内の学校体育館等の被害調査結果の概要を以下にまとめて示す。

a) 体育館の構造被害について

- 1) 体育館の構造的な被害は、以下の6つに分類される。(1)鉛直ブレース材の座屈と接合部の破断、(2)ラチス柱の斜材の座屈、(3)RC造柱と屋根の接続部(支承部)の損傷、(4)屋根面水平ブレースのたわみ、座屈、破断、(5)柱脚コンクリートのひび割れ、(6)その他(床束の転倒等)。
- 2) 構造的に大きな被害と考えられる、鉛直ブレース材の破断または接合部の破断が観察されたのは、調査対象66棟中、3棟であり、2004年新潟県中越地震での同様の調査結果に比べると、構造の被害率は小さいと考えられる。
- 3) 地域的には、水戸市、銚田市、那珂市で、他の地域よりも比較的大きな構造被害が観察された。

b) 体育館の非構造部材の被害について

- 1) 非構造部材の被害としては、天井の脱落、外壁、内壁の脱落、軒天の落下、窓ガラスの破損などの被害が観察された。これらの被害は、過去の地震においても観察されているものである。
- 2) 調査した体育館のうち、天井材が広範囲にわたって脱落したものが4棟程度あった。これらは非構造部材の被害としては、大きな被害である。また、窓ガラスが多数破損した体育館も数棟見られた。
- 3) 地域的には、日立市、水戸市、銚田市、等で、他の地域よりも比較的大きな非構造部材の被害が観察された。
- 4) 高等学校の体育館の被害は、小、中学校の体育館の被害に比べて、構造被害、非構造被害ともに、やや大きかった。体育館の規模や構造形式と被害の関係等について、今後、分析が必要と思われる。

参考文献

- 5.3-1 平成16年新潟県中越地震建築物被害調査、国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所、pp.305-353、平成18年10月
- 5.3-2 長谷川隆、向井昭義、西田和生、石原直：新潟県中越地震における鉄骨造体育館被害調査 その1 構造被害の分析、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、pp.569-570、2005年9月
- 5.3-3 西田和生、向井昭義、長谷川隆、石原直：新潟県中越地震における鉄骨造体育館被害調査 その2 非構造部材の被害状況の分析、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、pp.571-572、2005年9月
- 5.3-4 震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針、(財)日本建築防災協会、2002年8月

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*、滝沢村鶴飼*、釜石市中妻町*、大船渡市猪川町、大船渡市大船渡町
	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
宮城県	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
	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*、楡葉町北田*、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*
福島県	6 弱	猪苗代町千代田*、南相馬市小高区*、南相馬市鹿島区*、飯館村伊丹沢*、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
	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*
栃木県	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*
	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*
茨城県	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、つくば市苜間*、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 ($I_s=0.30$) 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 $600\text{mm} \times 500\text{mm}$ 及び $500\text{mm} \times 500\text{mm}$ の二種類であり、柱主筋は $\phi 19$ 、せん断補強筋は $\phi 9@250\text{mm}$ 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](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 $\phi 9@125\text{mm}$ 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

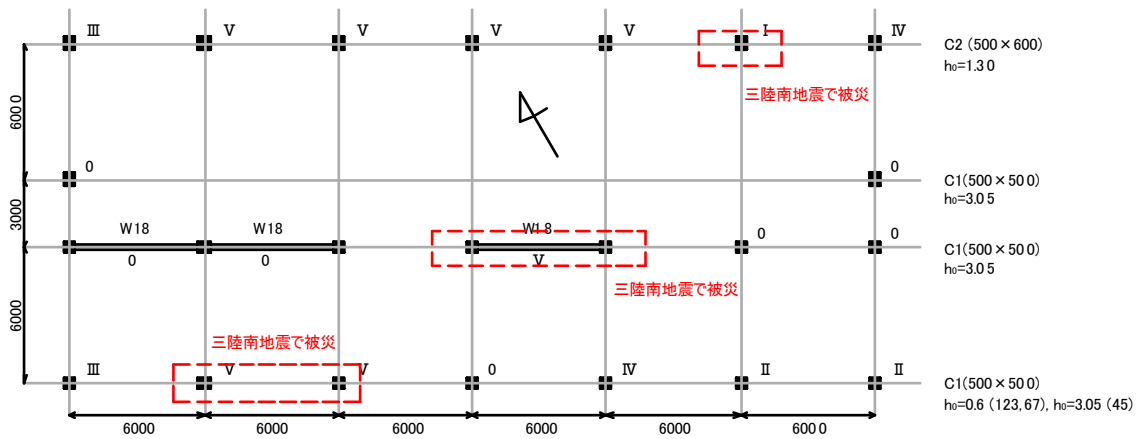


図 5.4-1 遠野市役所 被災度区分判定

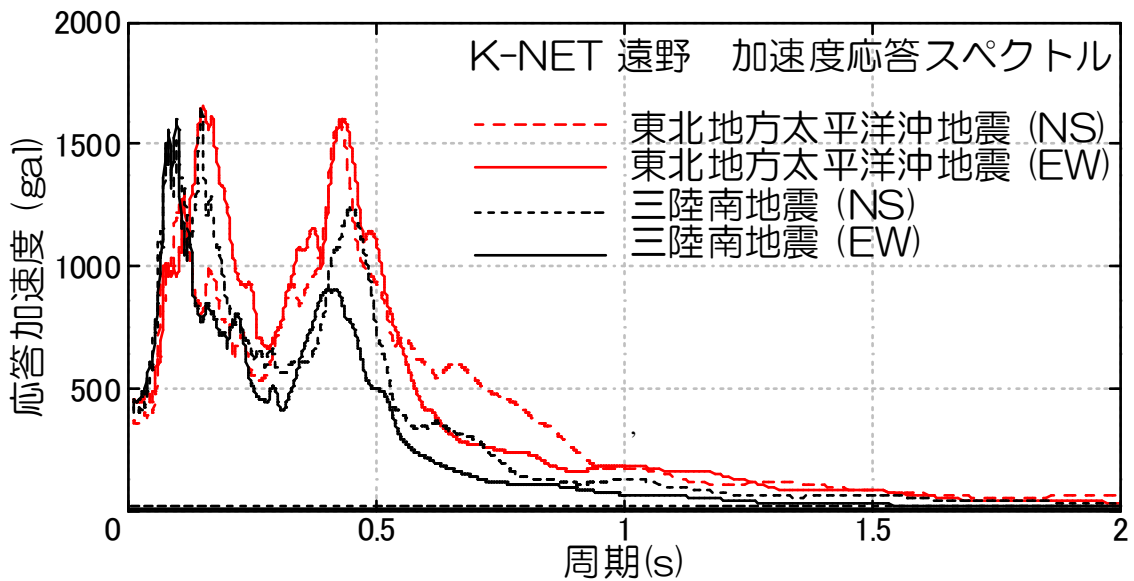


図 5.4-2 K-NET 遠野における加速度応答スペクトル

(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。

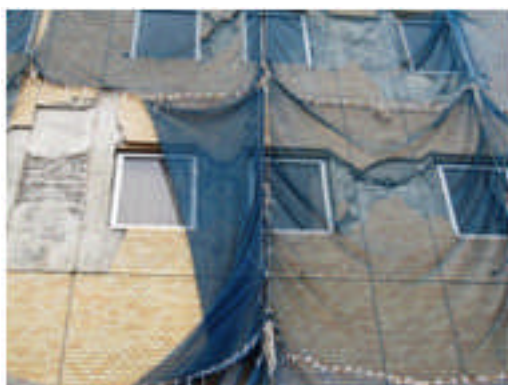


写真 5.4-4 RC 造柱及び非構造壁の損傷

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)。

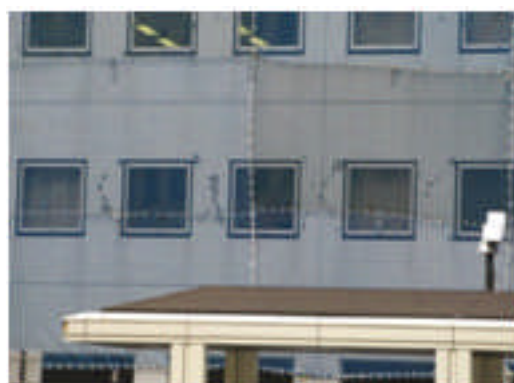


写真 5.4-7 外壁タイルの剥落



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 年に建設された口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

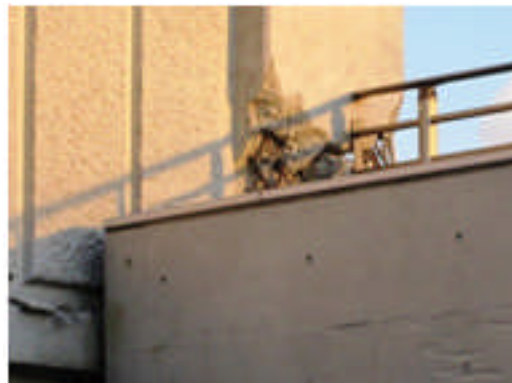


写真 5.4-29 高層棟 3F 側柱脚部の圧壊



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において、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・腰壁が取り付け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（ I_s 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

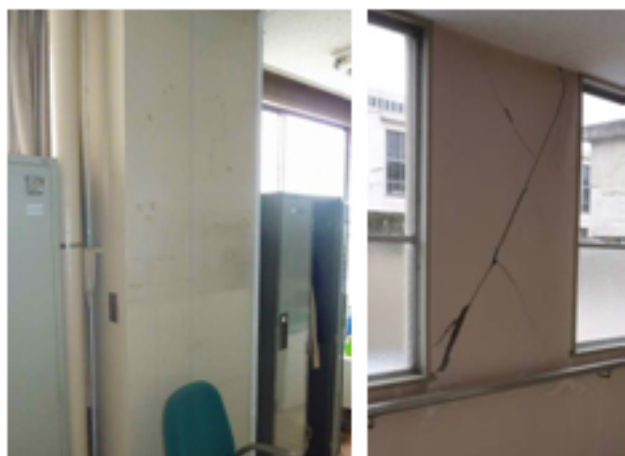


写真 5.4-65 柱と方立て壁のせん断ひび割れ



写真 5.4-66 エントランス脇の外壁仕上げの剥落



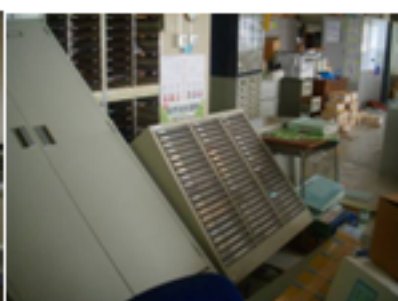
図 5.4-3 東分庁舎一号館エントランスのガラス被害分布



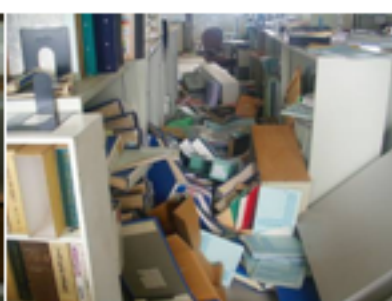
写真 5.4-67 ガラスの破損



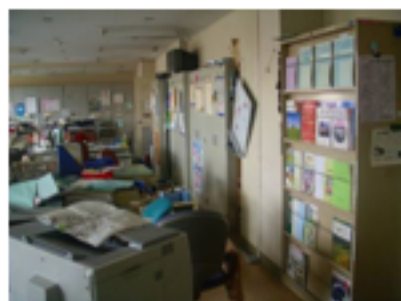
6階（食堂のメニュー陳列棚の移動）



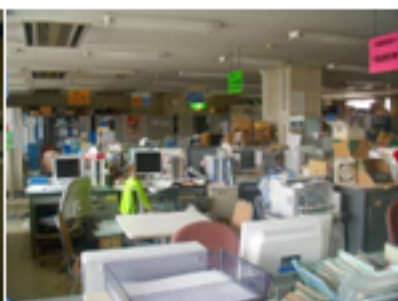
5階（ロッカーの転倒）



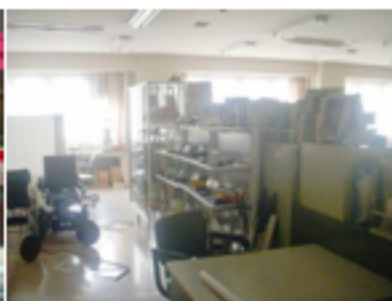
4階（ロッカーの転倒と書類の散乱）



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(I_s 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

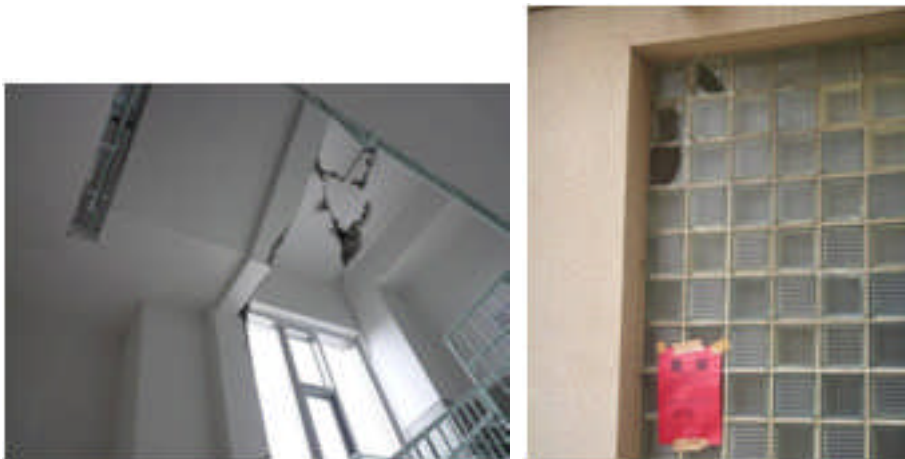


写真 5.4-70 時計塔内部の損傷状況 写真 5.4-71 ガラスブロックの破損

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。

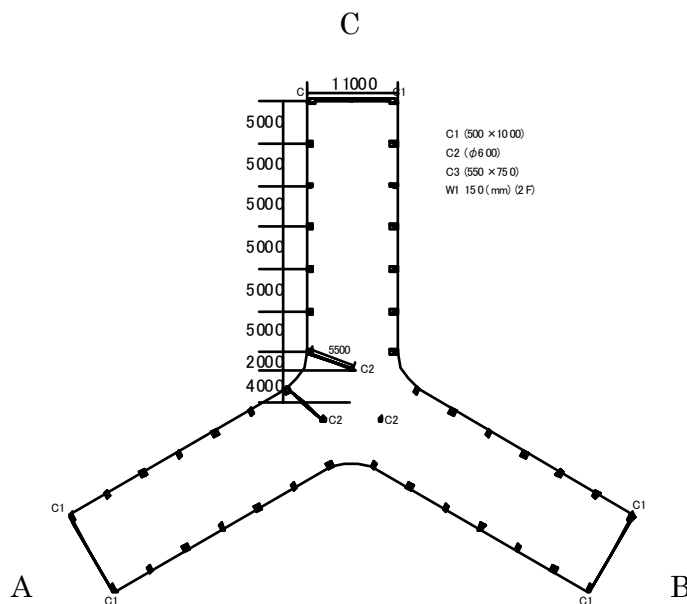


図 5.4-4 本館平面形状



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階層崩壊部



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（ I_s 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(ベントハウス有り)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 50mm 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

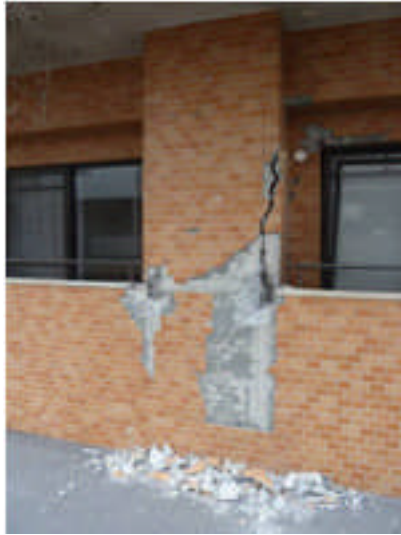


写真 5.4-96 1階柱のせん断ひび割れ 写真 5.4-97 1階柱の付着割裂ひび割れ



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

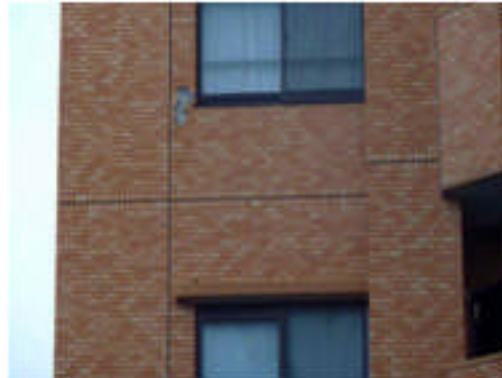


写真 5.4-103 非構造壁の損傷（ひび割れ）

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

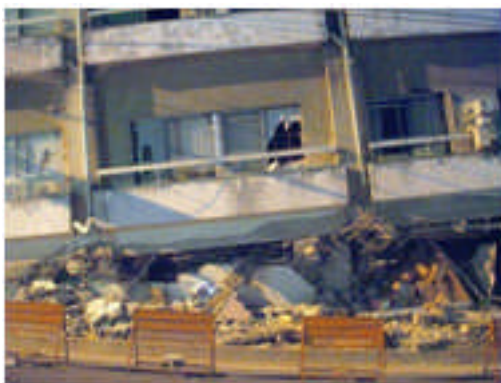


写真 5.4-109 ピロティ部の柱の破壊



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800mm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 階の腰壁が取り付け柱 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

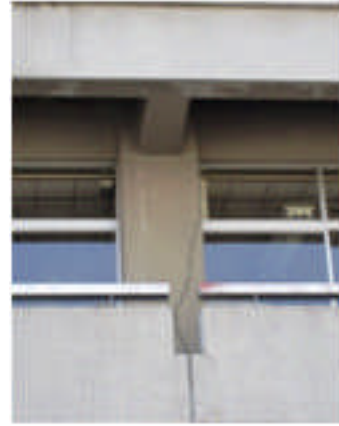


写真 5.4-124 2階柱のせん断ひびわれ



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

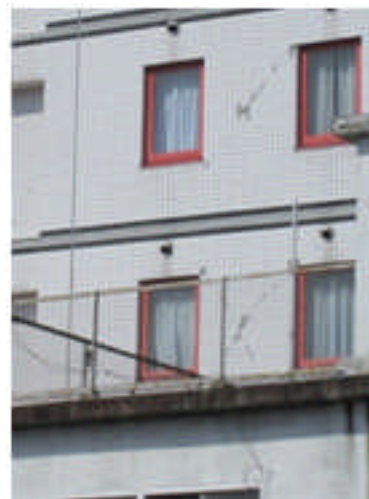


写真 5.4-137 非構造壁の
せん断ひび割れ

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け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

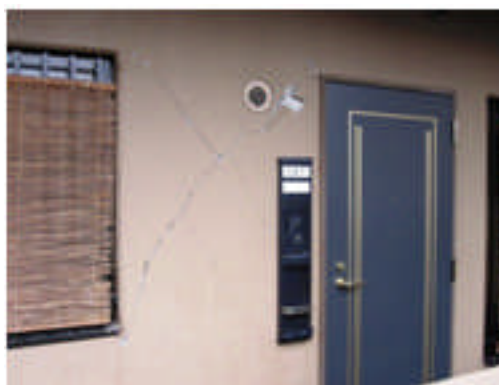


写真 5.4-146 玄関横の非構造壁のせん断ひび割れ

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つた(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つた(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つたが、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つた(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 77cm 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) 日上市役所

震度 6 強を観測した K-NET 日立から北北東に約 1km に位置する日上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、日上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○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 I_s	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

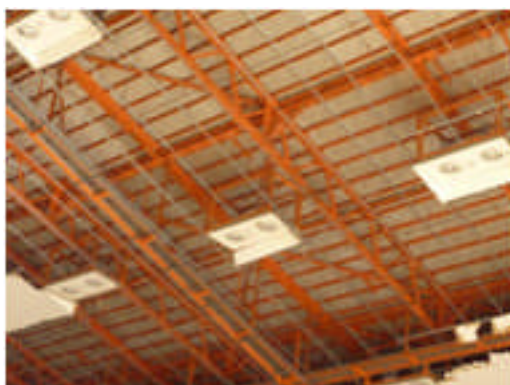


写真 5.4-208 脱落部分の拡大1



写真 5.4-209 脱落部分の拡大2

3) K-NET 銚田の周辺の被害状況

K-NET 銚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、銚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 銚田から半径 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、銚田総合公園に設置された K-NET 銚田周辺（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。

5.5 宅地地盤・基礎の被害

5.5.1 調査概要

東北地方太平洋沖地震における宅地地盤及び基礎の被害としては、地震直後より関東地方の湾岸地域を中心とした液状化被害が大きく報道されてきたが、本章の各種構造（上部構造）の研究者による一次調査の結果等から、宮城県、福島県、栃木県などの造成宅地についても、大きな変状に伴う建築物被害が認められ、調査を実施したところである。

本節では、第一次調査の結果を以下の通り取りまとめて報告する。

- ・ 利根川流域（茨城・千葉県境）の液状化被害
- ・ 東京湾岸区域（千葉県浦安市）の液状化被害
- ・ 宮城・福島・栃木における造成宅地等の被害

5.5.2 調査結果

5.5.2.1 利根川流域（茨城・千葉県境）の液状化被害

今回調査した対象は、茨城県と千葉県との県境となる利根川及びその周辺地域である。調査範囲を図 5.5.2.1-1 に示す。

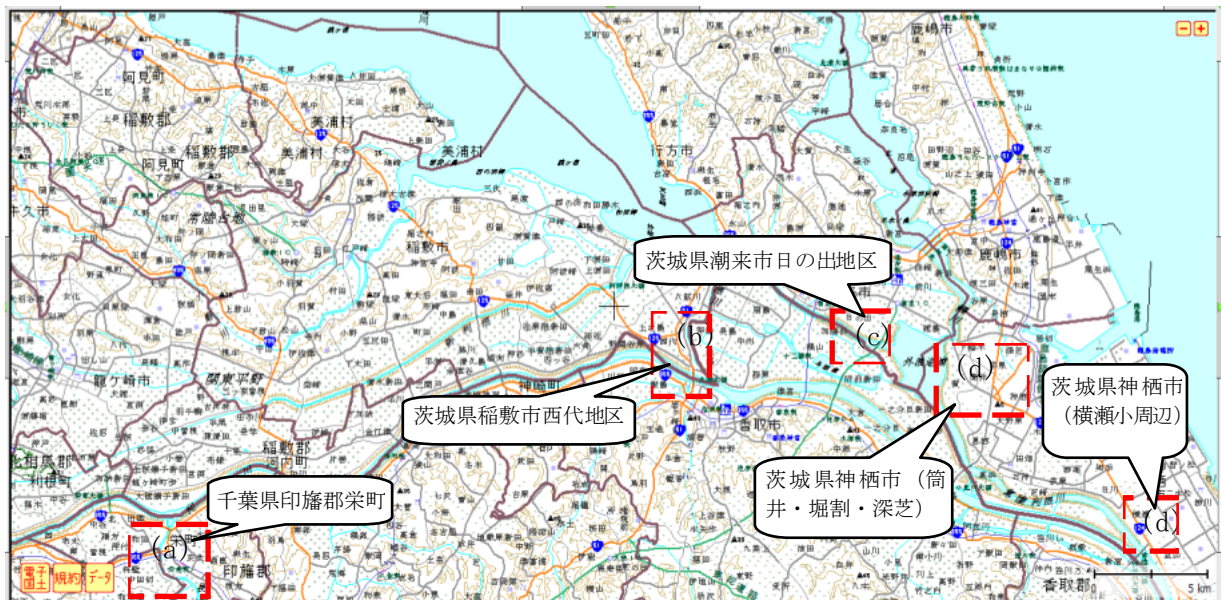


図 5.5.2.1-1 調査範囲（電子国土）囲み(a)～(e)は各調査地域に対応

(a) 千葉県印旛郡栄町

千葉県印旛郡栄町は、「千葉栄町安食台」における本震時の震度が5強と報告されている。今回の調査においては、栄町役場より西方約500mに位置する安食ト杭新田地区、同じく南方約1kmに位置する前新田地区の現地調査を行った。

これらのほか、栄町のHP (http://www.town.sakae.chiba.jp/kurashi/iza/saigai_taisaku.html)では、出津地区における液状化に伴う電柱の傾斜が報告されている。当該地区の調査はできなかったが、周辺の県道68号沿いにおいて、電柱の傾斜、路盤の亀裂等を確認した（写真5.5.2.1-1、写真5.5.2.1-2）。



写真 5.5.2.1-1 電柱の傾斜（復旧中）



写真 5.5.2.1-2 路盤の亀裂

・ 安食ト杭新田地区

地盤の液状化によると見られる噴砂や、それに伴う建築物の沈下、傾斜等の被害が発生していた。平面 15m×30m 程度の保健センターは全体に 20cm 程度沈下していた。周囲の電柱に沈み・傾斜が見られ、電柱が建物に寄りかかる状態で、「危険」と判定されていた。（写真 5.5.2.1-3、写真 5.5.2.1-4）。

保健センターに隣接する民家 2 棟では沈下による傾斜や土間コンクリートの破損（盤ぶくれ）、ブロック塀の段差の被害（写真 5.5.2.1-5、写真 5.5.2.1-6）、近接する公園では地割れ等の変状が見られた。

この地区の他の棟については、外観上被害は見られなかった。付近住民の方へのヒアリングによると、被害のあった一帯は、低地の沼を埋め立てた地域であるとのことであった。



写真 5.5.2.1-3 保健センター入口付近の状況



写真 5.5.2.1-4 応急危険度判定結果



写真 5.5.2.1-5 周囲の住宅被害
(土間コンクリート破損)



写真 5.5.2.1-6 ブロック塀の段差

安食ト杭新田地区の地歴について調査した。昭和 34 年 (1959) 発行の地図^{5.5-1)} (図 5.5.2.1-2) では、低地であり池等を示す記入があったが、昭和 49 年 (1974) ~昭和 53 年 (1978) の間には上記の建築物等の建設が行われていた (図 5.5.2.1-3)。



図 5.5.2.1-2 昭和 34 年時点
(国土地理院発行^{5.5-1)})



図 5.5.2.1-3 昭和 49 年~53 年時点
(○が今回調査した区域)

・ 前新田地区

前新田地区のうち、長門川に近接する堤防沿いの一角で、戸建て住宅約 20 棟が建設されている区域において、堤防頂部の路面の地割れ・陥没や地盤の液状化によると見られる噴砂、それに伴う建築物の沈下、傾斜等の被害が発生していた。調査した住宅では、約 10cm~20cm の沈下や地盤の水平移動に伴うと思われる、基礎周辺の地盤上の補強板の約 15cm~20cm の離間、地割れなどが見られた (写真 5.5.2.1-7~写真 5.5.2.1-9、赤の△と矢印は傾斜方向 (以下同じ))。他にも、同一敷地内の木造の物置では、緊結されていない柱脚部が引き抜け、20cm 以上移動していた (写真 5.5.2.1-10)。

また、隣棟は築 2 年程度で、小口径の杭と見られる支持部材を用いた基礎 (支持層深さは不明) を採用した住宅であり、地盤沈下にともない、小口径の杭頭が確認できる状態となっていた。(写真 5.5.2.1-11、写真 5.5.2.1-12)。

これら 2 棟の建築物は、同じ空地に隣接して建てられていたが、空地内には噴砂がみられ、敷地地盤が当該空地に向かって沈下・移動しているように思われる。付近住民の方へのヒアリングによると、被害のあった一帯は、低地の沼を埋め立てた部分であるとのことであった。

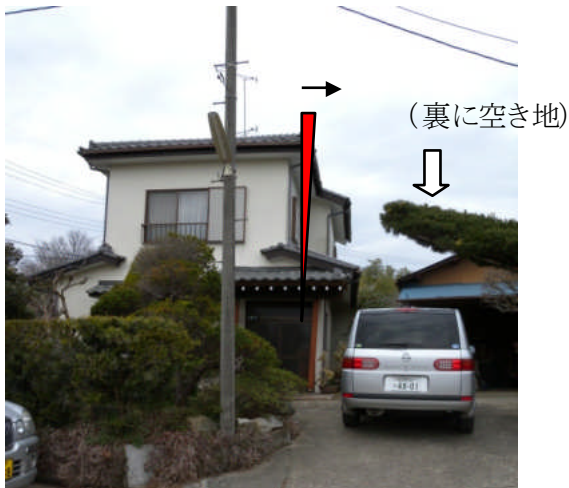


写真 5.5.2.1-7 傾斜4/100程度の建築物

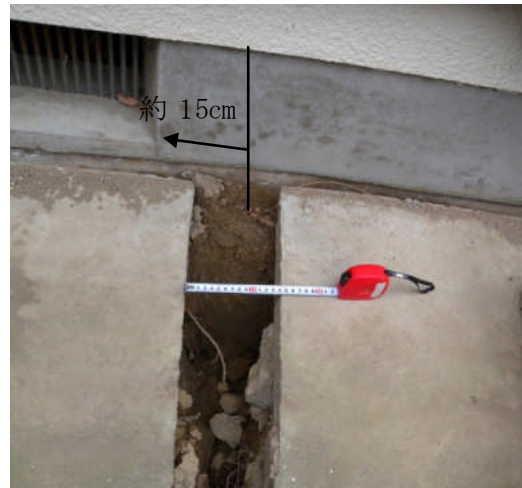


写真 5.5.2.1-8 離間(基礎は外観上ひび割れ等なし)



写真 5.5.2.1-9 入口付近の沈下



写真 5.5.2.1-10 物置柱脚の移動



写真 5.5.2.1-11 敷地の沈下(端部で最大約13cm)



写真 5.5.2.1-12 建物角部の支持構造物

前新田地区の地歴について調査した。昭和 34 年 (1959) 発行の地図^{5.5-2)} (図 5.5.2.1-4) では、低地であり池等を示す記入があったが、昭和 49 年 (1974) 時点では上記の住宅等の建設が行われていた (図 5.5.2.1-5)。



図 5.5.2.1-4 昭和 34 年時点^{5.5-2)}
(国土地理院発行)



図 5.5.2.1-5 昭和 49 年～53 年時点
(○が今回調査した区域)

(b) 茨城県稲敷市西代地区

国道 51 号とその東側の横利根川を挟む約 500m 四方の区域において、大規模・広範囲な被害が発生していた。被害の激しい域内の県道 11 号が通行止めとなり、通り沿いを中心として、地盤の液状化に伴う噴砂や、それによると見られる路面の大きな隆起、激しい地割れが見られた(写真 5.5.2.1-13)。地盤の移動量は、沈下で最大 40cm 程度、水平移動は最大 1m 程度であった。また、地盤変状の影響による建築物の沈下・傾斜被害が多く見られた(写真 5.5.2.1-14～写真 5.5.2.1-18)。

さらに、周辺の住宅では、自家用車のタイヤの高さの半分程度まで土砂で埋まっており、液状化による噴砂量がかなり多かったと判断される(写真 5.5.2.1-19)。



写真 5.5.2.1-13 駐車場路面の変状
(左側が県道 11 号)



写真 5.5.2.1-14 片側が不同沈下した建築物(同)



写真 5.5.2.1-15 沈下・傾斜した事務所ビル (同) (長辺方向 5.6/100、短辺方向 1.2/100)



写真 5.5.2.1-16 写真 5.5.2.1-15 の周囲の変状 (右側が県道 11 号)



写真 5.5.2.1-17 中央が不同沈下した建築物 (手前側が県道 11 号)



写真 5.5.2.1-18 約 25cm のずれを生じた土台 (手前側が県道 11 号)



写真 5.5.2.1-19 タイヤの半分程度を埋める土砂

また、県道 11 号沿いには大規模な商業施設があり、建物周辺の歩道の仕上げ (インターロッキングブロック) が大きく被害を受け、散乱していた (写真 5.5.2.1-20、写真 5.5.2.1-21)。周囲の地盤は、40cm 程度沈下していたが、施設自体の沈下は軽微であり、傾斜は長辺方向で約 0.7/100 であった。地

盤の沈下によって周囲に生じた地割れの間から目視したところ、建築物の基礎形式は、杭基礎であることが確認された(写真 5.5.2.1-22、写真 5.5.2.1-23)。杭仕様等は、以下のとおりと推測される。

- ・ 杭の種類：既製コンクリート杭 (PHC)
- ・ 杭周固定液：有り
- ・ 杭周固定液の外径：約900mm (杭径：700~800mm 程度であると想定される。)



写真 5.5.2.1-20 建築物外観



写真 5.5.2.1-21 建築物周囲地盤の状況



写真 5.5.2.1-22 杭頭部の露出状況



写真 5.5.2.1-23 杭周固定液の内部

県道 11 号の周囲の宅地でも、地盤の液状化による噴砂が道路や敷地の随所で見られた。特に傾斜が大きい住宅(写真 5.5.2.1-24 の一番左：築4年)は、盛土が行われていることが住民へのヒアリングにより確認された。傾斜角は、5.0/100 であり、噴砂とともに、隣接する倉庫の方向(及び、住民によれば、背面の擁壁側の方向)に傾斜していた(写真 5.5.2.1-25)。2棟が近接し、荷重が集中した部分で液状化が発生し、その方向に傾斜しているものと考えられる。

建物背面の擁壁の高さは1m程度であったことから、盛土高さも同程度と想定される。



写真 5.5.2.1-24 建物外観



写真 5.5.2.1-25 傾斜した住宅
(写真 5.5.2.1-24 の左端)

西代地区は、図 5.5.2.1-6 に示す通り、千葉県東方沖地震（1987.12.17）の際に液状化被害の報告された地域（251）^{5.5-3)}の北に位置している。地歴については、1980年代中期（新水郷大橋建設直後）には周囲は水田であり、現在は、南部を中心として商業化が進んでいる（図 5.5.2.1-7、図 5.5.2.1-8）。



図 5.5.2.1-6 液状化履歴^{5.5-3)}



図 5.5.2.1-7 昭和 59年
～61年時点

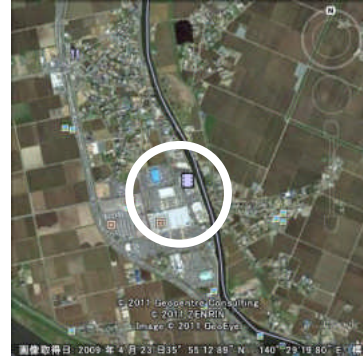


図 5.5.2.1-8 現在(Google Earth
による。○が今回調査した区域)

(c) 茨城県潮来市日の出地区

日の出地区は、潮来市南部の常陸利根川に面した区域である。当該区域のうち、川に近い約 200m 四方の一角において、大規模な被害が発生していた。地盤の液状化に伴う噴砂、埋設物の浮き上がり、電柱の沈下や傾斜などが、道路や敷地の随所で見られた（写真 5.5.2.1-27、写真 5.5.2.1-28）。道路に面した多くの建築物が、前面歩道より約 20cm～30cm の沈下を生じていた（写真 5.5.2.1-29、写真 5.5.2.1-30）。噴砂により隠された部分も多かったが、外観より目視した範囲では、基礎に割れや段差等は生じていなかった（写真 5.5.2.1-31、写真 5.5.2.1-32）。



写真 5.5.2.1-27 歩道部分の沈下に伴う塀の被害 写真 5.5.2.1-28 歩道脇の埋設配管の浮き上がり



写真 5.5.2.1-29 住宅玄関付近の沈下



写真 5.5.2.1-30 空地进行を挟んだ2棟の沈下



写真 5.5.2.1-31 基礎部分の外観（1）



写真 5.5.2.1-32 基礎部分の外観（2）

なお、日の出区6丁目集会所付近に建つ住宅のうち、周囲は液状化による変状が確認されたにもかかわらず、外観からは変状などの被害が確認されなかった住宅があった（写真 5.5.2.1-33）。その住宅は、1m程度盛土され周囲を擁壁で囲まれていた。盛土の押さえ効果により、この住宅の敷地内については液状化が発生しなかった可能性がある。手前の更地には、液状化の痕が散見された（写真 5.5.2.1-34）。



写真 5.5.2.1-33 液状化の発生していない住宅



写真 5.5.2.1-34 周囲の噴砂の状況

日の出地区の地歴としては、昭和46年（1971）発行の地図^{5.5-4}（図5.5.2.1-9）においては水田であり、その後昭和49年（1974）～昭和53年（1978）の間には宅地としての造成が始まったようである（図5.5.2.1-10）。また、(b)茨城県稲敷市西代地区同様に、千葉県東方沖地震（1987.12.17）において液状化の発生も報告されている（図5.5.2.1-11、166の各箇所の一つ）^{5.5-3}。

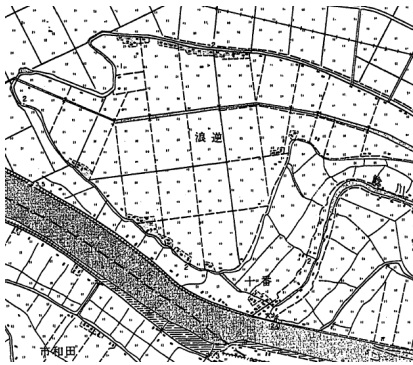


図 5.5.2.1-9 昭和46年時点^{5.5-4}
（国土地理院発行）



図 5.5.2.1-10 昭和49年～53年時点
（○が今回調査した区域）



図 5.5.2.1-11 液状化履歴^{5.5-3}

(d) 茨城県神栖市

茨城県神栖市においては、事前に市役所で情報収集し、被害が大きいとの報告を受けた横瀬小周辺、筒井地区、堀割地区、深芝地区の調査を行った。

市役所の担当者からの情報では、神栖市のうちでは、旧神栖町部分の被害の方が大きいとのことである。

・横瀬小学校周辺

神栖市役所の北東約 3km に位置する横瀬小学校の南側の建築物で、周囲に液状化に伴う噴砂が見られ、地盤の沈下によって外周で約 15cm、外側スロープ部分で最大 40cm 程度の段差を生じていた（写真 5.5.2.1-35、写真 5.5.2.1-36）。建築物本体は杭基礎であり、隣接する戸建て住宅部分等、周囲のその他の構造物は直接基礎のため、接続された部分に不同沈下に伴う障害（壁パネルの変形、ずれ及び扉の開閉の支障）が生じたとのことであった。

住民へのヒアリングでは、地震直後は、駐車場表面に水があふれており舗装が見えないほどであったとのことである。



写真 5.5.2.1-35 スロープ部の段差



写真 5.5.2.1-36 接続部分の損傷及び駐車場

横瀬小学校付近の土地条件図^{5.5-5}を図 5.5.2.1-12 に示す。調査区域は砂（礫）堆・州と盛土地とが混在した区域の一角であった。

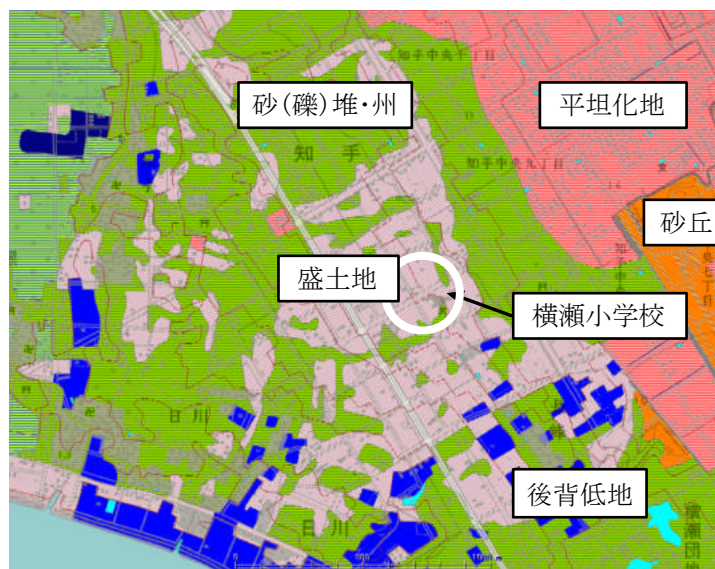


図 5.5.2.1-12 土地条件図^{5.5-5}（○が今回調査した区域）

・筒井地区

神栖市の西部、外浪逆浦に近い約 300m 四方の区域において、地盤の液状化に伴う噴砂、埋設物の浮き上がり、路面の段差、電柱の傾斜等の被害が発生していた。敷地内に激しい地割れを生じ、周囲地盤より 15cm 程度の沈下、30cm 程度の離間を生じている建築物もあった。外観上は基礎部分にひび割れや亀裂などは見られなかった（写真 5.5.2.1-37、写真 5.5.2.1-38）。



写真 5.5.2.1-37 敷地内の地割れ

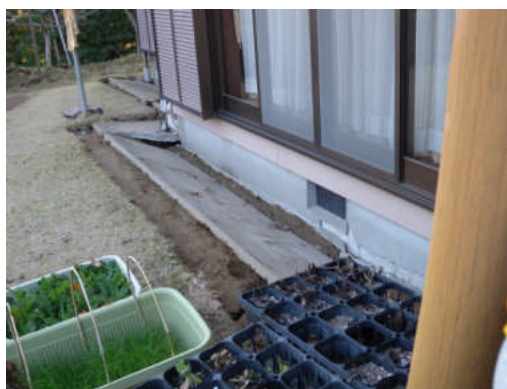


写真 5.5.2.1-38 基礎部分外観

筒井地区の地歴については、昭和 48 年（1973）発行の地図（図 5.5.2.1-13）^{5.5-6)}においては水田であり、その後昭和 54 年（1979）～昭和 58 年（1983）の間には宅地としての造成が始まったようである（図 5.5.2.1-14、図 5.5.2.1-15）。



図 5.5.2.1-13 昭和 48 年時点^{5.5-6)}
(国土地理院発行)

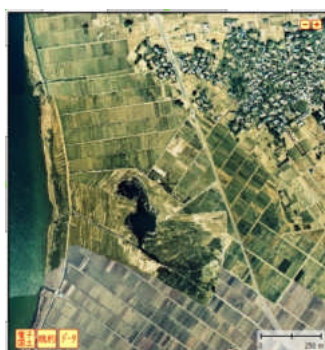


図 5.5.2.1-14 昭和 49 年
～53 年時点



図 5.5.2.1-15 昭和 54 年～58 年
時点 (○が今回調査した区域)

・堀割地区

神栖市の西部、国道 124 号線沿いの約 500m 四方の区域において、地盤の液状化に伴う噴砂、路面の隆起、敷地地盤の沈下に伴う段差等の被害が広域に生じていた。中央のやや広い通り沿いでは、歩道の隆起あるいは建築物敷地地盤の沈下によって、25cm～30cm 程度の段差を生じていたほか、建物周辺の側溝にも被害が確認された。（写真 5.5.2.1-39～写真 5.5.2.1-41）。また、建築物は沈下せず、周囲地盤が 15cm 程度沈下したのものもあった。隣接する地区のほぼ同様の仕様と見られる歩道の下部は暗渠状の水路になっており、浮き上がり等による被害を受けていたと考えられることから（写真 5.5.2.1-42）、前面道路と建築物敷地との段差の要因として、このような道路の構造の影響も考えられる。



写真 5.5.2.1-39 外周部塀と前面道路との段差



写真 5.5.2.1-40 側溝の被害



写真 5.5.2.1-41 建築物入口付近の段差



写真 5.5.2.1-42 周辺歩道部分の被害(段差約40cm)

堀割地区の地歴については、昭和 52 年（1977）発行の地図（図 5.5.2.1-16）^{5.5-7)}においてはすでに造成等が行われていたようである。その後昭和 54 年（1979）～昭和 58 年（1983）の間には住宅が建設されている（図 5.5.2.1-17）。



図 5.5.2.1-16 昭和 52 年時点^{5.5-7)}
(国土地理院発行)



図 5.5.2.1-17 昭和 54～58 年時点
(○が今回調査した区域)

・ 深芝地区

この地域は、周辺の状況の観察から、以前は水田として利用されていた土地を宅地に転用したものと想像される。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.1-18 に示す赤破線でハッチした範囲において、液状化による地盤および宅地盛土の変状に伴う住宅の被害が多く見られた。住宅の被害形態は、上部構造や基礎に構造的な損傷のないまま移動・沈下・傾斜した場合がほとんどのように見えた（写真 5.5.2.1-43～49）。なお、図 5.5.2.1-18 に示す墓地 A において、修復した痕跡の見られない墓石の転倒率を調べたところ、標準的なサイズ（30cm×30cm×70cm 程度）の竿石 140 基のうち、転倒は 1 基（転倒率 1%未満）であった。この地域の地震動に 1 秒以下の短周期成分が卓越したとすれば、墓石転倒率は最大地動速度 PGV と関連付けられ、その値は大きくても 20-30cm/s 程度以下と推察される。



図 5.5.2.1-18 液状化による被害の見られた範囲（茨城県神栖市深芝付近）



写真 5.5.2.1-43 液状化による宅地盛土および戸建て住宅の沈下・傾斜と盛土擁壁の破壊



写真 5.5.2.1-44 写真 5.5.2.1-43 の戸建て住宅を反対側より臨む



写真 5.5.2.1-45 液状化による宅地盛土および小型集合住宅の沈下・傾斜



写真 5.5.2.1-46 液状化により傾斜した戸建て住宅群



写真 5.5.2.1-47 液状化により傾斜した戸建て住宅群



写真 5.5.2.1-48 液状化により傾斜した戸建て住宅群



写真 5.5.2.1-49 液状化により傾斜した戸建て住宅群（手前の1棟は火災による被害か）



写真 5.5.2.1-50 墓地Aの様子(墓石転倒率1%未満)

5.5.2.2 東京湾岸区域（千葉県浦安市）の液状化被害

今回の地震では、東京湾岸埋立区域の広範囲において、液状化が発生した。ここでは、浦安市の調査結果について報告する。

(a) 浦安市の埋立事業概略と地盤概要

図 5.5.2.2-1 に現在の浦安市の全景を示す。市内の南側は海中の砂を用いた埋立事業により造成された地域であり、現在の市総面積の 3/4 を埋立て造成地が占めている。埋立事業の経緯を図 5.5.2.2-2 に示した。埋立ては、二期に分かれて造成されており、第一期の A 地区（海楽、美浜、入船地区）は 1971 年に、B 地区（東野、富岡、今川、弁天、鉄鋼通り地区）は 1968 年に、C 地区（舞浜地区）は 1975 年に竣工している。また、第二期の D 地区（日の出、明海地区）は 1978 年に、E 地区（高洲、港地区）は 1980 年に、F 地区（千鳥地区）は 1980 年に竣工後、現在に至っている。なお、D 地区は、旧住宅・

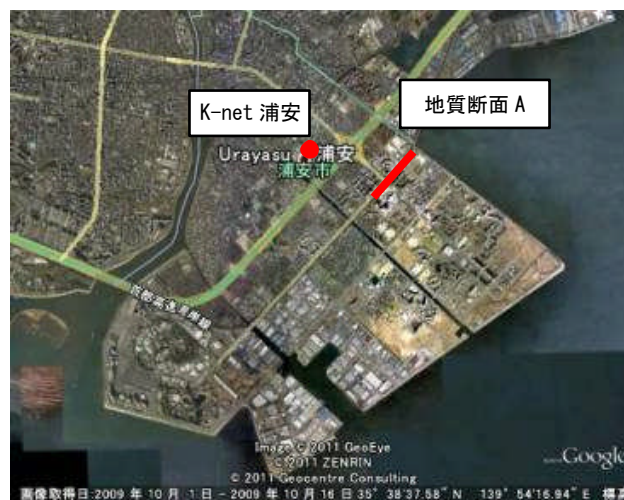


図 5.5.2.2-1 浦安市の全景



図 5.5.2.2-2 浦安市の埋立事業の経緯 ^{5.5-8)}

都市整備公団によりプレロードによる沈下対策が実施されている(5.5-9)。

図 5.5.2.2-3 に防災科学技術研究所強震観測網 K-NET の浦安観測点 (以下、K-NET 浦安) の土質柱状図を、図 5.5.2.2-4 に図-5.5.2.2-1 の断面 A 位置の柱状図を示す。地盤は概略、上層より、埋立土、沖積砂質土、沖積粘性土で構成され、40m 程まで軟弱層が続く構成となっている。

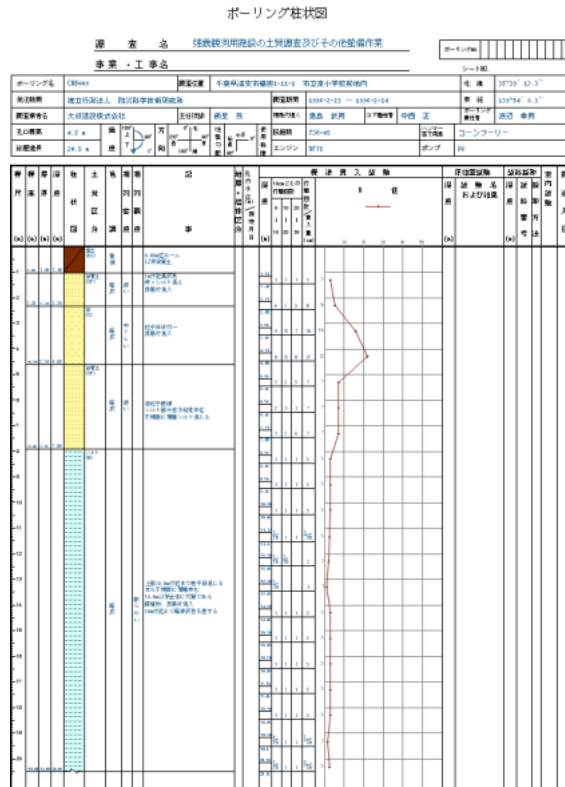


図 5.5.2.2-3 土質柱状図の一例 (K-NET 浦安)

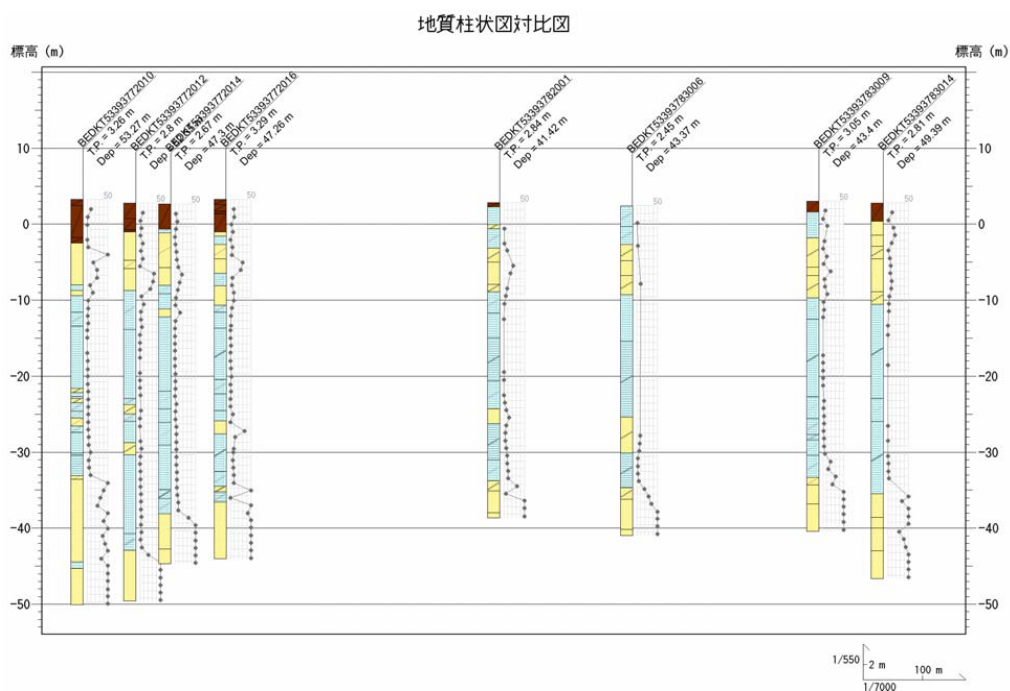


図 5.5.2.2-4 断面 A の柱状図

図 5.5.2.2-5 に浦安市内の地質断面線位置図を、図 5.5.2.2-6 及び図 5.5.2.2-7 に B-B, D-D における地質想定断面図を示す。埋設谷が確認されており、場所によって、構成される層厚が異なることが判る。

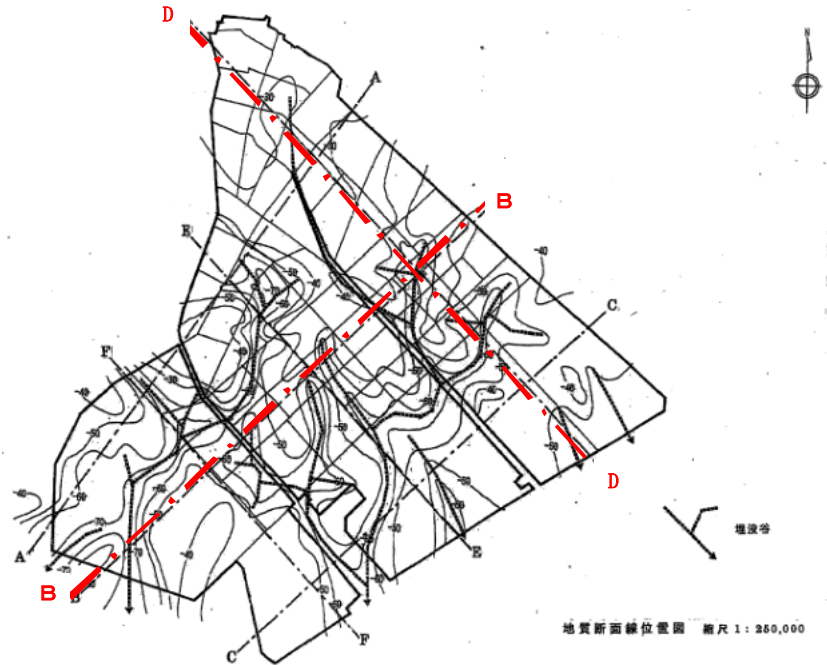


図 5.5.2.2-5 地質断面線位置図 5.5-8)

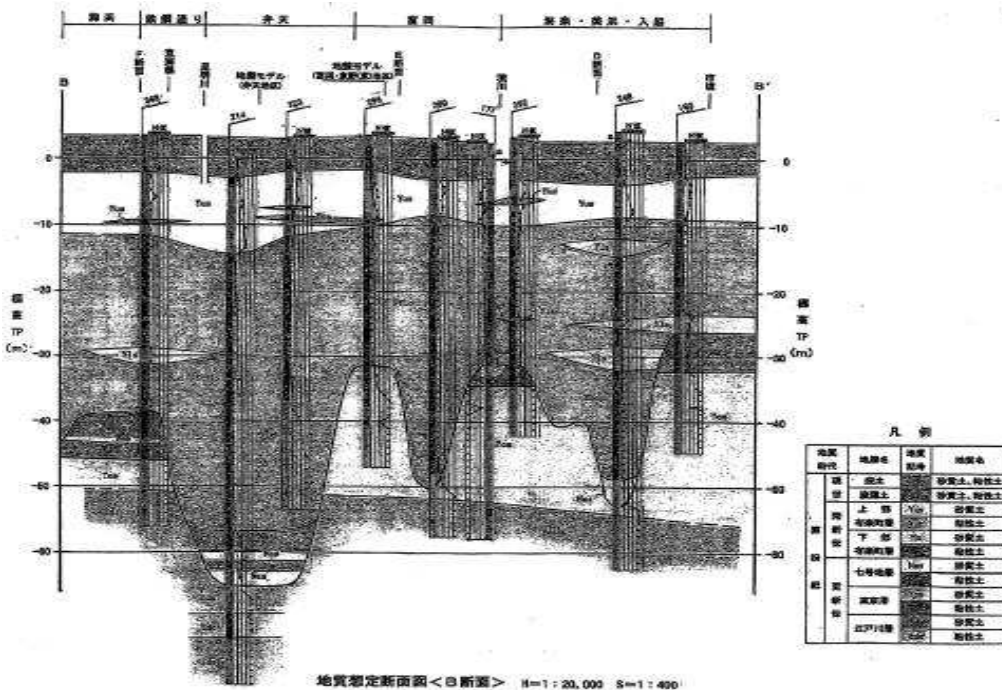


図 5.5.2.2-6 地質想定断面図 (B-B) 5.5-8)

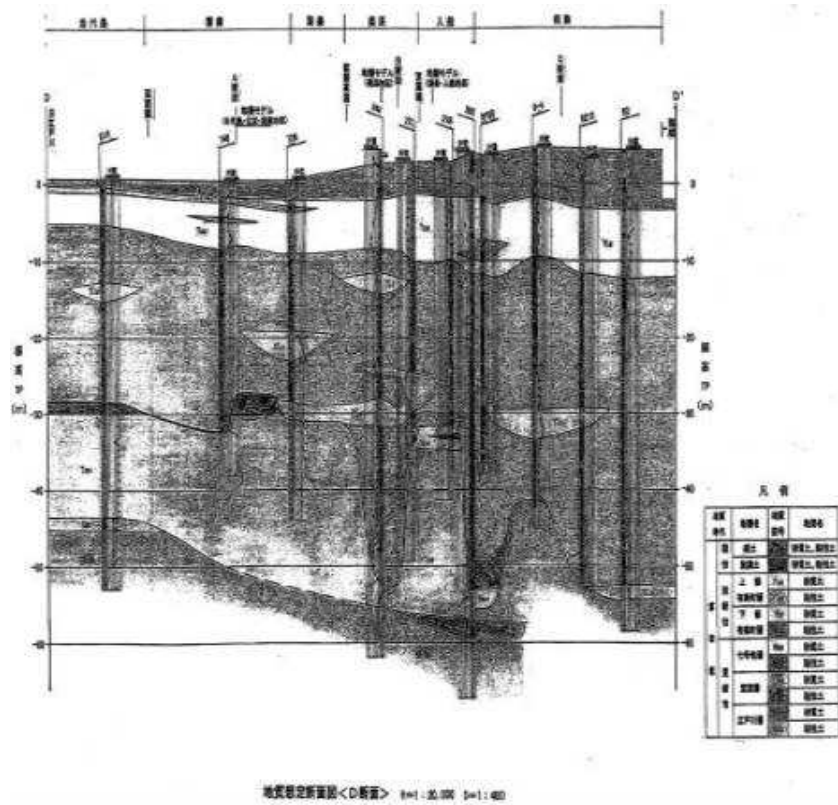


図 5.5.2.2-7 地質想定断面図 (D-D) 5.5-8)

図 5.5.2.2-8 に浦安市の液状化履歴図を示すが、1987 年の千葉県東方沖地震において、液状化発生が確認されている (図中番号の 1~4 及び 243, 244)。

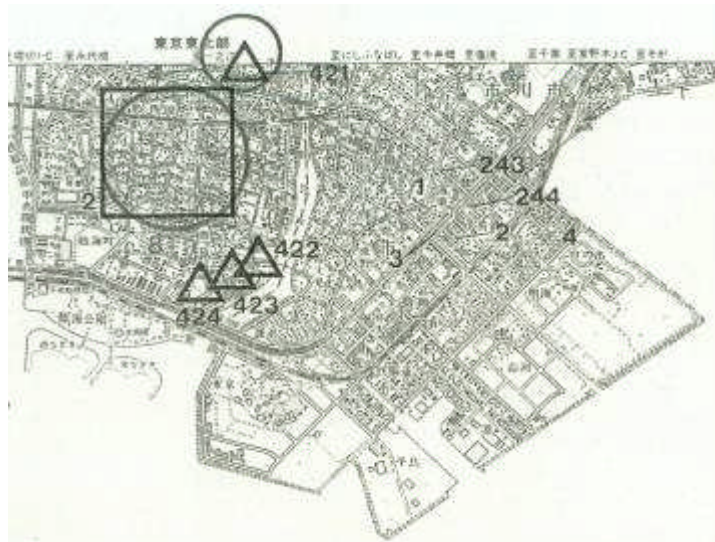


図 5.5.2.2-8 浦安市の液状化履歴 5.5-3)

(b) 被害概況

・ 美浜地区



写真 5.5.2.2-1 傾斜した住宅



写真 5.5.2.2-2 変形したフェンス



写真 5.5.2.2-3 沈下と敷地内噴砂の状況



写真 5.5.2.2-4 移動したカーポート

美浜地区においては、地下室のドライエリアを有する住宅で液状化に伴う沈下・傾斜が見られた(写真 5.5.2.2-1)。住宅の傾斜角度は約3度で、地下室が配置された部分が浮き上がり、他の部分が沈下して、傾斜したものと考えられる。この住宅の周囲では、側溝部分からの沈下や押されて基礎が変形したフェンス(写真 5.5.2.2-2)が見られた。また、液状化時に発生した噴砂が敷地内にそのままの住宅(写真 5.5.2.2-3)では、敷地内全体に噴砂に覆われていた。

液状化によりカーポートが破断した移動した建物も見られた(写真 5.5.2.2-4)。一体であったものが分断され約 50cm 移動しており、液状化に伴い地盤が移動したことによると考えられる。

・ 弁天地区



写真 5.5.2.2-5 沈下・傾斜した住宅

約2°傾斜した住宅



カーポートの噴砂

写真 5.5.2.2-6 沈下・傾斜した住宅と噴砂状況
(写真 5.5.2.2-5 の道路を挟んで向かい側の住宅)

約3°傾斜した住宅



写真 5.5.2.2-7 傾斜住宅の裏側の沈下状況
(写真 5.5.2.2-5 の被害住宅の裏側)

道路面との段差が著しい

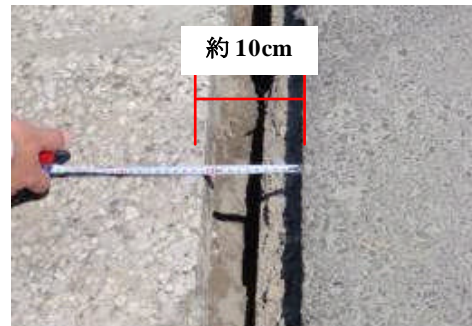


写真 5.5.2.2-8 道路と側溝の隙間

約10cm

弁天地区では、液状化による住宅の傾斜・沈下等が著しい区域が見られた(写真 5.5.2.2-5~写真 5.5.2.2-7)。また、液状化により地盤が沈下し、道路面が波打った状態や側溝と 10cm の隙間が発生しているところもあった(写真 5.5.2.2-8)。これらの被害は、傾斜した住宅の敷地境界を中心とした延長線上に集中していた。なお、住民からのヒアリングでは、被害の集中した直線上には過去に川が流れていたとのことである。

・ 舞浜地区



写真 5.5.2.2-9 バルコニー基礎部の被害



写真 5.5.2.2-10 傾斜した住宅

舞浜地区では、調査範囲において大きく傾斜した住宅は、見受けられなかったが、電柱の傾斜、地盤の沈下や噴砂跡が見られ、広域に渡って液状化が発生したものと推測される。(写真 5.5.2.2-9、10)

・ 今川地区



写真 5.5.2.2-11 右側に傾斜した道路



写真 5.5.2.2-12 破断した道路面



写真 5.5.2.2-13 左側が沈下・傾斜した住宅

今川地区では、液状化による地盤の沈下、地割れ、電柱の傾斜など地盤の変状に伴う現象が多く見られたが、調査範囲においては、住宅では軽微な沈下・傾斜が見られた程度であった。(写真 5.5.2.2-11～13)

・ 入船地区



写真 5.5.2.2-14 支持機構による被害状況の違い



写真 5.5.2.2-15 沈下・傾斜した建物



建物間の状況

入船地区では、隣接して建設された直接基礎と杭基礎の建物で沈下状況の違いが見られた。直接基礎建物では前面の歩道面より約 35cm の沈下、杭基礎建物では 約 30cm の抜け上がりが確認された（写真 5.5.2.2-14）。その他にも、沈下・傾斜した建物が点在していた（写真 5.5.2.2-15）。

・ 日の出地区



写真 5.5.2.2-16 周辺地盤が沈下した建物



写真 5.5.2.2-17 設備配管の修復状況



写真 5.5.2.2-18 傾斜した住宅

日の出地区では、建物周囲の地盤が液状化により沈下し、抜け上がった建物が見られた（写真 5.5.2.2-16）。杭支持建物と考えられ、建物と地盤との相対沈下量は約 50cm であった。写真 5.5.2.1-17 に設備配管の修復状況を示すが、地盤が沈下、移動しているものと考えられる。また、この建物の周辺では、傾斜した住宅も見られた（写真 5.5.2.1-18）。

5.5.2.3 宮城・福島・栃木における造成宅地等の被害

(a) 宮城県仙台市青葉区折立5丁目付近

この地域は、北～北東向きの斜面地を開発して造成された大規模宅地の一角にある。外観目視による踏査の結果、図5.5.2.3-1に示す赤破線でハッチした範囲において、宅地盛土の斜面方向への滑動による地盤の変状と、それに伴う擁壁の損傷が多く見られた（写真5.5.2.3-1～8）。宅地に建つ住宅には、構造的な損傷が見られず移動・沈下・傾斜した場合（写真5.5.2.3-1, 3, 4）、構造的な大変形が見られた場合（写真5.5.2.3-5, 6）、基礎が破壊された場合（写真5.5.2.3-7, 8）など、いくつか異なる被災パターンが認められた。

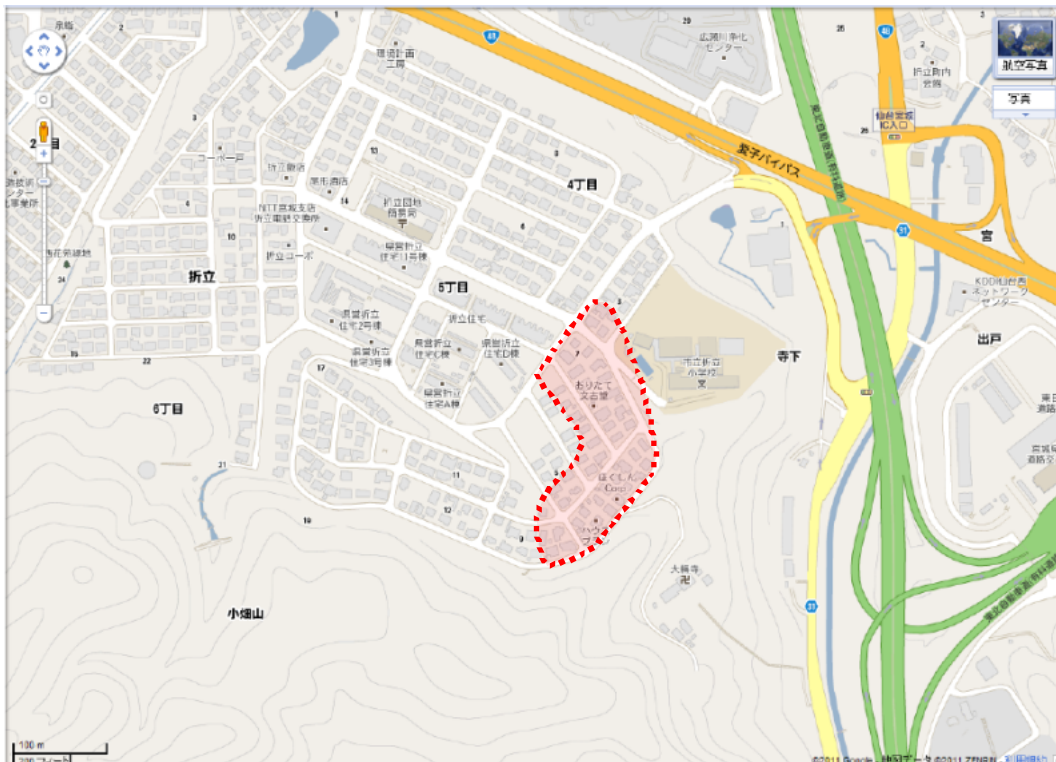


図 5.5.2.3-1 大きな被害の見られた範囲（宮城県仙台市青葉区折立5丁目付近）



写真 5.5.2.3-1 宅地盛土の滑動・地盤変状による擁壁の損傷と住宅の移動・傾斜



写真 5.5.2.3-2 宅地盛土の滑動・地盤変状の差異により生じた門柱の傾斜



写真 5.5.2.3-3 宅地盛土の滑動・地盤変状による住宅の移動・沈下・傾斜



写真 5.5.2.3-4 写真 5.5.2.3-3 の住宅と前面道路との間に生じた隙間



写真 5.5.2.3-5 宅地盛土の滑動・地盤変状による住宅の大変形



写真 5.5.2.3-6 宅地盛土の滑動・地盤変状による住宅（平屋）の大変形



写真 5.5.2.3-7 宅地盛土の滑動・地盤変状により被災した住宅（全景）



写真 5.5.2.3-8 写真 5.5.2.3-7 の住宅の宅地盛土の滑動・地盤変状による基礎の破壊

(b) 宮城県仙台市太白区青山2丁目および緑ヶ丘4丁目付近

この地域は、起伏のある丘陵地を開発して造成された大規模宅地の一角にある。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-2 に示す赤破線でハッチした範囲において、宅地盛土の斜面方向への滑動による地盤の変状と、それに伴う擁壁の損傷が多く見られた（写真 5.5.2.3-9～14）。緑ヶ丘4丁目の被災範囲は、1978年の宮城県沖地震時のそれと、ほぼ同じである。地形の起伏は、緑ヶ丘4丁目付近に比べて青山2丁目付近で大きく、青山2丁目付近では、盛土の大規模な滑動が生じた場所があった（写真 5.5.2.3-9）。ここでは、宅地に建つ住宅の上部構造・基礎とも、大きな変形・損傷が見られた。それ以外に盛土の滑動が生じた場所では、住宅の上部構造には変形・損傷が見られたが、基礎には顕著な被害が少ないように見えた（写真 5.5.2.3-10, 12）。また、青山2丁目付近では、高さが5mを超えるような宅地擁壁の損傷が見られた（写真 5.5.2.3-11, 13, 14）。

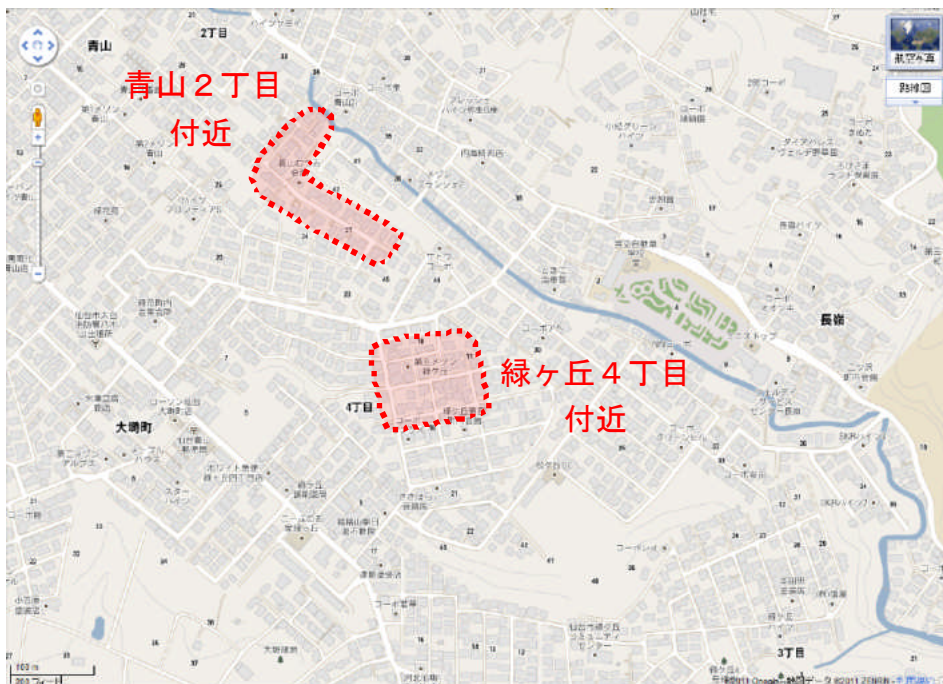


図 5.5.2.3-2 大きな被害の見られた範囲（宮城県仙台市太白区青山2丁目および緑ヶ丘4丁目付近）



写真 5.5.2.3-9 宅地盛土の滑動・地盤変状により被災した住宅群（青山2丁目付近）



写真 5.5.2.3-10 宅地盛土の滑動・地盤変状による住宅の変形（青山2丁目付近）



写真 5.5.2.3-11 写真 5.5.2.3-10の住宅の斜面側に位置する擁壁の損傷（青山2丁目付近）



写真 5.5.2.3-12 宅地盛土の滑動・地盤変状により被災した住宅（緑ヶ丘4丁目付近）



写真 5.5.2.3-13 宅地盛土の滑動・地盤変状による宅地擁壁の損傷（青山2丁目付近）



写真 5.5.2.3-14 宅地盛土の滑動・地盤変状による宅地擁壁の損傷（青山2丁目付近）

(c) 宮城県仙台市青葉区双葉ヶ丘1丁目付近

この地域は、東向きの斜面地を開発して造成された大規模宅地の一角にある。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-3 に示す赤破線でハッチした範囲において、宅地盛土の斜面方向への滑動による地盤の変状が見られた（写真 5.5.2.3-15～18）。宅地に建つ住宅には、構造的な大変形の見られた場合（写真 5.5.2.3-15、16）が比較的多かったが、構造的な損傷の見られなかった場合も散見された。また、周辺地盤の沈下・変状による住宅基礎とのギャップおよびライフラインの損傷が見られた（写真 5.5.2.3-17、18）。一方で、宅地の擁壁自体の損傷はほとんど見られなかったが、その上部に設置された（土留め）ブロック塀等の剥落・転落の痕跡が散見された（写真 5.5.2.3-19、20）。



図 5.5.2.3-3 大きな被害の見られた範囲（宮城県仙台市青葉区双葉ヶ丘1丁目付近）



写真 5.5.2.3-15 宅地盛土の滑動・地盤変状による住宅の大変形



写真 5.5.2.3-16 宅地盛土の滑動・地盤変状による住宅の大変形



写真 5.5.2.3-17 周辺地盤の沈下・変状による住宅基礎とのギャップ



写真 5.5.2.3-18 周辺地盤の沈下・変状によるライフラインの損傷



写真 5.5.2.3-19 擁壁の上部に設置された土留めブロック塀の剥落の痕跡



写真 5.5.2.3-20 擁壁の上部に設置されたブロック塀の転落の痕跡

(d) 宮城県仙台市宮城野区高砂 2 丁目付近

この地域は、平野部に位置しており、造成宅地ではないが、外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-4 に示す赤破線でハッチした範囲において、建物に対する地盤の相対沈下（数 cm～20cm 程度）が見られた（写真 5.5.2.3-21, 22, 24, 25）。この範囲内に位置する 14 階建て R/C 造集合住宅（L 字型に連結された 2 棟、ともに杭基礎：以下、建物 A）の 1 棟に、建物全体としての傾斜が見られた（写真 5.5.2.3-23, 25, 26）。この傾斜の原因は、おそらく、杭に何らかの損傷が生じたためと推察される。この傾斜によって、建物 A の傾斜側の地表面に盤ぶくれが生じている（写真 5.5.2.3-27）。なお、建物 A の傾斜していない棟の 1 階では、非構造壁の損傷が見られた（写真 5.5.2.3-28）。



図 5.5.2.3-4 建物に対する地盤の相対沈下が見られた範囲（宮城県仙台市宮城野区高砂 2 丁目付近）



写真 5.5.2.3-21 建物に対する地盤の相対沈下（仙塩街道の南側）



写真 5.5.2.3-22 建物に対する地盤の相対沈下（仙塩街道の北側）



写真 5.5.2.3-23 建物 A の全景 (左側の棟が紙面左奥方向に傾斜)



写真 5.5.2.3-24 建物 A の傾斜していない棟に対する地盤の相対沈下

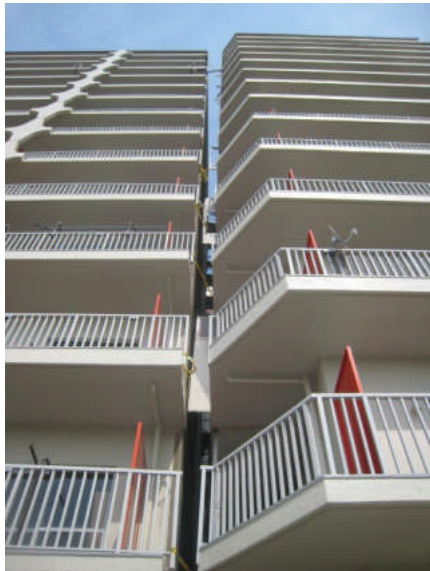


写真 5.5.2.3-25 建物 A の L 字型連結部に生じた隙間 (右側の棟が紙面右方向に傾斜)



写真 5.5.2.3-26 写真 5.5.2.3-25 の 1 階部分における 2 棟の隙間および地盤の相対沈下



写真 5.5.2.3-27 建物 A の傾斜側の地表面に生じた盤ぶくれ



写真 5.5.2.3-28 建物 A の傾斜していない棟の 1 階における非構造壁の損傷

(e) 宮城県白石市緑ヶ丘1-2丁目付近

この地域は、丘陵地を開発して造成された宅地である。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-5 に示す赤破線でハッチした範囲において、丘陵の斜面地および頂部付近での地割れ、宅地盛土の変状による住宅基礎および擁壁の損傷が見られた（写真 5.5.2.3-29～36）。このうち、緑ヶ丘1丁目の斜面地①は、1978年宮城県沖地震において大規模崩壊が生じた場所であるが、その時の地盤変状に比べれば、今回のそれは規模が小さい（写真 5.5.2.3-29, 30, 32）。また、丘陵の頂部付近③では、宅地盛土の変状によって、盛土擁壁の破壊（写真 5.5.2.3-31）、住宅基礎の損傷（写真 5.5.2.3-33～35）、盛土擁壁のはらみ出し（写真 5.5.2.3-36）などが生じた。



図 5.5.2.3-5 大きな被害の見られた範囲（宮城県白石市緑ヶ丘1-2丁目付近）



写真 5.5.2.3-29 緑ヶ丘1丁目の斜面地①および頂部に生じた地割れ（一部ブルーシート掛け）



写真 5.5.2.3-30 緑ヶ丘1丁目の斜面地①および頂部に生じた地割れ（一部ブルーシート掛け）



写真 5.5.2.3-31 写真 5.5.2.3-30 の住宅の盛土擁壁の破壊



写真 5.5.2.3-32 斜面地②の滑動・地盤変状による道路の陥没



写真 5.5.2.3-33 丘陵地の頂部付近③で宅地盛土の変状により被災した住宅



写真 5.5.2.3-34 写真 5.5.2.3-33 の住宅の基礎の損傷と盛土の変状



写真 5.5.2.3-35 写真 5.5.2.3-33 の住宅の基礎の損傷と盛土の変状



写真 5.5.2.3-36 写真 5.5.2.3-33 の住宅に隣接する盛土擁壁のはらみ出し

(f) 宮城県亶理郡山元町浅生原下宮前付近

この地域は、高台を開発して造成された宅地である。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-6 に示す赤破線でハッチした範囲において、高台の端部斜面の地すべり、およびそれに関連すると思われる地盤の変状が見られた(写真 5.5.2.3-37~42)。この地盤変状による住宅の被害は、写真 5.5.2.3-38~41 に示すごとく甚大で、数棟の住宅が斜面を滑り落ちかけている。一方で、地盤変状の見られない高台平地部の住宅の被害としては、振動によって、1 階の窓に取り付けられた障子が破れる程度であった(写真 5.5.2.3-43)。なお、この地域の陸前浜街道を隔てた北東側(海側)の地域では、津波によるとと思われる漂流物が地表面の広範囲に見られた(写真 5.5.2.3-44)。

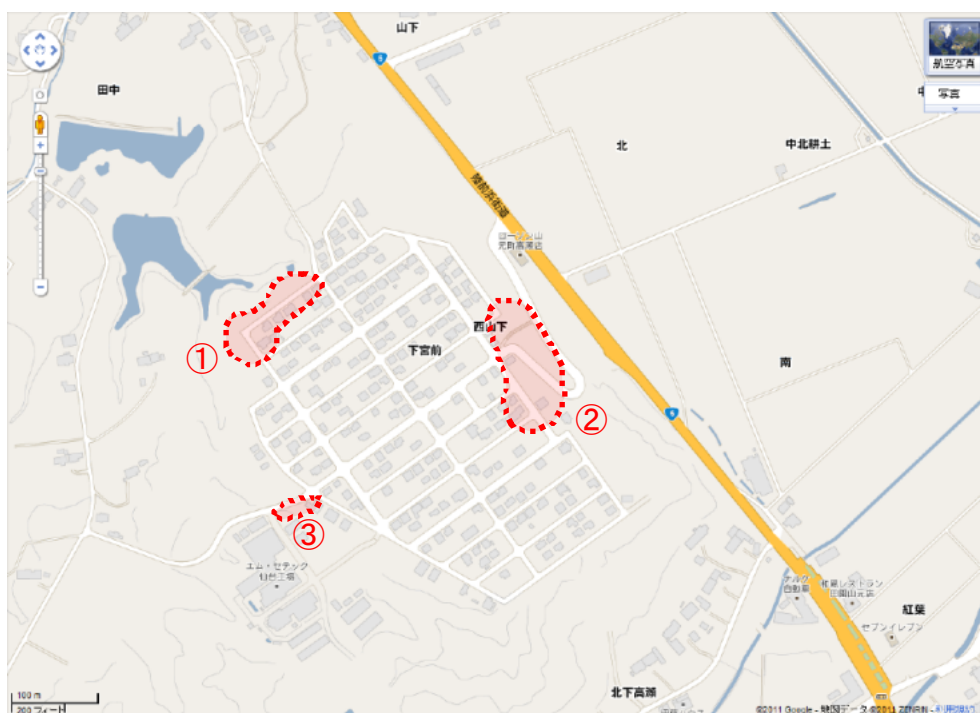


図 5.5.2.3-6 大きな被害の見られた範囲(宮城県亶理郡山元町浅生原下宮前付近)



写真 5.5.2.3-37 高台の端部斜面①の地すべり(ボーリング調査が行われている)



写真 5.5.2.3-38 写真 5.5.2.3-37 の地すべりに伴う地盤変状により被災した住宅



写真 5.5.2.3-39 高台の端部斜面①の地すべりによる盛土擁壁の破壊と住宅の傾斜



写真 5.5.2.3-40 写真 5.5.2.3-39 の盛土破壊（沈下）により露出した住宅基礎



写真 5.5.2.3-41 高台の端部斜面②の地すべりに関連すると思しき地盤変状による宅地被害



写真 5.5.2.3-42 地盤変状③により押し潰された道路の側溝



写真 5.5.2.3-43 高台平地部の住宅の被害（障子の破れ）



写真 5.5.2.3-44 陸前浜街道（手前の道路）を隔てて北東側（海側）の地域を高台より臨む

(g) 福島県福島市伏拝沼ノ上付近

この地域は、丘陵地を開発して造成された大規模宅地の一角にある。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-7 に示す赤破線でハッチした範囲において、丘陵の斜面地の地すべりによる地盤の変状が見られた（写真 5.5.2.3-45～49）。この地盤変状による住宅の被害は、写真 5.5.2.3-45～49 に示すごとく甚大で、多くの住宅が斜面を滑り落ちかけている。一方で、丘陵の頂部付近の住宅の被害としては、宅地盛土の若干の変状に伴う程度のものであった（写真 5.5.2.3-50）。



図 5.5.2.3-7 大きな被害の見られた範囲（福島県福島市伏拝沼ノ上付近）



写真 5.5.2.3-45 丘陵の南西側の斜面地①の地すべりとそれによる住宅の被害



写真 5.5.2.3-46 丘陵の南西側の斜面地①の地すべりと滑り落ちかけた住宅



写真 5.5.2.3-47 丘陵の西側の斜面地②の大規模地すべりの全景



写真 5.5.2.3-48 写真 5.5.2.3-47 の地すべりの頂部を臨む



写真 5.5.2.3-49 写真 5.5.2.3-47 の地すべりで滑り落ちかけた住宅



写真 5.5.2.3-50 丘陵の頂部付近の宅地盛土の変状による被害

(h) 栃木県矢板市中付近

この地域は、周辺の地形から推察するのは容易でないが、おそらく、平地から沼地にかけての一部を開発して造成された宅地と想像される。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-8 に示す赤破線でハッチした範囲において、宅地盛土の沼地側への滑動による地盤の変状が見られた(写真 5.5.2.3-51、53～56)。この地盤変状による住宅の被害は、写真 5.5.2.3-52～56 に示すごとく、他の(a)-(g)の地域に比べて、軽微であるように見えた。

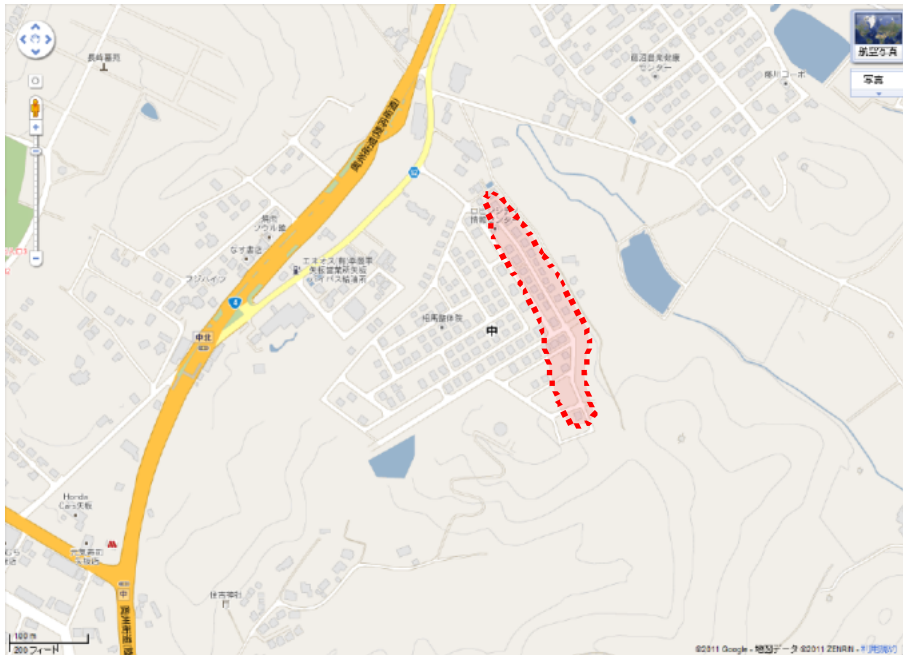


図 5.5.2.3-8 被害の見られた範囲（栃木県矢板市中付近）



写真 5.5.2.3-51 宅地盛土の沼地側（紙面の右側）への滑動による地盤の変状と、それに伴う擁壁の被害（ブルーシート掛け）



写真 5.5.2.3-52 写真 5.5.2.3-51 の住宅（沼地側（紙面の右側）に傾斜している）



写真 5.5.2.3-53 写真 5.5.2.3-52 の住宅の地盤の変状



写真 5.5.2.3-54 住宅に対する地盤の相対沈下



写真 5.5.2.3-55 宅地地盤の変状による損傷



写真 5.5.2.3-56 地割れの痕跡

5.5.3 まとめ

東北地方太平洋沖地震における宅地地盤及び基礎の被害に関して、液状化の被害（利根川流域及び東京湾岸区域）、造成宅地等の被害（宮城、福島、栃木）について、外観目視を中心とした調査を実施した。調査範囲の被害状況の概要は以下のとおりであった。

- ・ 液状化被害について：

利根川流域及び東京湾岸区域においては、液状化に伴う噴砂や地盤変状などの広域的な被害の発生を確認した。傾斜の大きな建築物も見られたが、その場合でも基礎部分に関しては、調査した範囲では外観上は基礎のひび割れ、亀裂等は見られなかった。

今回の地震において発生した広域的な被害（建築物（構造体）以外の道路や下水道などインフラ関連の被害も含む）に関しては、液状化メカニズムの検討（特に地震動の継続時間や液状化層の判定）が必要であると考えられる。また、液状化発生地域であっても極端に周囲と比べて被害の大小に差が生じた場合もあることから、個々の宅地における液状化判定や対策の選定手法についても、検討が必要である。

- ・ 宅地地盤被害について：

高台となる造成宅地（とくに辺縁部）を中心に、地盤の滑り出し等の変状を伴う大きな被害が見られた。また、過去に被害を生じた造成地で、再び変状が発生した地域も見られた。

大規模な被害を受けた宅地で、基礎下の地盤が崩落していた状態でも、基礎の一体性が確保されていたものがあり、地盤変状のメカニズムの検討以外に、被災地域における基礎仕様の実態についての調査が必要であると思われる。

参考文献

- 5.5-1 国土地理院、2万5千分の1旧版地形図（竜ヶ崎）、昭和34年1月30日
- 5.5-2 国土地理院、2万5千分の1旧版地形図（小林）、昭和34年1月30日
- 5.5-3 若松加寿江、日本の地盤液状化履歴図、東海大学出版会
- 5.5-4 国土地理院、2万5千分の1旧版地形図（潮来）、昭和46年6月30日
- 5.5-5 国土地理院、数値地図25000（土地条件）東日本（図名：潮来）、平成18年3月1日
- 5.5-6 国土地理院、2万5千分の1旧版地形図（佐原東部）、昭和48年11月30日
- 5.5-7 国土地理院、2万5千分の1旧版地形図（常陸鹿島）、昭和52年10月30日
- 5.5-8 浦安市史
- 5.5-9 神保廣光、木村孝範、宅地造成（臨海部）における地盤改良工法→浦安東地区、みなとみらい21地区-、土木技術、pp.56、1994年4月

5.6 非構造部材の被害

5.6.1 調査概要

東北地方太平洋沖地震発生後に国土技術政策総合研究所および建築研究所が行った地震動による建築物の被害に関する調査は、2.2 節に示す通りである。非構造部材の被害の概要調査は、各地域における建築物の地震動による被害の概要調査（2.2.3、2.2.4、2.2.5、2.2.7 項）、茨城県内の学校体育館を中心とした地震動による建築物等の被害の概要調査（2.2.11 項）、茨城県水戸市内の比較的小規模な学校体育館を中心とした地震動による建築物等の被害の概要調査（2.2.18 項）および地震動による建築物等の被害調査（2.2.1 項）の際に実施している。その他、木造住宅を中心とした建築物の地震動による被害調査（2.2.3、2.2.8 項）においても一部、非構造部材の被害の概要調査を実施している。

本節では、宮城県、福島県、茨城県の3県において概要調査を実施した建築物の内、層崩壊などの被害を生じていない建築物を主な対象として、外装材・帳壁、開口部、その他の非構造部材について被害概要を記述する。茨城県については特に、体育館における非構造部材の被害と、茨城空港ターミナルビルにおける非構造部材の被害について、合わせて記述する。

5.6.2 宮城県内で見られた非構造部材の被害

外装材・帳壁

外装材・帳壁の被害としては、外壁タイルの脱落被害、ラスモルタル外壁の損傷・脱落被害、ALCパネルの損傷・脱落被害などが多く確認された。

写真 5.6-1 は8階建ての建物の低層部で見られた外壁タイルの脱落被害であり、落下による被害を防止するためのネットが掛けられていた。写真 5.6-2 は建物エントランス上部の庇に相当する箇所にある円筒状のRC造外壁に張られていた外壁タイルが脱落しており（写真の赤点線円内）、前述した被害同様、落下による被害を防止するためのネットが掛けられていた。



写真 5.6-1 外壁タイルの脱落被害



写真 5.6-2 外壁タイルの脱落被害

写真 5.6-3、4 は、ラスモルタル外壁の脱落被害である。写真 5.6-3 は2階建ての建物で表通り側のラスモルタル外壁が脱落した被害である。写真 5.6-4 は2階建ての建物で隣地に面したラスモルタル外壁が脱落した被害であり、外壁の下に張られた板材が部分的に脱落せずに残っていた。



写真 5. 6-3 ラスモルタル外壁の脱落被害



写真 5. 6-4 ラスモルタル外壁の脱落被害

写真 5. 6-5～9 は ALC パネルによる外壁の被害である。写真 5. 6-5 は 3 階建ての建物で ALC パネルの接合箇所にはひび割れが見られ（赤点線楕円内）、脱落の危険性がある。写真 5. 6-6 と写真 5. 6-7 はそれぞれ 2 階建てと 3 階建ての建物の ALC パネルの脱落被害であり、脱落した ALC パネルの詳細より、挿入筋構法によるものであることが確認された。写真 5. 6-8 は 8 階建ての百貨店の高層部からの外装材の脱落であり、ALC パネルとその上部の外装材が脱落している。写真 5. 6-9 は 2 階建ての駐車場の看板部分の ALC パネルの脱落である。



写真 5. 6-5 ALC パネルの損傷被害

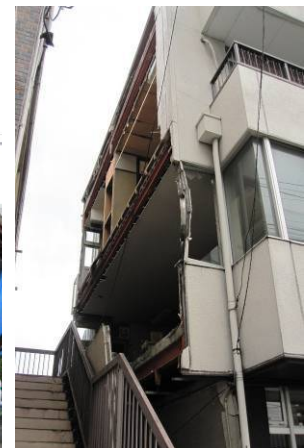


写真 5. 6-6 (左) 写真 5. 6-7 (右) ALC パネルの脱落被害



写真 5. 6-8 ALC パネルの脱落被害



写真 5. 6-9 ALC パネルの脱落被害

開口部

開口部の被害としては、各所でガラスの破損が多く見られた。

写真 5. 6-10 は 5 階建ての建物の低層部分にある風除室上部におけるガラス破損の被害であり、同じ建物の側面部において外壁タイルの脱落などが確認されている。写真 5. 6-11 では 8 階建ての建物において塔屋がある箇所のエレベーター周りのガラスが最上部で破損・脱落している。



写真 5. 6-10 建物の低層部のガラスの破損



写真 5. 6-11 エレベーター周りのガラス被害

その他

写真 5. 6-12 は 10 階建てと 15 階建ての住棟が接続する集合住宅のエキスパンションジョイント部での被害であり、これらの建物では多くの非構造 RC 壁にせん断破壊が確認されている。写真 5. 6-13 はガソリンスタンドの天井の被害である。天井板が脱落しており、天井に設置されていた照明も一緒に脱落している。



写真 5. 6-12 エキスパンションジョイント部での被害



写真 5. 6-13 ガソリンスタンドの天井の被害

5. 6. 3 福島県内で見られた非構造部材の被害

外装材・帳壁

外装材・帳壁の被害としては、外壁タイルの脱落被害、ラスモルタル外壁の損傷・脱落被害、ALC パネルの損傷・脱落被害などが多く確認された。

写真 5. 6-14 は 10 階建ての RC 造建築物の中低層部分で見られた外壁タイルの脱落被害である。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の

が確認されている。

写真 5.6-15～17 はラスモルタル外壁の脱落被害である。写真 5.6-15 は4階建て建物の1階部分のラスモルタル外壁の脱落被害である。窓サッシ、ALC パネルによりその他の外壁箇所が構成されており、ALC パネルの隅部やジョイント部でひび割れなどの被害が見られる。写真 5.6-16 は3階建ての建物のラスモルタル外壁の脱落被害である。写真右側に見える窓サッシによる開口部はL字型平面となっており、窓ガラスには被害は見られないものの、パラペット部分においても外壁のラスモルタルが脱落している。写真 5.6-17 は3階建ての建物2棟を繋ぐ、鉄骨造による渡り廊下におけるラスモルタル外壁の脱落である。



写真 5.6-14 外壁タイルの脱落被害



写真 5.6-15 ラスモルタル外壁の脱落被害



写真 5.6-16 ラスモルタル外壁の脱落被害



写真 5.6-17 ラスモルタル外壁の脱落被害

写真 5.6-18～21 はALC パネルによる外壁の脱落被害である。写真 5.6-18 は3階建ての建物での被害であり、外壁各面のALC パネルが接合部でひび割れを生じたりパネルが外れたりしており、写真に示した塔屋がある箇所ではパネルが多く脱落している。建物前面ではガラスが割れるなどの被害を生じている。写真 5.6-19 は3階建ての建物での被害であり、外壁各面のALC パネルの接合部でひび割れを生じるなどしており、写真に示す面ではALC パネルが全面的に脱落している。窓サッシで構成されているガラス開口部もあり、こちらについては被害を生じていない。写真 5.6-20 は3階建ての建物での被害であり、外壁各面のALC パネルにおいて、接合部のひび割れ、パネルの外れ、外部階段との取り合い箇所での脱落などが確認された。写真に示したものはパラペット部分でのパネルの脱落であり、脱落箇所の下にあるガラスにも被害を生じている。写真 5.6-21 は5階建ての建物の最上階の外壁におけるALC パネルの脱落である。これら4つの建物の被害については、損傷した箇所の詳細より、挿入

筋構法によるものであることが確認された。



写真 5.6-18 ALC パネル外壁の脱落被害



写真 5.6-19 ALC パネル外壁の脱落被害



写真 5.6-20 ALC パネル外壁の脱落被害



写真 5.6-21 ALC パネル外壁の脱落被害

開口部

写真 5.6-22 は6階建ての建物エントランスの風除室で欄間のはめ殺し窓に生じたガラスの被害であり（ひび割れの状況を黄色破線で示している）、隅部分の4枚のガラスが損傷している。写真 5.6-23 は運動施設で見られた大小2つの体育館のはめ殺し窓のガラス被害のうち、小体育館の被害である。いずれも外観上で躯体の被害は認められないが、ガラスが破損し、多数の破片が地上に落下していた。



写真 5.6-22 建物入口のガラスの被害



写真 5.6-23 体育館の窓ガラスの被害

その他

写真 5.6-24 は9階建ての集合住宅で見られた非構造 RC 造壁に隣接する玄関ドアが面外に変形した被害である。建物内では開閉不能な玄関ドアもあり、壊れた壁に取り付く窓サッシも著しい変形を受けるなどしていた。

写真 5.6-25 は4階建ての建物の1階テラス部分で見られた軒天井の脱落被害である。建物に向かって野縁が突き当たるような配置となっており、建物との取り合い付近において、野縁が折れ曲がるとともに、天井板が脱落している。



写真 5.6-24 玄関ドアの被害



写真 5.6-25 軒天井の被害

5.6.4 茨城県内で見られた非構造部材の被害

茨城県内で見られた非構造部材の被害については、宮城県、福島県と同じく部位毎に被害の概要を記述するとともに、体育館における非構造部材の被害と、茨城空港ターミナルビルにおける非構造部材の被害について、特に取り上げて記述する。

外装材・帳壁

写真 5.6-26 は11階建ての建物の中層部分において見られた外壁タイルの脱落被害である。反対側の外壁には開口部は少なく、同様の被害は確認されなかった。写真 5.6-27 は8階建ての建物の3～6階に見られた外壁タイルの被害であり、補修の跡が見られた。



写真 5.6-26 外壁タイルの被害



写真 5.6-27 外壁タイルの被害

写真 5.6-28 は 2 階建ての建物のラスモルタル外壁の脱落被害である。写真 5.6-29 は 4 階建ての建物の 3 階と 4 階の間のラスモルタル外壁の脱落被害である。建物の 2 階は窓ガラスが破損しており、開口部が板で覆われていた。



写真 5.6-28 ラスモルタル外壁の脱落被害



写真 5.6-29 ラスモルタル外壁の脱落被害

写真 5.6-30 は 3 階建ての建物の外壁の被害である。ALC パネルの上にタイルを張った外壁であり、外壁各面においてタイルの脱落やパネル隅部の欠けが見られ、写真に写っている面の右側面の外壁では ALC パネルが脱落している。写真の丸破線内では ALC パネルが破損して軽量気泡コンクリートが脱落し、パネル補強材である内部の鉄線が見えている。写真 5.6-31 は 6 階建ての自走式駐車場の外壁の被害であり、詳細から挿入筋構法による ALC パネルの外壁であることが確認された。



写真 5.6-30 ALC パネル外壁の被害



写真 5.6-31 ALC パネル外壁の被害

開口部

写真 5.6-32 は 3 階建ての学校校舎の 3 階における窓ガラスの被害である。写真 5.6-33 は体育館に附属する入口部分のガラス被害であり、硬化性パテによりとめつけられていた。写真 5.6-34 は 3 階建ての建物の 2 階部分でのガラス被害である。写真 5.6-35 は 6 階建ての建物の 1 階部分のガラス開口部被害である。ガラススクリーン工法による開口部であり、写真の赤破線円内において、ガラス方立が破損していた（ガラス破損部に隣接してある単管パイプは工事用仮設であり、地震後に設置されたものである）。



写真 5. 6-32 窓ガラスの被害



写真 5. 6-33 窓ガラスの被害



写真 5. 6-34 窓ガラスの被害



写真 5. 6-35 ガラススクリーンの被害

内装材

写真 5. 6-36 は天井の被害である。天井面の下に設けられた間仕切りの上部での被害であり、野縁の曲げ、天井板の破損や脱落が確認された。写真 5. 6-37 は、4階建ての建物と2階建ての建物を接続する箇所における天井の被害であり、天井下地材はそのまま残っていた。



写真 5. 6-36 間仕切り上部での天井の被害

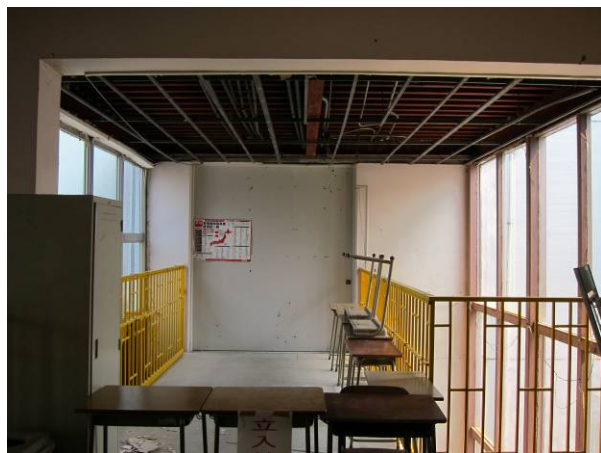


写真 5. 6-37 建物接続箇所での天井の被害

体育館等における非構造部材の被害

茨城県内の体育館等の被害調査で見られた非構造部材の被害について、部位別に概要を記述する。

調査した体育館等は格技場、小学校の体育館、中学校の体育館、高等学校の体育館など、規模の小さいものから大きなものまであり、天井の工法は、木下地によるもの（写真 5.6-38）、在来工法によるもの（写真 5.6-39～46）、システム天井（写真 5.6-47）によるものなど様々で、下から見上げた際に見える天井材の種類も、穴あき合板（写真 5.6-38、41、46）、吸音せつこうボード（写真 5.6-40 の勾配箇所、写真 5.6-42、44）、ロックウール吸音板（写真 5.6-39）、グラスウール板（写真 5.6-47）、波形の鋼板（写真 5.6-40 の天井中央部分の平坦な部分）など様々であった。被害の程度も部分的な損傷（写真 5.6-42～45）から全面的な脱落（写真 5.6-38～40）まで様々であった。

(a) 天井

写真 5.6-41 は天井板の脱落等の顕著な被害は外観からは確認されていないものの、写真の点線楕円部分について天井面が下に垂れ下がっており、天井裏での天井下地材の外れなどが考えられる。写真 5.6-42 の体育館では、天井が妻壁と取り合う端部で損傷しており、野縁の曲がりや天井板の破損・脱落が見られた。写真 5.6-44 は天井の面積は狭いものの、天井端部で破損・垂れ下がりなどの被害が見られた。写真 5.6-45 は、構造体の耐震補強を行った体育館の天井被害であり、天井端部と周囲の壁の間に 5 cm 程度の隙間を設けて、取り合い部カバーで納めていたものであり、地震によってカバーの部材が脱落していた。写真 5.6-47 の屋根を構成する立体トラスは支承部のコンクリートが剥落していた。



写真 5.6-38 木下地による天井の脱落被害



写真 5.6-39 在来工法による天井の脱落被害



写真 5.6-40 在来工法による天井等の脱落被害



写真 5.6-41 在来工法による天井の天井面の異状



写真 5. 6-42 在来工法による天井の端部での被害

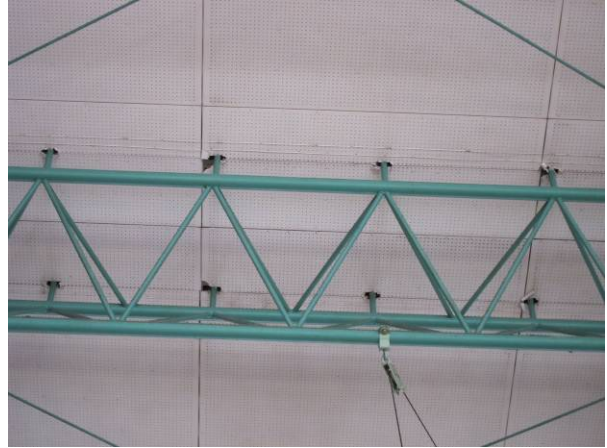


写真 5. 6-43 在来工法による天井の取り付け部の損傷



写真 5. 6-44 在来工法による天井の周辺部の被害



写真 5. 6-45 在来工法による天井の周辺部の被害



写真 5. 6-46 天井板のとめつけ箇所での浮き

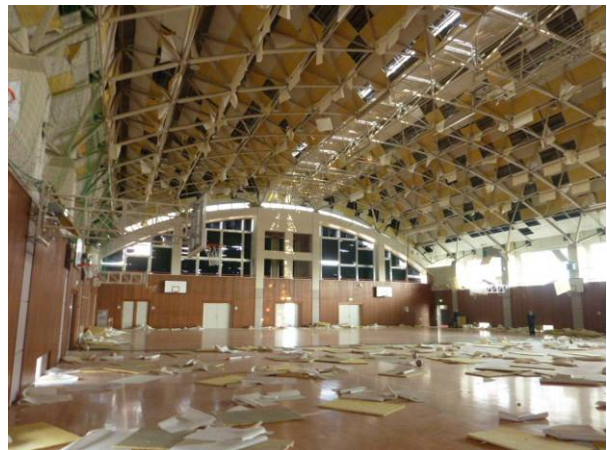


写真 5. 6-47 グラスウール板の脱落

軒天井における被害も幾つか見られた。写真 5. 6-48 は体育館の在来工法による軒天井の被害であり、天井板が破損・脱落している。写真 5. 6-49 は格技場の軒天井の被害であり、軒天井を構成するラスモルタルのモルタル部分が脱落している。



写真 5. 6-48 在来工法による軒天井の被害



写真 5. 6-49 ラスモルタルによる軒天井の被害

(b) 内壁

内壁の被害が幾つかの体育館で確認された。写真 5. 6-50 の被害では舞台上部の内壁が支持部から外れてアリーナの方に傾いてきている。写真 5. 6-51 では舞台上部の内壁からモルタル塗りの壁が脱落している。写真 5. 6-52 の被害では、アリーナの内壁に設置されているバスケットゴール3箇所の中の2箇所、支持部周辺で内壁がはらみだしてロープで応急の支持がなされていた。写真 5. 6-53 では、アリーナの内壁の内装板について、釘によるとめつけ部が浮いていた。



写真 5. 6-50 舞台上部の内壁での被害



写真 5. 6-51 舞台上部の内壁の脱落被害



写真 5. 6-52 バスケットゴール周辺の内壁の被害

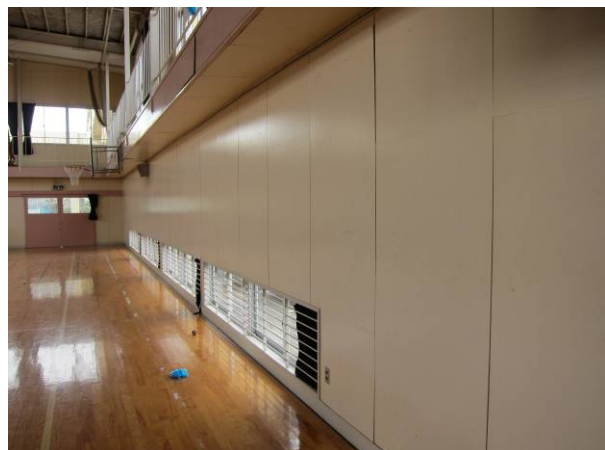


写真 5. 6-53 アリーナ内壁の浮き

(c) 開口部

開口部のガラスは硬化性パテどめによるガラスの被害が多く見られた。被害が見られたものは、硬化性パテどめのガラス (写真 5.6-54)、グレイジングガスケットを用いたはめ殺し窓のガラス (写真 5.6-55)、グレイジングガスケットを用いた引違い窓の網入りガラス (写真 5.6-56)、グレイジングガスケットを用いた両開きドアのガラス (写真 5.6-57 の点線円内)、硬化性パテを用いた鋼製サッシによる大開口のはめ殺し窓のガラス (写真 5.6-58) と、サッシ種類、ガラス種類、とめつけ方法など様々であった。



写真 5.6-54 硬化性パテどめによるガラスの被害



写真 5.6-55 はめ殺し窓のガラスの被害

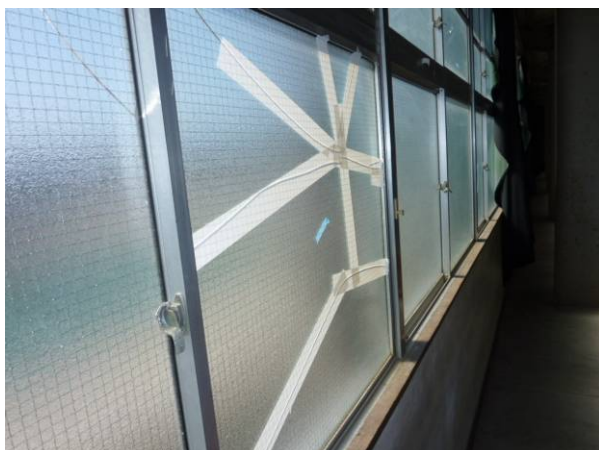


写真 5.6-56 引違い窓の網入りガラスの被害



写真 5.6-57 両開きドアのガラスの被害

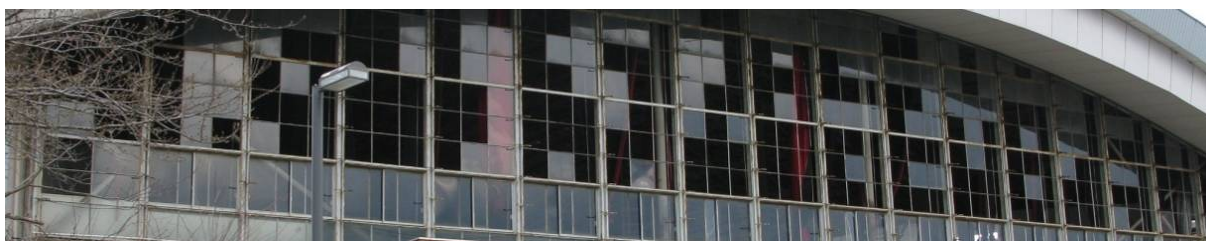


写真 5.6-58 鋼製サッシによる窓のガラスの被害

開口部の窓サッシ自体の被害も見られた。写真 5.6-59 では窓サッシが上部で外れ、外側に向かって倒れている。桁行方向の開口部の両側とも、桁行長さの中央付近について同様の被害が生じている。写真 5.6-60 では窓サッシの方立カバーが脱落しており、他 1 箇所の方立カバーが外れかかっていた。



写真 5. 6-59 窓サッシの外側への倒れ

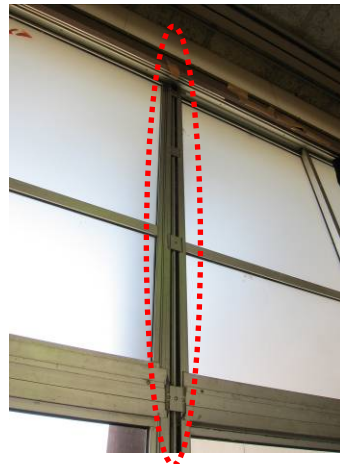


写真 5. 6-60 窓サッシの方立カバーの脱落

(d) 外装材

外装材の被害を写真 5. 6-61～64 に示す。写真 5. 6-61 では外装板が破損・脱落している。写真 5. 6-62、63 ではラスモルタル外壁の脱落が見られた。ラスモルタル外壁の脱落は、体育館等以外の建物の外装の地震被害でも多く確認されている。写真 5. 6-63 では、ラスモルタル外壁の上に木製胴縁をとめつけ、その上に外装板を張っており、地震により、ラスモルタル外壁、外装板ともに脱落している。写真 5. 6-64 では金属サイディングが部分的に外れている。



写真 5. 6-61 外装板の破損・脱落

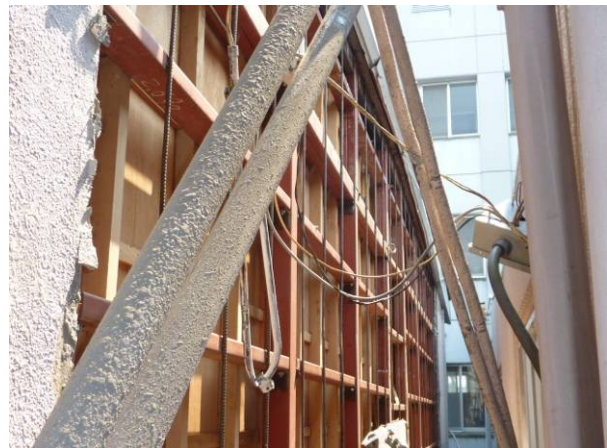


写真 5. 6-62 ラスモルタル外壁の被害



写真 5. 6-63 外装板とラスモルタル外壁の被害



写真 5. 6-64 外壁の金属サイディングの外れ

茨城空港ターミナルビルにおける天井の被害

茨城空港（茨城県小美玉市）のターミナルビル（写真 5.6-65, 66）は鉄骨造 2 階建て（一部 3 階建て）であり、平成 22 年 3 月に竣工した（空港の概要は 5.6-1 および 5.6-2 を参照）。平面模式図を図 5.6-1 に示す。建物の平面形状は矩形に近く、その長辺が概ね南北方向を向いている。西側にある 1 階の入口から入るとすぐ出発ロビーとなっており、その上部が吹き抜けになっている。

東北地方太平洋沖地震では、茨城空港のある小美玉市では気象庁発表によると震度 6 強が記録されており、同市西の石岡市では同じく震度 6 弱、同市東の鉾田市では震度 6 強が記録されている。この地震により茨城空港ターミナルビルの吹き抜けロビーで天井脱落等の被害が発生した。地震時に停電が発生したが、空港の基本施設が使用可能であったため成田空港ほかからの航空機の着陸のために夕方まで営業したものの、天井落下と停電により地震翌日の 3 月 12 日からターミナルビルの営業ができなくなり全便欠航となった。地震翌日の現地調査により、以下のような被害が確認された。



写真 5.6-65 茨城空港ターミナルビル外観



写真 5.6-66 出発ロビー（黄点線が脱落箇所）

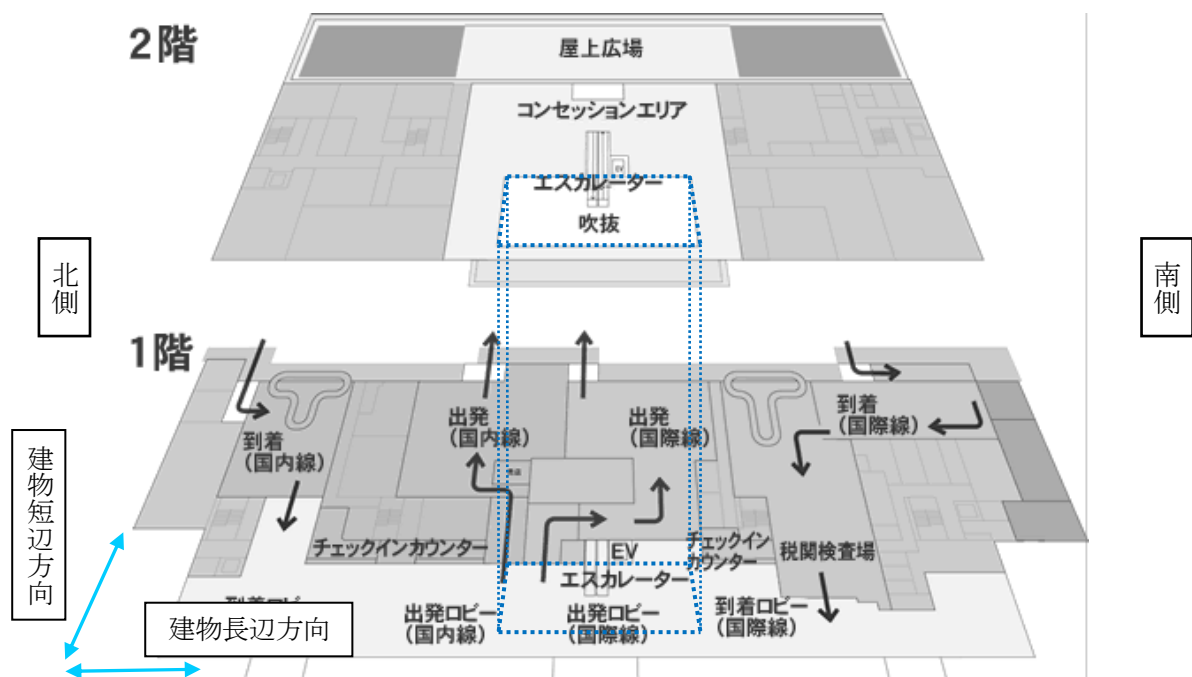


図 5.6-1 茨城空港ターミナルビル平面模式図（青点線箇所が出発ロビーの吹き抜け部） 5.6-2)

□出発ロビー吹き抜けの天井の概要

ターミナルビル吹き抜け部分2階の天井伏図の概要を図5.6-2に示す。図5.6-2で、一点鎖線は鉄骨大梁の通りを、天井A～Gは天井が張られた箇所を、網掛け部分は天井がなく照明等が設置された箇所を、それぞれ示している。

天井A～Gは天井用鋼製下地材を用いた在来工法の天井である。それぞれ長さは約11mであり、幅は、天井AおよびGが約1.5m、天井B～Fが約3mである。調査当日の実測によれば、ターミナルビルの床から天井面まで約8.3m、床から吊り元まで約9.9mであった。これから、天井の吊り長さ（懐の深さ）は約1.6mとなる。

天井の構成について、在来工法による天井の一般的な構成を図5.6-3に、脱落した天井Bの概要を図5.6-4に示し、その詳細について記述する。

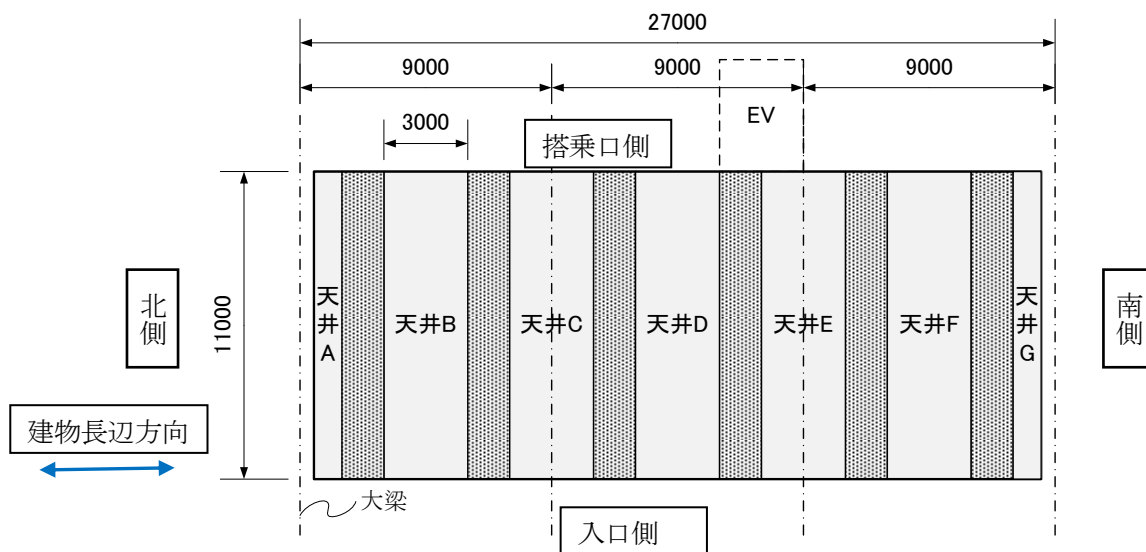


図5.6-2 吹き抜け部分の2階天井伏図（網掛け部分に天井はない。）

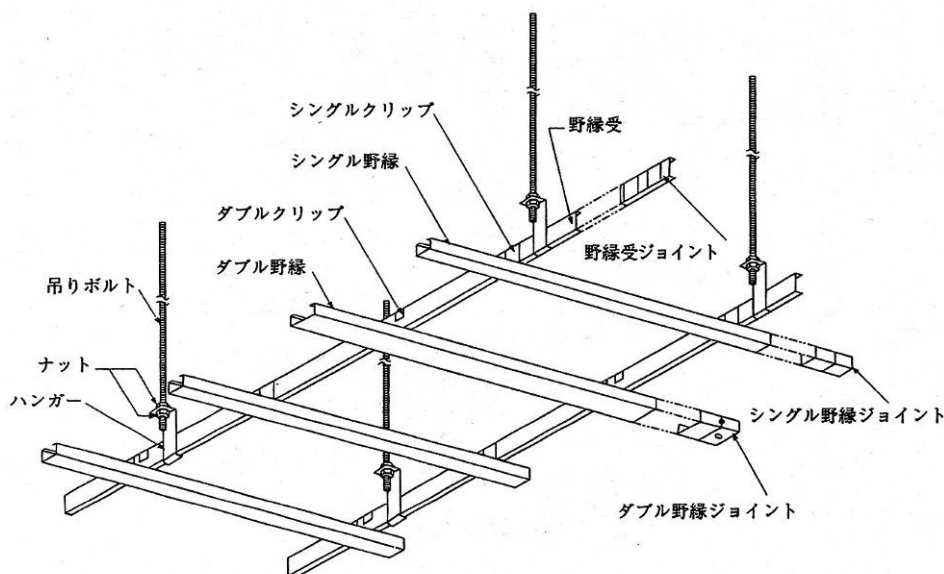


図5.6-3 天井用構成下地材を用いた在来工法による吊り天井の構成図（一般的な場合。下から見上げた図）
※参考文献5.6-3より

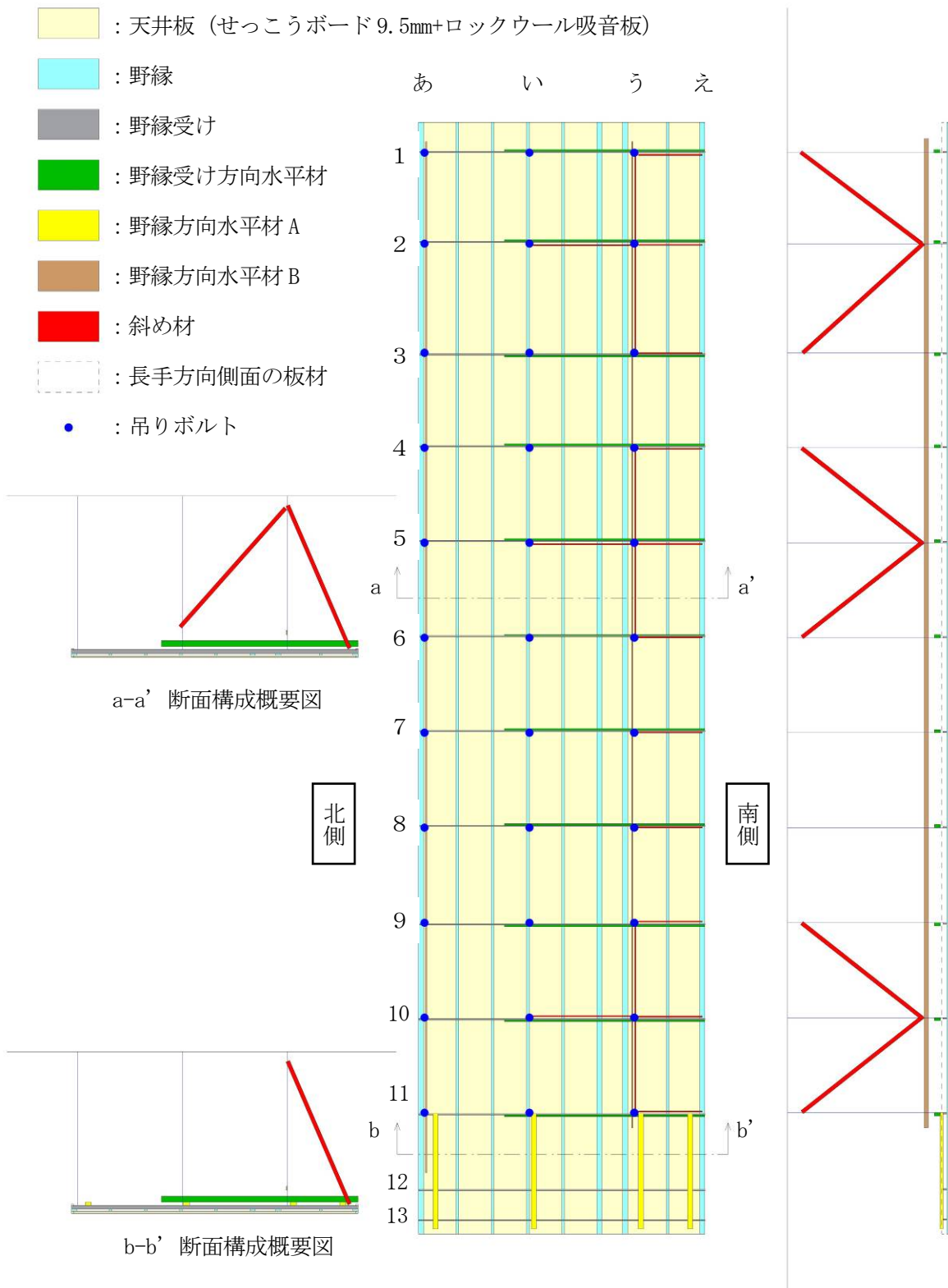


図 5.6-4 天井 B の構成概要図 (左 : 各断面構成、中 : 平面構成、右列 : 南側側面構成)

図 5.6-3 に示す在来工法による天井の一般的な構成は、以下の通りである。

- ①屋根や母屋あるいは床スラブに設置した「インサート」から「吊りボルト」を下げる。
- ②吊りボルトの先端近傍において「ナット」を用いて取り付けられた「ハンガー」に「野縁(のぶち)受け」を取り付ける。
- ③野縁受けに「クリップ」を用いて「野縁」を取り付ける。天井面材の継ぎ目や、壁に平行する天井の端部等では「ダブル野縁」を用い、その際には野縁受けへの取付けに「ダブルクリップ」が用いられる。
- ④野縁あるいはダブル野縁に、天井面材の下地板を「タッピングねじ」で取り付け、仕上材を接着剤と釘またはステーブルを用いて張る。

脱落した天井Bについては、現地調査および写真により、詳細を以下のように確認した。図 5.6-4 を参照しながら記述する。屋根面に残された天井用鋼製下地材を写真 5.6-67～69 に示している。

[吊りボルト]

- ・鋼板製屋根の折板から金物（インサート）を介して、ほぼ鉛直方向に下がっている。
- ・設置間隔は、天井面長辺方向、天井面短辺方向ともに概ね 900mm 程度であるが、間隔が不均等に見える箇所もある。
- ・天井面長辺方向には 10 スパン 11 本配置されている。入り口側の 1.2m 程度（図中 11～13 段）の天井裏には天井面短辺方向にダクトが走っており、この部分には現地調査の際には天井の吊りボルトが設置されていた形跡が見られない。後から写真で確認したところ、入口側の端部にも 1 本だけ吊りボルトが設置されているように見えるものもあった。
- ・天井面短辺方向の吊りボルトは図 5.6-4 に示すように北側から 3 本配置されている。片持ちとなる天井面箇所（図中う～え列）は、図中の断面構成概要図に示すように、野縁受け方向水平材及び隣接する吊りボルトから下ろした斜め材とを組み合わせたもので支持されるような形になっている。

[野縁受け、野縁]

- ・天井面長辺方向に野縁、天井面短辺方向に野縁受けをそれぞれ配置している。

[天井面材]

- ・捨て張りはせっこうボード 9.5mm、仕上げはロックウール吸音板である。

[補剛材等]

- ・斜め材が天井面長辺方向（図中う列）に V 字型で 3 組、不均等の間隔で配置されている。
- ・斜め材が天井面短辺方向に、2 種類配置されている。1 つは天井面短辺方向について天井面中程の吊りボルト間（図中い～う列）に配置されているもので、上記の V 字型の斜め材が取り付け吊りボルト（図中 2、5、10 段）に片流れで配置されている。もう 1 つは、天井面南部分で天井面短辺方向に配置されているもので、後述する天井面短辺方向の水平材（野縁受け方向水平材）と組み合わせて、片持ちとなる天井面を支持するような形で設置されている。
- ・水平材が天井長辺方向に関して、入り口側端部 1.2m 程度の箇所（図中 11～13 段）について設置されている。材はリップみぞ形鋼（断面 60mm×120mm 程度）であり、野縁受け上辺に溶接されている。
- ・水平材が短辺方向に関して、片持ちになる天井面を支持するような形で配置されている。材はリップみぞ形鋼（断面 60mm×120mm 程度）であり、ハンガー上端に溶接で取り付けられているように見える（吊りボルトへの溶接跡は見られない）。



写真 5.6-67 天井Bの残った下地の様子（出発ロビーからの見上げ）

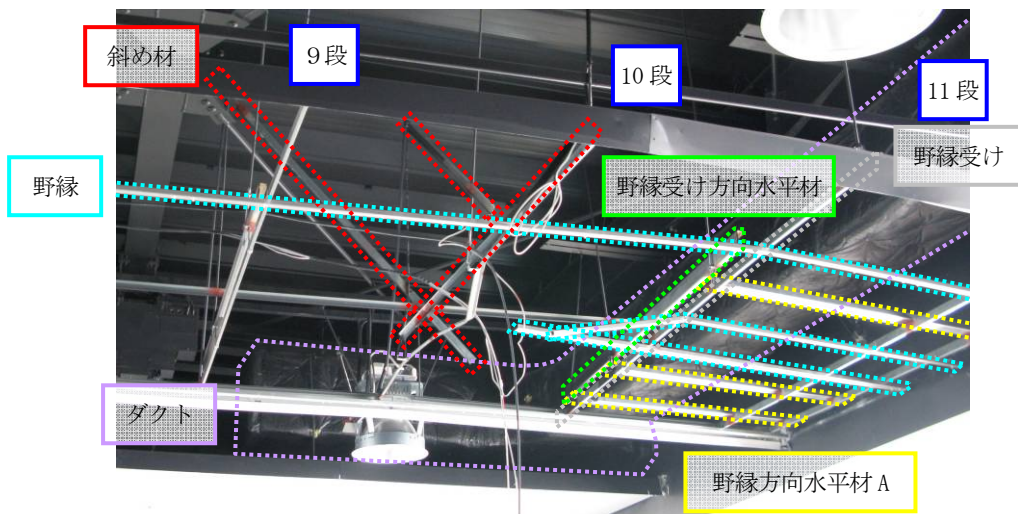


写真 5.6-68 天井Bの残った下地の様子（入口側）

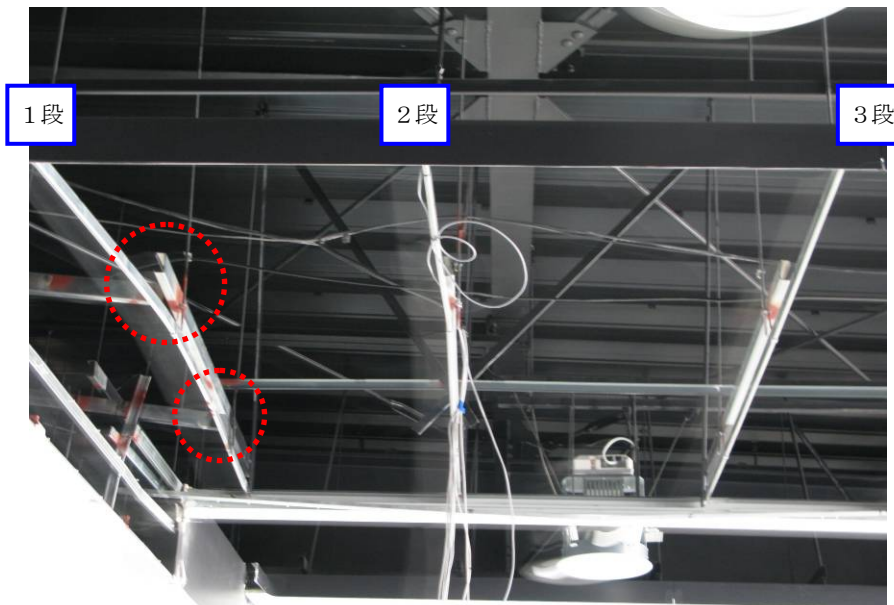


写真 5.6-69 天井Bの残った下地の様子（搭乗口側）

天井C～Fの天井面長辺方向の吊りボルト間隔は天井B同様である。天井面短辺方向の片持ちについて斜め材の有無より確認したところ、天井C及びDは両側片持ち、天井Eは片持ちなし、と確認できた。天井Fについては北側が片持ちであることのみ確認できた。

天井面端部が取り合う壁（幕板）について、天井面との衝突によって破損した箇所の目視及び撮影写真（写真5.6-70）により、以下のように確認した。

- ・幕板の下地は主に天井用構成下地材を用いて構成されている。
- ・吹き抜けロビー天井の野縁は幕板面を突き抜けるような形になっている。
- ・下地材のねじ止め跡の有無より、下から見えない幕板面には壁材を張っていないと思われる。

天井面と幕板の取り合い箇所は、上記のように入り組んでいる。天井Bについては、い列1段において、幕板面の向こうから出ている水平材（リップみぞ形鋼。断面60mm×120mm程度）が、野縁受け方向水平材の腹に対して垂直に突き当たる形で隣接している（写真5.6-69の赤点線円内）。

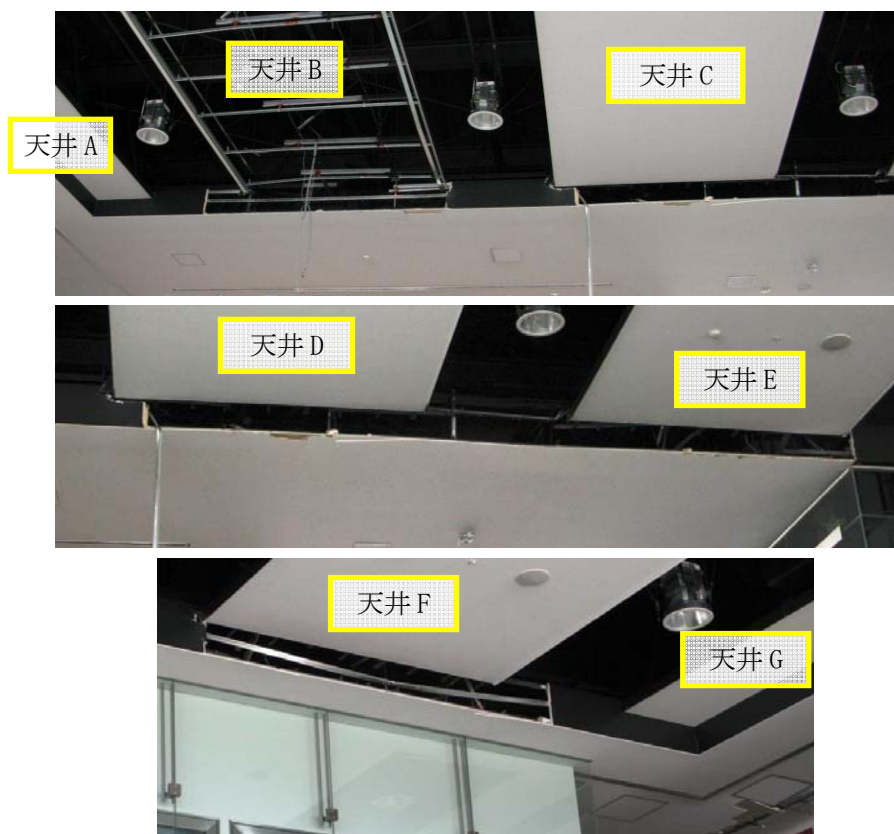


写真 5.6-70 搭乗口側の幕板の状況

□出発ロビー吹き抜けの天井の地震被害の概要

天井Bでは、クリップから下の天井材が入り口側の端部の一部を除いてほとんど総て脱落しており、落ちていない野縁ではせっこうボードのビス抜けを生じていた。その他、斜め材の座屈（う列10～11段）、野縁受けの曲がり（あ～い列1段、あ～い列2段、あ～い列6段、い～う列10段）、ハンガーの開き（い列6段、い列10段、う列10段）が生じていた。天井Dについては、入り口側の天井面の垂れ下がりが生じていたものの脱落には至っていない（写真5.6-68の赤実線楕円内）。天井Eでは天井

面材への穴あきを生じていた。その他、天井面と取り合う幕板の破損・脱落、サインボードの化粧板 1 枚の落下などを生じた。これらの被害に伴う負傷者はいない。調査時点までには、落下すると危険なもの（スピーカーなど）は外されていた。

5.6.5 まとめ

地震後に行った調査により確認された非構造部材の被害概要について記述した。外装材・帳壁については損傷した RC 造壁の外壁タイルの剥落、ラスモルタル外壁の脱落、挿入筋構法による ALC パネル外壁の脱落等が多く確認された。開口部のガラスについては、体育館も含め、はめ殺し窓の硬化性パテどめによるガラスの破損が確認されるとともに、グレイジングガセットを用いたガラスの破損や、ガラススクリーン工法の被害も確認された。体育館等で被害を受けた天井は在来工法やシステム天井によるものの他、木下地によるもの、波板の鋼板を天井とするものなど様々で、端部が破損する程度のものから全面的に脱落するものまで確認された。茨城空港ターミナルビルの天井については、天井下地の配置が不均等であったり入り組んだりしているのを確認した。内装材の破損・脱落については、体育館等のアリーナ部の内壁や舞台上部の内壁について確認された。

非構造部材の被害では、比較的古い構法によるものが多く被害を受けているのが確認された。また、比較的高所における非構造部材の破損・落下も確認された。

参考文献

- 5.6-1 (財)茨城県開発公社 ウェブサイト (平成 23 年 4 月現在)
- 5.6-2 茨城空港利用促進等協議会 ウェブサイト (平成 23 年 4 月現在)
- 5.6-3 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修, 建築工事監理指針 平成 22 年版 (下巻), (社)公共建築協会