

5.4 基礎・地盤の被害

5.4.1 調査の目的と概要

建築物の基礎・地盤について、被害の概要を把握する目的で、①宅地の斜面崩壊（金沢市）、②液状化被害（内灘町・かほく市）、③鉄筋コンクリート造建築物等の傾斜・沈下被害（輪島市）、④杭の掘り出しに伴う調査（穴水町）等について、目視を中心とする調査を実施した。本節においては、既報5.4-1)及び追加調査の結果を示す。

図 5.4.1-1 に調査範囲を示す。また、図 5.4.1-2 に、輪島市（中心部）で調査した建物位置を示す。

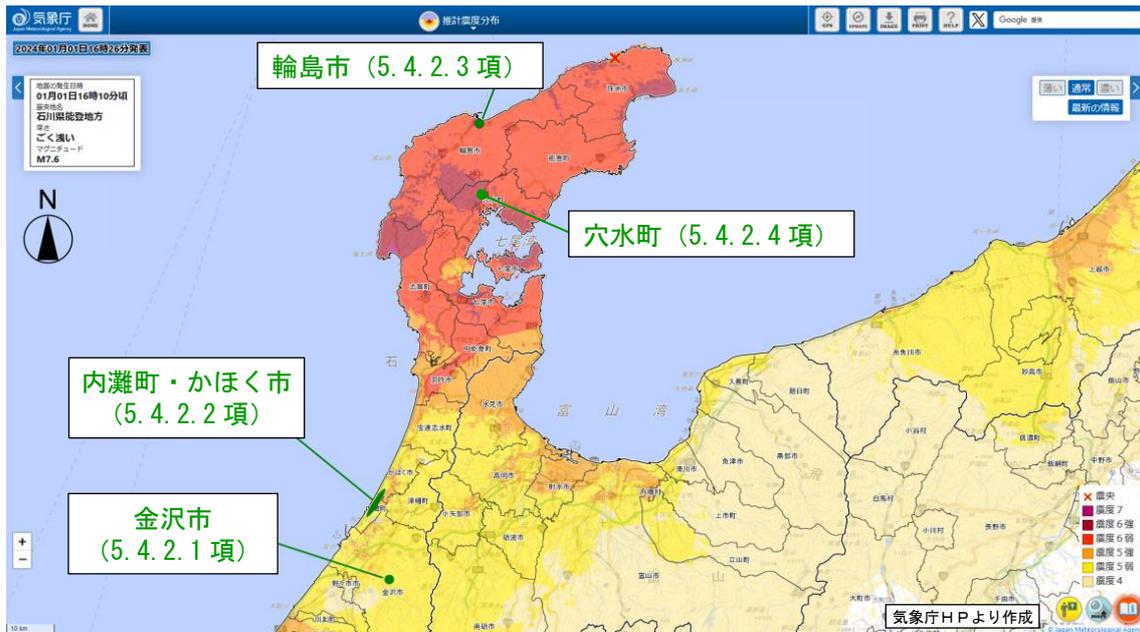


図 5.4.1-1 調査範囲 5.4-2)より作成

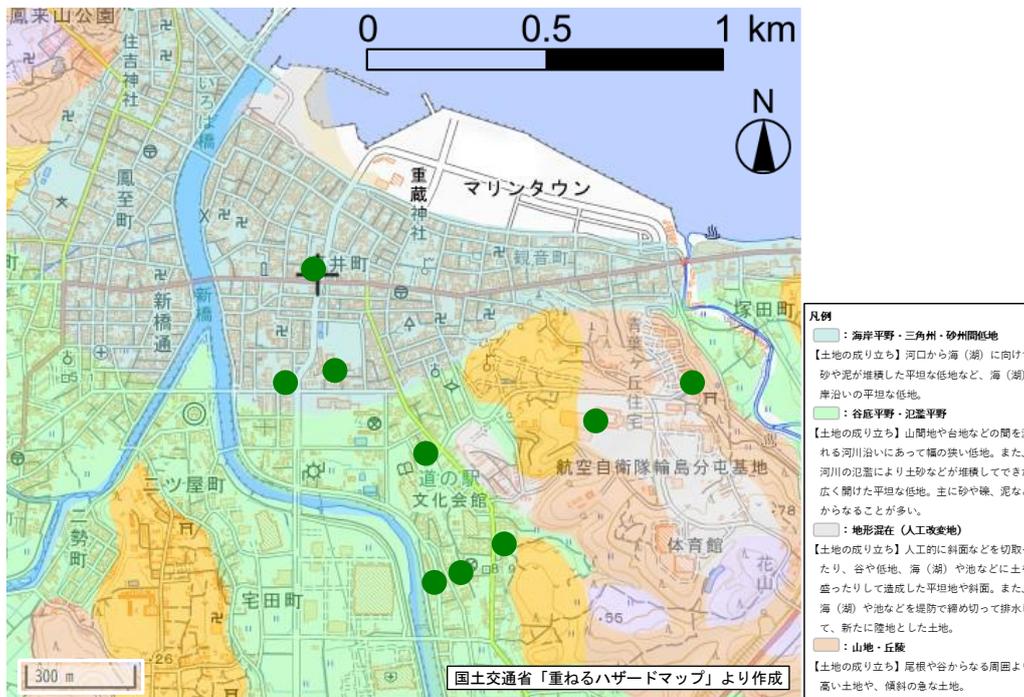


図 5.4.1-2 輪島市中心部における調査建物位置（●印） 5.4-3)より作成

5.4.2 調査結果

5.4.2.1 宅地の斜面崩壊に関する調査（金沢市）

(1) 被害状況の把握

金沢市田上新町の造成宅地において、大規模な斜面崩壊が確認されたエリアを図 5.4.2-1 に示す。

斜面崩壊が確認されたエリアは、当該造成宅地における外周道路の外側であり、斜面の下方に向かって住宅が大きく移動していた。崩壊した斜面の状況を写真 5.4.2-1（図 5.4.2-1 の撮影位置①）と写真 5.4.2-2（図 5.4.2-1 の撮影位置②）に示す。



図 5.4.2-1 金沢市田上新町における斜面崩壊のエリア 5.4-4)より作成



写真 5.4.2-1 崩壊した斜面の状況①



写真 5.4.2-2 崩壊した斜面の状況②

外周道路の内側に隣接する住宅の基礎の立上り部や、その敷地境界にあるブロック塀には、斜面の下方に開く方向にひび割れが生じていた。当該ブロック塀には、ひび割れの補修痕も確認された。これらの状況を写真 5.4.2-3、5.4.2-4 に示す。



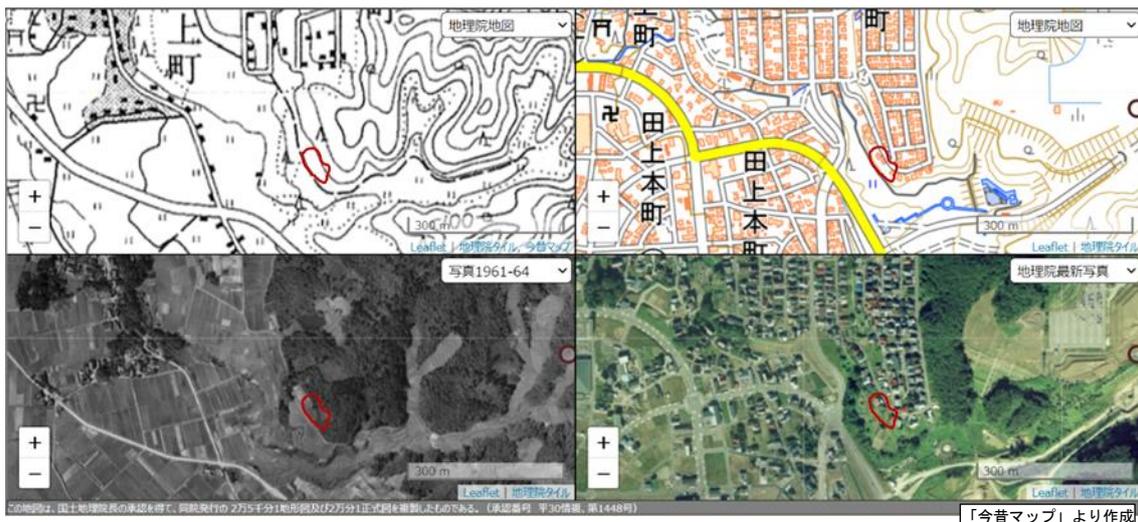
写真 5.4.2-3 住宅の基礎立上り部のひび割れ



写真 5.4.2-4 ブロック塀のひび割れと補修痕

(2) 机上調査による造成履歴等の把握

被災した斜面を含む一帯の造成履歴について、1960年代および2000年代の地形図と空中写真を図5.4.2-2に示す。斜面崩壊エリアは、1960年代は自然地山の斜面地であったことがわかる。



(左上) 地形図 1960年代

(右上) 地形図 2000年代

(左下) 空中写真 1960年代

(右下) 空中写真 2000年代

図 5.4.2-2 1960年代および2000年代の地形図と空中写真 5.4-5)より作成

(赤線で囲んだ部分が斜面崩壊エリア)

地形図に大規模盛土造成地マップを重ねたものを図5.4.2-3に示す。図中の黄緑色で塗り潰された領域は、谷埋め型の大規模盛土造成地である。

図5.4.2-3より、斜面崩壊エリアは大規模盛土造成地ではないことを確認した。

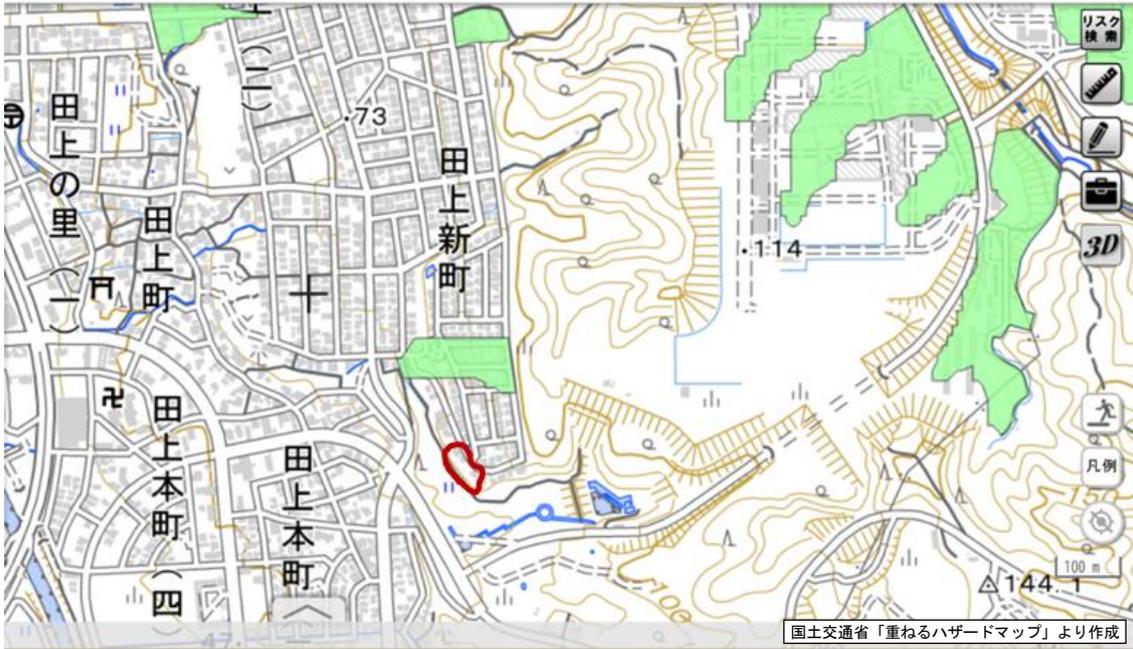


図 5.4.2-3 大規模盛土造成地マップ 5.4-3より作成 (赤線で囲んだ部分が斜面崩壊エリア)

また、地形図に人工地形図を重ねたものを図 5.4.2-4 に示す。図中の赤色で塗り潰された領域は盛土を、水色で塗り潰された領域は切土を、それぞれ示している。

図 5.4.2-4 より、斜面崩壊エリアは切土地であることを確認した。

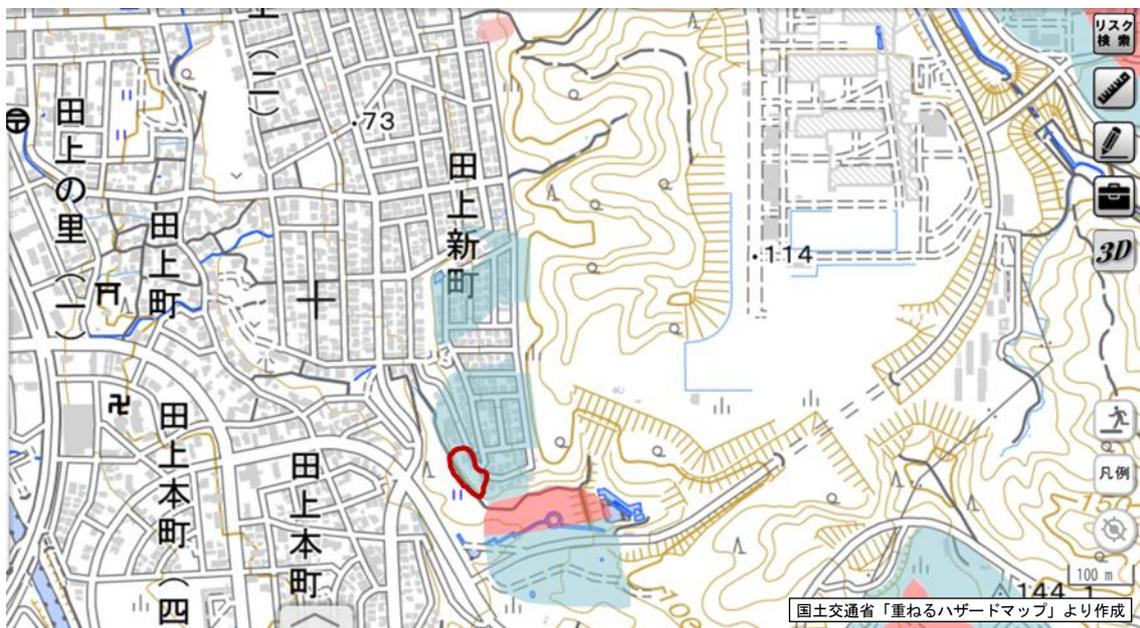


図 5.4.2-4 人工地形図 5.4-3より作成 (赤線で囲んだ部分が斜面崩壊エリア)

当該斜面崩壊エリアには、急傾斜地の崩壊警戒区域（指定済）が含まれている。地形図に急傾斜地崩壊警戒区域図を重ねたものを図 5.4.2-5 に示す。

図 5.4.2-5 より、この斜面は、急傾斜地の崩壊警戒区域指定の要件である 30 度以上の傾斜地であったと考えられる。



図 5.4.2-5 急傾斜地崩壊警戒区域の位置 (5.4-3)より作成
(赤線で囲んだ部分が斜面崩壊エリア)

当該斜面崩壊エリアは、机上調査より、切土地であることが確認された。現地調査では、外周道路の下部地盤は灰色の粘土質地盤であるように、外周道路の外側に建つ住宅の下部地盤は茶色の砂質地盤であるように、それぞれ見受けられた (写真 5.4.2-5)。いずれにしても、急傾斜地崩壊警戒区域に指定されているほどの急斜面地であり、今回の地震動により斜面崩壊が生じたと推察される。



写真 5.4.2-5 斜面崩壊エリアの地表付近の状況 (写真 5.4.2-2 のアップ)

5.4.2.2 液状化被害に関する調査（内灘町・かほく市）

(1) 調査対象エリア

内灘町・かほく市における調査対象エリアを図 5.4.2-6 に示す。調査対象エリアは、当該市町における県道 8 号線沿いとす。当該エリアは、主に戸建住宅が立ち並ぶ住宅地であった。



図 5.4.2-6 調査対象エリア 5.4-4)より作成（紫線で囲んだ部分が調査対象エリア）

(2) 調査対象エリアの地形的特徴

内灘町・かほく市における調査対象エリアの微地形分類を図 5.4.2-7 に示す。当該エリアは、西側（海側）にある砂丘と、東側にある干拓地との境界部に位置しており、過去の液状化発生地域として知られている微地形区分（砂丘間低地、干拓地）と同じような地形であった。

調査対象エリアの西側にある砂丘は標高が高く、参考文献 5.4-8 によれば、例えば、内灘町白帆台 2 丁目にある白帆台公園では標高 38m 程度であり、一方で、当該エリアの県道 8 号上は標高が 3m から 5m 程度と低く、かなりの標高差がある（写真 5.4.2-6）。調査対象エリアは砂丘に隣接しており、砂丘から地下水が流れ込み易いため、地下水位が高いと推察される。

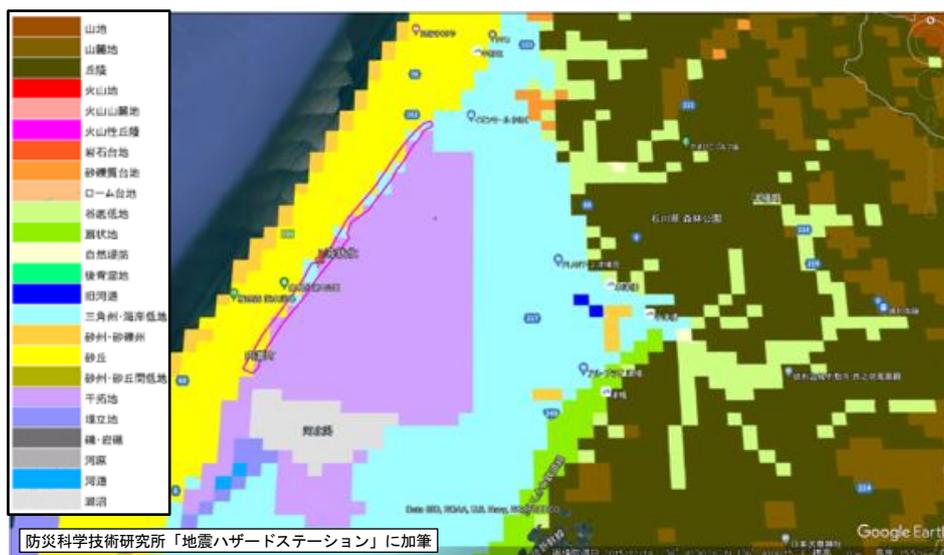


図 5.4.2-7 調査対象エリアにおける微地形分類 5.4-7)より作成



写真 5.4.2-6 県道 8 号の状況 (写真左側が砂丘であり、県道 8 号沿いは砂丘に隣接する低地)

(3) 液状化による被害の状況

県道 8 号沿いを調査した結果、調査対象エリア南西端に位置する内灘町の宮坂交差点付近から、北東端のかほく市の大崎交差点付近まで、全長約 7km の広い範囲に渡って、液状化による地盤変状及び住宅等の大きな被害が生じていた。被害状況を写真 5.4.2-7 a)～p)に示す。住宅・擁壁の沈下・傾斜等のほか、側方流動による地表面の沈下や隆起等も確認された。



a) 地盤沈下により玄関下に隙間が生じた住宅



b) 地盤の隆起



c) 浮き上がった地下埋設物と傾斜した建物



d) 傾斜した住宅

写真 5.4.2-7 地盤の液状化による被害状況



e) 側方流動した地盤



f) 周辺地盤が沈下した建物



g) 地盤沈下と傾斜した電柱等



h) 傾斜した擁壁



i) 側方流動による住宅の傾斜と擁壁の亀裂



j) 擁壁の転倒



k) 側方流動と側溝の回転



l) 神社の鳥居の転倒

写真 5.4.2-7 地盤の液状化による被害状況 (続き)



m) 住宅の沈下



n) 住宅周辺の地盤変状



o) 側方流動した地盤と地割れ



p) 側方流動と地表面の隆起

写真 5.4.2-7 地盤の液状化による被害状況（続き）

写真 5.4.2-8 は県道沿いにある建物で、正面となる建物の南東側は3階までの造り、北西側は2階までの造りである。被災前後を写真 5.4.2-8 a)及び b)から比較すると、正面入口部分の著しい沈下が確認できる。写真 5.4.2-9、5.4.2-10 は、入口付近の様子である。建物正面の両端で地表からの軒下高さを計測したところ、入口側で185cm、反対側で275cmとなっており、90cm程度の沈下が推測される。一方、建物北西側では、ほとんど沈下は生じていなかった。



a) 被害状況（2024年1月時点）



b) 地震前の状況（2023年8月時点） 5.4-6)より作成

写真 5.4.2-8 県道沿いの建築物の液状化による被害状況



写真 5. 4. 2-9 正面入口付近の状況（沈下）

写真 5. 4. 2-10 正面入口付近の状況（周辺地盤）

5. 4. 2. 3 鉄筋コンクリート造建築物等の傾斜・沈下被害の調査（輪島市）

輪島市の中心市街地において、鉄筋コンクリート造（以下、本項で「RC造」と略記）を中心とした複数の建築物が傾斜・沈下等の被害を生じており、図 5.4.2-8 に示す建物の傾斜等の調査を実施した。



図 5. 4. 2-8 輪島市で調査した建物位置（●A～I）及び名称等（5.4-4）より作成

(a) A建物の調査結果（RC造7F）

1) 建物および被害の概要

A建物は、地上7階建てのRC造で、5.3.2(2)項の「建築物AA」と同じ建築物である。建築確認台帳の記載によれば、1972年に建築確認が行われている。

A建物では写真5.4.2-11に示す通り転倒被害が生じた。建物1階から5階床レベルまで、建物の東面が地表に接し地盤中にめり込んでいた（写真5.4.2-12）。調査時に実測した4階と5階の階高は、それぞれ3.5mと3.6mであった。



写真 5.4.2-11 転倒したA建物（東側から撮影）



写真 5.4.2-12 転倒したA建物（南側から撮影）

A建物近傍（図 5.4.2-8 の B1 地点）の地盤調査データを図 5.4.2-9 に示す。この地盤調査は昭和 42 年（1967 年）7 月に行われている。地盤の土質構成は、地表から深さ 18m まで標準貫入試験のN値 3～4 の粘土層（うち深さ 6.0～6.5m はN値 9 の砂層）、深さ 18～23m がN値 6～8 の緩い砂層、深さ 23～30m がN値 4～9 のシルト質砂の層である。深さ 31～33m 付近にN値 50 以上となる地層が出現するものの、その下方にシルト質砂・粘土の層が続いている。地下水位は 4.0m である。

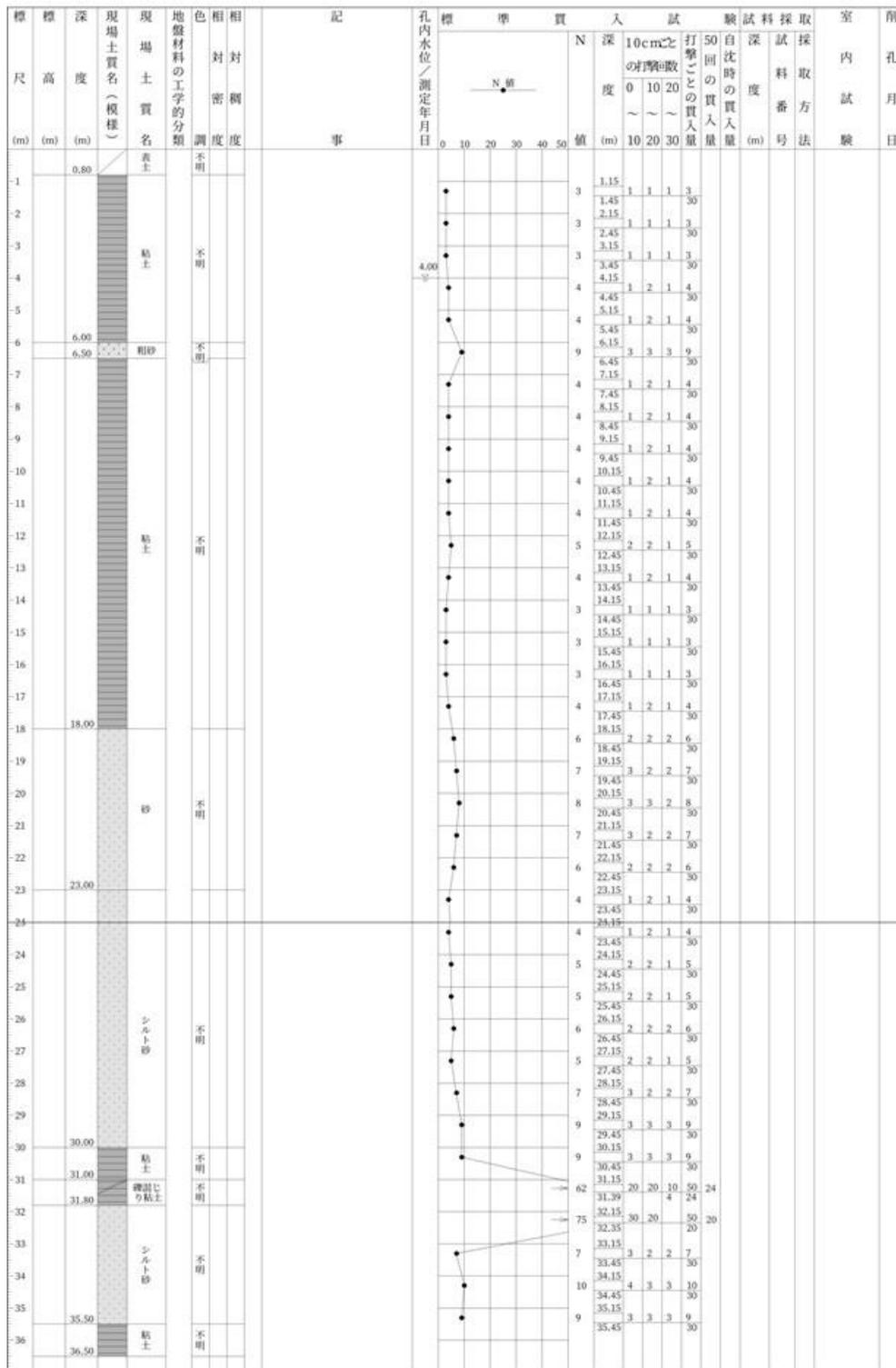


図 5.4.2-9 A 建物近傍の地盤調査データ 5.4-9)

現地調査等に基づき作成したA建物の基礎伏図・軸組図を図 5.4.2-10 に示す。図には露出したパイルキャップ下面の状況から判断した杭位置を合わせて示した。なお、図中 X3 通りは地中に埋没した状態であるなど、推測した内容を含んでいる。X1-Y4 位置のパイルキャップの形状が明確でないが、地表に露出した部分には配筋の形跡等が見られることから一部が地中に残っており、露出して見えているより大きい形状であると推測される。

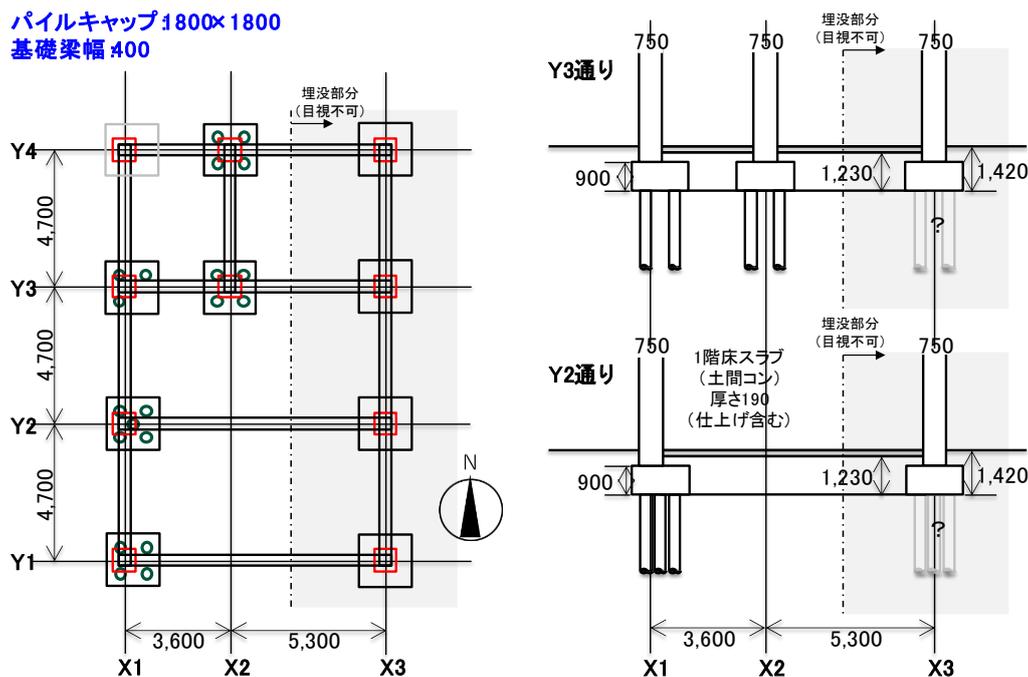


図 5.4.2-10 基礎伏図および軸組図（一部は推測）

写真 5.4.2-13、5.4.2-14 に示すように、建物の西側の X1 通り、中間の X2 通りで転倒に伴いパイルキャップが引き抜きを受けて露出していた。パイルキャップには杭の埋込み穴が複数確認された。確認できた範囲において、引抜き側の杭は全て杭頭がパイルキャップで破断していた。コンベックスで計測したパイルキャップの横幅は 1780mm、高さは 900mm であった。

同写真に示す通り、基礎ばりについては、Y1 通りのパイルキャップ近傍で大きく破壊しており、露出した主筋は D25、あばら筋は $\phi 9\text{mm}$ の丸鋼であった。基礎梁の幅は 400mm、せいは 1230mm であった。Y2 通りのパイルキャップ近傍でも鉄筋が露出する被害を生じており、こうした損傷に伴う変形の影響で X1 通り Y2-Y3 間で基礎ばりが大きくたわみを生じていた。

杭については、写真 5.4.2-15 に示すように、1 本の頭部が確認された。被災前の Y2-Y3 通り間の東よりにあたる位置と考えられる。杭頭は目測で西側に約 30 度傾斜しており、杭の中空部にコンベックスを挿入したところ 1100mm 程度で止まったことから、深さ 1m 付近で杭に顕著な破壊が生じている可能性が示唆される。

道路側の 1 階床スラブを確認したところ、基礎梁と一体化されておらず、土間コンクリートであった（仕上げ含め厚さ 190mm 程度）。写真 5.4.2-16 に示すように、敷地の南側に茶色の砂質土が、北側に黒色の粘性土が、それぞれ堆積していた。これらの土の頂部は隣地よりも高い位置にあり、基礎の沈下（建物の転倒）に伴う地盤の破壊によって盛り上がったと推察される。



写真 5. 4. 2-13 引抜き側のパイルキャップと基礎梁



写真 5. 4. 2-14 パイルキャップ



写真 5. 4. 2-15 露出した杭頭



写真 5. 4. 2-16 地表面の変状（敷地の南側）

2) 杭基礎の構造形式に関する調査

2. 1) 露出した杭頭部の状況

露出していた杭頭部は、直径 350mm で、中空部を有する円筒形状であった。また、軸方向の PC 鋼材が 8 本あり、その径は 7~8mm 程度であった。地表面に露出していた杭頭部の状況を写真 5.4.2-17 に示す。また、写真 5.4.2-18 に示すように、抜け上がったパイルキャップ部に杭頭部の一部（長さ 7~10cm 程度）が残っており、パイルキャップに埋込まれている杭の上端には、中空部に蓋をするように木製の板が設置してあった。

杭の PC 鋼材とらせん筋は、完全に破断しており、建物の転倒（圧縮側の沈下）に伴い、引抜き側となった杭頭部が破断したと推察される。



a) 地表面の状況



b) 杭の寸法形状の確認状況

写真 5.4.2-17 地表面に露出していた杭頭部 (写真 5.4.2-15 と同じ杭)



a) パイルキャップの木片



b) パイルキャップ部に残った杭の一部

写真 5.4.2-18 杭頭接合部 (X2-Y3 位置)

2.2) 杭仕様の推定

杭径が 350mm で、杭の断面が中空部を有する円筒形状であったことから、当該建物の杭は既製コンクリート杭の一種である PC 杭 (プレテンション方式遠心力プレストレストコンクリート) と推察される。建設年 (1972 年) 当時の既製コンクリート杭は、RC 杭と PC 杭の 2 種類が JIS で規格化されており^{5.4-10)}、PC 杭の JIS 規格^{5.4-11)}によると、杭径が 350mm、杭種が A 種の場合における PC 鋼材の仕様は、径が 8mm、本数が 8 本であり、現地調査の結果とほぼ一致する。

2.3) パイルキャップおよび基礎梁の形状寸法

Lidar スキャナと呼ばれる光波測量器を使用して、当該建物のパイルキャップおよび基礎梁の寸法を概略的に把握した。引き抜かれて露出したパイルキャップのうち図 5.4.2-11 に示す 4 基で、それぞれ縦方向の長さ、横方向の長さ、高さをスキャンデータから算出した。算出結果を表 5.4.2-1 に、各パイルキャップの寸法測定位置を図 5.4.2-12 に、それぞれ示す。

また、基礎梁については、各パイルキャップとの接合部 4 か所において、それぞれ幅と高さをスキャンデータより算出した。算出結果を表 5.4.2-2 に、各基礎梁の寸法測定位置を図 5.4.2-13 に、それ

ぞれ示す。なお、検尺による実測値との比較から、ここでの Lidar スキャナによる概略的な寸法算出結果には 10~20cm 程度の誤差があると考えられる。

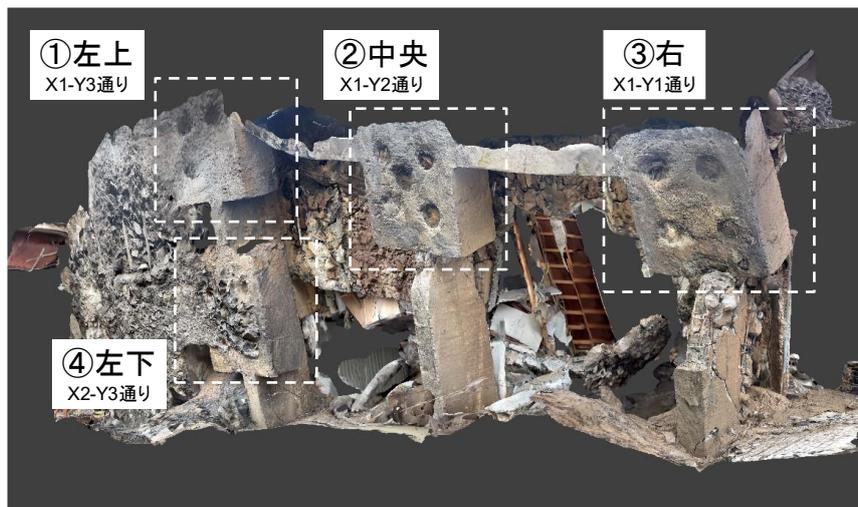
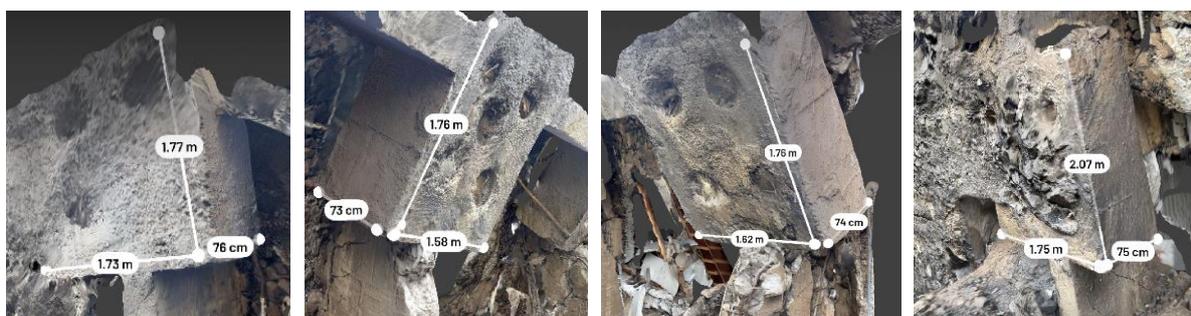


図 5.4.2-11 引き抜かれて露出した基礎部分の全景 (Lidar スキャナにより取得)

表 5.4.2-1 パイルキャップの概略寸法の算出結果 (単位: m)

位置	通り	縦方向の長さ	横方向の長さ	高さ
① (左上)	X1-Y3	1.77	1.73	0.76
② (中央)	X1-Y2	1.76	1.58	0.73
③ (右)	X1-Y1	1.76	1.62	0.74
④ (左下)	X2-Y3	2.07	1.75	0.75



① (左上)

② (中央)

③ (右)

④ (左下)

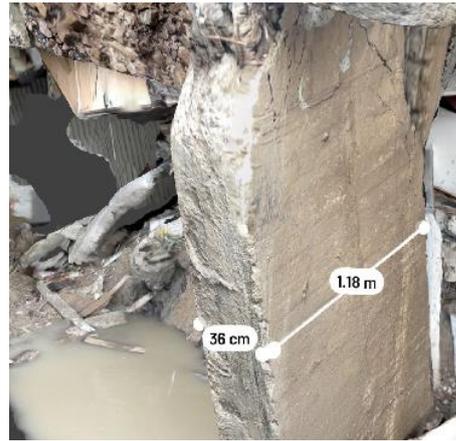
図 5.4.2-12 パイルキャップの寸法測定位置

表 5.4.2-2 基礎梁の概略寸法の算出結果 (単位: m)

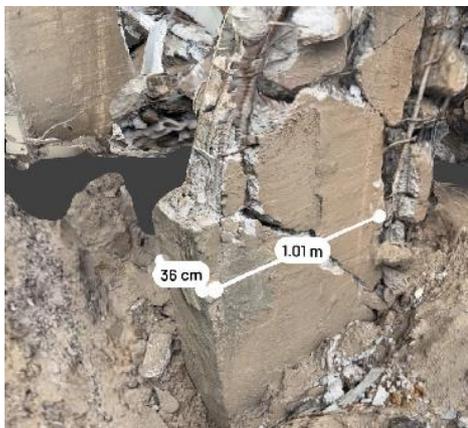
位置	通り	幅	高さ
① (左上)	X1-Y3	0.31	1.19
② (中央)	X1-Y2	0.36	1.18
③ (右)	X1-Y1	0.36	1.01
④ (左下)	X2-Y3	0.33	1.19



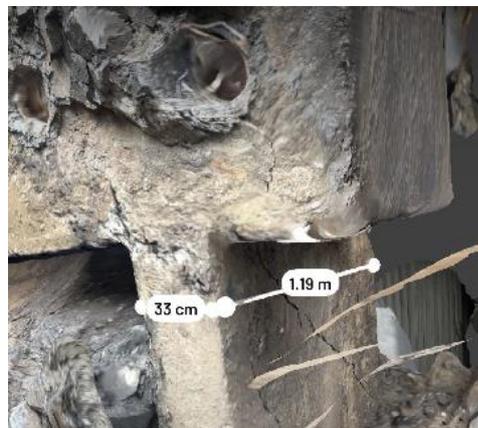
① (左上)



② (中央)



③ (右)



④ (左下)

図 5.4.2-13 基礎梁の寸法測定位置

3) 建物のめり込み長さ（沈下量）の推定

転倒建物の地盤中へのめり込み長さを概算推定するため、転倒建物の傾斜角と各部の長さを計測した。写真 5.4.2-19 に示すとおり、2階の梁下端から6階の梁上端までの距離は 16.4m、2階の梁の傾斜角は、下げ振りの計測で 11/50、簡易傾斜計で 13°であった。よって、2階の梁位置における地盤中へのめり込み長さは $16.4 \times \sin(\tan^{-1}(11/50)) = 3.5$ (m) と概算される。なお、2階の梁に貼り付けられている化粧パネルについて、建物幅方向の1枚当たりの1辺の長さは 400mm であった。地盤内にはパネル6枚分のめり込みが認められ、1階の柱の化粧パネルの幅を約 1m とすると、化粧パネルの寸法に基づく2階の梁のめり込み長さは約 3.4m と概算され、傾斜角に基づくめり込み長さと概ね対応する。

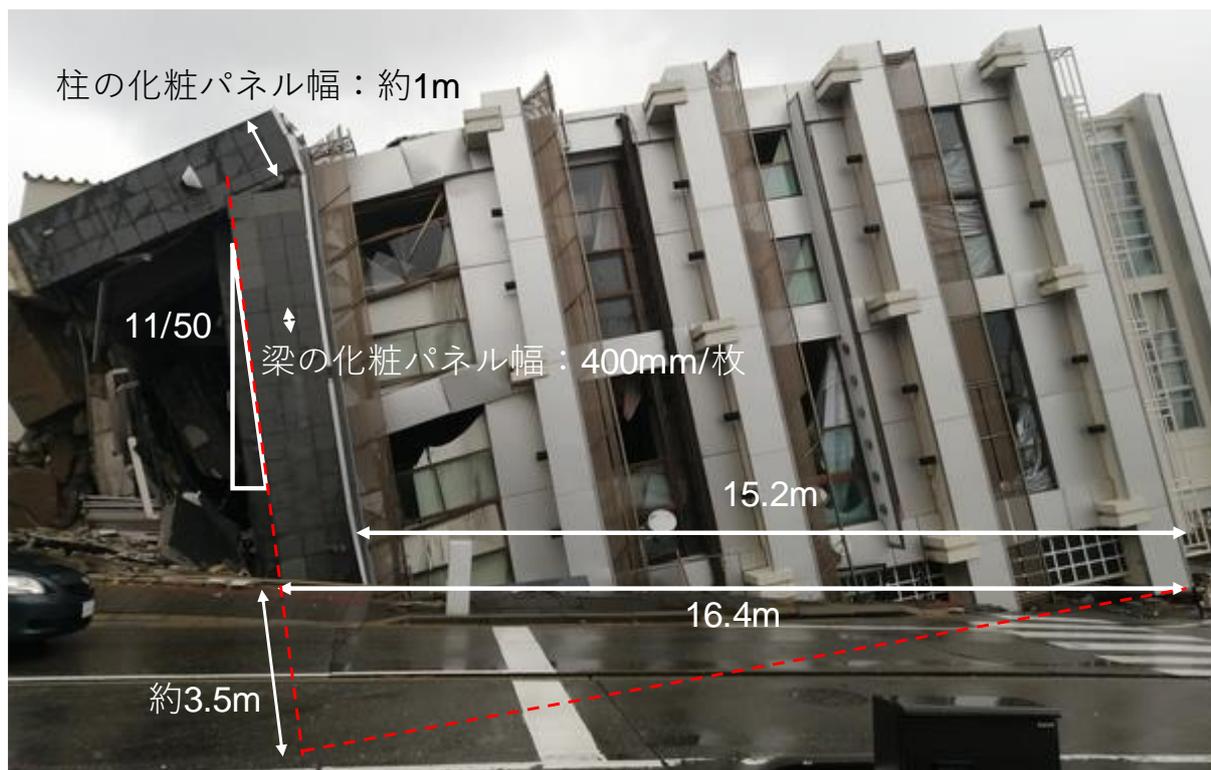


写真 5.4.2-19 A 建物の沈下量の推定

4) 建物の転倒の考察

建物は地盤にめり込むように沈下・傾斜していることから、転倒の大きな要因は基礎・地盤にあったと推察される。転倒に至った要因として、基礎の東側（X3 通り）の 3m 以上にも及ぶ大きな沈下と建物傾斜による P-Δ 効果の可能性が考えられる。基礎の東側が 3m 以上も沈下した要因として、①杭基礎の破壊、②基礎の支持力の問題等が考えられるが、今後の詳細な調査や分析が必要である。

(b) B 建物の調査結果（RC 造 7 F）

1) 建物および被害の概要

B 建物は 7 階建ての RC 造で、5.3.2(2) 項の「建築物 AB」と同じ建築物である。なお解体時に 1 階の柱はり断面の一部に鉄骨が認められたことから、一部鉄骨鉄筋コンクリート造を併用していると考えられる。建築確認台帳の記載によれば、1977 年に建築確認が行われている。図 5.4.2-14 に調査建物の位置を、写真 5.4.2-20～5.4.2-22 に建物の全景を、それぞれ示す。B 建物は、北東方向に大きく傾斜していた。付近の地表面は、緩やかに傾斜しており、対象建物の敷地においても北側が高く、南側が低くなっている。B 建物近傍（図 5.4.2-14 中の●印（図 5.4.2-8 の B2 地点）及び B 建物の隣接敷地内）の地盤調査データによると、地下水位は 0.6m で、軟弱なシルトが地表から深さ 7m 程度まで堆積しており、その下方にシルト質砂が深さ 25～27m 程度まで続いている（図 5.4.2-15）。

敷地の南側が低いので、建物南面の正面には階段でアプローチするようになっている（写真 5.4.2-23）。また、建物 1 階の北側は一部が柱のみの駐車スペースとなっている（写真 5.4.2-24）。建物の地盤へのめり込み量を、A 建物と同様に柱の貼り付けタイルの寸法等から推測すると、北東隅において最大 180cm 程度であった。



図 5. 4. 2-14 B 建物の位置と周辺の標高 5.4-3)より作成



写真 5. 4. 2-20 建物全景 (南東側から撮影)



写真 5. 4. 2-21 建物全景（南側から撮影）



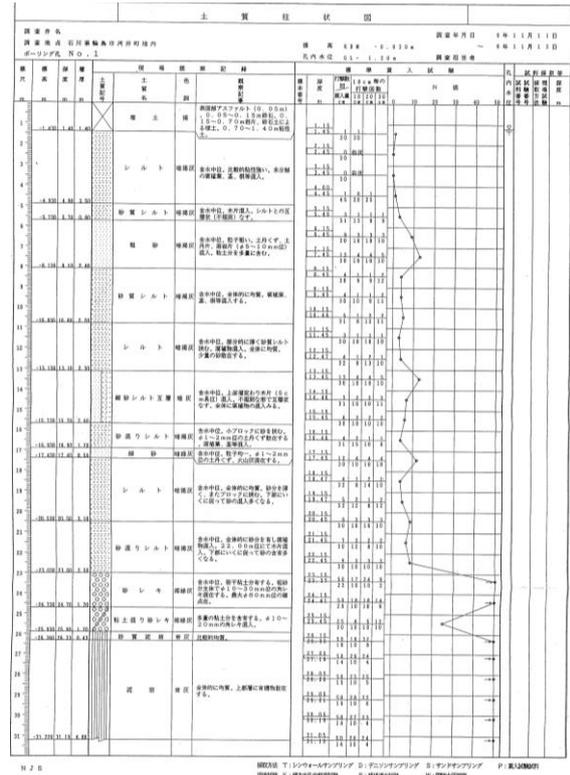
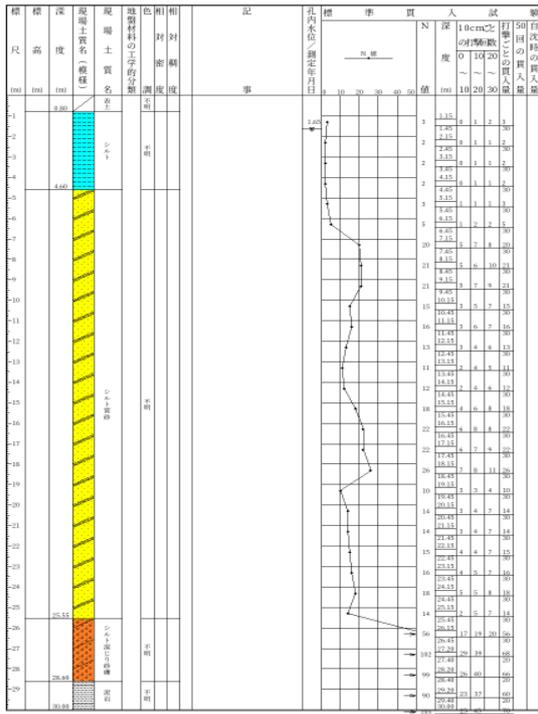
写真 5. 4. 2-22 建物全景（東側から撮影）



写真 5. 4. 2-23 地震前（2023年10月）^{5.4-6}より作成
の建物入口（南面）



写真 5. 4. 2-24 地震前（2022年5月）^{5.4-6}より作成
の建物（東面）



a) 公開情報 5.4-9)

b) 隣接敷地

図 5.4.2-15 B建物近傍の地盤調査データ

2) 建物周囲の地盤変状及び被害状況

写真 5.4.2-25～5.4.2-29 に、被害の状況を示す。建物の沈下・傾斜によって、1階の床面が地盤とともに盛り上がっている（写真 5.4.2-25）。建物の南東隅の柱は、地表に対し 40～50cm 程度めり込んでいるが（地盤中にめり込んでいる柱の貼り付けタイルの寸法より推測）、南西隅の柱ではめり込みは生じていない（写真 5.4.2-26）。北東側の駐車スペースにおいても、建物のめり込みに伴い 1階の床面が盛り上がり、軒下から地表面までの高さは 140cm 程度となっている（写真 5.4.2-27）。写真 5.4.2-28、5.4.2-29 は、それぞれ建物の東面及び西面の敷地境界付近を南側から撮影したものである。西面では、隣接する駐車場の地表面のアスファルトにひび割れが生じ、調査建物の方向に落ち込んでいることが確認できる。



a) 南東側から撮影



b) 東側から撮影

写真 5.4.2-25 正面入口周辺の被害状況



a) 南西隅柱



b) 南東隅柱

写真 5.4.2-26 建物正面側の被害状況



a) 駐車スペース床面の盛り上がり



b) 北東側入り口付近



c) 北東隅柱の沈下状況



d) 地震前（2023年10月）5.4-6より作成の状況
（□部が写真cで沈下後に露出した部分）

写真 5.4.2-27 建物北東側の被害状況



写真 5.4.2-28 建物東面



写真 5.4.2-29 建物西面

3) 建物の傾斜計測

簡易角度計（分解能 0.05°）を使用して、建物の直交 2 方向について傾斜角を測定した。測定位置は、建物四隅の柱もしくは壁面とした。傾斜測定結果を図 5.4.2-16 に青字で、傾斜方向を矢印の向きで示す。また、各方向の傾斜角の平均値を建物中央に赤字で示す。傾斜測定の結果、建物全体が北側及び東側にそれぞれ 3°以上（6/100 程度）傾斜していることが確認された。

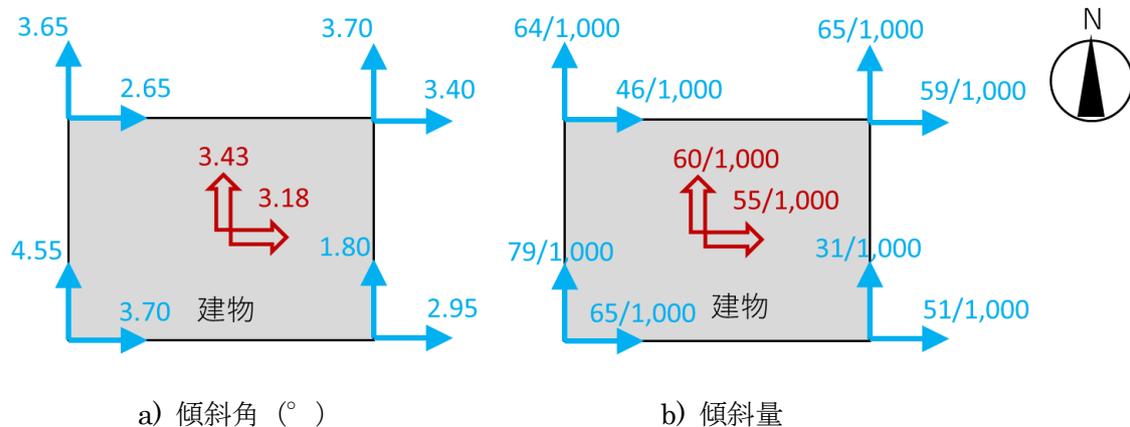


図 5.4.2-16 傾斜測定結果

4) 基礎ぐい及び基礎ばりの掘り出し調査

B 建物は、2024 年 7 月頃に地上部分が解体・撤去されている。解体工事の際に、（一財）日本建築防災協会及び（一社）建築基礎・地盤技術高度化推進協議会と協力し、工事に伴い地盤を掘削した範囲における杭及び基礎梁、パイルキャップに関する調査を実施した。調査対象範囲を図 5.4.2-17 に示す。確認できた杭は、図 5.4.2-17 のエリア 1 からエリア 3 にあり、いずれも既製コンクリート杭であった。

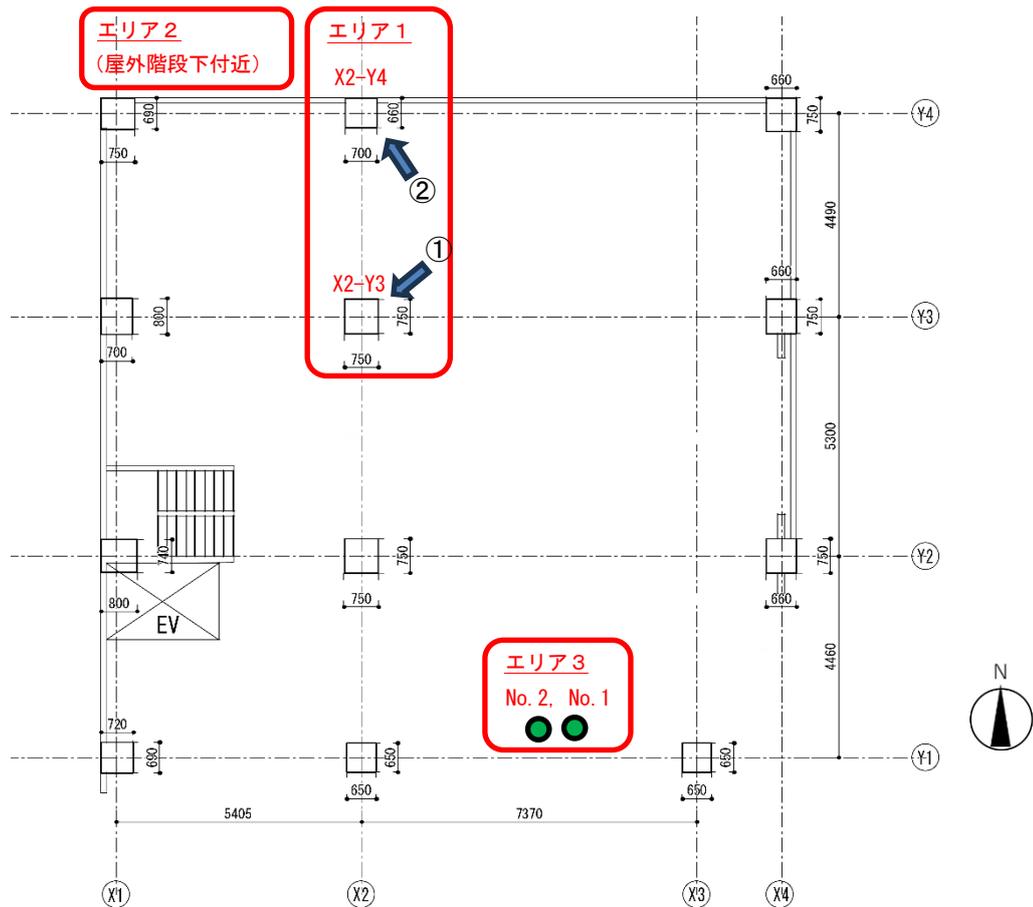


図 5. 4. 2-17 柱位置と調査対象範囲 (図中の赤枠付近)

4. 1) エリア 1

エリア 1 では、X2-Y3 柱及び X2-Y4 柱の周辺地盤が掘削されており、X2-Y3 パイルキャップ下には杭が 2 本、X2-Y4 パイルキャップ下には杭が 1 本、それぞれ確認された。これらの杭はいずれも頭部に傾斜、ずれ、損傷等の大きな被害が生じていた。これらの杭頭部の被害状況を写真 5.4.2-30 に示す。

なお、これらの位置における基礎梁及びパイルキャップにひび割れなどの目立った被害は確認されなかった。



a) X2-Y3 の杭頭部 (北東側①から撮影)



b) X2-Y4 の杭頭部 (南側②から撮影)

写真 5. 4. 2-30 エリア 1 における杭頭部の被害状況 (杭体のアウトラインを点線で示す)

4.2) エリア2

エリア2は、建物北側の屋外階段下付近であり、杭頭部と見られる円筒形状の杭の一部分が掘り出されていた。当該部分の寸法及び配筋仕様を検尺により把握した結果を表 5.4.2-3 に、検尺状況を写真 5.4.2-31 に、それぞれ示す。この結果と建物建設当時の JIS 規格との対比により、当該杭は、PC 杭の A 種であると推察される。

なお、採取された杭頭部分は、地震により損傷したのか、解体工事により切断されたのかは、不明である。

表 5.4.2-3 エリア2における既製コンクリート杭の断面仕様

杭径	肉厚	PC 鋼材の本数	PC 鋼材の直径	PC 鋼材の配置半径	らせん筋の直径
350mm	80mm 程度	7本	7.4mm 程度	280mm 程度	2.9mm 程度



a) 杭径



b) 肉厚



c) PC 鋼材の本数



d) PC 鋼材の直径



e) PC 鋼材の配置半径



f) らせん筋の直径

写真 5.4.2-31 掘り出された杭頭部の検尺状況

4.3) エリア3

エリア3は、建物の柱位置や通り心から外れた位置であるが、当該エリアに埋設されている杭が2本確認された（写真 5.4.2-32）。これらは本杭の施工に先立って設置された試験杭の可能性がある。これらの杭の外形と PC 鋼材の仕様はエリア2の杭と同じであった。断面寸法の測定状況を写真 5.4.2-33 に示す。

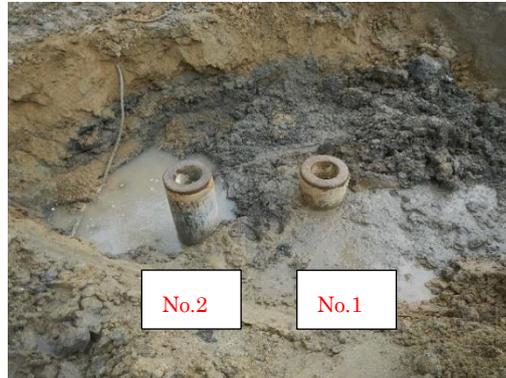


写真 5.4.2-32 エリア3で確認された杭



a) 杭径：350mm



b) 肉厚：80mm 程度



c) PC 鋼材の本数：7本



d) PC 鋼材の径：7mm 程度

写真 5.4.2-33 エリア3で確認された杭の断面寸法の測定状況

4.4) 基礎ばり及びパイルキャップ

解体工事に伴う杭頭部の掘り出し作業で露出された部分の損傷状態を確認した。基礎梁およびパイルキャップには、顕著な損傷は確認できなかった（写真 5.4.2-34）。基礎梁およびパイルキャップの寸

法については、基礎梁のせいが1300mm程度、パイルキャップの厚さが1000mm程度であることを確認した。基礎梁およびパイルキャップの寸法実測記録を図5.4.2-18に示す。



a) X2-Y3 パイルキャップ及び周辺部材

b) X2-Y4 パイルキャップ及び周辺部材

写真 5.4.2-34 基礎梁およびパイルキャップの損傷状態

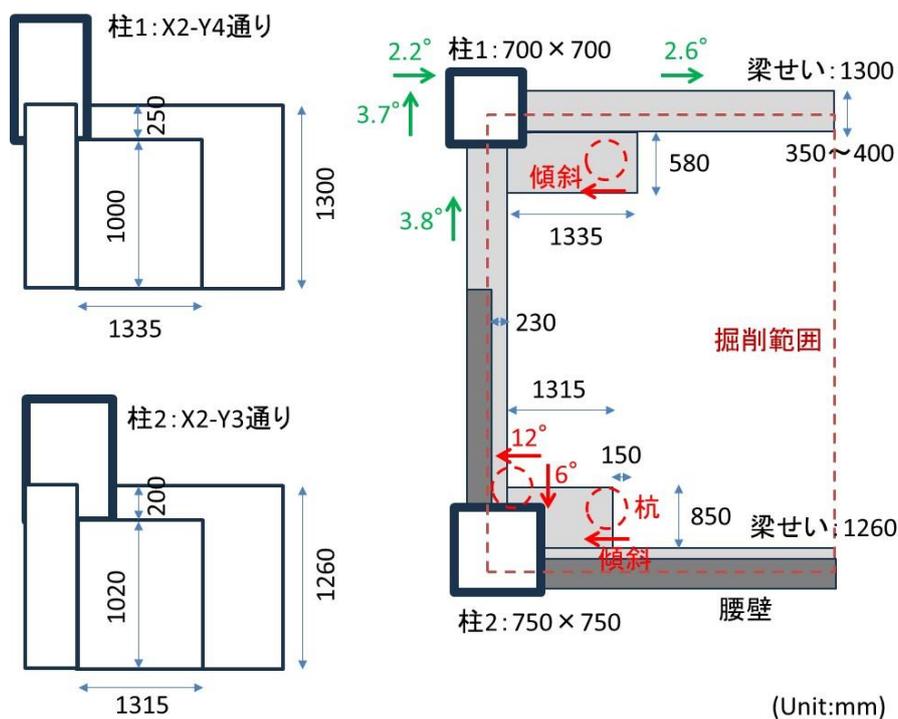


図 5.4.2-18 基礎梁およびパイルキャップの寸法実測記録

(c) C小学校の調査結果 (RC造3F (複数棟))

C小学校は、B建物の近傍に立地するRC造3階建ての校舎で、5.3.2(1)項の「建築物B」と同じ建築物である (写真 5.4.2-35)。建築確認台帳の記載によれば、1967年及び1968年に建築確認が行われている。南北方向の主棟・接続棟が東西方向の教室棟とエキスパンションジョイントを介して隣接しており、主棟及び教室棟の両方で沈下および人が感知できる程度の傾斜が認められた。建物は外周の開口部に対する耐震補強が実施されたものであるが、写真 5.4.2-36 に示すように、1階のほぼ全ての部屋において、外周部の沈下と床面の盛上りが認められた。外周部直下の基礎に何らかの損傷が生

じている可能性がある。写真 5.4.2-36 に示すように、耐震補強をされた開口部のガラス窓には全く損傷が認められないが、写真 5.4.2-37 に示すように、耐震補強されていない建物内部のガラス窓は損傷して廊下に落下しており、地震直後の廊下の継続使用には不具合が生じた可能性がある。写真 5.4.2-38 に示す通り、建物の傾斜に伴って 2 階の連絡通路に設置されているエキスパンションジョイントに損傷が認められた。



写真 5.4.2-35 C 小学校の外観



写真 5.4.2-36 1 階での床面の盛り (教室棟)



写真 5.4.2-37 建物内部のガラスの散乱状況



写真 5.4.2-38 建物の傾斜による 2 階のエキスパンションジョイントの破損

(d) D 住宅団地の調査結果 (壁式 RC 造 5 F (3 棟))

D 住宅団地は、河原田川の右岸に沿って建つ 3 棟の県営住宅で、5.3.2(2)項の「建築物 AC」と同じ建築物である。建築確認台帳の記載によれば、1974 年から 1976 年にかけて建築確認が行われている。3 棟とも、5 階建て壁式 RC 造の板状住宅で、上部構造に構造的な損傷は見られなかった。このうち最も南側に位置する 1 棟が、川側に向かって傾斜していた (写真 5.4.2-39)。簡易角度計により測定した建物の傾斜角は、約 1～2 度であった。傾斜していない建物でも、周辺地盤の沈下により、隣接する駐輪場のポートやごみ集積場に被害が生じていた (写真 5.4.2-40、5.4.2-41)。



写真 5. 4. 2-39 川側（紙面の奥向き）への傾斜
（左側の建物）



写真 5. 4. 2-40 周辺地盤の沈下による
駐輪場ポートの被害



写真 5. 4. 2-41 ごみ集積場の被害（傾斜）

(e) E 中学校の調査結果

5.3.2(1)項の「建築物O」と同じ建築物である。校庭の南側で大規模な地盤変状が発生した（写真 5.4.2-42）。地盤変状による高低差は数mに達していた（写真 5.4.2-43）。校庭の西側では、体育施設（武道場）の周囲の地盤が大きく流動し、杭頭部が露出する状況となっていた。目視では杭体に被害は確認されなかった。（写真 5.4.2-44）



写真 5. 4. 2-42 校庭の地割れ全景 5.4-12)



写真 5. 4. 2-43 校庭の地割れ



写真 5. 4. 2-44 E 中学校体育施設周囲地盤の変状に伴う被害

(f) その他の建築物の調査結果

- 建築確認台帳では 1973 年に確認が行われた R C ・ S R C 造 8 階建ての F ホテルにおいて、建物の沈下にとり残される形で、入口のポーチ、屋外設備などに傾斜被害を生じていた。(写真 5.4.2-45)
- D 住宅団地の近傍にある、建築確認台帳では 1977 年に確認が行われた R C 造 5 階建ての G 住宅 (5.3.2(2)項の「建築物 AD」と同じ建築物) では、建物の沈下により周囲に 50cm 程度の大きな段差を生じていた。(写真 5.4.2-46)
- 建築確認台帳では 1971 年に確認が行われた R C 造 7 階建ての H ホテルでは、南側の正面入口付近で約 50cm の沈下が見られた。(写真 5.4.2-47)
- 平成 11 年竣工の R C 造 3 階建ての I 住宅 (5.3.2(1)項の「建築物 G」と同じ建築物) において、周囲地盤の流動に伴い、基礎ぐい頭部が強制変位を受けてパイルキャップから脱落する被害が見られた。(写真 5.4.2-48)



写真 5. 4. 2-45 F ホテルの地盤被害の状況



写真 5. 4. 2-46 G住宅の地盤被害の状況



写真 5. 4. 2-47 Hホテルの地盤被害の状況



写真 5. 4. 2-48 I住宅の地盤被害の状況

5.4.2.4 杭の掘り出しに伴う調査（穴水町）

(1) 建築物及び被害の概要

鳳珠郡穴水町の施設（平成元年8月完成）について、杭の掘り出しに伴う目視調査を実施した。5.3.2(1)項の「建築物P」と同じ建築物である。当該施設は複数の建築物がエキスパンションジョイント等で接続されているが、本項では、1階がRC造、2階が鉄骨造の併用構造の1棟（以下、S棟）について示す。図5.4.2-19にS棟の杭伏図（杭調査位置は③④）を、図5.4.2-20に敷地内の地盤調査結果を示す。

管理者により実施されたS棟の被災度区分判定では基礎の被災度区分は中破と判定された。写真5.4.2-49、5.4.2-50に示す通り、敷地地盤の変状、基礎ばり周囲の沈下等が見られた。

(2) 杭の被害の状況

今回調査した杭③（X1-Y13位置）及び④（X2-Y14位置）は、図面情報によれば、PHC杭A種、φ400、杭長14mで、W1000×D1000×H1000のパイルキャップ（Fc=21）に接続されている。図面上、杭頭部がパイルキャップに若干飲み込ませてあるが、接続の構造方法は不明である。

写真5.4.2-51に、杭③の被害状況を示す。杭頭付近と杭頭から約60cm程度の位置に水平のひび割れが生じ、さらに、水平ひび割れの間縦方向に複数のひび割れが見られた。写真5.4.2-52に示す通りパイルキャップや基礎ばりにも多くのひび割れが生じていた。

写真5.4.2-53、5.4.2-54に杭④及びパイルキャップの被害状況を示す。パイルキャップの状態は杭③と同様であるが、杭体については縦方向のひび割れが少なく、また水平ひび割れは見られなかった。

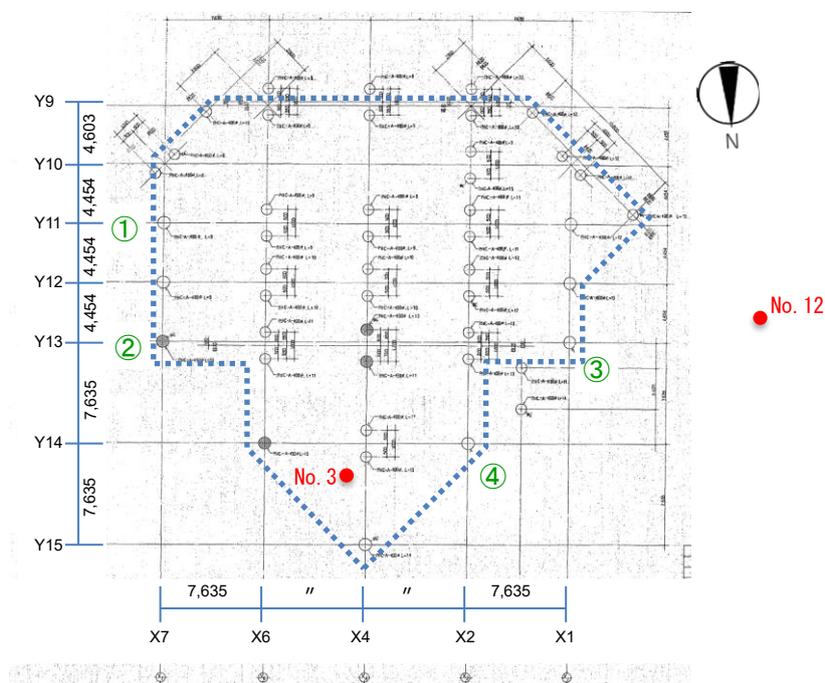


図5.4.2-19 施設杭伏図（●は地盤調査位置）



写真 5. 4. 2-53 杭④の被害状況



写真 5. 4. 2-54 杭④パイルキャップの被害状況

5.4.3 まとめ

令和6年(2024年)能登半島地震により生じた建築物基礎・地盤の甚大な被害の様相を把握するため、現地調査を行った。本調査から得られた知見は、以下のようにまとめられる。

- i) 金沢市田上新町の造成宅地では、外周道路の外側で斜面崩壊が確認され、斜面の下方に向かって住宅が大きく移動していた。斜面崩壊エリアは、机上調査より、切土地であることが確認された。現地調査では、外周道路の下部地盤は灰色の粘土質地盤であるように、外周道路の外側に建つ住宅の下部地盤は茶色の砂質地盤であるように、それぞれ見受けられた。
- ii) 内灘町・かほく市では、過去の液状化発生地域として知られている微地形区分である砂丘と干拓地の境界部と同じような地形に位置する県道8号沿い全長約7kmの広い範囲に渡って、液状化による地盤変状と住宅等への大きな被害が生じた。
- iii) 輪島市では、地上7階建ての鉄筋コンクリート造建築物(A建物)が転倒した。基礎の東側は3m以上沈下していた。この大きな沈下の要因は、現時点では明らかでないが、今後の詳細な調査や分析が必要である。
- iv) 輪島市のB建物では、建物全体が北側および東側にそれぞれ3°以上(6/100程度)傾斜した。建物の北東隅における地表に対するめり込み量は180cm程度であった。建物の沈下・傾斜によって、1階の床面が地盤とともに盛り上がっていた。
- v) 輪島市では、顕著な傾斜が認められたA建物・B建物以外の中低層の鉄筋コンクリート造建築物の数棟において、上部構造に目立った損傷は見られないものの、建物全体の傾斜が認められた。
- vi) 穴水町の施設において、沈下により基礎の被災度区分が中破と判定された建築物(S棟)の杭の掘り出しに伴う調査を実施した。杭の位置によって杭体の水平ひび割れの有無、縦方向のひび割れの程度に違いが見られた。
- vii) 今後、本調査結果等を踏まえて、建築物基礎・地盤の被災メカニズムと被災要因の検討を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 5.4-1) 国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所：令和6年(2024年)能登半島地震による建築物の基礎・地盤被害に関する現地調査報告(速報)，https://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/2023/R6_2_14_1_noto_r1.pdf，2024年2月(2024年10月22日閲覧)
- 5.4-2) 気象庁：推計震度分布，https://www.jma.go.jp/bosai/map.html#10/36.998/137.133/&contents=estimated_intensity_map (2024年2月5日閲覧)
- 5.4-3) 国土交通省：ハザードマップポータルサイト，<https://disaportal.gsi.go.jp/> (2024年9月30日閲覧)
- 5.4-4) 国土交通省国土地理院：地理空間情報ライブラリー，地理院地図(電子国土Web)，<https://geolib.gsi.go.jp/> (2024年9月30日閲覧)
- 5.4-5) 今昔マップ，<https://ktgis.net/kjmapw/> (2024年1月26日閲覧)
- 5.4-6) Google Map，<https://www.google.com/streetview/> (2024年1月26日閲覧)
- 5.4-7) 国立研究開発法人防災科学技術研究所：地震ハザードステーション(J-SHIS) 地形・地盤分類250mメッシュマップ(2020年更新版)，<https://www.j-shis.bosai.go.jp/labs/wm2020/> (2024年1月26日閲覧)

- 5.4-8) Google Earth, <https://earth.google.com/> (2024年1月26日閲覧)
- 5.4-9) 一般財団法人国土地盤情報センター：地盤情報緊急公開サイト（令和6年能登半島地震），
<https://publicweb.ngic.or.jp/emergency-1/> (2024年1月26日閲覧)
- 5.4-10) 一般財団法人ベターリビング：基礎構造の耐震診断指針（案），p.282, 2013年6月
- 5.4-11) 一般社団法人コンクリートポール・パイル協会：PCパイルハンドブック, 1970年9月
- 5.4-12) 国土交通省国土地理院：令和6年（2024年）能登半島地震に関する情報, https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html (2024年1月26日閲覧)