

平成 28 年(2016 年)熊本地震による建築物等被害第四次調査報告 (建築物基礎及び地盤の被害に関する目視調査速報)

1. 調査の目的と概要

平成 28 年(2016 年)熊本地震による建築物の被害について被災原因の検討に資する情報を得るために、国土交通省住宅局の要請を踏まえて第四次調査を実施した。第四次調査では、建築物の被害原因になりうる基礎の損傷及び敷地地盤の変状の状況を確認するために、第一次及び第二次調査¹⁾で建築物の被害が特に大きいとされた益城町において、宅地・基礎の被害に着目した目視調査を実施するとともに、別途の情報で液状化被害が見られているとされた熊本市南区を現地踏査した。本報告では、これら調査において把握した建築物基礎及び地盤の被害事例について速報する。

2. 調査者

国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部構造基準研究室 主任研究官 柏 尚稔
国立研究開発法人建築研究所構造研究グループ 主任研究員 新井 洋

3. 調査の日時と地域

図 3.1 に第四次調査の調査者の移動ルートを示す。このうち、第一次及び第二次調査で建築物被害が大きいとされた益城町と、液状化による被害が見られているとされた熊本市南区周辺を、下記行程で調査した。

4 月 23 日(土)

6:30～11:30 頃 益城町安永地区通り目視調査

13:00～17:00 頃 熊本市南区近見地区及び刈草地区の液状化被害調査

4 月 24 日(日)

6:30～12:00 頃 益城町宮園地区通り目視調査

¹⁾ 平成 28 年(2016 年)熊本地震による建築物等被害調査報告(速報)
(<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/index.html>;
<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/2016/index.html>)



図 3.1 調査地域（背景地図：国土地理院電子地形図（タイル））

4. 益城町安永地区及び宮園地区における通り目視調査

益城町中心部においては、県道 28 号からの南北方向の距離に応じて、建築物及び地盤の被害程度に差異が見られるとの報告があった。そこで、場所による被害程度の差異の状況を把握するために、図 4.1 に示すように、益城町内を南北方向に通る 2 本の道路を抽出し（安永地区：A 通り、宮園地区：B 通り）、道路沿いの建築物に対して、基礎・地盤の地震被害に重点を置いた目視調査を実施した。倒壊と判断される建築物以外の上部構造の被災度を主として外観から大破、中破、軽微・無被害の 3 区分により判定し、基礎・地盤の被災度は、地盤変状の有無とコンクリート製基礎の損傷度により判断した。

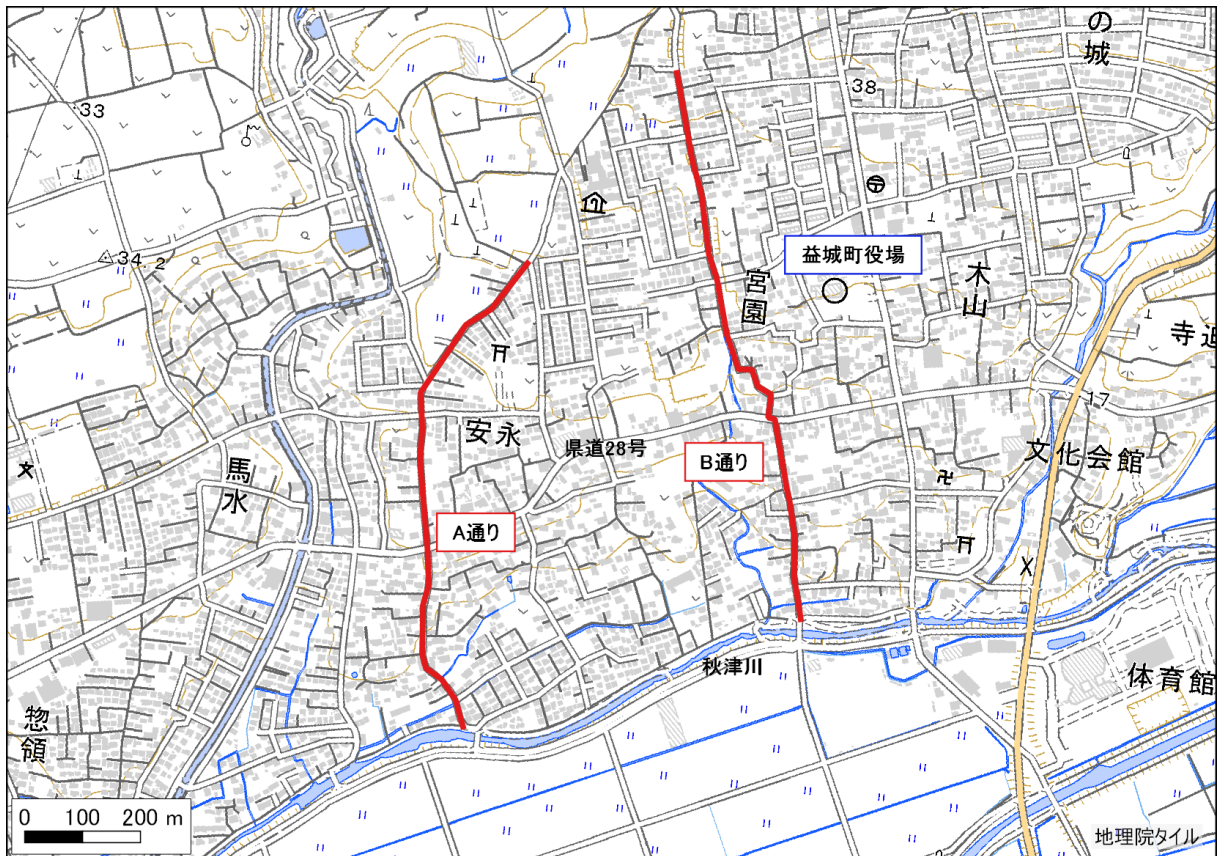


図 4.1 益城町における通り目視調査の範囲（赤線）（背景地図：国土地理院電子地形図（タイル））

4.1 益城町安永地区（A 通り）、県道 28 号の北側の状況

写真 4.1 に、A 通りの県道 28 号の北側で見られた道路の舗装の様子を示す。舗装の所々で認められるひび割れや段差は、地盤変状が生じた痕跡と考えられる。写真 4.2、4.3 に 1 階が倒壊している建築物とその基礎の様子を示す。基礎にはひび割れが確認できるが、破壊には至っておらず、大きな地盤変状は確認できなかった。写真 4.4、4.5 に写真 4.2 の近辺の中破と思われる建築物とその基礎の様子を示す。基礎にはひび割れが見られ、地盤変状も確認できる。写真 4.6～4.8 に、軽微・無被害と思われる建築物（住民からの聞き取りにより築 20 年ほど）と、その基礎・地盤の様子を示す。基礎にはひび割れが見られ、地盤変状も確認できるが、被害の程度は小さい。写真 4.9 に新興住宅地と思われる建築物群の様子を示す。建築物の被害は見られず、前面道路に大きな損傷は見当たらない。



写真 4.1 A 通り・県道 28 号北側の道路の舗装の様子



写真 4.2 1 階が倒壊している建築物



写真 4.3 写真 4.2 の基礎のひび割れを確認。地盤変状は確認できなかった。



写真 4.4 中破と思われる建築物



写真 4.5 写真 4.4 の基礎のひび割れ及び地盤変状を確認



写真 4.6 軽微・無被害に見える建築物



写真 4.7 写真 4.6 の建築物周辺の地盤変状



写真 4.8 写真 4.6 の建築物の基礎の様子。ひび割れを確認



写真 4.9 新興住宅地と思われる建築物群。建築物は無被害に見える。道路舗装も健全

4.2 益城町安永地区（A 通り）、県道 28 号の南側の状況

写真 4.10 に、A 通りの県道 28 号の南側で見られた道路の舗装の様子を示す。県道 28 号の北側と同様に、道路舗装には地震によるものと思われるひび割れや段差が見られたが、被害の程度は北側よりも大きい。写真 4.11 に軽微・無被害と思われる建築物の様子を示す。写真 4.12 に示すように、周囲には地盤変状が認められ、一部に盛土の崩落と思われる被害が認められたが、基礎は無損傷であった。写真 4.11 の建築物の建築年代は、比較的新しいように見えるが、写真 4.13 に示すような、建築年代が古いと思われる建築物は、県道 28 号の南側で多数倒壊していた。写真 4.14 に、造成宅地に立地する軽微・無被害と思われる建築物の様子を示す。建築物の被害は小さいと見られるが、写真 4.15 のように、犬走りに多数のひび割れが見られ、地盤変状が生じていると思われる。さらには、写真 4.16 に示すように、基礎にひび割れが認められた。写真 4.17 に、大破と思われる建築物の様子を示す。写真 4.18 に示すように、この建築物では基礎周りに地盤変状が認められ、基礎にも比較的大きなひび割れが認められた。写真 4.19 に、秋津川に近い建築物の被害の様子を示す。秋津川に近づくにつれて、建築物の被害は小さくなる印象を受けた。写真 4.19 の建築物についても、軽微・無被害と思われる。ただし、秋津川近くの地盤では写真 4.20 のように、地震によると思われる地盤変状が多数見られた。



写真 4.10 A 通り・県道 28 号南側の道路の舗装の様子。北側に比べて損傷が大きく見える。



写真 4.11 軽微・無被害と思われる建築物



写真 4.12 写真 4.11 の建築物の基礎と周辺地盤。地盤変状が認められるが、基礎は無被害



写真 4.13 倒壊した建築物。県道 28 号南側は古く見える建築物が多数倒壊



写真 4.14 造成宅地に立地する軽微・無被害と思われる建築物



写真 4.15 写真 4.14 の基礎周りの様子。地盤変状が生じていると思われる損傷が見られる。



写真 4.16 写真 4.14 の建築物の基礎の様子。ひび割れを確認



写真 4.17 大破と思われる建築物



写真 4.18 写真 4.17 の建築物の基礎周りの様子。基礎にひび割れが見られ、地盤変状も認められる。



写真 4.19 秋津川に近い軽微・無被害に見える建築物



写真 4.20 写真 4.19 の建築物の周辺地盤、秋津川近くは地盤変状が大きい。

4.3 益城町宮園地区（B通り）、県道28号の北側の状況

写真4.21に、B通りの県道28号の北側で見られた道路の舗装の様子を示す。A通りと同様に、舗装には所々でひび割れや段差が認められ、地盤変状が生じた痕跡と考えられる。県道28号より北側では、写真4.22に示すように、盛土擁壁上に建てられている建築物が多く見られる。写真4.22の建築物は、調査範囲の北端近くに位置するが、建築物の被害は小さく、擁壁にも損傷が見当たらない。写真4.22の建築物、写真4.23の建築物、写真4.25の建築物の順に、B通り沿いに県道28号に向かって並んでいるが、写真4.23の建築物では写真4.24に示すような盛土擁壁の損傷が認められ、写真4.25の建築物では盛土擁壁が崩落しており、県道28号に近づくにつれて盛土擁壁の被害が大きくなる傾向を示す。写真4.26の建築物は県道28号の近くに位置しているが、1階が倒壊している。写真4.27は、この建築物の基礎の一部分の様子であるが、ひび割れを確認することができた。



写真 4.21 B通り・県道28号北側の道路の舗装の様子（被害の大きい箇所）



写真 4.22 軽微・無被害に見える建築物。擁壁にも損傷が見当たらない。



写真 4.23 軽微・無被害に見える建築物。擁壁に損傷あり。



写真 4.24 写真4.23の建築物周辺地盤の様子。盛土擁壁に変位した形跡あり。



写真 4.25 軽微・無被害に見える建築物。擁壁は崩落、基礎に損傷なし(写真4.23より南の建築物)。



写真 4.26 倒壊した建築物



写真 4.27 写真 4.26 の建築物で確認できた基礎の様子。一部にひび割れを確認できる

4.4 益城町宮園地区（B通り）、県道28号の南側の状況

写真 4.28 に、B通りの県道28号の南側で見られた道路の舗装の様子を示す。道路は砂利による応急措置が取られていると思われるが、写真の奥では道路の崩落も確認でき、A通りと同様に、県道28号の南側で見られる舗装の損傷及び地盤変状は北側よりも大きい印象を受けた。写真 4.29 に建築年代が新しいと思われる建築物の被害の様子を示す。この建築物は1階が倒壊しており、基礎の状態を十分に確認することはできなかったが、写真 4.30 に示すように、確認できた範囲では基礎に損傷が見られず、地盤変状も見られなかった。一方、写真 4.31 に示すように、建築年代が古く見える建築物は、県道28号の南側では多数倒壊していた。写真 4.32 に、大破と思われる建築物の様子を示す。写真 4.33 に示すように、この建築物の床下では、床束がほとんど外れており、基礎の立ち上がり部が曲げ破壊していた。写真 4.34 に示すように、この建築物の周辺地盤には地盤変状が見られる。写真 4.35 に、大破と思われる建築物の様子を示す。1階部分が大きく変形しており、写真 4.36 に示すように、基礎の破壊も見られる。また、この建築物は盛土擁壁の上に位置しており、写真 4.37 に示すように、近傍の擁壁には大きな亀裂が認められる。一方で、写真 4.38 に示す建築物は、写真 4.32、4.35 の近くに位置しており、被害が大きい例であるが、写

真 4.39 に示すような地盤変状が認められるものの基礎の損傷は見当たらない。写真 4.40 は、倒壊した建築物の様子であるが、地盤変状が認められ、基礎にも損傷が認められる。写真 4.41 は、倒壊には至っていない建築物の様子であるが、ある程度の残留変形が見られると共に、写真 4.42 に示すように、基礎のひび割れや地盤変状も見られる。

以上を整理すると、県道 28 号の南側で確認された大破・倒壊に相当する建築物の被害は、1) 比較的新しく見える建築物を含む倒壊の事例で基礎全体の状況確認が困難なもの(写真 4.2、4.26、4.29、4.31)、2)地盤変状が認められる大破の建物で、基礎に損傷が見られるもの(写真 4.17、4.32、4.35、4.40)、3)地盤変状が認められる大破の建物で、基礎の損傷が軽微なもの(写真 4.38、4.41)、に分けられる。地盤変状が建築物被害に影響を及ぼすメカニズムを構造力学的な観点から考えると、地盤変状が生じることによって基礎が損傷し、1 階柱脚に強制変位が作用することによって、建築物に構造的被害が生じると仮定できるが、3)のように地盤変状が認められても基礎の損傷が軽微な事例では、地盤変状が建築物被害に及ぼした影響は小さく、建築物被害の主要因は振動と言える。一方、2)については、地盤変状及び基礎の損傷が建築物被害に影響を及ぼした可能性を否定することはできないが、基礎の損傷状況を見る限りは、建築物を大破させるほどの変位が柱脚に作用したようには見えない。そのように考えると、主として建築物の振動によって大破以上の被害が生じたと思われる。1)のような倒壊事例に関して、基礎の状態を十分に確認できていないため、現時点で断定することはできないが、この地域の大破等の甚大な建築物被害については、振動が主な要因であった可能性が高いと考えられる。今後、倒壊建物に対する基礎の状況調査を進めることによって、建築物被害の主要因を特定していくことが必要と思われる。



写真 4.28 B 通り・県道 28 号南側の道路の舗装の様子。砂利による応急措置が取られていると思われる。



写真 4.29 建築年代が新しいと思われる倒壊建築物



写真 4.30 写真 4.29 の建築物で辛うじて確認できる基礎。地盤変状はなく、基礎にも損傷は見当たらない。



写真 4.31 倒壊した建築物。A通りと同様に、県道 28 号南側は古く見える建築物が多数倒壊



写真 4.32 大破と思われる建築物



写真 4.33 写真 4.32 の建築物の基礎。床束は全て外れ、基礎は立ち上がり部で曲げ破壊が生じている。



写真 4.34 写真 4.32 の建築物の周辺地盤。地盤変状は大きいと思われる。



写真 4.35 大破と思われる建築物



写真 4.36 写真 4.35 の建築物の基礎。破壊しているが打継があるようにも見える。



写真 4.37 写真 4.35 の南側にある擁壁。大きな亀裂が見える。



写真 4.38 大破と思われる建築物



写真 4.39 写真 4.38 の建築物の周辺地盤。変状は認められるが、基礎の損傷は見えない。



写真 4.40 被害の大きい建築物。周辺地盤の変状が認められ、基礎の損傷も認められる。



写真 4.41 大破と思われるが倒壊には至っていない建築物



写真 4.42 写真 4.41 の建築物の基礎。ひび割れが認められるが、破壊はしていない。地盤変状は認められる。

5. 熊本市南区近見地区及び刈草地区における液状化被害調査

地盤の液状化及びそれによる建築物の被害の調査は、図 5.1 に示す熊本市南区近見地区及び刈草地区の赤点線の範囲を対象に、地上目視により実施した。液状化発生の有無は、地震直後の調査では地表の噴砂痕などにより確認する機会が多いが、調査時(4月23日)は発災後1週間が経過しており、その間には調査当日を含めて降雨があった。そこで、本調査では顕著な地盤変状の有無と建築物の沈下・傾斜及び周辺地盤の沈下の状況によって液状化の発生の有無を判断した。

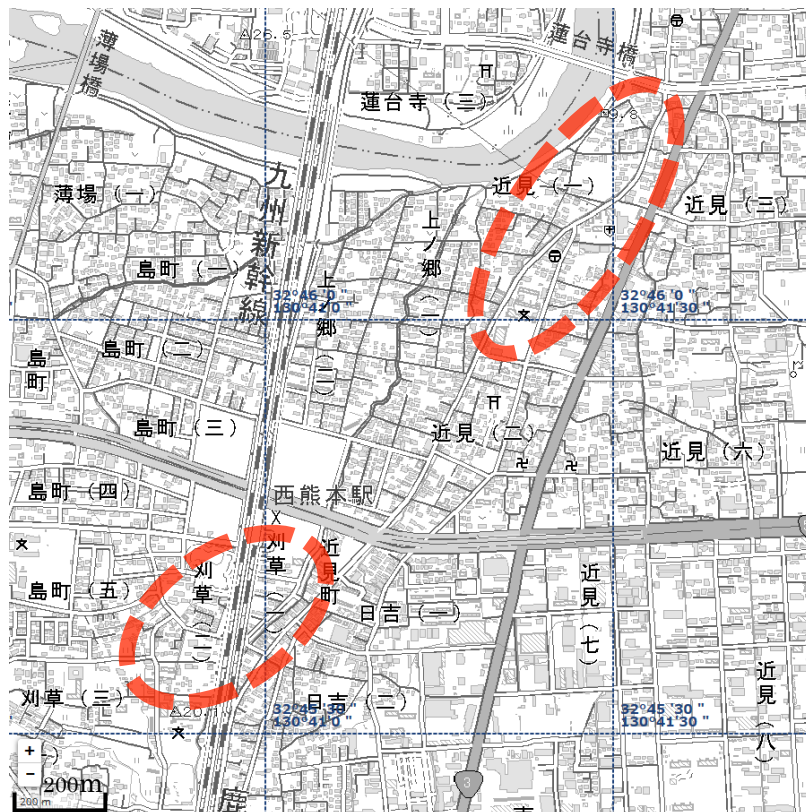


図 5.1 熊本市南区近見地区及び刈草地区における液状化被害調査の範囲(赤点線)(背景地図: 国土地理院電子地形図(タイル))

5.1 近見地区

写真 5.1、5.2 に示すように、2 階建て木造住宅が上部構造に損傷のないまま沈下・傾斜している状況が多く見られた。これは、1995 年兵庫県南部地震や 2011 年東北地方太平洋沖地震で液状化した地域においても広く見られた光景であり、地盤の液状化によるものと思われる。また、写真 5.3、5.4 に示すように、平屋建て木造住宅でも沈下・傾斜している場合が少なからず見られた。なお、写真 5.3 に示すように、この住宅は近傍地表に見られる地割れ痕跡の延長線上に位置している布基礎の立ち上がり部分に地盤変位に起因すると思われる大きな裂傷が認められるが、他の平屋建て木造住宅でも同様の基礎被害が多いわけではない。この地域の木造住宅の基礎形式は、布基礎の比率が高いように見えた。

写真 5.5、5.6 及び 5.7、5.8 は、地盤の液状化により沈下・傾斜したと思われる 2 階建て店舗併用住宅及び 3 階建て商業建築である。写真から、これらの沈下・傾斜の程度は、上述の木造住宅のそれに比べて、大きいように見える。同様の建築物の沈下・傾斜被害は、他にも数棟見られた。なお、これらの建築物の基礎形式は確認できなかったが、沈下・傾斜の状況から、直接基礎と思われる。

写真 5.9、5.10 は、地盤の液状化により周辺地盤が大きく沈下したと思われる病院である。周辺地盤が沈下して建物との間に大きな段差が生じていることから、この建築物は（先端支持による）杭基礎である可能性が高い。なお、写真 5.11 は、写真 5.10 と概ね同じアングルで平成 28 年 4 月 15 日の午前中に撮影されたものである。写真 5.10、5.11 の比較から、4 月 14 日以降に発生した複数回の大地震によってこの建築物の周辺地盤が沈下したことが示唆される。一方で、倒壊建築物の比較的近傍に位置する小学校（写真 5.12、5.13）においても、校舎や体育館の周辺地盤が沈下している状況が見られたが、その程度は写真 5.9-11 の病院に比べて明らかに小さい。現時点では、この地域における液状化による地盤沈下量の相異がどんな原因により生じたのかは不明である。なお、この地区において、液状化被害により、倒壊・崩壊に至った建築物は確認されなかった。



写真 5.1 地盤の液状化により沈下・傾斜したと思われる 2 階建て木造住宅



写真 5.2 写真 5.1 の建築物の 1 階玄関部分の沈下状況



写真 5.3 地盤の液状化により基礎の損傷を伴って沈下したと思われる平屋建て木造住宅



写真 5.4 写真 5.3 の建築物の縁側部分の沈下状況



写真 5.5 地盤の液状化により沈下・傾斜したと思われる 2 階建て店舗併用住宅



写真 5.6 写真 5.5 の建築物の 1 階部分の沈下状況



写真 5.7 地盤の液状化により沈下・傾斜したと思われる 3 階建て商用建築物



写真 5.8 写真 5.7 の建築物の 1 階部分の沈下状況



写真 5.9 地盤の液状化により周辺地盤が大きく沈下したと思われる病院



写真 5.10 写真 5.9 の建築物の周辺地盤の沈下状況（平成 28 年 4 月 23 日午後撮影）



写真 5.11 写真 5.9 の建築物の周辺地盤の沈下状況（平成 28 年 4 月 15 日午前撮影）



写真 5.12 小学校校舎の周辺地盤の沈下状況（熊本市南区近見）



写真 5.13 写真 5.12 の小学校の体育館の周辺地盤の沈下状況

5.2 刈草地区

JR 線の東側の範囲では、写真 5.14、5.15 に示すように、地盤の液状化により沈下・傾斜したと思われる 3 階建て店舗併用住宅が数棟見られた。写真 5.15 では、この建築物の沈下・傾斜の程度は、近見地区における同様のケース（写真 5.6、5.8）に比べて大きいように見えるが、他の建築物では必ずしもそうではない。また、写真 5.16 に示すように、隣接する建築物同士が近づくような傾斜形態（いわゆる「おじぎモード」）も見られた。

一方、JR 線の西側の範囲では、建築物の大多数は 2 階建て木造住宅で、地盤にも建築物にも地盤の液状化に起因する被害があるようには見えなかった。新築中の 2 階建て木造住宅の工期表示の中に、宅地が柱状改良されている旨の記載が見られた（写真 5.17、5.18）ことから、地盤改良によって宅地の液状化発生が抑制されている可能性も考えられる。なお、この地区において、液状化被害により、倒壊・崩壊に至った建築物は確認されなかった。



写真 5.14 地盤の液状化により沈下・傾斜したと思われる 3 階建て店舗併用住宅



写真 5.15 写真 5.14 の建築物の 1 階部分の沈下状況



写真 5.16 地盤の液状化によると思われる隣接建築物同士が近づくような傾斜形態



写真 5.17 被害の見られない新築中の 2 階建て木造住宅

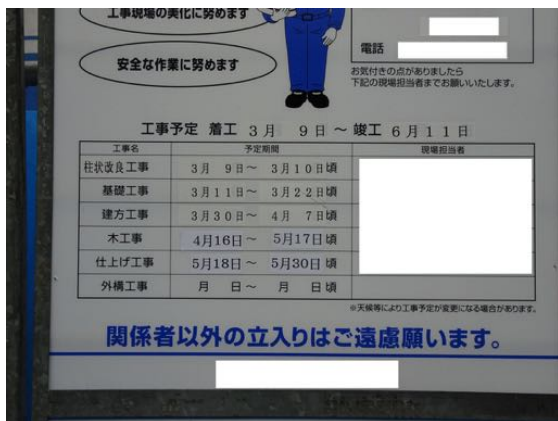


写真 5.18 写真 5.17 の建築物の工期表示 (宅地
が柱状改良されている。)

6. まとめと今後の課題

第四次調査では、建築物の被害要因になりうる基礎の損傷及び敷地地盤の変状の状況を確認するために、1) 第一次・第二次調査で建築物の被害が特に大きいとされた益城町の通り目視調査(南北方向)、2) 別途の情報で液状化被害が見られているとされた熊本市南区の現地踏査、の2つの調査を実施した。本報告では、益城町の通り目視調査地域における被害事例について、①宮園地区の県道28号の北側では、地形の関係上、盛土擁壁で宅地を造成している物件が多いが、28号に近づくにつれて、建築物被害及び盛土擁壁の被害が大きくなる傾向があること、②安永地区、宮園地区共に、県道28号の南側では北側よりも建築物の被害が数多く見られること、③県道28号の南側で見られた大破・倒壊の建築物において、地盤変状と基礎の損傷が共に認められる事例、及び地盤変状が認められるものの基礎の損傷が小さい事例が見られたことを示した。現時点で断定することはできないが、構造力学的な観点から地盤変状が建物被害に及ぼすメカニズムを考えると、この地域の建築物被害に対して、地盤変状による強制変位ではなく振動が大破等の甚大な建築物被害の主要因であった可能性が高いと考えられる。熊本市南区の液状化被害調査については、④液状化被害は南区で広く見られるが、液状化による地盤沈下量には地域差が見られたこと、⑤現時点で液状化による地盤沈下量の大小の原因は不明であること、⑥液状化により倒壊・崩壊に至った事例は確認されなかったこと、を示した。

今後の主な課題として、益城町の県道28号南側で建築物及び盛土擁壁の被害が大きかったことについては、これらが受けた地震動特性を明らかにすることが重要であり、表層地盤の調査と得られた物性値に基づく表層地盤増幅特性を考慮した強震動評価が必要であること、②熊本市南区の液状化被害のメカニズム把握には、さらなる情報の収集や調査検討が必要であること、が挙げられる。

おわりに

本地震で亡くなられた方及びそのご遺族に対し、深く哀悼の意を表します。また、被災された方々に心からお見舞いを申し上げますとともに、復興を祈念いたします。

本調査を実施するにあたり、国土交通省九州地方整備局建政部の関係者の皆様には情報提供など大変お世話になりました。ここに深謝申し上げます。