

平成 28 年熊本地震における 宅地液状化防止事業への取組事例

熊本市 都市建設局 都市政策部 震災対策課 うえむら ゆういち あべ じゅんじ
上村 祐一, 安部 順二

1. はじめに

2016年4月14日及び16日に発生した熊本地震は、わずか28時間の間に最大震度7が2回、震度6の地震が5回、余震の累計は4,000回を超えるものとなった。これにより、道路や橋梁等公共施設、個人所有の家屋や擁壁などのさまざまな施設に甚大な被害が生じたため、現在も復旧復興への取り組みを継続しているところである。

本稿は、公共土木施設災害復旧事業費国庫負担法（以下、「負担法」という）による復旧を除く、公共事業による施設復旧のための事業検討や再度災害防止への取り組み、宅地液状化防止事業による再度災害防止への取組事例を紹介するものである。

2. 熊本市の概要

熊本市は、九州の中央に位置し有明海に面しており、3水系の下流部に形成された熊本平野の大部分を占める地形であり、平成24年から指定都市に移行した。また、古くから「水の都」とよばれるように、水環境に恵まれた都市であり、上水道の全てを100%天然地下水で賄っており、日本屈指のおいしい水として広く知られている。

総面積は合併等を経て390.32 km²（平成28年4月）、人口は約74万人（平成27年国勢調査結

果）である。気候は、寒暖の差が大きく夏には蒸し暑い日が続くのが特徴で、年平均気温は16.9℃、同降水量は1,985.8 mm（1981～2010年）となっている。

3. 熊本地震の概要

観測データを表-1に示す。熊本市においては、前震で震度6弱、本震で震度6強を計測している。熊本地震における特徴的な点を下記に列挙する。

- ・震度7の地震が2回発生（観測史上初）
- ・一連の地震で震度6弱以上の地震が7回発生（観測史上初）
- ・余震の発生回数（累計）は4,364回（平成29年7月31日現在、気象庁ホームページより）
- ・前震、本震いずれも「横ずれ断層型」
- ・陸域の浅い地震であった（パンフレット「活断層の地震に備える」文部科学省・気象庁より）

また、熊本市における負担法での査定決定件数及び額は163件、102億円を超えるものであり、住家被害は、全壊5,761件、大規模半壊8,950件、半壊38,780件、一部損壊81,239件（平成29年11月末時点の、り災証明書交付件数より）、がけ崩れ被害戸数は約4,300戸（被災宅地危険度判定結果等推計値より）、液状化被害戸数は約2,900戸（基礎調査等推計値より）であった。

表－1 平成28年熊本地震観測データ

	前震	本震
地震発生時刻	平成28(2016)年4月14日21時26分	平成28(2016)年4月16日 1時25分
震源地名	熊本県熊本地方	熊本県熊本地方
発生場所(緯度経度)	北緯32度44.5分、東経130度48.5分	北緯32度45.2分、東経130度45.7分
発生場所(深さ)	深さ11km	深さ12km
規模(マグニチュード)	6.5	7.3
最大震度	7(熊本県益城町)	7(熊本県益城町、西原村)

「平成28年(2016年)熊本地震」(気象庁命名)は、平成28(2016)年4月14日21時26分以降に発生した熊本県を中心とする一連の地震活動をさす。

引用：国土交通省気象庁ホームページ>各種データ・資料>顕著な地震の観測・解析データ>平成28年(2016年)熊本地震
https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2016_04_14_kumamoto/index.html

4. 復旧事業の選定

被害箇所を復旧するにあたり、道路・橋梁・河川等公共施設については負担法によって、採択の範囲外の公共施設については熊本市財源によって復旧した。

このほか、避難路等保全施設を含む盛土造成地やそれに面する宅地擁壁は「大規模盛土造成地滑動崩落防止事業」で、ライフラインに被害が及ぶ可能性がある斜面は「災害関連地域防災がけ崩れ対策事業」での国庫補助事業を活用し、これら事業の制度拡充要望や要件緩和により事業対象を拡大した。以上の事業要件の対象とならない施設は、復興基金を財源とする被災宅地復旧支援事業を活用した。

また、地盤の液状化が要因と推測される被害も多く、再液状化防止の予防措置として「宅地液状化防止事業」を活用した(図-1)。

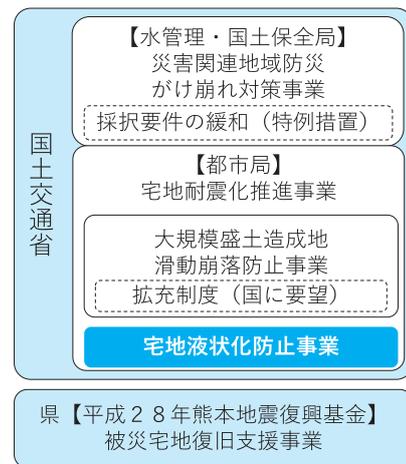


図-1 活用事業

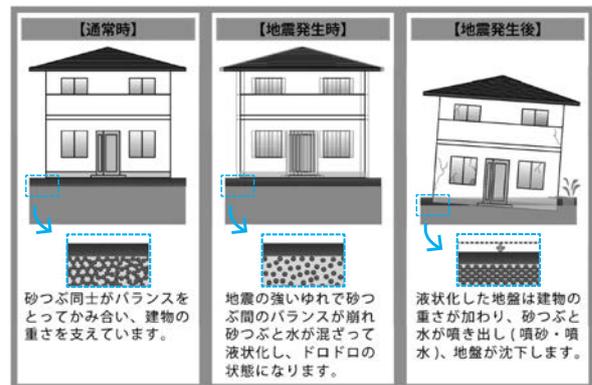


図-2 液状化発生時の模式図

5. 宅地液状化防止事業の活用事例

(1) 宅地液状化防止事業

活用事例を紹介する。液状化発生のメカニズムは「市街地液状化対策推進ガイドランス」にて、図-2のように示されている。

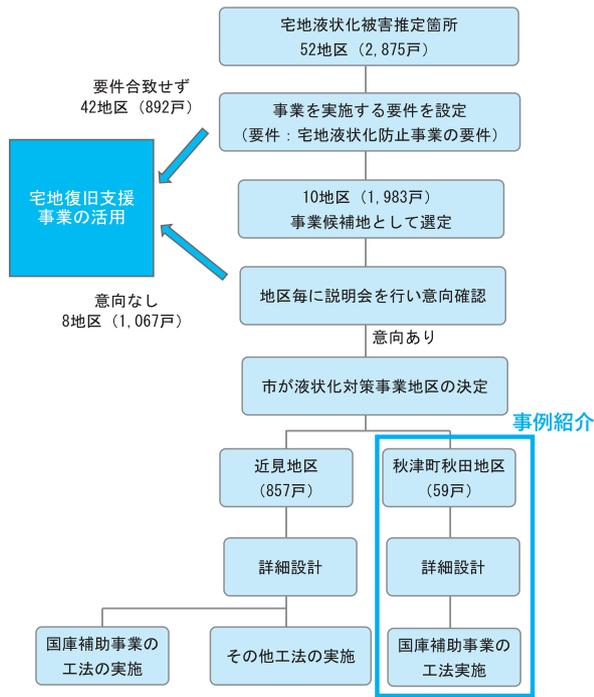
また、国庫補助要件等は以下のとおりである。

- ① 3,000 m² 以上、10 戸以上
- ② 区域内の宅地所有者、借地権者のそれぞれ 2/3 以上の同意(熊本市判断で 80% 以上による

実施)

- ③ 液状化により公共施設に被害の発生のおそれ
- ④ 公共施設と宅地の一体的な液状化対策事業対象地区選定フローを図-3に示す。

液状化によるものと推定される地区は52地区、2,875戸存在したが、前記の要件①や④を満たす地区は10地区(42地区該当せず)であった。そこで、事業化に向けての地元説明会(延べ302



図－3 事業対象地区選定フロー

回) やシンポジウム等の開催により、地元合意に向けた取り組みを行った。そのような過程を経ても、要件②を満たす地区は2地区(8地区該当せず)に留まった。

次に、事業実施に至った「秋津町秋田地区」での事業活用事例を紹介する。

(2) 秋津町秋田地区の位置と被害状況

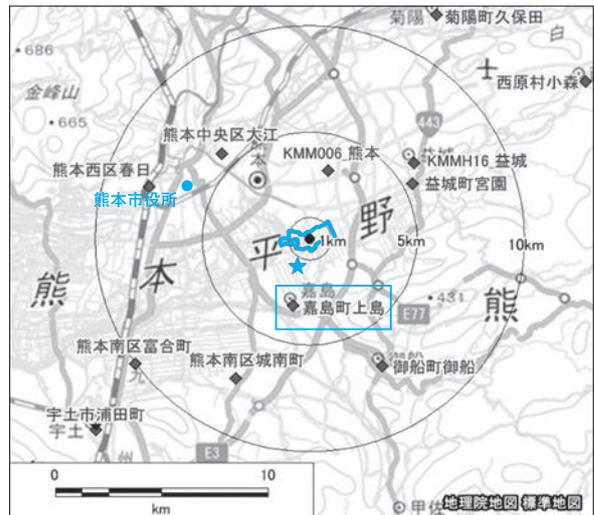
秋津町秋田地区は、熊本市の南東部に位置する2河川合流部の埋立地(昭和46年造成開始)で、熊本地震震央付近に位置する(図-4, 5)。

前震及び本震によって、北側の河川に沿って亀裂が走り、変状が宅地へも及んだ(写真-1)。

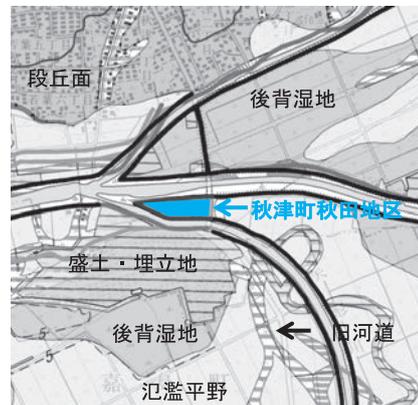
(3) 被害メカニズムと詳細設計

地震前後の沈下差分図により地区全体が沈下しており、特に北側河川に沿って、その傾向が顕著であることが確認できた。また、河川に面した道路上の基準点が、河川方向へ移動していることも確認できた。

以上のことから、地盤の側方流動による宅地被害を想定し、図-6のフロー図によって、この被害が地盤の液状化を起因とする現象であるかなど



図－4 秋津町秋田地区位置図



図－5 位置詳細図



写真－1 被害写真

被害メカニズムを検証した。

まず、①既存ボーリングデータの収集と調査ボーリングの実施、②物理試験や液状化強度試験などの室内試験結果により③地質断面図を作成し

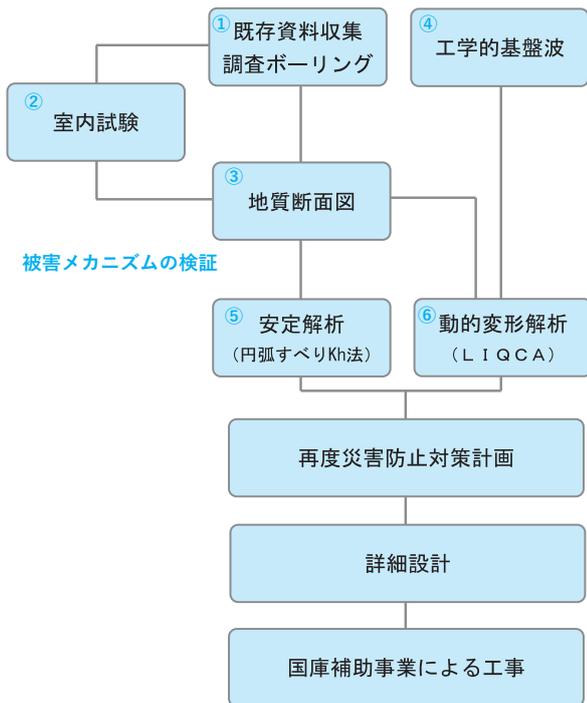


図-6 調査フロー図

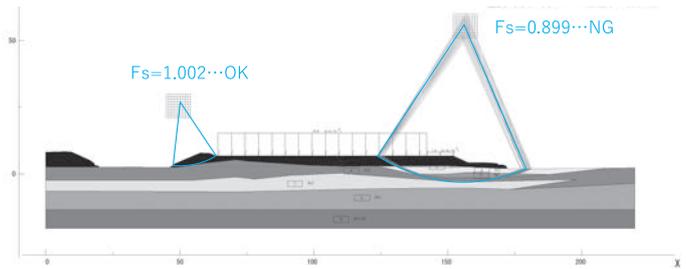


図-7 安定解析結果 (対策前)

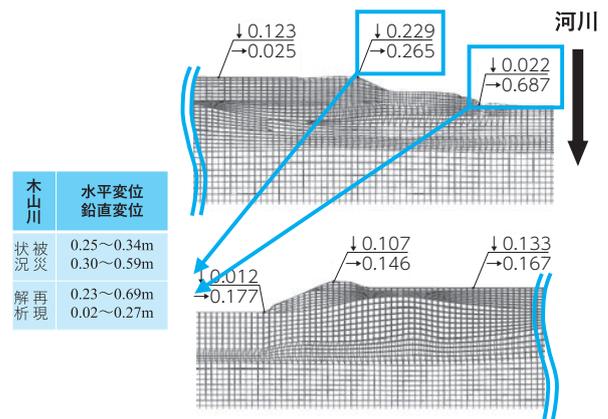


図-8 動的変形解析結果 (対策前)

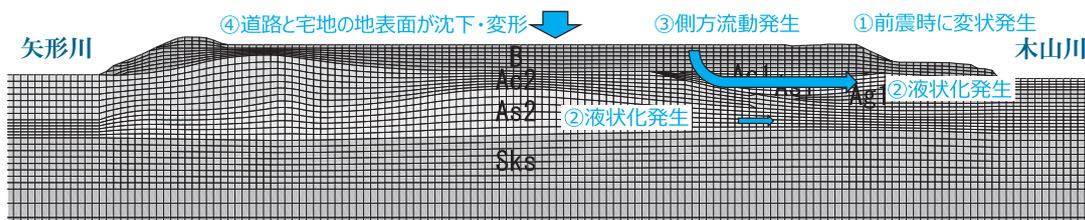


図-9 被害メカニズム

た。他方、④基盤波作成モデルと熊本地震で得た地震波形から工学的基盤波を作成した。これらのデータを用いて、⑤円弧すべり法による安定解析、⑥LIQCAによる二次元動的解析を行い、「北側の河川に沿って亀裂」が生じた被害原因が液状化を起因とする側方流動であることを確認した。図-7~9に解析結果、被害メカニズムを示す。

川と宅地の間の管理用道路直下に改良体を設けることで対策効果を検証した。

【改良体設計条件】

- ・改良幅：「改良深さの1/2に相当する範囲」を最小とする。
- ・改良深度：原則として、液状化対象層の下端深度<改良深度

(4) 設 計

再度災害防止対策として、以下の2点を設計条件として設定した(タイプ2地震動)。

- ① 安定解析で、 $F_s > 1.0$ を満足すること
 - ② 動的変形解析で、地区全体の地表面に生じる傾斜角が3/1,000以下であること
- 現地条件等から、図-10のモデルのように河

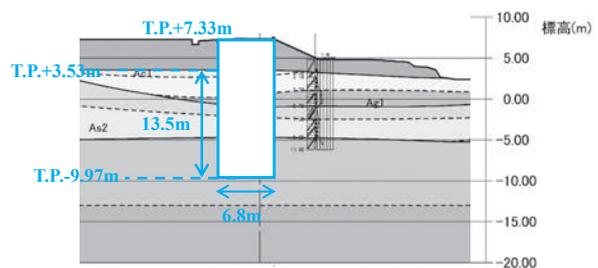


図-10 解析モデル

- ・改良強度： $q_u=500 \text{ kN/m}^2$ 以上
- ・改良率： $ap=78.5\%$ 以上（接円以上）
- ・改良体の安定性：円弧すべり・改良体全体の安定

検証の結果，下記のとおり改善し，対策効果を確認した。

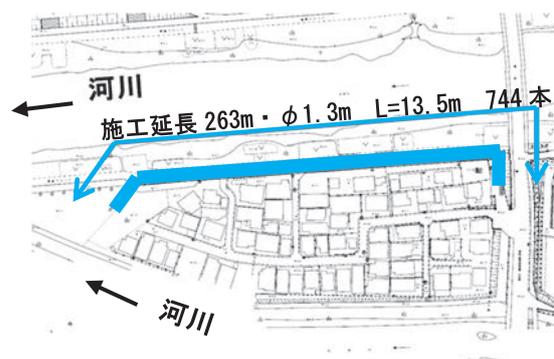
【検証結果】

- ・安定解析： $F_s = 1.078$ （1.0 以上）
- ・動的変形解析：3/1,000 未満（地区全体の傾斜）

(5) 施 工

対策に必要な改良体は，スラリー攪拌工法で設計した（図－11）。

工事は，仮設工事も含め2か年にわたる非出水期で計画し，河川などの周辺環境に配慮しながら実施した。また，改良地盤中に工事前の調査ボーリングでは確認できなかった想定外の転石が堆積していたため，先行掘削といった補助工法の追加，この補助工法によっても施工不能で高圧噴射攪拌工法への工法変更を余儀なくされた箇所が存在するなど，困難な状況に対応しながら令和3年3月に竣工することができた。（写真－2，3）



図－11 改良体設置計画図



写真－2 改良体施工写真



写真－3 左：着手前・右：完了

6. おわりに

宅地液状化防止事業は，公共施設と宅地の一体的な液状化対策を行うものであることから，現道上での工事量が多くなり，日常生活への影響が大きい。そのため，事前の同意と説明が円滑な事業推進には重要となる。また，宅地液状化防止事業は予防措置としての活用も可能であり，事前防災・減災対策の取り組みの観点から新しいまちづくりへの積極的な活用が有効と考える。

平成28年熊本地震発生から5年が経過し，国庫補助による公共土木施設の復旧を終え，宅地液状

化防止事業を除く事業や基金による復旧は終盤を迎えているなか，宅地液状化防止事業は今年度，最盛期を迎える。円滑な事業推進が行えるよう，緊張感を持って業務にあたっているところである。

最後に，熊本地震からの復旧復興のために他市町村から応援いただきました職員の皆様，事業推進にご指導いただいております国土交通省，熊本県及び熊本市液状化対策技術検討委員の皆様へ感謝を申し上げますとともに，今後ともご協力いただきながら，令和4年度末の工事完了に向けて取り組んでまいります。