

報告書概説

I. 調査結果総括

(1) 事業経緯

平成23年3月11日に発災した東日本大震災において、潮来市では地盤の液状化による被害が各所で発生した。中でも日の出地区における液状化による被害は甚大で、東日本大震災復興交付金事業により液状化対策事業計画案作成事業を実施し、現在は、この事業計画案に基づき液状化対策推進事業を実施中である。

その中であって、市内の潮来・辻地区、小泉地区、十番地区、徳島地区、延方・大洲地区の各地区では、日の出地区と同様な被害が多く見られたため、これら5地区においても日の出地区に続き、液状化対策事業計画案作成事業を実施するものとした。

(2) 調査結果

本調査は平成25年2月に着手し、平成24年4月に国土交通省都市局および国土技術政策総合研究所から公開された「東日本大震災による液状化被災市街地の復興に向けた検討・調査について（ガイダンス（案））（平成24年4月）国土交通省都市局、国土技術政策総合研究所」に沿って実施した。その後、平成26年3月に国土交通省都市局都市安全課から「市街地液状化対策推進ガイダンス（平成26年3月）」が公開され、これ以降はこのガイダンスに沿って実施している。

調査の結果、この5地区においては「東日本大震災復興交付金交付要綱（国土交通省）」の「附属編 交付対象事業及び国費の算定方法」における「16 都市防災推進事業（市街地液状化対策事業）」（以後、要綱と記す）に規定されている市街地液状化対策推進事業を施行するための要件を満たすことができないと結論され、事業化は不可能と結論した。

本報告書はこの一連の調査経緯をとりまとめたものである。

(3) 東日本大震災復興交付金交付要綱（国土交通省）

以下に「東日本大震災復興交付金交付要綱（国土交通省）」の「附属編 交付対象事業及び国費の算定方法」における「16 都市防災推進事業（市街地液状化対策事業）」を示す。

【16 都市防災推進事業（市街地液状化対策事業）】

大地震時等における地盤の液状化による公共施設の被害を抑制するため、公共施設と宅地との一体的な液状化対策を推進する事業。

1. 定義

市街地液状化対策事業とは、次の第1項及び第2項に定める事業をいう。その他16関係部分における用語の定義は、次の第3項及び第4項に定めるところによる。

1 「液状化対策事業計画案作成事業」とは、公共施設と宅地との一体的な液状化対策により、大地震時等における地盤の液状化による公共施設の被害を抑制するために必要な液状化対策事業計画案の作成及びコーディネートに関する事業をいう。

2 「市街地液状化対策推進事業」とは、公共施設と宅地との一体的な液状化対策により、大地震時等における地盤の液状化による公共施設の被害を抑制するために行われる調査及び事業をいう。

3 「公共施設」とは、道路、公園、下水道、河川、水路その他公共の用に供する施設をいう。

4 「宅地」とは、建築物、工作物又はその他の施設の敷地で公共施設の用に供するもの以外のものをいう。

2. 交付対象事業

本事業の交付の対象となる事業は、地方公共団体が行う液状化対策事業計画案作成事業及び市街地液状化対策推進事業とする。

3. 施行地区

市街地液状化対策推進事業は、東日本大震災復興特別区域法第7条第1項に規定する復興交付金事業計画の区域のうち、次の各号の要件を満たす地区で行うものとする。

一 4.による液状化対策事業計画の区域内で行うもの。

二 4.による液状化対策事業計画の区域の面積が3,000㎡以上であり、かつ区域内の家屋が10戸以上であるもの。

三 4.による液状化対策事業計画の区域内の宅地について所有権を有するすべての者及びその区域内の宅地について借地権を有するすべての者のそれぞれの3分の2以上の同意が得られているもの。

四 公共施設と宅地との一体的な液状化対策が行われているものと認められるもの。

4. 液状化対策事業計画の策定

1 市街地液状化対策推進事業を行おうとする者は、復興交付金事業計画調査設計に、次に掲げる事項を定めた計画（以下「液状化対策事業計画」という。）を添付するものとする。

一 対象とする区域

二 対象区域の面積

三 計画期間

四 公共施設と宅地との一体的な液状化対策の内容

五 市街地液状化対策推進事業において行われる交付対象事業

六 交付対象事業の概算事業費

七 土地所有者等の負担額

八 その他必要な事項

2 液状化対策事業計画を策定しようとするときは、あらかじめ関係事業者及び公共施設管理者と液状化対策事業計画について協議しなければならない。

3 液状化対策事業計画を策定する場合は、5.による液状化対策検討委員会の意見を聴かななければならない。

4 第1項から前項までの規定は、液状化対策事業計画を変更する場合に準用する。

5. 液状化対策検討委員会の設置

1 市街地液状化対策推進事業を行おうとする者は、液状化対策事業計画の策定に当たり第三者の意見を求める機関として地盤の液状化に関する専門家その他の学識経験者等から構成される委員会（以下「液状化対策検討委員会」という。）を設置しなければならない。

2 液状化対策検討委員会は、液状化対策事業計画について安全性、経済性等の観点からその妥当性を審議し、不適切な点又は改善すべき点があると認めた場合は、意見の具申を行うものとする。

II. 調査結果概要

(1) 総括

潮来・辻地区、小泉地区、十番地区、徳島地区、延方・大洲地区の5地区は、平成23年3月11日に発災した東日本大震災において、日の出地区に次ぐ被害が発生した。潮来市では、当該5地区についても液状化対策検討が必要と判断し「都市防災推進事業（市街地液状化対策事業）」（以降、市街地液状化対策事業と記す）における「液状化対策事業計画案作成事業」を実施するに至った。

各地区の代表的な被害状況を以下に示す。詳細については本編を参照されたい。



本調査は平成25年2月に着手し、当時の最新基準案である「東日本大震災による液状化被災市街地の復興に向けた検討・調査について（ガイダンス（案））（平成24年4月）国土交通省都市局，国土技術政策総合研究所」（以後、ガイダンス案と記す）に沿って調査に着手した。その後、調査期間途中で「市街地液状化対策推進ガイダンス（平成26年3月）国土交通省都市局都市安全課」（以後、ガイダンスと記す）が公開され、以降はこれに沿って調査を進めている。

調査ではガイダンスに沿って、被災状況調査、造成履歴調査、既存地盤情報の収集調査、発生地震波の収集調査、新規地質調査を経て、震災前地盤の液状化発生検証、震災後地盤の再液状化予測を行ったうえで、「地下水位低下工法」「格子状地中壁工法」の2つの対策工法を適用した場合の工法の概要、および、効果と影響の検討を行った。

その結果を持って「東日本大震災復興交付金交付要綱（国土交通省）」の「附属編 交付対象事業及び国費の算定方法」における「16 都市防災推進事業（市街地液状化対策事業）」（以後、要綱と記す）の「5. 液状化対策検討委員会の設置」に規定される「潮来市液状化対策検討委員会」（以降、委員会と記す）において「安全性、経済性等の観点での妥当性」を審議した結果、「当該5地区では、地下水位低下工法、格子状地中壁工法のいずれの対策工法によっても、東日本大震災復興交付金事業における市街地液状化対策事業の「市街地液状化対策推進事業」を実施する妥当性は認められない」と結論し、事業の実施は不可能と結論した。

その詳細な経緯は、各地区各々の地盤条件他によって異なるため個々に後述するものとするが、総じて指摘された事項は以下の通りである。

- ①. 各地区とも液状化による被害とみられる現象は認められるものの、宅地被害状況調査（罹災証明調査）の結果から「液状化による家屋被害数が多い」とは言い難い。」
- ②. また、公共施設被災状況調査の結果から「液状化による公共施設の被害数が多い」とは言い難い。」
- ③. 公共施設の被害は道路下の埋設物件の浮き上がりに起因するものが主であり、これらに対しては復旧工事において砕石で埋め戻すことにより一定水準の対策は実施済みであると評価する。
- ④. 市街地液状化対策事業の主旨である「大地震時等における地盤の液状化による公共施設の被害を抑制するため、公共施設と宅地との一体的な液状化対策を推進する」の条文中における「大地震」を今回の震災と同じ地震と捉えるのであれば、再液状化の発生により予想される被害とは、今回の震

災における被災と同じこととなる。その場合、前項に示す通り、当該 5 地区の今回の震災による被害は多いとは認め難く「事業に対する経済性の観点において液状化対策推進事業を事業化する妥当性は認め難い。」

- ⑤. ボーリング調査の結果、当該 5 地区の液状化層厚は概ね 3m 前後と、日の出地区の液状化層厚(最大層厚 5m)に比較して薄い。
- ⑥. 潮来・辻地区では表層近くに非液状化層が面的な広がりを持って存在しており、液状化被害の発生に影響を及ぼしていると推察された。
- ⑦. トレンチ掘削調査(アイモア横)において、下方で発生した液状化が表層近くの非液状化層により上方へ吹き上げることを阻害されている痕跡が確認された。
- ⑧. トレンチ掘削調査(潮来駅近傍)の結果、表層近くの浅い埋め土層においても液状化現象が発生している痕跡が確認されたが、その規模は局所的で小規模なものであった。
- ⑨. トレンチ掘削調査(潮来駅近傍)の結果、表層の粘性土層を貫通して地表まで達する砂脈が確認された。これが今回の震災時に当地で見られた噴砂の原因の一つと推測するが、そのメカニズムは、地割れ状の地盤のクラックを伝って噴出したと推察され、地盤全体が液状化により強度が低下するものとは異なると推察する。
- ⑩. C 1 4 による年代測定の結果、当該 5 地区では、表層付近の人工地盤の下の浅い位置で、数千年前の古い年代が観測された。

(2) 各地区

①. 潮来・辻地区

潮来・辻地区では、噴砂や亀裂、陥没など液状化に起因するとみられる被害が各所で発生した。

また、液状化による罹災家屋数は全71軒(全壊0軒、大規模半壊11軒、半壊40軒、一部損壊20軒)と、5地区の中では多くの被害が認められた。

土地造成履歴調査の結果、液状化による罹災家屋数が比較的多く見られた区域は、常陸利根川の浚渫土をポンプ圧送して造成した地区に整合することが明らかとなった。しかしながら、先進事例の日の出地区と比較すると罹災グレードは低く、さらに道路、下水等の公共施設に対する被災程度も日の出地区に比較すると軽度であると評価された。



図-4. 潮来・辻地区迅速図(左)、国土地理院国土変遷アーカイブ(1972)(右)

地盤条件としては、地質調査の結果、表層の薄い埋め土層の下に粘性土層が面的に広がっており、その下に液状化層となる砂層が分布していることが分かった。

地質調査結果を用いたガイダンスによる再液状化による被害可能性予測においては、この非液状化層の影響を評価することができないため、本調査ではトレンチ掘削調査により液状化面を露頭観察することにより、この影響を推測するものとした。

その結果、「粘性土層より下の砂質土の液状化は粘性土層に阻まれ水平方向に流れること、粘性土層上の薄い盛土層では液状化が発生しても部分的、散発的な小規模なものであること」が確認された。その中で、地表に認められた噴砂は地震により生じた地盤の亀裂に沿って地表まで噴き上げている痕跡が観察された。

結論として、潮来・辻地区の地盤においては、液状化によるとみられる被害が発生しているものの、地盤全体が液状化を起こし、その結果、地盤の支持力を失い多数の家屋に被害を及ぼす可能性は低いと結論した。また、公共施設の被災に対しては復旧に際して、砕石による埋め戻しを行うことにより対策は実施済みと評価した。

以上の状況から、事業要件である一体的な対策の必要性は認めがたく、多大な費用を投資した対策工の実施は経済性の観点から妥当でないと結論され、市街地液状化対策推進事業の事業化は不可能であると結論した。

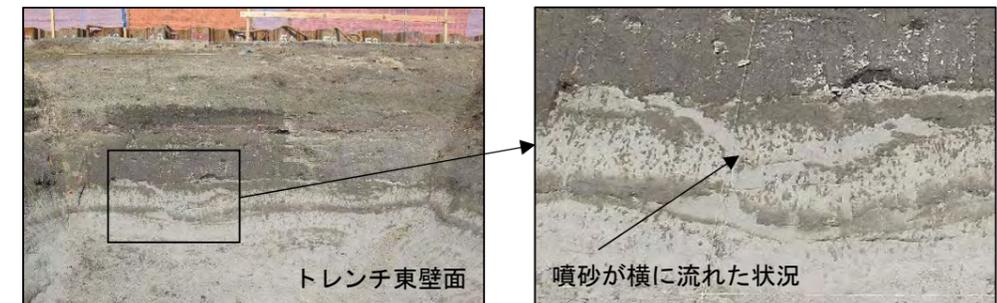


図-5. トレンチ掘削調査(アイモア横)における液状化の露頭写真

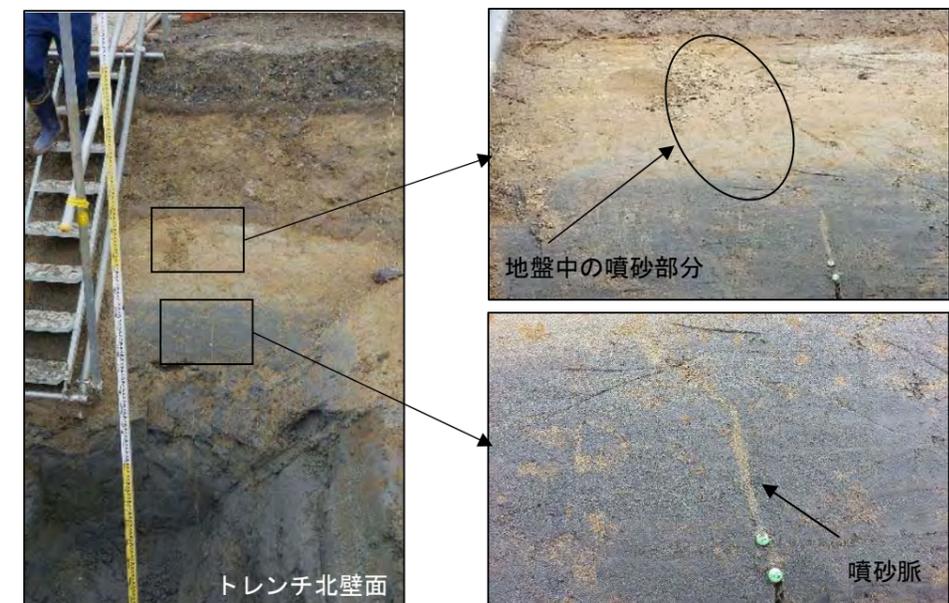


図-6. トレンチ掘削調査(潮来駅近傍)における液状化の露頭写真

②. 小泉地区

小泉地区では、地区周辺は土地造成履歴調査の結果、かつての溜め池を埋め立て造成した地盤で、県立潮来高校のグラウンド部分では噴砂の跡が埋め立て前の池の形状に整合していた。

一方、関係資料調査の結果、本調査の対象区域である県立潮来高校グラウンドの盛土法尻部には液状化による地盤の変状を示す痕跡が認められず、被災は県立潮来高校の盛土体が液状化したことによる法面崩壊であることが明らかとなった。

さらに、これに対しては、県立潮来高校側の復旧事業の中でグラウンド下に地下排水溝を布設し、盛土法尻に布団かごを設置する対策が図られていることが明らかとなった。

これらの状況から本地区では、今回の震災における被災に対する必要な対策は施行済みであるとし、市街地液状化対策事業による対策事業は行わないことと結論した。

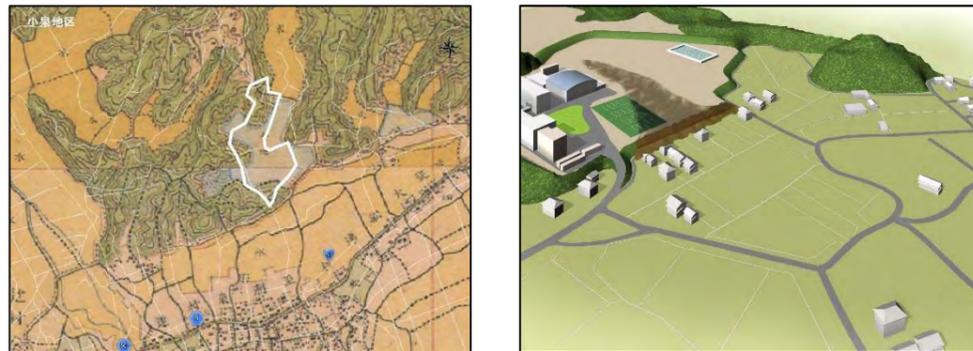


図-7. 小泉地区迅速図(左)、被災イメージ図(右)

③. 十番地区

十番地区では、主に道路内に噴砂や亀裂など液状化に起因すると思われる被害が発生し、東関東自動車道では本線を横断する方向に被害が発生した。

この被害箇所は土地造成履歴調査の結果、『なまず川』と呼ばれる旧河道によく整合している状況が確認された。

調査では、旧河道の中心とこれを跨ぐ左右の3点でボーリング調査を実施し、旧河道部分におけるボーリング結果では地表から3m程度の深さまで砂質地盤が確認され、その両側のボーリング結果からは粘性土地盤という状況が認められた。

そこで、さらに、この旧河道の位置と断面形状を探る目的で、(独)防災科学研究所と(独)産業技術総合研究所が共同開発した「極小アレイ探査」を実施した。

その結果、液状化被害発生の原因と考えられる旧河道の埋め立て地盤は Google Earth で色調の変わって見えるエリアとよく整合し、さらに、このエリアは液状化被害発生箇所ともよく整合していることが確認された。

これらの状況から、対策工を検討するエリアは旧河道敷となり、このエリアは現在、道路として利用されている部分がほとんどと言う状況となる。

従って、ガイダンスに示される対策工法である「地下水位低下工法」あるいは「格子状地中壁工法」では、「市街地液状化対策事業」の事業要件である「公共施設と宅地との一体的な液状化対策」となることができず、本地区では市街地液状

化対策事業は実施できないと結論した。

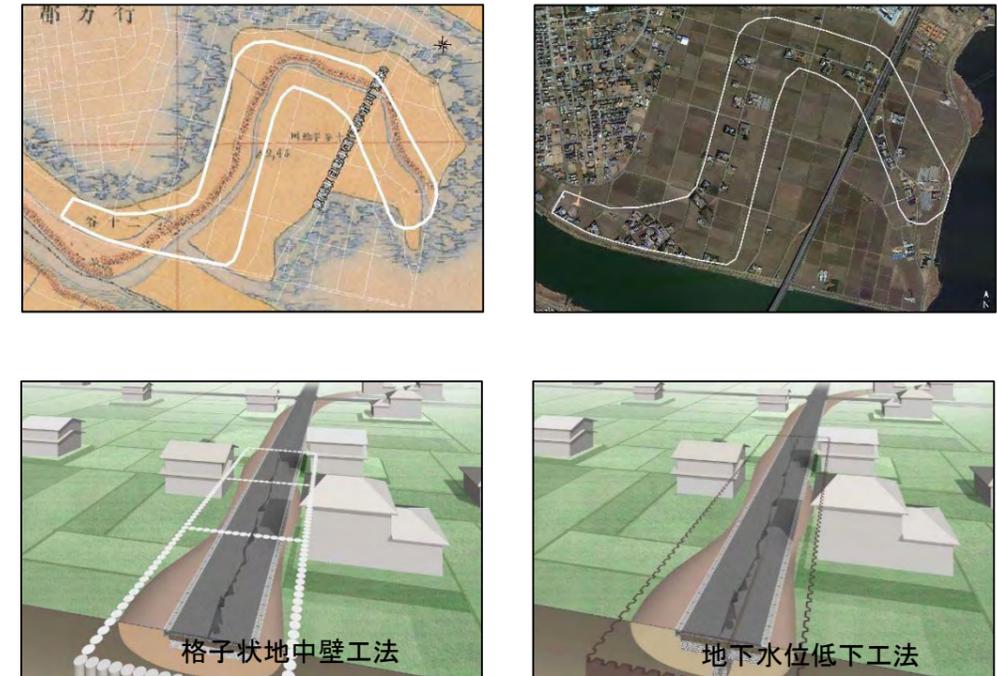


図-8. 十番地区迅速図(上左)、Google Earth(上右)、対策イメージ図(下)

④. 徳島地区

徳島地区では、常陸利根川の堤防道路上に液状化によるものとみられる噴砂や亀裂が多く認められた。しかしながら、これについては、国管理の施設であり、今回の事業では対象外となる。

また、宅地被災状況調査では液状化による罹災家屋が極めて少ないこと(液状化による罹災件数3軒、内、半壊1軒、一部損壊2軒)が明らかとなった。

この状況より、今回の震災と同じ地震を受けた時に予想される被害を抑制することを目的とする市街地液状化対策事業では、液状化対策事業を実施できないものと結論した。

なお、本調査においては地質調査結果を用いたガイダンスによる再液状化による被害可能性予測で、地区全域が「顕著な被害の可能性が高いランクを示す“C”判定」となっており、今回の震災と同じ地震を受けたときの被害予測結果としては、実際の今回の震災における被災家屋数の少ない被害状況(被害家屋が地区全域で3軒)との間で明らかに不整合を示していると評価し、ガイダンスにおける「4章対策工の検討」の中の「4-3 震災前の地盤状況の再現及び液状化発生の確認」

の「(2) 液状化発生の確認」の解説文中「1) 液状化に対する安全率 (F_L 値) の算定」に記載される「地盤生成年代による補正係数」を適用して補正を行うものとした。

当該ガイダンスの趣旨は「予防対策を行う上でも本ガイダンスの知見を参考とされたい」とされているように、一般的な事例への適用も念頭に置いており、個別事例に対しては過大側になる可能性があることが否めない。そこでガイダンスにおける「地盤生成年代による補正係数」の適用を「沖積層で圧密時間が400~500年以上経過していることが明らかな場合には、地盤生成年代効果を考慮することができるものとし、その地盤の生成年代による補正係数は“1.4”を上限とする」という規定に対して、本調査では、地盤の生成年代として「C14による年代測定」による実測値を適用し、ガイダンスに示される「図4-9 液状化強度増加率の経時変化」の図表を参考に補正係数を設定するものとした。この結果、地区全体に対する“C”判定は軽減し、家屋罹災が極めて少ない（地区全域で液状化による被災家屋が3軒）という実態と整合する結果を得たと評価する。

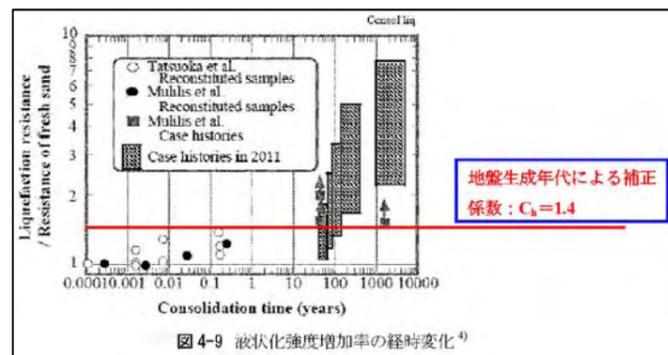


図-9. 液状化強度増加率の経時変化（ガイダンスより）

⑤. 延方・大洲地区

大洲地区では、公共施設の被災状況として、道路において液状化によるものとみられる路面の亀裂、噴砂、沈下などの被害が発生した。延方地区近傍(地区外)では、道路面の大規模な亀裂が発生した。

宅地被災状況調査では液状化による罹災家屋は極めて少ないことが明らかとなった。延方地区の液状化による罹災件数は6軒(全壊1軒、大規模半壊2軒、半壊2軒、一部損壊1軒)、大洲地区は3軒(大規模半壊1軒、半壊2軒)であった。また、延方地区近傍(地区外)で見られた道路の大規模な液状化被災はその後の調査によりかつての河川部分を埋め立て造成したものであり、面的に同一の地盤条件

によるものでないことが明らかとなった。

これらの状況より、今回の震災と同じ地震を受けた時に予想される被害を抑制することを目的とする市街地液状化対策事業では、液状化対策事業を実施できないものと結論した。



図-10. 延方・大洲地区迅速図(左)、Google Earth(右)

(3) 液状化ハザードマップについて

本業務の結果、公共施設と宅地との一体的な液状化対策を推進する事業である、市街地液状化対策推進事業の事業化は不可能と結論された。今後は、将来の建替え時等において所有者等による住宅の液状化対策を計画的に促すような取り組みに展開していくものとする。そのためには、その最初の資料となる「液状化ハザードマップ」の作成が望まれる。潮来市では東日本大震災復興交付金事業により「潮来市液状化ハザードマップ作成事業」を実施することとなり、本調査結果はその基礎資料としても、活用できるものとする。