

# 埋立地の液状化対策の必要性とは ～東日本大震災におけるディズニーランド敷地内と浦安市内で の液状化被害の差から学ぶ～

芝浦工業大学柏高等学校  
3年5組22番千田大晋

## 要旨

近年、大規模な地震が発生するたびに起こる液状化について、特に埋立地での被害が問題視されている。実際に大きな被害に見舞われた浦安市の例を基に、埋立地での液状化対策の必要性を示すために研究していく。また、首都直下型地震、南海トラフ巨大地震等の大型地震に向けての液状化対策の今の現状から、これからの課題を見つけていく。

## キーワード

液状化、土木工学、地盤、首都直下型地震、南海トラフ巨大地震、埋立地、

## 目次

- 第1章 はじめに
- 第2章 研究手法
- 第3章 当時の液状化被害の状況
  - (1)液状化のメカニズム
  - (2)当時の浦安市の被害
- 第4章 原因と考察
  - (1)被害の差の原因と考察
  - (2)対策の差が生まれた要因
  - (3)まとめ
- 第5章
- 第6章 おわりに
- 参考文献・引用文献

## 第1章 はじめに

私は大学で土木系の学科で災害について学びたいと思っており、具体的に何を学びたいか考えた際に近年、被害が多発して問題となっている「液状化」に興味をもった。また、この研究を行う際には液状化のメカニズムを軸に自分自身の研究を進めていくことに決めた。

先行研究では、液状化のメカニズムについていくつか述べられているものがあつたが、これらはやや抽象的に感じたため、場所と時間を絞り、液状化の発生メカニズムに関する研究を行いたいと思った。この考えを基に研究対象を探した結果、東日本大震災の液状化被害に多く見舞われた浦安市に的を絞ることにした。そこで、参考文献として使うために浦安市の当時の被害について調べたところ、浦安市内の至る所で液状化の被害があつたにも関わらず、ディズニーランドではその被害がほとんどないことがわかつた。私は、なぜ同じ浦安市でここまで被害に差が生まれたのか不思議に思い、原因を調査し、研究することにした。

また、首都直下型地震、南海トラフ巨大地震といった、今後起こると想定されている地震の際の液状化

被害の削減に繋げていくためにもこの研究活動を進めていこうと思った。



左 浦安市内の貯水タンクが地面から飛び出した写真 ([http://urayasu-shinsai-archive.city.urayasu.lg.jp/special/page\\_01/](http://urayasu-shinsai-archive.city.urayasu.lg.jp/special/page_01/))  
右 東日本大震災直後の東京ディズニーランドの写真 (<https://www.asahi.com/business/gallery/130411tdr/a63.html>)

## 第2章 研究手法

最初に浦安市内の液状化被害の調査を参考にその分布や被害の深刻度から液状化被害の特徴を調べ、ディズニーランド敷地内とその特徴について比較する。その後、浦安市内とディズニーランド敷地内で東日本大震災以前、過去にどのような液状化対策を行ってきたか参考文献をもとに調査する。以上の調査からそれぞれの相違点を考え、考察する。

以上の調査、考察より、これから埋立地において首都直下型地震、南海トラフ巨大地震などの大地震を前にどのような対策が必要なのか考える。

## 第3章 当時の液状化被害の状況

### (1) 液状化のメカニズム

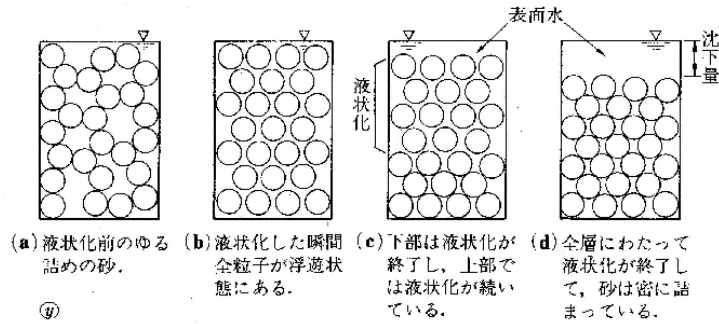
そもそも液状化についての研究をするのにも関わらず、液状化を明確に説明できるほど、詳しい知識がないままであった。そこで国土交通省のホームページを参考に、改めて液状化の仕組みについて調べることにした。そのサイトによると、液状化のメカニズムについて次のように述べている。

(下図a) 地盤内の密実でない砂質土は、砂粒子間の押し合う力によって安定を保っている。

(下図b) 地震による連続した振動は砂粒子を密実化させる方向に働くが、砂粒子の間隙に存在する水(間隙水)の流出(地下水位の上昇)は短時間には進まないため、間隙水の圧力(間隙水圧)は一時的に上昇する。そして遂に噛み合わせが完全に外れて水に浮いたようになり、(液状化した瞬間)強度を失って建築物等に影響を及ぼす。

(下図c) 砂粒の沈降速度が一定とすれば、沈降距離の短い下部から順次沈降が完了して安定な状態になり、上部ほど沈降距離が長いので、水に浮いたような(液状化した)状態は長く続く。

(下図d) 時間の経過によって、砂粒子が密実化することで体積が減少して地表面が沈下する。また、間隙水の排出も進むが、その一部が地表面に吹き出すこともある。



砂の液状化の発生から終了までの過程

出典: 吉見吉昭:『砂地盤の液状化(第二版)』技報堂出版、1991、p.8

(2) 当時の浦安市の被害

液状化のメカニズムを知ることができたが、今度は実際の東日本大震災における浦安市の液状化の被害状況について参考文献を基に調べることにした。

(I) 浦安市内

浦安市は元町地域、中町地域、新町地域の3つの地域に区分される。元町地域は埋め立てによって市域が拡大する前からあった浦安市の地域、中町地域は市役所などがある昭和39年からはじめた海面埋立事業により新しく誕生した地域、新町地域は昭和47年から着工された第2期埋立事業で新たに造成された地域である。下の右図の浦安市の主な液状化被害箇所を表しており、被害分布は主に中町地域と新町地域で多くなっていることがわかる。一方で元町地域では被害がほとんど見られない。



さらに細かく被害分布を調べたところ、中町地域の広大なレクリエーション用地と近隣の居住地域からなる舞浜地域、主に鉄鋼関係の工場が立ち並ぶ鉄鋼通り地域では、ほぼ全域で液状化による地盤の沈下と大量の墳砂を確認されたことがわかった。また、新町地域は中町地域とは違い全域で被害が見られたわけではなく、公園や河川沿いの道路などの限られた箇所(浦安市墓地公園等)で液状化による激しい被害が確認されたが、真新しいマンションやホテルが建ち並ぶ居住地域(有明、高洲、日の出)における被害は見られなかった。

(II) 東京ディズニーランド

東京ディズニーランドは昭和58年に建設され、浦安市の地域のうち中町地域に属している。中町地域は先ほど述べた通り東日本大震災において、ほぼ全域で液状化の被害が確認されている。私は「ではディズニーランドでは液状化被害に見舞われたのだろうか」と思ったが、実際は駐車場の一部で液状化現象が発生したものの、テーマパーク内では液状化現象が発生せず、建物に被害はなかった。同じ中町地域であるはずなのに、東京ディズニーランドだけなぜここまで液状化による被害が少なかった

のか、これからその原因を解明していく。

## 第4章 原因と考察

### (1) 被害の差の原因と考察

これらの被害の差が生まれた原因を解明するときに2つの観点から調べることにした。

#### (Ⅰ) 地域

浦安市は先ほど述べた通り、元町地域、中町地域、新町地域に分かれている。第2章ではそれぞれの地域の被害状況を調べ、液状化被害に差があることがわかった。次に具体的になぜ被害の差が生まれたのか参考文献から調べることにした。

まず、浦安市は約4分の3が埋立地ということから、埋立地の造られた年代の違いから液状化の被害の差が生まれたのではないかと思い、各地域の埋立地の歴史を調べた。浦安市ホームページによると、元町地域はそもそも埋立地ではない、中町地域は昭和39年から始まった海面埋立事業、新町地域は昭和47年から着工された第2期埋立事業でそれぞれ新たに造成されたことがわかった。元町地域における液状化被害が少なかったのは単に埋立地に属していないということから明らかである。また、昭和53年に建築基準法の改正が行われた。新町地域の一部や昭和58年にオープンしたディズニーランドは改正後に造られ、被害が少なく、改正前に造られた中町地域や他の新町地域で液状化被害が多く見られたことから、埋立地の造られた年代は液状化被害の差に関係していると思われる

#### (Ⅱ) 液状化対策の差

(Ⅰ)で埋立地の年代の差が関係しているとわかったが、他の原因が何かないか考えたとき、建設後の埋立地のあり方に問題があるのではないかと考えた。その結果、次に浦安市のそれぞれの地域とディズニーランドにおいて、東日本大震災以前に十分な液状化対策が為されていたのかについて調査することにした。

中山高樹(浦安市市長公室長・災害復興本部担当)の調査によると、「地盤締固工法や過剰間隙水圧消散工法により対策をしたエリアでは、道路や歩道に損傷はなく、敷地内での噴砂現象は確認されなかった。また、地盤沈下促進対策として実施されたサンドドレーン工法施工箇所においても、同じように噴砂現象は確認されなかった。」とある。このことから事前に液状化対策がされていた場所も存在しており、東日本大震災においてもその効果が発揮されたということがわかる。また、「戸建住宅などの小規模建築物(直接基礎建物)は、地盤沈下で不同沈下を起こし、約3700棟が半壊以上の被害認定を受けるなど大きな被害になった。一方、大・中規模建築物は、支持杭、摩擦杭で施工されていたことより、本体には大きな被害が発生しなかったが、周辺の地盤沈下による出入口の段差やライフラインの寸断などの被害が発生した。」とある。第3章の調査で真新しいマンションやホテルが建ち並ぶ居住地域と、広大なレクリエーション用地と近隣の居住地域からなる舞浜地域、主に鉄鋼関係の工場が立ち並ぶ鉄鋼通り地域に液状化被害の差が確認されたが、これは鉄鋼関係の工場や一般の住居(小規模建築物)と真新しいマンションやホテル(大・中規模建築物)で液状化対策に違いがあったからだとわかった。次にディズニーランドに関して、当時の記事には「東京ディズニーランドなど液状化が発生しなかった地域は、1978年の建築基準法の改正以降に埋め立てが行われ、液状化対策の地盤改良工事が施されていた。東京ディズニーランドの敷地内ではサンドコンパクション・パイル工法と呼ばれる工法が取られており、締め固めた砂の柱を地中に多数埋め込むことで地中の密度を高め、地震の振動による液状化現象を防止することができるという。羽田空港の第4滑走路や江東区などでも、このサンドコンパクション・パイル工法による地盤改良工事が行なわれており、埋立地の軟弱な地盤を補強している。」と書かれている。このことから、ディズニーランドでは東日本大震災以前に十分な対策が行われていたことがわかった。

以上のことから液状化被害の差が生まれた原因は埋立地の造られた年代とその後の地盤改良工事等の液状化対策の差にあると考える。

### (2) 対策の差が生まれた要因

(1)で液状化対策の必要性を確かめることができたが、なぜ同じ浦安市で対策がされている場所とそうでない場所があるのか、2つの要因が考えられる。1つ目は事業の負担が大きいことである。下の図は液状化対策の工法の詳細の表であるが、高額な費用や工事のための条件が厳しいことから一般の居住者が行うにはかなり難しいことがわかる。東日本大震災で液状化の被害が確認されたのも戸建住宅が密集

する場所であったため、この要因は正しいことがわかる。

案	評価取りまとめ
A 案 杭状改良工法	・建物直下の施工時に床の開口、補修工が必要 ・一戸当たり20～30百万円程度の高額な費用負担
B 案 静的圧入締固め工法	・細粒分の多い地盤の締固め効果について要検討 ・建物直下の施工時に床の開口、補修工が必要 ・一戸当たりの15～20百万円程度の高額な費用負担
C 案 格子状改良工法 (深層混合処理工法)	・戸建て住宅への適用例が無く、格子間隔について要検討 ・宅地内での施工可能な小型機械の開発が必要 ・一戸当たり7～10百万円程度の費用負担
D 案 格子状改良工法 (高圧噴射攪拌工法)	・戸建て住宅への対策としては技術開発の途中段階 ・一戸当たり4～8百万円程度の費用負担
E 案 地下水水位低下工法	・液状化防止効果や地盤沈下等への影響、ポンプ、止水壁の設置等について詳細な検討が必要 ・一戸当たり初期費用は安価だが維持管理費用が必要
その他 住宅建替時に対応	・価格、効果を勘定して、所有者の事情に応じた工法の選択が可能だが、地域全体の一体的な対策が困難 ・一戸当たり3～5百万円程度の費用負担

※一戸当たりの負担額は概算額である。  
地盤特性や施工方法、官民の負担区分を検討する必要があり、その結果によっては大きく異なる場合がある

2つ目は浦安市全体の液状化に対する意識が低かったことである。そもそも東日本大震災以前は大型地震も少なく、世間的にも液状化被害の深刻さがあまり認知されていなかった。中山高樹(浦安市市長公室長・災害復興本部担当)の調査によると、東日本大震災の余震は30分とかなり長いことがわかった。このように想定されていたよりも東日本大震災が大規模なことから液状化被害が深刻になってしまったと思われる。

### (3)まとめ

浦安市内と東京ディズニーランドの液状化被害の差は埋立地の造られた年代とその後の地盤改良工事等の液状化対策の差から生まれており、大地震の多い現代で埋立地における液状化対策の必要性がよくわかった。

## 第5章液状化対策の課題

第4章の調査から、埋立地の地盤の液状化を考慮して設計・建築されていない戸建て住宅などの建物は建築基準法や宅地造成等規制法の関連法律における規制や、住宅の品質確保の促進等に関する法律における住宅性能表示事項への地盤の液状化を含めた地盤の品質説明と品質確認の項目の追加、木造建築士の試験内容での地盤の液状化の項目の追加など、宅地が液状化する可能性があるかどうかの調査をより細かくし、補強する必要があることがわかる。しかし、それらを実施するにあたって国や市の支援だけでは費用が補えないのが今の現状である。液状化対策を普及させるためにも、これから精度があり低価格の簡易調査法や液状化対策方法が必要となる。また首都直下型地震大型地震や南海トラフ巨大地震といった今後想定されている大型地震が発生する時期も近いと言われている。早急に液状化対策を広めなければ、東日本大震災の二の舞になってしまうだろう。

## 第6章 おわりに

今回液状化対策というテーマで研究をしたが、大学で土木系の学科で防災分野を学びたいと思っていた私にとって良い機会になったと思う。論文としての完成度は低いかもしれないが、次に大学で論文を作成する際の参考になるのでよかった。内容に関しても、液状化の仕組みやこれからの液状化対策の課題など幅広く教養をふかめることができたと思う。今回の研究で、新しく精度があり低価格の簡易調査法や液状化対策方法が必要だとわかったが、今度はそれらを作成するための探究活動もしていきたい。

## 参考文献・引用文献

- 国土交通省 液状化の基礎知識 ([https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi\\_fr1\\_000011.html](https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_fr1_000011.html))

- 豊田 浩史, 原 忠, 竹澤 請一郎, 高田 晋, 須佐見 朱加(2012)  
「簡易動的貫入試験と表面波探査による浦安市の液状化被害分析と応急対策への適用性」  
(<https://doi.org/10.3208/jgs.7.207>)
- 加納陽輔 東北地方太平洋沖地震による千葉県浦安市の被災状況(速報)  
([https://www.jsce.or.jp/branch/kanto/index\\_topics/jisin/201103\\_jisin\\_chiba\\_6.pdf](https://www.jsce.or.jp/branch/kanto/index_topics/jisin/201103_jisin_chiba_6.pdf))
- おいでよ浦安(浦安市ホームページ)  
(<https://www.city.uravasu.lg.jp/shisei/profile/oideyo/1001478.html>)
- 中山高樹(浦安市市長公室長・災害復興本部担当)  
「3・11 から 1 年、浦安、液状化被害との戦い」  
(<http://www.ued.or.jp/report/pdf/no9/04.pdf>)
- Moneyzine 記事 (<https://moneyzine.jp/article/detail/195950>)