

地形改変と液状化発生の関係 その2 ー旧河道における土質特性ー

○長屋淳一¹・大島昭彦²・北田奈緒子³・諏訪靖二⁴・磯野栄一⁵・野牧優達⁶・春日井麻里⁷¹(株)地域地盤環境研究所・²大阪公立大学・³(一財)GRI 財団・⁴諏訪技術士事務所・⁵(株)森川鑿泉工業所・⁶応用地質(株)・⁷元 (一財) 地域地盤環境研究所

1. はじめに

1964年に発生した新潟地震において液状化現象は世界から注目され、この被害を契機に液状化現象の研究が本格的に始まり、その後の大規模地震においても液状化被害を被っている。このような液状化被害事例の中でも、かつて水辺であったため池や沼地および旧河道などにおける被害事例が数多く報告されている。これは、液状化が発生しやすい地盤条件としては、①細砂、中砂が主体で粒径が揃っている（均等係数が小さい）地盤、②緩く（N値が小さい）堆積した地盤、③地下水位が高い地盤であることであり、ため池や沼地および旧河川では、河川改修や埋立に伴い、これらの条件に当てはまるような地盤が形成されやすいためであると考えられる。本論文では、まず、過去の大規模地震により旧河道における液状化被害事例を紹介し、さらに、淀川流域の河川改修の履歴と形成された旧河道の土質特性を調べ、液状化発生との関連性について検討を行う。

2. 旧河道における液状化発生事例

1) 東北地方太平洋沖地震における事例^{1),2)}

(1) 利根川流域

図-1、図-2 に東北地方太平洋沖地震において利根川流域の旧河道で発生した液状化事例を示す。

① 千葉県我孫子市布佐 (図-1)¹⁾

東北地方太平洋沖地震の際に千葉県我孫子市のJR 成田線布佐駅周辺で液状化現象が認められ、噴砂や電柱・ブロック塀・家屋の傾動・沈下、地波現象（道路の波打ち）等の被害が生じた。顕著な液状化現象は限定した範囲で出現しており、治水地形分類図を見ると、旧河道の沼を埋立てた土地であることがわかる。また、1947年撮影の米軍空中写真(USA-M675-1)を見ると北東-南西方向に延びる細い水部が存在しており、液状化が激しかった箇所が、その細長い水部の箇所と一致している。

② 千葉県神崎町 (図-2)¹⁾

千葉県神崎町の松田から神崎神宿にかけては、利根川の旧河道を埋めた土地であり、東北地方太平洋沖地震の際に液状化による大量の噴砂があり、その痕跡が残されていた。また、公園の駐車場では激しい亀裂やうねりが存在し、トイレなどの構造物は50 cm以上も抜け上がっていた。この液状化が発生した箇所は、明治10年代の迅速測図では、利根川の本流となっている。その後の河川改修で閉鎖された水部として残されたが、1947年撮影の米軍写真(USA-R391-23)では、旧河川が



図-1 東北地方太平洋沖地震における液状化事例
(千葉県我孫子市布佐 利根川旧河道)



図-2 東北地方太平洋沖地震における液状化事例
(千葉県神崎町 利根川旧河道)

Relationship between Landform transformation and liquefaction Part 2 - Soil Characteristics in the old river channels - Junichi Nagaya¹, Akihiko Oshima², Naoko Kitada³, Seiji Suwa⁴, Eiichi Isono⁵, Yuutatsu Nomaki⁶, Mari Kasugai⁷ (¹Geo-Research Institute Co.,Ltd., ²Osaka Metropolitan University, ³Geo-Research Institute, ⁴Geo Office SUWA, ⁵Morikawasakusen Co.,Ltd., ⁶Oyo Corporation, ⁷ex-Geo-Research Institute Co.,Ltd)

KEY WORDS : Landform transformation, Liquefaction, Old river channels, Grain size distribution

封鎖され水部が干上がっていき、1961年撮影の空中写真では、旧河道が埋め尽くされて水田になっていることが確認できる。

(2) 鬼怒川流域²⁾

図-3 に東北地方太平洋沖地震において茨城県下妻市において発生した液状化事例を示す。

東北地方太平洋沖地震において茨城県下妻市から常総市にかけてを流下する鬼怒川下流域で、旧河道域やその縁辺部で液状化が発生し、縁辺道路の破損、水田の噴砂および水没、造成盛土宅地における地盤沈下や家屋の傾動・沈み込みおよび噴砂などが発生した。この旧河道は1935年(昭和10年)に完了した河川改修工事により形成されたものであり、旧河面とその兩岸の自然堤防面とは3~4m程度の比高差があり、現地形でも旧河道の形状が明瞭である。



図-3 東北地方太平洋沖地震における液状化事例 (茨城県下妻市 鬼怒川旧河道)

2) 熊本地震における事例³⁾

熊本地震では、熊本市南部を流れる白川、緑川およびその支流沿いの三角州、後背湿地、自然堤防、旧河道で液状化が発生しており、特に、河川の蛇行部や旧河道部に液状化地点が集中していた。その液状化事例の一部を以下に示す。

(1) 南区川尻、富合町杉島 加瀬川旧河道³⁾

図-4 に南区川尻、富合町杉島の加瀬川旧河道を埋立てた領域における液状化発生事例を示す。

この地域では、熊本地震の際に液状化により噴砂とその周囲の地盤変状、建築物の不同沈下等が発生した。この液状化域は、昭和初期の加瀬川改修で廃川となった旧河道が昭和20年代後期に埋立てられた領域である。



図-4 熊本地震における液状化事例 (熊本市富合町杉島 加瀬川旧河道)

(2) 上益城郡嘉島町 矢形川下流域³⁾

図-5 に矢形川下流域の上益城郡嘉島町における液状化発生事例を示す。

この地域は秋津川、木山川、矢形川の合流地点にあり、水はげが極めて悪い氾濫常襲地と考えられ、明治期には河川が著しく蛇行していたことがわかる。熊本地震の際には、木山川と矢形川の合流地点付近の盛土地の住宅地において戸建家屋の不同沈下が複数発生した。また、矢形川の旧河道(旧蛇行部)において液状化(噴砂と建築物不同沈下)発生地点が分布している。

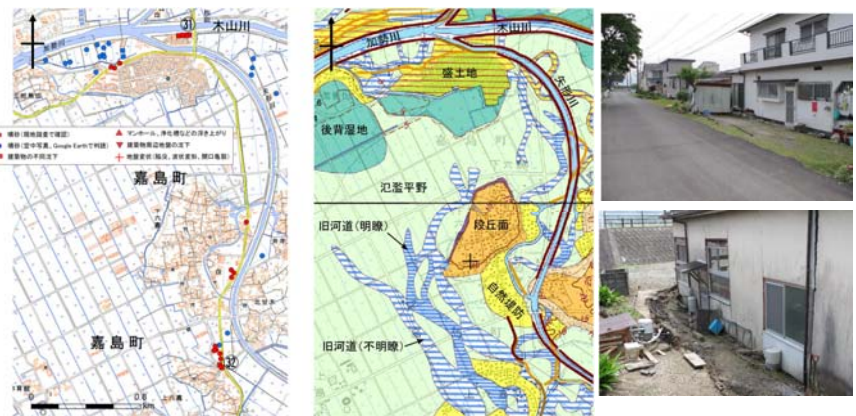


図-5 熊本地震における液状化事例 (上益城郡嘉島町 矢形川旧河道)

3) 新潟中越沖地震における事例⁴⁾

新潟中越沖地震において信濃川およびその支流の旧河道、自然堤防、蛇行州などで液状化が発生している。その一例として図-6に見附市の刈谷田川周辺における液状化事例を示す。

図-6の左図は、見附市の刈谷田川周辺における1931年(昭和6年)の地形図に液状化が確認された地点を(●)で示されている。見附市において液状化が確認された地点は、すべてこの時代の刈谷田川の流路およびこれに隣接する自然堤

防上で発生している。現在の刈谷田川の流路は昭和 10 年代には既に開削されており、現在の流路と切り離された旧河道は、1960 年代には沼地の状態で残っており、1970 年頃に畑の土で埋立てられたとのことである。



図-6 新潟中越沖地震における液状化事例（見附市刈谷田川）

4) 北海道胆振東部地震の事例⁵⁾

図-7 に北海道胆振東部地震におけるむかわ町の鶴川での液状化による堤体被災事例を示す。むかわ町では鶴川の堤防が広範囲に亘り、被災した。堤防被災箇所では、側帯盛土と本堤との境界部での亀裂や左岸堤体天端の中央部や法面部の舗装などに亀裂が発生していた。また、左岸の旧河道上の堤外地盤では、液状化による噴砂が確認された。



図-7 北海道胆振東部地震における液状化事例（むかわ町 鶴川）

これらの事例のように過去の大規模地震において現在の河川流域の周辺で河川改修や埋立により形成された地盤で液状化被害が多く発生している。現在の河川流域の周辺で河川改修や埋立により形成された地盤は、液状化が発生しやすい地盤（地下水位が高く、緩い細砂～中砂の地盤）が形成され易いと言える。

3. 淀川における河川改修と液状化発生の関係

1) 大阪平野における河川改修の履歴⁶⁾

(1) 近世における河川改修

中世の大阪平野にはいくつもの川が縦横無尽に流れており、淀川は平安時代の頃から瀬戸内海や西国と京の都を結ぶ交通の大動脈としての役割を担っていたが、その一方で、洪水がたびたび発生し、大きな被害に見舞われていた。近世では、大阪平野は、日本の政治・経済・文化の中心の1つであり、淀川はその発展の重要な基盤となっており、相次ぐ氾濫や土砂の堆積による船の航行障害など、治水と水運の問題をどう解決させるかが大きな課題であった。これを解決するために以下の治水事業が行われた。

① 豊臣秀吉による太閤堤・文禄堤

天下を統一した豊臣秀吉が、1594年、伏見城築城の際、宇治川を巨椋池から切り離す宇治川の川筋の付け替え工事を行い総延長約12kmの「太閤堤」を築き、巨椋池の洪水を防いだ。また、その頃、連続した堤防がなかった淀川左岸に、枚方から長柄に至る全長約27kmの連続した堤防「文禄堤」を築き、河内平野は氾濫から守られるようになった。

② 河村瑞賢による安治川の開削

江戸時代中期、大和川は、現在と異なり河内平野を北に向かって流れ、淀川下流部の大阪城の北で淀川と合流していた。合流地点では、上流からの土砂が大量に溜まり、多数の砂州が形成され、その流域に広がる低湿地帯では、度重なる水害に悩まされていた。幕府よりこのような水害対策の命を受けた河村瑞賢は、淀川河口の九条島が水流を妨げていることによって淀川下流の水害が発生していると考え、1684年、九条島を開削し、曲がりくねった下線を直線的な河道とする約3kmの新しい川、安治川を造った。

③ 大和川付け替えを実現させた中甚兵衛

安治川開削の後、1704年、大和川は、河内国今米村の庄屋・中甚兵衛らの長年にわたる幕府への訴えが実り、付け替えが行われた。大和川の付け替え工事は、約8ヵ月の短期間で完了し、これにより淀川から大和川が切り離され大阪平野の洪水被害は減少した。図-8に近世における大阪平野の河川改修を示す。

(2) 明治時代以降における淀川の河川改修

明治 18 年 (1885 年), 淀川で未曾有の大洪水が発生し, 堤防は次々に決壊し, 大阪市内の大半が浸水する大水害となった。これを契機に, 近代治水工事のさきがけといえる淀川改良工事が始まった。改良前の淀川は, 川幅が狭く蛇行しており, また, 低平地である大阪の街の中心部を流れていたため, いったん洪水が起こるとその被害は甚大であった。そこで, 町の中心部から離れた北側に新しい放水路を開削し, 川幅を大きく広げて, 大雨の時に大量の水を直接的に素早く海に流せるよう, 守口から大阪湾までの約 16km の「新淀川」を作り上げ, 大阪の街の中心部は洪水の被害が起こりにくくなった。

図-9 に明治時代以降における淀川の河川改修を示す。



図-8 近世における大阪平野の河川改修



図-9 明治時代以降における淀川の河川改修

2) 兵庫県南部地震における淀川流域の液状化被害

兵庫県南部地震における液状化被害は, 文献 7) などに報告されており, 大阪周辺地域の液状化発生箇所の分布が示されている。図-10 は, 文献 7) で報告されている液状化発生分布と大阪地域における地水分類図を重ね合わせたものである。淀川は明治 18 年の大洪水後の河川改修により, かつて蛇行した河川であった守口から淀川大堰までの右岸および左岸, 十三~姫島付近の右岸, 大開付近の左岸が埋立てられて, 現在では旧河道となっている。図-10 に示された文



図-10 兵庫県南部地震における液状化被害分布と地水分類図

献 7)による液状化被害箇所(図中の●および▲)の分布位置は、淀川の旧河道付近に多く分布していることが分かる。但し、旧河道位置および液状化被害箇所のプロット位置の精度にも依ると思われるが、液状化被害箇所は旧河道付近ではあるが、旧河道上ではない部分もある。

3) 旧河道付近における地盤特性

図-11~図-13に図-10に示す旧河道①~③における土質縦断面図と粒度分布を示す。いずれの旧河道においても縄文海進時の海面下であった時代に堆積した沖積粘土層(Ac層)があり、Ac層の上面は旧河道①ではOP-4m程度(GL-8m程度)、旧河道②, ③はOP-7m程度(GL-8~10m)に位置し、Ac層の下端深度は、OP-15m以深(GL-20m以深)である。液状化対象深度がGL-20m以浅で、Ac層で液状化が発生しないとすると、この地域における主な液状化の対象となる土層は、地表からAc層上面までの土層である。旧河川部の地表からAc層上面までには、海退とともに陸化する過程で堆積した土砂、陸化により形成された河川の河床に堆積した土砂、明治時代の河川改修により埋立てられた土砂から成っていると考えられるが、今回実施した調査で得られたボーリングデータや粒度試験などの土質試験結果等からその判別をすることは困難である。しかし、いずれの旧河道においても地表からAc層上面までには細砂・中砂が主体でN値が10前後の緩い砂質土で液状化しやすい土が堆積している割合が多いと言える。これは今回の調査対象とした守口から下流の旧河道のような平野部における比較的流れの遅い河川では細砂・中砂の液状化し易い砂質土が堆積すること、一概には言えないが、河川改修において河川の埋立に用いられる土は、粘土や礫質土よりも砂質土を用いることが多いことなどが要因であると推察される。

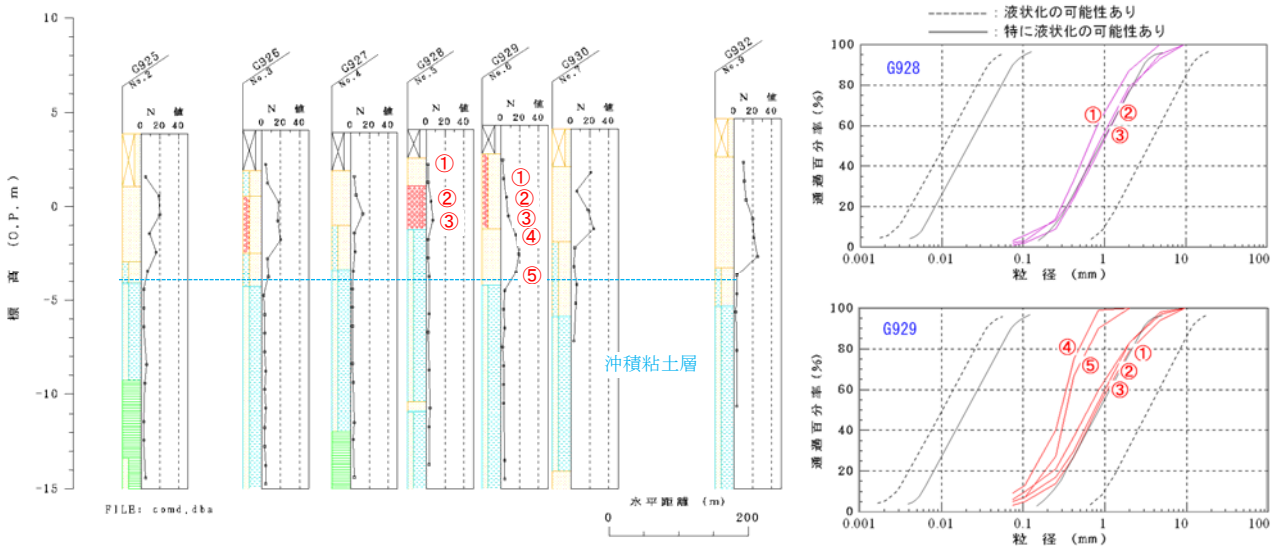


図-11 旧河道①(守口付近の淀川左岸)における土質縦断面図と粒度分布

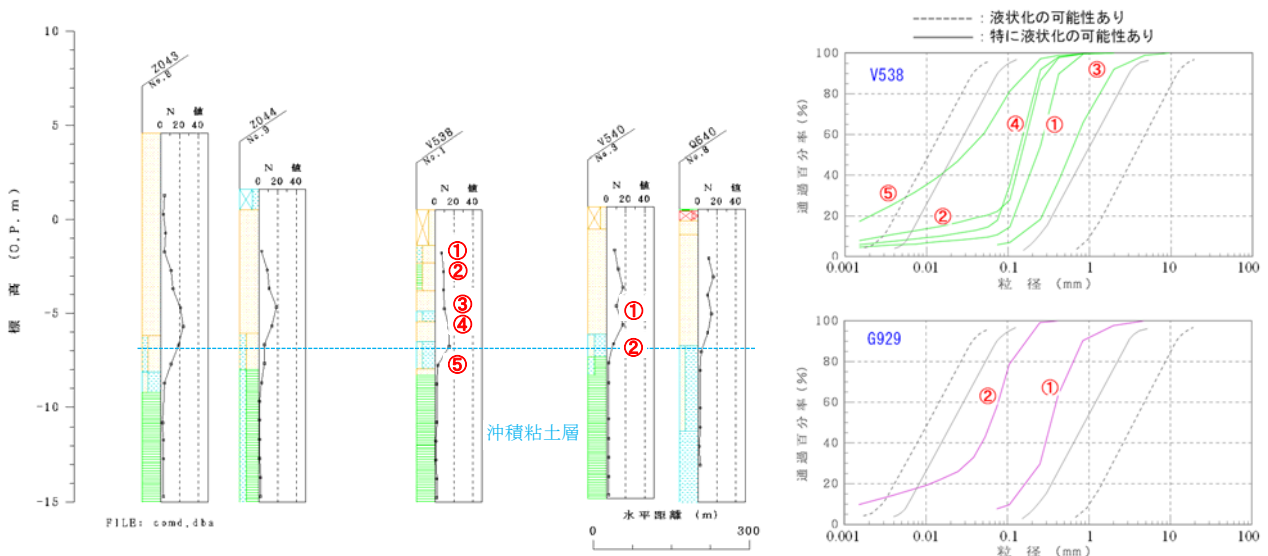


図-12 旧河道②(十三~姫島付近の淀川右岸)における土質縦断面図と粒度分布

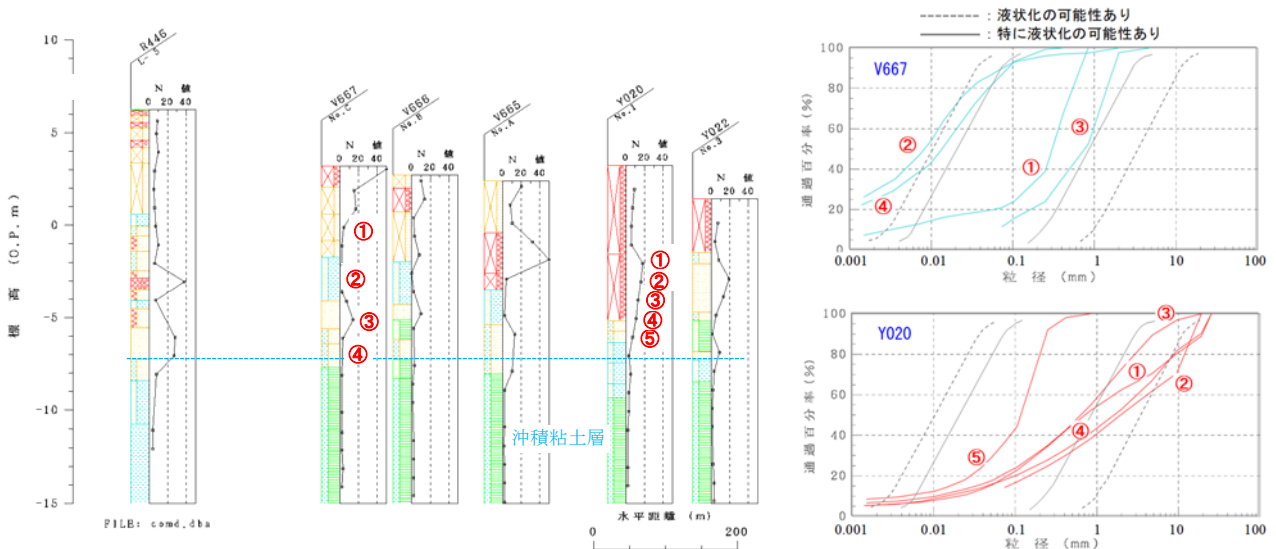


図-13 旧河道③（大開付近の淀川左岸）における土質縦断図と粒度分布

4. おわりに

今回の調査は、地形改変（主に、旧河道）と液状化の関係について過去の事例調査と淀川における旧河道形成の履歴と地盤特性について実施した。その結果、過去の大規模地震においても旧河道において液状化被害が多く発生していること、大阪市内の淀川流域の旧河道には液状化しやすい土砂が堆積しており、平野部における旧河道では液状化の可能性が大きいことがわかった。但し、旧河道であっても液状化に対する危険度は河川の堆積環境や埋立時の土質によるため、一概に、旧河道＝液状化地盤とは言えないが、液状化地盤が形成され易い条件にあることは確かである。

なお、この調査は、地下水地盤環境に関する研究協議会 地下水・地盤災害と防災技術に関する研究委員会において実施したものである。

参考文献

- 1) 国土地理院地理地殻活動研究センター：利根川下流域における液状化発生状況調査の報告，平成 23 年 9 月
- 2) 中埜貴元，小荒井 衛，須賀俊彦，吉田 剛：物理探査による利根川・鬼怒川旧河道の液状化発生域の浅層地下構造の推定，地学雑誌 Journal of Geography (Chigaku Zasshi), pp.749-765, 2017.
- 3) 青山雅史：平成 28 年熊本地震による熊本平野における液状化発生に関する調査報告
- 4) 若松加寿江，吉田 望，規矩大義：2004 新潟中越地震による液状化現象と液状化発生地点の地形・地盤特性，土木学会論文集 C Vo 1.62 No.2, pp.263-276, 2006.4.
- 5) 山下 聡，川口貴之，渡邊達也，川尻峻三：平成 30 年北海道胆振東部地震に伴う地盤災害に関する現地調査結果
- 6) 国土交通省淀川河川事務所 HP:古代から現代までの淀川の歴史，
https://www.kkr.mlit.go.jp/yodogawa/now_and_then/index.html
- 7) 三田村宗樹他：1995 年兵庫県南部地震による西宮・大阪地域の震害と地盤構造，第四期研究 (The Quaternary Research) 35 (3), pp.179-188, 1996.6.