

3章. 液状化 Q&A

1. “地盤の液状化現象”とは？

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、液状化被害のことが大きく報道されましたので、映像等によりご覧になった方も多いと思いますが、地盤の液状化現象とは、地震の際に地下水位の高い砂地盤が、振動により液体状になる現象をいいます。国内では、1964年6月16日に発生した新潟地震の際に、信濃川河畔や新潟空港などでこのような現象が確認されたことから、知られるようになりました。



東北地方太平洋沖地震による液状化現象(浦安市ディズニーランド駐車場)写真提供:東京電機大学安田教授



新潟地震による液状化で倒壊した県営アパート(新潟市川岸町)写真提供:渡邊馨一郎氏

液状化による被害状況については、報道等で見られることがありますが、液状化現象自体を目にする機会は少ないと思います。液状化の典型的な現象として噴砂があります。この現象は地盤中の砂層が液状化すると、砂層に含まれる地下水の圧力が高まるため、地下水とともに砂が地表に噴出する現象です。

2. 液状化現象は昔からあったのか？

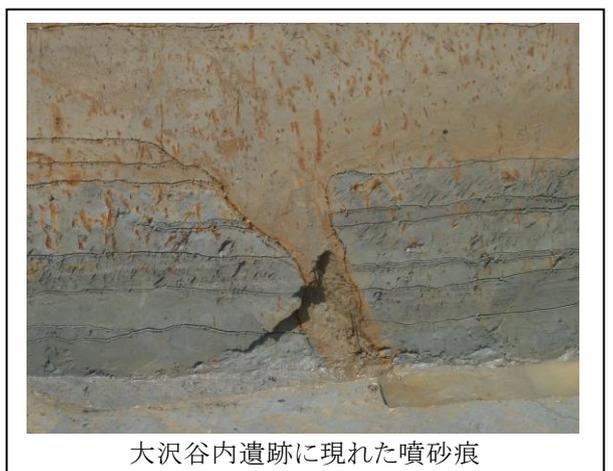
液状化という現象が初めて世界から注目されたのは、1964年6月16日に発生した新潟地震です。実は、同じ年の3月28日にアラスカでM9.2というすさまじく大きな地震が発生し、液状化現象が報告されていました。

液状化現象そのものは当然昔からあり、新潟地震が初めてというわけではありません。考古学、地質学における発掘・試掘現場から、有史時代の液状化現象を示す噴砂跡が続々と報告されています。例えば、富山県内では福岡町の開酵大滝遺跡で1858年飛越地震による液状化現象と考えられる噴砂跡が確認され、石川県内では白山市部入道遺跡において、弥生時代後期(約1800年前)の震度6クラスの地震により形成したと考えられる噴砂跡が確認されています。また有史以前では、形成時代の古い(何百年～何千年前)固結した地層からも、当時の地震による噴砂現象跡と推察される砂の脈(砂岩脈と呼ぶ)が数多く確認されています。



液状化による噴砂の例

写真提供:新潟大学保坂助教

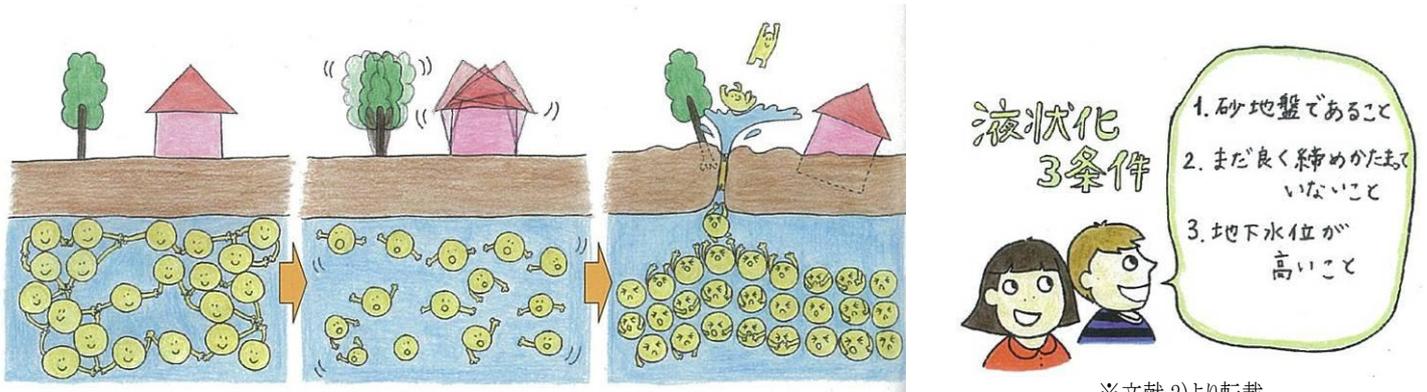


大沢谷内遺跡に現れた噴砂痕

写真提供:新潟市文化財センター

3. どうして液状化するのか？

液状化現象の研究により、液状化しやすい条件として3つあることがわかりました。一つは、砂地盤であること(少なくとも地下2~3mの浅い位置に砂層が存在すること)、二つ目は、砂がふんわりとたまっていて締めかたまっていないこと(N値が低いこと)、3つ目はこうした緩い砂の層が地下水に満たされていることです。これを、仮に「液状化3条件」と呼びましょう。



※文献2)より転載

この3条件がそろった場所で、大きな地震が発生し地盤が激しく揺されると、砂粒どうしのかみあわせ(スクラム)がはずれ、砂粒が地下水の中に浮いた状態になります。これが、地盤が液状化した状態です(上図の中央)。これまで砂粒がかみあうことで支えていた建物や液状化した砂層より上部の土の重みを地下水が支えることになり、圧迫されて水圧が急に上昇し、弱いところ(裂け目)を見つけて地上に噴き上がります(上図の右)。この時、水といっしょに砂も上がってくるのです。

4. 液状化はどこでもおこるの？

液状化しやすい場所・地域は、先に述べた「液状化3条件」がそろっているところです。地形で見ると、山地・丘陵地を構成する岩石が、降雨・河川により浸食・運搬されて堆積した土砂が分布する低地・平野部が液状化判定の対象となります。また土砂は粒子の大きさによって大きく礫・砂・粘土に区分されますが、川の流れの速い場所で堆積した礫と、川の流れの遅い場所で堆積した粘土が分布する低地・平野部の微地形では、基本的に液状化は起こりにくいといえます。

【低地・平野】

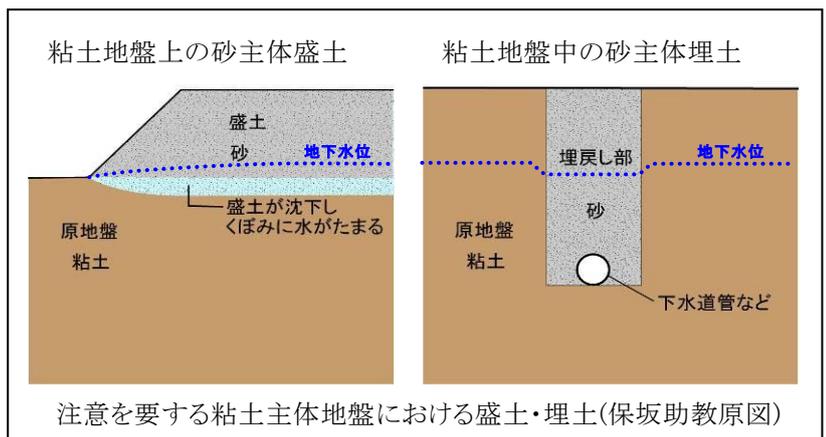
一般に低地・平野部で地震による液状化の発生しやすい微地形は、海岸沿いの埋立地、干拓地、旧河道、旧湖沼、比較的最近の盛土造成地、地下水位の高い砂丘縁辺部、比高が小さく地下水位の高い自然堤防です。ただし、埋立地・干拓地・盛土造成地等の人工地形と旧河道・旧湖沼では、締め固まっていない砂が介在するかどうか、液状化対策がなされているかどうかにより、液状化しやすさが異なってきます。また粘土主体の地盤であっても、盛土や埋め戻し土が砂である場合には、液状化が起こる可能性があるため注意する必要があります。

このほか、砂と粘土が混じった海岸平野、氾濫平野、谷底平野、後背湿地は、砂の割合と締め具合、地下水位によっては液状化がしやすくなります。

なお、扇状地は一般的に礫を多く含む地盤であるため、液状化の可能性は少ない地形です。

【山地・丘陵地】

山地・丘陵地は岩石で構成されていますので、基本的に液状化は発生しません。ただし、東北地方太平洋沖地震では丘陵地でも盛土箇所において液状化による被害が発生しているため、注意する必要があります。山地・丘陵部で起こる災害は、地震・豪雨による岩盤崩壊、崖崩れ、地すべり、土石流、雪崩等で、液状化による被害と異なります。また山地・丘陵地間を流れる河川沿いの高い所(現在の河川より)には、昔の河川の流れで堆積した砂礫からなる段丘地形が分布しますが、砂礫の形成時代が古く(2万年~200万年前)、締め具合は良好で液状化が起こりにくい地盤です。



注意を要する粘土主体地盤における盛土・埋土(保坂助教原図)

5. 液状化すると何が困るのか？

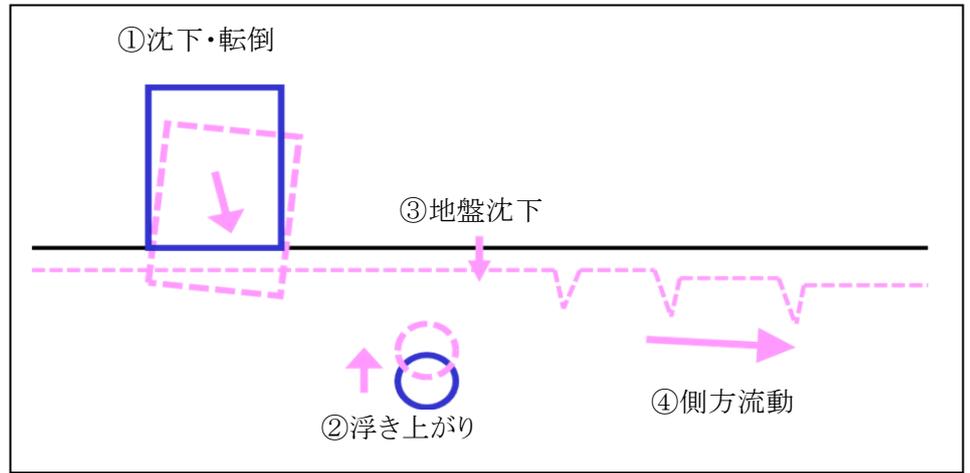
液状化による被害の特徴には、大きく次の4つがあります。

【①沈下・転倒】：構造物（建物など）を支えていた砂地盤が、液体状になることによって支える力を失ってしまい建物が沈下または転倒します。

【②浮き上がり】：重いものが沈下する一方、中空のマンホールなどは浮力によって浮き上がります。

【③地盤沈下】：地盤中の砂が地表に噴き出したことによって、地盤中が空洞化して地表面が沈下します。

【④側方流動】：側方流動には2つのタイプがあります。1つは緩傾斜の地表面下で液状化が起こったときに、平になろうとして側方に流動する場合、もう1つは護岸などで見られるもので液状化による地盤からの力で護岸が移動するものです。



液状化による4つの被害パターン概要図(保坂助教原図)



①建物の沈下・転倒



②マンホールの浮き上がり



③歩道部の地盤沈下



④側方流動による護岸の変状

以上写真提供：新潟大学保坂助教

6. 地震が起きると必ず液状化するのか？

「液状化3条件」がそろっていても、ある程度強く揺れなければ液状化は発生しません。ただし、東北地方太平洋沖地震による液状化被害から、震度が小さくても地震動の継続時間が長い場合には、液状化に至る可能性があります。

7. 同じところで何回も液状化するのか？

土砂災害の一つである地すべりは、一度発生するとしばらくは安定するといわれますが、液状化については、一度地震により液状化した地域において、再度液状化したという報告が国内及びアメリカ、ニュージーランドであります。東北地方太平洋沖地震では、関東地方各地で再液状化が発生しました。また石川県では、1993年の能登半島沖地震で液状化した珠洲市の鶴飼漁港で、2007年の能登半島地震により再度液状化が発生しています。