

地震動による砂質層の液状化

液状化は地下水で隙間が満たされた締まりの緩い(硬さの程度を示す N 値がほぼ 10 未満の)砂の層で生じます。締まりが緩いと隙間は多く、砂粒子はお互いに角を突っ張りあって全体を支えています。地震により繰り返し揺されるとこの突っ張りあいはずれ、圧力を高めた水の中に砂粒子が浮いた状態になります。これが液状化です(図 57)。圧力を高めた水が砂と共に地上に噴き出すと、地層の中身が抜け出したことになり亀裂・陥没・流動などの地盤変形が生じます。地震動の主力である S 波は液体中を伝わらないので、液状化は震動を弱くします。被害はもっぱら基礎地盤の変形や破壊によって引き起こされます。

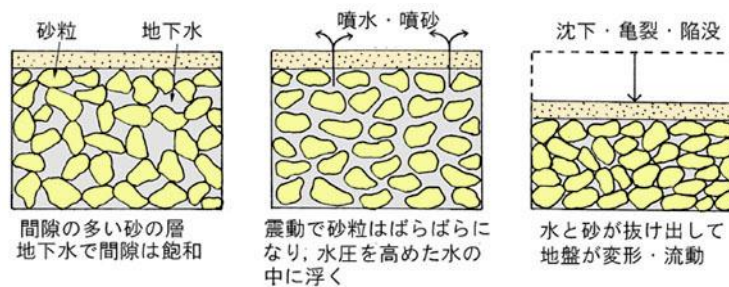


図57 地震動による砂質層液状化の機構

水と砂が抜け出すのにはかなりの時間がかかります。通常は数分～数十分程度ですが、大規模な噴砂では数時間も続くことがあります。震動の直接作用による建物の破壊は、強い揺れの続く数十秒ほどの短時間に起こるのに対し、液状化による建物の傾斜や沈下はこれよりも長い時間かけて進行します。このため人命への危険は非常に小さくなります。

液状化が発生しやすいのは、地下水位が高く、地表近くまで地下水で飽和した深さほぼ 15m 以内の締りのゆるい砂質層です。このような地層は、小貝川低地内の全域にわたって多かれ少なかれ分布します。一般に自然堤防は砂質ですが(図 3 の⑤)、この地域の自然堤防の規模は小さくて、かならずしも砂が卓越するというわけではありません。また、後背低地部でも表層に N 値の小さい砂層が分布します(図 3 の③、⑥)。

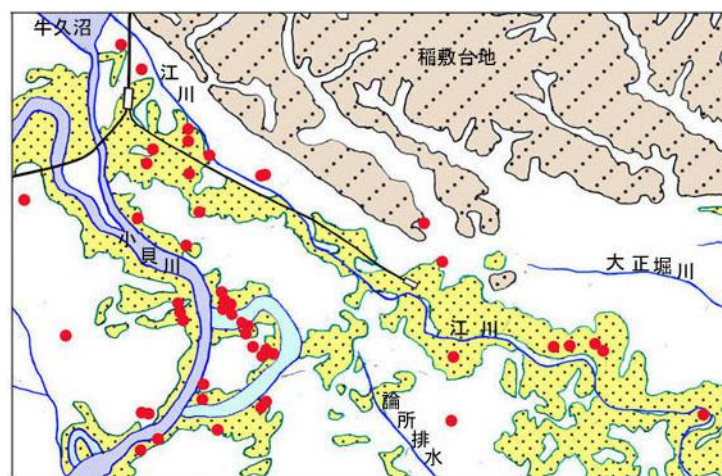


図58 2011年東日本大震災時の液状化による噴水・噴砂の発生地点
(地盤工学会の調査)

2011年の東北地方太平洋沖地震では、強い震動が長く続いたこともあって、液状化が大規模・広範囲に発生しました。龍ヶ崎南部の低地では液状化による噴水・噴砂の発生が、地盤工学会の調査で 40

箇所ほど認められています(図 58)。その 2/3 は自然堤防部(国土地理院の土地条件図による)におけるものですが、それ以外の後背低地部でも全体の 1/3 が起こっています。ほぼ総てが水田で起こったもので、これによる建物などへの被害はありませんでした。

龍ヶ崎から 20~50km 東方の利根川・霞ヶ浦低地では、液状化が大規模に発生し、5 千棟を超える住家が全半壊の被害を受けました。ここは鹿島砂丘により閉ざされた潟起源の低湿地で、低地全域が液状化の非常に起こりやすい地形に相当します。しかし、液状化の集中発生はかなり局地的であり(図 59)、液状化発生に関わる地層の条件が多様であることを示します。液状化は線状に発生しているところがかかなりあり、最近の旧河道部で危険が大きいことがうかがわれます。沿岸部では本震の 30 分後に起こった M7.7 の余震が強い揺れを示し、液状化を激しくしました。

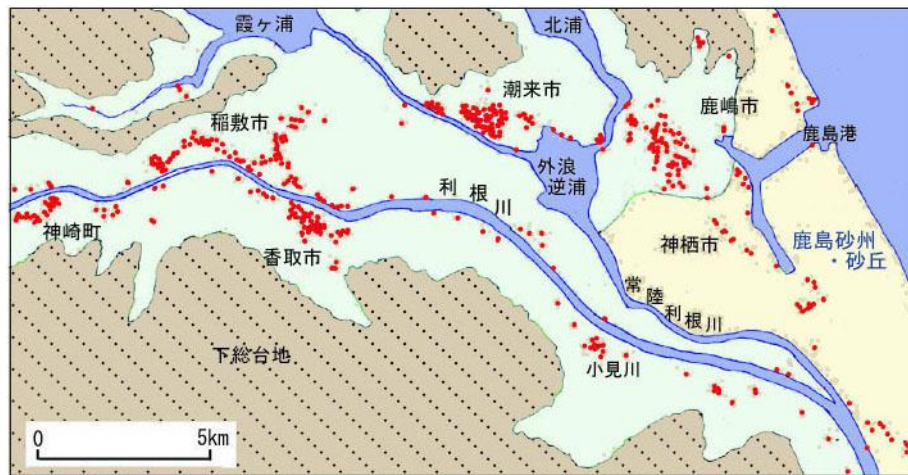


図59 2011年東日本大震災時の利根川・霞ヶ浦低地における液状化発生地点
(地盤工学会の調査資料)

液状化は締まりの緩い砂層と地下水飽和という2つの条件の組み合わせによって生じるので、これらの条件をなくすことが、液状化防止の地盤改良対策になります。

砂層をなくす：砂よりも細粒で粘着性があるため液状化が生じない粘土・シルト、あるいは粗粒のため排水が速く進む礫によって砂層を置き換える方法で、抜本的な対策ですが高コストです。

地下水をなくす：水抜き・脱水・止水などを行って地下水位を下げ、表層部における飽和状態を解消する方法です。しかし恒久的に地下水位を下げることは困難です。

砂層を固める：締め固め・圧密により砂層の密度を上げて液状化しにくくするもので、最も多く行われている方法です。薬液(水ガラスなど)の注入により固化させるという方法もあります。

盛土を行う：表層に厚さ 2~3m の非液状化層をつくって、上から抑える力を大きくし、また噴水・噴砂を抑えこむものです。