

液状化が地震直後の避難に与える影響に関する一考察

東京電機大学 名誉会員 ○安田 進

1. はじめに

地震時の地盤の液状化は構造物に沈下等の被害を与えるため、家屋等の小規模構造物以外は対策を施すようになってきている。ところが市街地の生活道路や大規模工場用内の道路では一般に対策が施されていない。そのため、液状化により通行が困難になって、地震直後襲う津波や火災に対する避難に影響を与える可能性がある。そこで、このようなケースを挙げ、避難行動に与える影響を大まかなタイムラインで示してみた。

2. 液状化により道路の通行が困難になるケース

過去の被災事例をもとに、液状化により道路の通行が困難になるケースを挙げてみると図1のようになる。

1) 液状化発生によって生じる波打ち、噴砂・噴水：液状化すると地盤が軟らかくなるので、大きく変形して波打ったり蛇行する。1964年新潟地震や2011年東日本大震災の際に撮られた動画によると1分とか数分後に噴水・噴砂が道路際などから発生し、次第に泥水で覆われていった。後者では29分後に大きな余震が襲ったがその時まで多くの箇所で冠水状態が続いていた¹⁾。浦安市で路面が泥水で覆われている例を写真1(1)に示す。宮城県の大川町では津波から避難される時に避難が困難になった、との状況が動画²⁾に示されている。

2) 液状化発生後の揺動によって生じる突上げ：東日本大震災の際、東京湾岸では地震動が長く続き液状化発生後に1分程度も揺すられ続ける揺動現象が発生した³⁾。この時に撮影された動画によると歩道が繰返し突き上げていた。液状化発生後も揺れが長く続いたり余震がすぐ襲ってくると、写真1(2)に示すように揺動によって道路が横断や縦断方向に突き上げることが発生する。

3) 下水道マンホールの突出や管路上の沈下・陥没：下水道管とマンホールを開削で設置した後埋め戻した土が液状化して浮き上がる被害が、1993年釧路沖地震以来多く発生してきた。2004年新潟県中越地震では浮き上がったマンホールに車が衝突する被害も発生し、管渠上の歩道が大きく沈下する被害も発生した。なお、埋戻し土の液状化による浮上りは周囲が液状化しない軟弱粘土地盤で多く発生しており⁴⁾、液状化ハザードマップでは被害を予測できないことに留意する必要がある。

4) 電柱の傾斜や電線の垂れ下がり：液状化により電柱が沈下・傾斜することで通行が困難になり、さらに道路を横断している電線が垂れ下がると通行不能になる。

5) 建物や橋梁取付け部の段差：液状化発生後に体積圧縮による地表面の沈下が生じる。東日本大震災では30cmもの大きな沈下が生じたため、杭基礎の建物との間に大きな段差が生じ車の出入りに支障も出た。橋梁取付け部

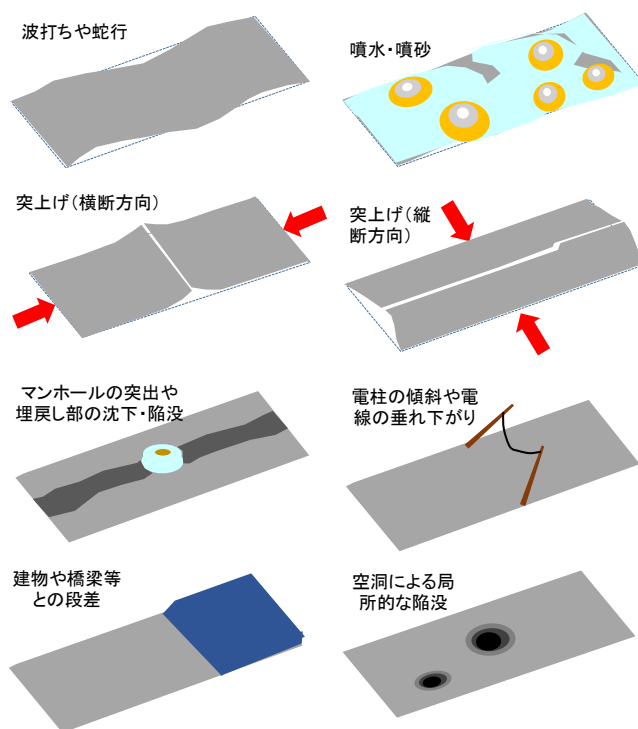


図1 液状化により道路の通行が困難になるケース



写真1 噴水・噴砂、突上げの事例

キーワード 液状化, 避難路, ライフライン

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学 TEL 049-296-0362

ではさらに盛土の沈下やすべりも加わって数 10 cm もの段差が発生することもある。

6) その他：液状化に起因した道路盛土の崩壊や橋梁被害も発生する場合がある。

3. 液状化で発生する現象と津波や火災からの避難とのタイムライン

上記の液状化による通行障害のうち、路面の波打ち・突上げ、電柱傾斜・電線垂れ下がり液状化と同時に発生する。また、路面の沈下・段差、噴砂・噴水、マンホールの突出は液状化発生から少し遅れて生じると考えられるが、それでも数分以内に発生する。空洞による陥没は地震後しばらく経って発生する。

液状化した地区の住民にとって住宅が沈下して傾いても人命にはあまり影響ないが、海岸近くの場合には津波から、また住宅密集地やコンビナート近傍では火災から緊急に避難する必要性が生じる。さらに、消防車は消火のために緊急に出動しないとイケない。一般市民が地震発生

後避難を開始するまでに 5 分程度かかると仮定し、消防車は出動に 1 分・現場到着まで 5 分かかると仮定すると、液状化により通行障害が発生している中を避難、通行しないとイケなくなる。そこで、①沿岸部に住宅地があり津波からの避難場所が 0.5 km 程度内陸の所にあるケースと、②大都市の密集住宅地で火災からの広域避難場所が 1 km 程度にあるケースとを想定してみる。そして、住民は歩行により避難し、歩行速度は道路が液状化の被害を受けていない場合に時速 3 km、液状化による通行障害が生じている場合にはその 2/3（高齢者等では 1/3）と仮定してみる。また、津波が海岸に来襲する時間は震央距離によって大きく異なるが地震発生後 15 分、さらに避難場所までの到達に 1 分かかると仮定してみる。火災の延焼拡大の速度は風速などによって大きく異なるようであるが時速 0.5km 程度と考え、さらに避難途中にも火災が発生したりするのでそれより倍位速いと仮定してみる。消防車は出動までに 1 分、現場到着まで 5 分程度とし、液状化した場合に現場到着までその倍位かかると仮定してみる。

このような大雑把な仮定のもとで、液状化による通行障害が避難行動に与えるタイムラインを推定してみたのが表 1 である。この仮定のもとでは、津波に対し液状化しなければ避難できるのに対し、液状化すると避難が間に合わないことになる。また、火災の場合住民は避難できるが、出火元への消防車の到着が遅れるため延焼をくい止め難くなるのではないかと考えられる。

4. あとがき

液状化により道路の通行が困難になるケースを挙げ、大雑把な仮定のもとに地震直後に襲う津波と火災にする避難行動に与える影響に関して考察してみた。地区ごとに条件が大きく異なるので、今後このようなきめ細かい推定が自治体によって行われ、ハードやソフト対策が施されることが望まれる。なお、ハード対策としては、例えば地区全体の地下水位を下げるものが挙げられる。

参考文献：1) 石川敬祐・安田進・萩谷俊吾：千葉県浦安市の液状化現象の発生状況調査，日本地震工学会論文集，第 12 巻，第 4 号，2012. 2) <https://www.youtube.com/watch?v=Baw7Pe6uEdg> 3) 安田進・石川敬祐・五十嵐翔太・田中佑典・畑中哲夫・岩瀬伸朗・並木武史・斉藤尚登：東日本大震災における浦安市の水道管被害メカニズムの解明，日本地震工学会論文集，第 16 巻，第 3 号，pp.183-200，2016. 4) Yasuda, S. and Kiku, H.: Uplift of sewage manholes and pipes during the 2004 Niigataken-chuetsu earthquake, *Soils and Foundations*, Vol. 46, No. 6, pp. 885-894, 2006.

表 1 液状化が避難行動に与えるタイムラインの考えの一例

ケース	項目	液状化発生後の時間			
		0	15	30	60 (分)
液状化による通行障害	路面の波打ち・突上げ、電柱傾斜・電線垂れ下がり発生	■			
	路面の沈下・段差、噴砂・噴水、マンホールの突出発生	■			
津波に対する避難	避難場所への津波来襲時間	■			
	避難場所までの到達時間	■	■	■	非液状化 液状化・一般者 液状化・高齢者
火災に対する避難	避難場所へ延焼到達時間	■			
	避難場所までの到達時間	■	■	■	非液状化 液状化・一般者 液状化・高齢者
火災に対する消火活動	出火木造家屋が全焼する時間	■			
	火災発生箇所への到達時間	■	■	■	非液状化 液状化

避難場所までの距離の仮定：津波に対して0.5km、火災に対して1km