

## 東日本大震災における液状化による平面道路の被害

東京電機大学理工学部 フェロー会員 ○安田 進  
 同上 正会員 石川敬祐  
 東京電機大学大学院 学生会員 萩谷俊吾

## 1. まえがき

液状化による道路の被害としては、橋梁や高架道路の落橋・破損や盛土構造道路のすべりが頭に浮かぶ。これに対して平面道路の液状化による被害も過去の地震で多くあったはずであるが、どのような被害が発生するのかあまり認識されてきていない。これに対し、東日本大震災では液状化が広い範囲で発生したこともあり、平面道路の被害が各地で発生した。特に、東京湾岸北部の埋立地では工場や倉庫だけでなく多くの住宅地が形成されていたため、平面道路の液状化が住民などの生活に種々の影響を与えた。そこで東京湾岸における被害をもとに、液状化によって平面道路にどんな被害が発生したのか、現地調査をもとに整理してみた。

## 2. 液状化による平面道路の被害の種類と特徴

液状化による平面道路の被害には以下の5つのパターンが見られた。なお、幹線道路のうち車道は一般に路床が厚く被害は少なく、幹線道路の歩道や生活道路での被害が目立った。

## (1) 噴水・噴砂による障害

地震当日は首都圏の交通が停止したため、筆者達が調査に出かけたのは翌日である。浦安市には行ってまず見たのは、駐車場に止めてあった自動車が噴砂に埋まってしまっていて動けなくなり、タイヤの周りの噴砂を取り除いて動けるように作業している風景であった。そして車道・歩道とも噴砂が厚く積もり、通行に障害を与えていた。地震当日に撮られた写真や動画を見ると、さらに噴水が道路を覆い、歩行は勿論自動車の走行にも影響を与えたようである。噴砂の厚さは30cm以上に及んだ所もあり、我が国でこのように多量の噴砂が一面に生じたのは珍しいことであった。ただし、機を同じくしてニュージーランドのクライストチャーチで発生した地震でも多量の噴砂が発生していた<sup>1)</sup>。そこで両者の共通点を調べてみたところ、両者とも細粒分を多く含んだシルト質砂～砂質シルトが液状化したことが観察された<sup>2)</sup>。そして、液状化した砂が細粒だと比表面積の関係で過剰間隙水圧の噴出に伴って土粒子が地表に上がってき易く、また、透水係数が小さいため噴水が長時間続き、地表に上がってくる噴砂の量が増えるたではないかと考えられた。なお、このように噴出した砂が細粒だったため、数日後に噴砂が乾いた後は風に舞って一面に砂塵の嵐となり、通行にも支障を与えた。クライストチャーチも同様であった。

## (2) 地盤の沈下にもなう段差による障害

東京湾岸では液状化に伴い地表面が大きく沈下した。このため、杭基礎で支えてあった建物との間に大きな段差が発生した。例えば浦安市の技術検討調査委員会<sup>3)</sup>で杭の抜け上がり量を調べたところ、多くの箇所でも50～60cmも抜け上がっており、最大は90cmであった。浚渫土層が厚くなるほど抜け上がり量が多い傾向は見られたが、浦安市の場合は浚渫土層が不均質であり、各地点でどの深さが液状化したかはなかなか判断が難しい状況にある。ただし、浚渫土の厚さは最大で8～10m程度であり、通常考えられているように液状化後の体積圧縮が5%程度とすると、全層液状化したとしてもまだ沈下量の方が多いことになる。細粒だったため体積圧縮量が違うのかもしれないが、上記のように噴砂が多量に発生し、地震後にそれを取り除いたための沈下量も含まれている。いずれにせよ、杭支



写真1 突き上げた歩道（市川市）

キーワード 液状化, 道路, 地震

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学理工学部 TEL.049-296-5599

持の建物との間に大きな段差が発生したため、自動車の出入りに障害を起こしたケースが発生した。

(3) 路面の突き上げ、迫上がり現象による障害

写真1に示したように幹線道路の歩道や生活道路、高架橋、旧護岸の際などで路面が突き上げられたように盛り上がっている箇所が至る所で発生した<sup>2)</sup>。インターネットに出されている地震時の動画を見ると液状化した地盤がその後も5秒程度の周期で水平方向に大きく揺すられ続けたものがいくつかある。この大きな揺動は本震中に生じた可能性もあるし、液状化状態が続いていたところに余震によって大きく揺すられたために発生した可能性もある。浦安市の技術検討調査委員会<sup>3)</sup>で調べられた地下水位以下の浚渫土層厚のコンター上に、道路の突き上げが生じた箇所をプロットすると図1となる。大まかにみると、浚渫土層の厚さが変化するあたりに点が多いようであり、図2(2)に示すように浚渫土層下端が液状化層下端と仮定すると、その下の非液状化層が不整形の箇所では揺れが集中して、水平方向に座屈的な現象が起きて突き上げられたのではないかとと思われる。また、旧堤防や高架橋の傍でも発生しており、そこでは図2(1)に示すように揺れが止められて突き上げが発生したのではないかと考えられる。

(4) 路面下の地盤の空洞化による障害

習志野市や浦安市などでは地震後に路面に陥没が発生してきたため調査が行われた結果、路面下に空洞が生じていることが明らかになってきている。この原因に関してはまだ明らかになっていないが、前述したように今回は多量の砂が地表に噴出した跡が部分的に空洞になっていることや、下水道マンホールの躯体がずれ、管渠は継手がはずれて土砂が流入するといった特異な被害が発生した箇所が空洞化した、といったことではないかと考えられる。なお、下水道の特異な現象は上述した液状化した地盤の揺動によって主に生じたのではないかとと思われる<sup>2)</sup>。

(5) 路面の凸凹の影響

上記の4つに比べて影響は小さいものの、路面の凹凸によって走行し難くなった道路が多く発生した。

3. まとめ

東日本大震災によって東京湾岸で発生した液状化により多くの平面道路が被害を受け、通行に支障をきたした。それには①多量の噴砂、②大きな沈下量、③突き上げ現象、④空洞化、⑤路面の凹凸によるものがあつた。今回は護岸背後地盤の流動はほとんど発生しなかったが、流動現象がおきればさらに被害も大きくなると考えられる。

参考文献 1) 安田進・Cubrinovski Misko・時松孝次・Orense Rolando・渦岡良介・清田隆・細野康代・山田卓：2011年ニュージーランド2011 Christchurch地震による被害に対する災害緊急調査団報告、地盤工学会誌、Vol.59, pp.48-49,2011. 2) 安田進・原田健二・石川敬祐：東北地方太平洋沖地震による千葉県の被害、地盤工学ジャーナル、Vol.7, No.1, pp.103-115, 2012. 3) 浦安市：浦安市液状化対策技術検討調査委員会資料、2011.

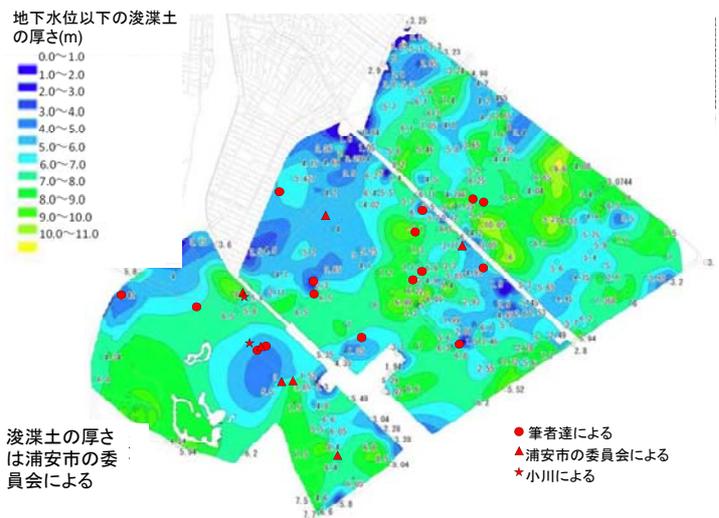
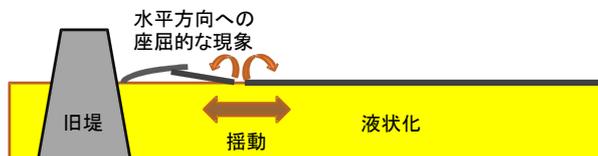


図1 道路の突き上げが生じた箇所と浚渫土の厚さ



(1) 境界部での水平方向への座屈的な現象



(2) 液状化下面が傾斜した不整形基盤上における水平方向への座屈的な現象

図2 液状化した地盤で突き上げが発生したメカニズム(案)