

III-209 千葉県東方沖地震地盤災害地域調査（その 1）

——液状化噴砂地点における現地調査——

中央開発機技術調査室	正会員	○中村 裕昭
中央開発機東関東支店	正会員	箕輪 誠
中央開発機東関東支店		福田 健一

1. まえがき

1987年12月17日、千葉県東方沖（一宮沖約10km、深さ約58km）を震源とするマグニチュード 6.7の中規模地震が発生した。図-1にまとめたように浦安から袖ヶ浦までの千葉県側東京湾岸埋立地帯・九十九里浜一帯・九十九里内陸部・利根川下流域・東京湾有明埋立地・三浦半島南端と、予想以上の広範囲な地域で液状化による噴砂が発生した。この内、顕著な液状化噴砂現象が各地で見られた千葉県側の東京湾岸埋立地帯は震央から約40～60km、三浦半島は震央から約80km離れており、距離的な従来の認識を大きく上まわったのも今回の地震の特徴であった。さて従来、液状化災害は、主に地下構造物の浮き上り、支持力の喪失といった、縦方向の動きが注目されていた傾向がある。それに対して、最近の研究によると『地震発生⇒過剰間隙水圧上昇⇒擾乱帯形成（ある特定深度での液状化）⇒地割れ⇒砂脈形成⇒噴砂』という液状化噴砂形成モデル（陶野・遠藤1987）、あるいは砂層の液状化に起因する地表層の地盤全体が横すべりを起こすという地盤の永久変位（浜田・安田1986）といった横方向の動きにも着目する新しい液状化に対する考え方が示され注目されている。これらを現地で検証する作業は、液状化対策の為の調査・設計手法を確立する上で重要な課題となっている。このような状況の中で我々は、都市防災の観点から東京湾岸埋立地帯の液状化噴砂現象に特に着目し、実際の噴砂孔を対象に、地下水面下の液状化砂層の状況を直接肉眼観察し、液状化層の深度・層厚・広がり等を特定し、液状化あるいは噴砂孔の発生要因とそのメカニズム解明の基礎資料を得る目的で、地震直後から現地踏査を実施し、更に代表的噴砂地点の中から2ヶ所を選定してボーリング調査を行った。

2. 調査方法と結果

- ① 液状化砂層全体に及ぶような深さ方向の全面的な液状化の他に、ある特定深度の数10cm程度と限られた厚みで、かつ平面的な広がりをもった範囲で液状化していることも考えられる。
- ② 地下水面を含む難透水層が表層に分布する時、その直下の緩い砂層で初期液状化する可能性が高い。
- ③ 砂層が広範囲に液状化した場合、その砂層の液状化が誘因して地形並びに堆積構造（地層境界面の傾斜）あるいは引っ張り圧縮等の応力状態に応じ、表層の地盤全体が横方向にすべる可能性がある。
- ④ 地表層のすべり、あるいは、ある応力状態にある部分への過剰間隙水圧による押し上げ力に刺激され、地割れが生じ、その部分へ液状化砂が貫入（砂脈）し、その中で地表に達したものが噴砂となる。

我々は、これらの仮定を実証するため今回は主に肉眼観察による液状化部の見極めに重点を置いて、液状化噴砂地点の現地踏査・試掘・ボーリング等を実施した。その結果、以下の所見を得ることができた。

- 1) 現地踏査で、列状噴砂孔が多数見られた（写真-1参照）。これは、今回の地震の特徴の一つになっている。また、芝生地では局部的かつ列状の地盤の隆起（高さ数cm～15cm、直径数10cm～2m）が見られた。これは過剰間隙水圧が上昇し地表面を押し上げて噴砂寸前まで到達したが、芝生の根の張力で地表面を破れず、噴砂出来ないまま地盤が盛り上がった状態で固定されたものと推察される。
- 2) 列状噴砂孔部を小規模掘削（GL-30cmまで）したところ、ロームを含む比較的硬い表土層に地割れが発生し、そこに下位の液状化砂が貫入し、幅数mm～5cm程度の砂脈が形成されているのが認められた（写真-2参照）。また、ボーリング調査で得た液状化砂層直上部（F₀層）のシンウォール試料からも幅数mmの砂脈が形成されているのが認められた（写真-3参照）。
- 3) 噴砂のジャストポイントにおけるボーリング調査では、液状化深度を見極めるためコアバックチューブ

を用いた。調査地点の地盤状況は、図-2に示した。コアパックチューブで得た試料の肉眼観察から、他の深度では貝ガラが薄い層状を成しているのに対して、 F_c 層直下のGL-3.5~4.0m付近では貝ガラが連続性を失い処々空隙も見られ、この付近で液状化を生じたものと判断できる。また、この付近の F_{s2} 層の粒度特性は噴砂に類似している。なお試みに液状化を生じた地層の深度を、陶野ら(1987)の簡易法を用いて、海成砂100年・地下水位GL-2.5mの条件で求めてみると、GL-4.5m付近と推定され、上記観察結果とも適合している。

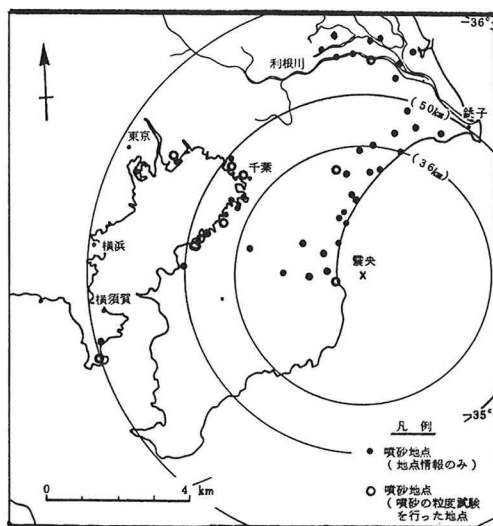
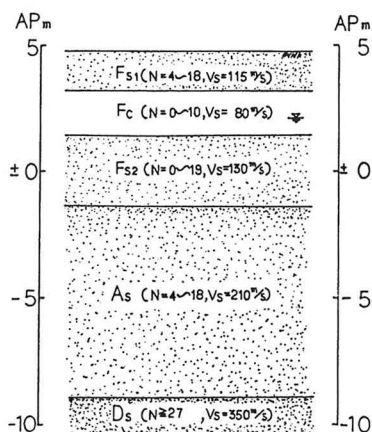


図-1 液状化噴砂地点位置図



凡例： F_{s1} ：第1砂質土層 F_c ：粘性埋土層
 F_{s2} ：第2砂質土層 A_s ：沖積砂質土層
 D_s ：洪積砂質土層

図-2 噴砂地点モデル地盤

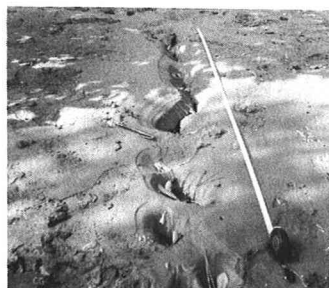


写真-1 列状噴砂孔



写真-2 列状噴砂直下の砂脈

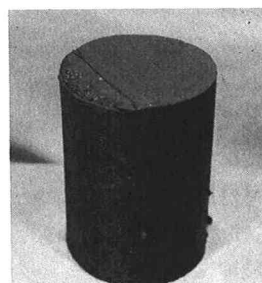


写真-3 F_c 層の砂脈

3. あとがき

以上、千葉県東方沖地震によって東京湾岸埋立地帯で発生した液状化噴砂現象に関する現地調査結果をとりまとめた。この中でも特に、列状噴砂孔・列状地盤隆起・列状噴砂孔直下の地割れ・砂脈等の現象は、液状化噴砂孔形成のメカニズムを考える上で、貴重な資料になるものと考えられる。液状化対策の為の地盤調査法・液状化予測法を確立するためには、実際の液状化噴砂地点を直接観察することが重要であることが分かった。また、今回の調査によって、液状化深度を見極めるのにコアパックチューブが非常に有効であることも確認できた。今後更に液状化のメカニズムを解明していく為には、噴砂孔地点における地下水面下の発掘調査の蓄積が期待される。なお、当調査研究を進めるにあたって、陶野郁雄博士（国立公害研）、遠藤邦彦助教授・千葉達朗氏（日本大学）には貴重な御助言を戴いた。末筆ながら感謝の意を表します。

<参考文献> 1) 浜田 他(1986)：土木学会論文集No.376/Ⅲ-6,1986-12, pp.211~229

2) 陶野 他(1987)：液状化層の堆積構造に基づく液状化深度の推定に関する研究

3) 中村 他(1987)：土木学会第42回年次学術講演会，第Ⅲ部門，pp.116~117