

飛鳥建設株式会社	正会員	○森 伸一郎
同上	正会員	三輪 滋
同上	正会員	関 眞一

1. はじめに 1993年2月7日22時27分頃に能登半島沖で $M_s=6.6$ の地震が発生した。(震源位置[気象庁]:北緯37度39.2分、東経137度18.0分、深さ25Km)この地震により、能登半島先端部の珠洲市を中心に被害が生じた。筆者等は2月11日から14日までの4日間、珠洲市を重点的とした半島北部について地盤災害の観点から現地調査を実施した。ここでは、地盤の液状化と噴砂の状況および周辺構造物の状況について報告した。

2. 被害の概要 現地調査は3名が独立して行動し、七尾市(震央距離約70Km)以北について調査したが、大半は珠洲市を重点的に調査した。その結果、被害の発生地域は震央距離で概ね35Km以内に限定されていることや震央に近い半島先端部20Kmの珠洲市に被害が集中していることがわかった。また、斜面崩壊、堤防や道路の亀裂・沈下、上水道の送・配水管の被害、住宅の不同沈下、液状化など主要な被害は地盤災害であることがわかった。

3. 液状化発生地点と周辺構造物の被害

3.1 液状化発生地点 液状化現象の証拠となる噴砂・噴水の痕跡調査や目撃談をヒヤリング調査した。ここには、筆者らの調査結果¹⁾に加えて、北浦ら²⁾の結果も併せて整理した。表-1には液状化発生地点と液状化の状況および周辺の構造物被害との関連を一覧表として示す。35地点で噴砂の確認により液状化の発生地点が発見された。なお、目安として最も近い噴砂間の距離が30m程度以内にある地点は1地点としている。震央から最も遠い液状化地点は、宝立町鶴飼で震央から約30Km離れている。栗林・龍岡の液状化限界震央距離 R ($\log R=0.77M-3.6$)が30Kmであるので、過去の経験的な範囲で液状化が発生していると言える。図-1に液状化発生地点を示す。

3.2 地盤の違いによる噴砂規模の違い 液状化地点は、①自然地盤②海岸埋立地盤③埋め戻し地盤、の大きく3つに分類できる。噴砂の規模については、自然地盤や埋め戻し地盤では噴砂丘の広がりやたかだか3m程度であるのに対し、海岸埋立地では鶴飼漁港で延長約130m、飯田港で約35mにわたって噴砂丘が連続しており規模が大きい。この2つの埋立地は浚渫による若齢埋立地である。各々の埋立地背後の自然地盤では液状化がほとんど発生していないことを考えると、若齢の海岸埋立地は相対的に液状化しやすい³⁾ことが再確認された。また、同じような震央距離のところに蛸島漁港があり、一部で小規模な噴砂が確認されたが、1991~1992年に埋め立てられた岸壁背後の広大な埋立地盤には噴砂はなかった。ここは、丘陵地の道路建設の際の掘削土が埋め立てに使われたと聞いた。当然のことではあるが、液状化しにくい材料で埋め立てられたため、若齢でも液状化が発生しなかったと言える。

3.3 液状化地点周辺の構造物等の状況 液状化による被害としては、正院町正院の市営住宅の沈下に代表される液状化による地盤沈下に起因する被害があり、直接基礎の木造家屋では、不同沈下による外壁亀裂、家屋のゆがみ、基礎の破損という被害が、杭基礎構造物では、周辺地盤の沈下による段差が見られた。地盤の沈下量はたかだか10cm程度であり大きな被害には至っていない。浄化槽、防火水槽、マンホール、井戸などの埋設物が地盤より相対的に突出しているのが多く見られたが、数例の浮き上がりを除けば、その多くは周辺地盤の沈下によるものと考えられる。液状化した地盤の沈下量は、井戸や杭基礎構造物の周辺地盤の沈下量から10cm程度かそれ以下と考えられる。上水道では、送・配水管の31箇所被害を受けたが、被害地域は正院町正院、三崎町栗津、狼煙町の3地域に集中しており、特に、正院町正院では多数の噴砂地点が確認されたことから、被害は液状化に起因していることが推測される。

4. 噴砂の物理的性質 粒度試験はこれまでの方法⁴⁾⁵⁾に準じており、細砂に対応する粒径範囲でふるいの種類を学会基準以上に追加している。図-2に海岸埋立地および自然地盤と埋め戻し地盤の噴砂試料の粒径加積曲線と地盤別の噴砂試料の粒径加積曲線の範囲を示す。過去の結果³⁾とほぼ同じである。自然地盤や埋め戻し部の噴砂は、灰色や茶色の色調、細粒分含有率が10%以下、均等係数が1.5~3.0と小さい、平均粒径0.1~0.2mm、という特徴の細砂であった。一方、海岸埋立地の噴砂は、灰色~暗灰色や緑灰色の色調を有し、細粒分含有率が10~57%、平均粒径が0.06~0.14mmのシルトまたはシルト質細砂であり、過去の浚渫埋め立て地盤での噴砂の特徴³⁾を有している。

5. まとめ

- (1) 過去の経験的な範囲の沖積地盤や海岸埋立地の多数の地点で液状化が発生した。
- (2) 浚渫された海岸埋立地では噴砂の規模が大きく、若齢海岸埋立地は相対的に液状化しやすいことが再確認された。
- (3) 液状化による被害は小さかった。強震動部の継続時間が短かったことが原因の1つと考えられる。
- (4) 自然地盤や埋め戻し部の噴砂は、過去に一般的に見られた、細粒分が少なく均等係数が小さい「特に液状化しやすい」細砂であった。一方、海岸埋立地の噴砂は、細粒分含有率が多いシルトまたはシルト質細砂であった。

【参考文献】

- 1) 飛鳥建設株式会社: 1993年2月7日能登半島沖の地震被害調査速報、1993. 2. 19、p. 1-97
- 2) 北浦勝、他: 1993年能登半島沖地震に関する調査研究、文部省科学研究費重点領域研究研究成果、1993. 3.
- 3) 森伸一郎、他: 埋立地の液化化で生じた噴砂の諸特性、土と基礎、Vol. 39, No. 2, pp. 17-22, 1991. 2
- 4) 森伸一郎、他: 1987年12月17日千葉県東方沖地震における液状化調査、第23回土質学会、pp. 943-946, 1988. 6
- 5) 森伸一郎、他: 1989年ロムブリエタ地震における液状化調査と噴砂の物理的性質、第25回土質学会、pp. 67-70, 1990. 6

表-1 液状化発生地点と液状化の状況および周辺の構造物被害との関連

No	液状化発生地点	地形等	噴砂確認位置と噴砂の状況	周辺の構造物の被害・他	確認者
1	珠洲市宝立町鶴岡	自然地盤	海岸近くの道路から噴砂	バトマス浄化槽の浮上もしくは周辺地盤の沈下（噴砂なし）	2、1
2	珠洲市宝立町鶴岡	海岸埋立地	鶴岡漁港南側の岸壁背後の埋立地内全域で多数の噴砂 岸壁・エプロンと背後地盤との境界や地盤の2条の亀裂より延長130mにわたり大規模噴砂（層厚25cm） 埋立地内の民家脇及び事務所ブロック壁脇、側溝脇、電柱の根元、道路舗装の亀裂より噴砂	岸壁・エプロンには被害なし。均質な噴砂 道路亀裂、電柱沈下、家屋不同沈下	1、2 1
3	珠洲市飯田町	海岸埋立地	市商工会議所の舗装駐車場横の埋地に噴砂丘5m×4m×10cm	被害なし	1
4	珠洲市飯田町	海岸埋立地	市商工会議所の南方の埋立地内道路側溝より噴砂	道路亀裂、側溝変状	1
5	珠洲市飯田町	海岸埋立地	岸壁背後のゲート・塀の亀裂4条（延長30m）より大量噴砂	ゲート・塀使用不能。噴砂丘が3層構造	1、2
6	珠洲市飯田町	海岸埋立地	飯田港のエプロン・臨港道路他の亀裂より噴砂	エプロン・道路舗装に亀裂、港湾センター周囲10cm地盤沈下	1
7	珠洲市飯田町	自然地盤	五里川原氏宅の庭内と宅前の電柱脇より噴砂	電柱約20cm沈下 ★地盤後10～20分間噴出しているのを住民が目撃	2
8	珠洲市飯田町	自然地盤	谷内田氏家屋脇から噴砂、床下にも噴砂	3軒の住宅が不同沈下。犬走りへ亀裂	2
9	珠洲市野々江町	自然地盤	ペルメゾン野々江（RC構造）の横の畑で噴砂	構造物に被害なし。	2、1
10	珠洲市野々江町	自然地盤	日本酸酵化成の西側道路脇側溝で噴砂		1
11	珠洲市野々江町	自然地盤	日本酸酵化成南側の畑地内で噴砂		1
12	珠洲市野々江町	自然地盤	海岸堤防内の畑地に直径60cm以下の噴砂列状分布（日本酸酵化成の南方）	畑内に海岸線と平行の亀裂、海岸堤防の移動	1
13	珠洲市野々江町	自然地盤	海岸堤防内の畑地に直径60cm以下の噴砂列状分布（熊峯寺南方～直公民館南方）	畑内に海岸線と平行の亀裂	1
14	珠洲市野々江町	自然地盤	野々江町2-3 竹本氏宅	屋内井戸の突出11cm、土間コンのクラック・陥没	1
15	珠洲市野々江町	自然地盤	珠洲市消防団直営の防火水槽脇から噴砂	隣接家屋が不同沈下	2
16	珠洲市野々江町	自然地盤	亀田氏宅の浄化槽が浮上し周辺に噴砂	浄化槽の浮上、住宅裏の土蔵全壊	2
17	珠洲市野々江町	自然地盤	北陸電装珠洲工場付近の畑内に多数の噴砂	工場の外装材の剝離	2
18	珠洲市熊合町	埋め戻し土	珠洲市浄化センター敷地内で構造物脇から多数の噴砂	周辺地盤の沈下。歩道敷きブロックの目地ズレ	2
19	珠洲市熊合町	自然地盤	西田氏土蔵前埋地に直径50cm程度の噴砂	土蔵の一部破損	2
20	珠洲市熊合町	河川後背地	金川橋の水田内で小規模だが広域に噴砂あり（30～40ヶ所）	周辺家屋や土蔵の破損	1
21	珠洲市熊合町	自然地盤	海岸堤防内の畑地・裸地内に直径60cm以下の噴砂列状分布	畑内に海岸線と平行の亀裂	1
22	珠洲市熊合町	自然地盤	熊合汚水集中排水ポンプ所南側道路に噴砂（60cm×80cm×2cm）	ポンプ所建物周辺地盤が沈下（最大9cm）、マンホール相対的突出	1、2
23	珠洲市正院町小路	自然地盤	通称八丁の水田の2ヶ所で各々直径3mの噴砂（層厚12cm）	道路舗装に横断亀裂、歩道の沈下。噴砂丘が2層構造	1
24	珠洲市正院町正院	自然地盤	橋本建具店隣の埋地に多数の噴砂	地盤沈下と周辺家屋の破損	2
25	珠洲市正院町正院	自然地盤	干場製材所前の電柱脇から噴砂	電柱約5cm沈下	2
26	珠洲市正院町正院	自然地盤	正院18-14 前田氏宅の家屋・納屋下で噴砂	池のコンクリートや土間コンクリートの破損	1
27	珠洲市正院町正院	埋め戻し土	正院19-14 飯塚氏宅の元防火用水池の埋め戻し土より噴砂	★40～50cm高さの噴水による泡があった（2/8 AM2:00目撃）	1
28	珠洲市正院町正院	自然地盤	飯塚氏車庫内のポンプ井戸脇より噴砂		1
29	珠洲市正院町正院	田畑埋立地	畑地の埋立地（34年前）の市営住宅建物脇、側溝脇や周辺の電柱の根元より噴砂	住宅5～15cm沈下、住宅外壁亀裂、電柱沈下、浄化槽浮上	1、2
30	珠洲市正院町川尻	自然地盤	長寛寺境内梵鐘基礎の横より噴砂、電柱脇より噴砂	墓石転倒、東方の道路に亀裂と段差（100m以上） ★住電が地震直後に噴砂・噴水を目撃	1、2
31	珠洲市蛸島	海岸埋立地	蛸島海港で電柱脇から噴砂	岸壁・エプロンに亀裂。エプロン沈下	1、2
32	珠洲市三崎町雲津	自然地盤	海岸砂浜沿いの浜野水産三崎工場敷地内裸地で噴砂（噴砂丘長さ12m×幅3m、噴砂口の幅最大25cm）茶色細中砂	周囲の舗装や建物基礎に亀裂	1
33	珠洲市猿橋町	田畑埋立地	猿橋崎観光センター建物周囲に噴砂（埋戻し土）	建物の沈下、歩道の亀裂、緑石の破損、電柱の傾斜	2
34	珠洲市猿橋町新町	田畑埋立地	前田氏宅ブロック塀裏込め部分から噴砂	ブロック塀の破損	2
35	珠洲市川浦町	自然地盤	海岸近くの畑で噴砂	畑内に亀裂、海岸堤防内側の地盤沈下、住宅破損	2、1

