

愛媛大学工学部 フェロー ○森 伸一郎
愛媛大学大学院 学生会員 門脇 慶典

1. はじめに

2001年3月24日にマグニチュード6.7の芸予地震が発生した。現地調査を行い液状化の発生状況や被害との関連を観察するとともに、噴砂試料を採取して物理特性を調べた。また、液状化地点の揺れの大きさをアンケート震度調査により推定した。

2. 液状化の分布と概要

図-1に2001年芸予地震で噴砂・噴水が確認された液状化地点の分布図を示す。分布図には著者らの調査結果に加えて他の研究者による調査結果も示した。また、表-1に著者の確認した液状化地点とその状況の一覧を示す。この地震の液状化発生と被害の特徴は、要約すれば次のようである。

- 1) 液状化地点は、地形的には埋立地が圧倒的に多く、自然地盤（旧河道）、造成地盤では少ない。
- 2) ほとんどの液状化地点は概ね震央距離で50km以内に位置する。震央距離50kmでは、最大加速度は100~400 cm/s²、計測震度で5強である。過去の地震に比べて液状化発生地点の広がりが小さく、震央距離の短い島嶼部ではあまり見られなかった。また、愛媛県と広島県で確認されたのみで山口県については事例は報告されていない。
- 3) 1964新潟地震以降、2000年鳥取県西部地震に続いて空港で液状化が発生した。ただし、被害はなかった。
- 4) 砂礫の卓越する重信川の河道内で液状化があり、また、広島市、廿日市市、東予市の埋立地の液状化地点ではまさ土の噴砂が見られた。
- 5) 液状化被害は全体的に少なかった。港湾や漁港の岸壁または背後の道路に被害があったが軽微であった。
- 6) 小規模ながら、液状化による側方流動とそれによる構造物被害があった。
- 7) 液状化が発生した地点は、アンケート震度による地域震度は4.9~5.6であった。

表-1に示す液状化発生地点はその多くが若齢の臨海埋立地である。臨海地区の若齢埋立地では液状化が発生しやすいことは、これまでの地震調査同様にこの地震でも検証された。

図-2にいくつかの噴砂の粒径加積曲線(n=13)を示す。太線で示したものが重信川の噴砂であり、その他は全て埋立地の噴砂である。これらはいずれも埋立地の噴砂である。この図の中では松山空港の噴砂が最も



図-1 液状化地点の分布

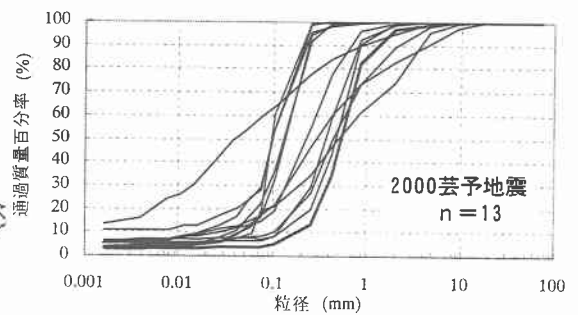


図-2 液状化噴砂の粒径加積曲線



写真-1 松山空港の液状化

表-1 現地調査で確認した液状化地点と被害状況および

	地 名	地 形	構 造 物	被 害	地域震度
1	今治市富田新港	埋立地	コンテナヤード	舗装の亀裂・めくれ、小設備傾斜	
2	今治市片原町	埋立地	フェリー岸壁	岸壁に亀裂	
3	東予市北条地先（壬生川）	埋立地	発電所，変電所，工場	振動や地盤沈下による軽微な損傷	5.6±0.7
4	東予市今在家	埋立地		なし	5.6±0.6
5	東予市河原津新田	埋立地	東予市運動総合公園	グラウンド亀裂・噴砂	4.9±0.5
6	松山市南吉田町	埋立地	松山空港	噴砂堆積のみ	5.0±0.5
7	松前町の重信川堤外地	河川	（川口大橋下）	なし	5.1±0.7
8	伊予市下吾川南新川	埋立地	浄化センター	なし	5.0±0.5
9	呉市阿賀	埋立地	家屋，テニスコート，運動場	家屋傾斜，グラウンド亀裂・噴砂	5.4±1.0
10	広島市西区観音新町2丁目	埋立地	グラウンド	グラウンドの噴砂，亀裂被害	
11	広島市西区観音新町3丁目	埋立地	グラウンド	グラウンドの噴砂，亀裂被害	
12	広島市西区草津漁港	埋立地	漁港岸壁	背後地盤の段差・陥没	
13	広島市宇品海岸	埋立地	岸壁	なし	
14	廿日市市木材港	埋立地	道路	なし	
15	大野町宮島口西1丁目	埋立地	ホテル，共同住宅，護岸	側方流動で護岸変状，壁，プール破損	5.0±0.5

注）草津漁港以外は，いずれも噴砂の確認あり．地域震度とはアンケート震度の町丁目大字単位での平均値・標準偏差で

細粒である．シルト混じり細砂が最も多いが，シルトから礫質砂まで広い範囲の土が噴出している．

3. 各地の液状化

(1) 松山空港

松山空港では点検用の通路と裸地との境界で液状化による噴砂が生じた．写真-1に液状化による噴砂の広がりを示す．噴砂は3箇所を確認されたが，点検用道路脇の裸地での噴砂であり，滑走路，誘導路，道路などに被害はなかった．埋立て部周辺の護岸や背後の道路には軽微な亀裂が見られた．浚渫埋立による造成で，液状化地点は埋立部の埋立境界（旧海岸線）付近で生じた．境界を挟んで常時微動測定を実施したところ，大きく異なることはないが埋立地側が卓越周期がやや長かった．噴砂は暗灰色で細粒分含有率 F=29%のシルト質細砂である．アンケート震度調査による地域震度は5.0±0.5であった．

(2) 東予市北条地先の臨海埋立地

この埋立地には，A変電所，B火力発電所，C大型工場など基幹的な事業所がある．A変電所では，液状化噴砂と3～5cmの地盤沈下が認められた．敷地内に網目状に配置された溝状のコンクリート製のケーブルダクトには，機器の基礎と地盤との境界部で3～5cmの不等沈下に起因してせん断破壊が見られたが，全体として被害の程度は軽微であった．B火力発電所敷地において，5地点で液状化現象による噴砂が認められた．構造物や設備に特に被害はなかった．5～10cmの沈下が認められた．軟弱な層が20m続くとすると，10cmの沈下は約0.5%の圧縮量に対応する．したがって，噴砂がなくてもこの敷地は全体として軽い液状化が起こり沈下が生じたものと推定される．別途，実施されたアンケート震度調査によれば，東予市北条地先は震度は5.6±0.7となり，6弱と判断される．

(3) 今治港の液状化被害

今治港で最も大量の噴砂が見られたのは，今治市富田新港のコンテナヤードである．今治港では，数カ所で岸壁や背後の臨港道路に変状が見られた．埠頭岸壁のせり出し量は20cm以内であった．被災箇所では液状化噴砂を直接見るができなかったが，港内の2箇所では噴砂を確認したことから，液状化の影響もあると考えられる．

(4) 大野町海岸埋立地の液状化被害

大野町宮島西口の海岸に面して広島カープ大野練習場がある．護岸に近い屋外練習場で液状化による噴砂が生じ，護岸が海の方に移動した．背後の地盤には護岸に平行な亀裂が入り，護岸に直角に延びる隣地との境界壁が破断した．この被害に関連して隣地ではプールが破壊したり，敷地が移動するなどの小規模ながら液状化側方流動による被害が出た．

4. まとめ

現地調査に基づき，液状化状況の総括を提示し，主に愛媛県における液状化の状況の特徴的事例を紹介した．