

鳥取県西部地震における液状化被害

藤村 尚¹・坂口 雅範²

¹正会員 工博 鳥取大学助教授 工学部土木工学科 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101番地)

²日本舗道株式会社 鳥取合材工場 (〒680-0921 鳥取市古海字釜ヶ谷10082)

2000年10月6日午後1時30分頃、鳥取県西部鎌倉山北西の地下約10kmでM7.3の地震が発生し、日野町、境港市で震度6強、鳥取市、震度4、倉吉市震度3を観測した(気象庁発表)。

本報告では、この地震による被害のうち液状化被害について述べる。そこで、以前に行った地盤のデータベースと液状化のゾーニング結果を示し、これらの地盤情報と今回の平成12年鳥取県西部地震による西部地区での液状化地点の比較を行う。

Key Word : Liquefaction, GIS, Microzoning, Database

1. '96地盤図の概要

'96鳥取地盤図では、鳥取県内の東部・中部・西部の3地区における地盤断面図を主体として構成している。このため、断面位置平面図は断面方向が概略理解されればよいとの考えから1/100,000ないしは1/200,000の縮尺とした。したがって、特に市街地での詳細な断面位置を知る必要がある場合には、3次メッシュを1/25,000地形図に復元し、地盤断面図を利用する。

1.2 西部地区の米子市街地における地盤断面図の特徴

鳥取県西部地域においては地盤断面図を約1100本のボーリング柱状図を用いて実施したものである。断面図は3次コードメッシュ沿いに58断面、河川沿いに4断面、道路沿いに2断面、計64断面を作図してその延長距離は550kmである。

図-1は、米子市の地形分類図を示している。日野川以東は扇状地、西側の市街地は厚い沖積層、堤間低地である。図-2は、米子地区の地盤断面の例示である。r4東西方向断面では中海から旧市街を通過して東山グラウンド付近まで海成層が分布して軟弱である。

グラウンドから日野川左岸までの間のUmsの下位に分布するUmcは外縁低平地時代の軟弱層と推定される。日野川以東では扇状地堆積物の砂礫が水平に分布する。Lmgの出現深度は-10m付近であり良好な支持地盤となる。

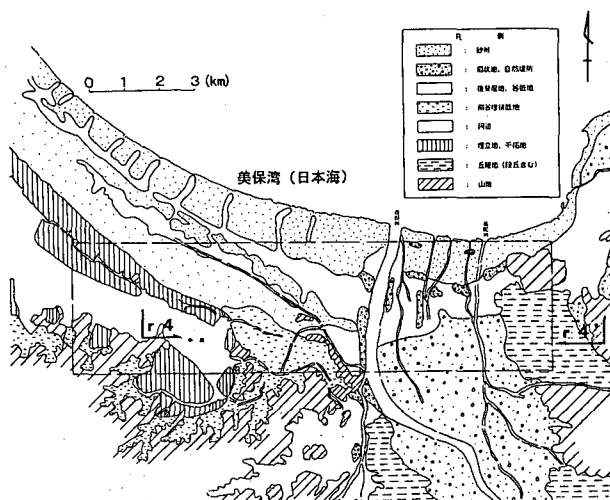


図-1 米子市の地形分類図

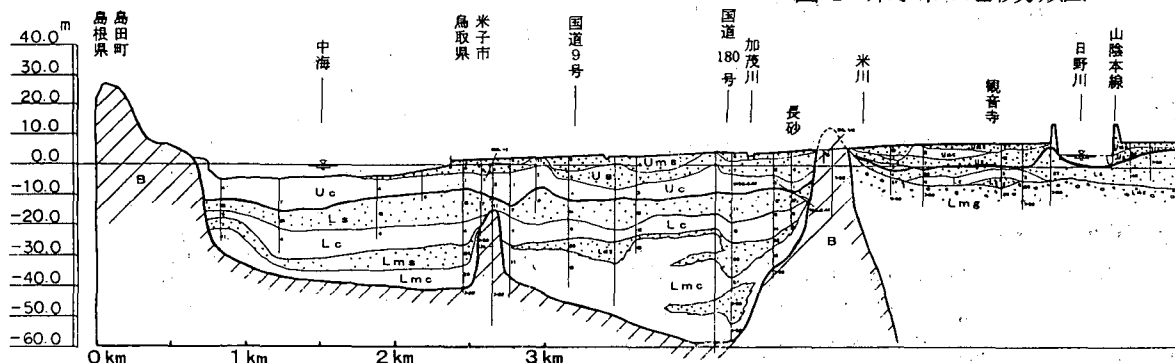


図-2 米子市街地の地盤断面図の例示

2. 地震発生時の液状化マップ

2.1 液状化マップの作成

蓄積した地盤データをより活用することで、近年注目されている地震災害時等の地盤変状に着目し、マイクロゾーニング、簡易な地理情報システム(GIS)を用いて、地震時の液状化予測へのアプローチを試みる。

2.2 液状化指数 PL

FL 計算に必要な土質定数は「96 鳥取地盤図」で区分した地質(土質)区分に基づいて、既往文献と現地技術者の意見を参考にして表-3 に示す土質定数を代表値として採用する。

表-1 土質定数の代表値

記号	地質名	地下水面以下の 単位体積重量 (t/m ³)	地下水面以上の 単位体積重量 (t/m ³)	平均粒径 D ₅₀ (mm)	10%粒径 D ₁₀ (mm)	細粒分含有率 Fc(%)	塑性指数
Ums	最上部砂質土層	1.90	1.70	1.10	0.400	5	-
Unc	最上部粘性土層	1.70	1.60	0.01	0.001	60	>15
Ung	最上部埋積土層	2.00	1.80	2.00	0.250	25	-
Us	上部砂質土層	1.80	1.60	0.60	0.250	5	-
Uc	上部粘性土層	1.60	1.55	0.01	0.001	90	>15
Ls	下部砂質土層	2.00	1.80	0.20	0.080	8	-
Lg	下部埋積土層	2.10	1.90	2.75	0.250	5	-
Lc	下部粘性土層	1.70	1.65	0.03	0.001	90	>15
L	ローム層	1.60	1.55	0.04	0.008	90	>15
Lmc	最下部粘性土層	1.60	1.55	0.03	0.001	55	>15
Lms	最下部砂質土層	2.00	1.80	0.15	0.008	8	-
Lmg	最下部埋積土層	2.10	1.90	2.00	0.250	3	-

液状化危険度の判定は「液状化指数 PL」を用いて行う。

PL 値の結果は、表-2 の様に、種々の地震の被災調査から提案されているランク付けを行い、危険度の高いほうから、4, 3, 2, 1 の4段階として示す。図-3 は、今回用いた簡易な GIS システムを示す。

表-2 PL 値による液状化危険度の評価

P _L 値	評価	ランク
15 < P _L	液状化危険度が極めて高い。液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避。	4
5 < P _L ≤ 15	液状化危険度が高い。重要な構造物に対してより詳細な調査が必要。液状化対策が一般に必要。	3
0 < P _L ≤ 5	液状化危険度は低い。特に重要な構造物の設計に関しては、より詳細な調査が必要。	2
P _L = 0	液状化危険度はかなり低い。液状化に関する詳細な調査は一般に不要。	1

2.3 GIS の利用

地域選定は、各種の地形的特長が見られる横 13.5 km、横 3.7 km の帯状地帯とし、この地域を 3 次メッシュの 4 分割(約 500m×500m)にゾーニングした。データベースでは、各ボーリングの位置、地下水位、N 値、土層等を入力し、データの追加、更新が可能なものとした。結果の評価は各ボーリング毎に種々の計算・検討を行い、ゾーニングしたブロック内での最も危険なランクをブロッ

クの代表評価とした。結果の表現は、地形図とオーバーラップさせ、視覚で容易に判別できるようにした。

図-3 の⑤の図は、想定加速度が 200gal での危険度分布を示している。埋立地、溺谷埋積低地において危険度が高い。

ここでは、図を省略するが、PL 法の評価を地形的に見ると、想定加速度が 100~200Gal 以上では溺谷埋設低平地域の危険度が高く、300Gal 以上になると砂州も危険度が高くなる傾向にある。なお、地表面加速度は、地形や地質条件によって異なってくることも考慮する必要があるだろう。

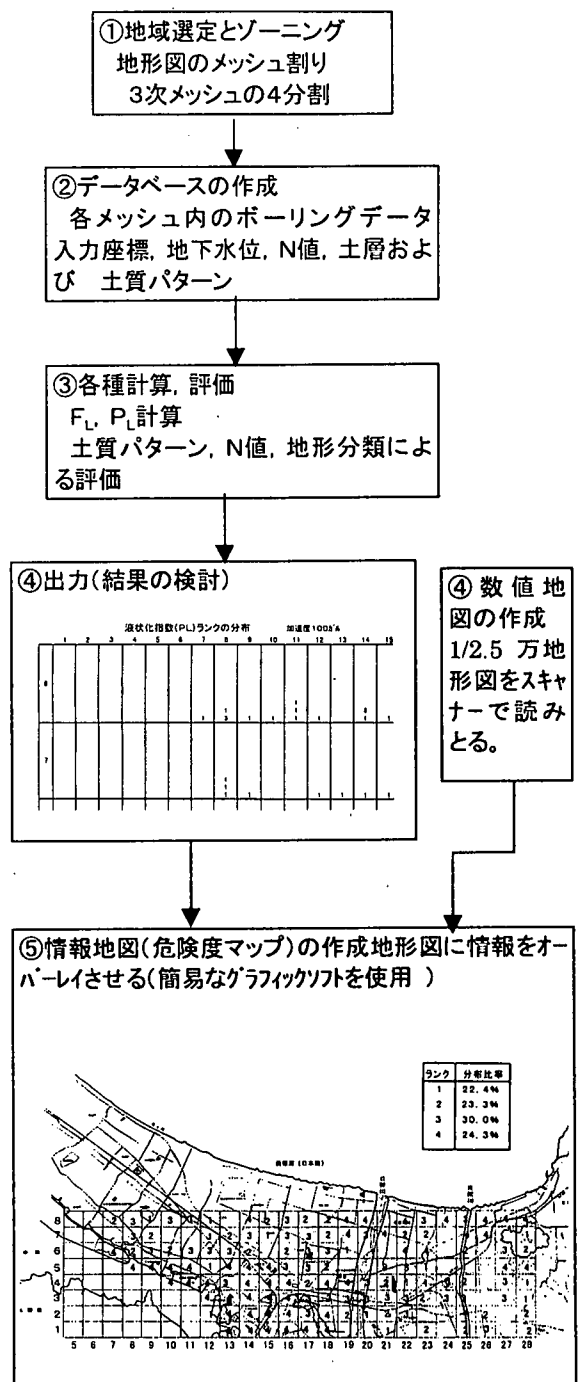


図-3 簡易 GIS システムの構築フロー

3. 液状化被害

3.1 概略

鳥取県西部地震による液状化の被害は、震源から約35km以内に位置する米子市、日吉津村、境港市、八束町、松江市、安来市の中海臨海地に集中している。

図-4は、地表踏査で得られた噴砂、地割れや液状化の発生地点の分布を示している。東は日野川の右岸から、西の中海の堤防まで広く分布している。

図-5は、大正6年、昭和22年、平成11年に国土地理院から発行された2万5千分の1の地形図を示している。これらの図から、陸地部分の増減を調べると、弓ヶ浜半島的美保湾と中海側に農業用地や工業用地のために干拓や埋め立てが行なわれ、埋め立てや干拓の変遷として整理することができる。

図-4と図-5から、戦後に埋め立てられた土地、とりわけ昭和50年以降に干拓された弓ヶ浜干拓地や彦名干拓地、埋め立てられた竹内工業用地に集中して、液状化が極めて著しい。液状化が発生した地点は、境港市の昭和町や米子市の米子港の埋立地にも多く見られる。

竹内工業団地や昭和町では、液状化による被災が全区域に及び建物周辺部の地盤沈下、岸壁のはらみだしやエプロンの沈下や亀裂、道路などの浮き上がりや波打ち、側方流動、水道管の破損が見られる。

米子港とその周辺地でも液状化によって、建物周辺部の地盤沈下、岸壁のはらみだしや背後地での亀裂などがみられる。

弓ヶ浜半島より西に位置する飯梨川の河口や安来市の安来港、昭和43年～55年に建設された中海干拓堤防の馬渡堤防、大海崎堤防や森山堤防に液状化を確認した。液状化被害を受けた中海側は造成地が多く、一方、三保湾側は自然海浜であり竹内工業用地から日野川河口までの沿岸部には液状化による被災は見られなかった。

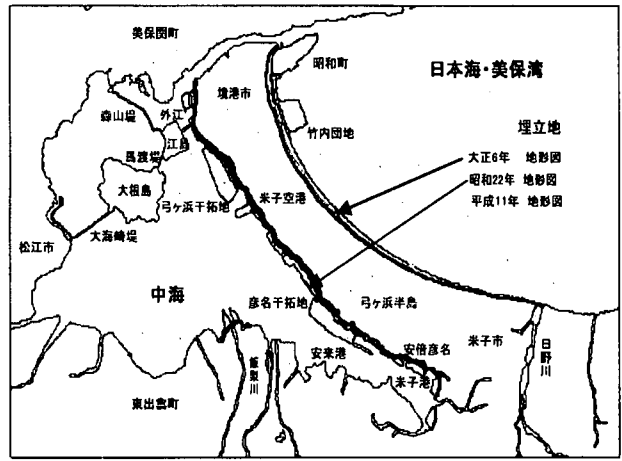


図-5 埋立地

3.2 竹内工業団地

竹内工業団地は1978年に埋め立て造成が行なわれ、1986年に完成した四角形の埋立地である。今回の地震でもっとも液状化が激しかった地点である。図-6は、いくつかの航空写真から判読した竹内工業団地内の噴砂の状況である。クラックは主に外周部に生じている。道路などの凹凸は西側の承水路沿いや東西幹線道路の西側に見られる。建物の抜け上がりは、ほぼ全域に生じており、建物の周りには噴砂が見られる。埋立地の全域で、地盤が20~30cmほど沈下したと思われる。東側では、ケーソン式護岸が前面に約400mm移動し、護岸背後に亀裂が生じている。この原因としては液状化によるところが大きい。走査型電子顕微鏡写真を写真-1に示す。海成粘土に含まれる珪藻が見られる。土の粒度は粒径0.02mm程度とさらに小さい粒子からなり、約90%以上がシルト、粘土であった。

写真-2は竹内工業団地の西側の承水路で大量の噴砂が起き、底が腫れ上がっている様子を示している。承水路周辺では激しい液状化が発生しており、護岸が最大水平変位1mを超える地盤流動、緑地側も法線が川側に大きく移動している。通常2~2.5mあった河床深さが噴砂によって、1m~1.5mに埋まってしまった。河床の構造は石張りで、間隙も大きく、その間隙から砂が吹き出たようである。承水路に沿って緑地側が沈下しており、コンクリートブロック積み護岸が緑地側に倒れこんでいる。道路側は矢板構造で、背面土の液状化による側方流動が生じて矢板が移動したたものと思われる。高橋川に架かる夢みなと橋の橋台はこれらの地盤変位の影響を受け川側へ変位した。

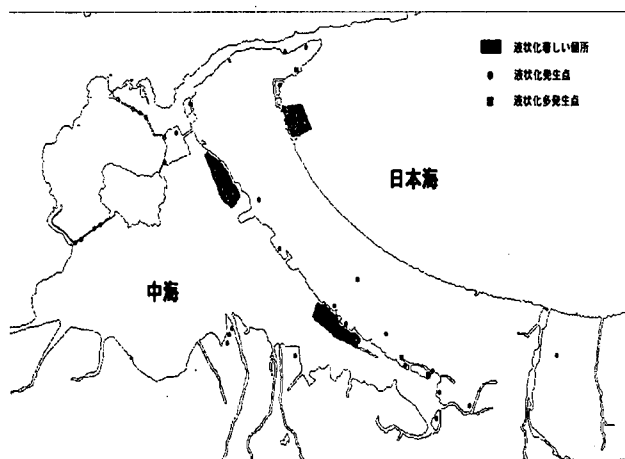


図-4 液状化の発生地点

竹内工業団地

■ 噴砂域



図-6 竹内団地の噴砂領域

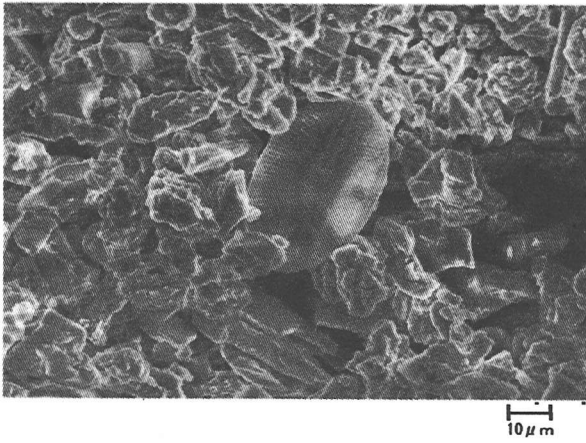


写真-1 噴砂の走査型電子顕微鏡写真



写真-2 承水路での噴砂

3.3 米子市街地

米子市安倍彦名町の既存団地にて地震による液状化が発生し、一部の住宅および造成基面に変状が表れた。安倍彦名団地は、昭和60年代頃に航路や泊地の浚渫土砂および埋立地前面の海底から採取した土砂をポンプ船で吹き込んで造成している。約170戸の住宅で構成されており、産業道路(県道米子・境港線)と中海にはさまれた地域に位置する。地震による団地内の被害は、広範囲に渡りランダム的な広がりをもった影響が出ており、一箇所に集中している状況ではない。噴砂の激しいとこりで

は住宅の不等沈下が見られた。中央幹線路には雨水ボックスカルバートが埋設されており、液状化によるアップリフトによってアスファルト路面が約50cm程度浮上している。なお、ペーパードレインとサーチャージャー盛土を施工した南側の一部は被災が見られなかった。また、写真-2では東側を南北に走る水路は大きな被害を受けた。右岸の団地側は随所に液状化により犬走りコンクリートが浮き上がっているのがわかる。対岸に位置する、東側の内浜下水処理場の護岸石積みや水路壁面は完全に崩落している。また、隣接している県営・安倍彦名団地や市営・安倍彦名団地では、抜け上がりが生じており、周辺地盤に約30cmの沈下やライフラインの損傷が激しい。当該地も若齢地盤の液状化しやすさを示している。図-7は、今回の地震により米子市街地を中心に、液状化の有無を描いたものであり、先の図-5の液状化危険度が極めて高いランクの分布とよく一致していることが分かる。



写真-3 安倍彦名団地

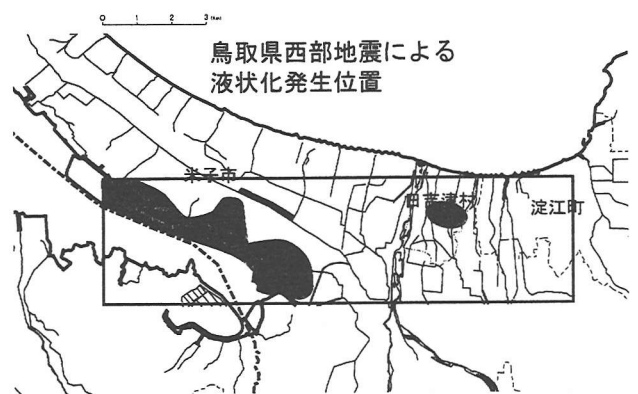


図-7 鳥取県西部地震による液状化発生位置
参考文献

- 1) 地盤工学会中国支部(編者・藤村): '96鳥取地盤図, 1996
- 2) 藤村 尚, 他: 地震発生時の地盤変形予測マップについて, 地盤と建設(地盤工学会中国支部論文報告集), Vol.15, No.1, pp31~39, 1997