

2000年鳥取県西部地震における噴砂・噴泥の物理及び力学特性

山口大学大学院 学生員 ○難波 宏文
山口大学工学部 正員 兵動 正幸 吉本 憲正
三井建設（株）技術研究所 正員 山本 陽一
基礎地盤コンサルタンツ（株）正員 伊東 周作

1. まえがき

2000年10月6日13時30分に発生した鳥取県西部地震は、マグニチュード7.3、震源の深さ約10kmであった。この地震は、図-1に示す半島部分を中心に大きな液状化被害をもたらした。液状化の被害調査を行った際、液状化による噴砂・噴泥は、近年（1980年以降）開発された若齢な埋立地盤で多数確認された。今回の地震によるこの地域の加速度は、兵庫県南部地震のポートアイランドや六甲アイランド地区の700～800galに比べると小さく、最大でも400gal程度（科学技術庁防災科学技術研究所のK-NET, KiK-net）であった。加速度が非常に大きかった兵庫県南部地震では、護岸の完全な破壊など致命的な被害が多く見られたが、今回の地震では、護岸の大変形は比較的少なく、米子港や昭和町などで部分的に確認できる程度であった。この他に、液状化による地盤沈下が橋梁と道路の取り付け部やマンションなどで多く発生していた。本研究は、液状化被害調査を行った際に採取した噴砂・噴泥の物理及び力学特性について検討した。

2. 噴砂・噴泥の物理的性質

図-1は、液状化が多く発生した地域と噴砂・噴泥を採取した地点を示している。噴砂・噴泥の採取地点を●で示し、液状化被害が確認された地域をハッチングで示してある。A～D地点で採取した噴砂・噴泥については、非排水繰返し三軸試験を実施した。表-1にA～D地点の噴砂・噴泥の物性値を示す。Dの竹内工業団地で採取した噴泥の最大間隙比・均等係数が他の噴砂よりも大きいことがわかる。図-2にA～D地点の噴砂・噴泥の粒径加積曲線を示す。矢印は、埋立地の液状化対策ハンドブック¹⁾で、「特に液状化の可能性あり」、「液状化の可能性あり」の区域を示している。A～C地点の噴砂・噴泥は「特に液状化の可能性あり」のほぼ中心を通過している。均等係数は1.5程度で粒度分布は悪く、土の工学的分類法でも砂に分類でき、非常に液状化しやすい材料であったことがわかる。D地点の竹内工業団地で採取された噴泥は、「液状化の可能性あり」の粒径の小さい側の範囲にぎりぎり入る

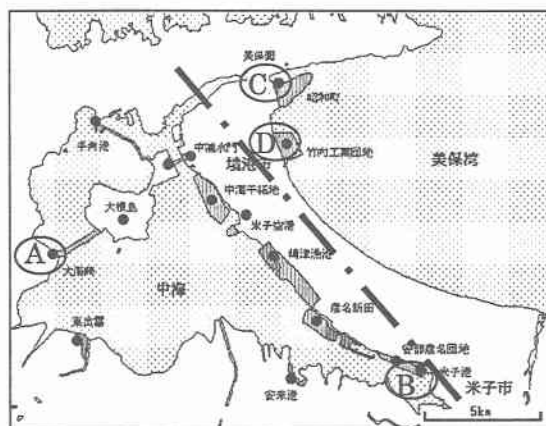


図-1 液状化発生地域と噴砂・噴泥採取位置図

表-1 採取した試料の物性値

	G_s	e_{max}	e_{min}	U_c
A:大海崎	2.543	1.437	0.840	1.56
B:米子港	2.645	0.968	0.589	1.45
C:昭和町	2.621	1.239	0.777	1.46
D:竹内工業団地	2.665	2.047	0.985	2.53

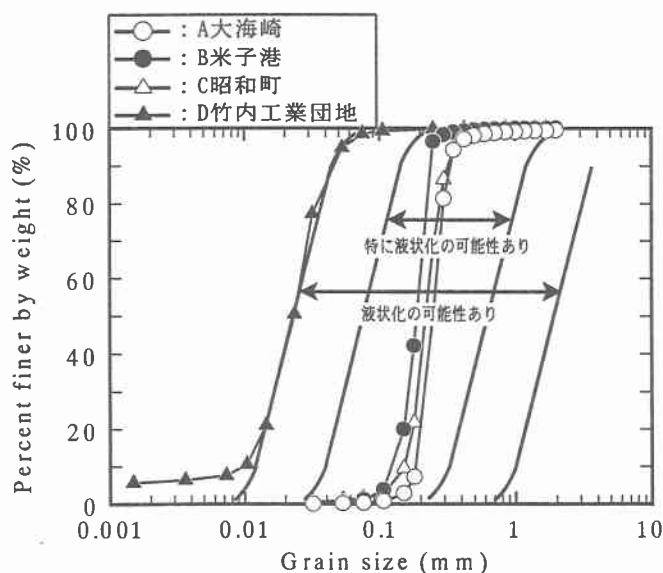


図-2 採取した試料の粒径加積曲線

かどうかの細粒土であった。均等係数は 2.5 程度で粒度分布は悪く、土の工学的分類でもシルトか粘土に分類され、含有される粘土分の塑性指数は 23.1 であった。このような塑性指数を有する土は「建築基礎構造物設計指針」²⁾ や「道路橋示方書」³⁾ では液状化対象土から外されていて、一般に液状化しにくい材料と考えられている。この噴泥が液状化を起こしたとは断言できないが、粗粒分が一切含まれていないことから、噴出した噴泥が液状化を起こした可能性が高い。

3. 噴砂・噴泥の力学特性

A～D 地点の噴砂・噴泥に対して、非排水繰返し三軸試験を拘束圧 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ 、周波数 0.1Hz、等方圧密下で行った。A～C 地点で採取した砂試料は水中落下法によって供試体を作製し、圧密後の相対密度を $D_r=50\%$ 、乾燥密度を $\rho_d=1.31\text{g/cm}^3$ とした。D 地点で採取した噴泥は、水中落下法による沈降堆積により作製した。その結果、圧密後の乾燥密度は $\rho_d=1.27\text{g/cm}^3$ となった。図-3 は、軸ひずみ両振幅 ε_{DA} と繰返し回数 N の関係を各噴砂・噴泥について、繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma'_c=0.14\sim0.15$ の範囲で示したものである。この図より、いずれの噴砂・噴泥もある繰返し回数から急激に軸ひずみが発生していることがわかる。急激に軸ひずみが発生し始める繰返し回数は、D 地点の噴泥が最も少なく、B 地点の噴砂が最も多い結果となった。図-4 は、対応する間隙水圧比 u_r/σ'_c と繰返し回数 N の関係を各噴砂・噴泥について示したものである。いずれの噴砂・噴泥も、ある繰返し回数までは直線的に間隙水圧比は増加しているが、その後急激な上昇を見せている。また、細粒分含有率が最も多い D 地点の噴泥が、最も少ない繰返し回数で間隙水圧が上昇していることは着目すべき点である。図-5 は、繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma'_c$ と繰返し回数 N の関係を示している。いずれの噴砂・噴泥も液状化強度はかなり低い。A、B、C 地点の液状化強度は、ほぼ同程度であるのに対して、D 地点の液状化強度だけが、特に低いといえる。

4. まとめ

鳥取県西部地震で液状化した噴砂・噴泥の諸特性を調べた。その結果、「液状化の可能性あり」の範囲にぎりぎり入っている噴泥の液状化強度が、「特に液状化の可能性あり」の範囲に入っている噴砂のそれより低い値を示した。

参考文献

- 1) (財) 沿岸開発技術研究センター：埋立地の液状化対策ハンドブック（改訂版），1997。 2) (社) 日本建築学会：建築基礎構造物設計指針，1988。 3) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，1996。

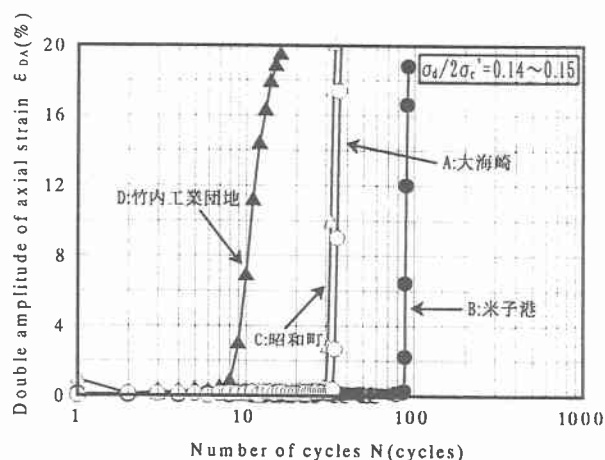


図-3 軸ひずみ両振幅 ε_{DA} と繰返し回数 N の関係

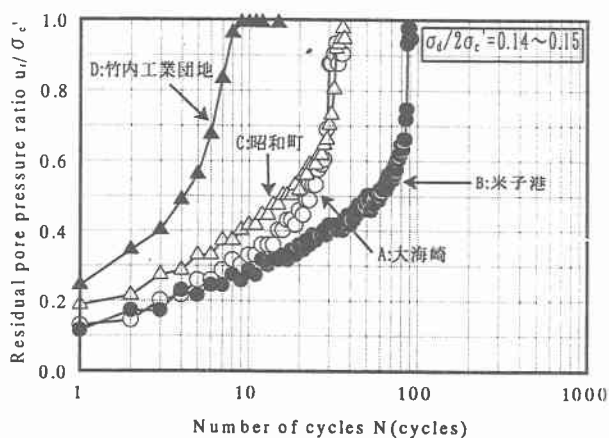


図-4 間隙水圧比 u_r/σ'_c と繰返し回数 N の関係

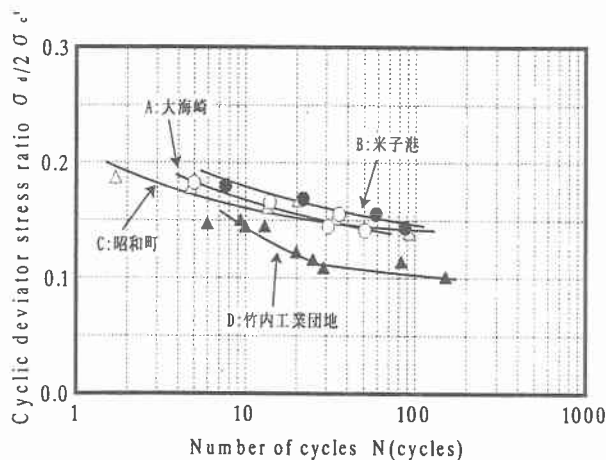


図-5 $\varepsilon_{DA}=5\%$ に至るに必要な繰返しせん断
応力比 $\sigma_d/2\sigma'_c$ と繰返し回数の関係