

2000年鳥取県西部地震における境港市竹内団地の液状化

(株)愛媛建設コンサルタント 正会員 ○岩本圭吾 正会員 神野邦彦
愛媛大学工学部 フェロー 森伸一郎 学生員 阿部雅弘

1. はじめに

2000年10月6日に発生した鳥取県西部地震において，中海周辺の臨海埋立地を中心に液状化が発生した¹⁾．このうち若齢埋立地である境港市竹内団地でも多くの噴砂が確認された．本研究では，噴砂が確認された地点においてスウェーデン式サウンディング試験（以下『SW試験』と称す）を実施し，試験結果と既往の地盤資料に基づいて液状化の判定を行った．その判定結果から地震前後のFL値を比較するとともに，液状化判定におけるSW試験の適用性について検討する．

2. 調査地点と被害状況

竹内団地は弓ヶ浜半島の美保湾に面した人工埋立地で，昭和63年より埋め立てが開始された．地震により竹内団地内では広範囲にわたって液状化による噴砂が確認された．写真-1に対象地点の航空写真を示す．写真に示した地点では既往の標準貫入試験データがある．写真中に示した噴砂の拡がる地点でSW試験を行った．また，噴砂を採取して粒度試験を実施した．被害状況は噴砂・噴水のほか，路面の波打ち，水路の変状（写真-2参照）等の被害が見られた．



写真-1 竹内団地航空写真
（中電技術コンサルタント 古川 智氏提供）

3. 試験結果を用いた液状化判定

(1) 液状化判定方法

液状化判定は，建築基礎構造設計指針²⁾に準拠し，FL値によった．SW試験結果については，稲田の式³⁾

$$N=0.002 W_{SW} + 0.067 N_{SW} \text{ (砂質土)}$$

$$N=0.003 W_{SW} + 0.050 N_{SW} \text{ (粘性土)}$$

よりN値換算する．土質は山陰臨海平野地盤図⁴⁾に示される近隣のボーリング柱状図を参照した．その他，単位体積重量は文献⁵⁾を参考とし，細粒分含有率は土質分類に対応させた代表値（中間値）とした．また，地表面の最大加速度はアンケート震度⁶⁾をもとにして，震度(I)と最大加速度（）の関係式（河角の式） $\log(\quad)=I/2-0.35$ より得られる最大加速度を丸めて設定した．これら設定値を表-1に示す．



写真-2 路面の波打ち，水路の変状

表-1 液状化判定に用いた設定値

| 土質分類 | | 単位体積重量 | 細粒分含有率 Fc | 最大加速度 |
|--------|---------------|-------------------------|-------------|---------------------------|
| 砂および砂礫 | 中位のもの N=10~30 | 19 (kN/m ³) | 3 (%) | 400(gal) (アンケート震度 5.9) |
| | ゆるいもの N=0~10 | 18 (kN/m ³) | | |
| 砂質土 | 中位のもの N=10~30 | 18 (kN/m ³) | 細粒分質 30(%) | |
| | ゆるいもの N=0~10 | 17 (kN/m ³) | 細粒分混り 10(%) | |
| 粘性土 | 中位のもの N=4~8 | 16 (kN/m ³) | 50 (%) | |
| | ゆるいもの N=0~4 | 14 (kN/m ³) | | |

(2) 液状化判定結果

図-1に液状化判定結果を示す．SW試験結果(SW-1)，および既往のボーリングデータ⁴⁾（「美保関 No.5(1)」，「美保関 No.6(1)」）とともに，FL値はおおむね0.5を下回っており，液状化の可能性が極めて高いと判定された．既往のボーリングデータではGL-25m付近までFL値<1.0となっていることから，GL-20m以深においても液状化した

と判断される。ただし，建築基礎構造設計指針では液状化抵抗が細粒分含有率(F_c)によって補正される。すなわち F_c が増加すると補正 N 値増分は大きくなるが $F_c=50\%$ を上限としているため，今回の判定においては $F_c=50\%$ 以上の F_c に対して50%の増分しか考慮していない。このため，液状化抵抗を小さく評価している可能性もある。しかし，噴出したシルトの塑性はNPであり，細粒分含有率が高くても液状化強度の増加は期待できないと考えられる。したがって，判定結果は妥当なものと考えられる。

次に，現地で採取した噴砂の粒径加積曲線を図-2に示す。噴砂の90%以上はシルトであり，粒度分布が悪い(均等粒度)ことがわかる。以上のように，噴砂や既往のボーリングデータを考慮すると，既に報告されているように⁷⁾，竹内団地においてはシルト層が液状化したといえる。

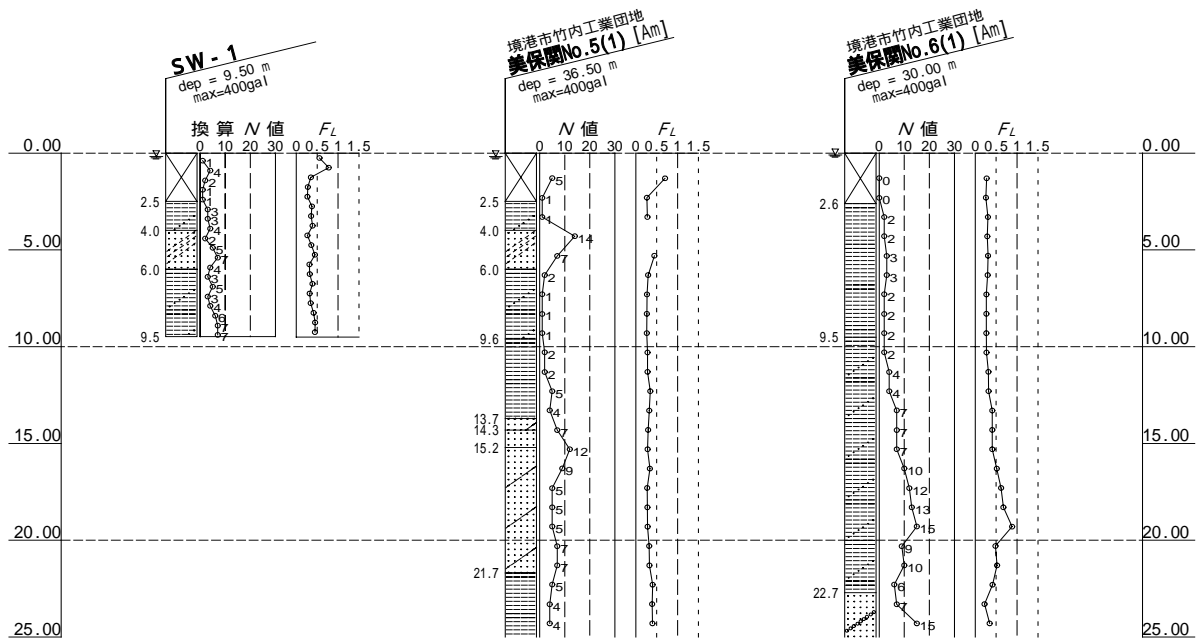


図-1 液状化判定結果 (GL-25m 以浅)

4. スウェーデン式サウンディング試験結果の考察

既往のボーリングの N 値分布では10m以浅でほぼ一定であるのに対して，SW-1の換算 N 値は深度が増すにつれ若干大きくなっている。このことから地震によって締め固まったものと判断できる。しかし， FL 値は，依然として0.5を下回っており，再液状化の可能性が高いと判断される。また，当地のような軟弱地盤(砂質土および粘性土)が厚く堆積している埋立地や臨海低地などにおいて液状化判定を行う際には，SW試験結果の利用は有効な手法であるといえる。

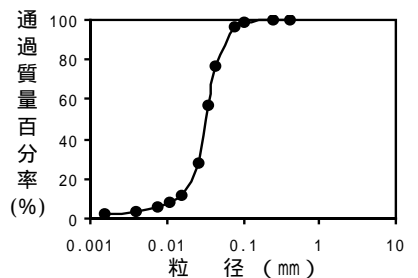


図-2 噴砂の粒径加積曲線

5. 結論

既往の標準貫入試験結果とアンケート震度に基づいて設定した加速度から判定した結果によれば，約25mの深さまで FL 値がおおむね0.5以下であった。深いところまで液状化したことがわかった。また，大量の噴砂と道路などの変状の程度は FL 値が0.5以下であることと整合していると考えられる。

液状化地点で実施したSW試験結果と既往の標準貫入試験結果の比較から地震により深いほど締め固まったこと，また地震後でも同様の液状化判定を行えば，液状化の可能性が高いことがわかった。

[参考文献]

- 1) 森伸一郎：液状化被害(その3)，平成12年鳥取県西部地震災害緊急調査団報告，地盤工学会，pp.78-82，2000.12.
- 2) 日本建築学会，建築基礎構造設計指針，pp.163-169，1988.
- 3) 稲田倍穂：スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について，土と基礎，Vol.8，No.1，pp.13-18，1960.
- 4) 中国地方基礎地盤研究会：山陰臨海平野地盤図，1995. 5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 共通編，p.47，1996.
- 6) 森伸一郎，圓井洋介，盛川仁：2000年鳥取県西部地震における境港および米子のアンケート震度，第36回地盤工学研究発表会，2001.7.
- 7) 森伸一郎：2000年鳥取県西部地震とその被害の概要，豪雨と地震による土砂災害論文集 第1巻，2001.2.