

## 鳥取県西部地震で被災した埋立て地盤の液状化の評価

山口大学工学部 正会員 ○吉本 憲正 兵動 正幸  
 復建調査設計（株） 正会員 藤井 照久  
 山口大学工学部 学生員 渡辺 真悟 難波 宏文

**1. まえがき** 2000 年 10 月 6 日 13 時 30 分ごろ発生した鳥取県西部地震において、米子市から境港市に至る半島部分の埋立地において大規模な液状化が発生した。美保湾側の竹内工業団地では、細粒分を多く含んだ土が液状化したことが確認された<sup>1)</sup>。そこで、著者らは、竹内工業団地でボーリング調査を行い、不攪乱試料を採取し、液状化試験及び物理試験を実施した<sup>2)</sup>。本報告では、これらの調査結果を用いて、道路橋示方書・同解説<sup>3)</sup>、建築基礎構造設計指針<sup>4)</sup>の 2 種類の基準により液状化判定を行い、被災した埋立て地盤の液状化の評価を行う。

**2. 各種基準の液状化判定について****(1) 道路橋示方書・同解説の細粒土の取り扱い**

道路橋示方書・同解説では、液状化判定の中での細粒土については細粒分含有率を用いて、 $N$  値について次式のような補正が行われる。

$$N_a = c_1 \cdot N_1 + c_2 \quad (1)$$

$$c_1 = \begin{cases} 1 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 40)/50 & (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC/20 - 1 & (60\% \leq FC) \end{cases} \quad (2)$$

$$c_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC - 10)/18 & (10\% \leq FC) \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 $N_1$ ：有効上載圧  $1\text{kgf/cm}^2$  相当に換算した  $N$  値、 $N_a$ ：粒度の影響を考慮した補正  $N$  値、 $c_1, c_2$ ：細粒分含有率による  $N$  値の補正係数、 $FC$ ：細粒分含有率（%）

**(2) 建築基礎構造設計指針の細粒土の取り扱い**

建築基礎構造設計指針では、液状化判定について、細粒土の取り扱いには  $N$  値を補正することにより行われる。以下にその詳細を示す。

各深さにおける補正  $N$  値 ( $N_a$ ) を、次式及び図-1 を用いて計算する。

$$N_a = N_1 + \Delta N_f \quad (4)$$

ここで、 $N_a$ ：補正  $N$  値、 $N_1$ ：換算  $N$  値、 $\Delta N_f$ ：細粒分含有率に応じた補正  $N$  値増分で、図-1 による

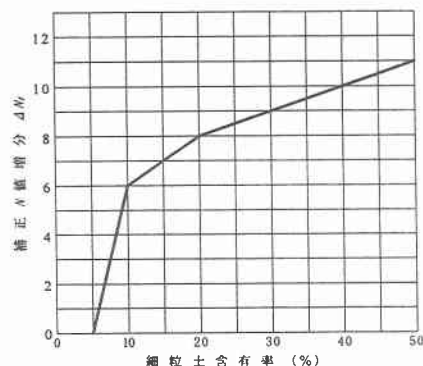


図-1 細粒分含有率と補正  $N$  値増分  $\Delta N_f$  の関係

以上より、道路橋示方書・同解説と建築基礎構造設計指針の細粒分に対する取扱いは、細粒分含有率を用いて  $N$  値の補正を行うところに特徴がある。また、いずれにおいても直接液状化強度を予測するのではなく、 $N$  値に加算する形で補正を行うところに特徴がある。

**3. 液状化判定結果** 各種調査及び液状化判定を行った各地点 (A~C) を図-2 に、各地点の深度方向の  $N$  値、物理特性及び、これらの諸物性を用い、各種基準に準じて行った液状化判定結果を表-1 に示す。なお、表中の各地点の全深度とも、海底地盤より上の浚渫埋立て地盤であり、噴砂の状態から実際には、埋立て地盤が液状化したと考えられる。また、各判定に用いた設計震度及び設計加速度は境港市において観測された地表面加速度から約  $300\text{gal}$  として、判定に用いた。表より、A 地点では、現行のいずれの基準においても、液状化の判定が必要となるのは、G.L.-5.15~5.45m の深さの層のみということになる。また、この層の液状化判定結果を見ると、道路橋示方書・同解説では、液状化しないという結果に、建築基礎構造設計指針では、液状化するという結果になる。

道路橋示方書・同解説において、このような結果が得られた原因は、 $N$  値の補正式に細粒分含有率の値をそのまま適用するところにある。つまり、今回のように細粒分が非常に多い土では、 $N$  値を補正する係数が非常に大きくなり、最大で  $N$  値を 4 倍するという結果を示す場合もある。B 地点、C 地点においても A 地点とほぼ同様の結果が得られ、道路橋示方書・同解説において液状化しないと判定される層が一部存在する。建築基礎構造設計指針の液状化判定結果は、液状化判定を行う必要がないと判定される対象土においても  $FL$  値は小さく細粒分に対してかなり安全側に判定基準が定められていると考えられる。しかしながら、建築基礎構造設計指針では、細粒土の取り扱いとは図-1 に示すように  $FC$  で 50% までしか示されておらず、それ以上の細粒土に対してどうするかという問題が残る。

本報告では、液状化判定とともにシンウォールサンプリングにより採取した各地点の埋土層の不攪乱試料を用いて、非排水繰返し三軸試験を実施した。試験条件は、各深度の有効上載圧を等方圧密条件とし、周波数 0.1Hz で行った。図-3 に軸ひずみ両振幅  $DA=5\%$  に達するまでに必要な繰返しせん断応力比と繰返し回数の関係を示す。この図より、各地点ともに埋土層の液状化強度 ( $RI_{20}$ ) は、 $RI_{20}=0.22\sim0.24$  程度であったことが確認された。この  $RI_{20}$  は、液状化判定においては、 $R$  と対応しており、両者を比較しても道路橋示方書・同解説の  $R$  は大きいことが分かり、危険側の判定がされていることが確認できる。

4. あとがき

液状化判定結果より、道路橋示方書・同解説以外の基準類では液状化すると判定されるのに対し、道路橋示方書・同解説では液状化しないという判定結果を示す層が一部見られた。この結果は、道路橋示方書・同解説の細粒土に対する取り扱いが危

険側の基準であると考えられる。これに対して、建築基礎構造設計指針の液状化判定結果は、液状化判定を行う必要がないと判定される対象土においても  $FL$  値は小さく、細粒分に対してかなり安全側に判定基準が定められていると考えられる。しかしながら、建築基礎構造設計指針では、細粒土の扱いは  $FC$  で 50% までしか示されておらず、それ以上の細粒土に対してどうするかという問題が残る。

参考文献 1) 吉本憲正、兵動正幸、藤井照久、山本陽一、伊東周作：2000 年鳥取県西部地震で生じた噴砂・噴泥の諸特性，第 36 回地盤工学研究発表会，投稿中，2001. 2) 藤井照久、藤本睦、若槻好孝、兵動正幸、吉本憲正：2000 年鳥取県西部地震で噴砂・噴泥が生じた地盤の諸特性，第 36 回地盤工学研究発表会，投稿中，2001. 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，1996. 4) (社)日本建築学会：建築基礎構造物設計指針，1988.



図-2 調査位置平面図

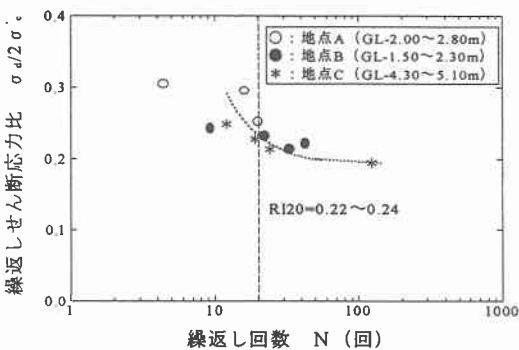


図-3 各地点の液状化強度

表-1 各種基準類による液状化判定結果

|     |                |       |       |      |         | 道路    | 建築 | 道路    |       |       | 建築    |       |      |
|-----|----------------|-------|-------|------|---------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 深度  |                | FC(%) | CC(%) | Ip   | N-value | 液状化判定 | R  | L     | FL    | R     | L     | FL    |      |
| A地点 | G.L-2.00~2.80m | 98    | 17    | 16   | 4       | ×     | ×  | 2.022 | 0.419 | 4.83  | 0.220 | 0.269 | 0.82 |
|     | G.L-4.00~4.80m | 98    | 21    | 23   | 3       | ×     | ×  | 0.463 | 0.490 | 0.94  | 0.170 | 0.315 | 0.54 |
|     | G.L-5.15~5.45m | 98    | 8     | N.P. | 5       | ○     | ○  | 2.267 | 0.505 | 4.49  | 0.200 | 0.324 | 0.62 |
|     | G.L-8.60~9.40m | 100   | 34    | 36   | 1       | ×     | ×  | 0.255 | 0.521 | 0.49  | 0.150 | 0.335 | 0.45 |
| B地点 | G.L-2.30~2.90m | 76    | 7     | N.P. | 2       | ○     | ○  | 0.322 | 0.416 | 0.77  | 0.160 | 0.268 | 0.60 |
|     | G.L-3.50~4.30m | 72    | 3     | N.P. | 3       | ○     | ○  | 0.366 | 0.467 | 0.78  | 0.195 | 0.280 | 0.70 |
|     | G.L-5.60~6.40m | 96    | 10    | N.P. | 5       | ○     | ○  | 1.581 | 0.503 | 3.14  | 0.195 | 0.323 | 0.60 |
|     | G.L-6.40~7.00m | 38    | 2     | N.P. | 6       | ○     | ○  | 0.234 | 0.508 | 0.46  | 0.195 | 0.327 | 0.60 |
|     | G.L-10.0~10.8m | 94    | 17    | 20   | 2.5     | ×     | ×  | 0.350 | 0.512 | 0.68  | 0.150 | 0.329 | 0.46 |
| C地点 | G.L-2.10~2.90m | 98    | 19    | 16   | 5       | ×     | ×  | 5.190 | 0.386 | 13.46 | 0.240 | 0.248 | 0.97 |
|     | G.L-3.50~4.30m | 99    | 20    | 20   | 2       | ×     | ×  | 0.392 | 0.446 | 0.88  | 0.160 | 0.287 | 0.56 |
|     | G.L-5.25~5.65m | 99    | 18    | N.P. | 1.5     | ○     | ○  | 0.322 | 0.479 | 0.67  | 0.150 | 0.308 | 0.49 |
|     | G.L-6.50~7.30m | 90    | 12    | 10   | 1       | ○     | ○  | 0.240 | 0.494 | 0.49  | 0.140 | 0.318 | 0.44 |

備考：液状化判定を行うか否かについて行う場合○，行わない場合×