

鹿児島県版地盤情報データベース (K-DBS) を活用した液状化判定における 細粒分含有率の違いが液状化抵抗率に与える影響について

鹿児島大学 学生会員 ○福永 龍之介
鹿児島大学学術研究院 正会員 酒匂 一成, 伊藤 真一

1. はじめに

現在, 日本国内の様々な機関で地盤情報が収集され, 地盤情報データベースの構築やその工学的利活用が検討されている。鹿児島県の地盤情報についても, 中田ら¹⁾は, これまでに鹿児島県内の地盤調査結果 (ボーリング調査と土質試験) を収集し, データベース化した「鹿児島県版地盤情報データベース (K-DBS)」を構築してきている。そこで, 著者らは, K-DBS の工学的活用を推進するため, K-DBS から液状化判定に必要な土質パラメータを決定し, 鹿児島県の地盤特性を考慮した液状化判定を試みた。現状の課題として, K-DBS で液状化判定に必要なパラメータが十分に収録されていない場合, 推定値を入力するが, その入力値の違いが判定結果に与える影響について検討する必要があることが挙げられる。本研究では, まず, 液状化判定に必要な土質パラメータが K-DBS にどの程度収録されているかを調査する。また, K-DBS 内の鹿児島市平野部において, 比較的, 粒度試験データが多かったことから細粒分含有率 F_c に着目し, F_c の入力値の違いが液状化抵抗率に与える影響について検討する。

2. 液状化判定手法と使用する各種パラメータの現状

本研究では, 式(1)に示す F_L 値法²⁾に基づいた液状化判定を行う。

$$F_L = \frac{R}{L} \tag{1}$$

ここに, F_L : 液状化抵抗率 ($F_L \leq 1$ で液状化層), R : 動的せん断強度比, L : 地震時せん断応力比。

F_L 値の算定に当たり, R は道路橋示方書³⁾に準拠した式から求められ, L は一次元成層地盤の地盤応答ソフトウェア (k-SHAKE+ for Windows, 構造計画研究所) を用いて求めている。液状化判定に必要な各種入力パラメータを表-1 に示す。液状化判定には, ボーリング柱状図と土質試験 (液性・塑性限界試験, 粒度試験, 湿潤密度試験) の結果が必要となる。K-DBS には, ボーリング柱状図が豊富に収録されており, 土質区分, N 値, 地下水位などの情報を得ることは比較的容易である。一方, 表-2 より K-DBS に収録されている土質試験結果について, 液性・塑性限界試験, 湿潤密度試験等の試験数が少なく, 塑性指数 I_p , 単位体積重量 γ_t を K-DBS から決定することは困難であった。また, 粒度試験においても深度毎に試験結果がある地点は非常に少なかった。

3. 未知入力パラメータの決定方法

ここでは, 2章で説明したK-DBSで推定困難な未知入力パラメータ (γ_t : 単位体積重量, I_p : 塑性指数, D_{50} : 50%粒径, D_{10} : 10%粒径) の決定方法について考察する。本研究では, K-DBSに収録されているデータの内, 鹿児島市平野部における69地点のデータで検討を行う。

3.1 単位体積重量 γ_t

表-2より, K-DBSに収録されている湿潤密度試験の数は全体の20.29%にとどまっている。そこで, 地下水位以上及び地下水位以下の γ_t について, 日本道路協会³⁾に記載されている推定値を使用することとした。ここで, K-DBSに湿潤密度 ρ_w が記載されている14地点で γ_t を算出し比較すると, 日本道路協会³⁾に記載された値よりも約0.2~0.3 (Mg/m³) 小さい値が得られた。この要因として, 鹿児島市平野部の対象地盤 (沖積地盤) は, しらすを含む土が堆積しており, 土粒子密度 ρ_s が低いことから, 工学的分類が

表-1 各種入力パラメータ

R (動的せん断強度比)	内容
土質区分	ボーリング柱状図
N 値	ボーリング柱状図
塑性指数	液性・塑性限界試験
細粒分含有率	粒度試験
50%粒径	粒度試験
10%粒径	粒度試験
L (地震時せん断応力比)	内容
土質区分	ボーリング柱状図
N 値	ボーリング柱状図
地下水位	ボーリング柱状図
単位体積重量	湿潤密度試験

表-2 K-DBSの土質試験収録数

土質試験名称	個数	百分率 (%)	決定される値
土粒子の密度試験	68	98.55	土粒子密度
含水比試験	69	100	含水比
粒度試験	69	100	細粒分含有率
湿潤密度試験	14	20.29	湿潤密度
液性・塑性限界試験	14	20.29	塑性指数
全体	69	100	

同じでも一般的な土よりも γ_t が低くなる傾向にある。K-DBSでは ρ_t のデータ数が非常に少ないことから、文献などを引用して推定値を設定する必要があるが、しらすを含む地盤の情報が少ないことが課題である。

3.2 塑性指数 I_p , 10%粒径 D_{10} , 50%粒径 D_{50}

I_p , D_{10} とも液状化計算に直接使用するパラメータではなく、液状化判定すべき地盤としての判定指標として使用される。 I_p においては、表-2より液性・塑性限界試験が全体の20.29%にとどまっている。また、高田ら⁴⁾は $I_p \leq 15$ と定義していたが、試験結果がある23地点の内、 $I_p \leq 15$ とならない結果が半数以上得られた。 D_{10} , D_{50} においては、粒径加積曲線の記載がある23地点で確認すると、すべての地点において、液状化判定すべき土層基準²⁾である「 D_{50} が10mm以下で、かつ、 D_{10} も1mm以下」を示していた。また、 D_{50} に関しては、礫質土層の場合のみ動的せん断強度比 R の算出²⁾に関わるが、今回対象とした鹿児島市平野部においては礫質土層の分布は非常に少なく、鹿児島市平野部の地盤はすべて砂質土層と考えて解析を行う。

4. 細粒分含有率 F_c の違いが液状化判定結果に与える影響

F_c についてはK-DBSに収録されている粒度試験の数が多いことから、K-DBSを活用した検討を行った。今回は、現場土質区分で細砂に分類された F_c で検討する。解析に用いる F_c は、K-DBSに記載されている細砂の F_c の平均値 $\mu=22.65$ (%) (標準偏差 $\sigma=12.65$)を基準値とし、これに対して標準偏差 $\pm\sigma$, $+2\sigma$, $+3\sigma$ に相当する F_c の値、および日本道路協会³⁾に記載された細砂の F_c に関する推定値 $\mu_1=30$ (%)を用いて、 F_c の入力値の違いが、 F_L 値の算定結果にどのような影響を与えるかを検討した。検討の単純化のため、地表面から深さ20mまでの地盤を細砂のみの層として、解析するものとした。また、地震動に関しては日本建築センター⁵⁾の基盤波を使用した。図-1に F_L 値の解析結果を示す。深度に着目して F_L 値の比較をすると、地表面付近ほど F_c の入力値が異なることによる F_L 値のばらつきは大きくなり、深くなるにつれそのばらつきは小さくなった。この要因として、動的せん断強度比 R を算出する式²⁾の分母に有効上載圧 σ_v' が含まれるため、深層部分における F_L 値の算出では、 F_c よりも σ_v' の影響が大きくなり F_L 値の入力値の違いの影響が小さくなったものと思われる。このことから、地表面付近の粒度試験結果が無い場合は F_c の推定値の設定に注意が必要であることがわかる。

5. おわりに

本研究では、K-DBSの工学的利用を目指し、データベースに収録されているボーリング柱状図および土質試験結果を用いた液状化判定を実施するための検討を行った。まず、液状化判定に必要な入力値が十分に収録されているかを調査したが、ボーリング柱状図は十分にありますが、 γ_t の試験結果が不足していることがわかった。特に特殊土であるしらすに関する情報を文献から推定することは困難であるため、液状化判定に必要な土質試験データをより多く蓄積することが重要である。また、比較的データが揃っていた粒度試験結果を用いて、鹿児島市平野部の現場土質区分が細砂と分類された F_c について、その入力値の違いが F_L 値の解析結果にどのような影響を及ぼすか検討を行った。その結果、浅い深度の地盤における F_c の入力値のばらつきが F_L 値により大きな影響を与えることがわかった。液状化判定を行う際に、浅い深度の粒度試験結果が無い場合は、その入力値の選定に注意が必要である。今後は、 F_c 以外の入力値についても、入力値のばらつきの影響を検討していきたい。

参考文献

- 1) 中田文雄, 田中義人, 北村良介, 酒匂一成, 伊藤真一: 二次利用を目的とした地盤情報データベースの構築, 情報地質, 30巻, 4号, pp.237-251, 2019.
- 2) 日本道路協会: 「道路橋示方書・同解説」V耐震設計編, (社)日本道路協会, pp.119-126, 2002.
- 3) 日本道路協会: 「道路橋示方書・同解説」V耐震設計編に関する参考資料, (社)日本道路協会, pp.143-147, 2015.
- 4) 高田誠: シラス地盤の工学的特性に関する研究, 博士論文, pp.28-29.82, 1998.
- 5) 日本建築センター: 「日本建築センター模擬波(基盤波)BCJ-L1及びBCJ-L2」, (<https://www.bcj.or.jp/download>), 2022.9.1時点.

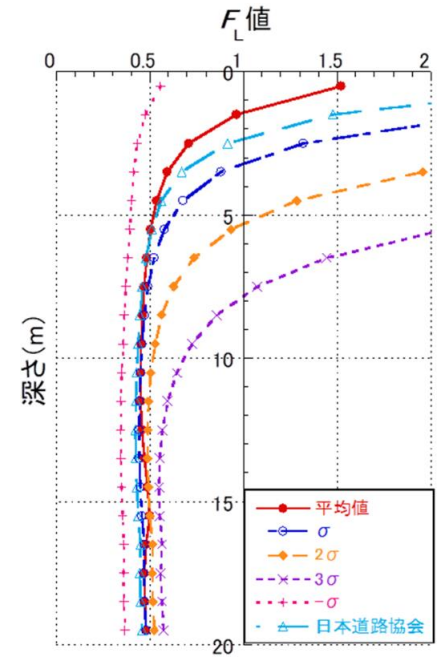


図-1 F_c の入力値の違いによる各深さの F_L 値のばらつき