

Ⅲ-10 松山平野の砂質土地盤の液状化特性

愛媛大学工学部 学生会員 ○川島 壮仁
 愛媛大学工学部 正会員 岡村 未対
 (株)ウエスコ 正会員 藤原 身江子
 地域地盤環境研究所 正会員 山本 浩司

1. はじめに

人口 50 万人の松山市が発達する松山平野は、扇状地性の礫質土・砂質土が広く分布する沖積平野であり、地下水位も高いため、地震時には液状化による災害が発生する可能性が危惧される地域である。今世紀中ごろにも再来が確実な南海地震に向けて、信頼性の高い液状化対策を行う必要がある。そこで本研究では、非排水繰返し三軸試験と静的微小コーン貫入試験を行うことで松山平野の砂質土の液状化特性を把握することを目的とした。

2. 松山平野の地盤特性

松山平野の地盤情報データベースで検討した結果¹⁾により、松山平野の表層付近の地層は、松山平野の中央を流れる重信川・石手川の上流部から中流部では礫層主体であり、下流の海岸側に進むにつれて礫層はほとんど見られなくなり、砂層主体となることが把握されている。

図-1 に、上層部砂層の層厚分布を示す。松山平野の北部・西部の海岸付近では 20m ほどと厚く、松山中心部は 0~4m と薄く砂層が堆積していることがわかる。

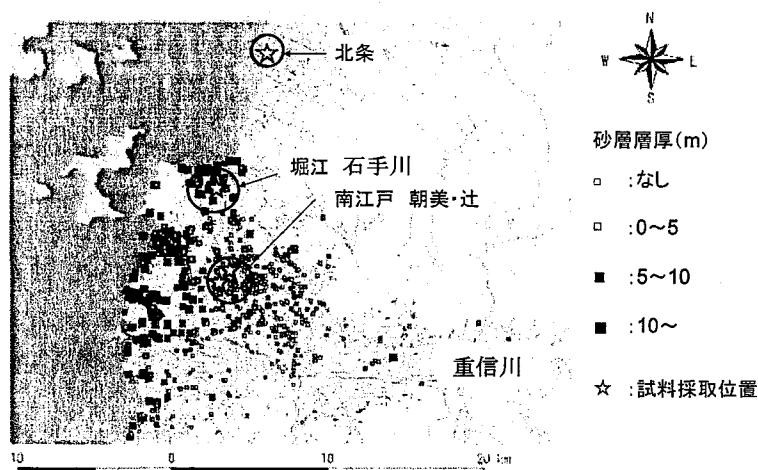


図-1 上層部砂層の層厚分布

表-1 用いた砂の物理特性

試料名	ρ_s (g/cm ³)	D_{50}	Fc(%)	e_{max}	e_{min}
南江戸(朝美)	2.65	0.56	1.9	1.024	0.564
南江戸(辻)	2.64	0.44	4.1	1.013	0.558
北条	2.66	0.36	4.5	1.147	0.612
堀江	2.64	0.57	3.3	1.021	0.557

3. 室内試験

図-1 に示す松山平野 4 地点の沖積層から採取し、2mm のふるいを通過させた再構成試料を使用した。各試料の物理特性を表-1 に示す。各試料とも細粒含有率 $F_c = 0 \sim 5\%$ 以下である。それらの試料を使用し、非排水繰返し三軸試験と静的微小静的コーン貫入試験を行った。

供試体は 5 層に分けて漏斗により緩く堆積させモールドの外壁を木槌で打撃することにより、所定の相対密度になるよう調整した。相対密度は緩詰めと密詰め の 2 通りである。非排水繰返し三軸試験は B 値 0.95 以上、初期有効拘束圧 98kPa、正弦波 0.01Hz の応力制御で行った。静的コーン貫入試験は内径 100mm、深さ 127mm のモールド内に所定の密度となるように作成した模型地盤に上載圧 98kPa を与え、直径 10mm、先端角度 60 度の模型コーンを 3mm/分 で貫入した。

4. 室内試験による液状化強度の評価

図-2 は非排水三軸試験の結果から得られた相対密度-液状化強度比の関係である。豊浦砂の関係²⁾も併記した。松山平野の砂質土は豊浦砂に比べ、相対密度増加による液状化強度比の増加が遅い。相対密度 90% を超えても液状化強度比は 0.2 程度である。図-3 は静的微小コーン貫入試験から得られた相対密度-先端抵抗の関係である。2 つの室内試験より相対密度を対応させ、規準化先端抵抗-液状化強度比の関係を導き出した。

ものを図-4に示す。ここで規準化先端抵抗 q_{t1} は $q_{t1}=q_t/(\sigma_v'/98)^{0.65}$ である。ただし、 q_t は先端抵抗、 σ_v' は上載圧 (kPa) である。既往の研究の式³⁾も示している。この図から松山平野の砂質土は規準化先端抵抗が小さい値の場合に大きな液状化強度を示していることがわかる。既往の研究に比べ傾きが小さく、規準化先端抵抗が大きい値の場合には小さな液状化強度を示す可能性がある。

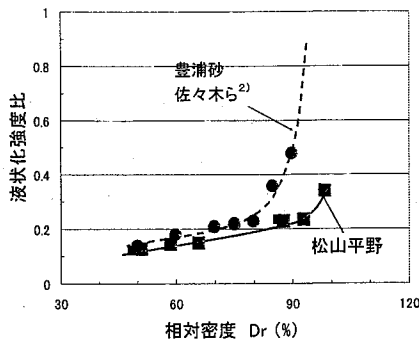


図-2 相対密度と液状化強度比の関係

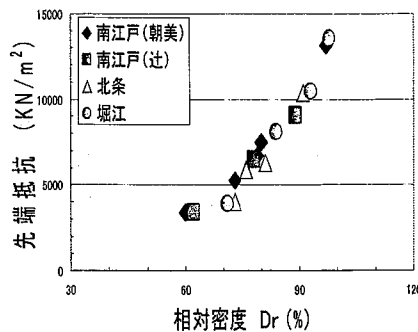


図-3 相対密度と先端抵抗の関係

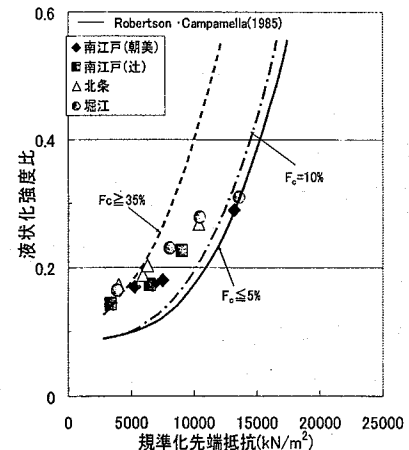


図-4 規準化先端抵抗と液状化強度比の関係

4. 圧縮性の検討

室内試験で得られた松山平野の液状化強度は図-2に示したように、相対密度が小さい場合豊浦砂と同じような液状化強度比を示しているのに対し、相対密度が大きくなると液状化強度比に大きな差がみられる。

同じ相対密度にも関わらず液状化強度が異なることの原因の一つに土の体積変化特性があると考え、本研究ではCD試験を行った。試料は室内試験で用いたものと同様の松山平野の4試料と豊浦砂を用いた。試料の作成方法は室内試験と同様であるが、豊浦砂は空中落下法によって所定の相対密度に調節した。载荷回数20回で液状化する応力振幅比を σ_{d20} とし、CD試験において σ_{d20} を载荷した時点での体積ひずみを縦軸に、相対密度を横軸にとったものが図-5である。この図を見てわかるように、松山平野の砂質土は圧縮性が豊浦砂に比べ非常に大きい。また、相対密度が小さい場合においても圧縮性の差は非常に大きいのである。これは図-2で示した相対密度と液状化強度比の関係において見られた試料による違いが圧縮性だけで説明できるものではないことを示している。

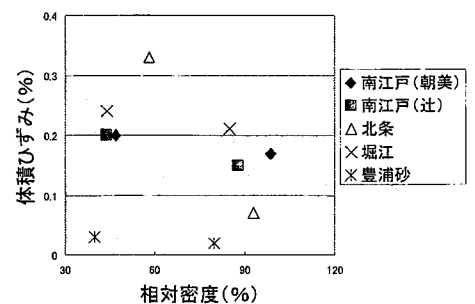


図-5 相対密度と σ_{d20} を载荷した時点での体積ひずみの関係

5. まとめ

- ・ 密度増加による液状化強度の増加は遅く、90%を超えても液状化強度比は0.2程度である。
- ・ 静的微小コーン貫入試験において規準化先端抵抗がおよそ15000(kN/m²)までの間では、Robertsonの式よりも液状化強度は大きくなる傾向が見られた。
- ・ 松山平野の砂質土の液状化特性を圧縮性の観点から検討したが、明確な要因の把握には至らなかった。

参考文献

- 1)高橋ほか(2004):松山平野地盤情報データベースの構築, 第39回地盤工学研究発表会, CD-ROM
- 2)佐々木勉ほか(1981):振動三軸試験における試験条件が砂の液状化強度に及ぼす影響, 第16回土質工学研究発表会公演集, pp.597~600
- 3)Robertson, P.K, and Fear C.E.:Proc. 1st.International Conf. On Earthquake Geotechnical Engineering, Special, Keynote and Theme Lectures Preprint Volume, 91-127 1995