

高知県の3地点における地盤液状化強度特性

愛媛大学大学院 学生会員○森重 裕亮

愛媛大学工学部 正会員 岡村 未対

愛媛大学大学院 学生会員 河内 義範

国土交通省高松技術調査事務所 野田 巖

1. はじめに

東南海・南海地震により、大きな液状化被害の発生が想定されている四国において、地盤の液状化特性の検討は少ない。本来、地盤や土の力学特性には地域性があり、対象とする地域の土質特性を適切に考慮した検討が必要である。そこで、本研究では高知県内の砂質土（攪乱試料）に対して、繰返し三軸試験と小型コーン貫入試験を行い、その結果より土の液状化強度特性と液状化判定法について検討した。

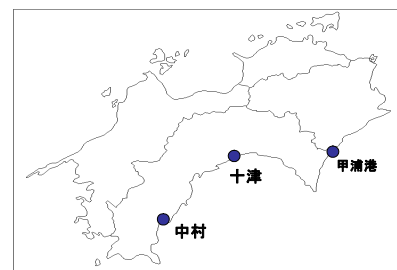


図-1 試料採取位置

2. 室内試験

試料は図-1に示す高知県の3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である。各試料の物理特性を表-1に示す。各試料ともある程度の細粒分を含んでいる。これらの試料を使用し、非排水繰返し三軸試験と小型コーン貫入試験を行った。

表-1 各試料の物理特性と採取深度

試料名	ρ_s (g/cm ³)	D_{50}	$F_c(\%)$	e_{max}	e_{min}	採取深度 GL(m)
甲浦港	2.669	0.14	31.1	1.30	0.726	-11.5~-13.0
十津	2.662	0.36	23.2	1.05	0.551	-10.0~-12.0
中村	2.738	0.25	16.8	1.41	0.849	-12.45~-13.15

三軸供試体は、所定の含水比に調整した試料を所定の乾燥密度となるように5層に分けて突き固めて作成した、緩詰め・中密・密詰めの3種類のものである。非排水繰返し三軸試験では供試体をB値0.95以上となるまで飽和し、初期有効拘束圧98kPaで圧密した後に、 10^{-5} レベルの軸ひずみを与えて供試体の初期剛性を測定し、続けて液状化試験を行った。

小型コーン貫入試験は図-2に示す内径100mm、深さ100mmのモールド内に上述の方法で所定の密度となるように模型地盤を作成し、飽和させ上載圧97.3kPaを与えた後に、直径8mm、先端角度60度で先端荷重測定用のロードセルを内蔵した模型コーンを3mm/分の一定速度で貫入した。モールドと土の摩擦により、地盤内鉛直方向の土被り圧が減少することを防ぐため、モールド内面にはグリースとラテックスメンブレンでルブリケーションを施し、さらにモールド側面を予め上下に数mm動かすことにより摩擦の低減を図った。このとき測定された摩擦力は約60N(2kPa)であり、静止土圧係数を0.5と仮定すると壁面摩擦係数は0.038である。

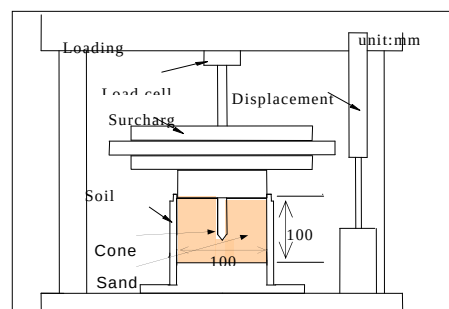
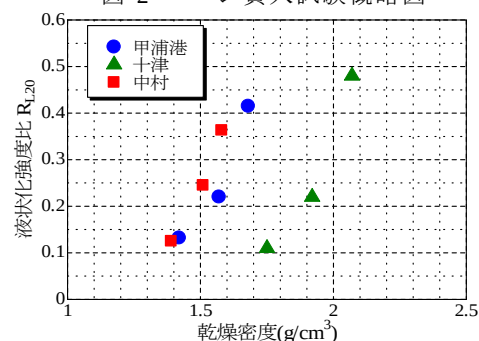


図-2 コーン貫入試験概略図

図-3 液状化強度比 R_{L20} と乾燥密度の関係

3. 室内試験結果と液状化強度の評価

液状化試験において繰返し回数 $N_c=20$ 回で両振幅ひずみ DA が5%となる応力比を液状化強度比 R_{L20} とし、乾燥密度に対しプロットしたのが図-3である。また、図-4はせん断弾性係数 G_0 と乾燥密度の関係である。3試料とも乾燥密度の増加に伴い、液状化強度比、せん断剛性が増加している。

三軸試験 貫入試験

理工学研究科土質研究室 (790-8577 愛媛県松山市文京町3 089-927-9817)

コーン貫入試験より得られた先端抵抗と乾燥密度の関係を図-5に示す。コーン貫入試験については、貫入深さがおよそ 3cm 以上で先端抵抗がほぼ一定となったので、その時点での抵抗を先端抵抗としてプロットした。3 試料とも乾燥密度の増加に伴い先端抵抗が増加している。中村に比べて甲浦港、十津の試料は乾燥密度の増加と共に先端抵抗が急増している。図-3 と図-5 より液状化強度比と先端抵抗の関係を求め図-6 に示す。ただし、先端抵抗は上載圧の影響を考慮するために式(1)によって換算先端抵抗とした。

$$q_{t1} = \frac{q_t}{(\sigma_v' / 98)^{0.65}} \quad (1)$$

ここで、 q_t は先端抵抗、 σ_v' は上載圧(kPa)である。また、図-3 で示した液状化強度比は非排水繰返し三軸試験から求めたものである。図-6 においては式(2)により原位置液状化抵抗³⁾としてある。

$$\left(\frac{\tau_1}{\sigma_v'} \right) = 0.9 \frac{1+2K_0}{3} \left(\frac{\sigma_d}{2\sigma_v'} \right) \quad (2)$$

なお、静止土圧係数の K_0 は 0.5 とした。図中には鈴木・時松(2003)²⁾ による、細粒分含有率 F_c が 5% および 20% の曲線も示してある。中村の試料($F_c=16.8\%$)は鈴木・時松の $F_c=20\%$ の曲線と概ね対応しているが、甲浦港、十津の試料は F_c が 20% 以上であるにもかかわらず、液状化強度が小さいことが分かる。これより本試験で用いた甲浦港、十津の砂質土は鈴木・時松らによるコーン先端抵抗を用いた液状化判定を用いると液状化強度を危険側に評価する可能性があることがわかる。

次に、小型コーン貫入試験の結果より得られた換算先端抵抗から、鈴木・時松ら(1997)の換算 N 値と換算先端抵抗の関係⁴⁾ ($10 \leq F_c < 20\%$) を用いて、標準貫入試験による換算 N 値を推定した。これを道路橋示方書の液状化判定式¹⁾ ($10 \leq F_c \leq 60\%$) で細粒分による補正を行い、補正 N 値(N_a) を求めた。これより求めた液状化強度比と N_a の関係を図-8 に示す。甲浦港、十津の試料は N_a が 20 回を超えても液状化強度比は急増しないことがわかる。これより、甲浦港と十津の試料の液状化強度は、現行の液状化判定法により N 値やコーン抵抗から推定される強度よりも小さいものと考えられる。

4. まとめ

本研究では高知県内の 3 地点から採取した砂質土の液状化強度特性を三軸試験とコーン貫入試験によって調べた。その結果、甲浦港、十津の 2 地点の砂質土の液状化強度を既往の液状化判定法によって評価すると、コーン貫入抵抗または N 値が大きくなるにつれて過大評価となる可能性があることがわかった。

5. 参考文献

- 1) 日本道路協会編(1996): 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 2) 鈴木康嗣・時松孝次(2003): コーン貫入試験結果と凍結サンプリング試料の液状化強度の関係, 日本建築学会構造系論文集, 第 566 号 81-88 3) Yoshimi, Y., Tokimatu, K. and Arizumi, K.; Evaluation of liquefaction resistance of clean sands based on high-quality undisturbed samples Soils and Foundation, Vol.29, No.1, pp93-104, 1984.4 4) 實松俊明・鈴木康嗣・時松孝治(1997): コーン貫入試験と標準貫入試験の比較, 第 3 2 回地盤工学研究発表会, pp181~182

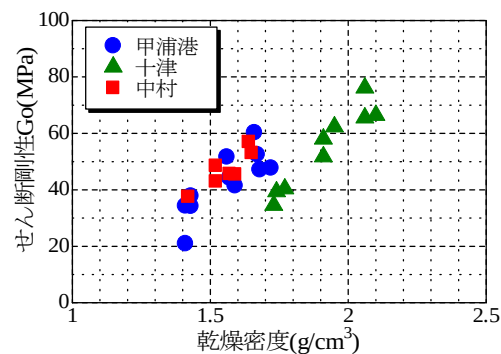


図-4 乾燥密度とせん断剛性の関係

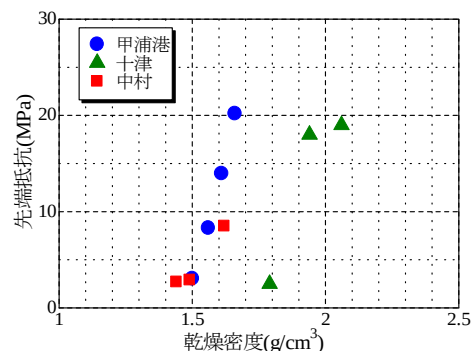


図-5 先端抵抗と乾燥密度の関係

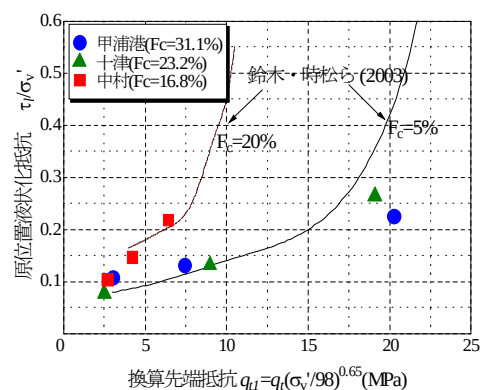


図-6 換算先端抵抗と液状化強度比の関係

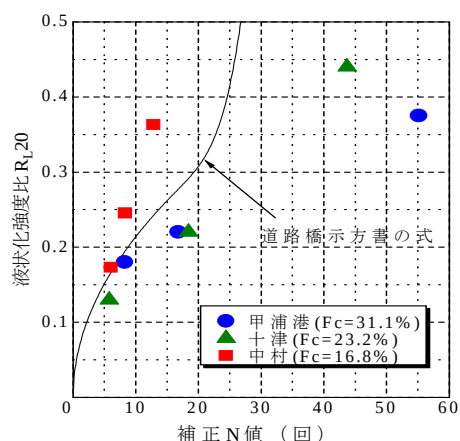


図-7 N_a と液状化強度比の関係