

高知県の3地点における地盤液状化強度評価法の検討

愛媛大学大学院 学生会員 ○森重 裕亮

愛媛大学大学院 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

現在までにいくつもの液状化判定法が提案されているが、本来、地盤や土の力学特性には地域性があり、精度良い液状化判定を行うためには、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。しかしながら、四国の地盤については液状化強度特性に関する研究は少ない。そこで、本研究では高知県内の3地点の砂質土(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、液状化判定法の適用性を検討した。

2. 試験概要

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。本研究ではこれらの試料を使用

試料名	ρ_s (g/cm ³)	D ₅₀ (mm)	Fc(%)	採取深度 GL(m)
甲浦港	2.669	0.14	31.1	-11.5~-13.0
十津	2.662	0.36	23.2	-10.0~-12.0
中村	2.738	0.25	16.8	-12.45~-13.15

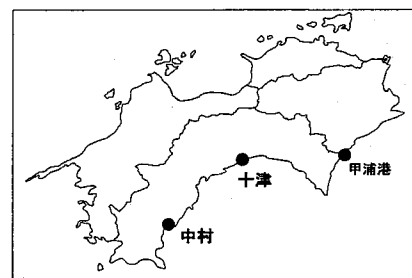


図-1 試料採取位置

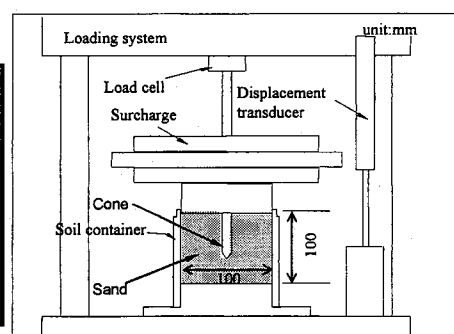


図-2 コーン貫入試験概略図

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。

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。

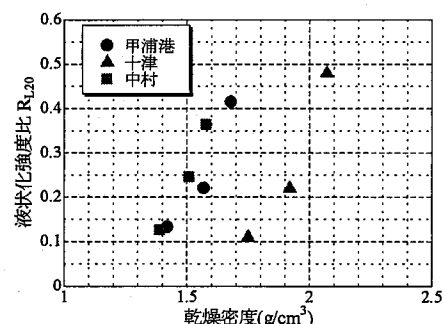


図-3 液状化強度比 R_{L20} と乾燥密度の関係

3. 試験結果

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 はせん断剛性 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。次に、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。

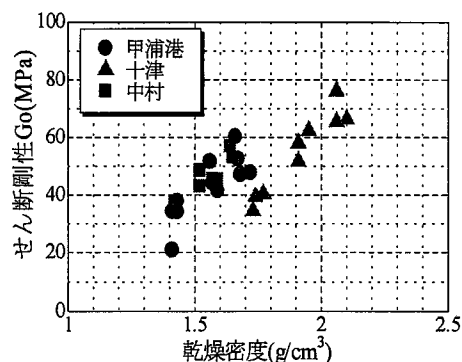


図-4 乾燥密度とせん断剛性の関係

4. 評価法の検討

現在、液状化強度を評価するために提案されている、せん断剛性、コーン貫入抵抗、N値を用いた液状化判定法について検討した。

図-6 は液状化強度とせん断剛性の関係である。ただし横軸のせん断剛性は時松らの提案式(1)に従って正規化したせん断弾剛性 G_N としてある。また、図中には Tokimatsu&Uchida(1990)の試験結果²⁾ を曲線で示してある。

$$G_N = \frac{(1 + e_{min}) G_o}{(2.17 - e_{min}) (\sigma'_m)^n} \quad (1)$$

σ'_m は平均有効主応力、 n は $2/3$ とした。本研究で用いた3地点の試料は、Tokimatsu&Uchidaの結果と比較してせん断剛性がやや小さいものの、良い対応を示しているが、この近似曲線は細粒分の少ない砂について提案されているものであるため、細粒分の多い今回の試料に対しては参考程度に用いるのがよい。

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-7 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(2)によって換算先端抵抗とした。

$$q_{11} = \frac{q_t}{(\sigma'_v / 98)^{0.65}} \quad (2)$$

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ため、図-7 においては式(3)により原位置液状化強度⁴⁾としてある。

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

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)³⁾ 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。また、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⁵⁾ ($10 \leq F_c < 20\%$) 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 値を求めた。これより求めた液状化強度比と補正 N 値の関係を図-8 に示す。どちらも、中村の試料は提案されている曲線に概ね対応している。しかし、甲浦港、十津の試料は、 N 値が大きくなるにつれて現行の液状化判定法の N 値やコーン抵抗から推定されるものよりも小さな液状化強度になっている。そのため、現行の液状化判定を用いると、 N 値の大きな範囲では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。

5. まとめ

高知県の3地点の液状化強度を検討した結果、現行の液状化判定法によって得られる液状化強度と必ずしも対応していないものがあり、土の液状化強度に地域性があることが確認できた。

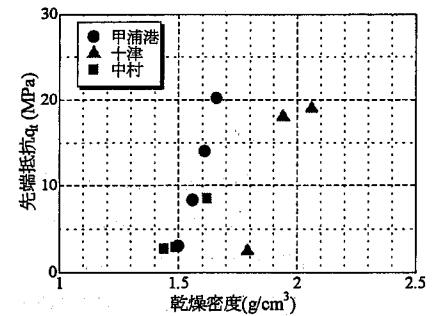


図-5 先端抵抗と乾燥密度の関係

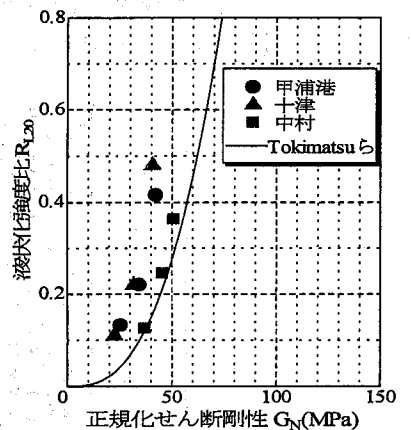


図-6 正規化せん断剛性と液状化強度比の関係

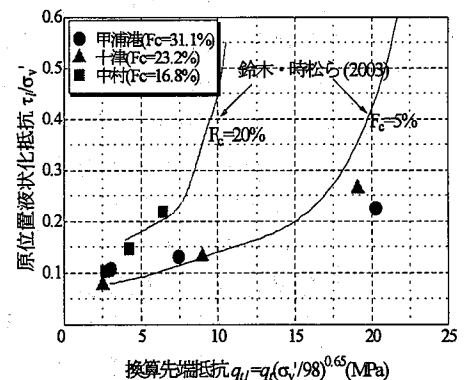


図-7 換算先端抵抗と液状化強度比の関係

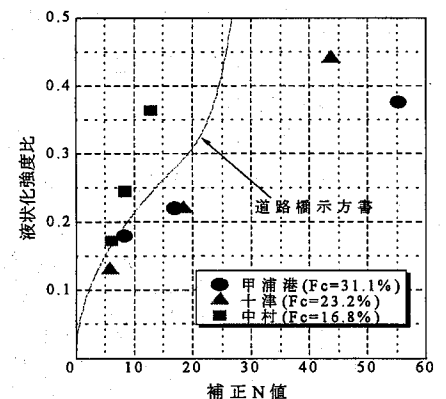


図-8 液状化強度比と補正 N 値の関係

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)Tokimatsu, K. and Uchida, A. (1990): Correlation Between Liquefaction Resistance and Shear Wave Velocity, 土質工学会論文集報告集, Vol.30, No.1, pp47-53, 1994 3)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 4)Yoshimi, Y., Tokimatsu, 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 5)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