

浦安市高洲8丁目におけるCPTと室内試験による液状化強度

応用地質(株) 正会員 ○岩下 智哉, 柿原 芳彦
 大阪市立大学 正会員 大島 昭彦, 千代田工営(株) 金井 重夫

1. はじめに

ボーリング孔を使用せずに砂地盤の液状化を評価する原位置試験として、ピエゾドライブコーン貫入試験(PDC)¹⁾、電気式コーン貫入試験(CPT)が利用されている。CPTはコーン貫入時の先端抵抗 q_c 、周面摩擦力 f_s 、間隙水圧 u の3成分を測定する貫入試験であり、軟弱な粘性土地盤や砂地盤の双方において有用なデータを得ることができる。CPTによる砂地盤の液状化評価に関する研究は1980年頃より行われ、建築の指針²⁾にも取り入れられている。千葉県浦安市高洲8丁目(以下、調査地)は、東北地方太平洋沖地震の際に液状化被害を受けた場所の一つであり、種々の原位置試験を同一箇所で行う一斉試験³⁾が実施された。一斉試験は2011年と2017年の2回実施されている、本報告では、2017年の一斉試験におけるCPT⁴⁾と室内試験による液状化強度について、CPTによる液状化評価法の簡単なレビューも踏まえて考察した。

2. 調査地の地盤概要

図-1に地盤概要を示す。調査地には厚さ6mの埋立層の下位に沖積砂層が9.6m分布する。CPTの補正先端抵抗 q_t (測定先端抵抗 q_c を間隙水圧の影響を考慮して補正した値)の深度分布は、 N 値や細粒分含有率 F_c と良く対応している。調査地の沖積砂層は砂・粘性土の細互層を呈し、必ずしも均質な土層ではないことが特徴である。沖積砂層の F_c は、深さ10m付近までは概ね35%程度以下である。深さ10m以深では、 N 値10前後の部分を除けば F_c は35%以上であり細粒分の混入が多い。しかしながら、塑性指数は最大でも $I_p=17$ と低塑性である。

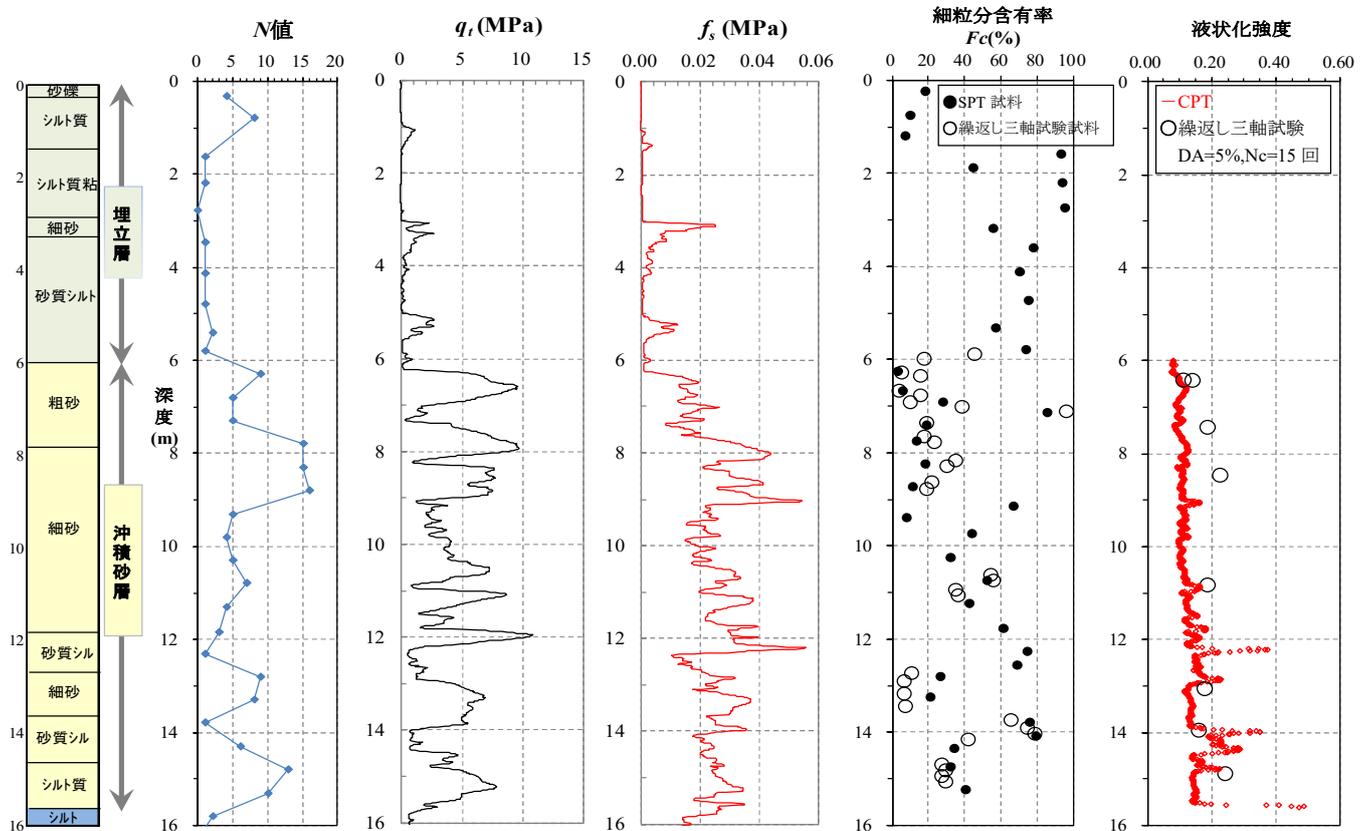


図-1 調査地の土層構成、CPT結果(q_t と f_s)、細粒分含有率及び液状化強度

キーワード 液状化強度, CPT, 繰返し三軸試験

連絡先 〒331-0812 さいたま市北区宮原町1-66-2 応用地質(株) TEL: 048-663-8611 E-mail: iwashita-tomoya@oyonet.oyo.co.jp

3. CPTによる液状化評価(評価法のレビューと室内試験との比較)

CPTによる液状化評価法の研究の初期の段階では、標準貫入試験(以下、SPT)の N 値を基本とする評価法をCPTに変換することが検討されている(例えばSeed et al(1986)⁵⁾). その多くは、 q_c/N と平均粒径 D_{50} や細粒分含有率 F_c との関係性をもとに、 q_c/N の一律性を基本としている. しかし、 q_c/N はバラつきが大きく、同じ D_{50} や F_c であっても一定値にはならない. 図-2では q_c/N は広い範囲でバラつき、液状化した土のほうが q_c/N が大きく、既往の $q_c/N \sim F_c$ の関係曲線⁷⁾は下限値に相当している. 同様な意見は鈴木ら(2003)⁸⁾も述べており、排水強度に対応する q_c (静的貫入)と非排水強度に対応する N 値(動的貫入)の相違、およびダイラタンシー特性が強度に関係することから密度の影響を考慮すべきであると述べている.

鈴木ら(2003)⁸⁾は、原位置凍結試料による液状化強度、液状化発生箇所の繰返しせん断応力比などをもとにした研究により、Robertson(1990)⁹⁾の土質分類指数 I_c を用いてCPTによる補正先端抵抗 q_t から補正 N 値(N_c)を、また I_c から細粒分含有率 F_c の推定式を導いている. すなわち、CPTデータから N_c および F_c を得ることで、各種の基準類における N 値と粒度特性を用いる液状化評価法の適用を可能にしている. 今回の一斉試験のCPTデータから求めた N_c および F_c は、SPTの N 値と室内試験による F_c と良く対応することが確認されている⁴⁾.

また、同じく鈴木ら(2003)¹⁰⁾は、 I_c を使って拘束圧と粒度の影響を補正した補正コーン貫入抵抗 q_{cl} を定義し、液状化強度を推定する方法を提案している. この方法は建築の指針²⁾に取り入れられている.

以上の鈴木らが提案した液状化評価法は、一つ目はCPTデータをもとにSPTの N 値を基本とする液状化評価法を用いるもの、二つ目はSPTを抛り所とせずにCPTデータから液状化評価を行うものと解釈される.

図-1には、後者(建築の指針)の方法より推定した液状化強度 τ_v/σ'_z 、繰返し三軸試験による液状化強度(繰返し15回でせん断ひずみ5%を生ずるせん断応力比)を対比した. 繰返し三軸試験のせん断応力比は、De Alba et al(1976)¹¹⁾の提案する補正係数 $C_r=0.57$ を用いて、原位置の液状化強度としてプロットしている.

$$(\tau_v/\sigma'_z)_{field} = C_r(\sigma_d/2\sigma'_c)_{triaxial}$$

なお、繰返し三軸試験の試料は、より乱れを抑制する目的で開発されたGSサンプリング(チューブサンプリングの一種)によるものである¹²⁾.

図-1より、全般的にCPTによる液状化強度は繰返し三軸試験のそれよりも小さい傾向にある. このことは、深さ10m以浅の $F_c \leq 35\%$ の砂層で顕著であり、 F_c が35%を超える深さ10m以深の砂層では、その差は小さい. CPTによる液状化強度の評価法は、細粒分が比較的多い砂層において適用性があるように考えられるが、今後、種々の地盤条件でデータを取得し検討を続けていきたいと考えている.

参考文献 1)澤田・他(2012):浦安市における各種動的サウンディング試験の比較(その6:PDC), 地盤工学会,浦安地盤調査一斉試験報告会. 2)日本建築学会編(2001):建築基礎構造設計指針. 3)野山・他(2018):浦安市高洲8での地盤調査結果(その1:調査概要とボーリング結果), 第53回地盤工学研究発表会. 4)金井・他(2018):浦安市高洲8での地盤調査結果(その3:CPTによる地盤性状), 第53回地盤工学研究発表会. 5)Seed, H. B. and De Alba, P. (1986):Use of SPT and CPT tests for evaluating the liquefaction resistance of sands. Use of In Situ Tests in Geotech. Eng., Proc. of IN SITU '86, A Speciality Conf. sponsored by ASCE, Blacksburg, Virginia, pp.281~301. 6)Ohya, S., Iwasaki, T. and Wakamatsu, M.(1985): A promising technique for evaluating liquefaction potential, based on a composite analysis of static and dynamic cone penetration test results.応用地質年報, No.7, pp.35-60. 7)Chin, C.T., Duann, S.W. and Kao, T.C., (1988): SPT-CPT Correlations for granular soils, proc. of ISOPT I, Orlando, pp.335-339. 8)鈴木康嗣,時松孝次,實松俊明(2003.4):コーン貫入試験結果と標準貫入試験から得られた地盤特性との関係, 日本建築学会構造系論文集, 第566号, pp.73-80. 9)Robertson, P.K. (1990): Soil classification using the cone penetration test, Canadian Geotechnical Journal, vol.17, No.1, pp. 151-158. 10)鈴木康嗣,時松孝次,古山田耕司(2003.9):地震時の液状化事例とコーン貫入試験結果の関係, 日本建築学会構造系論文集, 第571号, pp.95-102. 11)De Alba, P., Seed, H.B and Chan, C.K (1976):Sand liquefaction in large-scale simple shear tests, Journal of Geotechnical Engineering Div., ASCE, Vol.102, No.9,pp.909-927. 12)岩下・他(2018):異なるサンプリング方法による採取試料の液状化試験結果の比較, 第53回地盤工学研究発表会.

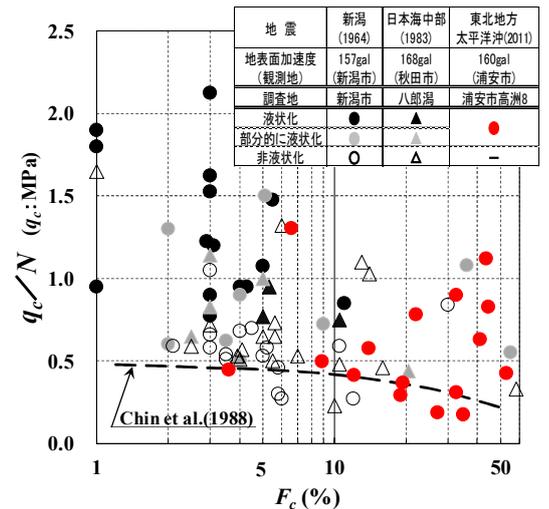


図-2 液状化発生箇所の q_c/N と F_c の関係
既往データ⁶⁾に今回のCPTデータを加えたもの
既往データにない q_c で整理している