水平応力が液状化強度に及ぼす影響についての一考察

㈱不動テトラ	正会員	○原田	健二
中央大学	名誉会員	石原	研而
Auckland Univ.		Roland. P. Orense	

1. はじめに

締固めによる改良地盤の評価は、一般に杭間での標準貫入試験(SPT)によるN値やコーン貫入試験(CPT)によるqc値の貫入抵抗値でなされている。 そして、砂杭を圧入すると、その杭間では貫入抵抗値の増加とともに水平応 力が増加することはよく知られている。

基準(N値の場合は道路橋示方書¹⁾、q·値の場合は建築基礎設計指針²⁾)に示されている貫入抵抗値と液状化強度の関係は水平応力比Kc(=σh'/σv':鉛 直応力に対する水平応力の比)は0.4~0.5を前提としたものである。したがって、図-1に示すように、その上方にKc>0.5の異なる液状化強度曲線が存 在するならば、砂杭の圧入により、状態はa点からe点ではなく、d点に移動 する。すなわち、液状化強度の増加(図のd-b)には貫入抵抗値の増加(図 のe-b)とKcの増加(図のd-e)によるものが含まれ、Kcの増加を考慮しなけ れば、その分過小評価することになる。締固めの現行の設計においては密度



増加しか考慮されておらず、締固めによる改良地盤を適切に評価するにはこれらの効果を定量的に把握することが 必要と考える。本報では、提案したきれいな砂についての推奨図³⁾(Recommended Chart)に基づき、初期状態に 応じて両者を分離して、その増加割合の傾向について検討した。

2. 任意の水平応力比における貫入抵抗値と液状化強度の関係

貫入抵抗値で液状化強度を評価する場合には、液状化強度の増加に貫入抵抗値の増加によるものと Kc の増加に よるものが含まれる。そして、このダブルカウントの問題を解決するために、図-2の検討フローに示すように、そ れぞれの関係を相対密度 Dr で介して検討した。検討の手順は以下のとおりである。

①*Kc*=0.5 における貫入抵抗値(拘束圧で補正した*N*₁と*q*_{e1})と相対密度*Dr*の関係⁴)

②*Kc*=0.5 における液状化強度Rと相対密度 *Dr*の関係
③*Kc*の貫入抵抗値*N*₁, *q*_{c1}と液状化強度*R*に及ぼす影響

④任意のKcにおける貫入抵抗値Ni, qclと液状化強度Rの関係

ステップ①と②において、*Dr*を介して貫入抵抗値と液状化強度の*Kc*=0.5 の基本の関係式を、また、ステップ③で*Kc*の貫入抵抗値と液状化強度の及ぼ す影響をそれぞれ関係付けているので、これらを組み合わせることにより、 任意の*Kc*における貫入抵抗値と液状化強度を関係付けることができる。なお、 詳細な方法については文献 3), 4)を参考にされたい。こうして得られた任意 の*Kc*における*N*₁と液状化強度の場合を図・3 に、*q*_{c1}の場合を図・4 にそれぞれ 示している。

3. 増加液状化強度の分離

図-3,4を使って、貫入抵抗値の増加とKcの増加が液状化強度の増加に

キーワード 締固め,貫入抵抗値,水平応力比,液状化強度

連絡先 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7番2号 (株) 不動テトラ TEL 03-5644-8534

chamber test $(\mathbf{1})$ Penetration Resistances, N₁ or qc₁ ~ Relative Density, Dr (Kc=0.5) R~N₁/qc₁ (Kc=0.5:CODE) Cyclic Strength, R ~ Relative Density, Dr (Kc=0.5) 3 Kc effect on N₁/qc₁ and R $Kc \Rightarrow N_1 \text{ or } qc_1$ Kc ⇒ R 🛔 chamber test cyclic torsional test 1 N_1 or $qc_1 \sim R$ (Kc≧0.5) 図-2 検討フロー

-999-

-500

及ぼす寄与割合について、初期 の貫入抵抗値が小さい場合(事 前換算*N*値(*N*₁)_{pre}=5,事前換算 ar *qc* 値(*qc*₁)_{pre}=5) と大きい場合 ((*N*₁)_{pre}=15, (*qc*₁)_{pre}=10) で検 討した。その際の*Kc*は 0.5 から 1.0 と 1.5 に増加した場合であ る。また、増加貫入抵抗値の刻 み幅は、*N*₁の場合は 5、*qc*₁の場 合は 2.5 (MPa) とした。

N1の場合の検討結果を図-5 に、*q*_{c1}の場合を図-6に示す。両 図の(a)が初期の貫入抵抗値が 小さい場合で、(b)が大きい場合 であり、各図の横軸が増加貫入 抵抗値と事後貫入抵抗値 (N₁)_{post}, (q_{c1})_{post}で、縦軸が増加 液状化強度 ΔR である。また、 各棒グラフのうち、下から貫入 抵抗値の増加による液状化強 度の増加、Kcが0.5から1.0に増 加した時の液状化強度の増加、 そして一番上がKcが1.0から 1.5に増加した時の液状化強度 の増加である。また、各グラフ 内の数字はそれぞれの項目が 占める割合を示しており、括弧 内の数字はKcが0.5から1.0に なった時の各々が占める割合



である。例えば、図-5で事前の(*N*₁)_{pre} =5 (R=0.15) で*Kc*=0.5が締固め改良により(*N*₁)_{post} =20で*Kc*=1となった場合 (改良率では15%に相当)、*Kc*の増加を考慮しない場合は*R*=0.3となるが、Kc=1の状態では0.4であり、この場合に は2.5割程度過小に評価していることになる。また、増加貫入抵抗値が大きくなると、増加液状化強度は大きくなる が、その内訳は、*Kc*増加によるものより、密度増加によるもののほうが卓越し、Kcが0.5から1.0に増加した時の割 合は60%~80%程度となることがわかる。そして、その傾向は、初期貫入抵抗値が大きい場合や貫入試験方法では CPTによる*qc*の場合の方がやや強い。

4. まとめ

本報では、SCPなどの締固めによる改良地盤の液状化強度の評価に関して、水平応力比の増加に着目し、液状化 強度の増加に及ぼす*Kc*の影響度合について検討した。その結果、貫入抵抗値により締固めによる改良地盤を評価す る場合、現行の設計法では2~3割程度液状化強度を過小評価すること、増加する貫入抵抗値が大きいほど*Kc*増加の 影響は小さくなることがわかった。今後は、推奨図を細粒分を含んだ場合にも適用を広げて行きたい。

[【]参考文献】1)日本道路協会(1996):道路橋示方書 V耐震設計編2)日本建築学会(2001):建築構造物基礎設計指針3)原 田ら(2008):貫入抵抗値と液状化強度に及ぼす水平応力の影響,土木木学会第63回年次学術講演会,3-44)原田ら(2008):砂 の貫入抵抗値と相対密度の関係,第43回地盤工学会