

運輸省 港湾技術研究所
 国際臨海南発研究センター
 運輸省 第4港湾建設局

正員 ○梅原 靖文
 正員 善 功企
 正員 沢田 浩二

1. まえがき

港湾ならびに海洋構造物基礎地盤のように、表層まで完全に水浸し、かつ、比較的浅い飽和砂層の液状化の可能性を検討する場合には、液状化強さにある程度の排水効果を期待しうるものと考えられ、そのような場合に対する液状化試験法について報告した。^{1),2)} 本文では、排水効果を考慮した液状化強度を各影響要素により表示した結果を用い、成層地盤の液状化を検討した結果を述べる。

2. 部分排水条件における液状化強度

地震時における地盤中の土要素の排水条件は、地盤の透水係数 k 、考慮地盤から地表面までの排水距離 L により支配されるものであり、さらに、載荷の速さ(振動数 f)により影響される。地震時の繰り返しせん断により生じた過剰向けき水圧の消散にともなう排水過程がダルシーの法則に従って生ずるものと仮定すると、流速 v 、水頭差 H の間には、 $v = k(H/L) = (k/L)H = \alpha H$ の関係がある。液状化試験において、現地盤の排水条件の再現は、図-1に示した排水量調節バルブとビューレット(A_b :断面積)よりなる系により行なっている。¹⁾ すなわち、排水量 $q = A_b v_b$ に対するビューレットの読みより、水頭 H に対する v_b を決め、多くの k/L に対する透水試験の $v \sim H$ 関係より α を決める。なお、 v_b に対応する α を α_b で示し、供試体断面積(A_s)の場合に換算した d と $d_s (= A_b/A_s \cdot \alpha_b)$ で示す。

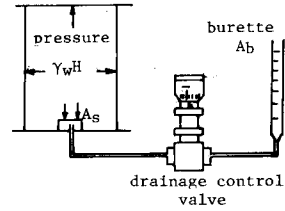


図-1 排水条件の制御系統

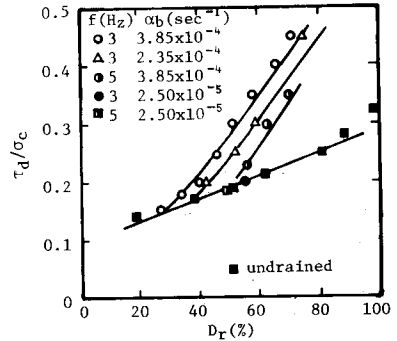


図-2 各種排水条件における液状化強度と D_r

図-2 は新潟県万代島砂($e_{max} = 1.007$, $e_{min} = 0.590$, $G_s = 2.671$, $D_{10} = 0.25$, $D = 0.48$, $U_c = 1.9$)に対する通常の完全非排水条件での液状化試験($f = 1 \text{ Hz}$, $\sigma_c = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$)及び各種の排水条件と振動数による部分排水条件における液状化試験の結果より $N = 10$ に対応する液状化応力比を相対密度に対して示したものである。部分排水条件の液状化強度は、振動数 f が同じ場合 α_b の増加にともない増大し、また、 α_b が同じ場合、振動数の増大にともない減少する。さらに、排水条件および振動数の影響は、比較的密結めの場合において顕著となる。

図-3 は部分排水条件における液状化強度 $(\tau_d / \sigma_c)_p$ の完全非排水条件における液状化強度 $(\tau_d / \sigma_c)_u$ に対する比を無次元パラメータ $\bar{\alpha} = \alpha_s / f = k / (fL)$ に対して表示したものである。図-3 は現地盤の k , L , f が与えられた場合に、排水効果を考慮しうるか否か、完全非排水条件に対する強度にくらべてどの程度大きいかを判定するのに用いられる。

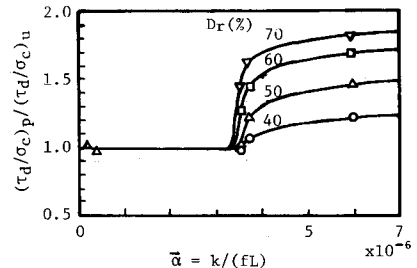


図-3 液状化強度比と $k / (fL)$

3. 排水効果を考慮した成層地盤の液状化検討例

新潟地震の際、液状化にともなう大きな災害を生じた万代島地域の土質条件は、図-4に示すように一般的には、砂分が支配的であるが、比較的表層部には、厚さ1~2m程度のシルト層の存在が、全域的に認められる。³⁾ この地盤の透水係数は、砂層部分に対しては、透水試験及びN値より推定した相対密度より図-6に与えられるものとし、シルト層の k_2 については、 $10^{-4} \sim 10^{-2}$ cm/secの値を仮定する。図-5に示したような成層地盤の等価な透水係数 \bar{k} は $\bar{k} = d / \sum_{m=1}^n (d_m/k_m)$ により求められるものとする。

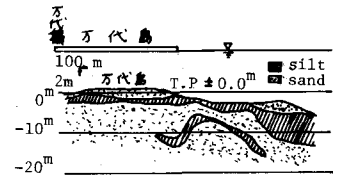


図-4 万代島地域の土質条件

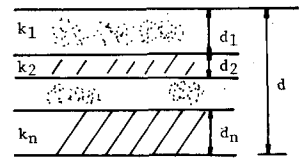


図-5 成層地盤と透水係数

図-7は新潟地震時(地表面加速度 $0.17g$)³⁾のせん断応力 τ_{av} と液状化強度 τ_L の比較を示したものであり、通常の方法により求められるものをそれぞれ、X印及び+印で示す。図-7には、図-6で与えられる地盤の透水条件、地盤の卓越振動数 $f = 2 \text{ Hz}$ ³⁾に対し、図-3で与えられる液状化強度比を用いて、排水条件を考慮した場合の液状化地盤の解析検討結果があわせて示されている。図-3を用いる場合、検討対象地質の条件により、 $\bar{\alpha} = k/(fL)$ が図-3の上限を越える場合には、安全側の値

として、 $\bar{\alpha}$ の最大値に対応する倍率を採用した。シルト層の透水係数 k_2 が 10^{-4} cm/secより小さい場合には、完全非排水条件の場合とほとんど等しい。もし、シルト層が $k_2 = 10^{-2}$ cm/sec程度の通常の砂層よりなっていたものとする、液状化強度はかなり大きく、液状化の可能性はかなり小さかつたものと推定される。

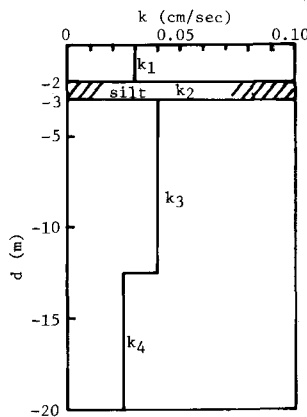


図-6 対象地盤の透水係数

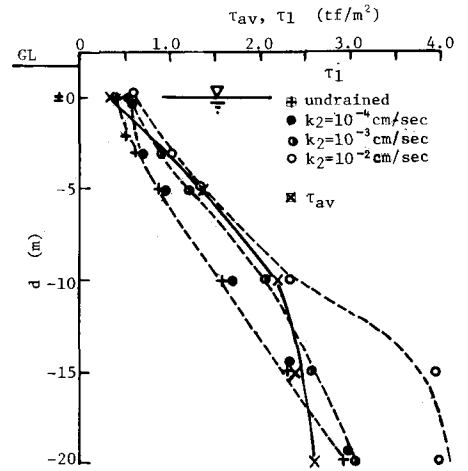


図-7 各種排水条件に対する液状化の検討

4. まとめ

部分排水条件における液状化強度を k , f , L よりなる無次元パラメータ $\bar{\alpha}$ により表示し、その結果を用いた既往液状化地盤の解析結果より、表層部シルト層が、液状化に大きい影響を及ぼすことを示した。

5. 参考文献

- 1) 柳原・善・浜田, "部分排水条件における飽和砂の液状化試験法とその適用" 第14回土質工学会,
- 2) 柳原・善, Liquefaction test under a partial drainage condition and its application, 7th WCEE
- 3) 運輸省, "新潟地震港湾被害報告" 第1部, 第2部" 1965年3月,