

手樽地区の不攪乱砂の液状化強度について

東北大学工学部 学生員 金子勝幸
 同上 正員 柳沢栄司
 同上 須藤良清

1. はじめに

1978年6月12日に発生した宮城県沖地震の際、松島町手樽干拓堤防は、飽和砂の液状化現象により、堤体の沈下、亀裂、滑動、堤体表面のアスファルト被覆の破壊等の被害を受けた。本報告はこの手樽干拓堤防地区の非改良地盤より採取した不攪乱砂に対して、振動三軸試験機により液状化実験を行いその結果を述べるものである。

2. 試料及び実験方法

試料は、サンドサンプラー ($r=12.5\text{ cm}$, $\phi=5.0\text{ cm}$) で採取した後、ただちにドライアイスを用い凍結させて、実験室へ運び、冷凍庫 (-30°C) に保存した。試料の粒径分布を図-1、試料の物性値を表-1、に示した。

試料は凍結した状態で $r=12.5\text{ cm}$ に切り、三軸セル内にセットし、拘束圧 0.2 kg/cm^2 で融解させた。また飽和度を促進するために、二酸化炭素を通じた。試料融解後脱気水を十分流し拘束圧 1.0 kg/cm^2 で圧密した。圧密終了後、バックプレッシャー 1.0 kg/cm^2 をかけ、B. P. ガー一定に落ちついたらのち、軸差応力 $0.4\text{ kg/cm}^2 \sim 0.75\text{ kg/cm}^2$ の範囲で振動数 1 Hz のサイン波形を用いて、振動三軸試験を行った。

表-1 試料の物性値

採取地点	A地点	B地点
G_s	2590 ± 001	2590 ± 0005
e_{max}	1.752	1.710
e_{min}	1.038	0.994
D_r	60%	60%
U_c	3.9	4.8

注、
 前地点の試料とも、かなりの量級の有機物が含まれており上記の値はばらつきが大きい平均的な値を示した。

3. 実験結果及び考察

3-1. 間ゲキ水圧上昇過程について

図-2に回数～垂、間ゲキ水圧の代表的結果を示した。また図-3、図-4に間ゲキ水圧比回数比のグラフを示した。図-3より間ゲキ水圧の上昇過程が応力比により異なることがわかる。 $N/N_0 = 0.5$ のところでの u/σ_0 を見ると間ゲキ水圧比と応力比がほぼ比例関係にあることがわかる。図-4を見ると上述の関係は表われてはいない。岩崎らによると、間ゲキ水圧上昇過程は、応力比に依存するだけでなく、細粒分含有率の影響を受けると言われているが明確にはわからない。B地点の試料はA地点の試料に比べて、細粒分の含有率が多くその影響のためであると思われる。

図-1. 粒径加積曲線

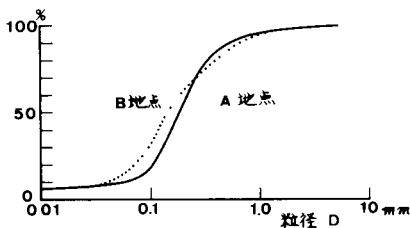
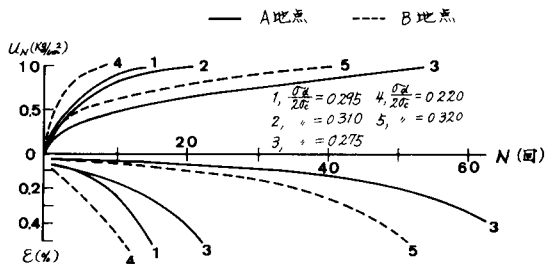


図-2. 代表的実験結果



3-2, 応力比 ～ くり返し回数について

図-5に応力比～初期液状化回数との関係を示した。同じ相対密度においては細粒分含有率の多い方が粒子間に働く粘着力の影響を受け液状化しにくいと考えられている。しかしこの結果では、細粒分の多いB地点の方が液状化強度が小さくでている。ただこのような数砂等の場合堆積年数が短いと、細粒分の粘着力が粒子間に十分に発生していない場合もあり、上述のことが成り立たない場合もあるので、一概に細粒分の混入率により液状化強度を推定する事はできないと思われる。また $N=20$ の時の軸差応力比を見ると $\sigma_d/2\sigma_c = 0.27$ (平均値) となる。この値を原位置での液状化強度 Re とみなし、流動化抵抗係数 FL を深さ 2.6 m のところで算定すると、 $FL=0.73$ となり、宮城県沖地震程度の地震に対して、液状化が発生する可能性があると考えられる。

3-3, 間ゲキ水圧の定量化

柴田らは、間ゲキ水圧増分はせん断応力比 τ_d/σ_{N-1} 、過圧密比 σ_e/σ_{N-1} に左右されるとして、次の関係を提案している。

$$\Delta U_N/\sigma_{N-1} = f(\tau_d/\sigma_{N-1}, \sigma_e/\sigma_c)$$

実験結果を基に最終的に次の関係を導いている。

$$\Delta U_N/\tau_d = a(\tau_d/\sigma_c) \quad a: \text{材料パラメータ}$$

本報告では基本的に柴田らの考え方に基づいているが、 ΔU_N , σ_{N-1} を厳密に求めることが、実験の精度上困難なためこれを近似的に定めた。図-6に $\tau_d/\sigma_{N-1} \sim (\Delta U_N/\sigma_{N-1})(\sigma_e/\sigma_{N-1})$ の関係を示した。この図を基にこの関係を直線近似し、傾きを 1.30 と決定した。

$$\text{ゆえに, } (\Delta U_N/\sigma_{N-1})(\sigma_e/\sigma_{N-1}) = a(\tau_d/\sigma_{N-1})^{1.30}$$

$$\Delta U_N = a \cdot \tau_d^{1.30} \cdot \sigma_{N-1}^{0.70} \quad \text{となる。}$$

$a=1.0$ の時の初期液状化回数～応力比の関係を図-5に示した。

この式は、特に応力比が小さいところで実際の関係とあまりあわないことがわかる。これは初期応力比が小さいと $\tau_d/\sigma_{N-1} < 1.0$ 以下のところで $(\Delta U_N/\sigma_{N-1})(\sigma_e/\sigma_{N-1})$ が一度下がる傾向があり、この事を考慮せずただ単に図-6の関係を直線近似したためであると思われる。この傾向をどのように表わすか更に検討が必要である。

4, おわりに,

本報告では、半蔵地区の非改良地盤から採取した不攪乱砂に対して振動三軸試験結果を示したが、非改良地盤の液状化強度は、あまり大きくなく液状化の可能性は否定できないことがわかった。また今後、間ゲキ水圧の定量化、細粒分の影響等の検討が更に必要であろう。

参考文献

吉見寺昭;(1980)飽和砂の液状化,柴田徹;(1978)繰返し載荷中の過剰間ゲキ水圧,工芸学論文誌,第40巻,第4号;(1978)液状化過程における不攪乱砂の剛性変化,工芸学論文誌,第40巻,

図-3, $u/\sigma_c \sim N/N_e$ (A地点)

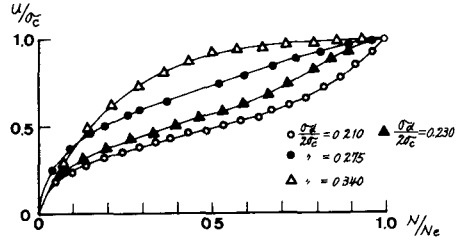


図-4, $u/\sigma_c \sim N/N_e$ (B地点)

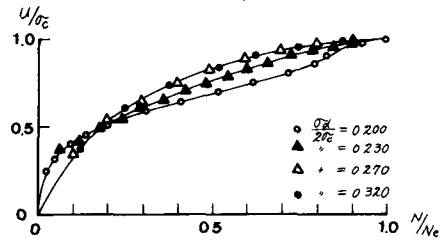


図-5 $\sigma_d/2\sigma_c \sim N$

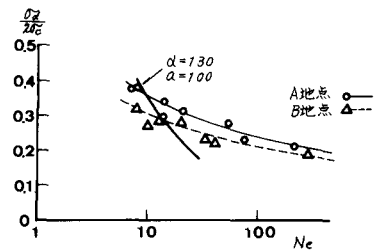


図-6, $(\Delta U_N/\sigma_{N-1})(\sigma_e/\sigma_{N-1}) \sim \tau_d/\sigma_{N-1}$

