

III-37

交通荷重を受ける砂質土地盤の間隙水压予測

山口大学工学部 正 員 ○兵衛 正幸
西日本工業大学 " 安原 一哉
建設省北九州国道工事事務所 甲斐榮二
日本地研(株) 伊東尚美 " 小林孝洋 " 小野圭介

1. まえがき

本報は、飽和したゆるい砂質土地盤上に低盛土道路が建設され、地盤が交通による繰返し荷重を受ける現場を対象とし、現地試験、室内試験、解析の組み合わせにより、土中の応力伝播を的確に把握し、その結果をもとに土中の間隙水压の発生及びその一部消散、地盤の残留変形などを量的にとらえようとするものである。交通荷重による地中増加応力は前掲の報告¹⁾に示すパルス応答解析結果によった。ここでは、さらに交通荷重による地中要素の応力変動を片振り圧縮側荷重の繰返し三軸圧縮試験で模擬し、非排水試験を行うことにより、間隙水压上昇と軸ひずみの累積を調べた。また、実験で得られた間隙水压のデータと先に求められた地中増加応力とを対応させることにより地中の間隙水压発生量を調べ、これを2次元の圧密方程式に組み込むことにより発生間隙水压の一部消散を考慮して地盤内の間隙水压の分布を求めた。

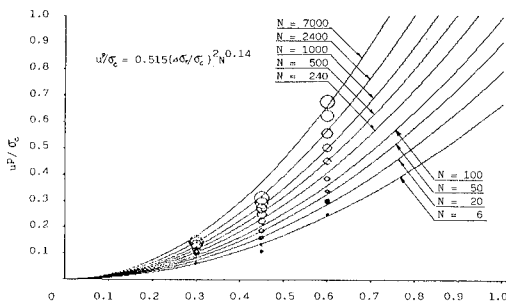
2. 繰返し三軸圧縮試験及び実験式の作成

表-1 繰返し三軸圧縮試験の試験条件

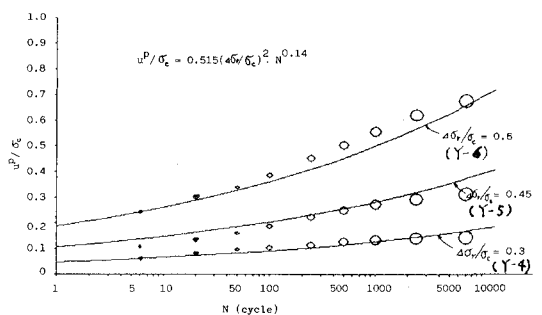
Test No	記号	W _i (%)	γ_1 (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	σ_c (kgf/cm ²)	B.P. (kgf/cm ²)	$\Delta \sigma_r$ (kgf/cm ²)	$\frac{\Delta \sigma_r}{\sigma_c}$	f (Hz)	N (cycles)	繰返し載荷
Y-1	○	41.7	1.785	1.260	1.0	1.0	0.3	0.3	1	5400	一方向
Y-1'	△	36.9	1.821	1.330	1.0	1.0	0.45	0.45	1	7200	一方向
Y-2	□	40.9	1.796	1.275	1.0	1.0	0.6	0.6	1	7200	一方向
Y-3	●	38.3	1.756	1.270	1.0	1.0	0.6	0.6	1	10800	二方向
Y-4	○		1.587	0.5	0.5	0.5	0.15	0.3	1	7200	一方向
Y-5	△		1.575	0.5	0.5	0.225	0.45	1	7200	一方向	
Y-6	□		1.589	0.5	0.5	0.3	0.6	1	7200	一方向	

盛土下の基礎地盤は、地表面から深3m程度までが砂層であり、さらに下部3m付近までシルト質砂層から成っており、いずれも飽和状態にある。この両層から不攪乱試料を採取して拘束度を把握するとともに繰返し三軸圧縮試験を行った。なお、上部砂層から採取した試料は、攪乱して不攪乱と同じ密度の再構成試料として試験を行い、下部のシルト質砂は不攪乱の状態で行った。表-1にここで行った試験の条件を示す。Y-1～Y-3は、シルト質砂、Y-4～Y-6は砂についての試験を示す。それぞれの採取深さを考慮して砂は0.5 kgf/cm²、シルト質砂は1.0 kgf/cm²の応力で等方圧密を行い、次に片振り圧縮側の軸圧を繰返し載荷する方式をとっている。ただし、Y-3については比較のために正振りの軸圧を加えたものである。試料は完全飽和となるようにバックプレッシャーを圧密圧と同じ大きさだけ加え、B値が0.95以上となることを確認した。非排水状態で繰返し圧縮試験を行い、間隙

水压の発生と軸ひずみの累積を調べた。また、実験で得られた間隙水压のデータと先に求められた地中増加応力とを対応させることにより地中の間隙水压発生量を調べ、これを2次元の圧密方程式に組み込むことにより発生間隙水压の一部消散を考慮して地盤内の間隙水压の分布を求めた。



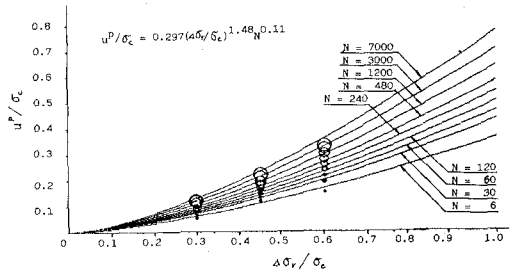
(a) $u'/\sigma_c - \Delta\sigma_r/\sigma_c$



(b) $u'/\sigma_c - N$

図-1 砂の間隙水压と応力比，繰返し回数関係

水圧と軸ひずみをそれぞれ測定した。これら間隙水圧と軸ひずみは、いずれも同一の試験条件においては、繰返し軸応力 $\Delta\sigma_r$ と初期圧密圧 σ_c の比で表わされる応力比 $\Delta\sigma_r/\sigma_c$ と繰返し回数 N の関数形で表わせるのではないかと考え、重回帰分析を行った。その結果、砂及びシルト質砂の両者における間隙水圧、軸ひずみについて以下のような指数関数の実験式を得た。



(a) $u^p/\sigma_c - \Delta\sigma_r/\sigma_c$

<砂の間隙水圧>

$$u^p/\sigma_c = 0.515 (\Delta\sigma_r/\sigma_c)^2 \cdot N^{0.14} \dots (1)$$

相関係数 $R = 0.989$

<シルト質砂の間隙水圧>

$$u^p/\sigma_c = 0.297 (\Delta\sigma_r/\sigma_c)^{1.48} \cdot N^{0.11} \dots (2)$$

相関係数 $R = 0.994$

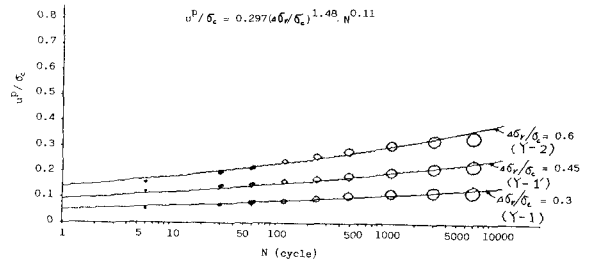
<砂の残留軸ひずみ>

$$\epsilon^p = 0.560 (\Delta\sigma_r/\sigma_c)^{1.51} \cdot N^{0.16} \dots (3)$$

相関係数 $R = 0.955$

<シルト質砂の残留軸ひずみ>

$$\epsilon^p = 0.306 (\Delta\sigma_r/\sigma_c)^{1.33} \cdot N^{0.14} \dots (4) \quad \text{相関係数 } R = 0.960.$$



(b) $u^p/\sigma_c - N$

図-2 シルト質砂の間隙水圧と応力比、繰返し回数関係

図-1, 2は、それぞれ砂及びシルト質砂の間隙水圧の実験値と回帰曲線を比較したものである。図中丸印のアロットが実験値であり繰返し回数が進むにつれ、大きな半径の円で描かれている。回帰曲線は実線の通りであり、(a)の間隙水圧と応力比の関係、(b)の間隙水圧と繰返し回数の関係共に実験値にかなり近く、比較的高い精度で実験結果を表現できようである。

3. 交通荷重による土中の間隙水圧の発生及び一部消散の解析

式(1), (2)より、1サイクル当りの間隙水圧増分は両式を N で微分して求められるが、さらに単位時間当りの間隙水圧発生量は1サイクルすなわち中両台の通過時間を T_d とすると次式のように求められる。

<砂> $\psi = 0.072 \cdot \sigma_c \cdot (\Delta\sigma_r/\sigma_c)^2 \cdot N^{-0.86} / T_d \dots (5)$

<シルト質砂> $\psi = 0.0327 \cdot \sigma_c \cdot (\Delta\sigma_r/\sigma_c)^{1.48} \cdot N^{-0.89} / T_d \dots (6)$

上式を Terzaghi 型の圧密方程式に代入し、地中における間隙水圧の分散を考慮してその分布を求める。基礎式は次の通りである。

$$\left\{ \frac{\partial}{\partial t} \right\} \left\{ \sigma \frac{u}{\sigma_c} \right\} = m_v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - \psi \right) \dots (7) \quad \text{ここに、} k: \text{透水係数、} m_v: \text{体積圧縮係数、} \gamma_w: \text{水の単位重量、}$$

ψ は、非排水土の単位時間当りの間隙水圧発生量であり、式(5), (6)より計算する。交通荷重による地中各要素における増加応力は前報¹⁾のように求められているので、それに基づき間隙水圧が算定される。図-3は、1 cycle を 2 sec とし 5,000 sec 後 (2500 cycle 作用) の間隙水圧比コンターを示すものである。盛土境界付近で $u/\sigma_c = 0.16$ 程度で最大値を示している。

<参考文献> 1) 安原他: 交通荷重を受ける砂質土層の震動計測, 土木学会41回年次講演。

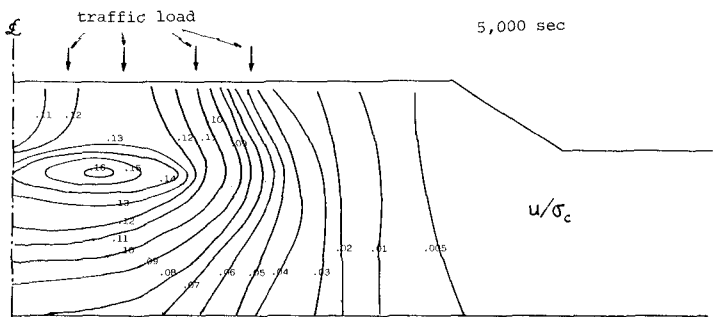


図-3 交通荷重による間隙水圧比のコンター