

不規則繰返し荷重による非排水飽和状態の砂に生ずるひずみ履歴を、一様繰返し荷重の結果から予測するモデルについて報告する。このモデルの目的は、初期液状化前後より後に生ずる数%以上のひずみの予測である。初期液状化後は、中立応力状態(繰返しせん断応力がゼロ)での有効応力はゼロで一定であるため、有効応力の概念を用いてひずみの予測をすることは困難であるため、このモデルでは有効応力の概念は用いていない。

モデル 今、図1に示す様な不規則繰返し応力履歴が与えらる、 SR_a (振幅)なる応力に対する DA_a (両振幅)のひずみが生じたとする。次に SR_b なる応力が与えられた時のひずみ DA_b^* を、どのように予測した

らうか。これをより単純化して、図2(a)のようにある供試体(供試体A)に SR_a の一様振幅を N_a 回載荷した時、 DA_a のひずみが生じた後、 (N_a+1) 回に応力 SR_b を与えた時のひずみ DA_b^* を予測する問題を考へる。供試体Aと同じ性質の供試体Bに SR_b なる一様振幅を N_b 回与えた時 DA_b なるひずみを生じ、 (N_b+1) 回目には DA_b^* なるひずみを生じたとする。すると、次の SR_b なる応力に対して、同一の DA_b^* なるひずみを生ずるといふ点で、 N_a 回載荷後の供試体Aと、 N_b 回載荷後の供試体Bは、同一の物性を

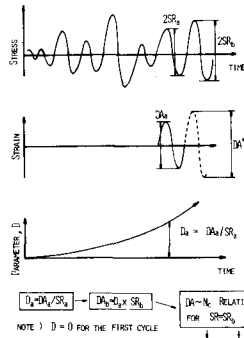


図1

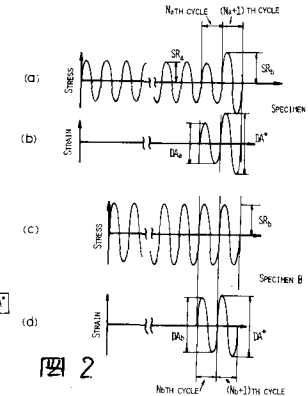


図2

を有していると言ふ。その物性を、 $D = DA/SR$ なるパラメータであるかという簡単な仮定をする。この仮定から、以下の様になる。

$$D_a = DA_a/SR_a, D_b = DA_b/SR_b, D_a = D_b$$

$$\therefore DA_b = D_a \times SR_b = (DA_a/SR_a) \times SR_b \quad (1)$$

ここで、 DA_a, SR_a, SR_b はこの場合既知であるため、 DA_b の値が求まる。一方、図3に示すような一様荷重 SR_b に対する DA と繰返し回数 N_c の関係が定められているとするならば、これは、 DA_b の値から N_b の値が求まる。更に、 (N_b+1) の値と、上記の関係から DA_b^* の値が求まる。次に、これまでの応力ひずみ履歴をパラメータ D のみであるかという仮定を用いれば、上述の手続きを、図1のような不規則荷重に対しても適用できることになる。その手順を図1に示す。第一荷開始時に

$D=0$ として、この手続きを繰返し続け、

$$x = \frac{N_c - N_{i-1}}{N_{i-1} - N_{i-2}} \quad (2)$$

与えらる応力履歴に対して、図3の関係からひずみ履歴が求まる。この過程でパラメータ D は必ず増加してゆく。このモデルを「繰返しひずみ軟化モデル」と呼ぶこととする。

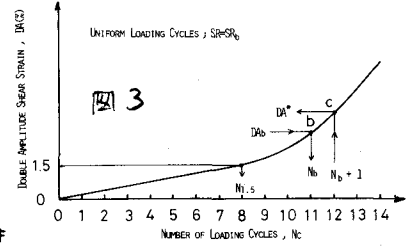


図3

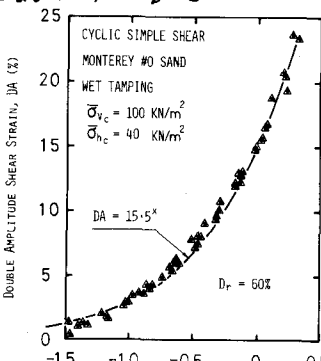


図4

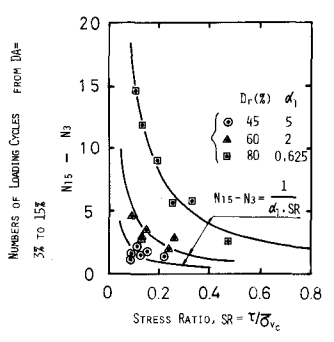


図5

実験 直径7cm, 高さ2cmの通常のういへんX-プランでつづいた試験体を, 鉛直有効応力 $\bar{\sigma}_v = 100 \text{ kN/m}^2$, 水平有効応力 $\bar{\sigma}_h = 40 \text{ kN/m}^2$ で圧縮し, 鉛直方向のみずみゼロに保ったまま非排水単軸せん断試験を行った(詳細は文献1)。図3に相当する $D_r = 60\%$ の一様砂土の実験結果を図4に示す。これは, 各種埋土の繰返し応力振幅 $\tau/\bar{\sigma}_v$ の実験結果を示したものである。 $\tau/\bar{\sigma}_v$ の値はわかからず, 又, D_r の値は不明。

$$DA = 15 \times 5^x, \quad x = (N_c - N_{15}) / (N_{15} - N_3) \quad (2)$$

なる式が成り立つ事があった。 N_c は (2) 式での DA が

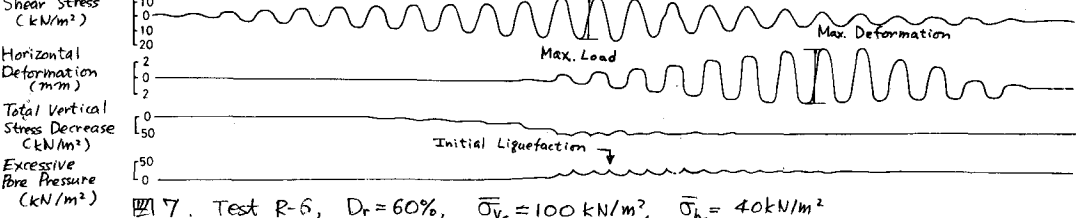


図7. Test R-6, $D_r = 60\%$, $\bar{\sigma}_v = 100 \text{ kN/m}^2$, $\bar{\sigma}_h = 40 \text{ kN/m}^2$

生じた繰返し回数, N_3, N_{15} はそれぞれ 3%, 15% の DA が生じた繰返し回数である。 $(N_{15} - N_3)$ は, 図5に示す関係で, N_{15} は図6に示す関係で表わされることになり, したがって, d_1, d_2 (あるいは N_3) は D_r による1P3x-7である。この間の関係を示すと実験式

$$DA = 15 \times \frac{1}{5} (N_c - d_2 \cdot 1.452 \frac{1}{SR}) \times d_1 \times SR \quad (3)$$

が得られた。図7に, 最も簡単な単相不規則荷重である振幅が漸増・漸減する正弦波を用いた時の実験結果を示す。特徴的な事は, (1) 初期液状化後に大きなみずみが生じていることと, (2) 応力振幅が漸減して行く過程でみずみ振幅が最大値をとるということがある。図8はこの実験結果を上記モデルで解析した結果を示す。 SR_{max} は繰返し応力振幅の最大値である。上記のモデルは実際のみずみ履歴をかなりよく追跡できていることが分かる。図9は, 他の不規則荷重についての比較を示すものである。この場合は, 理論計算での SR_{max} は, みずみの最大値が実験と合うように調整してある。これは, 実験にあっても, 理論計算にあっても, 3%以上の DA の値は, SR_{max} の値にきわめて敏感であること, このよう調整を(2)比較せざるを得なかったためである。このよう不備があるにせよ, みずみの変化は右のモデルにより, かなりよく再現することができ事は確かである。

謝辞 この実験は University of Illinois at Chicago Circle で, Silver 教授の元で行ったものであり, 解析は USGS, Denver Federal Center で行った。Silver 教授と, McGuire 氏に感謝の意を表す。

参考文献 1 龍田文夫, M.L. Silver, A. Phukunhaphan and A.S. Avramidis: 振動三軸試験と動的単軸せん断試験による砂の液状化強度, 第15回土質工学研究発表会要録集, 1980年6月。

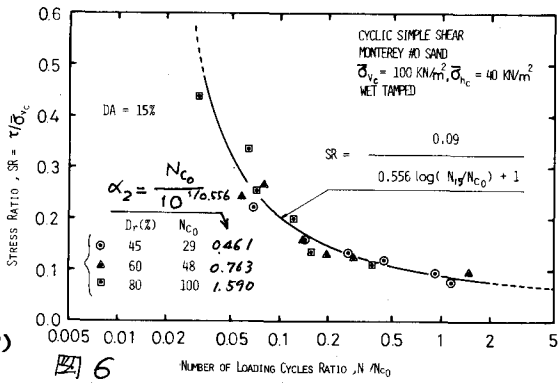


図6

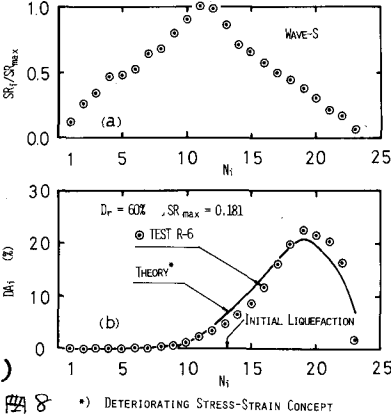


図8 *) DETERIORATING STRESS-STRAIN CONCEPT

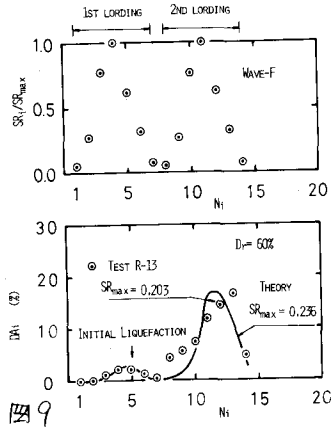


図9