

III-20 正弦波荷重と不規則荷重に対する非排水繰返し強度の関係

佐藤工業(株) 正員 ○前田幸男
 東京大学生産技術研究所 正員 龍岡文夫
 同上 正員 山田真一

はじめに 地盤や土構造物などの耐震計算をする際、通常は正弦波荷重を用いた室内での砂の非排水繰返し試験を行ない、それによって得られた液状化強度から実際の地震動の様な不規則荷重に対する液状化強度を推定している。しかしその時に用いる不規則荷重のランダム性に対する補正係数(G)を正確に求める方法は、まだ確立されておらず、またこの事に関する実験的研究も限られているようである。今回、繰返しなじり単純せん断試験機を用いて、比較的に広範囲の密度について正弦波荷重と不規則荷重に対する非排水繰返し強度の関係について調べた。

実験方法 供試体(外径10cm, 内径6cm, 高さ10cm, 中空円筒形)は、豊浦標準砂($G_s=2.65$, $e_{max}=0.977$, $e_{min}=0.605$)を使用し空中落下法で作製した。背圧は1.0kgf/cm², B値は98%以上、等圧圧密後(正

±1.0kgf/cm²)後、非排水状態で繰返しせん断を行なった。実験装置等は龍岡らにより詳しく報告されているので参照されたい③。荷重、計測システムは図1に示す通りである。正弦波はfunction generator, 不規則波はmicro-computerを用いて、EP transducer に信号を入力し空気圧の変動により荷重した。不規則波は1982年の本震(八戸記録 $M=7.9$, 最大加速度 $N-S$ 235 gal)の地震動記録を用いた。また荷重速度は 正弦波0.5 Hz、不規則波は供試体の変形による波形のみだれを少なくするように十分に時間をかけてせん断した。

不規則波は、応力比SR 両振幅せん断ひずみDAを図2に示す様に定義した。SRは0をクロスする区間のピーク値の絶対値の和である両振幅応力比の1/2とし、DAも同様にSRに対応する区間のピーク値より求めた。

実験結果 図3は時間経過とa)せん断応力b)せん断ひずみc)過剰間隙水圧との関係を示した不規則波の典型的実験結果例である。図3(a)を見るとピーク波形が独立しており、本実験に用いた地震動波形は衝撃型である事がわかる。

図4は不規則荷重の結果を各最大応力比について 相対密度 D_r とDAの関係を示したものである。DAは対数をとってあり、等しい SR_{max} で D_r のわずかな差で、 DA_{max} が大きく異なる。言い換えると同じ D_r でもSRが大きくなると、 DA_{max} も非常

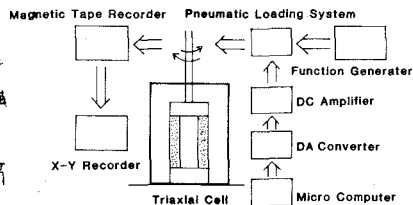


図1 荷重、計測システム

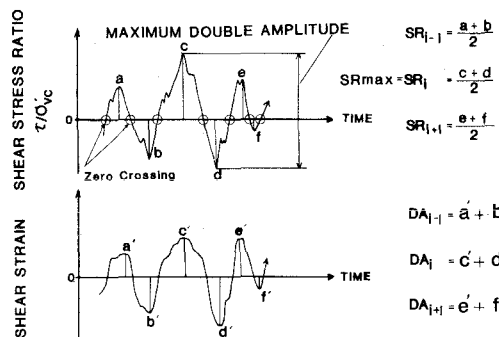


図2 SR と DA の定義

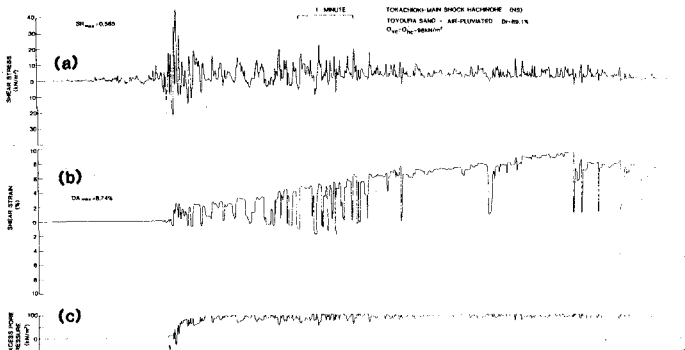


図3 不規則荷重の典型的実験結果例

に大きくなる。図中の矢印は、 $DA_{max} > 20\%$ のデータでは、入力波形が大変形が生じたために崩れてある程度 DA の過小評価になっている事を表わしている。

図5, 図6はそれぞれ $DA=7.5\%$, $DA=15\%$ における不規則波の $SR_{max} \sim D_r$ 関係と正弦波の載荷回数 $N_c=20, 10$ のものと比較した図である。図5, 6ともに正弦波は $SR \approx 0.300$ で曲線の傾きが変化し、 $SR > 0.3$ では傾きが急になり、 D_r の小さな差が強度の大きな差となるが、不規則波はゆるやかな傾きを示している。図6の $DA=15\%$ では、ゆるづめは不規則波が85%以上の密づめでは正弦波が高い強度を示している。

考察 一般に振動三軸液状化強度($N_c=20$) R_{L20} から原位置での液状化強度 R を求めるための補正として次式が知られている③。 $R = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 \cdot R_{L20}$ $C_1 \sim C_5$ は補正項 C_2 は地震荷重波形のランダム性に関する補正係数で石原④によると衝撃型 $C_2 = 1/0.55$, 振動型 $C_2 = 1/0.70$ であり、 $C_2 = 1/0.55 \sim 1/0.70$ (平均1.62)とされている。

図7は、図5, 6より C_2 を計算し、 $C_2 \sim D_r$ の関係をプロットしたものである。ここで C_2 は

$$C_2 = \frac{\text{不規則波の最大せん断応力 (図2参照)}}{20 \text{ 波の正弦波に対する強度 (} DA=7.5, 15\% \text{)}}$$

C_2 は密になるにつれて少しずつ増加しある密度以上になると、急激に減少し、特に密づめでは $C_2 < 1.0$ となった。この理由としては、不規則荷重のピークより小さな成分が密になると影響してきて、密度化することによる正弦波の様な強度の増加が見られないからと考えられる。

まとめ 1. 衝撃型の不規則波は D_r が約80%より大きくなくても正弦波の様に強度が急に増加しない。

2. C_2 は密度により変化し、ゆるづめでは D_r の増加とともに大きくなり、ある D_r 以上密になると急激に減少する。

謝辞 本研究は東京大学生産技術研究所、龍岡研究室で行なったものである。研究室ならびに試作工場の方に御指導頂きました。また正弦波のデータは村松・佐々木氏によるものを使わせて頂きました。未筆ながら感謝の意を表します。

参考文献 ①村松ら1981『振動三軸及び動的ねじりせん断による密な砂の液状化特性』第16回土質学会

②龍岡ら1982『PREDICTION OF SHEAR STRAIN TIME HISTORY IN DENSE SAND SUBJECTED TO UNDRAINED RANDOM LOADINGS』第6回地震工学シンポジウム

③岩崎ら1980『地震時地盤液状化の程度の予測について』土と基礎 Vol. 28 No. 4 ④石原ら1975『SAND LIQUEFACTION IN HOLLOW CYLINDER TORSION UNDER IRREGULAR EXCITATION』Soil and Foundation Vol. 15 No. 1

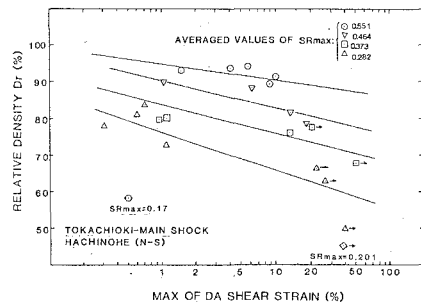


図4 各 SR_{max} についての D_r と DA_{max} の関係

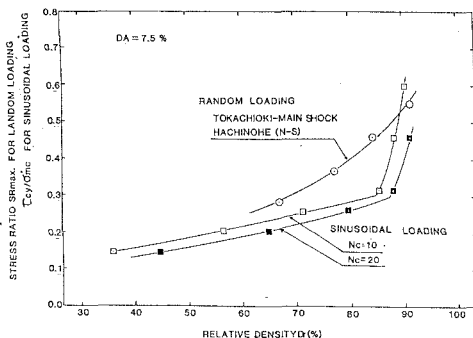


図5 $DA=7.5\%$ における正弦波と不規則波の $SR_{max} \sim D_r$ 関係

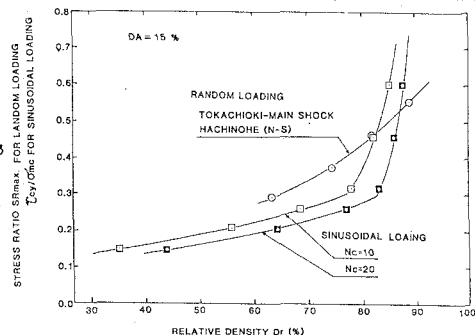


図6 $DA=15\%$ における正弦波と不規則波の $SR_{max} \sim D_r$ 関係

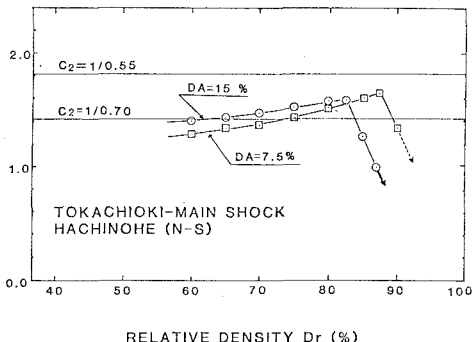


図7 C_2 と D_r の関係