

繰返し荷重を受ける粘性土の簡易的な有効応力経路モデル

佐賀大学大学院 学生会員 岡元幸司
佐賀大学 正会員 坂井 晃

1. まえがき

繰返し荷重を受ける粘性土の変形挙動は、ひずみ速度の影響を考慮することが重要である。本研究では、粘性土の過剰間隙水圧上昇に及ぼすひずみ速度・ひずみ振幅の影響を考慮した簡易的なモデルを提案し、不規則せん断応力を受けるときの間隙水圧発生予測に適用した。

2. 試料及び実験方法

試料は、佐賀県江北町で採取した、地表面下 3～3.5m 地点の不攪乱有明粘土 ($\rho_s=2.666\text{g/cm}^3, e_0=3.814, w_n=145\%, I_p=75\%, p_c=44\text{kPa}, C_c=1.44$) である。実験には、繰返し単純せん断試験装置を使用した。直径 7cm、高さ 2cm の供試体を作成し、ワイヤーメンブレンを使用してセル室に設置した。脱気水循環させた後、背圧 294kPa を加え、B 値 0.95 以上とした。有効上載圧は $\sigma_{vo}'=98\text{kPa}$ として、約 12 時間圧密をした。試験はひずみ制御試験と不規則せん断応力載荷試験の 2 種類の非排水繰返し単純せん断試験を実施した。ひずみ制御試験はひずみ速度 ($\dot{\gamma}_{zx}/\text{cyc}=7.2, 72, 240\%/min$) の 3 種類とひずみ振幅 ($\gamma_{zx}/\text{cyc}=0.5, 1.0, 1.5, 2.0\%$) の 4 種類を組み合わせ、周波数のそれぞれ異なる 11 種類の試験を実施した。不規則せん断応力載荷試験は 1997 年 4 月 3 日に六角川強震計の地表面下 4m 地点で観測された震源地鹿児島県北西部の地震波の NS 成分を用いた。最大せん断応力比を $|\tau_{zx}/\sigma_{vo}'|_{\max}=0.34$ とし、載荷時間は観測した地震波を 2 倍にして実施した。

3. 試験結果と考察

(1) 累積せん断仕事 W_s と残留過剰間隙水圧発生量の関係 (ひずみ制御試験)

残留過剰間隙水圧発生量を評価するために、繰返しせん断によって累積していくせん断仕事 W_s に着目して定式化を行った。図-1 はひずみ制御試験によって得られた累積せん断仕事 W_s と残留過剰間隙水圧の関係を示している。(a)は過剰間隙水圧の発生に及ぼすひずみ速度の影響(ひずみ振幅一定)を示したものであり、ひずみ速度が速くなるほど間隙水圧の発生は小さい。一方、(b)はひずみ振幅の影響(ひずみ速度一定)を示しており、ひずみ振幅が大きくなるほど間隙水圧の発生は大きい。これらの関係は次式の双曲線によって表すことができる。

$$u_{re}/\sigma_{vo}' = \frac{W_s/\sigma_{vo}'}{a + bW_s/\sigma_{vo}'} \quad \dots \dots (1)$$

係数 a, b はひずみ速度とひずみ振幅の関数として、図-2 に示すような関係式で表される。図-1 には、式(1)を実線にて示している。

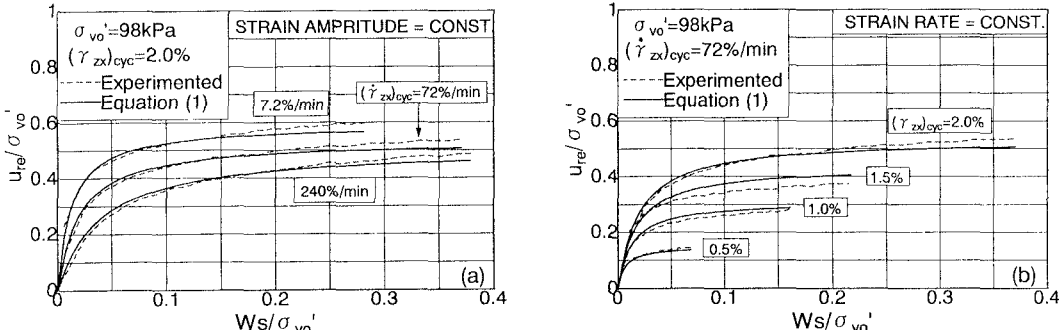


図-1 累積せん断仕事 W_s と過剰間隙水圧の関係 ((a)ひずみ振幅一定(b)ひずみ速度一定)

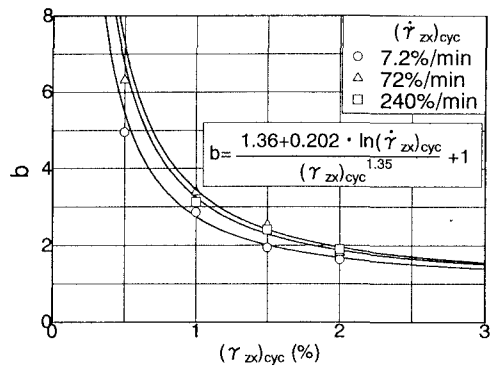
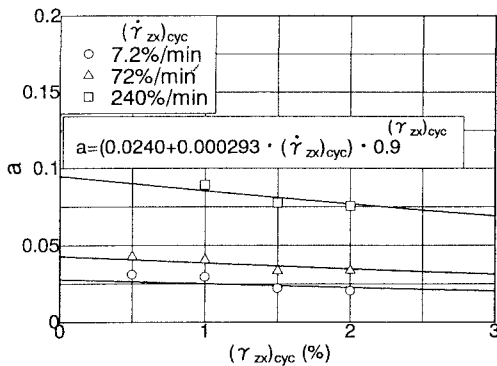


図-2 パラメータ a と b (ひずみ速度とひずみ振幅の関数)

(2) 過剰間隙水圧発生量の予測 (不規則せん断応力載荷試験)

式(1)の累積せん断仕事 W_s を採用した過剰間隙水圧の算定法によって、種々の荷重条件下における過剰間隙水圧発生量が求められる。すなわち、各半サイクル毎に、そのときのひずみ速度・ひずみ振幅を用いた式(1)によって過剰間隙水圧増分を算出していく。ただし、荷重回数 i 回目における式(1)の曲線がそれ以前よりも大きな曲線を示すときには、 $i-1$ 回目の間隙水圧と同じ値のところからの増分 ($\Delta W_s / \sigma_{vo}'$) _{i} をたどったときの ($\Delta u_{re} / \sigma_{vo}'$) _{i} を算出する。また、式(1)においてそれよりも小さい曲線を示すときには、 $i-1$ 回目の (W_s / σ_{vo}') _{$i-1$} と同じ値からの増分 ($\Delta W_s / \sigma_{vo}'$) _{i} をたどって ($\Delta u_{re} / \sigma_{vo}'$) _{i} を算出するものとする。図-3 はこの算出方法を用いて、不規則応力を用いた試験で得られた過剰間隙水圧発生量と計算値を比較したものであり、過剰間隙水圧発生状況を概ね捉えている。ただし、式(1)は双曲線近似であるために、累積せん断仕事 W_s の大きいところで残留過剰間隙水圧上昇を幾分小さく評価しているために、50 秒以降の過剰間隙水圧上昇量の予測が少し小さくなっている。また、29 秒での最大せん断応力後の数回の波では、最大せん断応力時の W_s / σ_{vo}' の値が小さく設定されるために、その後の過剰間隙水圧上昇量を実際より大きく算出することになり、30~32 秒付近で過大評価する結果となっている。

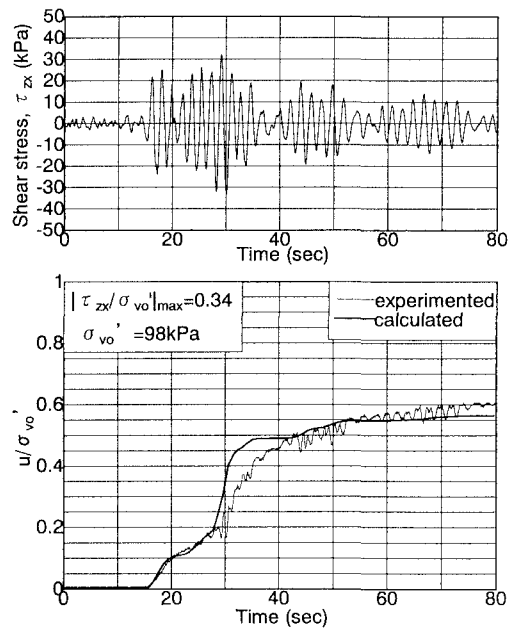


図-3 六角川強震計記録を用いたときの過剰間隙水圧発生量 (計算値と試験結果の比較)

4. あとがき

累積せん断仕事 W_s を用いた過剰間隙水圧発生量として式(1)を提案し、種々のひずみ速度・ひずみ振幅を有する条件下における過剰間隙水圧の算定法を示した。しかし、上述(2)で述べた問題点もあるので、さらに適切な適用法を検討していく必要がある。