

(財) 電力中央研究所 正員 西 好一
 五洋建設機技術研究所 ○正員 梶谷 卓美
 建設企画コンサルタント(株) 正員 西 剛整

1. はじめに

本研究は海洋構造物の一種である捨石マウンドなど、透水係数の極めて大きな土構造物の地震時沈下挙動に関する基礎資料を得ることを目的として行ったものである。

今までに単純せん断試験装置を用いた正弦波入力のもとでの体積変化特性⁽¹⁾⁽²⁾について論じてきたが、そこで得られた実験結果に基づき、載荷履歴を考慮した不規則荷重下での体積ひずみの算定法について述べる。また、不規則荷重載荷時における残留体積ひずみの簡易算定法に関する考察も行ったので、ここに併せて報告する。

2. 実験概要

単純せん断試験装置を電磁式の振動台上に設置し、3種類の不規則波形 (El Centro (NS), Taft (NS) および日本海中部地震で得られた加速度波形) を入力して、不規則荷重下での体積変化特性について検討した。用いた試料は気乾状態の豊浦標準砂であり、相対密度 $D_r = 20, 50, 80 (\%)$ に調整し、有効上載圧 0.217 kgf/cm^2 のもとで実験を行った。

3. 不規則荷重下における体積ひずみの一予測方法

単純せん断試験装置を用いた正弦波の繰返しせん断応力荷重下における体積ひずみは ϵ_{vN} は次式で表される。⁽¹⁾

$$\epsilon_{vN} = m \frac{N}{a/b + N} (\tau/\sigma'_v)^3 \quad (1)$$

式 (1) を図-1 に示す不規則波が作用した場合へ適用を計る。すなわち、最初にせん断応力 τ_1 の半波が作用した場合の体積ひずみは ϵ_{v1} となり、続く τ_2 の振幅に対してはせん断応力比 (τ_2/σ'_v) における N_{eq} 回の繰返しと等価の履歴効果があるものと考え、その応力比における ϵ_{vN} 曲線に乗り移るものである。また、乗り移れない場合には、その半波に対して体積ひずみは生じないものとする。同様の計算を半波毎に繰返すことにより体積ひずみが逐次計算されることになる。

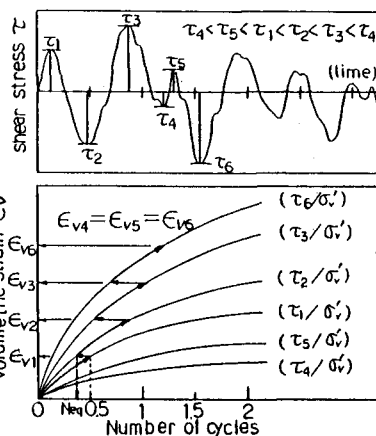


図-1 不規則せん断波作用下の
体積ひずみ予測

4. 実験結果と計算結果の比較と考察

不規則荷重下での試験結果の一例として Taft 地震波による実験結果と、先に述べた手法による計算結果との比較を示した。なお、式 (1) に含まれる材料定数 m および a/b の決定は正弦波荷重下で求められた値を用いた。

図に示すように実験結果の体積ひずみは載荷履歴の影響を強く受けることがわかる。また、計算によってもこの傾向は十分に示されており比較的良好に実験結果と一致していることがわかる。ところで、不規則波荷重下における体積ひずみは、載荷履歴の影響だけでなく、載荷順序および波形の影響を受けることが考えられた。そこで、

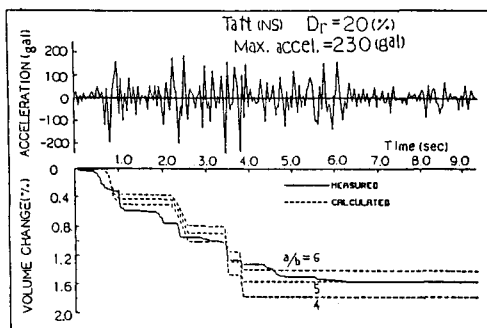


図-2 実験結果と計算結果の比較

載荷順序の影響を調べるための計算を行った。図-3はせん断応力比0.2, 0.4, 0.6 に対して、それぞれ10波毎にその順序を入れ替えた3 ケース (A, B, C) の計算結果を示したものである。この計算結果より残留体積ひずみには載荷順序による影響はほとんどみられないことが確かめられた。

また、波形による影響を調べる為に前述した 3種の地震加速度波形を用い最大せん断応力の大きさを変えた実験を行い、載荷終了時点での残留体積ひずみ ϵ_{vr} と最大せん断応力 τ_{max} の関係を求め、計算結果との比較を行ったのが図-4 である。図中実線、点線および一点鎖線は計算による値であるが、それぞれの波形による影響が明らかに表れている。

また、実験値は多少のバラツキが認められるが比較的良好に計算値と一致しており計算式の有効性が確認された。

5. 等価せん断応力の利用

最大せん断応力 τ_{max} と残留体積ひずみ ϵ_{vr} の実験による値を式(1) に代入することによりせん断応力 τ を求めこの値を等価せん断応力 τ_{eq} とした。なおここで繰返し回数 $N=20$ 回と仮定している。このようにして求めた $\tau_{eq}/\sigma'_v \sim \tau_{max}/\sigma'_v$ の関係をプロットしたのが図-5である。図より τ_{eq}/σ'_v は τ_{max}/σ'_v と比例関係にあることが認められる。この比すなわち $\tau_{eq}/\tau_{max} = \alpha$ の波形依存性について考えてみる。今、体積ひずみ ϵ_{vr} が載荷順序による影響を受けないことより、以下の式で求めた値が一定であれば残留体積ひずみ ϵ_{vr} は一定となる。

$$C_{ce} = \sum_{i=1}^n \frac{\tau_i}{\tau_{max}} N_i \quad (2)$$

この式を用いて $\tau_i = 0.65 \tau_{max}$ 以上の値を採用した場合の各波形に対して算出された C_{ce} と α (最小二乗法により決定) の関係を示したのが図-6である。同図より、 C_{ce} と α との間にはユニークな関係が認められ C_{ce} が大きいほど α も大きな値を示すという繰返し効果が表現されている。すなわち、繰返し効果を表すものと考えられる C_{ce} を介して、 τ_{max} より $N=20$ に対する等価せん断応力 τ_{eq} が求められることになり、不規則荷重下での体積ひずみが容易に求められることになる。

6. あとがき

以上の結果を踏まえ、今後実際問題へのアプローチへと研究を進めて行きたい。

“参考文献”

- 1) 西・梶谷・長崎：繰返し荷重下における低拘束圧下での体積変化特性、第19回土質工学研究発表会講演集 PP.567 ~570, 1984
- 2) 西・梶谷・長崎：繰返し荷重下における低拘束圧下での体積変化特性(粒径の影響)、第39回 PP.85~86, 1984

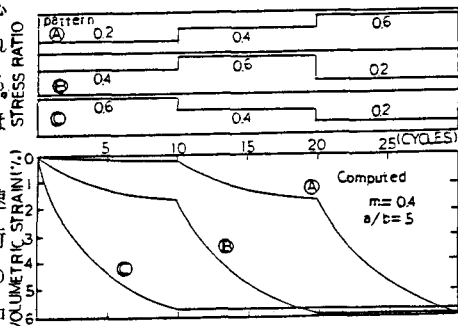


図-3 載荷順序による影響

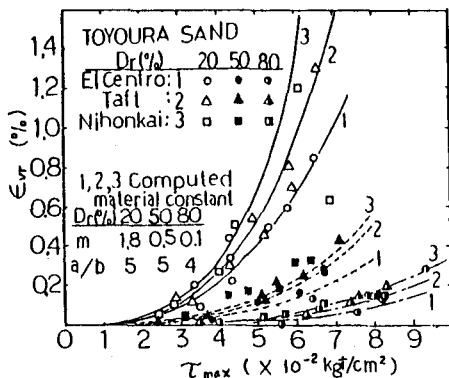


図-4 ϵ_{vr} と τ_{max} の関係

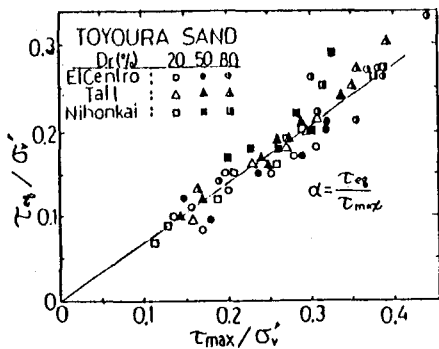


図-5 τ_{eq}/σ'_v と τ_{max}/σ'_v の関係

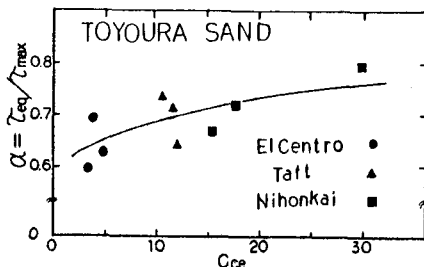


図-6 α と C_{ce} の関係