

(財)電力中央研究所 ○田中幸久 国生剛治
同 上 工藤康二 吉田保夫

1. はじめに

大型重要構造物の支持地盤となり得るような密な砂及び密な砂礫は、地震時にはサイクリックモビリティを生じるのみで、明確な破壊は生じない。しかし、非排水繰返しせん断後の供試体内には、正の過剰間隙水圧が残留するため、排水させると供試体は収縮する。供試体の収縮は、実地盤では地盤沈下に相当するため、密な砂地盤又は密な砂礫地盤であっても地震後の地盤沈下はある程度生じることになる。構造物の重要度が高ければ、地震後の地盤沈下が構造物に与える影響を定量的に評価する必要性が生じる場合がある。

ここでは、T地点¹⁾から凍結サンプリングにより採取した不攪乱砂礫試料に対して非排水繰返しせん断試験を行い、試験後に、供試体内部に蓄積した過剰間隙水圧を消散させることによって生じる体積ひずみを測定した。これらにより、砂礫地盤の地震時残留沈下量を概略評価するための重要なデータを得た。

2. 非排水繰返しせん断試験実施前後における砂礫試料の体積圧縮特性

非排水繰返しせん断後の体積圧縮量は、繰返しせん断を停止する直前のせん断ひずみ振幅の大きさと密接に関係することが知られている²⁾³⁾。そこで、本研究における非排水繰返しせん断試験において、試験後に、供試体内に残留した過剰間隙水圧を消散させることによって生じる体積ひずみ ϵ_{vr} と、繰返しせん断を停止する直前の軸ひずみ両振幅 DA_f の関係を示したものが図1である。砂に対する実験結果によれば、 ϵ_{vr} と DA_f の間には試料の種類が一定であれば、相対密度や有効拘束圧にあまり影響されない、ほぼ一定の関係があることが既に指摘されている²⁾³⁾。図1によれば、T地点の不攪乱砂礫試料の ϵ_{vr} と DA_f の実測値に関しても、砂と同様に一定の関係があり、図1の結果に関しては、ほぼ比例関係であることがわかる。

一方、図1には処女圧密時の体積圧縮係数 m_v^* を用いて次式により計算した体積ひずみ ϵ_{vr}^* も示してある。

$$\epsilon_{vr}^* = \int_{u_r}^0 m_v^* du \quad (1)$$

ここで、 ϵ_{vr}^* : 処女圧密時の体積圧縮特性を用いて計算した体積ひずみ、 u_r : 繰返しせん断後に供試体内に残留した過剰間隙水圧。ただし、 m_v^* は平均有効応力の関数としている。

図1によれば、 ϵ_{vr}^* の値は、 DA_f に対してほぼ一定であり、 $DA_f < 2\%$ 程度で、 ϵ_{vr}^* の値は、 ϵ_{vr} の実測値とほぼ一致している。従って、 DA_f の値が比較的小さい範囲であれば、式(1)により非排水繰返しせん断後の体積圧縮量を計算できるものと思われる。しかし、 DA_f の値がある程度大きい場合には、 ϵ_{vr}^* の値は ϵ_{vr} の値よりも小さい。つまり、 DA_f の値がある程度大きい場合、間隙水圧消散時の m_v は、処女圧密時の

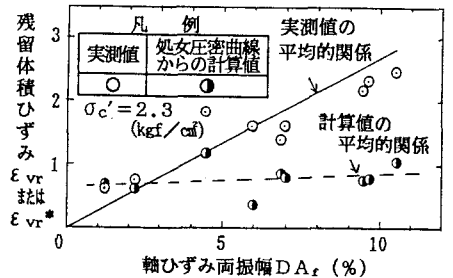


図1 残留体積ひずみ ϵ_{vr} と軸ひずみ両振幅 DA_f の関係 (T地点下部砂礫層試料)

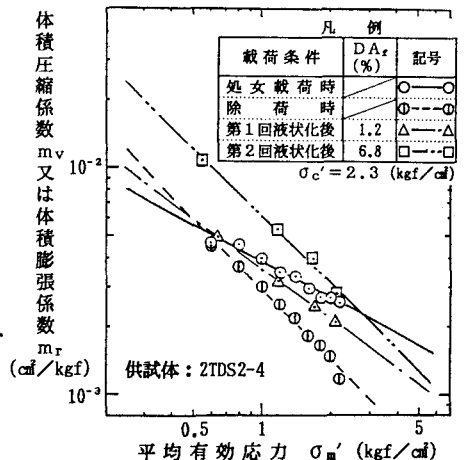


図2 処女圧密時および液状化後の体積圧縮係数ならびに除荷時の体積膨張係数と平均有効応力の関係

m_{v*} よりも大きくなっているものと思われる。このことについて、以下に考察する。

図2は、処女圧密時及び繰返しせん断後の間隙水圧消散時におけるT地点下部砂礫層試料の体積圧縮係数と有効拘束圧の関係の例を示したものである。図2の例では、ひとつの供試体に対して DA_f の値を変えて非排水繰返しせん断試験を2回行い、各場合の繰返しせん断後の体積圧縮係数を調べている。液化後の体積圧縮過程における体積圧縮係数の値は、 $DA_f=1.2\%$ の場合(Δ 印)には、処女圧密時のそれ(O 印)に比べて同等かやや小さいが、 $DA_f=6.8\%$ の場合(\square 印)には、処女圧密の場合の値より大きい。このことを更に検討するため、繰返しせん断後の体積圧縮特性を次式で著し、 m_{v1} 及び m の値と DA_f の関係をT地点下部砂礫試料について示したものが、図3である。

$$m_v = m_{v1} \times (\sigma_{m'})^{-m} \quad (2)$$

図3(a)によれば、 m の値に及ぼす DA_f の影響は小さい。また、図3(b)によれば、 m_{v1} の値は DA_f に対して直線的に増加している。従って、 DA_f が増大するにしたがって、 ϵ_{vr} の値が増大するのは、主として、 m_{v1} の値が増大することによると思われる。

3. 繰返しせん断後の体積圧縮量

図4に繰返しせん断後の体積ひずみ ϵ_{vr} と DA_f/D_r の関係を示す。図4中

には、国生ら³⁾が行った砂に対する結果も示してある。 ϵ_{vr} と DA_f/D_r の間に統一的な関係は存在せず、試料の種類により両者の間の関係は異なる。

図4をよく見ると同一の DA_f/D_r に対する ϵ_{vr} の値は、成田砂、利根川砂、豊浦砂、T地点砂礫の順で小さくなっている。図4に示した試料の違いによる不統一性の原因は粒度分布の違いにある考え、粒度分布の違いを表現するためのパラメータとして、 $(e_{max} - e_{min})$ を導入し、 $DA_f/D_r (e_{max} - e_{min})$ と ϵ_{vr} の関係を調べたものが図5である。両者の関係は、粒

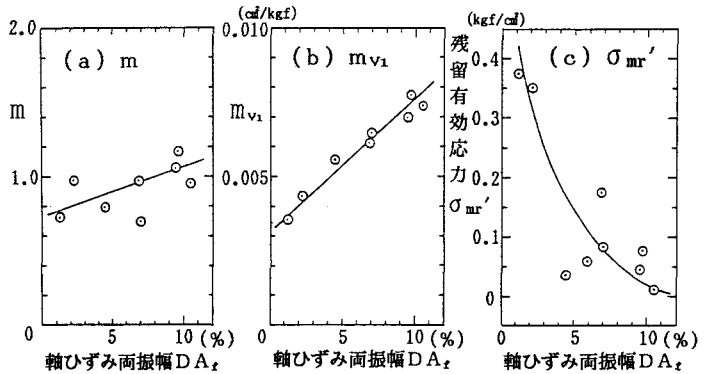


図3 繰返しせん断後の体積変化特性および残留間隙水圧と軸ひずみ両振幅 DA_f の関係(T地点下部砂礫層試料)

凡例

試料	σ'_c (kgf/cm ²)	記号
砂		
豊浦砂	1.0	\square
(国生ら)		
利根川砂	0.3, 0.5, 2.0	\square
成田砂	0.5, 1.0, 2.0	\square
T地点	1.8	Δ
砂礫		
上部砂礫層	4.5 or 5.0	\triangle
T地点		
下部砂礫層	1.2	\square

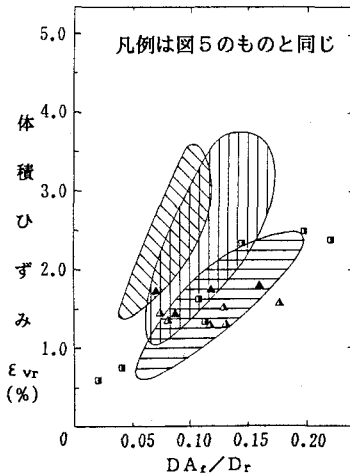


図4 間隙水圧の消散によって生じる残留体積ひずみ ϵ_{vr} と DA_f/D_r の関係

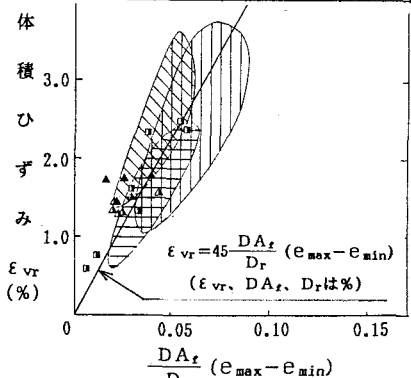


図5 間隙水圧の消散によって生じる残留体積ひずみ ϵ_{vr} と $\frac{DA_f}{D_r} (e_{max} - e_{min})$ の関係

度分布や有効拘束圧にあまりよらないと思われる。更に、体積圧縮特性に及ぼす試料採取時の攪乱の影響は比較的小さいという国生らの指摘³⁾を考えあわせると、図5は非常に広い条件のもとで砂および砂礫の地震時残留沈下量の概略評価に適用できるものと思われる。

参考文献 1) 田中幸久、国生剛治、吉田保夫、工藤康二(1989):凍結サンプリングによる不攪乱砂礫の動的強度とその評価法、昭和63年度サンプリングシンポジウム発表論文集、土質工学会、pp.65-74。 2) 佐々木勉、龍岡文夫、山田真一(1982):液化化による砂地盤の沈下予測法について、第17回土質工学研究発表会発表講演集、pp.1661-1664。 3) 国生剛治、吉田保夫、西好一、江刺清行(1983):密な砂地盤の地震時安定性評価法の検討、(その1)密な砂の動的強度特性、電力中央研究所報告、研究報告383025