

液状化後の体積ひずみに及ぼす要因

応用地質株式会社 正会員 三上武子
 同 上 正会員 澤田俊一
 同 上 竹島康人
 同 上 中山栄樹
 同 上 池田大祐

1. はじめに

地震時に緩い飽和砂質土地盤が繰返しせん断を受けると、負のダイレイタンスにより正の過剰間隙水圧が発生する。この発生した過剰間隙水圧が地震後に消散する過程で、地盤は収縮し沈下が生じる。直接基礎や埋設構造物では、異なる沈下により機能を損なう被害となることから、これらの沈下量の予測が重要となる。筆者らは、これまでに不攪乱試料を用いた繰返し非排水三軸試験（液状化試験）を数多く実施している。そこで、これらの結果から得られた繰返し载荷後の体積変化量を、繰返し回数や粒度特性との関係にとりまとめたので、ここに報告する。

2. 試験方法

各試料とも繰返し三軸試験装置を用い、液状化強度 R_{L20} （繰返し回数 20 回で軸ひずみ両振幅 $\sigma_{DA}=5\%$ に達する応力比 $\sigma_v/2 \sigma'_c$ ）を求めることを目的として試験を実施したものである。原位置の有効上載圧で等方圧密したのち、非排水状態で所定の繰返し軸荷重振幅を与え、 $\sigma_{DA}=10\%$ に達するまで载荷を行った。ただし、最大繰返し回数は 200 回とした。その後、排水状態で 30 ~ 120 分放置して過剰間隙水圧を消散させ、その時の体積変化量を測定した。

3. 試験材料

試験材料の諸元をまとめて表-1 に示す。今回検討に用いたデータは、細粒分含有率 $F_c=5 \sim 73\%$ と粒度特性が多岐にわたっていることがわかる。 $F_c=50\%$ を超える材料がいくつかあるが、いずれもシルト分を主体とするものである。また、試料 B の塑性指数 I_p は 9.2 であることから、液状化判定対象土である。なお、表中の相対密度 D_r は、N 値より次式に示す Meyerhof の式を用いて推定したものである。

$$D_r = 21 \sqrt{\frac{N}{(\sigma'_c / 98.0665) + 0.7}}$$

(σ'_c : kN/m²)

表-1 試験材料の諸元

No.	σ'_c (kN/m ²)	s (g/cm ³)	F_c (%)	C_c (%)	N 値	D_r *) (%)
A	169	2.698	59.0	12.0	4	27
B	186	2.696	73.0	26.0	3	23
C	55	2.728	35.0	8.0	3	32
D	83	2.687	50.0	13.0	6	41
E	41	2.692	23.0	3.0	3	34
F	64	2.678	42.0	6.0	5	40
G	49	2.517	14.1	—	12	66
H	59	2.534	7.6	—	23	88
I	98	2.549	4.5	—	32	91
J	127	2.630	5.1	—	33	85
K	157	2.632	8.8	—	29	75
L	186	2.637	11.2	—	29	70
M	39	2.717	12.1	3.6	7	53
N	78	2.739	30.9	7.9	15	67
O	108	2.767	50.9	7.8	6	38

*) N 値より推定した相対密度 D_r (%)

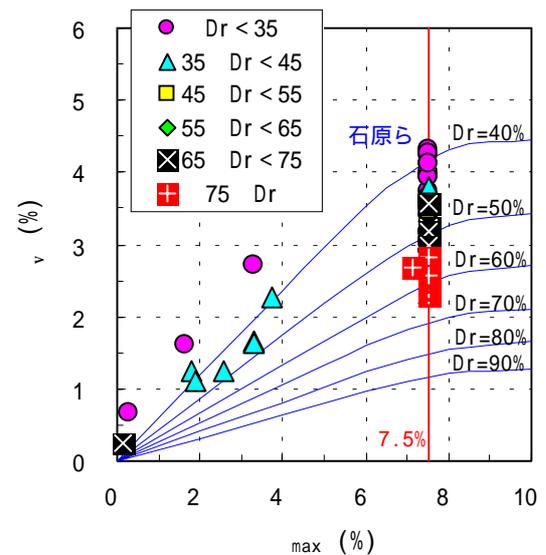


図-1 体積ひずみ～最大せん断ひずみ関係

キーワード：液状化，体積ひずみ，繰返し回数，粒度特性

連絡先：応用地質株式会社 〒330-0038 埼玉県さいたま市宮原町 1-66-2 TEL 048-663-8611 FAX048-663-8618

4. 試験結果と考察

図-1に繰返し載荷後の体積ひずみ v_v と、繰返し載荷中に発生した最大せん断ひずみ γ_{max} の関係を相対密度 D_r 別に示す。ここで、 v_v は繰返し載荷後の体積変化量 ΔV を繰返し載荷前の体積 V_c で除したものである。また、 γ_{max} は繰返し載荷中に発生した軸ひずみ両振幅の最大値 D_{Amax} から $\gamma_{max} = 1.5 \cdot D_{Amax} / 2$ として求めた。図中には、石原ら¹⁾によるきれいな砂の実験結果も併せて示した。石原らの実験結果に比べて、若干大きな体積ひずみを示す傾向となったものの、相対密度が大きくなると体積ひずみは小さくなり、ほぼ同様の結果となった。

図-2は、 $\gamma_{max} = 7.5\%$ のデータの体積ひずみ v_v ~ 繰返し回数 N_c 関係を相対密度 D_r 別に示したものである。繰返し回数が20回よりも少ない場合には、体積ひずみが小さくなっている。この傾向は、相対密度が小さいほど顕著である。稲童丸らは、過剰間隙水圧消散過程の初期における間隙比の低下割合が、初期液状化後の載荷回数により異なり、初期液状化後の載荷回数が多いほど、体積変化が大きいことを指摘している²⁾。図-3は、 D_r のほぼ等しいデータについて、同一試料の v_v ~ N_c 関係を細粒分含有率別にプロットした一例である。繰返し回数が多いほど、体積ひずみは大きくなっており、その傾向は細粒分含有率が多いほど顕著である。そこで、図-3から試料毎に繰返し回数20回の際の体積ひずみを読み取り、その試料の体積ひずみ v_{v20} とすると、図-4に示したように、体積ひずみは、細粒分含有率が多いほど大きくなる傾向が求められた。

5. おわりに

不攪乱試料の繰返し非排水三軸試験結果から得られた繰返し載荷後の体積ひずみを、繰返し回数や粒度特性を用いて検討を行ったところ、以下の知見を得た。

- ・ 繰返し回数が多いほど、体積ひずみは大きくなり、その傾向は細粒分含有率が多いほど顕著である。
- ・ 細粒分含有率が多いほど体積ひずみは大きくなる傾向にある。

今後さらにデータを蓄積していき、その他の物性との関係についても検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 石原研而・吉嶺充俊：地震時の液状化に伴う砂地盤の沈下量予測，第26回土質工学研究発表会，1991，pp797-770
- 2) 稲童丸征巳・辻野修一・吉田望：液状化後の残留沈下予測に関する基礎的研究，土木学会第49回年次学術講演会，1994，pp498-499

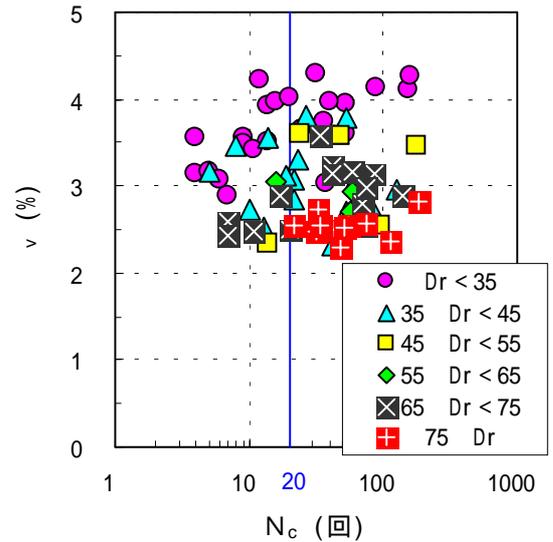


図-2 体積ひずみ ~ 繰返し回数の関係

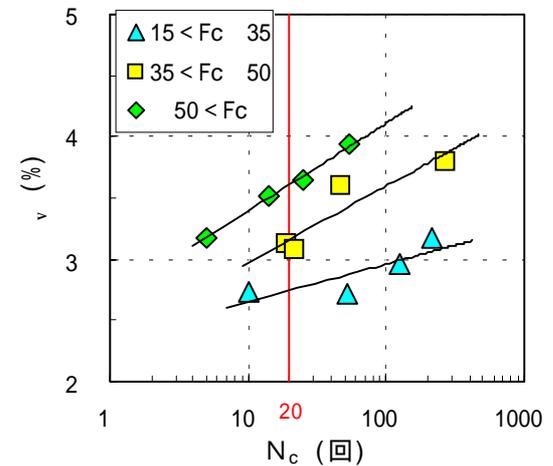


図-3 体積ひずみ ~ 繰返し回数の関係 (試料別にプロット)

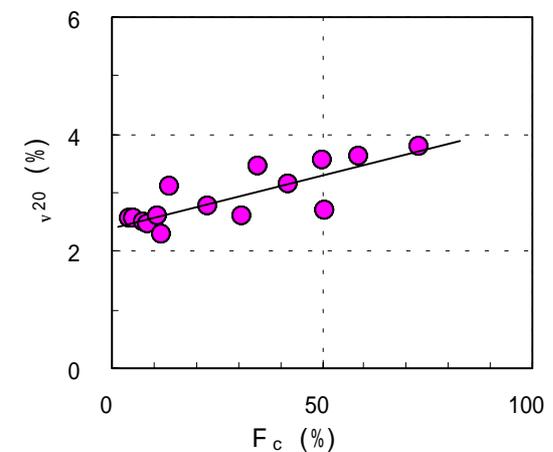


図-4 体積ひずみ ~ 細粒分含有率の関係