

細粒分を含む砂の液状化後の沈下特性について（続報）

(株)大林組技術研究所 正会員 鳥井原 誠
同 上 正会員 山田 祐樹
基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員 森本 巖
東京理科大学 正会員 石原 研而

1. はじめに

液状化後の地盤の沈下特性の把握は、きれいな砂についてはいくつか行われており、予測手法も提案されているが、細粒分を多く含んだ砂や礫混じり砂についての報告はほとんど無く、予測手法が確立していないのが現状である。前報¹⁾において、液状化後の体積ひずみは、液状化時のせん断ひずみに大きく依存しているが、細粒分の有無に係らず間隙比によって一意的に求まることを明らかにした。本研究では、同様の試験を細粒分を含まない砂を用いて実施し、細粒分を含んだ砂との比較検討を行った。

2. 試験方法

今回試験に用いた試料(山砂B)は、細粒分の影響を把握するために、前報で使用した試料(山砂A)の細粒分(0.075mm アンダー)を除去したものである。図-1に山砂A、Bの粒径加積曲線及び基本物性を示す。山砂Bの供試体の作製には表-1に示す3種類の方法を用いた。また、それぞれの作製方法で得られた供試体を、初期拘束圧 $\sigma'_0=98\text{kN/m}^2$ で等方圧密した後の平均間隙比を表-1中に併せて示す。これらの3種類の間隙比について、繰返し荷重振幅を10種類程度変化させて液状化試験を行った。試験方法としては、所定の拘束圧で圧密させた後に、周波数0.1Hzの正弦波を用いて、繰返し波数を一定(20波)にした試験を行い、試験終了後に排水コックを開けて過剰間隙水圧を消散させ、体積変化量の測定を行った。

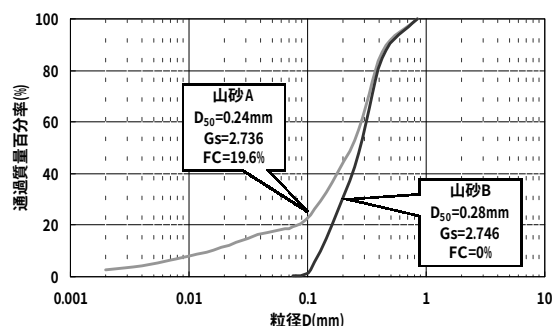


図-1 粒径加積曲線

表-1 平均間隙比と供試体作製方法

試料名	平均間隙比	作製方法他
山砂 A-1	0.97	前回試験
山砂 A-2	0.90	〃
山砂 A-3	0.73	〃
山砂 B-1	0.88	空中落下法(10cm)
山砂 B-2	0.84	空中落下法(30cm)
山砂 B-3	0.78	空中落下法(50cm)

3. 試験結果

図-2に今回の試験で得られた山砂Bの体積ひずみ ε_v と最大せん断ひずみ $\gamma_{\max}$ の関係を示す。実線が山砂Bの試験結果であり、破線が山砂Aの近似曲線である。図中には20波以内の早い段階で $\gamma_{\max}$ が15%近くまで増加してしまったデータも(◇)、(□)、(△)として参考までにプロットしている。試験結果をみると、体積ひずみの増加は最大せん断ひずみに大きく依存しており、細粒分の有無に依らずその傾向はほぼ同様であるといえる。次に、山砂A及びBの試験結果において $\gamma_{\max}>9\%$ となる体積ひずみと間隙比の関係を図-3に示す。また、図中には石原ら、国生ら³⁾

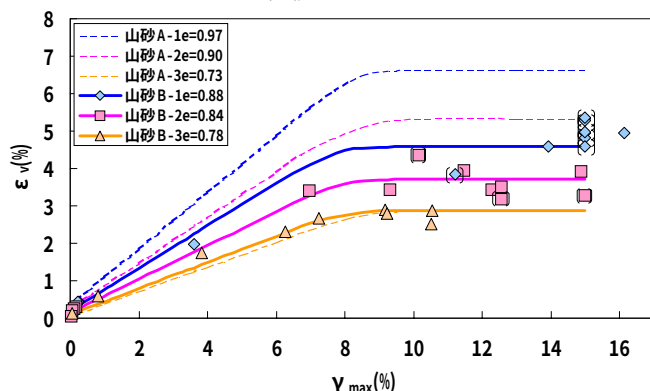


図-2 $\varepsilon_v \sim \gamma_{\max}$ 曲線

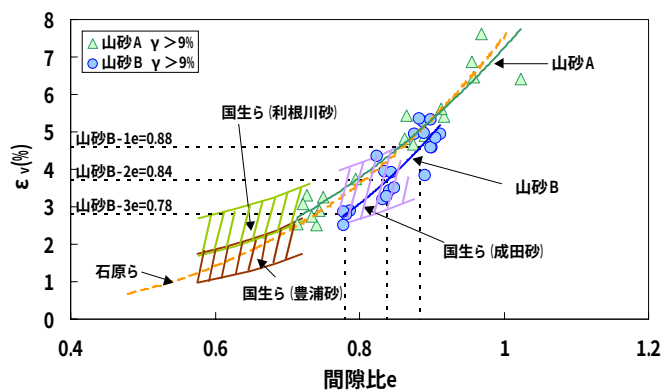


図-3 $\varepsilon_v \sim e$ 曲線

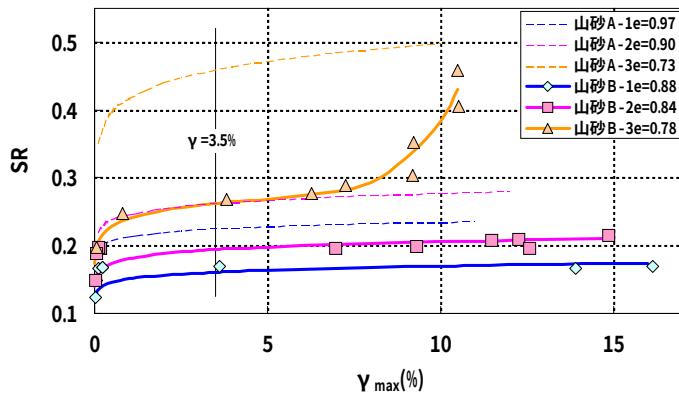


図-4 SR $\sim\gamma_{\max}$ 曲線

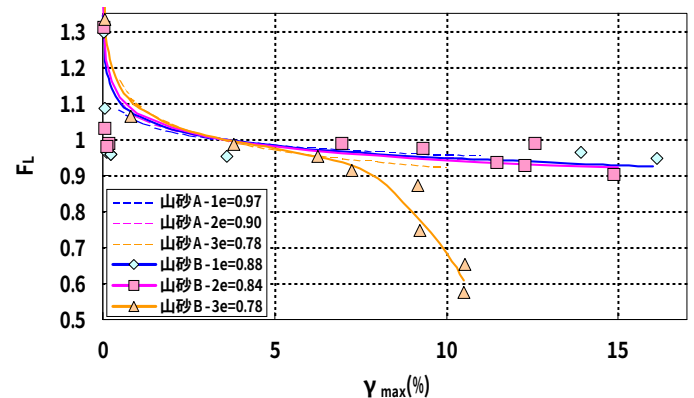


図-5 $F_L \sim \gamma_{\max}$ 曲線

の試験結果も併せて示している。図から明らかなように、今回の試験結果である山砂Bにおいても若干のバラツキがあるもののほぼ同様の傾向がみられ、他の試験結果とも良く一致していると言える。ちなみに図-2に示す各間隙比毎の最大体積ひずみの値は、図-3に示す近似曲線を用いて算出を行っている。

次に、液状化試験における応力比SRと最大せん断ひずみ $\gamma_{\max}$ の関係を図-4に示す。図中には、山砂Aの近似曲線も破線で示している。試験結果をみると、山砂A、B両ケースとも間隙比が小さくなるに連れ、SR $\sim\gamma_{\max}$ 曲線が応力比の大きい方へスライドしている傾向は同じである。しかし、間隙比がほぼ同じ値となる山砂A-2と山砂B-1では、細粒分を含む山砂A-2の方が山砂B-1より $\gamma_{\max}=3.5\%$ で約1.6倍程度応力比が大きくなっており、液状化後の体積ひずみ量は同程度でも、細粒分の影響により液状化強度が増大しているのが分かる。また、山砂B-3では $\gamma_{\max}$ が7%を超える辺りから応力比が急激に増加しているが、間隙比のより小さい山砂A-3ではその傾向は現れず、細粒分の有無による液状化時の挙動の違いが現れている。

次に、図-4において、試験ケース毎に $\gamma_{\max}=3.5\%(\varepsilon_{10A} \sim 5\%)^{2)}$ となる応力比を液状化強度Rとし、 F_L 値の算出を行った。各試験ケース毎の $F_L \sim \gamma_{\max}$ 曲線を図-5に示す。これらの結果から、細粒分の有無に係わらず、間隙比が小さくなるにつれて、曲線の左上がりの勾配がきつくなっており、中でも細粒分を含まない山砂Bの最も密なB-3のケースで $\gamma_{\max}>3.5\%$ 以上の領域における F_L 値が極端に小さくなっていることが明らかである。このような傾向は石原らの試験結果と同様である。

図-6に、図-2及び図-5を用いて得られた $F_L \sim \varepsilon_v$ 曲線を示す。また、図中には石原らの試験結果を併せて示す。石原らの結果に比べ、 $F_L=1.0$ 前後での勾配が緩くなっているものの、ほぼ同様の傾向を示していると言える。

4. まとめ

細粒分を含んだ砂の液状化後の沈下特性を把握するために、繰返し三軸試験装置を用いた繰返し回数一定の液状化試験を行った。その結果、液状化時の挙動に若干の差があるものの、間隙比を用いて液状化後の体積ひずみを評価すれば、従来通りの手法で細粒分を含む砂についても評価が可能であるということがわかった。

参考文献

- 1) 鳥井原ら: 細粒分を含む砂の液状化後の沈下特性について
第35回地盤工研究発表会, 2000
- 2) 石原ら: Evaluation of Settlements in Sand Deposits Following Liquefaction during Earthquakes: SOILS AND FOUNDATIONS Vol.32, 173-188, 1992
- 3) 国生ら: 密な砂地盤の液状化後の沈下特性 : 第19回土質工学研究発表会, pp.563-566, 1984

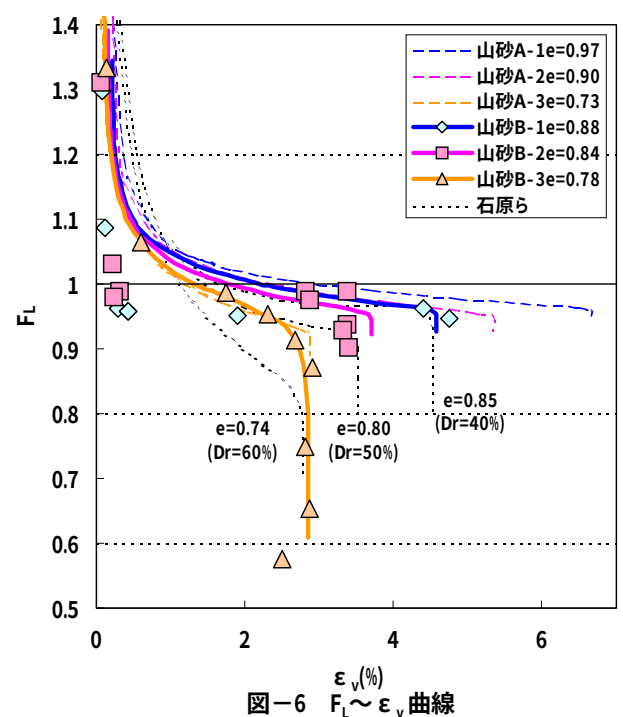


図-6 $F_L \sim \varepsilon_v$ 曲線