

最小間隙比付近まで締固めた砂の液状化強度について

東北大学 学生会員 ○富田 真之
 東北大学 正会員 河井 正
 東北大学 フェロー会員 風間 基樹
 東北大学 金 鍾官

1. はじめに

一般的に N 値が大きいほど液状化強度が大きくなる
 ことが知られている。しかし、図 1-1 を見ると N 値 30
 付近での液状化強度は、例えば同じ沖積土であっても
 大きくばらついている。ただし、このように地盤を大
 別しているだけでは、その物理特性並びに液状化強度
 の観点から、本来は同一の区分とすべき材料であるか
 は不明である。すなわち、すべての土が N 値 30 程度に
 おいて、液状化強度が 0.5 を超える保証はない。

本研究では、種々の砂に対して液状化強度試験を行
 い、砂の種類の違いにより N 値と液状化強度の関
 係に違いが生じるか検討した。また、密に締固めた砂の液
 問題点¹⁾を改善するために、繰返しせん断によって最小
 間隙比を求めるための試験装置を新たに開発した。

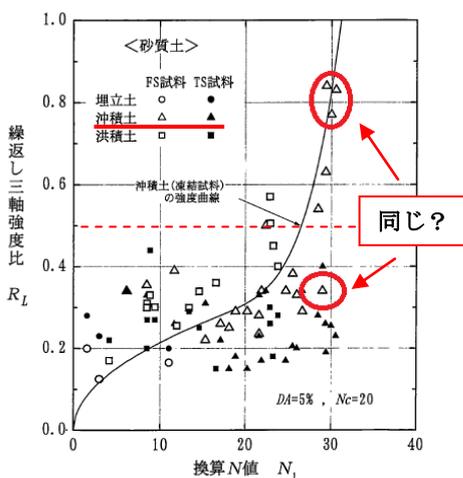


図 1-1 換算 N 値と繰返し三軸強度比の関係 (松尾²⁾ に加筆)

2. 砂の最小間隙比

金ら¹⁾は現行の試験法では特に細粒分を多く含む砂
 について最大密度を過小評価することを指摘し、中空
 ねじりせん断の供試体を用いて、繰返しせん断 - 排水
 を行って最小間隙比を求める方法を提案している。し

かし、この方法は、非常に煩雑でかつ時間がかかるた
 め、本研究では、より簡便に最小間隙比を求めるため
 の試験装置を開発した。さらに、金ら¹⁾の求めた最小間
 隙比と比較し、新たに開発した試験装置の妥当性を検
 証する。本装置では、薄いテフロンシートと金属板を
 互層にしたせん断箱とそれを繰返しせん断するための
 載荷部で構成されている。試験は、空中落下法で作製
 した供試体を水浸し、供試体上部から金属板を介して
 与えた所定の上載荷重の元で繰返し排水せん断 (ひず
 み振幅一定、約 10%) を行い、せん断中に地表面の高
 さが概ね一定になった時点を試験終了とした。検証に
 用いる試料は、飯豊砂 7 号単体(clean sand)とそれに石
 英粉を重量比で 30% 混ぜた試料(Q30)とした。Clean sand
 では JGS 法により求めた最小間隙比は概ね一致して
 おり、Q30 では両者が乖離している。両試料の物性値を
 表 2-1 に示す。

表 2-1 飯豊砂 7 号と Q30 の物性値

Sample Name	Clean sand	Q30
$e_{min}(JGS)$	0.626	0.455
$e_{min}(Cyclic)$	0.600	0.287
$e_{min}(New Test)$	0.629	0.330

図 2-1 には、今回用いた 2 種類の試料について、本装
 置による試験結果(New Test)と金らによる結果 (JGS 法
 による最小間隙比{JGS}と中空ねじり試験による繰返
 しせん断-排水による最小間隙比{Cyclic})を示す。この
 図より、本試験装置による最小間隙比は、中空ねじり
 試験で得られる金らの最小間隙比と概ね一致してい
 ることがわかる。特に金らの報告において JGS 法の結
 果と Cyclic の結果との間に顕著な差が認められた Q30
 については、Cyclic と同程度の最小間隙比が得られて
 いる。以上より本装置の妥当性が検証できた。

キーワード 液状化, 間隙比

連絡先 〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻青葉 6-6-06 東北大学 人間・環境系教育新棟 地盤工学研究室
 TEL 022-795-7437

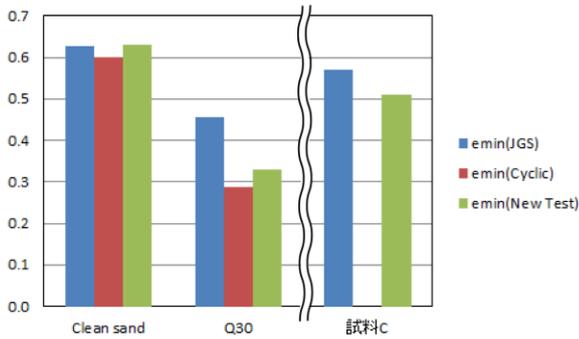


図 2-1 試験法別の最小間隙比

3. 密に締固めた砂の液状化強度

次に 3 種類の砂に対して、中空ねじりせん断試験による液状化強度試験を実施した。試料 A, B, C の物性値は表 3-1 に示す。最小間隙比は JGS 法により求めた。試料 A, B は細粒分を含まない試料で C は細粒分を含む試料である。

本報告では、供試体をタンピング法で相対密度 95% 程度(全試料 JGS 法による e_{min} を使用している)まで締固めた後に脱気水で飽和させ、初期有効応力 100kPa まで圧密し、所定のせん断応力で繰返しせん断を行い、せん断ひずみが 3.75%に達するか、繰返し回数が 200 回に達した時点を試験終了とした。

表 3-1 液状化強度試験で用いた試料の物性値

Sample Name	A	B	C
$\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	2.628	2.660	2.728
e_{max}	0.812	0.851	1.184
e_{min}	0.510	0.567	0.570
$D_r(\%)$	99.703	109.766	92.529
$F_c(\%)$	0.000	0.000	9.744

図 3-1 はそれぞれ、試料 A, B, C の非排水繰返しせん断時の応力 - ひずみ関係である。試料 A については繰返し回数 200 回に達しても液状化は発生しなかったが、同じきれいな砂である試料 B はせん断応力比が 0.3 にも関わらず数回の繰返しせん断で液状化した。試料 C は繰返し回数 2 回まで至らずに所定のひずみに達した。さらに、試料 C に対して繰返しせん断-排水試験(New Test)で最小間隙比を求め直してみたところ JGS 法よりも小さくなった(図 2-1)。以上より、細粒分を含む砂は JGS 法では最大密度を過小評価している。

4. 結論

1. 液状化評価に必要な最小間隙比を簡便に得ることができるせん断試験装置を新たに開発し、その妥当性を検証した。

2. 細粒分を含まないきれいな砂を相対密度 100% 程度の密な状態に締固めたとしても液状化抵抗は 0.3 以下であった。

本報告では、N 値の大きな砂を相対密度が 100% 程度と読み替えて実験を行ったが、N 値は粒径に依存し、細粒分を含むと相対的に小さくなるため、このままでは図 1-1 の検証とはなりえない。今後は室内試験時の相対密度と現場で想定される N 値の関係についても検討する。

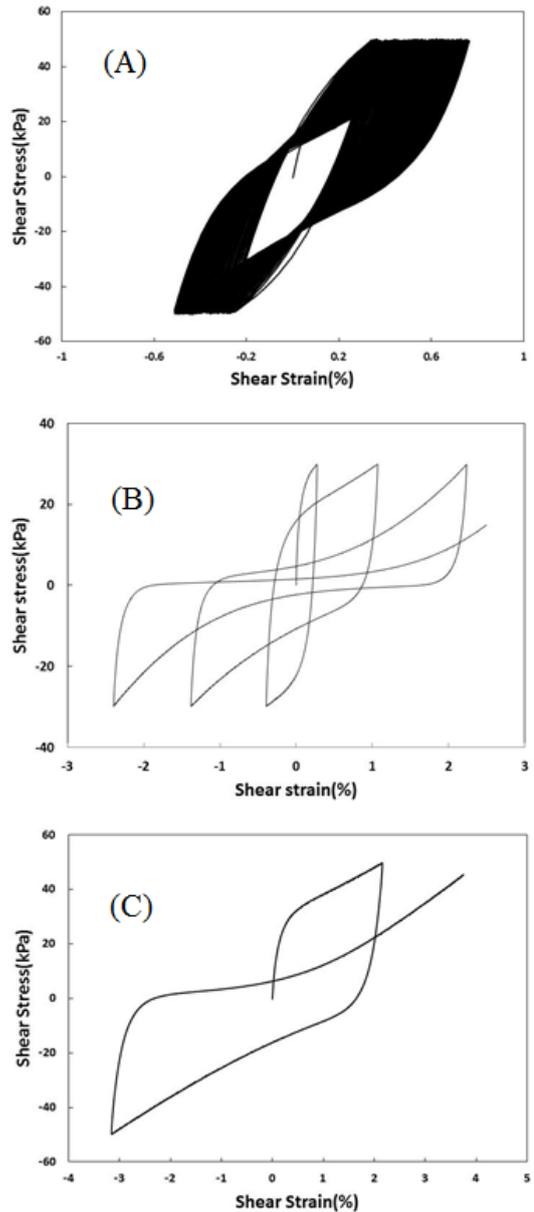


図 3-1 各試料の応力-ひずみ関係、カッコ内は試料名を表す

参考文献

- 1) 金 鍾官：細粒分を含んだ液状化した土の変形特性
- 2) 松尾修：道路橋示方書における地盤の液状化判定法における現状と今後の課題，土木学会論文集 No.757/III-66, 1-20, 2004.3