

Ⅲ - A 85

非塑性シルトの液状化後の変形特性

茨城大学大学院 学生員 ○ 島袋 淳
 茨城大学工学部 フェロー 安原一哉
 茨城大学工学部 正 員 村上 哲

1. まえがき 近年の地震では砂以外の粒径においても液状化が確認されている。その代表的な最近の実例を挙げると千葉県東方沖地震(1987)、北海道南西沖地震(1993)、及び兵庫県南部地震(1995)などが挙げられ、これらの地震では、比較的液状化しにくいといわれていたシルトといった細粒分を含む砂質地盤で液状化及び液状化に伴う側方流動が生じていることが確認されている^{1),2),3)}。こういったシルト質土やこれら細粒分を含む砂質土の液状化後の挙動に関する研究例は、極めて少ない。そこで、ここでは液状化後の挙動を把握するために非塑性のシルトを用い、供試体作成方法の異なる 2 種類の供試体に対して非排水繰返し三軸試験を行い、繰返し履歴後の挙動を調査した結果を報告する。

表-1 DL クレーの性質

土粒子密度 (ρ_p) (g/cm ³)	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	最適含水比 w_{opt} (%)	塑性指数	備考
2.53	1.55	21.1	N.P	岩砕粉末

2. 実験概要 (1)用いた試料と供試体作成法：用いた試料は岩石

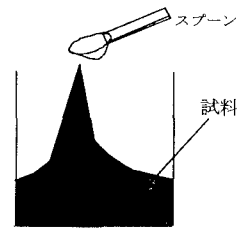
を粉砕してシルトの粒径まで調整した DL クレーと呼ばれるものであり、粒度分布からシルトに属し、非塑性である。この試料を用いて以下に示す供試体作成法により 2 種類の供試体に対して室内試験を行った。なお、供試体作成(自然落下法、締固め法)の初期密度を規定するパラメータは ρ_{dmax} を用いた。

(a)自然落下法(図-1(a)、目標密度：0.70 ρ_{dmax})：目標密度になるように乾燥試料を準備し、飛散を防ぐために予備試験結果で得られた含水比(この密度では約 20%)に調整しモールド内にスプーンを用いて 3 層に分けて試料を入れ、最後に高さを調整するために側面をたたく。

(b)締固め法(図-1(b)、目標密度：0.91 ρ_{dmax})：目標密度になるように乾燥試料を用意し、表-1に示す最適含水比に試料を調整し、ランマーを用いて 4 層に分けて締固める。各層の締固める回数は予備試験で予め求めておく。

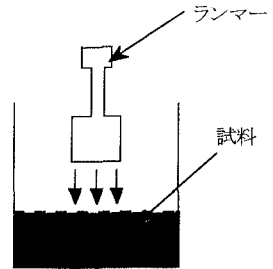
以上の方法で作成された供試体は、ともに直径 5cm 高さ 10cm であり予め行った予備試験結果より、初期密度分布及び初期含水比分布がほぼ均一な供試体となることが確認できた。

(2)実験条件とその方法：室内試験は繰返し及び静的試験がともに可能な三軸試験装置を用いた。試験方法として、拘束圧 $\sigma'_c=98kPa$ で約 2 時間程度等方圧密後、非排水状態で所定の過剰間隙水圧になるまで繰返し載荷(周波数：0.1Hz)を作用させ、その後非排水状態を保ったまま静的圧縮試験(ひずみ速度：0.1%/min)を行った。



スプーンを用いて試料を入れる

(a) 自然落下法



ランマーを用いて突き固める

(b) 締固め法

図-1 供試体作成法

3. 繰返し履歴後の挙動 各供試体作成法における繰返し履歴前後の応力-ひずみ関係を図-2(自然落下法)、図-3(締固め法)に示す。これらの図を比較すると、自然落下供試体では軸差応力のピークがみられ緩い砂のような挙動を示している。また、繰返し載荷により生じた過剰間隙水圧比の増加に伴い、軸差応力のピークが低下していくのがみてとれる。これに対し、締固め供試体では軸差応力のピークがみられず密な砂のような

キーワード：非塑性シルト 液状化後挙動 変形係数

〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL 0294(38)5174 FAX 0294(35)8146

挙動を示している。

しかし繰返し載荷で液状化($\Delta u/\sigma'_c=1.0$)が生じた場合には、両供試体作成法とも軸差応力が小さいままひずみが進行していく状態となる。

ここで非塑性シルトの繰返し履歴後の

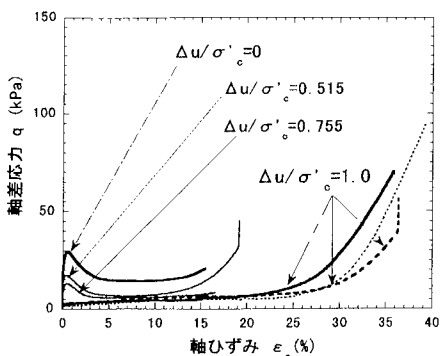


図-2 応力～ひずみ関係(自然落下方法)

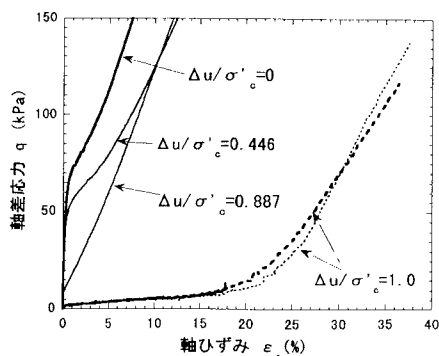


図-3 応力～ひずみ関係(締固め法)

における剛性の劣化を検討するために、図-2、図-3の応力-ひずみ関係から得られる変形係数を用いて考える。用いた変形係数は図-4に示すような接線変形係数とした。この変形係数を繰返し載荷により生じた過剰間隙水圧比と関係づけたものを図-5に示す。図より液状化($\Delta u/\sigma'_c=1.0$)に達するまでは、繰返し載荷により生じた過剰間隙水圧比の増加に伴い変形係数は徐々に低下しており自然落下供試体の方が変形係数が小さい。また、液状化に達した場合には供試体の変形係数は急激に低下している。ここで、この低下割合を得るために初期接線変形係数 E_i で変形係数を正規化したものと過剰間隙水圧比の関係を示したものが図-6である。この図より、供試体作成方法に関係なく変形係数は同じ様な割合で低下してゆき、液状化に至った場合はともに 10^{-4} のオーダーまで急激に低下している。このような急激な低下により液状化後には大変形が生じると考えられる。なお、図-6を定式化すると以下ようになる。

$$\frac{E_{cyc}}{E_i} = 1 - A \cdot \left(\frac{\Delta u}{\sigma'_c} \right)^2 \dots (1)$$

$\Delta u/\sigma'_c$: 繰返し載荷により生じた過剰間隙水圧比, A : 実験定数

4.まとめ

(1)非塑性シルトの繰返し履歴後の剛性の劣化を変形係数を用いて検討した結果、繰返し載荷により生じた過剰間隙水圧比に伴い変形係数は低下していき、液状化後($\Delta u/\sigma'_c=1.0$)には急激に低下する。また、変形係数は自然落下供試体のほうが小さい。

(2)変形係数低下比と過剰間隙水圧比とを関係づけた結果、供試体作成方法に関係なく同じ様な割合で低下する。また、用いた試料では式(1)より過剰間隙水圧比をパラメータとして変形係数の低下割合を予測することが可能である。

参考文献 1)森,滝本,長谷川:1987年12月17日千葉県東方沖地震における液状化調査,第23回土質工学研究発表会,pp.943-946,1988. 2)足立,陶野,規矩,安原:北海道南西沖地震において液状化によって発生した噴砂の粒度特性,第9回日本地震工学会シンポジウム論文集,pp.781-786,1994. 3)中村,福原,小野,東原:1995年兵庫県南部地震における液状化調査,土木学会第50回年次学術講演会,pp.452-463,1995.

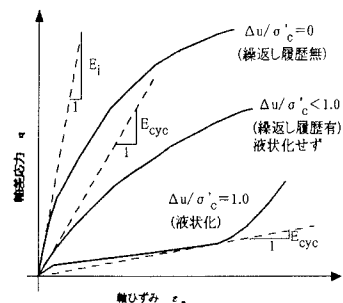


図-4 変形係数の定義

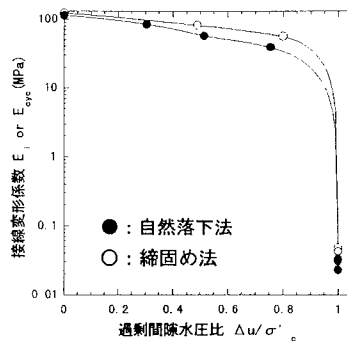


図-5 E_i or $E_{cyc} \sim \Delta u/\sigma'_c$ 関係

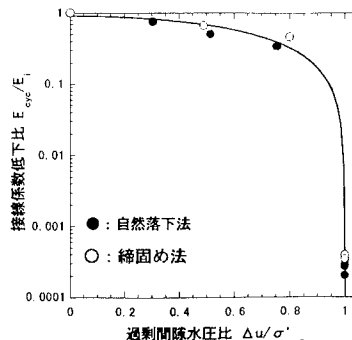


図-6 $E_{cyc}/E_i \sim \Delta u/\sigma'_c$ 関係