

III-710

砂質地盤におけるロータリー方式チューブサンプラーの使用に関する一考察

建設省建築研究所 大岡 弘

1. はじめに

近年、我が国では砂質地盤から試料を採取するために、ロータリー三重管方式サンプラーがよく用いられており、採取された試料を“乱さない試料”として扱うことが一般化されている。それでは、この種のサンプラーは米国ではどのような評価を受けているのか。それを示す一例が表1である¹⁾。これによると、ロータリー方式に属さない固定ピストン式シンワールチューブサンプラーを用いた場合、砂とシルトの“乱さない試料”を採取することができるとされている。一方、ロータリー方式チューブサンプラーに属するピッチャーサンプラーとデニソンサンプラーの場合には、適性の記述に限定がある。すなわち、セメンテーションを有する砂に限って、“乱さない試料”を採取することができると書かれている。また、“Soils with cementation or material cohesion”には適し、緩い非粘性土地盤では“乱さない試料”の採取には不適であるとされている。これを見ると、ロータリー方式チューブサンプラーは、固定ピストン式シンワールチューブサンプラーに比べて、あまり良い評価を受けていないように見受けられる。

2. 砂地盤におけるロータリー方式チューブサンプリングの問題点

それでは、表1を作ったMarcusonの指摘は果たして正しいのか。それを検討するために極端な事例を図1に示す。これは、15回の繰返し回数で $DA = 5\%$ をひき起こす繰返しせん断応力比を縦軸にとり、横軸に試料の相対密度をとって、原位置凍結サンプリングで得られたFS試料とロータリー三重管方式サンプリングで得られたTS試料の結果をプロットしたものである^{2), 3)}。細粒分含有率が4%以下のきれいな砂地盤を対象にして、 N_1 値が3.5の緩い砂層²⁾と N_1 値が約30の密な砂層³⁾の2つの場合について示している。FS試料の液状化強度(図1の縦軸)と相対密度は、既往の研究成果から原位置における砂層のそれとみなせるので、緩い砂層ではTS試料の液状化強度と相対密度が大幅に増加し、密な砂層ではTS試料の液状化強度と相対密度が大幅に減少したものと解釈できる。その結果、TS試料を“乱さない試料”とみなし液状化試験結果をそのまま信用すると、 $N_1 = 3.5$ の極めて緩い砂地盤も、 $N_1 = 30$ の密な砂地盤も、ともに同程度の液状化強度を有する地盤と評価してしまうことになる。すなわち、試料の乱れに対して極めて鋭敏な液状化強度を求める目的で、細粒分の少ない緩い砂層及び密な砂層からロータリー方式チューブサンプラーで試料を採取し、採取された試料を“乱さない試料”として扱うことは、適切であるとはとても言えないということになる。この意味では、Marcusonの指摘は確かに正しい。

3. 求めるべき砂地盤の力学特性と要求される試料の品質

土質工学会のサンプリング研究委員会が行ったアンケート調査結果によると、砂質土のサンプリングの目的としては、サンプリング経験件数の多い会社の場合は、液状化強度を求めることが51%、動的反形係数を求めることが24%、静的強度を求めることが18%となっている⁴⁾。この結果を参考にして求めるべき力学特性を選定し、既往の研究成果をもとにその特性が試料の乱れに対しどの程度鋭敏であるかを微視構造の変化と密度の変化という二つの視点から大胆に記述し、その結果要求される試料の品質を分かりやすい言葉で表現してみたものが表2である。要求される試料の品質は、求めるべき力学特性に応じて大きく異なる。図1には極端な例を示したが、細粒分の多い砂質地盤の場合や、口径の大きいサンプラーを使用した場合には、ロータリー方式チューブサンプラーでも良質の試料を採取できる可能性のあることが指摘されている^{1, 5)}。従って、求めるべき力学特性と地盤の特性に応じて、ロータリー方式チューブサンプラーを用いるかどうかを判断し、用いるとすれば、サンプラーの口径をどの程度以上にするのが妥当なのかを判断することが、今後必要になると思われる。

4. まとめ

(1)我が国では砂質地盤からロータリー三重管方式サンプラーを用いて採取された試料を“乱さない試料”

と呼んでいるが、米国では、ロータリー方式チューブサンプラーでは、セメンテーションを有する砂質土の場合しか、“乱さない試料”を採取することができないと指摘する人もいる。(2)細粒分の少ない砂地盤ではロータリー三重管方式サンプラーで採取した試料の品質は、“乱さない試料”と呼ぶにはあまりにも適さない場合がある。(3)要求される試料の品質は、求めるべき力学特性に応じて大幅に異なる。すなわち、液状化強度を求めるためには原位置凍結サンプリング等の他のサンプリング方法を用いることが必要な場合も生じるし、他の力学特性を求める場合には、ロータリー方式チューブサンプラーで十分な場合もある。(4)細粒分が多い砂質地盤の場合、および口径の大きいサンプラーを使用する場合は、ロータリー方式チューブサンプラーで良質の試料を採取できる可能性があるため、今後この種の研究を行う必要がある。

【参考文献】 1)W.F.Marcuson et al.(1979):State of the art of undisturbed sampling of cohesionless soils, Proceedings of the international symposium of soil sampling, Singapore, pp.57-71. 2)井合他(1991):ゆるい砂地盤における地震時の間隙水圧の観測と解析、港湾技研資料、No.718. 3)Yoshimi,Y. et al(1984):Undrained cyclic shear strength of a dense Niigata sand, S&F, Vol.24, No.4, pp.131-145. 4)黒田(1989):砂および砂礫のサンプリングに関する実態調査結果の報告、昭和63年度サンプリングシンポジウム発表論文集、pp.1-7. 5)Tokimatsu,K. et al.(1986):Effects of sample disturbance on dynamic properties of sand, S&F, vol.26, No.1, pp.53-64. 6)Tokimatsu,K. et al(1986):Soil liquefaction evaluations by elastic shear moduli,S&F,vol.26, No.1, pp.25-35. 7)山崎他(1984):乱さない密な新潟砂の排水せん断特性、第19回土質工学研究発表会講演集、pp.263-264. 8)Yoshimi,Y. et al(1978):Undisturbed sampling of saturated sands by freezing,S&F,vol.18, No.3, pp.59-73. 9)安達他(1988):原位置における砂の動的変形特性の推定法—地盤の動的変形特性の評価法に関する研究(Ⅱ)、日本建築学会構造系論文報告集、第387号 pp.80-88. 10)畑中他(1993):サンプリング方法の違いによる液状化強度の差と N_1 値の関係について、第48回土木学会学術講演集

表1 Marcusonによる非粘性土の乱さない試料採取方法¹⁾(一部加筆修正)

採取方法	適性	備考
固定ピストン式 シンウォールチューブ サンプラー (水圧式ピストンサ ンプラーも含む)	<u>Undisturbed samples in silts and sands, above or below the water table.</u>	シルト質砂、砂質シルト、 シルトに適す。 中密の砂に適し、ゆるい 砂および密な砂では密度変 化を生じる。
ロータリー方式 チューブサンプラー (a) ビッチャー サンプラー (b) デニソン サンプラー	<u>Undisturbed samples in sands with cementation.</u> Disturbed samples may be obtained in cohesionless materials with variable success.	soils with cementation or material cohesion に適す。 ゆるい非粘性土では乱さな い試料採取には不適。
原位置凍結 サンプリング	極めて良質の乱さない試料を採取できる可能性あり。	

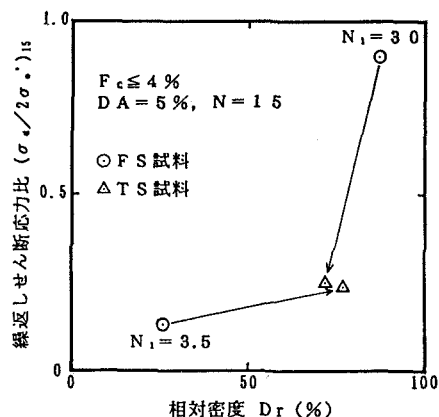


図1 T S 試料の液状化強度変化と相対密度変化

表2 砂地盤の力学特性評価に関して要求される試料の品質

求めるべき力学特性	試料の乱れに対する鋭敏性	要求される試料の品質	参考文献
液状化強度 ($\sigma_v/2\sigma'_v \sim N$) 曲線	微視構造が変化すると大きく 変わる。 密度が変化すると変わる。	極めて良質の 乱さない試料	5) 6) 6)
動的変形特性 ($G \sim \gamma$) 曲線	微視構造が変化すると大きく 変わる。 密度が変化すると変わる。	良質の乱さない試料	5) 9) 6) 9)
静的強度 ϕ_c	微視構造が大きく変化しても 変わらない。 密度が変化すると変わる。	乱さない試料	5) 7) 8)
動的変形特性 ($G/G_0 \sim \gamma$) 曲線 ($h \sim \gamma$) 曲線	微視構造が変化してもあまり 変わらない。 密度が変化しても変わらない	乱した試料でも可	5) 9) 9)