

PSIII-10 砂質土の不攪乱サンプリング技術の現状

(財)電力中央研究所 (正)国生 剛治、吉田 保夫、片岡 哲之

まえがき 最近、原子力発電所の第四紀地盤立地のように、重要構造物を洪積世の砂層や砂礫層の上に建設するための技術開発が進められている。その際、最も重要な検討項目のひとつとして、設計地震力に対する支持地盤の安定性があげられる。地盤の安定性評価は設計・建設の種々の段階で色々な方法で行われようが、詳細な評価においては、試料の不攪乱サンプリングとそれに基づいた室内試験による動的強度評価が重要な位置づけとなろう。ここでは、密な砂や砂礫地盤の動的非排水強度評価に与えるサンプリングの影響についての最近の研究成果を集積し、サンプリング法の適用性を検討する。¹⁾

攪乱の影響 サンプリング法としては、a. サンプラーを用いたボーリング孔からのチューブサンプリング、b. トレンチ開削によるブロックサンプリング、c. あらかじめ凍結させた地盤からの凍結サンプリング、があげられる。これらのサンプリング法において動的強度評価に影響を与える可能性のある主な要因として以下の項目が考えられる。

①拘束圧の一時的解放の影響、 ②サンプリングから試験に至る段階で試料が受ける振動やせん断などの攪乱外力の影響、 ③試料を凍結採取する場合には凍結融解の影響

これらの要因の影響については多くの研究がなされ、そのうち、密な砂については特に②の攪乱外力の影響が著しいことが最近の研究により明らかにされてきた。すなわち、密な砂の供試体にショック的振動や静的せん断が加わると、砂の体積変化はほとんど生じないにもかかわらず、動的強度は $1/3 \sim 1/4$ までにも低下してしまう可能性がある。上記の3種類のサンプリング法のうち、一般的にチューブサンプリングがこの可能性が高いと言えよう。これを避けるためにはブロックサンプリングや凍結サンプリングが考えられるが、前者の場合、上記①の要因が、後者の場合③の要因が何らかの影響を及ぼす可能性がある。

サンプリング試料による動的強度データの実態 このような視点に立って、上記3種類のサンプリング法で採取した密な砂の三軸試験による動的強度（繰返し回数 $N_d = 20$ 回で面軸ひずみ振幅 $\varepsilon_{dA} = 5\%$ ）のデータを収集し、標準貫入試験の N 値との関連から検討を加える。

チューブサンプリング

図-1は沖積層から洪積層までの広い範囲の密度の砂層において、固定ピストンサンプラーやロータリータイプのサンプラーなど砂に適用されるサンプラーにより採取した試料の動的強度と、同じ位置で行った標準貫入試験の基準化 N 値、 N_1 （有効拘束圧 $\sigma'_v = 100 \text{ kN/m}^2$ に対応して補正した N 値）との関係を示している。この中の N_1 値が20以下のデータには道路橋示方書の液状化判定基準（図中に実線カーブで例示する）を検討する際に用いたデータ²⁾も含まれているが、チューブサンプリングによって得られた動的強度は、 N_1 値が20以下の本来道路橋示方書基準が対象としている比較的ゆるい砂の範囲だけでなく、 N_1 値が20～50の密な砂についても実線カーブと比較的一致しており、 N_1 の増加に対して強度が伸び悩むような傾向を示している。これは、Seedらが液状化地点のケーススタディなどにより推定した強度（図中に破線で示す）が N_1 に対して急激に増大する傾向を示すことと対照的であり、チューブサンプリング試料が前述の要因②の影響を強く受けている可能性がある。

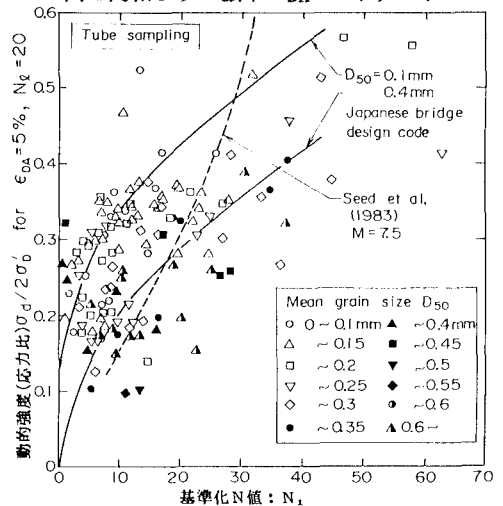


図-1 チューブサンプリング試料について得られた動的非排水強度と基準化 N 値(N_1)の関係

ブロックサンプリング

図-2にはブロックサンプリング試料による動的強度と N_1 値の関係をプロットしている。データ数が十分ではないので確定的には言えないが、 N_1 が30程度の砂でSeedらの推定値より低目の値が得られており、前述の要因①、②の影響を幾分かは受けているように思われる。しかし、図中に示す N_1 値50程度の半固結の密な砂の強度は応力比1.3程度の大きな値を示したことは特徴的である。

凍結サンプリング

図-3は最近急速に普及してきた凍結サンプリングによる砂と礫の強度をまとめて示している。チューブサンプリングによる試料や再調整試料に比べて凍結サンプリング試料の強度は明らかに大きく得られている。図-4は凍結サンプリング試料の強度とそれと同じ地盤の N_1 値の関係を示している。同図中に示されたチューブサンプルやブロックサンプルの範囲に比べて、凍結サンプルは同じ N_1 値に対し明らかに大きな強度を示し、 N_1 値が30程度までの範囲でSeedらの推定値を上回っている。しかし、 N_1 値が50程度のある程度固結した砂については凍結サンプリングによって予想外の低い強度が得られており、一方、同じ砂のブロックサンプリング試料が非常に大きな強度を示していることを考え合わせると、細粒分をある程度含むセメンテーションの発達した砂の場合には、凍結サンプリングよりもブロックサンプリングの方が適しているケースもありそうである。

まとめ 密な砂質土の動的強度評価のために行うサンプリングの留意点は以下のようにまとめられよう。

①チューブサンプリングは種々の攪乱を受けて低い強度評価につながりやすい。②ブロックサンプリングは特に細粒分の少ない未固結の砂については攪乱の影響を完全には免れないようであるが、一方、ある程度セメンテーションの発達した砂には適しているようである。③凍結サンプリングは未固結の細粒分の少ない砂には最適であるが、細粒分をある程度含んだセメンテーションの発達した砂への適用は注意を要する。

文 献

- (1) Kokusho, T. (1987), "In-situ dynamic soil properties and their evaluations," Theme Lecture, Proceedings of 8th Asian Regional Conf. ISSMFE, Kyoto.
 - (2) Iwasaki, T., Tatsuoka, F., et al. (1978), "A practical method for assessing soil liquefaction potential based on case studies in various sites in Japan," Proc. 2nd Intern. Conf. on Microzonation. Vol.2, pp.885-896
- なお、図中の引用文献については参考文献(1)を参照されたい。

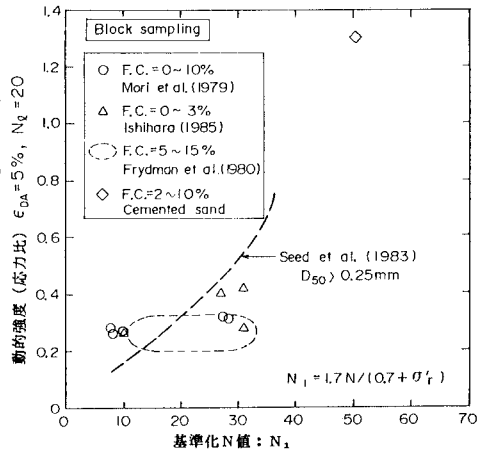


図-2 ブロックサンプリング試料について得られた動的非排水強度と基準化 N_1 値の関係

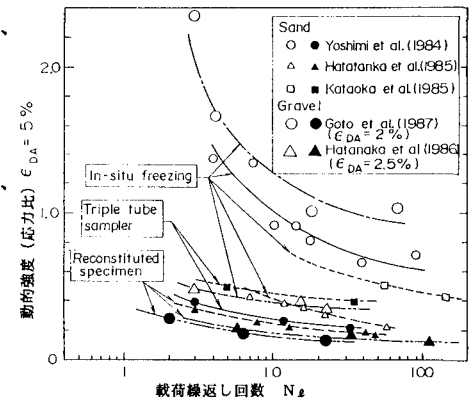


図-3 凍結サンプリング試料の動的非排水強度と繰返し載荷回数の関係

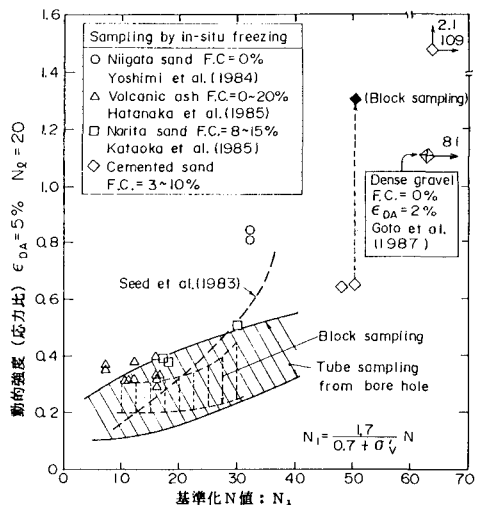


図-4 凍結サンプリング試料について得られた動的非排水強度と基準化 N_1 値の関係