

III-81

砂の再液状化特性に及ぼす内部構造の影響

前田建設工業(株) 正会員 ○ 菅井 正澄 嶋田 三朗
 正会員 石黒 健 飯島 健
 正会員 清水 英樹

1. はじめに

飽和砂の再液状化特性を室内試験によって調べた事例は数多い(Finn¹⁾、石原²⁾、鈴木³⁾など)。これらの研究成果は、砂の再液状化強度が必ずしも相対密度と一意的な関係になく、ひずみ履歴の大小に依存すること、またひずみ履歴の違いは砂の内部構造(粒子配列)の変化という形で再液状化強度に影響を及ぼすこと³⁾などを明らかにしている。いったん完全液状化に至った砂の再液状化強度が、液状化後の沈下によって密度が高まるにもかかわらず激減してしまうような現象は、砂の内部構造の劣化という概念なしでは説明しえないであろう。ところが、これら室内試験を用いた検討では要素試験のもつ本質的な問題点、すなわち過大なひずみ履歴による供試体の不均一化を避けることができず、上記の現象が砂の全体的な構造変化によるものなのか、供試体のネッキングにより局所的な弱面が形成されたことによるものなのか判別しがたいことになってしまう。本文では、このような弱面の影響の少ない振動台実験において砂の再液状化特性と内部構造の関係を調べた結果について報告する。

2. 実験方法

実験は図1に示すようなフローに従って行った。実験では、地盤A:せん断土槽の中で水中落下法により作成した処女地盤。地盤B:地盤Aをバイブレーターによって締固めた地盤。地盤C:Bと同様の地盤を振動台の上で液状化させた地盤。の3種類のモデル地盤に対して、コーン貫入抵抗値の測定、振動台加振時の間隙水圧・沈下測定、

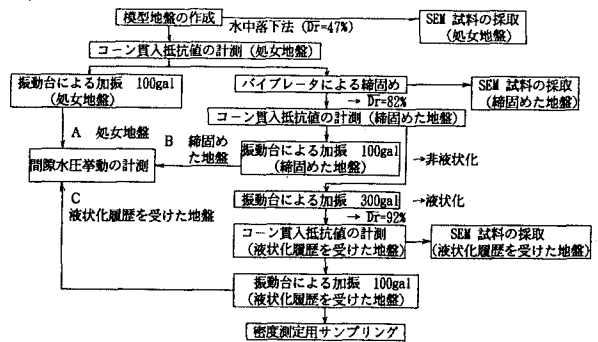


図1 実験のフロー

走査型電子顕微鏡(SEM)用試料の採取、および密度測定用のサンプリングを行った。なおSEMによる構造観察は、モデル地盤を不飽和化した後、密度・構造の変化を与えることの少ないシンウォールサンプラーにより慎重に試料採取を行い、樹脂系接着剤を注射器で注入して固化させたものを用いて実施した。また測定位置は平面的にはすべてせん断土槽の中心(=バイブレーターの中心)から離れ10cmの位置に統一し、深さ方向には間隙水圧の測定とSEM用試料の採取は砂層の中央にて、また密度測定は深度方向3点で行った。なお試料は豊浦標準砂を使用した。

3. 実験結果および考察

図2は、3種類の地盤に対して正弦波(3Hz, 台加速度100gal, 継続時間30秒)を入力した際の間隙水圧のデータを示す。処女地盤Aでは6秒付近で完全液状化に至っているのに対して、締固めを行った地盤Bでは間隙水圧の発生が少なく、30秒経過

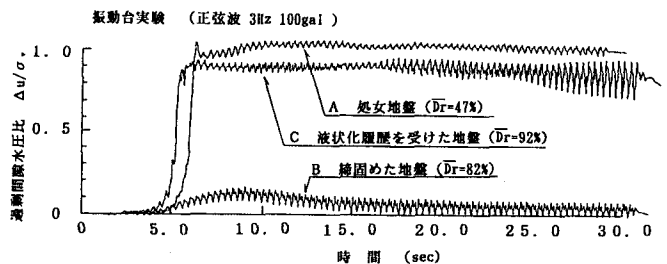


図2 正弦波入力時の間隙水圧挙動の変化

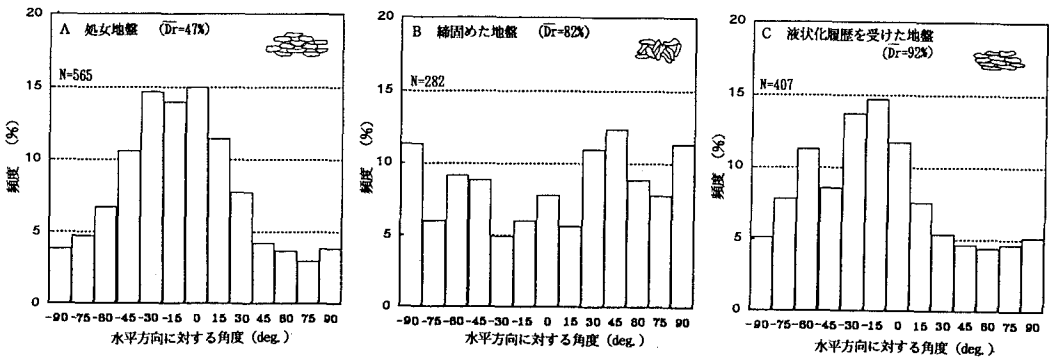


図3 走査型電子顕微鏡により観察された構造の変化

後も液状化していない。一方、同じように締固めた地盤に300galの入力を30秒間加え液状化させた地盤Cでは、液状化によって沈下が生じ密度が増加しているにもかかわらず、その後の100galの加振に対して再び6秒付近で完全液状化に至っていることがわかる。サンプリングした試料の密度を測定し、さらに台加振時の実測沈下を用いて3種類の地盤の平均的な相対密度を求めると各々 $\bar{D}_r=47\%, 82\%, 92\%$ 程度と推定された。地盤の相対密度が47%（地盤A）→82%（地盤B）→92%（地盤C）と増大しているにもかかわらず、液状化に対する抵抗性はいったん増加したのち激減したことになる。振動台実験においては、室内試験のような局所的なネッキングは生じにくいものと思われ、従ってこのような密度増加に反した強度低下は砂の構造の劣化によるものと考えてよい。図3はSEMによる観察の結果をとりまとめたものである。採取した試料の顕微鏡写真を撮影し、デジタイザーによって粒子の長軸方向の分布を調べてヒストグラムに表した。処女地盤Aでは水平方向に対して角度0に集中しており、砂が横方向に配列する傾向が強い。これは水中落打法により形成された砂の構造を如実に反映している。一方、締固めた地盤Bでは長軸方向がすべての角度に均一に分布しており粒子構造のランダム化が進んでいることがわかる。ところが、液状化履歴を受けた地盤Cでは再び角度0付近での集中が生じ、液状化による過大なひずみ履歴が粒子の再配列を生みだしていることがわかる。この結果は鈴木ら³⁾が三軸試験装置を用いて行った実験結果と定性的に符合する。最後に、3種類の地盤における貫入抵抗値の変化を図4にとりまとめた。静的な貫入抵抗値も液状化履歴を受けることによって低下しており、振動台加振時の特性と整合している。また、貫入抵抗値の低下は地盤内の一部分のみで局所的に生じているのではなく、深さ30cm以深において連続的に生じており、構造の劣化が地盤内で全体的に生じていることを示唆している。

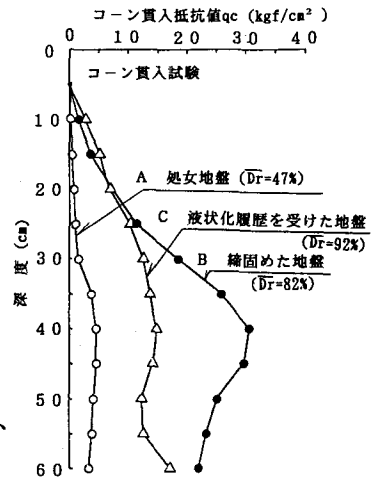


図4 コーン貫入抵抗値の変化

参考文献 1) Finn, W. D. L., Bransby, P. L. and Pickering, D. J. : Effect of strain history on liquefaction of sand, Proc. ASCE, Vol. 96, No. SM8, pp. 1917-1934, 1970.

2) Ishihara, K. and Okada, S. : Effect of stress history on cyclic behavior of sand, Soils and Foundations, Vol. 18, No. 4, pp. 31-45., 1978.

3) 鈴木 輝之・鈴木 利文：飽和砂の再液状化特性に及ぼす密度と構造の変化の影響、土質工学会論文報告集、Vol. 28, No. 2, pp. 187-195, 1988.