

III-330 粒径が液状化に及ぼす影響について

新潟大学工学部 正員 大川秀雄
 新潟大学大学院 学生員 ○木本彰一
 (機)大林組 植田昌弘

1. はじめに

飽和砂層に打撃を加えて瞬間的に液状化を起こし、それが終了するまでの間の過剰間隙水圧の挙動を調べてきた。それによれば、液状化を砂粒子の水中での沈降現象として捉えることで、過剰間隙水圧の挙動を容易に説明することが可能であることが分かった。液状化を「砂粒子の沈降である」と捉えるならば、現在の理論では液状化が起こりにくいとされている大きな粒径の砂粒子が液状化しても不思議ではないことになる。本研究はそのことを確かめるため、大きな粒子で構成された模型地盤に打撃を加える実験を行い、間隙水圧の挙動について調べ、考察を加えた。

2. 砂の沈降モデル

ゆる詰めめの飽和砂層に打撃等の外力を加えると砂粒子間の噛み合わせがはずれ、砂粒子は沈降を始める。沈降中の砂粒子に作用する水の抵抗力がその粒子より下では間隙水圧の上昇、すなわち、過剰間隙水圧として現れる。この過剰間隙水圧 Δu は時間 t とともにおおむね指数関数的に減衰し、次のように表せる。

$$\Delta u = a \cdot e^{-bt} \quad (a, b \text{ は定数})$$

図1のように間隙水圧計を配置すれば、各位置での過剰間隙水圧の最大値は、

$$\Delta u_a = \gamma' H_a, \Delta u_b = \gamma' H_b, \Delta u_c = \gamma' H. \quad (\gamma' \text{ は砂層の水中単位重量})$$

と表せる。液状化後の過剰間隙水圧 Δu の時間 t に対する減衰の様子を模式的に表せば図2のようになる。これは、砂粒子間の噛み合わせがはずれた直後に砂粒子の沈降が始まり、砂の堆積面が間隙水圧計の下方にある間はその点での過剰間隙水圧は液状化発生時の値（初期有効応力の値）のままであり、堆積面が間隙水圧計の下から上へ通過すると過剰間隙水圧が減小し始めることを示している。

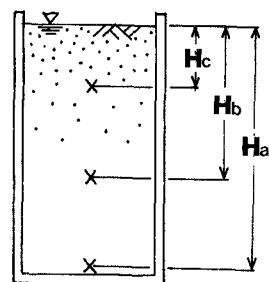


図1

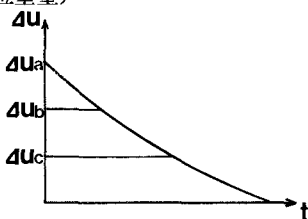


図2

3. 実験方法

あらかじめ、3種類の砂と礫（各々の物理的諸定数は表1に示す）を準備し、各々に対して90cm, 70cm, 50cmの3パターンの高さになるまで、内径20cm、高さ100cmのアクリル製の円筒に沈降堆積により、ゆる詰めめの砂または礫層を作製した。円筒を地面に静置し、層厚の中心部に一定の打撃力を加えて強制的に液状化を起こさせた。間隙水圧計は円筒中心軸上に深さを変えて3個配置した（それらの位置は表2に示す）。

また、締固めの影響をみるために、一度液状化を起こした砂または礫層が落ち着いてからさらに打撃を加える操作を繰り返し行い一回の実験に対して20回打撃を加えることとした。なお、1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20回目の打撃を加えた後の砂表面の沈下量を測定した。

実験で使用した砂は阿賀野川水系で採取したもので、それを3種類の粒径にふるい分けた。

表1 物理的諸定数

種類	A種	B種	C種
標準網ふるい(mm)	4.76~2.00	2.00~0.84	0.84~0.42
比重	2.667	2.671	2.676
飽和密度(gf/cm ³)	1.923	1.905	1.831
初期間隙比	0.8061	0.8464	1.0164

表2 間隙水圧計の位置

層厚(cm)	90	70	50
間隙水圧計の位置(cm) (層表面から)	20, 45, 70	15, 35, 55	5, 25, 45

4. 結果と考察

図3は、液状化を繰り返した場合の砂または礫層表面の沈下量を表している。この図より次のことが言える。①どの種類の粒径も層厚が減少すると沈下量も比例的に減少する。②打撃を加えるごとに一回当たりの沈下量が小さくなり、砂や礫層が繰り返し液状化することにより次第に密になっていく。③粒径が小さくなるにつれて沈下量が大きくなる。これは初期間隙比がほぼ同じで打撃の大きさが同じであるとすれば、打撃によって粒子間の噛み合わせがはずれた後、粒径が大きければ大きいほど粒子の移動距離が小さくすぐに再堆積してしまうことを意味する。実際に、砂層厚90cmの一回目の打撃を例にしてみると、C種は1.55cmで粒径の約20倍近く移動しているのに、A種は0.83cmで粒径の3倍に満たない。

表3は実験より得られた粒子の平均沈降速度を表している。同一粒径の場合、沈降速度は層厚にかかわらずほぼ一定であり、粒径が大きくなるほど沈降速度は大きくなる。図4は層厚90cmの場合の3種類の粒径に対する過剰間隙水圧の挙動を示している。粒径が大きくなると、初期有効応力の値まで上昇しにくくなる。しかし、表4に示すように、大きな粒径からなる場合であっても砂または礫層上部では過剰間隙水圧が初期有効応力に近い値まで達するが下部になるほど上昇しにくくなる。これは打撃によって噛み合わせのはずれた粒子がその沈降速度が一定になる前に、層底面より堆積して

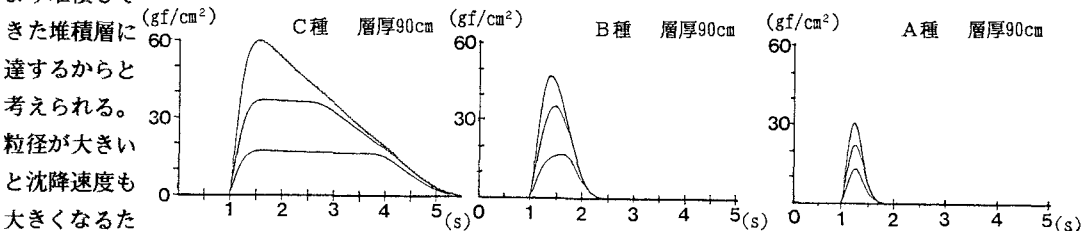


図4 過剰間隙水圧の挙動

昇は速く、過剰間隙水圧の上昇は一段と小さくなる。

以上のことより、大きな粒径からなる土層でも液状化することが予想される。しかし、粒子の沈降速度が大きいから液状化の持続時間は短い。また実験では、3種類の粒径すべてにおいて表面は沈降している。これは液状化が起こったことの明らかな証拠と考えられる。過剰間隙水圧の値の大小で液状化したかどうかを判断することは本実験の場合には適切ではない。すなわち、一般論で言えば100%の過剰間隙水圧の上昇は液状化したことの十分条件であっても必要条件ではないことを意味する。

5. まとめ

以上より、今回の実験で用いたものよりさらに大きな粒径からなる砂層や砂礫層でも、大きな衝撃力を受ければ液状化する可能性がある。このことはクラスティック・ダイクの生成メカニズムに結び付くと考えられる。上述した過剰間隙水圧の挙動は水中の砂粒子の沈降現象として容易に理解できる。

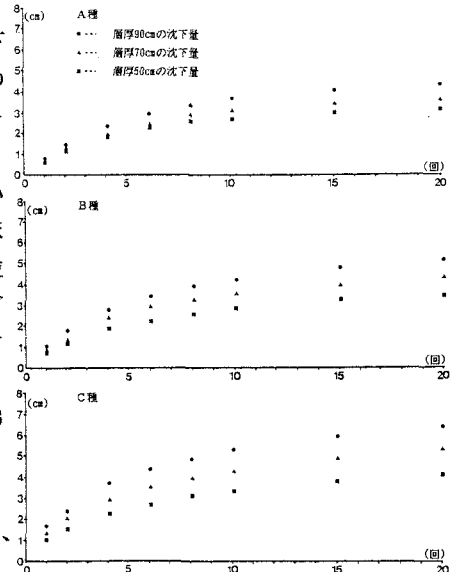


図3 沈下量

表3 沈降速度 (cm/s)

		層厚		
		90cm	70cm	50cm
沈 降 速	A種	2.02	1.78	1.82
	B種	1.26	1.33	1.38
	C種	0.38	0.44	0.43

表4 層厚90cmにおける初期有効応力に対する最大過剰間隙水圧の割合(%)

	間隙水圧計の位置		
	20cm	45cm	70cm
A種	75	55	49
B種	94	88	75
C種	105	99	103