

正会員 榎 大林組・技術研究所 斎藤 二郎
同 上 〇 李 相一

1. まえがき 水中盛土の地震時の安定の問題、中でも震動による液状化発生の是非の予測と盛土天端の沈下量の予測の為、模型試験を行なった。

2. 試験方法 図-1に試験装置の概略を示す。振動により水面に波が生じないように工夫した。図-2に示すように、天端から10、20、30、40 cmの各深さに加速度計(定量2G)、間隙水圧計(容量0.2 MPa)を埋設し、振動台に加速度計をとりつける。埋設する計器は比重を2にし、砂が液状化した場合にも沈下・上昇しないようにセットした。天端の沈下量は写真測定による。試料は浅間山の砂を用いた。 $G_s=2.68$, $e_{max}=0.95$, $e_{min}=0.60$, 均等な砂である。供試体密度は Loose ($e_{mean}=0.80$, $Dr=43\%$), Medium Dense ($e_{mean}=0.72$, $Dr=67\%$) の2種類である。供試体作成後、電気油圧式振動台により、振動数2 Hz・一定振幅・正弦波加速度で水平方向に加振する。

3. 試験結果と検討 写真-1に示すのは

Loose な供試体を0.18 Gで振動させた例の、スタートから10、20、30 sec後の状態である。観察の為に石灰粉を敷いている。20 sec後には盛土中央下部から上部へ水が流れ、それにひかれて土が移動している。同時に、中央から側方へ土が移動し、天端の沈下が生じている。30 sec後には土粒子の配列が乱れており、この状態では支持力が無い。

盛土高さが40 cmであり排水距離がそれ以下であるのに液状化が生じること、並びにそれが盛土全体で様に生じるのではなく、中央下部から上部への水流により生じていることが写真より伴る。

図-3に示すのはMedium Dense 供試体で台加速度の時間平均が0.26 Gの例である。横軸に時間、縦軸に各深さでの g/g_t , $\pm \Delta U_d/U_{st}$, $\Delta U_e/U_{st}$ を示す。ただし、1~4 CHは図-2に図す如く天端から40 cm~10 cmの深さのデータであることを示し、 g (各深さでの加速度), U_{st} (静的間隙水圧, 1 CH~4 CHで40~10 g/cm^2), $\pm \Delta U_d$ (振動間隙水圧), ΔU_e (過剰間隙水圧), g_t (振動台加速度)を指す。

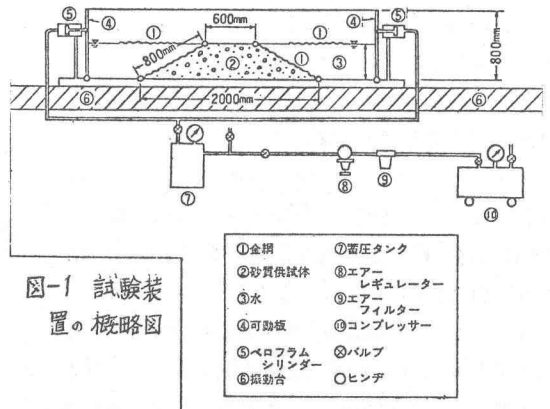


図-1 試験装置の概略図

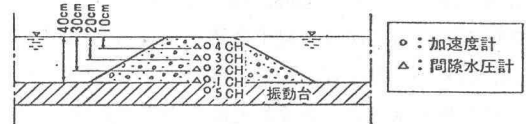


図-2 模型盛土の断面図と計器の位置

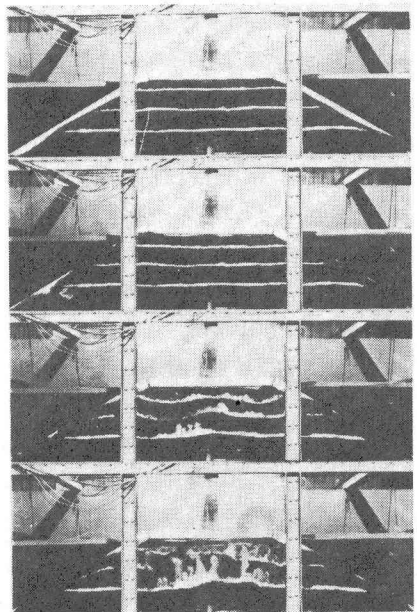


写真-1 Loose供試体・台加速度0.18 Gの例
上から開始時, 10, 20, 30 sec後

この例の写真より判断して液状化は20sec後に発生しているが、これは図-4の1・2 CH $\pm \Delta U_d/U_{st}$, $\Delta U_e/U_{st}$ の増加と対応している。 g/g_t の傾向は上部ほど増巾され時間とともに増加している。特徴的なことは、上部の3・4CHは、増巾されるほど $\pm \Delta U_d/U_{st}$ がともに大きく、これに対応して $\Delta U_e/U_{st}$ の減圧が大きいことである。 ΔU_e が減圧となる理由は、3・4CHの土要素が破壊近くまでの大きくなり返しせん断応力を受ける為、振動により土要素の体積が増加する傾向となる為と思われる。

図-4に示すのはMedium Denseの1・4CHの各深さでの加速度と $\Delta U_e/U_{st}$ の関係である。1CHの場合は両者に正の比例関係があるが、4CHの方は負の比例関係がある。

写真-1ならびに図-3・4より判断して、振動により盛土中央下部には過剰間隙水圧が発生し、上部では減圧が生じる。この為、両者の水圧差による水流が下部から上部に向つて生じ、これによる砂粒子の攪乱が模型盛土の液状化を起こしている。いわゆる完全液状化というものが過剰間隙水圧が有効拘束圧に一致するものと解釈すれば、砂の水中有効密度はLooseで 0.93 gr/cm^3 , Medium Denseの場合は 0.98 gr/cm^3 である為、各々につき、 $\Delta U_e = 0.93 U_{st}$, $0.98 U_{st}$ がその条件である。ところで試験データに於ては、盛土内の ΔU_e の最大値がその半分以下の段階で液状化が生じている。従つて、盛土のある部分に完全液状化が発生してそれが伝播していくというメカニズムの他に、各部分での ΔU_e の差により生ずる浸透流による砂粒子の攪乱というメカニズムが、現実にもかなり発生しているものと思われる。20サイクルでの沈下ひずみは、液状化しない場合は1%以内であるが、液状化すると3.5%以上である。

おわりに、本研究を行なうに際し、伊吹山四郎氏(大林道路㈱), 中川恭次氏(㈱大林組)の助言を頂いた。

参考文献 Seed, H.B. & Silver, M.L.: Settlement of Dry Sand during Earthquake, ASCE, Apr, 1972

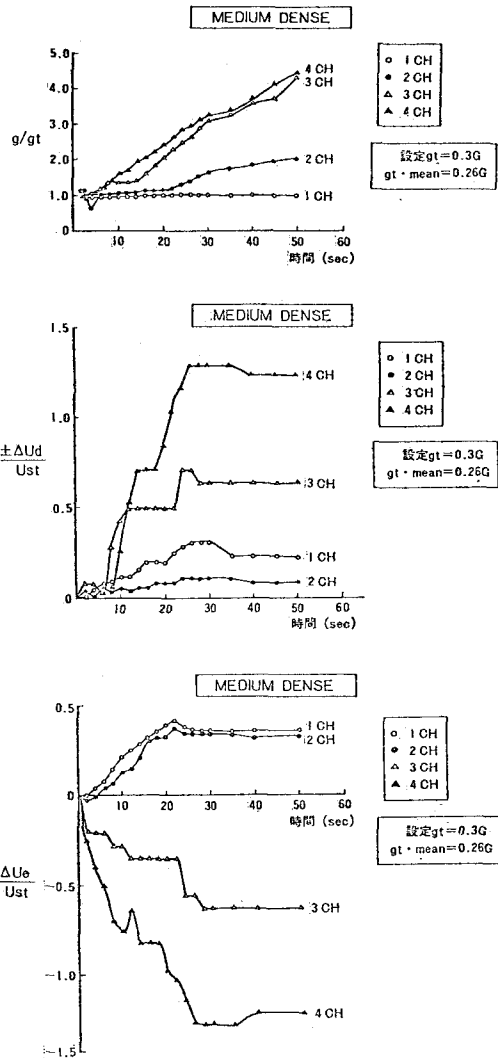


図-3 Medium Dense 供試体・台加速度0.26G の g/g_t , $\pm \Delta U_d/U_{st}$, $\Delta U_e/U_{st}$

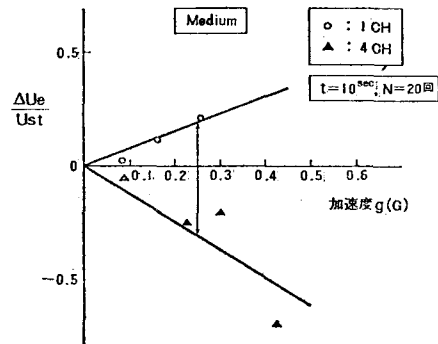


図-4 Medium Dense 供試体, 10sec後の g と $\Delta U_e/U_{st}$