

京都大学工学部 正員 後藤 尚男
 京都大学工学部 正員 ○北浦 勝
 京都大学大学院 学生員 光家 康夫

1. まえがき 水で飽和された比較的ゆるぎの砂層地盤が地震時に大きな繰り返し外力を受けると液状化すると、地盤は支持力や水平抵抗力を失ない、地盤中に根入れされた構造物基礎は沈下したり倒壊したりすることがある。本実験はこのような構造物基礎周辺地盤の液状化現象を構造物の応答とともに実験を通じて把握し、構造物基礎と地盤の相互作用が構造物基礎周辺地盤の液状化に及ぼす影響を明らかにしようとしたものである。

2. 実験概要 実験装置の概要を図-1に示す。構造物基礎模型は重さ約54kgの鋼製正方形断面の剛体で、底部にヒンジを持つ回転1自由度系で、構造物の沈下は許されていない。地盤モデルは滋賀県野洲川産の川砂(比重2.63, 均等係数 $U_3=3.6$, 粒度分布は豊浦標準砂と相馬標準砂のほぼ中間)を用い、振動台上に設置された鋼製土槽の中に厚さ約50cmの砂層地盤として作成した。この地盤を水のパイピング作用により、加振前の初期間隙比が0.81~0.93なる非常に軟弱な状態にした。

3. 実験結果と考察 図-1は構造物基礎への入力である振動台に取り付けられた加速度計 A_S と、構造物基礎頂部の加速度計 A_{M1} の振動数応答曲線である。 A_S が3~45Hzの振動数領域でほぼ30galなる一定値を示しているのに、 A_{M1} にはこの系の振動数特性が現わされてお

り、約12Hzに系の固有振動数と考えられるピークが、また20数Hz付近には地盤自身の固有振動数と考えられるピーク(著者らの別の実験結果をも考慮して地盤の固有振動数とみなした)が存在する。以下の実験では加振振動数として、系の固有振動数である10Hz(以下の実験では A_S を30gal以上としていること、系の復元力特性が軟化ばね型であることなどから、固有振動数として12Hzより低い値を採った)と、地盤自身の固有振動数である20Hz、それに低い振動数の代表としての2Hzの3種類を採用した。またそれぞれの振動数に対して数種の入力レベルを用いた。

構造物基礎周辺部に液状化が発生した場合に、 A_S と、それに対応する構造物基礎に作用する振動土圧(水圧を含む)と過剰間

隙水圧の時間的変化を図示したのが図-3である。図図で加振振動数は10Hz、 U_{2max} と U_{2min} は水圧 U_2 の変動幅を示し、土圧 $(\sigma_{P1} + P_2)/\gamma$ は U_2 と同じ深さの土圧を表わす。8秒付近で液状化が発生していると考えられ、過剰間隙水圧が急増するとともに、水圧の変動幅が急減し、土圧の値が急激に小さくなっている。これらのことは、液状化の発生に伴う土粒子構造骨格の崩壊による地盤反力の減少と、反力の減少ゆえに助長される構造物基礎の振動振幅の減少(地盤の液状化により、地盤から構造物基礎への外力の伝達が小さくなること、地盤の軟化により系の固有振動数が非常に低下し、構造物基礎が変位地震計の質量のような挙動を呈すること、の2点が主要原因)の相乗作用によるものと考えられる。

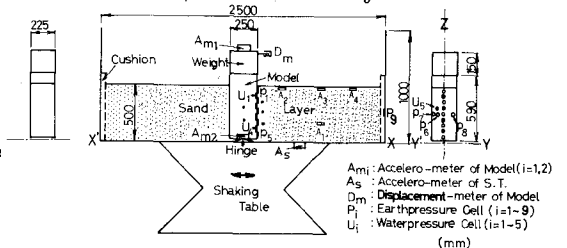


図-1 実験概要図

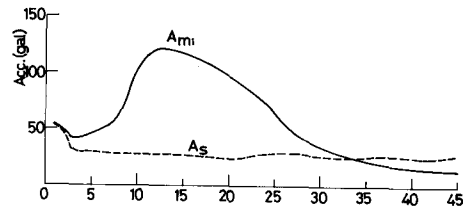


図-2 振動数応答曲線

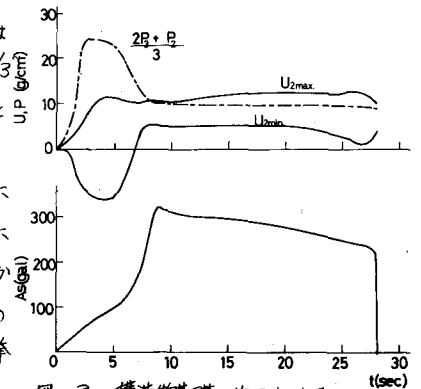


図-3 構造物基礎に作用する土圧と水圧

図-4と5は10 Hz 100 galなる A_s 加振による A_{m1} と地盤中の加速度 $A_1 \sim A_4$ (加速度計の比重は地盤と合わせている)、構造物基礎に作用する過剰間隙水圧 $U_1 \sim U_5$ 、構造物基礎頂部の振動中立軸が加振前の位置からずれた値 D_m を、横軸を時間 t にとって図示したものである。

図-5の実験(No.2')は図-4の実験(No.2)を行なった直後に砂地盤をゆるめることなく引き続いて行なったもので、 U や A_{m1} から、No.2'ではNo.2よりも液状化の程度の低いことがわかる。

液状化が発生すると地盤中の加速度は急落するが、構造物基礎に近い A_2, A_3, A_4 の順に加速度の落ち込み方が大きく、その継続時間も長いことから、系の固有振動数で加振した場合には構造物基礎周辺地盤で発生した液状化が基礎から周辺へ伝播していくものと考えられる。No.2とNo.2'の D_m を比較すると、顕著な液状化が発生した場合にはそうでない場

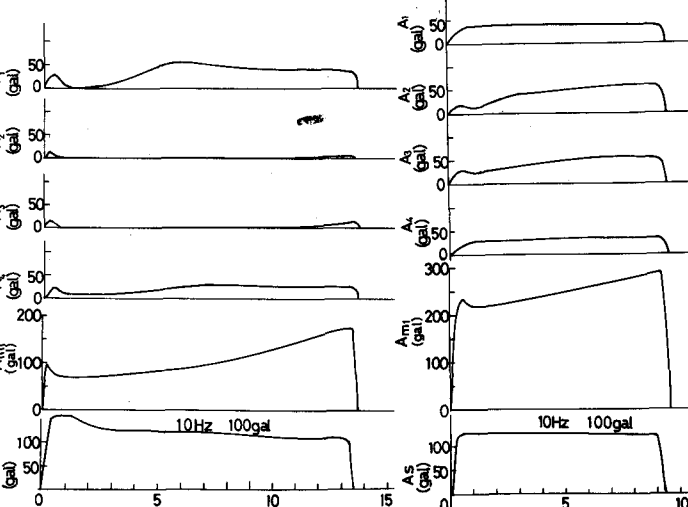
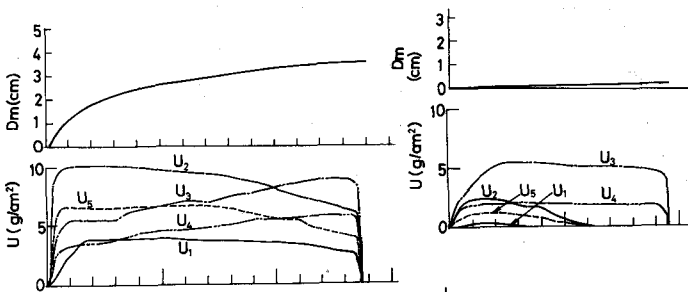


図-4 No.2実験における入力応答

図-5 No.2'実験における入力応答

合に比べて非常に大きな永久変位を生ずることが見られ、この変位が構造物基礎の倒壊の原因となることが予想される。

図-4, 5を整理し直したものが図-6で、加速度の深さ方向の分布を表わすが、 A_2 は構造物基礎の挙動の影響を大きく受けるので、地盤の加速度の代表としては A_3 を採っている。No. 3, 4, 5はゆるめ砂層を対象としたもので、いずれも液状化が発生しているが、No.4における A_{m1}/A_s の時間的変化の大きいことから、系の固有振動数で加振する場合に液状化、沈静化の現象が顕著に現われることがわかる。またNo.2とNo.4の比較より、同一加振振動数では入力レベルが高いほど、 A_3 の値は小さくなり、 A_{m1}/A_s の時間的変化が大きくなること、従って液状化の程度の高くなることがわかる。なおNo.2では時間の経過とともに A_3, A_{m1} が一度小さくなるが、液状化が起った地盤をさらに加振したNo.2'では A_3, A_{m1} もともに大きくなり続けており、地盤が締め固まってくることがわかる。以上のことから地盤が軟らかいほど、また入力の加振振幅が大きく、加振振動数が構造物基礎-地盤系の固有振動数に近いほど、基礎周辺地盤のせん断ひずみが大きくなり、従って液状化の程度が高くなると言える。

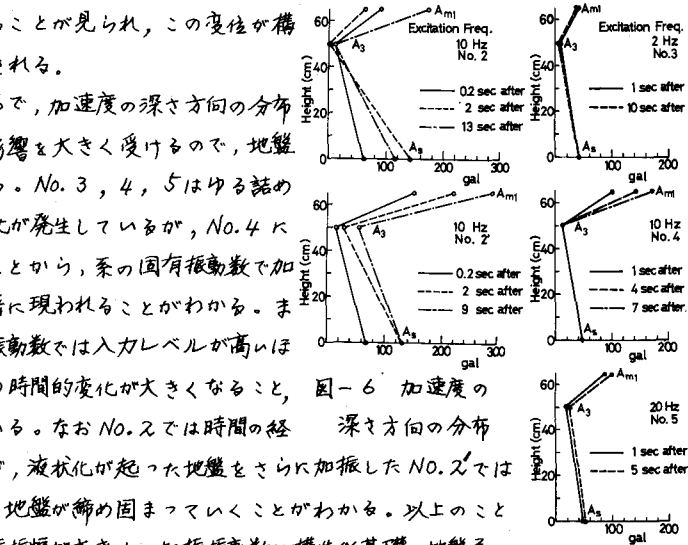


図-6 加速度の深さ方向の分布

液状化が完全に起っている状態では、応答加速度の波形が正弦波形から崩れるとともに、その振幅が小さくなるので、入力との位相差については十分明らかとはならなかったが、液状化の程度の高いほど応答の位相遅れは大きいこと、液状化が沈静化していくにつれてその値は小さくなる傾向にあることなどもわかった。

最後に実験実施に際してお世話になった当時の本学学生玉田尋三氏(現兵庫県)に感謝の意を表します。