

水平・上下両加振時の構造物基礎の沈下について

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
 佐藤 工業 岡村達哉

1. まえがき 構造物基礎が建設される地点は、地震時に沈下や液状化の生じない良好な地盤が望まれるが、実際には軟弱地盤を対象としなければならない場合もありうる。その対策のためにはまず流動化・液状化した地盤の挙動や、構造物基礎の破壊状況等を十分に把握しておく必要がある。一方、近年観測されている直下型地震における記録から、上下動の大きさは水平動と比較して必ずしも無視できるほどには小さくないことが指摘されている。そこで、ここでは振動台と起振機とを同時に作動させることにより、上下動をも含めた地震動が構造物基礎周辺地盤の流動化・液状化や、それに伴う構造物の沈下に及ぼす影響を模型実験を通じて検討した。

2. 実験装置および実験方法 実験装置の概略は図-1に示す通りである。振動台上に砂槽を設置し、その中に乾燥砂では厚さ240mm、湿潤砂では220mmの砂層を作り模型地盤とした。水平または上下単独加振は振動台によって、水平・上下同時加振は砂槽上の鋼製の起振機取付台を介して小型起振機を取り付け、水平動を振動台で、上下動を起振機でそれぞれ与えた(振動台と起振機とは連動されるには至っていない)。使用した砂は野洲川産の川砂を2mmのフルイに通したもので(比重2.63, 均等係数3.6)であり、その粒径加積曲線は豊浦, 相馬両標準砂のほぼ中間にあつて、比較的液状化しやすい粒度分布である。1加振実験ごとに砂槽中の砂をスコップで十分振り返してゆる詰めめの地盤とし、加振前の砂厚がほぼ一定となるようにした。また湿潤砂においては水量を加減することにより水面が砂層表面と一致するようにし、できる限り飽和砂層に近い状態とした。その結果最初の相対密度が乾燥砂で60%, 湿潤砂で30%となった。この砂層に根入れした基礎模型(根入れ長約8cm)は正方形断面(100mm×100mm)を持つ高さ150mmの鋼製の剛体で、上面以外の面には土圧計を取り付けるためのアクリライト板を取り付けた。基礎模型にはその沈下量測定のためにコンタクトレス変位計の標的DMV等を取り付けたので、比重が2.26となった。

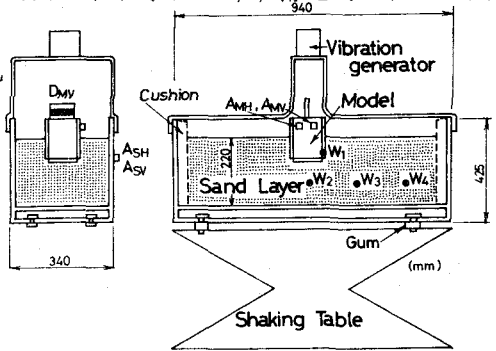
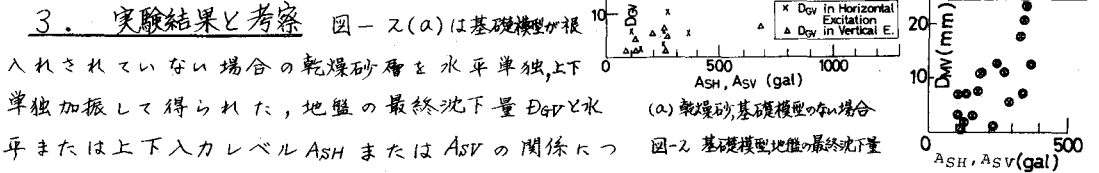


図-1 実験概略図(飽和砂基礎模型あり, 同時加振の場合)

3. 実験結果と考察 図-2(a)は基礎模型が根入れされていない場合の乾燥砂層を水平単独, 上下単独加振して得られた, 地盤の最終沈下量 D_{GV} と水平または上下入力レベル ASH または ASV の関係について図示したものである。同図(b)は同じく基礎の根入れされている場合の D_{GV} について示してある。図より, ① DMV, D_{GV} とともに水平加振時の方が上下加振時よりも



(a) 乾燥砂基礎模型のない場合

(b) 乾燥砂基礎模型のある場合

大きいこと、②しかし上下加振でも $1g$ を越えようと D_{GV} は大きいこと、③地盤中の応答加速度、したがってせん断変形の大きさの違い等に基づくものと考えられるが、 DMV の方が D_{GV} より大きいこと、などがわかる。なお図示していないが、 DMV は基礎模型が根入れされている場合の地盤の沈下量より小さい。これは基礎模型の重量による基礎模型直下の地盤の初期圧密が大きく、しかも根入れ分だけ砂層厚さが小さいからであろうと考えられる。

以下は飽和砂層を対象とした実験結果である。図-3は水平加振時における ASH と基礎模型の水平、上下の応答加速度 AMH, AMV 、過剰間隙水圧 $W_1 \sim 4$ 、および DMV の振幅-時間曲線の包絡線を示したものである。なお DMV 曲線の右端に示した値 D_{GV} は地盤の最終沈下量を表わす。

① W_i 曲線より液状化は基礎周辺地盤でまず始まり、順次基礎直下に及ぶこと、② DMV は W_i 等がピークとなるとき激増すること、③地盤が液状化すると、基礎と地盤の比重差によるものと考えられるが、 DMV の最終沈下量は D_{GV} のそれの倍近い値となると、④ AMH や AMV は地盤の液状化を反映して初期で一時的に減少していること、などがわかる。

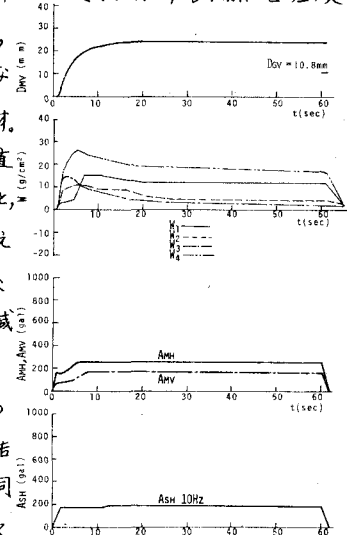


図-3 水平加振時の入力と応答の時間曲線(基礎模型のある場合)

加振振動数はまちまちであるが、最終沈下量と入力レベルの関係を示したものが図-4である。同図には上下単独加振の結果も示してある。この図から乾燥砂の場合(図-5)とほぼ同様のことを指摘しうるので、沈下量そのものは地盤が液状化しているこの図における値(特に水平加振時の)の方がはるかに大きい。

水平・上下同時加振時における結果をまとめたものが図-5,6である。図-5は ASH と最終沈下量である DMV, D_{GV} の関係、図-6は ASH と W_3 の関係をそれぞれ表わしている。両図には水平単独加振時の結果も図示してある。これらの結果は、水平動の加振振動数はもとより入力の上下加速度の大きさがまちまちである。両図から、上下動により間隙水に圧縮力が加わり、それが蓄積されるので、過剰間隙水圧は増すが(図-6)、砂層の密度も上下動の加わるごとに徐々に増すからであろうと考えられるが、過剰間隙水圧の発生が液状化や沈下に十分結びついていない(図-5)。しかし図-5において、たとえば $ASH = 200$ gal では同時加振時の DMV の方が水平単独加振時のそれよりはるかに大きな値となっており、上下動の影響の大きい場合のことが注目される。このことには水平の上下入力間の位相差が関与しているのではないかと推測される。

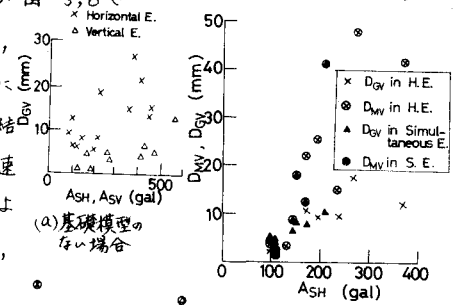


図-5 基礎模型、地盤の最終沈下量(基礎模型のある場合)

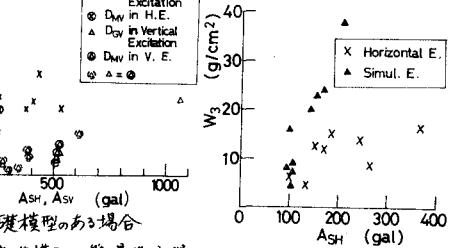


図-6 W_3 と ASH の関係(基礎模型のある場合)