

III-7 セン断土槽によるモデル地盤の振動実験

電力中央研究所 ○国生剛治 岩橋敬広 櫻井孝雄

まえがき 軟質地盤が地震時に受ける振動は下方からのS_H波の伝播によるせん断振動で第1近似できることは多くの研究により明らかにされている。したがって地盤や地中構造物の模型振動実験を行なう場合に、モデル地盤がなるべく理想的なせん断振動を再現できることが重要なポイントとなる。そのために図1aのように土槽の振動方向の側壁を下端でヒンジ接続し、壁が中の土とともに変形できるようにしたもの最近使われている。しかしこの場合でも振動方向に平行な壁は剛であり、せん断波は下方だけでなく側方からも土中に入射し、理想的な地盤のせん断振動は再現できない。筆者らは以前に簡単なせん断形の振動をする土槽を作り、それにより液状化実験を行なったが、その経験に基き、この度スチールの薄肉角パイプによる精密なせん断土槽を試作し地盤とLNG地中タンクの模型振動実験を行なった。この土槽の側壁はせん断剛性が非常に小さいために中の土とほとんど一体となって動き、図1bに示すように振動力は土槽底面からのみ与えられる。

土槽の構造 土槽の概要を図2aに示す。内法は巾120.0cm奥行80.0cm高さ100.5cmであり、側壁は60mm×60mm肉厚1.6mmの角パイプを溶接して長方形のフレームを作り、それを16枚積み重ねることにより形成されている。各フレームは3.0mmのステンレス球を介して接触し、なめらかに相対移動するように図られている。

フレームの上下面の部材を適当に切り抜き、フレームの内部の土に対する重量比を小さくするように(乾砂で9%、乾燥砂で12%)図られている。土槽の側壁は厚さ1mmの合成ゴムですっぽり包まれており、ゴムは2mmのアルミ板で各フレームにネジ止めされている。土槽に水平振動を与えると、せん断振動と同時に曲げ振動も発生するので、それを抑制するため厚さ0.3mmの焼青銅板の薄板を振動方向の側壁にネジで取り付け、各フレーム向に引張り強度を持たせた。この薄板は振動方向と直角の方向への土槽の変形を防ぐ役割も果している。土槽の上端には図2bに示す砂散布器が取り付けられるようになっている。

この装置には巾5cm長さ80cmの回転翼が24枚ついでおり、翼の回転により砂の落下のコントロールを行なう。すなわち最初に翼をすべて水平状態にしておきその上に砂を置き水平に均らす。次にレバーを引張ることにより24枚の翼を一齐に回転させると、翼の向から砂が均等に土槽内に落下するわけである。この装置の特長は機構が非常に単純であること、短時間で比較的均一な地盤が作成できること、水面を散布器上端付近まで張ることにより湿潤砂も容易に散布できることである。

乾燥砂によるモデル地盤の振動特性

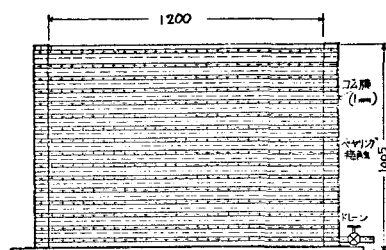
筆者らは本装置を使ってLNG地中タンクの一連の模型振動実験を行っている。そのうちここでは乾燥砂によって作成したモデル地盤の振動特性について簡単に述べる。用いた砂は岐阜県産出のアサ系の山砂で、豊浦標準砂と同一の粒度組成を持ったものである。砂散布器により一度に150kgづつ乾燥砂を落下させた場合の平均的密度は $\gamma_s = 1.43$ 、孔隙率は $e = 0.87$ と非常にゆるい。この場合の地盤中の平均的せん断波速度は $V_s = 73\text{m/sec.}$ であった。



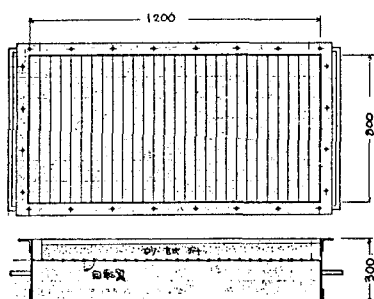
(a) 側壁がヒンジ構造の土槽



(b) セン断土槽 図・1



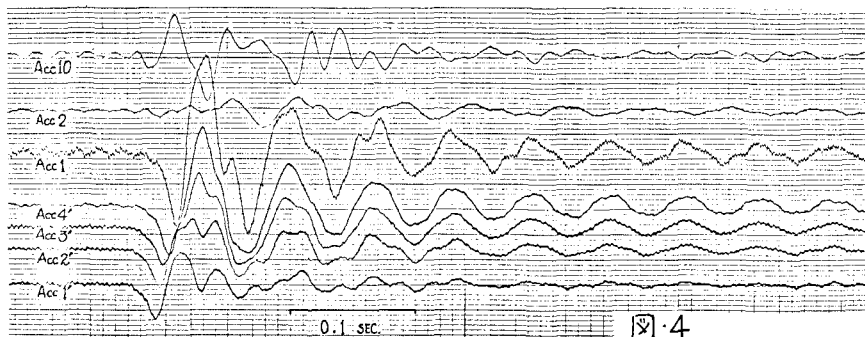
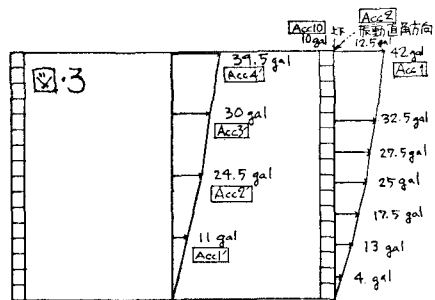
(a) セン断土槽側面



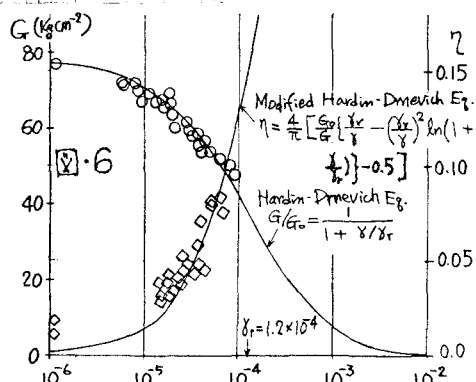
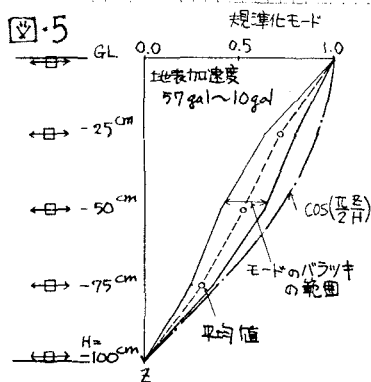
(b) 砂散布器

図・2

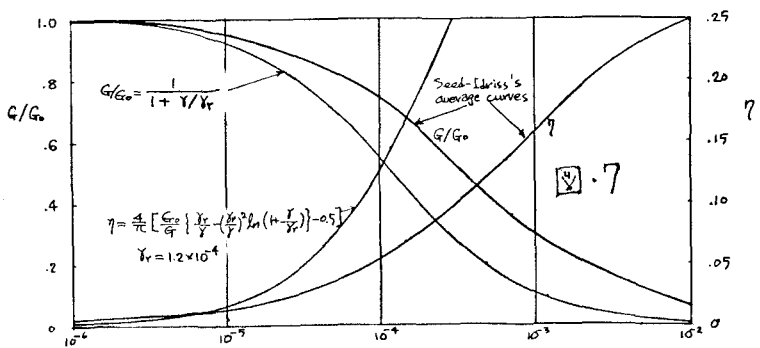
地盤を1次の固有振動で自由振動させた時の各部の加速度分布を図3に示す。図4はその時の減衰振動の記録を示している。土槽の側壁と内部の土がほとんど一体としてせん断振動をしていることがわかる。振動台に与えるステップ波の大きさを種々変化させて地盤の自由振動を起こした時の地盤の振動モードは図5のように深さ方向にほぼ直線的な形となっている。均一物性の地盤では理論的には図中に示すように $\cos(\frac{\pi}{2H}z)$ のようなモードをとるはずであるが、砂のせん断剛性が拘束圧に強く支配され地盤上部ほど小さくなるために直線的なモードになるのであろう。地盤の変形が直線的であることからせん断ひずみ γ がほぼ一定であるとして、



種々の大きさの減衰振動記録より地盤の平均的せん断剛性 G と γ の関係および地盤の平均的減衰比 η と γ の関係を求めたのが図6である。図中のカーブは Hardin-Drnevich 形の応力ひずみ関係により実験値を近似したものである。



ある。図7は G を $\gamma = 10^{-4}$ に対応する G_0 で正規化したグラフで、Seed-Idriss line に比べると G , η とともに γ が小さいところでの変化が激しいようである。これはモデル地盤中の拘束圧が非常に低いためであろう。また G_0 の値として 76.5 kg/cm^2 が得られるが、これを Hardin 式



$$G_0 = 330 \frac{(2.17 - e)^2}{1 + e} (\sigma'_0)^{1/2} \quad \text{または} \quad G_0 = 700 \frac{(2.17 - e)^2}{1 + e} (\sigma'_0)^{1/2}$$

にあてはめると、拘束圧 $\sigma'_0 = 0.04 \sim 0.02 \text{ kg/cm}^2$ となり、これは地表から 35 ~ 20 cm の深さの物性に対応していることになる。

謝辞 本実験に当り日本大学卒研 金嶋秀明, 金谷英明, 神奈川大学卒研 井出幸嘉 3 君のたいなる協力を得、ここに深謝します。

参考文献 「せん断土槽による砂の液状化実験」 第9回土工学会研究発表会