

III-299

液状化地盤中の柔壁に作用する動的水平圧に関する振動台実験

住友金属工業(株) 正会員○田中宏征 正会員 喜田 浩

1. まえがき

液状化地盤中に設けられる構造物には地震時に地盤性状の変化に応じた動的水平圧が作用する。このうち、埋設構造物や盛土の液状化対策として実施される鋼矢板締切り工法における矢板壁など、壁状の構造物に作用する動的水平圧に関しては、剛な壁体の場合について既に評価方法が提案されている¹⁾²⁾。そこで今回は、柔な壁体に作用する動的水平圧を模型振動台実験により検討したので、振動成分に着目してその結果を報告する。

2. 実験概要

図1に示すように圧力センサ、ひずみゲージ、加速度計を取り付けた鋼壁を土槽(幅0.5×高1×長2m)内に下端固定して模型地盤を作成し、これを振動台上で加振した。実験は、板厚 t 1.2, 2.0, 3.2mmの曲げ剛性の異なる3種類の鋼壁に対して実施した。また、比較のため高剛性な土槽側壁(以下、剛壁と称す)に対する実験も実施した。模型地盤は千葉県産山砂($G_s=2.678$, $D_{50}=0.38\text{mm}$, $U_c=3.21$)を用いて水中落下にて作成した。上層が緩詰め地盤(目標相対密度50%), 下層が締詰め地盤(同90%)の2層構造で、緩詰め地盤の平均単位体積重量は 1.86gf/cm^3 である。計測項目は、鋼壁に作用する動的水平圧の他、鋼壁の加速度・曲げひずみ・頭部の水平変位、地盤の加速度・間隙水圧である(計測位置は図1参照)。また、加振条件は振動数3Hzの正弦波30波で、目標台加速度は150galである。

3. 実験結果

3-1 経時変化

経時変化の一例として、 t 3.2mmの鋼壁に対する結果を図2に示す。図には、深さ $z=20\text{cm}$ での動的水平圧および過剰間隙水圧、鋼壁加速度、その前面の地盤加速度、さらに台加速度と最大ひずみが発生した深さ $z=40\text{cm}$ での鋼壁ひずみの経時変化が示してある。動的水平圧には、過剰間隙水圧と同様に加振の継続につれて漸増する平均的な成分と振動振幅を有する振動成分が見られる。鋼壁および地盤加速度は、いずれも1~3秒あたりに増幅が認められ、水圧が有効上載圧値に達する5秒以降はほぼ振幅一定の定常的な振動状態となっている。これは、水圧上昇過程ではせん断強度が残存するために地盤が加速度増幅を起こし、液状化後地盤は自身の応答を失い鋼壁の振動の影響を受けて振動するためである。鋼壁のひずみも1~3秒あたりで地盤による変形拘束が低下するにつれて増加し、液状化後に最大振幅での定常的な振動へと移行する。地盤液状化後の動的水平圧振動成分は同深度における鋼壁または地盤の加速度と同位相で類似波形の振動を呈しており、台加速度とは位相が異なっている。これより、鋼壁に作用する動的水平圧の振動成分は、鋼壁の曲げ剛性と地盤性状や液状化層厚に影響される鋼壁-地盤の動的な相互作用に依存することがわかる。

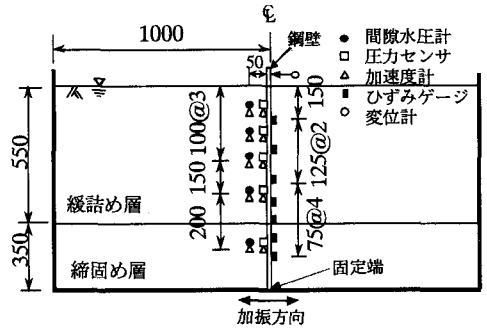
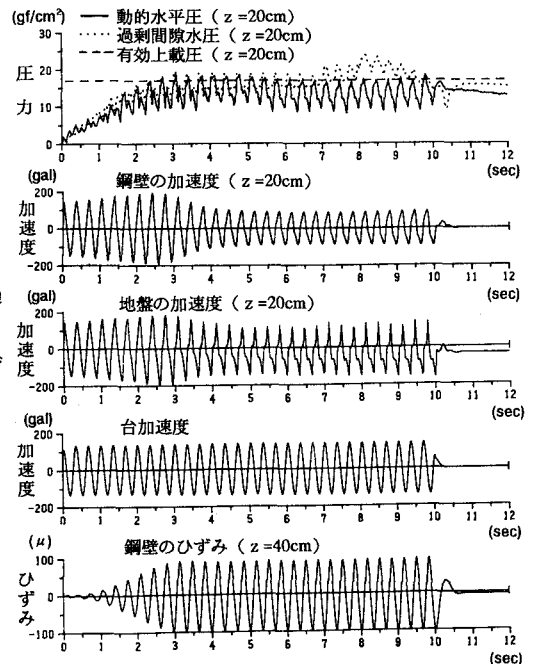


図1 実験概要

図2 経時変化例 (t 3.2mmの鋼壁)

3-2 動的水平圧振動成分

t 1.2mmの鋼壁および剛壁に対する実験結果の動的水平圧（ $z=20\text{cm}$ ）のうち、地盤が液状化し、矢板に最大ひずみが生じる5秒以降の振動成分を抜出して（1Hz以下の成分を除去）、計算結果とともに図3に示す。

$$P_w = \frac{7}{8} \frac{\alpha_g}{g} \sqrt{H'Z} \cdot (1 + Ru \cdot \gamma) \quad \text{---(1)}$$

P_w : 動的水平圧振動成分

α_g : 各深度の地盤加速度

g : 重力加速度

H' : 液状化層厚

z : 着目点深さ

γ' : 土の有効単位体積重量

R_u : 過剰間隙水圧比 ($\Delta u / \sigma_{v0}'$)

図は剛壁に対して提案されている式(1)¹⁾ および式(1)の地盤加速度に替え鋼壁加速度を用いた計算結果をそれぞれ実験結果と比較する形で示している。図より、剛壁に対してはいずれの計算結果も実験結果と非常によく一致するが、t 1.2mmの鋼壁では計算の方がかなり大きな値を示し、地盤加速度を用いた場合にその傾向が顕著である。また、実験値ではt 1.2mmの方が剛壁の場合よりも振幅値が小さい。このような壁の曲げ剛性による影響を見るために、各深度における振動成分の実験及び計算波形の平均振幅値の深さ分布を全実験ケースについて図4に示す。なお、平均振幅値とは、5秒以降の振動成分の波形ピーク値を平均した値である。これより、壁の曲げ剛性が小さくなるにしたがって、振動成分の実験値が小さくなり、地盤、鋼壁いずれの加速度を用いた計算値も実験値より大きくなる傾向があること、鋼壁加速度を用いた計算値の方がより実験値に近い結果を与え、t 1.2mmを除いては実験値と比較的良好に一致していることなどがわかる。

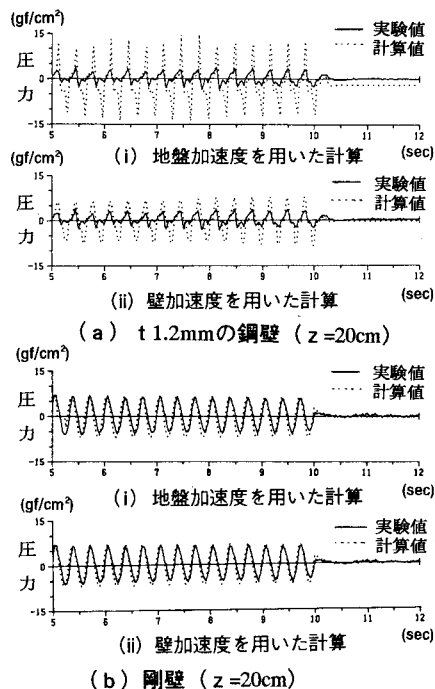


図3 振動成分の実験値と計算値

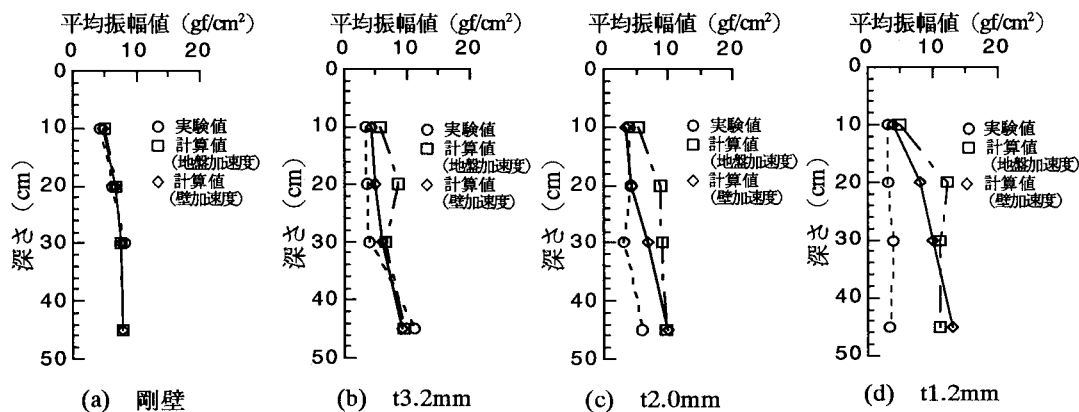


図4 動的水平圧振動成分の平均振幅値の深さ分布

4. あとがき

液状化地盤中の柔壁に作用する動的水平圧の振動成分は、柔壁と液状化地盤の動的相互作用に依存するため各深度における鋼壁または地盤の加速度と関係が強いこと、その算定に剛壁に対する式を用いると実験値を上回り、曲げ剛性の小さいほどその傾向が強いこと、算定式中の地盤加速度に替え鋼壁加速度を用いると実験値により近い結果を与えることなどがわかった。

なお、本研究は建設省土木研究所との共同研究“軟弱地盤耐震対策工法に関する研究”の一環として実施したものである。＜参考文献＞

- 1) 喜田、西谷他：模型液状化地盤の地震時土圧に関する振動台実験、土木学会第46回年次学術講演会pp.222～223,1991年
- 2) 古閑、古賀：液状化地盤の地震時土圧に関する振動台実験、土木学会第46回年次学術講演会pp.224～225,1991年