

盛土法尻の液状化対策工に作用する地震時土圧（その2 土圧振動成分）

（独）土木研究所 正会員 岡村 未対、石原 雅規
 正会員 谷本 俊輔、田村 敬一

1. はじめに

河川堤防の基礎地盤の液状化による沈下低減を目的とした耐震対策では、盛土法尻直下の地盤改良や矢板締切り工法が用いられている。対策工の現行設計法は、対策工に作用する地震時土圧と慣性力を仮定し、滑動や転倒に対する安全率を確保する震度法ベースのものである。しかしながら、近年では許容沈下量に基づいた、より合理的な設計が望まれている。筆者らが提案している盛土沈下量の時刻歴動的解析法¹⁾では、法尻部対策工に作用する地震時土圧を時刻歴で与える必要がある。そこで本研究では、液状化地盤の地震時土圧を遠心模型実験により調べ、盛土の影響を考慮した振動成分土圧評価式を提案する。

2. 遠心模型

実験では、**図1**、**表1**に示す法尻に鉛直な剛壁を有する模型と、**図2**に示す法尻部分に固化改良を模したブロックを有する模型を作成した。剛壁模型では、幅10cm×高さ2cmの受圧面を持ち直土圧とせん断力を測定できる2成分土圧計を深さ方向に12段内蔵した剛壁を土槽に固定し、その間に層厚24cm、相対密度 $Dr=60\%$ の江戸崎砂層を作成した。一方、固化改良模型では $Dr=90\%$ の珪砂層を作成後、側面及び底面に土圧計を内蔵した幅20cmの固化体模型を設置し、剛壁模型と同様に江戸崎砂層と盛土を作成した。DM1およびDM2での固化体の珪砂層への根入れ深さは、それぞれ0および4cmとした。剛壁模型では盛土の形状を種々変えて実験を行った。土圧計受圧板の表面は布製サンドペーパーを貼り付け粗とし、背面には小型加速度計(質量1g)を取付け、受圧板の加速度を測定した。全ての実験は50gの遠心力場で行い、地下水位は剛壁模型は盛土底面下5cm、固化改良模型は4cmとした。以下、本文では相似則に従って原型スケールに換算して示す。

表1 各ケースでの盛土形状

Case	盛土高(m)	法面勾	天端幅(m)
剛壁模型			
R1	5	1:2	5
R2	2.5	1:2	5
R3	5	1:1	5
R4	10	1:2	10
R5	2.5	1:2	10
R6	5	1:2	5
R7	5	1:2	10
R8	5	1:4	5
R9	10	1:2	5
R10	5	1:2	5
R11	0	盛土無し	
R12	2.5	1:2	5
固化体模型			
DM1	5	1:2	5
DM2	5	1:2	5

3. 実験結果

図3は剛壁模型 Case10 から得られた剛壁の土圧と加速度および近傍の間隙水圧の時刻歴である。入力波形の最初の4波は地盤全体を液状化させることを意図したもので、その後に周波数2Hzで加速度振幅が約100, 250, 450galの正弦波を3波ずつ入力し、さらに周波数1Hzで加速度振幅を変えた波を入力することにより、土圧挙動に及ぼす周波数と加速度レベルの影響を調べた。過剰間隙水圧が有効上載圧 σ'_{v0} に達し地盤が液状化した $t=7s$ 以降、土圧の波形は受圧板の加速度波形と同様のもとなっている。GL. -5m~-6mに設置した土圧計の $t=7s$ 以降の土圧と土圧計受圧板加速度の関係を**図4**に示す。入力した加速度および周波数によらず両者の間には線形関係が認められる。また、剛壁間の距離や入力周波数によって液状化した土が共振することはなかった。このような線形関係は剛壁に作用する動水圧と同じであり、これまで Westergaard の動水圧評価式を剛壁が液状化した土から受ける土圧を算定する際にしばしば準用してきた。しかしながら、Westergaard 動水圧式は液体表面で応力ゼロという条件の下で適用できるものであり、液状化層上に不飽和層が存在し、あるいは盛土が存在する場合にはそのまま適用するこ

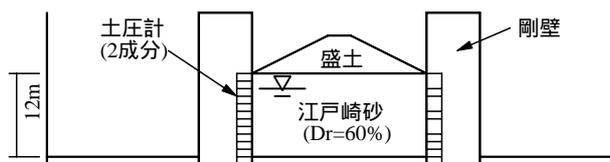


図1 剛壁模型

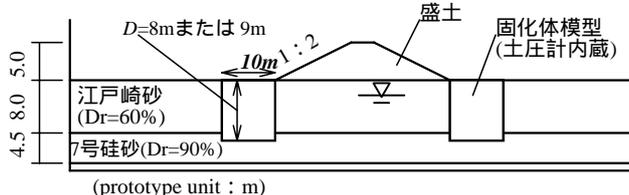


図2 固化改良模型

キーワード 液状化, 土圧, 液状化対策, 遠心模型実験, 盛土
 連絡先 〒305-8516 つくば市南原1-6 (独)土木研究所耐震研究グループ TEL:029-879-6771

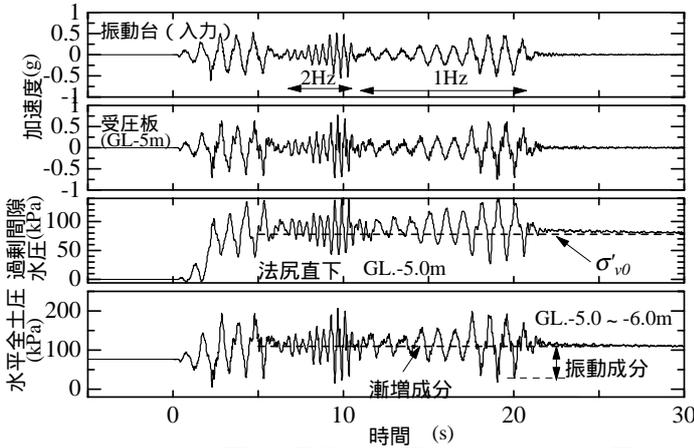


図3 剛壁と土圧と加速度の時刻歴

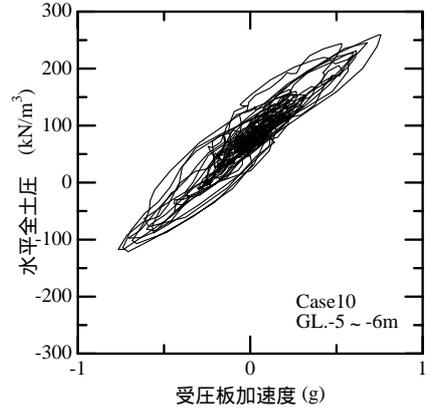


図4 土圧と受圧板加速度の関係

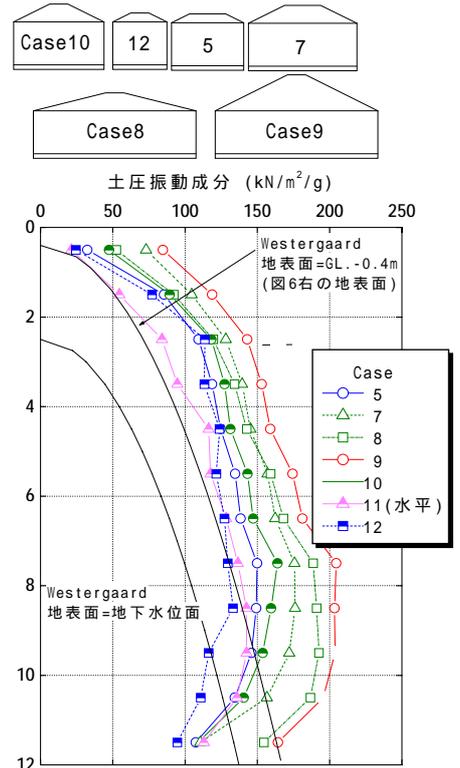


図5 土圧振動成分の深度分布

とはできない．図5は土圧-受圧板加速度の傾き，すなわち剛壁加速度1gあたりの振動成分土圧の深度分布である．実験では剛壁近傍のGL.

-9.5m以深では液状化に達しなかったため，この部分では深度と共に土圧振動成分が小さくなっているが，この深度以浅では分布形状はWestergaardに近いものとなっている．なお，図5のWestergaard動水圧の計算には，水の単位体積重量の代わりに液状化した土の飽和重量を用いた．図6は不飽和層がある場合，液状化層上面での全土被り圧が等しくなるように換算し，便宜的に地表面までを液状化層としたモデルである．このモデルによりWestergaard式を用いて計算した土圧振動成分を図5中に示す．地表面に不飽和層を有する水平地盤のCase11は計算値と良く一致している．

図5より，盛土の全重量が大きいほど土圧振動成分も大きくなっていることがわかる．図7は盛土による土圧振動成分の増加率と平均盛土荷重の関係である．ここで平均盛土荷重は盛土重量を盛土底面幅で除したものであり，図の縦軸は各ケースの土圧振動成分を図6の方法によって修正した地表面位置から算定したWestergaard動水圧で正規化してある．これより，土圧振動成分は深度によらず平均盛土荷重の増加と共にほぼ直線的に増大することがわかる．また，図

7中には固化体模型の3深度における値を同様にしてプロットしてある．固化体模型の場合にも剛壁と同じ最小近似直線の上に乗っていることがわかる．

図6に従って修正した地表面位置を基準としたWestergaard動水圧を基準とすると，盛土荷重がある場合の土圧振動成分 p_d は次の式によって近似できる．

$$p_d = (1.0 + 4.98 \times 10^{-3} \bar{q}) \times p_{WG}$$

ここで， \bar{q} は平均盛土荷重(kN/m²)、 p_{WG} は修正地表面位置から算定したWestergaard動水圧である．

まとめ

本研究では，盛土法尻の液状化対策工に作用する液状化層の土圧を調べることを目的とし，剛壁の実験及び固化改良対の実験を行った．土圧を振動成分と漸増成分（別報 その1）に分け，それぞれ盛土荷重を考慮した簡易評価式を提案した．これを用いることにより，固化体の加速度波形を用いて土圧の時刻歴波形を知ることができる．

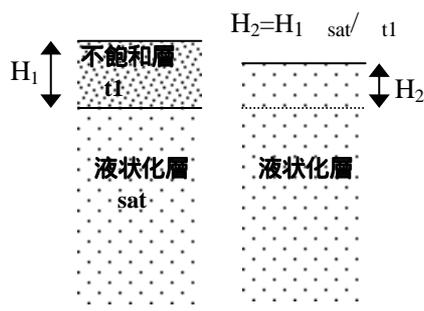


図6 地盤表面の非液状化層厚の換算

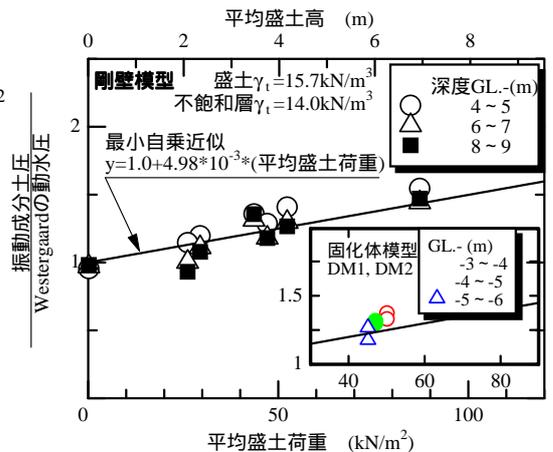


図7 平均盛土荷重と振動成分増加率