

建設省土木研究所 正員 松尾 修
建設省土木研究所 正員 佐々木康
建設省土木研究所 正員 唐沢安秋

1. まえがき

軟弱な粘性土地盤上に築造された盛土の地震時挙動および耐震性を調べる目的で模型振動実験を行ったので、その概要を以下に報告する。

2. 実験方法

幅250cm、高さ60cm、奥行68cmの剛な鋼製土槽内に、図-1に示す形状寸法の模型を作成し、実験に供した。模型は、はじめに土槽内に高含水比($w \approx 90\%$)で十分に練り返した粘土を深さ40cm程度まで投入し、これに蓋を介して上載荷重をかけて、両面排水により約80日間圧密して再圧密粘土地盤を同時に2体作成した。用いた粘土は有楽町層粘土(CH, $w_n \approx 60\%$, $w_L \approx 51\%$, $I_p = 24$)である。圧密荷重は所定の地盤強度が得られるよう事前に検討して決めた($p_{cmax} = 1.5 \text{ kg/cm}^2$)。圧密は沈下量、間隙水圧により管理した。なお、圧密の中途において、圧密促進のために幅2cmのペーパードレーン(口紙)を10cmピッチの格子状配列で打設した。つぎに、堤体は鉛散弾($G_s = 11.3$, 球状, $\phi 2.0 \text{ mm}$)と含水比約50%の上記粘土を質量配合比25:3で混合したものを盛り立て、板で突き固めて作成した。見かけ密度は 7.2 g/cm^3 である。ここに、鉛散弾を用いた理由は、地盤強度に見合う盛土荷重を得るためであり、また、配合比は $q_u = 2 \text{ kg/m}^2$ のせん断強度が得られるように決めた。このようにして作成した模型に対して含水比、ペーン強度($\phi 2 \text{ cm} \times H 4 \text{ cm}$)、コーン指数($A = 1 \text{ cm}^2$, 先端角 30°)、S波速度を振動実験前後に調べた。振動実験は、土槽全体を振動台にのせた後、はじめに入力加速度 5 gal 一定の下で、 $5 \sim 50 \text{ Hz}$ 間でスウィープ方式の共振実験を行った。つぎに強震実験を行った。入力加速度は 5 Hz , 5 sec の正弦波形とし、水平加振である。加速度レベルは段階加振で 50 gal から 350 gal まで 50 gal 刻みに上げていった。振動実験時には、小型加速度計($14 \times 14 \times 15 \text{ mm}$, 容量 1 G , 2 G , ひずみゲージ式)で模型内加速度、間隙水圧計($\phi 20 \text{ mm}$, 容量 0.5 kgf/cm^2)で地盤内間隙水圧、ダイヤルゲージ式および指動抵抗式変位計で模型表面鉛直変位をそれぞれ図-2に示す位置で計測した。また、地盤内変形を模型解体時に観察するために加振前うどうんを挿入した。

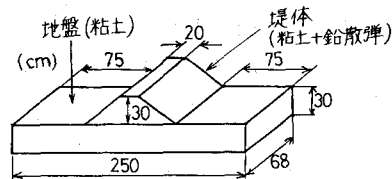


図-1 模型の形状寸法

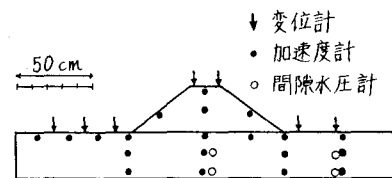


図-2 計測器配置図

3. 実験結果

模型地盤の圧密沈下観測結果を図-3に示す。この図で、沈下の進行とともに地盤内間隙水圧も低下していることがわかる。最終的な圧密度は、双曲線法による最終沈下量を用いれば、約92%と計算された。図-4に地盤の含水比、せん断強度等の分布を示す。これより、地盤の排水面に近い上下端部と中央部ではこれらの値に明らかな差があり、中央部では圧密が終了していないことがわかる。なお、同図中には、CU試験より得られた強度増加率 $C_u p = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 \sigma_3 = 0.625$ による強度分布 C_u を併記した。つぎに、共振実験による1次共振周波数は、例えばB模型では、

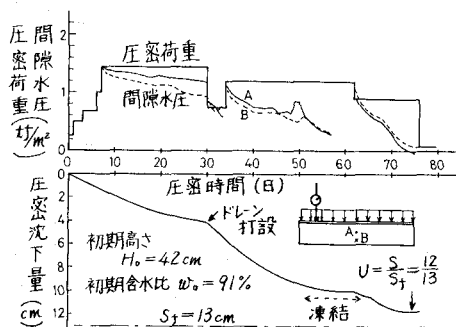


図-3 圧密沈下観測結果

盛土前後でそれぞれ19, 17Hzであった。盛土前の $f_1=19\text{Hz}$ は、S波検層により求めた地盤の平均 $V_s=21\%$ から得られる $f_1=V_s/4H=18\text{Hz}$ と大略一致している。図-5に強震実験における加速度応答倍率の分布を示す。この図より、模型の応答特性は入力加速度レベルに応じて変化しており、200gal程度までは入力レベルの増大とともに応答倍率が大きくなり、300galでは逆にやや小さくなっていることがわかる。その理由は、前者については材料の非線型性による等価剛性の低下によるもの、後者については模型の一部破壊に伴う応答特性の変化によるものと考えられる。

図-6は200gal加振時における加速度、間隙水圧、天端沈下量の経時変化を示したものである。各記録の計測位置は同図(a)に示している。この図で、天端の沈下は加振継続時間に応じてほぼ単調に進行していることがわかる。間隙水圧については、U2で示される点の間隙水圧は残留分の漸増が見られるのに対し、盛土直下地盤内のU1では加振前にすでに大きな値を示しており、ここでは残留成分よりも振動成分が卓越している。ここに、加振前の間隙水圧はそれ以前の150gal加振段階までに生じた残留水圧であり、U1では150gal加振時に著しい残留水圧の上昇が見られている。U1についてはこれ以降の加振段階で顕著な残留水圧の上昇が見られなかったのに対し、U2では350gal加振においても残留水圧の漸増傾向が見られた。これらの差異は、盛土荷重の有無による地震時せん断応力比 τ/σ'_v の大きさのちがいに起因するものと考えられる。

図-7は350gal加振後の模型の変形状況を示したものである。同図で、地盤内変形は加振前に埋込んだうどんの変位を模型解体時に切り出して計測したものである。この図より、盛土直下の地盤は盛土天端とほぼ同じ沈下量を生じていること、またその沈下に応じ側方へ変位していること、のり先地盤は盛土近傍において盛り上りを生じていることがわかる。また、地盤の変形は比較的上部で著しいが、これは地盤中上層部の变形強度定数がやや小さいこと、および、地震時せん断応力比が大きいことに起因しているものと考えられる。

最後に、図-8に入力加速度と天端沈下量の関係性を全加振段階の結果をまとめて示した。これより、入力加速度が大きいほど天端沈下量は大きくなることが認められる。

4. あとがき

軟弱粘土地盤上の盛土の模型振動実験の概要と結果の一部を報告した。今後、実験で得られた結果に対して、耐震性あるいは地震時変形量という観点から解析的に検討を進める予定である。なお、本実験実施の機会を与えて頂いた建設省関東地方建設局荒川下流工事事務所、実験に当って協力を得た日本技術開発(株)武富正憲氏、並木厚氏には末筆ながらここに記して謝意を表する。

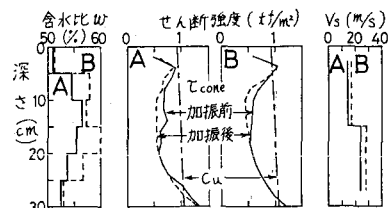


図-4 地盤の状態

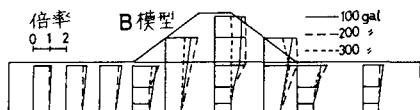


図-5 加速度応答倍率

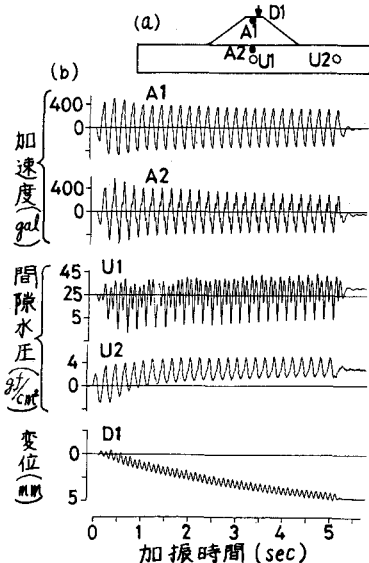


図-6 加振時記録の例
(B模型, 200gal)

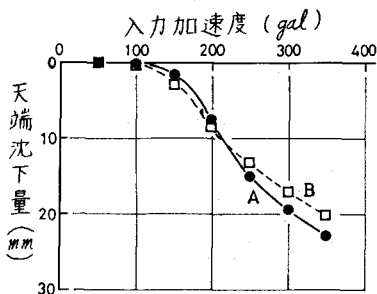


図-8 入力加速度と天端沈下量

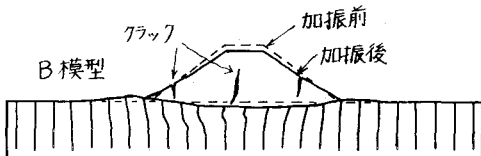


図-7 加振後の模型の変形