

オンライン地震応答実験による盛土周辺地盤の変形の評価

山口大学工学部 正員 兵動正幸 中田幸男
 (株)奥村組 正員 日下部伸
 (株)ヒロコン 正員 〇原本利徳

1. まえがき 軟弱な粘土地盤上の盛土の耐震評価のために、建設省土木研究所で一連の遠心載荷模型実験が行われた¹⁾。現行の設計手法としては、地盤の一軸強度や静的三軸強度（CU 強度）を用いた水平震度を負荷した円弧滑り法が用いられており、この方法によると、大円弧が発生して過剰な対策が余儀なくされる点や粘土地盤の変形を捉えられない等の問題が指摘されている。しかしながら、設計手法の大幅な変更が困難な状況において、盛土の応答を考慮した的確な震度の評価や安全率と変形の関係を明らかにすることなどが必要と考えられる。本研究では、日下部ら²⁾により開発されたオンライン地震応答実験システムをもとに、単純せん断試験機を用いてシステムを開発し、遠心載荷模型実験で用いられた種々の入力波形に対する粘土の挙動について調べ、変形の評価を行った。

2. オンライン地震応答実験の概念

地震応答実験の原理を図-1 に示す。まず、解析対象地盤を質点系にモデル化し、基盤面から地震動を入力する。そして、コンピュータにより質点系の振動方程式を解き、応答変位を求める。次に、得られた変位に相当するせん断ひずみをコンピュータ制御により供試体に与え、その時自動計測された復元力を用いて次のステップの応答変位を計算する。この過程を地震動が継続する間繰り返す。すなわち、時々刻々

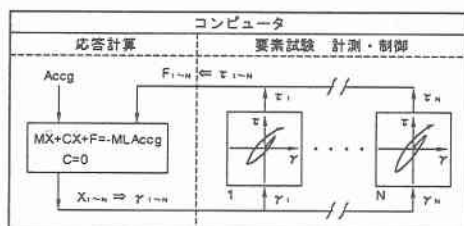


図-1 オンライン地震応答実験の概念

に変化する地盤の非線形な復元力を要素試験の供試体から直接求め、オンラインで応答解析に結びつけ、地震時の地盤の挙動をシミュレートする方法である。

3. 実験条件 本研究では、単純せん断試験機を用いて入力波形および最大入力加速度を種々に変化したオンライン地震応答実験を行った。試料は、東京都荒川区で採取された荒川粘土を予圧密圧力 $\sigma'_v = 50 \text{ kPa}$ で予圧密して作成した再構成試料 ($G_s = 2.659, I_p = 17.9$) を用いた。また、用いた波形は、建設省土木研究所において遠心載荷模型実験に用い

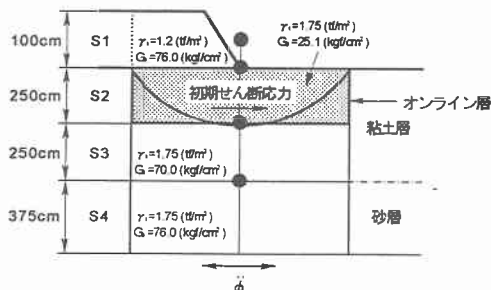


図-2 解析対象モデル

られた振動型および衝撃型ランダム波、正弦波の3種類である。図-2 に本研究で対象とした盛土周辺地盤のモデルを示す。図中、S2層がオンライン層であり、その他の層に対しては弾性解析を行った。また、盛土により作用する初期せん断応力を考慮するため、自重による円弧滑り解析を行い、最小安全率を示す円弧の平均的な初期せん断応力比として事前に排水状態で供試体に作用させた。

4. 種々の波形に対する粘土の挙動 図-3(a),(b),(c)は、各々の波形に対して最大入力加速度 $\alpha_{\max} = 200 \text{ gal}$ で行った際の入力波形および全層の応答加速度を示している。この図より、いずれの波形においても上層に行くにつれて長周期化していることが認められる。各々の応答値を見てみると、振動型および衝撃型ランダム波においては入力時の最大加速度がS4層で一度減衰しているが、振動型では上層に行くにつれて徐々に増幅しているのに対し、衝撃型ではS3層で若干増幅した後、S2層で減衰し、盛土(S1)層で再び増幅している。また、正弦波ではS4～S3層にかけて入力時の最大加速度が減衰した後、S2層で減衰し、盛土(S1)層で再び増幅している様子が認められる。次に、図-4(a),(b),(c)に各々の波形に対して最大入力加速度 $\alpha_{\max} = 200 \text{ gal}$ で行った際のせん断応力・せん断ひずみ関係を示す。いずれの波形においても繰返しせん断により徐々に残留ひずみが発達していく様子が認められる。しかし、同じ最大入力加速度であるにもかかわらず衝撃型では平均的なせん断応力が小さく、またひずみの発生量も少ないことから、振動型および正弦波と比較してエネルギーが小さいことが伺える。

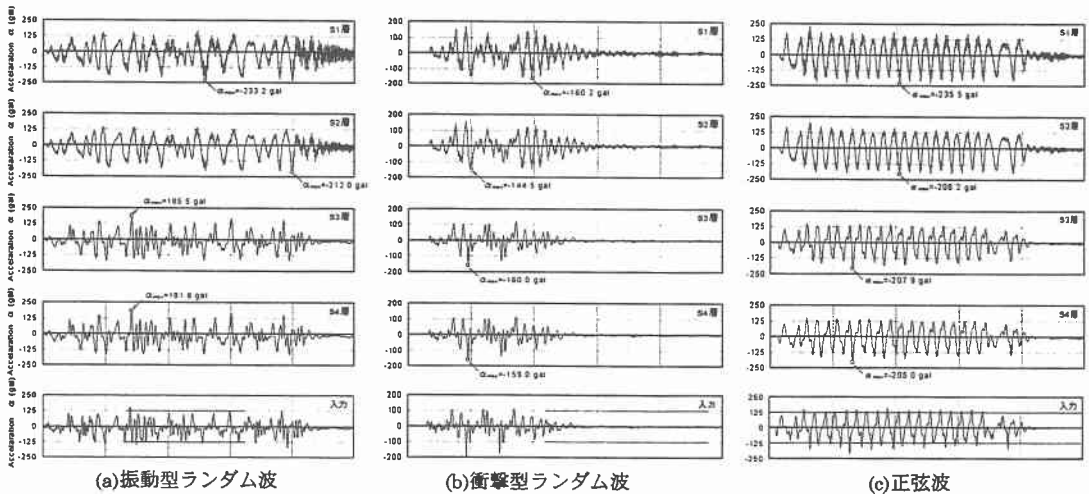


図-3 入力波形および全層の応答加速度

5. 遠心载荷模型実験結果との比較

図-5 は、建設省土木研究所で行われた遠心载荷模型実験より得られた天端沈下量を 1G 場に換算したものと本研究で行ったオンライン地震応答実験より得られたオンライン層の

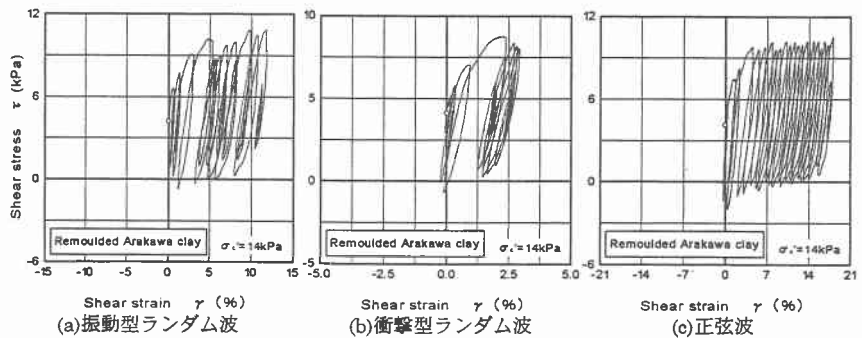


図-4 せん断応力・せん断ひずみ関係

水平移動量の比較を行ったものである。尚、オンライン地震応答実験結果に対しては、円弧滑りで円弧内の地盤が一様に移動するという仮定の下に、オンライン層の水平移動量と天端沈下量が等価なものであると考えている。この図より、オンライン地震応答実験結果は、定量的には遠心载荷模型実験より過大な結果を示しているものの、波形の違いによる変形量の相違については定性的にうまく捉えられていることが認められる。遠心载荷模型実験が約 60Hz という高周波で行われたことや本実験がひずみ速度が 1%/min という低速で行われたことを考慮すると、実際の地震時には両者の中間的な沈下が推定される。

6. まとめ 本報では掲載していないが、各層における応答加速度についても遠心载荷模型実験結果と比較したところ、比較的よい対応を示しており、これらのことから本手法は地震時の地盤の応答を比較的うまく再現できていると思われる。

【謝辞】研究を行うにあたり、建設省土木研究所動土質研究室の松尾修室長、島津多賀夫主任研究員に遠心载荷模型実験データのご提供と多くの貴重なご意見を戴いた。記して謝意を表する次第である。

【参考文献】1) 島津・田本・松尾：粘土地盤上の盛土の動的遠心模型実験（その 11）—加振波形の影響—, 第 33 回地盤工学研究発表会, 1998, 投稿中。2) 日下部・森尾ら：地盤系オンライン地震応答実験システムの開発, 第 22 回土質工学研究発表会講演集, pp.523-526, 1987。

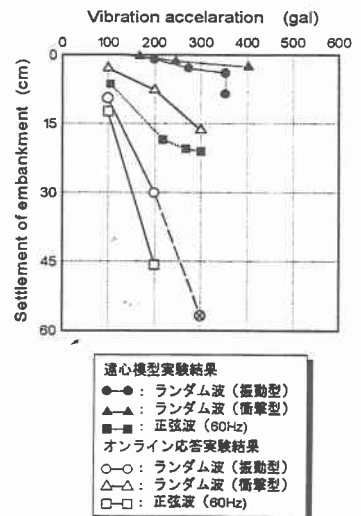


図-5 変形量の比較