動的遠心模型実験に基づいた補強土壁の入力加速度・残留変位関係の推定

| 土木研究所 | 正会員 | ○荒木裕行, | 石原雅規 |
|-------|-----|--------|-------|
| 土木研究所 | 正会員 | 梶取真一, | 佐々木哲也 |

1. はじめに

補強土壁の性能評価を想定した場合に挙げられる課題の一つが,地震外力による 残留変位量の推定である.これまでにも補強土壁の入力加速度と残留変位の関係の 分析とモデル化の試みが行われている¹⁾が,入力加速度と残留変位の関係の取得方 法は未だ課題となっている.本稿では,比較的大きな地震外力を受けた補強土壁の 残留水平変位を概算することを目的とし,入力加速度-残留変位関係の簡易的な推定 法について検討した.

2. 対象とする遠心模型実験

土木研究所の大型遠心力載荷試験装置を用いたジオテキスタイル補強土壁に関す る動的遠心模型実験のうち、本稿では高さ方向の補強材間隔を一定として補強材長 さや背面地山形状を変更したケースを対象とした(図-1,表-1).遠心加速度は全て 20Gであり、本稿で示す数値は実大換算した値である.

壁面工は分割型とし、補強材にはグリッド状の高密度ポリエチレン製のジオテキ スタイルを用いた.背面土および基礎地盤には東北硅砂7号を用い、それぞれ Dr≒ 80%および Dr≒100%としたが、GW15 では基礎地盤を Dr≒70%とした.地山には石 膏を用いた.GW02~15 の詳細については既往文献^{例えば 2)}を参照されたい.また、 GW20 および 21 の実験条件は GW07 に準じており、補強材長さのみを変更した.

加振は 2.0Hz20 波の正弦波を用い,最大加速度を 100gal 程度ずつ大きくするステップ加振を基本としたが,最 大加速度を一旦小さくした後再び大きくする(加振 A),途中に1回ないし2回の地震波加振を挟む(加振 B),初 回ステップの最大加速度を大きくする(加振 C)など細かな条件が異なる(表-1).補強土壁や重力式擁壁の遠心模 型実験に関する既往研究では,地震波のみを用いたステップ加振では正弦波のみを用いた場合と比較して壁面の変 位量の増加傾向が緩やかであることがわかっている³⁾.本稿では,大きな地震外力を受けた補強土壁の変形を対象 とし,正弦波の最大加速度が単調増加するような加振ステップを抽出して整理した.

3.入力加速度-残留変位関係の分析

図-2 に入力加速度-残留変位 (*A*max-*h*max/*H*) 関係を示す. 横軸には最終的に壁面残留水平変位が最大となった高さ における壁面残留水平変位を壁高で正規化した値,縦軸に は土槽底部で計測した 20 波の最大加速度の平均値とした.

GW15 の初回ステップの結果は GW07 の $A_{max}-h_{max}/H$ 関係とほぼ一致することから、本実験条件では小さなレベル での加振履歴は $A_{max}-h_{max}/H$ 関係にそれほど影響は与えず、 h_{max}/H は概ね A_{max} に依存すると見なせる.補強材長さが長 くなると変形し難くなる傾向にあり、背面に地山があるケ ース (GW11~14) では同じ補強材配置で地山の無いケー ス (GW07) と比較すると変形しやすい傾向にあった.

1.30 1.20 (GW02) y=0.894x/(2.37+x) 1.10 E R²=0.982 1.00 =0.894. E=0.377 0.90 σ 0.80 0.70 V 0.60 速度, 0 50 GW02 加 0.40 ∠— GW11 GW07 0.30 GW20 GW13 ∼ 0.20 GW21 GW14 GW15 0.10 GW02の近似結果 0.00 (×を付した加振ステップは、加振後に補強領域内に滑り面を確認したもの) -0.10 0 10 15 5 20 25 30 正規化水平変位, h_{max}/H(%) **図-2** A_{max}-h_{max}/H 関係

キーワード 補強土壁,残留変位,動的遠心模型実験,入力加速度変位関係,安定計算
連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (独)土木件研究所 土質・振動チーム TEL: 029-879-6771

 ●
 ●
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 ■
 =
 ■
 ■
 ■







1.20

GW02

GW07

加振後に補強領域内に滑り面が確認された加振ステップには図-2 中に× を付した.全ケースで滑り面が生じるまで加振を続けたわけではないが,残 留変位が 10%程度以上になると,次ステップで滑り面が発生して変位が急 増する傾向があり,ほぼ終局状態に近い状態にあると考えられる.なお,本 稿で対象としたケースでは補強材の破断は生じていない.

各ケースの $A_{max}-h_{max}/H$ 関係を双曲線関数y = ax / (b+x)を用いて定式化した.ここで、a およびb は定数であり、a/b は原点における接線の勾配、y=bは漸近線を表す.本稿では a/b を変形係数 E_g , b を上限水平震度 $k_{h,lim}$ とした.近似にあたっては滑り面が確認されたステップを除き、滑り面が生じる以前の結果を対象とした.図-2には GW02の近似結果を代表して示した.

図-3 および図-4には、GW15を除くケースの $k_{h,lim}$ および E_g と各擁壁の限界水平震度 $k_{h,cr}$ (滑動,転倒,支持力, 円弧すべりのいずれかの安全率が許容安全率となる水平震度)の関係を示す.対象としたケースの安定計算では全 て全体安定(円弧すべり)がクリティカルとなった.地山のあるケースでは $k_{h,cr}$ が同程度のケースと比較して $k_{h,lim}$ がやや小さい傾向にあったが、全体的には $k_{h,lim}$ と $k_{h,cr}$ は正の相関を示した.一方、 E_g は $k_{h,cr}$ の違いにあまり影響を 受けず概ね 0.3~0.5 程度であり、補強材長さが比較的小さい地震外力に対する変形特性に与える影響は小さい.

4.入力加速度-変位関係の推定とその検証

各ケースの安定計算から求めた $k_{h,cr}$ から $k_{h,lim}$ を求め,さらに最も変形し易い場合を考慮して $E_g=0.3$ と設定することで、各ケースの推定 $A_{max}-h_{max}/H$ 関係を得た. $k_{h,cr}$ と $k_{h,lim}$ の関係は GW02,07,20,21 の結果に基づく線形近似式 (図-3) から求めた.全ケースに対して推定 $A_{max}-h_{max}/H$ 関係を求めたが、代表例として GW02,07,15,20,21 の結果を図-5 に示す.

得られた推定 A_{max}-h_{max}/H 関係に対して各加振ステップで実測した A_{max} を代入して求めた推定 h_{max}/H と,実測した h_{max}/H との関係を図-6 に示す. h_{max}/H が 10%を超えるような加振では推定値は実測値より過大となる場合もあるが, 10%以下であれば h_{max}/H の推定値は概ね妥当といえる.

ただし、補強土壁の変形は補強材長さのみならず補強材の配置間隔や背面土の種類、締固め度等によっても影響 を受けると考えられ、本検討ではこれらの影響を考慮できていない.また、本検討では周波数特性は考慮できてお らず、地震波を用いた加振結果と比較すると安全側の結果となっている.以上の点に留意する必要がある.

5. まとめ

動的遠心模型実験に基づき、補強土壁の $A_{max}-h_{max}/H$ 関係の分析を行った. $k_{h,lim}$ は $k_{h,er}$ と相関があり、大きな地震外力を受けた際の変位量を安定計算結果から概算することができた.ただし、現状では考慮できていないファクターも多く、一般化にあたっては今後の検討が必要である.

参考文献 1) 中島進, 榎本忠夫, 佐々木哲也:分割型壁面のジオテキスタイル補強土壁に関する動的遠心模型実験による設計計算法の検討, 地 盤工学シンポジウム, 論文番号 18, 2010.2) 榎本忠夫,中島進,佐々木哲也:分割型壁面のジオテキスタイル補強土壁に関する動的遠心実験(その 1 実験条件および遠心力載荷時の安定性),ジオシンセティックシンポジウム論文集,pp.161-168, 2010.3) 中島進, 藪雅行, 石原雅規, 佐々木哲 也:模型実験・地震被害事例の解析による道路土工構造物としての補強土壁の耐震性評価, 土木技術資料, Vol.54, No.9,pp.38-41,2012.