

背面地盤材料の材料特性が異なる補強土壁の遠心模型実験

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

1. はじめに

補強土壁の性能評価手法を提案する上では地震時変形挙動の定式化が課題である。本稿では、背面地盤に強度特性の異なる地盤材料を用い、鋼製枠形式の分割型壁面工を想定し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を実施し、背面地盤材料の違いが地震時挙動に与える影響について検討を行う。

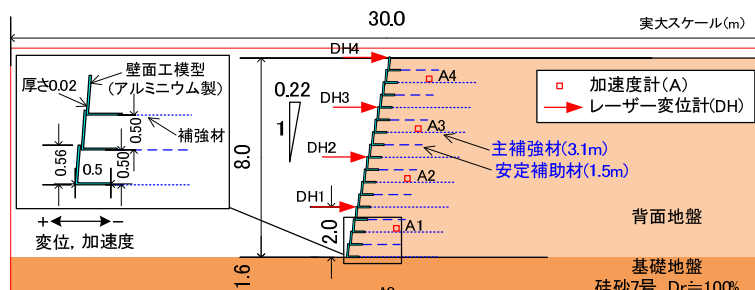


図-1 模型概要図

2. 遠心模型実験条件

遠心模型実験で用いた模型の概要を図-1に示す。遠心加速度は20Gであり、以降で示す数値は実大換算値である。

遠心模型実験は補強材の配置パターンを同一とし、背面地盤材料のみを変更したものである。背面地盤に使用した地盤材料の物理・力学特性を表-1、CD試験(供試体寸法: 直径50mm, 高さ100mm)の結果を図-2に示す。いずれも粒度はほぼ同じであり、主として内部摩擦角が異なる砂質材料である。

補強材は高密度ポリエチレン製ジオテキスタイルであり、最大引張強度は約40kN/mである。主補強材、安定補助材ともに同じ補強材を用いた。

実験ケースを表-2に示す。背面地盤材料は乾燥砂とし、空中落下法により所定の D_r を満足する地盤を作製した。基礎地盤については乾燥状態の東北砂7号を用い、GW15を除くケースでは $D_r=100\%$ を目標に軽く締め固めて作製した。GW15については基礎地盤の D_r が約70%である。

加振は2.0Hz, 20波の正弦波を用いて最大加速度を徐々に増大させるステップ加振、あるいは初回から最大加速度を500gal程度とした一発加振とし、GW07以外は補強領域下部にすべり面の形成が確認されるまで加振を行った。

3. 実験結果

実験終了時の模型変形状況を写真-1に示す。GW07を除くと、背面地盤および補強領域に加振によるすべり面の形成が確認できる。補強領域下部におけるすべり面は、GL+1.0mないし2.0mに設置した主補強材(図-1)の背面側端部付近から法先を結ぶような形状を示した。

実験時に計測された入力・応答加速度、およびDH1からDH4で計測された残留水平変位の累積最大値の関係を図-3に示す。いずれのケースも小さな加振レベルでは応答加速度は入力加速度と同程度あるいはやや増幅傾向にあるが、すべり面が確認された加振ステップ(白抜き矢印)では応答加速度は頭打ちとなった。補強領域の応答加速

表-1 背面地盤に用いた地盤材料の材料特性

Case	ρ_s (g/cm ³)	D_r (%)	e	D_{50} (mm)	U_c	ϕ_{peak} (°)	ϕ_{res} (°)
東北砂7号	2.635	80	0.73	0.178	1.8	43.1	38.4
ガラスビーズ (GB) (FGB, #100)	2.485	80	0.60	0.178	1.6	30.5	26.2
豊浦砂	2.643	50	0.79	0.179	1.7	36.8	35.5
東北砂7号+GB (乾燥質量比 1:1)	2.560	80	0.66	0.178	1.7	36.4	32.2

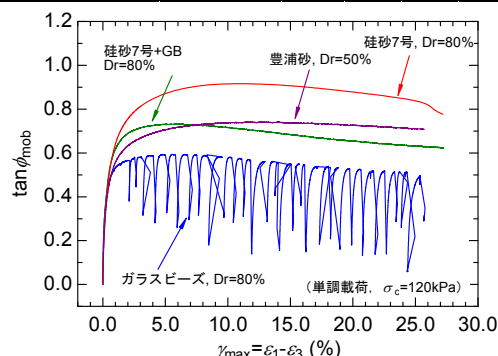
図-2 CD試験による $\tan \phi_{mob}-\gamma_{max}$ 関係

表-2 実験ケースの一覧

Case	背面地盤	加振方法
GW07*	東北砂7号, $D_r=80\%$	ステップ
GW15**	東北砂7号, $D_r=80\%$	一発
GW24	ガラスビーズ, $D_r=80\%$	ステップ
GW27	豊浦砂, $D_r=50\%$	ステップ
GW26	豊浦砂, $D_r=50\%$	一発
GW25	東北砂7号+GB, $D_r=80\%$	ステップ

*神戸波を用いた加振ステップを途中で挟む。

**基礎地盤: $D_r=70\%$

キーワード 補強土壁, 動的遠心模型実験, 背面地盤材料, 地震時挙動, 安定計算

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 国立研究開発法人土木研究所 土質・振動チーム TEL: 029-879-6771

度が頭打ちになる加速度(降伏震度)は、背面材料の違いによって明確な違いが確認できる。GW15では壁面工下部付近での基礎地盤の支持力破壊が生じたものの、それ以外のケースでは補強領域のすべり破壊がクリティカルであるとみられる。

背面地盤材料は同じで加振方法が異なるケース(GW07とGW15, GW26とGW27)について比較すると、一発加振の結果はステップ加振の結果上にそれぞれプロットされており、ステップ加振による加振履歴が補強土壁の降伏震度に与える影響は小さいと考えられる。

4. 各実験の外的安定性に関する検討

実験時に確認されたすべり面の形状を考慮して図-4に示すようにすべり面を直線で想定し、すべり面IおよびIIでの滑動に関する安定性について検討した。なお、本稿で示す安定計算手法および限界水平震度、 $k_{h,cr}$ は現行マニュアル¹⁾で示される手法とは異なる。

滑動力としては補強領域に作用する慣性力と主働土圧を考慮し、主働土圧については常時土圧および地震時土圧(修正物部・岡部法)の2パターンを考慮した。実験ではG.L.に設置した補強材(図-1)で補強材の伸びが確認されていることから、すべり面と交わる全補強材と安定補助材、およびG.L.に設置した補強材が滑動に対して抵抗するものとした。補強材に生じる張力、 T は引抜き抵抗¹⁾あるいは引張強度(40kN/m)のいずれか小さい方を用いた。すべり面IおよびIIで式(1)による F_s が1.0となる水平震度 k_h のうち、いずれか小さい方を $k_{h,cr}$ とした。計算結果を表-3に示すが、いずれのケースでもすべり面IIでの計算結果が $k_{h,cr}$ となった。また、地震時土圧を考慮した場合より常時土圧を考慮した場合の方が $k_{h,cr}$ は大きい値を示した。

常時土圧に基づいて求めた $k_{h,cr}$ に重力加速度を乗じた値を図-3に併せて示すが、各ケースの降伏震度とよく対応している。滑動力は主として慣性力によるとみられ、壁面が主働方向へ変位する場合、加振レベルが大きいと土圧が低下に転じる挙動も確認されている²⁾。安定計算では慣性力と土圧を主働方向に同時に作用させるが、地震時土圧を考慮した計算では土圧を実際よりも大きく見積り、結果として $k_{h,cr}$ が小さく算定された可能性が考えられる。

5. まとめ

強度変形特性が異なる背面地盤材料を用いて補強土壁の遠心模型実験を実施した。強度特性の違いにより補強土壁の降伏震度には明確な違いが確認でき、慣性力と主働土圧を考慮することで降伏震度と良く対応する限界水平震度を評価できた。別稿³⁾では、補強土壁の耐震性と背面地盤材料の関係についてさらに検討を加える。

参考文献 1)ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル第二回改訂版, 2014. 2)中島ほか: 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(その2 地震時挙動と変形特性), ジオシンセティックス論文集 Vol.25, 2010. 3) 荒木ほか: 補強土壁の耐震性に与える背面地盤材料特性の影響. 土木学会第70回年次学術講演会, 2015(投稿中)。

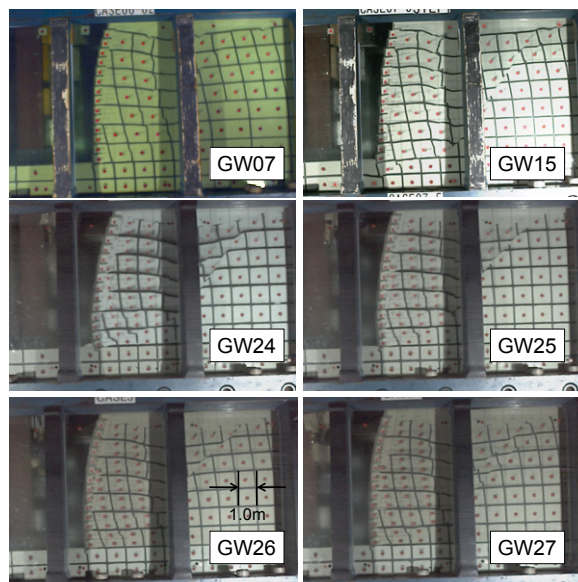


写真-1 実験終了後の模型状況

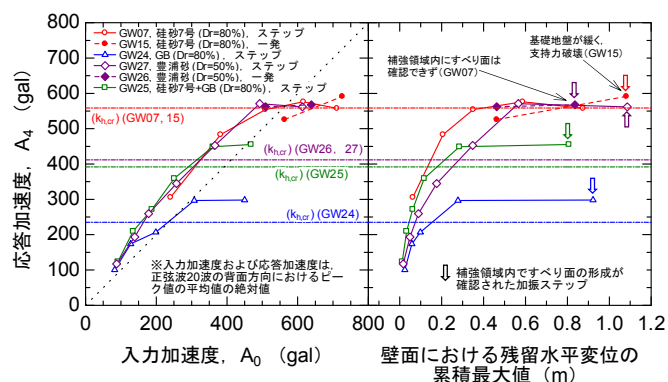
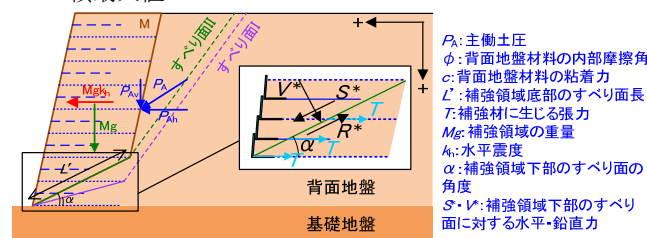


図-3 入力・応答加速度および壁面における残留水平変位の累積最大値



【滑動に関する安全率】

$$F_s = \frac{R^*}{S^*} = \frac{cL' + V^* \tan \phi_{peak} + (\cos \alpha + \sin \alpha \tan \phi_{peak}) \sum T}{(Mg + P_{av}) \sin \alpha + (Mg k_h + P_{ah}) \cos \alpha} \quad \text{式(1)}$$

$$V^* = (Mg + P_{av}) \cos \alpha - (Mg k_h + P_{ah}) \sin \alpha$$

図-4 滑動に関する安定計算方法

表-3 滑動に関する安定計算結果

Case	背面地盤	$k_{h,cr}$ (地震時土圧)		$k_{h,cr}$ (常時土圧)	
		すべり面 I	すべり面 II	すべり面 I	すべり面 II
GW07・15	東北珪砂 7 号	0.48	<u>0.40</u>	0.68	<u>0.57</u>
GW24	ガラスビーズ	0.14	<u>0.14</u>	0.28	<u>0.24</u>
GW26・27	豊浦砂	0.33	<u>0.30</u>	0.49	<u>0.42</u>
GW25	東北珪砂 7 号 +GB	0.28	<u>0.25</u>	0.47	<u>0.40</u>

※各ケースにおいて、下線を付した値を $k_{h,cr}$ として採用。