

EPS とジオグリッドを用いた擁壁の耐震対策に関する振動台実験

擁壁 振動台実験 軽量土

東京大学大学院 学生会員 ○山崎 佑太郎
 東京大学大学院 国際会員 古関 潤一 京川 裕之
 岡三リビング株式会社 国際会員 小浪 岳治
 株式会社 CPC 正会員 西 剛整
 発泡スチロール土木工法開発機構 正会員 窪田 達郎

1. はじめに

近年発生した大地震の教訓から橋梁の橋台部や路面等に被害が集中しており、中でも地震の応答特性の異なる橋台とその背面地盤の間で発生する段差が問題となっている。本研究では橋台壁面の変位の抑制に加え、背面地盤との段差対策も兼ねた橋台の耐震対策を目的に、1/20 スケールの橋台と背面地盤を振動台土槽内に再現し、加振実験を実施した。既往の研究から盛土の耐震対策に効果的なジオグリッドを用いた工法¹⁾に加え、本研究では EPS²⁾と併用することで軽量材としての長所を生かしたより効果的な耐震対策を検討しており、使用する補強材および配置位置を変更した実験により、EPS とジオグリッドを併用した場合の耐震効果を報告する。

2. 振動台実験概要

本研究で実施した Case 5 の実験概要の詳細を図 1, 図 2 に示す。実験は振動台土槽内に 1/20 スケールの橋台および背面地盤を再現し、1G 場で加振実験を実施した。実験に用いた橋台模型は高さ 500mm×底版幅 300mm×奥行 370mm のアルミニウム製で、地盤材料と接する部分にサンドペーパー(#80)を貼り付けた。背面地盤および支持層(層厚 80mm)は気乾状態の珪砂 7号 ($e_{max}=1.243$, $e_{min}=0.743$, $G_s=2.64$, $D_{50}=0.21$ mm)を使用し、空中落下法により相対密度が 90%となるよう作製した。橋台模型は橋台挙動の単純化のために橋桁はモデル化しておらず擁壁相当である条件で実験を実施した。

実験に使用したジオグリッド(目合 0.84mm, 橋軸方向 770N/5cm, 奥行方向 580N/5cm)は橋軸方向 800mm×奥行 370mm で、模型地盤作製前に壁面部材に接着剤を用いて結合した。EPS(0.20kN/m³)は実験条件に合わせて重ね方の変更および個々のブロックの寸法調整を行い、使用した EPS の体積はいずれのケースも高さ 450mm×幅 100mm×奥行 370mm 相当であり、EPS と橋台壁面および個々のブロック間の結合はしていない。

壁面変位および背面地盤の沈下量を計測するレーザー変位計、橋台および地盤内を計測する加速度計を図 1, 図 2 に示すように設置し、模型の壁面および底版に土圧測定用のロードセルを設置した。入力波は全ケースで 5Hz, 20 波の正弦波であり、加速度は 100gal から 1000gal まで 100gal ずつ増加させる条件で実施した。表 1 に今回実施した実験ケース、図 3 に Case 1~Case 4 の実験概要を示す。Case 1 は無補強であり、Case 2, Case 4 はジオグリッドのみを使用したケース、Case 3, Case 5 は EPS とジオグリッドを併用し EPS の配置位置を変更したケースであり、使用する補強材および配置位置の違いによる耐震効果を比較した。

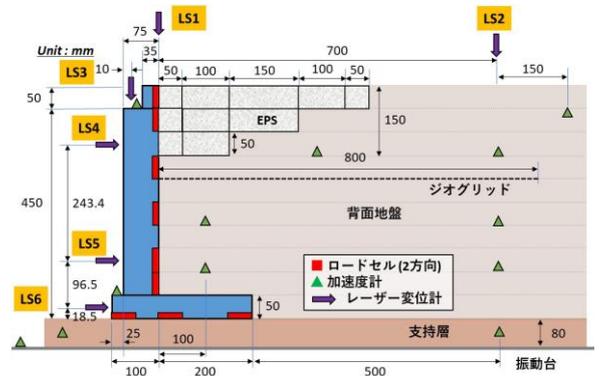


図 1 Case 5 実験概要(断面図)

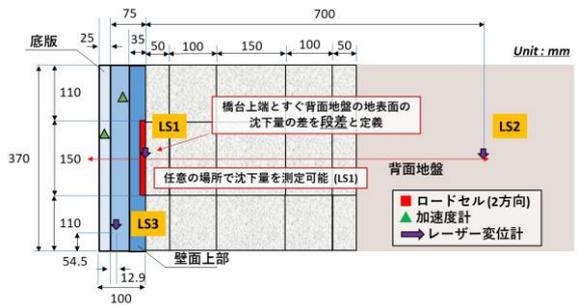


図 2 Case 5 実験概要(平面図)

表 1 実験ケース

Case	補強方法	
	ジオグリッド	EPS
1	無補強	
2	上段×1	—
3	中段×1	下段
4	上段+中段	—
5	中段×1	上段

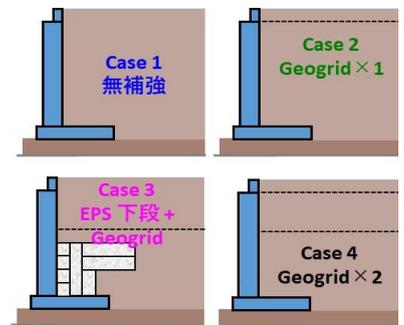


図 3 Case 1~Case 4 実験概要

Shaking table tests on aseismic countermeasures of retaining walls by using EPS and geogrid

YAMAZAKI Yutaro, KOSEKI Junichi, KYOKAWA Hiroyuki (The University of Tokyo)

KONAMI Takeharu (OKASAN LIVIC Co.) NISHI Tsuyoshi (CPC) KUBOTA Tatsuro (EPS Construction Method Development Organization)

3. 結果および考察

本研究では、実施した 5 ケースの補強方法の違いによる耐震効果の比較項目として、壁面転倒角、滑動量、橋台上部と背面地盤との段差の 3 点を設定した。写真 1 に Case 1(無補強)の 700gal 加振後のすべり面発生の様子を示す。今回の実験では、いずれのケースも実験後にジオグリッドおよび EPS の加振に伴う結合切れや損傷等は確認されず、補強効果に影響を及ぼしていない。

図 4 に橋台壁面の転倒角と加速度の関係を示す。加速度は振動台に取り付けた加速度計の実測値を使用し(図 5, 図 6 も同様)、壁面転倒角は図 1 に示したレーザー変位計(LS3, LS4, LS5)で計測した変位量を用いて壁面の傾きを算出した。図 4 より震度の小さい 600gal 加振後まではいずれのケースも転倒角に大きな差は見られなかったが、震度が大きくなるにつれ 5 ケース間で差が見られた。特に Case 4, Case 5 では Case 1(無補強)と比較すると転倒に対して高い補強効果を発揮しており、Case 4 のジオグリッドのみを用いた場合と比較すると、上段のジオグリッドを EPS で置き換えて併用した Case 5 でも同等の補強効果を確認できた。

図 5 に橋台滑動量と加速度の関係を示す。橋台滑動量はレーザー変位計(LS3, LS4, LS5)の実測値から算出した底版つま先部分の水平変位量を用いている。図 5 より震度の小さい 600gal 加振後まではいずれのケースも滑動量に大きな差は見られなかったが、震度が大きくなるにつれ Case 1(無補強)では滑動量が増加した。補強材を用いた場合では、ジオグリッドの段数による違いや、EPS を下段に配置してジオグリッドと併用することによる滑動量に対する補強効果には差が見られなかった。また、EPS を上段に配置してジオグリッドと併用した Case 5 は他のケースと比較すると大きな補強効果が確認された。

図 6 に背面地盤の変化の大きい 600~1000gal 加振後における橋台上部と背面地盤との段差と加速度の関係を示す。他のケースと比較すると Case 1(無補強)は震度が大きくなるにつれて段差が大きく増加する傾向が見られる。また、ジオグリッドを 1 段だけ用いた Case 2 と補強材を用いた他の 3 ケースを比較すると、ジオグリッドの段数を増やす(Case 4)こと、EPS と併用する(Case 3, Case 5)ことにより段差の低減効果が確認できた。さらにこれらの 3 ケースでは、震度の増加に伴い発生する橋台上部と背面地盤との段差が増加しにくい傾向にあることが確認できる。

以上の結果より、地盤内に設置したジオグリッドが作用する地震時土圧に抵抗し、橋台の転倒や滑動の低減に効果を発揮したと考えられ、橋台壁面の変位抑制と背面地盤の自立安定性の増加により、橋台上部と背面地盤間の段差の抑制にも効果的であった。また、EPS とジオグリッドを併用した場合には、EPS を上段に配置したことにより壁面上部に作用する荷重が低減し耐震効果を発揮した。

4. まとめ

補強効果の大きいケース(Case 4, Case 5)について比較すると、上段に配置したジオグリッドを EPS で置き換えた場合(Case 5)では、橋台壁面の滑動に対する補強効果が確認された。さらにジオグリッドのみを用いた場合と同等の壁面転倒角の抑制効果を発揮し、橋台上部と背面地盤間の段差対策にも効果的であることが確認された。

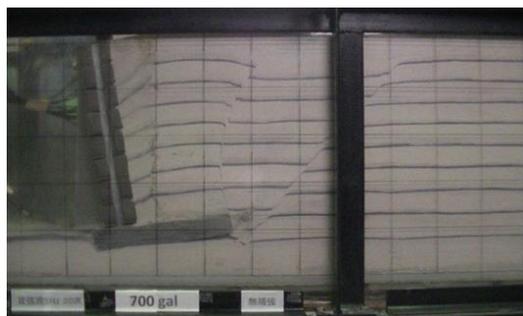


写真 1 700gal 加振後 (無補強)

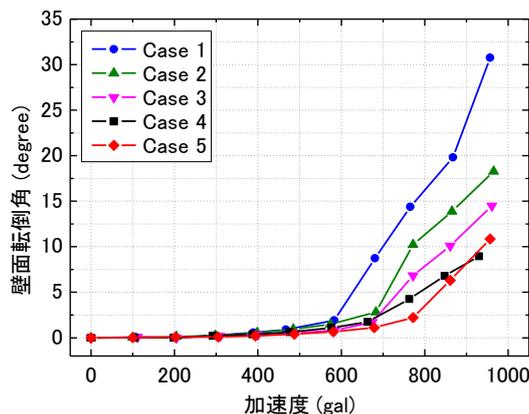


図 4 壁面転倒角-加速度関係

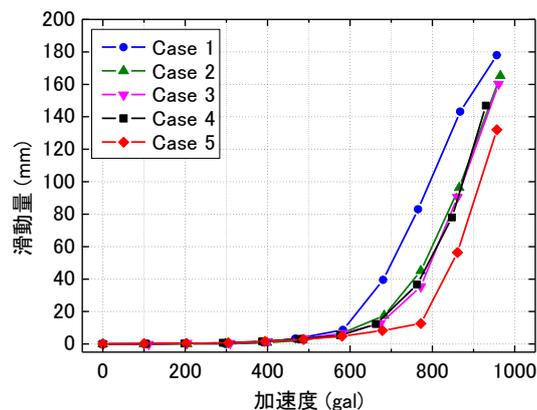


図 5 滑動量-加速度関係

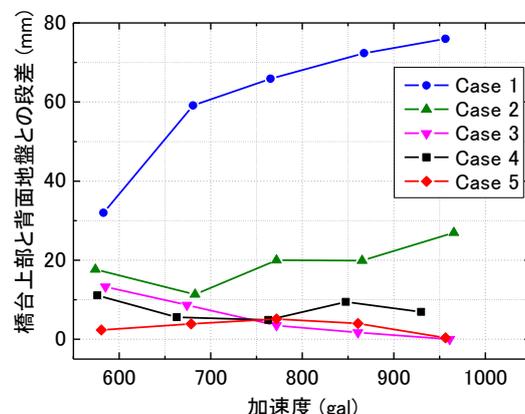


図 6 橋台上部と背面地盤との段差と加速度の関係

参考文献：1) 地盤工学会：補強土入門，1999

2) 発泡スチロール土工法開発機構：EDO-EPS 工法 設計・施工基準書(案) 第二回改訂版，2014