

# 軽量盛土を用いた橋台の地震時挙動の評価

藤原慎八・篠原聖二・西田秀明・石田雅博

## 1. はじめに

圧密沈下や側方流動が生じるおそれのある軟弱地盤上に橋台を建設する際に、基礎地盤に作用する荷重を低減する目的で軽量材料である発泡スチロール（EPS）を橋台の裏込めに用いることがある（以下、EPS盛土）。また、壁高の大きい橋台などにおける土圧軽減工法の1つとしてもEPS盛土が用いられることがある。

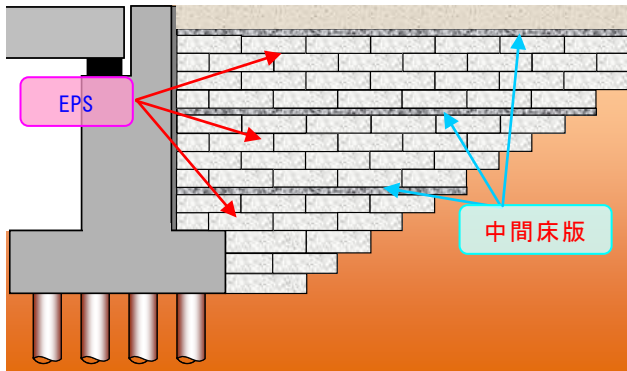


図-1 EPS盛土イメージ図

EPS盛土の設計手法や施工方法をとりまとめた資料<sup>1)</sup>によると、車両による輪荷重などの上載荷重の分散、不陸や段差の修正、浮力対策を目的として、EPSブロックの間に鉄筋コンクリート製の中間床版を高さ2～3mごとに設置することが標準とされている（図-1参照）。この中間床版はEPSに比べて単位体積重量や剛性が非常に大きいことから、既往の解析的研究<sup>2)</sup>では、地震時の橋台背面への作用力分布が一般の盛土による場合と異なることが示されている。しかしながら、EPS盛土単体ではなく、橋台とその背面に配置した中間床版を含むEPS盛土の相互作用や、地震時挙動について明確にはなっていない。

そこで、本検討では橋台背面にEPS盛土を設置した場合の橋台の地震時挙動を把握するために動的遠心模型実験を実施した。

## 2. 実験概要

本検討で実施した実験では、砂質土および軟弱粘性土からなる基礎地盤上に、杭基礎からなる橋台、EPS盛土、支承及び橋桁をモデル化した模型を作製し、50Gの遠心場において基礎地盤の圧密（粘性土の場合）及び加振を行った。写真-1に模型のセットアップ状況を示す。

### 2.1 実験模型

鋼製剛土槽内に縮尺1/50で作製した模型を図-2に示す。EPS盛土の模型は実施工で使用されている発泡スチロール（D-20<sup>1)</sup>：単位体積重量0.2kN/m<sup>3</sup>）を用い、ブロック状のEPSをホッチキスで結合して作製した。EPS盛土内に設置される鉄筋コンクリート製の中間床版については、単位体積重量がコンクリートに近いアルミ板を用いて模擬した。橋台模型は背面にEPSを有する橋台の施工事例を参考に、図-3に示す高さ8.2mの逆T式橋台を想定し、躯体基部の曲げ剛性が想定した橋台と等価となるようアルミ材を成型し作製した（写真-2）。橋台基礎は杭基礎とし、想定した鋼管杭と等価な曲げ剛性となるアルミパイプを16（4×4）本配置した。

実験に用いた地盤材料を表-1に示す。地盤模型は気乾状態の3号硅砂を突き固めて形成した支持地盤上に作製した。基礎地盤が砂質土のケースでは、気乾状態の7号硅砂を相対密度Dr=85%になるように突き固めた。基礎地盤が粘性土のケースでは、遠心模型実験装置により圧密を行った。背

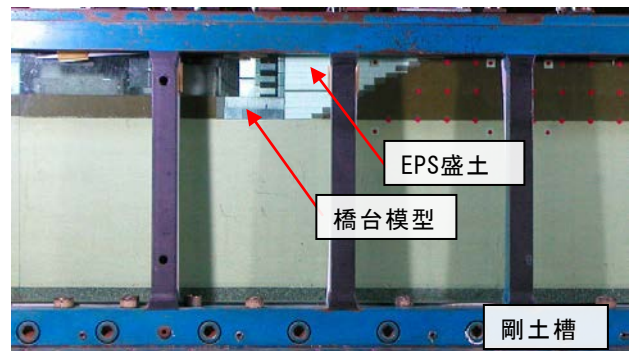


写真-1 模型セットアップ状況

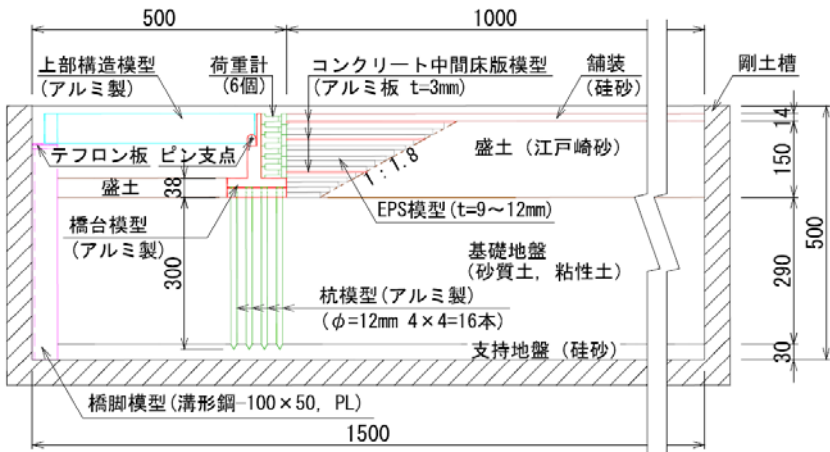


図-2 実験概要図 (モデル寸法: mm)

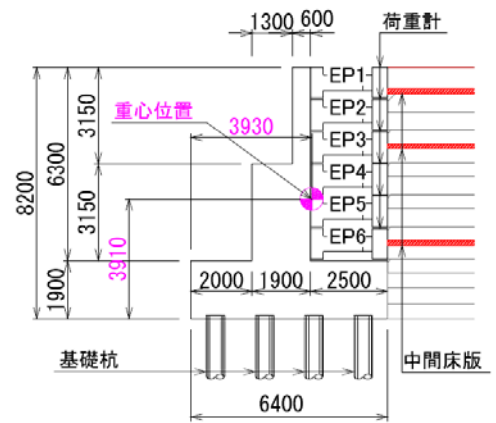


図-3 橋台形状図 (実大寸法: mm)

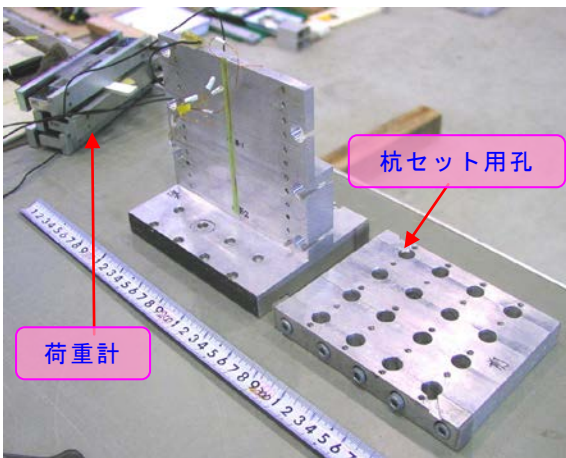


写真-2 橋台模型

表-1 地盤材料

土構造物模型		盛土	基礎地盤	支持地盤	
地盤材料		江戸崎砂	粘性土	7号珪砂 3号珪砂	
物理 粒度	土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.709	2.746	2.645	2.654
	礫含有量 (%)	0.5	0.0	0.0	1.8
	砂含有量 (%)	90.3	7.8	94.8	98.2
	シルト含有量 (%)	5.0	55.2	5.2	—
	粘土含有量 (%)	4.2	37.0	—	—
	均等係数 $U_c$	3.64	—	1.57	1.49
安定化 締固め	平均粒径 $D_{50}$ (mm)	0.243	0.015	0.169	1.280
	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.637	—	—	—
	最適含水比 $\omega_{opt}$ (%)	16.9	—	—	—
定数 強度	試験方法	A-b法	—	—	—
	粘着力 $C_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	4.5	43.9	34.4	—
	せん断抵抗角 $\phi_d$ (°)	33.6	22.5	40.2	—

表-2 実験ケース

	基礎地盤	背面盛土	入力地震動
Case-1	砂質土	EPS盛土	L1
Case-2			L2
Case-3		普通盛土	L1
Case-4			L2
Case-5		なし	L1
Case-6	粘性土	EPS盛土	L2
Case-7			L1
Case-8		普通盛土	L1
Case-9			L2
Case-10		なし	L1
Case-11			L2
Case-12			L1

面盛土には江戸崎砂を用い、締固め度 $D_c=90\%$ となるよう突き固めた。また、盛土部の表層にあたる舗装部は、単位体積重量がほぼ等しい4号珪砂を用いて模擬した。

橋台背面への作用力は、橋台背面側に設置した6個の荷重計により計測した。

## 2.2 実験ケース

実験は表-2に示した12ケースについて行った。本検討では背面盛土がEPS盛土のケースに加え、背面が普通盛土のケースや背面盛土が無いケース

についても実験を行った。入力地震動は道路橋示方書V編<sup>3)</sup>で定義されるレベル1地震動およびレベル2地震動(以降、L1、L2と呼ぶ)に相当する地震波を土槽底面に与えた。L1についてはI種地盤の地盤面で定義された地震波、L2についてはType IIのI種地盤の地盤面で定義された地震波(II-I-2)を用いた。

## 3. 実験結果

### 3.1 橋台の時刻歴水平変位

橋台天端およびフーチング上面の時刻歴応答水平変位を橋台から背面土方向を正として図-4に示す。L1加振時の0秒変位は遠心載荷による死荷重時変位を示している。

#### 3.1.1 基礎地盤が砂質土の場合

基礎地盤が砂質土の場合のL1加振による橋台の水平変位は、いずれの背面盛土条件においても小さくほとんど生じなかった。L2加振による橋台の水平変位は、盛土なしのケースでは橋台背面方向に、普通盛土のケースでは橋台前面方向に生

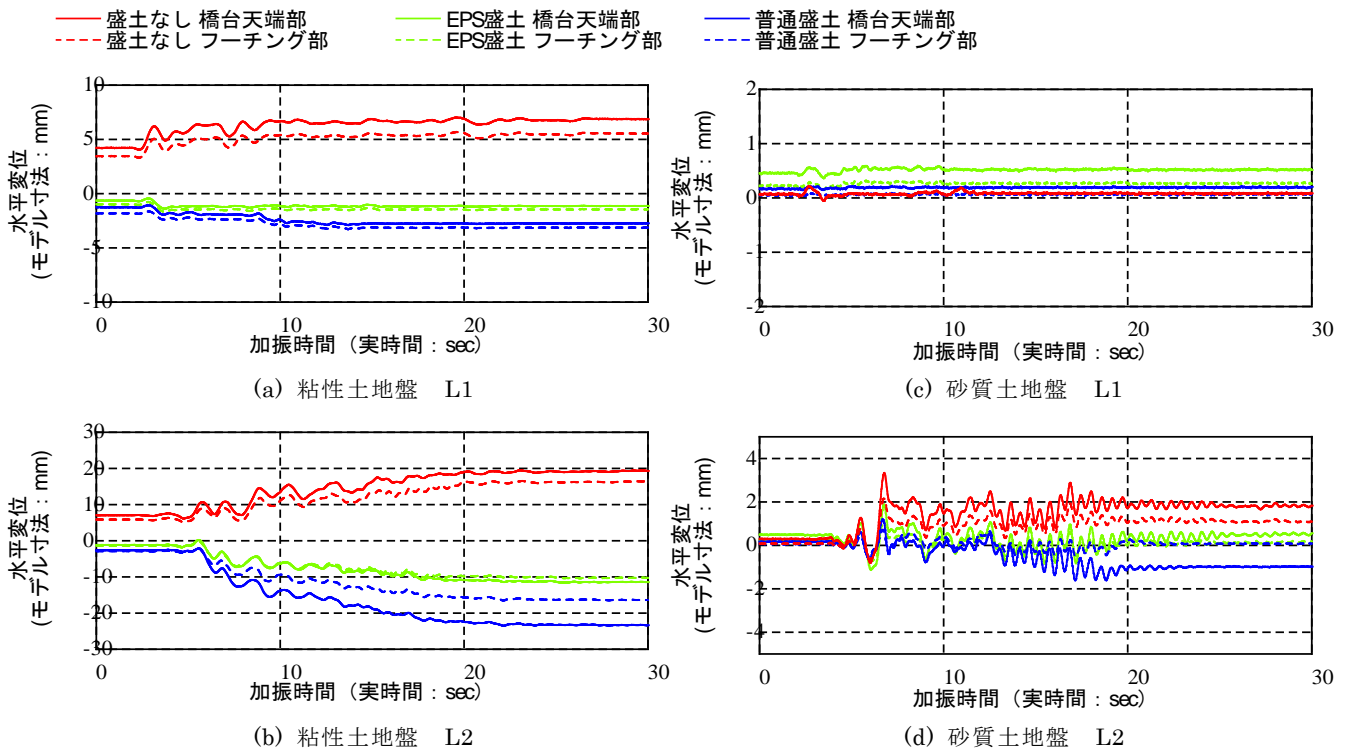


図-4 橋台の時刻歴水平変位

じ、EPS盛土のケースではほとんど生じなかった。盛土なしのケースで橋台背面方向への水平変位が生じたのは、図-3に示したように橋台背面の荷重計により橋台重心が背面側に偏心しているためであると考えられる。一方、橋台背面にEPS盛土や普通盛土があるケースでは盛土がこの変位に抵抗し、普通盛土のケースでは地震時土圧が橋台背面に作用したことで橋台前面側への水平変位が生じたものと考えられる。

### 3.1.2 基礎地盤が粘性土の場合

基礎地盤が粘性土の場合では、L1およびL2加振による橋台の水平変位は、EPS盛土のケースおよび普通盛土のケースでは橋台前面方向に、盛土なしのケースでは橋台背面方向に生じており、EPS盛土のケースにおける橋台の水平変位挙動は盛土なしのケースよりも普通盛土のケースに近いことがわかった。これは、EPS盛土のケースにおいても普通盛土のケースと同様に橋台背面に地震時土圧が作用したことによるものと考えられる。また、L2加振時には盛土なしのケースおよび普通盛土のケースで加振中に橋台天端部とフーチング上面の相対変位が大きくなっており、L2加振により橋台に回転変位が生じたことが分かった。

### 3.2 地震時土圧

橋台背面の荷重計のデータから算出した土圧合力が最大となる時刻における土圧の深度方向分布を実物大換算して図-5に示す。ここで示した土圧は加振前の土圧を含んだ全土圧から荷重計載荷板の応答加速度による慣性力を差し引くことで算出した。また、道路橋示方書V編に示される土圧式より求めた地震時土圧も参考に示した。

EPS盛土のケースの中間床版位置近傍における土圧は、普通盛土の場合の同じ位置での土圧に比べて大きくなっており、中間床版と橋台の接触による作用が卓越することがわかった。また、EPS盛土のケースでは、L1加振時、L2加振時ともに基礎地盤が砂質土の場合は深度5.5m位置で、粘性土の場合では深度2.5m位置での土圧がそれぞれ最も大きくなった。同様に普通盛土のケースにおいても、粘性土の場合では深度1.5m~2.5m位置での土圧が大きくなり、深い位置での土圧と同程度となった。このことから、背面盛土条件や入力地震動に関わらず、基礎地盤の条件によって地震時土圧の分布形状が変化し、粘性土地盤においては浅い深度での土圧が大きくなることで、地震時土圧合力の作用位置が上昇することがわかった。

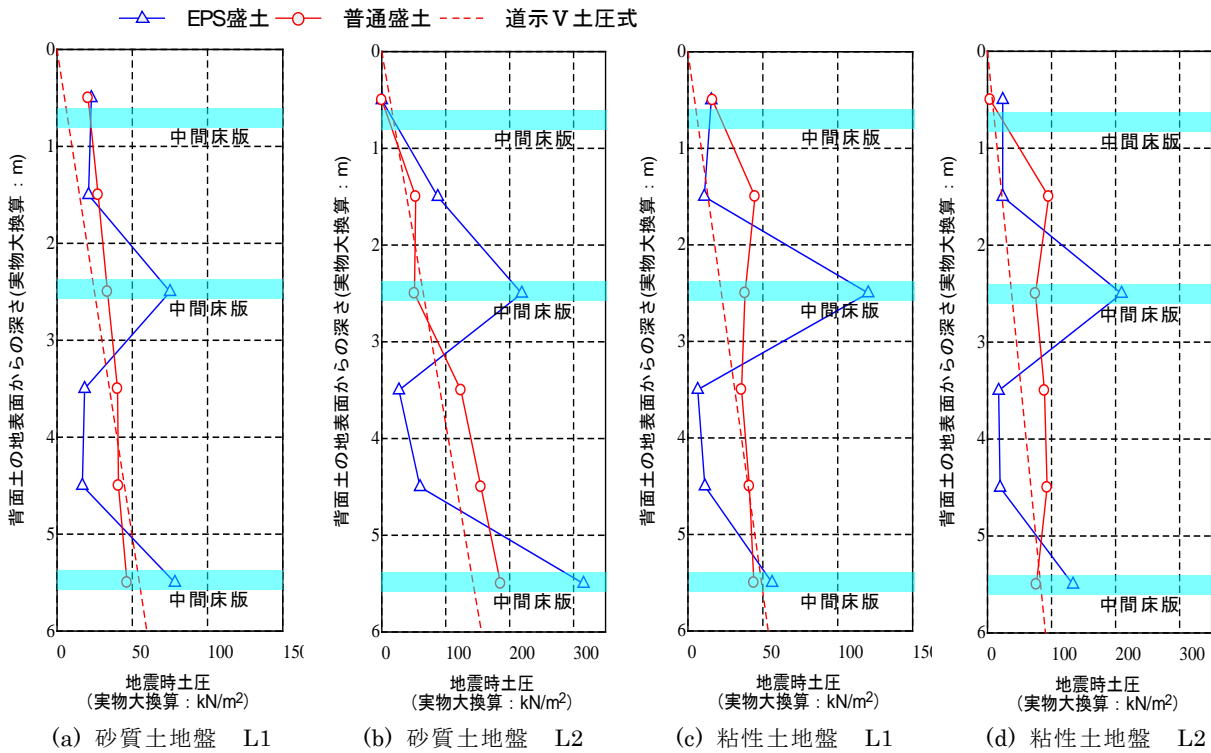


図-5 地震時最大土圧の深度方向分布

#### 4. まとめ

本検討では、背面にEPS盛土を有する橋台における橋台とEPSの地震時相互作用に関する遠心模型実験を行った。その結果、橋台背面にEPS盛土を設置した場合の橋台の応答変位が、基礎地盤の変位が大きい粘性土地盤においては、橋台背面に盛土がない場合より橋台背面に普通盛土を配置した場合に近い挙動を示すことや、地震時に橋台に作用する土圧は、L1加振時L2加振時ともに橋台背面に普通盛土を配置した場合に比べてEPS盛土を設置した場合の中間床版位置での作用力が大きくなることを確認した。

今後は、本実験で明らかとなったEPS盛土を用いた橋台の地震時挙動を踏まえ、橋台に作用する地震時土圧や上部構造による慣性力の大きさ、および橋台および杭基礎の地震時抵抗特性について、解析的手法を用いて評価した上で、EPS盛土を用いた橋台の性能評価法の提案を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) 発泡スチロールを用いた軽量盛土の設計・施工マニュアル、土木研究資料第3089号、1992.
- 2) 篠原聖二、藤原慎八、西田秀明、石田雅博：中間床版を有する橋台背面軽量土の地震応答解析、第48回地盤工学研究発表会、2013.
- 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編、2012.

藤原慎八



(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センター  
橋梁構造研究グループ  
交流研究員  
Shinya FUJIHARA

篠原聖二



(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センター  
橋梁構造研究グループ  
主任研究員  
Masatsugu SHINOHARA

西田秀明



国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部構造・基礎研究室主任研究官(前(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ主任研究員)  
Hideaki NISHIDA

石田雅博



(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センター  
橋梁構造研究グループ  
首席研究員  
Masahiro ISHIDA