

EPS 壁体構造の壁体形式に関する振動実験

渡邊 栄司* 西川 純一**

1. はじめに

発泡スチロール (Expanded Polystyrene : 以下 EPS と称する) を使用した超軽量盛土工法は、近年幅広く採用されている。道路拡幅盛土を行う際に地形条件などの制約がある場合、EPS は直立した盛土が可能であるために利便性が大きい。この採用事例が増えるに伴い、EPS 拡幅盛土の高さも大きくなる傾向にある。EPS 拡幅盛土の壁体構造物は、当初、コンクリート擁壁から始まったが、その後、H 鋼 + PC パネルなどを使った簡易な構造も使われている。しかし、EPS 拡幅盛土の壁体にかかるコストは、依然、施工費の大きな割合を占めるため、より一層のコスト縮減を考えた場合、あらたな壁体構造の開発が必要である。一方、壁体の高さが大きくなると地震時における壁体構造と盛土の安定性についても照査する必要がある。

本文は大型振動実験装置を用い地震時における壁体構造形式ごとの応答特性を検証する目的でおこなった実験の結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 振動台実験模型

EPS 拡幅盛土における EPS 前面の壁体構造は、形式の違いにより盛土部全体の変形特性に大きく関与していると考えられる。そこで振動台実験により地震時における応答特性を明らかにすることとした。実験方法は、EPS 盛土形状を一定とした模型を大型振動台に乗せ、壁体構造形式およびアンカーの有無をパラメータとし加振をおこなった。本実験では EPS 盛土高さ 15m 程度と想定したが実際は実験装置の制約により図 - 1 に示すように 1 / 5 の縮小模型を使用することとした。EPS ブロックの種別は D - 20 (型内発泡法 : 密度 20kgf/m^3) とし壁体前面 40cm (1 段目は

35cm) の範囲を 1 / 5 モデルのブロック、背面側には一体型ブロックを用い、盛土高さ 60cm 毎には中間床版を模擬した鋼板 ($t = 2\text{cm}$) を使用した。また、実施工時の舗装などの上載荷重 (150kN/m^2)、EPS と各部材間に生じる摩擦抵抗についても考慮した。

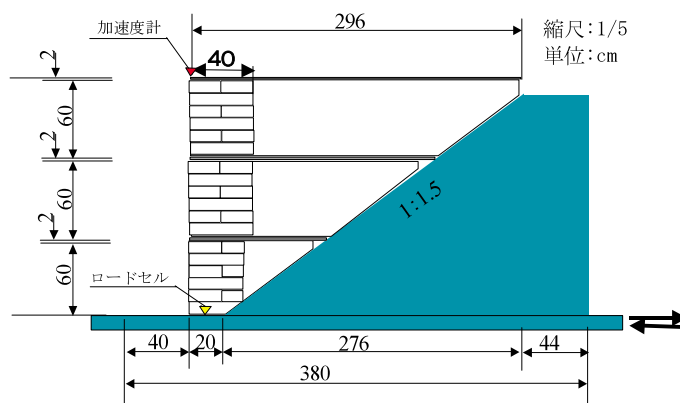


図 - 1 代表的実験模型断面及び計測位置

2.2 実験模型モデル

近年、EPS 拡幅盛土における壁体構造は従来の擁壁構造から H 鋼を用いた自立型壁体構造に変わってきている。本実験は、既存の構造形式 (H 鋼根入れタイプ・H 鋼直接基礎タイプ) のモデル化を含め、アンカー及び壁体形式に着目したケースなど 6 種類に分類し、各ケースについての実験結果の比較をできるようにした。図 - 2 に示すように、壁体については既存の構造形式である H 鋼根入れタイプ及び H 鋼直接基礎タイプに準じ下部固定、非固定の 2 パターンでモデル化した。また、アンカーについては、各段の荷重分担特性を把握する為、中間床版 (上下) にもアンカーを入れたケースを用意した。

	<p>上段：模式図</p> <p>下段：構造形式</p>		<p>上段：模式図</p> <p>下段：構造形式</p>
ケース 1		ケース 4	
	<p>壁体：無し アンカー：無し</p>		<p>壁体：有り、下部固定 アンカー：上部床版のみ有り</p>
ケース 2		ケース 5	
	<p>壁体：無し アンカー：上部床版のみ有り</p>		<p>壁体：無し アンカー：上部床版、中間床版全て有り</p>
ケース 3		ケース 6	
	<p>壁体：有り、下部非固定 アンカー：上部床版のみ有り</p>		<p>壁体：有り、下部非固定 アンカー：無し</p>

図 - 2 振動台実験モデル図

2.3 入力地震動

予備実験の結果から装置の制限上、高周波数域での大きな加振は困難な為、強震時の動的応答特性の実験に関しては、表 - 1 に示す地震動を用いたランダム波加振にて行った。ランダム波については、道路橋示方書 耐震設計編で設定されている3タイプの標準加速度応答スペクトルに適合した修正観測地震動を用い

た。振動実験では各ランダム波を変位波形に変換し、変位制御によりおこなった。各振動台実験の振動架台で計測された応答加速度波形(加振方向)の最大値(表 - 1)より目標の入力地震動を再現することができていることがわかる。

表 - 1 入力地震動一覧表

地震動種別	地盤タイプ	ランダム波		加振最大加速度 (gal)						
		波形名	最大値 (gal)	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	
レベル1地震動	種	1968年日向灘沖地震 修正板島橋記録	118	128	131	122	128	123	134	
レベル2地震動	タイプ	種	1994年北海道東方沖地震 修正温根沼大橋記録	364	376	362	354	358	392	382
		種	1994年釧路沖地震 修正釧路川堤防記録	438	579	443	445	439	426	-
	タイプ	種	1995年兵庫県南部地震 修正神戸海洋気象台記録	812	785	875	839	814	821	-
		種	1995年兵庫県南部地震 修正 JR 鷹取駅記録	686	-	713	641	682	684	-

3. 実験結果と検討

3.1 加振による EPS 盛土の変形

アンカーを設置しないモデル（ケース1f）について、大規模地震時（レベル2）を想定した加振ではロッキングモードが卓越し最下段の EPS が荷を背負った形となり 5 cm 程度の残留変形を生じた（写真 - 1）。しかし盛土全体の崩壊には至らず、EPS 盛土の

自立性が確保されることが確認された。

アンカーを設置したモデルのケースでは、大規模地震時を想定した加振でかつ壁体なしのケース2であっても写真 - 2 に示すとおり残留変形が生じることもなく健全性が確保されることが確認された。今回の加振実験結果よりアンカーを配置することで大規模地震時の安定性が確保できることが明らかとなった。



写真 - 1 レベル2加振後の状態
(ケース1: アンカー・壁体なし)



写真 - 2 レベル2加振後の状態
(ケース2: 上部アンカーのみ)

3.2 EPS 盛土の加速度応答倍率と構造形式の関係

実験の結果(図-3)から、各構造形式ともレベル1地震動を入力した時に最も大きな加速度応答倍率を示すことがわかった。特に壁体なし・アンカー無しのケース1では約4.2倍の応答を示している。また、レベル1地震動の中で最も応答倍率が小さい構造形式はアンカーを全てに設置したケース5(約2.0倍)であった。

レベル2地震動については、おおむね構造形式に関わらず加速度応答倍率は約1.5~2.0倍程度の範囲にあるが、アンカーが無いケース1,6については、1倍以下もあった。このようなケースではロッキングモードが卓越し易く、水平方向の加速度応答倍率はほとんど1に近い値となるといえる。これらから道路拡幅盛土のレベル2地震時の応答倍率は、約1.5~2.0倍程度を想定しておけば良いことが確認された。

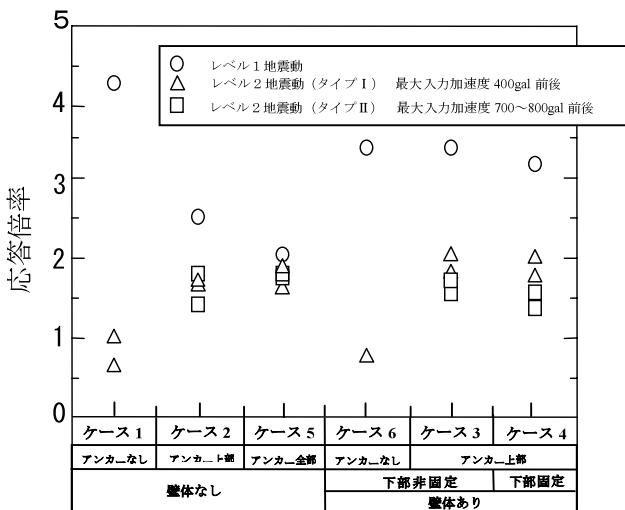


図-3 EPS 盛土の加速度応答倍率と構造形式の関係

3.3 EPS 底版部に作用する地震時増分応力と構造形式の関係

EPS 底版部に作用する地震時増分応力と構造形式の関係(図-4)をみると、レベル1からレベル2地震動の違いや構造形式の違いによりEPS 底版部に作用する増分応力は異なることがわかる。特にアンカーの設置が壁体の有無より地震時増分応力に大きく関係していることがわかる。すなわちアンカーを設置することが地震時におけるEPS 底版部材に作用する増分応力の軽減につながるという。

本実験に供したD-20の場合、許容応力度および地震時割増係数¹⁾よりEPS 部材の地震時許容応力増分を

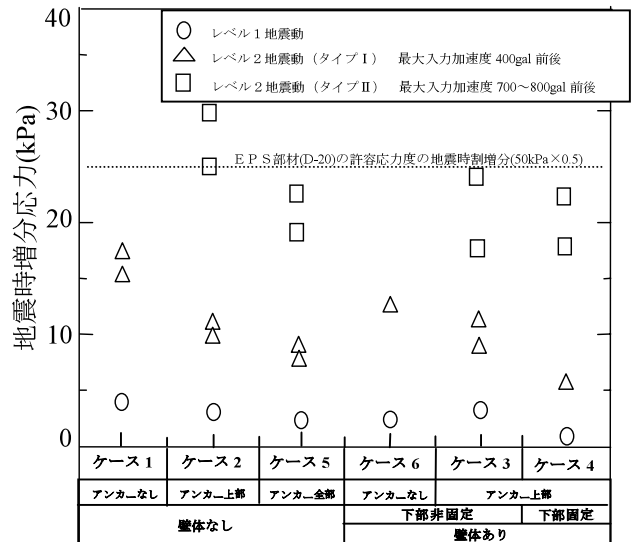


図-4 EPS 底版部に作用する地震時増分応力と構造形式の関係

約25kPa(図-4の点線)見込むことが可能である。

今回の実験において、レベル2(タイプII)の地震動を入力するとケース2ではこの値を超えている。さらに、実験ケースにはないケース1,6もこの値を超える可能性が大きい。しかし本実験のモデルは硬質な地盤を想定しており本来の使用条件であるN値10~20程度の地盤であればD-20で十分対応できると考えられる。

3.4 アンカーに作用する地震時作用荷重と加振加速度の関係

アンカーに作用する地震時作用荷重と加振加速度の関係を図-5~図-7に示す。図-5は、上部床版に取り付けたアンカーの作用荷重と加振加速度の関係を示している。アンカーの作用荷重は加振加速度の増加に伴い大きくなっていることがわかる。上部床版の慣性力に対する上部アンカー荷重分担率と構造形式の関係を図-6に示す。同図より、上部アンカーの荷重分担率が最も大きな構造形式は、壁体なし・アンカー上部のみの実験ケースである。次いで壁体あり・下部非固定、壁体あり・下部固定、壁体なし・アンカー全てありの実験ケースとなっている。現行のEPS設計試算²⁾では上部床版にアンカーを設置する場合については、全ての慣性力を考慮してアンカーの設計をしているが、実験結果ではレベル2地震動を考慮し、さらに不安定な状態(EPS 底版幅: 1.0m)の場合でも上部床版の慣性力に対する上部アンカーの荷重分担率は最大で95%程度、壁体ありの場合では85%程度である

ことがわかった。また、各床版にアンカーを設置した場合の各アンカーの作用荷重分担率は図 - 7 に示すように上部床版の1に対し・中間・下段床版は0.1~0.2程度であることがわかった。

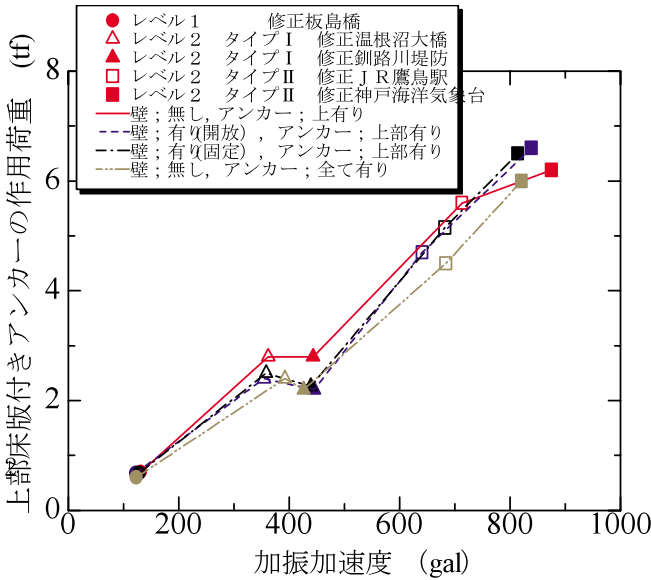


図 - 5 上部床版アンカー加重と加振加速度の関係

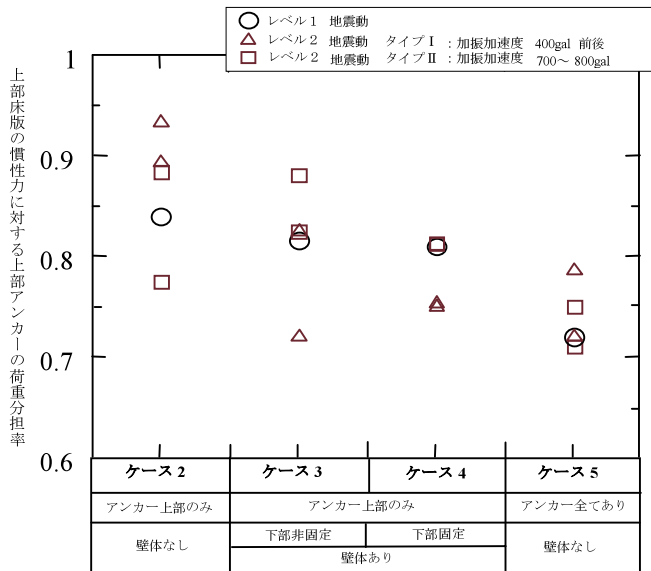


図 - 6 上部床版の慣性力に対する上部アンカーの荷重分担率と EPS 構造形式の関係

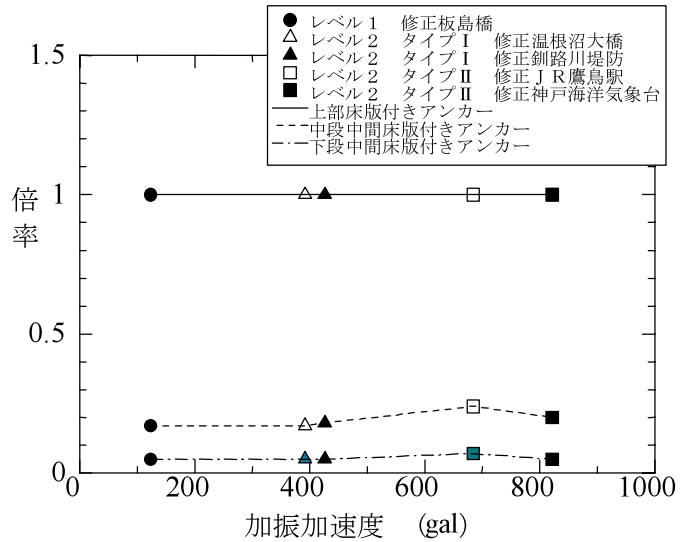


図 - 7 各アンカーの荷重分担率と加振加速度の関係

4. まとめ

今回の実験から、壁体形式およびアンカーの有無により地震時における EPS 盛土の変形状況や応答特性が以下のようになることが確認された。

振動台実験結果からアンカーおよび壁体がないケースは、レベル 2 地震動に対して残留変形が生じた。

地震時における残留変形を抑制する為には、上部床版のアンカーが EPS 盛土の安定性に大きく影響していることが明らかとなった。

レベル 2 地震動における EPS の底版反力を軽減するには、壁体あるいは多段アンカー工の設置が有効である。

本実験の結果を基に、今後の EPS 拡幅盛土における施工性・経済性に優れた、壁体型式の検討を継続して研究して行く予定である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 共通編・下部構造編1996.12
- 2) 発泡スチロール土工法開発機構 編：EPS 工法，理工図書，pp140、1993.2



渡邊 栄司*

Eiji WATANABE
北海道開発土木研究所
構造部
土質基礎研究室
研究員



西川 純一**

Jun'ichi NISHIKAWA
北海道開発土木研究所
構造部
土質基礎研究室 室長
理学博士