

遠心模型実験におけるサンドイッチ型垂直軽量盛土の地震時変形挙動

九州工業大学大学院 学生会員 ○別府直人 田淵博史
九州工業大学工学部 正会員 永瀬英生 廣岡明彦 清水恵助

1. はじめに

発泡スチロールを用いた EPS 工法がわが国に導入されて以来、多くの実績を残している。しかし一方で、高価である、軽量過ぎるなどの問題が指摘されている。そこで、現地で発生する建設発生土と孔空きの発泡スチロール版(以下、EPS 版と称す)をサンドイッチ状に挟み込み垂直盛土を築造するサンドイッチ型垂直軽量盛土工法が開発された。本工法は、現場の地盤条件に合わせて盛土全体の重量を適切にコントロールでき、圧密沈下減少などを実現できる特徴を有する。

本研究では、振動台を搭載した遠心力载荷装置を用いて模型振動実験を行い、本工法において築造された盛土に地震荷重が作用した場合の内部応力・変形状態を調べるとともに、その地震時安定性について検討した。

2. 実験方法

表 1 に実験ケースを示す。EPS 版と土の厚さの比を 2:3 とした Case-A を基本ケースとし、それに対し、EPS 版の厚さを 50%増加、減少させた 2 ケースをそれぞれ Case-B、Case-C、基本ケースに上载荷重を载荷したケースを上載 Case-A とした計 4 ケースで実験を行った。用いた遠心力载荷装置は東洋建設(株)技術研究所所有のものである。

図-1 に遠心模型図を示す。ただし、この断面は設計で実施される安定計算により静的安定性が確保されたもので、3 つのケースにおいて形状が多少異なる。模型の縮尺は 1/40 で、遠心加速度は 40G とした。模型地盤を構成する土材料には豊浦砂を用い、基礎地盤を $Dr=80\%$ 、背後地盤およびサンドイッチ土を $Dr=75\%$ を目標に最適含水比で締め固めた。EPS 版は実際の施工でも使用されている D-20~D-45 版をそれぞれの深さに敷設した。壁面にも EPS 版(D-20)を用い、それを敷設した EPS 版と接着して L 型に成形し、重量調節のためアルミ板をその外側に貼付した。模型の作製については、実際の施工同様、EPS 版の敷設、サンドイッチ土の転圧を所定の高さまで繰返し行った。計測器の配置については、以下のとおりである。すなわち、加速度計(Acc1~3)は振動台上、盛土地表面、盛土 6 層目の EPS 版上の 3 箇所に 1 つずつ設置した。土圧計(EP-1~6)は、鉛直土圧計として最下部土層内に 2 つ、水平土圧計として 3 層目背後に 1 つ、7 層目に 3 つ設置した。変位計は、盛土地表面に 2 つ、外壁面に 3 つ設置した。加振においては、水平加速度 α と重力加速度 G の比 $\alpha/G=0.3$ とし、正弦波を 20 波与えた。さらにレベル 2 地震動を想定して、 $\alpha/G=0.5$ に相当する波を数波含む入力波も用いた。これらのケースにおける入力最大加速度 α_{max} は実規模換算で 300gal と 500gal に相当する。そのときの载荷周波数

表-1 実験ケース

	盛土高さ(mm)	1層当りのEPSの厚さ(mm)	1層当りの土層の厚さ(mm)	入力加速度(gal)
Case-A	275 (11)	10 (0.4)	15 (0.6)	300,500
Case-B	275 (11)	15 (0.6)	10 (0.4)	300,500
Case-C	275 (11)	5 (0.2)	20 (0.8)	300,500
上载荷重 Case-A	295 (11.8)	10 (0.4)	15 (0.6)	500

()書きは実規模寸法(m)

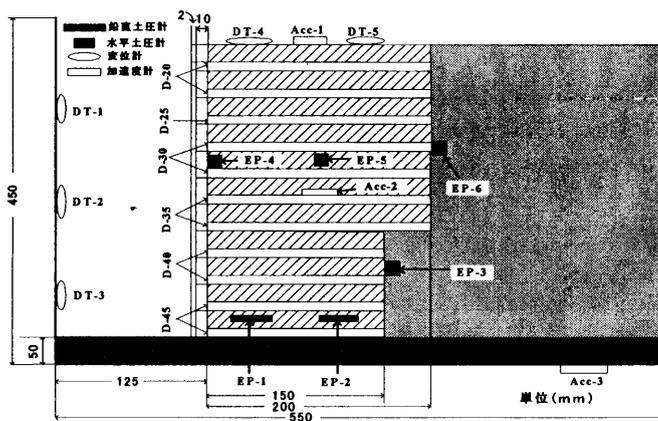


図-1 遠心模型図(Case-A)

キーワード：遠心模型実験 変形 盛土

は 40Hz とした。なお、以下には主に $\alpha_{max}=500gal$ の試験で得られた結果について考察する。

3. 結果および考察

図-2 に遠心加速度を上昇させる過程で生じた鉛直変位の比較図、図-3 に振動時に生じた鉛直変位の比較図を示す。ただし、変位の値は実規模換算したものである。40G まで载荷した静的条件での鉛直変位は、上载荷重のある場合を除くと、最も軽い Case-B で最も大きく、他の 2 ケースではほとんど変わっていない。これは、Case-B においては EPS 版が最も厚く、軟らかい材質のものを多く用いていることで圧縮変形が卓越したものと考えられる。ただし、この実験では完成した盛土に 40G 载荷して急に変位が生じるが、実際の施工では、1 層ごとに積み上げていく間にこの程度の変位は修正されるので、この大きさの変位が完成後に生じるわけではない。振動時については、盛土の重量が大きいものの方が大きく変位していることが分かる。盛土重量が大きいほど、振動により盛土がせん断変形することにより、土層部分も壁面側に膨れて、鉛直方向に変位が増加したのではないかと考えられる。Case-A の上载荷重の影響に関しては、上载荷重がない場合に比べて静的、動的な場合両方とも 5cm 程度変位に差が見られた。よって振動時の鉛直変位に対しては、盛土重量が最も影響していると考えられる。

図-4 に遠心加速度を上昇させる過程での水平変位の比較図、図-5 に振動時での水平変位増分の比較図を示す。ここに、D/H は盛土下端からの変位計取付位置 D を盛土高さ H で除して無次元化したものである。40G 载荷時の水平変位は、天端で最も大きく、特に上載 Case-A において最も大きくなっている。この場合は、土層が圧縮変形することにより、水平変位も大きくなったものと考えられる。振動時においては、重量の大きい Case-C、上載 Case-A において最も変位が大きくなっている。これについては、重量が大きいことにより慣性力が大きくなるためであると考えられる。また、図-6 に遠心加速度を上昇させる過程での水平土圧と水平変位の関係を示す。ここで、水平土圧は計測された土圧の最大値であり、多少ばらつきはあるが概算値の 35~55% である。水平土圧は、水平変位が大きいものほど小さくなっている。これについては、水平変位が生じることで壁面側の拘束がなくなり、水平土圧が小さくなったのではないかと考えられる。

以上の計測結果より、平常時での変位は小さく、施工段階で修正可能であり、水平土圧は概算値より小さい。また、振動時の鉛直変位は 5 cm~10 cm 程度、水平変位は 10 cm~30 cm 程度で、12m の盛土に対してはそれぞれ機能を損なうほど大きくはないと判断される。

4. 結論

本工法で築造された盛土に対して遠心模型実験を行った結果、本工法による盛土構造物は、レベル 2 地震動に対しても変形は生じるが、破壊は起こさず、ある程度安定性を確保できることが明らかになった。なお、本研究を遂行するに当たり、アース・ストーン（株）の佐藤全良氏より貴重な助言をいただいた。ここに、感謝の意を表します。

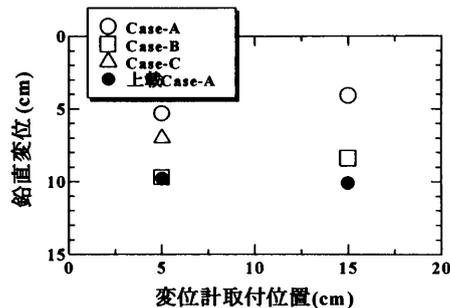


図-2 40G 载荷時鉛直変位比較図

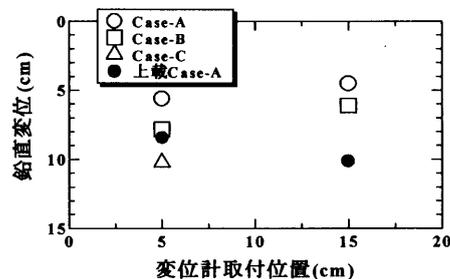


図-3 500gal 振動時鉛直変位比較図

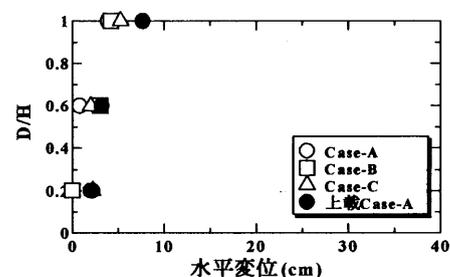


図-4 40G 载荷時水平変位比較図

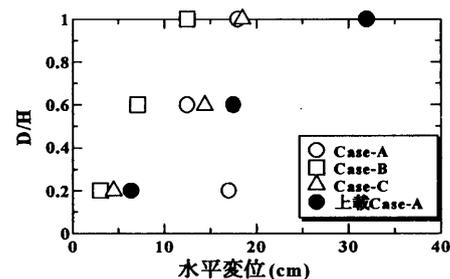


図-5 500gal 振動時水平変位比較図

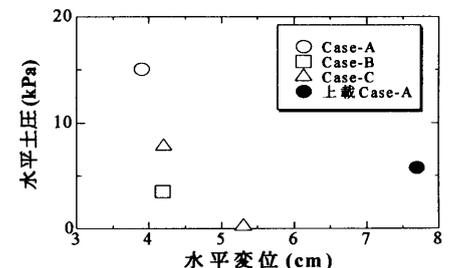


図-6 40G 载荷時における水平土圧と水平変位の関係