高盛土下アーチカルバートの EPS による土圧低減効果

清水建設(株)　正会員　○辻岡　章雅
清水建設(株)　正会員　土屋　信洋
清水建設(株)　正会員　長澤　正明

1. はじめに

カルバートを設置して盛土を行うと、カルバート上の盛土と周辺の盛土に相対変位が生じ、カルバートに大きな鉛直土圧が作用する[1)]。カルバート上に EPS を敷設して盛土を行うことで、盛土の荷重により EPS が圧縮し相対変位が吸収されるため、鉛直土圧の低減に繋がる。アーチカルバートでの事例では、アーチ天端の鉛直土圧のみ計測して、EPS の土圧低減効果を検証した報告が多い[例えば 2)]。そこで、アーチカルバートに複数の計測点を設けて鉛直土圧を計測し、アーチ部全体で EPS の土圧低減効果を検証した。

2. 概要

アーチカルバート、地盤条件、EPS（D-25）、計測器位置を**図 1** に示す。鉛直土圧計は天端に位置する①のほか、アーチの約 45°地点に位置する②と、アーチの端部に位置する③の 3 つとした。敷設する EPS は厚さ 50cm、幅 8m であり、カルバート上に厚さ 2.0m の覆土を行い、水平に敷設した。また、EPS 中央部と端部には上下に沈下板を設置し、EPS の圧縮量を計測した。EPS がない場合は盛土高 11m まで、EPS がある場合は盛土高 18m まで盛土を行い、EPS の土圧低減効果を検証した。

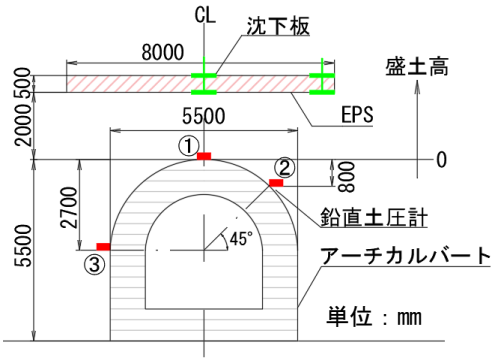

図 1　計測位置と断面

3. 結果と考察

3.1　計測結果の比較（EPS なし／あり）

鉛直土圧の計測結果を**図 2** に示す。道路土工[1)]に基づく計算値は、**表 1** に示す鉛直土圧係数を考慮して算出した。EPS なしの場合、土圧計①と②の計測値が大きく、天端付近に鉛直土圧が集中した。

EPS ありの場合は、全ての土圧計で EPS なしの場合よりも計測値が小さくなり、土圧計①と②では土圧低減が顕著に見られた。土圧計①での土圧低減が特に大きく、盛土高 10m 以上では鉛直土圧がほぼ横ばいとなり、道路土工に基づく計算値以下となった。

この結果より、アーチカルバートに対する EPS の土圧低減効果はアーチ部全体で発揮され、特に、アーチ天端付近、もしくは、盛土高が高い場合で、大きな効果があると言える。アーチカルバートは高盛土下では天端に土圧が集中しやすいと考えられ、EPS による土圧低減は効果的であると考えられる。

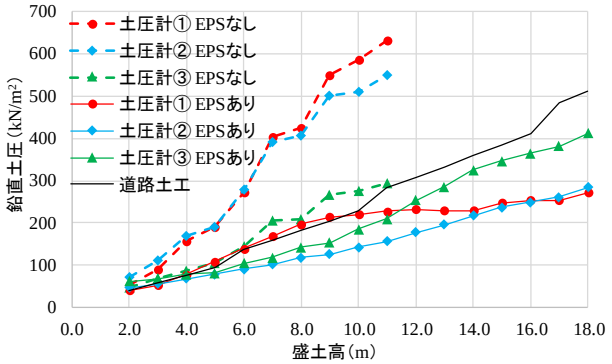

図 2　鉛直土圧計測値（EPS なし／あり）

表 1　鉛直土圧係数 α[1)]

$h/B_0 < 1$	1.0
$1 \leqq h/B_0 < 2$	1.2
$2 \leqq h/B_0 < 3$	1.35
$3 \leqq h/B_0 < 4$	1.5
$4 \leqq h/B_0$	1.6

h…盛土高（m）
Bo：カルバート幅（m）
＝5.5m

キーワード　EPS、アーチカルバート、土圧低減、鉛直土圧、高盛土、FEM 解析
連絡先　〒104-8370　東京都中央区京橋 2-16-1　TEL:03-3561-3916

3.2 解析による土圧低減効果の検証

3.1 の計測結果を検証するため、EPS なしの場合の計測結果を基に土圧集中状態を再現した解析モデルを作成し、そのモデルに EPS の要素を導入することにより、FEM 解析で EPS の土圧低減効果を検証した。その結果を図 3～5 に示す。土圧計①と②の解析では、EPS 敷設により鉛直土圧が低減したが、実際の計測結果ほど大きな土圧低減にはならなかった。土圧計③の解析では、EPS を敷設したにも関わらず土圧が低減しなかった。計測値と解析値は同程度であった。

ここで、EPS の圧縮量（図 6）に注目する。解析モデルでの EPS は線形要素としたが、実際には盛土高 10m から中央部が大きく圧縮した。EPS のひずみが 6%（圧縮量 3.0cm）になり EPS が塑性化したためと考えられる。盛土高 10m 以上で圧縮量が大幅に増えたため、天端にある土圧計①の計測値がほぼ横ばいになり、解析値との差が生じたと考えられる。

また、最終的な EPS 圧縮量は計測結果と解析でほぼ同じになったにも関わらず、解析での土圧低減量は計測結果よりも小さくなった。解析モデルには、せん断強度を超えるせん断力に対して抵抗しないジョイント要素を、盛土要素とカルバート要素の間に設けている。アーチ天端以外は、鉛直土圧に対してカルバート壁面が斜めになるため、ジョイント要素によりせん断変形を生じさせて、アーチ天端に土圧が集中する状況を再現した。実際には、EPS により土圧が低減したため、解析モデルのように顕著な土圧集中が生じなかったと考えられる。その結果、鉛直土圧を天端付近では大きく見積もり、端部では小さく見積もった解析結果になったため、計測結果と解析値で鉛直土圧に差があったと考えられる。

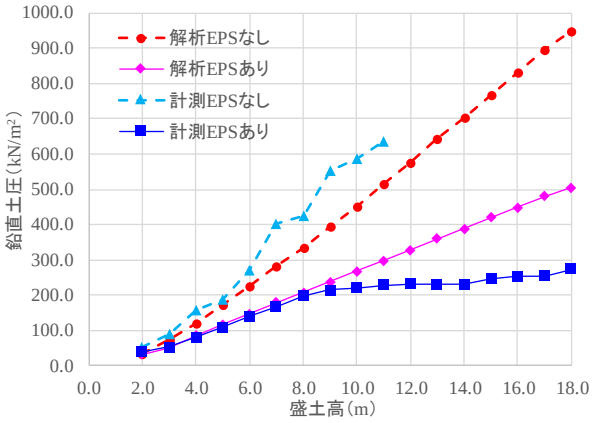

図 3 鉛直土圧 解析値と計測値（土圧計①）

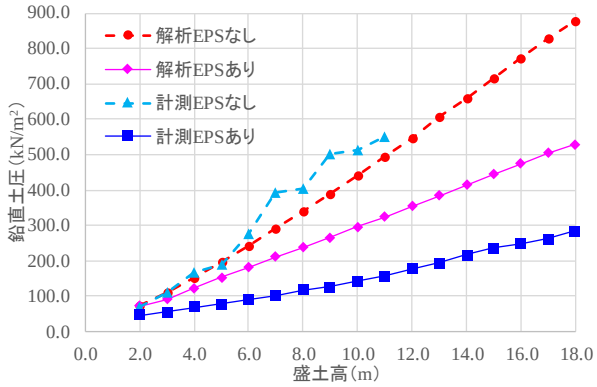

図 4 鉛直土圧 解析値と計測値（土圧計②）

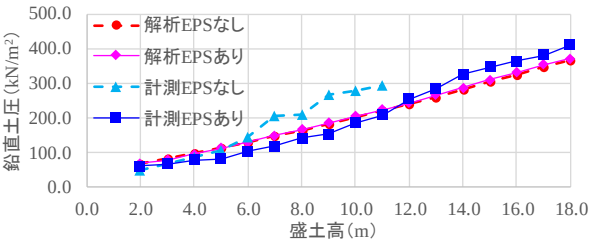

図 5 鉛直土圧 解析値と計測値（土圧計③）

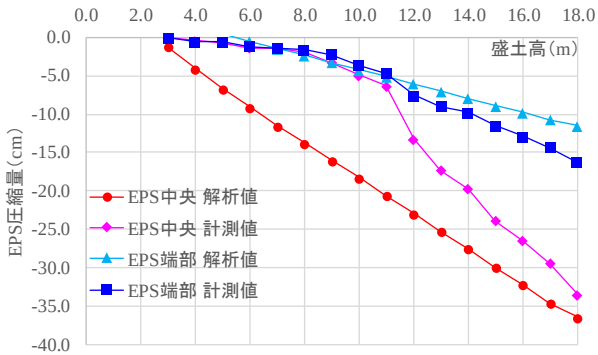

図 6 EPS 圧縮量

4. 結論

①アーチカルバートは天端付近に鉛直土圧が集中しやすい。

②カルバートから 2.0m 離して EPS を敷設しても、EPS の土圧低減効果は発揮される。また、アーチカルバートでは、EPS の端部よりも中央部のほうが大きく圧縮するため、アーチ天端付近の土圧低減効果が特に大きくなる。

③計測結果を回帰した解析モデルでも実際の EPS の土圧低減効果を再現することができなかったことから、EPS を敷設した場合の鉛直土圧を事前の設計段階で予測するためには、より詳細な解析モデルが必要と考えられる。

参考文献

1) 日本道路協会：道路土工―カルバート工指針（平成 21 年度版）、p.97-100、p.157、2010.3

2) 島田忠則、平野毅志：発泡スチロール布設による剛性カルバートの鉛直土圧軽減効果に関する現地試験結果、土木学会論文集 No.666 III-53、p.203-218、2000.12