

# 急傾斜面の EPS 盛土工法

## — 自立杭壁面工方式の施工報告 —

Use of EPS (Expanded Polystyrene) Material in Embankment Remedy on a Steep Slope

金井道夫 (かない みちお)

建設省中国地方建設局鳥取工事事務所 事務所長

嘉本安夫 (かもと やすを)

建設省中国地方建設局松江国道工事事務所 管理課長

### 1. はじめに

現道を拡幅する場合の工法には、現地の地形、地質などの条件により、単に土砂を安定のり勾配で盛土する方法から、橋梁などの構造物による場合まで種々あるが、今回、鳥取県気高郡気高町船磯地内の一般国道9号に登坂車線を設けるための拡幅盛土 ( $W=6.5\text{m}$ ) は、EPS盛土工法により施工した(口絵写真—25, 26)。

本工事は、崖錐層の厚い急な山斜面の凹部に盛土を行うものであり、構造検討も各方面から行い、自立杭壁面工方式(仮称)とし、模型振動実験や現地動態観測を行うなどして、構造物安定上の検証を加えながら施工した。

なお、本工事箇所において、EPS盛土工法がほかの工法に比べて有利となる点を掲げると、次のとおりであり、採用したものである。

- ① 土砂による盛土は、山すそまで達し(標高差40m程度)、工事費に加えて海岸の家屋移転などを伴うことから、多額の用地補償費も要する。
- ② コンクリートなどによる土留め擁壁方式は、地盤のすべり崩壊防止対策が必要となり、工費的に不利である。
- ③ 橋梁は、現道との境界部に土留め壁が必要であり、縦ジョイントが必要になると共に、施工中は交通規制をすることとなる。また工費も大となる。

### 2. 地形地質の概要

当該地は、日本海まで突き出ている山塊地の急な山斜面に沿って国道が走っており、曲線部が連続し、縦断勾配も8%区間があるために、特に冬期には積雪、路面凍結により、交通の難所となっている所である(図—1)。

地質は、新第三紀鮮新世に属する鉢伏山板状安山岩類を基岩とし、基岩はクラックが認められるものの風化は進んでおらず堅固である。

その基岩上に谷部では崖錐堆積層が2~6mあり、さらにその上面を0.5~1.0mの表土が覆っている。この崖錐堆積層は、 $N$ 値5~10程度で岩塊や礫を混在する粘性土である。

### 3. 模型振動実験<sup>4)</sup>

#### 3.1 実験の目的

斜面上のEPS盛土工法について、各荷重状態におけるEPSブロック体の挙動と主に以下の点を明らかにするために実験を行った。

- ・緊結金具の効果



図—1 位置図

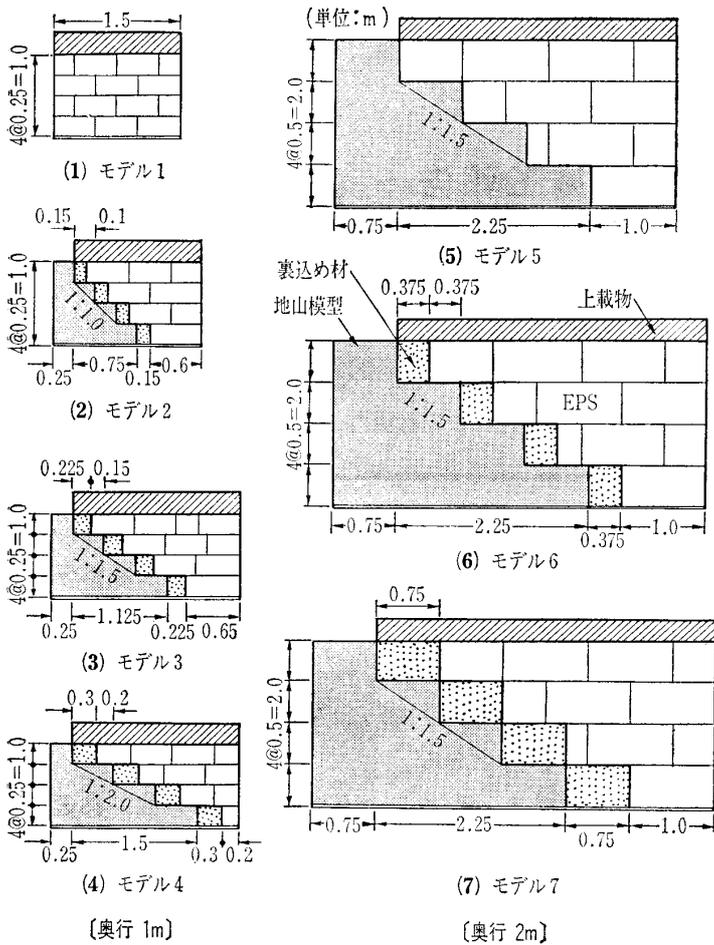


図-2 実験モデル図

表-1 加振条件

ステップ 1	構造物の周波数応答特性を調べるために、正弦波の周波数を1~50 Hzの間で変えながら微小加速度レベルで加振する。
ステップ 2	構造物の共振点付近での応答特性を調べるために、ステップ1で得られた共振周波数の正弦波を用いて加速度を50galずつ大きくしながら200galまで加振する。
ステップ 3	構造物の強振時の破壊性状を調べるために、共振周波数あるいはそれよりも低い周波数の正弦波を用いて、構造物が破壊するまで加速度レベルを大きくしながら加振する。

- ・アンカーの効果
- ・斜面傾斜角の影響
- ・裏込め材の土圧の算定法
- ・動的応答解析の適用性の検証

3.2 実験方法

図-2に示す実験モデルについて、実験ケースを緊結金具の有無、上載荷重(0.75fk<sub>g</sub>/cm<sup>2</sup>, 1.50fk<sub>g</sub>/cm<sup>2</sup>), アンカーの有無を要因とする組合せとし、表-1の加振条件によって実験を行った。

3.3 実験結果

(1) 緊結金具の効果

緊結金具のないケースでは、応答加速度が400gal以上になると、ブロック間の隙間が広がって、残留水平変位が生じた。これに対し、緊結金具のあるケースでは各ブロックは、ばらばらになることはなく、緊結金具の効果が判明した。

(2) 斜面傾斜角の影響

図-2 実験モデル図により説明すると、斜面傾斜角の大きいモデル2のアンカーのないケースでは、強振時にEPS全体が前面に滑動した。また、斜面傾斜角が小さいモデル4のアンカーのないケースでは、強振時にEPS最下段の幅の小さいEPSブロックが横転し、直上面のブロックがその上に乗り上げるような形に変形が生じた。

斜面傾斜角が大きくなるほど、また下端のEPSブロックの幅が小さくなるほど強振時の安定性が低下することが判明した。

(3) 裏込め材の土圧の算定法

モデル6および7の各段の裏込め材からEPSに作用する、静的な水平土圧合力の上載荷重による増分と加振時の静的な変化を図-3に示す。

加振前後時の水平土圧合力の静的な変化は少なく、その平均的な値は、裏込め材をφ=35°として主働土圧係数から求めた計算値と一致した。

また、加振中の水平土圧合力の動的な変化量は、図-4に示すように裏込め材の慣性力と同程度か、

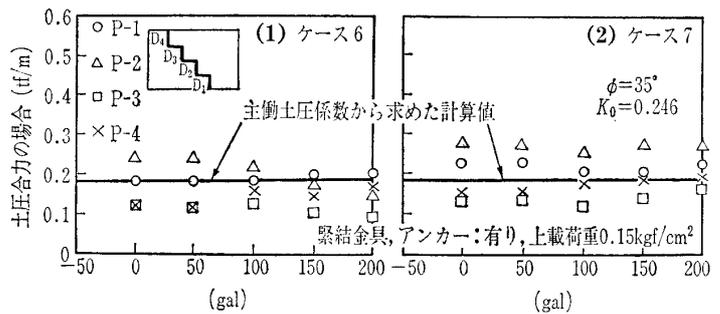


図-3 裏込め材からEPSに作用する静的な水平土圧合力

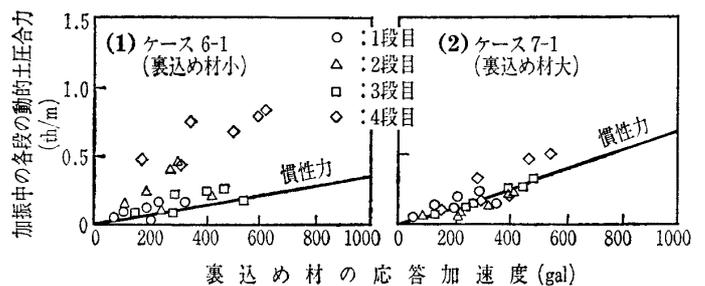


図-4 裏込め材からEPSに作用する動的な水平土圧合力

あるいはそれ以上生じた。

#### 4. EPS盛土工法の設計

設計方法の詳細については、「発泡スチロールの超軽量材としての利用技術指針(案)<sup>1)</sup>」に従い計算検討を行った。壁面工は、EPS背面の土圧による構造物の安定およびEPSを日光の紫外線より保護する目的として設けるものである。検討した壁面工の構

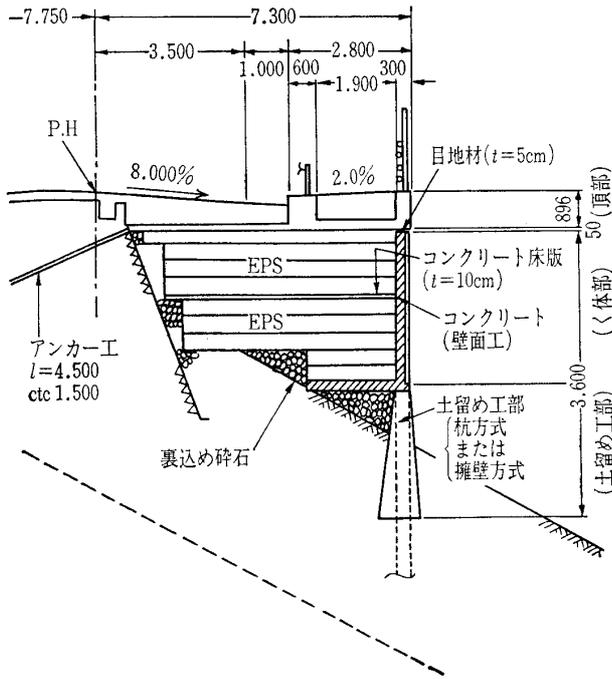


図-5 L型コンクリート壁面方式

造は、図-5に示す従来のL型コンクリート壁面工とH型鋼に壁面パネル材をはめ込む構造の自立杭壁面工の2種類とした。

まず、従来のL型コンクリート壁面工方式について、現地地形条件により検討した結果を示す。

- ① EPSブロック敷設地盤および壁面工底版を施工する場合に、現地地盤を掘削しない条件であるために、基礎部土留め工(以下「土留め工部」という)が必要となる。
- ② したがって、構造体が頂部、中間く体部、土留め工部の三つに区切られたものとなるために、地震時などにおける水平方向力に対する対策が各部に必要となる。

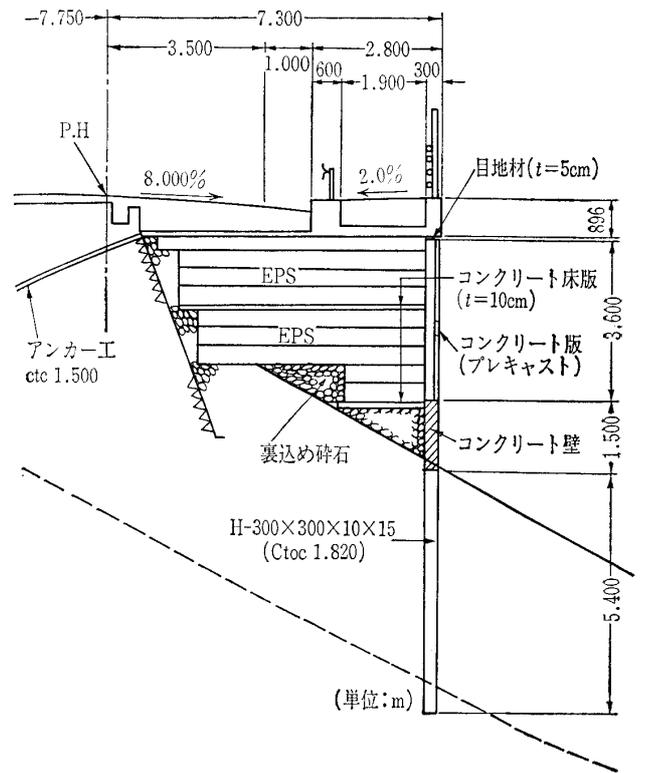


図-6 自立杭壁面工方式断面図

- ③ L型コンクリート壁面工の底版幅は、転倒に対する安定より壁面工コンクリートの第1打設高さの1/2以上である必要がある。

そして、この第1施工高は中間コンクリート床版より高くなければならないので、この関係より床版幅が大きくなる場合には、土留め工部を大規模にすることとなる。

以上を踏まえ、当該地のように急傾斜地においては土留め工部を構築するための自立杭(図-5参照)を盛土高まで立ち上げた自立杭壁面工方式にした方

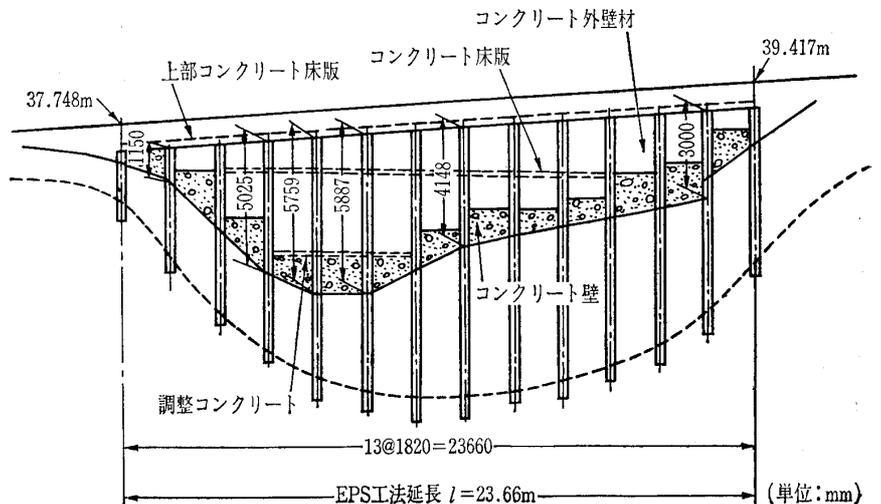


図-7 側面図

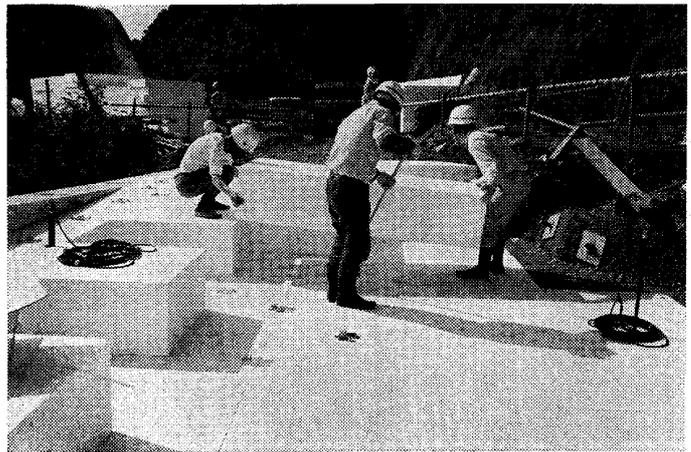
## 報文—2140

が、地震時の構造対策などにおいて有利と考えた。

そして、模型振動実験などの結果より、EPSブロック緊結金具の施工および頂部コンクリート床版などの飛出し防止アンカーを施工することにより、構造上の安定を図ることとした。

自立杭壁面工方式の構造を図—6, 7に示す。

なお、壁面工に作用する水平方向力は、過去の実験<sup>2)</sup>により、上載荷重と自重を加えたものの1/10とした。



写真—1 EPSブロックの設置

EPSは長さ1820mm、幅910mm、厚さ400mmの大型ブロックに加工したものを、縦方向、水平方向ともいわゆるイモ継ぎとならないように割付け計画を行って、水平に設置した(写真—1)。そして、緊結金具で相互(水平ブロック間および上下ブロック間)に連結して一体化を図った。

当該箇所は、曲線区間で縦断勾配も急であり、現地合せのためにEPSブロックの切断加工を行った。この加工は、熱線切断器により容易にできた。

### 5.3 コンクリート床版およびアンカーの施工

頂部コンクリート床版は、交通荷重の分散と路盤工のベース層の確保を目的に設ける。

また、アンカーは地震時において、頂部コンクリート床版などが飛び出さないように、地山とコンクリート床版を固定するためのものである。頂部コンクリート床版( $t=15\text{cm}$ )は砂によって、道路縦断勾配に合わせて平坦とした後に、鉄筋組立、アンカーを連結してコンクリート打設を行った。

なお、地山部アンカーの打込みは鉄筋の打込みと同時に注入する工法により、1.5m間隔の並列に配置し施工した。

### 6. 動態観測による設計検討<sup>5)</sup>

動態観測および設計検討は、標準箇所断面で行った。

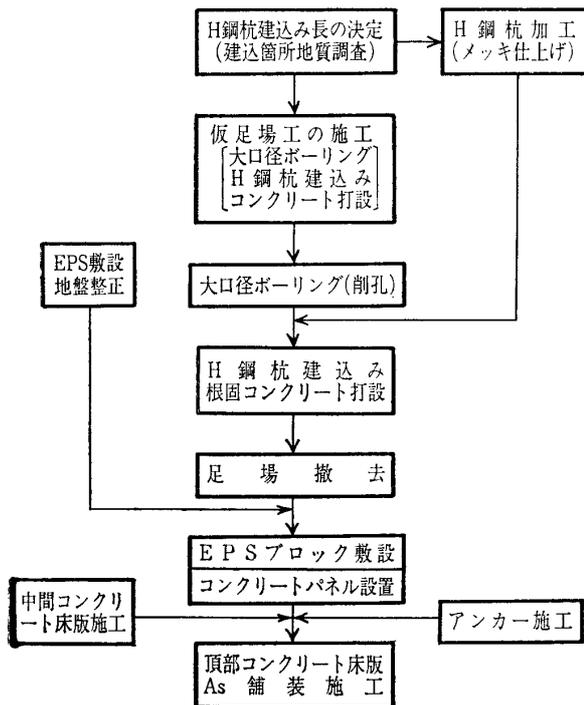
次に、実測値と設計値の比較を示す。

#### (1) 水平土圧

図—8にH鋼杭に設置したパネル式土圧計の経時変化を示す。これより次のことが言える。

① 頂部コンクリート床版打設後の水平土圧は、

土と礎基, 39—8 (403)



## 5. EPS盛土の施工

自立杭壁面工方式の主な施工工程は次のとおりである。

以下に施工方法について簡単に記述する。

### 5.1 H鋼杭の施工

H鋼杭は、大口径ボーリング( $\phi 450\text{mm}$ )機械によって削孔した後、トラッククレーンによって建て込み、コンクリートで充填固定する方法で設置した(口絵写真—26)。

H鋼杭の根入れ長は、事前の地質調査ボーリングによって求めた地層図により計算して決めた。しかし、各杭点箇所においては、必ずしも地層図と一致しないので、所定の根入れ長確保のために、現場でH鋼杭の溶接継足しや切断作業が必要であった。

### 5.2 EPSブロックの設置

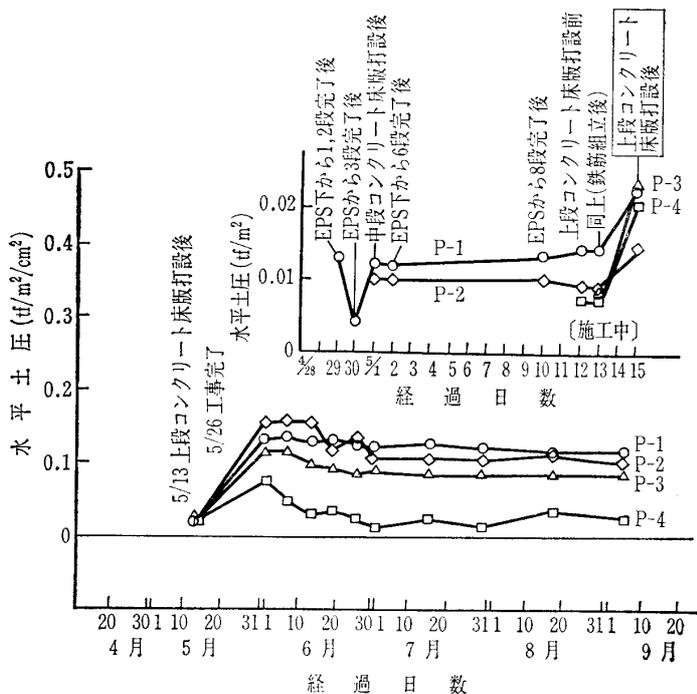


図-8 パネル式土圧計による水平土圧の経時変化

0.02tf/m<sup>2</sup>に達するが、その後0.1tf/m<sup>2</sup>で安定する傾向にある。

- ② 計算値と比較すると、背面砕石による土圧は頂部コンクリート床版打設前の土圧に相当するが、実測値0.01tf/m<sup>2</sup>に対して計算値は0.87tf/m<sup>2</sup>であり、大きな差となった。
- ③ As舗装終了後の水平土圧は、実測値0.11tf/m<sup>2</sup>に対し、計算値は1.44tf/m<sup>2</sup>と大きな差があった。この差については、前記②土圧の計算方法

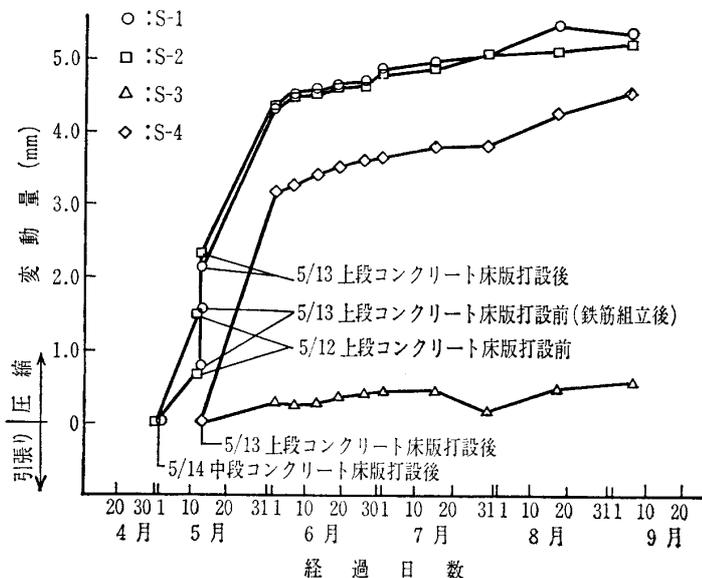


図-9 EPSの圧縮量の経時変化

(係数のとり方など)および頂版コンクリートによる荷重分散が、実際には大きいことによるものと考えられる。

(2) EPS材の圧縮量

図-9に伸縮部で測定したEPS材の圧縮量の経時変化を示す。

- ① As舗装に伴う荷重増加により、EPSの圧縮量が増し、経時的に徐々に圧縮量が増加する傾向にある。
- ② S-2の伸縮量が5mmまでに達しているがひずみに換算すると0.5%以下であり、弾性範囲(弾性限界で2%)の中にある。

(3) 輪荷重載荷時の挙動

i) EPS材圧縮量

輪荷重は、11tダンプトラックに砕石を満載して載荷した。

計測データは、輪荷重が計測断面に近づくに従い、EPS材は圧縮変形を起こし、通過後には変形は回復した。

最大圧縮量は、輪荷重直下で0.74mmであった。なお、計算値は左右車輪の影響を受けるものと仮定して4.2mmの値となっている。

ii) EPSブロック上面の鉛直応力

計測データによると、左右車輪の中央部で最も大きく0.4tf/m<sup>2</sup>となっており、計算値の2.3tf/m<sup>2</sup>に比して大差で小さな値であった。

以上のi), ii)については、頂部コンクリート床版により通常の45度荷重分散よりも荷重分散が大きく、さらに、地山と自立H鋼杭を支点とする梁としても働いていて、その支点到荷重が逃げていることが考えられる。

iii) 水平土圧

パネル土圧計で計測した水平土圧の値には、輪荷重による土圧増加は認められなかった。

(4) 観測値のまとめ

以上の動態観測について、今までに得たデータと観測結果の概要のみを記述したが、観測値は、計算値より安全側の結果を得た。

なお、荷重による自立H鋼杭の水平変位量も微小であったことを付け加えておく。

以上のとおり今までの観測結果からは、構造上の問題点(不安定側要因)は見当たらないと考え

## 報文-2140

ている。

しかし、交通開放後のEPS材の圧縮量は増加することが考えられるので、今後も観測を続けていく予定である。

## 7. おわりに

本工事においては、模型振動実験、現地動態観測などを行い施工を進めた（写真-2）。

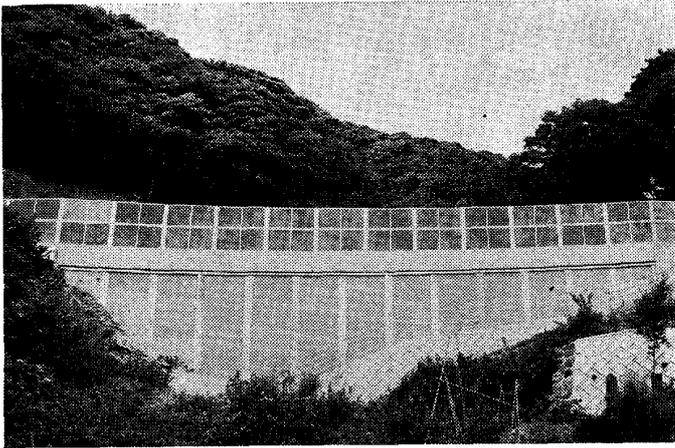


写真-2 完成状況

今後道路を新設する場合、あるいは現道を拡幅する場合の工事においても、地形、地質条件はだんだん厳しくなってきており、紹介した本工法採用例は多くなるものと考えている。

最後になりましたが、本工事の設計施工に際してEPS工法の開発を行っている建設省土木研究所の土質研究室久楽室長、動土質研究室古賀室長を始め、各研究室の研究員の方々に御指導をいただいた。

また、模型振動実験も同研究所によって行っていた。ここに報告し感謝申し上げる次第である。

### 参考文献

- 1) 発泡スチロール土工法開発機構：発泡スチロールの超軽量材としての利用技術指針。
- 2) 久楽勝行・青山憲明・竹内辰典：裏込めに発泡スチロールを用いた構造物背面の水平土圧，第24回土質工学研究発表会講演集，1989。
- 3) 岩崎忠光：道路拡幅のためのEPS工法による土留壁の施工例，土木技術45巻，2号，pp.125～132。
- 4) 古賀泰之・古関潤一・島津多賀夫：発泡スチロール(EPS)盛土の耐震性について，第44回建設省技術研究会論文集（自由課題共通部門），1990。
- 5) 建設省中国地方建設局鳥取工事事務所：八束水構造物設計業務，動的安定解析検討，1988。

(原稿受理 1990.12. 6)