

【現場報告】

# 気泡混合土を用いた組立自立外壁パネル工法の開発

建設省中国地方建設局苫田ダム工事事務所 西村 明\*  
 " " " 三輪 雅夫\*\*  
 " " " 千田 裕司\*\*\*

キーワード：気泡混合土・外壁パネル・設計VE

## 1. はじめに

急傾斜地における付替え道路の設計は、道路幾何構造等の制約条件から、斜面の山腹部を大きくカットし法面処理により道路幅員を確保する方式、谷側に垂直に近い表壁面を持つ擁壁等の構造物により幅員を確保する方式、大規模盛土等による改良方式、または山腹に設ける連続高架構造の橋梁等の組み合わせにより設計が行われているのが一般的である。

このうち、構造物により道路幅員を確保する場合は、施工過程において資材運搬路が必要であり、この運搬路の確保に苦慮しているのが実態である。

急峻な山腹に新設するダム事業に伴う付替え道路，工事中用道路においては，迅速性・施工性・経済性が求められる。

こうした中、従来大規模な構造形式となる擁壁や、山腹を走る連続高架構造の橋梁等で設計していた区間を、垂直な壁構造でありながら軽量で小断面化可能な擁壁を



図 - 1 苫田ダム位置図

\* 元工務課長、現出雲工事事務所水環境課長  
 \*\* 監督官  
 \*\*\* 元工務課技官、現企画部技術管理課技官



写真 - 1 完成した湖岸道路

開発する事により解決を図る事とした。

そのための手段とし、気泡混合土を擁壁本体の資材として用いることにより擁壁の軽量化と小断面化を図り、さらに資材運搬、足場設置解体、型枠設置解体等の仮設作業の施工工程を省力化する型枠兼用の外壁面構造の工法も併せて研究した。

本報告は、苫田ダムで実施した気泡混合土を用いた組立自立型枠外壁パネル工法の設計および施工例を報告するものである（写真 - 1）。

## 2. 苫田ダム事業の概要

苫田ダムは、吉井川水系吉井川の岡山県苫田郡奥津町と鏡野町に建設を進めている多目的ダムである。

吉井川はその源を中国山地の三国山（標高1,252m）に発し、地方拠点都市の格となる津山市を貫流し岡山市西大寺で瀬戸内海（児島湾）に注ぐ流域面積2,110km<sup>2</sup>，

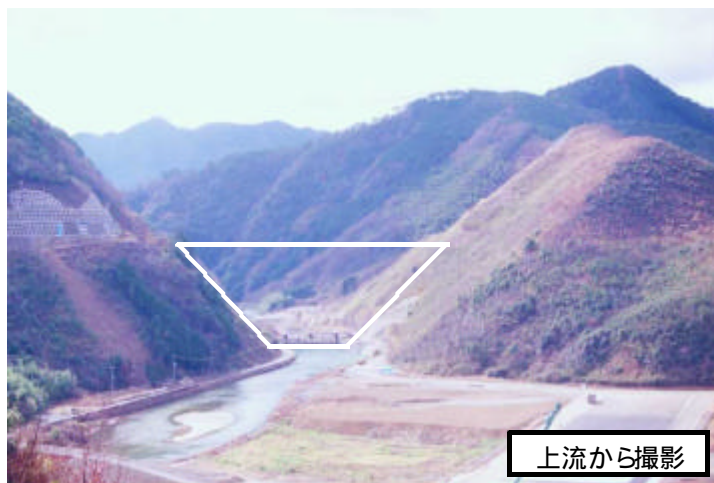


写真 - 2 苫田ダムの現況（平成12年1月撮影）

表 - 1 苫田ダムの諸元

型 式	重力式コンクリートダム
堤 高	約74m
堤 頂 長	約225m
集 水 面 積	217.4 km <sup>2</sup>
湛 水 面 積	3.3 km <sup>2</sup>
総 貯 水 量	84,100,000m <sup>3</sup>
有 効 貯 水 量	78,100,000m <sup>3</sup>

幹線流路延長約133 kmの河川で、3市7郡にまたがり約29万人が生活している。

吉井川流域は、約1700年前から出雲地方と近畿地方を結ぶ交通の要路となり、高瀬舟等の舟運にも恵まれ栄えてきた。しかし、県下で一番古く開けた地域である反面これまで幾度となく洪水に見舞われ多大な被害を受けてきた。一方、小雨のための湯水被害も度々発生している。

苫田ダムはこうした治水、利水両面を担う目的で建設するものであり、昭和47年度に実施計画調査に着手し昭和56年度から建設事業に着手した（表 - 1）。

ダム事業により水没する補償工事として付替える必要のある道路は、国道179号が約7 km・県道が約0.6 km・生活連絡道、山林管理道、ダム湖を周遊する町道（湖岸道路）が約13 km・工事用道路が6.7 kmの全延長約27.3 kmに及んでいる。

現在までの工事進捗は、ダム本体工事に直接支障となる国道179号の一部（約4.5 km）を平成10年11月に供用開始し、湖岸道路を含め道路関係事業の約65%が概成している。そして、昨年平成11年3月にはダム本体工事に着手し、平成16年度の完成を目指して建設事業を進めている（図 - 1,2,写真 - 2）。

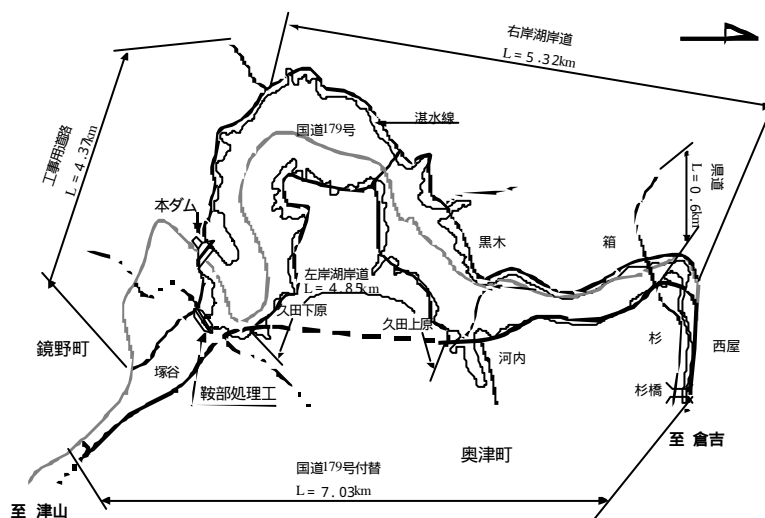


図 - 2 苫田ダム事業計画平面図

### 3. 気泡混合土

山岳地の急峻な地形における通常の構造物設計は、一般的に構造物基礎地盤の処理に大規模な対策工法を必要とする。

従来の構造物設計に起因して生じる対策工に着目し、その規模を軽減したり、対策工自体を極力なくすためには、構造物自体の自重（死荷重）をできるだけ軽くすることが有効な解決策となる。

道路改良工事においても、これを可能とする工法として軽量の資材を用いる気泡混合盛土工法の設計・施工指針が、日本道路公団および土木研究所を中心とした研究機関により近年整備された<sup>1)~3)</sup>。

気泡混合土は、通常の土砂やコンクリートと比較して軽量性・施工時の流動性・施工性が優れており、さらに硬化後は自立するといったコンクリートと同じ特徴があり、具体的には次に示す特性を有している。

小規模な製造プラントにより、300m～500mの距離でも材料分離がなくポンプ圧送が可能であり、さらに転圧による締め固めが不要なため、広範囲な施工と資材運搬等の省力化が図れる（写真-3）。

気泡混合土は、セメント等の固化材の配合で硬化後は自立性を有しているため、構造物の小断面化が図れる。

ダム等の貯水池に用いる場合は、浮力対策が必要となるが、気泡混合土の単位体積重量を調節する事により柔軟に対応できる。また、他の軽量盛土工法と比べ材質が無機質系材料のため耐久性に最も優れた工法といえる。

気泡量を調整して混合することにより、単位体積重量を $0.5 \sim 1.3 \text{ t f / m}^3$ 程度の範囲で任意の重量とする事が可能であると伴に流動性の材料であるため敷



写真-4 気泡混合土打設状況

均し・締め固め作業の省力化が図れる（写真-4）。

### 4. 組立自立外壁パネル工法の設計

組立自立外壁パネル工法は、気泡混合土の長所である軽量性・品質および強度の安定性・施工性・経済性を最大限に活用する工法として研究したものである。

その長所を最大限に活用するため、既設計で最大9段の法面を必要としていた道路線形の中心線を谷側にシフトし、最大で3段以内の法面とする道路詳細設計の見直しを併せて行った。

中心線のシフトにより、既設計で擁壁高さ5m～8m程度であった擁壁等の構造物は8m～15mの高さが必要となった。

そのため、気泡混合土を用いることにより可能な限り擁壁体の小断面化を図ると伴に10mを越える擁壁構造として、内的安定計算・外的安定計算・地震時安定計算の検討手法を研究し、さらに軽量で自立性があり、気泡混合土と一体化する型枠兼用の外壁構造を開発したものである（写真-5）。



写真-3 気泡混合土製造プラント



写真-5 組立自立外壁パネル工法施工状況



### (1) 擁壁基本形状

垂直な外壁面を持つ構造の気泡混合土の施工実績から、気泡混合土の高さの最大は9mとし、気泡混合土の天端上に1m～最大3mの笠コンクリート（重力式コンクリート擁壁）を設ける設計とした。

さらに、基礎部には最大3mの台座コンクリートを併設させ、組立自立外壁パネル工法としての擁壁高さを5m～最大15mの範囲で任意に対応可能な構造形式とした。

気泡混合土は、セメント等の固化材の配合で硬化後は自立するため擁壁の外壁となる前面は垂直とした。

気泡混合土と接する地山の背面勾配は、施工性から砂質土部で1:0.6、軟岩部で1:0.3の床掘断面に合わせた形状とし、構造物として最小断面化を図る形状とするため、内的安定計算・外的安定計算・地震時安定計算のトライアルにより、気泡混合土の底幅を最低2m以上とする断面を基本断面形状とした（図-3）。

#### ）型枠兼用の外壁面構造

型枠兼用の外壁面は、気泡混合土の打設時に高流動性のため水圧と同様な力が壁面に作用する。

外壁面として雨水等の浸水防止により内部を劣化抑止する機能と、人力施工を可能とする形状および重量で、組立と同時に自立する事により、安全性と施工性の効率化を図る外壁面材を新たに開発した。

その構造は、凹凸状の鋼製スライドガイド有する型枠パネル（標準サイズ300×600×55）をコンクリートメーカーの協力を得て制作し、そのパネルを現地で段違いの並列状に組立て、型枠パネルと構造体に埋込んだ等辺山形鋼材（75×75×6）と丸セパ（9）を溶接等により結合させ、気泡混合土の硬化後は気泡混合土と壁面が一体化をする構造とした（図-4,5、写真-6）。

#### ）台座コンクリート

台座コンクリートの支持地盤は、N値30以上を原則に設計し、実施に当たっては主任監督員の床付け確認により支持地盤を決定した。なお、支持地盤に対応する縦断的な変化は台座コンクリート高を0.5m～3mの間で変化させ床付け変化に対応させるものとした（図-6、写真-7）。

#### ）防水処理

気泡モルタルは、吸水による湿潤密度が大きくなると

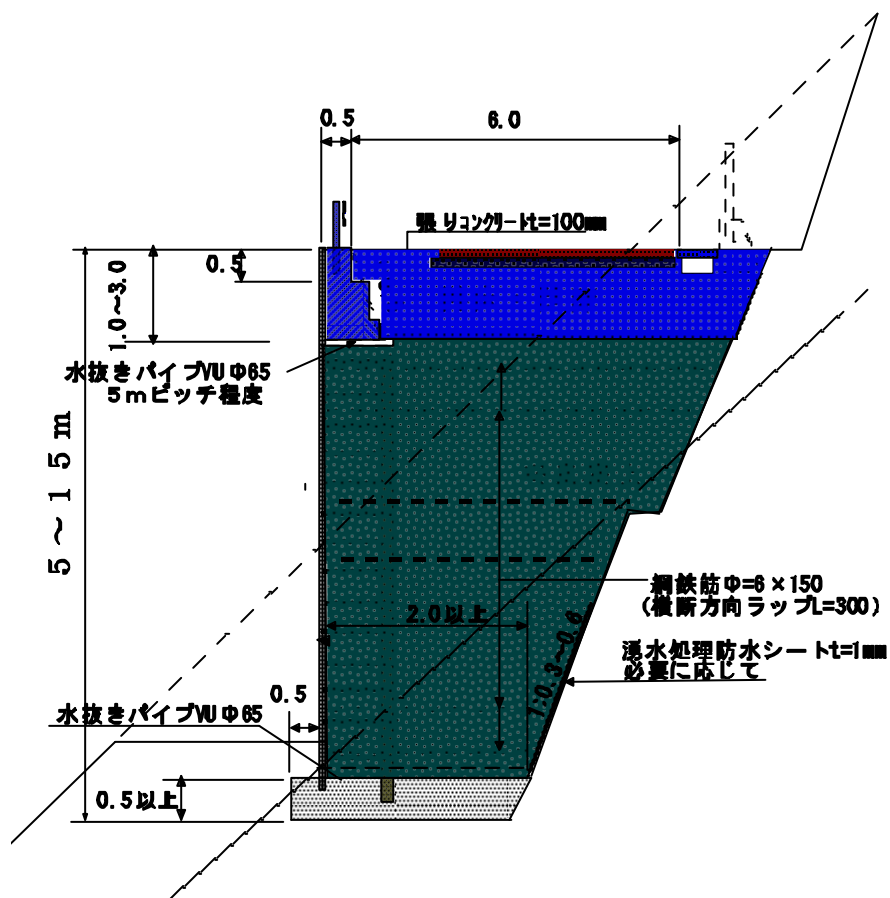


図-3 基本構造断面図

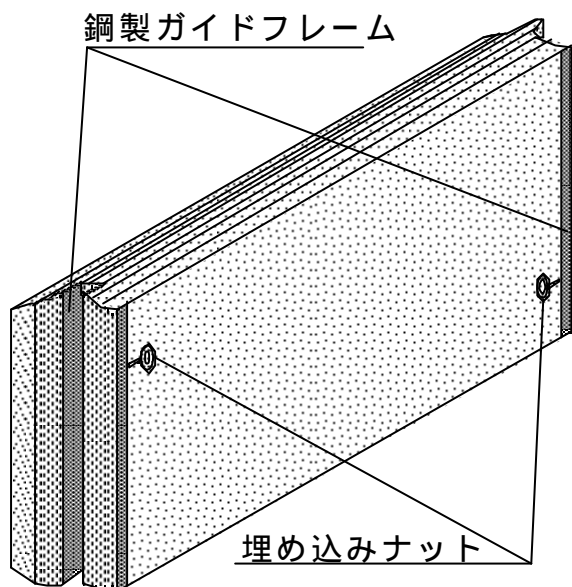


図 - 4 外壁パネル構造

- ・ 主要材料: 凹凸が付いたフルム(SUS304)付き鉄筋コンクリート外壁材
- ・ 設計強度: 水圧換算で2.0tf/m<sup>2</sup>以上とした。
- ・ 外壁パネル重量: 23kg/枚以内とした。
- ・ 基本形状: h=300mm・b=600mm・基本厚さt=40mm・意匠厚さt=15mmとした。

軽量が損なわれたり、強度低下を引起こす場合が考えられる。そのため、路上および表流浸透水を遮断する目的で気泡混合土の上面に防水用の張りコンクリート(t=100mm)を設置する構造とした。

また、地山からの湧水処理に関しては必要箇所に応じて透水マット(t=50mm, B=300mm)を配置するとともに必要範囲に、防水シート(t=1mm)を設置する防水処理工を設置する構造とした。

また、水抜きパイプは、VU 65mmを標準とし笠コンクリート(重力式擁壁)の基礎部に概ね5m間隔に設置し、地山からの湧水処理に対する水抜きは、台座コンクリート上にVU 65mmを設置する構造とした(図-3, 写真-8)。

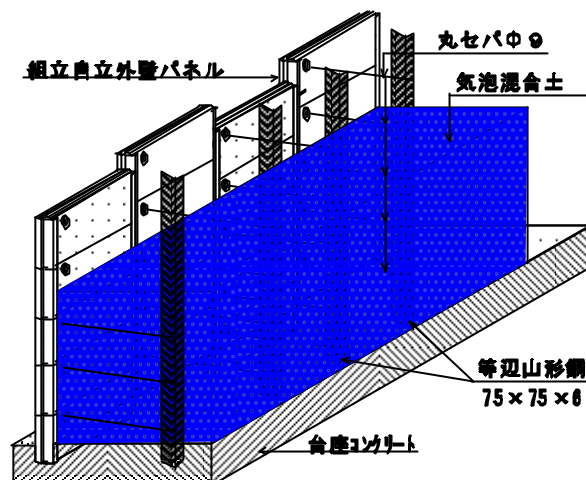


図 - 5 組立自立型枠外壁パネル組立構造図



写真 - 6 外壁パネル組立状況

### ）地山補強

擁壁の外的安定計算(円弧滑り検討)により、地山補強が必要になる場合は支圧板ロックボルト工法等により床掘斜面または擁壁前面の地山を補強し必要な安全率を

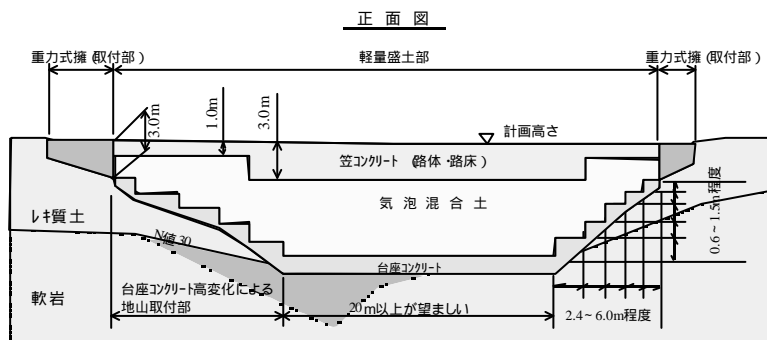


図 - 6 組立自立型枠外壁パネル工法展開図



写真 - 7 台座コンクリート施工状況



写真 - 8 防水対策状況 (張りコンクリート)

確保する設計とした (図 - 7, 写真 - 9)。

### 補強材

気泡混合土のクラックの抑制等のために、気泡混合土の下方に2段、上方に2段の鉄筋金網の設置を標準とし、さらに気泡混合土高さが7mを越える場合は中段に2段の鉄筋金網を追加し設ける事とした。

なお、鉄筋金網のラップ長は横断方向に  $L = 300\text{mm}$  設けるものとした (写真 - 10)。

### 笠コンクリート (勾配調整)

気泡混合土は、高流動性の材料であるために水平施工となる。そのため、擁壁天端部分における縦断勾配等のすり付けおよび横断勾配の調整が必要となる。

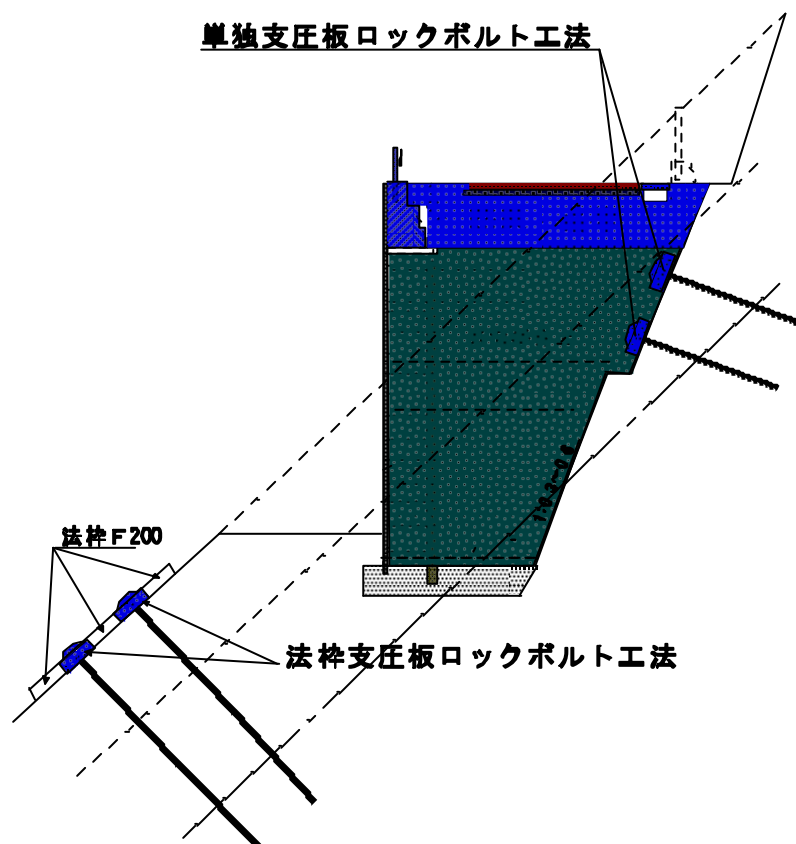


図 - 7 支圧板ロックボルト工法による地山補強例





写真 - 9 床掘背面の地山補強状況



写真 - 11 笠コンクリート施工状況



写真 - 10 鉄筋金網の設置状況



写真 - 12 路体・路床盛土施工状況

道路縦断変化は、気泡混合土天端上に設ける重力式擁壁の笠コンクリートの高さを1m～3mの間で変化させ、道路横断勾配は、その背面の路床および路体盛土を利用し対応する構造とした(図-7、写真-11、12)。

## (2) 気泡混合土材料

擁壁体となる気泡混合土は、サーチャージ水位時において擁壁の下端基礎付近が、一部貯水池に入り込む箇所があるため生比重 $1.06 \pm 0.05$ とし、壁高さの内部安定検討から圧縮強度 $1\text{N/mm}^2$ 以上を原則とした。

セメント	砂	混連水	気泡剤	生比重	空気量	7d-値	圧縮強度
210 kg	630 kg	189 kg	1.13 l	$1.06 \pm 0.05$	$4.7 \pm 5\%$	$180 \pm 30\text{mm}$	ck 28 $1\text{N/mm}^2$

表 - 2 気泡混合土設計仕様

## 5. 施工評価と課題

本工法の技術的な確立により、付替え町道となる湖岸道路(H9年までに約30%の進捗率)を平成10年度に幾何構造および線形について全面見直しを行った。

特に湖岸道路の既設計中で、橋梁設計区間及び高盛土区間の約7kmを設計変更し、平成10年度～11年度の上半期までに6件の現場で施工を行った。

施工場所：町道付替道路

施工概要：1工事当たり40m～130m

(総延長454m、気泡混合土量：8,554 $\text{m}^3$ 、  
型枠面積：2,717 $\text{m}^2$ )

施工実績からの施工評価

外壁パネルは、1枚の大きさが300×600とコンパクトなため、現場内で人力や不整地運搬車等を使用することで仮設道路の省力が可能であった。

また、パネル自体の凹凸の噛み合わせとセパ筋を等辺山形鋼に結合する作業工程で自立するため、特殊技術の必要性がなく普通作業員、軽作業員および溶接工の編成で型枠作業が可能であった。

脱枠が必要ないため作業の省力化と工程短縮に効果があった。

型枠前面の足場が必要ないため安全に作業が行え、床掘幅も最小限に押さえることができた。

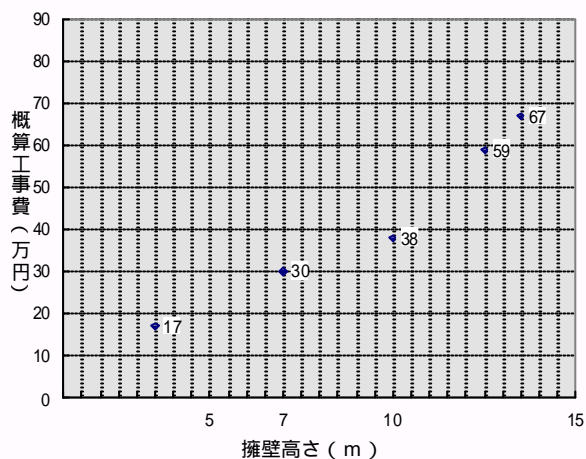


図 - 8 擁壁高さ と 概算 工事 費

本工法の概算額（直接工事費ベース）を、道路施工延長1m当たり換算値で図-8に示す。

なお、見直し設計対象区間の施工費は、構造物主体の工事で擁壁の高さ8~12mとなったが、擁壁面積の直接工事費で4万円/m<sup>2</sup>~5万円/m<sup>2</sup>程度に収まり、法面処理費の軽減効果と相まって、従来工法に比べ30%以上のコスト縮減効果があった。

#### 課題

冬場の施工において、気泡混合土の打設温度が10を下回ったときに、モルタルが硬化するまで4日以上の日数を要し作業効率の低下が見られた。温水の利用や

骨材の養生による温度管理が必要となることもある。

外壁パネルの規格寸法は、人力施工を基準に決定したが、機械化施工が可能な区間においては、さらなる合理化を図るため大型化について今後検討の余地がある。

## 6. おわりに

組立自立外壁パネル工法は、気泡混合土を用いることにより、擁壁断面の小断面化と基礎処理工を軽減し、型枠兼用外壁面構造の開発により、工事中道路・足場等の仮設費の軽減と工期短縮を図る事ができた。

本工法は、急傾斜地における道路改築から現道拡幅に伴う擁壁や、高さが10mを越える構造物を必要とする道路改築においても、施工性・経済性・迅速性の面から有効な工法として活用できると考えている。

今後とも、現場施工と一体となった研究を推進し、さらなる新技術の開発に努めたい。

#### 参考文献

- 1) 日本道路公団監修，(財)道路厚生会発行，気泡混合軽量盛土を用いた軽量盛土工法の設計・施工指針（平成8年9月）
- 2) 建設省大臣官房技術調査室監修，(財)土木研究センター発行，発生土利用促進のための改良工法マニュアル（平成9年12月）
- 3) 中野穰治，小林秀俊，三木博史：環境にやさしい山岳道路について - 地形改変を低減させる軽量盛土工法 -
- 1) 西村明，山田晋吾，千田裕司：組立自立型枠外壁パネル工法の開発 第50回 中国地方建設局管内技術研究会