

# ポーラスコンクリートブロックを使った 空積み擁壁の作成

浦西 真維<sup>1</sup> 井川 詩月<sup>1</sup> 佐藤 奨<sup>1</sup>

松榮 友里<sup>1</sup> 山地 陽大<sup>1</sup> 重山陽一郎<sup>2\*</sup>

(受領日：2020年5月8日)

<sup>1</sup> 高知工科大学大学院工学研究科基礎工学専攻社会システム工学コース  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

<sup>2</sup> 高知工科大学システム工学群  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

\* E-mail: shigeyama.yoichiro@kochi-tech.ac.jp

要約：高知工科大学では、「里山工学」の社会実装として「佐岡プロジェクト」が進められている。本稿では、プロジェクトの一環として行った、コンクリートブロック擁壁の設計と施工について報告する。この擁壁は、今も里山に多く残る石積み擁壁の代わりとなることを目指している。私たちは、ポーラスコンクリートでブロックを作成し、その強度や透水性を実験によって確認した。また、その結果に基づいて、高さ60cm、幅120cm程度の擁壁の設計を行い、石積みが壊れた場所の補修を行った。歴史的な石積みを建設するには、熟練した職人が必要になるが、本研究で開発したブロックを用いることにより、だれでも擁壁の修理が可能である。

## 1. はじめに

高知工科大学による里山基盤科学技術の社会実装モデルプロジェクト（通称：佐岡プロジェクト）の一環として、高知県香美市佐岡地区の石積み擁壁の改修に取り組んでいる。現場に現存する石積み擁壁は、老朽化のため擁壁が孕み、積み石が崩れ落ちており、いずれ全壊する危険性があった。石積み擁壁は積み直すことで、廃棄物も無く修復が可能であるが、職人の技が必要であり、職人以外の補修は困難である。さらに、少子高齢化により、技術者はますます減少するため、地域住民でも容易に修復できる新たな擁壁の作成が必要であると考えた。

そこで、本研究では、石積み擁壁に代わり、ブロックの空積み擁壁を採用する。ポーラスコンクリートを使ったブロック間の剪断抵抗により空積みを可能とすることで、地域住民による施工や修復が可能な

擁壁を作ることを目的とする。

## 2. 対象敷地

### 2.1 位置

敷地は高知県香美市土佐山田町中後入にある、古民家の東側に位置する敷地内で、東屋裏にある石積み擁壁の壊れている部分である。（図1）

### 2.2 敷地の現状

- 図2のように石積みの周囲は草木が生い茂っている。
- 図3のように既存の石積みが崩れかけており危険である。



図 1. 対象となる石積み擁壁の位置



図 2. 草刈り後の現場の状況



図 3. 崩れかけの石積み

### 3. 擁壁の設計

#### 3.1 設計方針

今回のプロジェクトは個人の敷地の一部をお借りして擁壁を建設する実験的な建設である為、恒久的なものではなく、積み直し可能な空積み擁壁とする。また、自分たちで施工可能な擁壁とする為に、車の入れない対象敷地までの運搬を考えたブロックのサイズとし、技術がなくても積みやすく壊れにくい設計とする。

#### 3.2 擁壁の剪断抵抗力を大きくする為の工夫

細骨材の割合を極端に減らした多孔質のポーラ

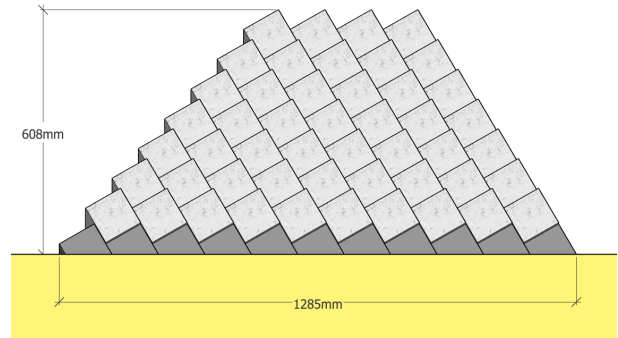


図 4. 擁壁の立面図

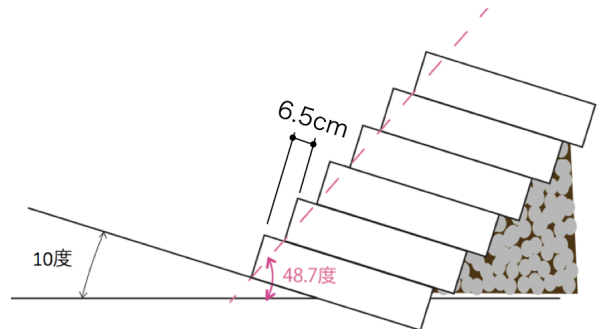


図 5. 滑動しない擁壁の傾き

スコンクリートでブロックを作成することにより、ブロック間の剪断抵抗力を大きくする。

さらに図4のように、ブロックの積み方を布積みではなく谷積みとすることにより、ブロック同士の噛み合わせを作り、剪断抵抗力を大きくする。

#### 3.3 擁壁の傾き

擁壁が布積みと仮定した時に、擁壁が前後に滑動しない擁壁の傾きを構造計算により求めたところ、図5に示すように、地面と擁壁のなす角を48.7度以下とすれば安全であることがわかった。その為、安全側になる様に、かつ施工性を考えて、6.5cmずつセットバックしてブロックを積み上げていくこととした。また、コンクリートブロックと地面のなす角は10度に設定した。

#### 3.4 スペーサーブロック

谷積みとする為、擁壁最下部の隙間を埋めなければ正確に施工できない為、スペーサーブロックと名付けた隙間を埋めるブロックを作成した。図6、7のように、スペーサーブロックを平らな地面と上側ブロックの間に挟むことにより、ブロックの角度と位置を定めた。

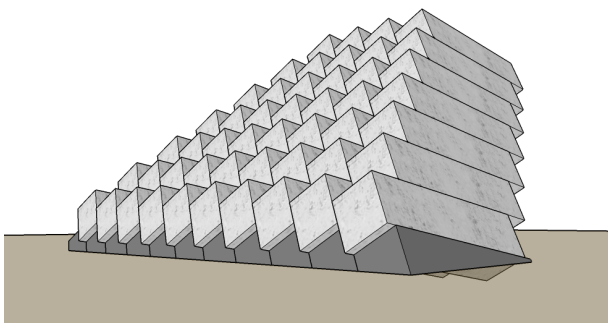


図 6. スペースブロックの設置

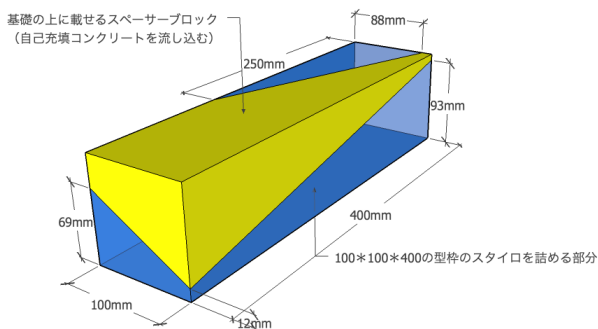


図 7. スペースブロックの寸法

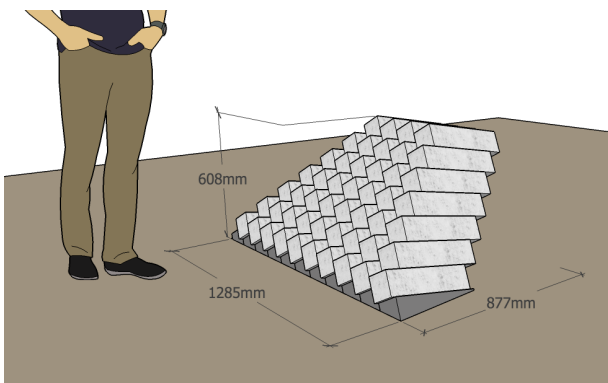


図 8. 擁壁の寸法とスケール感

### 3.5 擁壁の全体の様子

擁壁の寸法は、幅 1,285 mm、高さ 608 mm、奥行き 877 mm である。スペースブロックを 11 個、100 mm × 100 mm × 400 mm のコンクリートブロックを 49 個使用している。谷積みとした時に安定な構造とするためには、1 段上がるごとにブロックの数を 1 個少なくする必要がある為、このような設計となった。(図 8)



図 9. 型枠に充填されたポーラスコンクリート

表 1. 使用材料

材料	概要	記号
水	上水道水	W
セメント	普通ポルトランドセメント	C
細骨材	石灰砕砂 (比重: 2.68 g/cm <sup>3</sup> 、吸水率: 0.81%、粗粒率: 2.63)	S
粗骨材	石灰砕石 (比重: 2.70 g/cm <sup>3</sup> 、吸水率: 0.25%、粗粒率: 6.27)	G

## 4. コンクリートブロックの作成

### 4.1 コンクリートブロックの作成手順

ポーラスコンクリートの配合設計を行った後、材料を計量しミキサーで練り混ぜを行った。練り上げ直後の生コンクリートは、コンクリートの曲げ試験に通常用いられる、供試体寸法が高さ 40 cm × 縦 10 cm × 横 10 cm の容積が 4000 cm<sup>3</sup> の金属製の型枠に充填した。ポーラスコンクリートはその性質から流動性は皆無であり、施工者の熟練度によって型枠に十分な充填が行われず設計強度に達しない恐れがあるため、十分な強度を確保するためにバイブレータを用いて行った。充填後、1 週間養生室にて安置し、その後脱型作業を行い、ブロックが完成した。(図 9)

### 4.2 ポーラスコンクリートの使用材料

使用材料を以下に示す。(表 1) セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は石灰砕砂 (比重: 2.68 g/cm<sup>3</sup>、吸水率: 0.81%、粗粒率: 2.63%)、粗骨材は石灰砕石 (比重: 2.70 g/cm<sup>3</sup>、吸水率: 0.25%、粗粒率: 6.27%) を用いた。

### 4.3 ポーラスコンクリートの基本配合

ポーラスコンクリートの基本配合を以下に示す。(表 2) 十分な透水性の確保のため目標空隙率は 10%、水セメント比 (W/C) は施工性を考慮して W/C=27% とした。

表2. ポーラスコンクリートの基本配合

配合	ポーラスコンクリート	
W/C	0.27	
目標空隙率 (%)	10	
単体量 (kg/m <sup>3</sup> )	W	97
	C	360
	S	361
	G	1485



図 10. コンクリート圧縮試験機械

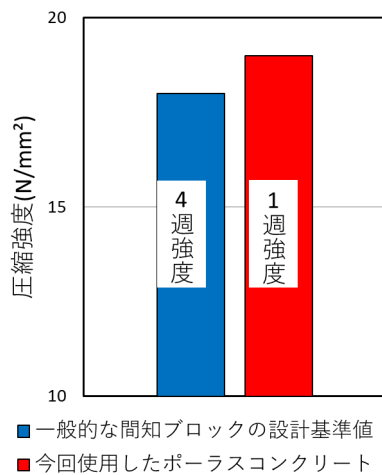


図 11. 作成したポーラスコンクリートの1週強度

#### 4.4 圧縮強度

圧縮強度を測定するために、ポーラスコンクリートを直径 10 cm × 高さ 20 cm の円柱形の供試体を作成し、圧縮試験機を用いて測定を行った。(図 10)

圧縮試験の結果は、1 週強度で 18 N/mm<sup>2</sup> 程度で一般的な間知ブロックの 4 週強度の設計基準を上回っていたため、十分な強度であると考えられる。(図 11)



図 12. コンクリート透水透気試験装置

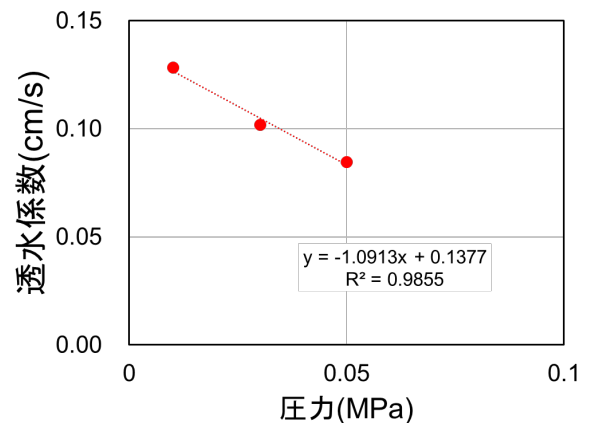


図 13. 透水試験結果

#### 4.5 透水性

擁壁を作成するうえで、降雨によって擁壁の裏側に溜まる地下水による水圧がかからないようにするために、擁壁の排水性能を考慮する必要性があった。ポーラスコンクリート自体の透水性が対象地区の瞬間雨量を十分に排水できない場合は、水を抜くためのパイプを新たに設けるなど設計を変える対処を行う必要性があった。ポーラスコンクリートの透水性は透水試験装置を用いて試験を行った。(図 12)

透水試験は水圧を 0.01 MPa、0.03 MPa、0.05 MPa の三種類設定した。(図 13) 得られた結果から、1 秒間あたりの水量を計算すると、ポーラスコンクリート中の空隙が飽和したときのブロックの底面に生じる圧力が 0.009 Mpa としたときの透水係数は 0.14 cm/s であった。一方、対象地区の瞬間雨量は気象庁のデータより最大値である 7 月のデータを参考にしたところ、10 分間の最大雨量が 0.0033 cm/s であった。(図 14) このことより、今回作成したポーラスコンクリートは十分な透水性を有しており、ポーラスコンクリートのみでも十分に排水が可能であったため、水抜けのパイプを設ける必要はなかった。

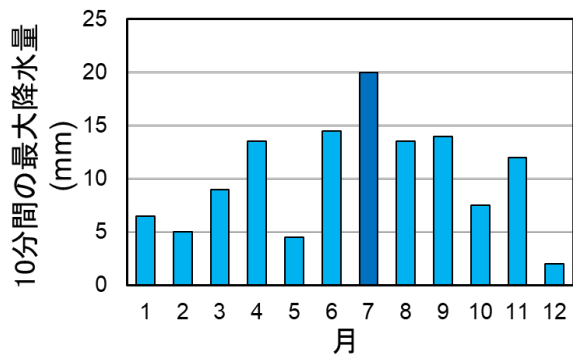


図 14. 対象地区の瞬間的な降雨量 (気象庁より)



図 15. スペーサーブロック用型枠



図 16. 一体化したモルタルとスタイロ

## 5. スペーサーブロックの作成

### 5.1 スペーサーブロックの作成手順

作成するスペーサーブロックは、一般的なブロックとは異なる形状の為、改めて専用の型枠を作成する必要があった。前記のブロックの作成で用いた金属の型枠の内側にスタイロをはめ込むことで、スペーサーブロックの形状となるようにした。(図 15)

また、硬化したモルタルとスタイロが一体化する恐れがある為、モルタルを充填する前にスタイロにガムテープを貼り付ける処置を行った。(図 16、17)

### 5.2 スペーサーブロックの使用材料

使用材料を以下に示す。(表 3) セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は石灰砕砂 (比重:  $2.68 \text{ g/cm}^3$ 、吸水率:  $0.81 \%$ 、粗粒率:  $2.63 \%$ )、粗骨材は石灰砕石 (比重:  $2.70 \text{ g/cm}^3$ 、吸水率:  $0.25 \%$ 、粗



図 17. 完成したスペーサーブロック

表 3. 使用材料

材料	概要	記号
水	上水道水	W
セメント	普通ポルトランドセメント	C
細骨材	石灰砕砂 (比重: $2.68 \text{ g/cm}^3$ 、吸水率: $0.81 \%$ 、粗粒率: $2.63 \%$ )	S
粗骨材	石灰砕石 (比重: $2.70 \text{ g/cm}^3$ 、吸水率: $0.25 \%$ 、粗粒率: $6.27 \%$ )	G
高性能 AE 減水	ポリカルボン酸エーテル系化合物	SP

表 4. 自己充填モルタルの基本配合

配合	自己充填モルタル	
W/C	0.45	
s/m (%)	55	
単位量 ( $\text{kg/m}^3$ )	W	264
	C	586
	S	1474

粒率:  $6.27 \%$ )、高性能 AE 減水剤はポリカルボン酸エーテル系化合物を用いた。

### 5.3 スペーサーブロックに使用した自己充填モルタルの基本配合

スペーサーブロック作成には、型枠の大きさや形状から振動締め作業が困難であるため自己充填モルタルを用いた。自己充填モルタルの基本配合を以下に示す。(表 4) 水セメント比は高強度を必要としないため  $W/C=45 \%$  とし、十分な流動性と材料分離抵抗性の確保のため設定モルタルフロー値は  $250 \pm 10 \text{ mm}$  とした。



図 18. 芝刈りの様子



図 21. スペースブロック設置後の様子



図 19. 穴掘りの様子



図 22. ブロック積み上げの様子



図 20. 粗骨材の敷き詰めの様子



図 23. 完成図

## 6. 施工の手順

施工手順を以下に記載する。

1. 草刈り (図 18)
2. 地ならしのための穴掘り (図 19)
3. 粗骨材の敷き詰め (図 20)

4. スペースブロックの設置 (図 21)
5. ブロックの積み上げ (図 22)
6. 完成 (図 23)

## 7. まとめ

今年度は、石積み擁壁の修復を目的とし、新たな擁壁としてポーラスコンクリートブロックを使った空積み擁壁を作成した。ブロック50個、スペーサーブロック11個を作成し施工した。人力で運び、施工することを考慮し、1つのブロックの大きさや重さを抑えることができた。また、グリ石に関しては、瓦や廃材を現地調達し、使用したことで、運搬の手間を省くことができた。

しかし未だ運搬の課題は残っている。現時点では、ブロックが小さい分、施工した規模も小さく、今後大きな面積の擁壁を修復しようとする、それだけ大量のブロックが必要となる。運搬機の乗り入れ不可能な場所であるため、ブロックの数が多い分、運搬に時間と手間がかかってしまう。

また、対象地の上部にある獣道へのアプローチが課題として残っている。施工前は、崩れていた石積みの上を、石に足を引っ掛けるようにして登り、獣道へ入っていたようである。しかし、崩れているところを登るとするのは危険なため、次年度以降は、修復した擁壁を、擁壁の段差を利用して獣道へ続くような、アプローチを含めた設計をする必要がある。

## 文献

- 1) 谷野正和, “地域住民による施工と補修が可能な空積み擁壁のデザイン”, 高知工科大学 2018 年度修士論文.
- 2) 社団法人セメント協会, ポーラスコンクリート舗装データ集, URL=[http://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jk12\\_03.pdf](http://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jk12_03.pdf), 2019.8.9 取得.

# Construction of Porous Concrete Block Retaining Walls

Mai Uranishi<sup>1</sup> Shizuki Ikawa<sup>1</sup> Sho Sato<sup>1</sup>

Yuri Matsusaka<sup>1</sup> Akihiro Yamaji<sup>1</sup> Yoichiro Shigeyama<sup>2\*</sup>

(Received: May 8th, 2020)

<sup>1</sup> Infrastructure Systems Engineering Course, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

<sup>2</sup> School of Information, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

\* E-mail: shigeyama.yoichiro@kochi-tech.ac.jp

**Abstract:** At Kochi University of Technology, the Saoka Project is being promoted as a social implementation of “Satoyama Engineering”. This paper reports on the design and construction of the concrete block retaining wall that was carried out as part of the project. This retaining wall is intended to replace the masonry retaining walls that still remain in the Satoyama today. We created the blocks in porous concrete and tested their strength and permeability through experiments. Based on the results, we designed the retaining wall to be about 60 cm long and 120 cm wide and repaired the areas where the masonry was broken. The construction of historic masonry requires skilled craftsmen, but with the blocks developed in this study, anyone can repair the retaining wall.