

6号砕石を有するポーラスコンクリートの空隙率試験方法についての一考察(その2)

A Study on Void Ratio Testing Methods of No.6 Crushed Aggregate Porous Concrete (No.2)

会員外 ○高橋 美羽\* Miu TAKAHASHI 同 鈴木 啓太\* Keita SUZUKI  
 締固め 円柱試験体 吸引圧力 同 松元 小夏\* Konatsu MATSUMOTO 同 千原 隼人\* Hayato CIHARA  
 打設面 平均値 標準偏差 正会員 山本 貴正\*\* Takamasa YAMAMOTO 同 平岩 陸\*\*\* Takashi HIRAIWA

1. はじめに

1.1 本研究の目的・背景

現場打設されたポーラスコンクリート(以下、POC)の実構造体の空隙率については、品質管理上、非破壊でかつ高精度に測定可能な方法の実用化が望まれている。このような背景のもと、本報(その2)では、既報1,2)に引き続き使用頻度の高い6号砕石を用いたPOCの空隙率を吸引法(後述2.1参照)で推定可能であるか、実験的に検討している。以下、明記しない限り、統計学的な推定・検定の有意水準は5%とする。

1.2 本報における造語の定義

本報で用いる造語を次のように定義する。

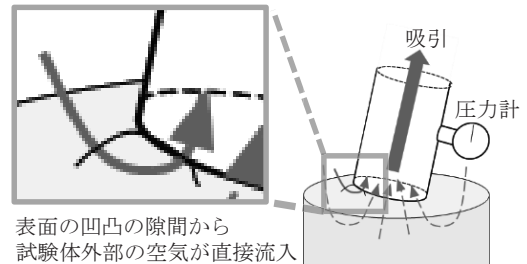
- ・ 最低吸引力：吸引圧力の最低値
- ・ 振動締固め：表面振動機によるのバイブレーティングタンパ(起振力1.23kN)による締固め
- ・ 振動締固め時間：振動締固めを施した時間
- ・ 側面被覆面積率：試験体側面の被覆面積
- ・ 容積法空隙率：JCI-SP02-1の容積法に準拠して測定した全空隙率
- ・ POC：ポーラスコンクリート

2. 関連する既報の研究

2.1 吸引法

吸引法は、吸引機の吸引口先端を試験体の表面に接するように設置し、その吸引圧力で、空隙率を推定する方法である。POCは、内部に連続空隙が存在し、透気性が比較的高く、空隙量に応じて最低吸引力が変化するため、この最低吸引力により空隙率を推定する<sup>1)</sup>。

既報1,2)では、300×300×50mmの5~7号砕石それぞれを用いた平板POCの最低吸引力は、フレッシュおよび硬化状態を問わず容積法空隙率と相関がある、また、吸引において、図-1に示すように、外部の空気を直接流入



表面の凹凸の隙間から試験体外部の空気が直接流入

図-1 吸引法の空気の流入(概念図)<sup>2)</sup>

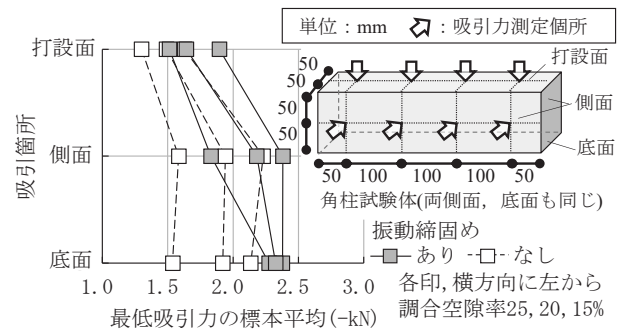


図-2 角柱試験体の各吸引箇所の最低吸引力の関係<sup>2)</sup>

すると、最低吸引力と容積法空隙率の相関が小さくなるなどの知見を得ている。なお、図-2に示すように、型枠と非接触である打設面は、側面、底面と比較して、最低吸引力の絶対値が小さい。これは、振動締固め有無ともに、表面の凸凹が比較的著しく、打設面における表面からの空気を多く流入していることが起因していると考えられる。

2.2 容積法空隙率の分布

振動締固めを施した円柱試験体を高さ方向に3等分に切断した各片の容積法空隙率は、図-3に示すように、締固め時間が長いほど、上層と下層の容積法空隙率に差が生じる結果が得られている<sup>3)</sup>。このことから、振動エネルギーの伝搬は、試験体の上層から下層方向に減衰す

\* 愛知工業大学工学部建築学科 学部生

\*\* 愛知工業大学工学部建築学科 准教授 博士(工学)

\*\*\* 名城大理工学部建築学科 准教授 博士(工学)

Undergraduate Student, Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Aichi Institute of Technology

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Aichi Institute of Technology, Dr. Eng

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Science and Technology, Meijo Univ., Dr. Eng.

ると考えられている。

### 3. 実験について

#### 3.1 検討項目

実験を通じて、POCの吸引法の最低吸引力について主に検討する。実験要因は、締固め時間、吸引面および側面被覆面積率である。振動締固め時間は、0秒(なし)、5秒、10秒および15秒、吸引面は試験体の打設面および底面、被覆面積率は、図-4に示すように吸引箇所から25%、50%、75%および100%とした。なお、ここでは、全て同報(その1)と同一の試験体を用いている。使用材料・調合、試験体作製などについては、同報(その1)を参照されたい。

#### 3.2 試験方法

吸引法における最低吸引力は、市販の家庭用掃除機(吸引仕事率25W)の吸引箇所であるノズルに設置したデジタル式の圧力計(測定レンジ10kPa、精度±0.03kPa)で測定した。写真-1に示すように、ノズル先端を試験体の打設面または底面にそれぞれに接するように押しつけ、各側面被覆面積率における最低吸引力を計測した。ここでは、吸引口付近の試験体外部の空気が直接流入すること

を抑えるため、ノズル先端から側面被覆面積率25%の箇所まで、厚さ0.05mmのポリエチレンをリングで固定した。側面の被覆は、厚さ0.05mmの布テープを用いている。

ノズル先端を封して空隙率0%相当として計測した最低吸引力は-3.96kPa、空隙率100%相当として計測した気中での最低吸引力は-0.24kPaである。なお、各試験体の吸引箇所ともに、吸引開始後、圧力計の値が負側に振れて一定となるため、その一定の値を最低吸引力とした。

### 4. 実験結果・考察

#### 4.1 側面被覆面積率と最低吸引力の関係

図-5(a)(b)に、吸引面が打設面および底面それぞれの側面被覆面積率と最低吸引力との関係を示す。なお、図(a)(b)ともに各振動締固め時間別にこの関係が示してある。

同図(a)(b)より、各吸引面かつ振動締固め時間の群ともに、側面被覆面積率が大きいほど、最低吸引力の絶対値が大きくなる、換言すると、吸引している範囲が少なくなることが見受けられる。この傾向は、表面締固め時

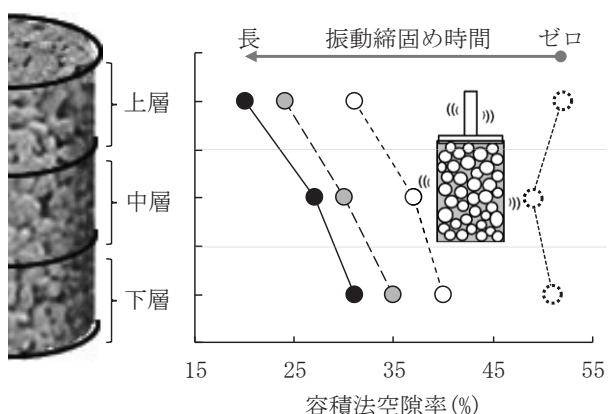


図-3 空隙率の分布と振動締固め時間<sup>3)</sup>

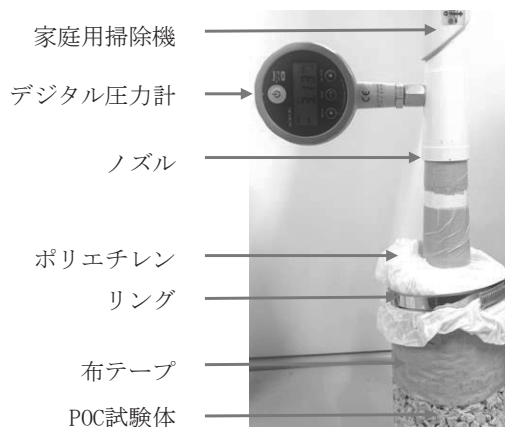


写真-1 吸引力の計測

| 吸引箇所   | 打設面    |        |        |        | 底面     |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $h$ : 試験体高さ<br>打設面 POC<br>$h/4$<br>$h/4$<br>$h/4$<br>$h/4$<br>底面 | <br>被覆 | <br>被覆 | <br>被覆 | <br>被覆 | <br>被覆 | <br>被覆 | <br>被覆 | <br>被覆 |
| 側面被覆率  | 25%    | 50%    | 75%    | 100%   | 25%    | 50%    | 75%    | 100%   |

図-4 側面被覆率と吸引箇所

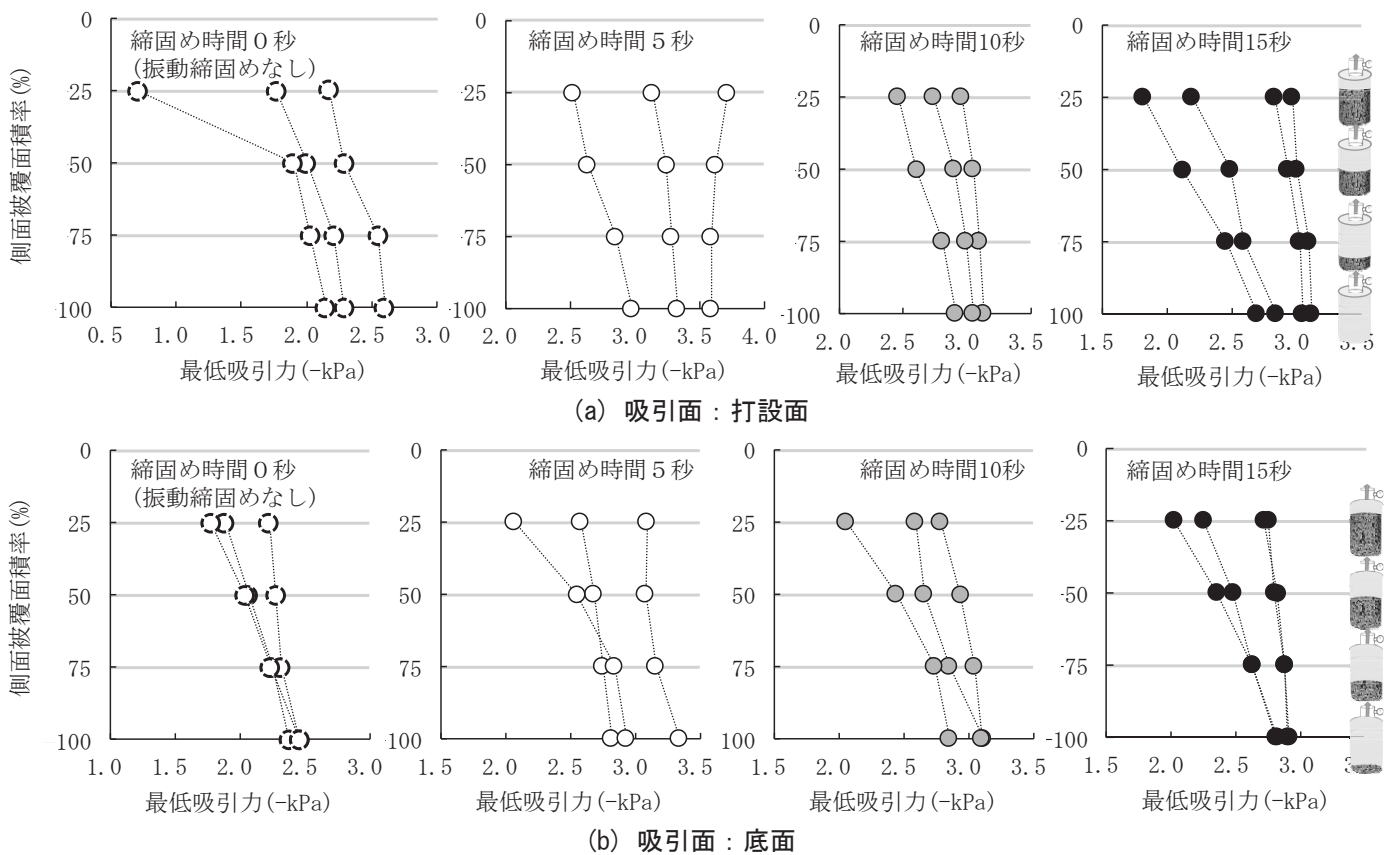


図-5 側面被覆面積率と最低吸引力の関係

間ゼロの、換言すると振動締めを施していない試験体  
 前述 2.2 節より、振動締めにより打設面から底面に向かうほど空隙率が高くとすると、同図(a)の吸引面が打設面においては、側面被覆面積率が大きいほど、換言すると、打設面から底面に向かうほど、空隙率が高くなり、最低吸引力の絶対値が小さくなると推測されるが、上記とは異なる結果である。これは、側面被覆面積率が大きいほど、試験体外部の空気を流入する表面積が小さくなることが起因していると考えられるが、このことは現状では、不明であり、今後の検討課題として挙がる。

#### 4.2 側面被覆面積率と最低吸引力の関係

図-6(a) (b)に、吸引面が打設面および底面それぞれの容積法空隙率の標本平均と最低吸引力との関係を示す。図(a) (b)ともに側面被覆面積率別にこの関係が示してある。参考のため、各図中の印は、振動締め時間で表してある。図中の破線は、空隙率ゼロと100%相当(前掲 2.2 参照)の座標を通る次式である。

$$P = -28.9 \cdot S + 108 \quad (1)$$

ここに  $P$  : 容積法空隙率(%)  $S$  : 最低吸引力(-kPa)  
 実線は、最小二乗法で求めた各締め時間の線形近似直

線を表している。また図中には、各容積法空隙率と最低吸引力の相関係数 $[r]$ が記してある。記されていないのは、無相関である。

同図(a) (b)より、吸引箇所が底面かつ側面被覆面積率25%の群を除き、各群ともに、容積法空隙率と最低吸引力は相関が認められる。この無相関の群については、表面振動機による振動エネルギーの伝搬が、試験体の上層から下層方向に減衰する結果が得られていることから(前掲 2.2 節参照)、底面付近の下層部は、締め固めの影響を受けにくく、締め固めにより空隙率が低下していないことが起因していると考えられる。なお、単純に相関係数を比較すると、吸引面が打設面の相関係数の絶対値は、底面と比較して大きいことが認められる。これは上記を踏まえ、空隙率に差が生じにくい試験体底面付近の下層部を吸引していることが起因していると考えられる。

同図(a) (b)より、各打設面の群ともに、側面被覆面積率が高いほど、実線で示す近似線の傾きと破線で示す式(1)の傾きとの差が小さくなることが見受けられる。ただし、各吸引面の側面被覆面積率100%の群においても、容積法空隙率の式(1)の推定値と実測値の差異が明らかにある。

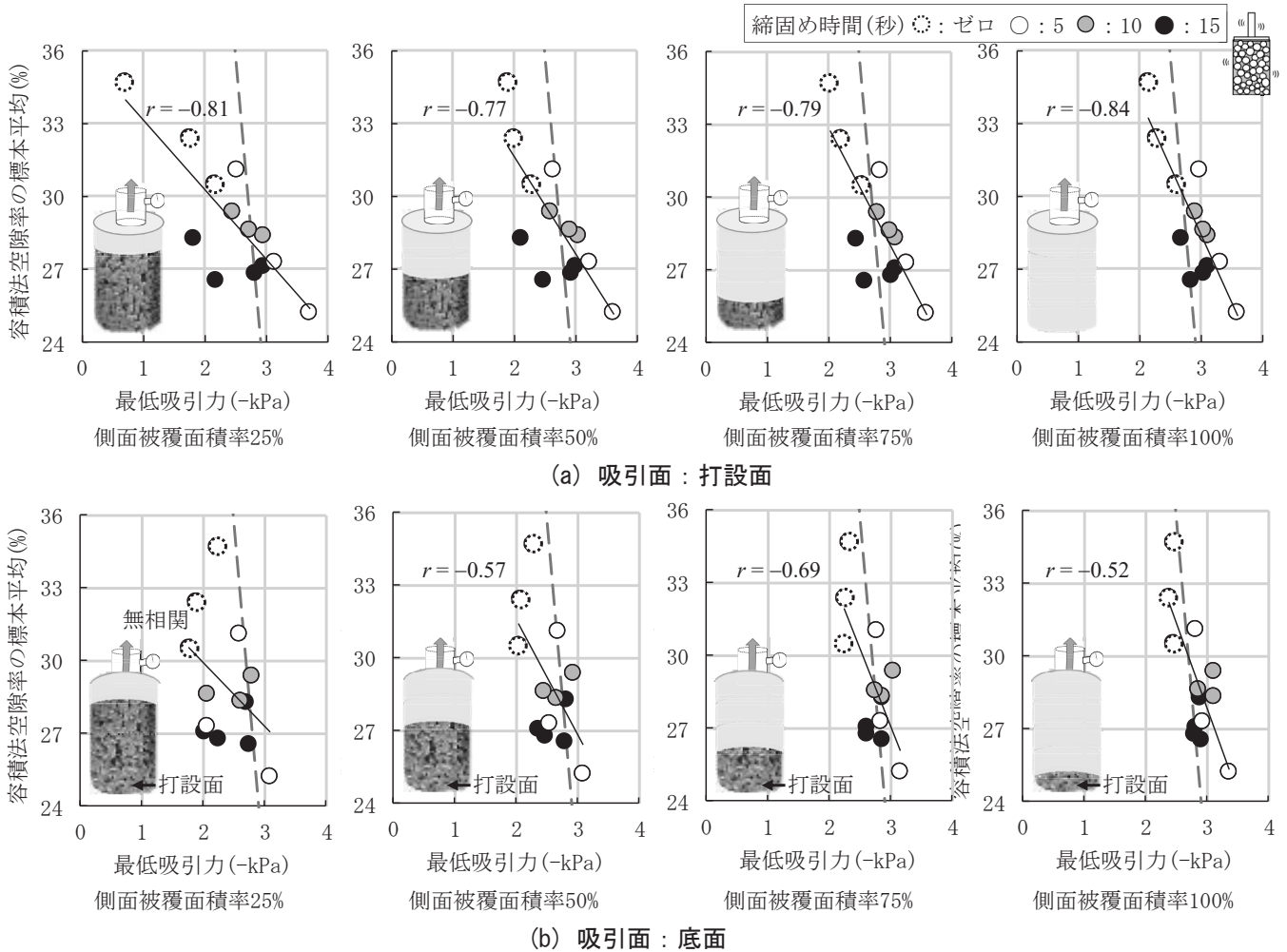


図-6 容積法空隙率と最低吸引力の関係

#### 4. おわりに

既報<sup>2)</sup>に引き続き使用頻度の高い6号砕石を用いたPOCの空隙率を吸引法で推定可能であるか、実験的に検討した。本報で得られた知見を、次のように整理する。

- 1) 各吸引面かつ振動締め時間ともに、側面被覆面積率が大きいほど、最低吸引力の絶対値が大きくなる。この傾向は、表面締め時間ゼロの試験体についても認められる。
- 2) 吸引箇所が底面かつ側面被覆面積率25%の群を除き、各吸引面の側面被覆面積の群は、容積法空隙率と最低吸引力は相関が認められる。
- 3) 上記2)の相関係数を単純に比較すると、吸引面が打設面の相関係数の絶対値は、底面と比較して大きいことが認められる。

#### 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(基盤C, 研究課題番号21K04343)の助成による。

#### 参考文献

- 1) 平岩陸：吸引法によるポーラスコンクリートの空隙率推定に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol. 41, No. 1, pp. 1421-1426, 2019. 7
- 2) 山本貴正，平岩陸：6号砕石を用いたポーラスコンクリートの空隙率・圧縮強度試験方法についての一考察，コンクリート工学年次論文集，Vol. 43, No. 1, pp. 1025-1030, 2021
- 3) 畑中重光(編著)：透水性コンクリート(POC)の基礎と実践，コンクリート新聞社，初版，2019. 8