

# [87] ガラスビーズを用いたポーラスコンクリートの揚水高さに関する可視化モデル実験

三重大学大学院工学研究科システム工学専攻 ○坂本英輔  
 三重大学大学院工学研究科建築学専攻 三島直生 畑中重光

## 1. まえがき

小粒径ポーラスコンクリート（以下、POC）は、従来の POC をはるかに超える揚水性能を有している<sup>1)</sup>。その揚水性能を定量的に把握することができれば、緑化基盤や揚水舗装などへの適用を検討するにあたって、設計段階で何らかの定量的な性能評価が可能となる。しかし、小粒径 POC の揚水メカニズムに関しては、まだ十分に解明されていないのが現状である。

筆者らは既報<sup>2)</sup>で、小粒径 POC における揚水性能の定量評価の前段階として、毛管現象に立脚した小粒径 POC の揚水メカニズムの解明を試みた。その結果、小粒径 POC の揚水メカニズムは、毛管現象によりある程度説明が可能であり、揚水高さは、空隙の形状、特に、空隙隅部の影響が支配的であることが明らかとなった（図 1 参照）。しかし、未だ揚水高さの定量化にまでは至っていない。

そこで本報では、小粒径 POC の揚水性能の定量評価を目的として、ガラスビーズを用いた可視化揚水試験を行うことで、結合材を含まない場合の揚水高さを格子モデルから推定することを試みた。

## 2. ガラスビーズを用いた可視化揚水試験

### 2.1 実験概要

表 1 および 2 に実験の要因と水準および使用材料を示す。揚水高さを計測しやすくするために着色液を用いた。

図 2 に、可視化揚水試験の概要を示す。試験体は、底に金網を付けたプラスチック製の筒にジッキングを 10 回行って充填した。揚水試験は、20℃・RH80%の雰囲気中で、試験体底部を着色液の入った水槽に浸漬させて行った。

測定項目は、ガラスビーズの実積率および揚水高さの時刻歴である。実積率は、試験体と同じ要領で詰めたもので 3 回ずつ測定し、その平均値とした。揚水高さは最高値と最低値の平均とした。最終揚水高さは、揚水速度が揚水開始 10 分間の揚水速度の 1% 以下となった時とした。

### 2.2 実験結果および考察

#### (1) 揚水高さ

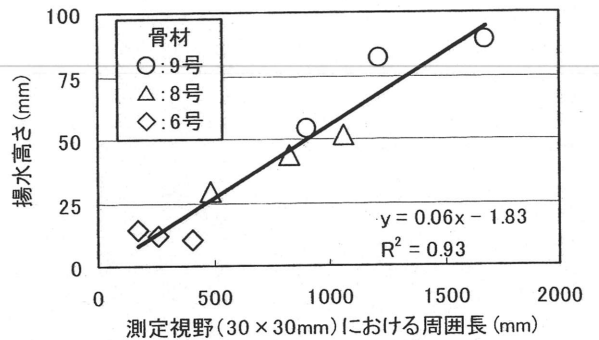


図 1 揚水高さと空隙の周囲長の関係

表 1 要因と水準

要因	水準
ガラスビーズの粒径 (mm)	0.4, 1.0, 2.0, 4.0, 12.0

表 2 使用材料

材料名	特性
ガラスビーズ	ソーダ石灰ガラス 密度：2.5g/cm <sup>3</sup>
着色液	フタロシアン酸 (0.1wt% 水溶液) 密度：1.0g/cm <sup>3</sup>

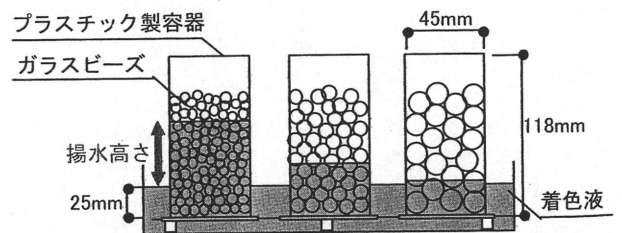


図 2 可視化揚水試験の概要

図 3 に、揚水高さの時刻歴を示す。同図によれば、いずれの試験体の揚水高さについても、試験開始 10 分間（約 0.17h）で最終揚水高さの約半分に達することが分かる。

図 4 に、最終揚水高さを示す。同図によれば、粒径が小さくなるほど最終揚水高さが高くなることが分かる。これは、粒径が小さいほど、粒子間に形成される空隙径（毛管半径）が小さくなるためと考えられる。

#### (2) 揚水高さの推定

図 5 に、空隙半径の算定方法に関して単純立方格子の

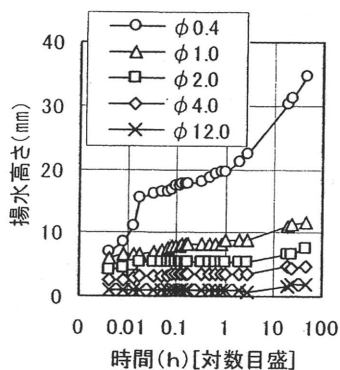


図3 揚水高さの時刻歴

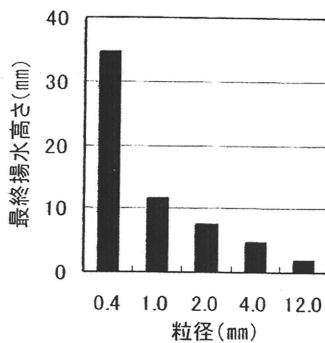


図4 最終揚水高さ

例を示す。まず、ガラスビーズの配列を単純立方格子と仮定して、最大および最小空隙半径を求めた。ここでは、各格子において最も大きくなる空隙面積と同一面積の円の半径を最大空隙半径、最も小さくなる空隙面積から求めた半径を最小空隙半径と定義した。

図6に、揚水高さとの関係を示す。各空隙半径から推定される揚水高さは、式 [1] <sup>3)</sup> から算出した。ここでは、 $T=0.07305\text{N/m}$ 、 $\rho=998.2\text{kg/m}^3$ 、 $\alpha=30^\circ$  とした。

$$h = \frac{2T \cos \alpha}{\rho g r} \quad [1]$$

ここに  $h$  : 毛管上昇高さ(m)、 $T$  : 表面張力(N/m)、 $\alpha$  : メニスカスと細管壁面との間の接触角( $^\circ$ )、 $\rho$  : 液体の密度( $\text{kg/m}^3$ )、 $g$  : 重力加速度( $\text{m/s}^2$ )、 $r$  : 毛管半径(m)

なお、揚水高さの実測値については、予備実験から、着色液を用いた場合、水の揚水高さの 0.8 倍になることが明らかになっているため補正を行った。同図によれば、最大空隙径から算出した揚水高さの実測値が比較的よく一致することが分かる。その他の格子 (斜方格子、体心立方格子、面心立方格子) についても概ね同様な傾向が得られた。

このメカニズムは以下のようなモデル化により説明できる。図7に、モデル化の概要を示す。まず、格子構造を、最大空隙半径と最小空隙半径を持った細管が揚水方向に粒子半径の間隔で連続する細管モデルに置き換える。このような細管を仮定した場合、揚水高さは、同図(c)のようにほぼ最大空隙半径で決まることが分かる。

以上より、球体を充填した格子構造の揚水高さは、その格子構造で形成される最大の空隙径で決まると考えることができる。

### 3. まとめ

本報では、ガラス管の揚水高さを求める理論式と最大空隙半径から揚水高さの推定モデルを提案し、揚水高さは最大の空隙径で評価できることを示した。

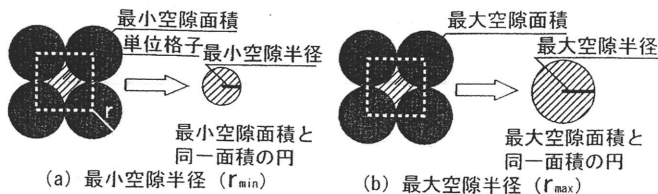


図5 空隙半径の算定方法 (例：単純立方格子)

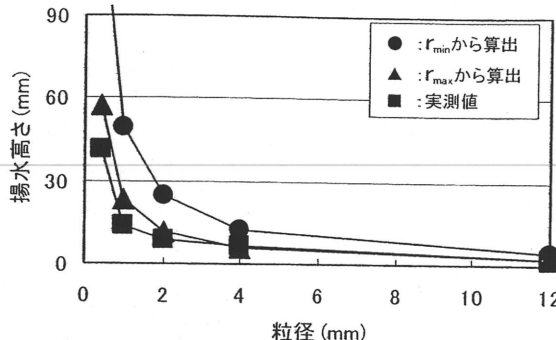


図6 揚水高さとの関係 (例：単純立方格子)

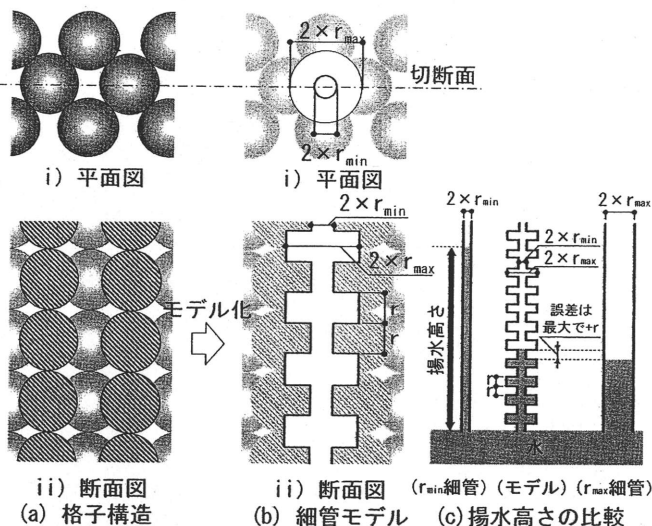


図7 モデル化の概要 (例：単純立方格子)

### 謝辞

本実験に際して、高井玲子さん (三重大大学卒業生) の助力を得た。また、本研究費の一部は、平成 17 年度科学研究費補助金・基盤 (B) (研究代表者：畑中重光) によった。ここに、付記して謝意を表す。

### 【参考文献】

- 1) 前川明弘ほか：小粒径ポーラスコンクリートの基礎的特性に関する実験的研究、セメント・コンクリート論文集、No.60、pp.264-270 (2006)
- 2) 畑中重光ほか：小粒径ポーラスコンクリートの揚水高さに関する理論的アプローチ、セメント・コンクリート論文集、No.60、pp.271-278 (2006)
- 3) 本多健一：表面・界面工学大系、上巻 基礎編、株式会社フジ・テクノシステム、pp.853-861 (2005)