

V-229

自然環境に優しい多孔質コンクリートの空隙性状

建設技術研究所 正会員 松川 徹

近畿大学理工学部 正会員 玉井元治

1. はじめに

多孔質コンクリート（Porous Concrete：PoC）は、連続した空隙をもち水や空気を自由に通すことができるため、動植物の棲息が可能なコンクリートとして研究されている。そして、この動植物の棲息場所としての孔の大きさや配列状態を把握することは極めて重要である。本稿ではPoCの内部空隙性状を画像解析を用いて調査し、さらに、それらの値が動植物の生育に与える影響につき記述する。

2. 実験概要

供試体：PoCの使用材料・配合・製造方法等は既報*を参照されたい。ガラス球（ $\phi 14:14.6\text{mm}$, $\phi 7:6.9\text{mm}$ ）と6号（ $5\sim 13\text{mm}$ ）、7号（ $2.5\sim 5\text{mm}$ ）砕石を用いたPoCは $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 、5号砕石（ $13\sim 20\text{mm}$ ）では $\phi 15 \times 30\text{cm}$ の型枠に、骨材自身の空隙に対する結合材充填率（B/V）を30%として打設した。硬化後、その連続空隙に極めて粘性係数の低い白色セメントペーストを注入し、VB装置で振動を与え空気を十分に追い出して作成した。

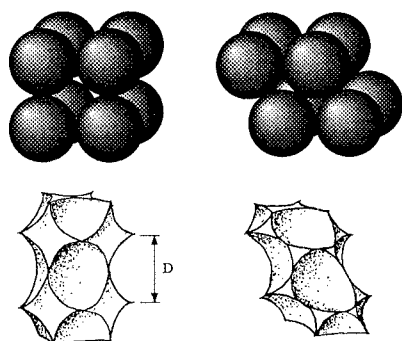
断面の写真撮影：供試体のほぼ中央部横断面をガラス球 $\phi 14$ と5号砕石を用いた供試体は2mm間隔、ガラス球 $\phi 7$ と6、7号砕石では1mm間隔で研磨し、その各断面を連続的に20枚写真撮影した。

解析原理と手順：テレビカメラからの映像信号をリアルタイムにA/D・D/A変換し、動画をパーソナル画像解析システム（有効画素 473×512 ）に記憶させる。取り込まれた画像は、高輝度63（白）～低輝度0（黒）の64段階の濃淡で表示される。パーソナルコンピュータを用いて、表示された物体の輪郭を明瞭にする等の前処理を行った後、対象となる物体（対象外輝度に囲まれた画像）の境界画素および画素の集合を計測し、図形のもつ様々な値を求める。

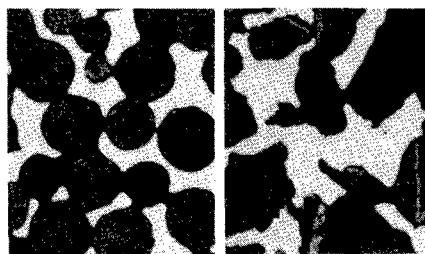
3. PoCの空隙性状

図-1は球および空隙の配列状態を示したものである。実験に用いた骨材の空隙率は39.4～44.6%であるため、その充填形式は立方格子（空隙率：47.6%）と斜方格子（空隙率：39.5%）の混合系として考えることができる。

写真-1はPoCの空隙の様子を示したものである。PoCの空隙は実際には立体的にほぼ途切れずに広がっているが、今回は二次元的に調査を行い近似的な値を得た*。各PoCの空隙性状を表-1に示す。これより単位面積当たりの空隙数は骨材粒径が大きくなる程減少し、球よりも砕石の方がまた粒径が増える程標準偏差が大きくなることが分かる。表面積は、各断面の空隙の周長を測定し、それが次の断面まで（1mm又は2mm）移動するものとして所定寸法の値を求めた。表面積は、粒径にほぼ反比例するが、粒径が小さくなる程その増加率は小さくなった。それは粒径が小さくなると接点個数が大幅に多くなり、その接点付近に結合材が凝集することに起因すると考えられる。次に面積周比は空隙の面積を周長で除したもので、これを2倍したものを平均空隙径とした。円形度係数は等周不等式によるもので、円の場合が最大で1となり細長くなる程0に近くなる。その値はガラス球では0.5、砕石では0.38程度となり、空隙を等幅のチューブ状と仮定すると、その形状はガラス球は1:4の長方形（円形度係数：



<立方格子充填> <斜方格子充填>
図-1 球の充填モデルとその空隙



<ガラス球 $\phi 14$ > <5号砕石>

写真-1 PoCの空隙の様子 1cm

表-1 PoCの空隙性状の画像解析値

骨材の種類	空隙数*	空隙率(%)	標準偏差	表面積(mm ²)**	面積周比×2(mm)	円形度係数	平均空隙径(mm)		平均空隙径(mm)***	粒径との比	最大空隙径(mm)***	粒径との比
							面積から	周長から				
ガラス球φ14	10	28.4	1.05	17.7	3.42	0.504	4.27	4.26	3.21	0.22D	11.2	0.77D
ガラス球φ7	34	28.0	0.33	35.7	1.80	0.494	2.28	2.30	1.55	0.23D	6.4	0.92D
5号碎石	7	30.3	1.98	21.8	3.53	0.392	4.08	4.04	3.48	0.24D	16.6	1.16D
6号碎石	20	30.6	0.58	38.3	2.06	0.355	2.50	2.60	1.82	0.24D	8.7	1.14D
7号碎石	116	32.1	0.15	94.4	0.92	0.385	1.07	1.07	0.70	0.24D	4.0	1.38D

*: 5×5cm当たり、 **: 100×100×10cm当たり、 ***: 実測値、 円形度係数 = $4\pi \times \text{平均面積} / \text{平均周長}^2$
面積周比 (mm) = 面積 (mm²) / 周長 (mm)

0.503)、碎石は1:6の長方形（円形度係数:0.385）と近似できる。平均空隙径は、解析値の面積または周長からこの長方形の短辺を求めることで得た。平均空隙径の実測値は、画面上で空隙を可能な限り円に近づくように分断し、各図形を面積で等価円としたときの直径から得た。これらの平均空隙径は粒径に比例しており、その比は実測値の場合0.22~0.24であった。最大空隙径は写真から直接測定したが、ガラス球では粒径の0.8~0.9倍、碎石では1.1~1.4倍となった。これらの空隙性状を表す値は、PoCの物性や植物・小動物・充填土壌等の種類を考えるときに役立ち、PoCの機能を論理的に考えることができる。

4. 動植物の生育に与える影響

7号碎石を用いたPoCの平均空隙径は前述のように0.7mm程度とかなり小さく、その植生は、空隙への土壌の充填は困難であるため不可能と考えられる。むしろこの種のPoCは、雑草類の生えない透水性のある材料として利用することができる。6号碎石を用いると平均空隙径は1.8mm程度となったが、その表面に土壌を薄く敷くと植生は可能であった。しかし空隙へ土壌を十分に充填することが難しく、保水性を維持することは困難である。緑化コンクリートを考える場合、その平均空隙径は3mm程度（5号碎石：写真-2）以上であることが適当と考えられる。

PoCを自然水域に沈漬すると各種生物が相互に複層化して付着するが、小動物類は5・6号碎石のPoCには棲息していたのに対し、7号碎石では棲息していなかった。従って小動物類の棲息には、平均径が1.5mm程度（6号碎石：写真-3）以上の連続空隙が適当と思われる。

5. まとめ

- (1) PoCの空隙は、骨材周囲に細い管径が連続的に変化した立体構造を形成したものと考えられる。
- (2) PoCの単位容積当りの表面積は骨材粒径にほぼ反比例するが、粒径が小さくなる程結合材量の影響が大きくなり、その増加率は小さくなる。
- (3) B/Vを30%としたPoCの平均空隙径は5号、6号、7号碎石でそれぞれ3.5mm、1.8mm、0.7mm程度となり、これらの値は骨材粒径の約0.24倍であった。
- (4) 緑化コンクリートには平均径が約3mm以上、水生小動物の棲息には平均径が約1.5mm以上の連続空隙が適当と考えられる。

<参考文献>* 松川徹・玉井元治・杉野守・芦田肇：連続空隙を有する緑化コンクリートの配合と空隙に関する研究、自然環境との調和を考慮したエココンクリートの現状と将来展望に関するシンポジウム論文報告集，pp. 25~30，1995. 11



写真-2 植物の根の侵入状態 (PoC: 5号)

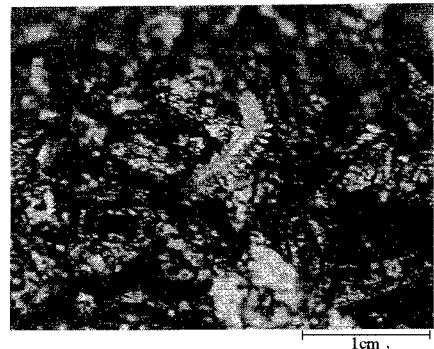


写真-3 小動物の棲息状況 (PoC: 6号)