

ポーラスコンクリートを用いた水質浄化理論に関する一考察

立命館大学大学院 学生会員 ○野上 翔平
 立命館大学 正会員 竹内 正喜
 立命館大学 フェロー会員 岡本 享久

1. 目的

多孔質な内部構造を持つポーラスコンクリート（以下PoC）は、その構造を活かして植生や漁礁、吸着性能による水質浄化など、様々な場面で現在利用されている。立命館大学においても、PoCを用いたアオコの除去システムの考案、研究が行われている。このように水中で利用されることが多いPoCの内部でどのような水流の動きが起きているのか今回の研究で確かめた。

2. 実験概要

アオコは偽空胞と呼ばれるガス胞をもっており、それによって水面付近まで浮上してくる。このガス胞は衝撃波発生装置によるパルス放電によって破壊、沈降させることが可能である¹⁾。そこで、沈降してきたアオコを多孔質で生物の生息環境に適したPoCの内部に取り込み他生物による分解へ導く。このときPoC内部が嫌気性に陥ってしまう恐れがあるが、水面に起きる波の圧力とPoCの透水性によってPoC内部に水の流れが起これ、水塊が入れかわることで好気性を保つことができると思われる。

このようなシステムが実用可能であるか確かめるために、水面付近にPoCを設置し、表面波が起きた場合PoC周辺で発生する圧力変化によって内部にどのような水流が起きるのかを理論解で求め、モデル試験によって整合性を確かめた。

3. 理論解

L：波長，H：波高，h：水深，c：波速，
 z：深度，ρ：水の密度，g：重力加速度，x：位置，
 t：時刻，ω：角波数，とすると、深度zにおける水圧変化P(x, z, t)を求めると以下のような式になる。

$$p(x, z, t) = \rho g \frac{\cosh[\omega(h+z)]}{\cosh(\omega h)} \eta(x, t) \quad \dots(1)$$

※ η(x, t)は位置xおよび時刻tにおける表面波の関数である。

また(1)とダルシー則より水中でのPoC下面部の水は(2)式のような速度で運動することがわかった。

$$v = ki = \left\{ \frac{\Delta p}{\rho g} \right\} / D \quad \dots(2)$$

※ Δp=p(x, z, t)-p(x, z+D, t)，D：PoCの厚み、k：透水係数、i：動水勾配と置く。

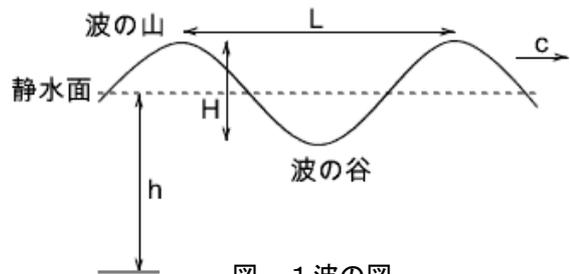


図-1 波の図

4. 波圧力試験と結果

定常波が作用した場合

POCの寸法は1000×620×50mmの矩形であり、水槽の真ん中にPoCを設置し水槽の底からPoCの底面までの高さは40mmとした。実験では、水槽内に高さ70mmの波を定常的に起こし、その波による水深320mmにある厚さ50mmのPOCの上面および下面に作用する圧力をPoCに設置した間隙水圧計にて測定した。PoCの使用材料と配合を表-1, 2に示す。また、透水試験の結果、透水係数6.87cm/secを得た。

表-1 使用材料

材料	物性
セメント	普通ポルトランドセメント、密度=3.16g/cm ³
粗骨材	6号砕石、粒径5~13mm、表乾密度=2.68 g/cm ³ 吸水率: 0.62%、F.M.: 6.74
混和剤	無機系特殊混和剤、密度=2.21cm ³

表-2 ポーラスコンクリート配合

W/C (%)	水	セメント	粗骨材	増粘剤	空隙率 (%)
	単位量(kg/m ³)				
25%	50	200	1659	40	25%

キーワード ポーラスコンクリート，波圧，ダルシー則，アオコ，定常波，碎波
 連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 EW2F 環境材料研究室 TEL:077-561-2666(内線 8722)

定常波の結果

PoC の上面と下面には、作用させた波に近似する正弦波状の水圧が作用し、その水圧差は 0.1~0.15KPa であった。

水圧差が起きているのがそれぞれの水圧のピーク時のみであり極短時間であることがわかった。

一方、理論解では、実験から得た PoC 上面における水圧を近似できた。また、理論解から PoC 内部で起きる水流の流速は最大で 1.7m/sec だとわかった。

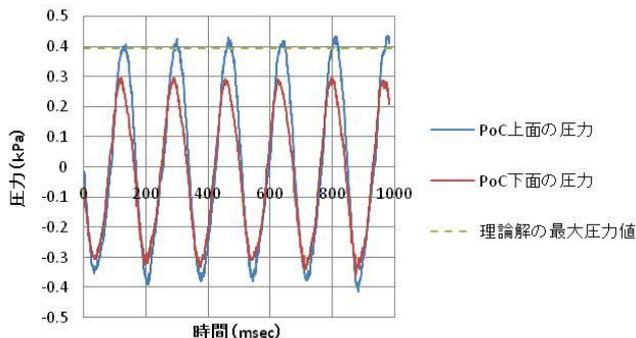


図-2 定常波結果

砕波が作用した場合

前項の実験の結果から、圧力差が生じている時間が極短時間であることがわかった。

そこで本項の実験では、水槽内の PoC の上部に囲いを設けることで、敢えて波を砕き、砕波とすることで PoC の上面と下面に圧力変化の位相の差を生み出し、長時間の大きな圧力の差を生み出すことを目指した。

使用した PoC の寸法は、前の実験で用いた PoC の上部に高さ 180mm、厚さ 50mm の PoC 製の囲いを設置したもので行う。



写真-1 囲いを設置した PoC 板

砕波の結果

水深 320mm では、静水時に囲いの上部が完全に水中に沈んだ状態にある。

データを見ると、上面と下面で圧力差だけでなく位相の差が起こっていることが見て取れる。難点として、囲いなしと殆ど同じ力で波を起こしても、囲いの影響で波が上手く起きない、崩れてしまうということが挙げられる。その為、波高や波長などといったデータが取り辛く、今後検討が必要である。しかし、囲いありと無しで比較して振幅の周期がほぼ同じである為、囲いありとなしでほとんど同じ力で波を起こして実験することができていると考えられる。

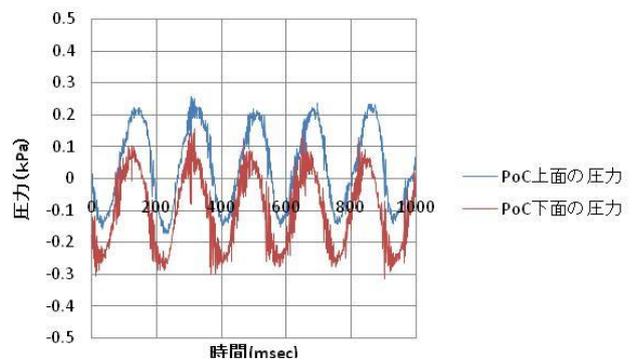


図-3 砕波結果

5. まとめ

モデル実験により POC の上面と下面には、微小ではあるが圧力差が計測できた。また、ポーラスコンクリートの形状を工夫することで更なる圧力差を生み出すことができることがわかった。

参考文献

1) Zi Li etc.,The Effects of Pulsed Streamerlike Discharge on Cyanobacteria Cells, IEEE TRANSACTION ON PLASMA SCIENCE,VOL.34,NO.5,OCTOBER 2006,pp1719~1724