

竹粉接着によるポーラスコンクリート表面の 性状改善に関する研究

遠藤典男*¹・依田直大*²・大内崇弘*²・小林清*³・丸山健太郎*³

Improving on Properties of Porous Concrete Surface by Adhering Bamboo Powder

ENDO H Norio, YODA Naohiro, OHUCHI Takahiro,
KOBAYASHI Kiyoshi and MARUYAMA Kentaroh

In general, concrete shows strong alkalinity depending on chemical components. On the other hand, porous concrete (as following PoC) are able to reduce a burden for the environment. Here, PoC has many large voids relatively as compared to normal that, it is thought that much quantity of elution of alkali ingredient from that surface.

In this study, decreasing quantity which is eluted the alkali ingredient from PoC surface, adhering by starch-based to bamboo powder on PoC surface. It is assume that pH of water is indicator to quantity of elution of alkali ingredient, measuring the change to pH of water, which have been put into PoC with bamboo powder on its surface with time. As the results, it did not rise that pH of water, which have been put into surface-treated PoC.

キーワード：ポーラスコンクリート，竹粉，表面性状改善

1. 緒 言

一般的にコンクリートは、その結合材として機能するセメントの化学成分に起因し、強アルカリ性を示す。さらに、ポーラスコンクリート（以下 PoC）は多孔質な構造特性を有するため、表面積が通常のコンクリートよりも大きく、アルカリ成分の溶出が多いと考えられる。PoC は環境負荷低減コンクリートであるが、溶出するアルカリ成分は植物の生育や昆虫の生態系等に悪影響を及ぼすことになる。

一方、PoC を用いた近自然型の工法においても、河川、湖沼等の護岸への打設、あるいは瀬や淵等に PoC 製 2 次製品を設置した場合には、設置当初において PoC 表面より溶出するアルカリ成分が植物の生育を妨げるとともに、水質を変化させ環境負荷が増大すると考えられる。河川、湖沼等の水と接する場

所に PoC を打設・設置した場合、PoC 表面が流水により洗浄され、また、生物被膜の形成がなされる効果によっても、溶出するアルカリ成分は時間の経過に伴い減少することになる。さらに PoC では、掃流土砂等が表面に付着したり、空隙中に充填されることによっても、アルカリ成分の溶出は減少することになる。しかしながら、PoC 打設・設置直後において、アルカリ成分の溶出は環境負荷低減の観点からも改善すべき課題である。

本研究では、特に PoC 設置直後のアルカリ成分溶出の抑制を目的とし、竹粉をでんぷん系接着剤で PoC 表面に接着して、表面の性状改善を行うことにより環境負荷低減効果を検証するものである。ここで、表面に竹粉を接着させた PoC を水中に静置し、水の pH を計測することによりアルカリ成分溶出量の指標とした。また、竹粉を PoC 表面に接着させる場合、環境負荷が小さいと考えられるでんぷん系接着剤を用いることにより環境負荷が低減されることが考えられ、市販されているでんぷん系接着剤の選定も行った。PoC 表面にでんぷん系接着剤により竹粉を

*1 環境都市工学科教授

*2 平成 24 年度卒業研究生（現 長野高専専攻科）

*3 技術支援部

原稿受付 2013 年 5 月 20 日

表 1 PoC の配合

G _{max} (mm)	W/C (%)	P/G ^{*1} (%)	V _a /V ^{*2} (%)	単位量(kg/m ³)			
				Water W	Cement C	Sand S	Gravity G
20	37	25.7	15	118	319	638	1700

*1 モルタル質量 P (P=W+C+S) と粗骨材質量 G の割合
*2 PoC の全体積 V に対する空隙体積 V_a の割合 (空隙率)

表 2 竹の物性値

乾燥密度	湿潤密度	引張強度
0.66 (g/cm ³)	1.00 (g/cm ³)	300 (N/mm ²)

接着することにより、竹粉自身が有する水質浄化機能、および PoC 表面の被覆効果によりアルカリ成分の溶出抑制が期待できると考えられる。

2. PoC の作製と竹粉の接着

まず、竹粉接着を行うための PoC は表 1 に示す配合で作製した。また、骨材は千曲川水系の川砂利(最大寸法 20(mm))、川砂を用いた。目標空隙率を 15(%)と仮定したが、空隙率の実測率は 17(%)程度、圧縮強度は 6(N/mm²)程度であった。

PoC に接着する竹粉は、表 2 に示す物性値を有するマダケを、図 1 に示すような竹片に切断した後、ナタ等でさらに細かく割裂し、ミキサーで粉状に加工した。加工した竹粉は 2.5(mm)フルイでふるい分けを行い、通過した竹粉を PoC 表面に接着した。

竹粉を PoC に接着するにあたり、今後の研究展開のため、最適なでんぷん系接着剤を選定する必要があった。このため、市販され入手が容易な 1) ひまわり糊(不易糊工業(株)製)、2) ヤマト糊(ヤマト(株)製)の 2 種類と、比較のために非でんぷん系接着剤である酢酸ビニル樹脂系の木工用接着剤(コニシ(株)製)の 3 種類により PoC に竹粉を接着し比較を行った。PoC へ竹粉を接着する方法は、φ10×20(cm)の円柱試験体表面に、でんぷん系接着剤を水で 2 倍に薄めたものを均等に隙間なく塗り広げた後、竹粉の中で転がした。また、木工用接着剤は直接 PoC 表面に塗り広げた後、竹粉を接着した。図 2 に PoC に竹粉を接着した状態を示す。同図は先述のヤマト糊により竹粉を接着したものであるが、他の接着剤により竹粉を接着したのも、同一の竹粉を用いているため試験体の性状も同様である。なお、目視による確認ではあるが、本接着方法を適用した場合には PoC の空隙中へ竹粉が充填されることはなかった。

3. 竹粉接着 PoC の河川への設置

竹粉を接着した PoC の流水中における粉体の付着状況、生物被膜の形成状況などを確認するため、先述の接着剤を変化させた 3 種類の試験体、および比



図 1 竹の成形



図 2 竹粉接着 PoC ブロック



図 3 河川への試験体設置



図 4 回収後の試験体の性状

較のため表面処理を行わない試験体を河川に設置した。設置場所と設置荷期間は、長野市内の浅川上流部と中流部に、8月中旬から11月中旬までの3か月間設置した。図 3 に設置場所(浅川上流部)の状況を示す。なお、試験体流失防止のため、比較的流速の緩やかな河川側方の淵部に設置した。11月の試験体回収時には、中流部の試験体は全て流失などしてしまい、上流部の3本のみを回収することができた。

図 4 に回収した試験体の性状を示す。回収できた試験体は、接着した竹粉が試験体より全て剥離して

いたため、表面処理を行わないPoCと比較することはできなかった。また、回収できた試験体3本の全てで、図4に示すような表面の変色、藻や水生生物の付着がみられ、生物被膜の形成が確認できたと考えられる。今後、試験体の流失に対する対策を行うとともに、定期的な竹粉の付着状況と生物被膜形成状況の経時変化を確認する必要があると考えられる。

4. pHと粉体付着の経時変化

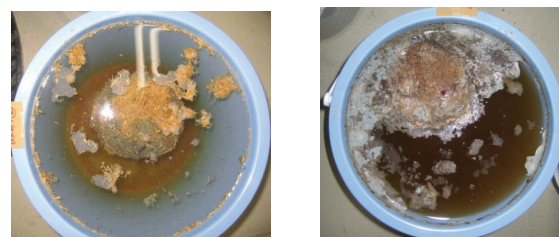
本研究は、PoCを自然環境下に打設・設置した場合、直後のアルカリ成分溶出の抑制を目的とし、木質由来の粉体である竹粉を表面に接着し性状改善を図ることにより環境負荷低減効果を検証する。このため、表面に竹粉を接着させたPoCを水中に静置し、水のpHをアルカリ成分溶出量の指標とし、その経時変化を計測した。PoCに粉体を接着するにあたり、環境負荷が小さいと考えられるふん系接着剤を適用するが、入手容易な2種類の市販されている接着剤のうち、今後の研究展開を鑑みて、自然環境下への粉体接着PoCの設置に適したものを選定する必要があり、pHの計測と同時に粉体の付着状況を確認した。

上述のような背景から、以下に記す実験を行った。すなわち、容量200Lのプラスチック製バケツに水道水を180L程度入れた後、ヤマト糊とひまわり糊の2種類のでんぷん系接着剤により竹粉を接着させたPoCを静置し、水のpHを計測するとともに、付着状況の確認も並行して行った。以下では、ひまわり糊により接着したPoCを試験体1、ヤマト糊により竹粉を接着したPoCを試験体2とする。また、でんぷん系接着剤と比較するため、酢酸ビニル樹脂系の木工用接着剤により竹粉を接着させたPoCを試験体3、竹粉の付着させない表面処理を行わないPoCを試験体4とし、同様の条件で水中に静置した。

図5に、各々の竹粉を付着させたPoC試験体の、水中設置直後の性状、および93日経過後の性状を示す。

図5-1にひまわり糊を用いてPoC表面に竹粉を接着させ、水中に静置した性状を示す。同図(a)は水中設置した直後の性状であるが、ヤマト糊でPoC表面に竹粉を付着させた場合に比し、設置直後から多くの竹粉が表面より剥離し、水面上やバケツ底面に沈殿している様子が確認できる。同図(b)に示す93日経過後において、接着剤の腐食によるものと考えられるカビの発生と、水の濁りが確認できる。また、同図では確認しにくいですが、接着した竹粉の多くがPoC表面より剥離し、表面が露出した部分も多く確認された。

図5-2にヤマト糊を用いてPoC表面に竹粉を接着させ、水中に静置した性状を示す。同図(a)に示すように



(a)水中設置直後

(b)93日経過後

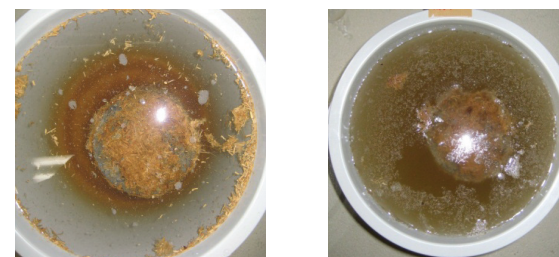
図5-1 ひまわり糊



(a)水中設置直後

(b)93日経過後

図5-2 ヤマト糊



(a)水中設置直後

(b)93日経過後

図5-3 木工用接着剤

図5 静水中の竹粉付着状況と水質の性状

水中設置した直後において、PoC表面から僅かに竹粉が剥離しているのみである。一方、同図(b)に示す93日経過後においては、目視による判断ではあるが、PoC表面の竹粉付着量も設置直後と同程度であり、バケツ底面に設置直後よりも僅かに多い竹粉が確認できる程度となっている。

上述した竹粉の付着状況、および水質の相違は、でんぷん系接着剤に添加された防腐剤、分散剤等の添加物の種類とその添加量に起因していると考えられるが、これらの詳細な諸元については製造者が明示していないため、断定できないのが現状である。

図5-3に、でんぷん系接着剤と比較するため、木工用接着剤によりPoC表面に竹粉を接着させ、水中に静置した性状を示す。同図(a)は水中設置した直後、同図(b)は93日経過後の性状である。図5-2で示した竹粉の付着状況が良好であったヤマト糊で接着した場合に比し、設置直後から表面からの剥離した竹粉が多い。でんぷん系接着剤は、接着時に竹粉表面を覆うように多くの粉体をPoC表面に付着させるのに対し、木工用

接着剤は竹粉がPoC表面に付着するのみで、接着剤が竹粉を被覆することがないため、竹粉同士が絡み合うなどして脆弱に付着した竹粉の多くが剥離したためと考えられる。また、同図(b)に示す93日経過後においても、周囲の水の濁りが確認できるが、接着剤に防腐剤が添加されておらず、竹粉が腐食した結果と考えられる。

図6に各試験体を水中に設置した場合の、水のpHの経時変化を示す。試験体を水中に静置した日から93日間にわたり、3~5日間隔で計測を行った。図中において、試験体1（ひまわり糊）は設置直後において一時的にpHが6程度まで低下しているが、その後徐々に、他の試験体と同様pHが8程度まで上昇した。これは、水中に設置した直後はPoC表面とひまわり糊、および竹粉が密実に接触しているが、図5-1からも確認できるように時間経過に伴い竹粉が剥離し、PoC表面の一部が露出し、アルカリ成分が水中に溶出したためと考えられる。試験体2（ヤマト糊）、3（木工用接着剤）においても、試験体1よりはpHの低下は小さいが、設置直後にpHが一時的に低下し、その後上昇した。なお、試験体2に比し試験体3の方が大きくpHが低下しているが、これは木工用接着剤が非でんぷん系の接着剤であり、前者に比し後者の方が水中に静置した直後では付着力が大きいことが要因と考えられる。試験体4は表面処理を行っていないため、PoC設置直後からアルカリ成分の溶出量が多かったと考えられる。各試験体とも設置直後においてpHが一時的に低下、あるいは上昇し、その後中性の方向に移行しているが、これは水中においてpHが平衡状態へ移行するよう遷移した結果と考えられる。

図7は河川に設置後に回収した試験体を、表面処理せず先述したように水中に静置し、pHの経時変化を計測した結果である。図4からも確認できるような生物被膜の形成、および表面が流水、掃流砂による洗浄されたこと等により、水のpHは8程度の弱アルカリを示しており、PoCを自然環境下に打設・設置した場合には、長期的には流水の作用により表面が洗浄されアルカリ成分の溶出が低下することが確認できた。

5. 結 言

PoC 表面へ竹粉を接着することにより、特に設置・打設直後においてアルカリ成分の溶出抑制効果が期待できることがわかった。しかしながら、竹粉接着の影響、および生物被膜の生成と接着剤、特に

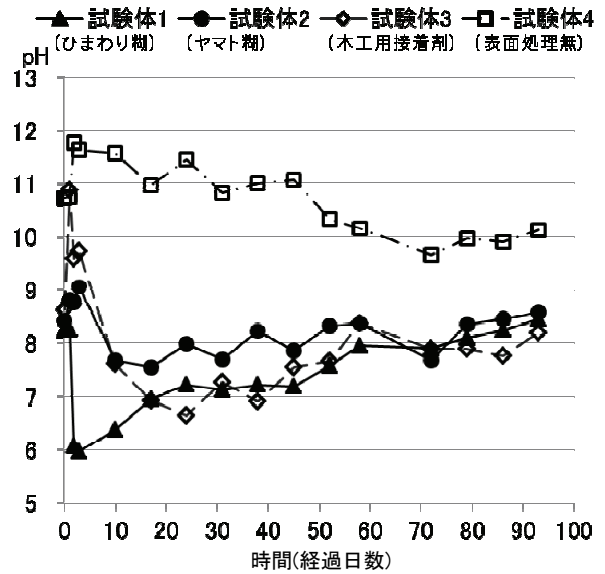


図6 接着剤の相違によるpHの経時変化

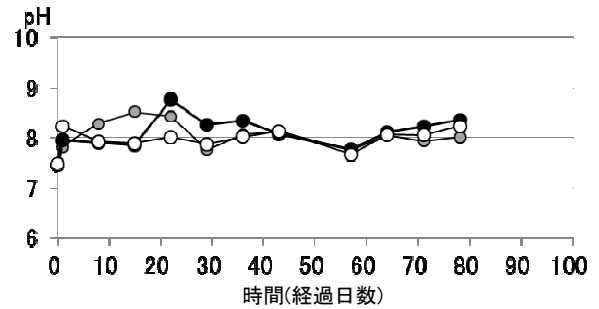


図7 河川設置後試験体のpHの経時変化

でんぷん系接着剤とアルカリ成分溶出抑制効果との相関を評価する必要があると考えられ、今後の検討課題としたい。

なお、本研究の一部は、科学研究補助金（基盤研究C）の補助により実施された。

参 考 文 献

- 1) 猪瀬，遠藤，酒井，大山：竹混合ポーラスコンクリートの強度と水質浄化機能に関する研究，平成23年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，VII-28，507-508，2012.3.
- 2) 依田，遠藤，丸山，小林，松岡：竹粉接着によるポーラスコンクリート表面の性状改善に関する研究，平成24年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，V-17，2013.3.
- 3) 遠藤，猪瀬，大山，小林，丸山：竹片を混合したポーラスコンクリートの力学的特性，長野工業高等専門学校紀要，第46号，2012.6.