

木粉含有コンクリートの藻場造成ブロックへの適用に関する基礎試験

Fundamental test on application of concrete containing wood flour to seaweed bed construction blocks

北海道科学大学工学部都市環境学科 ○正 員 今野克幸 (Katsuyuki Konno)
 北海道科学大学工学部都市環境学科 福原朗子 (Akiko Fukuhara)
 北海道科学大学薬学部医薬化学分野 三原義広 (Yoshihiro Mihara)
 北見工業大学工学部機械電気系 杉野義都 (Yoshito Sugino)

1. はじめに

本研究には以下の2つの背景がある。まず磯焼け対策である。磯焼けに関する研究の歴史は約半世紀にもなるが、未だ決定的な解決策は無い。「磯焼け対策における施肥に関する技術資料」によると、海中への施肥、つまり栄養塩の供給は藻類の繁殖に効果があるが、潮流や波浪によって移流または拡散し濃度が希釈される。したがって、莫大な量を継続的に施肥する必要があり現実的ではない。一方、藻場造成用のコンクリートブロックが幾つも製品化されているが、設置から2年目、3年目と持続的に効果を発揮しない。もう一つの背景は、木材加工の際に発生するおが粉（以下、木粉）の再利用である。現状ではバイオマス燃料やきのこ培地などとして再利用されている。本研究では磯焼け対策としての藻場造成ブロックの原材料として木粉の再利用を検討している。

発酵させた木粉を混入したコンクリート（以下、木粉コンクリート）を用いて概ね3年以上効果が持続する藻場造成ブロックを開発することを目的としている。ただし、本研究は初期の段階であり、本論では木粉コンクリートの基礎性状を調べた結果を報告する。なお、本研究でターゲットとする藻類はコンブである。

2. 研究概要

2.1 木粉コンクリートについて

コンクリート中の木粉が酵母の発酵作用で分解し、これがコンブの栄養源となり、さらに栄養分が持続的に溶け出し長年に渡ってコンブの繁殖を促すことを目標としている。従来ある藻場造成ブロックは設置1年目は藻類の成長が見られるが、2年目以降はほとんど効果を発揮しない。木粉コンクリートは低強度とすることで1年目のコンブが枯れた後に表面が剥がれ、2年目以降もコンブが着生し成長できる場となることを想定している。また、発酵した木粉（以下、発酵木粉）には酵母が付着しており、コンクリート中において酵母が生存を続ければ藻場として供用中においても木粉の分解が持続し栄養塩の供給を数年間持続できる。本実験は研究の基礎的なデータを得る段階であり、小型の供試体を用い、以下の点に焦点を絞った。

- i) 木粉含有率とモルタル強度の関係を調べる
- ii) 木粉の成形方法の検討

なお、供試体の小型化のためにコンクリートではなくモルタルを用いた。以下、木粉を混入したモルタルを木粉モルタルと呼ぶ。

2.2 使用材料

使用する木粉の原形は木材加工の際に発生する切削くずであり100 μ m以上のオーダーである。これを摩砕機によって概ね100 μ m以下のオーダーまで細かくし、酵母を添加したときの発酵の効率を高める。発酵過程を経ることによってセルロースは分解され栄養分の供給が期待される。図-1(a)は発酵木粉の走査型電子顕微鏡(SEM)画像、図-1(b)は粒子径分布測定装置の分析結果である。形状としては細長いものがほとんどであるがアスペクト比が小さいものが混じっている。そして、粒度は70 μ m付近をピークとしているが1000 μ m程度のものが少量存在している。また、発酵木粉には樹木に多量に含まれるリグニンが高濃度化しているも特徴の一つで、これはウニに対する忌避効果によりコンブの食害を防ぐ可能性があるが、本論の実験の範囲ではなく今後の検討とする。セメントの種類は耐海水性がある高炉セメントを使用した。細骨材は川砂を用いた。

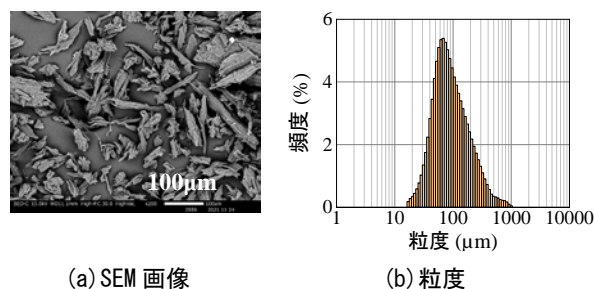


図-1 木粉の粒度

3. 実験方法

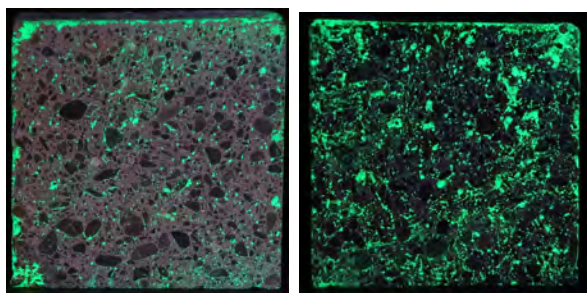
3.1 木粉含有率とモルタル強度の関係

木粉を混入するのは施肥としての効果を狙うものなので、モルタルには出来るだけ多量の木粉を混入したいが強度は低下する。低強度とするのは前述のとおりだが、強度発現がほとんど見られず成形できないと製品として成り立たない。したがって、モルタルに混入する木粉の最大量を調べる目的で実験を行った。木粉を含有しない普通モルタル（以下、供試体名はBBR）の配合は水セメント比（以下、W/C）を0.50とし、砂とセメントの比（以下、S/C）を2.0とした。木粉モルタルは供試体BBRに対して水とセメントの量が同じで、木粉は細骨材に置換するかたちで配合した。木粉モルタルは体積含有率で10%と15%（以下、それぞれ供試体FWP10と

供試体 FWP15 とする) の 2 種類である。材齢 28 日の圧縮強度試験と曲げ強度試験および硝酸アンモニウム水溶液によるカルシウム溶脱 (以下, 溶脱) の促進試験²⁾を行った。溶脱試験は普通モルタルと比較し木粉モルタルの海中での耐久性を調べるためである。

3. 2 木粉の成形方法

本研究では含有する酵母が生存し続けるコンクリートの製造を検討している。しかしながら、コンクリート中の高アルカリ環境は酵母の生存にとって厳しい条件である。予備試験として、木粉の体積含有率を約 5% としてモルタルを作製し酵母の活性を調べた。この場合は普通ポルトランドセメントを使用し、W/C が 0.50 で S/C は 2.0 とした。供試体断面に蛍光塗料を塗布し、紫外線によって空隙を発光させた (図-2)。木粉を含有しない場合、エントラップトエアによる歪んだ形の空隙と骨材下面のブリーディングによる空隙のみが観察される。一方、木粉モルタルは無数の球形の空隙が見られる。これは酵母の発酵作用によって発生した二酸化炭素による気泡と考えられる。しかし、硬化したモルタルを粉砕して懸濁液を作りポテトデキストロース培地を用い培養試験を行ったところ、酵母のコロニーは確認できなかった。つまり、セメントと水の水和反応初期では酵母が活発に活動していたが、水和が進むにつれ高アルカリ環境となり酵母が死滅したと考えられる。



(a) 木粉無し (b) 木粉の含有率約 5%

図-2 モルタル断面の空隙

以上の実験では木粉を粉末状で使用したため、木粉全てが高アルカリ環境に曝された。よって、木粉を粗骨材のように 20~30mm の大きさの塊にして使用すれば、その中心付近の木粉はアルカリ環境に曝されず酵母が死滅しないと考えられる。本論における一連の実験はモルタルの小型供試体を用いているので、木粉を 5mm 角程度のサイコロ状の塊とした。サイコロ状の塊は木粉とデンプン溶液を混ぜ合わせた後、乾燥させ板状としたものを切断して作製された。

4. 実験結果と考察

4. 1 木粉含有率とモルタル強度の関係の実験結果

圧縮強度と曲げ強度を表-1 に示す。供試体 FWP10 は供試体 BBR に比べ、圧縮強度は 81%、曲げ強度は 90% となり、溶脱試験後に曲げ強度は 22% 低下した。供試体 FWP15 は供試体 BBR に比べ、圧縮強度は 8%、曲げ強度は 18% となり、溶脱試験後に曲げ強度は上昇したがばらつきの範囲と思われる。木粉含有率が 10% と

15% では強度に極めて大きな差が現れた。供試体 FWP15 は強度が非常に小さいが成形体としては成り立っており、溶脱による急激な強度低下も見られず、海中で少しずつ表面が剥がれるというコンセプトに概ね合致することが期待できる結果となった。

表-1 木粉含有率と強度

供試体名	圧縮強度 (N/mm ²)	溶脱試験における 曲げ強度 (N/mm ²)	
		溶脱試験前	48 時間後
BBR	31.40	6.20	4.66
FWP10	25.46	5.61	4.40
FWP15	2.56	1.15	2.61

4. 2 木粉の成形方法についての検討結果

硬化したモルタルを粉砕して懸濁液を作り 100 倍の希釈液で培養試験を行ったところ数個のコロニーを確認した。本実験では木粉の塊の大きさが 5mm 程度と小さいので木粉塊中心まで高アルカリの水溶液が浸透し、モルタル硬化後に生きていた酵母が少なかったと考えられる。

モルタルのフロー試験の状況を図-3 に示す。供試体 BBR のフロー値 220mm に対して木粉を粉末のまま使用したもの (供試体 FWP15) のフロー値は 115mm と流動性は低い成形可能であった。これに対して、サイコロ状の塊として使用した場合に流動性がほとんど無く型枠への打込みおよび締め固めが困難であった。流動性が低下したのは、塊を作る際に木粉に混ぜ合わせたでんぷん的作用による可能性がある。



(a) 粉末として使用 (b) 塊として使用

図-3 スランプフロー試験の状況

5. まとめ

木粉含有コンクリートで藻場造成ブロックを製造する場合、含有率は 10~15% で最適な配合を作ることができると考えられる。ただし、木粉を粗骨材のような塊にするにはさらに検討が必要である。その他、今後の課題として、木粉と酵母のみではコンブに必要な栄養塩として不十分である可能性があり、木粉に栄養塩を浸み込ませること、酵母以外の菌類を混入することを検討中である。

参考文献

- 1) 水産庁漁港漁場整備部：磯焼け対策における施肥に関する技術資料, 2015
- 2) C. Carde, G. Escadeillas and R. François : Use of ammonium nitrate solution to simulate and accelerate the leaching of cement pastes due to deionized water, Magazine of Concrete Research, vol.49, No.181, pp.295-301, 1997