

## 木炭と竹繊維を使用したセメント系複合材料の開発

大内 成司・二宮信治・佐藤嘉昭\*・大谷俊浩\*・清原千鶴\*・柴田和己\*\*  
別府産業工芸試験所・\*大分大学工学部・\*\*ハマミ産業

## Development of Cementitious Composite Material Containing Charcoal Particle and Bamboo Fiber

Johji OUCHI, Shinji NINOMIYA, Yoshiaki SATO\*, Toshihiro OTANI\*, Chizuru KIYOHARA\*, Kazumi SHIBATA\*\*  
Beppu Industrial- Art Research Division, \*Faculty of Engineering in Oita University, \*\*Hayami Co.,Ltd

## 要旨

本研究では、大分県産のスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) の間伐材や製材時に発生する端材を原料とした木炭と、大分県産のマダケ (*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc.) から作製した竹繊維を混入したセメント系建築ボードの開発を試みた。その結果、セメントの硬化阻害が懸念される竹材中の遊離糖分は、竹繊維を煮沸することにより除去できることが分かった。ボードの曲げ強度において、木炭の持つ保水性により乾燥による強度低下を抑制することが分かった。また、竹繊維を混入することにより靱性が向上することが分かった。

## 1. はじめに

日本では古くから左官塗り材料として調湿機能を備えた漆喰が多用されてきたが、これを乾式パネル建材（化粧漆喰）として製品化するなど、自然素材の特徴を生かした建築材料の開発がここ数年、活発に行われるようになってきた。その理由は、今までは顕在化することがなかった住宅用建材からの揮発性有機化合物の毒性が問題となり、人体の安全に関する問題として大きく取り上げられるようになったからである。本研究で開発予定の建材は木炭の持つ調湿性、有害物質の吸着作用に着目したもので、木炭を大量に使用した場合、建材としての十分な強度が得られないことが予想され、それを補うために竹の繊維で補強することを試みたセメント系複合ボードである。今回は、主に試作したボードの曲げ強度特性について報告をする。

## 2. 実験

## 2.1 竹繊維の作製

ボードを作製する前に、Fig. 1に示すようなフローチャートにそって手作業で竹繊維を作製した。

供試材料は、平成11年6月に伐採した大分県産のマダケ (*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc.) の節間部を使用した。ここで使用している竹繊維とは、細胞を構成しているfiberのことではなく、竹材を繊維方向に裂いたものであり、厚さ1mm程度の細長い針状のものをさす。

## 2.1.1 糖分分析

竹材は糖分を多く含んでおり、その糖分がセメントの硬化を妨げることが知られている<sup>9)</sup>。そこで、煮沸処理による竹繊維中の糖分除去効果について調べた。

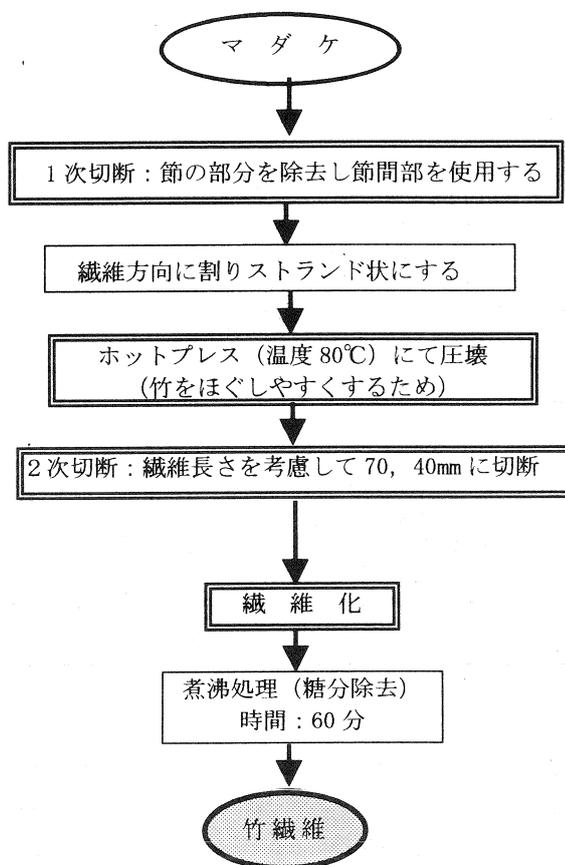


Fig.1 竹繊維化のフローチャート

処理条件は、生竹、未処理材、煮沸処理60分の3水準とした。

分析方法は、まずそれぞれの試料を粉末状にし、2gを秤量し蒸留水100mlを加え、沸騰水中で3時間加熱を行い、ガ

ラス繊維ろ紙でろ過をした。そのろ液を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) で測定し、遊離糖分量を求めた。HPLC装置は日本分光製LCSS-905, 検出器は日本分光製示差屈折計, カラムとプレカラムはそれぞれ昭和電工製KS-801, KS-800Pを用いた。測定条件は, カラム温度: 60℃, 流速: 1ml/min, 溶離水: 水, サンプル注入量: 20 $\mu$ lとした。

本実験における生竹とは, 竹林から伐採して何も処理をしていない竹材のことであり, また, 未処理材とは, Fig. 1のフローチャートにそって繊維化し, 糖分除去の煮沸処理をしていないものをさす。

## 2.2 ボードの作製

### 2.2.1 供試材料および調査

本実験では木炭および竹繊維を混入したセメント系建築用ボードを試作した。結合材であるセメントペーストは水セメント比 (W/C) 30%で, 混和剤を用いてフロー値を200mm程度とした。使用したセメントは早強ポルトランドセメント (比重3.14), 混和剤には高性能AE減水剤 (ポリカルボン酸エーテル系) を用いた。木炭は既に製品化されているもの (粒径8mm) を用いた。また竹繊維は, 2.1で示した方法で作製したものを使用した。

供試材料の特性をTable 1に示し, セメントペーストのフレッシュ性状についてTable 2に示す。

Table 1 供試材料の特性

材 料	種 類	性 質
セメント	早強ポルトランドセメント	密度: 3.14g/cm <sup>3</sup> 粉末度: 4450cm <sup>2</sup> /g
木 炭	スギ低温炭	粒径: 8mm 密度: 0.15 g/cm <sup>3</sup>
竹繊維	マダケ	長さ: 2, 3.5cm 密度: 0.55 g/cm <sup>3</sup>

Table 2 プレーンセメントペーストのフレッシュ性状

W/C (%)	混和剤添加量 (C×%)	フロー値 (mm)	空気量 (%)	単位容積質量 (kg/ℓ)
30	0.5	205×207	4.0	2.06

調査は次に挙げる, ①木炭の混入率 (0,40,60,80vol%), ②竹繊維の混入率 (0,2,4,6vol%), ③竹繊維の繊維長 (3.5,2cm), ④養生方法の4つの要因がボードの曲げ強度や調湿性に及ぼす影響を調べるために, ①, ②, ③および④の各因子の組み合わせを38種類とした。また, 調査は容積調査とした。

### 2.2.2 混練, 打設および養生方法

セメントペーストの混練にはモルタルミキサー (容量5ℓ) を用いて行った。セメントペーストを作製した後, 48時間水中浸漬させ飽水状態とした木炭, 竹繊維を順に混入

し, それぞれ手で十分に攪拌を行った。作製するボードの寸法は500×500×10mmとし, Fig. 2に示すような形状の型枠を用いた。

打設方法は作製するボードの容積 (2.5ℓ) の1.6倍に当る4ℓの木炭および竹繊維混入セメントペーストを型枠に打ち込み, 隙間がなくなり厚さが10mmになるように, 過大な圧力を加えないように注意しながら万力でプレスした。打設後, 供試体は実験室内にて水分を含んだ布を被せ, シートで覆い材齢2日で脱型した。脱型後, 材齢28日まで恒温恒湿室内において水中養生し, 材齢28日においてボードを曲げ強度試験用供試体寸法 (200×50×10mm) に18枚切断し, 9枚は引き続き28日間水中養生を行い, 残りの9枚は恒温恒湿室内にて28日間気中養生とした。

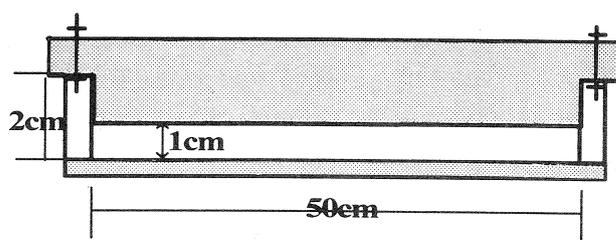


Fig. 2 型枠断面図

## 2.3 曲げ試験

曲げ試験JIS A 5908に準拠して行った。供試体の寸法は200×50×10mm, スパンは140mmとした。供試体数は気中養生5枚, 水中養生5枚の合計10枚である。

## 3. 結果および考察

### 3.1 糖分分析

竹材中の遊離糖分について二宮らの報告<sup>2)</sup>によると, マダケにおける遊離糖分含有量は, 6月頃が最も多く, 多いものでは竹材乾燥重量に対して10%を超えるものもあるとされている。これは, タケノコの発生時期に備えられていると考えられている。

今回は, 敢えて遊離糖分が最も多いと予想される6月伐採のマダケを使用しHPLCで測定した。その結果をTable 3に示す。

生竹におけるスクロース, グルコース, フルクトースの3糖の合計は9.28%と非常に高い値になった。未処理材は, フルクトースが検出されなかったが, スクロースとグルコースが若干検出され合計が0.97%となった。また, 煮沸時間60分は3糖すべて検出されない結果となった。未処理材が煮沸処理を行っていないのに1%を下回る値となったのは, 繊維化のときにホットプレスで圧壊した際に竹材中の水分と共に溶出したことと, 遊離糖分が最も蓄積していると考えられる内皮側の柔細胞部分を繊維化の際に除

Table 3 糖分分析結果

測定項目	糖分検出濃度(%)			
	スクロース	グルコース	フルクトース	TOTAL
生竹	0.67	4.72	3.90	9.28
未処理	0.37	0.59	0.00	0.97
煮沸 60 分	0.00	0.00	0.00	0.00

外したからだと推察できる。以上の分析結果からFig.1に示す竹繊維化のフローチャートによって作製された竹繊維には遊離糖分は含まれていないものと判断した。

### 3.2 ボードの密度および含水率

Fig.3に密度と木炭および竹繊維混入率の関係を示す。密度は繊維の長さおよび養生条件の違いによらず、木炭混入率が増加するとともに低い値を示すようになることがわかる。

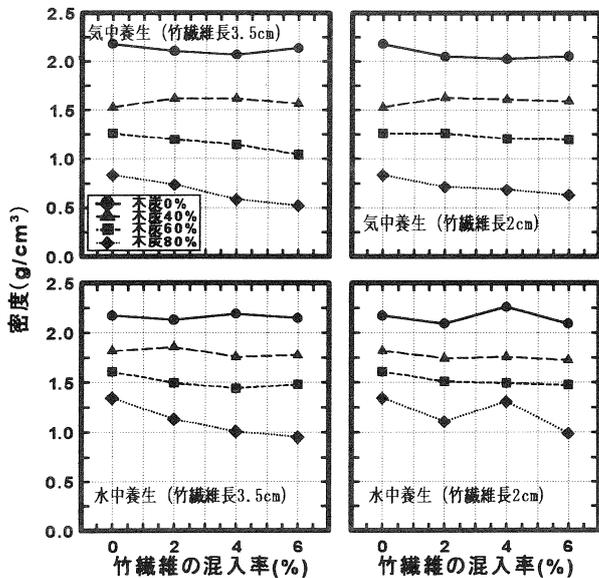


Fig.3 密度と木炭および竹繊維混入率の関係

Fig.4に含水率と木炭および竹繊維混入率の関係を示す。若干ばらつきはあるものの、含水率は繊維の長さおよび養生条件の違いによらず木炭混入率が増加するほど大きくなる傾向を示した。また木炭混入率0%において、水中養生の含水率は気中養生の含水率の1.1倍程度であるのに対して木炭混入率が40, 60, 80%と増加するにつれてそれぞれ気中養生の含水率の1.8, 2.0, 4.9倍と高くなった。このことから木炭を混入することによってボードの吸水性および保水性が高くなるのがわかる。

### 3.3 曲げ試験

Fig.5に曲げ強度と木炭および竹繊維混入率の関係を示す。繊維の長さおよび養生条件に関わらず、曲げ強度は木

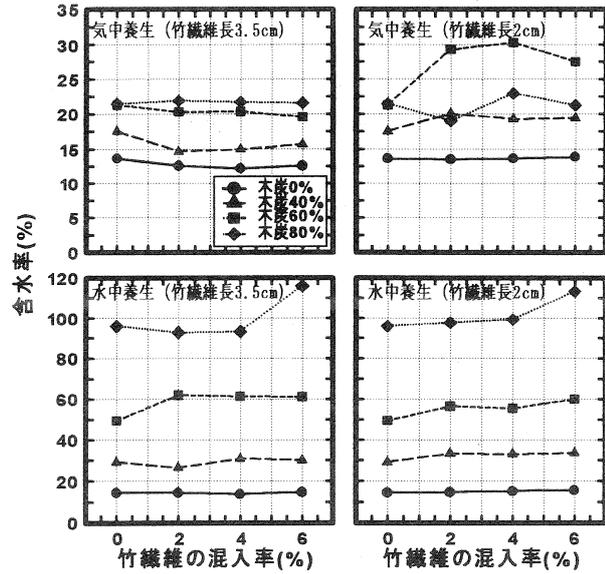


Fig.4 含水率と木炭および竹繊維混入率の関係

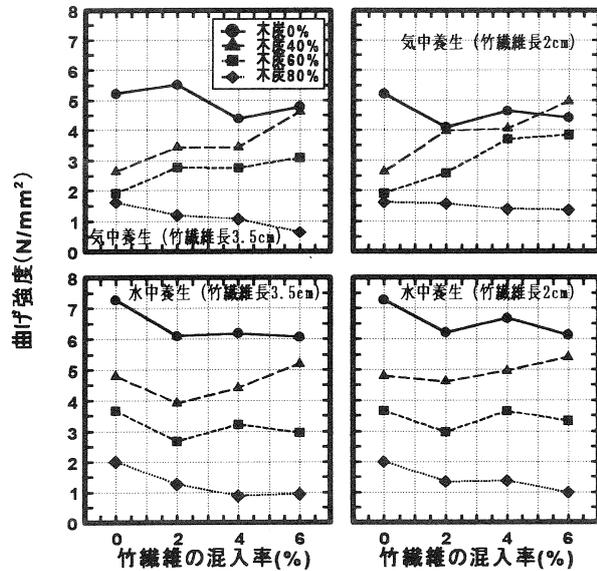


Fig.5 曲げ強度と木炭および竹繊維混入率の関係

炭混入率が増加するとともに低い値を示している。竹繊維混入率による曲げ強度の傾向は、木炭混入率80%については竹繊維混入率の増加とともに低下する傾向が見られるが、その他の木炭混入率のものは竹繊維混入率の増加とともに横ばいもしくは増加する傾向にある。容積割合で考えたことを考えれば、竹繊維混入率の増加にともなうセメントペースト量の減少による曲げ強度低下を竹繊維が十分に補っていると考えられる。また、気中養生における曲げ強度は、木炭混入率0%のものは、水中養生の6~7割程度しか強度が得られなかったのに対して、木炭混入率40, 60, 80%においては9割程度の強度が得られた。このことから、木炭の保水性機能により乾燥による強度低下が抑制され

たものと思われる。

Fig. 6に曲げタフネスと木炭および竹繊維混入率の関係を示す。曲げタフネスの算出は、変位がスパンの1/50 (=3cm)となるまでの曲げ荷重-変位曲線下の面積より求めた。また所定の変位に達する以前に供試体が破壊した場合には、破壊直前までの面積を求めた。

若干のばらつきがあるが、繊維の長さおよび養生条件に関わらず、曲げタフネスは木炭混入率が増加するとともに低い値を示している。竹繊維混入率が大きくなるにつれて曲げタフネスの値も大きくなり、靱性が向上していることが分かる。

本実験では竹繊維長さが短い2cmの方が曲げタフネスの値が大きくなる結果となった。これは繊維長さが2cmの方が型枠へ打ち込みやすく、3.5cmの供試体より竹繊維が分散されたことによるものと考えられる。今後は、型枠や打設方法についても検討していく必要があるものと思われる。

#### 4. まとめ

木炭と竹繊維を使用したセメント系ボードの開発を目標とし、本報告では、竹材中の遊離糖分の分析および試作したボードの曲げ強度試験について検討を行った。その結果以下のようなことが分かった。

- 1) セメントの硬化阻害を起こすとされる竹材中の遊離糖分は、60分間煮沸することによって除去できることが分かった。
- 2) 木炭の保水性の機能により木炭を混入することによって乾燥による強度低下を抑制することが分かった。
- 3) 竹繊維を混入することにより靱性が向上することが分かった。

今後も引き続き供試体の作製方法や木炭による調湿性やVOCの吸着などについて検討していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 馬霊飛, 黒木康雄, 他: 木材学会誌, 42-1(1996), 34
- 2) 二宮信治, 中原 恵: 大分県産業科学技術センター 平成8年度研究報告書, (1996), p50

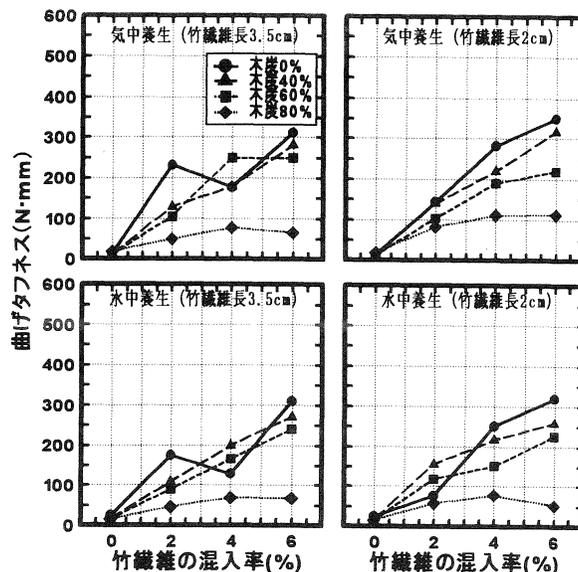


Fig. 6 曲げタフネスと木炭および竹繊維混入率の関係