

自然素材を活用した建築ボードの開発 —木炭と竹繊維の有効利用—
(その3 糖分分析試験および硬化障害試験)

正会員 ○佐藤 嘉昭*1 準会員 荒川 堅太郎*2 正会員 大谷 俊浩*3
同 清原 千鶴*3 同 永松 静也*1 同 平居 孝之*4

1. はじめに

筆者らは、軽量、調湿性、吸水・保水性、断熱性、吸音性およびガス吸着性などの機能特性を有する木炭と、生長が著しく早く、力学的特性に優れた竹の2つの自然素材に着目し、結合材に無機系の材料を使用した建築ボードの開発を行っている。前報^{1),2)}においては、真竹から手作業で作製した竹繊維を使用して、木製型枠によりボード型供試体を作製し、木炭混入率および竹繊維混入率の変化が物性へ及ぼす影響に関する検討を行うとともに、その建築ボードとしての可能性に対する検討を行った。その結果、竹繊維の混入により靱性が向上し、木炭の混入により軽量化が可能であり、かつ調湿性に優れていることが確認され、建築ボードとしての可能性を十分に示す結果となった。しかしながら、木製型枠を使用したことで蓋の締め付け力に差が生じたため供試体の厚さに大きなばらつきが生じ、また、パイプレータで加振したことにより密度が小さい木炭の上部への移動が確認されるなどの問題点がみられた。

そこで今回は、型枠を鋼製へ変更し、パイプレータによる加振ではなく圧縮機による加圧成型という方法を採用することで、強度特性の改善、供試体の寸法精度の向上、竹繊維および木炭の分布状態の均一化を目指して実験を行った。また、竹繊維は、扇子工場の扇骨作製過程で生じる廃棄物である繊維状の竹(孟宗竹)を使用した。それによって力学的特性の更なる向上が期待でき、また、廃棄物を有効利用するため、環境負荷をさらに低減することが可能となった。

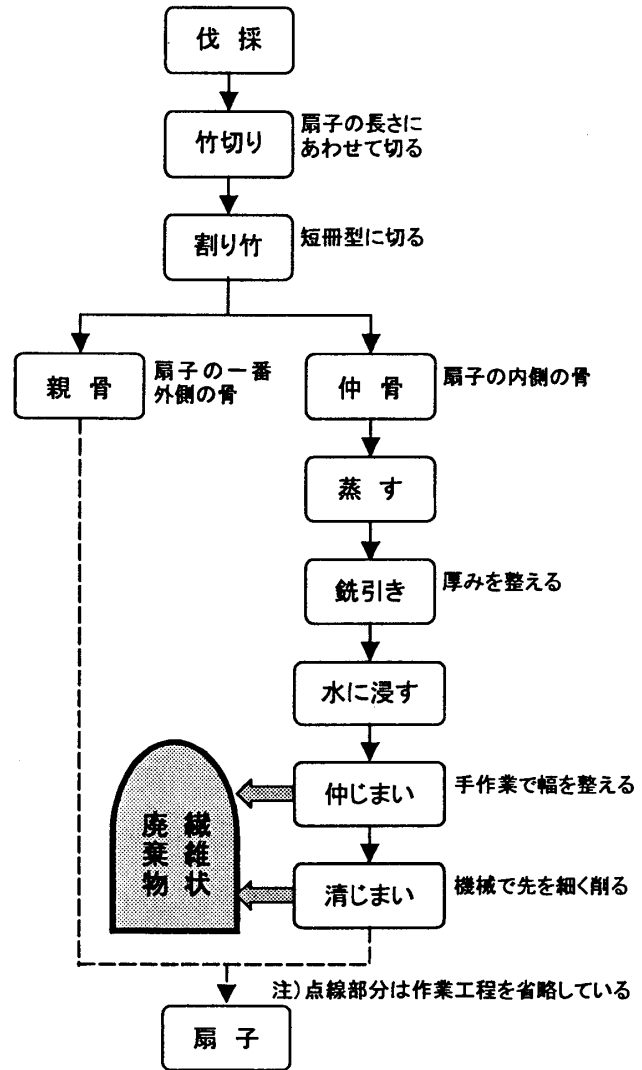


図1 繊維状竹廃棄物の発生までの作業工程

2. 竹繊維

今回使用した竹繊維は、扇子工場より発生する廃棄物である。現在は有効利用する手段がなく、そのまま廃棄されているのが現状である。その繊維状の竹の発生までの作業工程



図2 仲じまい



図3 清じまい

*1 大分大学・教授・工博

*2 同・学部学生

*3 同・助手・工修

を図1に示す。また、図1中の繊維状の竹が発生する作業工程である“伸じまい”および“清じまい”の作業状況をそれぞれ図2および図3に示す。扇骨より発生する繊維状の竹は、作業方法や発生部位（内皮側、表皮側）によって、その径や繊維の状態に大きなばらつきを生じている。本実験では、竹を補強材と位置付けているため、繊維の状態および径が可能な限り均一になるように選定したものを使用した。竹繊維の写真を図4に、その拡大写真を図5に示す。

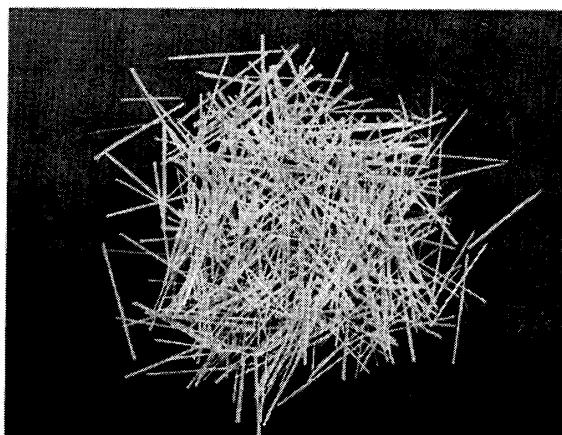


図4 竹繊維

3. 糖分分析試験

竹は糖分を多量に含有しており、その糖分がセメントの硬化障害を引き起こすとされている。前報²⁾において竹の糖分分析を行っているが、今回使用した竹繊維は孟宗竹から扇骨を作製する過程に発生する廃材であるため、竹の種類および繊維化までの作製過程が異なっており、糖分分析を行うことで今回使用する繊維中の糖分の有無について確認を行うこととした。

3.1 糖分分析試験方法

竹の糖分は煮沸によって除去できることから、未処理、煮沸を15分、30分および60分行った4種類の扇骨作製過程に発生した繊維状の竹（以下扇骨と記す）と孟宗竹をそのままカンナで削りそれを繊維状にしたもの（以下生竹と記す）の計5種類の繊維に対して、高速液体クロマトグラフィーを用いて糖分分析を行った。なお、分析での抽出方法は、熱水抽出とした。糖分分析の手順は、まず竹繊維を短く切断した後、所定の時間煮沸処理を行い（生竹0分、扇骨0分、15分、30分および60分）、12時間60℃で乾燥させた。乾燥させた竹繊維に蒸留水を加え、液中でホモジナイザーを用いて微粉碎した。次に熱水で3時間、糖分の抽出を行った後、その液を濾過し固形分の除去を行った。その液を高速液体クロマトグラフィーによる糖分分析の試料とした。

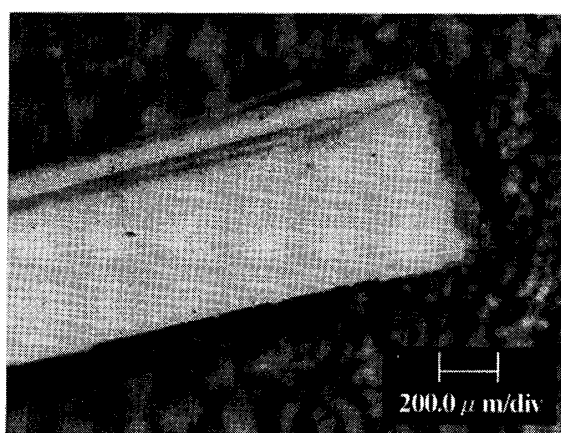


図5 竹繊維拡大図

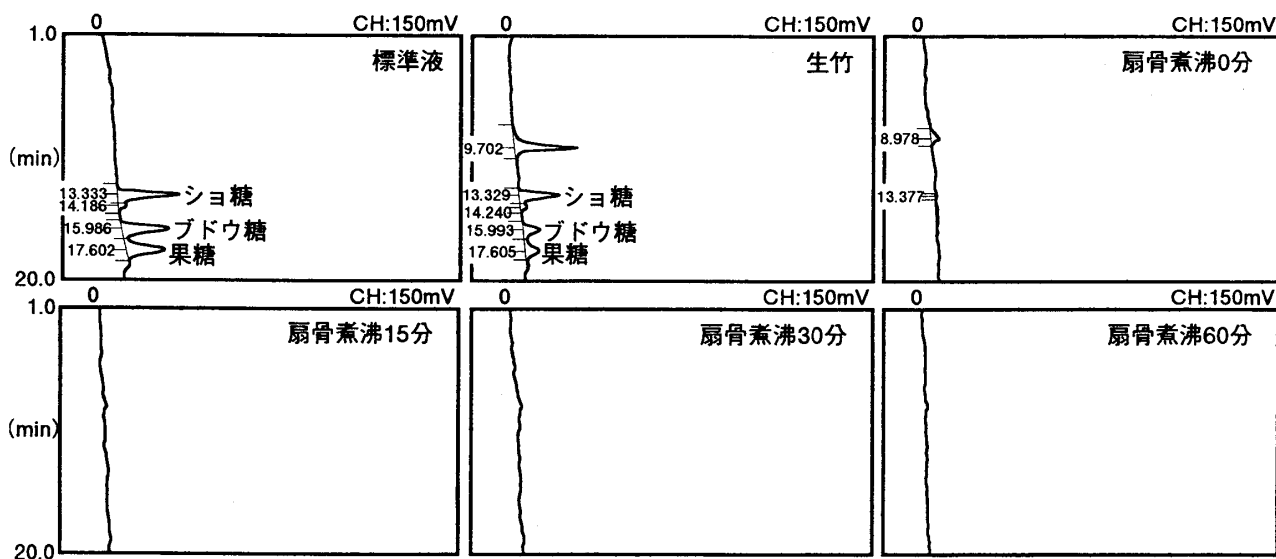


図6 高速液体クロマトグラフィーによる糖分分析結果

3.2 糖分分析試験結果および考察

糖分分析結果を図6に示す。なお、標準液はショ糖、ブドウ糖および果糖の出現位置を特定するためにそれらの糖分を入れた液である。

これらの図より、生竹のみ糖分が検出されており、扇骨は煮沸を行っていないものにおいても糖分が検出されていないことが分かる。そのため、扇骨は糖分を含有しておらず、セメントの硬化障害は引き起こされないものと考えられる。扇骨では糖分が検出されなかった原因は、竹の糖分は内皮側の柔らかい部分に多く存在しており、扇骨は硬い表皮側を使用するため、始めから存在していた糖分量が少ないことと、図1に示すように、工程のなかに“蒸す”、“水に浸漬”といった工程があるため、それらによって糖分が溶出したことが考えられる。なお、生竹の糖分含有量は乾燥質量の3.7%であった。

表1 セメント硬化障害試験使用材料

セメント	早強ポルトランドセメント 密度 3.14g/cm ³
竹繊維	孟宗竹 繊維長 2cm 繊維直径 約600μm 絶乾密度 0.97g/cm ³ 気乾密度 0.91g/cm ³ 表乾密度 1.31g/cm ³ 吸水率 44.5%

4. セメント硬化障害試験

3の糖分分析試験結果では、生竹のみ糖分が検出され、扇骨からは糖分が検出されなかった。その結果を踏まえて、糖分分析試験で使用した竹の処理の条件のうち、煮沸15分以外の条件の竹繊維を使用して、実際にセメントペーストに混入した場合の硬化障害の発生の有無について確認を行うこととした。

4.1 セメント硬化障害試験方法

煮沸を行う竹は扇骨を約2cmに切ったものを使用した。生竹はカンナで薄く削ったものを約2cmの長さに切り、それを繊維状に手で裂いたものを使用した。作製した竹繊維は（煮沸処理を行うものは処理を行った後）、105℃の乾燥器中に24時間置いて絶乾状態にして計量を行った後、24時間吸水させたものを混練前に表面の余分な水分をウエスで拭き表乾状態にし、打設を行った。セメントには早強ポルトランドセメントを使用した。調査は水セメント比30%、竹繊維6vol%、高性能AE減水剤はフロー値を約200mmになるように対セメント質量比で0.7%混入した。混練はモルタルミキサーでセメントペーストを先練りし、その後竹繊維を投入して均一に分散するまで手で練り混ぜた。供試体は圧縮強度試験用にφ5×10cmの円柱供試体を各3体とした。表1に使用材料を示す。また、表2に調査を示す。作製した供試体は、翌日脱型を行い、水中養生材齢14日に、上面に硫黄キャッピングを施し、圧縮強度試験に供した。なお、ひずみの測定にはコンプレッソメータを使用した。

4.2 セメント硬化障害試験結果および考察

表3に試験結果を、図7に各繊維を混入した供試体の圧縮応力度-ひずみ曲線図を示す。また、圧縮強度およびヤング係数の比較をそれぞれ図8および図9

表2 セメント硬化障害試験調査

W/C (%)	Vf (vol.%)	単位置量(kg/m ³)			
		C	W	Bf	Sp
30	6	1519.9	445.3	54.6	10.64

W/C: 水セメント比, Vf: 竹繊維混入率, C: セメント, W: 水, Bf: 竹繊維, Sp: 高性能AE減水剤

表3 セメント硬化障害試験結果

	番号	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (×10 ⁴ N/mm ²)	強度時ひずみ (μ)
生竹	No.1	25.2	1.51	2425
	No.2	25.0	1.69	1720
	No.3	27.6	1.64	2280
	平均	25.9	1.61	2142
煮沸0分	No.1	48.7	2.27	2435
	No.2	44.4	2.27	2175
	No.3	51.7	2.67	3015
	平均	48.3	2.40	2542
煮沸30分	No.1	49.3	2.38	2400
	No.2	45.2	2.16	2105
	No.3	46.3	2.27	2367
	平均	46.9	2.27	2291
煮沸60分	No.1	39.0	2.08	2245
	No.2	49.3	2.05	3350
	No.3	51.7	2.15	2905
	平均	46.7	2.09	2833

に示す。これらより明らかに生竹を混入した供試体の圧縮強度が低く、他の約2分の1の強度発現に留まっている。扇骨を使用したものは煮沸時間の違いによる強度発現の差はみられない。また、ヤング係数も、煮沸0分から60分にかけて若干の低下が生じているものの、明らかに生竹よりも高い値を示し、圧縮強度の場合と同様の傾向を示している。これらの結果は糖分分析結果と一致しており、生竹を混入した供試体は硬化障害を起こしたものと考えられる。

5. まとめ

竹が含有している糖分の分析試験および竹の糖分によるセメントの硬化障害に関する試験を行った結果をまとめると以下のようになる。

- (1) 竹はショ糖、ブドウ糖および果糖の3糖を含有しており、セメントの硬化障害を引き起こす。
- (2) 扇骨は糖分を含有しておらず、それは扇骨作製過程によって糖分が除去されていることを意味し、特に煮沸などの糖分除去処理を行う必要はないと考えられる。

[謝辞]

糖分分析試験に関して大分県別府産業工芸試験所二宮信治氏ならびに大分県産業科学技術センター山本展久氏に多大なる御助力を賜りました。また、竹および木炭の密度測定に関して同佐藤孝氏に多大なる御助力を賜りました。ここに記して深謝いたします。

[参考文献]

- 1) 佐藤嘉昭他：自然素材を活用した建築ボードの開発—木炭と竹繊維の有効利用—（その1. 研究目的および実験計画），日本建築学会九州支部研究報告，第39号，pp.125-128，2000
- 2) 小野篤徳他：自然素材を活用した建築ボードの開発—木炭と竹繊維の有効利用—（その2. 曲げ強度試験の結果），日本建築学会九州支部研究報告，第39号，pp.129-132，2000

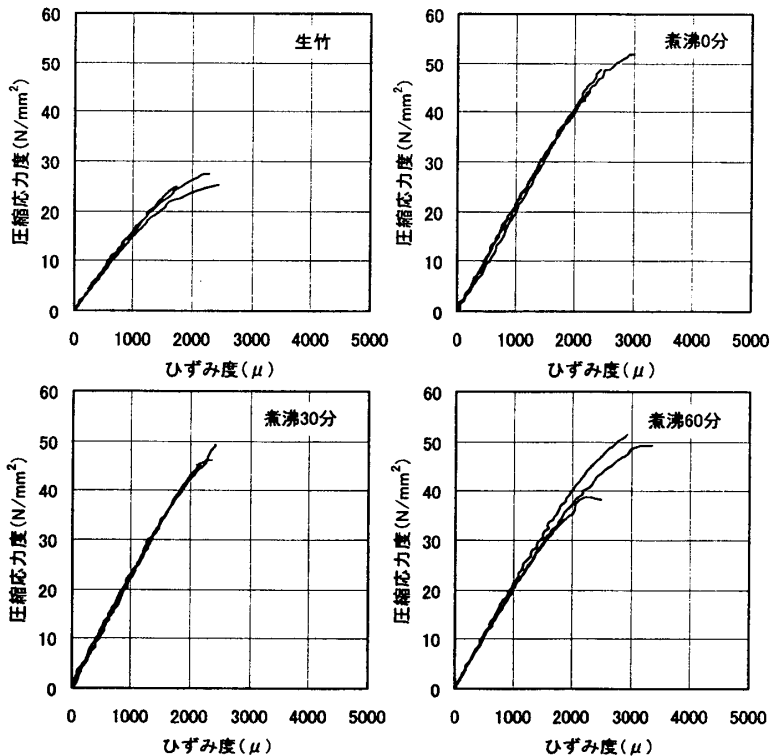


図7 セメント硬化障害試験結果 応力度—ひずみ度曲線

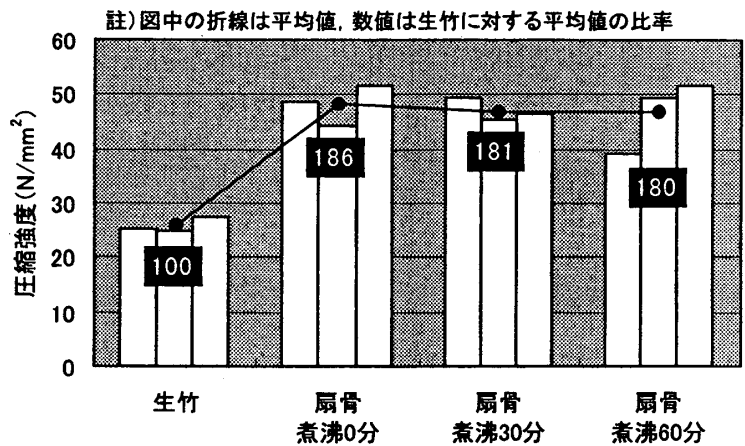


図8 圧縮強度の比較

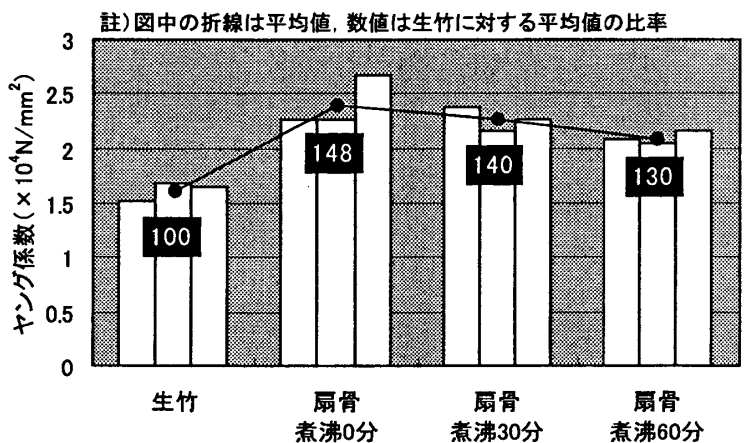


図9 ヤング係数の比較