

## 放置竹林の竹管および倒木チップを素材とした 倒木充填竹管 (FTCFB) の開発

位 田 達 哉<sup>\*1</sup>・酒 井 浩 司<sup>\*2</sup>

### DEVELOPMENT OF FTCFB MADE OF BAMBOO FROM NEGLECTED FOREST AND FALLEN WOOD CHIPS

Tatsuya Inden<sup>\*1</sup> and Koji Sakai<sup>\*2</sup>

**Abstract:** In order to solve the global environmental problems, there is a need to make effective use of unused natural resources that have been turned into waste. Among the unused resources, neglected bamboo forests and fallen trees have become a problem in Japan. In this study, in order to regenerate tree waste as a new building material by utilizing natural materials that have deviated from these human life cycles, reusing the bamboo from the neglected bamboo forest and fallen wood chips, we made a Fallen Tree Chips Filled Bamboo (FTCFB), which was formed by compacting fallen chips into the bamboo cavity. The conditions for the fabrication of FTCFB were obtained experimentally, and the mechanical properties of FTCFB were evaluated in the densest state. The summaries of results are described as follows:

- 1) A compaction curve was calculated, and it was found that the optimum moisture content of the propped-up fallen wood chips was about 90%, with a maximum dry density of 0.44 g/cm<sup>3</sup>.
- 2) When wooden chips are packed in the hollow bamboo, the compressive strength of FTCFB was improved about twice as much.
- 3) The addition of 5% solidifier had no significant effect on the compressive strength.

**Key words:** FTCFB, Neglected bamboo forest, Fallen Tree Chips, Compaction curve

## 1. 緒 言

地球環境問題の解決への取り組みが盛んになる現代、廃材プラスチックなどを再利用した次世代マテリアルの提案や、これらのインテリアプロダクトへの活用に注目が集まっている。しかしながら、インテリアに使用される次世代マテリアルの多くは、デザインを旗印とした話題性に偏重する傾向が否めず、本質的に環境問題に取り組む意思のあるものは決して多くない。人と建築を直接繋ぐインテリアの構成材料は、環境と共生するという意味を再考する時期にある。

竹は、本州から九州までの広い範囲で生育しており、多くの日本人にとって馴染みの深い植物のひとつである。現代、後継者不足などで多くの竹林の管理が滞り、竹の生育が早いことも相まって荒れ放題となる“放置竹

林”が社会的な問題となっている(図1)。また、日本は天災の多い国であり、常に台風や地震などの危険にさらされているなか、森林や公園などが被災することで、多くの生育不能となった倒木が発生している。これらの倒木は、破碎して縮減を図っているものの、土砂が混入することから燃料としての利用も難しく、埋め立て処分を余儀なくされている状況である(図2)。

建築技術のなかにCFTと呼ばれるコンクリート充填鋼管構造がある(図3)。これは、鋼管にコンクリートを打設して構造体とするもので、その力学的特性は、鋼管とコンクリートの相互拘束効果により、コンクリート



図1 放置竹林

<sup>\*1</sup> 理工学部, 専任講師

Tel/fax : 03-5481-3284, E-mail : indent@kokushikan.ac.jp

<sup>\*2</sup> 国土館大学理工学研究所, 特別研究員

Tel : 050-5532-2432, E-mail : syakai@sia-furniture.com



図2 台風による倒木と縮減のためのチップ製造



図4 倒木チップ

図5 1.5kgランマー

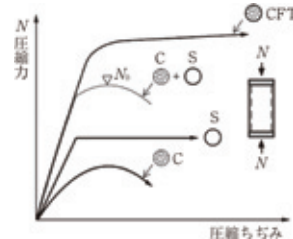
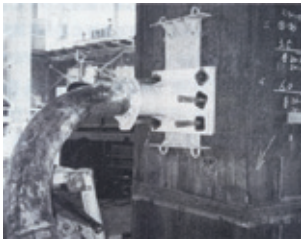


図3 コンクリート充填鋼管構造 (CFT) 左図1) 右図2)

が鋼管の座屈を防ぐ一方で、鋼管がコンクリートのバレルリングを押さえ込み靱性を高め、小断面で強靱な構造体を達成するものである。著者らは、この技術を鋼管に見立てた竹管と、コンクリートに見立てた倒木チップでも適用できるのではないかと考えた。

本研究は、人間生活のサイクルから外れてしまった天然素材の活用を図り、新たな建築材料として再生するため、放置竹林から採取した竹管と、被災により生育ができなくなった倒木のチップを素材とし、竹管の空洞内へ倒木チップを締め固めることで成型する倒木充填竹管 (FTCFB: Fallen Tree Chips Filled Bamboo) の製造を試みた。

## 2. 倒木チップ最適含水比の測定

### 2.1 測定の目的

土の含水比と充填密度には相関関係があることが知られている<sup>3)</sup>。倒木チップを竹管に充填するにあたり、最密状態となる条件を実験的に求めるため、土質工学の試験方法を参考として倒木チップの締め固め曲線を作成し、突固めた倒木チップの炉乾燥密度が最大となる最適含水比および最大乾燥密度を明らかにすることを目的とする。

### 2.2 測定の方法

倒木チップは、九宝寺緑地 (大阪府) から発生した倒木チップ (図4) を用いた。この試料を JIS A 1210「突固めによる土の締め固め試験方法」に準じて倒木チップの締め固め曲線を作成し、突固めた倒木チップの炉乾燥密度が最大となる最適含水比および最大乾燥密度を求めた。

倒木チップの含水比は0~110%までとし、安定処理土の試験機を用いて4層に分けて充填した。各層ごとに

1.5kgのランマー (図5) を高さ20cmから自由落下させて突固めた。突固め回数は、1層目10回、2・3層目各20回、4層目40回とした。突固め後の試験片は、脱型後に炉乾燥 ( $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ) し、その炉乾燥密度を計測した。

### 2.3 測定の結果

代表的な突固め後の試験片を図6に示す。

目視での判断ではあるが、低含水比の場合は隙間が多く、型枠なしでは形状を維持できず、十分に締め固められていない状況であった。含水比の上昇とともに充填度合いが高まり、密実に締め固められていく様子を確認することができた。一方、含水比100および110%では、締め固め中や締め固め後に試験片から水分が染み出す様子が確認され、過剰な水分量であったことが示唆される。

以上の試験結果について、含水比と炉乾燥密度との関係で整理したものが図6である。これは締め固め曲線と呼ばれるものであり、今回使用した倒木チップの締め固め最適含水率は90%付近、その時の炉乾燥密度はおよそ  $0.44\text{g}/\text{cm}^3$  にあることがわかった。

## 3. 竹管に充填した倒木チップの力学的性質

### 3.1 実験の目的

最適含水比に調整した倒木チップを最密充填したFTCFBの力学的性質を明らかにすることを目的とする。加えて、参考値として竹管のみの強度を計測することにより、倒木チップの締め固め効果の検証も本実験の範囲とする。

### 3.2 実験の方法

竹管は九州産の孟宗竹を輪切りにした円筒管状のものとし、高さは外直径の2倍となるよう切断加工したものをを用いた (図8)。竹の中に充填する試料は、含水比90%に調整した倒木チップ単体の他に、固化剤として塩化マグネシウム (添加量: 倒木チップに対して5 mass%) および普通ポルトランドセメント (5および25 mass%) を用いた。ここで、セメント系固化剤の使用は、素材が自然に還らなくなることが懸念されるために本研究の趣旨からは外れるが、本実験では比較用として準備した。充填後の試験片 (図9) は  $20^\circ\text{C} \cdot 50\% \text{RH}$  の環境で試験材齢まで静置して養生した。

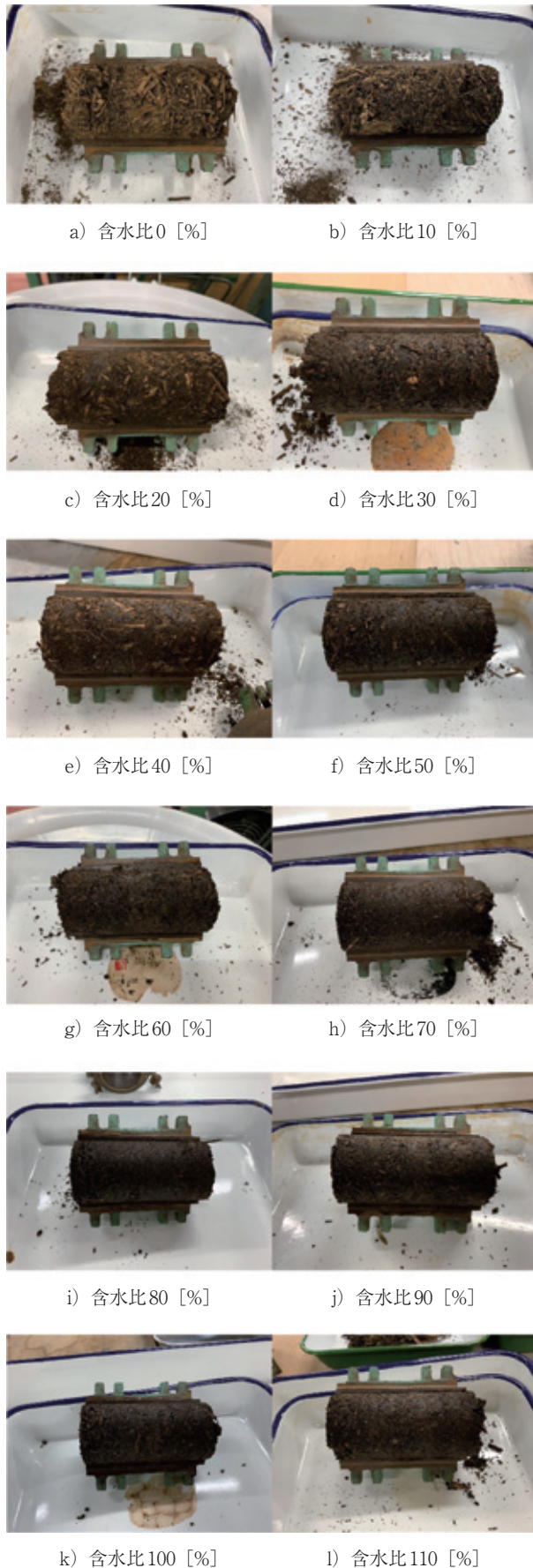


図6 含水比ごとの締め固め試験片

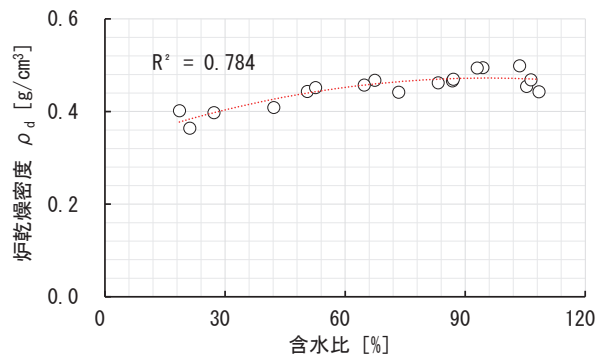


図7 倒木チップの締め固め曲線

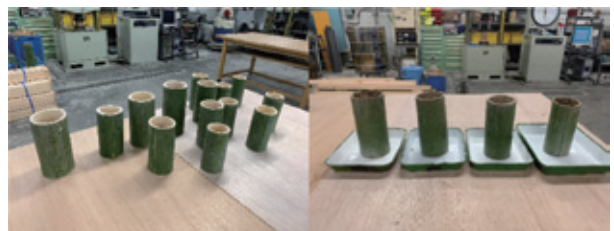


図8 使用した竹管（孟宗竹） 図9 試作した倒木充填竹管

力学的性質として圧縮試験を実施し、載荷時の応力と板間変位を測定した。試験材齢は倒木チップ充填後、3、7および28日とした。

### 3.3 実験の結果および考察

圧縮試験の結果を表1および図10に示す。また、材齢28日の応力度と板間変位との関係を図11に示す。

竹管の空洞に倒木チップを充填することによって、圧縮強度は明らかに向上し、材齢28日においては概ね倍程度の圧縮強度の向上が確認できた。経時変化に伴う乾燥によって気乾密度は低下したが、乾燥固化または固化剤の化学反応が進行したことにより圧縮強度は向上した。

固化剤の影響については、5%の固化剤添加では圧縮強度に大きな変化はみられなかったが、普通ポルトランドセメントを25%添加した場合には、2割程度の強度向

表1 力学的性質に関する試験結果

記号	固化剤		材齢 [日]	気乾密度 [g/cm³]	圧縮強度 [N/mm²]	【備考】
	固化剤の種類	添加率 [mass%]				
FTC	—	—	3	0.76	6.88	固化剤なし
			7	0.74	7.90	
			28	0.50	10.2	
MC-05	塩化 マグネシウム	5	3	0.77	8.42	
			7	0.81	8.84	
			28	0.32	11.0	
OPC-05	普通 ポルトランド セメント	5	3	0.81	7.63	
			7	0.78	8.90	
			28	0.61	11.1	
OPC-25	普通 ポルトランド セメント	25	3	0.92	8.27	
			7	0.87	9.05	
			28	0.58	12.7	
BAMB	—	—	—	0.24	5.94	竹管のみ

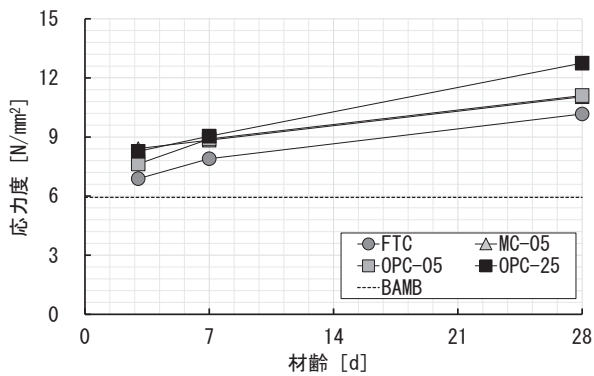


図10 試験材齢と圧縮強度との関係

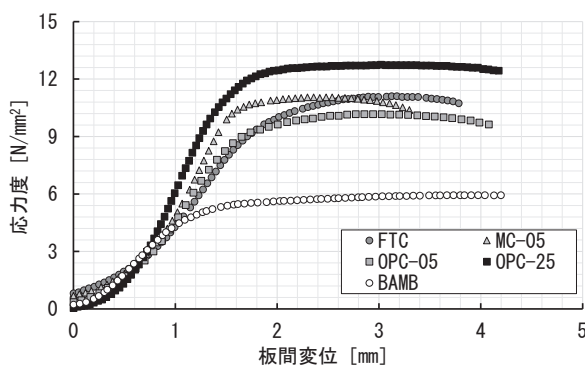


図11 応力と板間変位との関係(材齢28日)

上が確認できた。25%もの普通ポルトランドセメント混入は、もはや天然材料とであると言いが、強度を要求されるケースでは固化剤の増量が有効であることが確認できた。

#### 4. 結 言

放置竹林の竹管と倒木チップを素材とし、竹管の空洞内へ倒木チップを締固めることで成型する倒木充填竹管(FTCFB)の製造条件を実験により求め、最密状態におけるFTCFBの力学的性質を評価した。その結果、以下の知見を得た。

倒木チップの締固め曲線を作成した結果、乾燥密度が最大となる最適含水比はおおよそ90%、最大乾燥密度はおおよそ $0.44 \text{ g/cm}^3$ であることがわかった。

空洞の竹内部に最適含水率の倒木チップを最密充填することにより、竹単体と比較して、倒木充填竹管の圧縮強度は倍近くまで向上することがわかった。

今回実施した実験の範囲では、5%の固化剤添加は圧縮強度に大きく影響を及ぼさず、竹管と倒木チップの組み合わせのみで十分な強度を確保できるものと示唆される。

#### 謝 辞

本研究で使用した倒木チップは、都市公園久宝寺緑地指定管理共同体からの提供を受けた。また、本実験の実施にあたっては、国士館大学理工学部建築学系学部生の吉川黎君、中村倅穂君、須藤瞳君らの協力を得た。記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説JASS5鉄筋コンクリート工事2018, 第15版第1刷, 2018.7
- 2) 津田恵吾：建築分野・CFT構造, コンクリート工学, Vol.52, No.1, pp.65-70, 2014.1
- 3) 地盤工学会：地盤材料試験方法の方法と解説, 訂正第3刷, 2013.11