

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：24201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560621

研究課題名（和文） 竹材を構造材とした災害仮設住宅の建設技術開発に関する研究

研究課題名（英文） A study on development of construction technology of disaster

temporary shelter where bamboo material was made structure material

研究代表者

陶器 浩一（TOKI HIROKAZU）

滋賀県立大学・環境科学部・教授

研究者番号：50363958

研究成果の概要（和文）：

本研究は、竹を構造材として用いた応急仮設建築の技術開発である。竹はどんな地域でも手に入れやすい材料であり、かつ加工も容易なため、被災地において地域住民自らが応急的に建設することが可能である。本研究では、丸竹の構造性能実験（引張・曲げ・せん断耐力）および接合部の開発と強度確認実験を行い、その結果をもとに東北大震災の被災地で実際に竹建築物を建設した。さらに、材料および建築物の経年変化を測定している。

研究成果の概要（英文）：

This study is the technological development of emergency temporary architecture that uses the bamboo as a structure material.

Because the bamboo is easily obtained at any region and the processing is also easy, the local populace oneself can construct it in the stricken area in the emergency.

In the present study, the structural performance experiment of a round bamboo and the joint were developed, and the bamboo building was constructed actually in the stricken area of the Tohoku earthquake and tsunami.

In addition, the secular distortion of the material and the building is measured.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目： 建築学・建築構造・材料

キーワード：竹構造，空間構造，応急仮設建築，構造デザイン

1. 研究開始当初の背景

竹は無限の植物資源と言われるほどに強

い再生力を持ち、再生のサイクルを考慮して使用すれば、枯渇する心配がほとんどない材

料である。3～5年程度の短期間で建築用材として利用可能となり、数年程度利用するような仮設的な建物など、資源の循環サイクルに調和した持続的な生産システムの応用に適している。加えて、竹はアジアの広範囲にわたって分布し比較的容易に調達することができ、重量が軽く、手作業による加工も容易なため、被災地において、地域住民が自助努力により応急的に仮設建築物を建設する手段として非常に優れた材料であると言える。

2. 研究の目的

地震や津波の被災地においては、一刻も早く生活、生業の場をはじめ人々が寄り集まる事のできる場所を再建する事が、被災後の復興において住民間の意思疎通を円滑とするうえで極めて重要である。竹は我が国をはじめとして東南アジア地域に広く分布生息し、どんな地域でも手に入れやすい材料であり、かつ加工に大きな力を必要とせず、強靱で軽量な材料であり、大災害に被災した直後の資材・資金不足の状況においては、有効な建設資材となりうる。

本研究は、竹を建築材料として用いることで、地域住民が自らの力で建設が可能な仮設建築の設計、施工、維持管理に亘る一貫的な手法の構築を目的とするものである。

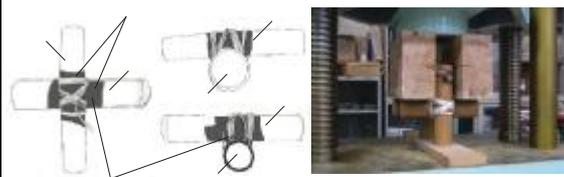
3. 研究の方法

本研究は、丸竹の構造特性の把握および建築モデルの考案と性能評価により、竹材を構造材とした仮設住宅を建設するための技術開発を目的としていたが、平成23年3月に発生した東日本大震災において、本研究の緊急かつ実践的な対応が求められるようになったため、緊急課題として、竹を用いた仮設建築の実施工およびそのための構造実験・解析を最優先に行い、10月に「竹の会所」を完成させた（宮城県気仙沼市）。

設計に先立ち、被災地に生息する竹の調査および構造性能室内実験、接合部の開発および強度確認実験を行っている。被災地における竹の調査では、生育する竹の径、種類を調査し、本構造物に適した材料（メインアーチ材には細径の孟宗竹、床材には太径の真竹）を選別した。さらに室内実験では、生育地域（東北、関西）と種類（孟宗竹、真竹）による材の構造特性の違いを実験により確かめた。接合部の開発においては、特殊な金物を用いない接合法を模索し、番線やロープなど、いくつかの材料や組み合わせを検討し、載荷実験によってせん断耐力と変形について検討し、人力での施工が容易な接合部の開発を行なった。



丸竹材曲げ試験



丸竹同士の接合部詳細

接合部試験の様子

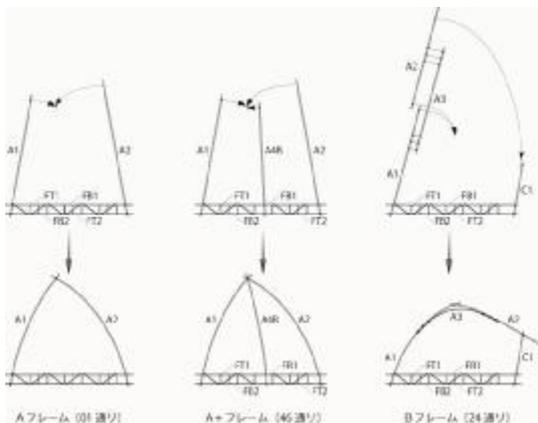
建設は、研究室およびボランティア学生の手により特殊な技術や工法を用いることなく完成させ、また、実験的施設であるが実際に供用されるものであるため、仮設建築物として建築確認を得ている。

建設に当たっては、上記予備実験を踏まえ、実際の架構の立案、および実大架構を学内にて制作し問題点を洗い出し、架構の詳細を決

定していった。各フレームについて竹材の断面・ヤング係数を用いた幾何学的非線形解析によりアーチ部材の曲線形状を求め、部材長さを求めている。応力解析は長期荷重、短期荷重（風荷重時、地震時は時刻歴応答解析を行う）に対して行っている。部材応力については、アーチ材の曲げ加工による初期応力を加味し、許容耐力以下となるよう設計した。施工にあたっては、材料となる竹材の調達から建設作業の工程を建設地周辺の住民と学生ボランティアの手作業により行なうことを前提としており、特別な技術や大がかりな重機等を出来る限り用いることなく実施が可能となるよう施工計画を立案した。平成23年9月から10月にかけて、約30日間、延べ70人の学生によって建設した。



「竹の会所」左：外観、中：内部、右：接合部



メインフレームの組立て図および軸組図



フレーム組立ての様子

建て方の様子

平成24年度は、「竹の会所」の経年観測を行うと共に、微振動測定による卓越周波数の変遷から竹構造物の1年間に亘る強度・剛性の変化について考察を行った。経年変化としては、経過一年の範囲内においては本建物の振動特性が竹の経年によって特筆して変化している点は認められなかった。さらに長期間に亘る継続的な経過観察が必要である。

また、素材としての構造特性の経年変化を把握するため、伐採時期、養生期間をパラメータとして、丸竹の材料特性試験（引張り・圧縮・曲げ・せん断）を行った。材は滋賀県に生育するマダケとし、強度および剛性と伐採時期、養生期間、含水率との関係について、材料試験により傾向を確認した。伐採時期、養生期間、含水率における材料強度の変化に相関は見られるものの、竹材の個体差による強度のばらつき（変動係数にして20~30%）と比べれば、その変動は小さいという結果（変動係数にして10%以下）が得られた。これについても今後の長期に亘る実験継続が必要である。

また、滋賀県内において生えた竹を主構材（柱）とした高床竹構造の実際的な建築物の設計・施工を行った。気候も竹の生態も異なる気仙沼市における実大モデルとあわせて、2地域の竹構造の性質の比較を行う上で重要なモデルケースになると考えられる。

4. 研究成果

本研究の成果として、丸竹の材料特性実験、接合部開発を行い、その経年変化を観察すると共に、竹の特徴を活かした架構の開発及び実施工を行ない、被災地における有効性について検証を行った。実際の建設を通じ、被災地において素人が竹材を使って仮設の建築物を手作業で作ることの可能性が示されたことは、本研究の有効性を示すうえで極めて

重要な意義を持つ。また、これらの成果は、日本建築学会主催のシンポジウム（コロキウム構造形態の解析と創生 2011、平成 23 年 10 月）や、日本建築学会大会（平成 24 年、平成 25 年）にて発表を行い、また、多くの建築専門誌、一般紙、学会誌等をはじめ、国内外の雑誌、新聞等でも紹介されている。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 3 件）

- ① 陶器浩一：わたしたちのできること，建築雑誌 2012.1、日本建築学会
- ② 額田直子、西村匡弘、澤修平、永井拓生、陶器浩一：丸竹曲げによる形態創生とその実例、日本建築学会コロキウム構造形態の解析と創生 2011、pp. 97-102、2011. 10
- ③ 額田直子、西村匡弘、澤修平、江島諒介、陶器浩一：復興の方舟，形態創生コンテスト 2011 コロキウム構造形態の解析と創生 2011、日本建築学会

〔学会発表〕（計 7 件）

- ① 成尾建治，澤修平，永井拓生，陶器浩一：竹の構造材料としての特性に関する基礎的研究 その 1 竹の伐採時期および養生期間と材料特性の関係、日本建築学会大会（北海道）学術講演梗概集（構造 I）
- ② 江島諒介，澤修平，永井拓生，陶器浩一：竹の構造材料としての特性に関する基礎的研究 その 2 竹構造建物の微振動測定
- ③ 陶器浩一：竹の会所 みんなで築く、みんなの場、日本建築学会大会（東海）建築デザイン発表梗概集、pp. 14-15、2012. 9
- ④ 永井拓生、額田直子、澤修平、生駒岳大、陶器浩一：丸竹曲げによる空間構造の設計と施工 その 1 竹構造の概要と課題、日本建築学会大会（東海）学術講演梗概集（構造 I）、pp. 697-698、2012. 9

⑤ 澤修平、永井拓生、額田直子、生駒岳大、陶器浩一：丸竹曲げによる空間構造の設計と施工 その 2 竹材の引張耐力・曲げ耐力の算定、日本建築学会大会（東海）学術講演梗概集（構造 I）、pp. 699-700

⑥ 生駒岳大、永井拓生、額田直子、澤修平、陶器浩一：丸竹曲げによる空間構造の設計と施工 その 3 接合部耐力の算定、日本建築学会大会（東海）学術講演梗概集（構造 I）、pp. 701-702

⑦ 額田直子、永井拓生、澤修平、生駒岳大、陶器浩一：丸竹曲げによる空間構造の設計と施工 その 4 施工計画、日本建築学会大会（東海）学術講演梗概集（構造 I）、pp. 703-704

〔図書〕（計 1 件）

・陶器浩一（分担）：『建築形態と力学的感性（仮称）』、第 4 章 10 節 竹を使ってしなやかに—丸竹曲げによる空間構造、日本建築学会（2013. 10）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者 陶器 浩一 (Toki Hirokazu)
滋賀県立大学 環境科学研究科 教授
研究者番号：50363958

(2) 研究分担者 永井 拓生 (Nagai Takuo)
滋賀県立大学 環境科学研究科 助教

研究者番号：60434297

(3)連携研究者
なし