

令和5年 3月 29日

令和4年度 学生自主研究成果報告書

教育本部長様

学生自主研究グループ名	ささきーずⅡ	
研究課題名	木と竹を活用した構造システムの研究	
研究代表者（学生）	学籍番号	B23C021
	氏名	佐々木 悠翔
指導教員	学科	建築環境システム学科
	氏名	板垣 直行

学生自主研究の報告書を別紙のとおり提出します。

木と竹を活用した構造システムの研究

システム技術学部 建築環境システム学科

2年 佐々木 悠翔 2年 門脇 悠羽

2年 大高 紗英 2年 小林 優杏

2年 嘉瀬 夏輝 2年 藤井 柊翔

2年 山影 浩夢

指導教員 システム技術学部 建築環境システム学科

教授 板垣 直行

1. はじめに

当グループでは、木材や竹材を構造用材料として使用する技術について学修し、持続可能な社会の発展に寄与することを目的として、その活用の可能性について今回の研究を行った。特に竹という材料は、常緑で倒れにくく、固く、熱伝導にも優れるという特徴を持つことから、伝統的な日本家屋にも使用されており、古くから我々の生活に親密に関わってきた材料であることが分かった。しかし、近年は、竹材の需要の低下や、竹林を整備する担い手の高齢化などの要因から、荒れた竹林が増加し、そういった竹林は「竹害」とも呼ばれるほど邪魔者扱いされるという現状があることが分かった。この現状を踏まえ、竹を用いた新たな構造システム、空間デザインを創作し、竹の新たな使用方法を提案することとした。この活動を通して、竹という自然材料の利用の促進を促すことができれば、当初の目的であった持続可能な社会への貢献という目的を達成できると考えた。また、今回の研究で使用した竹は、本学本荘キャンパスに隣接した土谷谷地地区の里山に群生する竹林から採集したものである。伐採活動や里山整備活動を通して生まれた地域の方々との交流は、とても貴重なものであった。

2. スタードームの製作

竹で簡易的でありながら、デザイン性に富んだ空間を作るため、既往の研究で開発されたスタードームを製作した。スタードームとは、竹を用いた半球形のドームであり、10本のフレームから構成される。星形で組み立てられていることからスタードームと呼ばれ、強く安定した美しい構造が特徴である。製作にあたり、北九州大学九州フィールドワーク研究会¹⁾の図面を参考にした。

はじめに、木の薄板を使用し、1/40のスケールで模型の製作を行った。(写真1)しかしながら木材では曲げに対する耐力が弱かったため、製作中に度々折損が見られた。このことからこのような曲率が大きい変形を伴う利用は、竹材が有効であると考えられた。また複数の部材を柔軟に留め付ける接合部において”紐で縛る”という方法が有効であると感じた。

模型をもとに、実寸のスタードームの製作に取り掛かった。竹材を割り、接合部となる箇所にもドリルで穴を空け、複数の竹材を麻紐で結んだ。(写真2, 写真3) 模型製作で用いた木材と異なり、竹材は曲げに対する変形性能が大きいと実感した。このことから、竹材は他の材と比較して柔軟性に優れ、加工しやすい特徴をもつことを理解した。一方で同じ寸法の竹材でもしなやかさが異なるため、撓み方に差が生じ、綺麗な成形とならなかった。また、竹の太さによるが、突風や積雪などの荷重による耐力が小さいと感じた。今後の課題として、荷重に強く、美しい構造とするため、竹材の耐力の向上と剛性のばらつきについてどのように対処すべきか考える必要がある。



写真1 スタードーム模型



写真2 竹割りの様子



写真3 完成したスタードーム

3. 竹の東屋

3.1 東屋の設計

竹を用いた建築物について事例調査や、スタードームの実作から得た知見を基に、竹を使用した東屋の製作を企画した。東屋は今回の研究で使用する竹を提供して下さる、谷地地区の山林に設置する計画であった。よって、この東屋には、人が使用しても倒壊しない十分な安全性と地域の人々の憩いの場となるような特徴を持たせることを念頭に、構造デザイン、空間デザイン検討した。当初、設計した東屋は図1の案1のようなものであった。

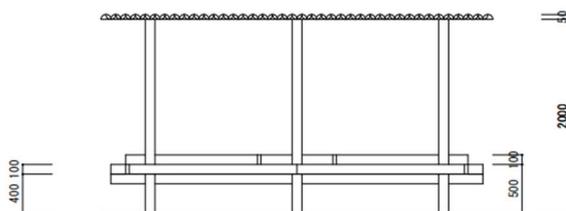


図1 案1立面図

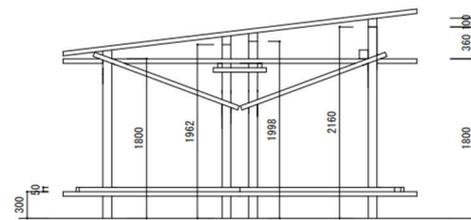


図2 案2立面図

案1では水平力に抵抗する部材がないため、風や地震が起きた際に東屋が変形してしまう恐れがあった。そこで、案2では、梁に対する方杖を四隅の柱に向かうように入れ、変形を抑えるための工夫をした。また、座面を構成する部材の接合部をより簡潔にし、積雪を考慮して片流れの屋根とした。

3.2 東屋の実作

東屋を設置する地面の整備から屋根を架けるまでの一連の過程を体験し、実際に建物を作ることの大変さを実感した。特に自然の竹は不定形で、まっすぐな材が少なかった。そのため、竹の曲がり具合によって、使用する部材を選定し、東屋が安定した形となるように工夫した。

部材同士の接合については、中空の丸い断面同士をビスや釘で留め付けることは難しく、このためスタードームのように紐で縛る方法を検討したが、人が載るなどの大きな荷重を受けることは難しかった。そこでかつて工事現場などで丸太による足場を組む際に用いられていた“番線”による接合を

用いた²⁾。番線は太さの番号からそのように呼ばれているが、焼きなまし鋼線のことで、これを巻き付けた後に振じって締め付けることにより、強固に緩みなく固定することが可能である。(写真 6) 各部材にかかる力を考え、巻き方を工夫して接合した。また座面では番線が飛び出ないように配慮した。

実際に製作作業をする中で問題点が見つかり、変更した点がいくつかあった。主な変更点は屋根の形式と方杖の入れ方である。屋根については、当初、竹で作る計画であったが、曲がった竹が多いため施工が難しく、さらに冬季の積雪により荷重が過大になることが考えられた。このため屋根を高密度ポリエチレン生地の日陰シートにすることにより、施工が簡便になる他、冬季は日陰シートを外すことにより、積雪荷重を考慮する必要がなくなった。方杖の入れ方については、実際に案 2 のように方杖を入れると、座る人の頭に近い位置に方杖が配置され、危険であることが分かった。そのため、図 3 のように梁の先端に方杖を入れるように変更し、東屋を利用する方々がより使用しやすい架構とした。



写真 4 架構の仮組の様子



写真 5 現場での組立て



写真 6 番線による接合



写真 7 完成した東屋

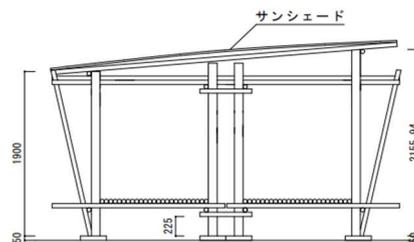


図 3 最終的な東屋立面図

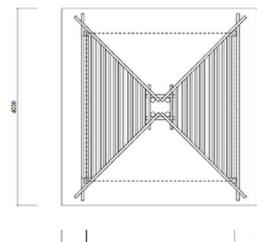


図 4 東屋平面図

4. 竹クリスマスツリーの製作

スタードームでは割った竹を曲げて利用し、東屋では竹を番線により接合し、架構を作った。これらを組合わせたものとして、竹を利用したクリスマスツリーを製作した。

製作にあたり、クリスマスツリーを 3D モデルで製作した。(図 5) ツリーの構造は、中心の柱に 6 本の斜め材(垂木)を掛けて頂点で束ね、自立させるようにした。また、それらの垂木に割った竹を曲げて巻きつけて連結した。垂木には数か所穴をあけ、穴の中にキャンドルライトを入れ、さらに巻いた竹にテープライトを貼り付けて、光が灯るようにした。

まず中心部から組み立てを始めて、接合には番線を用いた。東屋の架構と違い、柱を挟んで 3 本の竹を重ねて固定する必要があり、番線で締めていくのに苦労した。また、当初の構造ではぐらつきが生じたため、柱を上下 2 箇所です挟んで安定するようにした。

柱周りの垂木は、現場で組み立てる際にある程度動かせる必要がある。このため敢えて番線を使わず、紐で縛る接合とした。まず、3 本を立てて紐で縛り、その後残りの 3 本を立て掛け、6 本の柱をまとめて巻きつけて縛った。垂木の穴あけは、のこぎりで切れ込みを入れ、その部分をノミで割ると竹の繊維に沿ってきれいに穴があいた。巻きつける竹は、割った物を火で炙り、曲げ加工を行った。



図5 竹ツリーの3Dモデル



写真8 心柱の構造



写真9 斜材の組合せ



写真10 頂点の接合



写真11 エントランスホールの様子



写真12 上からの様子



写真13 ライトアップされた竹ツリー

ツリーは多くの人を通る正面玄関エントランスホールに設置することにした。夜になると竹の中が照らされ綺麗にライトアップすることが出来た。

5. まとめ

竹を利用した構造物の製作を通じて、その使用方法や工夫、課題についてまとめる。竹はそのまま使用する方法と、割って曲げて使用する方法が可能である。いずれの場合も、接合方法として縛る方法が有効であり、特に強固に固定するためには番線を使用して締め付ける方法が有効であった。

竹の東屋については、6,7人が座ることの可能な耐力を確保できたが、あまり荷重を掛け過ぎるとずれが生じ、締め付け過ぎると番線が破断した。このことから、さらに安定させることが可能な接合方法を検討する必要がある。また竹の太さが違うため、座面に段差ができたり、曲がっている竹により隙間ができたりしており、このような不定形な材料の取り扱いについても改善の必要がある。

竹のツリーについては、曲げやすい性質を利用して曲線を活かしたクリスマスツリーを再現した。細さは割って変えられ、また熱を加えて曲率を大きくしたり、曲げた状態で固定したりできるため、様々な使い道ができると考えられた。改善点としては、竹の太さの違いによる隙間が生じ、心柱の土台となる架構が移動する際に変形してしまったため、変形しにくい構成や固定の仕方を検討する必要があったことが挙げられる。

今回の研究で、竹の利用方法にさらなる広がりを持たせられたのではないかと思う。曲げに強いため、湾曲したデザインの装飾品での利用や、竹の質感を生かした利用など、竹の良さを生かした利用方法を考えていき、より多くの人に竹の材料としての可能性を知ってもらいたい。

<出典・参考文献>

- 1) スタードーム公式HP, 九州フィールドワーク研究会, <https://www.stardome.jp/>
- 2) なまし番線の締め方, 林業の安全作業情報, <https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/anzen/bansen.html>