

## 不整形な三角形モジュールによる丸太レシプロカル構造の部材加工方法と座標計算に関する検討 (その1) 架構の実例と部材加工方法

正会員 ○石塚 裕彬\*  
同 曾根 拓也\*  
非会員 花田 康史\*\*

レシプロカル Reciprocal 丸太  
幾何学 木材 デジタル・ファブリケーション

### 1. はじめに

レシプロカル構造は短い材を相互に重ね合わせて構成できるため、材長に制限がある製材や丸太等の木材により、広い空間を構成する際に用いられる構造である。

岡嶋・河端<sup>1)</sup>や櫻井・佐々木<sup>2)</sup>らにより、構造合理性の高いドーム状レシプロカル架構の幾何学の定式化や構造性状検討が行われている他、志村・郷田<sup>3)</sup>により平面状のレシプロカル架構の形状検討がなされている。

既往の報告は、主に整形な幾何学形状による架構が検討対象であるが、実建物において不整形な平面計画に対応するため、不整形な幾何学形状によるレシプロカル架構の適用が必要となる場合がある。

本報では、 $\phi 100\text{mm}$ 程度の小径の丸太を用い、不整形な三角形モジュールによるレシプロカル構造で架構を構成した実例と、検討した部材加工方法を示す。(その2)では、実例において適用した、部材芯間の距離を既知とした場合の座標計算方法を示す。

### 2. レシプロカル屋根架構の実例

図1は、筆者らが実際に設計を行った建物である。通常は構造材としての利用価値が低い小径木の有効活用と省CO<sub>2</sub>化を目的とし、小径のすぎ丸太によるレシプロカル構造を用いた。屋根面積100m<sup>2</sup>程度の公衆トイレであり、北側にトイレブースを有する他は、屋外に開放された休憩スペースとなっている。

不整形な円環状の平面を $\phi 100\text{mm}$ 程度の丸太のレシプロカル構造による屋根架構で覆い、 $\phi 80\sim 100\text{mm}$ 程度の丸太の柱で支持した。地震力は建物北側のトイレブースに設けた耐震壁で負担する計画とし、屋根架構は屋根重量の鉛直支持を主な役割としている(図2)。

屋根架構は、3本の丸太梁からなる不整形な三角形モジュールによるレシプロカル構造ユニット(図3)を組み合わせて構成した。ユニットの形状は全て異なり、内周側ユニットは柱及びトイレブースの軒桁で支持し、外周側ユニットは柱及び内周側ユニットの梁上に支持する計画とした。水勾配の観点から内周よりも外周のユニットレベルが高くなる配置とした。

屋根仕上げは、架構の外周部と内周部に丸太(垂木受け)を円環状に配し、放射状に垂木を設けた上に合板を貼り、シート防水としている。

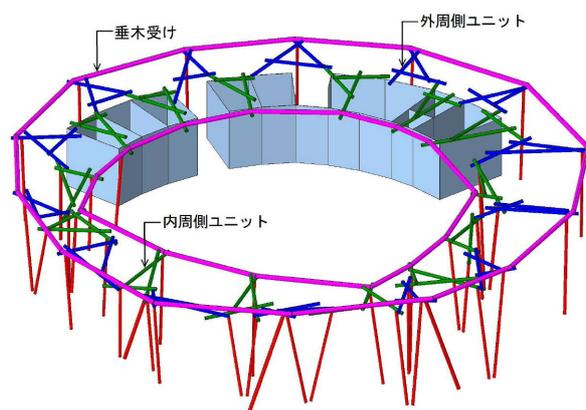


図1 検討対象とするレシプロカル屋根架構の全景

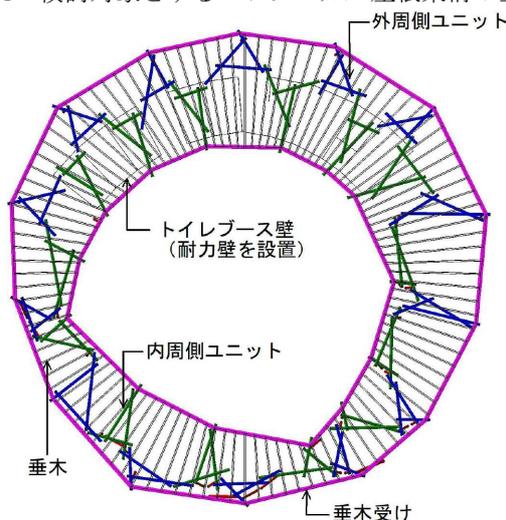


図2 屋根架構伏図

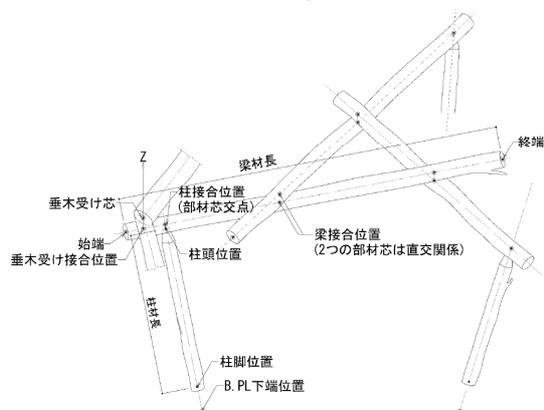


図3 三角形モジュールによる構造ユニット

### 3. 部材配置計画

部材の配置計画は、図4のように三角形分割した屋根外形をよりどころにし、柱位置などを考慮しながら平面投影時の部材配置を決定した。その後、数値計算により高さ方向の座標を求め、架構形状を決めた。

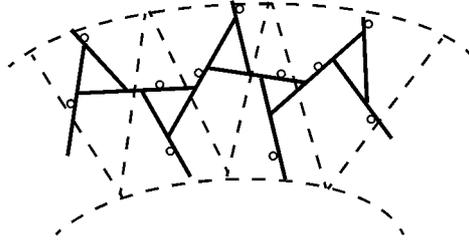


図4 平面投影時の部材配置検討例

### 4. 部材の接合方法と加工方法

図5に梁材の加工形状、図6に梁相互の接合詳細を示す。相欠き接合にビス打ちのみの簡易な方法とし、組立てが容易なものとした。長期荷重は相欠き面の面タッチにより伝達し、風の吹き上げに対する浮き上がりをビスの引き抜き耐力により抵抗する計画としている。

相欠き面は切削が容易に行えるよう、2本の梁の部材芯の両方に垂直で、かつ、指定した部材芯間距離の線分の垂直2等分面とした。距離を指定することで、接合部および切削の標準化を図っている。

相欠き量は、値が小さいほど部材交差部が持ち上がるユニットとなるため、梁と垂木の干渉を極力避けつつ切削手間を出来るだけ抑えるため、φ100の丸太における相欠き量 $h=10\text{mm}$ （部材芯間距離 $H=80\text{mm}$ ）を基本設定とした。一部梁と垂木の干渉が大きくなる箇所については、相欠き量 $h=30\text{mm}$ （部材芯間距離 $H=40\text{mm}$ ）とした（図7）。切削位置は始端からの距離、丸太の回転角、部材芯からの距離で設定した（図5）。

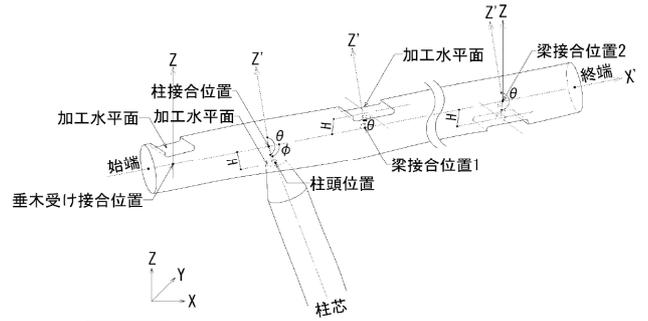
部材加工は、VUILD株式会社協力のもと、丸太の回転角を管理できる治具製作の上、CNCルーターのShopBotで行った（図8）。図9にレシプロカル構造ユニットの製作例を示す。

### 5. まとめ

不整形な三角形モジュールによるレシプロカル構造の実例と、丸太材の加工方法を示した。（その2）では、部材芯間距離を既知とした部材座標計算方法を示す。

#### 参考文献

- 岡嶋翔太, 河端昌也: Reciprocal Frame 構造による切頂二十面体型木質ドームの形態と構造特性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造I, pp.769-770, 2014.9
- 櫻井昭宏, 佐々木睦朗, 浜田英明: 感度解析によるレシプロカル構造の位相最適化に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造III, pp.395-396, 2015.9
- 志村亮, 郷田桃代: Multiple Reciprocal Frame 構造による木造屋根架構の提案-trihexagonal tiling の連続変形を用いて-, 日本建築学会大会建築デザイン発表梗概集, pp.290-291, 2017.7



図中凡例

- X' 軸 : 梁部材芯方向
- Z 軸 : 地面に対して鉛直方向の軸
- Z' 軸 : X' 軸とZ軸で定義される平面内にあるX' 軸に垂直な軸
- H : 梁の部材芯から梁と梁(柱)の接触面(加工水平面)までの距離
- $\theta$  : 加工水平面のZ' 軸に対する回転角
- $\phi$  : X' 軸と柱芯の角度

図5 梁材の加工形状

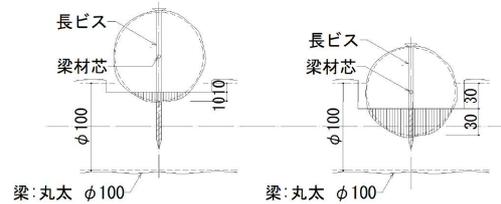


図6 梁相互の相欠きによる接合詳細



図7 材芯間距離全て80mm(左)と一部40mm(右)の例



図8 丸太梁の加工状況



図9 製作したレシプロカル構造ユニット