

B-55

CLTパネルで構成されたジオデシックドーム構造の基本的力学性状に関する研究
 - 異方性を考慮した数値解析による挙動の把握 -
 A Study on Basic Mechanical Property of Geodesic Dome Composed of CLT Panel
 - Investigation of Behavior by Numerical Analysis Considering Anisotropy -

○吉橋隼太³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造²
 *Shunta Yoshihashi³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi²

Abstract: The Cross Laminated Timber (CLT) is a woody material in which wood is laminated and adhered such that fiber directions are orthogonal. The CLT panel is material that a large section and large area surface. And structural features of the CLT are known to have generally strength and high rigidity. However, the CLT has anisotropy depending on the construction method. Therefore, the rigidity and the stress under conditions using minor strength direction is a remarkably small value. This paper propose the Geodesic Dome using of CLT panel and grasp the basic mechanical properties of structure obtained from numerical analysis.

1. はじめに

直交集成板(Cross Laminated Timber, CLT)は、ひき板(ラミナ)を横に並べた後、その繊維方向が直交するように積層接着させた木質材料である(Fig.1). 集成材との大きな違いは材幅に制限がないことであり、壁や床などの面材として利用が可能である。一方、CLTは構成方法から、最外層ラミナの向きにより、強軸(平行層)と弱軸(直交層)が存在し、異方性を有する(Fig.2). また、直交層のラミナの剛性と耐力は平行層に比べて著しく小さいため、現行の告示では剛性と耐力を評価する際には直交層は考慮しないものとされている^[1].

現在、CLTは主に壁や床として利用されているが、面材が構成可能なことから、ドーム構造などの軸力抵抗系の構造への利用も有効であると考えられる。例えば、海外ではThe elephant house(2014)など、CLTを用いた大スパン架構が既に実現されている^[2]。しかし、国内ではドーム構造へCLTを適用した事例は著者らが知る限り報告されていない。

以上を踏まえ、本報ではCLTの利用拡大を目標として、CLTパネルで構成されたドーム構造の提案を行う。また、CLTの異方性を考慮した数値解析により、提案モデルの基本的力学性状の把握を試みる。

2. 提案モデルの数値解析的検討

2-1. 数値解析モデルの概要

提案モデルの力学性状の把握を目的として、数値解析による検討を行った。数値解析モデルの概要をFig.3に示す。検討モデルはスパンL=13,900mm、ライズH=7,300mmとし、ライズ・スパン比H/L=0.55、分割数v=3のジオデシックドームである。75枚の二等辺三角形パネルにより構成される「model A」、下部の台形部分の三角形パネル15枚を取り除き開口

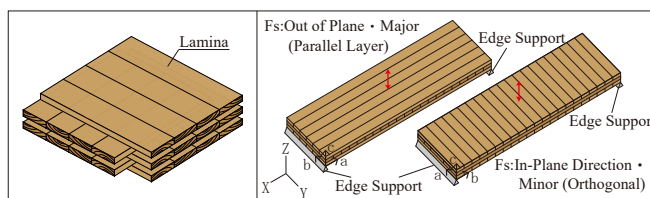


Fig.1 Constitution of CLT

Fig.2 Concept of Anisotropy

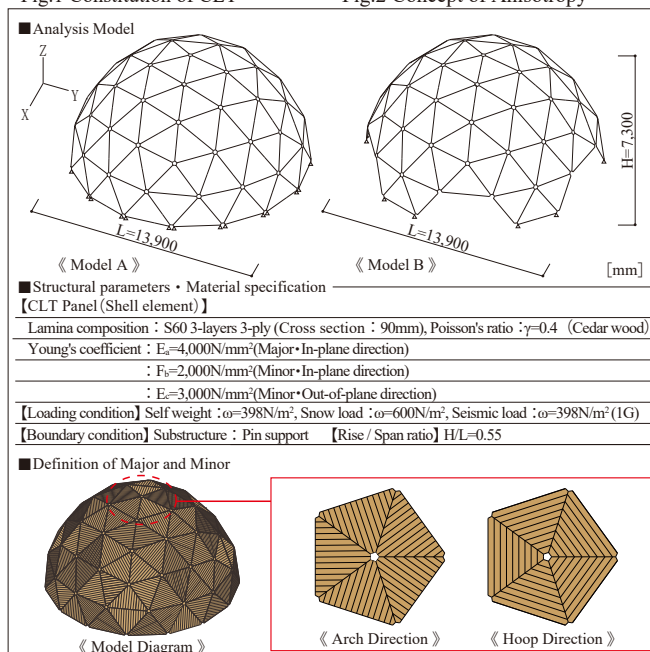


Fig.3 Outline of Numerical Analysis

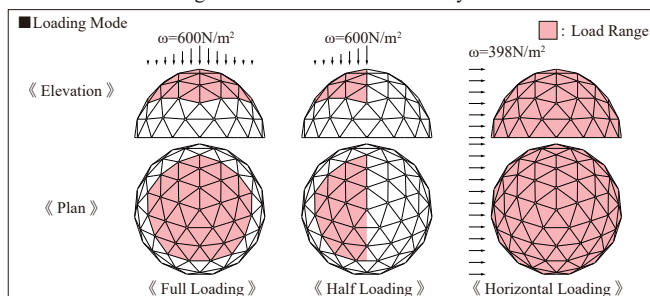


Fig.4 Loading Mode

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・院(前)・建築

部を設けた「model B」の2種類のモデルを対象とした。また、ドームを構成するCLTの繊維方向として、ドーム頂点(パネル5枚から成る五角錐の頂点)に着目して、二種類を設定した。すなわち、ドームの頂点方向にラミナの最外層が平行となる方向(アーチ方向)と、それに直交する方向(フープ方向)である。本報ではそれぞれ「Arch」、「Hoop」と呼称し、model A, Bそれぞれに対して向きを変えた計4ケースを設定した。なお、本モデルを構成するにあたり、応力が集中する五角錐及び六角錐パネルの頂点部は、ディテール上の配慮から切頂している。

CLTには3層3プライ(厚さ90mm)を用い、弾性剛性はH25農林告示第3079号に示される値を用いた。なお、解析の都合上、部材断面は一定としているが、直交層分を除いた等価軸剛性とするため、弾性係数を低減している。また、面外方向の曲げ弾性係数は、強軸と弱軸の平均値とした。

荷重条件をFig.4に示す。荷重は、積雪荷重 $\omega = 600\text{N/m}^2$ を想定し、架構全面及び半面に三角形パネルの傾斜毎に荷重指針の計算式を用いて低減を行い載荷した。また、地震荷重としてY(水平)方向に1Gの加速度を与えた。

2-2. 数値解析結果及び考察

鉛直全面載荷時の荷重-鉛直変位関係をFig.5に示す。鉛直変位は各モデル共にドームの頂点部が最大となった。CLTパネルの方向で比較すると、Arch/Hoopはmodel Aで1.17倍、model Bで1.02倍となり、Archの方が幾分大きな値を示した。また、パネルが同方向の場合、model A, Bの最大変位はHoopで1.8倍、Archで1.57倍と、model Bの方が大きな応答を示した。これは、model Bが開口部を有するため、model Aに比べフープ効果が得られにくいことが要因と考えられる。

鉛直半面載荷時の荷重-鉛直変位関係をFig.6に示す。全面載荷時と比較して最大変位は、model A, B共に約0.8倍に減少するが、荷重-変位関係は概ね同様の傾向になることが確認された。

水平載荷(地震荷重)時の荷重-水平変位関係をFig.7に示す。CLTパネルの方向で比較すると、Arch/Hoopはmodel Aで1.16倍、model Bで1.3倍となり、鉛直載荷と同様にパネルの方向による差を生じる結果となった。なお、鉛直載荷時に比べて、大きな変位が生じており、地震荷重については、より詳細な検討が必要であることが示唆された。

鉛直全面載荷時の各モデルの主応力分布をFig.8に示す。model A・Hoopは円周方向に応力が発生し、model A・Archは脚部の六角錐の頂点部で応力集中が確認された。一方、model B・Hoopは脚部接地面で応力が過大となり、model B・Archは脚部の六角錐の頂点部に応力集中が確認された。以上より、開口部の有無及びCLTの利用方向により力学性状に違いが生じ

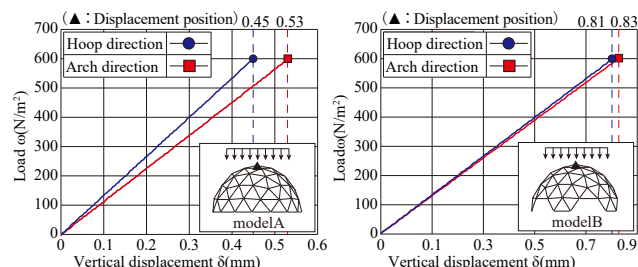


Fig.5 Relationship of between Load and Displacement (Full Loading)

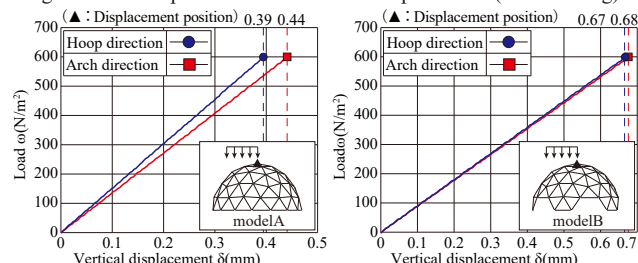


Fig.6 Relationship of between Load and Displacement (Half Loading)

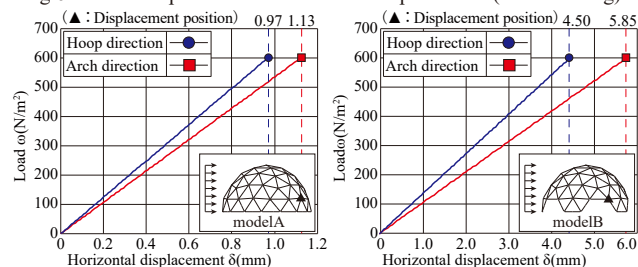


Fig.7 Relationship of etween Load and Displacement (Horizontal Loading)

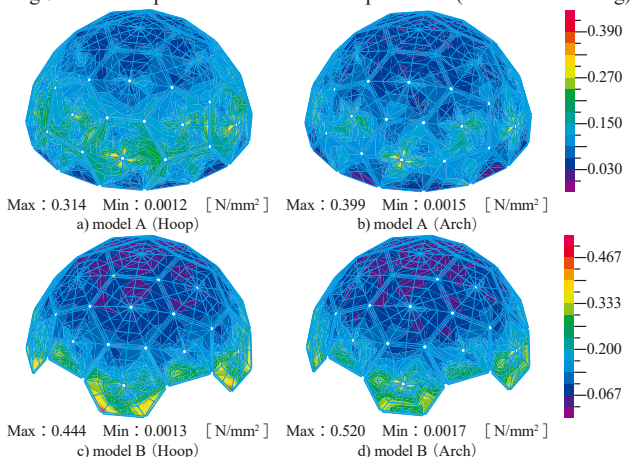


Fig.8 Principal Stress Diagram

ることが把握された。

3. まとめ

本報ではCLTの利用拡大を目標として、最小断面である3層3プライのCLTパネルを対象に、ドーム構造の提案を行った。また、CLTの異方性を考慮した数値解析により提案モデルの基本的力学性状の把握を行った。

今後の検討として、実規模を想定した載荷実験を通して、構造性能の把握及び数値解析結果の検証等を行う予定である。

【参考文献】

- [1]国土交通省国土技術政策総合研究所監修：2016年版 CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル,公益財団法人日本住宅・木材試験センター, 2016.10
- [2]Susanne Jacob-Freitag,Marc Wilhelm Lennart:NEW ARCHITECTURE IN WOOD