

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 高 穎

本論文は、三角形に組んだ木枠に合板パネルを張り、それを相互にボルト接合で組み合わせて出来上がる半球型ドーム構造の強度、変形特性に関する解析手法を、新たに開発することを目的として研究を行ったもので、6章からなる。

木材ならびに木質パネルは軽量で、強度的に優れており、また、加工も容易であるため、ドーム構造建造物を作製するための構造材料としても大変優れている。ジオデシク・タイプと言われる木造ドーム建築物は、大きく二通りの方法で建設される。一つはトラス構造を主体としてドームを構成するの、もう一つは、木枠に合板パネルを張り、それを相互に組み合わせてドーム構造とするもの(これを本研究では「TFP ドーム」と呼ぶ)である。後者の構造は、木材の枠同士をボルトで接合する等、変形をしやすい部分を含むのにもかかわらず、これまで、この形式のドーム構造を適切に解析する手法が無かったために、解析をする際には、トラス置換という便宜的手段が用いられることが多かった。しかしこの手法は、実際のドームの変形挙動を正しく再現しているとは言い難く、それによって解析された建物の安全性にも問題が残る。

本研究は TFP 構造のドームが示すさまざまな特異な変形挙動に対して、数値解析的な手法でその変形を再現する手法を開発することを目的としたもので、いくつかの独創的な試みがなされている。

第 1 章においては、ここでの研究対象である木造ドーム構造のもつさまざまな長所が、強度的側面、エネルギー消費の面、省資源化の面から詳述される。また、第 2 章においては、本研究にかかわる様々な分野の既往の研究がまとめられている。

第 3 章では、本研究で行った実験に関する詳細ならびに、シミュレーションに用いた三種類の数値解析手法に関して理論的誘導過程が示されている。研究対象とした TFP ドームは、直径約 10 メートルのものであるが、実験は、1/7 もしくは 1/8 の模型で行い、木枠相互の接合部の破壊の仕方、木枠に合板を打ち付けた釘の変形挙動等を調べ、基礎資料とした。解析に関しては、最初は通常の三次元トラス有限要素法(FEM)プログラムによる結果を調べた。その結果、トラス置換法では、枠材そのものに大きな変形が発生し、TFP ドームの変形挙動を適切に表現できないことが明らかとなった。次に適応要素法(AEM)によるプログラム開発プロセスをしめた。本法は、手法として有力に思えたのであるが、三次元空間で、辺が様々な方向を向く、ドーム形状のような対象に対しては、境界条件が非常に複雑になることが明らかとなり、この手法による解析は、単純な場合に留まった。最後にパネル要素間に隙間を開けて、その隙間にバネ要素ならびに回転バネ要素を配置したハ

イブリッド・トラス有限要素法プログラムを開発した。次章以下で、この方法を用いてドーム構造の解析がなされた。ハイブリッド・トラスに関しては、回転バネ要素を配置しないと、実際と非常に異なるシミュレーション結果が得られるなど、興味深い結果も得られた。

第4章では、木枠パネル相互を弾性バネで接合した場合に関して、五枚の三角形パネルからなる五角錐グループの変形挙動を実験で求めることにより、諸バネ定数を定めて、ドーム構造の変形挙動を解析している。ここで用いたモデルは原寸の1/13程度の寸法となる。ここの実験ではモデル・ドームの変形挙動を三次元デジタルで立体的に追跡し、その結果をシミュレーションによるものと比較した。これより、ここで開発したハイブリッド・トラス・プログラムが、本研究対象のTFPドーム構造を適切に解析できることを明らかにした。

三角形パネル間を、ボルトで接合すると、弾性バネではなく、弾塑性要素で接合したものとして解析する必要が出てくる。第5章では、このためのプログラム開発を行った。弾塑性要素によるシミュレーション結果は、ボルト接合(実験ではビス接合)によるモデルドームの変形挙動を適切に再現することが出来た。これによって、本研究で開発したハイブリッド・トラス有限要素法プログラムは、TFPドーム構造の解析手法として有用であることが明らかとなった。

第6章は総括である。

以上本論文は、今日実際に建設されるジオデシック・タイプの木造ドーム建築物のうち、変形しやすい接合部をもつ、合板張り木製枠組みパネルで組み立てられたドーム構造の解析手法を具体的に示したもので、学術上、応用上貢献するところは非常に大きい。よって審査員一同は、本論文が、博士(農学)の学位論文として相応しいものであることを認めた。