

# 立体トラスを用いた農業ハウスの座屈解析

岩手大学工学部	正会員	宮本 裕
岩手大学工学部	正会員	岩崎 正二
岩手大学工学部	正会員	出戸 秀明
岩手大学工学部		○関川 愛

## 1. まえがき

現在の農業ハウスはパイプを躯体とし、アーチをかたどったものが圧倒的に多い。しかし、降雪の多い地域では、パイプの強度の限界から積雪荷重による倒壊などの被害の恐れがある。また、最近では鉄鋼の高騰により、農業ハウスを建設する際のコストが心配される。そこで、骨組みの鋼材に軽量鋼材を用い、立体トラス構造にすることで、強度が増すと共にコスト削減が期待できる。さらに、安価で耐力があるトラス構造の骨組みは、農業ハウスだけに留まらず、レジャー施設など大型施設に応用することも可能と思われる。そのため、より安価で耐力に優れた農業ハウスを建設するには、立体トラス構造の耐力の解析が必要となる。本研究では、農業ハウスをピラミッド型トラスを組み立てた立体トラス構造とし、3次元変位型有限要素法を用いて載荷後のハウスの変形状態を計算する。さらに線形及び非線形座屈解析を用いて、農業ハウスの耐力についても検討を加えたので報告する。

## 2. モデルの概要

本研究の解析にあたっては、「汎用 FEM 連成解析ツール ANSYS」を使用した。解析用モデルとして主に、図-1 に示すような、農業ハウスの 1 部分を取り出し 3 次元骨組みモデルを作成した。このモデルの形状は、図-2 に示す底辺 900 mm×900 mm、高さ 450 mm のピラミッド型を連結した立体トラス構造である。また、使用鋼材には 3×30×30 mm の等辺山形鋼を用いており、鋼材のヤング係数は  $2.1 \times 10^5$  (kgf/mm<sup>2</sup>)、ポアソン比を 0.3 とした。

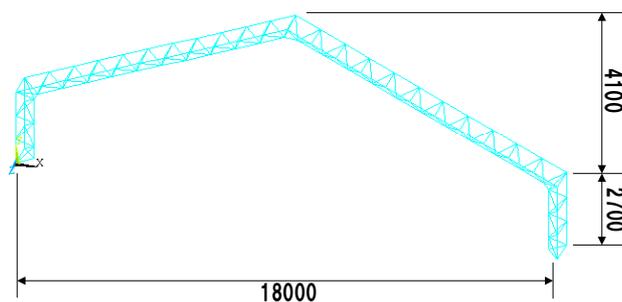


図-1 農業ハウス 3次元 FEM 解析モデル (単位: mm)

## 3. 解析内容

はじめに、図-1 の 3次元モデルを図-3 に示すような 2次元ラーメン構造にモデル化した。図-3 のような 2次元モデルを用いて、雪荷重・風荷重に対する変位量を計算し、3次元モデルと比較する。3次元モデルについては、トラス部材に生じる部材力にも注目した。その後、図-1 の 3次元モデルに雪荷重が作用した場合の座屈解析を行う。屋根ピラミッドの斜材上部に等間隔で設定した 46 節点に、Y 軸方向下向きに雪荷重をかける場合を解析する。ただし、このモデルはハウスの 1 部分を取り出しているため、全節点の Z 軸方向は拘束する。理想化された線形弾性構造物の座屈強度を予測するための線形座屈解析と、初期不正などをモデルに含めることができるためより正確な座屈荷重を求めることができる非線形座屈解析を用いて解析する。

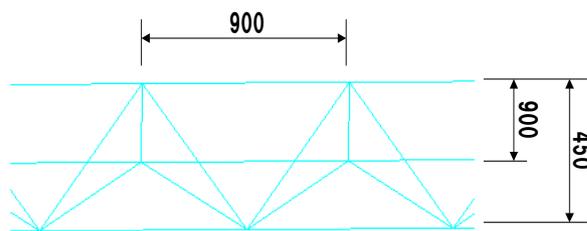


図-2 3次元モデルの部分拡大図 (単位: mm)

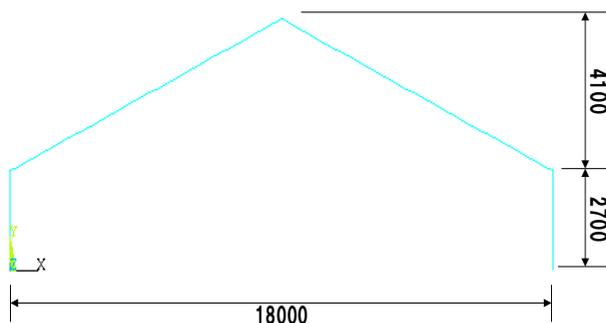


図-3 農業ハウス 2次元モデル (単位: mm)

## 4. 解析結果と考察

### 4.1 2次元モデルと3次元モデルの比較

図-4は、100kgf/m<sup>2</sup>から500kgf/m<sup>2</sup>の雪荷重が鉛直に作用した場合の載荷量と最大変位量の関係を表す。図-5は、180kgf/m<sup>2</sup>から720kgf/m<sup>2</sup>の風荷重を水平にかけた場合の載荷量と最大変位量の関係を示す。両図より、3次元モデルの方が、X・Y方向変位量U<sub>x</sub>、U<sub>y</sub>が共に小さくなっていることが分かる。特に、雪荷重に対するY方向変位量、風荷重に対するX方向変位量は、2次元モデルの変位量の約4分の3となっている。このことから、立体トラス構造はラーメン構造より変形しにくいと言える。

また、変位量のほかに、3次元モデルの軸力を出力させた。雪荷重に対して、引張力が大きく発生していた部材は、地面に拘束されている下端部の部材だった。圧縮力が大きく発生していた部材は、斜材と側面部材の結合部にある部材だった。これらの部材に注目して、座屈解析の結果と比較検討する。

### 4.2 座屈解析

図-6は線形座屈解析を行ったときの座屈モード形状を示す。左側から風荷重を受けるような、特殊な形状となった。座屈荷重は1節点あたり2961.5kgfとなった。よって、線形座屈解析による雪荷重の座屈荷重は2961.5×46=136229kgfとなる。図-7は非線形座屈解析を行ったときの座屈モード形状を示す。座屈荷重は1節点あたり2526.1695kgfとなった。よって、非線形座屈解析による雪荷重の座屈荷重は2526.1695×46=116203.797kgfとなる。座屈するまで、骨組みは大きく変形していくものの、約116tfまで座屈を起こさない構造であることが分かった。また、非線形座屈解析の軸力結果を見てみると、圧縮力・引張力のどちらも、4.1の解析とほぼ同じ部材が最大値をとっていた。下端部の部材は斜材に載荷された雪荷重により、大きく引っ張られていることが形状から分かる。このように引張力の大きい部材をより大きい等辺山形鋼に替えることで、さらに大きな荷重に耐えられると予想できる。

## 5. あとがき

汎用有限要素法を用いて、雪荷重・風荷重をかけた場合の変形量や座屈荷重を求めることが出来た。今後は、今回得られたデータを基に、立体モデルの奥行きを増やしてより現実に近いモデルで座屈解析を行い、耐力について検討していきたい。

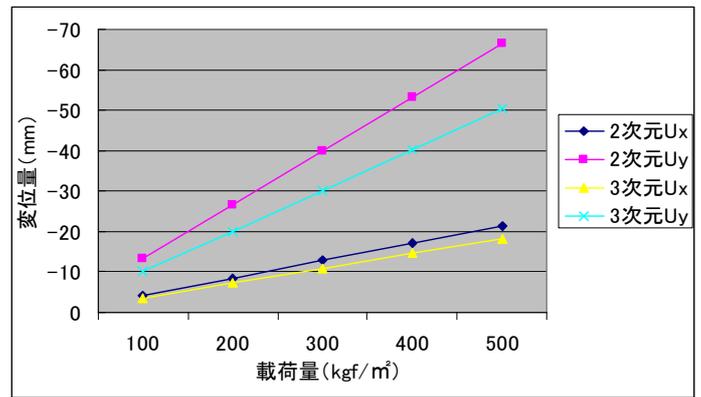


図-4 雪荷重と最大変位量の関係

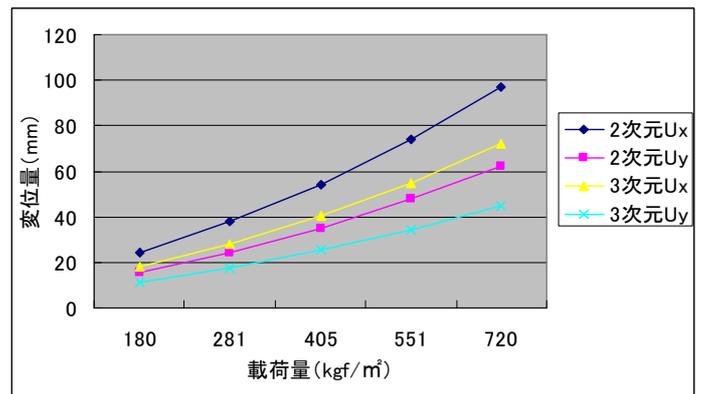


図-5 風荷重と最大変位量の関係

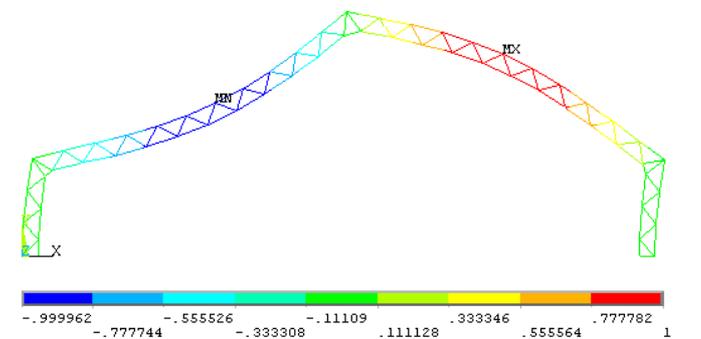


図-6 線形座屈解析の座屈モード形状

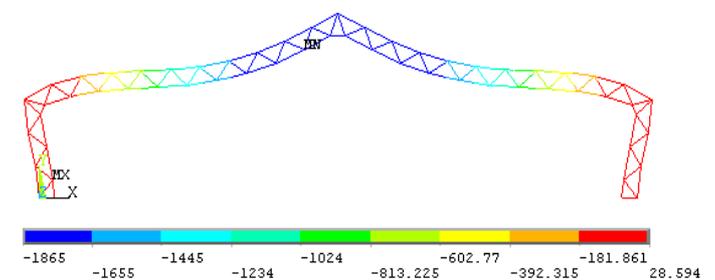


図-7 非線形座屈解析の座屈モード形状