

埼玉大学工学部 正会員 東原結道
 埼玉大学工学部 学生員 ○菊地 弘

1. はじめに

近年、電子通信施設の大型化、高性能化に伴い、それを保護収納する施設の大型化、高性能化が急がれている。それに答えるべく、電磁透過性にすぐれ、気密性を保つような大空間ドームの設計理論を構築することが本研究のねらいである。本研究で対象となる構造物は、従来のトラス型のドームと、空気膜構造によるドームを複合させた形式のもので、膜・フレームパネル（ピン結合された多角形フレームに膜が張られたもの）をドーム形に組み合わせたものである（図2）。このようなドームに内側から空気圧をかけ、膜部に発生する局部座屈に対する抵抗性を大きくし、従来無視されてきた膜部の剛性を合理的に取り入れることによって、構造物の大型化を計ろうとするものである。

本報告では、前回参考文献[1]で行われた面内変形の理論を基礎とし、面外変形のうち、pre-tensionとしてパネルに空気圧をかけた場合の力学的性質を数値解析するものである。

2. 解析方法

解析の対象となるモデルは、ピン結合剛体フレーム（フレーム部は膜部に対して剛性が過大であると考え）に膜が張られたものである（図2）。このようなモデルに対して有限要素法を用いて解析した。解析上問題となるのは、パネルに面外方向荷重（本報告では空気圧）が加った場合、膜部は面外に大変形すると考えなければならぬ点と、膜は圧縮応力を受け持たないno-compression材料であるため、膜部に発生する局部座屈に対する処理を行なう必要がある点である。以上の、幾何学的大変形と材料非線形の処理を行なうことが解析の中心課題となる。

a. 基礎方程式

膜の大変形を処理するために、本研究では変位を

$$\{\delta\} = \{\Delta\} + \{\delta^*\} \quad (1)$$

と置き、 $\{\Delta\}$ については2次、 $\{\delta^*\}$ については1次の項まで考慮することによって定式化を進めた。その結果、釣合方程式として、

$$\{F\} + \{P(\Delta)\} = \{K(\Delta)\} + [K^*(\Delta)]\{\delta^*\} \quad (2)$$

を得た。左辺は外力、右辺は内力に対応し、 $\{P(\Delta)\}$ は空気圧に対応する。

(2)式の解大変位 $\{\Delta\}$ は、図1のアルゴリズムに従い、 $\{\Delta\}$ を定数として代入し、変化させる繰り返し計算を、 $\{\delta^*\}$ が0になるまで行なうことによって求めた。

b. 局部座屈の処理

膜部に発生する局部座屈の処理については、コンクリートや岩盤工學においてしばしば用いられるno-tension解析の

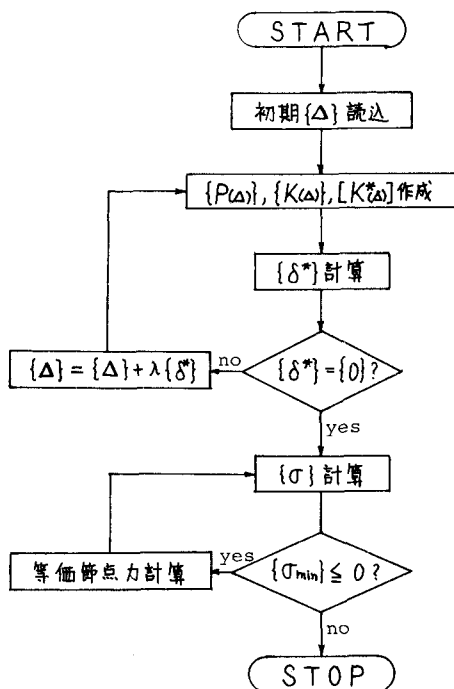


図1 解析手順

手法を応用した。ここでは、要素に発生する圧縮応力を、弾性的に再分配する繰り返し計算によって解析を行った(図1)。詳しくは、参考文献[1]を参照されたい。

3. 解析例

図3～図5に、解析例を示す。外力として、空気圧 p と、図中に示される集中荷重 F を入力した。拘束条件として、図中に示されるほか、ピン節点はすべて膜面と直角方向に拘束した。以上の条件に対して、横軸に荷重 F 、縦軸に荷重 F の作用点の荷重方向の変位 Δ をとった結果が、図に示されるものである。ただし、点線で示される直線は、圧縮応力も受け持つと考えた場合の解析結果である。なお、内容についての詳しい説明は、発表当日に行なうものとする。

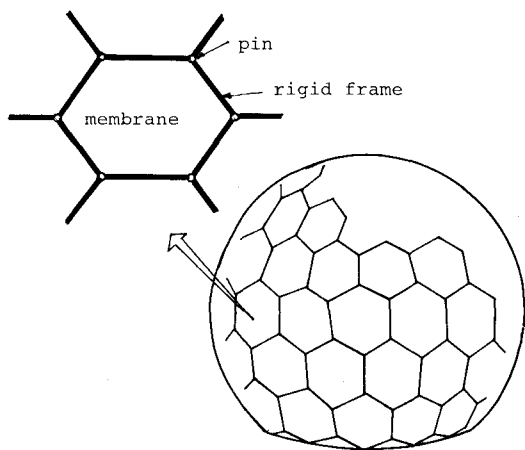


図2 多面体ドーム

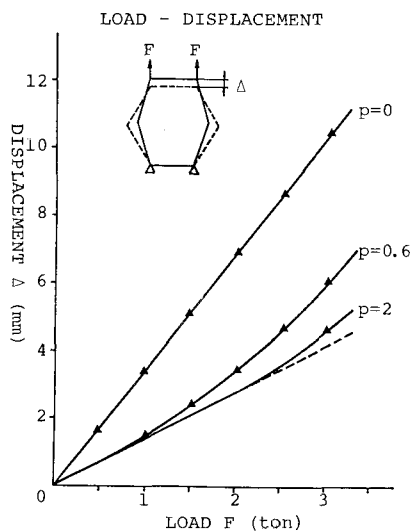


図3

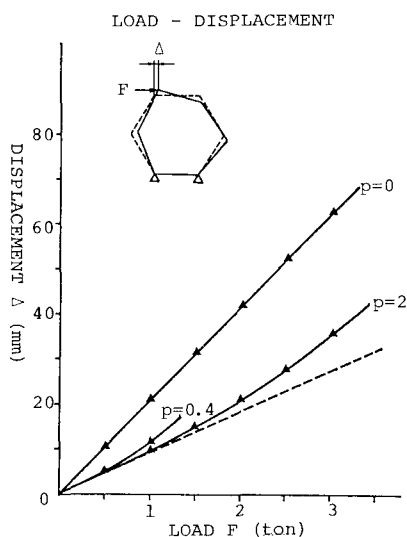


図4

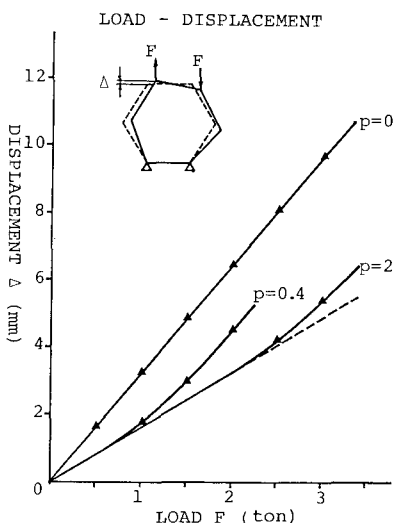


図5

参考文献

- [1] 東原, 清水; 平面膜・フレーム構造の応力解析, 土木学会第35回年次講演会概要集I-23
- [2] O.C.Zienkiewics, S.Valliappan, P.King; STRESS ANALYSIS OF ROCK AS A NO-TENSION MATERIAL