

軸力線法で得られた最適形状の実構造物への適用

佐賀大学 学 ○北原 敏郎
 佐賀大学 正 後藤 茂夫
 佐賀大学 正 古賀 勝喜

1. まえがき

大空間を構成する構造物の力学的解析における幾何学的非線形は単一要素において、変位と荷重の関係を高次非線形連立方程式で解くことが主であったが現実の構造物は要素の集合体であり、また構造変化がその架設過程で生じるので、実際の構造の解析に対しては実用面で制限を受ける。

著者の一人は先行状態での要素形状と節点力を用いて構成される単純明快な接線幾何剛性を求めた。これにより要素固有の剛性を分離して定式化された接線幾何剛性係数を求め、構造物の有限変形解析を可能とした。

さらに接線幾何剛性と要素剛性とが分離されている特性を生かして軸力線という架空の3次元構造系の形状決定手法を提案した。線群は軸力のみが発生し、曲げが生じない最適な構造系である。この系に実剛性を付加して、実構造物へ適用する際の問題点を検討した。

2. 実構造物への適用手順

軸力線で得られた最適形状を実構造物に適用する手順は以下の通りである。(図-1)

- 1) 設計スパン、目標クリアランスを定め、屋根材、部材軸力自重を考慮し、仮定軸力線 N の値を変化させて、所要の軸力線形状を求める。
- 2) 3次元実曲げ材を張り付け、実剛性と幾何剛性を有する3次元曲げ系の解析を行う。
- 3) 部材自重および屋根材自重を除荷し、支点拘束を解除して無応力、無重力下の製作寸法を決定する。
- 4) 2) で得られた系に地震力、風荷重等の活荷重を与えて断面のチェックを行う。
- 5) 1) - 4) の作業を安全な構造物となるまで繰り返す。

現在3次元曲げ材の接線幾何剛性および実剛性を持つ系のプログラムを作製中であるが、今回は第1ステップとして軸力材のみの実剛性を付与するプログラムの開発を行った。

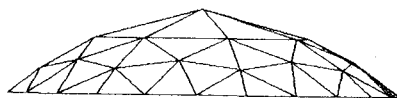


図-1 モデル図

3. 計算例

上記の考えのもとに本研究では軸力材のみの実剛性を考慮したプログラムを用いて解析を行った例を示す。

軸力線解析に用いたモデル(図-2)の概要は以下に示す通りである。

- a) 設計スパンを直径60m、目標クリアランスを12mとする球形ドームである。
- b) 屋根材と部材の自重は表-1に示している。屋根材に付いては膜を想定しているため小さな値となっている。
- c) 仮定の軸力線の大きさを $N = 15 \text{ t f}$ を初期値とし、所定の形状が得られるまで数回繰り返すを行う。
- d) 計算では対称性を用いて構造型の1/8だけを解析している。境界条件は円周部を u 、 v 、 w の各方向に拘束、他の部分は1方向、あるいは2方向拘束としている。

解析結果で得られた収束形状を図-3に示す。図から見れるとおり必ずしもバランスのよい形状とはなかった。これは初期形状では軸力線の長さを同程度としていたが定軸力線長さの最大差が約

1.1 mと成っていることから分かる。この対策としては初期形状の検討が必要ではないかと考える。次に実剛性を張り付けた立体トラスの有限変形解析を行う。(図-4)

- 初期形状を収束形状全体の1/4とする。構造系は要素数27, 節点数16である。
- 張り付けた部材の物性値を表-2に示す。
- 解析での先行荷重(表-3)は収束形状が得られたときの各節点に作用している荷重である。無重力状態での形状を得るため付加荷重は先行荷重の負値を載荷する。
- 先行軸力は全軸力線とも10 tfである。これは収束形状が得られた軸力線そのものである。
- 境界条件は節点10から16までは3方向拘束, 2と5はu方向, 4と9はv方向, 1はu, v方向拘束としている。

解析結果をみると節点の増分変位置, 先行軸力と付加荷重により生じた軸力の和である部材軸力はすべて0と成っている。このことは収束形状と初期形状は同じとなり, 得られた結果が無重力下の組立形状であることが分かる。また無応力時の寸法は軸力線のプログラムで得られたものの約0.2%増しとなった。

4. まとめ

実構造物の最適形状決定法を試みたが研究結果として以下のようなことが分かった。今回は基本構造をトラスとしたが, ほとんどの構造物は曲げを受ける系である。よって立体曲げの接線幾何剛性を研究し, その理論を用いたプログラムの開発が急務である。今回用いたプログラムは実構造物の製作寸法を求めるためのフロチャート開発とトラス系とみなせる実構造物の有限変形解析には有用である。しかし, トラス系として解析すると部材断面は現実のないものも解析可能となるので注意が必要である。

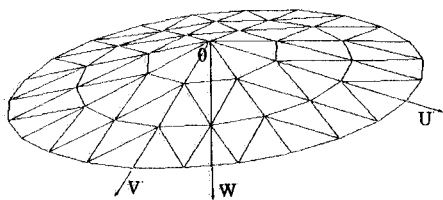


図-2 初期形状

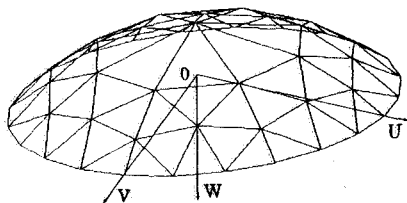


図-3 収束形状

表-1 解析条件	
定軸力	10.000tf
軸力線重量	-0.23690 tf/m
面荷重	-0.00150 tf/m ²

表-2 物性値	
弾性係数	2.1×10^7 tf/m ²
断面積	0.100 m ²

表-3 載荷荷重	
節点	先行荷重 tf
1	6.198
2	5.797
3	8.878
4	5.896
5	4.206
6	7.106
7	6.545
8	7.106
9	4.206

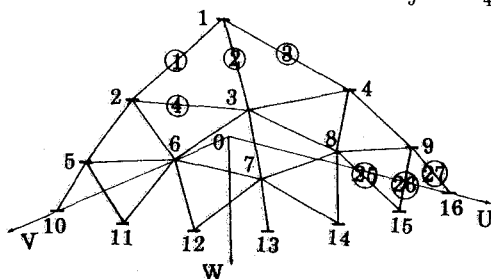


図-4 初期形状と収束形状

参考文献

- 1) 帯屋洋之 他: 軸力線による大空間曲面格子構造の形状決定, 平成5年度年講概要集, 1993.9
- 2) 後藤茂夫 他: 立体構造物における接線幾何剛性マトリックスの定式化, 土木学会論文集, 1983.