

16. 太陽電池アレイ架台構造システムの耐力評価に関する解析的研究

1010920055 栗林貴大
指導教員 藤井大地 教授

有限要素法 静的解析 周波数応答解析 固有振動解析

1. はじめに

20 世紀の半ば以降、環境問題は各地で顕在化し、局地的問題から全地球的規模へと拡大した。地球環境問題は地球上のすべての人々に影響を与え、原因を出していない人や地域にも結果がやってくるものである。

本研究では、リフトアップ型太陽電池アレイ架台構造システムの耐力評価を十分にするために、近畿大学工学部東広島キャンパス内にある、太陽電池アレイ架台構造システムを対象に行われた実験から得られた実測データと、有限要素法解析ソフト ANSYS によって実験と同様の条件にした構造解析モデルを作成し、実験値と解析値の応力状態を比較することで、構造的安全性を検証すると同時に、有限要素法解析ソフト ANSYS の有効性を示していく。さらには、雪荷重や風荷重などの様々な環境下における応力状態をシミュレートし、実験では得ることのできないデータを抽出し、太陽電池アレイ架台の構造的安全性を検証していく。

2. 要素タイプ

2.1 ビーム要素 (BEAM188)

解析に用いるビーム要素は、1 次のせん断変形理論である Timoshenko 理論に基づいている。解析では、各節点において 6 自由度または 7 自由度のはり理論の比較を検討する。

2.2 シェル要素 (SHELL181)

解析に用いるシェル要素は、1 次のせん断変形理論である Mindlin-Reissner のシェル理論に基づいている。各節点において X, Y, Z 方向の並進 3 成分と X, Y, Z 軸まわりの回転 3 成分の 6 自由度を持つ 4 節点シェルによって解析を行った。

3. 傾斜溝形断面チャンネルベース解析モデル

3.1 傾斜角 0°チャンネルベース (強軸曲げ)

図 1 は、傾斜角 0°チャンネルベース (ビーム) の本体で、図 2 は、傾斜角 0°チャンネルベース (シェル) の本体を表した解析モデルである。実験条件と同様に部材スパン 4700mm の位置に支持を与え、部材中心の位置 (強軸方向) に、2500N の集中荷重を加える。またここでは、ビーム要素 (6 自由度, 7 自由度) とシェル要素と実験値を比較する。解析条件は、ヤング係数 $E=2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$,

ポアソン比 $\nu=0.3$, 要素を 2 節点ビーム (BEAM188), 4 節点シェル (SHELL181) とする。

解析結果として図 3 は、ビーム要素 (6 自由度) における相当応力で、図 4 は、ビーム要素 (7 自由度) における相当応力、図 5 は、シェル要素における相当応力をコンター表示したものを表す。図 6 は荷重-変位関係に対する実験値と解析値の比較である。

解析結果から分かるように、シェル要素解析が実験値に 1 番近い結果となった。また、ビーム要素 2 つに注目すると 7 自由度の方がより実験値に近い値となった。実験ではねじれによる荷重点の移動という問題が発生するので、それを考慮すると、うまく解析できている。

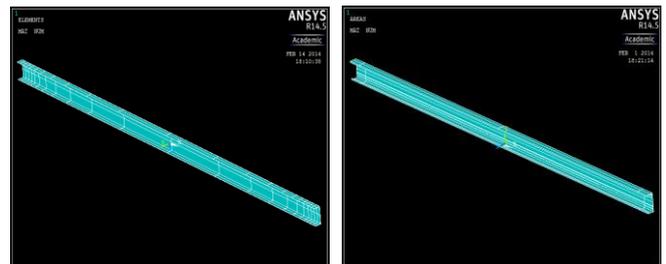


図 1 0°-本体 (ビーム) 図 2 0°-本体 (シェル)

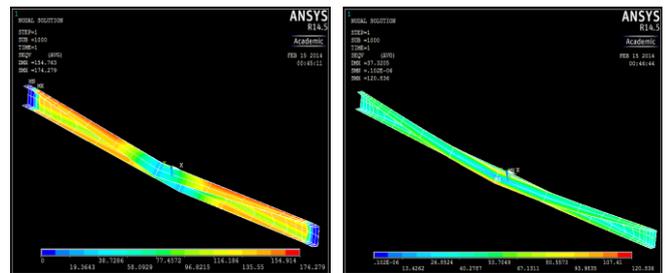


図 3 相当応力 (6 自由度) 図 4 相当応力 (7 自由度)

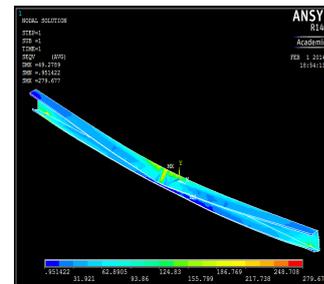


図 5 相当応力 (シェル)

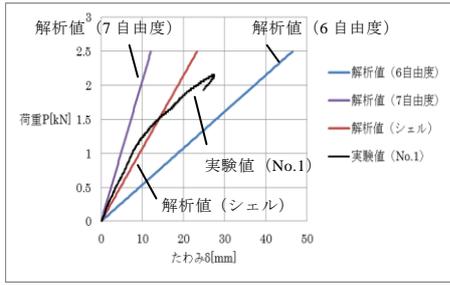


図 6 荷重－たわみ関係（強軸曲げ）

3.2 傾斜角 20°チャンネルベース（強軸曲げシェル）

図 7 は傾斜角 20°チャンネルベースの本体を表した解析モデルである。3.1 と同様の条件で解析を行う。解析結果として図 8 は、相当応力でコンター表示した様子を表す。図 9 は荷重－変位関係における実験値と解析値の比較である。解析結果から分かるように、グラフはかなり似た傾きとなっており、計算通りの挙動であると同時に、ANSYS の有効性を示せたと言える。

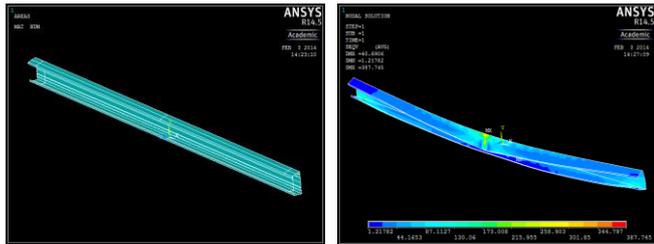


図 7 20°-本体（シェル） 図 8 相当応力（シェル）

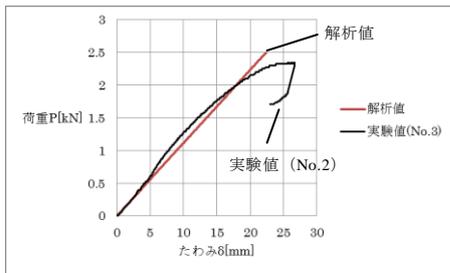


図 9 荷重－変位関係（強軸曲げシェル）

4. 太陽電池アレイ架台解析モデル

図 10 は、太陽電池アレイ架台本体の解析モデルである。拘束条件は、実物と同様にチャンネルベースの先端の 4 点の位置（基礎の位置）に支持を与える。3.1 と同様の条件で解析を行うが、パネルの自重を認識させなければならないので、密度 $\rho = 7.8 \text{ ton/m}^3$ と重力 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ を設定している。また雪荷重の場合、主梁を 36 の節点に分散し、1 節点あたり $0.332 \times 4 = 1.33 \text{ kN}$ の荷重を与えるようにすることで、パネル全体に雪が積もった状態を想定させた。総荷重は 47.8 kN となる。また 3.1 より、ビーム要素では 7 自由度の方がより正確な値を抽出できることから、ここでは 7 自由度を採用する。

解析結果として図 11 は、周波数応答解析により応答倍率－周期関係に対して、実験値と比較したグラフである。図 12 は、積雪量－チャンネルベース中央たわみ関係をグラフにしたものである。解析結果から分かるように、1 次モードにおける固有周期に対する振動数は、ほぼ合っており、かなりうまく解析できていると言える。また、積雪量 106.8cm で 0.043m たわみを生じた後に、破壊に至ることがシミュレートにより検証できた。

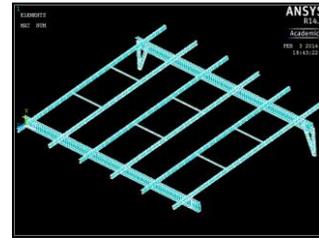


図 10 太陽電池アレイ架台

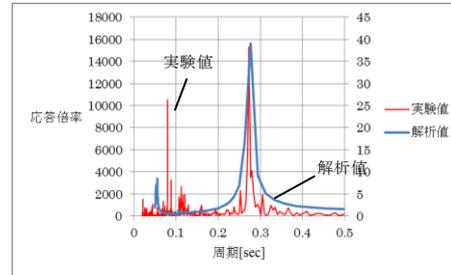


図 11 応答倍率－周期関係

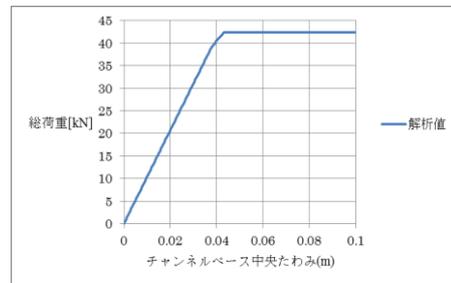


図 12 積雪量－チャンネルベース中央たわみ関係

5. 結論

拘束条件をビーム要素では 7 自由度、シェル要素ではそのままの 6 自由度を用いることで、より正確な値を抽出できることが分かった。また、雪荷重において、予想よりもはるかに強い耐力を保持していることが分かり、薄板開断面のような鋼材でも、太陽電池アレイ架台の構造躯体として、十分に使用できることが検証できた。

参考文献

- 1) 鷲津久一郎著：有限要素ハンドブック I 基礎編，培風館，1981.9
- 2) 社団法人日本建築学会：軽鋼構造設計施工指針・同解説，丸善，1985.10.5
- 3) 河内健：有限要素法の基礎と構造・振動解析，トリケップス，1985.3.20