

1. 研究背景

平らな板をある角度を持って組み合わせた構造体を折板構造と呼び, (1)床や壁など, 平面状の構造を屏風状に折り曲げるもの, (2)曲面をいくつかの平板で置き換えるものの二つに大別することができる。この発想は1920年代初期からあり, ドイツやアメリカを中心に研究されてきた。折板構造に関する邦書の文献は, 1950年代から出始めたが, ほかの構造形式や折板屋根の研究に比べて少なく, 建築物自体も少ない。

以上を背景に, 折板構造の形状最適化を行い, 折板形状を維持した状態での最適化形状やその条件を模索することを本研究の主目的とする。

2. 数値計算ソフトMATLABによる解析精度の検証

図1, 2, 表1に定めるRC板を想定し, MATLABでの有限要素法³⁾による解析と, ABAQUSによる解析を行い, 変位量の比較を行った(表2.3)。

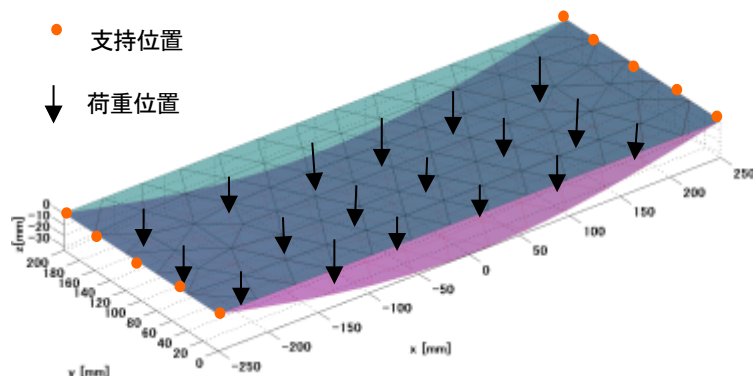


図1. 両端ピン支持長方形板の自己釣合解析

| ヤング率 [N/mm ²] | ポアソン比 | 板厚 [mm] | 単位重量 [N/mm ³] |
|------------------------------|-------|------------|------------------------------|
| 21862 | 0.2 | 10 | 24.5 |

表1. 解析において想定したRC板の初期条件

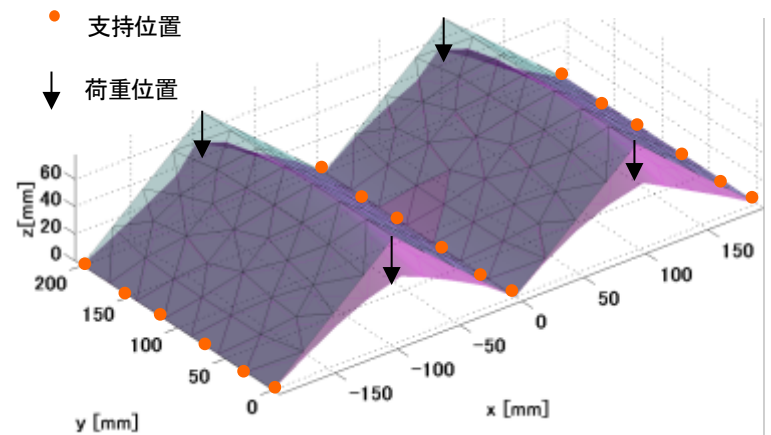


図2. M型板の集中荷重解析

| | 両端ピン支持 | 周辺ピン支持 |
|------------|--------|-------------|
| 理論解[mm] | 0.1022 | 無し |
| MATLAB[mm] | 0.112 | $2.36/10^3$ |
| ABAQUS[mm] | 0.112 | $2.28/10^3$ |
| 平均2乗誤差[%] | 1.573 | 2.731 |

表2. 長方形板の自己釣合解析による撓み量の比較

| | 垂直方向 | 自己釣合 |
|------------|-------------|-------------|
| MATLAB[mm] | $2.30/10^4$ | $1.95/10^4$ |
| ABAQUS[mm] | $2.37/10^4$ | $1.87/10^4$ |
| 平均2乗誤差[%] | 7.77 | 10.7379 |

表3. M型板の撓み量の比較

3. 形状最適化

形状最適化は以下のようにおこなう。

まず, 手動で初期解にあたる数値を入力し, 初期モデルを生成する。その初期モデルに対して最適化理論に基づく最適化を実行し, 得られた形状に対して



して応力解析を行い新たなモデルを生成する。このサイクルを繰り返すことにより, 構造的な制約を十分に満たす形状が得られる。

本研究では、図4のような折板構造の形状最適化を行う。図3に示す折り目に沿って、長方形板を折り曲げることで図4のような折板構造ができる。

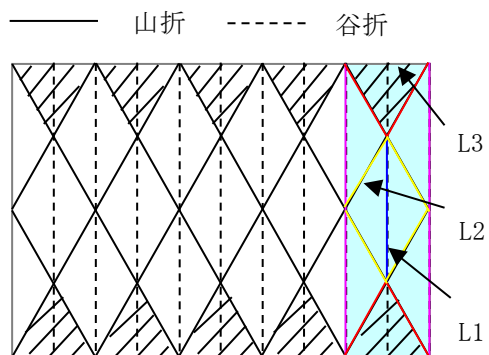


図3. 長方形板

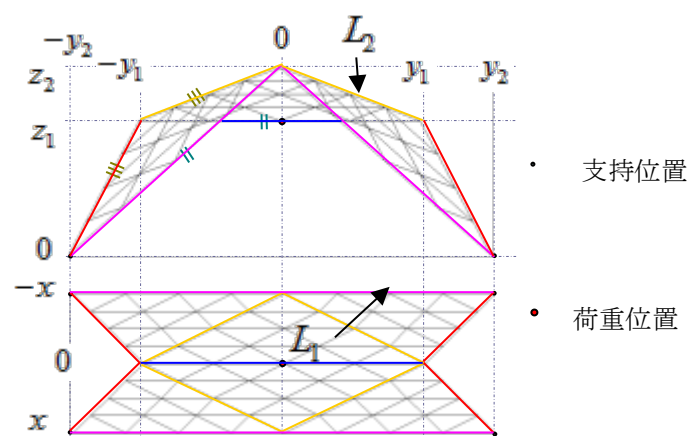


図4. 折板構造

図4に示す x , y_1 , y_2 の長さを変えることによって歪Eを小さくし、敷地による最適な形状を探る。

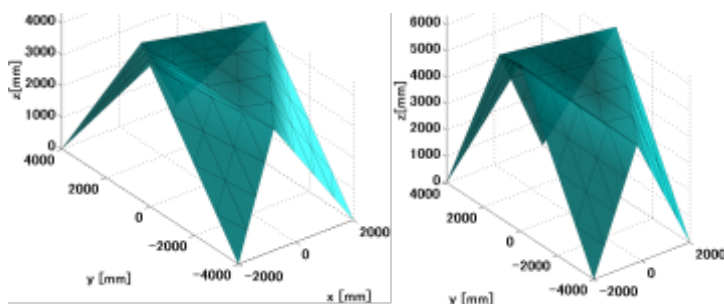


図5. 形状1の初期形状と最適化形状

| | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| | 初期1 | 最適1 | 初期2 | 最適2 |
| x(固定) | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| y1(変数) | 3000 | 3812 | 5000 | 3799 |
| y2(固定) | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 歪E[Nmm] | 24957 | 21794 | 24137 | 21795 |
| 最適化割合 | | 89% | | 91% |
| | 初期3 | 最適3 | 初期4 | 最適4 |
| x(固定) | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| y1(変数) | 10000 | 4615 | 5000 | 4643 |

| | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| y2(固定) | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 歪E[Nmm] | 36947 | 21703 | | 21702 |
| 最適化割合 | | 59% | | 65% |
| | 初期5 | 最適5 | 初期6 | 最適6 |
| x(固定) | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| y1(変数) | 4000 | 5469 | 2500 | 5361 |
| y2(固定) | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 歪E[Nmm] | 24914 | 22147 | 77052 | 22136 |
| 最適化割合 | | 89% | | 29% |

表4. 折板構造の最適値

4. 解析結果

MATLABとABAQUSの解析結果の比較は、単純支持の長方形板の場合は誤差が数%であり、理論解ともほぼ同じ値になった。M型板の場合は理論解が存在しないが、MATLABとABAQUSの誤差は10%程度となり、MATLABでも十分な解析精度が得られるという結果になった。

MATLABによる折板構造の形状最適化では、荷重が一定の場合、初期形状が異なっても同じような形状に収束するという結果が得られた。

5. 結論

MATLABによってRC板の解析を行い、ABAQUSによる解析結果と比較しその精度を検証した。その後、一枚の長方形板を折り曲げることによってできる折板構造の形状最適化を行った。今後は、より複雑な形状の折板構造や、荷重のかけ方、施工のコストなどを考慮し最適化を行っていく。

6. 参考文献

- 1) S. P. Timoshenko S. Woinowsky-Krieger 長谷川 節訳: 板とシェル理論, 丸善, 1973, 7
- 2) 渡大樹: ベジエ曲線を用いたシェル構造の形状最適化, 2010, 立命館大学卒業研究
- 3) Jacob Fish, Ted Belytschko: A First Course in Finite Elements, 丸善, 2008.12