

1. ESO 法を用いた部分的複層ラチスシェル構造の形態創生に関する研究

1410920053 新井拓也

指導教員 藤井大地 教授

トポロジー最適化 グランドストラクチャ法 ESO 法 ラチスシェル構造

1. はじめに

ラチスシェル構造には、大きく分けて単層と複層のラチスシェルがある¹⁾。単層ラチスシェルは、軽快で美しい構造を実現できるが、座屈を生じると急激に耐力が低下する全体座屈が生じやすく、より高度な設計技術が必要となる。これに対して、複層ラチスシェルは、上下弦材が腹材と協働して面外曲げに抵抗するため、高い面外剛性を有し、その耐力は個材座屈で決定される場合が多い。しかし、単層に比較して、部材数が膨大となり、施工コストも増大する。このため、陳ら²⁾は、複層ラチスシェルの上下弦材の一部を除く 1.5 層スペースフレームを提案している。

本研究では、陳らの発想を応用して、単層ラチスシェルを基本とし、これを構造的に補う形の部分的複層ラチスシェルを提案する。本論文では、このような部分的複層ラチスシェルの基本的特性を調査するため、一般的な平面ラチスシェルと円筒ラチスシェルに対して、部分的複層ラチスシェルの形態創生法を提案し、その有効性を検討する。

2. 部分的複層ラチスシェルの形態創生法

本論文では、上層面の単層のみで許容応力度を満足する複層ラチスシェルを初期構造(グランドストラクチャ)とし、この構造から複層部分の部材を徐々に除いていくことで部分的複層ラチスシェルを生成する形態創生法を提案する。ただし、部材除去の方法は、高坂ら³⁾が提案している ESO 法を用いる。この方法は、応力解析から得られる部材のひずみエネルギー密度が最も小さい部材から順に除いていく非常に単純な方法で、剛性最大化問題に対しては、最適解かそれに近い優良解が得られることが確かめられている。

3. 解析例

提案手法の有効性を確かめるため、ここでは平面ラチスシェルと円筒ラチスシェルの形態創生例を示す。図 1 と図 4 は、それぞれの初期構造モデルと支持点位置を示す。ただし、荷重は、固定荷重と積雪荷重を考慮し、 2.01kN/m^2 とし上層面のすべての節点に加える。また、ヤング係数は $2.05 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ 、ポアソン比は 0.3、部材の断面は、上層は $A_1=5.329 \times 10^{-3}\text{m}^2$ 、他は $A_2=2.486 \times 10^{-3}\text{m}^2$ とする。また、上層は剛接、他はピン接とする。

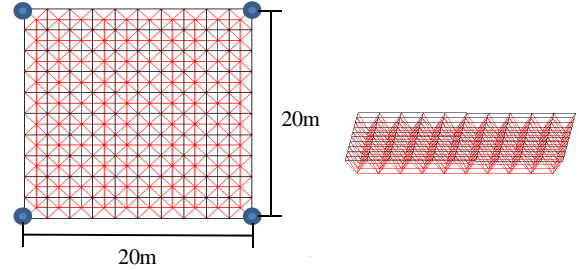


図 1 平面ラチスシェルの初期構造モデル

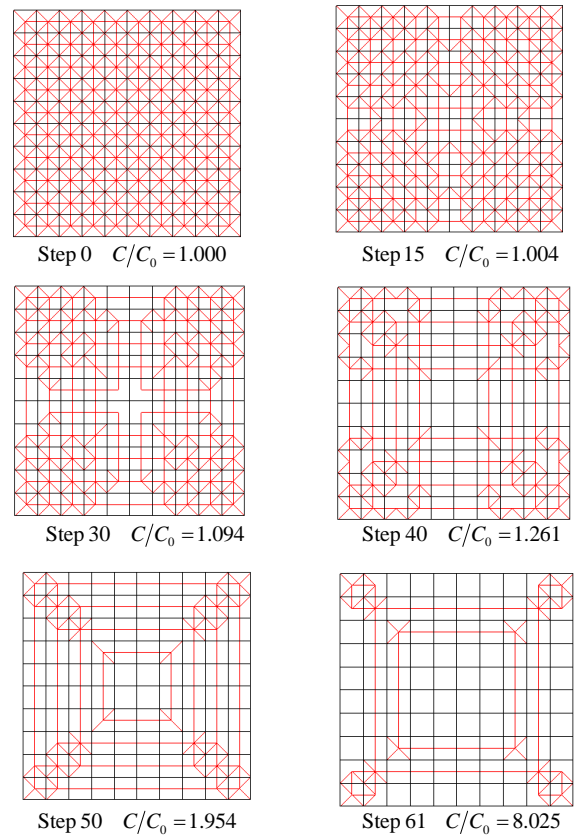


図 2 複層部材の除去過程

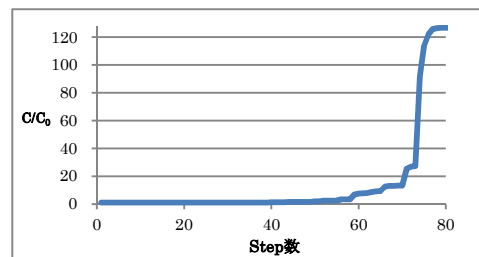


図 3 除去過程におけるコンプライアンスの変化

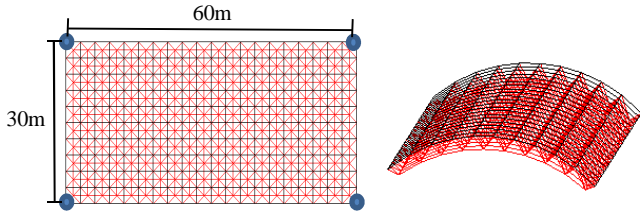


図 4 円筒ラチスシェルの初期構造モデル

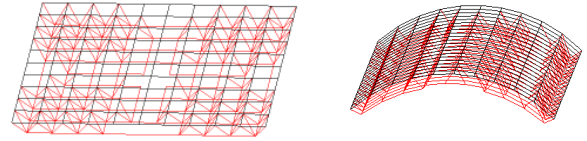


図 7 部分的複層ラチスシェルの提案例

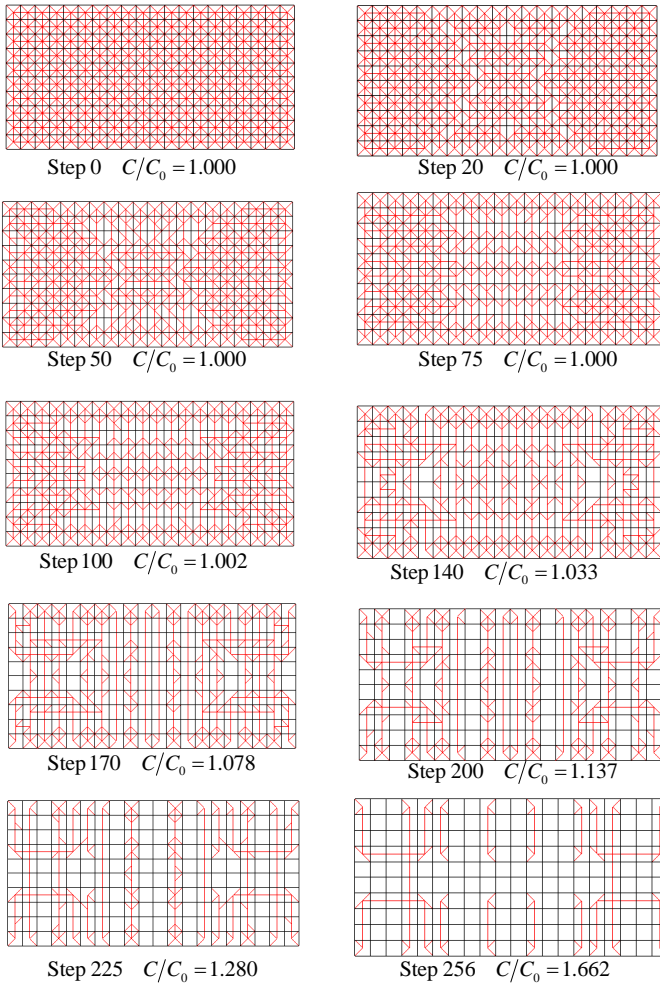


図 5 複層部材の除去過程

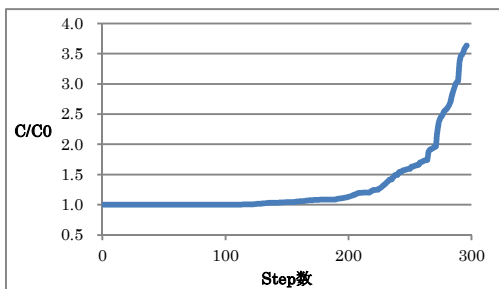


図 6 除去過程におけるコンプライアンスの変化

図 2 と図 5 は、平面および円筒シェルの複層部材の除去過程を示している。図中には、初期構造のコンプライアンス C_0 と各ステップのコンプライアンス C の比を示している。また、図 3 と図 6 は、除去過程におけるコンプライアンス比の変化を示している。設計者は、これらのコンプライアンス比（剛性比）と、シェルのデザインを考慮して部分的複層ラチスシェルの形態を決めることになる。図 7 は、その一例として、Step 30 の平面ラチスシェルと Step 170 の円筒ラチスシェルの例を示したものである。これらの部分的複層ラチスシェルでは、完全な複層ラチスシェルに比較して剛性は 10% 程度しか変わらないのにも関わらず、複層部材の数は大きく低減できることがわかる。

4. まとめ

本論文では、単層ラチスシェルを部分的に補強して剛性を高める部分的複層ラチスシェルの形態創生法を提案し、一般的な平面および円筒のラチスシェルで、その有効性を検討した。その結果、単層ラチスシェルに比較して大幅に剛性を高め、複層ラチスシェルに比較して大幅に部材数を減らすことができる部分的複層ラチスシェルの創生が可能であることがわかった。

今後は、このような部分的複層ラチスシェルの座屈特性等を調査する予定である。

参考文献

- 1) 日本建築学会編：ラチスシェル屋根構造設計指針，日本建築学会
- 2) 陳 沛山ら：1.5 層スペースフレームの幾何学的構成及びデザインの多様性についての基礎研究，構造工学論文集，Vol.60B，pp.153-158，2014.3
- 3) 高坂憲治，松本慎也，藤井大地：ESO 法とグランドストラクチャ法を用いた骨組構造物の位相最適化，日本建築学会構造系論文集，81，547-553，2016