

B-28

ストレストスキン効果を考慮したシェル構造の基本的構造特性に関する研究

Study on Basic Structural Characteristics of Shell Considering Stressed-Skin Effect

○工藤智之³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 斎藤公男²

*Tomoyuki Kudoh³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Masao Saitoh²

Abstract : Stressed-Skin Effect is to improve the stiffness and strength by integrated frame and membrane. This effect also load stress membrane as well as frame, therefore possible to structure light-weight and high strength. In this paper, ribbed steel curved roof considered this effect is proposed, and the basic structural characteristics of this structure obtained from numerical analysis is studied.

1. はじめに

一般的な屋根架構は、外装材が受けた荷重を小梁、大梁が負担し、下部構造に力を伝える。この様にそれぞれの骨組毎に順に応力負担させようとするると部材断面も順に大きくなっていく。一方、航空機の機体に代表されるセミモノコック構造は骨組だけでなく表面の外皮にもシェル効果による応力負担を期待し、軽量の構造体を指向する点に特徴がある (Photo. 1)。ここではストレストスキン効果を、「面材と骨組を一体化することにより剛性と強度を増加させる効果」と定義する。応力負担を骨組だけでなく表面の外皮も含めて応力負担することによって、軽量かつ強度の高い構造体が可能となる。この種の構造形式に関するリブ付き平板に関する研究は数多くなされているが、軸力抵抗系の曲面屋根に関する研究はあまり報告されていない。そこで、本研究では、ストレストスキン効果を考慮した曲面屋根の基本的構造特性を数値解析的に把握することを目的とする。

2. 鋼板の曲面屋根への影響

2-1. 目的

20m角の正方形平面を有するライズ4mの鋼板円筒シェルを検討対象とし、下向き鉛直等分布荷重下において有効応力度分布から骨組の効果的な配置を検討する。また、境界条件による影響についてもあわせて考察する。解析概要をFig. 1に示す。

2-2. 解析結果

Fig. 2, 3に解析結果を示す。境界条件により最大応力度にばらつきがみられるもののCase1を除けば、中央点の鉛直変位に大きな変化がみられない。境界条件がピン支持のCase1から3は支持点に向かって力が流れ支持点数が少ない程、応力集中の傾向が現われている。Case2は端部の支持点よりも中間の支持点に応力が集中する。Case4はローラー支持部の効果は小さく端部の支持点へ応力集中が生じている。

2-3. 骨組配置の提案

仮定した鋼板では変形量がスパンの1/300 (長期許

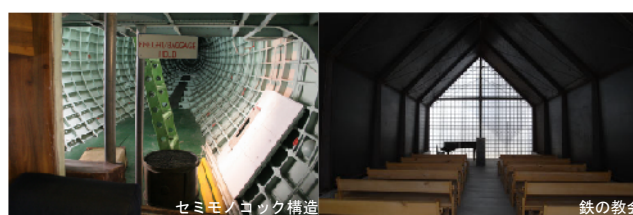


Photo 1. Design Example

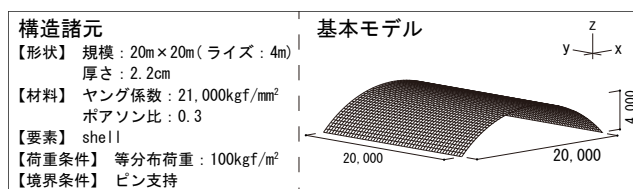


Figure 1. Outline of analysis

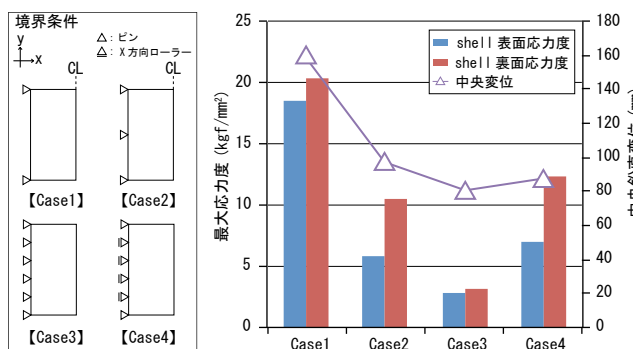


Figure 2. Effect of boundary conditions

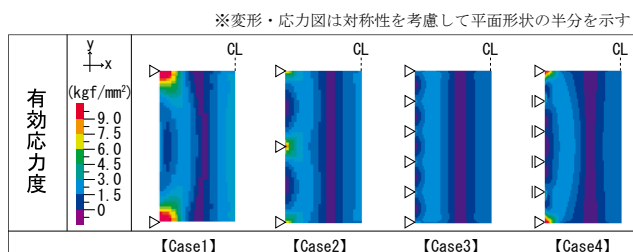


Figure 3. Stress diagram

容変形量) を満たすことができない。そのため、Fig. 4に示す骨組配置の効果について検討を行う。TypeAは主応力度の大きい箇所、TypeBは梁間方向に、TypeCはAとBを組み合わせ、TypeDはトラス効果を期待して、それぞれ配置した。

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大名誉教授 3 : 日大理工・院・建築

3. ストレストスキン効果の把握

3-1. 目的

設定した骨組配置の鋼板屋根の応力状態と剛性を把握することを試みる。境界条件はすべて4ピン支持とし、部材諸元として次の値を採用している。

鋼板:2節で示した部材と同様とする。

骨組: $E=2.1 \times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$, $A=12 \text{ cm}^2$ (1.2×10の矩形断面) 解析モデルにおいて、骨組と鋼板は剛接合とし、部材は弾性範囲内として検討を行った。

3-2. 解析結果

Fig. 5, 6に解析結果を示す。鋼板に発生する主応力度に大きな変化はみられないが、中央鉛直変位と骨組に発生する軸力に大きな差が生じている。TypeAは最大応力度が鋼板のモデルと比較して0.26倍となり、応力の低減効果が確認された。しかし、変形量は、長期許容変形量を満たしていない。TypeBの変形量は鋼板の0.3倍となり、長期許容変形量を満たしている。TypeCは有効応力や鉛直変位が最小の値となっているが、Y軸方向の面内の膜応力が骨組付近において集中する。TypeDは鋼板モデルと比較して最大応力度が0.26倍となり、応力低減効果が確認された。しかし、TypeAと同様、長期許容変形量を満たしていない。ストレススキン効果を発揮するために梁間方向に配置するのが効果的であることが把握された。

3-3. 骨組断面の影響

骨組剛性が及ぼす影響についてTypeBを用いて確認した(Fig. 7)。骨組が負担する荷重が大きくなるため、骨組の剛性が大きくなるとそれに応じて骨組の曲げモーメント及び軸力が大きくなる。しかし、鋼板に発生する主応力度に大きな変化はない。鋼板の面外曲げモーメントと円筒方向の面内の膜応力は低減されるものの、Y軸方向の面内の膜応力が配置された骨組付近において集中する。

3-4. ライズ・スパン比の影響

ライズ・スパン比が及ぼす影響についてTypeBを用いて確認した(Fig. 8)。応力度、鉛直変位ともに大きくなるものの、円筒方向の鋼板の面内膜応力に変化はあまりみられない。長期許容変形量以下であるライズ・スパン比0.4程度の曲面屋根に適していることが確認された。

4. まとめと今後の検討

本論では、ストレススキン効果を考慮した構造を提案し、その基本的構造特性について把握した。

今後の課題として実験を通して実挙動と数値解析との比較や座屈耐力の評価、HPやEP曲面における検討が挙げられる。

【参考文献】

- [1] 橋本, 岡田, 宮里, 斎藤 「擬似HP曲面の基本的力学特性に関する研究」, 2009, [2] 半谷裕彦著 「平板の基礎理論」, 彰国社, 1995. 3, [3] 坪井善勝著 「曲面構造シェル理論とその応用」, 丸善, 1975. 3

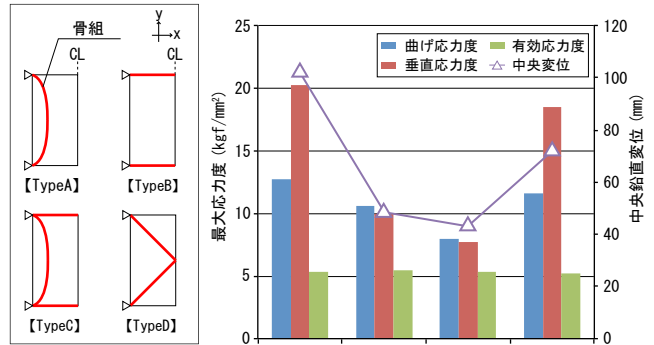


Figure 4. Frame alignment

Figure 5. Effect of frame alignment

※変形・応力図は対称性を考慮して平面形状の半分を示す。

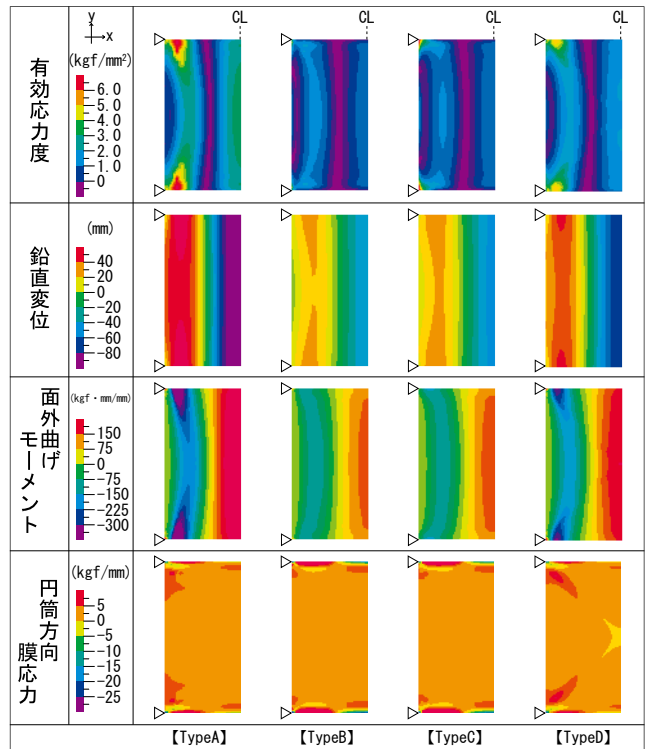


Figure 6. Deformation diagram and stress diagram of frame alignment

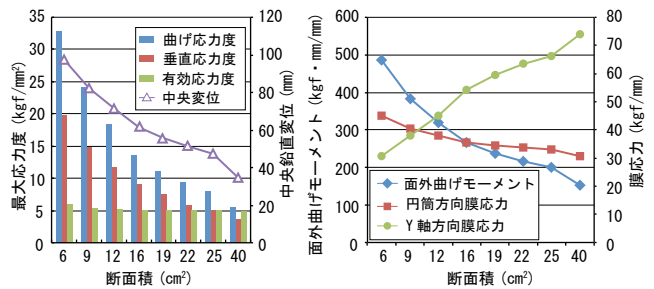


Figure 7. Effect of cross-sectional(TypeB)

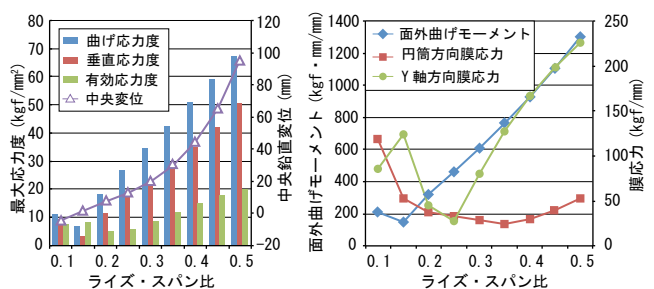


Figure 8. Effect of span rise ratio(TypeB)