

正規確率場に従う板厚分布を持つ矩形板の耐荷力特性に与える自己相関距離の影響評価

岐阜工業高等専門学校 学生会員 ○須崎 雅人
岐阜工業高等専門学校 正会員 渡邊 尚彦

1. 目的

老朽化した鋼構造物の維持管理を行う際、その残存耐荷力が評価できていることが望ましい。このような腐食劣化した鋼板の凹凸を模擬する手法の一つとして空間的自己相関モデルを用いたシミュレーションがありその有用性が確認されている。板厚分布特性の一つである分散が強度へ与える影響は検討例が見られるが、自己相関距離が及ぼす影響については検討例が少なく、本研究では、バリオグラムパラメータ¹⁾を使用した正規確率場によって凹凸を模擬した矩形平板の弾塑性座屈解析を行うことで、その影響を考察する。

2. 解析条件

腐食を模擬した板厚分布として、空間的従属性を表すシル (θ_1 :分散に相当) とレンジ (θ_2 :自己相関距離に相当) というバリオグラムパラメータを持つ球型モデルの正規確率場を乱数的に発生させたものを使用した。耐荷力解析には汎用有限要素解析ソフトウェア ABAQUS を使用した。

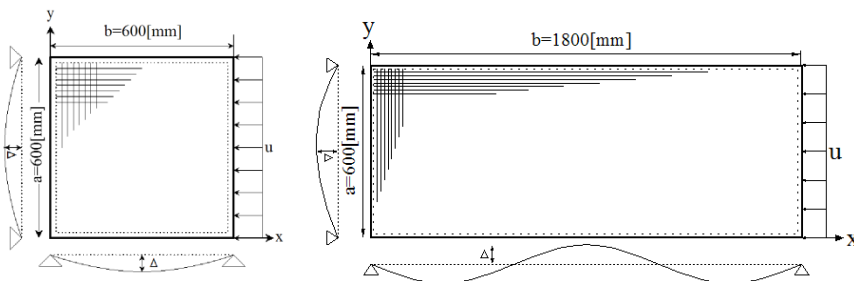


図1 解析モデル

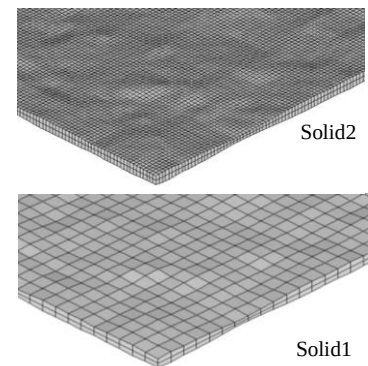


図2 解析モデル (ソリッド)

(1) Shell と Solid の要素比較解析

板座屈耐荷力に関するパラメトリックな解析をシェル要素で行うにあたって、シェル要素とソリッド要素による凹凸板の比較解析を行った。その解析モデルは図1に示すように 600×600[mm]の4辺単純支持板とし、平均板厚 $t_{av}=10$ [mm]として、無凹凸板及び(θ_1, θ_2)=(4.0mm²,100mm)である正規確率場に従う板厚分布を10ケース乱数的に発生させ各節点板厚としたものを対象とした。要素分割数は Shell,Solid1,Solid2 それぞれのモデルにおいて 30×30, 30×30×2, 120×120×2 (平均)であり、4節点低減積分シェル要素, 8節点レンガ型要素, 8節点レンガ型+4節点4面体型要素混合を使用した。各節点板厚によって定義された Shell モデルを参考に板厚方向を2分割した Solid1 モデルを作成し、各ソリッド要素1辺長さがほぼ均一になるように Solid1 1要素内を補間して Solid2 モデルを作成した。偏心は考慮しない。材料構成則には2次勾配 E/100 のバイリニア則を適用し E=206[GPa], $\sigma_y=235$ [MPa]とした。初期たわみは最大たわみ $\Delta=4.0$ [mm]の1半波として各板の中立軸に与えた。Solidモデルでは端部面が平面を保つように線形拘束を行っている。

(2) 初期たわみの影響評価解析

レンジ値の影響についてのパラメトリックな解析を行うに当たり、固有値解析及び初期たわみの影響評価解析を実施した。使用した解析モデルは図2(b)に示す 600×1800[mm]の4辺単純支持板である。板厚分布に関するバリオグラムのパラメータとして $\theta_1=4.0$ [mm²]を固定し、 $\theta_2=100,200,300$ [mm]として乱数的に10ケースずつ生成したものを解析対象とした。初めにこれらのモデルに関して固有値解析を実施した。次に得られた固有モード、及び1,2,3,4半波を初期たわみとして導入した際の耐荷力解析を行い、ピーク荷重、最終変形を比較した。このとき最大たわみ $\Delta=4.0$ [mm]で統一されている。

3. 解析結果

(1) Shell と Solid の要素比較解析

図3に Shell,Solid1,Solid2 各モデルの耐荷力ピーク値を比較したもの、図4に凹凸板のピーク後相当塑性ひ

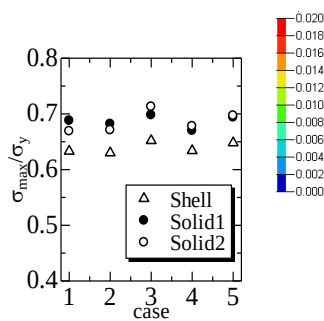


図3 耐力比較

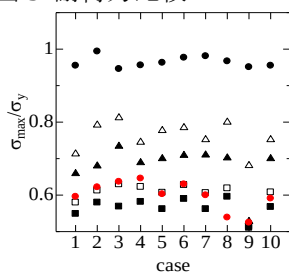


図4 相当塑性ひずみ分布比較

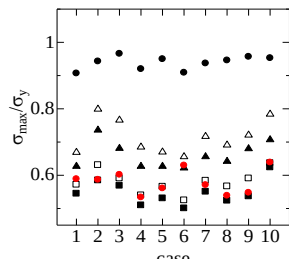


図5 導入初期たわみ影響

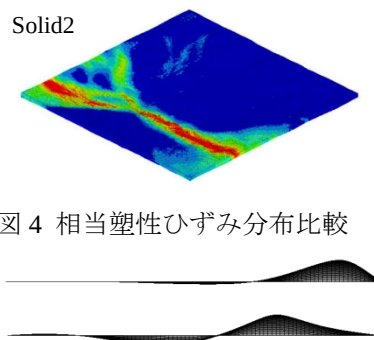


図6 固有モード例($\theta_2=300\text{mm}$)

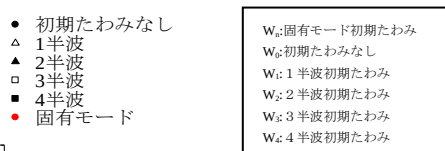


図7 導入初期たわみの変形への影響

ずみ分布を比較した例を示す。図4より Solid2 の細密要素によって初めて確認できる塑性化部位も見られるが、全体の変形形状や塑性化部位の大域的傾向は類似している。また、図3より要素の差によりピーク値に差があるものの、各凹凸パターンでの大小関係は要素間で変わらないことが分かる。

(2) 初期たわみの影響評価解析

図5にレンジ値、初期たわみをパラメータとして $600 \times 1800[\text{mm}]$ の4辺単純支持板を対象に行った耐力解析のピーク値結果を示す。図からレンジ値の増加により、初期たわみ導入による荷重低下が大きく現れるケースが増加することが分かる。固有モードとの関連からは以下の傾向が見られた。固有モードとして、レンジ値が $100[\text{mm}]$ のケースではほぼ $\sin 3$ 半波に近い形状が1次モードとして現れるが、 $200, 300[\text{mm}]$ とレンジ値の増加と共に、変形の局在や2半波類似形状といった無凹凸板に見られる $\sin 3$ 半波と異なるモードが現れる場合が見られるようになった(図6)。また、初期たわみとして固有モード形状と $\sin 3$ 半波を導入した際のピーク荷重を比較してみると、レンジ値が $100[\text{mm}]$ の場合はほぼ等しいのに対し、 $200, 300[\text{mm}]$ のケースで必ずしも近いものにならない場合が見ることが分かる。次にピーク後の変形形状に初期たわみの及ぼす影響を比較したものを図7に示す。それぞれ上から順に各初期たわみ導入時のピーク後変形形状を示しており、レンジ $100[\text{mm}]$ のものから特徴的な2例を挙げた。多くの場合で左に示す例のように塑性部位の局所化以降は初期たわみに無関係に類似した変形形状を示したが、右の例のように初期たわみに依存してピーク後の変形形状が異なるケースも見られた。以上のことは自己相関距離の大きい板厚分布性状に対して初期たわみ依存性に配慮する必要性が強くなることを示している。

4. まとめ

板厚分布に正規確率場を仮定した矩形板を対象に、自己相関距離をパラメータとした座屈解析を行った。その結果、自己相関距離の増加に伴い変形形状、耐力力ともに導入された初期たわみに依存するケースが見ることが示された。

【参考文献】 1) 貝沼重信, 細見直史: 鋼構造部材のコンクリート境界部における経時的腐食表面性状の数値シミュレーション, 土木学会論文集, Vol.62 No.2, pp440-453, 2006.4