空間的自己相関構造によりモデル化された腐食劣化平板の耐荷力解析

岐阜工業高等専門学校 正会員 ○渡邉 尚彦 西日本旅客鉄道 非会員 大久保成将

1. 目的

腐食劣化した鋼板の板厚分布として空間的自己相関モデル適用の有効性が示されている.本研究では平板の 凹凸性状と圧縮耐荷力との関係を明らかにするため,バリオグラムパラメータによって自己相関性を有する板 厚分布を乱数的に発生させ,凹凸平板の弾塑性座屈解析を行うことで,各パラメータが平板の終局強度に及ぼ す影響,および導入された初期たわみと凹凸の関係を確認する.

2. 解析条件

腐食を模擬した板厚分布として、図-1に示す空間的従属性を表すシル(θ_1 :分散)とレンジ(θ_2 :自己相関距離)というバリオグラムのパラメータを用いて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.

対象としたモデル諸量を表-1 に示す. 2種サイズ (a×b=600×600[mm] (図-2), 400×200[mm]) の4辺単 純支持板とし,材料構成則には2次勾配 E/100のバイリニア則を適用し,v = 0.3, E=206[GPa], $\sigma_y = 235[MPa]$ と した.使用した要素は4節点低減積分シェル要素(S4R)であり,メッシュサイズはseries1,2で20×20[mm], series3 で 10×10[mm]である. 表-1 に示すケースについて変位制御で弾塑性有限要素座屈解析を行った. ここで,シ ルとレンジ値について各 10 パターンずつ乱数的に生成したモデルを使用した.



3. 結果と考察

3.1 シル

Series1 の各ケースの終局強度値を図-3 に示す.シル値の増加に伴って終局強度が低下し、またその分散が 増加することがわかる.ここで既存の板厚評価式を参考に強度評価式を検討する.凹凸を持った板の等価板厚 算定式として、平均板厚 t_{av} と標準偏差 σ を使って $t_r = t_{av} - \alpha \cdot \sigma$ の形で与えられることが多い.これにならい $\sigma = \sqrt{\theta_1/2}$ とし α を決定した.図-4 は series1 の解析結果を、平均板厚 t_{av} また等価板厚 $t_r = t_{av} - 1.0\sqrt{\theta_1/2}$ を 使って整理した耐荷力曲線である.横軸は幅厚比パラメータ R、縦軸は σ_u/σ_y の 10 ケース平均値を示す.図 -4 より補正後の値は凹凸のない板の座屈強度曲線上にほぼ一致することがわかる.すなわち、代表板厚 $t_r = t_{av} - 1.0\sigma$ を適用することにより、腐食劣化した鋼板の終局強度を評価できることがわかる.

3.2 レンジ

レンジをパラメータとした Series2 の解析のうち t=8.0[mm]における結果を図-5 に示す. 解析結果より,レンジ値の増加に伴い終局強度は低下すること,ばらつきが大きくなることが明らかになった. しかしその傾向はシル値の増加に伴う変化傾向とは異なり,レンジ値の増加により示される終局強度の最低値側は減少傾向であるものの最大側は高くなる場合もあり,平均値は変化が小さい. これはレンジ値の増加が終局形状の多様化に影響したためと考えられる. 図-5 中, θ_2 =100[mm]において σ_u/σ_y の大きいケース(A)と小さいケース(B)について初期板厚分布とピーク荷重時の Mises 応力分布,また終局後の変形を図-6 に示す.



M2のピーク後変形形状

図-7 初期たわみの影響

(A)ではピーク荷重時に全面に渡って高応力分布を示したのに対し,(B)では低応力領域が広く存在していた. レンジの変化によりとり得る応力分布に影響し,終局強度の差となって現れたと考えられる.

3.3 初期たわみ

Series3の板において図-7に示す2パターンの初期たわみモード(それぞれ M1,M2 とする)を導入した解析 を行い、凹凸板が平板と異なる座屈モードが起きる可能性の検討をした.(θ_1, θ_2)=(1.0,100)として10パターン の板厚分布を持つ長方形板に対し各初期たわみを導入した解析結果を図-7 中段に示す. M1 の終局強度は M2 の終局強度よりも常に小さな値となり、今回の例では無凹凸板の座屈モードに相当する初期たわみを凹凸板へ 適用することに問題がないことが示された.ただし、初期たわみモードの差による終局強度の差は凹凸性状に より異なり、終局強度の差が大きく現れたケース(C)では両初期たわみでの最終変形形状は異なったものにな ったのに対し、終局強度の差が小さく現れたケース(D)では最終変形形状はほぼ同様な性状を示し、初期たわ みと同程度に初期凹凸性状が終局変形モードへ与える影響が小さくないことが分かる.

4. まとめ

本研究では、(1)シル、レンジの値の増大に伴い終局強度は低下し分散が大きくなること、(2)代表板厚 $t_r = t_{av} - 1.0\sigma$ (t_{av} :平均板厚、 σ :標準偏差)を用いて、凹凸板の座屈強度は精度よく評価できること、(3) レ ンジの値の増加に伴い、ピーク荷重時に高応力領域が局所化するケースが現れ、終局強度低下を招く可能性が 高くなること、(4) 初期たわみと同様に初期凹凸性状が終局変形モードへ与える影響があること、を確認した. 参考文献 1)海田辰将、藤井堅、中村秀治:腐食したフランジの簡易な圧縮強度評価法、土木学会論文集、No.766/I-68、pp.59-71、 2004.7. 2)月沼重信、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, pp.440-453, 2006.4.