

組立補剛された山形鋼支柱材の座屈耐力に関する研究

- その 6. 接触要素を用いた有限要素解析 -

日大生産工(院) 沼山典史

日大生産工 小松 博

1.はじめに

現在、世界中でスマートフォンが普及し、通信用鉄塔は必要不可欠になっている。しかし、未だにアフリカや中東の砂漠地帯では強風の影響による通信用鉄塔の倒壊が問題になっている。これに対し、山形鋼に平鋼を取付金物により圧着する、簡便で施工性の高い補強方法を提案した。既報研究¹⁾では、山形鋼の幅厚比ならびに細長比、平鋼の幅厚比の違いによる耐力と変形性能の差異および補強効果について実験により検討をし、設計式の提案を行った。また、ソリッド要素を用いたリンクモデルによる有限要素解析を行い、実験値との比較検討を行ったが、座屈耐力はほぼ近似したものの、初期剛性や破壊性状について十分に追従することが出来なかった。

本研究では、取付金物によって圧着された平鋼を再現するため、シェルモデルを用いた接触要素による数値解析を行い、既報研究¹⁾から得られた結果を基に実験値および解析値との比較検討を行う。

2.解析概要

解析は有限要素法に基づく汎用非線形構造解析ソフト Marc を使用した。実験では山形鋼フィレット部分に平鋼が取付金物によって圧着された試験体である。そのため、補強モデルを作成する際に接触要素を用い、山形鋼の座屈前では、支柱材の剛性に平鋼の剛性が影響を与えない状況とし、山形鋼の座屈とともに平鋼に応力が伝達されるようにした。

表-1 に解析に使用した鋼材の機械的性質を示す。鋼材の機械的性質は既報の実験結果¹⁾を用いた。また、解析条件には Von Mises の降伏条件を使用し、応力-ひずみ関係は Bi-Linear でひずみ硬化域の接線係数はヤング係数の 1/100 とした。なお、ポアソン比はすべての解析モデルにおいて 0.3 とした。

表-2 に解析および既報の実験¹⁾での細長比の範囲を示す。

等辺山形鋼 L120×8 に関しては実験を行っていない細長比の解析も行っている。

図-1 に解析モデルを示す。モデルには実験と同様に材端にエンドプレートを持たせ、拘束条件も実験におけるナイフエッジを用いた山形鋼の弱軸曲げと同様の条件とした。接触要素は山形鋼と平鋼、それぞれに摩擦係数 0.52 をもたせ、山形鋼と平鋼はの Beam 要素でモデル化した取付金物によって、山形鋼のフィレット部分に接触するように配した。既報研究¹⁾より、取付金物は最低 3 つが必要であるため、解析においても同様の数で解析モデルを作成した。

表-1 解析に使用した鋼材の機械的性質

使用材料	幅厚比	ヤング係数 E (N/mm ²)	降伏応力度 σ_y (N/mm ²)
等辺山形鋼 L75×6	12.50	192000	321
平鋼 PL90×4.5	20.00	195000	336
等辺山形鋼 L100×10	10.00	190000	317
平鋼 PL100×4.5	22.22	192000	325
等辺山形鋼 L120×8	15.00	195000	320
平鋼 PL125×4.5	27.78	194000	326

表-2 一般化細長比の解析範囲

試験体名	一般化細長比 λ_c (実験範囲)
等辺山形鋼 L75×6	0.8~1.6(0.8~1.6)
等辺山形鋼 L100×10	
等辺山形鋼 L120×8	0.6~1.8(0.6~1.2)

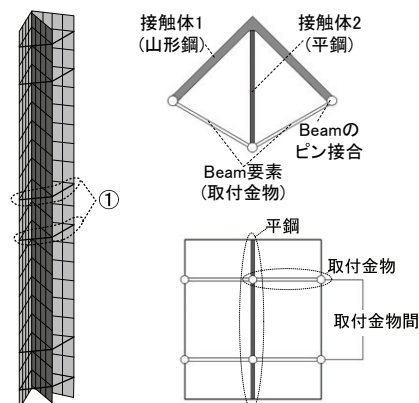


図-1 解析モデル

Study on Buckling Strength of Angle Steel Compression Members with Built-up Bracing

- Part.6 FE Analysis using The Contact Element -

Norifumi NUMAYAMA and Hiroshi KOMATSU

3.解析結果および考察

図-2.1, 図-2.2 に数値解析の検証のため、無補強および補強の解析と実験結果との対比のグラフを示す。各軸は座屈応力度(σ_{cr})を表-1 の山形鋼の降伏応力度(σ_y)で除した値である。数値解析と実験での座屈耐力は 1.0 に近似しており、実験結果との対応がとれたことが検証された。

図-3.1, 図-3.2 は解析結果および実験結果の座屈耐力と細長比の関係である。なお図中に示した理論式は無補強材の Johnson 式と Euler 式であり、設計式は既報研究¹⁾より得られた平鋼による山形鋼補強時の座屈耐力曲線である。これより無補強の解析結果はほぼ理論式に近似している。また、補強の解析結果においても実験値をやや下回るが、設計式の曲線の低下に添った形で解析結果が得られ、実験値をほぼ追跡することができた。

図-4.1, 図-4.2 に補強時の山形鋼の荷重-変位関係の一例を既報の実験結果¹⁾とともに示す。各サイズともに初期剛性がほぼ一致しており、座屈後の挙動においても実験結果とほぼ同じ履歴を示した。

4.まとめ

本研究では接触要素を用いたシェルモデルによる数値解析を行った。既報研究の実験結果¹⁾および理論値との比較によって、初期剛性と履歴特性がほぼ一致することが確認でき、実験を解析で追従することができた。

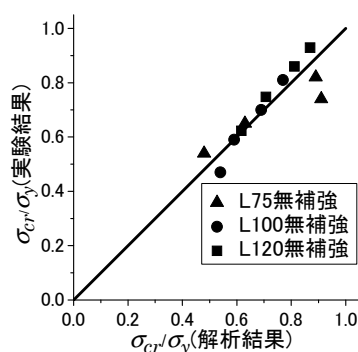


図-2.1 数値解析と実験結果との耐力比(無補強)

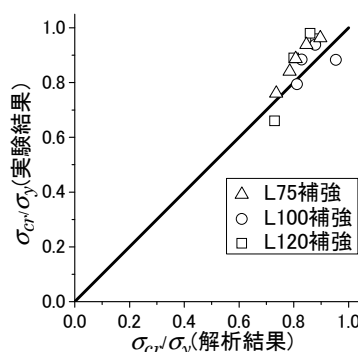


図-2.2 数値解析と実験結果との耐力比(補強)

参考文献

- 1) 沼山典史・小松博他:「組立補剛された山形鋼主柱材の座屈耐力に関する研究 - その 5. 設計式 -」, 日本大学生産工学部学術講演会第 45 回学術講演会, 構造・強度, 2012, pp.99 ~ 100

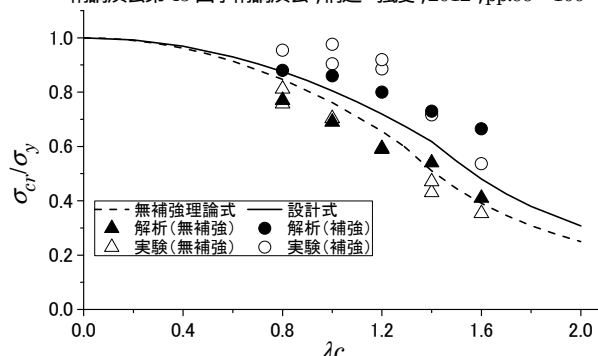


図-3.1 座屈耐力-細長比関係 L100×10

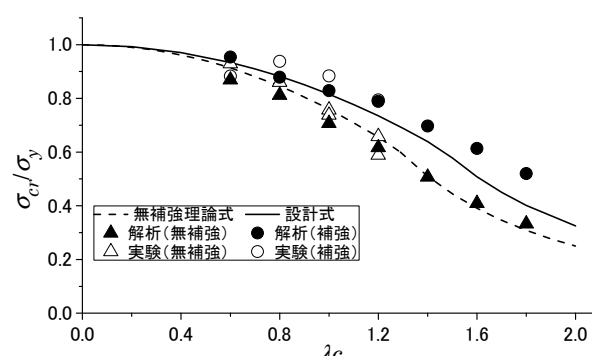


図-3.2 座屈耐力-細長比関係 L120×8

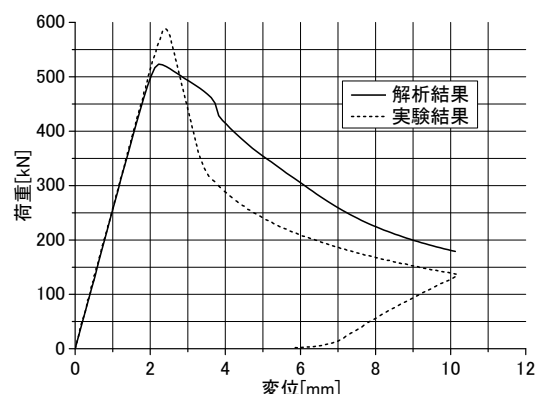


図-4.1 荷重-変位関係 L100×10 補強 λc=1.0

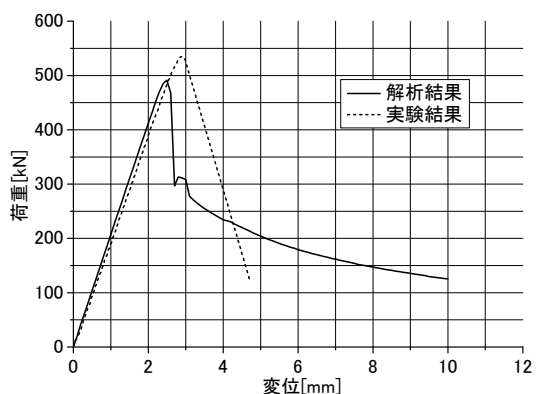


図-4.2 荷重-変位関係 L120×8 補強 λc=1.0