

## 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3. 数値解析による耐力評価-

日大生産工(研) ○内海智義

日大生産工 小松 博

#### 1.研究目的

アフリカ、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となっている。これに対し既存鉄塔の山形鋼支柱材に平鋼補強材を取付金物により圧着する簡便な補強方法を提案した。この手法は支柱材表面の垂鉛メッキに溶接・削孔による損傷を与えず、簡便で施工性の高い組立補剛により、弱軸まわりの座屈耐力を向上させるものである。

前報<sup>1)</sup>では、この手法により山形鋼支柱材の一般化細長比を0.6~1.6の範囲で変化させた中心圧縮荷重実験により、座屈耐力と補強効果について検討を行ってきた。その結果、一般化細長比で1.0以上において補強効果が発揮され、補強材の取付金物は支点間の中央と両端のみに配することで座屈補剛が可能となることが明らかとなるとともに、補強材は支柱材からの軸力伝達はほとんどなされず、支柱材の曲げ剛性の向上にのみ働いていることが検証された。

本研究では、ソリッド要素による有限要素解析により既往の実験結果<sup>1)</sup>との対応を検証するとともに、実験では行っていない、サイズの異なる種々の山形鋼支柱材を対象として細長比と座屈耐力の関係を求め、補強効果を総合的に評価する。

#### 2.解析概要

数値解析は、有限要素解析に基づく汎用非線形構造解析ソフトMSC Marcを使用して行った。解析条件はVon Misesの降伏条件、応力-ひずみ関係はBi-Linear、ひずみ硬化域の接線係数は弾性係数の1/100とした。表1の山形鋼、平鋼のヤング係数と降伏応力は今年度の引張実験結果から求めたものである。

実験では山形鋼隅角部に平鋼が取付金物によって圧着されているため、補強モデルを作成する際に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リン

クモデルを設定した。

図-1より①軸上の5点をXYZ方向、XZ回転拘束とし、②軸上の5点をXY方向、XZ回転拘束とすることで、実験で使用するナイフエッジをもったピン支持装置と同じ条件にした。③の重心位置にはZ方向に強制変位をかけた。山形鋼と平鋼は④の位置にある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取り付けられているため、リンクモデルは取付金物の中心にあたる部分⑤を剛接してXYZ軸方向、XYZ回転方向と共に拘束し、その上下⑥をばねで半剛接してXZ軸方向、Y回転方向に応力伝達させることで、山形鋼と平鋼の接触条件を表現させた。

#### 3.解析結果および考察

山形鋼L100×10とL75×6の補強材の荷重-変位関係の一例を実験結果とともに図-2に示す。これより補強材の数値解析と実験の荷重-変位特性は近似している。また、無補強材も同様の傾向にある。

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 <sup>2</sup> )	降伏応力 σ <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
等辺山形鋼L100×10	10.00	190000	317
補強材FB-100×4.5	22.22	192000	325
等辺山形鋼L75×6	12.50	192000	321
補強材FB-90×4.5	20.00	195000	336
等辺山形鋼L50×6	8.33	公称値 205000 を使用	F値 235 を使用
補強材FB-80×4.5	17.78		
等辺山形鋼L75×12	6.25		
補強材FB-94×6.0	15.67		
等辺山形鋼L130×9	14.40		
補強材FB-132×4.5	29.33		
等辺山形鋼L90×13	6.92		
補強材FB-103×6	17.17		
等辺山形鋼L100×7	14.29		
補強材FB-114×4.5	25.33		

\*L-100×100×10, L-75×75×6以外は数値解析のみ

\*ポアソン比: 0.3

表-2 解析モデルの解析範囲

試験体名	一般化細長比 λc
L100×10	0.6~1.8
L75×6	0.8~2.0

\*その他の等辺山形鋼の解析範囲: λc=0.8~1.8

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

- Part.3 Strength Evaluation by FE Analysis

Tomoyoshi UTSUMI and Hiroshi KOMATSU

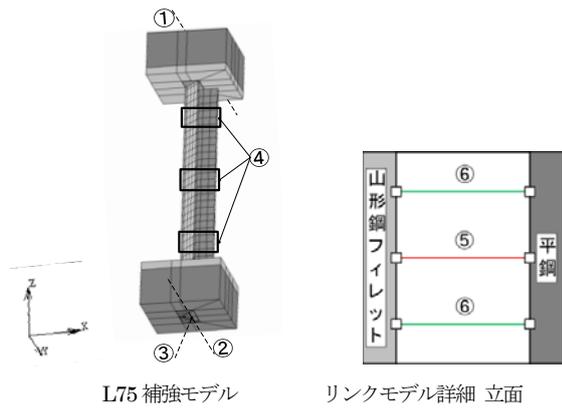


図-1 解析モデル

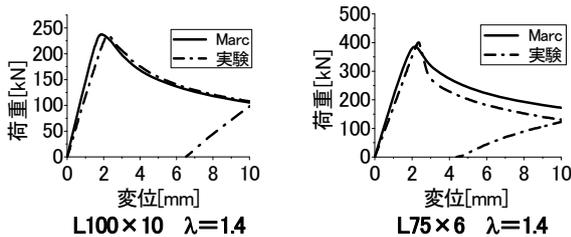


図-2 荷重-変位特性

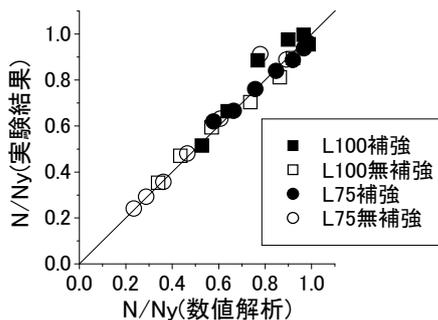


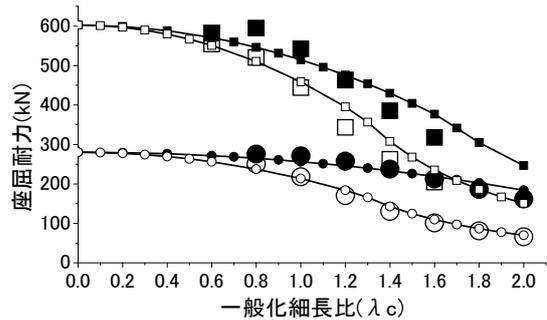
図-3 実験結果と数値解析の耐力比

図-3は、有限要素解析と実験結果の座屈耐力を降伏軸力  
で除して、それらと比較したものである。数値解析と実験  
での座屈耐力は近似していることから、無補強材、補強材  
ともに実験結果を十分に追従出来ている。

図-4は、数値解析での座屈耐力と理論式（ジョンソン・  
オイラー式）の比較を示す。これにより L100×10、L75  
×6 の有限要素解析の座屈耐力は理論式とほぼ一致し、有  
限要素解析の妥当性が示された。

有限要素解析で実験結果を補足できることから、実験で  
は行われていない等辺山形鋼 L50×6、L75×12、L90×13、  
L100×7、L130×9 の無補強材と補強材の解析も行った。

図-5は数値解析の座屈耐力を降伏軸力  
で除して、山形鋼  
の無補強理論値と補強材の比較を示したものである。これ  
より、補強率  $I_t/I_v$  ( $I_v$ : 山形鋼弱軸断面二次モーメント、 $I_t$ :  
補強時の山形鋼弱軸に関する断面二次モーメント) がほぼ



■ L100補強 □ L100無補強  
● L75補強 ○ L75無補強  
— L100補強理論式 — L100無補強理論式  
— L75補強理論式 — L75無補強理論式

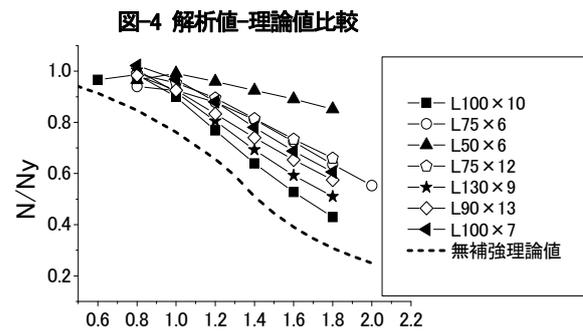


図-5 各山形鋼補強材の座屈耐力

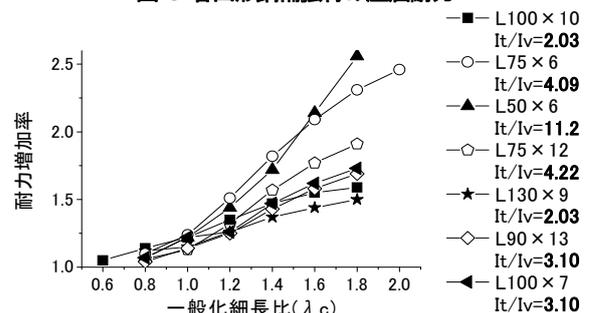


図-6 各山形鋼の組立補剛による耐力増加率

等しいものは近似したグラフとなり、補強率が高いものほ  
ど補強効果が高くなった。

図-6は補強材の座屈耐力を無補強材の座屈耐力で除した  
耐力増加率を示す。これより、山形鋼の補強率が高いほど  
耐力増加率の勾配が高くなっている。

#### 4.まとめ

ソリッド要素による有限要素解析と実験結果および理論  
値との比較から、有限要素解析における妥当性が示された。

山形鋼の組立補剛による補強効果は、山形鋼の補強率が  
高いほど大きくなることが解った。

#### 参考文献

- 1) 小松他：「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 2. 細長比の影響—」, 日本大学生産工学部学術講演会第  
41回学術講演会, 建築部会, 2009, pp.49~52