ISSN 2186-5647

組立補剛された山形鋼トラス部材の座屈耐力に関する研究

－有限要素法を用いた数値解析－

日大生産工(院)　○植野　公友　アイ・ティ・シ・コンサルティング　石井　桂吾
日大生産工　小松　博　飯島建築事務所　八木　茂治

1 はじめに

山形鋼を用いた鉄骨トラス梁は,1950 年代から 70 年代に多くの工場建屋で採用された。しかし,現耐震基準強度を満たしていない既存不適格な建物が散見される。鉄骨トラス梁の補強方法はボルト接合や溶接接合により既存部材の断面を増やす方法が挙げられる。しかし，これらの方法では部材に削孔する際に生じる切粉の落下，また溶接接合では火花が発生することから建屋内の養生が必要となるが，工場内全ての工作機械等に養生を行うことは困難である。このため既存の部材に一際の加工を行わない，簡便で施工性の高い補強方法が求められる。この問題に対して本研究室の既往研究 [1)]を参考に既存山形鋼に補強材としての平鋼を取付金物により圧着させる,簡易な補強方法を提案した。

昨年度は中心圧縮実験により無補強材と補強材の試験体の破壊性状, 座屈耐力および補強効果の検討 [2)] を行った。その結果として補強効果が得られた一方で, ほとんどの試験体が中央部分で曲げ座屈したのではなく取付金物間で座屈を引き起こし，そこで耐力が決定した。本研究では有限要素法に基づく数値解析により実験との整合を図り，これを基に実験では行っていない細長比の座屈耐力を求め，本補強の有効性を検証するとともに, 試験体の取付金物を増やすことで耐力向上ができるかについて検証を行う。

2 実験および解析概要

実験で使用した試験体の細長比は, λ=40.6, 51.0, 61.0, 71.2, 81.4, 91.6であり，表1に鋼材の機械的性質を示す。補強方法は既往の研究[1)]の単一山形鋼の組立補剛を参考に, 図1に示す山形鋼組立材の各フィレット部分に平鋼を取付金物により圧着する方法を用いた。

図 2 に実験の試験体をモデル化した解析モデルを示す。解析においては実験と同様, 細長比λ =40.6～91.6 と新たに 100～160 を 20 ずつ変化させ計 10 体の解析を行い, 細長比の違いによって補強効果についての検討を行った。またλ =51.0～160 は取付金物数を 3 箇所と 5 箇所に設け，それぞれの補強効果の違いについての検討を行った。解析ソフトは有限要素法に基づく汎用非線形構造解ソフト MARC を用いた。山形鋼と補強材は Von Mises の降伏条件を用い,応力-ひずみ関係は Bi-Linear、ひずみ硬化域の接線係数はヤング係数の 1/100 とした。また補強材を取り付ける取付金物はビーム要素とした。解析モデルの寸法は実験で使用したものと同等とし，それ以外は全

表1　鋼材の機械的性質

試験片	降伏応力度 σ_y (N/mm^2)	引張強さ σ_u (N/mm^2)	降伏ひずみ ε_y (×10^{-6})	ヤング係数 E×10^5 (N/mm^2)	伸び率 (%)
1A号	332	464	1896	1.92	26.91

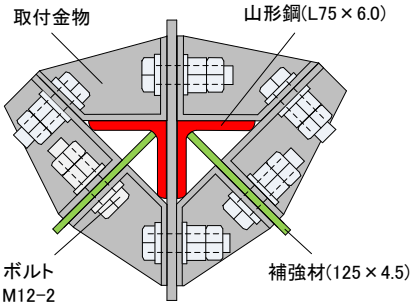

図 1 実験断面図

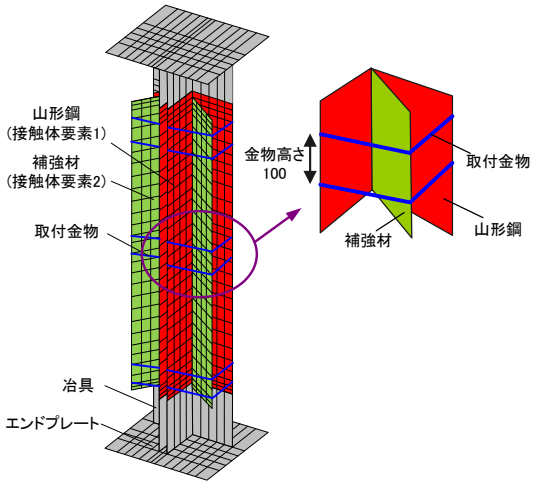

図 2 モデル全体図

Study on Buckling Strength of Angle Steel Truss Member Reinforced with Built-Up Method
－　Numerical Analysis using Finite Element Method　－

Kouyu UENO, Kengo ISHI, Hiroshi KOMATSU and Shigeharu YAGI

てシェル要素を用いて解析を行った。また山形鋼・補強材共に材料特性は表 1 の機械的性質の値とした。厚さ 25mm のエンドプレートとナイフエッジ分の高さ 240mm を座屈長さに加え，これらを剛体とした。またエンドプレートに強制変位を掛けて解析を行っている。

３解析結果および考察

図 3 にλ=81.4 の実験と解析の荷重-変位関係のグラフを示す。実験・解析ともにグラフの初期剛性ならびに最大耐力も一致した。これにより実験と解析の整合性が取れ，これを基に実験を行っていない細長比の解析を行った。

図 4 にλ=81.4 の補強試験体の破壊形状を，図 5 に補強した解析モデルの破壊形状を示す。破壊形状に関しては実験・解析共に無補強試験体は中央部分で座屈し，補強試験体は取付金物間で座屈を起こした。これにより実験を行った範囲での細長比において，解析での破壊形状の再現が検証された。

図 6 に荷重と細長比の関係を示す。図中には無補強材の理論式である Jonhnson・Euler 式と無補強材の実験値を併せて示す。ここに解析で得られた結果を理論式に当てはめると，無補強試験体は理論式に概ね沿った結果が得られた。また，補強したモデルは無補強と同様な挙動を示している。

図 7 に細長比と耐力増加率の関係を示す。図には取付金物数 3 箇所と 5 箇所に設けた無補強材に対する補強材の耐力増加を細長比ごとに示している。細長比が大きくなるにつれ耐力が向上し耐力増加率が増加することが確認された。取付金物数に違いについては，細長比が小さいうちは，耐力増加率にほとんど差が見られなかったがλ=100 以降は取付箇所が 5 つの方が高くなる結果となった。

４まとめ

本研究の有限要素解析により以下の知見を得た。

- 細長比が大きいものほど補強により耐力が増加することが確認された。
- 取付箇所が 5 つのものは細長比 100 以上であると耐力の向上がみられた。
- 破壊形状は，取付金物が 3 つの場合は取付金物間で，5 つの場合は中央付近で座屈が生じた。

５参考文献

1) 沼山典史「組立補剛された山形鋼柱材の座屈耐力に関する研究」(2013) 日本大学大学院生産工学研究科建築工学修士論文

2) 植野公友，石井桂吾，小松　博，八木茂治,「組立補剛された山形鋼トラス部材の座屈耐力に関する研究」No.22420 (2015),日本建築学会大会論文集,p.101-102

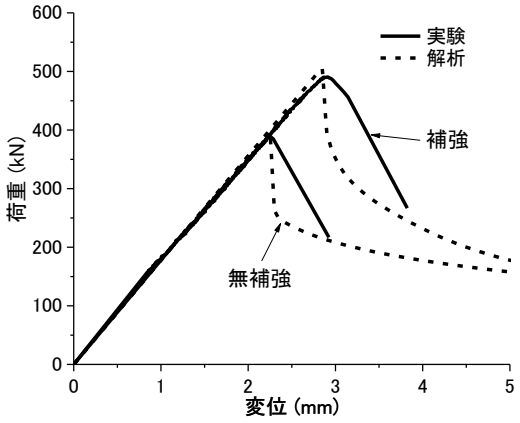

図 3 実験と解析の比較

図 4 座屈後の試験体（λ=81.4）

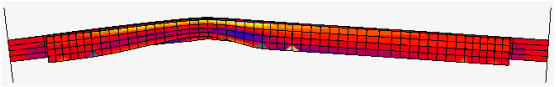

図 5 座屈後のモデル（λ=81.4）

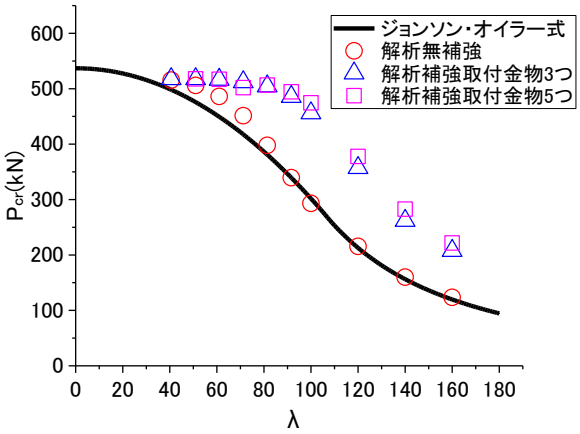

図 6 荷重－細長比関係

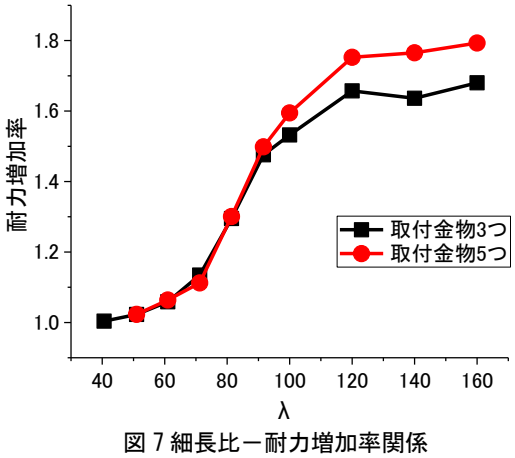

図 7 細長比－耐力増加率関係